

# 水田土壌の風乾処理とバイオマス窒素の無機化\*1

丸本卓哉\*2・安藤 豊\*3・和田源七\*4

キーワード 風乾, 乾土効果, 微生物バイオマス, クロロホルム燻蒸-抽出法 (FE法)

## 1. はじめに

乾土効果によって水稻に吸収される土壌窒素は、水稻に吸収される窒素の主要な給源であり、その重要性は古くから認められている<sup>1-3)</sup>。また、乾土効果によって無機化される窒素は、微生物菌体(微生物バイオマス)に大きく依存していることも明らかにされている<sup>4-6)</sup>。南北に長い我国では、土壌の風乾時期や期間が地域によって大きく異なっている。なかでも東北日本の積雪地帯では、春先の気象条件によっては土壌の風乾状態が大きく変動するため完全な風乾状態まで達しないことも多い。しかしながら、風乾が不十分でも土壌水分の減少に伴って、土壌有機態窒素の無機化が促進されることが知られている<sup>7)</sup>。

著者らは前報<sup>8)</sup>において、水田土壌の風乾期間と土壌有機態窒素の無機化量やその後の水稻による窒素吸収量について試験を実施し、風乾期間が長くなると、土壌有機態窒素の無機化量が増加し、水稻の窒素吸収量も増加すること、また風乾処理に伴う窒素無機化量の増加は、培養(30°C)の初期に顕著にみられることを報告した。

本報では、同じ東北地方の水田土壌を用いて、風乾処理期間の異なる水田土壌より無機化が促進された窒素と微生物バイオマス窒素との関係について調査した結果を報告する。

## 2. 試験方法

### 1) 供試水田土壌

供試土壌は1993年5月に圃場より採取し、実験に供した。土壌の理化学性は第1表に示した。飽海、高坂

は、沖積土壌、岩手、川渡は、火山灰土壌の多湿黒ボク土である。

### 2) 風乾処理

供試土壌を0, 1, 2, 4, 7日, 3, 5, 7週間、室温にて風乾処理した。風乾処理後の土壌水分含量の変化を第1図に示した。土壌水分は風乾1週目までに急減し、それ以降はあまり変化がなく、ほぼ一定となった。

### 3) 乾土効果による窒素の無機化促進量

風乾土10gを試験管にとり、湛水状態(30°C, 密栓培養)で培養した後、無機化した窒素を蒸留法<sup>9)</sup>で定量した。

### 4) クロロホルム燻蒸-抽出法 (FE法)<sup>10,11)</sup>による微生物バイオマスの定量

微生物バイオマス炭素及び窒素の測定は、BROOKESらのクロロホルム燻蒸-抽出法に準じて行った。

## 3. 結果および考察

### 1) 窒素無機化量の変化

風乾処理の異なる土壌を、再び湛水状態で培養した後の窒素無機化量に及ぼす風乾処理の影響を第2図に示した。各供試土壌とも、風乾処理と培養の期間が長くなれば、窒素の無機化量が増加する傾向を示した。風乾期間別にみると、0日と1日間風乾はほぼ同じ傾向を示し、2日間風乾では、岩手土壌を除いて窒素無機化量が著しく増加した。岩手土壌は他の3つの土壌とは異なり、0日から7週間風乾にかけて窒素無機化量が徐々に増加した。これは、岩手土壌の土壌水分含量が他の土壌より高かったことと関連があると思われる。風乾直後(培養期間:0日)は、各土壌とも風乾期間に関係なく、大きな変化はなかった。このことは、風乾によって微生物バイオマスが死滅しても、乾燥状態のままでは、バイオマス窒素はすぐには無機化されないことを示している。いずれの土壌も、湛水後の培養期間が増加するにつれて窒素無機化量が徐々に増加する傾向を示したが、飽海土壌は1週間から5週間の風乾で生じた急激な分解(フラッシュ)に大差はなく、7週間風乾で新たな窒素無機化促

\*1 本研究の成果は1995年4月の日本土壌肥科学会仙台大会(東北大学農学部)にて発表した。

\*2 山口大学農学部(753 山口市大字吉田1677-1)

\*3 山形大学農学部(997 鶴岡市若葉町1-23)

\*4 国際稲研究所(現在、日本工営株式会社 300-12 茨城県稲敷郡笠崎町高崎2034)

1996年7月19日受付・受理

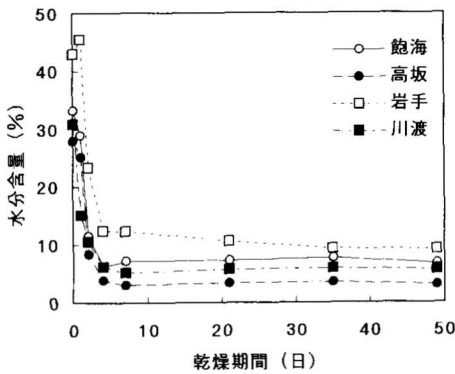
日本土壌肥科学雑誌 第6巻 第4号 p.376~380(1997)

第1表 供試土壌の理化学性

供試 土壌*	土性	粒形組成 (%)			主要 粘土鉱物**	pH		有機態炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N	CEC ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )
		砂	シルト	粘土		( $\text{H}_2\text{O}$ )	(KCl)				
飽海	LiC	34.7	30.0	35.7	Mt	5.2	4.9	2.48	0.185	13.1	26.3
高坂	SL	70.6	14.8	14.6	Kl	5.5	4.4	1.20	0.100	12.0	12.8
岩手	SC	59.1	3.6	37.4	Al	5.5	4.8	4.92	0.308	16.0	13.1
川渡	CL	55.0	20.2	24.8	Al-Ba	6.0	5.0	4.78	0.292	16.4	15.8

\* 飽海 (庄内地域農家水田), 高坂 (山形大学農学部附属農場水田), 岩手 (岩手県農業試験場水田), 川渡 (東北大学農学部附属農場水田).

\*\* Mt: モンモリロナイト, Kl: カオリナイト, Al: アロフェン, Al-Ba: アロフェン-パーミキュライト.

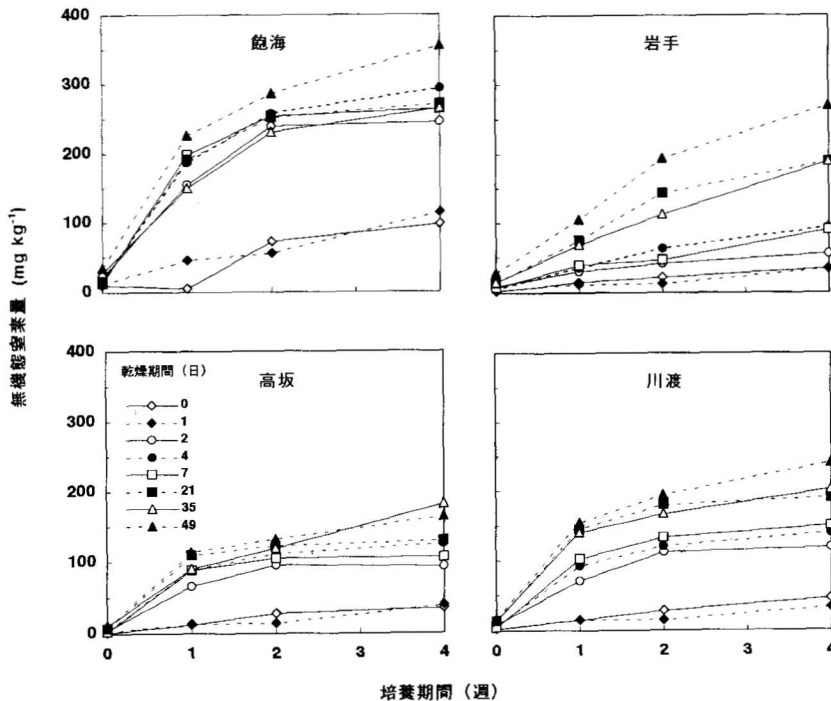


第1図 風乾処理後の土壌の水分含量の変化

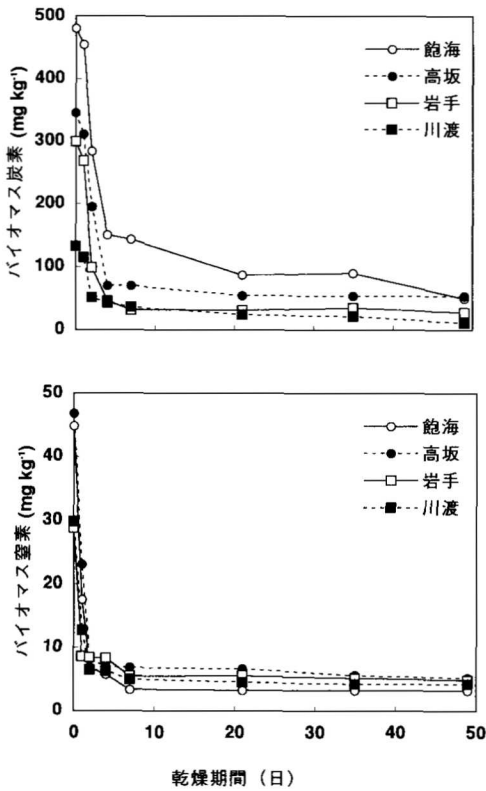
進が生じた。その理由についてはわからない。高坂、川渡の両土壌も、1週間の風乾でフラッシュが生じたが、その後は風乾期間の増加につれて、徐々に窒素無機化量が増加した。一方、岩手土壌は大きなフラッシュは認められず培養に伴って徐々に無機化量が増加した。これらの乾燥期間と無機化窒素量の増加は、風乾処理による土壌水分の減少と対照的な動きを示した。

## 2) 微生物バイオマス炭素および窒素の変化

第3図に風乾処理した土壌の微生物バイオマス炭素および窒素の変化を示した。風乾処理により、微生物バイオマス炭素および窒素は共に減少した。バイオマス窒素は風乾後2日目までに急激に減少し、その後風乾1週間



第2図 湛水後の土壌窒素無機化に及ぼす風乾処理の影響



第3図 バイオマス炭素、バイオマス窒素に及ぼす風乾処理の影響

目まで若干減少し続けた。それ以降はほとんど変化がみられなかった。バイオマス炭素は窒素の場合と若干異なり風乾1週間目までに急激に減少した。飽海土壌は風乾3週間目まで緩やかに減少し、その後わずかに減少したが、他の土壌はほとんど変化しなかった。風乾1～2週間におけるバイオマス炭素と窒素の定量値の傾向が異なる理由ははっきりしないが、バイオマス炭素に対するバイオマス窒素の抽出割合は、低い傾向にあった。

3) 風乾処理土壌中の0.5M硫酸カリウム可溶性有機態窒素および可溶性有機態炭素

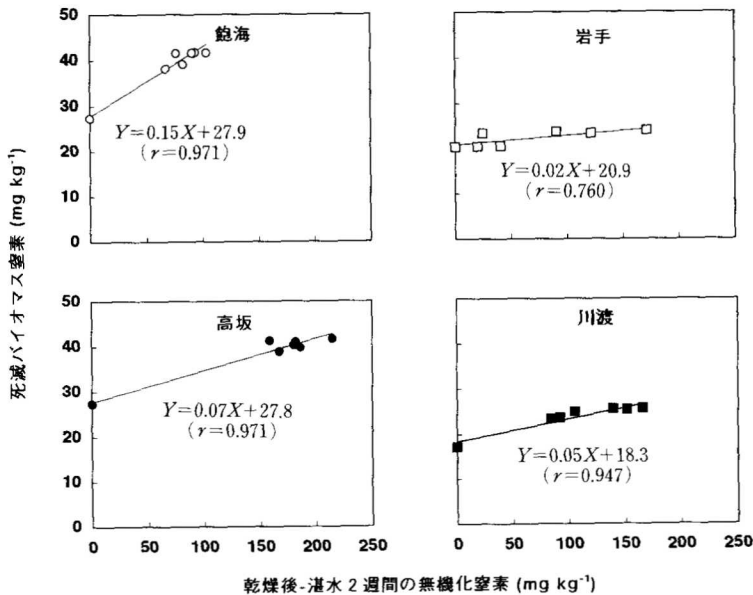
風乾処理土壌から、0.5M硫酸カリウムで抽出される全窒素より無機態窒素を引いた値を可溶性有機態窒素、抽出される全炭素を可溶性有機態炭素として求め、第2表に示した。可溶性窒素、炭素ともに風乾期間が長くなるにつれて増加する傾向を示した。風乾期間の増加につれて、土壌中の無機態窒素はわずかに増加したが、可溶性有機態窒素および炭素の増加率の方が、はるかに大きかった。つまり、風乾期間中に無機化される有機態窒素量はきわめて少ないが、風乾処理によって可溶化する有

第2表 風乾処理土壌のK<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>可溶性有機物中の窒素量、炭素量、そのC/N比

供試土壌	風乾期間 (日間)	有機態炭素 有機態窒素		C/N
		(mg kg <sup>-1</sup> )		
飽海	0	11.0	3.4	3.2
	1	31.0	5.3	6.2
	2	69.9	11.4	6.1
	4	113.9	22.9	5.0
	7	143.4	34.0	4.2
	21	137.9	33.4	4.1
	35	193.0	27.6	7.0
高坂	49	181.5	23.9	7.6
	0	16.8	6.7	2.5
	1	22.1	5.8	3.8
	2	24.4	11.9	2.1
	4	56.6	14.1	4.0
岩手	7	76.7	26.5	2.9
	21	80.5	23.3	3.5
	35	86.8	24.8	3.5
	49	94.2	22.7	4.1
	0	97.1	19.3	5.0
	1	137.6	17.3	8.0
	2	141.2	30.2	4.7
川渡	4	163.1	37.0	4.4
	7	172.7	41.2	3.0
	21	175.4	30.8	5.7
	35	224.3	51.7	4.3
	49	218.8	46.4	4.7
	0	53.4	10.7	5.0
	1	60.2	9.6	6.3
2	96.9	20.4	4.8	
	4	106.1	25.2	4.2
	7	126.2	39.6	3.2
	21	135.2	36.2	3.7
	35	158.0	42.2	3.7
	49	172.7	34.4	5.0

機物画分の増加することが明らかである。

水田土壌の易分解性有機物の給源は微生物菌体由来するものが主体であると報告<sup>3-6)</sup>されているが、本実験で得られた増加可溶性有機物のC/N比の平均値は飽海で5.4、高坂で3.3、岩手で5.0、川渡で4.5を示し、これらの値が糸状菌よりは細菌のC/N比に近いこと、また、水田土壌では細菌バイオマスが優勢であること、さらに、第3図で示した風乾処理土壌中のバイオマスの減少傾向からみて、増加可溶性有機物の主要な起源は、風乾処理中に死滅した微生物バイオマス、なかでも細菌バイオマスによるものと考えられる。この可溶性有機物画分は、風乾処理後に土壌を再び湛水状態に戻すと、次



第4図 風乾処理によって死滅したバイオマス窒素とその後の湛水2週間に無機化された窒素との関係

に述べるように約2週間でほとんど無機化されたものと思われる。

#### 4) 風乾処理によって死滅したバイオマス窒素とその後の湛水2週間に無機化された窒素との関係

第2図に示した窒素無機化量の変化から、風乾処理による窒素無機化促進効果は2週間はほぼ一定になったことがわかる。そこで、湛水後の培養2週間の窒素無機化促進量と第3図から計算した死滅バイオマス窒素量との関係をみた(第4図)。

両者間には、きわめて高い相関関係が認められた。湛水後2週間に無機化された窒素量は、死滅バイオマス窒素量の約2~5倍量を示した。つまり、風乾効果に対する死滅バイオマスの貢献割合は、飽海、高坂、岩手、川渡土壌でそれぞれ47.4、22.3、29.6、20.3%を示した。飽海を除く、3つの土壌で貢献度が低かった理由はわからないが、岩手と川渡については、火山灰土壌であること、高坂については、砂含量が70%と多いことに関係がある<sup>12)</sup>と推察される。

## 4. 要 約

東北地方の水田土壌の風乾処理によって無機化が促進される窒素と微生物バイオマス窒素の関係に関する実験を行い、以下の結果を得た。

1) いずれの水田土壌とも、風乾処理とそれに続く湛水培養期間に無機化される窒素量は増加する傾向を示し

た。窒素無機化量は風乾期間別にみると、風乾1週間と2週間の無機化量の差が大きかった。また、培養2週間で窒素の無機化量はほぼピークに達した。

2) 風乾に伴ってバイオマス炭素、窒素ともに急激に減少したが、バイオマス窒素と炭素の減少パターンは若干異なる傾向を示した。バイオマス窒素の減少率は、3日間風乾で約28%、1週間風乾で約76%、2週間風乾で約82%であった。

3) 風乾処理の過程で土壌中に増加した可溶性有機物は、風乾中に死滅した細菌バイオマスに由来することが示唆された。

4) 風乾処理によって死滅したバイオマス窒素とその後の湛水2週間に無機化された窒素の間にはきわめて高い相関が認められたが、風乾後の湛水土壌から無機化される全窒素量は死滅バイオマス窒素量の2~5倍量に達することが示され、乾土効果に対するバイオマスの窒素の寄与率は約20~48%の範囲であり、畑土壌でいわれている45~50%<sup>13)</sup>に比べて低いことが示された。

## 文 献

- 1) 塩入松三郎・青峰重範：休閒期に於ける水田土壌乾燥の効果に就いて，農林省農事試験場臨時報告，p.1~30 (1940)
- 2) 青峰重範：暗渠排水と乾土効果，河出書房，東京 (1949)
- 3) 原田登五郎：水田土壌の有機態窒素の無機化とその機構に関する研究，農技研報，B 9, 123~199 (1959)
- 4) MARUMOTO, T., KAI, H., YOSHIDA, T. and HARADA, T.:

- Drying effect on mineralizations of microbial cells and their cell walls in soil and contribution of microbial cell walls as a source of decomposable soil organic matter due to drying. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **23**, 9~19 (1977)
- 5) MARUMOTO, T.: Mineralization of C and N from microbial biomass in paddy soil. *Plant Soil*, **76**, 165~173 (1984)
  - 6) MARUMOTO, T. and HIGASHI, T.: Characteristics of readily decomposable organic matter in soil, *Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture (SEFMIA)*, The Society of the Science of Soil and Manure, Japan, p. 303~314 (1977)
  - 7) 島山和伸・関谷信一郎・宮森康雄: 灌水前の土壤乾燥が土壤窒素の無機化量に及ぼす影響の定量的把握, *土肥誌*, **59**, 531~537 (1988)
  - 8) 安藤 豊・丸本卓哉・和田源七・中村 勤: 乾燥期間が土壤有機態窒素の無機化, 水稻の窒素吸収に及ぼす影響について, 同上, **66**, 499~505 (1995)
  - 9) 土壤標準分析・測定法委員会編: 土壤標準分析・測定法, p. 118~121, 博友社, 東京 (1986)
  - 10) BROOKES, P. C., LANDMAN, A., PREUDEN, G. and JENKINSON, D. S.: Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen; A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.*, **17**, 837~842 (1985)
  - 11) VANCE, E. D., BROOKES, P. C. and JENKINSON, D. S.: A extraction method for measuring soil microbial biomass C. *ibid.*, **19**, 703~707 (1987)
  - 12) BROOKES, P. C., INUBUSHI, K., WU, J. and PATRA, D. D.: 土壤微生物バイオマスの性質, *土肥誌*, **62**, 79~83 (1991)
  - 13) MARUMOTO, T., ANDERSON, J. P. E. and DOMSCH, K. H.: Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, **14**, 469~475 (1982)

#### Air-Drying Treatment and Mineralization of Biomass Nitrogen in Paddy Soils

Takuya MARUMOTO, Hoh ANDOH\* and Genhichi WADA\*\*<sup>1</sup>  
(*Fac. Agric., Yamaguchi Univ.*, \**Fac. Agric., Yamagata Univ.*,  
\*\**Int. Rice Res. Inst., present address*; <sup>1</sup>*Nihon Kohei Co.*)

The relationship between the nitrogen mineralized after the air-drying treatment of paddy soils and microbial biomass nitrogen was investigated.

The amount of nitrogen mineralized after air-drying and water-logging treatment increased throughout the air-drying period and reached the maximum level of two weeks of incubation. The amount of microbial biomass decreased during air-drying. The relationship between the nitrogen mineralized after two weeks of incubation following air-drying treatment and the biomass nitrogen in paddy soils was significantly high. The contribution of biomass nitrogen to total mineralized nitrogen was about 20-48% in paddy soils and lower than that in upland soils (45-50%).

*Key words* air-drying, chloroform fumigation-extraction method, drying effect, microbial biomass

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **68**, 376-380, 1997)