

## 土壌中におけるCDUの分解と無機化について (その2)

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	鈴木, 明夫 安原, 稔
巻/号	42巻5号
掲載ページ	p. 189-194
発行年月	1971年5月

# 土壤中における CDU の分解と無機化について (その2)\*

土壤有機態窒素へのとりこみとその再無機化

鈴木明夫\*\*・安原 稔\*\*

## 1. 緒 言

種々の緩効性窒素肥料が開発されてから数多くの試験研究結果が発表されてきた。そのなかで CDU(2-オキソ-4-メチル-6-ウレイドヘキサヒドロピリミジン) に関しては、その肥効<sup>1-3)</sup>、土壤中における挙動<sup>4)</sup>、微生物に対する影響<sup>5)</sup>、分解菌<sup>6,7)</sup>、植物に対する生理作用<sup>8)</sup> 化学的な加水分解<sup>9,10)</sup>、分解生成物<sup>9,11)</sup>、分析方法<sup>12)</sup> などについて詳細な研究がなされてきた。しかしながら、土壤中にその性質上、比較的多量かつ長期間存在すると考えられる緩効性窒素化合物と土壤有機態窒素との関連、すなわち緩効性窒素化合物より土壤有機態窒素へのとりこみと再無機化に関しては現在まで何らの研究もなされていない。著者らは既報<sup>4)</sup>において、CDUの土壤中での挙動をたんに無機化した NH<sub>4</sub>-N や NO<sub>3</sub>-N からのみ論議するだけではなく、分解(速度)という側面からも検討すべきであることを提唱し、種々の条件下で CDU の土壤中での挙動を検討した。そのなかで分解速度は無機化速度より常に大であり、とくに湛水状態下では(分解-無機化)%は分解%および無機化%に対して大きな割合を占めることを示した。

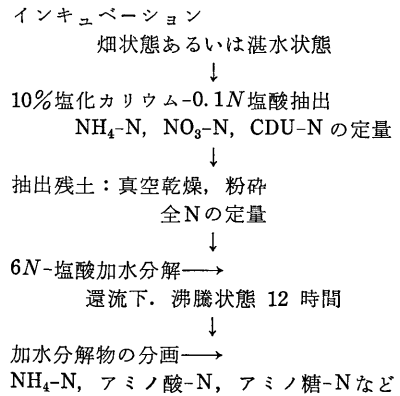
そこで本報では、重窒素で標識した CDU を用いてこの分解量と無機化量との差の追跡を中心にして CDU-N から土壤有機態窒素へのとりこみ、また CDU と硫酸アンモニウムなどとのとりこみの様相の違い、および再無機化などについて検討を行なった。その結果について報告する。

## 2. 実験材料および方法

供試土壤は、神奈川土壤、富山土壤(以上沖積土壤)、三浦土壤、天城土壤(以上黒色火山灰土壤)などを用いた。土壤の性質は第1表に示した。これらの土壤に標識した CDU (以下 <sup>15</sup>N-CDU と略記する) を添加し、通常のびん培養法により実験を行なった。畑状態では最大容水量の 60~70%、湛水状態では表面水が 1cm の深さになるように水を添加し、温度はすべて 30°C として静置し

第1表 供試土壤の性質

土壤	特 徴	pH (H <sub>2</sub> O)	全窒素 (%)	全炭素 (%)	C/N
神奈川	沖 積(水田耕土)	5.6	0.25	2.9	12.0
富 山	沖 積(水田耕土)	5.6	0.10	1.2	12.0
三 浦	黒色火山灰(畑地耕土)	6.1	0.34	5.4	16.1
天 城	黒色火山灰(畑地耕土)	5.9	0.53	6.7	12.6



第1図 実験方法

た。なお通気性をもち水蒸気を通さないポリプロピレンフィルム<sup>4,13)</sup>を用いて容器の口をおおった。一定期間の後、第1図に示す方法にしたがって分析を行なった。第1図における CDU-N の定量はパラジメチルアミノベンズアルデヒド(以下 PDAB と略記する)法<sup>12,4)</sup>によった。またここでは塩化カリウム-塩酸抽出残土の全窒素をもって土壤有機態窒素とみなした。供試した <sup>15</sup>N-CDU は、<sup>15</sup>N-尿素とクロトンアルデヒドから合成した微粉末精製品(T-N: 32%)を用いた。<sup>15</sup>N の存在比測定は、大部分は微酸性硫酸アンモニウムの形態にしたのち、理化学研究所に依頼したが、一部は最近開発された発光分光分析法<sup>14,15)</sup>によった。なお以下の実験はすべて一区2連で行ない、結果はその平均値で示した。

## 3. 分解量と無機化量の差について

### 3.1 畑状態における実験

CDU をインキュベーションした場合、分解量と無機化量との間に差があり、しかもこれがかなりの割合になっていることは、すでに指摘<sup>4)</sup>したが、この差に相当する窒素が系外に逃げていないならば、塩化カリウム-塩酸抽出残土に回収されるはずである(この抽出液中には PD

\* 緩効性肥料 CDU に関する研究(第5報)

本報告は昭和 44 年度土肥学会秋季臨時大会および昭和 45 年度土肥学会春季大会において発表した。

\*\* チッソ(株)中央研究所(横浜市金沢区釜利谷町2)

昭和 45 年 7 月 30 日受理

日本土壤肥科学雑誌 第 42 巻 第 5 号 p. 189~194 (1971)

第 3 表 6N 塩酸加水分解物の分画

	酸加水分解性 N										非加水分解性 N	
	N (mg)	<sup>15</sup> N 存在比 (%)	とりこみ N (mg)	NH <sub>4</sub> -N		アミノ糖態 N		アミノ酸態 N		未同定 N (mg)	N (mg)	<sup>15</sup> N 存在比 (%)
				N (mg)	<sup>15</sup> N 存在 比 (%)	N (mg)	<sup>15</sup> N 存在 比 (%)	N (mg)	<sup>15</sup> N 存在 比 (%)			
無窒素区	60.1	—	—	15.0	—	5.8	—	17.6	—	21.6	10.6	—
CDU区	64.1	0.934	3.1(88.5)**	16.8	1.15	6.4	(0.74)*	20.7	0.72	20.3	11.2	0.656
尿素区	62.7	0.806	2.9(78.3)	16.7	1.26	5.8	(1.06)	19.3	0.61	20.9	13.0	0.759

\* アミノ糖態Nのかわりこみの存在比は (アミノ糖+NH<sub>4</sub>)-N の <sup>15</sup>N 存在比

\*\* 土壤有機態Nから酸加水分解性Nにとりこまれた%

AB 発色物と無機態以外の形態の窒素は痕跡量であることを予備実験の結果確認した)。しかしながら、残土の全窒素値に対する (分解-無機化) 窒素の割合が比較的小さいこと、現在の土壤窒素の分析法ではこの割合を有意に判定するだけの精度が得られないことが予備実験の結果知られたため、<sup>15</sup>N-CDU を用いて以下の実験を行なった。このような場合、標識試料を用いることは見かけ上の窒素の増減のみならず、一義的にその行方が決定できるので、非常に有効な手段と考えられる。

実験条件：神奈川土壌 30g (乾土として、以下の実験でも同様である) に <sup>15</sup>N-CDU 100 mg (N 32 mg) を添加して畑状態で 2 週間インキュベーションした。対照には、<sup>15</sup>N-尿素を用いた。塩化カリウム-塩酸抽出液から PDAB 法<sup>4,12)</sup>により残存 CDU, CONWAY 法により無機態窒素を定量し、抽出残土は全窒素を測るとともに、6N 塩酸で還流下 12 時間加水分解を行ない、以下 BREMNER 法<sup>16)</sup>にしたがって分画分析を行ない、各フラクションの <sup>15</sup>N 存在比を測定した。

結果および考察：結果は第 2 表および第 3 表に示した。CDU 区においては、分解量と無機化量との間に明らかに差がみられる。尿素区において、かわりこみに示されている値は、塩化カリウム-塩酸抽出によって回収されなかった部分であり、本質的には CDU の分解量と無機化量との間の差と同様のものと考えられる。一方、抽出残土の全窒素および <sup>15</sup>N 存在比から計算したとりこみ窒素の値は、分解量と無機化量の差にほぼ相当していることより、この差に相当する CDU-N は土壤有機態窒素

にとり込まれたものと考えられる。なお、最近尾和ら<sup>11)</sup>は OMHP\* を添加した土壌から PDAB で発色しない 6-メチルジヒドロウラシルおよび β-ウレイド酪酸を分解生成物として検出しており、分解と無機化の差にこれらの化合物も関与しているのではないかと推定しているが、既報<sup>4)</sup>で述べたように CDU 添加土壌中における CDU と OMHP との分別定量を行なった結果、PDAB で定量されるものはほとんど CDU であり、OMHP の集積は認められなかったこと、さらに前述の塩化カリウム-塩酸抽出液中には PDAB 発色物および無機態以外の形態の窒素は痕跡であることなどより、この差に相当する CDU-N は土壤有機態窒素にとり込まれたものと考えられる。さらに土壤有機態窒素の一つの指標として用いられている分析法である 6N 塩酸加水分解法を試みたところ第 3 表に示すとおり、とり込まれた窒素の 80~90% が酸加水分解性窒素の区分にはいっていることが明らかとなった。しかしながら非加水分解性窒素の画分においても <sup>15</sup>N の存在は明らかに示されている。そこでこの画分をアルカリ性次亜臭素酸カリウムを用いて処理したところ、ほとんどの窒素は消失し、いわゆる fixed-NH<sub>4</sub> は痕跡であることが確認された。この非加水分解性窒素の本質については、現在なお未知の部分が多いが、最近、川口ら<sup>18)</sup>は湛水と風乾処理をくり返すことにより、この画分の窒素も有意な減少を示すことを報告しており、また浅見<sup>19)</sup>もインキュベーションによるこの画分の窒素の減少を報告している。この実験でも少量ではあるが、添加 CDU あるいは尿素から容易にこの画分にとり込まれることが認められたことにより、この非加水分解性窒素も比較的変動しやすい性質をもつことが推定され、この画分の窒素の土壤有機態窒素において占める役割についてさらに基礎的な研究が必要であることを示唆しているものと考えられる。一方、酸加水分解性窒素をさらに BREMNER 法により分画し、各画分について <sup>15</sup>N の存在比を測定した結果が第 2 表に示してあり、無窒素区に比べて CDU,

第 2 表 畑状態下の添加窒素の動向

	添加 N (mg)	分解 CDU- N (mg)	無機態 N (mg)	分解- 無機化 N (mg)	残土中 全 N (mg)	<sup>15</sup> N 存在比 (%)	とりこ み N (mg)
無窒素区	—	—	0.6	—	70.6	—	—
CDU区	32	23.9	20.6	3.9	75.3	0.908	3.5
尿素区	32	—	25.9	(6.7)	75.7	0.957	3.7

神奈川土壌(30g) 30℃, 2 週間, 使用<sup>15</sup>N存在比: 12%

とりこみN = 全窒素 ×  $\frac{\text{測定値}^{15}\text{N excess\%}}{\text{添加試料の}^{15}\text{N excess\%}}$

かわりこみの値は未回収N

\* CDU の加水分解生成物 2-オキソ-4-メチル-6-ヒドロキシヘキサヒドロピリミジン

尿素区とも、窒素量が増加していることは認められるが <sup>15</sup>N の配分された様子からは両区の間には顕著な違いは観察されなかった。

### 3.2 湛水状態における実験

〔実験-1〕 実験条件：三浦土壌 55 g に N として 70 mg に相当する CDU, 尿素, 硫酸アンモニウムを添加して湛水条件下で前項と同様な実験を行なった。

結果および考察：結果は第 4 表に示したが、畑状態と同じく湛水状態においても CDU-N より土壤有機態窒素へのとり込みが確認された。しかしとりこまれた窒素量よりさらに多くの窒素が未回収の部分として存在した。また尿素, 硫酸アンモニウム両区でも CDU 区とほぼ同程度のとり込みと未回収の部分が存在し, CDU と同様な現象が認められた。この添加窒素が未回収となる現象は畑状態でも長期間インキュベーションを行なった場合、あるいは試料を多量に添加した場合などにしばしば認められる一般的な現象であり、これらは系外への脱離現象（脱窒、揮散）などによるものと推定される。

#### 〔実験-2〕 硝酸化成抑制剤添加による実験

実験-1 において無機態窒素のなかに少量ではあるが、NO<sub>3</sub>-N が生成していることが認められたため、未回収窒素の一部は硝酸化成の結果生成する NO<sub>3</sub>-N が脱窒したものと考え、硝酸化成抑制剤を添加して実験を行なった。

実験条件：硝酸化成抑制剤としては著者らが開発した MQ<sup>20,21)</sup> (2-トリクロロメチルキノリン) を用いた。神奈川土壌 30 g に N として 32 mg の CDU および硫酸アンモニウムを添加した区と、さらにそれに MQ を 10 ppm になるように添加した区を設けた。

結果および考察：結果は第 5 表に示した。MQ 添加区では CDU, 硫酸アンモニウムとも無機態窒素の回収率が多くなり、(分解-無機化) の差は明らかに減少し、添加窒素の回収率はほぼ 100% という結果が得られた。この結果より、湛水状態における分解と無機化の差は土壤有機態窒素にとり込まれた部分と脱窒によって系外へ脱離した部分よりなることが明らかとなった。また、この湛水状態における 2 つの実験において CDU の分解速度が畑状態より遅いため CDU 区と硫酸アンモニウムあるいは尿素区の無機態窒素の存在量がいちじるしく異なり、硫酸アンモニウム、尿素区の無機態窒素が測定時において CDU 区に対して 5~7 倍にも達している。したがってインキュベーション期間中にはそれ以上の倍率で

第 4 表 湛水状態下の添加窒素の動向

	添加 N (mg)	分解 CDU-N (mg)	無機態 N (mg)	分解-無機化 (mg)	土壤有機態-N			未回収 N (mg)
					N (mg)	<sup>15</sup> N 存在比 (%)	とりこみ N (mg)	
無窒素区	—	—	1.2	—	175.0	—	—	—
CDU 区	70	21.4	8.0	14.6	183.2	0.503	4.5	10.1
尿素区	70	—	56.6	(14.6)	185.7	0.494	4.3	10.3
硫酸区	70	—	55.5	(15.7)	185.0	0.504	4.6	11.1

三浦土壌(55g) 30℃, 6週間, 使用<sup>15</sup>N存在比:6%

第 5 表 MQ (硝化抑制剤) の窒素回収率に及ぼす影響

	添加 N (mg)	分解 CDU-N (mg)	無機態 N (mg)	分解-無機化 (mg)	土壤有機態-N			N 回収率 (%)
					N (mg)	<sup>15</sup> N 存在比 (%)	とりこみ N (mg)	
無窒素区	—	—	0.8	—	62.0	—	—	—
CDU 区	32	9.8	6.0	4.6	63.8	0.842	2.6	93.7
CDU+MQ 区	32	9.0	8.2	1.6	64.4	0.746	2.1	101.6
硫酸区	32	—	28.0	4.8	63.1	0.842	2.6	93.1
硫酸+MQ 区	32	—	31.1	1.7	65.0	0.806	2.5	102.5

神奈川土壌(30g) 30℃, 4週間, 湛水状態, MQ 10ppm, 使用<sup>15</sup>N存在比 12%

経過していることになり、土壤中の窒素の代謝を調べるこのような実験の場合、たんに同一の添加窒素条件で比較することには問題があると考えられる。

## 4. CDU と硫酸アンモニウムの有機化の 패턴の相異

前章では、主として CDU の分解量と無機化量の差の追跡を中心として実験を行なった。そこでは、できるだけ分析精度を高め両者の差が顕著な状態で現われることが望ましかった。したがって供試土壌に対する窒素の添加量は、かなり高い値になっており、このようなびん培養実験では避けがたいことではあるが、実際の圃場条件下における施肥量とはかなりかけ離れた状態となっていた。また、前章で指摘したように CDU 区と尿素あるいは硫酸アンモニウム区との間に無機態窒素の存在量のアンバランスが起こるのも CDU, 尿素, 硫酸アンモニウムの添加量が多いためと考えられる。すなわち既報<sup>4)</sup>で示したように CDU は施用量を多くすると分解率(速度)および無機化率(速度)が低下するのに対し、尿素, 硫酸アンモニウムではただちに無機態窒素となってしまうためであると考えられる。そこで、これらの問題点を考慮して、<sup>15</sup>N 存在比の高い CDU および硫酸アンモニウムを用いて窒素の添加量を少なくして実験を行なった。

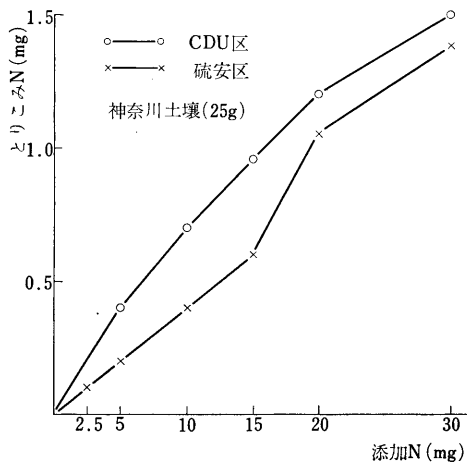
実験条件：まず神奈川, 天城, 富山土壌を用いて、これまでの添加量の半量 (16mgN) でインキュベーションを行なった。次に段階的に添加窒素量を 2.5~30mg の間で変化させて、土壤有機態窒素へのとり込みの 패턴を検討した。

第 6 表 種々の条件での土壤有機態窒素へのとり込みの様相

土壌	処 理	CDU	無機態	<sup>15</sup> N	とりこ	とりこ
		分解率 (%)	N (mg)	存在比 (%)	み N (mg)	み N/無機 N (%)
神奈川土壤 畑 状態 2 週間 (20)	対照区	—	0.7	—	—	—
	CDU 区	71.3	9.8	1.24	0.9	9.2
	硫酸区	—	17.0	0.94	0.6	3.6
天城土壤 畑 状態 2 週間 (20)	対照区	—	0.2	—	—	—
	CDU 区	37.2	5.3	0.63	1.7	32.1
	硫酸区	—	15.6	0.49	0.8	4.1
天城土壤 畑 状態 4 週間 (20)	対照区	—	1.5	—	—	—
	CDU 区	100	15.0	0.73	2.4	16.0
	硫酸区	—	17.1	0.50	0.9	5.0
天城土壤 湛水状態 4 週間 (20)	対照区	—	0.4	—	—	—
	CDU 区	32.5	5.4	0.74	2.6	48.1
	硫酸区	—	15.6	0.59	1.5	9.6
富山土壤 湛水状態 4 週間 (40)	対照区	—	0.1	—	—	—
	CDU 区	65.0	6.3	2.03	1.3	20.6
	硫酸区	—	14.7	1.09	0.6	4.1

16 mgN/25g 土壤 30°C

かつこ内：<sup>15</sup>N-化合物の<sup>15</sup>N存在比(%)



第 2 図 添加N量と土壤有機態NへのとりこみN量の関係

結果および考察：第 6 表に種々の土壤におけるとり込みの状態を示した。この結果は畑地、湛水いずれの場合においても、CDU 区の土壤有機態窒素の中の <sup>15</sup>N の存在比および土壤有機態窒素へのとり込み量は硫酸アンモニウム区に比べて明らかに高い値を示しており、これはこれまでの 30 mgN 以上の高い添加量 (第 2~5 表) においては観察されなかった現象である。また硫酸アンモニウム区と CDU 区との無機態窒素の存在割合も前章の 5~7 倍より 3 倍以下に低下した。そこで上記の現象をさらに明確にするため、窒素の添加量を段階的に変化させたときのとり込みをグラフに示したのが第 2 図である。この結果より、CDU、硫酸アンモニウム両区において

とり込み量は添加量の減少とともに減少するが、20 mgN 以下の添加量においては、硫酸アンモニウム区では急速に減少するのに対して、CDU 区では減少の割合がゆるやかであり、したがってとり込みの絶対量も CDU 区の方が硫酸アンモニウム区より明らかに大となることが確認された。このようなとり込みの差が生じた原因としては、有機化のパターンの違いが推定される。すなわち CDU では硫酸アンモニウムなどとは異なった過程によってとりこまれる窒素が多いことが推定される。なぜならば CDU-N → 無機態窒素 → 有機態窒素 となる過程を考えると、無機態窒素の多い硫酸アンモニウム区では、より多くの窒素がとり込まれるはずであるが、結果は CDU 区の方が多くなっているからである。またこのことは第 6 表の (とり込み窒素/無機態窒素) の値が CDU 区において硫酸アンモニウム区よりはるかに大きいことから推定される。したがって CDU-N が土壤有機態窒素にとり込まれる過程としては、硫酸アンモニウム、尿素と同様に一度無機化した窒素がとり込まれる過程のほかは CDU が土壤微生物により分解され、無機化に至るまでの過程でとり込まれる過程が存在することを示しているものと考えられる。

### 5. とり込まれた窒素の再無機化

これまでは、CDU-N の土壤有機態窒素へのとり込みという側面からの検討を行ってきた。ここではさらに、このようにして有機化されたものは、ふたたび無機化されるものであるか、あるいは一度有機化されたものは形態変換により、ますます強固な結合をして、容易には再無機化しにくいものになっているかどうかについて検討した。

実験条件：まずはじめに、<sup>15</sup>N-CDU および <sup>15</sup>N-硫酸アンモニウムより <sup>15</sup>N の有機化された土壤を調製するため、富山土壤 50g に CDU 100mg, 硫酸アンモニウム 150mg をそれぞれ添加して畑状態で 30°C, 2 週間インキュベーションを行なった。この土壤を塩化カリウム-塩酸で抽出し無機態窒素および CDU-N を除き、さらに純水で塩素イオンの反応がなくなるまで洗浄し、これを真空乾燥し、よくほぐして再無機化実験に供試した。以下の操作は BREMNER の Nitrogen Availability Index 法<sup>23)</sup>を一部改変して行なった。すなわち、石英砂 30g, 上記のごとく調製した土壤 15g, 新鮮土壤 5g をよく混合してインキュベーションした。2 週間後に 2M-塩化カリウム抽出液中の無機態窒素を定量し、かつそのなかの <sup>15</sup>N の検出を行なった。このほかに乾土処理をほどこした区を設けた。これは上記の通常処理に対してインキュベーションの際にポリプロピレンフィルムでふ

第 7 表 調製土壌の無機態および有機態窒素  
(mg/100g 土壌)

	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	N 合計	<sup>15</sup> N 土壌 有機態 N
無窒素区	0.34	0.65	0.99	—
CDU 区	0.58	0.59	1.16	2.42
硫酸区	0.55	0.47	1.02	1.98

第 8 表 <sup>15</sup>N の再無機化 (mg/100g 土壌)

	NH <sub>4</sub> -N	<sup>15</sup> N 存在比 (%)	NO <sub>3</sub> - N <sup>15</sup>	<sup>15</sup> N 存在比 (%)	N 合計
通常処理					
無窒素区	3.35	—	0.59	—	3.94
CDU 区	3.68	1.76	0.74	2.81	6.49
硫酸区	3.50	1.46	0.52	1.06	4.56
乾土処理					
CDU 区	3.55	4.07	0.57	2.58	6.13
硫酸区	3.56	2.81	0.59	1.16	4.72

富山土壌 30℃, 2 週間

たをすることなく 30℃ で 1 週間恒温器中に静置したのち、所定の水分として以下同様のインキュベーションを行なったものである。

結果および考察：第 8 表は再無機化インキュベーション後の無機態窒素、およびそのなかに含まれる <sup>15</sup>N の存在比を示した。なおこの表に示された値はすべてインキュベーション前の値(第 7 表)を差し引いたものである。NH<sub>4</sub>-N は CDU, 硫酸アンモニウム両区では無窒素区に比べて明らかに多く、NO<sub>3</sub>-N は通常処理の CDU 区を除きほぼ変わりなく、その結果が (NH<sub>4</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N) の合計に表われている。すなわち全般的に無機化量は CDU, 硫酸アンモニウム両区の方が無窒素区より高くなっている。一方、それぞれの無機態窒素のなかの <sup>15</sup>N 存在比をみると、かなり異なった様相を呈している。すなわち NH<sub>4</sub>-N では、通常処理で CDU 区と硫酸アンモニウム区を比較すると、わずかに CDU 区の方が高い値を示しているが、乾土処理では CDU 区の方が明らかに高い値を示している。NO<sub>3</sub>-N では両処理区を通じて CDU 区における <sup>15</sup>N の存在比が硫酸アンモニウム区に比べて 2 倍以上の高い値を示している。この結果より CDU と硫酸アンモニウムでは土壌有機態窒素へのとり込みのパターンのみならず再無機化のパターンも異なるものであることが推定される。NO<sub>3</sub>-N は再無機化した NH<sub>4</sub>-N の硝酸化成によるものであるから、CDU 区の NO<sub>3</sub>-N 中に <sup>15</sup>N 存在比が高いということは CDU-N からとり込まれた土壌有機態窒素のなかには硫酸アンモニウム-N のそれよりも、より容易に無機化する部分が存在することが推定され、さらに乾土処理により CDU 区の NH<sub>4</sub>-N 中に <sup>15</sup>N 存在比が高まるということは CDU-N よりとり込まれた土壌有機態窒素のなかには乾土処理の影響をより受けやすい部分が存在していることを示しているもの

と考えられる。したがって、CDU-N よりとり込まれた土壌有機態窒素は硫酸アンモニウムのそれよりも変化を受けやすく再無機化しやすい性質のものと推定される。しかしこれらの推定を確認するためには、さらに多くの検討が必要と思われる。

## 6. 総合考察

一般的に緩効性肥料の肥効発現過程においては固体状態(肥料粒)より土壌溶液中に溶解する過程と、溶解したのち無機化される過程とのふたつの過程に分けて考察することが実際の肥効上からは重要なことと考えられる。著者らは CDU をとりあげ、その肥効発現過程について検討を行なってきたが、上記の第一の過程では、すでに CDU の水に対する難溶性と粒度効果についてはしばしば指摘され、よく知られていることである。第二の過程では、CDU が水に溶解した状態においても、化学的、微生物的分解の速度が遅く緩効性を示すことはすでに指摘<sup>4)</sup>したが、緩効性発現の機作については数多くの報告、論議がなされてきている。既報<sup>4)</sup>でもこの点について論及したが、CDU の分解過程には化学的な加水分解の関与のあるなしにかかわらず土壌微生物による分解・無機化作用が重要な役割を占めていることは明らかであると考えられる。本報告では、さらにこの CDU の分解と無機化について <sup>15</sup>N トレーサー法で CDU-N より土壌有機態窒素へのとり込みと再無機化について検討し、CDU は硫酸アンモニウムや尿素と比較して、土壌微生物に対してたんなる窒素源としてだけではなく、より活性な物質であることが考えられた。なぜなら、土壌有機態窒素はいまだにその本質について未知な部分が多く残されているが、生成論的には主として土壌微生物作用に由来するものと考えられていること<sup>23)</sup>、たとえば易分解性有機物の共存により土壌有機態窒素へのとり込みの増加、また一方では、CDU およびその加水分解生成物 OMHP の土壌への施用は土壌微生物とくに細菌数の増加をもたらしたこと<sup>5)</sup>、さらには CDU および OMHP を唯一の炭素源として利用する土壌細菌の存在が知られていること<sup>5-7)</sup>、などを総合して考えてみると、前述のパターンの違いが CDU あるいは OMHP が土壌微生物に対して活性な有機物として利用され分解、無機化されることに基づくものと推定される。つぎに、既報<sup>4)</sup> および本報告で用いた手法、すなわち分解率(速度)と無機化率(速度)の測定およびその差に相当する窒素のゆくえについて、土壌有機態窒素へのとり込みと再無機化あるいは脱窒などによる系外への脱離といった側面より <sup>15</sup>N トレーサー法による追跡などは CDU のみならず一般の緩効性窒素肥料の肥効発現機作の研究においても重要なものと考えられる。

なぜなら、緩効性窒素肥料はその性質上、長期間さらに条件によっては多量に土壤中に存在するものであり、かつ必然的に窒素成分以外の成分（主として有機態炭素よりなる）を含有するものであって、長期間の実験期間中には土壤微生物との相互作用により無機態窒素以外の形態への変化も当然予想されるものであり見かけ上の無機化速度の測定のみでは緩効性窒素肥料の肥効発現機作について考察するには不十分な場合が存在するものと考えられるからである。

## 7. 要 約

土壤中における CDU の分解量と無機化量との間に差が存在することが知られたため、この差に相当する窒素の追跡を中心にして、CDU-N より土壤有機態窒素へのとり込みおよび再無機化などについて<sup>15</sup>N トレーサー法により、硫酸アンモニウムあるいは尿素を対照にして検討を行なった。

1) 畑状態では CDU の分解量と無機化量との差はほぼ土壤有機態窒素にとり込まれていることを確認した。

2) 湛水状態では、土壤有機態窒素にとり込まれた窒素のほかにも未回収の部分が存在し、硫酸アンモニウム、尿素においても同様の結果を得たので脱窒と推定し硝化抑制剤を添加して実験を行なった結果、100% の回収率を得た。したがって、湛水状態における分解量と無機化量との差は、土壤有機態窒素へとり込まれた窒素と脱窒によって系外に脱離した窒素よりなることが確認された。

3) CDU および硫酸アンモニウムの土壤への添加量を段階的に少なくしたところ、低添加量では硫酸アンモニウムからのとり込みは急速に減少するのに対して CDU では減少の割合がゆるやかであり、したがってとり込まれた窒素量は CDU 区の方が大となった。また存在する無機態窒素に対するとり込まれた窒素の割合は CDU 区の方が硫酸アンモニウム区よりはるかに大であった。その結果、CDU-N が土壤有機態窒素へとり込まれる過程としては、一度無機化された窒素がとり込まれる過程のほかに CDU が土壤微生物により分解され無機化に至るまでの間にとり込まれる過程が存在しているものと推定される。

4) とり込まれた窒素の再無機化に関して、CDU および硫酸アンモニウムで前処理した土壤を用いて比較検討した結果、再無機化窒素量では差がみられなかったが、そのなかの<sup>15</sup>N 存在比にはかなりの差がみられ、CDU 区において高く、とり込みのパターンのみならず再無機

化のパターンにも違いがあることが推定された。

以上の結果は CDU が土壤中で微生物により有機物としての代謝を受けることに基因するものと考えられる。

謝 辞 本研究の<sup>15</sup>N 存在比の測定の一部である発光分光分析法においては、東京大学農学部の熊沢喜久雄助教授はじめ植物栄養・肥科学研究室、機器分析室の皆様いろいろな御指導をいただいたことを厚く感謝します。また本研究を進めるにあたり、終始御指導、御鞭達くださり、校閲をいただいたチッソ旭肥料(株)肥料研究所所長潮田常三博士に厚く感謝する。

## 文 献

- 1) JUNG, J.: *Z. Pflanzenernaer. Dueng. Bodenk.*, 94, 39 (1961)
- 2) JUNG, J.: *Z. Pflanzenernaer. Dueng. Bodenk.*, 100, 115 (1961)
- 3) JUNG, J.: *Plant Soil*, 15, 284 (1961)
- 4) 安原 稔・猪居 武: 土肥誌, 41, 83 (1970)
- 5) 安原 稔・猪居 武: 土肥誌, 40, 78 (1969)
- 6) 安原 稔: 土肥誌, 41, 514 (1970)
- 7) 安原 稔: 土肥要旨集, 16, 131 (1970)
- 8) 安原 稔・猪居 武・潮田常三: 土肥要旨集, 13, 112 (1967)
- 9) 石橋博明・猪居 武・潮田常三: 土肥誌, 40, 260 (1969)
- 10) 石橋博明・潮田常三: 土肥要旨集, 16, 131 (1970)
- 11) 尾和尚人・鈴木 弘・三井進午: 土肥要旨集, 16, 132 (1970)
- 12) 山口益郎・永井 正・大嶋秀雄・長谷川博: 土肥要旨集, 13, Part 2, 37 (1967)
- 13) 桐村俊一郎: 高分子加工, 16(7), 9(1967)
- 14) KUMAZAWA, K. and GOLEB, J. A.: *Plant Cell Physiol.*, 10, 725 (1969)
- 15) 熊沢喜久雄: 化学と生物, 8, 246 (1970)
- 16) BREMNER, J. M.: C. A. BLACK ed. *Methods of Soil Analysis*, Part 2, p.1238, Am. Soc. Agron. Inc. Publ., Madison, Wisconsin. (1965)
- 17) BREMNER, J. M.: *Ibid.*, p.1224
- 18) 川口桂三郎・加藤忠司: 土肥要旨集, 14, 96 (1968)
- 19) 浅見輝男: 土肥要旨集, 15, Part 2, 13 (1969)
- 20) 安原 稔・庄司堅次郎・潮田常三: 土肥要旨集, 13, Part 2, 36 (1969)
- 21) 安原 稔・庄司堅次郎・潮田常三: 日特公, 昭 43-2735 (1968)
- 22) BREMNER, J. M.: C. A. BLACK ed. *Methods of Soil Analysis*, Part 2, p.1324, Am. Soc. Agron. Inc. Publ., Madison, Wisconsin. (1965)
- 23) BREMNER, J. M.: *Soil Biochemistry*, p. 23 Marcel Dekker, Inc., New York (1967)