

表3. メタン発酵とエチレン発酵の比較

項目	メタン <sup>15)</sup>	エチレン
原料	余剰汚泥	CO <sub>2</sub>
培養温度	53°C	25°C
ガス生成速度 (ml//d)	153	5
生成ガス重量 (mg//d)	109	6.3
倍率	17	1

クル系に関しては、すでに大腸菌由来の炭酸脱水酵素遺伝子やホスホエノールピルビン酸遺伝子の付与を行うことにより、13%までエチレンへの炭素変換率が上がるという結果が得られている。

### おわりに

ラン藻での異種遺伝子発現にはこの系で示したように、実用化するために解決しなければならない問題点が残されている。

すなわち、①細胞あたり約10コピーのゲノムDNAを持つため、<sup>16)</sup>10コピーすべてを導入したい異種遺伝子が置換または導入される必要がある、②遺伝子修復機能が優れているため、導入する異種遺伝子がラン藻内で安定に保持できない、<sup>17)</sup>(*RecA*の問題) ③炭素と窒素の代謝が密接に関わっている、④高発現系の宿主・ベクター系がないなどである。

その解決策として、導入した遺伝子が宿主中に維持できるような相同組換え機能を欠失させた株の開発、RuBisCo 遺伝子の増強やCA 遺伝子付与による二酸化炭素固定能の増強のなどが考えられる。また、現在まで実用化された二酸化炭素固定システムがないため、ラン藻によるこのようなシステムを開発することにより、新規市場の開拓が見込まれると考えられる。

昨年、関西電力と東レリサーチセンターが共同でラン

藻に特定の遺伝子を効率的に組み込む技術を開発した。<sup>18)</sup>環境浄化という観点からもラン藻が魅力的な素材であり、微生物工場としての利用など組換えラン藻を利用した今後の技術開発が期待される。

本研究は崇城大学(旧熊本工業大学)生物資源環境工学講座小川隆平教授のご指導の下に行われたものである。同教授のご恩に對し心から感謝いたします。

### 文 献

- 1) Chungjatupornchai, W.: *Curr. Microbiol.*, **21**, 283 (1990).
- 2) Sortes-Rak, E. et al.: *Biotechnol. Lett.*, **17**, 395 (1995).
- 3) Kawata, Y. et al.: *Mol. Gen. Genet.*, **246**, 301 (1995).
- 4) Suzuki, T. and Tsygankov, A. A.: *Biotechnol. Lett.*, **13**, 851 (1991).
- 5) Sonoyama, M. et al.: *Biochem. Biophys. Acta.*, **1297**, 167 (1996).
- 6) Motoki, A. et al.: *Biochem. Biophys. Acta.*, **1365**, 492 (1998).
- 7) Fukuda, H. et al.: *Biotech. Lett.*, **16**, 1 (1994).
- 8) Sakai, M. et al.: *J. Ferment. Bioeng.*, **84**, 434 (1997).
- 9) 平成8年度 NEDO 独創的産業技術研究開発促進事業研究成果報告書 (1997).
- 10) 化学工業日報, 平成12年7月11日 (2000).
- 11) 熊本日々新聞, 平成9年9月11日朝刊 (1997).
- 12) Kuhlemeier, C. J. and van Arkel, G. A.: *Methods Enzymol.*, **153**, 199 (1987).
- 13) Houmard, J. and Tandeau de Marsac, N.: *Methods Enzymol.*, **167**, 808 (1988).
- 14) Kuhlemeier, C. J. et al.: *Mol. Gen. Genet.*, **184**, 249 (1981).
- 15) 木田建次, Ikbai, M.: 水環境学会誌, **18**, 215 (1995).
- 16) Golden, S. S. et al.: *EMBO J.*, **5**, 2789 (1986).
- 17) Williams, J. G. K. and Szalay, A. A.: *Gene*, **24**, 37 (1983).
- 18) 日経産業新聞, 平成12年8月10日 (2000).

## 光合成細菌による排水処理における COD, 窒素, リンおよび硫化水素の同時処理

佐々木 健

地域の小河川, 水路, 溝などでは, 生活排水や小規模な食品工場等からの排水で, 水質汚染が進み問題となっている所が多い。一般に有機物汚染に対しては, 通常, 活性汚泥法や接触酸化法によって処理されているが, 窒素, リンの除去は十分でない。窒素やリンが河川に排出

され富栄養化現象(赤潮を含む)をひきおこしているところも多い。窒素, リンの除去は今なお重要な課題である。

活性汚泥法による窒素の除去については, 過去約20年間研究が進み, 好気-嫌気二槽プロセスによる硝化-脱窒

著者紹介 広島国際学院大学大学院工学研究科物質工学専攻生体材料学講座(教授)

〒739-0321 広島市安芸区中野6-20-1 TEL. 082-820-2570 FAX. 082-820-2560 E-mail: sasaki@g.hkg.ac.jp

処理が、リまたリンの除去については、嫌気-好気処理やフォストリップ法など石灰を使い凝集沈殿を起こさせる方法で除去可能となったが、<sup>2)</sup>両者を同時に処理するには多くの槽が必要となり、また、運転が煩雑になるなど難点も多い。処理スペースや運転コストも問題である。しかも、全国で普及しつつある小型の合併浄化槽ではこれらの手法が適用しにくく、特にリンの除去が十分でない。小型のバイオリアクターなどで、CODばかりでなく窒素、リンを効率よく除去する技術の開発が重要である。

有機性排水処理に関して、Kobayasiら、<sup>3)</sup>北村ら、<sup>4)</sup>および我々<sup>5)</sup>は、食品工場や農業施設から排出される高濃度の有機性排水処理を光合成細菌を用いて行い、実用化も一部の施設でなされている。光合成細菌による排水処理は、高濃度有機性排水 (BOD 10,000 mg/l以上) でも、無希釈で処理が可能という利点がある。しかも余剰汚泥はそのまま養魚飼料や農業用肥料として利用できるの、廃棄物を極力少なく、リサイクルも可能な処理、いわゆる「ゼロエミッション技術」のひとつに位置付けられる。<sup>6)</sup>

光合成細菌は、多種類の有機物 (有機酸、糖質、低級脂肪酸など) を比較的大きい速度で分解 (浄化) でき、菌体 (余剰汚泥) の安全性はきわめて高く、高タンパクの微生物タンパク質 (SCP) としてばかりでなく、ユビキノロン (心臓薬)、ポルフィリン (制ガン剤、肝臓薬)、5-アミノレブリン酸 (制ガン剤、植物生長促進剤) など医薬品製造の原料になることも報告されており、有用な

菌も多い。<sup>6)</sup>

本研究では、光合成細菌を用いて排水処理を行うにあたり、固定化担体として最近よく用いられている多孔質セラミックを利用して、コンパクトな処理装置の開発を念頭におき、好気条件下で有機物 (COD)、硝酸、リンおよび硫化水素の同時除去が行いうるかの可能性を種々検討し、比較的よい結果を得た。さらに、リアクター設計の基礎となる除去速度などの工学的基礎定数の推算を、実験データをもとに実施し、実用化への基礎固めを行ったので総説する。なお、多孔質セラミックプレートへの固定化および実験の方法は、原著に詳しく記述したのでそちらの方を参照されたい。<sup>7,8)</sup>

### 単独菌による排水の COD, 硝酸の同時除去

はじめに多孔質セラミックのプレートに、寒天を用いて、光合成細菌 (単独) を固定化し、排水処理バイオリアクターを構築した例について述べる。

**用いた菌株** 光合成細菌による排水処理は菌株の選定が非常に重要であるので、まず解説する。用いた菌株は、光合成細菌、*Rhodobacter sphaeroides* S (S株) である。この菌は、比較的高い有機物分解能を有し、脱窒機能 ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$ ) も比較的高い。し尿、食品排水処理などに実用化されている。S株は通性嫌気性細菌であり、嫌気でも好気でも増殖可能で、嫌気から好気への切り替えもパン酵母のように速やかである。<sup>6,7)</sup> 大変扱いやすい菌である。

### 繰り返し回分処理結果 固定化光合成細菌 (多孔質

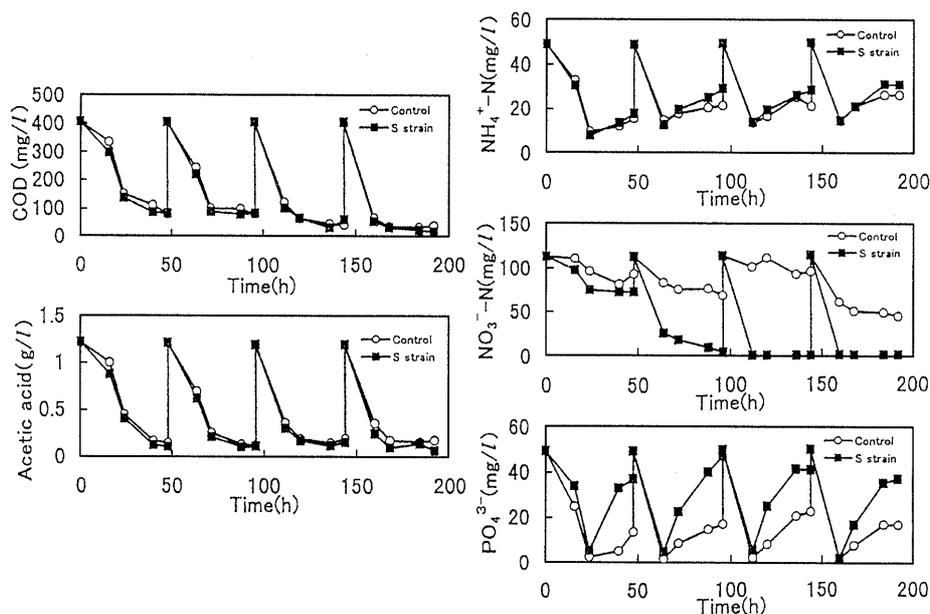


図1. 繰り返し回分処理による人工下水の COD, 酢酸, アンモニア, 硝酸, リン酸イオンの消長. 人工下水は50時間ごとに入れ替え. ○, 対照実験; ●, *R. sphaeroides* S 固定化プレート使用.

セラミックプレートへの固定)による, 人工下水を用いて繰り返し回分処理実験を行った結果を図1に示す. COD, 酢酸, アンモニアは, 好気処理ということもあり, 対象実験と比較して同程度処理が行われた. 対象実験では, 光合成細菌を固定化していないが, 自然発生したバクテリアなどにより処理が進行しているものと思われる. 顕微鏡観察( $\times 400$ )で多くのバクテリアの生育が処理水中に認められた. なお, この処理実験は室内で行ったもので, 昼間, 窓からの少ない光以外光照射は行っておらず, 実質的な好気処理である.

一方, 硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3^-$ -N) については明らかに, S株を固定化したほうが効率的に除去されていた. しかも, 好気処理下で硝酸態窒素が処理除去されていることは興味深い. なぜなら, 通常硝酸態窒素は嫌気条件でのみ脱窒により除去できるからである. この実験では, 寒天表面は好気で, COD やアンモニアも速やかに除去されるが, 寒天内部は微好気あるいは嫌気状態になっており, S株の脱窒作用 ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ ) が活発に働いていることが示唆される. とまれ, CODの除去と硝酸態窒素の除去が一つの好気処理槽で達成できるということは大きな利点である.

しかし, 予想に反して, リン酸イオンのほうは, 一度は除去されるが再び処理水中に放出され, 不完全であることが判った (図1).

さらに, データは示していないが, 100時間処理後あたりから, 硫化臭を含む異臭の発生が対照および光合成細菌処理双方に認められ, 処理には好ましくない状態となった.

また, ここでは詳述しないが, この処理システムでポンプで連続的に排水を注入し, オーバーフロー液を排出する好気連続処理も行ったが, 繰り返し回分処理と同様に, COD, アンモニア, 硝酸態窒素はよく除去できるものの, リン酸イオンの除去は不完全で, かつ1週間後くらいから悪臭の発生も認められた. この処理システムの限界が感じられた.<sup>7-9)</sup>

### 混合菌固定化による COD, 硝酸, リンおよび硫化水素の同時除去

光合成細菌固定化プレートを用いた排水処理実験では, 単独菌および単一の好気槽で COD と硝酸の同時除去が可能となったが, リン酸イオンの除去が不完全であることと, 悪臭の発生が問題点として新たに認められた. 悪臭は低級脂肪酸による悪臭のほか, 官能的に硫化臭 (腐卵臭) が主に感じられた. ところで, 光合成細菌の

中には, リン除去に比較的高い活性を示す株, および硫化水素分解力が比較的高く, 微生物脱臭剤として実際に使用されている株もある. そこで, これらの菌株を混合して固定化して排水処理を行うことで, リン除去と悪臭の問題解決にならないかと考え, 改善を試みた.

**用いた菌株** ここでは3種類に光合成細菌を用いた. いずれも紅色非イオウ細菌の仲間である. まず, *R. sphaeroides* S(S) は前述のごとく COD 除去能と脱窒能の高い菌である. 次に, *R. sphaeroides* NR-3 (N) を用いた. N は高い COD 除去能に加え, 菌体内に著量のリン (ポリリン酸として) を蓄積しうる特性がある. さらに, 脱臭を目的として *Rhodospseudomonas palustris* (P) を用いた. P は経験的に微生物脱臭剤として実用化されているが, 紅色非イオウ細菌の中でも数少ない  $\text{H}_2\text{S}$  を分解し  $\text{SO}_4^{3-}$  に変換できる菌である. イオウ細菌のように菌体内にイオウを蓄積することはない. これらの菌は東京都立大学, 北村 博教授 (名誉教授) より約15年前に分与され, 広島国際学院大学にて保存されていたものを用い

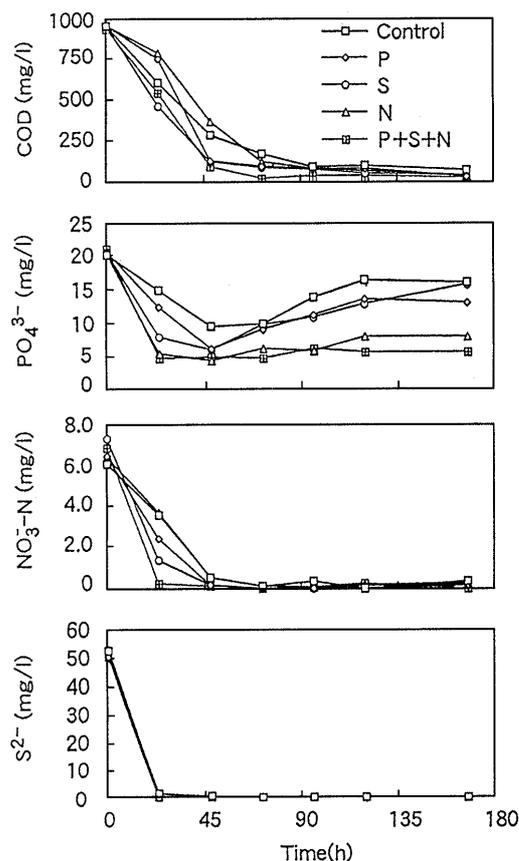


図2. 種々の光合成細菌を固定化したブロック状多孔質セラミックによる人工下水の回分処理と COD, リン酸イオン, 硝酸, および硫化水素 ( $\text{S}^{2-}$ ) の消長. □, 対照; ◇, *R. palustris* (P) 固定化; ○, *R. sphaeroides* S (S) 固定化; △, *R. sphaeroides* NR-3 (N) 固定化; ■, P, S, N 混合 (M) 固定化.

た。

**混合菌を用いた人工下水の回分処理** 混合菌体(S+N+P)を固定化した場合の人工下水の回分処理結果を図2に示す。比較のためのS, N, P株の単独菌によるデータも同時に示す。CODの除去はいずれの菌を固定化した場合も比較的高かった。対照実験でのCOD低下は自然発生のバクテリアなどによるものと思われる。

リン酸イオンの除去をみると、NとNを含む混合固定化の場合よく除去され、S, P, 対照のように、再溶出することはなかった。Nを用いた効果が発揮されている。

硝酸態窒素についてはSとSを含む混合菌体でよく除去されていた。Sの脱窒効果がよく表れている。

硫化水素については同じように除去されているが、PとPを含む混合菌体では、わずかだが除去は早く、悪臭もこれら2つの処理ではほとんど感じられなかった。

つまり、3種の菌の混合で、それぞれの菌の特徴が発揮され、好気処理の単独槽による処理で、COD, 硝酸, リンおよび硫化水素の同時処理が可能となったといえる。

**混合菌を用いた半連続処理** 3種混合菌体(S+N+P)を固定化したセラミックブロックを用いて、半連続処理を行った実験結果を図3に示す。希釈率Dが0.17から0.75 d<sup>-1</sup>で処理を行ったが、CODはDが0.75 d<sup>-1</sup>の高い処理速度でも約1か月間、安定して処理可能であった。リン酸イオンも硝酸態窒素も、処理開始初期は若干、処理しきれない場合もあったが、約400時間は安定して処理された。硫化水素はすべての希釈率の実験でも0.10 mg/l以下で、悪臭発生もすべての実験で認められなかった。

**混合菌体を用いた連続処理** この混合菌体固定化セラミックによる処理能力の限界を探るべく、連続処理を約1か月間行った。この処理の間、240, 430および720時間後の流出水(処理水)の水質を表1に示す。人工下

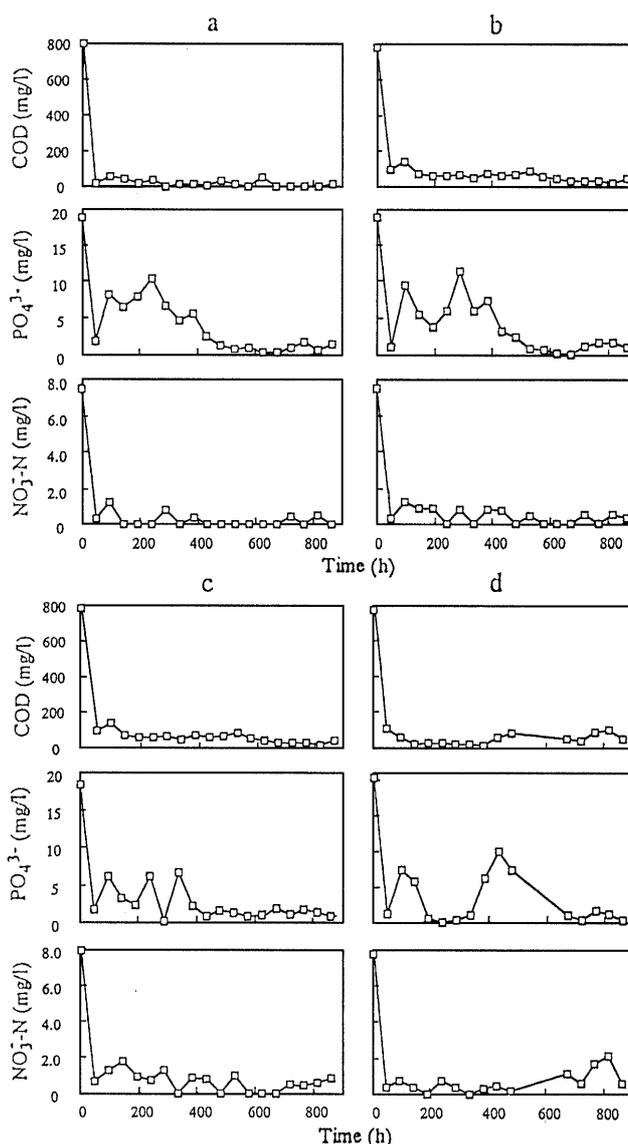


図3. 3種混合(P+N+S)の光合成細菌固定化多孔質セラミックによる人工下水の半連続処理とCOD, リン酸イオン, 硝酸の消長. a, D=0.17 d<sup>-1</sup>; b, D=0.33 d<sup>-1</sup>, c, D=0.50 d<sup>-1</sup>; d, D=0.75 d<sup>-1</sup>.

水濃度を3倍まであげて、処理能力の限界を探った。

CODについては、720時間後も、人工下水濃度が2倍程度でもほぼ97%以上処理され、60 mg/l以下に保た

表1. 混合固定化多孔質セラミックブロック(P+S+N)を用いた人工下水の連続処理と流出水のCOD, リン酸イオンおよび硝酸(希釈率は0.05 d<sup>-1</sup>に固定)。

	240 h 後			430 h 後			720 h 後		
	×1 <sup>a</sup>	×2 <sup>b</sup>	×3 <sup>c</sup>	×1	×2	×3	×1	×2	×3
COD (mg/l)	22.0	44.2	185	38.0	48.0	138	58.0	58.0	164
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	2.87	9.02	10.2	3.24	8.87	10.8	2.57	2.82	7.93
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	<0.10	<0.10	<0.10	—	—	—	<0.10	<0.10	5.35

<sup>a</sup> 人工下水濃度 ×1, 初発 COD, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N はそれぞれ 1000, 20, 10 mg/l.

<sup>b</sup> 人工下水濃度 ×2, 初発 COD, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N はそれぞれ 2000, 40, 20 mg/l.

<sup>c</sup> 人工下水濃度 ×3, 初発 COD, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N はそれぞれ 3000, 60, 30 mg/l.

表2. 3種混合固定化多孔質セラミックブロックを用いた、人工下水の回分、半連続および連続処理におけるCOD,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ -Nの連続処理.

除去速度 (mg/g ceramic/d)	回分処理 <sup>a</sup>	半連続処理 <sup>b</sup>	連続処理 <sup>c</sup>
COD	266 (42.1%)	394 (98.8%)	647 (97.2%)
$\text{PO}_4^{3-}$	9.97 (75.0%)	9.48 (95.0%)	12.9 (92.9%)
$\text{NO}_3^-$ -N	4.26 (99.7%)	4.00 (99.9%)	6.63 (99.9%)

<sup>a</sup> 図2より、0-45 hの減少から算出.

<sup>b</sup> 図3-dより、350 h後のデータから算出、( $D=0.75 \text{ d}^{-1}$ ).

<sup>c</sup> 表1, 720 h後のデータ ( $\times 2$  人工下水) ( $D=0.50 \text{ d}^{-1}$ ).

( ) 内は除去率を示す. すべての計算は45 gセラミック(乾燥重量)で計算.

れていた. リン酸イオンについては、720時間後も90%以上が処理可能であった. 流入排水濃度が3倍となると、除去率は90%以下に低下した. 硝酸態窒素については2倍濃度までは99%以上の除去率であったが、3倍濃度だと82%に低下した. 硫化水素についてはすべての処理において0.10 mg/l以下で、悪臭発生もすべての実験で認められなかった. このように、流入の人工下水濃度が2倍程度なら本処理システムで約1か月間処理可能と判断された.

**除去速度** 以上、回分、半連続および連続処理の実験結果をもとに、処理システム設計の基礎となる工学的基礎定数、つまり、COD,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ の除去速度について推算し、表2にまとめて示す. 硫化水素除去については、飛散や自動酸化の可能性もあるのでここでは推算しなかった.

表2に示すように、回分と半連続処理ではほぼ近似した値となった. 連続処理ではやや大きい値となった. COD除去速度について、固定化セラミック(乾燥重量)と活性汚泥のMLSSと同じと仮定すると、通常の標準活性汚泥法の処理速度、3000-4000 mg COD除去/mg MLSS/d<sup>1)</sup>とほぼ同等かやや大きい除去速度であった.

リン酸イオンについては比較すべきデータがないが、20-40 mg/lのリン酸イオンが安定して2-3 mg/lまで、約98%以上除去しうことは有用である.

硝酸については、活性汚泥法の好気-嫌気処理において都市下水で48 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/mg MLSS/d<sup>2)</sup>が報告されているが、これの約1/10の処理速度であった. しかし、本処理システムは、単一槽による好気処理であり、メタノールなどの炭素源の添加もなく、COD, リン酸イオンと同時に除去できることは有用である. 加えて脱臭も可能なことから、意義深いと思われる. なお、アンモニアの除去については、光合成細菌の炭素源消費に対する

比はC/N=10:1(約)であるので、COD除去速度が決まればおのずとアンモニア除去速度も決まってくる.

以上、3種類の光合成細菌をセラミックブロックに固定化することで、COD, 硝酸, リン酸イオンおよび硫化水素の同時除去を、単一の好気処理槽で達成可能となった. 約1か月使用した固定化セラミックブロックは、超音波洗浄などで菌体を剥離させ、再利用も可能と思われる. また、菌体は高濃度の状態で得られるので、そのまま飼料(養魚)や農業肥料に利用できる. いわゆる「ゼロエミッション技術」の一環ととらえることができる.

### 技術士の立場から

本研究は、光合成細菌の特性と種々の固定化技術を組み合わせて、新たな排水処理の機能開発を行ったもので、実用的技術開発に属するが、光合成細菌の長い研究歴と取り扱いなどに熟知していることが、この研究を可能にした. 個々の技術自体に新規性はないが、寄せ集めに独創性はあるかもしれない. 本技術は、すでに考察したように、通常の活性汚泥法よりはるかに利点が多い新規の技術である. ただ、固定化菌の耐久性やコストの問題は、まだ検討の必要があり、現在、排水処理現場での実証試験を行いつつある.

技術士の業務は「科学技術に関する高等の専門的応用能力を必要とする」とある(改正技術士法第2条). 光合成細菌による排水処理は実用化されてすでに約30年近く経過しているが、コストおよびメンテナンスなどの問題点があり、広く実用化されるにはいたっていない. 応用の研究が少ないのが理由の一つである. それら問題点を特定し、対策にアイデアを駆使し、本研究のように、種々の技術の組み合わせ実験を行った. そして、問題点を解消しつつ、好気処理でのCOD, リン酸イオン, 硝酸, 悪臭の同時除去を低コストで行いうる可能を見いだしたことが、技術士としての重要な業務の一つであろう. 基礎研究だけでは実用へは不十分であるからである. この研究により新規のバイオリクター設計のめどがついたことは、特に中小企業を対象にした環境問題対策や、地域での小型合併浄化槽普及への重要な知見となると思われる.

今後、実際の現場でのベンチスケール実験を行い、処理コストおよびメンテナンスなどの問題点について検討してゆく所存である.

### 文 献

- 1) 中塩真喜夫: 廃水の活性汚泥処理(改訂新版), p.

- 188, 恒星社厚生閣 (1972).
- 2) 村田恒雄: 下水の高度処理技術, p. 107, 理工図書 (1992).
  - 3) Kobayashi, M. and Kurata, S.: *Process Biochemistry*, **13**, 27 (1978).
  - 4) 北村 博ら: 光合成細菌, p. 112, 学会出版センター (1984).
  - 5) Sasaki, K. et al.: *Bioconversion of Waste Materials to Industrial Products*, p. 223, Elsevier Science Publishers (1991).
  - 6) 矢田美恵子ら: 廃棄物のバイオコンバージョン, p. 147, 地人書館 (1996).
  - 7) Nagadomi, H. et al.: *J. Biosci. Bioeng.*, **87**, 189 (1999).
  - 8) 永富 寿ら: 水処理技術, **41**, 411 (2000).
  - 9) Nagadomi, H. et al.: *World J. Microb. Biotechnol.*, **16**, 57 (2000).

## 遺伝子組換え作物の開発の現状

田中 宥司\*・坂井 美穂・萱野 暁明・古賀(番)保徳

植物バイオテクノロジーは、遺伝子操作技術の進展にあいまって、有用遺伝子の導入による新たな形質を持った植物の育成を可能にした。国内においても、これまでにダイズ、ナタネなどの作物29品目が遺伝子組換え食品として(厚生労働省により)認可されている(表1)。これらの遺伝子組換え食品は主に、除草剤抵抗性作物と昆虫抵抗性作物で、生産者に大きなメリットを与えるものである。また、花粉が形成される時期に葯内の花粉形成組織で外来のRNA分解酵素遺伝子を発現させて作られた雄性不稔作物も育成されている。これは別の親と掛け合わせて雑種種子を採るときに、除雄作業の必要がなく、手間が省けて便利なわけである。今後もこのような生産性能の向上や減農薬に関連する遺伝子組換え研究は続けられると考えられる。一方、近年消費者にメリットがはっきりわかるような遺伝子組換え作物の研究が行われている。すでに実用化されている遺伝子組換え作物および現在実用化に向かって開発研究が進められている遺伝子組換え作物のいくつかの例を紹介する。

### 実用化されている遺伝子組換え作物

**害虫抵抗性作物<sup>1)</sup>** 導入された昆虫抵抗性遺伝子は土壌細菌であるバチルス・チュウリングゲンシス(*Bacillus thuringiensis*)のbt遺伝子<sup>2)</sup>である。このbt遺伝子の産物は、 $\delta$ (デルタ)-エンドトキシン(Btタンパク質)と言われ、特定の蛾や甲虫類の幼虫などに対して、殺虫作用がある。 $\delta$ -エンドトキシンは、高い特異性を持っており、脊椎動物には毒性がない。bt遺伝子の殺虫性を発揮する領域を植物に導入することで、遺伝子組換え植物は害虫によるダメージが軽減されるわけである。アメリカでは、ヨーロッパアワノメイガという害虫により、トウモロコシの被害は甚大である。bt遺伝子を組み込んだトウモロコシは殺虫剤に頼らず、しかも薬剤の使用も大幅に軽減され、農家にとって作業、コストの軽減化が可能

となるし、環境保全にも役立つということになる(図1)。このようにして作り出された作物は、トウモロコシの他にワタ、ジャガイモがあり、アメリカ、カナダで実用化されているし、これらのうち、いくつかについては国内において、食品として厚生労働省から認可されている(表1参照)。

**ウイルス抵抗性作物** 植物があるウイルスに感染すると、そのウイルスに近縁のウイルスによる二重感染から保護される現象(干渉作用)が知られている。Powell-Abelらのグループ(Powell-Abel et al., *Science*, **232**, 738, 1986)は、タバコモザイクウイルス(TMV)のコートタンパク質遺伝子を植物体内で発現させることで、こ

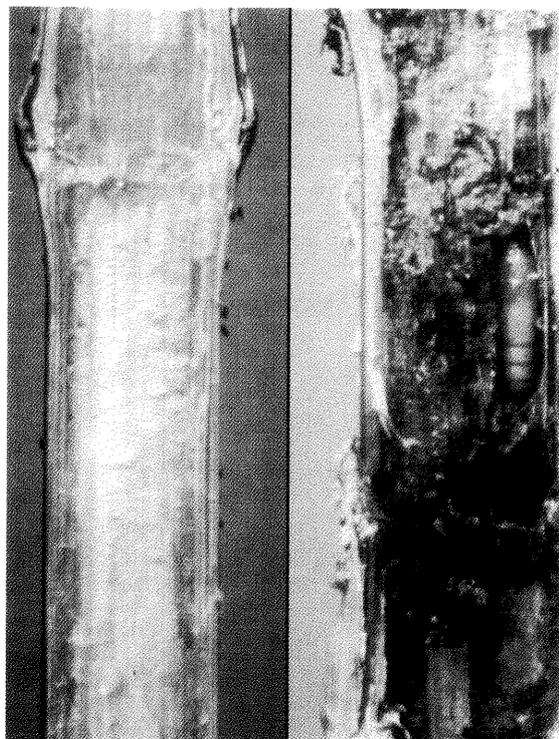


図1. Bt 遺伝子を導入した組換えトウモロコシ(左)と、ヨーロッパアワノメイガの被害を受けたトウモロコシ(右)。(農水省資料より)

\*著者紹介 (代表) 独立行政法人農業生物資源研究所植物生命科学研究所 新生物資源創出研究グループ・新作物素材開発研究チーム(チーム長)  
〒305-8602 茨城県つくば市観音台2-1-2 TEL. 0298-38-8371 FAX. 0298-38-8397 E-mail: tanchan@abr.affrc.go.jp