

VIII. 測量及び試験費による研究

1. 利根川水系水質実態調査

水質研究室 室長 田中 宏明
主任研究員 小森 行也
主任研究員 白崎 亮
主任研究員 石井 宏幸
研究員 竹歳 健治

1. はじめに

本調査は利根川水系の水質、負荷量変化とその流域の土地利用、人口、産業活動の変化や水利用の高度化との関係について、現在までの状況を調査・解析し、データベース化するとともに、将来の水質動向に関する検討を行うものである。それにより、利根川水系における水や物質の循環過程の解明や、下水道整備をはじめとした水質保全に関する施策の評価手法の確立に資することを目的としている。

12年度は前年度に引き続き、利根川水系の水質実態調査を行い、窒素、リン、クロロフィル、全有機ハロゲン(TOX)及びその生成能(TOXFP)、トリハロメタン生成能(THMFP)等について水質の現況を把握した。

また、現在までに収集した流域フレームのデータ整理も引き続き行って、経年変化などについて検討した。

2. 調査方法

2.1 流域フレーム調査

利根川流域における社会・産業活動の変化を把握するために、流域の処理形態別人口や工業出荷額、土地利用状況等について、統計データを水質基点毎に整理し、汚濁負荷量の算出や経年変化について検討した。

2.2 水質実態調査

国土交通省の定期水質調査での測定項目以外で、水運用がさらに高度化、複雑化していく中で、将来的に重要になると考えられる窒素、リンといった栄養塩類やクロロフィル a、水道原水として問題となるトリハロメタンや全有機ハロゲン化合物について、月1回行われている定期水質調査と同時に実態調査を行った。調査の対象とした水質基点は、利根川水系全体で80箇所ある水質基点(水質調査地点)のうち、近年、大きく流域の状況が変化した利根川本川中下流部と江戸川に限定した。

3. 調査結果

3.1 流域フレーム調査

前年度までに収集した処理形態別人口や工業出荷額、土地利用状況等の利根川流域のフレームデータを、調査対象とする水量・水質観測地点の集水域毎に、GIS等を用いて整理した。その代表例として、昭和55年と平成7年の流域のBOD排出汚濁負荷量を比較し、変化を図化したものを図-1に示す。

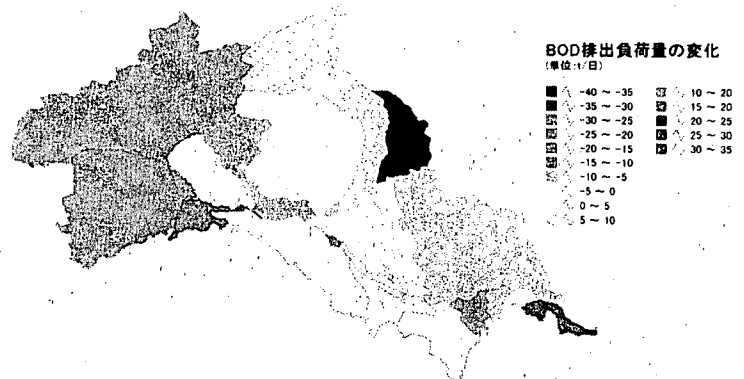


図-1 BOD汚濁負荷量の変化(S55とH7の比較)

3.2 水質実態調査

全窒素(TN)、全リン(TP)、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)、オルトリン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)、クロロフィルa(Chl-a)、全有機ハロゲン化合物生成能(TOXFP)、トリハロメタン生成能(THMFP)の7項目について、平成8年から12年までの利根川水系における年間平均水質を縦断的に図-2に示す。

調査年によって若干変動するが、ほぼ同様な縦断変化が見られる。利根川、江戸川ともにTN、TPの濃度に関しては、上流から下流にかけて一部で変動はあるものの、ほぼ横ばいであったが、TN、TPの観測値はそれぞれ2~4(mg/l)、0.1~0.2(mg/l)程度と高く、湛水域や内湾等で富栄養化を十分起こし得るレベルであった。

また、 Chl-a とTHMFP、TOXFPに関しては下流に進むに従って濃度が高くなる傾向にあった。一方、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は中流まではそれほど変動は無かったが、下流域では低下していた。これは利根川、江戸川とも下流域では河口堰や水門により湛水しており、その部分では $\text{PO}_4\text{-P}$ を利用して、藻類が増殖しやすくなることから Chl-a が高くなると思われる。TOXFP及びTHMFPに関しては、 Chl-a 成分が前駆物質と成り得るため、 Chl-a の上昇と同様な傾向を示したと考えられる。

さらに、利根川、江戸川の最下流部である銚子大橋と東西線鉄橋下では堰の下流側となるため海水となっている。これらの地点でTHMFP、TOXFPが大きく上昇しているのは、海水に含まれる臭素イオン等が影響したためだと考えられる。

なお、刀水橋において各水質とも非常に高くなっているが、調査地点が支川の流入直下であることから、必ずしも本川の水質を代表していないことに留意する必要がある。

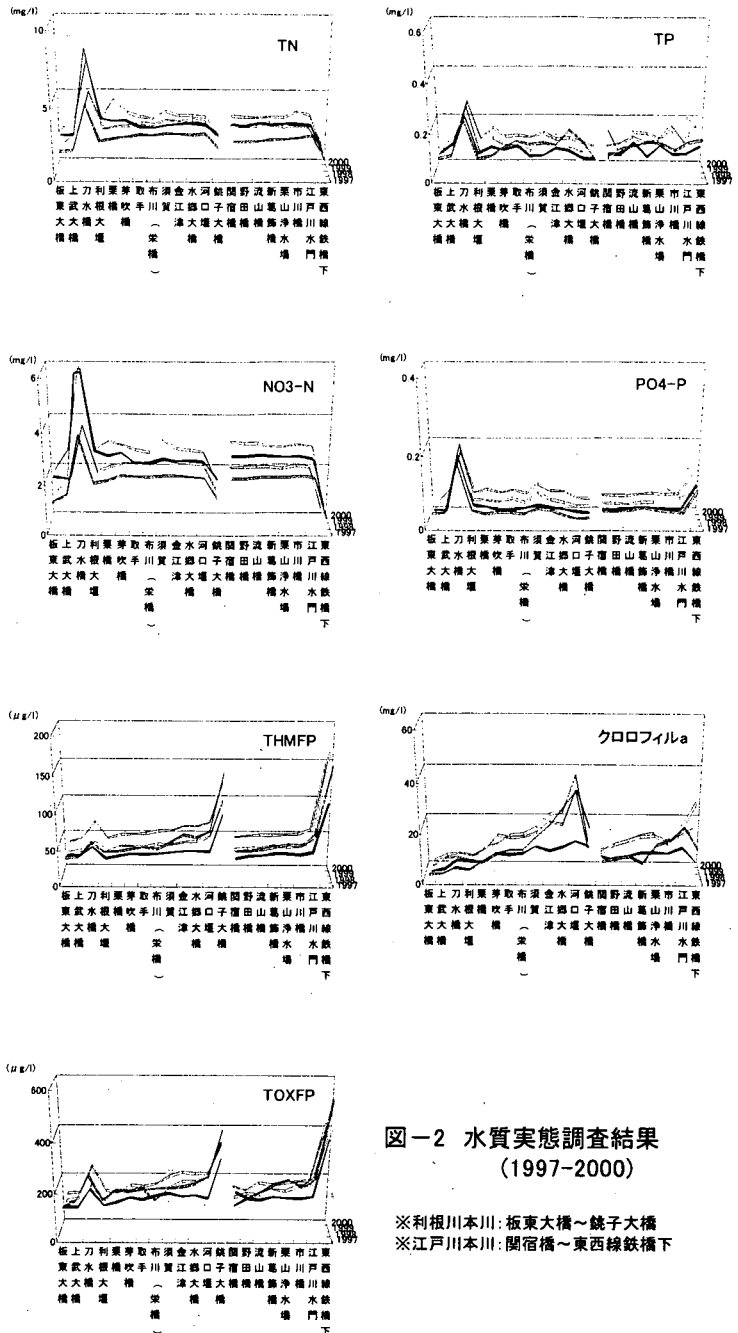


図-2 水質実態調査結果 (1997-2000)

※利根川本川：板東大橋～銚子大橋
 ※江戸川本川：関宿橋～東西線鉄橋下

参考文献

- 1) 田中宏明、小森行也、白崎亮、竹歳健治：利根川水系水質実態調査、土木研究所資料、第3775号、pp.235-240、平成12年10月
- 2) 竹歳健治、田中宏明、小森行也、白崎亮：利根川水系における総合的な水質保全対策の必要性、日本水環境学会年会講演集、第35回、p.39、平成13年3月

2. 河川水中のエストロゲン様物質に関する調査

水質研究室	室	長	田中 宏明
	研	究	高橋 明宏
	重	点	東谷 忠
	研	究	同
	交	流	矢古宇靖子
	研	究	同
	員		齋藤 正義

1. はじめに

国土交通省では化学物質により生物の内分泌が攪乱される問題、いわゆる環境ホルモン問題に対して、河川におけるそれらの物質の実態を把握するため、全国 109 の一級河川において環境ホルモン物質の実態調査を行っている。実態調査においては、環境ホルモンと考えられる化学物質の用途と使用量を勘案し、測定対象を限定している。しかし、環境中には人間活動に由来する多くの化学物質が存在するため、測定対象としていない環境ホルモンが存在する可能性があるだけでなく、それらが複合的に作用した場合の生物影響についても不明である。

このため、対象物質を限定せず、環境中に存在する物質に由来する環境ホルモン作用の総合的作用を把握することを目的として調査を行った。環境ホルモンの生物影響としては、女性ホルモン活性(エストロゲン活性)、男性ホルモン活性、甲状腺ホルモン活性等が指摘されているが、実態調査の対象として選定されている化学物質はエストロゲン活性が指摘されている化学物質であることから、本調査はエストロゲン活性を検討対象とした。エストロゲン活性を総合的に把握するための *In vitro* の方法としては、乳がん細胞を使用する方法¹⁾ や遺伝子操作によりを測定する機構を組み込んだ酵母菌(組み換え酵母)を測定する方法^{2) 3)} 等が報告されている。操作が簡易なこと、毒性物質に対する耐性が高いこと等の特徴から組み換え酵母を用いた河川水のエストロゲン活性の測定を検討した。12年度は11年度の検討⁴⁾ で河川水からエストロゲン活性を抽出するのに適していると判断した固相抽出法(C18 カラム、メタノール(MeOH) コンデ イション⁴⁾、MeOH 溶出)を用いて河川水の抽出を行い、測定を実施した。

2. 調査方法

12年度に実施した建設省の河川での内分泌攪乱化学物質実態調査(秋期)の際に採取された15試料を用いた。河川水は固相抽出法により処理し、エストロゲン様物質を抽出した。操作フローを図-1に示す。

エストロゲン活性の測定に用いた酵母には、ヒトの女性ホルモン受容体合成遺伝子、エストロゲン様物質と結合し活性化した女性ホルモン受容体により酵素 β -ガラクトシダーゼを合成するプラスミド等が遺伝子操作により組み込まれており、試料のエストロゲン活性を酵素の生成量として測定することができる。測定は Sumpter⁵⁾ の方法³⁾ を改良した矢古宇らの方法⁵⁾ に従い次のように行った。前培養した組み換え酵母の濁度から菌体濃度を求め、 4×10^7 cells の菌体を混合した測定培地を調整し、96穴のマイクロプレート上でジメチルスルホキシド(DMSO)のwell内濃度が1%以下となるように調整・希釈を行った測定試料と測定培地を混合・28℃で7日間培養する。培養後550nmの吸光度(発色色素)と600nmの吸光度(濁度)を測定し、活性値=試料の550nm吸光度-(試料の600nm吸光度-ブランクの600nm吸光度)を求める。この活性値から求めた標準物質17 β イストラジオールと試料の用量反応曲線を比較し、試料のエストロゲン活性を17 β イストラジオール活性等量として求めた。

3. 結果及び考察

図-2に平成12年度に調査した15試料について、それぞれの測定結果及び各地点の平成10~12年度に測定した結果の最大値、最小値、平均値を合わせて示す。酵母法に供した試料は濃縮による細胞毒性等の影響もな

く、エストロゲン活性の測定ができたことから、11年度に検討した前処理法（固相抽出法）を用いることが適当と考えられた。12年度の測定結果の平均値及びその範囲は0.82ng/L、0.075~4.2ng/Lであった。また、平成10~12年度に測定した各地点の平均値（図中の▲）は0.11~10.0 ng/Lの範囲であった。この図から分かるように、河川の調査地点については、地点No1, 13, 14, 15といったエストロゲン活性値が比較的高い値で検出されることが多い地点と地点No3~12のようにエストロゲン活性値が安定して低い地点があることが分かった。エストロゲン活性値が高かったNo1（枇杷島橋）、No13（田園調布堰）、No14（内匠橋）、No15（多摩川原橋）については、今後、定期的なエストロゲン活性の測定、原因物質の検討および生物影響の調査等を行う必要性が高いと考えられる。

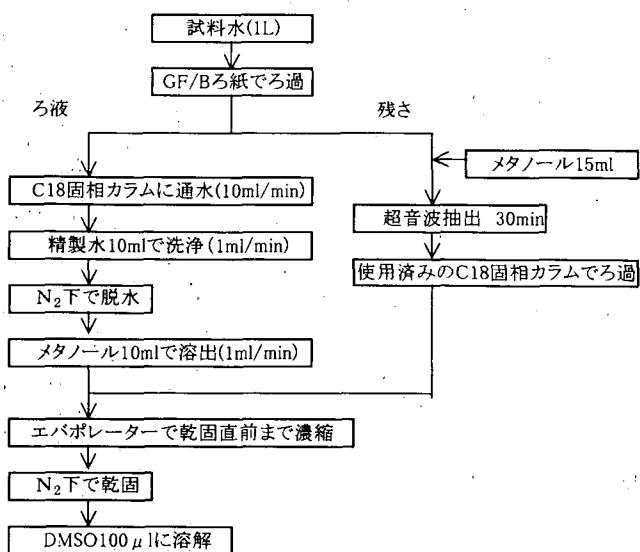


図-1 試料の前処理方法

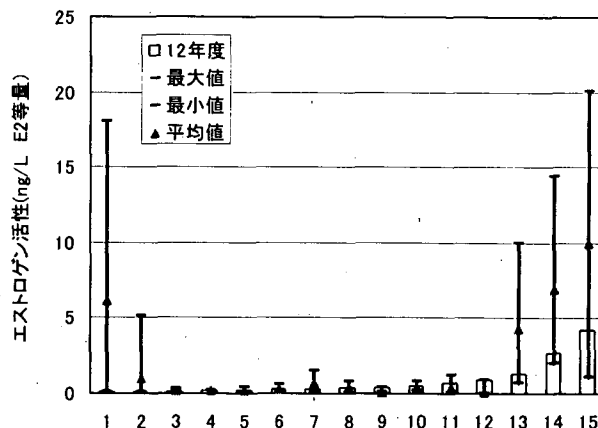


図-2 エストロゲン活性の測定結果

4. 主な研究成果物

高橋明宏, 矢古宇靖子, 東谷忠, 斉藤正義, 田中宏明: 組み換え酵母を用いたエストロゲン様活性の測定に関する調査報告書, 土木研究所資料 第3794号, 国土交通省土木研究所, 2001

<参考文献>

- 1) Soto, A.M. et al; The E-screen assay as a tool to identify estrogens: an update on estrogenic environmental pollutants, *Environmental Health Perspectives.*, Vol. 103, 113-122, 1995.
- 2) Sumpter, J.P et al; Estrogenic activity of surfactants and some of their degradation products assessed using a recombinant yeast screen, *Environ. Toxicol. Chem.*, Vol. 15, No. 3, 241-248, 1996.
- 3) H. Takigami et al.; Detection of Estrogen-like Activity In Sewage Treatment Process Waters, *Environ. Sanit. Eng. Res.*, Vol. 12, No. 3, 214-219, 1998.
- 4) 田中宏明, 高橋明宏, 矢古宇靖子, 東谷忠, 斉藤正義: 河川水中のエストロゲン様物質に関する調査, 土木研究所資料 第3755号 平成11年度下水道関係調査研究年次報告書集, 305-306, 2000.
- 5) 矢古宇靖子, 高橋明宏, 東谷忠, 田中宏明: 組み換え酵母を用いた下水中のエストロゲン活性の測定, 環境工学研究論文集, Vol. 36, 199-204, 1999.

3. 底泥－水間の物質移動に関する調査

水質研究室 室長 田中 宏明
 主任研究員 小森 行也
 主任研究員 白崎 亮
 主任研究員 石井 宏幸
 研究員 竹歳 健治

1. はじめに

河川水質調査に関して、現状では調査方法の体系化が十分になされていないことから、調査方法の体系化を図り、水質調査要領をとりまとめることを目的として、各地方整備局技術事務所と共同研究を実施している。この共同研究において、土木研究所では底質の調査手法に関する検討を行っている。

底泥に関しては表-1に示すように様々な解明すべき課題があるが、根本的な問題として、底泥が水質に与える影響を把握する底質調査手法が体系的に確立されていないため、状況の把握ができず、底泥が大きな要因となっている閉鎖性水域等の水質汚濁に対して、根本的な対策を行うことが困難になっているのが現状である。そこで、本調査では底泥が水質に与える影響を正確に把握できる底質調査手法の確立を目的として、現状の調査方法の検討と問題点の把握を行った。

2. 調査方法

2.1 調査概要

底泥が水質に与える影響を把握するためによく行われる調査手法として、「底泥から水への溶出速度試験」と「底泥の酸素消費速度試験」がある。12年度はこれらの調査方法について、文献調査を行って情報を収集し、底泥調査を行っている行政機関に対して底泥調査の実施状況に関するアンケートを実施した。

2.2 文献調査

底質調査に関するマニュアル等の試験方法を比較するとともに、底泥溶出試験及び底泥の酸素消費速度試験に関する文献の収集・整理を行った。

2.3 アンケート調査

底泥に関する各種試験についてはいくつかのマニュアル等に記載されているが、実際に河川管理者が行っている試験について具体的事例を収集することを目的に、国土交通省で河川・湖沼の管理を行っている工事事務所のうち、関東地方を中心とした16事務所と、4自治体にアンケート調査を依頼した。

アンケートでは、底泥から水への溶出速度試験と底泥の酸素消費速度試験に関して、調査の目的や項目、頻度、試験方法の出典、底質以外で実施した調査項目、調査結果及びその評価と活用、試験方法の課題、調査要領策定に関する要望等について質問した。

表-1 底泥に関する課題

物理化学的課題	溶出	静止	・現場 ・チェンバー ・カラム ・連続	
		巻き上げ	・水理的限界流速 ・物質変化 ・生物代謝	
	底泥での収支		・沈降フラックス ・泥中の変化 ・生物の寄与	
	底泥と流域		・由来と比率 ・底泥の寄与のマクロ的評価	
	底質		・物理化学的評価 ・生物学的評価 ・微生物学的代謝 ・底質酸素要求量推定	
	汽水域		・凝集・沈降 ・硫酸イオンの動態と影響	
	水理構造・地形と堆積・流出			
	対策		・浚渫 ・覆土 ・曝気 ・純酸素注入	
	生態学的課題	ハビタット		・シードバンク
		底泥と生物		・何が住んでいるのか ・物理的变化の影響 ・化学的变化の影響 ・汽水域(塩分)の影響
化学物質の問題	ダイオキシン類 アルキルフェノール類 ヒトホルモン 等			
	生物濃縮			
対策		・無害化 ・原位置固化		

3. 調査結果

3.1 文献調査結果

底泥溶出速度に関する文献は数多くあり、実験方法も様々である。実験方法はまず現場試験と室内試験に大別され、室内試験では装置は比較的大きなアクリル管や水槽を用いるものとビーカーレベルのものに分類できる。また、底泥試料もエックマンバージ採泥器等で攪乱採泥したものとコアサンプラー等によって攪乱させずに採泥するもの、直上水に関しては水の出入りの有無でバッチ式と連続式に、さらに攪拌の有無や嫌気・好気条件等、事例に応じて様々な組み合わせが見られた。

底泥の酸素消費試験に関しては文献数も少なく、主に方法も高さ数十 cm 程度の比較的大きな筒や水槽を使う実験とビーカーやフラン瓶レベルの実験の2種類に分類された。

3.2 アンケート調査結果

(1) 回答数と事例数

アンケートを依頼した 20 機関のうち、16 機関から回答が得られた。そのうち底泥試験を行っているのは6機関で、事例数は底泥から水への溶出速度試験が合計で 19 事例、底泥の酸素消費速度試験が合計で 3 事例であった。

(2) 調査結果

主な調査項目毎に集計結果を示す。

表-2 は試験を行う目的を示しており、主に底泥対策事業の計画策定・評価と水質汚濁予測に必要なモデルや要因の検討に二分される。

表-3 は調査に用いた試験方法を集計した。現在は底質浄化協会や日本水質汚濁研究協会が作成したマニュアル程度しかなく、底質の調査方法を記述した公定法は存在しないため、独自に工夫した試験方法を用いざるを得ない状況にある。このため、試験方法の体系化が必要であると考えられる。

表-4 には各試験の諸条件の集計結果を示したが、室内のバッチ式で、静置・好气的条件下で行うという比較的手間がかからない試験方法が多くの場合に用いられている。

4. まとめ

今回のアンケート調査で現場での試験実態が概ね把握でき、また文献調査により、これまで行われてきた調査研究の現状も把握できた。今後は、様々な試験条件や試験方法の課題等について、引き続き検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 底質浄化協会：底質の調査試験マニュアル 改訂版、平成7年3月
- 2) 日本水質汚濁研究協会編：湖沼環境調査指針、公害対策技術同友会、昭和59年
- 3) 建設省河川局監修、日本河川協会編：建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編、pp.351-358、山海堂、平成9年11月

表-2 底泥試験の目的

	溶出速度 試験(事例)	酸素消費速度 試験(事例)
浚渫事業の計画策定	8	
浚渫事業の事業評価	4	
覆砂事業の事業評価	2	
水質改善効果の評価		1
水質予測モデルの構築	10	1
水質汚濁要因の把握	1	2

*複数回答有り

表-3 底泥試験方法の出典

	溶出速度 試験(事例)	酸素消費速度 試験(事例)
底質の調査・試験マニュアル	7	1
湖沼環境調査指針	4	
河川砂防技術基準(案)	1	1
その他(独自・不明等)	10	2

*複数回答有り

表-4 底泥試験の諸条件

	溶出速度 試験(事例)	酸素消費速度 試験(事例)
試験場所	室内	15
	現地	2
	不明	2
試験方式	バッチ式	14
	連続式	4
	その他	1
溶出条件*	静置	18
	攪拌	4
酸素条件*	好気条件	13
	嫌気条件	8
	無回答	3
試験水補給	無し	—
	連続注入	—

*複数回答有り

**その試験で関係しない条件は「—」と表示

4. 水生生物からみた河川水質の評価に関する調査

水質研究室	室	長	田中 宏明
	研	究	高橋 明宏
	重	点	東谷 忠
	研	究	矢古宇靖子
	同		
	交	流	齋藤 正義
	研	究	
	員		

1. はじめに

近年、環境基本法では生態系の多様性を維持するとの新たな視点が盛り込まれ、国土交通省においても環境政策大綱や河川審議会、都市計画審議会において河川や都市空間での生態系保全施策の必要性が強く打ち出されている。生態系、特に水生生態系に影響を与える要因としては、生息空間(habitat)構造、流況、生物相互作用、食物(エネルギー)源、水質等が考えられる。しかし、水質等の環境要因の変化が水生生物に与える影響は充分把握されていない。また、下水道や河川浄化施設による水質改善が水生生物に与えている影響も評価されていない状況である。本調査では河川水質及び水生生物に関して現地調査によるデータ収集を行い水生生物と河川水質の関係を把握すると同時に、それらの関係を検討し、河川水質が水生生物に与えている影響を評価する手法を実用化することを目的としている。12年度は、調査地点の選定等に必要の基礎情報を収集するための現地調査を行った。

2. 調査方法

2.1 調査地点

対象河川としては、実態調査の利便性から関東地域内にあること、水質、水生生物に関する基礎情報が蓄積されていること、さらに周辺住民の関心も高いこと等を勘案し、多摩川を選定した。また、調査地点としては、河川水質と水生生物の関係を検討するために、河川水質の大きく変化が期待される多摩川本川の44km付近を選定した。本地点の特徴としては、流域下水道の終末処理場から処理水が放流されていること、上流域に下水処理場が無く、生活排水の流入も少なく水質が良好なこと、A下水処理場の放流量は河川の自流量と大きな差がなく、放流地点に於いて顕著な水質の変化が期待されることがあげられる。調査地点の概略を図-1に示す。河川水試料はA下水処理場の放流口の上流約200m:St.1、放流口の約100m下流:St.2、放流口の約200m下流:St.3、放流口の約500m下流:St.4で採取した。なお、本地点は河川生態学術

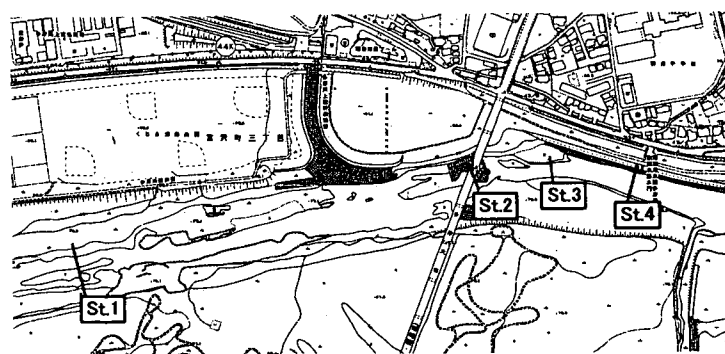


図-1 調査地点の概略図

研究多摩川グループの共同調査地点として、下水処理水の放流に伴う水生生物をはじめとして田水圏生態系への関係把握を進めていくことが予定されている。

2.2 調査項目

調査は、水深、流速(電磁流速計)の他に水質項目として、水温、pH、電気伝導度(以上現場測定)、COD_{Mn}、TOC、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-P(以上試験室測定)を測定した。

3. 結果および考察

St. 2およびSt. 3の測定結果について、主なものを図-2~7に示す。両地点とも水温や水質データから判断すると右岸に近いところは上流点のSt. 1とほぼ同じであり、下水処理水の影響をほとんど受けていないと考えられる。St. 2については下水処理水の流入後、混合は河川中央部までしか達しておらず、この範囲で左岸から右岸にかけて濃度の勾配を生じ、水温は15~21℃、 PO_4-P は0.01~0.52、 NO_x-N は1.8~5.8と横断方向で大きく変化していた。この濃度の勾配は、測定した各水質項目ともほぼ同様の傾向を示した。下流側のSt. 3は左右岸の水質項目の変化がSt. 2よりも小さいことから混合がより進んだ状態であると考えられる。一方、水深、流速については、上流のSt. 1と似た条件の場所がSt. 2及びSt. 3で存在していることが確認できた。以上のことから、本地点に於いて水生生物等の調査を行うことにより、水質と水生生物との関係を把握することがある程度可能と考えられる。また、今後の課題としては、下水処理水と河川の自流量の変化による混合状況の変化を把握すること、栄養塩等の物質濃度の他に、毒性等を把握し、生物と水質の関係を理解していく必要がある。

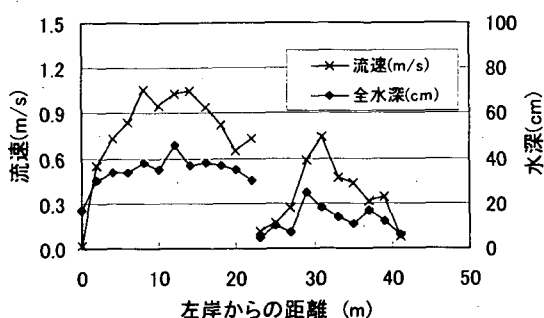


図-2 流速と水深の分布(St.2)

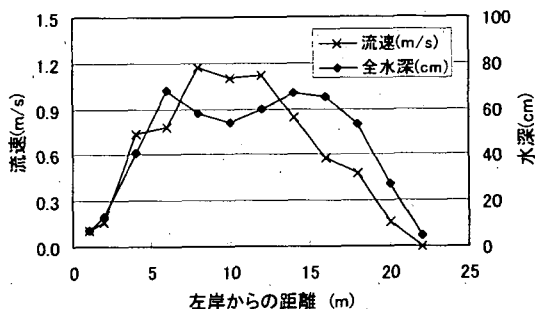


図-5 流速と水深の分布(St.3)

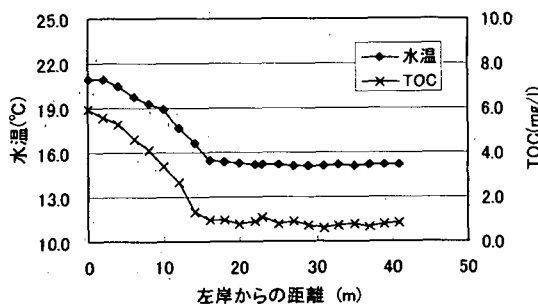


図-3 水温と有機汚濁の分布(St.2)

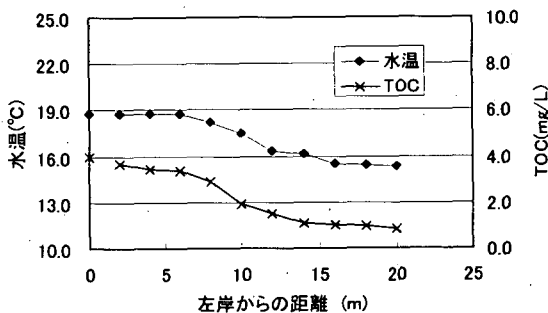


図-6 水温と有機汚濁の分布(St.3)

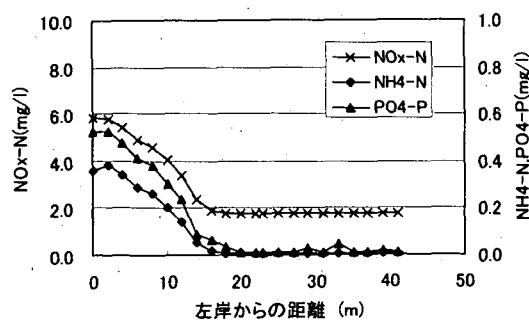


図-4 栄養塩濃度の分布(St.2)

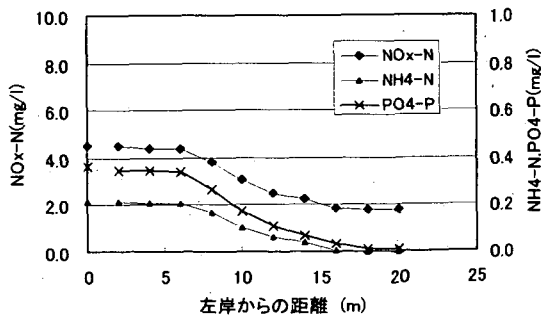


図-7 栄養塩濃度の分布(St.3)