

## 1. 共同コミュニケ



**Joint Communiqué**  
**10<sup>th</sup> Japanese - German Workshop**  
**on Waste Water and Sludge Treatment**

**Hotel Courtyard Marriott,**  
**Berlin, October 9 – 10, 2006**

1. As an activity within the Japanese - German cooperation in the field of environmental protection technology, the 10th Workshop on Waste Water and Sludge Treatment was held on October 9 – 10, 2006 in Hotel Courtyard Marriott, Berlin, Germany.

2. The Japanese delegation was headed by Mr. Motoi Nasu, Ministry of Land, Infrastructure and Transport. The Japanese delegates were:

Shuji Tanaka	National Institute for Land and Infrastructure Management
Toshiaki Yoshida	National Institute for Land and Infrastructure Management
Mizuhiko Minamiyama	National Institute for Land and Infrastructure Management
Kiyohiko Hayashi	Kyoto City
Makoto Fujita	Osaka City
Yasumitsu Kondo	Kitakyushu City
Takao Murakami	Japan Sewage Works Agency
Osamu Fujiki	Japan Institute of Wastewater Engineering Technology
Shigeru Ikarugi	Japan Institute of Wastewater Engineering Technology
Kenji Sakai	Public Works Research Institute
Koya Komori	Public Works Research Institute
Masaaki Ozaki	Public Works Research Institute

3. The German delegation was headed by Prof. Dieter Fuhrmann, Project Management Agency Forschungszentrum Karlsruhe. The German delegates were:

Dipl.-Ing. Clarisse Harlay	Prack Consult Limited
Dr. Stefania Paris	Huber AG
Prof. Dr. Johannes Pinnekamp	RWTH Aachen
Prof. Dr. Walter Trösch	Fraunhofer Institute
Dipl.-Ing. Jörg Steinhardt	Steinhardt Water Technology Systems

Dipl.-Ing. Ralf Steeg	LURI Wassersystems Limited
Prof. Dr. Martin Wagner	TU Darmstadt
Prof. Dr. Karl-Heinz Rosenwinkel	UNI Hannover
Prof. Dr. Klaus Kümmerer	UNI Freiburg
Dr. Bernd Wiebusch	Wupperverband
Dr. Carin Sieker	Berlin Water
Dr. Rüdiger Furrer	FZK - PTKA
Observer:	
Dr. Hans Schmidt-Horix	ETI Environment & Trade International GmbH
Alexandra Beckstein	LURI Wassersystems Limited

4. Opening addresses were given by Mr. M. Nasu, Prof. D. Fuhrmann and Dr. R. Furrer.

5. The Chairmanship was shared by Mr. Tanaka and Mr. Minamiyama (National Institute for Land and Infrastructure Management), Mr. Sakai (Public Works Research Institute), Prof. Fuhrmann and Dr. Furrer (Project Management Agency Forschungszentrum Karlsruhe) and Prof. Wagner (TU Darmstadt).

6. In total 12 papers were presented by the Japanese delegation and 11 papers were presented by the German delegation. The topics were sewerage systems and waste water treatment (8 papers), sewerage sludge treatment and reuse (4 papers), water reuse and decentralized systems (4 papers), water management (storm water, infiltration, sewer systems) (5 papers), aquatic environment and pollution control (3 papers).

7. A study tour is going to be made from October 11 to 13, 2006.

- Berlin: Waste water treatment plant Berlin-Stahnsdorf (European Union Demonstration project "Sanitation concepts for separate treatment of gray water, brown water, and yellow water"
- Prichsenstadt (Würzburg area): Presentation and visiting of the Hydroselb flushing system (Steinhardt Water Technology Systems)
- Berching: Presentation and visiting of the premises of Huber AG.

8. Both sides agreed that this kind of research and development was very worthwhile. The 11<sup>th</sup> workshop is proposed to be held in Japan in the year 2009.

10. Both sides agreed to discuss the possibility of joint research projects on the following

mutual interests:

- micropollutants in water cycle
- economical and ecological optimization of wastewater systems including energy and material recovery
- water reuse including MBR
- watershed management

Berlin, October 10, 2006

那須 基

Motoi Nasu

Head

Japanese Delegation

Dieter Fuhrmann

Dieter Fuhrmann

Head

German Delegation

共同コミュニケ  
第10回日独排水及びスラッジ処理についてのワークショップ

於 ホテルコートヤードマリオット (ベルリン)  
2006年10月9日～10日

1. 第10回日独排水及びスラッジ処理についてのワークショップは、環境保護技術分野における日独協力の一環として、2006年10月9日から10日まで、ホテルコートヤードマリオット (ベルリン) で開催された。
2. 日本側代表団は、国土交通省の那須基氏を団長として、以下の代表により構成された。

田中 修司	国土技術政策総合研究所
吉田 敏章	国土技術政策総合研究所
南山 瑞彦	国土技術政策総合研究所
林 潔彦	京都市
藤田 眞	大阪市
近藤 保光	北九州市
村上 孝雄	日本下水道事業団
藤木 修	下水道新技術推進機構
怒木 茂	下水道新技術推進機構
酒井 憲司	土木研究所
小森 行也	土木研究所
尾崎 正明	土木研究所

3. ドイツ側代表団は、カールスルーエ研究所プロジェクトマネジメント局の Dieter Fuhrmann (ディーター・フアマン) 教授を団長として、以下の代表により構成された。

C.ハーレー工学修士	技術コンサルタント
S.パリス博士	プラントメーカー
J.ピネカンブ教授	アーヘン工科大学
W.トロッシュ教授	フラウンホーファー研究所
J.スタインハート工学修士	プラントメーカー

R.ステীগ工学修士	技術コンサルタント
M.ワグナー教授	ダムシュタット工科大学
K.ローゼンヴィンケル教授	ハノーバー大学
K.キューメラー教授	フライブルグ大学
B.ビーブッシュ博士	ヴッパー水組合
C.ズィーカー博士	ベルリン水道事業体
R.フラー博士	カールスルーエ研究所
オブザーバー：	
H.シュミットホリックス博士	プラントメーカー
A.ベックスタイン	技術コンサルタント

4. 開会式では、那須基氏、D.フアマン教授、R.フラー博士の挨拶があった。
5. 議長は田中氏及び南山氏（国土技術政策総合研究所）、酒井氏（土木研究所）、フアマン教授及びフラー博士（カールスルーエ研究所）並びにワグナー教授（ダムシュタット工科大学）が務めた。
6. 日本側から 12 編、ドイツ側から 11 編の論文が発表された。議題は、「下水道システムと下水処理」（8 編）、「汚泥処理と再利用」（4 編）、「水処理と分散処理システム」（4 編）、「水管理（雨水、浸透、管渠システム）」（5 編）及び「水環境と汚濁制御」（3 編）であった。
7. 現地調査は 2006 年 10 月 11 日から 13 日まで行われる。
  - ベルリン：Berlin-Stahnsdorf 下水処理場（欧州連合実証研究「雑排水、尿、尿の分離型処理のための衛生概念」）
  - プリヒセンスタット（ビュルツブルグ地域）：ハイドロセルフ フラッシング システムに関する発表及び訪問（スタインハート水技術システム社）
  - ベルヒング：フーパー社敷地における発表及び訪問
8. 両国代表団は、この種の研究開発が非常に価値あるものであることについて合意した。また、第 11 回のワークショップを 2009 年に日本で開催することが提案された。
10. 両国代表団は、下記の相互の関心事項について共同研究の可能性を検討することに合意した。

- ・水循環中の微量汚染物質
- ・エネルギー及び物質の回収を含む経済的、環境的に最適な下水道システム
- ・膜分離活性汚泥法を含む水の再利用
- ・流域管理

日本代表団

団長 那須 基

ドイツ代表団

団長 Dieter Fuhrmann



## 2. 会議の概要

### 2.1 開会

最初に、那須下水道技術開発官、フアマンプロジェクト次長、フラプロジェクトマネージャーから開会挨拶があり、これまでのワークショップの経緯及び意義、下水道技術及び事業の現状につき、発表がなされた。また、各委員より、それぞれの専門や業務等を含めて自己紹介が行われた。

### 2.2 セッション1「下水道システムと下水処理」

#### (1) ドイツにおける最新の下水処理

EUの下水指令（Wastewater Directive）では、COD、BOD及び栄養塩類につき放流水質の年平均値に対して排出基準が定められている。ドイツではこれに加え、対象となる処理場の規模を広げた上で、最大値（qualified peak sample）に対して規制が行われており、1万人当量以上の処理場ではTN、TPの基準が設定されている。

ドイツで主に用いられている窒素除去法は、循環式硝化脱窒法や高度処理オキシデーションディッチ法である。高度処理オキシデーションディッチ法と生物学的りん除去法や返送汚泥りん除去との組み合わせが試みられており、基準を満たす結果が得られている。

また、流域統合管理の考え方が広まってきている。最近では、都市部の流域において、既存の処理場の能力を最大限活用できるように最適化してCSOを可能な限り処理場で処理することにより、下水道システム全体での排出負荷量の削減に向けた試みを指向している。そのための一例として、降雨・流出予測モデル、活性汚泥モデルによる処理場運転手法が検討されている。

下水処理に関する技術動向としては、膜処理技術の導入が挙げられ、最近は大規模な処理場への導入も進んでいる。また、返流水負荷の削減のためのアンモニア除去法（deammonification）やりん回収のためのMAP生成除去等の研究が進んでいる。汚泥からのエネルギー回収や肥料減量化についてはさらに検討が必要である。

#### 【討議概要】

日本側より、ドイツで研究されているアンモニア除去法とanammox法との違い、また実際の適用にあたっての馴致方法について質問があった。研究されているアンモニア除去法は生物膜法であり、汚泥日令で制御するanammox法とは異なること、そして、馴致については重要な研究課題であるとの回答があった。また、ドイツ側より、汚泥の緑農地利用に関し、栄養塩類、化学物質による地下水汚染を考慮すべきとの指摘がなされた。

#### (2) 下水道ビジョン2100

21世紀になり、さまざまな変化が押し寄せて来ている。気候変動や原油価格の高騰、頻発する洪水と渇水、ヒートアイランド、出生率の低下など自然の変化と社会的な変化が同時に起こり、下水道を取り巻く背景が変化するとともに、下水道そのものが役割を変化させなければならなくなった。このため、政府は今後100年間を見つめて、下水道を静脈系の施設から、動脈系の役割を含む施設へとその役割を転換させ、従来の下水道ではなく「循環のみち」として新たに再定義を行った。循環のみちを実現するために、①「水のみち」の創出、②「資源のみち」の創出、③「施設再生」の実現を図ることとした。水のみちを実現するため、①雨水・再生水・湧水の100%活用、②活用の視点からの施設配置、③活用に繋がる施設構造を実現し、資源のみちを実現するための施策展開上の考え方として①処理場のエネルギー100%自立、②新エネルギー等活用のトップランナーとなる、③地域へのエネルギー・資源の積極供給

を行うなどの政策を実施することになる。また施設再生では、①「発生対応型」から「予防保全型」へ転換を図り、②社会ニーズに対応した機能の高度化をはかり、③計画の一体化による事業マネジメントをおこなうことになる。

#### 【討議概要】

サテライト処理場からの処理水の再利用水の供給は具体的にはどのようなところを考えているのかという質問があり、トイレの洗浄水、都市内のせせらぎの回復などであるとの回答がなされた。さらに、ごみや木屑などと汚泥を混合してエネルギーを得る方法は、どのような手法によるのか、焼却による発電か、それとも消化によりバイオマスガスを得る方法かという質問に対しては、両方あるが、土木研究所では、爆砕処理を行い、セルロースを砕き、消化しやすくする方法を研究しており、後ほど日本側の委員である尾崎委員より、この詳しい説明を行う予定であるとの回答がなされた。

#### (3) ヴッパー水組合における下水処理場の運転管理システムとエネルギー管理システムの開発

ヴッパー水組合は、ヴッパー川流域の河川、上水及び下水道施設の管理組合である。ヴッパー水組合は、集中情報処理システムの更新のためのプロジェクトに 2004 年から着手しており、2007 年の完成を目指している。新システムは、下水処理場、管渠、雨水調整池、水質及び管理運営に関するデータを総合的に同時処理する管理システムの構築を目指しており、多くの職員が容易に接続、利用できるシステムである。また、運用に当たっては、管理に必要なデータ分析ができ、管理レポート作成機能も併せ持たせている。プロジェクトは 3 段階に分けて進められており、2006 年 9 月現在、現状分析、システム仕様の決定、予算提案書の入手、入札、契約までの第 2 段階まで進んでいる。報告書については、月報、季報、年報作成機能を持たせ、水、汚泥処理の管理データ、労働時間管理、営業的データなどの情報も取り込むことにしている。ヴッパー水組合は、ドイツ全国のベンチマーキングプロジェクトにも参画し、他の管理会社と共に下水処理場のベンチマーク管理手法の開発を行っている。理想的管理指標に対して、実際との乖離部分をデータファイリング、評価システムと縮小化するための Plan、Do、See サイクルによって最適化管理を目指す。

一方、ヴッパー水組合は、エネルギー管理システムの開発も行っている。処理場等で使用する電力は、水力発電等の自家発電電力以外の電力を電力会社に頼っている。昨今の燃料市況が悪化する中で、電力自由化によるシステムを利用して、安価な電力の調達はもちろん、電力会社の送電網を借り受け、水力及び焼却による自家発電電力を自社の他の施設へ送電し、自家消費する道も検討している。同時に、現在の電力料金削減のため、電力のピークカットを行うことで「電力消費時間 (Duration of use)」を引き上げる手法などを取り入れている。また、二酸化炭素削減を目指して、太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギーの導入も計画している。

#### 【討議概要】

電力のピークカットの方法はどんな方法をとっているかとの質問がなされ、「リスク」な手法であるが、可能な限りポンプ運転などを一時的に停止するなどの方法をとっているとの回答がなされた。

#### (4) 流域における効率的な汚濁負荷削減のための経済的実施策～排水賦課金と水質取引の比較～

2005 年、日本では下水道法が改正され、閉鎖性水域の富栄養化による水質汚濁を防止する目的で、下水処理場排出水中の窒素、りん含有量について、移転可能な削減目標量という概念が導入された。このような制度の導入によって、米国の幾つかの流域で成功を収めつつある水質取引制度と同様の効果が期待されている。一方、ドイツをはじめとする欧州諸国では、排水課徴金とこれを原資とする補助金という経済的手法（排水課徴金／補助金制度）が広く導入・定着している。

簡単な数学的モデルによって、効率性、衡平性、地域条件の反映という観点から、両者の制度の持つ特徴について理論的な比較論考が行われた。予め汚濁負荷量の削減目標が与えられた場合、水質取引制

度と排水課徴金／補助金制度は、与えられた目標を達成するにあたって、流域全体としての効率性を最大化する、即ち流域全体のコストの総和を最小化するという点において、等価であることが示される。汚濁負荷削減の目標量が所与の場合には、水質取引では、その目標量にあわせて排出負荷の許容量を設定すればよいので、容易に制度設計を行うことが可能であるのに対して、排水課徴金／補助金制度では、目標量から課徴金の税率と補助率を決めることが容易でないという問題がある。他方において、それぞれの下水処理場の負担について衡平が保ち易い点や、地域ごとの細かな条件が反映されやすいという点では、排水課徴金／補助金制度の方が水質取引制度より優れていると考えられる。

#### 【討議概要】

ドイツ側から、排水課徴金制度では、当初予定されていたより負荷量が少ない場合には、課徴金の払い戻しをすることができ、そのことが良好な処理水質を保とうとするインセンティブになっているという紹介があった。

さらに、ドイツ側から、ドイツで採用されている排水課徴金／補助金制度では、補助金の使途等について政府の役割が大きいものに対して、水質取引制度では政府の役割が小さいという指摘があった。これに対して、発表者からは、近年の日本においては、一般に政府が多くのことを引き受けるという考え方が国民に受け入れられにくい状況にある旨の説明があった。これに関連して、ドイツ側から、排水課徴金を原資とする補助金は、例えば活性炭処理や膜分離活性汚泥法の普及促進においては重要であるとの紹介があった。

水質取引制度では、流域全体として最も効率的な方法が見出されるのかとのドイツ側からの質問に対して、発表者からは、理論的にはそのとおりであるが、完全自由取引ではホットスポットと呼ぶ局地的な汚濁発生への恐れがあるため、法改正においては流総計画の枠組みのなかで運用する仕組みとされたものであるとの説明が行われた。

ドイツ側から、水質取引における、ノンポイント汚濁源や下水道を通じての間接的な汚濁排出者の扱いについて質問があった。発表者から、日本では下水処理場のみが取引に参加できるが、米国ではノンポイント汚濁発生者も取引に参加できるスキームを構築している例があること、また、下水道法の規定によれば、理論的には、下水道使用料制度を適切に設計することによって、間接的な汚濁排出者にも負荷削減の経済的インセンティブを与え得るとの回答が行われた。

#### (5) ヨーロッパにおける膜分離活性汚泥法（MBR）の設計と運転

MBR の特性を既往の活性汚泥法と比較しながら整理し、ドイツでの普及状況、その背景につき発表された。MBR は、処理水質は SS でゼロであり生物学的水質としても水浴可能なものとなっている等のメリットを有するが、エネルギー消費量が多いというデメリットもある。現在のところドイツ国内の公共下水道に関しては 12 処理場で MBR が運転されており、4 処理場にて建設又は設計中である。一方、産業排水の処理施設については、繊維工業等でより多くの適用があり、水の再利用と関連して導入されるのが典型的である。

また、ヨーロッパの処理場における MBR の設計及び運転等についてアンケート調査が実施され情報がとりまとめられた。17 処理場のデータが得られ、処理水量規模、前処理の有無や滞留時間等の運転条件が整理され現況が明らかとなった。

最後に、生物学のプロセス、膜、処理効率及び全体プロセス毎に調査トピックが整理され、技術開発の進展によるコスト低減の傾向及び展望が示された。

#### (6) 日本における下水処理への MBR 導入

日本においても最近、膜分離活性汚泥法の都市下水処理への適用が開始され、現時点で 4 箇所の膜分離活性汚泥法施設が稼動中であり、さらに建設中及び計画中の施設は 10 か所程度にのぼっている。日

本における膜分離活性汚泥法の設計にあたっては、現在のところ、小規模施設への適用が中心と考え、流量調整槽を設けている。本論文においては、日本の膜分離活性汚泥法の設計の考え方を紹介した。

また、膜分離活性汚泥法に関する日本下水道事業団の最近の研究成果を紹介した。まず、臭気発生は、標準活性汚泥法よりもかなり少ないことが明らかになった。また、ウイルス除去性能に関しては、膜分離活性汚泥法は非常に良好な除去性能を示し、好気時間が長いほど活性汚泥中のノロウイルスは減少傾向がみられた。汚泥発生量は、SRT と良好な相関が見られ、SRT が長いほど、汚泥発生量は減少した。

膜分離活性汚泥法の大規模施設への適用方法として開発した膜分離ステップ流入多段硝化脱窒法について、その窒素・りん除去特性及び省面積効果について説明した。

#### 【討議概要】

「(5) ヨーロッパにおける膜分離活性汚泥法 (MBR) の設計と操作」とあわせて質疑応答が行われた。

洗浄用空気量については、膜モジュールによってどのような特徴があるかという質問に対して、平膜の方が空気量は大きい傾向があるようだという回答がなされた。「コストは他の処理法に比較して大きいのではないか。特に膜交換費が大きいと思うがどうか。」との質問に対しては、「技術開発によりコストは大きく削減されてきている。膜の寿命は5~7年としているのが一般的であるが、膜メーカーが10年保証をしている場合もある。」との回答がなされた。また、紹介されたセラミックスモジュールで、活性汚泥のろ過は可能なのかとの質問に対し、「小型プラントによる実験では、良好な成果が得られた。これから、パイロットプラントによる実証実験を開始する予定である。」との回答がなされた。さらに、「膜洗浄頻度と薬品量は、洗浄により活性汚泥に影響はないのか。」との質問には、「福崎では、薬品洗浄は年1回だけであった。活性汚泥への影響は特に見られていない。ドイツの施設におけるメインテナンスクリーニングの頻度については、発表のペーパー中の表にまとめてあるので参照されたい。」と回答された。

#### (7) ベルリンにおける下水の集中管理システム

##### ○ ベルリン市及びベルリン水道事業体の概要

ベルリン市の面積：889km<sup>2</sup>、人口：339万人

ベルリン市外周辺地域にサービスを提供している人口：水道 94,000人、下水道 51万人

ベルリン水道事業体の職員：5,210人、運転管理部門は1,900人

下水道関連 管渠延長：9,330km、うち80%が分流式、20%が合流式

圧送管が1,109km

雨水貯留池：22、ポンプ場：147、

処理場：6、処理能力：平均 65.3 万m<sup>3</sup>/日、最大 121.3 万m<sup>3</sup>/日

ベルリン水道事業体は市 (50.1%) と民間 (49.9%、Veolia と RWE) の共同企業体。基本となる3つの方針は、経済性、環境への配慮、社会の安全確保である。会社のトップは市から派遣され、今のトップは市の議員で経済が専門の人なので経済性を重視している。

##### ○ 下水道施設の特徴

下水道施設の特徴として、5か所の処理場はベルリン市域外の周辺部に立地していて、遮集下水の大部分はポンプ圧送によりそれらの処理場に送水されている。また、主要ポンプ場のうち、地理的に可能なポンプ場は、2か所の処理場に送水できるようになっていて、局所集中的な雨天時の増水時に余裕のある処理場にも送水することで未処理下水の放流を減らしたり、工事・維持管理に伴う一時的な送水ルートの変更や処理場間の水量配分の変更に対応したりするなど、状況に応じて下水の送水を柔軟に運用できるようにしている。

##### ○ これまでのポンプ場の運転自動化の取り組み

西部ベルリンでは、1960年代にポンプ場更新計画が立てられた。その内容は、当時手動で運転されて

いた 55 の施設を自動化し、主要ポンプ場で集中制御するものである。1999 年の Wilmersdorf ポンプ場の更新完成により、この計画は完了し、有人の 7 か所の主要ポンプ場で集中制御が始まった。

一方、東部ベルリンのポンプ場は構造面でも技術面でもかなりひどい状態であり、運転は主に手動で行われていた。西部ベルリンと異なり更新を終えた施設はわずかであった。

ポンプ場で働く職員の経費を削減するために、いくつかのポンプ場では既存の施設や設備のままでの遠隔制御等の自動化が進められたが、トラブルが増加するリスクを覚悟した上での実施であった。東部ベルリンの主要ポンプ場の自動化は 2000 年の Mitte ポンプ場の更新で完了したが、7 か所は現在でも手動運転で、更新時に変更予定である。職員の年齢構成から今後退職者をいかに補充していくかという問題もあった。

#### ○ 中央集中制御システムの構築

従来、146 のポンプ場は、13 の有人の主要ポンプ場で集中制御されていたが、主要ポンプ場の間でポンプ運転の情報を共有する仕組みはなく、有機的に連携した運転はされていなかった。

2001 年 10 月にポンプ場と処理場の運転管理の監視制御システムの構築を行う計画が決定された。目的は、エネルギーの節約、人件費の節減、雨天時放流量の削減などである。ただし当面はポンプ場のみを集中制御化して、各処理場の処理能力に応じてポンプ場を遠隔制御するという基本方針で取り組んでいる。計画では、146 のポンプ場のうち、晴天時送水量が 6,000m<sup>3</sup>/日又は最大送水量 0.1m<sup>3</sup>/秒以上の 44 のポンプ場の能力増強と高度自動化（水位制御→水位・流量制御+運転支援システム（シミュレーションシステム・予測システム）+ポンプ運転情報システム）、13 の有人主要ポンプ場の完全自動化（無人化）及び 1 か所の中央制御センターからの遠隔制御の実施などが盛り込まれている。2006 年 5 月からは 13 の主要ポンプ場のうち 8 か所が中央制御センターとつながるようになった。将来的には中央制御センターにすべてのポンプ運転情報を集めて集中的に制御を行う予定である。

#### ○ 雨水対策料金

舗装された土地の所有者から雨水対策の料金を 2000 年から徴収している。料金は舗装された土地 1m<sup>2</sup>あたり年間 1.4EUR（210 円）である。芝生などの浸透地は対象外で、屋根の雨を貯留して利用している場合は半額免除となる。道路管理者も当然同じ率で負担している。雨水対策（浸水対策、CSO 対策、雨天時増水分の処理など）について、初期投資は市が行ったが、維持管理と更新・追加の投資は会社の負担となるため、その費用に充当するためである。

因みに、ドイツの他の都市でも雨水関連の料金を徴収しているところが多いそうである。

#### 【討議概要】

「ベルリンには多くの湖があり、水浴その他のレクリエーションに利用されているが、湖への CSO の流入対策として、どのような対策を検討しているのか」という質問がなされ、吐き口を変更する計画や CSO を土壌で処理する計画があるという回答がなされた。

#### (8) 既存処理場を活用したステップ流入 2 段硝化脱窒法による高度処理施設への改築更新

京都市鳥羽水環境保全センターの既存二次処理施設反応槽の更新にあわせて、ステップ流入 2 段硝化脱窒法による高度処理化を図った。その結果、処理能力あたりの建設費は標準法に比較して 64%程度高くなり、また単位下水量あたりの消費電力量は 60%程度高いが、概ね理論値とおりの 70%の窒素除去率を得ることができた。維持管理コストを低減するため、例えば反応槽内に設置した攪拌機の間欠運転や、インレットヴェーン付きのブロワを導入するなどの対策を取っている。京都市では今後とも計画的に高度処理の導入を進めるとともに、高度処理施設の経済的な運転管理のために調査・研究を重ねてゆく予定である。

#### 【討議概要】

A<sub>2</sub>O 処理も行っているようであるが、なぜそのデータとの比較をしなかったのかという質問がなされ、

鳥羽水環境保全センターには流入渠が2つあり、 $A_2O$ を導入した系列とステップ法を導入した系列では水質の異なる別の流入渠の下水を処理しているため比較しなかったという回答がなされた。反応槽のMLSSが低いようであるがなぜかという質問に対しては、「低くしているわけではなく、流入下水の汚濁負荷が低いため、高くないのである。以前にMLSSを高くしようとしたことがあるが、SRTが長くなりすぎて透視度が悪くなったことがある。」との回答がなされた。また、流入下水の水質濃度が低いのはなぜかとの質問があり、完全に分かっているわけではないが、不明水の浸入が原因と考えられると回答された。

## 2.3 セッション2「汚泥処理と再利用」

### (9) 下水処理場における腐敗槽汚泥の処理

#### ○ プロジェクトの目的

Prack コンサルタントは環境分野のコンサルタントで、ドイツ国内のほか、ナミビア、ポーランド、タイなどでも業務を行っている。

発表するプロジェクトは1998～2001年に行われたもので、腐敗槽などからの尿尿系汚泥を下水処理場で下水と混合処理することによりコスト縮減を図るものである。背景は、下水道区域外で使用されている腐敗槽から出る汚泥の効率的な処理と、東ドイツで最近建設されたが需要が伸びず能力に余裕のある下水処理場の活用であり、腐敗槽汚泥を余裕のある下水処理場で処理する方式を確立することでコスト縮減を図ることが目的である。

#### ○ ドイツにおける下水道の現状（1998年時点のデータ）

旧の西ドイツ	人口 6600 万人	下水道への接続率 93.5%
東ドイツ	1600 万人	70.0%

旧東ドイツでは500万人が下水道に接続できない状況であり、その500万人のうち85%は腐敗槽を利用している。下水道への接続は少しずつながら増えているが、当分の間、腐敗槽の汚泥の処理は重要な課題である。

#### ○ 腐敗槽及びその汚泥

対象汚泥は3種類、Septic tankからの汚泥、Cesspoolからの汚泥、汚泥処理を持たない小規模下水処理場の汚泥である。（注：タイトルのSeptic tankと3つに分けたときに用いられているSeptic tankとが同じものを指すのか、前者が広義で後者が狭義なのかは不明）

Cesspool（貯留型）は、貯留＋沈殿＋放流を行う。槽からは浸透できない構造。

Septic tank（浸透型）は、槽の下部から浸透できる構造。

対象汚水は尿尿と雑排水。腐敗槽の85%は貯留型、その容量は1か月分の汚水量、80L/日・人、4人/戸で、概ね10m<sup>3</sup>。

1998年時点での腐敗槽汚泥の処理は、75%が下水処理場搬入、農業利用11%、コンポスト4%、埋立2%であった。

#### ○ 下水処理場での腐敗槽汚泥の受け入れ基準

ドイツ下水道協会基準では、下水処理場での尿尿系汚泥混合処理の受け入れ基準は、設計処理能力が1万人当量以上の処理場で、十分余裕があり、尿尿系汚泥投入量が当該処理場の処理能力1万人当量あたり20m<sup>3</sup>以下かつ当該処理場の流入下水量の5%以下であることとなっている。

尿尿系汚泥の性状      BOD 2,500mg/L (500～5,000)、COD 6,000mg/L (1,000～15,000)  
(ドイツ下水道協会参考値)      NH<sub>4</sub>-N 300mg/L (100～500)、T-P 150mg/L (50～400)

下水処理場への尿尿系汚泥の投入限界を調べるため、コンテナ型実験装置を用いて下水と汚泥を生物反応槽に投入する実験を1999～2001年に行った結果、下水量の50%の尿尿系汚泥を投入しても処理水

水質基準を満足できることがわかった。

人口密度の低い地域での排水処理について、腐敗槽＋汚泥の下水処理場での処理、小規模（地域）下水道への接続、大規模下水道への接続という3つの組み合わせを比較したところ、腐敗槽＋汚泥の下水処理場での処理という組み合わせが最も経済的であることが判明した。

#### 【討議概要】

「日本では下水処理場での尿尿受け入れは5%が限度との実験結果がある。また処理水の色度の問題があった。そのような色度の問題は起こらなかったか。」との質問がなされ、「尿尿系汚泥の量が多いときは再処理が必要な場合もあったが、色度の問題はなかった。尿尿系汚泥の性状は非常にばらつくが、それらの性状を詳しく調査するようなことはあまりないので、性状を十分調査すれば尿尿系汚泥の投入量が増加できることが判明するであろう。」との回答がなされた。尿尿系汚泥を下水処理場の消化槽で受け入れることは検討していないのかという質問に対しては、消化槽への投入はやっておらず今後の研究テーマと思うとの回答があった。また、腐敗槽の建設に市から補助はでないのかという質問には、生活排水の適正な処理は市の責務となっているが、財政面の事情もあり市の補助を得るのは難しいようだとの回答された。

#### (10) 北九州市における汚泥の有効利用

本市は、浄化センターから発生する下水汚泥の最終処分をごみとの混焼とセメントの原料化による二つの方法によって有効利用を図っている。北九州市には、ごみ焼却工場が3か所存在するが、日明浄化センターに隣接する日明工場から発生する蒸気を利用して、北九州市の下水汚泥の半分を乾燥汚泥（含水率40%）としている（乾燥施設稼働は、平成11年）。その乾燥汚泥は、日明工場と皇后崎工場でごみと混焼し、蒸気及び電力に生まれ変わる。蒸気は乾燥汚泥の熱源に、電力は、浄化センターの稼働電力となっている。こうすることでバイオマスのエネルギー循環を達成している。また、平成9年から、全国に先駆けてセメント原料化しており、いずれの方法も国内最大規模を誇っている。一方、本市は、平成16年に「世界の環境首都」実現のためのグランドデザインを発表し、その中で地域の環境負荷低減を掲げている。このため、地球温暖化対策としての二酸化炭素削減に向けて、汚泥の燃料化の実証試験等を実施するなど、新たな汚泥有効活用の検討を始めている。

#### 【討議概要】

次世代の汚泥処理方式を検討しているとのことだが、その主目的は何かという質問がなされ、主目的は汚泥処理経費の削減であるという回答がなされた。また、「太陽光発電設備を導入して、汚泥処理の電力として使用するようなことは考えてないか。また、その投資効果の試算はしてないか。」という質問に対しては、浄化センターにおいて太陽光発電設備の導入は考えてないが、風力発電設備導入に向けて風況観測を行っているという回答がなされた。

#### (11) 下水汚泥の油温減圧式乾燥技術に関する性能評価研究

福岡県では、下水道事業の進展に伴う下水汚泥発生量の増加に対し、それらの安定的な処理処分および地球環境の保全を目的とした下水汚泥の有効利用技術について検討し、「油温減圧式乾燥技術」に注目した。そこで、下水道新技術推進機構と共に本技術について共同研究を実施した。

共同研究の内容は、平成8年度に実用化研究をおこない、実設備の設計諸元を設定した。また、平成14年度に実設備を建設し、平成15年度に実設備を用いた性能評価研究として実証運転調査を実施した。

今回のワークショップでは、1) 本技術の概要、2) 本研究の最終ステップである性能評価研究の結果、3) 本技術の社会的な意義（可能性）について発表した。

本技術は、脱水汚泥を廃食用油と混合し、減圧加熱することで汚泥を短時間で乾燥・減容化することを目的として開発された技術であり、下水汚泥を負圧環境下で加熱し、含水率約3.0%の乾燥汚泥を製

造する。また、乾燥汚泥は廃食用油を含むことから発熱量が高く、セメント製造における助燃材や石炭などの代替燃料として有効利用が期待できることを報告した。性能評価の結果については、各乾燥性能値を満足し、経済性（イニシャル＋ランニングコスト）は埋め立て処分と同等以下、温室効果ガスの削減効果に有効であることを発表した。最後に、本技術で製造した乾燥汚泥の石炭火力発電所におけるサーマルリサイクルの実施例を紹介し、本技術の社会的な意義や今後の可能性について発表した。

#### 【討議概要】

ドイツ側から、下水汚泥を減容化するだけでなく、減容化後の汚泥の利活用を配慮し、廃棄物である廃食用油を用いて下水汚泥の価値を高めていることについて賞賛のコメントがあった。また、廃食用油の価格、必要品質について質問があった。

日本側から、価格については、実績値を示したうえで、維持管理費に影響のない範囲であるとの回答が行われた。また、品質については、外食産業から収集される廃食用油であれば受け入れ時には問題のないことが報告され、循環利用される油については酸化値を管理しているとの説明が行われた。

#### (12) 下水処理場を核とした地域バイオマスの利用

下水道の資産である処理場を活用した地域バイオマス利用について検討を行った。地域バイオマスとして、公共事業由来の有機質廃材に着目し、モデル地区において正確なバイオマス発生量、種類などの調査に取り組んでいる。

次に、草木系の有機質廃材と下水汚泥の利活用を推進するため、両者の特性を活かした効果的な資源化技術の開発を行った。その結果、草木に蒸気加圧爆砕法を施したもの（以下、「爆砕木質」という。）と下水汚泥との混合嫌気性消化は実用可能と判断され、バイオガス生産に大きく寄与できることが示された。また、発酵残渣に関しては、緑農地利用に資するための液体コンポスト化法を開発した。

最後に、バイオガス供給可能量の推定を行い、天然ガス自動車の燃料として利用する技術を紹介した。処理の効率化、全汚泥で消化を実施した場合、余剰消化ガス発生量はそれぞれ約 2.5 億 m<sup>3</sup>、約 3 億 m<sup>3</sup> と推定された。現在は、バイオガスを精製したものが「天然ガス」と同等であることを個別に検査する必要があるが、精製システムを基準化することで、バイオガス自動車の導入が容易になるものと考えられる。

#### 【討議概要】

「爆砕時の温度と圧力を教えてほしい。また、爆砕により、非分解性の成分を含む液体が生じると思うが、問題は発生しなかったか。」という質問がなされ、「実験的な取組みのため、正確な温度は把握していない。液体については（メタン化で消費されると思うが）水処理で対応が可能と考える。」という回答がなされた。「液体コンポストは加温プロセスか。また、酸素はどのように添加したのか。」との質問に対しては、「2Lの加圧容器を使用した実験。また、35℃で良好な反応であり、加温としては高いものではないと考えている。」と回答がなされた。爆砕木質を用いる場合、皮を混合するかどうかで大きな違いがあると思うがどうかとの質問がなされ、爆砕の原料としてチップ材を使用しており、検討を行っていないとの回答がなされた。また、爆砕木質を用いて得られるバイオガスにより、全体のエネルギーバランスは取れるのかと質問され、計算例は示していないが、このシステムでエネルギー回収ができるものと考えていると回答された。最後に、爆砕は実スケールであれば、高価になるのではないかとのコメントに対しては、これから実スケールの建設を目指しているが、高価なものになるとは考えていないと回答され、オリジナルには木質をセルロースまで分解するものであり、そこがポイントであるとのコメントがなされた。

## 2.4 セッション3「水処理と分散処理システム」

#### (13) 下水処理水の再利用



発展途上国で衛生施設の普及させる一方で、環境に優しい方法で食料の増産を目指すために、今後下水の農業利用をますます推進させる必要がある。イスラエルやアルジェリアにおける下水処理水の灌漑利用などの実例のほか、今後期待される小規模集落排水処理及び有効利用方法のひとつとして、grey water、brown water、yellow water の分離処理が紹介された。この分離処理システムにおいては、各排水はそれぞれに適した方法で処理される。grey water については、MBR（膜分離活性汚泥法）により処理され、処理水は灌漑目的等に再利用される。brown water については、嫌気性処理プロセスにより、メタンガスと肥料が回収される。yellow water については、沈殿－ストリッピング－吸着法により、含有される窒素とリンが肥料として回収される。

#### 【討議概要】

ドイツにおける下水の再利用の状況はどのようなものかという質問がなされ、「現在は少ないが北部地域で灌漑に用いられている。その他、ゴルフコースへの散水や個別に再利用している箇所があるが、再利用水量やその割合については、把握されていない。」という回答がなされた。yellow water は直接に利用できるのに、なぜ処理するのかという質問に対しては、中に化学物質などが含まれているためであるという回答がなされた。また、分離処理を推奨しているが、収集するのは容易なのかとの質問がなされ、「大規模な集合処理ではなく、管渠が短いので容易である。また、真空で収集するため問題ない。」との回答があった。最後に、「yellow water と grey water を分離する建物がドイツにできるらしいが。」との質問には、フランクフルト政府機関の建物に導入を計画していると回答された。最後に、「分離処理システムの運営は誰が行なうのか。また、コストについては。」との質問があり、「運営は自治体が行なう。コストは水道料金の 1/2 程度と考える。エネルギーの 1/2 は嫌気性消化で賄える。」との回答があった。

#### (14) 日本における再生水利用の現状と下水処理水の再利用水質基準等マニュアルの策定

下水処理水は、都市内における貴重な水資源として、今後もますますその再利用が重要になっていくことが予想され、それに伴い下水処理水の適切な再利用がより一層重要なものとなっている。このため、国土交通省は、下水処理水再利用に関わる水質基準等に関する委員会を設置した。委員会では、水洗用水、散水用水、修景用水（人間が触れることを前提としない環境用水）、親水用水（人間が触れることを前提としている環境用水）の 4 用途を対象に、①利用者の衛生学的安全性の確保、②再生水利用施設における美観・快適性確保、③下水処理水再利用システムの施設機能障害防止、の 3 つの観点を踏まえた再利用に関する新たな技術上の基準の策定を行うとともに、再利用にあたり必要となる考慮事項をとりまとめた。国土交通省では、委員会においてとりまとめられた成果を「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」として公表した。本マニュアルでは、従来の再生水の指針・マニュアルで定められている大腸菌群に代え、大腸菌（100mL あたり不検出）が新たな基準として設定（修景用水を除く）されるとともに、施設基準が新たに規定され、施設が適切に機能していることを担保する指標として濁度が規定された。また、下水処理水再利用実施にあたっての考慮事項として、残留塩素管理対策、誤接合防止対策、誤飲防止対策等が定められる等、衛生学的安全性の強化が図られた。

#### 【討議概要】

ドイツ側より、衛生学的安全性の検討状況について質問があり、ウイルス等検討途上にあるとの回答がなされた。

#### (15) 急速に成長する都市域での半集中型の水システム

世界中の大都市の急激な発展はインフラ（社会基盤）整備につながる。それらのインフラにおいて、給水に関する問題と公衆衛生を維持するシステムの重要性に関して従来の集中型の水システムでは大都市の急速な成長と給水及び公衆衛生の維持に関する需給バランスがとれていない（発展にシステムが

追いついていない) と、いくつかの途上国の例を挙げて説明があった。そのような課題を解決するシステムとして、大都市をある程度の区域に分割する半集中型の水システムの開発について発表があった。

半集中型の水システムの利点として、1) 管渠及び下水道システムがコンパクト、2) 再利用のために水及び栄養塩類の循環が容易、3) 産業排水と生活廃水の分離が容易、4) システムの拡大、最適化が容易、等が挙げられる。具体的な期待としては、給水の面では、灌漑用水や道路清掃やトイレ用水には雨水等を用いるなど、用途にあった質の水をフレキシブルに給水することにより、地盤沈下及び塩水遡上の原因と言われる地下水の使用を低く抑えることができるとのことであった。排水処理の点では、比較的処理の容易な grey water と不純物を含む black water のラインを分けて、grey water は簡易処理して再循環させる等、処理の効率化が図れる。廃棄物処理の点では、嫌気性消化残渣に対し、嫌気性消化+乳酸発酵の最適化を有効と考え、実証中とのことであった。

本システム開発の現状は、処理人口 5 万~10 万人規模が妥当と考えて研究を進めている。何よりも、都市の急速な発展にリンクしたインフラ整備の実現を目指して研究を進めていきたいとのことであった。

#### 【討議概要】

3 月にメキシコシティで行われた第 4 回世界水フォーラムの分科会で、ドイツ側から尿尿分離システムのビルのお話を聞いたという日本側からの話題提供に対して、それはフランクフルトの政府庁舎で計画されているプロジェクトであると回答された。スイスでも同様のビルが建設され、医薬品等の微量化学物質の挙動が調査された。化学物質は尿側に分離されるはずであったが、実際には尿側にも相当量存在することが確認された。

発展途上国における急速な都市人口の増加に伴って発生するスラム地域の衛生問題に対して、半集中型の水システムは対応できるかとの日本側からの質問に対して、このシステムは、先進開発国を念頭においたもので発展途上国には高価すぎるとの答えであった。ただし、低開発国における低所得の人口密集地域では、地区毎に「水の家」を設置し、シャワーやトイレや洗濯に供するという考え方がある。高所得地域でも、海水淡水化によって水供給が行われているような乾燥地帯では、grey water の再利用が有効な方法である。

#### (16) バイオガス、アンモニア、りんのリサイクルを伴う半分散処理による都市排水管理

ドイツにおける従来下水道システムは合流であり、雨水と生活排水が埋設された下水管を用いて終末下水処理場に集約され、生物処理等が行われている。ただし、放流水にはマイクロ汚染物質の流出が検出される例もある。また、年間の総降水量に変化はないが、地球温暖化に伴う気候変化による局所的な集中豪雨が観測されており、雨水氾濫の危険性を含んでいるとの報告があり、それらの課題を解決することを目的としたプロジェクト「DEUS21」について発表があった。本プロジェクトは、都市開発地域における準分散型の水と排水のマネジメントを主眼におき、下水管を用いた自然流下による下水の収集に代わり、真空管を用いた収集システムを用いている。また、比較的水質のよい雨水を生活排水と分けて貯留し、灌漑用水等に再利用することによって負荷変動の平滑化をはかり、雨水氾濫の未然防止と収集システムの最適化を目指している。

本システムは、処理人口 100~10,000 人程度の規模をターゲットとしている。

ドイツ連邦教育研究省の支援を受けてフォルトツハイム近郊の Knittlingen という小さな町で稼働している真空下水処理システムの施設及び運転状況について発表された。

#### 【討議概要】

下水処理水の再利用状況についての日本側からの質問に対して、ドイツでは以前から処理水の灌漑利用が行われてきたことが紹介された。かつては機械的な処理のみが行われた下水が使われていたが、現在では活性汚泥処理された下水が利用されている。冬場は硝化・脱窒処理が行われるが、夏場は行われ

ない。ゴルフ場で利用されている例もある。

小規模なリサイクルシステムの維持管理責任者に関する質問に対して、地方自治体の水道、地下水、流出雨水の水質担当責任者が兼ねている旨の回答があった。

日本側からリサイクルシステムの経済性について質問したところ、経済性についての評価はまだ十分に行われていないとの回答であった。ただし、アンモニアの抽出はハーバー・ボッシュ法よりエネルギーコストが小さく、嫌気性処理プロセスからエネルギー回収が期待できる。

準集合処理では、施設の維持管理人員が増えるのではないかという日本側からの疑問に対しては、技術的支援の人員は必要であるが、維持管理人員は必要ないこと、発展途上国においても大学の協力や IT を活用することによって、維持管理人員の増加は避けられるとの回答があった。日本側からは、コミュニティの協力が重要であるとのコメントが行われた。

発展途上国に対する援助の国別優先付けについての日本側からの質問に対して、ドイツ側から、これは教育研究省とは別の官庁（経済協力省）の所管であり、経済協力省は、新技術については理解がないが、技術協力で大きな役割を果たしている民間企業のなかには新しい方式に関心を持つものもあるとの回答があった。ブルガリアやルーマニアなどヨーロッパのなかにもインフラが十分に整備されていない国では、新しい技術に対する需要があると考えられる。

ドイツ側から、発展途上国については、窒素やリンの再利用のほかにエネルギーと維持管理の経済性が重要な課題であるとの指摘があった。

## 2.5 セッション4「水管理（雨水、浸透、管渠システム）」

### (17) 雨水貯留施設と管渠の清掃装置（ハイドロセルフ）

ドイツ国内を始めとして、ヨーロッパ、世界で 1,000 施設以上の HydroSelf が設置されている。その成功は、ダム開放に似たフラッシュ波を起こすフラッシュゲートに拠る。フラッシュゲートを素早く流出した波は、貯留池や下水管を 1 回のフラッシュで洗浄する。

特徴として、次の事項があげられる。洗浄力は 100m 以上、洗浄水は貯水槽に自動的に蓄えられ、管理が簡単。また、計画段階からの支援で安全に建設できる。タンクは矩形でも円形でも、大きくても小さくてもよい。

既に設計計画ができていても、多くの場合に設置が可能である。最も大切なことは、洗浄水が蓄えられることである。そのタンクの大きさと、最終的にフラッシュゲートの幅を決定する。大きな施設では、排水先の洗浄が一旦終わってから、次の洗浄が開始される。

#### 【討議概要】

乾燥時の臭気が問題になると思うが、洗浄水の水質は雨水と同じ程度かという質問がなされ、「下水管内は通常下水が流れているので、問題にならない。また、排水区域から流出がなくなった時点で洗浄は終わる。最大でも 2 日だが、その時点では貯水槽の臭気も問題にならない。」という回答がなされた。既存の貯留池に設置はできるかとの質問に対しては、80cm から 1m のスペースがあれば設置が可能との回答がなされた。また、貯留池の場合のガイドウォールの高さ、下水管の最小管径につき質問があり、「ガイドウォールの高さは 40～60cm 程度であり、堆積物の高さを考慮する。このフラッシュゲートは貯留池用だが、下水管用は現地調査のときに紹介する」と回答がなされた。オープニングゲートのメカニズムの詳細につき質問がなされ、「フロートの上昇がハイドロリックシリンダに伝達されフックが外れる。一つの列の洗浄が終わると、次の列のゲートが開き、順番に洗浄を行う。」と回答がなされた。最後に、洗浄水として下水も利用できるかとの質問がなされ、「小規模なものとして 400mm までの下水管に適用した事例がある。洗浄距離は 600～700m だが、1km まで伸ばすことを検討している。」との回答がなされた。

## (18) 下水道未普及地域の解消に向けたプロジェクト

### ○ 背景

日本には下水道で整備が計画されているながら整備の遅れで下水道を使えない人が2400万人存在する。国及び地方自治体の厳しい財政事情と、既に整備済みの施設の老朽化に伴う更新需要の増加などを踏まえて、下水道未普及の解消に向けて、従来の手法に頼るのではなく、計画から施工までのあらゆる面でコストの縮減及び工期の短縮をもたらす斬新なアイデアを実践するというプロジェクトを国が中心となって本年9月より実施している。

### ○ 未普及人口の分布

2004年度末時点で下水道が整備されている人口は全体の68%、浄化槽が整備済みもしくは整備予定という人口が13%であり、残りの19%が下水道で整備が計画されている下水道未普及人口である。都市の人口規模別に未普及人口を求めると1万人から100万人まで広く分布していることが分かる。

### ○ これまでのコスト縮減の取り組み

1997年から国をあげてコスト縮減の取り組みを進めており、下水道の分野でも管渠の道路埋設基準の見直しなどの成果が得られている。

具体的にK市の管渠埋設工事（開削工法）でここ10年間のコストの変化を試算したところ、2006年度の単価・基準等に基づく工事では1996年度と比べて40%コストが下がっていた。主な理由は管周りの埋戻しに用いる材料を砂から改良土に変更したことと道路路盤の復旧幅を狭くして掘削幅と同じにしたことなどである。さらに埋設深さを浅くすること及び小型マンホールを用いることなどの提案を実施できればコストはさらに20%引き下げることができる。

### ○ 下水道全体の整備コスト

一定期間の投資額と新規普及人口から求めた1人あたりの整備コストは1998年度から2002年度の平均として1人あたり98万円という値が得られている。1990年以降に着手して整備をほぼ完了している自治体の実績を基に整備コストを求めると、1人あたりの整備コスト（Y：万円/人）は1人あたりの管渠延長（X：m/人）と明確な相関があり、 $Y=10X+50$  という関係が得られる。

1m<sup>3</sup>あたり200円という使用料により資本費が半分回収できるという条件で整備コストを試算したところ、投資額に占める起債の割合が60%で、その利率が3%の場合、1人あたり64万円という値が得られた。

### ○ コスト縮減に向けたアイデア候補

国では本プロジェクトに関連して全国の公共団体及び関連団体に対してコスト縮減につながるアイデアの募集を行っている。これまでのアンケートで土木研究所でコスト縮減のための技術の候補として取り上げているものの中から、ベント管による伏せ越し、曲管、急勾配管渠について我が国での採用事例について紹介した。

## (19) SPREE2011～科学、芸術、経済と都市計画の成功に向けた連携～

Spree川流域には泥炭採掘跡が多く残り、溜まった水の流出が汚染源の一つになっている。ベルリン市内では多くの水辺があるが、高架水路を作り泳いで通勤できたり、川に飛び込みができたりすれば素晴らしいだろう。

また、合流管からの流出も汚染源となる。貯留池を建設して、内側を彩色すればきれいだが、コンクリートが高価になる。そのまま下水を放流すると問題なので、川にバケツを作ればよい。具体的には、雨水吐きの先にタンクを作ればよい。

タンクをたくさんつなげると、上部利用ができる。映画上映をしたり、飛び込み台にしたり、日焼けサロンにしたり、テント村にしたり、様々に利用できる。その収益で、随分と経済的に建設できる。川

沿いにたくさん建設すれば、いろいろな利用が可能となる。

#### 【討議概要】

タンクの貯留量はどのくらいになるのかという質問に対しては、延長 2km の区間から 8,000m<sup>3</sup>程度の雨水が流出するという試算があるという回答がなされた。具体的な検討状況につき質問がなされ、「パイロットプラントについて5人のエンジニアリング会社とフーバー社が経済面や技術面の検討を実施している。また、ハンブルグにおいて、合流区域の貯留池検討にも加わっているが、そこでは臭気は問題になっていない。」との回答がなされた。また、「タンクの材料は何か。コンクリートは高価だと思うが。」というコメントに対し、鉄骨とプラスチックを使ったコンテナを考えていると回答された。タンクは浮かんでいるのか、沈んでいるのかとの質問に対し、両方の可能性を検討しているとの回答があった。最後に、CSO が Spree 川の汚染源になっていると考えられるが、上流からの負荷も含めた流域管理は検討されているのかとの質問に対して、「汚染制御では E.coli の流出が課題になると思う。ビジョンを示すべきだと考えており、技術面での検討を進めたい。」との回答があった。

#### (20) 都市域からの雨天時流出汚濁負荷量の実態及び推定方法

我が国における市街地ノンポイント対策の制度及び現状につき概観され、対策推進のための計画の枠組み、技術資料及び財政プログラムは存在するが、対策は積極的には実施されていないことが指摘された。よりよい計画や関連調査のために、さらなる知見及び技術的進展が求められるべきである。

生物化学的酸素要求量等の伝統的な水質項目、重金属及び環境ホルモンを対象として、市街地からの流出汚濁負荷量につき現地調査が行われ、流出水の濃度は流出水量に対応して時系列的に大きな違いを示し、排水区毎にもその特性が表れることが分かった。また、一降雨あたり平均水質（EMC: Event Mean Concentration）は、どの水質項目についても環境基準又は予測無影響濃度（PNEC: Predicted No Effect Concentration）を上回り、受水域に無視できない影響がありうるということが分かった。

市街地からの流出汚濁負荷量の予測手法について現地調査データを用いて調査がなされ、降雨毎の降雨関連情報を組み込んだ重回帰分析の手法が、多くはないデータ数で信頼性の高い推定結果を産み出す可能性があることが分かり、現在さらなる調査が継続中である。

#### 【討議概要】

汚濁負荷量を推定するときに道路等の工種毎に分けないのかという質問がなされ、これに対して、確かに工種毎に汚濁負荷ポテンシャルは異なりそれを踏まえた推定手法もあるが、本推定手法は排水区の土地利用を包括的に捉え比較的少ないデータで推定できるというメリットがあるという回答がなされた。

## 2.6 セッション5「水環境と汚濁制御」

#### (21) 大阪市における総合的合流式下水道改善システム技術とその実施

大阪市では、市域の 97% が合流式下水道で整備されているため、合流式下水道改善手法、特に雨天時下水処理技術について、独自の調査や実験を行ってきた。そのなかで、雨天時活性汚泥法と凝集剤添加傾斜板沈殿法は、既存の処理施設を活用し、雨天時下水連続処理能力を効果的に増加させることのできる、低コストで、かつ、早期に導入可能な技術として、実用レベルの開発に成功した。

雨天時活性汚泥法は、雨天時に設計最大時間汚水量の 2 倍量を反応槽の後段区画に流入させることにより、従来の 3 倍の雨天時下水を活性汚泥処理するもので、実験結果から長時間の降雨時や高い流入負荷の条件でも安定して運転できることが確認されている。

凝集剤添加傾斜板沈殿法は、傾斜板ピッチ 100mm、傾斜板流速 0.5m/分以下、表面負荷率を 25m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・日として、既存最初沈殿池を傾斜板沈殿池に改造することにより、従来の設計最大日流量の約 5 倍の雨

天時下水の処理とするものである。

そして、大阪市では、合流式下水道からの放流負荷量を分流式下水道と同等以下に削減することを目標として、合流式下水道改善計画の改訂を行ったが、これらの技術を適用することにより従来の計画と比較して大幅なコスト縮減が見込まれるとの結果が得られた。

#### 【討議概要】

「ドイツでは雨天時下水の遮集量は晴天時下水の2倍で設計されているが、現在遮集量を増やすことが検討されており、この発表は参考になったが、雨天時活性汚泥法を導入するうえで何か問題は発生していないのか。」という質問がなされ、「現在、大阪市では各処理場に雨天時活性汚泥法を導入しているが、反応槽流出水を最終沈殿池に均等に分配するうえで工夫を要することがある。」という回答がなされた。日本では雨天時と晴天時で放流水質基準は異なるのかとの質問に対しては、「日本では雨天時は晴天時の放流水質基準は要求されない。しかし、雨天時活性汚泥法の処理水質は晴天時の通常の活性汚泥法での処理水質と比べてもほとんど遜色はない。」との回答があった。また、薬品を使うことで処理費用がかかるのではないかと質問がなされ、「傾斜板沈殿法ではPACを添加するが、傾斜板沈殿法を用いるのは流入下水量が晴天時下水の3倍以上の場合であり、年間の運転時間はそれほど長くない。また、傾斜板装置自体にはほとんど運転や保全の費用がかからない。」と回答された。

#### (22) 下水処理工程におけるエストロゲンの挙動と下水処理水の生物影響

流入水、処理水及び河川水のエストロゲン様活性の濃度レベル、下水処理場におけるエストロゲンの挙動、エアレーションタンクDO濃度とエストロゲン除去の関係、下水処理水の魚類に及ぼす影響について発表があった。

下水処理場ではその処理工程でエストロゲン様活性が約80%減少しているが、下水処理水として16ng/L-E2活性等量(中央値)の濃度で環境水中に放出されていること、また、この濃度は河川濃度(中央値)より2桁高い値であり、今後、河川に占める下水処理水の割合が高くなる場合には、エストロゲン様活性が上昇する可能性があるとの報告があった。

処理人口30,500人、処理能力20,400m<sup>3</sup>/日の標準活性汚泥法を採用している下水処理場においてエストロゲンの挙動調査を冬期と夏期に行ったところ、E2は両調査において高い除去率が確認された(冬期:70%、夏期:87%)のに対し、E1については処理工程が進むにつれ濃度が増加(冬期:740%増加、夏期:50%増加)し、その傾向は特に冬期に顕著であった。夏期は、硝化が進行するSRT、DO濃度で運転が行われていたが、冬期には、硝化抑制のため、曝気量を制限する運転が行われており、このような運転条件がエストロゲンの処理に影響したのではないかと説明があった。

MLDOを制御した回分試験を行い、MLDOが低い段階ではE1の変化が見られないがMLDOが3mg/L程度に達した時点で急激に減少することを確認し、E1の減少速度は溶存酸素濃度に大きく依存するとの報告があった。

エストロゲンが雄メダカのビテロジェニン生成に与える影響を調査し、暴露期間14日間でのE2の最大無作用濃度(<5.0ng/L)、最小作用濃度(5.0ng/L)、E1の最大無作用濃度(31.6ng/L)、最小作用濃度(79.5ng/L)を求めた。また、下水処理水に雄メダカを曝露したところ、エストロゲン様活性が20ng/mL-E2を超えた二次処理水試験区のメダカでビテロジェニンの生成が確認された。これら下水処理水にメダカを曝露した試験から、試料水のエストロゲン様活性とビテロジェニン濃度との関係を求め、エストロゲン様活性が高いほどビテロジェニン濃度が上昇する傾向を確認したとの報告があった。

#### (23) 水環境における医薬品類の分解特性

環境中における医薬品の検出、下水処理場における医薬品の除去について発表があった。

環境中における医薬品の検出については、病院排水、下水処理水、河川水、地下水、飲料水などから

ng/L～μg/L 濃度での検出例があることが示された。

下水処理場における医薬品の除去については、抗生物質、鎮痛剤、殺菌剤、ホルモンなど薬効成分の違いにより下水処理場での除去率が大きく異なることが示された後、医薬品の除去について詳しい説明があった。

医薬品は、それぞれの効能別に対生物作用、安定性、分子構造等が異なった形でデザインされていることについて説明された後、pH の違いによって構造が変化してしまう例として Ciprofloxacin と Ceftazidime Species の pH の違いによる形態変化について示された。また、構造式が異なる Clarithromycin と Roxithromycin の下水処理場での除去率について触れ、同じ抗生物質であっても構造式の違いにより安定性（除去率）が異なる（Clarithromycin：50%、Roxithromycin：25%）との報告があった。

下水処理場における医薬品の除去は、分解によるものだけではなく形態変化しているケースもあることについて幾つかの例を挙げて説明された。抗生物質の Piperacilin の例では溶解性有機化合物（DOC）の減少に加え、DOC が減少していくとともに構造が異なる有機化合物の存在を HPLC により確認したとの報告があった。

#### 【討議概要】

「(22) 下水処理工程におけるエストロゲンの挙動と下水処理水の生物影響」とあわせて質疑応答が行われた。

微量化学物質除去についても良好な結果を示すことが多い MBR 処理水で医薬品濃度増加するケースがみられた理由について質問があった。これらの詳細理由については今後の研究に委ねる必要があるが、汚泥への吸着・脱着が関与している可能性があるとの説明があった。また、医薬品の除去性については生分解性が関係すること、MBR では SRT が長いことから良い除去率を示した報告があるとのコメントがあった。

現在生活で使用されている医薬品は数多くあるなかで、優先して調査すべき医薬品の選定方法について質問があった。調査対象医薬品は、研究目的によってそれぞれ異なることから、研究目的を明確に設定することが重要であるとの説明があった。

硝化が進行している低い pH 領域においてある種の医薬品除去率が高かったとの報告があるが、流入水の pH と下水処理での医薬品除去率との関係について質問があった。医薬品のなかには pH により形態が変化するものもあることから、除去率は医薬品のタイプによりそれぞれ異なるものと考えるとの説明があった。

## 2.7 閉会

出席者全員の参加のもと、フアマンプロジェクト次長の司会により閉会式が行われ、次回の開催予定や今後の共同研究に関するコミュニケの確認が行われ、今後も本ワークショップは継続することが確認され、次回は 2009 年に日本で開催されることになった。

また、水循環中の微量汚染物質、エネルギー及び物質の回収を含む経済的・環境的に最適な下水道システム、膜分離活性汚泥法を含む水の再利用、流域管理に関する共同研究プロジェクトの実施について検討することとした。





### 3. 現地調査の概要

#### (1) 下水の分離型処理技術

Berlin-Stahnsdorf 処理場にて、欧州連合実証研究「雑排水、尿、尿の分離型処理のための衛生概念」の現地視察を行った。研究では、真空式又は重力式のトイレで尿と尿とが分離して収集され、それぞれから嫌気性消化処理等により肥料、コンポストが製造される。また、雑排水はウェットランドで処理され、膜による処理も実験中である。

#### (2) 管渠等清掃技術

管渠等を対象としたフラッシング技術につき、詳細な情報提供を受けた後、同技術が導入されている雨水滞水池を有する処理場（Prichsenstadt 処理場）を視察した。同処理場は合流式の処理場であり、処理しきれない雨水の貯留という役割を雨水滞水池は担い、年に 10 回程度利用されている。視察では、ゲートにより貯められた水が一気に開放され、大きな掃流力を有することが確認できた。

#### (3) 膜分離等技術

フーバー社（ベルヒング）において、雨水処理、フラッシングシステム、下水の分離型処理、下水の再利用、膜処理技術につき情報提供を受けた後、同社内にある再利用公園及び膜処理実験装置を視察した。また、フーバー社が実験プラントを設置している Berching 処理場の視察も行った。