土木研究所資料

第1704号

下水管路施設設計の合理化に関する調査報告書(Ⅳ)

―合流式下水道の改良に関する調査―

昭和56年8月

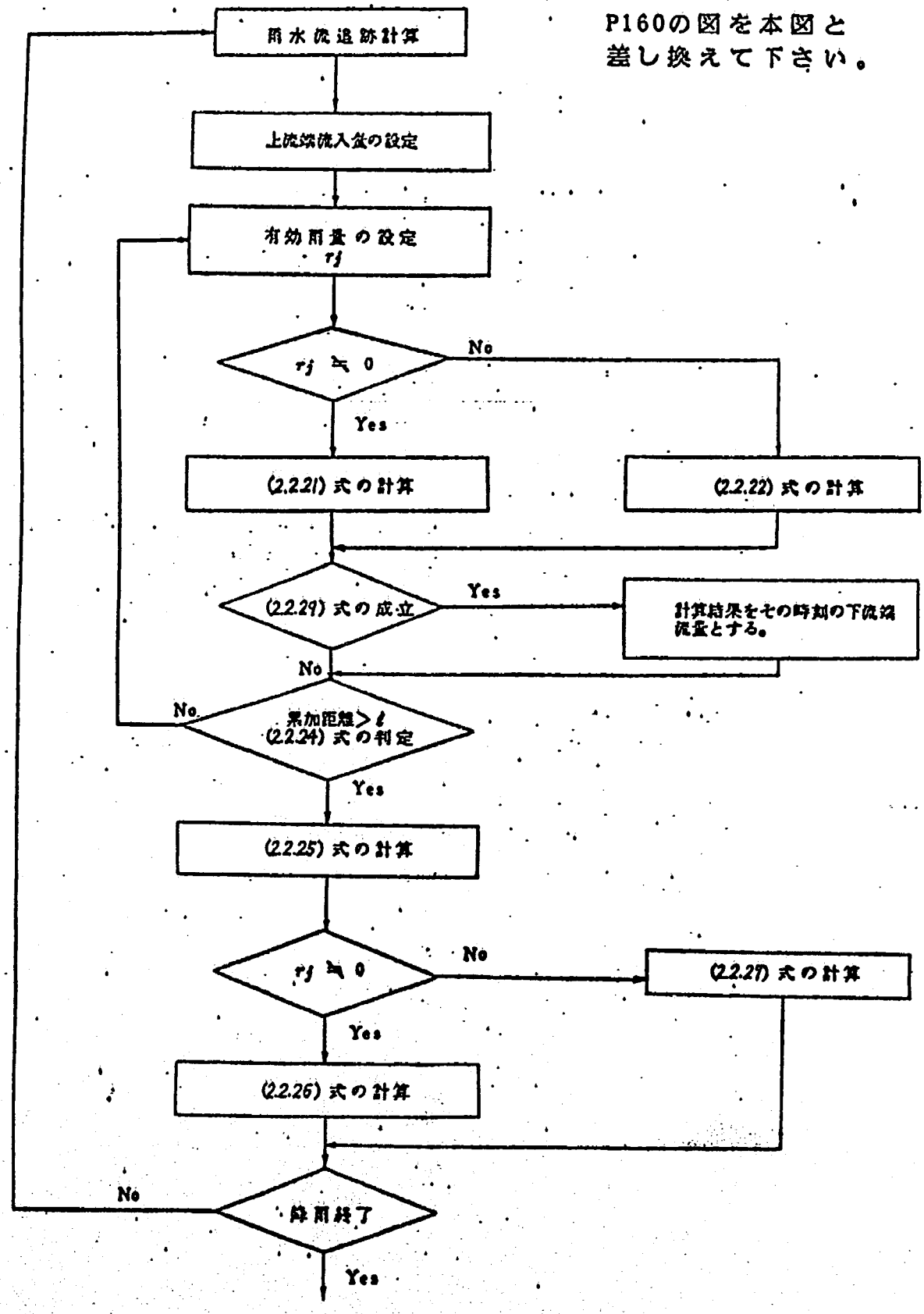
建設省土木研究所

下水道研究室

Copyright © 55年度 by P. W. R. I.
All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P. W. R. I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

P160の図を本図と
差し換えて下さい。



ま　え　が　き

わが国において古くより下水道事業を実施してきた都市においては、そのほとんどが合流式を採用して下水道整備を行ってきた。下水道は本来、都市域における雨水と生活汚水の排除をその役割としたものであり、その限りにおいては雨水と汚水を同一管きょで排除する合流式下水道は合理的であったと考えられる。しかし、生活様式の変化や水洗便所の普及などに伴う汚水性状の悪化は、雨天時における合流式下水道越流水による水質汚濁問題をより増幅させるものとなった。また、このような都市の多くが人口の増大や使用量の増加に伴う下水管きょの容量不足を招いており、雨天時越流水に所定の希釈倍率を維持できない場合が増加している。

このような合流式下水道のもつ欠点を克服するため新しく下水道事業を開始した地域においては近年分流式を採用する場合が増加している。しかし、分流式下水道についても水域の水質保全という立場から２つの問題が指摘されている。１つは分流式雨水管の流出水がかなり汚染されている場合があること、他は汚水管に雨水が浸入するため結果的に合流式と同様な問題を引き起こす場合があることである。

以上のように、水質保全の面から見た場合にも合流・分流のいずれの方式にもそれぞれ得失があり画一的な評価はできないという認識が生まれているように考えられる。合流式下水道の改良問題も、全体の考え方の変化に伴って、より総合的な把握を必要とする時期にきていると云えるであろう。

土木研究所では合流式下水道の改良計画策定に必要な資料を収集することを目的として昭和４８年度より調査を実施している。前述のように合流式下水道の改良問題は、分流式をも含めた下水道施設全体に対する考え方もしくは改良の方向と不可分の関係にあり、本調査においてもこれらの問題を含めて検討することを目的としている。

本論では、主題を合流式下水道の改善に的を絞って、今までの調査・検討結果をまとめて述べてある。合流式下水道の改善の必要に迫られている都市は、数のうえでは少ないかも知れないが歴史的な問題でもあり、また従来その解決法の決め手がなかなか見つからないという状況である。本論がこの問題の解決にいく分かでも役に立てば幸いである。

建設省土木研究所
下水道部長　栗林宗人

目　　次

まえがき

序　　論 …… 1

第1章　合流式下水道問題の現状 …… 5

1.1　総　　論 …… 7

1.2　合流式下水の特性 …… 9

1.2.1　調査区域 …… 9

1.2.2　流出量特性 …… 78

1.2.3　流出負荷量特性 …… 95

第2章　解決へのアプローチ …… 133

2.1　総　　論 …… 135

2.2　雨水流出現象のモデル化 …… 138

2.2.1　有効降雨モデル …… 138

2.2.2　RRL 法 …… 140

2.2.3　特性曲線法 …… 155

2.2.4　準線型貯留モデル …… 172

2.3　汚濁流出現象のモデル化 …… 177

2.3.1　地表面からの負荷流出 …… 178

2.3.2　管渠からの負荷流出 …… 183

2.3.3　シミュレーション結果 …… 191

2.4　解決策 …… 216

2.4.1　雨水流出の制御 …… 216

2.4.2　残存負荷量の制御 …… 217

2.4.3　管渠内での流量制御 …… 226

2.4.4　越流水量の直接制御 …… 229

2.4.5　放流水質の改善 …… 238

第3章　対策案の選択とその効果 …… 261

3.1　総　　論 …… 263

3.2　合流式下水道対策シミュレーション …… 263

3.2.1　モデルの概要 …… 264
3.2.2　対策案のモデルへの組み込み …… 264
3.2.3　ケース・スタディ …… 266

あとがき …… 273
参考文献 …… 274
付　録 …… 279

序　　論

大きくなりすぎ、いたずらに混乱したメトロポリスは、そのスラムによって不健康になるという罰をうけ、釣合のとれない置き違えた工業は、単にその商品と人びとを延長された距離を運ぶために、時間と精力と金をいたずらに浪費したものである。

— ルイス・マンフォード —

序　　論

汚水と雨水とを同一の管渠によって収集・排除する合流式下水道は、分流式下水道に比して一般に建設費が安く、なおかつ市街地内の道路が一般に狭小なわが国の場合、施工が容易であるため広く採用されてきた。また、汚水の収集・排除と浸水防止が一つの管渠でできるということも、合流式下水道が広く採用されてきた理由の一つである。単なる排水路から、収集システムの末端に処理施設を有する下水道へと都市排水システムが発展してきた過程で、合流式下水道は言わば自然発生的に形成されてきたものであり、欧米の諸都市やわが国の東京、大阪などの下水道の歴史の古い都市は、すべて合流式下水道で整備が行われてきた。

しかしながら、合流式下水道においては雨天時に未処理のまま一部の下水が放流先に排水されるので、最近のようにより高度な水質環境を望む国民の要請からみると、これが合流式下水道の一つの重大な欠点であると認識されるようになった。また雨天時に処理場への流入下水量が増加すると、一部の下水は沈澱・消毒のプロセスのみを経て放流されるが、このような簡易処理放流水による汚濁負荷も無視しえないほど重要な汚濁源であるという指摘も一部の識者からなされている。

わが国の場合、大都市を除いた多くの一般都市は、下水道の普及そのものが遅れており、国の下水道事業の重点は依然として管渠の敷設と処理場の新設・拡張におかれている。従って、合流式下水道の持つ問題点の検討やその改善を見出す努力は、ほんの少数の都市においてのみ実施されているに過ぎない。下水処理場のように、点として存在する施設の改良とは異なり、管渠システムのように都市の道路下に網のようにはりめぐらされた施設の改良は、技術的にも経済的にも多くの困難性を含んでおり、これが合流式下水道問題の解決を遅らせている一因である。

他方、最近の調査研究から、合流式下水道越流水のみならず、高度に発達した都市域からの雨水流出水自体も相当に汚染されたものであることが明らかにされている。従って、問題は単に合流式下水道からの越流水による汚濁に止まらず、雨天時の都市排水システムから放流先に排水されるすべての下水と放流先の水質汚濁との係わりの問題へと発展してくる。すなわち、在来量の問題としてのみ認識されていた都市排水問題が、質の問題も合わせ持つことが明らかにされたわけである。

このような都市排水問題の一つとして合流式下水道問題を考えると、その解決策としてどのような方向を目指すべきか自ずと明らかになってくる。

“単なる排除方式の変更、すなわち合流式を分流式に切り替えることは問題のすり替えに過ぎない”

このことは言い替えれば、現在の分流式下水道にも水質保全上の欠陥があることを意味する。

雨天時の汚濁が雨水流出に起因するものであれば、雨水流出そのものの制御を先ず考えるべきなのであろう。

雨天時の汚濁が路面上の汚濁物に起因するのであれば、路面上の汚濁物そのものを制御すべき

なのであろう。

本論は、単に合流式下水道問題の解決を意図して書かれたものであるが、それが都市排水問題の一つであるという認識は常に保持されている。この理由は、多くの都市の合流式下水道問題が非常に地域性の強い、パターン化し難い側面を持っていて、そのすべてを問題化して解決策のメニューを作ることが困難であること、これに対し「要は内水排除・都市排水の問題に過ぎない」と抽象化することによって地域性の強いこの問題を一本の糸で結びつけることができるという利点を持つからである。現象の理解と同時に本質の認識が問われるべきである。

都市排水問題

都市流出に起因する都市排水問題は、量によるものと質によるものに分けられる。従って都市水文学における対象は都市化と都市流出との量的および質的側面を明確に関連づけることにあると言ってよい。

“都市化による流出増”

この言葉は問題の一側面を適確に言い表わしているが、下水道管理者と河川管理者との間には若干の解釈の食い違いがある。下水道管理者にとっては下水管路の敷設は当然のことながら“善”であるわけだか、河川管理者にとっては、場合によっては下水管路の敷設そのものが都市化の一つであり、それは下流河川の洪水負担能力が限界にきているときは“悪”となる。したがって、合流式下水道問題が幹線管渠の能力不足から発生している場合には、単なる管渠流下能力の増強は放流河川に過大な負担を掛けることにもなりかねない。

“都市化による流量減”

これは流出増と裏腹の関係にあり、雨水の大部分が表面流出すれば地下浸透量が減少するのは必然である。その結果、通常時の河川流量は減少し、ちょっとした流入負荷に対しても水質が大きく変動することが予想される。また、以前には見られた魚映も、いっこうに見られなくなるという、景観上の損失も大きい。

“雨天時汚濁流出の増大”

これについては本論の主題となっていることもあり、詳述する必要はないが、前述の2つの問題と無関係ではないことを述べておこう。

通常、都市化による流出増は不浸透域の拡大によってもたらされるが、これは雨天時に輸送され得る汚濁負荷の堆積領域が拡大することである。したがって、流出増は多くの場合流出負荷量増を伴うことになる。また、河川流量の減少は、いわゆる“環境容量の減少”であり、外因に対する緩衝能力が小さくなることである。敢えてインパクトという言葉を使うならば、流出負荷量増と環境容量の減少によってインパクトが増巾されていると言える。

汚濁流出を引き起こす放流形態は

- 合流式下水道からの越流水
- 合流式下水道終末処理場からの簡易処理放流水
- 過剰な浸入水を受けた分流式汚水管からのバイパス放流水
- 都市活動が活発な地域からの都市流出水

ということになる。すなわち、どのような排除方式を選択しょうと、雨水排除による水質汚濁問題は存在する。従ってこの問題の解決に対するアプローチは、大きく都市排水問題として把握したアプローチが必要であり、それは都市計画、河川計画に影響力を持つものでなければならない。

第１章　合流式下水道問題の現状

歴史はあらかじめ決定されているものではない。
機会は疑いなく事件のなかに入るものであるが、
それは人間の意志と人間の徳性と理知とに加わる
のである。

— ルイス・マンフォード —

第１章　合流式下水道問題の現状

1.1 総　　論

１９７９年度末時点でわが国において公共下水道事業を実施している自治体数は５７９におよぶ。この多くは第二次大戦後に、とくにここ１０年前後の間に下水道事業に着手したものである。このため、自治体の数の上では合流式下水道問題が顕在化しているとことは少ない。今日の水質汚濁問題は、依然として下水道未整備の区域からの晴天時汚水による場合が圧倒的に多い。

しかしながら、一部の下水道関係者の間では、下水の排除方式に係る問題の一つとして合流式下水道問題に深く関心が集められている。例えば、下水道実務者の集まりの一つである下水道実務研究会では毎回合流式下水道問題が議題の一つとして取り上げられている。そこでの議論は次の３点に要約できる。

① 一人当りの水使用量の増加、人口の集中による処理区域内人口の増加あるいは再開発によって単位面積当りの発生下水量が増大し、雨水吐室より晴天時にオーバーフローが生じた例がある。

② 雨天時に処理場あるいは雨水吐室・ポンプ場から放流される雨天時下水が、放流先水域の主要な汚濁源として存在する場合には、今のままの下水道システムでは放流先の水質保全を完全に行うことは出来ない。

③ 分流化は、技術的にも財政的にも困難な問題をかかえている。さらに、雨水流出水そのものが汚染されている場合には、分流化は何ら問題を解決する方法ではない。

このような議論に対しての結論は未だ得られていないが、欧米諸国の状況や、放流先の水質保全に対する下水道の役割が重要視されてきたため、最近では下水の排除方式として分流式を採用する都市が圧倒的に多い。これは、分流式下水道が雨天時の問題を解決できると考えたためではなく、雨水排除に対して在来水路の利用を図れば、合流式下水道よりも分流式下水道のほうが安上がりだからである。その場合、現在の晴天時汚水による水質汚濁の問題も、合流式下水道によるよりも分流下水道によるほうが早く解決できる。

１９７３年度に行われた調査によると、下水道整備計画面積７７３２㎢のうち２７％に当る約２０８０㎢（合流式区域１５４６㎢、分流式区域５４０㎢）がすでに下水道整備が完了している。この時点では、下水道整備完了区域のうち７４％が合流式下水道で整備が行われているが、最終的に合流式区域は３６％となる（図1.1）。他方計画人口7.03 million のうち５４％に当る約3.8 million の人口がすでに下水道施設を利用しているが、このうち６９％の人口は合流式区域内に住んでいる。最終的にも合流式区域内の人口は全体の計画人口の５３％であり、分流式区域内の人口を上回る（図1.2）。従って、今のように原則として分流式下水道で下水道整備を行っても、合流式下水道の問題は大きな問題として残る。

雨天時の合流式下水道越流水に対しては、水質汚濁防止法による一律排水基準が適用されている（表1.1）。しかも、自治体によっては、さらにこの基準よりも厳しい排水基準を条例で定め

ている。すべての降雨時にこのような厳しい排水基準をクリアーするよう合流式下水道を改良するのは非現実的であり水質保全上効果的ではない。

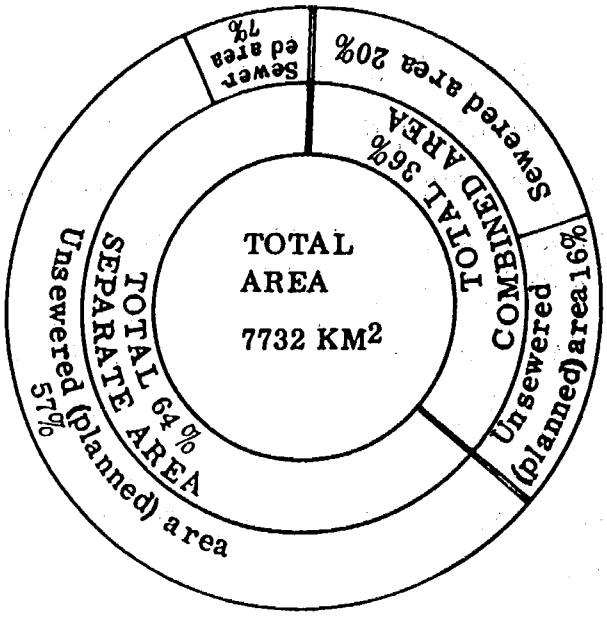


図 1.1　下水道整備対象区域面積

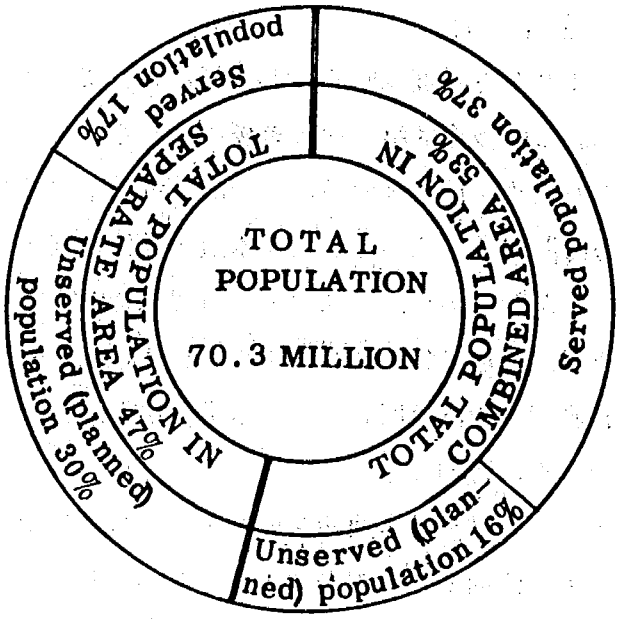


図 1.2　下水道整備対象人口

表 1－1　一律排水基準

(1) 人の健康の保護に係る項目

項目	シアン	アルキル水銀	有機リン	カドミウム	鉛	クロム(6価)	ヒ素	総水銀
基準値	最大	検出されないこと	最大	最大	最大	最大	最大	検出されないこと
	1ppm		1ppm	0.1ppm	1ppm	0.5ppm	0.5ppm	

(2) 生活環境の保全に係る項目（一般項目）

項目	pH		BOD		COD		SS		大腸菌群数
基準値	河川，湖沼	海域	日間平均	最大	日間平均	最大	日間平均		
	5.8～8.6	5～9	120ppm	160ppm	120ppm	160ppm	150ppm	200ppm	300個／cm

備考　1. この排水基準は，一日の通常の排水量が50㎥以上の工場または事業場に適用する。

2. 工場または事業場のうち河川に水を排出するものについてはCOD，湖沼または海域に水を排出するものについては，BODに係る排水基準は適用しない。

3. 硫黄鉱業（硫黄と共存する硫化鉄鉱鉱業を含む）については，pHに係る排水基準は適用しない。

(3) 生活環境の保全に係る項目（特殊項目）

項目	油分（n－ヘキサン抽出物質）		フェノール類	銅	亜鉛	鉄（溶解性）	マンガン（溶解性）	フロム	フッ素
	石油系油分	動植物油脂等							
基準値	最大	最大	最大	最大	最大	最大	最大	最大	最大
	5ppm	30ppm	5ppm	3ppm	5ppm	10ppm	10ppm	2ppm	15ppm

備考　1. この排水基準は，一日の通常の排水量が50㎥以上の工場または事業場に適用する。

2. 硫黄鉱業（硫黄と公存する硫化鉄鉱鉱業を含む。）については，鉄（溶解性）に係る排水基準は適用しない。

1.2 合流式下水の特性

1.2.1 調 査 区 域

合流式下水道からの雨天時越流水質および越流負荷量の実態を把握するため全国１６ヶ所の調査区域を設置し、晴天時、雨天時の水量・水質調査を実施した（図 1.3 ）。各調査区域の特性をまとめると表 1.2 のようになる。

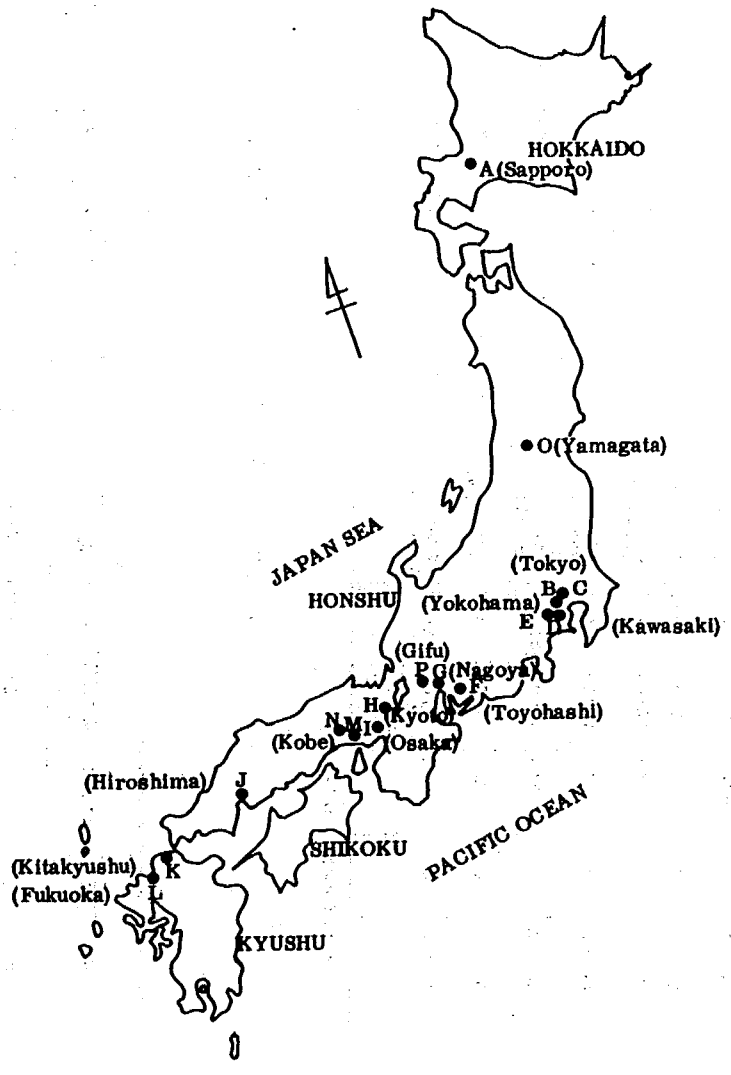


図 1.3 調 査 地 点

排水区名	排水方式*	排水面積 (ha)	人口(人) 昼間	人口(人) 定住	管径 (mm)	晴天時時間最大下水量 (m³/S)	土地利用 住居 (ha)	(%)	商業 (ha)	(%)	工業 (ha)	(%)	道路面積 (ha)	(%)	不浸透面積 (ha)	(%)
美香保	P	44.33	6,655	4,016	300~900	0.057	44.33	100	0	0	0	0	6.95	15.7	15.27	34.4
谷端川	G	542	165,019	155,091	6,000×4,325	2.11	397.5	73.5	68.29	12.6	74.80	13.9	116.6	21.6	288.0	53.2
尾久	P	269.5	58,690	61,167	4,000×3,600	1.57	16.79	6.2	46.84	17.4	205.87	76.4	3.82	1.4	186.3	69.1
観音川	P	35.13	12,298	9,003	1,650×1,650	0.10	21.45	61.1	13.68	38.9	0	0	4.46	12.7	16.08	45.8
堀の内	G	22.09	3,579	4,270	250~1,200	0.052	21.38	96.8	0.71	3.2	0	0	2.39	10.8	7.68	34.8
八町	G	68.37	38,268	8,358	230~1,950×1,950	0.282	0	0	68.37	100	0	0	21.05	30.8	53.33	78.0
白川	G	39.5	12,800	1,780	250~1,650	0.189	0	0	39.5	100	0	0	9.80	24.8	26.07	66.0
千本	G	148.49	37,180	25,280	250~3,000×1,930	0.809	32.10	21.6	32.86	22.1	83.53	56.3	31.27	21.1	114.46	77.1
中の島	P	45.50	43,200	804	300~2,000×1,350	0.385	0	0	45.50	100	0	0	2.42	53.4	39.1	85.9
吉島	P	215.14	27,000	31,727	250~2,200×2,200	0.261	108.54	50.5	41.6	19.3	65.0	30.2	44.77	20.8	101.11	47.0
王子	G	57.6	3,973	3,863	200~1,200×1,680	0.028	57.6	100	0	0	0	0	7.0	12.2	15.0	26.0
東中洲	G	17.61	9,700 (day) 17,000 (night)	1,098	230~1,360×1,060	0.247	0	0	17.61	100	0	0	5.35	30.4	15.50	88.0

*P：ポンプ排水、G：自然排水

表1.2 a　調査区域の特性（合流式）

排水区名	排水方式*	排水面積 (ha)	人口(人) 昼間	人口(人) 定住	管径 (mm)	土地利用 住居 (ha)	(%)	商業 (ha)	(%)	工業 (ha)	(%)	道路面積 (ha)	(%)	不浸透面積 (ha)	(%)
花院	G	12.4	9,300	2,695	1,200×1,030~30×70	6.17	49.8	5.79	46.7	0.43	3.5	4.13	33.3	8.74	70.5
北須磨	G	26.75	2,420	3,227	2,500×1,800	26.75	100	0	0	0	0	4.99	18.7	12.14	45.4
緑町	G	13.69	1,499	988	500×400	6.72	49.1	6.97	50.9	0	0	1.69	12.3	7.30	53.3
清水川	G	106.4		24,568	6,500×2,100							7.0	6.6	85.0	79.9

表1.2 b　調査区域特性（分流式）

美香保排水区（札幌市）

区域の概要

美香保排水区は札幌市都心部より約4.5㎞離れた北部に位置し，豊平川左岸の扇状地に連なる地表勾配が南から北へ約2.5‰の平坦な土地であり，地質は札幌植土，低位泥炭からなる軟弱地盤である。また美香保排水区は札幌市都心部及びそれに連たんする北部地区の処理区面積約1570haの創成川処理区に属し，この処理区は平坦な区域で放流先河川にも恵まれていないため合流式を採用し，処理場の他に3つの中継ポンプ場で創成川に雨水排水しており，美香保排水区は創成川第2中継ポンプ場排水系統に含まれている。排水面積は44.33haである。排水区の位置及び概要図は図1.4に示す。水洗化についてはこの地区の処理告示が昭和42年10月1日，昭和43年5月1日の2回に分かれ，49年度末水洗化普及率はそれぞれ64.4%，53.4%となっている。

表1.3

処理区名	地域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径	備考
創成川処理区	美香保	44.33 ha	合流	ポンプ排水	0.300～0.900 mm	調査地点は自然流下で下流からのせき上げ背水の影響は無い

札幌市は一点集中型の都市構造であり，産業構成は第3産業の産業別人口比が74%（昭和47年）と極端に片寄っている。美香保排水区は都心部から30分程度の通勤圏にある住宅地で，東が東8丁目通，西が石狩街道（国道231号）の幹線道路によってはさまれた区域の中央部にあり，この排水区内の幹線道路は中心部を東西に走る都市計画街路北24条通りがある。このため用途地域は前出の北24条通を含めた幅80mの帯状の区域路線式用途地域として居住地域に，残りは第二種住居専用地域として指定されている。用途地域別面積は表1－4に示すとおり居住人口は昭和50年10月1日国勢調査の結果，美香保排水区内は4,016人であり，年令別構成をみると19～55才の層が多い。これは通勤圏から単身用の住居が多いことからもうかがえる。また昼間人口は国勢調査の年令別人口より推計すると6,655人であり居住人口，昼間人口の人口密度90人／ha，150人／haとなる。昼間人口は美香保排水区の南端と北部に小学校が2校あり，また事業所数が114ということが住宅地であるにもかかわらず流入人口が流出人口を上廻っている原因であろう。

また美香保排水区の南部には札幌市北部では現在最大の都市公園美香保公園（約10ha）があり，この公園の中には冬期札幌オリンピック施設として建設された美香保屋内体育館があり，他に3野球場，テニスコートなどがありスポーツ公園としての色彩が強い。この他に児童公園が2つある。またこの排水区の北部は大学村と呼ばれる旧北大第3農場跡地で大学関係の住宅が多

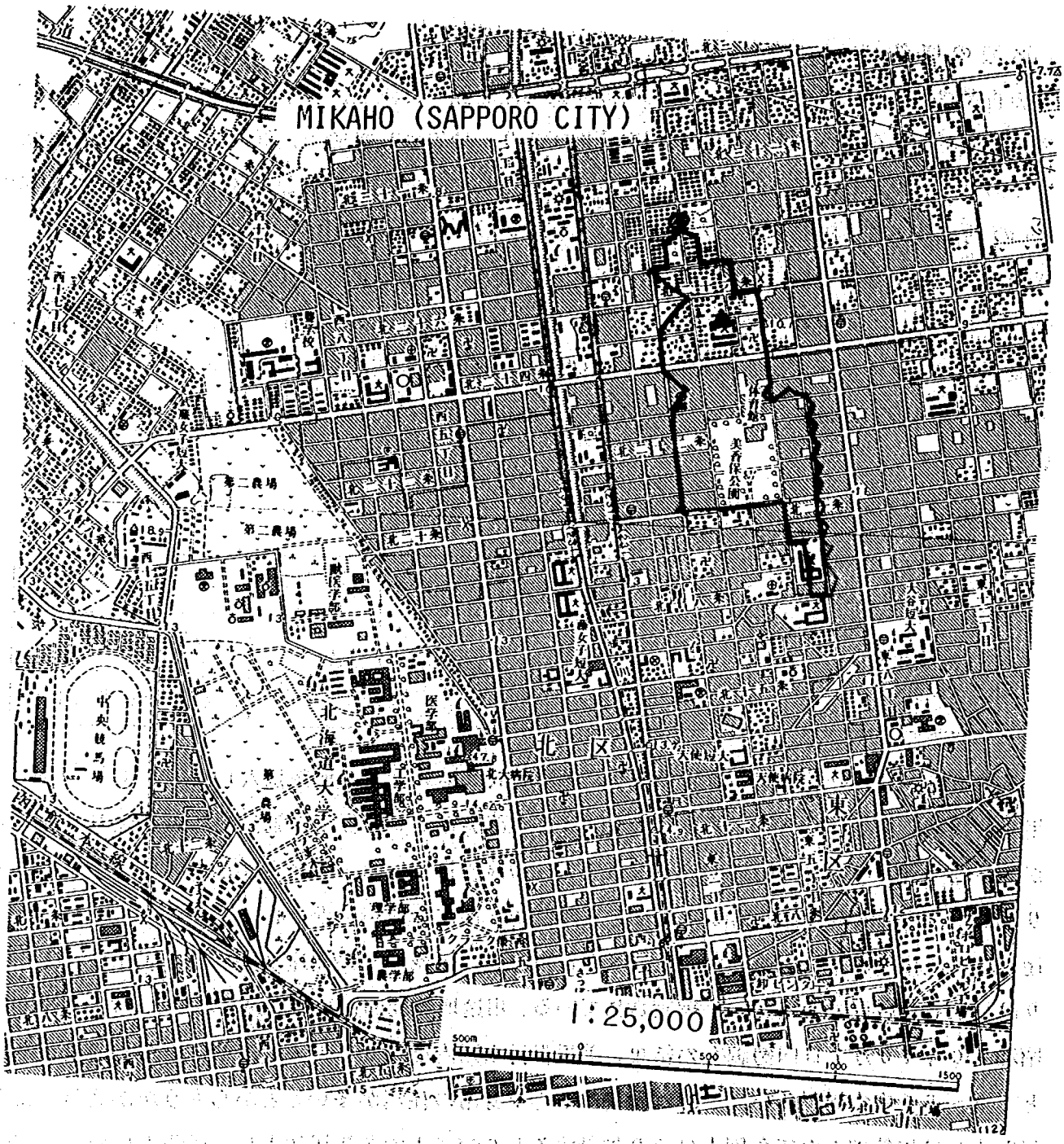
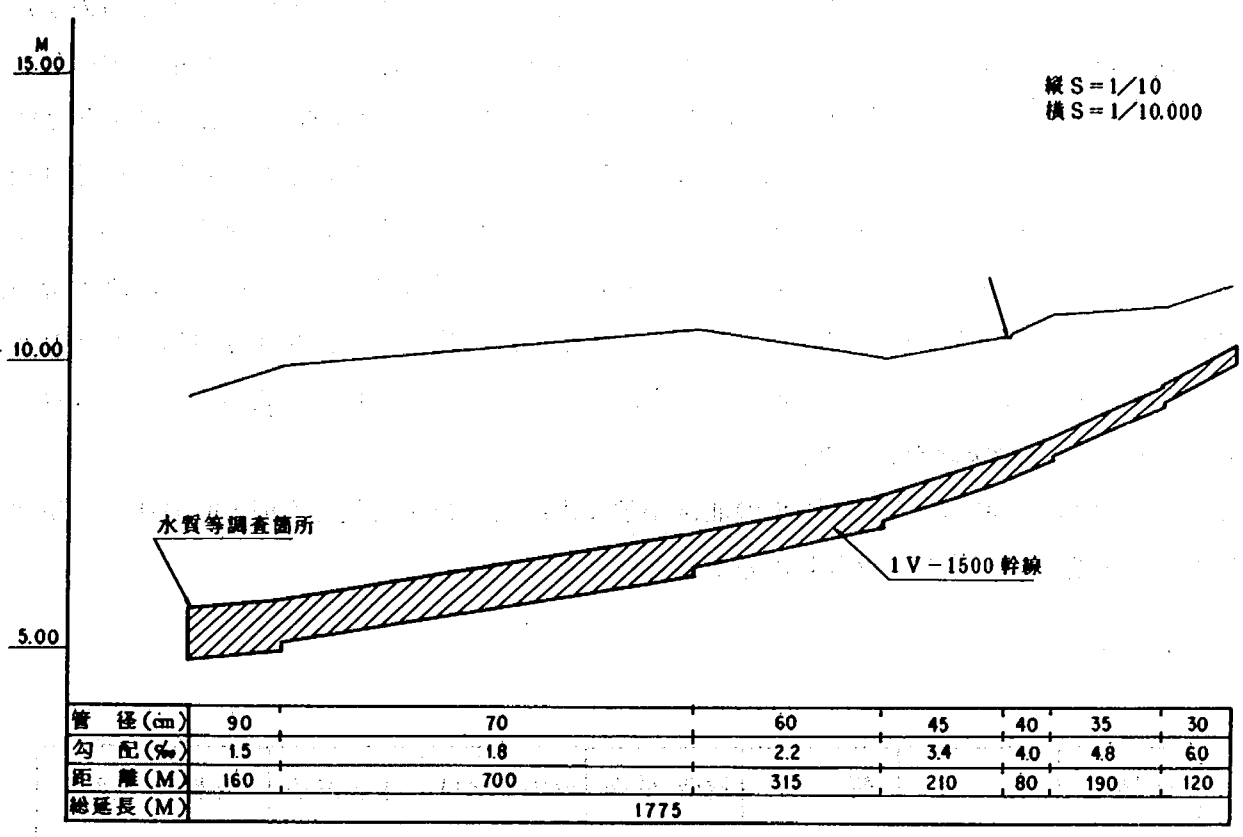


図1－4　美香保排水区（札幌市）



管　径(cm)	90	70	60	45	40	35	30
勾　配(‰)	1.5	1.8	2.2	3.4	4.0	4.8	6.0
距　離(M)	160	700	315	210	80	190	120
総延長(M)	1775						

図１－５　幹　線　縦　断　図

く建ペイ率が小さい。以上のことから美香保排水区の空地率は約６５％と大きく，また道路の舗装状況については完全舗装，簡易舗装及びブラックストーンによる防塵処理がありこの面積比率は，４８.５％，３.１％，４８.４％であり完全舗装率は小さい。また未処理道路面積は，全道路面積に対して１０.３％である。

表１－４

区域名	人口		人口密度	用途区分別面積	工種別面積		
	居住	昼間				ha	%
美香保	人 4016	人 6655	人／ha 90 （居住）	第二種住居専用地域 2.64 ha　6 %	屋根	8.80	19.8
					道路	6.95	15.1
					未舗装	6.24	14.1
			150 （昼間）		舗装	0.71	1.6
				住居地域 41.69 ha　94 %	空地	28.58	64.4
					未舗装	28.35	63.9
					舗装	0.23	0.5

流量及び水質調査は，美香保排水区の北部にある大学村と呼ばれる住宅地で通過交通の少ない所である。調査地点は当排水区内幹線が流入する下の幹線との合流点から１６０ｍ上流の地点で，設計流量に対して下の幹線からのせき上げ背水の影響はない。 この地点に図 1.７のような構造の観測用マンホールを造り，この中で水位，流速の測定及び採水を行った。水位の測定は触針型自記水位計（測機舎製 NAC－３０．１か月巻）による自動測定であり，流速はこのマンホールより１05.5ｍ上流の既設マンホールから浮子を２個投下し観測用マンホールまでの流下時間を測定し求めた。また採水については，ポリバケツを用いた。晴天時は，３０分間隔，２４時間，雨天時には，降雨開始前より採水を始め，雨水流出に増加し始めから５分間隔，ピーク前は，１５～３０分間隔で適時実測を行った。

雨量観測個所は美香保排水区の中央の北園小学校内に長期自記雨量計（服部時計店製転倒ます型ＳＫＩ－１型．１ケ月巻）設置し雨量観測を行った。

表１－５

区域名	位　置	個　所	構造，断面	計画下水量	採水方法	流量測定法
美香保	北区 北２４条 東４丁目	マンホール	HPO 900	晴天時 m^3/s 0.0262	人力による ポリバケツ	流速　浮子法 水位　水位計

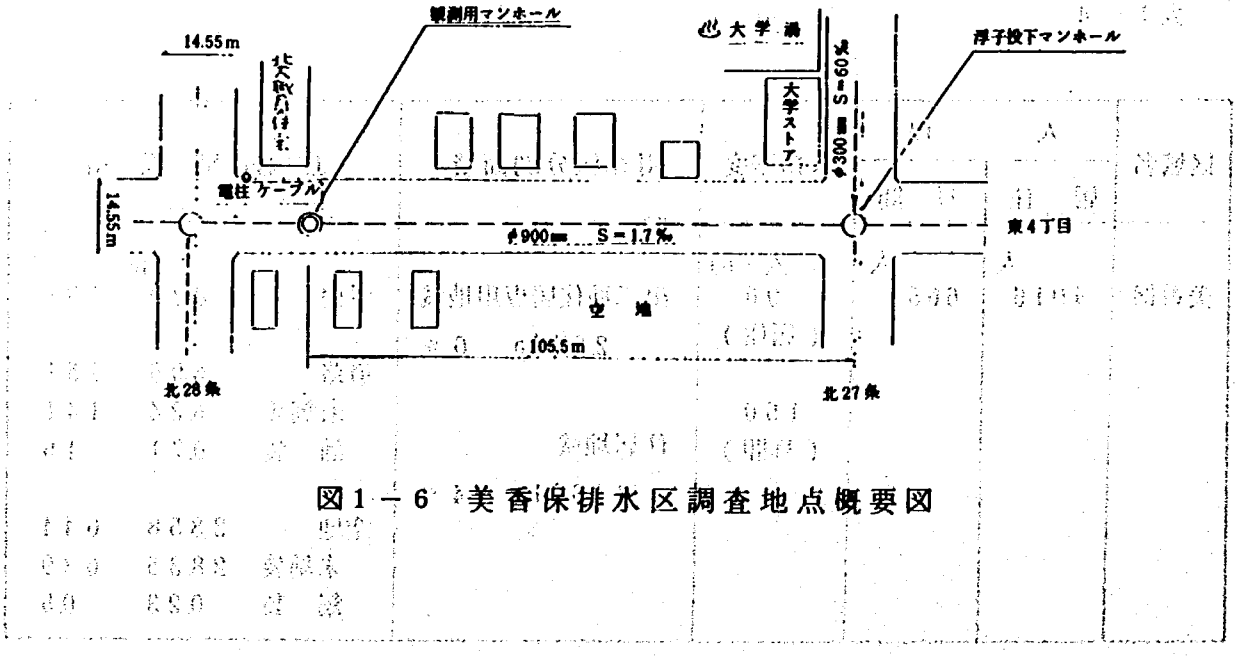


図１－６ 美香保排水区調査地点概要図

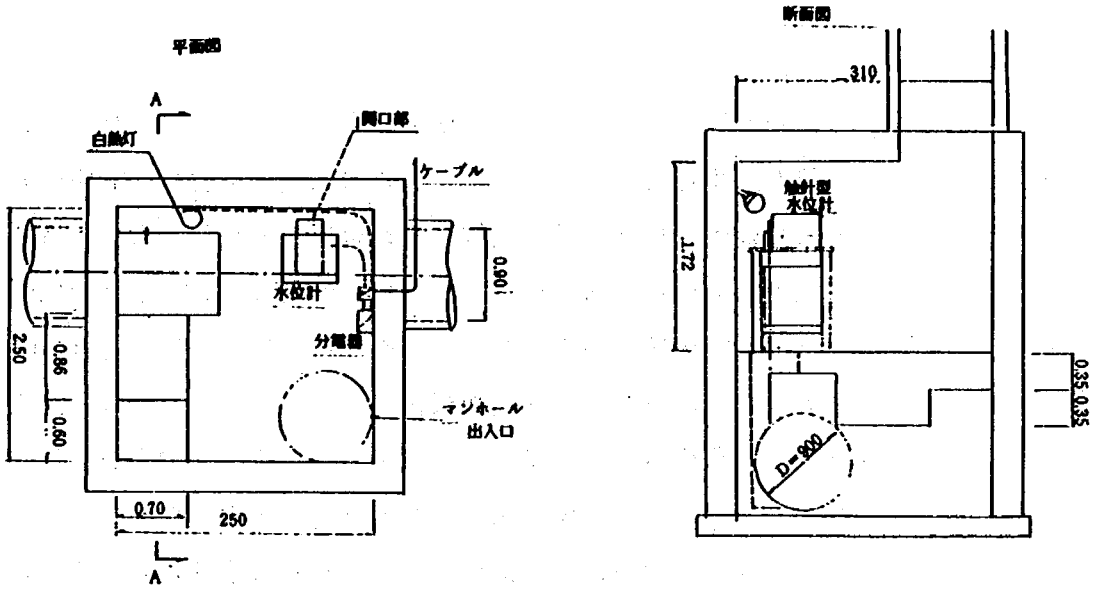


図1－7　観　測　用　マ　ン　ホ　ー　ル

谷端川排水区・尾久排水区（東京都）

区域の概要

調査対象区域としては，谷端川幹線，尾久幹線，二個所の排水区について行った。谷端川排水区は東京都区部の北西部に位置し，小台処理区に属する，当排水区は典型的な住宅地域である。

今回の調査対象となった谷端川幹線は東武電鉄東上線下板橋付近で分水し，雨水は石神井川へ放流し，汚水は石神井幹線に流入している。対象区域の平均地形勾配は14.8‰，平均地盤高はT．P 26.5 m と後述する尾久排水区と比較すると勾配は急で高台に位置している。（図1－8）

尾久排水区は東京都区部の北東部に位置し，三河島処理区に属する。尾久排水区の上流端は国鉄尾久操作場の一部と東北本線尾久駅構内となっている。排水区内のその他の区域は約半分が準工業地域でしめている。幹線の2個所にポンプ所が設けられており，そのうちの上流側にある尾久ポンプ所は雨水排水用である。他の一個所は三河島処理場に送られる手前に設けられた町屋ポンプ所である。今回対象とした区域は，尾久ポンプ所に流入する前迄の範囲とした。対象区域の地形勾配は4.80‰となっており，平均地盤高T．P．2.5 m前後の低平地である。排水区域の概要を図1－9，表1－6に示した。

土地利用状況

土地利用状況については，以下の方法により調査した。人口については，住民基本台帳及び昼間人口調査資料をもとに調査対象区域内の比率を求めて推定した。

用途区分別面積の調査は用途地域図（縮尺1／7000）より，プラニメーターにて算出した。工

表1－6　対象排水区の概要

処理区名	地域名	排水面積 (ha)	排除方式	排水方式	管径	備考
小台処理区	谷端川幹線	540.6	合流式	自然排水	⊡ 6000 ×4 325	
三河島処理区	尾久幹線	269.5 (352.2)	合流式	ポンプ排水	⊡ 4000 × 3600	（ ）内は尾久幹線全体の計画排水面積を示す。

種別面積の調査は1／2500航空写真（カラー写真）を使用し測定すると同時に，航空住宅地図（縮尺1／1720）を用いて面積を求めた。更に舗装未舗装等の区別困難なものは，現地踏査によって修正を行なった。谷端川幹線排水区は住居地域が約70%をしめているのに対し，尾久幹線排水区は工業地区が約70%をしめ対象的であるが内容的にみると従業員50人以下の小企業が多く，工業地区の約60%をしめている。このことは実質的には職住一体となっていることを示しているということが出来る。工種別面積から不浸透面積率をみると谷端川排水区は63.9%に対し，尾久排水区内は69.2%と大きい。

土地利用状況の概要を表1－7に示した。

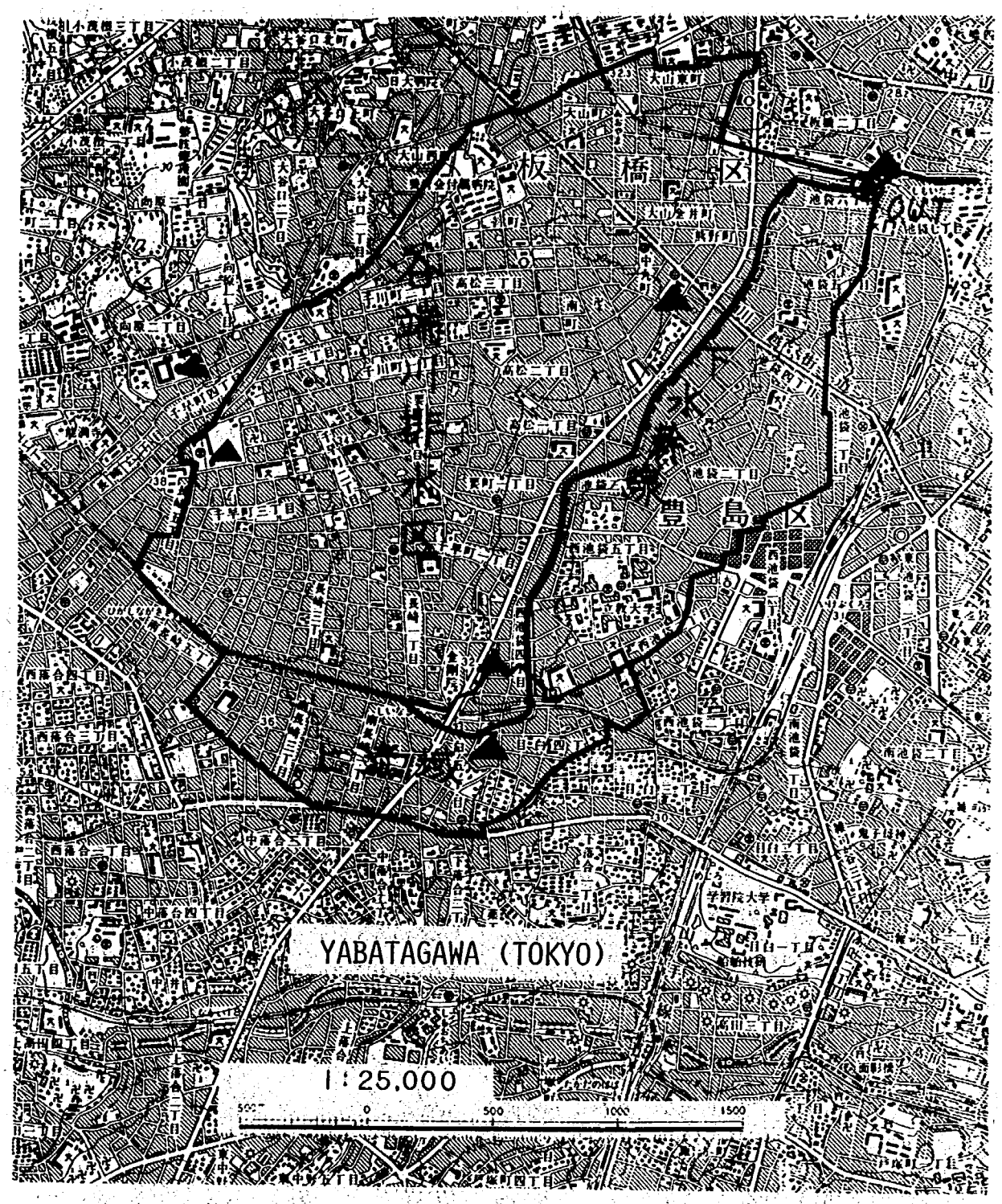


図１－８　谷端川排水区

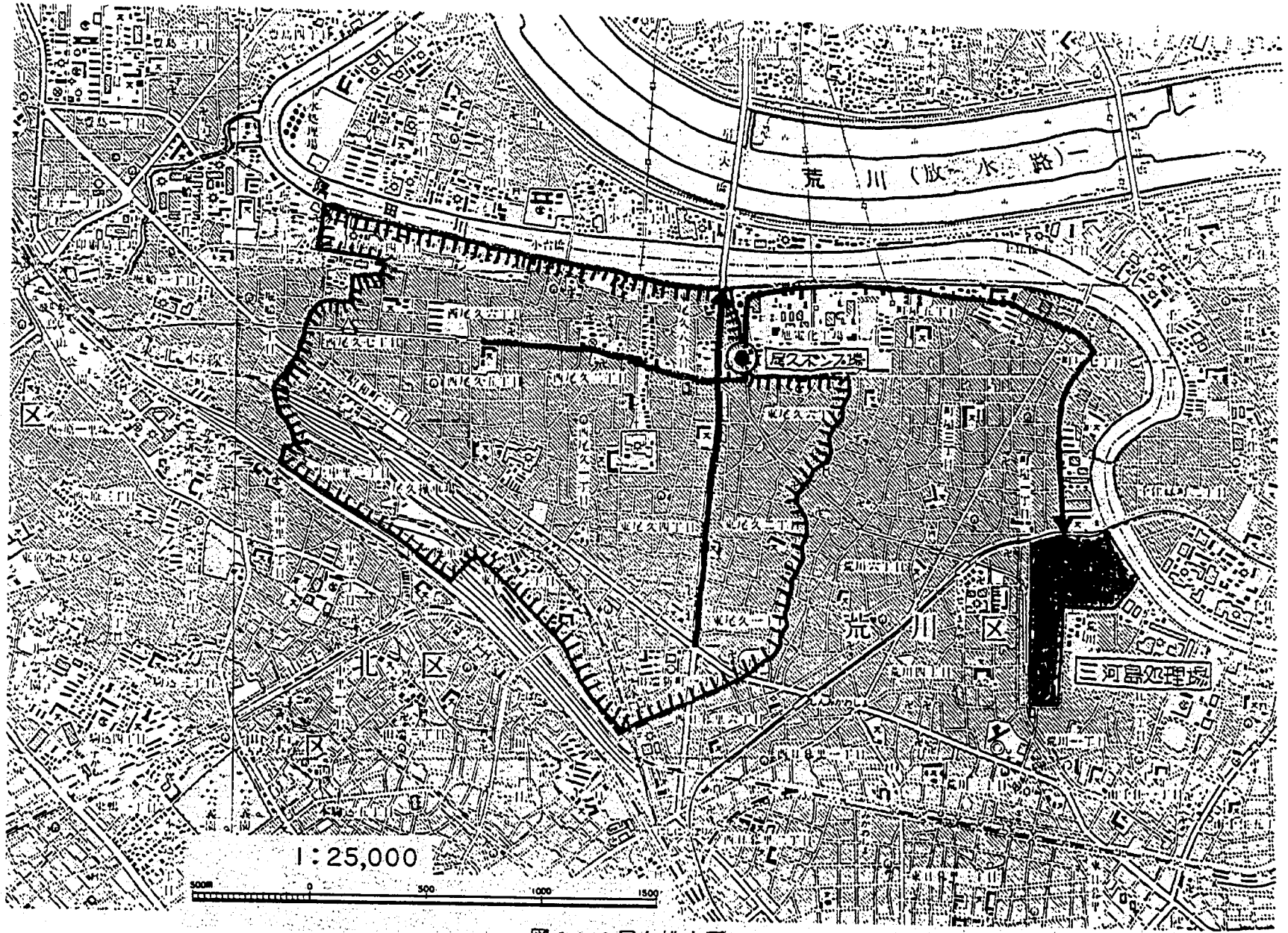


図１－９尾久排水区

表１－７　土地利用状況

地域名	人口 居住	人口 昼間	人口密度	用途区分別面積	(ha)	(%)	工種別面積	(ha)	(%)
	人		人/ha						
谷端川幹線	155,091	(165,019)	286	住居専用	107.15	19.77	建物（屋根）	171.4	31.62
				住居	289.43	53.40	簡易舗装 高級舗装 駐車場等	116.6	21.51
				準工業	6.29	1.16			
				特別工業	68.51	12.64	未舗装間地		
				商業	68.29	12.60	鉄道・運動場	228.0	42.07
				緑地	1.36	0.25	公園・芝生		
				商業地区で防火地区	0.98	0.18	庭園・畑等	26.0	4.80
				合計	542.0	100	合計	542.0	100
尾久幹線	61,167	(58,690)	227	住居専用	－	－	建物（屋根）	119.66	44.40
				住居	16.79	6.23	道路（舗装）	62.82	23.31
				近隣商業	22.10	8.20	駐車場(舗装)	3.82	1.42
				商業	24.74	9.18	〃　(未)	0.59	0.22
				特別工業	79.53	29.51	運動場	3.92	1.45
				準工業	117.50	43.60	公園・庭 神社等	47.81	17.74
				工業	8.84	3.28	裸地・鉄道等	30.88	11.46
				合計	269.5	100	合計	269.5	100
							Imp		69.2

調査個所

谷端川排水区の調査個所は，谷端川幹線の最下流で，東武電鉄東上線下板橋駅付近に建設省土木研究所が設置した流量観測所の上流約70ｍの地点の人孔で人力で試料の採取を実施した。

尾久排水区については，幹線の途中にある尾久ポンプ所構内の人孔で実施した。尾久ポンプ所構内の調査地点の概要図を図１－１０に示した。試料の採取方法はバケツによる人力で行ない，採取時間々隔は原則的に晴天時１時間間隔に連続，雨天時は降雨開始前から採取をはじめ，雨水流出のピーク迄は２～５分間隔，減水時は５～15分間隔に行ない平常時流量にもどるという形で10あるいは12日間連続観測を実施した。流量は谷端川排水区については，流量観測所の記録から求めた。尾久排水区については図１－１０に示した地点に一点式の超音波流速計と気泡式水位計を設置し，この記録から求めた。超音波流速計の記録は一点式のため，そのまま断面平均流速として取扱うことは出来ない。断面平均流速を求めるためには記録された値に補正係数を乗じて求める必要がある。補正係数を求める方法としては安芸の方法に実測値による補正を加味して行なった。流量は補正した流速Ｖｍに断面積Ａを乗じて求めた。

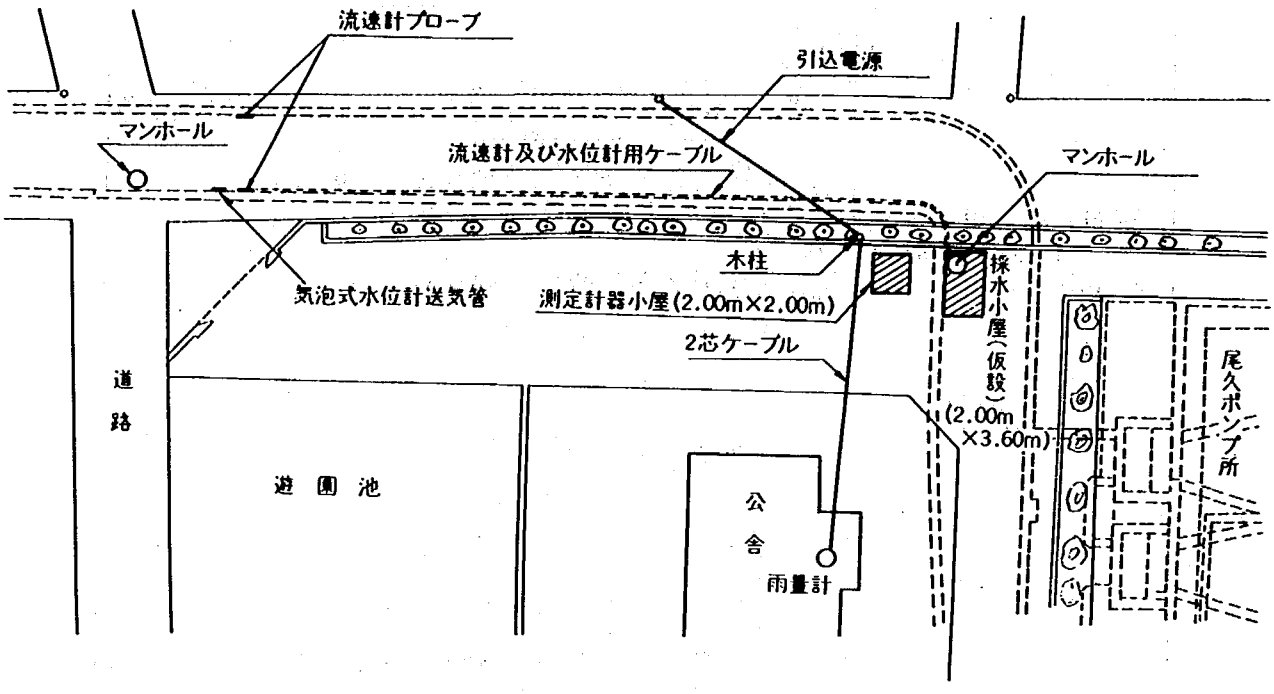


図１－１０　尾久排水区観測地点概要図

調査個所の概要を表１－８に示す。

表１－８　調　査　個　所

地域名	位置	個所	構造断面	計画下水道	採水方法	流量測定法
谷端川幹線	板橋区板橋二丁目	人孔	R.C 6000×4.325	晴天時 雨天時	人力	水位計
尾久幹線	荒川区東尾久七丁目2番地	人孔	R.C 4000×3.600	晴天時 雨天時	人力	水位計及び流速計

観音川排水区（川崎市）

区域の概要

川崎市は，神奈川県東北部に位置し，北は多摩川を境として首都東京都と，南は県政の中心都市横浜市とに狭まれた東西に細長い帯状をなしている。

市域は，最長距離３３ｋｍ 最短距離１ｋｍ で，西部標高は最高約１５０ｍの多摩丘陵地で，これより東部多摩沖積層の平坦地まで漸次低くなっている。

また市域は西より東に張り出した多摩丘陵によって多摩川水域，鶴見川水域及び臨海水域と３つの水域に大別することができる。

地質は一般に丘陵地，平坦地ともに新生界地質系統に属し，上から沖積層，洪積層(第３紀層)，鮮新層よりなっている。

この帯状をなしている地形を５処理区に分割している。本調査箇所は，本市最東部に位置する入江崎処理区（ 1,999ｈａ, 現在人口３2.7 万人：人口密度 163.6 人／ｈａ ）１５排水区のうち観音川排水区（ 251ｈａ, 人口４４万人：人口密度１７７人／ｈａ ）を調査箇所とした。この地域の地質は先にも述べたように，全般的に腐敗物，貝殻等が混入して軟弱な層であり地表面は平担地が多いため，汚水，雨水の排除はすべてポンプによらなければならない。排除方式としては，合流式である。

またこの処理区は，昭和４３年８月に処理区域となり，管きょ面積普及率９２.４％，水洗化普及率９８.６％である。

排水区並びに調査区域は，図１－１１，１２ に示す。

表１－９ 調査対象区域の概要

処理区名	地域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径	備考
入江崎処理区	観音川	35.13 ha	合流式	ポンプ排水	⊙２５０㎜～ ⊡1,650㎜×1,650㎜	

観音川排水区の用途地域は，住居地域，準工業地域，近隣商業地域，工業地域，商業地域からなっている。東京横浜線（産業道路）をはさんで東（海側）は工業地域，準工業地域からなり，西（山側）は住居地域，近隣商業地域，商業地域からなっている。

本調査区域は，西（山側）の一部に含まれ表1-10のとおり住居地域（２1.45ｈａ）商業地域（8.62ｈａ），近隣商業地域（ 5.06ｈａ ）からなり，構成比は６１％，２５％，１４％で大部分が住居地域である。また調査面積は35.13ｈａ で，排水区面積２51.0ｈａ の１４％，人口は8,840人で排

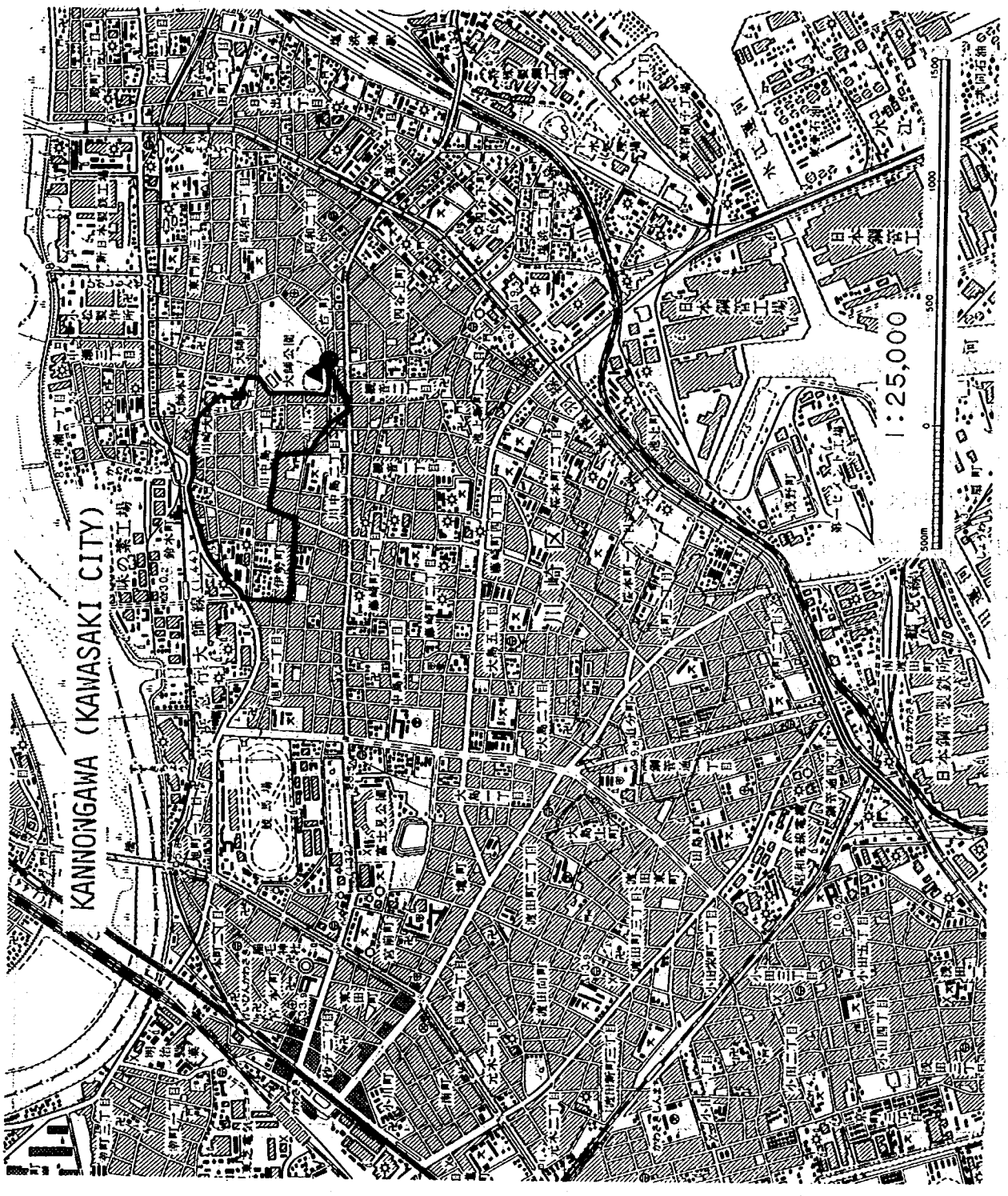


図1－1－1　観音川排水区（川崎市）

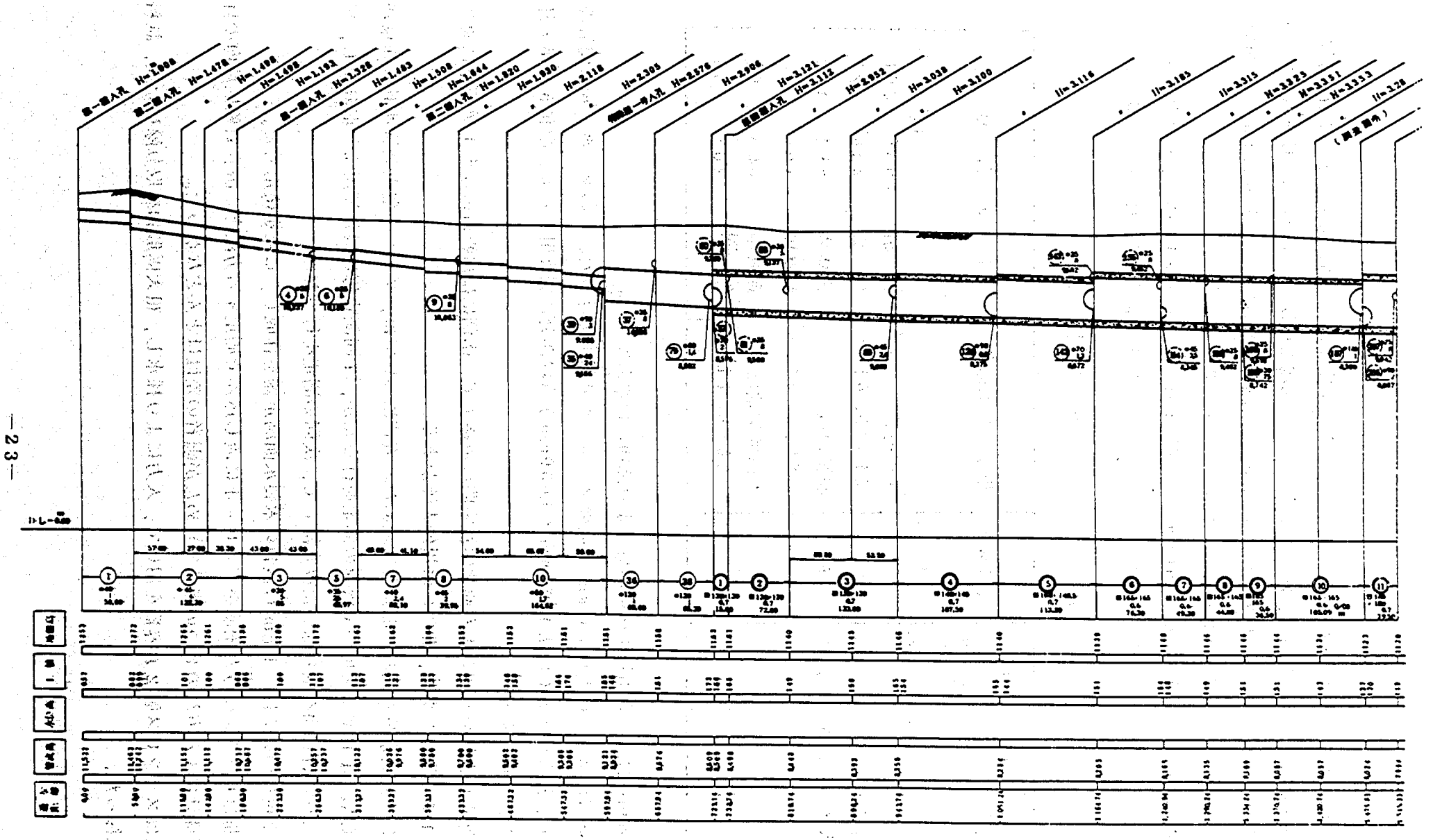


図１－１２　観音川排水区縦断面図

水区人口44,400人の２０％にあたる。

調査区域の人口密度は252人／ha，排水区域人口密度177人／haであるが，これは調査区域に川崎大師周辺が含まれ店舗，住居が密集し，工業地域と比較して高い人口密度となっている。

工種別面積は，排水区については屋根72.4 ha，未舗装109.6ha，舗装60.5ha，その他緑地田畑8.5 haで，構成比は２９％，４４％，２４％，３％となる。

本調査区域については，屋根10.56ha，未舗装16.94ha，舗装4.46ha，その他田畑緑地3.17haで，構成比は３０％，４８％，１３％，９％となり排水区と似た様な比率である。

表１－１０　土地利用状況

調査区域名	人口		人口密度	用途区分別面積	工種別面積		
	居住	昼間					
	人	人	人／ha			ha	%
観音川排水区の一部	8,840	5,980	252	住居地域 21.54 ha 61.1%	屋根	10.56	30.1
					舗装	4.46	12.7
					未舗装	16.94	48.2
				商業地域 8.62 ha 24.5%	駐車場	1.06	3.0
					運動場	0.08	0.2
				近隣商業地域 5.06 ha 14.4%	公園墓地	2.03	5.8

本調査箇所は，観音川排水区の中央部より北西に位置している。

また観音川ポンプ場より1.6 km上流のマンホールで調査を行った。このマンホールは偏流等を考慮し，長方形きょ（内法1,650mm×1,650mm）直線部分に調査用として，昭和５０年７月に新設したものである。

調査地点は大師公園と日本石油化学社宅間の道路上で，南側には川崎市の臨海工業地帯に通じる国道１３２号線があり，北側には川崎大師がある。

流量は流速と水位を同時に測定して求めた。流速については，プロペラ型電気流速計（㈱東邦電探製ＣＭ－ＩＢ型）を用いて流速の測定を行ったが，１回測定毎に測定箇所より取り出し，プロペラ等への付着物を取り除いた後水洗して，次回の測定を行った。

また水位については，１cm目盛付の木製水面測定器を作成し，これを使用した。

降雨量はロートに受けた雨滴をビュレットに流し込んで測定する方法と，調査対象区域内の自記式雨量計による方法の２つの方法で求めたが両者の差はほとんどなかった。

採水はステンレス製２ℓ容器を用いて，人力により採水し，粗大固形物を取り除いた後，試料容器に採った。

堀の内排水区（横浜市）

区域の概要

調査対象区域の「堀の内地区」は，横浜市のほぼ中央部にある南区の東部に位置し，南区の堀の内町，睦町の一部を含む地域で伊勢佐木町商店街を中心とする商業地区の西南童に接する住居地区である。住居地区としては，ほぼ飽和に近い状態である。

地形的には南より北へ流下する，２級河川大岡川の右岸流域に属し，大岡川によってつくられた扇状地の要の附近に位置している。

表１－１１

処理区名	地域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径
南部処理区	堀の内	22.09 ha	合流式	自然排水	⊙250 mm ～⊙1200 mm

堀の内地区の流域は巾２５０～３００ｍ，長さ７００～７５０ｍの西南より東北にのびる面積約22ｈａのほぼ長方形をなしており，流域の西南部の半分は標高５０ｍ内外の丘陵部に囲まれ，これが流域界となっている。丘陵部の下端からは標高Ｔ．Ｐ＋１７ｍからＴ.Ｐ＋３ｍと大岡川派川中村川へ向って平均約２％の地表勾配をなす地形となっている。

この地区の大半は，昭和３０年頃より戦災復興事業として区画整理がなされ，これと併行して一部の下水道が整備されてきたが，本格的な下水道の整備は昭和４０年頃に始まり，昭和４３年頃にはほぼ完了し，現在では，ほとんど全域が水洗化されている。

下水道計画上は，この地区は南部処理区に属し，排除方式は全域合流式となっている。この地区の下水は幹線下水道（⊙２５～⊙１２０）に流集され，調査区域の北端部附近のオリフィス型雨水吐にて分水され，晴天時日平均汚水の４倍量は中村川近くで大岡幹線に流入し，雨天時の越流水は大岡川派川中村川へ放流する計画となっている。

大岡幹線に流入した汚水は，磯子ポンプ場を経由して，南部下水処理場へ圧送され，時間最大汚水量までは活性汚泥法にて高級処理し，残余は沈澱，滅菌したのち東京湾へ放流している。

なお，雨水吐からの越流水を放流する中村川の水質環境基準はＥ－ハ，南部下水処理場から放流する海域は東京湾(7)の環境基準はＣ－イとなっている。

土地の利用状況

堀の内地区は，横浜市の中で最も人口密度の高い南区の東部に位置し，昭和３０年の区画整理以来その街区は，ほぼ現況をとどめており，最近，区域内の一部において小規模の宅地造成が行なわれたほかは，今後開発等の余地もあまり望めそうもない地域である。

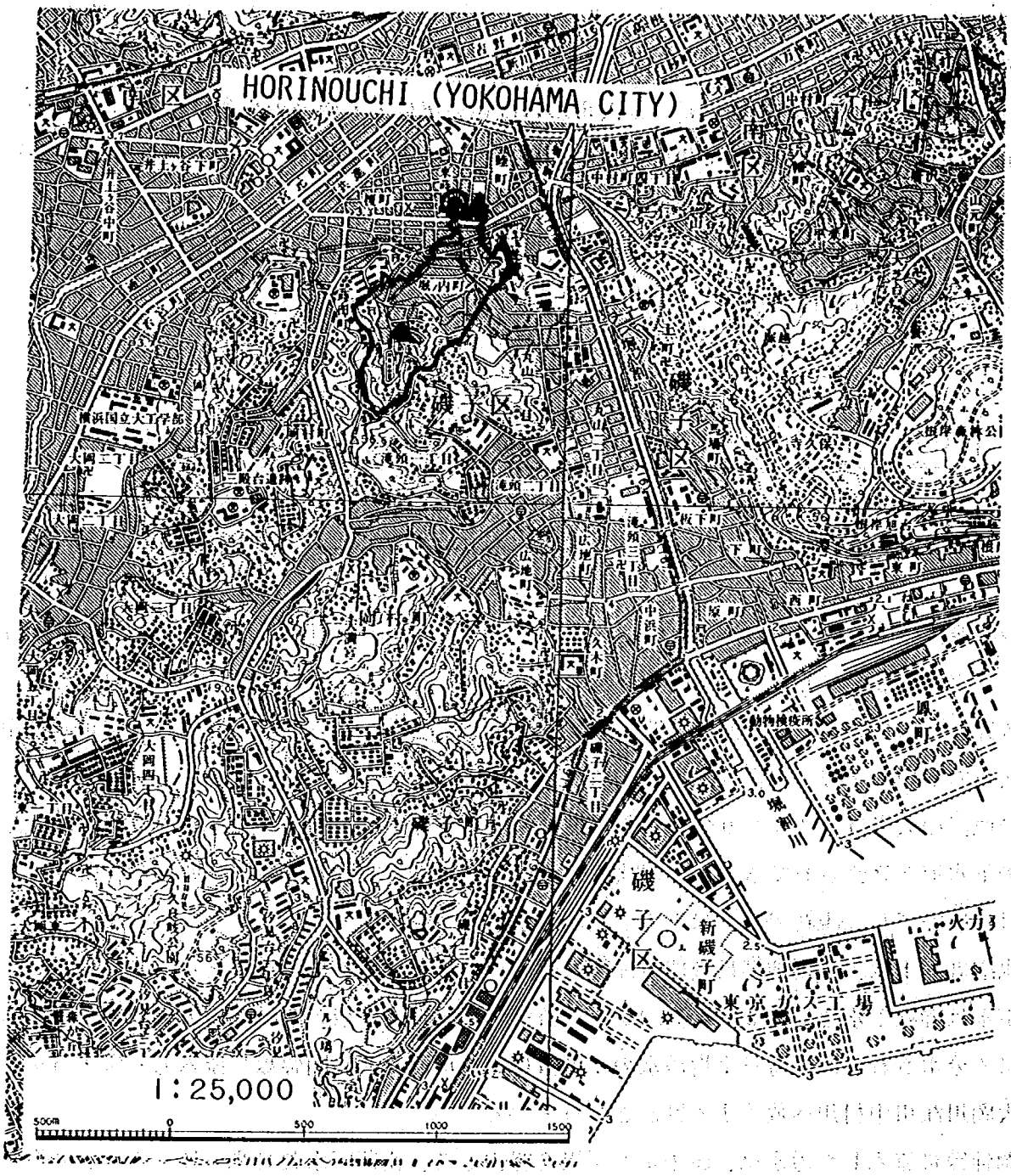


図１－１３　堀ノ内排水区（横浜市）

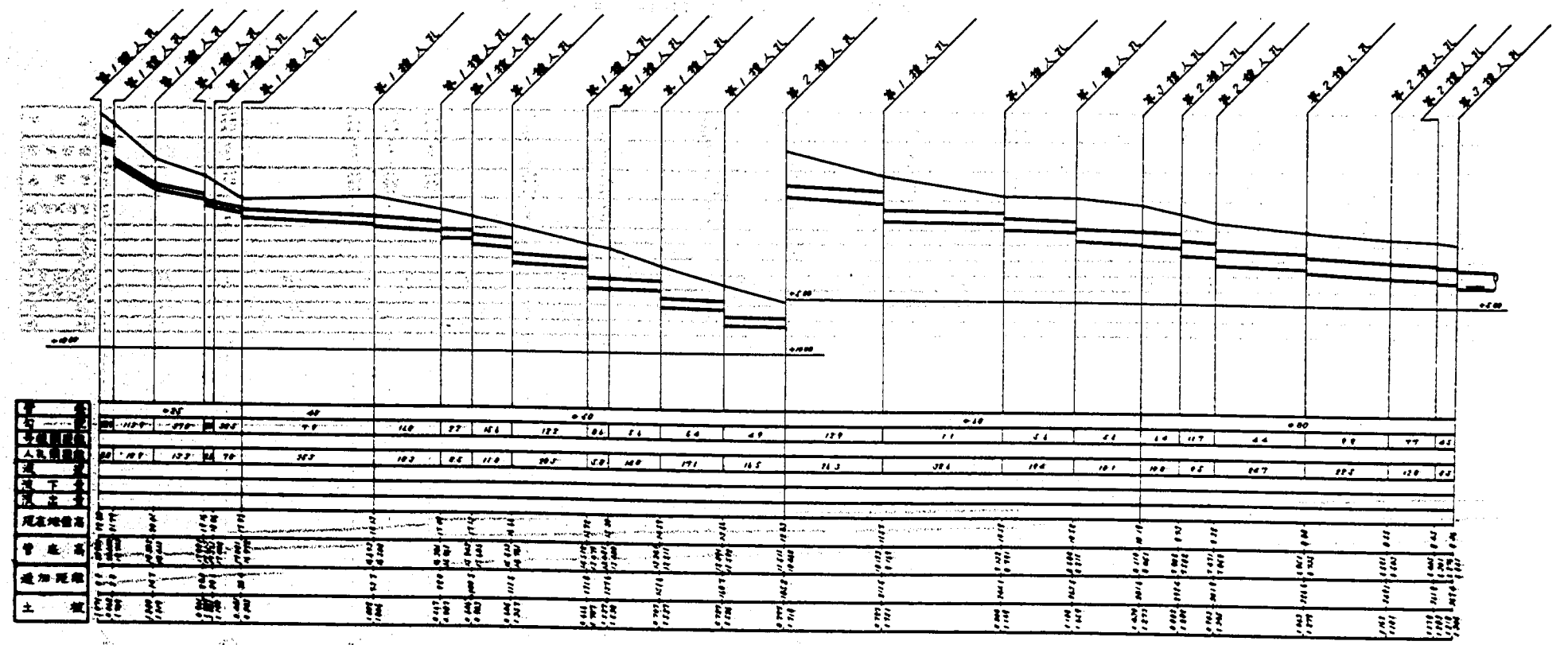


図１－１４　調査対象区域既設管縦断図

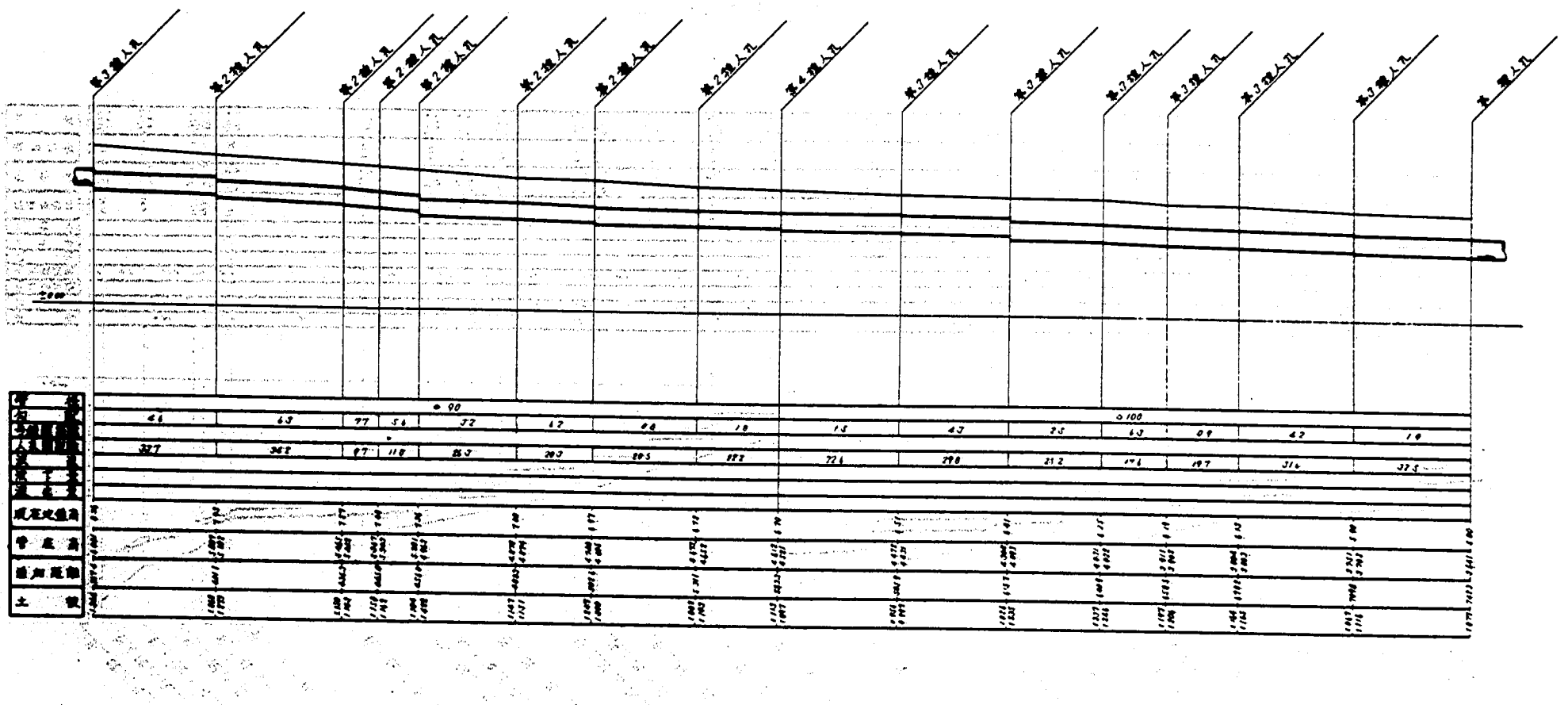


図１－１５　調査対象区域既設管縦断図

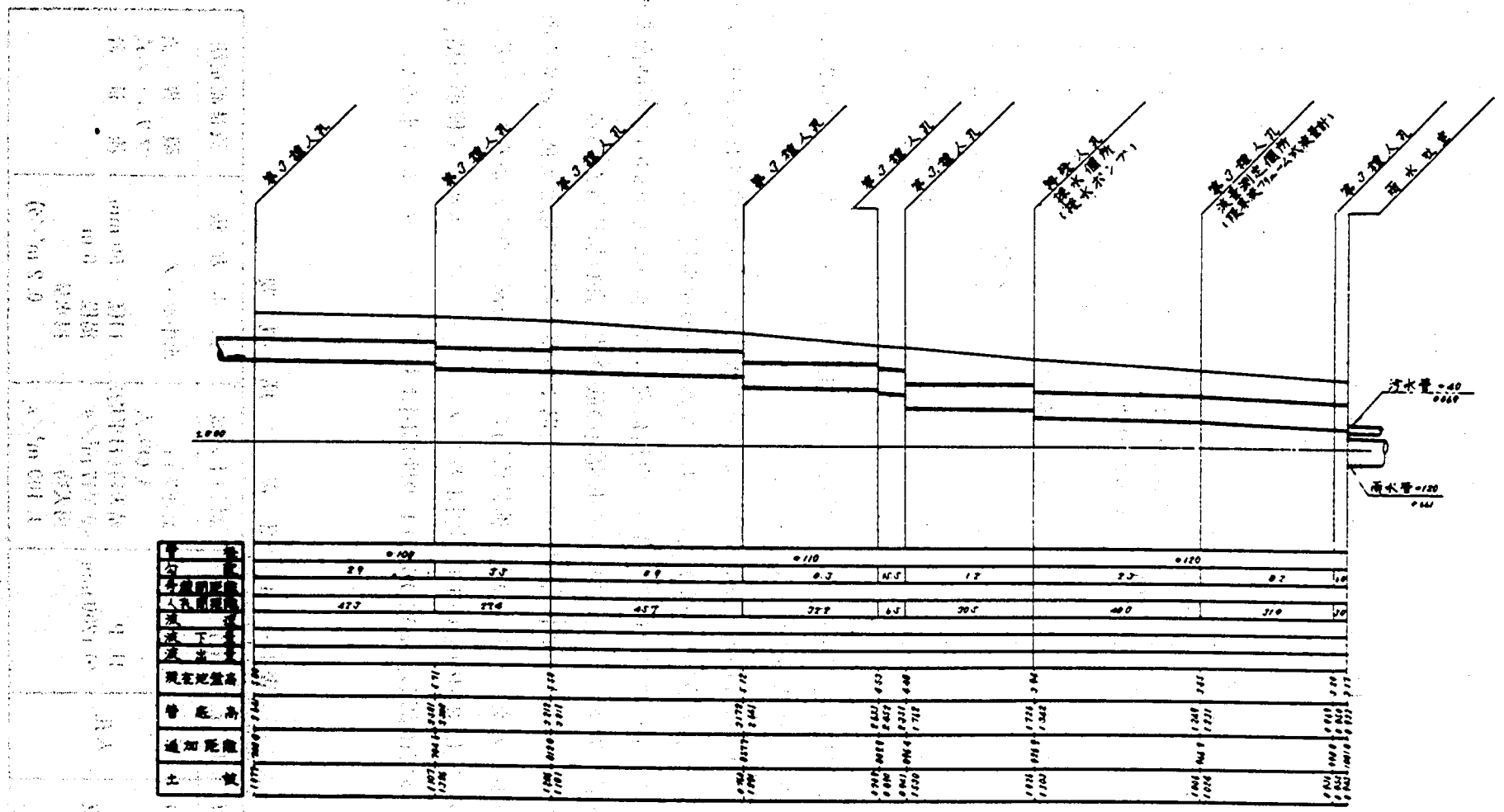


図１－１６　調査対象区域既設管縦断図

この地区の排水面積は現地踏査により流域界を確認し，2,500分の1の地形図よりプラニメーターによって求めた。

地区内の人口は，昭和50年10月1日の国勢調査の資料より，堀の内1丁目と2丁目について人口密度を算出し，これに調査対象区域の面積を剰じて常住人口とした。

表1－12　調　査　区　域　概　要

区域名	人口		人口密度	用途区分別面積	工種別面積		
	居住	昼間					
	人	人	人／ha	ha		ha	%
堀の内	4,308	3,579	194	住居地域 21.38	屋根	5.386	(24.2)
				近隣商業地域 0.71	道路 未舗装	0.108	(0.5)
					道路 舗装	2.279	(10.3)
				計 22.09	空地 未舗装	14.303	(64.8)
					空地 舗装	0.014	(0.2)
						22.09	(100.0)

昼間人口については，昭和45年10月1日国勢調査の南区における昼間人口（193,221人）との比率に調査対象区域の常住人口を剰じて求めた。

土地利用状況は，丘陵地帯の傾斜地を除いてほとんどが住居地域として利用されており，アパート等も多く，この地区の水道使用量の様態をみても85%が一般家事用となっている。

また，当地区の北部に，東西に走る道路に沿って生活に密着した商店街が0.5haの近隣商業地区を形成しているほか下水道幹線ルートに沿って小規模の飲食店，食料品店等がある。

その他，当地区内には工場等として古紙再生パルプ工場1カ所，捺染工場2カ所，製めん所1カ所があるほか公衆浴場1カ所，学校1カ所，神社仏閣2カ所，公園3カ所が散在している。

用途区分別面積については2,500分の1地形図よりプラニメーターにて求め，工種別面積，舗装状況は現地踏査によって確認し，2,500分の1の地形図よりプラニメーターにて求めた。

調査ケ所

表1－13　調　査　ケ　所　概　要

区域名	位置	個所	構造，断面	計画下水量	採水方法	流量測定法
堀の内	南区睦町1丁目 睦母子寮付近	人孔	H. P ⊙ 1200 mm	計画人口 3,688人 晴天時(日平均) 0.017 m³／s 雨天時 1.100 m³／s	水中ポンプ 口径 50 mm 揚程 6 m 揚水量 0.2 m³／分	限界流フリューム式流量計

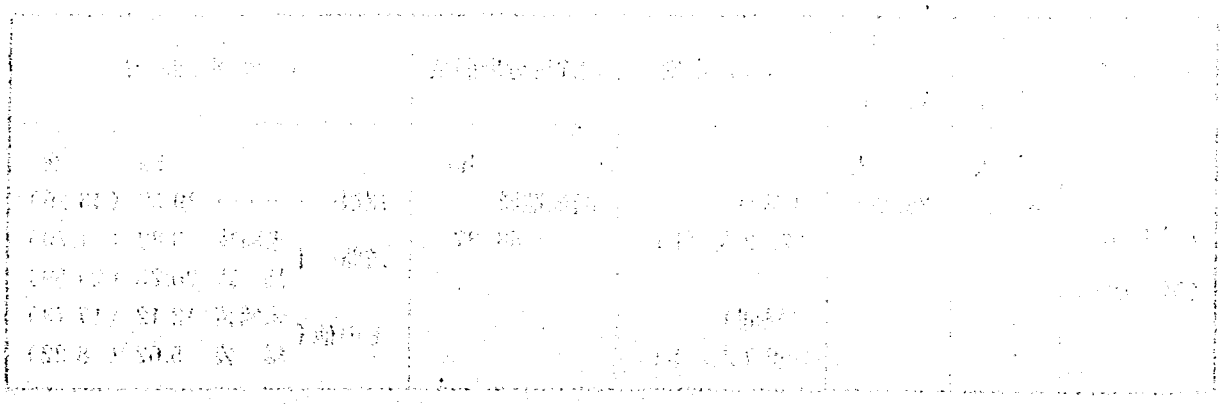
調査は，幹線（⊙25cm～⊙120cm ）の流末にある雨水吐の35m及び75 m 上流にある2カ所のマンホールを利用して，流量調査と水質分析のための採水を行った。

流量調査は雨水吐の上流35mにある内径150cm のマンホール内に限界流フリューム式の流量計を設置して測定した。この部分は上・下流共30m 以上の直線部分があり，流下状況も比較的良好であり，また雨天時に雨水吐からの背水の影響もない個所である。流量の測定結果は，近くの観測小屋内に自記記録計を設置して，連続して記録した。

採水については，流量調査用のマンホールの上流約40mにある内径150cm のマンホール内に，φ50m/m の水中ポンプを設置して行った。このマンホールは幹線が段差接合となっており，上流側が約40cm上っているため流下してくる下水はマンホール内で落下して混合された状態となっているので，水質的にも平均された試料を採水していると考えられる。

なお，晴天時は水深10cm程度しかなくポンプの吸込みに問題があるので，採水時にはポンプの下流側に取り外し可能な堰を設け，水位を上げて揚水した。揚水した下水はφ10cmの塩ビ製パイプで観測小屋へ引き込み採水ビンに仕分けした。

降雨量調査のための雨量計は観測小屋に隣接した睦母子寮の屋上（地上約10m） に1カ所と，流域中央部に1カ所設置して行った。



八町排水区（豊橋市）

区域の概要

本調査を行った八町排水区は本市の中央部，東海道新幹線豊橋駅の正面に位置し，本市の中心商店街として古くから栄えた地域で，地形は殆んど平坦であるが，しいて言えば，東高西低の緩やかなスロープで，下水排水上，極めて有利な条件を備えたところである。

下水道は昭和６年度に着手し，同１０年度までに完成した地域で，戦災復興土地区画整理事業によって枝線管渠の大部分は移設され新管となったが，幹線管渠は戦前建設されたものが現在もその機能を発揮している。

また，家屋の密集度合，街区の整備状態等も本市としては一番進んだ繁華街で，単位当り排出下水量も最大の地域である。

表１－１４

処理区名	地域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径
		ha			mm
野田処理区	八町排水区（第１分区）	68.37	合流式	自然排水	⊙ 230 ～ △ 1,950 × 1,950

土地利用状況

本調査地域の殆んどがすでに商業地域としての基盤を備え，土地の利用状態もかなり高度化し，近年特に高層ビルの建設が急増している。業種別戸数比も，商業施設が７.１％，一般店舗，商業的サービス施設が４６.３％，娯楽施設が６.７％で，これらが全体の６０.１％を占めており，次いで文教，医療厚生施設２.３％，交通施設０.５％，都市運営施設０.２％，その他３６.９％で市街地を形成している。

表１－１５

区域名	人口		人口密度	用途区分別面積	工種別面積			
	居住	昼間					ha	％
	人	人		ha	屋根……		29.58	(43.26)
八町排水区（第１分区）	8,358	38,268	（常住） 122.2人／ha （昼間） 559.7人／ha	商業地域 68.37	道路…	未舗装	0.82	(1.20)
						舗装	20.23	(29.59)
					その他	未舗装	12.12	(17.73)
						舗装	5.62	(8.22)

調査個所

水量，水質の調査個所は，本調査排水区域流末部の幹線管渠のマンホールで，管渠の勾配は，1.2‰，本調査地点までの管渠の最長延長は1,567m，もちろんこの付近一帯も商店街であるので，歩道上で調査中，営業，歩道等に支障のない地点に機器およびポンプを設置して，自記水位観測および採水した。

雨量については，本調査地域の周辺至近距離にある本市消防本部，野田処理場，中島処理場の3カ所で，自記雨量計により観測した。

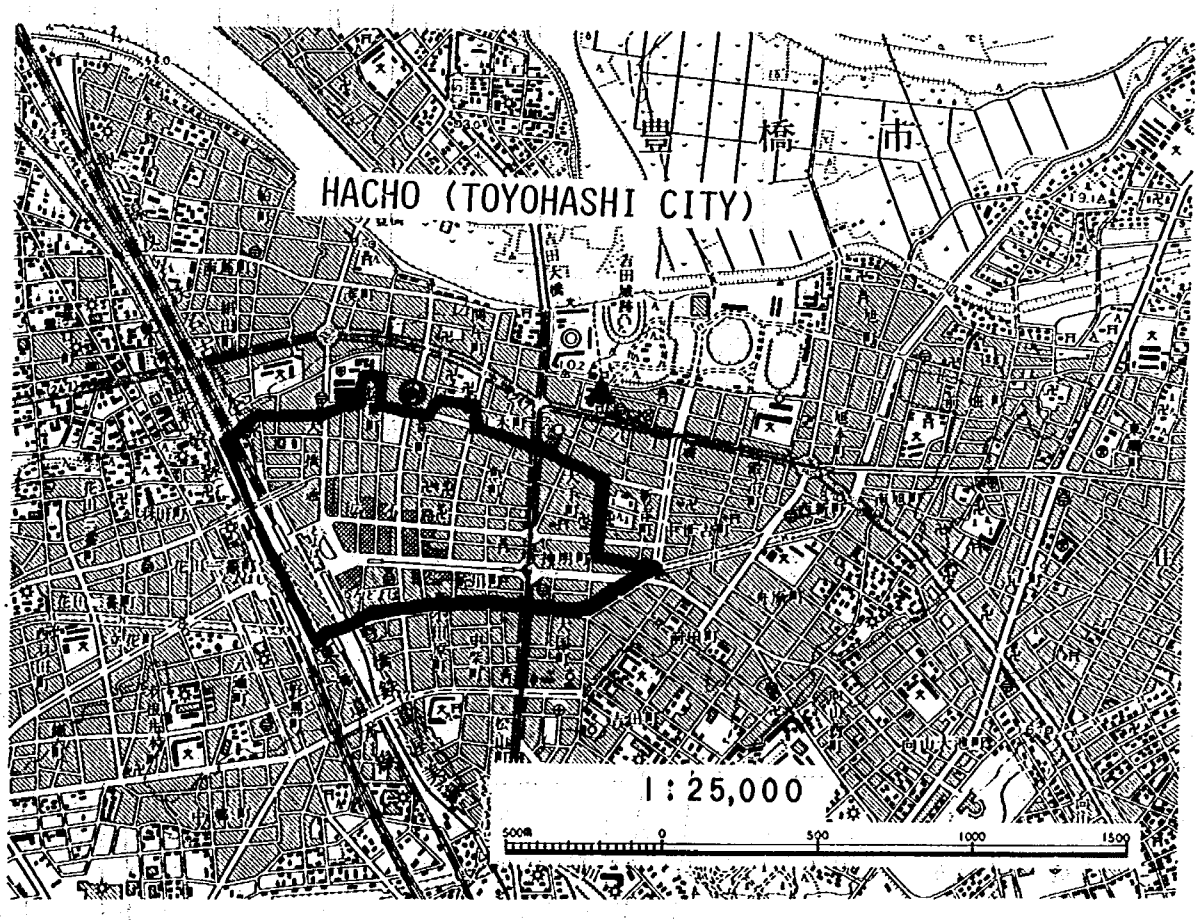


図1－17　八町排水区（豊橋市）

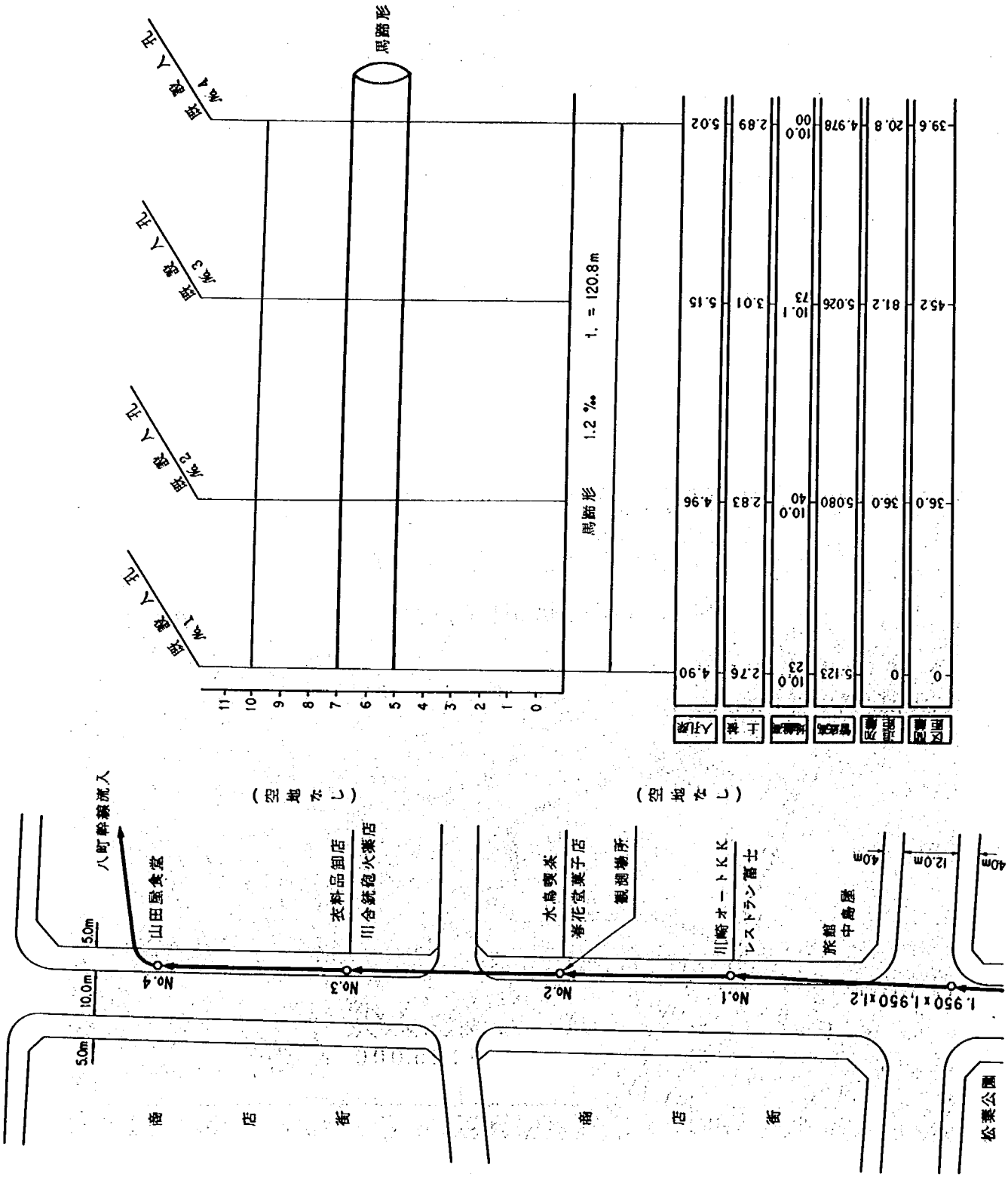


図１－１８　幹線縦断図（調査位置附近）

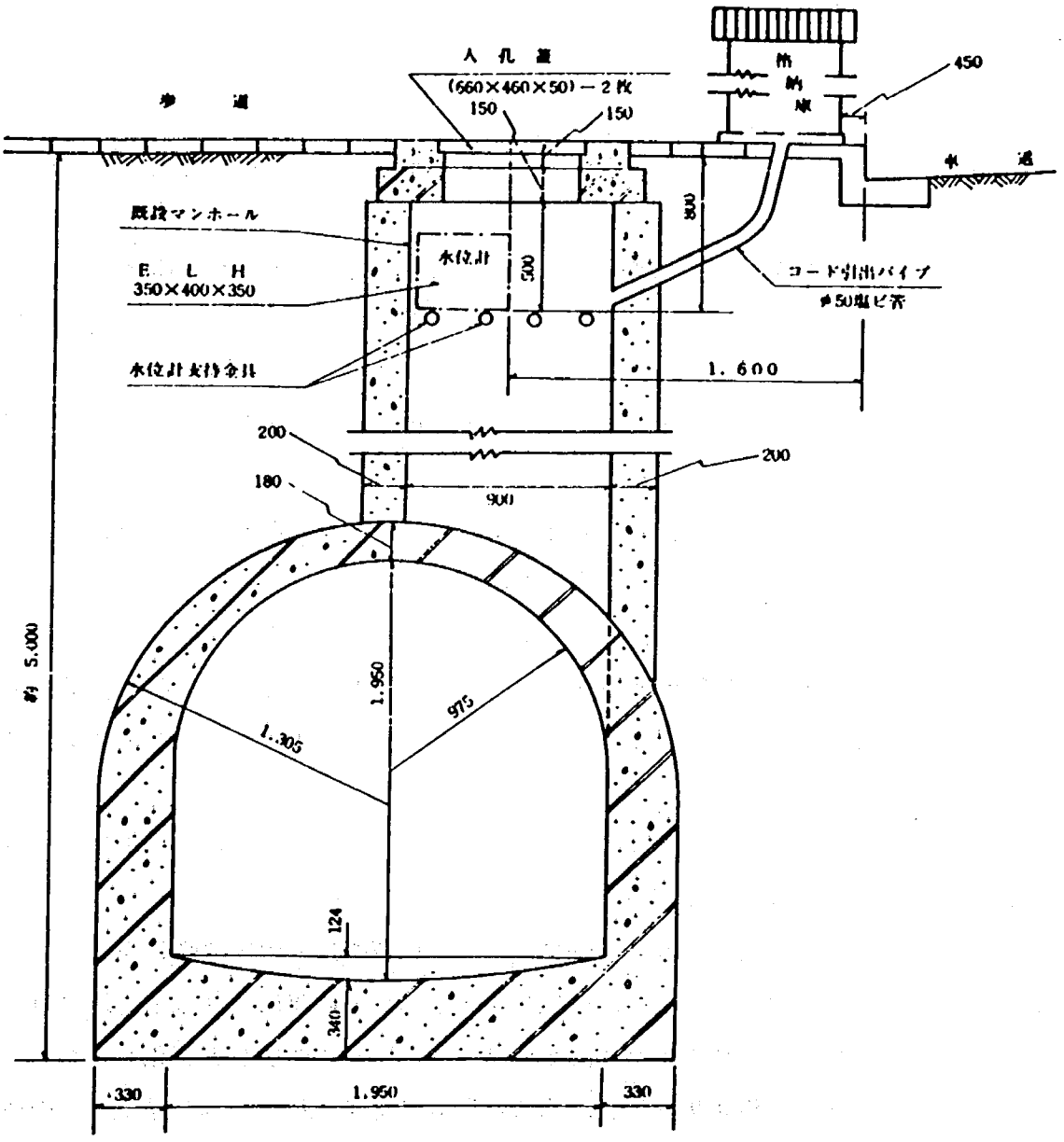


図１－１９　調査か所断面図Ｓ＝１／５０

表１－１６

区域名	位置	個所	構造断面	計画下水量	採水方法	流量測定法
八町排水区（第１分区）	豊橋市上伝馬町78番地	マンホール	R. C. ⌀ 1950 mm × 1950 mm	晴天時 0. 205 m^3/sec 雨天時 5.45 m^3/sec	水中ポンプにより採水	フロートなしの自記水位計ＳＭＡ－101型を設置し，この水位記録による水深からＨ－Ｑ曲線で流量を求める方法を採用した。 また，Ｈ－Ｑ曲線作製のための流速観測は，竹製の浮子を用い，流下時間をストップウォッチで実測しこれを流速算定の基礎時間とした。

白川排水区（名古屋市）

区域の概要

白川排水区は名古屋市の中心市街地である中区の中央部に位置し，代表的繁華街である栄町，広小路通の一部を成す商業地域である。

また，名古屋城から約1.5 km 南の場所にあり，現在は町名が変更されて中区栄二丁目、三丁目とされているが，古い町名には鍛冶屋町，鉄砲町，呉服町，住吉町，八百屋町などがあり，城下町として栄えた歴史を示している。

すでに市の中心市街として市街地整備は完成し，大都市の中心市街としての業務地，商業地らしい都市施設の高度な集積，発展がみられる地区である。

主なる施設としては百貨店，銀行，証券会社，事務所ビルが多数あるほか，商店，飲食店，バー，キャバレー等が多く，歓楽街としての特色も持っている。

事務所は個人形態のものも含めて数百にのぼるが，その６０％以上は，小売業，サービス業で製造業，建設業等の第２次産業は数％に過ぎない。公共施設としては公園２個所，学校１個所が主なものであるが，このうち白川公園の面積が排水区の２割を占めている。この公園は名城公園鶴舞公園等についで本市の代表的な都市公園の１つである。

人口動態は個人住宅が少ないため夜間居住人口は45人／haと少なく，年々減少傾向にあるが，この地区に働く昼間人口は多く増加しつつある。

下水道施設の面では，当排水区は本市の中央部にある堀留処理場の処理区に属しており，すでに戦前において下水道整備が完成していた地域である。しかし近年における市街地の急激な発展に伴なう汚水，雨水の流出量の増大のため汚水処理，雨水排除の問題が表面化したため，数年前から堀留処理場の拡張と共に汚水集水管，雨水排水幹線の増強が行なわれた結果，この地区における浸水問題は解消している。

白川排水区は白川幹線排水区１０７ha の上流域にあり，上流域の流出水は百米道路において晴天時は集水管に接続して堀留処理場に送られ，雨天時は雨水吐からオーバーフローした雨水が白川下流幹線 ϕ 2200mm を通して州崎橋にて堀川へ放流される。

地盤は比較的高く，排水区の最も低い地点で堀川の満潮面と約６ｍの高度差があるため，雨水排除は自然流下となっている。

地表勾配は概ね平坦で北から南にかけて緩い勾配があり，５百米ほど西を流れる堀川流域に属している。

表１－１７

処理区名	地域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径	放流先
堀留	白川排水分区	39.5 ha	合流式	自然流下	⊙250 mm～⊙1650 mm 1,426 m	堀川（一級河川）雨水吐

土地利用状況

当排水区域は市の中心部のビジネス街，繁華街として発展しており，様々な建物が密集した街区を形成している。

都市機能の面からの大きな特徴としては，栄交叉点に近い東北部は百貨店，飲食店等の繁華街，娯楽街となっており，中央部は古くからの小売業，卸売業などの店舗が多く，国道に近い西部は中規模以上のビルが林立し，銀行，会社等の業務地区となっている。

土地利用区分をみると街区の面積が全体の半分を占め，道路は千分の１である。道路面積が比較的多いが，これは中区の道路面積率24.7％にほぼ等しく本市の都市計画が道路整備を重視していることの現われともいえる。

道路，公園等の公共用地を除いた街区の建築容積率は約200％であり，都心部としてはそれほど大きくない。この理由は個人の専用住宅は少ないが古くからの店舗，飲食店が比較的多く，これらの多い街区は平屋建，二階建程度の小規模なものが多いためである。

道路はすべて舗装され，庭つきの個人住宅や大きな旅館，神社等が少ないため公園，学校を除くと土の見える空地，間地は少なく，建物のない空地は車時代を反映して舗装された駐車場，ガレージとなっており，不浸透域化が極度に進んでいる。

現在街区の７％程度の面積が浸透性の空地，間地となっているが，ある程度の規模のものはやがてビルや駐車場になることが予想されるので，将来は公園等も含めても不浸透域の割合は８０％を越えることになると思われる。

表１－１８

区域	人口		用途地域区分	土地利用区分			工種別面積		
	居住	昼間		区分	面積	割合	工種	面積	割合
					ha	％		ha	％
白川排水区 39.5 ha	人 1,780	人 12,800	商業	道路	9.80	25	屋根	16.22	41
				一般街区	20.09	51	道路	9.80	25
							舗装	7.50	
				公園	8.86	22	平板	2.30	
							間地	9.17	23
	人口密度 45人／ha			学校	0.75	2	舗装	4.11	
							平板	0.89	
							未舗装	4.17	
							緑地（芝生，植込）	4.31	11

調査個所

調査場所は白川公園内の歩道上にある白川準幹線 θ 1650mm の人孔２個所である。

２個所の人孔のうち上流人孔の上に観測小屋を設置し，その中に触針式の自記水位計をおき幹線内の水位変動を常時記録すると共に，採水用具流速測定器具を収納した。

採水は下流人孔において人力によりバケツを下ろして採取した。雨量計は，同公園内に設置した。

調査地点および排水区の観測上の特徴は下記の通りである。

① 公園内であるため交通問題がなく，観測，作業に危険が少ないので夜間等でも観測が容易である。

② 水位計，観測小屋の設置に支障，トラブルがないので長期の観測が可能である。

③ 下流の下水幹線が深く，かつ容量が大きいため，調査地点に背水の影響がない。

④ 上流域に浸水の頻発する個所がないので，豪雨時でも実際のハイドログラフが得られる。

⑤ 採水場所の幹線が深い（５ｍ）ので作業にやや危険を伴う。

⑥ 排水面積が小さく，幹線延長も短いので流出ピークの観測地点への到達が早い。

表１－１９

位　置	個　所	断　面	計画下水量	採水方法	流量測定法
中区栄２丁目 白川公園内	人孔２個所 （上流人孔 下流人孔）	ヒューム管 θ 1,650 mm 埋設深さ 5 m	晴天時 0.155 m^3/s 雨天時 2.755 m^3/s	下流人孔にて人力により，バケツを用いて採水。	上流人孔に自記水位計設置（触針式） 流速は浮子投入により実測（上流人孔～下流人孔）

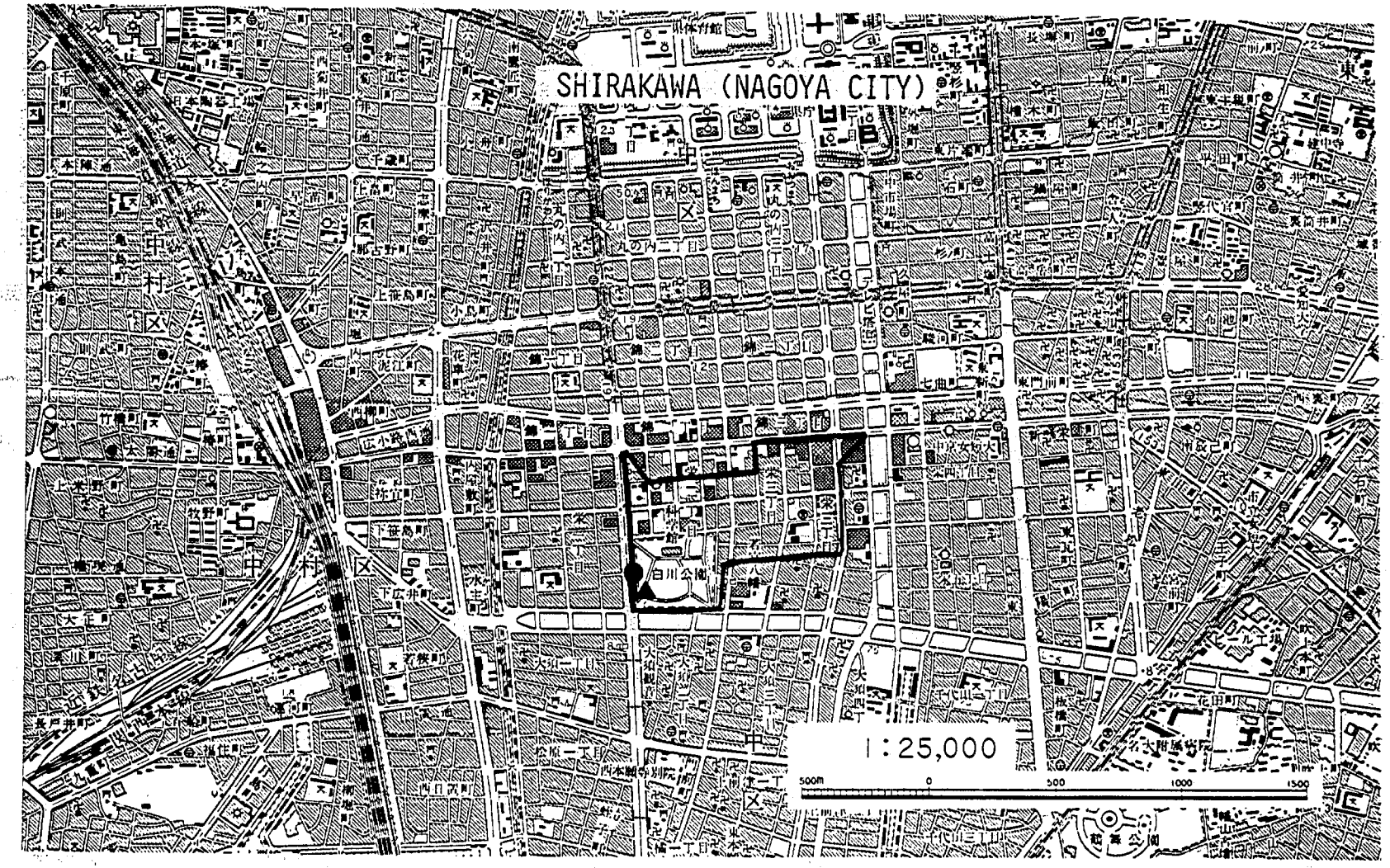


図１－２０　白川排水区（名古屋市）

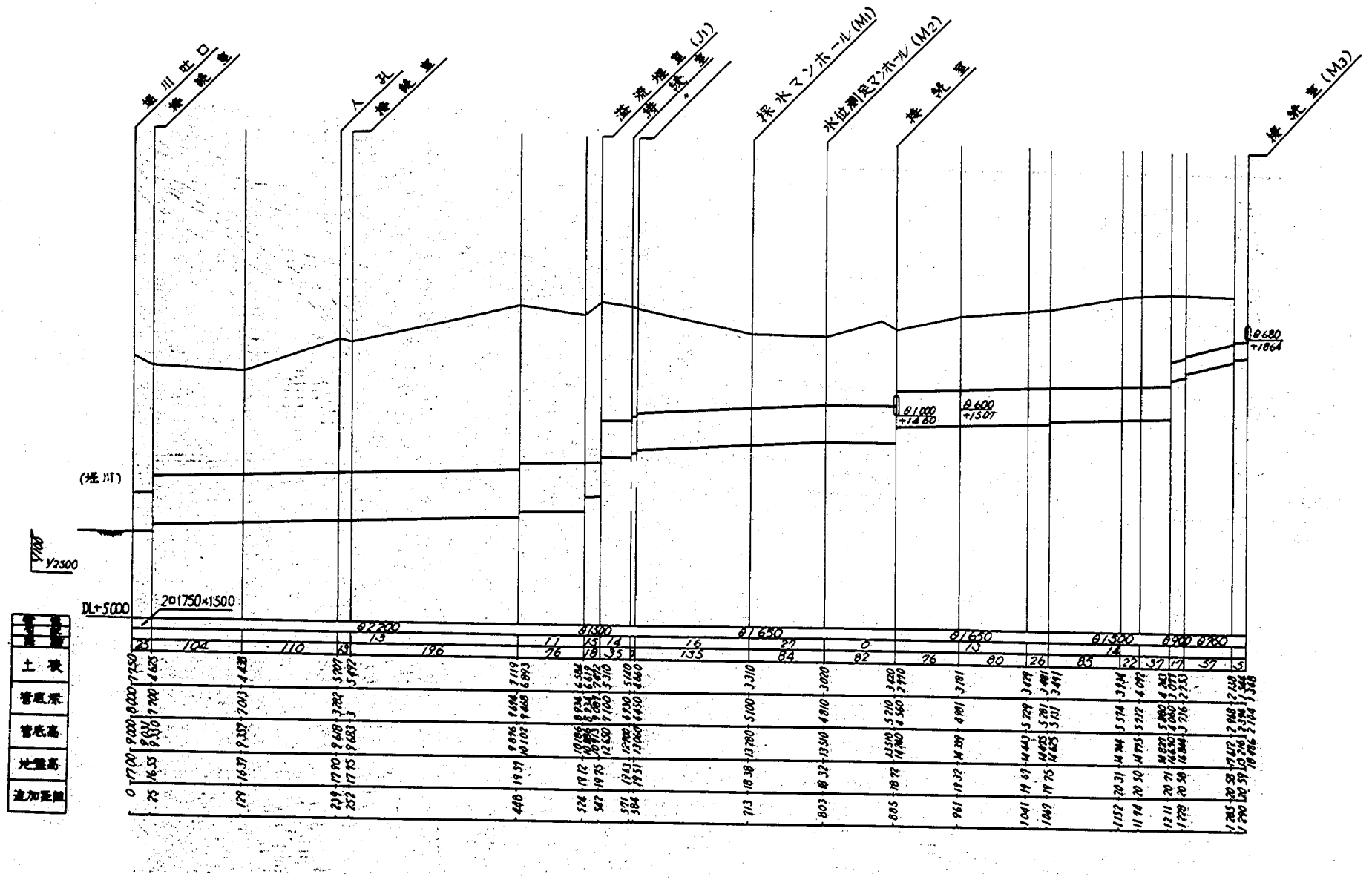

堀川吐口
本線
人孔
本線
流量堰(J1)
本線
採水マンホール(M1)
水位測定マンホール(M2)
本線
本線
本線(M3)
(堀川)
Y100
Y2300
DL+5000
2Ø1750×1500
Ø2200
Ø1500
Ø1650
Ø1650
Ø1500
Ø800
Ø780
Ø1000
+1480
Ø600
+1507
Ø680
+1864
土被
管底深
管底高
地盤高
追加距離

図1－21　幹線縦断図

千本排水区（京都市）

区域の概要

本調査区域は京都市のほぼ中央に位置し，大部分が中京区と下京区に属している。東は大宮通，西は国鉄山陰本線，南は国鉄東海道本線，北は後院通で囲まれており，東西に約0.7km，南北に約2.7kmと細長い，面積148.49haの区域である。また，この区域の少し北には二条城が，そして大宮通をはさんで西本願寺があり，吉祥院処理区に隣接している。

地盤勾配は，北から南へ，そして東から西へ傾斜している。大宮通では五条通までは約2‰とゆるやかで，五条通以南は約5‰ときつくなっている。また調査区域のほぼ中央を南北に通る壬生川通では途中のわずかな部分でレベルの他は約4‰の勾配である。次に四条通は壬生川通まではゆるやかで，それ以西は約5‰である。五条通は約5.5‰の一定勾配である。そして南部の木津屋橋通では壬生川通までは約3‰で，それ以西は約5.5‰である。

次に，本調査区域の排除方式は合流式で，自然流下で鳥羽処理場に流入している。本区域のほぼ全域は本市では最も初期に整備された区域であって，昭和5年8月に都市計画事業として認可され，昭和6年11月に竣工した第1期失業応急下水道事業に含まれていた。そして当初は本市で最初の下水処理場として昭和9年1月に完成した吉祥院処理場に流入していたが，昭和14年に鳥羽処理場が稼動と同時に吉祥院処理場は運転が休止されたので，本調査区域は鳥羽処理区になった。また，本区域は，前の認可では中部第1排水区に属していたが，現認可では将来五条通に鳥羽第2導水渠が計画されているので，これに流入する五条通以北は中部第2排水区に，そして五条通以南は中部第1排水区に属している。

表1－20　区　域　の　概　要

処理区名	区　域　名	排水面積	排除方式	排水方式	管　　径
鳥羽処理区	中部第1排水区 千本分区	148.49 ha	合流式	自然排水	⊙250m/m ～⊡3000×1930m/m

土地利用状況

本調査区域は準工業区域が56.3%を占めており，居住人口は中京区が昭和35年の国調から，また下京区は昭和40年の国調から減少しつづけている。

本区域内の主たる施設についてみると，北部には京都市交通局壬生車庫，また中央部には専売公社京都工場と大阪ガス京都工場，南西部には京都市中央卸売市場と国鉄山陰本線丹波口駅，そして最南部には梅小路貨物駅がある。教育施設としては，市立小学校が3校，市立中学校が2校，そして私立学校が1校ある。交通網としては，四条通の地下に阪急電鉄，四条通を少し下がった所を京福電鉄嵐山線が通っている。また，五条通は一級国道9号線である。最南部には国鉄東海

道本線と新幹線，西の境界には山陰本線が通っている。

本区域の用途区分別面積割合は表に示すように住居地域21.6％，商業地域22.1％及び準工業地域が56.3％である。その分布は，住居地域は五条通以南七条以北の地域に，商業地域は主として後院通，四条通，五条通，花屋町通，七条通及び大宮通附近の地域に，そして準工業地域は五条通以北と七条通以南の地域に分布している。

昭和45年12月現在の産業中分類の従業者数別の事業所数より繊維工業の事業所数は199事業所と極めて多く，従業者数100～299人の事業所が5事業所もある。しかも，そのほとんどが染色関係の事業所であり，水の使用量は多いと思われる。昭和45年現在であるが，この区域内には100m³／日以上の工場廃水を出す工場は14カ所あって，そのうち染色関係が11工場も占めている。そして1000m³／日以上の工場が3カ所ある。

次に工種別面積を昭和43年の調査と比較すると不浸透面積率が63％から77.1％に著しく増加している。これは主として，以前間地や材木置場であった場所に駐車場や建物が建ったり，また多くのお寺が境内を駐車場に利用していることによるものと思われる。

表1－21　土　地　利　用　状　況

区域名	人口		人口密度	用途区分別面積			工種別面積		
	居住	昼間			ha	％		ha	％
中部第1排水区 千本分区	人 25,280	人 37,180	人／ha 170	準工業地域	83.53	56.3	建物（屋根）	83.19	56.0
				商業地域	32.86	22.1	簡易舗装，駐車場，高級舗装等	31.27	21.1
				住居地域	32.10	21.6	未舗装，間地運動場等	31.31	21.1
							公園，芝生，畑庭園等	2.72	1.8

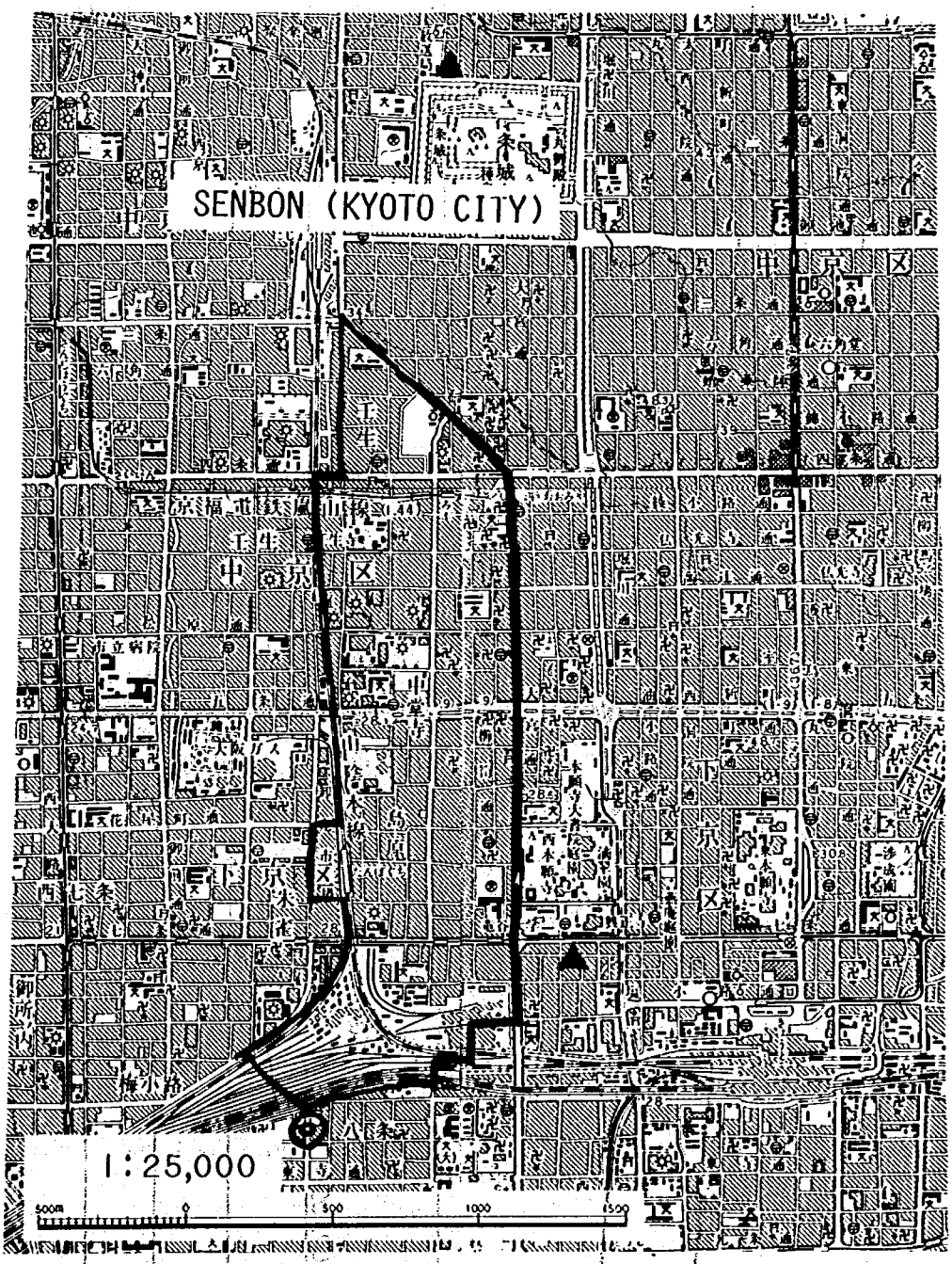
調査個所

観測は八条源町地先の人孔で行った。この地点は下水渠を覆蓋した場所で，車が通らないので観測には好都合であった。

観測方法であるが，流速測定は浮子法で行った。浮子を人孔Aから投入し，125m下流の人孔Bで確認して100m下流の人孔Cに合図することによって流下時間を計測した。水位の測定は人孔Cで測機舎の携帯用触針型水位計のNP－50型を用いて行った。採水は人孔Cでポリバケツにロープを結んで下水を汲み上げ，1ℓと2ℓのポリビン及び大腸菌群試験用の希釈ビンに分けた。水質試験は，車で約20分の場所にある鳥羽処理場内の水質試験所で行った。

表1－22　調　査　個　所

区域名	位置	個所	構造・断面	計画下水量	採水方法	流量測定法
中部第1排水区 千本分区	南区 八条源町地先	人孔	R. C □3000 ×1930m／m	晴天時 0.766 m³／s 雨天時 7.712 m³／s	人力	浮子法



千本排水区（京都市）

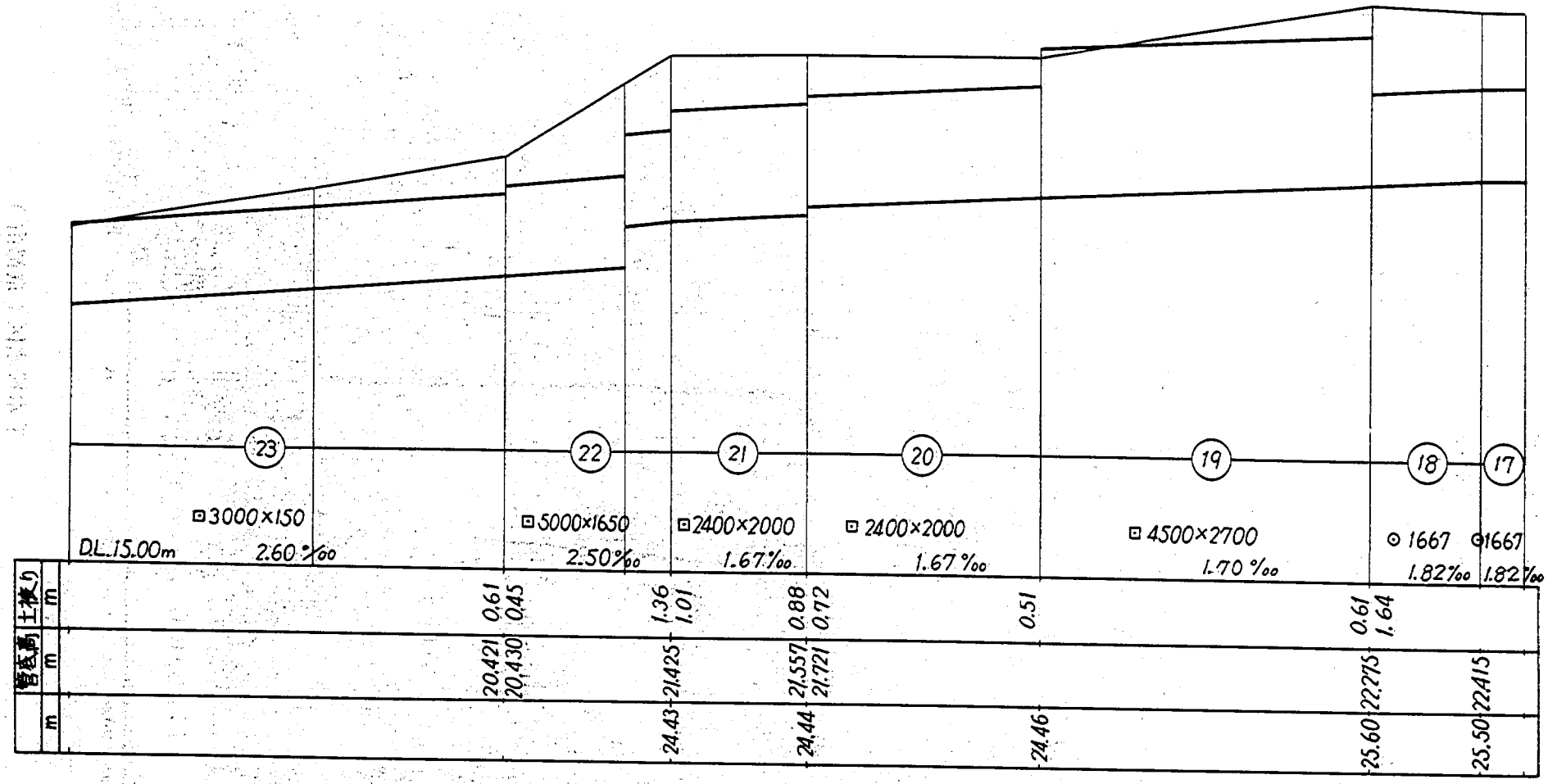

23
22
21
20
19
18
17
□3000×150
□5000×1650
□2400×2000
□2400×2000
□4500×2700
⊙1667
⊙1667
DL.15.00m
2.60‰
2.50‰
1.67‰
1.67‰
1.70‰
1.82‰
1.82‰
土被り m
0.61 0.45
1.36 1.01
0.88 0.72
0.51
0.61 1.64
管底高 m
20.421 20.430
21.425
21.557 21.721
22.715
22.415
m
24.43
24.44
24.46
25.60
25.50

図１－２３　幹線縦断図

中之島排水区（大阪市）

区域の概要

本調査の対象区域としている中之島区域は旧淀川の中洲で，その北側を堂島川，南側を土佐堀川によって囲まれ，市のほぼ中心部に位置している。

当区域は江戸時代に入って，水運のよいことから各地諸大名の倉屋敷としておおいに発達し，さらに明治・大正・昭和と時代とともに発展を重ね，本市の政治・文教・経済の中枢部として現在に至っている。特に戦後の発展は著しく，現在では高層ビルの建設，道路の整備等により，全区域にわたって都市施設が高度に集積している。

地形的には，当区域の大半は満潮時（ＯＰ＋2.4ｍ）以下の低地で，周囲は全て防潮堤によって囲まれており，計画高潮位（ＯＰ＋3.5ｍ）以上の地区は，わずかに当区域東部の日本銀行大阪支店および大阪市役所がある地区のみとなっている。

下水道施設の面では，中之島排水区は，その排水面積として44.5ｈａを持ち，心斎橋，ナンバ地区等本市の代表的な商業地区を処理区域として包含する津守処理区に属しており，本市創設の中央部下水道改良事業（明治27～34年）により，排水施設が整備され，さらに第４期下水道事業によって汚水処理が昭和１６年に開始されている。また戦後の急激な産業経済活動の活発化に伴う人口の当地区への集中および都市施設の整備は，汚水量および雨水流出量の増大を招来し，在来ポンプ施設能力の不足が目立ってきたため，ポンプ施設の増強策を計画し，昭和４６年６月に新ポンプ施設が完成した。

当区域の下水は，合流式下水管渠により，昭和４６年６月に完成の中之島抽水所（ポンプ場）に集められ，このうち雨水は当区域の南側の境界にあたる土佐堀川へ放流し，汚水は本市西成区に位置する津守処理場へ送水され，処理されている。

当中之島排水区の下水道施設の概要をまとめると表1－23のようになる。

表１－２３　調査区域の下水道施設概要

処理区名	区域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径
津守処理区	中之島区域	45.50 ha	合流式	ポンプ排水	⊙３００㎜ ⊡２０００×１３５０㎜

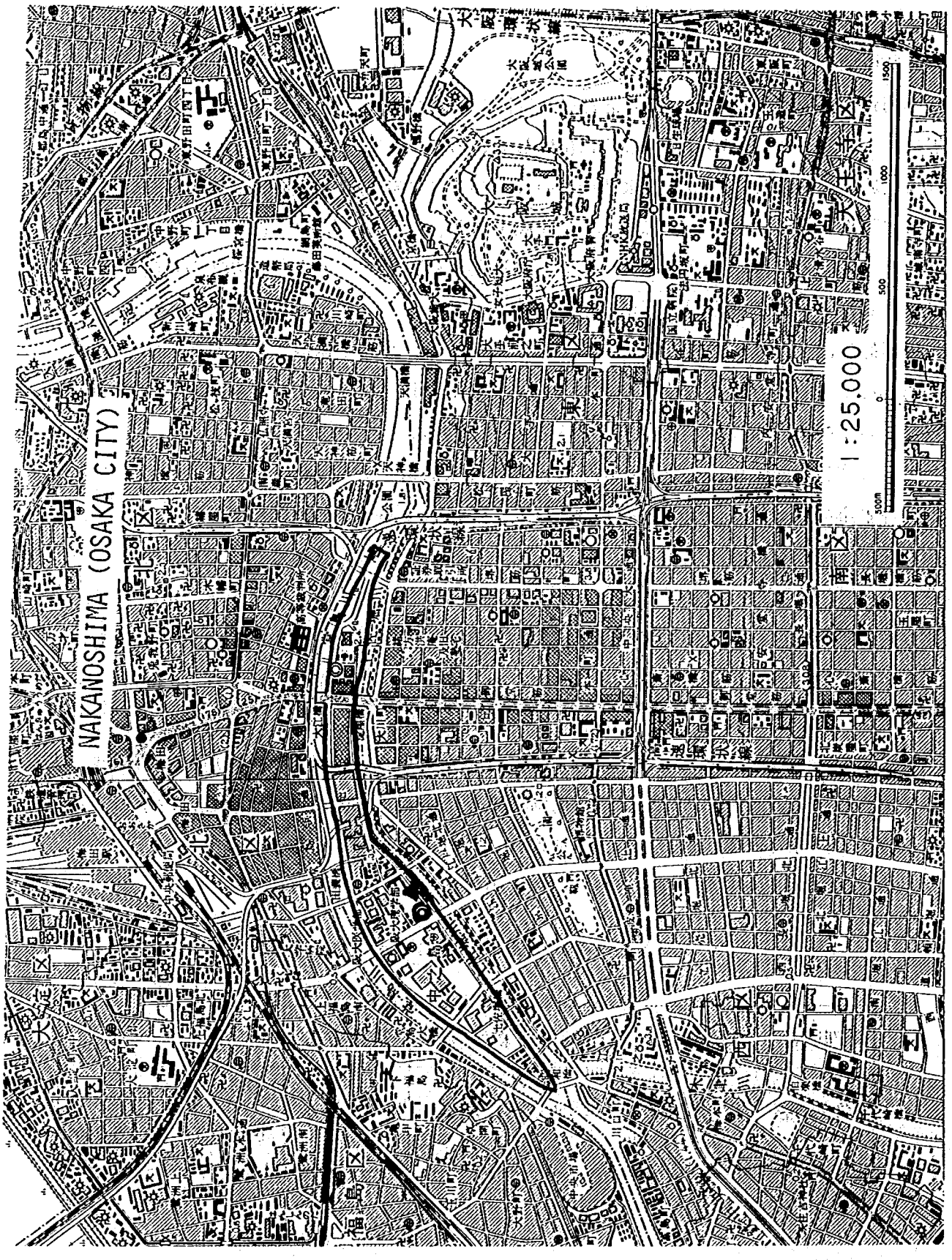


図１－２４　中之島排水区（大阪市）

土地利用状況

当中之島区域はその全域が「商業地域」として指定されている。前述したように，当区域の特に戦後の発展は著しく，高層ビルが林立し，また道路が整備され，都市施設が高度に集積している。

当区域の土地利用状況を概略的にみると，その東部区域は中央公会堂，府立図書館，大阪市役所等のビル群によって大部分が占められている。公園，芝生，庭園等については，中之島公園が地勢上，河川への自然排水が可能なため，排水区域から外されているので，わずかにビルの前栽がみられるのみである。一方，西部区域では，やはりこの区域にも，ロイヤルホテル，中之島センタービルが林立しているものの，東部区域に比べると密度は低下し，資材置場や駐車場，空地等がみられる。また浸透性の工種とされている運動場，公園がみられるものの，この西部区域である。

このような土地利用状況から，各工種の面積および全面積に占める割合を表1－24に示したが，面積的割合が最も大きいのは簡易・高級舗装道路，駐車場等の工種で，面積にして243ha，面積比率で53.4%となり，全排水面積の約半分を占めている。また建物（屋根）と表示されているビル群は面積14.8ha，面積比率32.5%で，全面積の1／3を占めている。公園，庭園等については，面積2.2haで，面積比率はわずか5%に満たない。

この工種構成を浸透性，不浸透性の面からみると，不浸透性の工種が面積にして，39.1ha，実に全排水面積の約86%を占めている。

人口の面では，昭和50年国勢調査によると，常住人口674人，昼間人口約43,300人で，実に常住人口の約64倍もの人口を昼間に収容している。

このように，本区域は土地利用および人口の面からみても，典型的な大都市中心部のオフィス地区であるといえよう。

これらの本区域の土地利用状況の概要を表1－24に示す。

表1－24　中之島区域の土地利用状況

区域名	人口		人口密度		用途区分別
	常住	昼間	常住	昼間	面積
	人	人	人／ha	人／ha	商業地域
中之島区域	674	43,300	14.8	951.6	100%
					45.5 ha

表１－２４

工種別面積		
工種	面積	面積比率
建物（屋根）	14.8 ha	32.5 %
簡易・高級舗装道路，駐車場等	24.3	53.4
未舗装道，間地，運動場等	4.2	9.2
公園，芝生，庭園等	2.2	4.9

調査個所

本調査の主要調査である降雨量測定，流量測定および試料の採取は，全て本調査の対象区域としている中之島区域のほぼ中央部，大阪市中之島４丁目地内の中之島抽水所（ポンプ場）で行った。

降雨量測定は，当抽水所ポンプ室の屋上に設けられた雨量計によって測定した。

流量測定は，当抽水所のポンプのポンプ吐出量を流量として観測した。このポンプ吐出量はポンプの吐出圧力信号と吸込圧力信号とから，$Q-H$特性曲線を使って演算したもので，同時にポンプ井水位も観測している。

下水試料の採取は，沈砂池流入会所ゲートの所に自動採水機を設置し，沈砂池入口に採水ホースを下し，下水を採取しこ。当抽水所の沈砂池は２池設置されているが，採水を行う沈砂池は採水ケ所の固定化ということから，流下方向に対して右側の沈砂池に限定し，また採水ホースに浮子をつけ，採水深を水面下約30cmとした。なお，採水ホースの内径は0.9cmで先端に金属性のストレーナー（内径0.9cm，長さ約８cm，孔径0.9cmの孔１３コ）をつけている。

表１－２５調査ケ所の要点を示す。

表１－25　調　査　ケ　所

区域名	位置	採水ケ所	沈砂池構造	計画下水量	採水方法	流量測定法
中之島排水区	大阪市北区中之島４丁目 中之島抽水所	沈砂池入口	R.C. 巾 長 深 3.15m×14.2m×6.7m	m³/s 晴天時 0.1365 雨天時 3.348 （汚水 0.1365 雨水 3.2115）	自動採水機	ポンプ吐出量

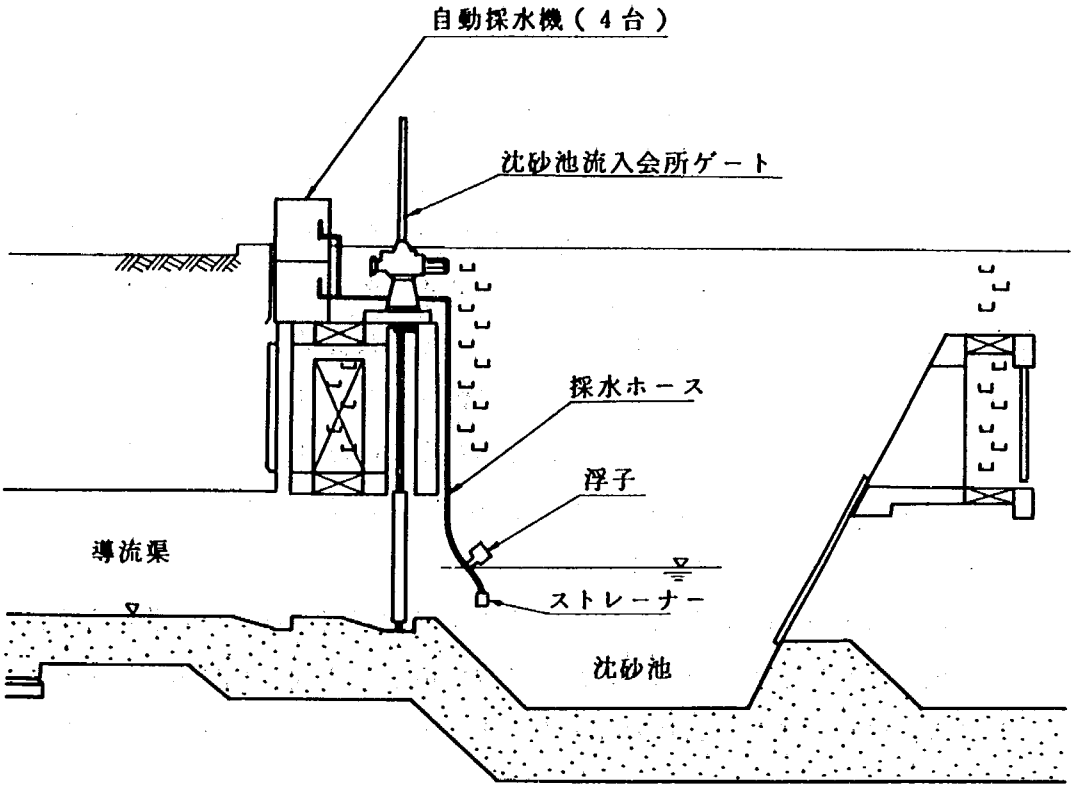


図１－２５　自動採水機設置模式図

吉島排水区（広島市）

地域の概要

調査対象区域の吉島排水区は，広島市旧市域のほぼ中心部に位置し，太田川の派川である元安川と旧太田川（本川）に囲まれた南北に細長い，独立した区域である。

地形は，太田川下流三角洲と干拓地および埋立地とからなる地表平均勾配1/1000～2/1000の広島低地である。派川は感潮部であり，干満の差が2.3ｍあり，干潮時には河床が露出するが，満潮時には排水区域の大半は，満潮面以下になるため．周囲を堤防で保護してある。

当区域は，合流式下水道による公共下水道により整備されており，下水管の計画区，計画雨水量はビルクリー・チーグラーの実験式において，降雨強度60mm/hr，流出係数0.6を採用し，計画汚水量は0.0015833㎥／sec／haを採用しているが，既設の下水道は大半が同じく降雨強度45mm／hr を用いて計画されたものである。

当区域の排水は，排水区のほぼ中心部に位置する吉島ポンプ場において，北から中島1号幹線，南から吉島1号幹線により流下する下水を，汚水は吉島汚水送水管（φ800）により，江波下水処理場へ送水して2次処理しており，雨水は旧太田川（本川）へポンプ排水している。いわば当地域は周囲を堤防で囲まれた盆状の地形であり，すべてポンプ排水によっている。

表1－26　調査対象区域の概要

処理区名	排水区名	排水面積	排除方式	排水方式	管径
江波処理区	吉島排水区	215.136 ha	合流式	ポンプ排水	⊙250（mm） 〃 ⊡2200×2200

土地利用状況

吉島排水区は南北に細長い。周囲を川で囲まれた地区で土地利用状況は，横割りに区分される。北端部は平和記念公園があり，東西に比治山・午線（百米道路）が走っている。中央部は，中島・吉島線（幹線市道）が南北に中心を通り，東西に国道2号線，吉島・観音線（幹線市道）が走っており，用途地域は近隣商業地域，商業地域となっている。中央部より南は住居地域である。南端部は，準工業地域，工業地域であり，材木工場，セメント工場，そして清掃事務所が存在している。

人口の推定は，国勢調査（昭和50年12月），事業所統計調査結果報告書（昭和49年，広島市統計課）によった。

この地区には，大規模な事業所が少ないため，夜間人口と昼間人口は大きな変動はないものと推定される。

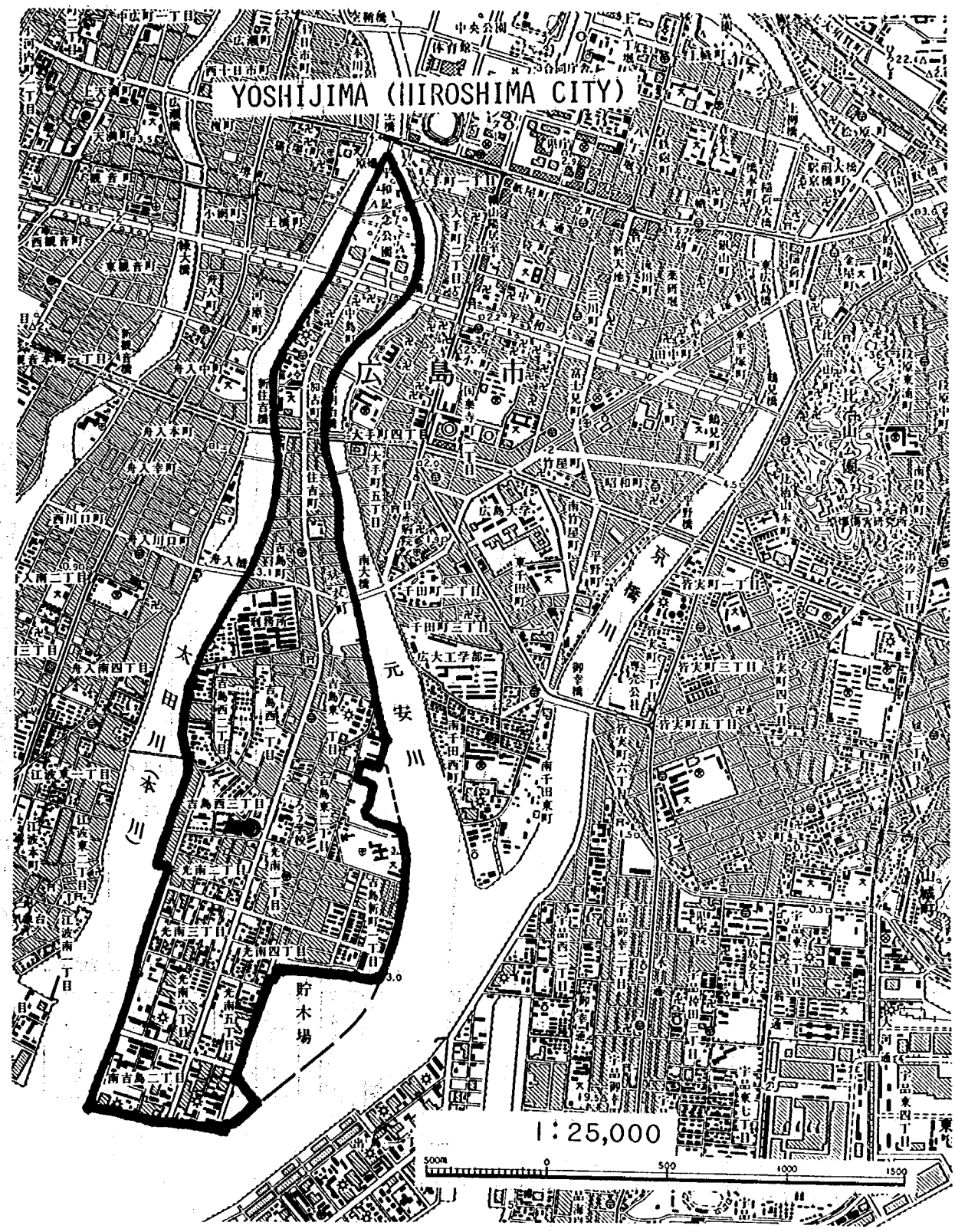


図１－２６　吉島排水区（広島市）

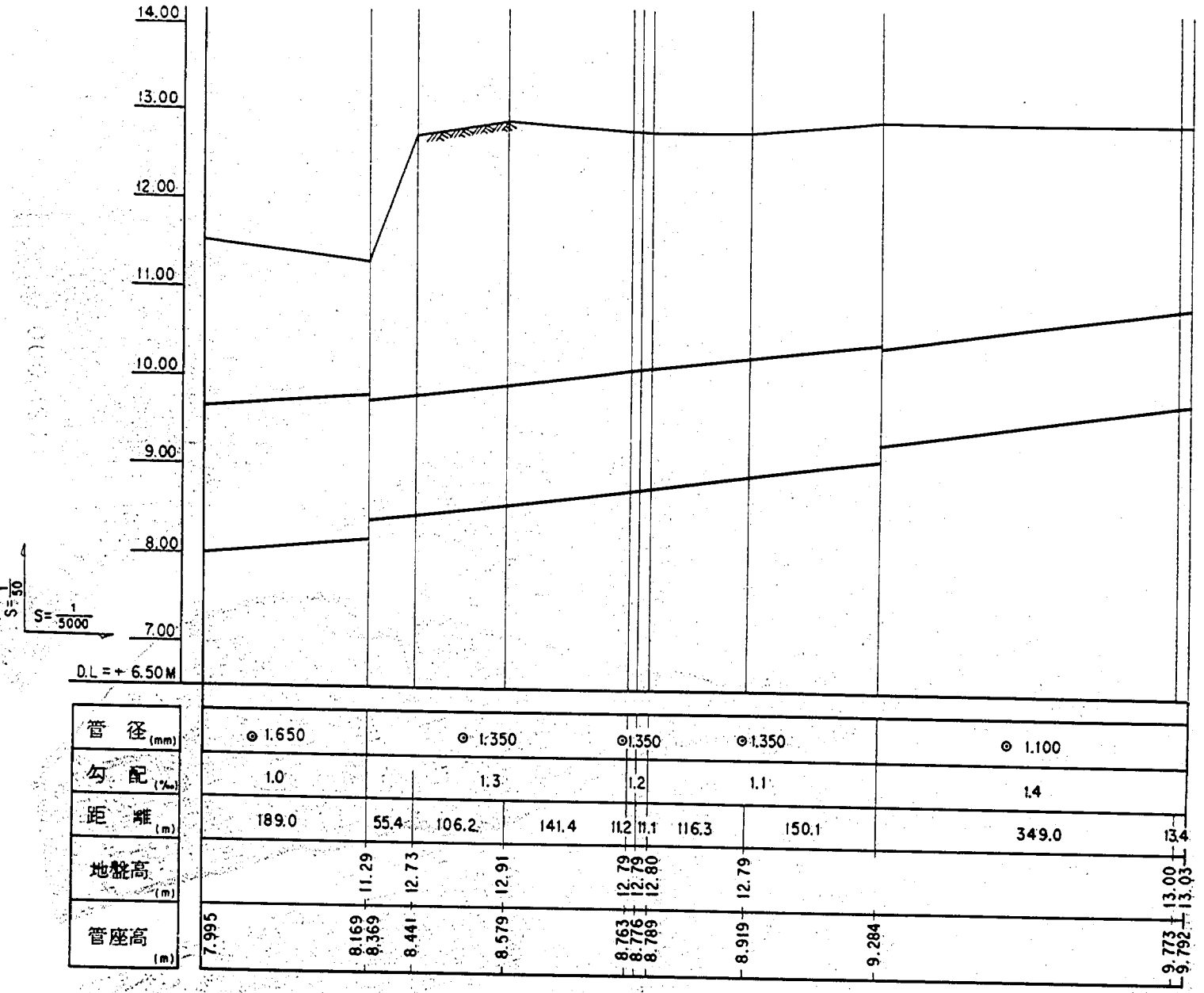


図１－２７　吉島排水区中島第１号幹線縦断面図

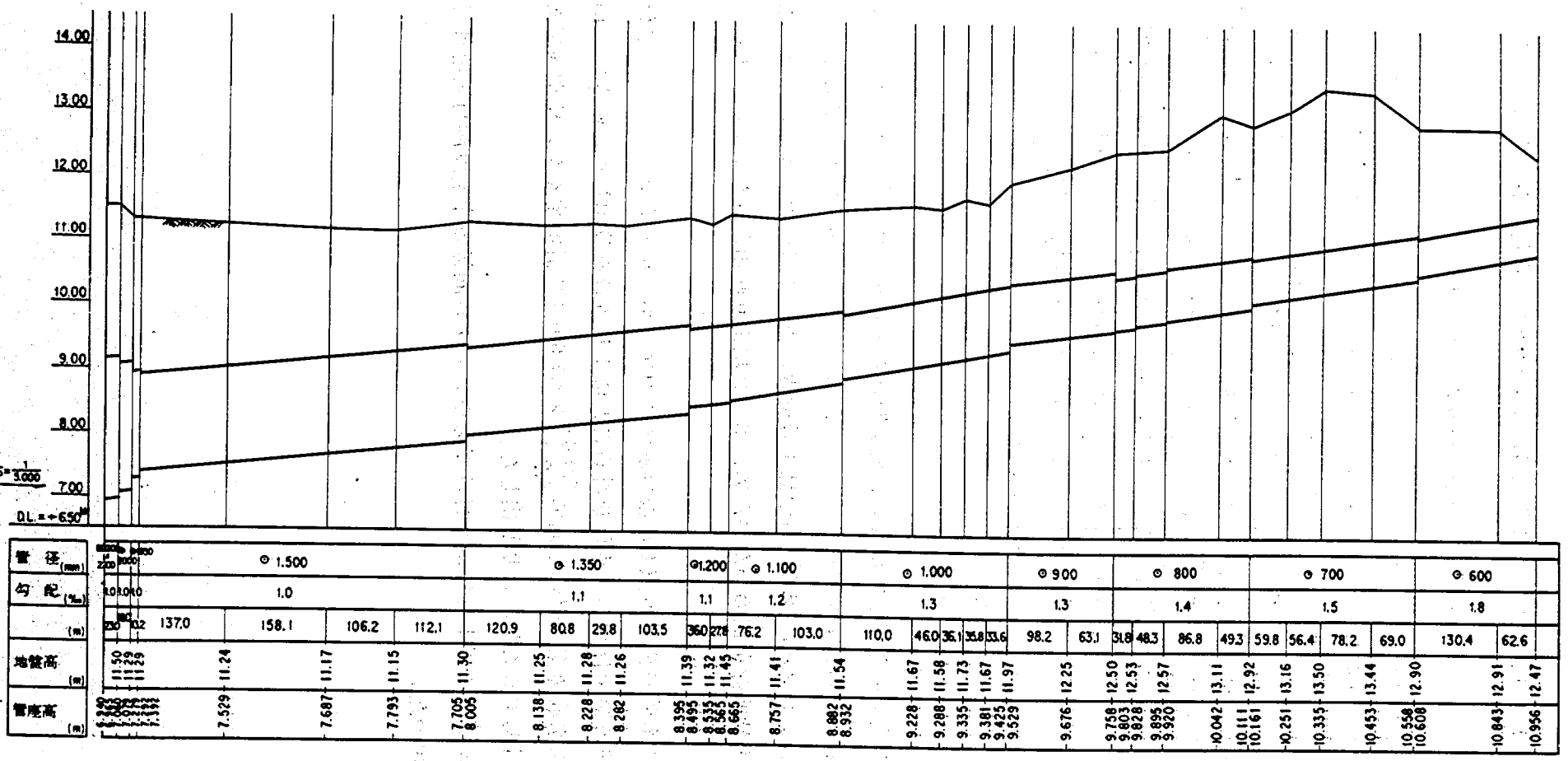


図１－２８　吉島排水区吉島第１号幹線縦断面図

吉島排水区の昭和５１年３月現在の水洗化人口は２１,２９９人，水洗化普及率は７４.１％である。

表１－２７　土地利用状況および人口

区域名	人口 夜間	人口 昼間	人口密度	用途区別面積				工種別面積			
						ha	%			ha	%
吉島排水区	31,727人 世帯数 11,065戸	33,000人 （推定）	夜間 147 人／ha 昼間 153 人／ha	商業系	近隣商業	26.1	12.1	屋根		57.253	26.6
				41.6 ha 19.3 %	商業	15.5	7.2	公園		13.042	6.1
				住居系	住居	95.494	44.4	道路	未舗装	1.968	0.9
				108.536ha 50.5%	公園	13.042	6.1	44.765ha 20.8 %	舗装	42.797	19.9
				工業系	準工業	24.9	11.6	間地	未舗装	72.176	33.5
				65.0 ha 30.2 %	工業	40.1	18.6	100.076ha 46.5 %	舗装	27.900	13.0
				吉島排水区面積							

調査個所

試料採取は，作業の安全を考慮して晴天時，雨天時とも吉島ポンプ場汚水沈砂池の流入口〔幅2.０５ｍ×深さ4.６ｍ×有効長１６.０ｍ）において，ポリバケツを用いて人力で採水した。

流量の測定は，吉島ポンプ場に流入する中島１号幹線，吉島１号幹線では，ポンプ排水による影響を受け，水位一流量曲線を定めがたいため，ポンプ場より吐出された下水を，汚水，雨水別に計測を行なった。

汚水は，吉島汚水送水管の流下地点（江波排水区）のマンホール・インバートで，水位，流速を計測し，水位－流量曲線を作成し，水位を計ることにより流量を算出した。雨水は，旧太田川（本川）に放流する雨水放流渠〔平均断面⊡ $\frac{6,000}{4,000}$ ×4,760〕で計測するが，感潮部であるため，水位，流速を常時計測することにより算出した。

降雨資料は，吉島ポンプ場屋上部に取り付けてある。２４時間気象庁型隔測自記雨量計によって観測されたものを用いた。

表1－28　調　査　個　所

調査個所	区域名	位　置	個　所	構造・断面	計画下水量	採水方法	流量測定方法
A	吉島排水区	吉島西三丁目	・汚水沈砂池流入口	幅　2.05 m 深さ　4.60 m 有効長 16.00 m	汚水量（㎥／sec） ○晴天時 ・時間最大　0.4959 ・日平均　0.2893 ○雨天時 ・時間最大　1.9836 ・雨水量　7.1315	人力でポリバケツを用いる	
B	江波排水区	江波東一丁目	・マンホールインバート部	管　径 1,000 ㎜		―	○水位；電気式水面測定器 ○流速；プライス電気式流速計
C	吉島排水区	光南二丁目	・雨水放流渠	標準断面 ⊡ 6,000 / 4,000 × 4,760		人力でポリバケツを用いる	

王子排水区（北九州市）

区域の概要

本調査区域である王子幹線分区は，北九州の中枢である日明処理区の西南に位置した皇ケ崎処理区（黒崎排水区）の一部区域である。

南に皿倉山を擁し，北は国鉄鹿児島本線を経て洞海湾に面し，東西は住宅地域に接しており，南北に 1.8 ㎞，東西に約 0.4 ㎞と細長い地形は，南から北に平均勾配２８‰で傾斜していて，面積は５７.６ haの区域である。

区域の最上流部に県立八幡工業高校があり，最下流部に市立熊西中学校がある。

中間部分は，社宅，寮，及び一般住宅で比較的緑の多い閑静な居住区である。

次に本調査区域の排除方式は，合流式で雨水吐は熊西中学校の下流 400 ｍの地点にあり，越流水は穴生川を経て洞海湾に自然排除される。

一方，晴天時汚水はさらに下流１㎞のところにある皇ケ崎処理場迄自然流下している。

表１－２９

処理区名	区域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径
皇ケ崎処理区	黒崎排水区 王子幹線分区	57.6 ha	合流式	自然排水	φ 200 m／m～ ⊡ 2100 × 1680 m／m

調査区域内の管渠総延長は，小径管から幹線ボックスカルバートまで含めて約９㎞であり，その最延長は約 1.8 ㎞である。上記管渠の築造は，古く旧八幡市の公共下水道として手がけたものである。

土地利用状況

本調査区域の用途別面積は，その９５％が住居及び第２種住専区域で他の５％が公園である。

主たる施設についてみると，教育施設としての高等学校及び私立幼稚園が各々一校，市立中学が二校ある。

住宅地は，一般住宅のほかに，三菱化成，安川電機，新日鉄等の企業の社宅及び寮がある。

交通の便は，国鉄鹿児島本線，黒崎駅から徒歩で１５～３５分程度のところにあるが，大部分の人は区域の西側に並行している国道２００号線を運行する西鉄バスを利用している。

表1－30　土地利用状況

区域名	人口		人口密度	土地利用区分			工種別面積			
	居住	昼間								
	人	人	人／ha	（区分）	（面積）	（割合）	（工種）		（面積）	（割合）
					ha	%			ha	%
王子幹線	3,718	2,775	65	住居	13.67	24	屋根		8.00	14
				二種住専	41.21	71	道路	未舗装	0	0
								舗装	7.00	12
				公園	2.72	5	空地	未舗装	42.60	74
								舗装	0	0

観測は，熊西中学校のグランド内を横断している幹線下流側で行った。グランドのコーナーに観測小屋を作り，その内部に観測用入孔を築造した。

採水は，入力採水で1サンプル7ℓとし，雨天時は5分間隔，晴天時は30分間隔として採水したサンプルはドライアイスボックスで冷却保管し，専用運搬車で約17㎞離れた北九州公害技術センターへ搬入して分析した。

表1－31　調　査　個　所

区域名	位置	個所	構造断面	計画下水量	採水方法	流量測定法
王子幹線	北九州市八幡西区山寺町熊西中学校グランド内	特殊人孔	R.C ⊡2,100×1,680m／m	晴天時 0.0561m³/s	人力採水	晴天時四角堰 雨天時浮子法

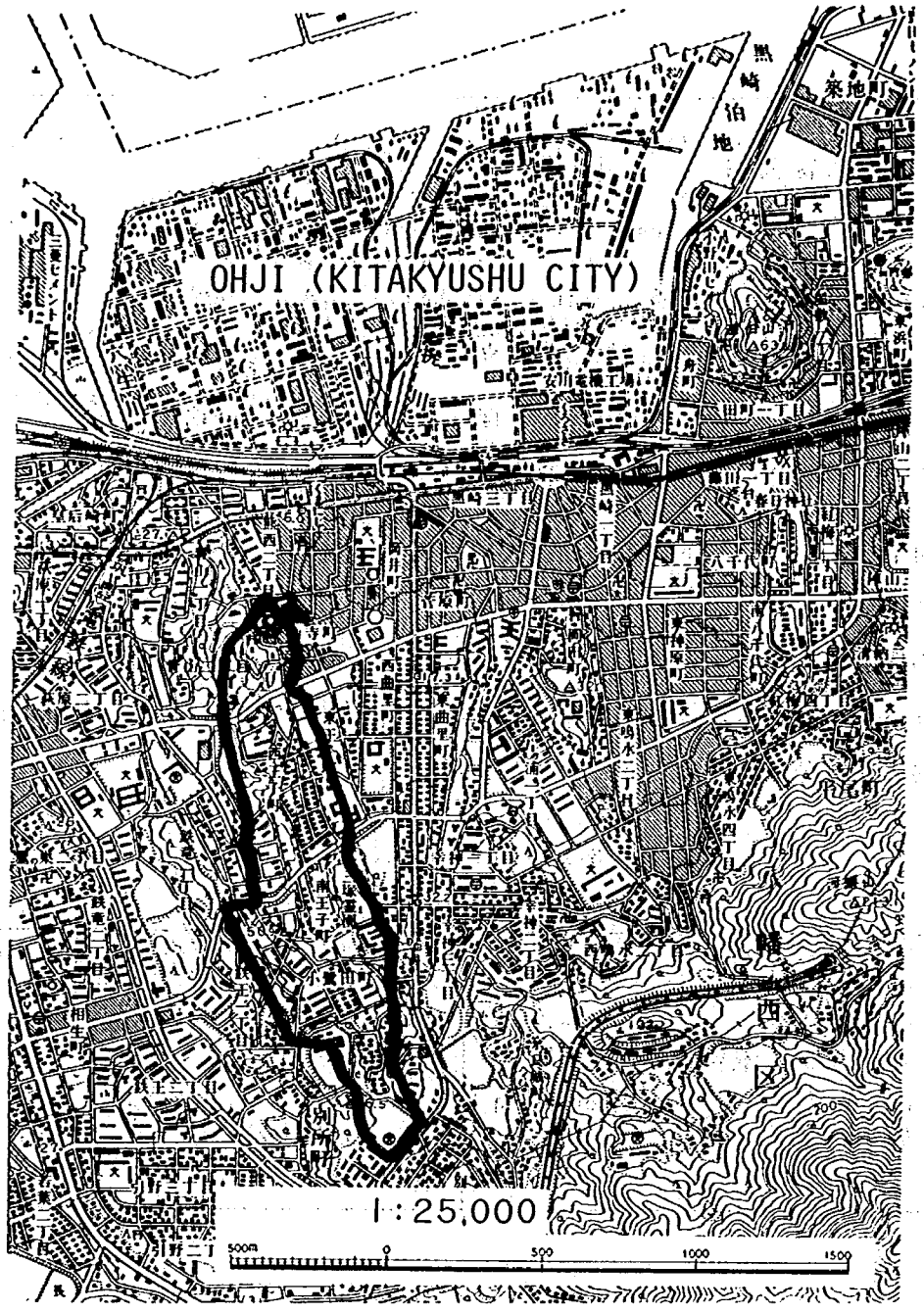


図１－２９　王子排水区（北九州市）

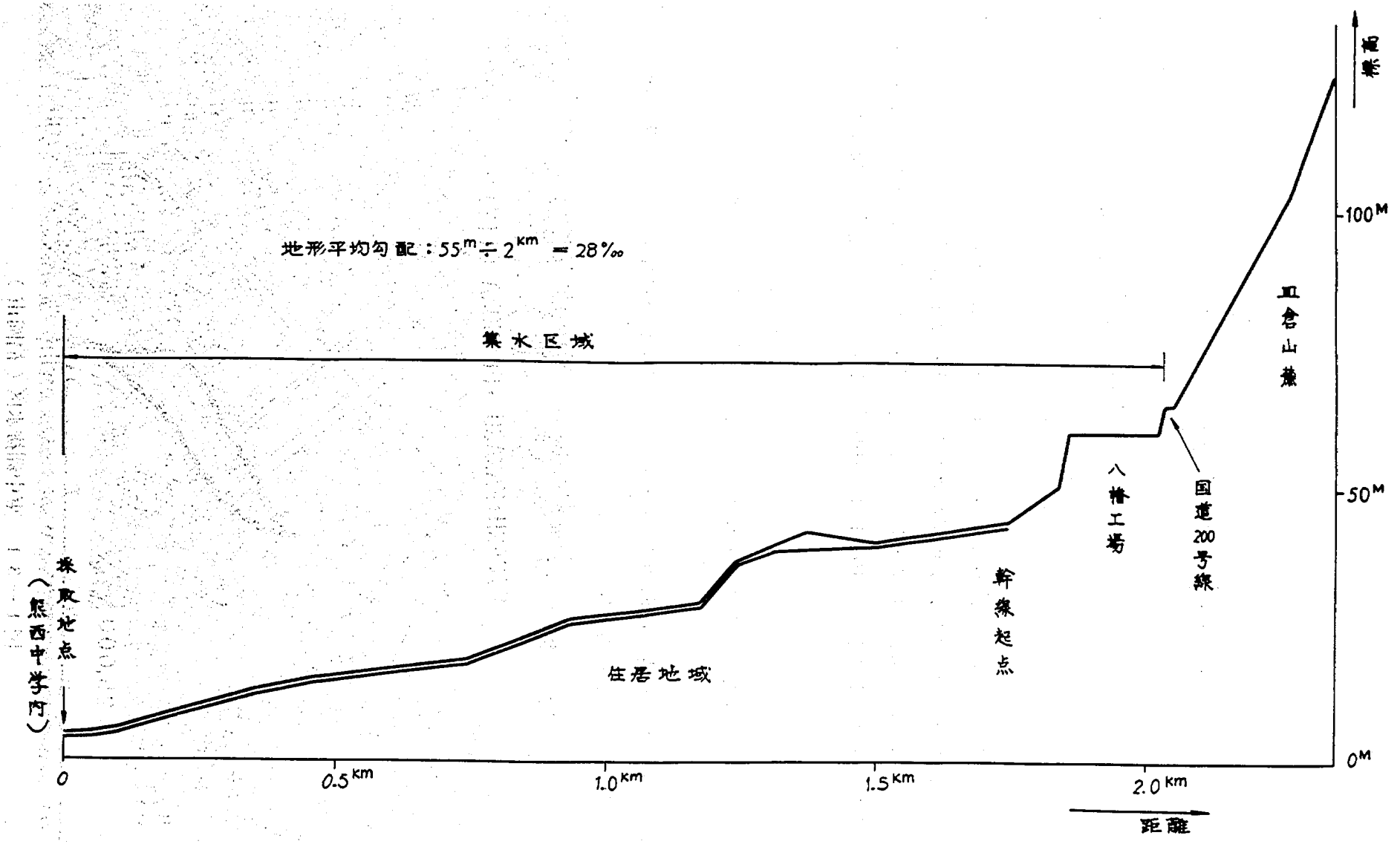


図１－３０　王子排水区（北九州市）

東中洲排水区（福岡市）

区域の概要

表１－３２

処理区名	地域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径	備考
中部	博多区 東中洲	17.61ha	合流式	ポンプ排水	⊙２３０～ ⊡１３５０×１０６０	調査地点は自然流下で，下流からのせき上げ背水の影響はない

本調査対象区域は市の中心部に位置し（図１－３１参照），昔より商人の町として栄えた博多のの一画にあたり，那珂川の下流で，那珂川と博多にかこまれた平たんな洲となった区域である。

この地区は昭和５年に博多，千代部として下水道築造認可区域となった一部で，本市の中でいちはやく整備された区域であるが，終末の下水処理場がなかったため，雨水，家庭雑排水を排除するだけであった。

終末の下水処理場が連転開始（昭和４１年）する時点で汚水中継，雨水排除をかねたポンプ場が設置され，管渠のつなぎこみにより，汚水は中部下水処理場へ圧送，普通の雨はポンプによる排除を行っている。

管渠のポンプ場へのつなぎこみ時点で，川へ出ていた管渠先端に電動ゲート（防潮扉）を設置したので，大雨の時，直接放流も可能である。

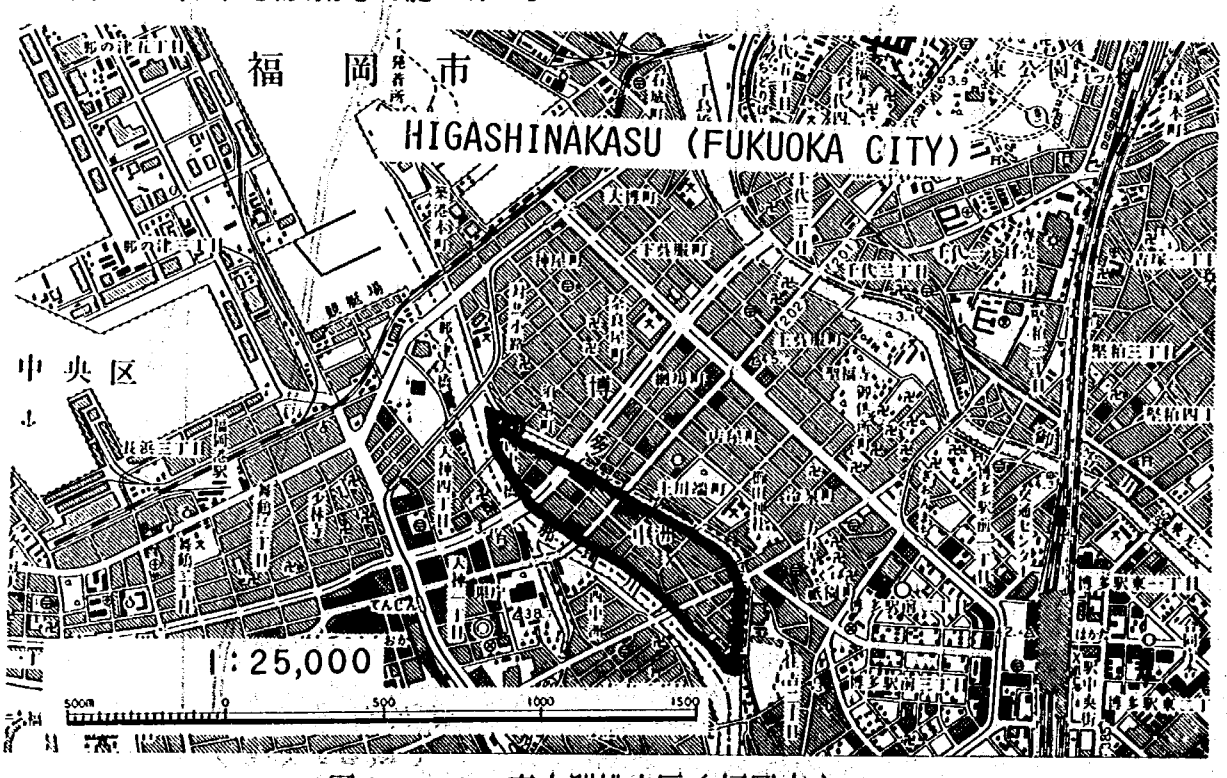


図１－３１　東中洲排水区（福岡市）

土地利用状況

表1－33

区域名	人口		人口密度	用途区分別面積	工種別面積	
			人／ha			
	居住	1,038	59	商業地域	屋根	10.145ha 58%
		(470所等)		16,395ha 93%	道路(未舗装)	0 〃 0〃
東中洲					(舗装)	5.352〃 30〃
博多区中洲1丁目	昼間	9,700	551	公園緑地	空地(未舗装)	1.215〃 7〃
〃 2〃		(推定)		1,215ha 7%	(舗装)	0.898〃 5〃
〃 3〃						
〃 4〃						
〃 5〃	夜間	17,000	965			
博多区中島町		(推定)				

本地区は，区域のほとんどが歓楽街となっている非常に特殊な区域でデパート1，遊技施設23，映画館16，バー・キャバレー340，飲食店811，トルコブロ50等が混在している。

居住人口は，昭和51年9月30日現在の住民基本台帳調べによる。

昼間，夜間は施設の従業員と利用者がほとんどであるが実体の把握は困難である。

用途別面積では，ほとんどが商業地域であり，河畔公園が一部みられる。

工種別面積は屋根と道路でほとんどがしめる。

道路はすべて舗装済みであり，空地は公園と駐車場であるが，駐車場はすべて舗装，公園は未舗装となっている。

屋根は大小のビル(雑居ビル)と一部に住居の木造2階，平家建てがみられる。

調査個所

表1－34

区域名	位置	個所	構造・断面	計画下水量	採水方法	流量測定法
東中洲	博多区 中洲 中島町	人孔	RC ⊡1360×1030	全汚水量※ m^3／sec 0.0216 管能力6Q 0.1294〃	人力	浮子法・水位測定

※ 本調査区域は，前述のように昭和5年に下水道築造認可区域となった所であり，下水道の計画は昭和3～4年になされたものと思われる。
その時の計画書による数値である。

表１－３５　東中洲汚水量表（博多川幹線）　昭和３～４年計画書より

線名	集水面積 坪	人口	家庭汚水 一人当り汚水量 立方尺／秒	家庭汚水 汚水量	道路面積 坪	降雨初期において路面の塵埃を洗い来る少量の雨水 千坪当降雨量 立方尺／秒	降雨初期において路面の塵埃を洗い来る少量の雨水 降雨量	その他の汚水	全汚水量	幹線に誘導すべき流量 汚水量×6	備考
博多川幹線	58147	6,639	0.00010417	0.692	9866	0.0084	0.083	—	0.775	4.650	博多川幹線集地町吐口における汚水量
m法へ換算	ha 1922	人 6,639	m³／秒 0.0000029	m³／秒 0.0193	ha 3.26	ha当り降雨量 0.00017 m³／秒	m³／秒 0.0023	—	m³／sec 0.0216	m³／sec 0.1294	

本幹線の改造時点（川へ放流していたのをポンプ場へつなぎこんだ）で，ポンプ場の能力等でつなぎこみ管φ５００で施工しているため，断面がかなりしぼられた形となっており，その影響をさけるため，上流側に調査個所をもうけた。

採水は，調査個所，下流側マンホールで人力によりポリバケツで採水した。

流量は，浮子法による流量測定と水位計による水位測定により算出した。

浮子は，ピンポン玉（水を半分位注入）を二個使用し，ストップウォッチ（１／１０秒計）により時間を測定し，流速計算には速い方の値を使用した。

水位計はＮＰ型水位計（１００m計）を使用した。

これは，アースをとり，人力でステロンテープ（目盛つき）を測定時刻におろし，そのテープの先端についている棒状検出器が，水面にタッチすれば，ブザーがなり，その時の数値を読むという非常に簡単なものを使用した。

花隈排水区（神戸市）

区域の概要

神戸市の市街地は，六甲山系を背にして東西に約３０kmにわたって細長く伸びているが，山麓より海岸線まで２～３kmしかなく，その高低差は１００mに及んでいる。

本調査に選定した花隈地区は，東西に伸びた当市市街地のほゞ中間部に存在し，当市最大ターミナルである三宮駅西約１km地点に位置している。

当市は，下水排除方式に分流式を採用しており，この地域も昭和３５年頃より汚水管の布設が始まり現在の水洗化普及率は９６％となっている。

この地区の雨水排除には，間踏切雨水幹線（途中より叉状に分枝）が縦断し，道路側溝等の雨水を集合し，神戸港国産波止場地先に排除している。

本区域の排水面積は１２.４haであり，東西方向約２００m，南北約７７０m，標高差約33mである。雨水幹線は六甲山系際４００m南より端を発しており，山地よりの雨水流入はなく，この区域内の総延長（含分枝）は８００mとなっている。国鉄以北上流部は約６％の急勾配であるが下流部約２７０mは３～１５‰の平坦となっている。

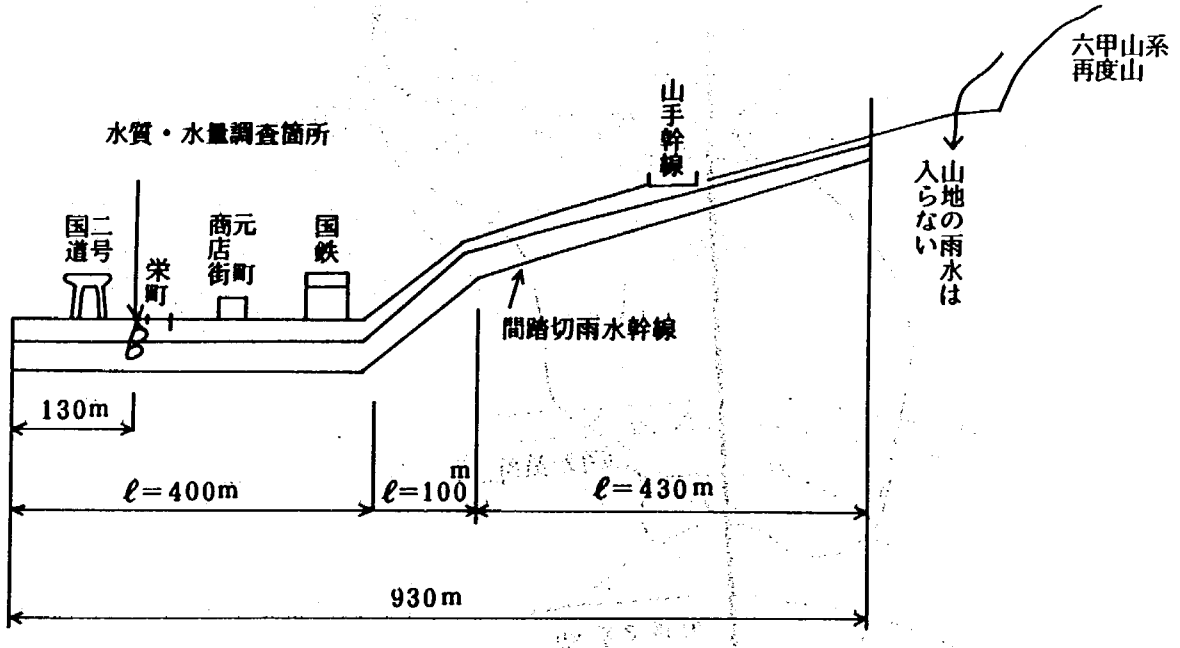


図１－３２　調査区域縦断面

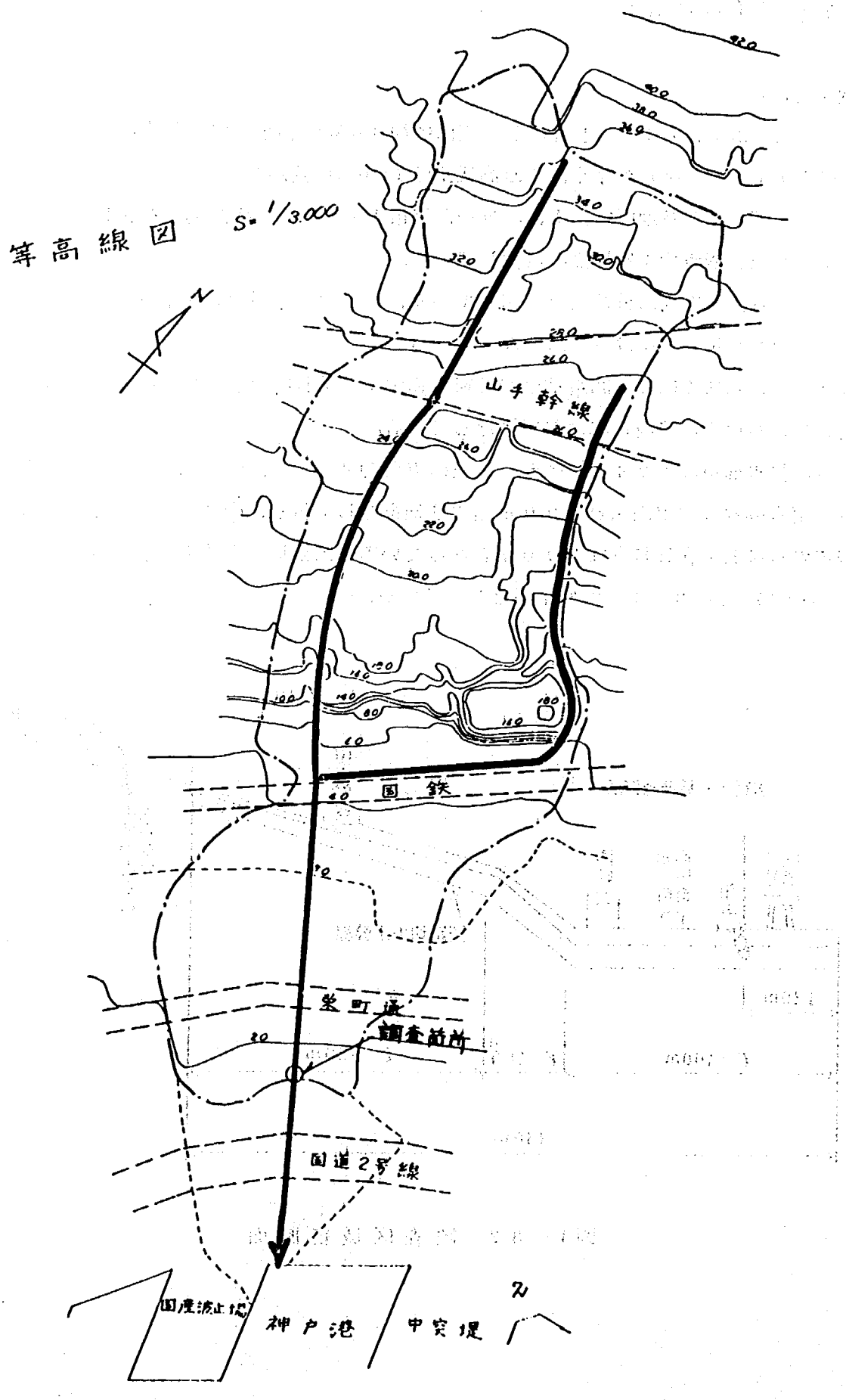


図1－33

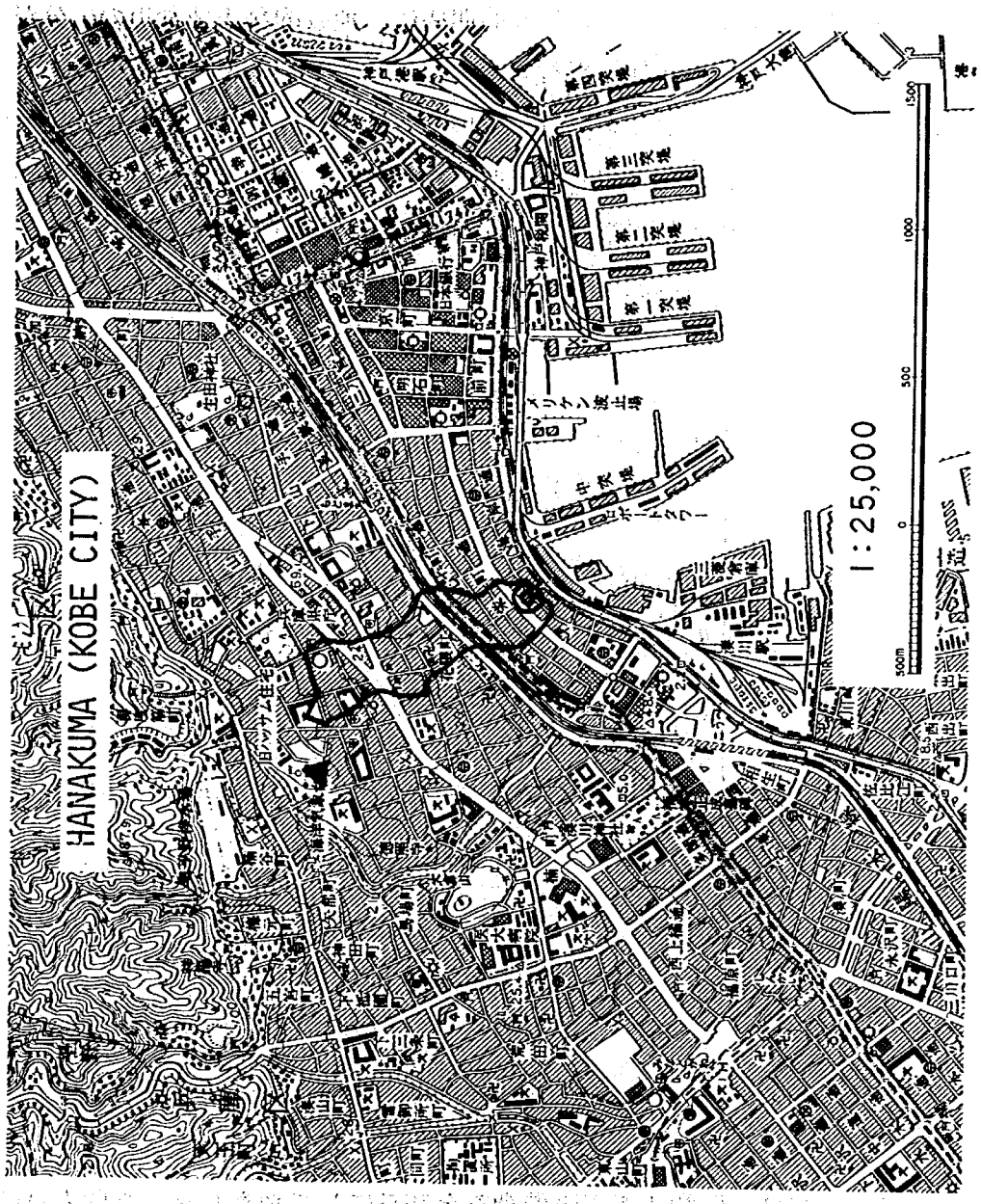


図１－３４　花隈排水区（神戸市）

土地利用状況

本調査区域は後記の図に示すとおり，比較的明確に，地域的な土地利用の区分がみられる。水質，水量調査箇所附近は海運，商社，銀行等のオフィスが立地し，その上流は元町本通を中心とする高級専門店などの一大商業地域を形成している。国鉄以北より山手幹線道路までの間は料亭，待合等を中心とした通称“花隈”といわれ社交施設，旅館，ホテルなどの宿泊施設とマンション等の集合住宅が存在する。山手幹線道路以北は，官公署，学校，住宅等が主に立地している。なお，利用区分からみると，この区域は道路率が３３.２％と高い値を示している。

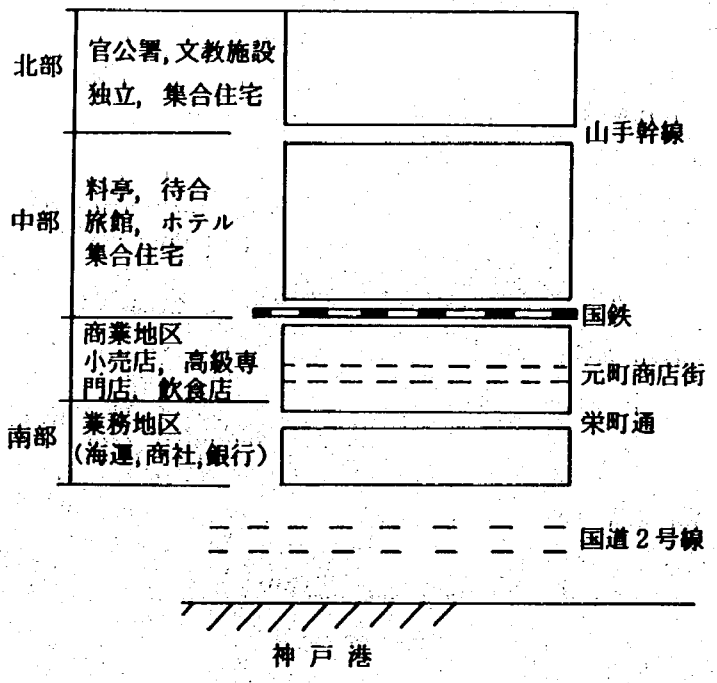


図１－３５　流域の土地利用のパターン

人口の現況については，昭和４５年国勢調査を基礎にして調査した。夜間人口密度は，この地域の北，中，南部とも１５０人／ha 程度となっている。しかし南部でも，商業地域の集積する元町通付近は２３０人／ha と高く，業務施設を中心とする栄町通，海岸通は６０人／ha と低い。

夜間人口は2,695人であるが，昼間人口については，夜間人口と町丁別事業所統計等より概算した結果，9,300人となった。昼間人口密度は５４０人／ha となる。

本調査区域の舗装状況をみると，道路は山手幹線道路の緑地帯以外はすべて舗装されており，空地も約 $^{3}/_{4}$ が舗装されている。

未舗装面積は全体の 8.5％となり，流出係数はかなり高いことが予想される。

表１－３６　（雨水幹線の全区域の概要）

区域名	人口		人口密度	用途区別面積			工種別面積		
	居住	昼間							
	人	人	人／ha		ha	%		ha	%
花隈地区	2,695	9,300	居住 157	住宅専用	3.16	18.4	屋根	6.39	37.2
	北部 962		人／ha 昼間 540	商業	3.94	23.0	道路(未舗)	0.17	1.0
	中部 1,040			工業施設	0.38	2.2	(舗)	5.55	32.3
	南部 693			社交,娯楽	1.08	6.3	空地(未舗)	1.30	7.6
				厚生施設	0.58	3.4	(舗)	3.76	21.9
				文教施設	1.11	6.5			
				都市運営施設	0.33	1.9			
				官公署	0.37	2.2			
				未利用地	0.50	2.9			
				道路	5.72	33.2			
				計	17.17	100	計	17.17	100

表１－３７　調査個所

区域名	位置	個所	構造断面	計画水量	採水方法	流量測定方法
花隈地区	生田区海岸通	道路上人孔	レンガ張×面積	晴天時　なし m^3/sec 雨天時 3.85	人力 しやくによる汲上	量水標を設置しクッターの公式より算出。

水量及び水質の調査箇所は，生田区海岸通地先道路（巾約１０ｍ）上人孔を利用した。この地点の雨水幹線側壁に量水標を取付けた。この雨水幹線の排水能力は，3.85㎥／secであり，流出係数を0.70として，１１５.３mm／hrの降雨を流出するよう計画されており，流達時間は9.44分に計画されている。採水及び流量の測定は，交通量の多い路上のことであり，自動採水装置や自動記録装置が設置し難いので，すべて人力によって行った。流量の算出には，クッターの平均流速公式をもちいた。

北須磨排水区（神戸市）

区域の概要

神戸市須磨区の北部，高取山の東方に当るこの団地は，東部が標高１４０ｍ内外の連続した外輪山に囲まれた盆地内を造成した。

その平地は，北から南へ約８００ｍにわたって標高差約２５ｍの緩い傾斜を保つように造成され，宅地は全て南面に開放され，路面とも著しい段差を生じないようになっている。

降雨の地表排水は延長２４,８１５ｍの道路側溝及び雨水幹線を設け，完全に地域外に排水している。かつ，水洗便所・台所・浴場などの汚水は，雨水とは別に，8,344ｍの汚水管で北須磨第１処理場に集水し，全酸化方式によって完全浄化を行ない，福田川支川上穂川に放流している。

団地内道路は，幅員１３ｍ（車道７ｍ，歩道両側３ｍ）の貫通道路を幹線として延長7,286ｍ（６９,３００㎡）の道路が布設され，すべて用途別規格によって舗装されている。

その他，公共施設として小学校1.　幼稚園1.　公園3.　生活センターが設けられている。

第１期工区には１号～５号の雨水幹線が布設されており，この内最大の排水面積を有する１号雨水幹線を調査の対象とした。１号幹線の

排水面積　　２６.７５ｈａ　　（調査ケ所）

幹線延長　　９１４.１７ｍ

調査ケ所　　７５９.８７ｍ

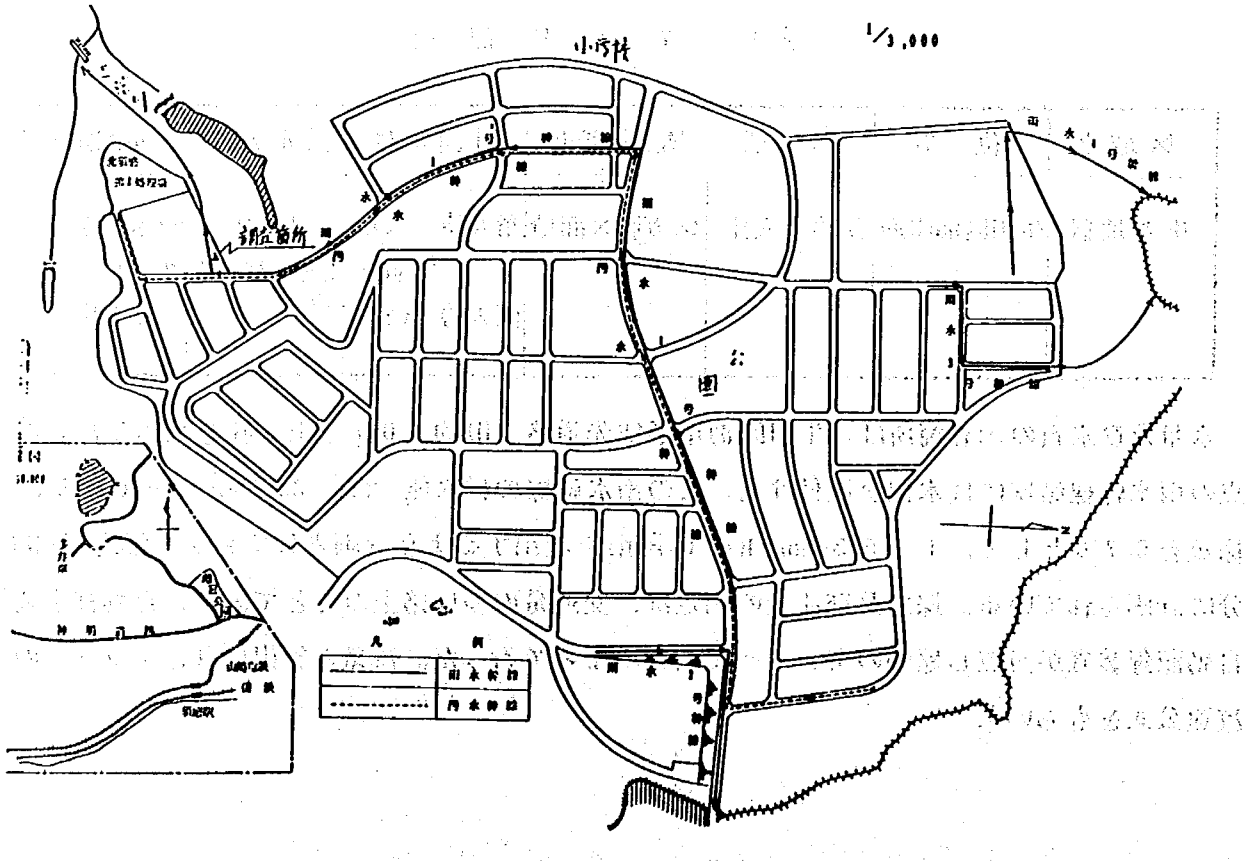


図１－３６　北須磨団地排水区汚水・雨水管渠布設平面図

概略を次に示す。

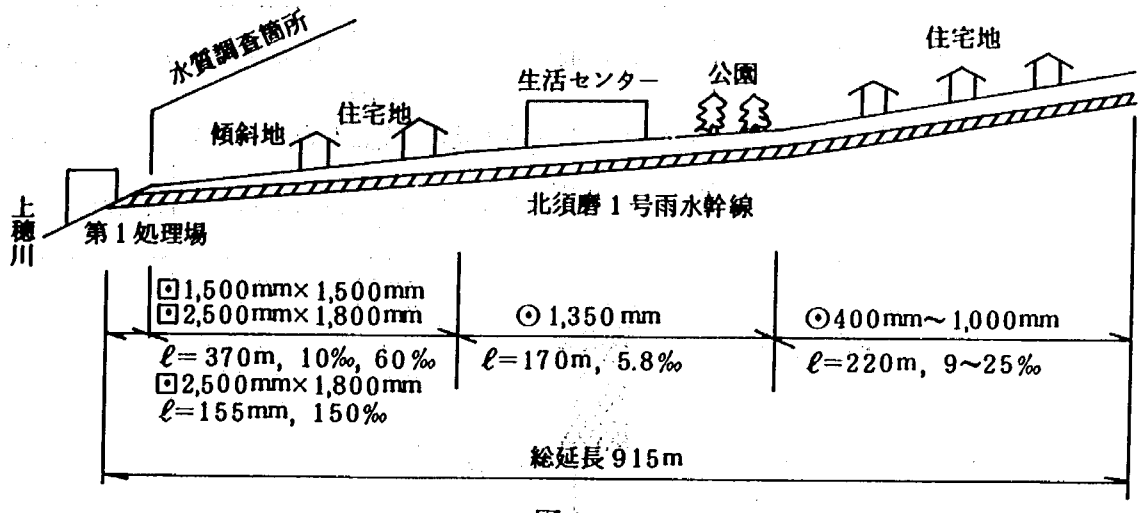


図1－37

表1－38

地域名	排水面積	排除方式	排水方式	管径
須磨区 北須磨団地地域	26.75 ha	分流式	自然排水	⊡2,500×1,800m/m ～⊡1,500×1,500m/m ⊙400～1,350mm

土地利用状況

表1－39　排水区域内の土地利用状況は次の通りである。

利用区分	排水区域		備考
	面積	率	
宅地	162,698	60.8	中高層住宅含む
道路	49,900	18.6	
公園	11,726	4.4	4ケ所
教育施設	3,907	1.5	小学校，幼稚園
生活センター	7,404	2.8	購買施設
駐車場	1,230	0.5	
配水地	1,125	0.4	
緑地，傾斜地	29,510	11.0	
総面積	267,500㎡	100 %	

排水区域内の人口は，昼間で2,420人（90人／ha），夜間で3,227人（121人／ha）となっている。

表1－40　調　査　箇　所

区域名	位　置	場　所	構造，断面	計画水量	採水方法	流量測定方法
北須磨団地地区	須磨区友ガ丘3丁目22	開　渠 橋　上	コンクリート張 U2,540×1,800mm	晴天時0㎥/sec 雨天時6.66㎥/sec	人力,(しゃく) 自動採水器	マニング社製 流量計

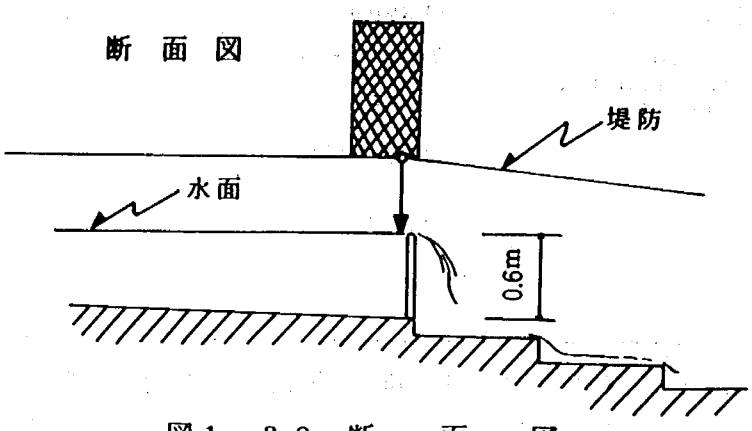


図1－38　断　　面　　図

水量および水質の調査箇所は，全幅セキを設け，開渠上に鉄製の橋をかけ，マニング社製ポータブル流量計（型式F－3024－B－O－A－O）をおいて流量測定を行なった。

採水は，夜間用にマニング社製ポータブル自動採水器（型式S－4000－B－3改良型）を用意したが11月8日以外は人力でセキのオーバーフロー水を採取した。

雨量は，調査箇所から約30mはなれた北須磨第一下水処理場に転倒ます型指示雨量計を設置し，測定した。

マニング社製　ポータブル流量計

触針式水位検出方式により，水位を検出し表示するとするとともに，流量比率を演算し表示記録する。

$$Q = K B h^{\frac{3}{2}}$$

但し　Q：流量（㎥/分）

B：セキの幅（2.54m）　　$K = 107.1 + (\frac{0.177}{h} + 14.2\ \frac{h}{D})(1+\varepsilon)$

h：セキの水頭（m）　　D：水路底面よりセキ線までの高さ（0.6m）

K：流量係数　　ε：補正項0（Dが1m以下の時　＝0）

なお北須磨1号雨水幹線は，排水能力6.66㎥／sec，流出係数0.8として112mm／hr の降雨を流出するように計画されており，流達時間は，10.1分に計画されている。

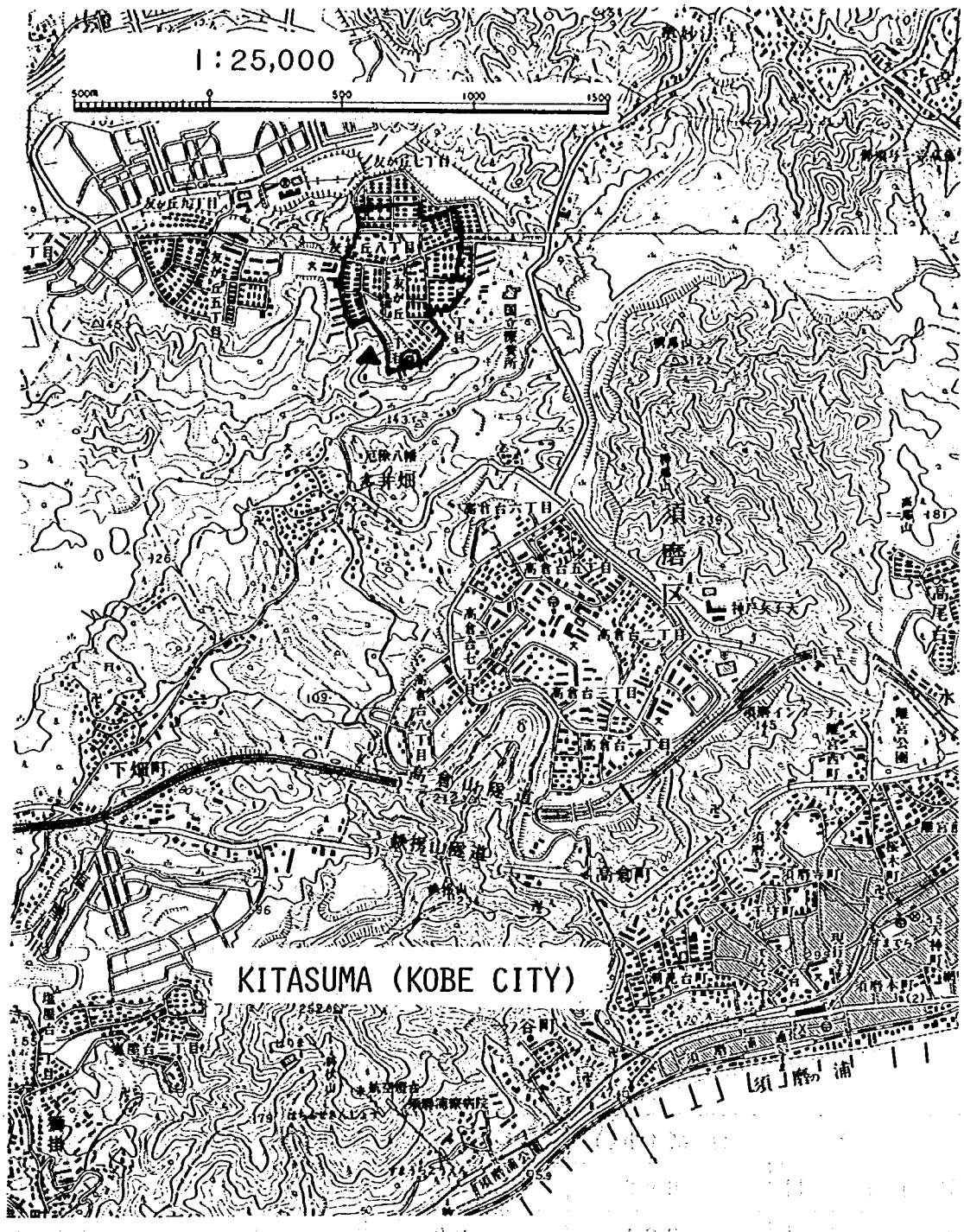


図１－３９　北須磨排水区（神戸市）

緑町排水区（山形市）

区域の概要

山形市は，東は奥羽山脈で宮城県境に接し，西は出羽丘陵に達しており，その間に開けている南北４０km，東西１０～２０kmにわたる村山盆地の南部に位置し，海抜１４９.９３m，経緯度は極東１４０°２９′，極西１４０°１０′，極南３８°２０′の間の面積３８２km²，人口約２３万人の都市で，市街地は蔵王山系を源とする馬見ヶ崎川の扇状地堆積層上に形成され，市街地の周辺は住居地及び水田から成っており，須川が市街地の西縁地を縫い 蛇行しながら北流し最上川に合流している。

調査区域のある市街地の中央部は，東西に平均で約２２‰傾斜しており，小白川－専称寺－霞城公園を結ぶ線を分水界とし，それぞれ南北に緩く傾斜しており，調査区域は北斜の南縁に位置している。（図１－４０参照）

土地利用状況

調査区域の面積は約１３.６９haで，東部は第２種住居地域及び住居地域で，一般住宅・寺院が，西部は商業地域で，官公署，事務所，店舗，集合住宅が立地している。
なお，同区域の屋根面積は航空写真（昭和４５年山形市撮影）から概算すると区域面積に対し約４１％である。

昭和５３年1月１日現在の世帯数，人口等（山形市市民部調べ）は表１－４１のとおりで，人口密度は東部の住居・住居専用地域及び最西部の商業地域においてはそれぞれ９８.８１人／ha，１１３.７２人／haであるが，西部の官公署事務所が立地しているところは３６.５６人／haとなっている。

表１－４１

町　名	面 積（ha）	世 帯 数	夜間人口（人）	人口密度（人／ha）
旅籠町１丁目	0.83	31	94	113.72
旅籠町２丁目	3.01	22	83	27.45
七日町３丁目	1.42	25	79	55.72
七日町４丁目	2.87	115	330	115.08
緑町３丁目	3.89	108	357	91.71
緑町４丁目	1.67	47	146	87.19
合　計	13.69	348	1,089	79.55

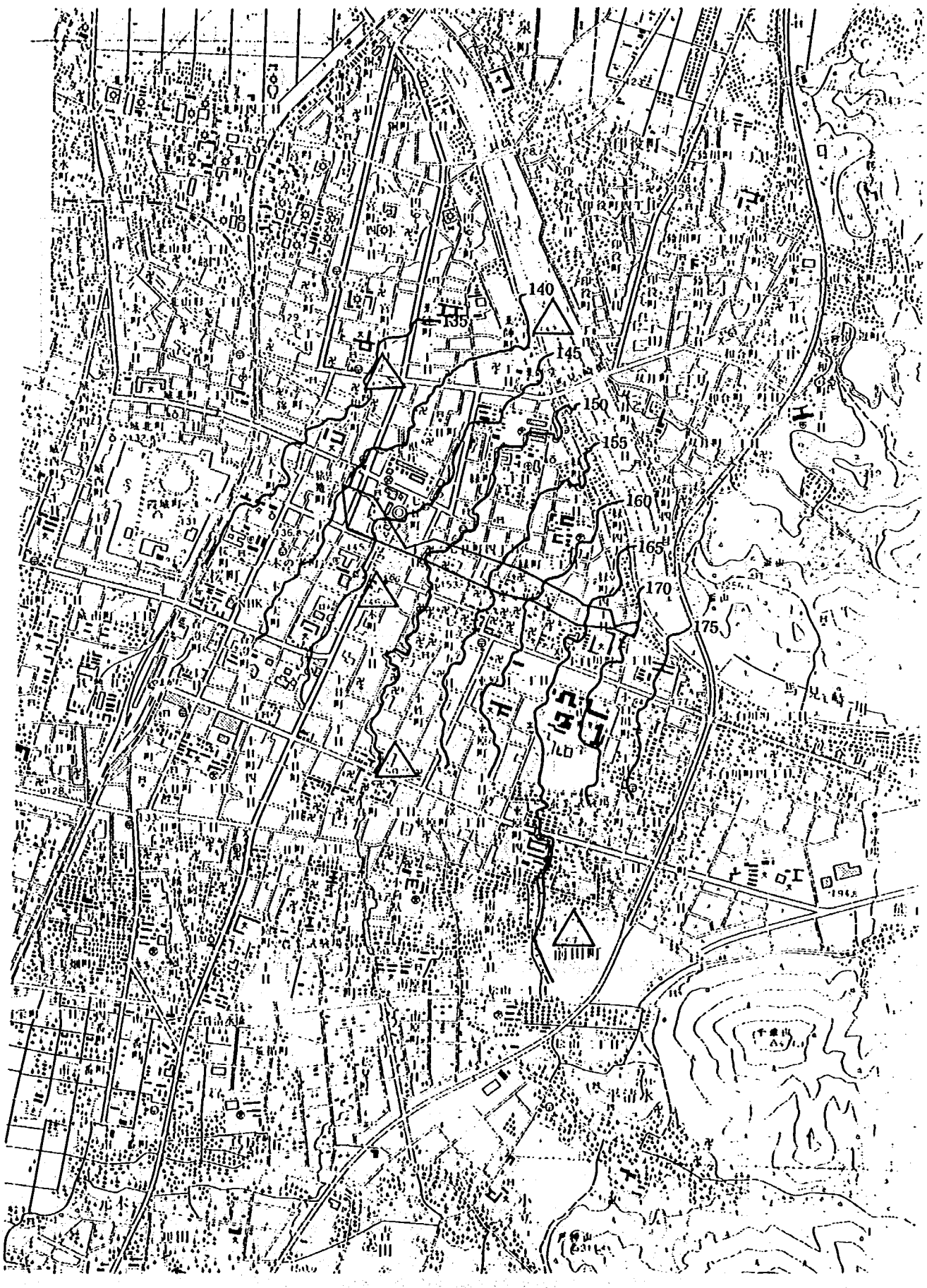


図１－４０　調査対象区域位置及び等高線図

調査箇所

流量の測定は，あらかじめ浮子法による表面流速を測定し，このデーターに基づく流量曲線図を作成し，採水毎に水位観測による流量調査を行なった。（農業土木学詳論Ｐ３２牧隆恭著による）

表１－４２　流量測定値（実測）

観測（NO）	観測年月日	水位 h（m）	測定流量Q(㎥/sec)	備　　考
1	49. 7. 15	0.0 1	0.0 0 3	
2	7 27	0.0 2	0.0 0 9	
3	〃	0.0 5	0.0 3 6	
4	〃	0.0 7	0.0 5 9	
5	〃	0.0 8	0.0 7 3	
6	〃	0.1 0	0.0 9 7	
7	〃	0.1 4	0.1 3 9	
8	〃	0.1 7	0.1 7 0	
9	〃	0.2 0	0.2 0 0	
10	〃	0.2 2	0.2 2 2	

水位測定は量水標を設置した。量水標は長さ９０㎝巾１５㎝で１㎝目盛のもので厚さは２㎜の鉄板にホウロウびきのものである。

観測地点の側壁は石積面でコンクリート釘で固定した。

$$Q = a + bh + ch^2 \qquad (1)$$

として，上表よりａ，ｂ，ｃを求めた結果，水位ｈと流量Ｑの関係式として

$$Q = -0.0116 + 1.0512h + 0.0615h^2 \qquad (2)$$

ただし，Ｑ：流量（㎥／sec），ｈ：水位（m）

を得たので，本調査における流量測定は，量水標から水位ｈを読み取り，これを(2)式へ代入して求めた。

採水は，採水間隔を５分とし，１採水毎に量水標（山形市建設部既設置）による水位測定のうえ採水は２ℓポリ瓶４本，1ℓ・100mℓガラス瓶各１本に採水し，直ちに現地前処理を行い分析室に搬入した。

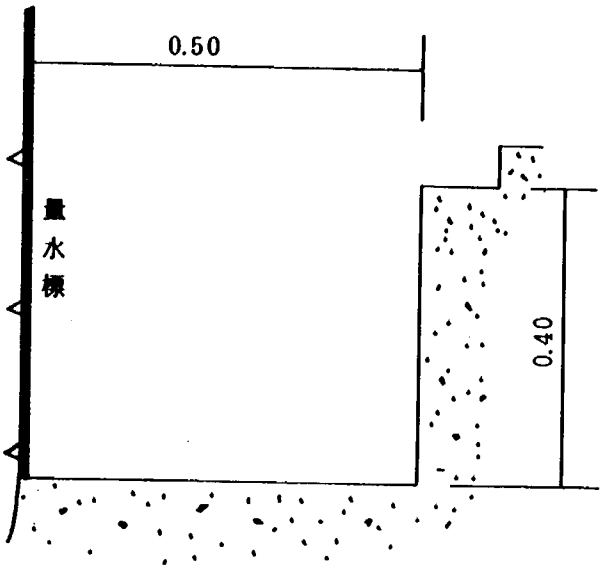


図１－４１　調査地点の水路断面

清水川排水区（岐阜市）

区域の概要

清水川は岐阜市の中心業務地を南北に貫流している排水路で晴天時には中心業務地及び繁華街の使用する冷暖房水及び排水路の洗滌用水としての噴水の水と一部の家庭汚水（例えば自家用車の洗車水等を含むもの）を受けている。下水道の普及率はこの地域で71.4％で晴天時平均汚水量は0.25㎥／secである。

観測地点迄の延長は2,780m，排水面積は106.4ヘクタールで地域特性上からみて家屋道路等占有率は80％をしめている。

観測地点附近は河畔公園敷で川巾6.6m，勾配1/1000で100m以上の直線部を有し観測点での横流入のないのとバックウオーターもかからない調査地選定上の要件を満足出来るものである。

又定常雨量観測地の徹明小学校は観測点より1,325m上流で排水区の中心的位置にある。

土地利用状況

工種別土地利用状況及び人口は，次表のとおりである。

表1－43

調査月日　昭和42年11月30日

排水区名称	総面積	工種別面積 a	b	c	d	総人口	人口密度	平均勾配 地盤	水路	総戸数	水洗化戸数	水洗化人口	備考
	ha A	ha A_1	ha A_2	ha A_3	ha A_2	人 P	人/ha P/A	‰	‰	戸	戸	人	
清水川排水区	106.4	78.0	7.0	14.0	7.4	24,568	231	1	1.7	6,462	4,943	19,831	

工種面積区分は，次のとおりとする。

(a) 建物（屋根）

(b) 簡易舗装，高級舗装道路，駐車場等

(c) 未舗装道，間地，鉄道構内，運動場等

(d) 公園，芝生，庭園，畑土等



図1－4－2 調査排水区概要（岐阜市）

調査箇所

調査の都度竹浮子によって表面流速Vsurfを求め，これに更正係数0.85を乗じて平均流速Vmとした。

すなわち

$$Vm = 0.85 \cdot Vsurf$$

である。次に，水位(H)～流積(A)曲線より，流積Aを求め

$$Q = Vm \cdot A$$

として流量を算出した。ちなみに，1回の流速測定時における浮子数は3ケであった。

1.2.2 流出量特性

流出率

雨水の流出率は，ひと雨における総直接流出量と総降雨量の比として求めることができる。

$$流出率 = \frac{総直接流出量}{総降雨量}$$

都市域での降雨の損失は，浸透域における浸透および凹地貯留によってもたらされる割合が圧倒的に大きい。したがって，直接流出の場はほとんどが不浸透域と考えられる。図1－43は横軸にひと雨の総降雨量，縦軸にひと雨の総流出量をとったものである。図中の破線は，その傾きが不浸透面積率（Imp）と等しくなるように引いたものである。

大局的にみれば，流出率＝不浸透面積率と見なすことができよう。この理由は，都市の不浸透域を構成している屋根・道路の排水は，直接下水管渠に流入しており，庭などの浸透域に排水されることは非常にまれなためであろう。

一般には，小降雨の場合の降雨損失は，浸透域における浸透，凹地貯留のみならず，樹木・建造物によるしゃ断，不浸透域における凹地貯留も大きく寄与するので，図1－44aに見られるように小降雨時の流出率は不浸透面積率よりも小さな値をとる。とくに総降雨量が10㎜に満たないような降雨ではこの傾向は顕著である。この場合には，不浸透域における凹地貯留能（Dimp）と凹地貯留が生ずる面積の割合（Ai）を知っておく必要がある。降雨量Rに対して流出量R_Tは

$$R_T = Imp \cdot R \qquad (1.1)$$

ではなく

$$R_T = Imp \cdot \left[(1-Ai) \cdot R + Ai \cdot \left(R - \frac{Dimp}{Ai} \right) \right] \qquad (1.2)$$

となる。（1.2）式の右辺の第1項は凹地貯留を生じない，直接流出域からの流出量を表わし，第2項は凹地貯留が生ずる区域からの流出量を表わしている。

凹地貯留能Dimp の表示法としては，上述のように不浸透域全体に換算して何㎜という表示法の他に，直接的に凹地貯留が生ずる区域のみで何㎜という表示法も考えられる。しかしなが

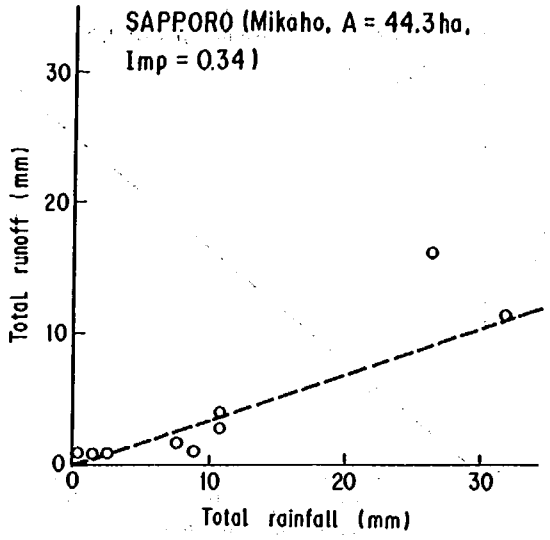


図 1 — 4 3 a

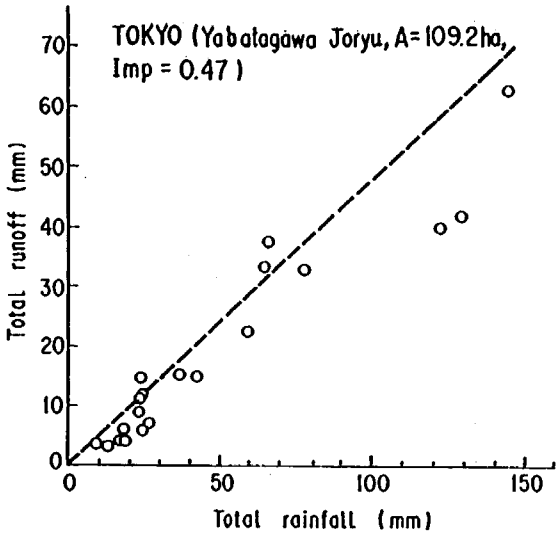


図 1 — 4 3 b

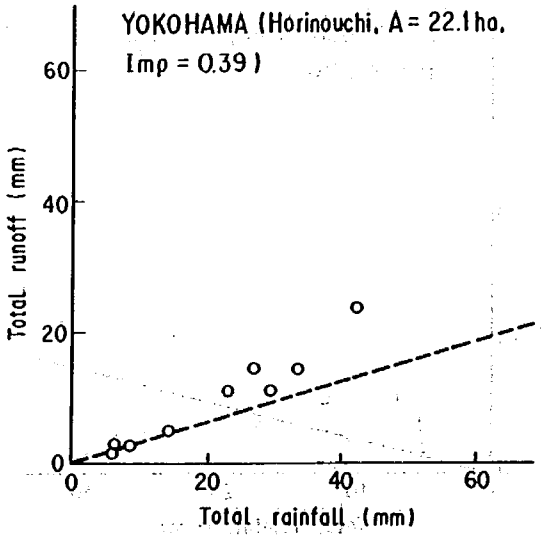


図 1 — 4 3 c

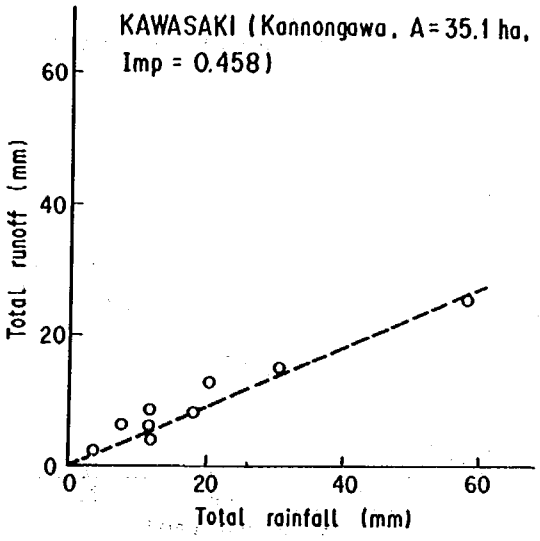


図 1 — 4 3 d

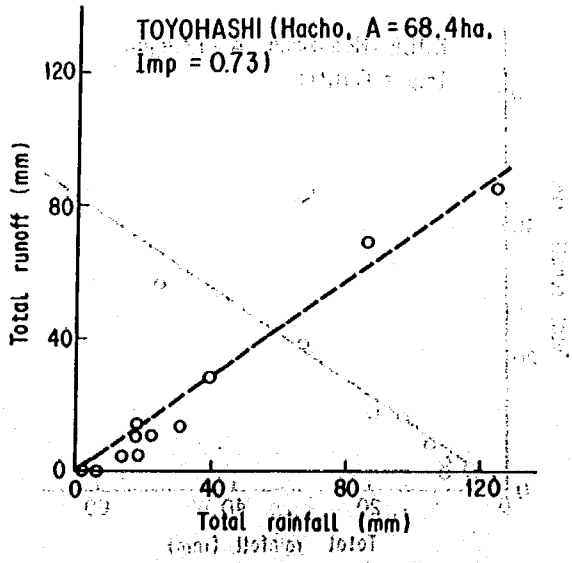


図 1 — 4 3 e

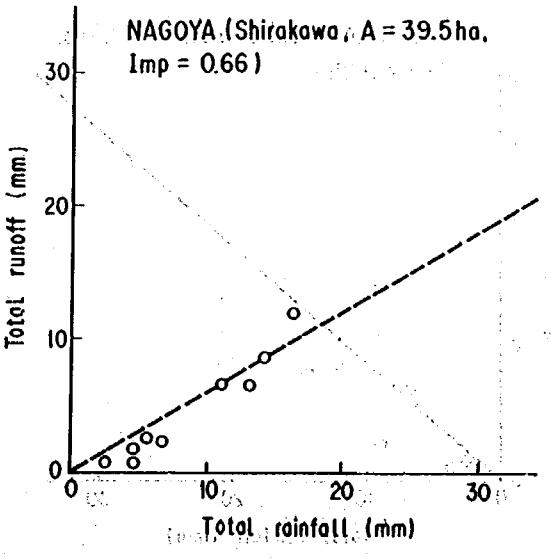


図 1 — 4 3 f

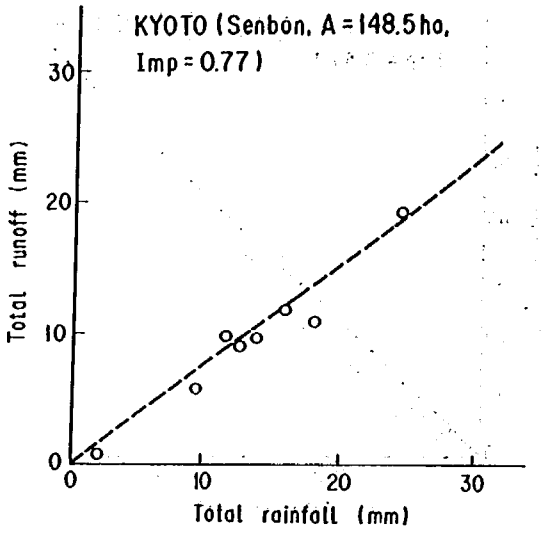


図 1 — 4 3 g

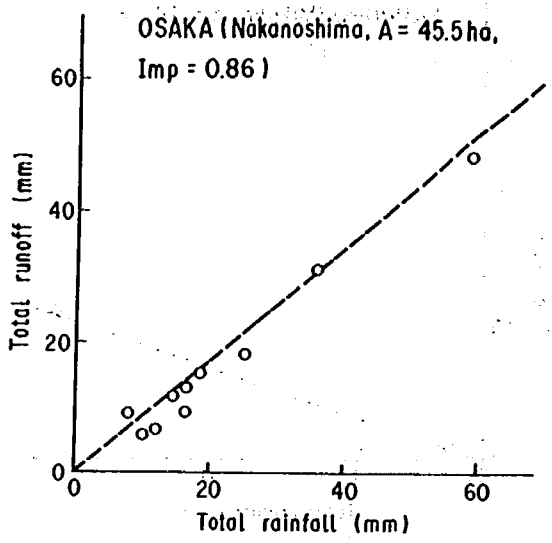


図 1 — 4 3 h

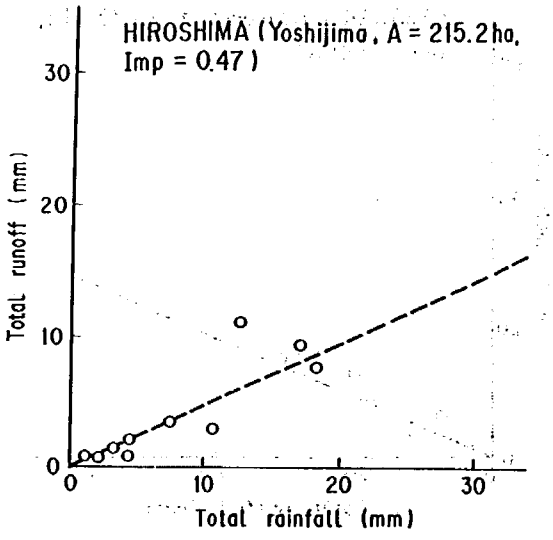


図 1 — 4 3 i

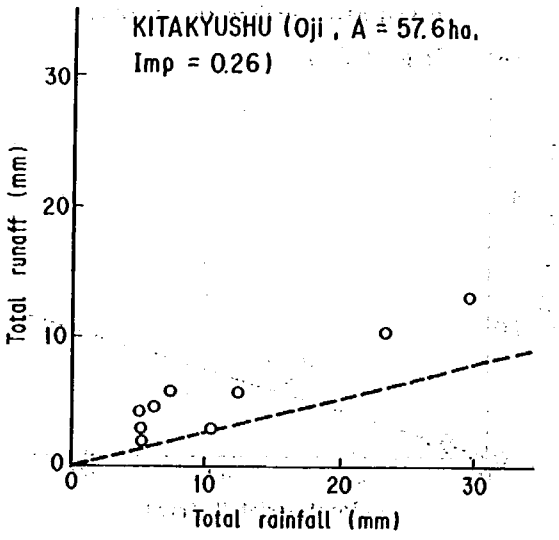


図 1 — 4 3 j

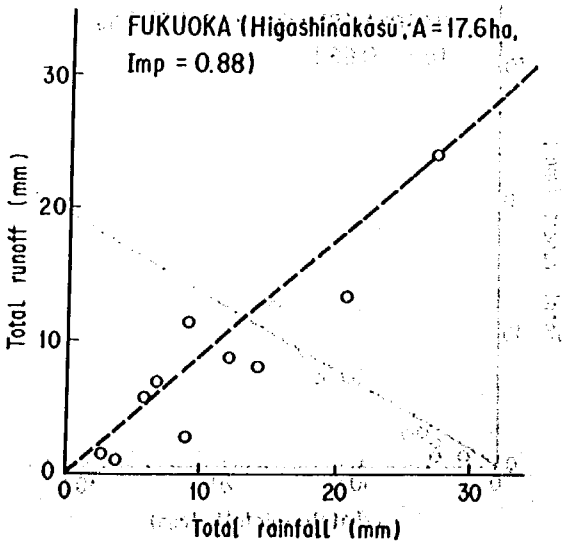


図 1 — 4 3 k

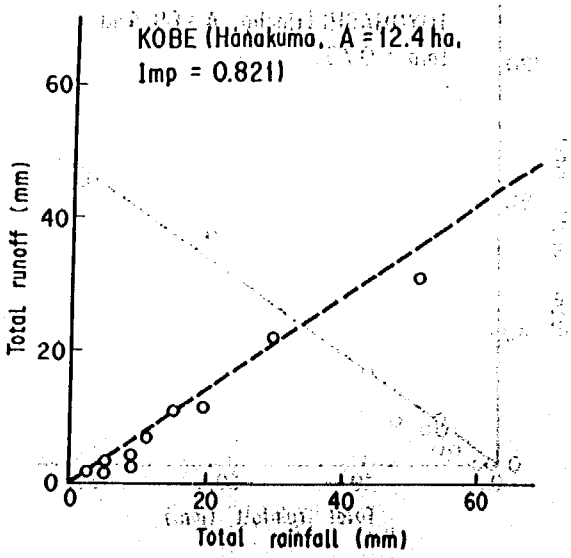


図 1 — 4 3 l

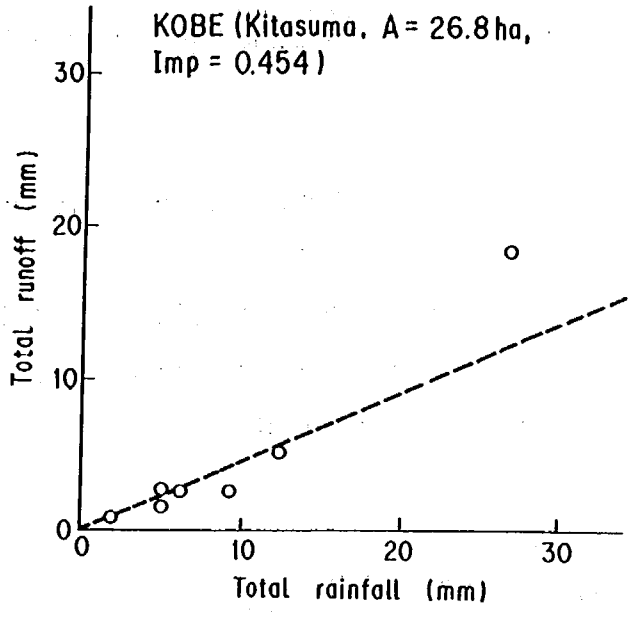
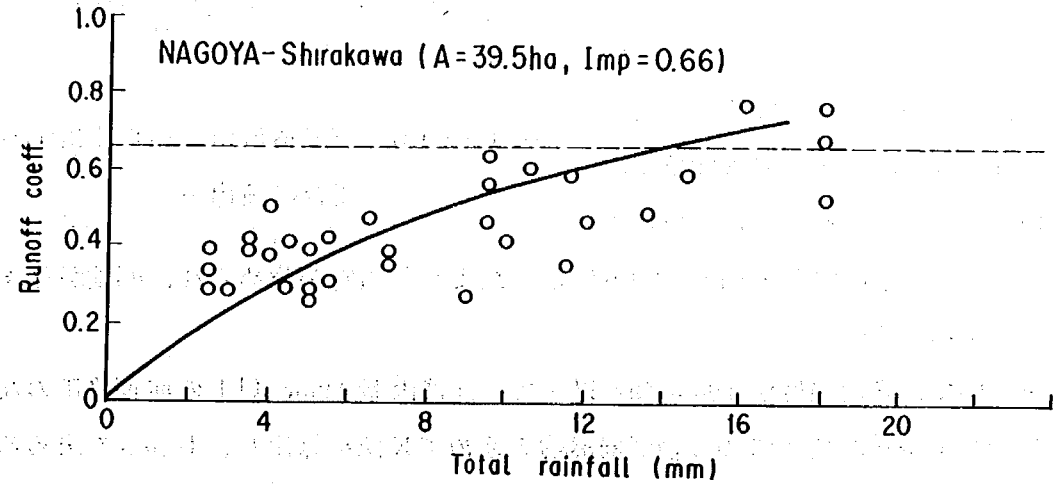

KOBE (Kitasuma, A = 26.8 ha,
Imp = 0.454)
Total runoff (mm)
Total rainfall (mm)
0
10
20
30

図 1 — 4 3 m


NAGOYA-Shirakawa (A=39.5ha, Imp=0.66)
Runoff coeff.
Total rainfall (mm)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
4
8
12
16
20

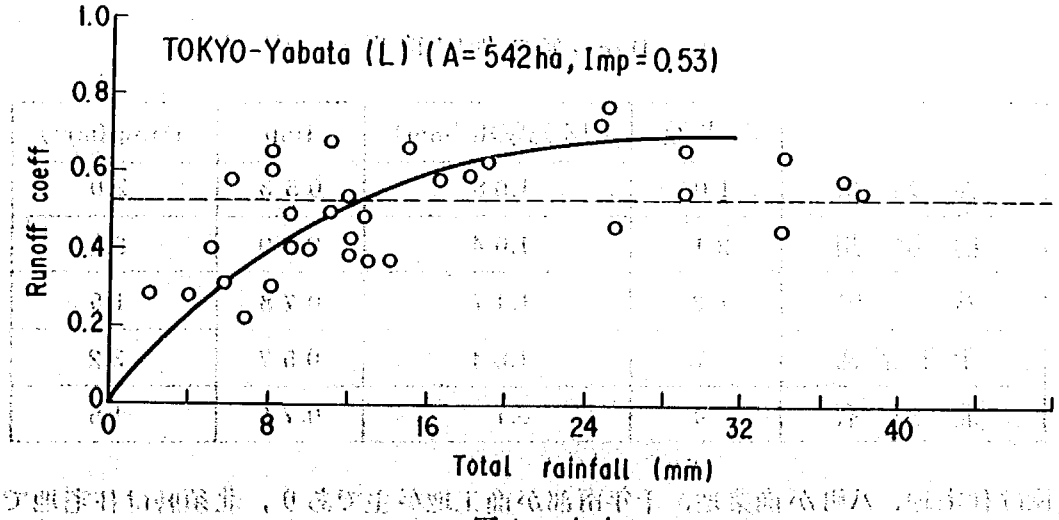

TOKYO-Yabata (L) (A=542ha, Imp=0.53)
Runoff coeff.
Total rainfall (mm)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
8
16
24
32
40

図 1 — 4 4 a

ら，後者の方法では不浸透域と浸透域，および直接流出域と凹地貯留域が混在する実際の排水区の降雨・流出量データのみからDimpを測定することはできない。（1.2）式の右辺は，Aiを消去することができ

$$R_T = I_{mp} \cdot (R - D_{imp}) \qquad (1.3)$$

となるので，浸透域からの流出が生じないような小さな降雨強度のときの降雨・流出量データを用いて（1.3）式からDimpを求めることができる。

すなわち前期降雨のない弱雨の場合には，流出量は不浸透域に降った雨から不浸透域の凹地貯留量を差し引けばよいことになるので，（1.3）式を次のようにおく。

$$Q_T = (R - D_{imp}) \cdot I_{mp} = R \cdot I_{mp} - K \qquad (1.4)$$

Q　：　流出量

R　：　総降雨量

Imp　：　不浸透面積率

K　：　Dimp・Imp

ただし，凹地貯留量は徐々に満たされるので流出量は図1－44bに示すようなものになるはずである。

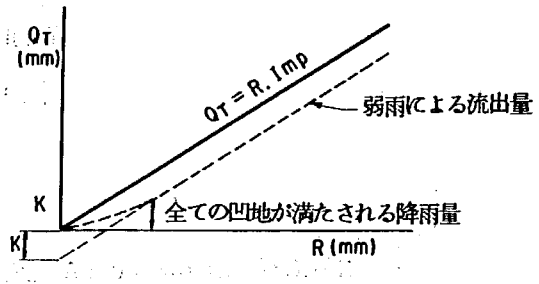


図1－44b　不浸透域のみから流出する場合の流出量

弱雨を対象とした調査ではどの流域も約10mm以上の降雨量ではほぼ不浸透面積率に等しい勾配の上に並んでいる。また，総雨量10mm以下の洪水を対象にすると図1－44bに示したような傾向が認められ，凹地が徐々に満たされていく状況を示している。

（1.4）を用いて，降雨強度が10mm/hr以下で，総降雨量10mm以上の前期降雨のない弱雨について，勾配が不浸透面積率に等しい回帰直線を求めてK値を算出し，Dimpを求めると下表のようになる。

Dimp値の推定結果

	洪水数	(14)式のK(mm)	Imp	Dimp(mm)
谷端川	10	1.08	0.53	2.0
桃園川	21	1.04	0.49	2.1
八町	12	1.17	0.78	1.5
千年南部	7	1.84	0.57	3.2
北須磨	4	0.7	0.75	1.6

谷端，桃園は住宅地，八町が商業地，千年南部が商工地が主であり，北須磨は住宅地である。

北須磨の対象洪水数が少ないが全体としてみると，Dimpは約2mmと理解することができる。TholinとKeiferはシカゴ地区の流出推定のためにDimpを1／16インチ（1.6mm）と仮定している。

次に浸透域から流出が生ずるような大降雨の場合を考えてみよう。この場合には，流出率は不浸透能fと浸透域の凹地貯留能Dpを知る必要がある。通常，浸透域からの流出量$R_{T,p}$は凹地貯留分を考えなければ

$$R_{T,p} = (1 - I_{mp}) \cdot \int \gamma_{e,p}\, dt \qquad (1.5)$$

ただし，$\gamma_{e,p} = \begin{cases} 0 & (r < f) \\ r - f & (r \geqq f) \end{cases}$

$R = \int r\, dt$　，rは降雨強度

となる。浸透域のなかでの凹地貯留が生ずる区域の割合をAp，凹地貯留量をSとすれば貯留量Sに関する連続式は

$$\frac{dS}{dt} = r - f \qquad (1.6)$$

となるから貯留量は次のようになる。

$$S = \int r\, dt - \int f\, dt \qquad (1.7)$$

ただし　$S \geqq 0$

したがって浸透域の凹地貯留域からの流出は

$$S > Dp/Ap \qquad (1.8)$$

すなわち，

$$Ap \cdot \left(\int r\, dt - \int f\, dt\right) > Dp \qquad (1.9)$$

という条件が満たされて初めて生ずるものである。浸透能fの値は地質および土壌中の含水量によって変化するものであるが，通常はf＝10mm／hr程度と報告されている。また，浸透域の凹地貯留能は地形，被覆植物の種類等によって異なるのが，Dp＝6mm前後が通常と言われている。

雨水流出係数

合流式下水道の改善を考える場合，管渠の設計に用いる合理式を使用することはまれである。そこでここでは単に実測値の報告のみにとどめておく。

雨水流出係数は，ピーク流出量と到達時間内平均降雨強度の比として

$$Cp = Qp / I_{ave} \qquad (1.10)$$

のように求められる。到達時間は，Kinematic Waveの理論によって，図1－45に示すようにピーク流出量が発生した時刻tpの降雨強度r（tp）と等しい降雨強度が発生した時刻τpとを用いて

$$t_{pc} = tp - \tau p \qquad (1.11)$$

で求める。ただし，わが国の場合には降雨波形が二等辺三角形状のものが多いので，ピーク流出量の発生時刻とピーク降雨強度の発生時刻との差 te を用いて

$$Tc = 2 \cdot te \qquad (1.12)$$

で到達時間に近似することができる。このようにして求めた雨水流出係数の値をまとめると表１－４４のようになる。

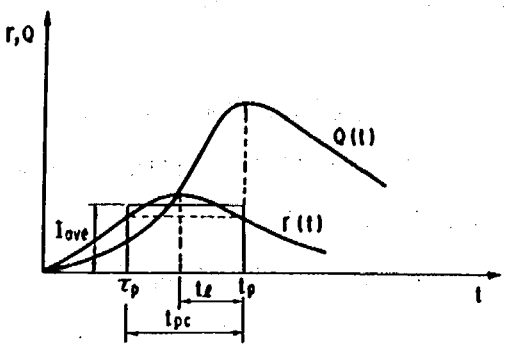


図１－４５

到達時間

到達時間は，排水区の下流端から最遠点に降った雨水が，最上流端の管きょに流入し，そこから下流端の管きょにまで流下するに要する時間であり，

到達時間（t）＝流入時間（t_1）＋流下時間（t_2）

で表わされる。

流入時間は地表の状況・勾配，排水区の大きさ・形状そのほか多くの物理的特性，水文学的特性の影響を受ける。一般的には地表勾配の影響を強く受けるが，わが国では人口密度の大小によって５分あるいは１０分という値がとられている例が多い。流入時間を求める公式としてカーペイ[14]は式（1.13）を与えている。

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3.28 \cdot \frac{\ell n}{\sqrt{S}}\right)^{0.467} \qquad (1.13)$$

ここに，ℓ：排水区最遠点からの上流端管きょまでの距離（m），s：排水区の地表勾配，n：粗度係数に類似した遅滞係数，t_1：流入時間（分）。

n の値は地表面の地覆状態によって異なり，通常不浸透面については n＝0.02 が用いられる。

理論的な流入時間の算出方法としては，特性曲線法によって近似に求める式（1.14）がある。

$$t_1 = \beta \left(\frac{n_e \cdot \ell}{\sqrt{S}}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{-\frac{2}{3}} \qquad (1.14)$$

n_e：等価粗度係数，I：降雨強度，β：単位換算係数で n_e＝（$m^{-\frac{1}{3}}$秒），

ℓ＝(m)，I＝（mm／時），t_1＝(分)のときは 6.988

等価粗度係数 n_e は地表面の地覆状態によって異なるが，（1.14）式によって流入時間を求める場合 n_e＝0.005～0.015（$m^{-\frac{1}{3}}$秒）の範囲の値が使用されることが多い。

流下時間は，下流端から上流端の管きょまでの最長延長を平均流速で除し

$$t_2 = \frac{L}{v} \qquad (1.15)$$

ここに，L：管きょ延長（m），v：平均流速（m／s）

表１－４４ａ

SAPPORO(44.33ha), Imp=0.34

DATE	Rt(㎜)	Tc(min)	Iave(㎜/hr)	Qp(㎜/hr)	Cp
50.11.15	26.5	30	6.28	2.18	.347
50.11.27	1.0	80	1.50	0.16	.108
51.10.06	2.0	80	1.80	0.32	.178
51.11.08	1.5	110	0.87	0.29	.335
51.11.26	10.5	75	7.20	2.64	.367
52.08.04	10.5	50	4.20	2.03	.483
52.09.26	7.5	15	22.50	2.79	.124
52.11.01	5.5	50	2.10	0.28	.135
	2.0	40	1.20	0.30	.250
52.11.08	32.0	120	2.70	1.44	.532

DATE: 観測年月日， Rt：総降雨量， Tc：流達時間（＝２Tℓ），
Iave: 流達時間内平均降雨強度， Qp：ピーク流出量， Cp：ピーク流出係数
Tℓ：遅れ時間

表１－４４ｂ

TOYOHASHI(68.37ha), Imp=0.73

DATE	Rt	Tc	Iave	Qp	Cp
50.10.07	85.8	10	24.48	20.32	.83
50.10.24	23.1	50	4.92	3.69	.75
50.11.06	40.1	30	22.80	18.70	.82
51.08.26	18.8	25	27.38	21.63	.79
51.09.03	13.1	30	5.53	3.48	.63
51.09.09	123.4	15	26.59	22.87	.86
51.12.16	18.8	20	10.16	7.32	.72
52.09.19	4.3	60	2.40	1.70	.71
52.11.08	1.0	35	3.20	1.37	.43
52.11.16	17.0	25	4.20	2.10	.50
52.12.16	28.7	20	13.16	5.26	.40
53.01.13	2.9	45	1.20	0.66	.55

表 1 － 4 4 c

YOKOHAMA(22.09ha), Imp=0.39

DATE	Rt	Tc	Iave	Qp	Cp
501024	6.5	33.0	1.8	1.092	0.600
510205	29.0	29.0	6.0	2.086	0.348
510216	33.0	25.0	4.8	4.612	0.951
510703	14.5	30.0	5.0	1.793	0.360
510909	42.5	18.0	60.0	43.317	0.720
510710	7.5	30.0	3.0	1.744	0.580
511020	23.5	23.0	7.8	7.171	0.920
511216	5.5	34.0	3.8	1.059	0.270
520623	5.0	30.0	2.0	1.483	0.723
520907	7.0	30.0	3.2	1.662	0.519
521106	5.0	27.0	3.0	2.559	0.853
521216	27.5	19.0	25.3	19.100	0.756
530310	22.5	21.0	14.6	11.245	0.772

KYOTO(148.49ha), Imp=0.77

DATE	Rt	Tc	Iave	Qp	Cp
500707	15.5	40.0	11.55	15.000	1.30
500806	24.0	30.0	18.00	16.500	0.92
510205	14.2	35.0	4.97	3.600	0.72
510728	2.0	85.0	2.47	1.070	0.43
511008	17.6	45.0	7.96	5.850	0.73
511216	13.6	45.0	9.64	7.920	0.82
520824	9.5	45.0	3.14	3.440	1.10
530124	12.0	15.0	3.70	2.531	0.68
530411	7.7	400.0	0.86	1.207	1.40
530630	18.3	75.0	7.97	5.035	0.63

NAGOYA(39.5ha), Imp=0.66

DATE	Rt	Tc	Iave	Qp	Cp
500908	5.0	55.0	7.00	3.43	0.49
500918	2.5	54.0	4.00	1.72	0.43
501007	5.0	25.0	8.00	5.36	0.67
510719	14.5	54.0	17.48	13.28	0.76
510802	11.5	27.0	38.40	21.50	0.56
510826	13.5	25.0	36.00	16.20	0.45
520715	7.0	27.0	24.40	6.59	0.27
520817	16.0	33.0	23.28	21.88	0.94
521008	5.5	55.0	3.43	2.33	0.68

表 1 － 4 4 d

FUKUOKA(17.61ha), Imp=0.88

DATE	Rt(mm)	Ti(min)	Tc(min)	Iave(mm/hr)	Qp(mm/hr)	Cp
501118	6.0	12.5	25.0	2.64	2.37	.90
510205	2.8	40.0	80.0	1.20	1.02	.85
510218	27.2	7.5	15.0	10.83	7.97	.74
510709	11.5	12.5	25.0	13.60	7.36	.54
〃	8.4	17.5	35.0	5.93	5.11	.86
511104	8.7	7.5	15.0	14.83	6.75	.46
520628	7.2	12.5	25.0	8.70	5.52	.63
〃	5.5	12.5	25.0	8.00	5.32	.67
520908	18.0	15.0	30.0	34.00	9.81	.29
521108	5.8	12.5	25.0	10.40	16.76	1.61
530124	3.2	12.5	25.0	1.30	1.12	.86

表１－４４ｅ

KITAKYUSYU(57.6ha), Imp=0.26

DATE	Rt	Tc	Iave	Qp	Cp
501007	12.5	40.0	7.50	2.398	0.320
501113	9.5	20.0	3.52	1.123	0.318
510228	29.8	30.0	15.50	11.038	0.712
510709	5.2	15.0	3.60	2.525	0.701
510908	4.8	17.0	8.94	4.656	0.521
511028	6.5	15.0	4.24	2.688	0.634
520710	7.5	25.0	14.69	7.463	0.508
520823	23.0	25.0	5.40	2.688	0.498
521108	10.0	25.0	7.30	3.575	0.490
530120	5.0	25.0	7.92	2.319	0.293

KOBE － hanakuma(12.4ha), Imp=0.821

DATE	Rt	Tc	Iave	Qp	Cp
490901	30.5	40.0	24.00	19.897	0.829
491001	51.5	20.0	18.00	15.264	0.848
500406	4.0	40.0	3.38	3.166	0.938
500406	8.0	30.0	13.00	7.087	0.591
500806	19.5	20.0	21.00	17.423	0.830
500908	11.0	20.0	22.50	19.604	0.871
501204	8.0	20.0	4.50	2.956	0.657

KOBE － kitasuma(26.75ha), Imp=0.454

DATE	Rt	Tc	Iave	Qp	Cp
510719	27.0	55.0	9.00	8.344	0.927
511020	9.0	35.0	7.20	2.690	0.374
511110	12.5	45.0	3.00	1.723	0.574
520704	4.5	10.0	2.00	1.180	0.581
520928	6.5	10.0	6.00	4.090	0.682
521108	4.5	10.0	30.00	9.259	0.309
530113	2.0	10.0	0.60	0.484	0.807

によって求める。平均流速vの値は管径によって異なるが，平坦地では0.9～1.0m／s，勾配のとれる地域では1.15～1.26m／s，枝線では0.6～0.9m／sが目安とされている。なお理論的には計画流量に対応した流速よりも洪水ピークの移動速度を用いるほうが正しいので，洪水移動速度に関しての補正係数αを導入して

$$t_2 = \frac{L}{\alpha v} \qquad (1.16)$$

とすることもある。洪水移動速度wと平均流速vとの関係は，横流入量がない場合には流水断面Aとして

$$w = v + A \cdot \frac{dv}{dA} \qquad (1.17)$$

と表わせるので，式（1.17）とたとえばマニング式を連立させれば任意断面の任意水深における補正係数αを求めることができる。ちなみに，広幅長方形断面の水路においてマニング式を適用した場合には$w=(5/3)v$となりKleitz-Seddon（クライツ・セドン）の式として知られている。また同じ水路で平均流速公式としてChezy（シェジー）式を用いると，$w=(3/2)v$となる。

以上のように到達時間を流入時間と流下時間との和で表わす方法の他に，下水道排水区を一つの斜面とみなして

$$t_c = \left(\frac{L \cdot r_e^{1-m}}{\alpha}\right)^{1/m} \qquad (1.18)$$

ただし　t_c：到達時間，L：力学的斜面長（下水幹線管渠長），r_e：最大有効降雨強度，α，mは水深yと単位巾流量qの関係を$q=\alpha \cdot y^m$としたときの定数。によって求める方法もある。Manning型の流れでは

$$\alpha = \frac{\sqrt{S}}{N} \qquad (1.19)$$

$$m = \frac{5}{3} \qquad (1.20)$$

ただし，N：等価粗度係数，S：勾配

であるから

$$t_c = \beta \cdot \left(\frac{L \cdot N}{\sqrt{S}}\right)^{\frac{3}{5}} \cdot r_e^{-\frac{2}{5}} \qquad (1.21)$$

ただし，L：(m)，N：（$m^{-\frac{1}{3}}$秒），r_e：(mm/時)$=360Q_p/A$，（Q_p：ピーク流量m^3／秒，A：面積ha），t_c：(分)とすれば$\beta=\frac{5}{3}\times 36^{0.4}\fallingdotseq 6.988$となる。この場合，等価粗度係数はN=0.001～0.002（$m^{-\frac{1}{3}}$秒）が標準的である。有効降雨強度r_eを横軸に，到達時間t_cを縦軸にとって両者の関係を両対数紙にプロットすると図1－46のようになる。

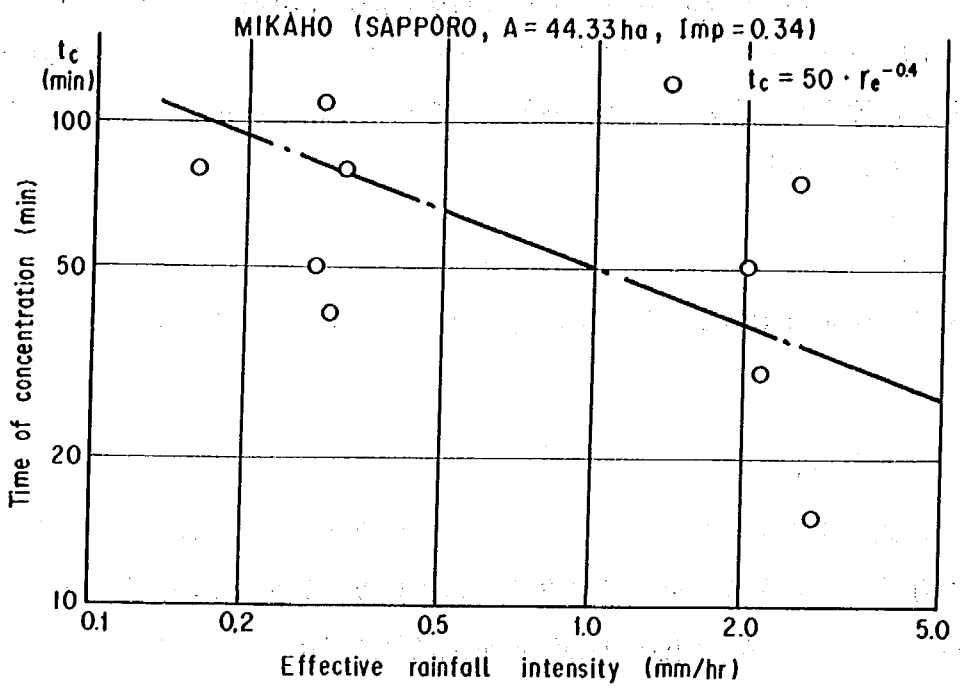

MIKAHO (SAPPORO, A = 44.33 ha, Imp = 0.34)
$t_c = 50 \cdot r_e^{-0.4}$
t_c (min)
100
50
20
10
Time of concentration (min)
0.1
0.2
0.5
1.0
2.0
5.0
Effective rainfall intensity (mm/hr)

図 1 － 4 6 a

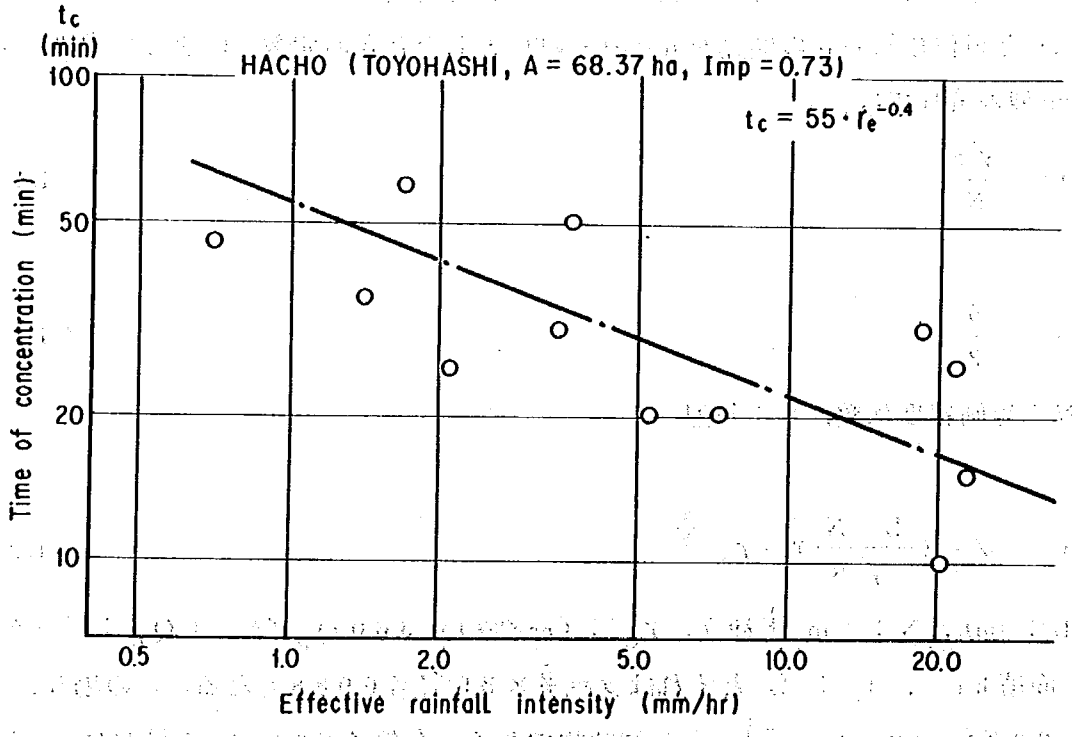

t_c (min)
HACHO (TOYOHASHI, A = 68.37 ha, Imp = 0.73)
$t_c = 55 \cdot r_e^{-0.4}$
100
50
20
10
Time of concentration (min)
0.5
1.0
2.0
5.0
10.0
20.0
Effective rainfall intensity (mm/hr)

図 1 － 4 6 b

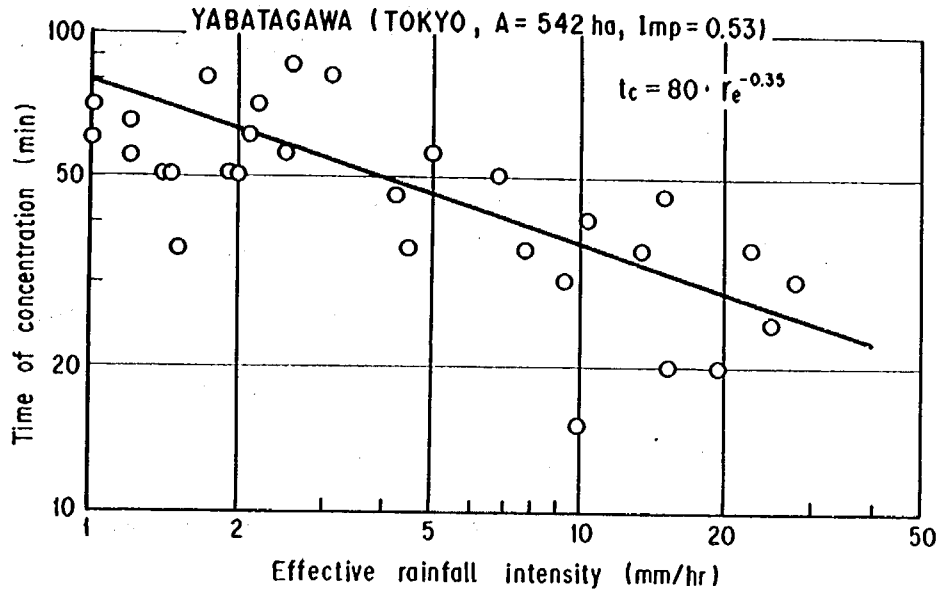


図1－46c

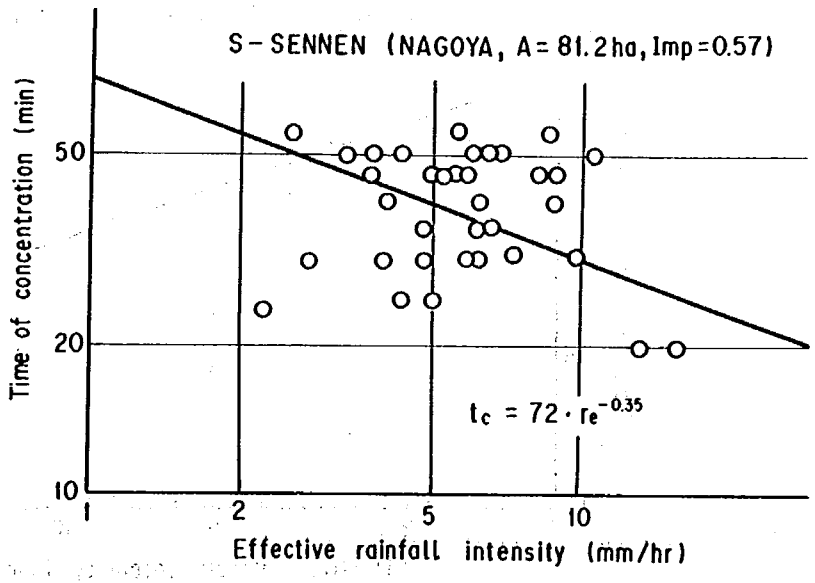


図1－46d

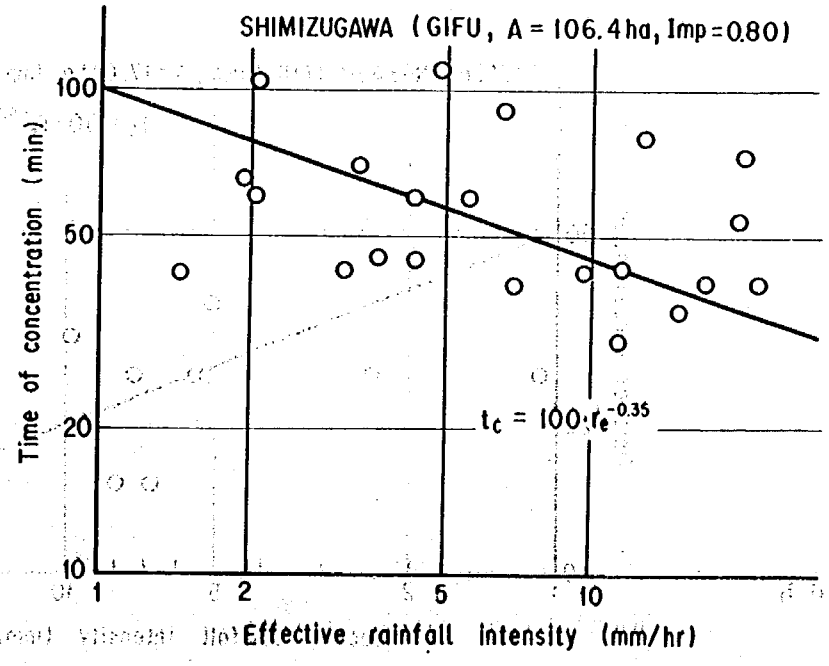


図1－46e

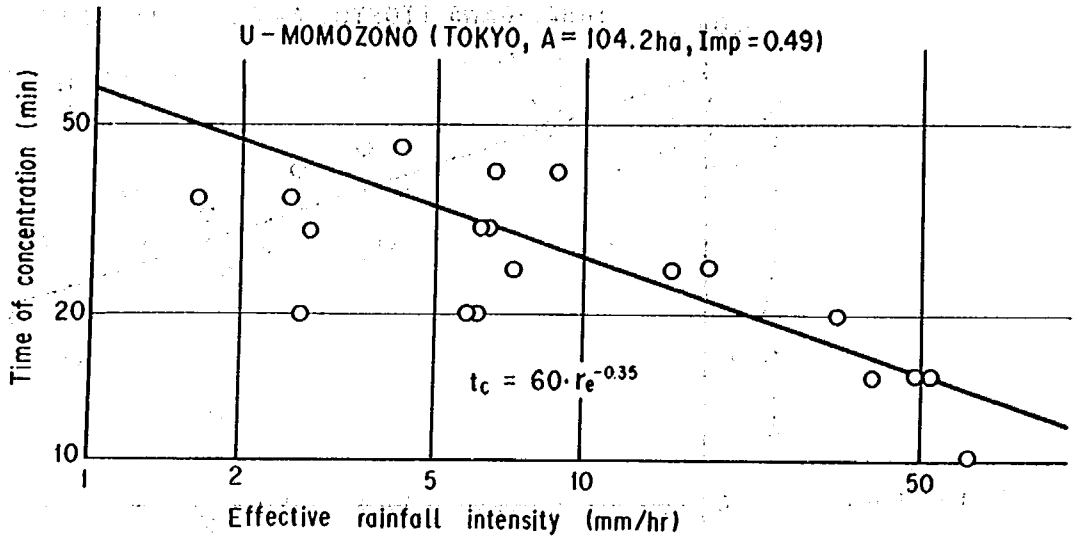


図１－４６ｆ

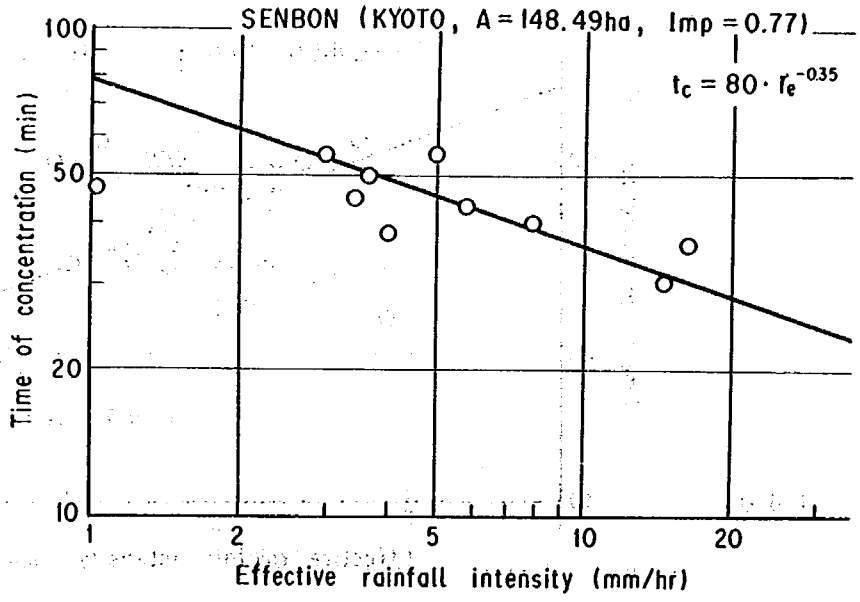


図１－４６ｇ

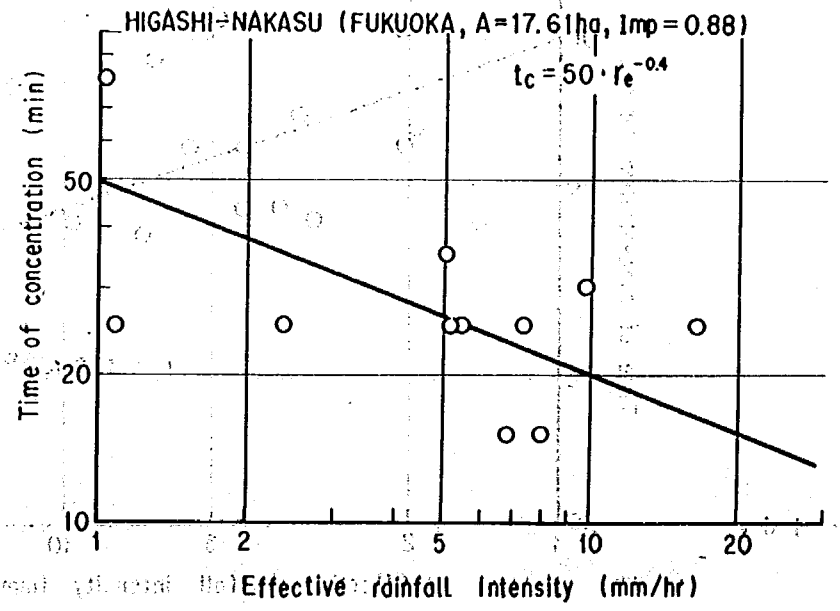


図１－４６ｈ

晴天時下水量

合流式下水道問題が顕在化した理由の一つに，計画時点で予想した計画水量以上に晴天時の下水量が増加したことが挙げられる。

表１－４５は合流式下水道の区域における，排水面積，年間雨量，年間流出量，総下水量，二次処理量，簡易処理量，越流量を示したものである。晴天時下水量は総下水量から雨水流量から雨水流出量を差し引いて求められ，最低が皇后崎処理区の１９６９㎜，最高が三河島処理区の６０６２㎜となっており，日平均下水量の範囲は5.4～１6.6㎜／日となる。

Table 1－45 Annual quantity of combined wastewater in 1975

City	Treatment Plant	Served Area (ha)	Annual Rainfall (mm)	Annual Runoff (mm)	Total[a] Wastewater (mm)	Secondary Effluent (mm)	Primary Effluent (mm)	Overflow[b] (mm)
Sapporo	Soseigawa	1 571	1 432	1188	3 539	2 350	132	1 056
Tokyo	Mikawashima	3 936	1 482	912	6 974	6 402	53	519
Kawasaki	Iriezaki	1 508	1 649	1 238	5 765	2 844	1 845[c]	1 076
Yokohama	Numbu	2 922	1 597	844	3 247	2 743	176	328
Toyohashi	Noda	503	1 643	1 096	3 795	2 699	16	1 081
Nagoya	Horidome	1 428	1 827	960	4 577	4 227	—	349
Kyoto	Toba	3 767	1 710	1 033	5 129	4 214	131	784
Hiroshima	Eba	902	1 575	945	3 402	2 763	260	379
Kitakyushu	Kogosaki	1 702	1 254	810	2 779	2 016	241	560
Fukuoka	Chubu	2 276	1 311	799	4 461	3 948	31	481
Average			1 548	982	4 367	3 421		

[a] Total wastewater = raw wastewater + ground water + storm runoff.
[b] Figures include bypassed wastewater from wastewater treatment works.
[c] Parts of dry weather flow were discharged after primary treatment without secondary process.

昭和５年の「東京都市計画郊外下水道」では，総面積約１4,２３７haの区域の人口約３００万人，１人１日平均１７５ℓ(≒６立方尺)の下水量を想定している。したがってこの時点での計画晴天時下水量は3.7㎜／日であり，５０年間で約4.5倍に増加したことになる。

東京都市計画郊外下水道

(1) 下水排除区域は東京府南葛飾，南足立郡，北豊島郡，豊多摩郡及荏原郡の各１部にして総面積約４３,０１３,０００坪の区域とす。但地勢の関係により本区域内に流入する関係町村の１部の下水は之を収容する計画とす。

(2) 下水排除量の汚水量は全区域の人口を約３００万人と予想し，１人当り１日平均６立方尺の半量を８時間内に排泄するものとし，雨水量は１時間最大降雨量を５０粍として之を定む。

(3) 下水排除方法は合流法に依り雨水及汚水を同一管渠に収容し，高地区の下水は自然流下に依り低地区域の下水は御茶を用いて各汚水処分場に導水す。

(4) 下水処分の雨水は適所に雨水吐を設け河海に放流するも，汚水は総て処分場に導き処理したる後東京湾及荒川に排泄す。但し最大汚水量に達する迄の雨水は汚水と共に之を処理す。

(5) 下水管渠の構造は雨水吐隧道等の外は暗渠式とし排水量の多寡に応じて陶管鉄筋コンクリート管及鉄筋コンクリート矩形渠の3種とす。

(6) 地勢により下水排除区域を砂町系統，三河島系統，石神井系統及羽田系統の4排水系統に分畫する。

(a) 砂町系統

区域，南足立郡千住町，綾瀬村及南葛飾郡南綾瀬町，寺島町，吾嬬町の1部並に南葛飾郡隅田町，亀戸町，小松川町，大島町，砂町の各全部とす。

面積約6,883,000坪 下水道延長約13,670米大島御筒場，位置南葛飾大島町1丁目，面積約150坪，砂町汚水処分場，位置南葛飾郡砂町大字本砂村

面積 約4万坪，主要設備沈砂池 筒場沈澱池及消毒設備等

(b) 三河島系統

区域 北豊島郡，南千住町，三河島町，尾久町の全部及日暮町，滝野川町の各一部とす。

面積 約2,956,000坪，下水道延長約6,000米，主要設備 沈砂池御筒場沈澱池及消毒設備等

(c) 石神井系統

区域 北豊島郡王子町長崎町の各全部及板橋町滝野川町，岩渕町，西巣鴨町，高田町の各1部並に豊多摩郡落合町，野方町の各全部及戸塚町，大久保町，淀橋町，中野町，杉並町の各1部とす。

面積 約14,110,000坪 下水道延長約32,500米（内隧道約455米）

落合御筒場 位置豊多摩郡落合町大字下落合

面積約400坪

江北汚水処分場 位置南足立郡江北村大字堀ノ内，面積約15万坪，主要設備 沈砂池御筒場沈澱池及消毒設備

(d) 羽田系統

区域 豊多摩郡和田堀代々幡町の各全部及杉並町，中野町，淀橋町，千駄谷町，渋谷町の各1部並に荏原郡荏原町，品川町，大井町，入新井町，大森町，蒲田町，羽田町の各全部及目黒町，大崎町の各1部とす。

面積 約18,991,000坪 下水道延長約58,020米，内隧道延長約1,425米

淀橋御筒場 位置豊多摩郡淀橋町大字角筈，面積約300坪

羽田汚水処分場 位置荏原郡羽田町大字鈴木新田，面積約6万坪，主要設備 沈砂池御筒場沈澱池及消毒設備等。

（茂庭忠次郎：東京都郊外下水道計画，水道協会誌より）

合流式下水道からの越流を考えると，晴天時日平均下水量のみならず晴天時時間最大下水量も重要な要素となる。図1－47は晴天時時間最大下水量と人口密度との関係を示したものである。

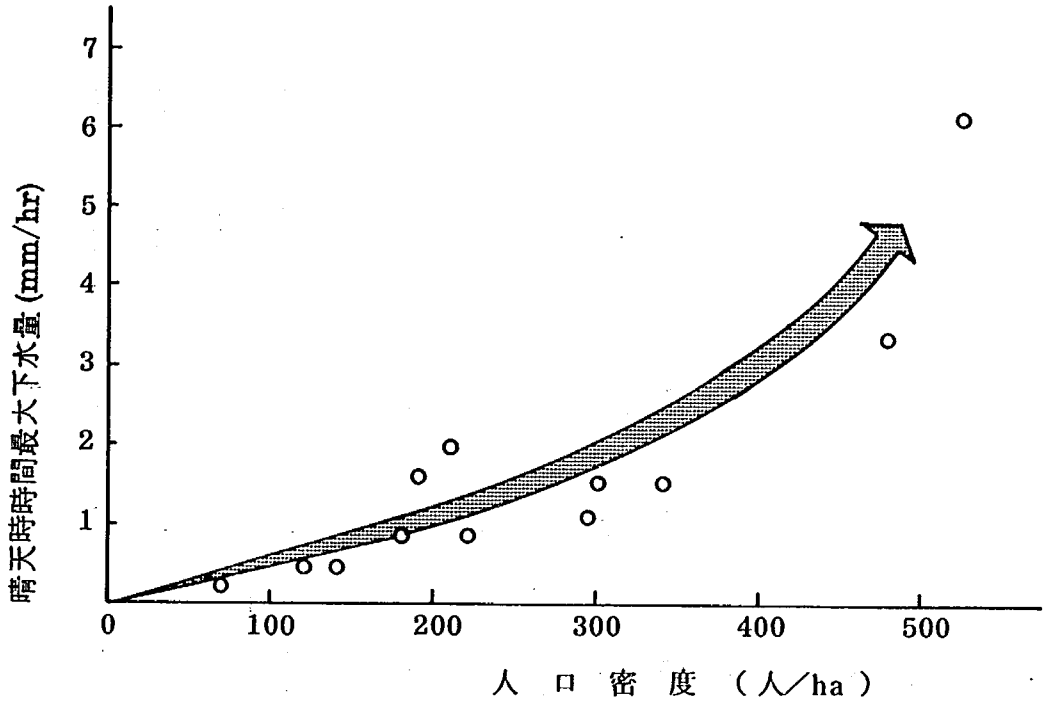


図１－４７

通常の都市では，時間最大下水量は約1㎜／hrと言われているが５００人／ha 前後にまで膨張した区域では 6㎜／hr というような，非常に大きな晴天時下水量を示すことがある。

1.2.3 流出負荷量特性

雨天時下水の平均水質

雨天時合流式下水の水質は，単純に汚水が雨水によって希釈されて形成されるものではない。それにも拘らず，雨天時下水の水質を考える場合には汚水の量あるいは汚水によってもたらす負荷量と雨水の量は重要な役割をもっている。その理由は，雨天時下水の水質が，屋根・路面などに堆積している汚濁物を流送してきた雨水流の掃流力と，汚水中の汚濁物が管渠底に堆積した堆積物の量とによって決定づけられることが多いからである。勿論，管渠底への汚水中の負荷の「「堆積のし易さ」はその管渠の粗度，勾配などの要因によって決まるものであり，一義的に汚水負荷が多いから堆積負荷量が多いと断定することは困難であるが，少くとも管渠内堆積負荷量の期待値は，一般的に汚水負荷量が多いほど大きいと言うことができよう。

表１－４６は，合流式下水道区域１０ケ所，分流式雨水排除区域４ケ所の時天時および雨天時下水の平均水質（ひと雨毎の平均水質を全観測降雨に対して総流出で加重平均したもの）を示している。個々の地域の一降雨毎の水質範囲のバラツキ（表１－４７，４８参照）があるので断定はできないが，晴天時下水水質に対する雨天時下水の水質の比は，ＢＯＤ（0.3～0.9），ＣＯＤ（0.4～1.1），ＳＳ（1.1～4.8），ＫＮ（0.4～0.8），ＴＰ（0.4～1.1）となっている。

また，分流式下水道区域からの雨水流出水は，地域によって大きな相異を示している。神戸市

Table 1—46

Dry Weather Quality VS.Wet Weather Quality of Combined Sewage and Quality of Storm Sewer Overflow

:(mg/l)

	Dry Weather					Wet Weather				
	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP
SAPPORO	138	42	69	20.5	3.5	83	48	197	11.0	2.4
KAWASAKI	110	49	76	17.9	2.7	59	31	117	8.3	3.0
YOKOHAMA	123	116	151	24.2	4.0	46	51	249	9.0	2.2
TOYOHASHI	131	52	74	14.8	4.9	39	22	80	6.6	2.3
NAGOYA	127	55	89	18.0	1.7	81	50	224	10.4	1.4
KYOTO	303	211	119	16.8	3.2	194	137	192	12.7	1.9
OSAKA	95	40	84	18.2	2.8	68	43	148	10.8	1.7
HIROSHIMA	108	65	80	22.6	5.6	59	44	101	8.7	2.1
KITAKYUSHU	111	35	67	16.3	4.0	109	55	324	10.6	3.6
FUKUOKA	144	53	113	16.2	2.4	114	59	202	13.2	2.5
KOBE(HANAKUMA)						33	23	205	7.2	0.3
KOBE(KITASUMA)						8	14	126	1.5	0.2
YAMAGATA						26	5	101	0.6	0.2
GIFU						8	—	113	—	—

Table 1－47（a） MIKAHO(SAPPORO)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
501022	136.2	37.1	55.1	15.8	4.1
511013	153.0	46.9	72.2	23.0	2.9
521005	127.0	43.2	84.1	23.4	3.3
(Ave.)	138.7	42.0	69.7	20.5	3.5
WWF					
501115 −16	57.6 10 − 265	40.8 18 − 90	115.3 44 − 394	8.6 1.8 −19.9	2.7 0.29 − 7.4
501127	180.3 90 − 405	112.7 66 − 146	439.4 152 − 604	22.2 14.0 −30.8	8.0 2.3 − 26.4
511006	224.0 140 − 294	71.0 51 − 102	183.0 26 − 516	22.7 18.5 −37.0	2.4 1.2 − 3.7
511108	149.8 91 − 234	65.7 39 − 92	171.7 64 − 318	16.5 13.1 −21.5	1.5 1.1 − 2.2
511126	129.2 64 − 272	81.4 34 − 141	399.6 82 −1116	13.2 6.9 −22.3	2.5 1.5 − 3.9
520804	101.5 26 − 184	50.5 10 − 92	285.6 50 − 776	15.2 9.1 −22.0	2.7 1.2 − 6.4
520926	155.2 69 − 267	62.1 22 − 96	553.9 63 − 910	15.6 9.1 −21.6	2.7 1.3 − 4.2
521101	116.5 81 − 180	53.9 34 − 112	106.9 39 − 205	18.2 12.3 −37.2	2.7 1.7 − 3.8
521108	55.4 12 − 198	38.7 14 − 106	165.8 38 − 572	7.5 3.9 −27.9	1.4 0.52 − 5.1
(Ave.)	83.0	48.8	197.3	11.00	2.40

Table 1－47（b） KANNONGAWA（KAWASAKI）

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
500826 －27	110.2	59.6	84.7	21.5	2.1
511006 －07	101.0	57.1	80.8	16.4	3.1
520901 －02	117.3	34.9	66.4	16.1	2.8
(Ave.)	110	49	76	17.9	2.7
WWF					
501003	83.3 30 － 182	43.8 25 － 68	129.6 56 － 240	19.0 9.0 － 35.0	3.5 1.5 － 5.7
501119	44.5 13 － 155	42.6 24 －126	117.6 50 － 228	6.0 2.0 － 20.0	1.4 0.5 － 3.8
510205	53.6 34 － 128	36.7 29 － 60	130.3 83 － 183	8.1 5.0 － 12.0	0.7 0.4 － 2.2
510719	30.0 4 － 329	21.5 9 － 59	188.9 16 － 611	3.5 1.0 － 36.0	1.7 1.2 － 4.0
520126 －27	69.5 20 － 317	42.8 17 － 90	192.6 26 － 456	11.6 5.0 － 30.0	3.8 1.9 － 6.7
520330	46.7 8 － 152	31.4 11 －140	94.0 18 － 175	8.8 3.0 － 15.0	1.3 0.1 － 2.1
520908 －09	65.4 33 － 150	26.3 13 － 41	29.1 8 － 114	9.1 5.0 － 15.0	1.9 1.0 － 2.3
520919	36.5 8 － 216	25.7 12 － 58	75.4 2 － 546	8.2 4.0 － 16.0	0.8 0.5 － 1.9
520929 －30	123.1 31 － 337	25.2 8 － 70	92.0 8 － 303	9.6 2.0 － 18.0	1.5 0.1 － 2.5
521003 －04	77.0 16 － 261	33.2 17 － 55	50.4 10 － 165	11.5 4.0 － 28.0	1.7 0.9 － 2.9
(Ave.)	59	31	117	8.3	3.0

Table 1－47（c） HORINOUCHI (YOKOHAMA)

DWF	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
501203 −04	133.9	117.1	201.6	21.3	5.1
511125 −26	109.2	113.8	131.4	26.5	4.2
521024 −25	125.4	118.0	110.2	25.2	2.6
(Ave.)	123	116	151	24.2	4.0
WWF					
501024	103.3 25 −329	70.9 23 − 190	218.1 25 − 915	12.7 6.0 − 27.7	4.6 2.9 − 11.6
510205 −06	65.4 14 −503	62.1 16 − 228	168.1 12 −1086	12.8 4.1 −101.0	3.1 1.1 − 14.8
510216	34.6 8 −279	40.2 9 − 268	209.0 21 − 630	7.3 0.8 − 36.6	3.2 0.9 − 9.7
510703	42.5 17 −118	34.7 19 − 83	194.3 50 − 326	8.0 5.5 − 14.8	2.2 1.6 − 3.7
5010	111.1 44 −331	74.1 32 − 194	306.9 62 −1230	17.4 7.8 − 49.9	4.3 1.9 − 13.3
510909	22.6 5 −167	38.9 21 − 164	414.0 35 − 767	4.6 2.3 − 20.1	1.9 1.1 − 4.0
511020	44.8 10 −267	57.5 22 − 386	191.1 31 − 889	6.6 2.9 − 26.1	1.6 0.7 − 6.4
511216 −17	114.8 39 −576	87.7 40 − 374	238.3 52 −1487	18.7 9.7 − 45.8	3.8 2.3 − 11.5
520623 −24	68.2 14 −159	50.3 15 − 115	134.7 32 − 402	13.8 4.9 − 22.2	1.8 0.8 − 3.0
520907 −08	58.3 6 −464	59.2 15 − 335	194.1 6 −1547	11.9 2.7 − 63.6	2.4 0.7 − 15.3
521106 −07	23.2 7 −327	41.9 13 − 248	206.8 9 −1309	7.3 5.5 − 54.0	1.6 0.7 − 11.0
521216 −17	38.5 8 −223	55.7 17 − 220	352.1 29 −1161	7.3 2.8 − 27.2	1.4 0.5 − 5.2
530310	80.4 15 −282	59.9 20 − 141	265.1 39 −1060	13.2 2.7 − 51.2	2.1 0.7 − 5.1
(Ave.)	46	51	249	9.0	2.2

Table 1－47（d） HACHO(TOYOHASHI)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
500902 －03	84.9	44.1	76.4	12.2	4.1
501111 －12	121.8	35.6	78.8	13.5	4.0
511104 －05	134.6	57.0	51.4	18.0	6.4
521019 －20	107.4	39.0	56.0	14.7	6.1
(Ave.)	131	52	74	14.8	4.9
WWF					
501007	26.5 11 － 81	13.0 4 － 42	90.0 24 － 520	5.5 2.7 － 16.0	1.4 0.2 － 5.3
501024	27.8 6 － 124	13.1 3 － 45	36.3 8 － 185	4.0 2.1 － 15.1	1.2 0.1 － 5.2
501107	27.1 9 － 246	9.8 4 － 33	84.9 9 － 565	5.2 2.1 － 16.6	1.6 0.1 － 5.2
510826	45.0 16 － 301	23.0 9 － 121	117.2 12 － 678	9.2 3.2 － 21.0	2.6 0.9 － 6.3
510903	88.3 38 － 184	55.4 27 － 90	123.1 22 － 268	13.4 7.8 － 20.9	4.2 1.8 － 7.3
510909	13.2 7 － 34	13.8 10 － 28	26.1 8 － 40	2.6 1.5 － 8.2	0.7 0.4 － 1.7
511216	56.5 28 － 177	65.5 19 － 138	161.1 29 － 427	14.6 8.4 － 28.0	4.1 2.4 － 9.1
520919	78.1 34 － 188	47.6 18 － 163	102.8 29 － 298	14.0 7.9 － 24.0	4.8 2.1 － 9.3
521108	118.6 76 － 181	44.9 32 － 66	128.6 51 － 312	14.7 14.4 － 16.6	6.2 4.8 － 8.6
521116	75.0 21 － 163	33.3 14 － 66	88.4 27 － 196	10.7 3.1 － 19.9	4.5 1.9 －10.9
521216	83.6 56 － 112	28.1 20 － 40	38.3 29 － 49	5.5 3.3 － 7.8	2.8 2.1 － 5.2
530113	103.3 69 － 157	36.5 26 － 53	92.7 68 － 169	5.5 4.6 － 8.9	10.3 6.9 －17.1
(Ave.)	39	22	80	6.6	2.3

Table 1－47(e) SHIRAKAWA(NAGOYA)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
500827 −28	93.3	38.9	63.7	11.6	1.5
501126 −27	131.9	58.9	73.3	20.6	0.7
510617 −18	132.4	52.8	88.0	18.6	2.1
521114 −15	155.8	73.3	129.7	22.6	2.2
(Ave.)	127	55	89	18.0	1.7
WWF					
500822	83.5 34 − 288	36.7 21 − 81	133.1 56 − 323		
500908	126.7 59 − 250	75.2 31 −153	214.2 53 − 550	9.2 5.6 − 14.0	1.6 0.9 − 2.9
500918	109.0 70 − 163	65.6 37 −133	161.3 52 − 392	16.8 9.5 − 25.7	1.8 1.3 − 2.8
501007	147.0 97 − 256	81.7 48 −146	356.5 74 − 718	7.9 5.4 − 12.0	2.3 1.6 − 3.1
510719	77.7 23 − 290	39.6 16 −120	310.7 40 − 570	8.4 4.8 − 23.0	1.0 0.6 − 2.9
510802	67.6 24 − 240	49.2 24 −100	197.4 45 − 500	8.2 4.3 − 26.0	1.5 0.6 − 4.4
510826	73.6 25 − 180	41.5 18 − 95	146.7 41 − 490	9.4 5.4 − 15.0	1.2 0.6 − 2.4
520715	135.3 55 − 220	81.0 45 −140	365.3 78 − 720	19.3 13.0 − 28.0	2.2 1.3 − 3.5
520817	61.2 10 − 230	46.1 13 −100	256.3 71 − 540	10.1 3.3 − 29.0	1.3 0.6 − 2.9
521008	83.2 51 − 150	55.7 31 − 98	144.8 82 − 260	14.6 10.0 − 25.0	1.4 0.7 − 2.1
(Ave.)	81	50	224	10.4	1.4

Table 1－47（f） SENBON(KYOTO)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
501023 −24	320.7	232.3	120.1	15.3	5.0
510902 −03	268.3	189.2	109.5	15.9	1.9
521013 −14	322.8	210.2	127.6	19.8	2.5
(Ave.)	303	211	119	16.8	3.2
WWF					
500707	134.1 58 − 365	93.2 47 − 236	192.1 39 − 571	8.2 4.4 − 17.8	1.2 0.3 − 3.4
500806	117.2 56 − 349	88.1 35 − 265	202.6 39 − 668	10.1 4.1 − 28.6	1.2 0.3 − 2.4
510205	204.7 52 − 522	104.0 18 − 211	202.4 14 − 572	16.4 8.9 − 29.7	3.0 2.1 − 6.0
510728	300.5 198 − 425	251.8 209 − 332	93.5 40 − 139	13.2 11.6 − 14.8	1.2 0.6 − 2.2
511008	223.6 25 − 460	175.2 55 − 382	149.3 55 − 276	12.9 7.0 − 22.7	1.8 0.3 − 5.4
511216	277.3 140 − 688	121.9 45 − 245	295.3 98 − 640	14.2 6.9 − 24.4	2.9 1.6 − 5.1
520824	211.0 132 − 340	164.1 86 − 286	184.5 116 − 392	14.0 10.2 − 19.5	2.0 1.1 − 2.7
530124	208.9 125 − 318	179.0 86 − 276	189.9 95 − 345	13.0 9.1 − 37.0	1.6 0.5 − 4.2
530411	193.8 59 − 379	182.4 39 − 358	118.6 28 − 205	15.2 10.7 − 25.3	2.2 1.5 − 3.0
(Ave.)	194	137	192	12.7	1.9

Table 1－47（g） NAKANOSHIMA(OSAKA)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
510112 −13	101.1	45.7	95.7	17.9	2.6
510901 −02	58.4	33.6	73.8	15.1	2.7
521130 −1201	132.0	45.0	88.5	21.9	2.9
(Ave.)	95	40	84	18.2	2.8
WWF					
501028 −29	47.4 8 − 260	28.6 9 − 82	57.2 13 − 368	8.5 3.4 − 26.1	1.3 0.6 − 3.8
501106 −07	31.0 2 − 163	26.7 5 − 81	134.1 19 − 256	5.1 1.2 − 17.0	1.1 0.1 − 3.6
501127	58.4 31 − 121	49.8 40 − 77	121.1 67 − 355	18.9 10.1 − 26.0	3.0 2.3 − 4.0
510622 −23	47.5 7 − 241	47.5 15 −188	155.5 14 − 612	12.0 5.5 − 36.8	1.9 1.0 − 5.8
510827 −28	55.8 6 − 471	48.2 8 −221	147.1 6 − 648	10.9 3.3 − 19.0	2.5 0.6 − 3.7
511114	83.7 16 − 315	54.8 15 −302	199.5 23 − 938	11.0 6.5 − 19.8	1.8 0.9 − 3.3
520623 −24	55.6 6 − 359	31.1 8 −161	102.9 18 − 294	9.2 3.4 − 23.4	1.1 0.5 − 3.7
520903 −04	68.0 7 − 406	52.6 14 −208	201.7 27 − 805	8.7 3.2 − 34.5	1.8 0.6 − 8.2
521101 −02	91.4 8 − 325	53.6 11 −158	226.7 25 − 714	12.2 4.5 − 320	1.7 0.6 − 4.1
521116 −17	93.3 18 − 215	35.3 12 − 71	107.0 34 − 299	14.5 2.5 − 38.4	1.7 0.3 − 3.1
(Ave.)	68	43	148	10.8	1.7

Table 1－47（h） YOSHIJIMA(HIROSHIMA)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
501031 −1101	115.8	74.2	78.2	21.5	10.6
510924	100.1	52.0	73.9	18.0	3.0
520930 −1001	111.2	71.9	89.1	28.7	4.2
(Ave.)	108	65	80	22.6	5.6
WWF					
510205	170.0 112 − 314	130.4 91 − 167	173.5 70 − 294	22.0 19.2 − 25.3	14.4 9.6 − 28.7
510311 −18	21.7 12 − 92	30.6 18 − 104	106.1 32 − 177	4.0 2.5 − 12.8	2.0 1.2 − 5.6
510311 −12	51.1 10 − 146	43.3 13 − 93	92.2 25 − 210	9.2 3.4 − 23.2	4.7 1.7 − 11.2
510709 −10	45.3 4 − 99	32.7 10 − 77	86.5 22 − 312	8.7 1.2 − 18.5	1.4 0.3 − 3.3
510909	50.6 21 − 93	32.8 17 − 66	83.2 43 − 323	9.3 4.3 − 16.8	1.1 0.5 − 2.1
511207	128.4 81 − 223	74.2 48 − 119	142.2 83 − 222	14.7 10.8 − 27.0	2.7 1.8 − 4.9
520713	74.5 39 − 186	63.6 46 − 96	226.7 72 − 640	9.2 7.5 − 18.2	1.4 0.8 − 3.5
520823 −24	32.1 4 − 150	29.2 12 − 90	56.3 16 − 187	6.7 3.3 − 16.1	0.9 0.5 − 2.8
521217	147.4 18 − 249	90.9 20 − 138	267.4 30 − 440	17.6 10.9 − 23.8	2.7 1.5 − 3.9
530173	216.0 94 −1026	107.1 47 − 461	138.0 74 − 321	18.3 11.9 − 41.9	2.9 2.1 − 5.0
(Ave.)	59	44	101	8.7	2.1

Table 1－47（i） OOJI(KITAKYUSHU)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
501001 －02	51.6	32.7	56.0	11.0	3.1
520202 －03	115.9	38.6	58.6	18.8	2.1
520916 －17	161.1	32.6	85.2	18.8	6.7
(Ave.)	111	35	67	16.3	4.0
WWF					
501007	114.1 26 － 840	51.1 12 － 231	238.2 21 － 969	7.8 2.2 － 37.3	2.0 0.5 － 16.3
501113	139.4 35 － 370	80.7 21 － 280	309.2 42 －2129	19.9 7.5 － 41.7	2.7 0.6 － 9.6
510709	54.7 20 － 108	31.3 11 － 79	141.4 31 － 361	7.8 4.2 － 14.4	1.3 0.1 － 3.7
510908	126.2 21 － 476	73.5 12 － 272	300.3 27 － 970	19.9 6.0 － 57.1	3.5 0.8 － 11.6
511028	65.1 9 － 18	32.6 3 － 105	183.2 10 － 484	8.5 4.1 － 17.7	1.0 0.2 － 2.2
520710	154.3 7 － 552	68.7 7 － 232	586.1 34 －1143	8.5 2.1 － 66.7	5.6 2.0 － 35.2
520823 －24	52.2 2 － 452	24.8 4 － 171	146.4 9 －1346	7.0 1.4 － 54.1	2.6 0.5 － 29.1
521108	170.3 31 － 636	66.2 19 － 142	439.6 132 －1180	18.4 2.2 － 60.2	11.2 3.3 － 30.5
530120 －21	154.9 7 － 481	168.0 12 － 425	680.7 80 －1507	17.9 3.7 － 37.8	2.3 0.3 － 5.4
(Ave.)	109	55	324	10.6	3.6

Table 1－47(j) HIGASHINAKASU(FUKUOKA)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
DWF					
500804 −05	142.4	47.9	107.3	15.2	2.3
510202 −03	180.0	70.1	100.0	21.3	3.1
510831 −901	148.5	46.9	175.9	14.5	2.4
520727 −28	112.8	49.9	70.7	14.7	2.1
(Ave.)	144	53	113	16.2	2.4
WWF					
501118	91.6 56 − 157	81.4 45 − 197	884.0 176 −2847	16.1 11.1 − 22.9	3.0 1.2 − 6.1
510205	75.8 23 − 179	45.4 20 − 72	73.5 23 − 137	14.2 6.8 − 20.1	2.1 0.6 − 3.8
510217 −18	106.6 9 − 242	67.1 8 − 97	124.6 20 − 374	10.1 2.0 − 42.0	1.7 0.3 − 5.1
510709	97.9 22 − 249	45.7 27 − 74	98.5 20 − 299	12.3 5.7 − 22.2	1.5 0.7 − 4.5
511104	127.8 60 − 561	65.8 32 − 159	184.4 61 − 622	14.2 7.9 − 28.9	2.0 0.8 − 6.4
520209	130.4 72 − 521	83.1 45 − 165	345.2 120 −2055	18.8 12.3 − 25.9	2.3 1.5 − 4.8
520628	79.8 12 − 239	32.5 11 − 66	98.8 24 − 254	6.9 2.2 − 18.3	1.0 0.4 − 2.1
521107 −08	123.8 40 −2451	49.6 30 − 534	125.6 43 − 567	13.9 6.0 − 21.9	1.9 1.1 − 3.9
530123 −24	207.3 31 − 515	76.8 21 − 116	108.5 43 − 282	16.0 6.1 − 40.9	1.9 0.8 − 3.2
(Ave.)	114	59	202	13.2	2.5

Table 1－48(a) KITASUMA(KOBE)

WWF	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
510719	3.6 1 － 13	11.1 5 － 25	179.5 38 － 490	1.2 0.8 － 3.7	0.1 0.0 － 0.2
511020	8.0 2 － 16	13.1 8 － 25	102.6 16 － 153	1.9 0.6 － 5.7	0.3 0.0 － 1.4
511110	8.1 3 － 20	13.2 7 － 30	54.7 15 － 144	1.5 0.6 － 4.3	0.2 0.0 － 1.4
520704	6.4 3 － 14	12.5 7 － 21	53.3 10 － 126	1.4 0.7 － 3.1	0.3 0.1 － 0.7
520928 －29	7.4 2 － 17	12.1 5 － 16	71.7 5 － 143	1.5 0.7 － 2.1	0.3 0.0 － 0.9
521108	14.0 3 － 18	20.0 5 － 24	131.4 18 － 153	2.7 0.7 － 3.8	0.4 0.1 － 0.8
530113	49.9 19 － 89	40.5 18 － 73	82.8 10 － 154	2.8 1.9 － 3.9	0.6 0.2 － 1.1
530928 －29	9.3 3 － 17	13.0 6 － 24	102.1 3 － 300	1.7 0.7 － 3.7	0.3 0.0 － 1.1
531204	9.0 2 － 22	15.1 8 － 27	119.5 7 － 317	1.5 0.7 － 4.2	0.2 0.0 － 0.9
540129	7.2 3 － 12	14.3 9 － 18	87.7 3 － 154	1.9 0.9 － 2.6	0.2 0.0 － 0.6
(Ave.)	8	14	126	1.5	0.2

Table 1－48（b） HANAKAMA(KOBE)

	BOD	COD(Mn)	SS	KN	TP (mg/l)
WWF					
480903	99.3 13 — 980		756.6 24 —2561	15.8 2.3 — 65.8	0.7 0.4 — 1.2
481027	29.4 9 — 136		71.4 17 — 196	3.7 1.4 — 10.7	0.7 0.4 — 1.2
490121	104.6 14 — 743		475.0 15 —2130	12.3 1.5 — 71.5	0.7 0.3 — 3.0
490901	17.3 5 — 156	16.5 7 — 75	95.0 27 — 417	** 2.0 0.8 — 11.1	0.2 0.1 — 1.1
491001 —02	7.5 2 — 86	8.3 3 — 59	77.6 9 — 381	** 1.3 0.5 — 7.4	0.2 0.0 — 0.5
500204	42.2 10 — 100	42.5 11 — 80	294.7 24 — 630	** 6.4 3.3 — 9.1	0.5 0.2 — 0.7
500406	56.6 7 — 142	43.8 10 — 77	419.0 10 — 863	** 7.2 3.8 — 18.8	0.5 0.1 — 0.6
500806	32.1 7 — 309	43.7 13 — 190	248.7 15 —1180	5.3 1.7 — 25.9	0.2 0.1 — 1.5
500908	30.5 12 — 72	40.7 17 — 73	347.4 20 — 715	3.5 2.6 — 3.8	0.4 0.4 — 0.9
501204	61.8 9 — 114	50.5 10 — 81	181.4 16 — 280	8.6 2.3 — 14.9	0.3 0.1 — 1.7
(Ave.)	33	23	205	7.2	0.3

** 2.1

** T—N

Table 1－48(c) MIDORIMACHI(YAMAGATA)

	BOD	COD(Mn)	SS	TN	TP (mg/l)
WWF					
490919	6.9 3 － 20	1.9 0 － 6	37.7 8 － 103	0.9 0.0 － 3.9	0.2 0.1 － 0.6
491015	45.8 24 － 55	8.8 6 － 14	79.6 60 － 131	3.5 1.8 －11.2	0.8 0.4 － 1.7
491122	35.8 18 － 70	4.6 3 － 6	93.9 28 － 176	0.1 0.0 － 0.3	0.2 0.1 － 0.6
491214	39.8 25 － 61	8.8 7 － 10	246.7 217 － 279	0.1 0.0 － 0.3	0.2 0.1 － 0.3
(Ave.)	26	5	101	0.6	0.2

Table 1－48(d) SHIMIZUGAWA(GIFU)

	BOD	COD(Mn)	SS
DWF			
420628	5.7		23.6
421018	9.8		60.3
(Ave.)	7.2		37.2
WWF			
420706	9.7 4 － 14		112.6 18 － 268
420712	6.7 3 － 14		42.1 30 － 78
420712	7.1 4 － 11		74.5 21 － 190
420719	8.8 4 － 14		250.7 46 － 476
420719	6.1 5 － 11		49.1 34 － 134
420822	7.3 3 － 14		109.7 54 － 208
421005	10.4 8 － 14		44.0 20 － 60
(Ave.)	7.9		112.8

の花隈や山形市のように，都市活動，とくに商業的な活動が活発な地域からの流出水はそうでない地域と比べると汚染の度合も大きい。ただし，洗濯排水やし尿の混入がないのでＴＰはいずれの地域においても低濃度である。

ひと雨負荷量

雨が降り始め，流出が生じてから終了するまでの期間を雨天時と考えると，この期間の流出負荷量がひと雨負荷量ということになる。ただし，図１－４８に示すように雨水流出期間の全体をひと雨負荷量とする場合と，晴天時の汚水負荷を上回った部分の負荷量をひと雨負荷量とする場合の２通りの考え方があり，前者の場合には雨天時下水の平均水質，後者の場合には雨水流出が起きたために流送された負荷量を示している。

雨天時下水の平均水質についてはすでに触れてあるので，ここで言う「ひと雨負荷量」はとくに断わらない限り，雨水によって積極的に流送された部分の負荷量を指すことにする。

横軸に累積流出量，縦軸に累積負荷量をとって雨天時の負荷量を図示すると図１－４９のようになる。曲線は上に凸の形状を示すことが多く，雨天時合流式下水よって流送され得る負荷量が有限であることがわかる。一回の降雨によって流出し得る負荷量の最大値を汚濁ポテンシャルと呼ぶと，各合流式排水区の汚濁ポテンシャルは表１－４９のようになる。

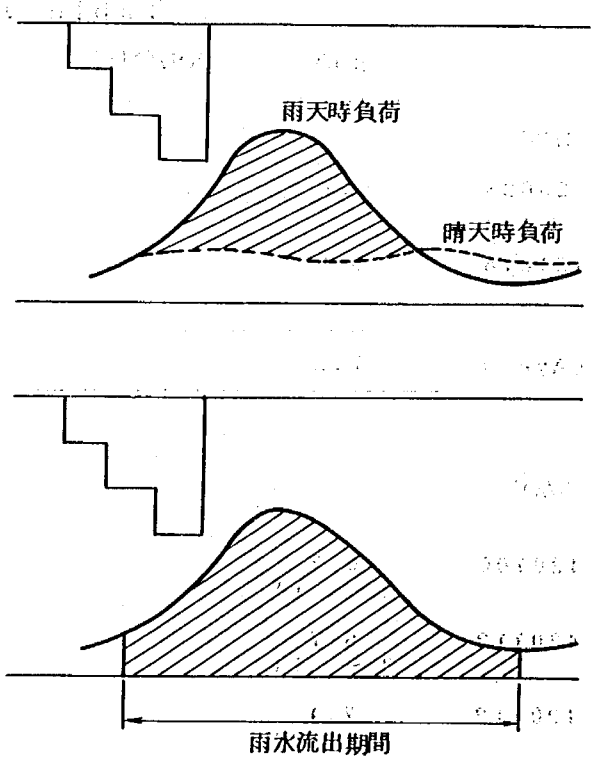
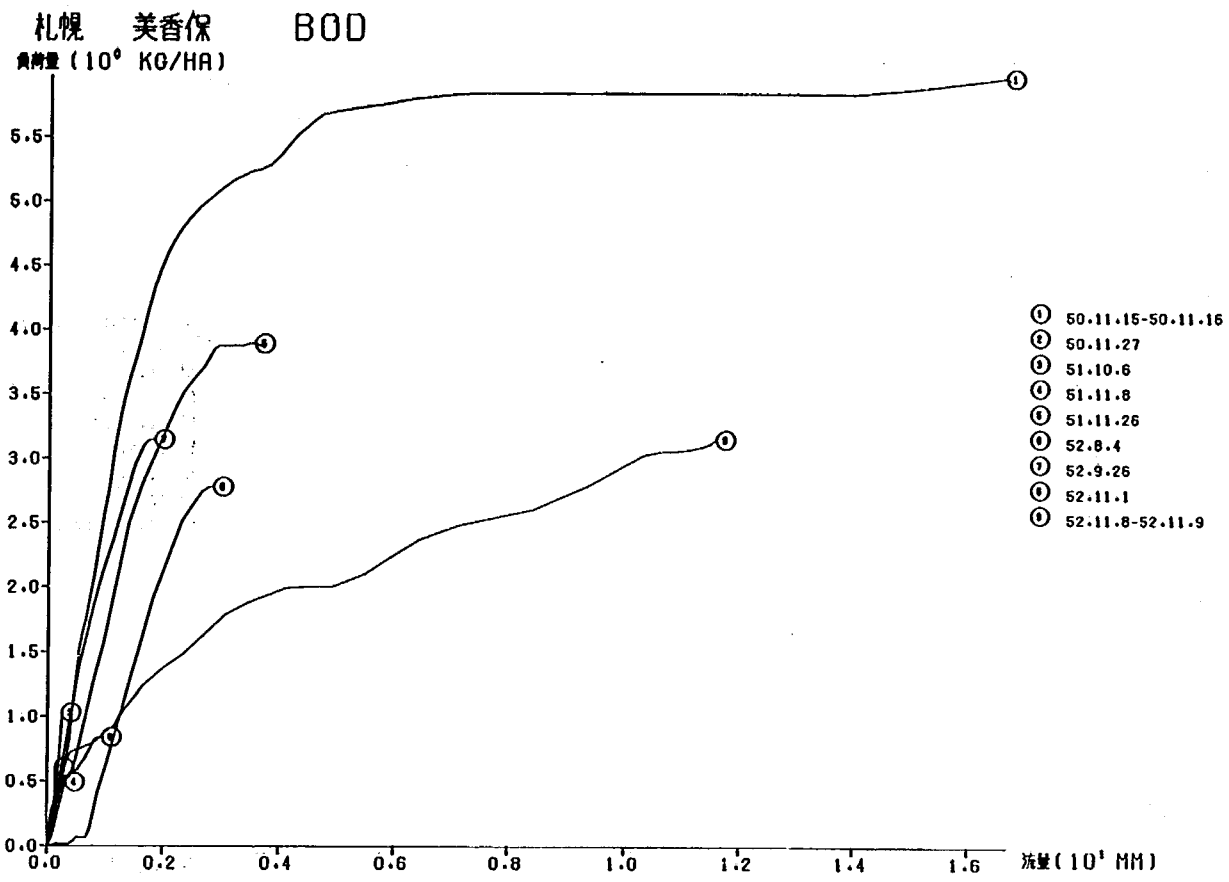
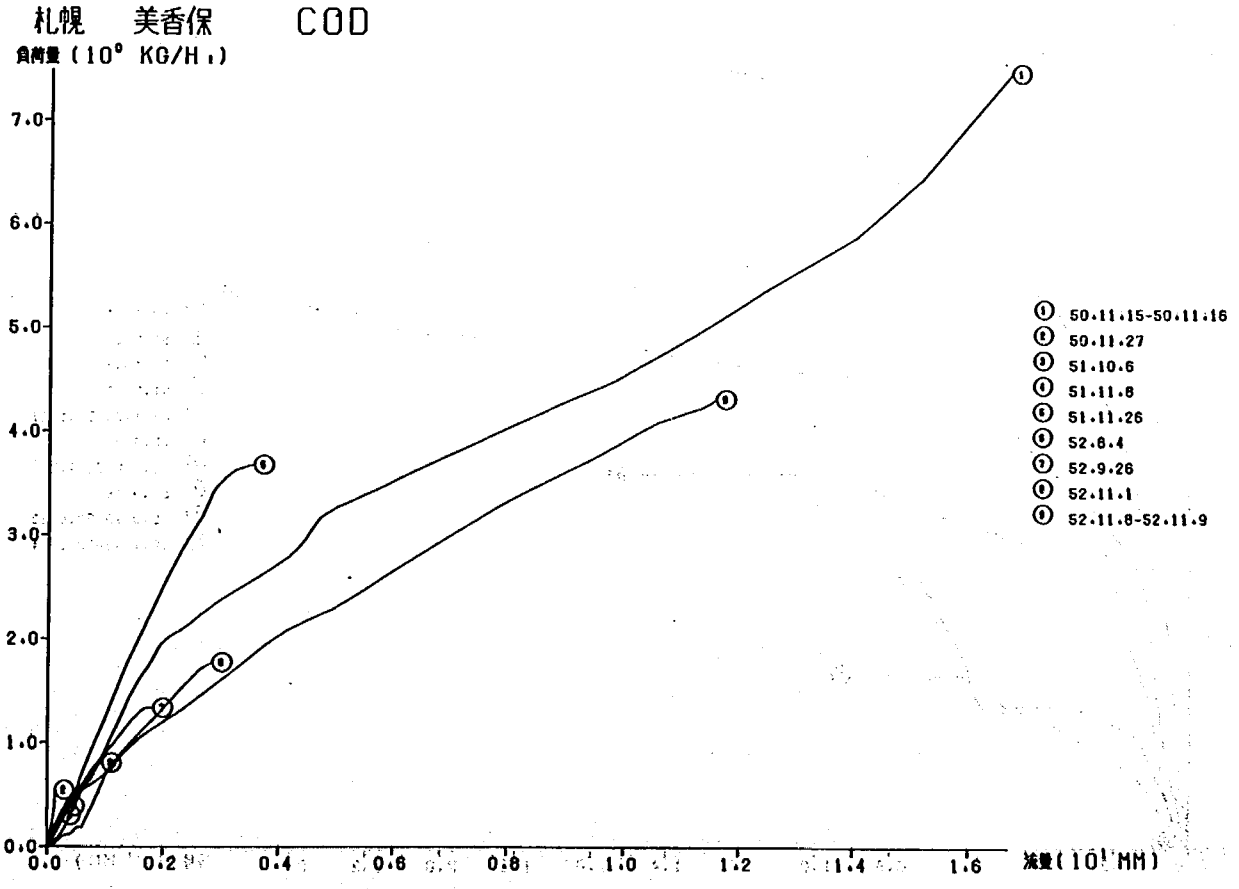
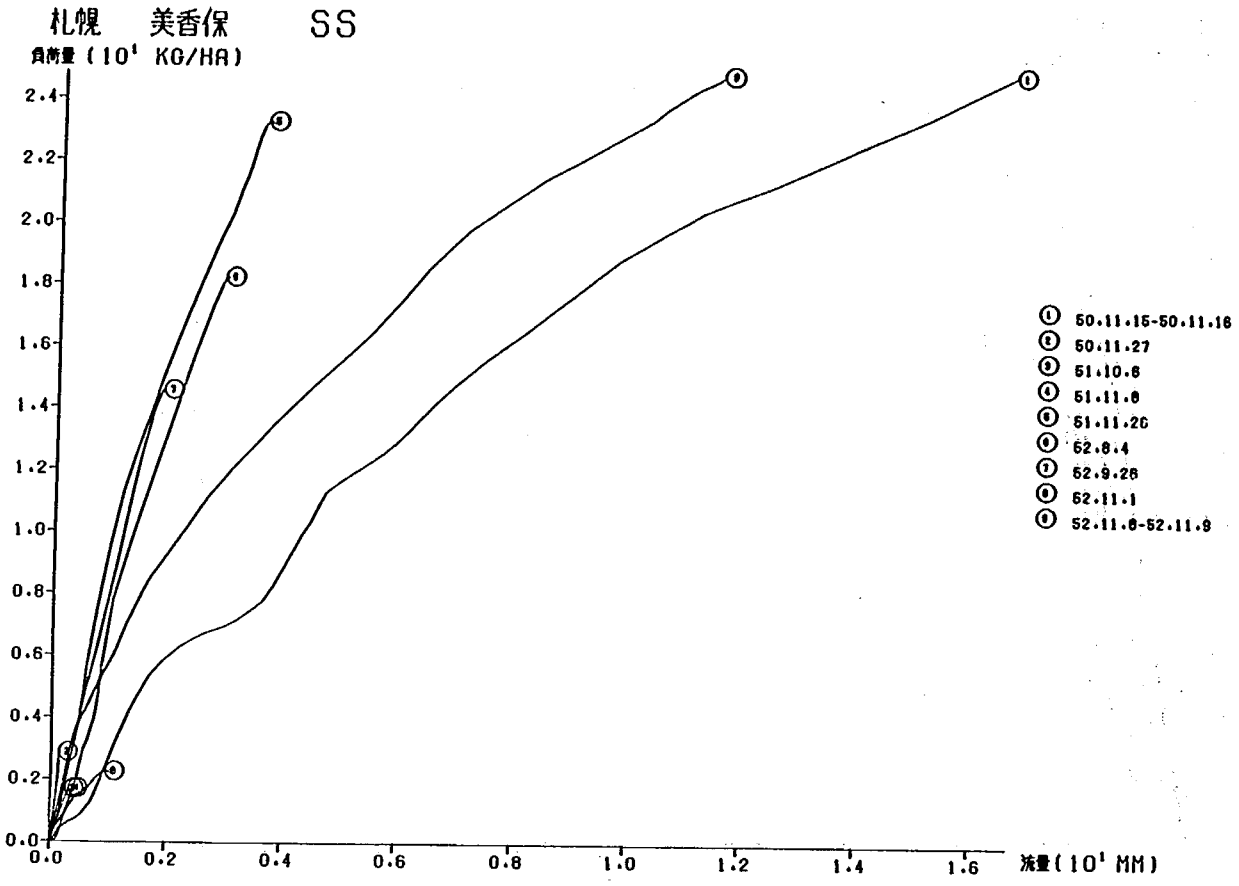


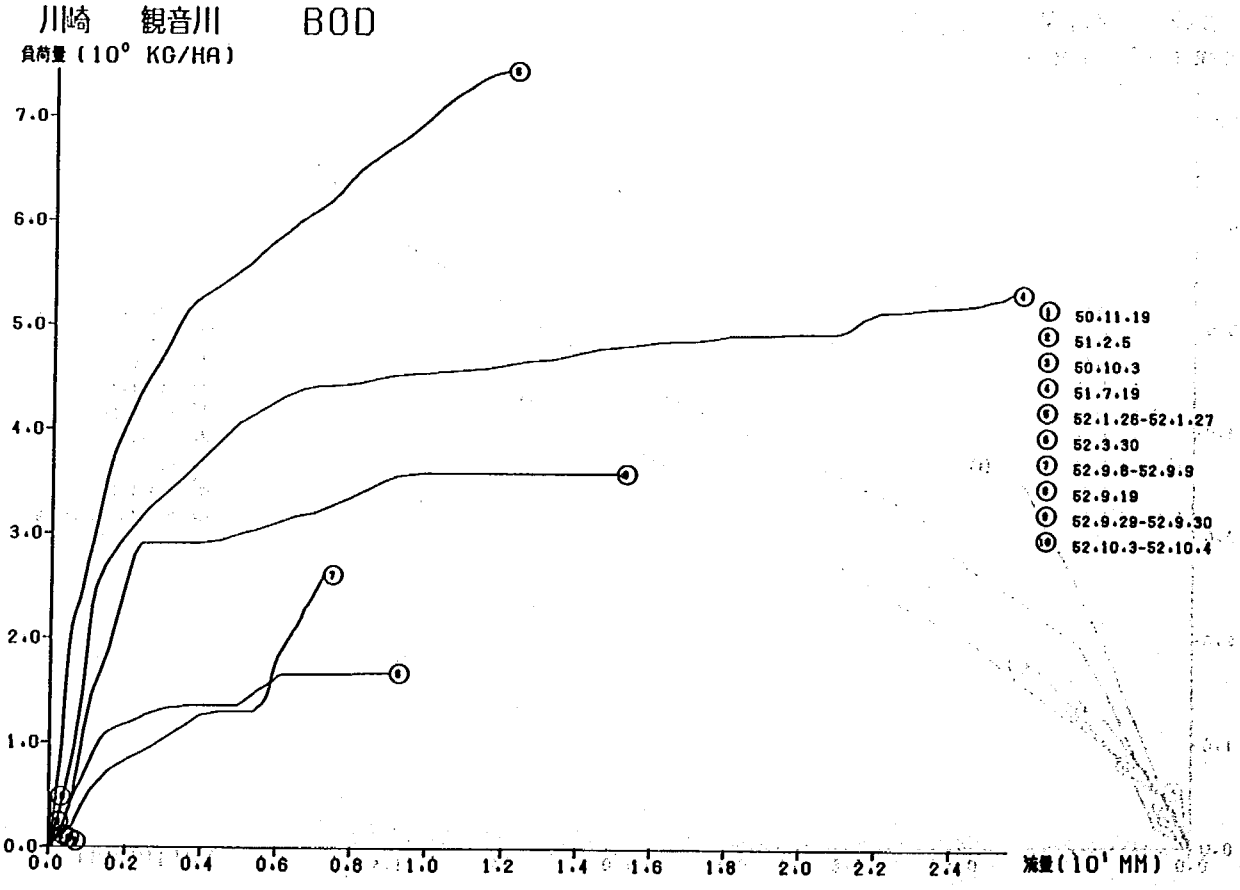
図１－４８　ひと雨負荷量の考え方

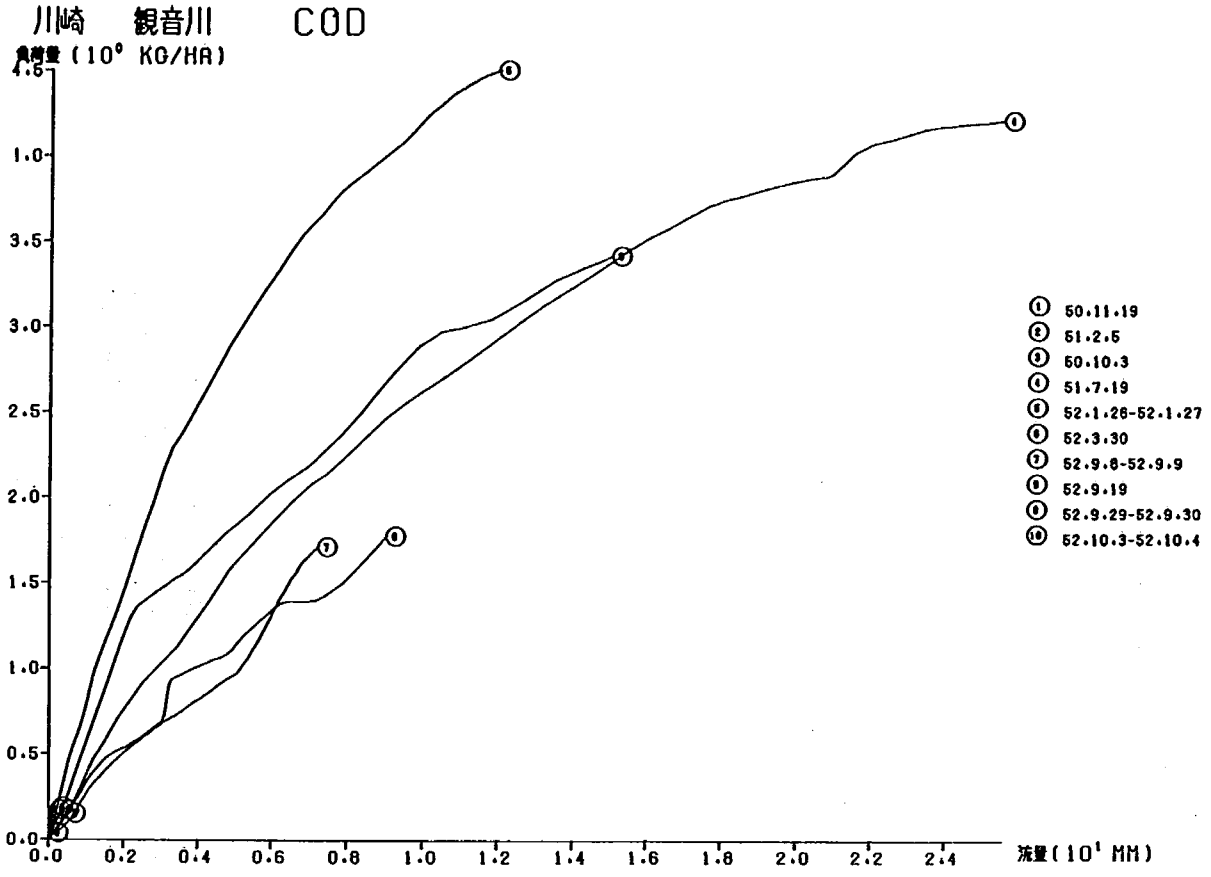
ＢＯＤは６～７kg／haが多いが，これは「設計指針」にそって造られた管渠の流送特性に差がないためであろう。ＢＯＤポテンシャルが高い地域は汚水濃度が他地域よりも大きい，管渠構造が汚濁物の堆積し易いようになっているなどの原因が考えられる。ＳＳの場合，横浜と北九州が他地域に比較して高いポテンシャルを有しているが，この２つの区域は共通して大きな浸透面積率ときつい地形勾配を有している。したがって浸透域からの流出が生ずるような強い降雨の場合に相当量の土砂流出が起り，その結果高いＳＳポテンシャルを示すものと考えられる。

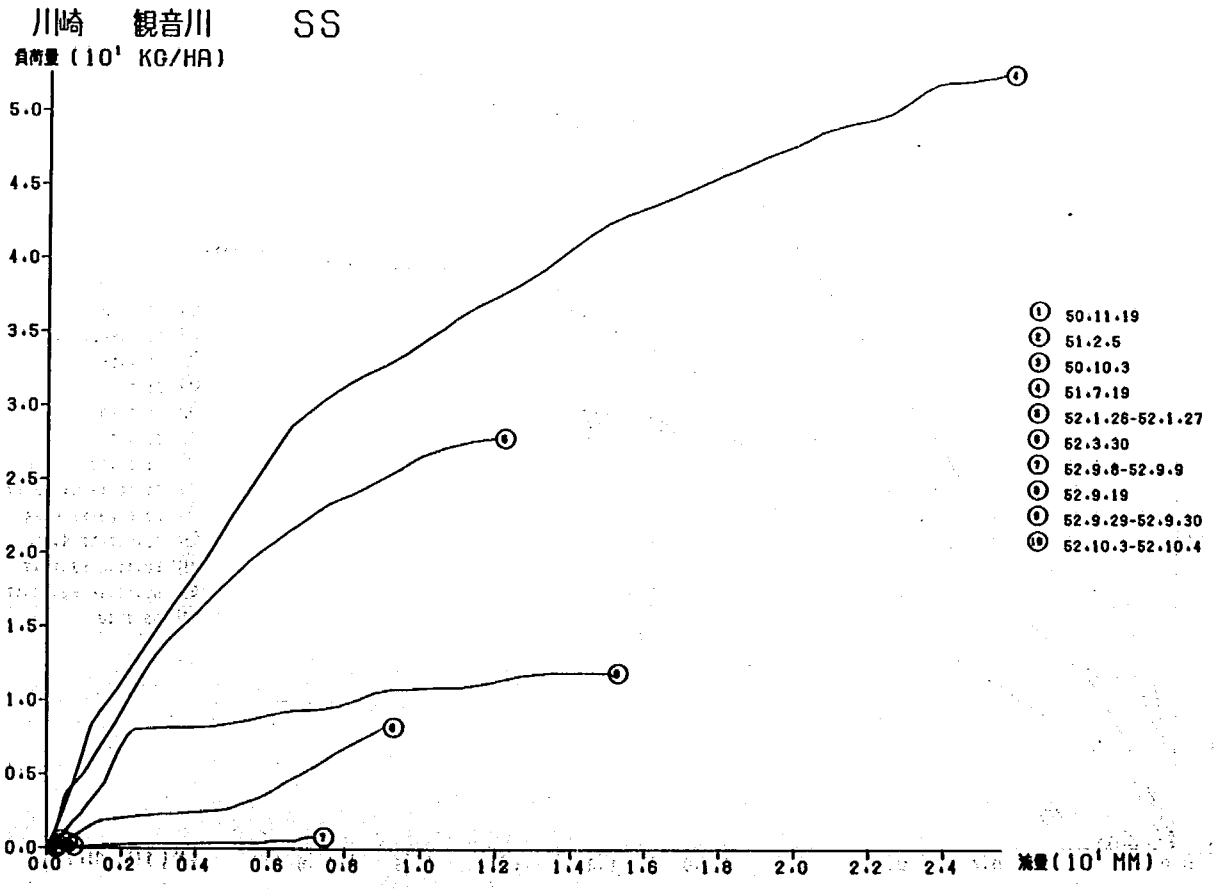

札幌　美香保　BOD
負荷量（10⁰ KG/HA）
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
流量（10¹ MM）
① 50.11.15-50.11.16
② 50.11.27
③ 51.10.6
④ 51.11.8
⑤ 51.11.26
⑥ 52.8.4
⑦ 52.9.26
⑧ 52.11.1
⑨ 52.11.8-52.11.9

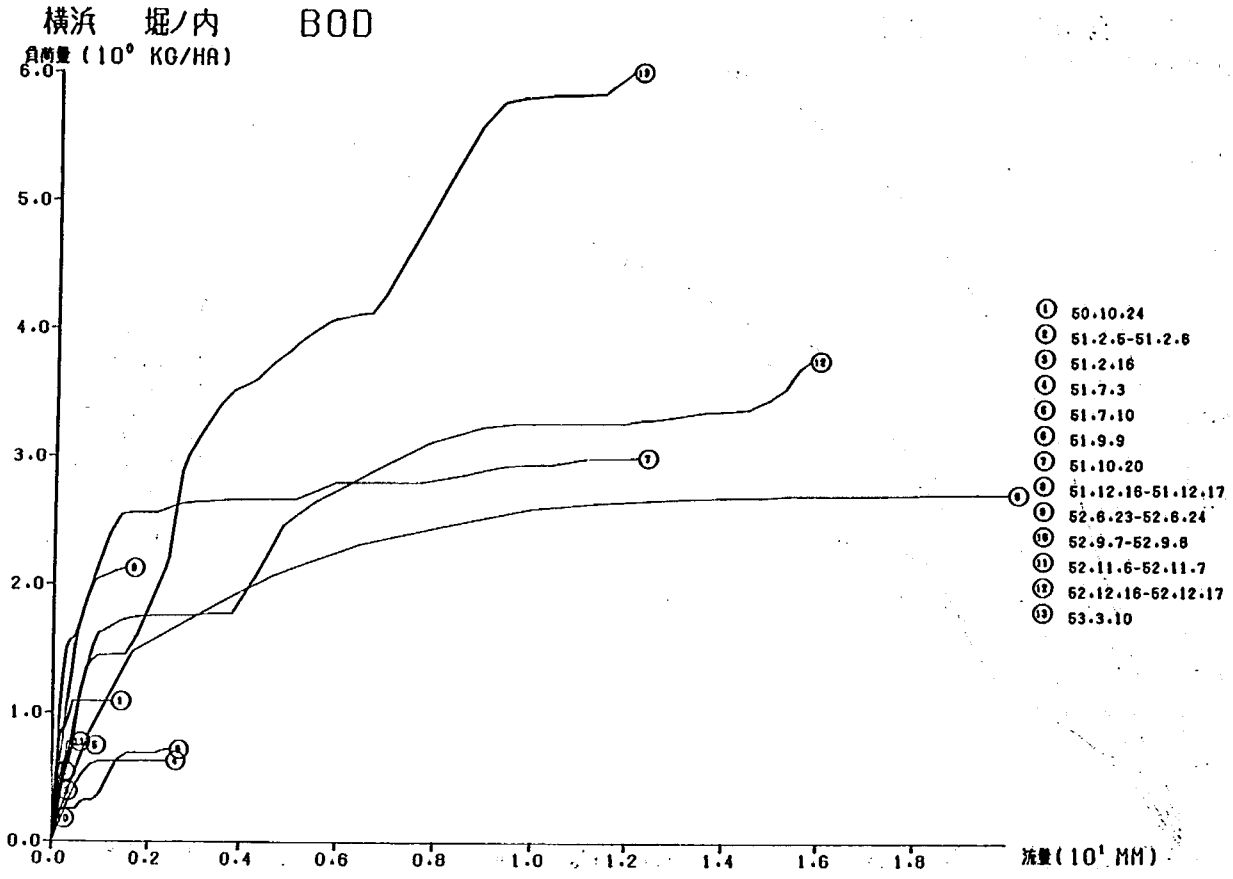

札幌　美香保　COD
負荷量（10⁰ KG/H₁）
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
流量（10¹ MM）
① 50.11.15-50.11.16
② 50.11.27
③ 51.10.6
④ 51.11.8
⑤ 51.11.26
⑥ 52.8.4
⑦ 52.9.26
⑧ 52.11.1
⑨ 52.11.8-52.11.9

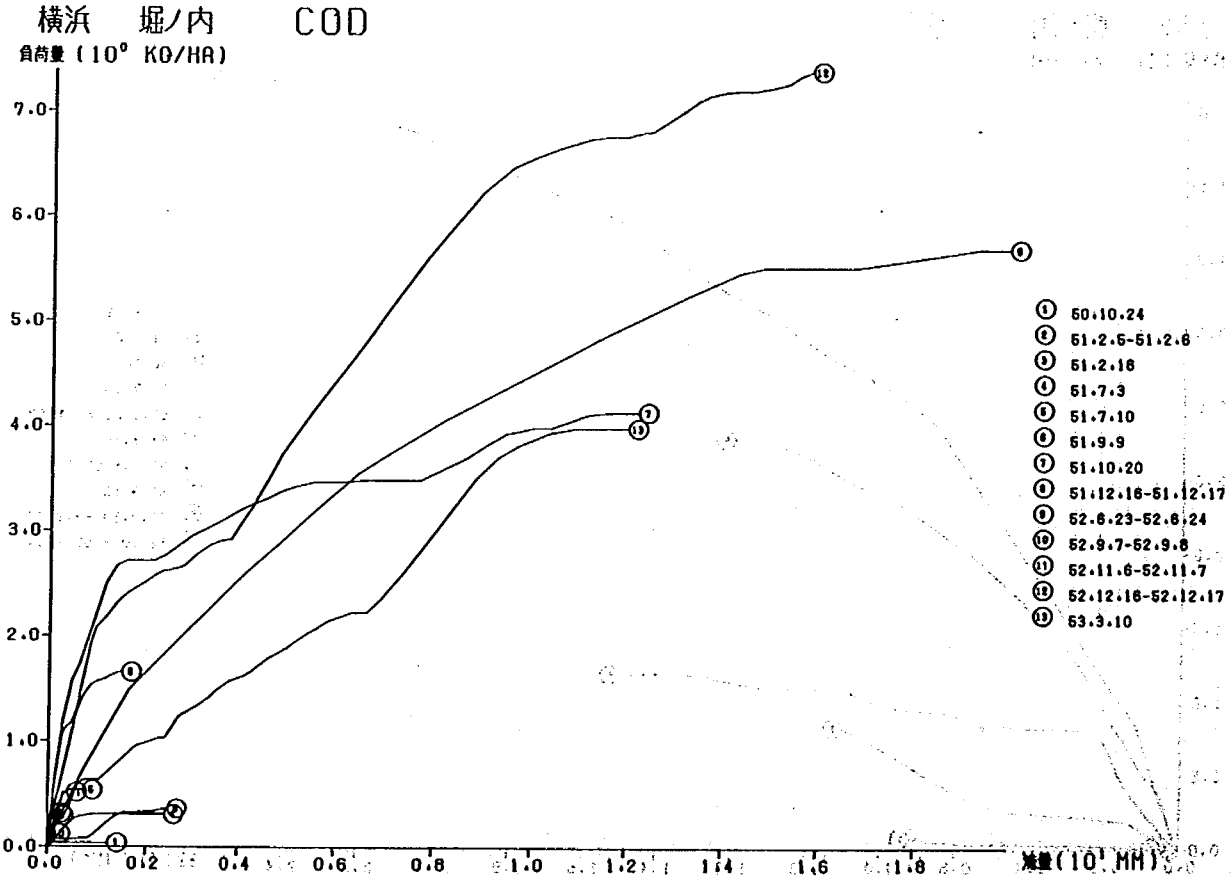

札幌　美香保　SS
負荷量（10¹ KG/HA）
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
流量（10¹ MM）
① 50.11.15-50.11.16
② 50.11.27
③ 51.10.6
④ 51.11.6
⑤ 51.11.26
⑥ 52.8.4
⑦ 52.9.26
⑧ 52.11.1
⑨ 52.11.6-52.11.8

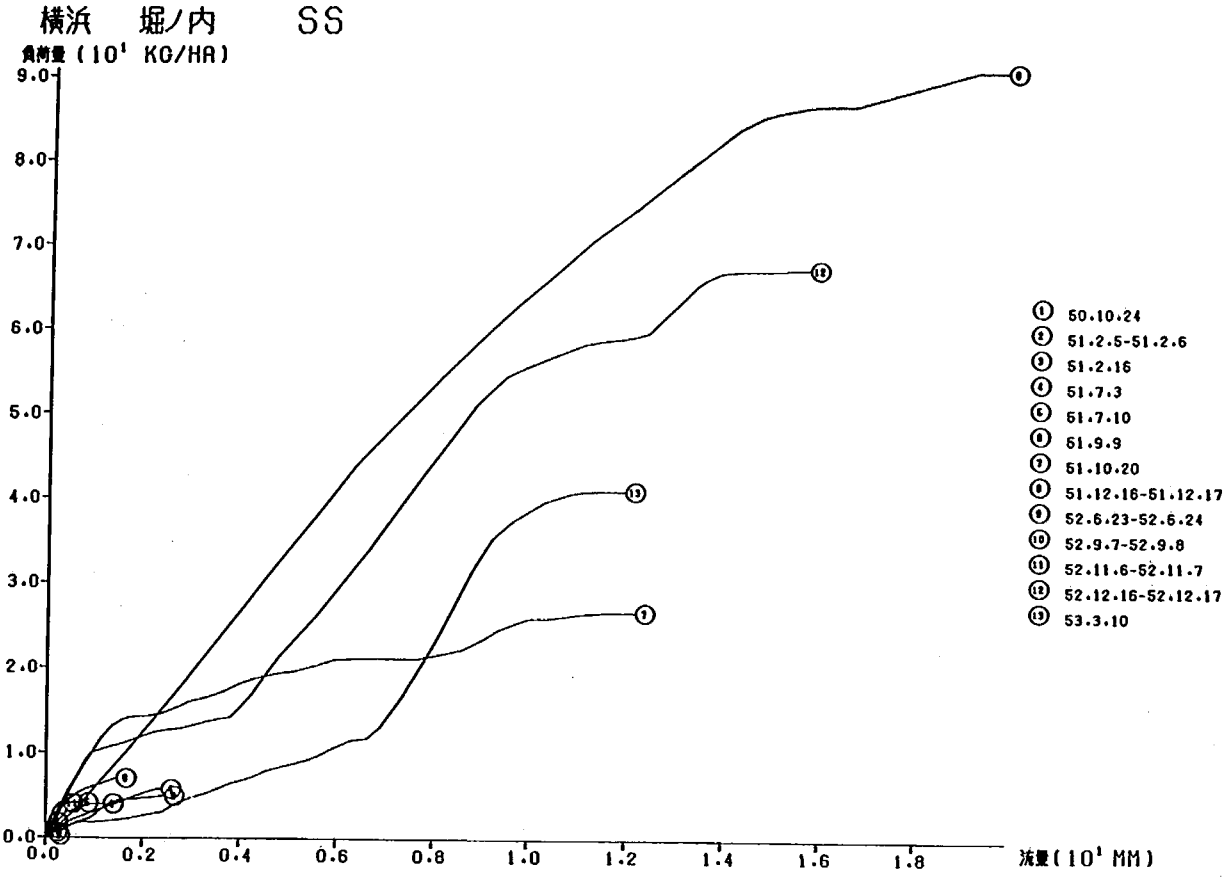

川崎　観音川　BOD
負荷量（10⁰ KG/HA）
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
流量（10¹ MM）
① 50.11.19
② 51.2.5
③ 50.10.3
④ 51.7.19
⑤ 52.1.26-52.1.27
⑥ 52.3.30
⑦ 52.9.8-52.9.9
⑧ 52.9.19
⑨ 52.9.29-52.9.30
⑩ 52.10.3-52.10.4

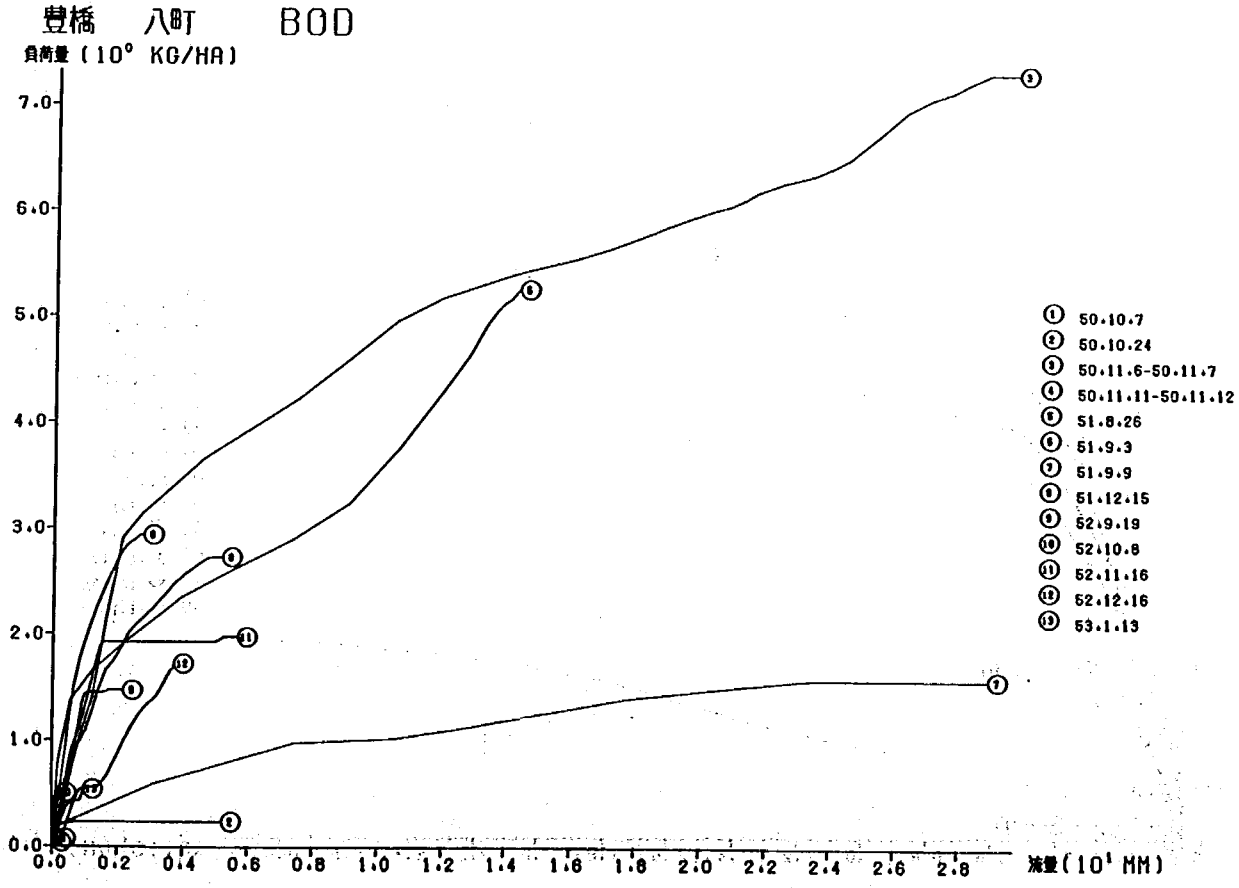

川崎　観音川　COD
負荷量（10⁰ KG/HA）
4.5
1.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4
流量（10¹ MM）
① 50.11.19
② 51.2.5
③ 50.10.3
④ 51.7.19
⑤ 52.1.26-52.1.27
⑥ 52.3.30
⑦ 52.9.8-52.9.9
⑧ 52.9.19
⑨ 52.9.29-52.9.30
⑩ 52.10.3-52.10.4

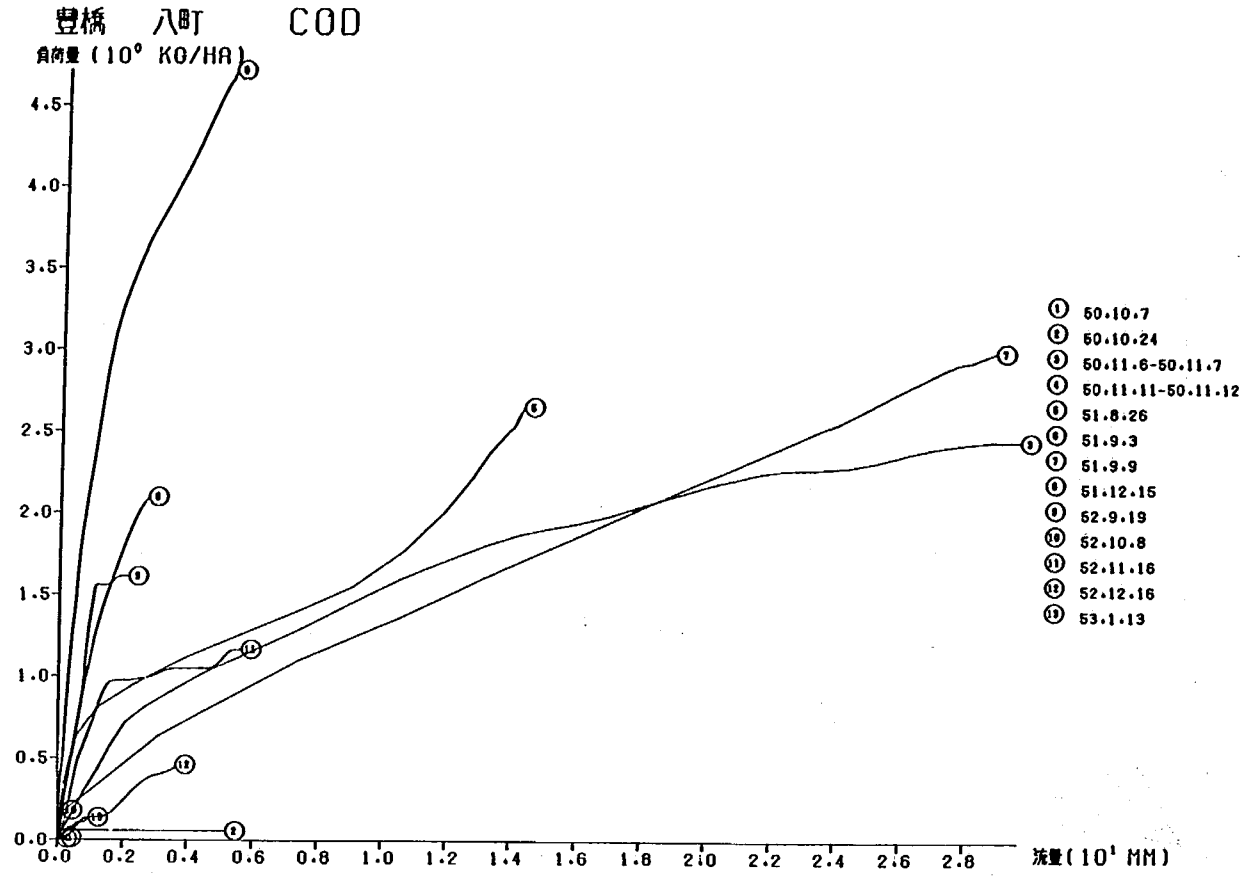

川崎　観音川　SS
負荷量（10¹ KG/HA）
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4
流量（10¹ MM）
① 50.11.19
② 51.2.5
③ 50.10.3
④ 51.7.19
⑤ 52.1.26-52.1.27
⑥ 52.3.30
⑦ 52.9.8-52.9.9
⑧ 52.9.19
⑨ 52.9.29-52.9.30
⑩ 52.10.3-52.10.4

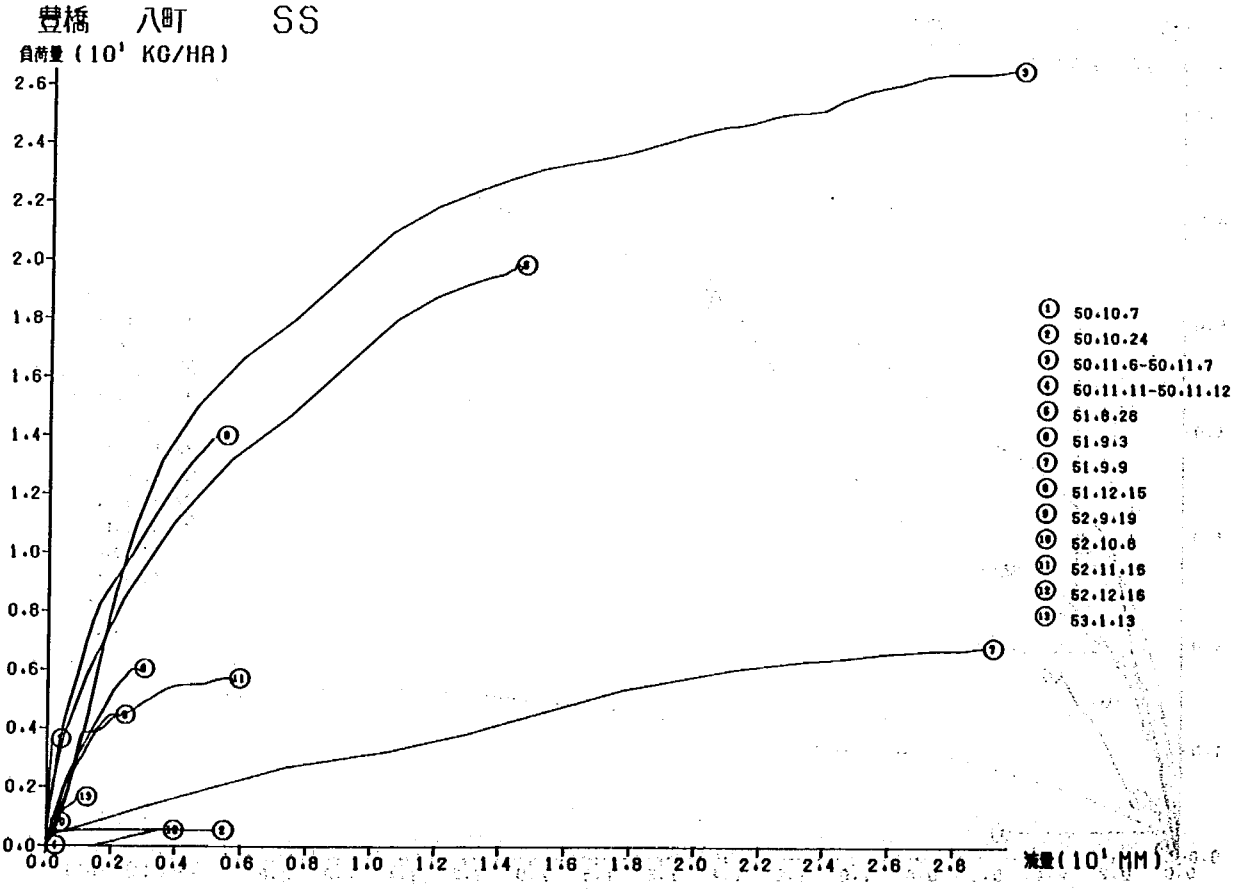

横浜　堀ノ内　BOD
負荷量（10° KG/HA）
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
流量（10¹ MM）
① 50.10.24
② 51.2.6-51.2.8
③ 51.2.16
④ 51.7.3
⑤ 51.7.10
⑥ 51.9.9
⑦ 51.10.20
⑧ 51.12.16-51.12.17
⑨ 52.6.23-52.6.24
⑩ 52.9.7-52.9.8
⑪ 52.11.6-52.11.7
⑫ 52.12.16-52.12.17
⑬ 53.3.10

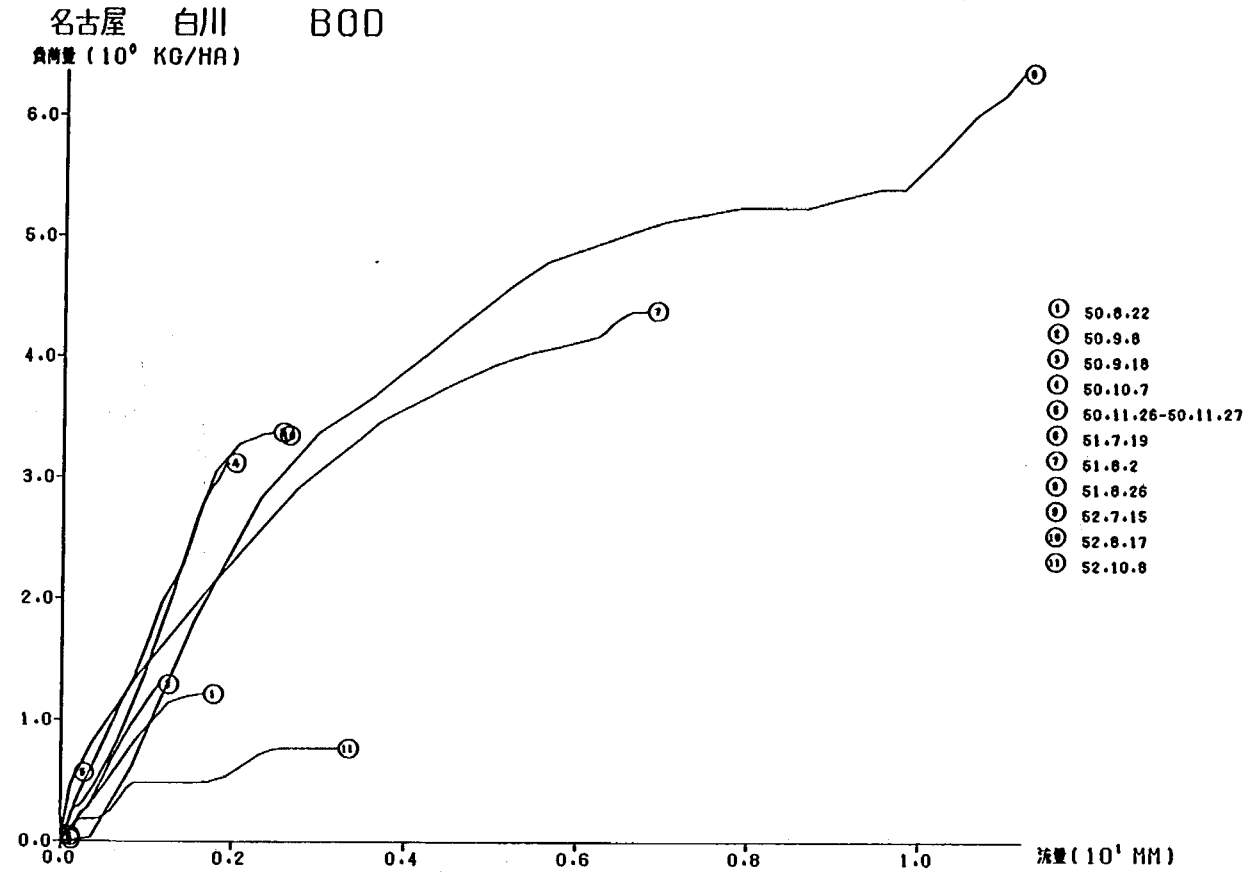

横浜　堀ノ内　COD
負荷量（10° KG/HA）
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
流量（10¹ MM）
① 50.10.24
② 51.2.6-51.2.8
③ 51.2.16
④ 51.7.3
⑤ 51.7.10
⑥ 51.9.9
⑦ 51.10.20
⑧ 51.12.16-51.12.17
⑨ 52.6.23-52.6.24
⑩ 52.9.7-52.9.8
⑪ 52.11.6-52.11.7
⑫ 52.12.16-52.12.17
⑬ 53.3.10

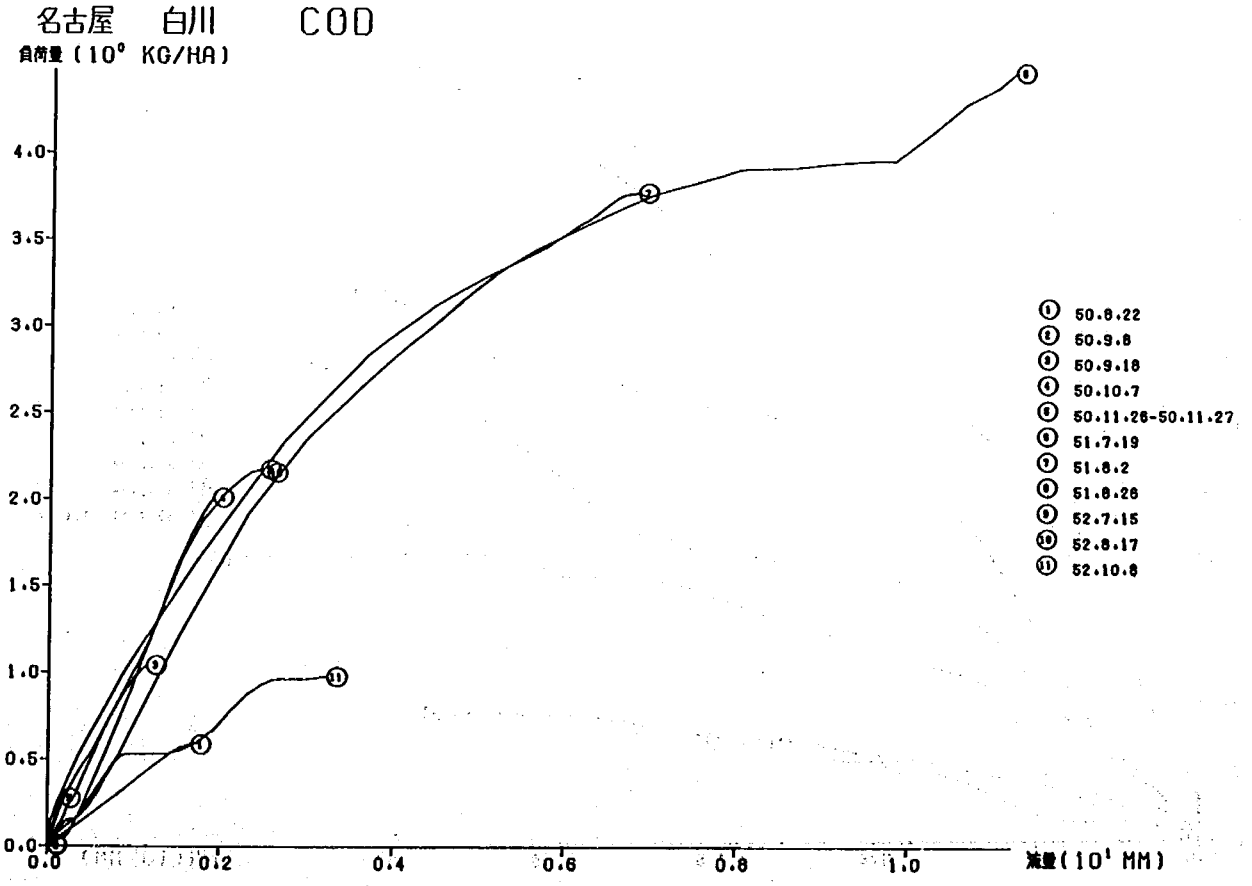

横浜　堀ノ内　SS
負荷量（10¹ KG/HA）
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
流量（10¹ MM）
① 50.10.24
② 51.2.5-51.2.6
③ 51.2.16
④ 51.7.3
⑤ 51.7.10
⑥ 51.9.9
⑦ 51.10.20
⑧ 51.12.16-51.12.17
⑨ 52.6.23-52.6.24
⑩ 52.9.7-52.9.8
⑪ 52.11.6-52.11.7
⑫ 52.12.16-52.12.17
⑬ 53.3.10


豊橋　八町　BOD
負荷量（10⁰ KG/HA）
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
流量（10¹ MM）
① 50.10.7
② 50.10.24
③ 50.11.6-50.11.7
④ 50.11.11-50.11.12
⑤ 51.8.26
⑥ 51.9.3
⑦ 51.9.9
⑧ 51.12.15
⑨ 52.9.19
⑩ 52.10.8
⑪ 52.11.16
⑫ 52.12.16
⑬ 53.1.13

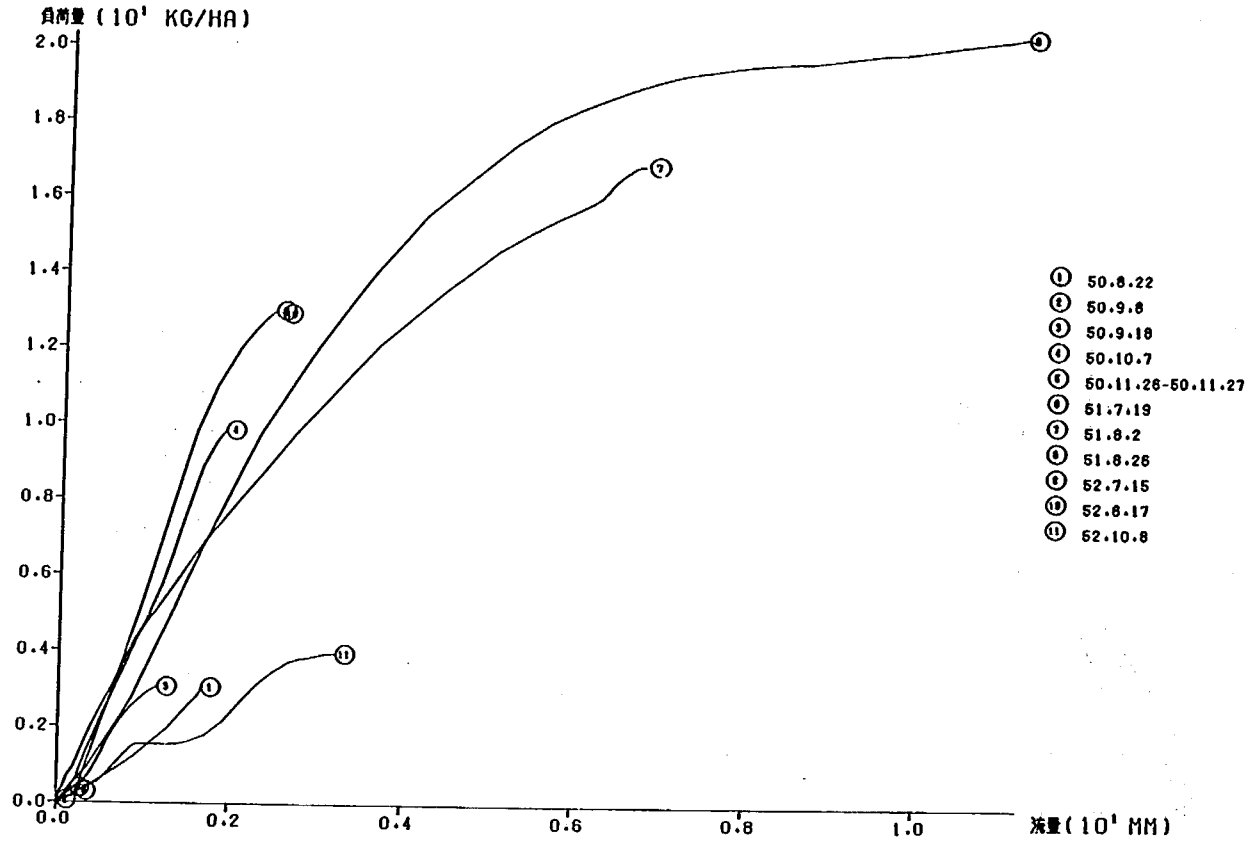

豊橋　八町　COD
負荷量（10° KG/HA）
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8
流量（10¹ MM）
① 50.10.7
② 50.10.24
③ 50.11.6-50.11.7
④ 50.11.11-50.11.12
⑤ 51.8.26
⑥ 51.9.3
⑦ 51.9.9
⑧ 51.12.15
⑨ 52.9.19
⑩ 52.10.8
⑪ 52.11.16
⑫ 52.12.16
⑬ 53.1.13


豊橋　八町　SS
負荷量（10¹ KG/HA）
2.6
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8
流量（10¹ MM）
① 50.10.7
② 50.10.24
③ 50.11.6-50.11.7
④ 50.11.11-50.11.12
⑤ 51.8.26
⑥ 51.9.3
⑦ 51.9.9
⑧ 51.12.15
⑨ 52.9.19
⑩ 52.10.8
⑪ 52.11.16
⑫ 52.12.16
⑬ 53.1.13

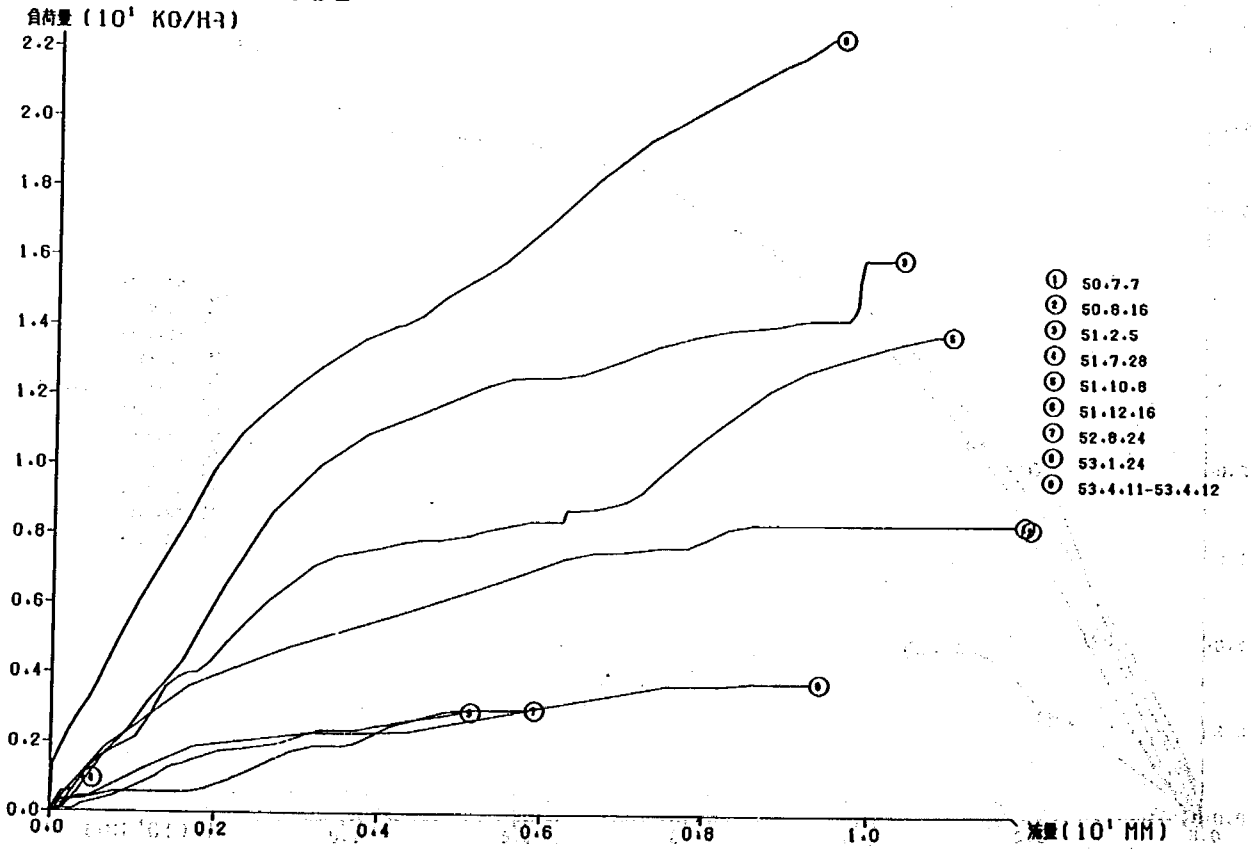

名古屋　白川　　BOD
負荷量（10⁰ KG/HA）
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
流量（10¹ MM）
① 50.6.22
② 50.9.6
③ 50.9.18
④ 50.10.7
⑤ 50.11.26-50.11.27
⑥ 51.7.19
⑦ 51.8.2
⑧ 51.8.26
⑨ 52.7.15
⑩ 52.8.17
⑪ 52.10.8


名古屋　白川　　COD
負荷量（10⁰ KG/HA）
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
流量（10¹ MM）
① 50.6.22
② 50.9.6
③ 50.9.18
④ 50.10.7
⑤ 50.11.26-50.11.27
⑥ 51.7.19
⑦ 51.8.2
⑧ 51.8.26
⑨ 52.7.15
⑩ 52.8.17
⑪ 52.10.8

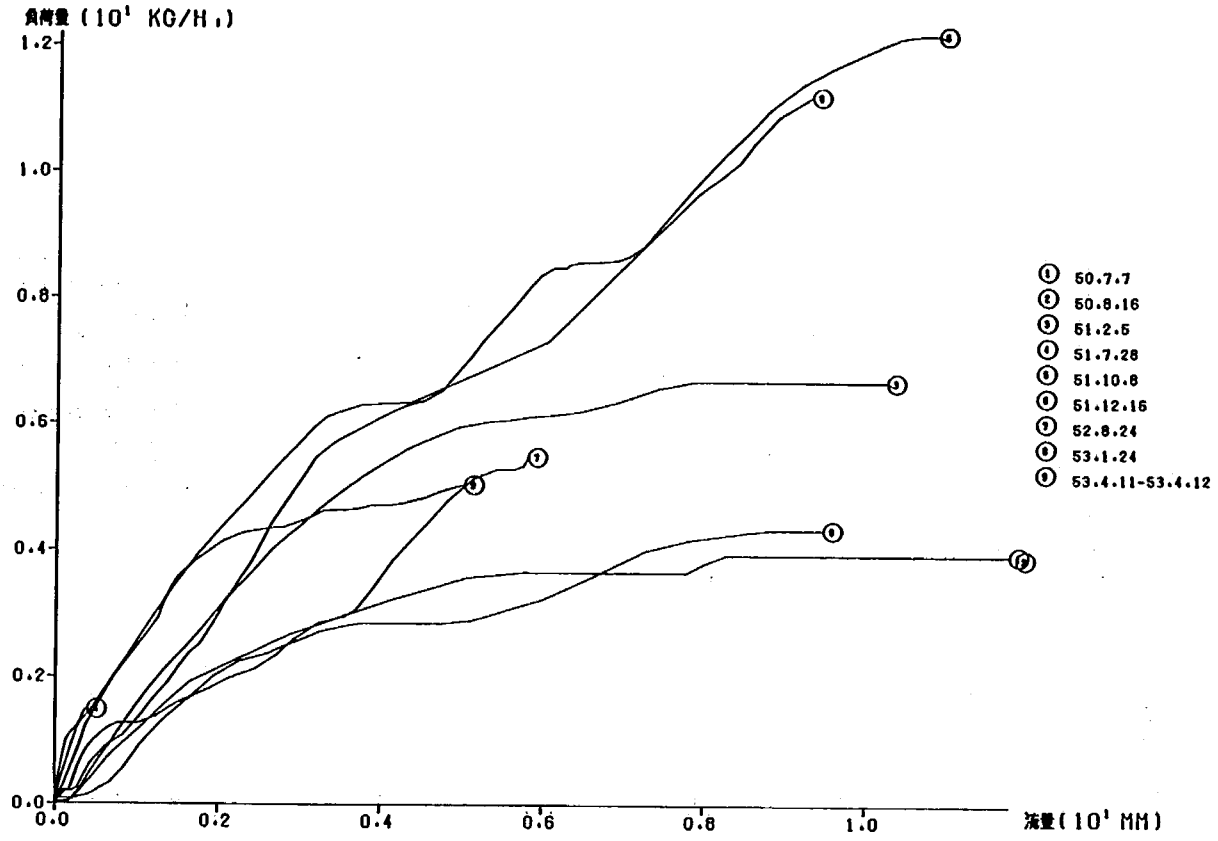
名古屋　白川　　SS



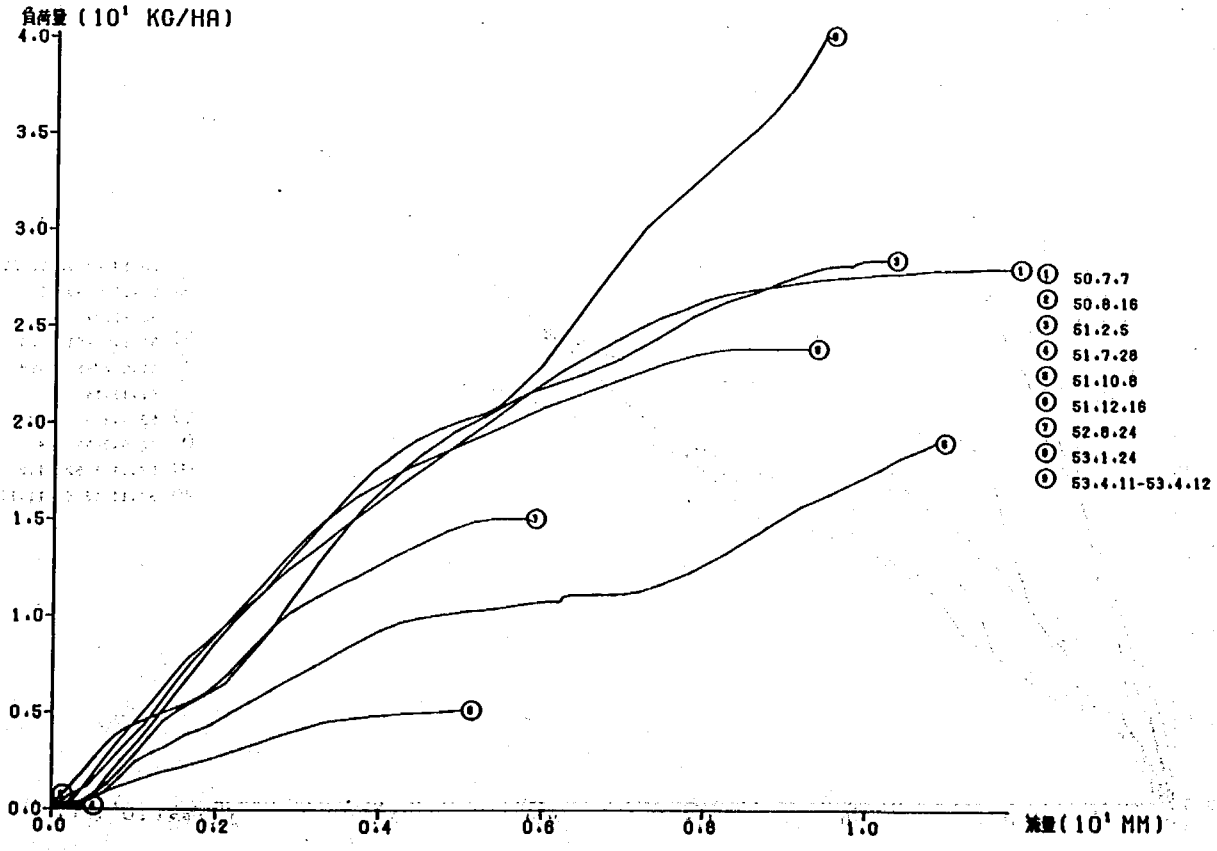
京都　千本　　BOD

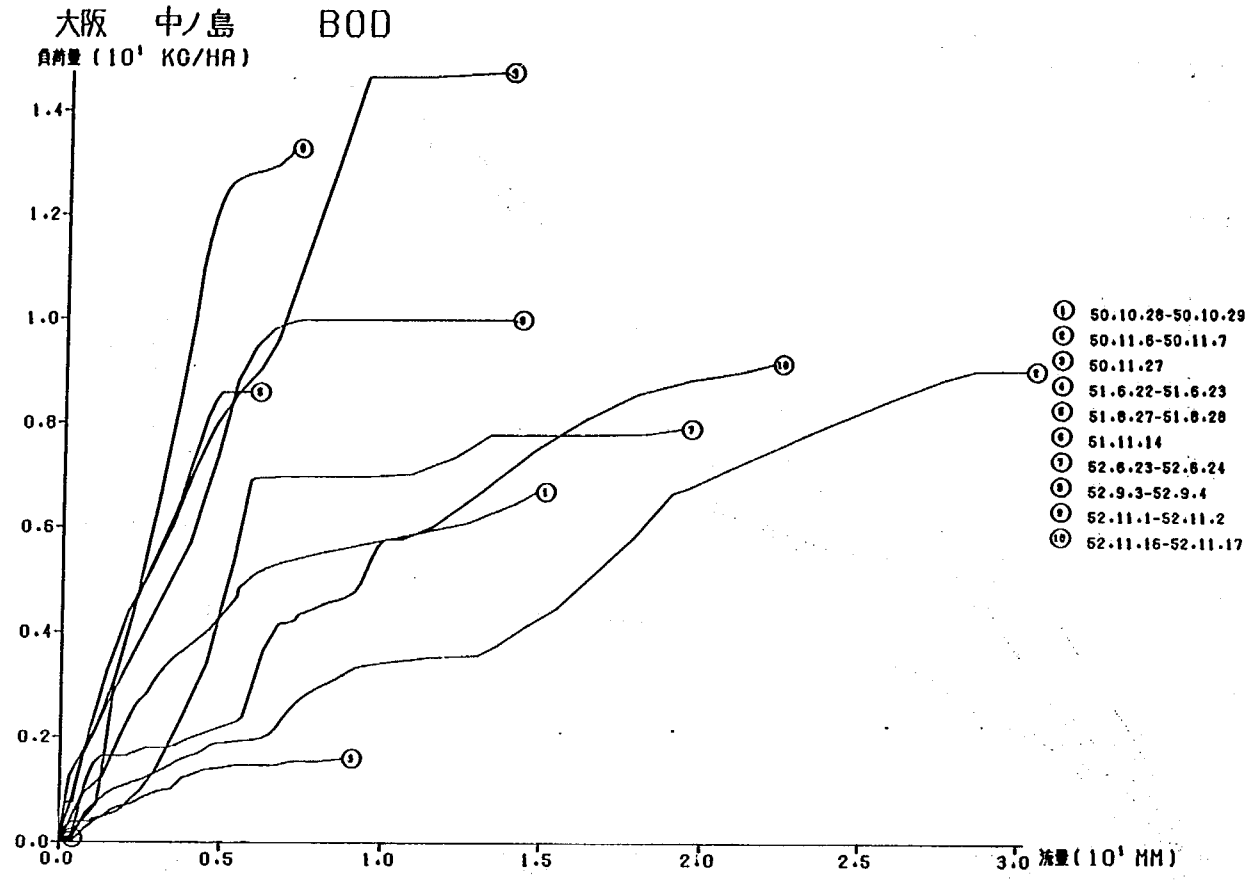


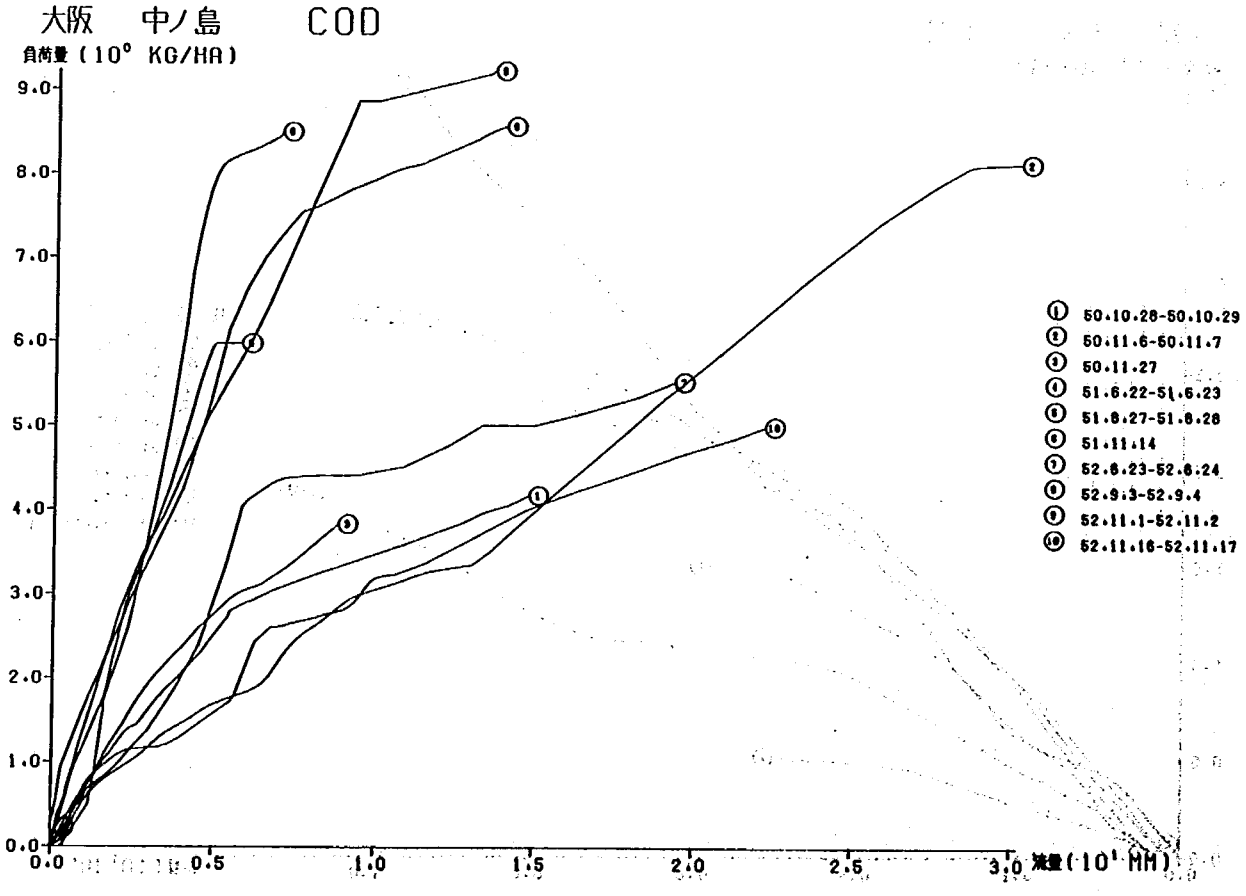
京都　千本　　COD

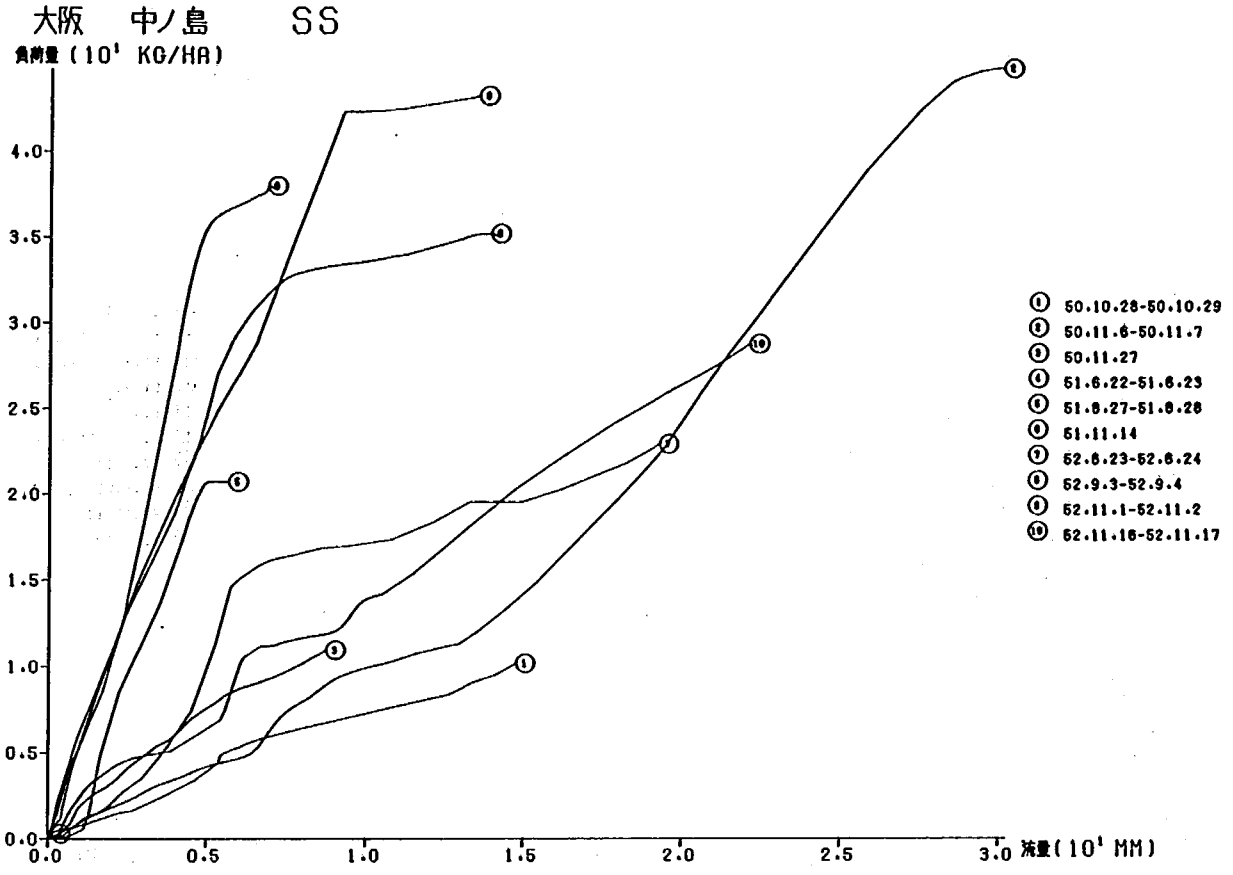


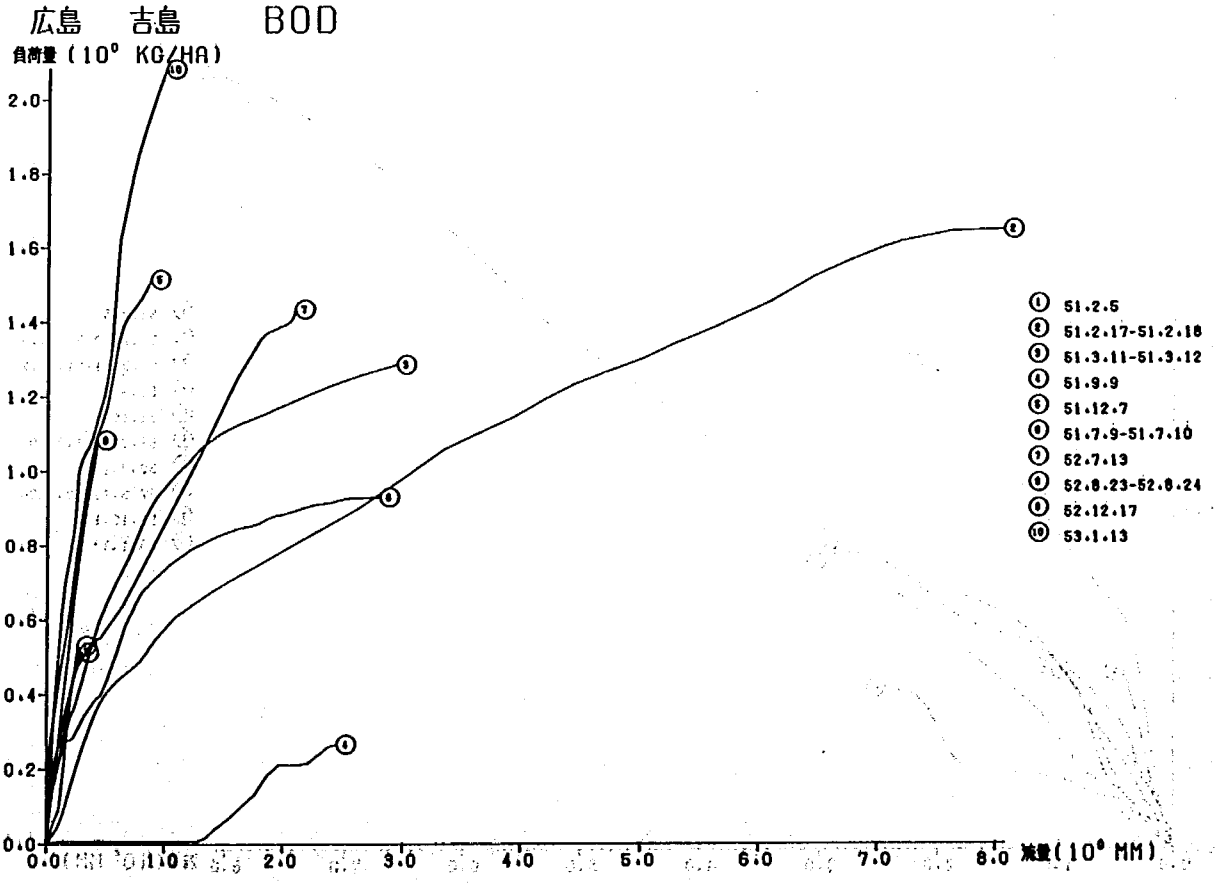
京都　千本　　SS

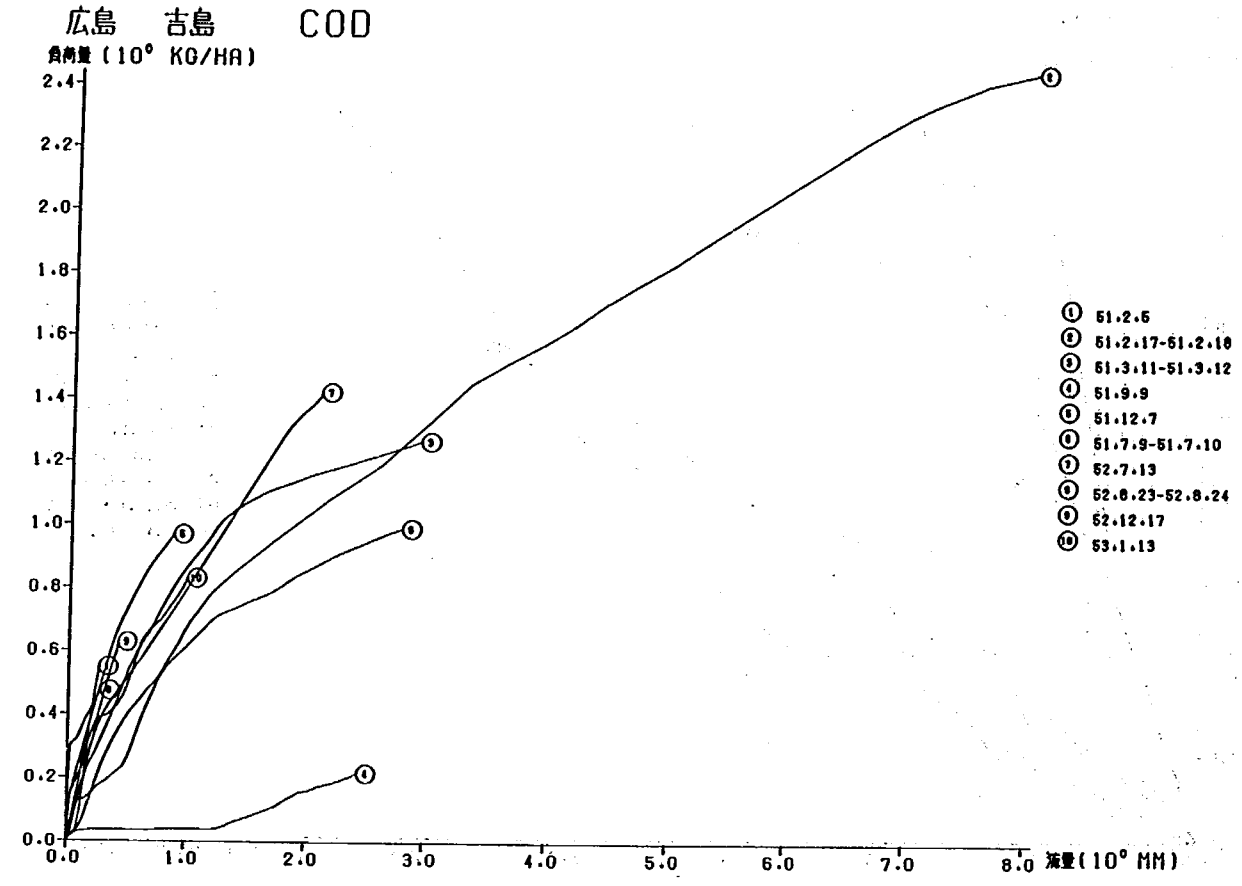


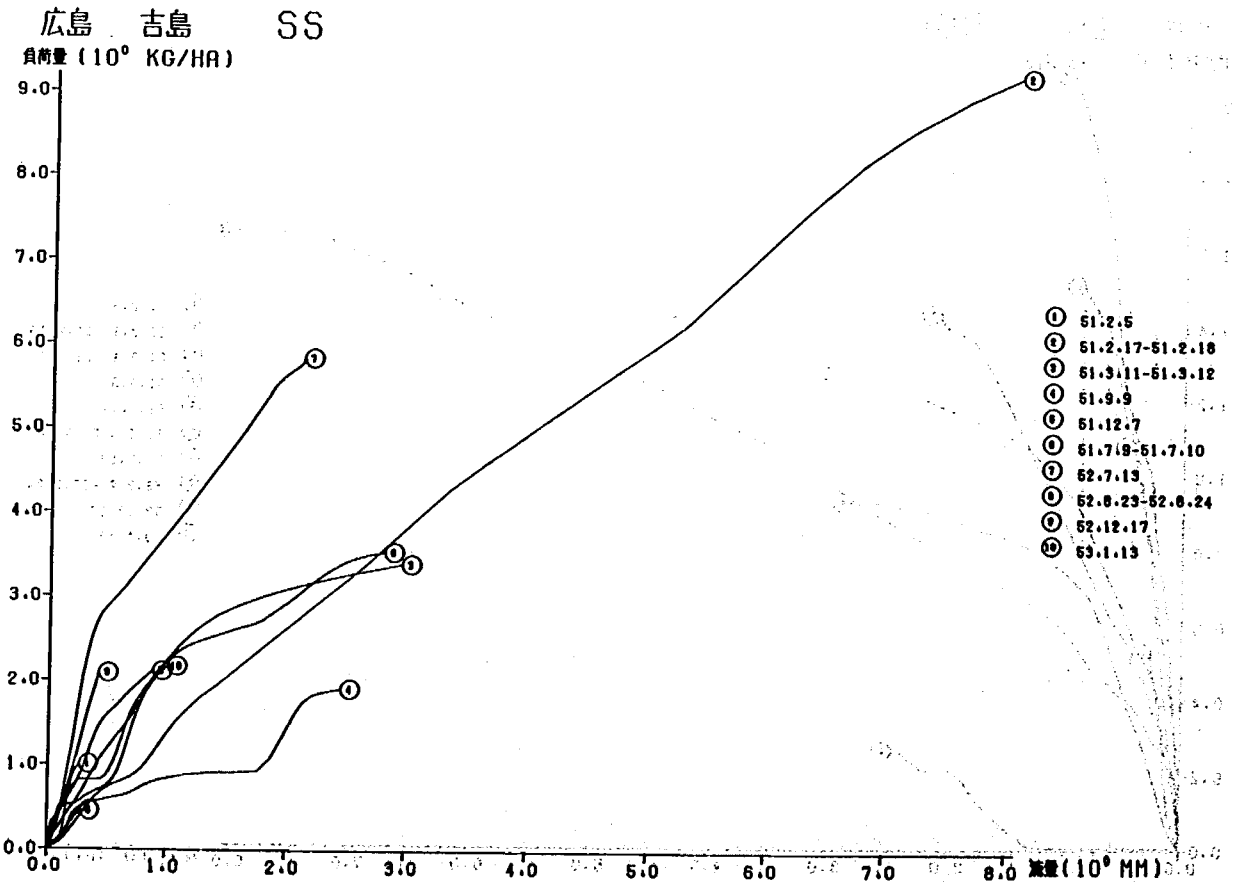

大阪　中ノ島　BOD
負荷量（10¹ KG/HA）
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
流量（10¹ MM）
① 50.10.28-50.10.29
② 50.11.6-50.11.7
③ 50.11.27
④ 51.6.22-51.6.23
⑤ 51.8.27-51.8.28
⑥ 51.11.14
⑦ 52.6.23-52.6.24
⑧ 52.9.3-52.9.4
⑨ 52.11.1-52.11.2
⑩ 52.11.16-52.11.17

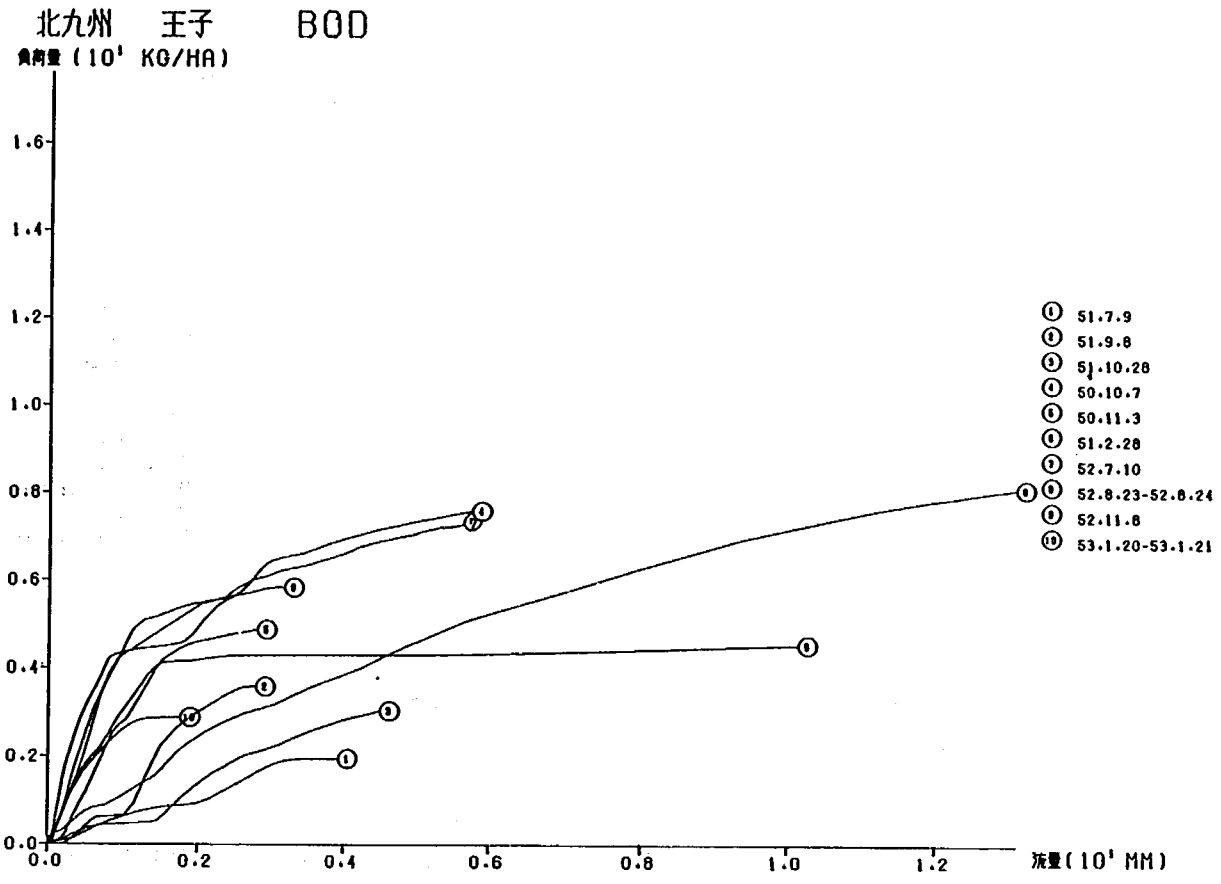

大阪　中ノ島　COD
負荷量（10⁰ KG/HA）
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
流量（10¹ MM）
① 50.10.28-50.10.29
② 50.11.6-50.11.7
③ 50.11.27
④ 51.6.22-51.6.23
⑤ 51.8.27-51.8.28
⑥ 51.11.14
⑦ 52.6.23-52.6.24
⑧ 52.9.3-52.9.4
⑨ 52.11.1-52.11.2
⑩ 52.11.16-52.11.17

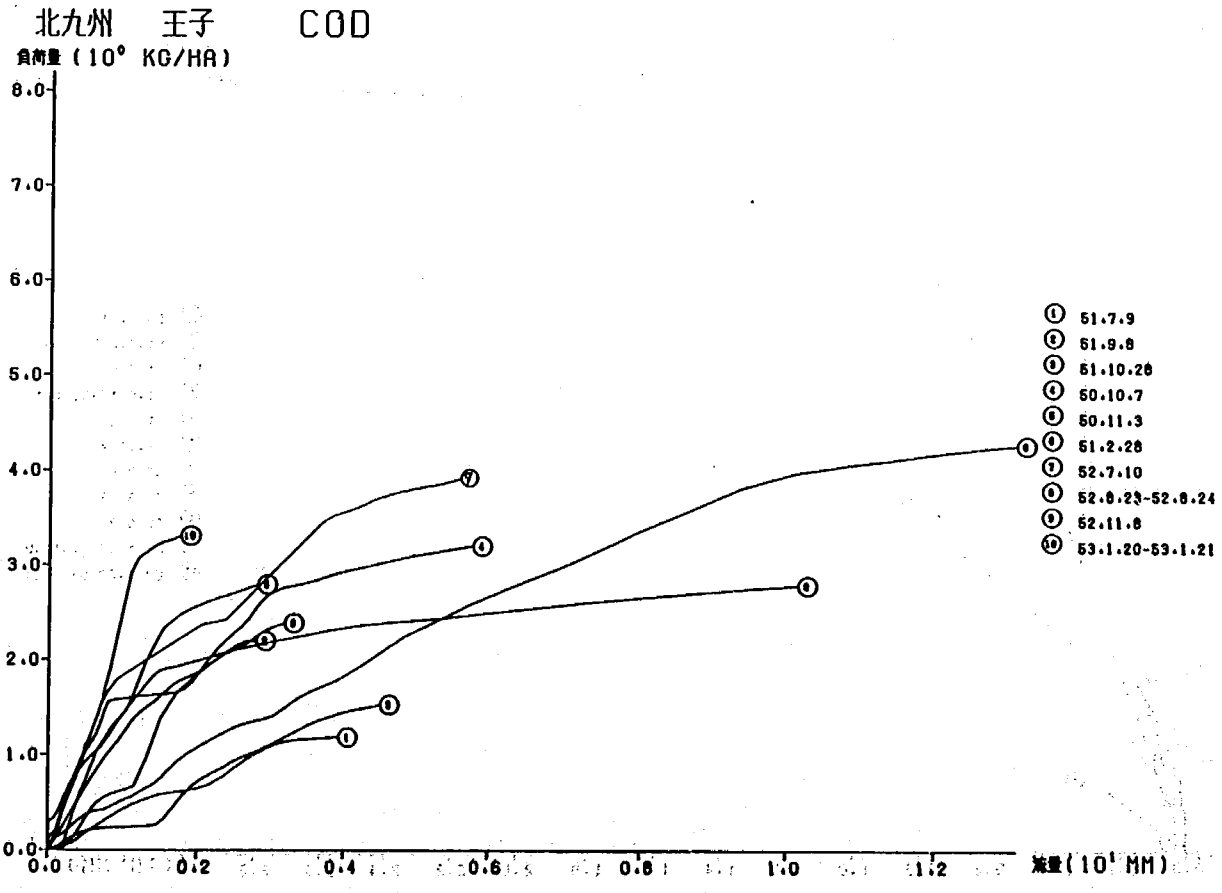

大阪　中ノ島　SS
負荷量（10¹ KG/HA）
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
流量（10¹ MM）
① 50.10.28-50.10.29
② 50.11.6-50.11.7
③ 50.11.27
④ 51.6.22-51.6.23
⑤ 51.8.27-51.8.28
⑥ 51.11.14
⑦ 52.8.23-52.8.24
⑧ 52.9.3-52.9.4
⑨ 52.11.1-52.11.2
⑩ 52.11.16-52.11.17

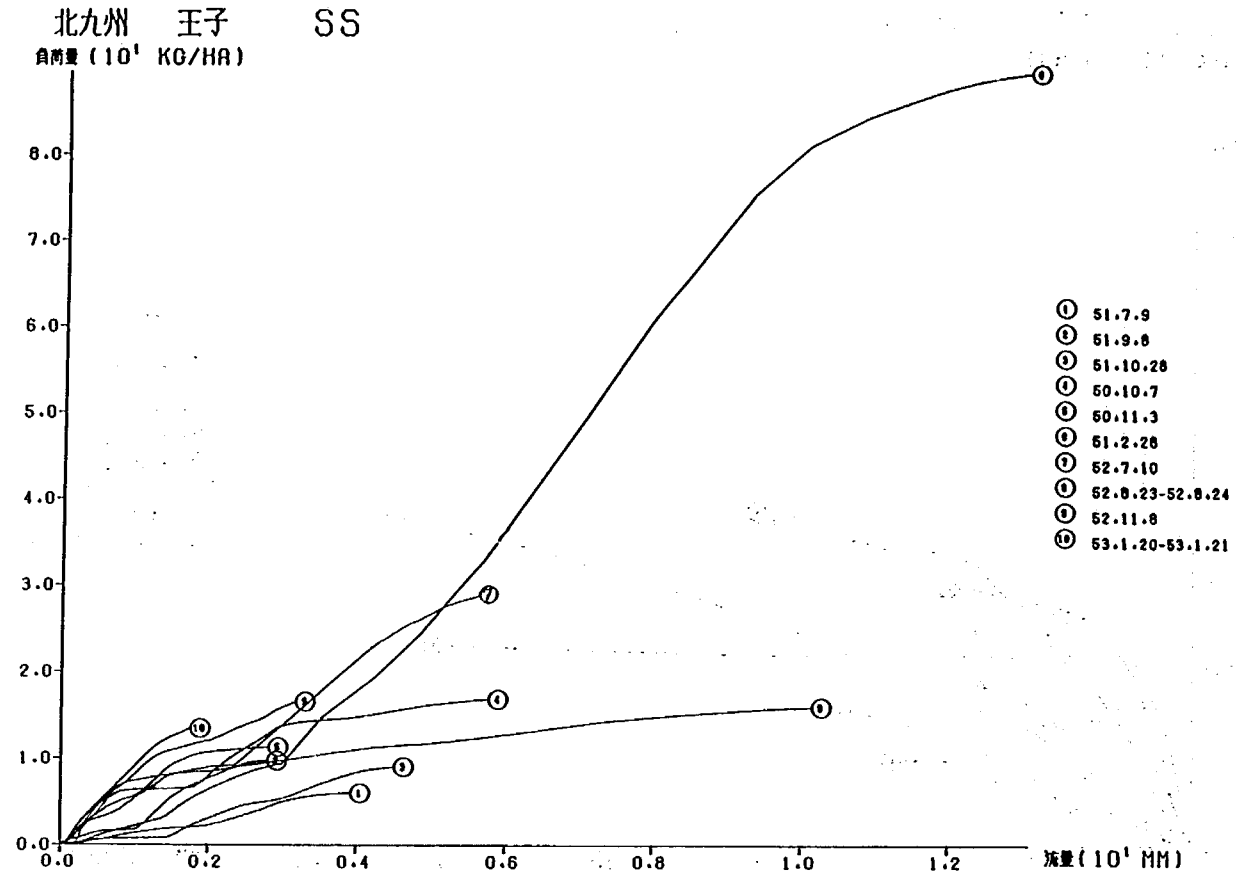

広島　吉島　BOD
負荷量（10⁰ KG/HA）
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
流量（10⁰ MM）
① 51.2.5
② 51.2.17-51.2.18
③ 51.3.11-51.3.12
④ 51.9.9
⑤ 51.12.7
⑥ 51.7.9-51.7.10
⑦ 52.7.13
⑧ 52.8.23-52.8.24
⑨ 52.12.17
⑩ 53.1.13

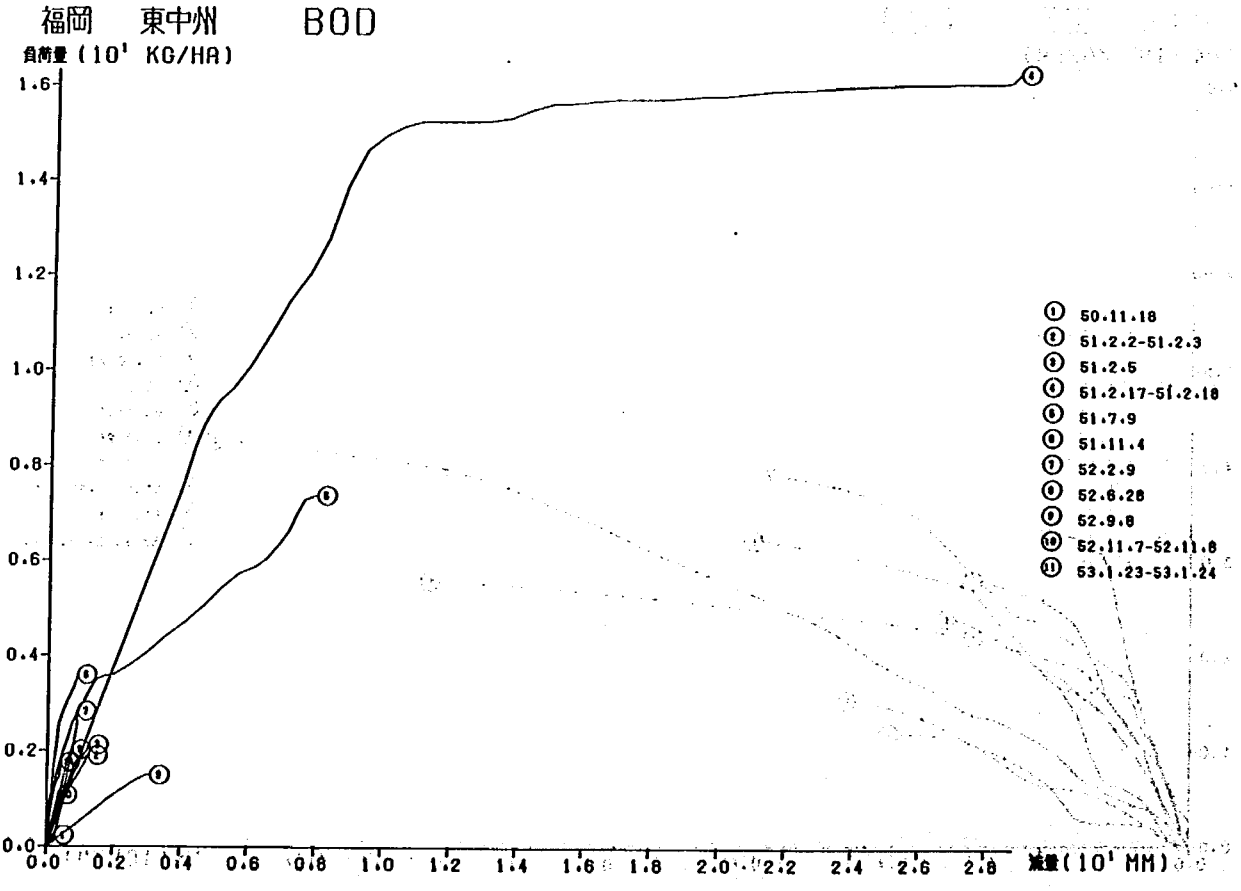

広島　吉島　COD
負荷量（10° KG/HA）
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
流量（10° MM）
① 51.2.5
② 51.2.17-51.2.18
③ 51.3.11-51.3.12
④ 51.9.9
⑤ 51.12.7
⑥ 51.7.9-51.7.10
⑦ 52.7.13
⑧ 52.8.23-52.8.24
⑨ 52.12.17
⑩ 53.1.13

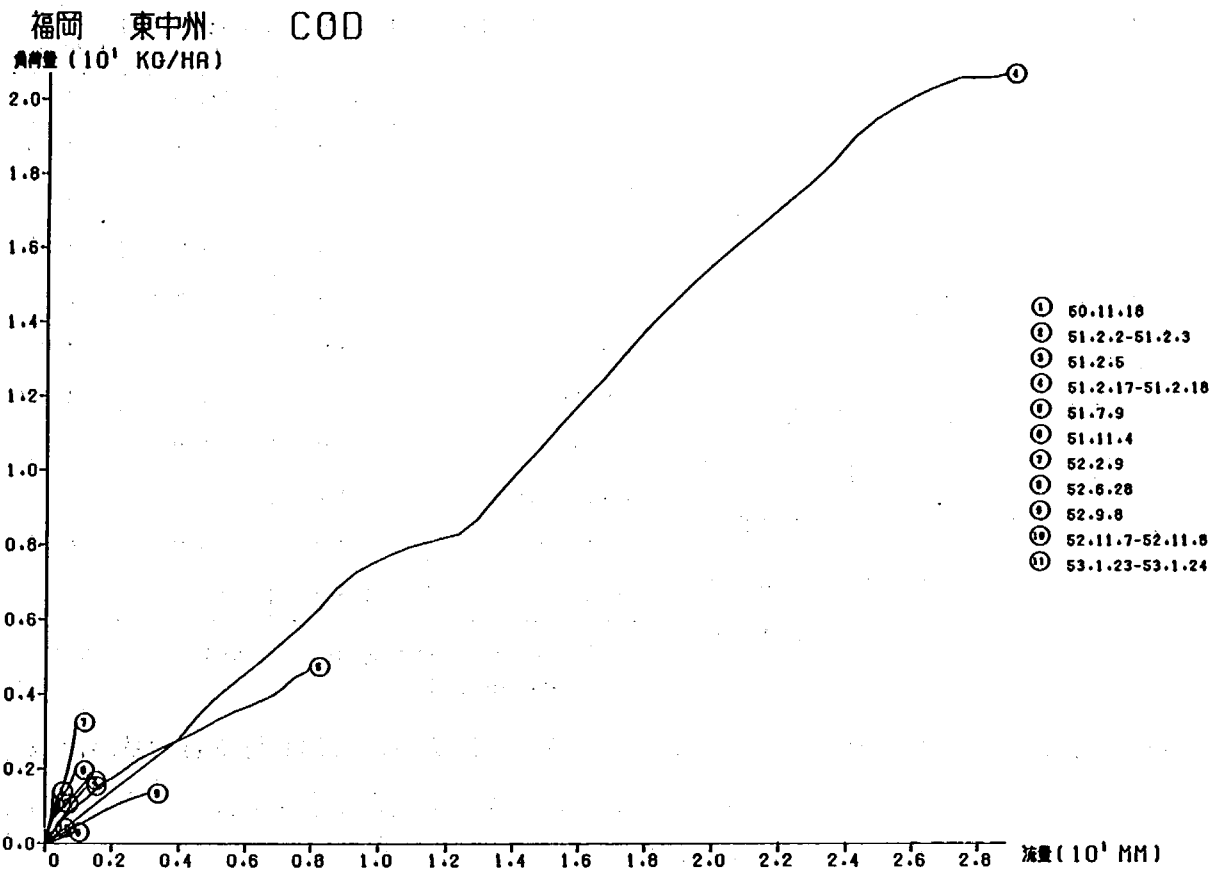

広島　吉島　SS
負荷量（10° KG/HA）
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
流量（10° MM）
① 51.2.5
② 51.2.17-51.2.18
③ 51.3.11-51.3.12
④ 51.9.9
⑤ 51.12.7
⑥ 51.7.9-51.7.10
⑦ 52.7.13
⑧ 52.8.23-52.8.24
⑨ 52.12.17
⑩ 53.1.13

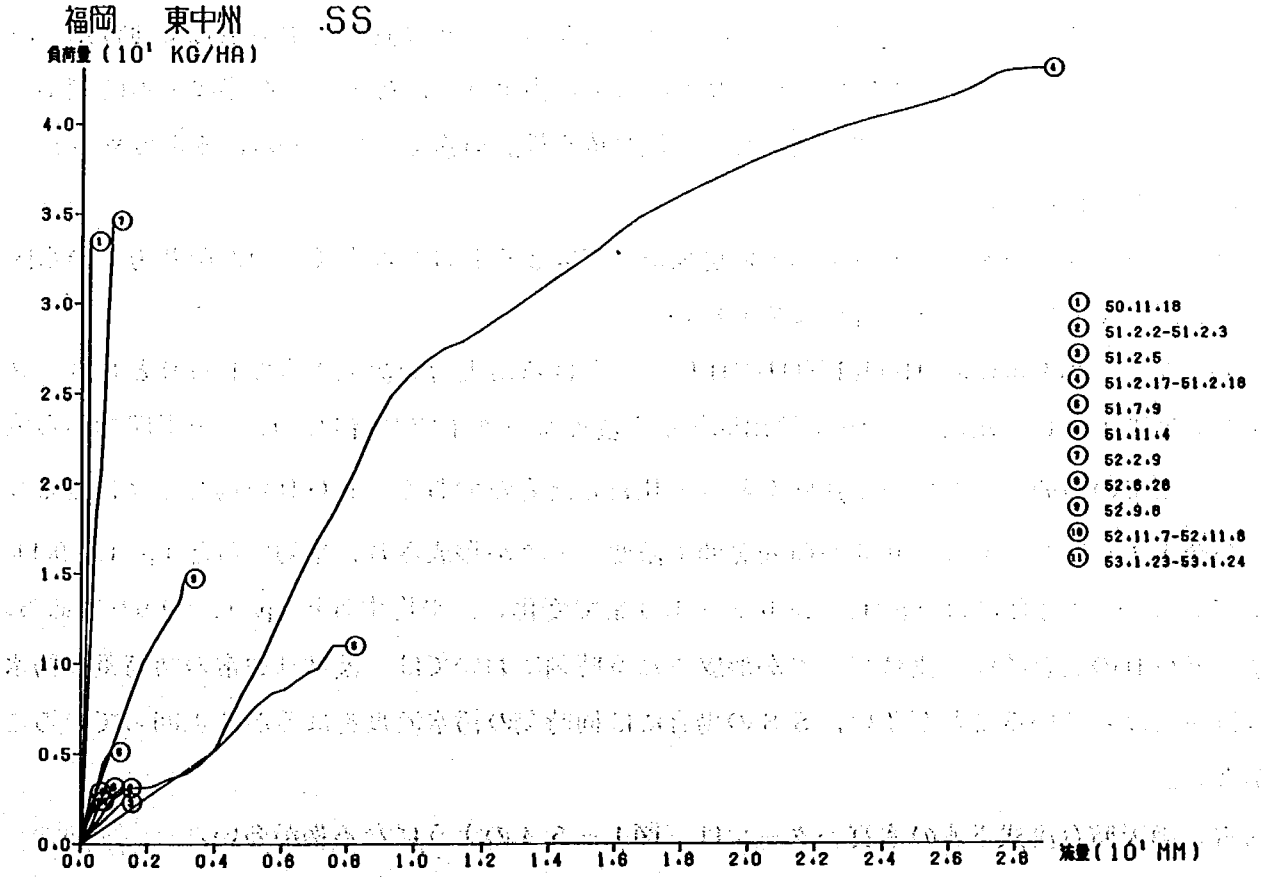

北九州　王子　BOD
負荷量（10¹ KG/HA）
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
流量（10¹ MM）
① 51.7.9
② 51.9.8
③ 51.10.28
④ 50.10.7
⑤ 50.11.3
⑥ 51.2.28
⑦ 52.7.10
⑧ 52.8.23-52.8.24
⑨ 52.11.8
⑩ 53.1.20-53.1.21


北九州　王子　COD
負荷量（10° KG/HA）
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
流量（10¹ MM）
① 51.7.9
② 51.9.8
③ 51.10.28
④ 50.10.7
⑤ 50.11.3
⑥ 51.2.28
⑦ 52.7.10
⑧ 52.8.23-52.8.24
⑨ 52.11.8
⑩ 53.1.20-53.1.21


北九州　王子　SS
負荷量（10¹ KG/HA）
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
流量（10¹ MM）
① 51.7.9
② 51.9.6
③ 51.10.26
④ 50.10.7
⑤ 50.11.3
⑥ 51.2.26
⑦ 52.7.10
⑧ 52.8.23-52.8.24
⑨ 52.11.6
⑩ 53.1.20-53.1.21


福岡　東中州　BOD
負荷量（10¹ KG/HA）
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
流量（10¹ MM）
① 50.11.18
② 51.2.2-51.2.3
③ 51.2.5
④ 51.2.17-51.2.18
⑤ 51.7.9
⑥ 51.11.4
⑦ 52.2.9
⑧ 52.6.28
⑨ 52.9.8
⑩ 52.11.7-52.11.8
⑪ 53.1.23-53.1.24


福岡　東中州　COD
負荷量（10¹ KG/HA）
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8
流量（10¹ MM）
① 50.11.18
② 51.2.2-51.2.3
③ 51.2.5
④ 51.2.17-51.2.18
⑤ 51.7.9
⑥ 51.11.4
⑦ 52.2.9
⑧ 52.6.28
⑨ 52.9.8
⑩ 52.11.7-52.11.8
⑪ 53.1.23-53.1.24


福岡　東中州　SS
負荷量（10¹ KG/HA）
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8
流量（10¹ MM）
① 50.11.18
② 51.2.2-51.2.3
③ 51.2.5
④ 51.2.17-51.2.18
⑤ 51.7.9
⑥ 51.11.4
⑦ 52.2.9
⑧ 52.6.28
⑨ 52.9.8
⑩ 52.11.7-52.11.8
⑪ 53.1.23-53.1.24

雨天時下水の水質パターン

雨天時下水の水質パターンを認識するうえで，最も重要な特性は，いわゆるファースト・フラッシュと呼ばれる

“流出初期の著しい濃度の上昇”

である。さらに，重要な特性は流出の低減期に見られる

“濃度の減少，および負荷量の減少”

である。これを流量と流出負荷量をとって図示すると，このプロットが採水順に時計回りのループを描くという，いわゆる「ループ特性」ということになる。（図1−50～52）

Table 1−49 Load potential (kg/ha)

	BOD	COD	SS
Sapporo	6.0	7.5	24*
Kawasaki	7.5	5.0	50
Yokohama	6.0	7.5	90
Toyohashi	7.0	4.8*	26
Nagoya	6.0	5.0	20
Kyoto	22.0	12.0	40*
Osaka	13.0	9.0	45
Hiroshima	2.1*	2.4	10
Kitakyushu	8.0	4.0	85
Fukuoka	16.0	20.0	50

*Maximum value abserbed,not necessarily a Potential

この特性は，ひと雨負荷量のところでも触れたように，雨天時に流出し得る負荷量が流域内に有限量しか残存していないために生ずるものであり，汚濁源を豊富に有する浮遊性物質の場合には，ループの描き方がむしろ直線的な傾向を示している。

すなわち，有機性の汚濁指標およびKN，TPなどは，流出開始から流量ピークが発現する時刻 t_c までの間に濃度ピークを形成し，しかもその後非常に大きな濃度減少が生じて同時刻の汚水濃度を下回る。これに対し，TS，SSなどの固形物指標は，濃度ピークを形成する時刻 tp が t_c に近くなり，しかもその後の濃度変化は「流量依存性」が強く，同時刻の汚水濃度程度までしか濃度減少が起らない。

勿論，このようなパターン化がすべての現象に当てはまるわけではなく，雨の降り方，排水区の特性によっても異なることは言うまでもない。

図1−53 Yokohama（HORINOUCHI）における雨天時合流式下水のBODとSSパターンを横軸に tp/t_c（ただし，tp：流出開始から濃度ピークまでの時間，t_c：流出開始から流量ピークまでの時間），たて軸に濃度をとって比較したものである。BODの場合には，流量ピークが発生する時刻の0.2～0.6の時間範囲で濃度ピークが形成され，平均すると $tp/t_c=0.41$ である。SSの場合には tp/t_c は0.2～1.3まで変化し，平均すると $tp/t_c=0.60$ である。

またBODの場合には，流量ピークが形成される時刻においては，濃度は通常の同時刻の汚水濃度以下になっていることが多い，SSの場合には同時刻の汚水濃度をはるかに上回っていることが多い。

通常，雨天時合流式下水の水質パターンは，図1−54のようになる例が多い。

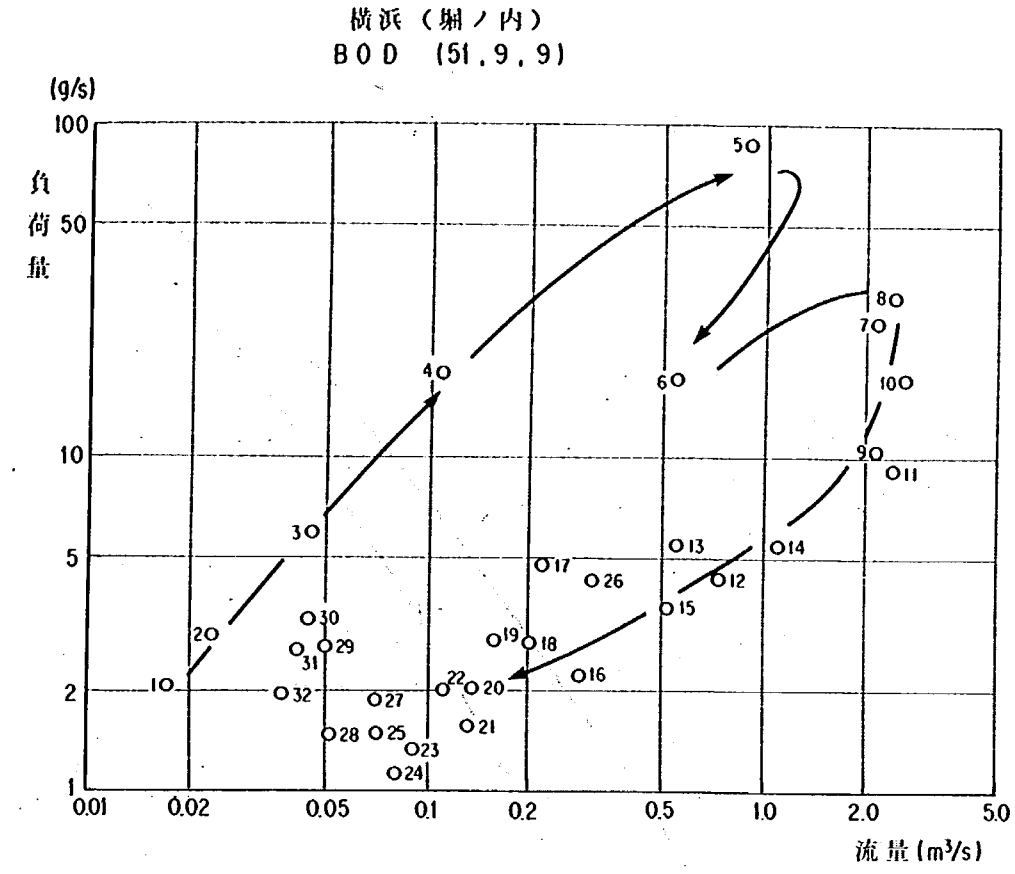

横浜（堀ノ内）
BOD (51.9.9)
(g/s)
負荷量
100
50
10
5
2
1
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1.0
2.0
5.0
流量(m³/s)

図1－50a

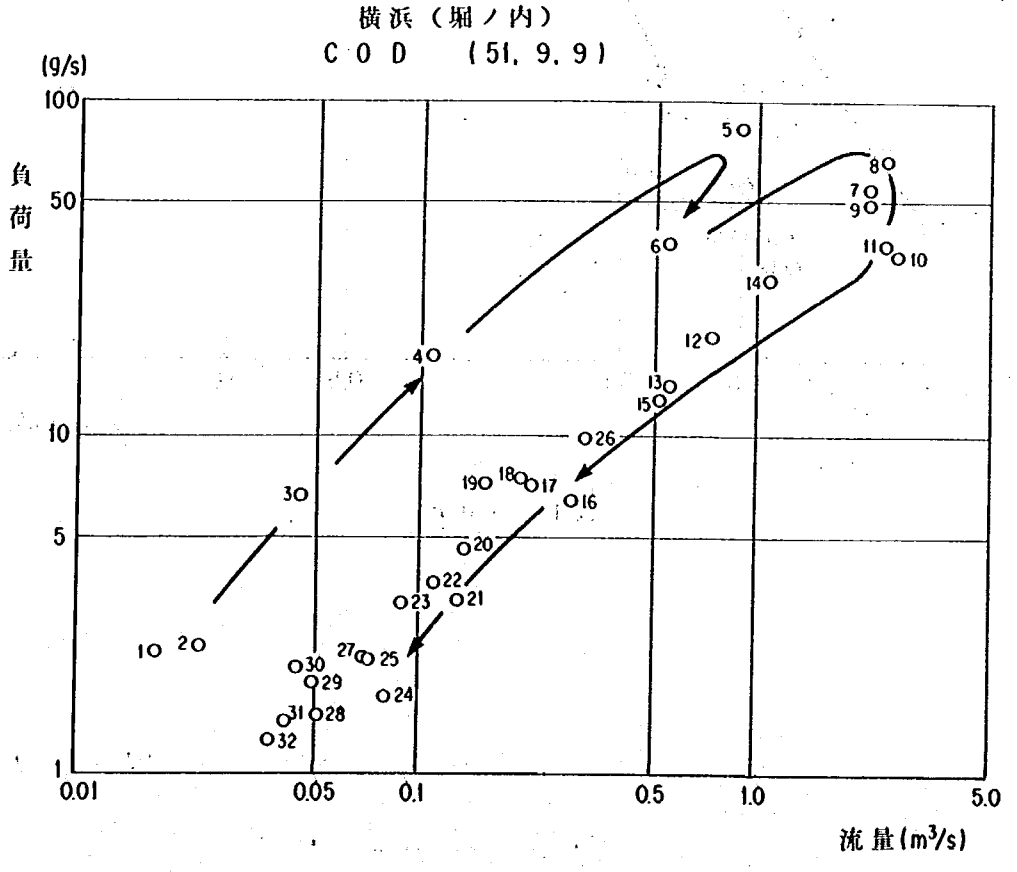

横浜（堀ノ内）
COD (51. 9. 9)
(g/s)
負荷量
100
50
10
5
1
0.01
0.05
0.1
0.5
1.0
5.0
流量(m³/s)

図1－50b

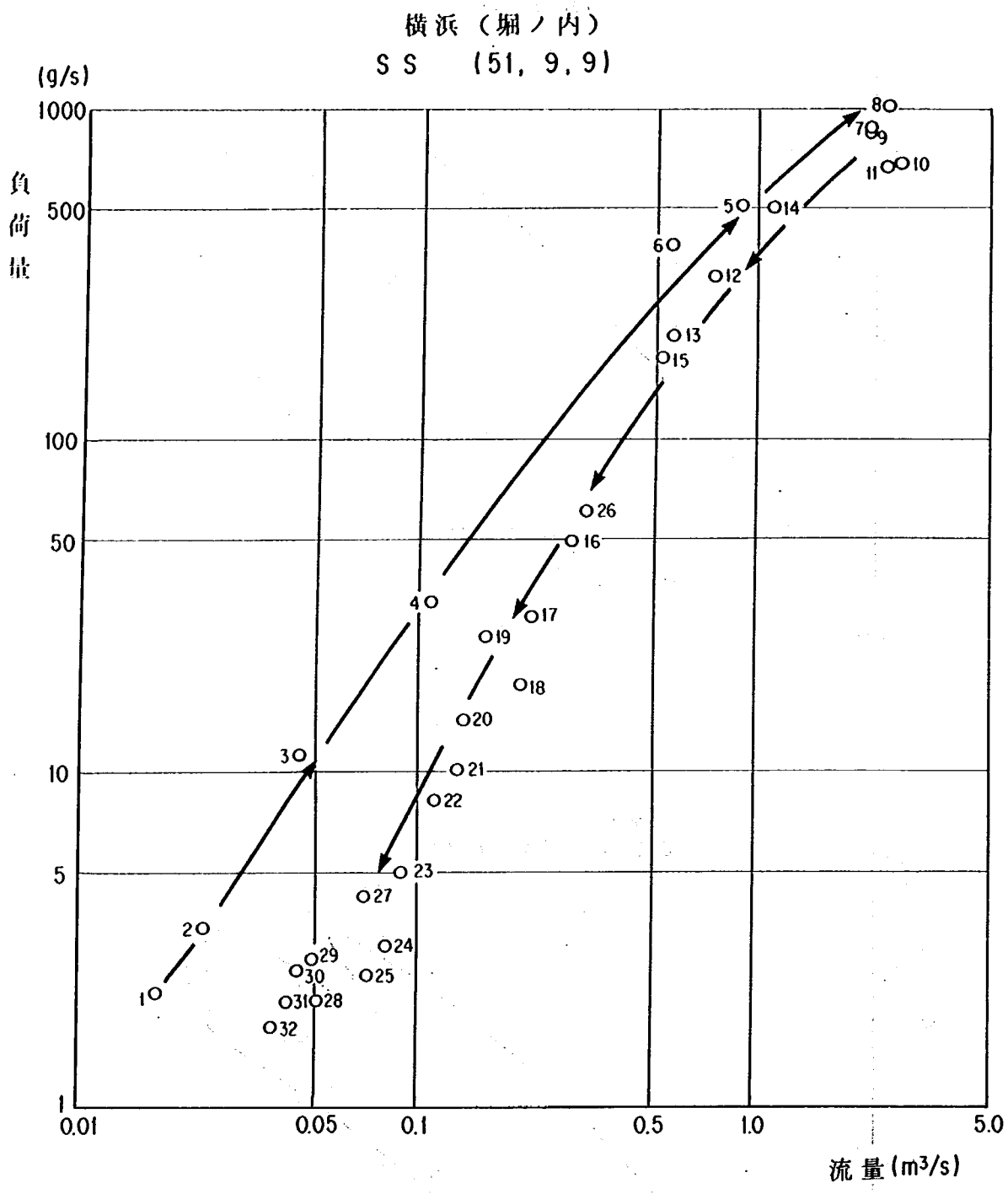

横浜（堀ノ内）
S S　(51, 9, 9)
(g/s)
負荷量
1000
500
100
50
10
5
1
0.01
0.05
0.1
0.5
1.0
5.0
流量(m³/s)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

図１－５０ｃ

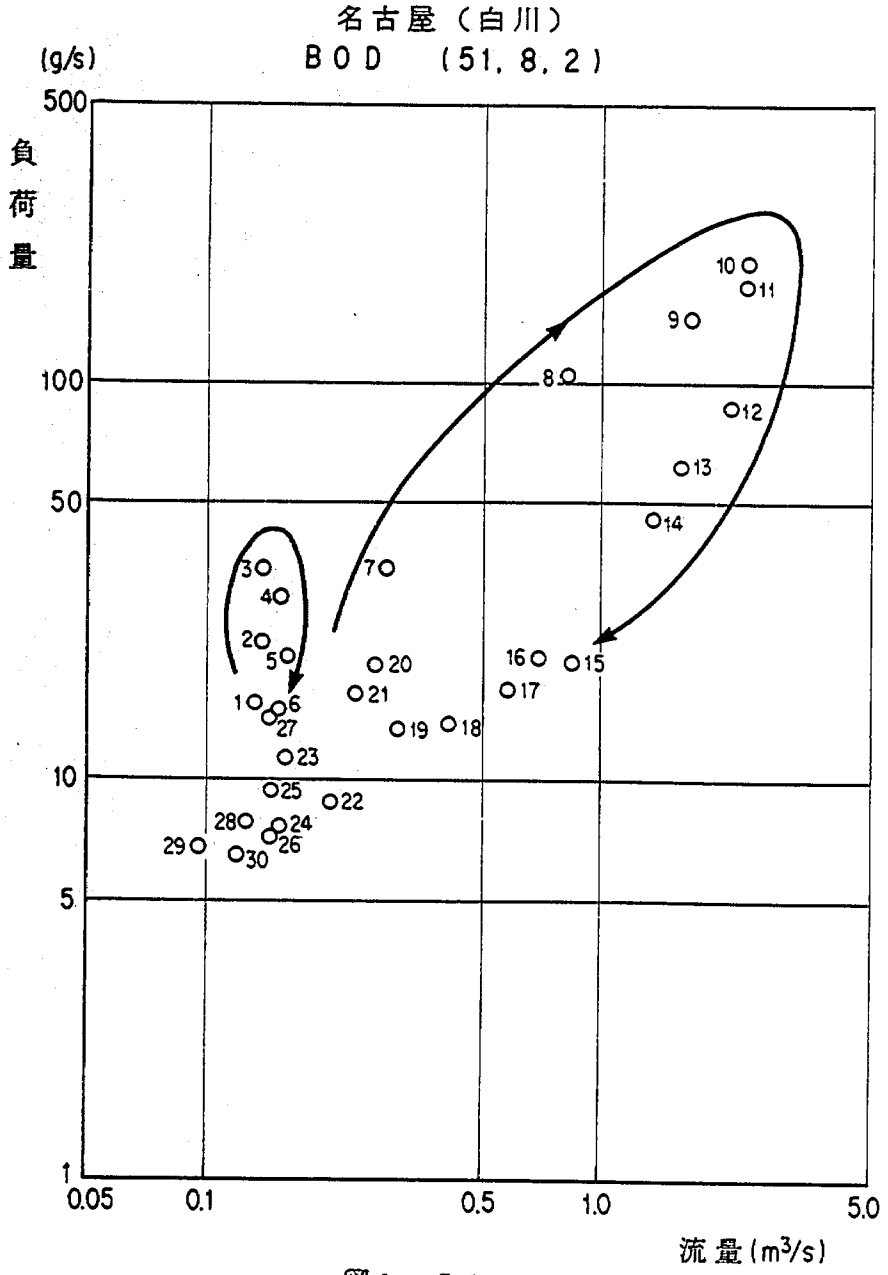

名古屋（白川）
BOD (51. 8. 2)
(g/s)
負荷量
500
100
50
10
5
1
0.05
0.1
0.5
1.0
5.0
流量(m³/s)

図1－51a

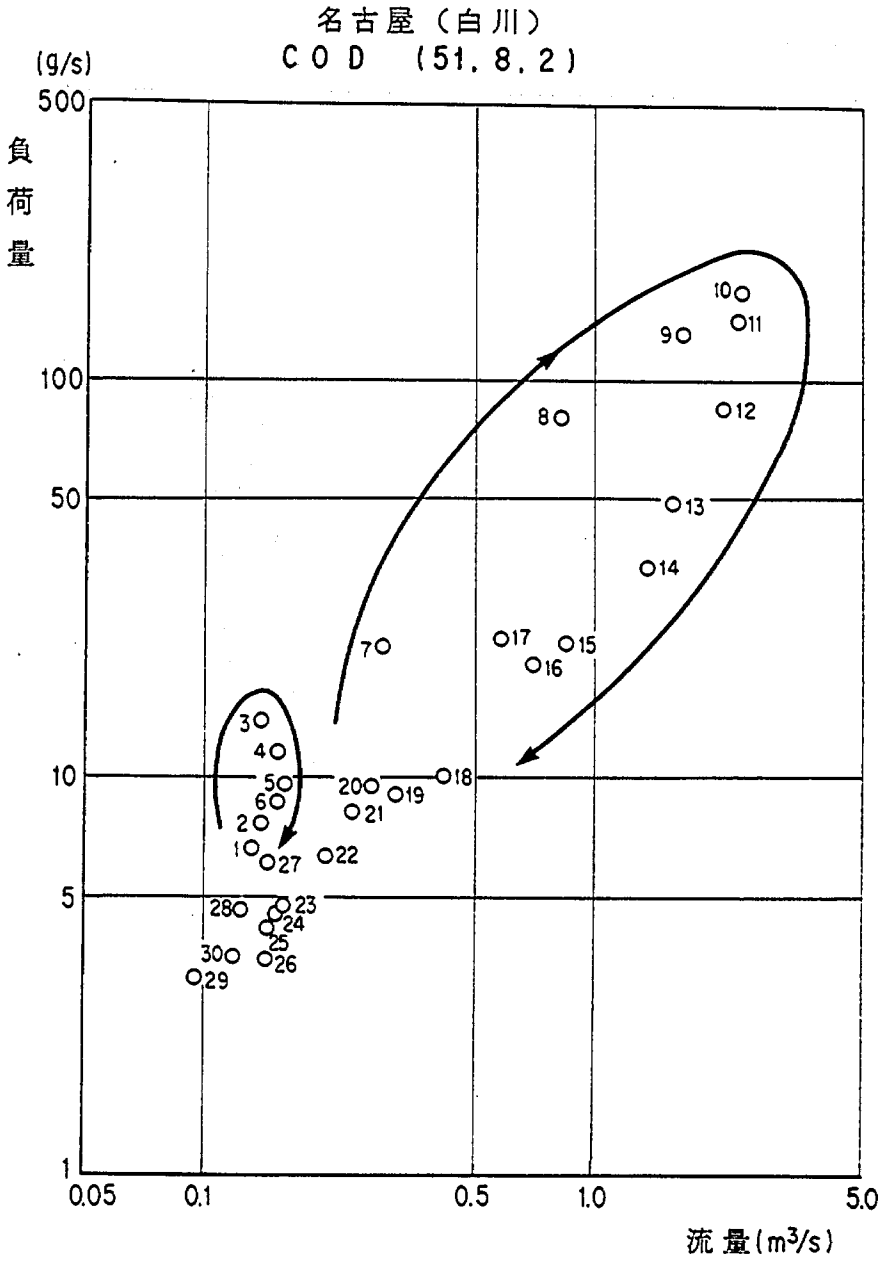

名古屋（白川）
COD (51. 8. 2)
(g/s)
負荷量
500
100
50
10
5
1
0.05
0.1
0.5
1.0
5.0
流量(m³/s)

図1－51b

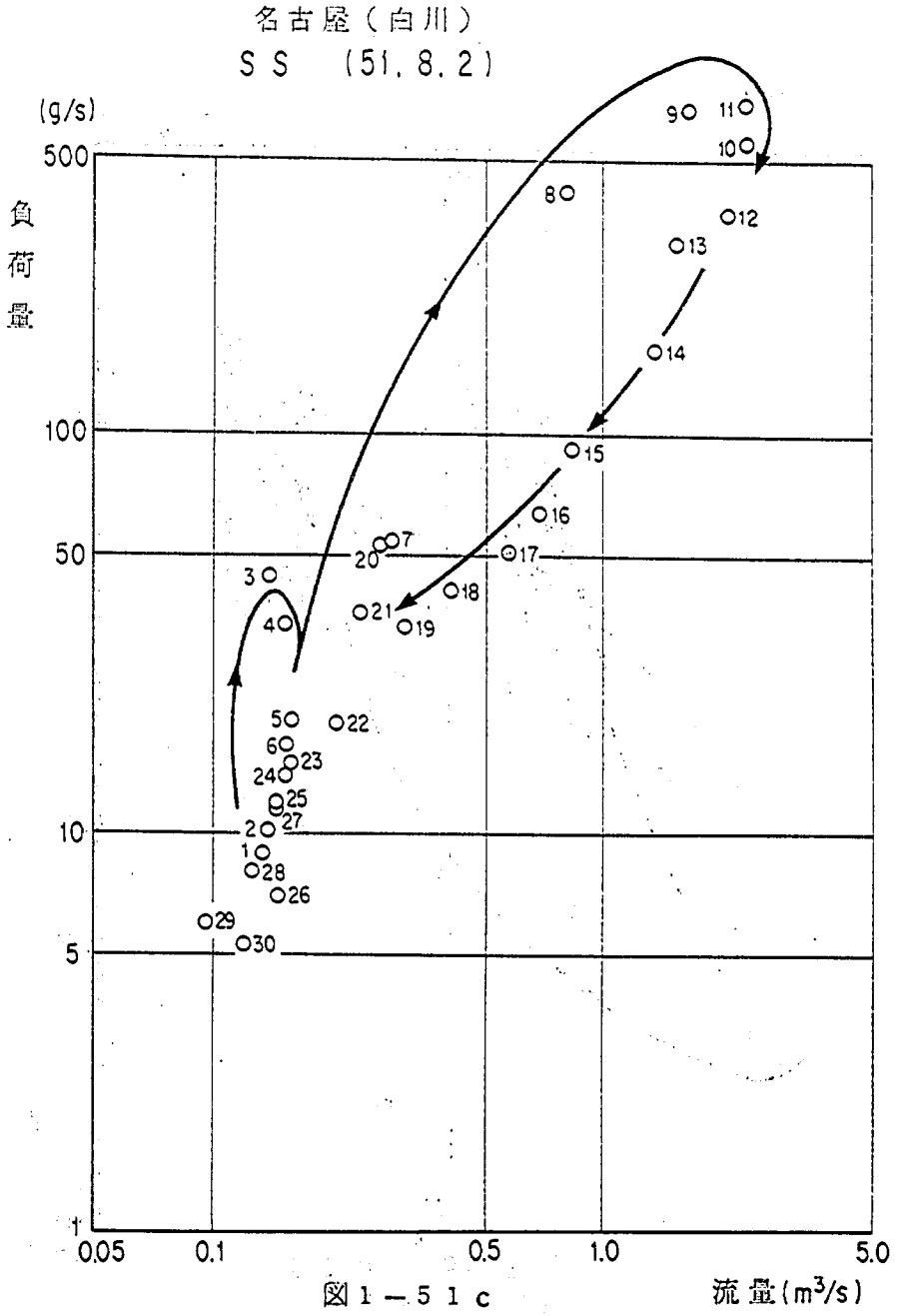

名古屋（白川）
S S　(51. 8. 2)
(g/s)
負荷量
500
100
50
10
5
1
0.05
0.1
0.5
1.0
5.0
流量(m³/s)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

図1－51c

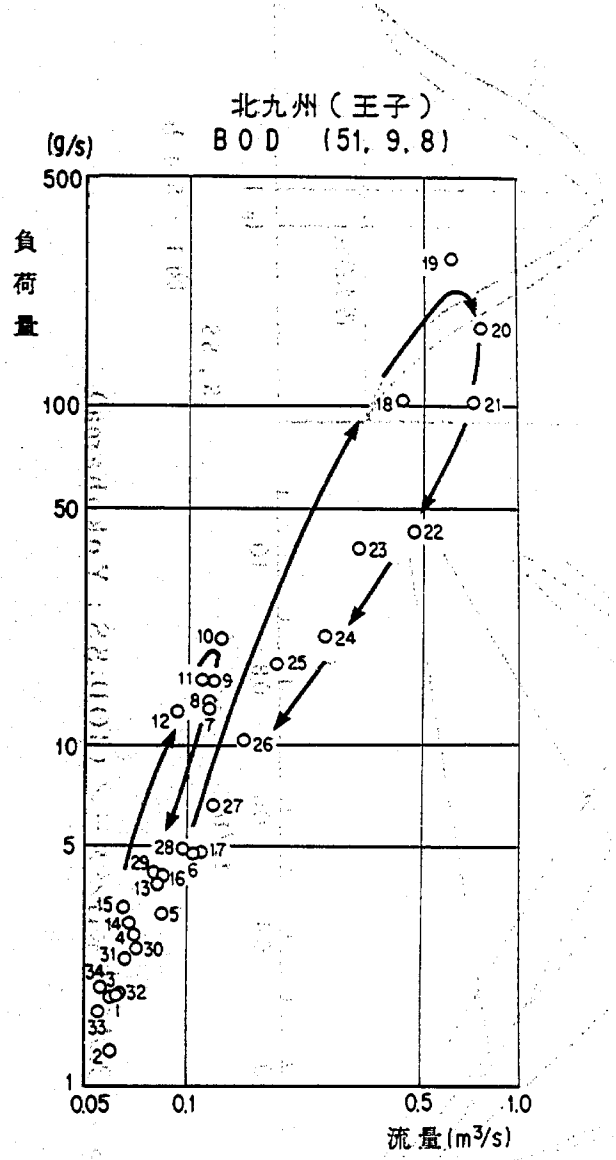


図１－５２ａ

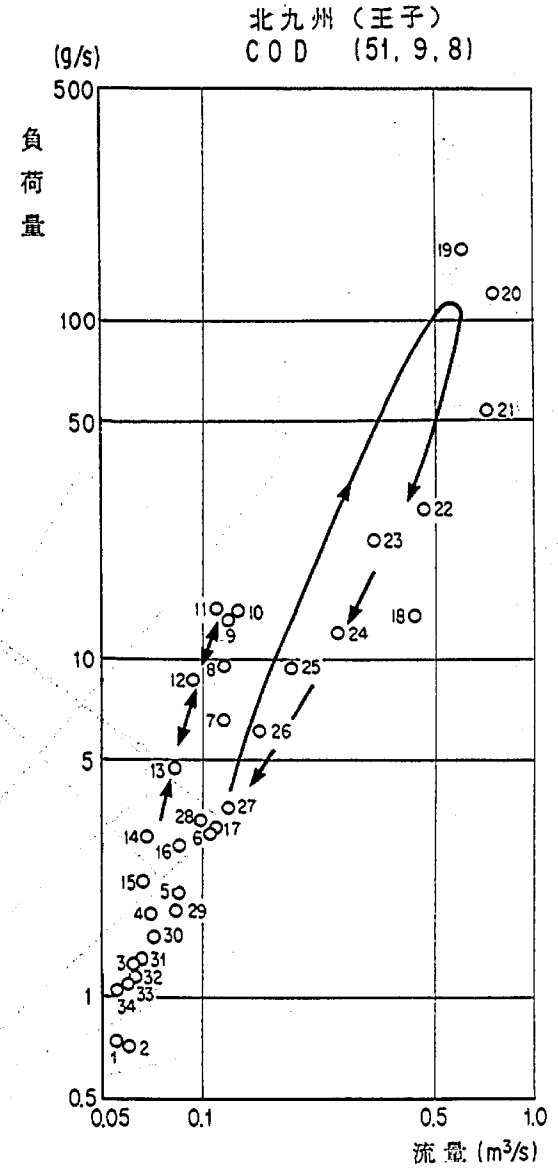


図１－５２ｂ

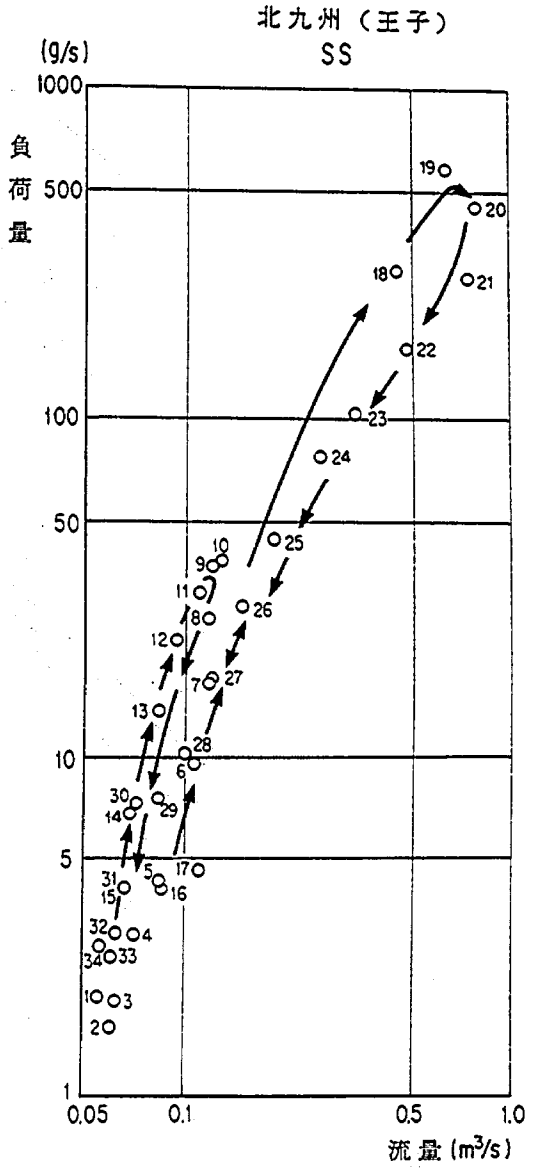
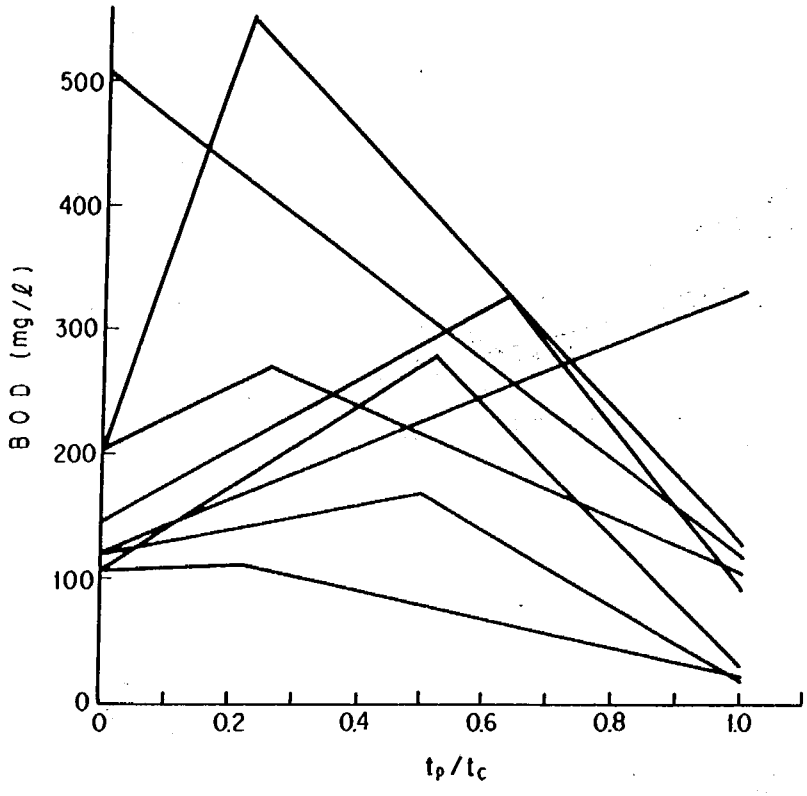
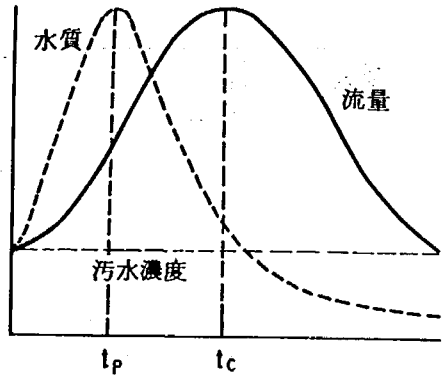


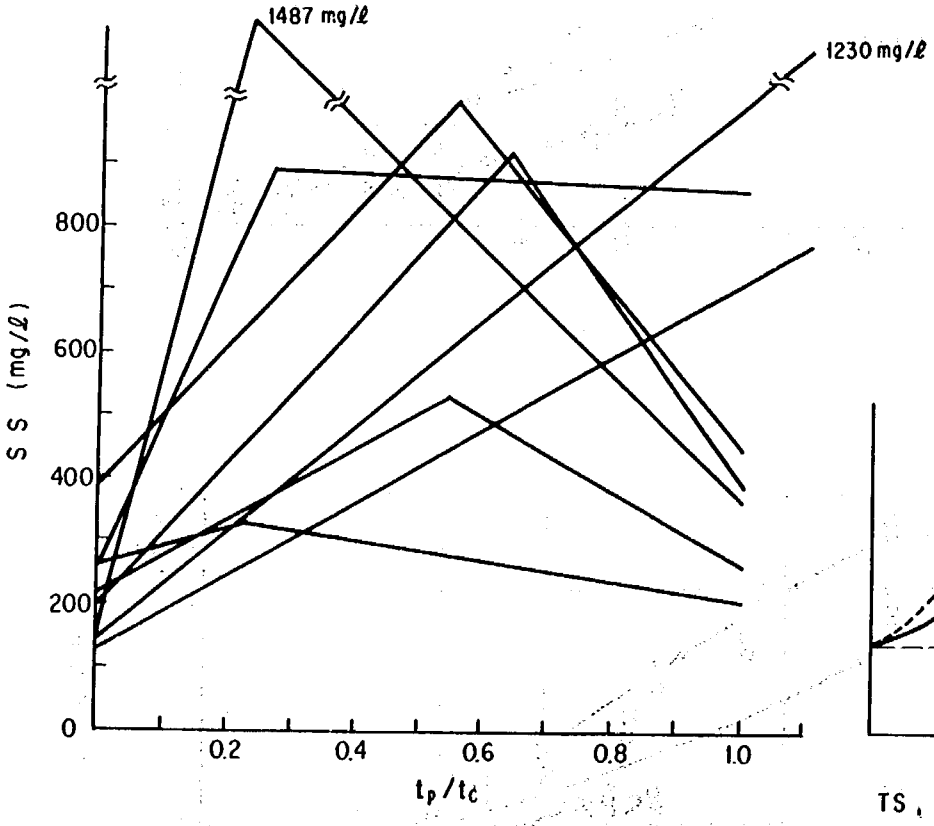
図１－５２ｃ

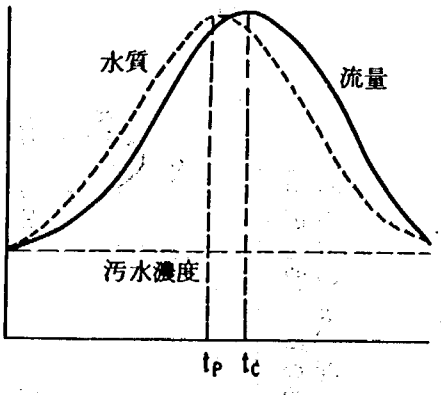




BOD, SBOD, COD, KN, TP

図１－５４ａ





TS, SS

図１－５４ｂ

図１－５３　雨天時下水水質パターン（BOD,SS；Yokohama）

第2章　解決へのアプローチ

生命の手段が生活の目的に役立ち，また生物学的な生存と経済上の効率のために，そのパターンが必要とされるところで，人間は社会的・個人的な完成に至るであろう。

ールイス・マンフォードー

第2章　解決へのアプローチ

2.1　総　　論

合流式下水道から雨天時に放流される雨天時下水の問題は，すでに１９００年代の文献にも見られるが，本格的な論議がなされるようになったのは１９６０年代からといってもよい。

当時の文献は雨天時下水の水質が望ましいものではないことを指摘し，何らかの対応策が必要であると述べているが，その多くは根本的な対策が合流式下水道の分流化であるものの，莫大な費用を要し，かつ社会的にも与える影響が大きいことなどを理由に実現が不可能であるとし，その代替法を提案している。

たとえばPalmerはDetroit　における調査結果から，雨天時下水の問題は雨水分流装置の適切な操作[1]と管内貯留[2]により多額の費用を要することなく年間越流回数を大巾に減少することができるので水質汚濁防止の効果があると述べ，Riis-Carstensenは１９５５年に，適切な設計のなされた雨水を一時貯留する施設を多く設けることによりＳＳの量をかなり減ずることができるであろうと述べ，また晴天時でも一定流速が保てるような管渠にすることも一つの方法であるとしている。[3]

また，Camp は雨天時下水中の大腸菌の除去の重要性を強調し，それまでに各都市で行なわれた実験の結果にもとづき具体的に塩素滅菌を行なう方法について述べている。[4]

DunbarとHenrry は１９６６年に当時の雨天時下水に関する文献を要約しているが，この問題に対する解決策に関しては，分流式下水道は管内への汚濁物の堆積を少なくするうえからも望ましい方法であるが，古い大きな都市では新しく汚水管を築造することは費用の点から困難であることをWashington D.C.,Detroit,Toronto 等での試算値を用いて指摘し，Torontoでは街路や雨水ますの水のみを新設の雨水系統に収容するという道路下水道（Road Sewer）の計画があると述べている。そして管内貯留や郊外地における雨水の貯留，塩素滅菌の効果を評価し，ColumbusやToronto における雨天時下水貯留池の実施例を紹介している。[5]

Columbus の貯留池は１９３４年に米国で最初に設置されたもので，今日まで４０年近く稼動している。また当時Toronto には二つの雨水貯留施設が存在したが，晴天時下水の流入があったため汚泥の堆積の問題が生じていた。[5]

米国の下水道事業を所掌していたPublic Health Service (PHS) は１９６４年１１月に当時の合流式下水道の問題と，それに関する調査研究の状況を調査している。それによれば都市側からの５０以上の報告書に，合流式下水道からの越流水および雨水を制御することが記載されていた。

この報告書も合流式下水道問題の根本的な解決策は汚水管と雨水管の完全分離であるとし，完全分離に近い代替法としては雨水貯留槽，塩素接触槽，ラグーンその他の凹地貯留，下水管や附属構造物の貯留能力の増大，処理施設の拡張または新設，管渠内への制御設備の設置，地域制を

行なうかまたは土地利用の制限をすること等々をあげている。また，これらのすべての評価は不完全なものであると指摘し，遅滞なく実用化し得る現実的な研究成果を示し得る継続的な研究を開始すべきであると勧告した。[6] この報告書とその他の連邦議会にもたらされた情報により１９６６年からこれらの調査研究を行なうプロジェクトが活動を開始した。

この制度は市町村等が行なうデモンストレーションの施設における調査研究に対して連邦政府が７５％までの研究補助金を与えるものであり，現在でも８,２００万ドルの費用により１３０のプロジェクトが動いていると報告されている。[8]

これまでの成果はこの事業を引き継いだＥＰＡの手でとりまとめ報告されており[9)10)]，わが国へも伝えられているが[8]，雨天時下水への対応策としてあげられているものを分類してみるとおよそ図２－１のようになる。このなかの多くは既存の下水処理技術の応用ないしは改良であり，効果が認められれば直ちに実施が可能なものであるが，なかには未だ提案の段階にあり，今後の十分な調査研究に待たなければならないものもある。

英国で一般的に用いられている方法は住宅地方省の要求により行なわれているもので，晴天時下水量の３倍までは下水処理場で完全処理し，３～６倍の下水量は雨水沈殿処理するものである。６倍以上の下水量は強降雨時に生ずるが，処理されずにそのまゝ直接放流される。ただし，この場合英国ではわが国と比べ降雨の状態が異なること，水道の使用量が少ないことを考慮しておかなければならない。

わが国では下水道事業そのものが低調であったうえに，下水道の認識が排水機能を重視したものであったため，雨天時下水の問題には一般的に関心が薄く，ほとんど検討されぬまゝに今日に至っている。

本章では，雨天時下水問題を都市排水問題の一環として把え，各種対策案のシステム全体の効率化に及ぼす影響を把握するための各種モデルについて説明する。

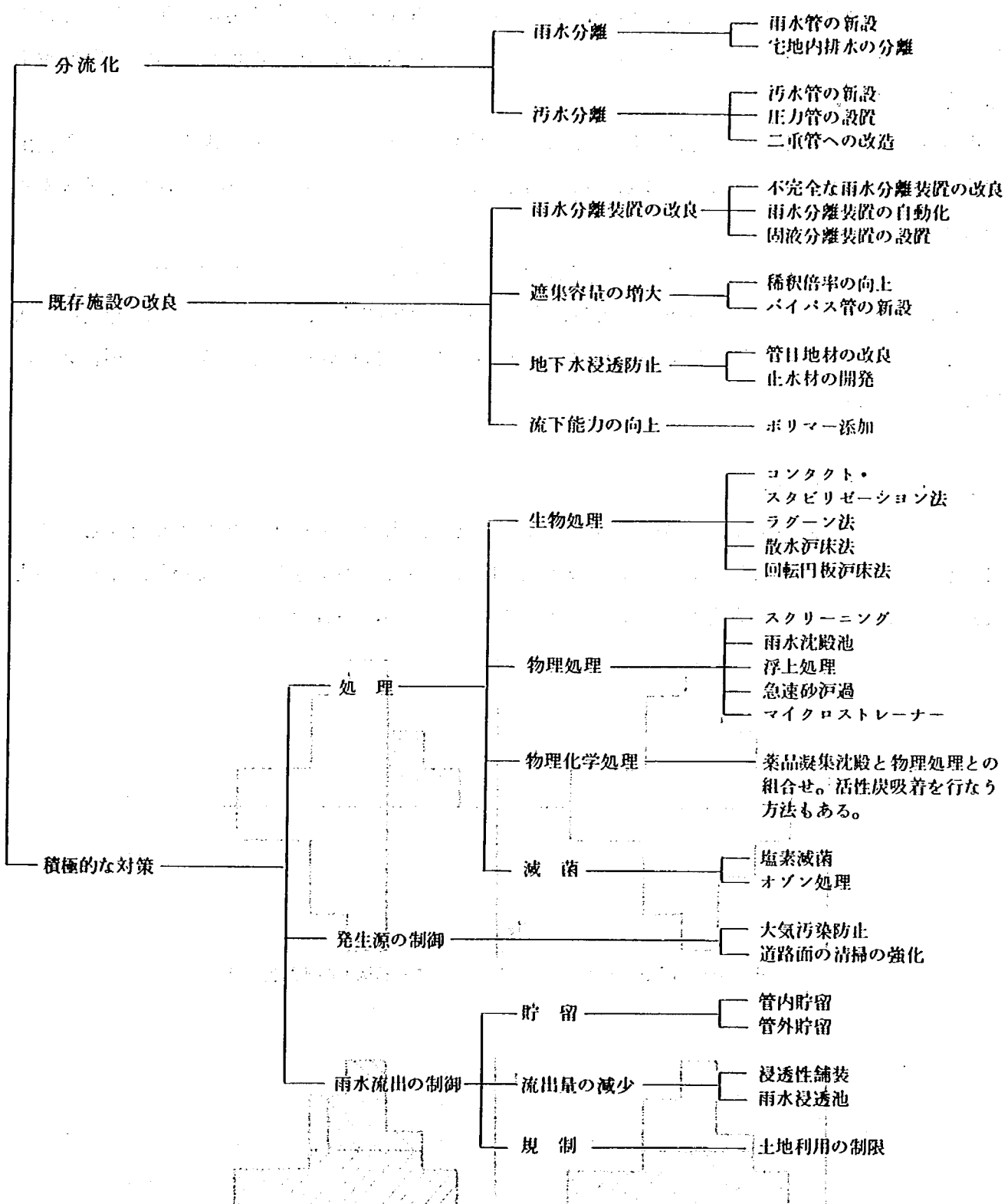


図２－１　雨天時下水対策（とくに合流式対策を中心として）

2.2　雨水流出現象のモデル化

従来，下水管渠の設計には合理式を用い，ピーク流量から管径を決定する方法が用いられている。管渠施設の大きさを決定するだけならばこの方法で十分であるが，任意の地点での流量を推定することはできない。

雨水流出量は，雨水による汚濁流出特性に大きな影響を持っているので，雨水による汚濁流出現象を解明するためにはあらゆる降雨現象に対して，任意の地点での時々刻々の流量を予測する必要がある。

このため，適当な時間ステップ毎に下水管内の流量を予測するモデルが必要となる。

我が国でよく知られている方法としては，単位図法，流出関数法，タンクモデル，貯留関数法などがありそれぞれ実用化されているわけであるが，ここでは比較的簡単に流出予測が行える流出モデルについて触れておく。

2.2.1　有効降雨モデル

都市域は種々の表面工種より構成されているが，雨水流出現象をモデル化しようとする立場でこれを見ると図２－２に示すように４つの領域に区分することができる。すなわち，不浸透域と浸透域，凹地貯留域と直接流出域の組み合わせで決まる４つの領域である。

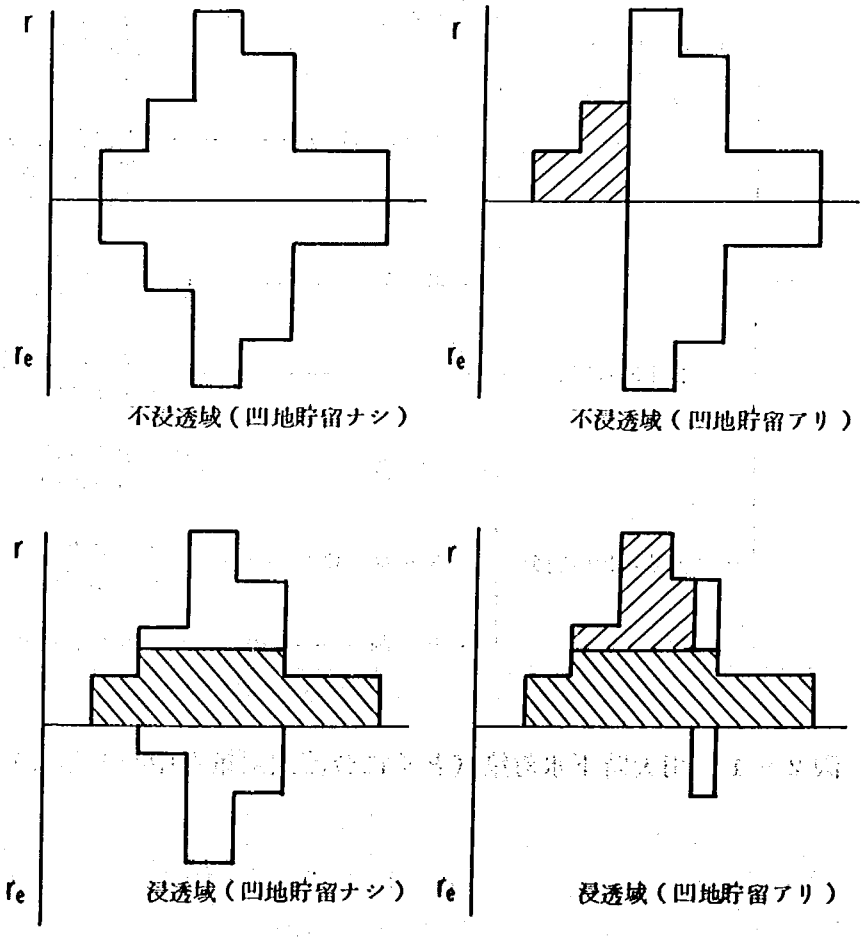


図２－２

p を不浸透域のうち凹地貯留を生じる面積の割合，q を浸透域のうち凹地貯留を生ずる面積の割合，fc を最終浸透能とすると個々の地域の有効雨量は次のようになる。

不浸透域－直接流出域

$$r_{e,1}=Fim_p\cdot(1-p)\cdot r$$

不浸透域－凹地貯留域

$$r_{e,2}=\begin{cases}0 & \left(\Sigma r<\dfrac{Dim_p}{1-p}\right)\\ Fim_p\cdot p\cdot r & \left(\Sigma r\geqq\dfrac{Dim_p}{1-p}\right)\end{cases}$$

浸透域－直接流出域

$$r_{e,3}=\begin{cases}0 & r<fc\\ (1-Fim_p)\cdot(1-q)\cdot(r-fc) & r\geqq fc\end{cases}$$

浸透域－凹地貯留域

$$r_{e,4}=\begin{cases}0 & \left(r<fc\text{ または }d_{p,n}<\dfrac{Dp}{1-q}\right)\\ (1-Fim_p)\cdot q\cdot(r-fc) & \left(r\geqq fc\text{ かつ }d_{p,n}\geqq\dfrac{Dp}{1-q}\right)\end{cases}$$

ただし，

$d_{p,n}$：時刻 n における凹地貯留残量

さらに，$d_{p,n}$ については任意の時刻 n で

$$d_{p,n}=\begin{cases}d_{p,n-1} & \left(d_{p,n-1}\geqq\dfrac{Dp}{1-q}\text{ かつ }r\geqq fc\right)\\ d_{p,n-1}+(r-fc)\cdot\triangle t & \left(d_{p,n-1}>\dfrac{Dp}{1-q}\text{ かつ }r\geqq fc\right)\end{cases}$$

と書き表すことができる。よってこの排水区全体の有効降雨は

$$r_e=r_{e,1}+r_{e,2}+r_{e,3}+r_{e,4}$$

となる。

2.2.2 RRL法（Road Research Laboratory Method）

（修正RRL法（Modified Road Research Laboratory Method））

RRL法は，雨水排除のための下水管渠設計モデルとして英国で開発されたモデルである。

本法の利点として

1）流出記録がない流域での流出推定が可能である

2）流出現象を比較的よくフォローしており，他流域への適用が容易にできる

3）都市域の流出特性をふまえたモデルである

があげられる。

本法を適用するためには，排水区における幾つかの物理点な特性量を評価しておく必要があり

イ）不浸透面積率

ロ）等到達時間域別面積（満管流速を用いる）

ハ）懸案地点（流量を求めようとする地点）での貯留量～流出量曲線

などの量がその代表的なものである。

1）不浸透面積率の算定

不浸透面積率の算定が重要なのは，それによって有効降雨量の大半が決められるからである。

不浸透面積率とは，排水面積に対する不浸透面積の割合であり，下水道が整備された地域では，

不浸透面積＝屋根面積＋舗装道路面積＋舗装駐車場面積＋その他

と考えられる。「その他」の内容としては，公園とか，学校の校庭のうち舗装されている部分の面積があるが，これらの地域が必ずしも下水管に直結している地域とは限らないので，場合によっては不浸透面積から除外してもよい。

不浸透面積率の測定方法は幾つか提案されており，実用化もされている。対象とする排水区の航空写真に二つの乱数r1,r2の組合せ（r1,r2）を適当な場所を原点としてプロットしていき，全プロット数に対する不浸透域落下プロット数の割合をもって不浸透面積とする方法は，数枚の乱数プロット板を用意しておけば簡単に行えるので優れた方法といえよう。このほかに，航空写真から不浸透域（あるいは浸透域）のみ抜き出して色塗りし，その面積と排水区の面積とを比較するといった方法や工種別面積から不浸透面積を割り出し，排水面積と比較するといった方法がある。

2）等到達時間域別面積図

排水区域の下水管渠配管図（管長，勾配，管径を記した平面図）から，満管流速を使って各マンホール間の流下時間を求める。

一般に到達時間（流達時間）は，

到達時間＝流入時間＋流下時間

で表わされるが，流入時間を無視して到達時間＝流下時間と仮定して等到達時間域図を作成してシミュレーションを行ってもよい結果が得られる場合が多い。

このような方法によって図２－３a）に示す等到達時間域図を作成し，各々の時間帯の面積を求めることができる。

次に，図２－３b）に示す有効ハイエトグラフから図２－３c）のインフローハイドログラフを求めればよい。

３）貯留量－流出量曲線

ＲＲＬ法による貯留は，下水管きょ内貯留のみを対象としており，貯留量と流出量の関係を求めるのに幾つかの方法が提案されている。

イ）実測から求める方法

図２－４に示すような実測値が得られたとき，降雨終了後の適当な時間が経過した時点（t_1）では，流入量iが０になっている。貯留量Ｓと流出量Ｑとを表す関係は，

連続式 $i-Q=\dfrac{dS}{dt}$ （2.2.1）

運動出 $S=KQ^p$（K，p：定数） （2.2.2）

であるが，図２－４の時刻t_1以降では$i=0$であるから流出終了時点t_2までの流出量の総和は時刻t_1における貯留量S_1に等しい。すなわち，

$$S_1=\int_{t_1}^{t_2} Q\cdot dt \quad (2.2.3)$$

となり，多くの実測値から（S_1，Q_1）のデータをプロットしていけば，式（2.2.2）の定数K，pを決定することができる。

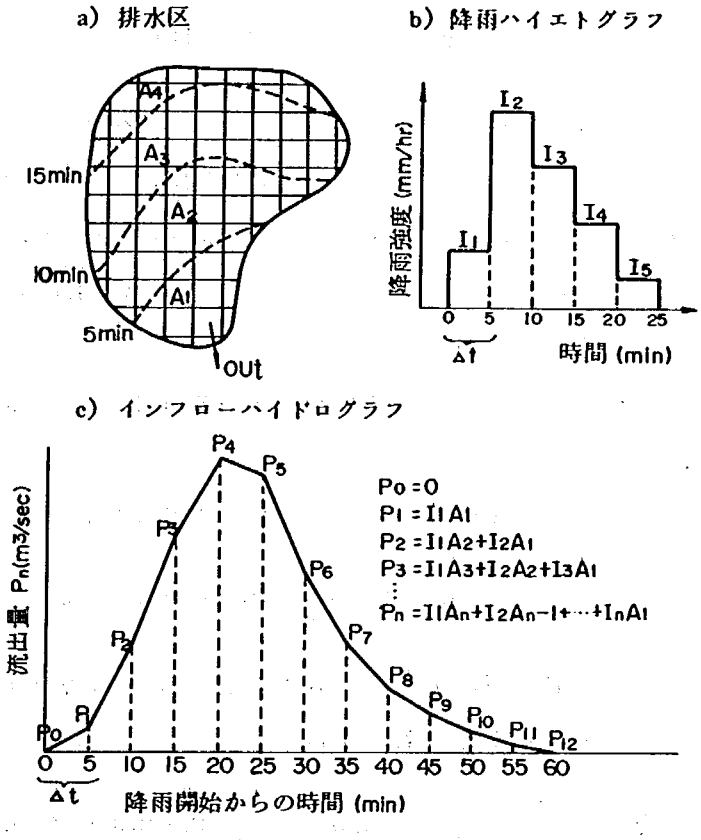


図２－３ インフローハイドログラフの算出

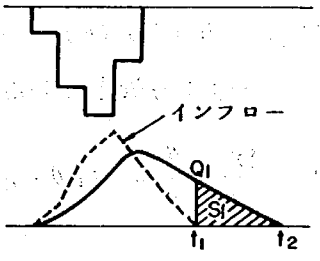


図２－４ 貯留と流出の測定法

ロ）下水管きょ配管図から推定する方法

この方法には，等水深比仮定による方法と等流仮定による方法の二つがある。

等水深比仮定とは，懸案地点の管径Ｄに対する水深Ｈの比率Ｈ／Ｄがすべての管きょについても当てはまるとするものであり，

$$S=\sum_{i=1}^{u}\frac{Di^2}{4}\left(\frac{\theta}{2}-\sin\theta\cdot\cos\theta\right)\cdot\ell i\ (m^3) \qquad (2.2.4)$$

ただし，　Di：管径（m）

ℓi：管径Diの管きょの管きょ表（m）

θ：$\cos\theta=1-2H/Di$

によって貯留量に求めることができる。この場合，懸案地点での流量はH～Q曲線より求まるので，幾つかのH／Dに対してS－Qの関係を求めていけば係数K，pを求めることができる。

等流仮定とは，修正ＲＲＬ法で提案されたもので，懸案地点で例えば１㎜／hr の流量が流れていたときは，流域内のどこの管きょも１㎜／hr の流量が流れているとするものである。

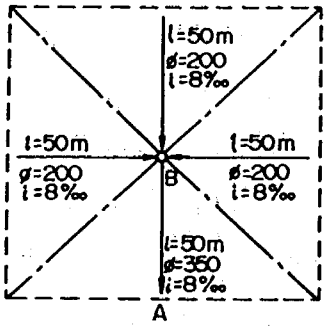


図２－５　仮想排水区の特性

理解を助けるために図２－５のような１ha の排水区を例にとって説明する。

いまA地点に１０㎜／hr の流量が流れていたとすると，

$$Q_A=\frac{1}{360}\times 10\times 1=\frac{1}{36}\fallingdotseq 0.0278\ (m^3/s)$$

このときB地点に流入する３本の管きょにも各々10㎜／hrの流量が流れているから各管きょは，

$$Q_B=\frac{1}{360}\times 10\times 0.25=\frac{1}{144}\fallingdotseq 0.0069\ (m^3/s)$$

の流量が流れていることになる。これに対応する水深および水深化は，

$H_{350}=0.112\ (m)$　　$\therefore H_{350}/D_{350}=0.32$

$H_{250}=0.070\ (m)$　　$\therefore H_{250}/D_{250}=0.35$

である。一般に各管きょの貯留量S（m^3）は，

$$S=\frac{D^2}{4}\left(\frac{\theta}{2}-\sin\theta\cdot\cos\theta\right)\cdot\ell\ (m^3)\ (2.2.5)$$

ただし，　$\cos\theta=1-2\dfrac{H}{D}$

D：管径（m）

ℓ：管長（m）

H：水深（m）

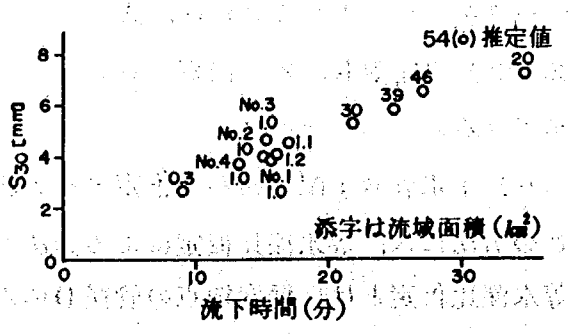


図２－６　流下時間と貯留量S_{30}

で与えられるから，Q＝10㎜／hr のときの図２－５の排水区の貯留量S_{10}は$0.94\ m^3\fallingdotseq 0.1$㎜となる。

また，Q＝30㎜／hrのときの流量に対応する時留量S_{30}と流下時間の関係は図２－６に示すような特性が認められている。

〔例　題〕

表２－１に示すような降雨データを使用して，ＲＲＬ法による流出計算の具体例を示そう。ただし，排水面積２６.７５ha，不浸透面積率４５％とする。

解

まず配管図を用意し，満管流として流下時間を計算する。

$$T=\sum_{i=1}^{u} ti=\sum_{i=1}^{u}\frac{\ell i\cdot n}{Ri^{2/3}\ Ii^{1/2}}$$

T：流下時間（sec）

ti：i番目の管内流下時間（sec）

ℓ：i番目の管長（m）

n：Manningの粗度係数（≒0.015）

Ri：i番目の管の径深（m）

Ii：i番目の管勾配

円径管の場合，$R=\frac{\pi D^2}{4}/\pi D=D/4$となり，矩形管の場合は９割水深を用いて計算を行う。

この排水区では勾配が急峻であるので，管内に入った雨水は５分以内に流下してしまうことになる。

図2－1　降雨－流量データ

S51. 10. 20

時　分	R（mm／5分）	Q（m^3／S）	時　分	R（mm／5分）	Q（m^3／sec）
5　00			8　20	0	0.016
5			5	0	0.016
10			30	0	0.016
15	3時5分		5	0	0.016
20	降雨開始		40	0	0.016
5			5	0	0.016
30	5時50分迄に		50	0	0.012
5	0.5mm		5	0	0.012
40			9　00	0	0.012
5		0.005	5	0	0.012
50	0.1	0.008	10	0	0.008
5	0.2	0.016	5	0	0.008
6　00	0.2	0.040	20	0	0.008
5	0.2	0.048	5		
10	0.3	0.064	30		
5	0.5	0.080	5		
20	0.5	0.096	40		
5	0.3	0.104	5		
30	0.2	0.112	50		
5	0.5	0.104	5		
40	0.5	0.112	00		
5	0.5	0.136	5		
50	0.5	0.144	10		
5	0.5	0.168	5		
7　00	0.8	0.152	20		
5	0.7	0.176	5		
10	0.5	0.192	30		
5	0.3	0.200	5		
20	0.3	0.160	40		
5	0.2	0.104	5		
30	0.2	0.096	50		
5	0.2	0.064	5		
40	0.2	0.064	00		
5	0.1	0.060	5		
50	0	0.060	10		
5	0	0.060	5		
8　00	0	0.060	20		
5	0	0.040	5		
10	0	0.024	30		
5	0	0.016	5		

次にS～Q曲線の算定であるが，ここでは図２－６に示した図より，流下時間５分としてS_{30}≒１㎜を得る。下水道整備地域では式（2.2.2）のpは0.7で近似できることからK＝0.０９が得られ，S＝0.０９・$Q^{0.7}$と表わされる。

インフローハイドログラフの作成は $r_e = Imp \cdot r$ より有効雨量 r_e を求め，次に任意時刻nの流入量 in （㎜／hr）は，

$$in = r_{e,n} \cdot a_1 + r_{e,n-1} \cdot a_2 + r_{e,n-2} \cdot a_3$$

a_1：降雨観測時間間隔の到達時間内の面積と全面積の比率（たとえば，５分間隔で雨量を測定していたら到達時間が５分以内の面積を全面積で割ったもの）

a_2：a_1 を例にすると到達時間が１０分以内の面積を全面積で割ったもの

a_3：同様に到達時間が１５分以内の面積を全面積で割ったもの

$r_{e,n}$：時刻nの有効降雨強度（㎜／hr）

によって求められる。

本排水区の場合には，降雨は５分間隔であり，しかも流下時間も５分以内である。しかし，その条件で計算を行った結果，降雨の影響を強く受けピークの出現が早かったため，下記の様に流入時間を考慮して再計算を行った。

各流入時間別の面積比率を

４分	１４％	８分	１４％
５分	１４％	９分	１４％
６分	１４％	１０分	１４％
７分	１６％		

としたときの等到達時間域別面積を計算した。

	１　分 A_1＝3.44 ha	２　分 A_2＝8.95 ha	３　分 A_3＝8.76 ha	４　分 A_4＝5.60 ha	計 ha
５分	0.４８				0.４８
６	0.４８	1.２５			
７	0.４８	1.２５	1.２３		
８	0.５５	1.２５	1.２３	0.７８	16.３５
９	0.４８	1.４３	1.２３	0.７８	
１０	0.４８	1.２５	1.４０	0.７８	
１１	0.４８	1.２５	1.２３	0.９０	
１２		1.２５	1.２３	0.７８	
１３			1.２３	0.７８	9.９２
１４				0.７８	
					26.７５

流入量，流出量および貯留量との関係は，いわゆる貯留方程式で表わされる。

$$\frac{dS}{dt} = I - Q$$

計算ステップを△ｔとすると

$$\frac{Sn - Sn-1}{\triangle t} = \frac{in + in-1}{2} - \frac{Qn + Qn-1}{2}$$

$$in - in-1 = \left(Qn + \frac{2}{\triangle t} Sn\right) - \left(Qn-1 - \frac{2}{\triangle t} Sn-1\right)$$

になるが，ＳｎがＱｎの関数であるので（Ｓ＝ＫＱＰ）簡単には計算できない。そこでＱｎ：$\left(Qn + \frac{2}{\triangle t} Sn\right)$ の関係を前もって計算しておく。それから$Q_0 = 0$，$S_0 = 0$とし，inは既値であるので順次計算する。計算条件は，△ｔ＝5分，$S = 0.09Q^{0.7}$とし，$\frac{2}{\triangle t} S = \frac{2}{5} \times 60 \times 0.09 Q^{0.7} = 2.16 Q^{0.7}$　$a_1 = 0.48 / 26.75 \times 12 = 0.215$，$a_2 = 16.35 / 26.75 \times 12 = 7.335$，$a_3 = 9.92 / 26.75 \times 12 = 4.450$である。

計算方法は，$\left(Qn + \frac{2}{\triangle t} Sn\right)$の項を求め，図２－７のＱｎ：$Qn + \frac{2}{\triangle t} Sn$のグラフよりＱｎが求まる。計算結果を表２－２，図２－８に示す。

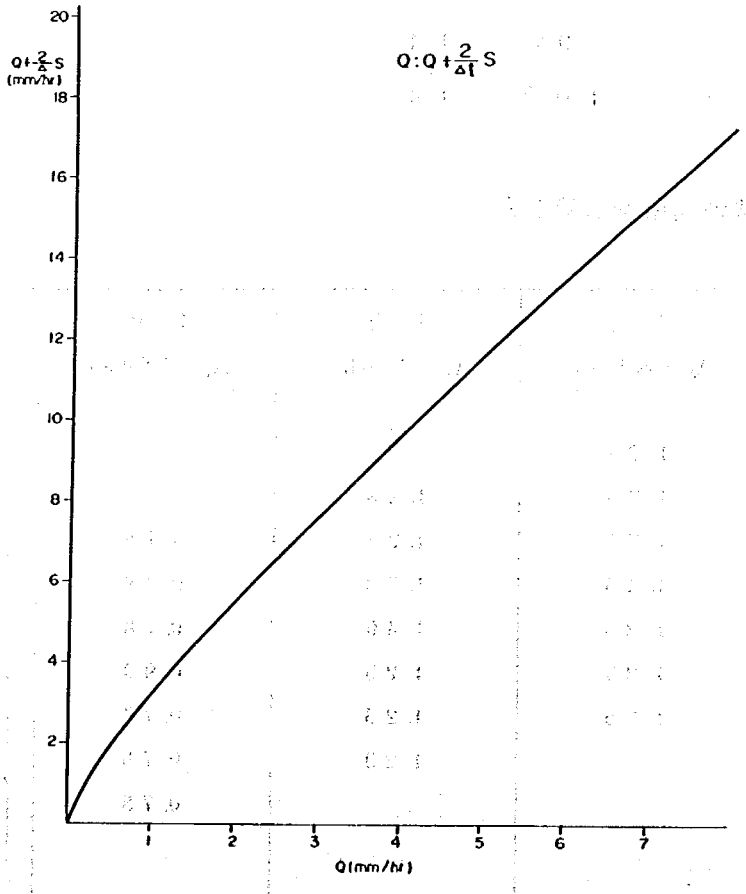


図２－７　Ｑ：$Q + \frac{2}{\triangle t}$ Ｓの曲線

表2－2　　計　　算　　表

時　間	有効降雨 ㎜／5分	a_1（5分以内） 0.215	a_2（10分以内） 7.335	a_3（15分以内） 4.450	in	$in + in-1$	$Qn+\frac{2}{\Delta t} Sn$	$\frac{2}{\Delta t} Sn$	Qn	
									㎜／hr	m^3／sec
5：45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0.045	0.010	0	0	0.010	0.010	0.010	0.010	0	
55	0.091	0.020	0.330	0	0.3 0	0.360	0.370	0.290	0.08	0.005
6：00	0.091	0.020	0.667	0.200	0.887	1.237	1.447	1.097	0.35	0.026
5	0.091	0.020	0.667	0.405	1.092	1.979	2.726	1.916	0.81	0.060
10	0.136	0.029	0.667	0.405	1.101	2.193	3.299	2.259	1.04	0.077
15	0.227	0.049	0.998	0.405	1.452	2.553	3.772	2.532	1.24	0.092
20	0.227	0.049	1.665	0.605	2.319	3.771	5.063	3.263	1.80	0.134
25	0.136	0.029	1.665	1.010	2.704	5.023	6.486	4.036	2.45	0.182
30	0.091	0.020	0.998	1.010	2.028	4.732	6.318	3.928	2.39	0.178
35	0.227	0.049	0.667	0.605	1.321	3.349	4.887	3.117	1.71	0.127
40	0.227	0.049	1.665	0.405	2.119	3.440	4.907	3.227	1.68	0.125
45	0.227	0.049	1.665	1.010	2.724	4.843	6.390	3.980	2.41	0.179
50	0.227	0.049	1.665	1.010	2.724	5.448	7.018	4.308	2.71	0.201
55	0.227	0.049	1.665	1.010	2.724	5.448	7.046	4.316	2.73	0.202
7：00	0.363	0.078	1.665	1.010	2.753	5.477	7.033	4.313	2.72	0.202
5	0.318	0.068	2.663	1.010	3.741	6.494	8.087	4.877	3.21	0.239
10	0.227	0.049	2.333	0.615	3.997	7.738	9.405	5.535	3.87	0.288
15	0.136	0.029	1.665	0.415	3.109	7.106	8.771	5.221	3.55	0.264
20	0.136	0.029	0.998	1.010	2.307	5.416	7.087	4.347	2.74	0.204
25	0.091	0.020	0.998	0.605	1.623	3.930	5.537	3.507	2.03	0.151
30	0.091	0.020	0.667	0.605	1.292	2.915	4.392	2.892	1.50	0.111
35	0.091	0.020	0.667	0.405	1.092	2.384	3.776	2.546	1.23	0.091
40	0.091	0.020	0.667	0.405	1.092	2.184	3.500	2.370	1.13	0.084
45	0.045	0.010	0.667	0.405	1.082	2.174	3.414	2.324	1.09	0.081
50			0.330	0.405	0.735	1.817	3.051	2.101	0.95	0.071
55				0.200	0.200	0.935	2.086	1.526	0.56	0.042
8：00					0	0.200	1.166	0.896	0.27	0.020
5						0	0.626	0.486	0.14	0.010
10							0.346	0.276	0.07	0.005
							0.206	0.166	0.04	0.003
							0.126	0.106	0.02	0.001
							0.086		0	

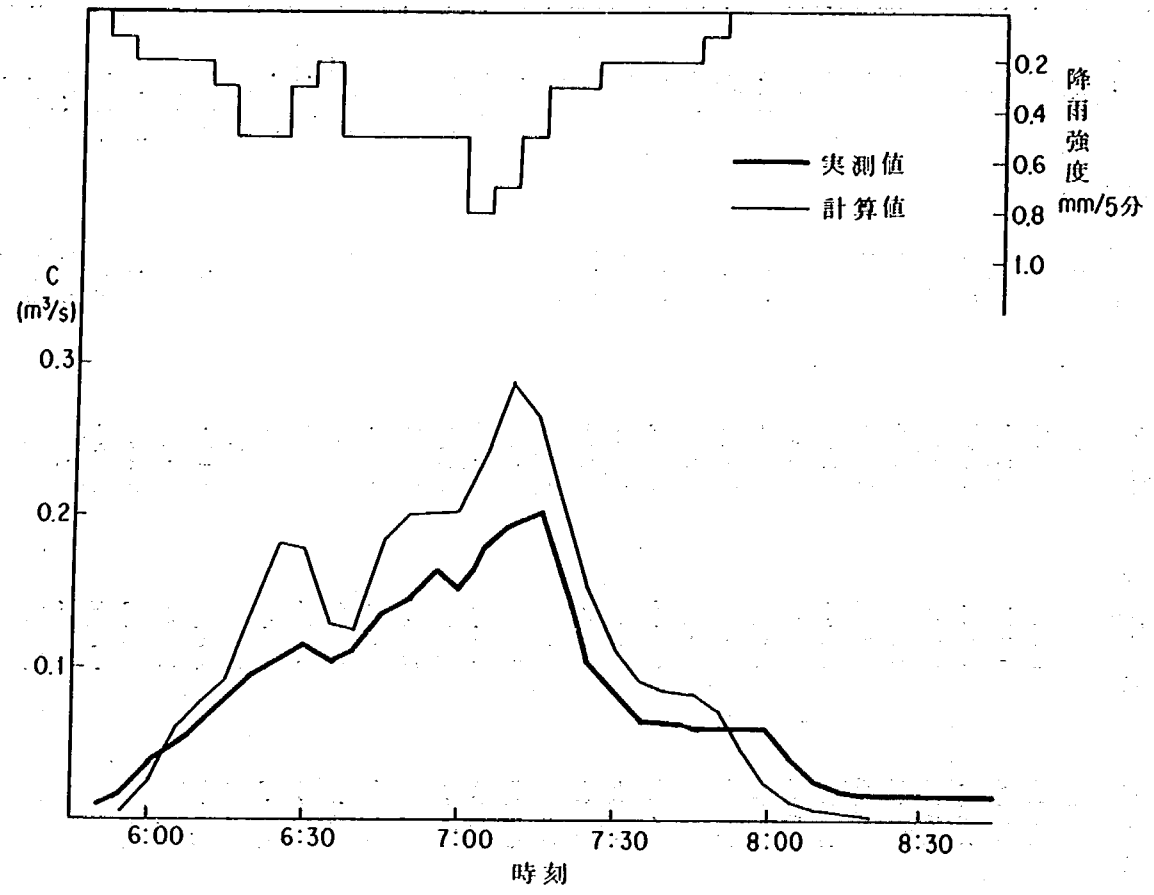


図２－８　ＲＲＬ法による計算結果

さらにいくつかの区域における流出計算例を示しておく。モデル定数は次の通りである。

共通
- 不浸透域凹地貯留能　2.0㎜　同面積率５０％
- 浸透域凹地貯留能　6.0㎜　〃　５０％
- 浸透能（一定）　１０.０㎜／hr

	A_5	A_{10}	A_{15}	A_{20}	A_{25}	A_{30}	A_{35}	S～Q	Imp.
Sapporo	5.5	7.3	11.5	9.9	4.1	4.3	1.7	$S=0.60Q^{0.7}$	0.34
Nagoya	11.0	18.2	7.9	2.4	-	-	-	$S=0.37Q^{0.7}$	0.66
Kyoto	31.5	17.2	26.3	18.6	28.1	22.5	4.3	$S=0.70Q^{0.7}$	0.77
Kobe	14.1	3.1	-	-	-	-	-	$S=0.23Q^{0.7}$	0.71

ただし，Ａｉ は到達時間ｉ分以内でｉ－５分以上区域の面積（ha）

Toyohashi の場合には，２０㎜／hr 以上の流出量のときは，はん濫が生じている可能性があり，２つのＳ～Ｑ関係のケースを用いた。すなわち

- ケース１　$S=0.39Q^{0.7}$
- ケース２　$S=0.39Q^{0.7}$　（$Q \leqq 20$㎜／hr）
  　　$S=1.305Q-22.925$　（$Q>20$㎜／hr）

であり，ケース２のときは図２－９のようにＱ＝２０㎜／hrのところでＳ～Ｑ曲線を折り曲げ

ている。ＲＲＬ法における貯留は本来ならば管渠内の動的貯留のみを対象としたものであるが，Ｓ～Ｑ曲線を折り曲げた場合には一部の地表面貯留も考慮することとなる。これは管渠内の流れの状態にかかわらず計算されたインフローハイドロが無条件に貯留量Ｓに加算される仕組になっているからであり，一定の貯留量あるいは流出量になってから以降のインフローは貯留量の増加には寄与するが貯留高の上昇には寄与し難いタンクを想定する必要がある。すなわち，図２－１０に見られるようなタンクである。

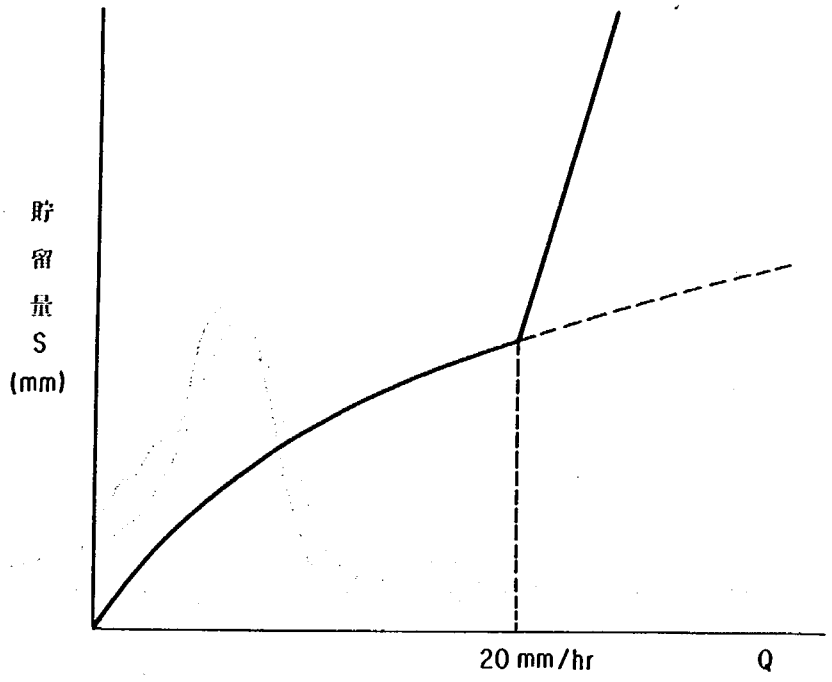


図２－９

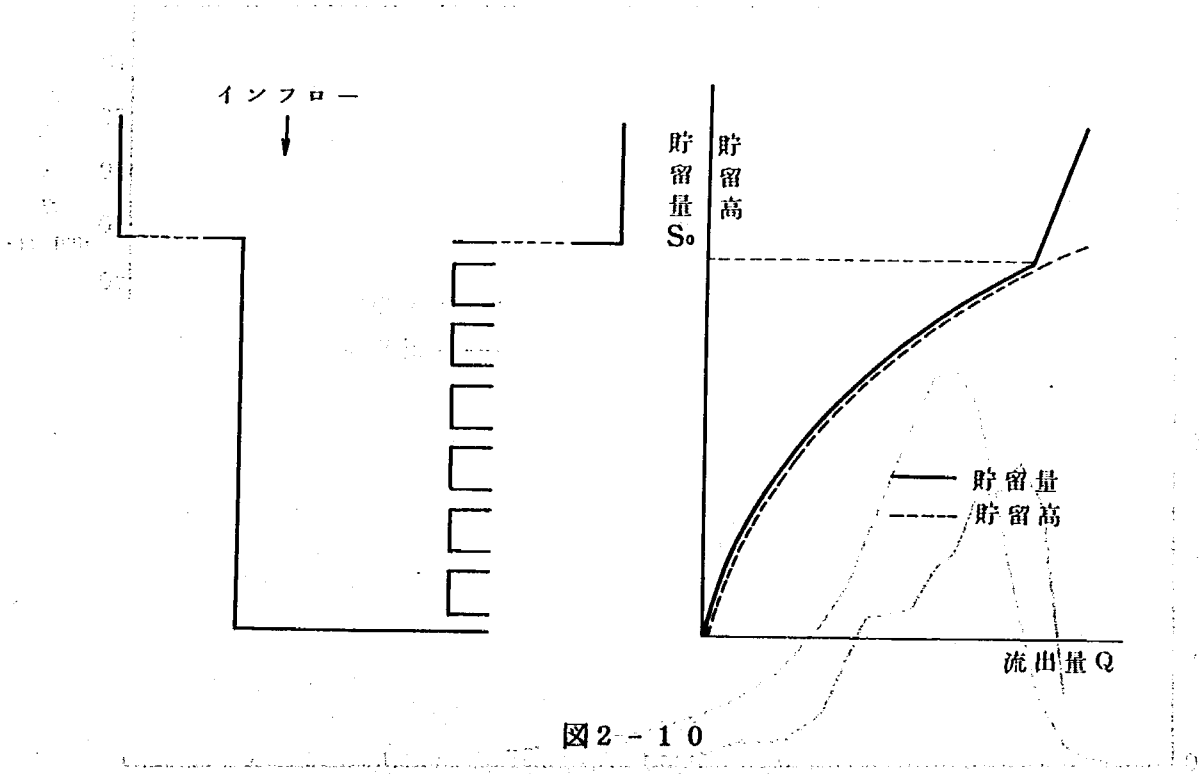


図２－１０

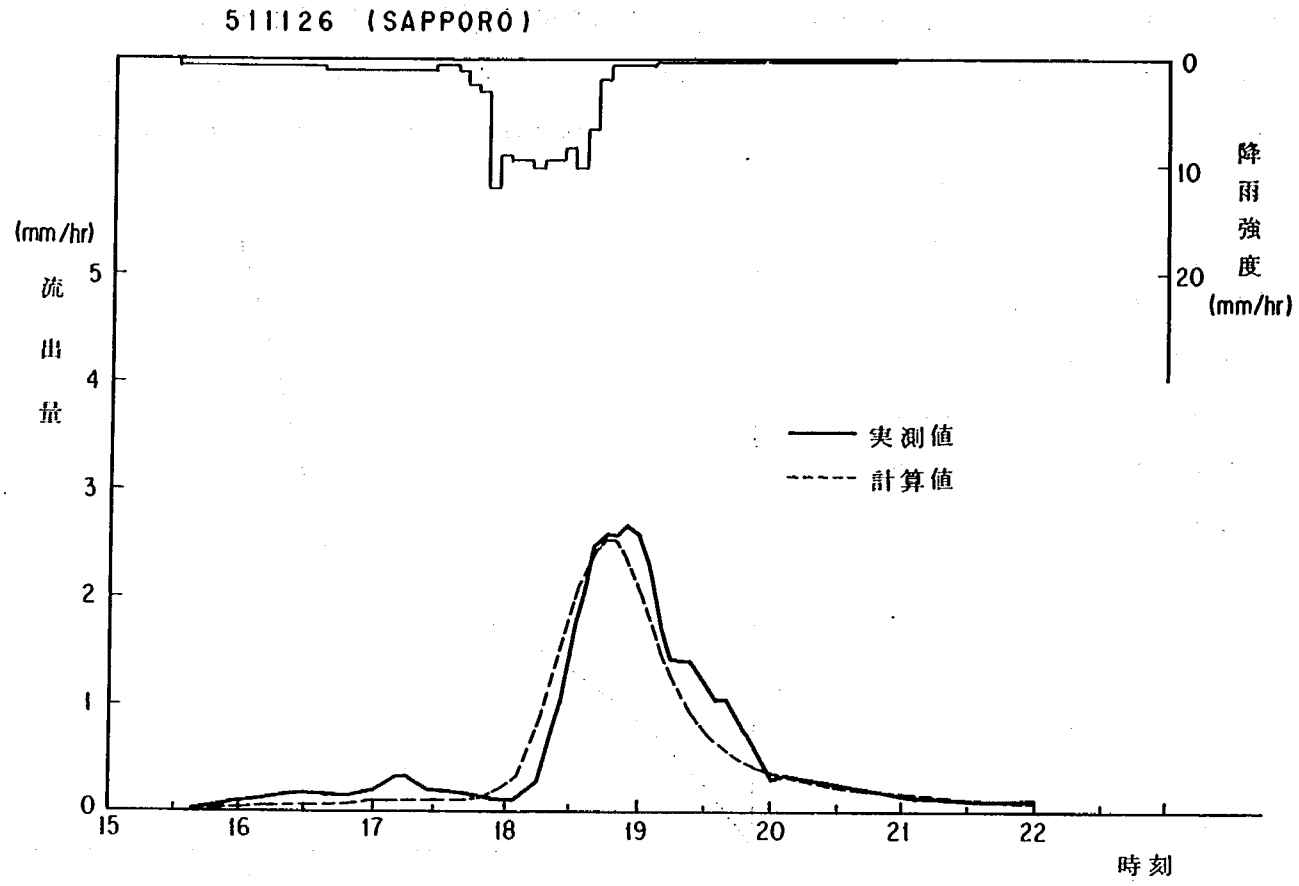

511126 (SAPPORO)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値
時刻

図 2 －11

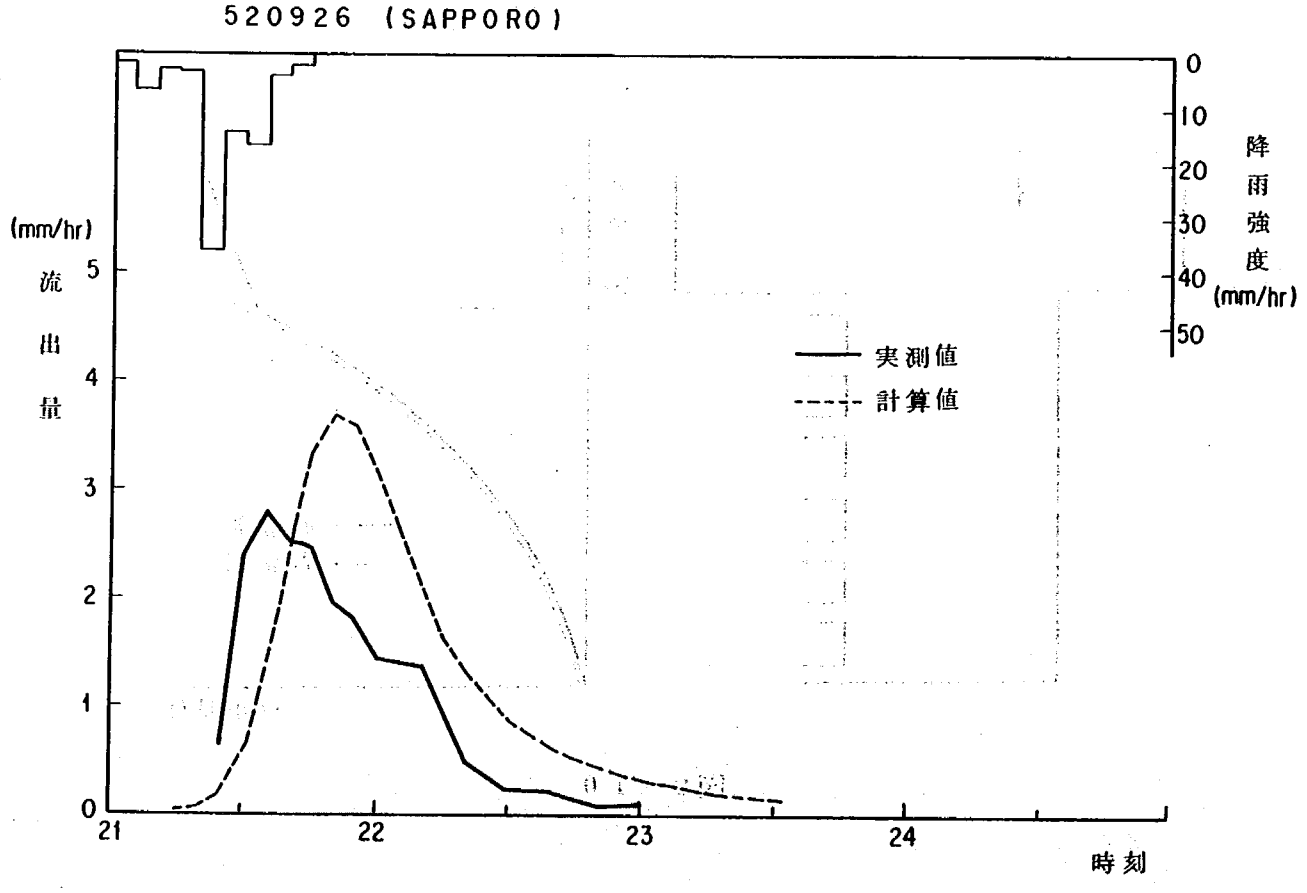

520926 (SAPPORO)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値
時刻

図 2 －12

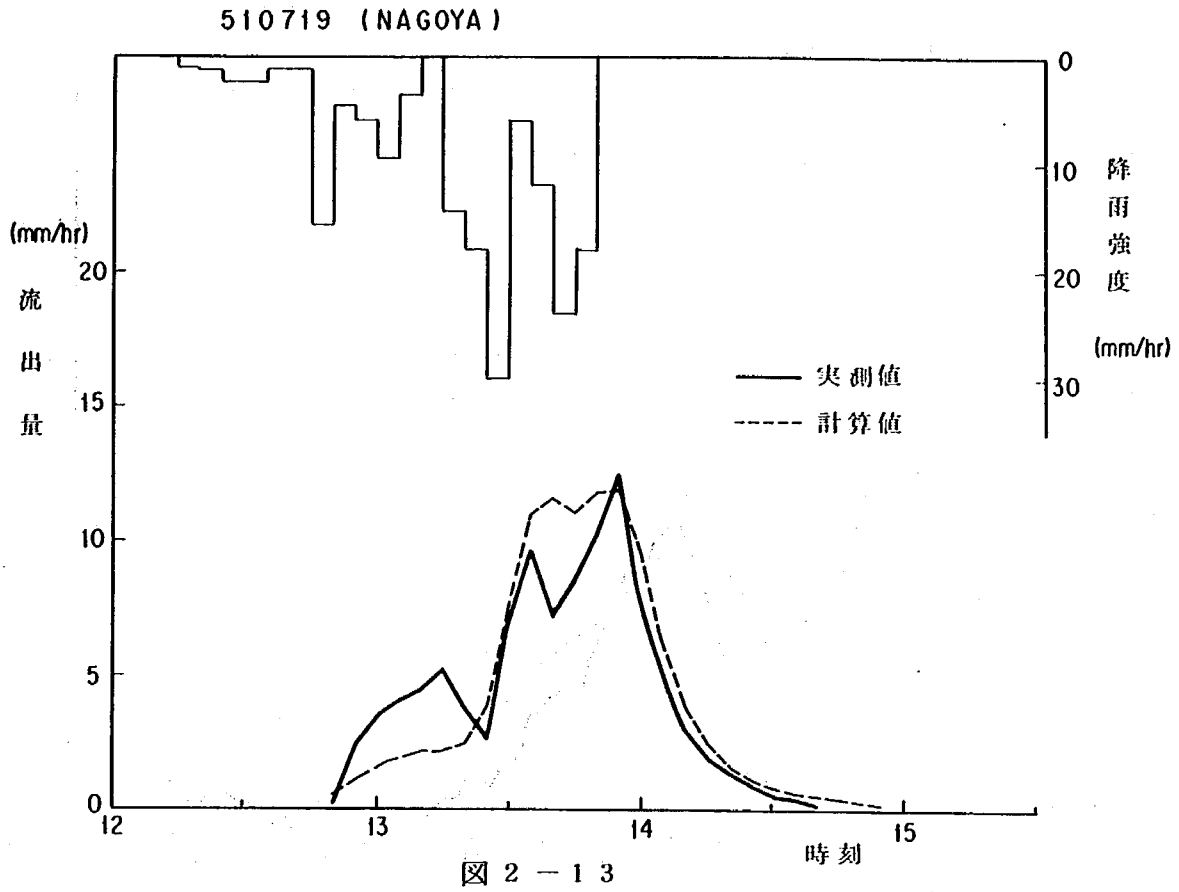

510719 (NAGOYA)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値
時刻

図 2 －1 3

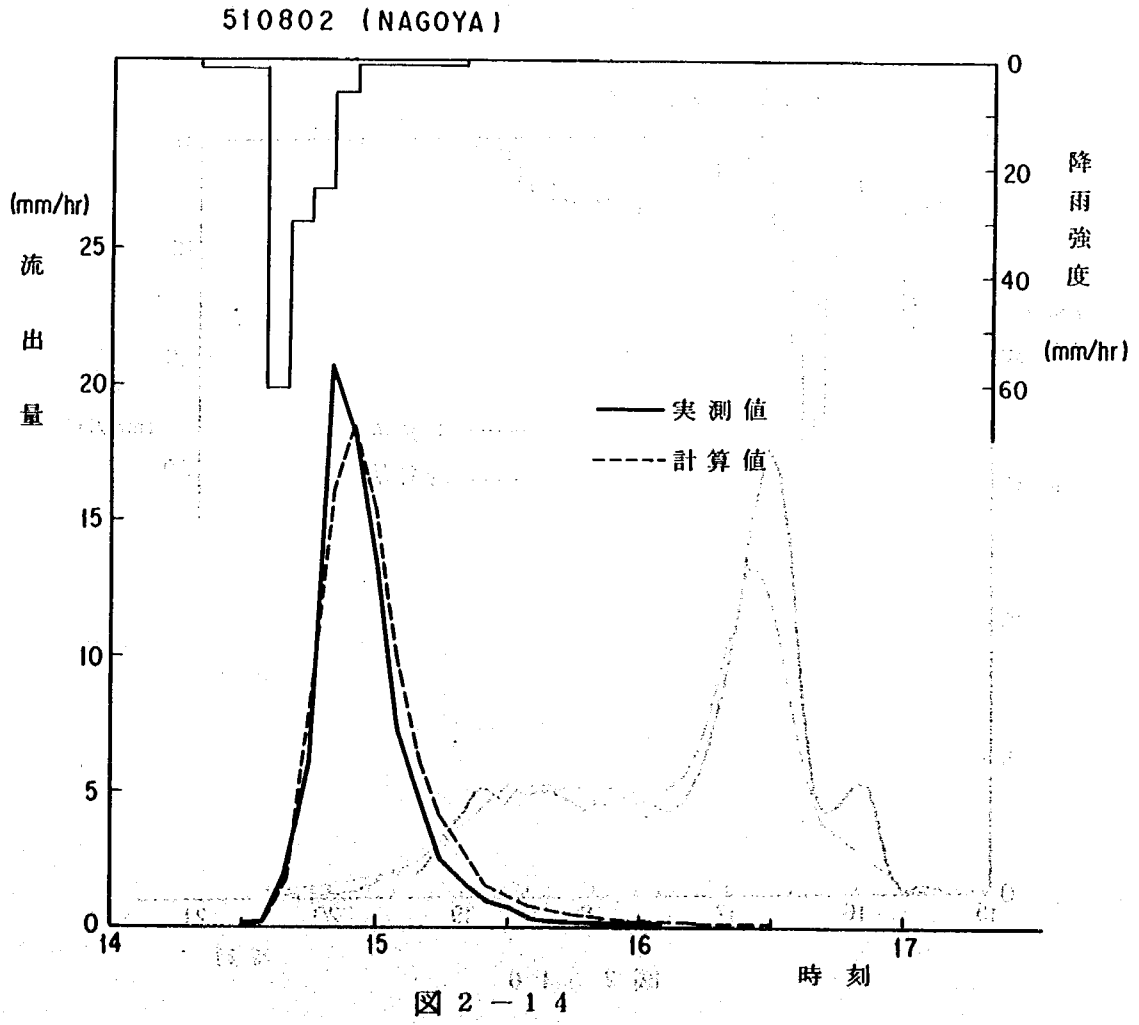

510802 (NAGOYA)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値
時刻

図 2 －1 4

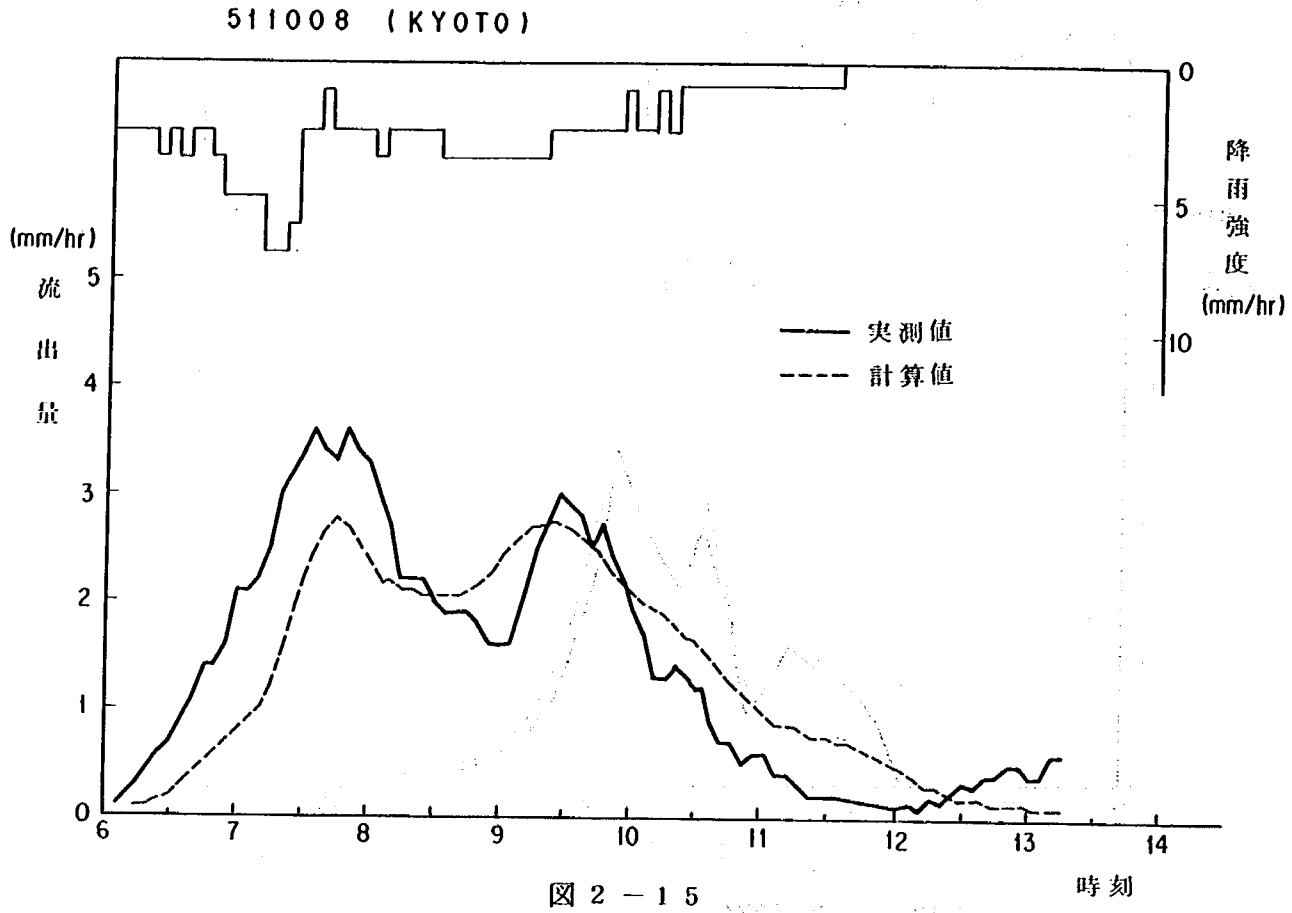

511008 (KYOTO)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値
時刻

図 2 － 1 5

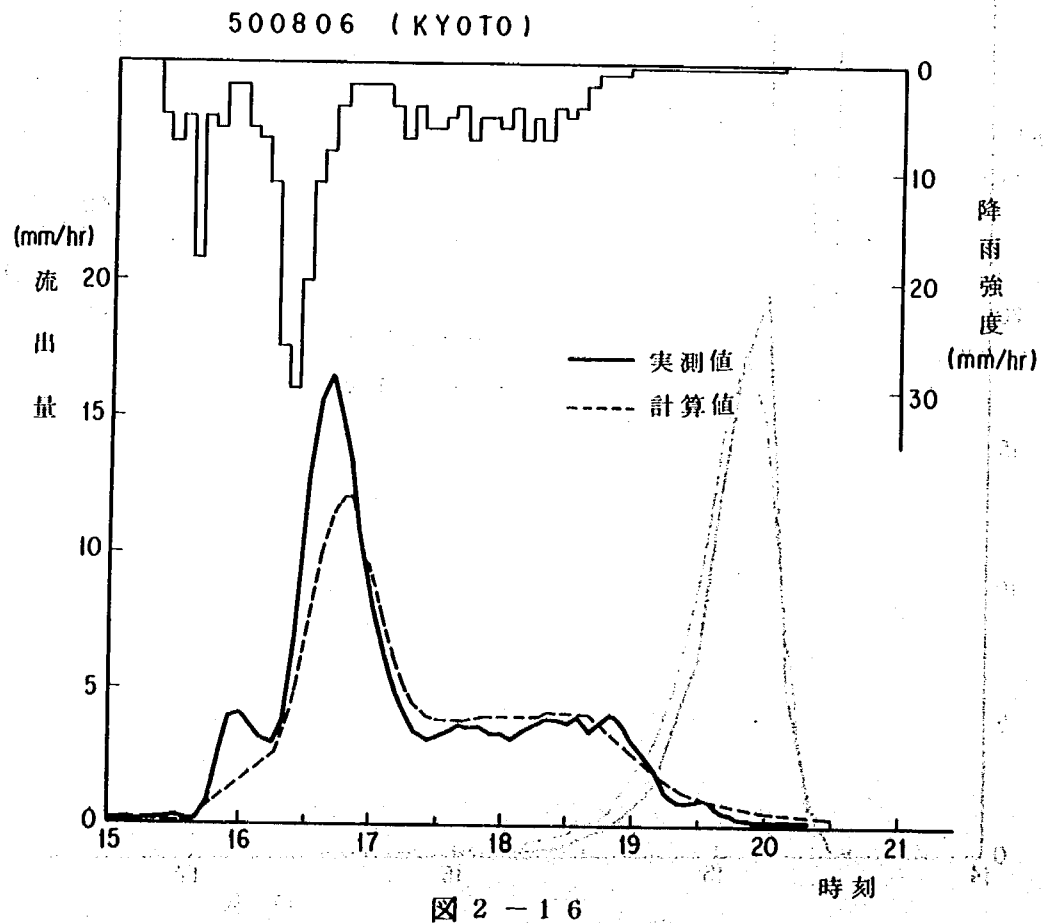

500806 (KYOTO)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値
時刻

図 2 － 1 6

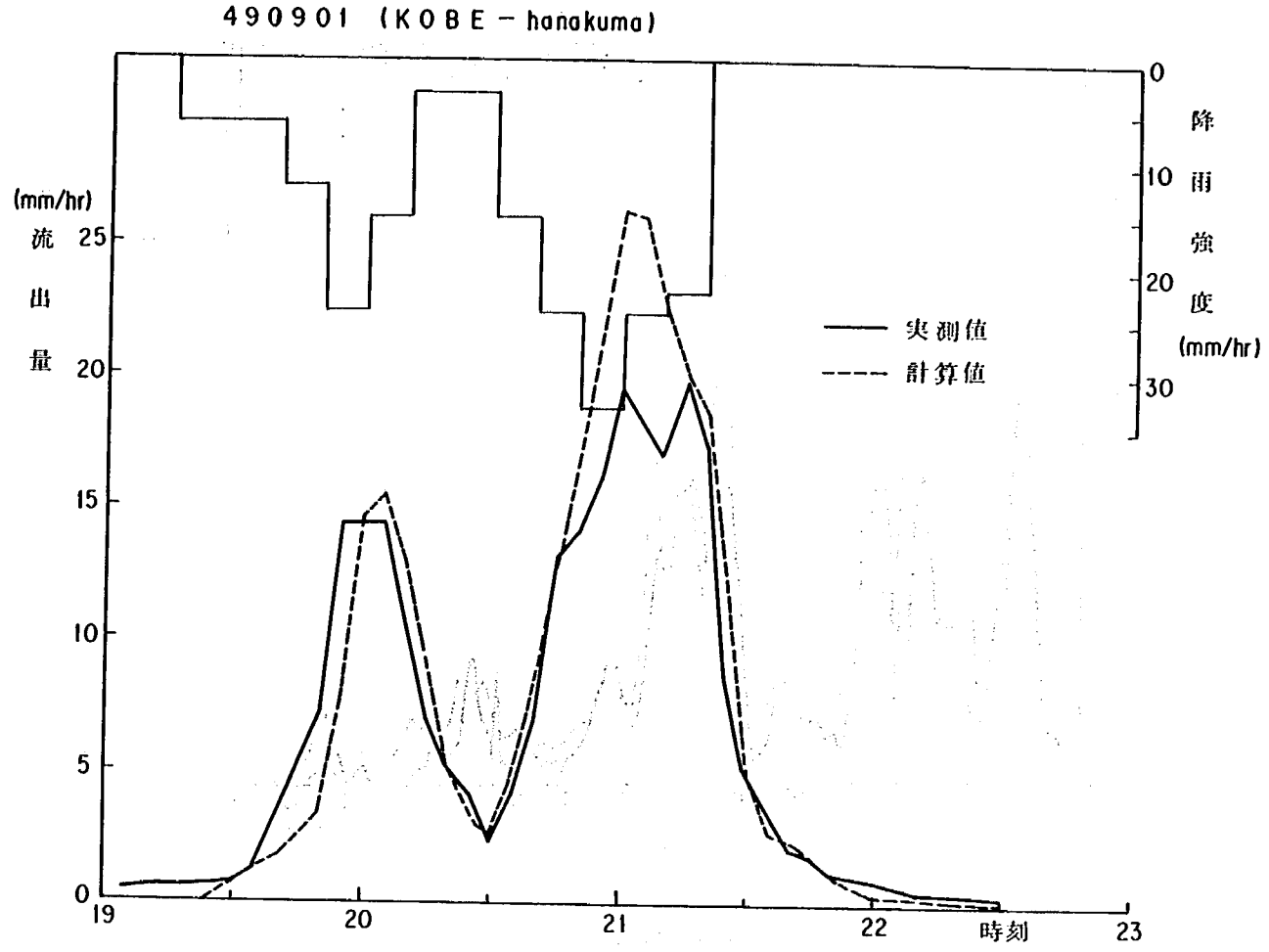

490901 (KOBE－hanakuma)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値
時刻

図 2 －1 7

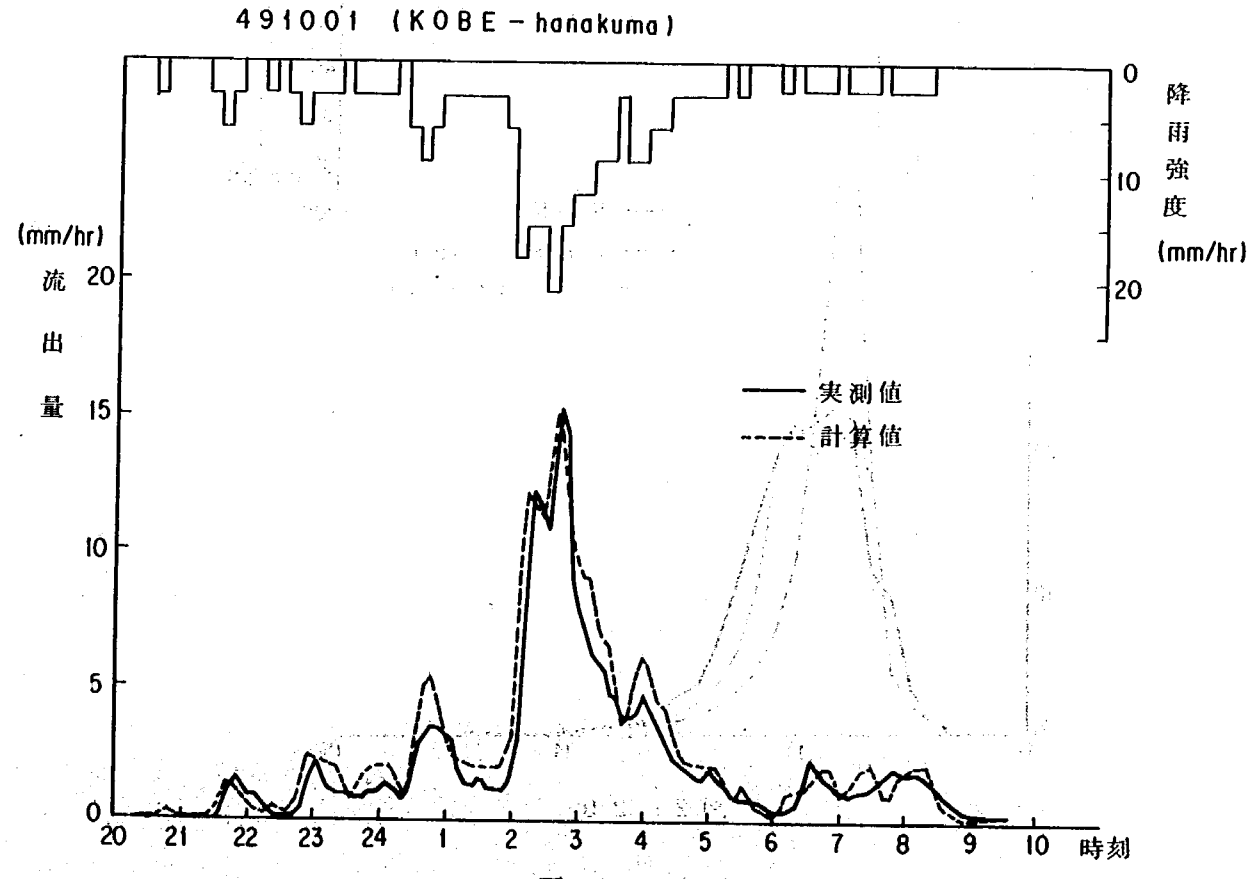

491001 (KOBE－hanakuma)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値
時刻

図 2 －1 8

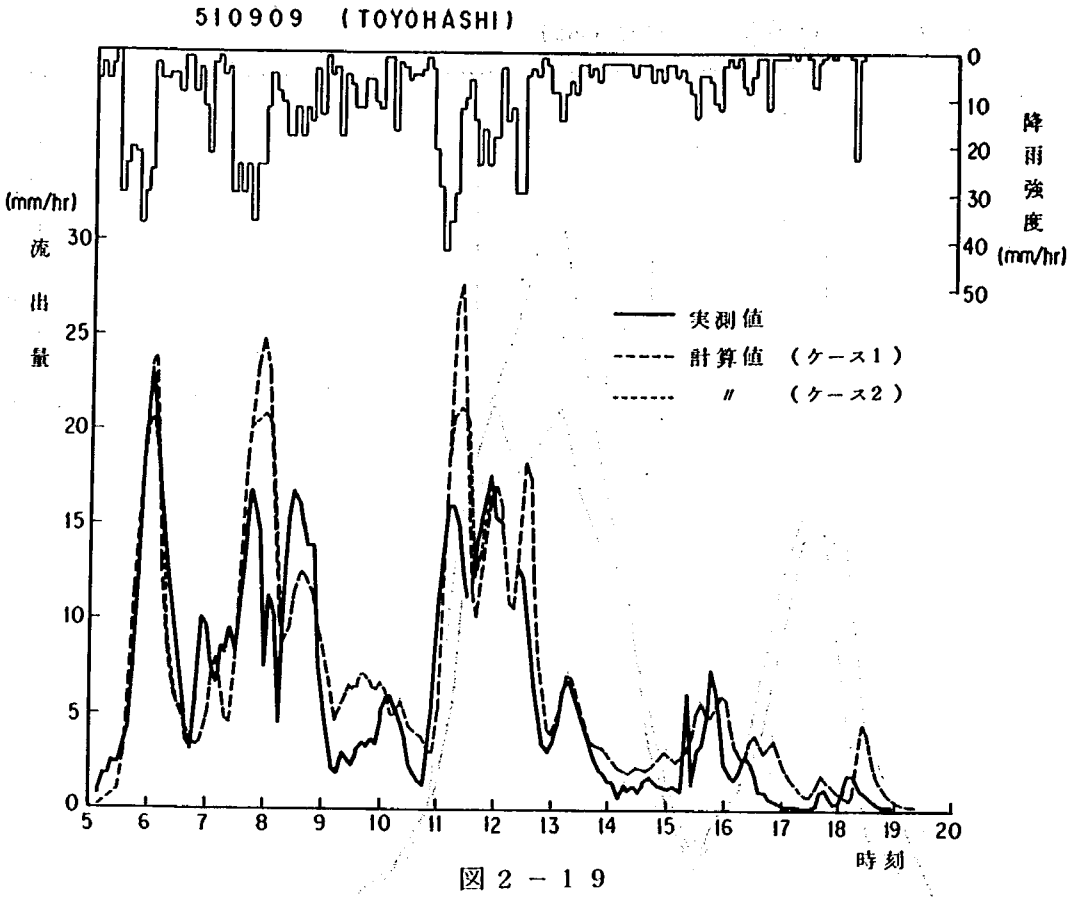

510909 (TOYOHASHI)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値 (ケース1)
〃 (ケース2)
時刻

図２－１９

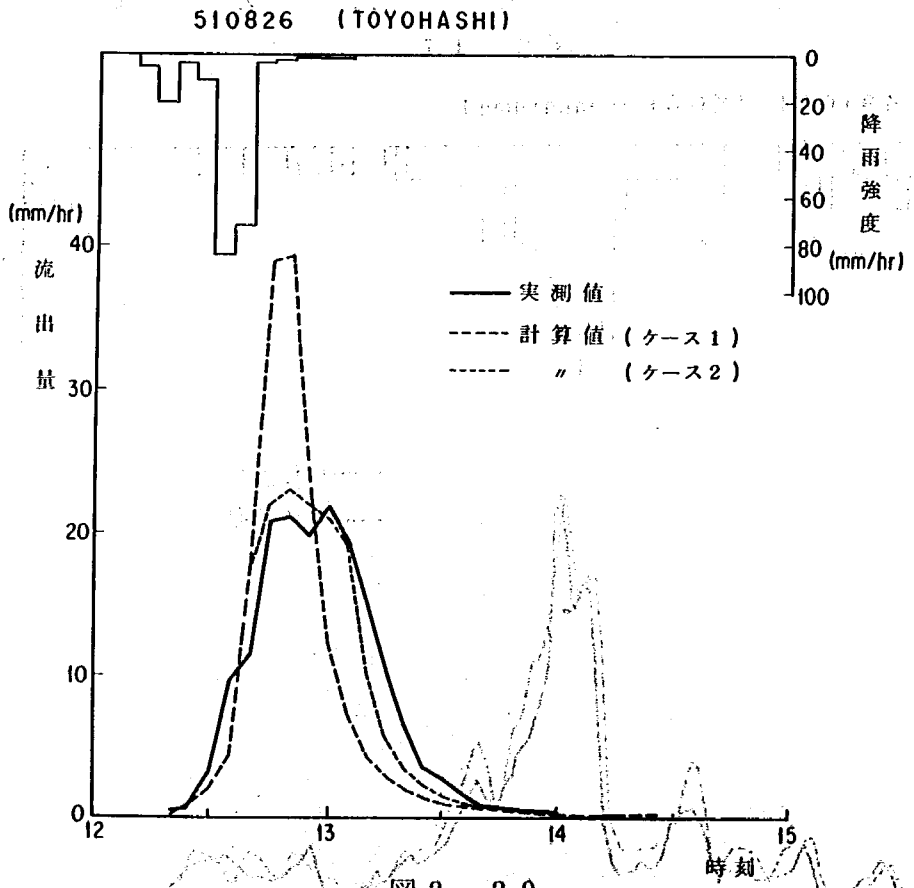

510826 (TOYOHASHI)
(mm/hr)
流出量
降雨強度
(mm/hr)
実測値
計算値 (ケース1)
〃 (ケース2)
時刻

図２－２０

貯留量－流出量曲線について

貯留量Sと流出量Qとの関係は2つの定数K，pによって決まるわけであるが，厳密にこれらの値を一義的に決定することは不可能である。Kidd＊によるとKとpとの最適組み合わせは降雨によって若干異なると言われている。図2－21は，横軸にK，縦軸にpをとり実測値と計算値の誤差の二乗和の平方根（単位：㎜／hr）の分布を示したものである。p値は統計的に0.68が最適とされているが，実用的には$p=0.7$として差し支えないであろう。

K値については，図2－6よりQ＝30㎜／hr のときの流下時間がわかればS_{30}が求まり

$$S_{30}=K.30^{0.7}$$

よりKを算出できる。K値について，Kidd（前出）は面積Area（㎡）を用いて経験的に

$$K=0.0166.Area^{0.358}$$

と表わされることを報告している。上式の関係はわが国の場合，指数項を変えないとすれば

$$K=0.035.Area^{0.358}$$

で近似できることになる。

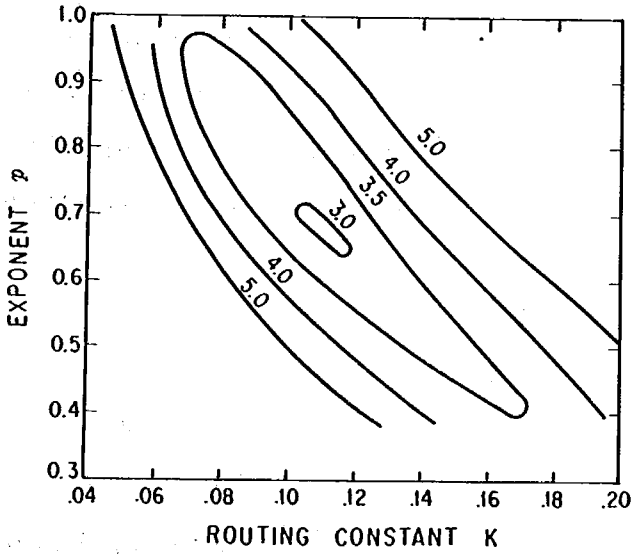


図2－21

＊C.H.R.Kidd：A Calibrated Model for the Simulation of the Inlet Hydrograph for Fully Sewered Catchments；Urban Storm Drainage，1978

2.2.3 特性曲線法

特性曲線と呼ばれる方法は，雨水流法（雨水流法とは，流出現象を雨水の流れの現象にほかならないとして，表面流出を等流，中間流出を飽和浸透流の基礎式で扱おうとする方法である）の一部であり，広義には表面流出と中間流出をあたかも表面流のみであるとして扱う方法をいう。一般には後者の狭義の扱いを意味することが多いので以下その線に沿って説明する。

（基礎式）

流域における雨水の流れは複雑であるが，取扱いを簡単にするため流域を支川の合流点や勾配の急変する点などを境にしていくつかのブロックに分割し，図2－22のように，各ブロックを河道とそれに流入する長方形状斜面よりなるものとみなす。これら斜面上及び河道の雨水流は，

下流水位条件に左右されることなく流下（Kinematic wave状に伝播）するものとすると，まず斜面上の流れの基礎式は次のように書ける。

斜面流

$$\left.\begin{aligned} &h = kq^p \\ &\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = \alpha \cdot re \end{aligned}\right\} \quad (2.2.6)$$

ここに，h：水深，q：斜面単位巾流量，k，p：定数，t：時間，x：距離，re：有効降雨強度，α：単位換算係数，reを㎜／hr，他をm-sec単位で表わすときは，$\alpha = (1/3.6) \times 10^{-6}$となる。

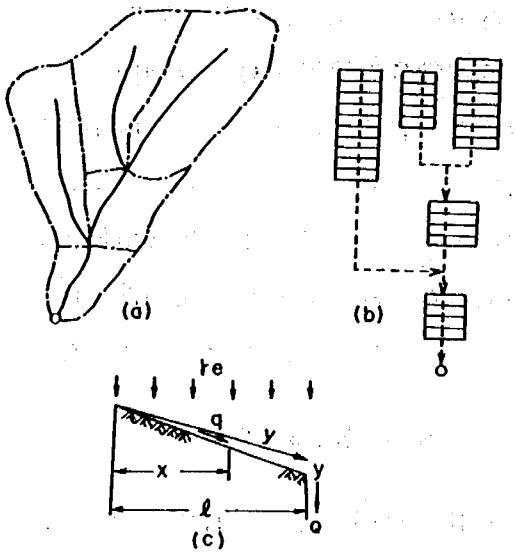


図２－２２　流域モデルと雨水流

河道流

$$\left.\begin{aligned} &A = K \cdot Q^p \\ &\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = I \end{aligned}\right\} \quad (2.2.7)$$

ここに，A：流水断面積，Q：流量，K，p：定数，I：河道単位長当り横流入量で左右両斜面下流端の斜面流量の和として与えられる。

（2.2.6），（2.2.7）式とも，上式は等流型の運動方程式，下式は不定流の連続式を表わしている。

たとえばManningの式を用い，粗度係数nの代りにN，径深R＝hとおくと，

$$q = h \cdot v = h^{5/3} \cdot \frac{1}{N} \cdot S^{1/2} \qquad (2.2.8)$$

$$\because h = \left(\frac{N}{\sqrt{S}}\right)^{\frac{3}{5}} \quad q^{\frac{3}{5}} = k \cdot q^p \qquad (2.2.9)$$

$$\text{ただし，} k = \left(\frac{N}{\sqrt{S}}\right)^p, \quad p = \frac{3}{5} \qquad (2.2.10)$$

ここで，v：平均流速，　S：斜面勾配

すなわち，（2.2.6）式の斜面定数k，pはManning型の流れを想定すると（2.2.10）式のような意味を持っていることがわかる。ただ（2.2.10）式のNはManningの粗度係数に相応する型式をとるが，流域を図２－２２に例示したように簡単化したモデルに置き換えていることから現実の水の流れに対する粗度係数とは異ったものになってしまっている。すなわち現実の

斜面で発生するであろう何本かの蛇行細流を斜面一様の薄層流に置き換えうるとした場合の粗度に相応しており，現実の流出解析では，下流端の計算ハイドログラフを実測のそれと等価にするような値を選ぶべきであるからこれを等価粗度と呼んでいる。

雨水流の追跡法

（2.2.6），（2.2.7）式を基礎にして雨水流を追跡するには2,3の方法があるが，特性曲線を利用するのが簡明であるため特性曲線法と呼ばれている。前述の説明でわかるようにこの方法の成否は等価粗度の選択に強く左右されることから等価粗度法とも呼ばれる。この他，雨水流がKinematic wave 状に伝播することを仮定していることからKinematic wave法，また（2.2.6），（2.2.7）式を総称して雨水流法とも呼ばれている。

特性曲線による数値計算

斜面流の基礎式

$$h = kq^p \qquad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = \alpha \cdot re \qquad (2.2.11)$$

の特性方程式を求めると，

$$\frac{dx}{1} = \frac{dt}{dh/dq} = \frac{dt}{pkq^{p-1}} = \frac{dq}{\alpha \cdot re} \qquad (2.2.12)$$

したがって特性曲線は，

$$\frac{dx}{dt} = \frac{q^{1-p}}{pk} \qquad (2.2.13)$$

と表わされ，この上で満足されるべき式は，

$$(\alpha \cdot re)\, dt = pkq^{p-1}\, dq \qquad (2.2.14)$$

$$(\alpha \cdot re)\, dx = dq \qquad (2.2.15)$$

となる。

（2.2.13）式は雨水流（波動）の伝播速度を表す。p＝1（Darcy型中間流に相当する）またはqが一定でない限り，伝播速度はqの変化に応じて変化するが，この曲線上で成立する（2.2.14）（2.2.15）式を同時に解くことにより定められる。

たとえば，時刻 ti に斜面頂上を出発する雨水流に対しては（2.2.14）式より，

$$\int_{ti}^{\tau} (\alpha \cdot re)\, dt = k \cdot q(\tau)^p$$

または，

$$q(\tau) = \left[\frac{1}{k}\int_{ti}^{\tau} (\alpha \cdot re)\, dt\right]^{1/p} \qquad (2.2.16)$$

これを（2.2.13）式に用いると，

$$x=\frac{1}{p\cdot k}\int_{ti}^{\tau}\left\{\frac{1}{k}\int_{ti}^{\tau}(\alpha\cdot re)\,dt\right\}^{\frac{1-p}{p}}d\tau \qquad (2.2.17)$$

これが特性曲線（積分曲線）の式で斜面頂よりの伝播距離を表している。（図２－２３）

斜面長をℓとして$x=\ell$になるときの時刻ts とそのときの流量q（ts）を求めると，これが片斜面から河道への時刻ts の流量を与えることになる。

河道流についても基礎式は同形であるから特性曲線表示も同形の特性微分方程式が求まる。

$$\frac{dx}{dt}=\frac{Q^{1-p}}{PK} \qquad (2.2.18)$$

特性曲線上で満足される式は，

$$I\quad dt=P\cdot KQ^{p-1}\,dQ \qquad (2.2.19)$$

$$I\quad dx=dQ$$

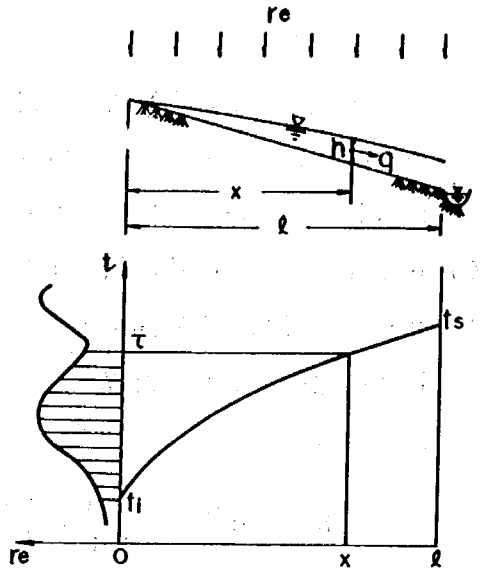


図２－２３ 特性曲線（x～t曲線）

実際の計算では，時々刻々に変化する有効降雨強度あるいは河道への流入量を用いて雨水流追跡を行うことは大変であるから，ある時間内ではこれらを一定とみなし，次のような手順で実用計算を行う。

斜　面　流

実用計算では△t時間の降雨強度re を一定とし，流量q及びその間の伝播距離△xを逐次求めていく。

re＝一定のとき，（2.2.14），（2.2.15）式を離散化すると，

$$(\alpha\cdot re)_j\Delta t=k\left(q_j^{\,p}-q_{j-1}^{\,p}\right)=h_j-h_{j-1}$$

$$(\alpha\cdot re)_j\Delta x_j=q_j-q_{j-1} \qquad (2.2.20)$$

または，

$$q_j=\left\{\frac{(\alpha\cdot re)}{k}\Delta t+q_{j-1}\right\}^{1/p}$$

$$=\left\{\frac{(\alpha\cdot re)_j\Delta t+h_{j-1}}{k}\right\}^{1/p}=\left(\frac{h_j}{k}\right)^{1/p}$$

$$\Delta x_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(\alpha\cdot re)_j} \qquad (2.2.21)$$

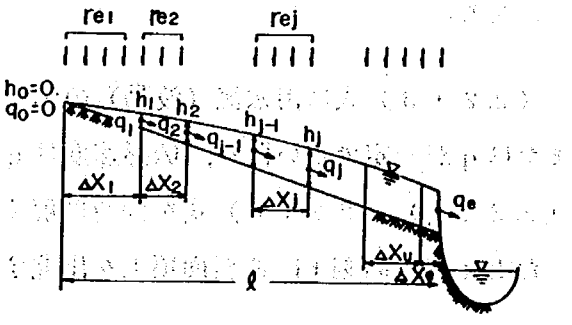


図２－２４ 斜面上の雨水流追跡法の説明図

ここに q_{j-1}, h_{j-1} は計算区間前流量，水深，q_j, h_j が△t 時間後の流量，水深，$\triangle x_j$ はその間の伝播距離を表している。（図２－２４）

$r_e = 0$，すなわち降雨休止の時間△t の間では流量は一定のまま流下するがその間の流下距離 $\triangle x_j$ は（2.2.1 3）式より，

$$\triangle x_j = \frac{q_j^{1-p}}{pk} \triangle t \qquad q_j = q_{j-1} \qquad (2.2.2\ 2)$$

ある任意の時刻 t_i に斜面頂上（$x = 0$，$q_0 = 0$）を出発した雨水流（特性曲線）は，

$$\Sigma \triangle x_j = \ell \qquad (2.2.2\ 3)$$

の条件が満足されたとき斜面下流端に到達したことになるが，△t を一定として追跡すると，

$$\sum_{j=1}^{u} \triangle x_j < \ell, \quad \sum_{j=1}^{u+1} \triangle x_j > \ell \qquad (2.2.2\ 4)$$

となるようなｕが存在することが多い。この場合には，

$$\triangle x_e = \ell - \sum_{j=1}^{u} \triangle x_j \qquad (2.2.2\ 5)$$

とおくとこの区間では $r_e \neq 0$ であれば（2.2.2 5）式より

$$\left.\begin{aligned} q_e &= q_{j-1} + (\alpha \cdot r_e)_j \triangle x_e \\ \triangle t_e &= \frac{k}{(\alpha \cdot r_e)_j} (q_e^p - q_{j-1}^p) \end{aligned}\right\} \quad (2.2.2\ 6)$$

ここに q_e：斜面下流端流量，$\triangle t_e$：最終区間伝播時間また $r_e = 0$ であれば（2.2.2 2）式より

$$\left.\begin{aligned} q_e &= q_{j-1} \\ \triangle t_e &= \frac{pk}{q_e^{1-p}} \triangle x_e \end{aligned}\right\} \quad (2.2.2\ 7)$$

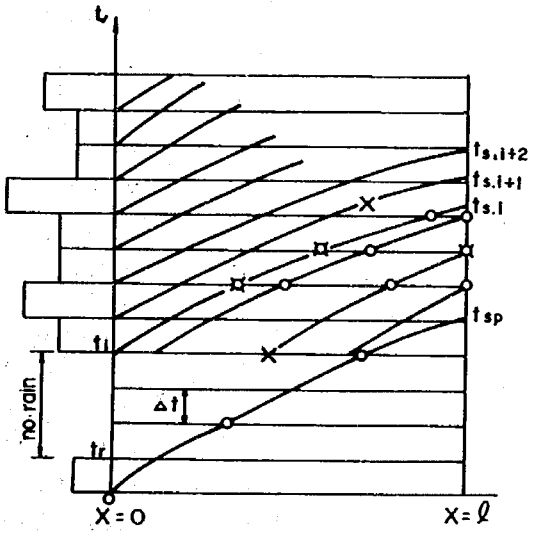
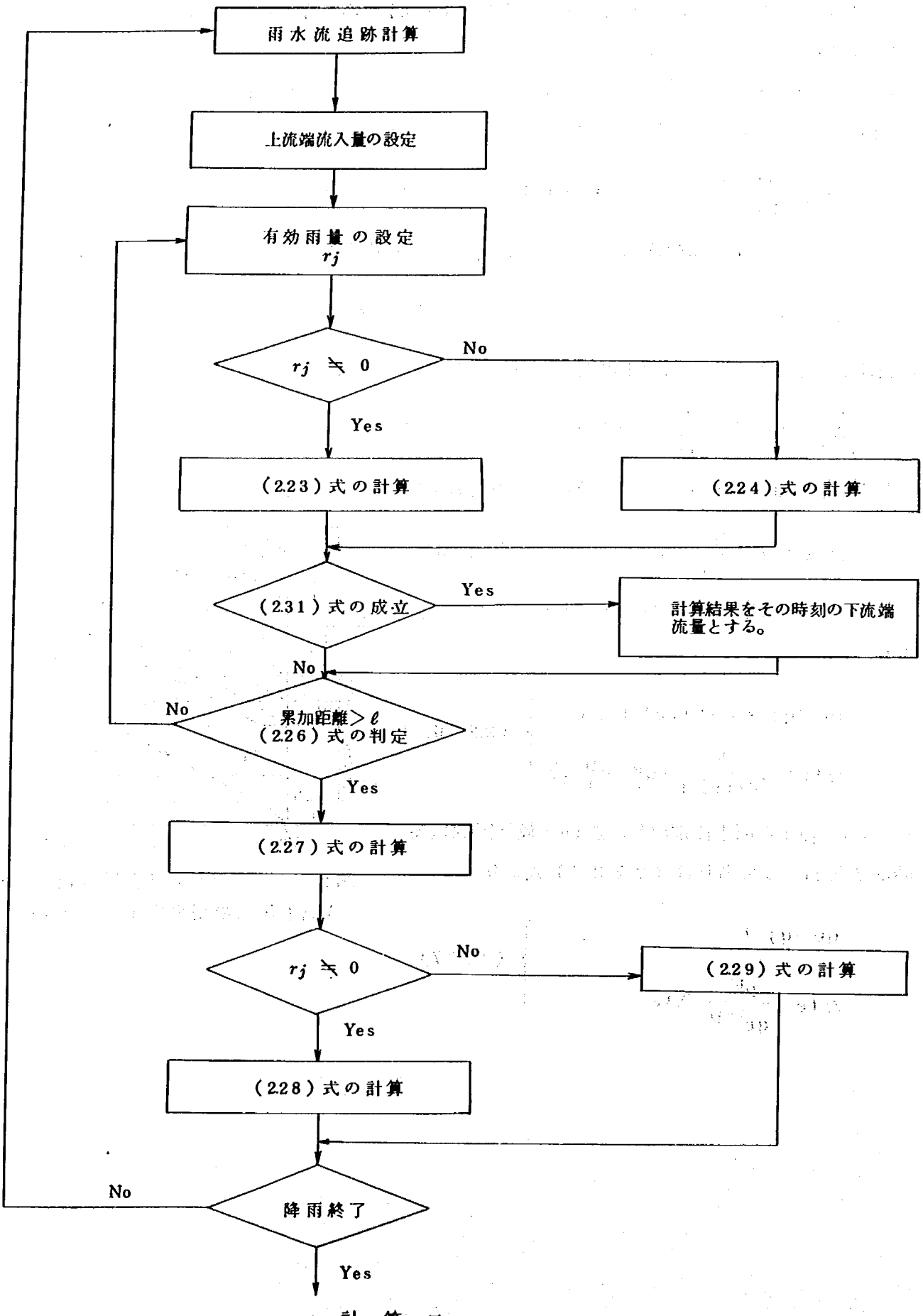


図２－２５　降雨休止時間（tr ～ ti）を含む場合の雨水流（特性曲線）


雨水流追跡計算
上流端流入量の設定
有効雨量の設定
rj
rj ≒ 0
No
Yes
(2.23)式の計算
(2.24)式の計算
(2.31)式の成立
Yes
計算結果をその時刻の下流端流量とする。
No
No
累加距離＞ℓ
(2.26)式の判定
Yes
(2.27)式の計算
rj ≒ 0
No
(2.29)式の計算
Yes
(2.28)式の計算
No
降雨終了
Yes

計　算　フ　ロ　ー

すなわち斜面下流端に到達する流量はqe であり，その時刻は次式で表わされることになる。

$$tsi = ti + u \cdot \triangle t + te \qquad (2.2.28)$$

斜面の途中から出発する雨水流は降雨休止時間を含む2山以上の降雨を対象とした場合に考えられる。この場合には前の降雨による雨水流が斜面上にどの程度残っているかの吟味が必要であるが，図2－25に示すように降雨休止時刻tr より△t時間前に斜面頂を出発した雨水流が下流端に到達する時刻をtsp，降雨再開時刻をti，この時刻に斜面頂を出発する雨水流が下流端に到達する時刻をtsi と書くと実用上は，

$$tsi > ti + n \cdot \triangle t > tsp \qquad (2.2.29)$$

を満足するようなn（＝0.1.2……）が存在する時，ti＋n△t 時刻の流量をそのまま下流端の流量とすればよい。

河　道　流

河道流の基礎式は斜面流のそれと全く同じであるから，河道流の追跡計算も斜面流のそれと変らない。ただ実際上考えておかなければならない問題として，流量の再配列と洪水波の追抜き（特性曲線の交差）の問題がある。

今回の流出計算では，一排水区を単一斜面と考えて，河道流は考慮していないので説明は省略する。

下水道排水区への適用

下水道排水区での特性曲線を適用する場合，排水区を単一斜面と仮定し，排水区面積は矩形で，斜面長は下水幹線延長と見なすことができる。

等価粗度の推定

特性曲線を用いて流出計算を行う場合，唯一の不確定要素となるものが等価粗度であるが，その反面等価粗度の値によって流出計算の成否が左右される。最近になって本法による計算例が数多くされており等価粗度の値が標準化されてきた。

表2－3にその標準的な値を示す。[5)]

また，Nの推定方法として斜面からの流出を考えた場合，その流達時間tc をEagleson は，

$$tc = \left(\frac{L \cdot re^{1-m}}{\alpha}\right)^{1/m} \qquad (2.2.30)$$

で与えている。ここで，L：力学的斜面長，re は有効降雨強度，$\alpha \cdot m$ は斜面上の水深yと単位

表2－3　土地利用形態と等価粗度Nの標準値

土地利用形態		等価粗度Nの標準値
水田		2
山林		0.7
丘陵，放牧地，公園，ゴルフ場，畑地		0.3
市街地		0.03
市街化度による細分類	区画割，道路整備ができるが，相当裸地面積が残る。排水路整備済。（1°）	0.1
	道路舗装がかなり進む。下水路整備不十分。（2°）	0.05
	舗装されるべき面積の50％以上が舗装され，下水路整備もほぼ十分。（3°）	0.01
	舗装されるべき面積の舗装。下水路整備完了。（4°）	0.005

巾流量qとの関係を

$$q = \alpha y^m \qquad (2.2.3\ 1)$$

としたときの係数である。

Manning 型の流れでは，斜面の力学的平均勾配をS，等価粗度をNとすれば，

$$\alpha = \frac{\sqrt{S}}{N} \qquad (2.2.3\ 2)$$

であるから，

$$tc = L^{1/m} \quad N^{1/m} \quad S^{-\frac{1}{2m}} \quad re^{1/m-1} \qquad (2.2.3\ 3)$$

を得る。mの値としてはManning型の流れでは$m = 5/3$であるから，

$$tc = \beta \left(\frac{L \cdot N}{\sqrt{S}}\right)^{\frac{3}{5}} \cdot re^{-\frac{2}{5}} \qquad (2.2.3\ 4)$$

ただし，L＝（m），N＝（$m^{-\frac{1}{3}}$sec），re＝（mm／hr）

$\beta = 6.988$（単位換算係数），　tc＝（分）

排水区の観測データを用い横軸に有効降雨強度re，縦軸に流達時間tcを両対数にプロットすると（図２－２６）参照。

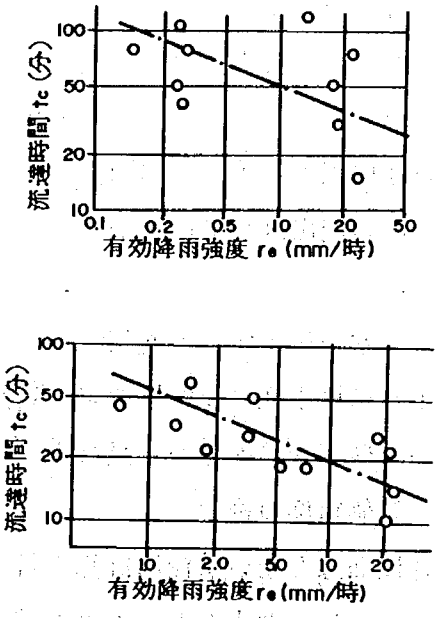


図２－２６　有効降雨強度と流達時間の関係

$$tc = C \cdot re^{-0.4} \qquad (2.2.3\ 5)$$

で表わされることが報告されている。

（2.7）式から，$C = \beta \left(\frac{L \cdot N}{\sqrt{S}}\right)^{\frac{3}{5}}$ となり，

$$N = \left(\frac{C}{\beta}\right)^{\frac{5}{3}} \cdot \frac{\sqrt{S}}{L} \qquad (2.2.3\ 6)$$

より等価粗度が推定できる。

例　題

次に示す降雨データを用いて，特性曲線法で流出計算をせよ。排水区面積は３９.５ha，不浸透面積率は６６％，幹線長は１３４２m，平均勾配は5.6‰，等価粗度Nは0.0026とする。

解　答　例

１）実測降雨より有効降雨の計算

re＝Fimp・r　　re　：有効降雨量

Fimp：不浸透面積率

r　：降雨量

降　雨　デ　ー　タ

時　　刻	降雨量(㎜/hr)	時　　刻	降雨量(㎜/hr)
18 : 00	0	18 : 35	7.5
5	0	40	6.0
10	0	45	3.0
15	3.0	50	3.0
20	3.0	55	0
25	2.5	19 : 00	0
30	2.5		

により△t時刻毎の有効降雨量を算出する。

2）等価粗度Nの推定

式（2.2.35）より

$$tc = C \cdot re^{-0.4}$$

の関係があり，図2－27より

$$tc = 60 \cdot re^{-0.4}$$

これを式(2.2.36)に代入すると，

$$N = \left(\frac{60}{\beta}\right)^{\frac{5}{3}} \cdot \frac{\sqrt{S}}{\ell}$$

$$= \left(\frac{60}{6.988}\right)^{\frac{5}{3}} \cdot \frac{\sqrt{0.0056}}{1342}$$

$$\fallingdotseq 0.0020$$

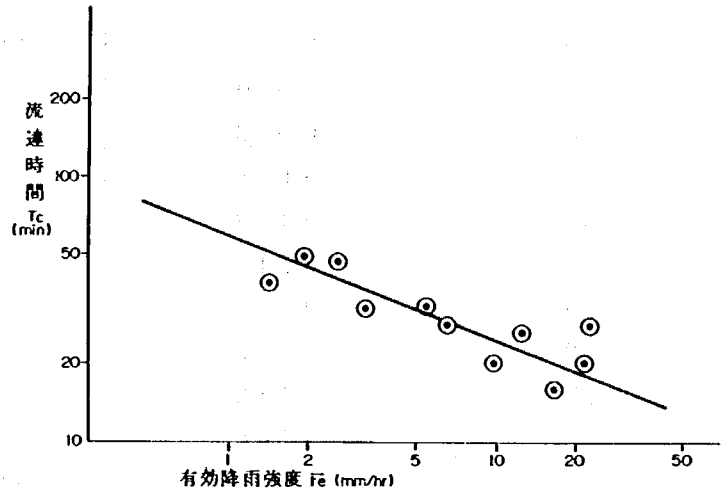


図2－27　有効降雨強度reと流達時間tcとの関係

と推定でき，この付近に実際のNが存在すると思われ，これよりトライアル計算を行う。

3）まず，初期条件として$q_0 = 0$，$h_0 = 0$とおき，（2.2.21）式，あるいは降雨が休止しているときは（2.2.22）式を用いて$\Sigma \triangle x_j$が斜面長ℓになる順次計算を行う。$\Sigma \triangle x_j = \ell$になることは極めて少ないので（2.2.25），（2.2.26）式により最終区間の距離，流量，時間を計算する。この計算は，まず$re,_1$からスタートし，斜面長ℓに到達したら次に$re,_2$からまた計算を繰返す。この時$q_1 = 0$，$h_1 = 0$とする。この計算を降雨終了まで行い，この時の流量に斜面巾b（面積（A）／斜面長（ℓ））をかければ流量m^3／secとなる。流量は，$re,_1$の計算ではbt 毎の流量を下流端に到達するまで採用し，$re,_2$以降は下流端に到達した時の時刻と流量を採用する。

また，計算したハイドログラフの立ち上りを早め，ピークを高くしたい場合には，等価粗度Nを小さくすればよい。逆に立ち上りを遅く，ピークを抑えようとするならばNを大きくすればよい。

本題においてN＝0.0026とした場合の結果を表2－4，図2－28に示す。また他の排水区での結果を図2－29，30に示す。なお，表2－4の作成のための途中の計算結果を表2－5～表2－12に示してあるので参照されたい。

表2－4　計　算　結　果

実測値		計算値	
時　間	流　量 m^3／sec	時　間	流　量 m^3／sec
18時10分	0	18時10分	
18	0.010	15	0.0042
30	0.033	20	0.0134
42	0.076	25	0.0239
54	0.123	30	0.0367
19：00	0.215	35	0.0873
6	0.197	40	0.1394
12	0.149	45	0.1690
18	0.113	50	0.2009
24	0.086	55	0.2009
30	0.055	19：00	0.2009
35	0.045	00.3	0.2009
		05.3	0.1690
		11.6	0.1394
		15.6	0.1165
		20.7	0.0953
		41.4	0.0424

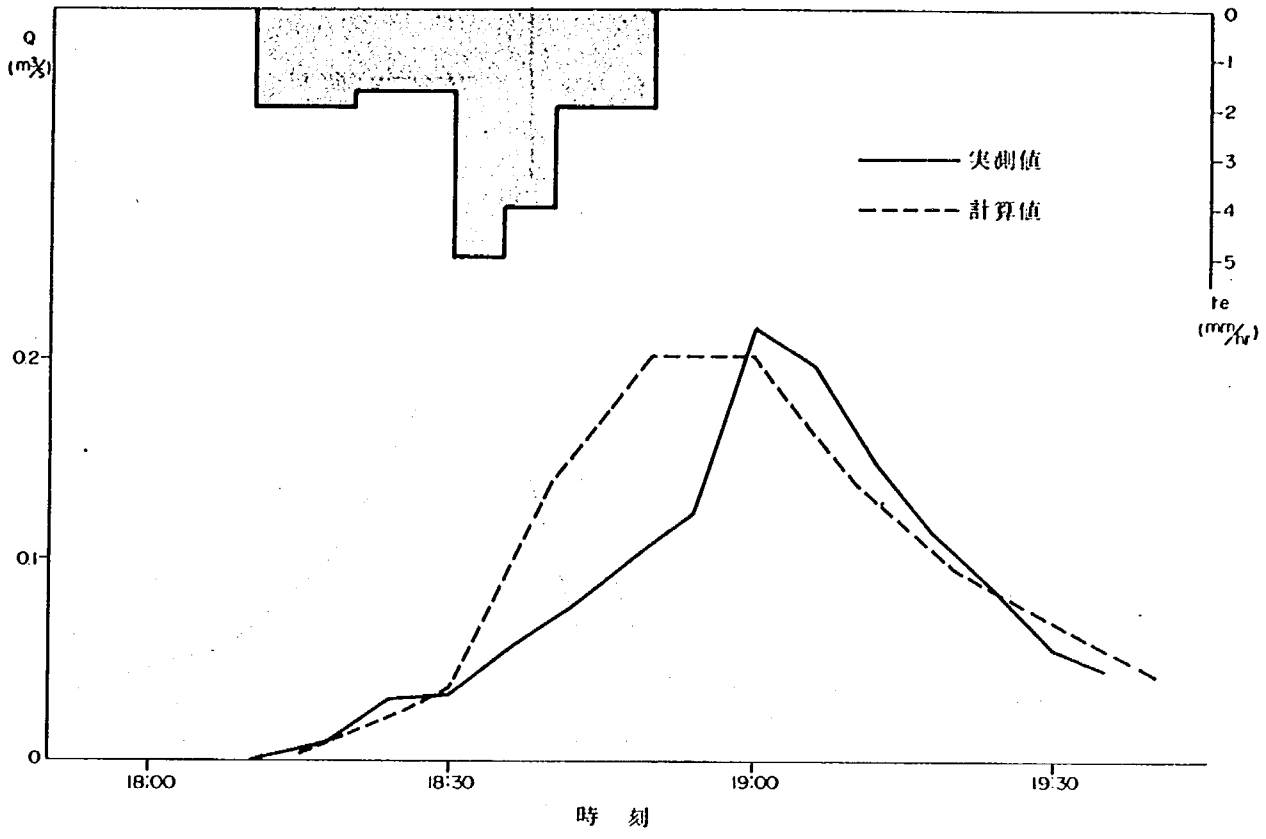

Q
(m³/s)
0.2
0.1
0
実測値
計算値
0
1
2
3
4
5
Re
(mm/hr)
18:00
18:30
19:00
19:30
時 刻

図 2 － 2 8

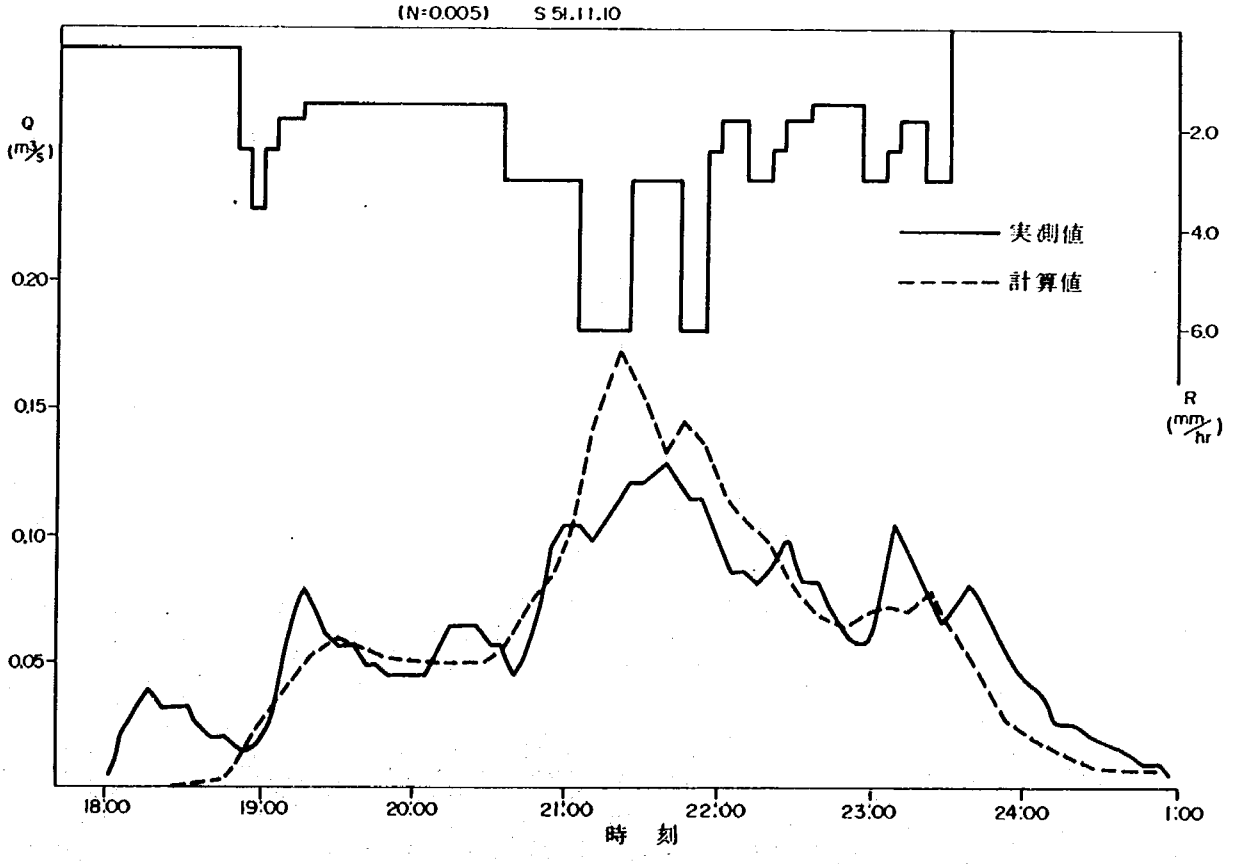

(N=0.005) S 51.11.10
Q
(m³/s)
0.20
0.15
0.10
0.05
実測値
計算値
2.0
4.0
6.0
R
(mm/hr)
18:00
19:00
20:00
21:00
22:00
23:00
24:00
1:00
時 刻

図 2 － 2 9

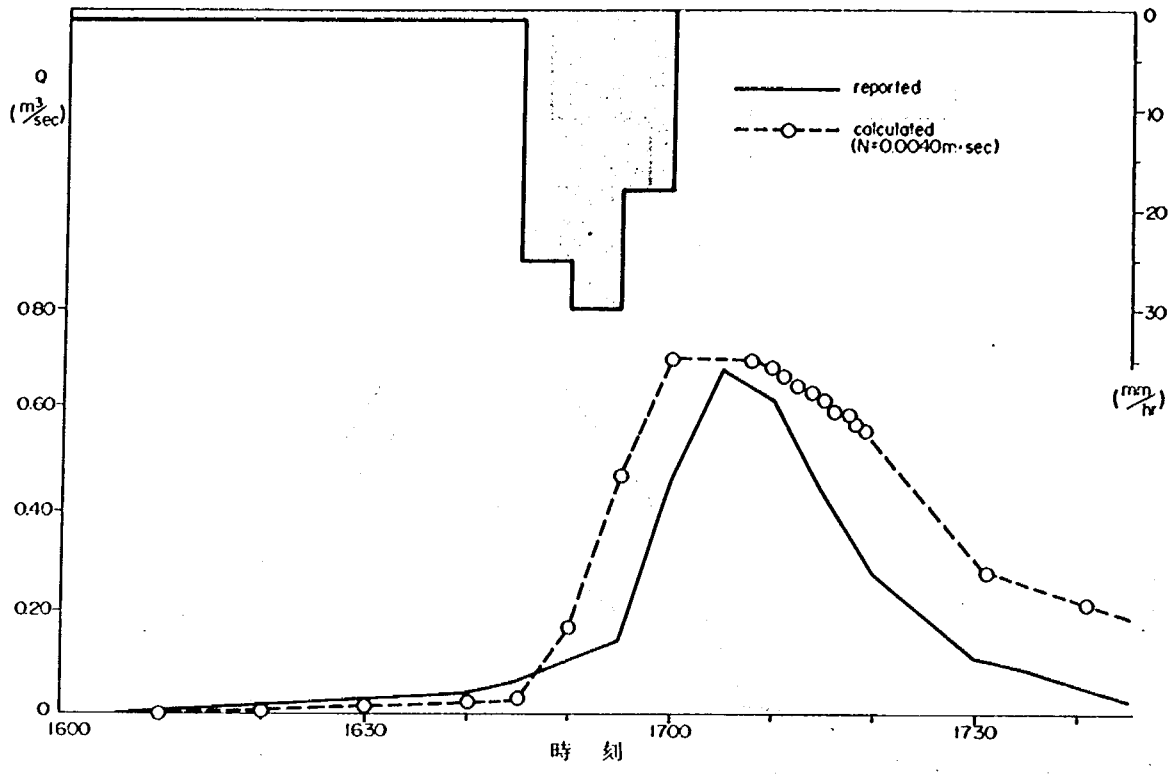

Q
(m³/sec)
reported
calculated
(N=0.0040m·sec)
0.80
0.60
0.40
0.20
0
10
20
30
(mm/hr)
1600
1630
1700
1730
時 刻

図 2 － 3 0

表－2－5

j	r_e (mm/hr)	$\frac{\alpha\ \triangle t}{K}$	$q_j=\left[\frac{r_e\cdot\alpha\triangle t}{K}+q_{j-1}^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{5}{3}}$	$hj=0.133q^{0.6}$	$\triangle X_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(\alpha\ re)_j}$	ΣX_j	ℓq_i
0	0	0	0	0	0		0
1	1.98	6.2600×10^{-4}	1.430×10^{-5}	1.651×10^{-4}	26.000		0.0042
2	1.98	〃	4.540	3.302	56.545		0.0134
3	1.65	〃	8.113	4.678	77.956		0.0239
4	1.65	〃	12.469	6.653	95.040		0.0367
5	4.95	〃	29.658	10.181	125.011		0.0873
6	3.96	〃	47.366	13.483	160.982		0.1394
7	1.98	〃	57.422	15.134	182.836		0.1690
8	1.98	〃	69.238	16.785	196.655		0.2009
9	0	〃	〃	〃	203.271	1124.296	〃
10	0	〃	〃	〃	〃	1327.567	〃
11	0	〃	〃	〃	〃		〃
12	0	〃	〃	〃	〃	1530.838	〃

表－2－6

j	r_e (mm/hr)	$\frac{\alpha\ \triangle t}{K}$	$q_j=\left[\frac{r_e\cdot\alpha\triangle t}{K}+q_{j-1}^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{5}{3}}$	$hj=0.133q^{0.6}$	$\triangle X_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(\alpha\ re)_j}$	ΣX_j	ℓq_i
0	0	6.2600×10^{-4}	0	0	0	0	0
1	1.98	〃	1.429×10^{-5}	1.650×10^{-4}	25.982		0.0042
2	1.65	〃	3.926	3.026	54.480		0.0116
3	1.65	〃	7.332	4.402	74.313		0.0216
4	4.95	〃	22.089	8.529	107.265		0.0650
5	3.96	〃	38.096	11.831	145.591		0.1121
6	1.98	〃	47.362	13.482	168.473		0.1394
7	1.98	〃	57.418	15.133	182.836		0.1690
8	0	〃	〃	〃	189.708	948.648	〃
9	0	〃	〃	〃	〃	1138.356	〃
10	0	〃	〃	〃	〃	1328.064	〃
11	0	〃	〃	〃	〃		〃
12	0	〃	〃	〃	〃	1517.772	〃

表－2－7

j	r_e(㎜/hr)	$\frac{a\triangle t}{K}$	$q_j=\left[\frac{r_e\cdot a\triangle t}{K}+q_{j-1}^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{5}{3}}$	$h_j=0.133q^{0.6}$	$\triangle X_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(a\,r_e)_j}$	ΣX_j	ℓq_j
0	0	6.260×10^{-4}	0	0	0	0	0
1	1.65	〃	1.055×10^{-5}	1.375×10^{-4}	23.018		0.0031
2	1.65	〃	3.351	2.752	50.095		0.0099
3	4.95	〃	15.431	6.879	87.855		0.0454
4	3.96	〃	29.659	10.181	129.345		0.0873
5	1.98	〃	38.100	11.832	153.473		0.1121
6	1.98	〃	47.367	13.483	168.491		0.1394
7	0	〃	〃	〃	175.653	757.930	〃
8	0	〃	〃	〃	〃		〃
9	0	〃	〃	〃	〃	1169.236	〃
10	0	〃	〃	〃	〃	1284.889	〃
11	0	〃	〃	〃	〃		〃
12	0	〃	〃	〃	〃	1460.542	〃

表－2－8

j	r_e(㎜/hr)	$\frac{a\cdot\triangle t}{K}$	$q_j=\left[\frac{r_e\cdot a\triangle t}{K}+q_{j-1}^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{5}{3}}$	$h_j=0.133q^{0.6}$	$\triangle X_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(a\,r_e)_j}$	ΣX_j	ℓq_j
0	0	6.260×10^{-4}	0	0	0	0	1
1	1.65	〃	1.055×10^{-5}	1.376×10^{-4}	23.018		0.0031
2	4.95	〃	10.638	5.503	69.695		0.0313
3	3.96	〃	23.284	8.805	114.964		0.0685
4	1.98	〃	31.007	10.456	140.418		0.0913
5	1.98	〃	39.588	12.107	156.018		0.1165
6	0	〃	〃	〃	163.490	667.603	〃
7	0	〃	〃	〃	〃		〃
8	0	〃	〃	〃	〃	994.583	〃
9	0	〃	〃	〃	〃	1158.073	〃
10	0	〃	〃	〃	〃	1321.563	〃
11	0	〃	〃	〃	〃		〃
12	0	〃	〃	〃	〃	1485.053	〃

表－２－９

j	r_e(mm/hr)	$\frac{\alpha\Delta t}{K}$	$q_j=\left[\frac{r_e-\alpha\Delta t}{K}+q_{j-1}^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{5}{3}}$	$h_j=0.133q^{0.6}$	$\Delta X_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(\alpha r_e)_j}$	ΣX_j	ℓq_i
0	0	6.260×10^{-4}	0	0	0	0	0
1	4.95	〃	6.586×10^{-5}	4.127×10^{-4}	47.898		0.0194
2	3.96	〃	17.542	7.429	99.600		0.0516
3	1.98	〃	24.451	9.080	125.618		0.0720
4	1.98	〃	32.378	10.731	144.127		0.0953
5	0	〃	〃	〃	150.857	5.681	〃
6	0	〃	〃	〃	〃		〃
7	0	〃	〃	〃	〃		〃
8	0	〃	〃	〃	〃		〃
9	0	〃	〃	〃	〃		〃
10	0	〃	〃	〃	〃	1322385	〃
11	0	〃	〃	〃	〃		〃
12	0	〃	〃	〃	〃	1470.242	〃

表－２－１０

j	r_e(mm/hr)	$\frac{\alpha\Delta t}{K}$	$q_j=\left[\frac{r_e-\alpha\Delta t}{K}+q_{j-1}^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{5}{3}}$	$h_j=0.133q^{0.6}$	$\Delta X_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(\alpha r_e)_j}$	ΣX_j	ℓq_i
0	0	6.260×10^{-4}	0				
1	3.96	〃	4.541×10^{-5}	3.302×10^{-4}	41.282		0.0134
2	1.98	〃	8.925	4.953	79.709		0.0263
3	1.98	〃	14.416	6.604	99.836	220.827	0.0424
4	0	〃	〃	〃	109.145		〃
5	0	〃	〃	〃	〃		〃
6	0	〃	〃	〃	〃		〃
7	0	〃	〃	〃	〃		〃
8	0	〃	〃	〃	〃		〃
9	0	〃	〃	〃	〃		〃
10	0	〃	〃	〃	〃		〃
11	0	〃	〃	〃	〃		〃
12	0	〃	〃	〃	〃		〃
13	0	〃	〃	〃	〃	1312277	〃
14	0	〃	〃	〃	〃	1421.422	

表－２－11

j	re(mm/hr)	$\frac{\alpha \triangle t}{K}$	$q_j=\left[\frac{re \cdot \alpha \triangle t}{K}+q_{j-1}^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{5}{3}}$	$h_j=0.133q^{0.6}$	$\triangle X_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(\alpha\ re)_j}$	ΣX_j	ℓq_i
0	0	6.260×10^{-4}	0				
1	1.98	〃	1.430×10^{-5}	$1.651.0\times10^{-4}$	26.000		0.0042
2	1.98	〃	4.541×10^{-5}	3.302×10^{-4}	56.563	82.563	0.0134
3	0	〃	0	0	68.758	〃	〃
4	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
5	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
6	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
7	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
8	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
9	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
10	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
11	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
12	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
13	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
14	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
15	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
16	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
17	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
18	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
19	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
20	0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
21	0	〃	〃	〃	〃	1320.207	〃
22	0	〃	〃	〃	〃	1388.965	〃

表－２－12

j	r_e(㎜/hr)	$\frac{\alpha \triangle t}{K}$	$q_j=\left[\frac{r_e-\alpha \triangle t}{K}+q_{j-1}^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{5}{3}}$	$h_j=0.133^{0.6}$	$\triangle X_j=\frac{q_j-q_{j-1}}{(\alpha r_e)_j}$	ΣX_j	ℓq_i	
0	0	6.260×10^{-4}	0					
1	1.98	〃	1.430×10^{-5}	1.651×10^{-4}	26.000	26.0	0.0042	
2	0	〃	〃	〃	〃			
3	0	〃	〃	〃	〃			
4	0	〃	〃	〃	〃			
5	0	〃	〃	〃	〃			
6	0	〃	〃	〃	〃			
7	0	〃	〃	〃	〃			
8	0	〃	〃	〃	〃			
9	0	〃	〃	〃	〃			
10	0	〃	〃	〃	〃			
11	0	〃	〃	〃	〃			
12	0	〃	〃	〃	〃			
13	0	〃	〃	〃	〃			
14	0	〃	〃	〃	〃			
15	0	〃	〃	〃	〃			
16	0	〃	〃	〃	〃			
17	0	〃	〃	〃	〃			
18	0	〃	〃	〃	〃			
19	0	〃	〃	〃	〃			
20	0	〃	〃	〃	〃	13.26		
21	0	〃	〃	〃	〃	13.52		$q_e=1.430\times10^{-5}$
22	0	〃	〃	〃	〃			

2.2.4　準線型貯留モデル（quasi linear Storage type model）

このモデルは本来，有効降雨モデル，斜面モデル，河道モデルから構成されているが，今回は下水道排水区を単一斜面として扱ったので，斜面モデルについて説明をしておく。

斜面モデル

本来「準線型貯留型モデル」と名付けられた斜面モデルは

$$re=\begin{cases}0 & (\tau<0)\\ \frac{1}{K}e^{-\frac{\tau}{K}} & (0\leqq\tau)\end{cases} \qquad (2.2.37)$$

という指数単位図（線型貯留型モデル）を用いており，定数Kを流達時間tc との関係[4]

$$K=tc/2 \qquad (2.2.38)$$

から決定する際に必要となる流達時間tc を式（2.2.34）あるいは角屋[10]らの求めた。

$$tc=C\cdot A^{0.22}\ re^{-0.35} \qquad (2.2.39)$$

ただし，　C：定数

A：流域面積（Km²）

re：有効降雨（mm／hr）

という非線形な式によって推定しているために「準線形」と呼ばれている。

しかしながら式（2.2.38）に示す指数単位図を作成するのは計算上不便なので，ここでは図2－13に示す方法によって流入量の算定を行った。

すなわち，図2－13 a）に示すように，排水区域の等到達時間域図を下水管の満管流速を用いて作成し，b）に示す有効降雨に対してc）のような流入量曲線（インフローハイドログラフ）を作成した。

流入量，流出量，および貯留量との関係は，いわゆる貯留方程式

$$P-Q=\frac{dS}{dt}$$

P：流入量（mm／hr）あるいは（m³／sec）＝re

Q：流出量（mm／hr）あるいは（m³／sec）

S：貯留量（mm）あるいは（m³）

で表わされる。他方，流出量Q，貯留量Sとの間には

$$S=K\cdot Q \qquad (2.2.40)$$

ただし，　$K=\frac{tc}{2}$

という線形貯留関係を想定する。

計算時間のステップを△tとすると式（2.2.39），（2.2.40）より

$$\frac{Pn-1+Pn}{2}-\frac{Qn-1+Qn}{2}=\frac{\triangle S}{\triangle t}=\frac{K}{\triangle t}(Qn-Qn-1) \qquad (2.2.41)$$

によって，次式により流出量Qnが推定できる。

$$Qn=\frac{Pn-1+Pn+K_2Qn-1}{K_1} \qquad (2.2.42)$$

ただし，$K_1=\frac{2K}{\triangle t}+1=\frac{tc}{\triangle t}+1$ (2.2.43)

$$K_2=\frac{2K}{\triangle t}-1=\frac{tc}{\triangle t}-1 \qquad (2.2.44)$$

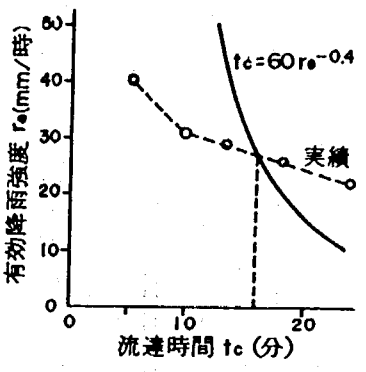


図2－31　シミュレーションにおけるtcの決定

tcの決定方法は式（2.2.34）あるいは式（2.2.39）と実績の有効降雨との交点から求めるというものである（図2－31）。したがって1回のシミュレーションではtcすなわちKを固定して計算を行う。

適用例

まず，本法を適用する為には排水区における幾つかの物理的特性を把握しなければならない。

1）不浸透面積率

2）等到達時間域別面積

3）過去の調査結果より流達時間tcと有効降雨強度reの関係などである。

例　題

表2－13に示す降雨データより，準線形貯留モデルを用いて流出計算をせよ。不浸透面積率＝45％，等到達時間域別面積は$A_{5分}$＝0.5 ha，$A_{10分}$＝16.3 ha，$A_{15分}$＝9.9 haとする。ただし，有効降雨強度と流達時間の関係として図2－32が与えられているものとする。

解答例

インフローハイドログラフの作成までは，RRL法と同様に行うが，RRL法では㎜／hrを用いて計算したので，ここでは㎥／sとして計算する。

$$Pn=re,n\cdot A_1+re,n-1\cdot A_2+re,n-2\cdot A_3$$

ここでreを㎜／5分，Aをhaとすると単位換算係数として$10^4\times10^{-3}/(5\times60)=0.033$をかければよい。流出量Qnは

$$Qn=\frac{Pn-1+Pn+K_2\cdot Qn-1}{K_1}$$

ここで，$K_1=\frac{tc}{\triangle t}+1$　　$K_2=\frac{tc}{\triangle t}-1$

表２－１３　降雨データ

時刻	降雨量	時刻	降雨量	時刻	降雨量	時刻	降雨量	時刻	降雨量
時　分	㎜／5分	時　分	㎜／5分	時　分	㎜／5分	時　分	㎜／5分	時　分	㎜／5分
17　00	0	19　20	0.125	20　45	0.25	22　10	0.25	23　35	0
18　00	0.03	25	0.125	50	0.25	15	0.25	40	0
05	0.03	30	0.125	55	0.25	20	2	45	0
10	0.03	35	0.125	21　00	0.25	25	0.15	50	0
15	0.03	40	0.125	05	0.5	30	0.15	55	0
20	0.03	45	0.125	10	0.5	35	0.125	24　00	0
25	0.03	50	0.125	15	0.5	40	0.125	0　05	0
30	0.03	55	0.125	20	0.5	45	0.125	10	0
35	0.03	20　00	0.125	25	0.25	50	0.125	15	0
40	0.03	05	0.125	30	0.25	55	0.25	20	0
45	0.03	10	0.125	35	0.25	23　00	0.25	25	0
50	0.2	15	0.125	40	0.25	05	0.2	30	0
55	0.3	20	0.125	45	0.5	10	0.15	35	0
19　00	0.2	25	0.125	50	0.5	15	0.15	40	0
05	0.15	30	0.125	55	0.2	20	0.25	45	0
10	0.15	35	0.25	22　00	0.15	25	0.25	50	0
15	0.125	40	0.25	05	0.15	30	0		

であるのでtc を決めなければならない。表２－１３より最大の強度の雨は２１０５から２１２０まで0.5㎜／５分であるからtc＝5，10，15，20（分）としたときの有効降雨強度は

$$0.5\ (\text{㎜}/5\text{分}) \times \frac{60\ (\text{分})}{5\ (\text{分})} \times 0.45 = 2.7\ \text{㎜}/\text{hr}$$

さらにtc＝３０（分）としたときは２１００～２１３０までで2.25㎜／hrとなる。このように有効降雨強度が最大となる時間帯をさがし，tc とre の関係を実績としてプロットし，理論曲線との交点を求める（図２－３３）。

すると図２－３３よりtc＝２８分となり，△t＝５分であるから

$$K_1 = \frac{tc}{\triangle t} + 1 = \frac{28}{5} + 1 = 6.6$$

$$K_2 = \frac{tc}{\triangle t} - 1 = \frac{28}{5} - 1 = 4.4$$

を得，時刻nにおける流出量Qnは

$$Qn = \frac{Pn-1 + Pn + 4.4Qn-1}{6.6}$$

で計算できる。計算結果を図２－３４に示す。

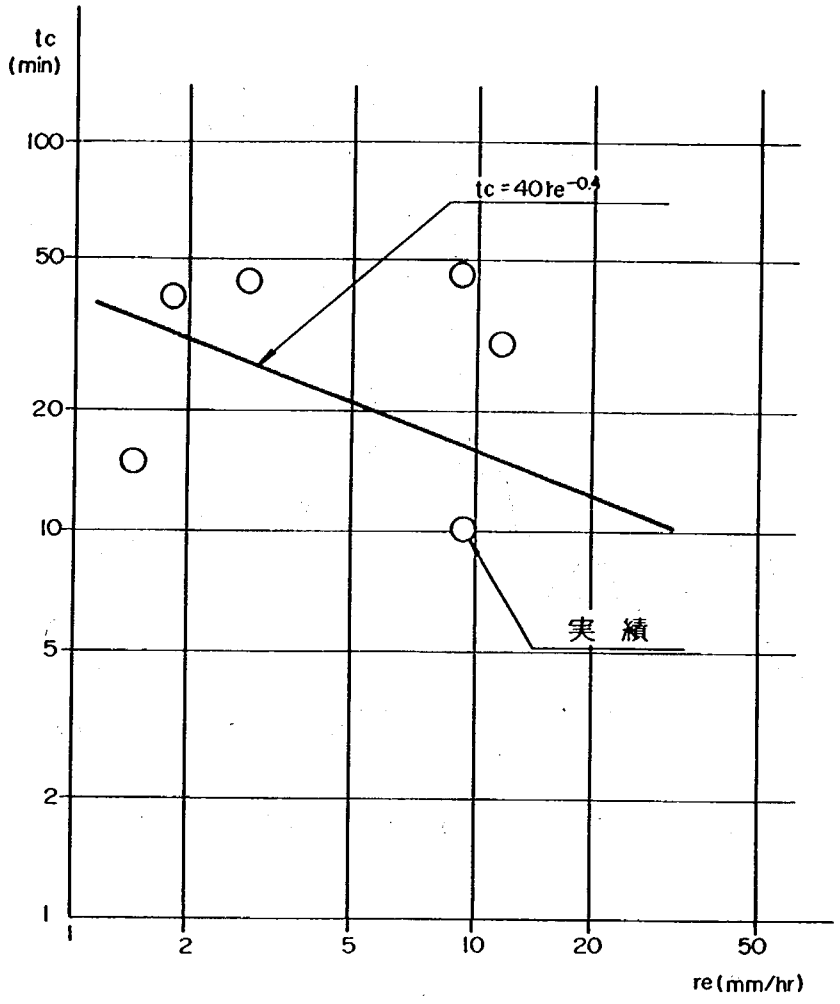


図２－３２　平均有効降雨強度と流達時間の関係

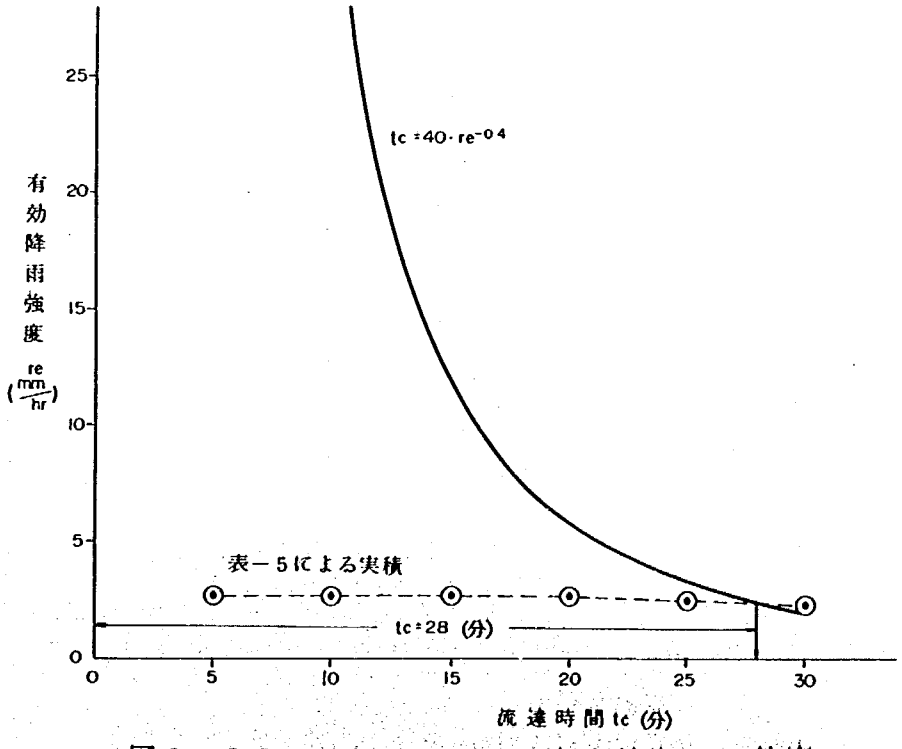


図２－３３　シミュレーションにおけるｔｃの決定

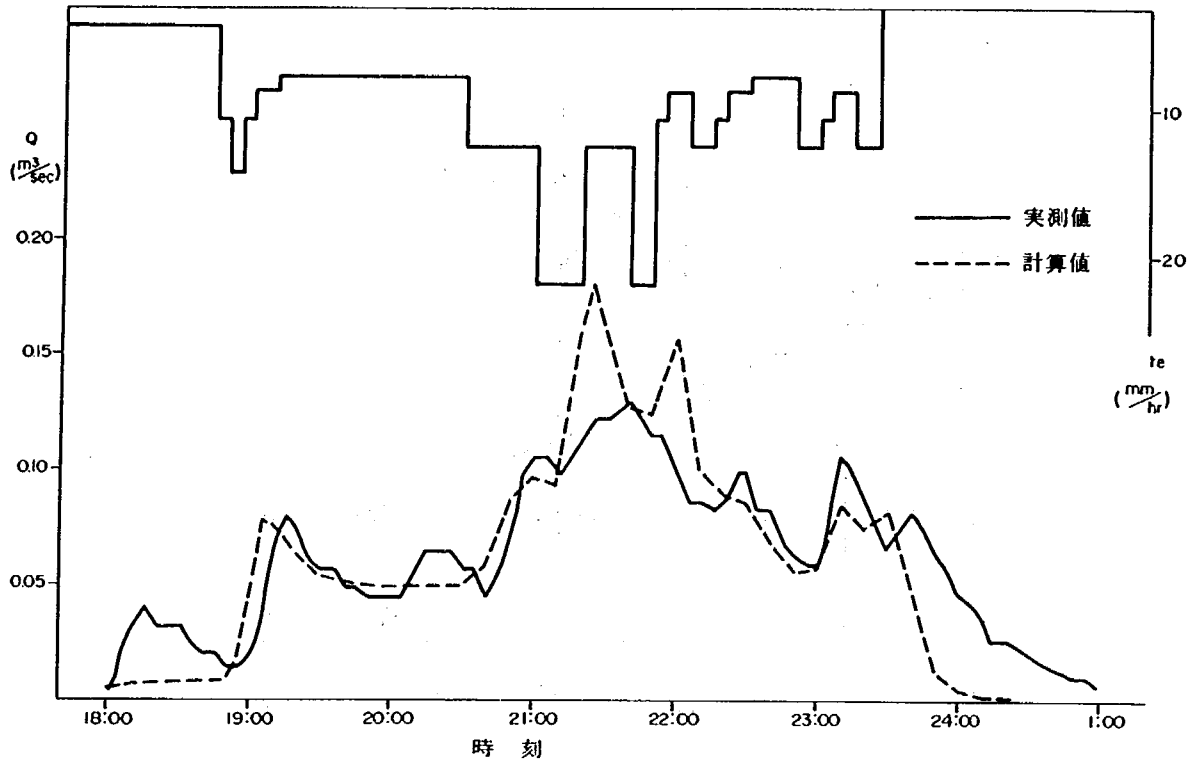


図２－３４　準線型貯留モデルによる計算結果

2.3　汚濁流出現象のモデル化

雨水流出に伴う汚濁物質の流出現象を把握するためには，

地表面における汚濁物質の流出・堆積特性

管渠内における汚濁物質の流出・堆積特性

を同時に理解する必要がある。

図２－３５に見られるような斜面の区間$x \sim x+\triangle x$を考えると，この間の水中の汚濁物に関しては，

（単位時間当りの汚濁物変化量）＝（流入負荷量）

－（流出負荷量）＋（底泥からの水中への巻き上げ負荷量）－（水中から底泥への沈降負荷量）

－（分解量）

という連続式が成り立ち

$$\frac{\partial (h \cdot c \cdot dx)}{\partial t} = -\frac{\partial (q \cdot c \cdot dx)}{\partial x} +$$

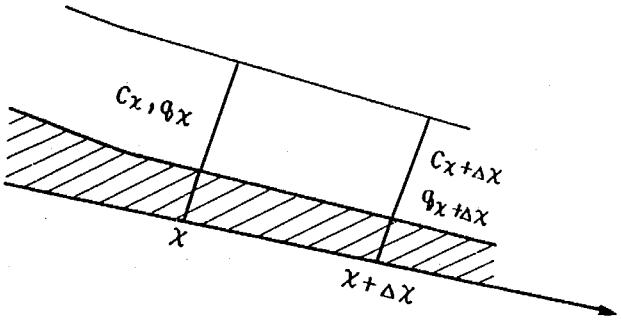
（巻き上げ負荷量）－（沈降負荷量）

－（分解負荷量）

となる。巻き上げ負荷量，沈降負荷量については，単純に流量，流速などの水理量のみならず，沈降・堆積している負荷量を構成する粒子の比重，径および水中を流送されている負荷量を構成する粒子の比重，径などに依存している。さらに管渠内の堆積物のように，ある一定の剪断応力が働かないと剪断歪が生じないようなものは，ビンガム・プラスチックス（Bingham plastics）と呼ばれ，屈服応力τyおよびプラスチック粘性μpは構成粒子の性状に大きく左右される（図２－36）。

したがって，性状が均一でない地表面負荷及び管渠内負荷の構成粒子を対象に「理論式」を展開するには大きな困難が予想される。

そこでここでは比較的精度良く現象



c：濃度，　q：流量，　h：水深

図２－３５

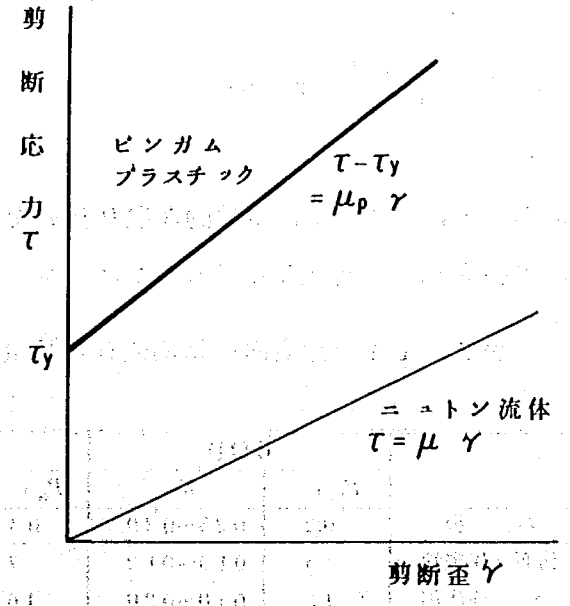


図２－３６

をフォローする流出負荷量に関する経験的なモデルについて説明する。

2.3.1 地表面からの負荷流出

路面あるいは屋根などの斜面からの流出負荷量は，残存負荷量と雨水流出強度に比例するという仮定に基づき，流出負荷量は次式によって推定できる。

$$L = K \cdot P_S \cdot r_e \qquad (2.3.1)$$

ただし，L＝流出負荷量（Kg／ha／hr），P_s：排水区域内残存負荷量（Kg／ha），r_e：有効降雨強度で流出強度q_eに置き換えられる（mm／hr），K：負荷流出係数（1／mm）

残存負荷量P_sに関する連続式は，雨水流出期間中の排水区への流入負荷を無視すれば（2.3.2）式のように表わされ，流出開始からt時間を経た後の残存負荷量P_sおよび総流出負荷量$P_{so}-P_s$は各々（2.3.3），（2.3.4）式のように表わされる。従って，ひと雨負荷量は初期残存負荷量P_{so}と総雨水流出量Vによって定まることになる。

$$dP_s/dt = -L \qquad (2.3.2)$$

$$P_s = P_{so} \cdot \exp(-K \cdot V) \qquad (2.3.3)$$

$$P_{so} - P_s = P_{so} \cdot \{1 - \exp(-K \cdot V)\} \qquad (2.3.4)$$

$$V = \int_o^t r_e\, dt \qquad (2.3.5)$$

ただし，P_{so}：排水区域内初期残存負荷量（Kg／ha）

時刻 t ～ t ＋△t 間での残存負荷量の差は，

$$P_s(t) - P_s(t+\triangle t) = P_{so}(e^{-k \cdot v_t} - e^{-k \cdot V_{t+\triangle t}}) \qquad (2.3.6)$$

で与えられるからこの間の平均流出負荷量Lは

$$L = \frac{P_{so}}{\triangle t}(e^{-k \cdot v_t} - e^{-k \cdot V_{t+\triangle t}})$$

$$= \frac{P_{so}}{\triangle t} e^{-k \cdot vt}\ (1 - e^{-k \cdot \triangle v}) \qquad (2.3.7)$$

ただし，$\triangle v = \int_t^{t+\triangle t} r_e\ dt$

で表わされる。

負荷流出係数Kについては定数的な取り扱いをしているのが通常であるが（表２－１４），実際Kは流出強度r_eの関数として考えたほうがよい。

表２－１４　地表面の初期残存負荷量$P_{s,o}$と負荷流出係数K

単位；kg/ha，1/mm

	BOD		COD		SS	
	$P_{s,0}$	K	$P_{s,0}$	K	$P_{s,0}$	K
屋　根	0.2	0.25～0.30	0.3	0.25～0.30	2.2	0.50～0.65
路面　住宅地	3	0.10～0.12	7	0.09～0.13	10	0.13～0.16
〃　商店街	12	0.10～0.20	16	0.10～0.12	24	0.10～0.20
〃　工場街	5	0.08～0.10	8	0.07～0.10	10	0.06～0.13

STORM[3] では，0.5（in/hr）の降雨強度の雨が1時間降ることにより不浸透域の残存負荷量の90％が流出すると仮定し，K＝4.6（1／in）≒0.181（1／mm）を不浸透域の負荷流出係数としている。同様に，浸透域では50％の負荷流出を仮定し，K＝1.4（1／in）≒0.055（1／mm）としている。しかしながら，このような方法で求めた流出負荷量あるいは濃度に，実際にはavailable factorという降雨強度の関係で示される補正係数を乗じている。例えば ss については，

$$A_{ss}=0.057+1.4R^{1.1} \qquad (2.3.8)$$

R：降雨強度（in/hr）

という補正係数が与えられている。すなわち，①式の形で流出負荷量に関する運動方程式を与えた場合，負荷流出係数は排水区特性と同時に降雨強度の影響を受けるパラメーターと考えられる。

排水区を一つの斜面とみなせば，そこからの雨水流出水はKinematic wave 状に伝播すると考えられ，（2.3.9），（2.3.10）式のような運動式，連続式が成り立つ。

$$h=k\cdot q^{p} \qquad (2.3.9)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial q}{\partial x}=\alpha\cdot r_e \qquad (2.3.10)$$

ただし，h：水深（m），q：単位巾流量（m^3／s），t：時間（s），x：距離（m），r_e：有効降雨強度（mm／hr），$\alpha=(1/3.6)\times10^{-6}$，k，P：定数

斜面長を ℓ（m），勾配をS，等価粗度をN（$m^{-1/3}$・sec）とし，Manning型の流れを仮定すると，（2.3.9），（2.3.10）式の定数k，pは（2.3.11）式のように表わすことができる。時刻tiに斜面頂上を出発した雨水流の時刻 τ までの流下距離は（2.3.9），（2.3.10）式の特性方程式を解くことにより，（2.3.13）式で与えられる。また，その時刻の単位巾流量は（2.3.14）式で与えられる。

$$k=(N\cdot S^{-\frac{1}{2}})^{p} \qquad (2.3.11)$$

$$p=3/5 \qquad (2.3.12)$$

$$x=\frac{1}{p\cdot k}\int_{ti}^{\tau}\left[\frac{1}{k}\int_{ti}^{\tau}(\alpha\cdot r_e)\,dt\right]^{\frac{p+1}{p}}d\tau \qquad (2.3.13)$$

$$q(\tau)=\left[\frac{1}{k}\int_{ti}^{\tau}(\alpha\cdot r_e)\,dt\right]^{\frac{1}{p}} \qquad (2.3.14)$$

r_e を一定とし，斜面下流端からの累積流出量がVとなるのに必要な伝播距離 ℓ を求めると（2.3.15）式のようになる。有効降雨強度 r_{e1} に対応する（2.3.1）式の負荷流出係数を K_1，そのときの下流端からの累積流出量がVとなる場合の必要な伝播距離を ℓ_1 とし，ℓ_1 が斜面長 ℓ に等しくなる有効降雨強度 r_{e*}，負荷流出係数を K_* とすると，r_{e1} の降雨は斜面全体の残存負荷 P_s を対象に流送してきたのではなく，$P_s\cdot\ell_1/\ell$ の残存負荷を対象に負荷の流送を行っ

たと考えられる。従って（2.3.17）式より，K_1 は K_* および，ℓ_1 ，ℓ を用いて（2.3.18）のように表わされる。一方，ℓ_1 ，ℓ は（2.3.15）式によって有効降雨強度の関数として表わされるので（2.3.19）式のようになる。K_* , r_{e*} は排水区に固有な値であるから $p=3/5$ を代入すると負荷流出係数は $r_e^{-3/8}$，従って（2.3.1）式の流出負荷量は有効降雨強度の5／8乗に比例すると言える。

$$\ell'=\beta \cdot k^{-\frac{1}{p+1}} \cdot V^{\frac{1}{p+1}} \cdot r_e^{\frac{p}{p+1}} \qquad (2.3.15)$$

ただし，$$\beta=\alpha^{-\frac{p}{p+1}} \cdot \left(\frac{p+1}{p}\right)^{\frac{1}{p+1}} \qquad (2.3.16)$$

$$L=K_1 \cdot P_s \cdot r_{e1}=K_* \cdot P_s (\ell_1/\ell) \cdot r_{e1} \qquad (2.3.17)$$

$$K_1=K_* \cdot (\ell_1/\ell) \qquad (2.3.18)$$

$$K_1=K_* \cdot r_{e*}^{\frac{p}{p+1}} \cdot r_{e1}^{-\frac{p}{p+1}} \qquad (2.3.19)$$

幅1.8 m，長さ1.8 m のスレートで人工斜面を造り，斜面上に塩化ナトリウムをまいて種々の降雨強度の場合の残存負荷量比 P_s/P_{so} と累積流出量の関係を調べると図2-37のよるになる。これより，有効降雨強度と負荷流出係数の関係を図示すると図2-38のようになり，負荷流出係数が有効降雨強度のほぼ－3／8乗に比例することが確められた。この場合，勾配 $S=1.853\times10^{-2}$ であったが，（2.3.11），（2.3.15）式より伝播距離は等価粗度，勾配の関数でもあり，汚濁指標に固有の負荷流出係数を普遍定数として求めておけば，排水区特性（等価粗度，勾配，斜面長）と有効降雨強度によって負荷流出係数が求められる。

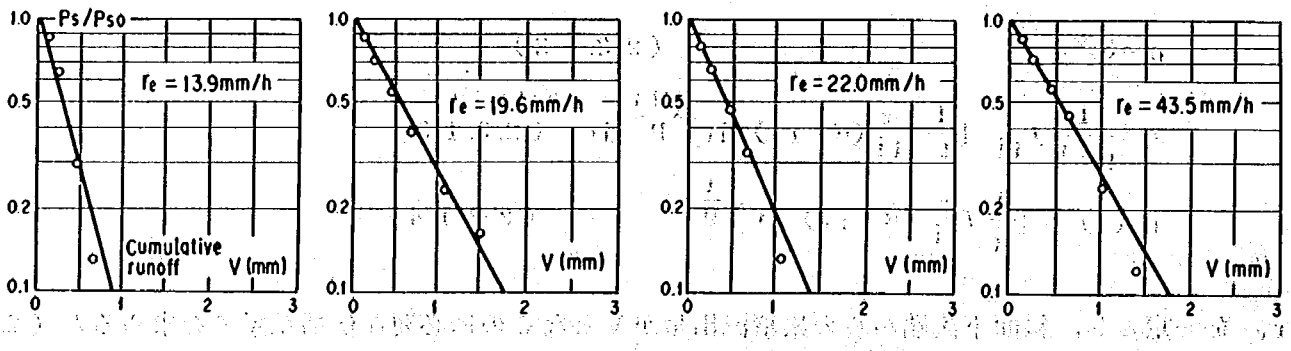


図2－37　Ps／Psoと Vとの関係

ところで，（2.3.1）式はどんなに小さな有効降雨強度であっても地表面からの汚濁流出が生ずる形となっているが，実際には限界有効降雨強度 r_c 以下の有効降雨強度のときには汚濁物の輸送が生じないという次式のほうが現象をよくシミュレートする。

$$L = K \cdot P_s \cdot (r_e - r_c) \qquad (2.3.20)$$

r_c の値については，輸送される粒子の性状によって異なるが１～２㎜／hr の範囲がよく適合する。これについては後述しよう。

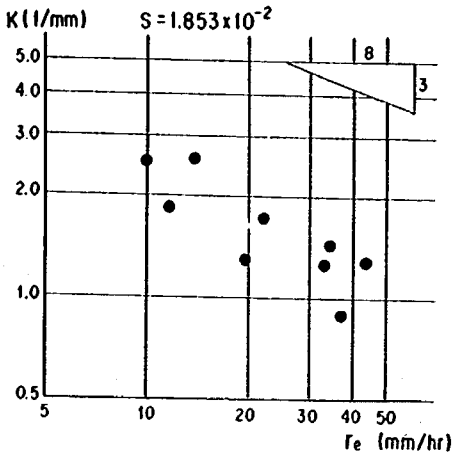


図２－３８　K値とreとの関係

表２－１５は１０.６６㎡の屋根に人工的な散水を行い，その流出水の水質を測定したものである。（2.3.1）式のような線形仮定に基づいて，K値を求めてみると図２－３９のようになり，プロットは近似的に直線となる。ただし，図２－３９の縦軸は初期残存負荷量 P_o と時刻 i における残存負荷量 Pi との比を対数スケールで表わしている。図２－４０～４２は，このようにして求められたK値をもとにＢＯＤ，ＣＯＤ，ＳＳの計算値と実測値を比較したものであるが，実用的には（2.3.1）式のような線形式で十分であることがわかる。

表２－１５　屋根からの流出水量と水質

(㎎／ℓ)

Time (min)	Water Volume (ℓ)	BOD	COD	SS	T−N	NH_4^+−N	NO_2−N	NO_3−N	T−P
−5	5.034	9.9	13.8	14.2	6.25	2.91	0.014	3.33	0.32
−10	7.468	4.7	7.3	8.9	1.78	0.88	0.005	2.38	0.21
−15	7.488	3.0	4.7	3.7	1.73	0.53	0.004	2.13	0.09
−20	8.386	4.1	3.7	2.6	1.34	0.39	0.004	2.09	0.10
−30	16.488	2.9	2.9	1.8	0.81	0.46	0.004	1.79	0.05
−42	17.983	3.0	2.8	0.8	0.95	0.43	0.008	5.01	0.03
Washing	14.870	11.4	27.9	14.2	10.00	2.63	0.253	1.77	0.19

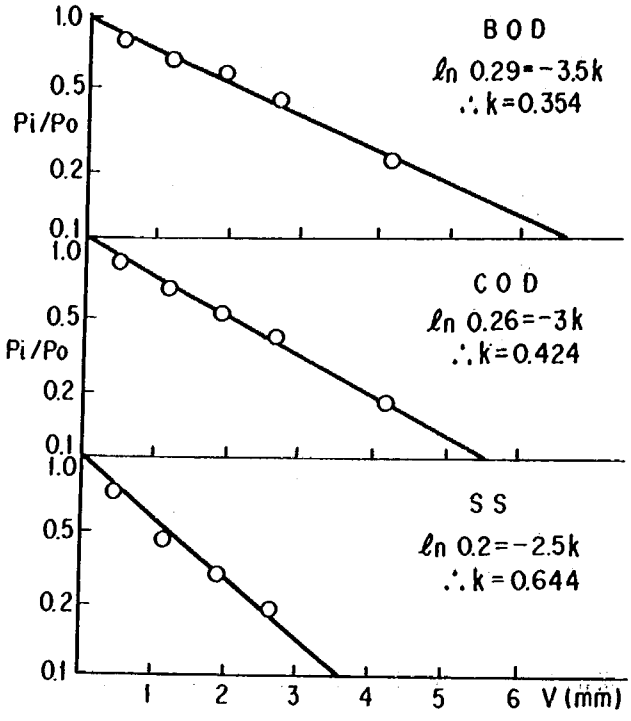


図２－３９　ｋ値の決定法（屋根）

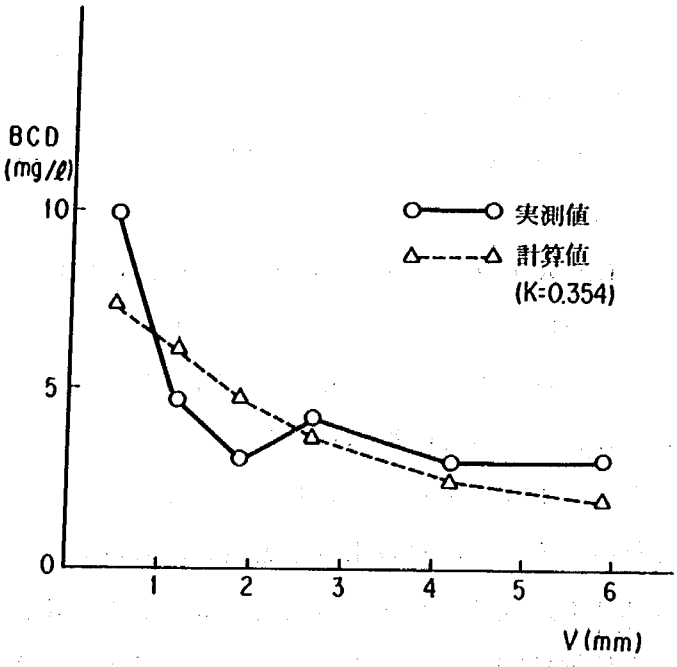


図２－４０　屋根面からのＢＯＤ流出特性

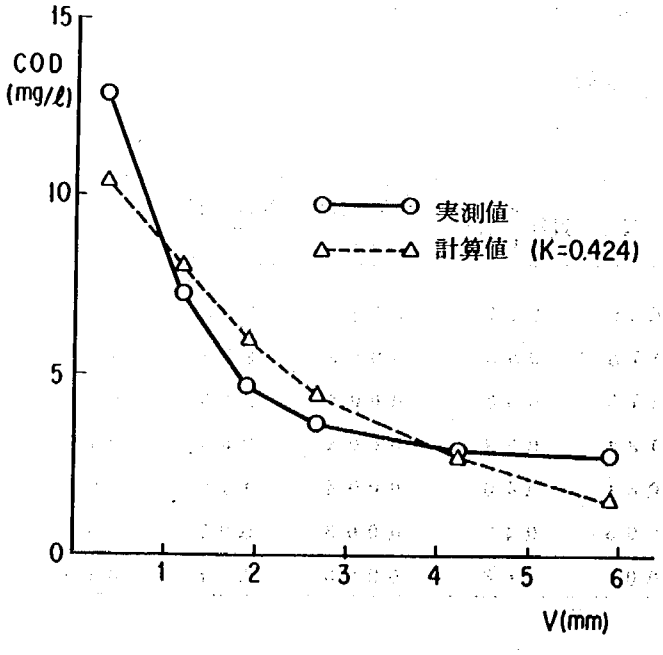


図２－４１　屋根面からのＣＯＤ流出特性

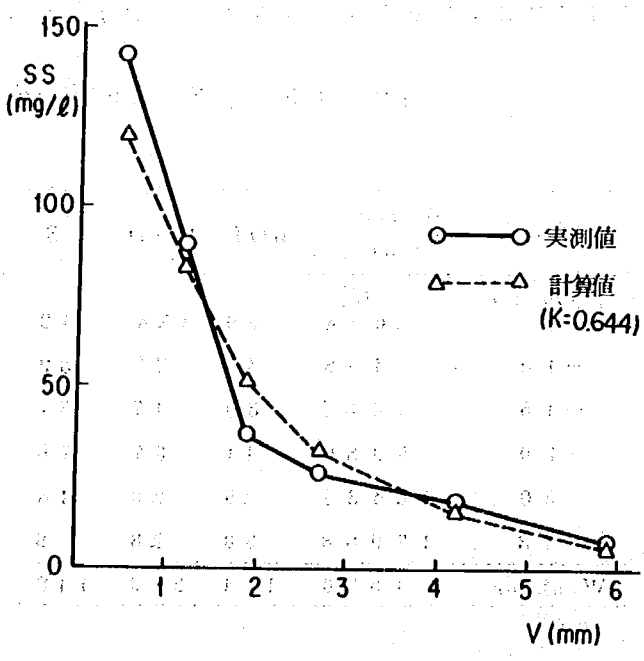


図２－４２　屋根面からのＳＳ流出特性

2.3.2　管渠からの負荷流出

流量Qとの関係：BOD，CODの場合Qの1乗，SSの場合Qの2乗程度に比例することから，まず第1次近似としては，

$$L = C' \ Q^n \qquad (n = 1 \sim 2) \qquad (2.3.21)$$

の形が予想される。これは浮遊砂量公式と同形であり，十分妥当なものと思われる。しかし汚濁流出が流出開始時点での流域内負荷量によって変化するとすれば晴天時の負荷量変化もシミュレーションできなければ十分とは，いえない。

その意味で晴天時の資料も含めて観測した全点（49年度谷端川排水区）をプロットしたのが図2－43および図2－44である。懸念されたごとく流量が最小となる深夜にLの激減が見られ，流砂量理論でいう限界掃流力の概念の導入が必要と判断された。これを式に示すと，

$$L = C' \ Q^n \ (Q - Q_c) \quad (n = 0 \sim 1) \qquad (2.3.22)$$

Q_c は限界流量ともいうべきもので，限界掃流力理論からの推定も考えられるが，粒径の推定が困難なところから，また深夜の負荷量の激減から判断して晴天時最小流量等の採用で十分と思われる。

管内残存負荷量の導入：BODの場合両対数のグラフで図示したように，ひと山洪水では図2－45（a）のように，ふた山洪水では，図2－45（b）または（c）のように，また波状の出水では（d）のようにLは減少していった。

これらの図と，下水管内堆積物の減少と考えあわせると，

図2－46のような整理が可能なように思われる。

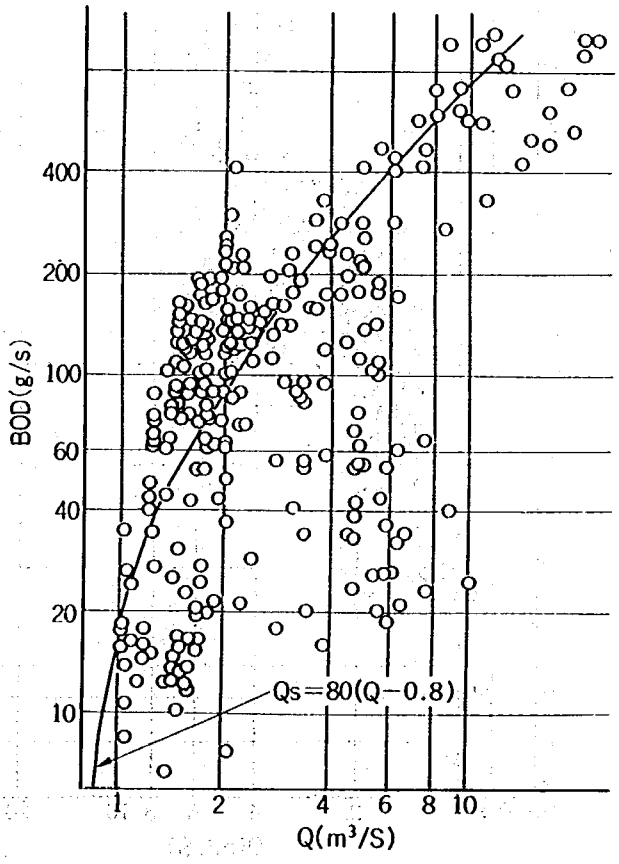


図2－43　BOD(g/s)～Q (m³/s)
S. 49. 7/3～7/12, 8/7～8/9
（東京都谷端川）

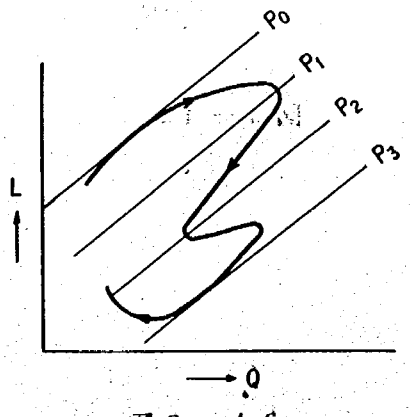


図2－46

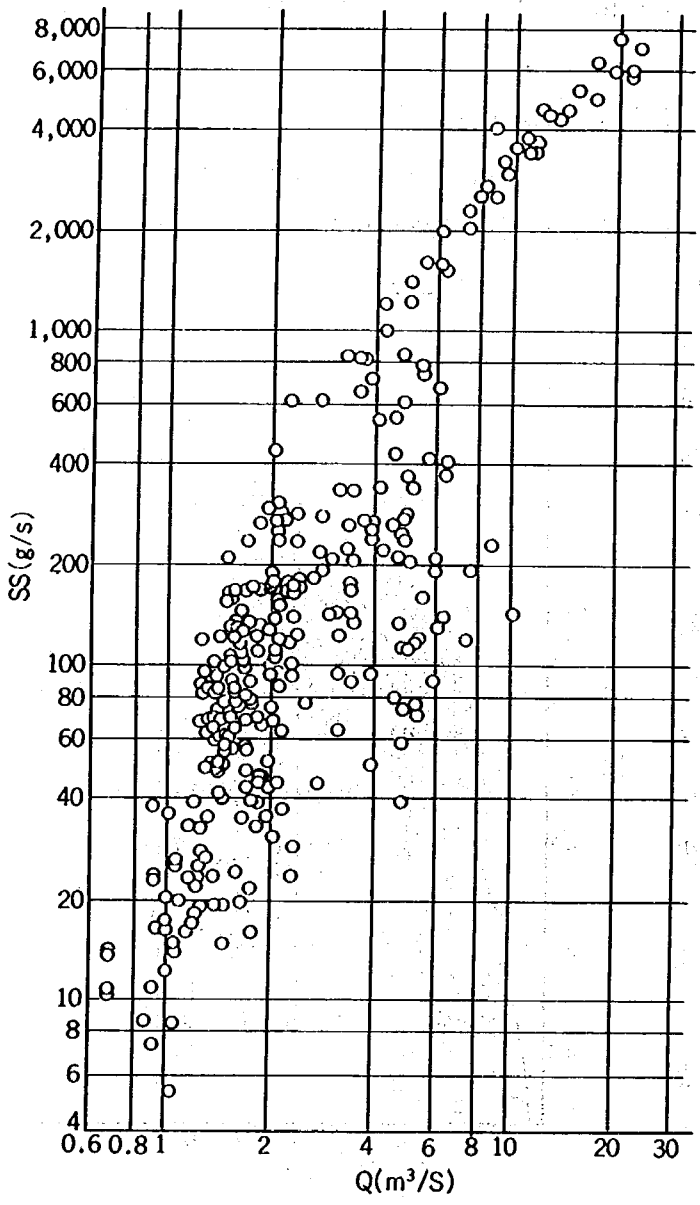


図２－４４　SS（g／s）～Q（m³／s）
S．49．7／3～7／12，8／7～8／9
（東京都谷端川）

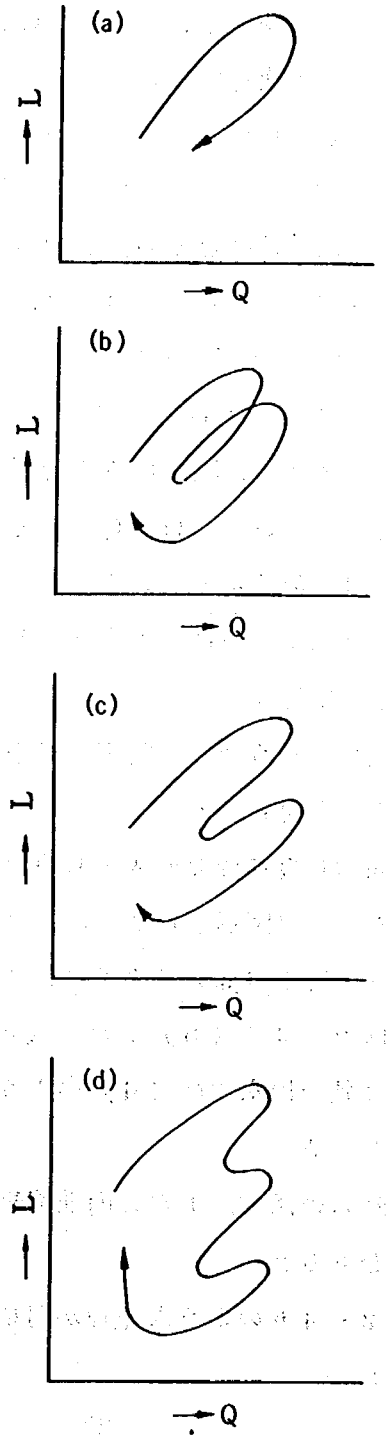


図２－４５

これは，（2.3.22）式のC'が

$$C'=C'\ P^m \qquad (2.3.2.3)$$

と表わされるということでもある。

ここにPは管内残存負荷量である。

これはまた次のように考えてもよい。すなわち各家庭からの流入負荷を無視すれば，

$$L=-dP/dt \qquad (2.3.24)$$

そして

$$-\frac{dp}{dt}=C\cdot P \text{ または } C\cdot P^m \qquad (2.3.25)$$

とする。これは流出解析の貯留関数にほかならない。なおm＝1は，全物質の出やすさが同じ，m＝2は，大量な時出やすいことを意味する。

基本式：以上の議論より，基本式いわば負荷の運動方程式として，

$$L=C\cdot P^m\cdot Q^n\ (Q-Q_c) \qquad (2.3.26)$$

が得られる。

連続式

まず流入負荷量としては，現在適当な資料がないことから，下流端晴天時負荷量カーブ（Ldwf）をもって代用することにする。住宅地域の場合，団地での実測結果等を利用してこれを時間的にずらして流入させ，あとは係数で補正する方法もあるかと思われる。

すると連続式は，下水管内を一つの受皿と考えて，

$$\frac{dP}{dt}=Ldwf-L \qquad (2.3.27)'$$

または，

$$\triangle P=(\overline{Ldwf}-\overline{L})\triangle t \qquad (2.3.27)$$

が得られる。式中$\triangle t=t_2-t_1$，$\triangle P=P_2-P_1$，$Ldwf=(Ldwf_1+Ldwf_2)/2$，$L=(L_1+L_2)/2$　であり，因みに解法としてはP_1，Q_1，Q_2，$Ldwf_1$，$Ldwf_2$を既知として

$$P_2=P_1+\{\overline{Ldwf}-(L_1+L_2)/2\}\cdot\triangle t \qquad (2.3.28)$$

$$L_2=C\cdot P_2{}^m\cdot Q_2{}^n\ (Q_2-Q_c) \qquad (2.3.29)$$

を連立して解くことになる。例えば$m=2$の場合は，P_2に関する2次方程式となるが，一般的には逐次計算ということになる。

初期管内残存負荷量の推定：上述計算与条件のうち晴天時負荷Ldwf　は，あらかじめ与えられるし，Qについてもすでに流出解析法（修正RRL法）により相当の精度で推定可能であ

る。 問題はP_o， すなわち管内初期残存負荷量をいかに与えるかである。

これについては2,3の考え方がある。

1. 流域内での汚濁源の実態調査 これは在来本調査でも相当力を入れて行って来た方法であるが，性格的に数で勝負する必要があり，どこでも容易に実施できるものではない。

2. シミュレーションから推算する方法 想定しているモデルがある程度実状を表現しているものなら，実際にシミュレーションを行って，逆算することができないかということである。現在未知数として，C，m，n，Q_c と4つもあるが，実際は，Q_c はほとんど既知といえるし，nについてもBOD，CODの場合n＝0，SSの場合n＝1であることがわかっている。ついでmについても晴天時から雨天時の異常な状況に一致させるためには，ほとんど固定的と考えられ，BOD，CODでm＝2，SSでm＝1が最もらしい値として得られている。

したがって，C，P_o の最もらしい組み合わせは何回かの試行錯誤を行えば求まるが，晴天時の実測値を使用して，「晴天時シミュレーション」を行うのが現在のところ確実な方法である。そのプロセスは次のようになる。

i）晴天時の日発生負荷量の1／2を$P_{p,0}$ とする。

ii）$C' P^2_{p,0}$ ＝ 雨天時最大濃度（このデータがないときは晴天時最大濃度）となるようにC'を決める。

iii）このC'，$P_{p,0}$ を用いて晴天時の負荷流出シミュレーションを行う。初期値$P_{p,0}$ にかかわらず，管渠内残存負荷量P_p は一定値P_{p*} に収束してくる。

iv）$C' \cdot P^2_{p*} = C \cdot P^2_{p,0}$ となるようにCを設定する。

このシミュレーションの状況をBOD，CODについて示した一例が図2－47，48であり，P_o の初期値にかかわらずPが一定値に収束する様子が理解できよう。

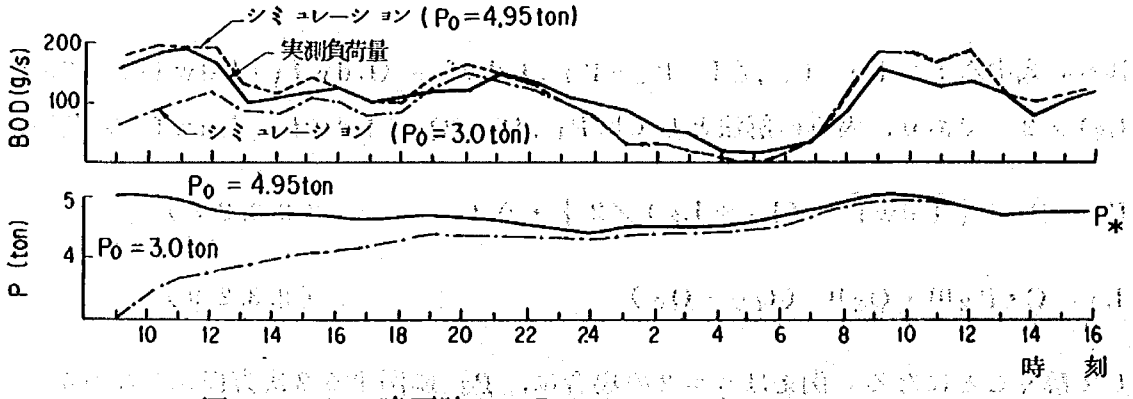


図2－47 晴天時BODシミュレーション

さて，現象面から負荷量の流送過程を追ってみると，負荷量に関する連続式としては，

下水管内残存負荷量＝初期堆積量＋晴天時補給量－流出負荷量＋雨水マス流出負荷量

雨水マス残存負荷量＝初期堆積量－雨水マス流出負荷量＋路面流出負荷量

路面残存負荷量＝初期堆積量－路面流出負荷量＋間地屋根等流出負荷量＋その他

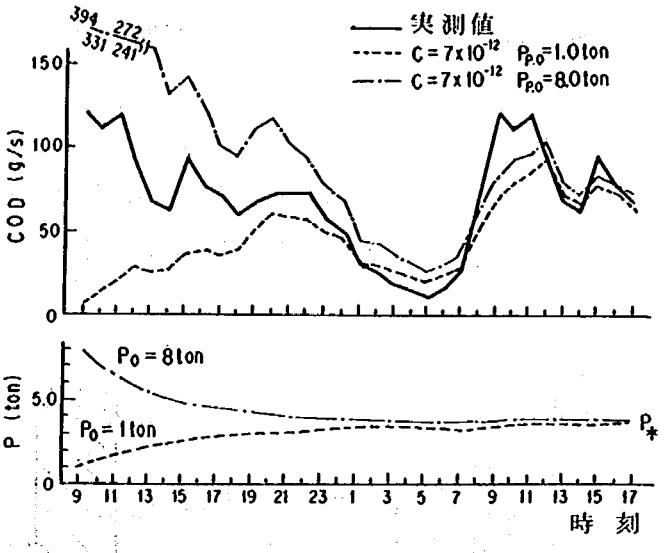


図２－４８　晴天時ＣＯＤシミュレーション

のようなハイアラーキーな構造が考えられる。雨水マスにおける路面からの流入負荷と雨水マス流出負荷の関係については，デトロイトにおけるPalmer の調査があるが，現在のわが国の雨水マスの構造では

路面流出負荷量＝雨水マス流出負荷量

という仮定は支持されよう。

また，このようにした場合に路面流出負荷を管内残存負荷量に加えるのがよいのか。それとも路面排水中の負荷量は，下水管渠内ではそのまま下流まで流送されるのが一般であるという仮定を設け，各々別個に取り扱ったほうのがよいのか定かではない。

現在までの経験では，前者のように直列的な扱いをした場合には流量変動に対する負荷量の応答性は後者の並列的取扱いの場合より鈍くなる。そこで，雨天時の流出負荷量Ｌは，地表面流出負荷量L_s と管渠内流出負荷量L_p との和で表わされると仮定し，

$$L = L_s + L_p$$

とするのがシミュレーションでの再現性は良好である。

ところが，雨天時と晴天時とを含んだ１０日間の連続観測結果から，ＢＯＤについては地表面からの流出負荷量の寄与は極めて小さく，事実上無視しても構わない結論を得ている。すなわち，晴天時の汚水負荷量をベースとし，雨天時にこれを上回った負荷量を正負荷，下回った負荷量の下回った分をマイナス負荷とすると，次のような関係が成り立つ（図２－４９）。

$\Sigma + \fallingdotseq \Sigma -$　　（ＢＯＤ）

$\Sigma + > \Sigma -$　　（ＣＯＤ）

$\Sigma + \gg \Sigma -$　　（ＳＳ）

したがって最終的には表２－１６のような予測式が得られる。すなわち，図２－４９よりＢＯＤについては地表面からの負荷流入は無視し得るものの，ＣＯＤ，ＳＳについては，地表面負荷の

寄与が大きくこれらの予測式も組み込んでおく必要がある。

地表面負荷の運動式で，管渠内流出負荷のときと同様に限界降雨強度 r_c を取り入れ

$$L = K \cdot P_s \cdot (r_e - r_c)$$

とした方が適合度が良いと言ったが，図２－５０，５１に，r_c を無視，すなわち $r_c = 0$ ㎜／hr とした場合と $r_c = 2$ ㎜／hr として限界降雨強度の影響を取り入れた場合のシミュレーション結果を示してある。大降雨時の適合度は双方とも満足いくものであるが，小降雨時では r_c

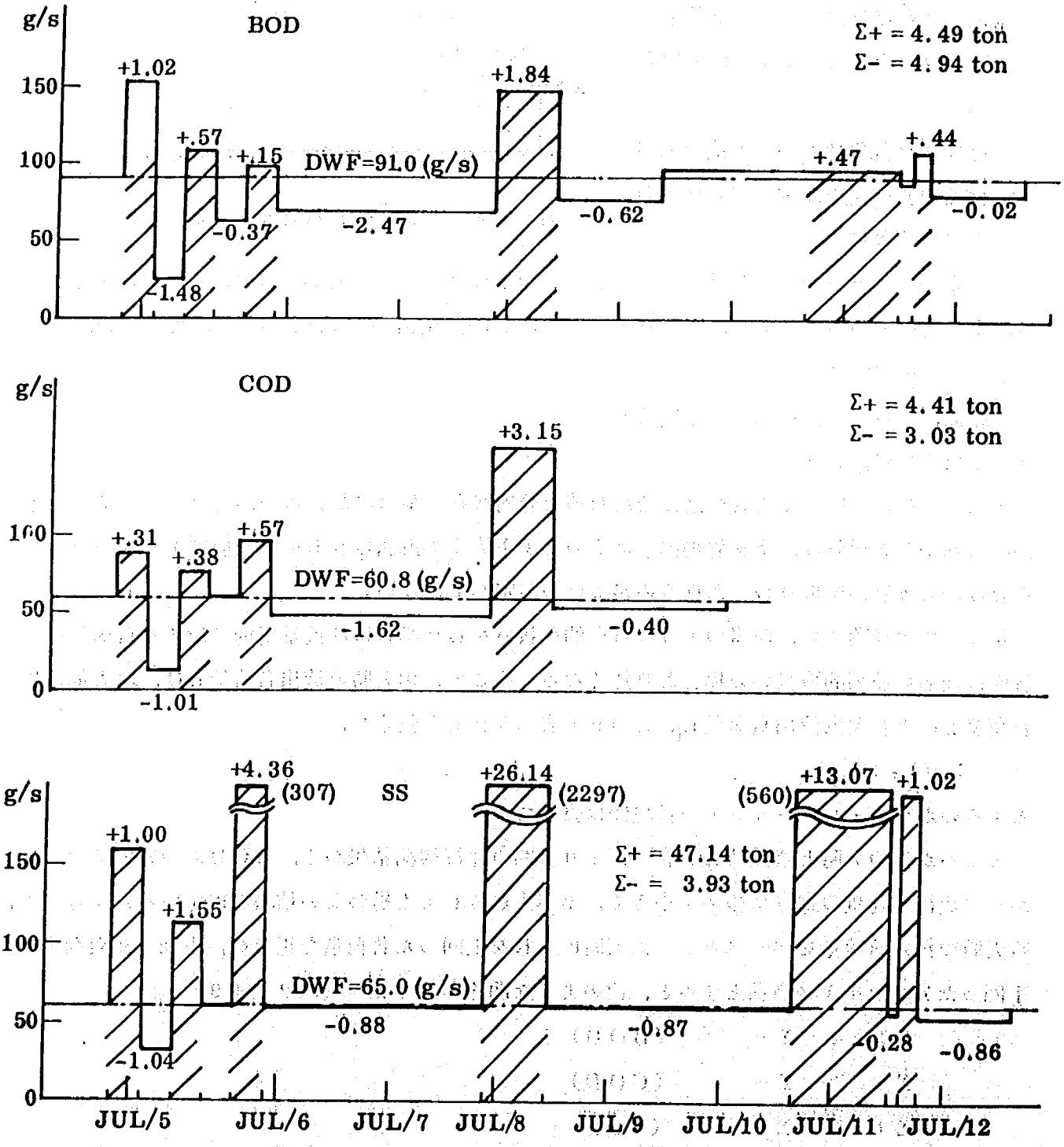


図２－４９ Relation Between Positive Loads and Nagative Loads

Table 2-16 Equations of motion and continuity for Predicting wet weather combined sewer loadings

BOD $L = C_1 \cdot P^2 \cdot (Q - Q_c)$

$$\frac{dp}{dt} = \text{dwf loading} - L$$

COD $L = C_2 \cdot P^2 \cdot (Q - Q_c) + \frac{1}{3.6} k_1 \cdot s \cdot r$

$$\frac{dp}{dt} = \text{dwf loading} - C_2 \cdot P^2 \cdot (Q - Q_c)$$

$$\frac{ds}{dt} = a_1 - \frac{1}{3.6} k_1 \cdot s \cdot r$$

SS $L = C_3 \cdot P \cdot Q \cdot (Q - Q_c) + \frac{1}{3.6} k_2 \cdot s \cdot r$

$$\frac{dp}{dt} = \text{dwf loading} - C_3 \cdot P \cdot Q \cdot (Q - Q_c)$$

$$\frac{ds}{dt} = a_2 - \frac{1}{3.6} k_2 \cdot s \cdot r$$

L = loading rate (g/sec)
C = coefficient
P = residual load in the sewer line (g)
Q = flow rate (m^3/sec)
Qc = critical flow rate (m^3/sec)
k = coefficient (1/mm)
S = residual load on road surface, roof-top, catch basin, gutter, and so on (Kg)
r = rainfall intensity (mm/hr)
a = loading supply rate (g/sec)

k (COD) = 0.10 (rough surface street)
.....0.15 (smooth surface street) (1/mm)

k (SS) = 0.20 (rough surface street)
.....0.30 (smooth surface street) (1/mm)

a (COD) = 1.0 (inactive area)
.....5.0 (active area) (Kg/ha/day)

a (SS) = 10 (inactive area)
.....50 (active area) (Kg/ha/day)

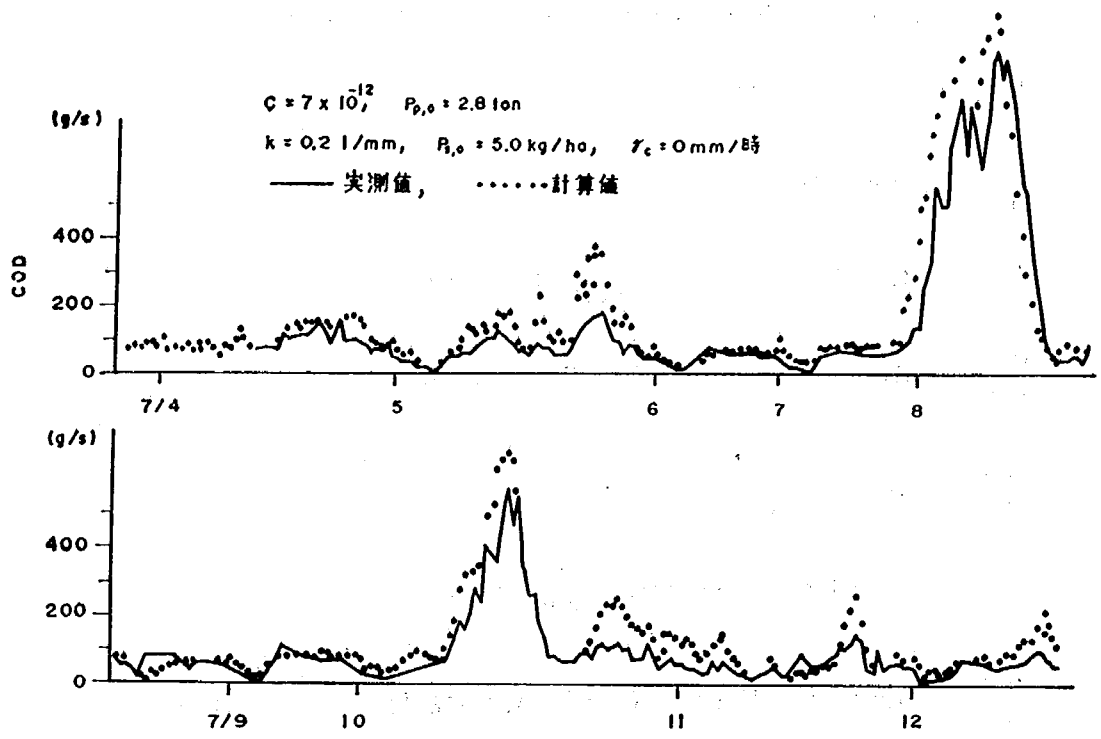


図２－５０　ＣＯＤシミュレーション結果（谷端川，$r_c = 0$）

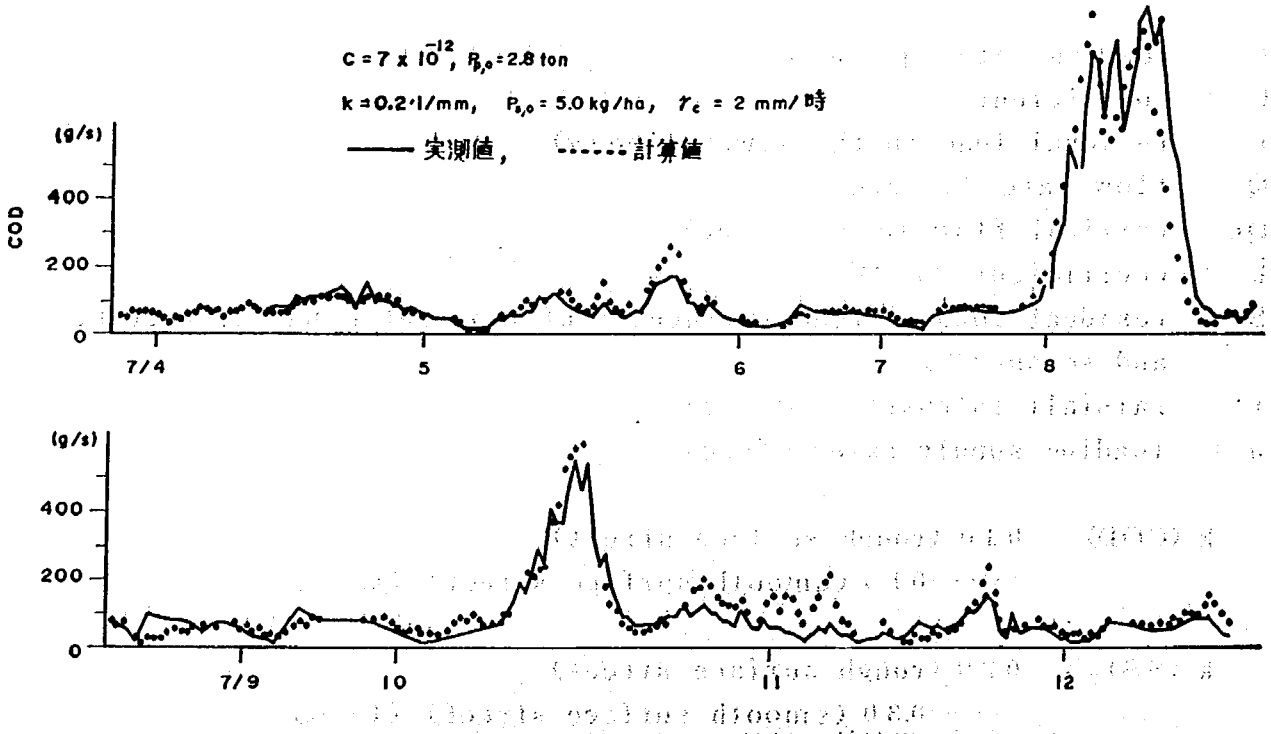


図２－５１　ＣＯＤシミュレーション結果（谷端川，$r_c = 2$）

＝０とすると「流出させ過ぎる」傾向があり，$r_c = 2$㎜／hrというような，限界降雨強度の影響を取り入れた運動方程式のほうが，現象のシミュレートがうまく行える。

ただし，r_c の値として，果して何㎜／hrが適切かは今後の調査結果を待たねばならない。

2.3.3 シミュレーション結果

札幌市美香保排水区，豊橋市八町排水区，名古屋市白川排水区，京都市千本排水区対象に行ったＢＯＤおよびＣＯＤの負荷量シミュレーション結果を図２－５２～５９に示す。
最大濃度の値に若干の差異が生ずるケースもあるが，全体としてみた負荷量パターンおよび総流出負荷量の一致度はこの種のブラックボックスモデルとしては十分満足いくものである。

分流式下水道区域の雨水流出水のＢＯＤ，ＣＯＤについての結果も合わせて載せてあるが，この場合ＢＯＤについては地表面からの負荷供給を見込んであり，ＣＯＤと同形の運動方程式を用いた（図２－６０～６３）。このなかで，４９－１－２１のケースは先行晴天日数が約５０日もあり，地表面および管内の堆積負荷量は最大限の状態であったと考えられる。さすがに，このケースの一致度はあまり良好ではないが，それでも実測負荷量２００Kgと計算負荷量２３２Kgの差は１５％程度であり，他の通常の先行晴天状況の一致度を考慮すれば十分実用に供し得るものと考えられる。

ＳＳのシミュレーション結果が，合流式下水道の場合１ケース，分流式雨水の場合が１ケース示してあるが，これは意図的に一致度の良くないケースを示してある（図２－６４，６５）。
この理由は，現在のモデルで対象としている汚濁源が不浸透域のみというのは，ＳＳを考えた場合には合理的でないと考えているからである。すなわち，強雨のときに浸透域からの流出があれば当然浸透域からの土砂流出が起こるはずであり，不浸透域と浸透域のＳＳのポテンシャルの差を考えるならば，この部分を無視したモデルは弱雨のときのみしか適用できない。従って，例示した２つのケースのように，浸透域から流出が生ずる状況では，他の弱雨のときにあてはまる定数，とくに地表面初期残存負荷量の値では，現象をフォローし得ないと言える。

ＳＳの，このような降雨状況によって汚濁源を追加，削除する必要性のある負荷量特性をシミュレートするには浸透域部分からの負荷流出を考慮した「タンク」を一段追加しておく必要がある。すなわち

$$Ls'=K'\cdot(r_e-r_c')$$

あるいは

$$L_s'=K'\cdot r_e(r_e-r_c')$$

ただし，L_s'：浸透域流出ＳＳ負荷量，r_e：有効降雨強度，r_c'：浸透域限界降雨強度

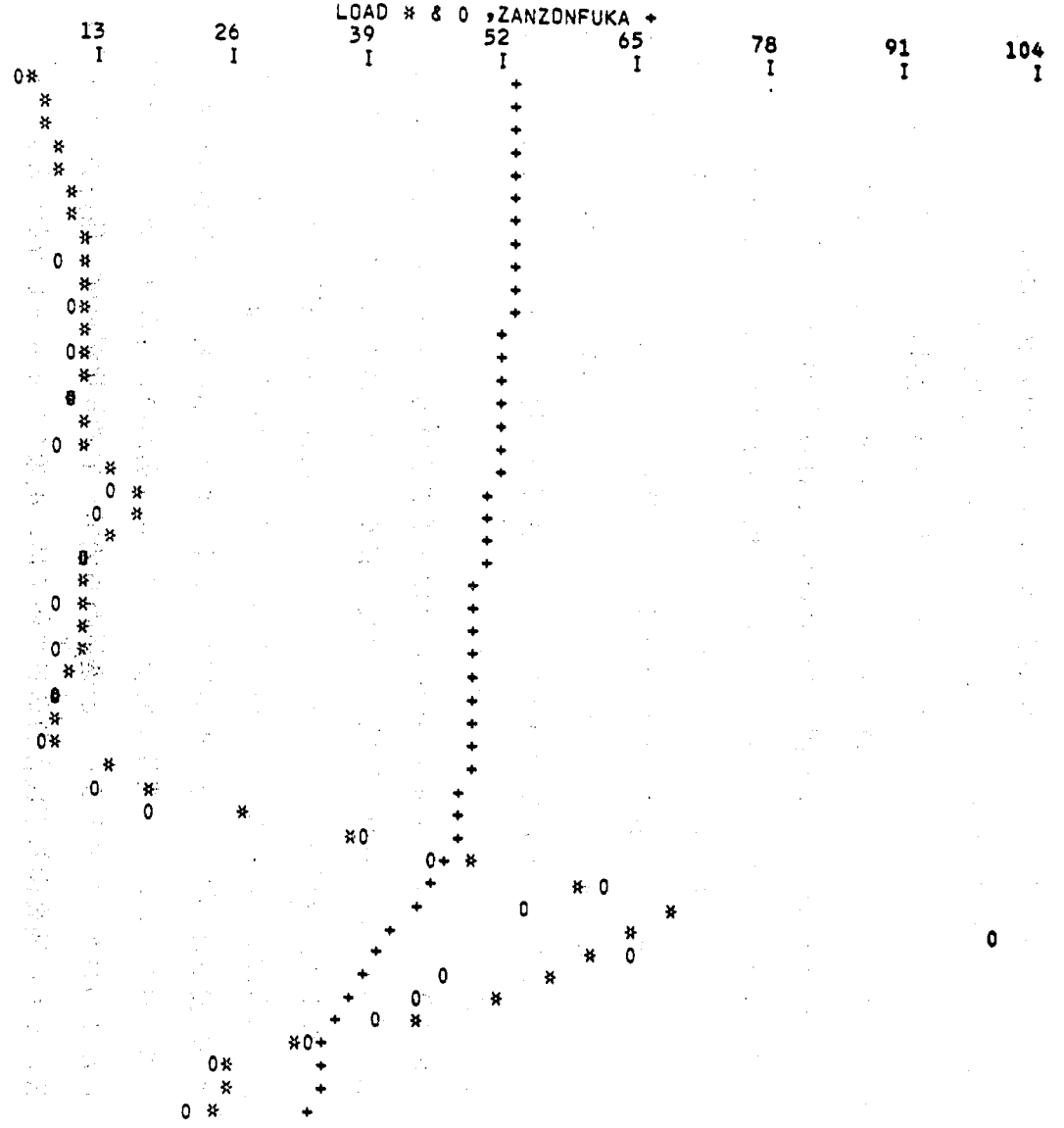
というタンクを追加し，$r_e'>r_c'$ ならば，浸透域流出負荷量を付加してやるわけである。

現在のところ，しかしながら，浸透域からのみの流出負荷量を実測した調査は数が少なく，その流出の特性についてはほとんど明らかになっていない。今後の大きな研究課題として取り組むべきものと考えられる。

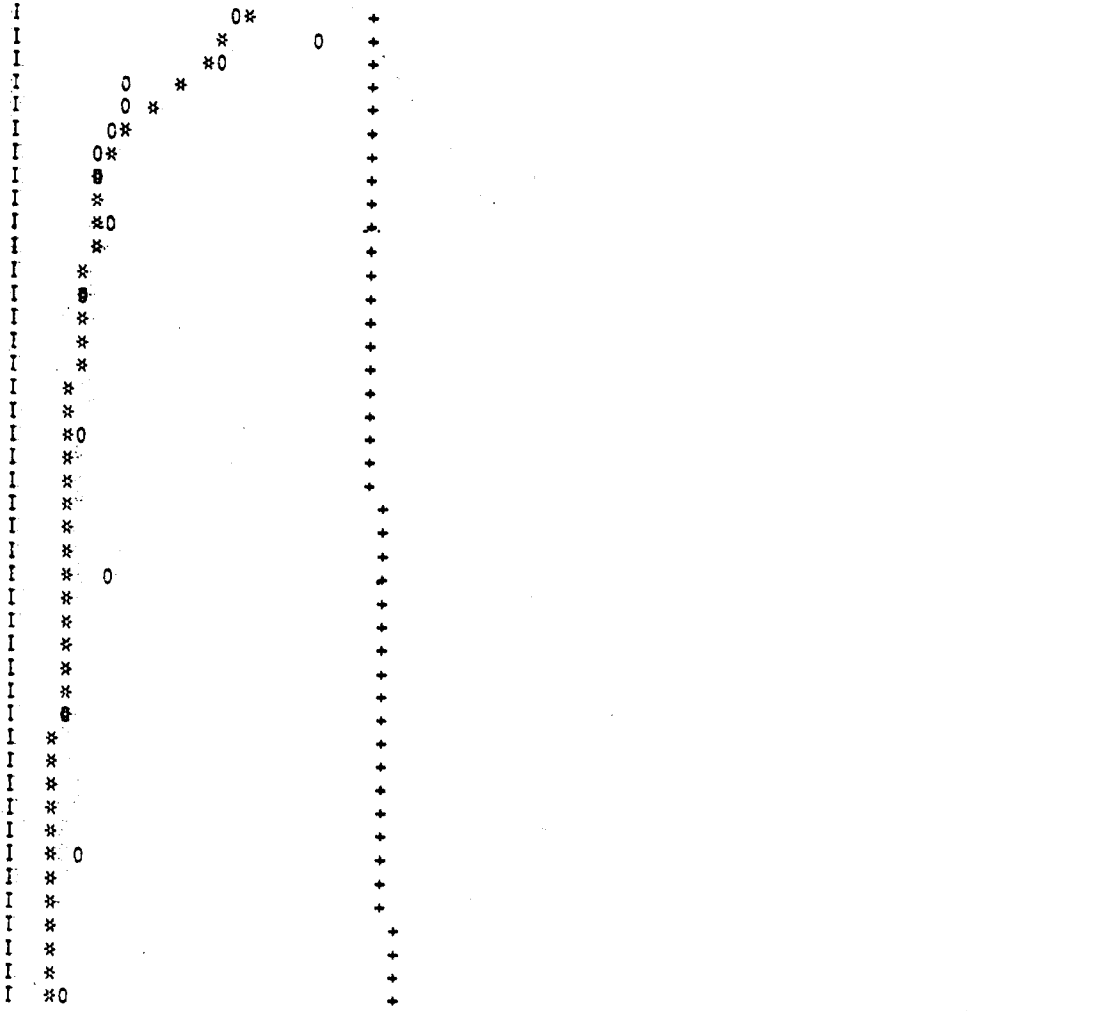
BOD SIMULATION(WET WEATHER) MIKAHO (Sapporo City)

51/11/26/ 15:40 440(MIN) 89
C= 0.116E-08 PS= 0.528E+06 (NICHIFUKA NO 1.0 BAI) QC=0.022

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYO (KG)
15:40	4.30	100	6.93	161	528.00
15:45			7.66	169	527.93
15:50			8.38	176	527.56
15:55			9.08	183	526.87
16: 0			9.77	188	525.89
16: 5			10.45	193	524.69
16:10			11.11	197	523.36
16:15			11.76	200	521.90
16:20	8.54	140	12.40	203	520.31
16:25			12.48	203	518.68
16:30	9.98	161	12.55	202	517.10
16:35			12.17	199	515.53
16:40	9.24	154	11.79	196	513.95
16:45			11.41	193	512.36
16:50	9.74	168	11.03	190	510.75
16:55			11.86	194	508.95
17: 0	8.64	135	12.66	198	506.77
17: 5			15.03	207	504.07
17:10	13.04	161	17.31	214	500.70
17:15	12.15	150	17.05	211	497.05
17:20			14.71	200	493.82
17:25	10.89	165	12.46	189	491.31
17:30			12.35	187	489.17
17:35	7.92	120	12.24	186	487.12
17:40			11.87	183	485.21
17:45	8.64	135	11.52	180	483.47
17:50			10.64	174	482.00
17:55	8.12	140	9.78	169	480.85
18: 0			9.88	169	479.90
18: 5	6.78	115	9.97	169	479.02
18:10			14.16	189	477.66
18:15	11.47	126	18.21	200	475.22
18:20	17.16	133	27.68	215	470.91
18:25	38.53	224	37.61	219	463.84
18:30	43.97	192	49.60	217	453.64
18:35	60.90	210	60.43	208	440.13
18:40	54.05	154	68.76	196	423.80
18:45	99.01 ?	272 ?	65.83	181	406.72
18:50	63.88	175	60.97	167	390.86
18:55	45.38	121	58.13	155	376.22
19: 0	43.55	119	52.71	144	362.88
19: 5	39.51	119	44.61	134	351.64
19:10	33.26	126	33.22	126	343.40
19:15	23.31	105	26.60	120	337.96
19:20			25.61	117	333.71
19:25	21.56	98	25.08	114	329.77



19:30	19.50	98	21.98	110	326.49	I	
19:35	27.21	152	19.21	107	324.10	I	
19:40	18.69	105	18.85	106	322.08	I	
19:45	9.92	64	15.92	103	320.48	I	
19:50	8.97	65	13.81	100	319.54	I	
19:55	7.62	68	10.71	96	319.30	I	
20: 0	6.21	64	8.96	92	319.70	I	
20: 5	6.62	72	8.39	91	320.32	I	
20:10			8.13	91	320.90	I	
20:15	8.18	94	7.85	90	321.39	I	
20:20			7.55	90	321.80	I	
20:25			7.24	89	322.14	I	
20:30	6.16	78	6.93	88	322.40	I	
20:35			6.71	87	322.74	I	
20:40			6.49	86	323.33	I	
20:45			6.28	86	324.14	I	
20:50			6.07	86	325.19	I	
20:55			5.87	85	326.48	I	
21: 0	5.43	81	5.68	85	327.99	I	
21: 5			5.67	85	329.54	I	
21:10			5.65	86	330.93	I	
21:15			5.63	86	332.17	I	
21:20			5.60	86	333.25	I	
21:25			5.57	86	334.19	I	
21:30	8.26	129	5.53	86	334.98	I	
21:35			5.44	86	335.66	I	
21:40			5.35	86	336.29	I	
21:45			5.26	86	336.87	I	
21:50			5.17	85	337.40	I	
21:55			5.07	85	337.87	I	
22: 0	4.78	81	4.97	84	338.30	I	
22: 5			4.88	84	338.74	I	
22:10			4.78	83	339.29	I	
22:15			4.69	83	339.94	I	
22:20			4.60	83	340.69	I	
22:25			4.51	82	341.54	I	
22:30	5.67	105	4.42	82	342.49	I	
22:35			4.44	82	343.41	I	
22:40			4.46	83	344.18	I	
22:45			4.48	83	344.81	I	
22:50			4.49	83	345.29	I	
22:55			4.50	83	345.62	I	
23: 0	4.70	87	4.50	83	345.80	I	



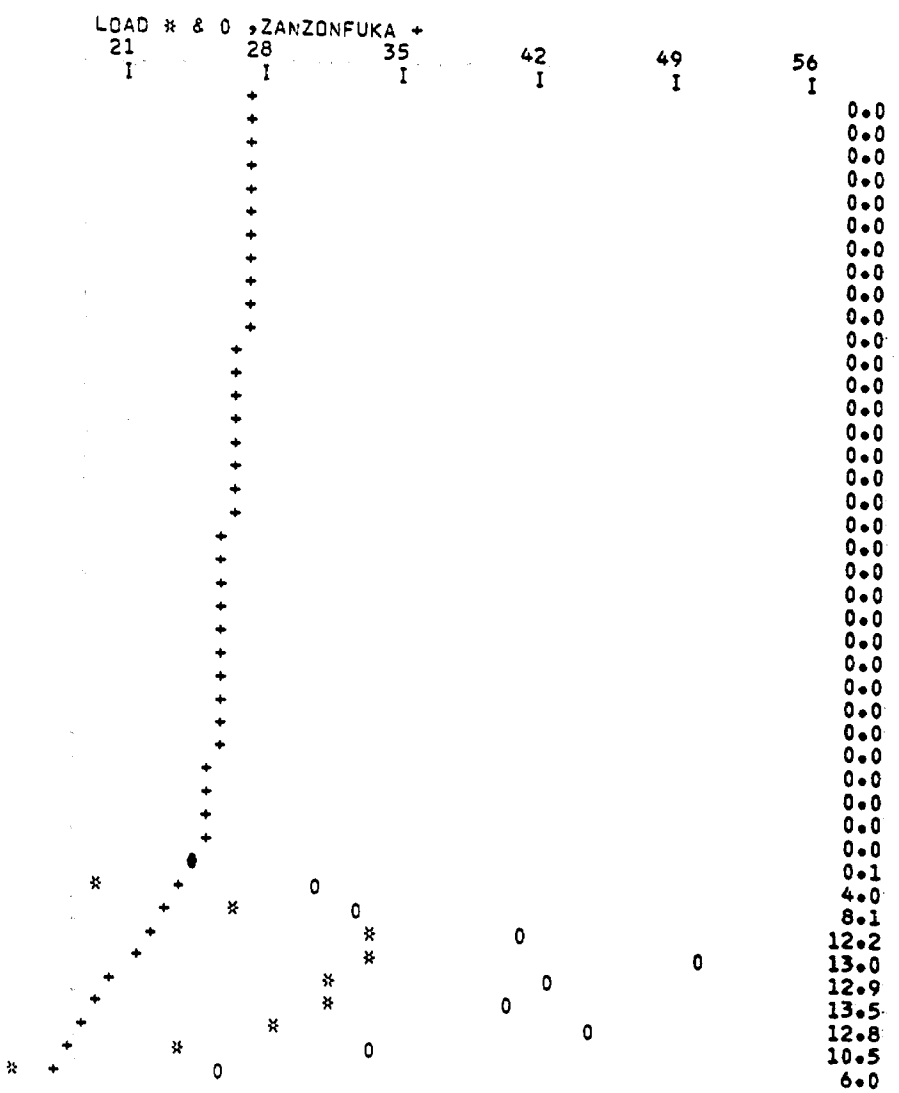
	TLOAD(KG)		CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	359.973		272.0	128.8
KEISAN	398.991 (	0.0)	218.6	142.8
WWF-DWF=	3.572(MM)			

COD SIMULATION(WET WEATHER) MIKAHO (Sapporo City)

51/11/26/ 15:40 440(MIN) 89
C= 0.380E-08 PS= 0.162E+06 (NICHIFUKA NO 1.0 BAI) QC=0.022

CR= 0.200 1/MM PRO= 10.000 KG/HA RC= 1.0 MM/HR

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYO (KG)
15:40	1.46	34	2.13	50	162.00
15:45			2.36	52	162.21
15:50			2.59	55	162.27
15:55			2.81	57	162.19
16: 0			3.03	58	161.97
16: 5			3.24	60	161.64
16:10			3.45	61	161.26
16:15			3.65	62	160.83
16:20	3.72	61	3.85	63	160.35
16:25			3.87	63	159.85
16:30	5.58	90	3.90	63	159.35
16:35			3.78	62	158.87
16:40	5.82	97	3.66	61	158.43
16:45			3.55	60	158.04
16:50	4.76	82	3.44	59	157.69
16:55			3.71	61	157.33
17: 0	4.74	74	3.97	62	156.89
17: 5			4.73	65	156.31
17:10	6.97	86	5.46	67	155.51
17:15	5.26	65	5.39	67	154.60
17:20			4.66	63	153.83
17:25	3.50	53	3.96	60	153.27
17:30			3.94	60	152.82
17:35	3.76	57	3.92	59	152.38
17:40			3.81	59	151.98
17:45	4.42	69	3.70	58	151.62
17:50			3.43	56	151.33
17:55	3.77	65	3.16	54	151.14
18: 0			3.20	55	150.99
18: 5	3.95	67	3.23	55	150.83
18:10			4.59	61	150.47
18:15	9.19	101	5.91	65	149.70
18:20	13.55	105	8.97	70	148.27
18:25	24.25	141	12.31	72	145.91
18:30	30.91	135	20.00	87	142.49
18:35	32.77	113	27.53	95	137.98
18:40	41.42	118	34.18	97	132.58
18:45	50.60	139	33.92	93	126.95
18:50	42.34	116	32.25	88	121.72
18:55	40.88	109	31.82	85	116.88
19: 0	44.65	122	29.33	80	112.47
19: 5	33.53	101	24.40	73	108.73
19:10	26.14	99	16.32	62	105.96



19:15	19.54	88	11.48	52	104.08	I	3.2
19:20			11.11	50	102.58	I	3.1
19:25	18.04	82	10.77	49	101.20	I	3.1
19:30	17.51	88	8.42	42	100.03	I	1.7
19:35	24.70	138	6.27	35	99.14	I	0.4
19:40	15.66	88	6.09	34	98.37	I	0.3
19:45	8.52	55	4.84	31	97.71	I	0.0
19:50	8.69	63	4.18	30	97.25	I	0.0
19:55	6.61	59	3.23	29	97.00	I	0.0
20: 0	3.88	40	2.69	28	96.94	I	0.0
20: 5	4.60	50	2.51	27	96.96	I	0.0
20:10			2.43	27	96.99	I	0.0
20:15	4.18	48	2.34	27	97.03	I	0.0
20:20			2.25	27	97.08	I	0.0
20:25			2.15	26	97.13	I	0.0
20:30	3.08	39	2.06	26	97.18	I	0.0
20:35			1.99	26	97.28	I	0.0
20:40			1.93	26	97.44	I	0.0
20:45			1.86	26	97.67	I	0.0
20:50			1.80	25	97.98	I	0.0
20:55			1.74	25	98.34	I	0.0
21: 0	2.34	35	1.68	25	98.78	I	0.0
21: 5			1.68	25	99.24	I	0.0
21:10			1.68	25	99.66	I	0.0
21:15			1.67	25	100.06	I	0.0
21:20			1.66	26	100.43	I	0.0
21:25			1.66	26	100.77	I	0.0
21:30	3.14	49	1.65	26	101.09	I	0.0
21:35			1.62	26	101.38	I	0.0
21:40			1.60	26	101.66	I	0.0
21:45			1.57	26	101.92	I	0.0
21:50			1.55	26	102.16	I	0.0
21:55			1.52	25	102.38	I	0.0
22: 0	2.12	36	1.50	25	102.59	I	0.0
22: 5			1.47	25	102.79	I	0.0
22:10			1.44	25	103.01	I	0.0
22:15			1.41	25	103.24	I	0.0
22:20			1.39	25	103.49	I	0.0
22:25			1.36	25	103.74	I	0.0
22:30	1.94	36	1.33	25	104.01	I	0.0
22:35			1.34	25	104.27	I	0.0
22:40			1.34	25	104.47	I	0.0
22:45			1.35	25	104.63	I	0.0
22:50			1.35	25	104.75	I	0.0
22:55			1.35	25	104.82	I	0.0
23: 0	1.89	35	1.35	25	104.85	I	0.0

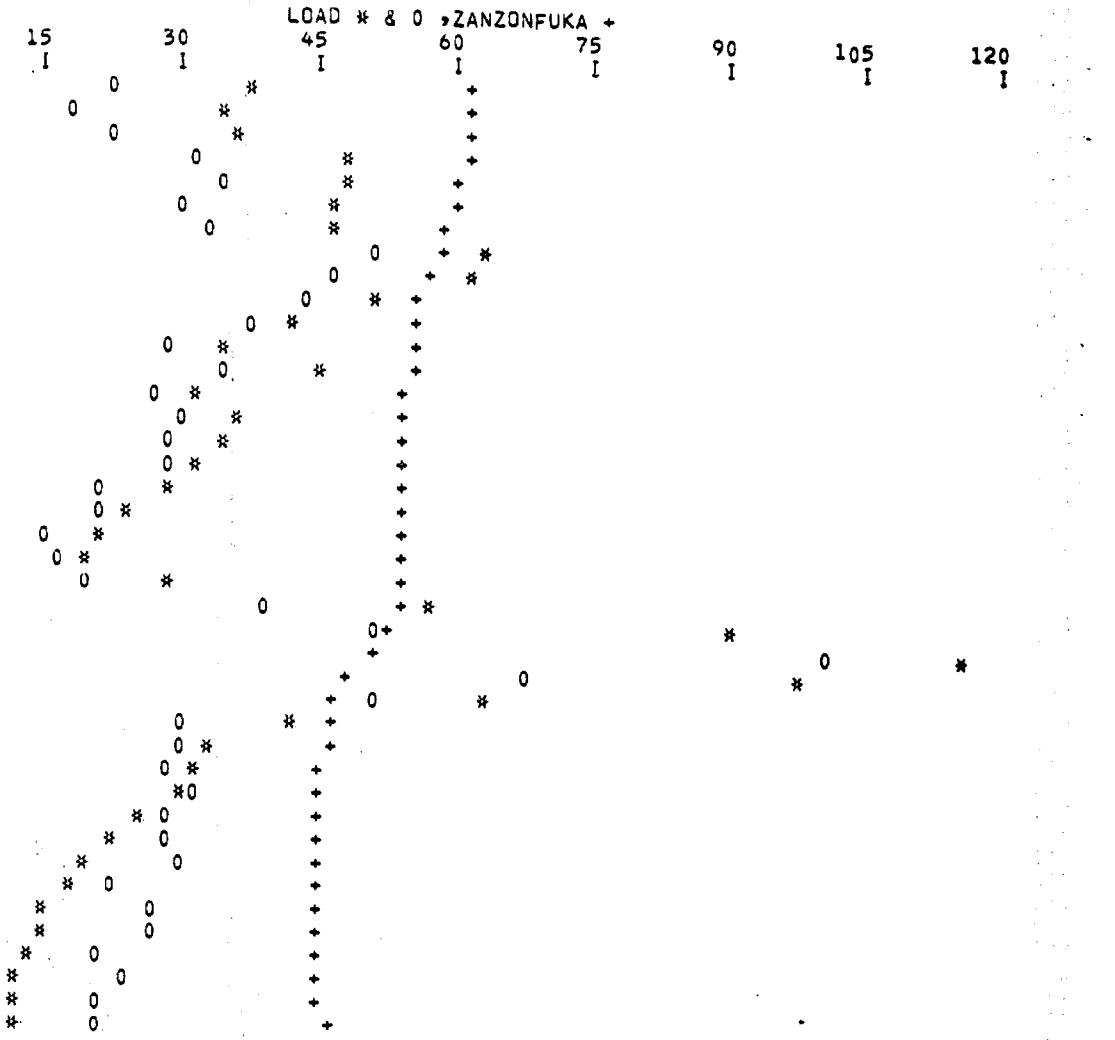
	TLOAD(KG)		CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	226.462		141.0	81.0
KEISAN	156.228 (	31.462)	97.4	55.9
WWF-DWF=	3.572(MM)			

TOYOHASHI:HACCHUMAISUIKU

BOD SIMULATION(WET WEATHER)

52/12/16/ 11:25 225(MIN) 46
C= 0.380E-09 PS= 0.675E+06 (NICHIFUKA NO 0.5 BAI) QC=0.059

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYO (KG)
11:25	21.28	76	38.20	136	675.00
11:30	17.42	66	35.12	133	672.07
11:35	21.87	81	35.86	133	669.31
11:40	30.62	89	47.71	139	664.21
11:45	33.46	94	48.61	137	656.74
11:50	28.51	81	46.82	133	648.95
11:55	31.15	87	46.61	130	640.99
12: 0	49.50	104	62.85	132	630.17
12: 5	45.68	94	61.74	127	617.21
12:10	42.07	99	51.13	120	606.73
12:15	35.52	96	42.46	115	599.87
12:20	27.84	87	35.19	110	596.11
12:25	33.18	84	44.79	113	592.72
12:30	25.67	85	32.15	106	590.51
12:35	29.22	88	36.03	109	589.78
12:40	27.22	83	35.31	108	588.20
12:45	26.58	88	31.75	105	586.88
12:50	19.87	72	28.29	102	586.23
12:55	19.84	82	23.87	99	586.38
13: 0	13.52	62	20.80	95	587.27
13: 5	15.96	76	19.83	94	588.60
13:10	18.76	67	29.06	104	588.74
13:15	38.00	76	56.96	114	583.36
13:20	49.35	62	90.51	114	568.80
13:25	99.01	91	116.20	107	545.40
13:30	66.33	66	97.48	97	521.01
13:35	49.68	69	63.80	89	504.28
13:40	29.18	57	42.20	82	495.41
13:45	29.19	69	33.26	79	490.68
13:50	27.26	66	31.87	77	487.06
13:55	30.97	79	29.55	75	483.56
14: 0	27.72	77	26.36	73	480.45
14: 5	27.88	85	23.34	71	478.19
14:10	28.13	97	19.95	69	477.17
14:15	21.48	82	17.54	67	477.28
14:20	26.14	108	15.88	66	478.27
14:25	25.20	111	14.68	65	479.97
14:30	19.74	94	13.32	63	482.31
14:35	22.18	112	12.40	63	485.11
14:40	19.97	104	12.01	63	488.06
14:45	19.95	105	11.97	63	491.03



14:50	18.14	95	12.21	64	493.92	I	* 0 +
14:55	21.73	112	12.63	65	496.66	I	* 0 +
15: 0	22.68	108	14.26	66	499.04	I	* 0 +
15: 5	27.13	119	16.08	71	500.83	I	* 0 +
15:10	29.26	106	20.71	75	501.53	I	* 0 +

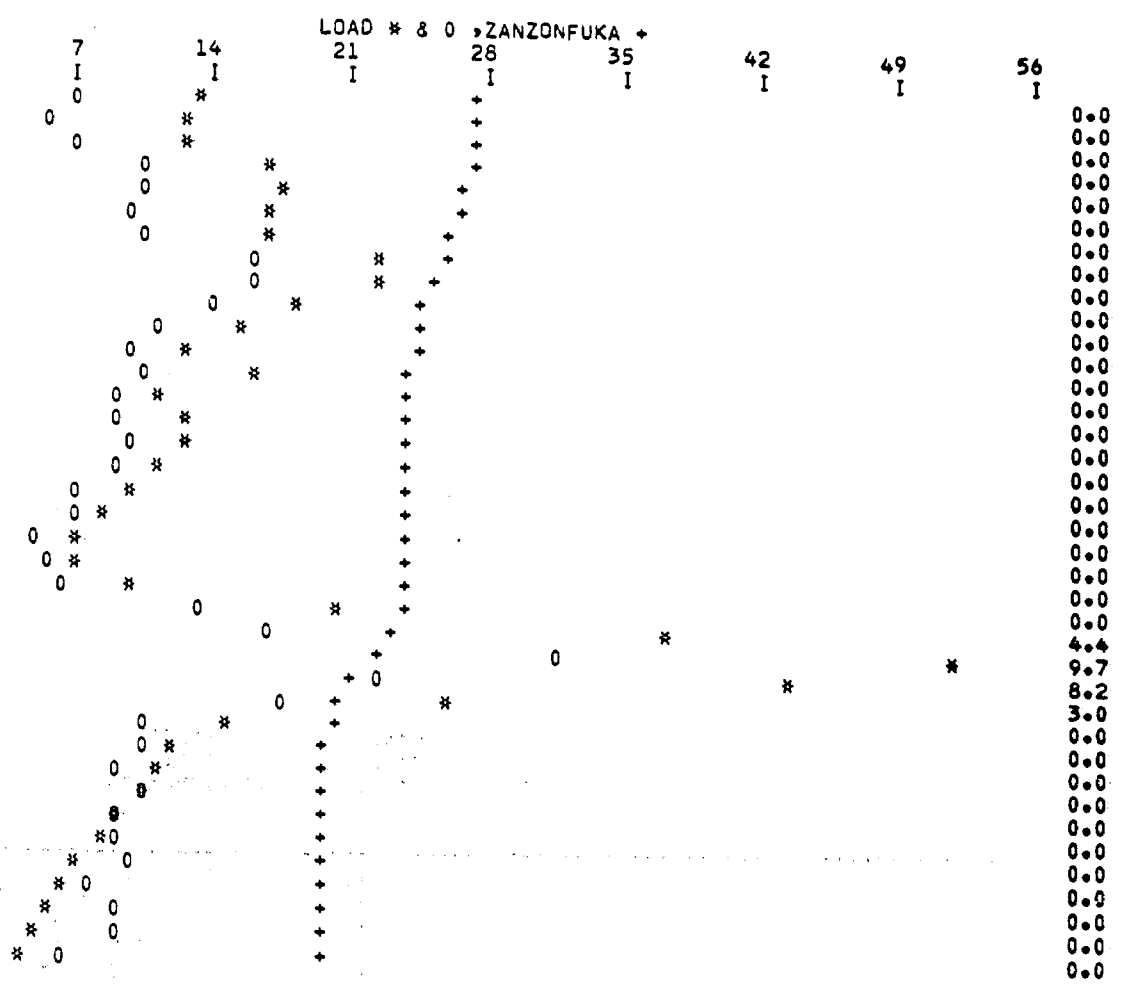
	TLOAD(KG)		CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	417.311		119.0	83.6
KEISAN	497.797 (	0.0)	138.7	99.8
WWF-DWF=	3.739(MM)			

COD SIMULATION(WET WEATHER)

52/12/16/ 11:25 225(MIN) 46
C= 0.106E-08 PS= 0.246E+06 (NICHIFUKA NO 0.5 BAI) QC=0.059

CR= 0.050 1/MM PRO= 5.000 KG/HA RC= 2.0 MM/HR

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYU (KG)
11:25	7.00	25	14.15	51	245.50
11:30	5.81	22	12.97	49	244.00
11:35	7.29	27	13.20	49	242.67
11:40	10.66	31	17.54	51	240.61
11:45	10.68	30	17.86	50	237.83
11:50	9.86	28	17.21	49	235.06
11:55	10.38	29	17.16	48	232.37
12: 0	15.71	33	23.20	49	228.75
12: 5	16.04	33	22.84	47	224.33
12:10	14.02	33	18.95	45	220.68
12:15	11.47	31	15.74	43	218.24
12:20	9.60	30	13.04	41	216.83
12:25	10.66	27	16.57	42	215.43
12:30	8.76	29	11.86	39	214.34
12:35	9.30	28	13.26	40	213.80
12:40	9.84	30	12.97	40	213.05
12:45	9.06	30	11.66	39	212.50
12:50	6.90	25	10.39	38	212.29
12:55	6.78	28	8.78	36	212.47
13: 0	4.58	21	7.66	35	213.02
13: 5	5.25	25	7.32	35	213.73
13:10	6.16	22	10.75	38	213.93
13:15	13.00	26	21.07	42	212.00
13:20	16.72	21	37.88	48	206.62
13:25	31.55	29	52.57	48	197.90
13:30	22.11	22	44.01	44	188.77
13:35	17.28	24	26.44	37	182.52
13:40	10.24	20	15.48	30	179.30
13:45	10.15	24	12.22	29	177.73
13:50	9.09	22	11.74	28	176.70
13:55	10.58	27	10.94	28	175.84
14: 0	9.36	26	9.82	27	175.24
14: 5	9.18	28	8.75	27	174.93
14:10	9.57	33	7.51	26	174.93
14:15	7.34	28	6.62	25	175.20
14:20	8.95	37	6.00	25	175.65
14:25	8.85	39	5.54	24	176.22
14:30	6.51	31	5.02	24	176.88



14:35	7.13	36	4.66	24	177.64	I	*	0	+	0.0
14:40	6.91	36	4.50	23	178.45	I	*	0	+	0.0
14:45	6.46	34	4.47	24	179.24	I	*	0	+	0.0
14:50	6.30	33	4.54	24	180.00	I	*	0	+	0.0
14:55	6.98	36	4.68	24	180.68	I	*	0	+	0.0
15: 0	8.19	39	5.27	25	181.23	I	*	0	+	0.0
15: 5	9.12	40	5.92	26	181.56	I	*	0	+	0.0
15:10	10.21	37	7.60	28	181.52	I	*	0	+	0.0

	TLOAD(KG)	CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	140.279	40.0	28.1
KEISAN	191.498 (7.599)	51.0	38.4
WWF-DWF=	3.739(MM)		

BOD SIMULATION(WET WEATHER) SHIRAKAWA (Nagoya City)

51/ 8/26/ 9:51 309(MIN) 62
C= 0.107E-08 PS= 0.465E+06 (NICHIFUKA NO 0.5 BAI) QC=0.025

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYO (KG)
9:51	10.95	92	21.67	182	464.50
9:56	11.10	76	27.48	188	461.15
10: 1	12.46	69	34.32	191	455.96
10: 6	11.23	41	53.08	194	446.99
10:11	162.73	128	222.64	176	409.87
10:16	252.97	137	232.89	126	345.88
10:21	81.38	54	137.29	91	294.78
10:26	92.25	65	102.53	73	263.32
10:31	69.70	59	72.10	61	241.82
10:36	35.82	36	53.87	54	228.23
10:41	30.10	37	41.16	50	220.21
10:46	24.96	39	30.61	48	216.62
10:51	16.95	35	23.00	47	216.69
10:56	12.07	33	17.54	48	219.66
11: 1	13.40	41	16.13	50	224.42
11: 6	12.93	45	14.89	51	229.46
11:11	13.87	52	14.12	53	233.97
11:16	10.04	43	12.67	54	237.98
11:21	11.49	52	12.19	55	241.44
11:26	9.78	44	12.68	57	244.07
11:31	10.31	44	13.56	58	245.73
11:36	11.77	53	12.88	58	246.94
11:41	12.30	59	12.10	58	248.20
11:46	10.01	53	10.94	58	249.60
11:51	8.46	48	10.13	58	251.13
11:56	9.00	49	10.76	59	252.54
12: 1	9.85	51	11.55	60	253.59
12: 6	11.95	56	13.06	61	254.17
12:11	14.25	60	14.53	62	254.23
12:16	16.76	65	15.94	62	253.77
12:21	18.65	69	16.84	62	252.88
12:26	17.37	67	15.96	61	251.91
12:31	16.14	65	15.13	61	251.17
12:36	14.95	63	14.37	60	251.00
12:41	14.17	62	13.76	60	251.61
12:46	14.84	67	13.48	61	252.94
12:51	15.45	71	13.26	61	254.93
12:56	16.00	76	13.10	62	257.56
13: 1	16.70	81	13.08	64	260.72
13: 6	18.18	88	13.50	65	263.94
13:11	19.68	95	13.90	67	266.82
13:16	21.21	101	14.27	68	269.39
13:21	22.74	108	14.62	69	271.64



13:26	24.30	115	14.93	70	273.58	I	* 0	+
13:31	25.16	118	15.20	71	275.26	I	* 0	+
13:36	23.13	109	15.37	72	276.78	I	* 0	+
13:41	21.11	99	15.53	73	278.26	I	* 0	+
13:46	19.08	90	15.69	74	279.68	I	* 0	+
13:51	17.06	80	15.85	74	281.05	I	* 0	+
13:56	15.04	71	16.00	75	282.38	I	*0	+
14: 1	13.63	64	16.07	76	283.66	I	*	+
14: 6	14.66	70	15.87	76	284.94	I	*0	+
14:11	15.63	77	15.67	77	286.24	I	*0	+
14:16	16.56	83	15.46	77	287.57	I	*0	+
14:21	17.44	89	15.25	78	288.92	I	* 0	+
14:26	18.27	95	15.04	78	290.29	I	* 0	+
14:31	18.74	99	14.89	79	291.66	I	* 0	+
14:36	17.95	95	15.01	79	292.86	I	* 0	+
14:41	17.17	91	15.11	80	293.77	I	* 0	+
14:46	16.38	87	15.17	80	294.39	I	*0	+
14:51	15.59	83	15.21	80	294.75	I	*0	+
14:56	14.18	75	15.22	81	294.84	I	*0	+

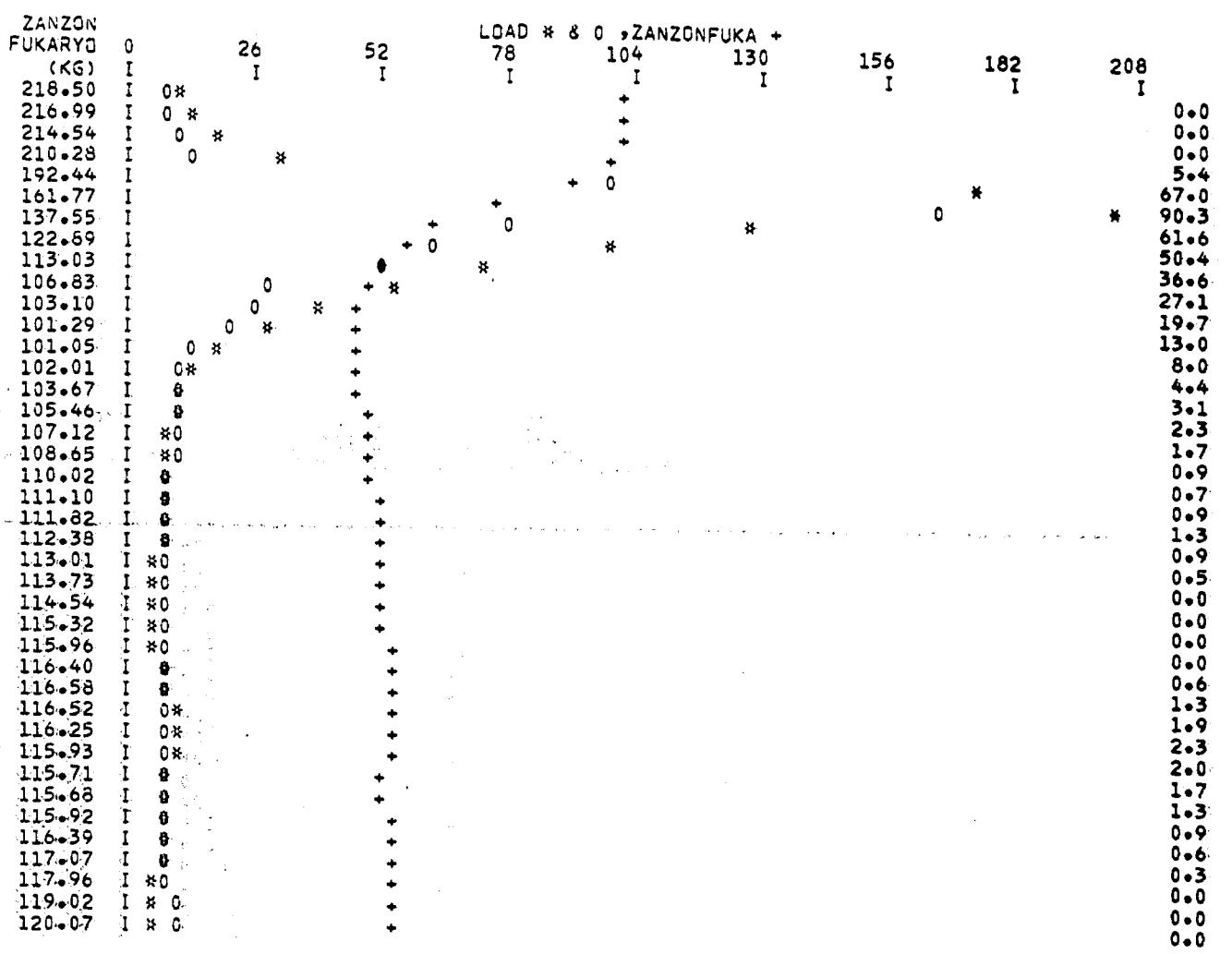
	TLOAD(KG)		CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	473.405		136.7	72.7
KEISAN	526.836 (	0.0)	193.7	80.9
WWF-DWF=	12.158(MM)			

COD SIMULATION(WET WEATHER) **SHIRAKAWA (Nagoya City)**

51/ 8/26/ 9:51 309(MIN) 62
C= 0.235E-08 PS= 0.219E+06 (NICHIFUKA NO 0.5 BAI) QC=0.025

CR= 0.200 1/MM PRO= 5.000 KG/HA RC= 1.0 MM/HR

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYO (KG)
9:51	3.81	32	10.55	89	218.50
9:56	4.67	32	13.39	92	216.99
10: 1	7.19	40	16.72	93	214.54
10: 6	11.23	41	31.25	114	210.28
10:11	96.79	76	174.96	138	192.44
10:16	163.50	88	202.44	109	161.77
10:21	75.35	50	127.41	85	137.55
10:26	60.25	43	99.55	70	122.69
10:31	49.22	42	71.23	60	113.03
10:36	26.86	27	53.06	53	106.83
10:41	22.17	27	39.52	48	103.10
10:46	17.07	27	27.76	44	101.29
10:51	10.27	21	19.06	39	101.05
10:56	6.88	19	12.71	35	102.01
11: 1	7.15	22	10.72	33	103.67
11: 6	6.55	23	9.17	32	105.46
11:11	6.94	26	8.22	31	107.12
11:16	6.94	30	6.73	29	108.65
11:21	5.97	27	6.23	28	110.02
11:26	5.12	23	6.67	30	111.10
11:31	5.30	23	7.49	32	111.82
11:36	5.57	25	6.79	30	112.38
11:41	5.56	27	6.02	29	113.01
11:46	4.66	25	5.00	26	113.73
11:51	4.12	24	4.64	26	114.54
11:56	4.76	26	4.94	27	115.32
12: 1	5.33	28	5.32	28	115.96
12: 6	5.49	26	6.64	31	116.40
12:11	5.56	24	7.98	34	116.58
12:16	5.55	22	9.29	36	116.52
12:21	5.45	20	10.17	37	116.25
12:26	5.29	20	9.47	36	115.93
12:31	5.13	21	8.78	35	115.71
12:36	4.97	21	8.00	34	115.68
12:41	4.92	22	7.32	32	115.92
12:46	5.34	24	6.89	31	116.39
12:51	5.73	27	6.48	30	117.07
12:56	6.09	29	6.08	29	117.96
13: 1	6.53	32	6.00	29	119.02
13: 6	7.44	36	6.15	30	120.07



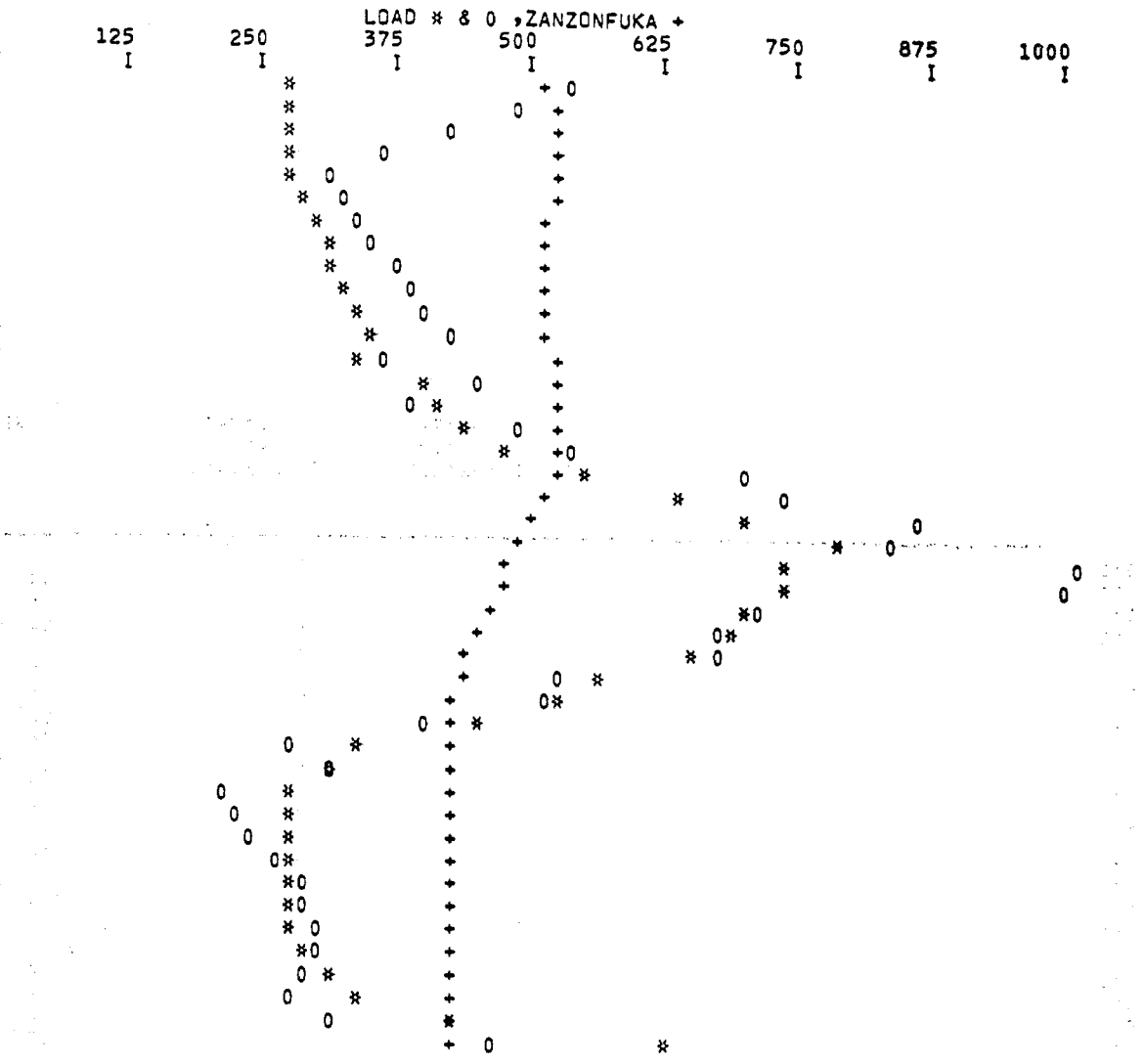
13:11	8.35	40	6.29	30	121.01	I	*0	0.0
13:16	9.28	44	6.42	31	121.82	I	* 0	0.0
13:21	10.21	49	6.54	31	122.50	I	* 0	0.0
13:26	11.16	53	6.65	31	123.08	I	* 0	0.0
13:31	11.76	55	6.74	32	123.55	I	* 0	0.0
13:36	10.91	51	6.79	32	124.01	I	* 0	0.0
13:41	10.05	47	6.85	32	124.52	I	* 0	0.0
13:46	9.20	43	6.91	32	125.07	I	* 0	0.0
13:51	8.35	39	6.97	33	125.67	I	*0	0.0
13:56	7.50	35	7.04	33	126.31	I	*0	0.0
14: 1	6.88	32	7.09	33	126.98	I	*0	0.0
14: 6	7.20	35	7.01	34	127.66	I	*0	0.0
14:11	7.51	37	6.93	34	128.30	I	*0	0.0
14:16	7.79	39	6.84	34	128.91	I	*0	0.0
14:21	8.06	41	6.74	34	129.50	I	*0	0.0
14:26	8.32	43	6.64	35	130.06	I	*0	0.0
14:31	8.44	45	6.57	35	130.59	I	*0	0.0
14:36	8.09	43	6.62	35	131.05	I	*0	0.0
14:41	7.74	41	6.65	35	131.41	I	*0	0.0
14:46	7.40	39	6.68	35	131.67	I	*0	0.0
14:51	7.05	37	6.70	35	131.83	I	*0	0.0
14:56	6.43	34	6.70	35	131.91	I	*0	0.0

	TLOAD(KG)	CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	267.125	88.3	41.0
KEISAN	370.544 (122.638)	138.0	56.9
WWF-DWF=	12.158(MM)		

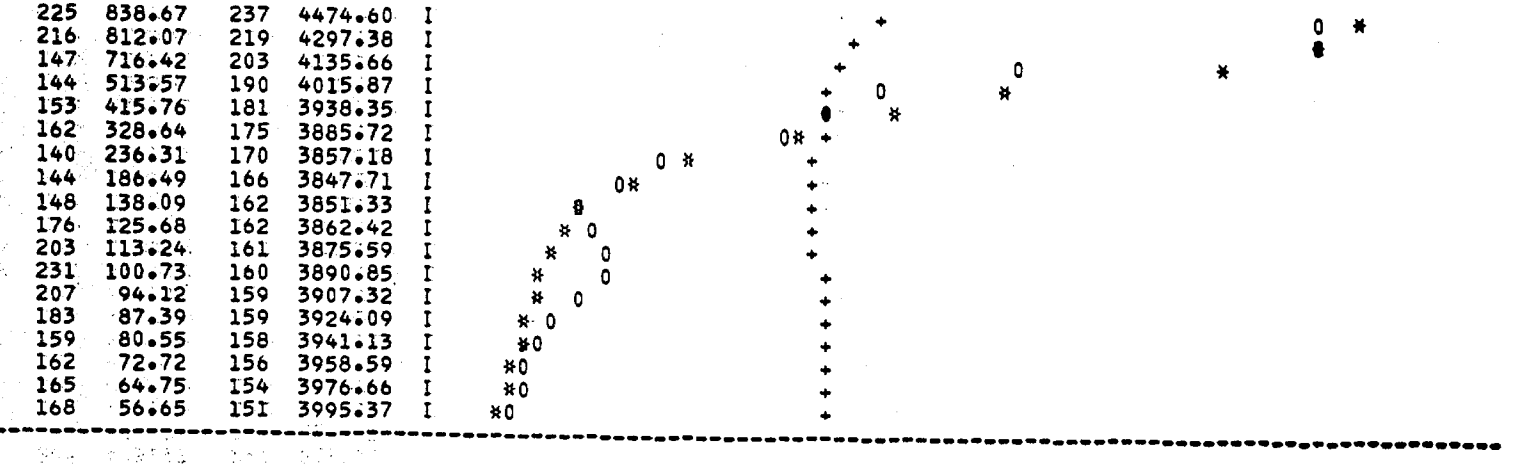
BOD SIMULATION(WET WEATHER) SENBON (Kyoto City)

51/12/16/ 14:25 300(MIN) 61
C= 0.121E-10 PS= 0.575E+07 (NICHIFUKA NO 0.5 BAI) QC=0.082

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYO (KG)
14:25	524.94	688	272.92	358	5750.00
14:30	466.96	612	273.48	358	5755.86
14:35	408.97	536	274.03	359	5761.60
14:40	350.98	460	274.27	359	5764.19
14:45	292.99	384	274.22	359	5763.71
14:50	307.65	390	284.38	360	5758.70
14:55	322.61	395	293.88	360	5747.69
15: 0	337.88	401	302.69	359	5730.91
15: 5	353.44	407	311.66	359	5716.62
15:10	369.31	413	321.71	359	5712.84
15:15	385.48	418	332.92	361	5719.22
15:20	401.95	424	345.35	364	5735.42
15:25	349.72	386	332.00	366	5765.11
15:30	437.02	419	392.08	376	5801.15
15:35	370.18	345	407.90	380	5826.74
15:40	474.24	416	436.61	383	5834.19
15:45	519.56	419	475.57	384	5820.01
15:50	683.93	483	540.15	381	5778.83
15:55	719.00	429	628.68	375	5703.21
16: 0	847.60	441	697.81	363	5592.47
16: 5	823.55	367	779.97	348	5454.38
16:10	995.36	451	727.66	330	5313.99
16:15	981.46	418	737.90	314	5182.07
16:20	693.00	300	691.15	299	5057.80
16:25	661.02	276	685.47	286	4943.57
16:30	653.17	277	646.07	274	4838.26
16:35	502.89	238	556.57	263	4753.82
16:40	497.41	246	517.35	256	4689.57
16:45	386.08	218	441.59	249	4643.45
16:50	257.86	192	327.29	244	4626.72
16:55	290.78	233	303.27	243	4631.62
17: 0	192.44	170	274.70	243	4645.30
17: 5	201.24	180	273.13	244	4663.23
17:10	225.12	204	271.75	246	4680.15
17:15	248.40	227	270.22	247	4696.09
17:20	271.08	251	268.54	249	4711.06
17:25	273.78	252	271.42	250	4724.43
17:30	276.50	254	274.05	251	4735.53
17:35	279.22	255	276.34	252	4743.47
17:40	271.85	227	304.98	254	4743.38
17:45	258.49	198	331.97	254	4731.54
17:50	292.93	179	416.30	254	4699.61
17:55	441.08	177	623.92	250	4620.48



18: 0	795.60	225	838.67	237	4474.60	I
18: 5	800.93	216	812.07	219	4297.38	I
18:10	519.79	147	716.42	203	4135.66	I
18:15	389.95	144	513.57	190	4015.87	I
18:20	350.75	153	415.76	181	3938.35	I
18:25	304.07	162	328.64	175	3885.72	I
18:30	194.88	140	236.31	170	3857.18	I
18:35	161.42	144	186.49	166	3847.71	I
18:40	125.80	148	138.09	162	3851.33	I
18:45	136.49	176	125.68	162	3862.42	I
18:50	143.15	203	113.24	161	3875.59	I
18:55	145.76	231	100.73	160	3890.85	I
19: 0	122.27	207	94.12	159	3907.32	I
19: 5	100.71	183	87.39	159	3924.09	I
19:10	81.09	159	80.55	158	3941.13	I
19:15	75.33	162	72.72	156	3958.59	I
19:20	69.30	165	64.75	154	3976.66	I
19:25	63.00	168	56.65	151	3995.37	I



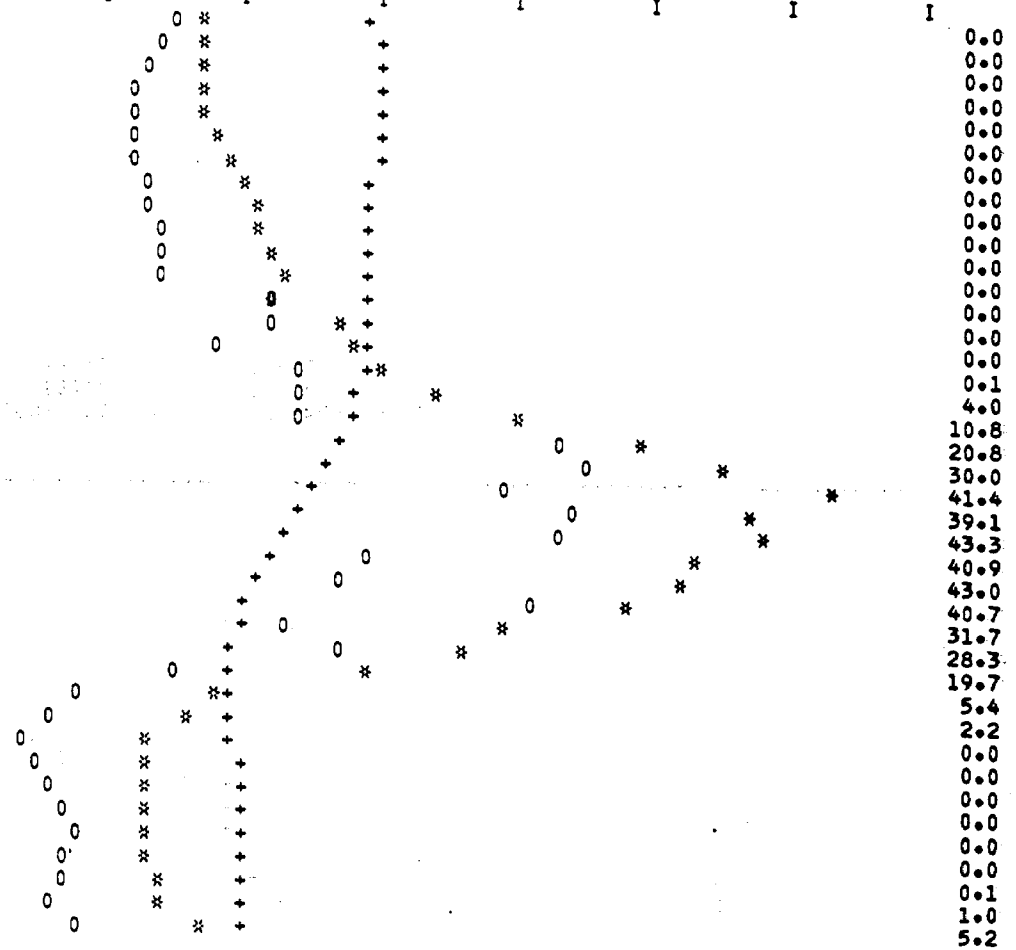
	TLOAD(KG)		CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	7043.805		688.0	279.0
KEISAN	6817.703 (	0.0)	383.5	270.1
WWF=DWF=	9.042(MM)			

COD SIMULATION(WET WEATHER) SENBON (Kyoto City)

51/12/16/ 14:25 300(MIN) 61
C= 0.464E-10 PS= 0.248E+07 (NICHIFUKA NO 0.3 BAI) QC=0.082

CR= 0.100 1/MM PRO= 5.000 KG/HA RC= 1.0 MM/HR

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYO (KG)
14:25	174.73	229	193.97	254	2478.00
14:30	167.86	220	194.86	255	2483.70
14:35	160.99	211	195.72	257	2489.13
14:40	154.13	202	196.16	257	2491.96
14:45	147.26	193	196.22	257	2492.32
14:50	150.56	191	203.33	258	2489.21
14:55	153.73	188	209.66	257	2481.67
15: 0	156.79	186	215.17	255	2469.97
15: 5	159.72	184	220.45	254	2457.76
15:10	162.53	182	226.16	253	2448.53
15:15	165.22	179	232.30	252	2442.16
15:20	167.80	177	238.90	252	2438.52
15:25	221.97	245	227.62	251	2440.21
15:30	226.33	217	265.98	255	2442.47
15:35	197.43	184	273.53	255	2439.13
15:40	241.68	212	289.94	254	2430.11
15:45	239.32	193	316.85	256	2413.12
15:50	235.06	166	362.83	256	2384.72
15:55	378.78	226	425.94	254	2340.40
16: 0	394.01	205	473.97	247	2280.21
16: 5	345.58	154	529.94	236	2206.72
16:10	381.81	173	487.75	221	2133.03
16:15	380.38	162	492.06	210	2065.83
16:20	272.58	118	456.21	197	2004.15
16:25	261.05	109	450.73	188	1949.13
16:30	365.49	155	421.84	179	1899.74
16:35	232.43	110	358.67	170	1862.52
16:40	260.84	129	331.93	164	1836.51
16:45	171.79	97	279.32	158	1820.17
16:50	118.18	88	199.15	148	1819.89
16:55	109.82	88	183.57	147	1830.92
17: 0	93.96	83	165.96	147	1845.71
17: 5	98.38	88	166.56	149	1861.50
17:10	106.48	96	166.94	151	1875.13
17:15	114.37	105	166.91	153	1886.69
17:20	122.04	113	166.50	154	1896.30
17:25	116.46	107	168.63	155	1903.65
17:30	110.82	102	170.44	156	1908.40
17:35	105.12	96	172.68	156	1911.32
17:40	118.89	99	194.60	162	1910.62



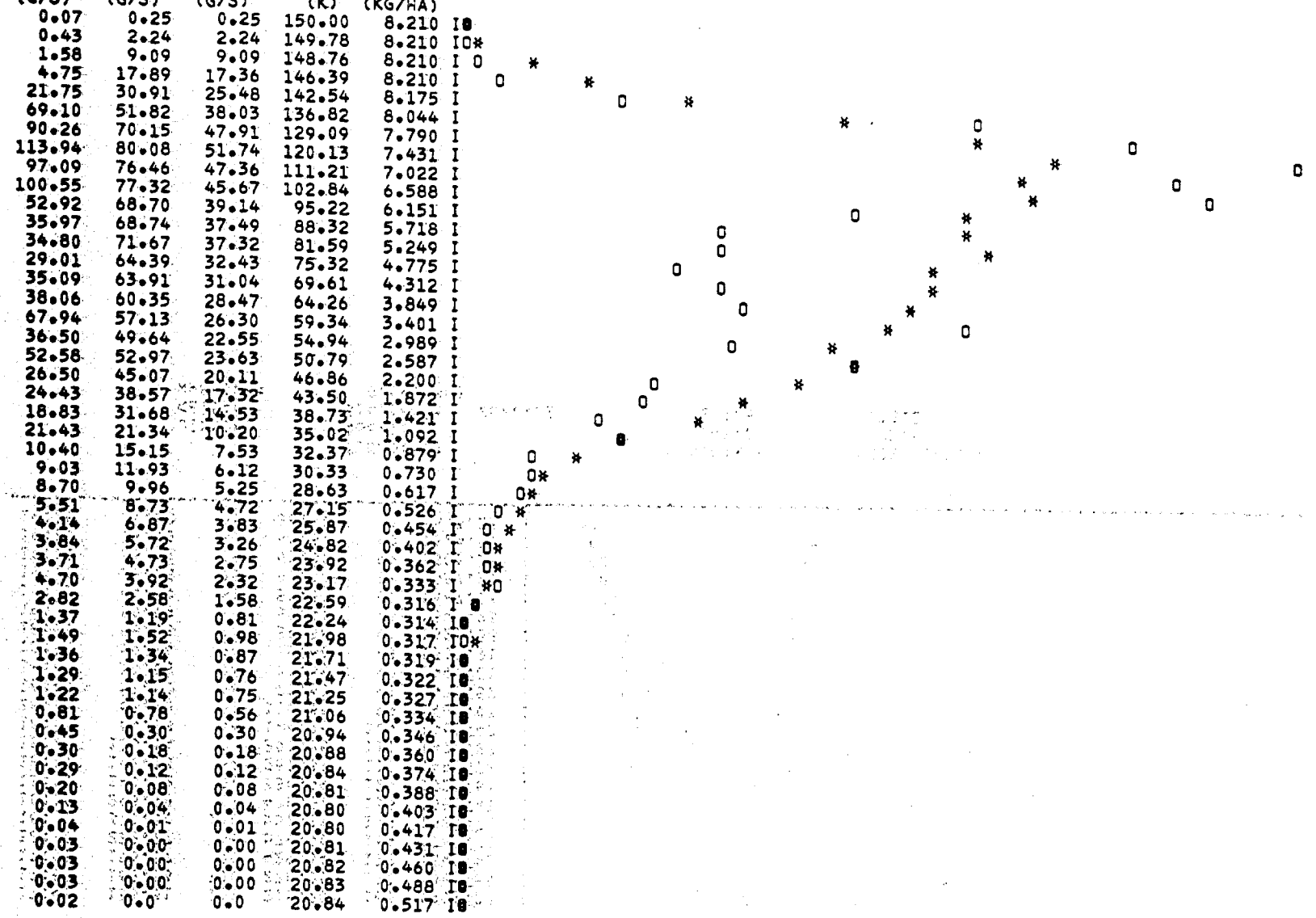
17:45	133.31	102	215.20	165	1904.07	I	9.5
17:50	162.83	100	278.00	170	1886.65	I	21.2
17:55	196.87	79	429.54	172	1842.40	I	49.9
18: 0	222.77	63	579.90	164	1761.31	I	82.6
18: 5	370.80	100	552.21	149	1665.72	I	85.3
18:10	243.98	69	478.82	135	1582.43	I	77.4
18:15	140.82	52	334.99	124	1524.61	I	51.7
18:20	142.13	62	267.37	117	1490.74	I	39.4
18:25	135.14	72	207.85	111	1470.27	I	27.8
18:30	64.03	46	144.75	104	1462.42	I	14.8
18:35	63.90	57	110.85	99	1465.03	I	7.4
18:40	57.80	68	77.63	91	1475.52	I	0.1
18:45	59.05	76	71.65	92	1490.81	I	0.0
18:50	59.14	84	65.60	93	1507.91	I	0.0
18:55	58.05	92	59.36	94	1526.88	I	0.0
19: 0	50.99	86	56.47	96	1547.23	I	0.0
19: 5	44.39	81	53.37	97	1567.63	I	0.0
19:10	38.25	75	50.00	98	1587.28	I	0.0
19:15	36.42	78	45.82	99	1606.33	I	0.0
19:20	34.30	82	41.37	99	1624.96	I	0.0
19:25	31.88	85	36.67	98	1643.23	I	0.0

	TLOAD(KG)		CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	3086.738		245.0	122.3
KEISAN	4514.184 (	262.452)	257.6	178.8
WWF-DWF=	9.042(MM)			

AME 49 1 21

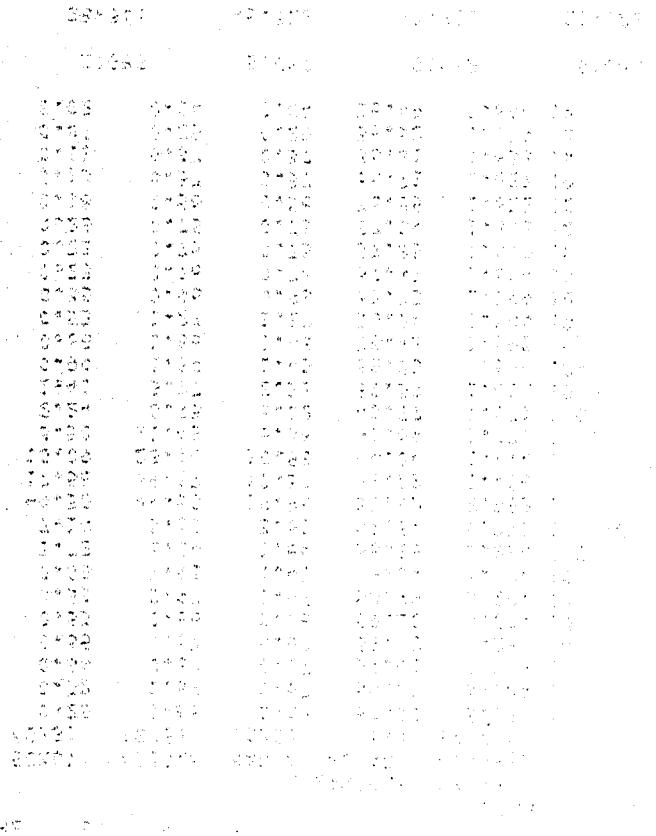
HANAKUMA (Kobe City) BOD

SOKUTI (G/S)	KEISAN (G/S)	KANNAI (G/S)	ZANZON-FUKARYO (K)	ROMEN-FUKARYO (KG/HA)
0.07	0.25	0.25	150.00	8.210
0.43	2.24	2.24	149.78	8.210
1.58	9.09	9.09	148.76	8.210
4.75	17.89	17.36	146.39	8.210
21.75	30.91	25.48	142.54	8.175
69.10	51.82	38.03	136.82	8.044
90.26	70.15	47.91	129.09	7.790
113.94	80.08	51.74	120.13	7.431
97.09	76.46	47.36	111.21	7.022
100.55	77.32	45.67	102.84	6.588
52.92	68.70	39.14	95.22	6.151
35.97	68.74	37.49	88.32	5.718
34.80	71.67	37.32	81.59	5.249
29.01	64.39	32.43	75.32	4.775
35.09	63.91	31.04	69.61	4.312
38.06	60.35	28.47	64.26	3.849
67.94	57.13	26.30	59.34	3.401
36.50	49.64	22.55	54.94	2.989
52.58	52.97	23.63	50.79	2.587
26.50	45.07	20.11	46.86	2.200
24.43	38.57	17.32	43.50	1.872
18.83	31.68	14.53	38.73	1.421
21.43	21.34	10.20	35.02	1.092
10.40	15.15	7.53	32.37	0.879
9.03	11.93	6.12	30.33	0.730
8.70	9.96	5.25	28.63	0.617
5.51	8.73	4.72	27.15	0.526
4.14	6.87	3.83	25.87	0.454
3.84	5.72	3.26	24.82	0.402
3.71	4.73	2.75	23.92	0.362
4.70	3.92	2.32	23.17	0.333
2.82	2.58	1.58	22.59	0.316
1.37	1.19	0.81	22.24	0.314
1.49	1.52	0.98	21.98	0.317
1.36	1.34	0.87	21.71	0.319
1.29	1.15	0.76	21.47	0.322
1.22	1.14	0.75	21.25	0.327
0.81	0.78	0.56	21.06	0.334
0.45	0.30	0.30	20.94	0.346
0.30	0.18	0.18	20.88	0.360
0.29	0.12	0.12	20.84	0.374
0.20	0.08	0.08	20.81	0.388
0.13	0.04	0.04	20.80	0.403
0.04	0.01	0.01	20.80	0.417
0.03	0.00	0.00	20.81	0.431
0.03	0.00	0.00	20.82	0.460
0.03	0.00	0.00	20.83	0.488
0.02	0.0	0.0	20.84	0.517



0.02	0.0	0.0	20.86	0.545	I8
0.0	0.0	0.0	20.87	0.574	I8
0.0	0.0	0.0	20.87	0.602	I8

SIGMO	SIGMT	SIGMP	SIGMR
200.149	231.760	129.458	102.302



AME 50 4 6

HANAKUMA (Kobe City) BOD

SOKUTI (G/S)	KEISAN (G/S)	KANNAI (G/S)	ZANZON-FUKARYO (K)	ROMEN-FUKARYO (KG/HA)
0.28	0.68	0.68	60.00	3.284
0.32	0.67	0.67	59.80	3.284
0.34	0.67	0.67	59.61	3.284
0.35	0.67	0.67	59.42	3.284
0.33	0.66	0.66	59.22	3.284
0.53	0.97	0.97	58.99	3.284
0.80	1.41	1.41	58.64	3.284
1.72	1.84	1.84	58.16	3.284
7.14	5.10	3.61	57.34	3.272
44.30	44.50	19.96	53.82	2.962
17.58	39.17	17.37	48.22	2.406
10.09	23.10	10.53	44.04	1.994
3.50	11.43	5.56	41.64	1.776
2.24	6.93	3.62	40.27	1.671
1.41	3.77	2.26	39.39	1.618
0.99	1.89	1.45	38.85	1.600
0.68	1.86	1.43	38.42	1.595
0.53	1.27	1.17	38.04	1.594
0.35	0.96	0.96	37.73	1.599
0.23	0.76	0.76	37.47	1.604
0.23	0.75	0.75	37.25	1.610
0.23	0.75	0.75	37.04	1.616
0.18	0.56	0.56	36.85	1.622
0.13	0.37	0.37	36.71	1.627
0.11	0.37	0.37	36.61	1.633
0.07	0.25	0.25	36.52	1.639
0.02	0.04	0.04	36.49	1.644

SIGMO	SIGMT	SIGMP	SIGMR
28.361	45.322	23.700	21.622

AME 50 4 6

HANAKUMA (Kobe City) COD(Mn)

SOKUTI (G/S)	KEISAN (G/S)	KANNAI (G/S)	ZANZON-FUKARYO (K)	ROMEN-FUKARYO (KG/HA)	
0.21	0.38	0.38	45.00	2.463	I@
0.26	0.38	0.38	44.89	2.463	I@
0.27	0.38	0.38	44.79	2.463	I@
0.28	0.38	0.38	44.68	2.463	I@
0.30	0.37	0.37	44.57	2.463	I@
0.49	0.55	0.55	44.44	2.463	IO*
0.86	0.80	0.80	44.25	2.463	I @
1.59	1.05	1.05	43.98	2.463	I *O
3.37	2.82	2.08	43.51	2.458	I *O
24.02	24.54	11.84	41.43	2.300	I O*
19.27	22.91	10.81	38.04	2.003	I O *
10.09	14.24	6.80	35.41	1.770	I O *
4.38	7.29	3.67	33.84	1.641	I O *
2.55	4.50	2.42	32.94	1.576	I O *
1.34	2.48	1.52	32.35	1.543	I O *
0.86	1.27	0.99	31.98	1.532	I O*
0.76	1.25	0.97	31.70	1.530	I O*
0.61	0.87	0.80	31.44	1.530	I @
0.38	0.66	0.66	31.23	1.533	IO*
0.29	0.52	0.52	31.06	1.538	IO*
0.26	0.52	0.52	30.91	1.542	IO*
0.26	0.51	0.51	30.76	1.546	IO*
0.22	0.39	0.39	30.63	1.550	I@
0.14	0.26	0.26	30.54	1.555	I@
0.14	0.26	0.26	30.47	1.559	I@
0.10	0.17	0.17	30.41	1.563	I@
0.03	0.03	0.03	30.39	1.568	I@

SIGMO	SIGMT	SIGMP	SIGMR
21.959	26.877	14.796	12.082

AME 50 8 6

HANAKUMA (Kobe City) COD(Mn)

SOKUTI (G/S)	KEISAN (G/S)	KANNAI (G/S)	ZANZON-FUKARYO (K)	ROMEN-FUKARYO (KG/HA)
0.06	0.04	0.04	60.00	3.284
0.07	0.04	0.04	60.00	3.284
0.13	0.12	0.12	59.98	3.284
0.23	0.12	0.12	59.95	3.284
1.01	0.36	0.36	59.88	3.284
1.61	0.67	0.67	59.74	3.284
6.08	2.38	2.38	59.29	3.284
5.28	2.32	2.32	58.59	3.284
4.35	2.27	2.27	57.91	3.284
2.30	1.35	1.35	57.37	3.284
2.34	1.33	1.33	56.97	3.284
1.50	0.89	0.89	56.65	3.284
1.78	1.30	1.30	56.33	3.284
1.68	1.29	1.29	55.95	3.284
8.47	5.27	3.82	55.19	3.272
20.38	16.70	9.40	53.21	3.172
36.19	32.74	16.75	49.30	2.895
24.67	30.07	14.83	44.56	2.522
17.69	21.85	10.63	40.75	2.207
12.17	22.24	10.55	37.58	1.935
28.25	44.03	20.05	33.00	1.508
26.47	29.65	13.85	27.92	1.031
16.15	14.42	7.08	24.79	0.756
16.67	11.85	6.01	22.83	0.602
10.76	7.88	4.16	21.31	0.492
8.71	6.02	3.28	20.20	0.419
6.86	4.60	2.58	19.33	0.367
5.04	3.20	1.85	18.68	0.332
2.12	1.98	1.19	18.23	0.311
1.33	1.12	0.72	17.95	0.303
1.00	0.65	0.46	17.78	0.301
0.82	0.43	0.34	17.67	0.304
0.82	0.43	0.34	17.57	0.307
0.57	0.26	0.25	17.49	0.311
0.35	0.21	0.21	17.43	0.317
0.39	0.16	0.16	17.38	0.323
0.20	0.08	0.08	17.35	0.328
0.08	0.03	0.03	17.34	0.334
0.04	0.01	0.01	17.34	0.340

SIGMO	SIGMT	SIGMP	SIGMR
82.375	81.111	42.928	38.183

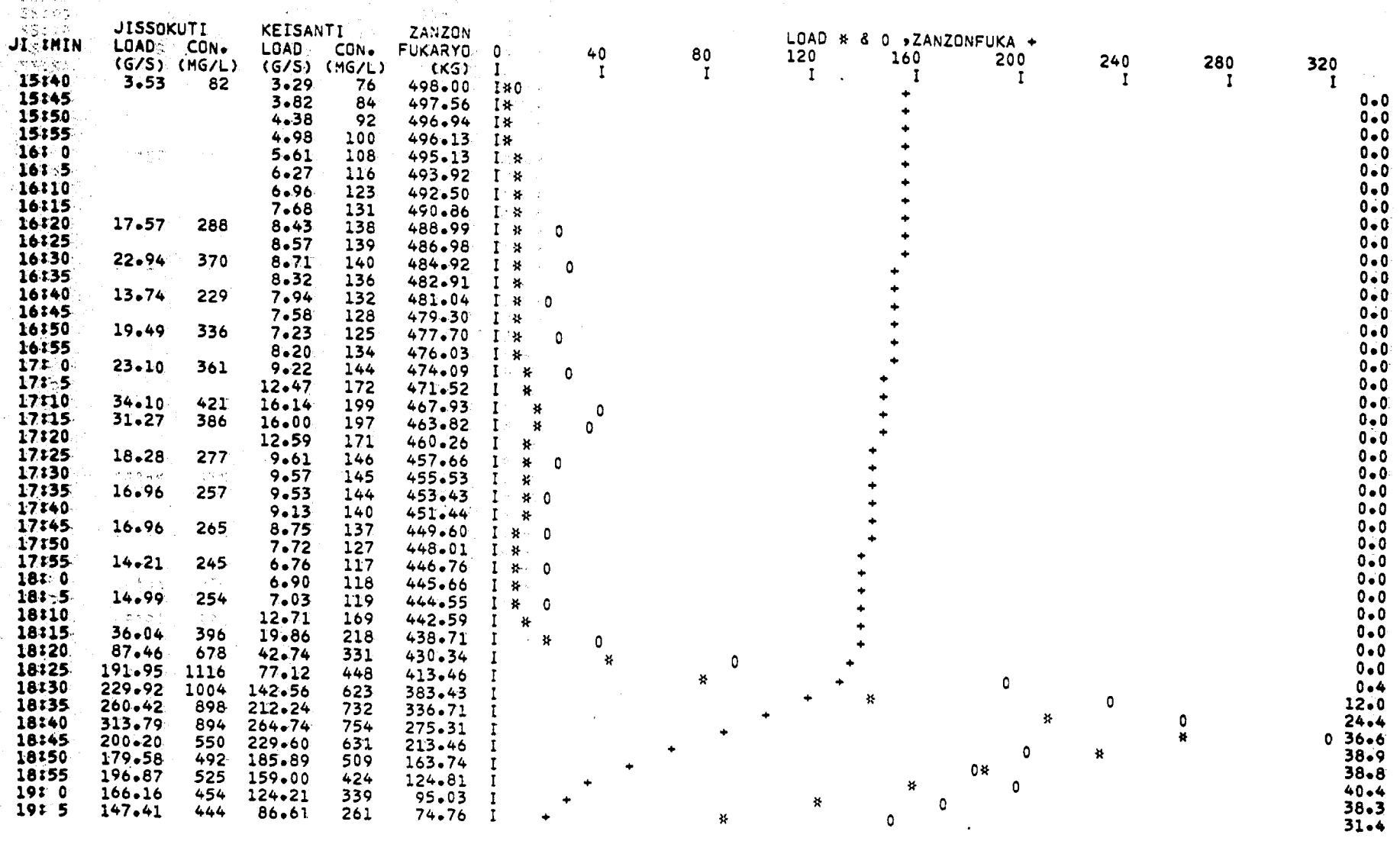
S S SIMULATION(WET WEATHER) MIKAHO (Sapporo City)

51/11/26/ 15:40 440(MIN) 89

C= 0.717E-02 PS= 0.498E+06 (NICHIFUKA NO 2.0 BAI) QC=0.022

CR= 0.200 1/MM PRO= 30.000 KG/HA RC= 1.0 MM/HR

JI :MIN	JISSOKUTI LOAD (G/S)	JISSOKUTI CON. (MG/L)	KEISANTI LOAD (G/S)	KEISANTI CON. (MG/L)	ZANZON FUKARYO (KG)
15:40	3.53	82	3.29	76	498.00
15:45			3.82	84	497.56
15:50			4.38	92	496.94
15:55			4.98	100	496.13
16: 0			5.61	108	495.13
16: 5			6.27	116	493.92
16:10			6.96	123	492.50
16:15			7.68	131	490.86
16:20	17.57	288	8.43	138	488.99
16:25			8.57	139	486.98
16:30	22.94	370	8.71	140	484.92
16:35			8.32	136	482.91
16:40	13.74	229	7.94	132	481.04
16:45			7.58	128	479.30
16:50	19.49	336	7.23	125	477.70
16:55			8.20	134	476.03
17: 0	23.10	361	9.22	144	474.09
17: 5			12.47	172	471.52
17:10	34.10	421	16.14	199	467.93
17:15	31.27	386	16.00	197	463.82
17:20			12.59	171	460.26
17:25	18.28	277	9.61	146	457.66
17:30			9.57	145	455.53
17:35	16.96	257	9.53	144	453.43
17:40			9.13	140	451.44
17:45	16.96	265	8.75	137	449.60
17:50			7.72	127	448.01
17:55	14.21	245	6.76	117	446.76
18: 0			6.90	118	445.66
18: 5	14.99	254	7.03	119	444.55
18:10			12.71	169	442.59
18:15	36.04	396	19.86	218	438.71
18:20	87.46	678	42.74	331	430.34
18:25	191.95	1116	77.12	448	413.46
18:30	229.92	1004	142.56	623	383.43
18:35	260.42	898	212.24	732	336.71
18:40	313.79	894	264.74	754	275.31
18:45	200.20	550	229.60	631	213.46
18:50	179.58	492	185.89	509	163.74
18:55	196.87	525	159.00	424	124.81
19: 0	166.16	454	124.21	339	95.03
19: 5	147.41	444	86.61	261	74.76



19:10	102.43	388	46.87	178	63.05	I + * 0	
19:15	83.69	377	27.85	125	56.92	I + * 0	17.9
19:20			26.06	118	52.65	I + * 0	9.7
19:25	84.48	384	24.45	111	48.84	I + * 0	9.4
19:30	76.02	382	16.62	83	45.80	I +* 0	9.2
19:35	58.35	326	10.01	56	43.75	I * 0	5.0
19:40	45.92	258	9.43	53	42.20	I * 0	1.2
19:45	57.66	372	6.09	39	41.09	I *+ 0	1.0
19:50	46.51	337	4.67	34	40.57	I* + 0	0.0
19:55	39.87	356	2.94	26	40.53	I* + 0	0.0
20: 0	30.07	310	2.14	22	40.91	I* + 0	0.0
20: 5	22.54	245	1.92	21	41.45	I* + 0	0.0
20:10			1.83	20	42.05	I* +	0.0
20:15	18.01	207	1.74	20	42.68	I* + 0	0.0
20:20			1.64	19	43.36	I* +	0.0
20:25			1.55	19	44.08	I* +	0.0
20:30	25.44	322	1.46	18	44.83	I* + 0	0.0
20:35			1.39	18	45.61	I* +	0.0
20:40			1.33	18	46.42	I* +	0.0
20:45			1.27	17	47.25	I* +	0.0
20:50			1.21	17	48.09	I* +	0.0
20:55			1.15	17	48.97	I* +	0.0
21: 0	13.87	207	1.09	16	49.86	I* + 0	0.0
21: 5			1.09	16	50.76	I* +	0.0
21:10			1.09	16	51.66	I* +	0.0
21:15			1.08	17	52.54	I* +	0.0
21:20			1.08	17	53.43	I* +	0.0
21:25			1.08	17	54.31	I* +	0.0
21:30	11.71	183	1.07	17	55.18	I* +	0.0
21:35			1.05	17	56.03	I* +	0.0
21:40			1.03	17	56.83	I* +	0.0
21:45			1.01	16	57.58	I* +	0.0
21:50			0.99	16	58.28	I* +	0.0
21:55			0.97	16	58.93	I* +	0.0
22: 0	8.26	140	0.94	16	59.53	I* 0+	0.0
22: 5			0.92	16	60.11	I* +	0.0
22:10			0.89	16	60.67	I* +	0.0
22:15			0.87	15	61.22	I* +	0.0
22:20			0.84	15	61.76	I* +	0.0
22:25			0.81	15	62.28	I* +	0.0
22:30	5.08	94	0.79	15	62.80	I* 0+	0.0
22:35			0.79	15	63.30	I* +	0.0
22:40			0.80	15	63.81	I* +	0.0
22:45			0.81	15	64.32	I* +	0.0
22:50			0.81	15	64.82	I* +	0.0
22:55			0.82	15	65.33	I* +	0.0
23: 0	4.70	87	0.83	15	65.84	I*0 +	0.0

	TLOAD(KG)		CON.MAX(MG/L)	CON.MEAN(MG/L)
JISSOKU	1108.493		1116.0	396.7
KEISAN	607.147 (	94.386)	754.2	217.3
WWF-O.F=	3.572(MM)			

AME 50 4 6

HANAKUMA (kobe City) suspendid solids

SOKUTI (G/S)	KEISAN (G/S)	KANNAI (G/S)	ZANZON-FUKARYO (K)	ROMEN-FUKARYO (KG/HA)	
0.32	0.04	0.04	675.00	14.778	I@
0.33	0.04	0.04	674.99	14.778	I@
0.35	0.04	0.04	674.99	14.778	I@
0.45	0.04	0.04	674.98	14.778	I@
0.72	0.04	0.04	674.98	14.778	I@
1.71	0.09	0.09	674.96	14.778	I@
7.56	0.19	0.19	674.93	14.778	I@
14.35	0.32	0.32	674.86	14.778	I*O
41.21	7.96	1.28	674.62	14.723	I* O
269.26	158.89	48.47	667.17	13.328	I * O
190.29	153.70	55.58	651.57	10.825	I * O
80.69	85.40	28.82	638.91	8.975	I @
39.57	36.43	10.02	633.09	7.994	I @
22.24	19.77	4.85	630.87	7.519	I @
10.52	8.87	2.07	629.84	7.281	I @
5.80	2.90	0.92	629.40	7.200	I@
4.90	2.89	0.92	629.13	7.178	I@
3.72	1.11	0.65	628.90	7.174	I@
2.11	0.46	0.46	628.74	7.194	I@
0.81	0.30	0.30	628.63	7.220	I@
0.75	0.30	0.30	628.54	7.246	I@
0.62	0.30	0.30	628.46	7.271	I@
0.44	0.17	0.17	628.40	7.297	I@
0.31	0.08	0.08	628.36	7.323	I@
0.24	0.08	0.08	628.35	7.348	I@
0.18	0.04	0.04	628.33	7.374	I@
0.03	0.00	0.00	628.34	7.400	I@

SIGMO	SIGMT	SIGMP	SIGMR
209.792	144.139	46.838	97.301

2.4 解　決　策

合流式下水道対策として考えられるのは，

1）雨水流出の制御に関する方策

2）残存負荷量（堆積負荷量）の制御に関する方策

3）管渠内での流量制御に関する方策

4）越流下水量の直接制御に関する方策

5）放流水質の改善に関する方策

などに分類することができる。

この他に，合流式下水道を分流式下水道に切り替える「分流化」も対策となり得るが，投資額が莫大になること，および場所によっては汚染された都市雨水をそのまま放流することになるので，投資効果は小さい可能性がある。ただし，排水基準に係る行政上の問題は回避できる。

2.4.1　雨水流出の制御

水文学的な水の循環サイクルを考えれば，雨水は浸透させるのが筋である。もしも，表面流出量を皆無にすることができれば，少くとも合流式下水道の問題や都市河川の洪水問題はたちどころに解決する。しかし現実には都市の成長は不浸透域の拡大を意味し，表面流出量を減少させるのは可能だとしても皆無にすることはできない。

透水性舗装，浸透井，浸透マスなどによる雨水の浸透工法は，雨水に起因する問題を解決するうえで抜本的な解決法である。透水性舗装は，強度上の制約から車道外の舗装面への適用に限ら

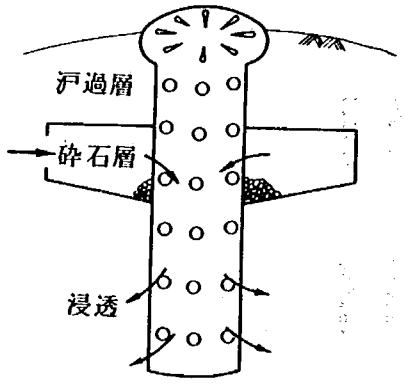


図２－６６　浸　透　井

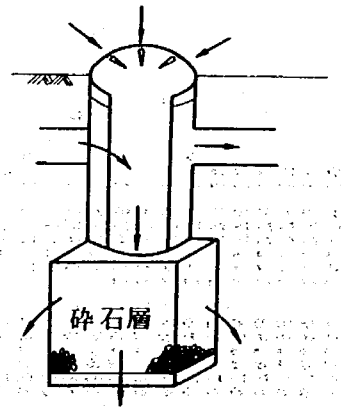


図２－６７　浸　透　マ　ス

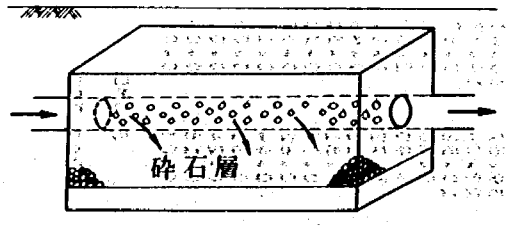


図２－６８　有孔管トレンチ

れるが歩道への試験的適用結果から判断すると５年間の供用後でも１０㎜／hr 以上の浸透能を期待することができる。浸透井，浸透マスは地下水位が比較的低い地域，及び第四紀層などの比較的透水能の大きい地質構造を有する地域に適用可能である。各々の構造は図２－６６，２－６７に示すものが一般的であり，もともとの地層との間に，レキ層，砂層を設けるのが普通である。この他の浸透工法としては図２－６８のような有孔管からまわりの地層に浸透を図るものが考案されている。浸透工法の問題点は目詰りによる閉塞であるが，土砂だめの定期的清掃，あるいは屋根排水のみを導入するなどによって解決できよう。

浸透工法によらない雨水流出水の制御は貯留，とくに現地貯留が効果的である。貯留の場所は，民有地の場合には庭地，駐車場あるいは屋上などがあり，公有地の場合には校庭，公園，U字側溝，道路下の貯水槽などがある。

例えばU字側溝での貯留は，雨水マスを設け，雨水マスへU字側溝から流入する部分で絞り

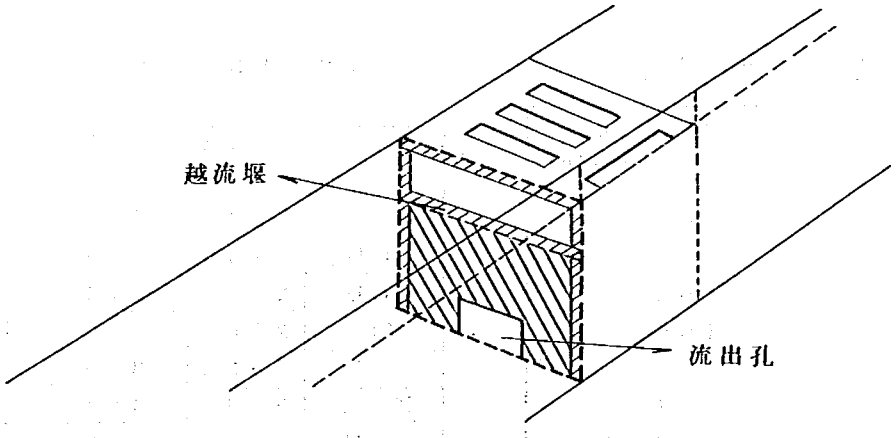


図２－６９

（オリフイス）を入れておく。勿論，路面冠水等の懸念があるので一定以上の水深になった場合には，それ以上水位上昇が起きないよう越流堰を設ける工夫が必要となる（図２－６９）。

いずれの場合にせよ，貯留の効果はハイドログラフの平滑化であり，貯留によってピーク流出量を下げてやることである（図２－７０）。

2.4.2　残存負荷量の制御

雨天時の合流式下水に含まれる汚濁負荷は，その時刻に汚水によってもたらされたものを除けば，すべて地表面，管渠内および雨水マスに堆積していたものであり，降水中に含まれていたものはほとんど無視し得

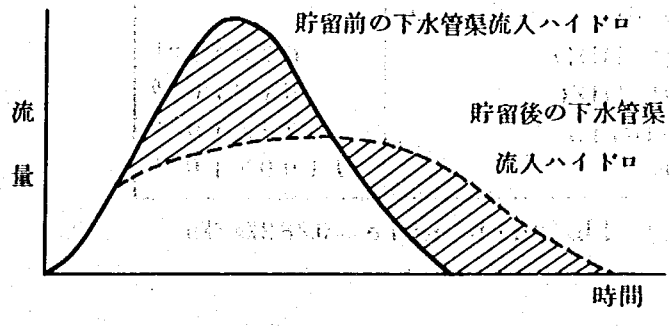


図２－７０

る。したがって，これらの堆積していた負荷量をあらかじめ取り除けば，雨天時合流式下水は単純に汚水が雨水によって希釈されたものとなり，過剰越流水は濃度的には問題とならない。

（路面清掃）

路面の堆積負荷量は地表面からの汚濁負荷流出特性のところで述べたように，路面１ha 当りＢＯＤで３～１２Kg，ＣＯＤで７～１６Kg，ＴＳのうち水中で浮遊性の状態になるものが１０～２４Kgとなっている。Sartor　等の調査でも表２－１７に見られるよう路面堆積物がかなり大きいことを示している。

したがって路面清掃による路面堆積物の除去は，合流式下水水質の改善に大きく寄与し得る可能性を有している。路面清掃の効果を考えるとき，先ず考慮しなければいけないことはどのような方法で清掃を行えば，どの粒径範囲の堆積物がどのくらい除去されるかということである。したがって，路面堆積物中の粒径別の負荷量分布を知る必要がある。Sartor等の調査では表２－１８に示されるように，ＢＯＤ，ＣＯＤ成分の５０％～８０％が粒径２４６μ以下の粒子に起因

表２－１７　路面上の汚濁物質

測　定　項　目	加重平均 (lb/curbmile)
ＴＳ	1400
BOD_5	13.5
ＣＯＤ	95
ＶＳ	100
栄養塩類	
Ｔ－Ｐ	1.1
硝酸塩	0.94
Ｔ－Ｎ	2.2
細菌類	
一般細菌(個/curbmile)	99×10^{9}
大腸菌(個/curbmile)	5.6×10^{9}
重金属	
Ｚｎ	0.65
Ｃｕ	0.20
Ｐｂ	0.57
Ｎｉ	0.05
Ｈｇ	0.073
Ｃｒ	0.11
農薬・殺虫剤	
Ｐ,Ｐ-ＤＤＤ	67×10^{-6}
Ｐ,Ｐ-ＤＤＴ	61×10^{-6}
Ｄｉｅｌｄｒｉｎ	24×10^{-6}
ＰＣＢ	1100×10^{-6}

（注）　lb/curb mile＝0.282Kg/Km

表２－１８　粒径別汚濁負荷構成比

	粒径別構成比（重量％）		
	〈43μ	43μ～246μ	〉246μ
Ｔ－Ｓ	5.9	37.5	56.5
BOD_5	24.3	32.5	43.2
ＣＯＤ	22.7	57.4	19.9
ＶＳ	25.6	34.0	40.4
Ｔ－Ｐ	56.2	36.0	7.8
硝酸塩	31.9	45.1	23.0
Ｔ－Ｎ	18.7	39.8	41.5
重金属	51.2		48.7
農薬殺虫剤	73		27
ＰＣＢ	34		66

表２－１９　路面清掃の粒径別除去効率

粒　径 (microns)	清掃効率 (％)
2000	79
840～2000	66
246～840	60
104～246	48
43～104	20
〈43	15
全　体	50

している。さらに，Pについてはこの比率は実に９０％以上となっている。

現在の路面清掃の方法は，第一義的には美観の確保であり，ブラシで路面をこすり，汚濁物を掃き取る方法が用いられているが，このような方法では表２－１９に見られるように２４６μ以下の粒子の除去率は非常に低いと言える。従って，ＴＳの除去は効果があっても，いわゆる有機物指標たるＢＯＤ，ＣＯＤの除去はそれほど期待できない。

しかも，路面清掃によって除去された粒子はそのほとんどが，Ｌ字側溝の縁石沿いのものでしかないということもまた小口径粒子の除去率を下げている理由の一つとなろう（図２－７１）。現在のままの清掃法で，粒子全体の除去率を上げるとなると，必要な清掃の回数およびそれに要する時間は表２－２０のようになる。すなわち，現在の平均５０％という除去を７０％まであげるには，同じ清掃を約２回繰り返して行なわねばならず，さらに９５％の除去ということになれば６回以上も繰り返し清掃が必要となる。これに対し，ブラシでこすった後に，在来のスイーパー除去ではなく真空掃除器で除去する方法は，同じ清掃時間であれば２０～３０％以上の効率アップが期待できる。

表２－２０　除去効率と機械稼動時間

効率(%)	所要時間(min／1000sqft)	必要清掃回数
９５	1.5	6.3
９０	0.8５	3.6
７０	0.５０	2.1

路面清掃の導入に当ってもう一つ注意しなければならない点は，清掃後に路面堆積負荷量がどの

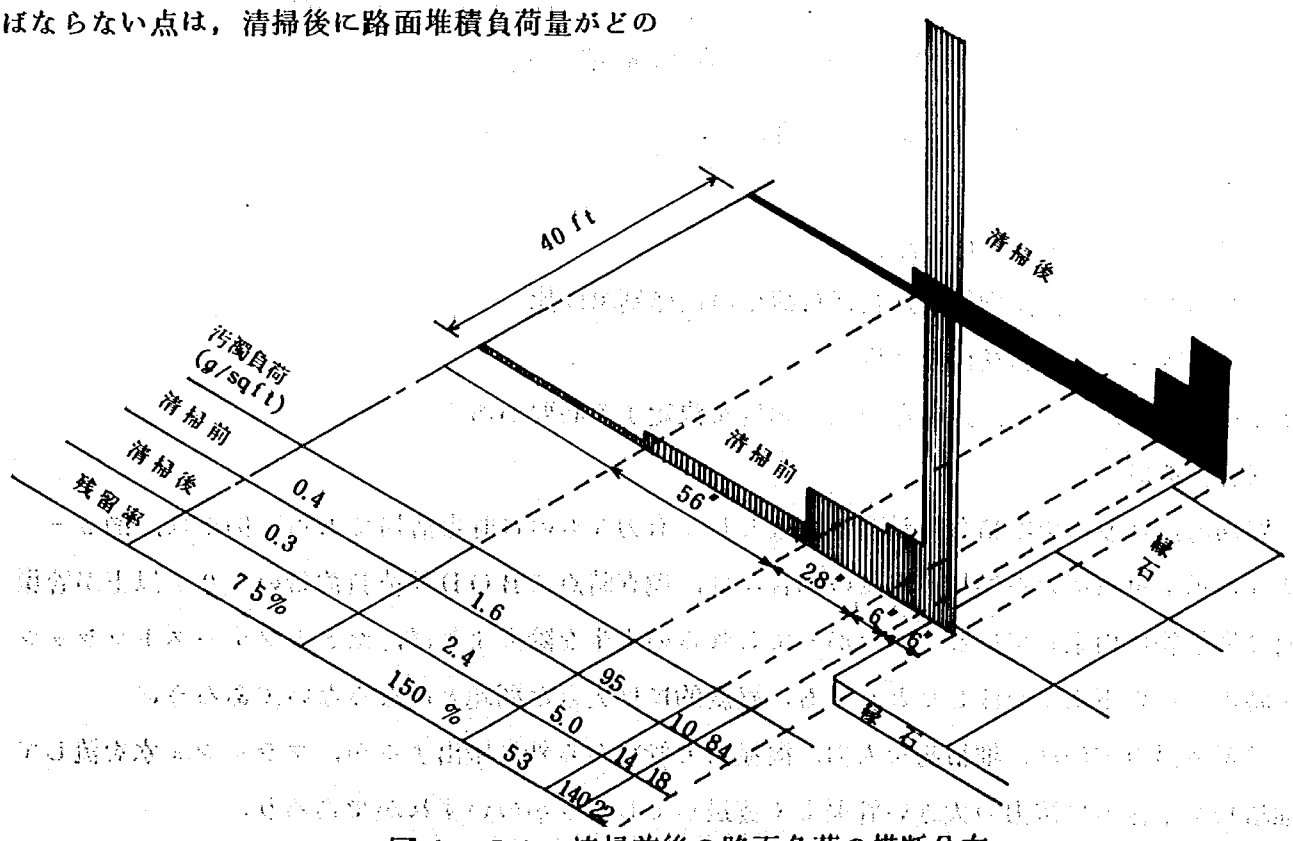


図２－７１　清掃前後の路面負荷の横断分布

程度の速さで回復していくかということである。この意味で図２－７２はひとつの貴重な調査結果であり，住居地域の道路では２日程度でもとの８０％以上に回復してしまうことを示している。

したがってこのような地域では余程の頻度で清掃を行なわなければ意味がないことになり，路面清掃の対象地域における堆積負荷の回復特性を十分調査しておく必要を示している。

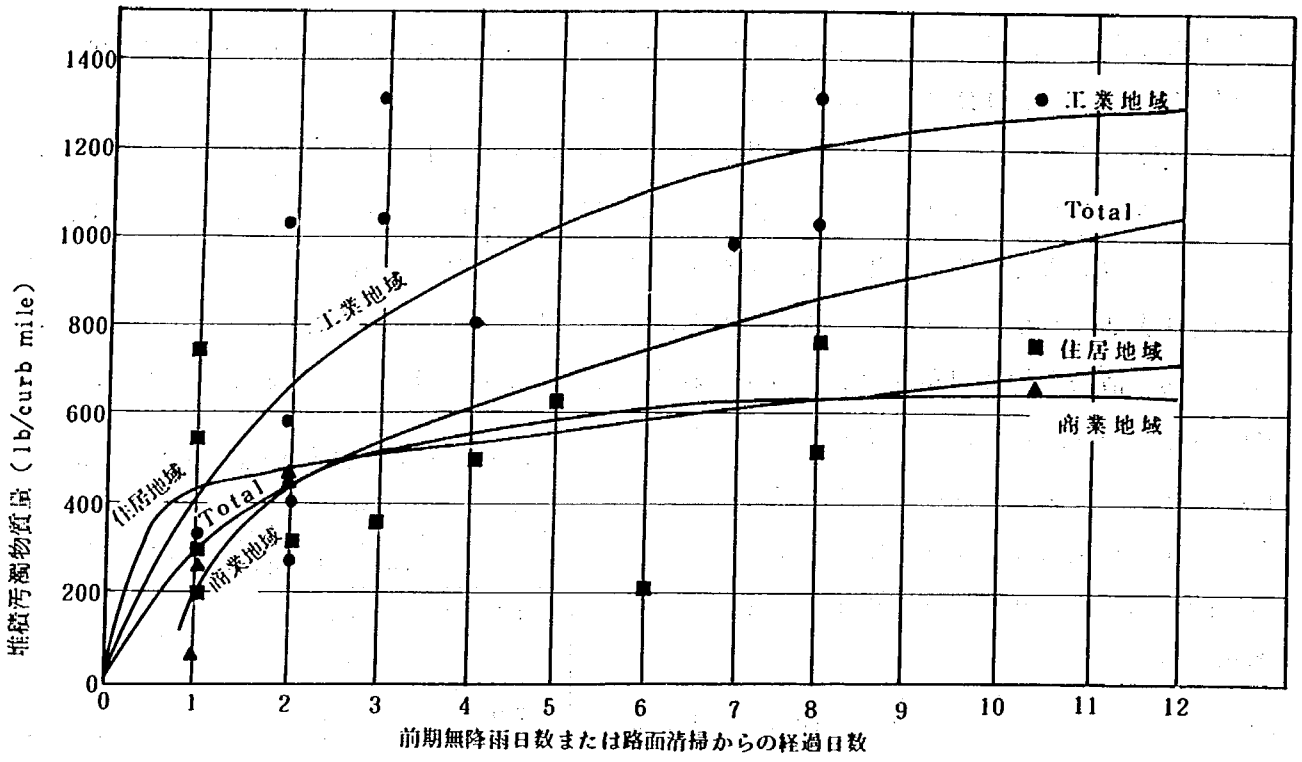


図２－７２　汚濁物質堆積速度

以上より，路面清掃の導入を図る場合には，

清掃方法

清掃時間と効率（粒径別除去率）

路面堆積物の粒径別構成比及び負荷量の粒径別組成比

対象区域の堆積負荷回復速度

などを検討したうえで，適切な方法，頻度を決定する必要がある。

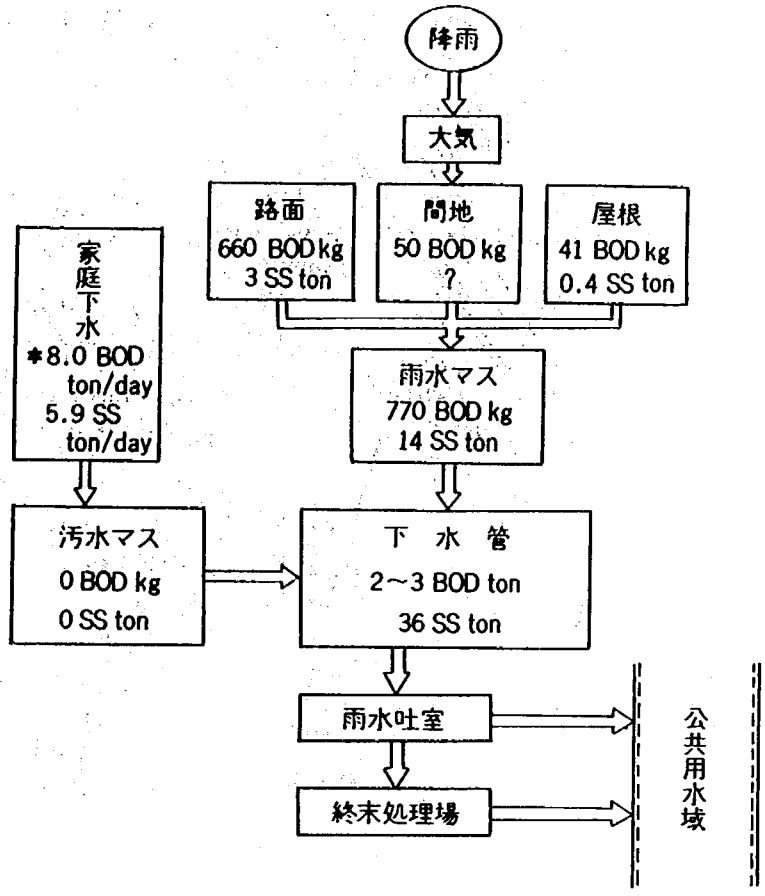
（管渠清掃）

路面清掃と並んで堆積負荷量の制御策として有力なものは管渠清掃である。例えば，図２－７３に示す東京都の谷端川排水区の場合には，調査時点でＢＯＤ堆積負荷量の６０％以上が管渠内の堆積物に由来している。したがってこれらの大半を除去すれば，たとえファーストフラッシュ時の一部の下水が越流したとしても，濃度的には大きな問題とはならないであろう。

管渠清掃の方法は，堆積物を人力，機械力で管渠から外に搬出するか，フラッシュ水を流して堆積物を下流の掃流力の大きい管渠まで流送してしまうかのいずれかであろう。

人力，機械力による方法は，通常の管渠維持管理でも行なわれていることでもあり，今さら説明を要することはないであろう。

フラッシュによる清掃については，一部現実に管渠維持管理作業に取り入れられているが，フ



＊ 昭和49年8月7～9日（晴天時）平均

図２－７３　雨水の流下機構（合流式下水道）からみた負荷堆積量
（東京都谷端川流域Ａ＝5.42㎢）

ラッシング実験による効果測定調査について簡単に触れておこう。

図２－７４に示す谷端川排水区内において，昭和５５年３月５日（水）から３月１１日（火）の７日間にかけて計４回の管渠フラッシング実験を行った。

実験の目的は，１）フラッシングによる管内堆積負荷の流出特性の把握，２）フラッシング後の管内堆積負荷の回復速度の把握，３）合わせて，フラッシングの合流式下水道対策での位置づけを行うことであった。

合流式下水道対策としてのフラッシングの効果は，「ファースト・フラッシュ」の軽減ということがよく言われているわけであるが，フラッシングの頻度，フラッシングに要する水量など未解決の部分が多い。管内に堆積した汚濁物は，流量増大期に下流に流送される（水で下流に流す）かあるいは人力，機械力によって強制的にかき集め，マンホールから外へ運び出す以外には除去されないわけであるから，堆積物のフラッシングによる除去という方法も可能性のある方法には相違ない。

実験方法は，図２－７４のＡ点より給水車の水道水を注水し，下流マンホールのＢおよびＣで

採水を行い，流出負荷量を求めた。C点の排水面積は約0.64 ha，A点の排水面積は約0.50 haであり，注水量はA点で約5㎜／hrと設定したので，

$Q=0.5\ (ha)\times 10^{4}\times 5\ (mm/hr)\times 10^{-3}\div 3600\ (sec/hr)\fallingdotseq 6.9\ (\ell/sec)$

の量を注水した。実際には7.2～8.0（ℓ／sec）の量が注水されたので有効雨量採算では5.2～5.8（㎜／hr）となっている。

注水量は，直角三角堰（B＝0.80 m，D＝0.21 m）で越流水深h（m）を求め，

$Q=Ch^{5/2}$

$C=1.354+0.004/h+(0.14+0.2/\sqrt{D})\ (h/B-0.09)^{2}$

によって算出した。また，下流側マンホールB，C地点において採水時に水深を測定したが，今回の実験では注水量をB，Cにおける流下下水量とした。

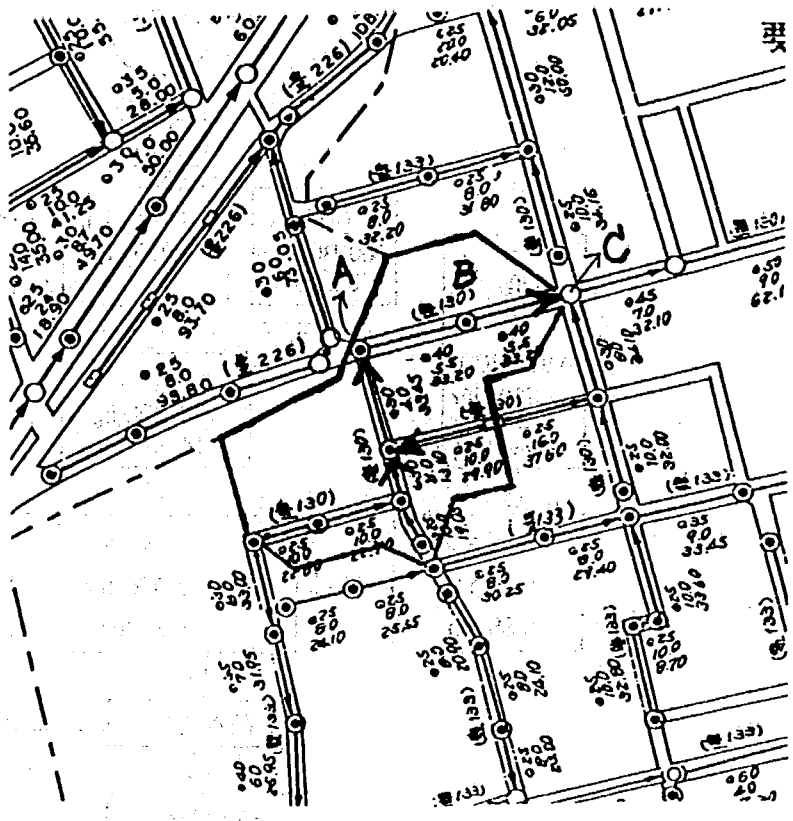


図2－74　フラッシング実験位置図

実験は汚水の影響が小さくなる夜半を選び，次のような実験日であった。各々の実験日は，堆積負荷量の回復速度を求められるように，24 hrs，72 hrsの間隔をおいた。

第1回　3月　5日（水）午前1時
第2回　3月　6日（木）　〃
第3回　3月　8日（土）　〃
第4回　3月11日（火）　〃

因みに第1回の実験を開始するときは，約3.5日の無降雨日数が続いた。また，実験期間中の3月5日23時頃より3月6日の明け方にかけて約2㎜の降雨があったが，実験への影響は少ないと判断して実験を継続した。

実験に用いた水は水道水であるから，BOD，COD，SSともほぼ無視し得る水質であることがわかる。

4回のフラッシングにおけるM1，M2マンホール地点の水質変化をまとめると図2－75のようになる。

総負荷量，即ちフラッシング開始直前の堆積負荷量の大小関係は

1回目 ＞ 4回目 ＞ 3回目 ＞ 2回目

となるはずであるが，結果は次の通りである。

ＢＯＤの場合

No.1地点　2回目（３０３）＞1回目（２５６）＞3回目（２０６）＞4回目（１８８）

No.2地点　4回目（５３０）＞1回目（４６７）＞2回目（３８９）＞3回目（３５０）

ＳＳの場合

No.1地点　2回目（1552）＞1回目（９９９ ）＞4回目（ 708）＞3回目（６２９）

No.2地点　2回目（2243）＞1回目（1374）＞3回目（1020）＞4回目（９９７）

ただし（ ）内は総流出負荷量（g）

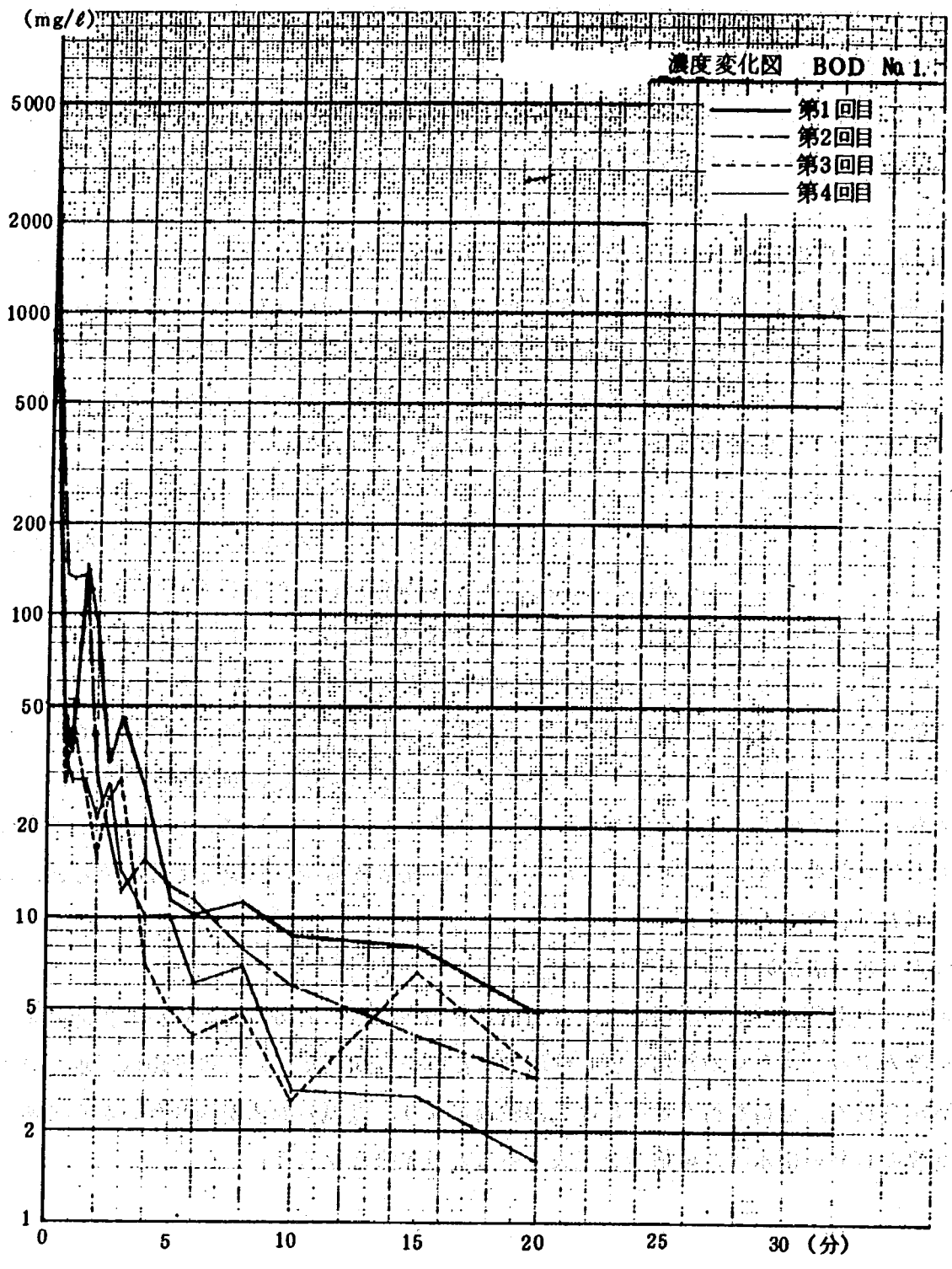
最も小さい値となるべき２回目が総じて高めにでている。これらの差は，フラッシング開始から６０秒間の間に生じており，２０秒間隔という採水頻度が影響しているとも考えられる。すなわちＢＯＤの場合には，１０００（㎎／ℓ）／６０秒÷１７（㎎／ℓ）／秒という水質の変化速度を持っているので採水時間のずれか５秒あれば８５㎎／ℓの濃度差となり，負荷量としては８５㎎／ℓ×7.5（ℓ／sec）×２０sec÷１３ｇの差が１回の採水で生ずる。

もう一つ考えられることは，５日の夜半から６日の午前中にかけて降った降雨の影響である。弱雨とはいえ，このような0.5 ha 前後の小さな排水区を対象にした場合にはもし，数ｇ／secという量であっても管渠系外からの負荷流入があると非常に大きな影響を受けるであろう。

ともかく，この場所でのフラッシング実験では，管渠内堆積物の回復速度は意外に速いということである。ただ単に，現在堆積している量を除去するだけであれば，この地域で１㎥程度の注水量で十分である（図２－７６）。しかしながら，堆積負荷量の回復まで考慮すると，自動洗浄装置の工夫の必要があろう。

（雨水マスの清掃）

雨水マスの土砂だめ部に堆積している負荷量も相当なものであるが，現在の構造のままでこの方法を導入するのは多くの費用を要し経済的でないかも知れない。その理由は，現在の雨水マスの構造から見て，清掃を行うとすれば人海戦術になり，機械の導入が図れないからである。従って，清掃のし易い雨水マスの構造を工夫することが先決となろう。


(mg/ℓ)
濃度変化図 BOD No 1.
第1回目
第2回目
第3回目
第4回目
5000
2000
1000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0
5
10
15
20
25
30 (分)

経 過 時 間

図２－７５ａ

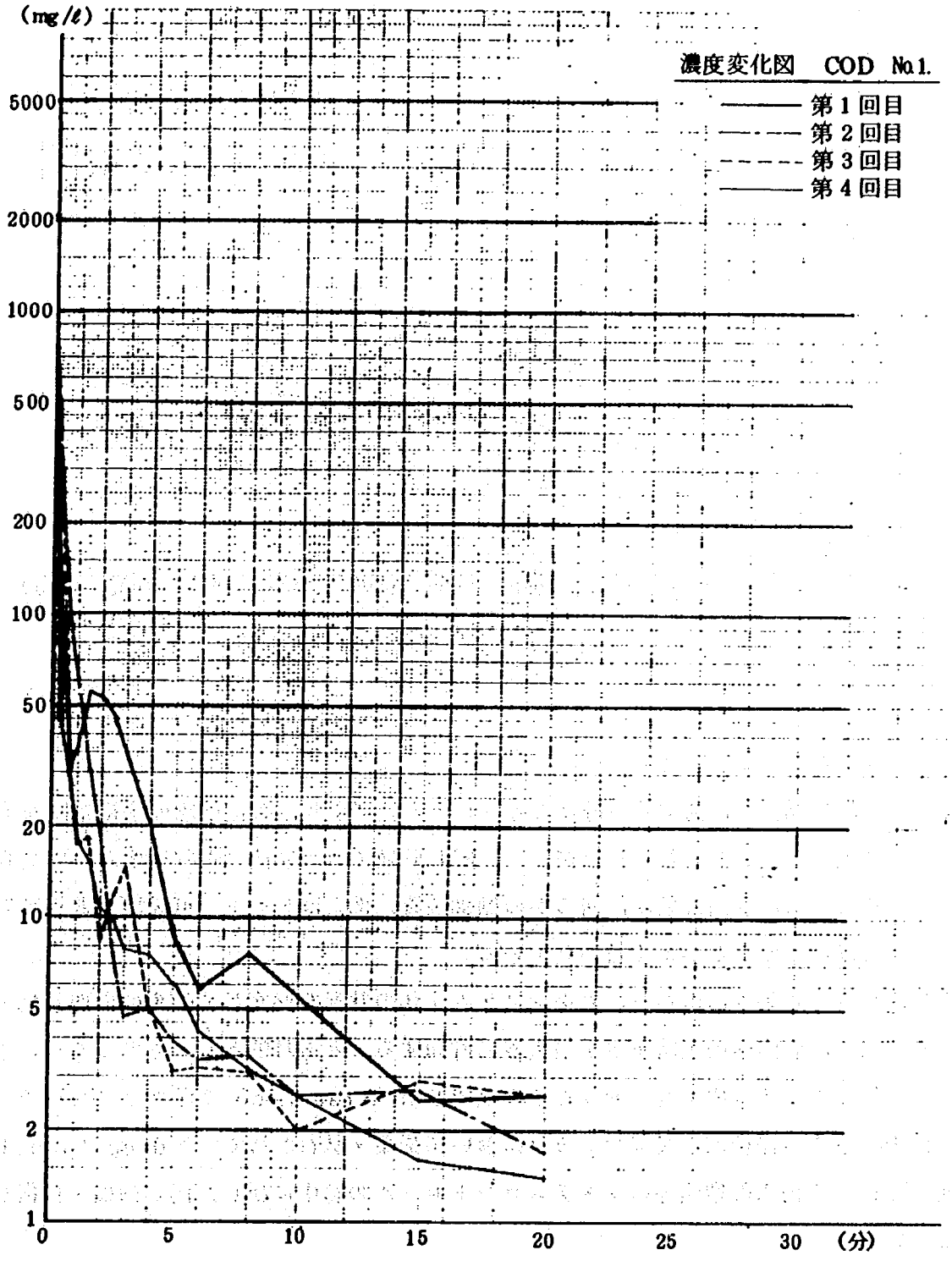

(mg/ℓ)
濃度変化図　COD　No.1.
第1回目
第2回目
第3回目
第4回目
5000
2000
1000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
0
5
10
15
20
25
30
(分)
経過時間

図2－75b

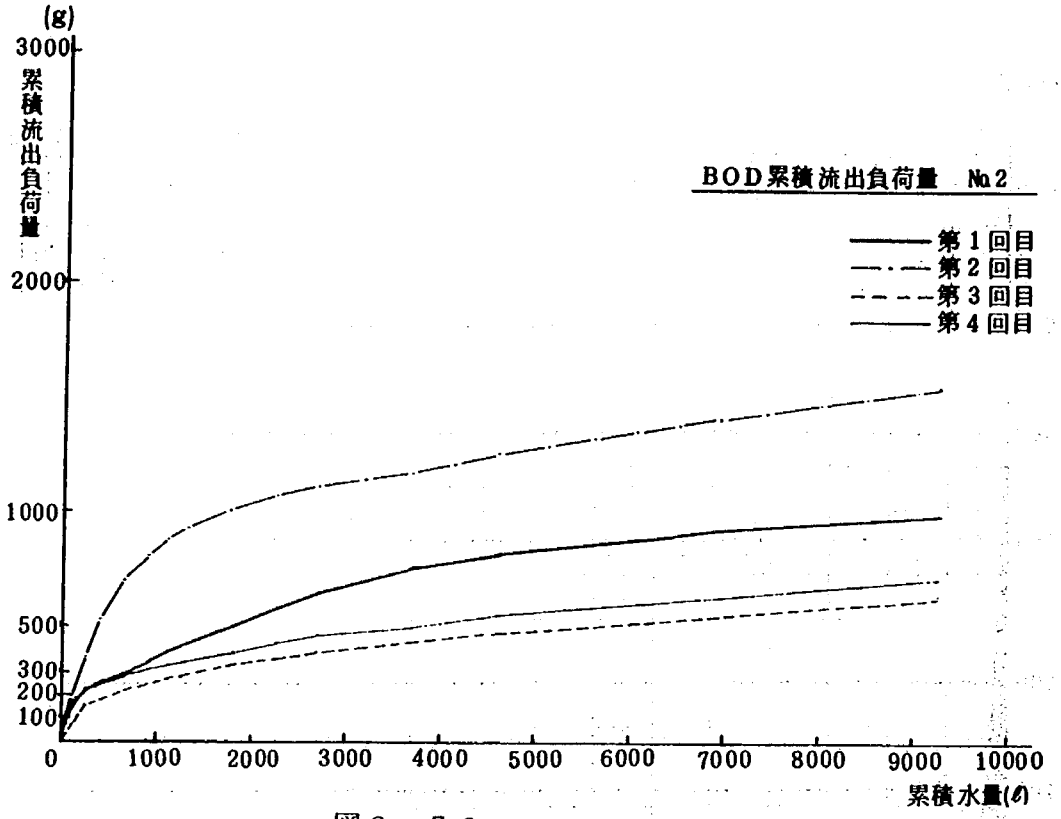


図2－76

2.4.3　管渠内での流出量制御

管渠内での流量制御は，通常管内貯留と呼ばれるものであり，合流幹線の余裕空間を有効に使おうという意図からはじまった。したがって，同じ貯留でも，越流水を貯留するのに比較すれば安価な建設費となる。管内貯留は，何らかの制御装置，例えばゲート，可動堰と監視装置を組み合わせて遠方操作することがよく行われている。

雨水分流装置を可動式に改造し，管渠システム全体の状況を勘案して中央の操作基地より遠方操作する方法は，管内へ雨天時下水を最大限に貯留することを目的としたものであり，雨天時下水の制御を管渠システム内で行なおうとする点でSan Franciscoで提案されているシステム内への雨天時下水の滞留部の設置やシカゴにおいて提案・試行されているdeep tunnel，あるいは次章で述べる雨水貯留池等のシステムコントロールの範中に属し，同じ効果を目指したものであるといえる。

この方法は米国ではすでに実施の段階に入っており，Seattle,Minneapolis-St.Paul, Cleaveland, Detroit などがその代表例である。

Seattleでは下水道施設は２０３０年の下水量を基準にして設計されており，管渠系統は5年確率降雨を対象とした合流式になっている。

この都市は水利用，とくにレクリェーション水域として高度に利用されているWashington湖に面しているが，下町部分の分流化は事実上不可能とされた。このため計画降雨に近い降雨が

があった場合以外，通常は使用されていない管渠内空間を利用することを目的として図２－７７のような流量調整装置を３６個所の雨水分流地点に設置し，これを操作することによって管内貯留をはかることを計画した。

この流量調整装置は幹線管渠と遮集管の交点に設置され，幹線から遮集管への接続部分のゲートが通常「開」，放流先水域へのゲートが通常「閉」になっている。雨天時になり流量が増加すると遮集管内の水位に応じて調整ゲートの開度を調節し，設定最高水位になると「閉」になる。また，幹線管渠内水位が設定最高水位になると放流側のゲートが「開」になり，雨天時下水が直接放流される。

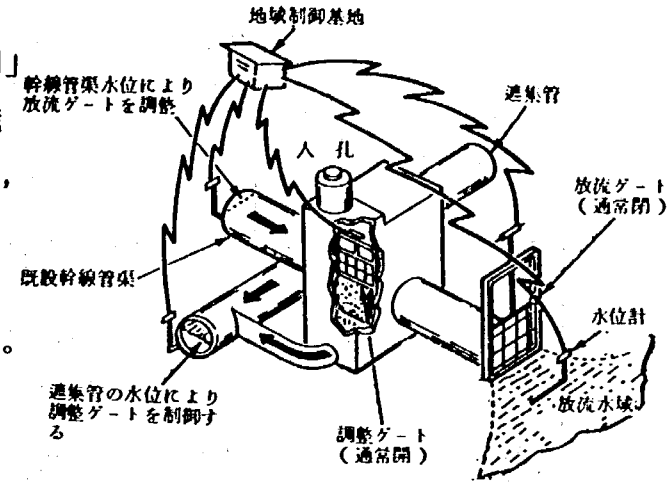


図２－７７　Seattleにおける雨水分流装置の操作概念図

この操作は気泡管式水位計により求められる幹線管渠内水位，遮集管内水位，放流先水位，および放流先水質により制御装置の出す指令で自動的に行なわれるほか，手動操作も可能となっている。制御は次の３段階に分れている。

１）単独制御　その地域に設置した計器類からの信号に応じて，ポンプ場または流量調整装置に付属する制御装置により他の施設とは無関係に操作する。

２）遠隔手動制御　中央の操作基地にあるコンピュータの指令に基づいて操作員が遠方から制御する。伝搬は電話回線を利用している。

３）遠隔自動制御　現地からの信号に応じ中央の操作基地のコンピュータに記憶させたプログラムにより自動的に操作する。

これらによって，雨天時下水の流量調整が可能であるほか，越流が避けられぬようになった時点でも，放流先水域の生態系に対する水質的な被害を最少にすることを目的として放流地点の選択ができ，また晴天時の流量変動の均等化も期待できるとしている。

このシステムは１９６６年ＥＰＡの資金援助で実施に移され，１９７１年４月より手動操作による制御が開始され１９７４には１０個所が稼動中，３個所が計画中である。また，中央操作基地は１９７３年当初から作動し，すべての流量調整地点の遠隔操作が中央基地で可能となった。

これまでの費用は中央操作基地関係３１０万ドル（約9.3億円），うち１４０万ドル（約4.2億円）はＥＰＡ資金であり，各地点の制御関係にそれぞれ1.5万ドル（約４５０万円），モータ駆動ゲート，単独制御機器関係を備えた新しい雨水分流装置は平均２５万ドル（約７５００万円）であった。維持管理・操作費は年間２０万ドル（約６０００万円）と報告されている。

Minneapolis-St. Paulの場合も基本的な考え方はSeattleと同じであるが，放流ゲートの代りにラバーダムの一種であるfabridamを使用し，幹線管渠内の水位指示により直接

放流する場合には袋の中の空気を抜くようになっている。遮集管側へのゲートは従来チェーンによる捲上げ装置に依っていたが，これをシリンダー駆動に改造した。

同様のことがCleaveland や Detroit でも行なわれていると報告されている。米国における実施例を表２－２１に示す。

表２－２１　米国における管内貯留制御の例

場　所	スケール	制御対象	モニター	制御装置
Seattle,Wash.	Full	オーバーフロー水量	水位計，雨量計，風速計，自動サンプラー，遠隔操作装置，電算機	ゲート調整機，防潮ゲート，ポンプ場
Boston,Mass.	〃	オーバーフロー水質	水位計，自動サンプラー，Dallチューブ，残留塩素測定器	ポンプ場，次亜塩素酸ソーダ注入機，ゲート調整機
San Francisco, Calf.	〃	オーバーフロー水質	電磁流量計，水位計，差圧ゲージ	高分子凝集剤注入機，汚泥ポンプ，バイパスゲート，溶解空気フローテーション装置
Mt.Clemens, Mich.	〃	オーバーフロー水質	電磁流量計，水位計，自動サンプラー，差圧ゲージ	ポンプ場，曝気ラグーン，マイクロストレーナー，フィルタープレス，塩素・二酸化塩素注入機
Milwaukee,Wis.	〃	オーバーフロー水量	水位計，自動サンプラー，電磁流量計	攪拌機，塩素注入機，バースクリーン，貯留池
Minneapolis, Minn.	〃	オーバーフロー水量	自動サンプラー，雨量計，電算機，圧力計	堰構造調整機，ゲート調整機

前述のように，この方法は雨水分流装置の改良によって雨天時下水の問題の解決をはかる最も高度な方法であり，かつ比較的既設管渠系統の改造が少なくてすむが，わが国に適用するに当っては次の諸点を十分認識しておかなければならない。

１）雨水分流地点が集約化されていないと効果が少くないので，あらかじめ統廃合しておく必要がある。

２）幹線管渠の容量が十分にあり，かつ管渠勾配が比較的平坦でないと降雨強度の大きい雨に対して危険である。また，遮集管の容量も十分必要である。

３）広範囲なモニタリングと制御が可能とならなければならない。

４）流況の急変を瞬時に検出し，直ちに応答するとともに，止水部分の開放が容易に行なえる装置の開発が必要である。この点はわが国のように一部の地域に集中して豪雨があるような条件を有するところではとくに強調できる。都市域の雨水流出機構の解明が進み，降雨量から雨水流出量の予測が可能となれば，遠方からの制御はより容易になるであろう。

浸水防止という制約条件を考えると，可動部分を持った制御装置はある意味でリスクを伴う。このようなリスクを避ける場合には，オリフィスと越流堰の組み合わせによる管内貯留も一法である。すなわち，雨水吐室上流の管渠を従来のものよりも大口径にして，雨水吐室からのバックウォーターの影響を上流まで延ばしてやれば，浸水の危険なしに管内貯留が図られる（図２－７８）。

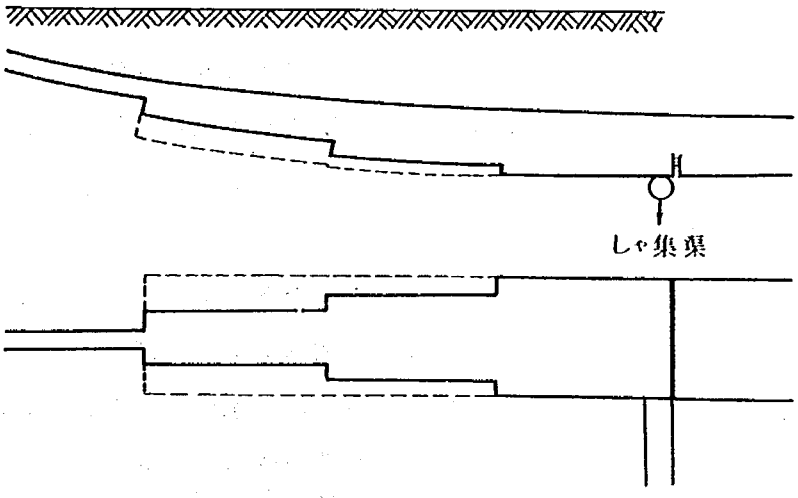


図2－78　管　内　貯　留

管内貯留の場合，水質の平滑化が生ずる可能性があるので越流水質の改善は図れないかも知れないが，越流頻度等の減少に伴う越流負荷の減少は期待できよう。

2.4.4　越流下水量の直接制御

合流式下水道からの過剰越流水を，それが放流されている地点で制御する方法には「せきのかさ上げ」といった対症療法的なものから，「雨水滞水池」による越流水の一時貯留，あるいは遮集システムの改善などが挙げられる。

単純に越流堰をかさ上げする方法は，晴天時オーバーフロー対策としては有効であるが雨天時の越流水対策とはなり難い。この方法は結果的には堰高を上げてその分管内貯留を図り，越流を防ぐものであるから，雨天時対策としてこの方法を導入する場合には，計画降雨時の動水勾配線の位置が堰のかさ上げによってどの程度上昇するか把握しておく必要がある。

しかしながら，しゃ集管渠あるいは越流堰上流の管渠の流水断面増加を伴なわなければ，せき上げ背水の影響をかなり上流部まで延長しなければ管内貯留の効果は薄れる。逆にこのようなことをすれば「浸水」の危険は増大し，計画降雨の範囲内では浸水を防止するという，唯一絶対とも言える制約条件を満足できなくなる。

したがって，単純な「越流堰のかさ上げ」は，晴天時オーバーフローが生じている場合の暫定的処置であり，他の管渠容量の増大が伴なわない場合には雨天時対策とは言えない。

(しゃ集システムの改善)

合流式下水道の雨天時下水を一定量のみ遮集し，残りは直接放流してしまうという考えは，１８５７年に始まったロンドンの下水道改良計画にも見られ，その後欧米諸国でも広く採用されるようになった。この遮集量は一般に晴天時下水量に対する倍率で示され，米国やカナダにおいては通常1.5～5倍の値であり，英国においては１９０９年に住宅地方省が６倍量まで遮集することを勧告し，最近までそのうち3倍量までを高級処理，3～6倍量は雨水沈殿池による沈殿処

理，６倍以上は直接放流するのが普通になっていた。１９５５年になって住宅地方省は河川法による雨水の吐口を新しく許可するに当って遮集量を６倍から８～９倍にするように改めた。１９６０年の住宅地方省の勧告のなかには，在来の晴天時下水量の何倍という遮集量の決め方よりも“晴天時下水量＋しゃ集雨水量”のような和の形で遮集量を決定する方法のほうが合理的であるという考えも示されている。

わが国では，晴天時下水量の３～６倍の形で遮集量を決めている都市が多いが，上記の和で表わす考え方もなかったわけではない。杉戸の「下水道学」によれば，

『平水量と等しき雨水流下量を起すべき雨の強さは，排水面積および地表の状態により変化あり，試みにブリュクリー・チーグラー氏公式により流下係数を0.5として各流域に対し平水量と等しき雨水流下量を起すべき降雨量を求めたるに，流域の大小および地表勾配の関係により１時間最小0.２５９㎜，最大1.２㎜を得たり。これによってみるにおよそ１時間２㎜以上の際に処理場附近に流下し来る下水量は平水量の３倍以上に達するものゝ如し。よって本計画においては平水量の３倍と１時間２㎜の雨水に平水量を加算せるものとを対比しその多量なるものを分流して遅滞なく流下し得る如くせり。しかるときは各吐出口を通じて下水の河川に溢流するは１時間２㎜以上の降雨の際に限らるべし。名古屋測候所の降雨量原簿により調査したる結果によれば明治４０年より大正１２年に至る１７ケ年の平均値において１時間２㎜以上の降雨総量1,１９５.９㎜降雨延時間数２４０時間なり。

(イ) この時間中に河川に排出せらるべき雨水量は流下係数を0.５とし面積1,０００坪当り１９.７×3,６００尺^3；汚水量は平均人口密度1,０００坪当り７５人として，1.０４×3,６００尺^{3}にして稀釈度約２０位に達すべきをもって敢て支障なかるべし。

(ロ) また取扱水量を２倍とすれば２倍，３倍とすれば３倍の処理費を要するも（この点は濃度を考えれば厳密な意味ではいえないが）しかもそのために何等の利益ありやと考うれば僅に汚水量の２％～３％の不潔下水を放流するか否かの問題に止まるのみ，寧ろ処理場の設備を完全にし，浄化能力を高めてこれを補足するに如かず。試みに極端の場合を考え処理場においては平水のみを処理し降雨時間中は汚水雨水ともにこれを全部河川に放流するとするも１ケ年の汚水量よりすれば河川に放流せらるゝ不潔下水量は１２～１３％に過ぎず，されど降雨の性質をみるに降雨度数および延時間ともその数多きは実際の流下量が何程あるやの判断にも苦しむ如き小雨（１時間0.５㎜以下の如き）に限られ比較的多くの経費を要せずして処理し得べき小雨はこれを河川に放流せしめざるを勝れると考えるのみ。例えば稀釈放流をやめて全下水を５％の効率にて浄化する施設と降雨時は全然放流して乾天時汚水のみを７０～７３％の効率にて浄化する設備とその結果相等し。近時浄化装置の技術進歩し追々高率の浄化能力を発揮し得るに至りしをもって稀釈放流度はこれをいよいよ低下せしめ得るものと信ず』となっており，方法および考え方は非常に合理的である。

１９６０年代，米国では既設管渠の容量不足による晴天時下水の越流に悩まされていた。また，

Mckee の調査に始まって，雨天時下水の直接放流に伴なってかなりの量の生下水が未処理のまゝに放流されていることが指摘されるようになった。MckeeのBostonにおける調査，PalmerのDetroitにおける調査，ShifrinとHornerのSt．Louis　における解析の手法は東京や名古屋での場合とほぼ同じであり，JohrsonはWashington D．C．での実測結果に基づき計算したが，彼等の得た結論はほぼ同じであった。BenjesとDunbarがこれらの研究から引出した考察は晴天時下水の3倍量よりも大きい遮集管渠としても，それによって得られる全体的な効率の向上は非常に少ないということであった。図2－79はこの関係を示したものである。そして，越流によって流失する下水量を，稀釈倍率を2倍とした場合の3％から約2％にするには稀釈倍率を5倍にしなければならず，1％にするには遮集管の容量をおよそ2倍にしなければならないが，このような遮集管および下水処理施設の容量を増大することによって得られる利益の点から考えれば，この余分な容量増は正当化できないとしている。この結果は解析手法自体が同じであり，また降雨量という自然現象を相手にしている以上，過去に行なわれた解析結果と同じになるのは当然である。

また，これまでの解析は降雨記録のみが実測であり，他は推定値にもとづくものであったが，最近では降雨量，雨水流出量，晴天時汚水量等その他の解析因子も実測結果を用い，ラショナル式やRRL法により流出量をより正確に推定するための解析が行なわれているが，全体的に得られる結論はかってのものと同じである。

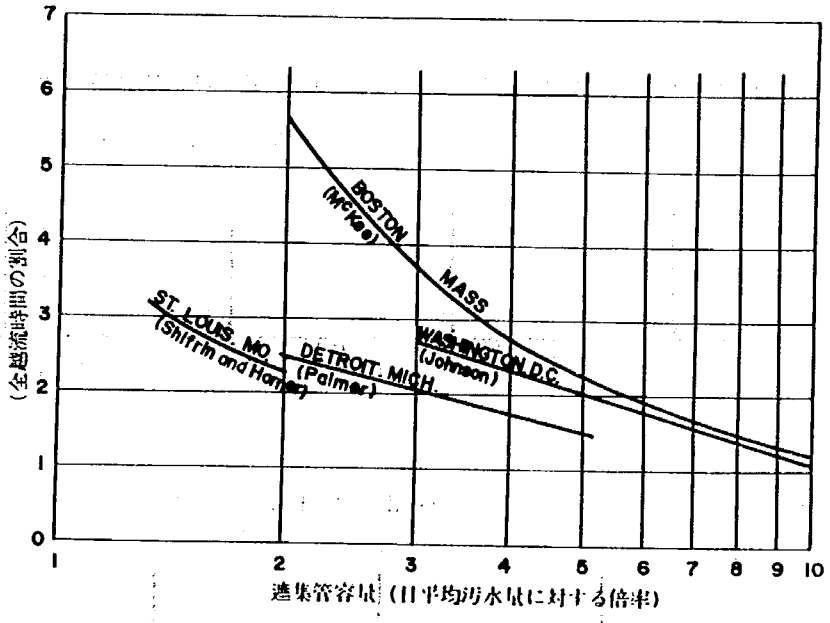


図2－79　米国の4都市における合流式下水道の稀釈効率と遮集管容量の関係（Dunbar & Henrry，1966）

このように，以前わが国の大都市やそれらが参考にした欧米諸都市における雨天時下水の遮集限界，つまり稀釈倍率に対する考え方は基本的には現在でも正当化されるものであり，稀釈倍率をあげるほど，その効果が漸減していく事実に変りはない。また，現在指摘されている雨天時下水の問題点は，その遮集効率が低いことにあるのではなく，直接放流される下水の水質にあるのであって，稀釈倍率を多少向上させる程度では根本的な解決策とはならないことも事実である。しかしながら，放流先水域への総汚濁負荷量を軽減するという立場にたてば，稀釈倍率の考え方を再検討することによってもかなりの成果をあげることが期待できよう。

ただ注意しなければならないのは稀釈倍率の引き上げは直ちに下水道施設，とくに下水処理施設の容量増をまねくことになるということであり，費用の分析に当ってはこの点を十分考慮しな

ければならない。また，遮集管の容量増は既成市街地では合流式下水道の分流化にも似た施工上の困難が予想される。

しゃ集管渠を改善しようとする場合，最大の困難は河川沿いに設けられた雨水吐室の数が余りにも多いことである。そして多くは図２－８０に見られるよう，しゃ集管渠が合流幹線化して，しゃ集下水を再三再四下流の雨水吐で放流してしまうことである。

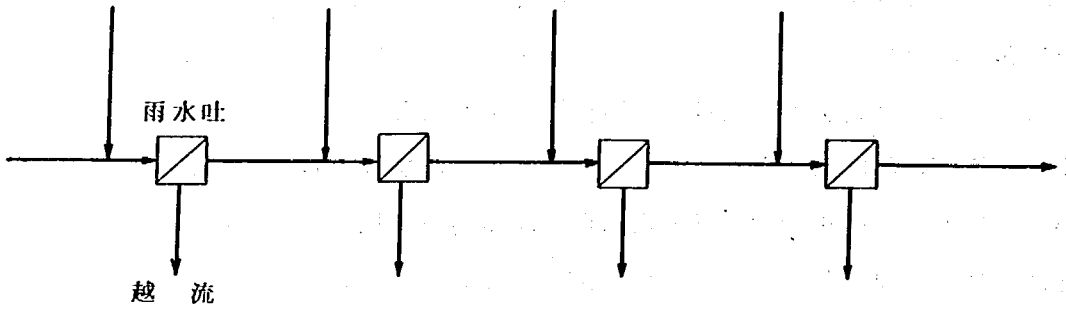


図２－８０

このような場合，先ず考えるべきことは「雨水吐の統廃合」であり，「しゃ集方式の改善」である。すなわち図２－８１，８２に示すように改良することである。

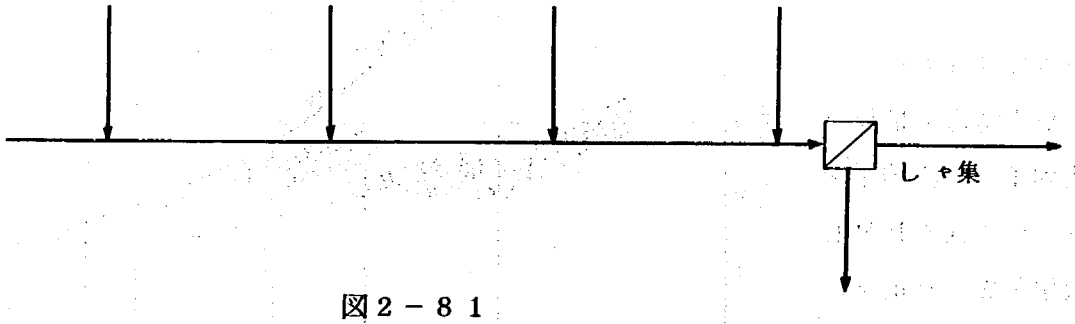


図２－８１

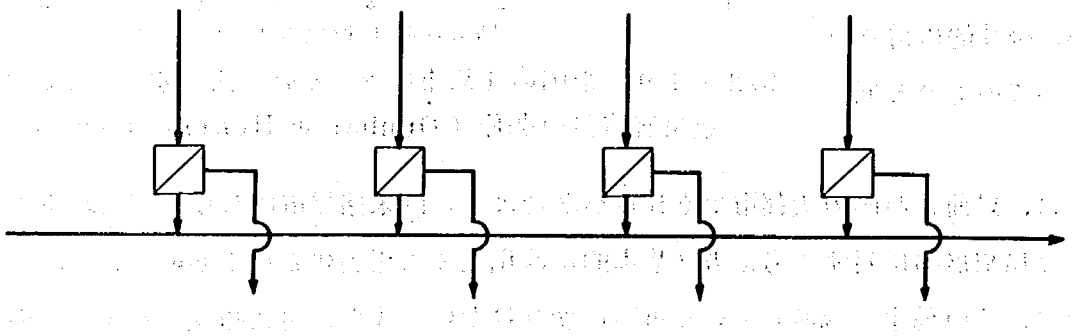


図２－８２

上流に分流式の区域があり，そこからの汚水が合流幹線に流入するような場合，原則としては汚水管の分離を図るべきである。すなわち，図２－８３ａのような形になっていれば図２－８３ｂのように分流式区域の汚水を切り離し，純粋に合流式区域のみの問題に，問題を再整理するほうが得策である。その理由は，対象とする区域の縮少，対象流量の減少などの他に，雨天時合流

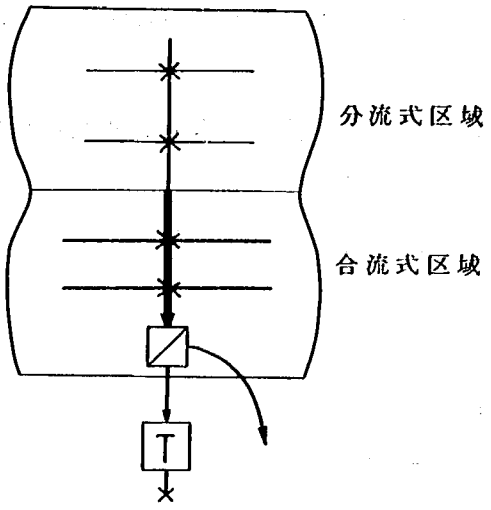


図２－８３ａ

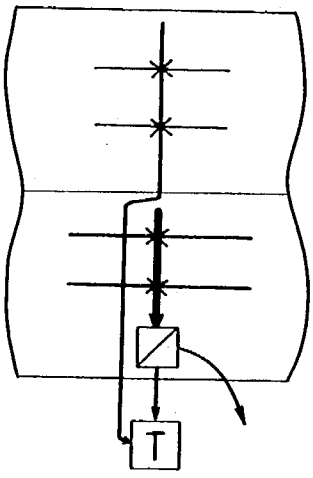


図２－８３ｂ

式下水の水質特性を逆に利用した対策がうてるからである。すなわち合流式下水道のみの問題とした図２－８３ｂの場合には，図２－８４ａのような濃度パターンが形成され，越流期間中の下

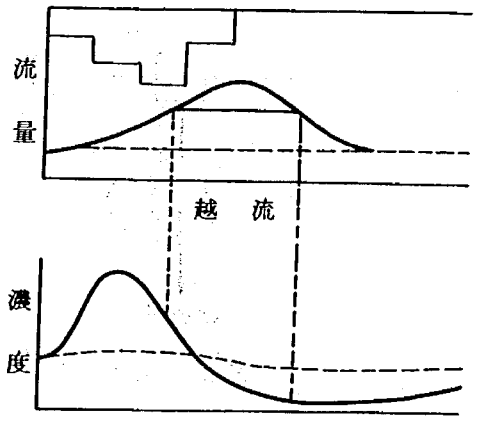


図２－８４ａ

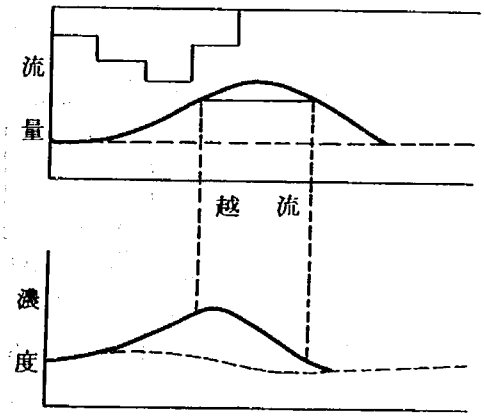


図２－８４ｂ

水は雨水による希釈が期待できるので正常なしゃ集方式をとれば越流水の平均水質は一般的に問題のないものとなろう。これに対し，図２－８３ａのように常時上流から汚水の流入が続くシステムでは図２－８３ｂのように合流式下水特有のファースト・フラッシュ現象は形成されにくいが，それでも雨天時には徐々に濃度上昇が起り，流量パターンに類似の濃度パターンに近づく。従って，しゃ集容量を増大することによる越流水質の改善は，図２－８３ａのようなシステムでは期待できないことになる。終末処理場で何らかの対応策を取ろうとする場合にも双方のシステムでは改善の効果，経済性に相当の差異が生ずることは明白である。

上流側に合流式下水道区域があって，下流側の分流式下水道の汚水幹線に接続している場合，汚水幹線がしゃ集管の役目を果すことになる。従ってこの場合の「しゃ集管きょ」の改善は容易

ではなく，接流点あるいはその上流の合流幹線で何らかの対応を取るのが賢明である。

（雨水滞水池）

雨水滞水池は，雨天時の越流水を一時的に貯留し，降雨後の流下下水量が低減した時点で貯留下水を処理場に送るための施設である。

したがって，雨水滞水池は適切な容量をもてば

① 越流頻度・越流水量・越流負荷量の減少

② 処理施設の稼動効率の上昇

のみならず，雨天時合流式下水の特性を考えれば

③ 越流水質の改善

という効果をもたらす施設と考えられる。雨水滞水池への導水方法，滞水池内の沈殿汚泥の処置など今後実際の施設で検討すべき課題は残されているが，合流式下水道対策としては非常に大きな可能性を有している施設と言える。

滞水池を設置する位置は，図２－８５，８６に見られるよう，雨水吐室・ポンプ場などの分流施設の前に設置する場合と，その後に設置する場合とがある。

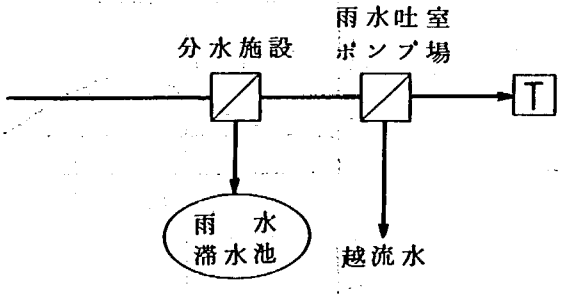


図２－８５

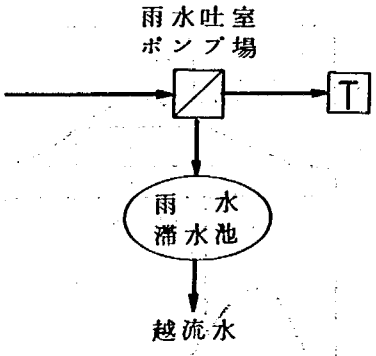


図２－８６

図２－８５のように，雨水吐室やポンプ場の前に設置する場合には，その前に雨水滞水池へ雨天時下水を導入するための分水施設が必要となる。

分水の方法は，堰による自然流下方式とポンプによる揚水との２通りに大別されるが，前者の場合には，

① 雨水滞水池への分水が確実である

② 下流の流下下水量をかなり均一化することができる

という長所をもつ。すなわち，図２－８７に見られるハイドログラフの斜線部は貯留が図られるので，滞水池が満水になる時刻 t_2 までの $t_1 \sim t_2$ 間では，図２－８７の下の図の実線部のようなハイドロが分水施設下流で見られることになる。t_2 以降は，しゃ集管渠の大きさに従って，影の部分が直接放流される。したがって，分水施設の設計次第で，

③ 滞水池が満水にならない限り，直接放流も生じないし，終末処理場での簡易処理放流もない

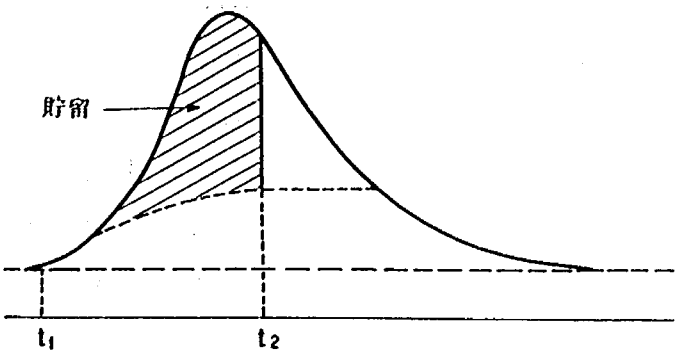
ことになる。

ただし，この方法は一般に既存の管渠位置よりも低いところに滞水池を造ることになるので，場所によっては相当深い位置に滞水池底がくることになる。

ポンプで揚水する場合でも，汚水分は自然流下で，雨水排除のみはポンプで行う場合（図２－８８）であれば，自然流下方式と同様になるであろう。

どの程度の流量になったら雨水滞水池への分水を開始させるかという問題は，地域によって答が違ってくるであろうが原則としては，時間最大下水量あるいはその１０％増し，を分水開始流量として設定しておけば，上記の③の条件が満たされ，非常に効率の良い使用ができる。ただし，一般的にはこのような運転ができるのは５㎜（＝５×A(ha)×１０〔㎥〕，A：排水面積）程度の滞水池容量が確保される場合で，それ以下のときには満水になる頻度が極端に大きくなる可能性があるので，分水開始流量を引き上げる検討が必要である。

既存の雨水吐室，ポンプ場を雨水滞水池への分水施設として使用する場合，分水施設下流のハイドログラフは図２－８９のようになる。斜線部分は雨水滞



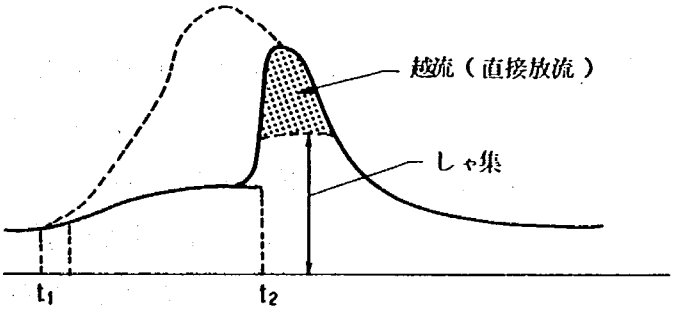


図２－８７

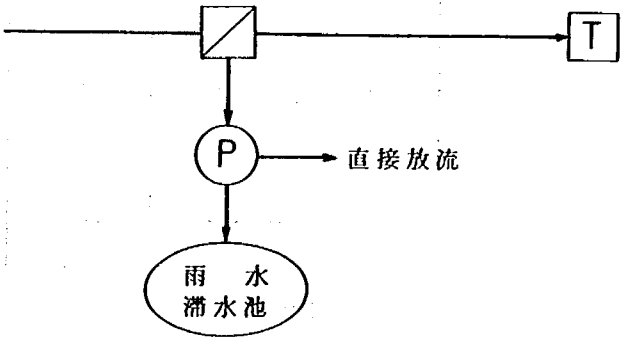


図２－８８

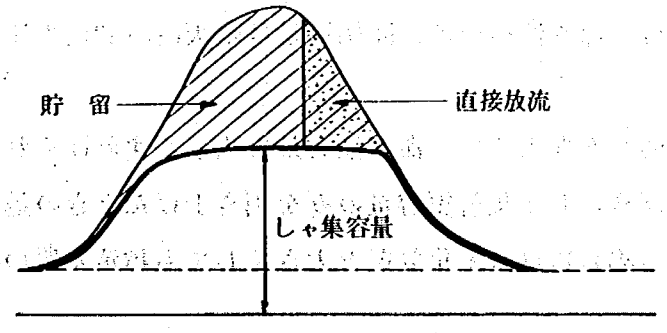


図２－８９

水池へ貯留される下水量を示す。この場合には，

① 新たに分水施設を設ける必要がない。

② ポンプ場の場合には，地上に雨水滞水池を設けることができ，工事は容易である。

などの長所を有する反面，場合によっては雨水滞水池に下水が導入されないで終末処理場で簡易処理放流が生ずることになる。とくに，自然流下の雨水吐室のときは，滞水池が空であっても終末処理場に晴天時下水量の数倍というしゃ集下水が送水されることになるので，システム全体としての効率は良くない。ただし，滞水池容量を十分取れない場合とか，雨水吐室からの放流先水域が非常に重要な水利用を持っていて，越流頻度，越流量の減少が主目的である場合には，このようなシステムは効果的である。

雨水滞水池が満水になった場合，それ以降の越流下水を雨水滞水池に導入するか，あるいは雨水滞水池に導入せずにバイパスするかというのも，答えはケース・バイ・ケースになろう。少くとも，雨水滞水池に流入した初期の下水は相当汚染されているので，ひとつの案としては図２－９０に示すように１番目，２番目……と順番に池を満水にしていき，最後の池は沈殿池方式で越流を許す方法が考えられる。この場合には，初期雨水は確実に捕えることができるので，越流水の水質改善にもなるし，また最終池を一種の塩素混和池として使用することも可能である。

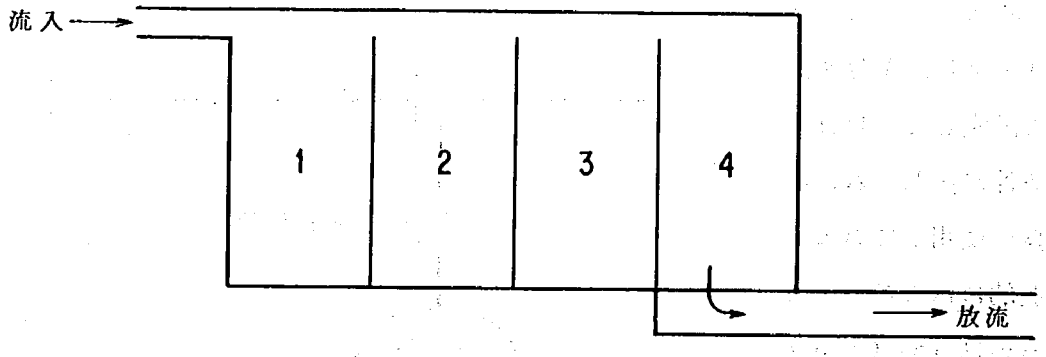


図２－９０

雨水滞水池を設置することによって，越流水質がどの程度改善されるかを実測データを使用して検討したのが図２－９１である。

この場合，滞水池への流入開始流量は晴天時時間最大流量に等しくとり，しゃ集管容量も同様とした。

図より明らかなように，滞水池容量を大きくすればそれに従って越流水質も改善されることがわかる。同様にしゃ集管渠容量のみを引き上げたときの越流水質の変化を見たのが図２－９２であり，この場合にはしゃ集管渠を大きくしても越流水質の改善がほとんど図れていない。

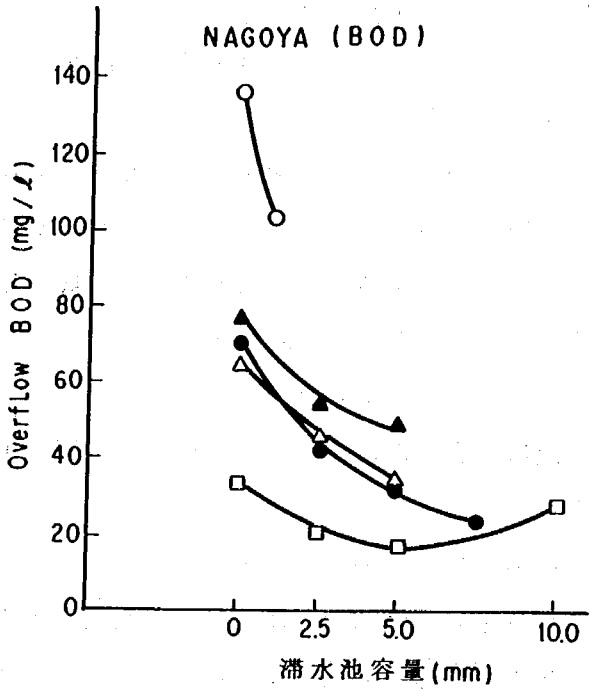


図2－91a

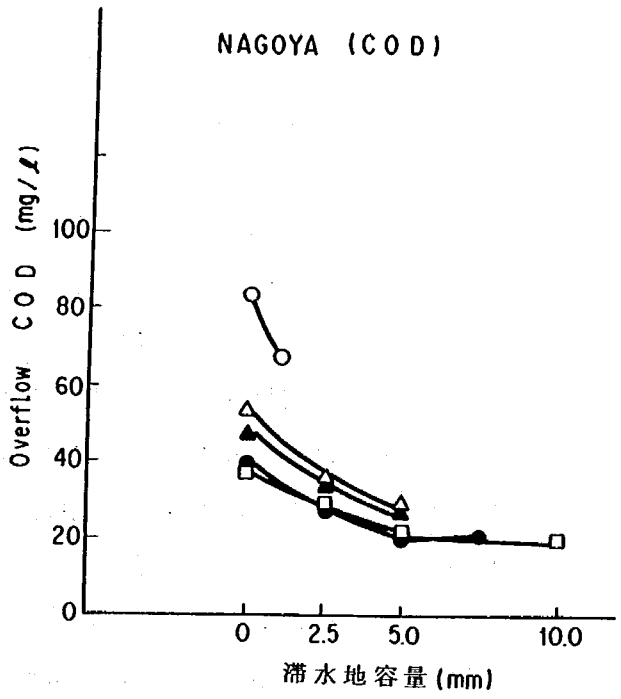


図2－91b

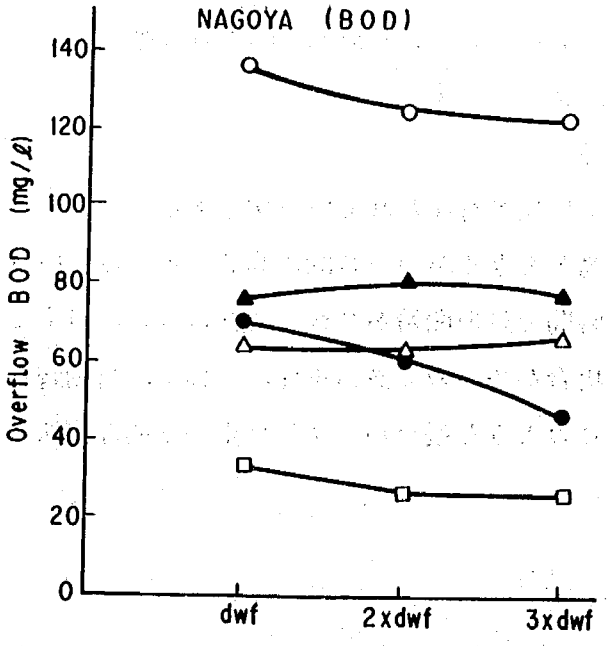


図2－92a

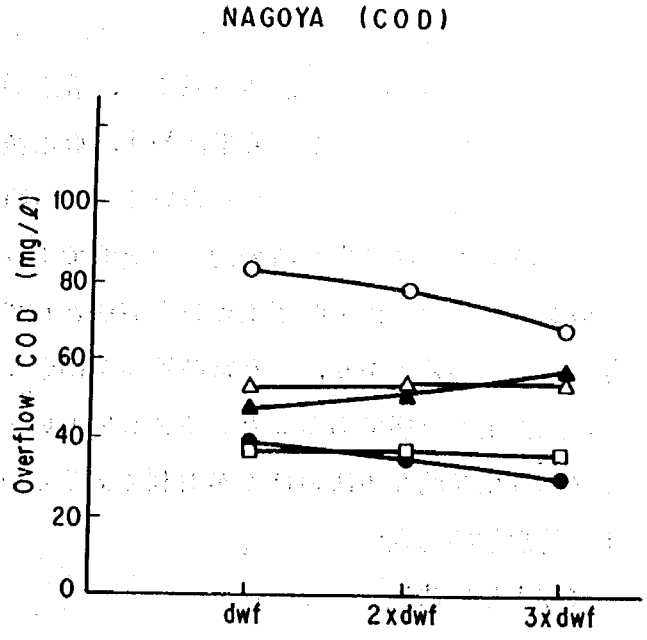


図2－92b

2.4.5　放流水質の改善

雨天時下水の直接処理が行なわれるのは次の２通りの場合が考えられる。

１）放流先水域が都市域の小河川や閉鎖水域で，とくに排出水に対する規制が厳しく，かつ貯留や滞留という手段がとれず，しかも既設下水処理場に余裕のない場合。

都市域では下水道網が完備する一方，地下水の枯渇などで小河川の固有流量が少なくなってきているか，場合によっては晴天時に全く見られぬ例も多い。このような小河川では雨天時下水が主要な水源となるが，これを無処理のまゝ放流することは都市の美観上，また水質保全上好ましくない。また，閉鎖水域においては汚濁物質の蓄積現象も考慮しなければならず，したがってあらゆる放流水に対して開放水域よりも厳しい態度でのぞまなければならない。

２）既設処理場に併設して雨天時下水の処理施設が設置できるか，または改造や処理の高度化の際に雨天時下水までも受け入れが可能に出来る場合。

現在雨天時下水の処理法として提案されているものの多くは下水の三次処理の方法として開発されたものである。したがって，同一の施設で晴天時には下水処理水を，雨天時には雨天時下水の処理を行なうことも可能であろう。雨天時下水の直接処理は施設利用効率の面から見れば不経済なことであるから，このような複数利用は望ましいことである。

雨天時下水の直接処理は，わが国においては沈澱法を除いては全く例がなく，米国においても実際規模で行なわれている例はきわめて少なく，大部分は室内実験やパイロットスケールでの調査例である。したがって，現在のところ効果的な手法は確立していない。

米国において効果が実証されている雨天時下水の処理方法は大別して

１）物理学的方法　　スクリーニング，マイクロストレーナ，急速沪過，浮上処理等

２）生物学的方法　　活性汚泥変法，散水沪床法，ラグーン等

３）化学的方法　　薬品凝集沈澱法，塩素滅菌法等

になるが，場合によってこれらのいくつかの組合せで処理が行なわれている例もある。

雨天時下水には発生が断続的，突発的であり，変動が大きくかつ一時的に高負荷になるという特徴があるので，雨天時下水の処理方法としては短時間で処理開始ができ，負荷の変動に対応できることが必要であり，また常時監視が困難である場合が多いので構造操作が単純で，自動起動や緊急停止が可能であることが望ましいといえる。このような観点からすれば生物学的な方法に比べ物理化学的な方法のほうが有利であるといえる。

(1)　物理学的処理法

（浮上処理法）

浮上処理法（Dissolved Air Floatation）は水中の微細固形物を水中に分散させた微細空気粒の浮力によって浮上分離させる方法であり，鉱業で広く用いられ，下水道関係でも約２０年前から汚泥の濃縮法として一部で採用されている。

雨天時下水の場合はこの方法を基本とし，スクリーニングと組合せ，主として雨天時下水中の

固形汚濁物質を除去することによって処理を行なうものでありMilwaukee, Racine, San Francisco に例がある。

1) Wisconsin州 Milwaukee の例

Milwaukeeでは１９６７年春から調査が開始された。当初，調査の対象となったのは市の中西部のHawley 通り近くにある吐口である。対象区域は約２００ha の面積を受持ち，不浸透域面積４２％，流出係数0.4，人口密度３５人／エーカーで工場などのない地区である。こゝで先ず雨天時下水の水質が調査された後，多くの種類のスクリーンを用いたもの，化学的酸化法，浮上処理法，消毒法に関して室内実験が行なわれ，その結果浮上処理法が適当であるとされ，パイロットスケールの実験が開始された。

装置は５０gpm（２００ℓ／分）の処理能力を持ちスクリーン槽と浮上分離槽から成っている。スクリーンは両端開放型のドラムスクリーンで，原水はポンプアップされた 1/2″（１２.７㎜）のバースクリーンを通過してこゝへ入る。５０メッシュのドラムは0.５～５０rpmの速度で回転しており，除去固形物はスプレー洗浄装置で取除き下水本管へ戻される。ドラムの表面積は

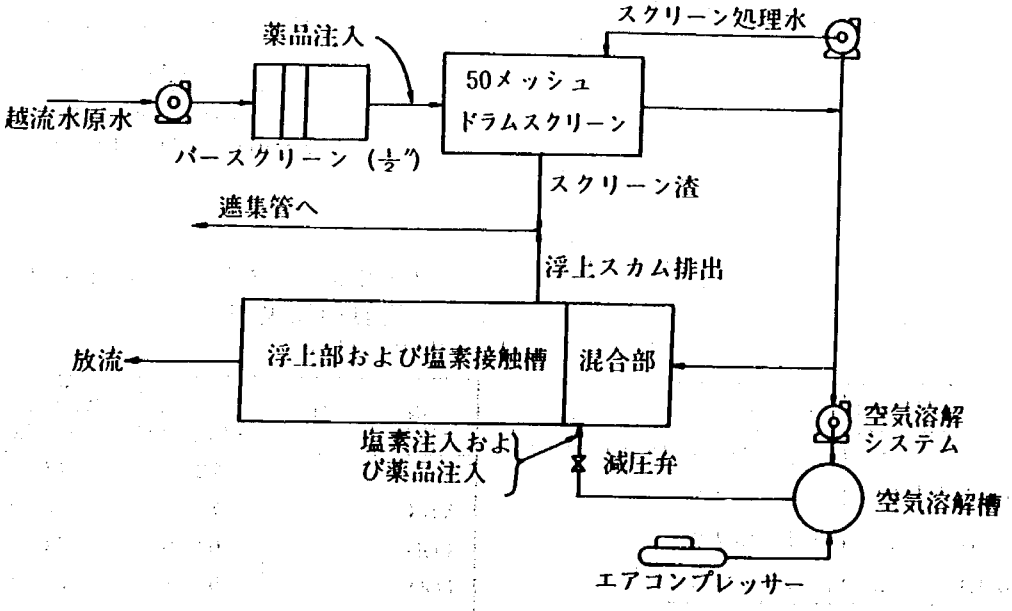


図２－９３　Milwaukeeにおけるスクリーン／浮上処理フローダイヤグラム

１４４ft² (13.4㎡) で浸水部分は水位により変るが７２～９０ft² (6.7～8.4㎡) である。

浮上分離槽は浮上した固形物を除去するスキミング装置を持った長方形のタンクで，空気は処理水へ溶解された形で槽内に加えられ５０～１００μの大きさの気泡を形成する。装置の模式図を図２－９３に示す。

実験に供した原水の水質は表２－２２の通りであり，１９６９年から１９７０年にかけての５５降雨中約２０降雨に初期流出がみられた。この初期流出水を用い表２－２３の条件のもとに運転を行なったところ，次のような結果が得られている。

まず，スクリーンだけの除去率は表２－２４のようになり，初期流出時期で３３～３９％，全体で２６～３４％の汚濁物質が除去された。また，全体の除去率は表２－２５の通りであり，薬品注入をした場合の除去効果がとくに顕著で，恐らく晴天時下水の二次処理水並みの水質が得ら

表２－２２　Milwaukee市Hawley通りでの合流式下水道からの越流水の水質*

項　　目	初期流出時**	越流時全体***
TS (mg/l)	861 ± 117	378±46
TVS(mg/l)	489 ± 83	185±23
SS (mg/l)	522 ± 150	166±26
VSS(mg/l)	308 ± 83	90±14
COD(mg/l)	581 ± 92	161±19
BOD(mg/l)	186 ± 40	44±10
T-K-N (mg/l)	176 ± 3.1	5.5±0.8
pH	7.0 ± 0.1	7.2±0.1
オルトリン酸(mg/l)	27 ± 1.0	
一般細菌数(個/mℓ) (individuals/ml)	142×10³±108	625×10³±27

* 95％非超過確率

** 12降雨

*** 44降雨

表２－２３　Milwaukcee市における浮上処理施設の最適運転条件

項　目	運転条件
スクリーニング	
逆　洗	生下水の0.7－1.0％
損失水頭	12in 水柱
回転速度	4.7rpm
浸水率	50-63％
浮　上	
浮上スカム	生下水の0.75－1.41％
圧力水水量	生下水の20％
運転圧	50psi
水面積負荷	3.3gpm/sqft
薬　注　率	20mg/lFeCl₃
	4mg/l カチオン系ポリマー

注）：in×2.54=cm；psi×0.0703=kg/sq cm；gpm/sqft×0.0408=cu m/min/sq m.

表２－２４　スクリーニングのみでの汚濁物質の除去率* (%)

項　目	初期流出時	越流時全体
SS	36±16	27±5
VSS	37±18	34±5
COD	39±15	26±5
BOD	33±17	27±5

* 95％非超過確率値

表２－２５　スクリーン／浮上処理による汚濁物質の除去* (%)

項　　目	越流時全体		
	初期流出時	薬注なし	薬注あり
SS	72±6	43±7	71±9
VSS	75±6	48±11	71±9
COD	64±6	41±8	57±11
BOD	55±8	35±8	60±11
ケルダール窒素	46±7	29±8	24±9

* 95％非超過確率値

れるものと予想された。薬品としてはFeCℓ₃２０㎎／ℓとカチオン系ポリマー４㎎／ℓを併用した場合が最も処理効果があった。大腸菌群数については１００mℓ中１０００個以上であり，これは州の基準に適合する値である。

以上の結果をふまえて処理水の水質は表２－２６のような値になるものと推察されている。

２）Racineの例

Wisconsin州ではMilwaukee市Hawley 通りでの実験結果から浮上処理法の実用化がとりあげられ，Milwaukeeの南３０マイル（約５０㎞）にあるMichigan湖に面した人口約10

万人のRacine市が実施の場所として選定された。そしてＥＰＡの援助のほか州および市の費用負担のもとに実際規模のスクリーン浮上分離方式の処理施設が設置された。１９７０年７月のことである。

設置個所は２ケ所であるが，それぞれの構造は全く同じであり処理能力が異なるだけである。

その概要は図２－９４の通りである。

表２－２６　Ｍｉｌｗａｕｋｅｅ市Ｈａｗｌｅｙ通りにおける平均処理水水質の予測値

項　目	値 (mg/l)
SS	18
VSS	26
COD	69
BOD	20
ケルダール性窒素	4.2

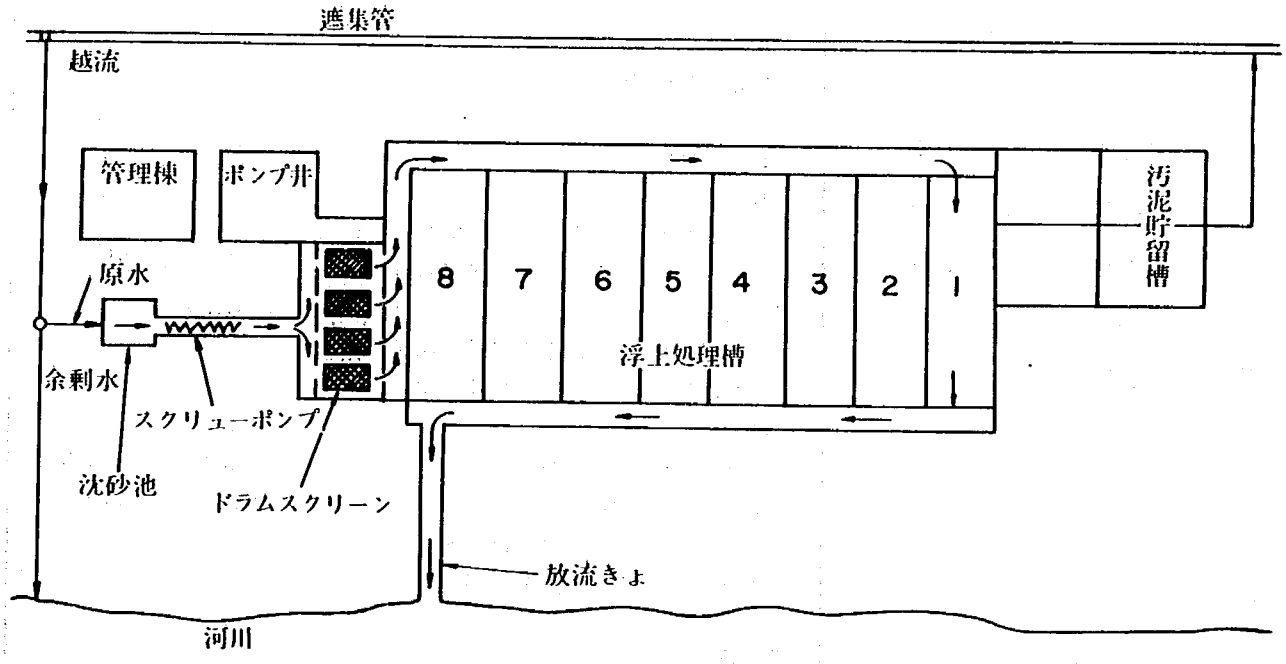


図２－９４　Racineの第２地点の処理施設配置図

すなわち，水位が上昇し越流が生じると処理施設が運転を開始し，沈砂地に入った下水はスクリューポンプで揚水され，パーシャルフリュームを通りドラムスクリーンに送られる。ドラムスクリーンからの流出水は浮上分離槽に入り，ここで浮上した固形物は槽末端までかき寄せられ，汚泥溜に貯留された後下水管へ排出される。施設はすべて自動化されており，また降雨による影響を避けるため水面上数フィートのところに軽量な屋根を支持柱で保ちながらかけてある。第１地点，第２地点の設計条件はそれぞれ表２－２７の通りで，推定除去率はＢＯＤ６０～７０％，ＳＳ７０～８０％である。

この施設は１９７３年４月から運転に入り，得られた資料にもとづき評価がなされているが，これまで問題点として自動起動，揚水量，薬品注入装置と降雨後の清掃が指摘されており，処理前に一貯留する設備がないことも問題であるとされている。

３）San Franciscoの例

Wisconsin州の動きとは別に，San Franciscoでも以前より浮上分離による雨天時下水

の直接処理法が調査研究されている。San Francisco市はほぼ全域が合流式下水道になっており，４１の吐口から太平洋または湾内に雨天時下水が放流されている。しかし，雨天時下水の負荷量と二次処理水，分流式下水道における雨水流出水等が放流先水域に与える影響を計算してみると，合流式下水道の分流化は必ずしも得策ではなく，その代替的な方法によってより効果的な汚濁負荷の削減をなし得ることが明らかとなった。

その一つの方法として浮上処理法がとり上げられ，まず室内実験が，次いで生下水を稀釈したものでのパイロットプラント実験が行なわれたが，その結果は表２－２８および表２－２９の通りであり，グリースの除去率が８０％となったほか高い浮遊物除去率が得られた。このことは，これらの物質が放流先水域に最も不快な美観上の問題を与えていることから考えて，とくに雨天時下水の処理に適していることを示唆している。この実験で得られた結論を要約すると次の通りである。

表２－２７・Wis.州Racineにおけるスクリーン／浮上処理施設の設計条件

項　目	第１地点	第２地点
対象区域（エーカー）	82.5	364.2
設計降雨強度（in./hr）	0.5	0.5
管内貯留（gal）	—	600,000
計画処理水量（MGD）	14.13	44.4
バースクリーン		
自動掻上式（ポンプ井上流）	有	有
ドラムスクリーン		
並列運転，スクリーン閉塞時は浮上処理槽へ自動的にバイパス		
スクリーン数	2	4
長さ（ft）	7	10
直径（ft）	8	8
材質ＳＵＳ，50メッシュ0.09″ワイヤスクリーン，逆洗流量(運転時)gpm	210	675
浮上処理		
運転＝最大流量が各池容量の70%に達した時に次の池が運転を開始する。		
池数	3	8
表面積負荷（gpm/ft²）	3.5	3.5
加圧水（gpm/池）	650	770
スカム除去－タイマー付スキマ		
スカムトラフへの運搬－スクリューコンベア。		
薬　品		
塩素－最大濃度mg/ℓ	20	20
$FeCl_3$－最大濃度mg/ℓ	25	25
ポリマー		
汚泥貯留		
設計流量の1.5%を３時間貯留		
容量（ft³）	3,500	11,030
降雨終了後自然流下により汚水管へ戻す		

① アラムによる前処理を併用した浮上処理法は生下水と合流式下水道の雨天時下水の処理が技術的に可能である。

② 浮上処理法は流入水のＳＳを９０％以上除去する効果を持つ。

③ 浮上処理法は各種因子が広範囲に変動しても安定した処理が可能である。

④ 流入負荷と流入ＳＳ濃度が広い範囲にわたって変動しても安定した除去効率を有すること，

表2－28　最適条件で連続運転した場合の浮上処理水の平均的な水質性状，(San Frarcisco)

性　状	単　位	アラム注入		ポリマー注入*		実験回数
		処理水濃度	除去率(%)	処理水濃度	除去率(%)	(アラム/ポリマー)
SS	mg/l	14.8	87.6	22.1	81.7	4/2
沈澱性物質	mg/l/h	0.5	95.9	0.1	100.6	4/2
浮上性物質	mg/l	0.3	55.1	2.6	39.0	4/2
油およびグリース	mg/l	8.4	58.6	15.1	27.8	4/2
COD	mg/l	120.1	72.3	100.3	51.7	4/1
BOD	mg/l	47.2	76.3	45.0	75.0	4/1
T－N	mg/l	6.0	34.4	6.2	15.3	4/1
オルトリン酸	mg/l	0.8	98.8	10.0	9.9	4/1
色相	色度	11.0	61.0	17.0	32.0	4/1
毒性	96時間生存(%)	100	－	75	－	2/1

＊ プリフロック　C－31

表2－29　連続運転した場合の浮上物質および汚泥の平均的性状，(San Francisco)

薬品注入	平均性状 (mg/l)							
	浮上物質				汚泥			
	油およびグリース	TSS	VSS	%有機分	油およびグリース	TSS	VSS	実験回数
無薬注	1330	3300	2950	89.5	23.7	38.0	22.5	1
アラム mg/mg TSS＞1	832	14,720	9590	65.1	15.3	93.9	58.2	11
アラム mg/mg TSS＜1	205	3840	2920	75.2	38.7	214.0	147.0	4
ポリマーのみ	136	2790	2310	82.5	12.1	30.0	21.0	4

最大の除去率を保ち，除去率を維持して流入負荷の増大に対応していく運転管理の容易さの点で凝集沈澱法より有利である。

その後この浮上処理法のデモンストレーションを行なうため，雨天時下水の処理がとくに要求されているOuter Marina Beach近くのBaker 通りにある雨水吐室附近に施設を設置し，評価を行なうことにした。設置の状況および設計条件はそれぞれ図2－95，表2－30の通りである。施設内容は他都市の例とほぼ類似しており，スクリーン，短時間の沈澱，浮上分離，塩素滅菌の組合せである。分離した汚泥は幹線管きょへ戻され下水処理場へ送られる。雨天時下水量が設計流量以上になった場合にはバイパス管が開き，直接放流されるようになっている。また，この施設はマリーナの近くに設置されたので景観の面にもとくに配慮した。

この施設と先に述べたパイロットプラントでの調査結果から浮上処理の効率に最も影響するのは水面積負荷と凝集剤注入率であることが明らかとなった。凝集剤としてはアラム単独よりもアラムとポリマーとの併用の方がより効果的であった。水面積負荷率は（当然のことながら）浮遊物負荷が低下すると効率は向上した。空気一固形物比は約0.02Kg空気／KgTSS以上であればほとんど効率の向上は見られず，反面この値以下になると除去率はわずかになるか零になった。

調査は１９７０年から７１年の雨期に行なわれた後中断され，自動制御および自動採水装置の改造が行なわれた後，１９７２年から再び再開された。表２－３１の調査結果はその一部の資料にもとづくもので，パイロットプラントおよびBaker 通りでの実験のうち表面積負荷を変数とした場合のものである。

San Francisco は市街地の勾配が急であり，管内貯留は困難である。このため，上流域での貯留池や深層トンネルと雨天時下水の処理施設を組合せた対応策を考えている。図２－９６はその概念を示したものである。

これまでの調査結果から，この処理施設では浮上処理法が使用されることになろう。

表２－３０　処理施設設計条件

水理条件	
流入，バイパス，放流（5年確率）	140mgd
浮上処理施設	24mgd
汚泥ポンプ	550gpm
浮上処理施設設計条件	
表面積負荷	6,000gpd/sp.ft.
滞留時間	25min.
循環率	100to 20% @65psi
供給空気量	68 scfm@65psi
薬品注入量	
ソーダ灰注入容量	
50%溶液	15to 150mg/l @12mgd
アラム注入容量	30to 300mg/l @12mgd
ポリマー注入容量	
1% 溶液	0.1to10mg/l @24mgd
次亜塩素酸ソーダ，15%溶液	15mg/l @24mgd

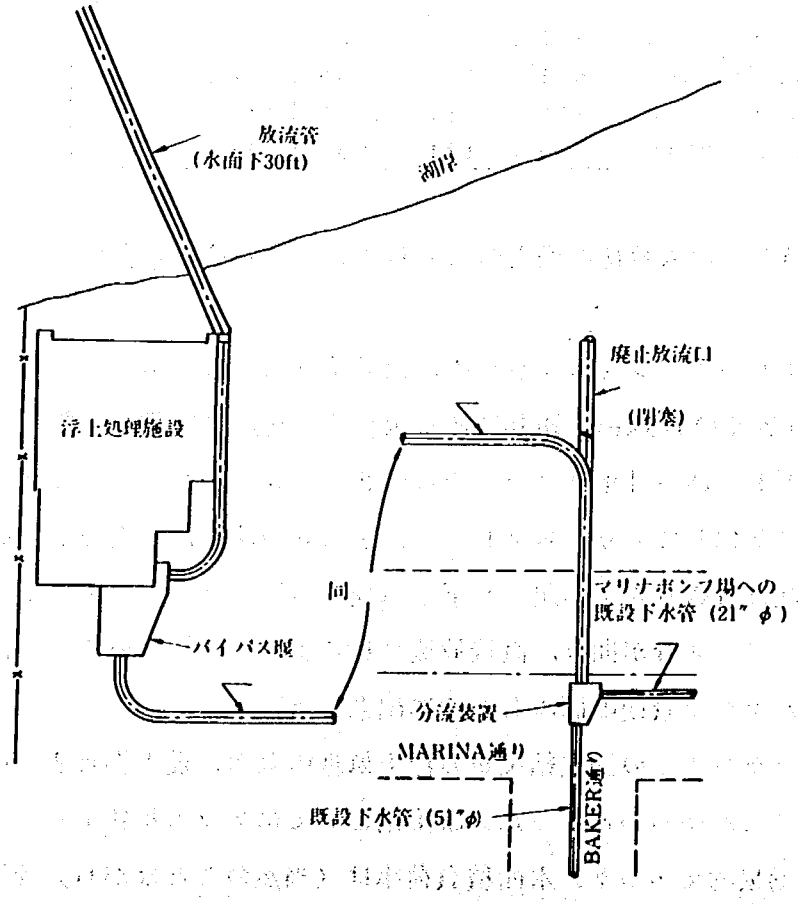


図2－95 San Francisco Baker通りに設置した浮上分離施設および放流管配置図

（スクリーニング）

雨天時下水の特徴の一つに粗大固形物や浮遊物質が多いことがあげられる。これらを取除けば水質汚濁を軽減できるばかりでなく，美観上も望ましく，また汚泥の堆積も避けられる。したがって，雨天下水貯留池や浮上処理をはじめ，多くの雨天時下水対策ではスクリーンによる固形物の除去が前処理の一つとして常に組合されているが，場合によっては，これのみで効果

をあげようとすることもある。スクリーン，マイクロストレーナ，微細目スクリーン等を用いる方法がその例である。

前述の通りMilwaukee での浮上処理実験装置では，前段にロータリードラム式のスクリーンがもうけてあった。この装置によって初期流出時のSS，VSS，BOD，COD等は31～39％までが除去でき，越流時全体ではこれよりやゝ劣るという結果が得られた。

Oregon州PortlandのSullivan Gulchポンプ場では微細なスクリーンで雨天時下水の処理を行なう実験がなされた。このスクリーンは図2－97のような構造を持つもので，原水は粗目スクリーンを通過した後 1,000 gpm（132ℓ／秒）の揚水ポンプをへてこの装置に入ってくる。流入水の約70～90％は1.52～4.56m／秒の速度で回転環状形のスクリーンを通過し，固形物を含む残りの10～30％は水平振動スクリーンを経て固形物排出管から下水本管に戻される。環状および水平スクリーンには2～4個所のノズルがついており，ここから洗剤を含む1.8 gpm／1ノズル（5 psi）の温水（76.5℃）で絶えず洗浄されている。なお，この実験では処理水は下水本管に戻したが，実際には滅菌後直接放流することになる。

表2－31　San Frarcisco, Baker通りの施設における汚濁物質除去効果

項　目	各水量負荷時の除去率(％)	
	1,000 gpd／sf	5,000 gpd／sf
TSS	90	15
浮遊物質	80	95
BOD	80	30
COD	80	35
オルトリン酸	100	80
T－N	30	20

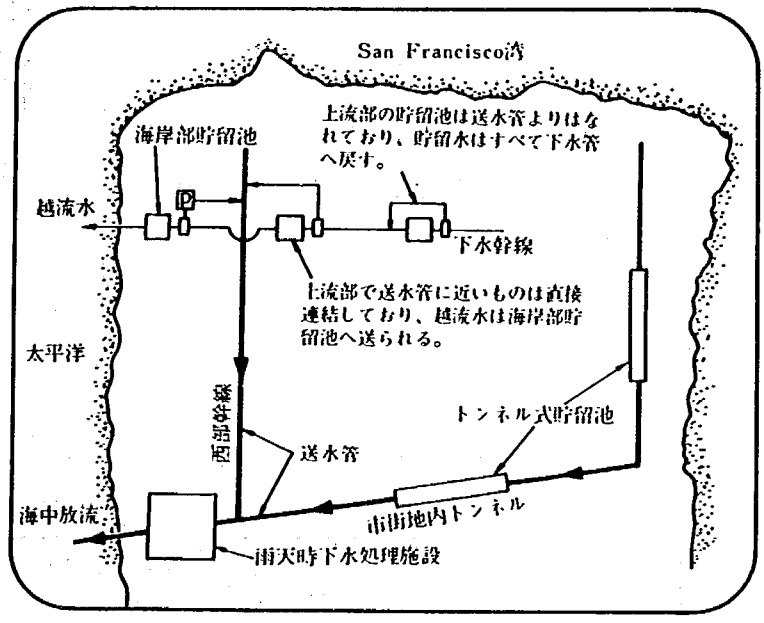


図2－96　San Franciscoで考えられている上流部の貯留池とトンネル貯留池の組合せ

その後実験結果から水平振動スクリーンを省略したほか，逆洗方法の改良，効率の良い洗剤の使用，スクリーン材質の変更，流入速度を高める等の改良を行なった。

実験は表2－32の条件で行なわれ，最適条件が求められた。その結果は表2－33の通りであり，メッシュの大きさ，流入水量，流入速度の増減が処理効率や安定性に著しく影響し，固形物の濃度が高くなると逆洗をひん繁に行なわなければならないが，流入水量を増すと逆洗の回数を減少させることができる等のことが明らかとなった。

また，スクリーンの形状，材質が大きな因子となるが，メッシュが細かくなり，流入量が増加

するほど処理効率は高くなり，スクリーンの寿命は接近速度が大きくなるほど，筋目が細かくなるほど短縮され，１６５メッシュの篩目，１７５０gpmの処理水量のもとで５００時間の寿命が得られた。スクリーンの目詰りは短期的には油分，グリース等により生じ，効率を５０％も減ずることがあるが，長期的な効率は損なわれなかった。

結論的に従来からの沈澱処理法と比べると　1）塩素接触槽を別に必要とする　2）負荷の変動への対応が遅いなどの欠点があるが，面積的には１／１０～１／２０の広さでよいという長所があると推察された。

一方，Philadelphia ではマイク

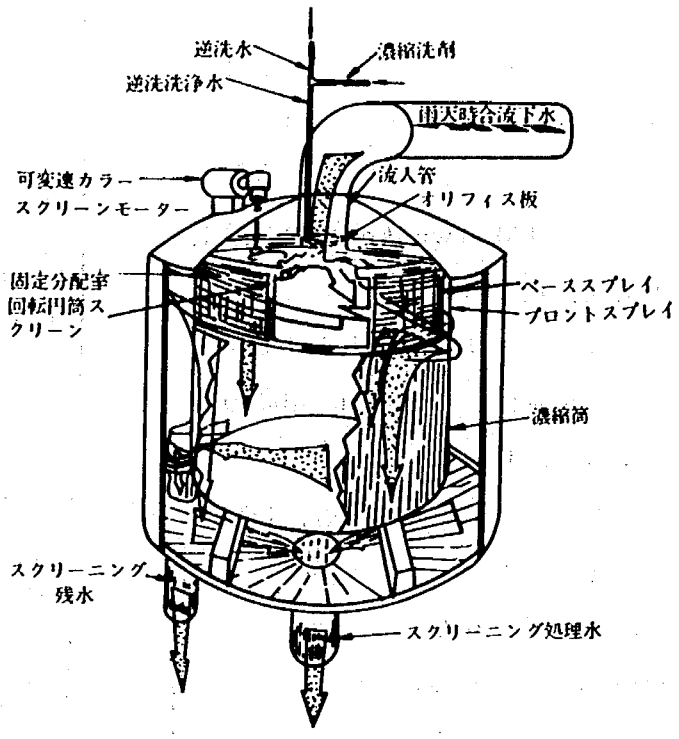


図２－９７　微細目スクリーンの構造

表２－３２　微細目スクリーンによる雨天時下水処理実験の設定条件

	実験の範囲	最適条件
流入水量　(l/秒)	46.5～127	108
水平スクリーンのメッシュ	110～175メッシュ (150～90μ)	
環状スクリーンのメッシュ	105～230メッシュ (160～74μ)	165メッシュ（105μ）
環状スクリーンの材質	ダクロンクロス，ステンレス，テンシルボルティングクロス	テンシルボルティングクロス
環状スクリーンの回転速度 (rpm)	30～60	60
環状スクリーンの面積負荷 (l/分・m²)	204～5,850	5,000
環状スクリーンへの流入速度　(m/秒)	0.92～3.65	3.33
運転方法	断続運転	4.5分間運転，0.5分間停止（逆洗浄）

ロストレーナを用いて処理する方法が実験された。

また，Mt．Clemens ではマイクロストレーナーとその他の処理法を組合せた方法が採用された。マイクロストレーナは１９４５年以来上水道や工業用水道の沪過に広く用いられており，ごく最近では下水処理水の三次処理にも採用されている。Philadelphia の場合は直径5″（１２.７㎝）長さ3′（1.0 ｍ）のドラムにＳＵＳの金網を張り付けたもので実験に用いたのは篩目３５μと２５μの金網である。運転中ドラムは直径の1／3まで浸っており，生下水はドラムの終りから上向流で入り細金網を通って直角方向へ流れ，金網の内側に固形物を残す。金網にスライムが発生せぬよう紫外線照射を行なった。マイクロストレーナを通った水はオゾンまたは塩素により滅菌される。

表２－３３　調査結果の要約

条　　件	除　去　率	
流入量　1700 gpm（6.4㎥／分）	浮遊性固形物	１００％
環状スクリーン速度，６０rpm	沈降性固形物	９８％
	ＴＳＳ	３４％
環状スクリーン，１６５メッシュ	ＣＯＤ	２７％

この実験装置をDelaware川へ流下するCobbs　運河への放流口附近に設置した。原水は越流水をポンプで揚水したものである。

実験の結果によればＳＳ除去率は３８％で，比較的高圧のもとで２３μの金網を用いた場合には７８～９８％，平均９１％の高い除去率が得られ，低圧の場合でも８２～９６％，平均で８０％であった。また，ＶＳＳの除去率はＳＳにほぼ比例し平均７１％であった。３５μの金網を用いた実験ではＶＳＳの除去率は平均で４７％であった。

しかし，ＢＯＤ，ＣＯＤの除去効率にはバラツキが見られ，マイクロストレーナ通過後にかえって有機物が増加する場合もあった。

大腸菌群の除去効率は全体的には塩素の方が高かった。そして短かい滞留時間で高濃度の塩素に接触させると，高い殺菌効果が得られることがわかった。

（急速沪過法）

急速沪過法は下水の高度処理のうちで実際に採用可能な経済的手法として注目されている。もし，十分な貯留施設があれば，晴天時のみならず雨天時下水の処理にも利用できるものと考えられる。しかし，雨天時下水の処理法としての調査は，目下のところベンチスケールでの実験が行なわれているにすぎない。これまでの調査結果としてWashington D．C．とCleavelandでの結果などがある。

WashingtonD．C．の実験は生下水に乾燥した粘土を加え，人工的に雨天時下水の性状に近いものを作ったもので行なっている。この人工的な雨天時下水はＳＳ４００㎎／ℓ，ＢＯＤ４０㎎／ℓのものであり，WashingtonD．C．で実測された結果にもとづくものである。

実験装置は図２－９８のような内径4″（１０.２㎝）高さ9′（2.７ｍ）のガラス筒で，沪材としてはファイバーグラスによるもの，またはアンスラサイト，硅砂およびガーネットの３層沪材で，

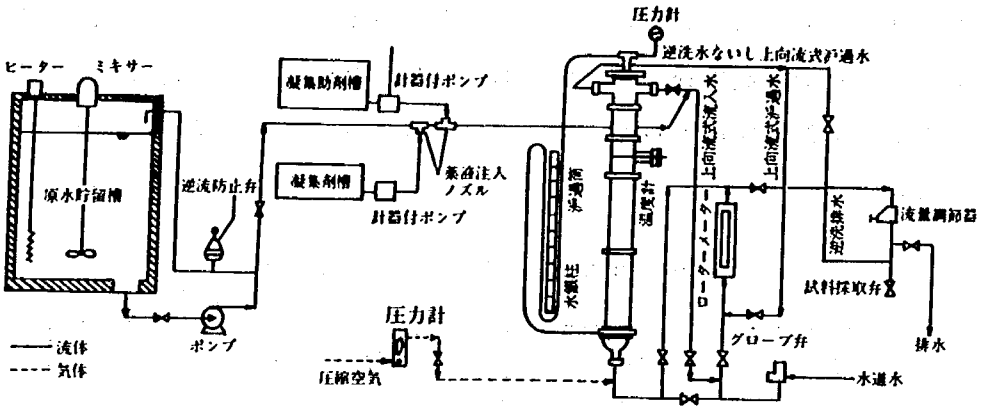


図２－９８　Washington，D．C．における急速沪過実験装置系統図

底部支持材としては砂利，粗ガーネットのものおよびガーネット床であり，最後のものは上向流式沪過池になっている。凝集剤としてはアラム１５０㎎／ℓ，カチオン系高分子凝集剤４㎎／ℓを添加した。

実験の結果ではファイバーグラスの沪床が最も効率がよく，８７９.１～１７５８㎥／日／㎡の沪過速度でＳＳ９０％，ＢＯＤ７０％の除去率が得られ，１～３時間の沪過時間を保ち得た。三層沪過はやゝ効率が劣り沪過速度５８６㎥／日／㎡でも同程度の除去率は得られなかった。上向流式沪過池でガーネット沪床の場合は処理水質はさらに低下していた。

三者ともＳＳおよび非溶解性ＢＯＤの除去は顕著であったが，溶解性ＢＯＤはほとんど除去できなかった。また，無機系ＳＳより非溶解性ＢＯＤ物質の方が水頭損失に大きく影響するようである。

一方，Cleaveland での実験はパイロット規模で行なわれた。沪過筒は内径6″（１５.２㎝）高さ１７ft（６ｍ）のフレキシブルガラスで，沪材は予備試験の結果有効径4.0㎜のアンスラサイト5ft（1.5ｍ）有効径3.0㎜の砂（0.9ｍ）のものが他に比べ優れていることがわかったのでこれを使用した。実験装置はSoutherly 下水処理場のスクリーン室内に設置し，雨天時下水を揚水し貯留槽にため，攪拌しながら原水として使用した。

この装置を用いて１９７０～１９７１年にかけてポリマーを用いた実験２１回，無機系凝集剤とポリマーの併用に関する実験２９回，無薬注沪過１９回，合計６９回の実験が行なわれた。実験の結果を全体的に見ると雨天時下水の水質が大巾に変動するため，除去効率が一定しないが，処理水水質は比較的一定していた。

標準的な運転条件である8 gpm／ft^2（469 m^3／日／m^2）で30 mg／ℓのアラムと1.0 mg／ℓポリマーを併用した場合に表2－34のような結果が得られた。ポリマー添加の効果は大きく表2－35の通りであった。BOD，CODの除去率は沪過速度と相関関係はなかったが，BODとCODの減少状況はほぼ等しかった。

リンの除去率はアラムの添加により向上し，またポリマーを使用することによって30～50％の除去率が得られるであろうと推定された。表2－36は2種類のポリマーを用いた場合の実験結果である。

グリース（油脂類）の除去率は流入濃度28.4～25.5 mg／ℓの範囲では31.6～45.5％であった*。

大腸菌群の除去率は大巾に変動し，0～93.4％であり，沪過速度やポリマー添加の影響は余りなかった。細菌類の除去という面からすれば沪過法のみでは十分ではないと推察された。

また，処理水水質の悪化を示標とし，損失水頭を5 ft～30 ftに保った場合，沪過の継続時間は4～16時間であった。

凝集剤として石灰を使用した場合は微細フロックが処理水中に含まれ，また沪床の閉塞が生じた。塩化第二鉄を用いた場合は処理水がオレンジイエローに着色したと報告されている。

表2－34　急速沪過実験におけるアラム30mg／ℓ，ポリマー1.0 mg／ℓ添加の場合の効果

試料数	平均流入水SS濃度（mg／l）	平均流出水SS濃度（mg／l）	除去率（％）
3	442	36	92.0
2	362	48	86.7
2	100	54	46.0

表2－35　ポリマーを添加した場合のSS除去効果

沪過速度（gpm／sq ft）	平均流入水質（mg／l）	平均流出水質（mg／l）	除去率（％）
ポリマーなし			
10	165	30	82
16	175	37	79
24	180	53	70
ポリマー添加			
8	400	8	98
16	200	10	95
24	250	18	93

表2－36　急速沪過によるリンの除去効果

沪過速度（gpm／sq ft）	試料数	平均流入水質（mg／l）	平均流出水質（mg／l）	除去率（％）
PurifloeA23（10mg／l）（1971）				
8	6	0.71	0.43	39.4
16	6	0.71	0.39	45.1
24	6	0.71	0.40	43.7
Magnifloc560C（10mg／l）（1971）				
8	6	0.76	0.40	47.2
16	6	0.76	0.36	52.6
24	6	0.76	0.55	26.3

（濃縮分離法）

雨天時下水中の浮遊物質を慣性力の差を利用して分離し，また粗大固形物を浮上分離させる方法としてスワール濃縮装置**が提案されている。この装置は本来越流ぜきの改良型の一つとして，

狭い空間内に越流に必要なせき長を確保し，かつ構造物の大きさを制限することにより建設費の削減をはかることを目的として開発されたものである。

* グリースの分析方法に問題があると指摘している。

** この装置はスワール濃縮装置（Swirl Concentrator）のほか，スワール調整・濃縮装置（Swirl regulator／concentator）や調整・分離装置（regulator／solids − separator）等と呼ばれているが，こゝではその目的からこの名称を使用する。

その後，この装置が雨天時下水中の沈澱性物質の７０％までを濃縮分離することができることがわかった。そして英国ではBristolで，米国ではPennsylvania州Lancasterにおいて水理模型実験と数値解折が行なわれ，さらにNew York州のSyracuseに直径3.66m（12ft），せき高0.91m（3ft）のデモンストレーション設備が造られ調査が行なわれている。

装置は円形の構造物で可動部分は全くない。雨天時下水は円形の室の底部附近で半径に対して直角方向に流入し，垂直の偏流板により渦巻状の流れに変えられる。これとは別に慣性力の違いから水の表面部分が外側へ，底部の方が中央部へ向う動きが生じてくる。これは河川の湾曲部において外側の堤防が侵食され，内側に土砂が堆積するのと同じ原理である。そして，摩擦抵抗力の大小から表面流の方は流速が早くなり，底部に近い方は遅くなる。

このような動きの結果，沈澱性固形物や砂の大部分は重力によって沈澱し，慣性力によって周辺部へ向い，さらに第２の作用によって中央部に集まってくる。これは中央部附近に設けられた

表２－３７　スワール濃縮装置におけるＳＳ除去率

降雨日	渦巻型濃縮装置						通常の雨水吐		
	汚濁負荷量（Kg）			降雨当り平均SS（mg/l）			汚濁負荷量（Kg）		
	流入水	流出水	除去率%b	流入水	流出水	除去率%b	流入水	遮集管へ	除去率%a
02－1974	374	179	52	535	345	36	374	101	27
03－1974	69	34	51	182	141	23	69	33	48
07－1974	93	61	34	110	90	18	93	20	22
10－1974	256	134	48	230	164	29	256	49	19
14－1974	99	57	42	159	123	23	99	26	26
01－1975	103	24	77	374	167	55	103	66	64
02－1975	463	167	64	342	202	41	463	170	34
06－1975	112	62	45	342	259	24	112	31	27
12－1975	250	168	33	291	232	20	250	48	19
14－1975	83	48	42	121	81	33	83	14	17
15－1975	117	21	82	115	55	52	117	72	61

注　a）通常の雨水吐の除去率計算に当っては，遮集管へ向う下水のＳＳ濃度は流入水のＳＳ濃度に等しいものとした。

b）降雨後期になり，負の除去率を示したものについては除外した。

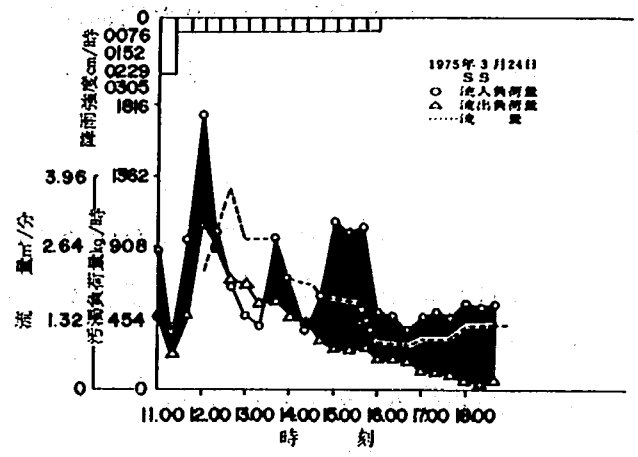


図２－９９　Syracuse, West Newell 通りにおける渦巻型濃縮施設のＳＳ除去量(1)

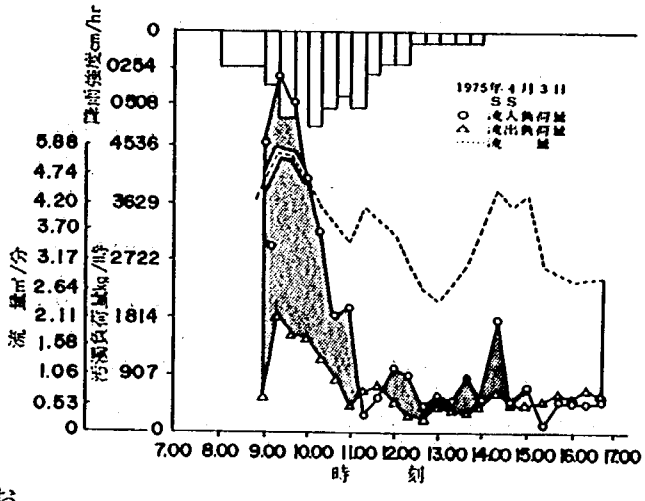


図２－１００　ＳＳ除去量(2)

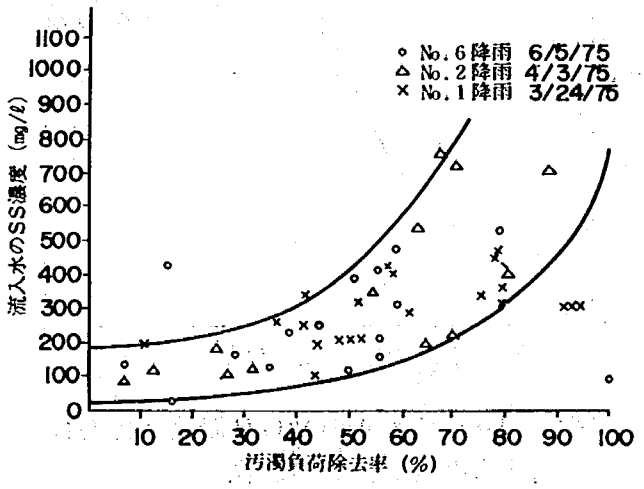


図２－１０１　流入水のＳＳ濃度と汚濁負荷除去率（%）の関係

表２－３８　渦巻型濃縮装置におけるＢＯＤ除去率

降雨日	汚濁負荷量 kg			1降雨当り平均BOD mg/l		
	流入水	流出水	除去率 %	流入水	流出水	除去率 %
7－1974	266	48	82	314	65	79
1－1975	97	30	69	165	112	32
2－1975	175	86	51	99	70	29

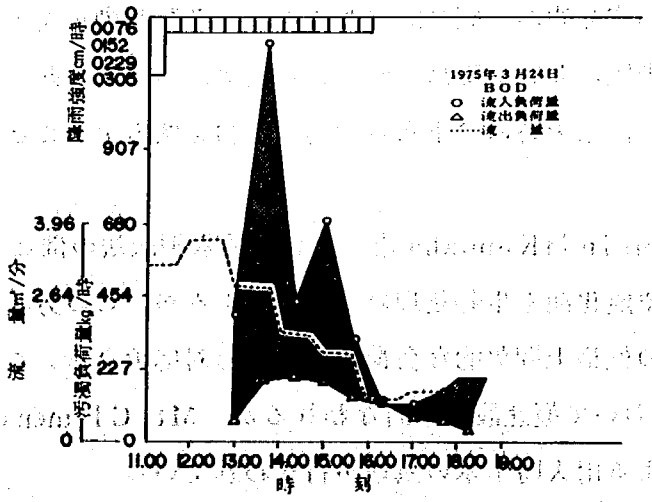


図２－１０２　Syracuse, West Newell 通りにおける渦巻型濃縮施設のＢＯＤ除去量(1)

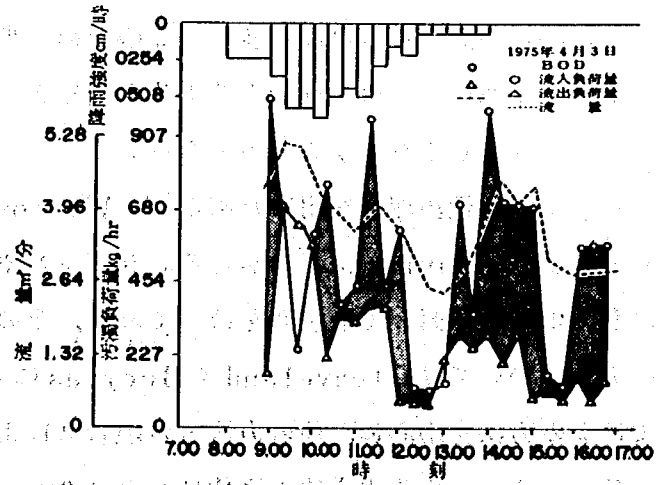


図２－１０３　ＢＯＤ除去量(2)

オリフィスを通り，遮集管をへて下水処理場へ送られる。一方，固形物が取除かれた大部分は，浮遊性粗大固形物をトラップで取除かれ，環状のせきを越えて雨天時下水の貯留池より高度な処理を行なうための施設へ向うか，または直接放流される。

この装置の特徴は滞留時間が短かいため構造物が他の場合に比べて小さくなり，したがって建設費が安く，かつ可動部分がないため維持管理が容易なこと，流量の大巾な変動に対応できることなどである。ただ，室の底面をすりばち状にし，晴天時や小降雨の場合でも自然に洗浄がなされるようにしてあるが，Syracuse での経験では降雨後に人力で洗浄する必要があった。

Syracuse での調査は現在でも続けられているが，中間的な報告によれば流量が0.54 m^3／分から13.2 m^3／分まで変動したにもかゝわらずSSの除去効率は良好であり，表2－37のように負荷量，濃度ともそれぞれ33～82％，18～55％になった。図2－99，100はSS負荷量の除去率を時間と流量との関係から示したものであるが，一般に流入水の濃度が高い時と流量が低下する降雨終了時近くになって除去率が高くなることが示されている。流入水の濃度が250 mg／ℓ以上になると負荷計算による除去率は50％以上になった（図2－101）。BODについても同じような傾向が示されたと報告している（表2－37，図2－102，図2－103，図2－104）。

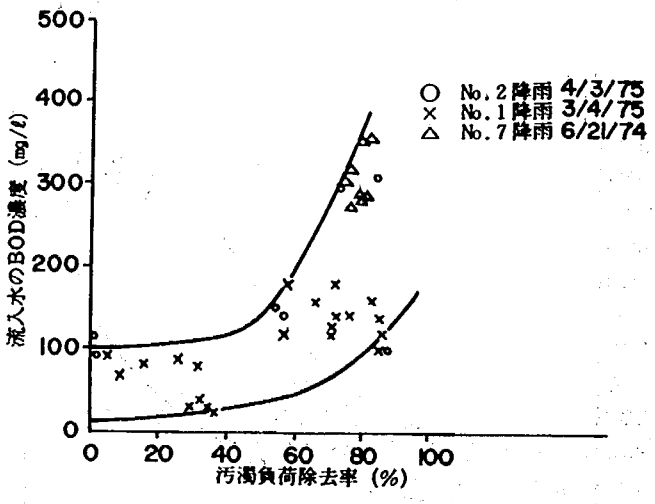


図2－104 流入水のBOD濃度と汚濁負荷除去率（％）との関係

(2) 生物学的処理

現在の下水道技術においては，最も効果的な有機物除去法は生物処理である。雨天時下水も水質的には生物処理が可能な性状であるが，発生が突発的かつ間欠的であること，負荷変動が大きいことなどの点で不利な面が多い。このため，米国において実施されている例は，いずれも既設の晴天時下水のための処理場を拡張した形をとり，雨天時には下水処理場の能力を拡大することによって対応しようとするものである。

これまでに活性汚泥法を用いた例としてWisconsin州Kenosha市が，また散水沪床法の例としてNew Providence 市がある。ラグーンや酸化池も生物処理の一種といえるが，この方法は負荷の変動に耐える有利さを持っており，その性格上間欠的な負荷の発生にも対応できる。この方法についてはCleavelandやBucyrusにおいて概念設計が行なわれるが，Mt. Clemensではこの方法を中心に，他の方法との組合せによる雨天時下水の処理が行なわれている。

Kenosha 市の下水道排水面積は8000エーカー（3240 ha）で，このうち1200エーカー（486 ha）が合流式になっている。下水の放流先はMichigan湖である。この市で

採用された方法は活性汚泥法の変法であるコンタクトスタビリゼーション変法である。このプロセスの特性上から標準活性汚泥法に比べ容量が少なくてすむうえ，浮遊物の吸着を重視したものであり，雨天時下水のような固形物の多い下水に対して有利である。反面，水質は標準活性汚泥法の場合よりやゝ劣ることになる。

Kenosha 市の既設下水処理場は２３mgd（９４４５㎥／日）の能力を有していたが，さらに雨天時下水用として遮集管の余裕容量に見合う分として２０mgd（７５７０㎥／日）の拡張が行なわれた。処理能力がほぼ倍増したことになる。下水処理場全体の配置は図２－１０５の通りであり，拡張分のフローシートは図２－１０６のようになっている。

下水は先ず沈砂池へ入る。沈砂池は最初沈澱池を改造したもので，晴天時には砂粒を除去できるようになっている。雨天時下水用の施設は雨天時のみの間欠運転で，通常は雨天時に備えて標準活性汚泥処理施設で発生する余剰汚泥を，濃縮槽に送る前に安定化池で２～３日ずつ貯留してエアレーションを続けている。接触槽に入った下水は，この貯留してある活性汚泥と接触するが，２０mgdでも接触時間は１５分保てるようにした。次いで下水は最終沈澱池へ入る。分離された活性汚泥は安定化池へ戻され，こゝで接触槽へ入る前に機械ばっ気方式により１～４時間再ばっ気される。最終沈澱池は表面積負荷を１３００gpd として設計されており，晴天時にも雨天時にも使用できるようになっている。処理水は塩素滅菌された後放流される。

この雨天時下水のための施設は１９７２年４月より運転を開始した。２３降雨についての運転条件は表２－３９の通りであり，その結果は表２－４０のようになった。すなわち，加重平均除去率でみるとＳＳ９１.５％，ＢＯＤ

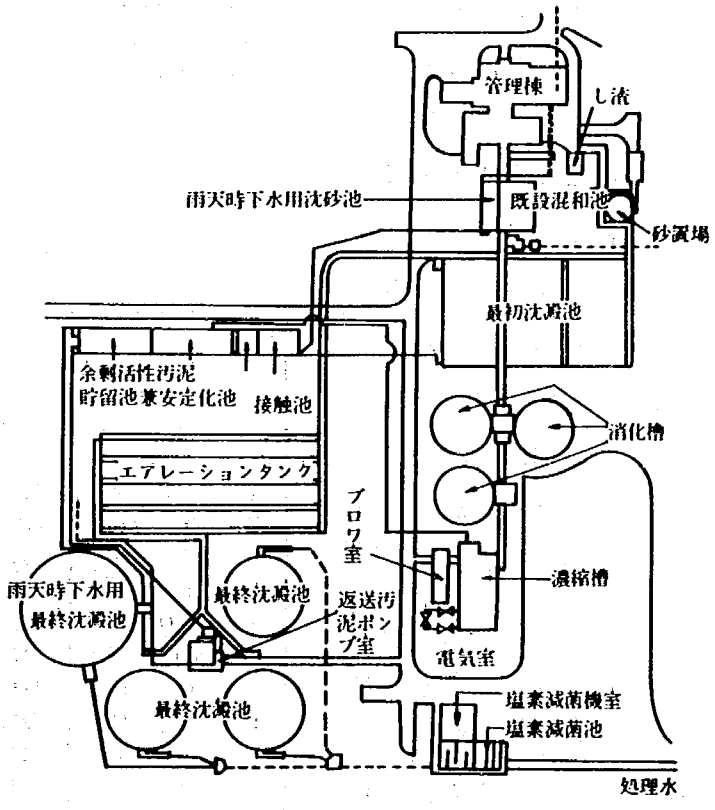


図２－１０５ Kenoshaの既設下水処理場と雨天時下水処理施設

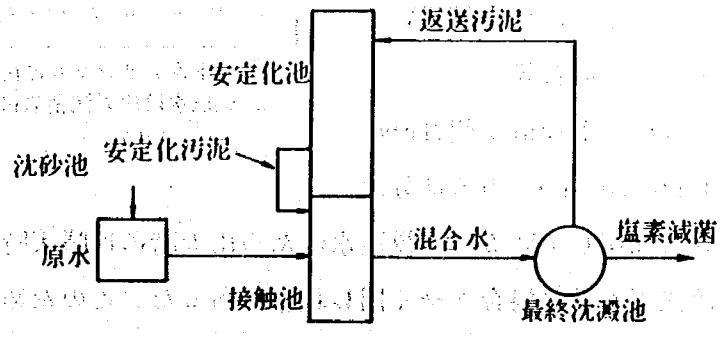


図２－１０６ Kenoshaにおけるコンタクトスタビリゼーション法のフローシート

８２.５％，ＴＯＣ７９.８％でほぼ晴天時下水の二次処理水並みである。また，生下水中の溶解性ＢＯＤは全体の２４％程度であるが，これも６８％までが除去可能であった。ただケルダール窒素やPO_4は５０％を除去することが困難であった。そして，雨天時下水全量を処理したり，さらに除去率を上げるためには一時貯留が必要であろうと推察された。

１９７３年からは，さらに詳細に検討するため，次のような調査が行なわれている。１）ＭＬＳＳを５００㎎／ℓや５０００㎎／ℓないしそれ以上とした場合，２）接触時間を１０分以下ないし３０分以上とした場合，３）再ばっ気時間を３時間以上とした場合，４）最終沈澱池の表面積負荷を低くした場合，５）ＳＳやリン除去のため廃酸洗い水を加えた場合等。

表２－３９　Kenoshaにおける生物処理の運転条件

項　　目	範　　囲	平　均
処　理　水　量 (mil gal)	1,789～7,558	4,007
平　均　流　量 (mgd)	13.3～19.4	16.6
流　入　時　間 (時)	2.7～11.0	5.8
返　送　汚　泥 (生下水に対する%)	10～55	37
ＭＬＳＳ (mg/ℓ)	975～5,370	3,060
接　触　時　間 (分)	12.1～19.6	15.5
前エアレーション時間 (時)	1.0～7.3	2.7
安　定　化　時　間 (日)	0.5～15	4.4
F/M (lb BOD/日/lb MLSS)	0.64～5.3	2.7
安定池のターンオーバー	0.53～6.8	2.9
沈殿池のＳＯＲ (gal/日・ft²)	864～1,257	1,078
沈殿池の滞留時間 (時)	1.3～1.85	1.46
沈殿池のターンオーバー	1.7～8.2	3.9

表２－４０　１９７２年の処理における除去率

	算術平均値			加重平均値		
	生下水[1]	処理水[2]	除去率 (%)	生下水[1]	処理水[2]	除去率 (%)
全固形物	706	471	33.2	704	455	35.4
ＶＴＳ	270	143	47.0	27.0	140	48.0
ＳＳ	32.5	24.7	92.4	31.4	26.4	91.5
ＶＳＳ	126	13.9	88.9	12.1	15.2	87.4
全ＢＯＤ	115	18.6	38.8	10.2	17.8	82.5
溶解性ＢＯＤ	27.6	8.5	69.2	24.1	7.6	68.4
ＴＯＣ	121	24.0	80.1	113	22.8	79.8
ＤＯＣ	25.4	16.9	33.4	21.8	15.3	29.8
全窒素	12.9	6.7	78.0	11.0	5.5	50.0
全リン	5.1	2.7	47.0	4.8	2.4	50.0

	生下水	処理水
総細菌数(個/mℓ)	34,786	2,883
腸内細菌数(個/mℓ)	2,308	374

1. 生下水のサンプルは沈砂池の出口で採水
2. 処理水は塩素滅菌前に採水

New Jersey州New Providence 市では分流式を採用しているが，浸透水のため雨天時には晴天時の１０倍以上もの下水量になるという，合流式下水道の場合と全く同じ状態にあった。このため，散水沪床で処理することになり既設下水処理場のうちポンプ場，沈澱池，散水沪床２池，消毒槽，管理棟その他を含む下水量6.0㎥d（２２,７１０㎥／日）分の拡張を行なった。

この計画の特徴は常に沪床に生物膜を保持することである。散水沪床は直径１１ｍ×深4.4ｍのプラスチック沪材の沪床と，直径１0.8ｍ×深1.8ｍの砕石を充填した沪床で，組合せは図２－１０７の通りである。運転は通常プラスチック沪材の沪床を先行沪床とした直列で行なわれているが，下水量が2.8㎎ｄ（0.１２㎥／秒）になると自動的に並列運転になるようになっている。流量が減少し，再びこの流量になると直列運転に戻る。

１年間にわたる２０降雨についての運転結果によれば，流量が多くなり水量負荷がプラスチック沪材の場合４０㎎ｄ（１５1,５００㎥／日）以上，砕石沪材の場合１2.2㎎ｄ（４6,０００㎥／日）以上になると除去効率が低下することがわかった。しかし，この効率低下が生じても降雨後まもなく通常の処理効率に復した。

酸化池の検討が行なわれたBucyrus市はＥｒｉｅ湖の支川であるＳandusky川上流端に位置しており，約２３４０エーカーの地域で人口１３,０００人である。

当市の調査結果では0.０５″以上の降雨になれば越流が生じるが，この程度の降雨は年間約７３回生じている。これにより年間３５０,０００１ｂのＢＯＤと１４００,０００１ｂのＳＳを含む雨天時下水の水質は平均してＢＯＤ１２０㎎／ℓ，ＳＳ４７０㎎／ℓ，大腸菌群数１１,０００,０００／１００㎖，ふん便性大腸菌は1,６００,０００／１００㎖であった。

このため，Bucyrusが面しているＳandusky川のＢＯＤ濃度は晴天時が平均６㎎／ℓであるものが，越流水排出時には平均４９㎎／ℓまでになり，ＳＳは晴天時４９㎎／ℓであるものが越流時には９６０㎎／ℓにまで悪化した。Ｓandusky 川は下流諸都市の主要上水道源になっているため，このような河川への汚濁物質の排出を減少させることは非常に重要な課題であった。

Busyrusで検討されたのは遮集管とラグーンを組合せた方法であり，その構想は図２－１０８の通りである。汚濁物質はこのラグーン内で沈澱と，機械式散気装置により好気性状態に保つことによる生物学的酸化を受ける。設計では，沈澱により除去されるＢＯＤは全体の５０％と見込み，生物学的酸化を受けた後残留するＢＯＤ％は１００－（1－１００$^{-kt}$）１００となるものと推定している。

ただし，Ｋ値はこれまでの調査結果等も勘案して一次

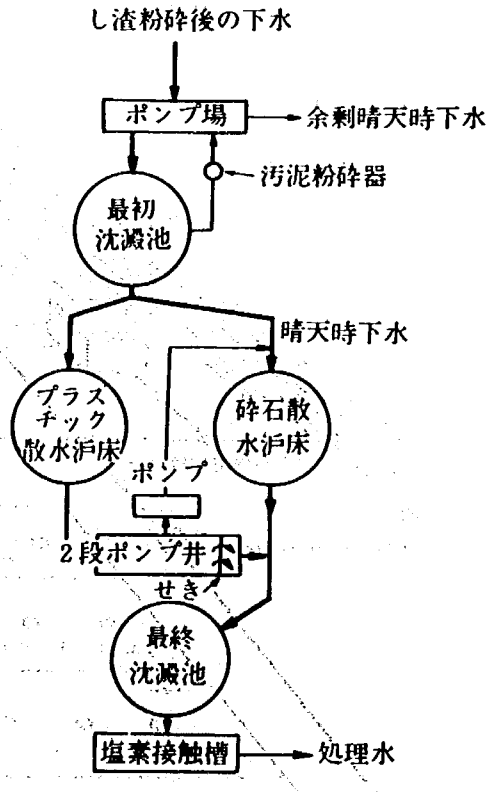


図２－１０７　New Jersey州 New Providenceにおける散水沪床の二重利用・系統図

処理，つまり最初の５日間では0.１０とし，以降は0.０５になるものとした。これによれば２０日間の滞留によりＢＯＤの９５％までが除去されることになる。

また，この方法を採用すれば晴天時には下水処理水の三次処理用として利用することもできるとしている。

Ohio州Ｃleavelandでは Ｅrie 湖の一部を区切り安定化池と貯留を兼ねた構造物を築造することを想定した。対象となったのはＣleaveland の東側３８,８０００エーカー（１５,７００ha ）の地域であり，こゝには１１の排水区があって６個所の雨水吐，５個所の雨水路から雨水および雨天時下水が排出されているほかＥasterly 下水処理場の処理水も放流されている。

計画ではこれらの下水，ならびに処理水を湖岸に平行した遮集管で収集し，集合地点でスクリ

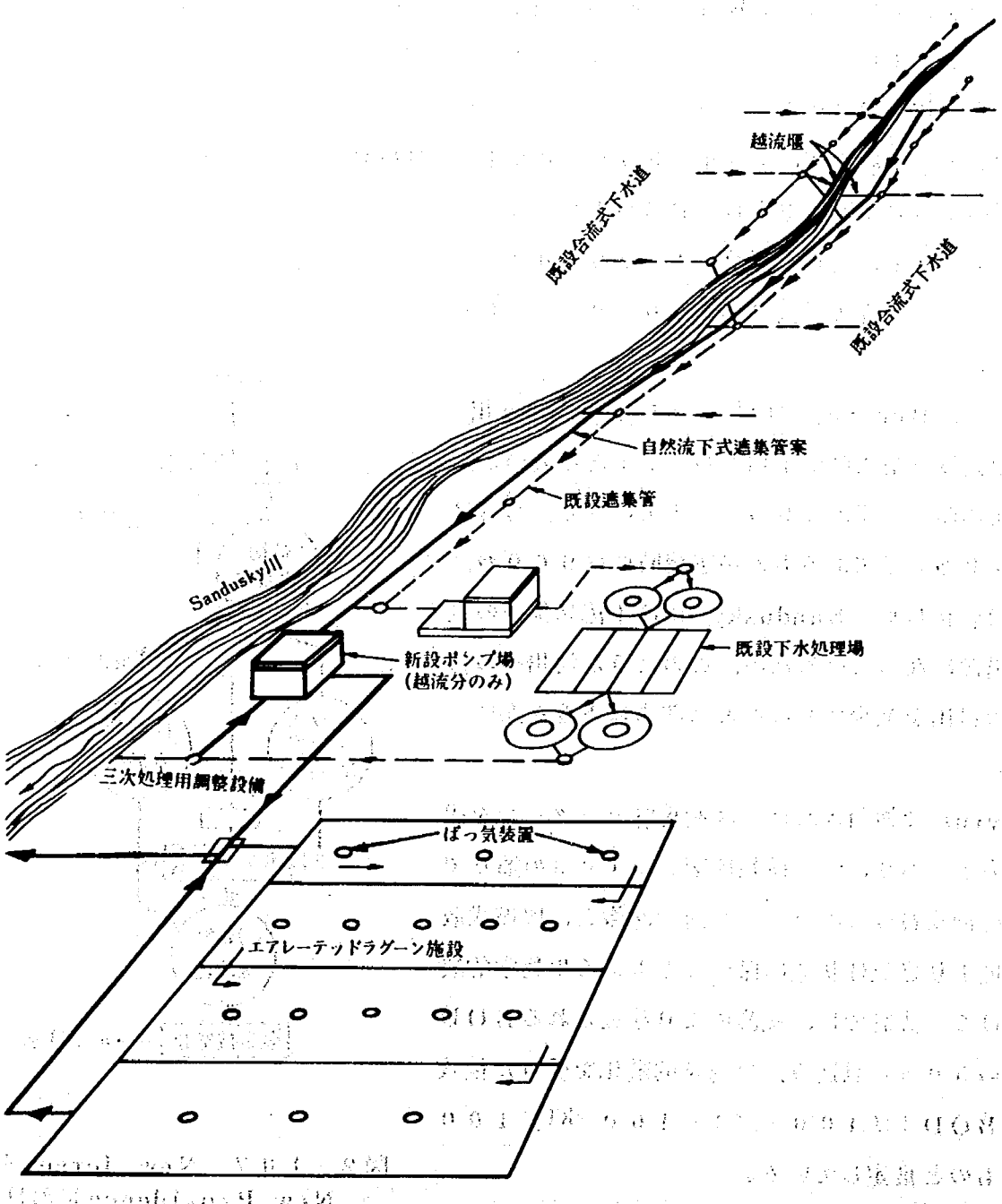


図２－１０８　Bucyvusにおける酸化池構想

ーニング，除砂，浮遊物質の除去と消毒を行なった後，池へ送り込むようになっている。

池の機能の主なものは先ず沈澱であり，とくに下水処理水に含まれる有機物に富んだＳＳの除去が行なわれる。次いで生物学的酸化が行なわれる。室内実験の結果では下水処理水中の最終ＢＯＤの７０％は１５～１８日でなくなるが，ＢＯＤの９０％を除去するには約３０日間にわたる生物学的酸化が必要であるとされている。同じＫ値に関する実験で雨水および雨天時下水の酸化速度はやゝ大きく，３０日の滞留で７０～８５％の除去が可能であると推定された。ただし，この効果を保つためには溶存酸素を保ち，微生物と十分接触があるような処置を講じておかなければならない。

池の第３の効果は大腸菌の減少であり，滅菌前の二次処理水を３０日間貯留することにより９５％以上の細菌類を死滅できるものと推定された。

ただし，この池は水深を大きく（１０.３ m）とっているため酸化池としての効果は薄く，上層部分では多少の藻類の生成が期待できるが，その結果は無視し，リンは生物吸着と凝集剤添加により除去するものとした。各水質項目の推定除去率は表２－４１の通りである。

池は３区画に分かれる。第１段階は混合が行なわれ，かつ，好気性状態に保たれており生物学的酸化が行なわれる。第２段階は沈澱，第３段階では処理水が再ばっ気され塩素滅菌される。第１段階の滞留日数は最終ＢＯＤのかなりの部分が除去され，栄養塩類が藻類に吸着されるに十分な長さである１５～２０日と考えた。第２段階の池の滞留日数は風や波が沈澱に与える影響を考えて１０～１５日とした。第３段階の滞留日数は短かくてよく，せいぜい最大流量時で１～２時とした。

表２－４１　ラグーンと酸化池による推定汚濁物質除去率

項　目	推定平均除去率(％)
BOD_5	70
SS	72
TS	62
COD	62
T－P	50
T－N	50

この前提にもとづき３年確率の降雨と下水処理水量をもとに，所要容積を求めると排水面積１５,７００ha に対し３７,０００,０００ m^3 となり，表面積は平均水深を１０.３ m として３６４ ha となる。

(3)　消　　毒

一時的に多量の細菌類が含まれていることも，雨天時下水の大きな特徴の一つであることは以前よりCamp をはじめ多くの人達によって指摘されている。また，この点に着目して，雨天時下水の塩素滅菌処理に関する室内実験がCamp，Lacava，HealyとEckhoff，Mccarthy等によってなされ，いずれも晴天時下水の場合に必要な塩素要求量より少ない量で処理することができるであろうという結論を得ている。

これまで述べてきた種々の雨天時下水処理法の場合も，最終的に塩素またはオゾンにより滅菌を行なっている例が多い。

また，New OleansやBoston のように放流先水域での水利用が盛んなところでは，雨水

や雨天時下水の滅菌を特に重視して処理を行なっている例もある。

BostonのCottage Farm に造られた雨天時下水処理施設は貯留と塩素滅菌処理を行なうものであり，その概要は図２－１０９のようになっている。すなわち3.1 m × 8.2 m × 3 2.0 m の池が６池並設してあり，全体で４９００㎥の貯留能力を有している。このほか１０.７ m の揚程を持つディーゼル＝電動ポンプ，塩素滅菌施設，放流きょなどが備わっている。

この施設は２３３㎜d（８８１,９００㎥／日）まで受け入れ可能であり，最大流量時でも１０分の接触時間が保てるようになっている。この水量は年当り２２回処理を行なう程度のものであり，うち８０％は接触時間が３０分を越え，また，全降雨のうち１５％は全量を貯留できるものと推定されている。

各池は降雨終了後個々に排水される。下水側の遮集管容量が十分にあるので，この施設はおよそ0.２２″（5.６㎜）以上の降雨にならないと作動しない。次亜塩素酸ソーダ溶液の注入はポンプ吐出量と残留塩素濃度と連動して自動的に行なわれる。

また，粗目スクリーンは目巾８９㎜，細目は１３㎜になっているが，これにより下水量１０００㎥当り0.００１㎥および0.０２㎥のし渣が取除かれた。このスクリーンはポンプ井水位によって作動し，し渣は直接遮集きょに戻されている。

運転開始後の成績では大腸菌は常に減少しており，通常は１００％除去されていた。沈澱性固形物は平均８５％，浮遊物質は平均４０％の除去率であった。流入水に対する塩素要求量は 1.３ ppm ～4.５ ppm の範囲であった。BODについては，多分水量変動を考慮しなかったためと考えているが，余り効果がなかったと報告している。

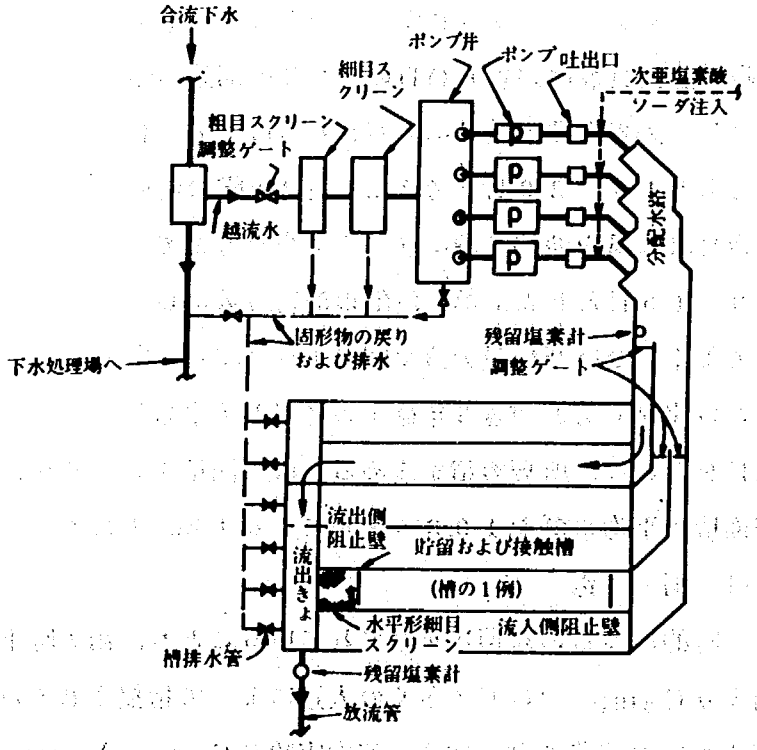


図２－１０９ BostonのCottage Farmにある雨天時下水処理施設の系統図

Louisiana州New Oleans市の雨天時下水はPontchartrain湖やMaurepas 湖に放流されているが，これはいずれもMexico 湾に接続しており，レクレーションとくに釣り，養魚，水泳，水上スキー等に年間を通じて利用されている。ところが，強い降雨の後は湖岸附近が著しく大腸菌が増加し，そのためしばしば使用が禁止されるようになっ

た。たとえば１９６７年には使用可能日の６４.７％が，また１９６８年には１７.３％が閉鎖されている。ただ晴天が続くと大腸菌は急速に減少し，基準に適合する状態に戻った。

New Oleans 市は平担な地域で１４のポンプ場で排水をしている。ポンプ場の下流側は開きょになっている。このため，市は排水面積では全体の４％であるが，人口的には４０％を占めているPoutchavtrain 湖側の５１８Kmの部分について重点的に改善を行なうこととし，この排水区の７個所のポンプ場のうち４個所について放流きょを改造して滅菌池を造り，塩素（１個所）または次亜塩素酸ソーダ（３個所）による滅菌を行なっている。

水量水質が著しく変動するという困難さがある点は他の処理法も同じであるが，滅菌については対象物の温度によって効果が異なるため,* 比較的水温が一定である晴天時下水を対象とした既存の塩素滅菌処理技術を適用するには十分な検討が必要である。

また塩素の使用は保安上の問題が残るので，これに代る滅菌法を開発しなければならないであろう。

* Benarde 他はＰＨ，大腸菌群数，次亜塩素酸ソーダ注入量が同じとした場合，５℃の下水では９９％滅菌するには３０℃の場合の５倍の接触時間が必要であるとしている。

第3章　対策案の選択とその効果

都市規模における，その模倣者の引き続く成長は，社会生活においてはなんらこれに比例した利益をもたらさなかった。

ールイス・マンフォードー

第3章　対策案の選択とその効果

3.1　総　　論

合流式下水道の改良を行おうとする場合，先ず考えねばならないのは，

「何が問題であり，その原因はどこにあるのか」ということである。

雨天時の過剰越流水が排水基準に違反しているというのもひとつの問題の把え方であろうし，また放流先に魚貝類の養殖場があって越流水による汚染を防ぐ必要があるという把え方もできる。このような問題認識は，場所が異なれば当然異なってくるものもあろう。したがって一つの地域での最適な対策案が他の地域に適用できるとは限らないのが合流式下水道問題の特徴である。

単に，放流地点を変更すれば解決することができる問題から，合流式下水道の収集・処理システム全体に渡って改良を迫られるものまで様々である。

次に考えなくてはならないのは，

「下水道でどこまで水質改善を行うべきか」ということである。今のところ，これに対するコンセンサスは，排水基準しかない。勿論，環境基準も一つのコンセンサスではあるが，排水基準をすべて排出水が満足しているにもかかわらず，環境基準を達成できない場合があるとしても，それは直接的には下水道管理者の関知するところではあるまい。

ここでは，第2章で述べた雨水流出モデル及び負荷量モデルを用い，さらに対策案を組み込んでどのくらいの改善効果が期待できるのかをシミュレートする方法について紹介し，問題解決の手がかりを与えることにする。

3.2　合流式下水道対策シミュレーション

合流式下水道システムから放流される各種の負荷量のうち，雨天時下水に起因する負荷量の割合を探り当てることができれば，このシステムの評価にとって有力な情報となる。さらに，何らかの対策をこのシステムに付加した場合，その対策の規模，種類と放流負荷量の関係を把握することができれば，いくつかの代替案のなかから必要に応じて適切な対策の選択が可能となる。

図3.1はこのような対策シミュレーションの一例を示したものであり，雨水流出モデルは修正ＲＲＬ法，負荷量モデルは土研法を用いている。降雨量から雨水流出量，流出負荷量を推定し，さらにモデルの中に対策案まで含めたものはＳＷＭＭがこの分野の技術者によく知られているが，データ要求量が大きい，計算機に対するメモリー要求量が大きいなどの理由でわが国への適用には限界があると思われる。これに対して図3.1に示すシミュレーションモデルは，少ないデータで十分な精度が挙げられるという利点がある。ＳＷＭＭと比較した場合の欠点は，雨水吐室，ポンプ場が遮集管渠に沿って数多く存在する場合には，排水区を一つ一つの雨水吐単位に分割する必要があることである。

3.2.1　モデルの概要

モデルの全体構成を図3.1に示す。降雨から有効降雨を算出する過程で，現地貯留，浸透工法などの効果を評価できる有効降雨モデルを用いてある。有効降雨から雨水流出量を算出する方法は，修正ＲＲＬ法，Ｋinematic wave法のどちらも使えるプログラムにしてあるが，図にはＲＲＬ法の場合を示してある。雨水吐室地点では，遮集管渠容量，雨水滞水池容量によって越流量，遮集量が決定される。なお，管内貯留は幹線内のみ想定し，遮集管における一時貯留は考えていない。

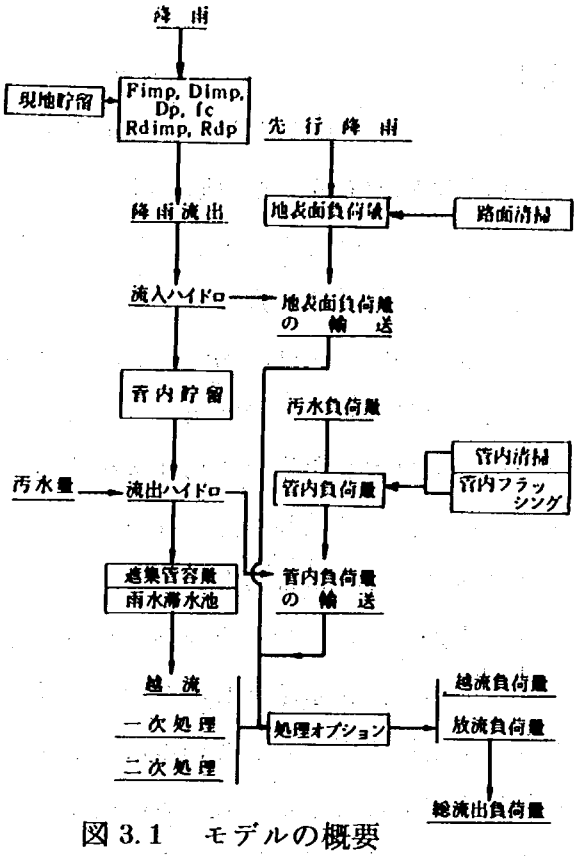


図3.1　モデルの概要

流出負荷量は地表面（不浸透域）からの流出と，管渠内からの流出とに分けてある。地表面からの汚濁負荷の流出は，有効降雨強度あるいは流入ハイドロの強度と地表面残存負荷量に比例すると仮定した。

地表面残存負荷量は，先行降雨条件，路面清掃の有無によってその値が変化する。管渠内の流出負荷量は，雨水流出量と管渠内残存負荷量に依存するが水質項目によってその度合は異なる。また，管渠内残存負荷量は，先行降雨条件と同時に，汚水負荷量，管渠清掃等によってその値が変化する。

水域への最終的な雨天時放流負荷量は，雨水吐室あるいはポンプ場から放流される負荷量と，終末処理場から放流される負荷量との和で表わされる。この場合，end-of-pipe treamentによる各種の処理プロセスを各放流地点にオプションとして取り付けられる。従って，放流負荷量は，流入負荷量に対して処理プロセスに応じた想定除去率を乗じることによって算出することができる。

3.2.2　対策案のモデルへの組み込み

(1)　一時貯留

雨水流出に起因する問題を，雨水流が発生する場でその量を制御して解決するのは，最も本質的な解決法の一つである。都市流出が下水管渠に流入する前にそれを一時貯留する方法としては，

① 雨水マスなどの流入地点で流入量を絞る

② 不浸透域からの流出水を浸透域に導く

③ 雨水マスの底を透水性にしておき，浸透マスとする

④ 雨水流出水収集用の枝管を有孔管とし，その周囲を透水性の材料（砂，レキ等）で置換するなどがあり，例えば透水性舗装は本来ならば不浸透域の区域を浸透域化したものである。これらの方法の効果をモデル上で反映させるためには，有効降雨の算出過程で不浸透面積率，あるいは不浸透域の凹地貯留量を変化させればよい。

(2) 管内貯留

都市流出の管内貯留による効果は懸案地点のハイドログラフを平滑化することであり，合流式下水道の場合には過剰越流水量の減少に結びつく。ただし，分流式下水道の雨水渠からの流出量はその総量が変化するわけではないので，この場合には洪水対策上の効果は期待できるものの水質保全上の効果は小さい。

前述のようにＲＲＬ法は貯留法の一種であり，管渠内での流量追跡を必要としない点が簡便さという長所を与えているが，管内貯留をこのモデル上で正確に反映するのは困難である。流出モデルの簡便さを保持し，なおかつ管内貯留の効果を表現する方法としては，Ｓ～Ｑ関係を修正することが考えられる。また少々複雑な方法としては，管内貯留地点までは貯留法で流出計算を行い，その下流はKinematic wave法で計算することが行なわれている。

(3) しゃ集管渠・雨水滞水池

しゃ集管渠の容量を大きくし過剰越流水量を減少する，あるいは過剰越流水を一時的に貯留し降雨後に終末処理場に返送して処理する雨水滞水池は合流式下水道の改善策のなかでも実現可能性の高い方法である。これらの対策案をモデル上で反映するのは，流出ハイドログラフをしゃ集量，過剰越流水量，雨水滞水池流入量に分離すれば可能となる。

(4) 路面清掃・管渠フラッシング

雨天時に流送され得る負荷量を，その堆積地点から直接除去する方法も本質的な解決法の一つである。これらの対策の効果は初期残存負荷量P_{so}およびP_{po}を減ずることによって反映できるわけであるが，堆積負荷量の回復を考慮しないと過大評価してしまうことになる。

(5) 処　理

都市流出による汚濁を防止するため，雨水流出水あるいは合流式下水道の雨天時下水を処理して放流するという方法は，確実ではあるが最も高価な方法であり，それだけ実現可能性も小さいであろう。現在実験中のものまで含めて，ユニットプロセスとその除去効率をまとめるとTable 3－1のようになる。

Table 3－1 Wet weather treament performance data

Control alternative	Removal efficiency(g) BOD	SS
Swirl concentrator	25－60	50
Microstrainer	40－60	70
High-rate filtration	60－80	90
Dissolved air floatation	50－60	80
Sedimentation	25－40	55
Contact stabilization	75－88	90
Physical-chemical	85－95	95

3.2.3 ケース・スタディ

対策シミュレーションを行った区域の概要をまとめると表３－２のようになる。定数決定は,第２章で述べた方法によって行ったが，美香保排水区の場合は管渠内初期残存負荷量を，晴天時発生負荷量の１日分の量とした。

直接越流量は，遮集雨水量（＝遮集容量－晴天時下水量）と雨水流出量とによって定まるので，通常の意味での希釈倍率が大きくても，遮集雨水量が大きいとは限らない。美香保の場合には，３倍希釈としても遮集雨水量は0.96㎜／hrであり，他方千本の場合には1.5倍希釈でも遮集雨水量は0.98㎜／hrとなり美香保を若干上回る。ただし，雨水流出量に影響を与える不浸透面積率（Imp.）が異なり，美香保の場合には0.96／0.34≒2.8㎜／hr 以上の強度で越流が生じる可能性がある。すなわち越流を生じせしめる降雨強度（＝遮集雨水量／不浸透面積率）が，遮集システムの実質的な能力を与える設計因子と考えられる。

図３－２～５は雨水滞水池と遮集システムの改善の２つを組み合わせた場合（図３－６）の年間ＢＯＤ，ＣＯＤ負荷量の変化を記したものである。排水区域の面積が異なるので，図の結果を直接比較することはできないが，遮集雨水量が１㎜／hr，２㎜／hrのときの負荷量は表３－３のようになり，地域によって大きく異なることがわかる。八町と千本とでは不浸透面積率の差はわずかであり，汚水負荷量のみが大きな差を示しているが，単位面積当りの直接負荷量は，汚水負荷量の差ほど大きくはない。また雨水滞水池を組み込んだ場合にも大きな効果が示され，とくに総放流負荷量を削減するうえでは非常に効果的なものと考えられる。

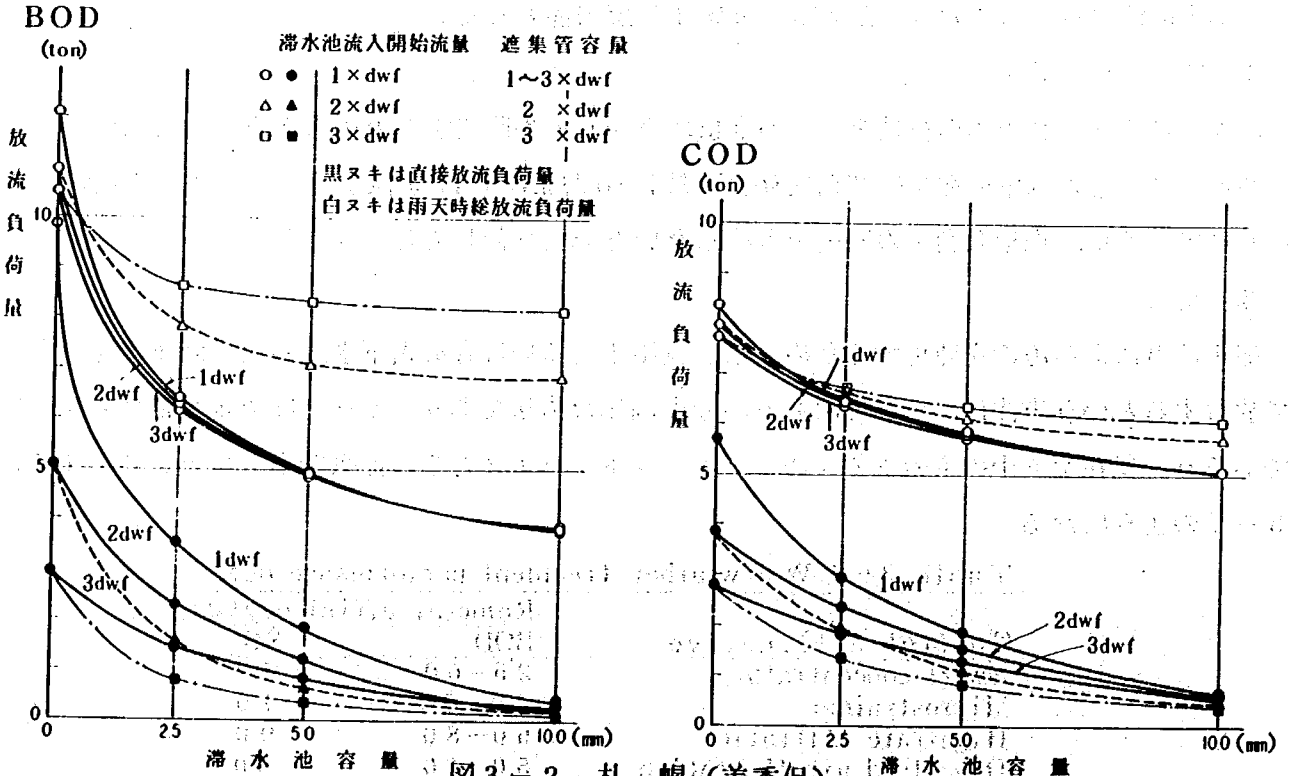


図３－２　札　幌（美香保）

注）直接放流負荷量とは雨水吐等から直接放流された負荷量。
雨天時総放流負荷量とは雨水吐等および処理場から雨天時に放流された負荷量。

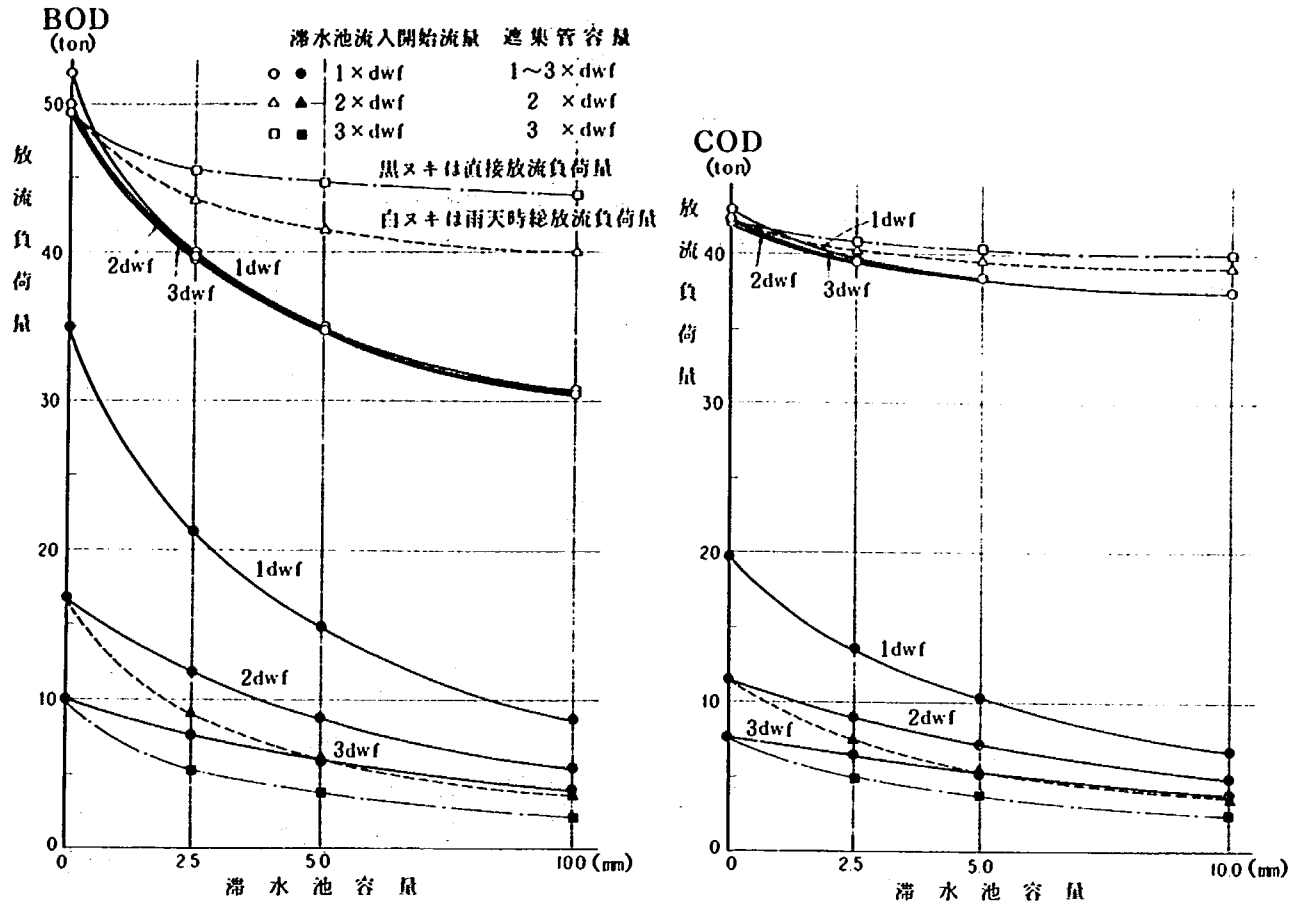


図3－3　豊　橋（八町）

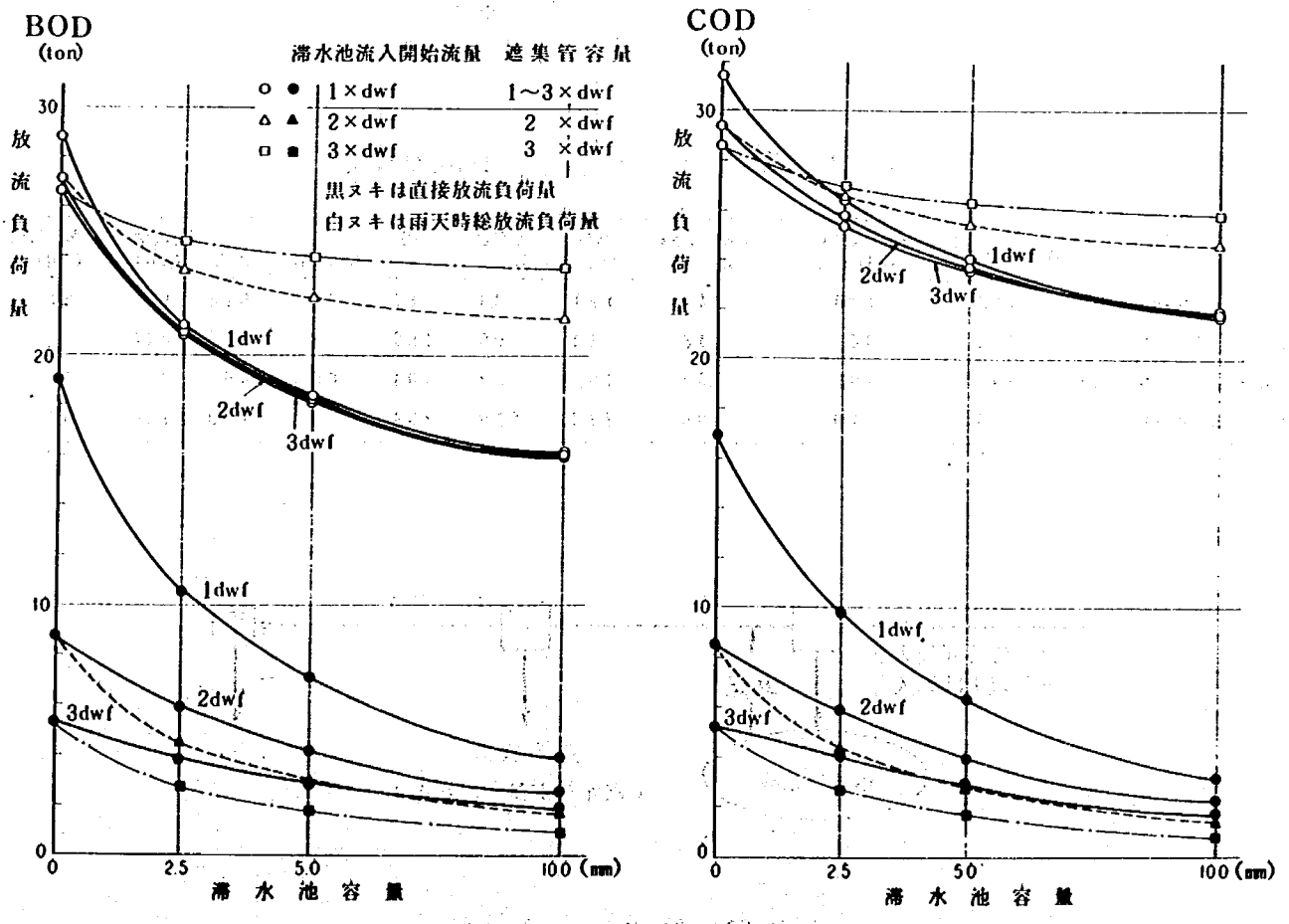


図3－4　名古屋（白川）

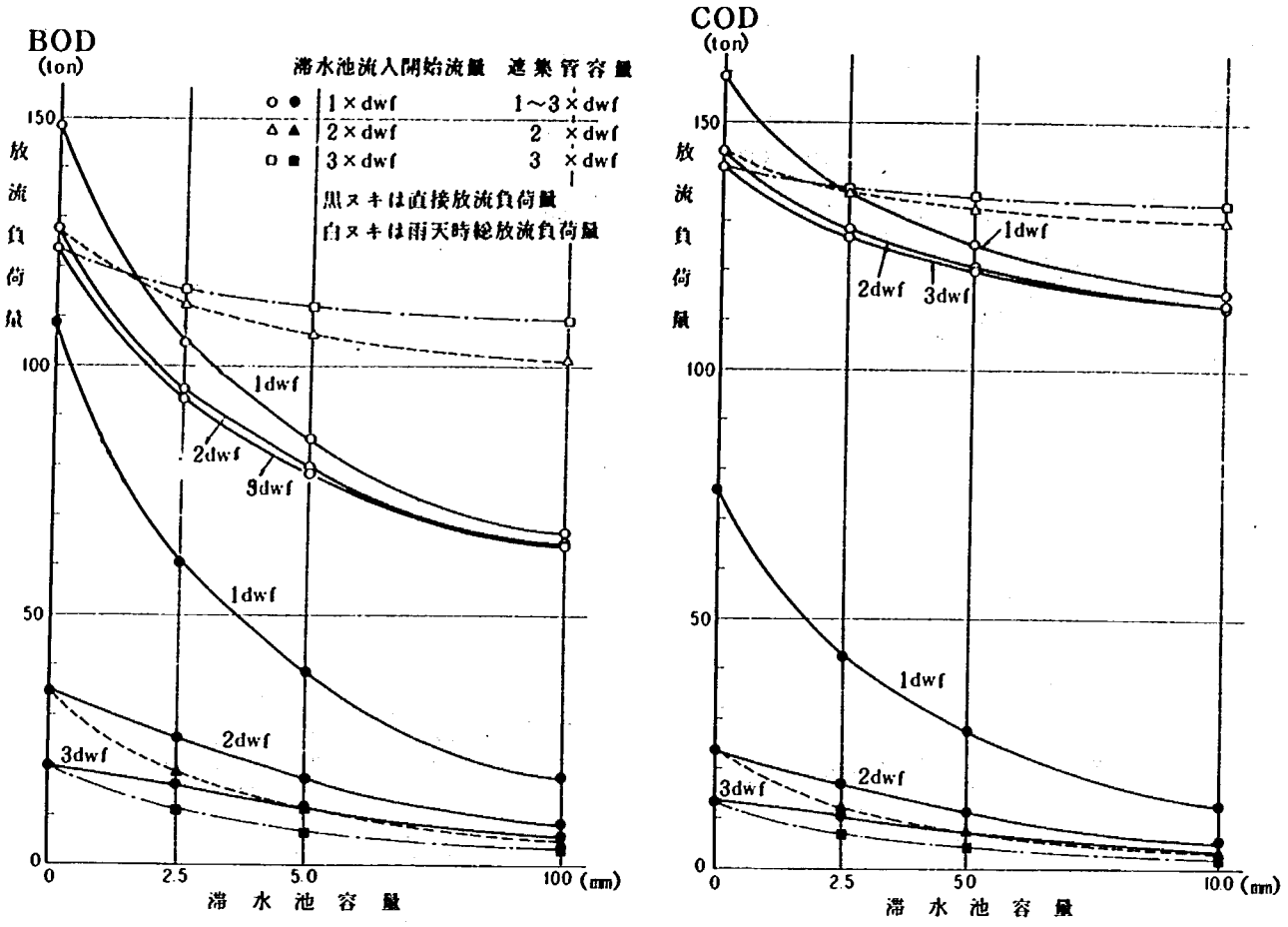


図３－５　京　都（千本）

表３－２　対策シミュレーション区域の概要

	Area (ha)	pop. dens. (capita/ha)	dwf max (㎥/hr)	BOD (kg/ha/day)	COD (kg/ha/day)	SS	Imp.(%)	P_{y_0}(kg) BOD	P_{y_0}(kg) COD	P_{y_0}(kg/ha) COD
Mikaho－Sappro	44.3	120	0.46	12.1	3.3	4.9	34	528	162	3.4
Hacho－Toyohashi	68.4	341	1.48	21.4	10.0	18.9	73	675	246	3.7
Shirakawa－Nagoya	39.5	185	1.66	15.2	6.3	10.4	66	465	219	3.3
Senbon－Kyoto	148.5	210	1.96	77.2	55.9	29.4	77	5750	2480	3.9

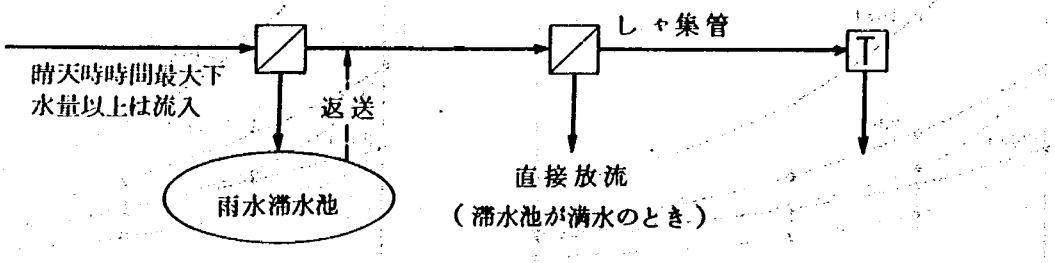


図　3　－　6

しゃ集管渠の改善，雨水滞水池の他に，現地貯留による効果も非常に大きい。図３－７，８は白川排水区を対象としたとき，現況の都市条件でしゃ集管渠の改善，雨水滞水池を設けた場合と，不浸透面積率，凹地貯留容量を変えてしゃ集管渠の改善，雨水滞水池の設置を行った場合の直接放流負荷量を比較したものである。具体的には，屋根からの流出水の半分は浸透域に流出させ，路面については４㎜分の貯留，すなわち５０㎝巾のＬ字側溝部分に約６～８㎝の水深で貯留を図ることを考えた。

表３－３　直接越流負荷量

	1㎜／hr		2㎜／hr	
	BOD	COD	BOD	COD
美香保	68	61	-	-
八町	336	205	205	146
白川	304	279	177	165
千本	438	283	236	155

(Kg／yr／ha)

しゃ集雨水量が０㎜／hrであっても，面的な雨水流出量の制御を行えば，それだけでしゃ集雨水量を約１㎜／hr としたときと同等の越流負荷量に抑えることができ，しかも，処理場から

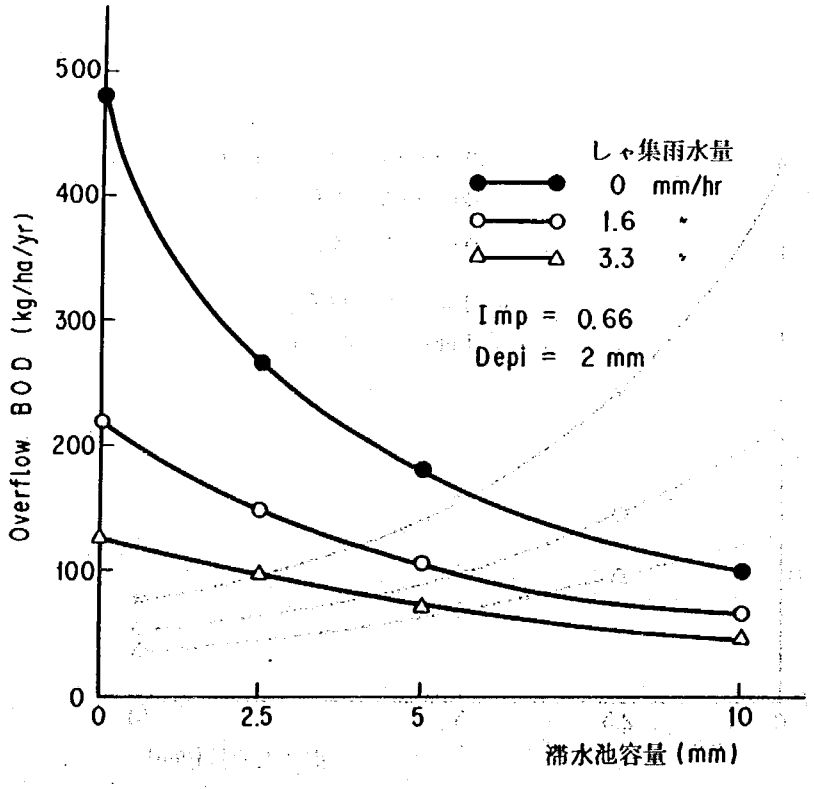


図３－７ａ

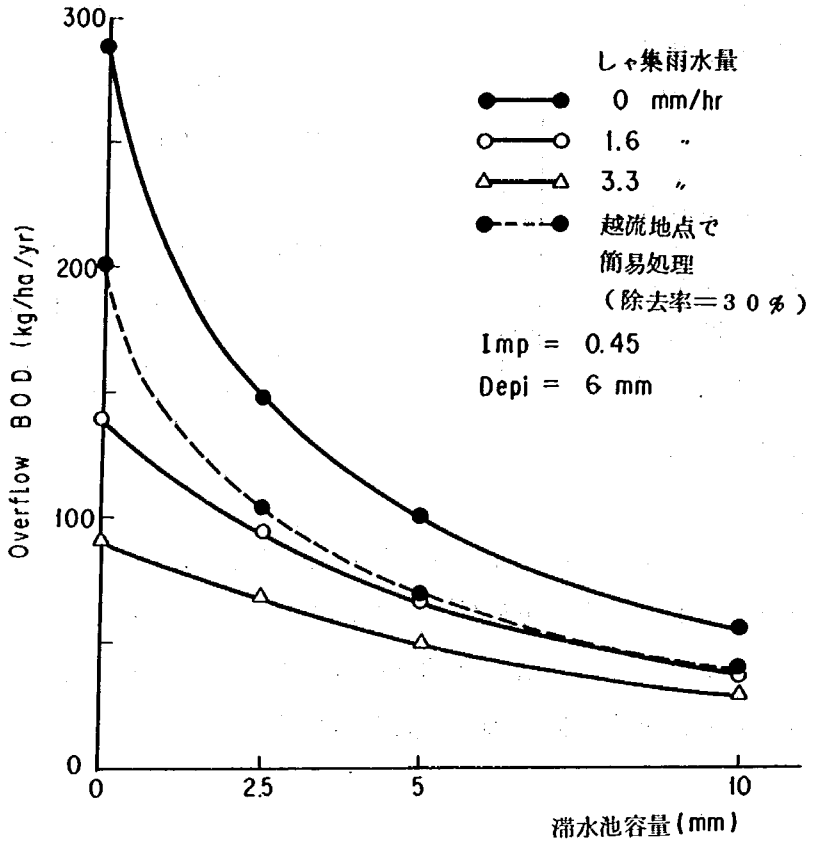

300
200
100
0
Overflow BOD (kg/ha/yr)
0
2.5
5
10
滞水池容量(mm)
しゃ集雨水量
0 mm/hr
1.6 〃
3.3 〃
越流地点で
簡易処理
(除去率=30%)
Imp = 0.45
Depi = 6 mm

図3－7 b

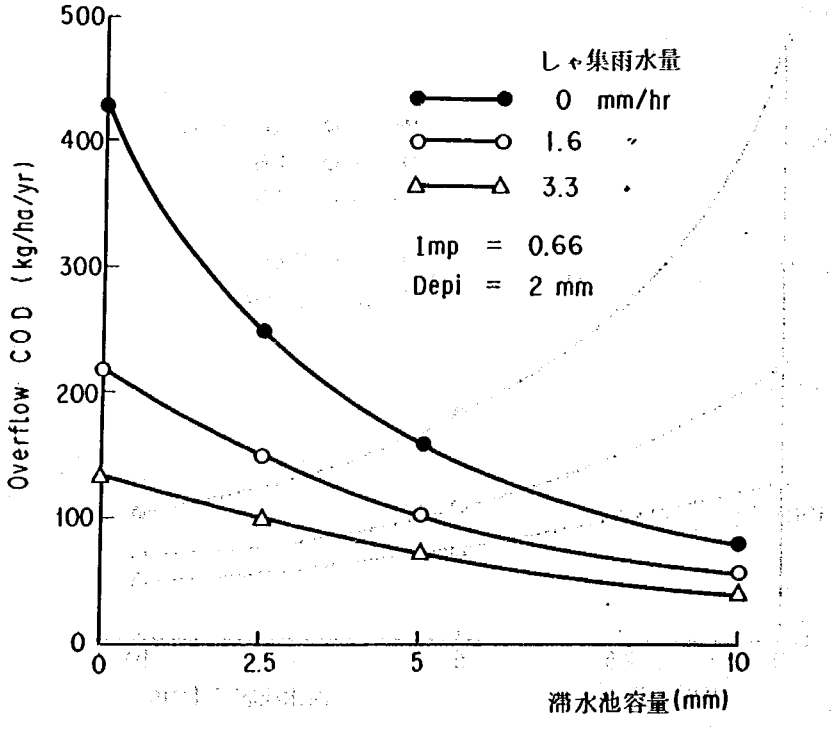

500
400
300
200
100
0
Overflow COD (kg/ha/yr)
0
2.5
5
10
滞水池容量(mm)
しゃ集雨水量
0 mm/hr
1.6 〃
3.3 〃
Imp = 0.66
Depi = 2 mm

図3－8 a

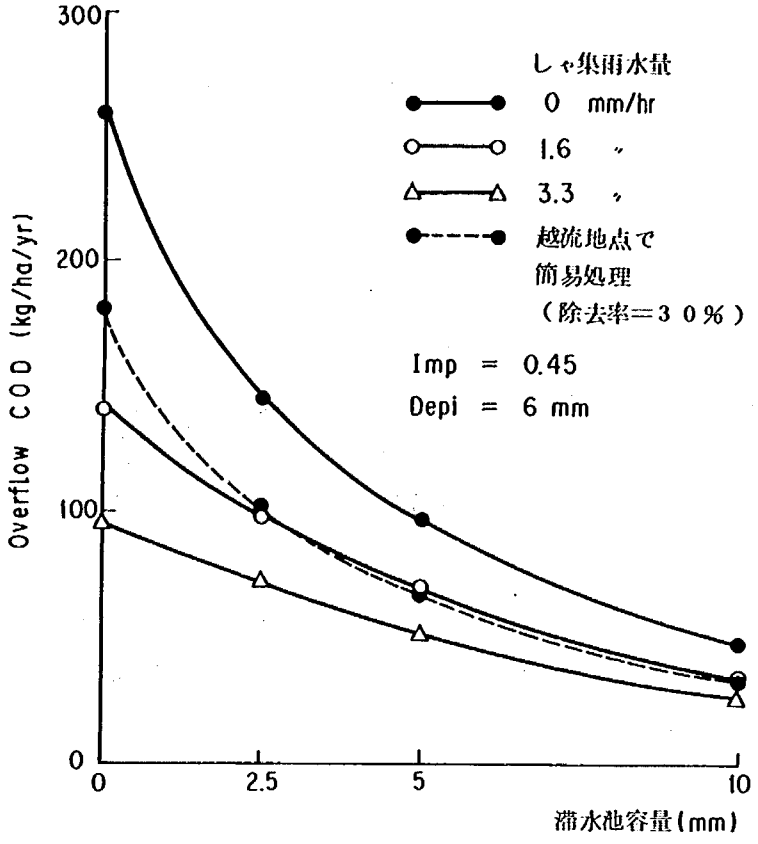

300
200
100
0
Overflow COD (kg/ha/yr)
しゃ集雨水量
0 mm/hr
1.6 〃
3.3 〃
越流地点で
簡易処理
（除去率＝30％）
Imp = 0.45
Depi = 6 mm
0
2.5
5
10
滞水池容量(mm)

図３－８ｂ

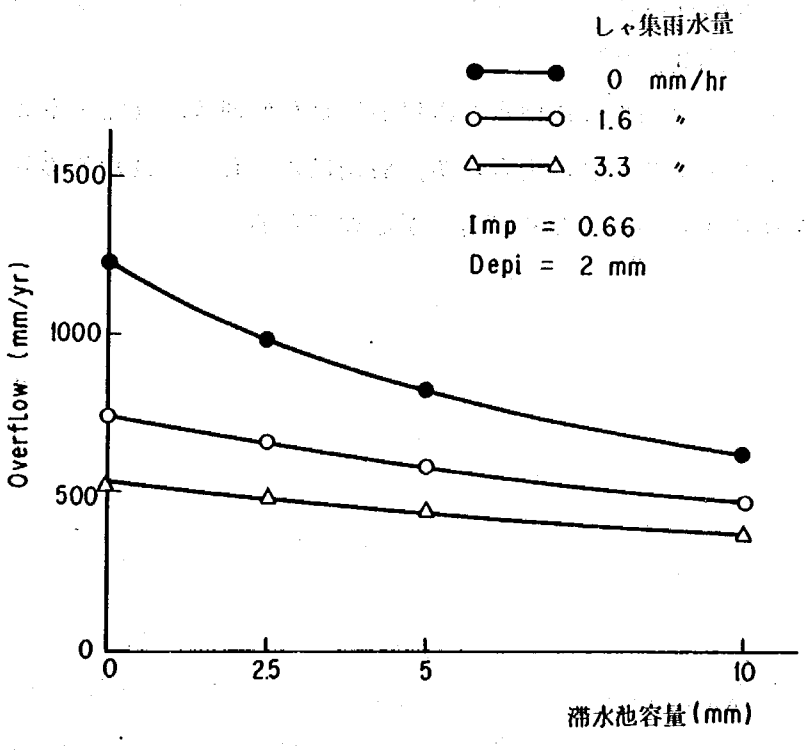

しゃ集雨水量
0 mm/hr
1.6 〃
3.3 〃
Imp = 0.66
Depi = 2 mm
1500
1000
500
0
Overflow (mm/yr)
0
2.5
5
10
滞水池容量(mm)

図３－９ａ

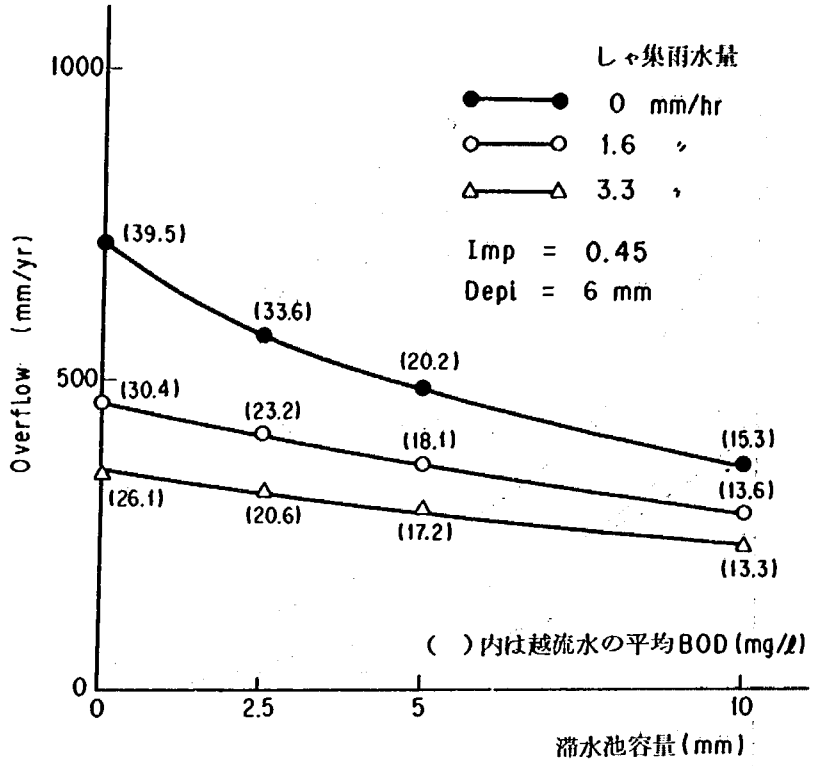


図３－９ｂ

の放流負荷量も合わせて考えると，単なるしゃ集容量の改善よりも効果ははるかに大きい。越流水量の削減についても面的な貯留による効果は大きく，ケースによっては500㎜／yr 以上の削減量となることもある（図３－９）。

さらに，雨水吐室・ポンプ場の放流地点で直接放流水を処理放流（除去率３０％）した場合について図３－８ｂに示してある。この場合にも，費用はさておきそれなりの効果を示しているが，どこまでこの方法が通用するかより多くの吟味が必要である。

あ と が き

合流式下水道問題が顕在化した背景のひとつに，都市の成長が計画者の予想を越えたはるかに大きいものであったということが挙げられる。本論で述べた対策案のなかにも，都市側の条件が現在と大きく異なればまったく役に立たなくなるものもでてくる。

都市の成長にまかせ，水使用の増加にまかせ下水道施設を増設していくことは，最終的には破局につながる危険性をはらんでいる。かと言って，徒らに計画時点で余裕を見込み過ぎるのも賢明とは言い難い。下水道管理者は同時に都市計画者たるべきであるというのが筆者の自論であり，問題解決の必須要件と考える。とくに放流先が河川の場合，河川管理者との協議に際しては，都市排水システム上河川が主で下水道が従とならざるを得ないところから様々な制約を課せられる例が多い。都市計画の時点で雨水排除も念頭に入れた「町づくり」が行われるならば現在の問題が大きくなる可能性はまだ無いと言っても過言ではあるまい。

本来であれば，費用も考慮した対策案の検討法について触れねばならないのであるが，実施設も少なく，机上の空論に終わる可能性もあったので敢えて費用効果分析については述べていない。今後検討の余地があろう。

最後に本論を作成するに当っては，建設省合流式下水道問題研究会の参加都市の方々から有意義なご意見を頂いた。謹しんで本書をささげたいと思います。

昭和５６年８月

下水道研究室

中　村　栄　一

＜ 参 考 文 献 ＞

1）「下水管路施設の合理化に関する調査報告書 － 合流式下水道の改良に関する調査(1)－」土木研究所資料第９８１号，昭和４９年１０月，建設省土木研究所

2）斎藤「雨水排除に伴なう水質汚濁の諸問題」土木技術資料Ｖｏｌ．１７，№9，昭和５０年９月号

3）R.Field "Coping with urban runoff in the United States" Water Research,May/June,1975.

4）J.A.Lager,W.G.Smith "Urban Stormwater Management and Technology, An Assessment"(Draft paper), Dec.1973, EPA資料

5）C.L.Palmer "The Pollutional Effects of Stormwater Overflows from Combined Sewers" S.&I.W.,Fed.,1950

6）S.R.Weibel,R.J.Anderson,and R.L.Woodward "Urban Land Runoff as a Factor in Stream Pollution"J.WPCF,July,1964

7）榊原，兼子，八代「合流式下水道の現状」 公害研究 Apr.,1974

8）「水質汚濁による飲料水の被害状況（Ⅱ）」厚生省環境衛生局水道課，水道協会雑誌，第４１２号，昭４４，１月号

9）村上「底泥中の有機物質と水質汚濁」公害と対策Ｖｏｌ．１１，№6

10）"Pollutonal Effects of Storm Water and Overflows from Combined Sewer Systems,A Preliminary Appraisal"USPHS,Nov., 1964.

11）山口，松原，山守「都市における降雨流出調査 第２報 － 修正ＲＲＬ法による流出推定」土木技術資料 昭和４７年１１月号

12）「下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書(4)」土木研究所資料第８１９号，昭和４７年１２月

13）「雨水および合流式下水道並びに市街地における雨水流出（概論）」第３回日米下水処理技術委員会会議録，昭和４９年２月

14）斎藤，山崎「合流式下水道の改善に関する－試案(1) － 雨水滞水池の目的と効果 － 」第１２回下水道研究発表会講演集，昭和５０年度，日本下水道協会

15）北本，野本「黒にごり流出の挙動」第２８回建設省技術研究会講演概要集，４９年１１月

16）Field,R., Tafuri, A.N., Masters, H.E., (1977) Urban Runoff Pollution Control Technology Overview, USEPA-600/2-77-047

17) Condon,F.J., (1974) Storm and Combined Sewer Abatement Technology in the United States-An Overview-, 3rd US/JAPAN Conference on Sewage Treatment Technology, Ministry of Construction

18) 建設省土木研究所（1975）都市域からの雨天時汚濁流出調査報告書土木研究所資料第1019号

19) 例えば, Fair,G.M., Geyer,J.C., and Okun,D.A., (1966) Water and Wastewater Engineering, Volume 1, P.1-13, John Wiley & Sons, Inc. New York

20) 建設省土木研究所（1975）都市域からの雨水流出調査報告書, 土木研究所資料第1018号

21) 山口高志, 松原重昭, 山守隆（1973）都市域における降雨流出調査第3報, 土木技術資料Vol.15,NO.7

22) 中村栄一, 加藤善明（1981）都市域からの雨天時汚濁流出（第3報）, 第15回日本水質汚濁研究会年次学術講演会講演集, 日本水質汚濁研究会

23) 海老瀬潜一（1981）陸水域の富栄養化に関する総合研究（V）, 霞ケ浦流入河川の流出負荷量変化とその評価, 国立公害研究所研究報告第21号

24) 建設省土木研究所（1975）合流式下水道よりの汚濁物質流出特性に関する調査, 昭和49年度下水道事業調査費報告

25) 中村栄一（1981）都市流出水による汚濁流出シミュレーション, 雨天時合流式下水道からのCOD流出, 土木技術資料Vol-23,NO.5

26) 山口高志, 中村栄一, 山守隆（1979）雨天時における合流式及び分流式下水道の改善に関する調査, 日本下水道協会（東京都委託報告）

27) Martin,C., King,D., (1978) Improvements in tha Use of TRRL Hydrograph Program, Urban Storm Drainage 207-225, Pentech Press, London

28) 中村栄一（1977）雨天時合流式下水道対策の検討, 第14回下水道研究発表会, 日本下水道協会

29) 中村栄一（1979）雨天時合流式下水道対策の検討(3), 第16回下水道研究発表会, 日本下水道協会

30) D.G.Mason "The Use of Screen/Dissolved Air Floatation for Treating Combined Sewer Overflows" Seminar on the Storm and Combined Sewer Pollution Problems Nov.,1969, FWPCA資料

31) D.G.Mason "Treatment of Combined Sewer Overflows" J.WPCF Vol.44, No.12, Dec., 1972

32) Rex Chainbelt, Inc., "Three Solutions to Problem of Combined Sewer Overflows" W.&S.W., March, 1972

33) M.K.Gupta, R.W. Agnew "Two wisconsin Cities Treat Combined Sewer Overflows" W.&S.W., Aug., 1973

34) J.A. Lager "Storm Water Treatment : four case histories" Civil Eng-ASCE, Dec., 1974

35) J.A. Lager "Controls Dry up Wet Weather Pollution" Water & Waste Eng., Sept., 1974

36) D.W. Eckhoff, A.O. Friedland & H.F. Ludwig "Characterization and Control of Combined Sewer Overflows, San Francisco" Water Research, Vol.3, 1969

37) R.L. Levy, R.L. White, & T.G. Shea "Treatment of Combined and Raw Sewages with the Dissolved Air Floatation Process" Water Research, Vol.6, 1972

38) R.L. Whiter, T.G.Cole "Dissolved Air Floatation for Combined Sewer Overflows" Public Works, Feb., 1973

39) D.M. Marske "High-Rate, Fine-Mesh Screening of Combined Wastewater Overflows" J.WPCF Ang, 1970

40) E.W.J. Diaper, G.E. Glover "Microstraining of Combined Sewer Overflows" J.WPCF, Oct., 1971

41) G.E. Glover, et al "Microstraining and Disinfection of Combined Sewer Overflows" June, 1970, FWQA資料

42) J.A.Lee, C.S. Shih, &J.A. Defilippi "Filtering Combined Sewer Overflows" J.WPCF, July, 1972

43) Tha Dow Chemical Co "Chemical Treatment of Combined Sewer Overflows" EPA資料, No.11023, FDB

44) O.F. Nelson, R. Agnew "Quick Treatment of Combined Sewer Overflow Shows Promise" Water & Waste Eng., Aug., 1973

45) R.W. Agnew et al "A Biological Adsorption System for tha Treatment of Combined Sewer Overflows" The 46th Annual Conference of the WPCF, Sept., 1973

46) G.D.Simpson, L.W.Cortis "Treatment of Combined Sewer Overflows and Surface Waters at Cleaveland, Ohio" J.WPCF, Fed., 1969

47) R.F.Noland., D.A.Decarlo "Stream Pollution and Abatement from Combined Sewers Bucyrus, Ohio" FWQA資料

48) R.F.Noland, A.R.Posthuma "Stream Pollution and Abatement from Combined Sewer Overflows" The 46th Annual Conference of the WPCF, Sept., 1973

49) T.R.Camp "Chlorination of Mixed Sewage and Storm Water" ASCE, SAI, Jan., 1961

50) E.H.Pavia, C.J.Powell "Stormwater Disinfection at New Oleans" J.WPCF, Apr., 1969

51) K.P.Denenis "Detention and Chlorination Station Solves Combined Sewer Overflow Problem Economically" Public Works, Vol.102, Nov., 1971

52) R.Field "Design of a Combind Sewer Overflow Regulator/ Concentrator" J.FWQA, July 1974

53) R.Field "A Swirl Device for Regulating and Concentrating Combined Sewer Overflows" News of Environmental Research in Cincinnati, Oct.25, 1974

付　　録

修正ＲＲＬ法による流出量計算

1. 目　　的

修正ＲＲＬ法による流出量計算を行なう。

2. 入力仕様

1. 都市名，排水区名　ＣＨＩＫＵ〔Ｉ〕
2. 排水区面積　Ａ　（Km^2）
3. 等到達時間域分割数　Ｍ
4. 各到達時間域面積（到達時間の短い方から記入）
   ＡＲＥＡ〔Ｉ〕　（Km^2）Ｍ個
5. 計算時間間隔　ＤＴ（分）
6. Ｓ－Ｑ曲線を直線近似させるときの分割数　ＩＪＫ
7. 貯留量Ｓと流出量Ｑの関係式　$S=KQ^P$ の
   係数Ｋ……ＹＫＹＫ
   〃 Ｐ……ＰＸＰＸ
8. Ｓ－Ｑ曲線を直線近似させるときの各点のＱの値ＹＹ
   ＹＹ〔Ｉ〕　（㎥/s）
9. 計算対象降雨の限定数　ＩＰＳＥＴ
10. 計算対象降雨の年　ＩＹＳＥＴ〔Ｉ〕
    〃　　月　ＭＯＳＥＴ〔Ｉ〕
    〃　　日　ＩＤＳＥＴ〔Ｉ〕
11. 地表面貯留が開始するときの管内貯留量　ＳＳＫ（㎥/s）
    地表面貯留開始後のＳ－Ｑ関係を線形と仮定し，その傾きの設定数　ＮＬＬ
12. 地表面貯留後のＳ－Ｑ関係の傾き　ＣＨＳ〔Ｉ〕（㎥/s／㎥/s／hr）
13. 不浸透面積率　ＦＩＭＰ
14. 不浸透域における直接流出域の割合　ＤＥＰＯ
    〃　　〃　凹地貯留量　ＤＥＰＩ　（㎥/s）
    浸透域における直接流出域の割合　ＤＥＰＳＯ
    〃　　〃　凹地貯留量　ＤＥＰＳ　（㎥/s）
    浸透能　ＦＣ　（㎥/s／hr）

15. 降雨の通し番号　NUM

〃　年　ＩＹ

〃　月　ＭＯ

〃　日　ＩＤ

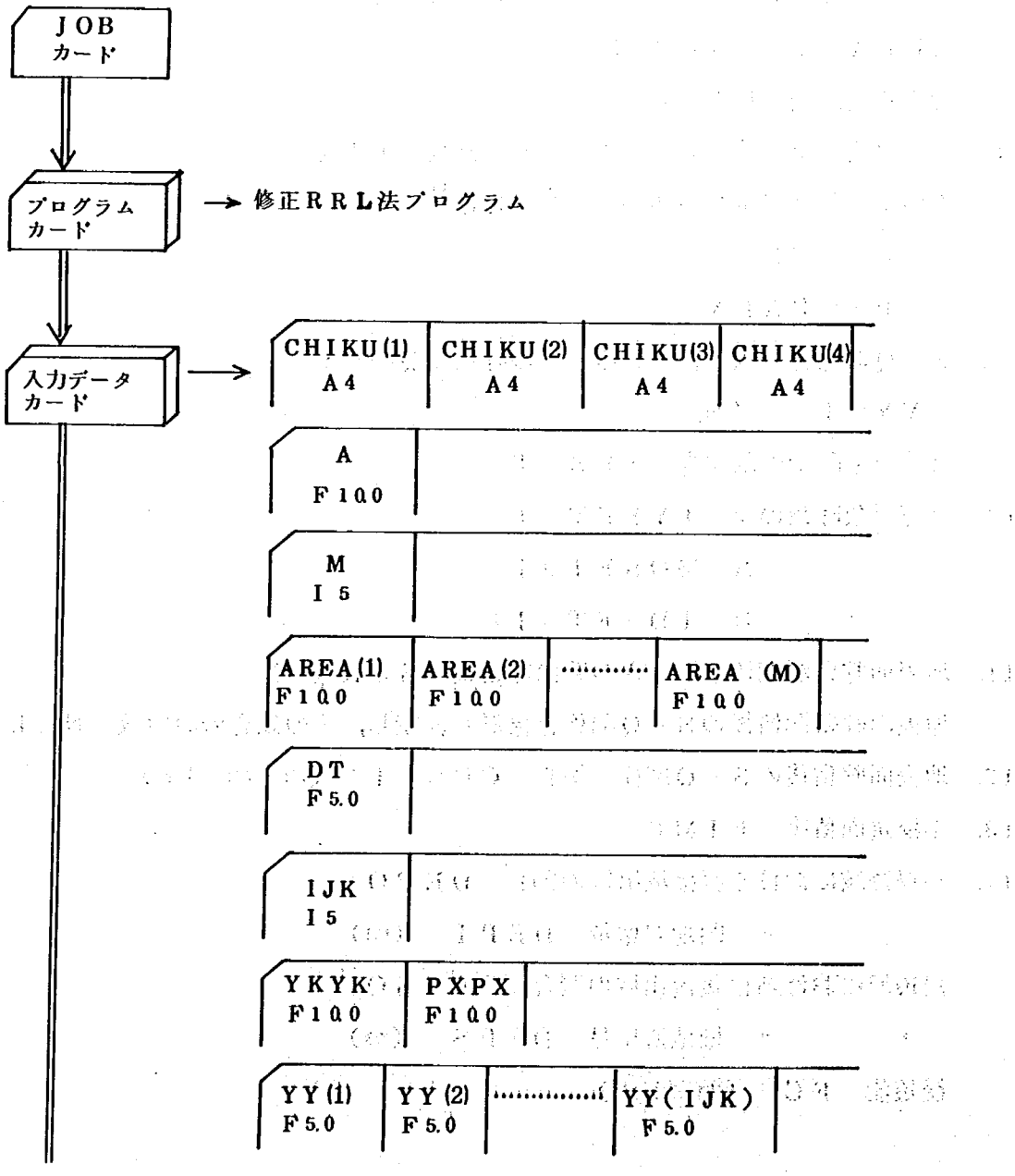
降雨開始時間　ＩＨ

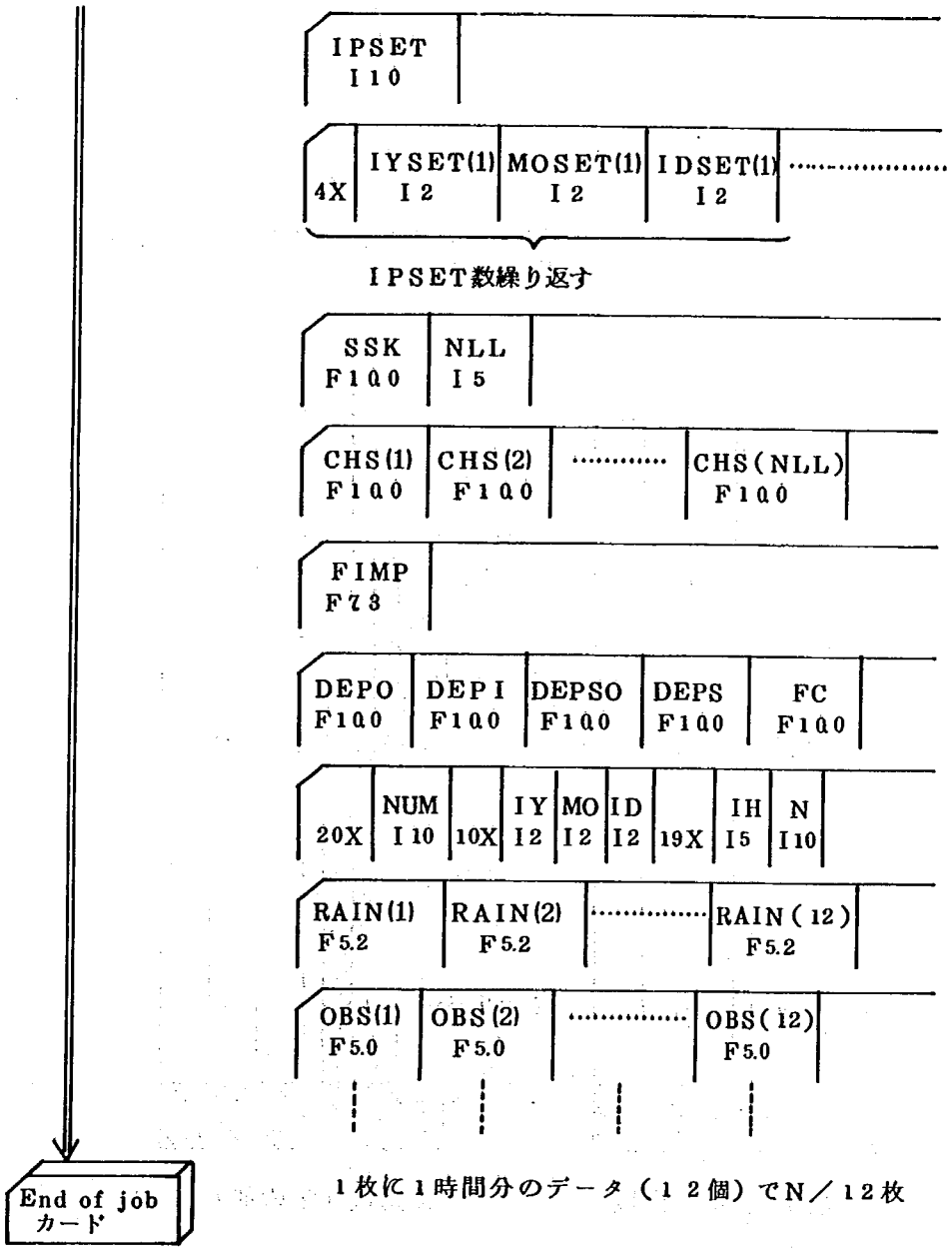
降雨のデータ数　Ｎ

16. 降雨量　ＲＡＩＮ〔Ｉ〕（㎜／５分）

17. ５分毎の流出量　ＯＢＳ〔Ｉ〕（m^3／sec×10^3）

3. カード並び



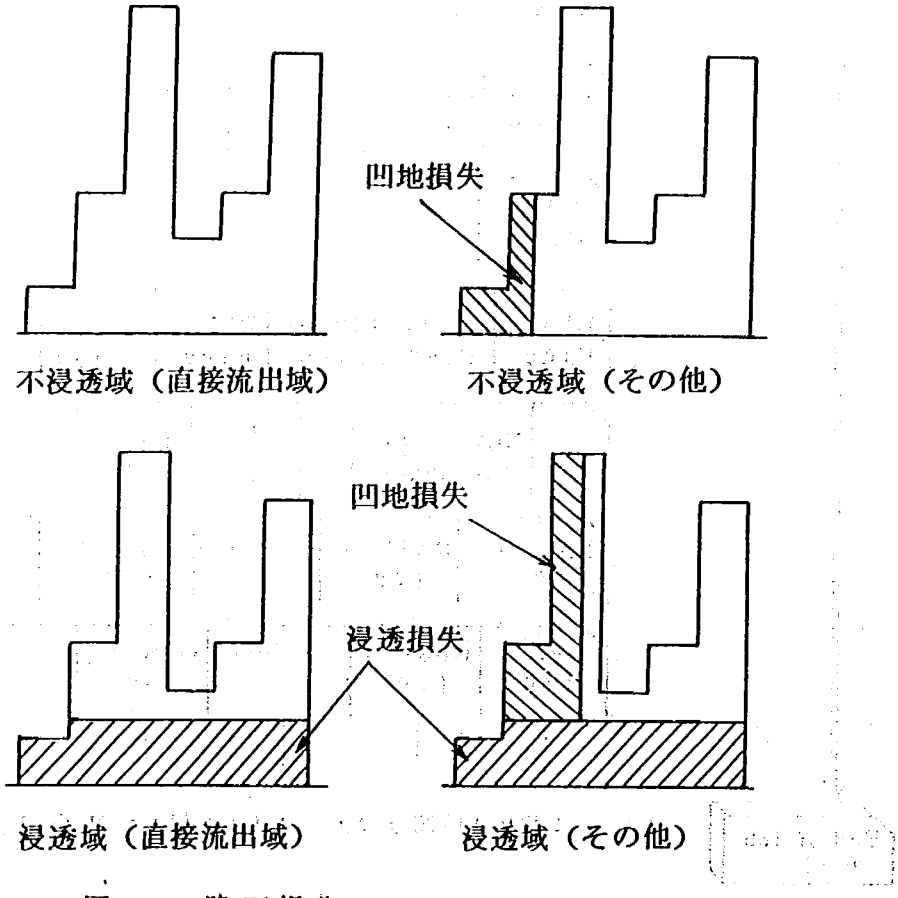

IPSET
I10
4X
IYSET(1)
I2
MOSET(1)
I2
IDSET(1)
I2
IPSET数繰り返す
SSK
F10.0
NLL
I5
CHS(1)
F10.0
CHS(2)
F10.0
CHS(NLL)
F10.0
FIMP
F7.3
DEPO
F10.0
DEPI
F10.0
DEPSO
F10.0
DEPS
F10.0
FC
F10.0
20X
NUM
I10
10X
IY
I2
MO
I2
ID
I2
19X
IH
I5
N
I10
RAIN(1)
F5.2
RAIN(2)
F5.2
RAIN(12)
F5.2
OBS(1)
F5.0
OBS(2)
F5.0
OBS(12)
F5.0
End of job
カード
1枚に1時間分のデータ（12個）でN／12枚

4. 修正ＲＲＬ法による流出量計算

計算手順を以下に示す

4.1 有効降雨の算出

有効降雨は，浸透域と不浸透域とで大いに異なるので図－１に示すような４つの降雨損失のパターンとする。

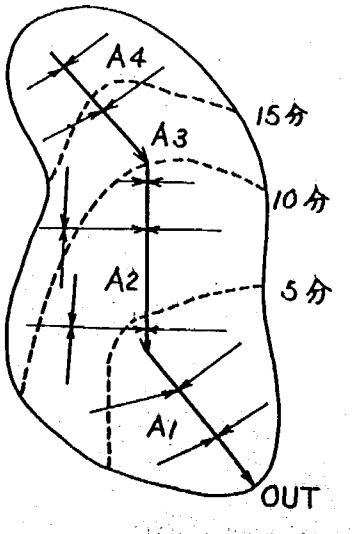


図－１　降雨損失パターン

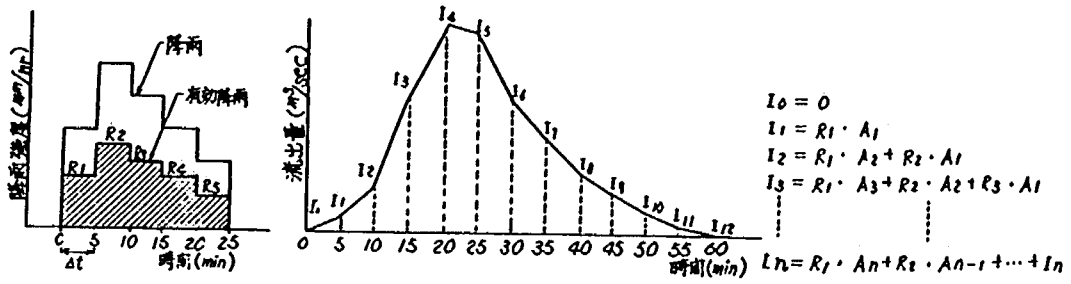
4.2 一次流出量の計算

等到達時間域別面積（図－２）と4.1から求めた有効降雨を用いて，単位図の手法により一次流出量を計算する。

（図－３参照）



図－２　等到達時間域図

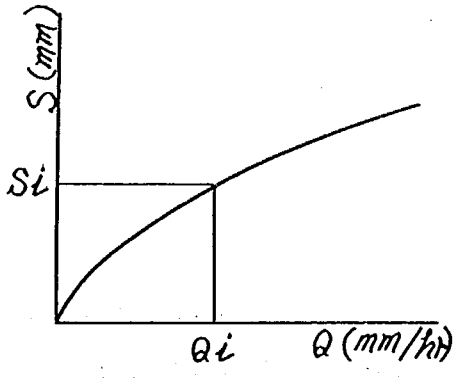


図－3　一次ハイドログラフの算定

4.3　流出ハイドログラフの計算

図－4に示すような流域の貯留量Sと流出量Qの関係とを用いて，I－Q＝ds／dtの連続式をとき，流出ハイドログラフQ（t）を求める。

以下，一降雨毎に流出量の計算を行なう。



図－4　S－Q曲線

5. 出力仕様

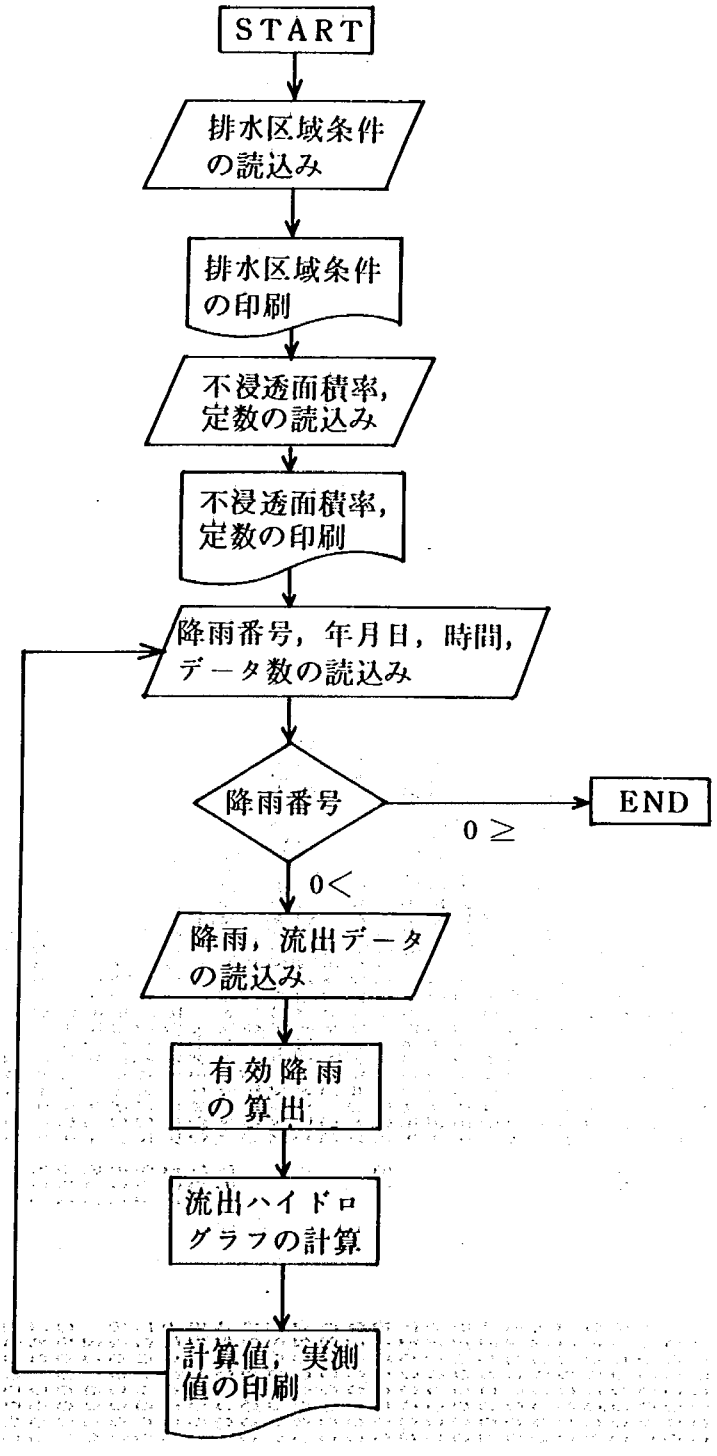
1. 都市名，排水区名
2. 排水区面積
3. 到達時間　XZ（分）
4. 各到達時間域面積
5. 不浸透面積率
6. 不浸透域における直接流出域の割合
7. 〃　凹地貯留量
8. 浸透域における直接流出域の割合
9. 〃　凹地貯留量
10. 浸透能
11. $S=KQ^P$ の係数K
12. 〃　の　〃　P
13. $Q+\frac{2}{DT}\times S$の値　XXX　（m^3/s）
14. 流出量Q　YYY　（m^3/s）
15. 貯留量S　XX　（㎜／hr）
16. 流出量Q　YY　（㎜／hr）
17. 地表面貯留が開始するときの管内貯留量
18. 〃　〃　〃　YYC（㎜／hr）
19. 地表面貯留後のS－Q関係の傾き
20. 降雨の通し番号

21. 降雨の年，月，日
22. 降雨開始時間
23. 降雨のデータ数
24. 降雨量
25. 計算流出量　OUT2　(m^3／s)
26. 〃　〃　OUT3　(mm／hr)
27. 実測流出量　OBS　(m^3／s)
28. 〃　〃　OBS1　(mm／hr)
29. 実測総流出量　TOTALR (mm)
30. 計算　〃　TOTALC (mm)
31. $\frac{\text{計算総流出量}}{\text{実測総流出量}}$　CCC

6. 使用方法

ある排水区のいくつかの降雨について，その計算結果を見ながら，有効降雨に関する定数を仮定しなおしながら流出量の計算を行なうことが出来る。同一の定数によりいくつかの流出量の計算をする場合には，多少のプログラム変更を行なえばよい。

7. プログラムの流れ


START
排水区域条件の読込み
排水区域条件の印刷
不浸透面積率，定数の読込み
不浸透面積率，定数の印刷
降雨番号，年月日，時間，データ数の読込み
降雨番号
0 ≥
END
0 <
降雨，流出データの読込み
有効降雨の算出
流出ハイドログラフの計算
計算値，実測値の印刷

```
CARD      ISN          SOURCE STATEMENT

   1                   C     RRL METHOD
   2      00000001           DIMENSION AREA(10),XX(20),YY(20),XXX(20),YYY(20)
   3      00000002           DIMENSION FKOOU(700),          FKOOUI(700),FKOOUS(700),FKOUS2(700)
   4      00000003           DIMENSION FKOOUC(700),OUT1(700),OUT2(700)
   5      00000004           DIMENSION RAIN(700),RDUM(700)
   6      00000005           DIMENSION CHIKU(5)
   7      00000006           NUM=0
   8      00000007           TOTALR=0.
   9      00000008           READ(5,99) (CHIKU(I),I=1,4)
  10      00000009        99 FORMAT(4A4)
  11      00000010           READ(5,101) A
  12      00000011           READ(5,102) M
  13      00000012           READ(5,103)(AREA(K),K=1,M)
  14      00000013           READ(5,105) DT
  15      00000014           READ(5,106) IJK
  16      00000015           READ(5,101) YKYK,PXPX
  17      00000016           READ(5,108)(YY(K),K=1,IJK)
  18      00000017           READ(5,55)  SSK,CHS,COEF
  19      00000018        55 FORMAT(3F10.0)
  20      00000019           YYC=(SSK/YKYK)**(1./PXPX)
  21      00000020           DO 107 K=1,IJK
  22      00000021           IF(YY(K).LT.YYC)  GO TO 157
  23      00000022           XX(K)=CHS*(YY(K)-YYC)+SSK
  24      00000023           GO TO 107
  25      00000024       157 XX(K)=YKYK*YY(K)**PXPX
  26      00000025       107 CONTINUE
  27      00000026       101 FORMAT(2F10.0)
  28      00000027       102 FORMAT(I5)
  29      00000028       103 FORMAT(6F10.0)
  30      00000029       105 FORMAT(F5.0)
  31      00000030       106 FORMAT(I5)
  32      00000031       108 FORMAT(10F5.0)
  33      00000032           DO 201 I=1,IJK
  34      00000033           YYY(I)=YY(I)*A/3.6
  35      00000034           XXX(I)=YYY(I)+XX(I)*1000.*2.*A/(DT*60.)
  36      00000035       201 CONTINUE
  37      00000036           WRITE(6,199) (CHIKU(I),I=1,4)
  38      00000037       199 FORMAT(1H1//11X,4A4,'HAISUIKU'/)
  39      00000038           WRITE(6,150) A
  40      00000039       150 FORMAT(1H ,15X,14HRYUIKI MENSEKI,F6.3,5HKM**2)
  41      00000040           WRITE(6,151)
  42      00000041       151 FORMAT(1H0,10X,30HTOTATSU JIKANTAI BETSU MENSEKI)
  43      00000042           DO 202 I=1,M
  44      00000043           XZ=DT*FLOAT(I)
  45      00000044           WRITE(6,152)XZ,AREA(I)
  46      00000045       152 FORMAT(1H ,30X,F3.0,3HMIN,F10.3,5HKM**2)
```

```
00000046      202 CONTINUE
00000047          WRITE(6,153)YKYK,PXPX
00000048      153 FORMAT(1H0,10X,12HS-Q KYOKUSEN,5X,'S=',F4.2,'*Q**',F4.2//30X,
                 *'Q*S**2/DT',10X,'Q',3X,'(M**3/SEC)')
00000049          DO 203 I=1,IJK
00000050          WRITE(6,154)XXX(I),YYY(I),XX(I),YY(I)
00000051      154 FORMAT(1H ,30X,F6.2,5X,F6.2,20X,2F15.3)
00000052      203 CONTINUE
00000053          WRITE(6,66) SSK,YYC,CHS
00000054       66 FORMAT(1H ,F10.3,'(MM)',F10.3,'(MM/HR)',F10.3,'(MM/(MM/HR))')
00000055          READ(5,115) FIMP
00000056      115 FORMAT(F7.3)
00000057          READ(5,116) DEPO,DEPI,DEPSO,DEPS,FC
00000058      116 FORMAT(5F10.3)
00000059          WRITE(6,666) FIMP
00000060      666 FORMAT(1H ,29X,'IMP=',F12.3)
00000061          WRITE(6,750) DEPO,DEPI,DEPSO,DEPS,FC
00000062      750 FORMAT(1H0,29X,'DEPO=',F10.3/,30X,'DEPI=',F10.3/,30X,
                 *'DEPSO=',F9.3/,30X,'DEPS=',F10.3/,30X,'FC=',F12.3)
00000063          IF(DEPO.EQ.1.0) GO TO 3
00000064          DEPI=DEPI/(1.0-DEPO)
00000065        3 READ(8,250,END=10) DATE,L,IT,X
00000066      250 FORMAT(F10.0,2I5,F5.0)
00000067          TOTALS=0.
00000068          IDATE=INT(DATE+0.5)
00000069          NUM=NUM+1
00000070          IY=IDATE/10000
00000071          MO=(IDATE-IY*10000)/100
00000072          ID=IDATE-IY*10000-MO*100
00000073          IH=IT/100
00000074          ISTEP=IT-IH*100
00000075          ISTEP=ISTEP/5
00000076          IF(ISTEP.LE.0)  GO TO 700
00000077          DO 710 I=1,ISTEP
00000078      710 RAIN(I)=0.
00000079      700 ISTEP=ISTEP+1
00000080          READ(8,251) (RDUM(I),I=1,L)
00000081      251 FORMAT(12F10.3)
00000082          JSTEP=INT((X+0.5)/5.)
00000083          KSTEP=ISTEP+L*JSTEP-1
00000084          DO 720 I=1,L
00000085          DO 720 J=1,JSTEP
00000086          RAIN(ISTEP-1+I*JSTEP+J-JSTEP)=RDUM(I)/FLOAT(JSTEP)
00000087      720 CONTINUE
00000088          LCOUNT=KSTEP/12
00000089          LDEL=KSTEP-12*LCOUNT
00000090          IF(LDEL)  730,730,725
00000091      725 LLL=12-LDEL
```

```
 95      00000092          DO 726 I=1,LLL
 96      00000093      726 RAIN(KSTEP+I)=0.
 97      00000094          L=KSTEP+LLL
 98      00000095          GO TO 735
 99      00000096      730 L=KSTEP
100      00000097      735 N=L+24
101      00000098          LL=L+1
102      00000099          DO 158 I=LL,N
103      00000100      158 RAIN(I)=0.
104      00000101          DO 205 I=1,N
105      00000102          TOTALS=TOTALS+RAIN(I)
106      00000103          TOTALR=TOTALR+RAIN(I)
107      00000104          FKOOU(I)=RAIN(I)*12.0*COEF
108      00000105      205 CONTINUE
109      00000106          CALL DEPRES(DEPI,N,FKOOU,FKOOUI,DEPIT,SAS,DT)
110      00000107          CALL SINTO(DEPS,N,FKOOU,FKOOUS,DEPST,SASS,DT,FC,SC)
111      00000108          CALL SINTO2(N,FKOOU,FKOUS2,SASS2,DT,FC)
112      00000109          DO 206 I=1,N
113      00000110          FK11=FKOOU(I)*FIMP*DEPO
114      00000111          FK12=FKOOUI(I)*FIMP*(1.-DEPO)
115      00000112          FK21=FKOUS2(I)*(1.-FIMP)*DEPSO
116      00000113          FK22=FKOOUS(I)*(1.-FIMP)*(1.-DEPSO)
117      00000114          FKOOUC(I)=FK11+FK12+FK21+FK22
118      00000115      206 CONTINUE
119      00000116          DO 207 I=1,N
120      00000117          S=0.0
121      00000118          DO 208 J=1,M
122      00000119          IF(I-J+1)5,5,6
123      00000120        6 S=S+FKOOUC(I-J+1)*AREA(J)/3.6
124      00000121          GO TO 208
125      00000122        5 OUT1(I)=S
126      00000123          GO TO 207
127      00000124      208 CONTINUE
128      00000125          OUT1(I)=S
129      00000126      207 CONTINUE
130      00000127          OUT2(1)=0.0
131      00000128          SSS=0
132      00000129          DO 209 I=2,N
133      00000130          C1=OUT1(I-1)+OUT1(I)-OUT2(I-1)+SSS
134      00000131          IF(C1.LT.0.0) GO TO 7
135      00000132          GO TO 8
136      00000133        7 C1=0.0
137      00000134        8 OUT2(I)=C2(C1,IJK,XXX,YYY)
138      00000135          SSS=C1-OUT2(I)
139      00000136      209 CONTINUE
140      00000137          MMM=N/12
141      00000138          WRITE(9,400)  NUM,IY,MO,ID,IH,N,TOTALS,TOTALR
142      00000139          IF(NUM.GT.10) GO TO 786
```

```
143  00000140          WRITE(6,410)  NUM,IY,MO,ID,IH,N,TOTALS,TOTALR
144  00000141      786 CONTINUE
145  00000142      410 FORMAT(1H1,6I5,2F20.3//)
146  00000143          WRITE(6,440)
147  00000144      440 FORMAT(1H0)
148  00000145          DO 550 I=1,MMM
149  00000146          K1=1+12*(I-1)
150  00000147          K2=K1+12-1
151  00000148          WRITE(9,502) (OUT2(K),K=K1,K2)
152  00000149          IF(NUM.GT.10) GO TO 785
153  00000150          WRITE(6,510) (OUT2(K),K=K1,K2)
154  00000151      785 CONTINUE
155  00000152      550 CONTINUE
156  00000153      510 FORMAT(1H0,12F10.3)
157  00000154      400 FORMAT(6I5,2F20.3)
158  00000155      502 FORMAT(12F6.3)
159  00000156          GO TO 3
160  00000157       10 CONTINUE
161  00000158          STOP
162  00000159          END

163  00000001          SUBROUTINE DEPRES(DEP,NN,FKOUB,FKOUA,DEPT,SA,DDT)
164  00000002          DIMENSION FKOUB(700),FKOUA(700)
165  00000003          SA=0.0
166  00000004          S=0.0
167  00000005          DO 20 I=1,NN
168  00000006          S=S+FKOUB(I)*DDT/60.0
169  00000007          IF(S.GT.DEP) GO TO 21
170  00000008          FKOUA(I)=0.0
171  00000009       20 CONTINUE
172  00000010       21 J=I
173  00000011          FKOUA(J)=(S-DEP)*60.0/DDT
174  00000012          SA=S-DEP
175  00000013          JJ=J+1
176  00000014          DO 22 I=JJ,NN
177  00000015          FKOUA(I)=FKOUB(I)
178  00000016          SA=SA+FKOUA(I)*DDT/60.0
179  00000017       22 CONTINUE
180  00000018          RETURN
181  00000019          END

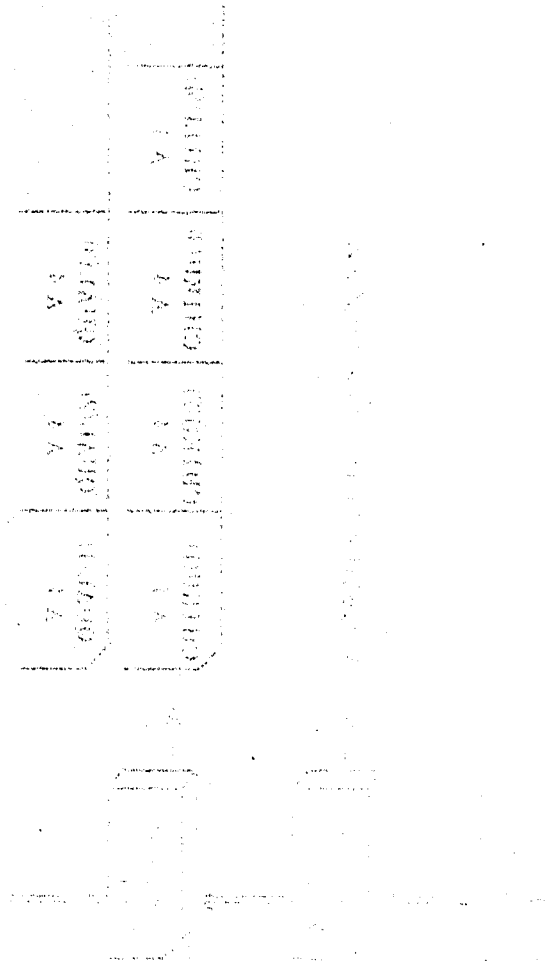
182  00000001          SUBROUTINE SINTO(DEPS,N,FKOUB,FKOUA,DEPST,SA,DT,FC,OUTS)
183  00000002          DIMENSION FKOUB(700),FKOUA(700)
184  00000003          Q=FC*DT/60.0
```

```
00000004            SA=0.0
00000005            S=0.0
00000006            DO 30 I=1,N
00000007            P=FKOUB(I)*DT/60.0
00000008            IF(S+P-Q)31,32,32
00000009         32 S=S+P-Q
00000010            IF(S.LT.DEPS) GO TO 33
00000011            FKOUA(I)=(S-DEPS)*60.0/DT
00000012            SA=SA+S-DEPS
00000013            S=DEPS
00000014            GO TO 30
00000015         33 FKOUA(I)=0.0
00000016            GO TO 30
00000017         31 FKOUA(I)=0.0
00000018            S=0.0
00000019         30 CONTINUE
00000020            RETURN
00000021            END
```

```
00000001            SUBROUTINE SINT02(N,FKOUB,FKOUA,SA,DT,FC)
00000002            DIMENSION FKOUB(700),FKOUA(700)
00000003            SA=0.0
00000004            DO 40 I=1,N
00000005            IF(FKOUB(I)-FC)41,42,42
00000006         42 FKOUA(I)=FKOUB(I)-FC
00000007            GO TO 43
00000008         41 FKOUA(I)=0.0
00000009         43 SA=SA+FKOUA(I)*DT/60.0
00000010         40 CONTINUE
00000011            RETURN
00000012            END
```

```
00000001            FUNCTION C2(C1,IJK,XX,YY)
00000002            DIMENSION XX(20),YY(20)
00000003            IJKIJK=IJK-1
00000004            DO 60 J=1,IJKIJK
00000005            IF(XX(J).GT.C1) GO TO 61
00000006            IF(XX(J+1).LE.C1) GO TO 61
00000007            C2=YY(J)+(YY(J+1)-YY(J))*(C1-XX(J))/(XX(J+1)-XX(J))
00000008            GO TO 62
00000009         61 CONTINUE
00000010         60 CONTINUE
00000011            C2=YY(IJK)+(YY(IJK)-YY(IJK-1))*(C1-XX(IJK))/(XX(IJK)-XX(IJK-1))
00000012            GO TO 62
```

```
227      00000013          62 CONTINUE
228      00000014             RETURN
229      00000015             END
```



晴天時負荷量シミュレーション

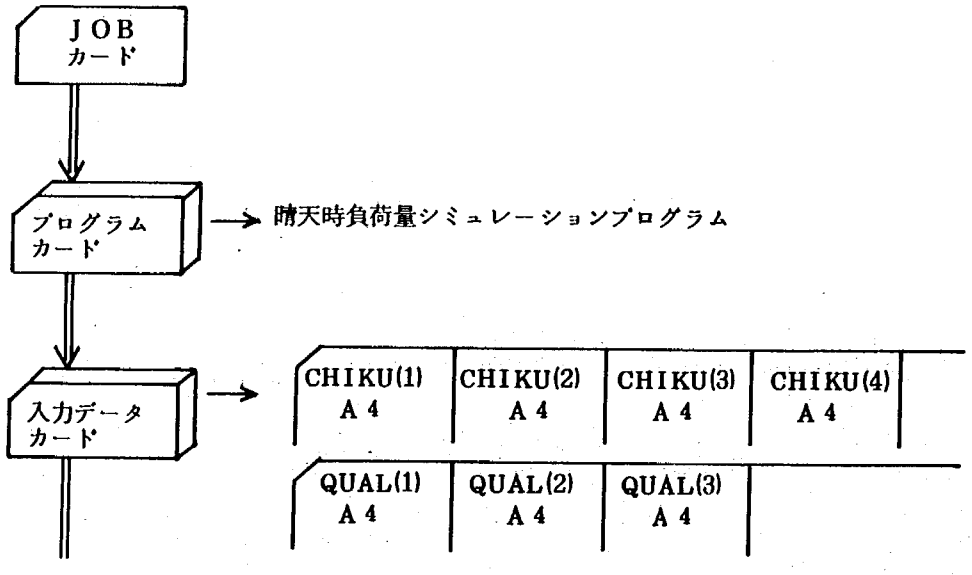
1. 目　　的

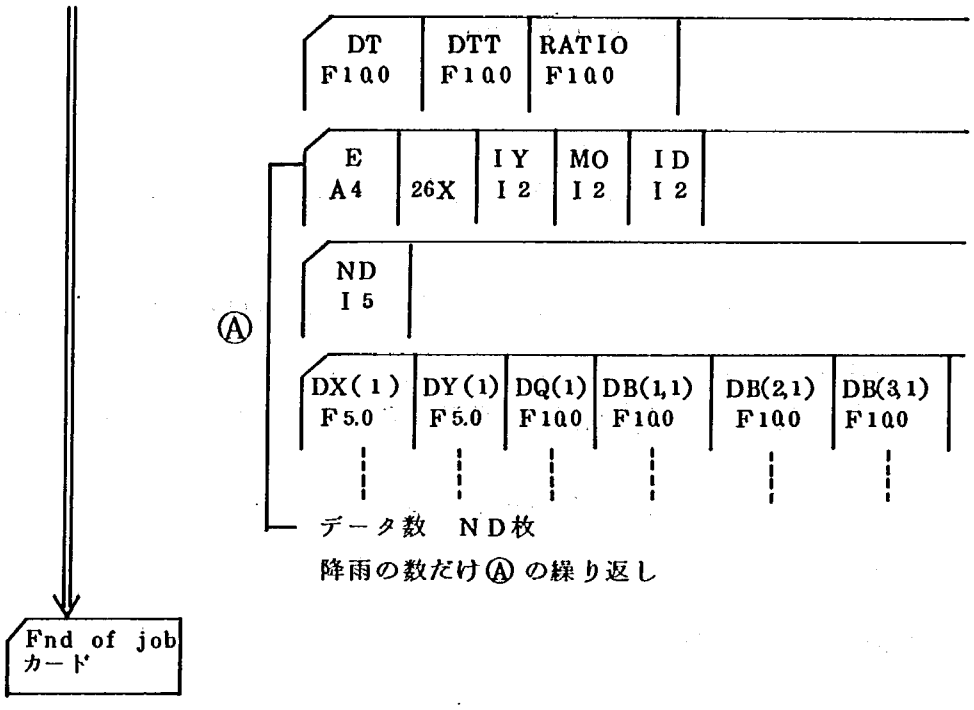
雨天時負荷量シミュレーションで用いる流出負荷量モデルの定数，初期値を，晴天時データを数日間の連続データとしてシミュレートして決定する。

2. 入力仕様

1. 都市名，排水区名　CHIKU〔I〕
2. 水質項目名　QUAL〔I〕
3. 計算時間間隔　DT（分），DTT（秒）
   限界流量／日最低流量　RATIO
4. 天候　E
   調査日の年月日　IY（年），MO（月），ID（日）
5. 調査日のデータ数　ND
6. 観測時刻　DX〔I〕（時），DY〔I〕（分）
   流量　DQ〔I〕（m^3／s）
   水質濃度　DB〔1,I〕（mg／ℓ）BOD
   DB〔2,I〕（〃）COD
   DB〔3,I〕（〃）SS

3. カード並び





4. 晴天時負荷量シミュレーション

BOD，COD，SSの各水質項目で用いる流出負荷量モデルの運動式，連続式は以下のとおり

$$\text{BOD}: \quad L = C_1 \cdot P_p^2 \cdot (Q - Q_c)$$

$$\frac{dP_p}{dt} = \text{dwf} \quad \text{loading} - L$$

$$\text{COD}: \quad L = C_2 \cdot P_p^2 \cdot (Q - Q_c)$$

$$\frac{dP_p}{dt} = \text{dwf} \quad \text{loading} - L$$

$$\text{SS}: \quad L = C_3 \cdot P_p \cdot Q \cdot (Q - Q_c)$$

$$\frac{dP_p}{dt} = \text{dwf} \quad \text{loading} - L$$

L：流出負荷量（g／s）

C_1，C_2，C_3：負荷流出係数

P_p：残存負荷量（g）

Q：流量（m^3／s）

Qc：限界流量（m^3／s）

dwf loading：汚水負荷量（g／s）

計算手順を次に示す。

BOD，COD，SSの各水質項目で用いる負荷流出係数，初期残存負荷量，限界流量を決定する。

流出負荷量計算は，BOD，COD，SSの順で行なわれるが，BODを例にとると，最初の時間ステップでの流出負荷量

$L_1=C_1\times P_{p1}^2\times(Q_1-Q_c)$　P_{p1}：初期残存負荷量（$=P_{po}$，(g)）

を求め，次の時期ステップで用いる残存負荷量を求める。

以下，i番目の流出負荷量Liは，

$$L_i=C_1\times P_{pi}^2\times(Q_i-Q_c)$$

残存負荷量P_{pi}は，

$$P_{pi}=P_{pi-1}-\frac{L_i+L_{i-1}}{2}\times\Delta t+\text{duf loading}\times\Delta t$$

Δt：計算時間間隔（秒）

より計算し，COD，SSと一降雨ごと同様の手順で算出する。但し，残存負荷量P_{pi}は$0\leqq P_{pi}\leqq P_{po}$の計算範囲である。

5. 出力仕様

1. 都市名，排水区名
2. 水質項目名
3. 調査日の年月日
4. 晴天時日単位流量　TDQ（m^3）
5. 〃　時間最小流量　QMIN（m^3／s）
6. 日単位流出負荷量　XXL（Kg）
7. 日平均水質濃度　DBM（mg／ℓ）
8. 日最高　〃　BMAX（mg／ℓ）
9. 実測負荷量　XL（g／s）
10. 計算時間単位負荷量　YL（g／s）
11. 〃　〃　残存負荷量　PPP（Kg）
12. 実測水質濃度　DB（mg／ℓ）
13. 負荷流出係数　C

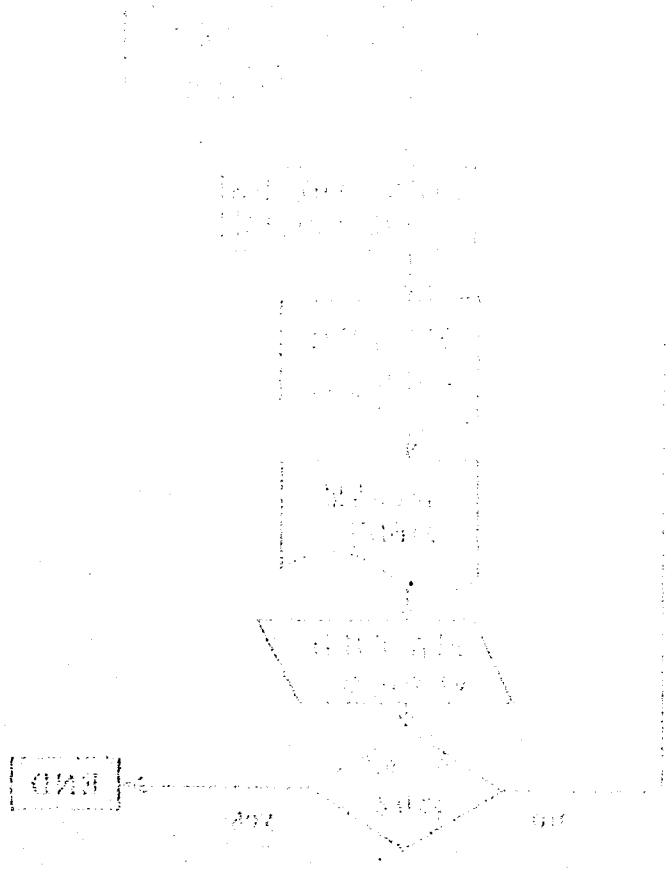
14. 初期残存負荷量　ＰＳ（g）

15. 平均負荷流出係数　ＣＣＣ

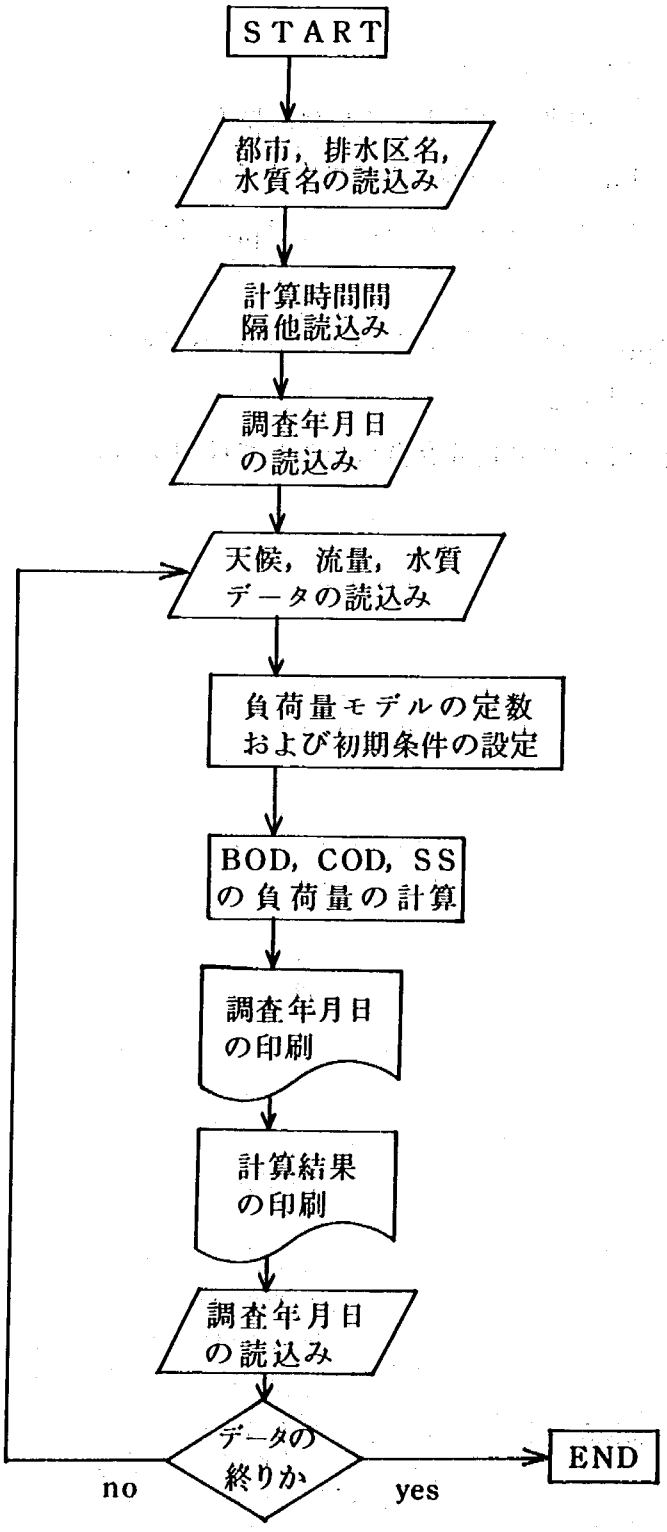
16. 平均残存負荷量　ＴＰＰＰ（g）

6. 使 用 方 法

1. P_{po}を日発生負荷量の1／2とする。
2. $C \cdot P_{po}^2$＝雨天時ピーク濃度となるようにＣを決める。
   ＳＳの場合には，$C \cdot P_{po}$＝晴天時の平均濃度となるようにＣを決める。
3. Ｃ，P_{po}を使ってシミュレーションを行なうとP_{po}の値によらず，P_pが安定値P_p^*に収束する。
4. $C \cdot P_p^{*2} = C^* \cdot P_{po}^2$となるような$C^*$を求める。ＳＳの場合は，$C \cdot P_p^* = C^* \cdot P_{po}$となるような$C^*$を求める。
5. このC^*，P_{po}を定数および初期残存負荷量として採用する。



7. プログラムの流れ


START
都市，排水区名，水質名の読込み
計算時間間隔他読込み
調査年月日の読込み
天候，流量，水質データの読込み
負荷量モデルの定数および初期条件の設定
BOD，COD，SSの負荷量の計算
調査年月日の印刷
計算結果の印刷
調査年月日の読込み
データの終りか
no
yes
END

```
CARD      ISN     SOURCE STATEMENT
    1  00000001C      DRY WHEATHER SIMULATION
    2  00000001       DATA A0/4HHARE/,Z0/1H /,Z1/1H0/,Z2/1H*/,Z3/1H+/
    3  00000002       DIMENSION XL(3,100),YL(3,900),DX(100),DY(100),DQ(100),DB(3,100),
                     *WX(200),AA(100),P(900),CHIKU(5),
                     *XXL(3),DBM(3),BMAX(3)
    6  00000003       DIMENSION QUAL(3),TMAX(10)
    7  00000004       READ(5,55) (CHIKU(I),I=1,4)
    8  00000005       READ(5,135) (QUAL(K),K=1,3)
    9  00000006   135 FORMAT(3A4)
   10  00000007       READ(5,56) DT,DTT,RATIO
   11  00000008    55 FORMAT(4A4)
   12  00000009    56 FORMAT(3F10.0)
   13  00000010       READ(8,100) E,IY,M0,ID
   14  00000011  4000 READ(8,101) ND
   15  00000012   100 FORMAT(A4,26X,3I2)
   16  00000013   101 FORMAT(I5)
   17  00000014       DO 90 I=1,ND
   18  00000015       READ(8,102) DX(I),DY(I),DQ(I),(DB(K,I),K=1,3)
   19  00000016   102 FORMAT(2F5.0,4F10.0)
   20  00000017    90 CONTINUE
   21  00000018       IF(ND.EQ.48) GO TO 10
   22  00000019       DQ(1)=0.5*(DQ(1)+DQ(ND))
   23  00000020       DB(1,1)=0.5*(DB(1,1)+DB(1,ND))
   24  00000021       DB(2,1)=0.5*(DB(2,1)+DB(2,ND))
   25  00000022       DB(3,1)=0.5*(DB(3,1)+DB(3,ND))
   26  00000023    10 DO 501 L=1,3
   27  00000024   501 XXL(L)=0.0
   28  00000025       TDQ=0.0
   29  00000026       QMIN=100.0
   30  00000027       DO 502 L=1,2
   31  00000028   502 BMAX(L)=0.0
   32  00000029       DO 200 I=1,48
   33  00000030       IF(DQ(I).GE.QMIN) GO TO 11
   34  00000031       QMIN=DQ(I)
   35  00000032    11 IF(DB(1,I).LT.BMAX(1)) GO TO 12
   36  00000033       BMAX(1)=DB(1,I)
   37  00000034    12 IF(DB(2,I).LT.BMAX(2)) GO TO 13
   38  00000035       BMAX(2)=DB(2,I)
   39  00000036    13 DO 14 K=1,3
   40  00000037       XL(K,I)=DQ(I)*DB(K,I)
   41  00000038       XXL(K)=XXL(K)+XL(K,I)*1.8
   42  00000039    14 CONTINUE
   43  00000040       TDQ=TDQ+DQ(I)*DTT
   44  00000041   200 CONTINUE
   45  00000042       QC=RATIO*QMIN
   46  00000043       DO 15 K=1,3
```

```
00000044        15 DBM(K)=XXL(K)/TDQ*1000.
00000045           DO 1000 K=1,3
00000046           PS=0.5*XXL(K)*1000.
00000047           IF(K.EQ.3)  GO TO 999
00000048           C=BMAX(K)/PS**2
00000049           B=2.0
00000050           YL(K,1)=C*PS**B*(DQ(1)-QC)
00000051           GO TO 998
00000052       999 C=DBM(K)/PS/(TDQ/86400.)
00000053           YL(K,1)=C*PS*DQ(1)*(DQ(1)-QC)
00000054       998 P(1)=PS
00000055           DO 2000 I=2,288
00000056           II=I
00000057        33 IF(II.LE.48)  GO TO 22
00000058           II=II-48
00000059           GO TO 33
00000060        22 KKK=0
00000061            IF(II.EQ.1) GO TO 25
00000062           III=II-1
00000063           GO TO 26
00000064        25 III=48
00000065        26 P1=P(I-1)+((XL(K,II)+XL(K,III))/2.-YL(K,I-1))*DTT
00000066           IF(P1.LE.0.0) GO TO 1111
00000067       150 IF(K.EQ.3)  GO TO 151
00000068       201 Y1=C*P1**B*(DQ(II)-QC)
00000069           P2=P(I-1)+((XL(K,II)+XL(K,III))/2.-(YL(K,I-1)+Y1)/2.)*DTT
00000070           IF(P2.LE.0.0) GO TO 1111
00000071           Y2=C*P2**B*(DQ(II)-QC)
00000072           KKK=KKK+1
00000073           IF(ABS(Y1-Y2).LT.0.01)  GO TO 503
00000074           IF(KKK.GT.10)  GO TO 503
00000075           P1=P(I-1)+((XL(K,II)+XL(K,III))/2.-(YL(K,I-1)+Y2)/2.)*DTT
00000076           IF(P1.LE.0.0) GO TO 1111
00000077           GO TO 201
00000078       151 Y1=C*P1*DQ(II)*(DQ(II)-QC)
00000079           P2=P(I-1)+((XL(K,II)+XL(K,III))/2.-(YL(K,I-1)+Y1)/2.)*DTT
00000080           IF(P2.LE.0.0) GO TO 1111
00000081           Y2=C*P2*DQ(II)*(DQ(II)-QC)
00000082           KKK=KKK+1
00000083           IF(ABS(Y1-Y2).LT.0.01)  GO TO 503
00000084           IF(KKK.GT.10)  GO TO 503
00000085           P1=P(I-1)+((XL(K,II)+XL(K,III))/2.-(YL(K,I-1)+Y2)/2.)*DTT
00000086           IF(P1.LE.0.0) GO TO 1111
00000087           GO TO 151
00000088       503 CONTINUE
00000089           YL(K,I)=0.5*(Y1+Y2)
00000090           P(I)=P(I-1)+((XL(K,II)+XL(K,III))/2.-(YL(K,I-1)+YL(K,I))/2.)*DTT
00000091           P(I)=P(I-1)+XL(K,II)*DTT-(YL(K,I-1)+YL(K,I))*DTT/2.0
```

```
 95      00000092      2000 CONTINUE
 96      00000093           TMM=0.005*TDQ
 97      00000094           TML=TMM/90.0
 98      00000095           DO 702 ILM=1,9
 99      00000096            702 TMAX(ILM)=TMM/9.*FLOAT(ILM)
100      00000097           TMK=2.*XXL(K)/90.
101      00000098           WRITE(6,66) (CHIKU(I),I=1,4)
102      00000099            66 FORMAT(1H1,20X,4A4,'HAISUIKU'//)
103      00000100           WRITE(6,701) QUAL(K)
104      00000101            701 FORMAT(1H ,20X,A4,'SIMULATION(DRY WEATHER)'//)
105      00000102           WRITE(6,67) IY,MO,ID
106      00000103            67 FORMAT(1H ,10X,3I2/)
107      00000104           WRITE(6,68) TDQ,GMIN
108      00000105            68 FORMAT(1H ,8X,' Q ',5X,'TOTAL=',F8.2,'(M**3/D) MIN ',F6.3,'(M**3/S
109                        *)')
110      00000106           IF(K.EQ.3) GO TO 81
111      00000107           WRITE(6,69) QUAL(K),XXL(K),DBM(K),BMAX(K)
112      00000108            69 FORMAT(1H ,8X,A4,4X,'TOTAL=',F8.2,'(KG/D)   MEAN',F6.2,
113                        *       '(MG/L)',4X,'MAX',F6.2,'(MG/L)'//)
114      00000109           GO TO 123
115      00000110            81 WRITE(6,70) QUAL(K),XXL(K),DBM(K)
116      00000111            70 FORMAT(1H ,8X,A4,4X,'TOTAL=',F8.2,'(KG/D)   MEAN',F6.2,
117                        *       '(MG/L)'//)
118      00000112           123 WRITE(6,166)
119      00000113           166 FORMAT(1H ,20X,'ZANZON-   CONCENT-  ')
120      00000114           WRITE(6,167)
121      00000115           167 FORMAT(1H ,'SOKUTEITI  KEISANTI   FUKARYO    RATION')
122      00000116           WRITE(6,168)
123      00000117           168 FORMAT(1H ,'  (G/S)      (G/S)      (KG)      (MG/L)')
124      00000118           WRITE(6,710) (TMAX(IJK),IJK=1,9)
125      00000119           710 FORMAT(1H ,41X,'0',9F10.1)
126      00000120           WRITE(6,165)
127      00000121           165 FORMAT(1H ,41X,'I',9(9X,'I'))
128      00000122           DO 3000 I=145,240
129      00000123           PPP=P(I)/1000.
130      00000124           II=I
131      00000125           333 IF(II.LE.48)  GO TO 222
132      00000126           II=II-48
133      00000127           GO TO 333
134      00000128           222 DO 300 LL=1,90
135      00000129           AL=1.0+TML*FLOAT(LL-1)
136      00000130           BL=1.0+TML*FLOAT(LL)
137      00000131           IF(XL(K,II).LT.AL) GO TO 7000
138      00000132           IF(XL(K,II).GE.AL.AND.XL(K,II).LT.BL)  GO TO 7000
139      00000133            300 CONTINUE
140      00000134           7000 DO 301 LK=1,90
141      00000135            301 AA(LK)=Z0
142      00000136           AA(LL)=Z1
```

```
00000137          WRITE(6,169) XL(K,II),YL(K,I),PPP,DB(K,II),(AA(IJK),IJK=1,90)
00000138      169 FORMAT(1H ,2F10.3,2X,F8.2,F10.0,' I',90A1)
00000139          DO 302 LL=1,90
00000140          AL=1.0+TML*FLOAT(LL-1)
00000141          BL=1.0+TML*FLOAT(LL)
00000142          IF(YL(K,I).LT.AL) GO TO 7001
00000143          IF(YL(K,I).GE.AL.AND.YL(K,I).LT.BL)  GO TO 7001
00000144      302 CONTINUE
00000145     7001 DO 303 LK=1,90
00000146      303 AA(LK)=Z0
00000147          AA(LL)=Z2
00000148          WRITE(6,170) (AA(IJK),IJK=1,90)
00000149          DO 304 LL=1,90
00000150          CL=1.0+TMK*FLOAT(LL-1)
00000151          DL=1.0+TMK*FLOAT(LL)
00000152          IF(PPP.LT.CL) GO TO 7002
00000153          IF(PPP.GE.CL.AND.PPP.LT.DL)  GO TO 7002
00000154      304 CONTINUE
00000155     7002 DO 305 LK=1,90
00000156      305 AA(LK)=Z0
00000157          AA(LL)=Z3
00000158          WRITE(6,170) (AA(IJK),IJK=1,90)
00000159      170 FORMAT(1H+,42X,90A1)
00000160     3000 CONTINUE
00000161          TPPP=0.0
00000162          DO 3100 I=193,240
00000163          TPPP=TPPP+P(I)/48.
00000164     3100 CONTINUE
00000165          IF(K.EQ.3) GO TO 3101
00000166          CCC=C*PS**2/TPPP**2
00000167          GO TO 3102
00000168     3101 CCC=C*PS/TPPP
00000169     3102 WRITE(6,360)
00000170      360 FORMAT(//125('-')//)
00000171          WRITE(6,3600) C,PS
00000172          WRITE(6,3700) CCC,TPPP
00000173     3600 FORMAT(1H ,'SETTEITI  C=',E11.4,'   PS=',E10.3)
00000174     3700 FORMAT(1H ,'HEIKOUTI  C=',E11.4,'   PS=',E10.3)
00000175     1111 CONTINUE
00000176     1000 CONTINUE
00000177     4100 READ(8,100,END=4200) E,IY,MO,ID
00000178          IF(E.EQ.A0)  GO TO 4000
00000179          READ(8,101) NW
00000180          READ(8,103) (WX(I),I=1,NW)
00000181      103 FORMAT(F5.0)
00000182          GO TO 4100
00000183     4200 STOP
00000184          END
```

雨天時負荷量シミュレーション

1. 目　　的

雨天時流出量データを流出負荷量モデルへ代入し，計算値と実測値の比較を行ない，排水区への流出負荷量モデルの適用に際しての定数および初期値の決定を行なう。

2. 入力仕様

1. 都市名，排水区名　CHIKU〔I〕
   調査開始年度　IYYY
2. 排水区面積　AREA　(ha)
3. 水質項目名　QUAL〔I〕(BOD, COD, SS)
4. 計算時間間隔　JDT (分)，JTT (秒)
5. $C^* \cdot P_{po}^2$　CPPS〔1,1〕　BOD
   〃　CPPS〔1,2〕　COD
   $C^* \cdot P_{po}$　CPPS〔1,3〕　SS
6. 晴天時日負荷量　DTL〔1,1〕(g／日)
   DTL〔1,2〕(〃)
   DTL〔1,3〕(〃)
7. P_{po}／晴天時日負荷量の比率　RATIO〔I〕
8. 路面負荷流出係数　CR〔I〕(1／mm)
9. 路面初期残存負荷量　PRO〔I〕(Kg／ha)
10. 限界流量　QC〔I〕(m^3／s)
11. 限界降雨強度　RCC (mm／hr)
    不浸透面積率　FIMP
    排水区の何割を負荷源とするか決める値　CC1
    限界流量／晴天時時間最小流量　QRTO
12. 計算対象降雨数の指定　ISET
    印刷する水質項目の指定　KSET
    計算時間ごとの印刷の指定　IPSET
    計算に使用する晴天時データの年度　IYSET
13. 計算対象降雨の年　IYS〔I〕
    月　IMS〔I〕
    日　IDS〔I〕

14. 天候　E　（HARE or AME）

観測日の年　IY

月　MO

日　ID

15. 観測データ数　ND or NW

16. 観測　時　　DX or WX〔I〕

分　　DY or WY〔I〕

流量　DQ or WQ〔I〕　(m^3／s)

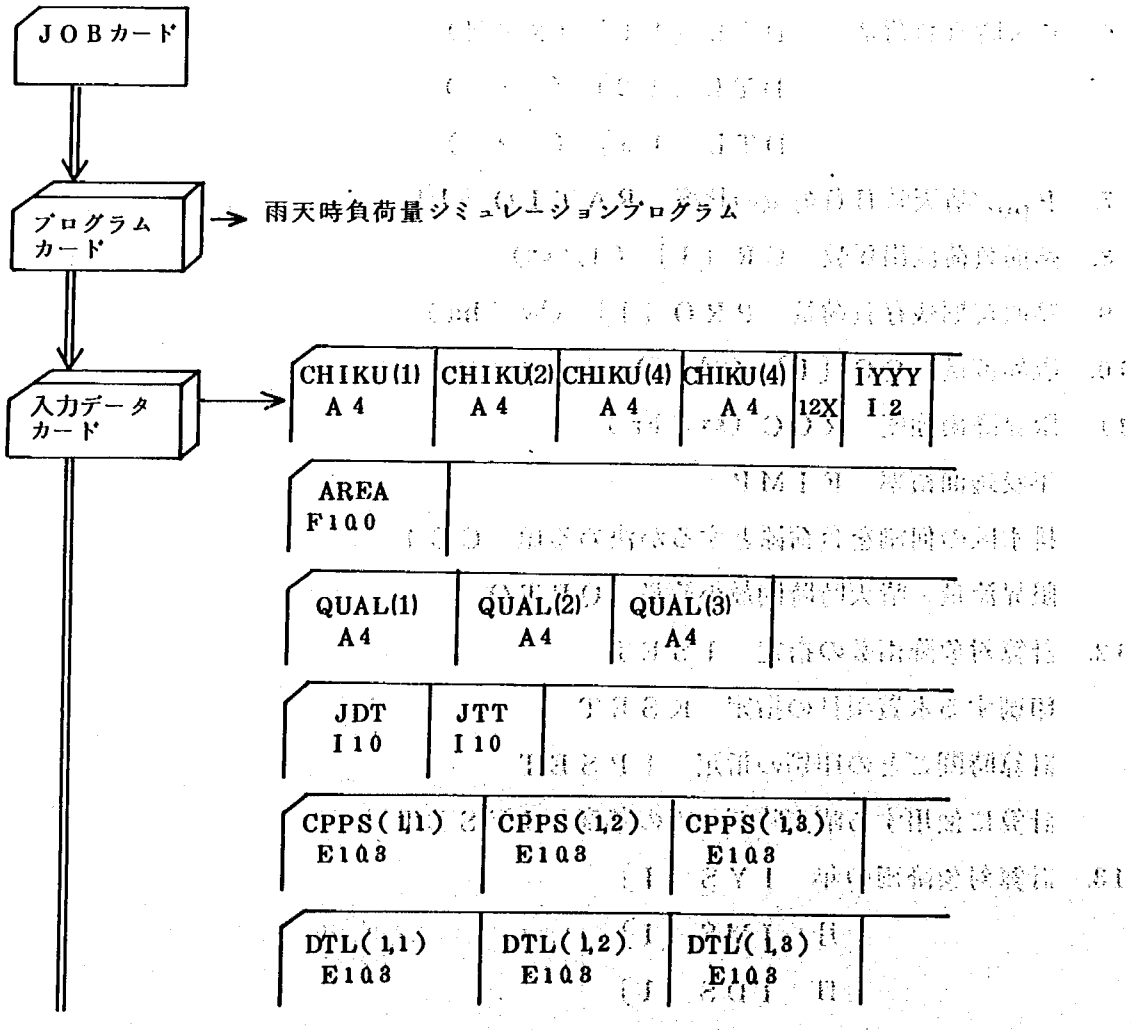
濃度　DB or WB〔1, I〕（mg／ℓ）BOD

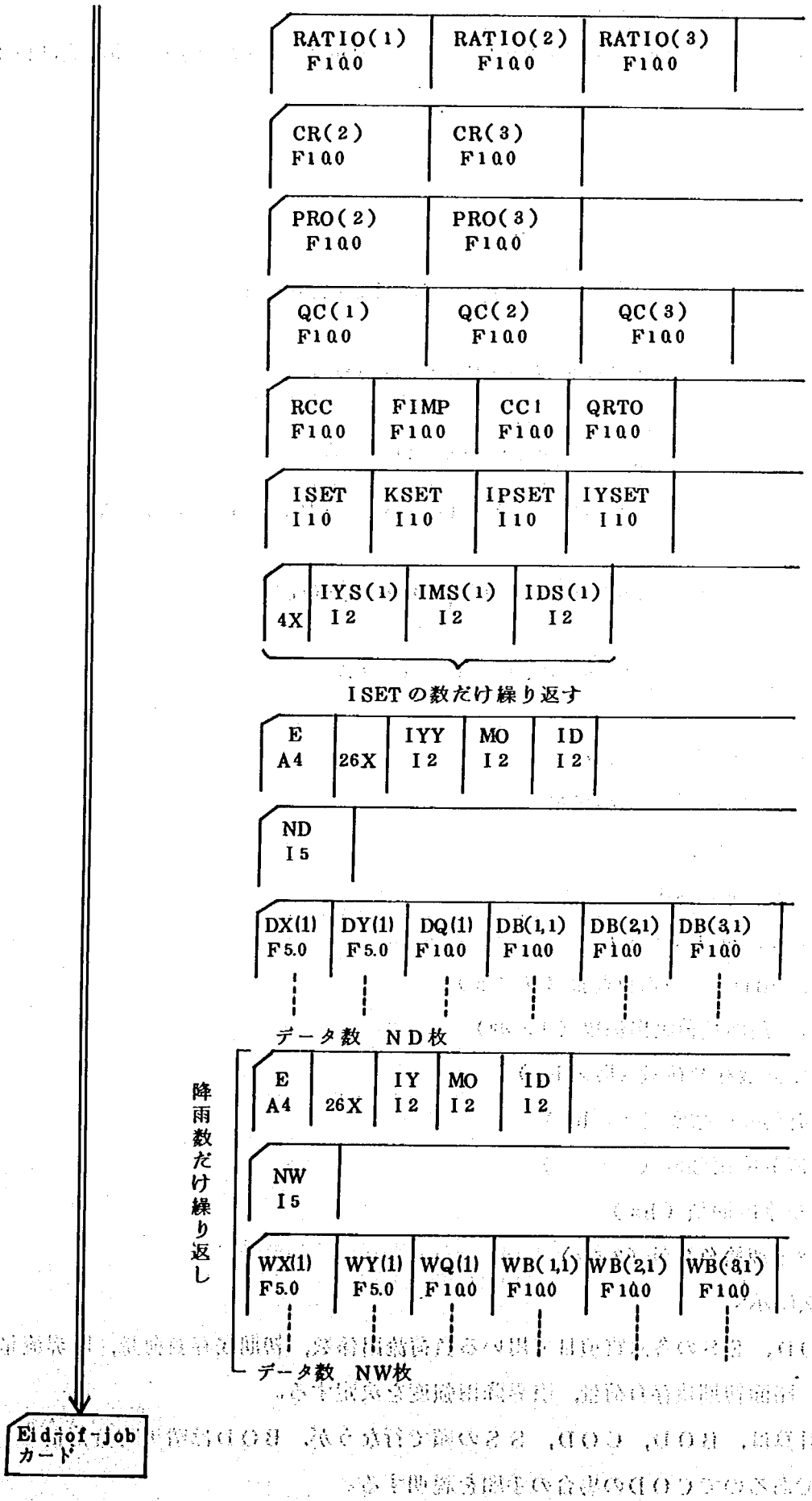
〃　DB or WB〔2, I〕（〃）COD

〃　DB or WB〔3, I〕（〃）SS

D……は晴天時，W……は雨天時データ

3. カード並び




RATIO(1) F10.0
RATIO(2) F10.0
RATIO(3) F10.0
CR(2) F10.0
CR(3) F10.0
PRO(2) F10.0
PRO(3) F10.0
QC(1) F10.0
QC(2) F10.0
QC(3) F10.0
RCC F10.0
FIMP F10.0
CC1 F10.0
QRTO F10.0
ISET I10
KSET I10
IPSET I10
IYSET I10
4X
IYS(1) I2
IMS(1) I2
IDS(1) I2
ISETの数だけ繰り返す
E A4
26X
IYY I2
MO I2
ID I2
ND I5
DX(1) F5.0
DY(1) F5.0
DQ(1) F10.0
DB(1,1) F10.0
DB(2,1) F10.0
DB(3,1) F10.0
データ数 ND枚
降雨数だけ繰り返し
E A4
26X
IY I2
MO I2
ID I2
NW I5
WX(1) F5.0
WY(1) F5.0
WQ(1) F10.0
WB(1,1) F10.0
WB(2,1) F10.0
WB(3,1) F10.0
データ数 NW枚
End of Job カード

4. 雨天時負荷量シミュレーション

ＢＯＤ，ＣＯＤ，ＳＳの各水質項目で用いる流出負荷量モデルの運動式，連続式は以下のとおり，

$$BOD: L = C_1 \cdot P_p^2 \cdot (Q - Qc)$$

$$\frac{dP_p}{dt} = dwf\ \ loading - L$$

$$COD: L = C_2 \cdot P_p^2 \cdot (Q - Qc) + 1/3.6 \cdot K_1 \cdot P_s \cdot (re - rc) \cdot A$$

$$\frac{dP_p}{dt} = dwf\ loading - C_2 \cdot P_p^2 \cdot (Q - Qc)$$

$$\frac{dP_s}{dt} = a_1 - \frac{1}{3.6} \cdot K_1 \cdot P_s \cdot (re - rc) \cdot A$$

$$SS: L = C_3 \cdot P_p \cdot Q \cdot (Q - Qc) + 1/3.6 \cdot K_2 \cdot P_s \cdot (re - rc) \cdot A$$

$$\frac{dP_p}{dt} = dwf\ \ loading - C_3 \cdot P_p \cdot Q \cdot (Q - Qc)$$

$$\frac{dP_s}{dt} = a_2 - \frac{1}{3.6} \cdot K_2 \cdot P_s \cdot (re - rc) \cdot A$$

Ｌ　：流出負荷量（g／ｓ）

C_1，C_2，C_3：負荷流出係数

Ｐｐ：残存負荷量（g）

Ｑ　：流量（m^3／ｓ）

Ｑｃ：限界流量（m^3／ｓ）

ｄｗｆ ｌｏａｄｉｎｇ：汚水負荷量（g／ｓ）

K_1，K_2：路面負荷流出係数（1／mm）

Ｐｓ：路面残存負荷量（Kg／ｈａ）

ｒｅ：有効降雨強度（mm／ｈｒ）

ｒｃ：限界降雨強度（　〃　）

Ａ　：排水区面積（ｈａ）

a_1，a_2：補給負荷量（g／ｓ）

計算手順を次に示す。

ＢＯＤ，ＣＯＤ，ＳＳの各水質項目で用いる負荷流出係数，初期残存負荷量，限界流量，路面負荷流出係数，路面初期残存負荷量，限界降雨強度を決定する。

流出負荷量計算は，ＢＯＤ，ＣＯＤ，ＳＳの順で行なうが，ＢＯＤは晴天時負荷量シミュレーションと同様であるのでＣＯＤの場合の手順を説明する。

最初の時間ステップでの流出負荷量は

$$L_1 = C_2 \times P_{p1}^2 \times (Q_1 - Q_c) + 1/3.6 \times K_1 \times P_{s1} \times (re_1 - rc) \times A$$

P_{p1}：初期残存負荷量（$=P_{po}$,(g)）

P_{s1}：路面初期残存負荷量（$=P_{so}$,(Kg/ha)）

より求める。次に残存負荷量，路面の残存負荷量を求めて行く。i番目の時間ステップでの流出負荷量Liは，

$$L_i = C_2 \times P_{pi-1}^2 \times (Q_i - Q_c) + 1/3.6 \times K_1 \times P_{si-1} \times (re_i - rc) \times A$$

残存負荷量P_{pi}は，

$$P_{pi} = P_{pi-1} - \frac{C_2 \times P_{pi}^2 \times (Q_i - Q_c) + C_2 \times P_{pi-1}^2 \times (Q_{i-1} - Q_c)}{2} \times \Delta t + \text{dwf loading} \times \Delta t$$

Δt：計算時間間隔（秒）

路面残存負荷量P_{si}は，

$$P_{si} = P_{si-1} - \frac{1/3.6 \times A \times \{K_1 \times P_{si} \times (re_i - rc) + K_1 \times P_{si-1} \times (r_{ei-1} - rc)\}}{2} \times \Delta t + a_1 \times \Delta t$$

より計算し，ＣＯＤ，ＳＳと一降雨ごとに同様に計算する。

但し，残存負荷量P_{pi}は$0 \leqq P_{pi} \leqq P_{po}$，路面の残存負荷量$P_{si}$は$0 \leqq P_{si} \leqq P_{so}$の計算範囲である。

5. 出力仕様

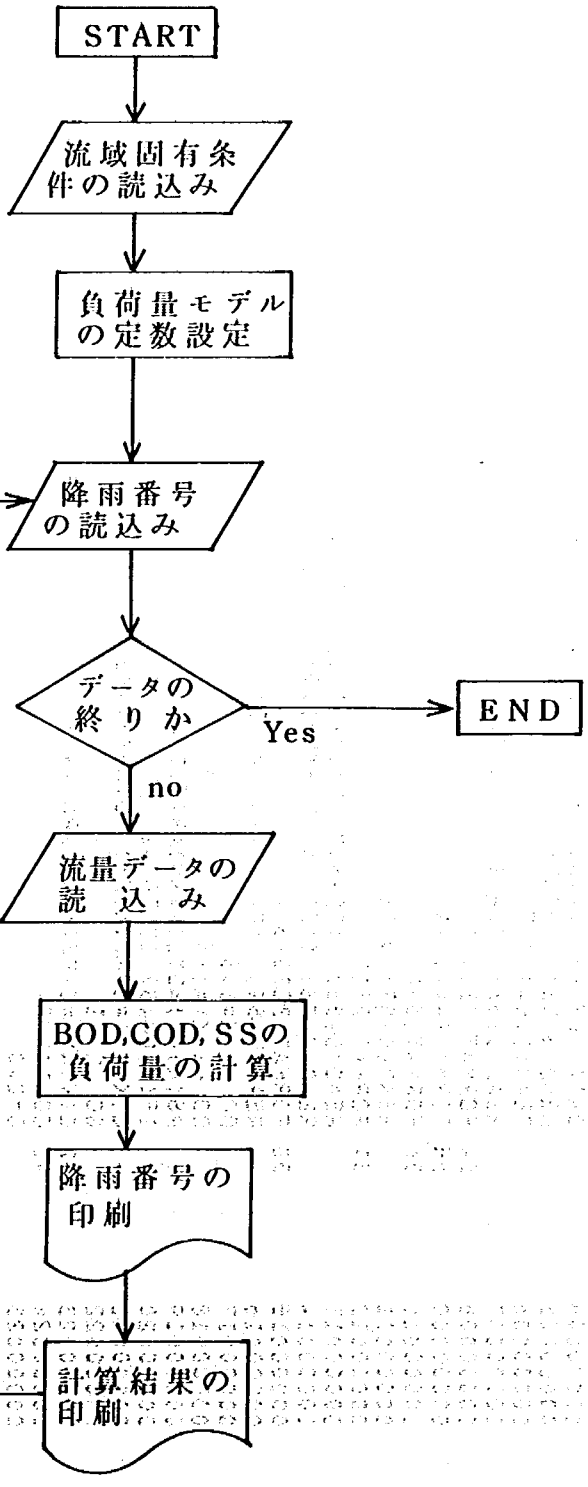
1. 都市名，排水区名
2. 水質項目名
3. 調査日の年月日
4. 〃 の開始時間
5. 〃 時間
6. データ数
7. 負荷流出係数　C
8. 初期残存負荷量　ＰＳ（g）
9. P_{ps}／晴天時日負荷量の比率
10. 限界流量
11. 路面負荷流出係数
12. 〃 初期残存負荷量

13. 限界降雨強度
14. 計算の負荷量　YL（g／s）
15. 〃　濃度　ICONC（mg／ℓ）
16. 残存負荷量　PPP（Kg）
17. 実測の負荷量　XL（g／s）
18. 〃　濃度　ICONC（mg／ℓ）
19. 路面流出負荷量　RUFL（g／s）
20. 実測流出負荷量　TLOAD1（Kg）
21. 計算〃　〃　TLOAD2（Kg）
22. 路面からの計算流出負荷量（Kg）
23. 実測最高水質濃度　BMAX1（mg／ℓ）
24. 計算　〃　BMAX2（〃）
25. 実測平均水質濃度　CONM1（〃）
26. 計算〃　〃　CONM2（〃）

6. 使用方法

晴天時負荷量シミュレーションで求めたC^*, P_{po} を用いて計算を行なう。計算値と実測値を比較するときの主な目安は，ひと雨の総流出負荷量や負荷量ピークの一致の程度などが挙げられる。

7. プログラムの流れ


START
流域固有条件の読込み
負荷量モデルの定数設定
降雨番号の読込み
データの終りか
Yes
END
no
流量データの読込み
BOD,COD,SSの負荷量の計算
降雨番号の印刷
計算結果の印刷

```
CARD      ISN          SOURCE STATEMENT

  1                    C     POLLUTANT LOADING SIMULATION (WET WEATHER)
  2      00000001            DIMENSION XL(200),YL(500),DX(50),DY(50),DQ(50),DB(3,50),
  3                         *          WX(200),WY(200),WQ(200),WB(3,200),DXL(3,50),
  4                         *          AA(100),P(500),RUFL(500),CONC(500),
  5                         *                     WWQ(500),DBB(3,500),DQQ(500),WWB(3,500)
  6      00000002            DIMENSION CHIKU(5),QUAL(5),KMAX(10),QC(3),PS(3,3),C(3,3),PRO(3),
  7                         *       CR(3),IDX(50),IDY(50),IDT(50),IWX(200),IWY(200),
  8                         *     JWT(500),JXT(500),JYT(500),IWT(500),IYS(15),IMS(15),IDS(15)
  9      00000003            DIMENSION CPPS(3,3),DTL(3,3),RATIO(3),DU1(6)
 10      00000004            DATA A0/4HHARE/,A1/4HKOBE/,Z0/1H /,Z1/1H0/,Z2/1H*/,Z3/1H+/
 11      00000005            READ(5,55) (CHIKU(I),I=1,4),IYYY
 12      00000006            READ(5,54) AREA
 13      00000007            READ(5,56) (QUAL(K),K=1,3)
 14      00000008         54 FORMAT(F10.0)
 15      00000009         55 FORMAT(4A4,12X,I2)
 16      00000010         56 FORMAT(3A4)
 17      00000011            READ(5,57) JDT,JTT
 18      00000012         57 FORMAT(2I10)
 19      00000013            READ(5,58) ((CPPS(K,KY),KY=1,3),K=1,3)
 20      00000014            READ(5,58) ((DTL(K,KY),KY=1,3),K=1,3)
 21      00000015         58 FORMAT(3E10.3)
 22      00000016            READ(5,59)  (RATIO(K),K=1,3)
 23      00000017            DO 41 K=1,3
 24      00000018            DO 41 KY=1,3
 25      00000019            PS(K,KY)=DTL(K,KY)*RATIO(K)
 26      00000020            IF(K.EQ.3) GO TO 42
 27      00000021            C(K,KY)=CPPS(K,KY)/PS(K,KY)**2
 28      00000022            GO TO 41
 29      00000023         42 C(K,KY)=CPPS(K,KY)/PS(K,KY)
 30      00000024         41 CONTINUE
 31      00000025            B=2.0
 32      00000026            READ(5,60) (CR(K),K=2,3)
 33      00000027            READ(5,60) (PRO(K),K=2,3)
 34      00000028            READ(5,59) (QC(KY),KY=1,3)
 35      00000029            READ(5,121) RCC,FIMP,CC1,QRTO
 36      00000030            DO 599 KY=1,3
 37      00000031        599 QC(KY)=QRTO*QC(KY)
 38      00000032            READ(5,580)  ISET,KSET,IPSET,IYSET
 39      00000033            IF(ISET)  64,64,65
 40      00000034         65 READ(5,66) (IYS(I),IMS(I),IDS(I),I=1,ISET)
 41      00000035        121 FORMAT(4F10.0)
 42      00000036         59 FORMAT(3F10.0)
 43      00000037         60 FORMAT(2F10.0)
 44      00000038        580 FORMAT(4I10)
 45      00000039         66 FORMAT(8(4X,3I2))
 46      00000040            ISIGN=0
```

```
00000041          64 READ(8,100) E,IYY,MO,ID
00000042             GO TO 4001
00000043        4000 IYY=IY
00000044        4001 READ(8,101) ND
00000045         100 FORMAT(A4,26X,3I2)
00000046         101 FORMAT(I5)
00000047             IF(ISIGN.EQ.1) GO TO 886
00000048             DO 90 I=1,ND
00000049             READ(8,102) DX(I),DY(I),DQ(I),(DB(K,I),K=1,3)
00000050         102 FORMAT(2F5.0,4F10.0)
00000051          90 CONTINUE
00000052             IF(ISIGN.EQ.1)  GO TO 899
00000053             IF(IYY.NE.IYSET)  GO TO 899
00000054             DO 875 I=1,ND
00000055             IDX(I)=INT(DX(I)+0.1)
00000056         875 IDY(I)=INT(DY(I)+0.1)
00000057             IF(ND.EQ.48) GO TO 10
00000058             IF(DQ(ND).LT.0.0) GO TO 10
00000059             DQ(1)=0.5*(DQ(1)+DQ(ND))
00000060             DO 9 K=1,3
00000061             DB(K,1)=0.5*(DB(K,1)+DB(K,ND))
00000062           9 CONTINUE
00000063          10 DO 19 K=1,3
00000064             DO 200 I=1,48
00000065             DXL(K,I)=DQ(I)*DB(K,I)
00000066         200 CONTINUE
00000067          19 CONTINUE
00000068             ISIGN=1
00000069             REWIND 8
00000070             GO TO 64
00000071         777 CONTINUE
00000072             READ(8,100) E,IY,MO,ID
00000073        4100 READ(8,101) NW
00000074             DO 91 I=1,NW
00000075             READ(8,102) WX(I),WY(I),WQ(I),(WB(K,I),K=1,3)
00000076          91 CONTINUE
00000077             IF(ISIGN.NE.1)  GO TO 899
00000078             IF(ISET)  895,895,896
00000079         896 DO 888 I=1,ISET
00000080             IF(IY.EQ.IYS(I).AND.MO.EQ.IMS(I))  GO TO 897
00000081             GO TO 888
00000082         897 IF(ID.EQ.IDS(I))  GO TO 895
00000083         888 CONTINUE
00000084             GO TO 899
00000085         895 DO 876 I=1,NW
00000086             IWX(I)=INT(WX(I)+0.1)
00000087         876 IWY(I)=INT(WY(I)+0.1)
00000088             DO 92 I=1,NW
```

```
 95      00000089          IF(IWX(I)-24)  93,94,94
 96      00000090       94 IWX(I)=IWX(I)-24
 97      00000091       93 CONTINUE
 98      00000092       92 CONTINUE
 99      00000093          DO 96 I=1,ND
100      00000094          IF(IDX(I)-24) 97,98,98
101      00000095       98 IDX(I)=IDX(I)-24
102      00000096       97 CONTINUE
103      00000097       96 CONTINUE
104      00000098          DO 699 J=1,NW
105      00000099          JWT(J)=60*IWX(J)+IWY(J)
106      00000100      699 CONTINUE
107      00000101          DO 444 K=1,3
108      00000102          DO 445 I=1,NW
109      00000103          I3=I
110      00000104          IF(WB(K,I3).GT.0.)  GO TO 455
111      00000105          I1=I3-1
112      00000106      447 IF(WB(K,I3+1).LE.0.)  GO TO 446
113      00000107          I2=I3+1
114      00000108          JWWT=JWT(I)-JWT(I1)
115      00000109          JWTT=JWT(I2)-JWT(I1)
116      00000110          IF(JWTT.GT.0) GO TO 448
117      00000111          JWTT=JWTT+1440
118      00000112      449 IF(JWWT.GT.0) GO TO 448
119      00000113          JWWT=JWWT+1440
120      00000114      448 WB(K,I)=WB(K,I1)+(WB(K,I2)-WB(K,I1))*FLOAT(JWWT)/FLOAT(JWTT)
121      00000115          GO TO 455
122      00000116      446 I3=I3+1
123      00000117          GO TO 447
124      00000118      455 CONTINUE
125      00000119      445 CONTINUE
126      00000120      444 CONTINUE
127                    C     KEISAN NO STEP SU
128      00000121          JL=0
129      00000122          DO 130 I=2,NW
130      00000123          JWX=IWX(I)-IWX(I-1)
131      00000124          JWY=IWY(I)-IWY(I-1)
132      00000125          IF(JWX.GE.0)  GO TO 310
133      00000126          JWX=JWX+24
134      00000127      310 JL=JL+JWX*60+JWY
135      00000128      130 CONTINUE
136      00000129          NNN=JL/JDT
137      00000130          NNN=NNN+1
138      00000131          JXT(1)=IWX(1)
139      00000132          JYT(1)=IWY(1)
140      00000133          DO 400 I=2,NNN
141      00000134          JXT(I)=JXT(1)
142      00000135          JYT(I)=IWY(1)+JDT*(I-1)
```

```
00000136      1200 IF(JYT(I).LT.60)  GO TO 1300
00000137           JYT(I)=JYT(I)-60
00000138           JXT(I)=JXT(I)+1
00000139           GO TO 1200
00000140      1300 IF(JXT(I).LT.24) GO TO 401
00000141           JXT(I)=JXT(I)-24
00000142           GO TO 1300
00000143       401 CONTINUE
00000144       400 CONTINUE
00000145           DO 701 N=1,48
00000146           IDT(N)=60*IDX(N)+IDY(N)
00000147           IF(IDT(N).GT.0)  GO TO 706
00000148           IJJ=N
00000149       706 CONTINUE
00000150       701 CONTINUE
00000151           IDT(49)=IDT(1)
00000152           DQ(49)=DQ(1)
00000153           DO 963 K=1,3
00000154       963 DXL(K,49)=DXL(K,1)
00000155           IF(IPSET.EQ.0) GO TO 590
00000156           WRITE(6,552)
00000157       552 FORMAT(1H1,9X,'I',9X,'N',7X,'IWT',17X,'DQQ',13X,'DBB-BOD',13X,'DBB
                  *-COD',13X,'DBB- SS',18X,'DQ'/)
00000158       590 DO 702 I=1,NNN
00000159           IWT(I)=60*JXT(I)+JYT(I)
00000160           IF(IWT(I).GE.1410)  GO TO 802
00000161           DO 801 N=1,48
00000162           IF(IWT(I).GE.IDT(N).AND.IWT(I).LT.IDT(N+1))  GO TO 803
00000163       801 CONTINUE
00000164       802 N=IJJ-1
00000165       803 DQQ(I)=DQ(N)+(DQ(N+1)-DQ(N))*FLOAT(IWT(I)-IDT(N))/30.
00000166           DO 805 K=1,3
00000167       805 DBB(K,I)=DXL(K,N)+(DXL(K,N+1)-DXL(K,N))*FLOAT(IWT(I)-IDT(N))/30.
00000168           IF(IPSET.EQ.0) GO TO 702
00000169           WRITE(6,553) I,N,IWT(I),DQQ(I),(DBB(K,I),K=1,3),DQ(N)
00000170       553 FORMAT(1H ,3I10,5F20.3)
00000171       702 CONTINUE
00000172           WWQ(1)=WQ(1)
00000173           WWQ(NNN)=WQ(NW)
00000174           DO 720 K=1,3
00000175           WWB(K,1)=WB(K,1)
00000176           WWB(K,NNN)=WB(K,NW)
00000177       720 CONTINUE
00000178           NNNN=NNN-1
00000179           IF(IPSET.EQ.0) GO TO 591
00000180           WRITE(6,554)
00000181       554 FORMAT(1H1,9X,'I',9X,'J',7X,'IWT',7X,'JWT',17X,'WWQ'/)
00000182       591 DO 730 I=2,NNNN
```

```
191      00000183            DO 731 J=1,NW
192      00000184            IF(JWT(J+1)-JWT(J)) 741,741,742
193      00000185         741 JWT(J+1)=JWT(J+1)+1440
194      00000186            IF(IWT(I).GT.720) GO TO 742
195      00000187            IWT(I)=IWT(I)+1440
196      00000188         742 IF(IWT(I).GE.JWT(J).AND.IWT(I).LT.JWT(J+1)) GO TO 732
197      00000189            IF(IWT(I).GE.1440) IWT(I)=IWT(I)-1440
198      00000190            IF(JWT(J+1).GE.1440) JWT(J+1)=JWT(J+1)-1440
199      00000191         731 CONTINUE
200      00000192         732 WWQ(I)=WQ(J)+(WQ(J+1)-WQ(J))*FLOAT(IWT(I)-JWT(J))/FLOAT(JWT(J+1)-J
201                          *WT(J))
202      00000193            DO 715 K=1,3
203      00000194            WWB(K,I)=WB(K,J)+(WB(K,J+1)-WB(K,J))*FLOAT(IWT(I)-JWT(J))/FLOAT(JW
204                          *T(J+1)-JWT(J))
205      00000195         715 CONTINUE
206      00000196            IF(IWT(I).GE.1440) IWT(I)=IWT(I)-1440
207      00000197            IF(JWT(J+1).GE.1440) JWT(J+1)=JWT(J+1)-1440
208      00000198            IF(IPSET.EQ.0) GO TO 730
209      00000199            WRITE(6,555) I,J,IWT(I),JWT(J),WWQ(I)
210      00000200         555 FORMAT(1H ,4I10,F20.3)
211      00000201         730 CONTINUE
212      00000202            DO 1000 K=1,3
213      00000203            IF(KSET.LE.0) GO TO 63
214      00000204            IF(KSET.LE.3) GO TO 551
215      00000205            IF(KSET-3.EQ.K) GO TO 1000
216      00000206            GO TO 63
217      00000207         551 IF(K.EQ.KSET) GO TO 63
218      00000208            GO TO 1000
219      00000209          63 KJ=IYY-IYYY+1
220      00000210            WABQ=WWQ(I)-QC(KJ)
221      00000211            IF(WABQ.LE.0.) WABQ=0.0
222      00000212            IF(K.EQ.3) GO TO 999
223      00000213            YL(1)=C(K,KJ)*PS(K,KJ)**B*WABQ
224      00000214            GO TO 998
225      00000215         999 YL(1)=C(K,KJ)*PS(K,KJ)*WWQ(1)*WABQ
226      00000216         998 P(1)=PS(K,KJ)
227      00000217            IF(K.EQ.1) GO TO 1101
228      00000218            RUF=(WWQ(1)-DQQ(1))*360./AREA
229      00000219            RA=RUF-RCC
230      00000220            IF(RA.GT.0.0) GO TO 231
231      00000221            RA=0.0
232      00000222          231 RLO=PRO(K)
233      00000223            RUFL(1)=RLO*CR(K)*RA*AREA*FIMP/CC1/3.6
234      00000224            YL(1)=YL(1)+RUFL(1)
235      00000225            TRUFL=RUFL(1)*FLOAT(JTT)/1000.
236      00000226         1101 CONC(1)=YL(1)/WWQ(1)
237      00000227            TWQ1=DQQ(1)*FLOAT(JTT)
238      00000228            TWQ2=WWQ(1)*FLOAT(JTT)
```

```
      00000229          BMAX1=WB(K,1)
      00000230          BMAX2=YL(1)/WWQ(1)
      00000231          TLOAD1=WWB(K,1)*WWQ(1)*FLOAT(JTT)
      00000232          TLOAD2=YL(1)*FLOAT(JTT)
      00000233          FMAX=YL(1)
      00000234          DO 2000 I=2,NNN
      00000235          KKK=1
      00000236          DDBB=(DBB(K,I)+DBB(K,I-1))/2.
      00000237          IF(K.EQ.1) GO TO 207
      00000238          YL(I-1)=YL(I-1)-RUFL(I-1)
      00000239      207 P1=P(I-1)+(DDBB-YL(I-1))*FLOAT(JTT)
      00000240          IF(P1.LE.0.0) P1=0.1E-5
      00000241          WABQ=WWQ(I)-QC(KJ)
      00000242          IF(WABQ.LE.0.) WABQ=0.0
      00000243          IF(K.EQ.3) GO TO 151
      00000244      201 Y1=C(K,KJ)*P1**B*WABQ
      00000245          P2=P(I-1)+(DDBB-(YL(I-1)+Y1)/2.0)*FLOAT(JTT)
      00000246          IF(P2.LE.0.0) P2=0.1E-5
      00000247          Y2=C(K,KJ)*P2**B*WABQ
      00000248          KKK=KKK+1
      00000249          IF(ABS(Y1-Y2).LT.0.01) GO TO 503
      00000250          IF(KKK.GT.10) GO TO 503
      00000251          P1=P(I-1)+(DDBB-(YL(I-1)+Y2)/2.0)*FLOAT(JTT)
      00000252          IF(P1.LE.0.0) P1=0.1E-5
      00000253          GO TO 201
      00000254      151 Y1=C(K,KJ)*P1*WWQ(I)*WABQ
      00000255          P2=P(I-1)+(DDBB-(YL(I-1)+Y1)/2.0)*FLOAT(JTT)
      00000256          IF(P2.LE.0.0) P2=0.1E-5
      00000257          Y2=C(K,KJ)*P2*WWQ(I)*WABQ
      00000258          KKK=KKK+1
      00000259          IF(ABS(Y1-Y2).LT.0.01) GO TO 503
      00000260          IF(KKK.GT.10) GO TO 503
      00000261          P1=P(I-1)+(DDBB-(YL(I-1)+Y2)/2.0)*FLOAT(JTT)
      00000262          IF(P1.LE.0.0) P1=0.1E-5
      00000263          GO TO 151
      00000264      503 CONTINUE
      00000265          YL(I)=0.5*(Y1+Y2)
      00000266          P(I)=P(I-1)+(DDBB-(YL(I-1)+YL(I))/2.)*FLOAT(JTT)
      00000267          IF(K.EQ.1) GO TO 3
      00000268          CALL ROADL(CR,PRO,AREA,DQQ,WWQ,K,I,JTT,RUFL,RLO,FIMP,CC1,RCC)
      00000269          YL(I-1)=YL(I-1)+RUFL(I-1)
      00000270          YL(I)=YL(I)+RUFL(I)
      00000271          TRUFL=TRUFL+RUFL(I)*FLOAT(JTT)/1000.
      00000272        3 TWQ1=TWQ1+DQQ(I)*FLOAT(JTT)
      00000273          TWQ2=TWQ2+WWQ(I)*FLOAT(JTT)
      00000274          CONC(I)=YL(I)/WWQ(I)
      00000275          TLOAD1=TLOAD1+WWQ(I)*WWB(K,I)*FLOAT(JTT)
```

```
      00000276          TLOAD2=TLOAD2+YL(I)*FLOAT(JTT)
      00000277          IF(CONC(I).LE.BMAX2) GO TO 11
      00000278          BMAX2=CONC(I)
      00000279       11 XXL=WWQ(I)*WWB(K,I)
      00000280          IF(WWB(K,I).LE.BMAX1) GO TO 12
      00000281          BMAX1=WWB(K,I)
      00000282       12 IF(FMAX.GE.YL(I)) GO TO 13
      00000283          FMAX=YL(I)
      00000284       13 IF(FMAX.GE.XXL) GO TO 14
      00000285          FMAX=XXL
      00000286       14 CONTINUE
      00000287     2000 CONTINUE
      00000288          CONM1=TLOAD1/TWQ2
      00000289          CONM=TLOAD2/TWQ2
      00000290          TWF=0.1*(TWQ2-TWQ1)/AREA
      00000291          JKL=IFIX(FMAX/8.0)+1
      00000292          TJK=FLOAT(JKL)*0.1
      00000293          DO 665 IJ=1,8
      00000294      665 KMAX(IJ)=IJ*JKL
      00000295          TMK=PS(K,KJ)/40.0/1000.
      00000296          WRITE(6,666) (CHIKU(JJ),JJ=1,4)
      00000297      666 FORMAT(1H1,20X,4A4,'HAISUIKU'/)
      00000298          WRITE(6,667) QUAL(K)
      00000299      667 FORMAT(1H ,20X,A4,'SIMULATION(WET WEATHER)'/)
      00000300          WRITE(6,668) IY,MO,ID,IWX(1),IWY(1),JL,NNN
      00000301      668 FORMAT(1H ,20X,3(I2,'/'),3X,I3,':',I2,I10,'(MIN)',3X,I5)
      00000302          WRITE(6,669) C(K,KJ),PS(K,KJ),RATIO(K),QC(KJ)
      00000303          IF(K.EQ.1) GO TO 670
      00000304          WRITE(6,671) CR(K),PRO(K),RCC
      00000305      669 FORMAT(1H ,20X,'C=',E10.3,'  PS=',E10.3,' (NICHIFUKA NO',F4.1,' BA
                       *I)   QC=',F5.3//)
      00000306      671 FORMAT(1H ,20X,'CR=',F10.3,' 1/MM   PRO=',F10.3,' KG/HA   RC=',
                       *      F5.1,' MM/HR'//)
      00000307      670 WRITE(6,672)
      00000308          WRITE(6,673)(KMAX(IJ),IJ=1,8)
      00000309          WRITE(6,674)
      00000310      672 FORMAT(1H ,10X,'JISSOKUTI',5X,'KEISANTI ',5X,'ZANZON',30X,'LOAD *
                       *& 0 ,ZANZONFUKA +')
      00000311      673 FORMAT(1H ,'JI :MIN   LOAD   CON.   LOAD   CON.  FUKARYO  0',
                       *      8I10)
      00000312      674 FORMAT(1H ,10X,'(G/S) (MG/L)  (G/S) (MG/L)    (KG)',2X,'I',8(9X,'I
                       *'))
      00000313          DO 3000 I=1,NNN
      00000314          PPP=P(I)/1000.
      00000315          DO 300 LL=1,80
      00000316          AL=1.0+TJK*FLOAT(LL-1)
      00000317          BL=1.0+TJK*FLOAT(LL)
      00000318          IF(YL(I).LT.AL) GO TO 7000
```

```
      00000319           IF(YL(I).GE.AL.AND.YL(I).LT.BL) GO TO 7000
      00000320       300 CONTINUE
      00000321      7000 DO 301 LK=1,80
      00000322       301 AA(LK)=Z0
      00000323           AA(LL)=Z2
      00000324           ICONC=INT(CONC(I)+0.5)
      00000325           WRITE(6,169) JXT(I),JYT(I),YL(I),ICONC,PPP,
                        *             (AA(IJK),IJK=1,80)
      00000326       169 FORMAT(1H ,I3,':',I2,15X,F8.2,I6,F9.2,'  I',80A1)
      00000327           DO 369 JLL=1,NW
      00000328           WYZ=FLOAT(IWY(JLL))/FLOAT(JDT)-FLOAT(IWY(JLL)/JDT)
      00000329           IF(WYZ) 367,368,367
      00000330       368 CONTINUE
      00000331       369 CONTINUE
      00000332           DO 290 LLL=1,NW
      00000333           IF(IWX(LLL).EQ.JXT(I).AND.IWY(LLL).EQ.JYT(I)) GO TO 202
      00000334       290 CONTINUE
      00000335           GO TO 209
      00000336       202 XL(I)=WQ(LLL)*WB(K,LLL)
      00000337           GO TO 371
      00000338       367 XL(I)=WWQ(I)*WWB(K,I)
      00000339       371 DO 302 LL=1,80
      00000340           AL=1.0+TJK*FLOAT(LL-1)
      00000341           BL=1.0+TJK*FLOAT(LL)
      00000342           IF(XL(I).LT.AL) GO TO 7001
      00000343           IF(XL(I).GE.AL.AND.XL(I).LT.BL) GO TO 7001
      00000344       302 CONTINUE
      00000345      7001 DO 303 LK=1,80
      00000346       303 AA(LK)=Z0
      00000347           AA(LL)=Z1
      00000348           ICONC=INT(WWB(K,I)+0.5)
      00000349           WRITE(6,170) XL(I),ICONC,(AA(IJK),IJK=1,80)
      00000350       170 FORMAT(1H+,7X,F8.2,I6,27X,80A1)
      00000351       209 CONTINUE
      00000352           DO 304 LL=1,80
      00000353           CL=1.0+TMK*FLOAT(LL-1)
      00000354           DL=1.0+TMK*FLOAT(LL)
      00000355           IF(PPP.LT.CL) GO TO 7002
      00000356           IF(PPP.GE.CL.AND.PPP.LT.DL) GO TO 7002
      00000357       304 CONTINUE
      00000358      7002 DO 305 LK=1,80
      00000359       305 AA(LK)=Z0
      00000360           AA(LL)=Z3
      00000361           IF(K.NE.1) GO TO 595
      00000362           WRITE(6,171) (AA(IJK),IJK=1,80)
      00000363       171 FORMAT(1H+,48X,80A1)
      00000364           GO TO 3000
      00000365       595 WRITE(6,596) (AA(IJK),IJK=1,80),RUFL(I)
```

```
00000366       596 FORMAT(1H+,46X,80A1,F6.1)
00000367      3000 CONTINUE
00000368           WRITE(6,179)
00000369           WRITE(6,180)
00000370           TLOAD1=TLOAD1/1000.
00000371           TLOAD2=TLOAD2/1000.
00000372           WRITE(6,178) TLOAD1,BMAX1,CONM1
00000373           IF(K.EQ.1) TRUFL=0.
00000374           WRITE(6,188) TLOAD2,TRUFL,BMAX2,CONM
00000375           WRITE(6,181) TWF
00000376       179 FORMAT(1H ,125('-')//)
00000377       180 FORMAT(1H ,30X,'TLOAD(KG)',20X,'CON.MAX(MG/L)',5X,'CON.MEAN(MG/L)'
                  *)
00000378       178 FORMAT(1H ,15X,'JISSOKU',F15.3,15X,2F15.1)
00000379       188 FORMAT(1H ,15X,'KEISAN ',F15.3,' (',F10.3,' ) ',2F15.1)
00000380       181 FORMAT(1H ,15X,'WWF-DWF=',F14.3,'(MM)')
00000381           GO TO 332
00000382       333 WRITE(6,965) I,KKK,P(I-1),DDBB,YL(I-1)
00000383       965 FORMAT(1H ,2I5,F10.0,2F10.3)
00000384       332 CONTINUE
00000385      1000 CONTINUE
00000386       899 READ(8,100,END=4200) E,IY,MO,ID
00000387           IF(E.EQ.A0) GO TO 4000
00000388           GO TO 4100
00000389       886 DO 887 I=1,ND
00000390       887 READ(8,102) (DU1(JK),JK=1,6)
00000391           GO TO 899
00000392      4200 STOP
00000393           END
```

滞水池システムの効果

1. 目　　的

既存の下水道システムに滞水池を取り入れた場合の汚濁負荷量の削減効果の検討を行なう。

2. 入力仕様

1. 都市名，排水区名　ＣＨＩＫＵ〔Ｉ〕
2. 水質項目名　ＱＵＡＬ〔Ｉ〕（ＢＯＤ，ＣＯＤ）
3. 排水区面積　Ａ（Km^2）

   計算時間間隔　ＪＤＴ（分），ＪＴＴ（秒）

   晴天時時間最大流量　ＤＱＭＡＸ（m^3／ｓ）

   計算対象降雨数　ＮＬＡＳＴ
4. 滞水池容量　ＶＤＳ〔Ｉ〕（mm）
5. 滞水池流入開始流量／晴天時時間最大流量　ＲＱＳ〔Ｉ〕
6. 遮集管容量／晴天時時間最大流量　ＰＲＱ〔Ｉ〕
7. 対象降雨の通し番号　ＮＯ

   〃　　年　ＩＹ

   〃　　月　ＭＯ

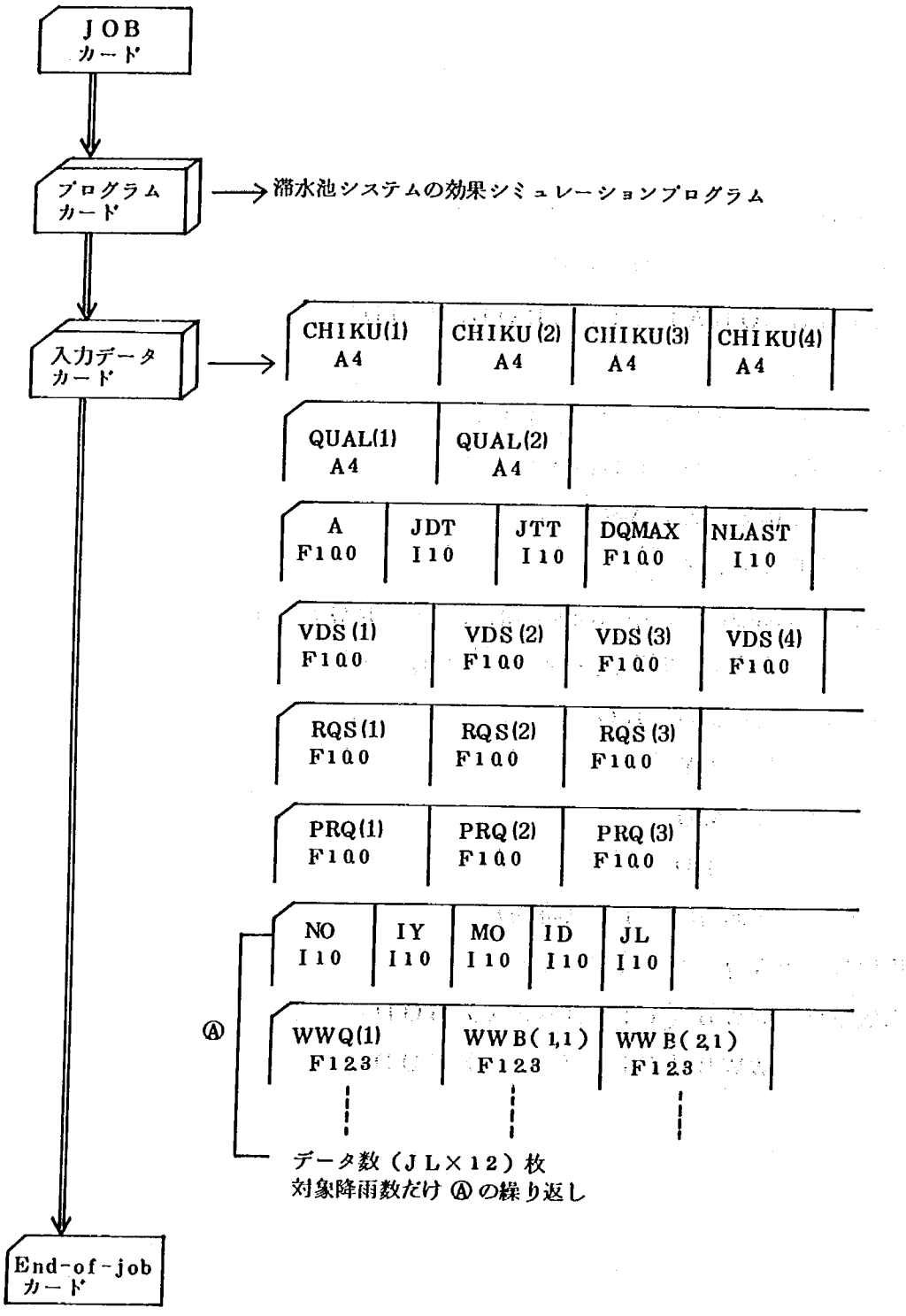
   〃　　日　ＩＤ

   〃　　観測時間　ＪＬ（時間）
8. 流出量　ＷＷＱ〔Ｉ〕（m^3／ｓ）

   水質濃度　ＷＷＢ〔1,Ｉ〕（mg／ℓ）ＢＯＤ

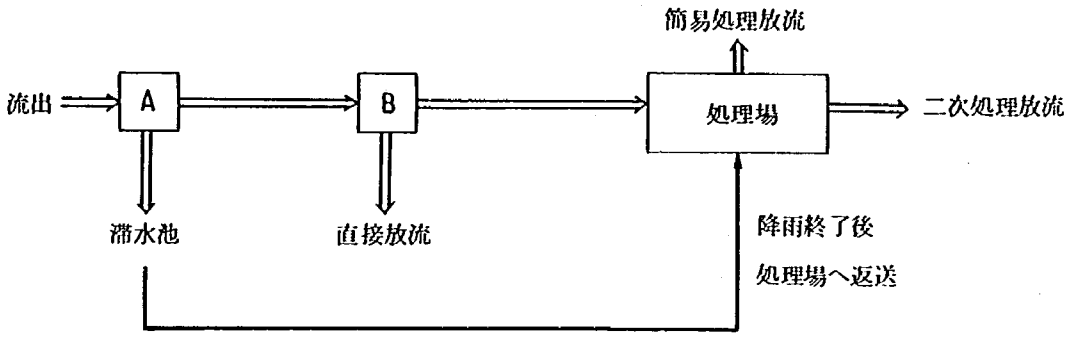
   ＷＷＢ〔2,Ｉ〕（〃）ＣＯＤ

3. カード並び


JOB
カード
プログラム
カード
滞水池システムの効果シミュレーションプログラム
入力データ
カード
CHIKU(1)
A4
CHIKU(2)
A4
CHIKU(3)
A4
CHIKU(4)
A4
QUAL(1)
A4
QUAL(2)
A4
A
F10.0
JDT
I10
JTT
I10
DQMAX
F10.0
NLAST
I10
VDS(1)
F10.0
VDS(2)
F10.0
VDS(3)
F10.0
VDS(4)
F10.0
RQS(1)
F10.0
RQS(2)
F10.0
RQS(3)
F10.0
PRQ(1)
F10.0
PRQ(2)
F10.0
PRQ(3)
F10.0
NO
I10
IY
I10
MO
I10
ID
I10
JL
I10
Ⓐ
WWQ(1)
F12.3
WWB(1,1)
F12.3
WWB(2,1)
F12.3
データ数（JL×12）枚
対象降雨数だけ Ⓐ の繰り返し
End-of-job
カード

4. 滞水池システムの効果シミュレーション

本シミュレーションで想定した滞水池システムは，図－１，図－２に示すとおりである。



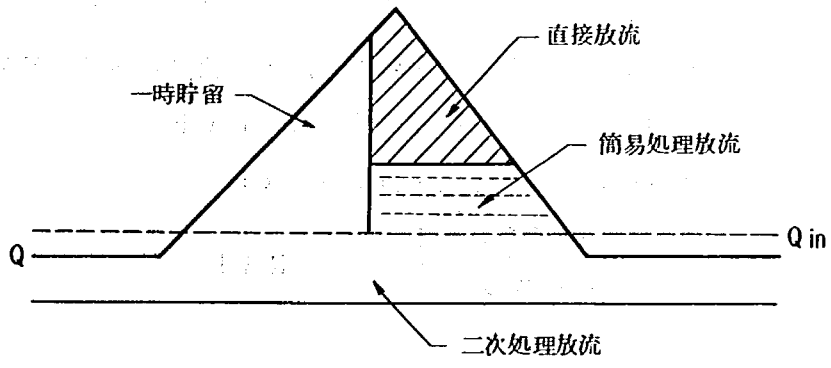
A ： 滞水池流入開始流量（１～３Ｑｉｎ）

B ： 遮集管容量 （１～３Ｑｉｎ）

図－１

図－１に示す経路で一降雨ごとの総発生負荷量を求める。滞水池流入量は，降雨終了後，処理場へ返送して二次処理を行なうシステムとする。

尚，簡易処理，二次処理の処理効率は前もって設定するものとする。



図－２

5. 出 力 仕 様

1. 都市名，排水区名
2. 排水区面積
3. 滞水池容量 ＶＤＳＳ（㎥）
4. 滞水池流入開始流量／晴天時時間最大流量
5. 滞水池流入開始流量 ＱＳＳ（㎥／ｓ）
6. 遮集管容量／晴天時時間最大流量
7. 総発生水量 ＹＴＴＱＱ（㎥）
8. 滞水池総流入水量 ＹＶＩＮＱ（㎥）
9. 直接放流水量 ＹＴＱＯＵＴ（㎥）

10. 簡易処理水量　ＹＱＩＮＦ１（m^3）
11. 二次処理水量　ＹＱＩＮＦ２（m^3）
12. 滞水池流入水量＋二次処理水量　ＹＱＩＮ２２（m^3）
13. 滞水池流入水量／総発生水量　ＲＶＱ
14. 直接放流水量／総発生水量　ＲＤＱ
15. 簡易処理水量／総発生水量　Ｒ１Ｑ
16. 二次処理水量／総発生水量　Ｒ２Ｑ
17. 水質項目名
18. 総発生負荷量　ＹＴＬＯＡＤ（Kg）
19. 滞水池流入負荷量　ＹＶＩＮＬ（Kg）
20. 直接放流負荷量　ＹＴＬＯＵＴ（Kg）
21. 簡易処理放流負荷量　ＹＥＦＦＬ１（Kg）
22. 二次処理放流負荷量　ＹＥＦＦＬ２（Kg）
23. 滞水池システムからの総放流負荷量　ＹＹＬＯＵＴ（Kg）
24. 滞水池から返送し，二次処理した後の
    放流負荷量＋二次処理放流負荷量　ＹＦＦＬ２２
25. 滞水池から返送し，二次処理した後の放流負荷量　ＹＶＥＦＦ
26. 滞水池流入負荷量／総発生負荷量　ＲＶＬ
27. 直接放流負荷量／総発生負荷量　ＲＤＬ
28. $\dfrac{\text{システムからの総放流負荷量}}{\text{総発生負荷量}}$　ＲＴＬ

6. 使用方法

滞水池への流入開始流量，滞水池容量，遮集管容量を変えて総発生負荷量の削減効果の検討を行なう。

各排水区の年間単位における滞水池システムの効果の検討を行なう場合，次のようなフローに従って実施するとよい。

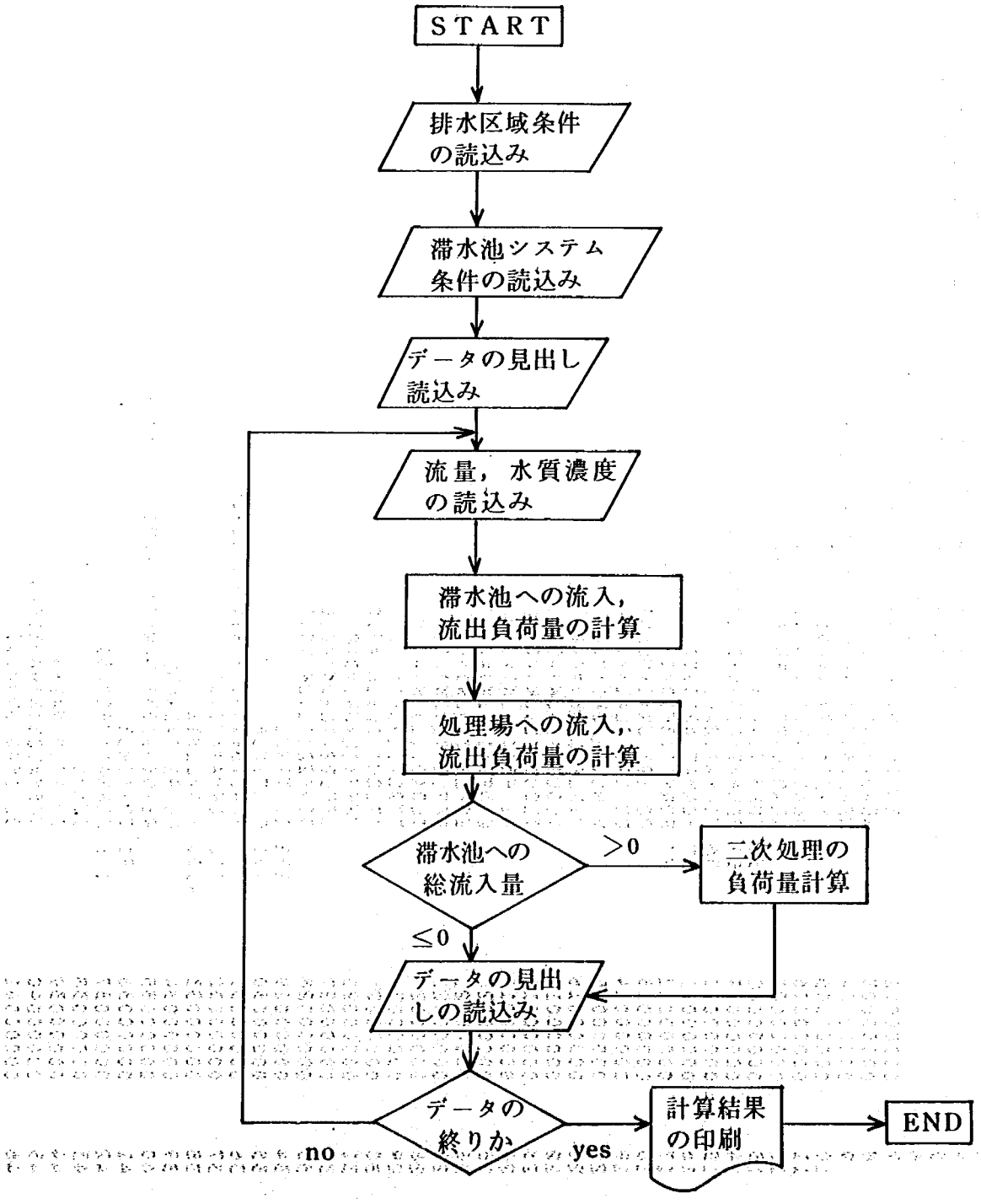
降雨データ
↓
修正ＲＲＬ法（実測データから定数を決定しておく）
流出量データ
↓
流出負荷量モデル（晴天時，雨天時シミュレーションから定数等を決定しておく）
流出量，水質データ
↓

↓

滞水池の効果シミュレーション

尚，データの受け渡しは，前述の修正ＲＲＬ法による流出量計算，雨天時負荷量シミュレーションと滞水池システムの効果の各プログラムを修正されたい。

7. プログラムの流れ



```
CARD      ISN        SOURCE STATEMENT
   1                 C     ANNUAL SIMULATION OF DETENTION STORAGE EFFICIENCY
   2      00000001         DIMENSION VDS(5),WWQ(800),WWB(2,800),CHIKU(5),PRQ(5),RQS(5),
   3                      *          VINQ(36,204),VINL(36,204),TQOUT(36,204),TLOUT(36,204),
   4                      *          QINF1(36,204),QINF2(36,204),EFFL1(36,204),EFFL2(36,204),
   5                      *          TLOAD(36,204),TTQQ(36,204),TTLOUT(36,204),QINF22(36,204)
   6                      *         ,VEFF(36,204),EFFL22(36,204),QUAL(2)
   7      00000002         READ(5,55) (CHIKU(I),I=1,4)
   8      00000003         READ(5,56) (QUAL(K),K=1,2)
   9      00000004         READ(5,54) A,JDT,JTT,DQMAX,NLAST
  10      00000005         READ(5,57) (VDS(N),N=1,4)
  11      00000006         READ(5,77) (RQS(L),L=1,3)
  12      00000007         READ(5,77) (PRQ(J),J=1,3)
  13      00000008      55 FORMAT(4A4)
  14      00000009      54 FORMAT(F10.0,2I10,F10.0,I10)
  15      00000010      56 FORMAT(2A4)
  16      00000011      57 FORMAT(4F10.0)
  17      00000012      77 FORMAT(3F10.0)
  18      00000013         DO 191 JK=1,NLAST
  19      00000014         DO 192 IL=1,40
  20      00000015         VINQ(IL,JK)=0.0
  21      00000016         VINL(IL,JK)=0.0
  22      00000017         TQOUT(IL,JK)=0.0
  23      00000018         TLOUT(IL,JK)=0.0
  24      00000019         QINF1(IL,JK)=0.0
  25      00000020         QINF2(IL,JK)=0.0
  26      00000021         EFFL1(IL,JK)=0.0
  27      00000022         EFFL2(IL,JK)=0.0
  28      00000023         TLOAD(IL,JK)=0.0
  29      00000024         TTQQ(IL,JK)=0.0
  30      00000025         TTLOUT(IL,JK)=0.0
  31      00000026         VEFF(IL,JK)=0.0
  32      00000027         EFFL22(IL,JK)=0.0
  33      00000028         QINF22(IL,JK)=0.0
  34      00000029      192 CONTINUE
  35      00000030      191 CONTINUE
  36      00000031         READ(8,100) NO,IY,MO,ID,JL
  37      00000032      100 FORMAT(5I10)
  38      00000033     4100 NNN=JL*12
  39      00000034         DO 91 I=1,NNN
  40      00000035         READ(8,103) WWQ(I),(WWB(K,I),K=1,2)
  41      00000036       91 CONTINUE
  42      00000037      103 FORMAT(3F12.3)
  43      00000038         IJK=0
  44      00000039         DO 1000 N=1,4
  45      00000040         VDSS=VDS(N)*A*1000.
  46      00000041         DO 1500 JNN=1,3
```

```
47      00000042            RP=PRQ(JNN)
48      00000043            DO 2000 L=1,3
49      00000044            QSS=RQS(L)*DQMAX
50      00000045            IF(RQS(L).EQ.1.) GO TO 1900
51      00000046            IF(RQS(L).EQ.RP) GO TO 1900
52      00000047            GO TO 2000
53      00000048      1900  DO 3000 K=1,2
54      00000049            IJK=IJK+1
55      00000050            DO 1100 I=1,NNN
56      00000051            FINL1=0.0
57      00000052            FINL2=0.0
58      00000053            TLOAD(IJK,NO)=TLOAD(IJK,NO)+WWQ(I)*WWB(K,I)*FLOAT(JTT)/1000.
59      00000054            TTQQ(IJK,NO)=TTQQ(IJK,NO)+WWQ(I)*FLOAT(JTT)
60      00000055            CALL SESYS1(WWQ,QSS,VINQ,JTT,VDSS,VINL,WWB,DQMAX,TQOUT,TLOUT,QINF1
61                         *,QINF2,FINL1,FINL2,K,I,RP,IJK,NO)
62      00000056            CALL TREAT(WWB,FINL1,FINL2,EFFL1,EFFL2,K,I,IJK,NO)
63      00000057      1100  CONTINUE
64      00000058            IF(VINQ(IJK,NO).LE.0.0) GO TO 165
65      00000059            CDS=VINL(IJK,NO)*1000./VINQ(IJK,NO)
66      00000060            CALL TREAT2(CDS,VINL,VEFF,K,IJK,NO)
67      00000061            GO TO 166
68      00000062       165  VEFF(IJK,NO)=0.0
69      00000063       166  QINF22(IJK,NO)=QINF2(IJK,NO)+VINQ(IJK,NO)
70      00000064            EFFL22(IJK,NO)=EFFL2(IJK,NO)+VEFF(IJK,NO)
71      00000065            TTLOUT(IJK,NO)=TLOUT(IJK,NO)+EFFL1(IJK,NO)+EFFL22(IJK,NO)
72      00000066      3000  CONTINUE
73      00000067            IF(VDS(N).EQ.0.) GO TO 1500
74      00000068      2000  CONTINUE
75      00000069      1500  CONTINUE
76      00000070      1000  CONTINUE
77      00000071            READ(8,100,END=4200) NO,IY,MO,ID,JL
78      00000072            GO TO 4100
79      00000073      4200  IJK=0
80      00000074            DO 5000 N=1,4
81      00000075            VDSS=VDS(N)*A*1000.
82      00000076            DO 5100 M=1,3
83      00000077            RP=PRQ(M)
84      00000078            DO 5200 L=1,3
85      00000079            QSS=RQS(L)*DQMAX
86      00000080            IF(RQS(L).EQ.1.0) GO TO 900
87      00000081            IF(RQS(L).EQ.PRQ(M)) GO TO 900
88      00000082            GO TO 5200
89      00000083       900  DO 5400 K=1,2
90      00000084            IJK=IJK+1
91      00000085            YVINQ=0.0
92      00000086            YVINL=0.0
93      00000087            YTQOUT=0.0
94      00000088            YTLOUT=0.0
```

```
 95      00000089            YQINF1=0.0
 96      00000090            YQINF2=0.0
 97      00000091            YEFFL1=0.0
 98      00000092            YEFFL2=0.0
 99      00000093            YTLOAD=0.0
100      00000094            YTTQQ=0.0
101      00000095            YYLOUT=0.0
102      00000096            YQIN22=0.0
103      00000097            YFFL22=0.0
104      00000098            YVEFF=0.0
105      00000099            DO 5500 NO=1,NLAST
106      00000100            YVINQ=YVINQ+VINQ(IJK,NO)
107      00000101            YVINL=YVINL+VINL(IJK,NO)
108      00000102            YTQOUT=YTQOUT+TQOUT(IJK,NO)
109      00000103            YTLOUT=YTLOUT+TLOUT(IJK,NO)
110      00000104            YQINF1=YQINF1+QINF1(IJK,NO)
111      00000105            YQINF2=YQINF2+QINF2(IJK,NO)
112      00000106            YEFFL1=YEFFL1+EFFL1(IJK,NO)
113      00000107            YEFFL2=YEFFL2+EFFL2(IJK,NO)
114      00000108            YTLOAD=YTLOAD+TLOAD(IJK,NO)
115      00000109            YTTQQ=YTTQQ+TTQQ(IJK,NO)
116      00000110            YYLOUT=YYLOUT+TTLOUT(IJK,NO)
117      00000111            YQIN22=YQIN22+QINF22(IJK,NO)
118      00000112            YFFL22=YFFL22+EFFL22(IJK,NO)
119      00000113            YVEFF=YVEFF+VEFF(IJK,NO)
120      00000114      5500  CONTINUE
121      00000115            RVQ=YVINQ/YTTQQ
122      00000116            RDQ=YTQOUT/YTTQQ
123      00000117            R1Q=YQINF1/YTTQQ
124      00000118            R2Q=YQINF2/YTTQQ
125      00000119            RVL=YVINL/YTLOAD
126      00000120            RDL=YTLOUT/YTLOAD
127      00000121            RTL=YYLOUT/YTLOAD
128      00000122            IF(K.GT.1) GO TO 777
129      00000123            IF(MOD(IJK,3).NE.1) GO TO 891
130      00000124            WRITE(6,666) (CHIKU(J),J=1,4),A
131      00000125       666  FORMAT(1H1,20X,4A4,'HAISUIKU (',F6.4,'KM**2 )'/)
132      00000126       891  WRITE(6,668) VDS(N),VDSS
133      00000127            WRITE(6,669) RQS(L),QSS,RP
134      00000128       668  FORMAT(1H ,20X,'VOLUME OF D.S.',F10.1,'MM  (',F15.0,'M**3  )')
135      00000129       669  FORMAT(1H ,20X,'RYUNYU KAISI RYURYO',F5.1,'*MAX OF DWF (',F6.3,'M*
                             **3/SEC.)',3X,'SYASYUNOURYOKU',F4.1,'*MAX OF DWF'/)
136
137      00000130            WRITE(6,670)
138      00000131            WRITE(6,671)
139      00000132       670  FORMAT(1H ,3X,'     ',7X,'HASSEI',9X,'INFLOW',9X,'DIRECT',10X,'1ST
                             *',12X,'2ND',11X,'TOTAL')
140
141      00000133       671  FORMAT(1H ,16X,'FUKA',10X,'TO D.S.',7X,'DISCHARGE',5X,2('TREATMENT
                             *',6X))
142
```

```
      00000134           WRITE(6,672) YTTQQ,YVINQ,YTQOUT,YQINF1,YQINF2,YQIN22
      00000135           WRITE(6,673) RVQ,RDQ,R1Q,R2Q
      00000136           WRITE(6,889)
      00000137       889 FORMAT(1H ,3X,'QUAL.')
      00000138       777 WRITE(6,674) QUAL(K),YTLOAD,YVINL,YTLOUT,YEFFL1,YEFFL2,YYLOUT,
                        *YFFL22,YVEFF
      00000139           WRITE(6,675) RVL,RDL,RTL
      00000140       672 FORMAT(1H ,4X,' Q ',5F15.3,20X,F10.2,12X,'(M**3)')
      00000141       673 FORMAT(1H ,22X,4(6X,'(',F6.3,' )'))
      00000142       674 FORMAT(1H ,3X,A4,6F15.3,5X,2F10.2,4X,'(KG)')
      00000143       675 FORMAT(1H ,22X,2(6X,'(',F6.3,' )'),36X,'(',F6.3,' )'/)
      00000144      5400 CONTINUE
      00000145           IF(VDSS.EQ.0.) GO TO 5100
      00000146      5200 CONTINUE
      00000147      5100 CONTINUE
      00000148      5000 CONTINUE
      00000149           STOP
      00000150           END
      00000001           SUBROUTINE SESYS1(WQ,QS,VINQ,JTT,VDS,VINL,WB,QX,TQOUT,TLOUT,QF1,QF
                        *2,FINL1,FINL2,K,I,RP,IJK,NO)
      00000002           DIMENSIONVINQ(36,204),VINL(36,204),TQOUT(36,204),TLOUT(36,204)
      00000003           DIMENSION QF1(36,204),QF2(36,204)
      00000004           DIMENSION WQ(800),WB(2,800)
      00000005           TTT=FLOAT(JTT)
      00000006           WWQ=WQ(I)-QS
      00000007           IF(WWQ) 3,3,4
      00000008         4 VINQ(IJK,NO)=VINQ(IJK,NO)+WWQ*TTT
      00000009           VVV=VINQ(IJK,NO)-VDS
      00000010           IF(VVV) 5,6,6
      00000011         5 VINL(IJK,NO)=VINL(IJK,NO)+WWQ*WB(K,I)*TTT*0.001
      00000012           FINL2=WB(K,I)*QX*TTT*0.001
      00000013           FINL1=WB(K,I)*(QS-QX)*TTT*0.001
      00000014           QF2(IJK,NO)=QF2(IJK,NO)+QX*TTT
      00000015           QF1(IJK,NO)=QF1(IJK,NO)+(QS-QX)*TTT
      00000016           GO TO 99
      00000017         6 VINL(IJK,NO)=VINL(IJK,NO)+(WWQ*TTT-VVV)*WB(K,I)*0.001
      00000018           VINQ(IJK,NO)=VDS
      00000019           QQQ=WQ(I)-RP*QX
      00000020           IF(QQQ) 7,7,8
      00000021         8 TQOUT(IJK,NO)=TQOUT(IJK,NO)+QQQ*VVV/WWQ
      00000022           TLOUT(IJK,NO)=TLOUT(IJK,NO)+QQQ*WB(K,I)*VVV/WWQ*0.001
      00000023           FINL2=WB(K,I)*QX*TTT*0.001
      00000024           QFF1=(RP*QX-QS)*VVV/WWQ+(QS-QX)*TTT
      00000025           FINL1=QFF1*WB(K,I)*0.001
      00000026           QF1(IJK,NO)=QF1(IJK,NO)+QFF1
```

```
188  00000027          QF2(IJK,NO)=QF2(IJK,NO)+QX*TTT
189  00000028          GO TO 99
190  00000029        7 QFF1=(WQ(I)-QS)*VVV/WWQ+(QS-QX)*TTT
191  00000030          FINL1=QFF1*WB(K,I)*0.001
192  00000031          QF1(IJK,NO)=QF1(IJK,NO)+QFF1
193  00000032          FINL2=WB(K,I)*QX*TTT*0.001
194  00000033          QF2(IJK,NO)=QF2(IJK,NO)+QX*TTT
195  00000034          GO TO 99
196  00000035        3 IF(WQ(I)-QX) 9,10,10
197  00000036        9 FINL2=WB(K,I)*WQ(I)*TTT*0.001
198  00000037          QF2(IJK,NO)=QF2(IJK,NO)+WQ(I)*TTT
199  00000038          GO TO 99
200  00000039       10 FINL2=WB(K,I)*QX*TTT*0.001
201  00000040          QF2(IJK,NO)=QF2(IJK,NO)+QX*TTT
202  00000041          FINL1=WB(K,I)*(WQ(I)-QX)*TTT*0.001
203  00000042          QF1(IJK,NO)=QF1(IJK,NO)+(WQ(I)-QX)*TTT
204  00000043       99 RETURN
205  00000044          END


206  00000001          SUBROUTINE TREAT(WB,FL1,FL2,EL1,EL2,K,I,J,M)
207  00000002          DIMENSION WB(2,800)
208  00000003          DIMENSION EL1(36,204),EL2(36,204)
209  00000004          IF(K.GT.1) GO TO 20
210  00000005          IF(WB(K,I).LT.100.) GO TO 11
211  00000006          EL1(J,M)=EL1(J,M)+FL1*0.7
212  00000007          EL2(J,M)=EL2(J,M)+FL2*0.1
213  00000008          GO TO 99
214  00000009       11 IF(WB(K,I).LT.40.) GO TO 12
215  00000010          EL1(J,M)=EL1(J,M)+FL1*(1.-0.005*WB(K,I)+0.2)
216  00000011       13 EL2(J,M)=EL2(J,M)+FL2*10./WB(K,I)
217  00000012          GO TO 99
218  00000013       12 EL1(J,M)=EL1(J,M)+FL1
219  00000014          IF(WB(K,I)-10.) 14,13,13
220  00000015       14 EL2(J,M)=EL2(J,M)+FL2
221  00000016          GO TO 99
222  00000017       20 IF(K.EQ.3) GO TO 99
223  00000018          IF(WB(K,I).LT.50.) GO TO 21
224  00000019          EL1(J,M)=EL1(J,M)+FL1*0.7
225  00000020          EL2(J,M)=EL2(J,M)+FL2*0.3
226  00000021          GO TO 99
227  00000022       21 IF(WB(K,I).LT.20.) GO TO 22
228  00000023          EL1(J,M)=EL1(J,M)+FL1*(1.-0.01*WB(K,I)+0.2)
229  00000024       23 EL2(J,M)=EL2(J,M)+FL2*15./WB(K,I)
230  00000025          GO TO 99
231  00000026       22 EL1(J,M)=EL1(J,M)+FL1
232  00000027          IF(WB(K,I)-15.) 24,23,23
```

```
233      00000028          24 EL2(J,M)=EL2(J,M)+FL2
234      00000029          99 RETURN
235      00000030             END
```