

# ‘ぼかし肥料’の原料の違いが窒素無機化及びアンモニアガス発生に及ぼす影響

荒木雅登・井上恵子<sup>1)</sup>・山本富三  
(生産環境研究所)

ぼかし肥料施用時の作物に対するガス障害防止を目的として、菜種油粕、魚粕、米ぬか及び土を原料として混合割合を変えて作製した‘ぼかし肥料’の窒素無機化量、アンモニアガス発生量及びキクに対するガス障害発生程度について検討した。

菜種油粕と魚粕のみで作製したぼかし肥料は培養直後からの急激なアンモニア化のために pH が上昇し、供試したぼかし肥料の中で培養 12 週目までのアンモニアガス発生量が最も多かった。一方、この 2 種の有機質資材に米ぬかを混合したぼかし肥料では米ぬかの C/N 比が高いことから見かけ上の窒素無機化が緩慢であるため、米ぬかの混合割合が高まるのに対応してアンモニアガス発生量が減少した。また、米ぬかでなく土を 2 種の有機質資材に混合して作製したぼかし肥料では、pH の上昇が緩やかとなり、米ぬかを混合したぼかし肥料よりもさらにアンモニアガス発生が抑制された。

キクに対するアンモニアガス障害発生程度は、室内実験の結果に準じ、菜種油粕と魚粕のみで作製したぼかし肥料に対して、米ぬかまたは土を混合することでガス障害の発生は大きく軽減された。

[キーワード：有機質肥料，アンモニアガス障害，窒素無機化，ぼかし肥料]

Influence of Varying Compositions of the Materials in ‘Bokashi’ Fertilizer on the Nitrogen Mineralization and Volatilization of Ammonia Gas. ARAKI Masato, Keiko INOUE and Tomizou YAMAMOTO (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka, 818 - 8549 Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Rec. Cent.* 20 : 31 - 36 (2001)

Research was conducted on the amount of mineralized nitrogen, volatilized ammonia gas and the extent of gas damage for chrysanthemum on light culture by applying Bokashi fertilizers whose composition of the materials - rapeseed meal, fish meal, rice bran and soil - were differentiated, for the purpose of preventing upland crops from injury by gas. Bokashi fertilizers that were composed only of rapeseed meal and fish meal volatilized the largest amount of ammonia gas within 12 weeks of incubation. It was due to the increase of pH, resulting from active ammonification that had begun immediately after the beginning of incubation. However, since the ammonification rate of organic nitrogen in rice bran was lower than in rapeseed meal and fish meal, the Bokashi mixed with rice bran volatilized ammonia gas less than that composed only of other materials. Furthermore, the Bokashi composed of rapeseed meal, fish meal and soil volatilized the least ammonia gas of any other Bokashi since the lowest rate of ammonification in this Bokashi prevented pH from increasing suddenly. Therefore, in order to prevent the Bokashi from volatilizing ammonia gas, mixing the rapeseed meal and fish meal with soil was found to be more effective than with rice bran. In cultivation experiment, it was determined that the Bokashi fertilizer composed of rapeseed meal and fish meal with rice bran or soil was found to bring about less gas damage to chrysanthemum on light culture than that composed only of rapeseed meal and fish meal.

[Key words : organic fertilizer, ammonia gas damage, nitrogen mineralization, Bokashi fertilizer]

## 結 言

ぼかし肥料は複数の有機質資材や土等を混合して発酵させた肥料のこと<sup>3)</sup>で、作物に生育障害を与えることなく安全に使用できることや肥効が長期間にわたって持続する等の理由により、一部の農家で利用されてきた。近年、化学肥料の使用を控え、有機質肥料を主体として栽培した農産物への注目が集まる中で、使い易さの面からぼかし肥料への関心が高まっている。しかし、ぼかし肥料の原料や製造法についてはマニュアル化されておらず、農家の経験によって作製されているのが現状であり、有機栽培農家の事例<sup>9)</sup>も多岐に渡っている。

一般的に、ぼかし肥料は菜種油粕や魚粕等の有機質肥

料よりも肥効発現が緩やかであり、作物の窒素養分要求に対応した供給力に優れている。しかし、この肥効発現について検討された例は極めて少ない。郡司掛ら<sup>5,6)</sup>は、市販品のぼかし肥料についての窒素分解特性を菜種油粕等の有機質肥料や家畜ふん堆肥と比較検討しているが、原料の違いを比較したものではない。

有機質肥料を利用した場合、急激な窒素の無機化及び硝酸化による pH の変化に伴い、アンモニアガスや亜硝酸ガス等が発生し、特にトンネルやハウス等の密閉条件下でこれらのガス障害が発生することがある<sup>14)</sup>。ぼかし肥料については、肥効発現が緩やかであるため、ガス障害発生の危険性は小さいとされている<sup>11)</sup>が、その一方で複数の有機質資材を混合したぼかし肥料でもガス障害の発生が報告されている<sup>9)</sup>。これは、混合する有機質資材の種類で窒素分解特性が異なることに起因すると考え

られる。

そこで、ほかし肥料の原料の種類と窒素無機化量及びガス発生量との関係、さらにほかし肥料の利用事例が見られるキクを供試して、ガス障害発生程度との関係について検討したので報告する。

### 試験方法

#### 1 ほかし肥料の作製

菜種油粕、魚粕、米ぬか及び土(砂壤土)を原料として第1表に示す割合で混合し、水分40%として発泡スチロール製容器に移し、3~5日毎に切り返しを行いながら4週間発酵させた。なお、15日目に水分を再調整して40%とし、発酵後は水分20%程度になるまで乾燥させた。

第1表 供試したほかし肥料の原料の成分含量と配合割合

原料名	成分含量				各ほかし肥料の配合割合(重量比)				
	水分 %	全窒素 乾物%	全炭素 乾物%	C/N比	ほかし1	ほかし2	ほかし3	ほかし4	ほかし5
菜種油粕	12.7	5.83	43.3	7.4	1	1	1	1	1
魚粕	9.1	8.45	38.0	4.5	1	1	1	1	1
米ぬか	14.7	1.74	44.0	25.2	0	1	2	0	1
土	-	-	-	-	0	0	0	1	1

#### 2 室内実験におけるほかし肥料の窒素無機化量とガス発生量

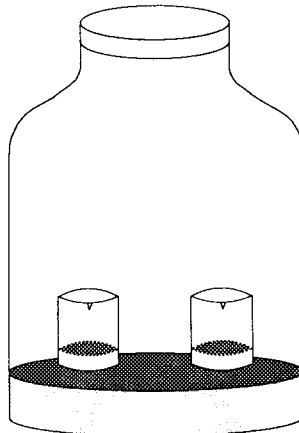
(1) 窒素無機化量：窒素成分で100mg相当量のほかし肥料を100gの風乾土壌と混合し、ノイパウエルポット(φ108mm×65mm)に入れて、最大容量の50%となるよう水を加えた。パラフィルムでポットの上面を覆い、25℃の定温室に静置し、1~2週間毎に取り出して乾燥させず生のまま2.5倍量の純水を加え振とう後、pHを測定した。pH測定後、塩化カリウムの濃度が10%となるよう塩化カリウム水溶液を加えて振とう、ろ過した後、アンモニア態窒素及び硝酸態窒素を水蒸気蒸留法により測定した。また、これと別に100mlポリ容器に40gの土壌と第1表に示す割合に準じて混合したほかし肥料を入れ、水を加えて同条件にて処理し、生成した亜硝酸態窒素をGriess-Ilosvay法<sup>4)</sup>により測定した。なお、比較のため菜種油粕と魚粕を1:1で混合した未発酵の有機質肥料(菜種・魚粕)、米ぬか及び肥料無施用土壌についても同様の処理を行った(第2表)。

第2表 室内実験及び電照キクポット試験における試験区の構成と発酵後におけるほかし肥料のpHと成分含量

試験区名	原料と発酵の有無 又は肥料名 (菜種油粕:魚粕:米ぬか:土)	室内実験	電照 キク 試験	4週間発酵後		
				水分 %	全窒素 乾物%	pH (H <sub>2</sub> O)
1 ほかし1	発酵 (1:1:0:0)	○	○	22.9	8.23	8.1
2 ほかし2	発酵 (1:1:1:0)	○	×	22.6	7.06	7.6
3 ほかし3	発酵 (1:1:2:0)	○	○	22.2	6.31	7.2
4 ほかし4	発酵 (1:1:0:1)	○	○	15.2	3.75	8.6
5 ほかし5	発酵 (1:1:1:1)	○	×	16.6	4.75	8.0
6 菜種・魚粕	未発酵 (1:1:0:0)	○	○	-	-	-
7 米ぬか	未発酵 (0:0:1:0)	○	×	-	-	-
8 48化成	尿素入り硫加りん安48号	×	○	-	-	-
9 無施用	-	○	×	-	-	-

注) 供試区を○、非供試区を×で示す。

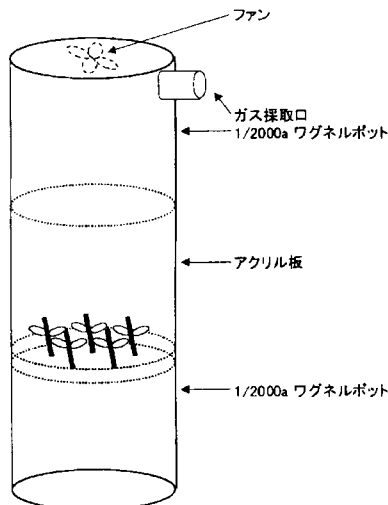
(2) ガス発生量：窒素成分で200mg相当量のほかし肥料を200gの風乾土壌と混合し、ガラスびん(φ87mm×150mm)に入れて、最大容量の50%となるよう水を加えた後、第1図に示すようにガス捕集液(1N水酸化ナトリウム溶液及び1N硫酸)を入れたビーカをガラスびん内に静置し、びんを密封して25℃の定温室に静置した。1~2週間毎に各捕集液を回収し、Nessler法<sup>12)</sup>及びGriess-Ilosvay法<sup>4)</sup>によりアンモニア及び亜硝酸ガスの発生量を測定し、ほかし肥料を混合していない土壌のみのガス発生量を差し引いた値を肥料からの正味のガス発生量とした。



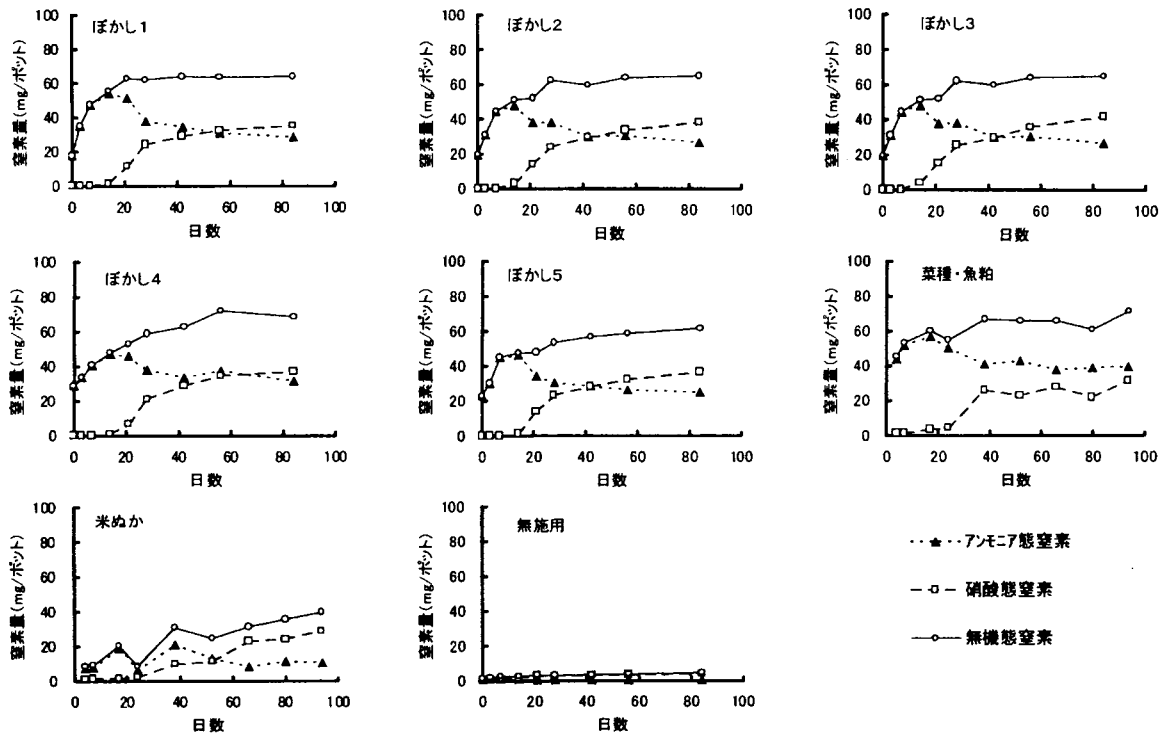
第1図 ガス発生量測定のための捕集液の静置状況

#### 3 ほかし肥料施用後におけるキクのガス障害発生程度とガス濃度

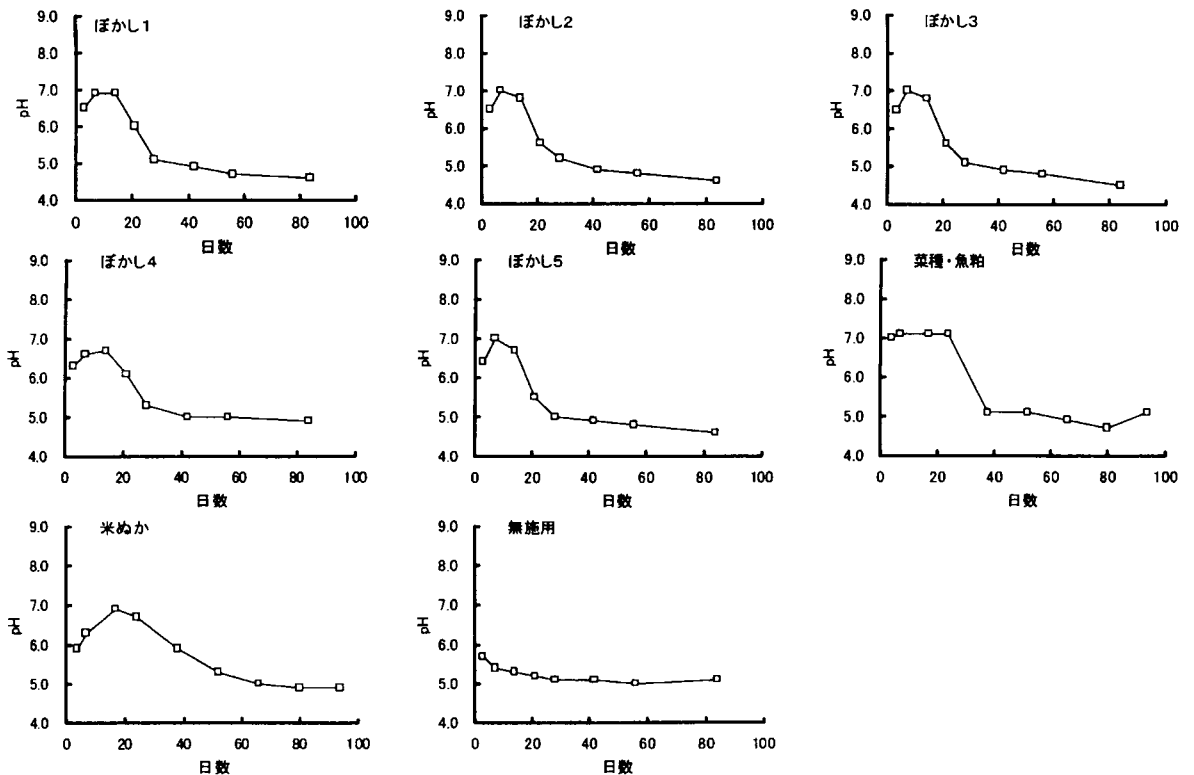
品種'秀芳の力'を供試し、1/2000aワグネルポットにポット当たり5株を1998年10月5日に定植した。10月20日に窒素成分で1g相当量の肥料(ほかし1, 3, 4, 菜種・魚粕, 尿素硫加りん安48号)を表層に施用した後、4~7日毎に第2図に示す簡易ガス採集器を上方のファンを旋回させながら2~3日間被せ、ガス検知管で採集器内のアンモニア及び亜硝酸ガス濃度を測定した。また、ガス濃度の測定に併せて、キクのガス障害発生葉(褐変葉)数を調査した。



第2図 簡易ガス採集器



第3図 各種肥料混合後の土壤中のアンモニア態及び硝酸態窒素量の推移  
 注) 無機態窒素はアンモニア態窒素と硝酸態窒素の合量。



第4図 各種肥料混合後の土壌のpHの推移

## 結 果

### 1 ぼかし肥料の窒素無機化量

各種肥料混合後における土壤中のアンモニア態窒素量及び硝酸態窒素量の推移を第3図に示した。ぼかし肥料間で比較すると、原料が菜種油粕と魚粕のみのぼかし1区は培養開始から21日目までは急速に窒素の無機化が進行したが、その後はほとんど無機化量の増加が見られなかった。また、21日目から28日目にかけてアンモニア態窒素が急激に減少した。これに対して、米ぬかを混合したぼかし2及び3区は米ぬかの混合割合が異なるものの、アンモニア及び無機態窒素量は類似した値で推移した。すなわち、7日目までは比較的急激な無機化が認められたが、その後無機態窒素は緩やかに増加し続けた。土を混合したぼかし4区は、培養開始直後から7日目までにかけての急激な窒素の無機化が見られず、他区と比較して培養期間中の無機化量の増加が最も緩やかであった。土と米ぬかを混合したぼかし5区は無機態窒素量及びアンモニア態窒素量の推移は、ぼかし2区とぼかし4区の間中間的なパターンを示した。

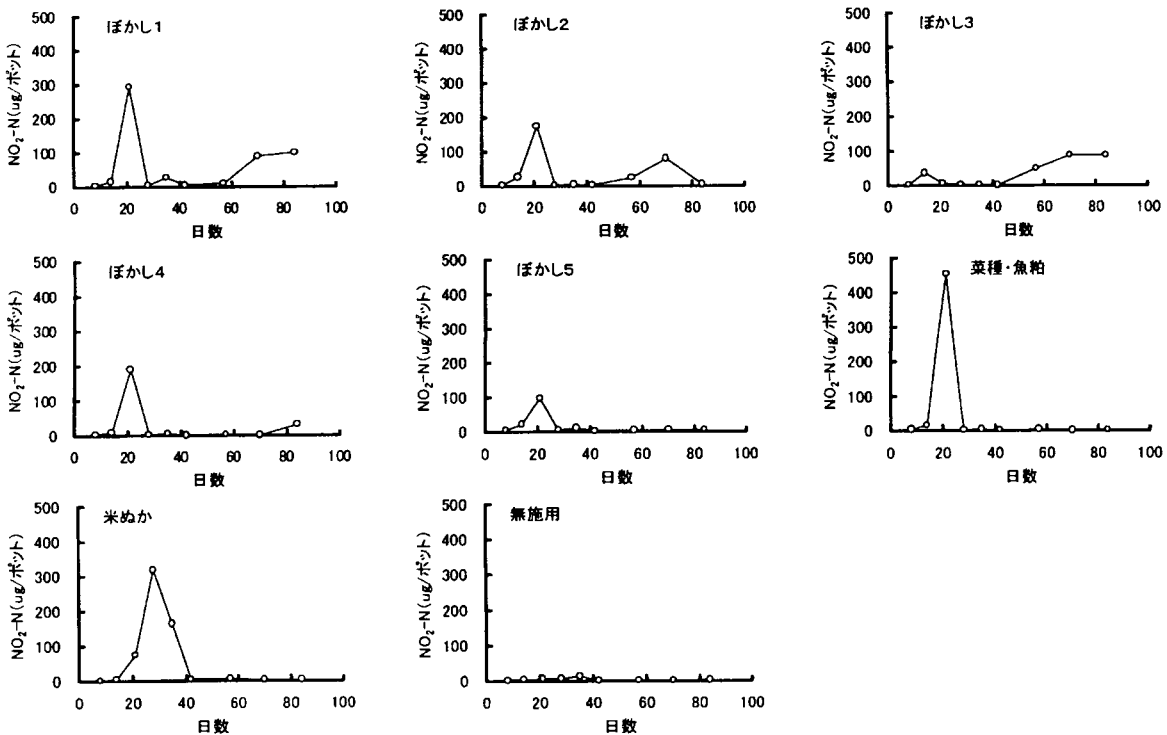
土壌のpHの推移を第4図に示した。各ぼかし肥料区は7～14日目に7.0前後までpHが上昇した後、硝酸態窒

が盛んになり始めた21日目に一時的に増大したが、その後は低下した。ぼかし肥料の中ではぼかし1区の亜硝酸態窒素量の増加が最も多かった。さらに、菜種・魚粕区はぼかし1区よりも亜硝酸態窒素の増加量が多かった。米ぬか区は他区に比べ亜硝酸態窒素量の増加が7日程度遅れていた。ぼかし1～4区ではわずかではあるが、57日目以降再び亜硝酸態窒素の増大が見られた。

### 2 ぼかし肥料混合土壌からのガス発生量

ぼかし肥料混合土壌からのアンモニアガス発生量(累積量)の推移を第6図に示した。84日目において、ぼかし肥料区のうち、ぼかし1区で最もガスの発生量が多かったが、菜種・魚粕区よりは若干少なかった。これに対して、米ぬかを混合したぼかし2及び3区は米ぬかの混合割合が高いほどアンモニアガスの発生量が少なかった。また土と混合したぼかし4区は、84日目ではぼかし1区の37%にまで抑えられた。米ぬか区はアンモニアガスの発生が35～42日目から盛んになり、ぼかし肥料区および菜種・魚粕区とは異なったパターンを示した。

ぼかし肥料施用土壌からの亜硝酸ガス発生量(累積量)の推移を第7図に示した。ぼかし1～5区及び菜種・魚粕区においては、施用土壌のpH5以下に低下した35



第5図 各種肥料混合後の土壌中の亜硝酸態窒素量の推移

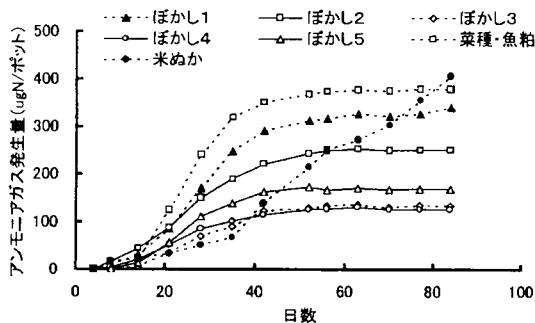
素量の増加に伴い、21日目以降はpHが著しく低下した。ぼかし肥料区の中では、ぼかし4区が比較的pHの変化が緩やかであった。菜種・魚粕区はぼかし肥料区に比べてpHの低下がやや遅れ、7.0前後の期間が長かった。

各種肥料混合後の土壌中亜硝酸態窒素量の推移を第5図に示した。各区とも無機態窒素量から見ると亜硝酸態窒素量はわずかであった。ぼかし1～5区では硝酸化成

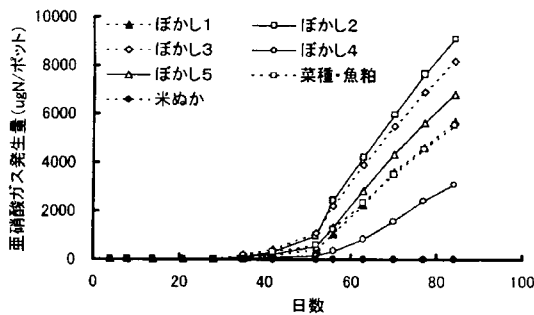
～42日目から急激に亜硝酸ガスが発生し、その後も発生し続けた。

### 3 キク栽培におけるぼかし肥料施用によるガス障害発生程度とガス濃度

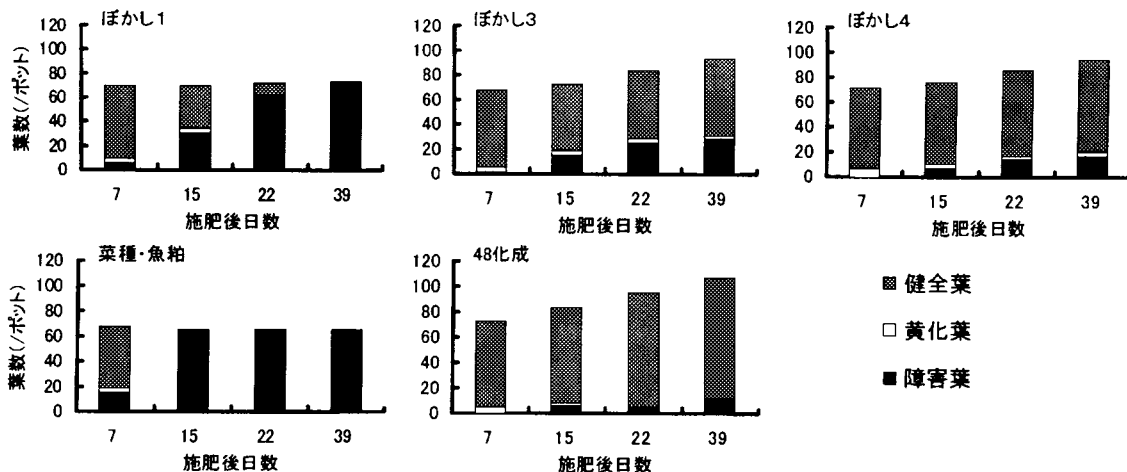
ぼかし肥料施用後におけるキクの障害葉の発生状況について第8図に示した。菜種・魚粕区及びぼかし1区においては15日目以降、急激に障害葉発生率が高まり、菜



第6図 各種肥料混合土壌からのアンモニアガス発生量(累積量)の推移



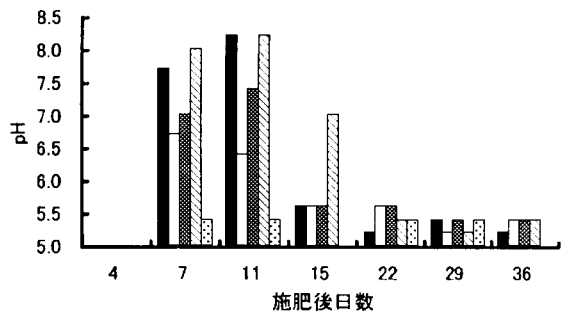
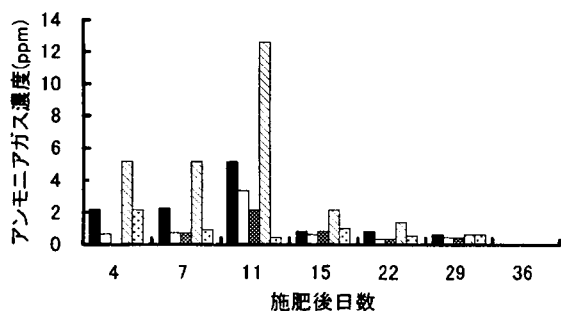
第7図 各種肥料混合後の土壌からの亜硝酸ガス発生量(累積量)の推移



第8図 キクに対するぼかし肥料施用による障害葉発生量の推移  
注) 褐色に変化した葉を障害葉とした。

種・魚粕区で15日目、ぼかし1区でも39日目にはすべて褐変し枯死した。これに対し、米ぬかを混合したぼかし

3区及び土を混合したぼかし4区は米ぬかや土を混合していないぼかし1区と比較すると障害が顕著に抑えられた。



第9図 簡易ガス採集器によるアンモニアガス濃度及び内壁付着水滴のpH

第9図に簡易ガス採集器に集められたアンモニアガスの濃度及び採集器の内壁についた水滴のpHを示した。障害葉発生率の高かったぼかし1区及び菜種・魚粕区の7～11日目において水滴のpHは7.5以上と高い値を示した。米ぬかを混合したぼかし3区及び土を混合したぼかし4区は、ぼかし1区に比べてアンモニアガス濃度が低く推移した。亜硝酸ガスは各区とも36日目までは全く検出されなかった。

### 考 察

本試験の結果から、ぼかし肥料の原料として菜種油粕及び魚粕に米ぬか又は土を混合することで、米ぬか又は土を混合しない場合に比べてアンモニアガス発生量が減少し、障害発生を軽減できることが明らかとなった。

まず、室内実験において原料の配合割合を変えて作製したぼかし肥料の窒素無機化パターン及びpHの推移を比較した。原料に米ぬかをを用いることにより、無機態窒素量の増加は長期間持続したが、これは米ぬかのC/N比が25.2と原料に用いた有機質資材のうち最も高いため、培養直後、見かけ上、窒素の有機化が起こっている<sup>8)</sup>と推察され、このため米ぬかの無機化が緩やかに進

行することが要因として考えられた。各ぼかし区で亜硝酸態窒素が21日目に一時的に増加したが、これは亜硝酸化成菌と硝酸化成菌とのpHの活性限界の差<sup>17)</sup>のため、3~14日目にかけて急激なアンモニア態窒素量の増加に伴うpHの上昇によって、亜硝酸が集積したと考えられた。さらに米ぬか区の亜硝酸態窒素量の増加が他の区と比べると7日遅れて28日目に見られたのは、米ぬかのC/N比が高いことから、窒素無機化が他肥料に比べて遅れて進行するため、アンモニア態窒素の集積に由来するpH上昇が遅れたためと考えられた。

次に室内実験でガス発生量について検討した。米ぬかを混合したぼかし2, 3区で、菜種油粕と魚粕のみのぼかし1区よりもアンモニアガス発生量が少なかったのは、培養開始直後において、米ぬかの高いC/N比のため窒素有機化が盛んになり、ぼかし1区に比べて土壌中のアンモニアの集積量が少なかったことに起因していると考えられた。

土を混合したぼかし4区は、ぼかし区中で最もアンモニアガス発生量が少なかったが、アンモニアの集積によるpH上昇が他ぼかし区に比べて、若干緩やかであったことが一因として考えられた。また、過磷酸石灰を尿素施用時に併用することやぼかし肥料作製時に過磷酸石灰を添加することでアンモニア揮散量を減じることができるとの報告がある<sup>210)</sup>が、これは遊離リン酸がアンモニアを吸着するためと論じられている。ぼかし4区の場合も土に含まれるカチオン交換基のためにアンモニウムイオンに対する吸着力が増したことが、アンモニアガスの発生量が少なかった要因の一つと考えられた。土壌中の亜硝酸態窒素量は、21日目に急激な増加が見られたのに対して、亜硝酸ガスの発生は認められなかったが、これはこの時の土壌のpHが高かったため<sup>7)</sup>と考えられた。

キクに対するぼかし肥料由来のガスによる障害発生程度を調べた栽培試験では、障害葉発生率の高かったぼかし1区及び菜種・魚粕区の7~11日目において水滴のpHが高かったこと、アンモニアガスが他の3区に比べて高い値で検出されていたことから、障害葉はアンモニアガスに起因していることが示唆された。また、ぼかし3, 4区及び48化成区においてもわずかに障害葉の発生も見られたが、これは簡易ガス採集器の容積が小さく、人為的に密閉状態となったため、実際のハウス内での発生率はずっと低く、問題にはならないと考えられた。

亜硝酸ガス障害の発生程度については検討していないが、室内実験において亜硝酸ガスは、硝酸化成に伴いpHが5以下に低下すると発生し始めた。しかし、実際の栽培条件下では作物による吸収が行われるため、硝酸の集積は室内実験の結果よりも少なく、亜硝酸ガスの発生も少ないと考えられる。したがって、施肥量が過剰と

ならなければ大量の亜硝酸ガスの発生はないと考えられるが、ぼかし肥料由来の亜硝酸ガスが作物へ及ぼす影響については、今後詳細な検討が必要である。

本試験の結果から、ぼかし肥料施用時のアンモニアガス障害の発生を防止するためには、ぼかし肥料の原料の1つに土を選択することが有効であることが示唆されたが、ぼかし肥料中の肥料成分含有率の低下が懸念される。より肥効特性の優れたぼかし肥料作製のためには、菜種油粕や魚粕のようなC/N比の低い有機質資材と米ぬかのようにC/N比の高い有機質資材を組み合わせることに留意する必要があると考えられた。

## 引用文献

- 1) 荒川左千代・小池要三(1945)満州土壌の硝酸化成作用特に亜硝酸の集積に就て(続報). 土肥誌 **16**: 507 - 508.
- 2) 有馬毅(1995)西南暖地における施設軟弱野菜の生態系活用型生産体系の確立. 農耕と園芸 **50**(8): 70 - 74.
- 3) 伊達昇・塩崎尚郎編(1997)肥料便覧 第5版. 東京: 農山漁村文化協会, p201 - 204.
- 4) 土壌養分測定法委員会編(1970)土壌養分分析法. 東京: 養賢堂, p195 - 197.
- 5) 郡司掛則昭(1995)ぼかし肥料の窒素分解特性とその施用法. 九農研 **57**: 78.
- 6) 郡司掛則昭・久保研一(1996)有機物の窒素分解特性と果菜類に対する効果の施用法. 熊本農研センター研報 **5**: 46 - 55.
- 7) 橋田茂和(1965)ビニールハウス栽培の土壌肥科学的問題点. 土肥誌 **36**: 274 - 283.
- 8) 広瀬春朗(1973)各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壌における無機化について. 土肥誌 **44**: 157 - 163.
- 9) 松崎敏英(1995)農業技術体系土壌施肥編6施肥の原理. 東京: 農山漁村文化協会, p129 - 130.
- 10) 三井進午・尾崎清・森山真明(1954)尿素のアンモニア化揮散に就いて. 土肥誌 **25**: 17 - 19.
- 11) 水口文夫(1995)農業技術体系土壌施肥編7肥料・資材利用の農家実例. 東京: 農山漁村文化協会, p1 - 4.
- 12) 日本分析化学会編(1971)分析化学便覧 改訂二版. 東京: 丸善, p191.
- 13) 農山漁村文化協会編(1989)ボカシ肥のつくり方使い方. 東京: 農山漁村文化協会, p75 - 130.
- 14) 嶋田永生(1984)植物栄養土壌肥料大事典. 東京: 養賢堂, p741 - 742.