

特集

廃棄物のリサイクル

有機物の処理と資源化

Disposal of Organic Substances and the Recovery as Resources

小林 達治*

Michiharu Kobayashi

我々は資源の効率的利用法の開発に目を向けて“有機物の処理”技術を開発し、すでに数種の技術は実用化されているので、それらの点について若干論説してみたい。これまで工業的立場の人達は都市や工場などから排出される有機物は、安易に、田畑へリサイクルすればよいと言及してこられた論文が多数みられた。しかし農学の立場からすれば大変、迷惑な話なのであった。植物の根が健全に生長できるような形にしなければ、田畑へ還元できないのである。

この学会で、今回、工学と農学との複合領域の立場で有機物の処理・エネルギーについての特集を企画されたことは大変有意義であると考えています。

最初に、有機物を含む溶液と固形物にわけ、それぞれの特徴を生かしながらの資源化処理について、概説する。

濃厚有機廃水の浄化処理とその資源化¹⁾

これまで、欧米では、廃水は稀釈し、BOD値約300 ppm以下にしてから、活性汚泥法を用いて、浄化処理するというのが、一般的方法であった。また、濃厚なものについては高価な添加物を加え、化学処理するという方法がとられてきたが、これは再資源化が非常にむつかしくなり、行き詰ってしまう所が各所に見られた。一方、我々、土壌微生物の研究を進め、自然の浄化の理倫を解明している中に、有機物を高濃度に含有する廃水を稀釈してから水処理するという技術は余りにも非効率であることに気がつき、光合成細菌を利用する技術を開発したのである。

廃水といっても、我々の口に入る食糧生産工場と畜舎等から排出されるものでは、おのずと再資源化する場合、用途が異なるのは当然といえよう。したがって清潔な廃水処理と、不潔な廃水処理とにわけて述べる事にする。

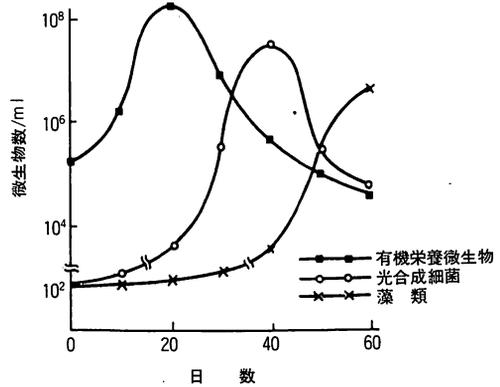


図-1 自然界における高濃度有機廃水の浄化過程における微生物群の変動

高濃度に有機物を含有する廃水に、自然界の水田土壌などを放り込み、分解浄化させると図-1に示すような微生物の生態的変動により、浄化が進行することが認められた。(表1、表2、参照)

光合成細菌は図-1に示すように、BOD値、数1000 ppm以上の濃厚な有機廃水が自然に分解浄化されてゆく過程において、有機栄養微生物の増殖後に、よく増殖してくる。そして光合成細菌増殖後、最後の段階になって藻類が増殖し、浄化は完了する。この自然の

表1 稲わら、羊毛洗浄廃液、生し尿分解時におけるBOD値、ならびにアンモニア量の経時的変動 (単位ppm)

	有機栄養微生物生育時	光合成細菌生育後の上液部	クロレラ生育後の上液部
稲わら BOD	10,000以上	200~500	10~50
稲わら アンモニア	800	100~300	2~7
羊毛廃液 BOD	20,000以上	500~800	10~60
羊毛廃液 アンモニア	6,000	200~400	10~50
生し尿 BOD	20,000以上	200~500	10~50
生し尿 アンモニア	10,000以上	100~500	10~50

* 京都大学農学部農芸化学教室助教授
〒606 京都市左京区北白川追分町

表2 有機廃水の処理（浄化の異なる段階でのBOD値と微生物菌体収量）

有機廃水の種類	原廃水	BOD (ppm)		光合成細菌菌体収量 (g/l)	藻体収量 (g/l)
		第2槽処理後	第3槽処理後		
でん粉製造	>10,000	600~1,000	50~100	1.0~5.0	0.2~1.0
羊毛洗浄工場	5,000~10,000	200~500	50~100	1.0~3.0	0.2~1.0
缶詰食品工場（魚肉）	2,000~5,000	100~400	20~50	0.5~1.0	0.1~0.5
製薬発酵工場（ペニシリン、エリスロマイシン）	2,000~5,000	500~800	20~80	0.8~3.0	0.3~1.0

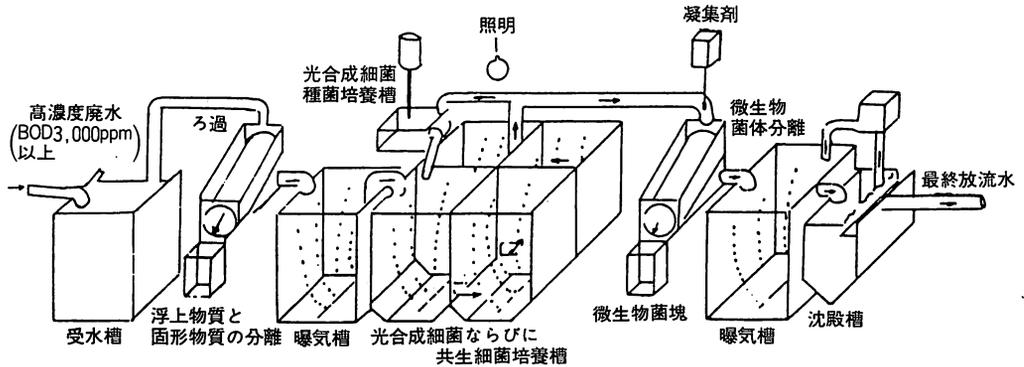


図-2 光合成細菌処理による有機廃水浄化のフローシート

浄化機構を利用した設備は、それまでの欧米式のものに比べて、その浄化効率は極めて高いものとなった。すなわち、原液のBOD値が数10,000ppm以上のものによっては、10倍以上浄化効率は上昇するのである。したがって、現在、各種工場で稼動している浄化処理装置は改修時期に差しかかった時点で、ほとんどの工場で、この方式に変更しているといってもよい。そのフローシート並びに浄化例を参考までに図-2、表3に示しておく。

次にその特徴を概述すると①処理施設が小さくてすむ。②処理に困る汚泥ではなく、有効な光合成細菌体等が資源として回収できる。④処理施設が小さくてすむので、稼働費、その他すべての経費が安い。それ故、省エネルギー省資源の立場から長所が非常に多い。特に濃厚な有機物の微生物分解の際発生する発酵熱により水温が上昇するので、寒冷地帯での浄化処理には最高の処理法となっている。

この方式で処理できる廃水の種類は表4に示すように、かなり広範囲にわたることが確かめられており、この浄化プラントの設置は新設だけではなく、これまでの設備の改修技術としても、急速に伸びている。

光合成細菌体の利用

副産物として生産された光合成細菌体が、どのよう

表3 豆腐工場廃水の浄化例

	原水	光合成細菌処理後の上液	放流水
BOD (ppm)	11,600	340	15
COD (ppm)	9,800	270	17
S S (ppm)	3,900	23	5
ケルダール-N (ppm)	3,800	280	11
pH	6.4	7.8	7.2

表4 光合成細菌利用により、処理ならびに資源化できる廃液の種類

各種微生物工業廃液	(ビール、酒、抗生物質、アミノ酸、核酸、しょうゆ、その他発酵製品)
各種化学合成工業廃液	(合成繊維、合成樹脂、化学肥料、その他)
各種食料品工業廃液	(缶詰、瓶詰、菓子、みそ、豆腐、でん粉製造、その他)
製紙、パルプ廃液、石油精製廃液、羊毛洗浄廃液、その他	(活性汚泥、し尿、畜舎汚水等の有機物含有汚水)

な成分を含み、どのような利用面があるかについて、概略説明する。

表5 光合成細菌体(*R.capsulata*)の一般成分組成(%)

試料	粗蛋白質	粗脂肪	可溶性糖類	粗繊維	灰分
光合成細菌	60.95	9.91	20.83	2.92	4.40
クロレラ	53.76	6.31	19.28	10.33	1.52
米	7.48	0.94	90.60	0.35	0.72
大豆	38.99	19.33	30.93	5.11	5.68

参考のためにクロレラ, 米, 大豆の分析値も表示した

菌体成分

表5に示すようにタン白質含量が高く, 各種アミノ酸のバランスもよく, 消化率もカゼインなみという質のよさが認められ²⁾, 水産餌料, 畜産餌料源として有望視されている. 特に日本は人間の食糧自給率が30数%で70%近くを海外に求めている. 餌飼料源としての自給率は数%にみえない. それ故, どうしてもそれらをリサイクルする事により捻出しなければ国家存亡の危機に至るであろうといっても過言ではない. 現時点において, すでに光合成細菌体の餌飼料としての利用は伸びてきており, 参考までに, それらの基礎実験結果の例を表6, 表7に示しておこう. 特に面白い効果として, 産卵鶏の市販の飼料に, わずか1万分の1添加するだけで産卵率が10数%~25%(季節により変動する)程, 上昇し, また卵黄中のカロチン, ビタミンA含有量も増加するという成果がでて以来, 急速に, その方面への利用は拡大しつつある.

水産界では乱獲時代は終り, 養殖産業へと切り変わりつつあるが, その餌料源の確保がやはり問題になっている. また, 受精卵から孵化直後の仔魚(人間の離乳期に当る)の育成が問題になっているが, 光合成細菌

表6 魚類(鮒の仔魚)の生存率に与える光合成細菌添加の効果*

	1カ月後の生存数	生存率
対照(配合餌料)	2,772	69.3
光合成細菌添加**	3,800	96.5

* 実験は2t水槽に4,000匹を入れて行なった

** 配合餌料に光合成細菌の生菌体0.1%添加

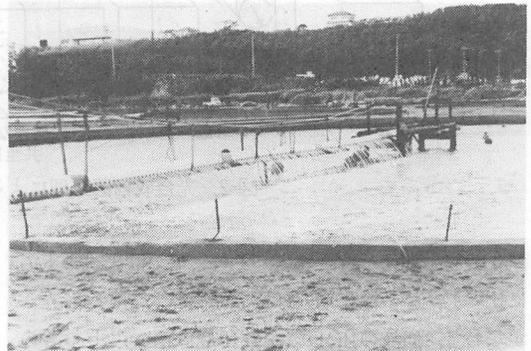
表7 産卵鶏に与える光合成細菌添加の効果*

	総産卵数	総卵重	平均産卵数	平均卵重
	6カ月	6カ月(kg)	1羽	1卵(g)
対照(配合飼料)	24,408	1,486.5	136±15	60.9±1.5
光合成細菌添加**	28,116	1,729.1	156±7	61.5±0.3

* 産卵開始後6カ月の産卵鶏200羽で6カ月間実験を行なった

** 配合飼料に光合成細菌の生菌体0.01%添加

体を添加すると, ほとんど死亡しなくなり, 順調に成育し, その上, 活魚として, すばらしい, 活力のある成体をうる事が明らかとなるに及んで養殖産業界への利用は目覚ましい発展をしている. 一方, 養殖産業にはつきものの病気発生も, また深刻になってきた. しかし光合成細菌の生理作用として底土層の環境悪化を浄化する作用の強い性質を持っている事. それに, 菌体中には抗ウイルス性物質を保持するなど³⁾, 抗病的因子などにより, 養殖槽に光合成細菌体を添加すると, その槽では発病が全く認められなくなり, また, 成長が速いことが確かめられたので, 経済的効果が大きいなど, すばらしい成果がえられ益々, その利用は拡大しつつある.



写1 くるまえびの養殖槽

写1は“くるまえび”の養殖槽の1例を示すものである. この1槽で1年間に1億円以上の生産をしていたが, 養殖開始後5~6年間経過してから厳しい“えらくされ病”が発生し, 全滅する槽が多数みられた. 魚病薬, 医薬等々, また, その養殖槽の底砂を全面的に取替え, 完全滅菌に近い状態まで病原性菌の撲滅をはかったが, その病気を完全に抑圧できなかった. 日本以外の国々では致し方なく, 全く新しい場所に養殖槽を求めて転地が続いている. ところが我々は光合成細菌と人畜無害の拮抗菌を利用することにより完全に, その“えらくされ病”を抑圧できる技術の開発に成功したのであった.

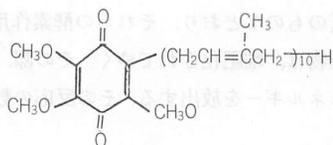


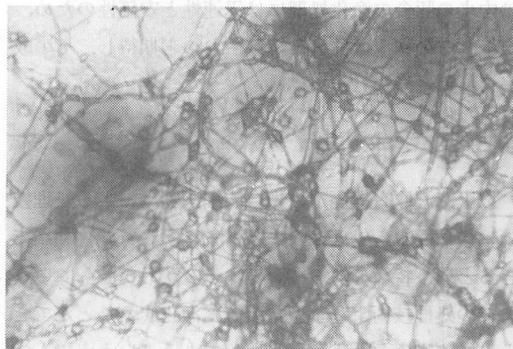
図-3 Ubidecarenone (ユビキノンQ₁₀)

その他、光合成細菌体にはいろいろな生理活性物質を含んでおり、その方面の研究を推進中であるが、すでに心筋梗塞の医薬(図-3参照)として実用化に成功しているの、参考までに紹介しておこう。

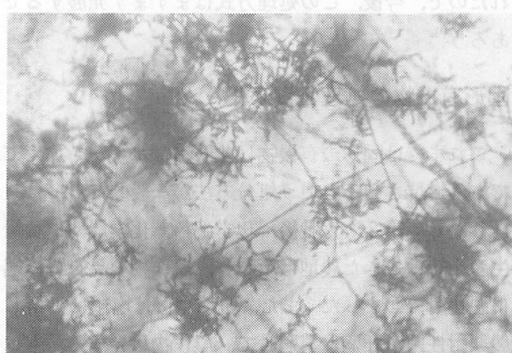
有機肥料としての利用

光合成細菌利用による污水处理とその資源化に適用できる廃水の種類は表4に示すとおり、かなり広い範囲にわたるものである。しかし廃水の汚染が著しいものは処理した後の副産物を飼料にするよりは農耕地へ還元して有機肥料として活用する方が自然の物質循環にかなうものと考えている。農耕地の土層を通る間に光合成細菌体化した有機物は高等植物の根の栄養源として非常によい物質となっており、直接・間接的にその生長に利用されたり、さらに、他の土壌微生物によって分解浄化され、地下水を通過した後、河川、湖や海へ再流入する。このような污水处理技術が最も理想的な省資源、省エネルギーの方法といえよう。図-2にフローシートを示すような第1曝気槽による畜舎汚水を分解せしめた後、第2槽で光合成細菌等を生育させ、その細菌体懸濁液を農耕地へ還元すると効率よく汚水を処理できる。特に興味あることは、トマト、キュウリ、ナスなど連作障害を引き起こす土壌に灌水すると、連作障害を防ぐことができるのである。これは病原性糸状菌を抑圧する拮抗菌である放線菌等が自然に増殖してくるからにはほかならない(写2参照)

その他、表8に示すように光合成細菌体懸濁液をミカンの有機肥料として施用した場合、収量増加のみならず糖度上昇、味、色つやの向上など品質が著しくよくなる成果がでている。現在、沖縄で畜舎汚水からメタンを発生し、そのエネルギーで発電し、また、その後の廃水を光合成細菌利用の浄化法で処理し、そのまま農耕地へ還元して農作物の生産性を向上しているブ



a) 植物病原性糸状菌フザリウムオキシスポラムの菌糸と厚膜胞子が認められる ×600



b) フザリウムオキシスポラムの菌糸にむらがる放線菌等がみられる。フザリウムは発酵過程中にそれら拮抗菌により死滅させられてゆく。 ×600

写2 植物病原性菌フザリウムとその拮抗菌の光学顕微鏡写真

ラントが順調に稼動している。

後述するように畜糞などの固形物は発酵させて堆肥化する方法がとられてきた。しかし、豚舎では糞と尿すなわち、液体と固体を分離する操作に手間どり、その設備費も、かなり高つく。最近、糞と尿を分離せず、流水と一緒に、特別の曝気槽へ投入し、過曝気状態を作り上げ、発泡させ、そこへ活性の高い光合成細菌を投入し、脱臭を行うと同時に泡に吸着させながら、除去できる難分解性の物質(脱毛や分解しえない土砂、その他)を分別すると同時に、ほぼ完全に近い状態まで脱窒、脱炭酸させる技術の目処がついた。この技術

表8 ミカン生産に与える光合成細菌の肥料効果

	平 均 果実数/本	平 均 果実重(g)	果 実 総重量(g)	平 均 糖 量(%)	果皮中の平均カロチン系色素量(mg/100g新鮮重)
対 照 区(無機肥料)	44	96	4,224	8.38	1.91
光合成細菌体処理区	48	112	5,376	8.87	2.02

は中小の豚舎の浄化処理には迅速性と安価性のため、今後、その利用は拡大し続けるものと期待し、その成果はいずれ発表したい。

まとめ

以上、濃厚有機廃水の光合成細菌利用による処理技術は単に廃水の処理のみにとどまらず、資源化利用できるという特徴をもっている。そのうえ、さらにいままでの処理技術より小型な装置で浄化することができるので、省資源・省エネルギーであるという点でも大きな意義がある。とくに水素とメタンの同時大量発生—副生菌体の直接有効利用—清水の排出技術が確立されたので、今後、この処理方式はますます発展するであろう。

固形有機物の処理と資源化

これまでは固形の有機物は化石エネルギーを加えてでも、燃焼させるという処分方法が一般的であった。

しかし、第2次大戦後、化学肥料、化学農薬で食糧生産を続けてきた農地は疲弊し、農作物の品質は極端に悪化してしまった。また、土壌中には塩類は集積し農業耐性菌が旺盛に繁殖して、農作物は発病し、もはや、これ以上、放置できない程、障害土壌は、拡大の一途を辿りつつあったのである。

我々は20数年前より有機物の効果について基礎研究を続け、有機物には無機肥料にない、すばらしい効果（花芽形成、着果・果実肥大、糖度や、味、色つや、香りなど品質向上、ビタミン含量の増大、また貯蔵期間の延長効果等々）を保有していること、また、土壌の物理性、化学性向上にも大きな役割を果していることを実証してきた⁴⁾。

その有機源として各都市や畜産団地から排出する廃棄有機物を資源化せねばならない。

その際、前述したように、田畑へ有機源として施用すれば、それで十分と考える技術系の人達の提唱により一部、実行した所もあったが、その結果は惨憺たるものであった。それは有機物の内容、土壌微生物の作用について知らずに施用した結果によるものである。それら排出有機物は、なぜ、堆肥化作用をうけさせねばならないのか、次に概説してみよう。

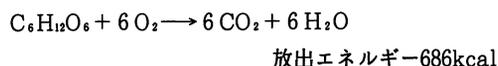
堆肥化の過程

微生物は炭水化物、タン白質、脂肪、繊維素、その他、各種の有機化合物を分解すると共に、自らの菌体を合成する。その中には好気性のもの、嫌気性のもの、

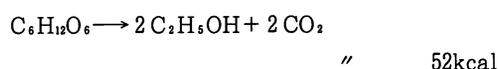
中間の性質のものなどおり、それらの酵素作用を通して有機廃棄物は、堆肥化されてゆく。その際、かなりの量の熱エネルギーを放出する。その反応の数例を下記に示す。

有機栄養細菌、イオウ酸化菌、脱窒菌、鉄酸化菌などによるエネルギーの放出

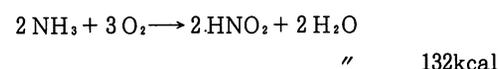
呼吸



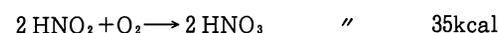
アルコール発酵酵母



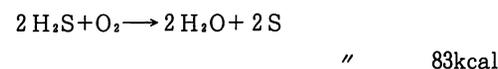
アンモニア酸化、ニトロソモナス



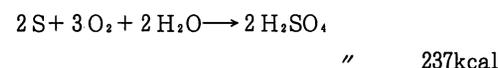
亜硝酸酸化、ニトロバクター



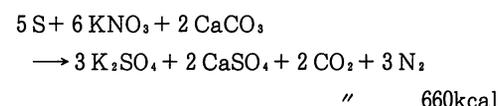
硫化物酸化、ベギアトア



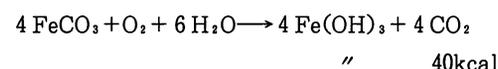
硫黄酸化、チオパチレス・チオパルス



脱窒とイオウ酸化、チオパチルス・デニトリフィカンス



鉄酸化、鉄バクテリア



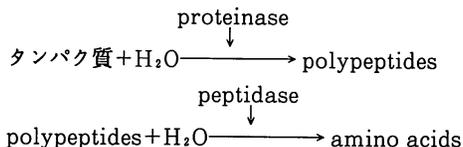
ここで特に注目してほしいのは有機物の微生物分解の際には、炭酸ガスと大量の水が発生することである。有機物の嵩の減少と水分を飛ばすことに懸命になってきたこれ迄の技術で、水が発生することを十分理解していない設備では大変な失敗が起っていた。（後述する）

微生物発酵に付随して生ずる悪臭問題

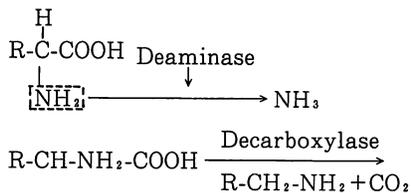
堆肥化に際して注意せねばならないことは悪臭の発生である。

微生物はタン白質分解酵素作用によりタン白質を分解するが、その時、アンモニアや炭酸ガスのほか、インドール (Indole: Benzopyrrole)、スカトール (Skatol: β -methyl indole)、硫化水素、揮発性ア

ミン,メルカプタン(Mercaptan : thioalcohol) 脂肪酸等を生ずる。これらが悪臭の根源となる。

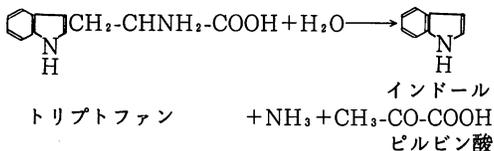


アミノ酸は,さらに次のように脱アミノ作用をうけ,アンモニアと脂肪酸を生じたり,また脱炭酸されて,そのアミノ酸に対応するアミン (R-CH₂-NH₂) とCO₂を生ずる。



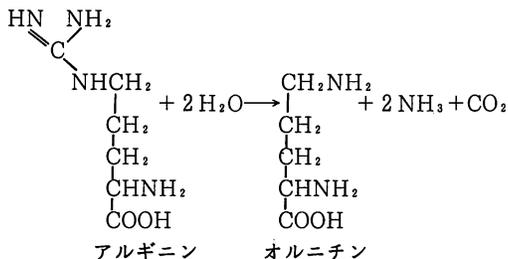
この種の反応では,しばしば猛毒のアミン(例えばカダベリン: Pentamethylene diamine)を生じ,特臭を発生する。

以上のような脱アミノ,脱炭酸反応によらない,次のようなアミノ酸の加水分解反応も認められる。



この反応はアンモニアを生ずる点では脱アミノ作用であるが,トリプトファンに対応するα-ケト酸や脂肪酸は産生されないから脱アミノではなく,またCO₂が産生されない点から脱炭酸反応ではない。すなわち加水分解である。

加水分解によるアミノ酸の分解のもう1つの例を示す。アルギニン理論的には脱炭酸によって,そのアミン,すなわちアグマチンとCO₂とを生じるが,実際には多くの場合,その終末産物中にはオルニチン,アンモニアおよびCO₂を同時に含んでいる。この反応はArginine dihydrolation と呼ばれる加水分解である。



以上,示したようにアミノ酸はいろいろの形式で分解されるが,脱アミノと脱炭酸が同時におこることはまれで,(みかけ上では加水分解の場合には,同時発生のようにみえる)培地のpHによって,いずれか一方の作用がよくみられる。すなわち培地がアルカリ性の場合にはアミノ酸の(-COOH)基がイオン化し,また菌からはdeaminaseが産生されて,イオン化していない(-NH₂)基に作用するため脱アミノがおこる。ところが培地が酸性のときには(-NH₂)基がイオン化するため,菌はイオン化していない(-COOH)基に作用して脱炭酸がおこる。

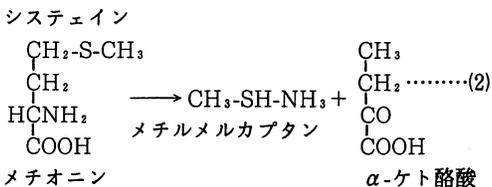
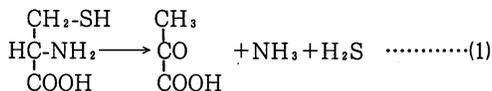
表9 微生物のある性状

性状	Proteus (P)				Serratia marcescens	Streptomyces griseus
	P. vulgaris	P. mirabilis	P. morgani	P. rettgeri		
硫化水素	+	+	-	-	+	-
インドール	+	-	+	+	-	-
腐敗臭	+	+	α	α	+	-
クエン酸の炭素源としての利用	α	α	-	+	+	+
ゼラチン	+	+	-	-	+	+
マンニト糖	-	-	-	+	-	-
蔗糖	+	α	-	α	+	+

+: 80%以上が陽性, -: 80%以上が陰性
α: 21~79%が陽性, †: 100%陽性

微生物によるタンパク質分解において表9に示すように悪臭の強い硫化水素やインドールを発生する菌種もあれば,悪臭を出さずにタンパク質を分解する菌種もいるのである。

ここで悪臭の強い硫化水素やメルカプタンの発生機構を次に示す。



(1)の反応はcysteine desulphhydraseをもつProteus morgeni,大腸菌,Streptococcusによって進行する。(2)の反応はMethioninaseをもつ大腸菌やClostridium sporogenesにより進行する。

以上のようにタン白質の分解過程に悪臭を発生する物質を産生する微生物の作用により悪臭がでて,公害問題を引起すことになる。

一方,自然界には悪臭を好んで利用する菌種もいる。悪臭を基質として利用する菌の例
光合成細菌(例えばChromatiumやRhodospheu-

domonas capsulata) はそれぞれ悪臭のひどい硫化水素や有毒なプトレシン、カダベリン或いはメルカプタンをも基質として利用、除去するとともに無毒化する作用をもっている。

表10は光合成細菌の一種である*R. capsulata*が数種のメルカプタンを吸収利用し、ほとんど除去しつつ、悪臭が消えてしまったことを示している。

表10 光合成細菌(*R.capsulata*株)による悪臭物質(メルカプタン)の除去

メルカプタンの種類	光合成細菌処理*	無処理(対照)
CH ₃ SH	1 ppm	1000 ppm
CH ₃ SCH ₃	0	800
(CH ₃) ₂ S ₂	3	3400

* 光合成細菌の嫌気・照明4日間培養処理、悪臭物質はガスクロマトグラフィーで分析・定量した。

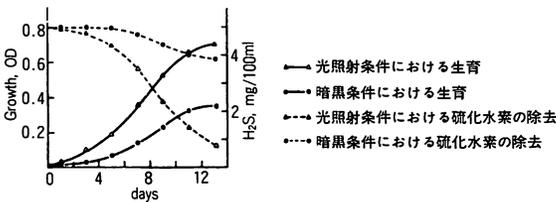


図-4 硫化ソーダ培地中におけるクロマチウム(*Chromatium*)の生育と硫化水素の除去

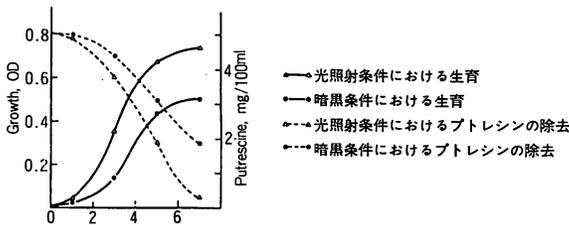


図-5 プトレシン(Putrescine)培地における*R. capsulata*の生育とプトレシンの除去

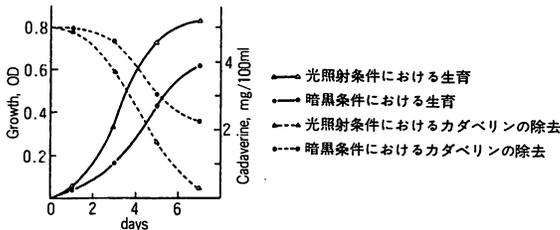
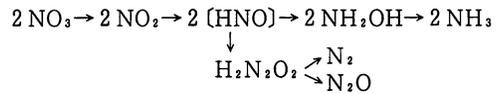


図-6 カダベリン培地における*R. capsulata*の生育とカダベリンの除去

図-4は光合成細菌*Chromatium*が硫化水素を吸収利用して増殖し、除去してゆく、その活性は光の当たる

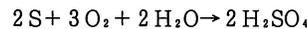
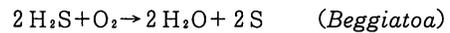
照射条件の方が暗黒条件より高いことを示している。図-5, 6は同じく光合成細菌*R. capsulata*が有毒なプトレシンやカダベリンを吸収、利用し除去してゆくことを示している。

悪臭中には、しばしばアンモニアを含むものであるがアンモニアを酸化して無臭の硝酸を生成する菌種、例えばアンモニアを亜硝酸に酸化する*Nitrosomonas*、さらに亜硝酸を硝酸にまで酸化する*Nitrobacter*等が存在する。(前述の反応式参照)硝化作用によりアンモニアから硝酸となったものは今述べた酸化反応とは逆に還元されて、再びアンモニアとなり、新しく菌体内へ取り込まれたり、あるいは脱窒菌によりN₂やN₂Oガスとして空气中に脱窒して行くものである。



*Thiobacillus denitrificans*による脱窒はその1例である。

悪臭を消す菌種は光合成細菌の外にもたくさんいる。例えば前述しているが、次のような反応で悪臭(硫化水素)を除去する。



この両者は共存しているようである。

悪臭を微生物で除去する技術は急速に進展し、現在80種以上にのぼる有用菌種を配合したものが市販されるようになってきている。これらを吸着剤に接種することにより有機廃棄物の分解中に発生する悪臭を防止できるようになっている。特に興味のあることは、それら有用菌群を加えて発酵させた有機廃棄物を土壌へ還元した場合、土壌中の植物病原性菌を喰い殺し、植物の病気発生を抑止できることである。

以上のように人類に有効な菌群を利用して産業界(大型工場)より発生する悪臭防御技術にも利用できるようになっている。この技術の特徴は何と云っても廃棄物を再資源化、有効利用できることにある^{5), 6)}

堆肥化過程における微生物相の変動

固型の有機物が微生物により分解をうける場合、前述したようにアンモニアや悪臭ガスの発生、また発熱による温度上昇などが認められる。その過程において種々の微生物群の変動が起る。

有機物の素材によっては増殖してくる微生物種がか

なり異なるので、一応、ここでは稲わらに化学窒素肥料を添加した素材の堆肥化過程について説明しよう。

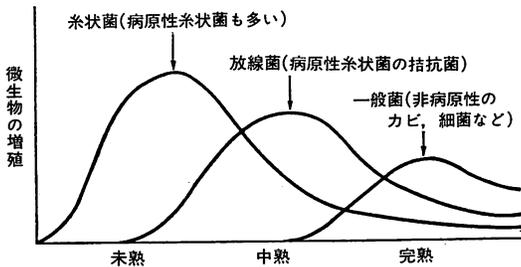


図-7 堆肥化のすすみ方
(稲わらに窒素を添加した素材の場合)

図-7に示すように当初は増殖力の強いカビ(糸状菌)が増殖し、それがピークになるころから放線菌が増殖を始める。この放線菌は写2, a), b)に示すように有害な糸状菌に拮抗作用をもっている、その間、種々の細菌が増殖を繰り返し、最終に近づくにしたがって、各種の微生物が雑居した状態でおちつくことになる。この過程に応じて、未熟、中熟、完全熟の区別を考慮すると、つぎのように表現できる。

未熟堆肥: 易分解性の有機物が多く、主体は糸状菌になっている。その状態のとき、土壤に施用した場合、有害菌の増殖を促す危険性が高い。

中熟堆肥: 易分解性有機物がまだ残っている段階で微生物的には糸状菌と放線菌などとの拮抗的な状態にある。有益な放線菌がふえてきているが、有害菌が優占しているような土壤では、やはり、その増殖を促す危険性がある。ただし素材の工夫や拮抗微生物の添加などで多様な有益菌が多くなっているような状態であればこの段階で施用すると効果がえられる。

完全堆肥: 易分解性有機物がほとんどなくなった状態であり、細菌、非病原性糸状菌、放線菌、あるいは有害菌なども雑居した状態になっている。エサ(基質)が少なく、微生物同士が、“しのぎ”をけずって生きているような状態であり、微生物全体の活性は低い。したがって土壤に施しても有害菌をふやすなどの攪乱は起こりにくい。

どの段階での堆肥がよいかについては、素材の材質微生物種の増殖状況等々いろいろ議論があるが、一般的にいうと、完全堆肥が問題を起しにくく、安定した効果をもたらすといえる。ただ中熟のものより量が減少するという含めると土壤の物理性、化学性の改良効果としては多少難がある。それらの点を考える

と理想的なのは、中熟で、かつ、有益菌が優占種になっているものということになる。

最初に述べましたが、種々の産業界から排出された有機物は、以上述べたような状態にまで微生物相を安定化してから農地へ還元してやれば、すばらしい効果を発揮するものになり、廃棄物の資源化を完成させることになる。

堆肥化過程中、度々述べてきたようにアンモニアや悪臭ガスの発生、大量の炭酸ガスと水が出てくる。発酵槽内のどこかで、低温部をつくると、そこで発生した水分が凝縮して、低温部は水でシャブ、シャブの“おかゆ”状になり、またそこへ圧力が加わったりすると、発酵物がお互いに結合して固くなり、徐々に肥大化して、その槽がうまく稼動しなくなることがある。このようなことが起らない、また、アンモニアや悪臭ガス、その他の処理処分が簡単にいへ、さらに排熱を蓄積利用できる世界的技術を完成させた吉田忠幸氏の論文を是非参照されますようここに紹介しておきます⁷⁾。

引用文献

- 1) 小林達治; 光合成細菌の基礎と応用, 日本土壤肥料学雑誌, 46巻, 3号(1975), 101~109, 同雑誌46巻4号(1975), 148~156
- 2) Kobayashi, M., Kurata, S.; the mass Culture and cell utilization of photosynthetic bacteria, Process Biochemistry(U.K.), Vol. 13, No. 9 (1978)27-30
- 3) Hirotsani, H., Agui, Y., Kobayashi, M., Takahashi, E., Proc. of International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Istanbul, Turkey; Removal of coliphages from waste water effluent by phototrophic bacteria(1989)69-73.
- 4) 小林達治; “根の活力と根圏微生物(1986)農文協
- 5) Kobayashi, M., Yoshida, T.; Recycling of organic waste materials, Proc. International Symposium on Solar Energy Bioconversion(USSR) (1983)76-87.
- 6) Kobayashi, M., “Microbial Energy Conversion(United Nations)ed. by H. G. Schlegel and J. Barnea(1976) 443-453
- 7) 吉田忠幸: “有機系廃棄物からのエネルギー回収技術”, 微生物による環境制御・管理技術マニュアル, 環境技術研究会編(1983)383-388