アQUALネッサンス'90計画*

畑 幸 宏

近年の急速な技術革進を背景として、水処理技術の分野においても新しい芽が育ってきている。通産省において昭和60年度からスタートしたアQUALネッサンス'90計画はまさにこうした流れの中で生まれてきた技術開発計画であり、バイオテクノロジー、膜分離技術などを応用して従来とは発想を異にした水総合再生利用システムを開発し、1990年代に実用化を図ろうというものである。

1. 研究開発体制

アQUALネッサンス'90計画の研究開発は工業技術院の大型工業技術研究開発制度により実施している。同制度のもとで、微生物、膜素材などに関する研究開発を工業技術院の試験研究所(微生物工業技術研究所、公害資源研究所、化学技術研究所、大阪工業技術試験所)が担当し、また、膜モジュール、バイオリクター、計測制御システムなどに関する研究開発をアQUALネッサンス技術研究組合(昭和60年12月17日設立認可)が担当することにより、産学官の技術力の結集を図ることとしている。

2. 研究開発課題

アQUALネッサンス'90計画においては、分離膜を組み込んだ高濃度バイオリクターにより下水、産業廃水などを低廉なコストで再生処理するとともに、メタンガスを製造することを可能とする技術を確立するため、以下のような技術について研究開発を行う。

(1) 微生物の研究開発

有用微生物群の探索、育種及び高活性化の研究開発を行う必要がある。微生物の探索、育種としてはメタ

ン製造に有効なメタン発酵菌、水処理に有効な難分解性有機物分解菌などのスクリーニング及び分類を行うとともに、これら微生物による各種有機物分解プロセスの詳細な解明を行うことが必要である。また、微生物単体としての能力の解明を行うと同時に、実際のバイオリクター内では、各種微生物が混在する状態で反応が進むことから、あらゆる組み合わせの微生物群の能力の解明及び外部から流入して来る雑菌に対する挙動の研究を行う必要がある。微生物の高活性化のためには流入下廃水中に含まれる各種化学物質及びバイオリクター、担体などに使用される材料の微生物に与える影響を研究し、反応阻害物質及び活性促進物質を解明することが重要である。さらに微生物の混合培養系における生育条件について、微生物群の活性を最も高め、反応を明らかにするための研究を行うことが必要である。

(2) 膜素材の研究開発

処理対象排水の種類や処理水の用途などに応じて、最適な分子量分画性能を有し、耐微生物性、耐薬品性などにすぐれた膜の開発が必要である。現在、海水淡水化や純水製造などに利用されている膜は合成高分子の有機膜であるが、本プロセスのように汚濁物質負荷が高い上に耐微生物性などを要求される場所では、セラミックスなどの無機系素材に対する期待も大きい。

具体的には、有機膜素材及び無機膜素材について、汚濁物質による目づまりを防ぐため、各種有機物、微生物などの膜素材に与える影響及び付着状態を解明するとともに、これらに対処する方策について検討することが重要である。また、各種の下廃水について要求される処理水水质を得るために、シャープな分画分子量を実現することのできる製膜技術を開発する必要がある。有機膜については、表面改質による膜表面の荷電制御などにより、既存の多種類の膜の中から有効なものを選択することも考えられる。無機膜については、ガラス、セラミック複合膜の開発など、近年発達 of 著しいセラミック技術の応用について広く検討することが必要である。

膜素材に関しては、このほか透水能力が高いことが要求されるが、さらに選択透過性を有するものであれば資源・エネルギー回収への利益の面が大いに有用な

Yukihiko Hata

昭和51年 早稲田大学大学院理工学研究科修了

51年 通商産業省、工業技術院、
～58年 機械情報局を経て
59年 同省立地公害局
工学修士

〔趣味〕 読書 音楽

* Aqua-Renaissance '90 Project, 昭和61年2月28日受理

特性となる。

(3) 膜モジュールの研究開発

未分解有機物及び微生物の高濃度保持に適しているコンパクトな省エネルギー型膜モジュールを開発することが必要である。

非常にコンパクトであり、かつ効率的な有機物の分解及びエネルギーの回収を可能とする装置として微生物固定化膜が期待されているが、これを実現するためには各種の膜に固定化することが可能な微生物の研究、また微生物の活性を落とさずに、なおかつ高機能な膜に固定、維持する技術などを開発することが必要である。

また、汚濁物質などによる膜モジュールの目づまりは透過水量の大幅な低下を引き起こすことから、有機物、嫌気性処理による無機生成物などの膜モジュールへの付着状態を詳細に解明し、これらの洗浄技術を開発することが必要である。

(4) バイオリアクターの研究開発

リアクター内にメタン発酵菌などの微生物を高濃度に集積し、下廃水中の有機物を効率よく分解・除去し、メタンを製造することのできるバイオリアクターの研究開発は、アクアルネッサンス'90計画の中心的課題である。

その中で、高濃度に菌体を保持する手段として担体に微生物を固定化する方法が有力であるが、こうした担体素材に要求される性質として、微生物の付着性とともにその活性を阻害しないものであることがもっとも重要となる。

バイオリアクターとしての効率を上げるためには、これらの有用微生物を複数種、適切な共存共栄条件の下に同時培養することが必要であり、かつこのような微生物群と処理すべき廃水が十分な接触効率を維持できるようにリアクター構造を最適化するための研究が必要である。

さらに、下廃水中の有機物をメタンなどに分解し、これを効率よく回収することのできるバイオリアクターの形状、膜との組み合わせなどについても研究を行う必要がある。

バイオリアクター本体においては、下廃水中の有機物をメタンなどに分解し、これを除去することとなるが、得られる処理水は、窒素、リンなどを含む場合があり、また、処理水の用途によっては非常に高度な水質を必要とする場合も多いことから、下廃水の高度な再生を可能とする水処理用リアクターの研究開発を行うことが必要である。特に、窒素、リンなどは産業廃水中に多量に含まれる場合が多く、また、湖沼などの富栄養化の原因となるほど環境に与える影響も大きい

ため、これらの効率的な除去技術を開発することが必要である。また、残留する有機物を除去し高度な水質を有する再生水を得るため、効率的な活性汚泥法による処理技術を開発するとともに、排出される汚泥を油化し、重油等と同様な燃料として利用可能とする技術を開発することも重要な課題である。

(5) 計測制御システムの研究開発

メタン発酵などを計測制御し、システム全体の効率的な運転を可能とするためには、センサーと制御システムの開発が重要な課題となる。

計測するべき量としては、流量変動、負荷変動、温度、pH、嫌気度、微生物の活性などがあるが、これらを計測するセンサーの高度化の研究開発を行うとともに、これら以外にシステムの制御に有効な因子を解明し、その計測技術を開発することが必要である。

システムの運転の最適化を図り、その自動運転を可能とするためには、制御システムの開発が特に重要な課題となる。流量変動、発酵反応などの制御のためには、数値モデルを作成しモデルに基づく制御を行うことが必要であり、スカムの発生、汚泥の色などの状態については経験に基づく推論による制御を行うことが必要である。これらの制御方法については、情報処理技術を応用して、調和を取りつつ統合することが必要となる。

(6) トータルシステムの研究開発

上記の技術を組み合わせて、下水、産業廃水などを効率的に処理して高度な水質の再生水を得るとともにメタンを製造することを可能とするシステム技術の研究開発を行う。

水総合再生利用システムは多くの要素技術を高度にシステム化したものであり、また、このようなシステムは、実際の下廃水を対象として長期間の運転実験を行い、十分なデータを得ることが不可欠であることから、パイロットプラントを製作し、各種の下廃水を対象として運転実験を行うことが必要である。

また、システムの早急な普及を図るためには、下廃水の種類、要求される処理水質、得られるメタンの用途などに応じて各種の水総合再生利用システムの概念設計を行い、そのフィージビリティスタディを行うことが重要である。

アクアルネッサンス'90計画を推進していく上で、以上のほかにも多くの技術的な研究開発課題があり、これらを解決し、すぐれた水処理システムを開発していくためには、多分野にわたる幅広い知見と技術力を結集して加速的に研究開発を進めていくことが必要とされる。

3. 研究開発により期待される効果

アクトアルネッサンス'90計画の推進によって新しい水処理システムが開発されると、国民生活全体にわたってさまざまな波及効果が期待される。その主なものは次のとおりである。

(1) 渇水や水不足に強い社会の形成

生活排水や工場廃水は、都市活動が行われる限り渇水時においても相当の水量が排出されるものである。したがって、本研究開発の推進によりこれら下废水の再生利用が可能となれば、渇水や水不足に強い社会構造が形成される。

(2) 資源・エネルギー対策への貢献

石油、天然ガスなどのエネルギー資源のほとんどを海外に依存しているわが国においては、わが国の総消費エネルギーの約2.5%（昭和50年）を占める水処理分野での省エネルギーは大きな課題となっている。特に、近年水処理において高度処理の必要性が高まってきていることからその消費エネルギー量も昭和65年には4%以上に達するとの予測もあり、省エネルギーの重要性はますます高くなっている。

アクトアルネッサンス'90計画は水処理に要するエネルギーの大幅な低減に資するとともに、下废水中からメタンガスなどを回収し、その有効利用を図ることとしていることから、資源・エネルギー問題に大きく貢献することが期待できる。

(3) 産業廃水の合理的処理

現在、産業廃水処理は当該事業所全体に集中して行われているのが普通であり、その処理設備は一般に広大な敷地を要するものとなっている。これは、現行の処理プロセスが集中処理による規模のメリットを発揮できるものであるためであるが、廃水の性状は業種や製造工程によってそれぞれ異なるため、個々のケースで見れば必ずしも最適な処理方法とはならない。

これに対し、本研究開発に係る水総合再生利用システムでは、処理装置がコンパクト化され、工場におけるオンサイト・リサイクリング（工程ごとの処理、再利用）が可能となり、クローズドシステムを実施しやすくなる。この結果、工場の立地における用水の手当てや土地の確保の面で大きなメリットがもたらされることが期待される。

(4) 親水空間の創造

先にも述べたように、産業社会の急速な発展は、特に都市部を中心に人々の目の前から美しい水の姿を次第に遠ざけ、その生活の中から豊かな水とのふれあいの場を失わせてきた。しかしながら、最近においては、地上だけではなくビルの中や地下街にまで水とのふれ

あいの場を取り戻そうという試みが活発に行われるようになってきた。

こうした中で、高度な再生処理水を生み出すとともに、メタンなどのエネルギーを供給することのできる水総合再生利用システムの開発は、水資源の有効利用とともに、新たな親水空間の創造に大きく寄与するものと期待される（図1）。

これらの効果の他にも、下水道整備の進展、国際協力への貢献、ファインケミカルなどの産業分野への技術面での寄与などが期待される。

4. 現在の進捗状況

昭和60年度においては、工業技術院の試験研究所において、微生物及び膜素材について研究開発方法の検討、予備実験などを行っており、また、アクトアルネッサンス技術研究組合に委託して、微生物、膜素材、膜モジュール、バイオリクター、計測制御システム及びトータルシステムについて文献調査、特許調査などを行っている。

さらに、現在工業技術院を中心として昭和61年度の研究開発実施計画が検討されており、これに基づき昭和61年度からアクトアルネッサンス'90計画の本格的な研究開発を実施することとしている。なお昭和61年度のアクトアルネッサンス'90計画の予算（政府予算案）は10億7000万円となっている。

図1 アクトアルネッサンス'90計画の波及効果