

I S S N 0386—5878

土 研 資 料 第1879号

土 木 研 究 所 資 料

水質汚染に関する非特定汚染源の制御プログラム
—都市流出に原因する汚染の制御—

昭和57年11月

建設省土木研究所

河川部 都市河川研究室

Copyright©1982 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。

序

本報告書は1982年3月パリで開催されたOECD内部の会議に提出された最新の資料である。

内容は、現在の晴天時排水ならびに雨天時排水問題を深く理解した上で、都市域における雨水流出にともなう放流水域の水質汚染の回避という目的のために、ともすればなおざりにされてきた雨水問題を晴天時排水に連動させた政策を示唆し、近い将来の非特定汚染源の制御手段を具体的に示し、さらに遠い将来の考え方や管理者側の対応体制などについて言及したものとなっている。

本報告書で目指しているのは、わが国で雨水対策（ボリューム対策）あるいは都市洪水対策と考えられている手法手段（構造的手法）を、真剣な水質汚染対策と考えている点であり、我々にとってその原理は承知していても、応用はまだ先きの話と考えていたものであろう。こうしたズレは、とくにヨーロッパ諸国のように、降雨強度特性がわが国と異なるという事実にもとづくばかりではないようである。たとえば本報告書における滞水池では、「沈澱」による汚染物質除去効果を期待すべきとなっている。こうした場合わが国では、(1)洪水終了後貯留水を、水質の点から見て、放流できるかどうか、(2)汚染物質を含む濃縮された貯留水（とくに底だまり部分）は処理場に返送処理するか、あるいは(3)滞水池の底泥をどう処分するか、の3点を検討することとなる。単に沈澱をのみ期待できない側面がある。また本報告書の中での「通常はドライな湛水池」は、わが国での防災調整池や多目的遊水池的な構造のものと考えられる。そうした貯留池ではわが国では、「沈澱除去」を期待するどころか、下水等の流入にともなう環境問題に悩むところもあるほどである。したがってわが国では、「沈澱除去」にともなう後のメンテナンスを避けられるような構造的手法をとるようである。

こうした一連のズレは、汚染物質の濃度や量の違いにもとづくと考えれば納得がゆくが、それが小さくともいずれ貯留施設の管理の問題は出てくるはずであるので、こうした点については更に情報収集をしなければと考えている。

筆者も下水管渠のフラッシング実験に数回参加し、フラッシング効果を解析したことがあるが、報告書中に大口径パイプ内の数フィート厚のスラッジの堆積についての記述を読んで、驚いている次第である。こうした場合管理作業の中にフラッシングがはいってくるのはごく当然ということを改めて認識したところである。

わが国でも非特定汚染源の重大性に気付き、一部の研究は本報告書に先行し、また本報告書で示唆されたと同種の汚染制御施設が一部稼働中ではあるが、管理者側の対応は一般的にはデータ収集の段階が多いと思われる。したがって、わが国の実情に沿わない部分もあるかと思われるが、本文の一部でも読者のお役に立てばと願う次第である。

和訳は馬場が担当したが、十分に手が届かなかったので、固苦しい文章である事をお許し頂きたい。

日頃水質関係の業務で指導を賜っている山口河川部長、術語について御教示頂いたばかりでなく通読もしていただいた下水道研究室弓倉純一主任研究員、および原本を早速お送り頂いた本省河川計画課栗城稔係長（前）、ならびに外務省国際機関第二課に対して、記して感謝致します。

昭和57年8月

河川部都市河川研究室室長

馬 場 洋 二

ORGANISATION FOR ECONOMIC
COOPERATION AND DEVELOPMENT

ENVIRONMENT DIRECTORATE

水 管 理 政 策 グ ル ー プ

水質汚染に関する非特定汚染源の制御プログラム

—— 都市流出に原因する汚染の制御 ——

この報告書 (draft report) は、1982年3月10日および11日両日パリで開催された水管理政策グループの第29回会議に提出されるものである。これは、同グループによって承認されたモデルに基づいて準備されたものであり、さらに、OECD事務局の参加の下に、カナダが pilot country として活動し、また参加国がもたらした情報を使用することによって、発展させたものである。

FORWARD

本研究は水管理グループが三年間にわたって実施した総合研究「水質汚濁に関する非特定汚染源の制御」の一部である。この研究の前半は1981年に実施され、農業における汚染源が調査された。その汚染源は次の2つのカテゴリーに分けられている。

- 1) 肥料の使用および集中的飼育
- 2) 農薬およびその残留成分

本研究は都市流出に係わる汚染の制御を取り扱い、つぎの主要な特性面を検討することを目的とする。

- 1) 汚染物質およびその発生源・経路を明確にする。
- 2) 可能なものについて、汚染負荷、意義および影響可能性を評価する。
- 3) つぎのことを含む可能な制御手段を明確にする。

—— 予 防 的：生産活動および土地利用活動のコントロールを通じて行うもの

—— 治 療 的：下水道や処理の代替システムを含んで、コントロールの特長を実行すること
によって行うもの

参加国は、本報告書の準備に必要な情報を提供し、またカナダは、pilot country であり、特別な貢献をした。本調査の大部分のデータベースは、カナダおよび米国が提供したものである。

目 次

第1章 概 要	1
1. 1 都市流出	1
1. 2 研究の背景	1
1. 3 本報告の目的	3
第2章 汚染物質の機構, 経路, および発生源	4
2. 1 汚染機構	4
2. 2 経 路	7
2. 3 汚染物質の発生源	7
2. 4 汚染物質の堆積と流出の大きさとその意義	14
第3章 都市流出に関連する問題点	19
3. 1 概 要	19
3. 2 流 出 量	19
3. 3 水質の検討	20
第4章 流出水の汚染制御手法	25
4. 1 概 要	25
4. 2 流出水の予防的な汚染制御手法	25
4. 3 矯正的な汚染制御手法	26
4. 3. 1 現地コントロール	27
4. 3. 2 排水システムコントロール	34
4. 3. 3 管端末処理施設	39
第5章 社会経済性および政策	46
5. 1 社会的考察	46
5. 2 経済的考察	46

第1章 概 要

1.1 都市流出

都市域に降水があると、その水分の一部はさまざまな形で植生に吸収され、また地表面の凹凸などに一時的に貯留された後結局蒸発によって大気中に戻り、さらに残りは流域から流出することになる。この報告書で扱う流出（降雨あるいは融雪）は、つぎの二つの成分から成ると考えている。

a) 鉛直成分：地中に浸透し、地下水を涵養する。

b) 水平成分：人工ないしは自然の排水システムを通して流出する（地下配管および地表面経路を含むものとする）。

最大でしかももっとも意義深いものは流出の水平成分であり、これは放流水域に向かう。

1.2 研究の背景

都市域の雨水流出は比較的きれいであると伝統的に考えられていた。そして水質の面から見て、放流水域や地下水帯へのインパクトは微少であるとされていた。都市流出水が不良水質であり、したがって放流水域へ悪影響をあたえること、さらにその影響を緩和する制御手法について、適確な理解が得られたのは、ごく最近のことである。

都市の排水システムは長年かかってゆっくり発展してきたものである。ローマ時代にさかのぼると、その時代には、街路中央に溝が設けられ、すべての廃水を流していた。しかしながら都市が発展するにつれて、雨水流出水を排水する必要に迫られ、そのためローマ人たちは大きな地下排水溝を建設し、最寄りの河川（水路）へ流出させることにした。〔1〕こうしたシステムは、都市の成長とともに、ヨーロッパや北アメリカで発展した。これは普通雨水排水システムであり、下水の放流は禁じられていた。

都市がさらに規模と密度の点で成長すると、従来の投棄方法（すなわち厠や糞便輸送）は不適當なものとなり、住環境悪化をもたらした。さらに保健当局は、かかる汚染と伝染病との相互関係を認識しはじめた。このような問題を救済するため、下水を雨水溝に放流することを許可すべく条例の変更が、はじめロンドンで1815年に、つづいてボストンで1833年、パリでは1880年に、それぞれ行われた。

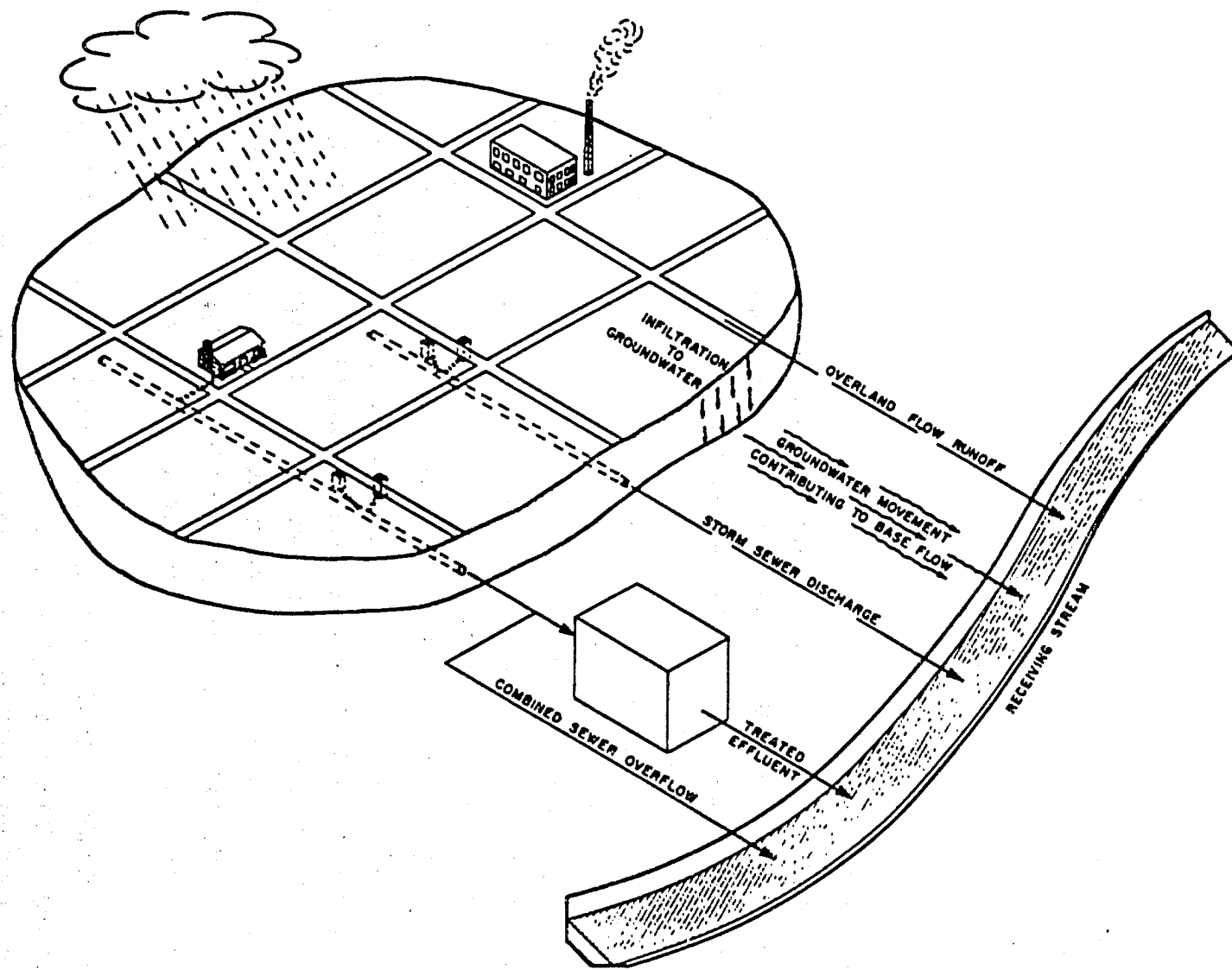
しかしながら、下水の堆積場所を街路などから放流水域へ移し替えたことは、満足すべき解決策ではなかった。下水の放流水域への未処理放流に関連した住民の保健の危機や環境のダメージが19世紀末近くになって認識されることとなった。はじめは、放流水域近くの都市で、小さな“消化”能力で処理が行われはじめた。

引き続いて、基本的には最終放流に先立つ処理のために処理施設へ来る流量を最小にするために、雨水と下水を分離した方が望ましいと認識されて来た。

雨や融雪による流出水は比較的きれいなことを考慮して、都市排水のために分流式下水道システムを採用する都市域が、過去50年から20年にかけて、引続いて増加したが、これはまた今日、多くの都市管轄区域で一般的に受け入れられている方針である。

カナダ、米国および他のヨーロッパ諸国で最近行われた研究（とくに過去5年から10年）によると、都市流出水の水質は不良であることを示している。

表-1〔1〕は、典型的な都市流出水の水質を、未処理都市下水、処理水（一、二次処理場からの処理



URBAN RUNOFF

☒-1

表- 1

TABLE NO. 1

Generalized Quality Comparisons of Wastewaters

Type	BOD ₅ , mg/l	SS, mg/l	Total coliforms, MPN/100 ml	Total nitrogen, mg/l as N	Total phosphorus, mg/l as P
Untreated municipal	200	200	5×10^7	40	10
Treated municipal					
Primary effluent	135	80	2×10^7	35	8
Secondary effluent	25	15	1×10^3	30	5
Combined sewage	115	410	5×10^6	11	4
Surface runoff	30	630	4×10^5	3	1

Source: Data condensed from Tables 12 and 13, Section V. Values based upon flow-weighted means in individual test areas.

および合流式下水道越流水などと比較したものを示している。

表- 1 を検討してみると、表面流出の水質に関して、つぎのことが注目される。

- BOD値は、処理水とほぼ同様である。
- SS値は、未処理水の約3倍である。
- 全大腸菌濃度は、合流式下水道越流水のそれに近い。
- 栄養レベル（NおよびP）は、下水放流水に比して、低い。

たとえばP.L.U.A.R.G. [11]は、都市流出水は重要ではあるが、下水処理場に比較して、五大湖への全リン負荷の小さい部分を占めるに過ぎないと報告している。またたとえば、オンタリオ湖へのリンの流出（カナダの分）は、都市流出から324トン／1年間であり、それに対して、下水処理場からは1079トン／1年間と評価されている。

都市流出水の不良な水質、およびその放流水域への影響可能性についてそれぞれ認識されてきた結果、都市雨水流出制御に対する管理的アプローチ（management approach）や、都市域排水の質・量に影響をあたえる種々のプロセスを適切にかつ詳細に評価するために必要な複雑な解析手法の両者が発展してきた。

1.3 本報告の目的

この報告書の基本的な目的はつぎのように要約される。

- 都市流出に現われる汚染物質、およびその発生源と経路
- 都市発展が原因で流出する汚染物質負荷量の大きさ、およびその負荷量の意義と環境へのインパクトを明確にすること
- 可能性のある制御手段の明確化
 - 一 予 防 的：汚染物質を生み出す生産物（あるいは活動）の制御
 - 一 治 療 的：雨水管理制御手法あるいは処理システム

第2章 汚染物質の機構、経路および発生源

2.1 汚染機構

都市流出水の汚染機構は、都市域における水文学的循環と、流出に関連する都市域内の開発の種々の要素とに關係する。図-2〔2〕は、都市域土地利用と流出水水質との相互關係を模式的に示したものである。

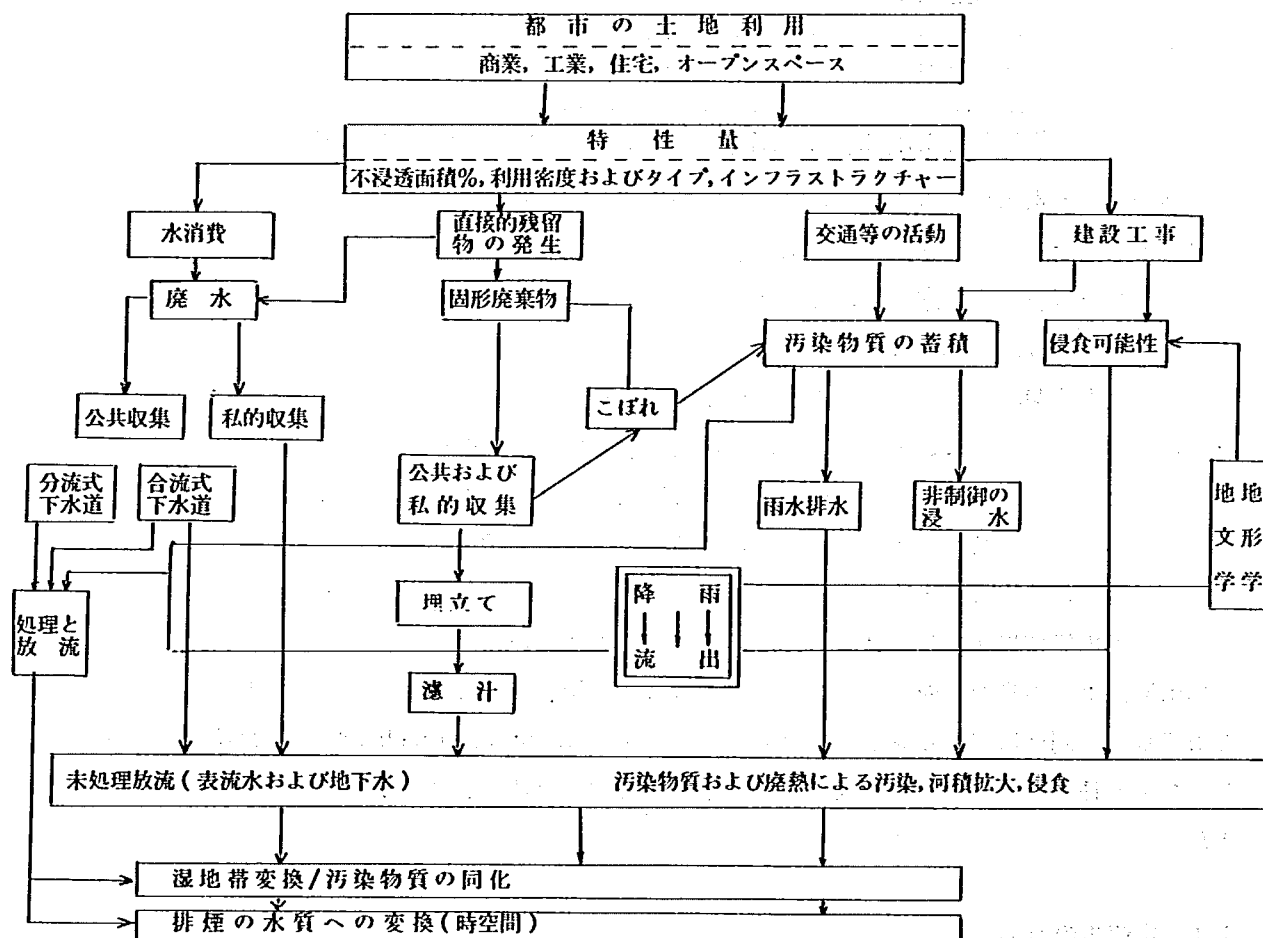


図-2〔2〕 フローチャート：都市土地利用タイプと水質との間の関連

第1章で示唆したように、本報告書では流出はつぎの2つから成ると考えている。

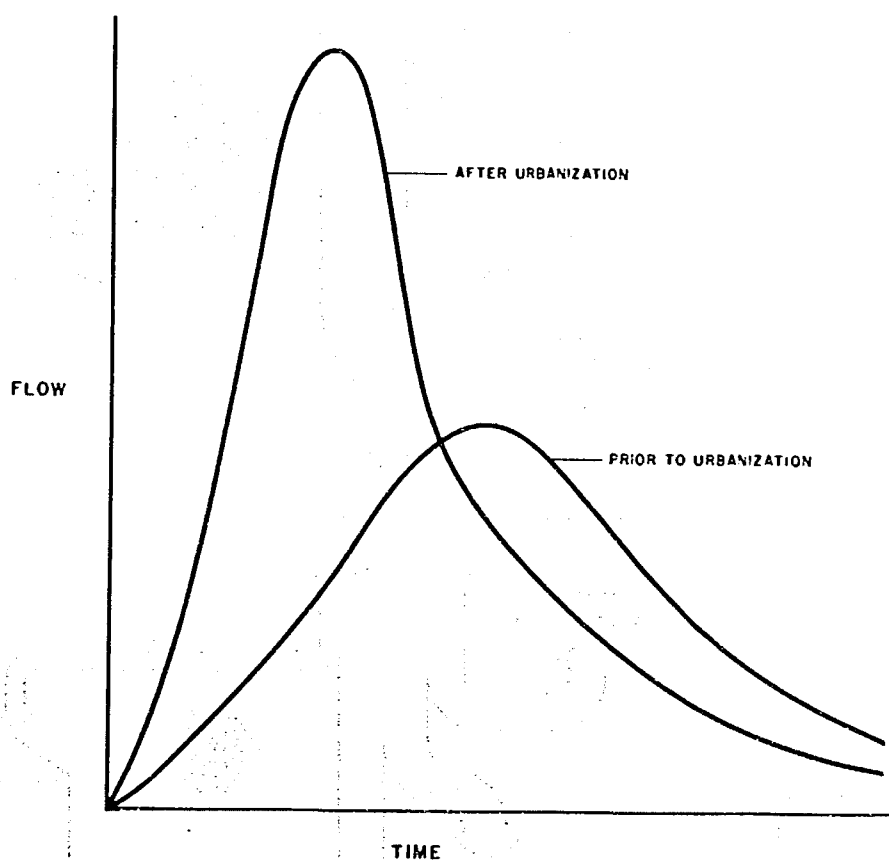
- 鉛直成分：地中浸透水（地下水涵養）
- 水平成分：人工あるいは自然排水システム成分

ある流域からの流出は、つぎのようなさまざまな要素の影響を受ける。

- 水の流れる地表面のこう配
- 土表面の透水性あるいは不透水性
- 表面流出分を抑制可能な、自然の表面貯留の総量

ある地域の都市化は、都市流出機構のうち、とくに上述の3つの要素に劇的なインパクトをあたえるものである。一般に、地表面を緩こう配に均らすと、水たまりやその他の不便を最小にでき、同時に、流出率を増大させることになる。

都市開発（発展）は当然、道路舗装やビル建設などの結果として不透水性面積が増加することに結びつく。開発前に比較して不透水性面積が大きく増加すると、流出機構に劇的な影響をあたえる。すなわち、流出の大部分が水平方向に向かい、地中浸透は大巾に減少するか、ある場合には無くなってしまう。地表面流の流速は増加するし、また自然の地表面流出抑制効果は減少して流出率は大巾に増加する。これは当然、流出のピーク流量の増大と、図-3に示されるように水平流出成分の増大とに結びつく。



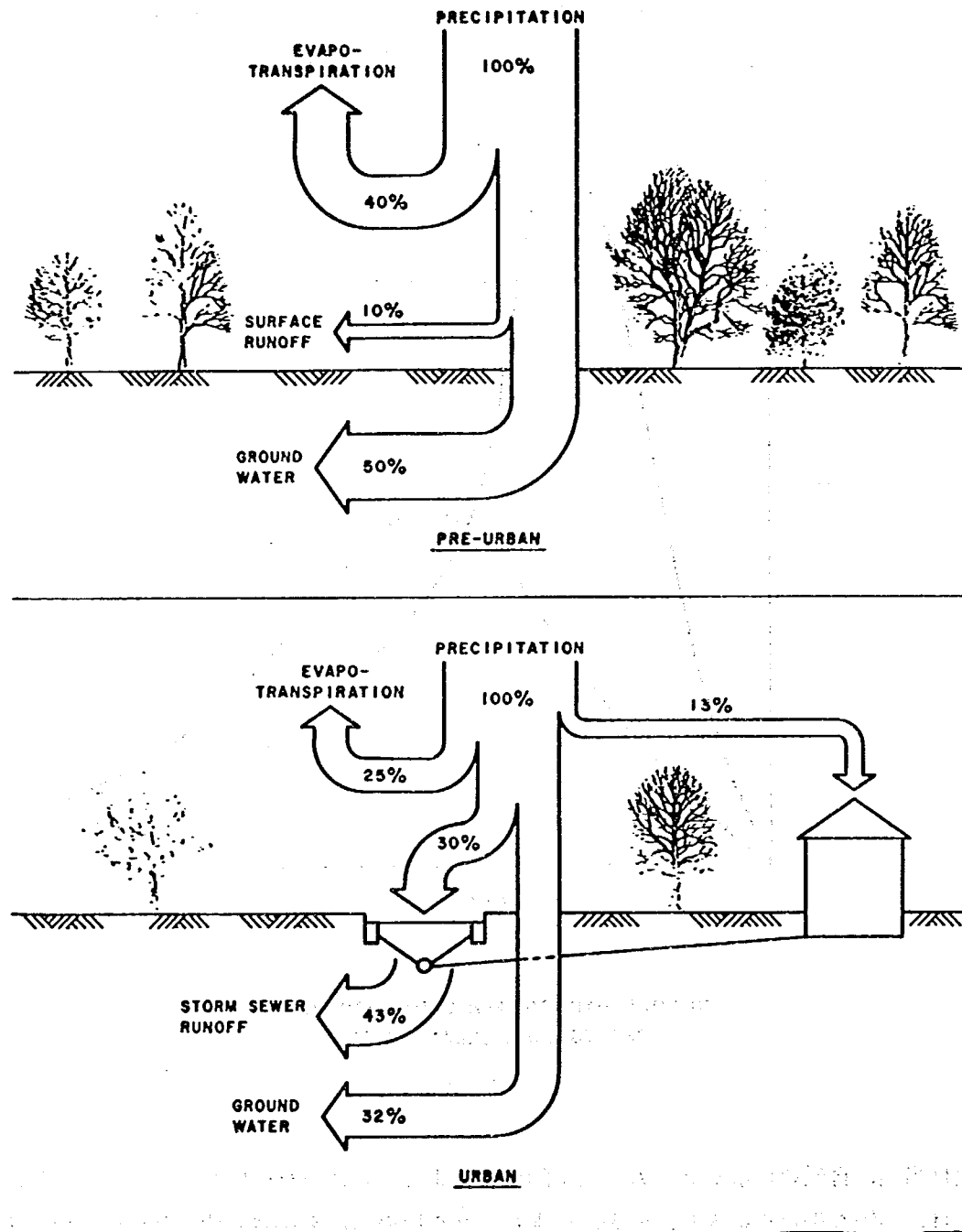
RUNOFF HYDROGRAPH COMPARISON OF
PRE VS POST URBANIZATION

図-3

都市化は当然、自然の排水システムを人工的に改善することに結びついてしまう。とくに、地下配管システムは、頻繁な雨水を排水し、地表面の水たまりや地表面流を小さくする利便性を用意するために建設される。この地下配管システムは一般に、'minor'な排水システムと解釈されている。都市化とともに、表面流の経路は変更され、改良され、また道路や側溝を含むようになる。一方主要な排水路は、より大量でより頻度の低い雨水を流下させるようになる。こうした表面流システムは一般に、'major'

な排水システムと解釈されている。

都市化の結果として生ずる水文学的变化が、図-4[18]に模式的に示されている。同図は水平方向流出成分が、都市化以前のおよそ10%（降水に対する割合、流出率）から、都市化以後の40%以上へと増加する様子を示している。しかしながら、鉛直方向成分（浸透）は、およそ50%の値から、30%へと減少する。都市化の影響がよく表わされている。



HYDROLOGIC CHANGES RESULTING FROM URBANIZATION

図-4[18]

都市流出はまた、気象学的な地域性によっても異なる。このことを議論するために、つぎの3つの地域性について説明する。

- a) 寒冷地域：snow cover があり、冬期中は少しの流出しかない。
- b) 温和地域：気候と降水の時期が比較的固有のものとなっている。その結果、降雨にともなう流出に関しても固有のものを持っている。
- c) 半乾燥地域：降水と流出という点においても非常に変化性がある。この地域での降水の大部分は、春分と秋分との間に生じ、またしばしば、高い流出特性をとともなう強度の大なる storm として発生する。残りの季節はほとんど渇水状態である。

2.2 経路

経路とは、都市流出ばかりでなく、流出に伴う汚染物質を輸送する排水系統のことである。この経路は、降雨に先き立っての汚染物質の堆積期間、ならびに流出時にともに機能する。

- a) 大気：大気そのものが、地表面への塵埃堆積の主要な経路となっている。その輸送機構は、大気中の粒子の重力降下、および降雨による効果の組み合わせから成っている。
- b) 表面流経路：自然流路および人工水路を含み、流出水量および汚染物質の堆積のそれぞれの経路となっている。
- c) 下水道管路システム：分流式および合流式下水道システムを含み、雨水および汚染物質輸送の明確な経路である。地表面起源の汚染物質の washoff に加えて、流域の最下点や下水溜りなどのような（非活性の）場所における土砂の堆積（sediment buildup）、バクテリア増殖物および BOD 増加物が下水道管路システム内を洗い流されて輸送される。
- d) 地下水帯：地下水帯は地中に浸透した部分の流路として機能する。地下水帯は流れを輸送するのみならず、溶解性物質のように土中でろ過されなかった汚染物質（contaminant）をも輸送する。

2.3 汚染物質の発生源

地表面に蓄積し、また雨水流出水で洗われる汚染物質の発生源は、いろいろな地域からつぎのような由来で起こる。

—都市の日常活動

—自動車・輸送活動

—大気降下物

—腐蝕

—工業材料

—植生

—土壌侵食

いろいろな国々で、都市開発区域内における汚染物質の堆積（build up）の大きさを定量化しようとする重要な努力がなされている〔3〕。

都市の日常活動

都市の日常活動の結果、地表面へ汚染物質の堆積が起こる。この中には、塵埃、化学肥料、動物の糞尿のような有機堆積物など種々のものが含まれる。これらの量は一般に少ないけれども、目に見えるし、また放流水域において不都合なものである。

都市域におけるカリフォルニアでの研究[19]によれば塵埃は約 $1.8 \text{ kg/人}\cdot\text{年}$ ($4 \text{ ポンド/人}\cdot\text{年}$) の割合で蓄積した。この全量のうち、 $0.84 \text{ kg/人}\cdot\text{年}$ ($1.8 \text{ ポンド/人}\cdot\text{年}$) は、都市域街路の縁石沿いの塵埃のようである (原文は *litter between the curb lines of streets in urban areas* である)。さらに街路の機械的な清掃によって採取された物質のおよそ21%は、塵埃 (正確には *litter*) であったと報告されている。

化学肥料、害虫駆除剤および除草剤は、流出水における重要な化学的物質源である。また一般的に量は少ないがこの物質は放流水域へ降雨中に容易に洗い流される。栄養塩による富栄養化ならびに他の化学物質の毒性は流出水の研究において重要となっている。

自動車・輸送活動

輸送部門は都市の日常活動と考えられる。しかし汚染物質との関係におけるその影響力の故に、本報告書ではその貢献度を分類しておくことにした。例えば自動車汚染は、鉛および燃料燃焼に起因する排気ガス、燃料、潤滑油の漏れ、鉄・クロムなどを含む重金属、タイヤ、ブレーキライニングの摩滅物などを含んでいる。

ワシントン特別区で実施された研究によると、街路面に存在する汚染物質のほとんどは、交通指向性のものであることが分かった。その汚染物質は、必ずしも車輛そのものから発生したという訳ではないけれども交通活動に関係しているといえる。

ワシントンでの研究から交通関連汚染物質の堆積率を要約すると表-2のようになる。

交通が舗装面におよぼす影響は、摩耗と摩滅によるものであり、西独での研究[5]によると、夏の期間中に少なくとも厚さ 0.05 cm の表面が *tire lane* において摩耗する。これはおよそ $0.66 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{summer}$ となる。

巾 7.5 m の道路に4本の *tire lane* を想定すると、摩耗量は $0.66 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{summer}$ となる。もしスパイク打ちスノータイヤを、冬期間大部分の車が使用すると仮定すると摩耗量はさらに大きくなる。

タイヤ損耗による舗装面の侵蝕 (原文は *erosion*) に加えて、滑り防止剤や解氷物質などの付加的な堆積がある。これらは、気象学的地域性や局所的天候条件などの場所ごとの特別な要素が存在するために、またその使用率に違いがあるために、不可能ではないにしても、定量化はきわめて難しい。

表- 2

TABLE NO. 2

Deposition Rates of Traffic-Related Roadway Material

Parameter	Units	Deposition rate
Dry weight	lb/1000 axle-mi	2.38
Volume	qt/1000 axle-mi	0.63
Volatile solids	lb/1000 axle-mi	0.12
BOD		5.43×10^{-3}
COO		0.13
Grease		1.52×10^{-2}
Total phosphate - P		1.44×10^{-3}
Nitrate - N		1.89×10^{-4}
Nitrite - N		2.26×10^{-5}
Kjeldahl - N		3.72×10^{-4}
Chloride		2.20×10^{-3}
Petroleum		8.52×10^{-3}
n-paraffins	lb/1000 axle-mi	5.99×10^{-3}
Asbestos	fibers/axle-mi	3.86×10^{-5}
Rubber	lb/1000 axle-mi	1.24×10^{-2}
Lead		2.79×10^{-2}
Chromium		1.85×10^{-4}
Copper		2.84×10^{-4}
Nickel		4.40×10^{-4}
Zinc		3.50×10^{-3}
Magnetic fraction	lb/1000 axle-mi	0.13

$1\text{b}/1000\text{ axle-mi} \times 0.28 = \text{kg}/1000\text{ axle-km}$
 $\text{qt}/1000\text{ axle-mi} \times 0.59 = \text{L}/1000\text{ axle-km}$

大気降下物

都市域における通常の塵埃以外に、大気降下物が負荷される。これには、たとえば、工業排煙に起因する二酸化硫黄がある。これは降雨と一緒になると、酸性雨として地表に降下する。シンシナティにおける研究〔6〕では降下塵（dustfall）の意義が示されている。調査期間中、567 kg/ha の降下塵が測定されている。大気降下物量を雨水流出分と比較すると、明らかに、もっとも重要な成分の1つであることが分かる。

腐蝕

都市域におけるビルや施設等の腐蝕は、大気に毎日曝露され、凍結・融解サイクルがあり、風による摩耗、降雨、とくに酸性雨などが原因である。腐蝕物質は、いろいろな形の汚染物質として地表面に堆積し、最終的には都市流出とともに洗い流される。

工業用材料

工業用材料は、それが廃品関連であれ完成品関連であれ、都市流出の汚染物質の主要源の1つである。とくに廃品材料は、それが適当に包装・保護されていなければ、放流水域へ（水平方向成分）、あるいは濾汁の形で地下水へ、それぞれ汚染物質を流出させる。こうした汚染源の特性化あるいは定量化は、

場所ごとの性質が出るものである。しかし多くの化学的毒物および金属物質を含み得るものである。

植 生

木の葉、切草などの植物質のものは、都市流出で放流される有機汚染物質、栄養塩汚染物質の重要な源である。こうした植物質の量を決めるのは難しく、また当然のことながら、土地利用区分やその中で植生密度によって大巾に異なってくる。文献[7]において若干の研究がなされており、その要約を表-3に示す。

表-3

TABLE NO. 3

Vegetative Litter Production

Source	Yield of waste matter
Evergreens ^a	3300
Deciduous trees ^a	2854
Rye grass ^b	3675-5612

a. Full canopy.

b. Florida.

1b/acre-yr x 1.121 = kg/ha-yr

土壌侵食

土壌侵食は、雨水流出中のSSの主要原因である。これは、新規開発区域内ばかりでなく、他のすべての裸地において生ずる。

新規開発区域内では、植生保護被覆が除去され、裸地が大気に曝露される。したがって侵食はきわめて早く、SS負荷の主要源となる。未舗装地域では、植生保護被覆の時より大分少ない程度の、一般的な侵食(erosion)が起こる。

土壌侵食によるSS負荷は、侵食割合に影響をあたえる種々の物理的要因のために、その定量化が難しい。典型的な侵食率が、自然条件、種々の土地利用(農業利用、都市開発)、および道路建設工事などに対して求められている[5]。こうした侵食率を要約して表-4に示す。

表-4

TABLE NO. 4

Erosion Rates

Sediment source	Erosion rate, tons/mi ² -yr	Geographic location	Comment
Natural	15-320		
Agricultural	200-70 000		
Urban	50,000	Kensington, Md.	Extensive construction
	1 000-100 000		Small urban construction area
	1 000	Washington, D.C.	750 mi ² average
	500	Philadelphia, Pa.	
	146-2 300	Washington, D.C.	As urbanization increases watersheds
Highway construction	36 000	Fairfax Co., Va.	Construction on 179 acres
	50 000-150 000	Georgia	Cut slopes

$$\begin{aligned} \text{tons/mi}^2\text{-yr} \times 3.5 &= \text{kg/ha-yr} \\ \text{mi}^2 \times 2.590 &= \text{km}^2 \end{aligned}$$

地表面蓄積

都市域の地表面上への汚染物質の蓄積には、種々の要素が原因する。多くの研究が、土地利用がその蓄積にあたえる効果を調査している。種々の土地利用と塵埃蓄積率とを調べた成果が表-5に要約されている。

また土地利用特性による汚染物質濃度を、蓄積塵埃の乾燥固型物量に関連させて表-6に要約してある。

カナダでは、都市流出水中の有毒物質に関する研究が最近行われている。この研究〔8〕によれば、種々の土地利用区分に対して（住宅区域、研究所や工業地域を含む）、有毒物質と重金属の両方が環境中（下水および都市流出水）中に広くばら撒かれていることを見つけ出した。その研究によると、発生頻度および永続性の毒性濃度の平均値に関するデータは、表-7および8に要約されている。一団のサンプル中における重金属の発生頻度（frequency of occurrence）は表-9に示されている。これらの表から毒性物質および重金属類が環境中に広く拡がっているのが明瞭ではあるが、この意義・重大性についてはまだ判然としていない。

表-5

TABLE NO. 5

Dust and Dirt Accumulation Rates

	Single family	Multi-family	Commercial	Industrial
APMA at Chicago (7)				
Mean, lb/curb-mi-d	37	121	174	284
Median, lb/curb-mi-d	18	90	143	111
Number of samples	60	93	126	46
Adjusted URS data at several cities (8)				
Mean, lb/curb-mi-d	155	107	46	292
Mean without extreme, lb/curb-mi-d	71	56	20	138
Median, lb/curb-mi-d	69	32	20	74
Number of samples	21	14	17	20
Biospherics at Washington, D.C., (shopping center only) (4)				
Mean, lb/curb-mi-d	...	...	62	...
Median, lb/curb-mi-d	...	...	67	...
Number of samples	...	...	8	...
Overall mean, lb/curb-mi-d	45	110	150	240

lb/curb-mi-d x 0.28 = kg/curb km-d

表-6

TABLE NO. 6

Concentrations of Pollutants by Land Use Characteristicsppm of Dry Solids

Pollutant	Land use			
	Single family residential	Multifamily residential	Commercial	Industrial
BOD	5 260	3 370	7 190	2 920
COD	39 300	42 000	61 700	25 100
Total nitrogen	460	550	420	430
Soluble PO ₄ -P	16	19	20	8
Cadmium	3.3	2.7	2.9	3.6
Chromium	200	180	140	240
Copper	91	73	93	87
Iron	21 300	18 500	21 600	22 500
Manganese	450	340	380	430
Nickel	38	18	94	44
Lead	1 570	1 980	2 330	1 590
Strontium	32	19	17	13
Zinc	310	280	690	280
Fecal coliforms, No./g	82 500	368 000	36 900	30 700
Total coliforms, No./g	891 000	1 900 000	1 000 000	419 000

表-7

TABLE NO. 7

Frequency of Occurrence of Persistent Toxic Substances

Substance	Type of Sample	Frequency (%)						
		Land Use						
		Residential			Institut.	Industrial		
		C _r	B _r	H _r	C _{inst}	C _{ind}	H _{ind}	S _{ind}
PCB's	Water	75	54	80	80	83	100	100
Organochlorine Pesticides		100	100	100	100	100	100	100
Polyaromatic Hydrocarbons		ND*	---	---	ND	ND	ND	ND
Chlorinated Benzenes		ND	---	---	ND	ND	ND	ND
Heavy Metals		100	100	100	100	100	100	100
PCB's	Sedi-ment	100	63	60	100	100	100	100
Organochlorine Pesticides		100	100	100	100	100	100	100
Polyaromatic Hydrocarbons		25	---	---	ND	25	60	100
Chlorinated Benzenes		50	---	---	50	57	83	100
Heavy Metals		100	---	---	100	100	100	100

* ND = Not Detected

表-8

TABLE NO. 8

Mean Concentrations of Persistent Toxic Substances

Substance	Type of Sample	Mean Concentrations (Water Samples in PPB, Sediment Samples in PPM)						
		Land Use						
		Residential			Instit.	Industrial		
		C _r	B _r	H _r	C _{inst}	C _{ind}	H _{ind}	S _{ind}
PCB's	Water	.064	.040	.034	.005	.004	.079	.028
Organochl. Pesticides		.036	.050	.034	.031	.027	.076	.065
Polyar. Hydrocarbons		ND	---	---	ND	ND	ND	ND
Chlor. Benzenes		ND	---	---	ND	ND	ND	ND
Heavy Metals		554	593	700	90	2309	1767	416
PCB's	Sedi-ment	.220	.105	.132	1.29	2.61	5.58	2.00
Organochl. Pesticides		.117	.105	.132	.160	.151	.687	1.30
Polyar. Hydrocarbons		1.90	---	---	ND	92.9	13.5	9.30
Chlor. Benzenes		.067	---	---	.011	.047	.173	1.18
Heavy Metals		61.8	---	---	---	1315	142	184

表-9
TABLE NO. 9

Frequency of Occurrence of Heavy Metals in Collected Samples

Metal	Frequency of Occurrence (%)		
	Water	Sediment	Combined Water and Sediment
Arsenic	89	100	95
Cadmium	8	80	44
Chromium	80	100	90
Cobalt	41	80	61
Copper	100	100	100
Lead	100	100	100
Mercury	16	100	58
Nickel	95	100	98
Selenium	73	90	82
Zinc	100	100	100

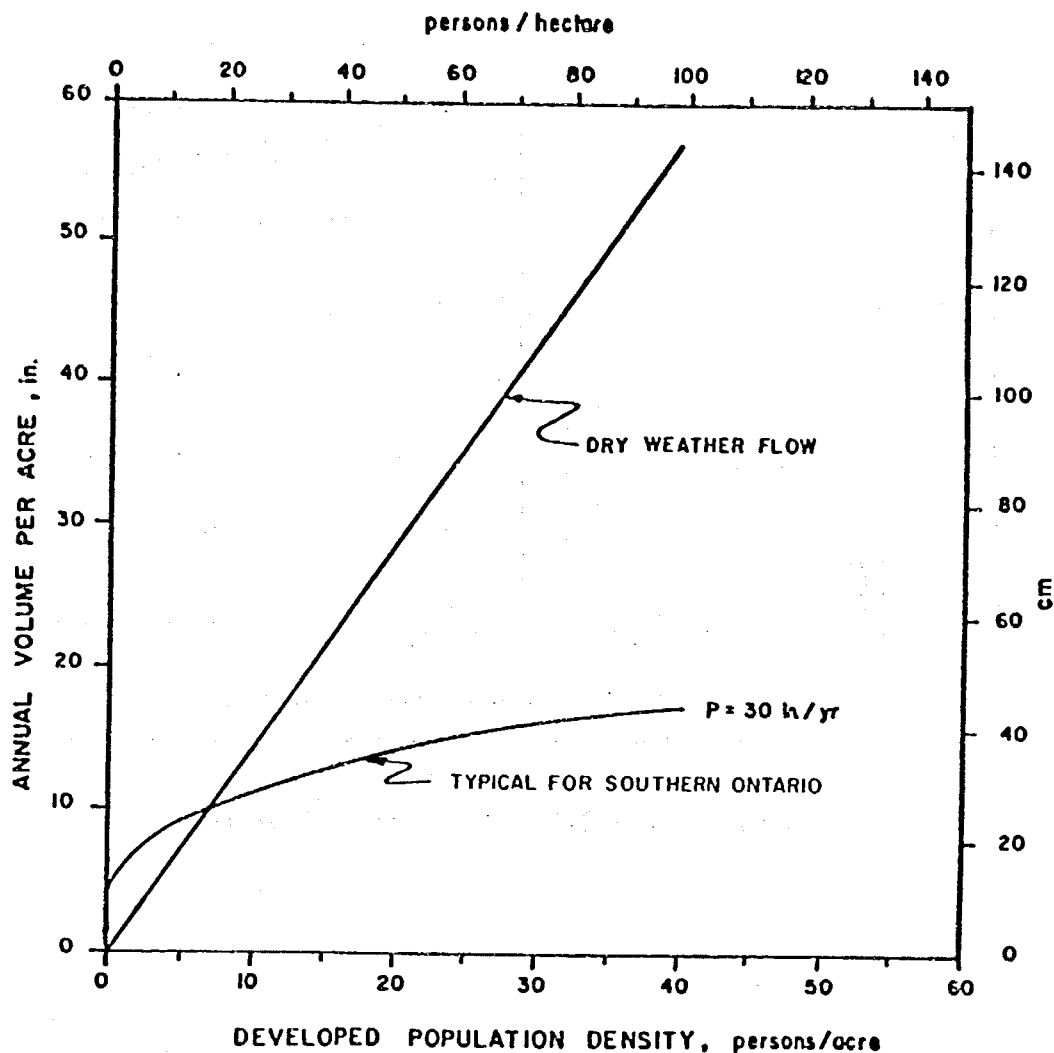
2.4 汚染物質の堆積と流出の大きさとその意義

都市流出に関連した汚染物質流出の大きさを正確に定量化することは難しい。何故なら、都市開発の規模と密度、住・工地域の比率に関する開発の性格、その地域の下水道システム、気象学的地域性などのようなものに関係する数多くの要素が、この負荷に影響をあたえているからである。

図-5〔9〕は、晴天時下水成分を雨天時流出成分と比較させて、都市域からの典型的な流出量 (mass discharge) を示したものである。雨天時流出成分は、注記してあるように、総降水量によって当然変化する。さらに、雨天時流出成分は、都市域内の開発の性格と密度によってもいくらか変化するようである。晴天時流出成分は、都市域内の人口密度とほとんど比例的に変化している。

図-5を吟味して注目すべきは、開発密度が小さい場合には、雨天時流出がより大きな流出量 (mass discharge) を形成することである。しかしながら、都市域の密度が増加すると、晴天時流出成分は都市流出量を量としては越える。非常に高密度の場合に、その差が顕著である。

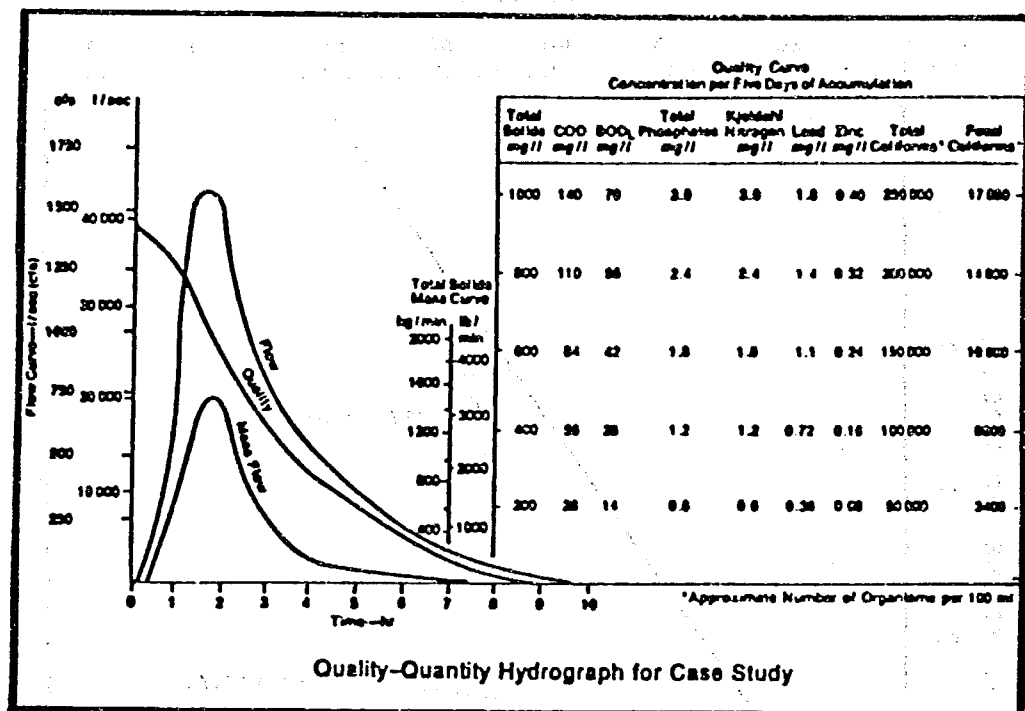
種々の汚染物質の濃度は、洪水中大きく変動する。そして一般的には、洪水初期にきわめて高濃度で、時間が経過するにつれて減少する。さらに、当該地域からの wash off が生ずる。洪水中の汚染物質濃度は、前記条件すなわち、前回洪水からの期間、および街路清掃など流域内で実施された管理作業などによって影響を受けている。



COMPARATIVE MAGNITUDE OF
ANNUAL WET- AND DRY- WEATHER FLOWS

図- 5

図- 6[10]は、洪水期間中都市域から流出した種々の汚染物質放出量の濃度および負荷量 (mass loading) を比較したものである。



QUALITY - QUANTITY HYDROGRAPHS

図 6 - [10]

都市域からの汚染物質放質量の範囲を確定するため、および特にその放流河川 (receiving streams) への重大性を確認するために、多くの研究がなされている。米国とカナダの両国政府間で設立した国際協同委員会は、「Reference Group on Great Lakes Pollution from Land Use Activities (PLUARG)」というグループ (土地利用活動に起因する五大湖の汚染に関する諮問グループ、略称 PLUARG) を発足させ、土地排水 (land drainage) に起因する五大湖システムの汚染に関する疑問点を調査させた。PLUARG は 1978 年 7 月報告書を提出した [11]。その研究により、五大湖は土地排水源 (land drainage sources) から流出する P、土砂 (sediments)、工業性有機合成物質、昔使用された農薬、およびかなりの重金属類によって汚染されていることが判明した。五大湖の水質汚染物質を要約して表-10 に示した。

汚染源としての都市流出の重大性は、北カロライナで実施された複数の研究 [12] によっても示されている。この研究成果が表-11 に要約されている。表-11 を吟味すると、pounds/acre という単位で見たとき都市流出分は生放流 (raw municipal waste) の COD および BOD とほとんど同じである。また固形物負荷量は約 20 倍、栄養物質負荷量は約半分、そして重金属類はより多量となっている。

表-10

GREAT LAKES WATER QUALITY POLLUTANTS

Parameters for which a Great Lakes water quality problem has been identified

POLLUTANT	PROBLEM		SOURCES				REMARKS
	Lakewide	Nearshore or Localized	DIFFUSE			POINT	
			Land Runoff	Atmosphere	In-Lake Sediments		
Phosphorus ¹	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes ^a	Yes	^a percentage unknown; not considered significant over annual cycle
Sediment ^{b,1}	No	Yes	Yes ^c	Negligible	Under some Conditions	Negligible	^b may contribute to problems other than water quality (e.g., harbor dredging) ^c including streambank erosion
Bacteria of Public Health Concern	No	Yes	Minor ^d	No	No	Yes	^d land runoff is a potential, but minor source; combined sewer overflows generally more significant
PCBs ¹	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Pesticides ¹ (Past)	Yes ^e	Yes ^e	Yes	Yes	Yes	No	^e some residual problems exist from past practices
Industrial Organics ¹	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Mercury ¹	Yes	Yes	Minor	Yes	Yes	Yes	
Lead ¹	Potential ^f	Potential ^f	Yes	Yes	Yes	Yes	^f possible methylation to toxic form

II. Parameters for which no Great Lakes water quality problem has been identified, but which may be a problem in inland surface waters or groundwaters

Nitrogen	No	No ^g	Yes	Yes	Minor	Yes	^g some inland groundwater problems
Chloride	No	No ^h	Yes	Negligible	No	Yes	^h some local problems exist in nearshore areas due to point sources
Pesticides ¹ (Present)	No	No	Yes	No	No	Yes	ⁱ new pesticides have been found in the environment; continued monitoring is required
Other Heavy Metals	Potential ^f	Potential ^f	Yes	Yes	Yes	Yes	
Asbestos ¹	No	Yes	No	?	Yes	Yes	^j see Upper Lakes Reference Group Report ³⁷
Viruses ^k	No Data Available					Yes	^k better detection methods needed
Acid Precipitation	No	No ^m	No	Yes	No	No	^m a potential problem for smaller, soft water, inland lakes

¹ Sediment per se causes local problems; phosphorus and other sediment-associated contaminants have lakewide dispersion

表- 11

TABLE NO. 11

Comparison of Raw Municipal Waste and Urban Runoff

Pollutant	Raw municipal wastes	Urban runoff
COD	1 027	938
BOD ₅	685	470
Suspended solids	335	6 690
Kjeldahl nitrogen as N	.....	6.1
Nitrate as N	7.2	.....
Total phosphorus as P	11	4.7
Chromium	0.10	1.6
Copper	0.20	1.6
Lead	0.08	2.9
Nickel	0.16	1.2
Zinc	1.5	2.0

1b/acre-yr x 1.21 = kg/ha-yr

第3章 都市流出に関連する問題点

3.1 概要

都市流出に関連する問題点は大きく分けるとつぎの2つのカテゴリに分類できる。

- a) 流出量に関連する問題
- b) 流出水質に関連する問題

本報告は、基本的には、都市流出に関係した水質の検討を行うべきものである。しかし、水量特性と水質特性との間には十分意味のある相互関係が存在すると認識すべきである。したがって、流出量に関連した問題点とインパクトとを認識することが同様に大事なのである。

たとえば、都市流出流量が大きいと、下水道システム内の流れにしばしば影響をあたえ、処理施設での流量を数倍に大きくしたりする。これは処理施設にとっては巨大な過負荷であり、種々の生物学的処理プロセスの‘washout’という処理上の問題を引き起こすことになる。この結果放流水域への全負荷が増大し、さらに、廃水の性質にも関係するが、都市流出には通常見られない汚染物質が放流水域にもたらされることになる。

3.2 流出量

本報告で前述したように、都市化は、流出総量およびピーク流量に劇的な影響をもたらす。それは、地表面の不透水性面積の増加、一様で連続的な地表面こう配、流出を自然に抑制する地表面凹凸の減少などの結果によるものである。

ある地域の都市化が原因して自然の流出現象に変化が生ずると、流出の水平成分の大きさが増大し、鉛直成分（地下水帯への浸透）が減少する傾向を持つこととなる。その正味の結果は、

- a) 放流水域でのピーク流量の増大
- b) 地下水帯水層の空虚化
- c) 放流水域での基底流量の減少

のようになる。

ピーク流量の増大

流出量の増大はピーク流量の増加となって現われるが、とくに下流河道や放流水域で問題を引き起こす。これらの問題は、高水位と浸水、および河岸の洗掘に関連したものである。

滞水層の空虚化

不透水性面積の増加は、地下水浸透の減少をもたらす。この結果、地下水貯留が減少し、地下水滞水層が空虚化する。滞水層の空虚化につぎのような影響がある。

- a) 地下水面の低下は、地下水に頼っている植生を放逐する。
- b) 通常レベルの汚染物質を含む貯留水量が減少すると、滞水層内の汚染物質濃度が増大することになる。

- c) 滞水層は水利源として多くの地域で広範に利用されている。したがって滞水層の空虚化は当然供給できる水量の減少をもたらす。

基底流量の減少

水平流出成分の量（流量）と総量（流出率）とが増加し、鉛直流出成分（浸透）が減少すると、当然ながら、放流水域内の基底流量が減少することになる。こうした現象は、とくに小さな流域ほど顕著である。何故なら小さな流域ほど、流域内の都市化の伸展の結果、基底流量がしばしば消失してしまっているからである。

基底流量が減少する時の不都合を記すとつぎのようになる。

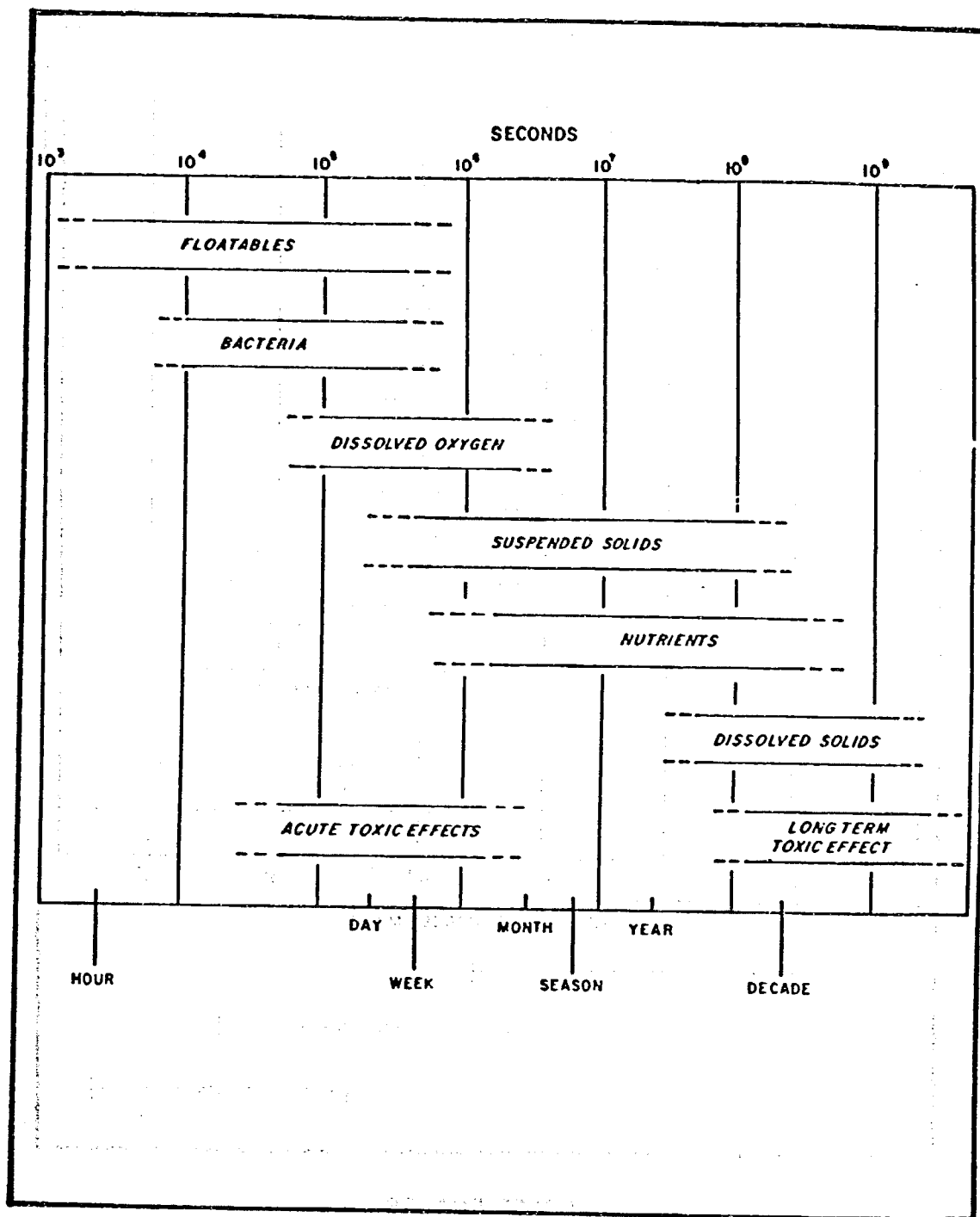
- a) 水生生物の消失
- b) 下流の利用者への供給水源としての可能性が減少
- c) 半乾燥地域では砂漠化を意味する

3.3 水質の検討

都市流出に関連した種々の汚染物質パラメータについては、すでに第2章で明確にし、また議論した。こうした汚染物質パラメータ（pollutant parameters）のインパクトの大きさは、時間的にまた空間的に変化するものである。この様子を図-7および図-8に示す。

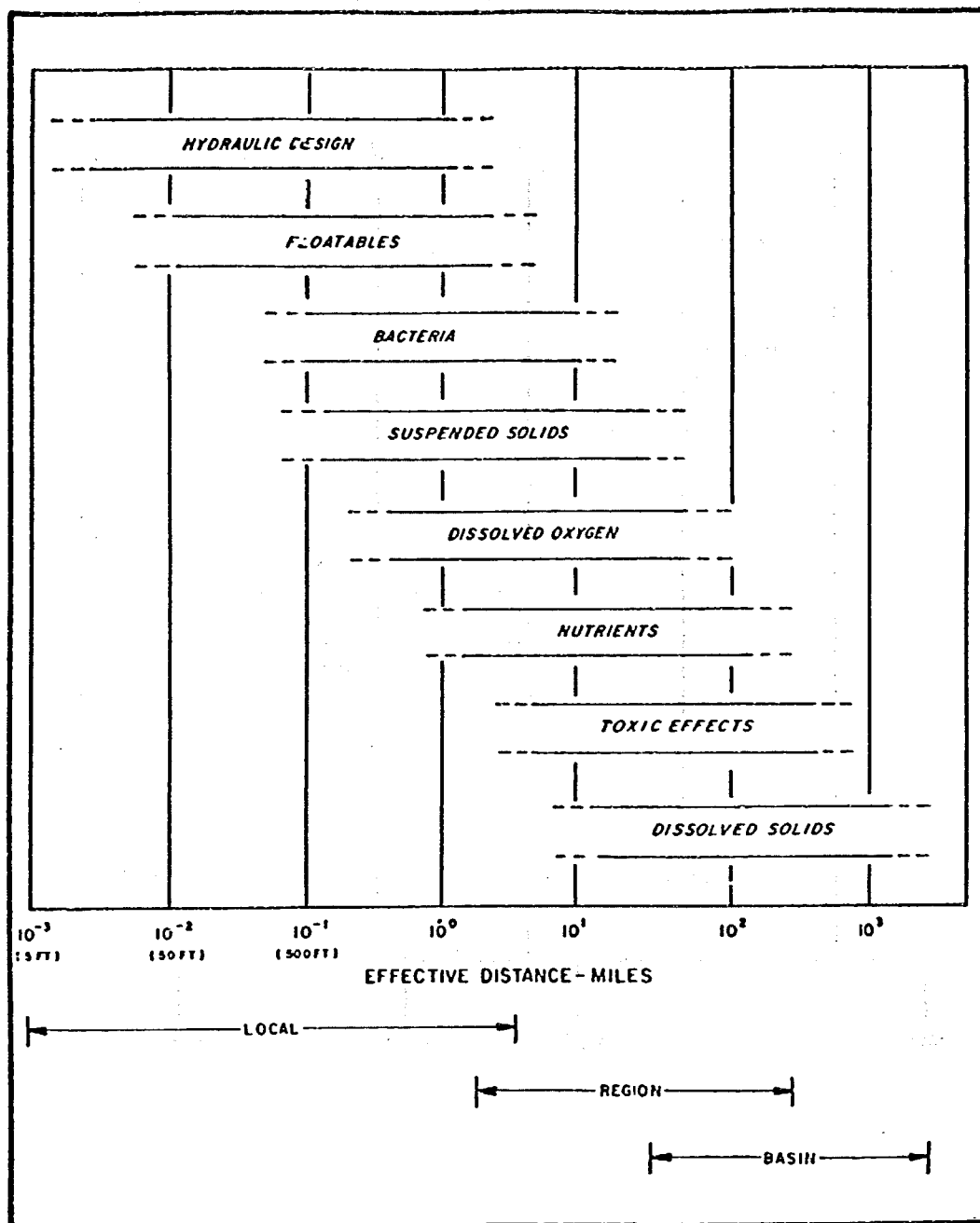
雨水流出の水質問題へのインパクトは一般的につぎのカテゴリーに分類できる。

- a) 保健（public health protection）
- b) 河川（stream）の富栄養化
- c) 水生生物



TIME SCALES
STORM RUNOFF WATER QUALITY PROBLEMS

☒- 7 (13)



SPACE SCALES STORM RUNOFF WATER QUALITY PROBLEMS

☒- 8 (13)

保 健

湖沼や河川が水泳のような接触型のレクリエーションの用 (body contact recreational purpose) に基本的に供されている場合や、表流水は地下滞水層が飲料水の供給源として供されている場合には、保健は基本的な関心事である。

a) レクリエーションの検討

水泳のように接触型のレクリエーションに供される水 (water body) の安全を測る標準は、北米やヨーロッパ諸国においては、全大腸菌群、糞便性大腸菌群、糞便性ストレプトコッカス (連鎖球菌) の許容レベルに関連づけている。しかしながら許容レベルを定義づける基準は国ごとに大巾に違い、また同一国内においても違うものである。

疾病と感染とを、大腸菌群に関連づけようとする研究は、水泳をする人がこれらの疾病と感染にかかりやすいと一般的に認められてはいるけれども、今までのところ成功していない。そのため英国[14]は EEC Mandatory Objectives (EEC 諸国義務目標、95% のサンプルが、全大腸菌群数 10000 個/dl 以下、糞便性大腸菌群数 2000 個/dl 以下であることを拒否しようとした。そして望ましい目標を、80% のサンプルが全大腸菌群数 500 個/dl 以下、糞便性大腸菌群数 100 個/dl 以下と考えたのである。英国は、視察 (visual inspection) による美学 (感覚論) に基づいて海水浴場基準を選定した。フランスは、2つのカテゴリーの下に海水浴場を定義する方法を選択した。すなわち、平均的海水浴場は Mandatory Standards に違背して大腸菌群数が 33% 以下のサンプル数とし、良好でない海水浴場は Mandatory Standards を越える 33% 以上のサンプル数と定義した。

さらに最近の研究[15]によると、雨水流出水では Salmonella SP, Pseudomonas, Aeruginosa および Staph Aureus が全大腸菌群および糞便性大腸菌の両方に相互関係があることを示唆している。さらに[16]、オンタリオ湖海水浴場での Candida Albicans は糞便性大腸菌群と相互関係があることが発見されている。これらの発見は、疾病と感染とを生ずる種の一部と大腸菌群との間には若干の正の相関があることを裏付けるものである。

b) 飲料水供給

飲料水に使用される表流水は一般に、必要とされた場合厳格な処理を受ける。しかしながら、たとえば種々の毒性物質を含むような汚染物質は、伝統的な処理方法では容易には除去できない。したがって、これには特別の関心があつて、複雑な処理技術が必要とされるのである。

飲料水としての表流水の利用に関する保健上の関心は、つぎの節で議論する。

飲料水として利用される地下水は、一般に水質が良好なので、供給前の処理が最小で済む。そうした地下水が、溶解物質、フェノール、道路食塩 (解氷剤)、毒性物質などの汚染物質によって汚染されると、多くの場合処理が困難か、しばしば不可能となる。そうした場合、供給源としてその地下水を放棄せざるを得ない。

河川の富栄養化

ここでいう富栄養化とは、過栄養による水の老化 (aging of a water body by over enrichment) のことを指す。この老化は都市化によって加速されるが、それは開発以後、より多量の栄養塩類が放流

水域へ流出するからである。

飲料水への富栄養化のインパクトは、多くの理由により深刻である[17]。一般に、処理水水質を劣化させ、また安全性を損ずる可能性がある。さらに、処理を困難にし、また高価にする。

従来までの問題点はつぎのようである。

- 珪藻や他の藻類によるフィルターの急閉塞
- 有機物質によるフロック形成処理の妨害
- 味および臭いが頑固で不快
- マンガン、鉄、アンモニア性物質の異常濃度（これは色調上昇などをもたらす）
- 配管網の汚れや栄養塩含有量により、飲料水中にバクテリア増殖の危険性があること

富栄養化した水の中には有機物質が高度に含有され、また上述の問題（味、アンモニア、有機物の再増殖など）があるので、こうした水はしばしば、はじめの輸送管中や最終の配管中と同様に、処理中に塩素が大量に加えられる。塩素と有機物質との両者が高レベルであると、飲料水中に塩化有機物質の濃度上昇が起こる。今では、これらの物質は人間の健康に危険（carcinogenic risk）の可能性があると考えられている。このように飲料水は大衆の健康という点から富栄養化を防止すべきである。

富栄養化がレクリエーションやツーリズムにおよぼすインパクトは、大衆にとって多分もっとも敏感な部分であろう。それは水の持つレクリエーション価値を大きく変更させ、関連する活動（水泳、釣りなど）を損うこととなる。ひどい濁り、色調、臭い、人を刺す虫、水泳者のカユミ、などの水の持つ不満足な面を考えると、社会的な面や経済的な損失とが重要になり、さらに富栄養化防止が必要となる。

水生生物

水中で魚類や他の水生生物が生きのびる可能性は、大部分が水中の溶存酸素レベルに関係する。もちろんこれは、放流水域への放流水のBODの値に影響される。したがって、酸素を多量に要する放流水の結果としての酸素量低下がないように、そして魚類を殺してしまう可能性をなくすることが大事である。

毒性物質および重金属類は、魚類の生活に、またその魚類を食用に供するときには大衆の健康に重大な危険性をもたらす。

上述したように、雨水流出水の不良な水質が放流水域へあたえるインパクトは、環境に関してばかりでなく大衆全体に関して、きわめて重大な有害なるインパクトである。こうしたインパクトの時空間スケールは大きい変動巾を有する。しかしながら、個々の汚染物質パラメータは、それ自身の真実（変動巾）の中で重要であり、かつそのコントロールと軽減とに関して特別の注意に値するものである。

第4章 雨水汚染の制御手法

4.1 概要

ここで議論しようとする雨水流出水汚染の制御手法はつぎのように分類できる。

- a) 予防的制御手法
- b) 矯正的制御手法

予防的制御手法とは、都市域の計画や開発の中で、また都市域の中での種々の活動の実行や管理の中で、遂行できるような手法と考えられる。これは、排水路内で堆積するのに先立って種々の汚染物質の放流を無くさせてしまうことができよう。

矯正的制御手法とは、排水路内あるいは河川から汚染物質を除去するために、管理的手法あるいは構造的な手法として遂行されなければならないような方法と考えられる。

4.2 予防的手法

予防的手法は、発生源およびその変化物 (products) を指向する手法であり、かつ排水路に侵入する以前に汚染物質を除去しようとする方法に関連するものである。予防的手法の典型的な例をつぎに示す。

a) 無鉛燃料の使用

大気汚染防止の手段としてガソリンから鉛化合物が取り除かれたけれども、街路上での鉛化合物堆積が減少し、さらに、放流河川への都市流出水の中でも減少するという付加的な利益が得られた。ある都市域で無鉛ガソリンの使用が開始された 1970 年代すべてにわたってデータを比較すると興味があろう。しかし残念なことに、現在そうしたフォーマットのデータは存在しない。

b) 排煙制御

煙突からの排煙を制御することは、都市内ばかりでなく、未開発地域内においても同様に、汚染物質の堆積を制御できるもっとも重要な予防的手法の 1 つである。排煙は相当査察され、また最近ではとくに酸性雨によって淡水湖にもたらされた被害に関連して、大衆の注意するところとなっている。

煙突は、以前よりずっと高いものが建設されている。その結果、プルームははるかに広範囲に拡散するようになった。局所的な濃度は減少することとなったが、実際の負荷量は以前と同じであり、多くの場合数百マイルにもわたる広範な影響地域にばら撒かれることになった。

酸性雨の原因となるガス状排煙に加えて、粒子状排煙には関心がある。それは大気降下物に相当寄与しているからである。土砂性の負荷 (sediment load) に加え、重金属類を含む他の負荷は、しばしばこの粒子状物質に関連している。

見込みのある制御手法としては例えば、湿式ガス洗浄機、electrostatic precipitators、および発生源で排煙を消失させるため、化学的過程 (process) を液体中形式に変更する方法、などがある。

c) 材料置場の保護と制御

多くの工業過程や都市管理作業には、種々の原材料や完成品の材料置場が必要である。こうした材料置場はしばしば、降雨や風化にさらされると、汚染物質の堆積や蓄積が生ずる。地表面に堆積したものは将来 wash-off され、濾汁の形のものは地下水へと浸透することになる。保護カバーとしては、単に粘土のカバー材料でも土置場に使えるし、道路塩のような材料の場合には、その上の建物で保護することもできる。

d) 地方条例および規則

多くの都市当局は一般に、ゴミ投棄に対して地方法規制を有する。とくに北米の多くの都市では、特別法規制を制定し、動物の糞便の管理を行なっている。そうした規制の強化は困難であり、一般大衆の教育と支持とを必要とする。見通しを立てるのは困難ではあるが、そうした強化に基づく恩典は、都市域の美観改善や都市流出汚染が減少することである。

e) 化学物質の管理

都市の雨水流出水の汚染を減少させるためにもっとも重要で、またしばしば看過される手法は、肥料、駆虫剤（農薬）、油類、ガソリンなどのような毒性物質を乱雑に使用した投棄する機会を減少させることである。

除草剤撒布、公私による施肥、および駆虫剤の使用は、放流水域、あるいは保健一般に危険性があることを公衆により多く自覚させることによって、ある程度コントロールできる。多くの場合、過剰使用が主要な問題であり、適当な使用説明書を準備することによって、この問題をある程度軽減することができる。

f) 道路、高速道路での解氷作業の管理

解氷作業を効果的に管理すると、塩、ナトリウム、SSなどの汚染物質の堆積、あるいはその流出を減らすことができる。しばしばこれはコスト増なしに出来、多くの場合、予算の節約にもなる。

現行の解氷作業から生ずる不良な環境影響が報告されているが、それによると、冬期間、塩の負荷が50%も増加するとされている。さらに砂の使用はSSの一部分を占め、流域の下水道（分流式、合流式）のメンテナンスの問題を引き起こしている。

現行の解氷作業の代替としてつぎのような方法が考えられている。

一塩や摩擦用材料の慎重な使用、使用量減（これが正当と考えられる地方で）

一正確な使用量の分かる、より良質な撒布機、および計測器

一融雪水が汚染される可能性のあるシアン化物リン酸塩、クロムのような化学添加剤の使用を禁ずること

4.3 矯正的手法

先きに議論したように、矯正的手法は、放流河川への放流に先き立って排水路、地表面、配管網などから汚染物質を除去するために、排水システムの管理に適用される技術である。

種々のコントロールの機構を研究してみると、流出量の制御と流出水質との間の関係を正しく評価することが重要である。これについては本報告書で前に議論している。例えば、もし貯留をコントロール

機構だと考えると、そうした施設の規模決定に洪水ハイドログラフ全体を考慮に入れねばならない。同時に、配管の末端での処理プロセスについては、起こり得る広範な流量規模、および汚染物質除去の観点からみた時のそれぞれの流量での効率、を考慮せねばならない。

その他に重要なものは、洪水の洗掘 (scouring) あるいは洗浄作用、およびこれらの機構が降雨強度ごとに異なること、地表面の種類、および地表面のこう配である。

これを議論するために、雨水流出管理の矯正的コントロールをつぎの categories に分類する。

— 現地コントロール (site control)

— システムコントロール

— 管末端処理コントロール手法

4.3.1 現地コントロール

現地コントロールとは、制御手法あるいは雨水管理技術であって、流域の上流部で、とくに個人所有の土地で、ビル開発で、および街路上で適用されるものである。

直ちにしかも具体的に適用可能な現地コントロール手法にはつぎのような手法がある。

— 貯留

— 強制浸透

— 現地の平坦化

— 改良型街路清掃

現地貯留

雨水流出の中の種々の汚染物質に対する除去効率という点に関して、現地貯留 (on-site storage) の効果を確定することは困難である。しかしながら、種々の汚染物質の輸送と除去に関する機構についてはつぎで議論され、現地貯留施設と汚染制御との関係を少し評価してみよう。

- 雨水をある期間、貯留施設内で抑留すると、ある程度の沈降が起こる。したがって放流水の粒子負荷や固形物 (solid) 負荷を減少させよう。たとえばリンや金属類のように、固体物質に付着するような汚染物質も、ある程度低減できよう。一種の生物学的安定現象も生ずる可能性があり、BOD を減少させ、またバクテリアの自然死も起こるであろう。
- 流出を遅延させ、流量と汚染物質負荷量をより長期間に引き延ばしてやると、汚染物質の負荷に適応できるように、放流水域の能力を高めることが出来る。
- ピーク流量を抑えたため減少した流速は、洗掘や下流放流河川の洗掘 (channel erosion) を低減させよう。
- 合流式下水道へ流出する雨水のピーク流量を制御すると、汚染された越流量は低減させることが出来る。ある場合には、越流水を完全に無くすことも出来る。

現地貯留は、種々のやり方で、個々の開発に適用されているが、つぎのような例が見られる。

a) ビルの屋上貯留

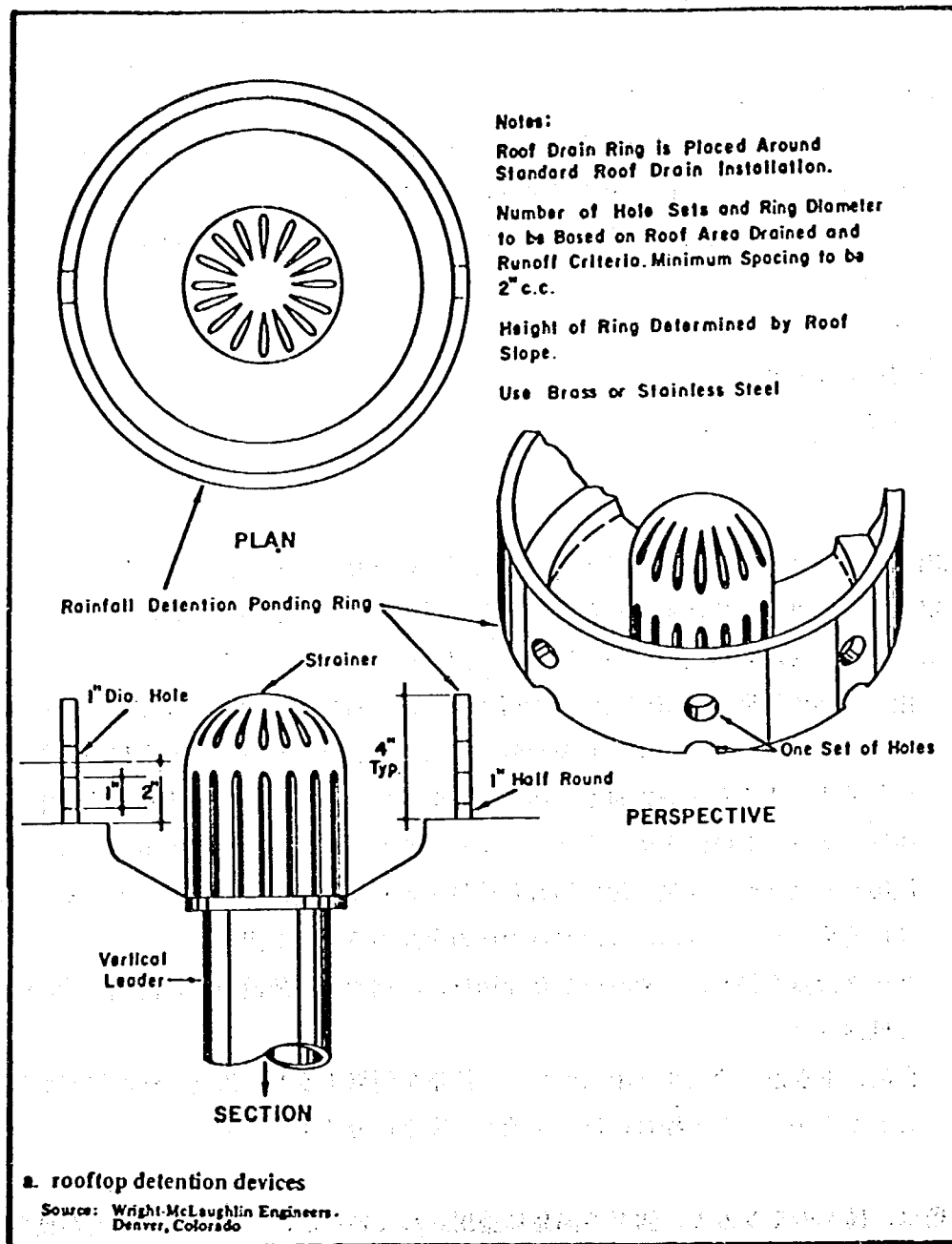
b) 駐車場の不透水性面上の貯留

c) 開発地区の自然景観の中に建設された通常はドライな湛水区域

a) 屋上貯留

屋上貯留はとくに、商工業地域で適当である。何故なら、そうした地域では、ビル面積が開発地域の大きい部分を占め、ビル建築物がフラットな屋上を用意してくれるからである。

北米ではそうした屋上の設計に、およそ水深5~10cmに相当する活荷重を考慮している。この水深での貯留量は、かなり激しい降雨を想定している。



RAINFALL DETENTION PONDING RING FOR FLAT ROOFS

貯留は、図-9[18]に示すように、屋上の排水ホッパーの周辺に、control ring を設置することによって、簡単に経済的に実現できる。

屋上貯留の利点をあげると、

1. 最小コストで相当量の貯留が可能
2. 排水システムへの放流に先立って、屋上に大気性の汚染物質を沈降させられる。
3. 貯留はビルからのピーク流量を減少させ、下流の雨水システムのコストを節約できる。

屋上貯留の不利な点をあげると

1. 屋上は、構造的には雨水貯留が可能ではあるが、耐水性ビルを維持するため止水技術の点で特別の考慮が必要である。
2. 貯留場所は流域内に位置しており、屋上への直接降雨分のみが貯留可能である。したがってこのタイプの貯留では大気性の粒子のみ除去可能性がある。
3. 屋上は個人財産であるから、屋上を貯留の目的のために継続使用を強制することは難しい。また、ビル所有者や維持作業のための職員がコントロール器具を取り去ってしまうことを防ぐのは難しい。

b) 駐車場貯留

駐車場貯留は都市流出を抑制する可能性のあるもう一つの場所である。とくに、工業開発地域は広大な不透水性駐車場を有するので、その可能性がある。不透水性駐車場での雨水の表面抑止 (surface retention) は、流出を遅らせ、ピーク流量を低減できる経済的でまた効果的な方法である。その結果駐車場貯留は、固体物質やそれに付随した汚染物質を沈降させるのに効果的である。沈降物質は降雨の後で地表面から除去すれば良い。

屋上の場合と違って、駐車場では、その区域以外の区域からの流出をも貯留可能である。

駐車場貯留は注意深く設計する必要がある。ピーク流量や水質コントロールなどの全体の目標を満足させるため、設計ガイドライン[18]にはつぎのようなものがある。

- 駐車場区域は緩こう配化を設計に取り入れる必要がある。何故なら、降雨後の粒子性堆積物を極力洗い流さないようにするためである。
- 最大湛水深はおよそ30cmに制限すべきであり、さらに不便さを最小にするため、この生ずる場所は駐車場区域の一番遠いところとすべきである。
- 貯留継続時間が最小になるように設計すべきである。そのためには、適当に工夫された吐出口構造を採用することによってコントロールできる。

c) ドライな池

通常はドライな湛水区域あるいは雨水抑留区域は、適当な景観技術を駆使すれば、開発の間接的使用区域の中に溶けこませることが出来る。開発区域の残りの不透水性表面からの流出分は、降雨後に徐々に流出させられるように、適当なこう配を付けてこうした池に向けて流してやれば良い。この方法によ

れば、粒子性物質や他の汚染物質の除去に必要な時間を用意できる。また、ピーク流量を低減でき、下流の放流水域へより一様な流量を流すことができる。

強制浸透

強制浸透は現地コントロール機構として応用できる。さらに、この方法は排水システムを通して、ずっと下流域にまである程度拡張することもできる。強制浸透の機構にはつぎのような例が含まれる。

透水性舗装

浸透ピットおよび浸透トレンチ

浸透池 (recharge basins)

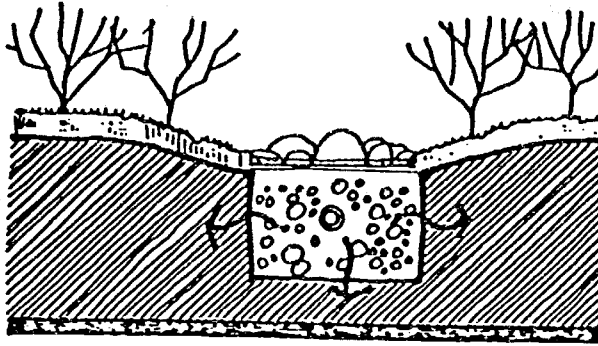
舗装面以下の地面が透水性で、かつ貯水池が用意できる場合には、極端な豪雨の場合を除いて、透水性舗装面から流出が生ずる必要性はまったくない。透水性舗装は閉塞を最小にするため、ある特別の維持が必要とされる。透水性舗装をした試験駐車場が Delaware 大学、およびテキサス州 Woodlands に建設された。さらに、オンタリオ州輸送情報省では、降雨中、舗装表面をドライに保ちやすくするため、主要ハイウェイで透水性舗装を成功のうちに使用している。

道路基盤の荷重負荷能力への影響、および凍上に関する影響については、まだ評価・算定されていない。

しかしながら、透水性舗装は浸透量を増加させ、その結果流域からの水平流出成分を減少させる。この機能は、通常なら放流水域へ向かうべき汚染物質のかなりの部分を除去するであろう。しかしながら、付加的な浸透が溶解成分の一部を、地下水面まで運ぶであろう。したがって、都市流出負荷のこの成分が若干増加することになる。

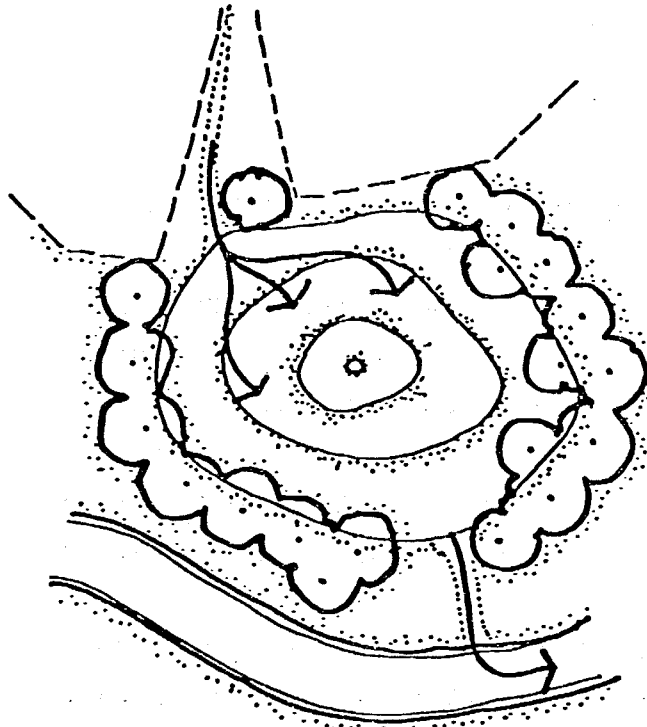
浸透トレンチおよび浸透池も応用されている[19]。基本的な目的は、増加した水平流出成分に関して都市化の影響を最小にすることである。また付加的な便益として流出水の水質が改善される点がある。

浸透トレンチおよび浸透池の典型的な例を図-10に示す。



STONE AND SAND TOPPED SEEPAGE TRENCH

CAN BE USED IN PARK SETTING AND LANDSCAPED
TO SIMULATE INTERMITTENT STREAM BED
PROVIDING VISUAL INTEREST AS WELL AS
INFILTRATION. THE USE OF A FILTER FABRIC
LINER IS OPTIONAL



RECHARGE BASIN TYPICAL PLAN

SHALLOW SIDE SLOPES MAXIMIZE DISTRIBUTION OF
RUN OFF FOR MORE RAPID INFILTRATION

图-10 [19]

現地の平坦化

新規開発区域内で現地の平坦化に適切な注意を払うことは、地表面流の流速を最小に出来、洗掘やピーク流量を低減でき、また同時に、地中へより多く浸透させることができるという点において効果的である。

この目標はいろいろな方法で達成できるが、その例をあげると、

- 地表面流の流速を低減し、洗掘や侵食を低減するため、地表こう配を最小にする。
- 可能な場所では、排水路や自然の凹みなどの自然な排水特性を利用する。

街路清掃

多くの都市では、堆積した塵埃を街路面から除去するため、街路清掃が実施されている。普通美観を守るために引き受けている。しかしながら、街路清掃はまた、放流水域への流出に先立って地面から汚染物質を除去する有効な方法であることが示されている。

街路清掃の効果はつぎの事項の関数である。

- 清掃頻度
- 通過回数
- 清掃器機のスピード
- 舗装の状態
- 清掃機器のタイプ

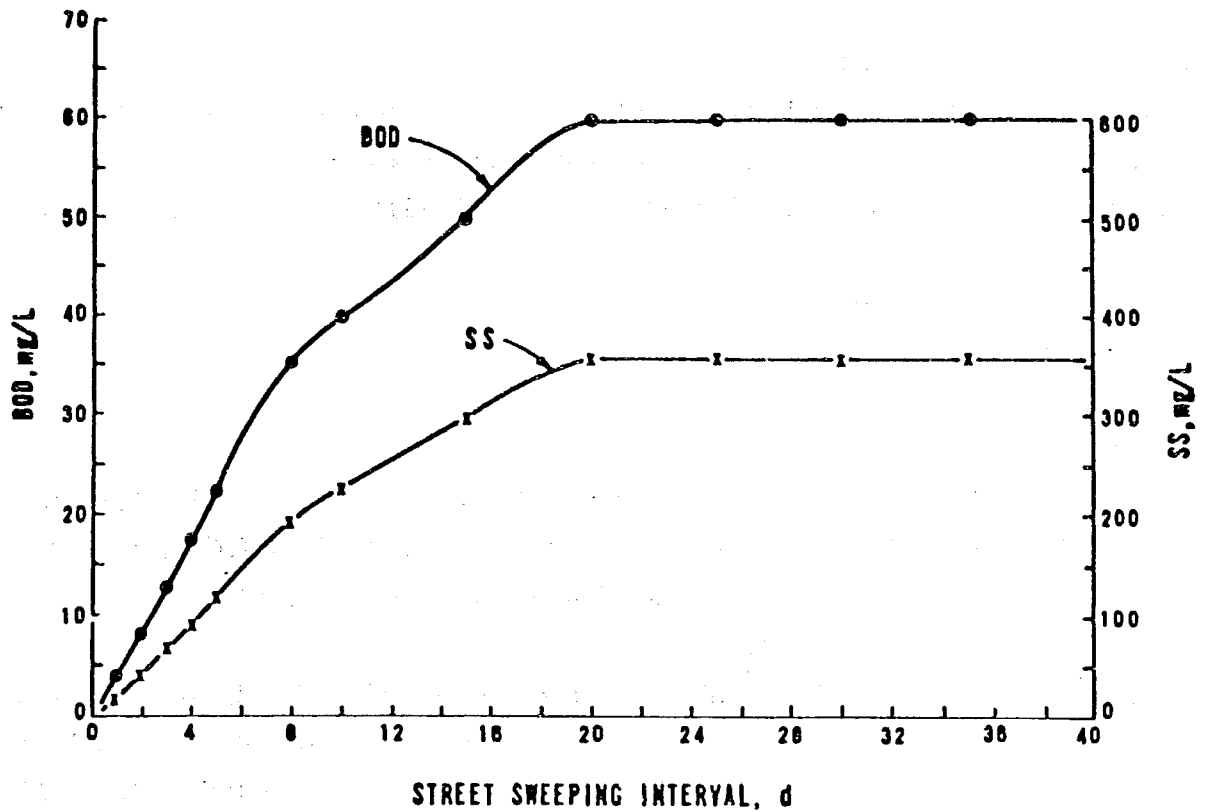
文献に報告されている除去率は、上述の関数に加えて清掃機器のタイプや製品によって、相当な変動がある。報告された効率は、11%から62%の範囲にわたっている〔3〕。

都市雨水中に発見される汚染物質濃度と街路清掃頻度との相互関係を、ある1つの都市について調査した結果が図-11〔12〕に示されている。同図によると、およそ20日間までは、SSとBOD堆積量との間に一次的関係が見られる。その後は安定する傾向にある。もちろんこの様子は、前期降雨条件がこの関係に劇的な効果を持つように、気象学的地域ごとにも異なるものである。たとえばオンタリオでは夏期には降雨頻度は3日に一度であるが、そうした線型関係は当てはまらないようである。

他の調査によると、清掃車の通過回数と除去効果との間に1つの関係を示している。これを図-12に示す。

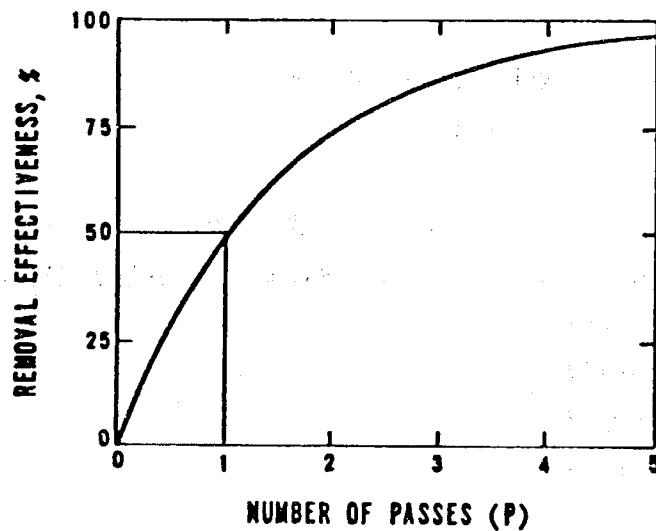
数多くのデータが有る訳ではないが、一般に、コンクリート舗装はアスファルト街路よりきれいなようである。アスファルト面の汚染物質負荷は、他のタイプの舗装面より7%~20%多いと評価されている。

清掃機器のタイプはまた、塵埃除去の全体的効果に影響を持っている。通常の清掃車は、より大きなサイズの塵埃の除去により効果的であるが、真空式あるいは空気吹付け式の清掃車は、より小さなサイズの塵埃除去により効率的である。しかしながら、真空式は舗装面が濡れていると効率が低下する。



Effect of street sweeping frequency on mean BOD concentration in urban stormwater runoff, Des Moines, Iowa.

Fig. 11 [12]



Street sweeping removal effectiveness with number of passes.

Fig. 12 [12]

4.3.2 排水システムコントロール

本節では、汚染物質が下水道管にはいる、下水道輸送システム内にはあるが、まだ放流水域への放流点に達する前の下水道システムに適用されるコントロール機構を取り扱う。

現行のコントロール機構は限られた範囲のもので、2つの基本的なオプションに関連している。すなわち、

- 下水道システムのメンテナンス
- 貯留

下水道システムのメンテナンス

雨水管および合流式下水道はともに、そのシステムのいろいろな場所のゴミや土砂を集める傾向がある。とくに流量の小さい時にその傾向が強い。例えば流域の最下点は、土砂の負荷のトラップとなる。こうした場所が定期的に清掃されなければ、生物学的増殖の場を形成することとなり、結果として、下水道システムへの汚染物質の負荷源となる。

同様に、晴天時の条件での合流式下水道は、大口径パイプの中に低速流しか生じない傾向となり、とくにそのシステム内の平坦地域あるいは非一様地域 (sag, 凹所) での土砂の堆積を許してしまうことになる。これらの土砂は続いての雨水流出の際洗い流され、放流水域への 'first flush' 負荷として重大な貢献をしてしまうことになる。

最善の管理作業としての下水道システムのメンテナンスの意義は、それが適当に運用されると、付着した土砂やゴミがコントロールされたやり方で除去され、汚染物質が雨水流出の条件下で放流水域へフラッシュされるようには蓄積されないということである。

定期的なメンテナンスプログラムはつぎのようである。

- 流域のメンテナンス
- 管の清掃とフラッシング
- 水路や溝から過剰なゴミや土砂を除去すること
- 流入水および浸透水源のコントロール

サンフランシスコでの研究[1]によると、数多くの流域からのサンプリングから見ると、広範囲の汚染物質の負荷は液体中にかかえられている。そのデータによると、平均的な特性はつぎのようである。

COD	——	6400 mg/l
BOD	——	110 mg/l
全チッソ	——	8 mg/l
全リン	——	0.2 mg/l

これらの平均値を使うと、流域内に保持されている BOD_5 の負荷量は、1人1日当たり0.08kg (0.18ポンド) あるいは同量の廃水 (waste discharge) と計算される。

下水道のメンテナンスは、日常検査およびシステムの清掃の両方を含む。固形物の堆積による詰まりなどが発見される路線は適当に清掃され、必要と考えられる修理作業が実施される。

基礎的な考え方は、水圧利用型、機械的あるいは手動式の器具が下水道管内を引っ張られ、その結果堆積物質が放流水域へ放流される前に、そのシステムから除去される。

大口径下水道管や遮集管の清掃は、比較的ユニークな問題を有している。そこでは sludg の堆積は数フィートの厚さになり、特別に設計された大きな機械式の器具が必要である。

適当に管理されたメンテナンスプログラムの利点は明らかであり、つぎの事項を含んでいる。

——放流水域への汚染物質の負荷量放出の減少

——下水管および遮集管の能力増加、および上流での flooding の減少

貯留

下水道システムに組み込まれた貯留は、つぎの2つの基礎的なタイプから成る。

——ライン内抑留貯留 (in-line detention storage)

——ライン外抑留貯留 (off-line detention storage)

a) ライン内貯留

ライン内抑留貯留施設は、シリーズとして建設され、下水道システムの集積部分となる施設である。

そうした貯留地域は、貯留池あるいは通常より大きな口径のパイプ ('super pipes') の形となっている。

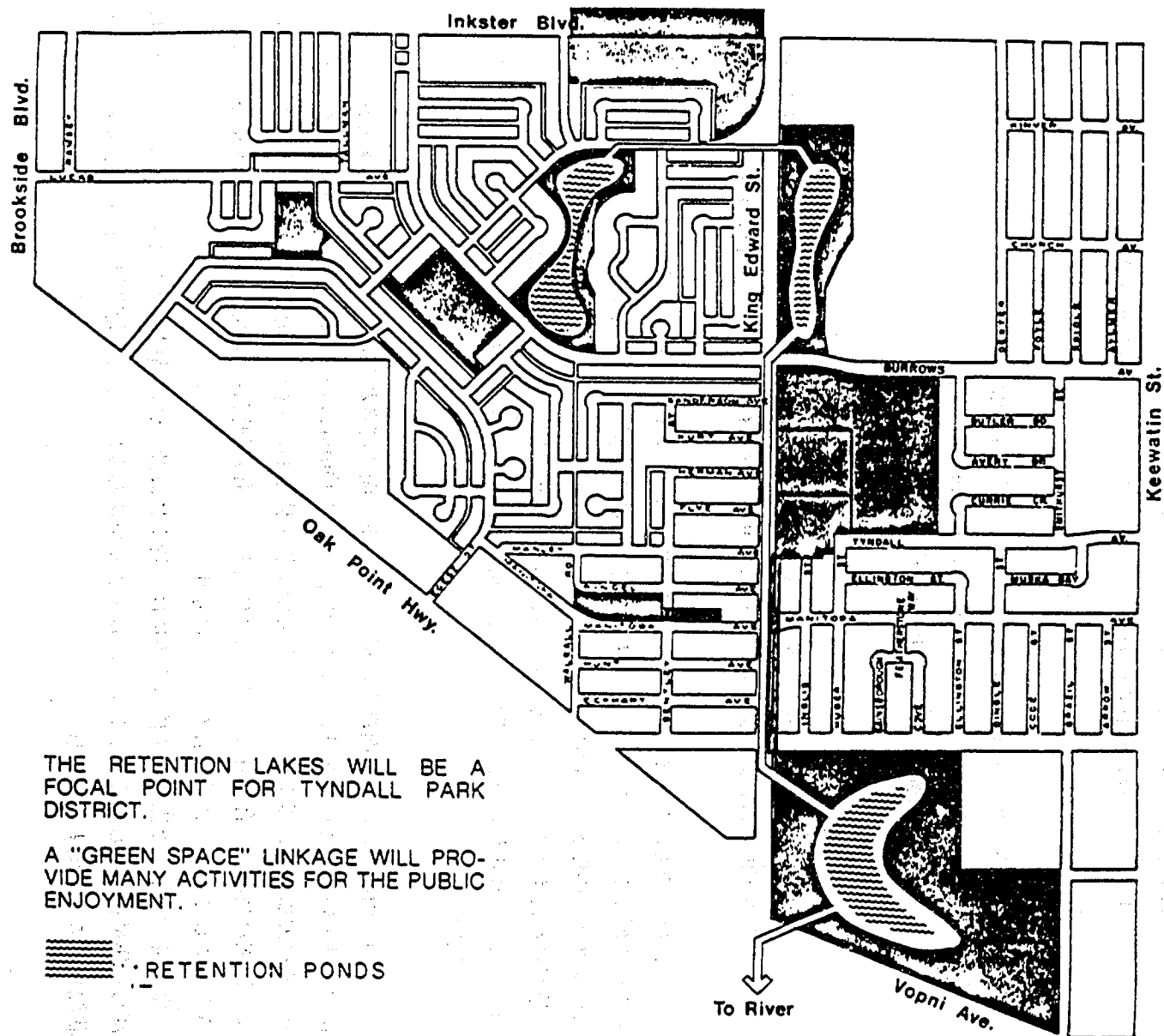
貯留池は、通常はドライな池、あるいは代替的に通常水位を維持する池のいずれかである。これらは人工池の形で1つの開発形態の中にきわめて効果的に集積させることができる。マニトバのウイニペグでのシステムの例を図-13に示す。

適当に設計すると、そうしたシステムは開発区域の環境を高めることになる。また経験によると、湖沼に隣接した住宅地区は、(湖によって)用意されたアメニティの結果として、その財産価値が増大している[21]。

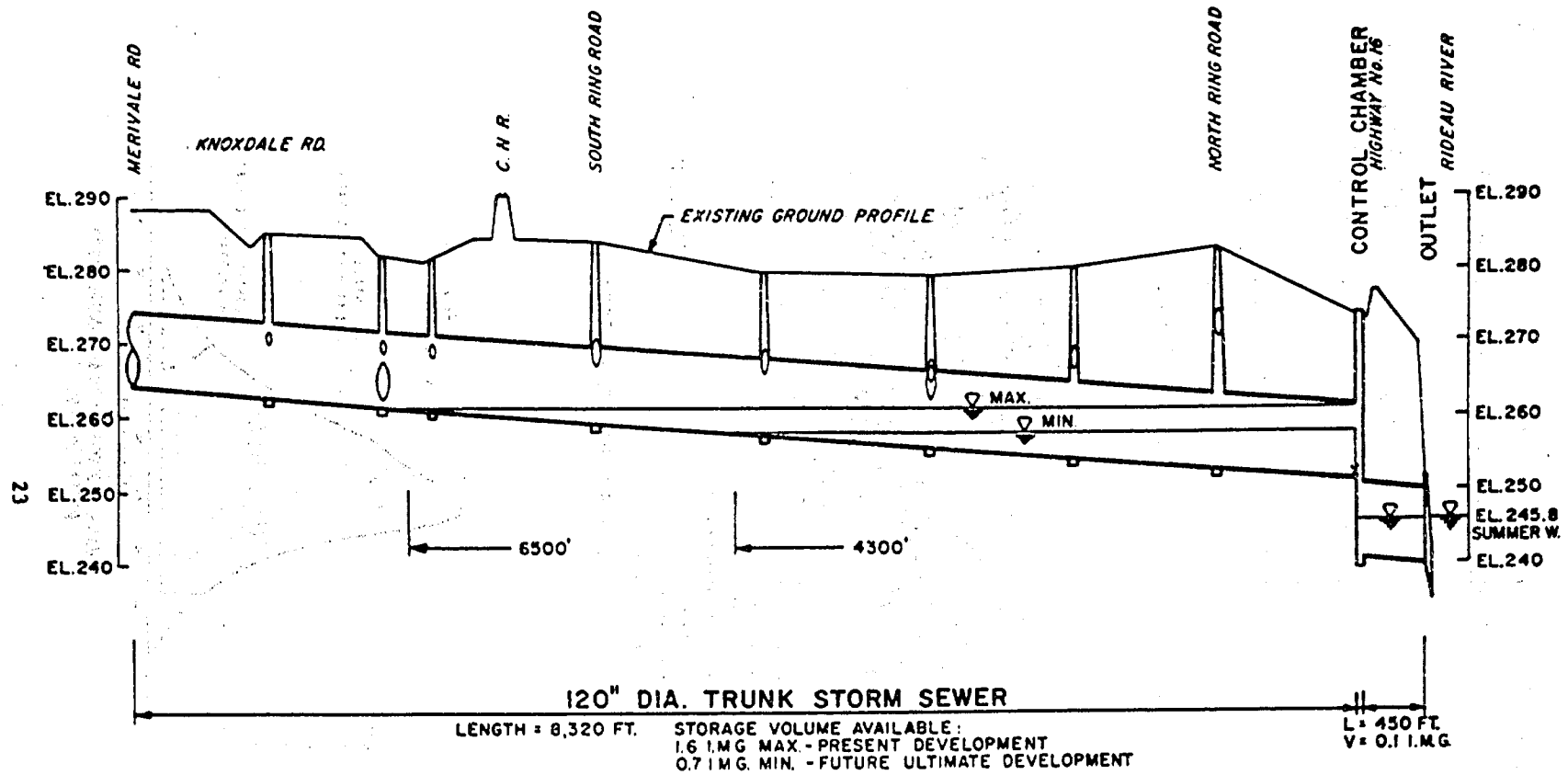
'Super pipes' は、地表面湛水が用地やコストの面で許されないような場所で、ライン内貯留として使用されている。この手法は、水質制御施設として Ontario の Nepean 市で成功のうちに適用されている。その方法は、口径 120 インチの基幹雨水管を使用し、制御された吐出口形式を採用することによって、極端な豪雨の場合を除く全ての場合に対して、有効貯留量を利用出来、かつ土砂堆積量を確保できるようにしてある。この施設を図-14に示す。

出水後、堆積した固形物を除去するには、特別に設計された清掃器具が必要である。清掃頻度は、しばらく作業を実施して後にはじめて決定できるであろうし、また土地利用や流域地表面のメンテナンス状況などにも関係するであろう。

☒-13 (21)



23
[X]-14 [22]



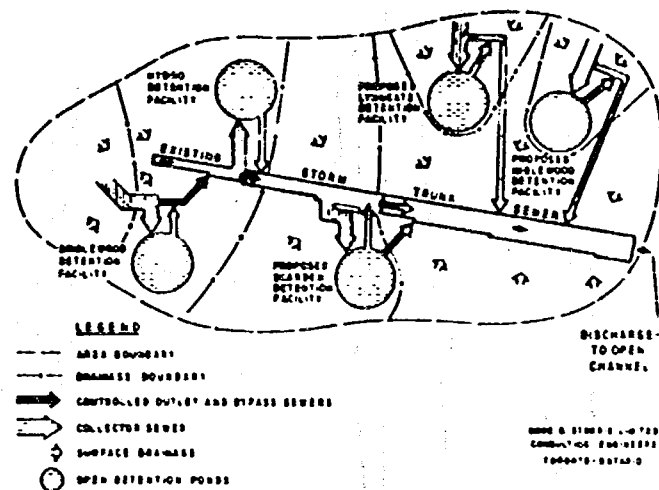
120-INCH DIAMETER TRUNK STORM SEWER

b) ライン外貯留

ライン外貯留は、それが可能な場所では、ピーク流量を低減させ、合流式下水道越流量を減少させ合流式下水道から出る 'first flush' を捕捉し、土砂沈積 (Sedimentation) の形での処理を可能にする方法である。

ライン外貯留施設は通常、合流式下水道システムに関連したものであるけれども、こうした施設は、下水の過負荷や氾濫状態を軽減するために、分流式下水道システムにも組み込めるものである。ライン外貯留の実施例を図-15 [23] に模式的に示す。

ライン外貯留施設は、ライン内貯留の場合と同様に、ドライ状態か常時水があるかいずれかの貯留池、あるいは地下貯水池から成る。しかしながら、貯留池を使うのは分流式下水道システムでは困難であり、また地下貯水池 (reservoirs) は一般に合流式下水道の越流水用に使用される。



FLOW SCHEMATIC FOR SUB-TRUNK 'D'

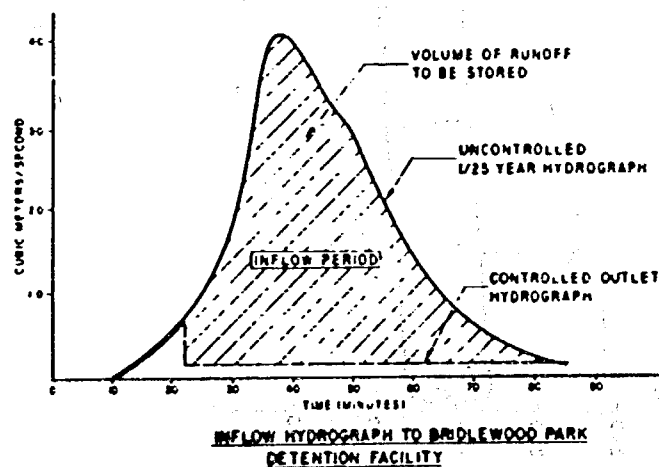


図-15 [23]

c) 貯留の効果

貯留施設の大部分は、流量とくにピーク流量の制御操作のために設けられているけれども、とくに水質制御のために建設された施設もいくつか存在する。研究によると[24]こうした施設の種々のパラメータに対する除去効率はつぎのようになっている。

SS	90% (沈降時間12~15時間)
栄養塩NおよびP	25~50%
大腸菌	90% (滞留時間24時間)

4.3.3 管末端処理施設 (End of pipe treatment)

管末端処理制御とは、雨水や合流式下水道越流水からの汚染を制御するための物理的なユニットプロセスのことをいう。ユニットプロセスは、貯留、物理的処理、生物学的処理、地上の手当 (land treatment)、および消毒などを指す。

ユニットプロセスと考えられるものを列挙するとつぎのようになる。

- 貯留
- スクリーニング
- スワール濃縮器
- 溶解させた空気を浮流させること (air floatation)
- 高磁界での分離方式 (高勾配磁界)
- 湿地処理 (marsh treatment)

貯留

貯留は、ライン外物理的処理法と考えられ、放流水域への放出に先立って沈降処理 (sedimentation treatment) を行うものである。

管末端に位置した貯留は、本質的にはライン内貯留と同じ形式を取るであろう。すなわち、

- 常時はドライあるいは水面を有する湛水施設
- (見えないように)被覆されているか、あるいは地下の貯水槽

管末端貯留処理施設は、しばしばつぎのような面が組みこまれている。

- 沈降を助長するための化学的凝集
- 化学的消毒

こうした施設の例にマサチューセッツのチャールズ川施設[3]があり、1/5確率洪水の 14150 ML/S (323 MGD) を処理できるよう検討されている。

その施設は、プレススクリーニング、貯留能力 4.54 ML (1.2 M/gal) の密閉水槽、および塩素注入装置とを有する。この施設が目標とする汚染物質除去や作動効率は表-12に要約されている。表-12を見ると、全体としての除去効果は、

BOD	61%
SS	51%
沈降性物質	61%

表- 12

TABLE NO. 12

Projected Performance of Charles River Pollution Control Facility

Flows to station			Detention time, min	Reduction, %		
Mgal/d ^b	h/yr	Mgal/yr		BOD	Suspended solids	Settleable solids
1.0	5 260	223	.....	100	100	100
2.0	2 450	206	.....	100	100	100
3.0	550	69	.....	100	100	100
4.0	100	17	.....	100	100	100
5.0	50	11	342.6	88	98	99
15.4	160	103	111.2	40	56	83
17.5	20	15	97.8	36	54	77
25.5	35	37	67.1	28	34	57
37.5	35	55	45.7	24	29	45
50.5	20	42	33.9	20	24	35
65.5	15	41	26.1	17	19	28
81.0	10	34	21.1	15	17	24
98.0	5	21	17.5	14	16	21
131	15	83	13.1	12	15	16
164	5	34	10.4	10	11	14
198	3	25	8.6	8	9	12
230	7	68	7.4	6	7	10
263	3	33	6.5	5	6	8
298	2	25	5.7	3	5	6
323	3	41	5.3	2	4	5
323	12	...	.....	...	...	...
Total	8 760	1 183				

スクリーニング

種々のレベルのSSを除去するためにスクリーンが使用される。そのスクリーンは、単一の処理プロセスとしてか、あるいは前処理法として、付加的処理プロセスにまで持ちこまれた浮遊砂や粗砂を除去するために使われる。

種々のタイプのスクリーンが開発され、雨水処理に使われている。種々のタイプのスクリーン装置とともに、典型的な装置の要約（主としてカナダおよび米国で使用されているもの）が表-13にまとめられている。

表-13

TABLE NO. 13

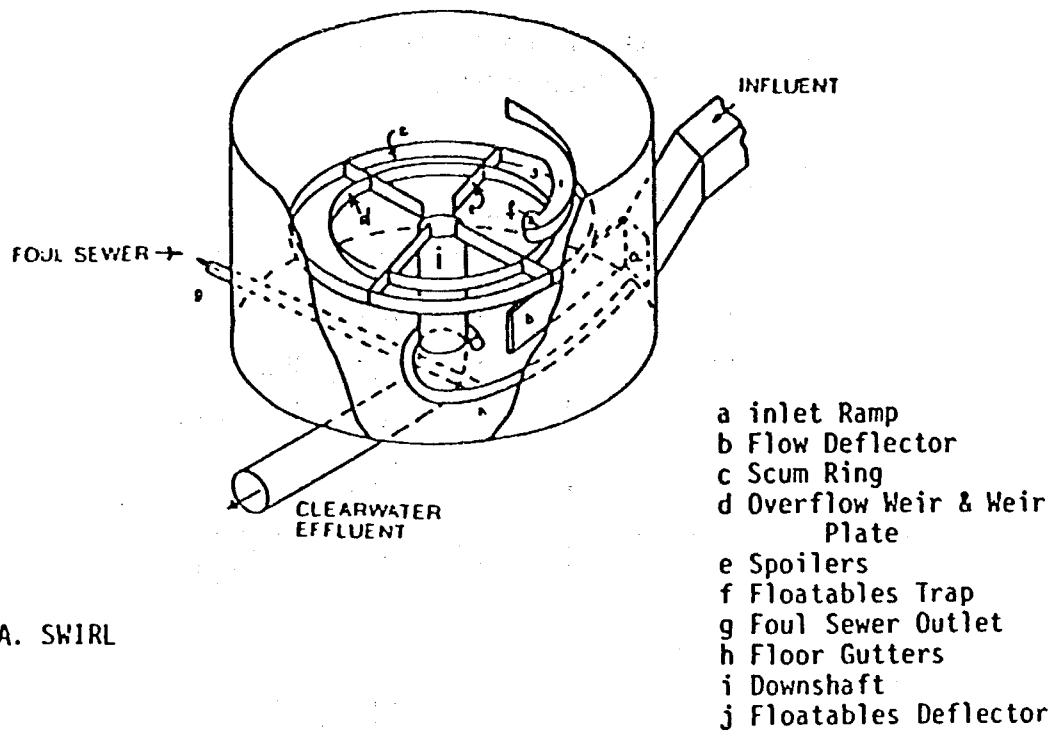
DESCRIPTION OF TYPICAL
SCREENING INSTALLATIONS

Project location	Type of screening equipment	No. of screening units	Screen aperture, microns	Screening application	Period in service
Belleville, Ontario [48]	Rotary screen	1	105	Pilot plant operation to test effectiveness of screening combined sewer overflows	1974 to 1975
	Static screen	1	305		
	Static screen	1	762		
	Rotostrainer	1	500		
Cleveland, Ohio [2, 47]	Drum screen	1	420	Pilot pretreatment to dual media filtration	1970 to 1971
Euclid, Ohio [49]	Microstrainer	4	30	Dual use: dry-weather effluent polishing 98% of time plus main treatment of combined sewer overflow	Under construction
Flint, Michigan [49]	Microstrainer	6	20	Effluent polishing	Under construction
Ft. Wayne, Indiana [50]	Static screen	12	1525	Parallel screening facility to test effectiveness of various screens, main treatment and pretreatment	1975 to present
	Drum screen	1	147		
	Rotary screen	8	105		
Milwaukee, Wisconsin [44, 51]					
Hawley Road					
Test 1	Drum screen	1	297	Pretreatment to dissolved air flotation	1969 to 1972
Test 2	Drum screens	2	841	Sequential screening main treatment, screens operated in series	1971
	Microstrainer	1	149		
Test 3	Microstrainer	1	20	Main treatment of combined sewer overflow and dissolved air flotation effluent polishing	1973
Test 4	Drum screen	1	297	Pretreatment to dissolved air flotation with chemical addition	1974
Mt. Clemens, Michigan [52]	Microstrainer	1	20 and 60	Polish pond effluent	1972 to 1975
New York City, New York [23, 53]	Rotostrainer	1	297	Pretreatment to high-rate filtration	1975-1976
	Disc strainer	1	250 and 420		1976 to present
Norwalk, Connecticut [49]	Microstrainer	6	35 or 70	Dual use: dry-weather effluent polishing and main treatment of combined sewer overflow	Under construction
Oil City, Pennsylvania [49, 54]	Microstrainer	2	35	Dual use: effluent polishing and main treatment	1976 to present
Philadelphia, Pennsylvania [55, 56, 57]	Microstrainer	1	23 and 35	Main treatment with disinfection	1969 to 1974
Racine, Wisconsin [43]					
Site I	Drum screen	2	297	Pretreatment to dissolved air flotation	1973 to present
Site II	Drum screen	4	297		
Site IIA	Drum screen	1	297		
Rochester, New York [36]	Microstrainer	1	70	Pilot main treatment	1975 to 1976
Syracuse, New York [35]	Rotary screen	1	105	Pilot main treatment	1974 to present
	Microstrainer	2	20 and 71		

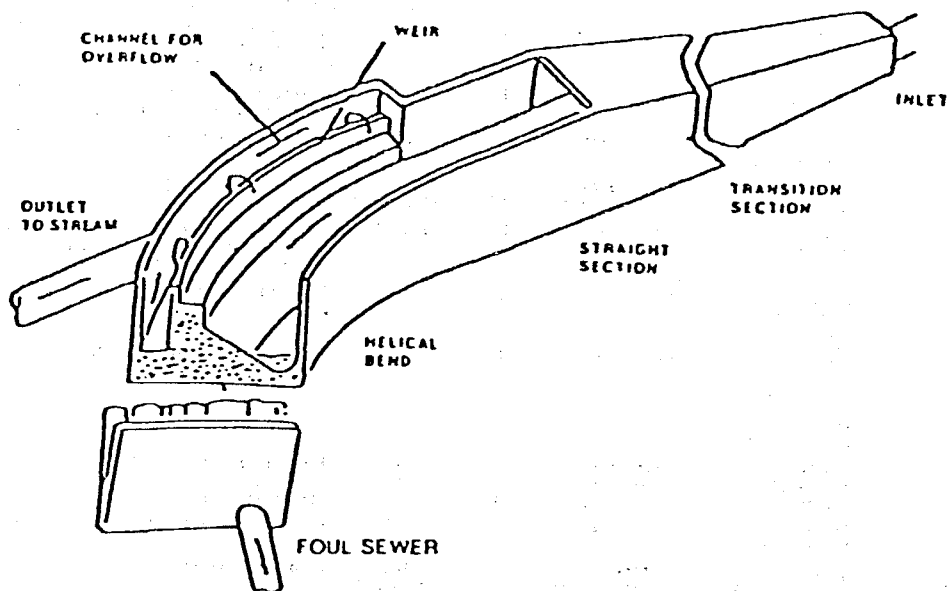
スワール濃縮器

スワールやヘリカル濃縮器は、はじめ調節器具として開発されたものであるけれども、雨水や合流式下水道の質・量コントロールが出来る。2つの基本的な装置のタイプは、スワールおよびヘリカルベンド濃縮器（あるいは調節器）であり図-16〔25〕に描かれている。

SWIRL/HELICAL BEND/SOLIDS SEPARATORS



A. SWIRL



B. HELICAL BEND

图-16 [25]

スワール濃縮器には、つぎのような種々の利用法がある。

流量調節器

砂利除去器

分離器 (primary separator)

流量調節器としてのスワール濃縮器は、晴天時の下水流量を底面オリフィスを通して分流し、また遮集管へ放流する機能を持つ。ピーク流量時には、遮集管への流量は底面オリフィスによってコントロールされ、過剰な流量は堰を通して放流される。

スワールの原理は、下水処理場における前処理のための砂利除去にも使われる。この例では、スワール型の砂利除去器が、円錐形ホッパーとともに、放流前に固形物が集積する円形のスワール室の下に設けられる。

スワール分離器 (swirl primary separator) は、当時のスワール濃縮器 (調節器) よりもより多くの SS を除去するために開発された。開発されたスワール室の形状は円錐形で、深さはおよそタンクの径に等しくされている。

スワールやヘリカルバンド濃縮器を利用した数多くのデモンストレーションが、米国、カナダおよび英国で行われている。

スワール濃縮器の効率に関する若干のデータや、またニューヨークのシイラキウス[26]での研究によると SS の除去率は33~55%の範囲である。

溶解した空気^上の浮遊 (air floatation)

溶解した空気^上の浮遊手法は、SS および合流式下水道放流中に見つけられる油やグリースなどの浮遊性物質の除去に効率的な方法とされている[3]。

固形物は廃水の流れから、小さな気泡によって除去さる。気泡は、減圧後の反応タンクから放出され、固形物をキャリーしながら水面まで上昇する。溶解した空気^上をキャリーし、浮遊タンク (floatation tank) に達する流れ (圧力を持っている) はつぎのいずれかである。

- a) 雨水全体
- b) 雨水の一部
- c) air floatation の循環流出水

高磁界での分離 (高勾配磁界分離)

高磁界分離器 (実際にはこう配の大きい磁場) は、磁性粒子および非磁性粒子の混合物に作用する磁力およびそれに打ち勝とうとする力の相互作用を利用するもので、粒子の磁性強度に基づいた分離が可能である。

高磁界分離は長年にわたって種々の工業分野で使われて来たが、その業種にはつぎのようなものがある。

- カオリン粘土工業
- 鉄鉱石その他鉱物の処理プロセス

- 化学的糞糞や粉末の浄化
- 排煙性粒子の除去
- 溶鉱炉廃水の浄化

上記の全ては直接的応用であり、効果的な媒体や凝集剤の添加を必要としない。合流式下水道へ高磁界分離を応用するには、磁力勾配の中で除去され易いフロックを形成させるために、廃水の流れに磁性酸化鉄 (magnetic iron oxide) を投入 (seeding) し、さらに凝集剤や高分子電解質を添加せねばならない。磁力勾配がつけられた母室 (matrix) を流れが通過すると、除去が生ずるのである。

母室に蓄積したフロックや粒子類をフラッシュするために、逆洗 (back wash) 装置がつけられる。逆洗の時には磁力勾配は零とされる。

小さなモデルを使ったパイロット研究 (ボストンで実施された[25]) における除去効率を見ると、微粒子に作用する磁力は、重力の何倍も大きいので、除去効率は沈降 (sedimentation) による方法よりも大きいことが分かっている。ボストンでの研究によると、90% オーダの除去、SS については更に高率であり、BOD や大腸菌も除去可能であることが示されている。

急速口過

急速口過によるデモンストレーション用の処理システムで、ライン内の明ばん添加、凝固作用、高分子剤添加、フロック形成および口過などの手法を用いて、SS、リンおよび窒素を除去するときの効果が評価されている[28]。

SS とリンは、明ばん添加、凝固作用および高速口過によって除去され、またアンモニア性窒素は交換・吸着プロセス (exchange/adsorption) によって除去される。

処理効率の比較

種々の物理的処理プロセスに対する汚染物質の除去率が評価され、表-14 [3] にまとめられている。

同表を見ると、種々の処理プロセスに対する除去効率には広い変動巾があることが注目される。例えば SS 除去の処理効率は、静止スクリーン (static screen) の 5% という低率から、高磁界分離の 98% という高率にまで変動する。リン除去について報告されたものによると、一般に、試験された種々のプロセスに対して 10% から 50% のオーダの変動巾がある。

TABLE NO. 14
Comparison of Typical Physical Treatment Removal
Efficiencies for Selected Pollutant Parameters

Physical unit process	Percent reduction					
	Suspended solids	BOD ₅	COD	Settleable solids	Total phosphorus	Total Kjeldahl nitrogen
Sedimentation						
Without chemicals	20-60	30	34	30-90	20	38
Chemically assisted	68	68	45	.....	..	..
Swirl concentrator/flow regulator	40-60	25-60	..	50-90	..	..
Screening						
Microscreens	50-95	10-50	35	.....	20	30
Drum screen	30-55	10-40	25	60	10	17
Rotary screens	20-35	1-30	15	70-95	12	10
Disc strainers	10-45	5-20	15	.....	..	..
Static screens	5-25	0-20	13	10-60	10	8
Dissolved air flotation ^a	45-85	30-80	55	93 ^b	55	35
High rate filtration ^c	50-80	20-55	40	55-95	50	21
High gradient magnetic separation ^d	92-98	90-98	75	99	..	..

a. Process efficiencies include both prescreening and dissolved air flotation with chemical addition.

b. From pilot plant analysis [45]

c. Includes chemical addition.

d. From bench scale and small scale pilot plant operation, 1 to 4 L/min (0.26 to 1.06 gal/min).

第5章 社会経済性および政策

5.1 社会的考察

社会的考察には、雨水の管理と制御施設とに関連して利点と不都合（社会的な反対）の両方が含まれよう。

利点にはつぎのような事項があろう。

——環境の質の改善

——水質の改善

飲料水消費

水生生物

富栄養化コントロール

——レクリエーションアメニティの改善

不都合にはつぎの事項が含まれる。

——発生源コントロールの実施に係る私的セクターの反対

——近隣地区内に地表面指向型の制御（施設）を設置すると、地区人口から反対意見が出ることもある。

5.2 経済的考察

雨水管理・制御のコストと利点を比較する真の経済評価は、常に実地的なアプローチであるとは限らない。何故なら、金銭的価値をベネフィットに算定したり割り当てたりする困難があるからである。

より合理的な組み立て方は、政策を細かに吟味して水質制御に対する全体的目標を決め、その後代替手法について最小費用法による評価を行うことである。

都市排水計画や技術における現行の実行手法のアセスメントによると、新しく、より総合的なアプローチの必要性が示されている。こうした新しいアプローチは、必要なら、新しい革新的技術を駆使しながら、現行の都市の計画メカニズムのより広範な使用を通しての新しい排水理念の適用から構成される。このアプローチは、つぎのように、5つの提案で説明される。

- 1) 保全担当部局と同位の都市当局は、すべての流域内の排水マスタープランを開発すべきである。
この政策の目的は、1に雨水排水システムが流域のニーズと両立する方法で開発されるように、急速に発展する都市における排水マスタープラン作成に資すること、2に、現在の水質問題や浸水問題を明確にし、および3に、将来の問題化を避けることである。
- 2) 下水の収集や処理システムを持つ都市は、雨天時および晴天時の両方の汚染発生源を考慮した総合的な汚染制御戦略を明定し、実行すべきである。明定化の初期の段階では、以前不明であった汚染雨天時発生源、体積および量のシステム内吟味（in-system review）を実施すべきである。放流水域の目標、および雨天時制御対晴天時制御のコストと効果とを考慮すると、最終の総合的戦略へとつながって行くであろう。最後の結果は都市の汚染制御におけるコスト－効果を一層よく考慮した投資となろう。
- 3) すべての新規開発に対する排水システムは、大洪水から小出水まで配慮する考え方によって（異

常洪水対応と計画洪水対応)設計されるべきである。これは排水システムの二重性 (dual role), すなわち, 小さな流出 (minor, high frequency) の時利便性を用意してくれること, および, 大きな流出 (major, rare) の時財産被害を最小にし, かつ人命を守ること, の二重性を認識するものである。こうすれば下水道建設費用は徐々に低下すると考えられる。何故なら, 計画排水システムは過度に保全的な設計技術, あるいは過度に稀 (rare) な設計流出量を使うことによってもたらされる超過コストを避けるよう設計されるであろうし, 一方異常洪水時排水システムは, 計画排水システムの能力を越える流出から生ずる被害を防止するよう設計されるであろうから。全体的な排水システムはより高度の防護レベルを用意するであろう。何故なら, 道路沿いや排水緩和施設沿いに流路を持つ異常洪水時排水システムは, 稀れな大きな流水時に対して用意されるものであろうし, また, あるレベルの不便さは時折経験されるものであるとの知識が導入されるであろうから。

- 4) 新しい都市開発の提案者は, 流域開発の影響を示唆すべきであり, また必要に応じて緩和的手段を実行すべきである。水文学的变化や放流水域にあたえる汚染の影響は, この場合示唆されねばならない重要な影響であると考えられる。
- 5) 新しい都市開発の提案者は, 開発の計画段階および建設段階において, 土壌の侵食とコントロールプログラムを, 計画し, かつ実行すべきである。そして, 適当なメンテナンスプログラムをもってこれに従うべきである。建設工事で発生する土壌汚染 (sediment pollution) は, 全部局的ベースで, コントロールを正当化しなければならない程重大な問題である。

こうした提案 (複数) の支持と実行とは, 過去に生じた排水問題が将来には最小にされ, かつ不要な出費が避けられることを保証するであろう。大多数の場合には, 都市排水システムの全コストは増加することなしに, また小数の場合のみより安価なコストで, 安全性が改善され, 環境は向上することになるであろう。さらに, これらの提案された政策の完遂は, 関連する種々の政府部局間でのより良い整合を可能とするであろうし, 都市排水の管理手続きや承認手続きを簡易にすることであろう。

LIST OF REFERENCES

1. Lager, John A. and Smith, William G. "Urban Stormwater Management and Technology: An Assessment". U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 670 / 2-74-040. December 1974.
2. Meta Systems Inc. "Land Use - Water Quality Relationships". U.S. Environmental Protection Agency. WPD 3-76-02. March 1976.
3. Lager, John A.; Smith, William G. and Lynard, William G. "Urban Stormwater Management and Technology: Update and Users' Guide". U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 600/8 - 77-014 September 1977.
4. Shaheen, D. G. "Contributions of Urban Roadway Usage to Water Pollution" U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 600/2 - 75 - 004
5. Heaney, J. P. et al. "Urban Stormwater Management, Modeling and Decision-Making". U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 670/2 - 75 - 022
6. Weibel, S. R. et al. "Urban Land Runoff as a Factor in Stream Pollution" Journal of the Water Pollution Control Federation. 36:914 - 924 July 1964.
7. Manning, M. J. et al. "Urban Stormwater Management Modeling and Decision-Making". U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 670/2 - 75 - 022
8. Wong, J. and Marsalek, J. "Persistent Toxic Substances in Urban Runoff - Proceedings Stormwater and Water Quality Management Modeling and SWMM Users Group Meeting". September 28-29, 1981.
9. American Public Works Association. "Evaluation of the Magnitude and Significance of Pollution Loadings from Urban Stormwater Runoff in Ontario". Environment Canada, Ministry of the Environment Ontario. Research Report No. 81 - 1978.
10. Pitt, R. and Field, R. "Water Quality Effects from Urban Runoff". Journal - American Water Works Association, Vol. 69. August 1977. pgs. 432 - 436.
11. International Reference Group on Great Lakes Pollution from Land Use Activities (PLUARG): "Environmental Strategy for the Great Lakes System". International Joint Commission Canada and the United States. July 1978.

References / Page 2

12. Colston, N. V. Jr. "Characterization and Treatment of Urban Land Runoff". U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 670/2 - 74 - 096. December 1974.
13. Municipal Environmental Research Laboratory. "Areawide Assessment Procedures Manual, Volume I". U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 600/9 - 76 - 014. July 1976.
14. Moore, B. "Marine Pollution Branch". 8 (12): pgs. 269 - 272. 1977
15. Olivieri, V. P. "Environmental Impact of Nonpoint Source Pollution". Ed. M. R. Overcash and J. M. Davidson. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor. 449 pp. 1980
16. Sherry, J. P. et al. "Occurrence and Significance of *Candida aldicans* in Lake Ontario Basin". Inland Waters Directorate, National Water Resources Institute, Canadian Centre for Inland Waters, Scientific Series 98, 31 pp. 1979.
17. Environment Committee, Water Management Group. "Co-operative Programme for Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control)". O.E.C.D. - Paris, 19th November, 1980.
18. Portner, H. "Practices in Detention of Urban Stormwater Runoff". American Public Works Association. Special Report No. 43.
19. Proctor & Redfern Limited. "Stormwater Management Guidelines". Ministry of Natural Resources - Ontario. 1981
20. American Public Works Association: "Water Pollution Aspects of Urban Runoff". U.S. Environmental Protection Association. U.S. EPA Report No. 11030 DN 501 / 69
21. Winnipeg - Waterworks, Waste and Disposal Division: "Retention Lakes ... Make Winnipeg's Land Drainage Look Good". (a pamphlet)
22. Gore & Storrie Limited. "Stormwater Management for Nepean, Merivale Area". Environment Canada - Ministry of the Environment Ontario. Research Report No. 89
23. McKelvie, S.A. - Gore & Storrie Limited. "How Scarborough Tackled its Flooding Problems". Civic Public Works Magazine, MacLean/Hunter. June 1981
24. Gietz, R. J. - Regional Municipality of Ottawa Carleton. "Stormwater Runoff Treatment by Impoundment: Barhaven Pilot Study". Environment Canada, Canada Mortgage and Housing Corporation. SCAT - 8.

References / Page 3

25. Pisano, Wm. C. et al. "Low Cost Solids Removal Using Secondary Flow Devices". September 1980
26. Drehwing, F. J. et al. "Disinfection/Treatment of Combined Sewer Overflows/ Syracuse, New York". U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 600/2 - 79 - 134. August 1979
27. Allen, D. M. "Treatment of Combined Sewer Overflows by High Gradient Magnetic Separation". U.S. Environmental Protection Agency. EPA - 600/2 - 78 - 209. December 1978
28. O'Brien & Gere Engineers. "Nutrient Removal Using Existing Combined Sewer Overflow Treatment Facilities". U.S. EPA - Demonstration Grant No. S-802400 - Draft Report - September 1976
29. Environment Canada, Ministry of the Environment Ontario "Proposed Model Policies for Urban Drainage Management" - Research Report No. 102 - 1980
30. Mills, G. W. "Water Quality of Urban Stormwater Runoff in the Borough of East York". Environment Canada and Ministry of the Environment Ontario. Research Report No. 66.
31. Gore & Storrie Limited. "Review of Canadian Municipal Urban Drainage Policies and Practices". Environment Canada - Ministry of the Environment Ontario. Research Report No. 82 - 1978
32. Environment Canada - Ministry of the Environment Ontario. "Microbiological Characteristics of Urban Stormwater Runoffs in Central Ontario". Environment Canada and Ministry of the Environment Ontario. Research Report No. 87 - 1978
33. Environment Canada - Ministry of the Environment Ontario. "Manual of Practice for Urban Drainage". Research Report No. 104
34. Syrek, Daniel B. "California Litter: A Comprehensive Analysis and Plan for Abatement". Institute for Applied Research, Carmichael/California. May 1975
35. Waller, D. H.; Novak, Z. "Municipal Pollutant Loadings to the Great Lakes from Ontario Communities". Environment Canada and Ministry of the Environment Ontario. Research Report No. 94.
36. Gore & Storrie Limited. "Review of Problems in Combined and Partly Combined Sewerage Systems in the Province of Ontario". Research Report No. 93, 1979

References / Page 4

37. Alberty, Pullerits, Dickson & Associates Ltd.
"Practices, Policies and Technology of Storm and Combined Sewers in Foreign Countries". Environment Canada and Ministry of Environment Ontario. Research Report No. 45, 1976
38. James F. MacLaren Ltd. "Review of Canadian Design Practice and Comparison of Urban Hydrologic Models". Environment Canada and Ministry of Environment Ontario. Research Report No. 26, 1975

水質汚染に関する非特定汚染源の
制御プログラム

土研資料第1879号
昭58年8月(1982)

馬場洋二

キーワード：都市流出，非特定汚染源，汚濁流出，汚染制御手法

要 旨

都市の雨水流出と汚濁流出，および汚染物質の発生源を，現象的にまた定量的に明確にし，放流水域の水質汚染を回避するための各種の汚染制御手法を具体的に示したものである。
本文は，OECDの水管理政策グループがまとめたもので，その和訳である。

○

郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

都市河川研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

○

土木研究所資料第1879号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住 所)

氏 名

⑩

○