

キャベツ栽培黒ボク畑において亜酸化窒素発生削減に有効な施肥法 Effective Fertilization for Reduction of Nitrous Oxide Emission from Upland Field of Ando Soil under Open Culture of Cabbage.

水上浩之・郡司掛則昭

Hiroyuki MIZUKAMI and Noriaki GUNJIKAKE

要 約

キャベツ栽培黒ボク畑圃場からの亜酸化窒素の発生状況と発生抑制技術について検討した。亜酸化窒素発生はキャベツ春作においては定植期に低い傾向にあるが、収穫直後は気温が比較的高く降水量が高いため増加した。これに対して、キャベツ秋作では基肥や追肥窒素施用後に亜酸化窒素の発生量が多くなった。

亜酸化窒素の発生抑制については、牛ふん堆肥を2t/10aと豚ふん堆肥を0.5t/10a組み合わせたブレンド堆肥の施用が収量を確保できるうえに亜酸化窒素の発生を抑制する効果が最も高かった。これはブレンド堆肥では作土中の無機態窒素含量が慣行施肥体系である化学肥料施肥に比べて生育期間を通して低い値で推移するためと考えられた。また、緩効性窒素肥料などの肥効調節型肥料の全量基肥施肥によって亜酸化窒素発生抑制効果がみられたが、マルチ資材の利用はガス発生抑制効果は認められなかった。さらに、キャベツ残渣を作土と攪拌することによって発生量が軽減されることが認められた。

以上の結果から、亜酸化窒素発生低減のための施肥法としては牛ふん堆肥および発酵豚ふんを用いるブレンド施用と肥効調節型肥料を全量基肥施肥することが有効であると結論された。

キーワード：亜酸化窒素、ブレンド堆肥、肥効調節型肥料、黒ボク土、キャベツ

I 緒言

安全・安心な農作物生産に対する消費者の関心が高まりをみせる中、農耕地への有機物や化学肥料の不適切な施用によって引き起こされる硝酸性窒素の地下水汚染や亜酸化窒素等温室効果ガスの動態解明と発生防止ならびに抑制技術の開発が強く求められている¹⁾。

本県においては、家畜ふん堆肥等有機物の適正管理に関する様々な試験研究を通じ、硝酸性窒素の動態評価や汚染防止技術の開発を行い、これらの研究成果を活用した環境保全型農業の推進を積極的に展開している²⁾。温室効果ガス発生についても早急な対応が迫られているが、本県において過去に実施した農耕地から発生する温室効果ガスに関する試験研究は平成3～6年度に全国規模で行われた土壌生成温室効果ガス動態調査である³⁾。この調査は水田からのメタンガスならびに畑地での亜酸化窒素ガスの発生消長を明らかにする目的で行われたもので、温室効果ガスに関する最初の基礎的データとして注目されたが、温室効果ガス発生に対する化学肥料の使用や堆肥等有機物施用などの土壌管理や施肥管理の影響あ

るいは温室効果ガス発生抑制技術について十分な検討は行われていない。

本研究の目的は、有機物が連続して投入される露地野菜畑土壌から発生する亜酸化窒素ガスの動態解明と効果的な発生抑制技術を開発することである。ここでは、化学肥料のみを施用した化学肥料区と牛ふん堆肥等堆肥施用区を継続的に調査し、そこから発生する亜酸化窒素の発生状況とその動態を明らかにするとともに、亜酸化窒素発生抑制のための肥効調節型肥料や農業用マルチ資材の使用の効果について検討した。

II 材料および方法

試験は熊本県農業研究センター内の畑圃場で行った。圃場の土壌条件は厚層多腐植質黒ボク土で、圃場の来歴は試験開始前までハクサイやキャベツなどの露地野菜が5年以上栽培され1作当たり2t/10aの牛ふん堆肥が施用されている。試験規模は無窒素区を除き1区40.8m²(6.0m×6.8m)の2連である。キャベツ品種は麗峰1号を用いた。耕種概要は表1に示すとおりである。

試験区は、化学肥料による基肥と追肥を組み合わせた慣行施肥体系と化学肥料窒素を施肥しない無窒素区を対照区として設定した。施肥量はキャベツに対する施肥基準 (kg/10a) N : P₂O₅ : K₂O=24 : 22 : 20とした。これに対する処理区として、牛ふん堆肥と発酵豚ふんをブレンド施用するブレンド堆肥区と緩効性窒素肥料や被覆尿素肥料など数種類の肥効調節型肥料を用いる全量基肥施肥区、マルチ栽培区を亜酸化窒素発生抑制効果に基づいてそれぞれ試験年次で変更しながら設定した。

すなわち、平成15年度は化学肥料施肥と無窒素区の対照区、ならびにブレンド堆肥区を設け、春作および秋作の年2作キャベツを栽培した。ブレンド堆肥区は露地野菜の連作体系において化学肥料を主体とする慣行施肥体系と同等以上の収量が確保できる技術として確立されている処理で、1作当たり牛ふん堆肥2t/10aと発酵豚ふん0.5t/10aの組合せ施用である⁴⁾。

平成16年および17年は春作、秋作各1回の年間2作の栽培を行った。試験区は平成15年度の3処理に加え、肥効調節型肥料全量基肥区およびマルチ区を設置した。肥効調節型肥料は緩効性窒素肥料(微生物分解型)を用い施肥基準窒素量に準じて施肥量を決定した。また、平成17年秋作では被覆尿素肥料および被覆磷硝安加里の肥効調節型肥料についても検討した。なお、リン酸および加里はそれぞれ苦土重焼リンおよび硫酸加里で施用した。マルチ区は生分解性マルチを用い、施肥は慣行施肥体系および肥効調節型肥料施肥の2処理を設けた。

さらに収穫後のキャベツ残渣が亜酸化窒素発生に及ぼす影響を評価するため、残渣鋤込み、耕耘およびマルチ

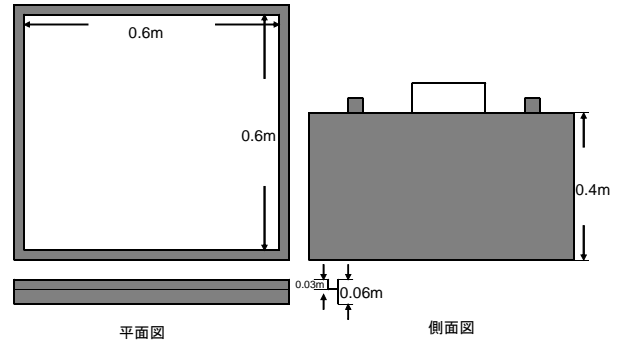


図1 亜酸化窒素ガスフラックス測定用チャンバー

の有無による残渣処理区を設定した。

亜酸化窒素発生量は図1に示すような塩化ビニル製特製チャンバーを施肥および畦立て作業直後に圃場内に設置し、1~2週間に1回の頻度でガスシリンジによって発生する亜酸化窒素ガスを採取した。採取は午前9時から11時の間に1処理につき3回行いその平均値を求めた。

亜酸化窒素の分析は不純物除去装置が付属したガスクロマトグラフ (Shimadzu GC-15A) ならびにSHINCARBON Tカラム(信和化工(株))を用い、カラム温度170℃、検出器温度320℃の条件でおこなった。

さらにガス測定時およびキャベツ収穫時に土壌を採取し、土壌の化学性を定法により測定した。

III 結果および考察

1) キャベツ生育と亜酸化窒素発生量の変動と発生要因
キャベツの生育は表2に示すとおり、春作ではいずれの試験区とも生育が悪く、収量が最も多かった化学肥料

表1 試験区の構成と耕種概要

試験年度	試験区	施肥法	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	牛ふん堆肥	発酵豚ふん	耕種概要			
								kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a
15	無窒素	分施	0	20	20	—	—	春作	3月24日	5月28日	株間40cm
	化学肥料	分施	24	20	20	—	—	秋作	8月29日	11月10日	条間40cm
	ブレンド堆肥	全量基肥	—	—	—	2000	500				
16	無窒素	分施	0	20	20	—	—	春作	3月24日	6月1日	株間40cm
	化学肥料	分施	24	20	20	—	—	秋作	9月3日	11月29日	条間40cm
	ブレンド堆肥	全量基肥	—	—	—	2000	500				
	緩効性窒素肥料	全量基肥	24	20	20	—	—				
	マルチ I	分施	24	20	20	—	—				
マルチ II (秋作)	全量基肥	24	20	20	—	—					
17	無窒素	分施	0	20	20	—	—	春作	3月31日	6月13日	株間40cm
	化学肥料	分施	24	20	20	—	—	秋作	9月1日	11月24日	条間40cm
	ブレンド堆肥	全量基肥	—	—	—	2000	500				
	緩効性窒素肥料	全量基肥	24	20	20	—	—				
	マルチ I (春作)	分施	24	20	20	—	—				
	マルチ II (春作)	全量基肥	24	20	20	—	—				
	被覆尿素 (秋作)	全量基肥	24	20	20	—	—				
被覆磷硝安 (秋作)	全量基肥	24	20	20	—	—					

注) マルチ I は速効性肥料、マルチ II は緩効性窒素肥料を使用した。また () は実施した作型を示す。

表2 キャベツ収量および収量比 (平成15年)

試験区	春 作		秋 作	
	収量 kg/10a	指数	収量 kg/10a	指数
無窒素	638	24	4068	84
化学肥料	2713	100	4835	100
ブレンド堆肥	1038	38	4288	89

区でさえ2700kg/10aと低収であった。無窒素区とブレンド堆肥区では化学肥料区の半分以下の収量であった。また、品質的にも全体的に悪く、ブレンド堆肥区は無窒素区とほぼ等しい結果となった。

秋作では春作と比べると、収量はいずれの試験区とも多かった。ブレンド堆肥区は化学肥料区より約11%の減収であった。

平成15年3月21日から12月18日における亜酸化窒素発生量は図2のとおりである。春作キャベツの生育期間中(3月24日～5月28日)では化学肥料施用区が、堆肥施用区および無窒素区よりも高い亜酸化窒素ガスの発生量で推移した。特に高い発生量は4月9日に認められた。これは4月1日～4日にかけて53mmの降雨があったためと考えられる。その後、収穫期まではほとんど発生は認められなかった。

非常に高い亜酸化窒素ガスの発生は収穫(5月28日)後の6月1日に観測された。これは収穫後キャベツの外葉残さを圃場内に還元し、トラクターで耕耘した直後の観測であったためと考えられる。しかし、その後秋作のキャベツ定植までの無作付期間(5月9日～8月28日)にはガス発生は低く推移した。秋作キャベツの生育期(8月29日～11月8日)のガス発生量は生育前期から中期の9月から10月前半にかけて、非常に降水量が少な

かったため、全体的にガスの発生量も低く推移した。生育後期になると追肥(10月17日)と降水量も増えたためガス発生量もやや増加する傾向が見られた。生育期全体を通してガス発生量は少なかったが、化学肥料区は比較的高く推移し、ブレンド堆肥区および無窒素区は低く推移した。収穫後の無作付期間に当たる11月21日に発生量が高かったが、これは11月14日に圃場の耕耘を行い、さらに前日の11月20日に20.5mmの相当量の降雨があったためと思われた。

農耕地土壌からの亜酸化窒素の生成過程には脱窒および硝化の2つのプロセスが関与し、どちらの過程が寄与するかは土壌水分、温度、施肥、有機物などの土壌環境によって影響されることが知られている⁵⁾。

脱窒は $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ の一連の嫌気呼吸である。硝化は $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ の硝化過程の副産物として発生する。したがって、ここで観察された基肥あるいは追肥直後に亜酸化窒素フラックスが増加した理由は上記のプロセスにおいて硝酸にしるアンモニアにしる基質となる窒素が供給されたためと考えられる。図3に示したように、土壌中の無機態窒素量も化学肥料施肥区が高く、堆肥施用あるいは無窒素栽培では低く推移することが明らかであり、この推定を支持している。さらに降雨直後に亜酸化窒素発生が急激に上昇する現象が生育期間だけでなく無作付期間においても認められるが、これは土壌が降雨によって脱窒が起こりやすい還元状態になる亜酸化窒素発生量が増加するためと考えられる。

耕耘も亜酸化窒素発生を助長することが認められる。亜酸化窒素発生量の測定は耕耘後3日から1週間後に実施しており、耕耘直後ではないが明らかな増加が認め

られている。試験圃場の土壌は有機物がすくぶる多い黒ボク土壌である上に、試験開始前間では年間4t/10a程度の牛ふん堆肥の連用を続けてきた来歴があることを考慮すれば、耕耘後の亜酸化窒素の増加は耕耘による物理的な刺激によって土壌中の異分解性有機物の分解が促進され、窒素が多く供給されるためと推察される。図3に示した無窒素栽培における土壌中無機態窒素含量は生育期間中は低い定植直後や収穫後はやや増加する傾向が認められることもこれを支持している。

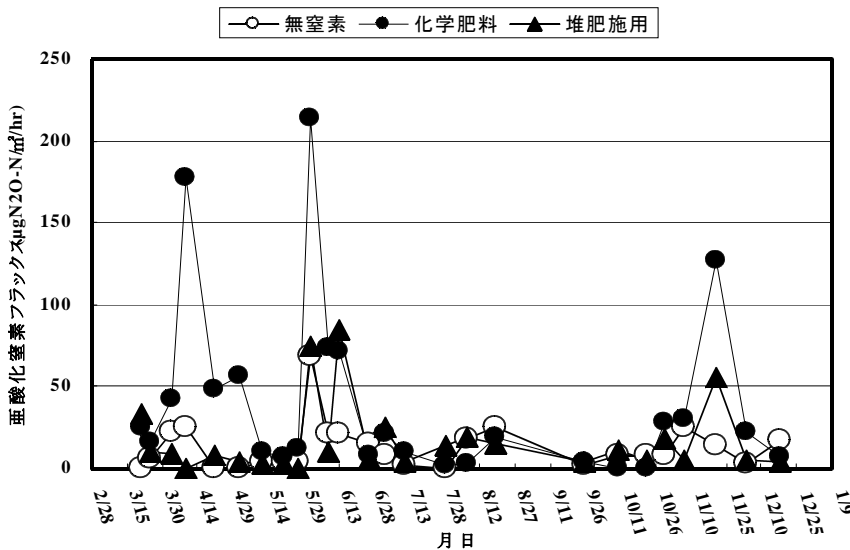


図2 平成15年の亜酸化窒素発生消長

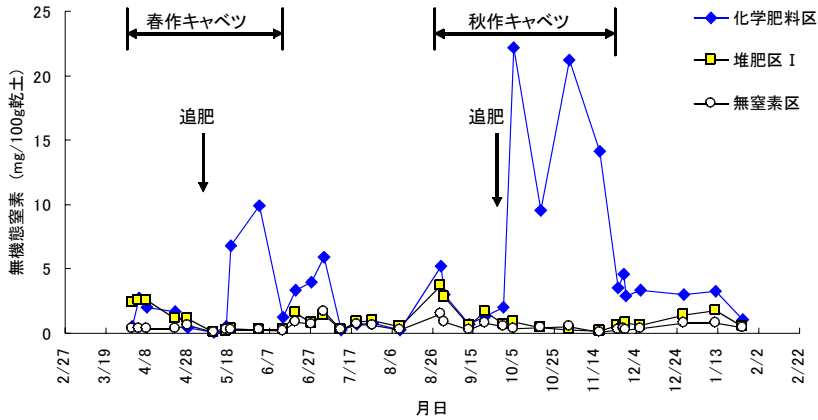


図3 土壤中無機態窒素量の推移(平成15年)

以上のように、キャベツ栽培が行われる黒ボク畑土壌から発生する亜酸化窒素は生育期間、無作付け期間を問わず発生するが、その程度は施肥、耕耘など人為的な要因と降雨など自然条件によって影響されることと推察される。

2) 施肥法の違いが亜酸化窒素発生量およびキャベツ収量に及ぼす影響 (平成16年)

春作キャベツの生育期間から収穫後までの亜酸化窒素発生の推移は図4に示すように、生育期間中(3月24日～6月1日)は肥料施用後の亜酸化窒素の高い発生は認められず、生育期間中はいずれの試験区も低い値で推移した。収穫後はすべての試験区でキャベツの外葉残さを圃場内に還元し、トラクターで耕耘した後6月9日に非常に高い亜酸化窒素の発生が観測された(化学肥料区(慣行区): 211 μg N20/m²/hr、ブレンド堆肥区: 83、緩効性窒素肥料区: 185、マルチ区: 301)。その後は秋作のキャベツ定植時までの無作付期間にはガス発生は低く推移した。春作キャベツの生育期間から無作付期間までの115日間の積算の発生量はマルチ区が最も高く109.7 mg/m²

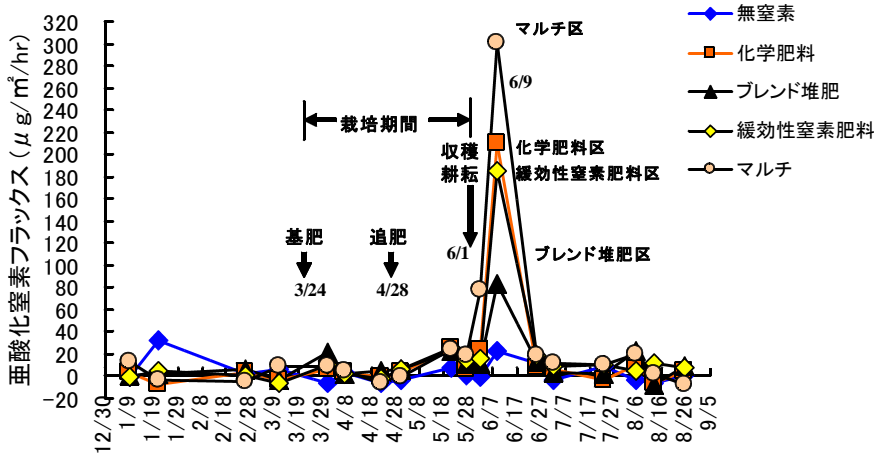


図4 春作キャベツの亜酸化窒素発生(平成16年)

(化学肥料区の141%)で、次いで緩効性窒素肥料区が87.2 mg/m²(化学肥料区の112%)であった。一方、牛ふん堆肥を2t/10a、豚ふん堆肥を0.5 t/10a併用したブレンド堆肥区は56 mg/m²で、化学肥料区に比べると72%と低かった。いずれの試験区も栽培期間中より収穫後の亜酸化窒素の発生が多い傾向がみられた。

秋作キャベツ栽培ではマルチ区に生分解性マルチを用い、肥効調節型肥料としてハイパーCDUを使用した。

また、春作ではマルチ区は収穫時に

マルチを剥いでキャベツ残さを圃場内に鋤込んだために亜酸化窒素の発生量が多かったと推測されたことから、秋作においては、マルチ区は収穫後もマルチを剥がずにキャベツ残さも鋤込まず、残したままの状態での亜酸化窒素の発生量を測定した。図5に示すように、栽培期間中(9月3日～11月29日)は基肥投入後の9月2日に化学肥料区から183 μg/m²/hrの高い亜酸化窒素の発生が認められたが、他の試験区からは発生はみられず、その後の生育期間中には亜酸化窒素の発生量は低く推移した。収穫後は、マルチ I、II 区以外はキャベツ残さを鋤込み、トラクターで耕耘した。耕耘直後に春作でみられたような亜酸化窒素の大きいピークは認められなかった。秋作キャベツの生育期間から収穫後、無作付期間(平成16年8月25日～平成17年1月13日)141日間の積算発生量は、化学肥料区が最も高く67 mg/m²、次いで緩効性窒素肥料区の39 mg/m²(化学肥料区に対して58%)で、以下マルチII区29 mg/m²(化学肥料区の43%)、マルチI区19 mg/m²(化学肥料区の28%)、ブレンド堆肥区17 mg/m²(化学肥料区の25%)であった。

以上の結果より、キャベツ栽培において化学肥料を24Nkg/10a 施用した場合は栽培期間から収穫後無作付期間を通して 65.9 ～ 77.7g/10a の亜酸化窒素が発生し、牛ふん堆肥と発酵豚ふんを併用したブレンド堆肥は化学肥料を基本とする慣行施肥体系の70%以下(17.3 ～ 56.0 g/10a)の亜酸化窒素の発生量であった。また、ハイパーCDUを用いた緩効性窒素肥料を施用した場合は39 mg/m²(化学肥料区に対して58%)、生分解性マ

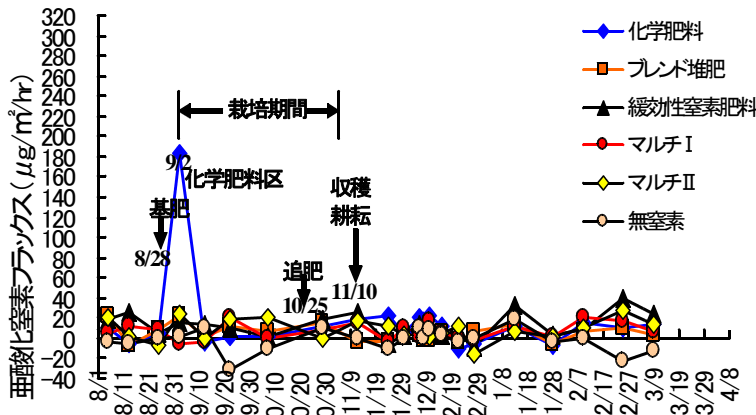


図5 秋作キャベツの亜酸化窒素発生(平成16年)

表3 キャベツ収量および収量比 (平成16年)

試験区	春 作		秋 作	
	収量 kg/10a	指数	収量 kg/10a	指数
無窒素	843	24	1744	55
化学肥料	3504	100	3190	100
ブレンド堆肥	2659	76	2796	88
緩効性窒素肥料	2731	78	2765	87
マルチ I	3347	96	3360	105
マルチ II	—	—	3471	109

マルチを使用した場合は 19 mg/m²～29 mg/m²と少ない発生量で、亜酸化窒素発生の抑制効果が高いと推測された。

表3に示したキャベツ収量は春作では全体的に生育が悪く収量も少なかった。その中でも収量が最も多かった試験区は化学肥料区で、次いでマルチ区であった。ブレンド堆肥区と緩効性窒素肥料区では3月定植で気温が低く堆肥の分解が進みにくいと考えられ、それぞれ化学肥料区の76%、78%と少なかった。

秋作では、定植後に台風が数度通過したため、初期生育は非常に悪かった。収量が多かった試験区はマルチ I (化学肥料施用) およびマルチ II (緩効性窒素肥料施用) で化学肥料区に対してそれぞれ 5%および 9%の増収が認められた。

3) 施肥法の違いが亜酸化窒素発生量およびキャベツ収量に及ぼす影響 (平成17年)

平成17年春作キャベツの生育期間から秋作キャベツ収穫後までの亜酸化窒素発生量の推移は図6のとおりである。春作キャベツの生育期間中(3月31日～6月13日)では化学肥料(尿素およびハイパーCDU)基肥施用後に亜酸化窒素の発生がわずかに認められたが、化学肥料区における追肥後には認められなかった。一方、堆肥施用した場合は生育期間中の顕著な亜酸化窒素発生は認められ

ず、いずれの試験区とも低い値で推移した。収穫後は、化学肥料、ブレンド堆肥施用、緩効性窒素肥料、無窒素では、キャベツの外葉残さを圃場内に還元し、トラクターで耕耘した。また、マルチ区ではキャベツ残渣を抜き取った後マルチ上に放置したままで、トラクターによる耕耘を行わなかった。キャベツ残さを鋤込んだ化学肥料区と緩効性窒素肥料区では、鋤き込み直後の6月16～28日にかけて非常に高い亜酸化窒素ガスの発生が観測された。しかし、ブレンド堆肥区および無窒素区では亜酸化窒素の発生はあったものの化学肥料

区に比べると非常に低い発生であった。一方、マルチ区では鋤き込み直後の発生は少なかったが、7月4日に非常に高い発生が認められた。これは7月4日朝までかなりの降雨があり、マルチ上に放置していた残さの腐敗が進行したことが影響しているのではないかと推測された。

一方、秋作キャベツにおいては春作キャベツの場合とは異なり、無窒素区を除いたすべての試験区で基肥施用後および追肥後の化学肥料区で比較的高い亜酸化窒素の発生ピークが認められた。これは、基肥時期の気温が非常に高かったことと、追肥後に非常に高い降雨があったことが要因であると推測された。また、収穫後にはキャベツ残渣を鋤込んだが、春作でみられた亜酸化窒素の発生はすべての試験区で認められず、期間を通して低く推移した。

春作キャベツ生育期間から無作付期まで151日間の亜酸化窒素の総発生量は、図7に示すように、ブレンド堆肥区(化学肥料区の37%)が最も少なく、次いでマルチ II 区(78%)、マルチ I 区(81%)、緩効性窒素肥料区(92%)、化学肥料区の順であった。一方、図8に示した秋作キャベツは基肥施肥日(平成17年8月29日)から平成18年2月9日までの165日間の亜酸化窒素の総発生量は、春作に比べると低く、化学肥料区で春作期間の44%であった。また、作付期間における発生量が無作付期間より多く、無作付期間の約2～9倍の発生量を示した。ブレンド堆肥区が基肥後に多く発生したこともあり、化学肥料区の95%と高く緩効性窒素肥料区が60%(化学肥料区比)と低かった。

亜酸化窒素発生抑制の効果がみられた施肥技術は、牛ふん堆肥と豚ふん堆肥を混合したブレンド堆肥施用が化学肥料施用に比べ削減率5～57%、緩効性窒素肥料を施

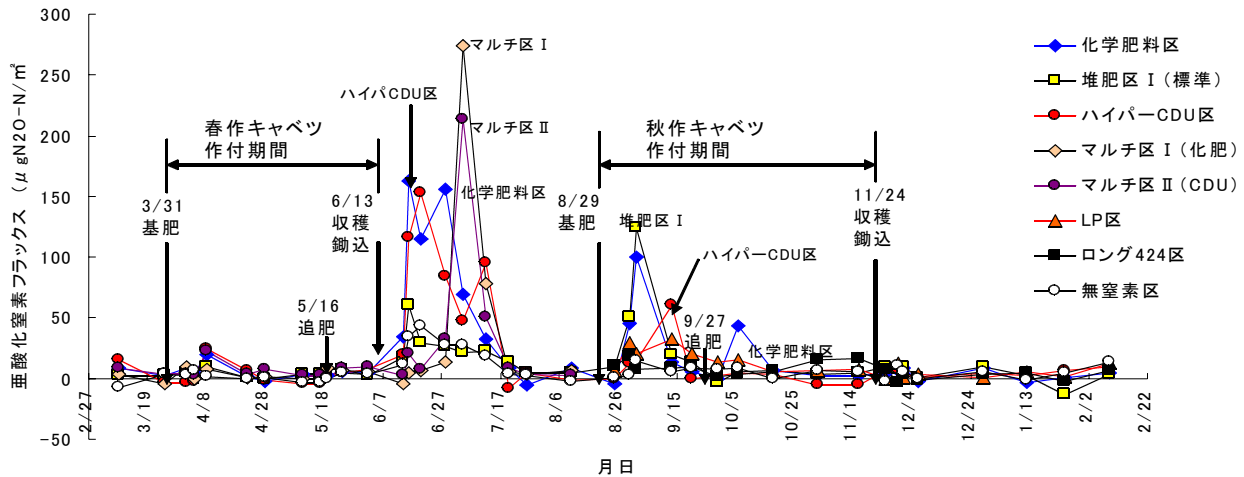


図6 亜酸化窒素発生量の推移(平成17年)

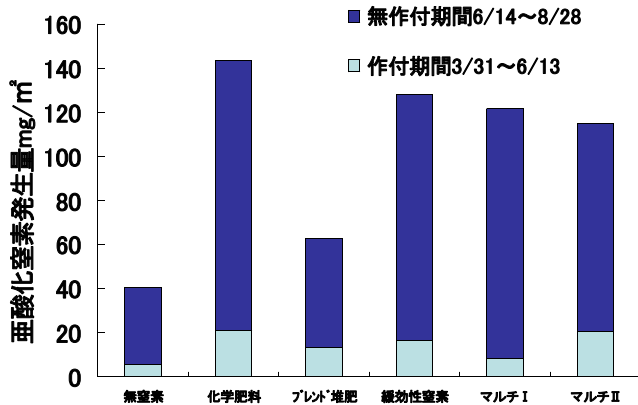


図7 春作における亜酸化窒素発生量の推移(平成17年)

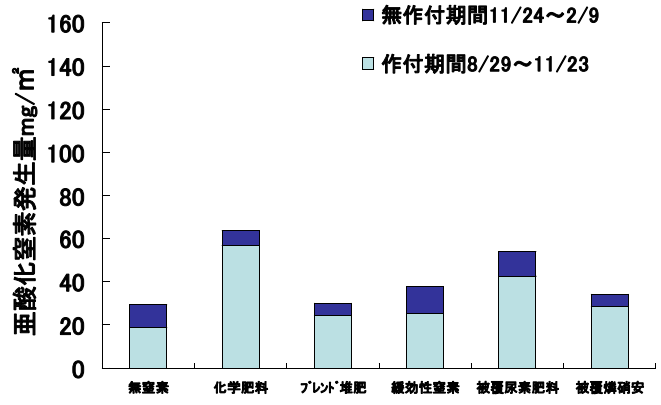


図8 秋作における亜酸化窒素発生量の推移(平成17年)

用した場合が11~40%、LP肥料で15%、ロング424で54%といずれの試験区でも抑制が可能であった。

亜酸化窒素の発生量が多いのが、化学肥料区で各年とも高い発生量を示した。牛ふん堆肥と豚ふん堆肥を混合したブレンド堆肥を施用した試験区は、亜酸化窒素の発生量も比較的強く推移した。ブレンド堆肥で亜酸化窒素発生量が低くなる理由は図3に示したように施用直後から生育期間を通して絶えず無機態窒素量が低く推移するため亜酸化窒素発生を引き起こす脱窒あるいは硝化とした生成機構が働きにくいためと推察される。一方、緩効性窒素肥料(ハイパーCDU)や被覆尿素肥料あるいは被覆燐硝安加里といった肥効調節型肥料の使用は亜酸化窒素発生抑制効果が高いことが認められた。Chuら(2004)は黒ボク畑におけるトウモロコシ栽培における被覆尿素肥料の施用によって亜酸化窒素発生が低減される際に速効性化学肥料を施用した場合よりも被覆尿素肥料施用の方が土壌の硝酸化能力ならびに脱水素酵素活性が低下することを認め、硝化プロセスからの亜酸化窒素発生が抑えられることが原因であるとしている⁶⁾。したがって、

本試験で認められた肥効調節型肥料による発生抑制効果も同じ理由によるものと推察された。

キャベツの生育では、平成17年度は春作および秋作キャベツとも全体的に生育が良かった。春作キャベツのうちで収量が最も多かった試験区はマルチIIで、次いでマルチI、緩効性窒素肥料、ブレンド堆肥の順で、いずれの試験区とも化学肥料よりも増収であった。秋作キャベツではブレンド堆肥が最も収量が高く化学肥料の111%で、肥効調節型肥料のいずれの試験区でも化学肥料より

表4 キャベツ収量および収量比(平成17年)

試験区	春作		秋作	
	収量 kg/10a	指数	収量 kg/10a	指数
無窒素	2035	57	2780	78
化学肥料	3569	100	3560	100
ブレンド堆肥	3668	103	3943	111
緩効性窒素肥料	3703	104	3722	105
マルチI	4485	126	—	—
マルチII	4405	123	—	—
被覆尿素肥料	—	—	3728	105
被覆燐硝安加里	—	—	3702	104

緩効性窒素肥料および被覆尿素肥料は105%、被覆燐硝安加里は104%増収した。

4) 収穫残渣が亜酸化窒素発生に及ぼす影響

図6に示した亜酸化窒素発生消長からわかるように収穫後亜酸化窒素発生の急激で大きな発生が見られる。これは特に春作後で顕著に見られる現象である。この原因を明らかにするため。収穫後のキャベツ残渣の鋤込みおよびトラクターによる耕耘の有無が亜酸化窒素発生に及ぼす影響を化学肥料区において調べた。

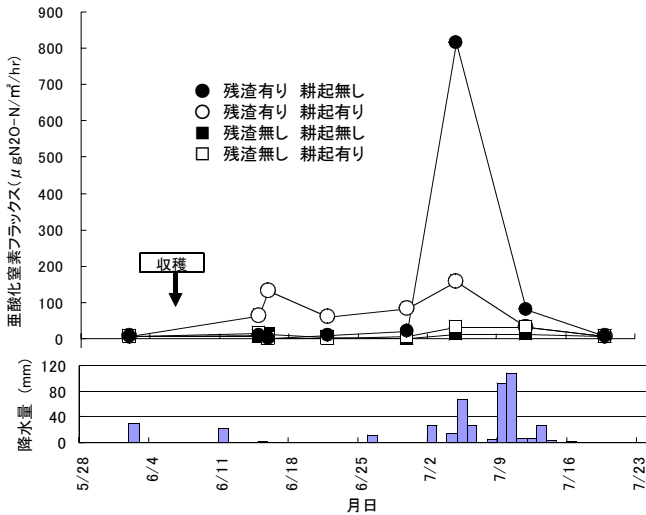


図9 残渣処理が亜酸化窒素発生量に及ぼす影響(平成17年)

亜酸化窒素の発生が認められるのは、図9に示すようにキャベツ残渣を鋤き込んだ場合と残渣をそのまま地表面に放置しておいた場合であり、キャベツ残渣を圃場内から持ち出した場合はほとんど発生は認められなかった。作物残渣の投入が亜酸化窒素ガス発生に寄与し、その場合作物のC/N比が低いタマネギ葉 (C/N=11.6) や大豆の茎葉 (C/N=14.5) が稲わら (C/N=62.3) よりも発生量が多いことが報告されている⁷⁾。キャベツ残渣のC/N比は平均14.1と低く比較的分解されやすいため亜酸化窒素発生量は多いと考えられる。

さらに、平成17年度は比較的収穫後に降雨が多く、亜酸化窒素の発生しやすい還元状態が土壤中で発達したため収穫直後から高い発生量が認められた。特にキャベツ残渣をそのまま放置した場合には他の処理で発生量が低下した時期においても、降雨後に高い発生量を示し、圃場内での残渣の放置はその後の降雨によって腐敗が進みやすく鋤き込みによって土壌混和する以上に亜酸化窒素の発生量が多くなると推察された。

IV 引用文献

1) 陽捷行：農業活動が環境に及ぼす影響、農林水産技術ジャーナル、22巻第4号、P17～22、平成11年

2) 熊本県農業研究センター：暖地における耕畜連携による新規形質作物等の生産システム、九州地域基幹研究成果第7号、平成15年

3) 日本土壌協会：平成7年度環境保全型土壌管理対策推進事業、土壌生成温室効果等ガス動態調査報告書、平成8年

4) 甲木哲哉：露地野菜栽培における土壌残存硝酸態窒素削減のための家畜ふん堆肥施用法、日土肥誌第74巻第3号、P357～361、平成15年

5) 楊宗興、陽捷行：土壌生態系のガス代謝と地球環境 3 土壌からの亜酸化窒素発生、日土肥誌第62巻第6号、P654～661、平成3年

6) Chu H., Hosen Y. and Yagi K., Nitrogen Oxide Emissions and Soil Microbial Activities in a Japanese Andisol by N-Fertilizer Management. Soil Sci. Plant Nutr., 50(2), 287-292, 平成16年

7) Toma Y. and Hatano R., Effect of crop residue C:N ratio on N2O emissions from Gray lowland soil in Mikasa, Hokkaido, Japan., Soil Sci. and Plant Nutr., 53, 198-205, 平成19年

Summary

Effective Fertilization for Reduction of Nitrous Oxide Emission from Upland Field
of Ando Soil under Open Culture of Cabbage.

Hiroyuki Mizukami and Noriaki Gunjikake

Long-term field experiments for cabbage cultivation on upland of Ando soil were conducted to evaluate and reduce nitrous oxide (N_2O) emission. In spring-summer cultivation, N_2O emission was low at planting period but increased at harvesting period by comparatively high temperature and heavy rainfall. On the contrary, N_2O emission was high at application periods of basal and second dressing in autumn-winter cultivation.

In order to reduce N_2O emission, combined application of cattle manure of 2.0t/10a and pig manure of 0.5t/10a was the most effective method of fertilizer application, because the concentration of inorganic nitrogen of the soil by this combined application retained at lower level during growing period than conventional one. Additionally, single basal application of controlled release fertilizer was found to be the same effect but mulching little reduced N_2O emission. On the other hand, the effect of harvesting residue of cabbage on N_2O emission seems to be reduced by mixing with plowing layer of cultivating field.

From these results, it was concluded that both the combined application of cattle manure and pig manure and the single basal application of controlled release fertilizer were the most effective fertilization to reduce N_2O emission from upland field of Ando soil under open culture of cabbage.

Key words: Nitrous Oxide, Combined Application of Organic Manure, Control Release Fertilizer, Ando Soil, Cabbage