

# 概 要 約 集

|   |                      |           |          |
|---|----------------------|-----------|----------|
| 高濃度生活排水等の受け入れ基準に関する調査   |                      | 本文 43 ページ | 平成 14 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    |          |
| <p>(目的)</p> <p>本調査は、ディスポーザー導入に関する総合的な評価のなかで、ディスポーザー導入が下水道施設に与える影響について検討を行い、下水道システムにディスポーザーを導入する場合の技術基準を提案することを目的として実施する。</p> <p>(調査概要)</p> <p>○ディスポーザー社会実験</p> <p>本調査は北海道歌登町で行った。本地域では平成 11 年度より下水道処理区域内の一部の一般家庭にディスポーザーを設置し、平成 12 年度より下水道およびごみ処理、下水道システムやごみ処理システムに与える影響を評価するとともに、地域全体の費用効果分析、LCA 等の総合的な評価を行う社会実験を実施している。現在（平成 14 年度末）、下水道処理区域内の約 35%の住宅にディスポーザーが設置されている。</p> <p>○調査内容</p> <p>下水管渠内には何らかの理由で土砂等が堆積する場合がある。ディスポーザーを設置した場合、生ごみの粉碎物が管渠内に堆積し、堆積物の量が増加する恐れがある。本調査では、ディスポーザーの設置を開始した平成 11 年度から TV カメラによる管渠内調査を行っている。これまでの調査により、ディスポーザーを設置した住宅の下流管渠（住宅～処理場区間の管渠）では、ディスポーザーを設置後に生ごみ由来と考えられる貝殻、卵殻（以下、堆積物）が堆積していることがわかっている。</p> <p>本年度は、昨年度に引き続き TV カメラによる管渠内調査を行うとともに、管渠の勾配調査、管渠内の物質収支を求めるとともに堆積物の無機成分分析、ビデオカメラによる堆積物の定点観測を行った。</p> <p>TV カメラによる管渠内調査では、堆積箇所での単位長さ当たりの堆積物量を算出した。また、堆積物の増加による管渠閉塞の可能性を推定するために管渠の未清掃期間と堆積物量の関係を整理し、管渠清掃後、どの程度の期間で堆積物が増加しているか検討した。さらに、管渠側面の付着物についてもディスポーザー設置、未設置地区ともに調査した。</p> <p>また、TV カメラによる管渠内調査の過程で、堆積物量は必ずしも経時的に増加するわけではなく、観測期間の途中段階で掃流されている可能性が考えられた。そこで、堆積物の発生状態を連続的に観測するために、ビデオカメラを固定して定点観測調査を実施した。</p> <p>(調査結果)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ディスポーザー設置前後の堆積物量を観測した A 地区、B 地区では、ディスポーザー設置後に堆積物が増加することが観測された。</li> <li>2) 枝線管渠に比べて流速が早く設計されている下流幹線管渠においても、堆積物に生ごみが混入していた。これは、雨天時の浸入水により下水が管渠内で滞留することによって、下流幹線管渠でも流速が低下することが原因と考えられた。</li> <li>3) ディスポーザー未設置地区においても、ディスポーザー設置地区に類似した付着物が観察された。</li> <li>4) 堆積物量は、必ずしも未清掃期間が長いほど増加するとはいえない。</li> <li>5) 管渠の勾配と堆積物量の関係を調べた結果、堆積物の約 76%が逆勾配区間で発生していた。</li> <li>6) ディスポーザー設置地区の管渠内堆積物の成分分析を行ったところ、Ca 含有量が多く生ごみ由来の卵殻が影響を与えているものと推定された。</li> <li>7) 定点観測により、管渠中の堆積物は汚水により掃流され移動していることがわかった。また、降雨時に最大で日平均汚水量の 2 倍以上の流入があることから、雨水浸入水が堆積物の掃流に関与している可能性が示唆された。</li> </ol> <p>研究担当者：高橋正宏、森田弘昭、森一夫、竹歳健治、野口綾子、浜田知幸</p> |                      |           |          |
| キーワード   | ディスポーザー、歌登町          |           |          |

|                   |           |          |
|-------------------|-----------|----------|
| 管路施設の維持管理基準に関する調査 | 本文 55 ページ | 平成 14 年度 |
|-------------------|-----------|----------|

|      |                      |        |
|------|----------------------|--------|
| 全体計画 | 下水道事業調査費 平成 13～15 年度 | 下水道研究室 |
|------|----------------------|--------|

**(目的)**

圧送管は、下水の輸送を効率化するために開発されたシステムであるが、輸送時間が長くなると、管内の下水から硫化物が生成してコンクリートの腐食の原因となる。このため、硫化物発生のおそれがある下水道施設では、空気注入、酸素注入あるいは薬液注入などの硫化物発生を抑制する対策や、硫化水素腐食に対して抵抗力のある材料を使用するなどの対策が講じられることになる。

これらの対策を立案するにあたって、硫化物がどの程度発生し、どの範囲まで輸送されるかを予測することは、腐食範囲を推定し、必要な対策の選定や規模、費用を算出する上で、極めて重要である。これまでに、圧送管における硫化物生成については、いくつかの予測手法が提案されているが、硫化物の被害を受ける自然流下管における硫化物の挙動に関する研究報告は少なく、現時点では硫化物の挙動を管渠設計段階において実用的精度で予測することは困難な状況にある。

そこで、下水管渠における硫化物の挙動を再現するために、管内の水質変化を追跡できる WATS モデルを選定し、その適用性について、既往の研究成果をもとに評価を行った。

**(結果)**

下水管内における硫化物の挙動を再現するために WATS モデルを適用するには、いくつかの反応について実験的な検討が必要ながわかった。表-1 に評価結果を示す。

表-1 WATS モデルの適用性評価

| 反応の“場”                | 反応             | 研究状況   |
|-----------------------|----------------|--|
| 下水中の反応                | 有機物の変質に関連した反応  | いくつかの研究報告有り。ただし、各式中のパラメータについて、現地調査に基づくデータの蓄積が必要。                 |
|                       | 生物膜中の硫化物生成     | 多くの研究報告有り。ただし、有機物変質と関連づけた理論的なアプローチを行うことで、より精度よい予測が可能。            |
|                       | 下水中の硫化物酸化      | いくつかの研究報告あり。ただし、反応式の係数を決定するには既往の研究では不十分であり、追加実験とそれに基づく理論的な考察が必要。 |
|                       | 生物膜中の硫化物酸化     | ほとんど報告されておらず、反応の影響度も含めて追加実験が必要。                                  |
|                       | 酸素溶解           | 既往の研究例から反応を定量化することができ、WATS モデルに取り込むことが可能。                        |
|                       | 硫化水素放散         | 既往の研究例から反応を定量化することができ、WATS モデルに取り込むことが可能。                        |
| 気相中の反応                | 硫化水素放散         | 既往の研究例から反応を定量化することができ、WATS モデルに取り込むことが可能。                        |
|                       | 管壁での硫化水素の吸着・酸化 | 研究報告は少なく、現地調査とそれに基づく理論的な考察が必要。                                   |
| 段差部での反応<br>(気液間の物質移動) | 酸素溶解           | いくつかの研究報告あり。ただし、反応式の係数を決定するには既往の研究では不十分であり、追加実験とそれに基づく理論的な考察が必要。 |
|                       | 硫化水素放散         | 研究報告は少なく、追加実験とそれに基づく理論的な考察が必要。                                   |

研究担当者：森田弘昭、森 一夫

|       |                   |
|-------|-------------------|
| キーワード | 下水管渠、硫化物、WATS モデル |
|-------|-------------------|

|   |                              |           |          |
|---|------------------------------|-----------|----------|
| 都市雨水対策システムの機能向上に関する調査   |                              | 本文 67 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画  | 下水道事業調査費 平成 13～15 年度         | 下水道研究室    |          |
| <p><b>(目的)</b></p> <p>近年では、東海豪雨や地下室水死事故に代表される都市型水害、お台場オイルボールに端を発する合流式下水道問題の顕在化など、量・質の両面から都市雨水の問題がクローズアップされている。そこで本調査においては、これらの問題に対処するための方策として、政策支援および技術基準策定の観点から下水道施設の計画・設計手法について新たな考え方の導入を検討する。具体的には、質対策として①合流式下水道改善対策、量対策として②空気噴出を考慮した管路設計手法を調査の主たる対象とする。</p> <p>①については、合流改善目標や雨天時放流水の管理指標の検討、ならびに雨天時汚濁負荷流出モデルの開発等に取り組む。新たな視点として放流先水域を考慮するとともに、公衆衛生の指標項目である大腸菌群数、糞便性大腸菌群数を検討の対象に加える。</p> <p>②については、マンホール蓋の浮上・飛散を未然に防止することを目的に、管内に存在する（もしくは外部から持ち込まれる）空気を検討の対象に加え、かつ急激に雨水が流入するような非定常な現象を考慮することにより、豪雨時にも安全な管路設計手法の提案を目指す。水理模型実験と数値解析モデルによるシミュレーションを併用して検討を進める。</p> <p><b>(結果)</b></p> <p>(1) 合流式下水道における雨天時汚濁負荷流出モデルについて</p> <p>1) 合流式管きょ内における晴天時の大腸菌群数について調査を行った。午前中に大きなピークがあるが、夕方から深夜にかけては漸減傾向であり、概ね <math>10^4 \sim 10^5</math> 個/mL の範囲での変動であった。</p> <p>2) 分布型山口・中村モデルの式形について検討し、流域モデルと管路モデルの2つを組み合わせたモデルを検討した。そのモデルによりシミュレーションを行った結果、負荷量について集中型モデルと同程度の再現が可能であり、加えて水質の急激な上昇・下降の過程についても再現が可能であった。また、栄養塩類についても集中型と同程度の再現が可能であった。一方、大腸菌群数の再現については、パラメータの設定方法等の検討を行う必要がある。</p> <p>(2) 空気噴出を考慮した雨水管路設計手法について</p> <p>1) 水理模型実験により得られた知見を基に、伏越し形状の貯留管における水と空気の混相流現象を表現できる数値解析モデルを構築した。</p> <p>2) 構築した数値解析モデルにより、予め種々の条件でのピーク空気圧を計算し、それらをグラフ化した簡易判定図表として整理することができれば、マンホール蓋の浮上・飛散に対する安全性を簡易に判定できると考えている。今後、伏越し形状の貯留管を対象とした簡易判定図表を作成する予定である。</p> <p>3) 構築した数値解析モデルには、まだ改良の余地が残されている。数値解析モデルの精度向上に向けた改良とともに、流入形式・接続形式の差異、中間人孔の有無を考慮したモデルへ改良することにより、より適用範囲の広いモデルとする必要がある。</p> <p>研究担当者：森田弘昭、松原誠、那須基、森博昭</p> |                              |           |          |
| キーワード   | 雨水対策、空気噴出、合流改善、分布型モデル、水理模型実験 |           |          |

|  |                                  |           |          |
|--|----------------------------------|-----------|----------|
| 社会資本形成における下水道投資戦略に関する調査  |                                  | 本文 79 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画   | 下水道事業調査費 平成 14～17 年度             | 下水道研究室    |          |
| <p><b>(1) 研究の目的</b></p> <p>公共用水域の望ましい水質改善レベルを決定するためには、費用効果分析の適用が有効である。下水道事業による公共用水域の水質改善効果は、レクリエーション等による直接的な利用価値、生態系保全等直接的利用を伴わない非利用価値に分類される。非利用価値を含めた水質改善効果の経済評価手法として仮想評価法（Contingent Valuation Methods, CVM）があるが、わが国での適用事例はまだ少なく、汎用的な適用手法の確立が求められている。一方、CVM を環境評価において先進的に採用してきたアメリカでは、水浄化法（Clean Water Act）による全米の水質改善効果の経済評価のために、全米 61 個所で CVM 調査を行い、その結果得られた支払意思額（WTP）原単位を国民に適用するという便益移転（Benefit Transfer）の手法が採用されている。わが国においても、便益移転の手法を確立することにより、全国での公共用水域の水質改善効果の経済評価が可能になると考えられるが、便益移転について確立された方法はまだない。そこで、本調査は、わが国における便益移転の手法を検討することにより、公共用水域の水質改善効果の汎用的な経済評価手法を提示することを目的とする。</p> <p>本調査（平成 14～17 年度）全体の枠組みを以下のように考えた。このうち初年度である平成 14 年度は、(1)(2)を実施した。</p> <p>(1) 便益移転手法のレビュー</p> <p>(2) 望ましい水質改善レベルと地域・個人属性の關係の検討</p> <p>(3) 全国調査方法の検討</p> <p>(4) プレ調査の実施</p> <p>(5) 全国調査の実施</p> <p>(6) 便益移転手法の検討</p> <p><b>(2) 平成 14 年度の研究概要</b></p> <p>1) 便益移転手法のレビュー</p> <p>EPA の便益移転の手法についてレビューを行った。同手法では、全米の主要な河川・湖沼のすべてを Swimmable, Fishable, Boatable のいずれかの水質に改善することへの 1 世帯あたりの支払意思額（WTP）を原単位とした便益移転が行われている。しかし、水域の水質レベル以外の特徴（水域の大きさ、回答者の個人属性等）を無視している点、一定の地域内のみに着する属地的便益と広域に着する非属地的便益の配分方法について理論的な根拠がない点などの問題がある。そこで、前者への対処としては、便益関数移転法の採用が望ましいと考えられ、その際は便益関数の移転の妥当性を統計的に検証することが求められる。また、後者への対処としては、コンジョイント分析を用いた手法で理論的に導出が可能である。</p> <p>2) 望ましい水質改善レベルと地域・個人属性の關係の検討</p> <p>水質改善効果の便益評価にあたっては、便益の及ぶ範囲と、受益者が望ましいと考える水質改善レベルを把握することが必要である。望ましい水質改善レベルについては、個人の意識により異なると考えられる。個人の属性や居住地域と望ましい水質改善レベルへの意識との間に普遍的な關係が確認できれば、その都度アンケート調査を行わずに、原単位や便益関数の移転により便益評価が可能になる。そこで、国土交通省都市・地域整備局下水道部が平成 13 年度に実施したアンケート調査「みなさんの声を写す下水道へ」のデータを用い、地域や個人属性と、望ましい水質改善レベルの關係について考察した。</p> <p>その結果、個人属性については、下水道使用の有無、下水道使用料の認知の有無、水辺での生き物・周囲への景観への認識の有無が、望ましい水質レベルに影響を与えていることが示唆された。また、都道府県で望ましい水質レベルが異なることが示唆された。したがって、全国での汎用的な便益関数を求めるうえで、これらの個人属性や地域属性に配慮する必要があることが示された。</p> <p>今後、今年度の検討結果を基に、便益移転のための CVM 調査の方法について検討を行う予定である。</p> <p>研究担当者：森田 弘昭、吉田 敏章、山縣 弘樹</p> |                                  |           |          |
| キーワード  | 下水道、便益評価、住民意識、CVM、コンジョイント分析、便益移転 |           |          |

|                         |                      |           |          |
|-------------------------|----------------------|-----------|----------|
| 下水処理水再利用システムの技術基準に関する調査 |                      | 本文 85 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画                    | 下水道事業調査費 平成 13～16 年度 | 下水処理研究室   |          |

**(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おり、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、再生水の水質に基づく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いる。再生水を都市の水資源として活用していくためには、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)**

平成 14 年度は、以下の 3 つの事項について調査研究を行った。

- (1) 下水処理水を再利用する際に発生しやすい受水槽やロータンク内等における付着物生成に関与する諸因子やその影響に関する検討
- (2) 受水槽では残留塩素の消費が特に大きく、末端給水施設での付着物生成に繋がる可能性があることから、受水槽での水質変化に関する通年調査を実施。
- (3) 再生水による金属の腐食に関する調査を行い、再生水の腐食性評価指標としてランゲリア指数を用いることの妥当性に関する検討

(1) については F 市の再生水を用いて実験による検討を行った。その結果、下水処理水再利用による付着物生成に関しては以下の事項が明らかとなった。

- ① 付着物による着色の主な原因は、付着物中の Mn によるものであり、Mn 付着量が 3mg/m<sup>2</sup> 以上になると着色が明確に認められた。
- ② 処理水中の Mn 濃度の増加に伴い Mn 付着量が増加する傾向が見られ、付着物による壁面着色を防止するためには処理水中の Mn 濃度を低減させることが重要であることが分かった。
- ③ 水温の上昇に伴い、壁面着色の原因である Mn 付着量が増加する傾向が見られ、水温 15℃ では実験で用いた砂ろ過水 (T-Mn 濃度 0.39mg/l) レベルでも着色の可能性が低い一方、水温 25℃ では、実験で用いた再生水 (T-Mn 濃度 0.025mg/l) レベルでも着色の可能性があることが示唆された。

(2) については、F 市の受水槽における実態調査を実施した。その結果、以下の事項が明らかとなった。

- ① F 市 C 処理場処理水の再利用システムでは、受水槽において硝化が進行するとともに、残留塩素が大きく減少しており、受水槽からの流出水には遊離残留塩素は殆ど保持されていなかった。

(3) については室内実験による検討を行った。その結果、以下の事項が明らかとなった。

- ① 水温、電気伝導度及び残留塩素が大きいほど、鉄の腐食を促進するが、水温の影響が特に大きく、電気伝導度や残留塩素の影響は水温に比べると小さい。
- ② ランゲリア指数のみにより再生水の腐食性を評価することは適切ではない可能性が示唆された。

(研究担当：中島英一郎、田陽淳)

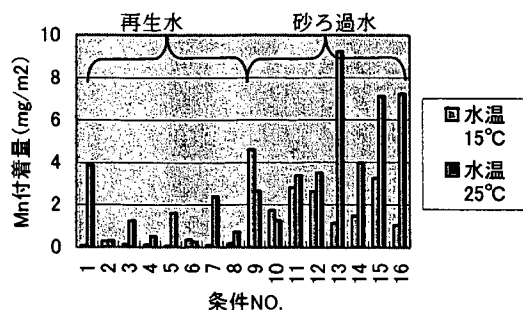


図 1 水温及び水質による Mn 付着量の違い

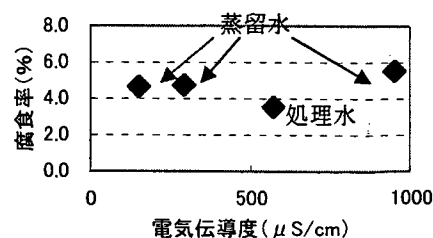


図 2 ランゲリア指数が同一の蒸留水と処理水の腐食率の比較

|       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| キーワード | 下水処理水、再利用、管路腐食、付着物、残留塩素、ランゲリア指数 |
|-------|---------------------------------|

|                     |           |        |
|---------------------|-----------|--------|
| 下水道システムのLCA評価に関する調査 | 本文 93 ページ | 平成14年度 |
|---------------------|-----------|--------|

|      |                    |         |
|------|--------------------|---------|
| 全体計画 | 下水道事業調査費 平成13～16年度 | 下水処理研究室 |
|------|--------------------|---------|

**(目的)**

現在、地球温暖化をはじめとする地球規模の環境問題の解決にあたり、各分野において環境負荷を定量解析するとともに、その低減を進めるための様々な手法が検討されている。また、下水道施設のように公共用水域への環境負荷を低減するための社会資本に対しても、その水質改善効果と建設や運転と共に排出される環境負荷との関係を評価することが必要とされている。

本研究は、下水道システムの計画設計段階におけるLCAを整備することを目的としており、現在、手法を標準化し作業の効率化を図るために基本となるライフサイクルインベントリー(LCI)モデルの構築に取り組んでいるところである。14年度は、下水道システムを対象としてLCIモデルのケーススタディを実施し、異なる処理方式における環境影響の比較検討を行うとともに、経年変化を考慮したモデルの適用性について検討を行った。さらに、異なる環境要素を統合化し総合的に評価する手法についても検討した。

**(結果)**

**1. 各処理システム別負荷量の算定**

LCIモデルの適用性を評価するため、異なる処理システム毎のケーススタディを行った。検討対象として、高度処理法(循環法・A<sub>2</sub>O法)、標準法、OD法の3処理場を選定した。

その結果、システムから排出される環境負荷は各処理場とも運転による割合が大部分を占めており、その運轉由来負荷のほとんどは電力の使用に伴うものであった。また、負荷量を処理法別に見てみると、OD法の処理場が最も大きく、次いで高度処理法、標準法の順であった。高度処理法、OD法がそれぞれ標準法より大きいのはその運轉特性による要因が大きいと考えられるが、その他OD法の処理場が高い値を示した要因としては、他の処理場に比べ施設の供用期間が短く、水量負荷率が低かったことが考えられる。

**2. 設備毎の電力消費量構成比の検討**

下水道システムのLC-CO<sub>2</sub>には、処理場設備の運轉時負荷が大きい割合を占めるが、その内容を詳細に検討するため、各処理法毎に水処理施設の電力量を積み上げモデルにより計算し、設備毎の構成比を算出した。

その結果、各処理場ともブロー設備の割合が大きく、次いで大きい割合を占めるポンプ設備と合わせるとその構成費は全体の9割以上の割合を占めるという結果を得た。また、処理場毎にその設備構成比を見ると、LCIモデルによる負荷量の算定結果は、異なる処理法毎にその施設の特徴を良く表していた。

このことから、LCIモデルにより負荷量を算出する場合、システム中の主要機器を抽出し、その能力や稼働時間をパラメータとすることによるモデルの簡略化の可能性を示唆した。

**3. 経年変化に関するLCIモデルの検討**

供用開始後の時間経過がLCIモデルに与える影響を調査するため、LCIモデルによる計算値と実績値の比較、および電力使用量原単位の実績値の推移を経年変化に沿って検討した。

その結果、施設能力に対する流入水量の割合(水量負荷率)がLCIモデルによる環境負荷量計算に大きな影響を与えることが示された。このことから、今後処理システムや施設規模、あるいは水量負荷率が異なる比較対象をLCAにより評価するには、それぞれ時間軸上のどこを評価ポイントとするのが重要であると考えられる。

**4. 異なる環境要素の総合的評価**

下水道システムのLCAでは、環境影響項目として地球温暖化やエネルギー消費の他に、水質改善や酸性化、埋立廃棄物といった項目が考えられるが、今後、これら環境影響項目と環境負荷量の軽減項目を機能単位とし、両者を統合的に評価する手法を確立していくことが必要である。今回、その評価手法を検討するために、高度処理法と標準法を対象としてケーススタディを行った。

本調査では、水質改善効果の中の富栄養化項目として窒素とリンを選定し、地球温暖化項目のCO<sub>2</sub>とのトレードオフの関係について評価する手法と、多数の環境要素を統合的に評価する手法を示し、高度処理を行うことによる機能当たりの環境影響の増加程度をチェックした。

研究担当者：中島英一郎、山下洋正、中島智史

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| キーワード | 下水道、ライフサイクルアセスメント、LCIモデル、環境要素の総合的評価 |
|-------|-------------------------------------|

|                   |  |           |          |
|-------------------|--|-----------|----------|
| 下水高度処理の評価手法に関する調査 |  | 本文 99 ページ | 平成 14 年度 |
|-------------------|--|-----------|----------|

|      |                      |         |  |
|------|----------------------|---------|--|
| 全体計画 | 下水道事業調査費 平成 14～16 年度 | 下水処理研究室 |  |
|------|----------------------|---------|--|

**(目的)**

閉鎖性水域の水質改善、下水処理水の安全性の向上等が求められており、そのためには下水の高度処理が不可欠である。本調査の目的は、高度処理に関する評価手法を開発し、高度処理に関して科学的知見に基づく明確なシナリオ及び意志決定のための合意形成手法を提示することにより、高度処理を推進するための政策提言を行うことである。また、提示にあたっては、琵琶湖流域等をモデルケースとし、提言の実用性を検証する。

**(結果)**

平成 14 年度は、琵琶湖を例に取り、水質保全に必要な高度処理による便益について、原単位的に汚濁負荷削減便益を計上する手法の開発に着手し、便益項目を整理して計算手法の案を作成した。また、全国的観点からの下水道事業の水質保全効果の試算と評価に関する検討も行った。

**1. 高度処理の便益測定手法**

琵琶湖流域等をモデルケースとして検討を行い、琵琶湖の水質環境保全のために必要となる各種施策が最も効率的に実施されたとき、その事業コストが琵琶湖環境保全に対する住民の支払い意志額以下であると見なして、その金額を琵琶湖環境保全の便益と考える便益測定手法（事業コスト代替法）を開発した。

まず現在の琵琶湖の水質保全に関する社会的合意と考えられる琵琶湖総合保全整備計画「マザーレイク 21」（以下、ML21 計画と呼ぶ）（及び関連する事業計画）に基づき、水質保全のための各施策の事業費用、削減負荷量を算出し、単位負荷削減量当たりの負荷削減単価を求めた。次に、各施策による全体費用を最小化するため、仮想的に排出権取引を行い、各施策による負荷削減量の最適配分とその事業費用を推定した。最後に、各施策における便益のうち、水質保全に係る便益の比率をそれぞれ算出し、各事業費用に乗じることにより、各施策による水質保全に必要な最小費用を求め、その合計を琵琶湖全体の水質保全便益の最小推定値とした。以上より、水質保全便益原単位は 3,130 円/T-COD kg と求められた。

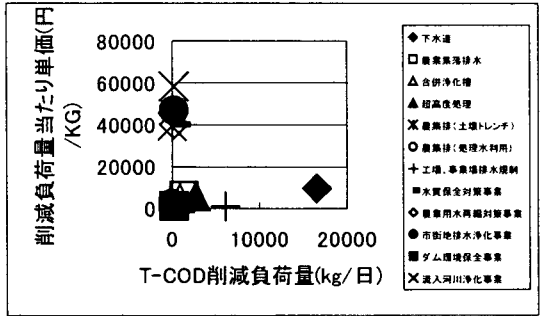


図-1 各施策の削減負荷量と削減単価

**2. 下水道による全国的水質保全効果の評価**

1975 年度～2000 年度までの下水道投資の年費用合計値（累計値）は、約 35 兆円であり、削減負荷量の総量は 2,119 T-COD 万 t であることが分かる。ここで、上で求めた水質保全便益原単位 3,130 円/T-COD kg を適用すると、水質保全便益は約 66 兆円と推定される。

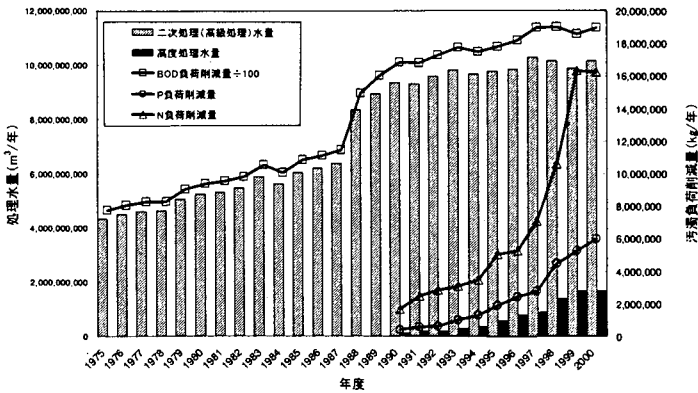


図-2 処理水量と負荷削減量の経年変化

従って、B/C が約 1.9 となり、費用を大幅に上回る水質保全便益が得られる結果となった。これに加えて、他の便益（水洗化便益や生活環境保全便益等）を考慮すると、下水道は十分に経済的価値を生み出してきたものと考えられる。また、栄養塩類を対象とした高度処理に限定して費用便益を検討すると、便益は約 1,400 億円、費用は約 700 億円となることから、高度処理に関しても B/C が約 2.0 と十分な経済効率があるものと考えられた。

研究担当者：中島英一郎、山下洋正、中島智史

|       |                         |  |  |
|-------|-------------------------|--|--|
| キーワード | 高度処理、費用便益分析、排出権取引、便益原単位 |  |  |
|-------|-------------------------|--|--|



**(目的)**

近年、下水処理水は修景・親水用水等への再利用、河川流量の維持等、その重要性が増大している。一方、原虫クリプトスポリジウムによる集団感染やノロウイルス(SRSV)による食中毒等、水系の病原微生物による被害が発生しており、それらが下水処理水中に存在する可能性があるため対策が求められている。

本調査の目的は、国民の健康保護に資する観点から、下水処理水の安全性が適切に確保されるために必要な技術基準を提示することである。

**(結果)**

平成14年度は、クリプトスポリジウムに関して、放流水及び再生水中の存在量の確率分布、集団感染発生時に予測される濃度並びに対策のB/C等を考慮した下水処理水の適切な安全性レベルを算出し、リスク評価による下水処理水の安全性指針として提示した。さらに、QALYs(質調整余命)を用いて対策の効果(リスク削減)を定量的に評価し、リスク便益分析を行った。また、下水処理水の病原リスクに関するリスクコミュニケーションの一環として、一般市民を対象としてアンケート調査を行った。

**1. クリプトスポリジウムに関する下水処理水の安全性指針の提示**

年間感染リスク  $10^{-2}$  を暫定的な管理目標とし、平常時及び集団感染発生時におけるクリプトスポリジウム対策の枠組みを検討した結果、表-1に示す濃度基準案が得られた。ここで、L1(監視強化基準値)及びL2(緊急対応基準値)は、それぞれ2回及び3回測定した場合の幾何平均値の95%信頼区間上限値であり、それぞれ統計的には40回に1回起こる程度の異常値を検出するものである。現実の対応において、1回測定して高濃度値が検出された場合は、確認及び経過監視のために何度か再測定すると考えられるため、逆にそうした複数回の測定の平均値を行動のための基準値として設定する考え方である。

表-1 放流水及び再生水のクリプトスポリジウム濃度基準案

| 利用対象 | 監視強化基準値 L1              | 緊急対応基準値 L2              | 基準上限値 | 測定対象 | 年間リスク       |
|------|-------------------------|-------------------------|-------|------|-------------|
|      | Cryptosporidium 濃度(個/L) | Cryptosporidium 濃度(個/L) |       |      |             |
| 水浴   | 2.8                     | 4.1                     | 6.0   | 放流水  | $10^{-2.2}$ |
| 水道   | 2.8                     | 4.1                     | 6.6   | 放流水  | $10^{-2.2}$ |
| 親水用水 | 0.39                    | 0.49                    | 2.4   | 再生水  | $10^{-2.7}$ |
| 修費用水 | 0.39                    | 0.49                    | 23.1  | 再生水  | $10^{-3.7}$ |
| 水洗用水 | 0.39                    | 0.49                    | 91.9  | 再生水  | $10^{-4.3}$ |
| 散水用水 | 0.39                    | 0.49                    | 40.0  | 再生水  | $10^{-3.9}$ |

注1:検水量は20Lとし、測定方法は別途定める方法を原則とする  
 注2:L1,L2は下水処理区域の実態等に基づき変更しうるが、基準上限値を超過してはならない

**2. QALYsを用いたリスク便益分析**

様々な曝露形態における凝集剤添加等の各対策の効果が図-1に示す通り得られた。ここで、リスク当たりの対策費用が最低でも1千万円/1QALYsであり、ほとんどの対策でより高い値となっているが、この理由の一つとしては平常時のリスクが $10^{-2}$ ~ $10^{-5}$ とさほど高くないため、追加的なリスク削減便益として高い値が得られないことが考えられる。リスク削減の効率性の観点からは、水道利用者集団のリスク削減のための凝集剤添加対策が最も合理的で優先的に実施すべき対策と考えられるが、集団感染時には年間感染リスクの目標が達成できないため、より高度な対策の必要性も考えられた。

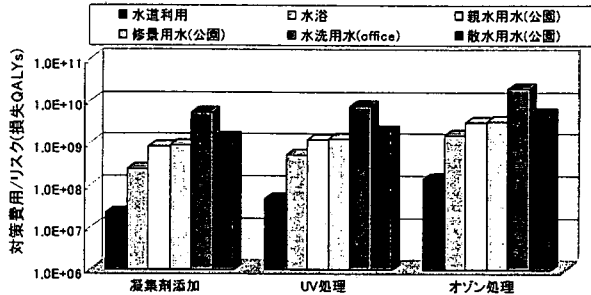


図-1 平常時のB(便益)/R(リスク)

**3. リスクコミュニケーション調査**

会場アンケート及びインターネットアンケートを行い、有効回答数はそれぞれ423票、2,213票であった。アンケート回答の全般的な傾向としては、(1)下水処理水にクリプトスポリジウムが含まれていることを知っている人は少ない、(2)感染確率をゼロまたはもっと低減してほしいと考えている人がかなりいる、(3)病原微生物が人体に与える影響や近隣での下水処理水の利用状況に情報提供を望む意見が多い、等であり、支払い意志額を含む定量的な解析を今後実施する予定である。

研究担当者：中島英一郎、山下洋正、斎野秀幸

|                            |                    |            |        |
|----------------------------|--------------------|------------|--------|
| 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 111 ページ | 平成14年度 |
| 全体計画                       | 下水道事業調査費 平成12～15年度 | リサイクルチーム   |        |

**(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にも拘わらず、これまでの下水処理には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。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14年度は、開発システムをより効果的なものとするために、既存施設における主要設備・機器毎の電力消費量を年間の連続データとして収集するとともに、解析に着手した。また、発電プロセス開発のために燃焼実験装置を製作し、実脱水汚泥の加圧流動燃焼実験を行った。消化ガスの安定・高度利用のために開発、実用化された消化ガス吸着貯蔵法について、ライフサイクルアセスメント (LCA) 解析とライフサイクルコスト (LCC) 解析を行い評価した。表-1にLCA解析の結果を、表-2にLCC分析の結果を示す。

表-1 消化ガス貯蔵能力600m<sup>3</sup>設備に関するLCA解析結果

|                          |         | 吸着貯蔵タンク | 低圧ガスホルダー |                          |         | 吸着貯蔵タンク | 低圧ガスホルダー |
|--------------------------|---------|---------|----------|--------------------------|---------|---------|----------|
| LCA (t-CO <sub>2</sub> ) |         | 835     | 699      | LCA (10 <sup>12</sup> J) |         | 16.29   | 8.58     |
| 内訳                       | (建設)    | 250     | 609      | 内訳                       | (建設)    | 3.22    | 7.80     |
|                          | (供用)    | 610     | 4.78     |                          | (供用)    | 13.35   | 0.0781   |
|                          | (撤去・整地) | -24.9   | 84.9     |                          | (撤去・整地) | -0.283  | 0.707    |

表-2 消化ガス貯蔵能力600m<sup>3</sup>設備に関するLCC分析結果

|                         |         | 吸着貯蔵タンク | 低圧ガスホルダー |
|-------------------------|---------|---------|----------|
| LCC (10 <sup>3</sup> ¥) |         | 182,128 | 232,697  |
| 内訳                      | (建設)    | 112,130 | 189,800  |
|                         | (供用)    | 66,211  | 32,006   |
|                         | (撤去・整地) | 3,787   | 10,891   |

研究担当者：鈴木 穂、 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 |
|-------|---------------------------------------|

|                                       |          |        |
|---------------------------------------|----------|--------|
| 下水汚泥中内分泌かく乱物質の汚泥処理過程及び土壌環境中での挙動に関する調査 | 本文117ページ | 平成14年度 |
|---------------------------------------|----------|--------|

|      |                    |          |
|------|--------------------|----------|
| 全体計画 | 下水道事業調査費 平成14～17年度 | リサイクルチーム |
|------|--------------------|----------|

**(目的)**

我が国の下水処理場への内分泌かく乱化学物質の流入が報告されており、それらが水処理系から汚泥処理系へ移行する可能性が指摘されている。本研究は、下水汚泥処理系および下水汚泥リサイクル製品施用先での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て実施するものである。

**(結果)**

14年度は、下水汚泥試料中のノニルフェノール（NP）類の分析手法の検討、下水汚泥リサイクル製品の施用先でのNP類の挙動把握のためのライシメータ実験、及び植物体への移行実験を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ① 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行ったところ、降雨によるNPの累積浸出率から、コンポスト施用土壌中のNPが降雨により浸出する量は少ないことが明らかとなった。また、NPの累積浸出率と土壌中残留率から、NPの土壌中での分解機構の存在が示唆された。（図-1、図-2）
- ② コンポスト施用土壌中の内分泌かく乱物質の植物体への移動に関する検討を小松菜等を用いて行ったところ、分析が可能な濃度域でのNPの植物体への移動は確認されなかった。
- ③ 下水汚泥試料中のNP類のうちノニルフェノールエトキシカルボン酸（NPEC類）の分析手法の検討を行ったところ、水試料中のNPEC類の分析に用いられる前処理方法では分析が困難であることが明らかとなった。

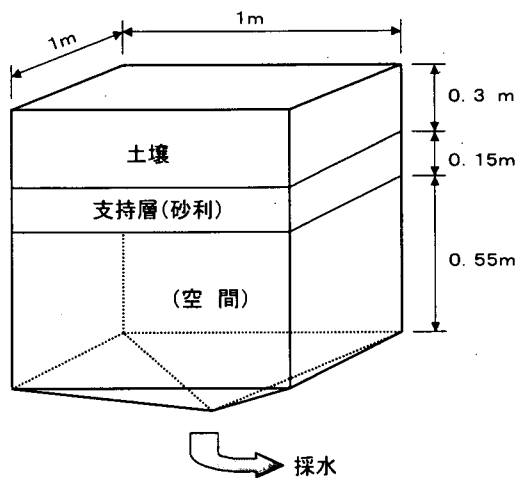


図-1 ライシメータ内部

NP類の挙動を明確にするためには、NPEC類等、NPの関連物質を含めた物質収支を明らかにする必要がある。今後、下水汚泥試料を対象とした分析手法の検討を進めるとともに、関連物質を含めたNP類の挙動、消長に関する実験を行う必要がある。

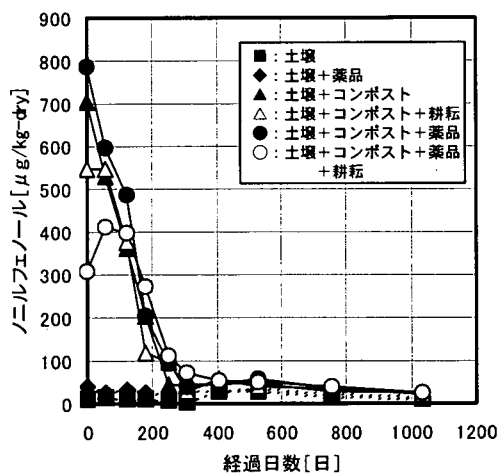


図-2 ライシメータの土壌のNP含有量の推移

研究担当者：鈴木 稔、落 修一、南山 瑞彦

|       |                               |
|-------|-------------------------------|
| キーワード | 内分泌かく乱物質、下水汚泥、分析、コンポスト、ライシメータ |
|-------|-------------------------------|

|                                  |                    |            |        |
|----------------------------------|--------------------|------------|--------|
| 下水汚泥を活用した有機質廃材の資源化・リサイクル技術に関する調査 |                    | 本文 123 ページ | 平成14年度 |
| 全体計画                             | 下水道事業調査費 平成14～17年度 | リサイクルチーム   |        |

**(目的)**

土木工事や道路、河川、海岸、空港、公園等の管理からは多量の廃木や刈草が発生している。しかし、これらの草木に代表される有機質廃材のリサイクル手法は限られており、有機質資源として利活用の拡大が図られる技術開発が求められている。一方、下水処理場では多量のエネルギーと有機系の薬品を必要としていることから、有機質廃材はこれらの代替となる可能性が高い。また、下水汚泥は多量の有機物とともに多種多様な微生物群と豊富なミネラル分を含むことから微生物資源としての価値も高い。このために、本調査は、草木等の有機質廃材と下水汚泥との混合発酵により資源化を図る方法、及び有機質廃材を改質・加工して下水処理に活用する方法を開発し、草木系バイオマスと下水汚泥の利活用推進に寄与しようとするものである。

**(結果)**

平成14年度は、草木に蒸気加圧による爆砕を施したものと下水汚泥とを混合してメタン発酵に供する方法について調べた。その結果、現状の下水汚泥メタン発酵方法に爆砕物を付加していくだけで、円滑なメタンガスの生産と合わせて、下水汚泥から発酵液中に遊離するアンモニア性窒素の利用・固定化が進行した。また、発酵液の脱水性を、鉄塩と高分子凝集剤を助剤として調べた結果、清澄な濾液と下水汚泥のみの場合よりも低含水率の脱水汚泥が得られた。図-1に下水汚泥のみをメタン発酵した場合の発酵液の脱水試験結果を、図-2に蒸煮爆砕木質と下水汚泥との混合・メタン発酵した場合の発酵液の脱水試験結果を示す。

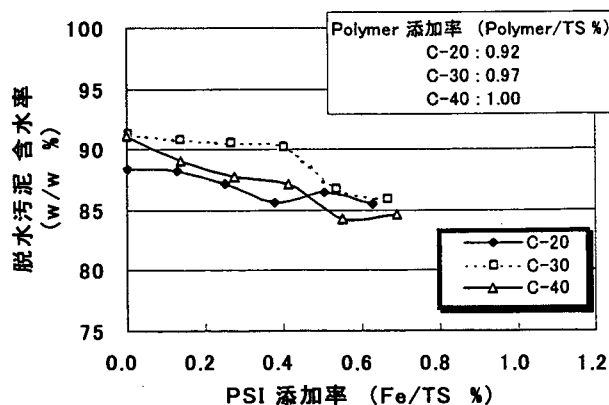


図-1 下水汚泥のみのメタン発酵液の脱水試験結果

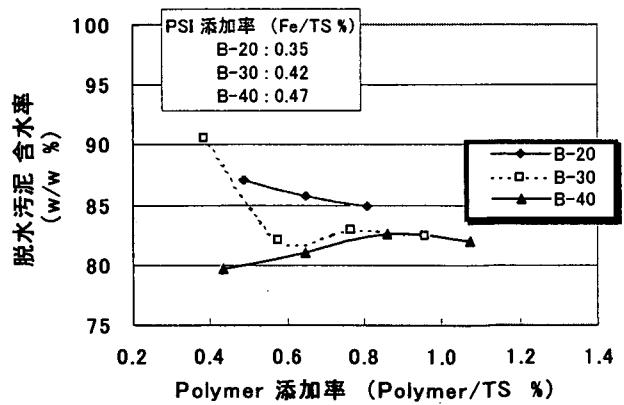


図-2 蒸煮爆砕木質と下水汚泥との混合メタン発酵液の脱水試験結果

研究担当者：鈴木 穰、落 修一

|       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| キーワード | バイオマス、バイオガス、草木、下水汚泥、メタン発酵、リサイクル |
|-------|---------------------------------|

|  |                                   |            |          |
|--|-----------------------------------|------------|----------|
| 下水道における微量化学物質の評価に関する調査   |                                   | 本文 129 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画   | 下水道事業調査費 平成 13 年～平成 17 年          | 水質チーム      |          |
| <p><b>(目的)</b><br/> 下水道は、生活排水や一部の事業場排水を受入れ、処理を行い環境中に排出しているが、現在、下水中には、内分泌かく乱作用が懸念される微量化学物質が含まれている可能性が指摘されており、これらの微量化学物質の環境への排出量の削減および下水処理水の環境安全性を確保することが求められている。</p> <p>本調査は、下水道に流入する可能性のある内分泌かく乱作用が懸念される微量化学物質の評価手法の開発を目的とし、①微量化学物質の検出方法の簡易化、迅速化、②微量化学物質の下水道での挙動把握を行う。</p> <p><b>(結果)</b><br/> 1. 下水道における内分泌かく乱物質の迅速測定法の開発<br/> 下水試料中のエストロンの前処理として、前処理法①：採水、冷蔵保存、C18 固相抽出（ジクロロメタン溶出）前処理法②：採水時にアスコルビン酸による固定化、冷蔵保存、C18 固相抽出+フロリジル固相抽出+アミノプロピル固相抽出の2つの設定方法を比較した。両手法とも、エストロンの回収率は確保されていた。流入下水試料の前処理法①での測定結果が、LCMS/MS 法による測定結果に比べて、著しく過大となっていたが、流入下水試料の前処理法②、二次処理水試料の前処理法①および②では、ELISA 法による測定結果は、LC/MS/MS 法による測定結果に比べて 1.5 倍程度以内であった。</p> 2. 微量化学物質の下水道での挙動把握<br>E2、E1は、最初沈殿池流入水（初沈流入水）と最初沈殿池流出水（初沈流出水）の値を比べるとほぼ同じ値を示しており最初沈殿池内での分解はほとんど見られないが、曝気槽内に入るとE2は徐々に減少し、曝気槽のほぼ中間で検出下限値(0.5ng/L)未満となった。一方、E1は曝気槽内に入りいったん初沈流出水の1.8倍程度に増加した後、徐々に減少した。E2は活性汚泥により容易に分解しE1に変化すると報告があり、本調査結果も曝気槽内でE2がE1に変化したものと考えられる。また、曝気槽内にE1が残存しているが、E2の分解速度に比べE1の分解速度が遅いことが原因の一つとして考えられる。 NP、NPnEO、NPnECは、曝気槽で濃度が大きく変動した。具体的には、NP、NPnEOは初沈流入水、初沈流出水に比べて1/10～1/100程度に濃度が減少し、NPnECは2倍以上に濃度が増加した。NPnEOは、初沈流入および初沈流出時にはNP1EO～12EOがほぼ均等に存在していたが、曝気槽以降でEO付加モル数5以上のNPnEOが消失し、最終的にNP1EO～4EOで構成された。一方、NPnECは、初沈流入、初沈流出時には2～3ECはやや多いものの、NP1EC、NP4EC～10ECはほぼ均等に存在していた。曝気槽以降ではEO付加モル数5以上のNPnECが減少、EO付加モル数4以下が増加し、最終的にNP1EC～4ECが全体の約96%を占めた。これらの結果からNPnEOは、曝気槽内で急激な分解を受けており、NPnEOのままEO鎖が短鎖化を受ける場合と、NPnECに形態を変えてEO鎖が短鎖化を受ける場合があると考えられる。下水処理が進むに連れてNPnEC濃度が増加する理由の一つとしては、NPnEOとNPnECの分解速度の違いが考えられる。また、NPnECのEO付加モル数5以上では顕著な濃度増加が認められなかったことから、NPnEOからNPnECへの形態変化は、EO付加モル数5以下で進行している可能性がある。終沈流出水はNP1EO～4EO、NP1EC～4ECで構成されていること、NP濃度の顕著な増加は認められなかったことから、活性汚泥処理では、NPnEOはNPまでは分解されずNPnEO、NPnECのどちらの形態においてもEO付加モル数1～4までの分解にとどまる可能性が示唆された。 LCMS/MS 法によるエストロゲン抱合体分析法を開発するとともに、実下水への適用を行った。測定対象としたエストロゲンの硫酸抱合体、グルクロン酸抱合体は、estrone-3-sulfate (E1-S)、β-estradiol 3-sulfate (E2-S)、estriol 3-sulfate (E3-S)、estrone β-D-glucuronide (E1-G)、β-estradiol 17-(β-D)-glucuronide (E2-G)、estriol 3-(β-D-glucuronide) (E3-G)、β-estradiol 3-sulfate 17-glucuronide (E2-S&G) and estradiol 3,17-disulfate (E2-di-S) である。これら硫酸抱合体、グルクロン酸抱合体の回収率は数%から 50%程度と低く、更に検討が必要であった。本測定方法に基づいた、下水処理による各エストロゲンの除去率は、遊離体が 89～99%なのに対し、抱合体では E2-G の 58%～E1-G の 93%の範囲であった。グルクロン酸抱合体については活性汚泥により容易に分解し、E2 となることが報告されている。また、本測定結果から、流入水、二次処理水中のエストロゲン抱合体の濃度は、遊離体の濃度に比べ数倍から 100 倍程度高いことが分かった。 また、これまでに国内で報告された流入下水中の硫酸抱合体、グルクロン酸抱合体濃度 E1-S(6.4ng/l)、E2-S(2.7-62.9ng/l)、E3-S(4.5ng/l)、E2-G(<0.8-12.7ng/l)と比較すると E1-S、E2-S は同程度の値を示していたが、E3-S、E2-G は 30 倍程度の値であった。 研究担当者：田中 宏明、小森 行也、岡安 祐司、八十島 誠 |                                   |            |          |
| キーワード  | 内分泌かく乱物質、エストロゲン、ノニルフェノール類、ELISA 法 |            |          |

|                     |           |         |
|---------------------|-----------|---------|
| 下水道による水環境への影響に関する調査 | 本文133 ページ | 平成14 年度 |
|---------------------|-----------|---------|

|      |                        |       |
|------|------------------------|-------|
| 全体計画 | 下水道事業調査費 平成13 年～平成17 年 | 水質チーム |
|------|------------------------|-------|

**(目的)**

下水道の整備に伴い河川水に占める下水処理水の割合が変化し、下水処理水が放流先河川の水生生態系に与える影響が大きなものとなっている可能性がある。特に都市域では水資源の再利用に伴い、下水処理水の河川へ占める割合は大きくなっており、再利用比率が90%を超えるような河川も報告されている。

本調査では、下水道の整備が河川水質や水生生態系といった水環境に及ぼす影響や、下水処理水中に存在している化学物質、特に女性ホルモン作用を持つ内分泌攪乱物質が魚類を始めとした水生生物に及ぼす影響について検討する。

平成14年度は、手賀沼に流入する都市河川である大津川における汚濁負荷量の実態調査を行い、流域条件の相違が流況及び流出汚濁負荷量に与える影響を検討した。また、下水処理水のエストロゲン作用が魚類に及ぼす影響を調べるため、下水処理場に設置した水槽により鯉を用いた曝露試験を実施した。

**(結果)**

本年度は、下記の通り成果を得た。

- (1)流域水循環機構の変化に関する検討では、下水道による水環境への影響を把握するためには、有機物や栄養塩等の河道内での堆積や分解に関して検討を進める必要性が明らかになった。
- (2)下水処理水による魚類への影響を把握するため、コイの曝露試験を春期に雄単独試験および雌雄混合試験を実施した。この結果、いずれの試験区においても雄コイのVTG生成は認められなかった。また、脱塩素水道水を用いた対照試験区においても同様に、雄コイのVTG生成はみられなかった。(図-1)
- (3)曝露試験水の水質は、過年度に実施した試験に比べ大きな差異は認められなかったため、雄コイのVTG誘導がみられなかった理由は、試験開始が4月であったことから、生理的活動が活発になる早春を過ぎていたためと考えられた。
- (4)EROD活性の測定を導入し、コイのP4501A1生成について試験することが可能となった。下水処理水に曝露した試験区ではEROD活性が上昇している傾向があったため、下水処理水によって薬物代謝酵素が誘導されている可能性が示された。

研究担当者：田中 宏明、佐々木 稔、玉本 博之、宮本 宣博

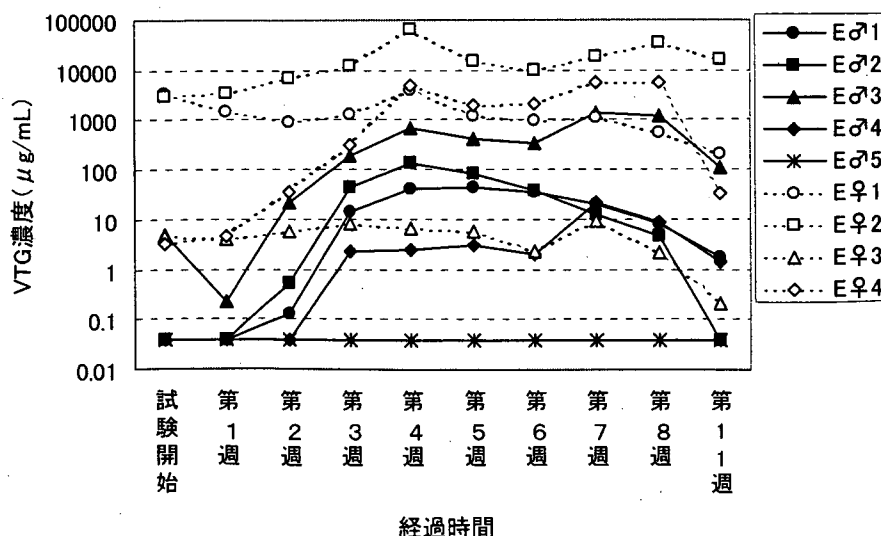


図-1 下水処理水に曝露したコイのVTG経時変化 (Run1)

|       |                     |
|-------|---------------------|
| キーワード | 魚類モニタリング、環境ホルモン、下水道 |
|-------|---------------------|

|  |                       |          |        |
|--|-----------------------|----------|--------|
| 下水道事業の設計積算の効率化のための体系化に関する調査  |                       | 本文139ページ | 平成14年度 |
| 全体計画   | 下水道事業調査費 平成14～16年度    | 建設システム課  |        |
| <p><b>(目的)</b></p> <p>新土木工事積算大系（以下、「新大系」）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。下水道分野では「新大系」の中核をなす工事工種の体系化が概成し、積算基準書、共通仕様書、大系用語集等の関連図書の整備を進めてきたが、「土木工事施工管理基準及び規格値」、「土木工事数量算出要領・数量集計表様式」はまだ整備されていない。</p> <p>また、効率的なコスト縮減を進めるためには、工事費の占める割合が大きい分野を重点的に推進していくことが必要であり、そのためには、工事工種体系における各工種の価格構成比や機械・労務・材料費の価格構成比等を分析することが有効である。</p> <p>本研究は、「新大系」における大系関連図書の整備の一環として、「下水道土木工事施工管理基準及び規格値」、「下水道土木工事数量算出要領・数量集計表様式」の整備を進めると共に、体系化された建設工事の実績を用い、下水道分野における建設コスト構造の分析をおこなうものである。</p> <p><b>(結果)</b></p> <p>(1) 「下水道土木工事施工管理基準及び規格値」の整備方針</p> <p>先に作成した土木工事共通仕様書と同様な形態とし、国交省施工管理基準の一般土木編（道路編や河川編等）と同様に下水道編として下水道関係工種を追加整備する。さらに、下水道編のみ単独で使用される場合も考慮し、国交省施工管理基準の一般土木編に既に記載されている下水道関係工種（河川編：函渠工等）も再度下水道編に記載することによって、共通編のみを参照すれば運用可能な形態とした。記載内容については、工程管理、出来形管理、品質管理、及び写真管理の四つの管理項目とする。</p> <p>(2) 「下水道土木工事数量算出要領・数量集計表様式」の整備方針</p> <p>施工管理基準と同様、編集方針、記載内容等は、既に整備されている国土交通省数量算出要領・数量集計表様式に準拠したものとする。</p> <p>管路の工事発注単位は、基本的にレベル2の、開削工法・小口径推進工法・推進工法・シールド工法に大きく4つに分けることができ、さらに、それぞれのレベル2工種において、マンホール工・特殊マンホール工・取付管・ます工・地盤改良工・付帯工・立坑工等が必要に応じて計上される。そこで、記載形式としては、実際の工事発注単位を考慮し、レベル2工種ごとにファイルを作成する。</p> <p>(3) 下水道土木工事コスト構造の分析方針</p> <p>管路の建設コストをより詳細に分析するには、工事費を構成する工事目的物を工種・種別・細別などの内訳費用に分解する必要があると共に、その種別・細別項目が含む積算費用（機械・労務・材料費など）を一義的に定義する必要がある。例えば、開削管路の土工として「管路土工」種別は、どの工事設計書でも掘削、埋戻、残土の運搬や処分費などの費用に関し、同じ定義に基づく費用が計上されている必要があることから、下水道土木工事積算基準は平成13年度に体系化されているため、今回はまず平成13年度の発注実績を分析することとし、工事工種体系におけるレベル4細別ごとの価格シェアがどのようになっているのか、また機械費・労務費・材料費の内訳はどのようになっているのか等を明らかにする。</p> <p>研究担当者：溝口宏樹、中筋康之</p> |                       |          |        |
| キーワード  | 新土木工事積算大系、コスト構造、コスト縮減 |          |        |

|                         |           |          |
|-------------------------|-----------|----------|
| 都市域における流出・氾濫モデル開発に関する調査 | 本文145 ページ | 平成 14 年度 |
|-------------------------|-----------|----------|

|      |                      |       |
|------|----------------------|-------|
| 全体計画 | 下水道事業調査費 平成 14～17 年度 | 水害研究室 |
|------|----------------------|-------|

**(目的)**

都市域における効果的な浸水対策を推進するためには、河川と下水が連携して流域における対策を講じていくことがますます重要となっている。また、流域における浸水現象の想定をより現実的なものとするためには下水等の内水を考慮した氾濫シミュレーションモデルが必要である。

本調査では、各種雨水排水、流出抑制施設の効果をよりの確に把握するため、これまで開発されてきたプロトタイプの都市域流出・氾濫モデル (PWRI モデル) を改良して都市雨水対策効果をより精度良く表現できるモデル (NILIM: New Integrated Lowland Inundation Model) を開発するとともに、流域全体における浸水を解析するために、既存の氾濫シミュレーションモデルに組み込むべき下水道における内水氾濫シミュレーションモデルの検討を行う。

**(結果)**

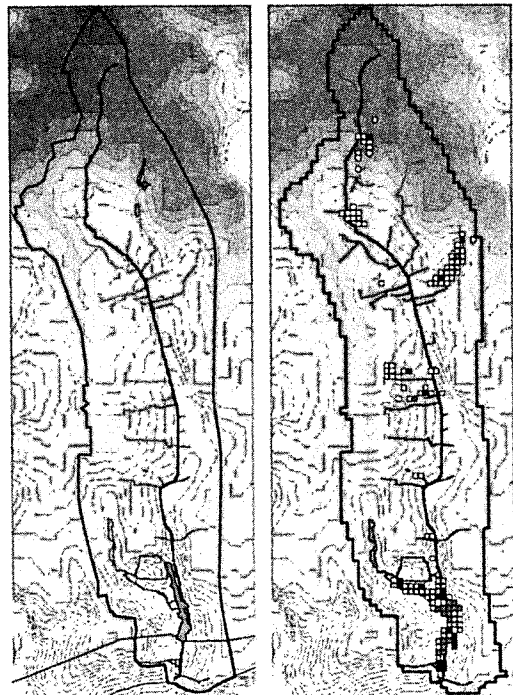
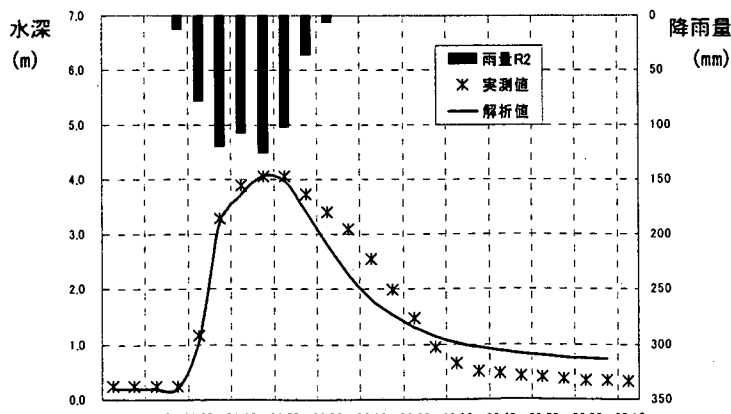
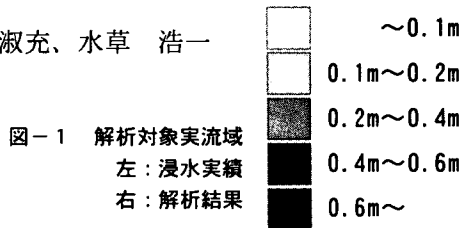
自然流下型合流式下水道の整備されている、都市化の進んだ図-1 左に示す実在市街地において、H13 年度に観測された幹線管渠内水位および浸水実績をもとに、解析結果との比較を行った。対象流域ほぼ中間地点でのハイドロ・ハイトグラフおよび解析結果を図-2 に示すが、立ち上がりおよびピーク値は非常に良好な傾向が得られており、管渠内での水位追跡性能についてはモデルの信頼性が高いことが証明されている。

地表面氾濫を考慮した解析については図-1 右に結果を示す。図下方の下流端付近における湛水状況は若干浸水範囲が実績よりも過大である。これはおよそ 0.2~0.3m 程度以下の浸水は実績として記録されていない可能性を考慮すれば、比較的良好な結果が得られていると言える。上中流域においては、実績とは異なる浸水域が現れている。これは今回の解析では、下流側に設置した雨量計データを一律用いて解析を行っており、上流域では実績と比較して設計降雨が大きすぎたためと考えられる。

今後は、より多くの流域でモデル検証を行い、入力や地勢等の各種条件が結果に与える影響・特性の違いや、モデルの信頼性向上を図る必要がある。

研究担当者：

広木 謙三、佐々木 淑充、水草 浩一



|       |                     |
|-------|---------------------|
| キーワード | 内水氾濫解析、都市浸水解析、NILIM |
|-------|---------------------|



|  |                             |          |        |
|--|-----------------------------|----------|--------|
| 管路施工法の合理的な評価・選定手法に関する調査  |                             | 本文151ページ | 平成14年度 |
| 全体計画   | 下水道事業調査費 平成12～14年度          | 施工技術チーム  |        |
| <p><b>(目的)</b></p> <p>下水道管路施工法は、開削工法、推進工法、シールド工法に大別できるが、近年の技術開発により、長距離推進や各種地盤条件に対応可能な推進工法、軽量の仮設材や管材の使用や流動化処理土による埋戻しなど、迅速・安全な開削工法の様に、コスト縮減や環境保全等に資する新技術が各種開発されている。一方、騒音・振動や路上工事による交通渋滞、建設副産物の処理など、工事に伴う周辺環境への影響も考慮すべき重要な項目となってきている。更に、管路敷設等の量的な整備に加え、整備ストックの老朽化に伴い、管路の維持管理・更新技術も重要となってきている。このため、今後の下水道管路施工法の選定に当たっては、建設費などのインシヤルコストのみではなく、工事に伴う周辺環境への影響等の外部コストや将来の維持更新を考慮したメンテナンスコスト等を考慮して、総合的に評価する必要がある。</p> <p>本調査は、下水道管路施工法における外部コストやライフサイクルコストを加味した合理的な工法選定手法を提案することを目的とする。</p> <p><b>(結果)</b></p> <p>今年度は、現道上での下水道工事に着目し、外部コスト項目及び影響についてケーススタディを行った。また、ライフサイクルコストについて、管路の維持管理の現状の分析を行うとともに、ライフサイクルコストの試算を行い、維持管理・補修による影響を検討した。</p> <p>(1) 下水道管路工事の外部コストの検討</p> <p>現道上の下水道工事において、外部環境に影響を与える項目として、コスト換算をした場合に影響度が大きく、計測・予測が比較的容易な、工事に伴う交通渋滞を外部コスト項目として取り上げ、試算を行った。試算は、2車線道路上において、1車線を交通規制し、片側交互通行をしながら工事を行う場合を想定した。試算の結果、以下のことが分かった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・交通量の増加に伴い交通渋滞による外部コストが急激に増加する</li> <li>・規制延長や規制方法（交互通行信号の現示など）により、外部コストが大きく異なる</li> <li>・道路の車線や路肩幅員、沿道の影響等によっても交通渋滞への影響が大きくなる</li> <li>・工事規制幅の縮小や規制開始時間を遅らせる等の簡易な改善策により外部コストを大きく低減できる</li> </ul> <p>(2) ライフサイクルコストの検討</p> <p>設計時の管路選定や維持管理・補修計画の違いによるライフサイクルコストの違いを検討するために試算を行った。設計耐用年数は、既存の下水道管渠の現状や各種構造物の設計基準類等を参考にし、100年と設定した。維持管理コストは、維持管理状況に関する調査結果より、管路の経過年数に応じた維持管理費の設定を行った。試算ケースは、以下の4ケースとした。</p> <p>ケース1：管渠の強度性状が落ち始める前に軽微な補修を繰り返しながら設計耐用年数を満足させる</p> <p>ケース2：管渠の強度性状が供用年数とともに低下し、要求性能の下限値に近づいた時点で大規模な補修を行い、設計耐用年数を満足させる</p> <p>ケース3：環境の強度性状が供用年数とともに低下し、要求される性能の下限値に近づいた時点で改築を行い、管渠の耐久性を向上させることにより設計耐用年数を満足させる</p> <p>ケース4：耐久性を向上させた管渠を敷設することにより、補修の回数を減らしたケース</p> <p>試算の結果、経過年数50年では各ケースとも大きな差異は生じていないが、100年後のライフサイクルコストで比較すると、維持管理コストが増加する前に軽微な補修を繰り返し行う（ケース1）か、インシヤルコストを多少かけても性能の高い管渠を敷設（ケース4）した方が経済的に有利な結果となった。</p> <p>今後は、下水道管路の合理的な補修基準の設定や損傷度合いの評価方法の確立、各種条件に対する管路の性能の変化の明確化などを行い、合理的かつ経済的な工法選定手法の確立を目指す必要がある。</p> <p>研究担当者：大下 武志、小野寺 誠一、堤 祥一</p> |                             |          |        |
| キーワード  | 管路施工法、推進工法、外部コスト、ライフサイクルコスト |          |        |

|   |                                 |            |          |
|---|---------------------------------|------------|----------|
| 下水道施設への新素材の活用技術の開発  |                                 | 本文 157 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画  | 下水道事業調査費 平成 13～15 年度            | 新材料チーム     |          |
| <p>(目的)</p> <p>下水道整備を効率的に進めるために、従来から用いられている鉄筋コンクリートの改良による防食性能の向上が求められている。また、耐食性の優れた新素材を下水道施設に活用する技術の開発も期待されている。本課題ではこのような新素材を探索し、下水道施設での耐食性・適用性を調査する。さらに、下水道施設用防食材料としての改良・技術開発を行う。近年、下水道施設用の防食指針類が整備されたので、新設構造物の防食性能は向上している。また、下水道の整備率は平成 12 年度末で 62%と増えているため、既設構造物補修の重要性が高まりつつある。研究対象は下水道施設のコンクリート補修材料とした。</p> <p>平成 14 年度から、要求性能を満たす材料・補修技術開発できる民間 12 社との共同研究を開始し、本研究をより効率的に実施することとした。平成 14 年度は、下水処理施設補修材料について、以下の 3 つの技術項目について検討し、求められる要求性能とその評価方法についてとりまとめた。また、一部については予備試験を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①耐酸性モルタルの適用性</li> <li>②塗布型ライニング材の信頼性向上</li> <li>③新しいシートライニング材の開発</li> </ul> <p>(結果)</p> <p>(1) 耐酸性モルタルの適用性</p> <p>耐酸性モルタルは、断面修復材に用いることにより、塗布型ライニング材のピンホールによる劣化の抑制ができる。また、比較的穏やかな腐食環境では、塗装無しでの利用可能性も期待できる。このためには耐酸性モルタルの耐酸性の適切な評価が必要であるが、これまで行われてきた硫酸溶液への浸せき試験は、環境条件が実際とかなり異なるなどの欠点があった。そこで、壁面で微生物により生成される硫酸を模擬する試験方法として、硫酸滴下試験を提案した。予備試験の結果、硫酸による浸食深さの測定が可能であるなど、この試験方法が耐酸性評価方法として適用可能であることが分かった。</p> <p>(2) 塗布型ライニング材の信頼性向上</p> <p>従来の塗布型ライニング材は、コンクリートとの接着性不足によるふくれが発生しやすい場合があり、プライマーの改良などにより改善が期待できる。これまで行われてきた建研式付着力試験では、このような接着性評価が困難であるので、新しい評価方法として引き剥がし試験の適用性を検討し、ふくれ抑制性能との相関性向上を図ることとした。</p> <p>(3) 新しいシートライニング材の開発</p> <p>従来のシートライニング材には、比較的高価であることと、施工性に劣るといふ、2 つの問題点があるため、これらを改善した新しいシートライニング材の開発を行うこととした。①FRP 引抜成形材を利用したシートライニング材と、②チタン板（箔）を利用したシートライニング材の開発に着手し、施工方法や接合方法などの細部にわたる検討を実施した。</p> <p>研究担当者：明嵐 政司、西崎 到</p> |                                 |            |          |
| キーワード   | 下水道、コンクリート、補修、新材料、ライニング材、耐酸モルタル |            |          |

|  |                    |          |        |
|--|--------------------|----------|--------|
| 更新時の下水道管渠の構造的評価と補修工法に関する調査   |                    | 本文163ページ | 平成14年度 |
| 全体計画   | 下水道事業調査費 平成13～15年度 | 土質チーム    |        |
| <p><b>(目的)</b><br/> 下水道整備の拡大とともに既存施設が増大するにつれて、耐用年数を超過した管渠も増え始めており、今後老朽化は急速に進むと予測される。しかし、その補修工法選定において重要な要素となる、既設管渠に作用する土圧等外力の状態は不明な点が多く、場合によっては管渠に想定以下の土圧しか作用せず、補修が過剰となることも考えられる。合理的な下水道管渠の維持、補修を進めるにあたっては、管渠に作用する土圧の経年変化等を明らかにする必要がある。本研究では、長期間経過後の管渠周り地盤の特性について調査すると共に、管渠に作用する土圧の経年変化等について実験的検討を進め、作用土圧の評価手法を提案する事が最終的な目的である。</p> <p><b>(結果)</b><br/> 地中構造物に作用する土圧が長期的に変化する場合の要因を、A)地中構造物周辺の地盤に外的条件(外力)が加わって変位が生じた場合、B)地中構造物の変形によってその相互作用として周辺地盤に変位が生じた場合、C)周辺地盤自体の力学特性が時間経過に伴って変化した場合、に分類し調査を進めている。H13年度は主にBの要因について検討した。H14年度はH13年度の調査をさらに拡張するとともに、AとCの要因にも着目し、地盤材料に人工的に粘性や固結性を添加した実験や、ゆるみ土圧に微小攪乱を付加した実験を行った。</p> <p>① 地中埋設管に作用する土圧の長期モニタリング：<br/> 土槽内のモデル地盤にひずみゲージを装着した管を埋設し、埋設時及び埋設後の周辺地盤土圧や管の変形を計測した。剛性管とたわみ管で土圧分布特性に違いが見られた。埋戻し材料に砂質土を用いたところ、埋設後1年間のモニタリング期間中に時間経過に伴う大きな変化は見られなかった。そこで、埋戻し材料にセメント改良砂を使用し、固結性を有する材料に対して埋設管土圧がどのように変化するか計測を継続している。ただし、埋設時は材料にセメンテーションが発現していないため砂質土による埋戻しと同様の土圧の傾向が観察された。</p> <p>② 移動床実験による緩み土圧の時間効果の計測：<br/> 豊浦標準砂で土槽内に作成したモデル地盤に対して降下床の移動速度を様々に変化させた実験を行い、その速度効果やリラクゼーションによる応力変化などを調べた。H13年度に行った実験をより厳密な条件下で実施し、土圧-降下変位の基本的な関係は降下速度の影響を受けないが、降下速度の一時的変化に対して数%程度の変化が生じることがわかった。また、細粒分混じり砂を使用すると、土圧の変化が変位量に対して鈍感になるが、変位速度変化に対しては敏感であることがわかった。</p> <p>③ 移動床実験による緩み土圧の攪乱要因の分析：<br/> ②で得られた緩み土圧状態において、移動床を微小に上下させ、一旦地盤内に形成されたアーチ効果がどの程度影響されるかを調べた。</p> <p>以上から今年度得られた知見をまとめると以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地中構造物のわずかな変位で土圧は大きく変化する。1年間にわたる長期モニタリングでも土圧に有意な変化はみられなかった。</li> <li>・ 埋設時の挙動は埋戻し土が砂の場合も固結性をもつ材料の場合も傾向に違いはみられない。今後固結効果が十分に発現した場合の土圧挙動を引き続き調査する予定である。</li> <li>・ 移動床実験では、土圧と変位の関係はその速度履歴にあまり影響されない。細粒分を含んだ砂を用いた実験ではアーチ効果の形成に、より大きな変位を必要とすることが分かった。</li> <li>・ 移動床上に形成されたアーチ効果は、その後降下床を微小に上下することによって攪乱がみられる。その攪乱の程度は、細粒分を含んだ砂のほうが小さい。</li> </ul> <p>研究担当者：恒岡 伸幸、桑野 玲子、古本 一司、山内 慶太</p> |                    |          |        |
| キーワード  | 埋設管、土圧、時間効果、アーチ効果  |          |        |

|                                 |          |        |
|---------------------------------|----------|--------|
| 発展途上国に適した低コスト型新下水道システムの開発に関する研究 | 本文171ページ | 平成14年度 |
|---------------------------------|----------|--------|

|      |                       |                |
|------|-----------------------|----------------|
| 全体計画 | 政府開発援助試験研究費 平成13～16年度 | 下水道研究室・下水処理研究室 |
|------|-----------------------|----------------|

**(目的)**

発展途上国においては、著しい都市化の進展により衛生環境が悪化し、水環境の改善と水資源の確保が、従前にも増して重要となってきた。都市周辺市街地では、都市中心部よりも、排水を処理することの理解が乏しく、住民は水系伝染病の蔓延や水資源の不足により、劣悪な衛生環境におかれている。これらの課題を解決するには、都市中心市街地に加えて周辺住宅地においても、都市内河川や湖沼等の水質改善を優先して、水路、腐敗槽等の既存施設や土壌、植生等を水質向上手法として組み入れた低コスト下水道システムを構築し、下水処理水の水質を向上させ水資源としての価値を高める必要がある。

そのため、本研究ではこれら周辺地域を対象として、住民参加、効率的な下水道管理等のソフト面も考慮しつつ、既存施設の下水収集・処理機能を評価し土地、気候、安価な労力等開発途上国の特長が活用できる低コスト型の新下水道システムを開発する。

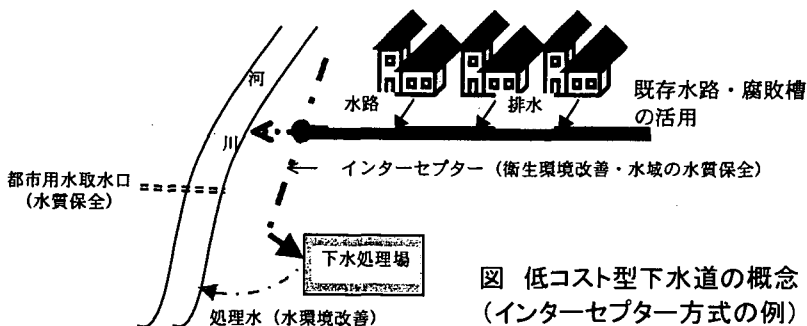


図 低コスト型下水道の概念 (インターセプター方式の例)

**(調査概要)**

**1. タイにおけるラグーン及びインターセプター下水道の現地調査**

インターセプター下水道とラグーン処理を併用した低コスト型下水道システムは、今後整備が求められる発展途上国の郊外部に適した方式と期待されるが、現状ではその機能が十分に発揮されていないことがわかった。そのため、インターセプター下水道において流入下水の水質が低くなるメカニズムを解明し、設計・維持管理方法の改善策を検討することが必要である。また、ラグーン処理施設において、処理水質が悪化するメカニズムを解明し、同様に設計・維持管理方法の改善策を検討することが必要である。そこで、平成14年11月に、タイ及びインドネシアを対象に、インターセプター下水道及びラグーン処理施設の現地調査を実施した。

現地調査の結果、管内での堆積や浄化の状況については確認できなかったが、雨季では河川水がインターセプターに逆流しており、河川水質汚染が懸念された。また、ラグーン処理水質悪化の原因として、藻類の流出が懸念されることが現地調査からも示唆された。

**2. 実施施設を使用したラグーン処理機能の改善に関する検討**

当検討では、低負荷流入水におけるラグーン処理の適正な維持管理に関する検討と、ラグーン処理水のさらなる高度化のため、植生帯の処理能力に関する検討を行った。実験は、日本唯一の亜熱帯地域である沖縄県において、同県との共同研究で行った。

結果としては、ラグーンの維持管理を行う場合、SSなどの汚濁物の処理を考えると流入 BOD 50 mg/l では HRT 5 day、流入 BOD 100 mg/l では HRT 10 day が最低限必要な HRT であり、大腸菌などの衛生学的な面から考えると流入 BOD 50 mg/l では HRT 10 day、流入 BOD 100 mg/l では HRT 30 day (20 day のデータがないため決定値ではないが、今回の実験期間の範囲で考えると 30 day が適切) が最低限必要な HRT であると考えられる。植生帯に関しては、植生帯設置により水面に直接日光が届かなくなるため、藻類の繁殖を抑える効果があり、しかもラグーン処理水中に含まれている藻類を死滅させる効果もある。そして、液中の SS は、滞留時間による沈殿効果や水中の茎に接触して沈殿することで、植生帯の処理水中には藻類の含有量が少なくなり、SS・T-BOD・T-COD が低い値になる (HRT 20 day の実験結果より)。

研究担当者：森田弘昭、中島英一郎、山縣弘樹、中島智史、平出亮輔

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| キーワード | 発展途上国、水環境の改善、良質な水資源の確保、低コスト型下水道システム |
|-------|-------------------------------------|

|   |                   |          |          |
|---|-------------------|----------|----------|
| <b>厨芥の管渠内流送特性に関する研究</b>   |                   | 本文181ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画  | 試験研究費 平成 14～16 年度 | 下水道研究室   |          |
| <p><b>(目的)</b><br/>         ディスポーザー導入の社会実験を実施している歌登町では、これまでの調査によりディスポーザーの設置後、下水管渠の底面に「卵殻・貝殻」などの堆積がみられることがわかっている。そこで、本研究では、実際の下水道管渠にて堆積がみられた「卵殻・貝殻」が掃流される流速・限界掃流力を求めることを目的として、卵殻・貝殻のディスポーザー粉碎後の形状を調べるとともに、管渠内での堆積、掃流条件を管渠模型実験から検証した。</p> <p><b>(概要)</b></p> <p>(1) 供試堆積物の性状<br/>         ディスポーザーで「卵殻・貝殻」を粉碎して、粉碎物の比重、平均粒径、粒径の形状（殻厚）を測定した。比重の測定方法は JISA1202 に準拠した。平均粒径は、標準網ふるいによる粒度試験（JSF131 土の粒度試験方法：ふるい分析部分）に準拠した。なお、堆積物は、不定形であり球体として直径を求めることが困難であることから、粉碎物の厚さ（殻厚）を測定した。卵殻、貝殻の殻厚は、粉碎した卵殻、貝殻を任意に 5～6 粒採取し、それぞれの厚さをノギスにて測定、平均値から求めた。</p> <p>(2) 管渠模型の概要<br/>         歌登町では、下水管渠にφ200 の硬質塩化ビニル管（塩ビ管）が最も多く使われている。そこで、本実験の管渠模型には、側面の祖度係数がほぼ塩ビ管と同等で堆積物の観測が容易なφ200 の透明アクリル管を用いた。管路長は、堆積物投入区間 2m、実験区間 10m および下流 3m に低下背水区間の計 15m とした。給水管の途中に電磁流量計を設置し、流量調整バルブにて流量を調整した。</p> <p>(3) 既堆積物掃流実験<br/>         模型中に堆積物を予め設置した後、管渠を流下する水の流量を順次増加させ、堆積物の移動（掃流）開始流速、水深を測定した。堆積物は、管渠下流側に粘土のせきで固定し、通水開始前の状態で管路底面に厚さ 2cm、長さ 2m となるよう設置した。管渠の勾配は <math>I=1/478</math>, <math>1/202</math>, <math>1/103</math> の 3 ケースとし、通水量は 0.5～5.5L/s の範囲とした。堆積物の移動状況は初期、中期、全面移動の 3 段階に分類し、各段階の流速、水深を測定した。</p> <p>(4) 堆積・掃流実験<br/>         卵殻、貝殻の管渠内での堆積および掃流と下水の流速との関係を把握するために、堆積開始時の流速と堆積物の増加状況（最大堆積高、最大堆積延長）、通水流量の増加に伴う掃流状況の観測を行った。</p> <p><b>(結論)</b></p> <p>(1) 供試堆積物の性状<br/>         卵殻、貝殻の比重はそれぞれ 2.6、2.8、平均粒径は 1.9～2.5mm、殻厚は 0.5mm、1.0mm であった。</p> <p>(2) 移動限界掃流力実験<br/>         管渠の勾配が <math>1/100\sim 1/500</math>（一様勾配）である場合、堆積物が堆積高 2cm、堆積延長 2m で管渠底面に堆積した状態での貝殻の掃流流速は、初期移動 <math>V=44.9\text{cm/s}</math>、中間移動 <math>V=52.4\text{cm/s}</math>、全面移動 <math>V=60.1\text{cm/s}</math>、卵殻では初期移動 <math>V=42.9\text{cm/s}</math>、中間移動 <math>V=47.5\text{cm/s}</math>、全面移動 <math>V=55.9\text{cm/s}</math> であり、設計流速（60cm/s）が確保されていれば、堆積物は掃流されることがわかった。<br/>         砂粒を球形と仮定した既往の掃流式では、ディスポーザー粉碎物の掃流現象を表現することはできなかった。</p> <p>(3) 堆積・掃流実験<br/>         管渠の勾配が <math>1/202</math>（一様勾配）では、通水流量が 2.0L/s（流速 54cm/s）以上確保できれば、貝殻や卵殻の管渠での堆積が防げる可能性が示唆された。</p> |                   |          |          |
| 研究担当者：森田弘昭、森一夫、吉田綾子、浜田知幸  |                   |          |          |
| キーワード   | 掃流流速、堆積物、管渠模型実験   |          |          |

|   |                          |          |
|---|--------------------------|----------|
| 生ごみ等有機系廃棄物の最適処理による環境負荷低減技術に関する研究  | 本文 187 ページ               | 平成 14 年度 |
| 全体計画  | 試験研究費 平成 14～16 年度        | 下水道研究室   |
| <p><b>(1) 目的と方法</b></p> <p>家庭にディスポーザーを導入し、生ごみを破碎して下水道に排出し、下水処理場でメタンガスや有機肥料として有効利用することにより、家庭生ごみの効率的な回収および有効利用の促進が期待されている。またディスポーザーには、ごみ捨て労働の軽減等利便性の向上が期待されるため、高齢化社会における福祉対策としても注目されている。</p> <p>しかし、わが国の下水道施設では、ディスポーザー受入が想定されていないため、ディスポーザーの導入により、下水管渠の堆積物増加、下水処理場の過負荷、合流式下水道雨天時越流水（CSO）の汚濁負荷の増加等の影響が懸念される。そこで本研究は、ディスポーザー導入による下水道システム、ごみ処理システム、住民生活への影響・効果をライフサイクルアセスメント（LCA）及び費用効果分析の観点から総合評価することにより、生ごみ等有機系廃棄物の最適処理システムを提示することを目的とする。</p> <p>今年度、以下の調査を実施した。</p> <p>1) 諸外国におけるディスポーザー導入の影響に関する研究<br/> 欧米におけるディスポーザーの導入状況及びその背景について文献調査を行い整理した。そして、すでにディスポーザーが普及しているアメリカを対象に、現地調査を行い、ディスポーザー導入による管渠の清掃頻度の増加について考察した。</p> <p>2) ディスポーザー導入による環境影響等の総合評価に関する研究<br/> ディスポーザー導入による下水道システム、ごみ処理システム、住民生活への影響・効果を LCA 及び費用効果分析により総合評価する手法を検討する。検討対象地域は、わが国で初めて下水処理区域の一部にディスポーザーを平成 11 年度に導入した北海道歌登町とする。14 年度は、ディスポーザー普及による管渠清掃頻度増加の影響について、同町の管渠の材質や径等の条件に配慮した LC-CO<sub>2</sub> 及び LCE による評価手法について検討した。また仮想評価法（CVM）を適用した住民の利便性向上便益の経済評価を行った。</p> <p><b>(2) 結果</b></p> <p>1) 諸外国におけるディスポーザー導入の影響に関する研究<br/> 米国のディスポーザー普及率と分流式污水管清掃率の関係を調査した。污水管清掃率は日本より高いものの、ディスポーザー普及率と清掃率の関係は見いだせなかった。また普及率・清掃率が特異的に高いデンバー市での調査では、管渠閉塞の主な原因は厨房施設からのグリースと木の根の浸入であり、清掃率が高いのは計画的な予防的清掃の実施のためであり、ディスポーザー排水の管渠清掃への直接的な影響は確認できなかった。</p> <p>2) ディスポーザー導入による環境影響等の総合評価に関する研究<br/> ①ディスポーザー導入の LCA による評価<br/> 歌登町におけるディスポーザー導入による管渠清掃時の環境負荷増加を推定するために、北海道内の自治体を対象に管渠清掃に関するアンケート調査を行い、歌登町に適用するための高圧洗浄車・揚泥車・給水車の直接原単位（燃料消費量）及び間接原単位（製造）を求めた。そして、歌登町でのディスポーザー導入の有無の各ケースについて、堆積深及び年清掃延長を設定し、各ケースの年当たり環境負荷量を求めた。その結果、ディスポーザー導入による管渠清掃時の環境負荷の増加量は、182kg-CO<sub>2</sub>/年（2,596MJ/年）と推定され、増加率は CO<sub>2</sub>、エネルギーベースいずれも 9%となった。</p> <p>15 年度は、現在実施中の歌登町での管渠堆積に関する調査結果を基に堆積増加量を設定し、歌登町を対象とした管渠清掃への影響の LCA 評価を行う。さらに、ディスポーザー導入による下水道システム、ごみ処理システム、住民生活等への影響・効果を LCA により総合評価する。</p> <p>②ディスポーザー導入の費用効果分析による評価<br/> 歌登町におけるディスポーザー導入による住民の利便性向上を CVM により経済評価した。町営住宅（全戸に設置）の WTP 平均値が 550 円/月・世帯、一般住宅（希望者のみ公募で設置）の WTP 平均値が 957 円/月・世帯であり、一般住宅の WTP 平均値は町営住宅の 1.7 倍程度であった。</p> <p>15 年度は、歌登町での生ごみ分別収集が開始されるため、ディスポーザーに対する住民の利便性便益が変化する可能性があり、再度調査を行う。さらに、ディスポーザー導入による下水道システム、ごみ処理システム、住民生活等への影響・効果を費用効果分析により総合評価する。</p> <p>研究担当者：森田 弘昭、吉田 綾子、山縣 弘樹</p> |                          |          |
| キーワード   | 生ごみ、ディスポーザー、海外調査、LCA、CVM |          |

|                              |           |        |
|------------------------------|-----------|--------|
| 水循環・物質循環変動による影響評価技術の開発に関する調査 | 本文199 ページ | 平成14年度 |
|------------------------------|-----------|--------|

|      |                     |        |
|------|---------------------|--------|
| 全体計画 | 技術研究開発調査費 平成14～16年度 | 下水道研究室 |
|------|---------------------|--------|

**(目的)**

これからの我が国の国土づくりを進めていく上で、流域圏・都市を自然と共生したものとすることは重要な視点であり、とりわけ都市における健全な水循環を構築する取り組みが求められている。中でも、健全な水循環に重大な影響を与える合流式下水道の雨天時越流水については、平成14年3月に「合流式下水道の改善対策に関する調査報告書」として最終報告がとりまとめられ、対策が強力に進められているところである。

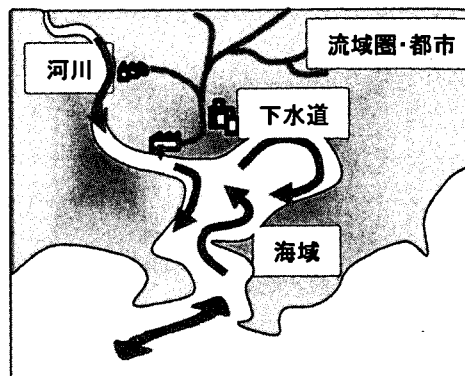


図 流域圏と各種施策の連携

しかしながら、合流式下水道越流水と放流先水域の水質の関係について検討された事例や調査データがほとんどなく、具体的な議論が十分ではないのが現状である。このような背景から、本調査では、放流先を含めた流域圏と都市を対象として、合流式下水道越流水の与える影響を評価するための手法を検討し、効率的な合流式下水道の改善の推進に資することを目的とし、本年度は、放流先の海域を含めたモデル流域において実態調査を実施した。

**(結果)**

合流式下水道の雨天時越流水が流入する海域において雨天時水質調査を実施した。得られた知見をまとめると次の通りである。

- 1) SS、大腸菌群数、糞便性大腸菌群数は晴天時と雨天時で水質が大きく異なる。大腸菌群数と糞便性大腸菌群数では、雨天時ピーク水質が晴天時平均水質の $10^2 \sim 10^4$ 倍程度であった。
- 2) 降雨終了後COD, T-N, T-Pでは約1日で晴天時平均水質まで回復するのに対しSS、大腸菌群数、糞便性大腸菌群数では約2～3日と長期間を要した。
- 3) 海域における水質変動の特徴は、①COD, T-N, T-P、②SS、③大腸菌群数、糞便性大腸菌群数の3つのグループに分類された。
- 4) 1次反応を仮定した大腸菌群数と糞便性大腸菌群数の減衰係数は $2.5 \sim 3.0 \text{ day}^{-1}$ 程度であり、2地点間の差は小さかった。
- 5) 調査期間中のFC/TC比は大きく変動していた。海域における実態把握や挙動解明については、大腸菌群と糞便性大腸菌群の双方を検討対象にする必要がある。
- 6) 既存の実態調査結果と比較したところ、大腸菌群数と糞便性大腸菌群数の減衰係数はばらつきが大きく、各海域の特性が大きく影響すると考えられた。

今後は、より詳細な調査を実施し、海域に流入した各汚濁物質の消長について明らかにするとともに、海域に流入する合流式下水道からの越流水や分流式下水道の雨水等についても水量水質調査を行い、流入負荷量と海域の水質との関係についても検討していく必要がある。

研究担当者：森田弘昭、松原誠、那須基、森博昭

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| キーワード | 流域圏、都市再生、水環境の改善、合流式下水道、大腸菌群数 |
|-------|------------------------------|

|   |            |          |
|---|------------|----------|
| 下水道施設を活用した CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> 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 205 ページ | 平成 14 年度 |
|---|------------|----------|

|      |                       |         |
|------|-----------------------|---------|
| 全体計画 | 環境研究総合推進費 平成 12～14 年度 | 下水処理研究室 |
|------|-----------------------|---------|

**(目的)**

温室効果ガスが、下水道の施設から排出されている事実がある。その温室効果ガスの種類としては、バイオマス由来の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、下水汚泥焼却時に生成される亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O)、下水処理過程で排出されるメタン (CH<sub>4</sub>) と N<sub>2</sub>O、および電気や燃料、薬品等の使用にともなう CO<sub>2</sub> が主なものである。今後、下水道の普及拡充、汚泥焼却炉の増加を考えると、下水道からの温室効果ガス排出量が増加する可能性が高い。このため、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ている。

本研究は、下水処理場の水処理プロセスと汚泥処理プロセスから排出される CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O を対象に、その排出制御技術の信頼性と安定性の評価に必要な実験を行った。研究では、水処理プロセスと汚泥処理プロセスの 2 つに分けて行った。

**(調査概要)**

水処理プロセスでは、CH<sub>4</sub> に関して、反応槽の先頭に嫌気、無酸素槽のある嫌気-好気法、循環型硝化脱窒法 (循環法) と標準活性汚泥法 (標準法) の対照実験を行い、排出ガスの抑制効果を検討した。結果としては、循環法で CH<sub>4</sub> 抑制効果が高く、嫌気-好気法と標準法はほぼ同程度の抑制効果であった。

N<sub>2</sub>O に関しては、硝化速度と発生するガスの関係について検討を行った。結果としては、期間平均で 100mgN<sub>2</sub>O-N/m<sup>3</sup> 程度の排出があり、期間最大値は 450mgN<sub>2</sub>O-N/m<sup>3</sup> であった。期間中は、管理状態や処理の状態により、反応槽内での N<sub>2</sub>O 生成量はかなり変動する結果であった。しかし、処理が安定している期間は、N<sub>2</sub>O 生成量を低く保つことが可能であり、その量は高くても 55.3mgN<sub>2</sub>O-N/m<sup>3</sup> であった。近年、下水処理施設の省エネルギー等を目的とした硝化抑制運転や、窒素の除去を目的とした生物学的硝化脱窒プロセスが普及しているが、このような処理では水温に応じた適切な運転管理により、不完全な硝化が進行するような状況を生じさせないことが必要である。ここで、すべての処理場が硝化促進で運転を行っている場合、全国の水処理過程から排出される N<sub>2</sub>O 総排出量は、0.75 Gg-N<sub>2</sub>O/year であった。

汚泥処理プロセスは、下水汚泥焼却炉に関する N<sub>2</sub>O 排出量調査を行った。結果としては、N<sub>2</sub>O 濃度は炉の運転状態に変化し、短時間のサンプリングにより決定した N<sub>2</sub>O 排出係数は必ずしも炉の N<sub>2</sub>O 排出量を示さないことが明らかになった。また、得られた N<sub>2</sub>O 排出係数は湿汚泥基準で、350～1,416 g-N<sub>2</sub>O/t-WS、平均値 792 g-N<sub>2</sub>O/t-WS であった。IPCC の推奨値にくらべかなり大きな値となった。焼却炉においては、N<sub>2</sub>O 排出濃度は焼却炉のフリーボード温度でほぼ決定されることが確認された。この知見をもとに、全国 17 基の下水汚泥焼却炉の運転データを解析し、フリーボード最高温度から N<sub>2</sub>O 排出濃度を推定し、排出係数を計算した。その結果、フリーボード最高温度の変動幅は実地調査した焼却炉と同様であり、N<sub>2</sub>O も大きく変動していると推定された。また、17 基の排出係数の平均値 (容量勘案値) は 733g-N<sub>2</sub>O/t-WS で、ほぼ実地調査した焼却炉の平均値と一致した。この数値と活動量である流動焼却炉による汚泥焼却量である 380 万トンより、流動焼却炉に対する N<sub>2</sub>O のインベントリーは 2.81Gg-N<sub>2</sub>O/year となる。また、総焼却容量ベースでは、調査した 17 基で 1.5t-N<sub>2</sub>O/day であり、全国の流動焼却容量の 15% 程度であることから、全国の流動焼却炉は潜在的には、3.6Gg-N<sub>2</sub>O/year の N<sub>2</sub>O 排出量があることも推定できる

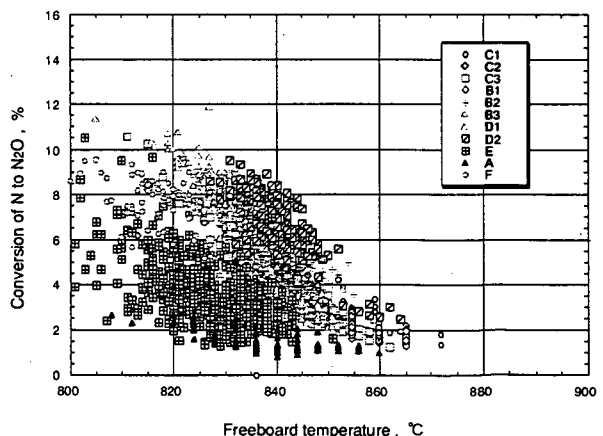


図-1 全測定 of N<sub>2</sub>O 転換率と FB 温度の関係

研究担当者：中島 英一郎、中島 智史、平出 亮輔

|       |                            |
|-------|----------------------------|
| 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)**

都市活動によって排出される内分泌かく乱物質は下水道に流入しているため、下水処理で効果的に削減を図る必要がある。その多くは下水処理過程で除去されてはいるが、処理しきれない部分もある。一方、これらをよく分解する微生物が見出されており、それらを利用して既存施設の能力内で除去率を高めることができれば、好都合である。そこで本研究では、この特別な能力を有する微生物が活性汚泥のような複合微生物系の中で、どのような挙動をしているかを検討し、その能力を十分発揮させるために必要な事項を明らかにして、内分泌かく乱物質によるリスクを低減させる下水処理技術を確認しようとするものである。

**(結果)**

平成 14 年度は、恒温室内の下水処理パイロットプラントに E2 (17β エストラジオール) を添加して E2 の除去調査を行った。E2 添加量は 1.0 μg/L もしくは 10 μg/L とした。その結果、以下のことがわかった。

- 1) MLSS と処理水中 E2、E1 濃度の関係を調査した結果、E2 濃度が 1.0 μg/L 以上では、MLSS が高いほど処理水中 E2、エストロン (E1) 濃度が低い傾向が見られた。ただし、E2 添加量が少ない場合には、MLSS に関わらず E2、E1 が除去され、これらの関係は確認できなかった。
- 2) 各反応槽における E2、E1 の除去状況について調査した。その結果、E2 は速やかに分解されたが、E1 は分解がやや遅れた。また、添加 E2 量に対応するような高濃度の E1 生成は見られなかった。しかし、いずれも最終的には 95% 以上の除去率が得られた。

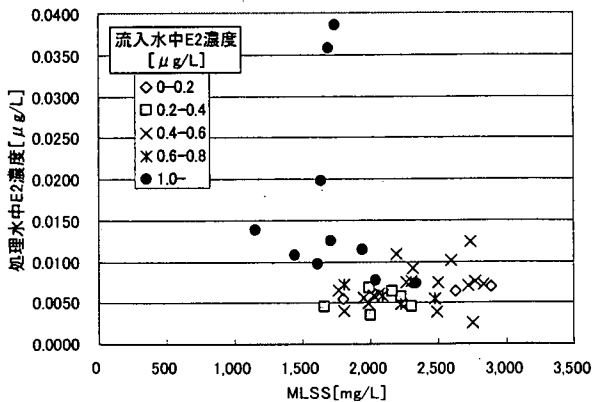


図-1 MLSS と処理水中 E2 濃度の関係

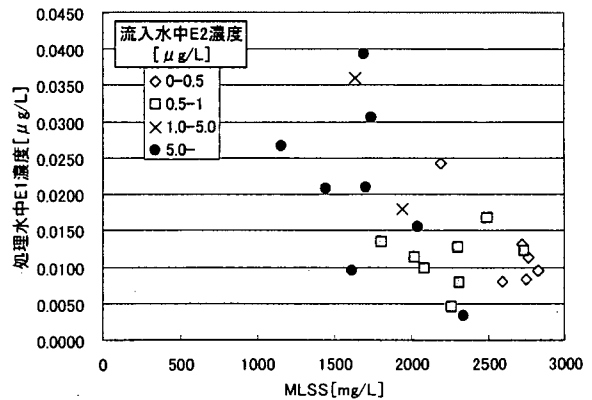


図-2 MLSS と処理水中 E1 濃度の関係

研究担当者：中島英一郎、斎野秀幸

キーワード

17β エストラジオール、エストロン、MLSS

|   |                            |            |          |
|---|----------------------------|------------|----------|
| 生態系の観点からみた下水再生システムのあり方に関する研究  |                            | 本文 235 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画  | 地球環境保全等試験研究費 平成 13 ～ 17 年度 | 下水処理研究室    |          |
| <p><b>(目的)</b></p> <p>下水処理水の放流水域、下水処理水を修景用水として再利用することで再生した都市河川や新たに創出されたせせらぎ等、下水処理水により形成された水辺環境では、創出される藻類や水生昆虫、魚類等といった水生生物の良好な生息環境の創出までには至っていないのが現状である。</p> <p>これは、下水再生システムの目標が、BOD や衛生的安全性、外観に関する水質項目（大腸菌群数や SS、色度等）に限られているためである。そのため、下水処理水が再利用される場合には、比較的高度とされる下水処理プロセスを採用している事例は少ない。また、それらの下水処理プロセスの水生生物への影響や効果が十分解明されておらず、良好な水生生物の生息環境を実現するために必要な下水処理方式や処理レベル等に関する知見が求められている。</p> <p>そこで、下水処理水の放流先において、水生生物の良好な生息環境を再生、創出するために、藻類、底生動物、魚類等の水生生物相と、下水処理方式や処理水質、放流先水域の水理条件等といった環境要因の関係を明らかにし、生態系の観点から効果的かつ経済的な下水再生システムのあり方を提示することを目的として、調査研究を実施している。</p> <p><b>(方法)</b></p> <p>本年度も昨年度に引き続き、6 連× 2 種類の室内実験水路に、下水処理方式や処理・消毒水質等の条件を変えた下水処理水を流下させて、下水処理水の水質と形成される付着藻類相及び底生生物相との関連性を把握するための対照実験を行った。本年度は、下水処理水の栄養塩濃度あるいは塩素消毒レベルに着目した対照実験を、それぞれ 1 回ずつ行った</p> <p>1) 栄養塩濃度に着目した実験では、嫌気無酸素好気法と砂ろ過法を併用した下水処理場からの高度処理水を、塩素中和済みの水道水にて 10 倍希釈し、栄養塩を段階的に添加した試験水を流下させることで、比較的低濃度域の栄養塩が、実験水路に形成される水生生物相に与える影響を検討した。</p> <p>2) 残留塩素レベルに着目した実験では、1)での実験と同じ高度処理水を希釈せずに次亜塩素酸ナトリウムを添加し、残留塩素濃度を 5 段階に調製して、塩素消毒レベルと形成される水生生物相との関連性を検討した。</p> <p><b>(結果及び考察)</b></p> <p>実験の結果、栄養塩の影響として、下水処理中の栄養塩濃度の違いによって付着藻類の生産量や種構成に違いが生じることが示され、一定水質レベル以上の下水処理水放流先では、短期間に付着藻類が大量増殖する可能性が示唆された。また、リン・窒素ともに濃度が高くなると、種の多様性が減少する傾向が見られたものの、窒素濃度による変化はリン濃度に対する変化と比べて小さかったことから、付着藻類に与える影響はリン濃度の方が窒素濃度よりも相対的に大きいと推測された。</p> <p>また、塩素消毒の影響の影響としては、水中の残留塩素によって付着藻類の生産量抑制や種構成が緑藻類に単一化してくるなどの影響が確認できた。しかし、今回設定した塩素消毒レベルでは、これらの影響濃度の閾値について確認できなかったことから、さらに残留塩素濃度を低めに設定した実験を行う等、繰り返しデータを蓄積する必要がある。</p> <p>なお、両実験とも底生動物はほとんど出現せず、水質との関連性が把握できなかったことから、植種等の手段を用いる等、実験方法の改善が求められる結果となった。</p> <p>研究担当者：中島英一郎、竹歳健治、平出亮輔</p> |                            |            |          |
| キーワード   | 下水処理水、再利用、水生生物相、付着藻類、底生動物  |            |          |

|                             |            |          |
|-----------------------------|------------|----------|
| 下水放流水による水辺利用地域の衛生学的指標に関する研究 | 本文 251 ページ | 平成 14 年度 |
|-----------------------------|------------|----------|

|      |                   |         |
|------|-------------------|---------|
| 全体計画 | 試験研究費 平成 14～16 年度 | 下水処理研究室 |
|------|-------------------|---------|

**(目的)**

現在、水域における衛生学的な指標としては、排水基準の大腸菌群数、水浴場の糞便性大腸菌群数等が用いられているが、衛生学的な指標として適したものではなく、消毒後に最増殖するなど、糞便汚染の指標として疑問が持たれてきている。

これを受けて、厚生労働省では水道水質基準に関する省令を改正し、これまでは大腸菌群を指標としていたものを大腸菌に変更した。なお、これは平成 16 年 4 月 1 日から施行されることとなっている。

このため、本研究では従来指標である大腸菌群と、腸球菌、大腸菌等の新たな指標を対象に、下水放流水の影響としての指標細菌の実態、消長について解明し、新たな衛生学的指標の妥当性を検討するとともに、従来指標と新たな指標との相関について調査を行う。

**(結果)**

平成 14 年度は下水処理水中の各衛生学的指標についてなるべく多くのデータを収集し、それぞれの放流先水系での挙動について大まかな傾向を把握することを目的とした。そこで平成 14 年度は、河川を模した模型水路に消毒した下水二次処理水を放流させ、その中で各指標細菌の挙動を追う「模型水路実験」、及び実際の様々な下水処理水の放流先における各指標細菌の挙動を追う「現地調査」を行った。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 模型水路実験による指標細菌の最増殖の様子からは、大腸菌、糞便性連鎖球菌が衛生学的指標として適切と考えられた。しかし、まだ影響因子等の調査が不十分であるため、今後の調査が必要である。
- 2) 現地調査における、せせらぎ水路、なじみ水路では、大腸菌を除く指標細菌が、放流直後から増加した。しかし、大腸菌だけは増加せず、ほぼ一定であった。
- 3) 現地調査における、河川、湖水では、下水処理水とそれぞれの環境水の差がはっきりと出た。しかし、混合過程や流下過程における指標細菌の消長はほとんど観察することができなかった。

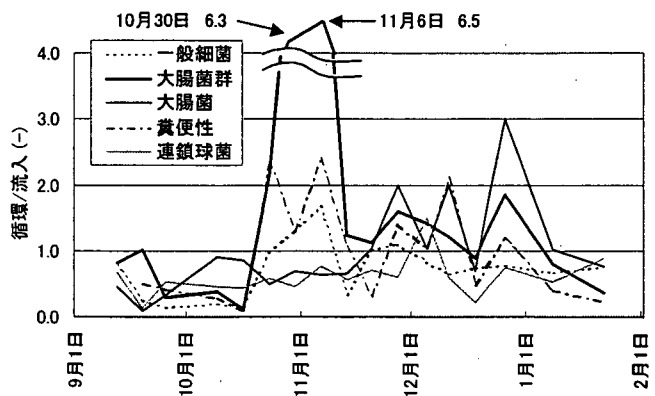


図 模型水路実験中の指標細菌の消長

研究担当者：中島英一郎、山下洋正、斎野秀幸

|       |                  |
|-------|------------------|
| キーワード | 大腸菌群、大腸菌、指標、水質基準 |
|-------|------------------|

|                  |                       |           |          |
|------------------|-----------------------|-----------|----------|
| 水環境再生技術の開発に関する研究 |                       | 本文257 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画             | 技術研究開発調査費 平成 14～16 年度 | 下水処理研究室   |          |

**(目的)**

近年、水環境における内分泌攪乱物質をはじめとする微量環境汚染物質の問題が大きくなってきている。これらの物質は、微量ではあっても自然環境や生態系、人体への影響が懸念されるものである。下水処理における内分泌攪乱物質の挙動については、流入下水中の内分泌攪乱物質が下水処理の過程で大きく低減するとの知見が得られているが、内分泌攪乱物質が生態系に与える影響については、明らかにし得る知見が十分ではなく、今後更なる削減が求められる可能性がある。本研究は、下水処理工程において、これら微量環境汚染物質の除去に対して有効であると言われていたオゾン処理の効率的な運転方法を確立することを目的としている。

**(結果)**

平成 14 年度は、神戸市玉津処理場内の実験施設を用いて、有機物、内分泌攪乱物質（17β エストラジオール、ノニルフェノール、ビスフェノールA、ベンゾフェノン）、有機ハロゲン化合物及び細菌類（大腸菌群、糞便性大腸菌群）を除去対象物質として、オゾン処理条件による除去効果の違いについて基礎的な検討を行った。その結果、以下の事項が明らかとなった。

- (1) 内分泌攪乱物質のうち、17β エストラジオール、ノニルフェノール、ビスフェノールAについては、オゾン注入率 5～20mg/l の範囲では、全ての条件で検出限界以下にまで除去された。一方、ベンゾフェノンについては、オゾン注入率を 10mg/l 以上にすると検出限界以下にまで除去された。
- (2) 全有機ハロゲン化合物の除去率は、オゾン注入率 5～20mg/l の範囲ではオゾン注入率の増加とともに増加し、オゾン注入率 20mg/l では約 60% 除去された。
- (3) 大腸菌群及び糞便性大腸菌群の除去率は 1.5log～2.5log 程度であり、オゾン注入率 5～20mg/l の範囲では除去率に大きな違いは見られなかった。
- (4) 接触時間 7～20min の範囲では、全ての除去対象物質について、接触時間による除去率の違いは見られなかった。
- (5) オゾン処理により E260 は 50～70% 程度低減したが、COD 除去率は 20～30% であり、TOC は殆ど除去されないことから、オゾン処理により特に不飽和結合を有する有機物が酸化されやすいが、無機化には至らないことが分かった。
- (6) オゾン注入率一定の条件では、発生オゾンガス濃度が高くなるほどオゾン吸収効率は向上した。
- (7) オゾン注入率と単位処理量当たりオゾナイザー消費電力量は比例関係にあり、運転管理費用低減のためには必要最小限のオゾン注入率とすることが重要である。

今後は、オゾン注入率を更に低減させた場合や接触時間を更に短くした場合の除去効果の確認を行うとともに、原水の性状が内分泌攪乱物質をはじめとした微量環境汚染物質の除去効果に与える影響について検討を進めていく予定である。

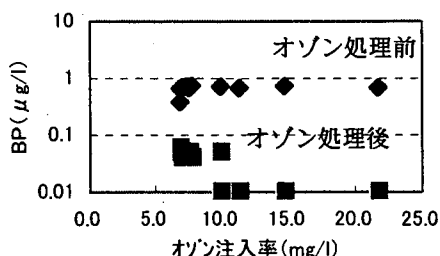


図-1 オゾン注入率とBP（ベンゾフェノン）除去効果の関係

(研究担当：中島英一郎、田嶋淳)

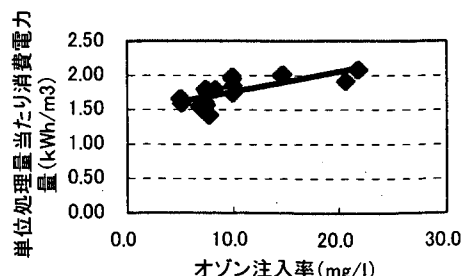


図-2 オゾン注入率と処理量当たり消費電力量の関係

|       |                      |
|-------|----------------------|
| キーワード | オゾン処理、内分泌攪乱物質、オゾン注入率 |
|-------|----------------------|

(目的)

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、底質中のダイオキシン類の分析手法の検討、開発が求められている。本研究は、底質の汚染範囲の概略の把握等、公定法を用いる必要がない場合に用いることができる、より迅速・簡易に結果が得られる分析手法の提案を目的として実施した。

(結果)

14 年度は、前年度に引き続き、底質試料中のダイオキシン類の分析の迅速化を目的として、乾燥・抽出工程の迅速化に関する比較検討を行った。本検討の成果として、以下のことが明らかとなった。

- ① 乾燥・抽出工程の迅速化のため、アセトンによる脱水を期待する操作条件を設定した高速溶媒抽出法を用いることにより、一般に数日を要する乾燥・抽出工程を 40 分程度に短縮することが可能であることが明らかとなった。(表-1、図-1)
- ② 異なる性状の底質を用い、①で得られた乾燥・抽出方法と公定法の乾燥・抽出方法とを比較したところ、①で得られた乾燥・抽出方法を用いた方が、概ね同等以上の分析結果を示すことが明らかとなったことから、公定法より安全側の結果を迅速に得ることが可能であることが明らかとなった。

表-1 公定法と各乾燥・抽出手法の分析値の比較

| 名称 | 風乾+ソックスレー抽出法          | 湿泥+ソックスレー抽出法          | 凍結乾燥+ソックスレー抽出法        | 加熱乾燥+ソックスレー抽出法        | 風乾+高速溶媒抽出法         | 湿泥+ヘキササン抽出法                | 超音波抽出法   |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|--|
| 乾燥 | 風乾(数日~十日)             | アセトンろ過+風乾(1日)         | 凍結乾燥                  | 加熱乾燥(50℃)             | 風乾(数日~十日)          | 水酸化カリウムエタノール溶液を入れ、室温放置(1夜) | アセトンで抽出(30分)                                     |
| 抽出 | トルエンでソックスレー抽出(16時間以上) | トルエンでソックスレー抽出(16時間以上) | トルエンでソックスレー抽出(16時間以上) | トルエンでソックスレー抽出(16時間以上) | トルエンで高速溶媒抽出(20分2回) | +ヘキササンで振とう抽出(10分3回)        | +トルエンで抽出(30分)<br>+トルエンで抽出(30分)<br>+ヘキササンで抽出(30分) |
| 備考 | 公定法                   |                       |                       |                       |                    | 公定法(注9A)                   |  |

| 名称    | 高速溶媒抽出法(PFE法)  |                         |                           |                                |                           |   |                            |
|-------|----------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|
|       | 条件①            | 条件②                     | 条件③                       | 条件④                            | 条件⑤                       | 条件⑥                                     | 条件⑦                        |
| 乾燥・抽出 | トルエンで抽出(20分2回) | 20%アセトン含有トルエンで抽出(20分2回) | アセトンで抽出(20分)+トルエンで抽出(20分) | アセトンで抽出(20分、120℃)+トルエンで抽出(20分) | アセトンで抽出(10分)+トルエンで抽出(10分) | アセトンで抽出(10分)+トルエンで抽出(10分)+ヘキササンで抽出(10分) | エタノールで抽出(20分)+トルエンで抽出(20分) |

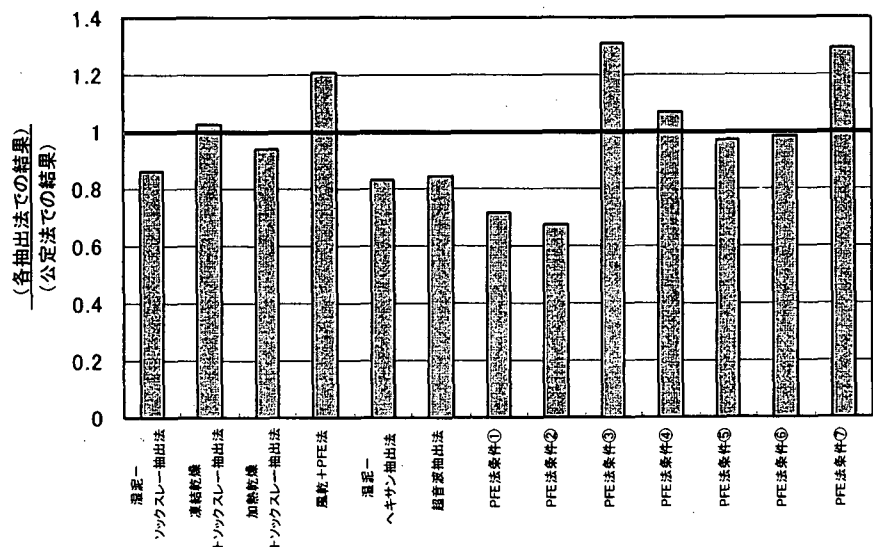


図-1 公定法と各乾燥・抽出手法の分析値の比較

研究担当者：鈴木 穂、落 修一、南山 瑞彦

キーワード ダイオキシン類、底質、分析、抽出、迅速化

|                  |                            |            |          |
|------------------|----------------------------|------------|----------|
| 河川試料に適した原虫測定法の開発 |                            | 本文 267 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画             | 受託業務費（関東地方整備局） 平成 13～14 年度 | リサイクルチーム   |          |

**(目的)**

河川水の衛生上の安全性を評価するためには、河川水中のクリプトスポリジウムの存在量を把握することが重要である。特に、河川水が水道水源や親水として利用されている場合、河川水中のクリプトスポリジウムはヒトに対して重大な健康影響を及ぼす可能性がある。注意勧告などのクリプトスポリジウム対策を迅速に行うためには、河川水中のクリプトスポリジウムを常にモニタリングする必要がある。しかし、クリプトスポリジウムの高感度測定方法は確立されていない。

本研究では河川水中のクリプトスポリジウムの濃縮・回収方法の開発と回収されたクリプトスポリジウムの種類や由来を遺伝子解析から同定するための試験法の確立を目指す。

**(結果)**

平成 14 年度は、クリプトスポリジウムの DNA 抽出法を検討した。検討した方法は、オーシストを凍結融解した後、スピнкаラム法で DNA を精製する方法と凍結融解の後、磁性シリカビーズ法でオーシストを精製する方法である。

凍結融解+スピнкаラム法ではオーシスト数約 1 個より、クリプトスポリジウム DNA が PCR 検出されはじめ、オーシスト数約 9 個以上でクリプトスポリジウム DNA を確実に PCR 検出できた。凍結融解+シリカビーズ法では、3 個以上からオーシストが検出されはじめるが、オーシスト数 30 個であっても、クリプトスポリジウムの DNA を PCR 検出できない場合があった。

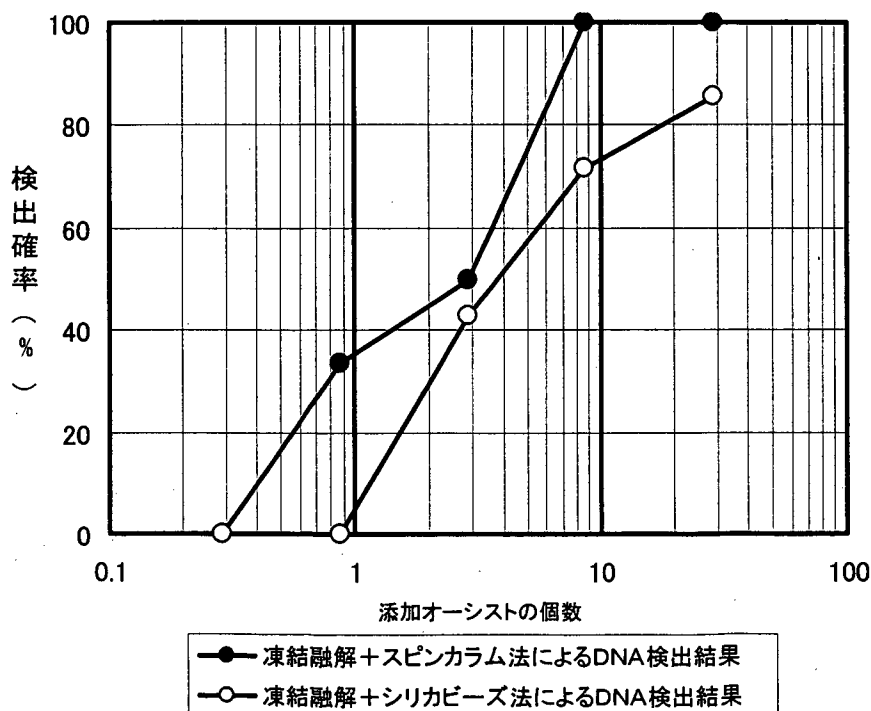


図-1 DNA回収法の比較

研究担当者：鈴木 穰、北村 友一

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| キーワード | クリプトスポリジウム、DNA 抽出、PCR 法 |
|-------|-------------------------|

**(目的)**

下水処理水が関与した病原微生物による集団感染を未然に防止するため、下水処理水に含まれる病原微生物に関する安全性確保が求められている。下水処理水の衛生的安全性を評価するためには、下水中の極微量の病原微生物を、迅速・簡便・安全に検出できる方法の開発と、下水処理過程や環境水中での病原微生物の挙動を解明することが重要である。

本研究では上記の要請を踏まえ、分子生物学的手法（特に PCR (Polymerase Chain Reaction) 法）により、下水中・環境水中のウイルスおよび原虫を、迅速かつ高感度に検出できる手法を提案することを目的としている。

平成 14 年度は、標的遺伝子を 18S リボソーム RNA 遺伝子とした Real Time PCR 法による *Cryptosporidium* オーシストの定量検出法を確立した。

**(結果)**

本実験の成果として、以下のことが明らかとなった。

- ① クリプトスポリジウムの Real Time PCR 検出は、18S リボソーム RNA 遺伝子を標的とすることによりオーシスト数 1 個相当から定量検出可能となった。
- ② 下水中のクリプトスポリジウムの Real Time PCR 検出は、免疫磁気ビーズ法でクリプトスポリジウムを回収した後、凍結融解+スピナラム法で DNA の精製を行うことにより可能となる。

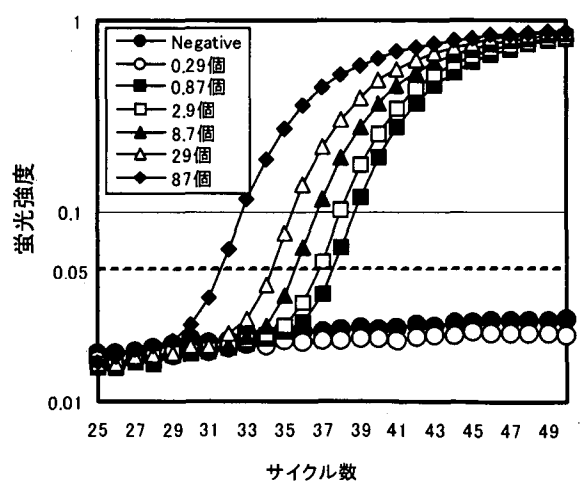


図-1 *Cryptosporidium* オーシストの Real Time PCR 結果

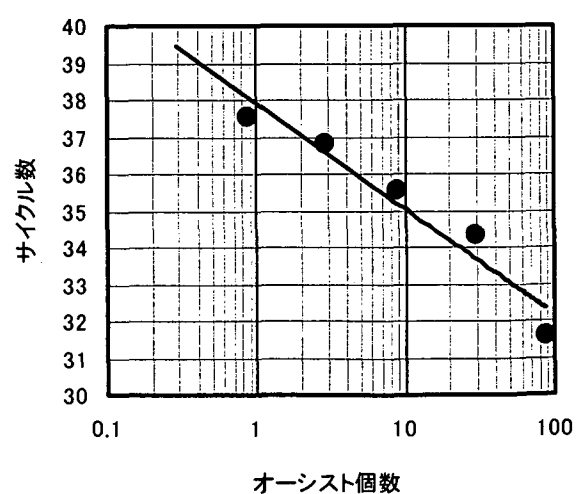


図-2 オーシストの個数と蛍光強度が 0.05 に到達するに要するサイクル数の関係

研究担当者：鈴木 穰、北村 友一、中村みやこ

|       |                          |
|-------|--------------------------|
| キーワード | クリプトスポリジウム、Real Time PCR |
|-------|--------------------------|

|   |                          |          |        |
|---|--------------------------|----------|--------|
| 下水汚泥有効利用に伴うリスク評価に関する研究  |                          | 本文275ページ | 平成14年度 |
| 全体計画  | 受託業務費（環境省） 平成13～15年度     | リサイクルチーム |        |
| <p><b>(目的)</b><br/>         下水汚泥の有効利用を促進するためには、汚泥製品の安全性を確保することが重要である。平成13年度に施工された「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（PRTR法）では、人の健康や生態系に有害な影響を及ぼす可能性のある無機物質として、第1種指定化学物質（18物質）および第2種指定化学物質（3物質）の計21物質が指定されている。下水道事業者は、届出および説明責任の観点から、これらの無機物質の下水処理施設における挙動および排出の実態を明らかにする必要がある。しかし、下水処理過程でのPRTR対象重金属の挙動や汚泥製品からの溶出量については明らかでない。本研究では水処理プロセスおよび汚泥処理プロセスにおけるPRTR対象無機物質の挙動を明らかにし、汚泥への移行特性を明らかにし、汚泥を再利用した場合におけるPRTR対象無機物質の環境に対する負荷量を把握することを目的とする。</p> <p><b>(調査方法)</b><br/>         本年度は、下水処理プロセスでのPRTR対象重金属の挙動を詳細に把握するため、焼却施設を有する下水道処理場において、5ヶ月間、月1回のサンプリングを実施した。採取した試料は、液体試料として流入下水、初沈流出水、放流水、返流水、および焼却設備洗煙排水、固体試料として脱水汚泥、焼却灰である。採取試料中のPRTR対象重金属の分析結果と流入水量および汚泥排出量の関係から、下水処理過程でのPRTR対象重金属の収支を把握した。</p> <p><b>(結果)</b><br/>         本年度の調査結果より以下のことが明らかとなった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Ba, B, Zn, Ni, Cu, Mnの流入負荷変動は、その他のPRTR対象重金属より大きい。</li> <li>・Ba, Zn, Ni, Cu, Mnの流入負荷変動は、似通った挙動を示す。</li> <li>・水処理プロセスにおいては、SS分画における存在割合の高い元素ほど除去率が高い傾向にある。</li> <li>・B, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Pbの焼却灰への移行率は、それぞれ、1.2%, 65.3%, 49.2%, 23.1%, 26.3%, 16.6%, 65.8%, 48.4%, 36.0%, 12.2%, 17.8%, 80.7%, 61.4%, 68.9%, 69.0%, 72.4%, 63.6%となる。</li> <li>・返流水による水処理プロセスへの負荷は、一次処理プロセスへの全流入負荷を100%として、Seを除いて9～28%の範囲である。</li> <li>・Seは汚泥焼却プロセス排水からの戻り量が大きく、この戻り量に応じて全体の除去率が左右される。</li> </ul> <p>研究担当者：鈴木 穰、北村 友一、峰松 亮</p> |                          |          |        |
| キーワード   | PRTR、下水、汚泥、重金属、ICP-MS、収支 |          |        |



|                               |                             |            |          |
|-------------------------------|-----------------------------|------------|----------|
| 下水処理水再利用のための残存物質の高度除去手法に関する研究 |                             | 本文 293 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画                          | 運営費交付金（一般勘定） 平成 14～平成 17 年度 | リサイクルチーム   |          |

**（目的）**

さらなる都市化や地球温暖化等の気候変動により、今後さらに都市における水資源不足が問題になる可能性があるため、新たな水利用技術が必要になってきている。一方で、都市地域からは流量および水質が安定している下水処理水が放流されていることから、都市の代替水資源として、有効に利用することが求められている。しかしながら下水処理水には低濃度ではあるものの、残存物質が存在し、微生物の再増殖による水質悪化や、放流先生物相の中腐水性化などの問題を引き起こしている。したがって残存物質に由来する障害を取り除き、下水処理水の水資源としての価値を高め、良好な水環境を創造するには、残存物質を効率的に除去する手法が必要となっている。

平成 14 年度は、残存有機物除去法の基礎的検討として、数種類の高度処理法による下水処理水の高度除去実験を行い、①その有機物処理特性と②処理水の微生物増殖可能性を比較評価した。

**（結果）**

- (1) 下水処理水はゲルクロマトグラフィー分画により、MW5000 以上、MW1000～700、MW700～200 および MW200 以下に分画され、このうち MW1000 以下の低分子量分画が示差屈折器で測定されたピーク面積値として全体の約 75%を占めた。
- (2) 下水処理水の生物高度処理法を、限外ろ過 (UF) による分子量分画の TOC 濃度として評価したところ、MW>5000 の残存有機物の除去効果は向上したが、MW<1000 の低分子量物質の除去が困難であった。
- (3) ナノろ過膜により、さらにそれぞれの生物高度処理水の除去実験を行なった結果、MW>5000 の高分子量物質は生物高度処理より阻止されるものの、MW<1000 の残存有機物の阻止は、生物高度処理法と同様、難しいことがわかった (図-1)。
- (4) 長期間ばっ気によって生物分解の遅い物質が分解され、低分子量分画の TOC が増加する。
- (5) 固定化法により、低濃度の有機物を栄養源として利用するのに適応している有用微生物が系内に集積され、残存有機物由来の微生物再増殖が抑制された。

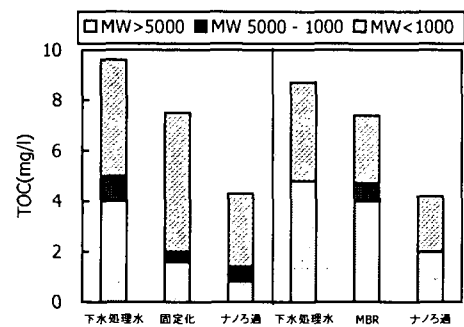


図-1 高度処理による分子量分画ごとの TOC 除去

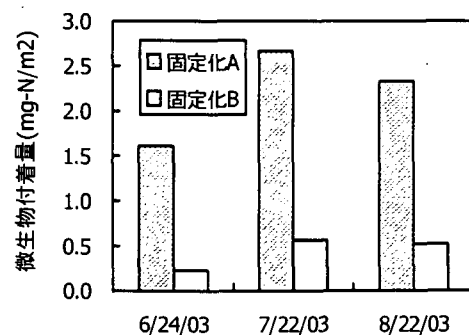


図-2 両固定化法の担体付着微生物量

今後は、下水処理水再利用にあたって MW<1000 の低分子量物質の性状を把握し、その処理手法の検討を進める必要がある。

研究担当者：鈴木 穂、金 時凌

キーワード 処理水再利用、生物高度処理、微生物再増殖、分子量分画

|                           |            |          |
|---------------------------|------------|----------|
| 底泥中の有機性有害物質の実態および挙動に関する研究 | 本文 299 ページ | 平成 14 年度 |
|---------------------------|------------|----------|

|      |                          |          |
|------|--------------------------|----------|
| 全体計画 | 運営費交付金（治水勘定） 平成 14～17 年度 | リサイクルチーム |
|------|--------------------------|----------|

**（目的）**

近年、有機性有害物質による環境汚染が懸念されている。閉鎖性水域には、その流域内で発生・使用された有機性有害物質が河川等を経由して集まることが予想されるため、それらの物質による汚染が懸念されている。特に、多環芳香族炭化水素類（Polycyclic aromatic hydrocarbons、以下、PAHs）による底泥の汚染が指摘されており、底泥中での PAHs の存在実態の解明が必要である。

**（結果）**

14 年度は、閉鎖性水域の底泥中の PAHs の存在実態の把握のための調査に着手した。本検討の成果として、以下のことが明らかとなった。

- ① 文献調査によると、PAHs は水試料での検出頻度は低い一方で底泥試料からの検出頻度が高いことが明らかとなった。また、PAHs の中には閉鎖性水域の河川流入部近傍での局所的な高濃度域の存在が報告されている物質もあることから、水域内での分布状況の把握が必要であることが明らかとなった。
- ② 比較的人為的な汚染が進んでいる閉鎖性水域の底泥の表層試料中の 16 種の PAHs の定量を行ったところ、既に報告されている閉鎖性水域の底泥の汚染の範囲内にあり、より汚染程度が低いと思われる水域と同程度であった。（図-1、表-1）

今後は、複数の閉鎖性水域を対象とし、水域内での分布等、底泥の PAHs 汚染の実態を把握するとともに、流域の土地利用形態と汚染実態との関係等の検討を行う必要がある。

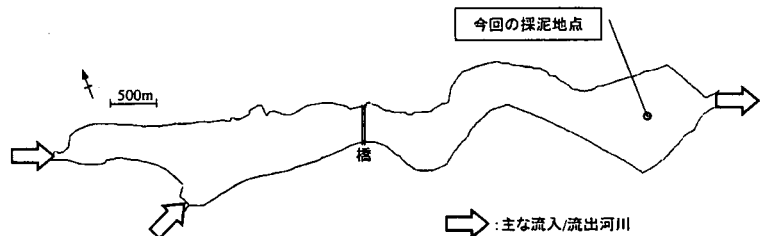


図-1 調査対象閉鎖性水域の概略と採泥地点

表-1 試料の分析結果

|                        | 試料測定結果 [ng/g-dry] |      |      |
|------------------------|-------------------|------|------|
|                        | No.1              | No.2 | No.3 |
| Naphthalene            | 83.8              | 61.5 | 80.5 |
| Acenaphthylene         | 22.4              | 19.3 | 26.3 |
| Acenaphthene           | 6.0               | 4.7  | 6.2  |
| Fluorene               | 34.2              | 25.1 | 41.3 |
| Phenanthrene           | 108.7             | 81.2 | 75.5 |
| Anthracene             | 12.0              | 10.1 | 12.1 |
| Fluoranthene           | 80.4              | 61.9 | 94.9 |
| Pyrene                 | 70.0              | 54.2 | 79.8 |
| Benz[a]anthracene      | 14.2              | 10.7 | 16.5 |
| Chrysene               | 24.3              | 18.4 | 29.1 |
| Benzo[b]fluoranthene   | 17.4              | 13.3 | 19.7 |
| Benzo[k]fluoranthene   | 7.5               | 5.6  | 8.0  |
| Benzo[a]pyrene         | 12.1              | 9.0  | 13.5 |
| Dibenz[a,h]anthracene  | 0.7               | 0.4  | 0.8  |
| Benzo[ghi]perylene     | 6.9               | 4.4  | 7.1  |
| Indeno[1,2,3-cd]pyrene | 24.1              | 18.1 | 27.4 |

研究担当者：鈴木 穰、南山 瑞彦

|       |                    |
|-------|--------------------|
| キーワード | 多環芳香族炭化水素類、底泥、実態調査 |
|-------|--------------------|

|  |                            |            |          |
|--|----------------------------|------------|----------|
| 河川水質調査方法の体系化に関する調査   |                            | 本文 303 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画   | 運営費交付金（治水勘定） 平成 12～14 年度   | 水質チーム      |          |
| <p><b>（目的）</b><br/> 現在、水質調査は河川砂防技術基準（案）に基づいて実施されているところであるが、調査地点の選定手法、調査頻度などの詳細については各河川管理者の判断に委ねられている。このため、各水質測定の水質調査者が行う意義を明確にした上で、合理的な調査条件の設定、水質調査の効率化を図ることが必要であるが、現状ではこうした河川水質調査方法の体系化が図られていない。</p> <p>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国土交通省の地方技術事務所と共同で実施しているものである。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。</p> <p><b>（結果）</b><br/> 本年度は、底質調査方法に関する既存マニュアルや各地域整備局に対するアンケート調査による実施事例の整理を行い、底泥溶出試験、酸素消費速度試験の現状把握を行った上で、現在の技術レベルを勘案し底泥溶出試験、底泥酸素消費速度試験を提案するとともに、底質調査手法に関する今後の課題について次のように整理した。</p> <p>溶出試験の規格化に当たっての主な課題と対応</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. サンプルング手法 特に試験供試料の対象水域に対する代表性をケーススタディーや統計処理により検討する。</li> <li>2. 試験方法の比較 同一供試泥による、異なる試験方法間の比較を行う。</li> <li>3. 試験方法別留意点整理 <ol style="list-style-type: none"> <li>①底泥に関する実験結果から、バッチ式室内実験における試験期間の検討を行った結果、これまで 15～20 日間が必要と思われていた実験期間は、10 日間程度でも安定する場合があるとの知見を得た。</li> <li>②巻上げ溶出を検討する試験からは、水と底泥の割合が重要であること、現象評価の観点から溶存態と懸濁態の分析結果が必要であるとの知見を得た。</li> <li>③試験操作の詳細について留意点の整理を行ったため、今後項目ごとの検討を行う必要がある。</li> </ol> </li> <li>4. 溶出現象、酸素消費現象の機構説明 底泥中のりん化合物の存在形態を検討することで、溶出機構を検討する。</li> <li>5. 試験結果の評価 <ol style="list-style-type: none"> <li>①バッチ式、連続式の室内実験について試験結果から溶出速度を算定する考え方を本調査で示した。</li> <li>②現地実験装置による評価に関して検討が必要である。</li> </ol> </li> </ol> <p>そのほか、国土交通省本省及び各地方技術事務所が分担を行い「河川水質調査要領（案）」の素案をとりまとめた。これらのとりまとめるとともに、次の課題が明らかになった。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 河川管理者実施の水質調査に則した調査計画作成のため、項目、地点、頻度などの考え方を整理した。これらを体系的に河川水質調査要領（案）として初めてまとめた。</li> <li>2) 技術基準（案）では具体記述が少ない溶出試験方法について、既存試験方法、国土交通省実施の溶出試験結果を整理検討の上、河川底質調査における試験方法を具体的にまとめた。</li> <li>3) 底質調査に関する課題として、比較が十分できなかった試験方法の検討や改良を検討する必要がある。今後、重点プロジェクト研究である底泥水間の研究において、本要領（案）の課題や諸外国の技術開発情報などを参考に調査計画方法、調査試験方法の改良・開発など現場技術の改善を行う。</li> </ol> |                            |            |          |
| 研究担当者：田中 宏明、小森 行也、佐々木 稔  |                            |            |          |
| キーワード  | 水質調査、底質調査、底泥、柱状採泥器、栄養塩類、溶出 |            |          |

|  |          |        |
|--|----------|--------|
| ダイオキシン類の存在形態とモニタリング・分析手法に関する研究<br>(水質) | 本文313ページ | 平成14年度 |
|--|----------|--------|

|      |                        |       |
|------|------------------------|-------|
| 全体計画 | 運営費交付金(一般勘定) 平成12~14年度 | 水質チーム |
|------|------------------------|-------|

**(目的)**

河川底質のダイオキシン類汚染対策を実施するために、まず、どこが最も汚染されていて優先的に対策を講じる必要があるのか見極める必要がある。そのためには、汚染区域を詳細に調査することが重要であるが、既存の分析方法(公定法)では、高価な分析機器が必要であり、分析費用が高額で前処理が煩雑で分析に時間を要する等課題も多い。そのため、公定法と比較して簡易に、迅速に、一般的な実験室、現場にて試料の前処理から測定までできる新たな技術の開発が望まれている。

本研究では、抗原抗体法(ELISA)などを用いた簡易な検出技術の開発を目的としている。また、公定法の精度管理手法は分析同様複雑で、専門家でないと判定が難しいが、本研究ではこれらをパターン化、システム化し、誰でも簡単に判定することができる手法の提案を行うことを目的としている。

**(研究内容および結果)**

本研究では、ELISA等による簡易分析法と精度管理手法について以下の結果を得た。

1) 共同研究を実施しているELISA<sub>ECCO</sub>、Ah-IR、ELISA<sub>DT2</sub>の異性体ごとの検出と検出下限の特徴を整理し、実試料に適用した場合の結果と比較した。この結果、全国河川底質の実測DEQはTEQより、ELISA<sub>ECCO</sub>とAh-IRは常に過大、ELISA<sub>DT2</sub>は過大あるいは過小となった。理論換算DEQと実測DEQの比較からは、TEFを持たない物質との交差反応の可能性が示唆され、精製法の検討が重要と分かった。

2) 同じ乾燥、抽出、精製の前処理を行った試料を用い、ELISA<sub>ECCO</sub>、Ah-IR、ELISA<sub>DT2</sub>と四重極GC/MSによる簡易検出手法について比較検討した。試料数が少ないながらも比較的良好な相関性が認められた。

3) 簡易分析技術の現場への適用に当たっては、単に公定法との相関関係から選定するのではなく、いくつかの限られた試料での関係式から推定した値と公定法との乖離を求める等の評価方法も重要であることが分かった。

**(図-1)**

4) 測定値の信頼性確保のため専門家が行っていた測定データの精査作業の一部をパターン化、システム化し、報告された測定値が公定法で定められた品質管理規格を満足する状態で得られたものであるかを確認するソフトウェアを作成した。

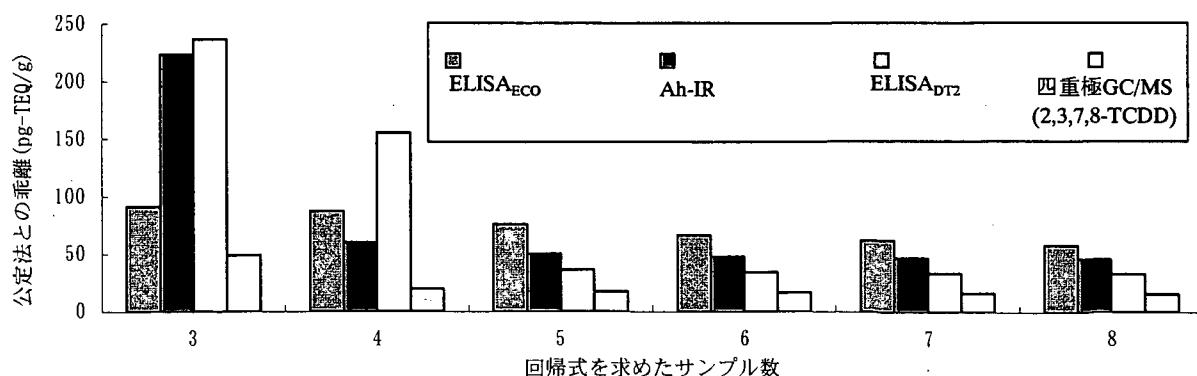


図-1 回帰式を用いた推定値と公定法実測値との乖離の絶対値の平均 (pg-TEQ/g)

研究担当者：田中 宏明、小森 行也、岡安 祐司、八十島 誠

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| キーワード | ダイオキシン類、底質、水質、簡易分析、精度管理 |
|-------|-------------------------|

全体計画 運営費交付金（治水勘定） 平成 12～17 年度

水質チーム

**(目的)**

環境保全を目的とした下水道事業や河川整備が水生生態系に及ぼす影響は、河川水量等の物理的な要因については把握されているものの、水質等の質的な関係についての調査事例は少なくほとんど把握されていない。この質的な関係把握のためには、水質等の変動が激しい都市部の河川を調査対象河川として選定し、そこに生息している水生生物と水質との関係について基礎的情報を収集しておく必要がある。

本調査では、下水処理水等の河川への放流に伴い、その上下流域で空間的な水質の分布差が明確に生じている多摩川水系多摩大橋付近（図-1）に焦点を当て、都市河川の水質と水生生物との関係を把握することを試みた。平成 14 年度は、前年度に引き続き下水処理場放流水の混合特性と水質分布について現地調査を行い、併せて底生生物の採取を実施した。

**(結果)**

本調査の成果として、以下のことが明らかとなった。

- ① 下水処理場放流水は、図-1 に示す導電率の分布のように、本川に流入後 100m 下流 (St.2) ではあまり混合していない状態であった。St.2 よりもさらに約 1400m 下流の St.3 では、導電率、栄養塩類は横断方向の左右岸に差はなく均一に混合していることが確認できた。また、本川流入後の混合状況は、夏と冬で大きく異なっていることがわかった。これは、河川と下水処理水との水温差が要因と考えられた。
- ② 下水処理水と河川水との混合が十分でない St.2 地点においては、図-2 に示すように横断方向に生物量の差がみられた。下水処理水の流入する左岸に向け次第に生物量が減少する傾向があり、多様性指数も低下する傾向であった。また種の構成を見ると、下水処理水の影響が見られる地点ではカゲロウ目の出現量が減少する傾向が確認された。

<本研究の一部は、河川生態学術研究会の総合的な調査研究の一環として実施されたものである。>

研究担当者：田中 宏明、小森行也、玉本 博之、宮本 宣博

キーワード 下水処理水、河川、混合特性、水生生態系、多様性指数、底生生物

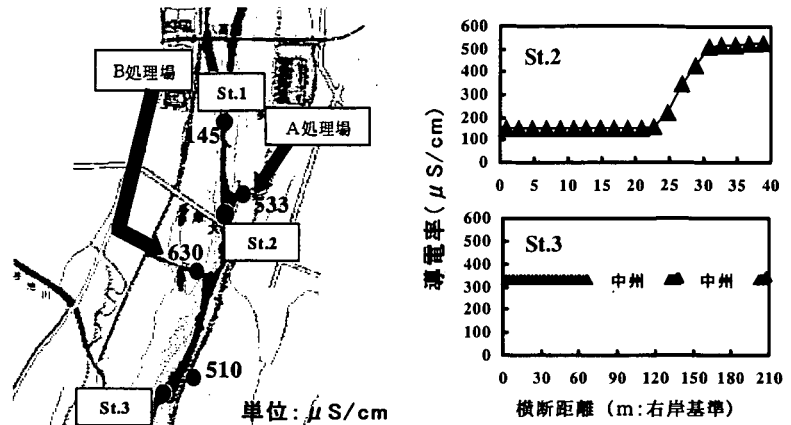


図-1 調査地域及び多摩大橋地区における導電率の分布

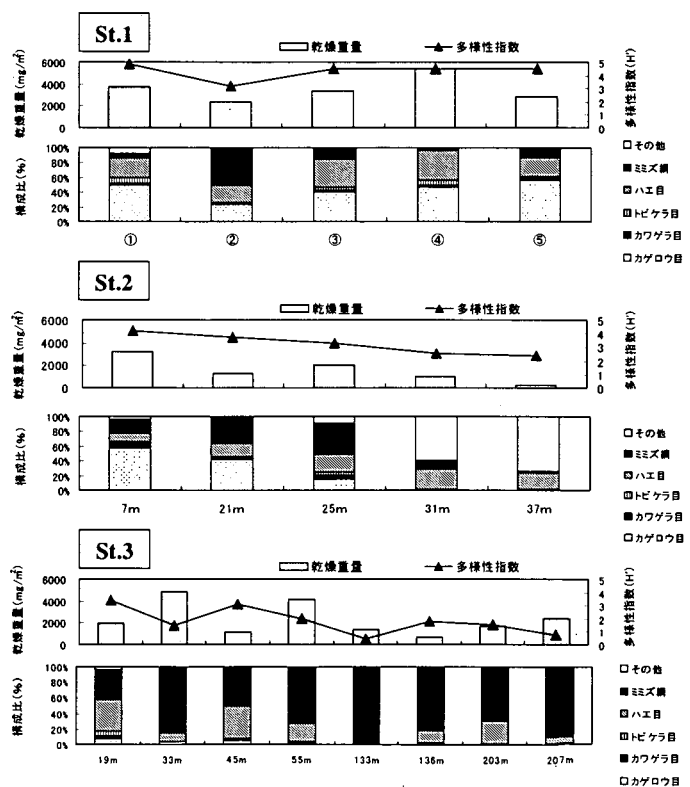


図-2 各調査地点における底生生物の乾燥重量、多様性指数、構成比の分布

**(目的)**

流域からの汚濁負荷の他に、底質からの汚染物質の溶出が水質改善の遅れの原因となっており、また、底質の改善の遅れが水質の他にも棲息する生物環境にも影響を与えている。効果的な底泥の対策を立てるため、また、将来の水質を予測するために、底質に含まれる栄養塩類等の汚染物質の変化機構を解明し、底泥が水質に与える影響を評価する手法の確立が求められている。本調査は対象物質として栄養塩類を中心とし、底泥からの溶出機構の解明、底泥からの溶出量推定のための試験法の提案、底泥が水質に与える影響の推定方法の提案を目的としている。

**(結果)**

平成 14 年度は底泥と水間の沈降、吸着及び溶出などの物質移動現象の把握と湖沼等の現地における水柱及び表層底泥のモニタリングシステムの構築を目的とした水温や DO 及び ORP センサ等による連続測定結果と栄養塩の溶出量との関係についての検討を行った。

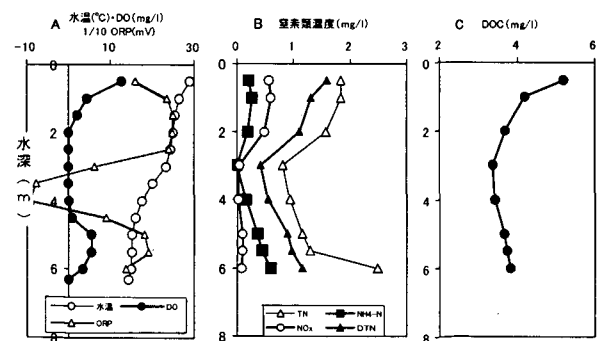
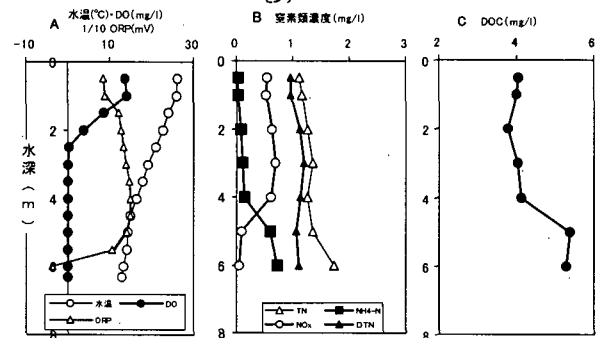
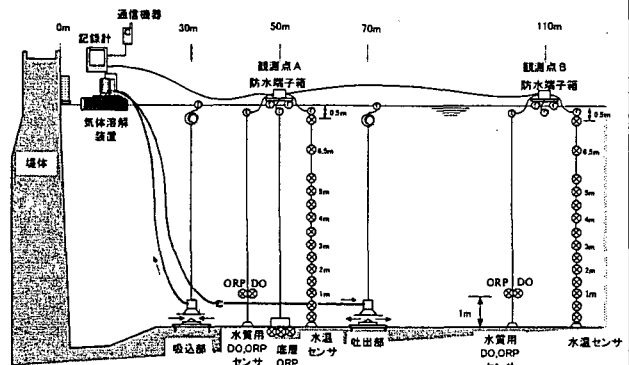
現地実験は、平成 14 年 7 月から 9 月にかけて、三春ダムの牛糞前貯水池における高濃度酸素水供給実験の開始前から終了後までの期間を通じて、水温、DO 及び ORP センサによる連続モニタリングを行った。

酸素供給 1 日前と供給 9 日後の水質結果を比較したところ、水深 5-6m の DO 濃度の上昇に伴う NH<sub>4</sub>-N 濃度の低減だけでなく NO<sub>3</sub>-N 濃度の上昇も確認されたことから深層水中の硝化過程が促進されたものと考えられた。また水深 3-4m 層に観測された NO<sub>3</sub>-N 濃度の顕著な減少は脱窒促進の結果と推測され、同水深で計測された TN、DTN 及び DOC 濃度の減少もこの推測によって説明できた。B 地点でも同様に水柱中の硝化・脱窒が生じており、主に底泥から溶出したと考えられるアンモニア態窒素が効率的に除去されたことが推測された。

その他に現地調査と室内実験を行い底泥からの溶出量推定試験法と底泥からの溶出機構を検討した。

今後は、現場観測で ORP センサを用い底層水や底泥の酸化還元状態の確認を行い、水温・DO 等も含めたセンサによる監視と水質及び底質のサンプリング分析による栄養塩溶出量推定に必要な現地観測法の確立を目指す予定である。室内試験に関しては DO と ORP に加え、濁度のモニタリングシステムも組みこむことによって、室内試験（静置溶出・巻き上げ溶出）による栄養塩溶出量推定試験法の確立に向け、溶出試験系の体系化を図っていく予定としている。

研究担当者：田中 宏明、佐々木 稔



|  |                          |            |          |
|--|--------------------------|------------|----------|
| 都市排水由来の化学物質の水環境中での挙動に関する研究   |                          | 本文 333 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画   | 運営費交付金（治水勘定） 平成 13～17 年度 | 水質チーム      |          |
| <p><b>（目的）</b><br/> 近年、水環境中での界面活性剤の分解物質や人畜由来のホルモンなどによって野生生物の内分泌攪乱が生じる場合があると報告されている。こうした内分泌攪乱物質について、発生源や排出源などで効率的なリスク削減対策を講じるためには、これら物質の水、底泥などの水環境での挙動を把握し、水域に与える影響を把握することが必要である。本プロジェクトでは、都市排水由来のこれら内分泌攪乱物質の、河川水・底質中などにおける調査分析手法の開発、また水環境中での分解・生成といった変化現象の把握を目的としている。</p> <p><b>（結果）</b><br/> 14 年度は、底泥試料を対象としたノニルフェノキシ酢酸の分析法に関する検討を行い、GC/MS による分析手法を改良することで回収率を向上させた。また、内分泌攪乱物質の水環境中での挙動を把握するため、湖沼及び河川における実態調査を行い、都市排水由来の流入状況、河道における変化や底泥への蓄積状況を明らかにした。</p> <p>1) 河川におけるエストロゲン、NP<sub>s</sub> の実態調査から、それらの河道内における分解あるいは変化、一部底泥への吸着の可能性が示唆された。</p> <p>2) 付着生物、ベントスに対するエストロゲン関連物質（NP、BPA、E2）蓄積状況を調査し、付着藻類や底生動物に含まれる E2 や NP は、水中より高い割合で濃縮されていることが判明した。</p> <p>3) 都市排水で汚染した湖沼の底泥中には右図のようにエストロゲン、NP<sub>s</sub> が高い濃度で蓄積されており、好気的な条件で分解されるよりもきわめて長期に底泥中に高濃度で存在している可能性がある。</p> <p>4) エストロゲン、NP<sub>s</sub> の流域の変化は E1、NP<sub>s</sub> の底泥中の鉛直分布に大きく影響を与えている。</p> <p>5) 底泥中の NP<sub>s</sub> はモル比では NP と NPEO は同程度、NPEC はそれらよりも 1 桁小さい量しか存在しておらず、これらの存在比は比較的安定していた。これは河川水での存在比よりも NP が大きく、NPEC が小さい傾向にあった。</p> <p>6) 底泥や底生動物、付着藻類でのエストロゲン、NP<sub>s</sub> が水中よりも大きいことは、都市排水由来の内分泌攪乱物質による水域の汚染が水生生物へ及び曝露経路として、水だけでなくこれらの食物網の経路も考える必要があることを示唆している。</p> <p>7) 今後は、エストロゲン、NP<sub>s</sub> について、河川内での分解、変化の要因について検討を進めるとともに底泥、生物への移行についても検討を進める。</p> <p>8) 新しい前処理法による底泥試料中の NPEC 類の分析で、従来法と比較して NPEC 類の回収率の向上が可能であることを確認した。</p> <p>研究担当者：田中 宏明、小森 行也、佐々木 稔、<br/> 岡安 祐司、八十島 誠、壬生 勝泰</p> |                          |            |          |
| キーワード  | 都市排水、化学物質、内分泌攪乱物質、水環境    |            |          |

|                              |            |          |
|------------------------------|------------|----------|
| バイオアッセイによるエストロゲン様物質の指標に関する研究 | 本文 341 ページ | 平成 14 年度 |
|------------------------------|------------|----------|

|      |                          |       |
|------|--------------------------|-------|
| 全体計画 | 運営費交付金（一般勘定） 平成 13～17 年度 | 水質チーム |
|------|--------------------------|-------|

**(目的)**

近年の内分泌攪乱化学物質問題において、イギリスと同様、日本においてもコイの雌性化の報告がなされたことから、これらの物質が河川水中の水生生物に与える影響とその原因物質の由来を把握することが求められている。このため本研究は、バイオアッセイを用いて河川水、下水処理水等の水環境中のその影響レベルを把握すると共に、原因物質の由来を推定するための手法を検討することを目的としている。

**(結果)**

平成 14 年度は、①下水中のエストロゲン様活性の濃度レベルを明らかにする、②化学分析結果と比較することによって、現在測定を行なっているエストロゲンやエストロゲン様物質のエストロゲン様活性への寄与を明らかとする、③化学分析と遺伝子組み換え酵母法の比較から見られる由来の不明なエストロゲン様活性の性状把握を行なう、という 3 点について検討した。

14 年度の成果として、以下のことが明らかとなった。

- ①図-1 に示すように、流入下水に比べ 2 次処理水の方が中央値を基準とすると約 76% 程度低い値であり、下水処理によってエストロゲン様活性が低減されていることが確認された。また流入下水の濃度レベルとしては概ね 30～110ng/L の間にある試料が多くこの区間に全体の 72% が含まれたが、2 次処理水については非常に広い濃度分布が見られ、処理方法や運転条件等の多くの要因によって低減率が大きく変化していることが推測された。
- ②図-2 に示すように、流入下水中のエストロゲン様活性の主要な由来物質は E 1, E 2 であったが、2 次処理水は E 1 の占める割合が高い結果であった。また今回対象とした 3 物質 (E 1, E 2, NP) の理論活性値で説明できないエストロゲン様活性の全体に占める割合は、処理場によって大きく異なったが、流入下水の方が不明なエストロゲン様活性の占める割合が高いことが確認された。
- ③固相カートリッジを用いた極性分画手法によって、エストロゲン様活性の性状把握を試みた。その結果、流入下水中のエストロゲン様活性は低極性～高極性まで広く検出されたが、代表的なエストロゲン様物質が分画される F 2～F 4 でほとんどエストロゲン様活性が説明できた。また 2 次処理水は F 4 分画で殆ど説明できることが明らかとなった。また、E 1, E 2, NP で説明できないエストロゲン様活性も、F 2～F 4 を中心として存在していることが確認された。

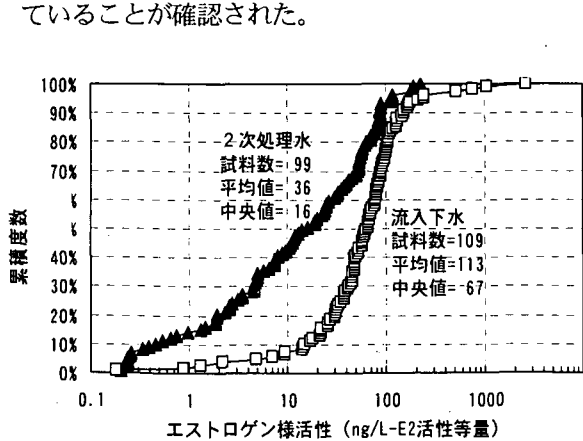


図-1 流入下水及び 2 次処理水のエストロゲン様活性の濃度分布

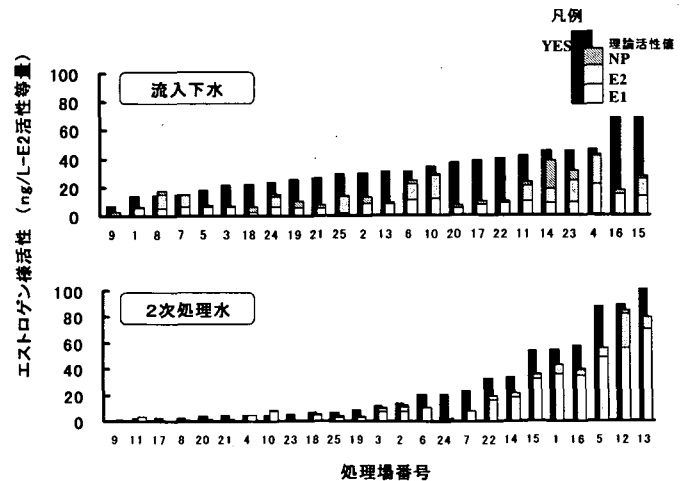


図-2 エストロゲン様活性への各物質の寄与

研究担当者：田中 宏明、小森行也、玉本 博之、宮本 宣博

|       |                             |
|-------|-----------------------------|
| キーワード | エストロゲン様活性、分画、HPLC、遺伝子組み換え酵母 |
|-------|-----------------------------|



全体計画

受託業務費 (関東地方整備局) 平成 13~17 年度

水質チーム

**(目的)**

都市排水等の河川への流入に伴い、排水中の栄養塩類や内分泌攪乱物質によるヒトや生態系への影響が懸念されている。特に河川水中に存在するこれらの化学物質が魚類等の水生生物に及ぼす影響の把握が求められている。そこで本調査では多摩川等の河川を対象に人の活動に伴う排水中の栄養塩類や内分泌攪乱物質等の流入状況を把握するとともに、生態系への影響を評価することを目的としている。

**(結果)**

本年度は、多摩川流域を対象に下水処理水等を中心とした都市排水の流入影響に対する水質等の実態調査を実施するとともに、窒素、リン等の栄養塩類が藻類へ与える影響について藻類生長能力試験 (AGP 試験) を用いて検討を行うとともに、さらに、水質自動監視所を活用して河川流水を用いた魚類試験装置の検討を行い、河川水中に含まれる微量化学物質が魚類に与える影響に関する魚類試験を実施し、都市排水が水環境に与える影響に関し総合的な検討、また汚濁負荷原単位の算定根拠に関する整理などを行った。

本研究の成果として、以下のことが明らかになった。

- ① 水温、流量、光周期及び餌など試験条件を制御することの可能な魚類曝露装置を作成し、試験を実施した結果、バクテリアの繁殖を抑制する必要性など、新たな課題を抽出した。(図-1)
- ② 藻類増殖試験においては、河川への下水処理水流入による藻類増殖への影響が確認された。(図-2)

今後は、これまで得られた情報を基に水物質循環機構の解明を試みるとともに、生物学的な基礎データの効率的な収集方法等の検討、流域情報の収集を行い、流域管理や汚濁解析に有用なデータの収集を行う。

研究担当者：田中 宏明、玉本 博之、東谷 忠、山下 尚之、宮本 宣博

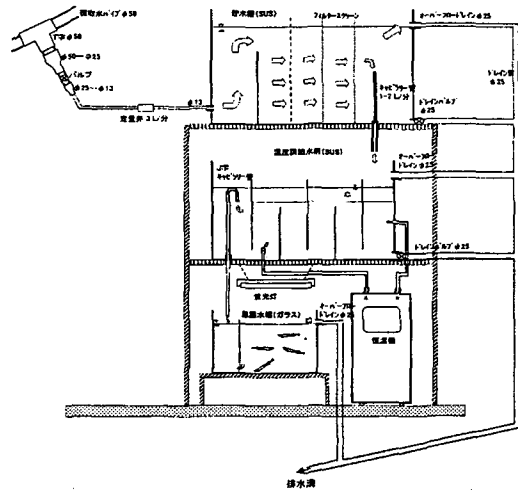


図-1 改良型メダカ曝露試験装置

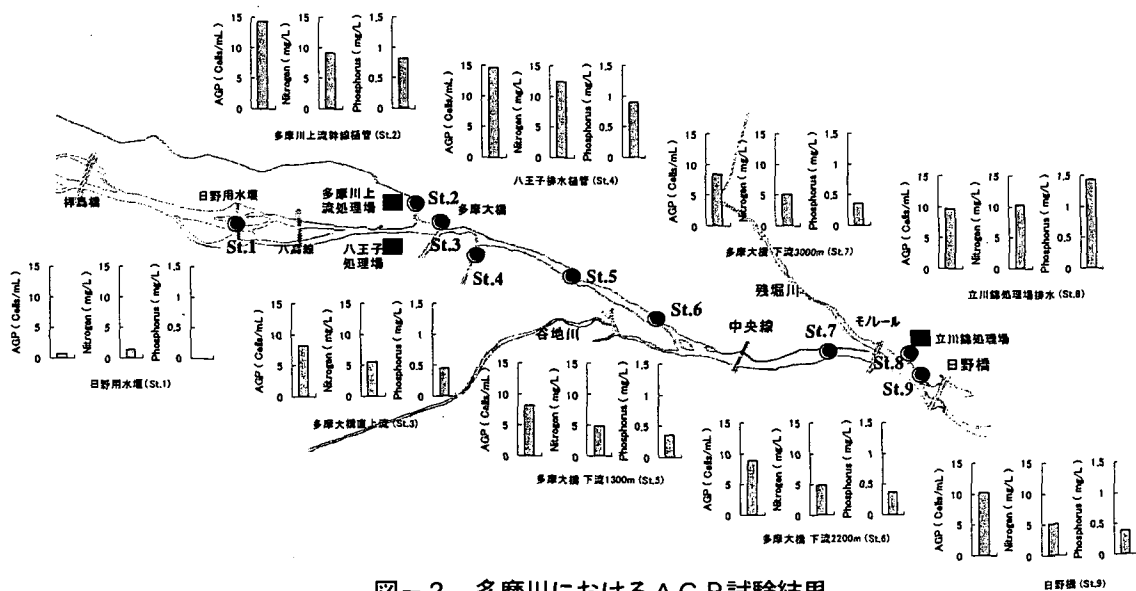


図-2 多摩川における AGP 試験結果

キーワード

魚類モニタリング、環境ホルモン、全国一級河川

|                                       |                        |            |          |
|---------------------------------------|------------------------|------------|----------|
| 都市排水に含まれるエストロゲン様物質が魚類に及ぼす影響と指標化に関する研究 |                        | 本文 353 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画                                  | 受託業務費（環境省） 平成 14～17 年度 | 水質チーム      |          |

**(目的)**

都市河川では、河川水に含まれるエストロゲン様物質が魚類に雌性化の影響を及ぼしている疑いがある。このため、魚類影響を評価するとともに、発生源と考えられる下水道や都市排水の対策をとる必要がある。本研究は、下水処理水やその放流先都市河川において魚類を曝露飼育し、エストロゲン様物質による雌性化の影響の有無を確認するとともに、水試料の分画法と遺伝子組み換え酵母によるエストロゲン活性を組み合わせることによって、河川水のエストロゲン作用の由来を評価し、このエストロゲン活性を魚類の雌性化との関係を検討する指標としての利用性を評価するものである。

**(結果)**

平成 14 年度は、河川における魚類曝露試験法について既往事例から課題を抽出し、現地曝露試験法の開発および予備試験を実施した。さらに、下水処理水を分画抽出することによって、これに含まれるエストロゲン様物質の性状を把握する手法について検討した。

平成 14 年度の成果として、以下のことが明らかとなった。

①下水処理水を対象としたコイ曝露試験の結果、雄コイに影響がみられる場合のあることが確認されたが、その影響は魚類本来の生理学的反応に左右される可能性が考えられた。

②現地での魚類曝露試験には、魚類の生理的反応を考慮できるように、試験条件を制御できる試験水槽システムが必要と考えられた。試験対象魚には、環境省がNPおよびOPの内分泌攪乱作用について室内試験した際に用いたヒメダカを選定した。試験場所として河川の水質自動監視所を活用することとし、魚類試験装置を考案して、現地にて予備試験を実施した。

その結果、1)監視所によって取水状況（ポンプ稼動時間帯、取水量）が異なる、2)河川水とともに流入する砂泥が目詰まりの原因となる、3)餌の種類や給餌量、水温などの曝露条件を統一しなければ、水質自動監視所間で試験結果の比較検討が難しい、などの課題が明らかになった。

そこで、試験条件を表のように設定し、試験装置の改良を行った。作製した現場型メダカ曝露試験水槽は、写真に示すように3つの水槽から構成され、第1槽で砂泥の除去、第2槽で水温調節を行い、第3槽のメダカ曝露水槽（容積：30L）へと導水するものとした。

③下水処理水を対象に、極性による分画手法を適用して下水処理水のもつエストロゲン様活性の性状把握を試みた。

その結果、流入下水のエストロゲン様活性は低極性から高極性まで広く検出されたが、17β-エストラジオール、エストロン、ノニルフェノールの寄与が大きいことが判明した。また、二次処理水のエストロゲン様活性は、エストロゲンが分離される分画に集中していることがわかった。

表 メダカ現地曝露試験 試験条件一覧

|       |                             |
|-------|-----------------------------|
| 試験魚   | ヒメダカ <i>Oryzias latipes</i> |
| 試験個体数 | 雄成魚 30個体/水槽                 |
| 試験期間  | 2週間                         |
| 試験水   | 流水式                         |
| 流量    | 0.5 L/min (30 L/h)          |
| 試験温度  | 水温 25°C                     |
| 日長条件  | 16時間-明、8時間-暗                |
| 餌     | 粉末餌、一日あたり3回の給餌              |

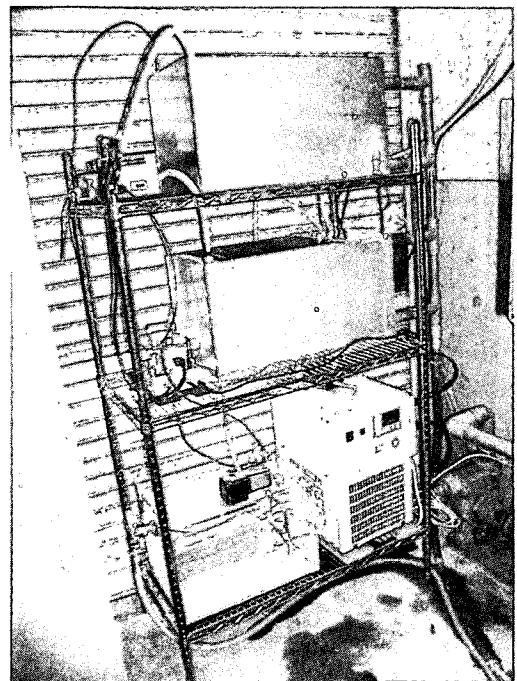


写真 現場型メダカ曝露試験水槽

研究担当者：田中 宏明、小森 行也、玉本 博之、東谷 忠

|       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| キーワード | 都市排水、エストロゲン、魚類、メダカ、遺伝子組み換え酵母、分画 |
|-------|---------------------------------|

|   |                          |            |          |
|---|--------------------------|------------|----------|
| 遺伝子解析手法を用いた環境ストレス検出技術に関する基礎的研究  |                          | 本文 369 ページ | 平成 14 年度 |
| 全体計画  | 運営費交付金（一般勘定） 平成 14～18 年度 | 水質チーム      |          |
| <p><b>（目的）</b><br/> 世界規模でのヒトゲノム研究が進展しており、今後、遺伝子レベルで作用する医薬品の開発が爆発的に行われ、これらが多量に使用されることが予想される。このため、新たな化学物質が下水道に集中し、放流先河川に生息する生物への環境ストレスの増大、水利用によるヒトへの影響等が危惧される。<br/> このような、生物に対する新たなストレスの評価については、従来のバイオアッセイの検査方法では微妙な変化の検出は不可能である。しかしながら、医学分野で用いられる手法を環境評価に応用して化学物質の影響を遺伝子レベルで解析・評価する手法が開発され、ヒトや生物への影響を予測することが可能となりつつある。本研究は、河川、下水道における生物への影響について遺伝子レベルでの評価・解析手法の開発、及びこの適用に関して基礎的検討を行うことを目的とする。</p> <p><b>（結果）</b><br/> 初年度である平成 14 年度は、医学分野で注目されている技術のうち、DNA チップを用いた遺伝子診断技術に着目し、この手法が環境評価手法として実際に応用可能か否かについて検討を行った。<br/> DNA チップは、多数の遺伝子の発現を同時に調べることができる技術である。チップの上には、調べたい遺伝子を cDNA などの形で固定し、これに試料から抽出した mRNA を蛍光色素で標識して、ハイブリダイゼーションを行うことにより発現を測定するものである。ストレスを与えた試料と対照試料の間で、発現の有無あるいは発現量の違いを相対的に知ることが可能になるため、評価手法になると期待される。<br/> 本調査の成果として、以下の結果が得られた。</p> <p>①DNA チップによる評価手法を導入する場合、スライドガラスなどの基板上に生物の遺伝子を一つ一つプロットした専用の DNA チップを作製する必要がある。生物の遺伝子すべてを対象とすると、遺伝子情報が膨大になるため解析に長時間を要し、DNA チップ作製に必要な費用が増大するという課題があることがわかった。このため、環境評価を目的とする場合、事前に評価対象となる遺伝子をスクリーニング等により選定しておくことが実用化への打開策であると考えられた。</p> <p>②遺伝子スクリーニングには、DNA 塩基配列の情報を必要とせず、比較したい組織や細胞から調製した mRNA だけで試験を行うことができる蛍光ビーズを用いたスクリーニングが有効であると考えられた。ストレスを与えた試料と対照試料の 2 種類について、生物組織から抽出した mRNA をもとに異なる蛍光色素で標識したプローブを調製し、同じ mRNA から作製したビーズライブラリー上で競合ハイブリダイゼーションを行った後、発現量に差のある遺伝子を選別するという手順でスクリーニングを行うこととした。<br/> その前処理方法となる遺伝子の抽出については、一般に電気泳動や PCR 法に用いるものよりも、抽出状態、保存状態などを厳密に管理する必要がある、管理が十分でないとその後の遺伝子診断で誤反応が出てしまうとされている。今回、メダカについて検討を行い、マイクロチップ型電気泳動試験により、遺伝子の抽出、保存が適切であることを確認した。</p> |                          |            |          |
| 研究担当者：田中 宏明、小森行也、玉本 博之、東谷 忠   |                          |            |          |
| キーワード   | 遺伝子、DNA チップ、環境ストレス       |            |          |