

また、写真 3.3.2 のように、排水路水位を水田面近くまで上昇させることで、付近一帯での水の連続性が確保可能となり、魚類にとってより自然な生息環境となる。このような水路・水田の連続性を上流側水田に一部確保すること等によって、図 3.3.15 左の現状の水利システムを魚類にとってよりやさしいエコネットワーク（図 3.3.15 右）に改善することができる。

#### 参考文献

- 1) 端憲二（1999）：小さな魚道による休耕田への魚類遡上試験、農土誌、Vol.67、No.5.
- 2) 端憲二（2005）：メダカはどのように危機を乗り越えるか、農文協.

（農業工学研究所）

#### (6)農業排水路に瀬・淵をつくる

研究の背景と目的 昭和 30 年代から始まった生産性向上を目的とした圃場整備事業によって、土水路がコンクリート三面張り水路に整備されたことなどから、生物の生息場としての水路環境は悪化した。しかし、近年、生物保全に対する社会の要請が高まり、平成 13 年に改正された土地改良法では、水路を施工する際に環境に配慮することが定められた。そこで、生態系の再生を目的とした水路改修工法について、三面張りにすると流れが速く単調になり、生物の生息環境が急激に悪化する傾斜地の排水路に導入可能なものを考案し、その機能を水理実験で検討した。

工法の概要 環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（農土学会、2004）において、現況が三面張りの排水路の改修工法として掲載されている組立柵渠（底面が土であるため魚類の産卵場などの保全が可能）をさらに改良することとした。まず、組立柵渠の水路底の地形の現況を把握するため、茨城県岩瀬町の支線排水路（勾配 1/55）において 6m 区間の測量を行ったところ、右岸側で瀬・淵が形成され、左岸側ではほぼ全区間で洲が形成されていることが分かった（図 3.3.16）。これらの現況を考慮し、瀬・淵が効果的に形成されるように改良を加えた工法の要点を以下に示す。1) 柵渠の棧に切り欠きを交互につける、2) 切り欠きからの局所流（鉛直方向）によって底質を洗掘し淵をつくる。3) 交互につけた切り欠きによって流心を変化させて瀬をつくり、底質を移動させて洲をつくる（図 3.3.17）。

水理実験の方法 実験水路は、流量 5.0 l/s、幅 0.6 m、高さ 0.7 m、勾配 1/50 のコンクリート水路に切り欠きをつけた木製の棧を 1.7 m 間隔で 3 つ設置し、平均粒径 0.57 mm の砂を敷き均したものとした。実験は、上流からの流砂の境界条件の違いによる水路底の地形変動を検

討するため、境界条件を、交互砂州が流入しない場合（平衡流砂量の流入）、交互砂州が流入する場合に設定して行った。

**実験結果の概要** 境界条件 では、切り欠きによって生じる局所流や流れの蛇行の影響で、水路底に瀬や洲が形成された（図 3.3.18）。境界条件 では、切り欠きによる影響よりも交互砂州の影響が卓越して現れたが、一定時間後に水路底の地形は安定した（図 3.3.19）。以上のことから、組立柵渠の柵に切り欠きをつけることで、勾配 1/50 の水路でも瀬や淵をつくることが可能であり、また、切り欠きが水路底の地形を安定させる機能を持つことが確認された。

参考文献

- 1) 農業土木学会（2004）：環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 1 - 基本的な考え方・水路整備 -、p.69.

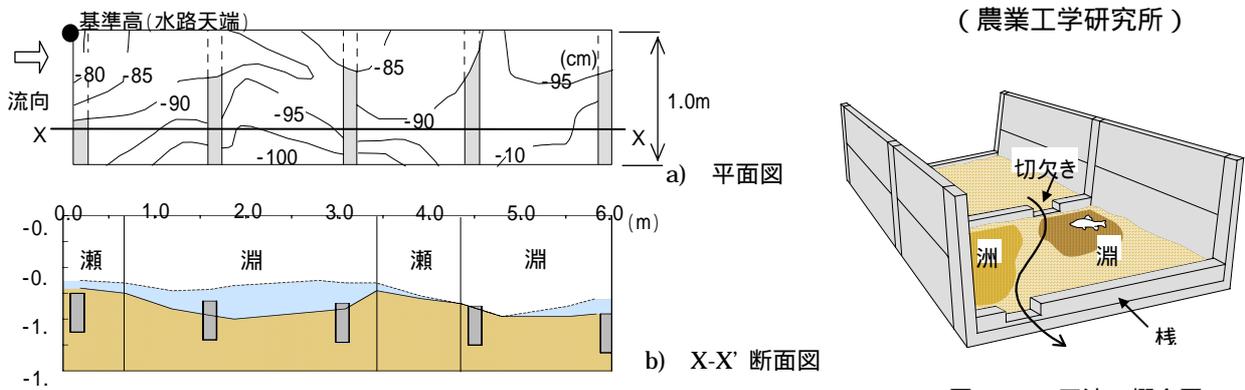


図 3.3.16 組立柵渠（茨城県岩瀬町）の水路底の地形

図 3.3.17 工法の概念図



図 3.3.18 境界条件 1 の水路底の地形

柵の高さ：30cm  
切り欠きの高さ：10cm

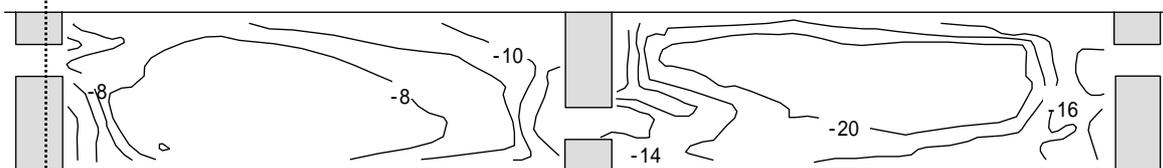


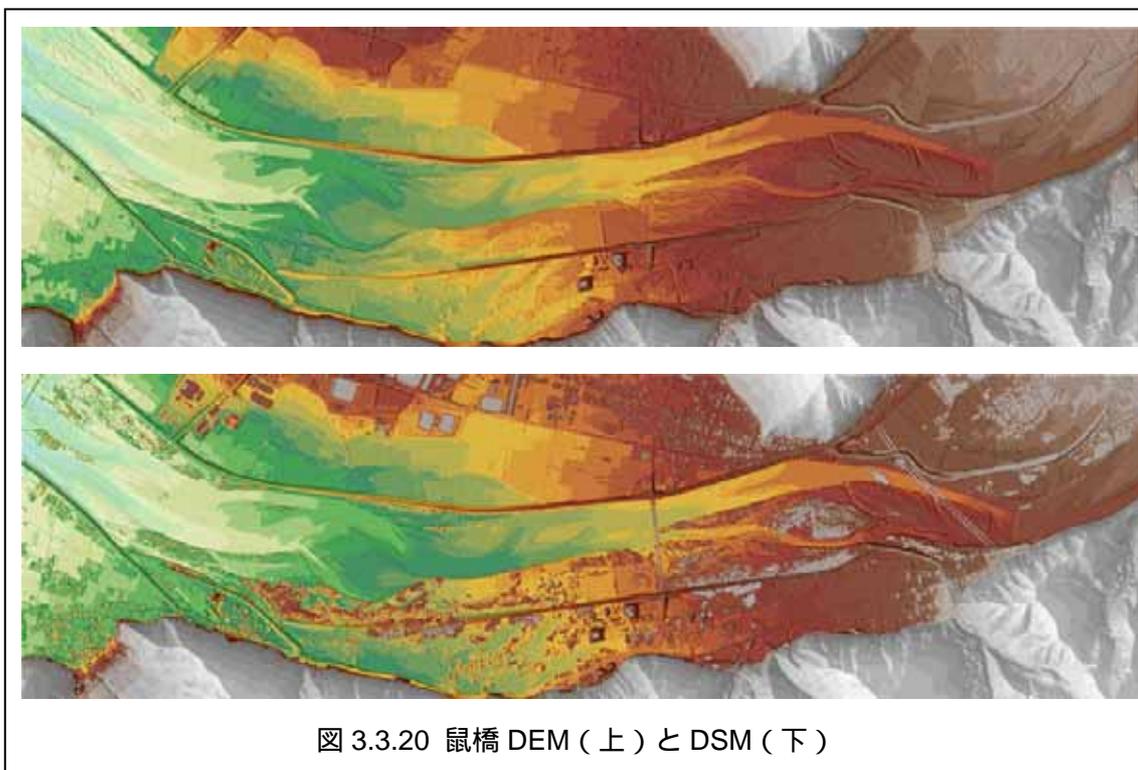
図 3.3.19 境界条件 2 の水路底の地形

(cm)

### (7)河川環境評価技術

河川の形状とそれにより規定される流れを詳細に検討することで、河川がもつ生態的環境機能の定量的評価が行いやすくなってきている。たとえば、河川形状についての詳細な情報の取得が、レーザープロファイラによる地形情報計測により可能になってきているが、この詳細地形情報と種々の解析や調査とを統合することで、有用な環境情報が得られる。

レーザーパルスに対する反射のファーストパルスとラストパルスとを比較することで、地表面標高のデータ ( Digital Elevation Model、DEM ) と樹木や建物の頂上の標高データ ( Digital Surface Model、DSM ) の 2 つが作成可能である。この 2 つのデータの比較から、高水敷上の樹木の高さを推定できる。図 3.3.20 は千曲川で得られた地形情報の例である。DSM の立体画像を見ると、砂州上や高水敷上に樹木群を示す凸部が見られるが、裸地と樹林が占めている場所の 2 ヶ所で DSM と DEM の標高差の分布を調べると、そこに繁茂する樹木の高さを反映した結果が得られる。この情報を用いることで植生の規模や生育状況の評価が可能であるし、樹林化が生じている場所の水面に対する相対的高さや河川の流れとの関係を整理することで樹林化を防止し河原を保全するためには高水敷をどれほど切り下げるべきかについての知見を得ることができる。



さらに高水敷形状の詳細情報は、出水時の流動特性解析と併せて用いることで、高水敷形状と相まって形成されるワンドやタマリなどといった空間の魚類への生態的意義についての解析に使用することが可能である。大規模出水時の流速分布は水理計算で再現することが可能であるが、主流部の流速は、2m/s 以上となり、魚類が主流部にとどまることはほぼ不可能であると考えられる結果を示す。しかしワンドが存在する部分などの流速は、比較的緩やかになっており、魚類が出水時の避難場所として利用可能であった可能性が示されている（図 3.3.21）。現地での魚類調査でも、通常本川でしか採捕できないアユが、出水時にはワンド内でも採捕されているなど、流動解析結果を裏付けている。流速分布は、

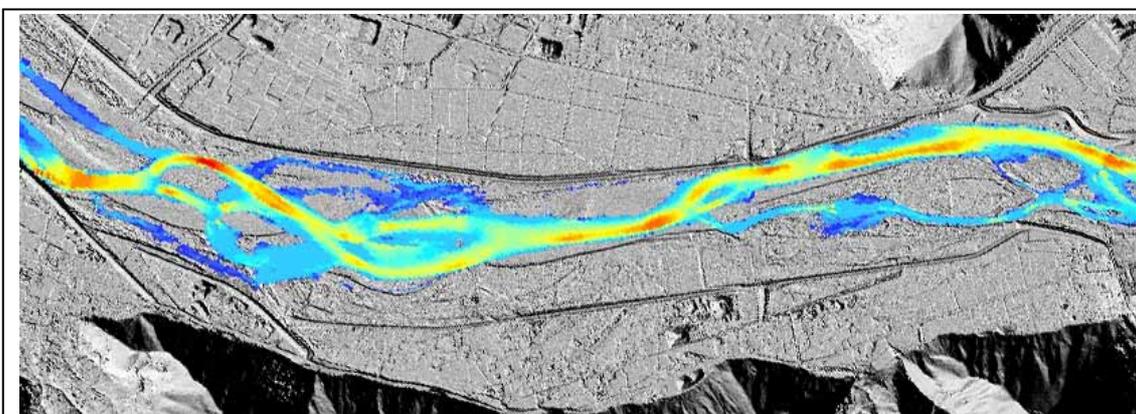


図 3.3.21 出水時の流速分布

河床形状、河道の縦横断形状等に規定されることから、河川の微地形 GIS と流動シミュレーションを利用することで、出水時の待避場所となりうる地点が特定できる。魚類の待避場所等として使用される可能性が高い地点を、GIS 上に展開することで、今まであまり考されてこなかった、魚類のハビタットとしての高水敷地形の重要性についても評価できる可能性が出てきている。

（独立行政法人土木研究所）

#### (8) 舗装からの水循環改善技術の開発

都市型水害の緩和及びヒートアイランドの緩和のどちらにも効果を発揮する舗装（以下、新舗装）を考案し、新舗装の地表面流出抑制効果及び路面温度低減効果を屋外実験により把握した。

##### 【新舗装の特徴】

表層は路面温度低減効果を有する保水性舗装である。下層路盤は空隙を有した貯留層で

あり、舗装横に設置した雨水柵から雨水が下層路盤に流れ込む（地表面流出抑制効果）。基層、上層路盤の空隙全部及び下層路盤の空隙の一部には保水材を注入し、保水材の毛管上昇により下層路盤に貯留した雨水を保水性舗装に連続供給する（路面温度低減効果）。

【屋外実験の内容】

新舗装の流出量抑制効果及び路面温度低減効果を把握するために屋外実験を行った。また、対象区として水の供給の無い通常の保水性舗装も隣接して敷設した。各種舗装の平面図及び断面図を図 3.3.22 に示す。主な計測データは流出量と路面温度である。

【実験結果】

1. 地表面流出の抑制効果

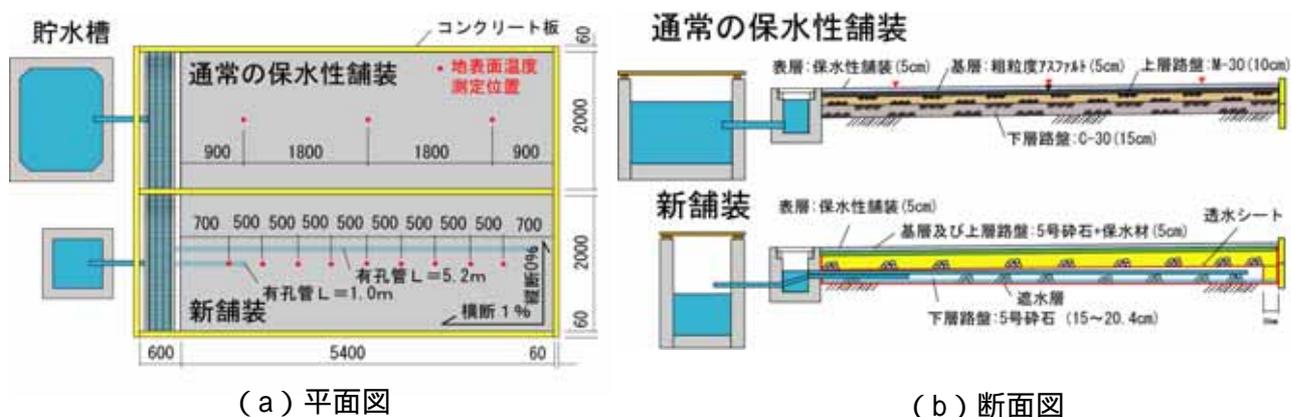


図 3.3.22 各種舗装の平面図及び断面図

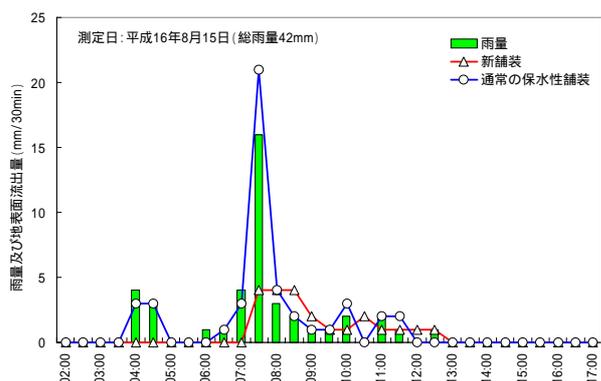


図 3.3.23 新舗装の地表面流出量抑制効果

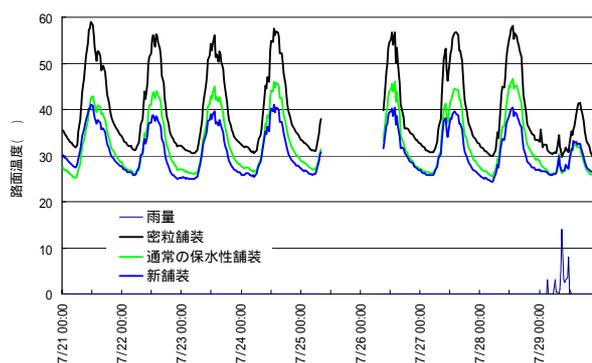


図 3.3.24 新舗装の路面温度低減効果

新舗装の地表面流出抑制効果を図 3.3.23 に示す。図に示した降雨は総雨量 42mm、最大降雨強度 16mm の雨であり、対象降雨前の 8 日間は晴天で、下層路盤には水が貯留してい



施工(集積)場所は、波が作用する 汀線付近、及び、 砂浜(陸域)、 狭水域等を想定。

### 3. 開発状況

汀線付近実証試験にて、半日連続運転にて、28m<sup>3</sup>/h(目標 21m<sup>3</sup>/h)の砂量を集積輸送。

砂浜(陸域)、 狭水域における試験工事等においても、目標 21m<sup>3</sup>/h を達成。

### 4. 経済性～本工法と従来工法とのコスト比較(砂 1m<sup>3</sup>当たりの除去・輸送費用)～

- ・ 従来工法の陸域での「バックホウ積込 - ダンプ輸送」と比較すると、概ね半分以上。
- ・ 従来工法の海域での「ポンプ浚渫 - 排砂管輸送」と比較すると、数分の1、との試算。

### 5. 期待される効果・特長

- (1) 砂集積効果が継続的に発揮。
- (2) 専用の移動機構は不要。
- (3) 基本動力は、ポンプ動力のみ。
- (4) 可搬式 トラック輸送。
- (5) 従来工法と比べ経済的。

(独立行政法人港湾空港技術研究所)

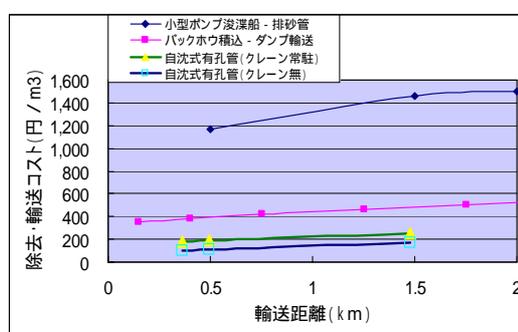


図 3.3.26 本工法と従来工法とのコスト

(10)低有機物濃度排水のメタン発酵技術の開発

#### 1) 緒論

我が国の有機性排水(尿尿・生活排水)処理は、公共下水道に依存している。しかし、閉鎖性海域で COD の基準達成率が横ばいの状況にあり、貧酸素水塊の発生が慢性化している。それ故排水を下水処理場に集約させず、汚濁発生源で中規模処理を行うことで、公共下水道・水域への汚濁負荷を軽減出来る可能性がある。また好気性微生物による下水処理では、エネルギー消費(CO<sub>2</sub>発生)が莫大であるという問題点を抱えている。我々は、嫌気性微生物の凝集塊、メタン生成生物膜利用技術の開発により、産業排水の省・創エネルギープロセスを実現してきた。ここでは、メタン発酵の適用が困難な下水等の低温、低有機物濃度排水の処理に対して、我々の提案する生物膜利用型のメタン発酵プロセスの適用可能性評価を行った結果を報告する。

#### 2) 実験結果及びまとめ

独自設計の生物膜流動型のリアクター(EGSB)を用い、下水・ディスポーザ排水を模した低濃度排水(0.6-0.8 gCODcr/L)の 20 での処理実験を行った。その結果、本システムは処理時間 1.5 時間、有機物負荷 12 gCODcr/L/day を許容し、既存メタン発酵法や活性汚

泥法（好気性処理）より数倍高い処理能力<sup>1)</sup>を発揮し、低濃度排水の創エネルギー処理が可能であった。これは、適度な流動条件と負荷条件のもと、物性に優れる高濃度の嫌気性生物膜を高濃度保持出来たことに依る。好気性下水処理では、約 2800 kJ/m<sup>3</sup> のエネルギーを消費する。提案プロセスは曝気動力がゼロで、余剰汚泥発生量も好気処理の 25%程度であり、消費エネルギーを 5 分の 1（560 kJ/m<sup>3</sup>）に削減出来た。また、除去有機物(0.5 gCODcr/L 相当)の約 70%をメタンガスとして回収でき、最終的に約 4310 kJ/m<sup>3</sup> の創エネルギーが可能であった。今後は、後処理として省エネ型ろ床型好気性処理プロセス<sup>2)</sup>との組み合わせを行い、トータルシステムとしての水質向上手法や、得られたエネルギーの利用方法等についての検討を行う。

#### 参考文献

- 1) Lettinga, G. *et al.*(1991): UASB process design for various types of wastewaters, *Wat. Sci. Tech.*, Vol.24, pp.87-107.
- 2) 高橋優信・原田秀樹 他(2004)：発展途上国に適用可能なエネルギー最小消費型の下水処理プロセスの開発、*環境工学研究論文集*、Vol.41、pp.175-186.

（独立行政法人国立環境研究所）

#### (11)工場排水処理における自然共生化技術

物質循環から眺めると、人間の産業活動の場は物質が集中的に持ち込まれる場であるが、産業排水中の処理対象物質は極めて多様であり、それに対応するための技術オプションを多数用意している必要がある。また最近、低コスト、省エネルギーに環境負荷量を低減できるばかりでなく、排水処理技術に対しては汚泥や温室効果ガス等の副産物の排出が最小限であることが強く要求されている。以下に産業技術総合研究所での研究事例を紹介する。

近年、窒素の排出に対する規制が強化され、その対応が求められている。しかし、産業排水中には窒素を含む化合物に加え、窒素化合物を浄化する機能を持つ微生物の活性を阻害する化学物質(フェノールなど)が同時に含まれる場合がある。そうした物質を複合的に含む廃水にも適用できる生物学的処理技術として、膜分離活性汚泥法をフェノールとアンモニアを含む排水に適用し、省エネルギーなプロセスを実現した<sup>1)</sup>。このプロセスでは排水処理での副産物である余剰汚泥および温室効果ガス(亜酸化窒素)の生成も最小化できる。

生物学的方法で分解できない染料など比較的大きな分子量の複雑な化学構造を持つ化合物の処理にはオゾンの利用が有効であり、オゾン処理後に生物処理を行った場合さらなる有機物の除

去および脱色が可能であることを明らかにし、促進効果を定量化した<sup>2,3,4)</sup>。産業排水処理へのオゾン利用により、下水や産業排水処理へのさらなる応用に加えて、都市域での処理水の再利用促進と新たな水資源の確保、汚染環境の浄化・修復等への応用も可能になると思われる。

重金属排水は、現状の処理でも規制値以下にすることができるが、一方で、大量に発生するスラッジの処分が新たな問題となってきた。産業技術総合研究所では、スラッジ量を1/2～1/10に削減できる機能性凝集剤を開発し、さらに、スラッジから重金属を回収できる水処理システムを確立した<sup>5,6)</sup>。これによってプリント基板工場排水から、銅を採算ベースで回収再利用することが可能になった。水環境中の重金属は、水生生物保護の観点からも重要な課題であり、経済的な高度処理技術の確立が強く求められている。

#### 参考文献

- 1) Yamagishi, T. et al.(2001): Water Research, Vol.35, p.3089.
- 2) 高橋信行・長沢末男(1997): 資源と環境、Vol.6、p.403.
- 3) 高橋信行ら(2003): 工業用水、No.536、p.2.
- 4) Takahashi, N. and T. Kumagai: Ozone: Sci. Engng, Vol.27(*in press*).
- 5) 特許第3493603号.
- 6) 特許第3525203号.

(独立行政法人産業技術総合研究所)

#### (12)下水処理水における環境ホルモン等のオゾン処理技術

都市活動の中で内分泌かく乱作用を疑われている物質(内分泌かく乱物質)が使用され水系に排出されており、下水道にも流入していることが報告されている。流入下水中の内分泌かく乱物質は下水処理過程で大きく低減することが知られているが、内分泌かく乱物質が生態系に与える影響については不明な点が多く、下水処理過程でのより効果的な除去手法に関する知見が求められている。生物学的処理だけでは微量化学物質の除去が進まない可能性があるため物理化学処理法について検討することとし、オゾン処理に着目した。一般に、下水処理過程で導入されるオゾン処理は、消毒・脱色を目的としており、微量化学物質除去を考慮したオゾン処理の運転管理はなされていない。そこで、17 エストラジオール(E2)、ノニルフェノール(NP)、ビスフェノールA(BPA)、ベンゾフェノン(BP)、有機ハロゲン化合物(TOX)を対象とし、パイロットプラントを用いて除去能力、運転管理手法に関する基礎的な検討を行った。

一般的に用いられているオゾン注入率を設定し実験を行った結果、E2、NP、BPA は、オゾン注入率 5 ~ 20mg/L の範囲では、検出限界以下まで除去された(図 3.3.27)。一方、BP については、オゾン注入率 10mg/L 以上で検出限界以下にまで除去された。また、TOX の除去率は、オゾン注入率の増加とともに増加し、オ

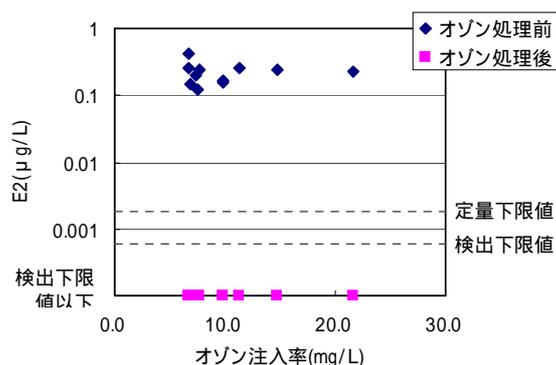


図 3.3.27 オゾン注入率と E2 除去効果

ゾン注入率 20mg/L では約 60%除去された。また、接触時間 7 ~ 20min の範囲では、接触時間による除去率の違いは見られなかった。なお、本検討のオゾン注入率では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、オゾン注入率による違いは見られず、一定の消毒効果は得られていた。本検討の範囲では、オゾン注入率と単位処理量当たりの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、オゾン注入率の低減が効果的である。特に、内分泌かく乱作用が疑われている E2、NP、BPA についてはより低オゾン注入率での分解除去の可能性があるので、より効率的な運転条件の存在が示唆された。

(国土技術政策総合研究所)

### (13) 下水処理における環境ホルモン物質の生物処理技術

都市活動の中で内分泌かく乱作用を疑われている物質(内分泌かく乱物質)が使用され水系に排出されており、下水道にも流入していることが報告されている。下水処理場では微生物を利用して有機物を分解処理しており、内分泌かく乱物質を分解する微生物も確認された。そこで、内分泌かく乱物質分解微生物を利用して、下水処理場における内分泌かく乱物質分解を高度に

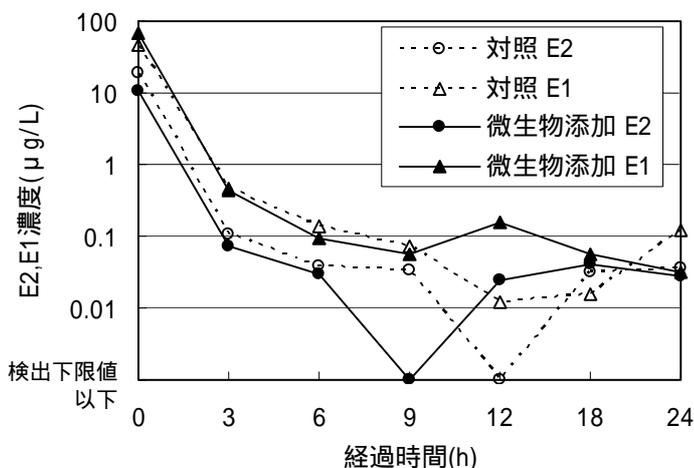


図 3.3.28 バッチ試験による E2、E1 の消長

行う技術を検討した。

対象とした物質は人畜由来ホルモンである 17 エストラジオール(E2) とその分解生成物で環境ホルモン活性を有するエストロン(E1)とした。実下水を用いたパイロットプラントから採取した活性汚泥に内分泌かく乱物質分解微生物を担体に付着させて投入した系(微生物添加系)と、何も投入しない系(対照系)それぞれにE2を100 µg/Lとなるように添加し、E2とE1の濃度を分析した。結果

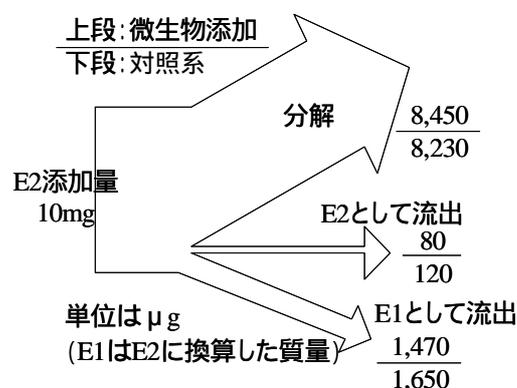


図 3.3.29 パイロットプラント実験での E2、E1 収支

を図 3.3.28 に示す。微生物添加系でも対照系でも、E2 の濃度は速やかに減少した。特に、E2 投入直後の段階で、微生物添加系での分解量がより多いことが確認された。

また、100L のパイロットプラントを連続して運転し、内分泌かく乱物質分解微生物付着担体の影響を確認した。E2 を 10mg 添加した場合の E2、E1 の収支を図 3.3.29 に示す。微生物添加系の方が、E2、E1 の流出量が少なくなっていた。

内分泌かく乱物質分解微生物付着担体の利用により、内分泌かく乱物質の効率的な除去の可能性が示唆された。

(国土技術政策総合研究所)