

隅田川の汚濁対策

本間俊朗* ・ 柏谷 衛**
 和気三郎*** ・ 中本 至****
 井上淳昭*****

1. まえがき

隅田川（上流部埼玉県の間は新河岸川と呼ばれている）は、大阪の寝屋川とならんで、汚濁した河川の東西両横綱である。ともに、相当以前から水質汚濁が大きな社会問題となっており、従来からいろいろな施策が関係当局の手によって実施されてきた。なかでも、東京オリンピック関連事業としての浄化用水導入事業は、大阪の万博関連事業としての寝屋川の浄化用水導入事業とならんで著名であり、河川水質の浄化に大きな効果をあげている。

隅田川流域は、その面積約 650 km² で、流域の下流部約 1/3 の地域は、東京の中心である千代田・中央・新宿・文京等の各区をはじめ、城北・江東工業地帯を形

成する板橋・北・荒川・足立・墨田等の各区を擁している。また、中流部は東京のベッドタウンとしての住宅地帯であり、急速な勢いで住宅開発が進んでいる。

隅田川の特長としては

① 平常時の流量がきわめて少なく、感潮河川であるため、汚濁されやすい水域であること。

② 流域には工場および人口が密集し多量の排水があり（図-1、表-1 参照）、なお、未処理のものが多いこと。

③ 河底には汚泥の堆積が多いこと。

などで、これらはその中に汚濁対策の困難性を包蔵している。

河川の汚濁を防止したり、もしくは汚濁した河川を清浄にするためには、工場排水等の水質規制、下水道事業および河底の汚泥しゅんせつ、あるいは浄化用水の導入等の諸施策を、総合的に実施することが必要であり、これらの事業には、国・東京都・埼玉県および関係市町村など多くの機関が関係している。

本文は、隅田川の汚濁対策について、これまでに行なわれてきた施策ならびに現在進められているものについて、将来の予測を含めて概要を紹介し参考に供するものである。

2. 隅田川的环境基準

(1) 概要

水質にかかる環境基準は、公害基本法に基づいて、国民の健康を保護し、生活環境の保全をはかるため望ましい基準として、河川・湖沼・海等、公共用水域の水質汚濁防止をはかるための行政目標である。この基準の設定に関する基本方針が昭和 45 年 4 月 21 日閣議決定され、環境基準の性格ならびに設定の手法等が明確になり、具体的に

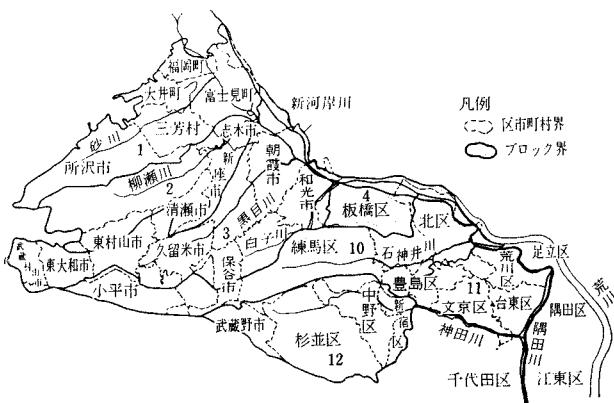


図-1 新河岸川・隅田川の流域図

* 正会員 建設省河川局都市河川対策室 室長
 ** 正会員 建設省土木研究所水質研究室 室長
 *** 正会員 建設省河川局河川計画課 課長補佐
 **** 正会員 建設省都市局下水道部下水道事業課 課長補佐
 ***** 正会員 建設省河川局都市河川対策室 課長補佐

表一 隅田川・新河岸川汚濁源の現況

(昭和 45 年)

ブロック名	ブロック別 (下水道処理場または流域別)	流域面積 (km ²)	人口	区市町村名	汚濁型工場数(従業員30人以上)	汚濁型工場の種類	摘要	
							事業所数	29人以下 総数
1	砂川堀流域	80.1	200 462	入間郡福岡町・入間郡富士見町・入間郡大井町・所沢市・大宮市・志木市・入間郡三芳町	14	① 化学工業 ② 食品品製造業 ③ パルプ・紙・紙加工品製造業	7 6 1	99
2	柳瀬川流域	68.2	193 729	入間郡富士見町・入間郡三芳町・志木市・新座市・清瀬市・東村山市・東大和市・所沢市	15	① 食品品製造業 ② パルプ・紙・紙加工品製造業 ③ 化学工業	8 4 3	108
3	黒目川流域	99.5	593 778	清瀬市・新座市・東村山市・東大和市・武蔵村山市・志木市・朝霞市・和光市・練馬区・板橋区・東久留米市・保谷市・田無市・小平市・立川市	27	① 食品品工業 ② 化学工業 ③ パルプ・紙・紙加工品製造業	15 9 3	106
4	新河岸処理場	20.58	306 253	練馬区・板橋区・北区	63	① 化学工業 ② 食品品製造業 ③ パルプ・紙・紙加工品製造業	44 14 5	165
10	小台処理場	86.4	1 108 687	東村山市・東大和市・練馬区・板橋区・保谷市・田無市・小平市・小金井市・武蔵野市・中野区・豊島区・北区・足立区	73	① 化学工業 ② 食品品製造業 ③ パルプ・紙・紙加工品製造業	33 28 7	445
11	三河島処理場	40.8	935 452	新宿区・豊島区・北区・文京区・台東区・荒川区	65	① 化学工業 ② 食品品製造業 ③ パルプ・紙・紙加工品製造業	28 24 13	1 528
12	落合処理場	69.9	1 200 506	練馬区・武蔵野市・杉並区・中野区・新宿区・豊島区	43	① 食品品製造業 ② 化学工業 ③ パルプ・紙・紙加工品製造業	21 16 6	208

注：神田川の流域の一部および上流部流域の一部を除く（荒川下流工事事務所調査による）。

各河川の水質汚濁の著しい水域を中心とした 49 水域の生活環境にかかる環境基準の類型指定が閣議決定され（昭和 45 年 9 月 1 日）、その後さらに昭和 46 年 4 月 26 日に 34 水域が指定され、合計 83 水域となった。

(2) 隅田川の水質基準

隅田川の水質汚濁の著しい水域を中心とした 49 水域の生活環境にかかる環境基準の類型指定にあたっては、隅田川の利水目的の検討が行なわれ、周辺住民に不快を生じないこととして、悪臭限界を考慮した環境保全の面から E 類型 (BOD・10 ppm) としている。

この目標を達成するためには、排水規制とともに、今後さらに下水道の整備をはかることはもちろん、下水の高級処理を進めてゆかなければならない。また、従来か

表一 隅田川の水質基準

(1) 生活環境にかかる項目

水 域	類型	PH	BOD	SS	DO
隅田川(岩瀬水門より下流)	E	6.0~8.5	10 ppm 以下	ゴミ等の浮遊が認められないこと	2 ppm 以上

(2) 人の健康にかかる項目(全国一律基準)

項 目	基 準 値	項 目	基 準 値
シアン	検出されないこと	鉛	0.10 ppm 以下
アルキル銀	検出されないこと	クロム(6価)	0.05 ppm 以下
水有機リン	検出されないこと	ヒ素	0.05 ppm 以下
カドミウム	0.01 ppm 以下	総水銀	検出されないこと

ら実施している浄化用水の導入、ならびに河床に堆積した汚泥のしゅんせつを行ない、5 年以上かかることはやむを得ないにしても、可及的すみやかに環境基準の達成をはかることとしている。なお、隅田川の水質基準は表 2 のとおりである。

3. 隅田川の水質基準

(1) 概 要

環境基準の設定に伴い、総合的な施策の一つとして、水質保全法に基づいて、すでに定められている排水水質基準も当然再検討しなければならない。また、一昨年末の公害国会において、水質保全法ならびに工場排水等の規制に関する法律が一本化され、新たに水質汚濁防止法が制定された。これによると、従来地域を指定して、指定水域ごとに基準を定めている方式を改め、全国一律基準を定め、さらに汚濁の著しい地域については、都道府県知事が、さらにきびしい上のせ基準を定めることとしている。

(2) 隅田川の水質基準

隅田川の水質基準は表一 3.4 のとおりであり、また、環境基準の設定に伴って、国民の健康にかかる項目に関する排水水質基準が表一 2 (2) のとおり全国一律に定められた。なお、水質汚濁防止法の施行により現行隅田

表-3 工場または事業場から荒川水域甲に排出される水の水質基準

項目	水素イオン濃度 (水素指数)	生物化学的酸素要求量 (mg/L)		浮遊物質量 (mg/L)		適用の日	
		日間平均	最大	日間平均	最大		
区分							
昭和 39 年 8 月 24 日においてすでに設置されている工場または事業場 (昭和 39 年 8 月 24 日においてすでに着工されているものを含む)	甲地域に所在するもの	5.8 以上 8.6 以下	20 以下	25	70 以下	90	昭和 40 年 1 月 1 日
	乙地域に所在するもの						昭和 42 年 4 月 1 日
	丙地域または丁地域に所在するもの						別に告示する日
昭和 39 年 8 月 24 日のあとにおいて新たに設置され、または増設される工場もしくは事業場 (昭和 39 年 8 月 24 日においてすでに着工されているものを除く)							昭和 40 年 1 月 1 日

注：甲地域、乙地域、丙地域および丁地域の各区分は 図-2 参照のこと

表-4 公共下水道から荒川水域甲に排出される水の水質基準

項目	水素イオン濃度 (水素指数)	生物化学的酸素要求量 日間平均 (mg/L)	浮遊物質量 日間平均 (mg/L)	適用の日
区分				
東京都の特別区内に所在する終末処理場	5.8 以上 8.6 以下	20 以下	70 以下	昭和 40 年 1 月 1 日
東京都の特別区以外の地域に所在する終末処理場であって昭和 39 年 8 月 24 日のあとにおいて新たに設置されるもの				
東京都の特別区以外の地域に所在する終末処理場であって昭和 39 年 8 月 24 日においてすでに設置されているもの				別に告示する日
浮間下水処理場				

のしゅんせつを行なうとともに、昭和 39 年から利根川および荒川より浄化用水の導入を行なっている。

以下、これらについて述べる。

(1) 河床汚泥のしゅんせつ

流域の開発が進んでいる河川の河床堆積物には、家庭污水や工場排水に起因する有機性浮遊物がきわめて多いが、隅田川もその例にもれない。これらの浮遊物は、流速の小さくなる岩淵水門付近から河口部にわたって主として沈殿する。流水中の浮遊物は河床に沈殿することによって減少するので、一面的には、水質浄化の役割を果たしているように見える。しかし、堆積した汚泥は、生物化学的分解の過程において、長期間にわたり流水中の溶存酸素を消費するほか、水中に有機物を溶出し水質を悪化させる。さらに、河床汚泥がなんらかの原因により再浮遊したときには、流水中で多量の溶存酸素を消費することになり、水質を悪化させる。

水が汚濁し、よどんだ河川では河床汚泥の嫌気性分解によってメタンガスが発生している例がみられるが、さらに、感潮河川では、河床汚泥の嫌気性分解により発生するメタンガスに、硫化水素が加わることになる。この硫化水素の発生は、河床汚泥中の炭素化合物が分解するに必要な酸素分子を硫酸イオンから奪うことによって発生するものであることが、実験結果より確認されている。

隅田川においても水質の汚濁の最も著しかった時期においては、河床から発生するこれらのガスによる被害が社会問題となった。

したがって、河床汚泥のしゅんせつによる効果は、あまり汚濁が進んでいない河川では流水中の溶存酸素の消費を少なくし、流水を常に好気性に保つことである。また、汚濁が進行している河川では、悪臭の原因をなし、また、人の健康をも阻害するメタンガス・硫化水素等のガス類の発生量を減少させることである。

隅田川の河床汚泥の BOD は採取位置・深度によって

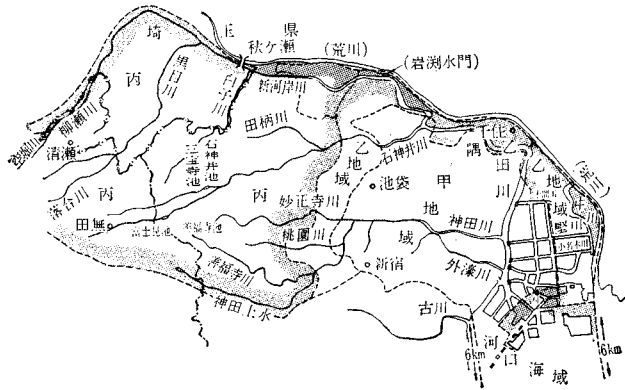


図-2 荒川水域水質基準の甲、乙、丙分割図

川の排水水質基準についても再検討することになるが、2年間の経過措置が設けられているので、この間において検討されることになろう。

4. 河床汚泥のしゅんせつと浄化用水の導入

排水水質の規制、下水道の整備と平行して、隅田川の水質浄化をはかるため汚泥のしゅんせつ、浄化用水の導入を行なってきた。すなわち、隅田川では、昭和 33 年から事業費約 21 億円を投じ約 400 万 m³ の河床汚泥

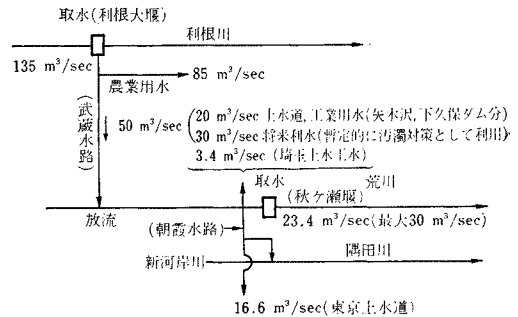
かなりの差異があるが、岩淵水門下流で採取した汚泥のBODは、表層で $18\text{ mg O}_2/\text{g}\cdot\text{乾泥}$ 、下層では $5.7\text{ mg O}_2/\text{g}\cdot\text{乾泥}$ であった。河床汚泥は一般的には表層から下層に至るほど有機物の量は減少しているが、外力により飛散されやすい場所に堆積している汚泥では、下層でも有機物の量が多い場合も見受けられており、汚濁対策としてしゅんせつの対象となる汚泥は、下層に至るまでのもの、すべてが含まれることになる。

河床汚泥が流水中の溶存酸素を消費することはすでに述べたが、隅田川の場合には、大気から再曝気によって導入される溶存酸素量の約3割が、堆積した河床汚泥によって消費されていると見積られている。この河床汚泥が流水中に飛散した場合の酸素消費はきわめて大きくなる。隅田川の河床汚泥を採取して攪拌しながらBODを測定した結果では $57\sim 125\text{ mg O}_2/\text{g}\cdot\text{乾泥}$ となっており、酸素消費量は堆積した河床汚泥の数倍に達している。隅田川のような感潮河川では、短区間でも河床汚泥が飛散すれば、夏期の高水温時には大気からの導入量以上の溶存酸素量が消費されることになり、かなり長い区間にわたって溶存酸素濃度が激減し、ときには皆無となる。このようなことから、河床汚泥のしゅんせつにあたっては浮遊しやすい汚泥をできるだけ乱さずに取り除くようにしなければならない。

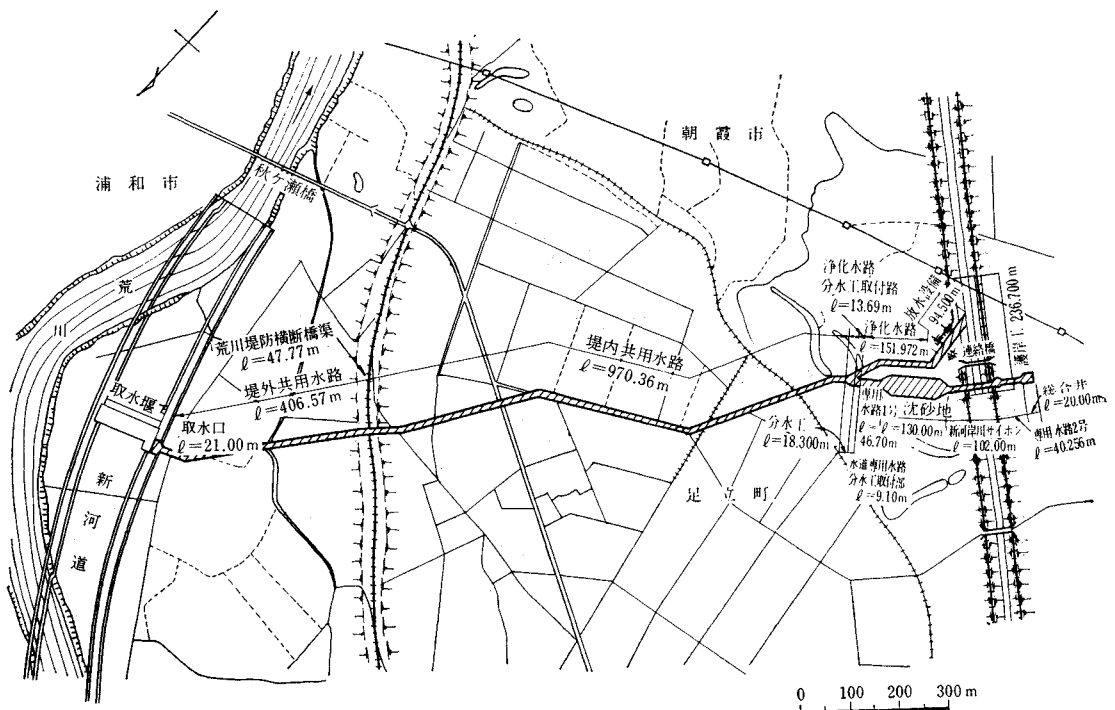
(2) 浄化用水の導入

浄化用水の導入は、たまたま利根川において開発される各種用水を東京都および埼玉県内の需要地に導水するため、利根川と荒川を結ぶ水路の建設が計画され、そしてこの水路の導水容量は将来の合理的な水需用に十分応じられるようにすることとし、 $30\text{ m}^3/\text{sec}$ の余裕を見込んでいるので、これを利用して緊急かつ暫定的な措置として隅田川の水質の改善に資するため、利根川の豊水時の余剰水の利用を考慮することになったのである。

この利根導水路事業は、水資源開発公団の事業として行なったもので、利根川の中流部に取水堰（利根大堰）を建設し、これで各種用水を取水し、荒川中流部鴻巣地



図—3 浄化用水導入系統図



図—4 朝霞水路平面図

先まで開水路（武蔵水路・容量 50 m³/sec）を新設して荒川に導水し、さらに荒川を自然流下させ埼玉県足立町地先秋ヶ瀬付近に取水堰（秋ヶ瀬取水堰）を設け、これから東京都および埼玉県内の用水を取水しようとするものである（図-3 参照）。

したがって、前記導水容量の余裕量 30 m³/sec は、新たに利根川においてダム開発等によって各種用水が生みだされるまでは、利根川の余剰水を導入することが可能であり、隅田川の汚濁対策として役立つわけである。

隅田川に導入する方法としては、上流支川新河岸川を通じて行なうこととし、荒川と新河岸川を結ぶ水路の建設は、直轄河川汚濁対策事業として施工し、水資源開発公団で実施する東京都水道専用水路との共用水路（朝霞水路・図-4 参照）として、合併施工することとし、工事は水資源開発公団で実施した。

なお、朝霞水路の工事費約 32 億円のうち、汚濁対策事業分は 11.5 億円である。

隅田川の水質は図-5 のように昭和 39 年度をピークに汚泥のしゅんせつ、浄化用水の導入あるいは下水道の整備等の諸対策が進捗し、かなり改善されてきた。とくに浄化用水の導入事業は、オリンピックを間近かにひかえた昭和 39 年 8 月 25 日完成し 9 月 10 日から試験通水が開始された。この通水が行なわれるまでは、ひどい臭気を出していた新河岸川と隅田川は、水の色も変わり、においもほとんど消えて、沿川の人々に非常に喜ばれた。

この通水は荒川の自流を操作して実施されたもので、試験通水期間中の通水量の総量は約 7300 万 m³ で平均 16 m³/sec という流量となり、新河岸川の固有流量は通常 3~5 m³/sec であるから、固有流量に対し、3~5 倍の新鮮な水を流したことになる。

試験通水に関連して、関東地方建設局と土木研究所で行なった浄化効果の測定結果は、図-6 のとおりであり、浄化効果の大きいことがこれによってわかる。なお、図-7 はそれらの調査地点を示したものである。

なお、昭和 44 年 4 月から本通水が始まり、その後の隅田川への通水量および水質は図-5 のとおりである。

5. 下水道事業について

隅田川に係る下水道事業は、主として東京都内

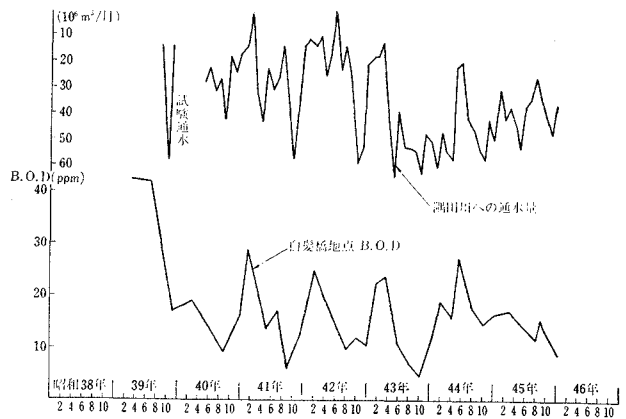


図-5 隅田川における水質の経年変化と浄化用水通水量

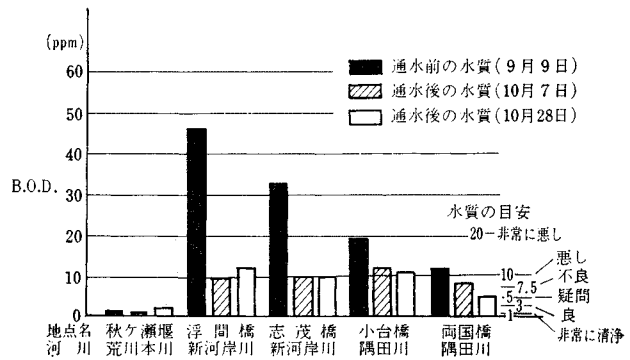


図-6 通水前後の BOD 比較

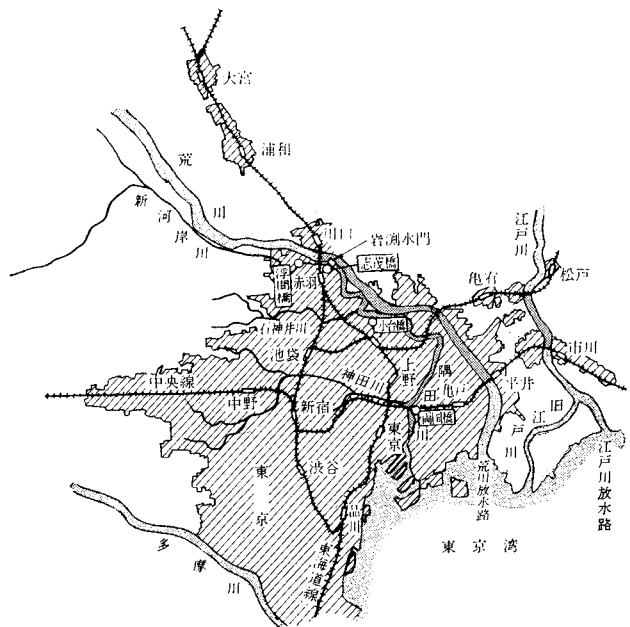


図-7 隅田川の流域と調査地点

における新河岸・落合等の処理区を対象とした公共下水道と、上流部新河岸川流域の埼玉県川口市、和光市・朝霞市・所沢市等および東京都西北部の清瀬市・保谷市の都市を含めた流域下水道と、それに関連する公共下水道に大別される。

これらの下水道事業の現況は、東京都の公共下水道については、区部の中心部における下水道普及率は、排水面積普及率ではほぼ100%であるが、周辺区部ではまだ普及率はきわめて低く、下水道整備が急務となっている。

また、流域下水道は、荒川右岸流域下水道事業として新河岸川流域を対象とした地域について、計画を策定され、埼玉県側は昭和46年度から新規に事業に着手しており、東京都側においても昭和47年度から着手する予定である。

今後の下水道事業は、昭和46年8月26日、閣議決定された第三次下水道整備五か年計画、総額2兆6000億円（昭和46～50年）に基づいて、この水域にかかわる下水道の整備を促進することとしている。以下、これらの事業について紹介する。

(1) 公共下水道について

この流域の下水道整備の緊要性はきわめて高いものであり、汚濁に対して影響の大きい地域から重点的に下水道整備が進められてきた。その結果、落合処理場が昭和39年に、浮間処理場が41年にそれぞれ処理が開始され昭和初期から稼働している砂町・芝浦の処理場の改善・拡張あるいは処理区域の整備などとあまって、隅田川の水質汚濁に対処してきたものである。

現在、隅田川流域の東京都区部の下水道普及率は、千代田・中央・文京・台東・新宿区など区部中心では、ほぼ100%（面積普及率・昭和45年3月末現在）であり、下水道必要面積のほとんどが水洗化可能地区となっ

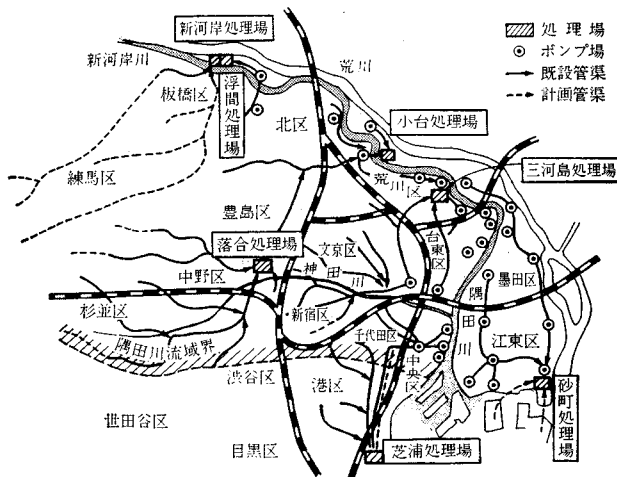


図-8 隅田川流域における公共下水道整備状況

ている。

しかしながら、支川の神田川・石神井川などにつながる練馬・板橋・杉並区などの普及率はまだ低く、練馬区では約5%にすぎないので、これらの区域の住宅・工場・密集化に伴って、隅田川汚濁の原因となっている。

隅田川流域の公共下水道は、図-8に示すように6つの系統に分けられており、前記のように練馬区・板橋区などは整備が遅れ、新河岸処理場もまだ整備されていない。しかしながら、この系統の浮間処理場は工場排水の処理を主眼とするユニークな処理施設で、隅田川の汚濁対策として設置されたものであり、工場排水ならびに一般汚水を生物化学的処理と薬品処理により、BOD 120 ppm まで処理する中間的な処理場である。

そして、隣接して新河岸終末処理場が建設されると、浮間処理場の処理水は、ここでさらに処理され、BOD 20 ppm 以下とすることとしている。

これら各処理場の概要は表-5のとおりである。

表-5 隅田川流域公共下水道終末処理場一覧表

処理場名	計画排水面積 (ha)	計画処理人口 (千人)	計画処理能力 (千m ³ /日)	おもな処理区域 (区名)	処理方式
芝浦	6 420	1 030	(770) 1 030	中央・千代田・港	活性汚泥法
三河島	3 936	1 120	(460) 520	台東・荒川・文京	活性汚泥法
砂町	4 309	840	(470) 680	墨田・江東	活性汚泥法
小台	3 519	770	(360) 420	北・板橋・新宿	活性汚泥法
落合	6 151	1 230	(340) 450	中野・杉並・新宿	活性汚泥法
新河岸	5 997	890	() 520	練馬・板橋・北	活性汚泥法 (計画)
浮間	1 087	230	(290) 290	北	薬品沈殿法

注：()内は現有処理能力である。

浮間処理場は新河岸系統で前処理施設である。

将来計画としては、各系統の管渠網を拡張させるとともに新河岸処理場の建設あるいは他処理場の拡充を行ない、この地区の普及率を100%にして、上流域の荒川右岸流域下水道の整備とあわせて環境基準の達成をはかる。

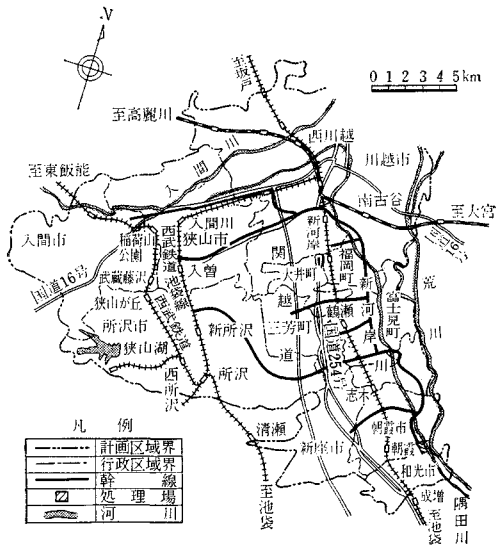
(2) 流域下水道

流域下水道は、公共用水域の水質保全を大きな目的として、2以上の市町村を越えて広域にわたって設けられる下水道であり、各市町村の関連公共下水道と接続して、総合的な終末処理場を持つものである（注：「流域下水道事業」については、本文12～20ページを参照のこと）。

隅田川の上流水域である新河岸川流域は、急激な都市化現象と工場立地によって家庭下水や工場排水が激増し、年々、水質が悪化しているため、この水質汚濁防止の抜本的対策として、効率的・

合理的となるような荒川右岸流域下水道計画を策定することとしたものである。

この荒川右岸流域下水道計画は、埼玉県東部の川越・所沢・入間・和光等の8市4町および東京都西北部の東村山・清瀬などの10市を含むもので、埼玉県側については、図-9のような計画が立案され、昭和46年度から事業費1億円で実施されることになった。



事業主体：埼玉県
 計画面積：23 500 ha
 計画人口：170 万人
 管延長：60 km
 処理場：1か所
 事業費：400 億円
 関係都市：川越市・福岡町・富士見町・三芳町・志木市・朝霞市・和光市・新座市・所沢市・狭山市・入間市・大井町

図-9 荒川右岸流域下水道・埼玉県案

この計画の概要は事業主体が埼玉県で計画面積 23 500 ha、計画人口 170 万人、管延長 60 km となっている。また、東京都の地域については、現在、処理場を埼玉県と共同するかどうか、などの基礎的な検討がなされている。なお、今回の下水道法の改正によって公共用水域の水質環境基準を達成するために、水域全体の流域別下水道整備総合計画を定めることになっており、隅田川についても、荒川水域全体の総合的な下水道計画を策定することになっている。

(3) 三次処理について

昭和45年9月1日、閣議決定された荒川水域（隅田川を含む）の水質環境基準の水域類型指定にあたって、その施策として、下水道整備の促進のなかで、とくに将来三次処理の実施が明示されている。

三次処理の建設省の対策としては、

① 第三次下水道整備5か年計画において、リン酸塩の除去を目的としたパイロットプラントの設置と室内基礎実験および窒素除去に関する調査、有機性浮遊物の除去を主体とした調査など調査研究を行なう。

② 建設省土木研究所と指定都市の技術専門職員による三次処理技術開発に関するプロジェクトチームを編成し、三次処理に関連する実験・調査を行なうとともに、各都市の研究開発の調整をはかり、効率的に実用化を促進する。

③ 公害に関する日米閣僚級会議の下部機構として設置されている日米下水処理技術委員会を通じ、三次処理技術に関して先進的なアメリカ合衆国と定期的に技術交流を行ない、情報の交換につとめる。

など、必要な予算の確保と研究体制の強化をはかってゆく方針である。

したがって、隅田川水域に処理水を放流する落合処理場などについても、上記の対策に応じて将来三次処理をはかってゆく方針である。

6. 隅田川水質汚濁の将来予測

(1) 水質汚濁の計算方法

隅田川の水質汚濁計算は、現在および将来の家庭污水・工場排水などの有機性汚濁負荷量の流入に対して、水質基準の設定、浄化用水の導入、公共下水道の整備などの水質汚濁防止対策を実施してゆくための基礎資料とするために行なったものである。

この計算の基礎となる現況の水位・流量・DO・BOD・塩素イオンなどの調査は、昭和38年から40年までの間に、建設省関東地方建設局と土木研究所において、十数回にわたって行なわれた。これと同時に汚濁計算法の検討に着手した。長期にわたる検討の結果、イギリスの水質汚濁研究所（Water Pollution Research Laboratory）が、テムズ河の水質汚濁予測を行なうために開発した計算方法が隅田川の水質汚濁予測を行なうために最も適していることを見いだした。この方法（以下、テムズ方式という）では、混合係数など諸係数が水理条件の変化に対して、あまり変わらないという利点があり、精度も比較的高いことがわかった。

テムズ方式では、計算を行なう感潮部は完全混合であると仮定している。そして、固有流量による物質の移動と潮汐による混合とに分けて計算を行なうと、水理条件のかなりの範囲で、混合距離・混合係数が変わらないとしている。この混合特性の指標としては、塩素イオン濃度分布が用いられており、計算の基本式は水と塩分との保存条件をもとにして求めている。すなわち

① ある期間、ある点をとって上流に運ばれた塩分は、この期間の終わりに上流にある塩分量と、この期間河口に流出した塩分量をさしひいたものに等しい。

② この地点に入る水の量も、①と同じ条件を満たしている。すなわち、混合 (Mixing) のみによっては水塊の移動はない。

以上の2条件は、次式 (1), (2) のとおり表わされる。

$$\frac{1}{n} \left[\int_0^L \sum_1^n CAP_2 \frac{L-x}{L} dx + \int_0^{-L} \sum_1^n CAP_1 \frac{L+x}{L} dx \right] = \frac{1}{n} \left[\sum_1^n RC + S \right] \dots\dots\dots (1)$$

$$\int_0^L AP_2 \frac{L-x}{L} dx + \int_0^{-L} AP_1 \frac{L+x}{L} dx = 0 \dots\dots (2)$$

ここに、 L : 混合距離、 P_1 : 上流側混合係数、 P_2 : 下流側混合係数、 C : 塩素イオン濃度または塩分濃度、 A : 半潮時の流積、 R : 1潮時 T 期間の固有流量、 S : T 期間に増減した塩分濃度。

いま、 $AP_1 = X$, $AP_2 = Y$, $1/n \sum_1^n C = \bar{C}$, $1/n \sum_1^n RC = \bar{RC}$, $1/n S = 0$ とおくと、式 (1), (2) は次のように改められる。

$$\int_0^L \bar{C} Y \frac{L-x}{L} dx - \int_0^{-L} \bar{C} X \frac{L+x}{L} dx = \bar{RC} \dots\dots\dots (3)$$

$$\int_0^L Y \frac{L-x}{L} dx + \int_0^{-L} X \frac{L+x}{L} dx = 0 \dots\dots (4)$$

実際の計算のために、式 (3), (4) を差分式に直し、 X , Y , \bar{C} が距離 x に対して一次関数とし、図-10 に示す記号によって表示すると、次のとおりである。

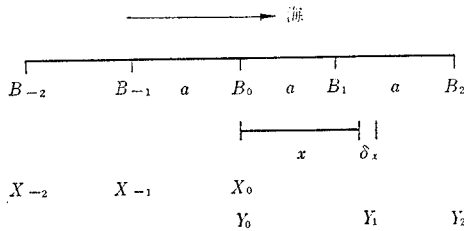


図-10 記号表示

$$X = X_0 - (X_1 - X_0)x/a \quad B_0 \leq x \leq B_1$$

$$Y = Y_0 - (Y_1 - Y_0)x/a \quad B_0 \geq x \geq B_{-1}$$

$$\bar{C} = C_0 - C_1 x \quad B_1 \geq x \geq B_{-1}$$

ただし、 a , C_0 , C_1 は常数。

これらを、式 (3), (4) に代入すると

$$2 X_0 L^2 + 2 Y_0 L^2 + \frac{(Y_1 - Y_0)L^3}{a} + \frac{(X_1 - X_0)L^3}{a} = \frac{12 \bar{RC}}{C_1} \dots\dots\dots (5)$$

$$3 Y_0 L - 3 X_0 L + \frac{(Y_1 - Y_0)L^2}{a} - \frac{(X_1 - X_0)L^2}{a} = 0 \dots\dots\dots (6)$$

いま、 a を混合距離 L にとると、式 (5), (6) は次のように簡略化して示すことができる。

$$X_0 + Y_0 - Y_L + X_{-L} = 12 \bar{RC}/L^2 C_1 \dots\dots\dots (7)$$

$$2 Y_0 - 2 X_0 + Y_L - X_{-L} = 0 \dots\dots\dots (8)$$

実測の塩分濃度分布と水理量と上記各式とから、順次 X , Y , L を求めることができる。このようにして求めた L , X , Y または P_1 , P_2 は前記のように水理量のかんりの範囲で変わらないことが、テムズ河で確認されている。

a) BOD 分布の予測

すでに求めた X , Y , L を用いて、BOD 分布を、① 固有流量による移送と、② 潮汐による混合とに分けて計算をする。すなわち

$$U'_{x+dx} = U_x e^{-KT} + \int_0^T I e^{-K(T-t)} dt \dots\dots\dots (9)$$

$$U''_{x+dx} = \frac{1}{A} \int_{-L}^0 \frac{U'X}{L} dx + \int_0^L \frac{U'Y}{L} dx + U'_x (A - X - Y) \dots\dots\dots (10)$$

ここに、 U_x : x における $T=0$ の最終 BOD、 I : 1潮時の移送距離 dx に入る流入 BOD、 K : 脱酸素係数、 t : 初期地点から負荷流入地点に要する時間。

実際の計算では、式 (9) において $t=0$, すなわち、初期地点から dx 下流までの区間に流入する負荷の全量が、初期地点から流入するものとし、さらに、式 (10) を和分に直して計算した。

b) DO 分布の予測

BOD 分布と同様に、移送と混合とに分けて計算を行なう。すなわち

$$D'_{x+dx} = D_x \exp\left(-\int_0^T \frac{G}{H} dt\right) + \int_0^T K U_t \exp\left(-\int_0^T \frac{G}{H} dt\right) dt \dots\dots\dots (11)$$

$$D''_{x+dx} = \frac{1}{A} \left[\int_{-L}^0 \frac{D'X}{L} dx + \int_0^L \frac{D'Y}{L} dx + D'_x (A - X - Y) \right] \dots\dots\dots (12)$$

ここに、 D_x : x における期間 T の初期 DO 不足量、 D' : T 期後移送中に脱酸素、再曝気を受けた後の DO 不足量、 D'' : 混合後の DO 不足量、 K : 脱酸素係数、 G : 酸素交換係数、 H : 平均水深、 U : BOD 値。

実際の計算では、式 (11) の K , G , H , U が時間的に変動しないものとし、さらに、式 (12) を和分に直して計算した。

(2) 汚濁負荷量および下水量

汚濁負荷量および排水量は、① 家庭汚水によるもの、② 工場廃水によるものに分けて求めた。

家庭下水量は水道使用量から求めることとし、その量を、昭和 39 年、50 年、60 年について、それぞれ 350

l/人/日, 475 l/人/日, 600 l/人/日と推定した。家庭下水による BOD 原単位は, 将来における雑排水中の BOD 負荷量の増加を考慮して, 昭和 39 年, 50 年, 60 年について, それぞれ, 35 g/人/日, 50 g/人/日, 60 g/人/日と推定した。なお, 将来人口の推定は, 東京市政調査会による「東京都区市町村別将来人口の推定」によった。

工場排水量の原単位は, 昭和 37 年度工業用水統計表から排水量=用水量-(ボイラー用水+原料用水+回収水)を工業出荷額 100 万円あたりについて求めた。工場廃水による BOD 原単位は, 経済企画庁において遠山啓氏らが全国 1 000 工場の水質分析結果を産業中分類ごとに整理した数値を用いた。工場出荷額の推定は, 東京都推計昭和 60 年全国工業出荷額 136 兆 6 680 億円を与件として配分係数法を用いて推定した。昭和 50 年における推定値は, 昭和 39 年度の実績と昭和 60 年の推定値を中分類ごとに直線で結ぶことにより求めた。隅田川に処理水を放流する下水処理場は, 新河岸・落合・小台・三河島の各処理場であり, その流入下水水量および BOD 負荷量の各年推定値は 表-6.7 にそれぞれ示した。

表-6 下水処理場から隅田川への放流量
($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$)

年次	昭和 39 年	昭和 50 年	昭和 60 年
新河岸	549.4	1 236.5	1 830.6
落合	492.2	866.9	1 180.3
小台	748.2	1 674.8	2 459.6
三河島	873.8	1 863.5	2 674.4
計	2 663.6	5 641.7	8 144.9

表-7 下水処理場別 BOD 負荷発生総量
(t/day)

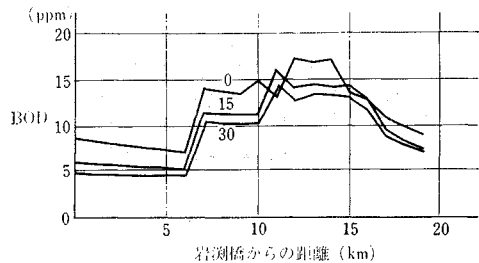
年次	昭和 39 年	昭和 50 年	昭和 60 年
新河岸	93.1	186.3	290.3
落合	72.8	169.0	244.1
小台	152.7	345.3	513.1
三河島	160.5	368.7	544.5
計	479.1	1 069.3	1 592.0

c) 汚濁予測計算

隅田川の汚濁予測計算を行なうにあたっては, 外的条件として秋ヶ瀬堰から取水し, 新河岸川に導入する浄化用水量として, 0, 15, 30 m^3/sec を考えることとした。また, 下水処理場での平均的 BOD 除去率として, 将来は三次処理を実施できる可能性もあることから, 85%, 90%, 95%, 98%とした。そして, 昭和 50 年および昭和 60 年における汚濁負荷量推定値をもとに, 上記条件の各組合せについて BOD 分布・DO 分布の計算を行なった。計算結果のうち, 図-11.12 に昭和 50 年および昭和 60 年についての浄化水導入量と隅田川の BOD

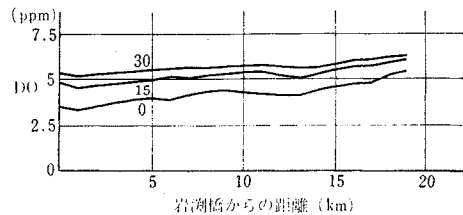
分布・DO 分布との関係, 下水処理場で BOD の除去率と隅田川河水の BOD 分布との関係を示した。

浄化水の導入は, 隅田川上中流部の BOD の低下と DO 増加にきわめて大きな役割を有することが現状調査から知られている。このうち, BOD の低下は浄化水導入地点に近いほどその効果が大きいことが見いだされているが, 昭和 50 年, 60 年の予測結果でも, 同様な効果が得られることが見いだされている。さらに, 浄化水導入は, DO 濃度の増加にきわめて大きな効果を示しており, 浄化水 30 m^3/sec の導入は, 下水処理場で BOD 除去率 90% の場合(すなわち, 現在の BOD 生物処理の除去効率)でも, つねに DO について 5 ppm 以上の濃度を全川にわたって保たしめる効果のあることを示している。また, 下水処理場において BOD 除去率を高めることは, BOD の減少に大きな効果があり, 一



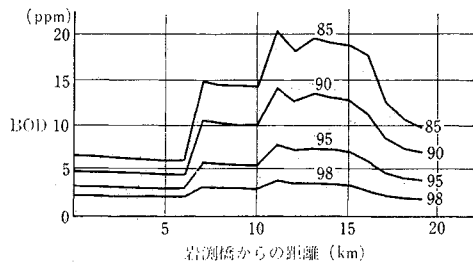
下水処理場 BOD 除去率 90% の場合, 図中の数字は浄化水導入量 (m^3/sec) を示す。

(1) 浄化水導入量と BOD 分布



下水処理場 BOD 除去率 90% の場合, 図中の数字は浄化水導入量 (m^3/sec) を示す。

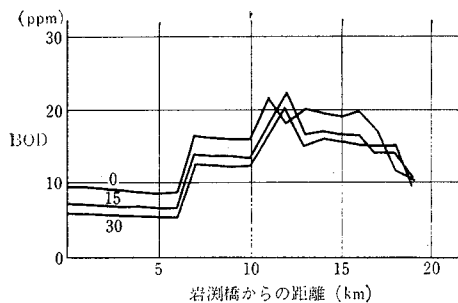
(2) 浄化水導入量と DO 分布



浄化水導入量 30 m^3/sec の場合, 図中の数字は BOD 除去率 (%) を示す。

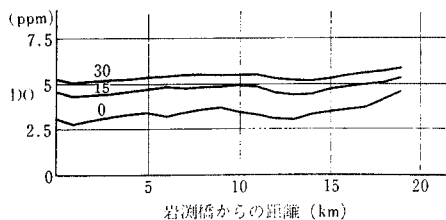
(3) 下水処理場 BOD 除去率と BOD 分布

図-11 昭和 50 年度における BOD, DO 予測結果の例



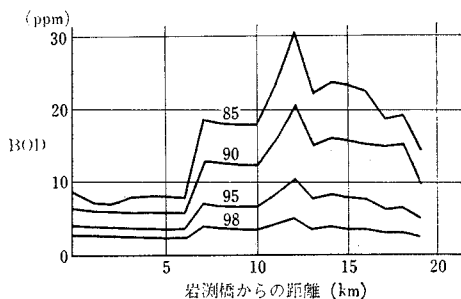
下水処理場 BOD 除去率 90% の場合、図中の数字は浄化用水導入量 (m³/sec) を示す。

(1) 浄化用水導入量と BOD 分布



下水処理場 BOD 除去率 90% の場合、図中の数字は浄化用水導入量 (m³/sec) を示す。

(2) 浄化用水導入量と DO 分布



浄化用水導入量 30 m³/sec の場合、図中の数字は BOD 除去率 (%) を示す。

(3) 下水処理場 BOD 除去率と BOD 分布

図-12 昭和 60 年度における BOD, DO 予測結果の例

例として示した浄化用水導入量 30 m³/sec の場合に、隅

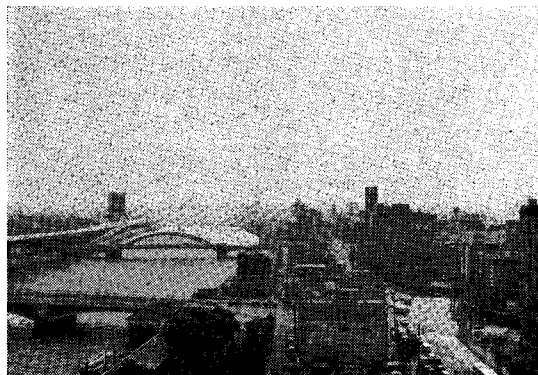


写真-1 隅田川 (吾妻橋付近から上流を望む)

田川全川にわたって BOD 濃度を 10 ppm 以下にするためには、BOD 除去率は 95% でなければならないことが示されている。このため、下水処理場では活性汚泥法による二次処理のみならず、将来は三次処理を行わなければ、水質環境基準の E 類型を維持できないことが予測結果から示されている。

7. あとがき

おわりに、以上述べた隅田川の汚濁対策について概略まとめることにする。

汚濁対策のスタートは、まず水質等の現況把握から始められることになるが、水質汚濁防止法にいうところの水質測定計画(同法により都道府県知事が定めることになっている)は、まだ定められていない。しかし、水質調査の地点および項目については、現在おおむね満足すべき状態に実施されつつあり、水質汚濁対策推進のために必要となる資料を得ることができるようになり、また、水質浄化について、適正な執行が監視できるようになっている。

水質汚濁対策として、関係諸機関が担当する各種の諸施策が強力に、かつ効果的に実施されるよう調整がはかられる場として、関東地方水質汚濁対策連絡協議会(会長:建設省関東地方建設局長)が設けられ、隅田川はその協議会の荒川・中川部会で検討されている。

隅田川の水質の環境基準を E 類型とすることが閣議決定されたことは前述したが、この環境基準を達成するための総合的なマスタープランが必要である。以前に経済企画庁において定められた工場排水の水質基準も、このような総合的汚濁対策の一環としての意味を有するものであろう。しかし、前項の隅田川の水質の将来予測によっても明らかのように、すべての汚濁対策についておのおの位置づけを明確にした、効果的な総合的マスタープランの再点検が、この協議会により確立されることが必要ではなからうか。

次に、汚濁対策の個々の施策についてであるが、その第一は、もちろん下水道事業である。500 万人以上の人口と大規模工場 1700 を有する隅田川の流域の市街地についてみると、公共下水道の普及率は約 40% 程度であり、未整備地区からの汚濁物質のたれ流しが隅田川の水質悪化に大きなウエイトを占めているので、今後の公共下水道・流域下水道の強力な推進が望まれる。現在、下水道に対する膨大な投資が行われ、関係機関および担当職員はその執行に懸命の努力を続けている。

工場排水の規制については、水質浄化にただちに好結果をもたらす効果的な対策であり、下水道が完備されていない現状においては、とくに重要である。排水基準の

上のせ基準については、東京都において鋭意検討が進められているとのことであるが、できるだけ早く実現することを期待してやまない。

利根川・荒川からの浄化用水の導入事業については、前述のようにすでに完成し、年間多量の浄化用水が導入されている（昭和 45 年でいえば年間約 4 億 3 000 万 t）。また、隅田川の河床の汚泥しゅんせつ事業は、今後引き続き強力に進めることとなっている。

河川へのごみなどの投棄の取締りについては、河川のパトロールを強化しつつあり、また、河川にごみなどを投棄しないよう地域住民に対する PR を行なっている。

以上は、当面とられつつある施策について述べたのであるが、これに対して今後の重要な問題としては、下水の量がきわめて多量になってくることをあげることができる。前項で述べたように、昭和 60 年の下水の量を予測すると約 100 t/sec の大きさに達すると考えられる。多少の予測手法に誤差があるとしても、おおむねその傾

向に誤りがないと思われるので、このような状況下においては、また特別の措置が要求される。前項で下水処理効率を高め BOD で 95% 以上の除去が必要であり、さらに浄化用水も必要であると述べた。これに対処するための下水の高度処理技術の開発が必要となろう。

おわりに、本文をまとめるにあたり資料の提供をいただいた建設省荒川下流工事事務所の方々に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 渡辺重幸：隅田川の汚濁対策について—浄化用水路と試験通水の成果を中心に、工業用水、第 80 号、昭和 40 年 5 月
- 2) 建設省荒川下流工事事務所：荒川隅田川浄化対策調査中間報告書、昭和 46 年 5 月
- 3) 村上 建：隅田川の汚濁の現状と将来、土木研究所資料、第 277 の 3 号、昭和 42 年 4 月
- 4) 杉木昭典：感潮河川の汚濁機構、特に隅田川について、土木研究所報告、第 133 号の 1、昭和 42 年 12 月（1972.1.18・受付）

土木学会投稿の手引き

●土木学会投稿の手引き特別小委員会・編集●

B 5・40 ページ 350 円（〒 70 円）

1. はじめに
2. 土木学会誌・土木学会論文報告集投稿要項解説
3. 土木学会投稿原稿の書き方
4. 欧文論文のまとめ方
5. オフセット用原稿の書きかた、など。付録つき

設計と施工を結ぶ
土木雑誌

施工技術

3月号 2月20日発売 260円

●特集 岩と土

——境界部分の性質と設計・施工——

- 岩の力学的性質……………東京大学 西松裕一
 岩から土へ—風化の問題—…香川大学 斎藤 実
 土から岩へ—固結の問題—…東京大学 小島圭二

＜設計・施工＞

- トンネル……………国鉄鉄道技術研究所 高橋彦治
 斜面の安定……………建設省土木研究所 渡 正亮
 安江朝光
 構造物基礎……………本四連絡橋公団 吉田 巖
 ダム基礎……………農林省関東農政局 大野勝次
 土工機械の施工性……………大阪ロック 野中留一

【主要記事】

- 太径鉄筋を用いた高架橋橋脚
 ……………首都高速道路公団 佐藤重尚
 鋼管矢板ウエルによる岸壁の施工
 ……………川崎製鉄水島製鉄所 長野昌雄
 八郎潟の将来計画と地盤改良
 ……………小野田セメント 伊東範雄
 下田正雄

連載・講座

- PCブロック工法の設計・施工(4)
 ……………PCブロック工法施工検討会
 のり面保護と緑化……………天龍緑化研 高橋四郎
 現場マンのための12章
 ……………建設企画コンサルタント 扇孝三朗
 シリーズ座談会・土木工事の安全施工を探る(3)
 トンネル工事

日刊工業新聞社

東京都千代田区九段北1-8 10