

# 土壌の易分解性有機物に対する微生物体 およびその細胞壁の寄与について(第2報)

易分解性有機物の集積と微生物の関係

丸本卓哉\*・甲斐秀昭\*\*・吉田 堯\*\*\*・原田登五郎\*\*

土壌の有機物およびそのなかの易分解性有機物の集積に、土壌微生物が大きな役割を果たしていることは疑いのない事実である。前報<sup>1)</sup>で、ライグラスの分解過程を通じて土壌に集積される有機態窒素の amino 酸組成のうち、その主要な amino 酸が微生物細胞壁にみられる主要な amino 酸に類似していること、およびライグラス中にはほとんど存在しないが、微生物の細胞壁部分にはその主要な構成成分として存在する amino 糖が土壌に集積することを報告した。そして、土壌に集積する有機物および易分解性有機物の給源として、微生物体、なかでもその細胞壁物質がかなり寄与していることを推論した。

また、土壌中における微生物体の分解に関する研究報告<sup>4,8,9,11,12)</sup>は数多くあるが、微生物体の分解過程における土壌の易分解性有機物に対するこれらの寄与について研究した報告はまだない。

そこで、本報では、有機物の分解過程で新たに集積する有機物、なかんずく易分解性有機物の集積と微生物との間の関係について明らかにする目的で、室内において次のような3つの実験を行なった。すなわち、実験1および実験2は、有機物の集積していない砂培地に、それぞれゼラチンあるいはグルコースを添加して培養し、有機物の集積、とくに易分解性有機物の集積について実験を行なった。実験3は、土壌に微生物の乾燥菌体を添加して培養し、有機物の集積、とくに易分解性有機物の集積について実験を行なった。

## 実験1. ゼラチンの無機化過程における易分解性有機物の集積と微生物活性

### 1. 実験方法

(1) 砂: ケイ砂(米山薬品社製)を乳鉢でよく粉砕したのち篩を通し、水で十分洗浄して微細な粒子やごみなどを除き、風乾した後供試した。粒径による差をみるため、次のような2種の粒径区分を設けた。A区は0.5

\* 九州大学農学部(現在山口大学農学部, 山口市吉田1677-1)

\*\* 九州大学農学部

\*\*\* 九州大学農学部(現在アジア野菜研究開発センター)  
昭和48年3月24日受理  
日本土壤肥料学雑誌 第45巻第5号 p.239~246(1974)

第1表 無機栄養液

A 液	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.95 g
	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.24 g
	蒸留水	500 ml
B 液	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.5 g
	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1% 溶液 2.0 ml
	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	〃 1.0 ml
	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	〃 1.0 ml
	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	〃 1.0 ml
	MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	〃 0.5 ml
	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	〃 0.5 ml
	蒸留水	500 ml

A, B 両液を使用直前に混合して、100 g の砂培地当たり 4.0 ml を添加。

第2表 イノキュラム

九大付風農場水田土壌 10 g に 50 ml の蒸留水を添加し、10分間振とう後5分間静置し、その上澄液を100 g の砂培地当たり 5.0 ml 添加。

イノキュラム中の微生物数  
(生菌数/5.0 ml)

細	菌*	4.5×10 <sup>5</sup>
カ	ビ	5.0×10

\* バクテリア+放線菌。

~0.25 mm, B区は 0.25~0.02 mm である。

(2) ゼラチン: ゼラチン粉末(メルク社製)を用いた。炭素および窒素の含有率は、それぞれ 43.21% と 14.64% で、C/N 比は約3である。

(3) インキュベーションの方法: 50 ml 容の三角フラスコに粒径の異なる2種の砂をそれぞれ 10 g 秤取し、次にゼラチン粉末 28 mg (C: 12.1 mg, N: 4.1 mg) を加えた。つづいてこれに第1表および第2表に示す無機栄養液およびイノキュラムを添加したのち、水分含量を最大容水量の 60% になるように蒸留水で調節した。その後、フラスコの口をポリエチレン膜でカバーしたのち 30°C の恒温器中にインキュベートした。そして、各フラスコに毎週ゼラチン粉末 28 mg を添加した。培養後、1, 2, 3, 4, 5 および 6 週目にとり出し、100°C で2時間熱乾処理を行ない、(5) に述べる方法で培地中の集積全炭素量および易分解性炭素量を定量した。培地中の微生物生菌数は希釈平板法<sup>16)</sup>を用いて測定した。培養期

間中の水分蒸散量は、三角フラスコ全容の重量減少分だけを蒸留水で適宜補って補正した。

(4) 微生物フローラの測定法：希釈平板法<sup>16)</sup>を用いて細菌およびカビの生菌数を測定した。測定に用いた培地は、細菌の場合は卵アルブミン寒天培地、カビの場合はローズベンガル寒天培地である<sup>16)</sup>。

(5) 集積全炭素および易分解性炭素の定量法：土壌の易分解性有機物の定量は、つぎのようにして行なった。土壌の前処理として 100°C または 80°C で 3 時間の熱乾処理を施した。これは、土壌における物質の分解過程を短時間に停止させることや、処理が簡単で所要時間が短いなどの利点があると同時に、この方法により得られた値は風乾土の乾土効果で得られた値と密接な比例関係のあることが認められている<sup>17)</sup>。実験方法の概要は以下のとおりである。培養後毎週各試験区より 6 連の試料をとり出し、100°C の恒温乾燥器中において 2 時間乾燥処理したのち、そのうちの 3 連について、KOSAKA 式湿式分解重量法<sup>13)</sup>を用いて炭素を測定し、各週の集積全炭素の量を求めた。ついで残り 3 連の試料については再び第 2 表のイノキュラムを加え、水分含量を最大容水量の 60% になるように蒸留水で調節したのち 30°C の恒温器中にインキュベートした。2 週間後にとり出し、上記と同じ方法で集積全炭素の量を求めた。そして、このようにして得た前者の集積全炭素の量から後者の集積全炭素の量を差引いた値を、前者の集積全炭素中の易分解性炭素の量とした。

2. 実験結果および考察

第 3 表に各週の集積全炭素の量とそのなかの易分解性

第 3 表 易分解性炭素の集積量 (C mg/100g 砂)

区	培養期間(週)*	集積全炭素量(1)	2週間後**の集積全炭素量(2)	易分解性炭素量(1)-(2)	易分解性炭素集積率(%) $\frac{(1)-(2)}{(1)} \times 100$
A	1	30.5	20.2	10.3	33.8
	2	67.3	24.5	32.8	48.7
	3	108.3	56.2	52.1	48.1
	4	124.4	66.0	58.4	46.9
	5	185.7	74.6	111.1	59.8
	6	217.8	85.4	132.4	60.8
B	1	23.5	19.7	3.8	16.2
	2	51.3	27.7	23.6	46.0
	3	103.2	43.9	59.3	57.5
	4	120.3	63.8	56.5	47.0
	5	171.6	65.4	106.2	61.9
	6	221.2	84.8	126.4	57.1

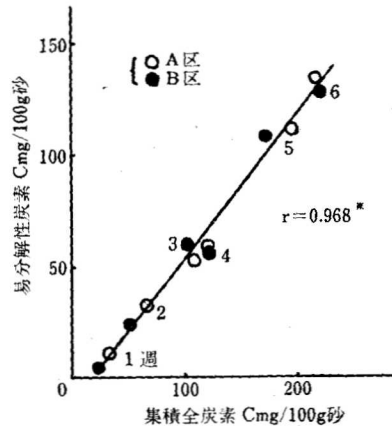
\* 毎週ゼラチン-Cを 100g の砂培地当たり 121.0mg 添加乾燥前処理後、再び知状態でインキュベートして 2 週間後

第 4 表 ゼラチンの熱乾処理効果 (C mg/100g 砂)

区	添加ゼラチン炭素量	1週間後、培地中に集積していた全炭素量		熱乾処理効果(1)-(2)
		対照(1)	熱乾処理(2)	
A	121.0	30.5	59.0	-28.5
B	121.0	23.5	43.9	-20.4

炭素の量を示した。さきに林<sup>7)</sup>によって、砂培地におけるゼラチンの分解は 1 週間ではほぼ終わり、添加ゼラチンの約 65% が無機化されることが確かめられている。本実験においても、集積全炭素の量についてみると、A および B 区で数値に若干の差はみられるが、毎週添加したゼラチン炭素の約 70% が無機化され、約 30% が砂培地中に集積していた。また、易分解性炭素の集積量についても A、B 両区ともほぼ同じ傾向を示し、第 1 週目から易分解性炭素の集積がみられ、その後基質の添加回数が増すにつれてその集積量は漸次増加した。なお、この易分解性炭素のなかに、未分解のゼラチンに由来するものが含まれているのではないかと疑問を解くために、ゼラチンそのものの熱乾処理効果を調べた。その結果は、第 4 表に示すように、ゼラチンそのものは熱乾処理によってむしろ難分解性になることが確かめられた。このことから、ここに示す易分解性炭素には、未分解のゼラチンに由来するものは含まれず、ゼラチンの分解過程で新たに生成された有機物に由来することは明らかである。そして、この新たに生成された有機物は、微生物体、微生物の代謝産物、ゼラチンあるいは菌体の分解産物等であり、これらのうちでは、第 7 表に示す微生物数の著しい増加より考えて、微生物体の占める割合がかなり大きいことが推察される。そして、これらの物質が易分解性炭素の給源として寄与していることが推論される。

易分解性炭素の集積量は、第 3 表にみられるとおり基



第 1 図 集積全炭素と易分解性炭素の相関 \* 1% レベルで有意

質の添加量が増すにつれて増加した。第1図に集積全炭素の量と易分解性炭素の量の相関を示した。これによると、両者の間には非常に高い正の相関がみられ、基質の添加量が増すにつれて集積全炭素の量が比例的に増加（すなわち、添加基質全炭素のおよそ30%が毎週集積された）し、同時に、そのなかの易分解性炭素の量も比例的に増加したことを示している。第3表に示すように、易分解性炭素の集積率はA、B両区とも同じ傾向を示し、A区では1週から6週にかけて33.8%から60.8%と順次増加の傾向を示した。従来報告されている耕地土壌の乾土効果（風乾処理効果）による易分解性有機物の量は、平均的にみて集積有機物の1~10%<sup>1,7)</sup>、また、土壌に稲ワラやゼラチンなどを添加して行なった有機物の分解過程を通して起こる易分解性有機物の集積に関するモデル実験の結果では5~15%<sup>7,19)</sup>の値を示しており、これらの値と比較すると、本実験結果の易分解性炭素の集積割合は著しく高い値を示している。この理由については次のように考えられる。第5表は培地のpHを示したものであるが、表に示すように、培地のpHは培養期間の経過につれて上昇し、1週目には8.0、6週目には8.6を示した。第6表は培地のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>の集積量を示したものである。本表からみれば、培地のpHの上昇はゼ

ラチンの分解に伴って培地中に集積したアンモニアに因るものである。そして、こういう状態の培地に乾燥処理を施せば、乾燥に伴って脱水処理と同時に集積アンモニアによる強度のアルカリ処理が培地に加わることは容易に考えられる。原田<sup>6)</sup>は、土壌をアルカリで処理すれば、土壌有機物の無機化が促進されることを報告している。このことから考えると、本実験で示されている易分解性炭素の量は、乾燥による脱水処理と集積アンモニアによるアルカリ処理の両処理効果を表わしていると推察される。このことが、本実験における易分解性炭素の集積率が従来の例に比較して高い値を示した原因であると考えられる。

また、第7表に希釈平板法<sup>16)</sup>によって測定した培地中の微生物生菌数を示した。これによると、A、B両区とも経時的には同様の生菌数の動きを示し、その数はゼラチンの分解に伴って著しく増加し、3週目に最大数を示したが以後その数は減少した。この微生物数の減少は高濃度のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>、およびpHの上昇に伴う遊離のNH<sub>3</sub>による障害<sup>18)</sup>に原因しているものと推察される。そして、これらの害作用が緩衝能の低い砂培地であるためにより助長されたものと思われる。また、さきに述べた易分解性有機物の集積量は、これら微生物活性の増加につれて増加する傾向を示し、易分解性有機物の給源として微生物体、その微生物の代謝産物および分解産物などが寄与していることは確かであると考えられる。

## 実験2. グルコースの無機化過程における易分解性有機物の集積と微生物活性

### 1. 実験方法

50ml容の三角フラスコに、水洗後風乾したケイ砂（米山薬品社製、粒径0.5~0.25mm）20gを秤取し、これに硝酸カリ溶液をNとして4mg加え、次にグルコース溶液をCとしてそれぞれ80mgと160mg添加し、C/N比20と40の区を設けた。さらに、第1表および第2表に示した無機栄養液とイノキュラムを添加し、水分含量を最大容水量の60%に調節したのち、実験1と

第5表 培地のpH\*

区	培養期間(週)				
	0	1	2	3	6
A	6.3	8.0	8.5	8.7	8.6
B	6.3	8.1	8.5	8.6	8.6

\* 蒸留水による10倍希釈液中のpHガラス電極にて測定。

第6表 NH<sub>4</sub>-Nの砂培地中における集積量\*  
(N mg/100g 砂)

区	培養期間(週)					
	0	1	2	3	4	5
A	0	32.1	59.6	73.8	91.7	87.0
B	0	30.9	59.3	75.2	96.9	110.5

\* CONWAYの微量拡散法<sup>12)</sup>により定量した

第7表 培地中の微生物フローラ (生菌数/100g 砂)

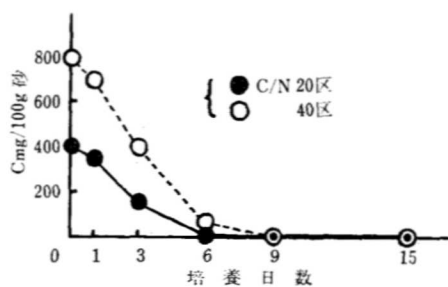
区	微生物	培養期間(週)							
		0	1	2	3	4	5	6	
A	細菌*	4.5×10 <sup>8</sup>	4.8×10 <sup>10</sup>	3.9×10 <sup>10</sup>	3.4×10 <sup>11</sup>	9.6×10 <sup>10</sup>	2.5×10 <sup>10</sup>	2.5×10 <sup>9</sup>	
	カビ	5.0×10	<1.0×10 <sup>2</sup>	2.0×10 <sup>2</sup>	3.0×10 <sup>3</sup>	2.0×10 <sup>4</sup>	2.0×10 <sup>2</sup>	1.0×10 <sup>2</sup>	
B	細菌*	4.5×10 <sup>8</sup>	5.8×10 <sup>10</sup>	4.0×10 <sup>10</sup>	5.0×10 <sup>11</sup>	1.2×10 <sup>10</sup>	8.0×10 <sup>9</sup>	6.3×10 <sup>9</sup>	
	カビ	5.0×10	<1.0×10 <sup>2</sup>	2.0×10 <sup>2</sup>	2.0×10 <sup>4</sup>	1.0×10 <sup>5</sup>	2.0×10 <sup>2</sup>	1.0×10 <sup>2</sup>	

\* バクテリア+放線菌

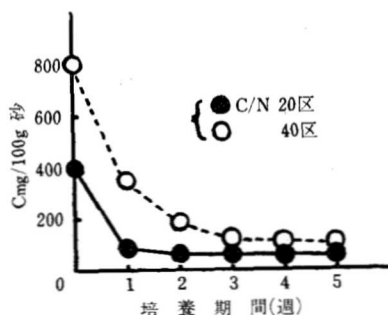
同様に 30°C の恒温器中にインキュベートした。インキュベーション後、1, 2, 3 週目にとり出し、100°C で2時間熱乾処理を行ない、実験1の方法に準じて易分解性炭素の定量を行なった。なお、この実験では、集積全炭素の量は自動クーロン滴定装置<sup>17)</sup> (柳本製作所製, CC-12型) を用いて定量した。また、実験1と同様に、培地の微生物生菌数は希釈平板法<sup>16)</sup> を用いて測定した。さらに、添加したグルコースの分解をみるため、培地中の残存グルコースを SOMOGYI-NELSON の比色定量法<sup>5)</sup> にて定量した。そして、砂培地におけるグルコースの無機化過程に集積される有機物およびそのなかの易分解性有機物の集積状況と微生物活性との関係について実験を行なった。なお、培養期間中の水分蒸散量は実験1と同様の方法で補正した。

## 2. 実験結果および考察

第2図に添加グルコース-Cの培地における消長を示した。これによると、添加グルコースは C/N 比の大小にかかわらず、3日間で約50%、9日間で約98%が分解した。また、集積全炭素量の動態を第3図に示した。これらから明らかのように、C/N 比20区では1週目、C/N 比40区では2週目頃までグルコースの分解に伴って炭素の無機化が著しく起こったが、その後は徐々に無機化が進行した。なお、これらの集積炭素のうち、未分解のグルコースに由来する炭素は第2図の結果からみてほとんどなく、大部分がグルコースの分解過程に新た



第2図 培地中における添加グルコース・Cの消長



第3図 集積全炭素の動態

第8表 易分解性炭素の集積量 (C mg/100g 砂)

C/N 比	培養期間(週)	2週後の集積全炭素量			易分解性炭素量 (2)-(3)	易分解性炭素集積率 (%) (2)-(3)/(1) × 100
		集積全炭素量 (1)	対照 (2)	熱乾処理 (3)		
20	1	86.6	61.9	57.4	4.5	5.2
	2	64.7	59.0	50.7	8.3	12.8
	3	61.9	58.0	47.0	11.0	17.8
40	1	356.2	120.4	—	—	—
	2	185.8	116.0	101.1	14.9	8.0
	3	120.4	112.0	88.2	23.8	19.8

に生成された有機物、すなわち微生物体、微生物の代謝産物および分解産物などであると考えられる。

次に、熱乾処理効果のみで易分解性炭素の集積量を第8表に示した。これによると、易分解性炭素の集積量は C/N 比40区の方が C/N 比20区に比べ約2倍量の集積を示した。このことは、培地における集積全炭素の量が多いほど、易分解性炭素の集積量が多いことを示している。これは実験1の結果とも一致している。しかしながら、集積全炭素に対する易分解性炭素の集積割合でみると、両区ともほぼ等しかった。また、易分解性炭素の量の動態は両区ともほぼ同様の傾向を示し、グルコースの分解に伴って易分解性炭素の集積量は著しく増加した。そして、3週目の易分解性炭素の集積率は C/N 比20区で17.8%、C/N 比40区で19.8%を示した。

第9表に培地中の微生物生菌数を示した。C/N 比20区と C/N 比40区ではその数に差があり、C/N 比40区の方が多かったが、経時的な動態は同じ傾向を示した。すなわち、グルコースの分解に伴って細菌は急激に増加し1週目に最高に達した。また、カビも同様に著しく増加し、細菌よりは遅れたが3週目に最高に達した。これはカビの生育速度が細菌より遅いことによるものと思われる。

第9表 培地中の微生物フローラ (生菌数/100g 砂)

培養期間(週)	C/N 比 20		C/N 比 40	
	カビ	細菌*	カビ	細菌*
0	$3.0 \times 10^4$	$1.2 \times 10^6$	$3.0 \times 10^4$	$1.2 \times 10^6$
1	$5.8 \times 10^9$	$1.1 \times 10^{12}$	$1.2 \times 10^{11}$	$1.3 \times 10^{14}$
3	$1.6 \times 10^{12}$	$3.3 \times 10^{10}$	$2.1 \times 10^{12}$	$1.9 \times 10^{12}$

\* バクテリア+放線菌

以上の微生物数の動態からみると、易分解性炭素の集積量は微生物数の増加、すなわち微生物活性の増加に伴って増加していることを示しており、このことは、易分解性有機物の集積に対する微生物、とりわけ微生物体の寄与を示唆するものであると思われる。

第10表に培地の pH を示した。これによると、3日

第10表 培地の pH\*

C/N 比	培養期間 (週)			
	0	3**	1	3
20	6.5	5.0	6.8	7.7
40	6.5	4.5	4.7	7.4

\* 蒸留水による 10 倍希釈液中の pH

\*\* 3日目

目には一時的に pH が低下した。これはグルコースの急激な分解に伴って生成される有機酸によるものと推察される。以後 pH は再び上昇し、3 週目にはアルカリ性となった。これは実験 1 でも述べたように、いったん有機化された硝酸態窒素の再無機化過程で生成される  $\text{NH}_4^+$  によるものと思われる。そして、このために、3 週目においてその程度はそれほど大きくはないが、実験 1 と同様に、乾燥処理に集積アンモニアによるアルカリ処理が上積みされ、これらの両処理効果によって、易分解性炭素の集積率が従来例より多くなったものと考えられる。

実験 1 および実験 2 の実験結果より、土壌の易分解性有機物の集積は、有機物の微生物による無機化過程を通して起こり、この無機化過程における微生物活性の増加に伴いその集積が増加することは明らかである。また、その集積量は、有機物の分解過程で新たに生成される有機物集積量の多いほど多いことが明らかで、さらに、この易分解性有機物の給源の一部として、微生物体自身やその分解産物の寄与していることが示唆される。また、タンパク質やグルコース（無機態の窒素を併用）などの比較的分解されやすい有機物が土壌に多量施用された場合には、土壌中に  $\text{NH}_4^+$  の集積が起こり、pH が高まってアルカリ処理効果（すなわち、土壌反応変換効果）が起こり、有機物の無機化が促進されることが示唆される。さらに、このアルカリ処理効果は、pH に対する緩衝能の小さい砂質土壌でより大きいことが予想される。

### 実験 3. 土壌中における *Aspergillus niger* 菌体の分解と易分解性有機物の集積に対する寄与

#### 1. 実験方法

(1) 供試土壌：第 11 表に、富山県農試水田土壌（以

下、富山(H)と表示)、長崎県諫早干拓地水田土壌(以下、諫早(M)と表示) および大分県飯田水田土壌(以下、飯田(A)と表示) の 3 種の供試土壌の理化学性を示した。土壌は採取したのち湿潤のまま 2 mm の篩を通した。そしてブフナーロート上で十分に水洗した後台上に拡げ、水分含量を最大容水量の 40~50% 程度まで減少させたのち、再び 2 mm の篩を通した。調製した土壌はポリエチレンの袋に入れ、使用するまで 4°C の冷蔵庫に保存した。

第12表 *A. niger* の培養液組成

グルコース	30.0 g
( $\text{NH}_4$ ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.55 ㄱ
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.088 ㄱ
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.168 ㄱ
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.5 ㄱ
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.01 ㄱ
蒸留水	1 l
pH	6.5

(2) *Aspergillus niger* (以下、*A. niger* と表示) 乾燥菌体の調製：第 12 表に示した滅菌培養液 100 ml を、底面の直径が 18 cm の滅菌した Fern-bach フラスコにとり、*A. niger* の胞子懸濁液 1 ml (約  $26 \times 10^6$  個の胞子) を接種し、30°C で 45~47 時間静置培養した(この段階の菌体はまだ胞子の形成がみられない)。その後、菌体をガラスフィルター上に集め、よく水洗した後シャーレ上に拡げ、100°C で 1 時間、ついで 70°C で一夜通風乾燥した後、乳鉢上で粉碎した (<60 メッシュ)。

(3) インキュベーションの方法および定量法：第 10 表に示した 3 種の水田の湿潤土壌を乾土当たり 20 g 秤取し、おのおのに *A. niger* 乾燥菌体 100 mg (N で 4 mg に相当) を添加した。ついで第 1 表に示した無機栄養液を添加した。そして、水分含量を最大容水量の 60% に調節し、ポリエチレン膜でカバーをしたのち 30°C の恒温器中にインキュベイトした。インキュベーション期間中の水分補正は実験 1 と同様に行なった。そして、12 週目に試料をとり出し、熱乾前処理 (100°C, 2 時間) による窒素の無機化促進量、すなわち、易分解性窒素の定量を実験 1 の方法に準じて行なった。無機態窒素の定量は、三角フラスコ全容を 1 規定の塩化カリ溶液

第11表 供試土壌の理化学性

土 壌	土 性 <sup>2)</sup>	粘土含量 <sup>2)</sup>	全炭素 <sup>13)</sup> (乾土当たり)	全窒素 <sup>13)</sup> (乾土当たり)	CEC <sup>2)</sup> (ml/100 g 乾土)	主 要 <sup>10)</sup> 粘 土 鉱 物
富山県農試水田土壌	SL	9.6%	2.34%	0.18%	7.3	ハロイサイト
長崎県諫早水田土壌	LiC	44.2%	1.51%	0.16%	32.6	モンモリロナイト
大分県飯田水田土壌	CL	24.5%	7.31%	0.61%	29.4	アロフェン

第13表 *A. niger* 乾燥菌体の土壌における窒素無機化量 (N mg/100g 土壌)

土 壤	培 養 間 (週)	菌体無添加区 (1)		菌体添加区 (2)		菌体に由来する部分 (2)-(1)		
		有 機 態 窒 素 量	無 機 態 窒 素 量	有 機 態 窒 素 量	無 機 態 窒 素 量	有 機 態 窒 素 量	無 機 態 窒 素 量	無 機 化 率 (%)
富 山 (H)*	0	176.3	3.7	196.3	3.7	20.0	0	
	1	176.0	4.0	190.5	9.5	15.5	4.5	22.5
	3	175.0	5.0	187.0	13.0	12.0	8.0	40.0
	5	173.7	6.3	184.7	15.3	11.0	9.0	45.0
	7	173.2	6.8	184.5	15.5	11.2	8.8	44.0
	12	171.8	8.2	182.2	17.8	10.4	9.6	48.0
諫 早 (M)*	0	159.1	0.9	179.1	0.9	20.0	0	
	1	157.1	2.9	176.0	4.0	18.9	1.1	5.5
	3	155.5	4.5	169.4	10.6	13.9	6.1	30.5
	5	154.0	6.0	167.3	12.7	13.3	6.7	33.5
	7	153.2	6.8	164.8	15.2	11.6	8.4	42.0
	12	150.4	9.6	162.3	17.7	11.9	8.1	40.5
飯 田 (A)*	0	609.6	0.4	629.6	0.4	20.0	0	
	1	608.6	1.4	626.0	4.0	17.4	2.6	13.0
	3	606.0	4.0	620.0	10.0	14.0	6.0	30.0
	5	603.6	6.4	616.5	13.5	12.9	7.1	35.5
	7	601.8	8.2	613.5	16.5	11.7	8.3	41.5
	12	598.3	11.7	610.3	19.7	13.0	8.0	40.0

\* 主要粘土鉱物を表わす H-ハロイサイト M-モンモリロナイト A-アロフエン

で抽出し、抽出液中の無機態窒素量を CONWAY の微量拡散法<sup>12)</sup>により定量した。

## 2. 実験結果および考察

第13表に *A. niger* 乾燥菌体の土壌における窒素無機化量を示した。これによると、菌体添加区の窒素無機化量は菌体無添加区に比べ明らかに多かった。これは、土壌有機物からの無機化窒素量に、添加菌体に由来する無機化窒素量が上積みされたことを示している。これより、菌体添加区の無機化量から菌体無添加区の無機化量を引いた値(第13表中の(2)-(1)欄)は添加菌体に由来する無機化量をほぼ示すものと考えてよさう。これによると、各土壌で *A. niger* 乾燥菌体の無機化速度が異なっていることがわかる。初期(0週から3週にかけて)の無機化速度は、富山(H) > 飯田(A) > 諫早(M)の順を示したが、3週目における無機化率は、富山(H) > 諫早(M) ≒ 飯田(A)の順を示し、それぞれ40.0%、30.5%および30.0%であった。そして、乾燥菌体の無機化は、富山(H)では5週目、諫早(M)および飯田(A)では7週目にほぼ落ちつき、以後はほとんど変化がない。すなわち、いずれの土壌においても7週から12週にかけて菌体成分中の分解されやすい部分の無機化が一応終わりはほぼ落ちついたことを示している。そして、7週目の各土壌における菌体無機化率は富山(H) > 諫早(M) ≒ 飯田(A)の順を示し、それぞれ44.0%、42.0%および41.5%で、平均42.5%が無機化され

57.5%が集積したことになる。

次に、この *A. niger* 乾燥菌体中の分解されやすい部分の分解がほぼ終わったと考えられる12週目に各土壌を熱乾処理したのち、再び畑状態(最大容水量の60%の水分含量)、30℃で2週間インキュベートした。そし

第14表 12週目における各区の易分解性窒素量 (N mg/100g 土壌)

土 壤	有機態 窒素量 (1)	2週間の無機 化量 対 照熱乾処理 (2) (3)		易分解性 窒素量 (3)-(2)	易分解性窒素 集積率 (%) (3)-(2) (1) × 100
		(2)	(3)		
(A) 菌体無添加区					
富山(H)	171.8	0.1	3.6	3.5	2.0
諫早(M)	150.4	0	5.4	5.4	3.6
飯田(A)	598.3	1.2	6.0	4.8	0.8
(B) 菌体添加区					
富山(H)	182.2	1.4	5.8	4.4	2.4 (0.4)*
諫早(M)	162.3	1.5	7.6	6.1	3.8 (0.2)*
飯田(A)	610.3	2.5	7.7	5.2	0.9 (0.1)*
(B-A) 菌体に由来する部分					
富山(H)	10.4	1.3	2.2	0.9	8.7
諫早(M)	11.9	1.5	2.2	0.7	5.9
飯田(A)	13.0	1.3	1.7	0.4	3.1

(\*) 内の数値は(B)の菌体添加による易分解性窒素集積率の増加率を示す、すなわち(B)-(A)の値



て、易分解性窒素の集積に対する *A. niger* 乾燥菌体添加の寄与について検討した。その結果を第 14 表に示した。これによると、菌体添加区の熱乾処理効果による窒素無機化量は菌体無添加区のものに比べ明らかに大きかった。すなわち、菌体添加によって易分解性窒素の集積量が増加したことを示しており、菌体添加区より菌体無添加区を引いた値（第 14 表中の (B-A) 欄）、すなわち、菌体分解残渣、添加菌体の分解に関与した微生物体、その菌体の分解産物およびその代謝産物など、いわゆる添加菌体に由来する易分解性窒素の集積があったことは明らかである。また、各区の易分解性窒素の集積率についてみると、菌体無添加区は 0.8~2.0%、菌体添加区は 0.9~3.8% であるが、添加菌体に由来し、新たに集積した有機物の易分解性窒素の集積率は 3.1~8.7% を示し、他の両区に比べ著しく高いことが明らかである。このことは、添加菌体に由来し、新たに集積した有機物の易分解性有機物の集積率がもともとあった土壌有機物中の易分解性有機物の集積率より高いことを示しており、土壌の易分解性有機物の給源の一部として、添加微生物体の分解残渣、添加菌体の分解に関与した微生物の菌体、その菌体の分解産物およびその代謝産物などが寄与していると推定される。なお、次報で述べる予定であるが、微生物の乾燥菌体は土壌中で比較的速やかに分解されるが、生菌体物質の分解はそれに比べて著しく遅い。しかしながら、生菌体物質も一度熱乾前処理を受ければ著しく分解されやすくなる。このことから考えれば、本実験条件のように、一度熱乾処理した乾燥菌体が施された場合には、土壌の易分解性有機物の給源の一部として、添加乾燥菌体自身の寄与よりも、むしろ添加菌体の分解に関与した微生物とその菌体の分解産物やその代謝産物などの寄与が大きいものと考えられる。

次に、供試土壌間について、易分解性窒素の集積率の大小を比較してみると、第 14 表にみられるように、もともとあった土壌有機物の易分解性窒素の集積率は、諫早 (M) > 富山 (H) > 飯田 (A) の順に多かったが、添加菌体に由来し、新たに集積した有機物の易分解性窒素の集積率は、富山 (H) > 諫早 (M) > 飯田 (A) の順に多かった。すなわち、土壌に新たに集積された有機物中の易分解性有機物の集積率は、前記のように、いずれの供試土壌も、もともとあった土壌有機物中の易分解性有機物の集積率よりはるかに高かった。しかしその集積率の大きさは、土壌に新たに集積された有機物含有量には比例せず、供試した土壌の種類によって著しく異なった。本実験の結果からみれば、アロフェンを含んだ土壌（飯田 - (A)）の易分解性有機物の集積率は、結晶性粘土鉱物

を含んだその他の土壌（諫早 - (M)、富山 (-H)）に比較して著しく低かった。また、結晶性粘土鉱物を含んだ土壌においては、モンモリロナイトを含んだ土壌の場合より、ハロイサイトを含んだ土壌の場合にその集積率は一層高かった。土壌に新たに集積された有機物中の易分解性有機物の集積率が、このように土壌に含有される粘土鉱物の種類によって著しく異なる原因については今後の研究に待ちたい。

## 要 約

1. 砂培地にセラチンやグルコースを添加し、易分解性有機物の集積と微生物活性について実験を行ない、次のような結果を得た。
  - 1) 培地の易分解性有機物の集積は、有機物の微生物による無機化過程を通じて起こり、この無機化過程における微生物活性の増加に伴いその集積が増加する。
  - 2) 培地の易分解性有機物の集積量は、有機物の分解過程で新たに生成される有機物の集積量が多いほど多い。
  - 3) タンパク質やグルコース（無機態の窒素を併用）などの比較的分解されやすい有機物が培地に多量施用された場合には、培地中に  $\text{NH}_4^+$  の集積が起こり、pH が高まることによる土壌反応変換効果<sup>6)</sup> によって、培地の有機物の無機化が一層促進されることが予想される。
2. 粘土鉱物を異にした数種の土壌に乾燥菌体を添加し、菌体の分解と易分解性有機物の集積について実験を行ない、次のような結果を得た。
  - 4) 土壌に新たに集積した有機物、すなわち添加菌体に由来する有機物中の易分解性有機物の集積率は、もともとあった土壌有機物中の易分解性有機物の集積率よりはるかに高い。また、その易分解性有機物の集積率の大小は、土壌に含有される粘土鉱物の種類によって著しく異なり、次の順位にその集積率は大きかった。富山 (H) > 諫早 (M) > 飯田 (A)。
  - 5) 土壌中においては、乾燥菌体そのものは比較的分解が速やかで、熱乾処理した乾燥菌体が施された場合には、土壌の易分解性有機物の給源の一部として、添加乾燥菌体自身の寄与よりも、むしろ添加菌体の分解に関与した微生物とその菌体の分解産物やその代謝産物などの寄与が大きいものと考えられる。

## 文 献

- 1) 青峰重範：暗渠排水と乾土効果，p. 1, 河出書房 (1949)
- 2) 青峰重範・原田登五郎：土壌肥料学実験ノート，p. 9, 養賢堂 (1967)
- 3) 青峰重範・船引真吾：土壌実験法，p. 74, 養賢堂 (1953)
- 4) CHU, J.P.-H. and KNOWLES, R.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 30, 210 (1966)

- 5) 福井作藏:還元糖の定量法, p.10, 東京大学出版会(1969)
- 6) 原田登五郎:農技研報 B, 9, 123 (1959)
- 7) 林 竜三:九大農化肥料研報告, 第3号, p.1 (1965)
- 8) HECK, A.F.: *Soil Sci.*, 27, 1 (1929)
- 9) HURST, H.M. and WAGNER, G.H.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 33, 707 (1969)
- 10) JACKSON, M.L.: *Soil Chemical Analysis, Advanced Course.*, p.171 (1958)
- 11) JENSEN, H.L.: *J. Agric. Sci.*, 22, 1 (1932)
- 12) 甲斐秀昭・原田登五郎:九大農学芸誌, 26, 61 (1972)
- 13) KOSAKA, J., HONDA, C. and ISEKI, A.: *Soil Plant Food (Tokyo)*, 5, 77 (1959)
- 14) MARTIN, J.P., ERVIN, J.O. and SHEPHERD, R.A.: *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 23, 217 (1959)
- 15) 丸本卓哉・古川謙介・吉田 堯・甲斐秀昭・山田芳雄・原田登五郎:土肥誌, 45, 23 (1974)
- 16) 田辺市郎・鈴木達彦:土肥誌, 37, 34 (1966)
- 17) 吉田 堯・甲斐秀昭・原田登五郎:九大農学芸誌, 26, 67 (1972)
- 18) YOSHIDA, T., KAI, H. and HARADA, T.: *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 17, 227 (1973)
- 19) 吉田堯・甲斐秀昭・原田登五郎:九大農学芸誌, 28, 37 (1973)