

キャベツ夏まき年内どり栽培におけるペレット堆肥局所施用の効果<sup>†</sup>

菊地 直・木村 武\*・宮地 直道\*\*  
村上 弘治・木嶋 伸行

(平成 22 年 10 月 20 日受理)

## Effects of Localized Fertilizer Application with Pelletized Compost on Cabbage Growth and Nitrogen Dynamics

Sunao Kikuchi, Takeshi Kimura, Naomichi Miyaji,  
Hiroharu Murakami and Nobuyuki Kijima

### I 緒 言

畜産農家から発生する家畜排泄物は、不適切な管理を行った場合、河川や地下水の汚染源となる可能性がある(伊藤, 1998)。余剰家畜排泄物の処理方法として家畜ふんを堆肥化し、農地へ還元することが手段の一つと考えられ、窒素負荷量の多い畜産地帯から、負荷量の小さい農耕地への家畜ふん堆肥の流通利用を促進する必要がある、そのためには農耕地における適切な利用方法を明らかにする必要がある(原田, 1995)。しかし、家畜ふん堆肥は水分含量が高く長距離輸送や貯蔵が困難であること、品質・肥効が不明確であること等が、これまで家畜ふん堆肥の流通利用を妨げる要因となっていた。そのため、家畜ふん堆肥のハンドリングの良い資材への加工や、肥効・品質を明確にすることが求められている(原田, 1993)。

家畜ふんペレット堆肥(ペレット堆肥)は、家畜ふん堆肥を原料とし、ペレット状に加工したもので、体積が原料堆肥の80~50%に圧縮されるため輸送・貯蔵適性に優れており、ブロードキャスター等による高精度散布も可能である(原, 1999)。また、加工の際に肥料成分

を添加することにより、養分アンバランスが解消され品質・肥効の安定化が可能となる。これまで家畜ふん堆肥は土壌物理性の改善や、地力維持を主な目的として圃場に施用されてきたが、成分調整したペレット堆肥に加工することにより、化学肥料の代替資材としての利用も期待されることから、肥料成分を調整した家畜ふんペレット堆肥の作成と、野菜栽培への利用に関する研究が進められてきた(王ら, 2001; 山田ら, 2000)。主要な露地野菜であるキャベツでもペレット堆肥の使用が検討されたが、ペレット堆肥は肥効が遅く、初期生育における養分供給が不足するため、通常の化学肥料からペレット堆肥に100%代替すると収量が低下することが報告されている(山田ら, 2000)。このためキャベツ栽培では、栽培初期の肥効の確保と肥効率の向上が課題となっている。また、肥効率の高い施肥方法として、畝内条施肥等の局所施肥について作物栽培における効果が検討されており、局所施肥における通常とは異なる根系分布が肥効率の高さに寄与している可能性が示唆されている(巽ら, 1996)。

一方、家畜ふん尿を主原料とする堆肥は、肥料成分を豊富に含むため、施肥量が適正でない場合、過剰な肥料成分が環境中に流出して汚染の原因となる恐れがある。特に問題とされるのが窒素で、生活排水と共に農耕地や

〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

特命チーム員(資源循環・溶脱低減研究チーム)

\* 農研機構 中央農業総合研究センター

\*\* 日本大学文理学部

† 本報告の一部は、第16回、18回根研究集会で講演した。

畜産が負荷源として指摘されており（伊藤，1998），環境負荷低減対策が強く求められている。

本報では，牛ふん堆肥を原料とし，肥効を補うため窒素成分を添加したペレット堆肥を用い，肥効率の向上が期待できる畝内条施肥を組み合わせることにより，キャベツ栽培における化学肥料の代替資材としての適性を検討する。また，これらの施肥方法が，キャベツ根系分布に対する影響を調査し，肥効率との関係を明らかにすると共に，硝酸態窒素溶脱等の環境負荷に及ぼす影響について調査した結果について報告する。

本研究を進めるにあたり，山本克巳氏（元九州沖縄農業研究センター）より，牛ふんペレット堆肥を提供していただきました。心より感謝いたします。

## II 材料および方法

### 1 ペレット堆肥無機化速度

本試験においては，尿素を付加し窒素成分を調整した牛ふん堆肥（副資材として籾殻を使用）を原料とし，ディスクダイ方式により直径5mmのペレット状に成型したペレット堆肥（全窒素4.2%， $P_2O_5$ 2.8%， $K_2O$ 2.4%，C/N比9.3）を用いた。畑土壌30gとペレット堆肥10gを混合し，ガラス繊維ろ紙（Whatman GF/A）で作成した袋に封入したものを，2002年9月12日に後述する試験圃場に埋設した（10cm深，3反復）。埋設後18日目と48日目に圃場より回収し，ペレットおよび土壌の残存窒素量を測定し，窒素無機化率を算出した。上記方法は「土壤環境分析法」に準拠したものである。

### 2 栽培・施肥方法

培養土（ヤンマー ナプラ養土）を充填した128穴セルトレイにキャベツ種子（品種：‘松波’）を2001年7月30日に播種し，ガラス室内で育苗した。播種後約30日目に苗を野菜茶業研究所内黒ボク土圃場（三重県津市，全窒素0.29%，全炭素6.3%）に移植し（株間30cm，畝間60cm，畝高20cm，栽植密度5556株/10a），栽培を行った。圃場には，前出のペレット堆肥を全量基肥として施用した。施肥方法は全面全層施用と畝内条施用（施肥量の半量を全面全層施用し，残り半量を上部施用区では畝面より10cm深に，下部施用区では畝面より20cm深に条施用）とした（図-1）。速効性肥料と比べ，肥効率や窒素溶脱量低減効果に優れる肥効調節型肥料（ロング424-40日タイプ， $N-P_2O_5-K_2O=14-14-14$ ）を，

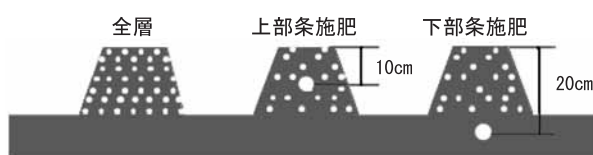


図-1 肥料施用方法

全層：全面に30kgN/10a施用

条施肥：全面に15kgN/10a全層施用、条施肥部（上部10cm深、下部20cm深）に15kgN/10a（目標値）施用

一般的な施肥方法である全面全層施用で施肥した区を対照として設定した。またPK化成（ $N-P_2O_5-K_2O=0-15-15$ ）のみを全層施用した区を無窒素区とし，各処理区は反復無しで試験を行った。窒素施用量は，全面全層施用では，30kg/10aとした。畝内条施用では15kg/10aを全面全層施用し，条施用は15kg/10aを目標として施用し，実際の施用量は畝内条施肥機への肥料投入量から残存量を差し引いて算出した（表-3，4）。8月30日にキャベツ苗を定植し，12月11日（定植後101日目）に収穫した。この間，9月27日（同30日），10月24日（同57日）にも植物体の採取を行った。また翌年にも同様の方法で栽培試験を行った（2002年7月29日播種，8月27日定植，12月11日収穫）。採取試料は各3個体（収穫時は10個体採取し，中庸6個体を選抜）とし，採取試料以外の収穫残渣（外葉，根）は各区画内に鋤き込んだ。試験を開始する前年は，作付けを行わず，裸地状態で管理し，2001年収穫から2002年定植までの期間も，裸地状態とし，適宜ロータリーで耕耘を行った。

### 3 キャベツ窒素含有量

採取したキャベツ地上部は新鮮重測定後，75°Cの通風乾燥機で乾燥した。乾物重を測定した後，微粉碎し元素分析装置（Elementar Vario-EL）により全窒素含量を測定した。

### 4 根長測定

地上部採取時に，キャベツ株を中心として幅30cm，深さ30cmの範囲を直径5cm，長さ5cmの採土管を用いて36ブロックに分けて土壌を採取した（図-2）。各ブロックの土壌より根を回収し，水を張った透明アクリル容器上に重ならないように根を分散させ，フラットベッドスキャナ（EPSON GT-9000，透過原稿ユニット使用）を用いて画像（300dpi，8bitモノクロ）を取り込み，WinRhizo（Regent Instruments Inc.）により根長を測定した。条施肥による根系分布への影響を検討するた

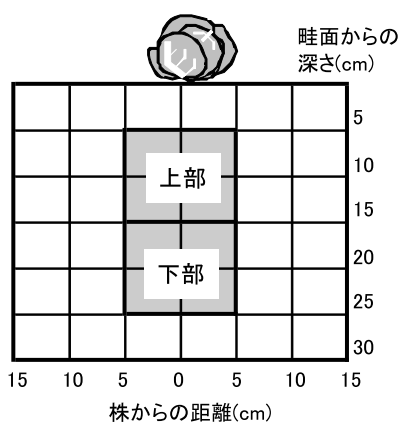


図-2 根採取位置

上部根長割合：上部条施肥周辺（上部4ブロック）根長／総根長（％）

下部根長割合：下部条施肥周辺（下部4ブロック）根長／総根長（％）

め、採取した36点から条施用位置に相当する範囲4点分の根長割合（総根長に対する条施肥位置周辺の根長の割合）を算出した。

### 5 硝酸態窒素溶脱量

キャベツ栽培圃場にキャピラリーライシメーター（大起工業 COMH-9、開口部 60 cm×30 cm、高さ 80 cm）を各区1台ずつ設置した（図-3）。1 m×1 m の範囲で 1.2 m の深さになるよう、層別々に土壌を掘り出し、キャピラリーライシメーターを採水面が水平になるように設置した後、当初の土壌層位に従って土壌を埋め戻した。真空ポンプを用いて、定期的に 1 m 深における地下浸透水を採取した。採取した地下浸透水の硝酸態窒素濃度をイオンクロマトグラフ（東ソー IC-2000）により測定し、併せて浸透水量を計測し硝酸態窒素溶脱量を算出した。

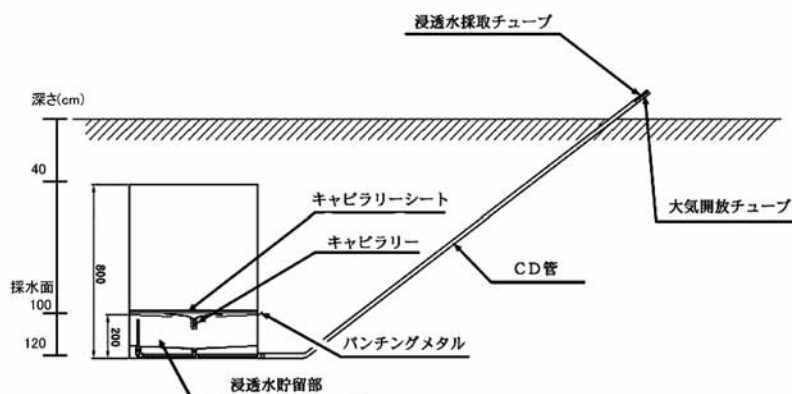


図-3 キャピラリーライシメーター埋設概要  
（尾崎ら，2006より改変）

## III 結果

### 1 圃場におけるペレット堆肥無機化速度

埋設法により調査したペレット堆肥の窒素無機化率は、埋設後18日目で42.0%、48日目で74.9%となり、キャベツ結球開始に相当する時期までにはほぼ8割の窒素が無機化していることが示された（表-1）。

### 2 キャベツ生育および収量

2001年のキャベツ地上部乾物重は、ロング全層施用と比べ、ペレット堆肥の全層施用区と上部施用区では低く推移し、特に生育後半で差が大きくなったが、ペレット下部施用区では、ロング全層施用区より若干低くなったものの、ほぼ同等の値を示した（図-4）。2002年の栽培においても前年と同様の傾向が見られ、ペレット全層施用区では栽培期間を通してロング全層施用区よりも低く、ペレット下部施用区は同等の生育を示した。ペレット上部施用区は、定植後67日目までは生育が劣っていたが、67日目以降の生育が旺盛で、収穫時にはロング全層施用区およびペレット下部施用区と同等の生育量となった。

キャベツ収量（10 a 当たりの結球新鮮重）は、窒素を全く施用しなかった無窒素区で2,856 kg（2001年）、1,853 kg（2002年）であったのに対し、本試験で対照区としたロング全層施用区では4,511 kg、4,167 kgの収量が得られた（表-2）。各処理区の収量は両年とも同様の傾向を示し、ペレット下部施用区では、ロング全層施用区と同等の収量が得られた。また、ロング全層施用区と比べ、2001年のペレット全層施用区とペレット上部施用区では収量が大きく減少し、2002年は初年より収量が向

上したものの、無窒素区との有意差は認められなかった。特にペレット全層施用区の収量が低く、ロング全層施用区の43% (2001年)、58% (2002年) となった。

用した区では、ペレット下部施用区が最も窒素吸収が旺盛であった。ペレット全層施用区とペレット上部施用区は、ロング全層施用区と比べ窒素吸収量が大幅に低下し、

### 3 キャベツの窒素吸収

キャベツ地上部の窒素吸収量は初年目、2年目ともロング全層施用区が栽培期間を通して最も高く推移し、ペレット堆肥を施用した区はいずれもロング全層施用区と比べ窒素吸収量は低かった (図-5)。ペレット堆肥を施

表-1 ペレット堆肥無機化率

埋設後日数(日)	窒素無機化率(%)
18	42.0 (0.55) <sup>z</sup>
48	74.9 (0.50)

Z:標準誤差

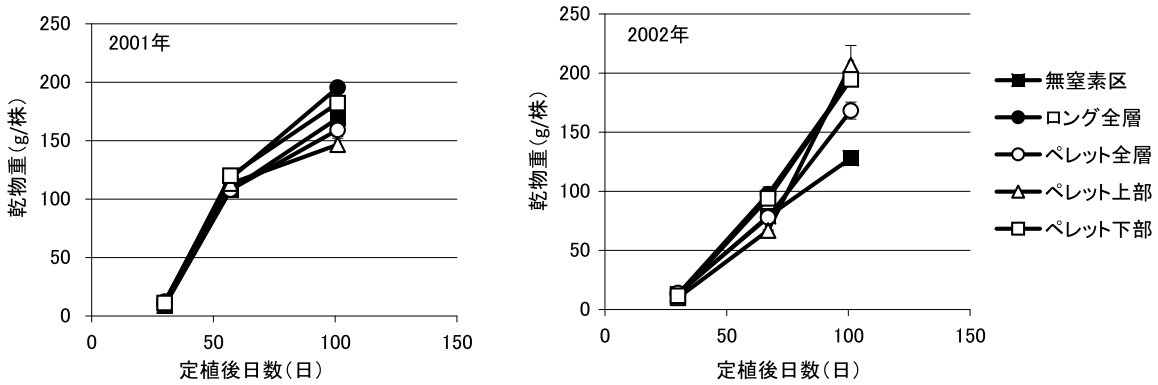


図-4 キャベツ生育に及ぼす施肥方法の影響

縦棒は標準誤差 (n=3)

表-2 肥料の種類と施肥位置がキャベツ生育に及ぼす影響 (新鮮重 kg/10 a)<sup>z</sup>

処理区	2001年		2002年	
	結球	地上部 <sup>y</sup>	結球	地上部
無窒素区	2856 b <sup>x</sup>	7056 b	1853 b	5934 c
ロング全層	4511 a	9723 a	4167 a	10412 a
ペレット全層	1922 b	5445 c	2434 b	6895 bc
ペレット上部	2728 b	6723 bc	3134 ab	8334 ab
ペレット下部	4639 a	9279 a	4467 a	9695 a

Z:6個体の平均値

y:結球, 外葉および茎

x:異なるアルファベット間に5%水準で有意差有り(Tukey法)

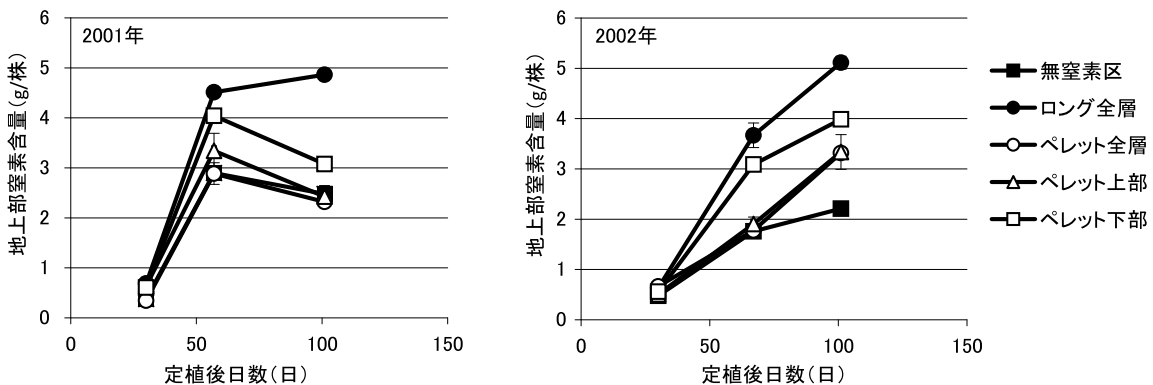


図-5 キャベツ窒素吸収に及ぼす施肥方法の影響

縦棒は標準誤差 (n=3)

2年目の収穫時を除き、無窒素区とほぼ同等の値（ロング全層施用区の約60%程度）で推移した。また、初年目において、57日目から101日目にかけて、強風等による外葉の脱落により生じたと推定される、株当たり窒素含量の停滞・低下がみられた。

施肥窒素利用率は、2001年、2002年においてロング全層施用区でそれぞれ40.0%、55.5%であったのに対し、ペレット堆肥を施用した区はいずれも2001年で-6.6~21.8%、2002年で14.5~36.9%とロング全層施用区と比べて大幅に低い値となった（表-3, 4）。ペレット堆肥を施用した区の中では、下部施用区が最も高い値を示し、次いで上部施用区が高く、全層施用よりも条施用で施肥窒素利用率が高いことが示された。

#### 4 キャベツの根系分布

2001年の上部根長割合は、定植後57日目で、ペレット上部施用区で35%と他の区よりも顕著に高い値となり、収穫時には低下したものの20%を超え、他区と比

べて高い値を維持した（図-6）。下部根長割合は、57日目まではロング全層施用区が高い値を示したが、57日目以降は低下し、ペレット全層施用区および上部施用区と同等の値となった。ペレット下部施用区は定植後57日目より下部根長割合が高まり、収穫時には他区よりも約2倍高い値となった。2002年の栽培でも、2001年と同様にペレット上部施用区において上部根長割合が高くなり、ペレット下部施用区において下部根長割合が高く推移する傾向が認められた（図-7）。

#### 5 窒素溶脱量および窒素収支

キャピラリーライシメーターからの採水量は、降水量の影響を受け変動した。また、各ライシメーターの2年間の積算採水量の平均値343Lに対し、標準誤差は24.4であり、大きな差は認められなかった（図-8）。

地下1mにおける硝酸態窒素溶脱量は、2001年の施肥後増加し、冬期は溶脱量の増加が認められなかったものの、2002年の夏から収穫までの時期に再度増加する

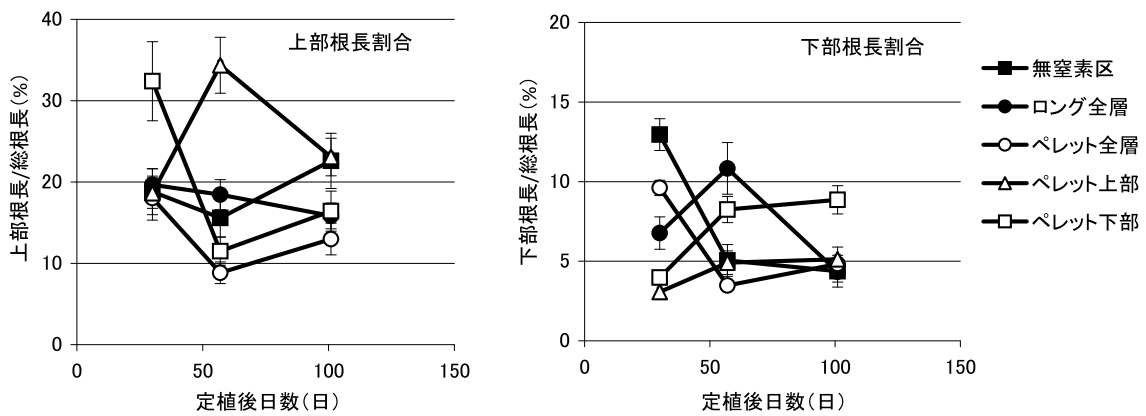


図-6 根系分布に及ぼす施肥方法の影響 (2001年)

縦棒は標準誤差 (n=3)

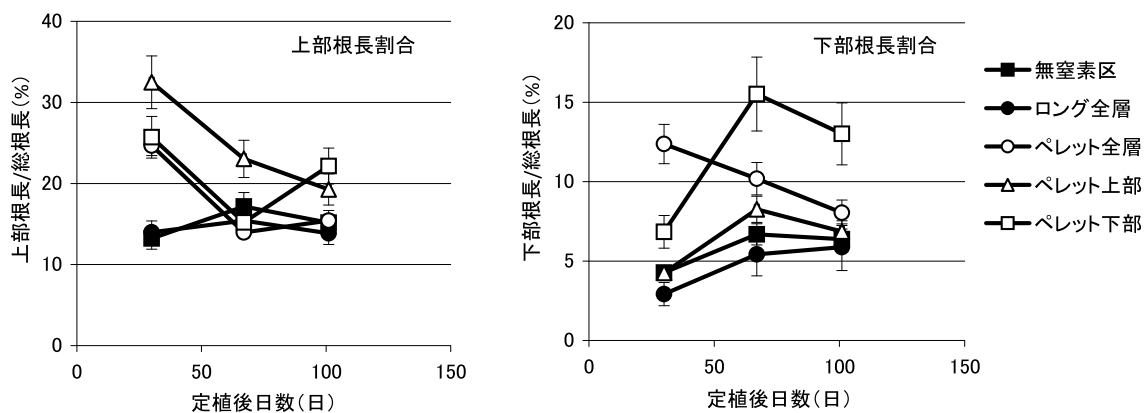


図-7 根系分布に及ぼす施肥方法の影響 (2002年)

縦棒は標準誤差 (n=3)

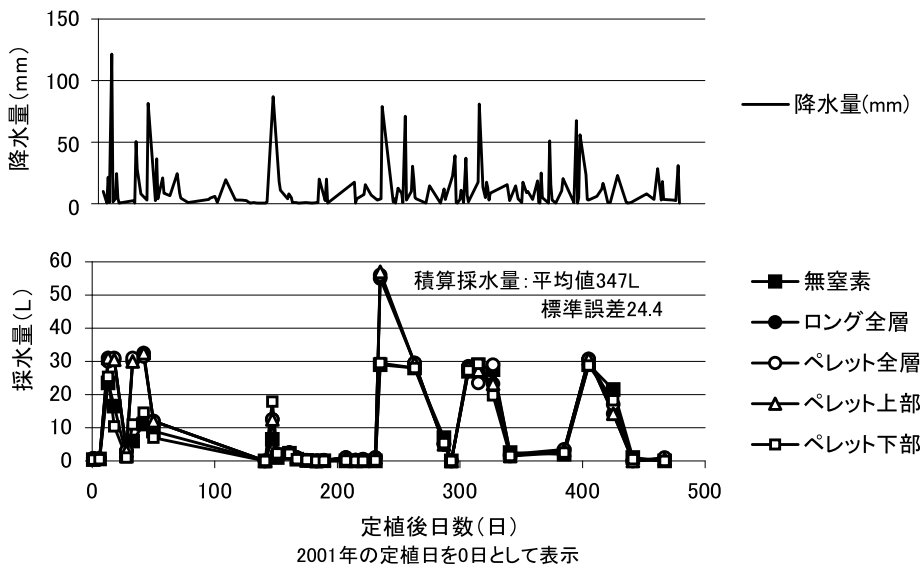


図-8 降水量およびライシメーターからの採水量

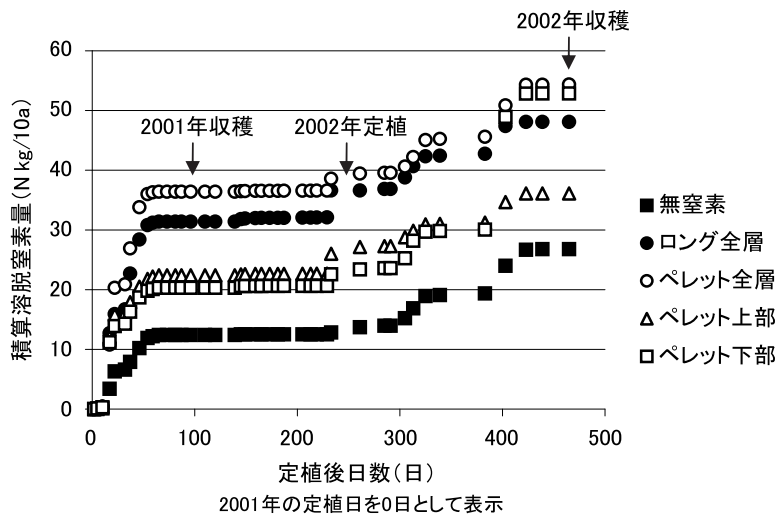


図-9 硝酸態窒素溶脱に及ぼす施肥方法の影響

傾向を示した (図-9)。2001年の収穫までの硝酸態窒素溶脱量は、ペレット全層施用区が最も高く、次いでロング全層施用区で高くなり、ペレット堆肥を条施用した区はロング全層施用区の約2/3の値であった。この傾向は2002年の栽培初期まで維持されたが、栽培2年目の途中(定植後約40日目)でペレット下部施用区の溶脱量が急激に増加し、収穫時にはロング全層施用区とペレット全層施用区・下部施用区の溶脱量はほぼ同等の値となった。ペレット上部施用区は調査期間を通して硝酸態窒素溶脱量は低く推移し、調査終了時の溶脱量が他区では50 kgN/10 a前後であったのに対し、36.1 kgN/10 aと低い値となった。

栽培期間中の窒素収支は、収穫残渣を圃場に鋤き込ん

だ場合は、初年目はどの区においても-4.6~-12.6 kg/10 aとマイナスであったが、2年目ではペレット下部施用区を除いて12.7~15.1 kg/10 aの窒素が土壌に残存することが示された(表-3, 4)。残渣を圃場から持ち出した場合の窒素収支は、初年目は全ての区でマイナスとなり、2年目ではペレット全層区とペレット上部区のみプラスとなったが、残渣を鋤き込んだ場合と比べて10 kg/10 a程度低くなることが示された。非栽培期間の溶脱窒素量も含めた2001年~2002年の窒素収支は、どの区においてもマイナスとなり、収奪傾向となった(表-5)。

表-3 施肥方法が窒素収支に及ぼす影響 (2001年)

(N kg/10a)

施肥量 <sup>z</sup>	キャベツ窒素吸収量		肥料由来 吸収量 <sup>x</sup>	施肥窒素 利用率(%) <sup>w</sup>	溶脱量	窒素収支 <sup>v</sup>		溶脱量 (2001年収穫 ~2002年定植)	
	結球	地上部 <sup>y</sup>				残渣鋤き込み	残渣持ち出し		
無窒素区	0.0 (0)	5.9 c <sup>u</sup>	13.9 b	—	—	12.4	-18.3	-26.3	6.7
ロング全層	30.0 (0)	11.3 a	25.9 a	12.0	40.0	31.3	-12.6	-27.2	11.0
ペレット全層	30.0 (0)	5.0 c	11.9 b	-2.0	-6.6	36.3	-11.3	-18.2	8.8
ペレット上部	25.3 (10.3)	8.1 c	15.7 b	1.8	7.0	22.4	-5.2	-12.8	8.6
ペレット下部	25.7 (10.7)	10.1 b	19.5 b	5.6	21.8	20.2	-4.6	-14.0	9.5

z: ( )内は施肥量のうち局所への施肥量

y: 結球, 外葉および茎

x: 肥料由来吸収量=窒素吸収量-無窒素区窒素吸収量

w: 施肥窒素利用率=(地上部窒素含量-無窒素区地上部窒素含量)/窒素施肥量×100

v: 窒素収支(残渣鋤き込み)=施肥量-窒素吸収量(結球)-溶脱量、窒素収支(残渣持ち出し)=施肥量-窒素吸収量(地上部)-溶脱量

u: 異なるアルファベット間に5%水準で有意差有り(Tukey法)

表-4 施肥方法が窒素収支に及ぼす影響 (2002年)

(N kg/10a)

施肥量 <sup>z</sup>	キャベツ窒素吸収量		肥料由来 吸収量 <sup>x</sup>	施肥窒素 利用率(%) <sup>w</sup>	溶脱量	窒素収支 <sup>v</sup>		
	結球	地上部 <sup>y</sup>				残渣鋤き込み	残渣持ち出し	
無窒素区	0.0 (0)	4.8 c <sup>u</sup>	13.2 c	—	—	7.7	-12.4	-20.8
ロング全層	30.0 (0)	11.6 a	29.8 a	16.7	55.5	5.7	12.7	-5.5
ペレット全層	30.0 (0)	7.0 bc	17.5 bc	4.5	14.5	9.1	13.8	3.3
ペレット上部	27.4 (12.4)	7.2 ab	17.7 bc	4.5	16.3	5.1	15.1	4.7
ペレット下部	27.5 (12.5)	10.5 a	23.3 ab	10.2	36.9	23.0	-6.1	-18.9

z: ( )内は施肥量のうち局所への施肥量

y: 結球, 外葉および茎

x: 肥料由来吸収量=窒素吸収量-無窒素区窒素吸収量

w: 施肥窒素利用率=(地上部窒素含量-無窒素区地上部窒素含量)/窒素施肥量×100

v: 窒素収支(残渣鋤き込み)=施肥量-窒素吸収量(結球)-溶脱量、窒素収支(残渣持ち出し)=施肥量-窒素吸収量(地上部)-溶脱量

u: 異なるアルファベット間に5%水準で有意差有り(Tukey法)

表-5 施肥方法が窒素収支に及ぼす影響 (2001~2002年)

(N kg/10a)

施肥量	キャベツ窒素吸収量		溶脱量		窒素収支 <sup>x</sup>		
	結球	地上部 <sup>z</sup>	肥料由来 <sup>y</sup>	残渣鋤き込み	残渣持ち出し		
無窒素区	0.0	10.7	27.0	26.8	—	16.1	-53.8
ロング全層	60.0	23.0	55.7	48.0	21.2	-35.0	-43.7
ペレット全層	60.0	12.1	29.5	54.3	27.5	-17.8	-23.7
ペレット上部	52.7	15.3	33.3	36.1	9.3	-31.9	-16.7
ペレット下部	53.2	20.6	42.9	52.8	26.0	-21.0	-42.5

z: 結球, 外葉および茎

y: 肥料由来溶脱量=溶脱量-無窒素区溶脱量

x: 窒素収支(残渣鋤き込み)=施肥量-窒素吸収量(結球)-溶脱量、窒素収支(残渣持ち出し)

=施肥量-窒素吸収量(地上部)-溶脱量

#### IV 考 察

野菜栽培において、ペレット堆肥を肥料として利用する際に最も問題となるのは、窒素の肥効発現である。一般に有機質肥料の分解速度は地温の影響を受けるため、作型により肥効が異なる。また、ペレット堆肥では、ペレット加工することにより分解速度が抑制されるとの報告もある(原ら, 2003; 山田ら, 2000)。清水ら(2005)は、家畜ふん堆肥を原料としたCDU(アセトアルデヒ

ド縮合尿素)混合有機ペレットを用いて、キャベツ栽培試験を行ったが、肥効パターンがキャベツ生育に適さなかったため、十分な収量が得られなかったことを報告している。本試験では、栽培初期に高い地温が得られ、ペレット堆肥の肥効が期待できる夏まき年内穫りキャベツにおいて、ペレット堆肥の効果を検証した。今回用いた牛ふん堆肥を原料としたペレット堆肥の夏期における無機態窒素発現は、山田ら(2000)の報告と比べ速やかで、18日で約40%、48日で約75%の窒素成分が無機化する

ことが示された(表-1)。今回の試験に供試したキャベツ(‘松波’)の結球開始時期は定植後50日目前後であった(データ略)。したがって、定植後48日目はキャベツの結球開始期に相当し、今回使用した牛ふんペレット堆肥の無機化特性は、キャベツ初期生育および結球肥大期における窒素供給を満たすものと考えられた。しかし、ペレット堆肥を施用したキャベツの窒素吸収量はロング肥料施用と比べると劣る傾向が見られ、特に全層施用で顕著であった(図-5)。ロング肥料は40日タイプを用いたが、本試験における栽培条件では、ペレット堆肥よりも窒素の溶出が早く、栽培初期により多くの窒素が供給されたため、窒素吸収が旺盛であったことが一因であると推察された。キャベツの生育もロング肥料施用と比べてペレット堆肥施用では低下する傾向が見られたものの、窒素吸収量ほど顕著な差は生じなかった(図-4)。

全層施用と条施用を組み合わせるにより、施肥窒素利用率やキャベツ生育が高まり、特に畝面下20cmへの条施用で効果が高くなることがロング肥料を用いた試験で示されている(菊地ら, 2002; 菊地ら, 2003)。ペレット堆肥を用いた今回の試験でも、これらの報告と同様に、ペレット堆肥を施用した処理区の中では、窒素吸収量、キャベツ生育とも条施肥を組み合わせた施肥方法の方が良好であった。特に畝面下20cmに条施肥した下部施用区では、ロング全層施用区に劣らない生育を示し、試験を行った2年ともロング全層施用区と同等の収量が得られた(表-2)。また、施肥窒素利用率もロング全層施用区より低かったものの、ペレット堆肥施用では条施用、特に下部施用で高いことが明らかとなった(表-3, 4)。これらの結果から、下部に条施用することで効率的に窒素が吸収され、高い収量が得られたものと示唆された。一方、下部施用区の地上部窒素吸収量はロング全層施用区よりも低いものの、収量は同等であった。これは、下部施用区では、ロング全層施用区と比べて外葉に対する結球の割合が高かったため、下部施用区では吸収された窒素が効率的に結球肥大に利用されたものと推察された。

一般に植物根の生育は土壌の物理性・化学性により大きく影響を受けるため(山内, 1994)、土壌中の養分分布状況により、根系分布も変化する。そのため、肥料成分が作土中に均一に混和される全層施肥と、肥料成分濃度が局所的に高まる条施用では、根系分布が異なり、養分吸収に対しても影響を与える可能性がある。施肥方法によりキャベツ根系分布に与える影響を調査したところ、条施肥部の近傍の根密度が高まることが示された(図-

6, 7)。肥料を局所的に施用した場合、肥料を取り囲むように根が発達することが報告されており(木村ら, 2002)、本試験においても、条施肥部近傍の根が発達し、窒素が効率的に吸収されたことにより、全層施用よりも良好な生育が得られたと考えられた。また、下部施用の方が上部施用よりも窒素吸収や生育が良好であったが、下部施用では窒素吸収が旺盛となる栽培中期において条施肥位置近傍の根長割合が高まっていたことから(図-6, 7)、20cm深への条施肥は、窒素要求が高まる時期と施肥位置における根の発達時期に適合していたと推察された。

本試験では、キャピラリーライシメーターを圃場に埋設し、硝酸態窒素溶脱量をモニタリングしたが、キャピラリーライシメーターは、設置する際の土壌の攪乱等による採水量のばらつきが測定精度に影響する(尾崎ら, 2003)。したがって、正確なデータを得るためには、本来は各区に複数設置し、反復を取る必要がある。本試験では、ライシメーターの反復を設定しなかったが、各処理区のライシメーター間の採水量に大きな差が生じなかったことから(図-8)、処理区間の測定誤差は少なかったと推定される。

キャベツ栽培で広く使われている硫酸や尿素などの化学肥料と比べて、肥効が緩やかに発現するペレット堆肥は、施肥窒素利用率の向上とともに硝酸態窒素溶脱量の低減も期待される。初年目の栽培期間中の溶脱量はペレット上部施用区と下部施用区はロング全層施用区の約2/3であったが、ペレット全層施用区ではロング全層施用区を上回る値を示した(図-9, 表-3)。前述したように、ペレット堆肥は40日タイプのロング肥料よりも窒素の放出が緩やかであると推測されたが、硝酸態窒素溶脱低減には必ずしも結びつかず、施肥方法による影響の方が大きいことが示された。条施肥等の局所施肥は、全面全層施肥と比べて施肥窒素利用率が高い傾向を示すことや、裸地状態でも窒素溶脱量が低くなることが報告されている(木村ら, 2002)。これらの理由により、条施肥を行った区で硝酸態窒素溶脱が低減されたと推定された。しかし、2作目の栽培期間中はペレット下部施用における硝酸態窒素溶脱が顕著であったことから、ペレット堆肥施用による窒素動態については、さらに連用試験を行い検証する必要がある。

キャベツ栽培では、収穫残渣は圃場に鋤き込まれることが多いが、収穫残渣を圃場に鋤き込むと、残渣由来の窒素溶脱量が増加し、亜酸化窒素の発生量も増加するなど、環境負荷が高まることが報告されている(熊本県農



業研究センター, 2007). 本試験では, 1作目の収穫残渣の窒素量は7~18 kg/10 a となった. これら収穫残渣を圃場に鋤き込み, 1作目と2作目の間は裸地として管理した. 1作目と2作目の間の非作付け期間における窒素溶脱量は約10 kg/10 a で, 試験期間中の総溶脱量の20~25%と, 高い割合を占めた. これらのことから, 収穫残渣を圃場外で処理し, さらに非作付け期間にカバークロップを栽培するなど, 非作付け期間における溶脱を抑制するための適正な圃場管理が重要であることが示された.

以上より, 牛ふん堆肥を原料とし, 尿素を加え窒素成分調整を行いペレット状に成型した牛ふんペレット堆肥は, 施肥量の半量を全層施用し, 残りを株直下20 cmの深さに畝内条施用することにより, 夏まき年内穫りキャベツ栽培において, 被覆肥料から100%代替することが可能であることが示された. また, ペレット堆肥を施用したキャベツ栽培圃場の2年間の窒素収支はマイナスとなり, 圃場から収奪される窒素の多くは硝酸態窒素の地下への溶脱によるものであることが示唆された. 今後は, 環境負荷低減を図るため, 収穫残渣の取り扱いや, 非作付け期間の圃場管理も含めた栽培管理方法について研究を進める必要がある.

なお, 成分調整ペレット堆肥は, 九州を中心に生産プラントが稼働しており, JA等によって販売が行われている. また, 「高機能たい肥活用エコ農業支援事業」において, 堆肥の肥効調整や成型などにより耕種農家のニーズにあった高機能な堆肥の生産と供給を行うモデル地域の育成が進められており(農林水産省, 2010), 今後生産現場への普及が進むと思われる.

## V 摘 要

2001年~2002年にかけて夏まき年内穫りでキャベツを2作栽培し, 牛ふん堆肥に窒素成分を付加し, ペレット化したペレット堆肥のキャベツ栽培への代替資材としての適性と畝内条施肥の影響, および環境負荷への影響を調査した. 総施肥量の半量を全層施用し, 残りを株直下20 cmの深さに畝内条施用することにより, 夏まき年内穫りキャベツ栽培において, 肥効調節型肥料(ロング424-40)の全層施用と同等の収量が得られることが示された. また, ペレット堆肥を施用したキャベツ栽培圃場の2年間の窒素収支はマイナスとなり, 圃場から収奪される窒素の多くは硝酸態窒素の地下への溶脱によるものであることが示された.

## 引用文献

- 1) 原正之 (1999): 成型家畜ふん堆肥 (ペレット堆肥). 農業技術体系土壌肥料編, 8 (追録第18号), 184の14-19. 農山漁村文化協会.
- 2) 原正之, 石川裕一, 小畑仁 (2003): 豚ふんペレット堆肥の畑土壌中における肥料成分の溶出特性. 土肥誌, 74 (4), 453-458.
- 3) 原田靖生 (1993): 堆肥化技術の現状と課題, 農林水産レポート, 行政時報, 21-32.
- 4) 原田靖生 (1995): ふん尿問題の現状と対策, 日本の肉牛, 28, 12-24.
- 5) 伊藤洋 (1998): 農業サイドにおける硝酸問題への対応. 土と水と食品の中の硝酸 (NO<sub>3</sub>) をめぐる諸問題, [http://www.soc.nii.ac.jp/jssspn/info/pdf5\\_sympo1998.pdf](http://www.soc.nii.ac.jp/jssspn/info/pdf5_sympo1998.pdf), 57-62.
- 6) 菊地直, 宮地直道, 木村武, 木嶋伸行, 村上弘治, 山本克巳 (2002): 施肥位置と肥料形態がキャベツの根系分布, 窒素吸収および窒素動態に及ぼす影響. 根の研究, 11 (2), 75.
- 7) 菊地直, 村上弘治, 木嶋伸行 (2003): 施肥位置と肥料形態がキャベツの根系分布, 窒素吸収および窒素動態に及ぼす影響 -第2報-. 根の研究, 12 (2), 87.
- 8) 木村武, 菊地直, 木嶋伸行, 山崎弘道, 山本克巳 (2002): 家畜ふんペレットおよび被覆肥料の施用位置がキャベツの根系分布と施肥窒素の動態に及ぼす影響. 土肥学会講演要旨集, 48, 127.
- 9) 王岩, 山本克巳, 薬師堂謙一 (2001): ペレット堆肥からの窒素放出とホウレンソウ栽培への利用. 九州農業研究, 63, 69.
- 10) 尾崎保夫, 前田守弘, 関口浩昭 (2003): 畑地からの窒素溶脱量モニタリングのためのテンションキャピラリーライシメーターの試作. 土肥誌, 74 (6), 773-780.
- 11) 尾崎保夫, 前田守弘 (2006): 埋設型ライシメータ法およびモノリスライシメータ法. 水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル改訂版, 143-150. 農業環境技術研究所.
- 12) 清水知子, 杜本豊司, 恒川歩, 恒川靖弘, 矢部和則 (2005): 家畜ふん堆肥を原料としたペレット肥料の成分調整に用いる窒素肥量の種類及び施肥方法がキャベツの生育及び収量に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 37, 93-98.
- 13) 巽二郎, 田中真幸 (1996): 作物の根の分布のダイナミクスに関する研究 2. 局所施肥がダイズの根系分布に及ぼす影響. 日作紀 65 (別2), 293-294.
- 14) 薬師堂謙一 (2007): 広域流通を可能とする成型たい肥製造技術の開発と利用について. 畜産環境対策に関する情報連絡会資料4, [http://www.maff.go.jp/tokai/seisan/tikusan/manure/pdf/manure190326\\_4.pdf](http://www.maff.go.jp/tokai/seisan/tikusan/manure/pdf/manure190326_4.pdf).
- 15) 山田良三, 日置雅之, 関稔, 早川岩夫 (2000): ブレンドおよび成型家畜ふん堆肥の露地野菜に対する肥料代替施用法. 土肥誌, 71 (5), 710-713.
- 16) 山内章 (2000): 作物の根系発達と土壌ストレス環境. 農業および園芸, 69 (4), 521-526.
- 17) 土壌環境分析法編集委員会編 (1997): 土壌環境分析法, 120-123. 博友社.
- 18) 熊本県農業研究センター (2007): 黒ボク畑キャベツ栽培における亜酸化窒素の発生要因. 農業による環境への負荷低減を求めて, 日本農業研究所, 20-25.
- 19) 畜産環境をめぐる情勢 (2010): 農林水産省生産局畜産部, [http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyotaisaku/pdf/meguru\\_zyousei.pdf](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyotaisaku/pdf/meguru_zyousei.pdf).

## Effects of Localized Fertilizer Application with Pelletized Compost on Cabbage Growth and Nitrogen Dynamics

Sunao Kikuchi, Takeshi Kimura, Naomichi Miyaji,  
Hiroharu Murakami and Nobuyuki Kijima

### Summary

To clarify the suitability of pelletized compost (PC) made from cow manure as a substitute for coated chemical fertilizer (CCF), we examined the effects of each on cabbage yield. We also investigated the environmental impacts of the localized application of PC on cabbage fields for 2 years. Standard application (broadcasting and deep placement) gave lower growth and nitrogen (N) content in the cabbages by PC than by CCF. However, incorporation of a half volume of PC to a greater depth (20 cm) gave a high yield as much as standard application of CCF gave. These results suggest that PC is a suitable substitute for CCF in cabbage culture when it is applied locally to a greater depth. There was no significant difference between fields in the eluviation of nitrate-N with either fertilizer. In addition, N outputs were higher than N inputs during culture, and most N output was due to nitrate-N eluviation.