

2. 会議の概要

1月27日

2. 1 開会

日本側を代表して浜口国土技術政策総合研究所長から、ドイツ側代表団を歓迎するとともに、本会議において有意義な成果が得られることを期待する旨の挨拶があった。

生態系の保全や流域管理の視点など下水道に求められる役割が拡大していること、政策決定や効果的な事業実施のために、これまで以上の研究活動、技術開発が求められていることが述べられた。

また、旧土木研究所が再編成され国土技術政策総合研究所（国総研）と独立行政法人土木研究所（土研）の二つの研究機関となったが、協調して下水道関係の研究・技術開発に取り組んでいることが紹介された。

続いて国総研の宮原下水道研究部長から、日独ワークショップが始まった1982年当時に比べ、日本における下水道普及率が飛躍的に向上し、その発展には本ワークショップによる技術の導入などが貢献しているが、最近では下水道整備の進展に伴い、汚泥の再利用、病原性微生物や環境ホルモンの問題が課題となっていることが述べられた。

また、前回ドレスデンでのワークショップ後、日本においてはクリプトスポリジウムの制御ガイドラインがまとまるなど日本の下水道技術に関する話題紹介があり、最後に本会議において有意義な成果がもたらされることを期待している旨の挨拶があった。

ドイツ側の代表としてドイツ連邦教育科学研究技術省のHeidborn博士から、本会議の主催に当たった日本側関係者に謝意が示された。またドイツにおいては水の再利用、関係3省庁によるりの再利用プロジェクトが進められており、国際河川を持つドイツでは流域単位の統合管理に関心が高まっていることが示された。

更にヨハネスブルグ環境宣言における水問題に関する取り組みにはドイツの提案が大きく関与しており、これからは議論だけでなく技術開発の成果の実行が必要であるとの考えが示され、特にドイツでは開発途上国への技術支援に取り組んでいることなどが紹介された。

2. 2 下水道行政

1) 日本側発表

国土交通省下水道部の藤木流域管理官より「下水道事業における流域管理」と題し、日本における流域管理の事例として、窒素りんの負荷量割り当てを行った東京湾流総計画、都市再生プロジェクトとして取り組まれている東京湾再生事業及び東京湾流域をモデルに行った排出権取引システムの検討事例の報告が行われた。

2) ドイツ側発表

続いて Witten/Herdecke 大学の Rudolph 教授より「組織の構造, 費用, 料金」と題して、ドイツにおける下水道事業の事業主体、環境基準、排水規制など下水道関係法令や排水課徴金制度などに関して、EU 環境政策との関わりや連邦政府と自治体の役割分担などについて、他の欧米諸国や日本との比較を交えた報告が行われた。

3) 議論

日本側よりドイツの下水道事業が取り入れている「全原価回収の原則」(Full Cost Recovery Principal)における国の補助金など財政支援制度について質問があり、それに対し初期投資に対する補助金は課徴金を原資としたもの以外はほとんど無いとの回答があった。また、集められた排出課徴金の大部分は、実態として汚水処理をはじめとする水環境・水資源の保全のために充当されているが、制度上用途を限定したものではないとの回答があった。

引き続き日本側より、ドイツでは自治体間で下水道料金に格差が生じているかとの質問があり、ドイツ側からは各都市で料金計算手法が異なることや、財政状況に応じて 25~30%程度の料金格差が生じているとの回答があった。

また、ドイツの民間下水道企業の動向に関する質問に対しては、ドイツでは 6,000 を越える下水道施設があるが、多くは数百人規模の小規模な下水道施設が多いため民間側が積極的に参画するような機運は少ないようだとの回答があった。

ドイツ側からは、日本が排出権取引のために使用した負荷量算定シミュレーションモデルがどのくらい統合化されたモデルなのか質問があったが、今回使用したモデルを含め水管理に係る

る省庁毎に異なったモデルがあり、これについては統合化を進める動きが出てきたとの回答があった。

最後に日本側より日独両方の発表者に対し、ノンポイント汚染に関する経済的アプローチについて質問が出たのに対して、日本側、ドイツ側ともに排出権取引、排水課徴金のどちらも適用できるとの回答があった。

ただし、基本となるノンポイント負荷量の見積もり、対策手法及びモニタリング体制の確保が実際には難しいなどとの発言があった。またドイツでは排出権取引よりも、政策的・制度的に実行できる排水課徴金システムの方が良いと政治家などは広く考えているようだとの発言があった。

2. 3 規制と評価

1) 日本側発表

国総研下水道研究室の吉田研究官より「ディスポーザー使用による下水道システムへの影響」と題し、国土交通省・北海道・歌登町が2000年から2004年にかけて実施しているディスポーザー導入社会実験について発表が行われた。ディスポーザー排水のBOD負荷量は11.3g/人日であったことや、ディスポーザー導入後にごみ排出量の減少があったことや管渠内に貝殻等の堆積物が確認されたとの報告があった。

2) ドイツ側発表

Karlsruhe研究所のFurmann氏より「EUの第6次調査研究枠組みプログラム(2002-2006)」について発表があり、ライフサイエンス、情報技術、ナノテクノロジー、航空宇宙、食品安全、持続可能な発展、市民社会の形成等の7分野の研究開発に対して、2002年から2006年までに総額175億ユーロが支出されるとの説明があった。

3) 議論

ドイツ側からドイツの処理場では窒素除去能力が限界だが、COD処理能力に余裕があるので、ディスポーザー導入は施設の有効利用と考えられるとのコメントがあった。

また、ディスポーザー導入後の管渠の清掃頻度や汚泥量の変化など、ディスポーザー排水の影響について質問があり、管内堆積物はあるが清掃を行う必要があるほどの堆積は認められない、

ディスポーザー普及率の増加に伴い汚泥量の増加が見られると、発表者より回答があった。

日本側からは EU の研究計画と構成各国の研究計画の関係について質問があった。それに対し、各国の研究計画は EU 研究計画から独立しているが、加盟国研究予算の約 5 % は EU の研究計画に振り分けられており、今後は EU 研究計画に関する研究予算の占める割合が徐々に増えていくのではないかとの見通しが示された。

また、EU における飲料水の安全性に関する研究開発の現状に関して質問があり、南欧、東欧などの飲料水の基準や現状が悪いため、将来的には他の EU 諸国の水質基準レベルにまで改善することが課題である等の回答があった。

2. 4 化学物質の管理 (1)

1) 日本側発表

土木研究所水質チームの岡安研究員より「日本の下水におけるエストロゲン様物質の存在状況」と題し、日本国内の下水処理場において遊離態および抱合体のエストロゲン濃度及びノニルフェノール (NP) とその関連物質の実態調査を実施した結果について発表があった。

遊離態エストロゲンは下水処理で効率的に除去されていたものの、エストロゲン抱合体の多くは増加しているようであったとの報告があった。また、NP および長鎖のノニルフェノールエトキシレートは減少したが、短鎖のノニルフェキシ酢酸は生成されていたとの報告があった。

続いて土木研究所リサイクルチームの南山主任研究員より「下水汚泥コンポストに含まれる内分泌かく乱物質の、施肥後の消長」と題し、土壤に施用された後の下水汚泥コンポスト中の内分泌攪乱物質の消長について報告があった。

土壤中と浸出液中のノニルフェノール (NP) と 17β -エストラジオール (E2) について、初期段階の浸出水では、高濃度の NP と E2 が検出されたが急速に減少したとの報告があった。また、土壤中の NP と E2 の減少量が、浸出水中の NP と E2 に比べて大きかったため、土壤中で物理化学的、もしくは生物学的な分解があると考えられるとの報告があった。

2) ドイツ側発表

Berlin Waterworks の Heinzmann 氏より「ベルリン市の水循環における微量物質の存在状況と挙動及び飲料水との関連性」と題し、表流水の水量に対し下水道から放流される高度処理水の占める割合が大きく、また、帯水層が浅いため汚染リスクが高いベルリンの水利用システムに関する報告があった。

ベルリンの水道水源は土壌浸透と人工的な地下水涵養に依存しているが、いくつかの微量化学物質は、土壌浸透の間に効率的に除去されることが確認されているとの報告があった。また排水処理は膜分離活性汚泥法により微量化学物質の除去性能は若干良いこと、吸着、膜ろ過およびオゾン酸化などが下水処理場で導入されているとの説明があった。

現在、微量化学物質が水生生物や土壌生物に与える影響を研究するため、ベルリンにおける将来の水管理を踏まえた大規模研究プログラム（NASRI）が始動しており、化学的及び微生物学的な観点から、地下水源などの水質に関する研究が実施され、その研究成果は既存の施設の最適な運転や、世界中の新設の施設の設計に反映することを目的としているとの説明があった。

3) 議論

下水処理工程でエストロゲン抱合体が増加する理由について質問があり、採取試料の代表性、分析方法の課題及びエストロゲン抱合体前駆物質の存在の3点が関連するとの考えが示された。しかし、下水管渠内の流下過程で変化し遊離態として下水処理場に流入してくると考えられているエストロゲン抱合体が下水処理後にも存在が確認されたことは、新たな知見であると認識された。

ドイツ側から下水汚泥中の NP 関連物質（NPEO や NPEC）の分析法を確立することが目下の課題であり具体的な情報を取るまでに至っていないとの現状が説明された。

これに対し日本側では湖沼の底泥中の NP 関連物質、エストロゲンの測定結果を例に述べた上で分析方法の正確さを追求する一方で、実態の情報収集も必要であるとのコメントがあった。

また、ヒトや水生生物に対する内分泌攪乱物質による影響の評価方法に関する議論では、オスの魚類中に発現する特定のタンパク質（ピテロジェニン）を用いる方法、イングランドで確認されている水生生物の生殖器官の異常の出現頻度、および個体数の変化が考えられるのではないかと説明があった。

ドイツ側からはベルリンの水利用システムに関しては、下水処理放流水が水域を經由して飲料水として取水されるまでに要する時間は表流水での滞留時間を含めて約 3 ヶ月程度であるとの説明があった。また、市街地排水などのノンポイントソースからの微量化学物質汚染については、それぞれの発生源の評価、物質収支に基づいた解析が必要であるとの認識が示された。

2. 5 化学物質の管理 (2)

1) 日本側発表

国立保健医療科学院水道工学部部長の国包章一博士より「水道水中の化学物質の管理」と題し、規制緩和、地方分権、情報公開の必要性など最近の日本の政策動向の説明があり、従前の水道水質基準に関するレビューと 2004 年 4 月施行の新しい水道水質基準について発表があった。

水道水中における化学物質への対応に関しては、これまでの良質の水道水源の選定と水質保護という観点に加え、水質変化に対応した水処理施設の操作管理と、水道施設内における水質悪化の防止の観点が大変重要であると提起された。

その上で、具体的な施策としての水質基準・水質モニタリング、水源保護・浄水技術の開発、浄水施設の運転・維持管理の三要素と、それらの相互関係や連動性を重視した水道事業の運営・管理のあり方について説明が加えられた。

水道水中の化学物質の由来について、水道水源 (70%以下)、浄水処理プロセス用試薬 (10%以下)、給水用資材 (10%以下) 及びサービス設備用資材の 4 種類に分類した上で、水質リスクを評価した新しい水質基準の特徴と、それに対応した水質調査など水道水質管理の動向に関する報告があった。

2) ドイツ側発表

Water Technology Center Karlsruhe に所属する Mueller 博士からは「ドイツにおける浄水技術の現状」と題し、ドイツにおける上水道システムや水質ガイドラインの紹介と、河岸帯ろ過 (Bank filtration)、微粒子除去、吸着と酸化、消毒など上水処理技術の利用状況や効果に関する発表があった。

ドイツの上水道は地下水と河岸帯ろ過が水道取水量全体の約 7 割であること、飲用水の 6 割が消毒なしで供給されていることなど土壌ろ過の機能・効果に関する発表と、水質基準は配水シス

テムでのリスク特性から、農薬のように濃度的増加が生じ難いものと、トリハロメタンのように濃度的増加が生じ易いものに分けて、規制基準と対策を講じているとの説明があった。

また、ドイツの水道関係者においては微量有害化学物質とクリプトスポリジウムなど病原性微生物に対する関心が特に高く、その対策としては、紫外線照射、膜ろ過、活性炭吸着などの処理技術が主要であり、その効果に関する実測結果の報告があった。

3) 議論

ドイツ側から日本の水道水中病原性微生物の測定方法に関し質問があり、日本では全ての水道事業者に塩素消毒が推奨されているため、代替管理手法として送配水施設入り口での濁度により管理がされていることが説明された。

また、これまでは一般細菌と大腸菌群を測定していたが、今回の水質基準の改定により大腸菌群を基準項目から除外し、代わりに大腸菌を新たに追加したこと、大腸菌指標の場合、計測の値は大腸菌群に比べて小さくなるが、その意味は大きいとのコメントも加えられた。

また、塩素消毒のみで送配水を行っている小規模浄水処理施設が数多く日本には存在するため、全ての上水処理場にろ過を義務付ける議論も始まったが、水源によって病原菌による安全リスクが異なることや、コストの問題から方策は検討中との説明があった。

これに対し、ドイツでも消毒のみの小規模浄水処理場が多く、どのような処理工程を設けるべきか議論しており、ろ過処理工程を導入する際の優先順位を付ける技術、膜ろ過も含めて効果的・経済的な処理技術の開発・応用などについて、日独両国間における今後の技術交流への期待が示された。

また、日本側発表者から病原性微生物の対応策として、従来ろ過方式のほかに、紫外線照射が有効であること、日本国内では孔径 $2\mu\text{m}$ 程度のMF膜が開発されているとの紹介があった。

日本側から日本の水道水質の現状と消毒についてドイツ側のコメントを求めたところ、ドイツでも河川表流水を水源としている場合には消毒を行っているとのコメントがあった。

しかし、日本のように蛇口で残留有効塩素濃度を確保することについては、有機物の分解性の把握や処理システムの最適化などにより、なるべく低レベルにした方が良いとの見解を示した。

ドイツでは、水道利用者が塩素臭に大変敏感で、些細と思われても不満が殺到するので、水道事

業体は塩素管理に特に注意を払っているとのことであった。

日本側の残留塩素と一般細菌指標との関係性についての質問に対し、発表者から塩素・生物易分解性有機物・微生物の3者間の相互依存・制約関係について回答があった。

また、抗生物質など医薬関連物質に関する水道分野におけるドイツでの対応については、これらの物質に関する関心は高まっているものの、どの水質関連セクターに対処責任があるのかなど、具体的な役割分担やガイドラインは定まっていないとのことであった。

抗生物質など医薬関連物質に対する規制や制御については、今後、きちんとした対応が求められる問題であることが、日独関係者の共通認識として確認された。

1月28日

2. 6 流域における水システム

1) 日本側発表

国総研下水処理研究室の斎野研究官から「下水処理水中の衛生学的指標の消長」と題して、模型水路を用いた各指標細菌（大腸菌、大腸菌群、および一般細菌）の衛生学的指標としての妥当性を検討した結果について報告があった。

調査の結果からは、水温や塩素中和の影響を受けること、大腸菌以外の指標細菌は流下過程で減少率が低下することから再増殖している可能性があること等が示された。

2) ドイツ側発表

Karlsruhe 研究所の Furrer 博士から、「連邦教育科学技術省プログラム：分散型の（代替的）水システム」について発表が行われ、開発途上国において安全な飲料水を確保するための方策として検討されている既存の分散型処理施設の組み合わせや改良技術について、各国で実施されている調査事例やドイツ国内での実証試験が報告された。

3) 議論

ドイツ側の過去の調査では、ふん便性大腸菌群の消長は海水の塩分濃度による影響を受けるようだとコメントがあったが、日本側は河川における検討であり、今後海域への放流については

参考としたいとの回答があった。

また、ドイツ側からは消毒の目標としてより強力な消毒を目指すのか、あるいは海水との混合など水域での消長に期待するののかという質問があったが、今後の対策については、今回の調査結果を踏まえた上で検討することとしていると日本側からは回答があった。

日本側から、途上国では下水処理水や汚泥の再利用に関するリスク管理は先進国とは異なると考えるが、どのように考えているか質問があり、ドイツ側は未処理下水の農業利用などについて今後検討する予定であるとの回答があった。

ドイツにおける途上国援助のプロジェクト選定方法に関する質問に対しては要請主義であるとの回答があった。

日本側から発表中に説明のあった「分散処理」の定義と、し尿分離トイレや真空式トイレなども検討しているのか確認があり、ドイツ側から伝統的な下水道システムは排除しており、ビルなどの閉鎖循環システムなどは概念に含まれていること、し尿分離トイレなども含めドイツ国内の2カ所で分散システムを実施しているとの回答があった。

また、日本側から分散型の導入は新規建設のみか、既存ビルの更新時などもあるのか質問があり、ドイツ側からは集中から分散への変更など更新時も考慮しており、現にキャンプ地などで提案しているとの説明があった。

分散型を推進する背景としては、技術の進歩により小さな処理槽がコントロール可能となったという技術的理由と、整備対象に小エリアが増えて従来型下水道ではコストがかかりすぎるといふ経済的理由によるとの説明があった。

2. 7 下水処理技術（1）

1) 日本側発表

日本下水道事業団技術開発部の村上総括主任研究員より「都市下水処理における膜分離活性汚泥法の特性」と題して MBR（膜分離活性汚泥法）の都市下水処理への適用に関して、ろ過性に影響する活性汚泥性状と汚泥中の有機物の関係、MBR における汚泥発生量の検討、MBR 処理水を再利用する場合の処理水質の特性について、実験プラントによる検討結果が紹介された。

2) ドイツ側発表

Darmstadt 工科大学の Cornel 教授から「欧州における膜分離活性汚泥法の現状」と題して欧州の MBR の現状が紹介された。現在、30 以上の都市下水処理用 MBR と 120 以上の産業排水処理用 MBR が稼動しているが、膜面洗浄用曝気等によるエネルギー消費が $1 \sim 1.5 \text{ kWh/m}^3$ と多いのが課題であると発表があった。

Aachen 工科大学 Montag 研究員より「公共下水処理場におけるりん回収」と題し、下水からのりん回収技術に関し、Aachen 工科大学で実施中の PRISA プロジェクトが紹介された。

本プロジェクトでは、りんを MAP により回収しているが、下水中のりんの 40～50% が回収出来、産業用途や農業用途に利用可能であり、この方法はフォストリップ・晶析法よりも経済的であるとの説明がされた。

3) 議論

日本側の MBR の汚泥発生量は少なかったとの発表に対し、ドイツ側からプロセス中での重金属の挙動を確認しているのか質問があり、日本側からは時間経過により汚泥中金属量は次第に増加した後、ほぼ一定となったなどの回答があった。

これに対し、ドイツ側から、余剰汚泥の発生が無いということは、重金属や内分泌攪乱物質等の除去が出来ていないと考えられること、汚泥発生量の低減効果と汚泥を引き抜いて別途処理する方式と比較して、どちらがコスト的に有利か慎重な検討が必要とのコメントがあった。

日本側からは、産業排水処理用と都市下水処理用では、寿命が違うと考えられるが、都市下水処理用膜の寿命をどのように見積もるべきかという質問があった。

これに対し、毛髪等の付着が原因となって、4～5年で膜モジュールを交換した事例がドイツにはあるが、膜の耐用年数はまだ不確定要素であること、産業排水用 MBR については、2年間あるいはそれ以下で交換することがあるとの回答があった。

また、MBR は、活性汚泥と膜による固液分離の組み合わせであり、RO 膜であれば色まで除去できるが、MF 膜では色や塩類の除去は期待出来ないとのドイツ側からコメントがあった。

りん回収技術に関しては、日本側より回収されたりん中の有機物や重金属等の不純物の含有量の程度と不純物の除去方法に関して質問があったのに対し、発表者からは実験開始直後であり、不純物に関するデータは無いとの回答があった。

ベルリン市の事例では、下水からアンモニアとりんを MAP として回収しているが、回収された MAP 中の重金属は、ドイツの汚泥再利用に関する農業利用ガイドライン値を下回っていること、栄養塩類の含有量は肥料の原料として使用できるほど高いとの追加コメントがあった。

2. 8 下水処理技術 (2)

1) 日本側発表

東京都下水道局の北村氏より、「国際水協会 (IWA) 活性汚泥モデルの革新」と題して、東京都において効率的な窒素・りん除去を目的に開発した IWA 活性汚泥モデルを基に構築した運転管理システムソフトに関する発表が行われた。

ソフトウェア開発の目標は、①日本語操作ができること、②現場技術者が活性汚泥モデルに関して予備知識が無くても操作できること、③日常測定データで利用できること、④市販のパソコンで利用できることであり、シミュレーション結果やソフトウェアの画面などが紹介された。

2) ドイツ側発表

Consultant Engineers 社の Scheer 主任研究員から「統合システムのオンラインシミュレーションと最適化—下水処理場と管路システム—」と題して、下水処理場と下水管渠の統合システムのオンラインシミュレーションについて発表が行われた。

化学物質汚染対策、維持管理、設備建設の各段階でコスト削減を目的としており、人口 15 万人規模の下水道について、下水処理場の曝気効率及びポンプ稼働率の最適化、管渠計画において雨水貯留タンクのサイズ、位置及び貯留操作の最適化シミュレーションの適用事例が紹介された。

特に夜間時の対応、雨天時の対応、アンモニアの流出問題および長期的影響などに対応すべく現在研究中であることの報告がなされた。

3) 議論

ドイツ側から、有機物指標として東京都ソフトウェアで採用されている CODMn と IWA 活性汚泥モデルの構成要素である CODCr との相関について質問があり、東京都から、CODMn から CODCr へ

の換算係数は3.0としてモデルシミュレーションを行なっているとの回答があった。また、ドイツ側からソフトウェアの開発コストや開発元についての質問があり、東京都から、民間2社との共同開発であるとの回答がなされた。

日本側から、データベースおよび通信回線への質問、また、下水管渠に設置されたセンサーの長期的応答性についてについての質問があった。これに対してドイツ側から、吸光度により正確な数値を求めているとの回答がなされた。

2. 9 下水汚泥の有効利用

1) 日本側発表

日本下水道事業団技術開発部の山本研究員より「下水汚泥の炭化システムと炭化製品の特性」と題して、下水汚泥炭化について、現在操業中のプラントのシステム、炭化製品の物理化学的性質、シクラメンの栽培実験等の有効利用に関する実験、製品の安全性に関する説明が行われた。

続いて京都市下水道局の稲波係長より「京都市での溶融結晶炉による汚泥有効利用」と題して、京都市における下水汚泥の結晶化スラグについて、溶融方式、スラグの物理化学的性質、有効利用の用途および使用状況等に関する説明があった。

2) ドイツ側発表

Braunschweig 工科大学の Dichtl 教授より「汚泥分解による費用最小化—実規模での比較」と題して、溶解遠心分離やオゾン処理等を用いた汚泥分解の実規模実験を行い、汚泥量、消化ガス発生量やコスト等について総合的に経済効果を評価した結果に関する報告があった。

3) 議論

ドイツ側より、炭化製品の水銀含有量に関連して排ガス中の水銀濃度、炭化製品中のりんの形態と溶出速度の関係、焼却と比較した場合のメリットについて質問があり、日本側より、排ガス中の水銀濃度は日本の基準以下であること、窒素が溶出しないことに比べてりんの溶出速度は速いが、りんがアルミニウムや鉄と結合していて pH が通常の場合にはりんは溶出しにくいこと、小規模では炭化炉にコスト面でメリットがあると回答された。

ドイツ側から、運転上の問題点や溶融炉の今後の設置見込みについて質問があり、日本側より、点検修理等のために連続運転はおよそ2-3ヶ月となっており、年平均稼働率は50～60%であること、近年、溶融炉の設置は下火であるが、コンクリート骨材、路盤材としての基準化が進めば傾向が変わる可能性もあることが回答された。

日本側から、オゾン処理は嫌気性消化の前処理と汚泥の減量化のどちらが目的であるのか、また、2005年に埋立処分が全面禁止されることに関連して、現状では何%が埋立処分されているのかについて質問があった。これに対してドイツ側から、嫌気性消化の前処理が目的であること、また、10年前には埋立処分が50%であったが、現在は15%ほどになっているとの回答がなされた。

2. 10 閉会

出席者全員の参加のもと Heidborn 博士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2006年にドイツで開催されることになった。

また、水利用に関する化学物質問題、省エネ・リサイクルなど経済的で環境に配慮した下水処理システム、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。