

# 風乾処理による土壤有機態窒素の無機化

—とくにアミノ酸態およびアミノ糖態窒素について—

丸 本 卓 哉\*

## 1. 緒 言

著者は従来、土壤の易分解性有機物の給源に関するいくつかの室内モデル実験を行ない、易分解性有機態窒素（以下、易分解性窒素と記す）は、その大部分が酸可溶性有機態窒素画分中のアミノ酸態窒素とアミノ糖態窒素に存在しており、また、土壤の乾燥前処理による両形態窒素の無機化に対しては、風乾処理より熱乾処理の方がアミノ糖態窒素の無機化をより促進することなどを報告してきた<sup>1,2)</sup>。

林<sup>3)</sup>は、熱乾—湿潤処理を20回くり返し、易分解性有機物を消耗させた土壤と原土の形態別有機態窒素の比較検討を行ない、上記と同様の傾向を示す結果を得ている。

しかしながら、これらの乾燥と湿潤の処理がくり返される過程における土壤の形態別有機態窒素の経時的な無機化とその変化については、一、二の報告<sup>4,5)</sup>のみみられるだけで、まだ不明な点も多い。

以上のようなことより、主要粘土鉱物の異なる3種の水田土壤を用いて、風乾—湿潤処理がくり返される過程における土壤の形態別有機態窒素を経時的に分別定量した。そして、原土に対する風乾処理土の各有機態窒素の減少量から風乾処理によって無機化が促進された形態別の有機態窒素、いわゆる易分解性窒素を求め、その無機化と経時の変化について比較検討した。

## 2. 実験方法

### 1) 供試土壤

第1表に供試土壤の理化学性を示した。いずれの土壤も1974年5月に採取後、湿潤のまま2mmの篩を通した。これをポリエチレンの袋に入れ、使用まで4°Cの冷蔵庫に保存した。

### 2) インキュベートの方法

水分含量を最大容水量の60%に調節した上記3種の水田湿潤土壤の乾土20g相当量をポリエチレン膜上に薄く広げ、室温にて4日間風乾処理したのち、土壤を

100ml容三角フラスコに移し、3)に示すイノキュラムを添加した。そして再び水分含量を最大容水量の60%に調節したのち、三角フラスコの口をポリエチレン膜でカバーし、30°Cにてインキュベートした。第2表に風乾処理後の土壤水分とその乾燥割合について示した。これによると土壤間でいくぶん差が認められ、風乾処理後の土壤水分は諫早、山大、大分の各土壤でそれぞれ約5.5, 2.6, 8.0%を示した。

2週間のインキュベート後、試料をとり出し再び同じ条件で風乾処理を行なった。それから再びイノキュラムを加え、水分を調節してインキュベートした。この“風乾—湿潤—2週間インキュベート”という一連の操作を6回くり返した。なお、風乾期間（4日間）はインキュベート期間には加えなかった。

### 3) イノキュラム

各湿潤土壤10gに蒸留水50mlを加え、10分間振盪後、5分間静置し、その上澄液を風乾処理土壤に1ml添加した。

### 4) Nの定量

原土（0週のもの）および風乾処理土のインキュベート2週目（処理1回）、4週目（処理2回）、8週目（処理4回）、12週目（処理6回）のものについて分析を行なった。全Nはセミマイクロケルダール法<sup>6)</sup>で、置換態Nは土壤に1規定の塩化加里溶液を加え、30分間往復振盪したのちの汙液についてCONWAYの微量拡散法<sup>7)</sup>で、形態別の有機態NはBREMNER法<sup>8)</sup>に準じて定量した。また固定アンモニウム態NはSILVAとBREMNERの方法<sup>9)</sup>によって定量し、酸不溶性Nの一部として入ってくる固定アンモニウム態Nの一部も同様の方法によって定量したのち、その値を補正した。なお、アミノ糖態Nは定量値に係数1.4を乗じて求めた。

全インキュベート期間を通して固定アンモニウム態Nは、諫早土壤（主要粘土鉱物：モンモリロナイト）においてわずかに増加が認められたが、山大土壤（主要粘土鉱物：カオリン鉱物）および大分土壤（主要粘土鉱物：アロフェン）ではほとんど変化がなかった。また、インキュベート期間中の脱窒は認められなかった。

第3表にインキュベート期間中の土壤のpHを示したが、とくに大きな変化は認められなかった。

\* 山口大学農学部（山口市吉田1677の1）  
昭和51年9月27日受理  
日本土壤肥科学雑誌 第48巻 第9,10号 p.391~395 (1977)

第1表 供試土壤の理化学性

土壤*	土性	主 要 粘 土 鉱 物	粘 土 含 量 %	全 炭 素 %	全 窒 素 %	C/N 比	CEC me/100g 乾 土	pH (KCl)
諫早	HC	モンモリロナイト	59.1	1.51	0.15	10.1	40.0	6.1
山大	CL	カオリン 鉱物	22.0	2.16	0.19	11.4	16.0	5.7
大分	LiC	アロフェン	27.5	6.74	0.42	16.0	47.0	5.6

\* 諫早土壤：長崎県諫早市森山，干拓地水田作土， 山大土壤：山口市吉田，山口大学農学部附属農場水田作土，大分土壤：大分県大野郡三重町，大分農技センター水田作土

第2表 風乾処理後の土壤水分とその乾燥割合

土 壤	水 分		乾 燥 割 合	
	%		%	
諫 早	5.5		90.9	
山 大	2.6		95.6	
大 分	8.0		86.7	

\* 風乾処理前の土壤の水分含量は最大容水量の60%である。

3. 実験結果および考察

1) 土壤有機態Nの無機化促進に対する風乾効果

第4表に風乾処理による土壤Nの変化を示した。そして、風乾処理によって無機化が促進された置換態Nの量より土壤有機態Nの無機化促進に対する風乾処理の効果を算出した(以下、これを風乾効果と記す)。各土壤の風

第3表 インキュベート期間中の土壤の pH

インキュベート期間 (週)	風乾処理回数	土 壤		
		諫 早	山 大	大 分
0	0	6.1	5.7	5.6
4	2	6.2	5.0	5.3
8	4	6.2	5.0	5.6
12	6	6.0	5.1	5.7

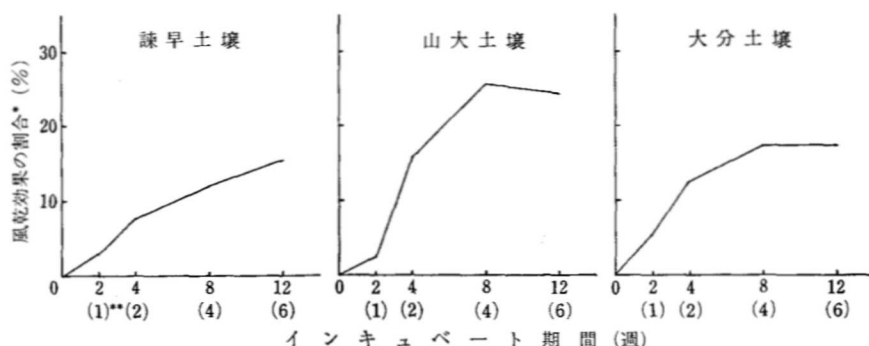
\* 乾土 20g に対し、1N KCl 100ml を加え、振盪したのちの上澄液について測定。

乾効果の割合の変化を第1図に示した。いずれの土壤においても風乾効果が認められた。そして、それは処理回数が増すにつれて増加した。処理6回目における各土壤の風乾効果の量は、諫早，山大，大分の各土壤でそれぞれ乾土 100g 当たり N 21.4, 37.1, 71.7mg であり有機物含量の高いほど多い傾向を示し、原土の有機態Nに対するその割合はそれぞれ約 15, 24, 17% であり，山大 > 大分 ≥ 諫早と粘土含量の少ない土壤ほど高い傾向を示した。さらに，土壤間では風乾処理によるN無機化の状況に差が認められた。粘土含量が著しく多く，主要粘土鉱物がモンモリロナイトの諫早土壤では，風乾効果の割合は低い風乾処理6回後でもまだNの無機化量が増加する傾向を示した。粘土含量が他に比べて低く，主要粘土鉱物がカオリン鉱物の山大土壤では，風乾効果の割合が著しく高く，風乾処理4回でNの無機化量はほぼ平衡に達した。アロフェン質火山灰の大分土壤では，諫早お

第4表 風乾処理による土壤窒素の変化

(mg/100g 乾土)

土壤	インキュベート期間 (週)	風乾処理回数	全 N	置換態 N	固定態 N	有機態 N	有 機 態 N 画 分					
							酸不溶性 N	酸 可 溶 性 N				
								全 N	アンモニア態 N	アミノ酸態 N	アミノ糖態 N	未知 N
諫早	0	0	154.4	3.0	11.3	140.1	25.9	114.2	16.4	40.3	16.4	41.1
	2	1		7.4	11.9	135.1	29.5	105.6	17.1	30.5	11.1	46.9
	4	2		13.9	11.8	128.7	28.5	100.2	17.7	29.9	7.0	45.6
	8	4		20.0	11.9	122.5	32.2	90.3	15.6	27.4	5.9	41.4
	12	6		24.4	12.1	117.9	33.6	84.3	20.5	26.6	6.3	30.9
山大	0	0	195.0	9.1	32.0	153.9	40.5	113.4	10.4	43.9	21.4	37.7
	2	1		13.1	31.2	150.7	35.2	115.5	11.0	32.7	18.8	53.0
	4	2		33.7	31.8	129.5	36.5	93.0	11.5	30.8	18.1	32.6
	8	4		48.6	31.4	115.0	31.4	83.6	8.5	24.6	8.5	42.0
	12	6		46.2	31.6	117.2	37.9	79.3	8.7	23.4	7.4	39.8
大分	0	0	422.0	3.3	4.4	414.3	115.7	298.6	43.3	133.3	55.4	66.6
	2	1		25.3	4.5	392.2	100.4	291.8	49.8	121.0	43.7	77.3
	4	2		56.5	4.3	361.2	128.8	232.4	50.4	100.0	34.4	47.6
	8	4		74.8	4.4	342.8	111.3	231.5	52.6	101.9	26.7	50.3
	12	6		75.0	4.3	342.7	128.8	213.9	57.7	94.7	22.0	39.5



第1図 土壤有機態窒素の無機化促進に対する風乾効果の割合の変化

\* 風乾効果の割合 = [(風乾処理土の置換態N - 原土の置換態N) / 原土の有機態N] × 100 (%)

\*\* ( ) 内の数値は風乾処理回数を示す。

よび山大土壤の中間的な変化を示したが、この場合も山大土壤と同様に、風乾処理4回でNの無機化量はほぼ平衡に達した。これらのことは、風乾効果の量とその発現様式は土壤の性質、なかでも有機物含量、粘土含量およびその質に影響されることが示唆される。また、先に述べたように、土壤間の乾燥割合にいくぶん差が認められたことも若干影響しているかも知れない。

河原口<sup>9)</sup>は、熱乾処理をくり返し10回行ない、その間、畑状態あるいは湛水状態でインキュベートした九州大学附属農場の水田作土について同様の分析を行ない、土壤有機態Nの19~36%が無機化されたと報告している。このように、土壤の性質、乾湿のくり返しの程度および乾燥の強度、畑か水田かなどによって、無機化が促進される土壤有機態Nの量および時期が左右されることが明らかであり、それらを正確に把握して、実際農業におけるN施肥に応用することが必要であろう。

## 2) 風乾処理によるアミノ酸態およびアミノ糖態Nの無機化

いずれの土壤においても著しい風乾効果が認められたことは先に述べたとおりであるが、ここではそれに寄与した形態別の有機態Nについて考察してみる。既報<sup>9)</sup>でも述べたように、酸不溶性N、アンモニウム態Nおよび未知Nは処理によって増減があり、一定の傾向が認められず、現在のところ確かなことがいえない。しかしながら、アミノ酸態Nとアミノ糖態Nには一定の傾向が認められ、しかも風乾処理のくり返しに伴って両形態Nは著しく減少した。そこで、風乾処理による形態別の有機態Nの無機化促進については、上記の両形態のNを中心に論ずることにしたい。

第5表に各土壤の風乾処理によって無機化が促進されたアミノ酸態およびアミノ糖態Nの無機化量を示し、第2図にその無機化率の変化を示した。これによると、い

第5表 風乾処理によって無機化が促進されたアミノ酸態およびアミノ糖態Nの量

(mg/100g 乾土)

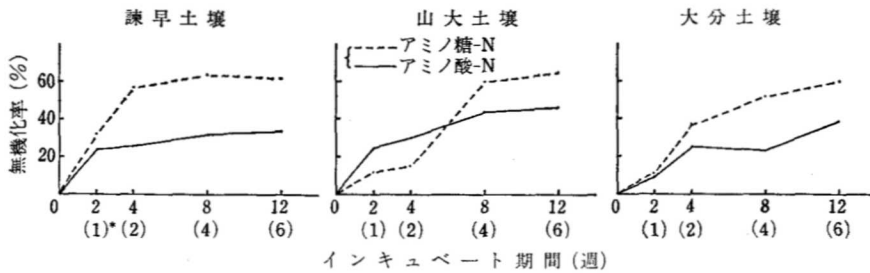
インキュベーション期間 (週)	風乾処理回数	諫早土壤		山大土壤		大分土壤	
		アミノ酸態N	アミノ糖態N	アミノ酸態N	アミノ糖態N	アミノ酸態N	アミノ糖態N
2	1	9.8	5.3	11.2	2.6	12.3	11.7
4	2	10.4	9.4	13.1	3.3	33.3	21.0
8	4	12.9	10.5	19.3	12.9	31.4	28.7
12	6	13.7	10.1	20.5	14.0	38.6	33.4

ずれの土壤も処理回数の増加に伴い、両形態Nの無機化率は高くなる傾向を示した。処理6回後の諫早、山大、大分の各土壤は、原土に対してアミノ酸態およびアミノ糖態Nが100g乾土当たりそれぞれ平均14mgと10mg、21mgと14mg、39mgと34mgが減少した。

アミノ酸態とアミノ糖態Nとを比較すると、前者の方が無機化量は著しく多かったが、無機化率は後者の方が高かった。さらに、アミノ酸態Nは処理2回以後あまり無機化が増加しなかったが、アミノ糖態Nは処理回数が増加するにつれて無機化率は高くなる傾向を示した。このことは、土壤中のアミノ糖化合物はアミノ酸化合物に比べて分解され難いが、風乾-湿潤処理がくり返されれば、いずれ無機化されるようになることを示すものと思われる。

土壤間についてみると、アミノ酸態Nの6回処理後の無機化率は、山大>諫早>大分の順に高く、アミノ糖態Nの場合も同様の傾向を示した。

これらの結果より、風乾処理によって無機化が促進される土壤有機態N、いわゆる易分解性Nの給源について考察してみると、土壤の種類によって風乾処理による土壤有機態Nの無機化のパターンは異なるが、無機化Nの給源は大部分がアミノ酸態およびアミノ糖態Nに由来



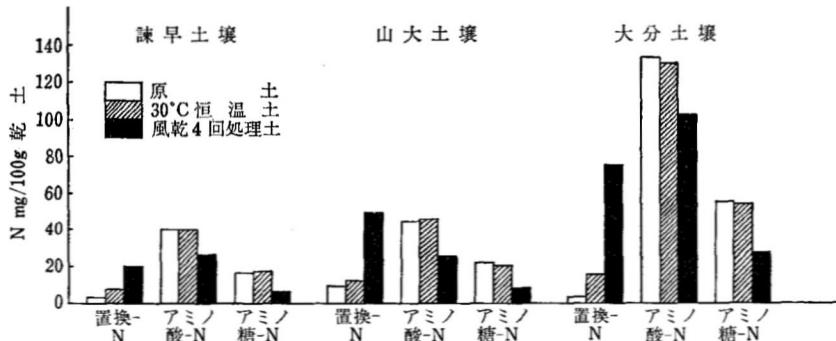
第2図 風乾処理によって無機化が促進されたアミノ酸態およびアミノ糖態Nの無機化率の変化

\* ( ) 内の数値は風乾処理回数を示す。

していることは明らかである。両形態Nのうちでは、先にも述べたように、量的にはアミノ酸態Nの寄与が大きい、無機化率からみれば、アミノ糖態Nの寄与が高いことが示された。これらの結果は既報<sup>2)</sup>の考察を裏づけるものであり、また、林<sup>3)</sup>、河川<sup>4)</sup>の結果ともよく一致している。

さらに、易分解性Nに寄与した両形態のNは、第4表および第2図に示したように、いずれの土壤においても風乾処理4回以後はあまり変化がなく、その無機化率はアミノ酸態Nが約30~50%、アミノ糖態Nは約60~65%であった。林<sup>3)</sup>は、熱乾と湿潤処理(105°Cにて2日間熱乾処理後、畑状態30°Cにて20日間インキュベート)を20回施した3種の土壤について同様の実験を行ない、熱乾処理土の無機化率は、アミノ酸態Nは約34~50%、アミノ糖態Nは約81~85%であったと報告している。このことから考えれば、土壤に集積している両形態Nのうち、乾燥-湿潤処理のくり返しによって無機化が促進される割合は、アミノ酸態Nは約50%で、残りの50%はより難分解性の形で土壤中に集積しているものと思われる。アミノ糖態Nの場合は、乾燥の強度を増せば、さらに無機化が促進されることが考えられるが、その場合でも85%位が上限のように推察される。

本実験における原土は採取後4°Cの冷蔵庫に保存していたものであるが、その乾土20g相当量を100ml容三角フラスコにとり、水分を最大容水量の60%に調節したのち、30°Cにて8週間インキュベートした(以下、30°C恒温土と記す)。インキュベート期間の水分減少量は蒸留水で補正した。30°C恒温土の置換態および形態別の有機態Nについて同様に分析し、原土および風乾処理4回の土壤(8週間インキュベートしたもの)と、置換態、アミノ酸態およびアミノ糖態Nについて比較した。その結果を示したのが第3図である。これによると、30°Cで土壤を放置した場合にもNの無機化が認められたが、その量は風乾処理土に比べてわずかであり、有機態Nに対する無機化Nの割合は諫早、山大、大分の各土壤でそれぞれ3.3、2.0、2.8%であった。風乾4回処理土の場合は先に述べたようにそれぞれ12.1、25.7、17.3%で、30°C恒温土に比べ著しく高いことがわかる。30°C恒温土の形態別有機態Nは原土とはほぼ同じで、どの形態のNから無機化されたか、はっきりした結果は得られなかったが、おそらくアミノ酸態Nに由来するものであろうと推察される。これらのことから、30°C以下に放置した場合の土壤有機態Nの無機化は、風乾-湿潤処理がくり返された場合に比べ著しく低いことが明らかである。



第3図 原土、インキュベート8週目の30°C恒温土および風乾4回処理土の置換態、アミノ酸態およびアミノ糖態N

#### 4. 要 約

主要粘土鉱物の異なる3種の水田作土を用いて、風乾-湿潤処理がくり返される過程における土壌の形態別有機態Nを経時的に分別定量した。そして原土に対する風乾処理土の各有機態Nの減少量から、風乾処理によって無機化が促進された形態別の有機態N、いわゆる易分解性Nを求め、その無機化と経時変化について検討し、以下の結果を得た。

1) いずれの土壌においても、風乾-湿潤処理によって土壌有機態Nの無機化が促進され、その風乾効果は処理回数増加に伴い大きくなった。しかしながら、易分解性Nの量とその発現様式は土壌によって異なることが示された。風乾処理6回後の風乾効果の量は、諫早、山大、大分の各土壌でそれぞれ乾土100g当たりNで21.4, 37.1, 71.7 mgを示し、原土の有機態Nに対するその割合はそれぞれ約15, 24, 17%を示した。

2) 土壌の風乾-湿潤処理がくり返される過程におけるアミノ酸態Nの無機化は比較的容易で、処理2回で無機化量がほぼ平衡になったが、アミノ糖態Nは無機化が遅く、処理4回でほぼ平衡になった。そして、無機化が促進される易分解性Nは、アミノ酸態およびアミノ糖態Nにその大部分があり、その寄与率は前者の方が量的には多かったが、無機化率でみれば後者の方が高かった。

謝 辞 本報告をまとめるにあたり、御助言をいただいた九州大学名誉教授原田登五郎博士に深甚なる謝意を

表す。また、土壌試料の採取に対し、御援助いただいた大分県宇佐農技センターならびに長崎県諫早農林センターに深謝する。

#### 文 献

- 1) 丸本卓哉・甲斐秀昭・吉田 堯・原田登五郎：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3報），土肥誌，45，332～340（1974）
- 2) 丸本卓哉・甲斐秀昭・吉田 堯・原田登五郎：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4報），土肥誌，45，395～402（1974）
- 3) 林 龍三：土壌の易分解性有機態窒素に関する研究，九州大学農学部農芸化学科肥料学研究室報告，第3号（1965）
- 4) 米林甲陽・久馬一剛・川口桂三郎：土壌腐植の形態別画分と易分解性有機物との関係，易分解性有機物の存在形態（その2），土肥誌，44，367～371（1973）
- 5) 河口定生・甲斐秀昭・原田登五郎：土壌のアミノ酸に関する研究（第3報），土肥要旨集，20，10（1974）
- 6) 石沢修一他：土壌養分分析法，p.171～176，養賢堂（1970）
- 7) 甲斐秀昭・原田登五郎：Devarda 合金を還元剤とする CONWAY の微量拡散分析法による硝酸態窒素の定量，九大農芸誌，26，61～66（1972）
- 8) BREMNER, J. M.: Organic Forms of Nitrogen. in Method of Soil Analysis, Part 2, ed. C. A. BLACK et al., p.1238～1255, American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Madison, USA (1965)
- 9) SILVA, J. A. and BREMNER, J. M.: Determination and Isotope-ratation Analysis of Different Forms of Nitrogen in Soils. (5) Fixed Ammonium. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 30, 587～594 (1966)