

戦略的創造研究推進事業 CREST

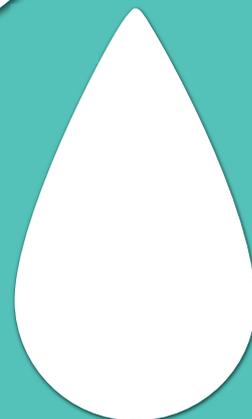
「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」研究領域

平成21年度採択研究課題：

21世紀型都市水循環系の 構築のための水再生技術の 開発と評価

研究期間：平成21年10月～平成27年3月

研究代表者：田中 宏明（京都大学 大学院工学研究科
附属流域圏総合環境質研究センター 教授）



国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency



21世紀型都市水循環系の構築のための水再生技術の開発と評価

20世紀、都市で使われた水は、下水道に取り込まれ、下水処理水のほとんどは水環境に捨てられてきました。20世紀に発達したこのような「一過型」の水利用システムは、水供給における莫大なエネルギー消費、都市排水の集中、大量取水による河川水量の減少等、様々な問題を抱えています。「20世紀型」の都市水利用システムの問題を解決し、かつ世界的に21世紀に予想される水資源の量的不足と質の悪化に対応するために、「21世紀型」都市水循環利用システムを構築する必要があります。都市の排水は、安定した水源であり、需要と供給が近いこと、水資源の確保、水環境への負荷とエネルギー利用の削減が期待されますが、同時に水の循環利用には、再生水のもつ危険性や利用の限界性を考慮する必要があります。

そこで本研究課題では、産官学を含む8つのグループが有機的・効率的に連携して体系的に研究を進め、下水や下水処理水を再利用するための「新たな水処理システム」の開発に取り組みました。具体的には、水処理への適用の需要が急速に高まっている膜処理技術やオゾン・UV等の酸化処理技術を組み合わせた水処理システムを開発し、微量化学物質や病原微生物などの処理性能、ファウリングなどの運転性能、生み出される再生水のヒトや水生生物へのリスク、使用されるエネルギーの観点から、水処理システムを評価しました。また、水処理システムの国内外への適用性を検討しました。これらにより、最適な都市水循環システムの構築に資する成果が得られました。



田中 宏明
京都大学
大学院工学研究科
附属流域圏総合環境質
研究センター
教授
(研究代表者)

再生水に含まれるウイルス、微量汚染物質などリスク要因を制御する分離膜などの水処理技術を開発し、そのエネルギー、リスク抑制性を明らかにし、国内外に導入した場合の安全性、エネルギー、環境面からカスケード利用型都市水循環システムを評価する。

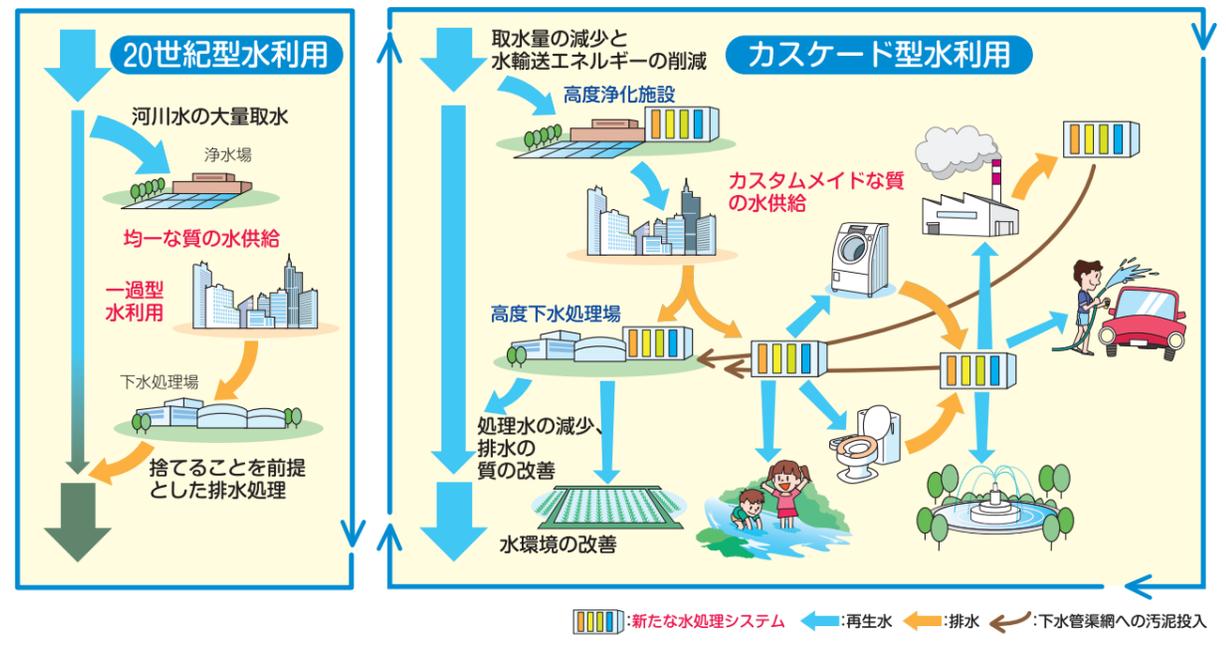


図1 研究の全体像

主な研究成果

- UF膜(限外ろ過膜)+UV(紫外線)処理により、目標とするウイルス除去率および省エネが達成可能であることを、世界で初めて見いだす
- 無機膜+オゾン処理において、省エネおよびウイルス・化学物質の処理性能の観点から、運転条件の最適化に成功
- 凝集+膜処理により、最初沈殿池越流水に対しても、連続運転および高いウイルス除去率が達成可能であることを、世界で初めて見いだす
- 衛生学的リスク評価とバイオアッセイにより、開発した水処理システムに対して、利用可能な用途を提案
- モデル地域のケーススタディによるエネルギー評価により、現在よりもエネルギー的に有利な都市水循環システムを提案

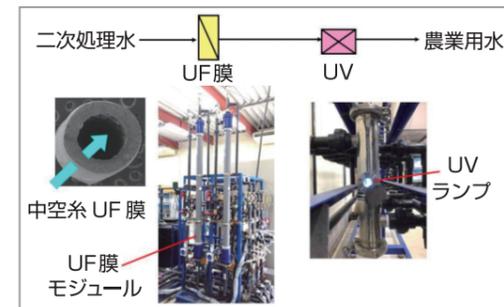
安全性と省エネを両立した下水再生処理プロセスを実現

下水再生水を農業用水や都市用水に適用する場合には、安全性の観点で重要となる大腸菌やウイルスを効率よく取り除く必要があります。さらに水循環システム全体でのエネルギー利用低減の観点から、下水再生処理プロセス自体の省エネ化が求められており、これらを両立する下水再生処理プロセスの開発を行いました。

再生水において問題となる大腸菌やウイルスの大きさは数マイクロメートルから数十ナノメートル(1ミリメートルの1/1,000~1/100,000の大きさ)と非常に小さいことから、そのサイズよりも小さい細孔をもつ東レ株式会社の限外ろ過膜(UF膜)を用いた処理プロセスを検討しました。さらに限外ろ過膜で不足する除去性能を補うため、前処理として凝集処理を、後処理として紫外線(UV)処理を検討し、他の研究グループと連携しな

から再生水の安全性と消費エネルギーを比較しました。

検討の結果、UF膜+UVプロセス(図2)が大腸菌やウイルスに対して安定して高い除去性能(5 log以上)^{*1}を発揮できることを見だし、かつ消費エネルギーについても従来より15%以上削減できる下水再生プロセスを確立できました。確立したプロセスは、



^{*1} 除去率5 log以上とは、原水中の大腸菌、ウイルスを99.999%以上除去することを意味する。

図2 UF膜+UVプロセスのフロー概略図

微生物の動きにより有機物を除去した二次処理水を公称孔径0.01μmの中空糸UF膜でろ過して濁度成分や大腸菌、ウイルスを取り除いた後、UVランプにてUF膜で除去しきれなかったウイルスを不活化するプロセス。

無機膜とオゾンを利用した新しい水処理技術の開発

下水二次処理水、下水流入水を対象に、微量化学物質やウイルスがヒトや他の生物へ与える毒性などの視点から、オゾン処理、無機膜(セラミック膜)処理の適用効果の検証を行い、最適な下水再生処理プロセスの開発を行いました。

開発するプロセスを「下水処理水を利用した高品質な再生水処理技術(Case1)」「下水を直接処理して農業用水や灌漑用水に利用する技術(Case2)」の二通りに絞り込み、室内および下水処理場内での実験を通じて、適切な組み合わせ方法の検討や最適な運転条件の設定などを行いました。

Case1ではラボスケール実験装置を使った

短期運転評価を行い、膜ろ過の運転性能評価と、膜処理、オゾン処理、膜とオゾンの併用処理における水質および病原微生物の除去性能評価を行いました。セラミック膜処理では凝集剤を添加して運転することで、膜ろ過流速4m/日での安定運転と、6 logのウイルス除去率が確認できました。

Case2では、室内実験により下水中に存在する医薬品類などの化学物質およびウイルスの除去効率に着目し、連続運転の条件設定を行いました。続いて下水処理場での連続実験により膜ろ過の運転性能評価と水質評価を行いました。セラミック膜処理では凝集剤を添加して運転することで、膜ろ過流速2m/日

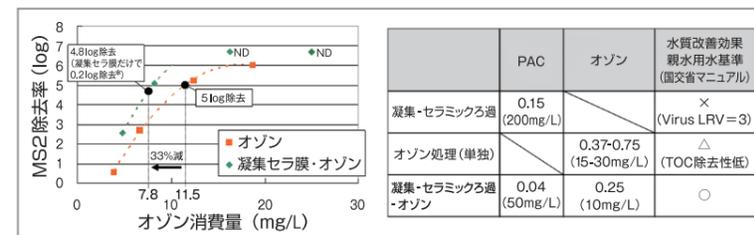


図3 Case1におけるウイルス除去エネルギーの比較(目標除去率: 5log 99.999%)
MS2は大腸菌ファージ、PAC(ポリ塩化アルミニウム)は水処理用凝集剤。

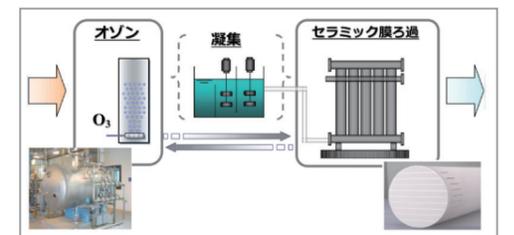


図4 オゾンとセラミック膜を用いた再生水処理プロセス
オゾンによる強力な酸化分解と堅牢なセラミック膜の組み合わせにより快適・安全な再生水を供給。



田中 祐之
東レ株式会社
地球環境研究所
主席研究員

生野菜、果樹、花卉などの農業用水ニーズの高い沖縄県糸満市が関心を示し、現在同市において1,000m³/日規模の実証プラントによる、国土交通省の下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)に引き継がれるなど、社会実装が進められています。今後、国内での実績を足がかりに、世界に本下水再生処理プロセスを展開していくことが期待されます。



加藤 康弘
メタウォーター株式会社
R&Dセンター 新事業開発部
新事業技術開発グループマネージャー

での安定運転が確認されました。オゾン処理のウイルス除去率は6 logであり、膜ろ過と併用すると同じウイルス除去性能の確保に必要なオゾン注入率を約30%低減できることが明らかになりました(図3)。

セラミック膜は物理的に強固であると同時に化学耐性も強く長寿命という特長があります。一方、オゾン処理は近年問題視されている微量化学物質(環境ホルモンや残留医薬品)の分解に効果があることから、組み合わせることで(図4)、健康かつ健全な省エネルギー社会、持続的な社会形成に貢献すると思えます。

「新たな水処理システム」の総合評価

水処理技術が有する病原微生物と微量化学物質の処理性、生産された再生水の安全性、間接再利用での環境バッファの有効性を明らかにすることで、「新たな水処理システム」の総合評価を行いました。

水処理技術の性能評価においては、近年、膜処理技術や酸化処理技術等の様々な水処理技術が開発されていますが、これらの水処理技術が病原微生物や微量化学物質の除去にどの程度の効果を有しているのかについては、未だ十分な知見は得られていません。そこで我々は、沖縄県那覇市、沖縄県糸満市、滋賀県大津市に膜、オゾン、UV等のパイロットプラントを設置し、他グループと協力して、病原微生物、微量化学物質、生態毒性の除去効果を評価するための現地調査と、消費エネルギー評価を行いました。

その結果、これまでに例を見ない包括的な評価が実現できました。(i) 病原微生物の除去性、安定性、消費エネルギーを総合すると、農業用水利用ではUF膜+UV処理が最も効果的であること、(ii) 微量化学物質にはNF(ナノろ過)膜・RO(逆浸透)膜処理とオゾン処理が有効ですが、前者にはお成分等の低分子量物質の除去、後者は有機フッ素化合物の除去と消毒副生成物の生成に課題がある

こと、(iii) 一次処理水を原水とする場合には二次処理水を原水とする場合と比較して、消費エネルギーがやや増加するものの、病原微生物と微量化学物質の除去性は類似の傾向であることが明らかとなりました(表1)。

このように、様々な汚染物質に対して、有効な水処理技術が明らかになり、再生水の用途に応じた水処理システムの選定に資する有用な知見が収集されました。我々が開発した生物処理を経っていない下水を原水とする下水直接処理技術は、オンサイトでオンデマンドな再生水生産を可能とするほか、災害時の応急復旧技術や合流式下水道越流水対策などへの応用も期待されます。

再生水の安全性評価の検討も行いました。再生水に含まれる一部の化学物質はホルモンに似た作用をもち、生物の生殖に影響を与えます。このような化学物質を「内分泌かく乱物質」と呼び、下水再利用の際にはその安全性評価が必須です。そこで、特に女性ホルモン(エストロゲン)の働きをかく乱する物質の評価を、in vitro試験での活性検出、メダ

田中 宏明
京都大学
大学院工学研究科
附属流域圏総合環境質研究センター 教授
(顔写真はp.2を参照)

力を用いた実際の魚への影響の検出、機器分析によるエストロゲン様物質の濃度測定のための手法によって実施しました。その結果、下水や下水再生水にはエストロゲンに似た働きをする物質と、エストロゲンの働きを阻害する物質が混合物として存在しており、魚の生殖への影響はこれらの物質の「複合影響」によって決定される、ということが世界で初めて証明されました。今後、内分泌かく乱物質の複合影響の研究が進むことが期待されます。

生産された再生水を間接利用する前には、ため池や河川等(環境バッファ)を経由しますが、環境バッファが有する水質浄化能は未だ不明瞭です。そこで、衛生指標微生物と医薬品類を対象に、淀川水系の数河川における現地調査と、河川での除去メカニズムを解明するためのラボ実験を実施しました。その結果、医薬品類の一部と衛生指標微生物は河川の流下過程において除去されやすいことが明らかとなり、世界初の除去モデルが構築されました。このモデルを用いて環境バッファの効果を精度高く見積もることで、水処理技術にかかる負担を軽減することが可能となるため、省エネ・低コスト化の促進が期待されます。

天然有機物(NOM)の分類とファウリング原因物質の究明

再生水の用途に応じた水再生処理技術の開発にあたって、有機物の科学的な理解がとて重要で、それは、処理原水に含まれている有機物が、ろ過膜をファウリングさせたり、また有害な消毒副生成物の前駆物質であると考えられているからです。そこで、水再生処理の核となる膜ろ過処理において、溶存有機物のどの成分・画分が、相対的にどの程度影響しているかを究明しました。

限外ろ過(UF)膜を用いた下水二次処理水の処理では、比較的低分子量の疎水性有機酸(フルボ酸など)や疎水性塩基性画分が主なファウリング原因物質であることを明らかにしました。低pH域での凝集処理により、UF膜の長期的なファウリングを抑制できることなどを見いだしました。また、精密ろ過(MF)膜では低~中分子量の有機物が主要なファウリング原因物質となっていることを明らかにしました。

一方、我々が開発した藻類光合成阻害試験法の適用により、下水二次処理水では原水濃度レベルで、ある種の藻類の光合成が阻害されることを明らかにしました。

清水 芳久
京都大学
大学院工学研究科
附属流域圏総合環境質研究センター 教授

膜ろ過技術は、幅広い分野で欠かせない要素技術として利用されています。しかし、膜のファウリングによって、ろ過膜の機能を十分に活かせないだけでなく、薬品洗浄によって膜の寿命が縮まることが大きな課題でした。膜ファウリングの原因物質や機構が解明されれば、前処理を組み合わせて膜ファウリングを抑制したり、適切な洗浄方法を選定したりすることが可能となります。その結果、ろ過膜の機能を長期にわたって発揮させることができ、省エネ・省コストにもつながることが期待されます。

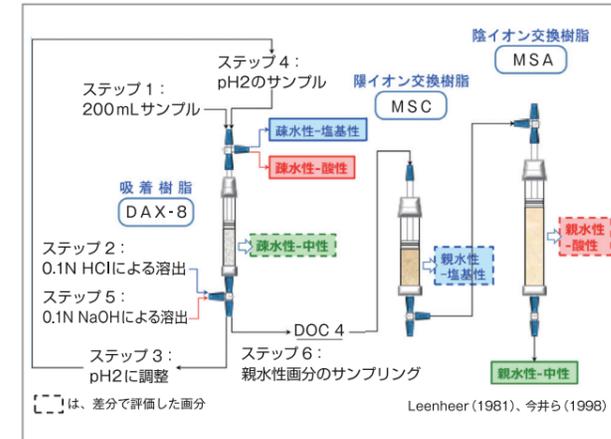


図5 本研究で用いた評価技術「樹形分画法」の概要
有機物を「疎水性-親水性」と「酸性-中性-塩基性」に基づいて6つの画分に分類して評価できる。

新しい循環型水利用システムのエネルギー評価手法を構築

再生水利用に係るエネルギー評価手法と、再生処理システムにおけるエネルギー消費、CO₂排出量と水質、リスクの総合評価手法を提案しました。

水の再生処理および再生水送水に係るエネルギー消費量の評価にあたり、再生処理では電力以外に薬品等の消耗品も消費するので、薬品製造等に係るエネルギー消費を考慮するため、二酸化炭素排出量(CO₂排出量)として評価しました。また、再生水利用においては、処理だけでなく再生水の送水にも大きなエネルギーを消費するため、送水に係るCO₂排出量も考慮しました。

再生水利用では、エネルギー消費量を低く抑えられたとしても、再生水の水質、衛生学的リスク面において利用可能なものでなければなりません。また、再生水の用途については利用地域のニーズによって決まり、そのニーズに合う再生処理プロセスについては、再生水の水質面や病原微生物に対するリス

ク、処理に係るエネルギー消費量(CO₂排出量)を考慮して決めることになります。さらに、再生水の送水エネルギーについては、送水距離や標高差により再生処理に係るものより大きくなり得るため、送水エリアについては送水に係るエネルギー消費量を考慮することが必要です。これらのエネルギー消費量を水道等他水源と比較し、当該地域における最

適な再生水利用形態を決定すべきと考えます(図6)。

提案の評価手法を用いて水の再生処理や再生水の送水に係るCO₂排出量を算定することにより、再生水利用がエネルギー的に有意かどうかを判断でき、さらに水質やリスク面で利用可能な再生処理プロセスの選定が容易となり、再生水利用促進に資するものと考えます。

高島 英二郎
国土交通省
国土技術政策総合研究所
下水道研究部
部長

処理性能	処理性能								消費エネルギー		
	大腸菌 大腸菌群	ウイルス (ファージ)	PPCPs EDCs	PFCS	エストロ ゲン様物質	抗エスト ロゲン作用	水生生物 への毒性	DBPs	CO ₂ 排出量	計算規模 (m ³ /日)	設定条件 or 予測のための仮定条件
二次処理水	◎	△	×	×	×	◎	×	◎	◎	5,000	
⇒ UF ⇒	◎	△	×	×	×	◎	×	◎	◎	5,000	PAC添加率50mg/Lとして計算
⇒ 凝集 + UF ⇒	◎	◎	×	×	×	◎	◎	◎	◎	5,000	PAC添加率50mg/Lとして計算
⇒ 低pH凝集 + UF ⇒	◎	◎	×	×	×	◎	◎	◎	◎	5,000	UV照射100mJ/cm ² として計算
⇒ UF + UV ⇒	◎	◎	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	5,000	
⇒ UF + NF ⇒	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	5,000	
⇒ UF + RO ⇒	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	5,000	
⇒ O ₃ ⇒	◎	◎	◎	×	△	◎	◎	△	◎	8,000	O ₃ が「O ₃ +凝集+CM」と同じ場合
⇒ 凝集 + CM ⇒	◎	◎	△	×	-	-	◎	◎	◎	8,000	PACが下のフローと同じ場合
⇒ O ₃ + 凝集 + CM ⇒	◎	◎	◎	×	△	◎	◎	△	◎	8,000	PAC添加率25mg/Lとして計算
⇒ 凝集 + CM + O ₃ ⇒	◎	◎	◎	-	-	-	-	△	◎	8,000	PAC、O ₃ が上のフローと同じ場合
未生物処理水 (一次処理水)	◎	◎	◎	×	○	◎	◎	◎	◎	1,824	PAC添加率100mg/Lとして計算
⇒ 凝集 + UF ⇒	◎	◎	×	×	○	◎	◎	◎	◎	1,824	PACが下のフローと同じ場合
⇒ 凝集 + UF + NF ⇒	◎	◎	◎	-	-	-	-	◎	◎	1,824	
⇒ 凝集 + CM ⇒	◎	◎	×	×	-	-	-	◎	◎	1,824	PACが下のフローと同じ場合
⇒ 凝集 + CM + O ₃ ⇒	◎	◎	◎	×	-	-	-	△	◎	1,824	PAC添加率100mg/Lとして計算

略称：CM(セラミック膜)、PPCPs(医薬品類)、EDCs(エストロゲン様物質)、PFCS(有機フッ素化合物)、DBPs(消毒副生成物)
 ◎：高い除去率、○：中程度の除去率、△：低い除去率、×：除去が期待できない、◎：ほとんど生成しない、△条件次第では生成する
 ※0.42kg-CO₂/m³：沖縄県北谷浄水場の電力に係るCO₂排出量(2009年度) 0.72kg-CO₂/m³：既存の再生水処理施設(生物膜ろ過+オゾン)の維持管理に係るCO₂排出量(試算値) 1.16kg-CO₂/m³：沖縄県企業局の水道施設全体の電力に係るCO₂排出量(2009年度) ◇出典：2011環境報告書(平成22年度決算版) 沖縄県企業局

表1 水再生技術の性能評価

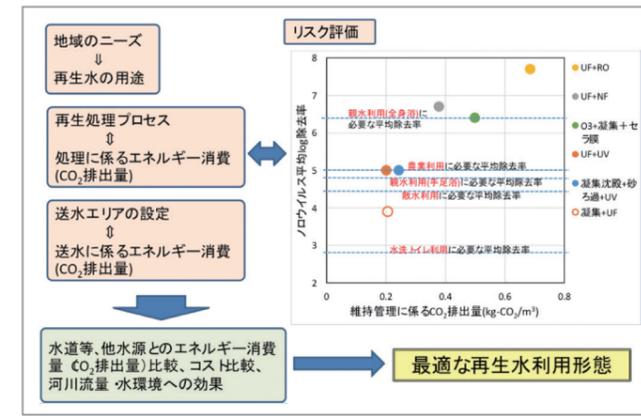


図6 再生水利用におけるCO₂排出量とリスク等の総合評価に関する概念図

新たな水処理システムについて 水質の安全性評価手法を構築

再生水を利用するにあたって、ヒト健康や生物の安全性に配慮することが求められます。このため、再生水中の病原微生物によるヒト健康影響や、化学物質による水生生物影響を評価する手法を構築し、利用可能な用途の提案を行いました。

安全、安心な水利用システムの構築に資するため、開発した水処理技術について、特に近年社会問題化しているノロウイルスを対象に、遺伝子解析手法による水質モニタリングを実施しました。衛生学的評価手法の構築では、障害調整生存年数 (DALY) *2 を指標とした、定量的微生物リスク評価 (QMRA) の手法を用いて、実測データを基にノロウイルスの濃度変動、再生処理技術の除去変動等の不確定要素を考慮したリスク評価手法を構築しました (図7)。構築した評価手法を、様々な再生水利用用途に適用することで、その安全な利用用途を明確にし (図8)、また、食品分野で用いられるリスク管理手法である HACCP の考え方を適用して、再生処理での予防管理等の管理手法を提案しました。

この衛生学的リスク評価における成果は、国内外において今後利用拡大が期待される再生水について、基礎データを提示し、また、新たな再生水リスク評価の考え方を提案することにより、利用指針等に貢献するものです。さらに現在、日本が幹事国となって再生水を安全に利用するための処理方法等に関する国際規格 (ISO/TC282) が検討されており、それへの貢献も期待されます。

再生水の水生生物への影響評価に関しては、メダカの遺伝子発現を調べることで、短時間で魚類への再生水中の化学物質の影響を調査するバイオアッセイ手法を開発しました。再生水を特定の用途に利用するにあたり、対応する環境基準類型の環境水バイオアッセイの結果と再生水バイオアッセイの結果とを



鈴木 穰
独立行政法人 土木研究所
材料資源研究グループ
研究グループ長

比較することで、再生水の利用適合性を評価する手法を構築しました (図9)。さらに、PRTR 制度*3 のデータを用いて下水処理水中の化学物質濃度を推定し、既存の水質基準値や毒性値と比較することによって、ヒト健康リスクおよび生態リスクの初期評価を行う簡便な手法も開発しました。

これら水生生物影響の評価手法は、再生水供給先の水生生物相の管理において、水質リスクの観点から再生水の適合性を評価する仕組みを提案するものです。これにより、保全すべき水生生物にとって安全な水処理システムを提示することができます。個別の化学物質の生態リスク評価と併せて、水生生物に対する再生水の影響評価手法を構築することで、今後の再生水利用における水生生物相の管理手法に貢献することが期待されます。

*2 障害調整生存年数 (DALY) とは、疾患により障害を余儀なくされた期間と早死により失われた期間を表した、ヒトの健康影響度合いを示す指標である。衛生学的評価における微生物リスクを評価する際の指標値として、年間感染確率による指標値以外にしばしば用いられる。
*3 PRTR 制度 (Pollutant Release and Transfer Register (化学物質の排出・移動量届出) 制度の略称。事業者が化学物質の排出・移動に関する情報提出を求め、国が1年ごとに集計し、公表する制度。

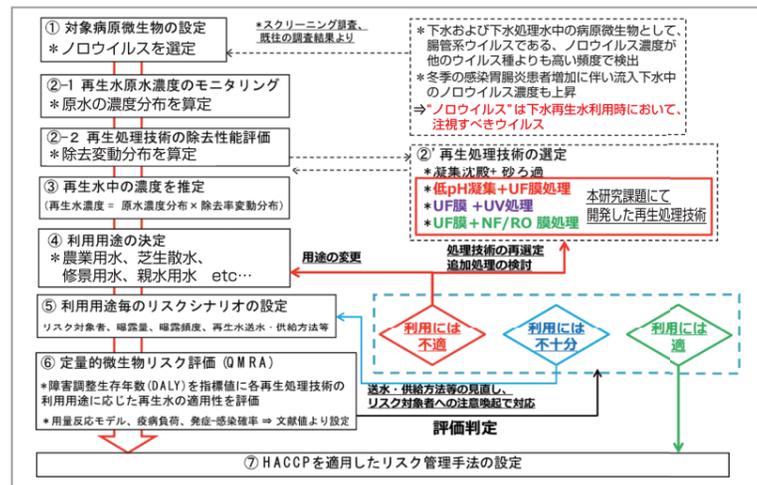


図7 病原微生物によるヒト健康影響のリスク評価手順

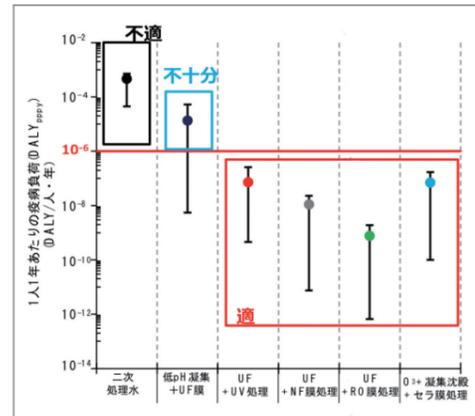


図8 病原微生物によるヒト健康影響のリスク評価例 (利用用途: 親水利用 (手足が浸かるケース))

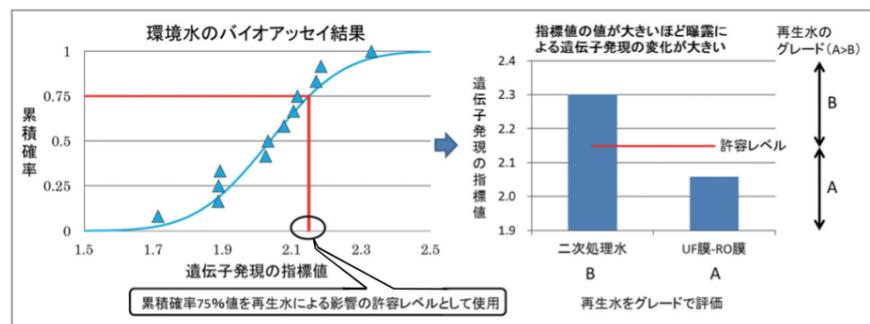


図9 メダカ遺伝子発現試験の結果に基づいた都市利用における再生水の影響評価結果の例

沖縄における 下水処理水再利用への展開

沖縄県は大きな河川がないことから、以前から慢性的な水不足に悩まされてきました。特に農業生産が盛んな南部地域では、農業用灌漑用水の不足が重要な問題となっています。

沖縄県糸満市は沖縄本島最南端に位置し、本市の農業はサトウキビの生産がほとんどでしたが、近年は果樹や野菜・花卉等の高収益型作物への転換が進んでいます。一方で慢性的な農業灌漑用水不足が生じており、国営地下ダム建設によって市内の一部地域には農業用水の供給が開始されましたが (図10)、市内全域には及んでいません。市内北西部に位置する糸満市浄化センターは1日あたり約12,000 m³の流入水量がある下水処理施設で、この下水処理水を安全性の高い再生水として農業用水に供給できれば、潤沢な水資源による作物の生産性の向上や地域の経済発展に貢献すると考えられます。

そこで、本研究で構築した新たな水処理システムの適用性を検討したところ、UF膜+UVプロセスは従来プロセスよりも処理安定性・消費エネルギーの観点から優れていること、送水距離が短縮されることで消費エネルギーが大幅に削減されることを見いだしました。また、本研究課題で検討された下水再利用のための水処理技術を活用して、京都大学や糸満市等の産官学連携で共同研究体を形成し、国土交通省が実施する下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) において「下水処理水の再生処理システムに関する実証事業」が平成27年度に採択されました。国土技術政策総合研究所からの委託研究を受け、UF膜+UVプロセスにより、安全かつ省エネルギーで経済的な再生水を生産するこ

田中 宏明
京都大学
大学院工学研究科
附属流域圏総合環境質研究センター 教授
(顔写真は p.2 を参照)

とを目指し、糸満市浄化センター内で1,000 m³/日の実証プラントを建設して実証実験を行っています (図11)。



図10 糸満市における野菜栽培 (地下ダム水供給)



図11 糸満市実証プラント実験装置 (B-DASHプロジェクトにて設置)

経済発展状況の異なるアジア各都市における再生水の導入可能性の検討

近年急速な発展を遂げている2市を対象に、中国南部の深圳市ではメガシティと呼ばれる都市における21世紀型都市水循環利用の在り方について、ベトナムのダナン市では生活用水の利用実態と水循環経路を把握するとともに、将来の再生水導入の可能性を検討することを旨として研究を行いました。

深圳市は、年間平均降水量1830 mmと比較的降雨が多いものの、1980年に経済特区が設置されて以降、急速な経済発展 (2014年現在のGDP1.6兆元は1980年に比べて5925倍) と急激な人口増加 (2014年現在の人口1077万は1980年に比べて33倍)、それに伴う潜在的・顕在的環境問題に直面しています。現在、年間水需要量約20億 m³のうち、7割程度を市外河川からの導水に依存しており、2020年には年間5億 m³程度の水不足が生じると予測されています。そのため、域内での水循環を促進すべく、2020年には年間10億 m³の下水再生水生産が計画され、さらには上水源として遠方からの導水が計画

されています。そこで本研究では下水再生水の上水源としての利用を想定し、こういった遠方からの導水と市内で生産される下水再生水についてエネルギーベースで比較したところ、再生水生産に膜処理を利用した場合には、送水電力を加味しても下水再生水の利用が優位との結果が出ました。先述の通り現地において十分な量の下水再生水利用の計画が立てられていることから、さらに水質面も含めて、当該地域において上水源としての下水再生水利用を議論することは意義があることと考えられます。

ダナン市はインドシナ東西経済回廊の東の拠点として近年急速に発達しています。ダナン工科大学と協力し、水利用に関する現地ヒアリング調査、水質調査等を実施し、降水、蒸発散、家庭用水、工業用水、農業用水および土地利用などの情報を収集しました。ベトナム語に翻訳したアンケートを用い、ベトナム人学生の協力のもと各家庭を訪問し、聞き取り形式で計308件の水利用に関するヒ

水野 忠雄
京都大学
大学院工学研究科
講師

田中 周平
京都大学
大学院地球環境学
准教授

アリング調査を実施しました。利用用途として、トイレ、風呂、洗濯、料理、皿洗い、飲用、洗面、ガーデニング、散水、洗車、床掃除の11項目を選定しました。さらに用途ごとの水利用頻度と1回あたりの水利用量について97件の調査を行いました。加えて、農業用水に関する60件のヒアリング調査を実施しました。2025年の水道水需要量は219,000 m³/日であり、2011年から15年間で約2.5倍以上に増加すると予測されました。Cu De川上流部にダム堰を建設したとしても、2025年において年間3,000万 m³の水が不足することが予測され、再生水利用の必要性が示唆されました。今後、再生水を含めた将来の水利用に関する検討を早急に始める必要があります。

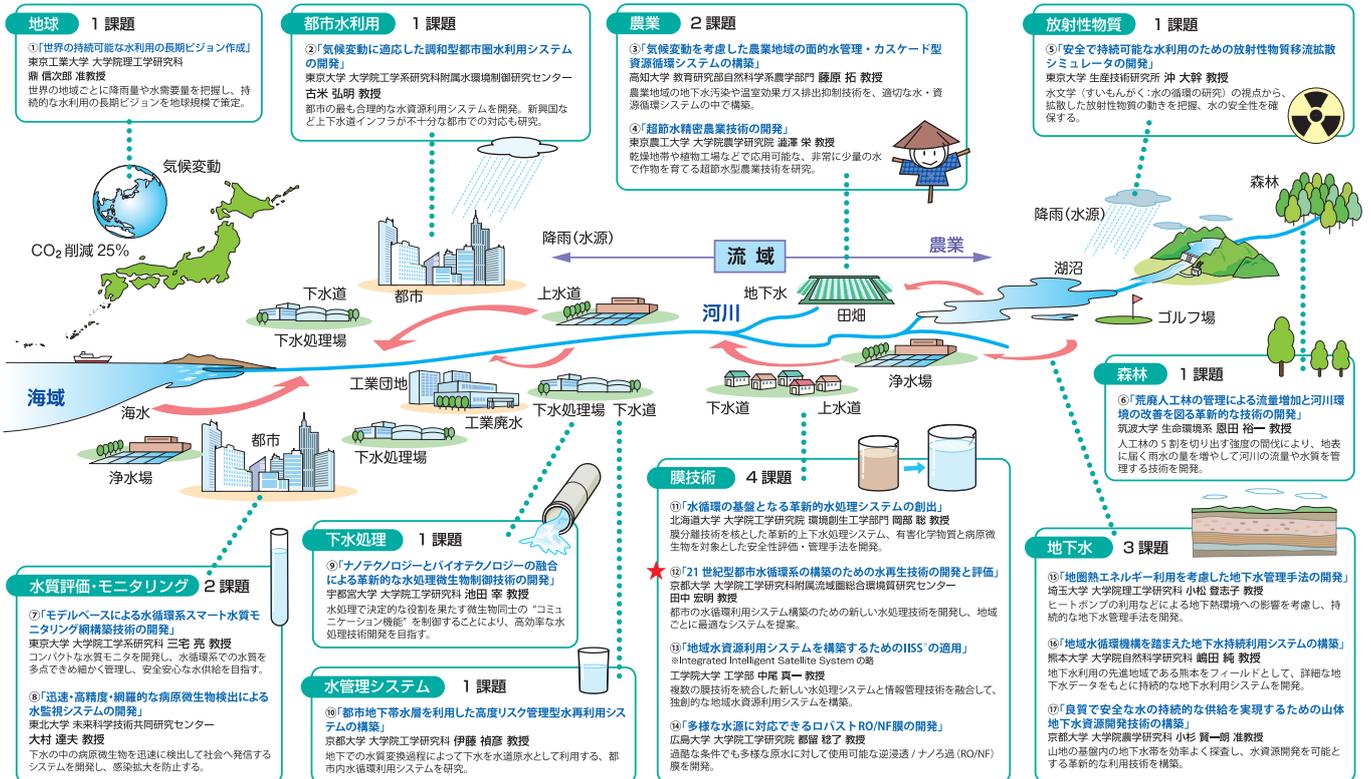


研究領域の概要

「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」は、科学技術振興機構（JST）が推進する戦略的創造研究推進事業のうち「CREST（クレスト）」で2009年に発足した研究領域です。17の研究チームが、互いに連携を図りながら、現在抱えている、あるいは気候変動などによって将来さらに深刻化すると予想される国内外の様々な水問題への適応策となる、物理的・社会的な水利用システムの創出を目指しています。革新的な水処理技術や水資源管理システムによって、水供給、排出、再利用、資源回収における、水の質と量の統合的な最適化を行い、エネルギー、コスト、環境負荷、健康・環境への安全性、地域社会の状況などの観点からもっとも合理的で持続可能な水資源の利用システムを提起する研究で、かつ、実社会への適用性を十分に配慮した研究を推進しています。

17の研究課題

このパンフレットで紹介したのは、★マークの研究チームの主な研究成果です。



研究総括・領域アドバイザー

研究総括

大垣 眞一郎 (公益財団法人 水道技術研究センター 理事長)

副研究総括

依田 幹雄 ((株) 日立製作所 技術主管)

領域アドバイザー

- 浅野 孝 (カリフォルニア大学デービス校 土木環境工学科 名誉教授)
- 国包 章一 (元・静岡県立大学 環境科学研究所 教授)
- 清水 慧 ((株) 日水コン 名誉顧問)
- 砂田 憲吾 (山梨大学 特命教授)
- 津野 洋 (大阪産業大学 人間環境学部 教授)
- 宮 晶子 (King (株) 技術・開発本部 技術開発統括 執行役員)
- 宮崎 毅 (東京大学 名誉教授)
- 渡邊 正孝 (中央大学 教授)
- 渡辺 義公 (中央大学 研究開発機構 機構教授)