アクアルネッサンス'90計画の現状と課題*

小井沢 和 明

1. 背景

通産省では、かねてから水処理に関する技術開発として、海水淡水化や排水の再生利用に取り組んできた。水処理分野は、家電製品などの分野と比べて、技術開発の進展が遅れている分野であることは、否めないであろう。その理由の1つとして、需要が地方自治体をはじめとする公共団体中心であり、新技術を採用することに必ずしも積極的でないことから、水処理メーカーに自ら新しい技術を開発していこうとするインセンティブが働きにくいこと、水という最も基礎的物質を取り扱うため、技術に高度な安全性、信頼性が要求され、大規模な実証プラントで長期間の運転実験を行うことが不可欠であり、研究開発に膨大な費用が必要であることなどが挙げられよう。

このため、近年の各分野における急速な技術革新の成果を応用し、水処理分野の革新的技術を開発しようとしたのが、アクアルネッサンス'90計画である。

2. プロジェクトの概要

通産省工業技術院には、産官学の協力体制のもとに国が中心となって技術開発を行う制度として約20年前に発足した大型工業技術研究開発制度（大型プロジェクト制度）があり、現在までに、蒸発法海水淡水化技術、ジェットエンジン、資源再生利用技術（スターダスト'80計画）、スーパーコンピュータなどの研究開発を取りあげてきた。

アクアルネッサンス'90計画も本制度の下で昭和60年度からスタートしており、研究開発期間は昭和65年

度までの6年間、研究開発費総額は約118億円を予定している。

実際の研究開発は、微生物や膜素材などに関する基礎的分野を工業技術院傘下の4試験研究所で実施し、プラントの製作、運転などの分野を水処理メーカー等で構成するアクアルネッサンス技術研究組合が実施している。

3. 研究開発の概要

アクアルネッサンス'90計画は分離膜を組み込んだ嫌気性バイオリアクターにより、下水、産業排水等のあらゆる有機性排水を低廉なコストで再生処理するとともに、石油代替エネルギーであるメタンガスを製造する技術を確認しようとするものであり、具体的な研究開発課題は、以下のとおりである。

3.1 微生物の研究開発

有用微生物群の探索・育種および高活性化の研究開発を行うもので、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および分類を行うとともに、これらの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っている。また、微生物単体としての能力の解明を行うと同時に、実際のバイオリアクター内では、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および外部から流入してくる雑菌に対する挙動の研究を行うとともに流入下排水中に含まれる各種化学物質およびバイオリアクター、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、反応阻害物質および活性促進物質の解明を行っている。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、反応を促進するための温度、pH、嫌気度を明らかにするための研究を行っている。

3.2 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ところでは、セ

Kazuaki Koizawa

昭和53年 東京大学工学部都市工学科卒業

同年 通商産業省入省
資源エネルギー庁、工業技術院、国土庁を経て

61年 同省立地公署局

* Outline and Subject of Aqua Renaissance '90 Project, 昭和62年2月16日受理

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、有機膜素材および無機膜素材について、汚濁物質による目詰まりを防ぐため、各種有機物、微生物などの膜素材に与える影響およ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を行っている。また、各種の下排水について要求される処理水水質を得るために、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、近年発達の著しいセラミック技術の応用について広く検討を行っている。

3.3 膜モジュールの研究開発

未分解有機物およ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ものである。

非常にコンパクトであり、かつ、効率的な有機物の分解およ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高機能な膜に固定、維持する技術などを開発している。さらに、汚濁物質などによる膜モジュールの目詰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、これらの洗浄技術の開発を行っている。

3.4 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、下排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最も重要となる。

バイオリアクターとしての効率を上げるため、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とともに微生物群と処理すべき排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を行っている。

さらに、下排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っている。

バイオリアクター本体においては、下排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、下排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っている。特に、窒素、リンなどは産業排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な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、高効率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の開発も行っている。

3.5 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、その計測技術の開発を行っている。

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。流動変動、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、高度な情報処理技術を応用して、研究開発を行っている。

3.6 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、産業排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っている。

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、実際の下排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、各種の下排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、下排水の種類、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ーを

行っている。

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叡知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。

4. 現在までの進捗状況および昭和62年度の計画

研究開発の実質的な初年度である昭和61年度には、民間企業等がそれぞれの研究開発課題を自社の研究室に持ち帰り、メタン発酵用膜モジュール、新型メタン発酵用バイオリクター等の要素技術に関する実験室

レベルの小規模実験を行っている。

昭和62年度には、各要素技術について引き続き小規模実験を行うとともに、昭和64年度から実施する予定のパイロットプラント（実用プラントの1/10～1/30程度の規模）実験への実験規模のスケールアップを円滑に行うため、膜とバイオリクターを組み合わせ、下水、産業排水等の各種実排水を用いたベンチスケールプラント（実用プラントの1/100～1/500程度の規模）実験に着手することとしており、財政事情が極めて厳しいなかではあるが、昭和61年度のほぼ2倍の予算を確保した。なお、本プロジェクトの全体スケジュールは表1のとおりである。

表1 アクアルネッサンス'90計画研究開発スケジュール

年 度	60	61	62	63	64	65
開発項目						
微生物の研究開発	探索・育種・	高活性化技術の開発		中	探索・育種・高活性化技術	化の確立
膜素材の研究開発		高機能膜の開発			高機能膜開発技術	の確立
水処理用リアクターの研究開発		要素研究	基礎実験			
メタン発酵用膜モジュールの研究開発		要素研究	基礎実験			
新型メタン発酵用バイオリクターの研究開発		要素研究	基礎実験			
メタン発酵用計測制御システムの研究開発		要素研究	基礎実験			
メタン発酵に関する総合調査研究				評		評
(1)トータルシステムの研究	全体計画策定	技術動向状況等調査	概念設計		パイロットプラント運転実験及び	ラント評価
(2)支援調査研究		調査研究			調査研究	
				価		価
予算額（百万円）	20	1,071	2,122			