

## 2 廃水の高度処理、循環再利用技術の研究開発

入谷 英司（名古屋大学）

### 1. 5年間の総括

本 WG は、愛知県・名古屋市地域結集型共同研究事業において、都市からの廃棄物を再資源化する技術の一つとして、都市廃水を対象とした高度処理、循環再利用技術の開発に取り組んできた。

都市廃水は排出量の変動が少なく、その量は我が国で 130 億トン/年に達するともいわれており、これを高度処理して様々な用途に利用することができれば、年間を通して安定した供給が可能な水資源となりうる。しかしながら、生活様式や産業形態の多様化に伴い都市廃水の汚濁化が刻々と進行しているという状況の中で、高品質化も念頭においた循環利用が可能な再生水を製造するためには新たな処理技術の開発が求められる。そこで本プロジェクトでは、都市廃水の多様化・高汚濁化や生ゴミをターゲットとしたディスポーザー処理システムの導入に伴う廃水の特殊性に対応できる新規高度処理技術の開発を図るとともに、再生水の品質に応じた、各種用水としての用途開発にも着手し、都市廃水の循環再利用技術の研究開発を行った。なお、処理水の目標水質を親水用水の基準を十分に満たす下記のように設定した。

< 目標水質 >

BCD: 3mg/L 以下, SS: 1mg/L 以下, T-N: 5mg/L 以下, 色度: 10 以下, 大腸菌: 非検出

廃水の高度処理、循環再利用システムの構築を実現化するために4つの要素技術の開発に取り組んだ。要素技術は、液系処理技術と固系処理技術に大別され、液系処理技術として、廃水中の窒素を高度かつ高速で除去する技術（ハイブリッド型リアクターの開発研究）、通常の微生物処理では処理することが困難な難分解性有機物を高度に除去する技術（難分解性有機物の微生物処理）、微粒子や微生物を分離膜により高速で除去する技術（精密濾過、分離膜技術の研究開発）、また固系処理技術として、生活廃水やディスポーザー廃水中の固体分からメタン発酵によりエネルギーを得て、廃棄する固体分の減量化を行う技術（固形残渣の再利用技術の研究開発）の開発を行った。それぞれのテーマの関係および廃水の処理フローは図に示した通りであり、固液分離後の廃水を3つの液系処理技術により連続的に処理することで親水用水の基準を満たす高品質な処理水を生産し、固体分については固系処理技術により処理し、エネルギー生成へと繋げる。また、液系処理において固体分が、固系処理において液体分が発生するため、それぞれの処理過程で発生するものについても液系処理技術および固系処理技術で高度処理するシステムとなっている。

液系処理の3つの技術については、フェーズ Ⅰ から Ⅲ の初期にかけて、処理方式の決定や処理条件の最適化をラボ実験で行い、それぞれのテーマにおいて確立した技術を組み込んだ3つのオンサイト実験装置（ハイブリッド型リアクター、バイオフィジカルリアクター、マルチモード精密濾過装置）を設計・製作し、名古屋市植田下水処理場に設置した。窒素の除去を行う「ハイブリッド型リアクター」は、微生物を高密度に付着・固定化できる親水性ポリウレタン担体を充填槽方式で使用することで処理槽内の微生物濃度を大きくし、窒素除去効果を高めるために二段ステップ流入方式にした処理槽を設け、これに続いて窒素およびSSをより高度に除去するための生物膜濾過装置を配置した構造を有している。難分解性有機物の除去を行う「バイオフィジカルリアクター」は、流動床方式の生物活性炭法を採用しており、活性炭の吸着能と微生物の有機物分解能を利用し、それらの相乗効果により高度な処理を可能とする。生物活性炭法は、活性炭に固定化させる菌種を変えることにより処理効果

を高めることができ、自然界より単離した難分解性のポリフェノール類を分解する新規微生物を固定化した場合には、ディスポーザー廃水が流入した負荷の大きな廃水にも対応可能である。微粒子の除去を行う「マルチモード精密濾過装置」は、セラミック精密濾過膜を使用した物理・化学併用逆洗型の精密濾過システムで、前処理として凝集操作を組み合わせしており、凝集と膜の洗浄を適切な条件で行うことにより、高品質処理水を省エネかつ高速で製造することができる。フェーズでは、これらの装置を用いた下水処理場でのオンサイト実験へと展開し、水質変動が生じる実際の廃水の連続処理実験から、問題点の抽出、装置の改良、処理条件の最適化を行い、各々で設定した目標値に適合する水質の処理水を得る技術の確立に至った。また、ハイブリッド型リアクターとマルチモード精密濾過装置については、装置同士を連続化させて処理を行い、処理水質が親水用水の基準を満たしていることを確認した。バイオフィジカルリアクターについては、ハイブリッド型リアクター処理水から難分解性の着色成分を除去できることを明らかにしており、3つの技術を融合したトータルシステムが完成することにより、目標水質を十分に満たす極めて高品質な処理水が得られることが期待できる。

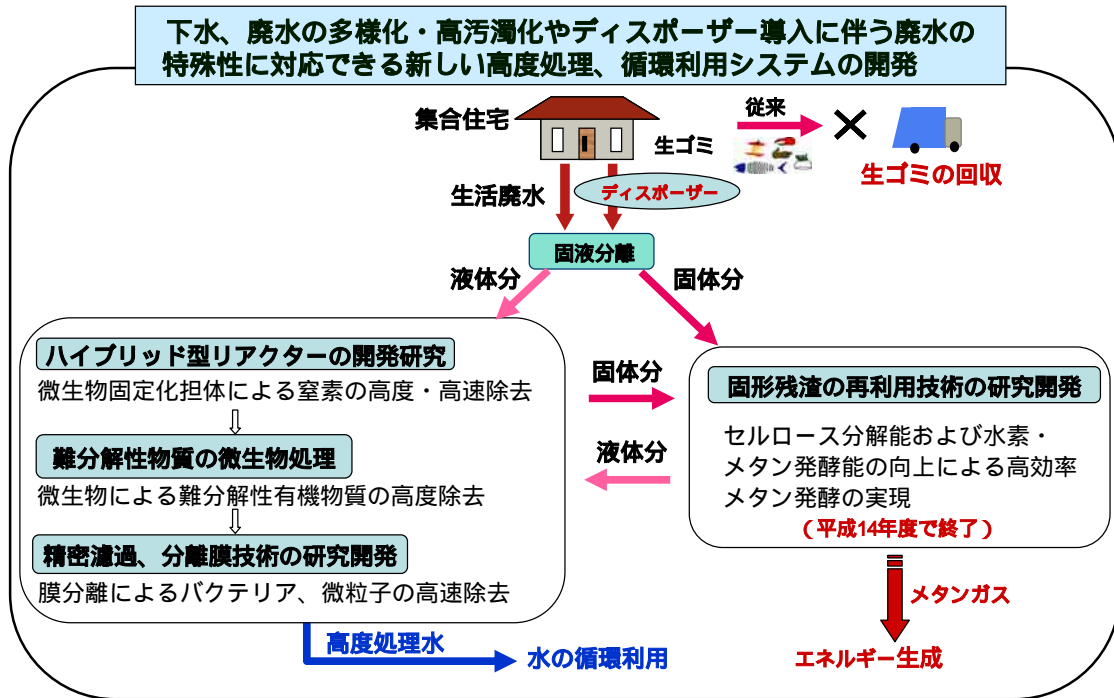
一方、固系処理技術については、フェーズからにかけてラボ実験を行い、水素発酵槽とメタン発酵槽の二槽を有した二槽分離循環型メタン発酵システムを構築し、効率的なメタン発酵と固体分の減量化を実現することができた。また、遺伝子組換え技術によりセルロース分解能や水素発酵能を向上させた菌株の作出に成功し、これらを利用したメタン発酵においてガス生成量の増加と固形残渣の減量化が確認できた。なお、本テーマは、ラボレベルでの十分な結果が得られたとの判断により平成14年度で研究を終了した。

以上のように、本WGでは廃水の高度処理、循環再利用技術の開発に取り組み、目標に定めた水質を満たす高品質の処理水を得る技術を開発することができた。また、その取り組みの中から特許性のある新しい要素技術を多数確立し、特許出願を行った。下記にそのタイトルを列挙するが、合計15件の特許出願を行い、内2件についてはすでに特許が確定されている。

<特許>

1. 充填槽による排水の窒素除去方法
2. 廃水処理システム
3. ポリフェノールを分解する新規微生物およびその微生物を用いたポリフェノール含有廃水の処理方法
4. 膜濾過方法及び膜濾過システム（特許確定）
5. 可動濾材部を持つ濾過機とその操作法
6. 膜濾過装置の処理水供給を決定する方法及びその装置（特許確定）
7. 可動濾材部を持つ濾過機
8. 濾過速度決定方法および濾過速度候補評価装置
9. テーパー型回転円筒ダイナミック濾過機
10. 傘型回転円板ダイナミック濾過機
11. キチン含有廃棄物の処理方法
12. 遺伝子導入方法及び組換え体
13. 遺伝子、タンパク質、組換え体および水素生産方法
14. 遺伝子、酵素、酵素の製造方法、キチンオリゴ糖の製造方法
15. 組換え体導入によるメタン発酵の促進

## 廃水の高度処理、循環再利用技術の研究開発（廃水VQ）



### 2. 今後の取り組み

フェーズ では、本研究の成果を実際場で活かすための様々な取り組みを推進していくことが重要となる。これまでの研究成果により廃水の親水用水化が可能となっており、製造される再生水は水洗トイレ用水や洗車用水などの生活用水、修景用水や散水用水などの環境用水、あるいは、工業用水、農業用水などへ利用できるため、本開発技術は都市における水アメニティの創出に貢献できるものと確信される。コストや維持管理などの点にも留意してシステムの総合的な評価を行うとともに、対外的な発表等を通して実際に技術を適用する場を見つける働きかけを積極的に行い、都市における水アメニティの創出へと繋げていくことが今後重要となる。また、各要素技術については、各種廃水処理施設はもちろんのこと浄水処理施設に適用可能な技術もあるため、システム全体に限定せず、開発した個々の要素技術を有効に活かしていく取り組みも検討すべきである。さらに、多くの特許出願を行うことができたため、これらの取得特許を活用していくことも今後の大きな課題の一つと考える。