

概 要 約 集

熱帯・亜熱帯地域の下水道施設計画に関する研究		本文41ページ	平成12年度
全体計画	試験研究費 平成8～12年度	下水道研究室・三次処理研究室	
<p>(目的)</p> <p>熱帯・亜熱帯地域に属する開発途上国においては、経済の発展、人口の都市集中及び下水道の未整備等に起因する水質汚濁、生活環境の悪化に悩まされており、これらに対処するため、政府開発援助（ODA）の一環として、開発途上国の下水道施設計画・建設に関する援助への期待が高まっている。我が国の下水道技術は世界的にも最先端の水準にあるが、これをそのまま開発途上国に適用することは、経済・社会状況及び自然条件等を勘案すると、必ずしも最適とは言えない。このような背景から、本研究は、熱帯・亜熱帯地域に属する開発途上国の状況に適した下水道施設計画の確立を目的として実施した。</p> <p>(結果)</p> <p>(1) 下水処理方式選定についての検討</p> <p>熱帯・亜熱帯地域の開発途上国においては、気候、望まれる処理水準、支出可能な投資額（建設費）、維持管理費及び取得可能な用地面積等が先進国とは異なる。このため、これらの開発途上国では安定化池法、活性汚泥法、散水ろ床法、OD法及び曝気式ラグーン法が主に採用されている。そこで、海外の文献等を参考に、これらの処理方式を建設・維持管理両面より整理すると共に、我が国において一般的でない安定化池法及び曝気式ラグーン法の設計手法について取りまとめた。安定化池法は、特徴の異なる嫌気性池、通性池及び熟成池を適宜配置した処理方式であるため、各池における処理の特徴及び一般的な設計手法を取りまとめた。また、曝気式ラグーン法についても完全混合式及び部分混合式それぞれにつきその特徴及び一般的な設計手法を取りまとめた。</p> <p>(2) 下水処理方法についての検討</p> <p>沖縄県具志川浄化センター内に設置されたラグーン実験施設を用いて、沖縄県との共同研究により通性および曝気式ラグーンシステムについて実験を行った。通性ラグーンは、低水温期における除去性能を向上させる目的から11年度に設置した接触材の効果についての把握を行った。曝気式ラグーンは、11年度にはラグーン内MLSSの自己酸化係数の把握を行った。また、MLSS濃度上昇に伴う過継続時間の短縮の問題等が明らかとなった。このため、12年度は攪拌強度を下げて沈みやすいSSを沈降させた状態での処理性能の把握を行った。検討結果を要約すると以下のとおりとなる。</p> <p>① 通性ラグーンでの高・低水温期の除去率を比較すると、BOD、CODはともに10%程度、T-K-N、NH₄-N、PO₄-Pでは約20%の違いが見られた。</p> <p>② 通性ラグーン内に接触材を設置することで、水温低下期における有機物等の除去率は向上した。</p> <p>③ 曝気式ラグーンは、攪拌強度を下げることで生物処理水のSSを下げ、HRTが5、10日ともにBOD 30mg/L程度の処理水が得られた。しかし、HRTを5日とした場合にはNH₄-Nがほとんど除去されなくなった。</p> <p>研究担当者：井上 弥九郎、鈴木 稔、植松 龍二、諏訪 守、平出 亮輔</p>			
キーワード	ODA、熱帯・亜熱帯、下水道、計画、処理方法、ラグーン		

汚水性状と管路施設の劣化に関する調査	本文47ページ	平成12年度
--------------------	---------	--------

全体計画	試験研究費 平成12～14年度	下水道研究室
------	-----------------	--------

(目的)

下水道普及率も60%となり下水道事業も建設から維持管理の時代へと大きく変化する時期を迎えようとしている。また普及率の向上に伴い、下水道管路施設のストックは膨大な延長となっている。これまでに蓄積された管路施設のストックの内大部分を占める昭和40～50年代以降に建設された下水道施設では、主に分流式下水道が採用されているが、分流式の汚水性状は合流式下水道とは異なり、汚水の希釈や管渠内の雨天時のフラッシングといった効果は期待できないため、合流式に比較して劣化が容易に進行する恐れがある。また、環境面では臭気対策等、生活面から節水等の下水道を取り巻く状況が変化するにつれ、一段と汚水性状に変化をきたす要因が増している。また、管路施設が劣化した場合の改築更新計画は、従来は主に大都市で得られた知見を活用してきているが、今後必要性の高い分流式の補修技術や更新計画の策定にあたっては、分流式の状況下に対応する劣化メカニズムを把握することが必要となる。

そのため、これらの管路施設の劣化に、汚水性状の変化が与える影響についての知見を得ることを目的として調査を実施する。

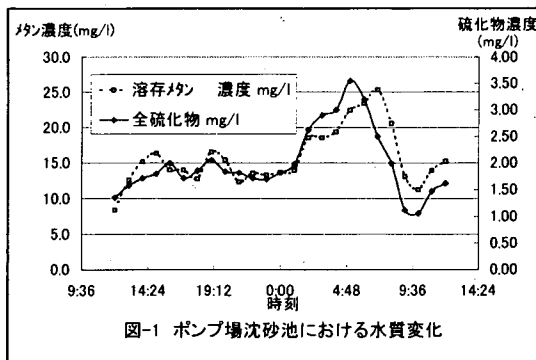
(結果)

1. 流域下水道管路施設に関するアンケート調査

全国の流域下水道に対して管路施設に関するアンケート調査を行った。調査年度は平成10年度を対象とし、平成10年度中までに供用を開始した149処理区から回答を得た。管路施設の腐食が生じていると回答した処理区は、全体の31%であったが、実際に腐食調査を行っている処理区は全体の58%であった。調査を実施している箇所では過半数の処理区で腐食が発生していた。腐食有りとは回答のあった処理区の腐食が生じた箇所の特長として最も多かったのは、汚水圧送の下流側開放点である。圧送管路内で汚水が嫌気化し硫化物の生成が予想される。硫化水素の測定状況は、拡散式硫化水素測定器が、11%の処理区で使用されていた。正確な状況把握のため、早急な普及が望まれる。また管路施設の供用後腐食に気付くまでの最短年数は、全体の3/4以上が12年以内となっている。さらに6年以内で40%と管路施設の腐食は非常に速やかに生じると回答を得た。拡散式測定器による計測値と腐食発見までの期間を見ると、全体的には、硫化水素濃度が高いほど腐食は早く生じる傾向が見られる。そして硫化水素最大濃度が100ppm以上ではほぼ確実に腐食が進行しており、その結果6年以内で腐食が発見される可能性が高い。硫化水素生成の主たる原因である汚水圧送は149処理区のうち86処理区で行われている。圧送区間は284箇所あり総延長は385.5kmにのびている。1箇所当たりの平均延長は1357mとなる。この圧送延長は硫化水素が発生するに十分な延長である。ところが圧送管の下流側において硫化水素が発生していると回答した処理区は43%にすぎない。知識や調査の不足により認知していない可能性もありえる。

2. 管路施設内での汚水の水質変化に関する調査

汚水が管路内を流下する際、その変成が水質的にどのように生じているかについて、流下距離が長大である流域下水道を対象に実測調査を行った。アンケート調査の結果、流域下水道の最上流から処理場までの管路延長は最長56.9km、計画延長平均20.6kmとなっている。このように汚水が流下する際、管路施設内における水質変化例を図-1に示す。図はある流域下水道の汚水中継ポンプ場における調査結果である。汚水が嫌気化した際発生する代表的な物質である全硫化物と溶存メタン濃度について、経時的变化を表したものであるが、ともに深夜から早朝にかけて濃度上昇の傾向が見られる。この時間帯に汚水流量が最小となるため、ポンプ場上流部で汚水の嫌気化が生じているためと考えられる。



研究担当者：井上弥九郎，檜物良一，豊田忠宏，能勢正樹

キーワード	管路施設，劣化，腐食，硫化水素
-------	-----------------

水環境健全化のための環境ホルモン等リスク対策の調査検討	本文53ページ	平成 12 年度
-----------------------------	---------	----------

全体計画	試験研究費 平成 11 ～ 12 年度	三次処理研究室
------	---------------------	---------

(目的)

環境水中で女性ホルモン作用を発現する物質（以下、環境ホルモン等という）のうち、ノルフェノールと女性ホルモンである 17 β エストラジオールは下水処理水中でも検出頻度が高く、除去が十分に行われていない可能性がある物質である。これらの 2 物質を対象として下水処理過程における除去機構を明らかにし、処理条件の改善によって除去率を向上させる手法や分解能力の高い微生物等を用いてより効率的な除去を行う方法の基礎的検討を行っている。

(結果)

平成 12 年度は 11 年度の結果に基づき、以下の検討を行った。

(1) 活性汚泥からのエストロン分解微生物の探索と単離分解微生物株の種属の同定。

表 分解微生物の同定結果

(2) 抽出試験による 17 β エストラジオール及びノルフェノール等の活性汚泥中の集積部位の検討。

株 No.	分解物質	同 定 属 名	特 徴
T45	E2	<i>Rhodococcus</i>	グラム陽性 橙色コロニ-
T31	E2	<i>Candida</i>	グラム陽性 硝酸還元+
T3N2	NP	<i>Micro- monospora</i>	グラム陰性 黒色コロニ- 硝酸還元+
FN1	NP	<i>Moraxella</i>	グラム陽性 硝酸還元+
F5	E1	<i>Micrococcus</i>	グラム陽性 球菌
T53	E1	<i>Rhodococcus</i>	グラム陽性 桃色コロニ- 硝酸還元+

(3) 逆浸透膜によって下水処理水を処理する場合の除去効果と処理条件に関する検討。

(4) 単離された分解微生物を添加した活性汚泥処理による環境ホルモン等の削減。

(5) 活性炭処理による生物処理水中の環境ホルモン等の削減。

以上の検討の結果、次のようなことが判明した。

(a) 活性汚泥中から分離された環境ホルモン等の分解微生物のうち、各物質の分解能力が高いもの各二種類について検討した結果、表に示すような属の細菌または酵母であり、同表中に示すような特徴を有していることがわかった。これらの内、ノルフェノール分解能力の高い *Rhodococcus* 属と同定された株を活性汚泥に添加してノルフェノールの除去性向上が認められるか、室内実験によって検討したところ、否定的な結果となった。

(b) 活性汚泥中の 17 β エストラジオール、エストロン、ノルフェノール及びノルフェノールエトキシレート等の集積部位を検討した結果、17 β エストラジオールは汚泥中にはほとんど存在せず、エストロンは水溶性の部分に最も多く存在するもののその量はわずかであることから、これらの物質は活性汚泥によって分解されて消失していると考えられた。ノルフェノールは脂質に集積されていることが明らかになった。ノルフェノールエトキシレートはノルフェノール同様脂質に多く集積されるが、その分解産物の一種であるノルフェノールエトキシ酢酸は活性汚泥採取時期の違いにより集積部位が異なるという結果になった。また、ノルフェノール分解菌の効果を検討するために行った実験で得られた活性汚泥では、分解菌添加に関係なくノルフェノールの分解を示唆する分析結果が得られた。

(c) 逆浸透膜処理では膜の種類と操作条件を選ぶことによって生物処理水中に残留する環境ホルモン等物質の 90% 以上が除去可能であることがわかった。また、粉末活性炭処理によって、同じく、生物処理水中に残留する環境ホルモン等物質の 90% 以上が除去されることがわかった。

(c) 逆浸透膜処理では膜の種類と操作条件を選ぶことによって生物処理水中に残留する環境ホルモン等物質の 90% 以上が除去可能であることがわかった。また、粉末活性炭処理によって、同じく、生物処理水中に残留する環境ホルモン等物質の 90% 以上が除去されることがわかった。

研究担当者：鈴木 穰、小越真佐司、金 時俊

キーワード	環境ホルモン、活性汚泥、分解微生物、除去機構、逆浸透膜処理
-------	-------------------------------

(目的)

上水道取水源上流域での下水道普及の進展や国民の水辺回復要求の高まり、水の循環・再生利用の必要性増大等の現状を受けて、水系の衛生学的基準のあり方について再検討する必要性が高まってきている。しかし、放流先水系での病原性微生物の挙動についてはいまだ不明な部分が多い。本研究は、このような衛生学的基準についての判断資料とすべく、消毒方法や水系状況の相違に伴う下水処理水中の病原性微生物の水系での挙動について調査を行うものである。12年度は、下水処理水放流先河川を模擬した実験水路を用いて、指標細菌の挙動について検討を行った。また下水処理水中のウイルス検出手法として、RT-PCR (Reverse Transcription - Polymerase Chain Reaction ; 逆転写 PCR) 法の適用を試みた。

(結果)

(1) 水路内における細菌の挙動

下水処理水放流先河川を模擬した実験水路を用いて、指標細菌の挙動について検討を行った。その結果、水路床が SUS の場合、水路内での細菌の減少は見られないが、水路床が砂利の場合、細菌が減少し、その除去率は水理的滞留時間が長い方が大きくなった。また、水理的滞留時間 14 分、水路床が砂利の場合、三次処理 (砂ろ過) 水中の大腸菌は水路内で 33% 除去され、生物膜や堆積物へ移行し、移行した大腸菌の 99.97% は、死滅や被捕食により減衰することが明らかになった (図-1)。

さらに、細菌の減衰速度は、時間経過とともに低下する傾向が見られた。水路床が砂利の場合、約 1 日での大腸菌の減衰速度定数は $0.08h^{-1}$ であり、自然減衰での $0.04h^{-1}$ に比較して高く、生物膜は細菌除去に有効であると考えられた。

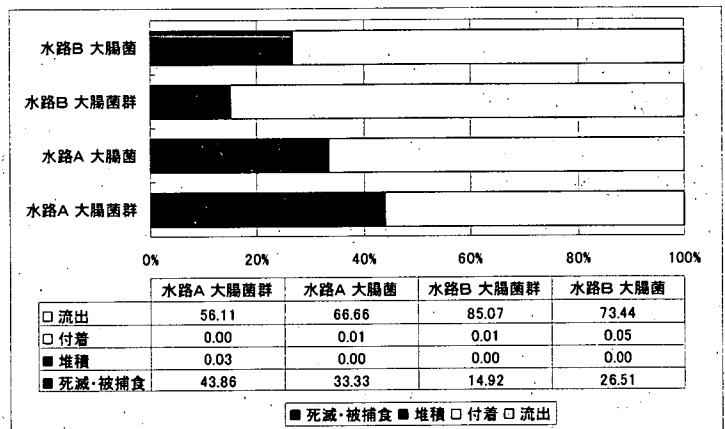


図-1 大腸菌および大腸菌群の収支

<水路A>給水：砂ろ過水 一過式、水路床：砂利、滞留時間：14 分
 <水路B>給水：砂ろ過水 循環式、水路床：砂利、滞留時間：131 分

(2) RT-PCR 法による下水処理水中のウイルス検出

実験対象ウイルスとして大腸菌 RNA フェージ Q β を用い、これを下水処理水に添加し RT-PCR 法で検出した。その結果、RT-PCR の酵素反応の阻害に起因する検出感度の低下は、二次および三次処理水ともに 0.5log 程度であった。また下水処理水中には、高温下で RNA を分解する物質が多く存在していた。実験で用いた市販の RNA 抽出精製キット (スピнкаラム式。タンパク変性剤を用いて RNA の抽出と試料の部分精製を同時に行う) は、二次および三次処理水中の RNase をほぼ完全に失活させ、さらに高温条件を経ないことから、RNA を分解されずに抽出するためには有効だった。しかし、RT-PCR の酵素反応を阻害する物質を除去することはできなかった。

研究担当者：鈴木穰、畑津十四日、中村みやこ

キーワード 細菌、水路、挙動、減衰速度、水路床、ウイルス、RT-PCR 法

病原性微生物の下水処理過程での制御に関する研究		本文69ページ	平成12年度
全体計画	試験研究費	平成9～12年度	汚泥研究室

(目的)

クリプトスポリジウム原虫による集団下痢の発生が大きな社会問題となっている。クリプトスポリジウムオーシストは、下水道施設に流入してくることが懸念されるが、下水処理過程でのクリプトスポリジウムの挙動は十分に解明されていないため、その挙動の解明、制御と対策に関する研究を行う必要がある。

(結果)

本年度は、脱囊-フローサイトメトリー試験から、水温4～60℃の条件下におけるクリプトスポリジウムパルブムオーシストの生残率を経時的に調査した。結果を以下に示す。

(1) オーシストの生残率は、水温が高くなるに従い速く減少した。オーシスト生残率が90%減少するために要する時間は、60℃では3分、55℃では42分、50℃では3時間、45℃では31時間、40℃では7日、30℃では31日、20℃では150日、10.4℃では150日保存後でもオーシスト生残率の減少は10%以下であった。

(2) 温度の観点から汚泥処理過程でのオーシストの生残率の減少に有効な処理方法を考察すると、発酵温度が60℃近くまで達するコンポストや55℃の高温嫌気性消化は、オーシストの生残率の減少に効果的であると考えられる。また、消化温度35℃、消化日数30日程度で運転している中温嫌気性消化もオーシストの生残率の減少に効果があると考えられる。

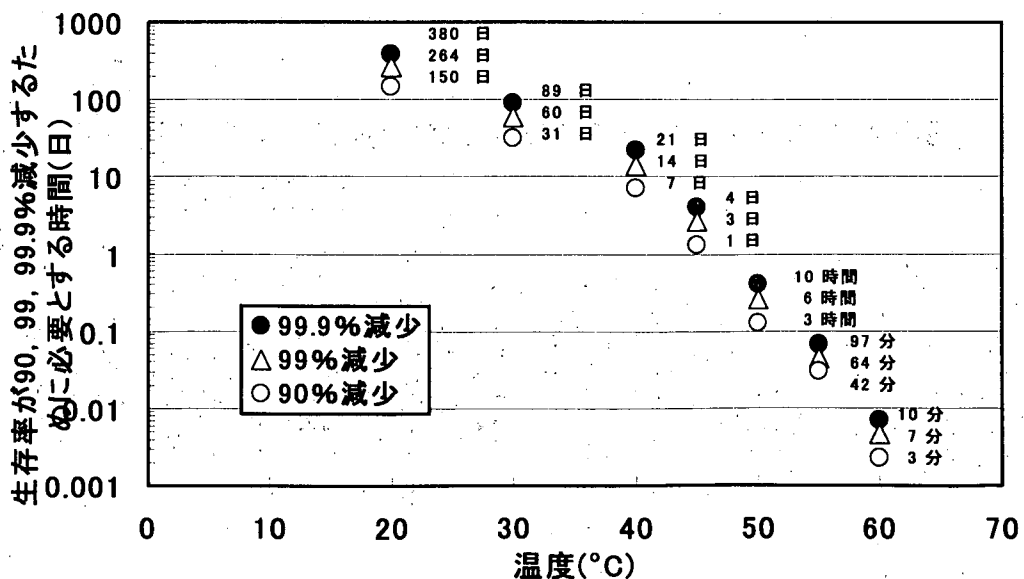


図-1 各温度条件下において生残率が90%, 99%, 99.9%減少するために要する時間

研究担当者：森田弘昭、落 修一、北村友一

キーワード	病原性微生物、クリプトスポリジウム、脱囊試験、生残率、温度、下水汚泥
-------	------------------------------------

下水中病原性微生物の同定法に関する研究		本文75ページ	平成 12 年度
全体計画	試験研究費	平成 11 ~ 14 年度	汚泥研究室

(目的)

下水や汚泥中の病原性原虫の検出は非常に困難であるのが現状である。本研究は下水や汚泥中の病原性原虫を迅速かつ簡便に検出する技術の確立を目的としている。12年度は、下水汚泥中のクリプトスポリジウムオーシストとジアルジアシストをフローサイトメトリーにより同時検出できるかどうかを検討し、さらに、クリプトスポリジウムオーシストをPCR検出するために必要となるDNA抽出方法と高感度検出可能なプライマーの検索を行った。

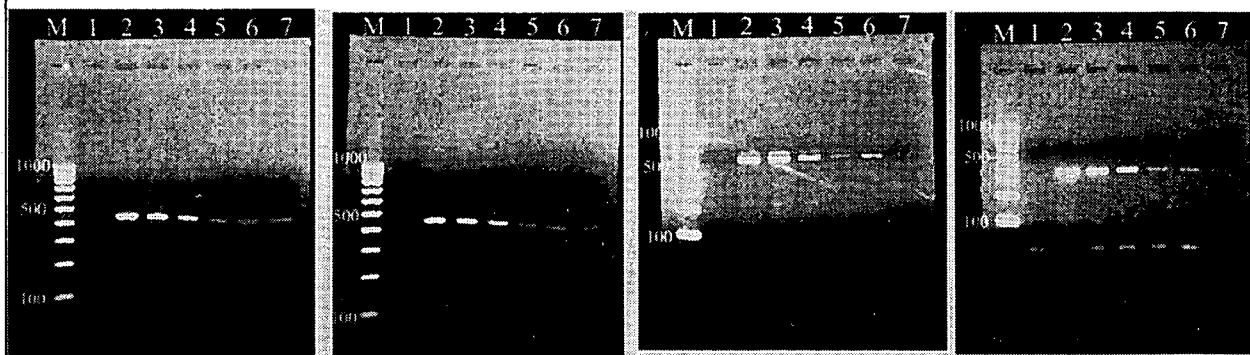
(結果)

以下に本年度の結果を要約する。

(1) クリプトスポリジウムオーシストとジアルジアシストをフローサイトメトリーにより分析した結果、オーシストとシストの散乱特性は異なっていた。この散乱特性の差異から下水汚泥中のクリプトスポリジウムオーシストとジアルジアシストのフローサイトメトリーによる同時検出は可能であった。

(2) クリプトスポリジウムオーシストのDNA抽出法は、市販の抽出キットでも可能であった。DNAの抽出率はプロテナーゼKの処理温度と処理時間に影響され、DNAの回収率が高くなるプロテナーゼKの処理条件は55℃、3時間であった。

(3) クリプトスポリジウムのPCR検出において、検出感度が高いプライマーから順番に記載すると、SB012 (10⁰ 個まで検出可)、LAX469F-LAX869R (10⁰ 個まで検出可)、cphsp2423F-2764R (10⁰ ~ 10¹ 個まで検出可)、AWA772F-AWA1235R (10¹ 個まで検出可)、AWA995F-AWA1206R (10³ 個まで検出可)となった。



(a) SB012, Wu (b) LAX, Laxer (c) AWA772F-1235R, Awad (d) cphsp, Rochelle
 レーンM: 100-1000マーカー, レーン1: ネガティブコントロール, レーン2: 2.4 × 10⁵オーシスト, レーン3: 2.4 × 10⁴オーシスト,
 レーン4: 2.4 × 10³オーシスト, レーン5: 2.4 × 10²オーシスト, レーン6: 2.4 × 10¹オーシスト, レーン7: 2.4 × 10⁰オーシスト

図-1 PCR法によるクリプトスポリジウムオーシストの検出結果

研究担当者：森田弘昭、落 修一、北村友一

キーワード	病原性微生物、クリプトスポリジウム、下水汚泥、フローサイトメトリー、PCR
-------	---------------------------------------

(目的)

人や生物へ、内分泌攪乱作用を引き起こす化学物質の問題が指摘されているが、それらの物質の中には、ノニルフェノール (NP) のように水環境中での分解により生成する物質もある。このため、効率的な負荷削減を可能にするために、NP を水環境中での分解により生成するノニルフェノールエトキシレート (NPnEO) 等の水環境中での挙動を把握する必要がある。

12年度は、NPnEOの生分解性試験と底泥からの溶出実験を行った。

(結果)

(1) NPnEOの生分解性試験 (図-1、2)

10日間の生分解性試験においてNPnEOが0mg/lとなってもTOCが12mg/l残留していることから、NPnEOの分解副生成物が生成していることが示唆された。

NPnEOは、好気性条件下で親水基の酸化エチレン鎖の重合度が小さくなり、最終的にノニルフェノールモノエトキシレート、ノニルフェノキシ酢酸まで分解されることが知られているが、本試験の試験期間10日間ではエチレン鎖の数が2、3、4のように分解途中の可能性が示唆された。

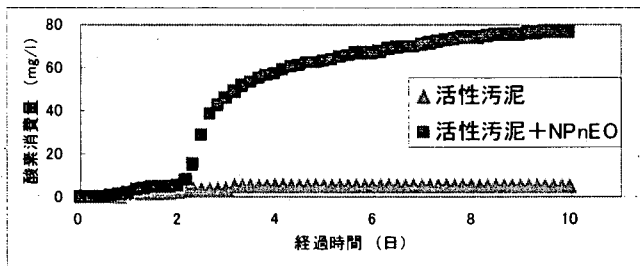


図-1 生分解性試験における酸素消費量の経時変化

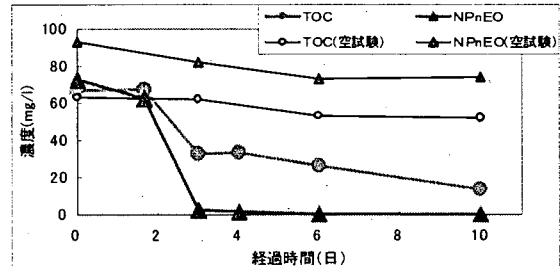


図-2 生分解性試験におけるNPnEO、TOCの経時変化

(2) NP、NPnEO、NPnECの底泥からの溶出実験

NPは、好気条件、嫌気条件とも底質のNPnEOから分解、溶出してくると推定された。NPnEOからNPnECまでは好気条件、NPの生成は嫌気条件によると言われているが、本実験においても好気条件より嫌気条件でより多くのNPの溶出が見られた。NPnEO, n≥5は、底泥からの溶出量よりも水中での分解量が多いことが示唆された。NPnECは、NPnEOの分解物でNPに至る中間体であり、NPnEOの分解速度、NPの生成速度の両方の影響があり、両者に関与する微生物が異なると、NPnECの濃度は複雑な変化をする可能性がある。

溶出実験前後のNP、NPnEO、NPnECの測定において、NPは、好気、嫌気とも実験開始前の値に比べ底泥中で濃度がわずかに増加した。底泥内は嫌気化していることが考えられることから、NPnEO、NPnECが嫌気分解を受けて生成したものと思われる。NPnEO, n=1-4は、好気では減少しているのに対し嫌気では増加していた。NPnEO, n≥5では好気、嫌気とも0～15cmの層では実験開始前後ではほぼ同じ値を示していたが、15～20cmの層では実験終了時に高くなっていた。NPnECは好気、嫌気でその傾向が異なっていた。好気では、表層より深層の方が高い値を示し、嫌気では逆に深層より表層が高い値を示した。

底泥からのNP、NPnEO、NPnECの溶出は、底泥からの溶出の他に対象物質の水中での分解もありこれらを総合的に解明するためには、さらに詳しい検討が必要である。

研究担当者：田中宏明、小森行也、白崎亮、石井宏幸

(目的)

下水汚泥の発生量は下水道の普及とともに増加している。また、下水汚泥はエネルギー資源や資材原料として有用である。このため下水汚泥の有効利用をさらに進めることが求められているが、そのためには汚泥に含まれている重金属等の有害物質の含有量をできるだけ低減するとともに、少量残留する有害物質については安定化することが必要である。本研究では、下水汚泥中の重金属を低減するため、その化学形態と挙動の調査を行った。

平成12年度は、焼却過程におけるヒ素 (As)、セレン (Se) の挙動を把握するため、実施調査およびパイロット実験を行った。また、焼却灰からの溶出する重金属量や溶出率を把握するため、焼却灰の溶出試験を行い、その溶出特性を把握した。

(結果)

1. 実施設でのAs、Se挙動調査

平成10、11年度に行った流動床焼却炉の調査で、バグフィルターなど200℃前後の低温で焼却灰を捕集する装置では、炉内で一旦気化したSeが灰表面に凝縮または吸着し、灰とともに捕集されている現象が確認された。平成12年度は、バグフィルターを採用している炉の調査をさらに4施設で行い、同様の現象が生じていることを確認した。(図-1) また、これらの調査からSeの灰移行率は脱水助剤の種類と灰捕集温度に依存し、高分子凝集剤を用いた場合、200℃前後の低温灰捕集では約80%以上が焼却灰中に残り、300℃以上ではほとんど灰中に移行しないことがわかった。Asについてはほぼ全量が焼却灰に残った。

2. パイロット施設を用いた汚泥焼却実験

平成11年度までの調査では、焼却炉内でのAsの気化は確認できなかった。平成12年度は、炭化汚泥の製造過程における例を参考に、燃焼空気比を1以下に調整した雰囲気での焼却とセラミックフィルターを用いた高温灰捕集を組み合わせることで灰中のAsを低減する技術について、パイロット規模の焼却炉を用いて実験した。しかしながら、実際の空気比が設定より高くなり、Asの気化は確認できなかった。

3. As、Seの溶出特性に関する実験

As、Seは、焼却灰からの溶出率が大きく、灰を埋立処分あるいは再生利用する場合の障害となる可能性がある。このため、平成12年度は各種の焼却灰試料の溶出試験を行い、As、Seの溶出に及ぼすpH、脱水助剤、炉の酸化還元雰囲気、灰捕集温度の影響について検討を行った。この結果、Asは溶出液のpHの影響を強く受け、低いpH域で溶出率が大きくなること、SeはpH4以上の領域で約50%の溶出率であることがわかった。

(図-2) また、消石灰を用いた脱水を行った場合、As、Seともに灰からの溶出率は極めて小さかった。なお、焼却炉の酸化還元雰囲気、灰捕集方法の影響は認められなかった。

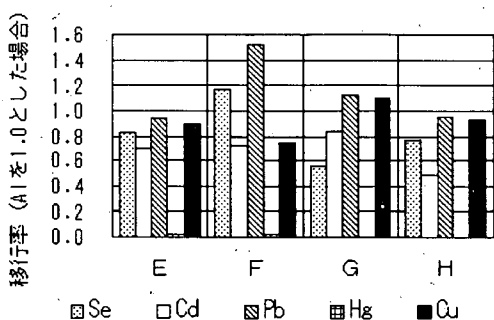


図-1 低温捕集灰への金属移行率 (AI比)

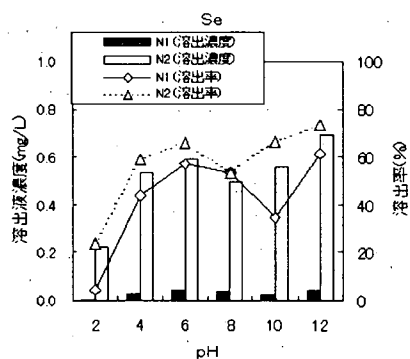


図-2 焼却灰中 Se の溶出特性 (pH 依存性)

研究担当者：森田弘昭、川嶋幸徳、池田裕一

キーワード	下水汚泥、有効利用、焼却灰、重金属
-------	-------------------

CH ₄ 、N ₂ O のインベントリーの精緻化と開発中核技術の内外への普及「下水道施設を活用した CH ₄ 、N ₂ O の排出抑制中核技術の汎用化と普及に関する研究」	本文93ページ	平成 12 年度
---	---------	----------

全体計画	環境研究総合推進費 平成 12～14 年度	三次処理研究室, 汚泥研究室
------	-----------------------	----------------

(目的)

下水の処理にともない温室効果ガスが排出されている。下水処理場から排出される温室効果ガスとしては、バイオマス由来の二酸化炭素(CO₂)を除くと、汚泥焼却に伴う N₂O、下水処理に伴う CH₄、および電力や燃料、薬品等の使用に伴う CO₂ が主なものである。今後予想される下水道の普及拡充や下水汚泥焼却の増加は、下水道からの温室効果ガスの排出増加をもたらす可能性が高い。このため、下水処理場における温室効果ガスの排出を制御する技術の確立と普及が急がれる。

本研究は、下水の処理過程で生成する CH₄ 及び N₂O の排出を抑制する対策技術の確立・普及とその評価を目的としている。研究は、水処理プロセスと汚泥処理プロセスに分けて行い、水処理プロセスでは、嫌気性槽の導入による CH₄ 排出の制御効果の把握・評価と、処理方法別の N₂O 排出量原単位の精緻化を目的とし、汚泥処理プロセスでは、汚泥焼却炉からの N₂O 排出抑制のための燃焼温度制御の安定化手法を確立するとともに制御効果を評価することを目的とする。

(結果)

下水処理場の水処理プロセスと汚泥焼却プロセスから排出されるメタン(CH₄)および亜酸化窒素(N₂O)について、その排出制御技術の確度性と安定性の評価に必要な実験、調査を行った。水処理プロセスのパイロットプラント実験により、CH₄ に関しては標準法(図-1)に比べ循環法(図-2)において約2倍の抑制効果があり、N₂O は冬季の低 SRT 状態の運転では硝化が進まないため、ほとんど生成されないことが確認できた。汚泥焼却プロセスに関しては、N₂O 排出量の大きい高分子系脱水汚泥の流動床式焼却炉の実機において、炉の運転法と N₂O 排出量の関係を把握するための連続調査を経済産業省工業技術院資源環境技術総合研究所熱エネルギー利用技術部燃焼システム研究室と共同で実施した。その結果、排ガス中の N₂O 濃度はフリーボードの温度に連動して変化し、その変化の傾向は炉固有のものである可能性が示された。また、フリーボード温度の一定制御を困難としていた要因は投入汚泥量の変化にあると思われた。

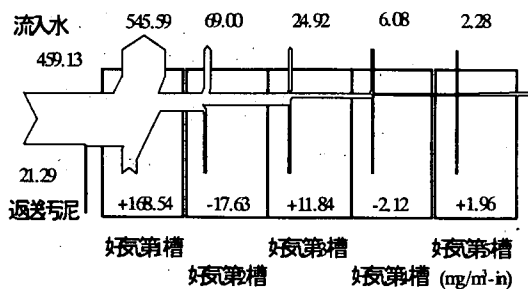


図-1 標準法のCH₄収支

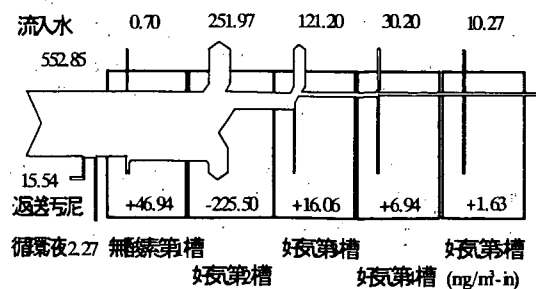


図-2 循環法のCH₄収支

研究担当者：高橋 正宏、鈴木 穰、平出 亮輔、森田 弘昭、落 修一

キーワード	温室効果ガス、下水処理、汚泥焼却、メタン、亜酸化窒素
-------	----------------------------

(目的)

わが国の下水道は、近年ほとんどが分流式を採用している。排除方式別の都市数は、分流式 2,133、合流式 24(平成 10 年度末)となっている。こうした分流式の下水道施設では、年数の経過とともに硫化水素等による管路の腐食、管内への雨水や地下水の浸入、管渠内の土砂堆積など各種の機能障害の発生が報告されている。今後は施設の老朽化の進行などにより障害の発生が加速度的に増加する可能性が高い。こうした背景を踏まえ、本課題はこれまでに十分解明されていない汚水管における各種機能障害の実態を明らかにするとともに、効果的な予測・診断・対策手法を検討することを目的とする。

(結果)

1. 雨水浸入水対策の効果判定

K市のある区域(戸数 99 戸、面積 2.5ha)において、降雨量あたりの雨水浸入水量(雨水浸入率)を測定することで、補修工事による雨水浸入水対策の効果を定量的に把握することを試みた。主として汚水枘、取付管の補修を行うことで雨水浸入率を 73%削減することができ、雨水浸入率を利用することによって浸入水対策の効果判定できることが確認できた。

2. 雨水浸入現象のモデル化

雨水用の流出解析モデル(XP-SWMM)を応用して、K市の前項と同じ区域における汚水管への雨水浸入現象の再現を行った。不浸透域率や不浸透域の粗度係数といったパラメータを変更することにより、図-1に示すとおり雨水浸入量のピーク時間やピーク高さをかなり忠実に再現することができた。

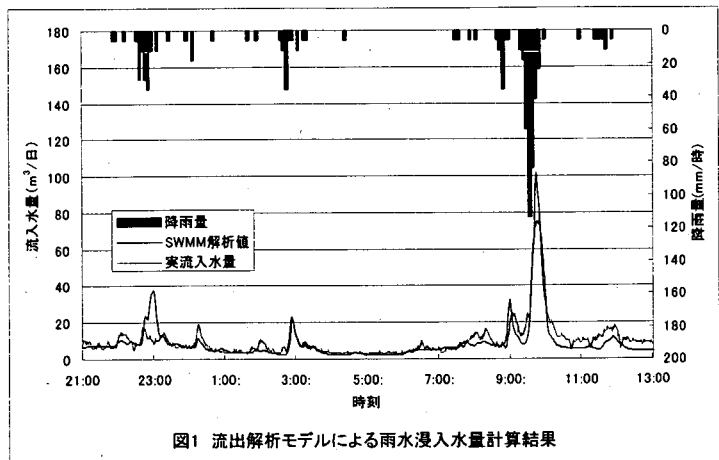


図1 流出解析モデルによる雨水浸入水量計算結果

3. 硝酸塩注入による汚水管内での硫化物生成抑制効果

硫化水素抑制手法の一つである硝酸塩注入法に関して、流域下水道幹線内で硝酸亜硝酸態窒素($\text{NO}_x\text{-N}$)と硫化物の挙動を測定することにより、有効かつ経済的な硝酸塩注入量の制御方法を検討した。硝酸塩として 50%硝酸カルシウム溶液を用い、これを 3 ケース(0、100、210mg/l)の注入率でAポンプ場において注入した。注入効果はAポンプ場から 7,249m 下流に位置するB人孔にて採水・水質分析を行うことで評価した。

ケース 1(注入率 0mg/l)では $\text{NO}_x\text{-N}$ はほぼ検出されず、全硫化物は 3mg/l 以上検出されている。ケース 2(注入率 100mg/l)の場合、 $\text{NO}_x\text{-N}$ が 0.5mgN/l 以上検出された時間帯では全硫化物の生成は完全に押さえられている。その他の時間帯では $\text{NO}_x\text{-N}$ はほとんど消費されており、全硫化物の生成が始まっている。ケース 3(注入率 210mgN/l)の場合は全時間帯で $\text{NO}_x\text{-N}$ は残留しており、硫化物の生成は完全に押さえられている。

$\text{NO}_x\text{-N}$ が 0.5mgN/l 以上残留していれば全硫化物は生成しておらず、このことから、硝酸塩注入による硫化物生成抑制を行う場合は、硫化水素発生箇所での $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度をモニターしフィードバックすることで適正な注入量を保つことが可能であると考えられる。

都市雨水の資源利用を考慮した下水道整備に関する調査		本文103ページ	平成 12 年度
全体計画	下水道事業調査費 平成 10 ～ 12 年度	下水道研究室	

(目的)

本調査では、都市雨水も下水道資源の一つとして捉え、雨水利用推進のための技術的課題を明らかにするとともに、雨水利用による浸水防除効果や合流改善効果について定量的に評価することを目的とする。また都市における雨水の流出挙動、汚濁負荷の流出挙動を把握することにより、これを合流式下水道越流水対策ならびに雨水対策計画の立案にも活用しようとするものである。

(結果)

1. 都市雨水利用システムの定量的評価

都市雨水利用システムによる浸水防除効果について、有効降雨のピークを 20%以上カットできたことをもって効果有りと判断した場合、貯留高が小さい(40mm)施設では 1 割以下しか効果がなく、雨水利用施設による浸水防除効果は小さいことが明らかとなった。雨水利用時の利水槽容量を治水専用の貯留施設に換算する方法について検討したところ、換算係数はおよそ 1/4 であった。合流改善効果について、越流回数、越流水量、遮集雨水量を指標として検討した。貯留高の小さい小規模な雨水利用であっても越流回数の低減に効果が大きかった (図 1)。

2. 合流式下水道雨天時汚濁負荷流出モデル検討

合流式下水道整備地区における水量水質実態調査を行うとともに、集中型土研モデルにおける T-N、T-P の式形の検討を行い、従来の式形を活用して T-N、T-P を概ね表現できることが明らかとなった。(図 2)

3. 空気噴出を考慮した下水道管路の水理特性検討

マンホール蓋の浮上・飛散を防ぎ都市雨水を安全に集水することを目的とし、非定常な状態における下水道管路内の水と空気の流れ、ならびに人孔からの空気噴出現象を把握するための数値解析モデルの開発を行うとともに、具体の現象を把握するため水理実験施設を製作した。

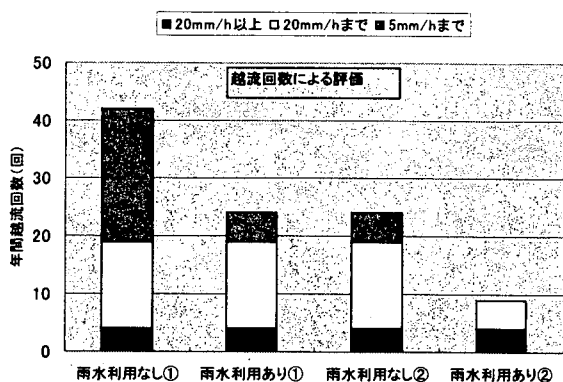


図 1 雨水利用による越流回数の低減

(遮集雨水量 2 Q の場合、①：貯留高 40mm、②：貯留高 125mm)

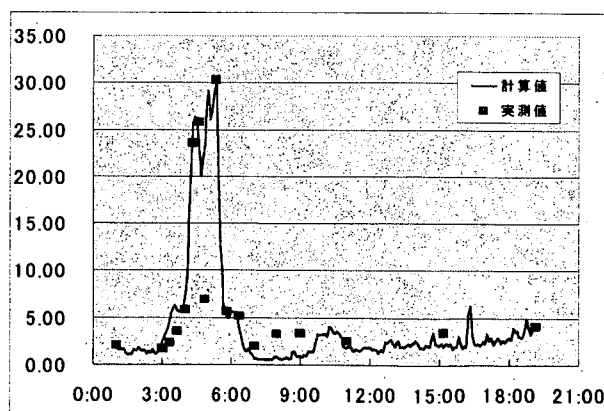


図 2 土研モデル計算結果 (T-N, g/s)

研究担当者：井上弥九郎、松原 誠、豊田忠宏

キーワード	都市雨水、浸水対策、合流式下水道、土研モデル、空気噴出、水理模型実験
-------	------------------------------------

(目的)

下水道整備区域における普及が慎重に考えられているディスポーザについては、下水道施設への影響が懸念される一方、利用者の利便性の向上が期待されている。また、清掃事業における経費減少の可能性があり、二酸化炭素発生量の変化やリサイクル形態の変化等環境への多面的な効果影響もある。本調査は、下水道整備済み区域においてディスポーザが導入された場合の効果影響について、経済評価の観点から調査を行ったものである。ケーススタディの手法を採用し、対象地域は社会実験が行われている北海道歌登町とした。ディスポーザの普及については様々な効果影響が発生すること考えられ、金銭化可能な項目を抽出・整理し定量化を行った。利用者が享受する利便性向上という効果については仮想評価法(CVM)により便益を計測し、それ以外の効果影響については施設等の既往データに基づき推定した。

(結果)

対象地域におけるディスポーザ普及による効果影響について経済評価の観点から整理し、定量化して主体ごとに示したものが図である。これは、対象地域の下水道整備区域内全てにディスポーザが普及した場合の推定値である。図より、利便性便益が他の費用便益に比べて大きく、購入費用を上回ることが分かる。清掃事業への影響は、小さいと推定された。下水道事業への影響については、下水道施設関連費用の増加が下水道料金収入の増加と同程度であるが、下水汚泥処分関連費用の増加が大きく下水道事業者の費用便益がマイナスになることが推定された。下水汚泥のコンポスト化を実施する場合は、コンポスト施設の費用が大きいが、下水汚泥コンポスト化が行われていたと仮定すると、普及に伴う増分は小さくなり、下水汚泥処分関連費用がなくなることが顕著に表れる。

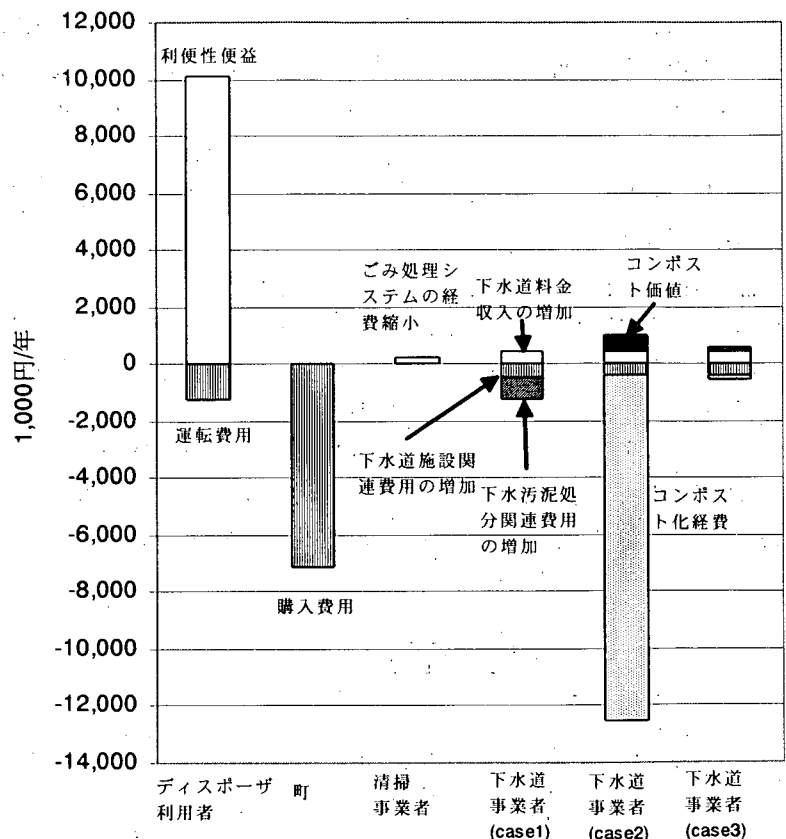


図 主体別の費用便益

CVMによる利便性便益の計測では、利用世帯と非利用世帯との間に大きな差は見られず、平均値として

950～1,260 円/月/世帯という支払意思額(WTP)が得られた。表明された WTP は非利用世帯の方が幅広く分布し、利用によって利便性の認識が安定することが示唆された。

本調査結果は、ディスポーザ普及後の下水道施設やごみ処理施設での対応等を推定しているため、大胆な仮定を含まざるを得なかった。また、CVM という手法の精度は高いものとは言いがたい。経済評価という一参考資料としての解釈及び活用が必要である。

研究担当者：井上 弥九郎、植松 龍二、吉田 敏章、森兼 政行

キーワード	下水道、整備効果、便益、仮想評価法、CVM、ディスポーザ
-------	------------------------------

(目的)

近年の生活様式の変化に伴い、下水道に排出される汚水の性状も変化してきていることが予想される。厨芥、し尿・浄化槽汚泥、下水処理水の個別循環・温排水等、当初管路システムが想定していた性状を上回る汚水の受け入れも予想される。本調査では、このような状況の中で現在の変化している汚水の性状や挙動について把握し、今後想定される高濃度な汚水が下水道管路システムで示す挙動を調査し、管路施設に与える影響について把握することを目的として実施する。

本年度は、下水道管渠に影響を与える高濃度な排水としてディスポーザ排水を対象として調査を実施した。

(結果)

ディスポーザ設置による影響の実態を把握するために、実施設を対象とした調査を実施した。調査地として、ディスポーザ整備を推進している、北海道歌登町を対象として選定した。

調査概要として、ディスポーザ排水の負荷量を把握することを目的として、ディスポーザ設置前後での、管きよ内汚水の流量及び性状の変化について調査を実施した。また、流速等の状況によっては管渠内堆積物が増加することが予想されるため、堆積物の増加を把握するために、堆積状況をTVカメラによって調査し、堆積量の把握を行った。また、管きよ内での堆積の増加に伴い硫化水素の発生も予想されるため、硫化水素の測定もあわせて実施した。

1. 水質調査結果

下水道管渠において、ディスポーザ排水が投入された場合の水質変化を測定するために、ディスポーザ設置区域と未設置区域において24時間での採水調査を行った。流量測定結果と水質測定の結果から負荷量を算定したものを図-1として示す。設置区域、未設置区域における負荷量について図から比較すると、あまり優位な差は見られない。しかし、設置区域における当日の流量データが比較的特異なものであったと考えられることから、平均的な流量を元に負荷量の算定を行うと、ディスポーザ設置区域の負荷量が未設置区域に比して1.7～2.7倍程度と比較的高い値を示している。

2. 硫化水素調査結果

硫化水素の測定の結果から、通常の流下状況では硫化水素の発生は確認されなかった。しかし、若干の耐水が発生した場合、ディスポーザ設置区域においては、微量ながら硫化水素の発生が確認されている。このことから、硫化水素の発生ポテンシャルはディスポーザ設置区域の方が高くなっていることが予想された。

3. 堆積物調査結果

TVカメラによる堆積物の調査においては、ディスポーザ設置区域の方で明かな堆積が確認されていたが、未設置区域においては、ほとんど堆積が確認されなかった。管渠の設計条件等の問題から、純粋な比較をすることは出来ないが、結果からは、ディスポーザ設置区域、未設置区域の比較において、設置区域の方が明らかに堆積が増加する結果となっていた。

性状について比較を行ったところ、ディスポーザ設置区域の堆積物は、未設置区域の堆積物に比較して、有機物成分が多くなっていた。また、ふるい分けの課程で、卵の殻様の物体が多く確認され、ディスポーザの影響によるものと考えられた。

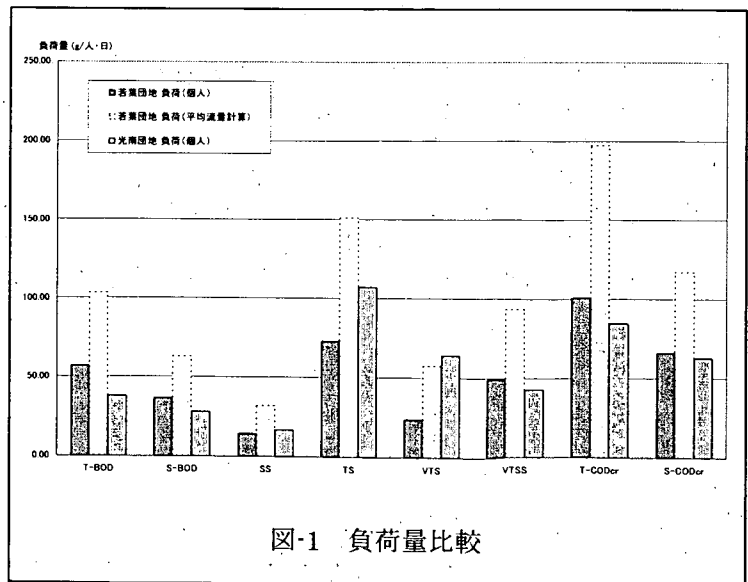


図-1 負荷量比較

研究担当者：井上弥九郎，檜物良一，豊田忠宏，能勢正樹

キーワード 下水管渠，ディスポーザ，歌登町

都市における水循環システムの最適化マニュアルに関する調査		本文127ページ	平成 12 年度
全体計画	下水道事業調査費 平成 12～15 年度	下水道研究室、建設システム課	
<p>(目的) 下水道は、都市において汚水を排除・処理しかつ雨水を排除等する生活環境の改善及び水質保全のために必要不可欠な根幹的な施設である。下水道の普及拡大に伴って、下水道を経由する排水量（下水処理水及び雨水）の割合が、都市内の水循環の大部分を占めるようになってきた。生活様式の変化により求められる水量、水質のレベルも大きく変化し、都市内の水循環は必ずしも良好とは言えない状況にある。このため、よりよい水循環を達成するために、下水処理の高度化、合流式下水道の越流水対策、処理水の有効利用、ノンポイント汚濁対策としての雨水処理、雨水貯留・浸透等の施策が実施されている。そこで、本調査は、水利用形態と上記各種施策の組み合わせをコスト面を含め総合的に評価し、都市における水循環システムを構築する手法を検討するものである。</p> <p>(結果) (1) 水循環モデルの取りまとめ 平成 12 年度は、本調査の初年度であり、水循環システムの評価を定量的に行うための手段である水循環モデルにつき、文献をもとに既存モデルの特性を取りまとめその汎用性及び適用性に関して検討を行い、平成 13 年度以降の実流域への適用モデルを決定した。 河川への流出量は地表からの表面流出、土壌からの早い中間流出、遅い中間流出、地下水流出等により構成されており、通常表面流出及び早い中間流出を直接流出とし、遅い中間流出及び地下水流出を基底流出としている。モデルは、流域を一つの計算単位として取り扱う集中型、流域を幾つかの小流域に分割してそれぞれを計算単位とする分布型に分類できる。また、集中型は通常タンクモデルを活用したものであり、分布型においてはタンクモデル等を活用したもの（ここでは便宜上分布型非物理モデルと呼ぶ）及び支配方程式を数値解析するもの（分布型物理モデル）の 2 種類に更に分類できる。また、現在採用されている都市域から河川への負荷流出モデルは、点源負荷及び面源負荷両方を考慮しているが、多くの場合面源負荷については表面流出のみを対象とし、基底流出に係わる汚濁負荷を考慮していない。一方、本調査においては、上記水量解析モデルを活用し、全ての流出に係わる負荷流出を考慮した水質解析モデルを検討する。 以上を考慮して、本調査においては分布型非物理モデルを適用モデルとする。集中型では本調査の目的である流域における下水道施策を反映した水量、水質の変化を解析することは不可能であり、かつ分布型物理モデルでは水量のみならず水質解析を実施することは、一部海外では事例があるが、一般的にはパラメータ一設定及び計算が複雑かつ困難である。</p> (2) 建設コスト分析 小口径管路の開削工事における価格変動要因の把握を目的として、昭和 60 年以降 5 年ごとに実際に最も一般的に用いられている設計条件、施工条件を設定し、開削管路工事の建設コストの変化を下水道工事工種体系のレベル 3 ごとに試算した。 試算結果上においては管路建設コストに対して物価変動が支配的に影響しており、物価変動以外では「管路土工」「付帯工」などの工種に関する価格変動要素の影響が大きい。これらの要素は管路本体の諸元に表れないものが多いため、計画・設計段階へのフィードバックを目的とした積算データの集積を実施する際には変動要素の情報の把握に十分に考慮して実施する必要がある。			
担当研究者：井上 弥九郎、松井 健一、植松 龍二、高村 和典			
キーワード	水循環、水量解析モデル、水質解析モデル、建設コスト分析		

全体計画

下水道事業調査費 平成 10～13 年度

三次処理研究室

(目的)

窒素・りん除去法は標準活性汚泥法よりもエネルギーを多量に消費するため、本処理法の普及により地球環境への負荷が増加するおそれがある。本調査は、窒素・りん除去法の消費エネルギーの削減を目的として、単位プロセスおよびシステムのエネルギー効率改善の観点から、窒素・りん除去の運転および設計手法等の検討を行う。

(結果)

平成 12 年度は、水処理におけるエネルギー消費の特性把握を行うことを目的に、実施設での酸素移動効率の検討と結合固定化担体を用いた硝化実験における酸素移動効率の検討を行った。

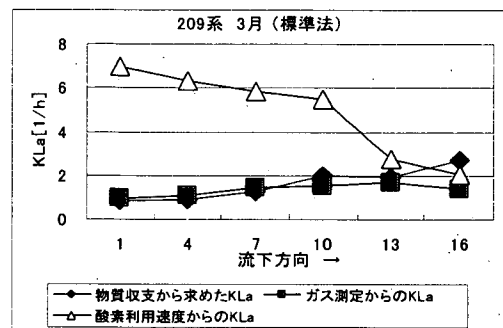
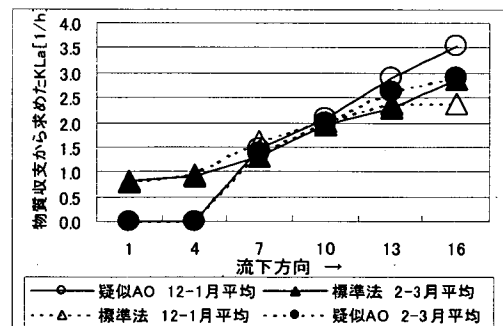
(1) 実操業条件下での K_{La} 測定は定常法で行われる。定常法 3 種での測定方法を比較した結果、物質収支および排ガス測定からの K_{La} は比較的近い値であったが、回分法の酸素利用速度から求めた K_{La} は、エアレーションタンク後段 (13, 16 区画) では比較的近い値であったが、前段では大きく異なった (図-1)。回分法の酸素利用速度より求める方法では、実際のエアレーションタンク内 DO と回分測定時の DO を同等にする必要がある。しかし、エアレーションタンク内 $DO \approx 0\text{mg/L}$ の場合は、実態を反映することが困難であり、DO の低濃度域で汚泥混合液の酸素利用速度は大きく変化することから、本方法を用いることは適切ではないと考えられた。

(2) 流下過程での K_{La} の変化を調べたところ、 K_{La} は流下距離に比例するように増加し (図-2)、硝化が活発に生じている区画において K_{La} が大きくなっており、生物反応が K_{La} に影響を与えている可能性が示唆された。

(3) 結合固定化担体を用いた硝化実験において、回分法と定常法での硝化速度を比較した結果、両者は同等の硝化速度を示し、測定法による差は認められなかった。ただし、回分法での測定においては、基質や DO 等を実施設と同等にすることが必要であることがわかった。

(4) 結合固定化担体を用いた硝化実験において、 K_{La} の測定を行った結果、非定常法での K_{La} 測定では、硝化に伴う酸素利用速度を反映できず、物質収支より求めた酸素移動速度に比較して低くなることがわかった。

(5) 結合固定化担体を用いた場合、硝化反応により酸素移動効率が高くなることが明らかとなった。

図-1 定常法による K_{La} の測定図-2 エアレーションタンク内での K_{La} の変化

研究担当者：鈴木穰、畑津十四日

キーワード

酸素移動効率、 K_{La} 、硝化、硝化速度、標準活性汚泥法、疑似嫌気好気法

病原性微生物の発生源および対策に関する調査		本文145ページ	平成12年度
全体計画	下水道事業調査費 平成10～13年度	三次処理研究室	
<p>(目的)</p> <p>一般的にウイルスや原虫類などの病原性微生物は、現行の消毒指標とされている大腸菌群などよりも消毒耐性が強いと言われている。それらが下水処理場に流入してきた場合には、活性汚泥処理により除去が行われ、多くは削減されると考えられるが、通常の消毒レベルでは不活化しきれない病原性微生物の存在により、放流先下流域への感染リスクが増大する可能性がある。</p> <p>本調査においては、このような病原性微生物等に関して発生源を明らかにするとともに、その対策さらには、集団感染症発生時における除去能力の向上を目的として負荷削減手法の検討を行うものである。</p> <p>(結果)</p> <p>12年度は、パイロットプラント等を用いてウイルスの消毒耐性の把握および、砂ろ過の除去に関して検討を行い、塩素、紫外線、オゾンの各消毒法におけるウイルスの不活化効率等を明らかにした。以下に検討結果を示す。</p> <p>① 塩素消毒によりポリオウイルスを90、99、99.9% (1、2、3 log) 不活化させるための必要注入濃度は、接触時間が15分間の場合、三次処理水で各々約2.5、7.9、13.2mg/ℓとなった。同様に三次処理水(NH₄-N添加)は、90、99%で7.0、16.9mg/ℓ、二次処理水は90%で14.5mg/ℓとなった。</p> <p>② オゾン消毒によりポリオウイルスを90、99、99.9%不活化させるための必要注入濃度は、接触時間が15分間の場合、三次処理水で各々約7.6、12.7、17.8mg/ℓとなった。また、二次処理水では90%で約15.7mg/ℓとなった。</p> <p>③ 紫外線消毒によりポリオウイルスを90、99、99.9%不活化させるための必要照射量は、三次処理水で各々約570、1,170、1,780 mW・s/cm²となった。同様に二次処理水は、90、99%で970、1,960 mW・s/cm²となった。</p> <p>④ 大腸菌群数、ふん便性大腸菌群数、腸球菌数などの細菌は、ポリオウイルスよりも塩素・オゾン・紫外線耐性が小さかった。</p> <p>⑤ 組み合わせ消毒によるウイルス不活化の相乗効果はないものと考えられた。しかし、単一の消毒法のみで対応するのと比較して、同様の不活化率を得るために必要となる消毒剤注入濃度等は、組み合わせ消毒を行うことで各々低減できるため、消毒副生成物生成の観点からは有効であるものと考えられる。</p> <p>⑥ 再利用施設等までの送水過程を考慮して、残留塩素との接触時間を相当長時間としても、ウイルスの減少率は大幅に高くないと考えられる。</p> <p>⑦ 砂ろ過のウイルス除去率は28～56%であり、ろ過速度を100～200m/dに2倍とすると除去率は半減した。</p> <p>研究担当者：鈴木 稔、小越 眞佐司、諏訪 守</p>			
キーワード	病原性微生物、ウイルス、原虫、塩素、紫外線、オゾン、砂ろ過		

内分泌かく乱物質等の発生源と処理対策手法に関する調査		本文155ページ	平成 12 年度
全体計画	下水道事業調査費 平成 11～13 年度	三次処理研究室	
<p>(目的) 近年、内分泌かく乱物質（環境ホルモン）による河川中の水生生物のメス化等の影響が懸念されている。国土交通省は平成 10～12 年度に、全国 47 下水処理場における流入水及び放流水中の内分泌かく乱物質の濃度を調査した。これらの物質の下水処理過程（生物処理）での除去率は、17β エストラジオール (E2)・ベンゾフェノンが 70%程度（中央値）、その他の物質が 90%以上（同）であり、下水処理場が概ね大きな低減効果を有していることが確認された。</p> <p>しかし、水環境中のこれら内分泌かく乱物質濃度と水生生物への影響の関係が定量的に明らかになりつつあり、今後、良好な水辺生態系形成の観点から、下水処理場においてより高度な内分泌かく乱物質除去が求められることが想定される。そこで本調査では、生物処理及びオゾン、活性炭等の物理化学処理による下水中の内分泌かく乱物質等の除去性能を調査することにより、下水中の内分泌かく乱物質のより効果的な除去のための下水処理方式・運転方法を確立することを目的とした。</p> <p>(結果)</p> <p>1. 好氣的生物処理における内分泌かく乱物質の効果的除去のための運転手法の調査</p> <p>生物処理の制御に関するパラメータである固形物滞留時間（SRT）、水理的滞留時間（HRT）と内分泌かく乱物質（NP, NPEO, NPEC, E2, E1）の除去性能の関係を調査した。</p> <p>① DO 濃度が 5-10mg/l 程度の範囲では、SRT が 6～13 日の範囲で変化しても、等しい HRT の下では NP, NPEO, E2 の除去率には変化がなくいずれも良好に除去できていた。今後は、より低い DO 濃度の下で、SRT が短くてもこれら物質が良好に除去できるかを検討することで、活性汚泥処理によるこれら物質の生分解性能を把握する必要がある。</p> <p>② HRT が 2.6～6.7 時間の範囲で変化した場合、NPEO(n≥5)は HRT が小さくても良好に除去できており、速やかに除去が進んでいたが、その分解生成物である NPEO(n≤4)、NP1～3EC は HRT が大きいほど処理水中への流出が少なくなっており、比較的除去の進行が遅いことがわかった。一方、女性ホルモン物質では、流入水中では E1 が E2 と同じレベルのエストロゲン活性を呈しており、処理水中では E2 の活性が減少または消滅しているものの、E1 の活性が E2 に比べ多く残留していた。NPEO(n≤4)と NP1～3EC、E1 の水環境への排出抑制対策について、水処理系の運転手法の改良や物理化学処理との組合せを含めた検討が必要である。</p> <p>③ HRT が 2.6～6.7 時間の範囲で変化した場合、NP、NPEO、NP 換算濃度は汚泥中に 10 倍以上蓄積していたが、E2、E1、E2 換算濃度は汚泥中への蓄積は比較的小さかった。また、いずれの物質も HRT が小さい（時間当たり BOD 負荷量が大い）ほど蓄積比が大きくなる傾向が見られた。今後、汚泥中の内分泌かく乱物質の回収率を検討することで、水処理過程で除去された物質のうち、汚泥へ蓄積するものと分解されるものの割合を物質毎に明らかにしていく必要がある。</p> <p>④ 処理水中の NP は、SS に付着した状態で多く存在しているが、E2 は SS には殆ど付着していなかった。従って、砂ろ過・凝集沈殿処理等による SS 除去が NP の除去には有効であるが、E2 の除去には効果が低いことが示唆された。</p> <p>2. 物理化学的処理による内分泌かく乱物質の高度除去手法の調査</p> <p>生物処理水を対象に物理化学処理性能を評価することを目的とした。まずほぼすべての放流水に施されている塩素消毒を調査し、凝集沈殿ろ過処理、オゾン処理、活性炭処理についても調査した。</p> <p>① 塩素処理は、対象物質、塩素との接触時間、塩素の注入率により分解に差がみられた。</p> <p>② 凝集ろ過処理について、NP および NPEO は溶解性有機物と同様に除去されることが確認されたが、女性ホルモン類についてはあまり除去されなかった。</p> <p>③ 溶解性有機物のオゾンによる分解は基本的に化学的構造を変換するものが主であるが、NP 類、女性ホルモン類の分解に有効であり、ホルモン活性自体の低減にも効果があった。</p> <p>④ 活性炭処理について、NP 類、女性ホルモン類は、短期間の運転期間においてはかなり吸着するようであるが、長期間運転した際にどのような挙動をするのかさらに検討する必要がある。</p> <p>研究担当者：鈴木 穰、山縣 弘樹、北中 敦</p>			
キーワード	内分泌かく乱物質、好氣的生物処理、物理化学的除去法		

(目的)

下水処理水は低質の水資源として、様々な用途に利用可能であると考えられている。我が国では、都市の様々な用途に下水処理水の再利用が図られている。しかし、それらの中には、施設の障害など重大な問題に直面しているものも出てきており、再生水を都市の水資源として活用して行くためには、水質に適合した材料・構造の採用や適切な維持管理の実施が不可欠である。本調査は、下水処理水再利用に伴う障害や事故を未然に防止するための手法を検討し、安全・快適かつ安定した再利用システムを構築するために必要な技術を、再利用形態別に明らかにすることを目的としている。

(結果)

12年度は再生水による地下水涵養のための基礎的な検討実験、中水道システムによる再生水の雑用水利用のための給配水管路施設における腐食、閉塞に関する調査並びに実験、再生水管路での微生物増殖に伴うスライム生成とその抑制に関する検討実験、下水再利用に伴うリスクに関する資料調査等を行った。また、下水道を介して行う広域循環利用と共に都市における水の循環利用で重要な役割を果たしている個別・地区循環方式の実態調査を行い、利用率、費用、利用上の問題点等を検討した。これらの調査の結果判明したことは次の通りである。

(1) 地下水涵養に関する基礎的な実験の結果、一様な帯水層内に注入された再生水が周辺の地下水とは異なる流動をし、注入に比べ排出には長い時間を要する可能性がある。

(2) 管渠の腐食・閉塞は、再生水の特徴である高い電導度に残留塩素の影響が加わって発生したものと考えられる。本年度の調査では管渠防食継ぎ手部分に比較的多くの腐食が見出され今後の検討が必要である。また、閉塞防止には酸化鉄の供給源となる無防食鉄製機器の使用を削減し、管路内面の樹脂被覆・平滑化が有効であると考えられた。

(3) 再生水による配管等の内面スライム付着は残留塩素消費の増加にも寄与している。その原因である従属栄養細菌の増殖は図に示すように塩素濃度を高めることによって抑制することができる。しかし、十分に抑制するためには、3～4mg/l以上の高い全残留塩素を保持する必要がある。管路防食上は高濃度の残留塩素保持は好ましくないから、増殖の原因となる有機物の削減等について今後の検討が必要である。

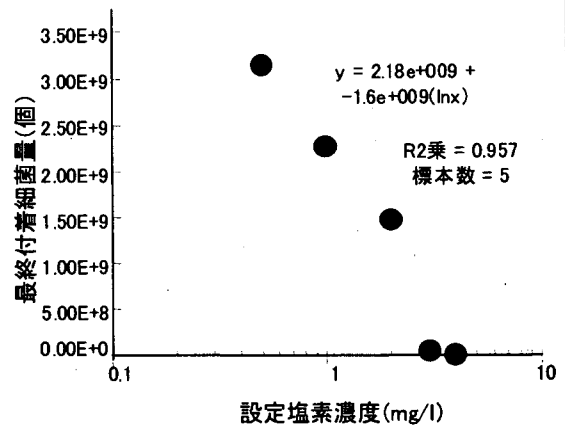


図 付着菌数と塩素濃度の関係

(4) 東京都内で実際に行われている個別ビル等の再利用について実態調査を行った結果、再生水として供給される水はビル全体の水使用量のおよそ3分の1を占めた。しかし、その一部が上水によって補給される場合があり、平均では再利用水の4分の1程度が上水であった。広域循環の再生水を利用している場合は上水の補給水は皆無で、水資源有効利用の観点からは、広域循環が、より望ましい形態であると考えられる。

(5) 個別・地区循環利用のコストは規模によって左右され、小規模施設では上下水道料金を上回る場合もあることが判明した。

研究担当者：鈴木 穰、小越真佐司、山縣弘樹、藤井良和

(目的)

下水道は、生活環境の向上、浸水の防除あるいは水環境の保全という機能を果たしているが、その一方で、施設の運転に伴う二酸化炭素など温室効果ガスの排出、電力や燃料の消費、さらに施設の建設時における資源やエネルギーの消費など、環境に対し負荷を与える側面も有している。本調査は、計画設計段階における下水道システムの評価にライフサイクルアセスメント（LCA）の手法を導入することを目的としたもので、負荷量算定に必要な原単位を整備し、負荷量を算定するために下水道システムのモデル化する手法の検討を行った。

なお、本調査の一部は日本下水道事業団、全国上下水道コンサルタント協会、日本下水道施設業協会との共同研究として実施したものである。

(結果)

1. 原単位

本調査では、素材や汎用機器の製造に係る負荷量原単位は、原則として既存の原単位データベース（一次原単位）を用いた。ただし、データベースに存在しない資機材に係る負荷量は本調査の中で設定した。また、負荷量算定を容易にするため、土木工事の単位工事量当たり負荷量（複合原単位）を予め工事歩掛に基づいて算定した。これら一次原単位、複合原単位を基本原単位と呼ぶ。なお、計画の初期段階ではこれら基本原単位からの積み上げ計算が困難であるため、ユニットプロセス単位あるいは施設単位の二次、三次原単位を算出する方法についても検討を行い、その可能性を示した。

2. 負荷量算定モデル

本調査では、下水道施設の実施設設計で作成する数量データを用いた積み上げモデルを基本とし、これに基づいて二次、三次原単位を算出することとした。なお、土木・建築施設は工事工程体系に基づいたモデル化を行い、設備については機器単位の積み上げを基本とした。ただし、設備の場合、機器の種類が多いため、メーカー調査に基づき機器を幾つかのグループに分類し、分類毎の素材構成比や電力負荷量等を設定することでモデルの簡略化を図った。

3. ケーススタディーによる負荷量算定結果

負荷量算定モデルの検証、二次・三次原単位の算定手法の検討等を目的としたケーススタディーを行い、下水道システム全体のCO₂排出量、エネルギー消費量では、処理場設備運転に係る電力由来の負荷が最も大きな割合を占め、電力使用量の算定方法がモデルの精度に大きく影響することがわかった。(図-1)この点について、積み上げモデルと実処理場の統計データで処理水量当たり電力使用量原単位を比較し、モデル計算が概ね妥当であることを確認した。処理場の土木施設については、施設規模に関わらず、コンクリート工と鉄筋工が負荷量全体の約80%を占めた。(図-2)また、建築施設の床面積当たり負荷量は建物の種別により2、3のグループに分類されることが示唆された。

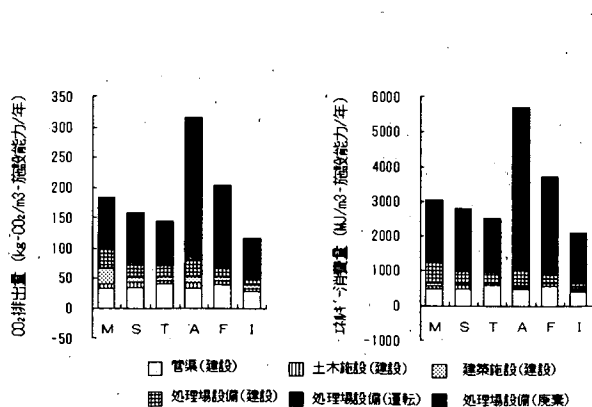


図-1 負荷量算定結果 (全体)

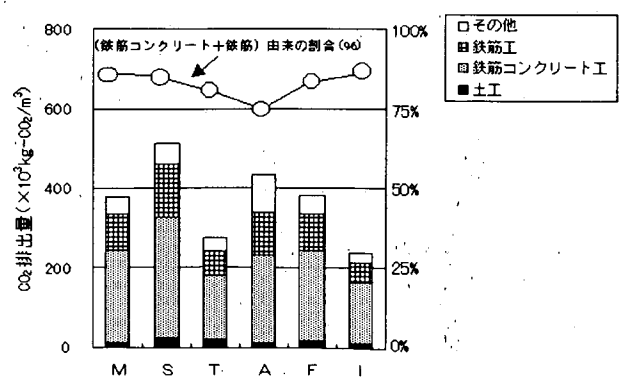


図-2 負荷量算定結果 (処理場土木施設)

研究担当者：森田弘昭，川嶋幸徳

キーワード	下水道、ライフサイクルアセスメント、二酸化炭素排出量、エネルギー消費量
-------	-------------------------------------

(目的)

近年、人や野生生物の内分泌作用をかく乱し、生殖機能阻害、悪性腫瘍等を引き起こす可能性のある内分泌かく乱物質による環境汚染が各国で報告されている。我が国の下水処理場の実態調査からも内分泌かく乱物質が検出されており、下水処理場においてもこれらの物質の制御方法の検討が不可欠である。本調査は、汚泥処理工程における内分泌かく乱物質の制御方法を見出すために、個々の汚泥処理プロセスにおける内分泌かく乱物質の挙動・消長を明らかにすることを目的とし、下水汚泥試料中の内分泌かく乱物質の分析手法の検討、汚泥処理系における内分泌かく乱物質の挙動に関する調査、汚泥製品の施用先における内分泌かく乱物質の挙動に関する調査を行った。

(結果)

平成 12 年度の調査によって得られた主な結果を以下にまとめる。

1. 下水汚泥試料中の内分泌かく乱物質の分析手法を開発するため、汚泥からの内分泌かく乱物質の抽出方法の検討を行った。その結果、Pressurized Fluid Extraction を用いた比較的良好な抽出条件を見いだした。
2. 下水汚泥処理系における内分泌かく乱物質の挙動に関する調査として、嫌気性消化、コンポスト化による内分泌かく乱物質の消長を把握するための実験に着手した。
3. 下水汚泥製品の施用先における内分泌かく乱物質の挙動に関する調査としてライシメータを用いたコンポスト施用土壌からの内分泌かく乱物質浸出実験を継続して行い、内分泌かく乱物質の浸出状況を調査した。その結果、約6ヶ月経過時点までの降雨によりノニルフェノール (NP) は 6.7% 以下、17β エストラジオール (E2) は 4.7% 以下の量が浸出していた (図-1)。また、NP についてはライシメータ内での浸出以外の減少機構の存在が示唆された。なお、土壌中での NP、E2 の挙動をより明確にするためには、NP、E2 に加え、ノニルフェノールエトキシレートやエストロン等の関連物質を含めた、浸出水中濃度、土壌含有量を実測し物質収支を明らかにする必要があるが、現時点では土壌含有量や関連物質濃度の分析手法については検討すべき課題が多く、分析手法の確立が待たれる。

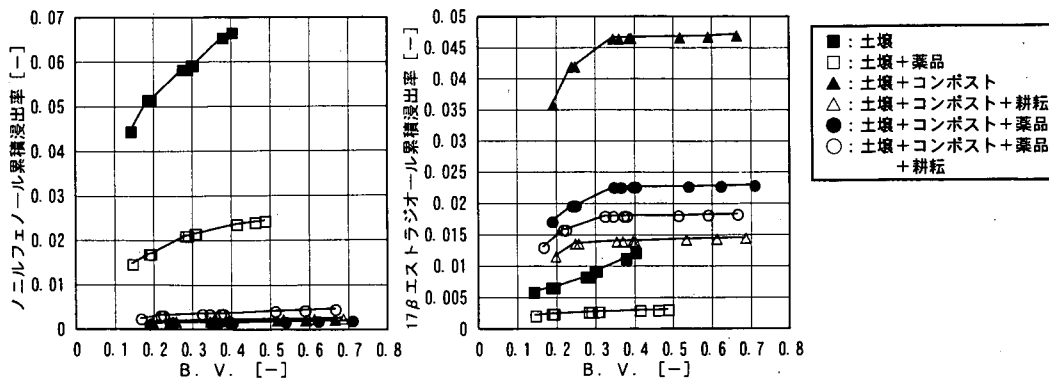


図-1 ライシメータからのNP、E2の累積浸出率

研究担当者：森田 弘昭、落 修一、南山 瑞彦

下水汚泥保有エネルギーの高度利用システムに関する調査		本文197ページ	平成 12 年度
全体計画	下水道事業調査費 平成 12 ～ 15 年度	汚泥研究室	

(目的)

下水汚泥は固形物当り 19kj/g ほどを有するエネルギー資源である。しかし、これまでの汚泥処理は安定的な処分を図ることを前提とした単位プロセスの組み合わせでしかなかったために、汚泥の処理に多くの電力や化石燃料を必要とし、下水汚泥が保有しているエネルギーの3割ほどしか利用されて来なかったのが実情である。また、水処理プロセスにおいても汚泥処理プロセス以上のエネルギーを消費してきた。一方、下水汚泥が持つ潜在的な保有エネルギーは、下水道施設全体的大幅な省エネルギー、省コストに繋げられる可能性を秘めた唯一の固有資源であり、それを高度に開発・利用するシステム構築が求められる。

本調査は、現有の汚泥処理プロセスをエネルギー生産プロセスに変革すべく、下水汚泥が持つ保有エネルギーを高度に開発、利用するシステムを構築することを目的とする。そのために、現有の焼却プロセスを発電プロセスに改変して、これと嫌気性消化プロセスとの一体化を図ることにより、メタンガスの再資源化を組み入れた電力・熱回収技術の開発を目指すものである。

(結果)

平成 12 年度は、下水処理プロセスのエネルギー効率を把握評価するモデル構築のための主要設備機器の仕様調査を行い、データベースとして「下水処理施設主要設備・機器仕様一覧 土木研究所資料第 3827 号」を整備した。また、下水汚泥保有エネルギーの開発ポテンシャル及び発電プロセスの基礎的な検討を行った結果、下水処理場の電力自給に貢献できる下水汚泥保有エネルギーの開発・利用システム構築の可能性は高いものであった。得られた下水汚泥発電システムの最大構成(案)を図-1に示した。消化ガスの安定・高度利用に不可欠な貯蔵技術を開発するために、鶴岡市と(財)下水道新技術推進機構との3者による「消化ガス吸着貯蔵技術に関する共同研究」を行い、実用化のためのパイロットプラント実験から消化ガス吸着貯蔵法の実用化に目処がつく成果を得た。また、ガス貯蔵のための活性炭について吸着特性試験を行い、活性炭のガス吸着性能は炭化・賦活工程よりも活性炭原料の性状に依存している可能性が高いことが示された。

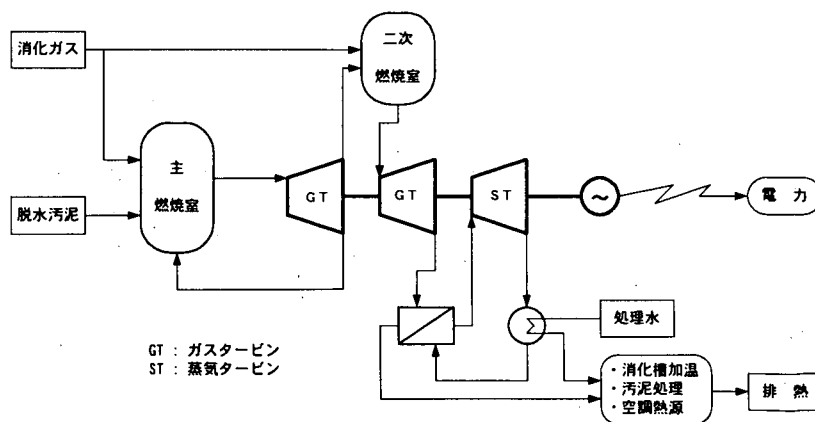


図-1 下水汚泥発電システムの最大構成(案)

研究担当者：森田 弘昭、落 修一

キーワード	エネルギー、下水汚泥、バイオガス、発電、省エネルギー、コージェネレーション
-------	---------------------------------------

全体計画

下水道事業調査費 平成12～15年度

汚泥研究室

(目的)

近年、公共事業の効率化の観点から、下水処理場において下水汚泥と他事業から発生する性状の異なる汚泥との共同処理が求められつつある。このため、汚水処理施設共同整備事業(MICS)の制度が創設され、この制度を利用する地方公共団体も年々増加してきている。しかし、それらの汚泥を下水道事業で受け入れて処理することを想定した場合に、下水汚泥とは性状が異なることから下水汚泥処理プロセスに影響を与えることが予想されるが、それらの影響は定量的には明らかではない。そのため、本調査は汚泥の共同処理時における技術的な問題点を把握するとともに、その解決方法を提案するものである。

(結果)

平成12年度は汚泥の共同コンポスト化について調査を行うために、農業集落排水汚泥、し尿処理汚泥など各種汚泥単独での室内発酵実験、及びそれらの実規模での混合発酵実験を行い、以下の知見を得た。

(1)各種汚泥を単独でコンポスト化させた結果、有機物量が小さくなっている嫌気性消化活性汚泥法(し尿処理方法の一種)により生じた汚泥以外は円滑に発酵が進み、下水汚泥と共同コンポスト化した場合でもほぼ問題はないものと推測された(図-1)。

(2)有機物量が多い汚泥は発酵が長期間に渡って持続し、BODの大きい汚泥は発酵が短期間で終了している傾向があるものと考えられた。

(3)下水汚泥と他事業から発生した汚泥を共同コンポスト化した場合、発酵温度はそれぞれを単独で発酵させた場合のほぼ中間温度で推移した。このことから、それぞれ単独で発酵させた場合の発酵状況から共同コンポスト化した場合の発酵状況も推測が可能であることが示唆された。

(4)嫌気性消化活性汚泥法により生じた汚泥は、長期に渡る嫌気性消化により重金属等の有害物質を濃縮してしまうものと考えられる。そのため、コンポスト化する際には注意を要することがわかった。また、一般に下水汚泥は重金属濃度が高いと言われている

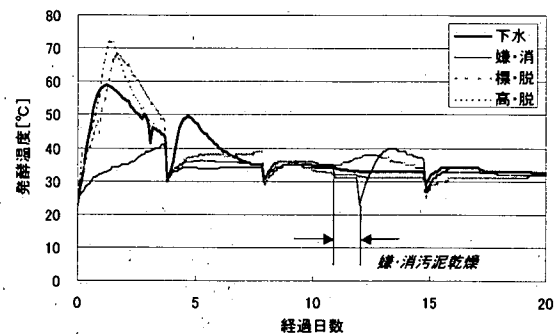


図-1 下水汚泥とし尿汚泥の発酵温度経時変化

表-1 各汚泥の重金属濃度

(mg/kg・DS)	規制値	RUN-1 農業排汚泥				RUN-2 し尿汚泥			
		下水	J-3	J-11	OD	下水	嫌・消	標・脱	高・脱
砒素	50	5.0	5.0	3.7	4.5	3.6	3.3	2.2	3.8
カドミウム	5	2.1	4.2	3.0	4.0	2.0	7.1	4.7	5.1
水銀	2	0.57	0.40	0.29	0.26	0.23	1.05	0.57	0.66
ニッケル	300	47	88	71	101	45	252	48	72
クロム	500	43	48	52	64	37	294	25	57
鉛	100	48	58	59	59	38	206	50	52
銅	300	641	434	1,082	1,349	537	975	381	439
亜鉛	900	7,735	1,622	1,362	1,602	5,497	2,244	1,690	1,830

※銅、亜鉛の「規制値」は規制値ではなく、コンポストの生産者保証票に記載義務の生じる濃度

が、嫌気性消化活性汚泥法に限らず、その他のし尿処理場発生汚泥や農業集落排水事業発生汚泥でも、下水汚泥よりも重金属等の濃度が高い場合が少なくなく、注意が必要であるものと考えられた。(表-1)

研究担当者：森田 弘昭、斎野 秀幸

キーワード

下水汚泥、コンポスト、農業集落排水、し尿処理

流域循環系に占める下水道整備効果に関する調査		本文207ページ	平成12年度
全体計画	下水道事業調査費 平成8～12年度	水質研究室	

(目的)

河川流域での下水道整備の進捗により、流域の水循環系において下水道が占める割合は年々大きくなってきている。上・下水道等の人工系の水循環を経由する水量が増加し、本来の自然系水循環に対し十分に大きな規模になると、その流域の水循環系全体の水量・水質が人工系水循環に左右される状況になりうる。そのような中で水環境の保全を図るためには、流域全体に対する下水道等の人工系水循環の影響や効果を把握し、流域全体で水質、水量に関して総合的な水管理を行っていく必要があるが、そのような影響や効果の実証的な調査は少ないのが現状である。

本調査は、河川流域の水や様々な汚濁物質の循環に対して下水道整備が与える影響や効果今後、総合的な水管理を行っていくために、下水道整備における改善課題を検討する目的で行うものである。

(結果)

前年度までの調査では、晴天時の流量、水質、流出負荷量が調査毎に大きく異なる結果となった。12年度はその要因を検討するとともに、長期的な流出の傾向を把握するために約1ヶ月間に渡り、連続的に現地観測を行った。

連続的な現地観測(右図参照)により、晴天時の水質変動の傾向が把握できた。また、突発的な水質変動の大きな要因として産業排水の排出が影響していることが示唆され、流出汚濁負荷量の増加にも大きく寄与していることがわかった。このことより流出汚濁負荷量の正確な把握には、晴天時であっても継続的な調査が必要であると考えられる。

一方、降雨時の流出負荷量については、過去の調査時と比べて流出特性が変化している可能性が、実測値及び解析結果から示唆された。しかし、その変化の要因を裏付けるほど調査データ数が十分ではなく、調査データをさらに蓄積して、流出メカニズムを検討していく必要がある。

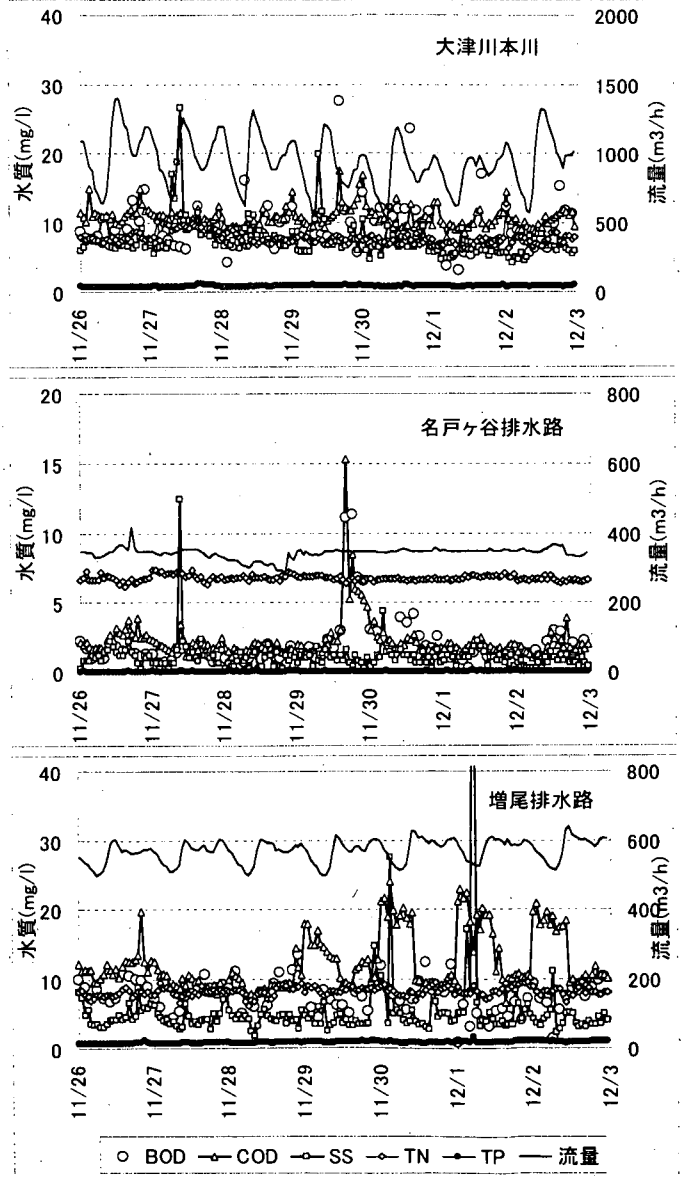


図 水質の精密観測結果

研究担当者：田中 宏明，小森 行也，白崎 亮，石井 宏幸，竹歳 健治

キーワード	流域管理、水循環、下水道整備、汚濁負荷量、手賀沼
-------	--------------------------

下水中の微量化学物質の新しい検出技術に関する調査		本文213ページ	平成 12 年度
全体計画	下水道事業調査費 平成 11～12 年度	水質研究室	

(目的)

下水処理プロセスにおいて、処理生物の生育環境を安定に保つことは極めて重要である。しかし、慢性的あるいは突発的な水質事故等による下水道への化学物質の流入は、これらの物質にダメージを与える可能性がある。このため、下水道へ流入する化学物質が下水処理へ与える影響の評価手法や、有害化学物質の下水道施設への流入に対する連続監視技術の確立が必要である。処理生物の中でも特に、生物学的窒素除去の硝化工程を担う硝化細菌は化学物質の影響を受けやすいことがわかっている。この性質に注目し、下水中の毒性物質の検出への硝化細菌を用いたバイオアッセイの利用を検討している。12年度は、純粋培養硝化細菌を用いたバイオアッセイ系により硝化阻害が報告されている物質の、硝化細菌の阻害濃度の把握および硝化細菌を用いた毒物センサの実下水処理施設への適用を検討した。

また、近年、生物の内分泌作用を攪乱し、悪影響を及ぼす外因性の内分泌攪乱物質 (EDs) への関心が高まっており、その環境汚染が懸念されており、下水道では現在調査されている物質の中でヒト女性ホルモンの 17β-エストラジオール (E2) の内分泌攪乱作用が、他の化学物質に比べて非常に高いことが報告されており、下水試料の内分泌攪乱作用に占める E2 の割合が非常に大きいとの報告もある。しかし、上記の実態調査において、E2 の測定に使用している ELISA 法は LC/MS 等の機器分析に比べて試料の前処理や測定が簡易という利点があるものの、抗原抗体反応を利用しているため、類似物質による影響と、機器分析による結果との相違を確認する必要があると考えられた。そこで12年度は、実際の下水試料を対象として、ELISA 法及び LC/MS/MS 法により E2 の測定・比較を行った。

(結果)

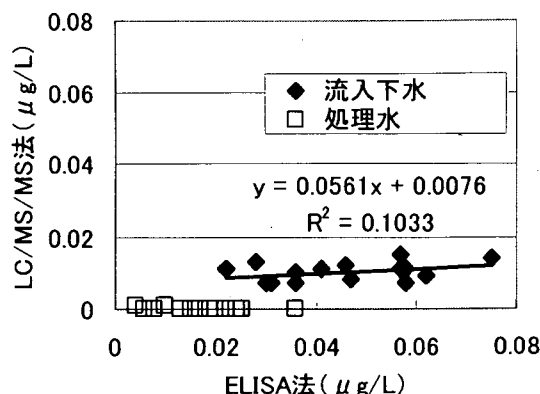
3.1. 硝化細菌を用いたバイオアッセイ

各供試物質に対する純粋培養硝化細菌バイオアッセイ系の感度は、供試物質の中では、チオカルボニル基を有するチオ尿素が最も阻害レベルが低く、続いて芳香族メチル、芳香族アミン、アルデヒドの順に阻害レベルが上がっていった。また、別途行った、実下水処理場の生物処理に近い条件における系による試験⁹⁾と比較すると、感受性が 20 倍程度高い (阻害レベルが 20 倍程度低い) ことがわかった。このことは、実処理系において処理阻害が発生するよりも低濃度で硝化阻害物質の存在を、本試験系は検出できることを示唆している。また、同一の硝化細菌を用いた毒物センサを、実下水処理施設で流入下水の水質監視に適用する検討を行ったところ、約 1 ヶ月の期間であれば、安定的に連続稼働することがわかった。

3.2. ELISA 法

流入下水中の E2 濃度の、ELISA 法および LC/MS/MS 法による測定結果は、ELISA 法の測定結果が高く、その比率 (ELISA 法/LC/MS/MS 法) は 2.0～8.3 倍 (平均 4.7 倍) であった。このことから流入下水において、ELISA 法の測定結果は測定対象物質である E2 以外の物質の影響により LC/MS/MS 法の結果よりも高くなることが推察された。また、ELISA 法と LC/MS/MS 法の測定結果の相関は低く、さらに ELISA 法と LC/MS/MS 法の比率と調査対象処理場及び試料採取時期の間にも明確な傾向が認められなかった。放流水中の E2 については ELISA 法の結果に比べ LC/MS/MS 法の測定結果はほとんどが定量下限値以下と非常に低かった。流入下水と同様、ELISA 法の測定結果は測定対象物質である E2 以外の物質の影響を受け高くなることなどが推察された。

図-1 ELISA法とLC/MS/MS法の比較



研究担当者：田中 宏明、小森行也、高橋明宏、岡安 祐司、矢古宇靖子

キーワード 内分泌かく乱化学物質、毒性物質、バイオアッセイ、硝化細菌、ELISA、

下水道における未規制物質対策技術に関する調査		本文219ページ	平成12年度
全体計画	下水道事業調査費 平成12～12年度	水質研究室	

(目的)

現在、生産・使用されている数万種に及ぶと言われている化学物質は、生活に欠くことのできない有益な物質であることは言うまでもないが、人の健康を害するものも少なくない。人の健康を害する一部の物質については、環境や下水道への排出が規制されているところであるが、多くの化学物質は未規制のままである。生活排水、工場排水等を処理した後、環境へ戻している下水道においては、今後一層、有害化学物質を適切に管理することが重要な課題となる。

本調査は、下水道に定常的・突発的に流入する恐れのある種々の有害化学物質について下水道での動態予測、処理への影響の検討等、有害化学物質の下水道での管理方法の確立に資することを目的としている。

(結果)

平成12年度は、揮発性有機化合物の下水道における挙動の把握とエストロゲン、ノニルフェノキシ酢酸類の機器分析を行った。

1. 揮発性有機化合物の下水道における挙動の把握

揮発性有機化合物の活性汚泥処理における運命を、ベンチスケールの活性汚泥処理実験装置を利用して実測により把握した。数値シミュレーションモデルを開発し、実験装置における減少を解析し一般化することを試みた。図1にシミュレーション結果と実測値の比較データを示す。また、未規制化学物質のうち、PRTTR第一種指定化学物質について、物性情報を整理し、ある代表的な運転条件の下水処理場の活性汚泥処理で、一定の流入濃度、生分解性が行われないと想定した場合について、挙動の推定、運転パラメータによる感度解析を行った。

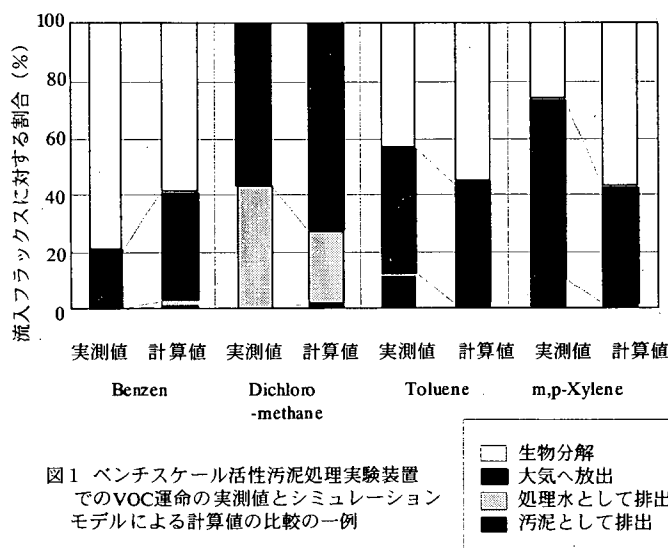


図1 ベンチスケール活性汚泥処理実験装置でのVOC運命の実測値とシミュレーションモデルによる計算値の比較の一例

2. エストロゲンとノニルフェノキシ酢酸類の機器分析

天然のエストロゲンである17β-エストラジオール (E2)、エストロン (E1) 及び経口避妊薬 (ピル) の主成分であるエチニルエストラジオール (EE2) のホルモン作用は、内分泌攪乱化学物質のエストロゲン様活性に比べ非常に強いことから、下水処理場での実態把握において重要な物質である。また、ノニルフェノキシ酢酸類は内分泌攪乱化学物質のNPの前駆物質として知られている物質であるが、内分泌攪乱作用があるとの報告もあり、NP同様に注目されている物質である。しかしながら、これらの物質の分析方法は標準化されていないことからその分析方法の開発が急がれている。本調査では、下水試料を分析対象とした分析方法の検討を行った。

研究担当者：田中 宏明、小森 行也、岡安 祐司、竹歳 健治、矢古宇 靖子、東谷 忠

キーワード	内分泌攪乱化学物質、活性汚泥処理、物質収支、17β-エストラジオール
-------	------------------------------------

(目的)

本調査は現地調査および生物を用いたバイオアッセイ(生物検定)により下水処理水の水生生態系への影響を把握し、下水処理水の総合的な水質評価方法を検討することが目的である。

平成12年度は下水処理水に残存していることが報告されている環境ホルモンについて、水生生態系への影響について検討した。組み換え酵母を用いたエストロゲン活性の測定(酵母法)については、*in vitro*の手法で試料のエストロゲン活性の総量を把握するための手法として位置づけ下水試料の測定を行った。また、水生生物、特に魚類に対する環境ホルモンの影響が懸念されていることから、飼育が容易、成長が早い等の利点を持つメダカに着目し、d-rR系メダカを用いた試験系の基礎検討を行った。

(結果)

①組み換え酵母を用いたエストロゲン活性の測定

過去の検討結果より測定操作が簡易であること、毒性物質に対する耐性が高い等の利点から、Brunel大学のSumpter教授より譲渡を受けた組み換え酵母を用いて秋期には12下水処理場で測定を行った。図-1に測定した試料のエストロゲン活性を示す。平成12年度の測定結果(E₂活性等量)は、流入水については最大0.208 μg/L、最小0.046 μg/L、平均0.092 μg/Lであり、放流水については最大0.117 μg/L、最小0.001 μg/L、平均0.024 μg/Lであった。これらの値は過去の結果と概ね同様の値である。また、各年度の秋期調査の結果を比較した場合も、概ね同様であった。下水処理過程において、各種の環境ホルモン物質が除去されることが報告されているが、12年度の調査におけるエストロゲン活性の除去率は最大99%、最小57%、平均83%(いずれもE処理場除く)であり、エストロゲン活性についても除去されることが推察された。

②メダカを用いた試験系

d-rR系メダカの体色は遺伝的に性染色体の組み合わせで決定され、オスが緋色、メスが白色となる。これに対し、しりびれの形状は生殖器官の発達つまり第二性徴に合わせて発現し、オスが大きく、メスは小さくなる。一方、メダカは個体の発生段階で女性ホルモンの暴露を受けると性転換が起こり、オスがメスに性転換することが知られている。d-rR系メダカでは、個体の発生段階で女性ホルモンの暴露を受けてオスが機能的にメス化した場合、体色が緋色でしりびれが小さい、つまり遺伝的にはオスで機能的にはメスという成体になる。このため、環境ホルモンによる性転換(オス→メス)が解剖等を行わずに外観から容易に判断することができる。

環境ホルモンの標準物質に卵～成魚の期間曝露した場合、今回設定した濃度では生物毒性が強く、すべての個体が死亡してしまった。卵～孵化の期間に曝露させた場合、死亡した個体はわずかであった。結果を表-1に示す。17βエストジオール(E₂)を100 μg/L以上で曝露させた場合、遺伝的にオスである個体はすべてしりびれが機能的メスの形状となり、性転換が起こった。NPの場合、100 μg/Lの実験区では性転換が見られず、1000 μg/Lの実験区ではNPの毒性により死亡したメダカが多いものの性転換した個体が観察された。BPAの場合、100 μg/L以上でも性転換した個体は確認できなかった。以上のことから、今回対象とした標準物質の女性ホルモン活性については、E₂>NP>BPAと判断され、この結果は従来の酵母法による結果⁴⁾と同様であった。今回設定した濃度条件は、性転換が起きることを確認するのが主目的であったため、設定した標準物質の濃度は下水中の10³～10⁵倍と非常に高い濃度であった。

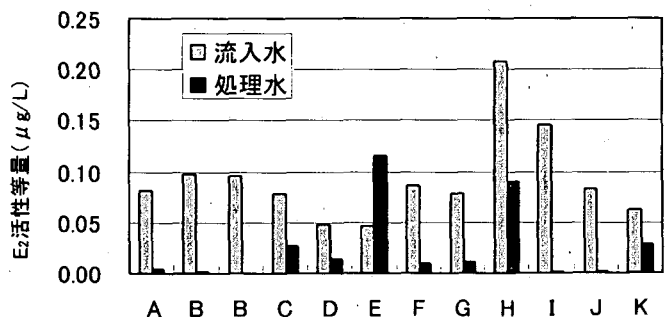


図-1 下水試料のエストロゲン活性値

表-1 d-rRメダカの試験結果

物質	濃度*	性転換(オス→メス)**
無添加		-
E ₂	100	++
	1000	++
NP	100	-
	1000	+
BPA	100	-
	1000	-

*: μg/L **: -, なし; +, あり; ++, すべて

研究担当者: 田中 宏明、高橋 明宏、東谷 忠、矢古宇 靖子、斎藤 正義

キーワード 水質評価、バイオアッセイ、組み換え酵母、d-rRメダカ、環境ホルモン

全体計画

下水道事業調査費 平成 11 ～ 13 年度

緑化生態研究室

(目的)

リサイクルへの関心の高まりから、従来、廃棄処分されていた下水汚泥と街路樹の剪定枝葉も、リサイクル材料としての有効利用が求められている。リサイクル方法として堆肥化が挙げられ、これまでの研究では、土壌改良材としての使用を念頭に、下水汚泥と剪定枝葉を混合した堆肥（汚泥枝葉堆肥）の製造方法、施肥効果が確認されている。しかし、土壌改良材としての堆肥利用では、利用量が限られているのが現状であり、利用の拡大のため、利用目的に応じた汚泥枝葉堆肥の品質向上が求められている。

そこでここでは、汚泥枝葉堆肥の土壌改良材以外の利用用途として、のり面緑化材料としての利用に着目した。建設事業に伴って発生するのり面面積は広く、その多くで緑化が行われることから、汚泥枝葉堆肥をのり面緑化材料として用いることができれば、リサイクルの推進に大いに貢献するものと考えられる。

本調査では下水汚泥と剪定枝葉の混合堆肥を、のり面緑化である植生基材吹付工の基盤材に適用することを目的とし、堆肥の粒度、混合割合を変化させた基材を用いて、盛り土のり面において施工試験を行い吹付作業性、緑化材料の適性について評価を行った。

表-1 試験区の内容

試験区番号	①	②	③	④	⑤	⑥
堆肥の粒径	10mm未満			30mm未満		
堆肥とピートモスの混合割合	堆肥	50%	70%	90%	50%	70%
	ピートモス	50%	30%	10%	50%	30%
高度化成肥料(kg/m ³)	4.68	2.34	0	4.68	2.34	0
侵食防止剤(kg/m ³)	5.0kg/m ³					
使用種子と発生期待本数	トールフェスク(100本/m ²)					
	コマツナギ(80本/m ²)					
吹き付け厚さ	5cm					

(のり面緑化吹付試験の方法)

試験地は、土木研究所校内の盛り土のり面（勾配 1:1.8, 延長 24m, のり高 4m）とした。試験区の内容は 6 試験区とし、堆肥の粒径が 10mm 未満の①～③と、30mm 未満の④～⑥を設け、各粒径区分ごとに堆肥とピートモスの混合割合が (50%, 50%), (70%, 30%), (90%, 10%) の 3 区分を設けた。調査項目は、吹付作業性については、吹付時の吹付作業時間、跳ね返りロス量、基盤の出来ばえとして表面の突出状況の測定として目視観察を行った。緑化材料としての適性については、土壌硬度、植被率の測定を行った。

(のり面緑化吹付試験の結果)

吹付作業性

- ・跳ね返りロス量は、粒径 30mm 未満の試験区の方が少なく、材料の突出状況も良好であった。また、粒径に関わらずピートモスの混合割合が低いほど、跳ね返りロス量は少なかった。
- ・吹付速度は、①以外の試験区では吹付速度 70m²/時間程度であった。①試験区は、最初に吹付を行ったため、材料の混合状態が悪かったため、吹付速度が遅く、跳ね返りロス量も多かったと推測される。

土壌硬度 (吹付後 19 日間)

土壌硬度が 25mm 以上の場合、植物の生育を阻害すると言われている。ピートモスの混合割合が高くほど土壌硬度が高い傾向が示された。

植被率 (吹付後約 3 ヶ月間)

吹付 3 ヶ月後の植被率では、堆肥の粒径 10mm 未満を用いた試験区の植被率の方が、堆肥の粒径 30mm 未満を用いた試験区の植被率より高かった。特に、堆肥の粒径 30mm 未満でピートモスの混合割合 30%, 10% の⑤, ⑥の植被率は低く、土壌硬度も高かった。各試験区ごとに出現した植物全てに対する平均植被率を見ると、全試験区とも植被率 85%以上であった。

(まとめ)

吹付作業性、緑化材料としての適性を考慮すると、堆肥の粒径 30mm 未満の堆肥を用いて、ピートモスの混合割合を 50%にすることが望ましいと考えられる。

研究担当者：藤原宣夫、石坂健彦、石曾根敦子

キーワード

リサイクル、下水汚泥、剪定枝葉、堆肥化、のり面緑化、吹付作業性

全体計画

下水道事業調査費 平成10～13年度

都市河川研究室

(目的)

都市域の雨水排水対策としての流出抑制施設としては、下水管路、都市下水路の他、雨水調節・調整地、排水機場、地下貯留管、雨水貯留浸透施設等があり、逐次整備が行われている。これらの各種施設を都市の実状に応じて組み合わせることにより、浸水被害の軽減が期待される。また、その整備水準については、将来にわたって合理的手法により決定される必要がある。

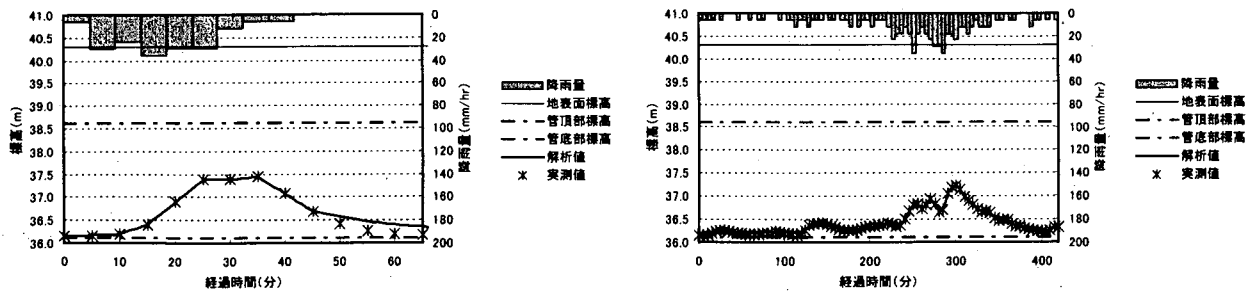
本調査では、幹線施設だけでなく流域規模での流出抑制施設の水利効果を評価するために、流出から氾濫までを一連の現象としてとらえた、分布型流出・氾濫モデルの作成を行う。そして、各種流出抑制施設の組合せによる浸水被害軽減効果の算出、およびモデルの検証を行い、望ましい都市雨水対策を提案するものである。

(結果)

以下に、平成12年度の検討結果を示す。

- 実流域であるA流域に対して実績降雨を適用し、PWRIモデルに各種流出抑制施設による抑制効果を算定するプログラムを付加した、分布型流出・氾濫モデルの再現性を検証した。
→その結果、浸透柵の設置による冠水マンホール数の減少傾向が示され、浸透被害軽減効果が確認できたといえる。
- 桃園川幹線流域における現地観測、および下水道管渠情報、流出抑制施設等の実態調査を行った。
→結果からは、当該地域の土地利用状況が非常に特異であることが判明し、それが流出に係わる各種係数に影響を及ぼすことがわかった。
- 桃園川幹線上流域に対して、PWRIモデルの適用を行った。
→小さな流域については、解析値と実測値が概ね近似した良好な結果を得ることができた。

今後はPWRIモデルに生じる各種問題を解消することにより、さらに大きな流域である桃園川幹線全流域に対してモデルを適用し解析を行う。



(A) 平成12年7月2日降雨

(B) 平成12年7月8日降雨

図-1 桃園川上流域におけるPWRIモデル解析水位および実測水位の時刻歴推移

研究担当者：吉谷 純一、木内 豪、舘 健一郎、水草 浩一

キーワード

浸水被害、都市雨水排除施設、PWRIモデル、再現計算

(目的)

本調査は、超小口径や超長距離の推進工法、止水性や耐食性の機能を維持した二次覆工省略型のシールド工法などの新技術・新工法を含めた下水管路施工法に関して、建設費だけではなく、維持管理費も含めたトータルコストによる評価を行い、現場条件に適した合理的な施工法の選定手法を確立するとともに、コスト縮減方策を提案することを目的としている。また、トータルコストには、施工に伴う振動・騒音、路上占有による交通渋滞、掘削残土の発生、グラウト注入による土壌や地下水汚染などの周辺環境に及ぼす影響をコスト換算したものも含めて、評価することとした。12年度は、推進工法を対象に適用条件別に分類・整理を行い、コスト縮減のための改善項目を整理した。また、地方自治体に対するアンケートおよびヒアリングを行い、コスト縮減に対する取り組みと維持管理の実態を調査した。

(結果)

①推進工法の分類・評価

表-1は、各種推進工法の適用範囲を整理したものの一部である。礫質地盤への対応や長距離・曲線推進などコスト縮減に有効と思われるものについては、近年いくつかの新工法が開発されている。しかしながら、施工実績は少ないのが現状で、今後はより一層の長距離化、機械損料の低コスト化、積算基準の確立などが必要と思われる。また、周辺環境への影響をみると、泥水式がすべての項目について不利なものとなっている。泥水式は、推進延長が他工法に比較して長く、また適用できる地盤条件も広いが、施工条件だけで見た評価は高いが、周辺環境への影響を外部コストとして計上した場合には、泥水式の総合評価が下がる可能性がある。

②維持管理のコスト縮減方策

調査対象とした自治体は、東京都、横浜市、大阪市など全国各地の24ヶ所とした。調査の結果、維持管理コストの縮減のために望まれる項目として、以下のものが挙げられた。

- ・維持管理台帳の電子化
- ・簡易TVカメラによる事前調査で、異常箇所を把握
- ・ライニング材の一元化
- ・更正管工法の基準化
- ・中・大口径管に対する更正管工法の開発

維持管理台帳の電子化については、すでに10ヶ所の自治体が実用化しており、そのうちの8ヶ所がコスト縮減効果があると回答している。また、管路の調査方法については、簡易TVカメラによる事前調査で異常箇所を事前に把握し、通常のTVカメラによる調査コストを押さえる方法が望まれている。そのためには、精度の高い簡易TVカメラの開発が必要となる。更正管工法に関しては、ライニング材の一元化や既設老朽管の耐久性評価方法の基準化、中・小口径管への対応など多くの要望が挙げられている。更正管工法は、路上工事縮減に有効な工法であり、開削工法に替わって今後実績が増加すると予想され、基準化によるコスト縮減効果は大きいと考えられる。

表-1 適用条件別推進工法分類表

工法名		項目	適用管径	推進延長	適用土質			長距離・ 曲線推進	道路占有	地下埋設物 等への影響	騒音・振動	建設副産物	地下水汚染、 地盤沈下等
					粘土	砂	礫						
小口径管	高耐荷力	圧入方式一工程	φ200～300	30m程度	○	△	×	×	○	△	○	○	○
		圧入方式二工程	φ250～700	50m程度	○	△	×	×	○	△	○	○	○
		オーガ方式	φ250～700	60m程度	○	△	△	×	○	△	△	○	○
		泥水方式一工程	φ250～700	100～140m程度	○	○	△	×	×	△	×	×	×
		泥水方式二工程	φ250～500	120～160m程度	○	○	△	○(新工法)	×	△	×	×	×
		泥土圧方式	φ250～700	60～80m程度	○	○	△	○(新工法)	△	△	△	○	

研究担当者：大下武志、市村靖光、井谷雅司

キーワード 管路施工法、合理化、コスト縮減

可撓性施設の合理的設計・施工法に関する調査		本文249ページ	平成12年度
全体計画	下水道事業調査費 平成10～12年度	土質研究室	

(目的)

現在、可撓性管を道路下に埋設するには、安全性への配慮から一定の制限が設けられており、やむを得ず道路下に埋設する場合においても許容たわみ率等の基準が定められている。しかし、コスト縮減の観点からすると、過剰な設計となることも多い。また、周辺地盤条件によっては、側方の地盤版力が、現在の設計手法で予測される値よりも小さくなり、管の変形防止効果が十分に期待できないことも懸念されている。また、変形防止効果が高く、地下水の浸食を受けない等の利点を持つ流動化処理土は、その製造プラントが大きく小規模工事には向かないという問題を持つ。そこで本研究では、より精度の高いたわみ量の算定手法により現設計手法の見直しを行うとともに、流動化処理土の新しい施工技術を開発することによって、可撓性管埋設に関する合理的かつ経済的な設計・施工法の提案を行うことを目的とする。

(結果)

平成12年度は、流動化処理土を下水道管などの埋設工事に用いた場合の施工費について検討するために試設計を行い、良質土を用いて可撓性管を埋め戻す従来工法を用いた場合と、流動化処理工法を用いた場合とを比較検討した。また、下水道管などの埋戻しに対応した流動化処理工法において、石灰と原料土を事前混合することにより混練性を増すことがあるが、その場合の処理土の強度について調査するために、CBR試験を実施した。

試算結果例を図-1に示す。従来と同じ埋設条件の場合、いずれのケースについても流動化処理工法による埋戻しコストの方が高くなったが、掘削幅などを見直すことによりコストが低下していることが確認された。したがって、流動化処理工法を適用するにあたって、施工の合理化を同時に図ることにより、従来工法よりもコスト縮減を図ることのできる可能性があることが明らかとなった。

また、CBR試験結果を表-1に示す。表に示すように、小規模工事に対応した流動化処理土の場合、セメントを石灰と置き換えると概ね強度は低下した。特に粘性土でその傾向は顕著であり、石灰を混ぜることにより、むしろ強度を期待しにくくなることが確認された。しかしながら、関東ロームの場合、石灰により75%以上置換すると、十分な強度を得ることはできないが、50%程度以下であれば、強度が増すという結果が得られるなど、石灰により事前処理する場合には、原料土によって強度発現に違いが出るため、配合設計においては十分留意する必要があることが確認された。

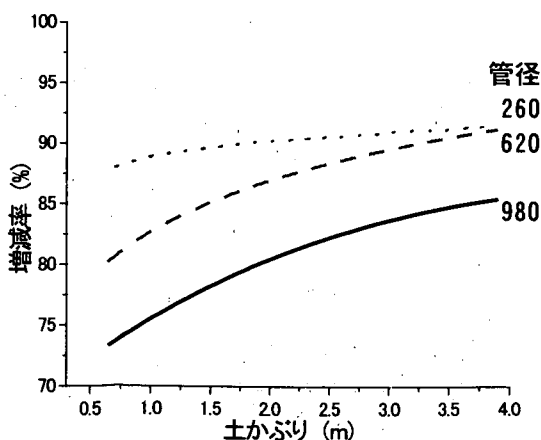


図-1 流動化処理土によるコスト縮減効果 (埋設条件を変えた場合)

表-1 CBR試験ケースと結果

CASE	原料土	セメント	石灰	CBR (%) (一週)
1	関東ローム	193	0	4.9
2	関東ローム	153	40	16.9
3	関東ローム	113	80	6.1
4	関東ローム	73	120	0.8
5	山砂	40	0	8.3
6	山砂	27	13	7.9
7	山砂	20	20	6.8
8	山砂	13	27	4.9
9	粘性土	160	0	6.6
10	粘性土	120	40	1.9
11	粘性土	80	80	0.6
12	粘性土	40	120	0.2

研究担当者：恒岡 伸幸、古本 一司、大野 真希

キーワード	たわみ性管、流動化処理土、石灰処理
-------	-------------------

下水道施設用複合材料の試験方法に関する調査		本文255ページ	平成12年度
全体計画	下水道事業調査費 平成11～12年度	化学研究室	
<p>(目的)</p> <p>近年、下水道施設に用いられている複合材料に、厳しい腐食環境によると思われる損傷事例が報告されており、早急な対応が必要とされている。複合材料は腐食環境には比較的強い材料であるが、高濃度の酸と過大な荷重の作用などの複合的な過酷環境では、劣化することがある。そこで本課題では複合材料の下水道環境での耐久性を調査し、耐久性評価のための試験方法を作成する。</p> <p>(結果)</p> <p>(1) JIS K 7034によるFRPM管の偏平負荷における耐薬品性試験を継続して実施した。試験はほぼ10000時間を達成したが、規定の時間内(10～6000時間)に規定以上の数量(7個)のデータが入らず、また、ばらつきが大きいなど、良好な「時間－破損時間線図」を得ることはできなかった。また、50℃での試験による高温促進効果も認められなかった。この試験の実施に当たっての問題点・注意点をとりまとめた。</p> <p>(2) FRPM管の長期特性を試験する、3つの方法を比較検討し、FRPM管の試験方法としての適用性と試験方法の改善点を検討した。JIS K 7039は水中クリープ試験であり、水以外の試験液は想定されていない。下水道用FRPM管の損傷事例は酸性条件がひび割れ発生を促進させていることは明らかであるで、下水道用FRPM管の酸性腐食環境でのひび割れ損傷に関する試験方法としては、多くの改善すべき点がある。また、GFRPの「応力腐食割れ」試験として、多くの研究者により文献で実施されている方法があり、劣化メカニズムからは条件が下水道環境に近いと考えられることと、小片を使うので試験装置が小規模で済むため、データを多く取りやすい方法として利用できる可能性がある。</p> <p>(3) 管から切り出した小片によるFRPM管長期特性試験方法の適用性を検討するため、FRPM管と切り出した試験片の物性試験を行った。その結果、破断時ひび割れが管径や試験方法によらずほぼ一定であったことから、これを測定することで小片による試験結果を、FRPM管の耐久性評価に適用できる可能性があることが分かった。</p> <p>(4) JIS K 7039を改良して下水道用FRPM管の酸性腐食環境におけるひび割れ損傷に関する試験方法案と、「応力腐食割れ」試験方法を改良した、切出試験片による試験方法案を作成した。</p>			
キーワード	複合材料, FRPM管, リラクゼーション破断, クリープ破断, 酸性環境, 荷重環境, 応力腐食割れ, ASTM D 3681, JIS K 7034, JIS K 7039		

(目的)

新土木工事積算大系(以下「新大系」という。)は、公共土木工事の請負契約の透明性向上、契約内容の明確化、建設事業の国際化に対応し、また、発注者側の積算業務の効率化に資するため、契約・積算に関する手法や図書類を密接に関連づけながら体系的改善を図る一連の整備大系である。下水道事業分野では新大系の中核的整備項目である下水道工事工種体系はすでに整備完了しているが、工事工種体系をもとに展開させる具体的な積算・契約関連図書類の整備・体系化(大系用語定義集の作成、共通仕様書の体系化、積算基準書の体系化)は実施されておらず、新大系の本格的、利便性のある運用環境は整備されていない。本研究は、下水道分野の新大系積算・契約関連図書類の作成を行うことを目的とする。

(結果)

1 下水道土木工事共通仕様書の作成

一般土木分野(河川、道路等)の共通仕様書は、工事工種体系のレベル1～4の階層構成に合わせた編・章・節等の目次構成により、各体系レベルの仕様・品質が明確に明示できる形に再編成されているため、下水道分野も同じ構成で編集することとした。下水道事業で行う工事は、一般土木分野の工種も多く利用している(例えば、土工、土留工、舗装等の付帯工等)点や「国土交通省土木工事共通仕様書」が地方自治体に広く利用されていることなどを考慮して、下水道編として下水道固有の工種と国土交通省仕様書に記載されていない工種(シールド・推進工種など)を追加整備する形で、「下水道土木工事共通仕様書」を整備することとした。

2 下水道積算基準書の体系化

現在の「下水道用設計標準歩掛表」は、単なる歩掛単価表の集合体ではなく、下水道独自のA、B、C代価表の階層からなる積算構成を持っている。

本基準書は発注者サイドにおける積算作業だけを考えれば、利便性の高い積上げ構成となっているが、工事数量総括表(金抜き設計書)として、契約上明示すべき代価表の階層範囲が規定されていない。また、B、C代価を契約条件として明示した場合、仮設関係の工法・使用機械・労務人員など請負者の施工任意性を著しく阻害する代価表が契約図書として工事数量総括表に記載されてしまう等の問題がある。

今回体系化する積算基準書(標準歩掛)は、これらの点を解消すると共に、工事工種体系に沿って使用する施工歩掛表が検索できるよう、レベル2～4を基準書のA～C代価表として1対1対応させることとした。これにより、積算基準書の階層構成によっても工事工種体系の階層と、契約上明示すべき範囲が明確に表現でき、積算者にとって円滑で利便性のある工事工種体系の利用が可能となるものと思われる。

3. 下水道用語定義集の作成

工事工種体系における各階層区分(レベル)のうち、レベル4として位置づけられている「細別」は、他のレベルと異なり、契約における取引項目となりうる、特に重要なレベルと位置づけられている。

下水道用語定義集の作成に当たってはいわゆる“下水道用語集”的なものではなく、工事工種体系用語としての“細別”(レベル4)の定義という観点からの記述とした。このため、基本的には用語の解説はおこなっていない。また、“細別”の定義は原則として、当該細別の費用構成を“包括的な”表現で記述することとするとともに、工法に関する記述等、施工の任意性を阻害する表現は極力避けることとした。

研究担当者：松井 健一、高村 和典

[S-411-01]			
硬質塩化ビニル管		検査用単位	m
		積算用単位	m
【用語の定義】			
硬質塩化ビニル管の布設作業で、以下の費用を含む。			
・硬質塩化ビニル管材料費			
・管布設費 (M)			
・管布設費 (MP)			
・管検査費			
【備考】			
下水道用硬質塩化ビニル管以外の継手材料、労務費は「継手類」で計上する。			
(バ)1工種区分	(バ)2工種	(バ)3細別	(バ)4細別
管設	管きよ工 (取附)	管布設工	硬質塩化ビニル管
管設	管きよ工 (小口径推進)	立内管布設工	硬質塩化ビニル管
処理場・ポンプ場	場内管設工	管布設工	硬質塩化ビニル管

図 下水道用語定義集の記載例

全体計画

下水道事業調査費 平成9～13年度

動土質研究室

(目的)

下水道管渠施設の合理的な液状化対策について検討してきたこれまでの知見から、埋戻し部分を十分に締め固め、液状化抵抗を高めることにより下水道管渠の浮き上がりを相当程度防止できそうであることがわかってきた。12年度は管渠の液状化被害を防止するために必要な埋戻し締め固め管理基準の提案を目的として、実際に下水道管渠の埋戻し材を用いて下水道管渠の浮上りに関する動的遠心模型実験(図-1,表-1参照)を行い、その浮上り被害程度と埋戻し材の液状化特性との関係を調べた。

(結果)

動的遠心模型実験の結果、今回の実験では埋戻し部を少なくとも締め固め度 $D=90\%$ 程度に締め固めていれば、埋戻し部が液状化しても周辺地盤の液状化の有無にかかわらず管路模型の浮上りは生じないことがわかった(図-2参照)。また、埋戻し土の繰返し三軸試験から求めた、液状化強度、累積損失エネルギーと浮上り量の相関を調べた結果、液状化強度あるいは累積損失エネルギーがある程度高ければ管渠の浮上りは生じないようであることがわかった。また、下水道管渠の浮上り量との相関は締め固め度よりも、液状化強度または累積損失エネルギーが高く、埋戻し部が液状化しても液状化強度、あるいは累積損失エネルギーが大きければ浮上りは生じないことがわかった(図-3,4)。

表-1 実験条件

ケース	埋戻し部		周辺地盤		加振条件 (重力場換算)						
	材料	目標締め固め度 (%)	材料	目標乾燥密度 (g/cm ³)							
1.	御所砂	90	江戸崎砂	1.65 (非液状化)	Step1 正弦波300gal 20波						
	東浜砂	90									
	田村砂	90									
2.	御所砂	85			江戸崎砂	1.65 (非液状化)	Step2 正弦波600gal 20波				
	東浜砂	80									
	田村砂	85									
3.	御所砂	75					江戸崎砂	1.65 (非液状化)	Step3 不規則波 最大1200gal		
	東浜砂	75									
	田村砂	75									
4.	東浜砂	75							江戸崎砂	1.43 (液状化)	Step3 不規則波 最大1200gal
	東浜砂	82									
	東浜砂	90									

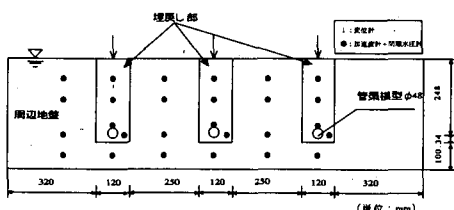


図-1 実験模型

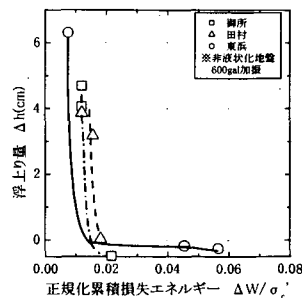
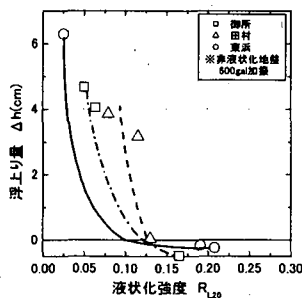
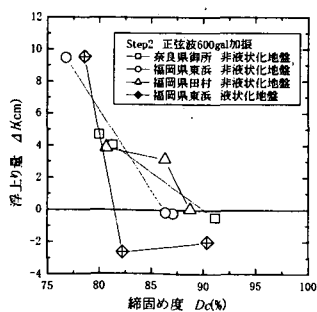


図-2 締め固め度と浮上り量の関係

図-3 液状化強度と浮上り量の関係

図-4 累積損失エネルギーと浮上り量の関係

研究担当者：松尾修、佐々木哲也、田本修一

キーワード

下水道管渠、浮上り、動的遠心模型実験、締め固め

(目的)

現在、水質調査は河川砂防技術基準（案）等に基づいて実施されているところであるが、詳細な調査地点、調査頻度などについては各河川管理者の判断に委ねられている。測定の意義を明確にし、河川水質調査の合理的な調査条件を設定し、水質調査の効率化を図る必要があるが、現状では必ずしも河川水質調査の体系化が図られていない。このため、本調査は水質調査の体系を図り、水質調査要領にとりまとめることを目的に各技術事務所と共同で実施している。特に、土木研究所では、河川管理者が実施する水質調査の基本的な考え方と水質調査の中では調査方法の体系化が不十分な底質の調査手法について検討を行う。平成12年度は、内外の水質調査計画の考え方を検討し、既存資料を整理した。

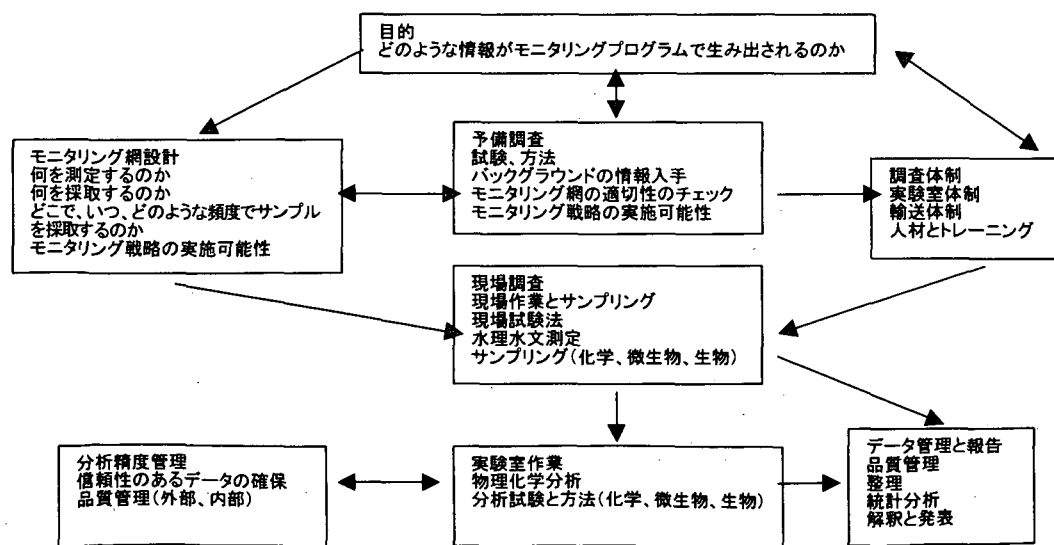
(結果)

本調査要領は、河川水質管理の一環として行われる河川、湖沼の水質、底質調査等（以下、河川水質調査等という。）に適用するものである。近年、環境基準の項目追加等を背景として、河川管理者が行う河川水質調査等の項目、頻度も増加してきている。一方、調査地点の決定については、必ずしも合理的に決められていないのが現状である。以上のことから、本調査要領では河川水質調査を目的別に分類し、それぞれの目的に応じた合理的な調査地点の選定方法や調査頻度等の決定方法等について述べることにする。本調査要領が対象とする水域は、河川（ただし、原則としてダム貯水池・堰の湛水区間は対象としない。）湖沼及びこれらの周辺の地下水とする。

本調査要領では、次の4つの目的で実施される河川水質調査を対象とする。

- ① 事業実施・事業評価のための水質調査
- ② 公共用水域の監視のための水質調査
- ③ 利水のための水質調査
- ④ 生態系保全のための水質調査

また、本調査要領では、これらの水質調査を補完するために実施される水質自動監視装置による水質調査及び汚濁解析に必要な水質調査についても取り扱う。なお、本調査要領では、水質事故時の水質調査については、「水質事故対策技術 2001年版（国土交通省水質連絡会）」で、対象としていることから、水質事故時の水質調査については取り扱わない。



研究担当者：田中宏明, 白崎亮, 石井宏幸, 竹歳健治

建設分野におけるダイオキシン類汚染土壌対策・廃棄物発生抑制技術の開発		本文279ページ	平成12年度
全体計画	建設技術研究開発経費 平成12年度	汚泥研究室・水質研究室	
<p>(目的)</p> <p>(1) 底質に関する簡易なサンプリング手法・分析手法開発</p> <p>近年、極微量でも高い毒性を持つとされているダイオキシン類による汚染が全国的に大きな社会問題となっている。底質中のダイオキシン類の濃度は位置により大きく変化する可能性があるため、万一その汚染が発見された場合に効率的な対策を行うことは、簡易かつ底コストで迅速に概略のダイオキシン類の分布状況を推定し、施行管理や対策評価をより適切に行う必要がある。一方、底質中のダイオキシン類測定に係る公定法は、試料採取から、分析結果の解析までに長時間を必要としている。かかる状況をふまえ、本課題では、施行管理等の建設事業に対応したより簡易で迅速に比較的正確な結果が得られる底質中のダイオキシン類分析手法を検討、開発することを目的としている。</p> <p>(2) 水質に関する簡易なサンプリング手法・分析手法開発</p> <p>一般に、ダイオキシン類は、水環境中では、移動・生物濃縮などの結果、偏在している。そのため、水環境中における実態・挙動を正確に把握するためには、面的に広く測定分析を行う必要がある。その一方で、現状の測定技術では、高価な機器、高度な操作技術などを必要とするため、測定可能数量に制約があり、上記の社会的ニーズへの対応が難しい状況である。本研究では、上記のような状況を鑑み、従来法と比較してより簡易に、上記の物質を測定できる技術を開発し、環境中におけるダイオキシン類の実態・挙動把握を可能とさせるため環境中の水試料（河川水、湖沼水）のダイオキシン類の簡易分析法を開発し、精度管理手法を含む簡易分析技術の確立を目的としている。</p> <p>(結果)</p> <p>(1) 底質に関する簡易なサンプリング手法・分析手法開発</p> <p>極微量でも高い毒性を持つとされているダイオキシン類による汚染が全国的に大きな問題となっており、建設事業に対応した、迅速に結果が得られる底質中ダイオキシン類の分析手法の検討、開発に着手した。特に底質試料を対象としたダイオキシン類分析の迅速化にあたっては乾燥工程を含めた抽出工程の迅速化および安定した結果を得る分析手法の検討が必要である。12年度の検討により以下の点が明らかとなった。</p> <p>・ソックスレー抽出法と湿泥－ヘキサソ抽出法を比較したところ、湿泥－ヘキサソ抽出法は底質からの迅速なダイオキシン類抽出法として期待でき、多くの物質でソックスレー抽出法と比べて80%以上の分析値を示したが、内標準物質の回収率では50%以下となる物質も存在した。そのため、湿泥－ヘキサソ抽出法による実試料の分析にあたっては、手法の適用可能性についてあらかじめ検討する必要があると考えられる。今後、乾燥及び抽出手法の種類を増やして検討を進め、これらを含めた底質分析全体の迅速化に関する検討を行う必要がある。</p> <p>(2) 水質に関する簡易なサンプリング手法・分析手法開発</p> <p>水試料に含まれるダイオキシン類を現場あるいは実験室で迅速に測定できる方法の開発を目標とし、水に分散するダイオキシン類を簡単な前処理を実施したうえで、抗原抗体法などを利用して分析する方法（ELISA法）を民間との共同研究で開発している。12年度は、新たな抗原を化学合成し、これを免疫原として19匹の家兎に注射免疫して新たな抗体を作成し、ELISAでの測定系を確立した。再現性は室内誤差および室間誤差はそれぞれ、8.4%と11.3%であり、最小検出感度は100pg/mlであった。また、河川水中のダイオキシン類の分析において、データの信頼性を確保する手法の確立を目的とし、既存マニュアルの精度管理方法・考え方を整理した。</p> <p style="text-align: right;">担当者：森田弘昭、田中宏明、落修一、南山瑞彦、小森行也、岡安祐司</p>			
キーワード	ダイオキシン類、底質、水質、簡易分析、精度管理		

利根川水系水質実態調査		本文285ページ	平成12年度
-------------	--	----------	--------

全体計画	測量及び試験費 平成8～12年度	水質研究室	
------	------------------	-------	--

(目的)

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循環や物質循環を明らかにし、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。

(結果)

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を用いて整理した。

また、利根川水系の26地点で水質実態調査を行い、総窒素(TN)、総リン(TP)、クロロフィル(Chl-a)、全有機ハロゲン生成能(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。これらの水質項目について、平成8年から12年までの年間平均水質を縦断的に図に示す。

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、PO4-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PO4-Pを利用して、藻類が増殖しやすきことからChl-aが高くなると思われる。さらに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。

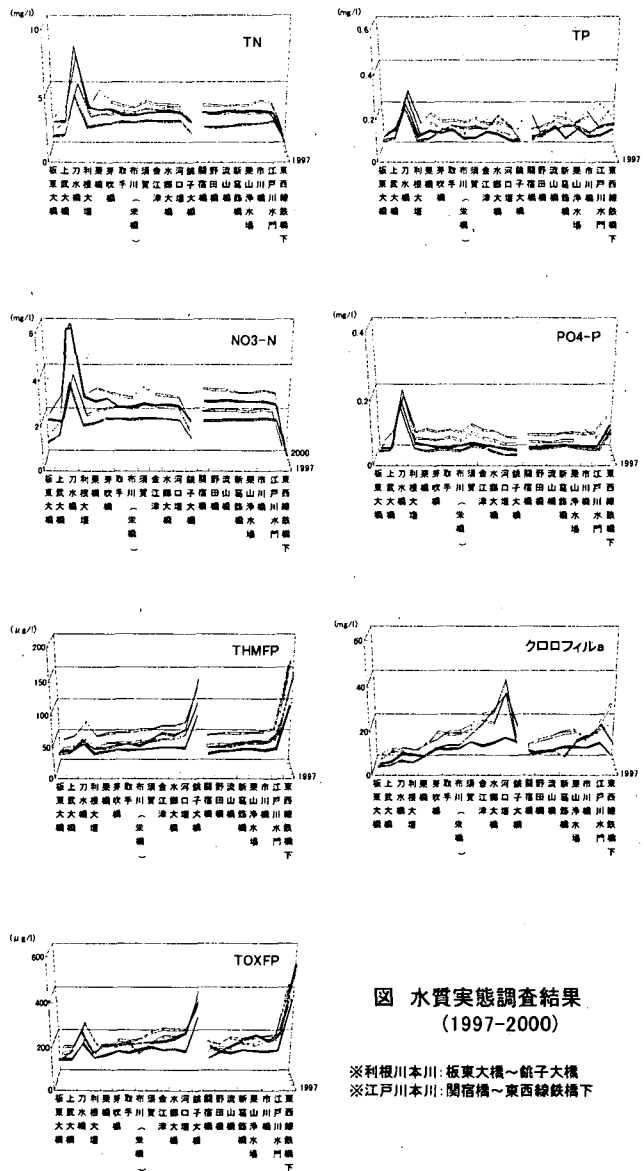


図 水質実態調査結果 (1997-2000)

※利根川本川:板東大橋～飯子堰
※江戸川本川:関宿橋～東西線鉄橋下

研究担当者：田中 宏明，小森 行也，白崎 亮，石井 宏幸，竹歳 健治

キーワード	利根川、流域管理、水循環、水質、汚濁負荷量
-------	-----------------------

(目的)

国土交通省ではいわゆる環境ホルモン問題に対して、河川における実態を把握することを目的に全国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。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と考えられるが、実態調査において測定対象としている化学物質の種類は限られたものであり、さらにそれらが複合的に作用した場合の生物影響については考慮されていない。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、組み換え酵母を用いて河川水のエストロゲン活性の検討を行った。

(結果)

12年度に建設省で実施した一級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は、過去の検討結果より測定操作が簡易であることと毒性物質に対する耐性が高い等の利点から、Brunel大学の Sumpter教授より譲渡を受けた組み換え酵母を用いて測定を行った。

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0.11～10.0ng/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。

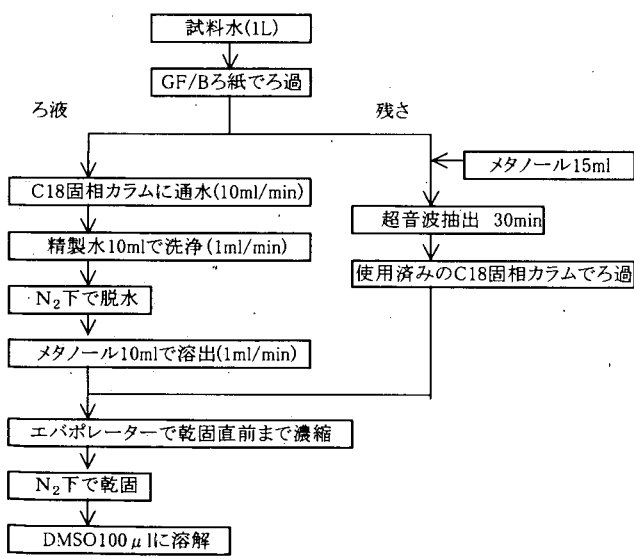


図-1 エストロゲン様物質の抽出フロー

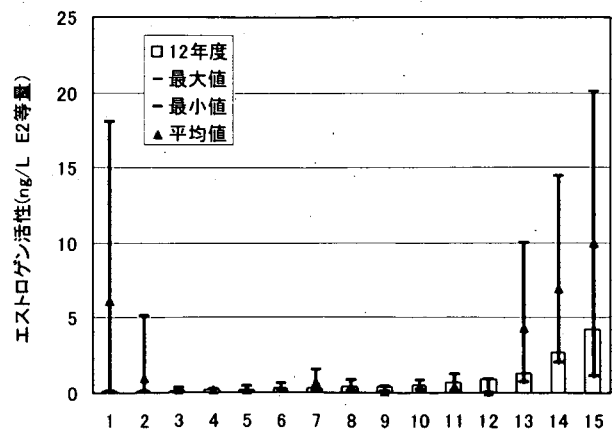


図-2 エストロゲン活性の測定結果

研究担当者: 田中 宏明、高橋 明宏、東谷 忠、矢古宇 靖子、斎藤 正義

底泥－水間の物質移動に関する調査	本文289ページ	平成 12 年度
------------------	----------	----------

全体計画	測量及び試験費 平成 12～14 年度	水 質 研 究 室
------	---------------------	-----------

(目的)

現在、水質調査は河川砂防技術基準（案）等に基づいて実施されているところであるが、詳細な調査地点、調査頻度などについては各河川管理者の判断に委ねられている。測定の意味を明確にし、河川水質調査の合理的な調査条件を設定し、水質調査の効率化を図る必要があるが、現状では必ずしも河川水質調査の体系化が図られていない。そこで、水質調査の体系化を図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、土木研究所では水質調査の中で調査方法の体系化が不十分な底質の調査手法に関する検討を行った。

(結果)

平成 12 年度は底質の調査方法について文献調査を行うとともに、底泥調査を行っている行政機関に調査に関するアンケートを実施して、調査方法や問題点について整理を行った。

(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ピ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ピーカーやフラン瓶レベルの実験の 2 種類に分類された。

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ピーカーやフラン瓶レベルの実験の 2 種類に分類された。

(2) アンケート調査結果

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。

試験を行った目的は、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。用いた試験方法は、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。また、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た。

研究担当者：田中 宏明，小森 行也，白崎 亮，石井 宏幸，竹歳 健治

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	
生態学的課題	対策		・浚渫 ・覆土 ・曝気 ・純酸素注入
	ハビタット		シードバンク
化学物質の問題		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
		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

キーワード	底泥、底質、溶出速度、酸素消費速度
-------	-------------------

(目的)

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進め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、調査地点の選定及び調査地点の基礎情報を収集するための現地調査を行った。

(結果)

多摩川の中流域にあるA下水処理場の放流口付近(44km 付近)を対象として、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において予備調査を実施した。調査地点の概要を図-1に示す

St.2の測定結果について、主なものを図-2～4に示す。右岸に近いところは放流口の上流である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。図から分かるように

St.2では下水処理水の流入後、河川中央部まで混合が進み、この範囲で左岸から右岸にかけて濃度の勾配が生じていた。水温は15～21℃、 PO_4-P は0.01～0.52mg/L、 $NOx-N$ は1.8～5.8mg/Lと連続的ではあるが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。St.2とSt.3を比較すると、下流側であるSt.3は水質項目の変化が小さく、混合がより進んでいると考えられる。一方、水深、流速については、似た条件の場所が左岸より、右岸よりも存在している。以上のことから、本地点に於いて今後水生生物の調査を行うことにより、水質が水生生物に与える影響を把握することがある程度可能と考えられる。

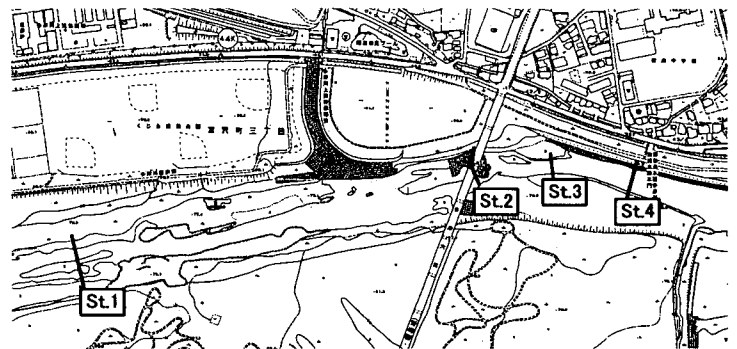


図-1 調査地点の概要

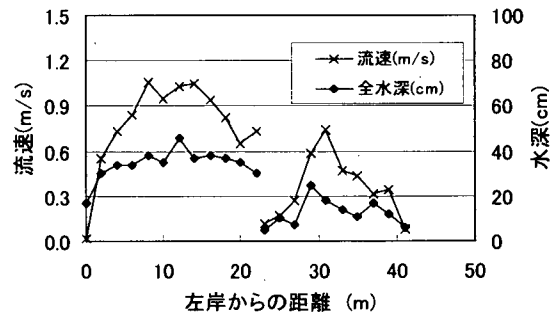


図-2 流速と水深の分布(St.2)

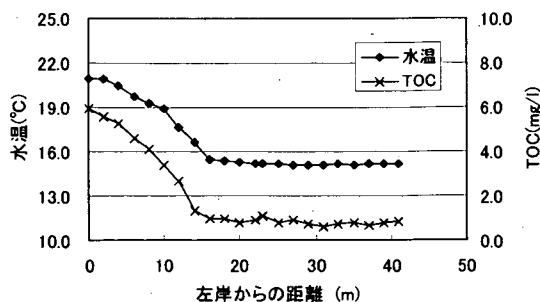


図-3 水温と有機汚濁の分布(St.2)

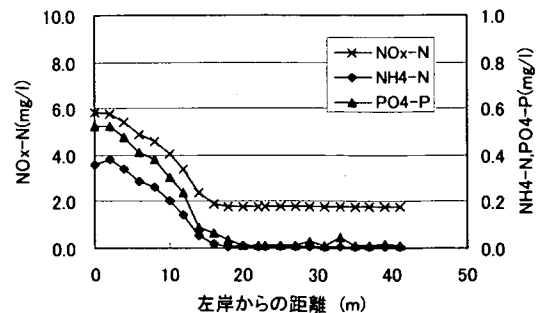


図-4 栄養塩濃度の分布(St.2)

研究担当者: 田中 宏明、高橋 明宏、東谷 忠、矢古宇 靖子、斎藤 正義

キーワード

水質評価、バイオアッセイ、組み換え酵母、環境ホルモン

都市排水に含まれる水道原水影響物質の評価方法に関する基礎的研究		本文293ページ	平成12年度
全体計画	科学技術庁振興調整費 平成10～平成12年度	水質研究室	

(目的)

環境中には変異原のように遺伝子に直接働きかけて発ガンを起こすもの他に、細胞内のホルモン受容体に結合することで発ガンを起こすことが懸念される化学物質もあることが分かってきている。水道原水中にも人間活動に由来する多くの化学物質が存在し、変異原性の他にエストロゲン作用を持つ様々な物質が存在していると考えられ、それらが複合的に作用し水道水を通してヒトへの影響を及ぼすことを考慮する必要がある。

このような例の一つとして平成12年度は、環境エストロゲンを水道原水影響物質として取り上げた。試料中のエストロゲン活性を持つ化学物質を抽出後、いくつかのグループに分離し、それらのエストロゲン活性を生物学的手法により評価し、試料のエストロゲン活性の由来について検討することを目的とした。エストロゲン活性の抽出と分離は、それぞれ固相ディスクおよび順相の高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を用いた。エストロゲン活性の測定は、操作が簡易であること、データの蓄積があること、毒性物質の影響を受けにくいこと等の利点を持つ組み換え酵母を用いた方法で行った。

(結果)

検討に用いた試料は、ある一級河川の中流域を対象に、上流地点、下流地点およびその間に流入する支川と2カ所の下水処理場放流口で採取した。試料採水地点の概要を図-1に示す。

上記の5試料を分画しエストロゲン活性を測定した結果を図-2に示す。上流地点の河川水はエストロゲン活性が検出されず、水質が非常に良好であった。A処理場の処理水とB処理場の処理水はエストロゲン活性のパターンが似ており、エストロゲン活性の内訳についてはFr.2の割合が約80%と高くなっている。また、支川についても処理水ほどではないがFr.2の割合が高くなっている。しかし、これらの支川や処理水が流入した後の下流地点はFr.2のエストロゲン活性が低く、それよりもFr.1、Fr.3のエストロゲン活性が高くなっている。

上流地点から下流地点の間には、A処理場、B処理場の他に下水処理場が2箇所ある。2つの処理場は、いずれも主として生活排水を処理する標準活性汚泥法の処理場であり処理水の水質はA処理場、B処理場と同程度と考えられる。また、支川についてもC川の他に小さな支川が数本ある。これらの条件から考えられることとしては、①上流地点から下流地点の間にはFr.1のグループに分類される環境エストロゲンを排出する下水処理場以外の汚染源が存在する、②流下過程で分解等によりエストロゲン活性を持つ物質が変化し、分画した場合Fr.2でなくFr.1またはFr.3に分画されるようになる、③流下過程で分解等により新たにエストロゲン活性を持つ物質が生成する等の理由が考えられる。③に当てはまる物質としては、界面活性剤として用いられているノニルフェノールエトキシレートがあり、この物質は分解を受けるとNPとなりエストロゲン活性を持つことが知られている。また、E₁はE₂の誘導体であり、生物作用により相互変化することも知られている。以上のような可能性が考えられるが、今回のデータのみでは判断が難しい。

今後は、機器分析による物質濃度の確認や室内実験による物質変化の検討等が必要と考えられる。

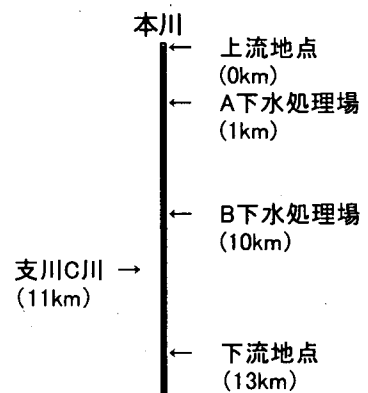


図-1 試料採取地点の概要

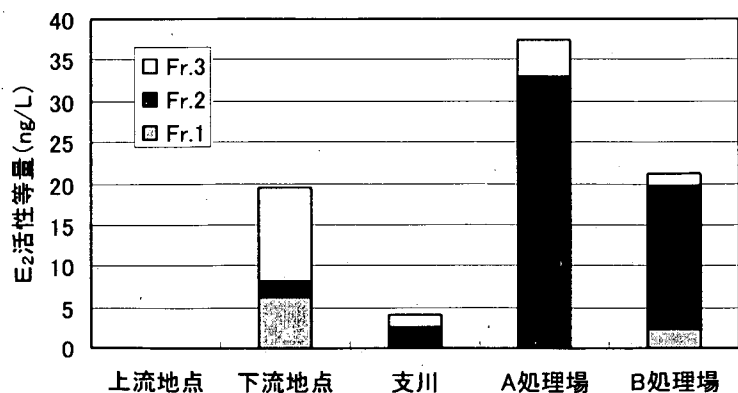


図-2 分画試料のエストロゲン活性

研究担当者: 田中 宏明、小森 行也、高橋 明宏、東谷 忠、矢古宇 靖子、斎藤 正義

キーワード

水質評価、バイオアッセイ、組み換え酵母、d-Rrメダカ、環境ホルモン