

平成16年1月25日発行 平成16年2月1日発行（毎月1回1日発行） 通巻第603号

昭和33年11月15日第三種郵便物認可

ISSN 0287-671X

# 水

## 強力酸化分解菌群によるノンスラッジ 高速排水処理システムの開発

今中忠行

# 2 2004

**FE**  
e-Front runners



■排水処理で汚泥処理・処分は最大の課題である。生成される汚泥をなくす研究が進んでいる。

# 強力酸化分解菌群による ノンスラッジ高速排水処理システムの開発

## 今中 忠行

いまなか たけゆき 京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻教授

### 1 はじめに

現在、世界人口が60億人を越え、21世紀半ばには90億人を越えることが予想されている。この人口増加を背景として、食糧、エネルギー、環境、医療などの諸問題が浮かび上がってきているが、いずれの課題解決にもバイオテクノロジーが必要であることはいうまでもない。環境問題においても、表1に示すように多様な生物機能を利用して生物処理をすることが期待されている。実際、日本には毎年6億トンの生物系廃棄物が輸入され、1億トン輸出であるから、差し引きも億トンの蓄積になる。これらの有機物を上手に処理しないと日本列島がゴミダマにな

る危険性があるだろう。

### 2 活性汚泥法の歴史と現状

有機系排水の処理に活性汚泥法が利用されてから90年以上が経過した(表2)が、日本では汚泥処理能力(曝気、費用)が限界を超えつつある。処理費用の高騰という現実の故に、オゾン処理、好熱菌の利用、機械的可溶化プロセスなど汚泥の減容化が試みられ、それでも生じた余剰汚泥については乾燥しているのが現状であり、根本的な解決策が求められている。そこでわれわれは、鈴木産業園との産学連携で、有機物を微生物により完全酸化することで汚泥を発生しないいわゆるノンスラッジ処理システムの開発を遂

表1 地球を守る微生物

物質分解能力の利用	PCB分解、農薬(BHC)の分解、流出原油の分解、合成ポリマーの分解、悪臭の分解、アニリンの分解、多環性芳香族の分解、トリクロロエチレンの分解など
生物分解能力の利用	赤潮生物を殺す細菌など
物質変換能力の利用	硝酸の窒素への変換、炭酸ガスの有機物への変換など
蓄積能力の利用	リン酸をポリマーにして蓄積、重金属の濃縮、下水の浄化、炭酸ガスの固定など
合成能力の利用	水素(グリーンエネルギー)の生産、石油生産など

表2 活性汚泥法の経過

年	事項
1862	Loydが空気を吹き込むことにより汚水浄化
1882	Smithが通気により酸化を促進。その指標として硝化。その後ヨーロッパで通気実験
1891	アメリカでもDrownらにより通気実験
1893	Mather, Plattが実証規模で曝気実験
1912	アメリカのローレンス実験所のClark, Gageが下水の曝気により汚泥が生成することを観察
1912	イギリスのFlowlerがローレンス実験所を訪問し、帰国後 Ardern, Lockett に実験を指示
1914	Ardern, Lockettが下水の曝気によって生成した汚泥を再利用すると硝化時間が大幅に短縮されることを発見し英国化学会で発表
1917	イギリスのマンチェスター市で連続処理可能な活性汚泥処理施設
1917	アメリカのヒューストン市でも同様の下水処理場を建設

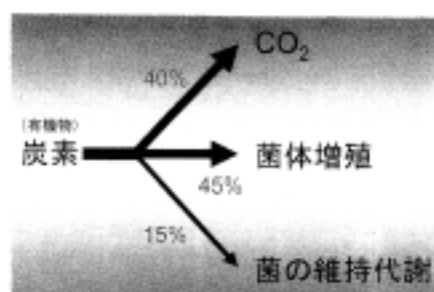


図1 活性汚泥法の基本的考え方

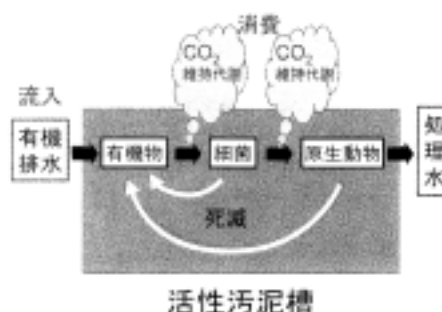


図2 ノンスラッジ処理法の基本的考え方

めた。従来、開放系の排水処理施設においてはその排水に特有の活性汚泥が優先繁殖するが、本システムは活性汚泥以外に高速酸化分解菌をベースとして排水中の有機物分解処理を試みた初めての事例となる。

### 3 活性汚泥法とノンスラッジ排水処理法の基本的考え方の違い

活性汚泥法とは簡単に言えば有機物を微生物・原生動物などの生物群（活性汚泥）に変換しているだけである（図1）。すなわち有機物を酸化分解しながら菌体が増殖し、その過程で約半分の有機物が $\text{CO}_2$ として排出される。さらに有機物の一部は菌体の維持代謝のために消費されることになる。この方式だと有機物の量

が増えれば、活性汚泥量も増えることになる。

これに対し、ノンスラッジ処理法は、有機物をすべて酸化分解して $\text{CO}_2$ として系外に放出しようとするものである（図2）。流入した有機物は細菌により酸化分解されると共に菌体を構成する。その細菌を食物連鎖として原生動物が食し、その過程でも一部酸化分解が起こる。そこで活性汚泥槽内の汚泥濃度を高く維持する（例えば1万5000ppm以上）と、当然生物群の死滅量が多くなりこれらは有機物へと変換されるし、維持エネルギーとして消費される有機物量も多くなる。結果的に、流入有機物（炭素）量と排出 $\text{CO}_2$ 量がバランスしていれば、活性汚泥槽から出てくる処理水は $\text{BOD}$ を

殆ど含まないことになるであろう。

### 4 開発計画の特長

この発想を実証するため、近畿経済産業局の周知型地域新生コンソーシアム研究開発事業に応募し、認められた。その研究開発の特徴を図3に示す。

従来法と比較して、(1)汚泥が発生しないので処理費用が不要、(2)高汚泥濃度で処理するため高速処理が可能であり、結果的に処理時間の短縮、ひいてはランニングコストの大幅削減が可能、(3)操作が簡単で(七)無人化が期待でき、(4)既存の設備がそのまま使用でき特別の費用がかからない、などの利点が挙げられる。

### 5 システム開発の具体的方法と目標

具体的な方法と目標を図4に示す。まず私達が保持している高速酸化分解菌群を使用し、排水施設中でこれらの菌群を優先増殖させ、有機物を高速酸化分解するバイオテクノロジー技術を確立した。また沈殿槽における汚泥分離より更に高い技術を必要とする遊離菌の膜分離法は、熊本大学工学部古川教授の協力により完成させた。すなわち孔径0.2 $\mu\text{m}$ のステンレス製金属膜は化学的にも物理的にも安定であり、逆洗浄を適宜おこなうことにより日詰まり無く菌体を透過することができるといって得られた高

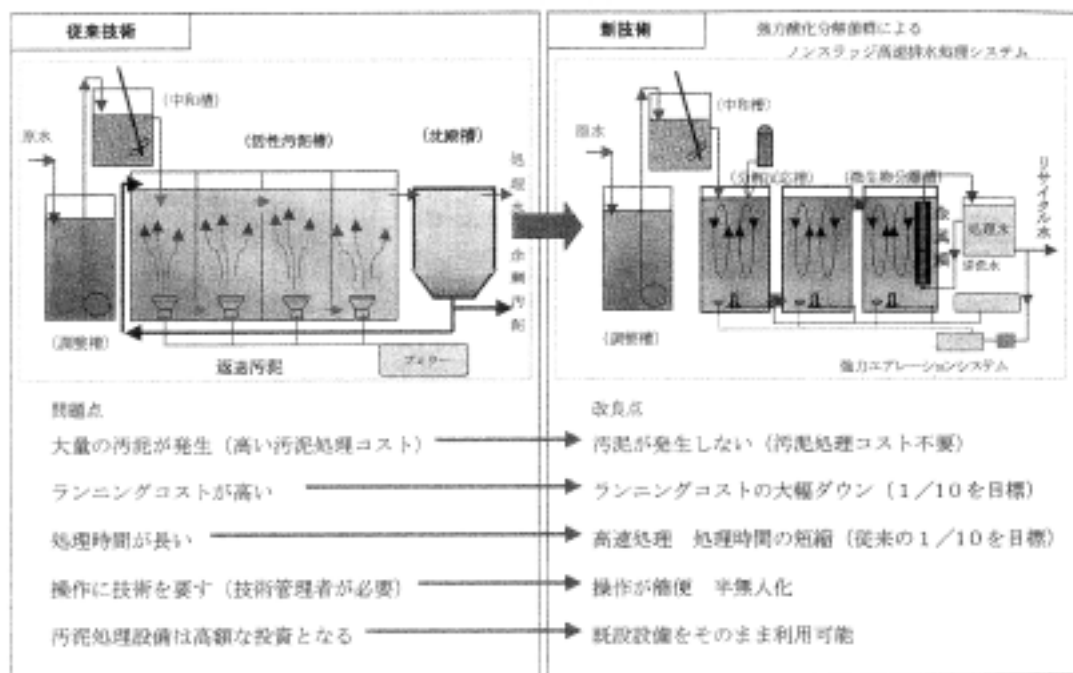


図3 研究開発の特長

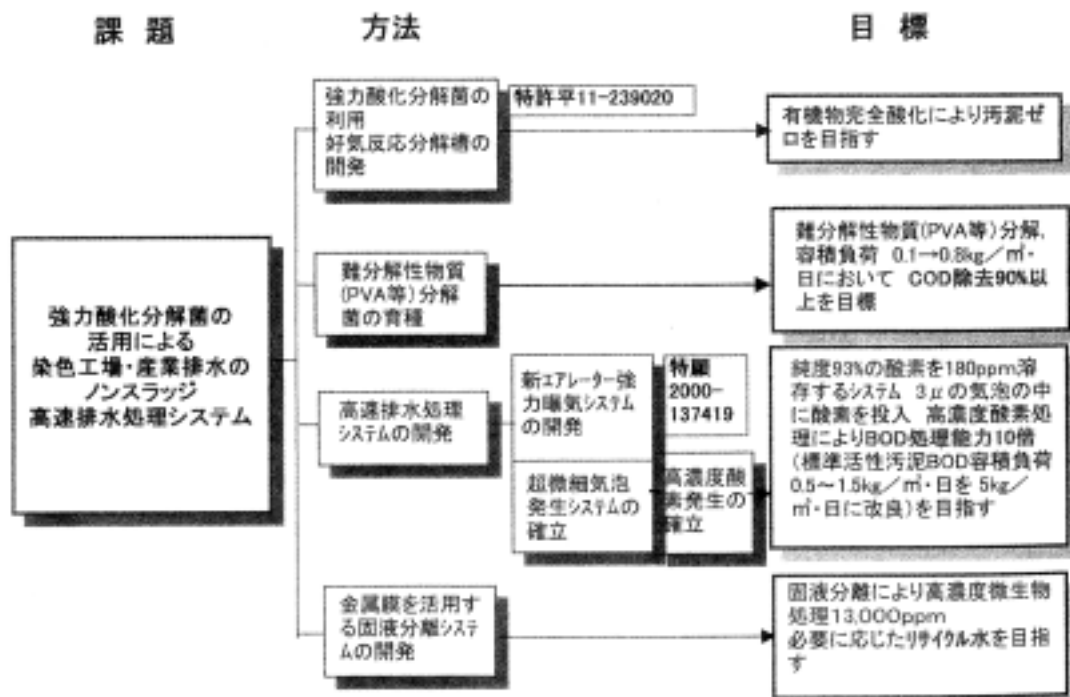


図4 研究開発の具体的な目標



図4 PVAによる発泡

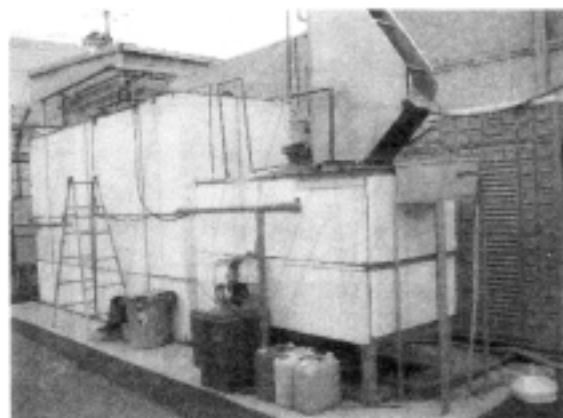


図5 ミニプラント

水の処理を試みることにした。そこでミニプラント実験例の対象として大同マテリアル㈱の協力を得た。ミニプラント(4トン)を3槽連結し、計12トンの写真を図5に示す。染色工場排水中には難分解性高分子物質であるPVA(ポリビニルアルコール)(大半がCODとなる)が存在しているため問題視されてきた。実際排水に通気すると図6のように発泡が

### 6 実例

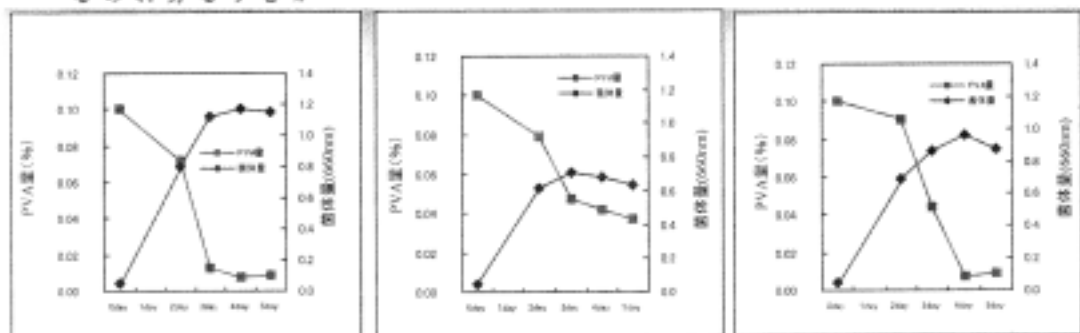
京都の地域産業として染色精練工場排水の処理を試みることにした。そこでミニプラント実験例の対象として大同マテリアル㈱の協力を得た。ミニプラント(4トン)を3槽連結し、計12トンの写真を図5に示す。染色工場排水中には難分解性高分子物質であるPVA(ポリビニルアルコール)(大半がCODとなる)が存在しているため問題視されてきた。実際排水に通気すると図6のように発泡が

活性汚泥濃度(例えば1万5000ppm)で高い有機物酸化分解活性を維持するために必要とされる強力な酸素供給を、純酸素投入装置(純度99%の酸素を安価に供給できる、鈴木産業開発)と超微細気泡発生装置(3μm径の気泡を発生、鈴木産業開発)を組み合わせることで、通常約8ppm程度しか溶解しない酸素を、180ppm程度液中に存在させることができる。さらに新型エアレーター(同志社大学工学部水島教授、鈴木産業)による効率的槽内混合(ランニングコストの削減)を行うことにより高速処理を可能とした。結果として有機物の完全酸化分解を可能とする新排水処理システムを構築することができた。しかも、既設の設備を極力使用し、安価な処理方式として提案できるシステムでもある。

認められた。今までも(30年以上前から)PVA分解菌の探索は試みられてきたが、PVAoxidaseを菌体外に生産する *Pseudomonas sp.* の菌が要求する pyroquinoxalinequinone を培地中に分泌する別の *Pseudomonas sp.* が構成される共生系や、単独でも非常に増殖活性の小さな細菌(したがって担体に保持する

表3 培地組成

①基礎PVA培地 (mg/l)		②PVA + YE培地 基礎PVA培地に酵母エキス1000mgを添加
PVA	1000	養分源を変えた培地組成 ③基礎PVA培地からNH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> を除きNH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub> (尿素)を添加 ④PVA + YE培地からNH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> を除きNH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub> (尿素)を添加
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1400	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	270	
MgSO <sub>4</sub>	50	
CaCl <sub>2</sub>	50	
FeSO <sub>4</sub>	20	
NaCl	20	
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	100	



コロニー-1

コロニー-2

コロニー-3

図7 PVA + YE培地における経時変化(養分源:尿素)

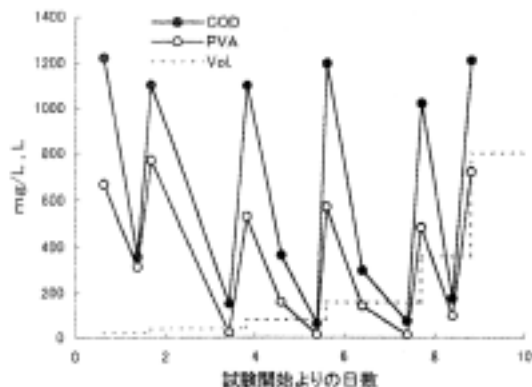


図8 強力酸性分解菌培養増殖試験  
 推定平均PVA処理能力：0.38kg/m<sup>2</sup>/日  
 推定平均COD処理能力：0.84kg/m<sup>2</sup>/日

7 今後の展望  
 ここに挙げた事例の他に、染色工場、飲料水メーカー、食品工場、化学工場、屎尿処理場、紙・パルプ工場等における排水処理にも基本的に本システムを適用することが可能であると考へている。また既存の排水処理システムの前処理として高温酸化分解菌群を利用すれば、安価に負荷を低減することもできよう。有効微生物群の利用と、各要素技術のシステム化が革命的な技術発展につながっていると

必要がある)が報告されているのみであった。そこで私達は分解活性が高い菌の分離を試み、2種の *Pseudomonas* 属と1種の *Aerobacter* 属の計3種のPVA分解菌を単離することに成功した。実験に用いた培地組成を表3に示す。排水中には尿素が多量に含まれているので、これを窒素源、PVAを炭素源としてフラスコ培養したところ、1%植菌でもこのように活発な増殖を示し、菌体濃度が増加すれば、ほぼ1日で約1000ppmのPVAを炭酸ガスと水に完全分解する

(図7)。これらの実験結果から、BOD処理能力は標準活性汚泥処理の10倍以上の処理速度(BOD容積負荷 標準活性汚泥法 0.5~1.5kg/m<sup>2</sup>・日から5kg/m<sup>2</sup>・日以上)、難分解性有機物質PVAに由来するCODは8倍以上の処理効果(容積負荷 従来法0.1を0.8 kg/m<sup>2</sup>・日において90%除去以上)であり、実排水処理に利用できる十分な能力を持つことが確認された(図8)。本研究で開発されたPVA分解能の高い新酸性分解菌群は、染色・精練排水処理に実用できるものであり、高酸素供給システムも実用排水処理に提供することが可能である。

システム総販売元  
 (株)ヘルスクリーン

〒902-0061  
 沖縄県那覇市古島1-5-13  
 TEL 098-886-8688  
 FAX 098-860-7677  
 http://www.health-c.jp  
 E-mail:info@health-c.jp