

微生物の生態 12

有機物負荷と環境浄化

微生物生態研究会 編

学会出版センター

微生物の生態 12——有機物負荷と環境浄化

1984年2月28日 初版

定価 4,300円

編者 微生物生態研究会

発行者 山田 猛

印刷所 株式会社 三秀舎

製本所 誠製本株式会社

発行所 株式会社 学会出版センター

113 東京都文京区本郷6丁目2番10号

電話 03-814-2001(代表)・振替 東京 6-71057

挿図・伊藤允三/製版・大森製版所/カバー・平版印刷

ISBN 4-7622-7394-5

検印
省略

はじめに

微生物がわれわれ人類の関心を惹くようになってすでに久しい。はじめ、その関心は人類の生活をめぐって起こる、さまざまな現象に対する微生物の関わりに端を発したのであるが、自然科学の進歩に伴って、その関心は主として個々の微生物の形態、分類とか、生理、生化学、あるいは遺伝などの面の解明に向けられ、その多様な応用面の開発と相俟って顕著な発展を遂げ、微生物に関する知識は近年とみにその幅と深さを増しつつある。

しかし、微生物の生態に関する研究は、その重要性はよく認識されていながら、研究対象の複雑多様性と研究手法の制約から、ややもすれば取り残され勝ちであったように思われる。

近年、環境問題の深刻化がこのような事態に対する警鐘となり、微生物生態の解明を志す研究者が各地で活発に活躍されるようになったことは、まことに同慶の至りであるが、その現状はなお決して満足すべき状態ではない。

微生物生態研究会が故植村定治郎先生の提唱によって創始され、その主催によって微生物生態シンポジウムが開催されるようになって以来、すでに 12 回を迎えることになったが、今回はさらに広角的な視野をもって、微生物の生態に関する深い認識なしには到底対応しえない環境問題のなかから、“有機物負荷と環境浄化”をテーマとして取り上げ、環境科学特別研究「有機物負荷に対する土水圏の応答と環境浄化容量」研究班と共催の形でシンポジウムを持つこととした。

われわれの周辺をとり巻く自然環境には、おびただしい量の有機物が絶えず負荷され、分解浄化されていることは周知の事実であるが、その実態については、なお、詳らかでないところが多い。しかし、環境保全に対する方策を効果

的に進めるためには、その基礎的知見の一つとして、その実態を機構の面からも、量的な面からも明らかにし、総合的に把握することが必須の要件であるように思われる。

今回のシンポジウムは、まず、分解浄化機構の最も重要な部分を占めると考えられる、土と水の共存する場、土水圏を主対象として選んだ。そこにおける有機物の質的、および量的な変動を支配する場の条件、それに関わる生物の役割、ならびにその存在様式を検討し、それによって明らかになる有機物の形態変化の仕組みをもとにして、場における生物活動と物質の質的、量的変動の評価を試み、有機物の負荷に対する環境の浄化能力の評価に関する基礎的知見の集積、体系化を企図した。本書はこのシンポジウムをもとにした論文を収録したものである。

本書の刊行にあたっては、昭和 58 年度文部省科学研究費補助金（研究成果刊行費）の交付を受けた。

1984 年 2 月

微生物生態研究会

目 次

はじめに	i
1 土壌の有機物分解機能	3
	甲斐秀昭, 河口定生 大村重男, 相部俊治
1 土壌中における有機物分解を支配する要因	4
1-1 有機物の炭素率	4
1-2 有機物の組成	5
1-3 有機物の施用量	5
1-4 プライミング効果	7
1-5 土壌および粘土の種類	8
2 土壌に連続添加した有機物の分解	9
2-1 1回目添加の稲わらの分解	10
2-2 5回連続添加の稲わらの分解	10
2-3 稲わらの5回連続添加に伴う土壌微生物相の変化	12
3 土壌中における有機物の分解・集積過程の数式化と将来予測	15
4 まとめ	19
文 献	19

2 畑地における厩肥の挙動	21
	熊田恭一, 吉田光二
1 厩肥施用試験	22
2 牛ふん厩肥の製造と成分組成	23
3 物理分画した厩肥の性状	24
4 畑地における厩肥の分解と残存	26
5 土壌中における厩肥の分布	29
6 窒素肥沃度の推移	33
7 微生物相について	36
8 まとめ	38
文 献	39
3 水田における有機物の供給と分解	41
	木村真人, 高井康雄
1 水田圃場への有機物の供給	41
1-1 供試圃場, 圃場管理作業	41
1-2 耕起時にすき込まれる雑草量	43
1-3 水稻生育期間中の雑草, 藻類量	43
1-4 リター, 根による有機物の供給	43
1-5 水稻の残茎根量	45
1-6 土壌有機物の増減	46
2 水田圃場における植物遺体の分解	48
2-1 各種植物遺体の存在部位	48
2-2 田面水における大型藻類, プランクトンの分解	49
2-3 雑草, 水稻残茎葉の分解	51
2-4 水稻根の分解	53
2-5 土壌中における植物遺体の分解過程の共通性	55
3 おわりに	57
文 献	59

4 湛水土壌における有機物分解と土壌特性	61
山口益郎, 永野 正	
1 農耕地に投入される有機物	62
1-1 農業廃棄物の農耕地への還元	62
1-2 その他の有機質資材の農耕地への投入	62
2 湛水土壌における有機質資材の分解	67
2-1 実験方法の概要	67
2-2 実験結果の概要	70
2-3 問題点をめぐって	70
3 む す び	77
文 献	78
5 汚水の土壌浄化機能について	81
—土壌微生物学的見地から—	
吉田富男	
1 土壌の炭素, 窒素成分浄化機能	80
1-1 炭素成分 (C 負荷量) の除去	81
1-2 窒素成分 (N 負荷量) の除去	83
2 水量負荷と日詰り	86
3 硝化-脱窒機能の促進	89
4 む す び	96
文 献	96
6 湛水土壌における xenobiotics の分解	99
— BHC の脱塩素反応を中心として—	
大久長範, 山口益郎	
1 湛水土壌における BHC の分解	100
2 BHC の脱塩素反応と半波電位の関係	101
3 芳香環の脱ハロゲン反応	103
4 xenobiotics は何をもたらすか	105
文 献	109

7 河口域の有機物分解の特性について	111
	左山幹雄, 栗原 康
1 河口域とは	111
2 有機物分解活性の測定方法	113
3 干潟部と河川部の有機物分解活性の比較	115
3-1 垂直構造	116
硫酸還元とメタン発酵 117 / 上層水の底泥への拡散 118	
4 底泥中の硝化-脱窒反応に及ぼすゴカイの影響	120
4-1 アンモニア態窒素	121
4-2 酸化態窒素	122
4-3 脱窒活性	122
4-4 好気条件下におけるゴカイの糞粒による脱窒	123
5 干潟部の有機物分解活性の垂直構造に対する影響	125
6 まとめ	128
文 献	129
8 河川における自浄作用	131
	松本順一郎, 花木啓祐
1 自浄作用のモデル	133
1-1 Streeter-Phelps モデル	133
1-2 Streeter-Phelps 修正モデル	135
1-3 Streeter-Phelps モデルの問題点	136
2 付着生物膜の機能に関する実験的検討	136
2-1 有機物の分解	136
2-2 硝化に及ぼす有機物負荷の影響	141
3 今後の課題	142
文 献	143

9 湖沼における有機物の生産とその自然浄化機構	145
坂本 充, 加藤憲二	
1 湖沼生態系における有機物の動態	146
1-1 内性有機物と外来性有機物	146
1-2 湖内における有機物の消失	152
沈降堆積による消失 152/河川からの流出に伴う損失 153/従属栄養生 物の活動による消費 154	
2 有機物の分解無機化の微生物生態学的機構	159
2-1 湖沼における有機物の分解に関わる微生物過程	159
2-2 湖沼における従属栄養細菌と有機物	161
湖水中の細菌と有機物の存在状態 161/従属栄養細菌による有機物の無 機化 163	
3 まとめ	167
文 献	167
10 富栄養湖における有機物負荷の特性と <i>Microcystis</i> <i>aeruginosa</i> の関係	171
高村義親	
1 諏訪湖および霞ヶ浦の有機物負荷の特性とアオコの関係	172
1-1 諏 訪 湖	172
1-2 霞 ヶ 浦	173
2 霞ヶ浦に発生するアオコと <i>M. aeruginosa</i> の形態と微細構造	175
3 アオコと <i>M. aeruginosa</i> の化学的組成	177
3-1 全有機炭素, 全窒素, 全リンおよびクロロフィル含有量	177
3-2 アミノ酸組成および脂肪酸組成	179
4 <i>M. aeruginosa</i> の無菌化	181
5 <i>M. aeruginosa</i> K-3A 株の生理学的特性	183
5-1 <i>M. aeruginosa</i> K-3A 株の生育と群体形成	183
5-2 N, P のとり込みと $\text{PO}_4\text{-P}$ の放出	186
5-3 TOC, PC, CC の蓄積	187
5-4 有機物の生産, 分解, 消費と <i>M. aeruginosa</i> ならびに従属栄養細菌との 関係	188

6	ま と め	190
	文 献	191
11	廃水処理槽における有機物分解容量	193
	菅 健 一	
1	活性汚泥法とバルキング現象	194
2	環境因子と汚泥の沈降性	194
3	汚泥負荷量と汚泥の沈降性	198
4	正常汚泥とバルキング汚泥の特性比較	202
4-1	COD 除去速度および呼吸速度	202
4-2	窒素濃度の増殖速度に及ぼす影響	204
5	凝集性細菌と糸状性細菌の培養特性と相互関係	205
	文 献	207

微生物の生態 12

有機物負荷と環境浄化

1 土壤の有機物分解機能

甲斐秀昭*・河口定生*・大村重男*・相部俊治*

土壤に供給される植物遺体の量は、土壤の置かれている気象条件、土壤条件、植生、土地利用の形態および肥培管理などにより大きく異なる。温帯地域の陸上自然生態系では、一般に年間 5~30 t (乾物重)/ha 程度の植物遺体が供給されるとみられる。一方、農地生態系においては、たとえばわが国の水田では、従来平均約 6 t/ha の堆厩肥が施用されていたが、ここ 20 年間に半減した。地力維持の観点から、近年、堆厩肥に代って生わらの施用が行われるようになったが、その量は一般に 3~6 t/ha 程度である。そ菜畑では、水田以上に堆厩肥やわら類の施用が奨励されており、樹園地では 10~30 t/ha の敷わらマルチが行われる。最近では、堆厩肥、わら類に代って家畜ふん尿とその処理物やおがくず・チップ・パーク堆肥などが広く用いられるようになり、通常 10~60 t/ha、多い場合には 100 t/ha 以上も施用されることがある。

これら有機物の農地還元は、資源の再利用と地力維持の面から有意義であるが、一方、これらの有効利用について長期的対策を樹立するため、土壤中における分解過程、施用による土壤の変化、作物生産に及ぼす影響など、その施用が農地生態系に及ぼす問題点を明らかにする必要がある。

ここでは、土壤の有機物分解能に及ぼす諸要因の影響を中心に論ずることとする。

* 九州大学農学部

1 土壤中における有機物分解を支配する要因

土壤中における有機物の分解は、有機物自体の性質と種々の土壌および環境要因に著しく支配される。

1-1 有機物の炭素率

有機物の炭素率 (C/N 比) とその土壤中における分解との関係については従来多くの研究があり¹⁻⁴⁾、一般に C/N 比の小さいものほど速やかに分解されると考えられる。たとえば、図 1 に示すように、稲わら施用時の C/N 比と稲わら炭素の分解率との間には直線関係がみられる⁵⁾。有機物の C/N 比は、多くの場合その窒素含量に支配される。したがって、C/N 比の大きい有機物では微生物に対する有効態窒素が不足し、その分解が制約されるので、窒素を補えば分解が促進される。

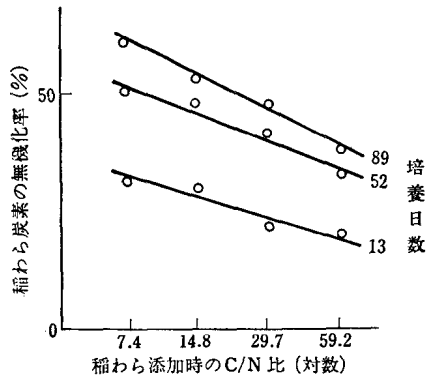


図 1 稲わら添加時の C/N 比と炭素無機化率⁵⁾

また、同じ理由で C/N 比の大きい有機物の分解過程では、土壌中の有効態窒素が分解に与る微生物に吸収される（いわゆる窒素の有機化が起る）ので、作物はしばしば窒素不足に陥る。このことを一般に窒素飢餓と呼んでいる。窒素飢餓の起る限界の C/N 比は、有機物の化学的組成、窒素の形態、温度、その他の条件により異なるが、およそ 10~15 とされている。C/N 比がそれより小さいものは分解が速く、分解の当初からアンモニアを生成するが、C/N 比がそれより大きいものは大きいほど分解が遅れ、かつ窒素の無機化より有機化が優先し、窒素飢餓の期間が長くなる（図 2）²⁾。

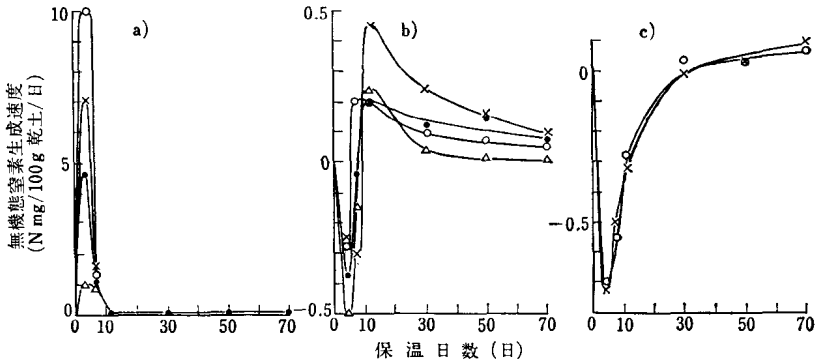


図 2 C/N 比と無機態窒素の生成速度²⁾

a) C/N < 15

○: ダイズかす

×: ナタネかす

●: 綿実かす

△: ラジノクローパー

b) C/N 15~30

○: レッドクローパー

×: レンゲ

●: オーチャードグラス

△: チモシー

c) C/N > 30

○: ウィービングラブグラス

×: 稲わら

1-2 有機物の組成

有機物の分解は、C/N 比あるいは窒素含量に大きく支配されるとともに、その化学的組成、とくに炭水化物およびリグニン含量によっても影響される¹⁻⁴⁾。

一般に、C/N 比の大きい植物残渣はペクチン、ヘミセルロースおよびセルロース含量が高く、粗タンパク含量が低い。糖、デンプン、粗タンパク含量が高く、C/N 比 10 以下の有機物は分解が速く、窒素の無機化率が炭素の無機化率を上回るが、C/N 比がそれ以上のものでは、炭素の無機化率が窒素の無機化率を上回るようになる⁴⁾。

植物残渣中のリグニン含量は必ずしも C/N 比と一定の関係がない²⁾が、灼熱損失量あたりのリグニン含量と炭素の無機化率との間には負の相関が認められている。しかし、おがくずや製紙かすなどの木材起源のものは、回帰式からのずれが大きい (図 3)⁴⁾。

1-3 有機物の施用量

有機物の施用量と分解速度との関係は、まだ明らかでない部分が多い。Broadbent ら⁵⁾は、少量の添加有機物は多量の添加有機物より分解が速いと述べ、Hallam ら⁶⁾のアイソトープ標識有機物を用いた実験結果は、この見解を

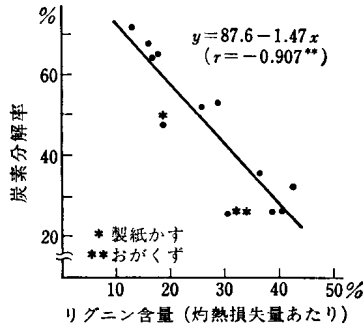


図3 炭素分解率とリグニン含量の関係⁴⁾

支持している。一方、Pinck ら²⁾によれば、炭素添加量が土壌（乾物重）の1.5%以下で3~6カ月経過すれば、添加有機物中の炭素の無機化率は添加炭素量にほとんど無関係であるという。

筆者ら³⁾が稲わら（C/N比61）について行った実験結果では、表1に示すように、添加炭素の無機化率は稲わら添加量が増すほど低下し、その差異は初期に小さく、時間の経過とともに増大した。その際、稲わら炭素の添加量を2倍にすると、当初の炭素無機化量もほぼ2倍になるが、時間の経過とともにその比率は低下し、13日以降は約1.7倍であった。

このように、有機物施用量を増すにつれてその炭素無機化率が低下する原因については、有効態窒素の不足が制限因子となっていると考えられる。事実、稲わらの施用に際して窒素を添加し、C/N比を20~30程度に調節すれば、稲わらの施用量を増してもその分解率はほとんど変わらない（2-1を参照）。

表1 稲わらの添加量と炭素無機化率³⁾

稲わら添加量 (重量%)	炭素無機化率 (%)			
	8日	26日	52日	89日
1	24.0	42.6	50.9	60.7
2	22.3	38.0	47.2	52.7
4	17.9	31.9	40.7	47.3
8	16.0	25.7	32.5	38.3
16	14.3	21.8	27.0	31.5