

1 はじめに

平成 19 年 1 月に、沖縄県にある万国津梁館において「第 4 回日米水道水質管理及び下水道技術に関する政府間会議」が開催され、日米両国の上下水道を巡る最近の話題について、和やかな中にも熱心な討議が行われた。11 分野の議題に対し、日米双方から 31 編の発表があり、最終日には討議の総括が行われ、議論の確認と次回の会議を 2 年後に米国で開催すること等が合意された。

本報告書は、今後の下水道分野における政策研究、技術開発の推進及び国際協力の促進のために、日本の下水道分野から本会議に参加した国土交通省都市・地域整備局、国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所、地方共同法人日本下水道事業団、財団法人下水道新技術推進機構及び沖縄県庁が本会議の概要をとりまとめたものである。なお、水道分野の発表と討議の概要については、とりまとめにあたり国立保健医療科学院の国包部長をはじめとする水道分野の参加者の御協力をいただいた。

2 経緯

日米水道水質管理及び下水道技術に関する政府間会議（以下、日米会議という。）は、第 1 回会議が平成 11 年 7 月に米国コロラドスプリングスにて開催された後、第 2 回会議が平成 14 年 10 月に東京にて、第 3 回会議が平成 16 年 7 月に米国ハワイ州にて開催された。本会議は、第 3 回会議における合意に基づき日本で開催されたものである。

そもそも、日米両国間の水道、下水道分野の技術交流はかつて分野別に実施されていて、下水道分野では日米環境保護協力協定（US-Japan Environmental Protection Agreement）に基づき、昭和 46 年より日米下水処理技術委員会（US-Japan Conference on Sewage Treatment Technology）、さらに平成 2 年より日米下水道ワークショップが継続的に開催されていた。水道分野については、日米環境保護協力協定に基づく日米水道水質管理会合が昭和 62 年から開催されていた。しかし、上下水道を取り巻く環境として、流域を一体として捉えた水量・水質の管理、クリプトスポリジウムや内分泌かく乱物質の問題等共通の課題や共有すべき情報が多く、上下水道関係者が一堂に会して意見・情報交換を行うことが有益であることから、平成 11 年に両分野の会議を日米会議として統合することとなった。

3 会議開催の意義

下水道技術に関しては、公共用水域の利用や生態系の保全のために化学物質のリスク管理及び下水処理の新技術は重要度を増しており、流域管理の視点からは、高度処理推進のため流域別下水道整備総合計画制度を見直す下水道法の改正が平成 17 年 6 月になされた。同年 4 月には、下水処理水の再利用につき水質基準等に関するマニュアルが策定されたところである。また、老朽化する下水道施設の管理は喫緊の課題であることから、アセットマネジメントの導入の取組が進展しており、下水道の地震対策については知見が集積されてきた。さらに、同年 9 月に「下水道ビジョン 2100」が策定され、長期の将来像を見据えた下水道の方向性及び具体化のための施策が示された。

水道水質の管理については、水安全計画の水道システムへの適用が貯水槽も含め推進されており、統合的な水資源保全に向けて水道における流域管理は高い重要度を有している。また、海水淡水化等水道水質管理に関する新技術は、継続的な進展を見せているところである。さらに、消毒副生成物の問題、クリプトスポリジウム等耐塩素性病原微生物の問題等、多様な問題が提議されてきていることを踏まえ、微生物や化学物質による健康リスクの評価及びその管理の充実・強化が重要な課題として取り組まれて

いる。

一方、米国でも、水道水や環境における化学物質のリスクアセスメント・リスクマネジメント、気候変動の水資源への影響及び水の再利用は重要な課題となっており、流域管理の一層の推進が求められている。また、ハリケーン・カトリーナの経験から緊急時対応の教訓が得られており、淡水化や下水処理等につき新技術の開発が進められているところである。上下水道施設の持続可能な管理は、事業経営という観点からも大きな課題となっている。

このように日米両国は、水道水質管理及び下水道技術の分野において、多くの共通の問題を抱えており、相互に情報を交換し、対策について議論することは、両国のみならず国際的にも意義が深く、また、上下水道が連携した流域管理を推進する観点からも重要である。

4 日程及び参加者

「第4回日米水道水質管理及び下水道技術に関する政府間会議」は、平成19年1月22日～25日の4日間にわたり沖縄県にある万国津梁館で開催された。このうち3日間は発表及び討議が行われ、1月23日午後と1月25日には水関連施設の視察が行われた。本会議には、米国環境保護庁研究開発局水道水資源課長のジェームス・グッドリッチ氏を団長とする13名の米国代表団と、日本国側の清水 亨 国土交通省都市・地域整備局下水道部流域管理官を団長とする下水道分野11名、山村 尊房 厚生労働省健康局水道課長を団長とする水道分野11名が参加した。参加者の所属と氏名を表1と表2に示す。また、会議次第を表3に示す。

表1 参加者名簿（日本国代表団）

【下水道分野】	
○清水 亨	国土交通省都市・地域整備局下水道部 流域管理官
那須 基	国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道企画課 下水道技術開発官
田中 修司	国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部長
松宮 洋介	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 主任研究官
吉澤 正宏	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 主任研究官
尾崎 正明	土木研究所材料地盤研究グループ(リサイクル) 上席研究員
鈴木 穰	土木研究所水環境研究グループ(水質) 上席研究員
山下 洋正	土木研究所材料地盤研究グループ(リサイクル) 主任研究員
村上 孝雄	日本下水道事業団技術開発研修本部技術開発部 先端研究役・総括主任研究員
藤木 修	下水道新技術推進機構 研究審議役・研究第一部長
黒島 隆	沖縄県下水道建設事務所 主任技師
【水道分野】	
○山村 尊房	厚生労働省健康局 水道課長
立川 裕隆	厚生労働省健康局水道課 水道水質管理官
服部 麻友子	厚生労働省健康局水道課 調査指導係長
国包 章一	国立保健医療科学院 水道工学部長
浅見 真理	国立保健医療科学院水道工学部 水質管理室長
遠藤 卓郎	国立感染症研究所 寄生動物部長
眞柄 泰基	北海道大学創成科学研究機構 特任教授
早川 哲夫	麻布大学環境保健学研究科環境衛生政策専攻長 教授
藤原 正弘	財団法人水道技術研究センター 理事長
佐々木 隆	阪神水道企業団 管理部長
山里 徹	沖縄県企業局北谷浄水管理事務所

※ ○は団長を示す。所属及び役職は会議開催時点のものである。

表 2 参加者名簿（米国代表团）

○James Goodrich	Acting Director, Water Supply and Water Resources Division, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency (米国環境保護庁研究開発局)
James A. Hanlon	Director, Office of Wastewater Management, Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency (米国環境保護庁下水道管理部)
Kathleen Schenck	Environmental Scientist, U.S. Environmental Protection Agency (米国環境保護庁)
Jerry N. Johnson	General Manager, D.C. Water and Sewer Authority (コロンビア特別区上下水道庁)
Shane Snyder	R&D Project Manager, Southern Nevada Water Authority (南ネヴァダ水組合)
Alan H. Vicory	Executive Director and Chief Engineer, Ohio River Valley Water Sanitation Commission (オハイオ川流域水質保全委員会)
Dennis M. Diemer	General Manager, East Bay Municipal Utility District (イーストベイ上下水道組合)
Robert C. Renner	Executive Director, American Water Works Association Research Foundation (米国水道協会研究財団)
Daniel M. Woltering	Director of Research, Water Environment Research Foundation (米国水環境研究財団)
Martin J. Allen	Director, Technology Transfer, American Water Works Association Research Foundation (米国水道協会研究財団)
David Yates	National Center for Atmospheric Research (国立気象研究センター)
James H. Clark	Vice President, Black & Veatch Corporation (ブラック・アンド・ヴィーチ社)
Mary E. Buzby	Director, Environmental Technology, Merck & Co., Inc. (メルク社)

※ ○は団長を示す。所属及び役職は会議開催時点のものである。

表 3 会議次第

第 1 日 1 月 22 日	
歓迎挨拶	(首里)
開会挨拶	(立川、清水、J. Hanlon)
議題 1: 水道水質管理及び下水道管理の概観	(服部、那須、J. Goodrich、A.H. Vicory)
議題 2: 水道システムのリスクアセスメント	
・リスクマネジメント	(国包、J. Goodrich、早川)
議題 3: 下水道施設の管理	(松宮、J.N. Johnson)
議題 4: 流域管理	(佐々木、Y. David)
議題 5: 水の再利用	(吉澤、黒島、D.M. Diemer)
第 2 日 1 月 23 日	
議題 6: 生物学的リスクアセスメント	
・リスクマネジメント	(遠藤)
議題 7: 化学的汚濁物質のリスクアセスメント	
・リスクマネジメント	(M.E. Buzby、山下、鈴木、S. Snyder、浅見)
視察 [国営沖縄記念公園]	
第 3 日 1 月 24 日	
議題 8: 緊急事態対策	(田中、J.H. Clark)
議題 9: 水道事業のリスクアセスメント	
・リスクマネジメント	(眞柄、R.C. Renner)
議題 10: 統合的な流域管理	(藤木、J.A. Hanlon)
議題 11: 新技術	(山里、M.J. Allen、藤原、村上、D.M. Woltering)
会議要約への署名	(J. Goodrich、山村、田中)
閉会挨拶	(J. Goodrich、山村、田中)
第 4 日 1 月 25 日	
視察 [北谷浄水場、那覇浄化センター]	

※ ()内は発表者等を示す。

5 会議の概要

5.1 開会

現地を代表して、沖縄県土木建築部部長 首里 勇治 氏より、会議参加者に歓迎の挨拶が行われ、会場である万国津梁館並びに沖縄県の歴史、特性及び上下水道事業を取り巻く現状につき紹介がなされた。

次に、厚生労働省健康局水道課水道水質管理官 立川 裕隆 氏より、日本の水道システムの特徴、持続可能性及び地震対策等上水道事業の現状と課題に関する紹介とともに、開会の挨拶が行われた。国土交通省都市・地域整備局下水道部流域管理管 清水 亨 氏からは、日本の下水道事業の現況及びこれまでの会議の経緯につき紹介がなされ、本会議の成功を祈念する旨挨拶がなされた。

続いて、米国環境保護庁下水道管理部長 ジェームス・ハンロン氏から、本会議開催にあたり日本側の尽力及び歓待に対する謝意が述べられ、両国共通の水道水質管理及び下水道管理の重要性につき指摘がなされた。

5.2 議題 1: 水道水質管理及び下水道管理の概観

(1) 日本における水道水質管理の現況

Overview on Drinking Water Quality Management in Japan

(厚生労働省 服部 麻友子)

現在の水道水の水質基準は、2004年4月から施行されており、水質基準50項目の他に、水質管理目標設定項目27項目、要検討項目40項目が定められている。このうち、水質管理目標設定項目として定められている塩素酸について、その検出状況を踏まえ、水質基準に追加することについて食品安全委員会に諮問したところである。

飲料水の水質管理については、水道事業者の努力により良好な状況であるが、毎年、水質事故が少なからず発生しており、2006年も、飲用停止を求めることとなった事故の報告が10件以上あった。厚生労働省では、衛生管理の徹底等について全国の水道関係者に情報提供することにより、再発の防止を図っている。日本での飲料水起因の感染症発生事例をみると、施設の不適切管理や消毒不備に起因しているものがほとんどで、小規模水道での水質管理の徹底が必要である。

厚生労働省では未規制の物質についても調査を行っており、昨年、利根川から過塩素酸が他に比べて高濃度で検出されることが明らかとなり、調査の継続や、拡大などの対応を行っている。

日本では、水道水に対して味や安全性の点で問題があるというイメージを持つ人々が少なくないが、実際には、高度浄水処理水とミネラルウォーターとの味くらべでは、おいしさについての違いは認められていない。厚生労働省では、全国の水道事業者と連携して、水道水のイメージを改善し、安全な水道水として国民の信頼を得るように、水質管理に係る諸施策を推進していきたい。

(2) 下水道ビジョン 2100

Strategy on Wastewater Control in Japan for 21st Century

(国土交通省 那須 基)

地球温暖化やこれに伴う水不足や浸水、人口減少や急速な高齢化など、21世紀の日本を取り巻く状況は過去に類例を見ない深刻な課題を抱えている。普及率がようやく約7割になった日本の下水道事業においても、これらの課題を踏まえた対応を進める必要があり、長期的な展望に基づく下水道事業の戦略として、「下水道ビジョン2100」を取りまとめた。

日本の下水道が抱える課題としては、下水道未普及地域への対応や近年頻発する浸水や地震への対応など国民の安全な暮らしの確保をはじめとして、高度処理の推進や合流式下水道の改善などの水環境の保全、省エネルギーや創エネルギーなど地球環境保全への対応など広範囲にわたり、いずれも十分な取り組みが進んでいないのが現状である。

今後は、下水道を都市と環境の「循環のみち」としてとらえ、水と汚泥の循環利用を推進するとともに、下水道施設の適切な管理を行うなど、今後の下水道の目指すべき姿をとりまとめた「下水道ビジョン2100」を踏まえ、日本の下水道が建設から管理経営までを見据えた計画的な取り組みを進める必要がある。

【討議】

防災用水等への下水処理水の有効利用については、水道事業との連携も重要な視点である等の指摘があった。

(3) 水道水質管理の現況

Overview of Drinking Water Quality Management

(米国環境保護庁 ジェームス・グッドリッチ)

飲料水の供給と管理は、最も適切な水源を選択し汚染から保護すること、汚染物質を取り除くための浄水処理方式を用いること、配水システムでの水質悪化を防ぐこと、という三段階から成っている。この他、水道施設における事故の防止、汚染の検出、浄化といった取組がある。このような取組により、コレラや腸チフスなどのトラディショナルな水道水起源の脅威は無くなったが、国民の健康面での関心は残されている。

水道水起源の病気の発生は継続しており、処理が不十分である場合や、配水システムでの不備があった場合、病原生物により、水道水の安全性が未だに脅かされている。また、自然起因（ひ素）や人工起因（内分泌かく乱物質）の物質による汚染物質に関して新たな関心が高まってきている。また、消毒の過程自体が多く消毒副生成物の発生につながっている。幼児、子供、妊婦、免疫システムの弱っている人々にとっても関心事となっている。

安全飲料水法（SDWA: Safe Drinking Water Act）は環境保護庁（EPA: Environmental Protection Agency）に対して、水の安全性を確実にするための水道水質基準の設定を求めている。SDWA は未規制の水道水起源の病原生物や規制物質候補リスト（CCL: Contaminant Candidate List）上の化学物質のみでなく、消毒副生成物についての研究を必要としている。また、配水システムにおける水道水質の維持のみでなく、水道水源の保護も重要視している。

最近では、ひ素の最大許容濃度（MCL: Maximum Contaminant Level）を 50ug/L から 10ug/L に変更した。過塩素酸やシアノバクテリア等の研究も進めている。EPA 研究開発局（Office of Research & Development）は、EPA 水局（Office of Water）の規制的活動と緊密に結びついた総合的な研究計画を設立した。この計画は、EPA 地方局（Regions）の規制とも密接に関連して動いている。最近では、水道水長期計画において、今後の数年間を通して研究計画を動かすことになる見直しを行った。主要な変更は、施設の老朽化と水源の保護に対して、より重点をおいたことである。これには、配水システムにおける水質維持とリアルタイムモニタリングが含まれている。また、新計画は水道水中の汚染物質の管理に対して重要な役割を持つことになる浄水データベースの側面も含んでおり、2007年には稼働する予定である。

(4) 米国における下水処理の進展と挑戦—オハイオ川流域及びオハイオ川に焦点をあてて—

Progress and Challenges in Wastewater Treatment in the United States with Focus on the Ohio Valley and the Ohio River

(オハイオ川流域水質保全委員会 アラン・ヴィコリー)

米国において、国としての下水道の進展への取組は、1948年の水質汚濁防止法（Water Pollution Control Act）に遡ることができる。同法では、規制的手法は採用されず、下水処理場の建設が推奨され連邦政府から補助金が交付された。そして、同法は多数にわたり改正され、連邦政府による制御が強化された。1950年代、1960年代は、水質目標の設定並びに公共の下水処理場（POTWs: Publicly Owned Treatment Works）及び工業用下水処理施設の設置が進まなかったが、中には注目すべきプログラムの実施も見られた。オハイオ川流域における「清浄河川プログラム」がその一つであり、オハイオ川流域水質保全委員会（ORSANCO: Ohio River Valley Water Sanitation Commission）の主導の下、主要な水質項目の特定、汚濁負荷排出事業種毎の最良可能処理技術（best available treatment technologies）の決定及び公共の下水処理場の建設に対する技術支援がなされ、成功が収められた。

公共用水域の水質状況に対する社会的関心を受けて、1972年の水清浄法（CWA: Clean Water Act）が制定され、点源負荷の処理に対して基準が設定された。公共の下水処理場については、最低限、二次処理が義務付けられ、施設の建設費に最大75%の補助金が連邦政府から交付された。これにより、1968年から1996年までの期間において、2次処理未済の処理しかなされない人口の割合は39%から9%に減少したり、放流水のBOD負荷量が45%削減されたりして、米国の公共用水域の水質は劇的に改善した。オハイオ川でも、乾期における溶存酸素の水準が改善し、sauger（スズキ目パーチ科の一種）のような魚の回帰が報告されている。しかしながら、2000年時点において、河川の39%、湖沼の45%、河口の51%は汚濁した状態にあり、下水処理場が主要な汚濁源となっている。

1980年代中葉には、連邦政府による直接的な補助金の交付を削減するという方針転換がなされた。その代わりに、資本的支出に関する補助金が連邦政府から州の貸付機関に交付され、その機関は低利子の貸付を公的機関に行うこととなった。これまで200億ドルが交付されてきたが、その額は年々減少しており、2006年度においては9億ドルに過ぎない。一方、今後20年にわたり、合流式下水道改善、1970年代に建設された施設の更新・拡張及び栄養塩類の排出削減のための技術の導入等、3,400億ドルの必要事業量が見込まれており、新規の資金源の獲得及び現存施設の延命化の戦略に向けて大きな挑戦が待っているところである。

米国では下水道の整備は概ね完了し、深刻な水質汚濁の問題はもはや起こらないが、重大な挑戦を伴う課題が残っている。合流式下水道改善、施設の更新・拡張及び栄養塩類の除去だけでなく、水銀及びダイオキシンへの対応が必要となってくる地域もある。下水道管理者は、連邦政府からの財政支援がなければ下水道使用者から徴収を大幅に引き上げなければならないが、特にこの問題は人口と産業活動が減少している大都市において顕著である。これらの課題に対応するため、アセットマネジメント、環境システム手法（environmental systems approach）及び処理能力・管理・運営・保守（CMOM: Capacity, Management, Operations and Maintenance）の採用が進められつつある。また、水質取引プログラム、流域排出許可（watershed discharge permits）の活用も始まっており、下水道管理者は共通する利害に対処するため、関係者と積極的な協力・連携を行っている。

【討議】

1972年CWAに基づく下水処理場の建設に対する75%の資金援助は、相当な程度と考えられるが、この資金援助の目的は何かという日本側からの質問があった。当初、二次処理の水準を達成するためには支援が必要であり、それに応じてなされたのがこの資金援助であったが、資金援助が終了してから、各下水道事業者は自ら持続可能な運営をしなければならなくなっているとの回答があった。

次に、日本側から、米国における分散型システムへのスタンスについて質問がなされた。米国側からは、「州及び地方自治体に対して分散型システムに関する技術支援を行っており、長期にわたる技術的に健全な設計及び維持管理を期している。また、分散型システムの改良に対して財政的支援があり貸付の対象となる。」との回答がなされた。

日本側からは、ダイオキシンの起源につき質問があり、米国側から「オハイオ川では水環境及び魚類中にダイオキシンが検出されており、下水処理場の放流水も排出源となっている。下水処理場以外の排出源を取り扱う戦略がなければ、下水処理場からのダイオキシンの処理に 2,000 万ドルの投入を要することとなる。また、水銀についても同様のことがあてはまる。」との回答がなされた。

また、日本側から、3,400 億ドルにも及ぶ下水道の必要事業量に対してどのように資金を確保していくのか、つまり、下水道使用料を上げるのか、連邦政府からの補助金を増やすのかという質問があった。米国側からは、「信託基金の創設という考えがあり、関連コストの増加という課題があるが、その解決のために対話が進められている。」という回答がなされた。

最後に、日本側から、下水道施設の更新の必要性はどのように誰によって決定されるのか、全体的な判断基準があるのかそれともケース毎に決定されるのかという質問があった。米国側から、基本的にはケース毎に更新の決定がなされるが、処理場への流入水量が能力の 85%程度に達すると将来の処理プロセスを評価し直すという州の基準があることが説明された。また、コンクリートの劣化や放流水質基準の違反といった要因もあることが付け加えられた。

5.3 議題 2: 水道システムのリスクアセスメント・リスクマネジメント

(5) 日本における「水安全計画」の水道システムへの適用

Application of "Water Safety Plan" to drinking water quality management in Japan

(国立保健医療科学院 国包 章一)

水安全計画 (WSP: Water Safety Plan) は、2004 年に公表された WHO 飲料水水質ガイドライン (第 3 版) のハイライトであり、健康に基づく目標を達成するための非常に重要なツールである。水安全計画は、水源から消費者の給水栓までの組織的な水道水質管理を必要とする。

水安全計画が飲料水の安全性を確保するために不可欠であるということは疑いがない。危害分析は、水安全計画の重要な構成要素で、水道事業者は、安全な飲料水を供給するために、集水域管理により注意を払う必要がある。水安全計画の適用は、それぞれの水道事業の置かれた状況によって様々な方法があり得る。

日本の水道水質管理に水安全計画を導入・適用しようとする活動としては、地方自治体の水道事業体の水安全計画の適用についての研究と、水安全計画導入ガイドラインの作成の取組がある。

2004 年度から始まった厚生科学研究では、地方自治体の水道事業体への水安全計画の導入事例を示すことを目的として、5 つの水道事業体 (東京都、横浜市、大阪市、大阪府 (用水供給)、神戸市) で、水安全計画の概念を適用した水質管理の計画の見直しを行っている。研究での試行的な取組は合理化と改善にもつながっており、東京都水道局と大阪市水道局は、水安全計画の導入に加え、浄水処理や配水システムについて、ISO9001 の認証を取得している。

厚生労働省は、2005 年に、水安全計画導入ガイドラインの作成のための委員会を日本水道協会に組織し、いくつかの小規模な水道施設への試行的な水安全計画の導入を行っている。現在、日本には、給水人口が 101~5,000 人の小規模な簡易水道が 8,000 以上あり、これらの施設の水質管理は不十分であることから、これらの管理の向上が飲料水の汚染による水系感染症の集団感染を防ぐためにも重要である。ほとんどの簡易水道は、人的資源、技術力、財源が不足しており、小規模水道のための水安全計画は、単純で、取扱が簡単で、容易に改善ができるものでなければならない。ガイドラインの素案は、2006 年

度中に準備される予定である。

国立保健医療科学院がコーディネーターを務めるオペレーション・アンド・メンテナンス・ネットワーク（OMN: Operation & Maintenance Network）は、世界保健機関（WHO: World Health Organization）の下で 1990 年に設立された NGO で、特に発展途上国における、飲料水の供給並びに衛生施設の運営及び維持の向上のため、経験、知識及び情報の交換を行うことを目的としている。OMN の主な活動は、教育ツールの開発や、ワークショップ/セミナーの開催、ウェブを通じた情報交換で、近年は、WHO、国際厚生事業団（JICWELS: Japan International Corporation of Welfare Services）やその他の機関と協力して、アジアの発展途上国への水安全計画の普及による水道水質管理の改善に貢献している。

(6) 水道システムのリスクアセスメント・リスクマネジメント—21 世紀に向けた社会資本推進計画—

Risk Assessment and Management of Water Supply System - Infrastructure Initiative for the 21st Century -

（米国環境保護庁 ジェームス・グッドリッチ）

上水道と下水道の基盤施設は、きわめて重要であり、公衆衛生や環境だけでなく、強い経済を保護するためにも必須となるサービスを提供する。米国では、これまで、水関連の基盤施設に巨額の投資が行われてきた。16,000 施設を超える下水処理施設が設置され、60 万マイル（97 万 km）を超える下水管により、1 億 9000 万人に利用されている。飲料水は約 16 万の大小の上水道システムにより供給され、100 万マイル（160 万 km）の水道管を通じ、2 億 6400 万人に供給されている。

米国における現在の問題は、水関連の基盤施設の老朽化が進んでいるが、上水道や下水道のシステムの修繕や取り替えのために、十分な経費が負担されてこなかったことである。2005 年の米国土木学会による報告書（American Society of Civil Engineers Report Card）では、上水道と下水道の基盤施設は、「D-」の評価であった。このことは、もしもこのまま基盤施設の悪化を放置すれば、最近 30 年の、公衆衛生・環境の向上や経済の利益を帳消しにしてしまうリスクがあることを示している。下水管の破損による汚水の漏洩の発生は、毎年 100 億ガロン（3,800 万 m³）の生下水に相当する流出の原因と考えられている。水関連の基盤施設を改良するために必要な推計額と実際支払われた額の差は、上水道システムについては約 0~130 億ドルに上り、下水道システムについては約 30~130 億ドルに上る。

環境保護庁（EPA: Environmental Protection Agency）は、「持続可能な基盤施設戦略」でこの問題に答えてきた。この戦略は、「より良い管理」、「水利用効率の向上」、「全体としての経費積算」、「集水域からのアプローチ」の 4 つの柱と、「技術革新」、「パートナーシップ」、「技術」、「研究」の 4 つの横断的なテーマからなる。

「21 世紀に向けた水関連の基盤施設の革新と研究」研究プログラムの目的は、革新的で費用対効果の高い次のような技術、つまり、「老朽化し劣化しつつある上水道や下水道システムの運用、維持管理、更新」、「新しい上水道や下水道システムのデザイン」を生み出すことである。

この研究イニシアチブの焦点分野は、「システムの状態の評価（自然流下の管渠/圧力管）」、「システムの改修（自然流下の管渠/圧力管）」、「先進的なデザインと管理（配水・収集、再利用システム/水処理システム）」である。

研究プロジェクトには、「技術実証評価プログラム」、「技術状況評価」、「決定を支援する応用研究」、「先進的デザインの基礎研究」、「センター・オブ・エクセレンス」が含まれる。

本研究プログラムの将来の目標は、浄水ロス量の低減、下水漏水の低減、リスクの高い給水本管の破損の低減、未処理下水の表流水への流入量の低減、施設運用やデザインの最適化、基盤施設の費用対効果（の向上）などであり、これらを通じ、公衆衛生の向上、環境の保全、経済発展を目指すことである。

(7) 日本の建物の貯水槽管理の現況—システムの安全管理のためのマニュアルの導入—

Overview of Current In-Building Water Supply System Management in Japan - Introduction of a Manual for Safety Management of these Systems -

(麻布大学 早川 哲夫)

世界保健機関 (WHO: World Health Organization) は、2005 年に、「集水域から消費者までの水質管理」を副題とする「水安全計画 (WSP: Water Safety Plan)」を出版した。これらの文書によれば、飲料水の安全性を保証するため、水道水源の汚染防止、配水に到るまでの浄水処理、配水過程での汚染防止、建築物内での貯水と給水の安全性に考慮することとされている。

日本では、他の国と同様、配水過程までは、水道事業者 (公共部門) が管理しており、規制部門が規制の遵守について指導することはそれほど難しくはない。しかし、建築物内については、水道事業者の責務の範囲外となり、建築物の設置者により管理される。さらに、給水の最終段階であるため、失敗は許されない。

日本では、建築物内の貯水槽水道については、1977 年から水道法により規制され、これら 100 万を超える施設の安全を確保するには、設置者が施設を安全に管理することとされている。

容量が 10m^3 を超える貯水槽は、水道法に基づき、貯水槽の設置者が施設の安全な管理に責任を負い、管理基準として、少なくとも年に 1 回の定期的な検査や定期的な貯水槽の清掃と、汚染防止のために必要な措置、が定められている。一方、容量が 10m^3 以下の貯水槽は、水道法による規制の対象外だが、いくつかの地方自治体は、条例で規制を行っている。

水道法の規制対象施設においても不適合の水準は高く、前年の検査において不適合の指摘を受けた約 1 万の施設についての調査では、このうち約半数の施設では翌年も不適事項が改善されていなかった。貯水槽の管理の不適合事例は、配管施設の設計、設置・改修工事、維持管理が不適切であることに起因する。幸いにも、このような特に衛生上の問題がある事例は非常に少ないが、このような状況を改善する必要がある。

改善のためには、貯水槽施設の直結化を図ること及び貯水槽施設の管理水準を向上することが主な対策である。建築物の設置者や管理者の知識は十分でない場合も多く、このような知識の乏しい設置者のための建築物内の貯水槽の管理マニュアルが望まれる。

管理マニュアルでは、「管理基本計画」の策定と、貯水槽の清掃・検査業者の選択について述べている。

建築物の設置者・管理者は、「管理基本計画」を策定することが望まれる。管理計画は、管理目標、施設の定期的な点検、定期的な清掃、緊急時の給水停止、記録の保管、管理の費用からなる。また、貯水槽の清掃・検査業者の選択にあたっては、貯水槽の清掃・検査業者に関する情報公開、建築物の管理者の立ち会い、清掃・検査結果についての説明聴取、改善提案書の受領等が重要となる。管理マニュアルの実施にあたっては、適正な管理が行われている建築物を周知するシステムの導入 (建築物の価値も高まる) や、建築物の管理者、清掃・検査業者、配管業者、水道事業者、行政の関係の強化について考慮が必要となる。

近い将来、多くの建築物内の貯水槽の設置者・管理者や関係者が、このマニュアルを活用することで、建築物内の給水システムの管理水準が向上し、全ての利用者への安全な飲料水の供給につながる事が期待される。

【討議】

米国での革新的な下水管の開発について日本側から質問があり、用途別に事故や経済性のデータを収集しているとの回答があった。

米国側から建物内給水施設の水安全計画について、米国、カナダでは作成しておらず、病院や建物の

オーナーが水安全計画を作成すべきだと考えているという意見があり、日本側からは作成したマニュアルによりオーナーが知識を得、水安全計画を作成する意識が高まるものと考えていると説明された。

日本側から米国の施設更新マニュアルについて質問があり、基本的には事業者が調査し、作成しているが、政府側でもその支援を行っているという回答があり、米国水道協会研財団（AwwaRF: Awwa Research Foundation）の資金で調査研究を行っているという回答があった。

日本側から上下水道共同で調査することのメリットについて質問があり、施設、機材を共有し、同じ思考でアプローチすることが効果的であると回答があった。

5.4 議題 3: 下水道施設の管理

(8) 下水道管路施設の老朽化にどう対処すべきか？—管渠の統計学的寿命のデータ解析—

How to Deal with Aging Sewers? - Statistical Life Data Analysis of Sewer -

(国土技術政策総合研究所 松宮 洋介)

近年、下水道管の不具合に起因した道路陥没が多発しており、昨年度は約 5,000 件発生した。東京や大阪などの大都市で特に多発している。これらの都市では標準耐用年数である 50 年を過ぎた管渠が増えつつある。しかし、国全体で見た場合、敷設後 50 年を経過した経年管は 4,000km に過ぎない。しかし経年管は 10 年後に 13,000km、20 年後には 46,000km に増える。陥没件数のさらなる増加、ひいては大規模な交通障害が生じないようにアセットマネジメントによる効果、効率的な管路管理が必要となっている。

アセットマネジメントの実施において、特に日本が重点的に取り組むべき点は、リスク評価と長期（10～20 年以上）事業量予測である。リスク評価がない場合、例えば交通量の少ない住宅街の末端管渠の損傷と幹線道路下の幹線管渠の損傷が同じ重要度で扱われる可能性がある。陥没件数自体は大きく減少したが、幹線道路で大規模な陥没が生じたといった事態を避ける必要がある。そのためにリスク評価が必要である。また、財政難の時代にあっては長期事業計画を避ける傾向がある。しかしながら、金がないからこそ長期の事業量予測を行い、効率的な実施計画を立てることが必要である。

国総研では自治体がアセットマネジメントを円滑に進められるように、生存曲線、劣化曲線、劣化管渠箇所予測モデル、陥没リスク判定資料の作成、開発に取り組んでいる。

(9) 老朽化する下水道施設の管理—挑戦と戦略—

Management of Aging Wastewater Infrastructure - Challenges and Strategies -

(コロンビア特別区上下水道庁 ジェリー・ジョンソン)

米国の首都であるコロンビア特別区は、米国の他の大都市と同様、老朽化した下水道施設の改築、更新、維持管理に係るコストと必要性に頭を痛めている。全米の下水道管理者にとって老朽化施設、法的要求事項、人口移動への対応が大きな課題となっている。

米国では 2000 年の人口 2 億 3100 万人が 2020 年に 3 億 2500 万人に増加すると予測されている。さらにこの人口増が大都市の周辺都市で生じ、大都市では人口減少が予測されている。大都市は住民減少により、料金収入が減少するなかで老朽化施設を維持していく必要性に迫られている。

30 年前、連邦政府は下水道施設の建設費用の 75%を負担していた。それが今日では 5%を下回っている。環境保護庁（EPA: Environmental Protection Agency）は今後 10 年間必要な投資が行われなければ、過去 35 年間で達成された水環境の改善が失われるだろうと予測している。

コロンビア特別区は他の大都市とともに連邦政府による下水道信託基金の設立を働きかける一方、毎年、料金値上げを実施している。この間、長期施設計画、法的事項に係る交渉、アセットマネジメント、

住民啓発などにより米国の老朽化する上下水道インフラが直面する事業上、規制上及び財政上の課題に取り組んでいる。

【討議】

米国側から、生存曲線モデルの適用について、異なる場所ではどうなのか、意思決定のプロセスはどうなのか、単純に生存曲線で判断するのは問題で個々に判断すべきではないのか、他のパラメータはどうなのかという質問がなされた。これに対して、本生存曲線モデルは、管渠の更新戦略を立案するためのものであること、生存曲線は所要コストを概略推定するのに用いていること、他の目的に対してはその他のパラメータを用いることになるという回答がなされた。

日本側からは、陥没が少ないが大事故は生じていないのかという質問がなされ、大事故はないが大事故になりそうなものはあったこと及び陥没があると目立つという回答がなされた。また、ケンタッキーでは爆発事故があったというコメントがあった。

料金システムに関する日本側からの質問に対しては、料金は水道使用量に基づいており携帯ツールにより流量を計測すること及び異常が認められれば訪問して確認するという回答がなされた。料金を値上げすれば水道使用量は減少するの点については、値上げしたら水道使用量は減少し、収入が1.5%減少したという回答があった。

民営化についてはどのように考えているのかという日本側からの質問に対して、「民間会社の参加も含めて、ベストパフォーマンスを評価した。すなわち、5年間の人員整理やコスト削減について検討した結果、業務を直営で行いコストを削減してゆくのがよいことになった。」という回答であった。

また、日本側から、回転融資基金（revolving fund）の原資と2004年からその額が急激に減少している理由に関して質問がなされ、「連邦政府が運用する資金が原資であり、額の減少については連邦政府により優先度が低いと判断されたためである。」との回答がなされた。施設更新のための信託資金設立について、政府にどのようにアピールするのかという質問に対しては、「議論は以前からされていること、ガソリン税や航空税の一部が信託資金に若干行くことになるが、税と思われるため誰も払いたくなく、政治的になかなか難しいため何か代替案が必要である。」という説明があった。また、議員等と協力して何か良い方法を見つける必要がある持続可能な資金が必要であるという回答がなされた。

5.5 議題 4: 流域管理

(10) 緊急事態に備えた水道における流域管理—琵琶湖・淀川水系の事例—

Watershed Management in Drinking Water for Emergency: A Case of Lake Biwa-Yodo River System
(阪神水道企業団 佐々木 隆)

琵琶湖-淀川水系は日本の中西部に位置しており、近畿地方1,400万人の水源として、都市生活と活動を支えている。水系の特徴は上流域で都市化と工業化が発達し、下流域で大量の生活用水を利用していることである。このことは水の循環利用が行われていることを意味し、そこには水の安全性への多くの危害因子が存在している。

1960年代には淀川の水質が下水放流水や他の生活又は工場排水により急激に悪化したため、下流の水道事業体はこれらの問題の対策が必要になった。水道事業体は、統合的な水資源保全のために共同して対応することが最善であるとし、1965年に淀川水質協議会を設立した。現在、10水道事業体が参画している。協議会は種々な活動を行っている。

- ・ 水源水質の定期監視
- ・ 水源保全に係る調査研究
- ・ 汚染防止に関する要望活動

- ・水源保全に関する啓蒙活動
- ・緊急連絡体制

水源で水質事故が発生した場合、発見者から河川管理者が情報を収集し、協議会に連絡が入る。それから、協議会はあらかじめ設定した緊急連絡網により、全メンバーに連絡する。

水道に直接影響を与える事故は減少している一方、油流出事故の比率は近年増加している。協議会は油流出事故の原因となる施設を監督する行政部署に定期的に要望し、一定の成果が得られている。

2003年10月の油流出事故の対応例を示す。水源事故は淀川の支流で起こり、下流の水道事業体に影響を及ぼした。一つの浄水場は4時間取水を停止しなければならず、6浄水場では取水制限、油処理、粉末活性炭の投入等の対応を実施した。事故の迅速な情報伝達、適切な対応により供給水が汚染されるのを防ぐことができた。

水源事故が発生した場合、取水地点への汚染物質の到着時間は重要な情報である。協議会は、河川の形状等の影響を考慮した「淀川到達時間表示システム」を開発した。また協議会では流域の各種事業所の位置、取り扱われている有害物質の情報を整理した「淀川流域環境マップ」も構築した。環境マップは、収録されたデータを基に有害物質等の汚染の危険性を具体的に示すことができる。

水道は、水源から蛇口まで連続した施設であり、脆弱さを内包している。そのため、もし水源事故への対応が遅れが生じると、社会生活に大きな損害を引き起こす可能性がある。この観点から、できるだけ速く水源事故を発見し、適切な対応をとることが重要である。淀川水質協議会は、共同で水源を監視し、水源保全活動に携わっている。これらの努力により、今日まで水道水の安全性が確保されている。

(11) 気候変動と水資源—水道事業者のための手引き—

Climate Change and Water Resources: A Primer for Municipal Water Providers

(国立気象研究センター デービット・イエーツ)

米国水道協会研財団 (AwwaRF: Awwa Research Foundation) と国立気象研究センター (NCAR: National Center for Atmospheric Research) との共同作業により、新刊書「気候変動と水資源—水道事業者のための手引き—」が発刊された。この本は、気候変動に関する誤解を解くことによって、気候変動が無視しても問題が生じないような作り話でもなければ、切迫した大災害でもないことを示している。

手引きには、自然による気候変化と人間の活動によって引き起こされた気候変化の両方に関する科学的な証拠が要約され、気候変動による水循環への影響とこれがもたらす水道事業者への潜在的な影響について書かれ、これらの将来予測における不確実性がどのようなものであり何が原因であるかについて書かれており、さらに、計画策定及び適応の戦略に関する指導が記述されている。特に手引きは、さらなる温暖化が、どのようにして、世界的な平均年降雨量の増加、集中豪雨の激化及び日照りの長期化に至り、地球規模の水循環を集中化するののかにつき説明している。

気候変動の見通しに注意を促す善意の(しかし誤った)試みは、地球の気候システムが大変動の変化に対応できる、若しくは世界的な気候変化を見逃すことができるという作り話であるという印象を多くの人に残した。それらの極端な見解はどちらにしても、気候変動に影響を受けやすい資源の管理に決定を下そうとする人に有用な手引きとはならない。よって、自然由来の気候変動及び人間の活動によって引き起こされるかもしれない気候変動の両方を含んでいる気候変動に関する科学的知見の要約により、いくらかの誤解の解消を狙っている。この手引きは、特に、気候変動が水循環や水資源の量や質に与える影響はどのようなものかに焦点を当てている。この手引きの最終的な狙いは、水道事業者の管理者に気候変動に関する科学的知識を紹介し、それが水資源に与える影響の種類を示して、計画策定及び適応の戦略に関する指導を提供するということである。この手引きは、研究者によるいくつかの最新の知見とともに、気候変動のために計画を立て準備をし始めた前向きな事業者による活動を主として反映したものである。水産業の専門家は、気候変動が水資源の量及び質に影響を与えるという事実並びに極

端な雨水流出又は気温が関連施設の維持管理に影響を与えうるという事実を痛感している。未曾有の干ばつのような予想しがたい極端な気候変動は特に厳しい問題を提起するだろう。思慮深い管理は、このような自然の変動による悪影響の予想及び緩和に重点を置く。効率的な計画のためには、なぜ、どのように気候が将来変動するのか及び水産業が依存するところの資源は気候変動によりどのように影響を受けるのかを理解することが重要である。

【討議】

日本側から、地球規模の水資源の変化については気候変動よりも人口増加がウォーターストレスに影響を与えるという意見が日本の研究者にはあることを背景に、大気循環モデル (GCM: General Circulation Model) による降雨量推定の精度について質問があった。これに対し米国側から、「精度は難しい問題で、暖かい大気による湿気増加で降水量強度と頻度は変化するだろう。カリフォルニア州の場合でも気候変動に対処する方法を見つけようとしているもので、基本的に地域の気候をモデル化する方法の提供であり、必ずしもモデルの結果がそのまま利用できるわけではない。」との回答があった。

続いて、米国側から、オハイオ川でも油流出事故はみられるが、淀川の場合ではどのようにして起こるのかとの質問があった。日本側から、京都府南部地域にある自動車廃車場からしみ出た油類が道路側溝に溜まり、この地域は低地のために降雨時の排水機場ポンプによる内水排除に伴って、その油類が淀川に流れ込むとの回答があった。

その他、淀川周辺の工場が記された環境マップにおける化学物質データの更新頻度について質問があった。これに対し、淀川水質協議会では、PRTR 等のデータ見直しが生ずれば環境マップが更新できるよう毎年予算を計上しているとの回答があった。

5.6 議題 5: 水の再利用

(12) 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

Establishment of Guidelines for the Reuse of Treated Wastewater

(国土技術政策総合研究所 吉澤 正宏)

都市内における貴重な水資源確保や良好な水辺空間の創出等、下水処理水再利用の重要性は今後益々高まっていくと予想される。また、飲料水や食品を介したクリプトスポリジウム、ウイルス等による健康被害が近年大きな社会問題となり、水の安全性への関心が高まってきている。このように、下水処理水の適切な再利用の重要性が増している。

このため、国土交通省では検討委員会を設置して議論を重ね、「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」を策定し、下水処理水再利用における衛生学的安全性確保、美観・快適性確保、施設機能障害防止の観点から、利用用途に応じた水質基準等を示すとともに、下水処理水再利用の実施に当たり考慮すべき事項を示した。

本マニュアルが対象とする利用用途は、下水処理水を不特定多数の人が利用する施設に直接供給する形態とし、日本の再利用の実態を踏まえて、水洗用水、散水用水、修景用水、親水用水の4用途とした。

技術基準のうち、衛生学的安全性の観点から、従前の大腸菌群に代えて、より糞便性汚染の指標性の高い大腸菌を基準項目とした。ただし、修景用水は人が触れることを前提としないため、暫定的に大腸菌群を基準項目とし、従前の基準値を採用した。

配管等の閉塞防止の観点からは、施設基準として砂ろ過施設又は同等施設の設置を義務づけ、施設の適切な機能を担保する指標として濁度を設定した。ただし、親水用水は水浴等の全身的な接触も想定しているため、利用者の衛生学的安全性確保の観点から凝集沈殿工程を追加した。また、再生水供給過程における細菌類再増殖防止の観点から、残留効果の高い塩素消毒を行うことを基本とし、残留塩素を管

理目標値として規定した。管理目標値は、実態調査を踏まえ、日本の水道水質基準と同じ残留塩素濃度を再利用水質基準に適用した。

下水処理水再利用の実施にあたって考慮すべき事項として、誤接合防止や誤飲防止の措置等について記載した。

マニュアルに提示した技術基準の一部は、下水道法を改正し、下水道施設の構造基準として規定した。

下水道法及び本マニュアルにより、下水処理水再利用の適正な管理と下水処理水の積極的な活用、都市内の良好な水環境の創出が期待される。

(13) 沖縄における再生水利用下水道事業

Promotion of Treated Wastewater Reuse in Okinawa - In search of local community without water shortage -

(沖縄県下水道建設事務所 黒島 隆)

離島県である沖縄県は、水不足に悩まされ続けてきた。給水制限は年中行事のように繰り返され、特に 1981 年の渇水時には約 1 年間にわたり給水制限が行われ、県民生活に多大な影響を与えた。このため本島北部には多くのダムが建設されてきたが、面積の小さな本県においてはダム建設のできる場所は限られており、そのため新たな水源を海水に求めて、1997 年度には海水淡水化施設を導入し、水不足に悩む本県の貴重な水源として重要な役割を担ってきた。

水需要の伸びは、観光客の増加、県の人口が増加していることなどから、今後も続くことが予想される。浄化センターは「枯れないダム」であり、これを利用しないことは「もったいない」ことである。

再生水利用下水道事業は、新たな街づくりが行われている天久新都心に、那覇浄化センターの処理水を高度処理して、トイレの洗浄水や公園の散水用水として送水しており、2002 年度より供用開始している。再生水使用料金は、小口需要家が 140 円/m³ (消費税抜き単価、以下同じ)、大口需要家が 200 円/m³ に設定されており、上水道料金 330 円/m³ (大口需要家) よりも割安である。

供給開始後、2002～2005 年度にかけて供給箇所数は 20 か所から 36 か所、日あたり使用水量も 200m³ から 462m³ へと着実に増加している。那覇市では再生水利用に関し那覇市水資源有効利用推進要綱を作成して市民への利活を促している。沖縄県でも更に需要が増やせないか検討しているところである。

県内において、糸満市と名護市は、二次処理水を高度処理し、修景用水として使用している。更に、那覇浄化センターの処理水を高度処理し、沖縄中南部の農業用水として数万 m³ を使用する計画が策定されている。

(14) 米国における水の再利用の現況

An Overview of Water Recycling in the United States

(イーストベイ上下水道組合 デニス・ディーマー)

再生水利用は、世界の多くの地域で、既に重要な給水源になっている。しかしながら、その大きな潜在的ポテンシャルは、十分に活用されていない。米国では約 34 億ガロン/日 (1,300 万 m³/日) の水が再利用されているが、下水発生量全体の 9.7%に過ぎない。

米国において再生水利用が推進されるのには、干ばつに左右されない安定した水源であること、人口増に伴い水需要が増大していること、限られた飲料用水源を保全する必要があることなどの要因がある。再生水の利用用途は、今では、工業用水や、食用・非食用農作物の灌漑用水、オフィスビルのトイレ用水、さらには、地下水涵養や間接的な飲料水利用もある。再生水利用には、水質が悪い又はそのおそれのある水域への処理水放流量の減少、他の地域からの送水量やその費用の縮減等の数多くの便益がある。

再生水基準は、州毎に異なっており、国の統一した基準はない。カリフォルニア州は、米国で最も厳しい基準が定められており、その衛生学的水質基準は、再生水との接触の程度に基づいて規定されている。また、再生水処理方法は、その利用用途に応じて決まる。例えば、利用用途が主に灌漑又は冷却塔用水であれば、2次処理水+砂ろ過で十分であるが、間接的な飲料水利用であれば、MF膜ろ過、RO膜ろ過及び紫外線消毒のような高度処理が必要である。膜ろ過は利用用途によっては必ずしも必要なものではないが、価格の低下により選択の幅が広がってきている処理方法である。なお、再生水供給費用は、ユーザーまでの距離、連邦又は州の助成金の有無等により、非常に広範囲にわたっている。

再生水利用の普及に際しての主な課題として、教育の必要、基金の拡大、再生水利用の経済性の向上、安全性に関する統一した基準の設定等がある。また、低コスト化のための革新的な新技術の開発、試験方法、モニタリング方法、さらには、内分泌かく乱化学物質や医薬品由来化合物等の新たな問題に対応するための更なる調査研究が必要である。

再生水利用は、単なる排水処理水の再利用と考えるはいけない。再生水利用は21世紀における新しい水源の選択肢の1つであり、水管理の重要なツールである。

【討議】

下水処理水のクーリングタワーでの再利用について意見交換がなされた。日本側から「クーリングタワーでの利用はエアロゾルの問題があり日本では許可されないが、米国ではどのような処理を行っているのか、また、危険性はないのか。」との質問がなされた。米国側より「物理化学処理の後、栄養塩除去のための生物処理、砂ろ過処理された処理水を石油精製工場のクーリングタワー水として使用している、15年以上供給しているが全く問題ない、周辺は工場地区である。」との回答があった。続けて、「商業地区やオフィス街でのクーリングタワー利用も可能なのか。」と日本側から尋ねたところ、米国側より、「可能である、どの程度の処理をすべきかについては個別案件毎に衛生部局と協議する必要がある。」との回答であった。

その他として、処理水の水資源としての位置づけ、色度及び供給先についての議論並びにクリプトスポルディウムが大発生したときの対応についての議論がなされた。また、沖縄で供給される再生水の使用料及び採算がとれるための供給量について質疑がなされた。

5.7 議題 6: 生物学的リスクアセスメント・リスクマネジメント

(15) クリプトスポリジウムの水系集団感染から得られる知見—予兆現象とオーシスト監視—

What Is Learned from Water-related Outbreak of Cryptosporidiosis - Sign Phenomenon and Oocyst Monitoring -

(国立感染症研究所 遠藤 卓郎)

世界保健機関 (WHO: World Health Organization) の定義によれば、水系集団感染や食品由来の手段感染は、2人以上の人が同じ種類の食物又は同じ水源の水を摂取した後、類似した病気を発症し、かつ、疫学的証拠から、その食物又は水が病気の原因とされる時である。積極的な監視のためには、水系集団感染を、予期されるよりも多くの症例が地理的にも時間的にも集中して発生した時とする定義も有効である。

この観点から、既に発表された集団感染報告を再度吟味した。

小規模な下痢 (クリプトスポリジウム) 症患者が、ほとんどの大規模な集団感染の直前でみられ、このことは、集団感染に先立ち、給水栓水への少量のオーシストの漏出が少なくとも1か月程度続いていたことを示唆する。病原体の漏出は、原水中に高い濃度でオーシストが存在し、浄水処理プロセスで完全には除去できないためであると考えられる。このことから、水系集団感染が、原水に病原体が存在す

る状況で、浄水処理に問題が生じたか、施設に瑕疵があるときに発生すると考えられる。突然の気温変化により、煮沸されない水道水の飲水量の増加したことも、集団感染の原因となりえる。

この前兆現象（水道に関連する小規模な下痢患者の発生）は、一般的な感染症についての健康面からモニタリングでは検知することはできず、集団感染が判明した後の調査で初めて検知された。しかし、原水中のオーシストの監視により、前兆現象を検知する見込みはまだある。また、その監視を行うことができれば、クリプトスポリジウムの大規模集団感染をあらかじめ警告するシステムを確立することができる。

これまでの集団感染での前兆現象ではおよそ 0.02 個/L 程度の濃度に達していたと計算されるが、これは、クリプトスポリジウムの定期検査の検出限界よりはるかに小さい値である。一方で、浄水処理プロセスの粒子除去効率に応じて、原水中には（浄水の）10～1,000 倍程度の濃度のオーシストが存在すると予測される。仮に、浄水場の粒子除去能力が 2.7log 程度（1/500）とすると、原水中のオーシスト数は 10 個/L 程度と計算される。

多くの集団感染事例の事後調査により報告されているとおり、この前兆現象（原水中にオーシストが高濃度で存在すること）は一時的な現象ではなく数週間にわたって継続すること及び 200～1000mL の原水からのオーシストの分離はそれほど時間がかからないことを考慮すれば、1～2 週間ごとのクリプトスポリジウムの監視を日常の監視業務に取り入れることは可能と考えられる。

例えば、DNA 増幅手法を用いた新しいモニタリングシステムにより、オーシストを検出し大規模なクリプトスポリジウムの水系集団感染を未然に防ぐことが期待される。

5.8 議題 7: 化学的汚濁物質のリスクアセスメント・リスクマネジメント

(16) 環境における医薬品—PhRMA イニシアティブの概説—

Pharmaceuticals in the Environment - A Review of PhRMA Initiatives

（メルク社 メアリー・バズビー）

米国研究製薬工業協会（PhRMA: Pharmaceutical Research and Manufacturers of America）は医薬品の環境中での挙動・環境影響について、科学的知見を提供するために活動してきた。医薬品が環境に与える影響をスクリーニングする目的で、医薬品の環境中での挙動モデル PhATE を開発した。これは、下水処理場を発生源として、水系における医薬品の放出、移動、分解等の挙動をシミュレートして、水中濃度の累積分布を予測するものである。代替指標物質（カフェイン等）で予測値と実測値を比較してモデルを検証し、良い結果が得られた。実際の医薬品に適用した結果、初期リスク評価で問題となる物質はなかった。また、医薬品の水生生物への生態影響評価に用いるための毒性データベース PhACT を作成し、リスク評価に活用している。ここでは、医薬品が魚類、甲殻類、藻類等の水生生物に与える影響について、生体影響試験結果の査読付き論文の報告事例が無影響濃度予測値（PNEC: Predicted No-Effect Concentration）等の形式で網羅的にデータベース化されている。

(17) 下水汚泥の化学物質管理

Management of Chemical Substances in Biosolids

（土木研究所 山下 洋正）

土木研究所リサイクルチームでは、下水汚泥中に含まれる化学物質について調査研究を行っている。極めて多数の化学物質が工業、農林水産業、病院、家庭等で使用されており、その相当部分が下水道へ放出されて下水処理場に流入している。近年になって環境汚染物質と考えられるようになった内分泌かく乱物質や医薬品類（PPCPs: Pharmaceuticals and Personal Care Products）は、環境保全面での法的規制が

なされておらず、懸念がもたれている。疎水性の化学物質は特に下水汚泥に移行する傾向があり、下水汚泥の緑農地利用等の有効利用の際の暴露等により、人の健康や環境への影響を与える可能性があるため検討が必要である。内分泌かく乱物質のうち、ノニルフェノール、ノニルフェノールエトキシレート、ノニルフェノールエトキシカルボキシレートについて調査した結果、下水汚泥コンポストにこれらの存在が確認された。また、35°C条件下でのコンポスト実験により、これらの物質の分解経路が明らかとなった。エストロゲン類については、下水汚泥コンポスト中にほとんど検出されず、比較的分解されやすいものと考えられた。医薬品類については、現在調査中であり、今後結果を報告していく予定である。

(18) 下水道における医薬品類の存在実態

Occurrence of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Wastewater Systems

(土木研究所 鈴木 穰)

近年、医薬品類（PPCPs: Pharmaceuticals and Personal Care Products）による環境汚染に関心が持たれている。医薬品類は下水処理場を通して環境中に排出されるため、下水処理場において医薬品類が適切に処理されることは重要である。現在、下水道システムにおける医薬品に関する情報が限られているため、数箇所の下水処理場において、流入下水中の医薬品類濃度の実態と下水処理過程における挙動について調査を行った。また、抗生物質の水生生物に対する毒性試験を実施し、下水処理水放流先水域における水生生態系への影響を評価した。

その結果、医薬品類の流入下水中の濃度はほぼ百 ng/L のオーダーであり、また、多くの医薬品類が溶解態で存在していた。生物処理の過程で、ある種の解熱鎮痛剤は効果的に除去されたが、抗生物質の除去率は約 50% であり、鎮痒剤等においてはほとんど除去されないものがあった。さらに、浮遊物質吸着態を含めた医薬品類の収支を検討することにより、生物分解や活性汚泥への吸着など、医薬品毎にその除去機構を評価した。

また、ある種の抗生物質は藻類に対して増殖阻害を示したことから、下水処理水放流先での希釈率が低い場合には、藻類に影響が生じる可能性が考えられた。

【討議】

日本側から、健康被害の指標とされる化学物質の一日摂取許容量（ADI: Acceptable Daily Intake）が日本ではなかなか手に入らないがアメリカでは知ることができるのかとの質問があり、政府だけでなく民間企業でも次第に公表を始めておりそれらを参考にすることができるとの回答があった。また、蓄積性について他の国の状況を教えてほしいとの質問があり、「イギリスでは問題となっていない。また、影響が出る一定の値があり、現状はそのレベル以下であると思う。」との回答があった。

米国側からは、下水汚泥の緑農地利用が増加しているように見受けられるが、利用の際に問題になっていることはあるかとの質問があった。これに対して、「緑農地利用はほぼ 14% で一定していて、むしろ、建設資材利用、特にセメント資源化が増加している。利用の際に問題となるのは科学的なものではなく感情的なものと思う。重金属を問題視する場合があるが、実際の測定では基準を満たしており、データを示し利用を促進するべきである。」との回答があった。

(19) 水道水における内分泌かく乱物質及び医薬品の存在実態、処理及び毒性評価との関連性

Occurrence, Treatment and Toxicological Relevance of Endocrine Disruptors and Pharmaceuticals in Drinking Water

(南ネヴァダ水組合 シェーン・スナイダー)

最初にラスベガスの特性（人口に比して観光客数が多いこと、降水量が少ないこと等）と持続性の観

点から水の再使用が極めて重要であることについて紹介があり、ラスベガスでは、Mead 湖やそこに生息するコイから、内分泌かく乱物質や医薬品が検出され注目されており、その除去対策としてオゾン、紫外線等による除去特性について調査し、この結果、オゾン処理が塩素処理より有効性が高いこと、紫外線処理は消毒に使用するレベルでは有効でないこと、オゾン添加濃度と臭素酸濃度の間に正の関係があること等が示された。

また、市販漂白剤中で過塩素酸濃度が経時的に増加すること、飲料水から検出される医薬品や内分泌かく乱物質については、飲料水等価レベル (DWEL: Drinking Water Equivalent Level) の評価結果や食品中の濃度から、飲料水に起因する健康影響が生じるとは考えにくいことについての報告がなされた。

最後に、市民の経済的負担増や副生成物等の課題に対応するため、協同的研究に関する意欲が示された。

(20) 水道水における消毒副生成物の存在実態及び管理

Occurrence and Control of Disinfection By-products in Drinking Water

(国立保健医療科学院 浅見 真理)

消毒副生成物は、水道において検出される主要な化学物質グループの一つである。2004 年度の調査によれば、水道水質基準項目のうち臭素酸、トリハロメタン等で基準超過が見られたが、臭素酸はオゾン消毒副生成物としては制御が可能となる一方、消毒剤中の次亜塩素酸ナトリウム中の不純物として検出されている。次亜塩素酸ナトリウムは、塩素酸、臭素酸、過塩素酸等を生成し、特に塩素酸は保存温度により生成が大きく異なる。一方、過塩素酸は首都圏の水源である利根川及びその水を水源とする浄水から最高約 40 μ g/l 検出されており、工場排水に起因すると見られている。これらの他、NDMA (ニトロソジメチルアミン) の検出や、トリハロメタンの室内空気汚染の現状、臭化物の排出起源について発表が行われ、室内空気汚染の寄与率が高いこと、親水性の汚染物質の重要性が指摘された。

【討議】

日本側から、内分泌かく乱物質の管理のためにシステムをどのように評価しているかとの質問があり、米国側からは、非常に限られた知見しかないが、優先順位をつけて管理していると回答があった。

次に日本側から、過塩素酸について、取り除く良い方法はないかとの質問があり、地下水の場合は嫌気性の生物処理があるが、表流水については、現在のところ同じく生物処理のほかは費用面でも良い処理法がないようであるとの回答があった。

また、日本では魚を食べるが化学物質の蓄積が心配で、現状はどうかと質問があり、米国では問題となっておらず、影響が出る一定の値があるが、現状はそのレベル以下であるとの回答があった。

5.9 議題 8: 緊急事態対策

(21) 下水道システムの地震被害からの復旧対策

Measures for Recovery against Seismic Damages to Wastewater Systems

(国土技術政策総合研究所 田中 修司)

1995 年 1 月の兵庫県南部地震、2004 年 10 月の新潟県中越地震では下水道施設は非常に大きな被害を受け、処理施設の運転停止のほか、管渠に大きなダメージを受けた。兵庫県南部地震と新潟県中越地震では住民が長期間にわたって避難生活を強いられるほどの被害が住宅や社会インフラに対してあった。この 2 つの地震では、下水道施設が処理不能になる被害を受け、汚水が公共用水域へ直接垂れ流しになる状況に陥った。本報告では①2 つの地震による被害の特徴、②処理不能の施設を回復するまでの措置、

③地震被害に対する機能回復までの支援の方法及び④トイレ問題について論じ、特にトイレ問題に関して水道側の復旧との連携の必要性を述べた。

(22) 緊急事態対策—下水道事業に関連してハリケーン・カトリーナから得られた教訓—

Measures against Emergencies: Lessons from Hurricane Katrina Regarding Sewage Works

(ブラック・アンド・ヴィーチ社 ジェームス・クラーク)

ハリケーン・カトリーナにより潮位が 15～25 フィート (4.5～7.5m) となった。これにより、ミシシッピ州の沿岸のほとんど、ルイジアナ州のかなりの部分及びアラバマ州の西側の沿岸部が水に漬かった。このため、下水道システムが被害を受け、いくつかの処理場では壊滅的な打撃を受けた。3 州の 896 か所の施設のうち 118 か所が、水位の上昇した場所に位置し、被害を受けた。被害総額は 14 億ドルになる。

被害を受けた施設の復旧に関わる中で、次のようなことが分かってきた。

- ① 被害後 9 か月経っても被害地域の地図が公表されておらず、それだけ被害が大きかったことを表している。
- ② 被害後、8 週間後でも現場調査は容易ではなく、RV 車で現場に入ってもすぐにタイヤが瓦礫と釘でだめになり、またホテルや現場に行く飛行機もなかなか確保が難しい状況であった。
- ③ 現場の状況については、担当職員が修理のために現場に踏み留まって活躍しており、このような職員からの情報入手が有効だった。
- ④ 被害を受けた地域内の道路は、救助や建設関係の車が溢れ渋滞が発生していた。
- ⑤ 電話は使い物にならず、常に話中という状態であった。
- ⑥ 地元の状況に精通した人の支援なしでは調査も十分にできなかった。
- ⑦ 処理施設の主要な被害は電気系統が水に漬かったためのものがあった。
- ⑧ ポンプ場では、地上部は激しい被害を受けており、地下部は、砂等で埋まってしまっていた。
- ⑨ 下水道担当職員は多数が避難せず現場に留まり、英雄的な活躍をしていた。

【討議】

日本側から、ハリケーン被害の全容を把握するのに長期間要した理由について質問があり、これに対して、下水道事業体は何をなすべきかを捜していた状態にあって、被害の分類・分析を行う優先順位が低かったこと、また、調査地域への到達に困難が伴ったこと等が理由として挙げられた。さらに、被災後の下水処理場に最初に入ったのかとの質問に対して、処理場の維持管理の人々がまず被災への対応と被害箇所を確認を行っていたとの回答があった。

米国側から、処理場間をつなぐネットワーク管渠、管渠のループ化等耐震対策に対する国等の資金援助について質問があり、通常の建設事業と同じように国から約半分の補助が出されるとの回答があった。

5.10 議題 9：水道事業のリスクアセスメント・リスクマネジメント

(23) 水道事業のリスクアセスメント・リスクマネジメント

Risk Assessment and Management of Water Supply Business

(北海道大学 眞柄 泰基)

水道水は断水した場合、市民生活や社会活動に重大な被害をもたらすおそれがある。日本の水道供給システムのレベルは高く、全ての給水栓から、飲用可能な水にアクセスすることが可能であるが、経営の問題は水道事業を持続させていく上での課題となっている。

日本の水道は地方自治体により運営されており、その料金は政治的選択の影響を受け、事業の収支がとれず、施設の変更や更新のための財源が不足している事業体が多い。さらに今後 15 年のうちに水道事業に従事する職員のうち約 35%が引退することになるため、水道事業に従事する職員の数の大幅な減少が毎日の維持管理にも影響することが懸念される。

日本の多くの社会基盤事業は、収入等が毎年増加するという右肩上がりを前提に行われてきたが、人口減少と給水量の減少による収入の減少は避けられなくなってきたため、過去の配分の効率をよく考察して、資金の分配の新しい構造と労働力を確立しなければならない。サービスは最大化すべきであるが、収入が減ることを考慮にいれて、これまでの配分構造の見直しと、予算の制約を守ることが必要である。その際、効率性に重点を置くことも重要であるが、より重要なのは、隠された非効率を排除することであり、民間の経営政策を採用し、市場メカニズムにしたがった運営を検討する必要がある。

日本水道協会は、水道事業者の管理と運営状況を明らかにするための水道事業ガイドラインを 2005 年に策定した。ガイドラインは安全、安定性、持続性、環境配慮、管理、そして国際的な活動の見地からの 137 の性能指標から構成されている。また、水道事業の実態をふまえた水道法改正と PFI 法の公布により、第三者委託が可能となった。管理や技術の視点から、各地域の状況を踏まえて、水道事業を適切に管理するためにどのような管理形態を採用できるかをよく調べる必要があるとあり、民間セクターによる運営を客観的に評価し、よりよい運営方法をアドバイスできるような第三者監査システムを設ける必要がある。第三者による監査システムは、健康影響を守るといった基本的な点から、水道事業への満足度といった高いレベルの点までを対象に行われるべきである。

また、日本水道協会が示したガイドラインは、水道事業者を評価する上で非常に有用であるが、資産管理に関係する性能指標が全て取り入れられていないわけではない。ガイドラインはベンチマークを示していないため、水道事業のよりよい運営管理のためのベンチマークを開発することが必要であり、関係者による水道事業の監視と監査のための基準を開発することが必要である。

(24) 水道事業体の将来像の戦略的なアセスメント

A Strategic Assessment of the Future of Water Utilities

(米国水道協会研究財団 ロバート・レナー)

水道事業の将来の傾向を整理し、対応をとるために、米国水道協会研財団 (AwwaRF: Awwa Research Foundation) は、2004 年に「水道事業の将来についての戦略的なアセスメントの改訂」プロジェクトに資金を拠出した。プロジェクトは将来の傾向についてのレポートの策定に焦点をしばって行われた。

ワークショップでは水道事業の長らがレポートを再検討し、水道事業の傾向について議論し、起こるだろう傾向と望まれる傾向に関して約 19 の将来の傾向を確認し、評価した。この傾向は、いくつかの将来シナリオに分類された。

グループディスカッションを通して得られた参加者の知恵と専門知識を集約するために水道の専門家等により構成されるワークショップが設けられた。ワークショップの主要な目的は、議論を深めることにより、上位から 10 番目までの将来の傾向を発展させ、それぞれの傾向について対処するための戦略をとりまとめることであった。

上位から 10 番目までの将来の傾向は以下のとおりであり、それぞれの概要が考えられる対応戦略とあわせて、レポートの中でまとめられている。①人口、②政治上の環境、③財源上の限界、④全体的水道管理、⑤消費者の期待、⑥水道事業従事者数の問題、⑦技術、⑧エネルギー、⑨リスクの増加、⑩規制

【討議】

日本側から、日本では汚泥処理にエネルギーとコストをかけているが、米国の事情はどうかという質

問があり、同様に重要な課題と考えており、汚泥量の削減や再利用が環境面から必要であるとの回答がなされた。

また、日本では政府が水道ビジョンを作成し、水道事業者が地域水道ビジョンを整備しているが、米国の状況はどうかという質問が日本側からあった。これに対して、「米国では、大きい事業者ではプランを作成しているが、小規模事業者では政府が作成をサポートしている。また、住民に対して公衆衛生改善を目的とした浄水場への資金の投入について説明する手法について現在研究している。」との回答があった。

米国側からは、リスクアセスメントの将来の課題について質問があり、今までは水質、施設が重点的に取り扱われていたが、今後は政府、地方自治体の財政状況から経営面が課題となっているとの回答がなされた。

5.11 議題 10: 統合的な流域管理

(25) 水質保全のための新しい流域管理施策—下水道法の改正—

Modified Watershed-Based Approach to Clean Water -Amendment to Sewerage Law-

(下水道新技術推進機構 藤木 修)

日本では、2005年に下水道法が改正され、水質保全のための新しいアプローチが確立された。すなわち、閉鎖性水域を対象に、窒素及びりんに係る「移転可能な削減目標量」という概念が導入されたのである。

「移転可能な削減目標量」は米国で行われている水質取引における「移転可能な排出許可」にやや似た概念である。国土交通省が発表したガイドラインでは、下水道管理者である地方公共団体の間の公平性に重点を置いて、ベースラインとなる削減目標量を定めるやり方が提案されている。移転前後の環境に対する影響の等価性は、個々の排出負荷量の影響を評価することによって、おおよそ担保される。削減目標量の円滑な移転を促進するため、削減目標量の段階的プログラムと移転に係る情報を交換するための場が必要であろう。

国土交通省が発表した別のガイドライン案では、水質取引を参考に、移転される削減目標量と支払われる費用が比例するという関係に基づいて、支払われるべき費用が決められるべきだと提案している。また、削減目標量の移転を通じた円滑で効率的な負荷削減に補助金が悪影響を及ぼさないよう、補助制度に修正が加えられた。

現在、東京湾、大阪湾、伊勢湾及びその他の閉鎖性水域の水質保全を目的として、削減目標量の移転を可能とするための、流域別下水道整備総合計画の策定が進められている。その作業のなかで、削減目標量のベースラインの決定と並行して削減目標量の移転についても検討が行われている。

(26) 流域の保全及び再生を目的とした水清浄法の手段の適用

Application of Clean Water Act Tools to Restore and Protect Watersheds

(米国環境保護庁 ジェームス・ハンロン)

米国における表流水の水質は、1972年に制定された水清浄法（CWA: Clean Water Act）によって管理されている。本発表は、環境保護庁（EPA: Environmental Protection Agency）が、CWAという基盤とその政策手段を活用して、全米の流域をどのように保全、回復しているかを論じたものである。

CWAに基づく水質管理プログラムでは、水の用途、数値及び記述式の基準、モニタリング、評価、環境基準を達成するための許容負荷量（TMDL: Total Maximum Daily Load）の計算、汚濁負荷許可プログラムといった政策手段が用意されており、これらは、法に基づく測定及び規制とあわせて、34年間に

わたり米国の努力の基盤であった。初期の段階では、下水道整備に対する何十億ドルもの補助金制度があり、全国汚濁物質排出削減制度（NPDES: National Pollutant Discharge Elimination System）プログラムに基づき 5 万以上の排出者に対して排出許可証が発行された。排出許可は当初は技術に基づく必要最小レベルのものであったが、次の段階では水質目標を達成するレベルに移行した。1980 年代後から 1990 年代を通じて、有害物質の排出基準、分流式・合流式下水道からの越流汚濁、雨天時の汚濁流出が重点課題であった。1990 年代の中頃に初めて、TMDL と流域における点源・非点源対策の組み合わせに関心が集まった。

これまでに、汚濁負荷は削減されたが、多くの場合、計画に沿った水質の改善は実現されなかった。TMDL への関心から始まり、点源・非点源の影響、土地利用パターン、水理・大気現象の影響を関連させた評価を通じて、流域管理の発想が発展してきた。

過去 10 年以上の間、全米水管理計画における EPA の取組は、流域に焦点を当てたものであった。米国では、EPA が全国にわたって、規制、政策、指導、CWA の施行を促進するための資金確保という仕組みを確立する責任を負っている。施策の大部分は、州又は地方レベルで実行されている。米国では、何千もの流域グループが、よりよい流域づくりをめざして、地方政府や大学、企業、市民グループと協力して活動している。

本発表では、ジョージア州アトランタにある EPA 第 4 地方局の水管理計画で採用されたヌーズ (Neuse) 川の流域管理アプローチが紹介された。このアプローチによって、ヌーズ川流域では 1997 年から 2003 年までの間に 30% の窒素負荷が削減された。現在は、窒素の水質取引を行うための 23 の自治体から構成される組合が組織されている。

2006 年から 2011 年までの戦略計画では、39,798 のうち 2,250 以上の流域で、すべての汚濁物質について、水質環境に係る基準を満足することとなっている。また、69,677 のうち少なくとも 5,600 の水域汚濁特定要因を取り除き、流域管理のアプローチを活用して、全米 250 の流域において水質改善を図ることとしている。

【討議】

日本側から「米国で流域管理を具体的に実施するのは誰か。専門的に取り扱っている人に依頼して行うのか、あるいは役所が行うのか。」という質問があり、「流域管理とは、関わる者みな実施するものである。特に、地方レベルでは、市民が流域管理に参加して非常に精力的に活動している。国は、技術レベルのトレーニングを行って流域管理を支援している。」との回答がなされた。

米国側から「米国では国レベルでの排出規制もあり州レベルでの規制もあるが、日本では規制値の設定はどのようになっているのか。」との質問があり、「環境問題が基本的には日本では中央政府に責任があり、規制は基本的には法律に基づき行っているが、地方レベルでさらに厳しい規制をかけることができる。ただ体系については健康項目と生活項目で違いがある。」との回答がなされた。

「流域管理においては非点源汚濁源のコントロールが重要であり、水質取引で点源汚濁源と非点源汚濁源の間でやり取りを行うのは大変優れた方法と思われる。実際に、非点源汚濁源のコントロールが行われているかの確認は、どのように行われているのか。」という日本側からの質問に対しては、モニタリングステーションを設けてその実効性を監視しているとの回答があった。

5.12 議題 11: 新技術

(27) 沖縄県の海水淡水化施設

Seawater Desalination Facility on Okinawa

(沖縄県企業局 山里 徹)

人口の増加と経済の発展により、沖縄本島の水需要は 1972 年の約 20 万 m^3 /日から 2002 年の約 42 万 m^3 /日へと倍増した。ダムや河川の開発のみに依存する水資源の不足が懸念される中、沖縄県企業局は、国政府の協力を得て海水淡水化事業に着手した。国政府によって 1977 年に最初の調査が行われ、1993 年には 85% の高率国庫補助を受けて総工費 347 億円の建設が始まり、1997 年に全施設が完成した。

海水淡水化センターは、沖縄本島の平均水道使用量の約 10% に相当する 4 万 m^3 /日の生産能力を有している。生産された水は、隣接する北谷浄水場に送られ、陸水から生産された水と混合された後、市町村の水道事業体に供給されている。

海水淡水化センターは、国内最大級の淡水化施設として、稼働開始以来 10 年間の運転を通して渇水期の水需要に応えるとともに、維持管理技術を含む多くの貴重な情報を蓄積してきた。中でも、連続フル稼働を支える膜差圧上昇対策と、水質劣化対策として行う逆浸透膜エレメントの交換について大きな進展があった。

生産水の水質については、膜エレメント劣化による塩分濃度の上昇が懸念されるため、主に導電率に重点を置いて管理を行っている。硬度やほう素濃度等の問題に関しては、北谷浄水場で処理された陸水との混合によって解決されている。また、1999 年以降は、逆浸透膜エレメントの部分的交換手法を確立し、年次的交換によって水質劣化の防止及び改善が図られてきた。膜エレメントの交換によって、生産水の導電率、ほう素濃度、総溶解固形分 (TDS: Total Dissolved Solid) がいずれも減少傾向にあることが実績データとして示されている。

運転管理に関しては、主にフル稼働時の膜差圧上昇が大きな課題である。膜差圧の上昇は、エレメント内で微生物が繁殖して海水流路内を狭くするバイオ・ファウリングが原因であると見られている。海水淡水化センターでは、バイオ・ファウリング対策として、主に膜洗浄と硫酸ショック処理を行っている。膜洗浄に関しては、効果的な手法が確立されてきたが、硫酸ショック処理については、確実な効果を得るためさらなる研究が必要である。

海水淡水化センターの稼働率は、2005 年度には過去最高の 44.2% に達し、稼働開始以来の総生産水量は 3,700 万 m^3 以上に達している。また、淡水生産コストは、生産水量の増大とともに低下してきている。

近年の渇水傾向の中、施設の稼働率が上昇する一方で、過去 10 年以上にわたって給水制限がないことから、海水淡水化センターは、沖縄本島の重要な水資源として十分に機能し、水道用水供給の安定化に大きく寄与していると考えられる。

(28) 水道水供給の持続可能性向上のための再利用及び淡水化技術

Reuse and Desalination Technologies to Improve the Sustainability of Drinking Water Supplies

(米国水道協会研究財団 マルティン・アレン)

持続性とは、重大な結果を引き起こすことなく、現在及び将来の需要を満たすということであり、1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて、給水の戦略的計画において骨格となってきた。水道事業の観点からは、持続性における重要な着目点は、消費者のために、安全かつ妥当な価格で飲料水を利用できる状態が続くことを保証することである。その際、他の優先事項 (例えば、生態系、環境、経済、福祉) も維持される必要がある。需要管理等の水道供給の管理戦略は飲料水の供給の持続性を達成する上で重要な役割を果たすが、水の再利用と淡水化のための技術もますます重要になってきている。

これらの技術については、米国水道協会研究財団（AwwaRF: Awwa Research Foundation）によって、調整や費用負担がされており、実用的な管理戦略と水源の大部分を支えることが可能となるような技術的進歩の両方が進められてきた。

水の再利用は、非飲用のための供給源として又は他の水源と混ぜることによる飲用（間接的飲用）のための供給源として、下水処理水を利用することであり、水のリサイクルや再生とも言える。AwwaRFは、他の組織と協力して水の再利用戦略と技術を進歩させるため、関連するプロジェクトに資金を供給してきた。

AwwaRFは持続可能な地下貯蔵の技術の進歩を目指し、関係機関と連携し、帯水層貯蔵について多くの研究を実施してきた。土壌帯水層浄化は、浄化と貯蔵のシステムであり、再生水とともに飲用可能な水の供給量を増加させることができる。AwwaRFでは土壌帯水層浄化を調査する段階的な研究計画成し遂げた。

非飲用又は間接的飲用のために必要な水質を備えさせるために、高度浄水処理（例えば膜処理）を用いることができるが、主たる課題は、エネルギー消費と濃度管理である。AwwaRFでは、再利用のみでなく、淡水化の実用化に向けて、これらの問題について慎重に研究を行っている。現在、再生水の処理のためにNFとULPROの効果についての研究を行っており、膜の選択やNF膜とULPRO膜の処理間での汚染物質の除去の予測についてのガイダンスを提供することとなっている。また、内陸における水再生システムのための膜による濃縮処理についても開発されている。

水質の悪い水源の処理において、飲用できる新しい水源を用意するために水処理の中で淡水化技術が使用されている。新たに多くの淡水化プラントができてきているが、全てのプラントにおいて未だに課題となっているのは、エネルギー消費、環境影響、費用対効果、処分オプションであり、解決に向けて、高度処理や濃縮処理技術、処分技術等、様々な研究を進めている。

(29) 水道水質管理に関する新研究プロジェクト

New Research Project on Drinking Water Quality Management

（水道技術研究センター 藤原 正弘）

浄水技術分野では、1991年からの膜ろ過の研究に始まり、現在実施中の安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究（e-WaterIIプロジェクト）で5つ目となる。また、管路技術分野では老朽管路における水質劣化や老朽度診断に関する研究（New Epochプロジェクト）を行っている。

研究の背景としては、浄水では施設の老朽化、水源水質の変化、クリプトスポリジウムや臭気原因物質の問題があげられる。管路では老朽化が大きな問題であり、この研究が管路更新に役立つものになればと考えている。

研究費予算は3か年で浄水技術が約500万ドル、管路技術が約100万ドルの合計約600万ドルであり、研究関係者は総勢約200名である。

また、2002年度から3か年で実施したe-Waterの成果は、ガイドラインやマニュアルとして公表しており、国内の膜ろ過施設の普及促進に貢献している（2006年3月現在、550施設、累積施設能力62万m³/日）。同時期に実施した管路技術のEpochでは、管路内濁質挙動を実験管路で解明した。研究成果は、セミナーや国際会議などで発表している。

【討議】

海水淡水化について、米国側から、膜差圧やコストを抑えるための膜ろ過の利用及び塩素消毒による臭化物の生成について質問があった。これに対して、膜ろ過については検討していないが、臭化物など消毒副生成物については、臭化物をあまり生成しない表流水処理水と混合で使用するため、濃度はそれほど高くないと回答がなされた。放流される塩水の影響について、米国側から質問があり、日本側から、

放流塔のノズルから放流される塩水は塩分濃度 5.8%であるが、12m離れた地点では、周囲の海水とほぼ同じ約 3.5%の塩分濃度となり問題ないと回答があった。また、バックアップではなくメインシステムとはならないのかとの質問に対しては、給水単価が海水淡水化 130 円/m³、一般の給水単価 102 円/m³という差の問題もあり、2つの水源をバランスよく使用することが沖縄県にとっては重要であるとの回答があった。さらに、米国側から「表流水処理と海水淡水化の割合は、渴水の状況で変わるということだが、その場合送水の水質が変わるのではないか。また、それについてユーザーからの苦情はないのか。」という質問があった。これに対して「北谷浄水場が 16 万 m³/日 を供給しており、海水淡水化は通常 5000m³/日に対して最大で 4 万 m³/日と 8 倍の能力があり、表流水取水量に応じて運用しているため、水質の変化はあると考えられるが、特にそれに関する苦情はない。」と回答がなされた。

続いて、e-Water での膜ろ過普及について、米国側から普及の背景について質問があり、日本側からは「国庫補助があることや地方の小規模事業者にとってクリプトスポリジウム対策としてアウトソーシングしやすい技術であることが理由として挙げられ、近年は大容量化してきている。」との回答があった。

最後に、米国側から管路の老朽化や酸化、赤水についての状況について質問があった。日本側から、一般論だが日本の水道は残留塩素濃度が高く、そのため酸化や老朽化が他の国より進行することも考えられるが、最近ではエポキシ樹脂ライニングなどの対策がされているとの回答があった。

(30) 下水処理の新技术—下水処理技術の最先端—

New Technology for Wastewater Control - Cutting-edge of Wastewater Treatment Technology -

(日本下水道事業団 村上 孝雄)

○膜分離活性汚泥法

膜分離活性汚泥法 (MBR: Membrane Bio Reactor) は、日本においては早くから産業排水処理、大規模ビル内個別循環等に利用されてきた。都市下水処理用 MBR は、他分野に比べて導入が遅れていたが、2005 年 3 月には下水道用 MBR 第 1 号が稼動した。これにより MBR 普及が進展しており、現在、5 か所の MBR が稼動中であり、約 10 か所が設計、計画段階である。下水道用 MBR は今後更に増加することが予想されている。MBR は良好なウイルス除去性能を示し、そのウイルス除去機構は、ウイルスの活性汚泥への吸着が主な要因であると考えられることが紹介された。また、生物学的窒素除去プロセスへの分離膜の適用に関して、ステップ流入三段硝化脱窒プロセスへ膜分離を適用した事例が紹介された。MBR は、水処理のコア技術として多様な展開が期待されている。現在、日本では小規模な施設への適用が主であるが、今後は大規模施設への展開が期待される。MBR の普及には、設計・維持管理方法の最適化、膜コスト低下と膜の長寿命化、洗浄用空気量の削減等が重要である。

○オゾンによる内分泌かく乱物質の除去

内分泌かく乱物質の中でも、エストロゲンは内分泌かく乱作用が強く、下水処理ではなかなか除去されない。このため、オゾンによる分解が有効と考えられる。本研究では、17β エストラジオール、エストロン、17α エチニルエストラジオールを対象として、オゾン分解実験が行われた。この結果、1mg/L 程度のオゾン添加量でエストロゲンは 90%程度除去され、3mg/L のオゾン添加量で検出限界以下となった。このことから、通常、消毒等の目的で使用されるオゾン添加量 (最大約 5mg/L) の範囲で、エストロゲンは良好に除去されることが明らかになった。

○新しい窒素除去技術—アナモックスプロセス—

アナモックスプロセス (嫌気性アンモニア酸化) は、アナモックス菌の作用により、アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素による脱窒で窒素が除去される反応である。本反応は、自栄養性細菌による反応であるため、消費エネルギーが小さく、外部炭素源が不要であるといった多くの利点がある。本プロセスは、生物学的窒素除去プロセス採用箇所での嫌気性消化脱離液からの窒素除去や汚泥乾燥プロセス排ガス

処理施設の返流水中の窒素除去に有効と期待されており、日本下水道事業団では、民間企業との共同研究を含めて本プロセスについて、実用化研究を行なっていることが紹介された。

(31) 下水処理の新技术—下水汚泥の臭気低減のための最先端処理技術—

New Technology for Wastewater Control - Cutting-edge Treatment Technology to Reduce Odors in Biosolids -

(米国水環境研究財団 ダニエル・ウォルタリング)

本発表では、嫌気性消化汚泥—脱水汚泥からの臭気削減方法の研究について紹介された。

汚泥臭気については、環境保護庁 (EPA: Environmental Protection Agency) による 40CFR 第 503 号規制に適合することが求められている。汚泥臭気が削減できれば、下水処理施設の近隣への受入が容易になり、汚泥リサイクル用途も広がる。また、臭気対策に必要なコストが削減できるといった多くのメリットが期待できる。

本研究は、2000～2007 年の 7 年間にわたって実施された。研究の第 1 段階 (2000～2001) では、下水処理場臭気について文献調査、実態調査を実施した。第 2 段階 (2002～2003) では、11 処理施設において詳細な実態調査を実施した。その結果、脱水汚泥が最も悪臭源となること、高せん断力がかかる遠心脱水機の方が、加圧脱水よりも臭気が発生し易いことが明らかになった。また、臭気と健康の関係についても調査を行なった。

第 3 段階及び現時点での段階は 2004 年に開始された。この段階では、現在、下水処理場において使用されている脱水・消化プロセス及び 40CFR 第 503 号規制に適合するために提案されている技術について調査している。全米の 11 か所の下水処理施設において、データ収集、試料採取・分析を実施し、また、化学薬品、微生物製剤、酵素製剤等の臭気抑制剤 (CEBA: Chemicals, Enzymes or Biological Agent) の製造者 8 社が参加して実験室レベルのテストを実施し、効果があったものについては実施場でのテストを行なった。

嫌気性消化汚泥の主な臭気原因物質は、メチルメルカプタンや二硫化メチル等の有機硫黄化合物であった。8 種の CEBA の内、4 種は消化プロセスの前、4 種は消化プロセスの後に添加して効果を検証した。その結果、1 種のみで臭気発生抑制効果が確認されたが、消化阻害が見られたため、使用には適さないという評価となった。消化後に硫酸バンドを添加する方法は、臭気抑制効果が見られ、重量で 2% と 4% の硫酸バンド添加で有機硫黄化合物ピーク濃度は著しく改善された。嫌気性消化の滞留時間については、10 日から 30 日に延長した結果、有機硫黄化合物濃度は低下したが、臭気のある汚泥の目安である 1,000ppmv を下回るには至らなかった。消化槽の形状については、卵形消化槽の方が、通常型消化槽よりも脱水汚泥からの発生臭気は少なかった。脱水機について検討では、遠心脱水機が最も発生臭気が高く、次にロータリープレスとベルトプレスであった。汚泥にかかるせん断力により、生物分解し易くなることが原因であると考えられる。

結果をまとめると、消化汚泥及び脱水汚泥の臭気抑制に効果的であるのは、消化前の汚泥分散処理、消化日数延長、下水の鉄濃度が低いこと、消化槽形状、脱水時での低せん断力である。消化後、脱水前の硫酸バンド添加は臭気抑制効果があった。8 種類の臭気抑制剤はいずれも効果が認められなかった。報告書は 2007 年第 1 四半期に発行する予定である。

【討議】

日本と比較して米国は国土が大きいので、悪臭問題はあまり重要でないとも思われるが、実際の都市にとって悪臭はどの程度問題となっているのかとの日本側の質問に対して、例えば十分な緩衝スペースを持っている処理場においては、大きな問題となっているわけでないとしながらも、悪臭は人によって受け止め方が異なることもあって、処理場は一般に住民監視のプレッシャーを受けており、悪臭も重要

な問題と認識される場合があるという回答がなされた。

また、日本側から、長期にわたって残留する脱水汚泥のアンモニア臭に関する質問がなされた。これに対して、「重要であると考えているが、特にアンモニアのみに特化しているということではない。コンポストでも大きな問題と認識されているほか、高温消化における臭気発生については現在実験中である。」とのコメントがあった。

オゾン処理における副産物の臭素酸の生成について米国側から質問があり、「臭素酸生成は重要な問題であるが、日本では水道ほど問題とはなっていない。臭素酸の測定は行っていないが、日本でもオゾン処理後に水道水源に排出するケースがあると考えられるため、今後確認していく必要があると考えている。」とのコメントがなされた。

5.13 総括及び閉会

11 議題、31 編の発表及び討議が終了した後に、本会議の総括が行われ、会議概要につき日米両国間の合意が得られた。日米両国間の合意内容は次のとおりである。

- ✓ 本会議は、水道水及び下水道の管理の分野において、研究及び政策の発展に関する情報共有のための特別な機会を提供し続けるものであり、浄水及び下水処理を含む流域管理に関するホリスティック・アプローチ（全体的な取組）は、水道水及び下水の適切な管理にとって極めて重要であり、日米両国にとって継続的に優先度を有することが確認された。
- ✓ 代表らは、この重要な情報交換は継続すべきものとして、2 年後に米国にて以下に示すような課題について会議を開催することで合意した。
 - 流域管理に関するホリスティック・アプローチ（全体的な取組）
 - 上下水道のサービス及び施設における財政及び環境上の持続可能性及び管理
 - 水道水質及び下水道の管理のための制度の進展
 - 微生物及び化学物質汚染の適切なリスクマネジメントにつながるリスクアセスメント
 - 浄水処理、下水処理、水道水配水及び下水収集等のための新技術
 - 緊急事態への備え及び対処するための方策
 - 水の再利用
- ✓ 次回会議に関する調整窓口は、米国環境保護庁 キャスリーン・シェンク氏と厚生労働省国立保健医療科学院 浅見真理氏が務める。
- ✓ 次回会議の開催前に、上の課題について、技術的なワークグループ、情報交換及び/又は技術的なプロジェクトが二国間で行われ、人材交流が促進されることが望まれる。

6 視察の概要

(1) 国営沖縄記念公園

国営沖縄記念公園は、1975 年に開催された沖縄国際海洋博覧会を記念して、その翌年に博覧会跡地に設置された国営公園であり、両国代表団は同公園に含まれる沖縄美ら海水族館を中心に現地調査を行った。同水族館は、送水量が 1 万 m³ で 77 の水槽を有する大規模なものであり、沖縄の海洋生物のみを展示していることが特徴的である。外海の水を取り込んでおり、水処理工程において濾過装置はあるが熱交換機がないため、外海と同じ水温の環境下で海洋生物を飼育することが可能となっている。両国の代表者は様々な海洋生物の生態等につき興味深く観察することができた。

(2) 北谷浄水場

北谷浄水場は、沖縄本島中部の北谷町の海岸沿いに立地しており、214,300m³/日の浄水能力を有する県下最大の浄水場であり、高度浄水処理施設のほか、沖縄県企業局が進めている西系列水源開発事業、海水淡水化事業の中核的な施設として位置づけられている。浄水場に隣接する海水淡水化センターは、水需要の厳しい現実から、将来は陸水の水資源開発だけでは需給のバランスを維持することが困難と予想されるため、建設されたものであり、逆浸透法により4万m³/日の淡水が生産されている。

北谷浄水場において、両国の代表者により、本会議の記念植樹が行われた。

(3) 那覇浄化センター

那覇浄化センターは、沖縄県で最初の下水処理場であり、2005年度末現在の事業計画値は、処理区域面積4,717ha、処理人口365,032人、処理水量179,000m³/日となっている。流入水質は、BODで約300mg/L、SSで約200mg/Lである。沖縄の本土復帰前に整備された施設が、現在も使用されていることが特徴の一つである。流入BODが高くなっていることや台風時の流入量増加について質疑応答が行われた。

本施設には、再生水利用のための高度処理設備及び消化ガス発電設備が設置されている。

再生水事業は、生物膜ろ過及びオゾン処理により高度処理された再生水を、那覇新都心地区及び送水管周辺地域の公共施設や商業・業務施設等のトイレ用水及び公園等の散水用水として供給するものである。計画水量は、2,130m³/日である。また、消化ガス発電は、本施設の消化タンクから発生する汚泥消化ガス（発生量約12,700Nm³/日、CH₄成分約67%）を有効利用するもので、3台の消化ガス発電機により、本施設で使用する電力量の約3割をまかなっている。なお、本施設で発生する汚泥（発生量は脱水汚泥約68t/日）は場外搬出されて、民間施設でコンポスト化後に有効利用されている。

7 おわりに

本会議は、沖縄県等関係者の協力のもと、参加者の積極的な貢献により成功裡に終了した。流域管理、医薬品類等のマネジメント、上下水道施設の管理等、水道水質管理及び下水道技術に関する課題につき、両国からの豊富な内容の発表のもと、積極的な技術交流が行われた。特に、交流における"Face-to-face communication"の重要性が共有され、会議の意義が再確認された。

総括においては、会議概要の詰めの最終段階でも多数の意見が代表団から出され、上下水道施設の持続可能性や財源水準の向上等有益なる内容が盛り込まれた。また、会議概要には、会議の機会以外においても個別の課題に応じたワークグループや人材交流を実施することについて記述が追加され、今後の更なる技術交流促進の礎が整備された。

次回会議は、2年後に米国で開催される予定であり、その際には、今回の会議で得られた貴重な情報を有効に活用し、下水道が解決しなければならない諸課題に対する解決策を持ち寄り、報告できることを期待したい。

最後に、本会議の開催にあたり御協力いただいた日米両国の関係各位に厚く御礼申し上げたい。