

マイクロフィルム用資料

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3689号

土木研究所資料

都市と河川に関する研究レポート(1)

平成12年3月

建設省土木研究所
河川部都市河川研究室

Copyright © (2000) 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 General 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、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

都市と河川に関する研究レポート（1）

都市河川研究室 室長 末次 忠司*
主任研究員 河原 能久*
主任研究員 木内 豪*
研究員 舘 健一郎*
研究員 小林 裕明**

要 旨

都市における河川のあり方を考える場合、浸水被害を軽減するために、河道・洪水特性、背後地の重要度や地形などを検討したり、河川環境を向上させるために、水質改善手法や周囲の街並みとの調和などを検討することは重要なことである。しかし、更に大局的に都市それぞれの地形形成史、水環境、文化史、川と人との関係などについて調査することが、よりよい川づくりにとって必要となってきた。

本レポートは雨水技術資料に連載した「都市・人、そして川」のうち、シリーズ第7回目までを集録して、都市における川及び川と住民との関係などについて考える基礎資料としたものである。

キーワード：都市、河川、治水、環境、地形、歴史、文化

*現 河川部都市河川研究室

**現 企画部企画課企画係長

緒 言

従来、治水計画や水循環構想などの河川に関連する計画を策定する場合、水の流れや河川構造物については十分検討されてきたが、それらを含む都市という器及びそこに生活する人間の視点が必ずしも十分配慮されてこなかった。例えば、治水安全度は流域の人口・資産・産業を指標のベースとして設定され、また氾濫被害は被災人口・家屋数で表現されるなど、住民の立場にたって災害弱者はいないか、都市機能は確保されるかなどといった質的評価は、量的評価に比べると内容、精度から見て不十分である。河川環境について見ても、都市の特性に対応した環境改善になっているか、住民が納得する方策であるかといった都市やそこに居住する人間の視点にこれまで以上に配慮が必要となってきた。

本レポートでは川と都市の機能を向上させるために、そこに介在する人間にも配慮しつつ、考えるべき視点を多角的に取り上げ、水理だけではなく、川を取り巻く地形、歴史、文化、経済、社会を切り口として分析した論評を集録している。本レポートは（社）雨水貯留浸透技術協会が発行している「雨水技術資料」に連載された「都市・人、そして川」に当研究室で執筆したシリーズのうち、第7回目までを転載したもので、都市・河川論の集大成版とも言えるものである。

今後本レポートは研究室において、都市河川を研究する場合の基礎資料になるとともに、都市における河川のあり方について考える行政官、研究者の一助となれば、幸いである。

目 次

1. 川と地形（平成10年6月号）	1
末次忠司	
2. 歴史的に見た川と人・文化（平成10年9月号）	15
末次忠司	
3. 川の機能を生かす（平成10年12月号）	29
木内 豪、小林裕明、舘 健一郎	
4. 流域の視点から見た川（平成11年3月号）	41
末次忠司	
5. 新たな潮流「合意形成」「受益者負担」（平成11年7月号）	49
末次忠司	
6. 都市の変貌と水（平成11年9月号）	57
河原能久	
7. 水・熱収支の観測と解析（平成11年12月号）	65
河原能久	

都市・人,そして川(1)

—川と地形—

Partnership between city, people and river(1)

—geomorphological survey on river—



末次忠司*

By Tadashi SUETSUGI

キーワード：都市, 河川, 地形,
改変, 災害, 氾濫

1. シリーズ連載にあたって

近年, 河川及び河川行政をめぐって, 大きく流れが変わろうとしている。河川法の改正を始めとして, 河川環境の重視, 生態系の保全, 都市レベルでの熱環境改善, 事業の経済性評価, 住民参加など, 河川行政実務の担当者にとっても, その動きは目まぐるしくて対応が大変な状況であると言える。

このような河川を巡る情勢の変化は, 河川に対する社会経済的要請の変化でもあり, 迅速かつ適切に対処することによって, 地域住民にとって「より良い河川」が創造されることになる。本シリーズでは, 河川の持つ多種多様な機能を水理, 社会, 経済, 文化的側面から分析するとともに, 従来別々に取り扱われてきた都市, 人, 川を相互関係も含め, 一体的にとらえ, 今後の都市・河川のあり方を探ったレポートである。

シリーズ第1回目は都市・人・川の関係を考えるにあたって, キーとなる地形にスポットをあてて, 川によって形成された地形と人間活動との関係, 人間活動による地形の改変について, インタロダクションとして論説した。

2. 川の働きと地形形成

2.1 地形形成における川の役割

地形は地殻変動, 火山活動, 地震, 風化(機械的風化, 化学的風化)だけでなく, 河川の氾濫による土砂堆積や侵食などによって形成されている。すなわち, 川の働きには侵食・運搬・堆積作用がある。大地が地殻変動によって隆起すると, 川は地表を削り込むように, 侵食が行なわれる。早く削られ深くなった下流側と, まだ浅い上流側との間には早瀬や滝がつくられる。更に侵食が進めば, 峡谷やV字谷となる。大地の隆起が続くと, 支川も掘り込まれて, 次第に険しい川に変わっていく。また河川の地形変化は下流部は主に海面(海水準)変化*, 上流部は主に気候変化によって生じており, 図-1のようにモデル化される。

川による運搬は一年中行われているが, 礫や砂を運ぶのは洪水時である。流量が増すと, 水位が高くなり, 流速も大きくなる。その結果, 運搬力が増大して, 土砂だけでなく礫なども運搬される。同時にシルトなども浮遊される。土石流が発生(発生限界勾配14度)すると, 速い時には60km/hrもの流速になり, 直径3mにもおよぶ巨石までもが下流に運ばれる。

*建設省土木研究所 河川部都市河川研究室 室長

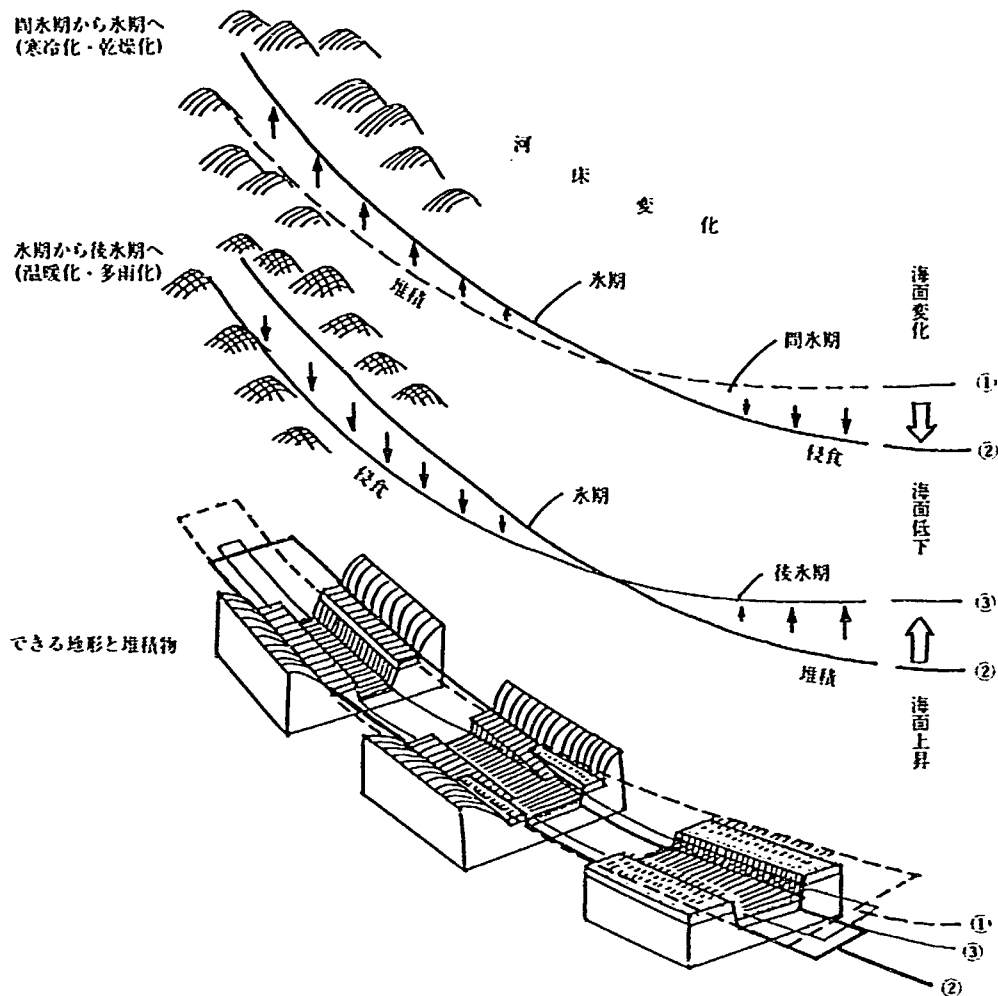


図-1 気候・海面変化に伴う河川変化のモデル²⁾
気候が間氷期→氷期→後氷期と変化した場合のモデル
出典) 貝塚他: 日本の平野と海岸, 岩波書店, 1985年

一方、堆積作用は河道からの氾濫によって生じたり、河床勾配の緩い区間での土砂堆積となって生じる。河川の下流部に広く展開する沖積平野はこの過程で形成されたものである。全般的に言えば、第四紀は脊梁部で隆起、平野部で沈降している地域が多い。

*Fairebridgeによって推定された第四紀の大氷河時代の海水準変動によれば、現在の海水面に対して±100m以上の変動があったとされている。今から約2万年前(氷河の最寒期)の海面は現在より100m以上低下していたが、地球が暖かくなるにつれ、氷が融け海面が上昇し、約5千年前にほぼ現在のレベルに達したのである³⁾

2.2 平野の特徴

日本の平野の特徴は河成の堆積平野が大部分であることである。河川が形成する平野は上流から扇状地性平野、氾濫平野、三角州のいずれかからなる。もちろん、流域は必ずこうした平野を有している訳ではないし、複合した地形からなる場合もある。例えば、熊野川・四万十川の下流域には三角州はないし、中部山岳地帯から流れ下る富士川・安倍川・大井川・天竜川・黒部川・常願寺川・神通川の下流域には自然堤防帯や三角州はない⁴⁾(図-2)。流域を構成する平野の特徴は以下の通りである。

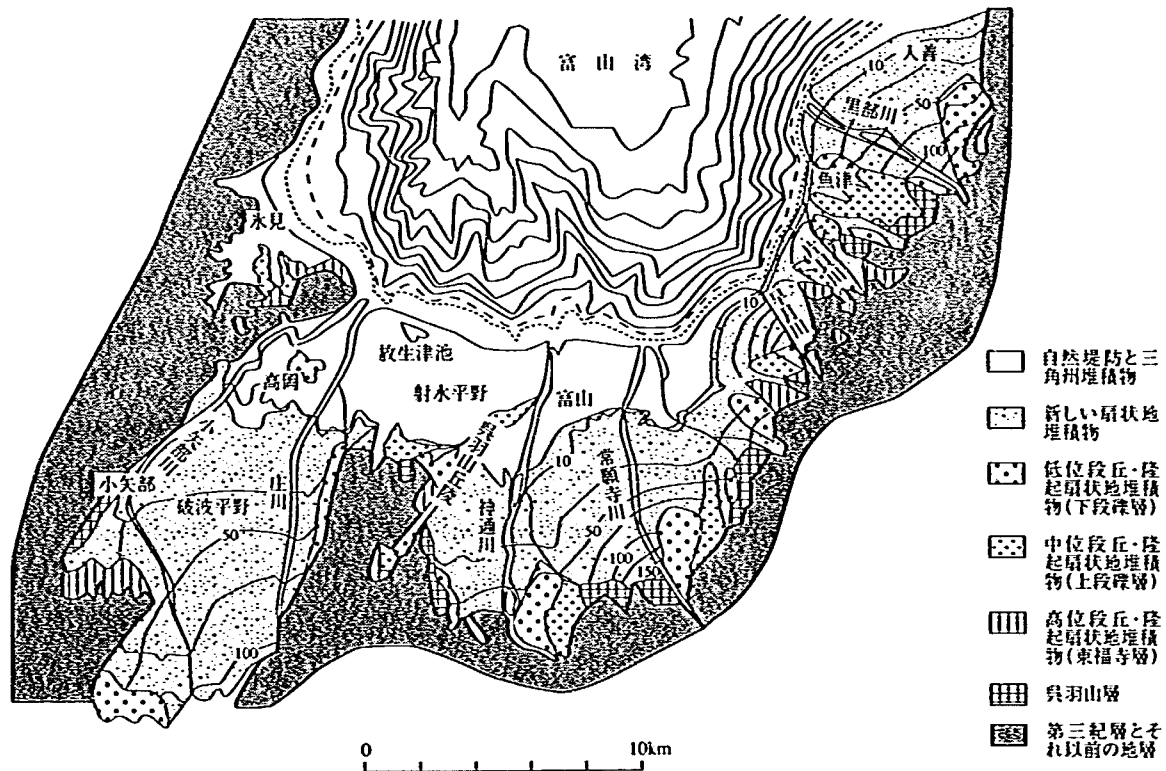


図-2 富山平野の地形・地質⁴⁾

海岸近くまで扇状地群が広がり、射水平野以外は低湿な所がない。
海底も大陸棚の発達が悪く、急に深くなっている
出典) 貝塚他：日本の平野と海岸，岩波書店，1985年

【扇状地性平野】川は扇頂よりあらゆる方向に散水ホースを振るように流れるので、多くの分派川に分かれて乱流し、洪水は扇面上にまんべんなく氾濫して砂礫を堆積させる。その結果、扇状地はどの方向にもほぼ同じ河床縦断面を持ち、扇状地上の等高線はほぼ同心円状となる。扇面は洪水氾濫による浸水が多く、水田や集落などの立地が後回しとなった。第2次大戦後、他の地域の開発が一応完了し、残された地域として扇状地への宅地化が一斉に進んだ。扇状地は西日本より東日本に数多く分布している。

【氾濫平野（自然堤防^{※2}地帯）】氾濫平野は自然堤防と呼ばれる砂質の微高地と、浅い皿状凹地である後背湿地及び帯状の凹地である旧河道によって構成される。自然堤防と後背湿地との比高は0.5～3mで、幅はおよそ200～600mであ

る。砂質物質の運搬量が多い河川がつくる平野では自然堤防の規模は大きく、発達がよい。一方運搬物質の少ない河川や細粒の運搬物が多い河川の平野では自然堤防の発達は悪い。例えば、木曽川上流の山地には砂を生産しやすい花崗岩の分布が広いので、下流の濃尾平野は自然堤防の発達が特によい⁶⁾。

【三角洲】三角洲の平面形は河川が搬出する土砂の量と、波や沿岸流の強さによって決められる。三角洲では一般に自然堤防の発達が悪く、その規模は小さい。従って自然堤防の規模と密度が、三角洲と氾濫平野を区別する一つの基準となる。三角洲は海面に近い高さの沿岸低平地にあるため、高潮、内水・外水氾濫の被害を受けやすい他、形成年代が新しく、固化が進んでいない軟弱な土地のため、地盤沈下を起こしやすい。

一方、平野ではなく、山間地に目を移して見ると、川のところどころに盆地が形成されている。この盆地は河川が氾濫して土砂を落としてきた場所でもある。すなわち狭窄部と盆地が交互に存在する河川では、盆地は積極的に遊水地として活用され、下流への洪水流の集中を回避し、流域全体の水害被害を緩和する役割を果たしてきた。

近年はこうした自然の力による地形形成以外に、大規模な宅地開発、造成などの開発工事が全国で展開されるなど、人工的な地形の改変が進んでいる。経済成長期以降の開発に伴う土砂移動量は約5億 m^3 に達したと言われている。

*1: 大陸棚が狭かったり、海の水深が大きい場合は河口の地形が扇状地となりやすい

*2: 氾濫堆積物は水平方向には河川に近い所ほど粗粒な土砂、河川から離れるほど細粒な土砂で構成されている。鉛直方向には一般には下部に粗粒な砂礫層、上部に砂泥互層の2層からなるが、後背低地や高度の高い河畔で下部の泥層が厚い場合は、下部が泥層、上部が砂層という逆グレーディングをした氾濫堆積物が形成される。これは洪水初期にはウォッシュ・ロード濃度が高く、シルト・粘土・微砂が多量に流出する一方、水位上昇に対応して河岸でボイルが断続的に発生し、砂が浮遊して次第に粗粒化するためである⁹⁾

3. 地形は作られる

前章で河川が様々な地形を形成してきたことを示した。こうした地形の上に形成される都市と河川とは歴史的に一体的な関係にあった。しかし、このような長期間で見た地形形成も火山、地震、水害など災害の生起によって一瞬のうちに改変されてしまうことがある。また近代技術の進歩によって人工的に地形が大きく変えられてきた。河

川で言えば、人間が構造物によって河川を制御するようになってから、人工的に地形が改変されたと言える。

3.1 災害による地形形成

火山の噴火ではマグマ中の水蒸気や地下水による水蒸気爆発により、山体が崩壊した例*があるし、始良カルデラや阿蘇カルデラでは数万年前に火山噴火に伴って軽石・シラスなどが200 km^2 以上の広範囲に噴出した⁷⁾。大熊教授は天明3(1783)年の浅間山の噴火により降灰が東西約200 km 、南北約30 km におよんだため、利根川の河床が上昇し、それ以降の水害発生原因の一つとなったこと、降灰による河床上昇の影響が明治後期まで続いた(栗橋付近では天保年間に河床高がピークとなった)ことを指摘した。また火山の溶岩流により、地形が変化することもある。その影響は溶岩の組成により異なるが、表-1のように特に溶岩が安山岩質、デイサイト質、流紋岩質の場合は粘性が高く、流下速度は遅いが、平均的な厚さは10 m ~数10 m 以上に達するものである。

*福島県の磐梯山では1888年に水蒸気爆発により、15億 m^3 の山体が崩壊した(日本最大の崩壊)

一方、地震が発生すると、地震断層が生じなくても、広域にわたって土地が隆起したり、沈降することがある。関東大震災(1923年)では図-3に示すように、最大で3 m の水平変位、140 cm (隆起)~-80 cm (沈降)におよぶ上下変位が生じた他、東海地震(1854)や宝永地震(1707)では静岡県御前崎において1~1.5 m の隆起が見られた¹⁰⁾。また、元禄16(1703)年の関東地震では房総半島の東岸約1500 km^2 が干潟となったし、文化元(1804)年の象潟地震では象潟海岸の海底が隆起して10 km^2 が陸地となった¹¹⁾。

水害のなかでも、土砂害は地形を大きく変化させる要因である。豪雨や地震に伴う大規模な崩壊には表-2に示すように、1億 m^3 規模が崩壊した事例もある。

表-1 代表的な溶岩流のタイプ^{a)}

	パホイホイ ←	アア ←	塊状 (ブロック) →
溶岩の組成	玄武岩質	玄武岩質, 安山岩質	安山岩質, デイサイト質, 流紋岩質
平均の厚さ	0.3m~数m	1~十数m	10~数十mまたはそれ以上
流下速度	0~30km/h以上	0~数km/h以下	きわめて遅い
表面の特徴	新鮮なときは平滑でガラス質, 丸みを帯びた偏平な袋状, 板状, なわ状, ろうそくの漬状など	粗く, 小さいとげが密集して凹凸に富む, ガラス質だが多孔質で砕けやすい。クリンカー (小岩塊) の集合からなる	平滑で平面に近い破断面からなる多面体の集合
断面の構造	上表面から下底面まで連続, 上部に気泡濃集, 一部ブリスト (blister), 溶岩チューブ (lava tube), 溶岩トンネル (lava tunnel) を生成, 気泡は球形に近い	上表面と下底面はクリンカーの集合からなる。中央部は連続的, 厚い場合には柱状節理を示す。気泡は楕円形や変形したもの多し	上表面と下底面は多面体の岩塊の集合体からなる。中央部は連続的, 厚い場合には柱状節理を示す。気泡は変形して不規則な形を呈す
温度	高い	中間	低い
粘性	低い	中間	高い
溶岩流の長さ 溶岩流の厚さ	>50~1000以上	>50	8~50m厚い溶岩流 (coulee) 8以下は溶岩円頂丘

出典) 横山他: 火山, 岩波書店, 1979年

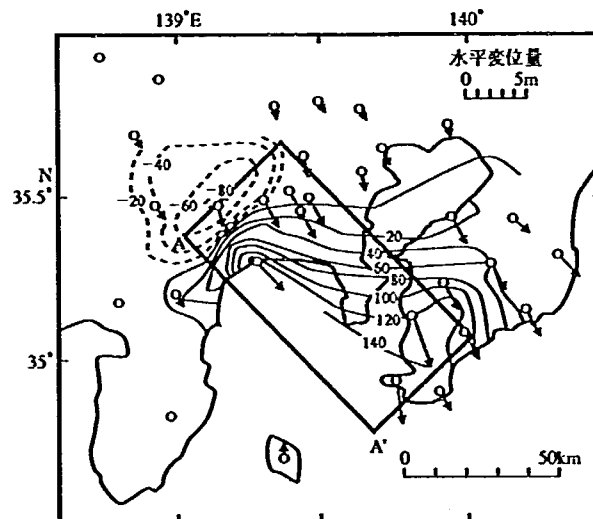


図-3 関東大地震に伴う水平・上下変位^{a)}

注1) 矢印が水平変位, 等高線が上下変位を表す
注2) A-A' が断層線, A-A' を含む実線の四角形が推定断層面を表す

出典) 米倉他: 海溝系の大震災に伴う地殻変動と地形, 科学43, 1973年

表-2 豪雨・地震に伴う崩壊の事例

発生年	原因	発生場所	崩壊土砂量
1530~1702年	豪雨, 地震	静岡県 大谷崩れ 安倍川	$1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$
1792年	地震 水蒸気爆発	長崎県島原 眉山	$(1.1 \sim 4.8) \times 10^8 \text{ m}^3$
1858年	地震	富山県 立山大崩れ 常願寺川	$(2.7 \sim 4.1) \times 10^8 \text{ m}^3$
1911年	台風性豪雨 地下水?	長野県小谷村 埴川支川浦川流域の稗田山	$1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$
1984年	長野県西部地震	長野県王滝村 御岳伝上崩れ 王滝川	$3.4 \times 10^7 \text{ m}^3$

出典) 奥田「大規模な崩壊・氾濫災害に関する研究他¹²⁾」を基に, 末次が作成

区 分	一流下部	土石流	土砂流	土砂流	洪水流
礫 径	所々礫が点在するのみで大部分は岩盤露出	$\max \phi = 1.5\text{m}$ 以上 時として $\phi = 3 \sim 4\text{m}$ あり 平均 $\phi = 2\text{m}$	$\max \phi = 1\text{m}$ 平均 $\phi = 5\text{cm} \pm a$		$\max \phi = 10 \sim 20\text{cm}$ 平均 $\phi = 0.5\text{cm}$
堆 積 厚		最大 4m, 平均 2m	最大 1.5m, 平均 0.5m		最大 1m, 平均 0.3m
表面形状		不規則	地形・構造物に左右され不規則と平滑の両方みられる		ほぼ平滑
断面形状		層理なし	層理 (層状) 構造あり		明瞭な層理がみられる

図-4 土石流、土砂流の礫径・堆積厚¹³⁾

出典) 小橋他: 地すべり・崩壊・土石流, 鹿島出版会, 1980年

一般的には、小橋らによれば、図-4のように土石流では最大で 4m, 平均で見ても 2m 土砂を堆積させるし、土砂流でも最大 1.5m, 平均 0.5m の土砂が堆積する。洪水氾濫の場合、個別の氾濫に伴う土砂堆積量に関するデータは少ない。歴史的事象から見て、京都府田辺町では 1 回の洪水氾濫で形成された厚さ 2~3.5m の更新統の砂層が発見された¹⁴⁾。東大阪市の瓜生堂遺跡では、弥生中期の生活面上に洪水氾濫によって運ばれてきた厚さ約 2.5m もの土砂が堆積したため、集落が放棄されたと推定されている。また八尾市の亀井遺跡では湖に流れ込む河川の氾濫で、村ぐるみが押し流されたと推定されている¹⁵⁾。通常の洪水氾濫で 10~30cm の厚さで泥、砂、砂礫が堆積することが多いことから考えれば、大出水時には 1 桁大きな土砂堆積が発生していると言える。

そこで、土木研究所河川研究室が実施した河川による供給土砂量の研究結果を見てみる。これは土砂がほとんど深海へ流出しない内湾域で河川の土砂運搬作用により形成された沖積平野（濃尾平野、新潟平野、大阪平野、広島平野、簸川平野：¹⁶⁾ 斐伊川）を対象に、ボーリング資料（1 万年程度の年平均値）及び流域内ダム総堆砂量（10~30 年程度の年平均値）から供給土砂量を算出したものである。その結果、図-5 のように各河川とも最近数十年の供給土砂量と過去 1 万年程度の平均土砂量がほぼ等しく、また供給土砂の質は砂利：砂：シルト・粘土 = (0~10%) : (35~40

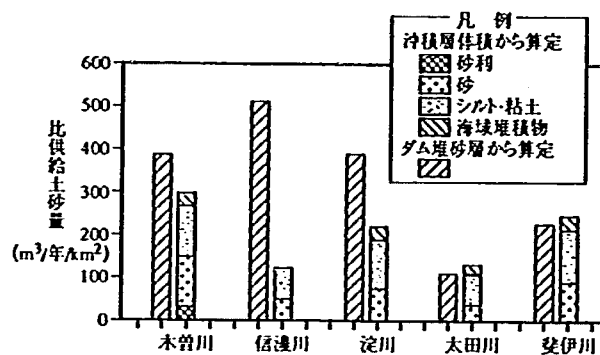


図-5 比供給土砂量比較図¹⁶⁾

出典) 山本他: 沖積河道縦断面の形成機構に関する研究, 1993年

%) : (50~65%) の構成比となっていた。この供給土砂量は供給厚で言えば、0.1~0.5mm/年程度となり、平均して見ると、大きな値ではない。なお、この数値は上流域では侵食量、下流域では氾濫堆積量に相当すると言える。

3.2 人工的な地形改変

逆に、河川により土砂が運ばれなくなると、侵食現象が発生する。その顕著な例が信濃川である。度重なる水害に対して、明治 8 (1875) 年より信濃川河身改修工事が始まり、また大正 11 (1922) 年には大河津分水路*に洪水が通水され、水害被害が減少するとともに、河川周辺の水田は乾田化され、収穫量は飛躍的に増大した。その一方で、新潟西海岸は流送土砂が減ったために、明治 22 (1889) 年以降、汀線が後退して



写真-1 信濃川河口付近の汀線の後退状況¹⁷⁾
写真中の破線が汀線が従来の汀線位置を表している

いった(写真-1)。新潟西港近くの水戸教浜地区では明治22年から昭和22年の58年間にかけて約350mも海岸線が後退した。この後退速度は約6m/年に相当する。代わりに大河津分水路河口には300ha以上の新しい土地が生まれた。人間が改造した自然は、本来の自然の営みよりはるかに速く、そのアンバランスが様々な形で人間活動に影響を与え、時にはそのアンバランスを取り戻そうとする営力が災害を引き起こすこともあるのである。

*越後平野は放水路銀座とも呼ばれ、阿賀野川(1731年通水)に始まり、落堀川(1733)、加治川(1913)、新井郷川(1934)、関屋分水路(1972)など、あわせて13の放水路が建設されている。これは越後平野の海岸沿いにある新潟砂丘により、洪水の出口を塞がれていたため、人工的な放水路が建設されたものである

また、埋立てはもっとも影響の大きな人工的地形改変である。記録に残っているものでは、すでに7世紀初頭には佐賀県杵島郡において干拓がなされていた。こうした事業は時代とともに、大規模になり近世に至って、豊臣秀吉は大坂の市街地整備(約120km²)を行い、徳川家康は江戸の市街地整備(約180km²)を進めた。これらは海面、砂州、低湿地を活用した造成地である。近年様々な土木技術の進展により、埋立ては更に大規

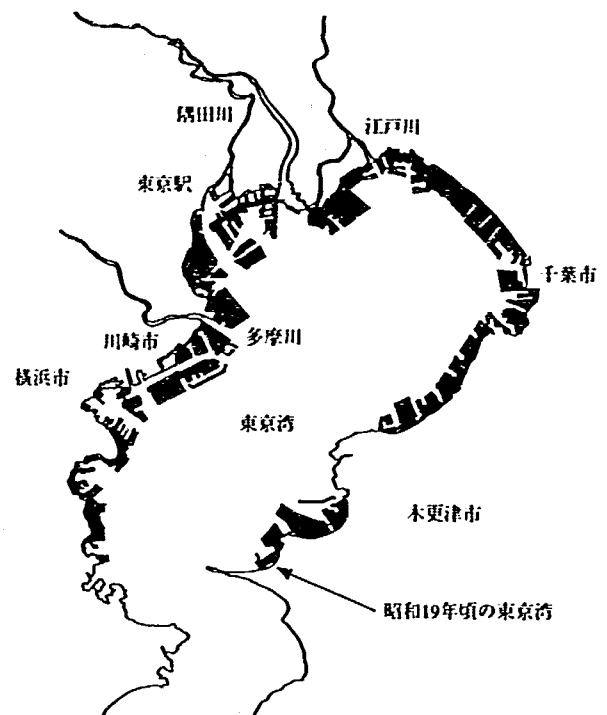


図-6 東京湾埋立変遷図¹⁸⁾
出典) 東亜建設工業:東京湾埋立物語, 1989年

模になってきた。明治時代以降に人工的に造成された土地はおよそ880km²強と推定されるが、その約4割は東京湾(23%)、伊勢湾(13%)、大阪湾(6%)で造成されている¹⁸⁾。

埋立ての代表例である東京湾について見てみる。明治時代以降、東京湾は320km²が埋め立てられ、これは湾内全体のおよそ1/6に達している。図-6から分かるように、戦後特に木更津か

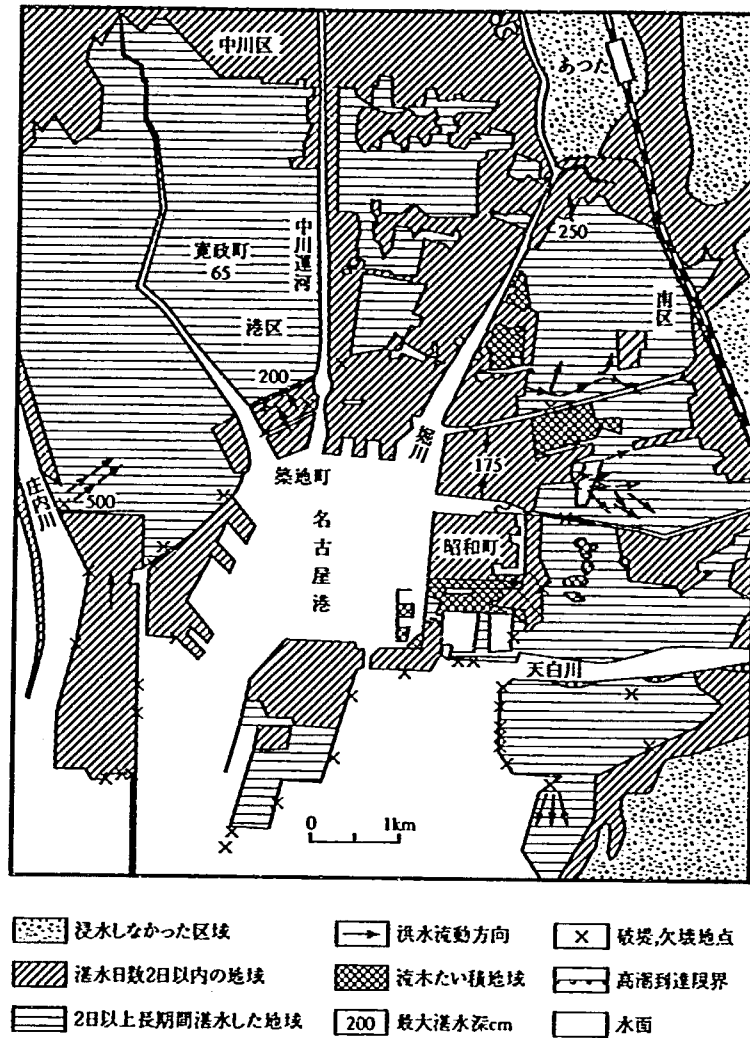


図-7 伊勢湾台風による浸水状況図 (名古屋市南部)
出典) 建設省地理調査所: 伊勢湾台風による高潮・洪水と地形との関係

ら横浜にかけて、大規模な埋立て工事が実施された。これは東京湾が他の内湾に比べて水深が浅かったことにもよるものである。国土地理院「都道府県別深度別沿岸域面積」など²⁰⁾によれば、水深0~20mの面積割合が大阪湾が約5割、瀬戸内海が約4割であるのに、東京湾が6割もあることから分かる。

埋立地は災害に対して特異な点がある。伊勢湾台風(1959)の際、デルタ地帯は高潮などにより広範囲に浸水した。被災したデルタ地帯は地盤沈下の影響もあり、広いゼロメートル地帯を抱え、濃尾平野72km²をはじめ、全体で185km²におよぶ。これは東京下町の38km²に比べてかなり広

い。名古屋市南部について見れば、図-7のように、名古屋港周辺の埋立地は高潮が通過した数時間だけ浸水したのに対して、むしろその背後の干拓地(人工的な後背湿地とも言える)では10~100日以上と、浸水期間が長くなっている。干拓地が海面より低くなっていたのである²¹⁾。

4. 地形と人間活動

4.1 治水地形

河川などにより形成された地形は、我々の生活にどのような影響をおよぼすのであろうか。災害面から考えると、地形と氾濫は表裏一体の関係で

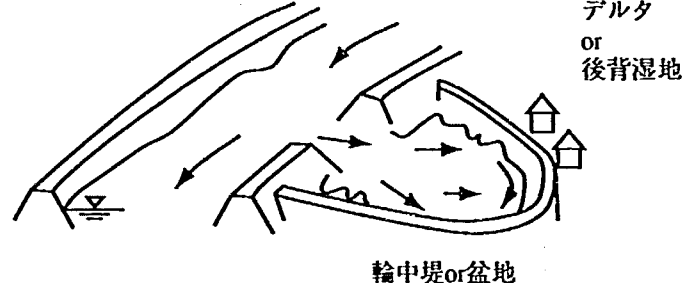
拡散型 ・流域勾配が小さい ・低平地面積が大きい (例) 北上川 (S22.9) 小貝川 (S56.8)	 デルタ or 後背湿地
貯留型 ・流域勾配が小さい ・氾濫流が盛土や周囲地盤により遮蔽 (例) 宇治川 (S28.9) 長良川 (S51.9)	 デルタ or 後背湿地 輪中堤 or 盆地
沿川流下型 ・流域勾配が大きい ・平地面積が小さい (例) 馬洗川 (S47.7) 三隅川 (S58.7)	 谷底平野 or 河岸段丘

図-8 氾濫特性と地形との対応²²⁾
出典) 山本・末次他：氾濫シミュレーション (2)，1985年

あり、氾濫により地形が形成される一方で、地形に対応して氾濫現象が生起する。本節では氾濫との対応から見た概括的な治水地形について述べ、旧河道や落堀などの詳細な治水地形については別の機会に論説することとする。

氾濫形態は大きく分けて、拡散型、貯留型、沿川流下型に分類できる (図-8) ²²⁾。

【拡散型】地形で言えば、扇状地・デルタ・後背湿地などで、低平地面積が広い氾濫原において見られる氾濫水が広範囲に拡散するタイプ

である。北上川 (1947水害)、小貝川 (1981) などで見られた。

【貯留型】地形で言えば、デルタ・後背湿地・閉鎖性流域の谷底平野などで、氾濫原勾配が緩い、または氾濫流が盛土・堤防などにより遮蔽された氾濫原で見られる氾濫タイプで、浸水日数が長いのが特徴である。宇治川 (1953)、長良川 (1976) などで見られた。

【沿川流下型】地形で言えば、谷底平野・閉鎖性流域の扇状地などで、氾濫原勾配が大きい、

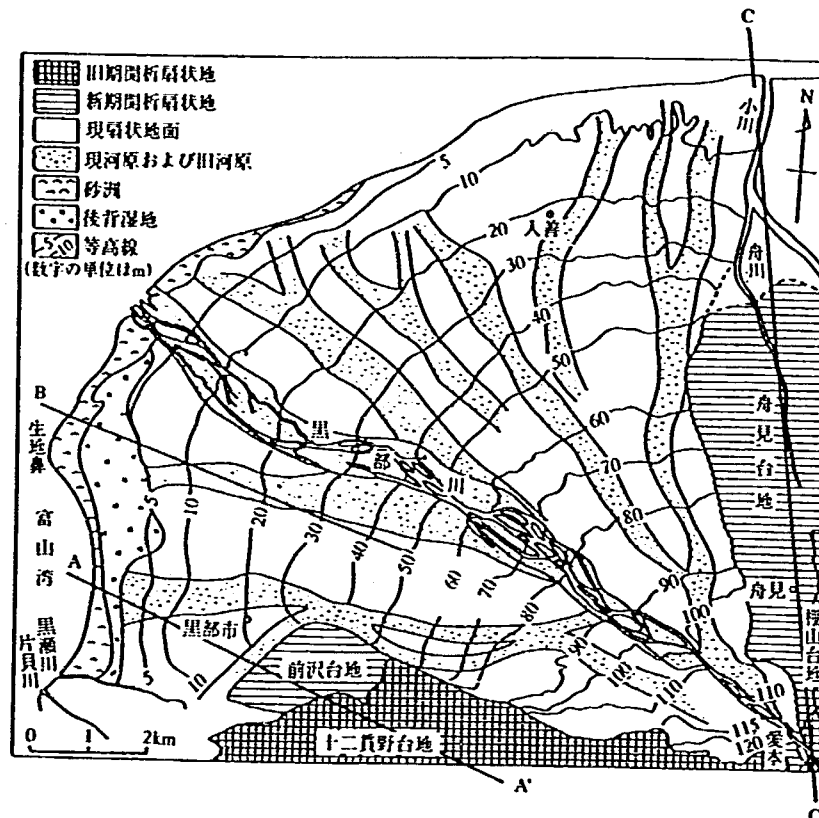


図-9 黒部川扇状地の地形分類
出典)「式, 陸海扇状地, 地理, 1969年」に加筆した

または平地面積が小さい氾濫原で見られる氾濫タイプで、高水深・高流速で氾濫水が流下するため、家屋が流失するほどの大きなエネルギーが発生する場合がある。馬洗川(1972)、三隅川(1983)などで見られた。

黒部川では1969年に大きな氾濫被害が発生したが、図-9、10のように現在の扇状地が形成される前の舟見野扇状地(C-C'断面)が現扇状地に消えていく箇所付近で堤防の被害が集中していることが分かる。これは地形と災害が関係していることを裏付ける一例である。他に、越水・破堤危険性が高い箇所は以下の通りである²⁴⁾。

- ・堤防高が低い、又は堤防断面が小さい区間
- ・河床勾配変化部
- ・河道屈曲部：水衝部

- ・川幅変化部：狭窄部
- ・(本・支川の)合流点付近
- ・落堀(又は押堀)
- ・旧川締切り箇所：旧河道との接続区間
- ・横断工作物設置箇所

また、従来湿地であった箇所は河川改修後干拓され、その昔の姿を知る人は少なくなっているが、例えば1986年の吉田川の水害では4箇所が破堤し、旧品井沼が1週間以上冠水するなど、水害は昔の治水地形を蘇らせる結果となった(図-11)。

このような地形特性と氾濫形態との対応は、治水計画や避難計画をたてたり、各種防災施設を計画・施工する際に、重要な判断手段となる他、氾濫現象の予測に非常に有効である。

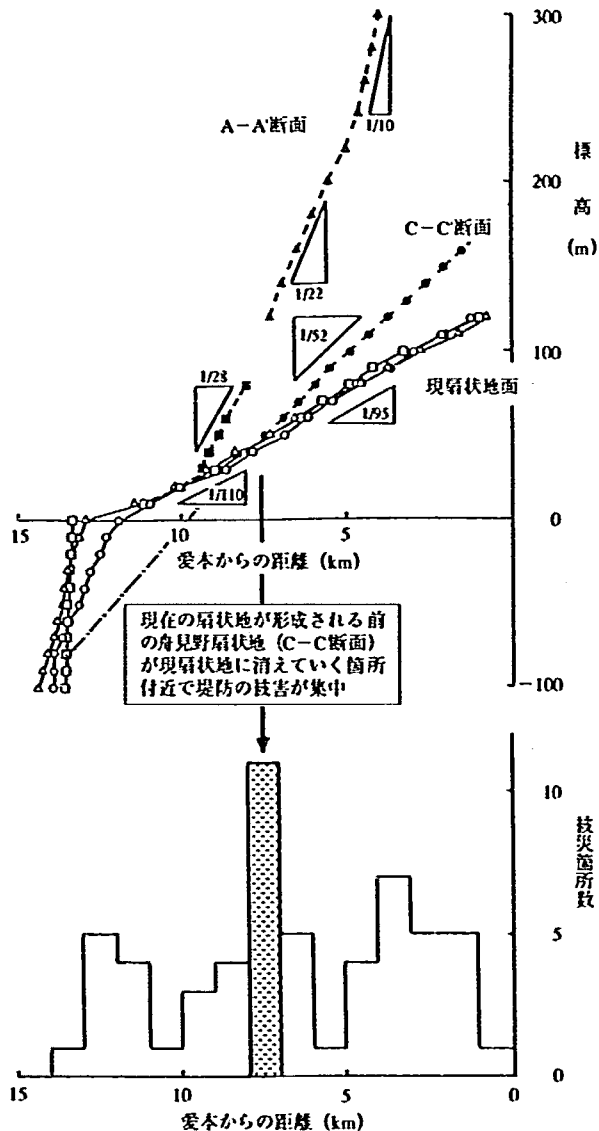


図-10 扇状地を形成する地形面の縦断面図と被災箇所²⁹⁾
注) 被災箇所とは昭和9年～46年の破堤・欠壊箇所である
出典) 栗城・末次他：氾濫シミュレーション・マニュアル

4.2 地形と利水・環境

一方、特徴的な地形である扇状地を対象に、利水・環境面について見てみる。扇状地の代表格である黒部川を対象にすると、図-9のように、昔の氾濫跡である旧河道が随所に見られる。航空写真では旧河道は淡色に見えるので、判別は容易である。なぜなら、扇状地では河道に近いほど粗粒物質で構成され、そういう場所は周辺地域より乾燥しているからである。旧河道は特に他の地域以上に開発が遅れ、多くの林地が見られる。また、扇状地では扇端部で多くの湧水が見られ、水の涵養に伴う杉沢があり、一種独特の景観をなしている。扇端部の湧水の得られるところに多くの集落が見られる。

梶根らはユニークな水文地形図(図-12)を作成している。この地形図は基本的には河川に関係する杉沢、網状流跡間微高地などについて示しているが、1969年の洪水氾濫に関しても「①破堤箇所は現河床がもっとも新しい旧河床へつながる地点にある、②等高線の凹部が破堤箇所から旧河道へ続いている、③砂礫堆上の水流跡が破堤箇所方向を向いている」などの興味深い結果を導いている。

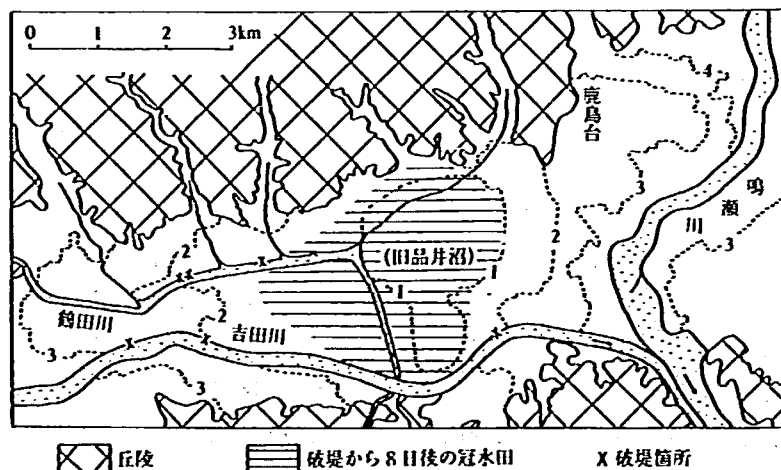


図-11 1986年氾濫による浸水状況と吉田川低地²⁵⁾
出典) 水谷：防災地形、古今書院、1987年

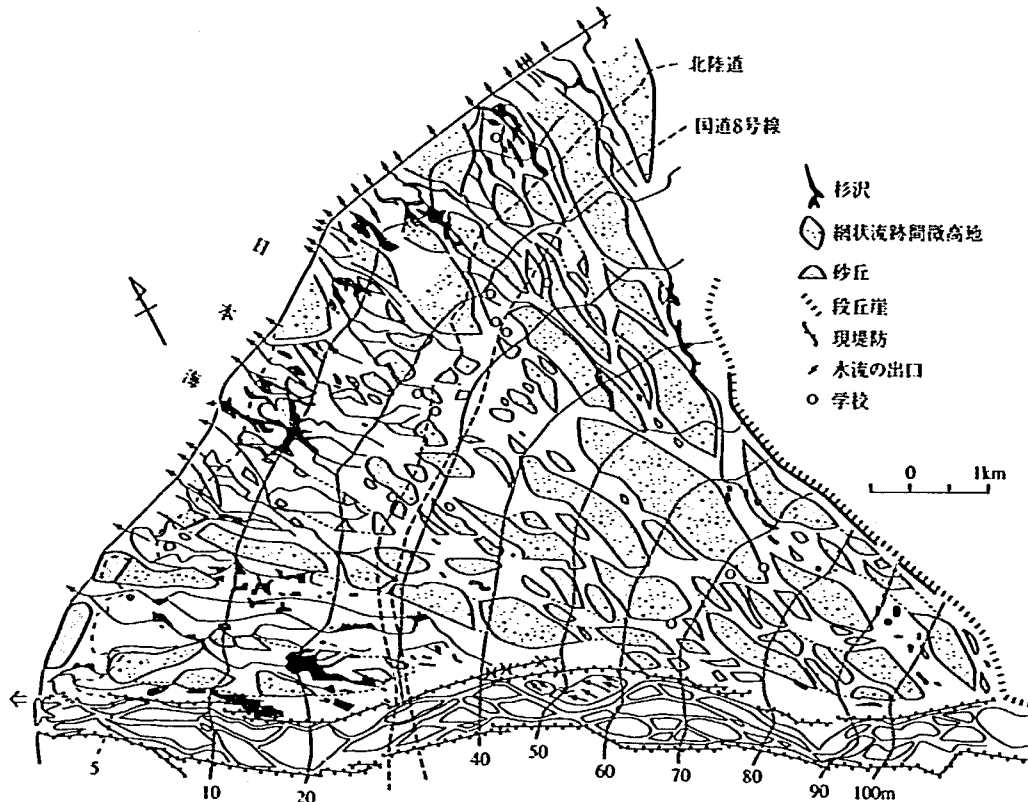


図-12 黒部川扇状地の水文地形図²⁶⁾
等高線の凹部が旧河道へ続いている他、水流跡が坡堤箇所方向を向いている
出典) 梶根他：扇状地の水循環，古今書院，1971年

また、井戸を用いた測水調査により地下水面を把握することにより、川筋に沿って地下水面の尾根が形成されていることが分かった。河川と地下水とのやりとりでは、河川の浸透水が地下水を涵養し、地下水位の高いところでは、涵養量/河川延長はおよそ $0.1 \sim 2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ であった。こうした水のやりとりを追跡することにより、地域内の水循環が把握できることになる。

参考文献

- 1) 阪口豊・高橋裕・大森博雄：日本の自然3 日本の川，岩波書店，1986年
- 2) 貝塚爽平・成瀬洋・太田陽子：日本の自然4 日本の平野と海岸，岩波書店，1985年
- 3) 奈須紀幸：地球の科学Ⅱ-日本列島-，日本放送出版協会，1987年
- 4) 貝塚爽平・成瀬洋・太田陽子：日本の自然4 日本の平野と海岸，岩波書店，1985年
- 5) 伊勢屋ふじこ：茨城県，桜川における逆グレーディングをした洪水堆積物の成因，地理学評論，55-9，1982年
- 6) 中川澄人：日本の河川-その自然史と社会史(下)-，河川，No.444，1983年
- 7) 小島圭二：自然景観の読み方7 自然災害を読む，岩波書店，1993年
- 8) 横山泉・荒牧重雄・中村一明：岩波講座 地球科学7，火山，岩波書店，1979年
- 9) 米倉伸之・安藤雅孝：海溝系の大震災に伴う地殻変動と地形，科学43，1973年
- 10) 小島圭二：自然景観の読み方7 自然災害を読む，岩波書店，1993年
- 11) 西川泰：災害研究図表集，防災科学技術研究資料第12号，1970年
- 12) 奥田節夫：大規模な崩壊・氾濫災害に関する研

- 究, 昭和62年度特定研究研究成果, 1989年
町田洋・小島圭二: 日本の自然 8 自然の猛威, 岩波書店, 1996年
- 13) 小橋澄治・中山政一・今村遼平・池谷浩・平野昌繁・古谷尊彦・奥西一夫: 地すべり・崩壊・土石流予測と対策, 鹿島出版会, 1980年
- 14) 坂本隆彦・増田富士雄・横川美和: 扇状地で氾濫時に形成されたクライミングリップル砂層-京都府田辺町の大坂層群-, 月刊地球, 号外No.8, 1993年
- 15) 中川澄人: 日本の河川-その自然史と社会史(下)-, 河川, No.444, 1983年
- 16) 山本晃一・藤田光一・赤堀安宏: 沖積河道縦断形の形成機構に関する研究, 水工学論文集, 第37巻, 1993年
- 17) 建設省信濃川下流工事事務所: 新潟海岸の侵食と保全, 1988年
- 18) 土木学会編, 酒見尚雄編著: 新体系土木工学78-2 土地造成(下) 埋立, 技報堂出版, 1981年
- 19) 東亜建設工業: 東京湾埋立物語, 東洋経済新報社, 1989年
- 20) 建設省国土地理院: 都道府県別深度別沿岸海域面積, 1971年
海洋開発審議会: 長期的展望にたつ海洋開発の基本的構想について, 1979年
- 21) 建設省地理調査所: 伊勢湾台風による高潮・洪水と地形との関係, 1960年
- 22) 山本晃一・末次忠司・桐生祝男: 氾濫シミュレーション(2), 土木研究所資料第2175号, 1985年
- 23) 栗城稔・末次忠司・海野仁・田中義人・小林裕明: 氾濫シミュレーション・マニュアル(案)-シミュレーションの手引き及び新モデルの検証-, 土木研究所資料第3400号, 1996年
- 24) 栗城稔・末次忠司・海野仁・田中義人・小林裕明: 氾濫シミュレーション・マニュアル(案)-シミュレーションの手引き及び新モデルの検証-, 土木研究所資料第3400号, 1996年
- 25) 水谷武司: 防災地形 第二版, 災害危険度の判定と防災の手段, 古今書院, 1987年
- 26) 榎根勇・山本荘毅: 扇状地の水循環, 古今書院, 1971年

都市・人,そして川(2)

—歴史的に見た川と人・文化—

Partnership between city, people and river(2)

—river, people and culture from viewpoint of history—



末次忠司*

By Tadashi SUETSUGI

キーワード：都市，河川，歴史，文化，
治水，城下町，意識

1. 歴史的視点から

現在および今後の都市・河川について考察する場合、当然過去の都市・河川およびそれらを取り巻く情勢を踏まえておく必要がある。従前川は人間の飲み水、農業用水としての役割が大きく、生活にまさに密着していた。また頻発する水害は脅威であり、治水は為政者や住民にとって死活問題であったなど、両方の意味で川は日常生活とは切り離せなかった。

しかし、治水技術の進展や河川改修により水害被害が減少し、産業構造の変化に伴い農業離れが進み、川での水遊びが減るなど、人々が川から離れる状況はますます強くなる傾向にある。こうした経緯について、歴史的・文化的な観点から考察することが今回の論文の趣旨である。

2. 歴史的に見た人と川のつながり

古来、人間は川とのつながりなくしては、生活できなかった。縄文時代から江戸時代にかけて、人と川のつながりの歴史的経緯及び川への接近史の概要について見ると、以下の通りである。

2.1 縄文時代から安土桃山時代にかけて

【縄文時代】東日本ではクルミ・クリ・トチや野生植物を採集したり、川でサケ・マスを捕獲していたが、西日本ではカシ・シイの実やワラビ・クズなどを採集したり、小規模な農耕を行うなど、河川とのつながりは少なかった。ただ、小規模な用排水路の人工的掘削が行われた水田遺構が板付遺跡（福岡市）や葉畑遺跡（佐賀県唐津市）で発見されている¹⁾。

【弥生時代】狩猟・採集以外に、三角州上の微高地周辺の低湿地で稲作を行うなど、沖積低平地への進出が始まった。弥生時代こそが日本における洪水史の始まりであると言える。また開発に伴って用水路の規模も拡大していった。浸水への対応として、最近鳥取県大山町にある最大級の高地性集落跡「妻木山遺跡」の竪穴住居で「ため升」などの遺構が見つかった。これは住居内に入った雨水を中央の穴（直径・深さ50～80cm）に集めて、あふれた分を住居の外側に設けた「ため升」を通じて竹筒の溝に流す排水施設である。他に、この時代には環濠が設けられた住居が多く見受けられる。

【古墳時代】製鉄の開始により鉄製の道具が普及したことによって、灌漑が進んで水田開発が活発になり、人口増加が進んだ。当時の農業生産

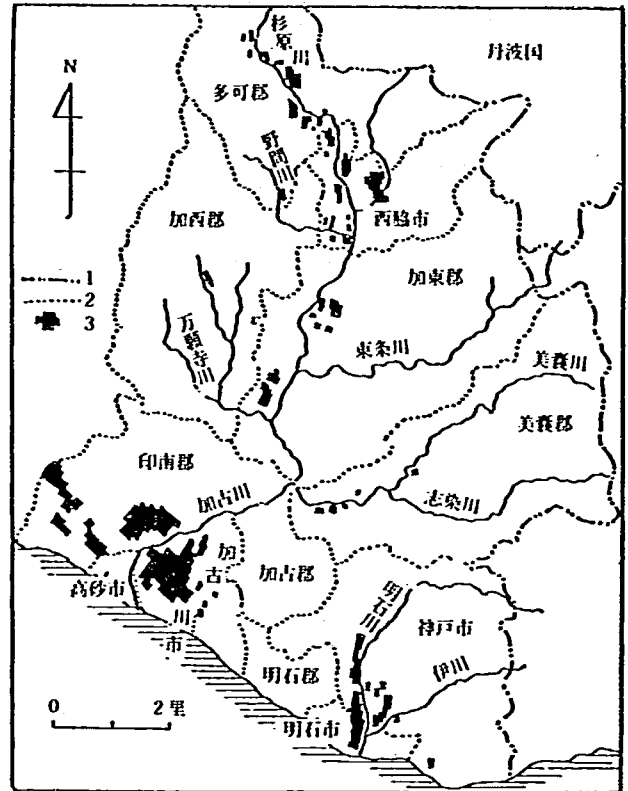
*建設省土木研究所 河川部都市河川研究室 室長



写真—1 日本最古の堤防 茨田堤
：現在の大阪府門真市

は低水準で、土地利用が粗放であったため、水田は平野ではなく、氾濫被害がおよばず、かつ灌漑の便に恵まれた山麓の傾斜地で行われていた。この時代の特徴は灌漑用水確保のために、ため池などの貯水池が各地に建設されたことである。降水量が少なく、河川流量が少ない瀬戸内海沿岸の香川県、愛媛県その他、兵庫県、大阪府、奈良県などで建設され、今日でも重要な水源となっている。324年には日本最初の大規模河川改修である難波の堀江の掘削、淀川茨田堤（写真—1）の築造が行われた。当時の土木技術は韓民族の渡来人、帰化人により技術移転されたものである²⁾。

【飛鳥時代から奈良時代】中央集権の行政機構（国家体制）が確立され、律令体制が整った。この段階では従来山麓地帯に限られていた水田は、漸次平野へ進出するようになり、治水の必要性が叫ばれるに至った。大化2年には耕地開発のため河川に堤防を築造せよという詔が出され、治水工事が実施された。そして耕地の地割（条理制）が、河川（大和川、桂川など）沿いにも進んだ。例えば、東播平野には広いデルタを擁し、山陽の駅路となっていた加古川下流域、平野部で水害の少ない所で発達した明石川流域などに広範な条理型土地割が分布していた（図—1）。



図—1 加古川・明石川流域における条理型土地割の分布³⁾
注) 1：国境、2：都市界、3：条理制道構

しかし、紀ノ川に見られるように、河川沿いの条理制は河川の乱流により消滅する場合がある。大規模な改修工事としては、788年に和気清麻呂が延べ20万人を動員して淀川下流右岸に放水路を開削し、その後大和川を淀川から分離する大工事を行ったが、失敗したため奈良朝が衰退していき、794年に平安京遷都を迎えたのである。

【荘園制時代】領主の荘園内の住民を労働力としたために、荘園規模は小さく、小河川やため池灌漑の開発が行われた。しかし、多数の開墾地が度重なる水害を受け、荒廃していき、停滞的な社会となるなど、河川への接近は容易ではなく、地先単位の洪水防御の必要性が高まってくる。畑圃の堤防等小規模な農地に対する治水が展開されるのである。一方、扇状地河川では大規模な用水路の整備が進み、開発が進展していった。

【戦国時代から安土桃山時代】山城から低平地を居城*とし、城下町を形成していき、まさに沖積平野への進出が活発となった時代である。そのため、この時代には城下町や水田を守るために、高度な治水技術が必要とされた。例えば、

- ・武田信玄は釜無川に信玄堤を築いたり、釜無・御勅使・塩川三川合流点の治水計画をたてた
 - ・富山城主の佐々成政は富山市を水害から守るため、常願寺川に佐々堤を築いた
 - ・石田三成は敵城を攻めるため、利根川・荒川から導水する石田堤を築いた
 - ・豊臣秀吉は伏見城を水害から守るため、巨椋池と宇治川を分離するとともに、宇治川に太閤堤を築いた
 - ・本多丹後守は福井市を水害から守るため、九頭竜川に元覚堤を築いた
- など、様々な治水技術が駆使された⁹⁾。

*城が山城から平城に変わった理由は、近世になると領土拡大に伴い、家来や領民の労働力も増大し、また技術が進歩したため、単に防備の点だけを考えるのではなく、領国統治の府としての居城にふさわしく、領国の平地の中央に位置する平山城（小丘陵や平地縁辺の台地を利用し、城壁と堀で加工した城）や平城（平地に堀をめぐらし、石垣で囲んだ城）へと変遷していったのである⁹⁾

2.2 江戸時代における人と川のつながり

江戸初期における最重要課題は生産物地代の確保であり、歴史上最も新田開発が活発に実施された。今日〇〇新田という地名がついた地域は、この頃に開田された地域が多い。新田開発は洪水調節池の役割を有していた地域やデルタの水腐地が開発の対象となった他、湖沼や低湿地が多い東北日本では湖沼干拓、西南日本では干潟を主にした海面干拓が行われた。

江戸時代には自然堤防沿いに村落が形成され、村囲いの堤防が建設され始めた。村囲いの堤防は徐々に連続堤へと発展していった⁶⁾。この頃幕府は直轄で利根川、木曽川、淀川など、大河川の大規模治水工事を実施した。この時期、大規模な瀬替えが地形の制約が少ない利根川と北上川で行われた。利根川では下流部の流路が東方に付け替えられた（東遷事業）。その目的については、諸説があり従来「①古利根川沿岸部（埼玉平野）の開拓、②江戸城の外濠として、伊達藩に対する軍事上の要請、③江戸を水害から守るため」と言われてきた⁷⁾が、大熊⁸⁾は赤堀川の川幅が狭いこと、多数の文献、古地図などから東遷の最大のねらいは舟運の開発と安定であるとし、江戸の水害防止は江戸川との分流部に棒出し（杭）が打ち込まれた天保年間（1830～43年）以降であるとしている。

河川への接近史は地域特性により異なるが、基本的には容易に土地利用の開発ができる地域から、開発が困難な地域にシフトして、河川への接近が行われたのが特徴である。代表的な例として、以下の3地域における開発地域の変遷を紹介する。

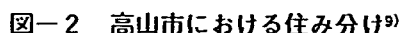
＜長崎市＞洪積段丘→沖積平野→斜面

＜岐阜市＞自然堤防→扇状地→低湿地→斜面地

＜広島県竹原市＞微高地→低湿地

岐阜市においては、水害被害が多かったことから、開発地域が度々変遷している。このため、岐阜市近郊にある旧岐阜町の周囲には土居と周濠が設けられた。これは軍事的な意味もあるが、町全体を水害から守るための施設でもあった。

江戸時代には河川により形成された地形に応じて、住み分けが行われていた。すなわち、武家地と町人地が台地と谷間（大分県杵築市）、河岸段丘（岐阜県高山市：図-2）、丘陵と平地（奈良県大和郡山市）など、自然地形を利用して分離された例と、人工的な濠と水路を巡らして武家地と町人地を分離した例（佐賀市、滋賀県彦根市）が



また、城・城下町づくりと河川とは密接な関係があった。城・城下町づくりにあたって、河川は①飲料水、耕作用の灌漑用水、②交通路、③防備などの役割を有している。一方で河川による水害発生危険性もあり、水害対策を行いながら、これら3つの利点をどの程度まで生かしていくことができるかが、城づくり及び町づくりの重要な課題となる。すなわち、用水確保、交通、都市計画、行政の利便性から城下町は洪水氾濫の常襲地帯や低湿地に接近していったのである¹⁰⁾。

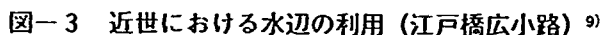


表-1 水害に伴う城の移転等

《洪水氾濫に悩まされて城、城下町を移転》		
尾張国清洲城→名古屋 徳川家康	五条川の越水氾濫 木曾川の逆流氾濫	名古屋では川から離れていたため、舟運（築城の資材運搬）と防備のために人工的な運河（堀川）を掘削
越後国蔵王城→長岡 堀直寄	信濃川の氾濫	
《洪水氾濫に対して移転後、再度治水対策を施し、元の土地に戻った》		
高知城→岡豊城 水害 手狭・交通不便	→大高坂山に築城→浦戸城→大高坂山 鏡川水害 手狭	築城の名主 百々越前安行
酒井家 石倉城 利根川洪水により流失	→ ¹¹⁵⁷ 前橋城（前橋城）→姫路城 利根川による侵食 松平氏と交換国替え	
松平氏 前橋城 危険な状態続く	→川越城へ・前橋城取り壊し 前橋急速に寂れ、町民による請願	→前橋城築城
《洪水による危険な状態に対して、河川を付け替え》		
盛岡城 北上川と中津川との合流点	→北上川の西方にバイパス、旧北上川は水堀 ＊城完成までの約40年間、水害により城が壊される度に他の城に移り、暫くするとまた戻ってきた	
岡山城 城主池田光政の時、熊沢蕃山が津田永忠に河川改修を提言	→津田永忠が治水対策（旭川左岸に越流堤＋越流堤の先に百間川放水路建設）	

3. 現代に至るまでの河川史

明治時代から現代に至るまでには、様々な政治・体制の変化があり、それに伴い河川もその役割を変貌させてきた。本章では法律、体制から見た河川の役割の変遷を歴史的に整理してみた。

江戸時代になって、治水事業が統一的行われるようになったものの、洪水被害は依然として絶えず、江戸の三大洪水（寛保2年、天明6年、弘化3年）に見られるように、被害規模はますます増大していった。明治政府は国土保全を急務の課題として、治水条目（明治4年）、河港道路修築規則（明治6年）などを公布し、治水政策を重要視してきた。ところで、当時の河川工事は舟運を目的とした低水工事が主流で、洪水防御を目的とした高水工事が本格化するには、旧河川法の制定（明治29年）を待たなければならない*。

*明治政府は舟運、農業水利の観点から低水工事に重点を置いて河川管理を行ってきた。その後明治15年頃から水害が頻発し、また輸

送手段が鉄道に移行するのと相まって、従来の低水工事から高水工事に重点が移され、直轄事業として治水事業が進められるようになった

明治以降の水害防止は治水施設の整備と水防体制の強化が車の両輪となっている。水防は図-4のように、当初地域行政としての水防を担った水利組合条例（明治23年）と国家消防組織に基づく消防組規則（明治27年）というように、法律が二元化されていた。その後法律改正を経て、戦後前者は水害予防組合法（昭和24年）となり、後者は消防組織法（昭和22年）となった。そして、都道府県知事が河川管理の責任を持っている一方で、市町村や水害予防組合の水防団員、地元住民が水防活動を担っていた、また消防団は水防活動を行うにあたって消防法の一部規定を運用しているといった法制度の矛盾が内在していたため、昭和24年に一元化された水防法が制定されたのである。水防法は建設省河川局が最初に制定した法律である。当時住民は水防を通じて河川と関係を有していた¹¹⁾。

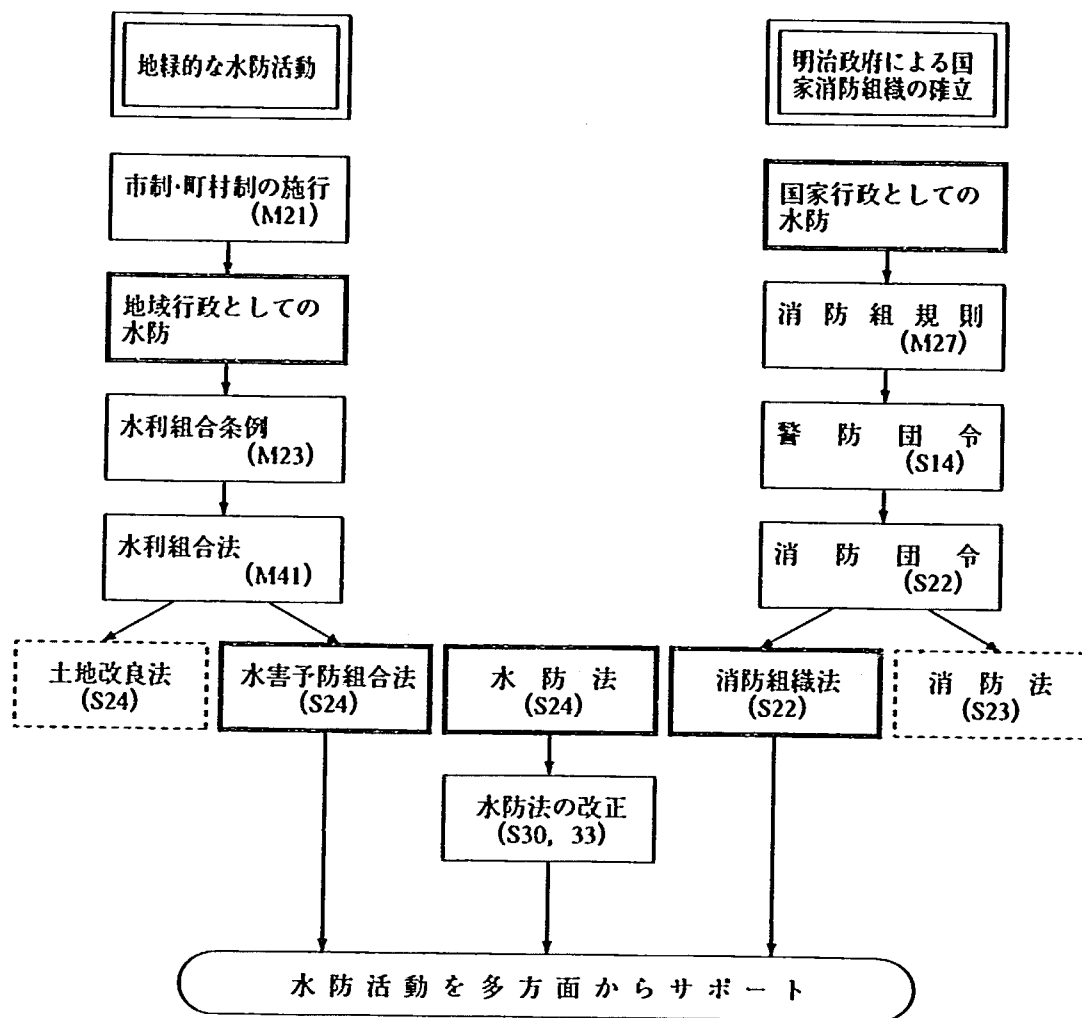


図-4 水防関連法の変遷¹¹⁾

明治時代の水防で特徴的なのは、橋の流失を防ぐために流木採りが行われたことである。隅田川の両国橋では石材屋・材木屋が、千住大橋では旅籠屋・下肥屋・船持ちなどが流木採りにあたった。流木処理は綱、綱、^{いかり}碇、長い竹を使ったり、舟を使ったりした他、堤外地に設置した杭や樹木で流木を止めたりした¹²⁾。

明治初期は江戸時代から引き続いて、河川は重要な輸送手段であり、舟運の役割が高かった。特に江戸時代になり人口が増加したこと、参勤交代のため全国の大名が江戸に屋敷を構え、江戸廻米を始めたことなどにより、利根川水運は隆盛を極めた。江戸への諸物資の運送は危険で日数を要する海上航路ではなく、内川廻しの水路が開発され、活用された。江戸幕府は

利根川東遷、鬼怒川の瀬替えなどにより安定した航路を確保する改修工事を行い、那珂湊や銚子から利根川、江戸川、隅田川を通じて江戸へ物資を輸送できるようにした。明治中頃になり鉄道が発達しても、舟運は直ちに衰退していった訳ではなく、大正になって自動車による貨物輸送が行われるようになって、舟運は急激に衰えたのである¹³⁾。

第一次 (明治43年) 及び第二次 (大正10年) の治水計画が策定され、高水工事が本格化した昭和初期には荒川放水路 (昭和5年)、大河津分水路 (昭和6年) などの大規模改修事業が完成した。しかし、昭和に入って経済恐慌が深刻化し、失業救済が政治問題化すると河川事業は時局^{ときいきう}匡救事業の役割を担い始めた。昭和8年に

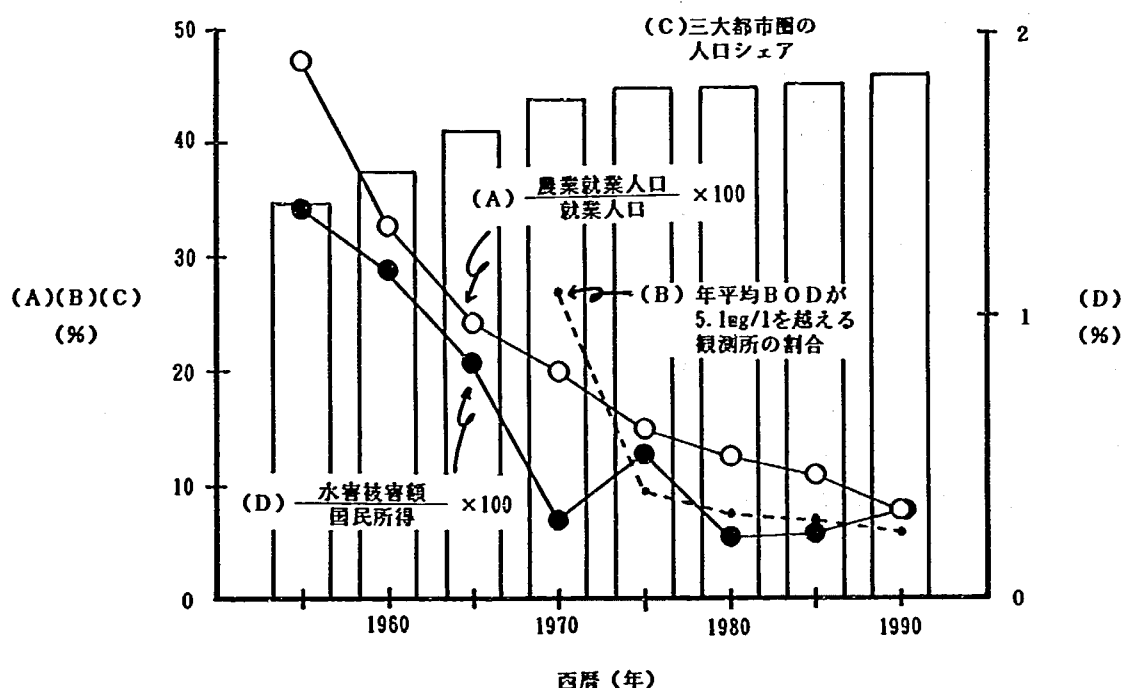
土木会議が第三次治水計画を策定し、多数の中小河川の改修事業への補助制度を確立した。すなわち、当時は失業対策として中小河川が事業に組み込まれたのである¹⁴⁾。

その頃の治水計画では、下流域の大都市を洪水被害から守るために、上・中流域又は都市対岸で氾濫を許容する治水施策が採用されていた。農業が基幹産業であった時代には、ある程度の氾濫は許容されていたが、都市化が進展してくると、地域住民は被害の防止を訴えるようになってきた。典型的なのが芦田川の例で、近世初期以降、城下町の氾濫を回避するために、一定以上の水位になると砂土手を決壊させ、支川の高屋川流域に洪水を遊水させていたが、明治時代になると遊水地域の住民から砂土手撤去の嘆願書が繰り返し出された。そして、大正8年の水害を契機として、改修期成同盟会の結成と相まって治水運動が活発化し、内務省も大正12年より治水工事を実施し、砂土手を撤去した。同様に川内川においても、鶴田ダムの完成（昭和41年）に伴って氾濫許容型治水方式が崩壊したのである¹⁵⁾。

4. 人と川の現代史

近年、特に経済成長期以降、川のことを意識せずに生活する人々が増えてきている。川をはじめとして自然と直接接する農業人口が減少し、就業機会・利便性・情報を求めて都会へと生活拠点を移す人々が増えたからである。もちろん、河川で言えば水害が減少したり、河川の水質汚染が進んだこともその一因であるし、河川以外の話題・関心事が多くなってきたことも大きく影響している。これらのトレンドを図一5に示す。なお、図一5中の農業就業人口は専業及び兼業（農業従事日数の方が多い）従事者数で、三大都市圏とは東京圏（東京、神奈川、埼玉、千葉）、名古屋圏（愛知、三重）、大阪圏（大阪、兵庫、京都）を指す。また、BODは1級河川の直轄管理区間（一部指定区間を含む）において、定期的に実施された調査結果である。

このように川に対して、住民の意識・関心は変化してきている。ここでは水害意識の変化を世論



図一5 川と人に関する各種指標のトレンド

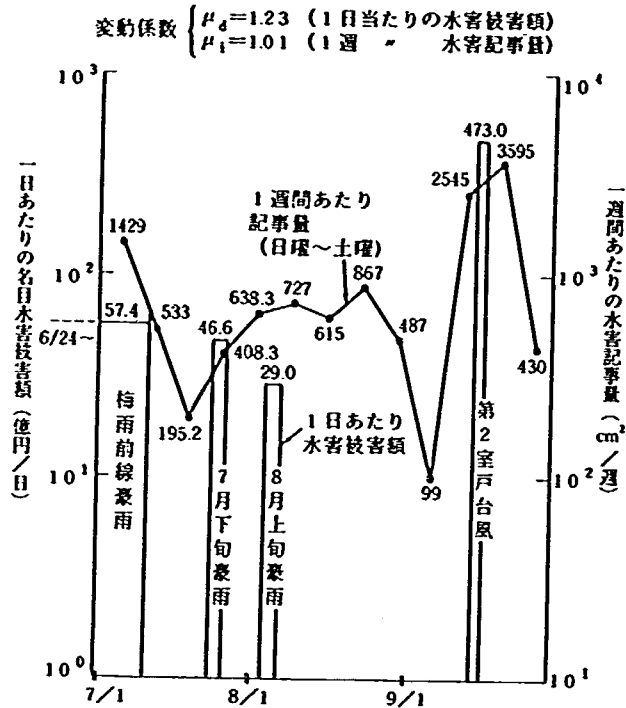


図-6 水害被害額と記事量 (昭和36年) ¹⁶⁾

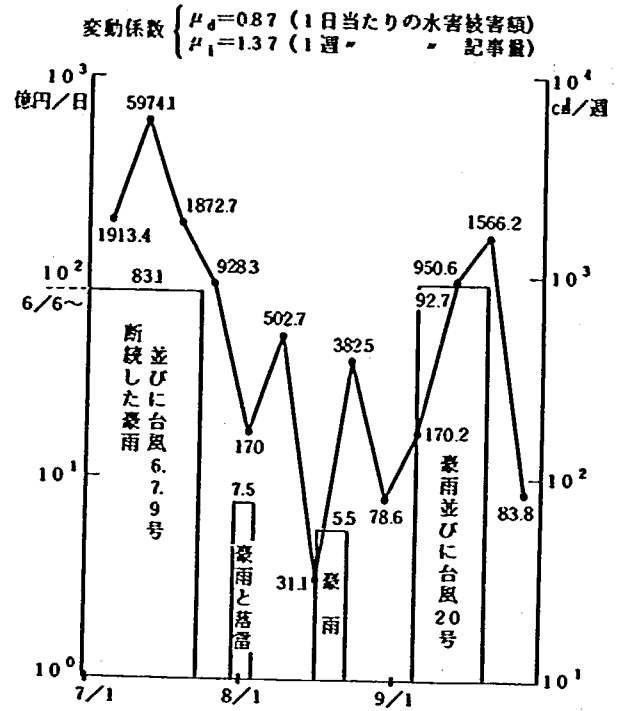


図-7 水害被害額と記事量 (昭和47年) ¹⁶⁾

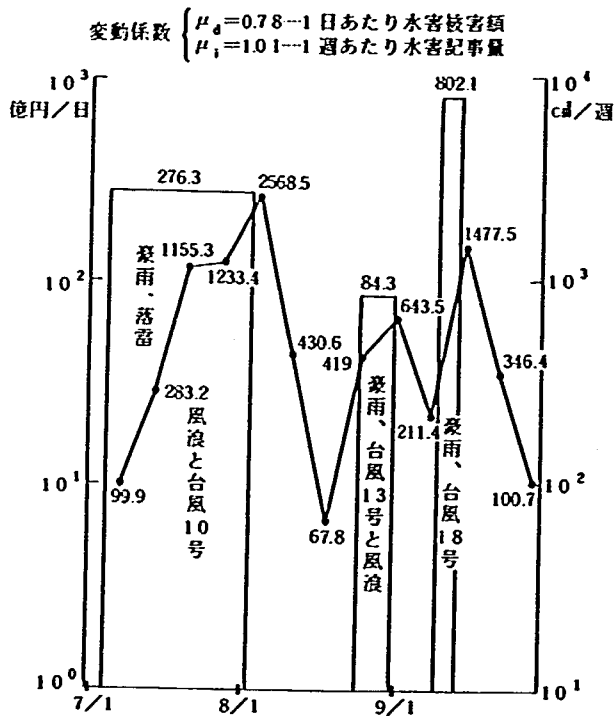


図-8 水害被害額と記事量 (昭和57年) ¹⁶⁾

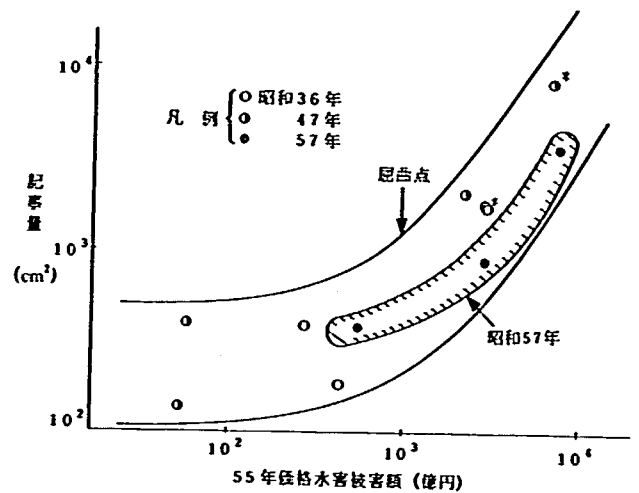


図-9 水害被害額と記事量の相関関係 ¹⁶⁾

*) 水害が7～9月以外にも発生した場合、その期間の水害被害額も含まれている

表-2 水害危険意識の推移

調 査 名	調査年	非常に危険、又は やや危険である	少し危険、又はあ まり危険ではない	不 明
風水害に関する世論調査	1960年	56.0%	42.0%	2.0%
河川と水害に関する世論調査	1977年	16.5%	83.5%	0.0%
河川と土砂害に関する世論調査	1985年	11.8%	85.5%	2.7%
治水対策に関する世論調査	1991年	12.1%	86.5%	1.4%
河川に関する世論調査	1996年	10.9%	87.5%	1.5%

出典) 栗城・末次・小林：洪水による死亡リスクと危機回避，土木研究所資料第3370号，1995年

の動向を反映した新聞記事により分析した結果で見えてくる。これは朝日新聞（朝夕刊）を用いて、水害被害の大きかった昭和36，47，57年の各々7～9月の水害に関する新聞記事の量，質について分析したものである。調査の結果¹⁶⁾，図-6～9のように

- ①最近になるほど、水害がおさまった後、水害記事量が急激に減少している
- ②水害被害が1千億円（昭和55年価格）を越える前後から、水害記事量が急激に増加している
- ③高潮・破堤災害から集中豪雨・土砂災害へと災害の質的变化が災害用語の変化という形で現れている

ということが分かったのである。①は「喉もと過ぎれば熱さを忘れる」ということであろうか。確かに総理府が実施した「水害に関する世論調査」の結果（表-2）を見ても、昭和30年代に過半数の人が水害危険性を感じていたのに対して、昭和50年代以降はその割合は11～16%と非常に少なくなっている¹⁷⁾。

5. 河川文化

文化的側面から河川を見てみよう。河川は古くは万葉集のなかで

利根川の 川瀬もしらず ただわたり

波に逢ふのす あへる君かも

と詠まれたり、俳句や短歌のなかで

やはらかに 柳青める 北上の

岸辺目に見ゆ 泣けとごとくに (啄木)

となせより 流す錦は 大井川

筏につめる 木葉なりけり (俊成)

と詠まれた他、様々な形で文学や映画などの題材となっている。近年の例で見ても、以下のような主要な事例がある。

小 説	最上川（井上八蔵），神通川（新田次郎），千曲川のスケッチ（島崎藤村），泥流地帯（三浦綾子），利根川（安岡章太郎），笛吹川（深沢七郎），有田川（有吉佐和子），細雪（谷崎潤一郎）
詩歌集	雄物川に春がくる（吉田朗），阿武隈川（八乙女由朗），利根の流域（市山他），隅田川（石井健吉），荒川のほとりで（畑稔），伊勢湾台風（出岡実），柳河風物詩（北原白秋）
歌謡曲	石狩川悲歌，千曲川，信濃川慕情，すみだ川，神田川，長良川艶歌，道頓堀川，加茂川ブルース，筑後エレジー
邦 画	神田川，信濃川，紀ノ川，北上川悲歌，伊勢湾台風物語

芸能関係では、14世紀半ばに河原にむしろわい菰田小屋ができ、近世の頃には見世物小屋や芝居小屋ができ、田楽の勧進興行などが行われた。すなわち、湿地帯や水辺を埋めて新しく造成した土地は荒地で、権力者（地主など）から干渉されず、租税の賦課から免れたので活用された。堀江新地や北の新地など、現在〇〇新地と呼ばれる所で芸能活動が活発に行われたのである。水辺にあった劇場としては、京都四条河原の北座・南座、道頓堀五座などがあり、この名残は現在の国立劇場がお堀端にあることから分かる。一方、明治時代になると、玉三郎の「名月八幡祭」という東京の歌舞伎などで水が演出に使われた。これは船が花道を行ったり、来たりして客席全体が隅田川の中にあるような雰囲気醸し出したものである。同様の仕掛けは宝塚などでも使われている¹⁹⁾。

また、全国市町村要覧により地名と河川の関係調べると、実に全国の市町村の約7%に川（または河）の字がついている。地域別に見ると、興味深い事実が浮かびあがってくる。すなわち、川又は河がついた市町村数/河川密度の地域別分布を調べると、図-10のように、東日本に属する地域では河川密度が高くなるにつれて、川（河）の地名が増える傾向にあるが、西日本に属する地

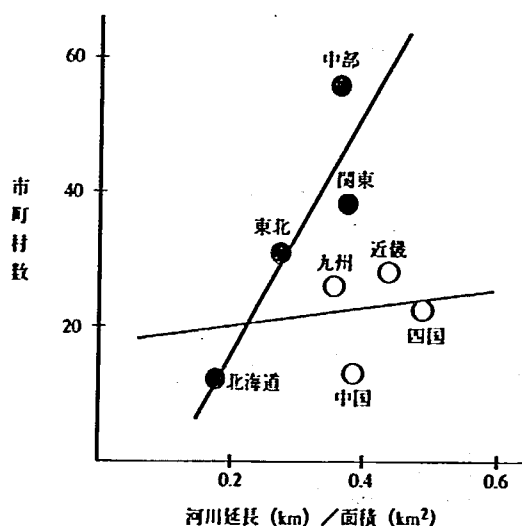


図-10 河川密度と「河、川」のついた市町村数¹⁹⁾
注) 河川延長は1級、2級河川の合計である

域では相関関係はあまりない。これは歴史的に見て、ため池に頼った農業を営んできた西日本と、大河川からの引水に頼ってきた東日本との地域環境の違いを表すものである。地名を時代考証してみると、人間と河川との面白い結び付きが分かるかもしれない。

一方、土木研究所都市河川研究室²⁰⁾では特に治水や水害にまつわる河川文化として、91事例を収集してきた。内訳は石碑（45事例）、祭り（17）、神社（12）、資料館・博物館（8）、その他（9）である。そのうち祭り、神社、資料館・博物館の位置を図-11~13に示した。代表的なものに以下の事例がある。

【治水感謝祭】明治43年から昭和11年までの27年間にわたる夕張川河川工事を記念して、北海道南幌町では治水感謝祭が実施されている。祭りの名称に“治水”がつく唯一のものであり、また同日に治水マラソンが実施されるなど、治水に対する強い恩恵の念が伺える（写真-2）。

【堤防神社】由良川において、明治29、40年の大水害及び昭和2年の地震被害に対して、建設されたコンクリート堤防の完成を記念し、神が祀られるとともに、堤防神社と呼ばれるようになった。水神三神（みづはめのおおかみ 罔象女大神、おおとこぬしのおおかみ 大地主大神、うぶすなのおおかみ 産土大神）が祀られているのは、全国でこの神社だけである（写真-3）。

また由良川流域は水害常襲地帯の一つで、水害への自衛策として福知山市内の民家には、滑車があり浸水時に家財等を2、3階へ移動できる構造となっていたり（写真-4）、民家に浸水位表示板が設置されるなど、水防災意識の高さが伺える。

河川文化には有形無形のものがあるが、水害に関する伝承、言い伝えなども見逃せない。

【事例1】福井県西谷村における伝承²¹⁾

福井県西谷村（現在は大野市に編入）では、昭和40年9月に1,047mm（2時間で

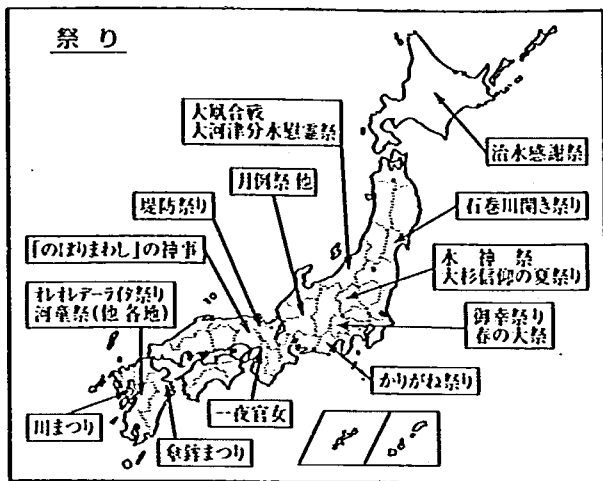


図-11 治水、水害にまつわる祭り²⁰⁾



写真-2 夕張川河川工事を記念した「治水感謝祭」
 (夕張川流域：北海道南幌町)

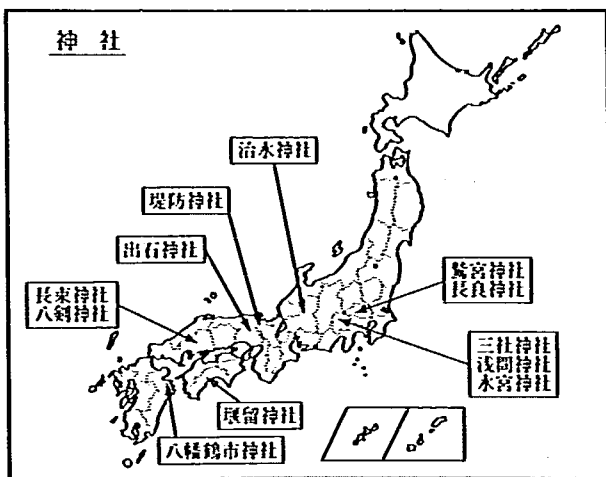


図-12 治水、水害にまつわる神社²⁰⁾



写真-3 水神三神が祀られている「堤防神社」
 (由良川流域：京都府福知山市)

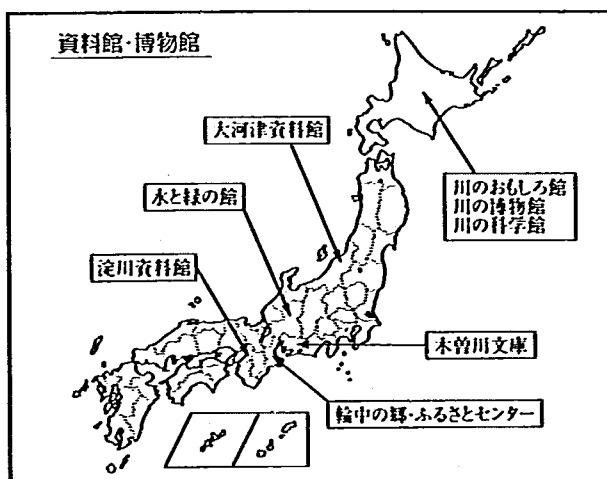


図-13 治水、水害にまつわる資料館・博物館²⁰⁾



写真-4 浸水時に家財を3階まで上げられる吹き抜けの構造 (由良川流域：京都府福知山市)

表-3 洪水・水害にまつわる言い伝え²²⁾

言 い 伝 え	地 方	備 考
【河川の状況と洪水】 ・川水が急に減ると大水が出る ・出水の時、その水が早く退けば近い内にまた洪水がある ・河垢が多く流れる時は洪水近し ・川原または川原の石垣に泡の吹く時は洪水あり	全国各地 関東以西の各地 全国各地 全国各地	河垢：水草など 大雨により地下水位があがり、地中の空気が押し出される
【梅雨末期の洪水】 ・空梅雨七月どしや降り洪水となる ・半夏生（ハンゲショウ）の雨は大水となる ・半夏水（ハンゲミズ） ・旧六月一日に雨降れば洪水あり	全国各地 全国各地 熊本県 全国各地	半夏生とは夏至から11日目に当たる日で、7月2日頃である 7月2日頃 旧六月一日：梅雨末期
【台風による洪水】 ・夏秋の頃に大風あらば洪水の兆し ・土用中大河の水が著しく減る時は洪水あり ・彼岸坊主の大架装流し ・梅雨期に晴天続けば大洪水あり	佐賀県 群馬県 全国各地 関東地方	夏秋の大風は台風起因 太平洋高気圧による晴天続きのときには、台風がよく襲来するため 秋の彼岸（9月20日前後から1週間）頃は秋霖前線による大雨あり 梅雨期に晴天続けば、台風が襲来する
【空模様と洪水】 ・朝焼はその日の洪水 ・夏の夕焼けは洪水 ・朝虹は大水洪水の兆し ・朝雷は大洪水のまえおれ	長野県他 北九州、愛知県他 全国各地 群馬県、埼玉県他	朝雷は前線の発達による
【植物の生育と洪水】 ・山コブシまたは山グリの花多く咲く年は洪水あり ・ナシの花の多い年は大風と大水 ・トウモロコシの丈伸びる年は洪水あり ・コブシの花が下向けば水害あり ・アシの葉の節の数だけ洪水が起きる ・川ヤナギが直立する年は洪水がある	全国各地 福井県、群馬県、 長野県、新潟県 全国各地 宮城県、青森県 長野県、千葉県 長野県、群馬県	
【生物の行動と洪水】 ・カイツブリが陸に来れば洪水あり ・蚊が沢山いる年は大水が出る ・川セミの巣高きは大水の兆し ・川蛙が陸に上がれば洪水あり ・源五郎虫が高い所に産卵している時には洪水がある ・蟻が群をなして高い所へ移動すれば洪水近し ・鳥類が木の高所に巣を作る年は洪水あり ・竹藪の蛇が竹に登る時は洪水あり ・ネズミが木登りすると水害がある ・蛇が木に登れば大雨あり ・ホタルが家にまいこむ年は水害多し	全国各地 群馬県 全国各地 全国各地 全国各地 全国各地 全国各地 全国各地 全国各地 全国各地	カイツブリ：沼沢に住む水鳥 蚊が沢山→雨多い 川蛙：巻貝の一種 雨が多く、河川が増水するとホタルは家の近くに来る

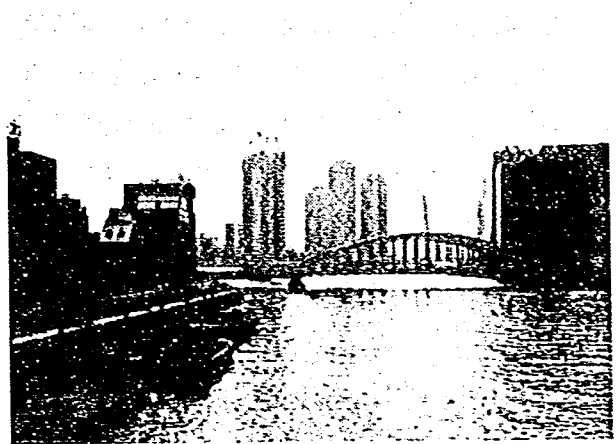
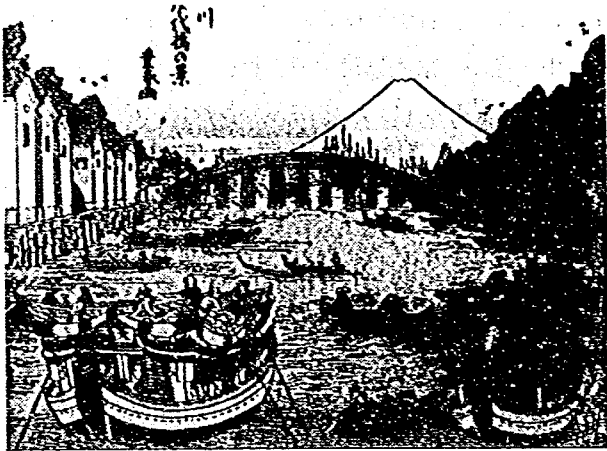


写真-5 隅田川沿いの風景の今昔
左：豊春の浮世絵、右：現在の状況

800mm) という集中豪雨に見舞われ、洪水氾濫と土石流により171戸が全壊したが、村民が結束して村の一番高台にある寺に避難したため、死者は1名であった。これは元禄年間に発生した豪雨災害の時の経験が未だに語り継がれていたため、人的被害を最小限に抑えた貴重な伝承の例である。

【事例2】洪水・水害にまつわる言い伝え²⁾

全国各地に洪水・水害の前兆に関する言い伝えがある。表-3は各地で川の水、空模様、雪、風、植物、生物の状況や行動から予測を行っていた生活の知恵の一例である。必ずしも科学的な根拠に基づいているものばかりではないが、気圧配置などの気象状況と関連した言い伝えもあり、非常に興味深い。

流域における都市化が進展すると、河川だけではなく、水辺の風景も変化してくる。歌川豊春(1735~1814年)の浮世絵では隅田川大橋から永代橋を望んだ「深川永代橋の景」が描かれているが、現在の風景(写真-5)と比較すると、富士山は高層ビルに隠れ、水辺の蔵はオフィスビルへと変わり、静かな水の流れだけが時代を経ても変わっていない。

都市化を経て、河川文化はどのように変化したのであろうか。例えば、横浜市戸塚区を流下

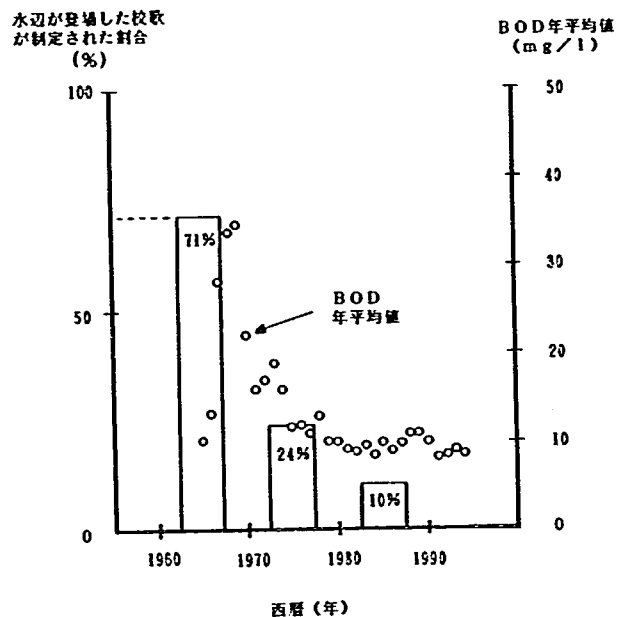


図-14 校歌への水辺の登場率と水質変化(柏尾川)
注) 水質は日本河川協会「日本河川水質年鑑」による

する境川支流柏尾川は典型的な都市河川で、現在流域人口は約56万人に達している(神奈川県調べ)。柏尾川流域は洪水被害が多かったため、コンクリート護岸による河川改修が実施された他、水質も悪化した。その結果、人々が川から遠ざかったり、また丘陵部での宅地開発の発展で学校の立地が川から遠ざかって、小中学校の校歌で川があまり歌われなくなってしまった。特に1960年代から1980年代にかけて、校歌への水辺の登場率は71%から10%へと急激に減少していったのである²⁾。図-14に水質の変

化と水辺の登場率との関係を図示した。近年水質汚濁は改善されてきているものの、1960年代後半の水質悪化が、その後校歌への水辺登場率の減少という形で河川文化に影響をおよぼしたと言える。

参考文献

- 1) 大熊孝他：叢書 近代日本の技術と社会4 川を制した近代技術，平凡社，1994年
- 2) 土木学会編：第四版 土木工学ハンドブック，土木学会，1989年
- 3) 谷岡武雄：平野の開発，古今書院，1984年
- 4) 山本晃一・末次忠司・桐生祝男：水防体制の現状とその問題点 (1) -水防体制の強化に向けて-，土木研究所資料第2059号，1984年
- 5) 新谷洋二：日本の城と城下町，同成社，1991年
- 6) 中川澄人：日本の河川-その自然史と社会史 (下) -，河川，No.444，1983年
- 7) 阪口豊・高橋裕・大森博雄：日本の自然3 日本の川，岩波書店，1986年
- 8) 大熊孝：利根川治水の変遷と水害，東京大学出版会，1981年
- 9) 高橋康夫・吉田伸之編：日本都市史入門 I 空間，東京大学出版会，1989年
- 10) 新谷洋二：日本の城と城下町，同成社，1991年
- 11) 山本晃一・末次忠司・桐生祝男：水防体制の現状とその問題点 (1) -水防体制の強化に向けて-，土木研究所資料第2059号，1984年
- 12) 宮村忠：水害 治水と水防の知恵，中央公論社，1985年
- 13) 山崎不二夫：明日の利根川，農山漁村文化協会，1986年
- 14) 栗城稔・末次忠司：戦後治水行政の潮流と展望-戦後治水レポート-，土木研究所資料第3297号，1994年
- 15) 末次忠司：氾濫で水害を防ぐ-氾濫許容型治水方式はありうるか-，水利科学，No.234，第41巻，第1号，1997年
- 16) 末次忠司：新聞に見る水害意識の分析，土木技術資料，Vol.27，No.5，1985年
- 17) 栗城稔・末次忠司・小林裕明：洪水による死亡リスクと危機回避，土木研究所資料第3370号，1995年
- 18) 北見俊夫：川の文化，日本書籍，1981年
- 19) 末次忠司：水考学-水について考える-，河川，No.460，1984年
- 20) 栗城稔・末次忠司・田中義人：河川文化のレジェンド-治水，水害にまつわる神社，石碑，祭り-，土木研究所資料第3143号，1992年
- 21) 倉嶋厚編集：おもしろ気象学 春・夏，朝日新聞社，1985年
- 22) 末次忠司：河川文化のフォークロー-治水文化を中心として-，河川，No.590，1995年
- 23) 環境庁水質保全局編：豊かな水環境を未来へ引き継ぐために-水環境保全活動実践の手引き-，大蔵省印刷局，1997年

都市・人,そして川(3)－川の機能を生かす－

Partnership between city, people and river(3)－Functions of urban rivers－

キーワード：

都市, 河川,
機能, 水質浄化,
微気象緩和,
快適性



木内 豪*

By Tsuyoshi KINOUCHI



小林裕明**

By Hiroaki KOBAYASHI



館 健一郎***

By Kenichiro TACHI

1. 河川の機能

1.1 治水・利水から環境へ

従来の河川事業は、いわゆる治水、利水を中心に行われてきた。それらは、浸水面積の減少、水害による死者・行方不明者数の減少、水資源の安定供給などを通じて、国民生活水準の向上に多大なる恩恵をもたらした。

一方、急激に進行した都市化や社会構造の変化は、都市における河川の有り方を変化させた。都市化による流出率の増大、流達時間の短縮は洪水ピーク流量を増加させ、それに対処するために施工された深い掘込み河道は人を川から遠ざけた。大量の生活排水による河川の水質悪化は、人々に河川への嫌悪感を植え付けた。また、モータリゼーションの進展や都市の高密度化などにより、都市に土地の「有効利用」が求められ、河川・水路の埋め立て、蓋かけなどが行われた。すなわち、都市化により生じた矛盾を河川が受け入れる形で問題解決が図られてきた。全国の城下町を土台として発展した20都市における江戸時代末期から現在までの水空間（大河川・中小河川・水路・堀・池等）の平均減少率は、面積で30%、延長で

35%という調査があり、東京東部6区（江戸川・足立・中央・葛飾・江東・墨田）で廃止された河川、運河等の転用用途の第一は道路である²⁾。

しかし、近年、そのような流れの中で失われていた、河川が本来もつ多様な機能の大切さの認識が高くなってきた。いわゆる「環境機能」である。

河川的环境機能が体系的に捉えられたのは、1960年代の後半、都市河川の水害と水質汚濁に悩む東京都の河川計画の技術者により「親水機能」という造語が提示されて以来である（山本・石井³⁾）。提唱された河川の機能分類を図－1に示すが、従来の物理的機能に重点を置いた治水、利水機能を流水機能として、それに対して河川が人間とのかかわり合いのもとに社会的に存在すること自体のもつ機能として「親水」機能を提示している。ここでの「親水機能」の範囲は、レクリエーションなどの利用活動から生態系保全、景観などに至る広義な内容を含んでいるが、現在では、それらをまとめて「環境機能」と称し、河川機能の三大要素として治水、利水、環境というよび方をされるのが一般的である。従来の治水、利水の枠に留まらない多様な河川機能への認識の高まりに呼応し、昭和56年（1981）の河川審議会答申「河川環境管理のあり方について」では、河川環境が治水・利水と並ぶ河川事業の目的と位置づけられた。さらに、平成9年の河川法改

* 建設省土木研究所河川部都市河川研究室 主任研究員

** 建設省土木研究所河川部都市河川研究室 研究員

*** 建設省土木研究所河川部都市河川研究室 研究員

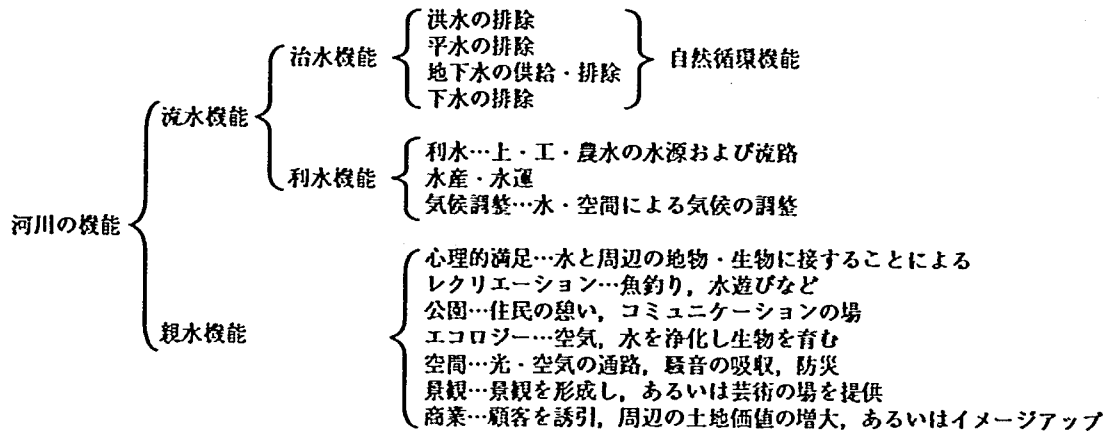


図-1 河川の機能分類 (山本、石井³)

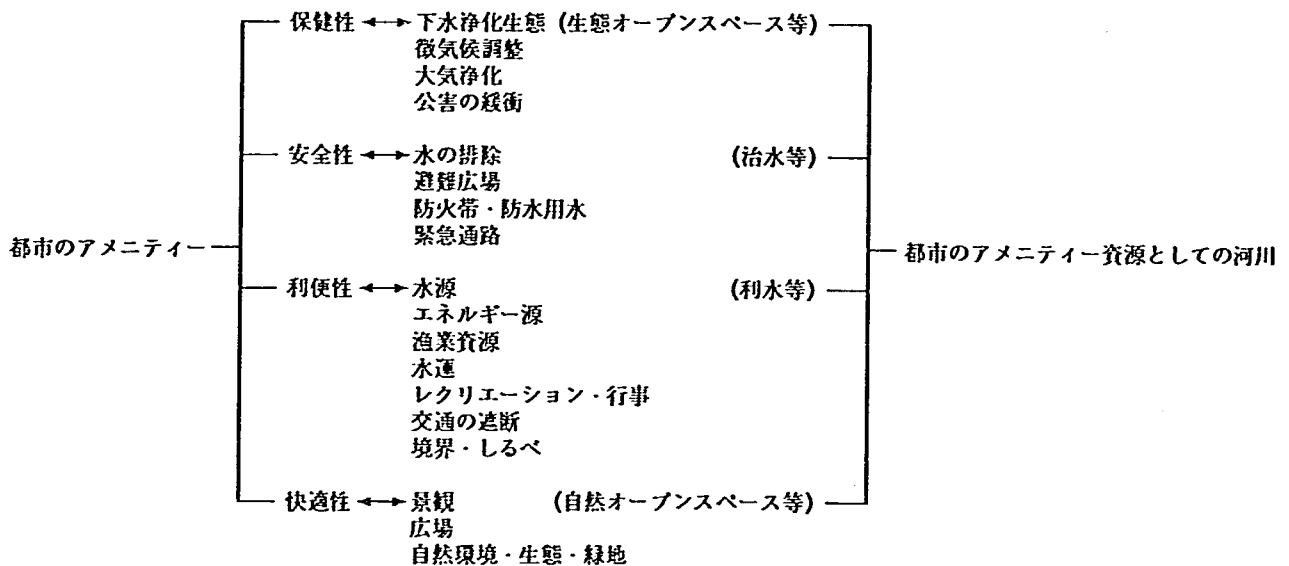


図-2 親水空間と都市のアメニティー (黛⁴)

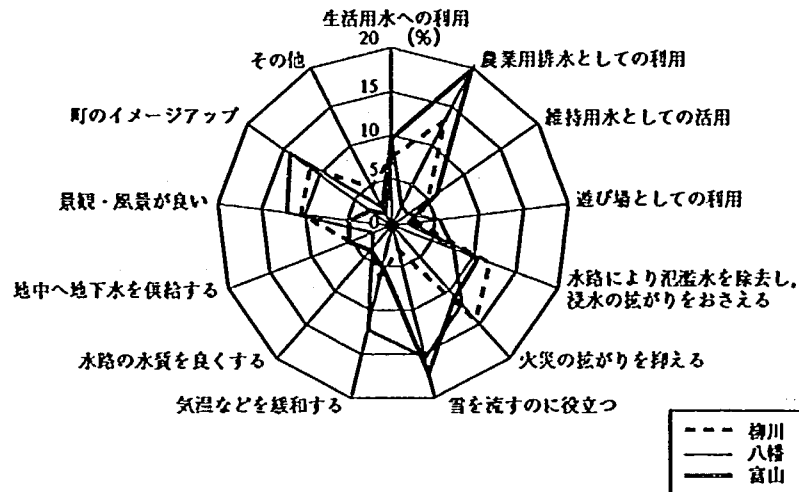
正において河川環境が内部目的化され、社会的のみならず法的にも河川環境機能が認知された。近年では、阪神・淡路大震災後に再認識された防災機能 (延焼遮断や消火用水、避難空地など) や、気象緩和機能など、従来はさほど取り上げられることがなかった機能も脚光を浴びている。

1.2 河川の機能

山本・石井以後にも、様々な河川機能分類がなされている。特に、河川的环境機能については、WHO (世界保健機関) の健康標準をもとにした

「安全」, 「保健」, 「利便」, 「快適」の居住環境評価の体系を当てはめたもの⁴ (図-2) をはじめとして、都市のアメニティーを構成する一要素としての河川の機能をまとめたものが多い。

河川よりも生活との密着度が高い存在であるまちなかの水路空間の機能 (効用) について、渡部⁵ は、①生態的領域 (自然環境要素の生育、水質浄化、微気象緩和、地下水や湧水の涵養)、②利用行為に含まれる領域 (灌漑を始めとする生産、上水などの生活利用、レクリエーション、景観保全)、③情緒的領域 (文化・芸術、自然との



それぞれの地域で恩恵を受けているとされた内容のうちの各恩恵内容の割合 (%) を示している。

図-3 水路から受けている恩恵 (サンプル数118世帯)

対話、環境教育、祭礼・イベント) に分類しており、水を媒体として住民と住民を結びつける空間を「水縁空間」と名付けている。都市内の水路を含めた河川の機能の発現は、水辺との距離や水辺のスケール、地域特性、効用の享受対象等により異なっており、河川の機能をいかに向上させるかを考えるにあたってはその点を十分理解する必要があるだろう。図-3は、水路網が発達した3地域 (岐阜県郡上郡八幡町、福岡県柳川市、富山県富山市) を対象に、水路から受けている恩恵に関するアンケートを行った結果⁶⁾ である。3地域に共通して住民が恩恵を受けているのは、「火災の広がりを抑える (消火用水)」, 「水路により氾濫水を排除し、浸水の広がりをおさえる」, 「生活用水への利用 (庭・植物への散水)」であり、河川よりもさらに生活に密着した効用を感じていることがうかがえる。また、多雪地帯の八幡、富山で「雪を流すのに役立つ」という回答が多いこと、水路を中心とした景観整備を行っている八幡、柳川で「景観・風景がよい」, 「街のイメージアップ」という回答が多いことなど、水路の効用 (機能) 認識が地域毎の特性に応じていることがわかる。

2. 環境機能を計測する

今回は、川の機能のうち水質浄化、微気象緩和機能を取り上げ、その機能を計測した結果を紹介する。

2.1 水質浄化機能

(1) 川の自浄機能

河川に汚濁物質が流入すると水質が悪化するが、流下するにしたがい、もとの状態に戻ろうとする。このプロセスを総称して「川の自浄機能」という。広義には河川水中に含まれる汚濁物質の流下過程においてその量が減少していく現象を指すが、狭義では汚濁物質を有機物に限定することが多い。

河川内における浄化過程は以下のようなものである。日本の多くの川では、流れの速い早瀬と、流れがゆるやかな平瀬、水のよどんだ淵とから構成されており、早瀬および平瀬では河床の生物膜による接触酸化機能によって浄化が行われる。一方、淵では生物膜の剥離片を含む浮遊物質の沈殿が行われ、沈殿堆積した有機物は嫌気性分解が行われる。そして、

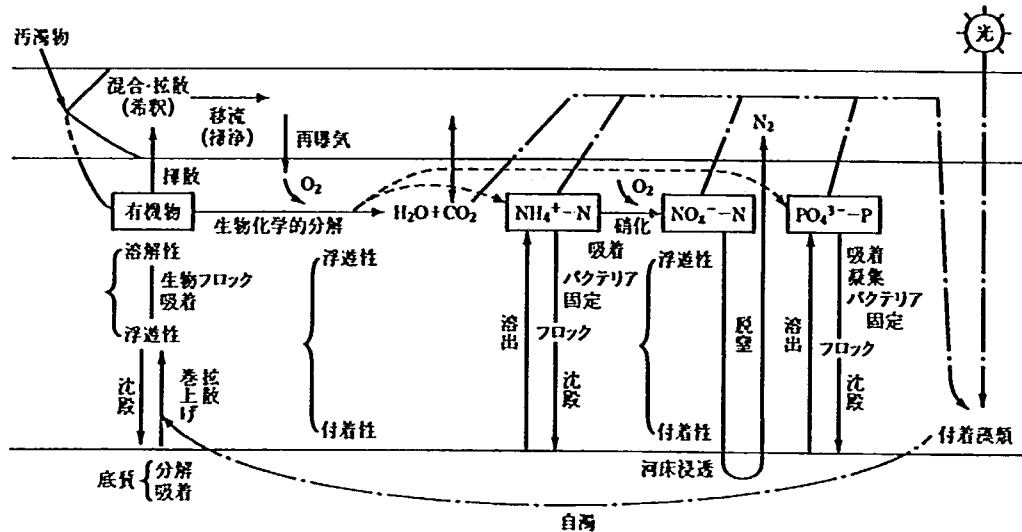


図-4 河川の自浄作用に関する現象⁷⁾

淵に堆積したスラッジや嫌気性分解生成物は、洪水時に下流に流送される。

河川において生じている有機物や窒素、リンの主要な変換・移動経路を図-4に示す。有機物質の微生物による分解のほかに、河床への沈澱・堆積や吸着による現象まで含めた自浄機能を特に「見かけの自浄機能」といい、微生物による分解のみを「真の自浄機能」として区別することもあるが、ここでは、微生物による分解に沈澱・堆積や吸着まで含めた河川水からの有機物の除去を浄化機能として話を進めることとする。

自浄機能の大きさを表す尺度として用いられる自浄係数は、有機物濃度の減少の速度係数を指し、その減少は単位時間当りの減少量が濃度に比例するとして、Streeter-Phelpsにより式(1)に表されている。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -(K_1 + K_3)C \quad (1)$$

ここに、

C：全有機物濃度 (mg/l)

K_1 ：脱酸素係数 (1/日)

K_3 ：沈澱や吸着などによる除去係数 (1/日)

t：時間 (日)

表-1 自浄係数 (k_1+k_3) の実測値⁸⁾

(底は10)

河川名	k_1+k_3 (1/日)
多摩川	0.1~1.88
多摩川	0.12~0.20
千曲川	1.2~2.4
松浦川	0.12~0.18
巖木川	0.11~0.17
筑後川	0.11~0.17
浅川	0.12
残堀川	0.43
野川	0.03
黒瀬川	0.31~3.3
竹田川	$0.361 + 0.111 \cdot \theta$ (θ : 水温℃)
底喰川	1.4
町野川	-3.0~9.7

式(1)を積分すると、式(2)が得られる。

$$C = C_0 \exp[-(K_1 + K_3)t] \quad (2)$$

ここに、 C_0 ：t=0における全有機物濃度

また、10を底とした常用対数で示すと式

(3)となる。

$$C = C_0 \cdot 10^{-(k_1+k_3)t} \quad (3)$$

実際の河川で算定された自浄係数 (k_1+k_3) を表-1に示す。ここで、例えば (k_1+k_3) の値が0.2であったとすると、川の水が同じ状態で流れて5日後にはBOD濃度が初期の1/10になるということを意味している。

表-2 生物学的除去速度定数⁹⁾

水路	研究者	除去速度定数 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$)	備考
実験水路	Hanakiら	1.0~6.0	
礫間接触水路	津野・占部	0.7~1.3	河床付着バクテリア
浄化水路	岡田・須藤ら	3.6~16	紐状接触材, 人工排水
浄化流路	川島・鈴木	15~17	数理モデル
実験水路	古賀ら	0.2~0.5	水路床の生物膜
実験水路	杉尾・長岡	15~77	水路床の生物膜, グルコース
実験水路	鈴木・竹石	2~70	水路床の生物膜, 酢酸
排水路浄化施設	中村	51	礫充填
排水路浄化施設	中村	6.5	人工芝
実験水路	森田ら	7.2	人工芝, 脱脂粉乳
実験水路	森田ら	3.2	ステンレス, 脱脂粉乳
実験水路	森田ら	4.6	紐状接触材, 脱脂粉乳
実験水路	森田ら	11	人工芝, 河川水
実験水路	新ら	1.0~6.0	塩ビ板, パルプ排水

(2) 水路の浄化機能

都市内に存在する水路（農業用水路や都市下水路等）は、底面や側面がコンクリートや石である場合が多く、水質浄化に必要な微生物や水生植物などの存在量が河川に比べて少ないが、ここでは、水路の持つ浄化機能について検討してみた。

水路を用いた浄化法には、水路中に紐状接触材などの生物付着担体を充填し、生物量を増加させて、主に雑排水処理を目的とした検討が多く進められている。水路での有機物の除去速度は、一般に単位生物膜面積あるいは単位水路床面積当りの除去速度で与えられることが多い（表-2）。

土木研究所で実施した円形回転水路（図-5）を用いた回分実験におけるBODの推移を図-6に、SSの推移を図-7に示す。円形回転水路を用いるメリットは、曝気などの影響を受けることなく、長い区間の自浄過程を観測できる点である。また、本水路は二次流の発生を少なくするようにTURN TABLEにより水路を回転させると同時に、TURN BOARDにより流れを発生させることもできるが、今

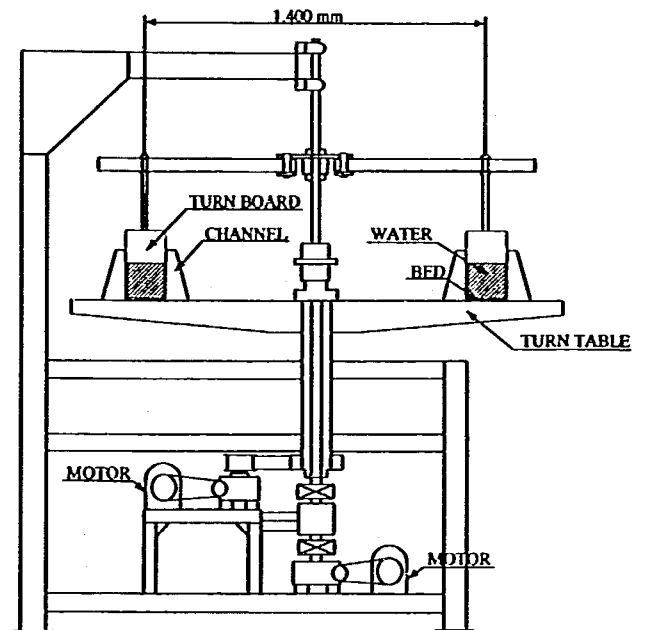


図-5 円形回転水路

回の実験ではTURN BOARDのみを回転させて実施した。

実験は、茨城県土浦市を流下する新川（CASE 1, 2）及び備前川（CASE 3, 4）の河床に設置して生物膜を付着させた床板を水路床に敷き、同河川水を用いて実施した。水深は約15cm、流速は水路中央部の中央水深で約2 cm/sに設定して行った。また、CASE

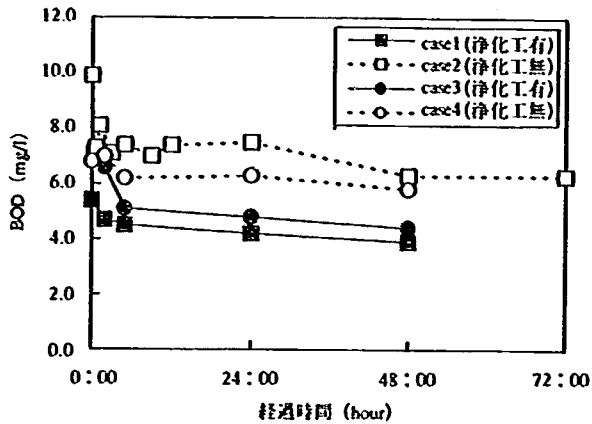


図-6 BODの経時変化

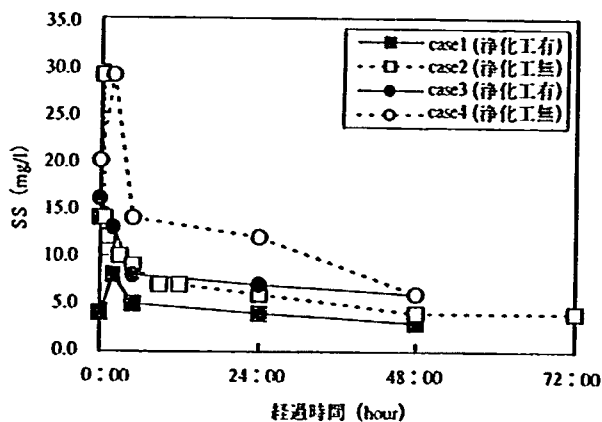


図-7 SSの経時変化

表-3 自浄係数 (k_1+k_3)
(底は10)

CASE	k_1+k_3 (1/日)
1	0.05
2	0.03
3	0.07
4	0.03

1, CASE 3 には簡易な浄化工として、礫 (メサライト, 直径 ≈ 1 cm) をナイロン製ネットで括ったもの (床板と同様に生物膜を付着させたもの, 高さ 5 cm, 幅 15 cm, 流下方向長さ 9 cm) を水路床上に等間隔に 4 基設置した。実験開始 48 時間後 (流下距離に換算して約 3.6 km) の BOD で 15~36%, SS で 25~71% の低減がみられ, BOD, SS ともに流下開始 5 時間後までの低減が大きい。

また, 有機物濃度を BOD として, 式 (3) より求めた各 CASE の自浄係数 (k_1+k_3) を表-3 に示す。実験では, 実水路を完全に再現したものでは無いので厳密な比較は出来ないものの, 表-1 の河川のものと比較すると小さな値となっている。これは, 生物膜の存在が底面のみであり, 水と生物膜との接触時間が少なかったことによるものと思われる。

2.2 微気象緩和機能

水辺は, 古くから夕涼みの場として人々に親しまれてきた。すなわち, 人々は水辺が周辺の気象 (微気象) を緩和する機能を認識していたのである。水辺空間では, 水体が対流や混合などの作用により日射を大量に蓄え, また, 水の流れがある場合には, 熱を流去させる。蒸発に伴う水面からの潜熱輸送も大きく, 日中は基本的に大気温度よりも水温が低いため, 大気を直接加熱する顕熱輸送がほとんどなく, 逆に, 大気の熱を奪う冷却効果を有する。水辺空間の微気象は, 水面の規模, 風の状態, 地表面の被覆の状態によって異なるため, 一概に微気象緩和効果を定量化することは難しいが, 建設省による全国の都市河川を対象とした調査結果では, 例えば広島市を流れる太田川では, 気温は堤内地に比べて河川上でおよそ 2 度低く, 風速も堤内地に比べ河川上でおよそ 2 倍の値を示す (図-8)。同様の傾向は淀川などでも見られた。

水面は微気象緩和のみならず都市気候にも大きな影響を与えるので, 水面や緑地などの蒸発散面積の大小が都市全体にどの程度の影響を及ぼしているかを把握し, 目標値を定めることは, 都市全体としての生活環境の向上, 地球温暖化現象との関連から重要である。都市全体への効果については, 例えば, 蒸発可能面積の占める割合が 1 割異なると最大気温で 2.5 度の違いが生じるという一次元の数値計算結果¹⁰⁾ や, 水面や緑地・畑地の面積率が小さいほど都市と郊外の最大気温差が大きく

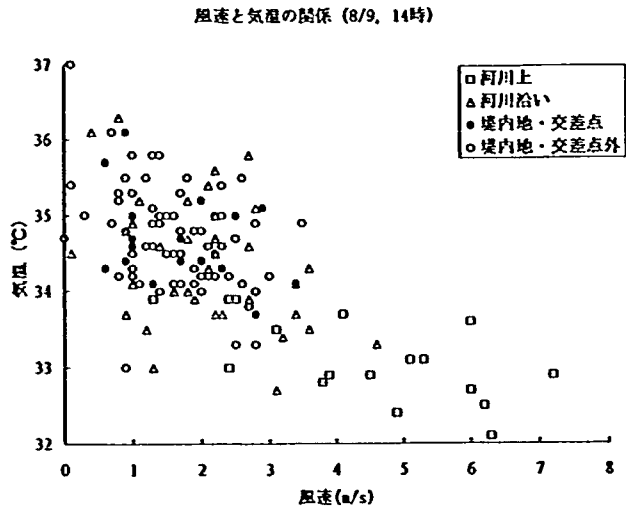


図-8 広島市太田川と周辺市街地における微気象観測結果 (地上1.5m)

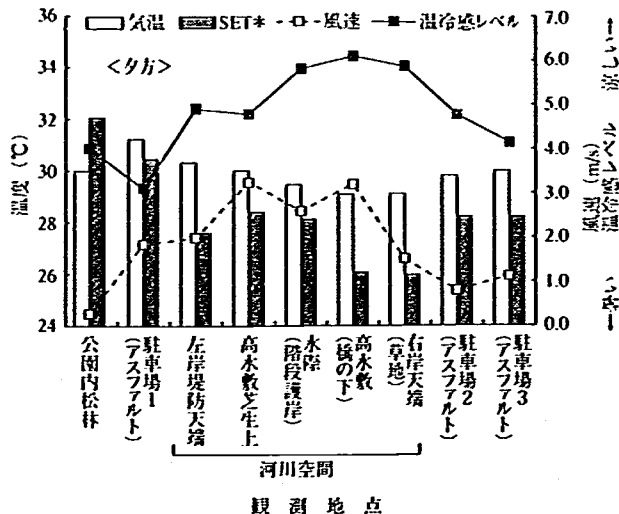
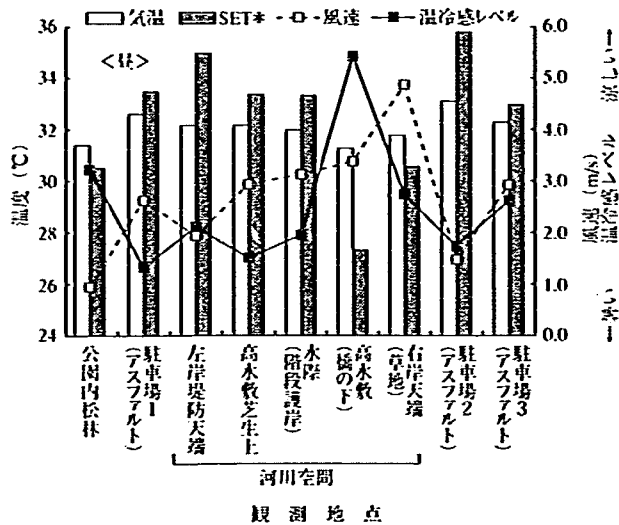


図-9 信濃川下流部における河川空間と周辺市街地の微気象観測結果
<昼>.....13時~15時40分
<夕方>.....17時~18時40分

なるものの水面等の面積率が3割以上では気温差にそれほどの違いがなくなるという既往のデータ解析結果¹¹⁾が示されている。これは都市の形態や個々の水面の規模、運輸・産業等に起因する人工排熱などが影響していることによると考えられる。これらの因果関係については今後さらに検討を要する。

水辺の微気象緩和作用は水辺空間で人間が感じる暑さの度合い(温熱感覚)にも影響を及ぼす。温熱感覚とは発汗や血流量変化などの体温調節反応を経て形成される感覚である。屋外の温熱感覚には日射や地表面からの輻射の影響が大きいので、特に、緑に覆われた水辺空間は微気象面から非常に優れている。

図-9に河川空間とその周辺で行った微気象観測結果と温冷感の申告結果および体温調節系モデルにより求めた温熱指標(SET*)を示す。昼間、日陰となっている公園内の林の中と高水敷(橋の下)以外では気温が31.5度以上あり、直射日光を受ける厳しい気象条件であった。それにもかかわらず右岸天端では風が強く吹き、体感温度を表すSET*は日向となっていた他の地点よりも3度程度低い。夕方には全地点で気温、体感温度ともに低下し、特に河川空間においては、より涼しくなっていることを示している。

3. 水辺による快適性の創出

3.1 快適性評価に関係する河川の要素

河川空間は潜在的に多様な機能を有しており、その存在自体が、あるいは利用を通じて、人々に「快適性」を与えてくれる。そのポテンシャルを最大限に引き出すには、水辺とその周辺の土地利用などの特徴を十分吟味して快適性に配慮した水辺空間の計画や設計を行うことが重要である。そのためには、まず、「人は、河川空間の快適性をどのように捉えているのか」を把握することが必要となる。

人による河川空間の環境評価構造については、河川空間の様々な構成要素によりその説明を行うということが試みられている。例えば、SD法（意味微分法）を用い、空間の善し悪しの評価（目的変数）をいくつかの説明変数で説明しようというものなどである。青木¹²⁾は、総合的評価として「再度の来訪を望むか」を取り上げ、それは「水辺へのおりやすさ」及び「水辺の快適性」により決定され、「水辺の快適性」は「土手からの眺め」と「水遊び」によってもたらされ、「水遊び」は「水の中への入りやすさ」、「土手の斜度」によってもたらされるという心理的評価の構造を示した。また、島谷¹³⁾は、河川景観の評価のプロセスには、一次レベル（視覚的刺激と比較的ダイレクトに結びつき、知覚特性が大きく関係する）、統合レベル（一次レベルの情報処理結果をいくつか統合した処理がされる、この処理過程には、知覚特性、育ってきた文化、原風景などが関与するが、これらにはあまり個人差はなく共通性が高い）、評価レベル（統合レベルの統合、感性やその時の気分など個人によって異なる要素が関与する）の3段階があるとしており、親水活動の快適性として「散歩」、「水に手を入れる程度の活動」、「水に足を入れる程度の活動」、「水泳」等を取り上げ、「水のきれいさ」、「風景の良さ」等の個別要素の評価による説明を行っている。それによると、親水活動を行う際の主要な条件として、「水のきれいさ」の評価の重みが大きいことを示している。

図-10、図-11は、東京近郊の典型的な都市河川4地点を対象として、都内及び東京近郊在住の被験者43名に現地を見て答えてもらったアンケート調査の結果である¹⁴⁾。河川の総合的な快適性として設定した「川沿いの道を歩く心地よさ」を評価する際に第一に着目した点を聞いた結果（図-10）、約半数の被験者が「川の水がきれいかきたないか」であると回答しており、都市河川の快適性を左右する要素としての水質の影響の大きさを

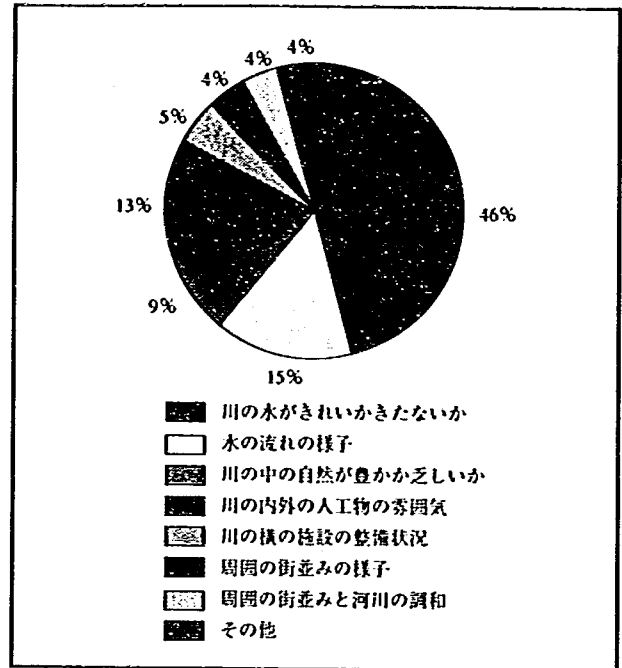


図-10 「川沿いの道を歩く心地よさ」の評価の際の着目点

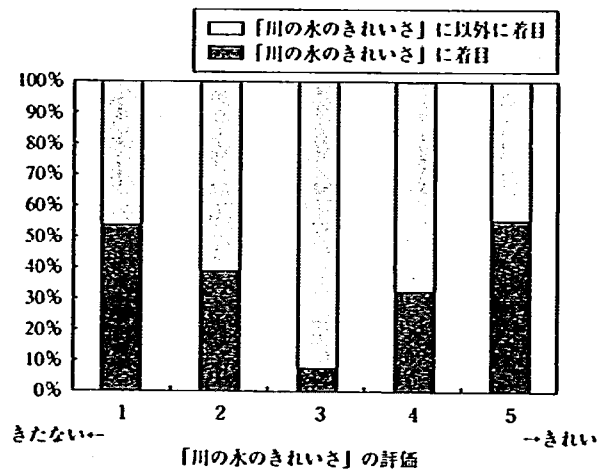


図-11 水質の評価点と快適性評価時の「水のきれいさ」への着目割合

示している。図-11は、調査地点の「川の水のきれいさ」の5段階評価でそれぞれの評価点をつけた人のうち総合的な快適性評価時に「川の水がきれいかきたないか」に着目した割合を示しているが、「水のきれいさ」を非常に高く、あるいは非常に低く評価している場合に水への着目度合いが高くなる傾向が伺える。地点毎の水質の良否や個人毎の価値基準の違いが、河川的环境評価構造に影響を与えていることが予想できる。

3.2 複合環境としての水辺空間の快適性

水辺は周囲の緑とも相まって様々な機能が複合された空間を形成し、我々の生活に精神的な潤いや安らぎ、快適性を与えてくれる(図-12)。快適性に配慮した計画・設計の基本的概念となるのが複合環境であると考えている。複合環境は、人間の五感のうち、味覚を除く4つの感覚系(視覚、聴覚、触覚、嗅覚)に対応する視環境、音環境、熱環境、大気環境より形成される。個々の環境はさらに様々な環境要素から構成されており、環境要素は暑い、うるさいなどの心理反応を促

し、それらの心理反応が統合されて快適性が判断される。快適性に配慮するためには、このような環境要素と各感覚系との関係や、感覚系反応の統合化機構を明らかにする必要がある。

感覚系を代表すると思われる各種心理反応と空間の快適性との関係について階層型ニューラルネットワークを用いて分析を行ったところ、温冷感、開放感、景色の美観、喧騒感、臭気感などの人間の感覚を入力層とすることにより、快適感やリラックス感を精度良く予測できることがわかった(図-13)。水辺は、水それ自体や水面の持

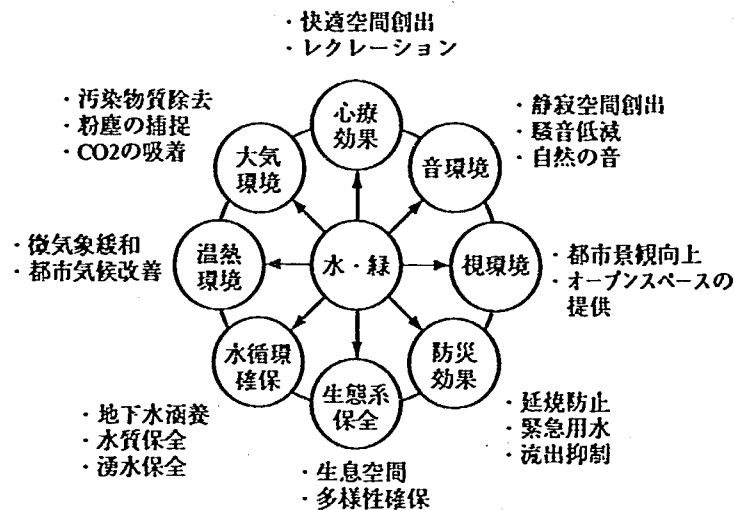


図-12 水と緑がもたらす様々な効果

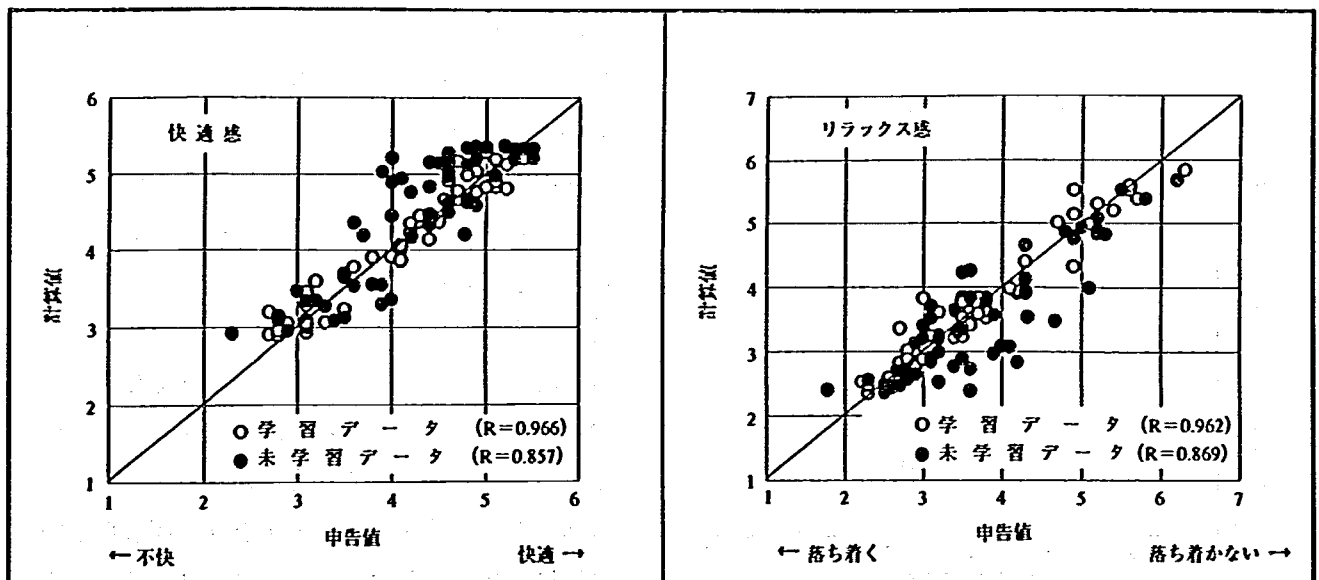


図-13 ニューラルネットワークを用いた快適性の予測結果

つ性質により、一定以上の空間規模を確保するとともに、美しい景観や静寂さをもたらし、微気象の緩和を行うなどの様々な効用を人間に与え、これらが統合されて快適な空間を作り上げているといえる。

3.3 生理学的にみた水辺の快適性と心療効果

快適性は、人間の「こころ」の状態のうちまだ解明されていない感情の一つである。これについては医学的、生理学的あるいは心理学的な研究が現在盛んに行われている。また、河川の持つ心療効果が最近注目されており、河川審議会答申においても解明すべき技術課題として位置付けられている。

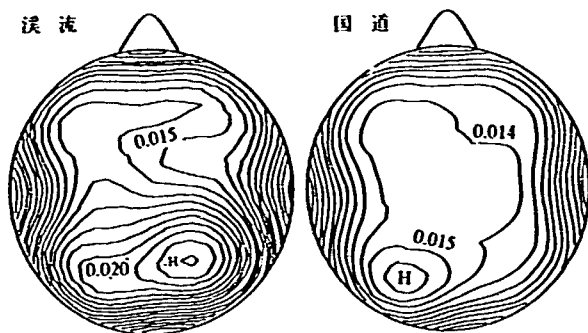


図-14 溪流と国道における脳波 (8~9 Hz) 等価電位の頭皮上分布 (mV)

環境を構成する様々な外的刺激は感覚受容器を經由して脳神経細胞を伝達し、これらの情報が統合処理されて人間の思考や感情を形作る。脳内現象の一つの現れである脳波は感情などの心の状態の現れであるとして、脳波を用いた情動の定量化や快適性予測の試みが環境の制御された室内で行われている。我々は水辺空間の快適性と脳波との関連性について屋外で実測を行い、水辺の脳波の特徴や快適性と脳波の関連性について検討した。

計測結果の分析から、水辺と道路沿いで比較した α 波の強さの頭皮上分布には特徴的な違いが表れることを明らかにした (図-14)。また、後頭部の脳波のパワースペクトル密度のなかで、より脳のリラックスした状態を表す 8~9 Hz の周波数成分が α 波帯全体に占める割合 (含有率) が、快適感及びリラックス感の申告結果と高い対応関係があることが示された (図-15)。今後さらに学際的なアプローチを行って、水辺が人間のこころに及ぼす影響を解明し、実際の都市や水辺空間づくりに活かす必要がある。

4. おわりに

治水・利水機能に関しては、以前から河川整備による効果の検討が行われてきている。しかし、いわゆる河川の「環境」機能については未知の部分が沢山あり、その検討が精力的に始められたのもほんの近年に過ぎない。前出の山本・石井³⁾は、治水における計画高水流量に対置して、平常時の親水機能に必要な流量・水質としての「計画親水流量」「親水計画水質」なる概念を提示している。これらを決定するには、人間の感性や生態学的観点などからみて望ましい水量・水質あるいは河川の空間構造が把握出来なければならない。今後は、従来からの水理学的アプローチによる物理的な予測手法と、その結果を人の感性や生態系

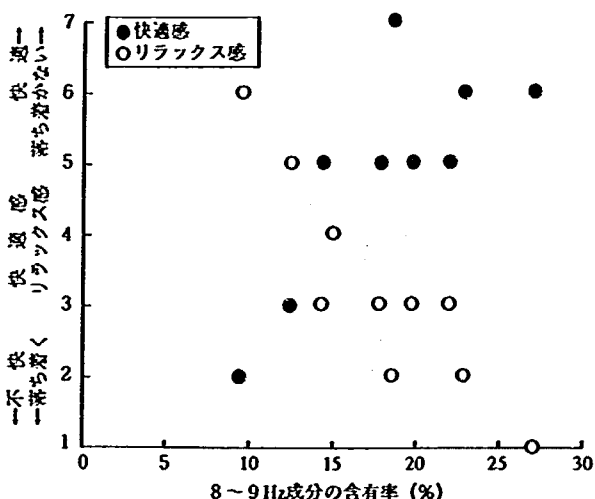


図-15 α 波の含有率と快適感・リラックス感の関係

等の視点から評価する手法を結合することによる、総合的な河川環境予測手法が必要になってくると考えられる。

参考文献

- 1) 松浦茂樹・島谷幸宏：水辺空間の魅力と創造，鹿島出版会，1987.
- 2) 高橋信之・尾島俊雄：東京23区における廃止河川の利用形態に関する研究，日本建築学会計画系論文報告集，第364号，pp.134-141，1986.6.
- 3) 山本弥四郎・石井弓夫：都市河川の機能について，第26回土木学会年次学術講演会，1971.
- 4) 黛卓郎：水と暮らしー親水空間のプロローグー，親水空間論ー序章ー，造園雑誌，Vol.46 (1)，1982.
- 5) 渡部一二：水路の親水空間計画とデザイン，技報堂出版，1996.
- 6) 末次忠司・舘健一郎・小林裕明：河川ネットワークによる都市機能の向上一水路網の実態調査結果ー，土木研究所資料第3477号，1997.
- 7) 宗宮功 他，自然の浄化機構，技報堂，1990
- 8) 國松孝男，村岡浩爾，河川汚濁のモデル解析，技報堂，1989
- 9) 楠田哲也 他，自然の浄化機構の強化と制御，技報堂，1996
- 10) Myrup, L.O. : A numerical model of the urban heat island, J. Appl. Met., Vol.8, pp.908-918, 1969.
- 11) 福岡義隆：都市の規模とヒートアイランド，地理，Vol.28, No.12, pp.34-42, 1983.
- 12) 青木陽二：現場実験による水辺快適性の評価，環境情報科学，14-3, pp.43~46, 1985.
- 13) 島谷幸宏：河川風景デザイン，山海堂，1994.
- 14) 末次忠司・井上智夫・舘健一郎・岡部勉：都市河川の快適性評価に関する検討，土木計画学研究・講演集，1998，投稿中

都市・人,そして川(4)

—流域の視点から見た川—

Partnership between city, people and river(4)
—transition of river works and people's consciousness
from the viewpoint of river basin—

キーワード：都市，河川，意識，白書，
距離，利用，総合治水，
ネットワーク，氾濫



末次忠司*

By Tadashi SUETSUGI

1. 川に対する人々の意識

1.1 歴史的に見た意識の推移

古来，河川が生活用水を求める場所であったことは，古代から多くの集落が河川を望む段丘上や沖積地にあったことから伺える。特に農業用水を供給するために，縄文時代以降様々な河川施設及び水場が構築され，近年多くの遺構が発見されてきている¹⁾。すなわち，古代から人々にとって河川は用水路であるという意識が強かった。また河川改修も例えば，河川のショートカットは洪水防御というより，水田の湿田率を下げるなど，農業生産性を向上させる方策であった。

一方で，川は水害をもたらす厄介者であり，特に狩猟・採集以外に三角州上の微高地周辺の低湿地で稲作を行うなど，沖積低平地への進出が始まった弥生時代以降，日本における洪水史が始まり²⁾，川に対して畏怖の念が抱かれていった。有名な中国の諺である「水を治める者は国を治める」に代表されるように，為政者にとって治水は国策上，産業（農業振興）上の重要テーマであった。

近代になり，産業革命が導入され工業が活発になってくると，川は工業用水の供給源になるとともに，排水路の役割を担い始める。特に1960年代以降の高度経済成長期には，自然保護を顧みるこ

となく，経済至上主義を第一にモーレツな社会変革が行った。森林の伐採，農地の宅地化，水路への蓋かけなど，都市化に伴う自然破壊が進んだ。河川も水質汚濁が進むなど，様々な公害問題が発生した。こうした状況に対して，1960年代後半に入って公害対策基本法（1967年）や水質汚濁防止法（1970年）などが制定され，環境の改善方策が打ち出された。同時に人々の意識も“自然にやさしい”，又は“自然環境に配慮した”社会を目指す方向に変わってきた。

住民の環境に対する要望は，河川の親水性に配慮したり，治水との調和のとれた多自然型川づくりを採用するなど，潤いのある川づくりに極力反映されるようになってきた。

1.2 近年の河川に対する意識

近年，河川事業や治水対策に関して，様々なアンケート調査が実施され，河川に対する住民の意識が明らかにされてきている。本節では住民の意向が施策を通じて反映された建設白書を例にとって，河川に関する意識を分析した。対象とした白書は経済成長期前後及び環境が重視される前後の期間を含んだ1955年，70年，85年，98年の4時期である。

表－1 上段に示した河川各論及び建設白書全体のページ数より，河川各論が全体に占める割合は

*建設省土木研究所 河川部都市河川研究室 室長

1955年の18%から漸減していたが、1998年には14%と逆にページ数の割合が増えている。図-1に示すように、白書に登場するキーワード数から見ると、1970年から85年にかけて環境関連（環境、水質など）やその他（情報、治水）のキーワードが増加している。最新の1998年版白書のキーワードで見れば①環境（111ワード）、②土砂災害（65）、③治水（58）となっている。

すなわち、白書におけるキーワード数の増加率のトレンドから見ると、

治水・洪水 → 水質・治水 → 環境・情報

というように、年を経る毎に施策や意識が変化してきていると言える。

表-1 キーワードの推移

年次 ワード	1998 P77 P561	1985 P50 P432	1970 P32 P266	1955 P19 P106
◎災害関連 土砂災害 治水 洪水 浸水 氾濫	計235 ② 65 ③ 58 ⑤ 55 32 25	174 16 ①102 ④ 39 8 9	129 0 ① 65 ④ 19 ② 38 7	67 0 ① 28 ② 21 2 ③ 16
◎環境関連 環境 水辺 水質 循環 親水	207 ①111 32 31 30 3	137 ② 99 2 ⑤ 34 1 1	35 ⑤ 14 0 ③ 21 0 0	0 0 0 0 0 0
◎その他 情報 治水 住民 利水	125 ③ 58 47 13 7	121 31 ③ 51 22 17	10 2 2 1 5	5 1 1 1 2
合 計	567	432	174	72

注1) 年次下のページは（上段）河川各論、（下段）全体のページ数を意味する。

注2) ○内の数字は各年次毎のワード数の多い順位

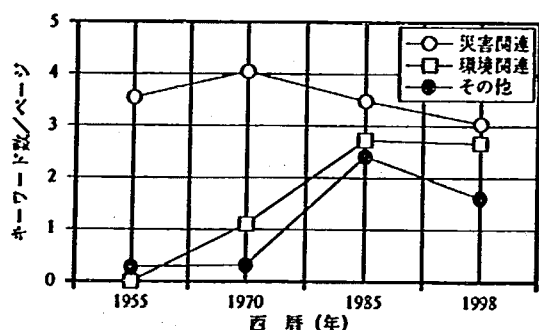


図-1 建設白書にみるキーワードの推移

2. 「川からの距離」に着目して

第1章に示したように、人々の川に対する意識や施策は時間的に見て、川を直接の対象とする利水・治水から、近年は周辺地域との関係を持った環境・情報へと変わってきたが、空間的に見ても様々な情勢を反映して、河川事業の動向は変化してきた。すなわち、「川の中だけを見る」姿勢から、「流域の視点から見る」ように、方向転換が行われた。

その代表的な例が1960年代より建設された渡良瀬遊水地などの大規模遊水地であり、流出抑制施設の設置であった。遊水地は古来より城下町を防御するために、意図的に上流域で溢れる、いわゆる自然遊水地などが見られたが、この頃より中小都市の防御をも視野に入れた対策としてクローズアップされてきた。一方、流出抑制施設はその後、その思想を総合治水対策へ受け継がれることになる。また、水質問題に関しても流域からの汚濁負荷を減らす施策が打ち出されたりして、河川の様々な分野で流域について考える機会が増えることになる。

河川環境の復元とともに、河川や水路の親水性が唱われ、環境面からの川と流域（住民）との連携も強く認識され始めた。これまでの調査結果によれば、河川の利用は河川から離れるほど少なくなり、その傾向は河川規模や利用方法などに対して多少違うものの、

- ・河川から500m以内→活発に河川を利用
- ・河川から500m～1km以内→ある程度河川を利用
- ・河川から1km以上→あまり河川を利用しない

というように、概ね河川からの距離500mが活発な河川利用の一つの目安になるようである。なお、小規模なせせらぎ水路の場合は利用程度及び頻度が多いのは、水路から200m以内となるようである。

土木研究所都市河川研究室³⁾が環境整備事業を実施した元荒川・新方川（埼玉県越谷市）、高橋

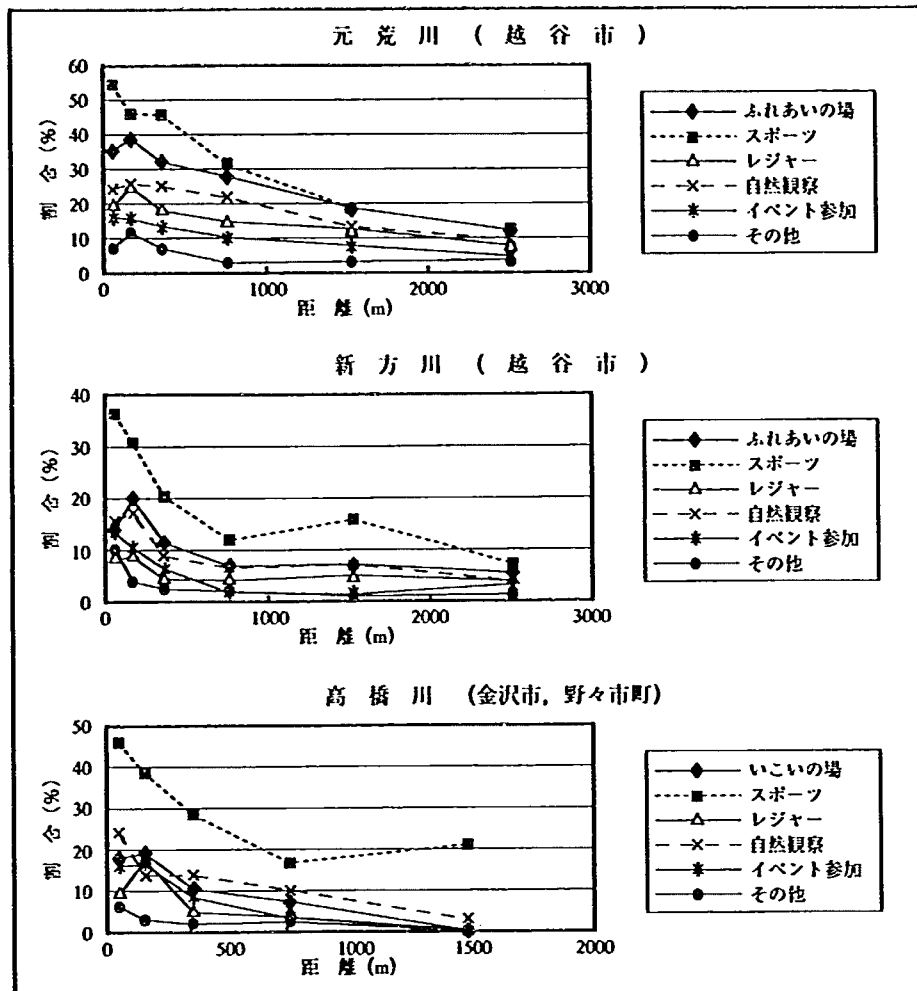


図-2 距離別に見た河川の利用

川 (石川県金沢市及び野々市町) を対象に行ったアンケート調査の結果を例にとれば、図-2のよう

- ・利用目的別に見れば、全体的にスポーツに関する利用割合が高い
- ・河川からの距離が1km程度までは利用率が急激に低下するが、1km以上の地域では利用率にあまり大きな差異は生じていない
- ・利用目的別に見れば、スポーツやイベントの利用低下率が大きく、レジャーの利用低下率が小さい

という結果となっている。他のアンケート調査では、大河川における利用低下率は、その影響の大きさ及び河川敷の広さなどから、中小河川に比べて小さいという結果がでているものもある。

3. 総合治水の思想

治水事業について見れば、流域の視点から見た例として総合治水が特筆できる。

正確に言えば、1979年に開始された総合治水対策特定河川事業は限界まできた都市河川の治水を緊急避難的に実施する方策で、まさに流域まで含めた洪水防御手法であった。

総合治水は

- ・流域からの雨水流出抑制
 - 防災調節 (整) 池, 浸透マス・トレンチ, 透水性舗装
- ・洪水氾濫危険区域の周知
 - 浸水実績図, 洪水氾濫危険区域図, 洪水ハザードマップ

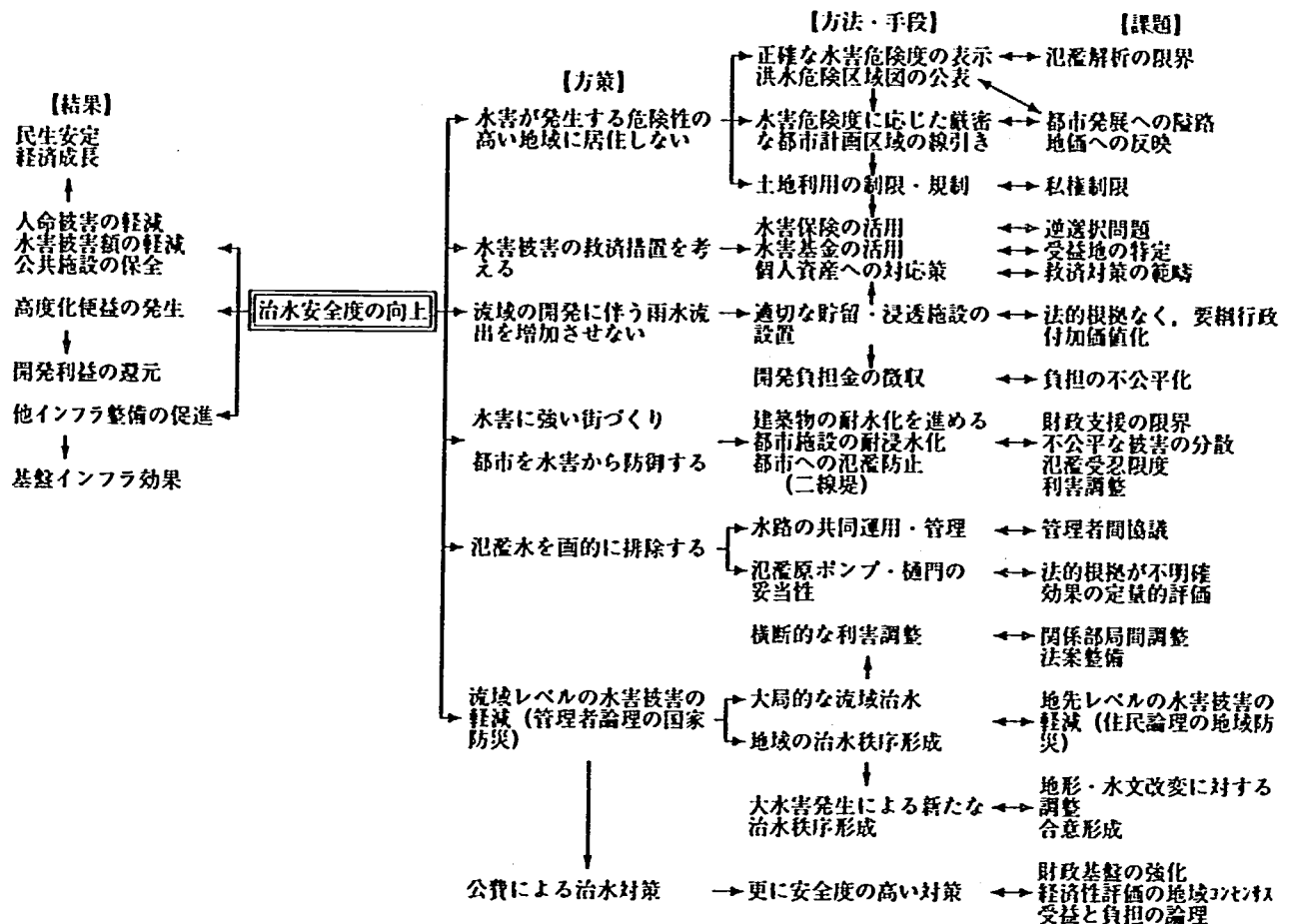


図-3 流域治水方策（氾濫原管理施策）へ発展させるための方法及び課題

- ・適正な土地利用及び建築方式
→地域区分（保水・遊水・低地地域），建築物の耐水化
- ・水防災，避難・警戒体制の強化
→防水板・防水壁等への補助，避難・水防体制の強化，洪水予警報システム

などからなり，特に多数の流出抑制施設が設置された。雨水貯留浸透技術協会の調査⁹⁾によれば，貯留量に換算した貯留・浸透施設は集合住宅等で松戸市で5万m³，練馬区で3万m³もあるし，公共・公益施設で横浜市で4万m³，所沢市で1万m³もあり，豪雨時の流出抑制にかなり効果を発揮している。

もちろん，総合治水は流域を取り込んだ方策であるために，

- ・開発負担金，負担の公平化
- ・市街化区域の線引き

- ・土地利用の制限，規制
- ・対策の地価への反映
- ・困難な総合治水法

など，数多くの課題を抱えている。これらの課題の相互関係を図-3に示す。関係図から分かるように，流域まで含んだ治水を実施する場合，私権・地価まで含んだ都市発展への制約，受益と負担及び利害関係の明確化，法的裏付け，関係者間協議・調整などが課題となっている。

総合治水開始当初においても，その思想が河川だけでなく，流域の都市（計画），住宅開発，更には私権の制限にまでおよぶため，先行きを困難視する向きが多分にあったのも事実である。流域まで取り込んで，施策を展開することが如何に困難を伴うものであるかがよく分かる。

しかし，将来的には上記した問題をクリアして，氾濫原管理施策にまで発展させていくことが

必要である。こうした取り組みは治水のみならず、利水や環境についても今後流域的な視点で施策を展開するうえで越えるべきハードルになると予想されるし、横断的かつ機動的な施策展開が可能になって初めて、縦割り行政の弊害がとりさられたと言える。

4. 河川・水路を面的に活用する

4.1 河川ネットワークの効用

河川の施策として流域を取り込むことによって、事業は格段にその広がりを見せる。施策の対象範囲が拡大すると、図-4のように、例えば治水事業は

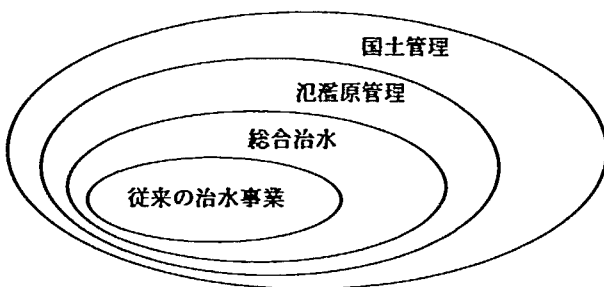


図-4 施策の対象範囲の拡大模式図

従来の治水事業 → 総合治水 → 氾濫原管理 → 国土管理

とこのカテゴリーが包含する領域が広がり、最終的には治水以外を含めた国土マネジメントまで展開を見せることになる。

図-5⁶⁾に示したように、総合治水をワンランク・アップさせた方策として氾濫原管理手法がある。氾濫原管理手法に関連して、その一例をとりあげたい。これまでの治水が事前対応型で、水害発生時に被害を軽減できるような能動的な対応でなかったのに対して、氾濫原管理手法のなかには緊急対応の手法が考えられる。すなわち、流域まで含めた積極的な治水対策の展開である。こうした手法には河川ネットワーク、防災樹林帯、氾濫原樋門・ポンプ、二線堤などが想定されるが、本章では河川ネットワークについて述べる。

福岡県柳川市の水路網に代表されるように、河川や水路を利用した河川ネットワークには様々な効用がある。土木研究所都市河川研究室が柳川市・八幡町・富山市（被験者118世帯）を対象に調査した結果⁷⁾によれば、「水路から恩



図-5 氾濫原管理手法

恵を受けている内容」としては、回答（複数回答）は地域によって異なるものの、3地域の総計では

- ・農業用排水（54%）
- ・流雪溝（48%）
- ・延焼防止（47%）
- ・生活用水（34%）

などが多かった他、浸水排除機能（40%）も数多くの人が回答していた。特に柳川市においては延焼防止、農業用排水に次いで3番目に回答が多かった。

4.2 氾濫解析による浸水排除効果の定量化^{a)}

本節では水路網密度、排水施設などを変えて、モデル化した氾濫原（1km×2km）を対象に、氾濫解析を行い、その結果をもとに氾濫流制御効果などを調べた。氾濫解析は流域を10m×10mのメッシュ（2万メッシュ）で分割し、建物の影響を粗度係数で考慮した二次元不定流モデルを計算に用いた。水路は図-6のように

- ・ケースⅠ：水路なし
 - ・ケースⅡ：水路が中密度（平均アクセス距離500m）
 - ・ケースⅢ：水路が高密度（平均アクセス距離130m）
- ：柳川市の水路網密度相当

の3ケースを設定した。ここで平均アクセス距離とは任意の地点から水路までの平均距離で

平均アクセス距離 = 対象区域面積 / (2 × 水路総延長)
で定義される。本解析の最大の特徴は水路自体も10m×10m×深さ1mでメッシュ化し、他のメッシュと同様の氾濫計算を行ったことで、水路の水理機能がかなり厳密に評価されている。

モデル流域の周囲は高い堤防で仕切られ、下流側には4箇所の樋門（1m×1m）、右側に排水能力が5m³/sのポンプを想定している。この流域に図-7に示す氾濫外力を与えた。以下に示すのは、このうちの越水氾濫による解析結果である。

図-8には水路網密度別の最高浸水深分布の計算結果を示した。水路がない場合には下流部で1

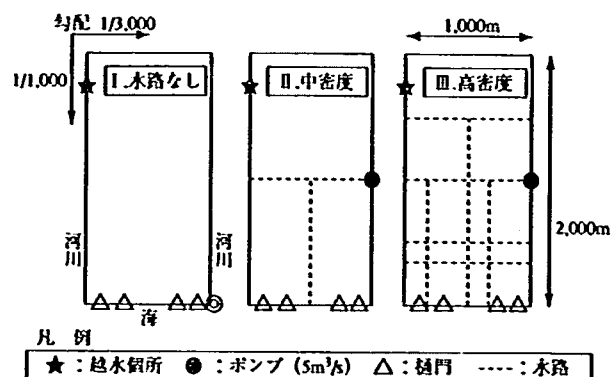


図-6 氾濫原モデル

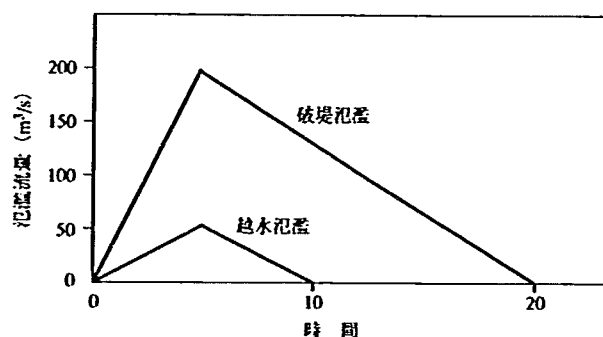


図-7 氾濫外力条件

m以上もあった浸水が、水路が高密度の場合、0.5m以下の浸水深となっている。これは水路により排水が効果的に行われた結果であり、水路網による浸水排除効果が確認できる。特に高密度水路網の場合、氾濫原下流左側の領域における浸水が完全に排除され、また水路際に浸水深が小さい部分が存在している。

図-9は水路が高密度の場合の流向・流速図である。越水開始2時間後、広い範囲に浸水が始まる以前に、図右上の東西方向水路の末端周辺では水路を通じて伝播した氾濫水が水路末端から溢れることにより浸水しているのが分かる。これは小貝川水害（1986年）などで見られた現象であるが、水路があることにより一時的に見ると浸水被害が助長される地域が出てくる可能性があることを示唆している。また越水開始5時間後を見ると、氾濫原中心部の東西方向の水路によって下流への流れが分断されてい

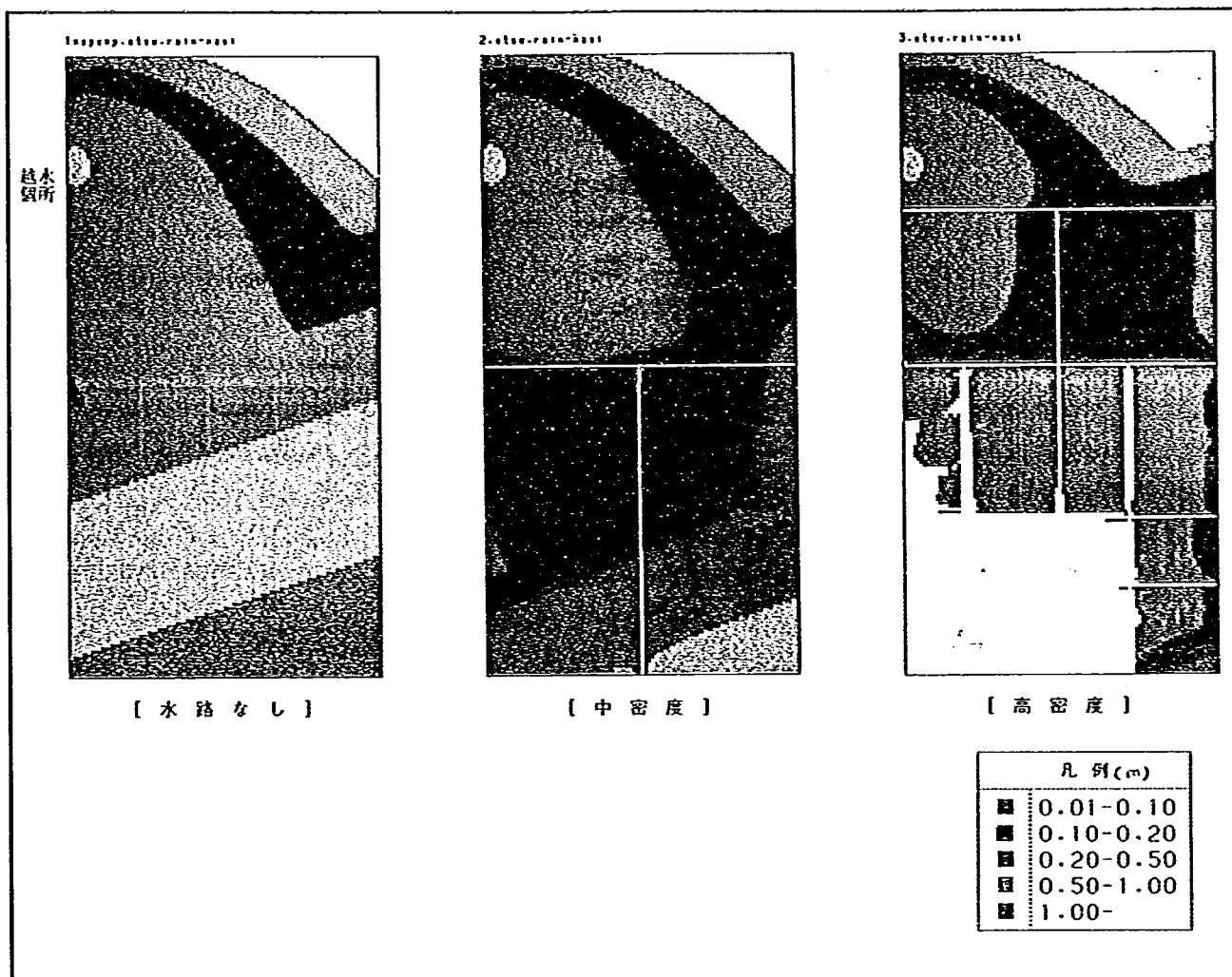


図-8 最高浸水深図(越水氾濫)

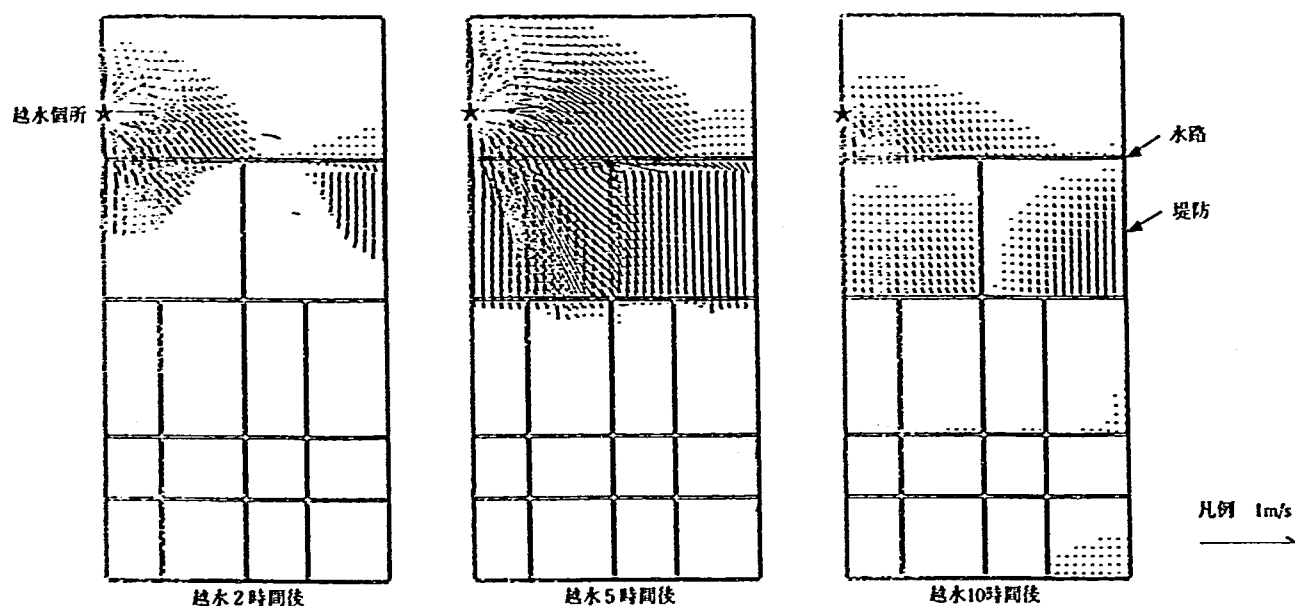


図-9 越水氾濫時の流向・流速図(高密度水路)

る。これは水路による拡散防止効果を表している。氾濫開始から10時間後（越水氾濫水の流入終了時）にはかなりの区域で浸水深が1cm以下となり、浸水はほとんど解消しており、水路ネットワークによる浸水排除効果が高いことが確認できる。

もちろん、上記した治水上の効用ばかりでなく、「水と緑のネットワーク事業」などに見られる環境上の効用も見逃せない。環境的には

- ・ 流下時間の増大→水循環の改善
- ・ 自浄機能による水質浄化→水質の改善
- ・ 河川水による冷却効果→ヒートアイランドの防止
- ・ 水による癒しの効果→ストレスの緩和
- ・ 環境教育の材料→環境意識の高揚
- ・ 災害時の水利用→危機管理

などの様々な効用が考えられる。こうした複合的な効用を考えた河川ネットワークの構築として、今後大規模な河川ネットワークの構築だけでなく、河川と水路（農業用水路、都市下水路など）の連結、水路同士の連結などが望まれる。

参考文献

- 1) 末次：縄文遺跡と河川—遺跡で見る河川考古学—，水利科学（投稿中）
- 2) 末次：都市・人、そして川（2）—歴史的に見た川と人・文化—，雨水技術資料，Vol.30，1998年
- 3) 大谷・末次・井上・秋山：河川事業の仮想状況評価法（CVM）適用に関する一考察，環境システム研究，第26回，1998年
- 4) 房前・萱場・島谷：都市中小河川の利用から見た環境整備効果についての基礎的研究，土木学会関東支部学術講演会，1995年
- 5) （社）雨水貯留浸透技術協会，都市小流域における雨水浸透・流出機構の定量的解明 研究会資料，1998年
- 6) 末次：氾濫原管理のための氾濫流制御と避難体制の強化，氾濫原危機管理国際ワークショップ論文集，1996年
- 7) 栗城・末次・館・小林：河川ネットワークによる都市機能の向上—水路網の実態調査結果—，土木研究所資料，第3477号，1997年
- 8) 栗城・末次・館・小林：水路ネットワークによる浸水排除効果，土木技術資料，Vol.39，No.7，1997年

都市・人、そして川(5)

— 新たな潮流「合意形成」「受益者負担」—

Partnership between city, people and river(5)

— “Public involvement” and “Share of cost and benefit for public works” as recent trend —

キーワード：合意形成，住民参加，
受益者負担



末次 忠司*

By Tadashi SUETSUGI

はじめに

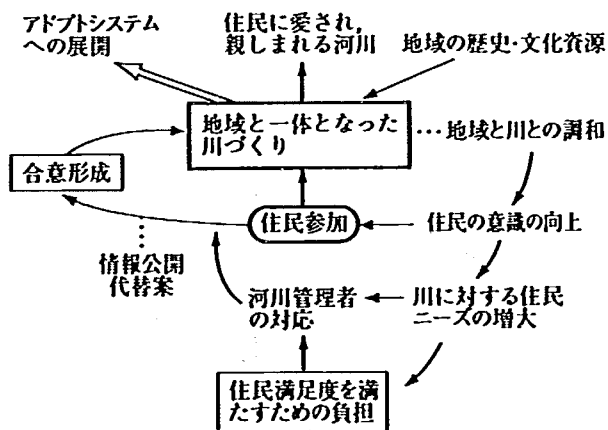
時代の流れのなかでの社会・経済情勢の変化，住民ニーズの多様化・高度化によって，地域や住民にとって望ましい川のあり方が変わろうとしており，現在はその流れの過渡期であると言える。こうした動きに対して，建設省や地方自治体も様々な施策の展開を図っている。最近の川のあり方については基本的には「地域と一体となった川づくり」を目指して，川への住民ニーズに対して河川管理者が対応するだけでなく，一部の事業では直接的な住民参加も行われ，合意形成が図られている（図－1）。また，特に環境整備事業に対して増大する住民ニーズに対処するため，行政サ

イドの許容量を越えるニーズに対しては，地元住民等に応分の負担を求めることも今後の川づくりにおいて考えられる。

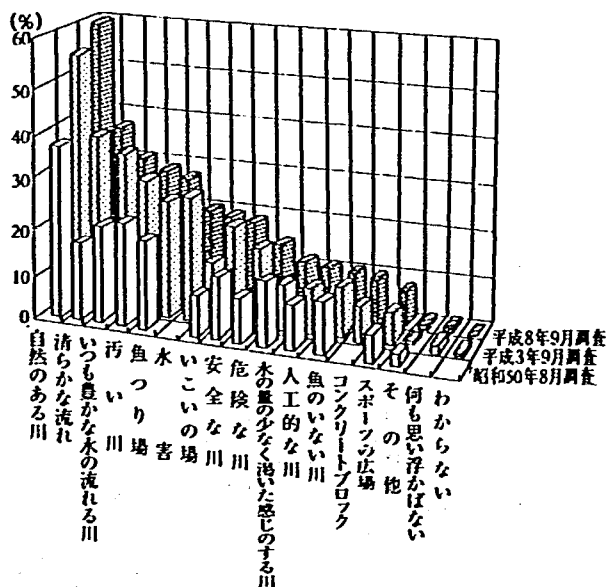
本稿では，最近の河川関連施策の動向をレビューしたうえで，河川法改正等に伴う新たな動きである「合意形成」，今後の重要テーマ「受益と負担」について，事例を含めて述べている。

1 河川関連施策の動向

近年の環境（水質，生態系，水循環）に対する住民のニーズは増大傾向にあり（図－2）¹⁾，こ



図－1 「地域と一体となった川づくり」概念図



図－2 地域における河川役割
（出典）建設省，平成10年 建設白書

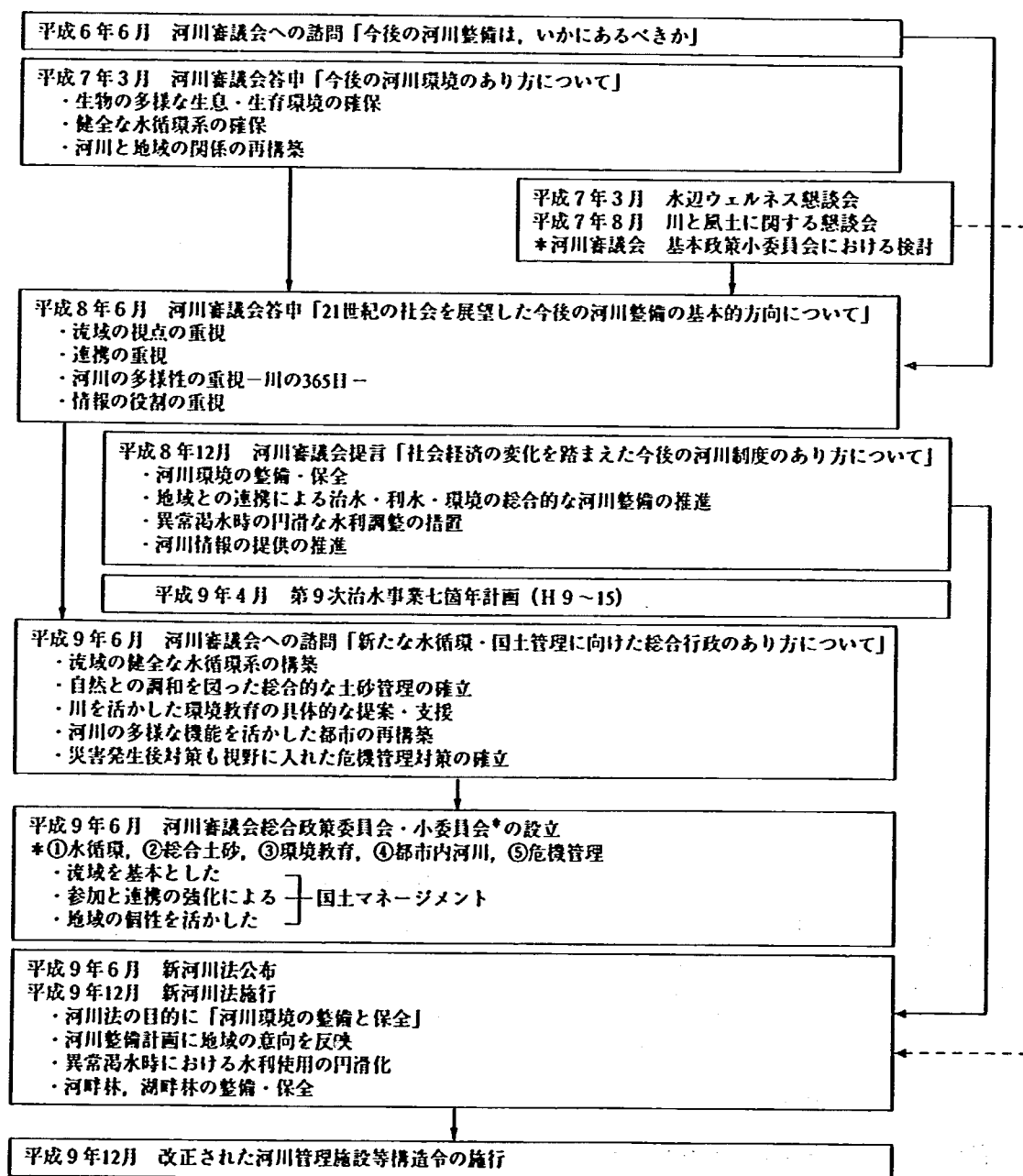
*建設省土木研究所 河川部都市河川研究室 室長

れらを含めて河川の持つ様々な機能が再評価されようとしている。一方河川を取り巻く情勢としては、住民の意識向上に伴い住民参加への要望が高まり、加えて情報公開法の制定により行政と住民の間の溝が埋められようとしている。

このような社会・経済動向に対して、建設省や地方自治体も柔軟に対応している。河川審議会答申を中心とする河川関連施策の動きを示したものが図－3であるが、平成5年の環境基本法の制定、平成6年の環境政策大綱、平成6年6月の河

川審議会への諮問以降、頻繁に河川環境に関する答申や提言が打ち出され、特に平成8年12月の答申は新河川法制定のベースとなった。また平成7年に実施された各種懇談会の報告、河川審議会基本政策小委員会における検討結果も法律改正に大きな影響をおよぼした。

上記した河川施策に関する大きな潮流のなかで、環境にかざらず様々な分野で建設省や地方自治体などでは新たな動きを展開している。表－1には過去5年以内に実施(計画)された施策を内



図－3 河川審議会を中心とした河川関連施策の動向

表－1 河川関連施策の新たな動き

項 目	主要な実施主体	開始年度 (供用)	主 要 な 内 容
〔防災関連〕			
危機管理 ・DIG ・洪水シミュレーション ・危機管理トレーニング・プログラム ・危機管理マニュアル	三重県 関東地建 本省災害対策室 内閣危機管理室	H9 H10 H10 H10	鈴鹿市や寺家町において想定された被害状況に対してどのように救援活動を行うかといったブレンストーミングを行う災害図上訓練 利根川、荒川などで破堤した場合の氾濫水の広がりインターネット 他で公開 研修等の形式で警報、越水の恐れなどを想定し、時間を追って200 の付与状況下で、状況への対応を随機応変に行うトレーニング 風水害をはじめとする大災害や事故に対応するためのマニュアル 作成
堤防機能 ・フロンティア堤防 ・河畔林	本省治水課 本省治水課	H9 H9	堤防断面の拡大、遮水シート、ドレーンの設置などにより、越水、浸透に 対して強化された堤防。H13までに1000km整備予定 堤防沿いの緑地帯により破堤氾濫流量を低減し、堤防の被災拡大 を防ぐ。H13までに5000箇所整備予定
災害復旧 ・河川災害復旧等関連事業	本省防災・海岸課	H11	災害復旧による流量増が5%以上の場合、下流区間もあわせて改 修可
災害時の河川利用 ・緊急用河川敷道路 他 ・防災ふれあい河川整備 ・大規模消火システム	石狩川開発建設局 兵庫県、神戸市 船橋市	H8 H8 H8	震災時に河川空間を利用できるよう、緊急車両用道路、進入路、階 段護岸を設置 震災時の取水・避難路としての低水路、緊急車両の進入路、地下河 川からの取水マンホールを整備 海水を暗渠内のパイプを通じて5地域に送水し、震災時の消火用 水に利用
〔環境関連〕			
環境の高度化 ・自然をいかした川 ・環境影響評価 ・環境ホルモン ・河川ネットワーク ・自然共生研究センター	本省河川環境課 本省河川環境課 本省河川環境課 本省都市河川室 本省河川環境課	H9 H9 H10 H10 H11	石、木材等を用いてコンクリートのない川にしたり、覆土等によりコン クリートの見えない川を目指す 対象事業は実施前に環境へ与える影響を調査 全国109水系(266地点)において調査し、64水系(144地点)で環 境ホルモンの疑いのある物質を検出 荒川の河川水を埼玉高速鉄道の路線下の導水管を通じて支川へ 導水し、希釈により水質浄化を行う 木曽川北派川地区に実験河川(長さ800m×3本)、実験池(1200m ² ×6箇所)を設置し、ハビタット、流量と生物の生息との関係の研究
水循環 ・モニタリング ・ダムからの放流 ・マニュアル	本省都市河川室 本省開発課 本省河川局、下水道部	H7 H9 H10	神田川、海老川など全国6モデル流域で河川水、地下水をモニタリ ングするとともに流量・水質を将来予測 全国7ダムにおいて清流復活、洪水時の流況改善のために貯留水 の1600万m ³ を活用 水循環再生構想策定マニュアル(案)を地建、自治体へ通知
〔その他〕			
事業評価 ・政策評価制度 ・治水経済調査マニュアル ・環境整備事業の評価	本省政策課 本省河川計画課 本省河川環境課	H10 H10 H10	事業・政策の開始前と実施後に点検を行い、場合によっては計画を 中止・変更 従来の治水経済調査要綱(S45)に関して、資産の被害率・項目、営 業停止損失、氾濫解析手法、便益評価を見直した CVMを中心に、景観・水質改善効果の金銭評価手法について検討
その他 ・合意形成 ・WWC ・コスト縮減 ・地域連携(水辺の楽校) ・情報ネット ・建設技術移転指針 ・河川技術開発五箇年計画	荒川下流工事事務所 本省河川計画課 本省技術調査室 本省河川環境課 荒川下流工事事務所 本省国際課 本省河川計画課	H7 H9 H9 H9 H10 H10 H11	荒川将来像計画、荒川市民会議、あらかわ学会 他 地球サミットのアジェンダ21を緊急に実施するという認識のもとに設 立されたWWCの活動の一環として、21世紀の水の世界委員会へ 向けて活動を実施 橋の機能を持たせるために開水路自体をボックスカルバートとする 改築、基準径間長の最大値の緩和、樋門への浮力ゲートの採用など NPO、ボランティア団体と協力し、自然体験の場や遊び場として水辺 を活用 情報コンセント。光ファイバーネットを用いて防災、地域情報を提供 開発途上国に派遣される専門家や技術者が技術移転を行うため の指針で都市河川が対象 第二次計画で流域の視点、自然環境場としての評価、危機管理対応、 地域・住民との関係が基本的な考え方となっている

容毎に整理している。表に示したように、防災関連では危機管理に関して、従来の〇〇防災計画の枠をこえた実践的な対応が各種機関で実施された。なかでも「洪水シミュレーション」は土木研究所で開発した「ハザード・シミュレータ」をベースにしたシステムで、特定の破堤箇所からの氾濫水の時間的な挙動を行政担当者だけでなく、住民がホームページ上で見れるようにしたという点において画期的であった。また建設省災害対策室の「危機管理トレーニング・プログラム」は自治体を含めて、様々な状況への対応を臨機応変に行う防災訓練であり、マスコミ等より実践的なトレーニングであると高く評価されている。

環境関連では、環境に配慮した川を目指して、「自然をいかした川」が唱われたり、ハビタット等について研究できる実験河川・実験池を有する「自然共生研究センター」が木曽川沿いに建設された。一方都市化や下水道整備に伴う水循環の悪化に対応するために、中小河川における水循環モニタリングが開始された他、建設省河川局と下水道部が協力して、「水循環再生構想策定マニュアル(案)」の作成が行われ、地建や自治体へ通知された。

その他の動きとしては、治水経済調査手法の見直し、環境整備事業の効果の金銭評価手法(CVM)などの事業評価手法の検討が行われ、近々治水・利水・環境に関する「河川経済調査要綱」がとりまとめられる予定である。また、住民参加(合意形成、地域連携)が試みられるとともに、国際的にはWWC(世界水会議)に向けての活動、都市河川を対象とした「建設技術移転指針」の策定も進んでいる。

2 合意形成^{2) 3)}

いかなる公共事業にしろ、事業実施主体は国や地方自治体等であるが、完成した施設の利用者、受益を受けるのは主に地元住民であり、住民の意

見・意向を事業計画に反映していくのは当然である。平成9年の河川法改正以降、この姿勢は更に強まり、今後河川整備計画策定にあたって、どのようなスキーム、手法で合意形成を図っていくかが重要な検討テーマとなっている。既存の住民参加事例で見ると、国よりも地元に着した地方自治体の方が合意形成への対応が早かったと言える。先駆的な事例としては、「33番池ふれアイランド整備計画」などがある。

これは「住みよい岩田をめざす会」が33番池付近の環境改善と支援を磐田市に要望し、ワークショップ形式で計画が策定された他、住民自らの手によって、除草・整地・木道・木橋の設置作業が行われた。完成後は草刈り・清掃などの維持管理も実施しており、早い時期に開始され、しかも多くの段階で住民が参加している代表事例である。

他に参考となる代表的な事例としては、表-2の事例がある。

いずれも計画の早い段階で住民が参加(提案)し、しかも計画に対して意見を述べるだけでなく、施工や維持管理などに住民が参画している事例もある。住民参加によって、その後の行政と住民の間の関係はきわめて風通しの良いものとなっている。

一方情報提供が不十分であったり、住民参加が行われなかった事業については、住民や関連団体により反対運動が展開されているものもある。これまでの河川事業に対する反対運動について見ると、事業そのものに対する反対だけではなく、

- ・事業以前からの行政不信
- ・他事業の反対運動の影響

などが反対運動の要因となっている場合がある。上記した要因への対応としてはなるべく幅広い階層の住民・団体、キーパーソンに水害、河川改修の歴史、事業の背景・必要性を分かりやすく、説明することが重要である。これまでに実施された効果的な手法としては

表-2 先駆的な住民参加の一例

・板櫃川河川環境整備事業（北九州市）：
「市民参加型川づくり」を基本コンセプトに河川整備を行うなかで、小学生を対象に川づくりに参加してもらい、小学生のアイデア「子供たちの作った設計図」をもとに事業化を行った。その後本格的なソフト事業の実践と市職員自らの向上のため、ワークショップ形式で川づくり、池づくりを行った
・乙女川水辺環境整備事業（岩手県水沢市）：
事業及び基本計画に関して、住民との意見交換（計画案の策定前後）を行い、地域特性を生かした個性豊かな水辺空間（プロムナード整備、しのお橋架設）を創出できた。この事業が呼び水となって、周辺地域のまちづくり事業が動き出した
・浅川・程久保川合流点ワンド整備工事（東京都日野市）：
市民グループ「浅川勉強会」は潤いのある水辺を取り戻すため、合流点におけるワンドの整備を提案した。この提案をもとに、市と住民グループはワンドの設計段階から協議し、ワンド完成後は魚類調査や清掃活動も行っている
・都賀川河川公園整備事業（神戸市）：
都賀川をまもろう会と神戸市は協力して清掃活動やイベントなどを行ってきたが、住民からもっと親水性のある空間（水遊び場）が欲しいという要望により、神戸市では河川公園（1.6km沿道を緑化するとともに、噴水のある広場・公園を設ける）を整備することとなった。完成後の管理（美化活動、監視）は一部住民に委ねられ、こうした役割分担や協力体制は以後の河川行政に大きな影響を与えた
・荒川将来像計画（建設省荒川下流工事事務所）：
行政サイドの協議会による将来的な計画（地区計画では10年先を見越した計画）に対して、住民の意見を聴取した結果に基づいて、計画を見直し、流域関係者が一体となった整備の方向付けができた。他に「あらかわ学会」「荒川市民会議」が開催された

- ・市民との連携プロジェクトの実施
- ・視覚的に分かりやすい水理模型実験の実施
- ・地域のキーパーソンとの人脈作り
- ・説明会の実施

などがある。また、上記以外の要因（情報の提供不足他）への対応のなかで、効果的であった手法としては

- ・科学的に裏付けされた技術レポートの作成・公表
- ・流域の市町村、住民との懇談会
- ・視覚的に分かりやすいコンピュータ・グラフィックスによる表示

などがある。ここで市町村との懇談会とは、事業によっては住民だけではなく、地元市町村が事業反対の意志表示を行う場合があるためである。

何れにしても合意形成及び住民参加については、まだ建設省では本格的な実施事例が少なく、今後河川整備計画を策定し、円滑に事業を実施するためにも、また住民の意向を的確に把握・反映

するためにも、適切な合意形成手法について考慮しておく必要がある。以下には、これまでの調査で分かった「適切な合意形成手法」の一例を示しておく。

- ・常日頃から事業だけでなく、水害、環境、河川整備の歴史などに関する情報発信を行うとともに、地域の住民・キーパーソンとの話し合いの場を設ける
- ・必要に応じて住民と協働してモニタリングしたり、連携プロジェクトを実施する
- ・事業計画の原案がある程度明らかになった構想段階と代替案の検討段階で住民に参加してもらう
- ・施設計画の住民参加においては、施設の模型・シミュレーションなどを用いて、視覚的に分かりやすい説明を行う
- ・説明会や公聴会などで地域の利害を代表する住民だけを参加させる方法がドイツで実施されている。この方法では対象地域に用地を有

する住民、法律で決められた団体、狩猟・漁業・農業に係る団体に限定した住民を参加させている

- ・地域の問題や住民ニーズの把握、行政と住民の話し合いの支援、計画案の作成・提案などを専門的立場で行う第三者（色のついていないコンサルタントやシンクタンク）が重要となる

- ・提供した情報に対する住民の反応、意見を整理・分析するための手法について検討しておく

例) フォーカスグループ、トレードオフゲーム、
イシュー・ログ他

- ・住民は意見を言うだけでは、無責任な発言や要求を言うだけである。事業の構想段階から施工段階に至るまで住民が参加すれば、責任を持った発言を行うようになる

3 受益と負担^{4) 5)}

近年、住民の特に環境整備事業に対するニーズが高度化してきている。しかし、平成不況のなか事業費の財源不足が今後深刻になる可能性があり、高度化した住民ニーズに的確に対応することは難しい状況にある。また住民参加型の事業展開が進むなか、行政と住民が一体となった「協働」「共管理」の発想が生まれている。従って、今後は事業者の（予算、バランスから見た）許容量を越えるニーズに対しては、地域の地域・住民・受益を享受する組織に応分の負担をしてもらうことが考えられる。

現在事業者による受益者負担としては、

- ・治水特別会計：ダム建設に関連して、電気事業者等から徴収
- ・特定港湾施設工事：受益者である鉄鋼、石油会社から事業費の40～50%を徴収
- ・国営干拓事業、灌漑排水工事：工事完了後に徴収

などが実施されてきた他、宅地開発に対して自治体は宅地開発指導要綱（宅開要綱）により公共施設の整備に関する負担を事業者に求めてきた。また、一般住民を含んだ受益者負担としては

- ・公共下水道事業：下水道整備による地価上昇分を見込んだ受益者負担金
- ・水防活動：水害予防組合（現在15団体）において、水防経費を反別割・地価割により徴収などが実施されている。しかし、下水道事業では提訴されたり、水防では税金の二重取りであるという批判により経費を負担する方式の組織が解散に追い込まれており、受益者負担に関して課題は多い。以下には関連する裁判事例を示す。

<裁判事例>

- ・下水道事業：1969年以降全国8都市（北九州市、広島市、芦屋市、鎌倉市、大和郡山市、行田市、船橋市、鉦路市）において下水道料金に関する受益者負担金の賦課処分取消訴訟が提起されたが、何れも下水道管理者が全面勝訴し、受益者負担金の適法性が認められた
- ・土地改良事業：農家が「多額の負担が受益に相当しない」として、提訴した
- ・宅開要綱関連1：宅開要綱に従わないことに対して、給排水を拒否した武蔵野市を相手どって、マンション建設業者が裁判所に仮処分命令を求めた
- ・宅開要綱関連2：生協が宅開要綱に関する十分な説明もなく、強制的に開発負担金を納付させられた堺市に協力金の返還を求める訴訟を提起し、大阪地裁で原告勝訴（負担金徴収で最初の原告勝訴）

以上のことから分かるように、今後の受益者負担を考えるにあたっては、次の点に留意する必要がある。また、既存の受益者負担の導入事例をあわせて示す。

- ・受益者負担の必要性を明らかにし、地元住民等のコンセンサスを得るようにする
- ・負担が少なくなるよう、受益地を広く特定す

るとともに、受益地からの負担金の拠出方法
(負担金、基金他)について検討する

＜参考事例^{6) 7)}＞

- ・豊田市水道水源保全基金：水道使用量1m³当たり1円を水道料金に含んで徴収し、水源保全事業へ積み立て→受益者負担金が少なく、市民には概ね好意的
- ・神奈川県秦野市：大口地下水採取事業所から地下水保全のための協力金を徴収→負担者が明確
- ・愛知県：法人事業税に超過課税し、この財源により中小河川の整備、地盤沈下対策を実施(緊急防災対策事業)→進行していた地盤沈下と昭和51年9月の台風17号による水害を契機としており、県内各企業の理解と協力が得られた。
- ・夙川公園建設にあたって、両側沿川270mの住民、電鉄会社より受益者負担金(あわせて3割)を徴収→広い区域から負担金徴収
- ・室戸台風水害(昭和9年)後、高潮災害防止のための防潮堤建設に対して、浸水区域全体から負担金徴収→広い区域から負担金徴収

- ・自治体独自の税金：砂利採取税、別荘等所有税、石油価格調整税、核燃料税、核燃料物質等取扱税→昭和30年代には数多くの自主課税があったが、その後の自治省通知、労力・コストの増大により廃止する自治体が多い

参考文献

- 1) 建設省：平成10年 建設白書，1998年
- 2) 末次忠司：公共事業と住民参加－河川事業における事例を中心に－，水利科学，No.240，1998年
- 3) 栗城稔・末次忠司・小林裕明：住民の合意形成と河川行政－各種事業への住民参加事例－，土木研究所資料第3470号，1997年
- 4) 建設省土木研究所総合治水研究室：洪水防御による受益および負担の調整に関する調査資料，1983年
- 5) 末次忠司：夙川公園建設に見る受益と負担，土木史研究，No.19，1999年
- 6) 環境庁：日本の環境対策は進んでいるかⅢ，「環境基本計画」の第3回点検報告，中央環境審議会，1998年 他
- 7) 末次忠司：夙川公園建設に見る受益と負担，土木史研究，No.19，1999年

都市・人,そして川(6)

—都市の変貌と水—

Partnership between city, people and river (6)
—Change in River Environment with Urbanization—

キーワード：都市，河川，水循環，
下水道，水量，水質



河原能久*

By Yoshihisa KAWAHARA

1. はじめに

都市化の進展による市街地の拡大や人口の高密度化，生活様式の高度化等に起因して，都市特有の問題が顕在化してきている。水問題に限っても，都市型水害の発生，渇水時の給水安全度の低下，平常時の河川流量の減少，公共用水域の水質悪化，地下水汚染など様々な問題が発生しており，複雑化している。これらの問題は，都市の構造や都市生活者の活動そのものに由来するが，利便性や経済性を追求するあまり，水循環系を見つめた対策がとられなかったことにも起因する。今後，空間的，財政的な制約が強まる中で，望ましい水循環系を作り上げるためには，水にかかわる各行政部門の施策を，健全な水循環システムの構築という視点から再検討し，体系的かつ効率的に進めることが不可欠である。

本報告では，都市化の水循環系への影響，東京都の河川環境の現況を概説した後，下水道の役割と問題点を述べる。最後に，都内を流れる野川を例にとり，下水道の河川環境の変化を考察する。

2. 都市化に伴う水環境の変化

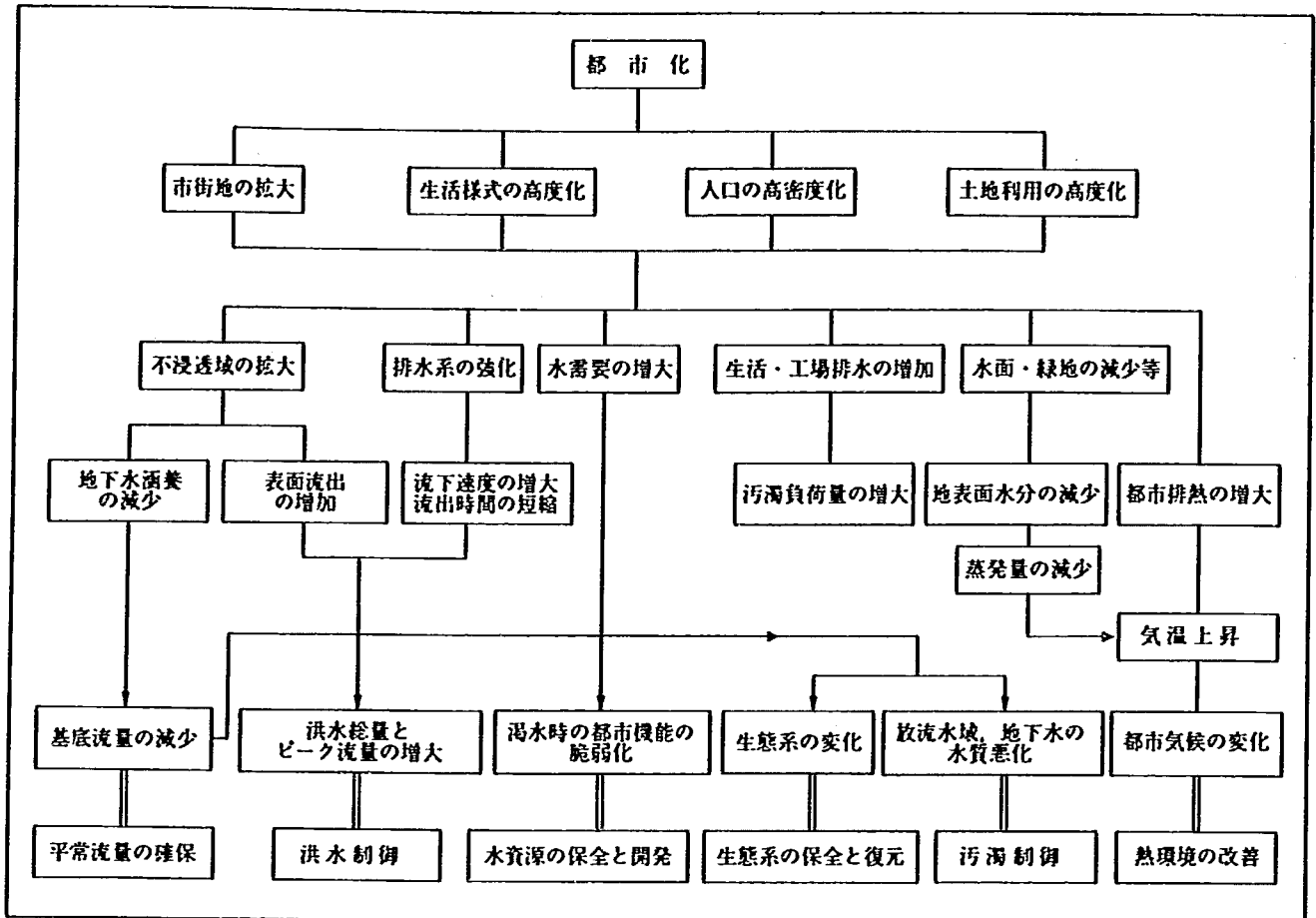
都市化の水循環系に及ぼす影響については多くの報告があるが，ここでは虫明¹⁾による図-1を用いて説明する。

市街地の拡大に伴い，農地や樹林地等が減少して舗装や屋根などの不透水面積が増大し，雨水の浸透機能が低下する。これにより，河川の平常流量の減少や地下水位の低下が発生する一方，雨水流出量の増大や洪水の流達時間の短縮化により都市型水害が発生しやすくなる。

生活様式の変化や社会経済活動の増加等により，水需要が増大し，不足する水量を流域外から導水することになる。都市生活の基盤を支える水の確保は，渇水時や大震災時においてとりわけ重大な課題となる。

都市での水使用量の増加は，排水量の増大と排出される汚濁負荷の増加を意味する。下水道が未整備な場合には，河川には多量の雑排水が流入し，水質の悪化が急速に進行する。他方，下水道の整備により河川への雨水排水が減少する場合には，河川流量が減少する。また，水域での水量と水質の変化は生態系の変化を引き起こす。さらに，河川から原水を取水する水道水の安全性を維持することが一層重要となる。

*建設省土木研究所 河川部都市河川研究室 主任研究員



図一 都市化による水循環系の悪化の過程と課題

河川・用水路の暗渠化や埋立て等により、身近に接することのできる水辺空間が減少する。このため、都市における人と水辺とのかかわりが薄れ、水文化が失われる。また、大規模地震等の災害時に必要な防災用水を確保することが重要な課題となる。

都市化による地表面のコンクリートやアスファルト化、エネルギーの使用量の増大は、水辺空間や緑地の減少による水の蒸発散量の減少と相まって、都市域の高温化（ヒートアイランド現象）を顕在化させる。

このように、都市化に伴う自然の水循環系の変化や人工的な給・排水系の導入の影響は広範囲に及び、非可逆的なものが多い。都市の持続的发展は健全な水循環系の確立なしにはあり得ず、水に関する施策を水循環系の改善という観点から検討することが不可欠である。

3. 都内河川の平常時の姿

東京都の都市河川を例にとり、平常時の都市河川の姿を紹介する。なお、土屋²⁾や飯田³⁾が最近関連する報告を行っている⁴⁾ので、ここでは都市河川の水質と親水性等に関する現況を説明する。

東京都は都内の公共用水域の水質測定地点（103箇所の橋）において、昭和59年度から水辺環境総合評価調査を行っている⁴⁾。総合評価に使用する物理的因子は、水質（BOD、透視度、大腸菌数、生物学的水質）、流況（水深、川底の状況、湧水の有無）、水辺の構造（護岸の状況、側道の有無、橋の高さ、水辺へのアクセス、河川敷の有無、緑被率、植生自然度）であり、それらと親水性の観点からの評価とを対比させ、水辺空間の特性を活かした水辺環境の整

表-1 東京都の都市河川の現況

判定項目	状 況						
BOD 濃度 (mg/l) %	0~1.0	1.1~2.0	2.1~3.0	3.1~5.0	5.1~8.0	8.1~10.0	10.1~
	7.8	6.8	8.7	27.2	23.3	11.6	14.6
大腸菌群数 (MPN/100ml) %	0~50	51~1000	1000~5000	5001~			
	0	3.4	13.8	82.8			
生物学的水質階級 %	貧腐水性水域	β中腐水性水域	α中腐水性水域	強腐水性水域			
	7.2	9.5	47.6	35.7			
水深 (m) %	0~0.2	0.21~0.6	0.61~				
	13.4	28.9	27.7				
川底の状況 %	腐泥・泥	砂礫	コンクリート				
	59.2	35.0	5.8				
護岸の状況 %	自然	緑化護岸	石積	コンクリート等の護岸			
	5.8	31.1	2.9	60.2			
側道の有無 %	有り	無し					
	84.5	15.5					
橋の状況 %	なし	高さ 70cm 未満	高さ 70cm 以上				
	25.2	9.7	65.1				
水辺へのアクセス %	可能	不可能					
	50.5	49.5					
緑被率 (%) %	0~20.0	20.1~40.0	40.1~60.0	60.1~80.0	80.1~100.0		
	52.3	21.3	12.7	8.8	4.9		

備に役立てている。表-1は平成4年度の調査結果の一部を示したものである。この表より、河川の水質としてBOD濃度が5mg/l (C類型の基準値)を越える地点が約半数であり、大腸菌数群数も多く地点で5,000を越えている。河床に泥やヘドロの堆積する箇所が全体の半数以上あり、生物学的水質指標から見ても、さらに水質を改善することが必要な状況である。また、親水性等に関して次のことがわかる。水辺に降りられる地点は全体の約半分となっており、側道(管理用通路を含む)の整備も進んでいるものの、高さ70cm以上のフェンス等が河川沿いに設置されている箇所が多く、身近に親しめる水辺環境とはなっていない。また、植栽のある護岸もかなりあるが、コンクリート護岸は全体の60%を占めており、親水性や景観の観点でも改善の余地が多くなっている。

4. 下水道の河川環境への影響

下水道が公共用水域の水質保全、特に自然環境の回復と保全に果たす役割に注目が集まっている。

水源を確保できない河川では、平常時の流量を確保するために、下水処理場の高度処理水の導入を進めている。東京都では、これまでに多摩川上流処理場から野火止用水、玉川上水、千川上水に、落合処理場から城南3河川(渋谷川・古川、目黒川、呑川)に処理水を導入してきたが、多摩川上流処理場からさらに新河岸川と柳瀬川に、清瀬処理場から新たに奈良橋川、黒目川、落合川に再生水を供給する計画が立てられている。なお、処理水の水質はコイやフナの生息条件であるBOD8mg/l以下としている。

下水道の普及は河川において未処理下水の流入による汚濁を削減してきた。しかし一方で、下水処理場からの放流水が河川水に占める割合は増加し、河川環境に大きな影響を及ぼすようになって

きた。BODは、通常、河川の有機物による汚濁の程度を示すものと理解されているが、実際には有機物だけでなくアンモニアにも関係する。アンモニアは硝化菌により亜硝酸、続いて硝酸に硝化される過程で酸素を消費する。アンモニア(NH₄-N) 1mg/lが硝酸(NO₃-N)まで硝化されると4.57mg/lの酸素を消費し、BOD4.57mg/lと大きな負荷となる。津久井⁹⁾は、1991年8月から1992年8月にかけて都内の大河川を対象にBOD中に占めるアンモニアによる負荷(N-BOD)を計測した。表一2に測定結果の一部を示す。河川水中に下水処理水の占める割合の多い地点では、BOD中に占めるN-BODの割合は30～60%を示しており、BODは有機物のみでなくアンモニアに由来する部分が多いことがわかる。また、多摩川中流部の下水処理場排水のアンモニア性窒素を4mg/lに低減すると調布取水堰でのBOD濃度を3mg/l以下(B類型)にすることが可能であると試算されている⁹⁾。

風間ら⁷⁾は1980年度からの15年間の都内河川のデータを用いて、順流部と感潮部ごとに水生生物

の出現状況と水環境の変化との関係を検討している。そして、水質改善により汚れに強い底生生物の種類数が減ること、水質は悪化しないのに河床材料が固定化される(浮き石の減少等)ために底生生物の個体数が減少すること、市街地の照明等が水生昆虫の成虫に影響を与えること、また、溶存酸素濃度が改善されても魚毒性のあるアンモニア性窒素(NH₄-N)の濃度が高いために、魚類が生息できない環境となっており、その削減対策が必要であること等を報告している。

5. 野川の水循環の変化

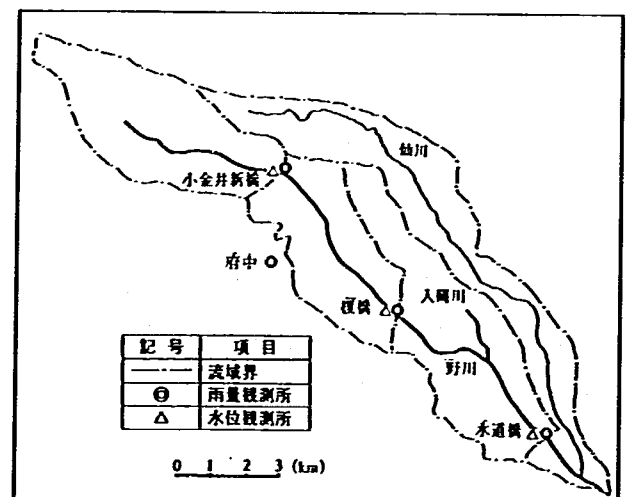
5.1 流域の概要

多摩川の支川である野川流域を対象とし、水循環の変化を検討する。野川では、東京都土木技術研究所が流量の連続観測を行っており、これまでも多くの報告^{例えは8-10)}がなされている。

野川は、国分寺市恋ヶ窪の姿見の池を水源とし、立川段丘上を国分寺崖線に沿って流れ、左岸側に続く武蔵野台地の各所からの湧水・支川を合わせ、多摩川に合流する河川延長約17.1km、流域面積約46.3km²の一級河川である。なお、この流域の関東ローム層は高い透水性を有している。図一2に流域と観測地点を示す。

表一2 東京都の河川における水質調査結果

河川	調査地点	BOD (mg/l)	N-BOD (mg/l)	C-BOD (mg/l)	N-BOD/ BOD%
多摩川	羽村堰	0.2	0.0	0.2	0
	拝島橋	0.7	0.0	0.6	4
	多摩川原橋	6.4	4.3	2.1	62
	調布取水堰	4.8	2.0	2.7	34
	大師橋	4.8	0.1	4.7	5
新河岸川	芝宮橋	7.4	4.1	3.3	55
	志茂橋	6.0	2.8	3.2	44
隅田川	岩淵水門	4.1	1.4	2.7	33
	小台橋	4.4	1.8	2.6	38
	両国橋	2.9	0.8	2.1	24
荒川	新荒川大橋	4.0	1.0	3.0	24
	葛西橋	2.2	0.3	2.1	6
江戸川	新葛飾橋	1.5	0.3	1.3	15
	江戸川水門	1.7	0.1	1.6	7
	浦安橋	2.0	0.2	1.9	10



図一2 野川流域と観測地点

表-3 野川流域の土地利用変化

	小金井新橋		榎 橋		水道橋	
	(19.27km ²)		(30.64km ²)		(46.87km ²)	
	1978	1993	1978	1993	1978	1993
山林・荒地等	7%	5%	6%	5%	6%	5%
田	1%	1%	1%	1%	0%	0%
畑・その他の用地	20%	16%	16%	14%	17%	14%
造成中地	0%	2%	0%	1%	0%	1%
空地 (未利用地, 低利用地)	5%	6%	4%	5%	5%	5%
工業用地	2%	2%	2%	2%	2%	2%
一般低層住宅地	34%	36%	26%	28%	28%	30%
密集低層住宅地	3%	3%	3%	3%	4%	3%
中・高層住宅地	1%	2%	1%	2%	2%	3%
商業・業務用地	7%	8%	6%	7%	7%	7%
公園・緑地等	8%	8%	7%	8%	7%	8%
道路用地	2%	2%	9%	10%	7%	8%
その他の公共公益施設用地	10%	9%	14%	13%	12%	12%
河川・湖沼等	0%	0%	1%	1%	1%	1%
その他 (基地, 皇室関係)	0%	0%	3%	2%	2%	1%
合 計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

細密数値情報を用いて、観測地点別の流域の土地利用変化を算出した結果が表-3である。1978年から1993年までの15年間に畑が住宅地に変化しているが、変化の割合は小さい。土屋ら⁹⁾によれば1988年時点での浸透域率は約62%と推定されており、都内の都市化が進んでいる地域としては高い値となっている。

下水道普及率と野川が仙川と合流する地点の上流部 (天神森橋) での平常時の流量の経年変化を図-3に示す。下水道の整備は1980年前後に急速に進められている。また、流域の大半が属する野川処理区と北多摩一号処理区の下水道は合流式である。このため、下水道の整備により、雨水および雑排水の野川への流入は大幅に減少することになる。なお、この流域には雨水浸透施設が早くから導入されているが、その詳細なデータを入手していないため、その効果についてはここでは触れない。

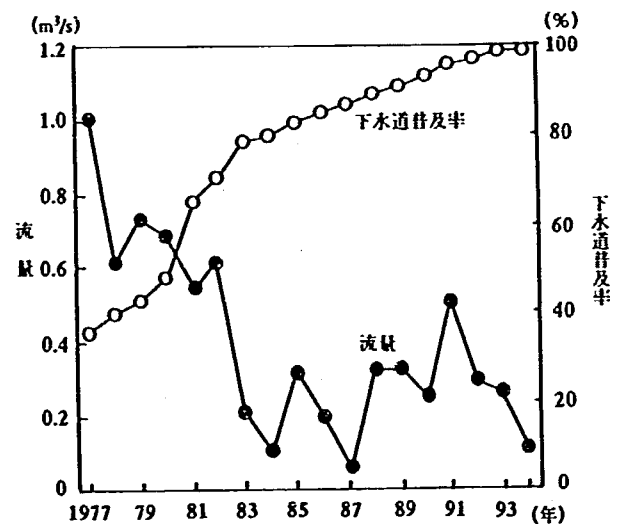


図-3 下水道普及率と天神森橋での流量の経年変化¹¹⁾

5.2 平常時の流量、水質

天神森橋での平常時の流量は、前述の図-3より、1980年代中頃までに大きく減少したことがわかる。また、それ以降では流量は年ごとに大きく変化するが、一定の傾向は見当たらない。

榎橋地点での年降水量と流量の経年変化を図-4に示す。1979年から1981年までのデータや一部の低水流量や濁水流量がプロットされていないが、これはデータが入手できていないためである。図-3の天神森橋の結果と、1978年の年降水量が少ないにもかかわらず平常時の流量が多いことを考えると、下水道の整備により家庭雑排水の流入が減り、平常時の流量が減少したものと考えられる。天神森橋での結果と同様に、1980年代中期以降の流量には明瞭な傾向は認められず、流況は降水量の影響を強く受けていることがわかる。

図-5は、平常時における、多摩川合流前地点でのBODとSS、天神森橋でのBODの経年変化を表したものである。BODとSSは1980年代中頃から改善されているが、その傾向は特にSSで顕著である。このような水質改善は主に下水道の普及によると考えられる。

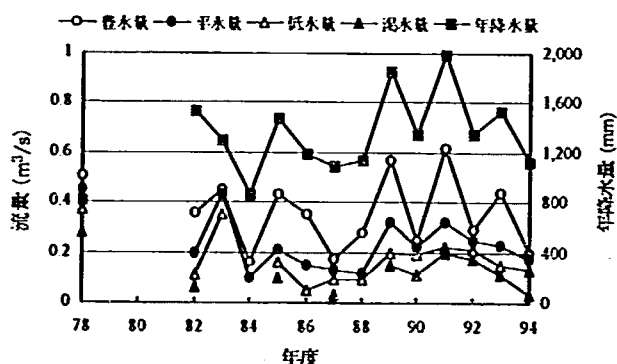


図-4 河川流況の経年変化 (榎橋)

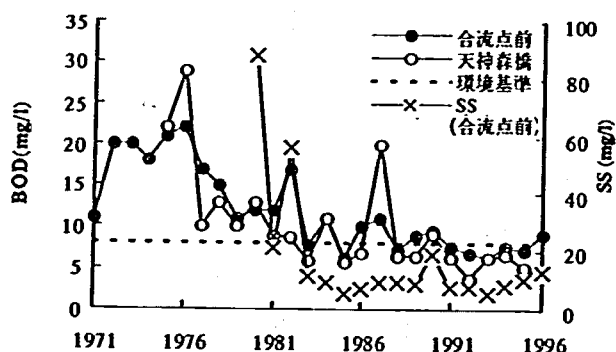


図-5 野川のBODとSSの経年変化

大久保¹²⁾は1976年、1982年、1986年での水量、水質の通日観測の結果から、下水道の普及により、流量、SS、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、溶存有機性炭素が大きく減少し、溶存酸素が増加したことを確認している。なお、東京都環境保全局による平成8年度の観測結果によれば、多摩川合流点前地点でアンモニア性窒素は平均値で7.55mg/lとまだ高い。

5.3 出水時の流量

図-4に示したように、合流式下水道の整備により野川流域での降雨-流出系は大幅に変化したと推測できる。そこで、一降雨ごとの総雨量と総流出の関係を求めてみる。横軸に総雨量、縦軸に総流出をとったグラフ上にプロットすると、観測結果は図-6に示すような3本の太い実線の周りに分布すると考えられる。すなわち、降雨流出過程を降雨量から見て、窪地貯留により降雨が流出しない範囲、浸透域の土壌がまだ飽和しておらず不浸透域からの流出のみが観測される範囲、浸透域の土壌も飽和して表面流出が生じる範囲に分類できると考えられる。また、直線近似したときの直線の傾きが流出係数を表す。

一例として、1993年と1994年における榎橋地点での結果を整理したものが図-7である。図中で、総降雨35mm未満の観測データを○印、35mm以上の観測データを△印、また、それらの近似直線をそれぞれ実線と波線で表している。

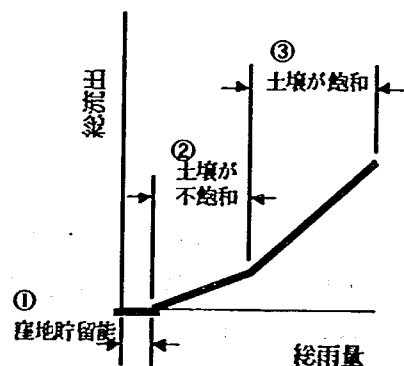
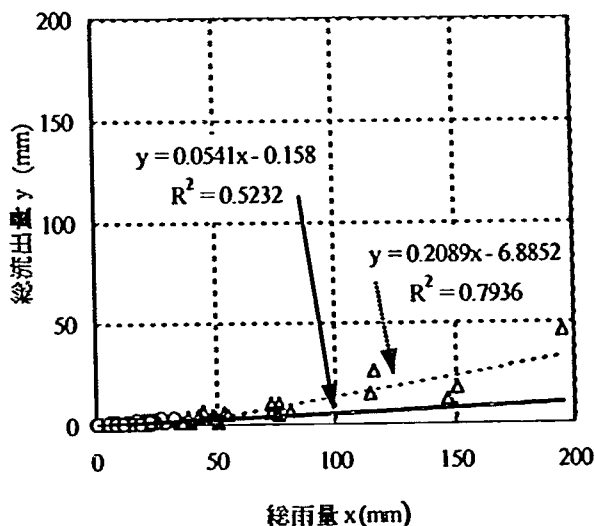


図-6 総雨量と総流出との関係 (概念図)

表一4に窪地貯留能、図一6の範囲②と③の境の総雨量(飽和雨量)、範囲③での流出係数の値を示す。いずれの観測点における流出係数も都市化している地域としては極めて小さいが、米田ら¹³⁾が報告している結果と比較して不合理な値ではない。表より、榎橋の過去と現在を比較すると、飽和雨量は僅かに減少し、流出係数が微増しているが、明瞭な差違は認められない。

一方、榎橋地点において、総雨量50mm以上の一降雨ごとに合理式における流出係数を算出したところ、1978、79年で0.23、1993、94年で0.17となった。

これらの結果を考えると、榎橋地点での2時期の変化から判断する限り、下水道整備の出水時の流出量に及ぼす影響は小さく、流出量の大小は降雨量に依存すると推測される。



図一7 榎橋での雨量一流出関係

表一4 直接流出に関する定数

	小金井新橋	榎 橋		水道橋
	93年 94年	78年 79年	93年 94年	93年 94年
窪地貯留能(mm)	0.3	1.5	2.9	4.7
飽和雨量(mm)	70	40	35	50
流出係数	0.05	0.17	0.21	0.19

6. おわりに

都市化の水循環系への影響と河川環境の改善に果たしてきた下水道処理水の役割と問題点とを都内河川での観測結果を用いて説明した。今後、流域の水循環系の再構築を見据えた施策の展開が必要であるが、一方で、例えば低水流量や出水時の水質等の基礎データを整備することも重要な課題である。

なお、野川のデータを提供下さった東京都土木技術研究所の黒羽公明氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 虫明功臣：都市と水循環，環境情報科学，vol.19，No.2，28-34，1990。
- 2) 土屋十國：都市の水文環境と河川の水量保全，雨水技術資料，vol.30，41-55，1998。
- 3) 飯田輝男：東京都における自然と人工の水循環について，雨水技術資料，vol.30，75-84，1998。
- 4) 東京都環境保全局：東京都水辺環境保全計画，1993。
- 5) 津久井公昭：都内河川のN-BODについて，用水と排水，Vol.36，No.2，115-119，1994。
- 6) 東京都環境保全局：東京都水辺環境保全計画，56，1998。
- 7) 風間真理，和波一夫：都内河川における水生生物と水環境の変化，用水と排水，Vol.40，No.12，5-10，1998。
- 8) 黒羽公明，和泉 清：流域の都市化に伴う水収支の変化について(その1)，昭和58年度都土木技研年報，85-94，1983。
- 9) 土屋十國，和泉 清：野川における低水流量観測と年流量変動(その1)，平成元年度都土木技研年報，389-394，1989。
- 10) 土屋十國：野川における河川構造と水文環境，平成8年度都土木技研年報，87-94，1996。
- 11) 東京都環境保全局：中小河川環境実態調査報告書，野川編，99p.，1996。
- 12) 大久保卓也ら：下水道整備に伴う都市河川の水量・水質の変化，下水道協会誌，vol.25，No.293，42-47，1988。
- 13) 米田宗広，和泉 清：不浸透域率と流出率，昭和53年度都土木技研年報，179-184，1978。

都市・人,そして川(7)

—水・熱収支の観測と解析—

Partnership between city, people and river(7)

—Observation and Analysis of Water
and Heat Balances in Watersheds—

キーワード：都市，河川，水循環，
水収支，熱収支



河原能久・

By Yoshihisa KAWAHARA

1. はじめに

市街地の拡大や人口の高密度化，生活様式の高
度化等に起因して，都市域における水，熱，物質
循環は大きく変化しつつある。都市型水害の発生
や渇水時の利水安全度の低下，平常時の河川流量
の減少，公共用水域の水質悪化などの水問題が発
生する一方で，都市域での温暖化や降雨パターン
の変化など，都市特有の気候も顕在化しつつあ
る。今後の都市の健全な発展のためには，流域に
おける水循環系（熱や物質の移動をも含めた）の
把握とそれに基づいた体系的かつ効率的な対策の
実施が不可欠である。

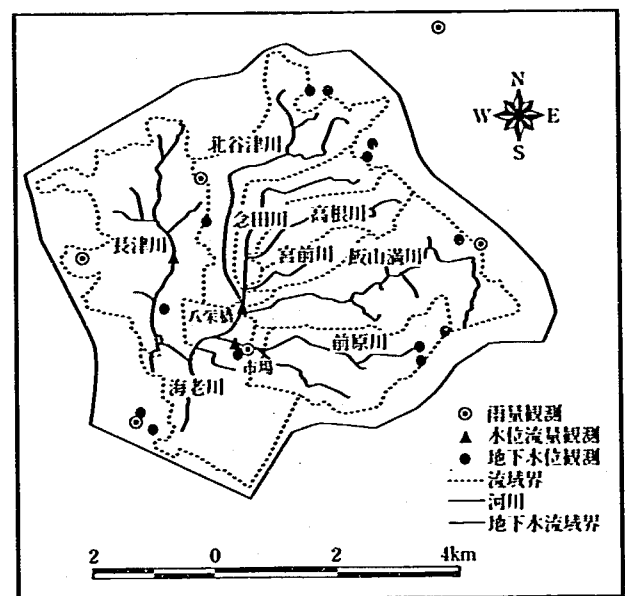
本稿では，建設省の水循環再生構想の対象の1
つである千葉県海老川流域における水・熱収支の
解析結果を報告するとともに，常磐新線の開通に
伴い開発が予定されている牛久沼流域における水
循環の観測計画について説明する。なお，水・熱
循環解析手法の詳細に関しては文献^{1),2)}を参考に
していただきたい。

2. 海老川流域における水・熱収支

2.1 海老川流域の概要³⁾

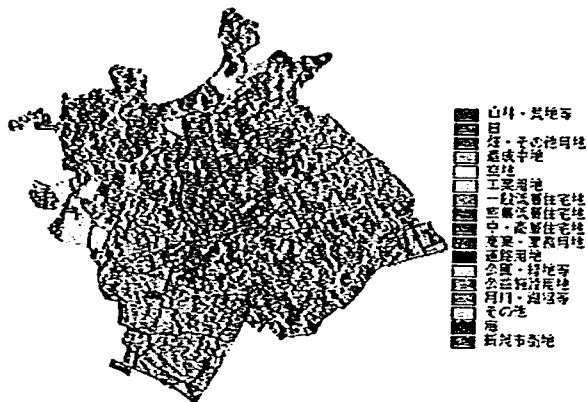
千葉県海老川流域を図一1に示す。流域面積は

27km²であり，海老川本川及び前原川など7つの
支川が船橋市と鎌ヶ谷市を流れている。流域は標
高20～30mの台地と河川沿いの沖積低地（標高3
～5m）に分けられる。台地部は関東ローム層，
常総粘土層，成田砂層から構成されている。流域
内や流域界の近くには，6ヶ所の雨量観測所，
3ヶ所の河川水位流量観測点，14ヶ所の地下水位
観測点があり，詳細な連続観測データが得られて
いる。この流域は，1960年代以降，首都圏の
ベッドタウンとして急速に開発が進んだ。市街化
率は1993年時点では62%であるが（図一2），

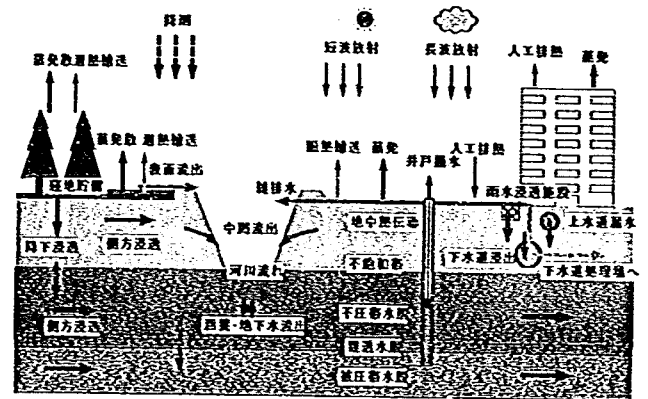


図一1 海老川流域と観測地点

*建設省土木研究所 河川部都市河川研究室 主任研究員



図ー2 海老川流域の土地利用(1993年)



図ー3 対象とする起床・水文現象

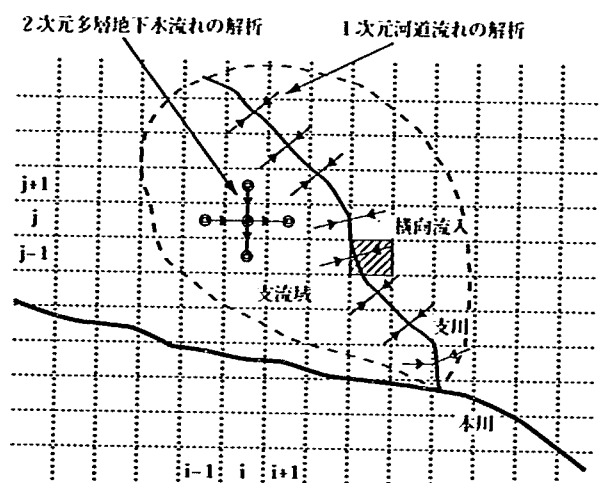
今後、農地や山林が市街地に転換され、都市化がさらに進むと予想されている。

2.2 水・熱循環解析モデルの概要^{1), 2)}

水・熱循環解析に用いたモデルは分布型モデルであり、様々な水・熱輸送現象をモデル化している。図ー3に本解析モデルが対象としている輸送過程を示している。水循環過程としては、降雨、蒸発散、表面流出、窪地貯留、中間流出、地下水流、飽和・不飽和の浸透などの他に、人工の水循環過程である、上水、工業用水、農業用水の導入、地下水の揚水、雨水浸透施設からの浸透、下排水、雑排水の河川への放流などを考慮している。一方、熱輸送過程については、日射、長波放射、顕熱、潜熱、土壌への熱伝導、人工排熱を対象としている。

計算メッシュ内の混在化した土地利用の影響は、各土地利用の面積占有率で重み付けをするネスティング法により考慮した。土地利用は、まず3種類(水域、土壌ー植生域、不浸透域)に大分類し、土壌ー植生域はさらに裸地、丈の低い草地または農耕地、丈の高い樹木に細分類した。また、不浸透域は低層都市域と都市キャノピーとに細分類した。

図ー4にモデルの平面構造を示す。河道内の流れは、河川に接するメッシュ毎に算出した流出量をもとに、kinematic wave法により解析した。ま



図ー4 モデルの平面構造

た、地下水流れに関しては、観測結果に基づき、飽和帯水層を3層(1層は不圧帯水層、残りの2層は被圧帯水層)に分割し、層ごとに2次元地下水流れの方程式を解き、地下水位の表面流出に与える影響などを検討できるようにした。

計算では50m正方のメッシュを用い、時間刻みを1時間とした。また、観測結果に基づき、地下水解析の境界を表面流出の境界の外側に設定した(図ー1)。計算期間は1992年から1996年末までであり、1993年のデータを用いてモデルのキャリブレーションを行った。入力データは観測結果を内挿することにより作成した。なお、船橋における年降水量は1993年に1,463mm、1994年に980mm、1995年に1,119mm、1996年にて1,123mmであり、1994年以降の降水量は平年値より少ない。

2.3 計算結果と観測結果との比較

モデルの検証は河川流量と地下水位に対して行った。図-5は海老川中流部に位置する八栄橋流量観測点での日流量を比較したものである。1996年の最大ピーク流量を除けば、出水時、低水時にかかわらず、計算結果と観測結果とは良好な一致を示している。1996年のピーク流量は降雨量に対して大きな値を示しているが、これは1996年においてのみ2地点での降水量データしか入手できておらず、正確な降水量分布を与えていないことによると考えられる。

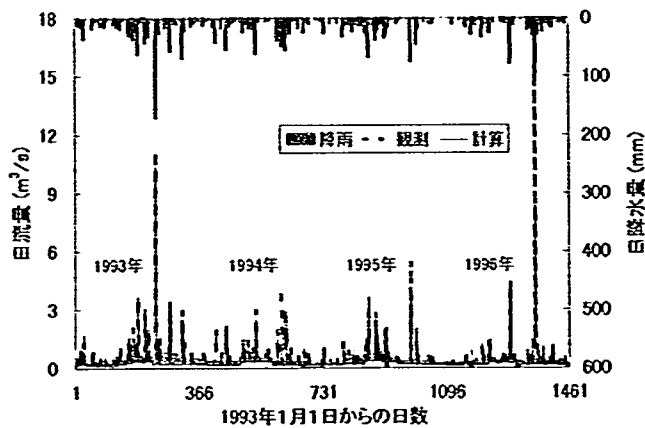


図-5 日流量の時系列の比較 (海老川八栄橋)

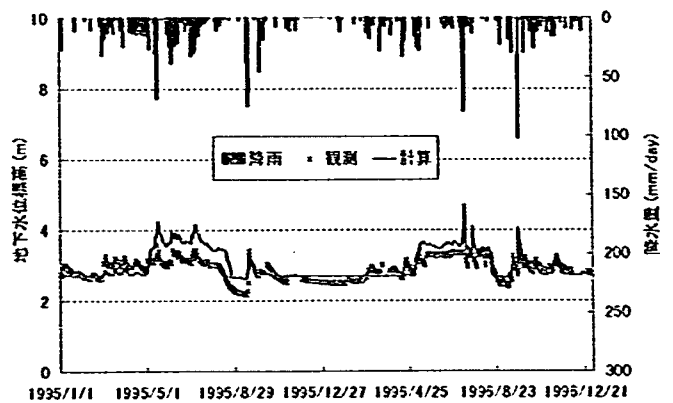


図-7 地下水位の比較 (前原川市場)

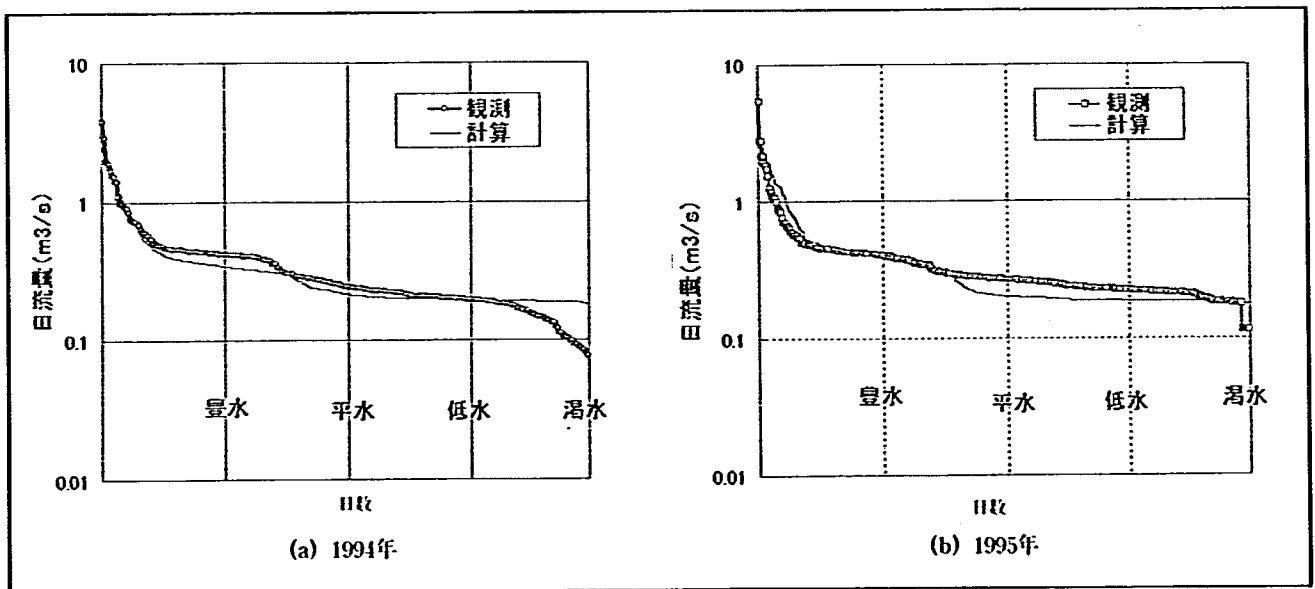


図-6 海老川八栄橋での流況曲線の比較

なお、観測データの不足のため、この流域では熱輸送解析の妥当性を検証していない。

2.4 水収支の解析

水・熱輸送を時間単位で解析した結果をもとに、年間水収支を算出した。例として、1993年における蒸発散量の分布を図-8に示す。水田や畑などの広がる流域の中央部では年間蒸発散量が600mmを越えているが、既成市街地では300mmを下回っている。

流域全体での年間の水収支を、降水量の多い1993年と少ない1994年について検討した結果を図-9に示す。なお、図中の上水は流域外から

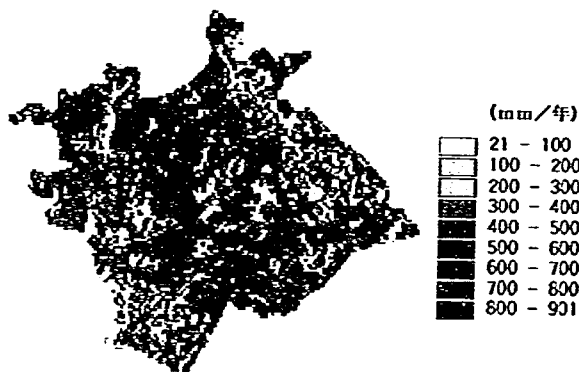


図-8 年間蒸発散量の分布 (1993年)

の上水と工業用水を、不浸透域での揚水も上水と工業用水を含んでいる。また、流域への流入水量と流出水量の差は地下水貯留量の変化分である。この流域では、1993年では、蒸発散、浸透、表面流出（水田からの排水を含む）が年間降雨量のそれぞれ約32%、23%、53%であり、自然流域と比べると浸透量が少なく、表面流出が大きくなっている。河川への雑排水量は中間流出と地下水流出の約4倍になっており、平常時の流量に占める雑排水の多さを示唆している。1994年の降水量は1993年のそれより480mm少なかったが、その影響は表面流出、浸透および表層土壌から不圧地下水への涵養に顕著に表れている。一方、蒸発散への影響は小さく、1994年では日射や気温が高かったために蒸発散が活発であったと推定される。

2.5 熱収支の解析

図-10は、1993年の1年間における熱フラックスを地表面での熱輸送過程別に算出したものである。日射に対するアルベド（反射率）は、水田などの農地で小さく都市域では大きいいため、正味の日射量は農地で高くなる。また、地表面温度が

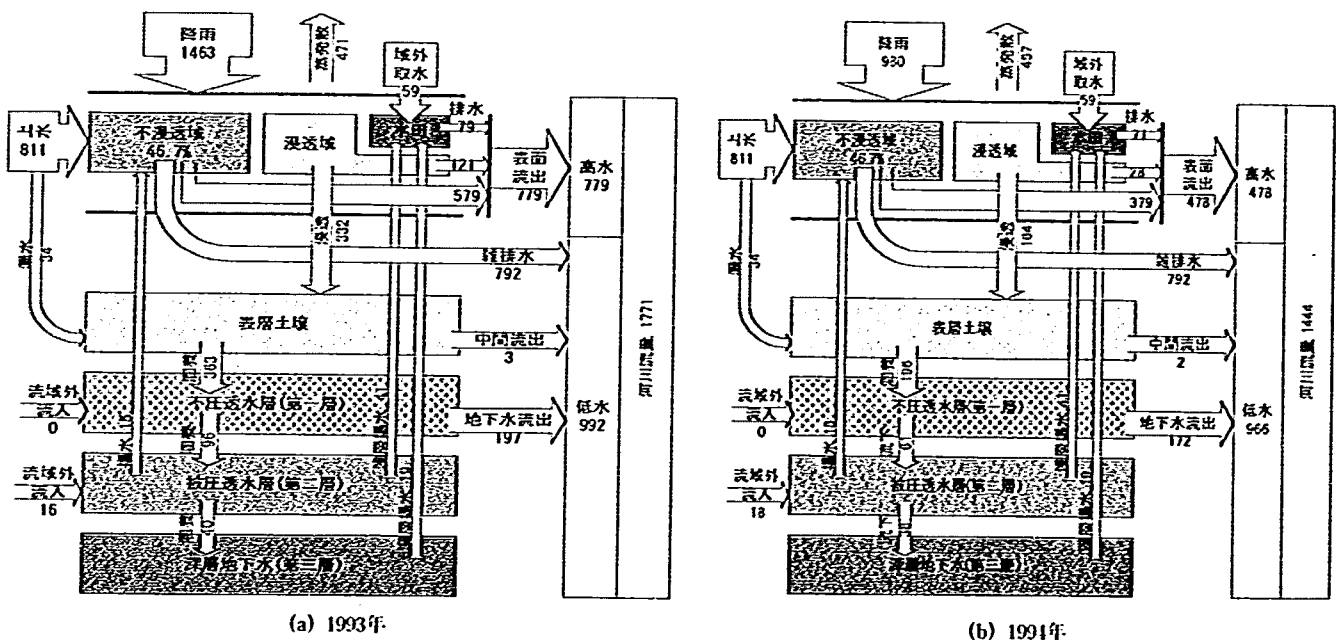


図-9 流域の年間水収支 (単位: mm)

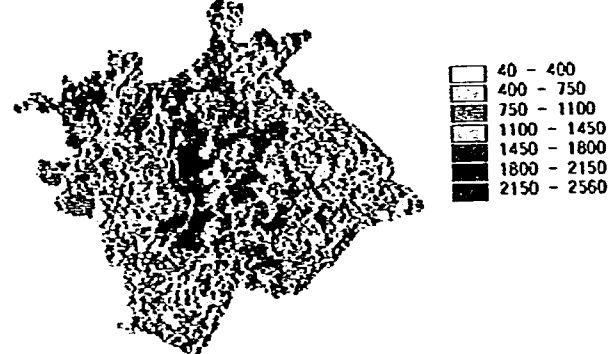
(a) 正味放射 (人工排熱を含む)



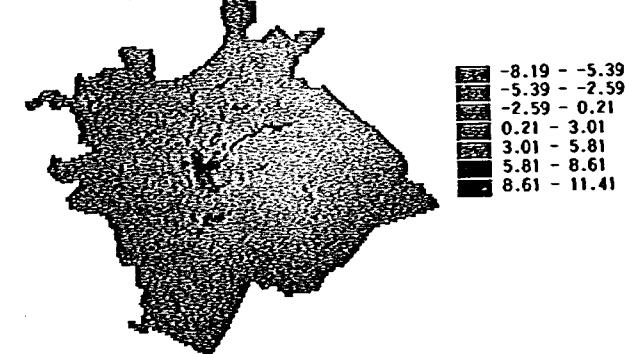
(b) 顕熱



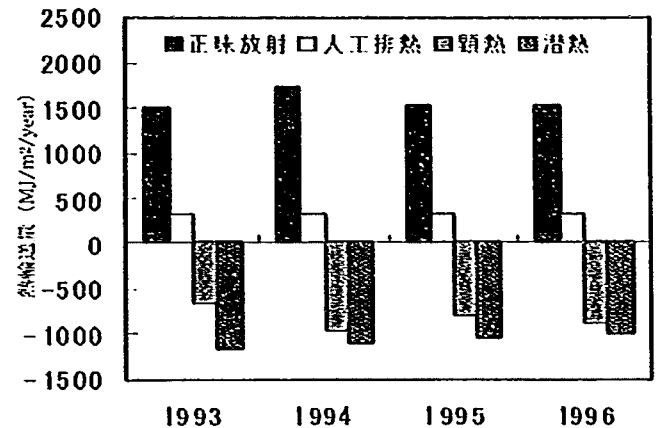
(c) 潜熱



(d) 地中熱伝導



図一10 熱輸送過程別の年間熱フラックス
(単位: MJ/m²/年)



図一11 流域の年間熱収支

高い都市域では長波放射による失熱量が多い。このため、正味の放射量は流域の中央部で大きな値をとる。人工排熱は都市域で発生するが、それは正味の放射に比較すると小さい。このため、水田などが広がる流域の中央部にて正味の放射と人工排熱の合計は大きな値をとる。正味の地中熱伝導は極めて小さく、年間の熱収支の議論では無視することができる(図(d))。このため地表面では、人工排熱を含む正味の放射は顕熱および潜熱輸送に費やされる。顕熱輸送は既成市街地で大きな値を示すが、潜熱輸送は植生域で盛んに行われる(図(b), (c))。

流域全体の地表面での年間熱収支を1993年から1996年までを整理した結果を図一11に示す。この流域全体では、地表面での熱エネルギーの出入りは、正味の放射、潜熱輸送、顕熱輸送、人工排熱の順に行われている。なお、地中への熱伝導の寄与は僅かであり表記していない。降水量の多かった1993年と少なかった1994年とを比較すると、天候に恵まれた1994年の方が正味の放射量が多く、その増分が顕熱に転換されている。このため、1994年には平均気温が1.4℃高く記録されている。

なお、今後の都市化に伴う水循環系の変化や雨水浸透施設の導入が水循環系に及ぼす影響の評価については文献^{2), 4)}を参照されたい。

3. 牛久沼流域の水収支の観測

3.1 牛久沼流域の概要⁵⁾

牛久沼流域は谷田川、西谷田川、稲荷川の流域から成り、その流域面積は166.4km²である(図-12、表-1)。この流域の地形は、標高

表-1 流域面積

河川名	流域面積 (km ²)
谷田川 (蓮沼川)	53.86 (内 21.19)
西谷田川 (高岡川)	55.51 (内 8.22)
稲荷川	29.54
牛久沼残流域	20.97
牛久沼面積	6.52
合計	166.40

() は支川を表す。

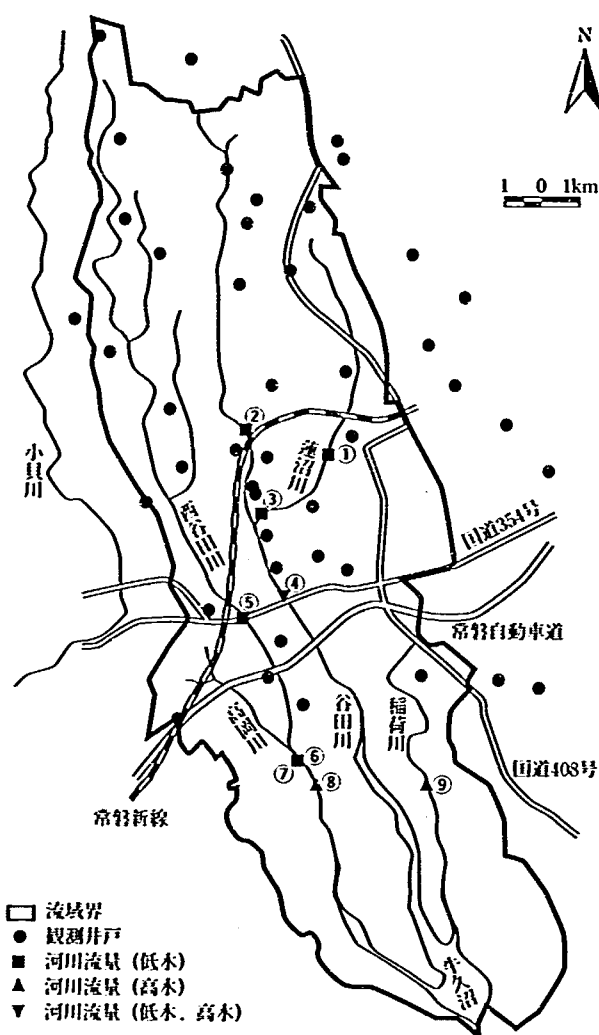


図-12 牛久沼流域と観測地点

20m~30mで北西から南東に向かい次第に標高が低くなる筑波・稲敷台地と谷田川、西谷田川、稲荷川の開析谷によって特徴づけられる。この流域では地下水が盛んに利用されている。主な帯水層として、関東ローム層(深度約2m~5m)、竜ヶ崎砂層(深度約10m程度)、成田層(深度約10m)がある。河川の平常時の流量はローム層と竜ヶ崎砂層からの地下水流出により維持されていると考えられている。谷田川支川の蓮沼川流域では市街化が進んでいる。

牛久沼流域では、平成17年度開通予定の常磐新線に関連した大規模な沿線開発が計画されている。施行主体は都市基盤整備公団と茨城県であり、5地区での開発総面積は1,350haである。また、開発に伴う洪水時の流出量の増大に対し、河川改修や調節池などの流出抑制施設の設置が計画されている。とりわけ、水循環系の保全に配慮し、流出抑制施設として浸透施設(浸透ますと浸透トレンチの組み合わせが主体)を開発地区の戸建て住宅や公共公益施設用地に設置することや、それらによる流出抑制効果を調節池計画や下水道計画に反映した計画が立てられていることは大きな特徴である。

3.2 水文観測計画

土木研究所では、牛久沼流域での水循環や牛久沼への流入負荷を把握するために、平成11年度より水文観測を実施するとともに、流域の自然・社会条件に関するデータの収集・整理を開始している。

平成11年度の水文観測内容は、1) 低水時における谷田川、西谷田川での流量・水質観測、2) 出水時における谷田川、西谷田川、稲荷川での流量・水質観測、3) 地下水位・水質の一斉観測である。観測地点は図-12に示しているが、低水時の観測は7地点(図中の①から⑦地点)、出水時の観測は3地点(図中の④、⑧、⑨地点)、地下水観測は約45カ所の既設の自家井戸

で実施する予定である。地下水の観測地点は、筑波大学が1971年から1978年にかけて実施した観測井戸のうち⁶⁾、現存し、かつ観測許可をいただいたものに、数箇所を追加することにより決定した。また、河川水の水質調査項目は、水温、DO、pH、濁度、電気伝導度、BOD（溶解性、沈降性）、SS、窒素（アンモニア性、硝酸性、亜硝酸性）、リンである。一方、地下水の水質項目は、水温、pH、溶存酸素、電気伝導度、窒素（アンモニア性、硝酸性、亜硝酸性）である。なお、筑波大学大学院地球科学研究科田中正助教授、都市基盤整備公団茨城地域支社、茨城県土木部河川課と連絡をとりながら観測を実施している。

雨量、気温、風向風速などの気象データは、筑波地域の研究所（筑波大学、土木研究所など）、茨城県による観測データ、AMeDASのデータを活用させていただく予定である。

その他のデータとして、標高、土地利用、地質、農業用水、都市用水、工業用水の利用状況、河川や地下水からの取水量、排水系統、人口・世帯数などのデータを収集し、GIS上に順次整理していく予定である。

現在、1回目の地下水調査と低水時の観測を実施し、データの整理を進めている段階である。

4. まとめ

都市河川流域を対象とした水・熱循環解析モデルを作成し、海老川流域に適用してモデルの妥当性を検討した。今後、モデルの改良を進めるとともに、雨水貯留浸透施設や下水処理水の再利用などの水循環改善対策の評価を行う予定である。

筑波地域での観測は開始したばかりである。河川改修や大規模開発の影響を長期間にわたりモニタリングしデータを蓄積することが重要である。今後、関連機関と密接に連携を保ち、調査内容を拡充するとともに水循環系の定量的な把握を行っていく予定である。

謝辞：海老川の観測データをご提供いただいた東京大学生産技術研究所虫明功臣教授、千葉県土木部都市河川課、社団法人雨水貯留浸透技術協会に感謝いたします。また、牛久沼流域での観測のご協力に対し、筑波大学地球科学研究科田中正助教授、都市基盤整備公団茨城地域支社、茨城県土木部河川課に感謝申し上げます。さらに、賈仰文、倪广恒の両氏に図面の作成で多大のご協力をいただきました。末尾ながら深謝いたします。

参考文献

- 1) Jia, Y. and Tamai, N. : Integrated analysis of water and heat balances in Tokyo metropolis with a distributed model, 水文・水資源学会誌第11巻, 第2号, 150-163, 1998.
- 2) 河原能久, 末次忠司, 賈仰文, 倪广恒: 都市河川流域の水循環解析—モデルの開発と海老川流域への適用—, 土木技術資料 (投稿中) .
- 3) 海老川流域水循環再生構想検討協議会: みんなでとり戻そう私たちの海老川—海老川流域水循環再生構想検討—, 1997.
- 4) 賈仰文, 倪广恒, 河原能久, 末次忠司: 都市河川流域の水循環解析と雨水浸透施設の効果の評価, 水工学論文集 (投稿中) .
- 5) 茨城県: 谷田川河川整備計画, 1999.
- 6) 市川正巳, 他8名: 水文循環に及ぼす都市化の影響—筑波研究学園都市およびその周辺地域の場合— (総括), 筑波の環境研究, Vol.5, 5-18, 1980.