

微生物機能を利用した環境浄化技術

Clarification of Environment with Microbial Function

技術本部 菅田 清^{*1} 藤岡 祐一^{*2}
中村 宏^{*3} 保田 雄二^{*4}
竹内 直和^{*5}

アンモニアを分解する硝化細菌を、新たに土壌から単離し、この能力を調べた結果、15℃、海水条件下で0.3 kg-N/[m³(リアクタ)・d]以上の高いアンモニア処理性能を示した。また、油分解菌を活性汚泥等から単離し、これを利用して、船舶機関室ビルジに含まれる油分解処理を行った結果、排出油の規制予想値15 ppm以下を十分満足する結果を得た。臭気成分のKey物質である硫化メチルを分解する微生物を単離し、活性汚泥に本菌を添加した結果、無添加の場合に比較し約2倍の分解性能向上を確認した。また、地熱発電所から発生する古細菌を利用してH₂Sを分解した結果、硫化水素負荷0.67 kg-S/(m²・h)の条件下で90%以上の高い脱硫率を得た。

Nitrifying bacteria which decompose ammonia have been newly isolated from soil. A bioreactor with the new bacteria for seawater treatment at the low temperature of 15℃ showed an excellent ability of nitrification of more than 0.3 kg-N/[m³(reactor)・d]. A bioreactor with a newly isolated oil decomposing bacterium was developed. The reactor was used for waste water treatment of a ship's engine room, and cleared the regulation oil concentration value of 15 ppm. A microbe decomposing methyl sulfide, a typical component of bad odors, was newly isolated. The deodorizing system with the new microbe added to activated sludge showed twice as high an ability as a system without the addition of the microbe. H₂S in the exhaust gas of a geothermal power plant was decomposed using our archaeobacteria system. An H₂S removal rate of more than 90% has been obtained by the system.

1. ま え が き

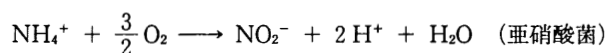
当社では地球環境対策として、酸性雨やオゾン層の破壊など問題視されている硫酸化合物やフロン、また地球温暖化の原因と言われるCO₂や種々の廃棄物の処理など、特徴ある独自技術の開発を行っている。この一つに、微生物機能を利用した環境浄化技術がある。微生物機能を利用した当社製品には、し尿処理プラントや各種排水処理プラントなどがあり、これまで多くの納入実績を持つとともに豊富な技術経験を有している。さらには近年、排水や排ガスの多様化に伴って排出される有害成分や難分解性物質を、特定の微生物を利用し効率よく浄化する新たな技術開発にも積極的に取り組んでいる。

この技術開発の課題の一つは、目的とする微生物の獲得であり、また獲得した微生物の機能をより効果的に引出すための培養技術やバイオリアクタ化技術である。そこで、微生物の探索や培養など基礎的な技術分野を担当する基盤技術研究所と実用化推進を担当する五つの研究所が連携協力し、これらの技術開発を行っている。これら、微生物機能を利用した環境浄化技術への取り組みと実用化展開を中心に紹介する。

2. 微生物機能を利用した環境浄化

2.1 硝化細菌の利用

硝化細菌は、アンモニアイオンを硝酸イオンに変換する微生物で、亜硝酸菌と硝酸菌の総称であり、地球上の窒素循環に大きな役割を担っていることで知られる。



この硝化細菌の機能を利用した当社製品として、アンモニア含有排水の代表格であるし尿処理プラントや埋立てごみ廃水処理プラントなどがある。さらには、活魚(いけうお)畜養・輸送設備があるが、これは魚にとって有害なアンモニアを無害な硝酸イオンに変換することにより、魚を大量に蓄えたり、長距離の輸送を可能にしようとするものである。

2.1.1 硝化細菌の探索

まず、活魚畜養・輸送設備の高性能化を狙いに硝化細菌の探索を試みた。活魚は12~15℃という比較的低い水温で蓄えたり輸送したりするため、このような低温下でもアンモニア分解活性が高く、かつ海水でも育成できるような硝化細菌が必要である。そこで、ゲランガムという特殊な高分子多糖を用いた平板培養法により畑土壌から、亜硝酸菌及び硝酸菌を新たに単離した。

単離した硝化菌を図1に、また分類学的性質を表1に示すがこれより亜硝酸菌については*Nitrosomonas* sp, 硝酸菌は*Nitrobacter* spと同定し、工業技術院に寄託・登録を行っている。本菌は海水でも十分に育成でき、15℃の水温下では既知登録株(ATCC 25978)に比較し、約2倍のアンモニア分解活性を持つことが分かった。

2.1.2 実用化展開

単離した硝化細菌をφ5 mmのセラミックビーズに付着・固定化してバイオリアクタを作製し、アンモニア分解能力を調べた。この結果、15℃の低水温(海水条件)でも、0.3 kg-N/[m³(リアクタ)・d]以上という高い処理能力を示すことが分かり、現在、当社製品である活魚畜養設備などの高性能化に役立っている。この概略プロセスを図2に示す。

さらには、水族館の水浄化やアンモニア含有排水の処理、生ごみ等から発生するアンモニア臭気の分解にこれら硝化細菌の利用展開を行っている。

*1 基盤技術研究所バイオテクノロジー研究室長

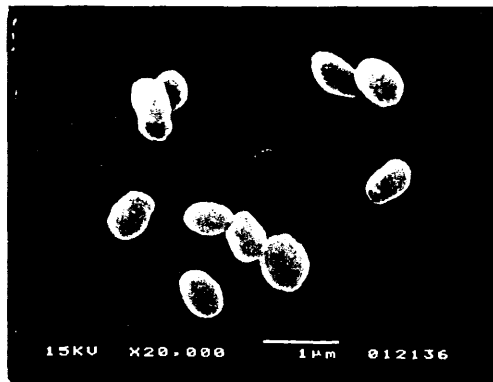
*4 横浜研究所環境装置研究推進室主務 工博

三菱重工技報 Vol. 32 No. 2 (1995-3)

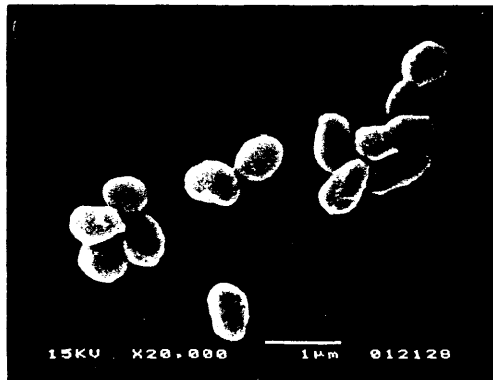
*2 長崎研究所化学研究室主務

*5 名古屋研究所高分子・化学研究室主務

*3 高砂研究所化学研究室 理博



(a) 亜硝酸菌



(b) 硝酸菌

図1 単離した硝化細菌 土壌から分離したもので、亜硝酸菌・硝酸菌共に大きさは約1 μmの短桿(かん)状。
Electron micrograph of isolated nitrifying bacteria

表1 硝化細菌の分類学的性質

Taxonomical characteristics of nitrifying bacteria

分類学的性質	亜硝酸菌	硝酸菌
Cell morphology	Rod	Rod
Cell size	0.4~0.5×0.6~0.7 μm	0.5×0.6~0.8 μm
Gram stain	Negative	Negative
Size of colonies	2.0 mm	1.7 mm
Color of colonies	Reddish cream	White
Motility	Positive	Positive
Growth in air	Obligate aerobes	Obligate aerobes
Oxidation of NH ₃ →NO ₂ ⁻ NO ₂ ⁻ →NO ₃ ⁻	+ - -	- + +
Growth on Nutrient broth	-	-
Mo 1% G+C of DNA	49.0	62.6
Fatty acid	16:1	18:1
Optimum temperature	23~30 °C	22~30 °C
Optimum pH	7.4~8.5	8.5~9.6
Optimum concentration Ammonium sulfate	30~50 mM	20~40 mM
Cytochrome	Mainly c-552	Mainly c-550
Habitat	Activated sludge	Soil

2.2 油分解菌の利用

アラスカ沖でのタンカー重油流出事故のこともあり、油を分解する微生物が脚光を浴びているが、当社では早くからこの油分解菌に着目し、これの探索と利用に取り組んでいる。

2.2.1 油分解菌の探索

A 重油を単一基質源とし、活性汚泥で集積培養を繰返し行った後、平板培養法を用いて純粋単離を行った。単離した微生物が油滴の周りに選択的に集まり、重油を分解している状況を図3(a)に示す。この微生物の形態的特徴及び生理学的諸性状から、酵母

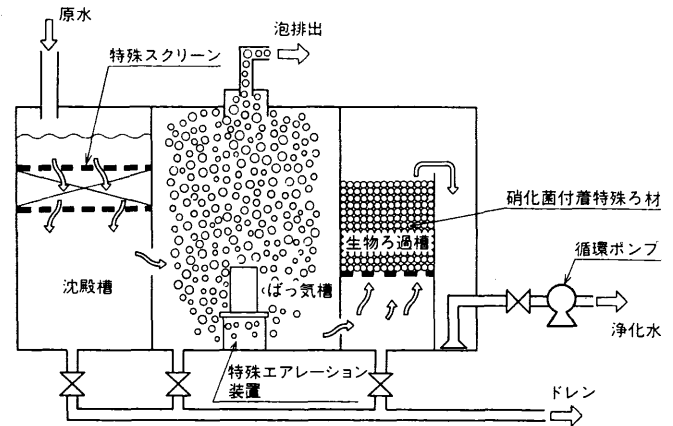
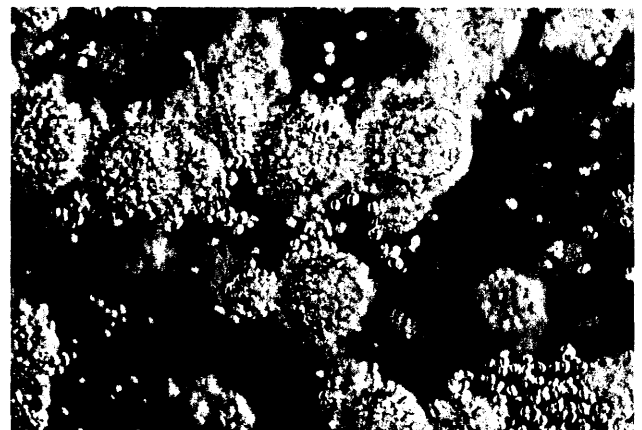
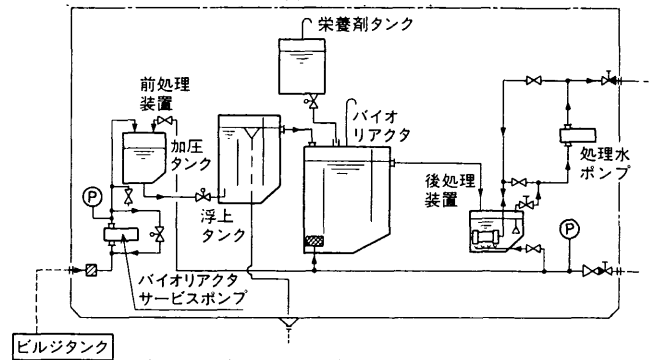


図2 活魚畜養設備の水浄化プロセス 硝化細菌を付着させた特殊多孔質セラミックろ材により有害なアンモニアを分解・無害化。
Purifying process of live fish tank



(a) 油分解菌



(b) 機関室ビルジのバイオ処理システム

図3 油分解菌及び機関室ビルジのバイオ処理システム

(a) 油滴の周りに微生物が選択的に集まり油を分解している。

(b) バイオリアクタに油分解菌が入っており、0.5 m³の容積で1日に2 m³のビルジ廃水を処理。

Micrograph of oil decomposing microorganism and waste water treatment system of ship engine room

の一種である *Saccharomycetales* (コウボキン目) *Debaryomyces* 属と同定し、工業技術院に寄託・登録を行っている。

2.2.2 実用化展開

排水に含まれる乳化油(エマルジョンオイル)は、浮上分離法やオイルセパレータ等での除去が難しく、その対策が求められているが、この一つに船舶の機関室ビルジがある。

船舶の機関室から出る排水には、エンジンオイルなどが含まれているが、マーポロ条約の発効により、排出油の規制が15 ppm以下に規制される動きにある。そこで、この油分解微生物を利用したビルジ処理装置の開発を推進してきた結果、従来のビルジセパレータでは処理が困難であった乳化油を、比較的容易に除去す

るとともに、メンテナンスの手間もほとんど必要としない技術の開発に成功した。この機関室ビルジバイオ処理システムを図3(b)に示す。

現在、ビルジ処理のほかにも、機械切削排水、機械洗浄排水などの油含有水処理への適用を図るとともに、さらに油分解能力の高い微生物の探索や分解機能をより向上させるための技術開発にも引き続き取り組んでいる。

2.3 硫黄化合物分解菌の利用

SO_4^{2-} や S^{2-} などの硫黄化合物が自然界に広く存在していることから推測されるように自然界の硫黄の循環にあずかる微生物は多く存在する。このような微生物を利用し、これまでコークス炉廃安水に含まれる硫黄化合物であるロゲン (SCN^-) やボイラ排ガスの湿式排煙脱硫処理の排水に含まれるジチオン酸 ($\text{S}_2\text{O}_6^{2-}$) の分解処理技術を開発している。さらに、し尿処理施設や下水処理場から発生する硫化メチルや二硫化メチルなどの硫黄化合物系臭気や H_2S を分解する微生物の研究にも取り組んでいる。

2.3.1 硫黄化合物分解菌の探索

し尿処理施設などから発生する臭気物質の7~8割は、硫黄化合物系で占めると言われ、中でも硫化メチルのしきい値はppbレベルと低く、臭気を大きく支配している。そこで、まず微生物脱臭装置の開発を狙いに、し尿処理活性汚泥から硫化メチル分解菌の単離を行った。単離した微生物は、硫黄細菌の一種である *Thiobacillus. sp* と同定し、工業技術院に寄託・登録を行っている。本菌は、硫化メチルのほかにも二硫化メチルなどの硫黄化合物系臭気物質を分解・無臭化し、硫酸イオンにまで酸化する能力を持っている。

2.3.2 実用化展開

従来の微生物脱臭装置には、主に活性汚泥が用いられているが、今回、分離した硫黄細菌を活性汚泥に添加したものをセラミックビーズ (ϕ 約5mm) に附着させてバイオリアクタを作製し、この効果を調べた。図4に示すように、活性汚泥単独の場合に比較し、活性汚泥に硫黄細菌を添加したものの方が約2倍の硫化メチル除去速度を有することが分かる。

現在、さらにバイオリアクタ化方法に検討を加えるなどし、実用化を推進するとともに、生ごみから発生する臭気分解にも適用を検討中である。

また硫黄細菌の新たな利用法として、腐食性ガスである H_2S の酸化にも取り組んでいる。これは、高温・好酸性の条件(温度: 70~80℃, pH: 2~3)での育成を好む古細菌という特殊な微生物を利用し、地熱発電所から発生する H_2S ガスを酸化し、硫酸に変えるものである。また、生成した硫酸は熱水井戸のスケール付着防止のために再利用することが特徴である。

このラボ試験装置フローを図5に示すが、硫化水素負荷0.67 kg-S/(m³・h)という高い負荷でも90%以上の脱硫率を得ている。現在、実用化に向けベンチスケールテストによる連続安定処理実験に九州電力(株)と共同で取り組んでいる。

これまで紹介した硝化細菌、油分解菌、硫黄細菌以外にも、汚染した湖や沼、河川の浄化を狙いに、特殊な藻類を利用したN(窒素)、P(リン)の除去やアオコを捕食するワムシや水生ミミズを利用した特徴ある環境浄化技術の開発も進めている。

3. あとがき

微生物機能を利用した環境浄化技術開発について、探索・培養の基礎技術から実用化展開に至る取り組みを中心に述べた。

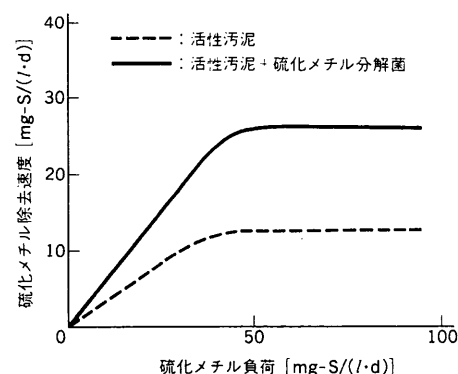


図4 硫化メチルの分解性能 活性汚泥に分離した硫化メチル分解菌を添加することにより、性能は約2倍に向上。
Activity of $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ decomposing micro-organism

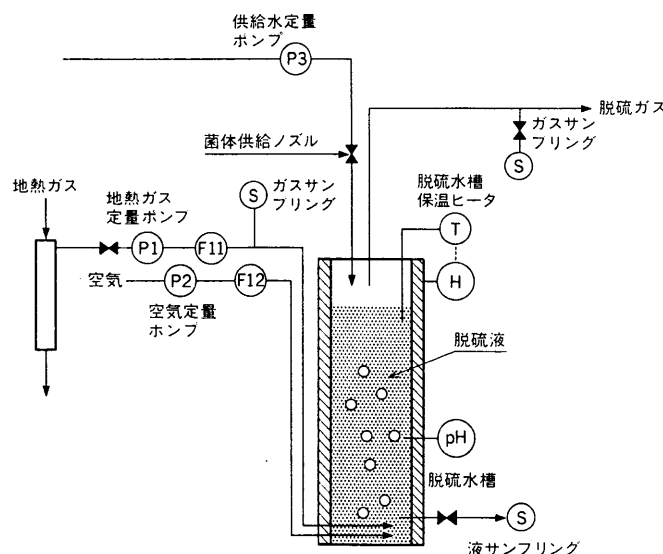


図5 H_2S の微生物分解試験装置フロー 1.2~1.3% H_2S ガスを水温70℃, pH 2~3の条件で分解、液量は約4.5 l。
Experimental apparatus using H_2S decomposing bacteria

ここに記載したように、廃水や空気中の成分が特定できる場合、これを効率よく分解又は無害化する微生物の機能をうまく活用することにより、従来の活性汚泥法の一步先を越えた新しい技術が生まれる可能性も少なくないと思われる。

省エネ・省資源化の時代において、常温・常圧を基本とする微生物反応の長所を生かし、微生物の機能をより効果的に引き出すための特徴ある技術開発をこれからも推進し、住みよい地球環境の実現に貢献していきたいと考えている。

参考文献

- (1) 中村 剛ほか、硝化菌の増殖と低温活性に関する研究、三菱重工技報 Vol.28, No.6 (1991) p.569
- (2) 田端雅之ほか、新たに分離した亜硝酸菌の性質、平成4年度日本生物工学会講演論文集 (1992) p.204
- (3) 田端雅之ほか、新たに分離した亜硝酸菌の性質、平成4年度日本生物工学会講演要旨集 (1992) p.205
- (4) 山内 徹ほか、硫黄細菌を用いた水処理技術、三菱重工技報 Vol.17 No.4 (1980) p.34
- (5) 山里一英ほか、微生物の分離法、R&Dプランニング (1986) p.6