

農林水産省委託プロジェクト研究

気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト

循環型農業のための有機資材とその利用技術の開発 研究成果

循環型農業のための家畜ふん堆肥を原料とした 有機資材製造とその利用の手引き



平成26年4月

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター

岩手県農業研究センター

山形県農業総合研究センター水田農業試験場

新潟県農業総合研究所作物研究センター

新潟県農業総合研究所畜産研究センター

岐阜県農業技術センター

岐阜県畜産研究所

三重県農業研究所

目 次

I 肥料価値の高い鶏ふんペレット堆肥の製造及び利用について	
1. はじめに	1
2. 鶏ふんの特徴と高窒素鶏ふん堆肥の製造方法	1
1) 鶏ふんの特徴	1
2) 高窒素鶏ふん堆肥の製造方法	2
3) 参考資料	3
4) 担当者・問い合わせ先	3
3. 窒素質肥料添加・乾式ディスクペレッター成型による機械施肥適性の高い 鶏ふん肥料の製造方法	4
1) 窒素付加鶏ふんペレット肥料の製造方法	4
2) 窒素付加鶏ふんペレット肥料の保管方法	4
3) 窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料の製造時のコスト試算	5
4) 参考資料	6
5) 担当者・問い合わせ先	6
4. 高窒素鶏ふんペレット肥料(採卵鶏)による水稻の化成肥料全量代替栽培	7
1) 高窒素鶏ふんペレット肥料の窒素放出特性	7
2) 栽培の概要	7
3) 基肥、穂肥施用時の注意点	9
4) 環境に優しい高窒素鶏ふん	9
5) 経営に優しい高窒素鶏ふん	10
6) 参考資料	11
7) 担当者・問い合わせ先	11
5. 窒素質肥料添加による高窒素鶏ふんペレット肥料を用いた実証栽培	11
1) 窒素付加鶏ふんペレット肥料の水稻作での利用	11
2) 窒素付加鶏ふんペレット肥料のキャベツ作での利用	13
3) 窒素付加鶏ふん肥料の連用試験による土壌化学性	14
4) 参考資料	14
5) 担当者・問い合わせ先	14

6. 高窒素鶏ふん肥料の製造及び使用時の環境影響評価	15
1) 堆肥製造段階の評価	15
2) 農業生産段階(堆肥使用段階)の評価	16
3) その他(参考資料)	17
4) 担当者・問い合わせ先	17
II 肥料価値の高い豚ふんペレット堆肥の製造及び利用について	
1. アンモニア回収装置を用いた窒素付加豚ふんペレット堆肥の製造技術	18
1) 背景	18
2) 技術の内容と特徴	18
3) 技術導入にあたってのコスト評価等	22
4) その他(参考資料)	22
5) 担当者・問い合わせ先	22
2. 寒冷地における水稲用豚ふんペレット堆肥の製造と効率的施用技術	23
1) 背景	23
2) 技術の内容と特徴	23
3) 導入にあたってのコスト評価	25
4) 参考資料	25
5) 担当者・問い合わせ先	25
III 堆肥施用等による農地の蓄積窒素の簡易評価法について	
1. はじめに	26
2. 畑土壌の可給態窒素の簡易評価法	26
1) 畑土壌可給態窒素の現状	26
2) 可給態窒素の簡易評価法の技術の内容と特徴	27
3) 普及事例	28
4) その他(参考資料)	28
3. 水田土壌の可給態窒素の簡易評価法	28
1) 可給態窒素の応用について	28
2) 可給態窒素と簡易評価法との相関関係	29
3) その他(参考資料)	29
4) 担当者・問い合わせ先	29

I 肥料価値の高い鶏ふんペレット堆肥の製造及び利用について

1. はじめに

平成16年11月1日から「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が完全施行され、堆肥の野積みや素掘りなどといった不適切な管理が禁止されました。そのため、多くの畜産農家は多額の投資を行って堆肥化处理施設を整備し、適正な処理を図った上で堆肥の生産を行っています。しかし、堆肥を処理コストに見合った適正な価格で販売することは困難であり、経営の負担となっているのが現状です。一方で、堆肥は畜種や飼料、製造方法などによって含まれる成分量が異なるため、利用に際しての施用量が明確でないこと、また、その性状から散布に労力がかかることなどの問題点があります。堆肥利用推進のためには、畜産および耕種農家の両者における課題を解決する必要があります。

これまでに、他畜種に比べ肥料成分が多く含まれる鶏ふん堆肥を対象として、採卵鶏ふんの、排ふんから堆肥製造までの工程を管理することにより、有効窒素成分を4%まで高める技術および、その鶏ふん堆肥を機械散布可能な肥料にするために、ペレット化する肥料製造技術を確立してきました。しかし、有効窒素4%では化成肥料と比較すると、依然として散布量が多く、適合機械が限られることから、これらの問題を解決するため、化成肥料と同様に使用できる窒素付加鶏ふんペレット肥料の製造技術を確立しました。

水稻側条施肥田植機やキャベツうね内部分施用機などの高精度省力施肥機に適応した鶏ふん肥料を製造するため、鶏ふん堆肥に化成窒素を添加し、窒素成分を高めることに加え、ペレットサイズを改善しました。また、開発肥料を普及するため、水稻及びキャベツの栽培実証試験を行い、その実用性を評価しました。

さらには、鶏ふん堆肥製造時と利用時の環境に対する影響評価を行うことで、鶏ふん堆肥を利用することによる優位性を評価しました。

2. 鶏ふんの特徴と高窒素鶏ふん堆肥の製造方法

1) 鶏ふんの特徴

畜種の中でも鶏は、市販配合飼料を給与されていること、1戸当たりの飼養羽数が比較的多く個体差が反映されにくいことから、ふん中の成分が年間を通して安定しています。また、鶏はふんと尿を同時に排せつすることから、鶏ふんは他畜種に比べて窒素成分が高いという特徴があります(表1)。しかし、尿中窒素の大部分は易分解性の尿酸態窒素のため(ふん中窒素の約半分)、堆肥化の工程で消失しやすく、堆肥の窒素成分量が変動する原因となります。

2) 高窒素鶏ふん堆肥の製造方法

尿酸態窒素は、主にふん中に存在する微生物（ウリカーゼ産生菌）によって急速にアンモニアに分解され、pH の高い鶏ふん中ではアンモニアガスとして揮散します。このため、堆肥化の工程で、温度と含水率を管理し、ウリカーゼ産生菌の活性を抑制することによる尿酸態窒素の分解防止が高窒素堆肥製造方法のポイントとなります（図 1）。

ブロイラーに給与される飼料中の粗蛋白(CP)は 21%（日本飼養標準）と採卵鶏の 15.5%と比較して高いこと、また、平飼いで床を加温して飼養されることから、ふんが乾燥し尿酸分解が抑えられるため、鶏舎から排出したふんの窒素分量は高いものが得られます。そのため一般的に流通している堆肥の窒素含有率の平均は 3.8%であり、採卵鶏の 2.9%と比較すると高い傾向にあります。

採卵鶏に給与される飼料中の粗蛋白(CP)は、ブロイラーと比較して低いため、鶏ふん中の窒素成分はブロイラーと比較して低い傾向にあります。しかし、採卵鶏においても、ふん乾燥機を備えたウインドウレス鶏舎で飼養したうえで、5～7 日間隔で排ふんすることで、尿酸分解量を 10%以内に抑えた窒素分量の高いふんが得られます。

こうした窒素分量の高い鶏ふんを堆肥原料とし、密閉縦型発酵装置を用いて堆肥化時の温度を 70℃以上で 5～7 日間管理し、堆肥化終了後の含水率を 20%以下（尿素を 20%添加する場合は通風乾燥などにより水分 15%以下とする）まで低下させることで、尿酸態窒素の分解を最小限に抑え、窒素成分の高位安定化が図られた高窒素鶏ふん堆肥の製造が可能になります（図 2）。上記の方法で製造された堆肥は、普通肥料（加工家禽ふん肥料）として登録することが可能です（窒素-リン酸-加里:2.5-2.5-1.0 以上、含水率 20%以下）。

以上のような堆肥化工程を経て、有効窒素含有率 4%程度を確保した粉状の鶏ふん堆肥を、本稿では「高窒素鶏ふん堆肥」、ペレット化したものを「高窒素鶏ふんペレット肥料」、従来の開放攪拌方式等で堆肥化されたものを「低窒素鶏ふん堆肥」と区分することにします。

表 1. 飼料のCP(粗蛋白)含有率と排泄直後ふん中の尿酸態窒素量

飼料中CP含有率 (%)	ふん中全窒素量 (mg/g)	ふん中尿酸態窒素量 (mg/g)
16.5	52.6	27.6(53%)
17	52.6	28.4(54%)
18	55.2	30.4(55%)

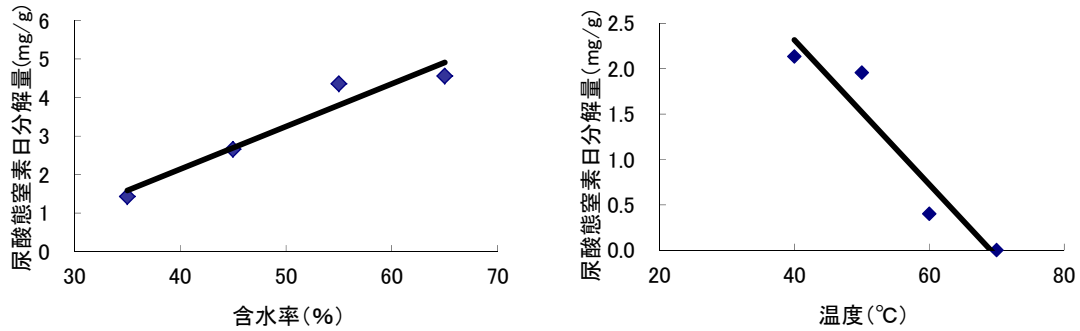


図 1. 含水率及び温度が尿酸態窒素の日分解量に及ぼす影響



図2. 高窒素鶏ふん堆肥の製造方法（採卵鶏）

3) 参考資料

- ・畜産技術環境研究所「堆肥の肥効を取り入れた堆肥成分表と利用法」
- ・村上圭一、原正之、藤原孝之(2001)鶏ふん堆肥中の尿酸分解に及ぼす微生物要因
平成 13 年度 「関東東海北陸農業」研究成果
<http://www.mate.pref.mie.lg.jp/marc/SEIKA/H13/20seikaH13.PDF>
- ・原正之、村上圭一、藤原孝之(2001)鶏ふん堆肥の窒素成分安定のための堆肥生産条件
平成 13 年度 「関東東海北陸農業」研究成果
<http://www.mate.pref.mie.lg.jp/marc/SEIKA/H14/21seikaH14.pdf>
- ・小阪幸子、村上圭一、原正之(2003)ウインドウレス鶏舎の搬出ふんの尿酸態窒素量はほぼ一定である 平成 15 年度 「関東東海北陸農業」研究成果
<http://www.mate.pref.mie.lg.jp/marc/SEIKA/H15/06seikaH15.pdf>
- ・村上圭一・藤原俊六郎(2012)鶏ふんを使いこなす, p. 1-112. 農文協, 東京
- ・(独)農研機構中央農研、岩手農研センター、新潟県農総研作物研究センター、三重農研(2013)窒素質肥料添加による機械施肥適合性の高い鶏ふんペレット肥料の製造と利用マニュアル

4) 担当者・問い合わせ先

三重県農業研究所 堂本品子 TEL 0598-42-6361

3. 窒素質肥料添加・乾式ディスクペレッター成型による機械施肥適性の高い鶏ふん肥料の製造方法

1) 窒素付加鶏ふんペレット肥料の製造方法

原料である粉状の高窒素鶏ふん堆肥に、製品の目標窒素含有率となるよう一定量の尿素を添加し、攪拌機等で均一に混合後、乾式ディスクペレッターで成型・ペレット化します(図3)。ダイスの孔径を選択することにより、施肥機械への適応等、各用途に合わせた孔径のペレットを作ることが出来ます。

ダイス孔径 4mm 以上を選択した場合、一般的に流通しているペレット堆肥と同等サイズの製品ができて、うね内部分施用機およびブロードキャスターなどの機械で精度よく散布することが可能です。ダイス孔径 3mm を選択した場合、有機複合肥料と類似したサイズの製品ができて、上記機械に加えて、側条施肥田植機などで高精度散布することが可能です。

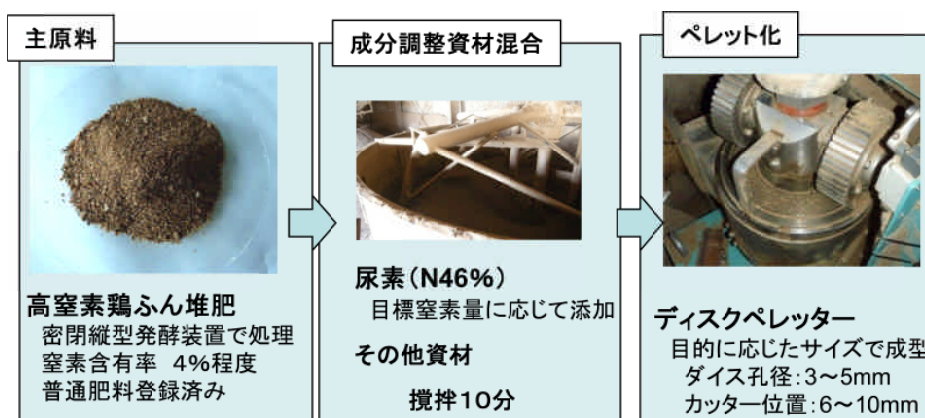


図3. 窒素付加鶏ふんペレット肥料の製造方法

2) 窒素付加鶏ふんペレット肥料の保管方法

窒素成分を高めるために添加する尿素は吸湿性が高いことから、密封して流通しています。今回開発した尿素添加の窒素付加鶏ふんペレット肥料は、密封しても堆肥由来の水分の移動により尿素が潮解し固結（ペレット同士が密着・結合しブロック状に固まること）する恐れがあることから、火力乾燥または固結防止剤を添加する必要があります。

①火力乾燥（通常サイズペレットの事例、5.7mm 径、10.4mm 長）

通常サイズのペレットは、微小ペレットに比べ単位重量当たりの表面積が小さいため、比較的固結しにくい傾向にあります。そのため、製造した普通ペレットを 200~360℃で約 10 分間、ロータリーキルンでの乾燥を行うことにより、固結防止剤の添加無しでも固結防止を図ることが出来ます(図4)。



図4 火力乾燥によって製造したペレット

②固結防止剤の添加（微小ペレットの事例、3mm 径 6mm 長）

固結防止剤として尿素添加時にシリカ資材を 1%w/w 加えて混合し、ペレット化することにより、表面積の大きい微小ペレット肥料においても固結防止効果があることが明らかになりました（図 5）。

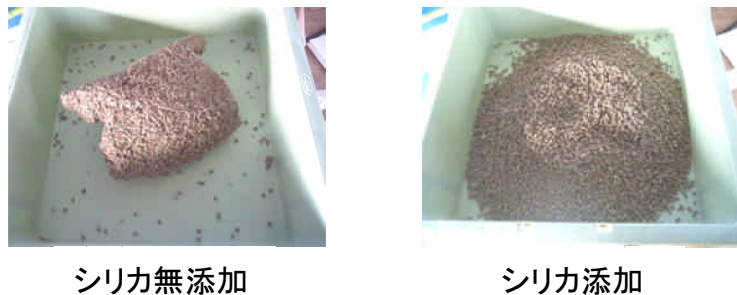


図5 シリカ資材添加による固結防止効果

3) 窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料の製造時のコスト試算

（採卵鶏、飼養頭羽数 6 万羽、堆肥生産 500t/年と想定）

密閉縦型発酵装置で製造される堆肥は粉状であるため、一般的な鶏ふん堆肥よりも高い窒素成分であっても、堆肥として扱われます。そのため、その生産コストは 13.4 円/kg（表 3(A)）ですが、市場価格は 10 円程度であり、販売時には 3.4 円の赤字になります。しかし、粉状堆肥をペレット化した場合（表 3(B)）、製造コストは 20.6 円/kg と試算されますが、肥効が明らかで、散布しやすいことから、実際には 25 円/kg 程度で販売しており、この場合 4.4 円/kg の利益が得られると試算されます。さらに粉状鶏ふんに尿素を添加して製造する窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料の場合、製造コストは 36.3 円/kg ですが、後述のように、高精度機械を用いた散布が可能であることから、50 円/kg 程度での販売が見込まれ、13.7 円/kg の利益を得ることができると考えられます。このように、本技術は、堆肥製造時の経営収支がマイナスであったものをプラスに転換できるため、畜産農家にとって大きなメリットがあります。また、耕種農家も、窒素付加鶏ふん肥料を化成肥料代替として利用

することで施肥コストを削減できるというメリットがあり、本技術は畜産農家、耕種農家双方にメリットが期待できます。

表2 コスト試算表

イニシャル コスト内訳 (5年償却)	密閉縦型発酵装置	17,000千円 (A)
	同上制御装置一式	2,760千円 (A)
	脱臭装置	1,800千円 (A)
	ペレット化装置	10,000千円 (B)
	工事一式	2,640千円 (A)
ランニング コスト内訳 (1年間)	電気代(密閉縦型発酵装置)	1,066千円 (A)
	電気代(ペレット化装置:400kg/hr 15Kwh)※	432千円 (B)
	ダイス交換(2回)	480千円 (B)
	尿素(90t):有効窒素12%製品製造時	10,350千円 (C)
	シリカ資材(5.5t)	413千円 (C)
	人件費※	780千円 (B)
	袋代	750千円 (B)

表3 各堆肥の収支試算

	(A)	(B)	(C)
	高窒素鶏ふん堆肥 (粉状)	高窒素鶏ふん ペレット肥料	窒素付加鶏ふん 微小ペレット肥料
成分含有率 (有効窒素-リン酸-加里)	4-3-2	4-3-2	12-3-2
製造コスト試算(a) (円/kg)	13.4	20.6	36.3
販売想定価格(b)※	10	25	50
収支(b-a) (円/kg)	-3.4	4.4	13.7

※ 販売想定価格:一般価格(堆肥有機質肥料)を参考

表の算出方法

(A) : (イニシャルコスト(A)の合計/5+ランニングコスト(A)の合計) /年間肥料製造量 (500t)

(B) : (イニシャルコスト(AとBの合計)/5+ランニングコスト(AとBの合計)) /年間肥料製造量(500t)

(C) : (イニシャルコスト(AとBの合計)/5+ランニングコスト(A,B,Cの合計)) /年間肥料製造量(590t※2)

※ Cでは、製造速度が低下するため、製造時間が1.4倍かかります。そのため造粒装置電気代、人件費については表2中の金額に1.4を乗じて算出しました

※2 Cでは、尿素90tを添加するため、年間堆肥製造量が590tになります。

4) 参考資料

- ・堂本晶子他2名、日本畜産学会(2013.3)「機械施肥適正の高い窒素付加鶏ふんペレット肥料製造方法の検討」
- ・(独)農研機構中央農研、岩手農研センター、新潟県農総研作物研究センター、三重農研(2013)窒素質肥料添加による機械施肥適合性の高い鶏ふんペレット肥料の製造と利用マニュアル

5) 担当者・連絡先

三重県農業研究所 堂本晶子 TEL 0598-42-6361

岩手県農業研究センター 佐藤喬 TEL 0197-68-4422

4. 高窒素鶏ふんペレット肥料（採卵鶏）による水稻の化成肥料全量代替栽培

鶏ふん堆肥を化成肥料代替として用いて良食味米であるコシヒカリを栽培する事例はありますが、広く普及するには至っておりません。これは鶏ふん堆肥の肥料成分がどの程度効くのか（肥効）が良くわからなかったり、そもそも散布が重労働であったりすることが原因の一つと考えられます。また、一般に鶏ふん堆肥はリン酸含量が高いので、連用するとリン酸が土壌に過剰蓄積しやすいといった問題もあります。

そこで、従来の鶏ふん堆肥よりも窒素肥効が高く、散布しやすいペレット状に成型した肥料、（以下「高窒素鶏ふんペレット肥料」）を用い、基肥と穂肥の化成肥料を全量代替する試験を、コシヒカリを対象に新潟県で2009年から4年間継続して試験を実施しました。この結果、慣行の化成肥料栽培とほぼ同等の収量、品質を確保することができました。

さらに、コシヒカリ栽培時の窒素、リン酸、加里についての養分吸収量を調べたところ、圃場からの持出量と施肥量がほぼ等しいことがわかりました。また、従来の市販の鶏ふん堆肥で化成肥料代替を行うより、高窒素鶏ふんペレット肥料を使う方が現物施肥量が少なく易分解性有機物の投入量も低減されるので、水田からのメタン発生量が少なくなることがわかりました。

1) 高窒素鶏ふんペレット肥料の窒素放出特性

水稻栽培に必要な窒素量を高窒素鶏ふんペレット肥料で補う場合、現物重量の3～4%の窒素が作付期間中に有効化しますが、高窒素鶏ふんペレット肥料は土壌中で速やかに分解されてアンモニア態窒素に変わるため、施用1週目でそのほとんどを有効な窒素として活用できます（図6）。

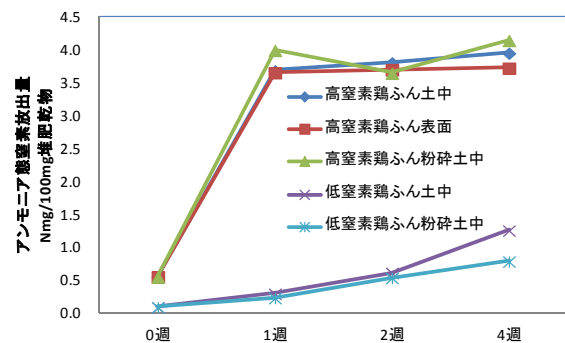


図6 鶏ふん堆肥の水田状態での窒素放出

一方、市販の低窒素鶏ふん堆肥は、施用4週後でも1%以下の放出しか見込めず、また、

施用直後でもほんのわずかししか放出しません。これにより、高窒素鶏ふん堆肥は、窒素の放出時期を考慮することなく化成肥料並みの肥効と取り扱いが可能です。

2) 栽培の概要

今回使用した市販の高窒素鶏ふんペレット肥料は「加工家禽ふん肥料」に分類されます。有効窒素含有率は4%と見積もってありますので、これにより現物施肥量を計算します。新潟県のコシヒカリ栽培では窒素は基肥として2～4kg/10a、穂肥として1～3kg/10a程度施用

します（表4）。低窒素鶏ふん堆肥はこれよりも窒素肥効が低いので、全量窒素代替する場合、現物で460kg/10a以上施用する必要がありますが、高窒素鶏ふんペレット肥料を利用すると現物施用量は2分の1から3分の1の量ですみます。

表4 新潟県平坦部粘質土壌での栽培試験

施肥 処理(肥料成分等)	年次	基肥	穂肥	合計(kg/10a)			現物施用量 (kg/10a)
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
高窒素鶏ふん区 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O%=4-3-2)	2009~11	3	3	6	4	3	150
	2012(注1)	4	4	8	6	4	200
慣行化肥区 (磷安, 硫安, 塩化加里)	2009~12	3	3	6	7	8	
低窒素鶏ふん区 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O%= 0.9-5.4-4.2)	2010	3	3	6	36	28	667
	2011~	2	2	4	25	19	462
	12(注2)						

試験場所：新潟作研ほ場（細粒グライ土）1区28㎡ 3反復

品種：コシヒカリ 5月11日移植

基肥時期：鶏ふん、化成肥料は当年春散布、前年度稲わら鋤込み

穂肥時期：出穂 18日、10日前を目安に分施

(注1) 生育・収量をふまえ2012年は現物200kg/10a施用した。

(注2) 2010年は窒素肥効率0.9%と見積もって現物667kg/10a施用したが、生育収量を考慮し、2011年からは462kg/10aに変更した。

収量については、慣行化成肥料区に比べやや低い年もありましたが、2012年と2013年は14~33%増施用した結果、慣行区と同程度になりました（表5）。生育の状況をみて、施用量は生産者の判断で1~3割程度の増減を検討してください。

表5 試験期間の収量(kg/10a)

処理区\年次	2009	2010	2011	2012	2013
高窒素鶏ふん (堆肥現物施用量kg/10a)	504 (150)	511 (150)	514 (150)	667 (200)	581 (171)
慣行化学肥料	514	550	541	639	603
低窒素鶏ふん (堆肥現物施用量kg/10a)	—	622 (667)	617 (462)	662 (462)	533 (462)

現在、省資源の観点からリン酸、加里の施用量を収穫に伴う圃場からの持出相当量とする「補給型施肥」が検討されています。本試験において、稲わらは全量鋤込み、粃を持ち出すことを前提とし、穂の窒素、リン酸、加里吸収量を測定したところ、高窒素鶏ふんペレット肥料の施用による投入量とほぼ等しいことがわかりました。一方、低窒素鶏ふん堆肥で窒素肥効を化成肥料に合わせて、全量化成肥料代替栽培を行うと、リン酸、加里は過剰に投入されることとなります（図7）。

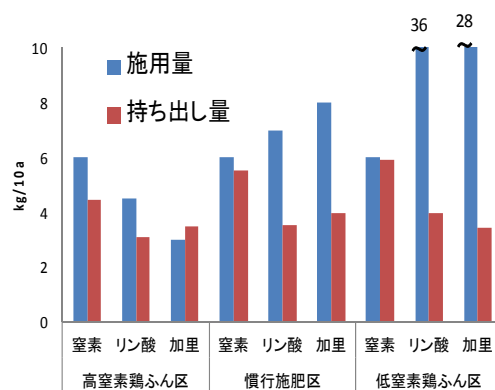


図7 窒素、リン酸、加里の施用量と収獲に伴う圃場からの持出量の関係(2010年)

なお高窒素鶏ふんペレット肥料で全量化成肥料代替栽培を行う場合は、リン酸、加里の施用量が従来に比べ少なくなりますので、土壌分析を行い各地域の土壌改良目標値を達成していることを確認して下さい。

3) 基肥、穂肥施用時の注意点

高窒素鶏ふんペレット肥料は化成肥料と同様に栽培当年の春に施用してください。秋に施用すると脱窒・流亡して肥効が低下します。また同様な理由で施用から入水までの間が2週間以上開くと、窒素肥効が低下します（平成15年度三重県研究成果情報）。

高窒素鶏ふんペレット肥料は、土中での分解が速いので、化成肥料の穂肥と同じように、出穂前に分けて施用します（新潟県コシヒカリの場合は18日前と10日前）。コシヒカリの場合、施用の時期が早すぎたり、多すぎたりすると倒伏を増大させ、玄米品質の低下を招く恐れがあるので注意してください。

4) 環境に優しい高窒素鶏ふん

有機物の水田への多量投与は温室効果ガスであるメタンガスの発生増大に繋がる可能性があります。メタン発生量は酸性デタージェント分析で可溶化する堆肥中有機物量と高い相関関係があることが、本プロジェクトにより明らかになりました（図8、南雲ら 2011）。

窒素肥効の高い高窒素鶏ふんは、低窒素鶏ふんに比べ、圃場に投入する酸性デタージェント可溶有機物量が少ないため（表6）、メタンの発生量が少なくなります（図9）。

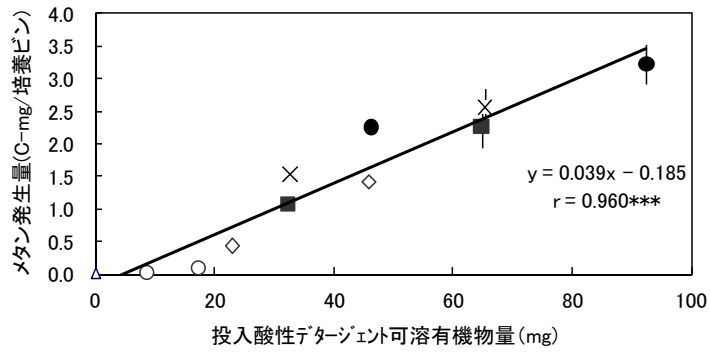


図8 酸性デタージェント可溶有機物とメタン発生量の関係
 図中のマークは●、×：鶏ふん堆肥、■、◇、○：豚ふん堆肥。
 実験の詳細は土肥誌 82(5) p. 401-404 参照

表6 圃場への投入量(2010年度、kg/10a)

処理区	施用した有効な窒素量	堆肥投入量(乾物)	酸性デタージェント可溶有機物投入量
慣行化成肥料区	6	なし	なし
高窒素鶏ふん区	6	138	69
低窒素鶏ふん区	6	586	219

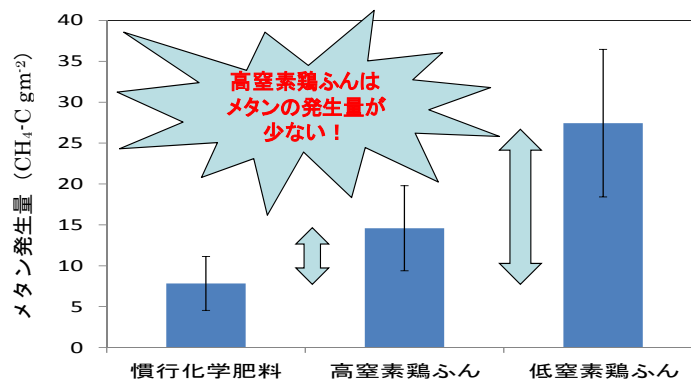


図9 高窒素鶏ふんと低窒素鶏ふんのメタン発生量

5) 経営に優しい高窒素鶏ふん堆肥

市販の有機入り肥料に比べ20%~40%も肥料費削減が可能です(表7)。

表7 高窒素鶏ふん堆肥(Suzuka有機)の使用量と肥料費試算例(円/10a)

	基肥	穂肥	合計
地域で一般的な有機入り肥料	30kg 4,305円	18kg 2,277円	6,582円
Suzuka有機	それぞれ75kg~100kg	1,875円~2,500円	3,750円~5,000円

6) 参考資料

- ・村上圭一・藤原俊六郎（2012） 鶏ふんを使いこなす, p. 1-112. 農文協, 東京
- ・南雲芳文・小柳 渉・村上圭一・棚橋寿彦・加藤誠二・安藤 正・土田 徹・加藤直人（2011）
酸性デタージェント可溶有機物量による鶏ふん堆肥, 豚ふん堆肥のメタン発生ポテンシャルの
評価. 日本土壌肥科学雑誌 82 401-404
- ・竹内雅己・原正之 （2003） 高窒素鶏ふん堆肥の水稻基肥としての施用時期. 平成15年度 「関
東東海北陸農業」研究成果
http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto15/13/15_13_22.html
- ・(独)農研機構中央農研、岩手農研センター、新潟県農総研作物研究センター、三重農研(2013)
窒素質肥料添加による機械施肥適合性の高い鶏ふんペレット肥料の製造と利用マニュアル

7) 担当者・問い合わせ先

新潟県農業総合研究所作物研究センター 南雲芳文 TEL 0258-35-0836

5. 窒素質肥料添加による高窒素鶏ふんペレット肥料を用いた実証栽培(写真1)

1) 窒素付加鶏ふんペレット肥料の水稻作での利用

①微小ペレットの水稻側条施肥機への適合性

側条施肥機での窒素付加鶏ふん微小ペレットの投下性については、目標投下量をほぼ確保でき、適合性は化成肥料並でした（表 8）。また、10a 分の肥料を一度に搭載することができ、散布時間も化成肥料と同等でした。収量も化成肥料と遜色なかったことから、微小ペレットの側状施肥体系への適合性が高いことが明らかになりました（図 10）。



写真1. 鶏ふん微小ペレットによる側状施肥田植えと追肥前の圃場状況.

表 8 水稻側条施肥機への適合性

供試肥料			圃場投下試験結果		
名称	鶏ふん種類	有効N含有率 (%)	目標投下量	実投下量	実投下率
			(現物kg/10a)		(%)
化成肥料	—	8.0	37.5	36.9	98
窒素付加鶏ふん微小ペレット	採卵鶏	12.0	25.0	25.2	101
		8.0	37.5	39.5	105

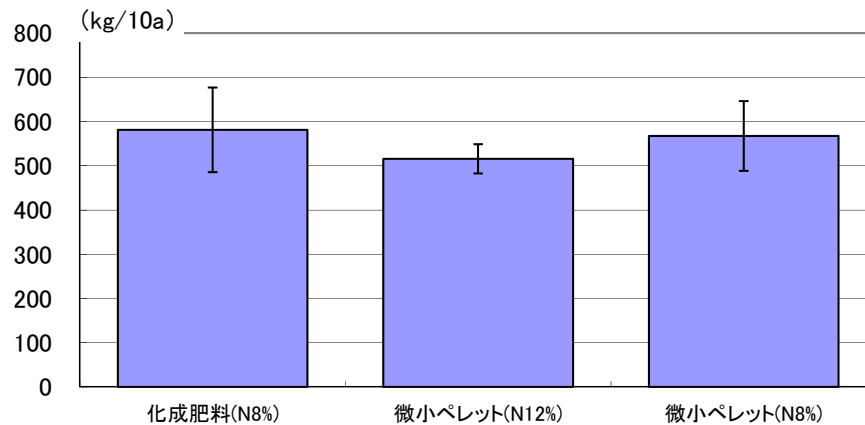


図10. 水稲側条施肥における玄米収量(H24) ※追肥:微小ペレット

②施肥コスト試算と実用性（三重県窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料）

12%、8%鶏ふん微小ペレットを使用した場合の、化成肥料と10a当りの施肥コストを比較しました。その結果、鶏ふん微小ペレットを基肥のみに使用した場合、12%で893円、8%で642円、基肥と追肥に利用した場合、12%で1437円、8%で852円程度のコスト低減効果が見込めました（表9）。鶏ふん微小ペレットはリン酸、加里含量が少ないので、稲わら還元または秋口の牛ふん堆肥施用を基本としつつ、数年に一度の土壌診断が必要です。さらに、8%微小ペレットの場合、その有効窒素の半分は鶏ふん堆肥由来のため、減化成肥料栽培（特別栽培など）に利用することができます。

表9. 施肥コスト試算例

	基肥施用量(kg/10a)				追肥施用量(kg/10a)				施肥コスト試算(円)		
	資材	窒素	リン酸	加里	資材	窒素	リン酸	加里	基肥	追肥	基肥+追肥
化成肥料	37.5	3	3	3	23	4	0	4	2142	2210	4352
8%鶏ふん微小ペレット	37.5	3	1.2	0.8	50	4	1.6	1.1	1500	2000	3500
12%鶏ふん微小ペレット	25	3	0.8	0.5	37	4	1.1	0.7	1249	1666	2915

※12%鶏ふん微小ペレット 50円/kg、8%鶏ふん微小ペレット 40円/kgで試算

窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料は、側条施肥田植機への適応が可能で、化成肥料と同等の玄米収量を確保できる、化成肥料と比較して施肥コストを10a当たり1000円程度低減できること等が明らかになりました。

③窒素付加鶏ふん普通ペレット肥料による全面施肥体系

通常サイズの窒素付加鶏ふんペレット肥料の、全面全層施肥における肥効を確認しましたが、ブロードキャスターでの散布は特に問題がなく、また、収量や玄米の品質評価値、食味も化成肥料と同等でした（表10）。

表 10 窒素付加鶏ふん普通ペレット肥料の収量性（全面施肥、H25岩手県）

試験場所	供試肥料	基肥施肥方法	施肥有効窒素量 (kgN/10a)		玄米収量 (kg/10a)	左化肥比 (%)	玄米品質評価値 ²⁾	食味試験 ³⁾	
			基肥	追肥				1回目19人	2回目18人
岩手農研	化成肥料	手散布	6	2	616	(100)	77.3	±0.00a	±0.00a
	窒素付加鶏ふん普通ペレット ¹⁾			(幼穂形成期)	643	104	77.8	+0.23a	-0.11a
現地1	化成肥料	ブロードキャスター	6	1	543	(100)	75.5	—	—
	窒素付加鶏ふん普通ペレット ¹⁾			(減数分裂期)	536	99	74.0	—	—
現地2	化成肥料(ペースト)	側状施肥	6	0	574	(100)	78.5	—	—
	窒素付加鶏ふん普通ペレット ¹⁾	ブロードキャスター			545	95	80.0	—	—
現地3	化成肥料	ブロードキャスター	5	0	517	(100)	76.5	—	—
	窒素付加鶏ふん普通ペレット ¹⁾				536	104	75.5	—	—

1) プロイラー鶏ふん 2) AN-820(kett) 3) 異符号間で有意差あり (t検定、p=0.05)

2) 窒素付加鶏ふんペレット肥料のキャベツ作での利用

①微小ペレット、普通ペレットのうね内部分施用機への適合性

うね内部分施肥機での窒素付加鶏ふん微小および普通ペレット肥料の投下性については、目標投下量を確保することができ、適合性は化成肥料並でした（表 11）。うね内部分施用の場合、化成窒素施用量を全面施肥体系の 3 割減としても栽培可能であるため、窒素付加鶏ふん微小および普通ペレット肥料の窒素施用量も 3 割削減して栽培試験を行いました。その結果、収量も化成肥料と遜色なかったことから、普通および微小ペレットはキャベツうね内部分施用への適合性が高いことが明らかになりました（図 11）。

表 11 うね内部分施用機への適合性

供試肥料			圃場投下試験結果		
名称	鶏ふん種類	有効N含有率 (%)	目標投下量 ¹⁾	実投下量	実投下率
			(現物kg/10a)		
化成肥料	—	15.0	47.0	45.1	96
窒素付加鶏ふん微小ペレット	採卵鶏	12.0	59.0	62.2	105
窒素付加鶏ふん普通ペレット	プロイラー	10.4	68.0	62.4	92

1) 窒素施肥量は全面施肥の3割減肥

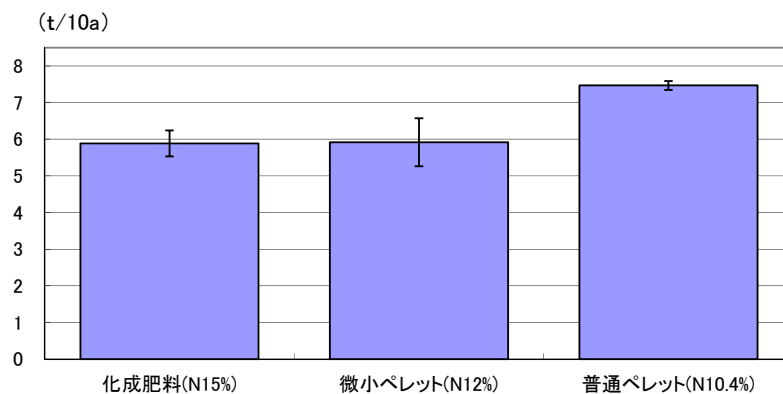


図 11. うね内部分施用におけるキャベツ収量 ※追肥: 硫安

②全面施肥体系

全面全層施肥における窒素付加鶏ふんペレット肥料の肥効確認を行ないましたが、収量はいずれも化成肥料並でした（表 12）。

これらから、窒素付加鶏ふん微小およびペレット肥料のキャベツ作での肥効は、いずれも化成肥料並で、窒素3割減が可能であるうね内部分施用機でも適合することが明らかになりました。

表12 窒素付加鶏ふん普通ペレット肥料の収量性（全面施肥、H25岩手県）

試験場所	供試肥料	基肥施肥方法	作期	施肥有効窒素量 (kgN/10a)		収量 (t/10a)	化肥比 (%)
				基肥	追肥		
岩手農研	化成肥料	手散布	夏作	10	6	5.51	(100)
	窒素付加鶏ふん普通ペレット ¹⁾					5.93	108
現地1	化成肥料			18	0	4.55	(100)
	窒素付加鶏ふん普通ペレット ¹⁾					4.63	102

1) プロイラー鶏ふん

3) 窒素付加鶏ふん肥料の連用試験による土壌化学性（2010～2013年、岩手県）

水稻、キャベツで窒素付加鶏ふん肥料(2010～2012：粒状、2013：ペレット状)の4カ年にわたる同一圃場での連用試験を行いました。可給態窒素、可給態リン酸は化成肥料と同様の推移を示し、塩類集積も認められませんでした(図12)。このことから、化成肥料による慣行栽培と同様に、数年ごとの土壌診断による養分量の確認は必要ですが、本肥料による長期の連用栽培も可能であると判断されました。

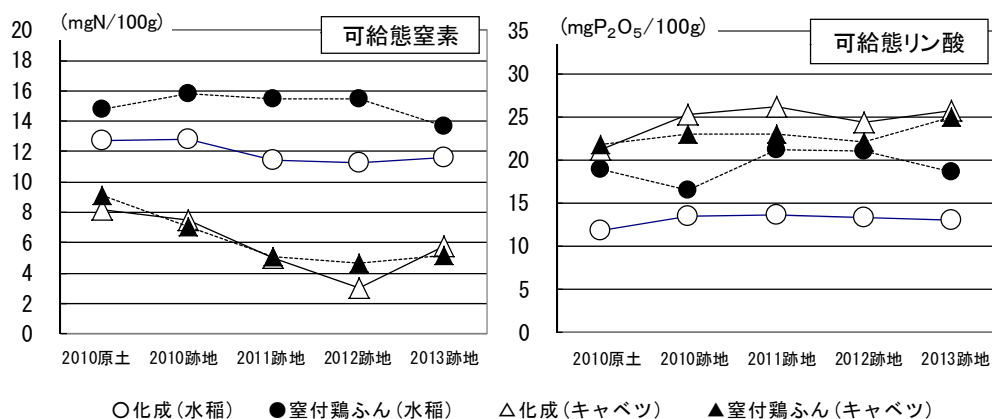


図12 窒素付加鶏ふん肥料の4年連用による土壌化学性の推移（作土層）

4) 参考資料

- ・「肥料価値の高い豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥の製造と利用、第23報 「窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料を用いた側条施肥水稻栽培」、堂本晶子他4名、日本土壌肥料学会(2013.9) 平成25年度土壌肥料学会名古屋大会要旨集
- ・(独)農研機構中央農研、岩手農研センター、新潟県農総研作物研究センター、三重農研(2013) 窒素質肥料添加による機械施肥適合性の高い鶏ふんペレット肥料の製造と利用マニュアル

5) 担当者・問い合わせ先

三重県農業研究所 堂本晶子 TEL 0598-42-6361
 岩手県農業研究センター 佐藤喬 TEL 0197-68-4422

6. 高窒素鶏ふん肥料の製造及び使用時の環境影響評価

鶏ふん堆肥製造時と利用時（キャベツ、水稻）の環境影響を、ライフサイクルでの（資源採取から製品出荷あるいは廃棄までの全体としての）温室効果ガス排出量（IPCC 2007 GWP 100 年）によって評価し、鶏ふん堆肥を利用することに伴う優位性を検討しました。

1) 堆肥製造段階の評価

高窒素鶏ふんペレット肥料および窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料が環境に与える影響を、低窒素鶏ふん堆肥を比較対象として検討しました（図 13）。

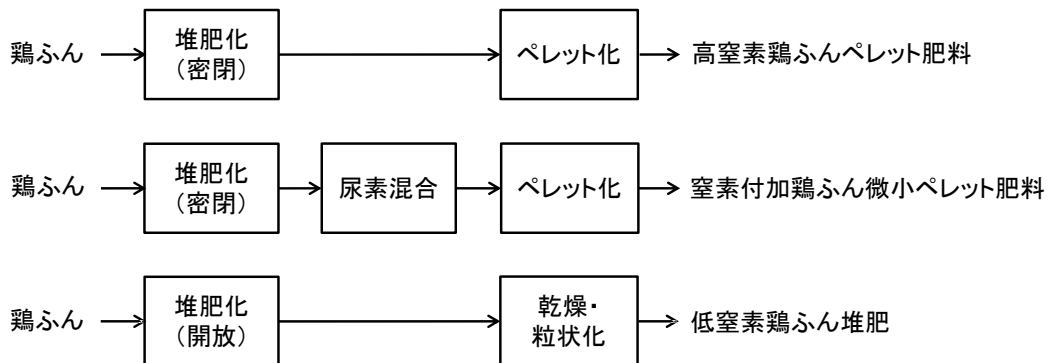


図 13 肥料製造過程の概要

高窒素鶏ふんペレット肥料は、ウィンドウレス鶏舎での鶏卵生産過程から排出される鶏ふんを、副資材を使わずに密閉縦型発酵装置により堆肥化し、さらにペレタイザーを用いて 4 mm×8 mm のペレット状に成形したものです。窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料は、尿素を高窒素鶏ふん 4 に対して 1 の割合で添加し、3 mm×2 mm のペレット状に成形したものです。低窒素鶏ふん堆肥は、鶏ふんを副資材を投入せずに乾燥発酵攪拌機により堆肥化し、さらに乾燥攪拌機によって乾燥させ、粒状化したものです。

バックグラウンド（背景）プロセスのインベントリデータ（原材料、温室効果ガス等の投入と産出に関するデータ）については、JALCA データベースを用いました。肥料製造過程からの温室効果ガスの直接排出は、製造前後の物質収支から推計しました。

図 14 は、水分 10%の堆肥 1 kg 当たりの温室効果ガス排出量です。鶏ふんの廃棄物としての処理（燃焼）時の排出量は、全炭素 28.7%、全窒素 3.2%の鶏ふんを想定した暫定値です。この過程で発生する CO₂は、生物起源のものとしています。化学肥料の使用量削減効果の計算には、硫安、リン安、塩化カリの施用を想定しています。高窒素鶏ふんペレット肥料の場合には、排出量が大幅に減少することが示されました。

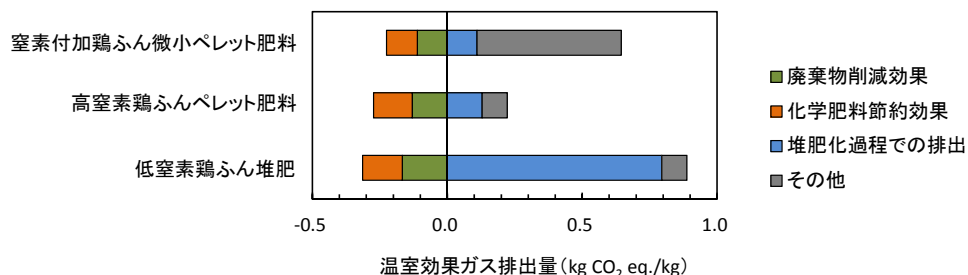


図 14 堆肥 1kg 当たりの温室効果ガス排出量

2) 農業生産段階（堆肥使用段階）の評価

(1) 水稲

水稲生産については、新潟県の水稲栽培指針における栽培方法を想定し、施肥の異なる3つのシナリオ（①高窒素鶏ふんペレット肥料の施用、②低窒素鶏ふん堆肥の施用、③化学肥料の施用）を作成し、それぞれの環境影響を比較しました（表 13）。いずれのシナリオにおいても、有効窒素の施用量が 6 kg/10a になるように、肥料を施用します。化学肥料の内訳は、硫安、リン安、塩化カリです。水稲の収量とメタン発生量については、新潟県農業総合研究所作物開発センターにおける圃場試験の結果に基づいており、高窒素鶏ふんペレット肥料と化学肥料の試験区については 2009 年から 2013 年までの平均値、低窒素鶏ふん堆肥の試験区については 2010 年から 2013 年までの平均値を用いました。

表 13 水稲作における肥料の利用シナリオ

肥料の利用シナリオ	肥料投入量 (kg/10a)				収量 (kg/10a)	作付期間メタン発生量 (kgCH ₄ /10a)
	堆肥現物投入量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
高窒素鶏ふんペレット肥料	150	6.0	4.0	3.0	564	20.8
低窒素鶏ふん堆肥	462	6.0	36.0	28.0	634	62.5
化学肥料	—	6.0	7.0	8.0	577	14.2

高窒素鶏ふんペレット肥料を用いた水稲生産システムの温室効果ガス排出量は、堆肥化により削減できた廃棄物分の負荷（廃棄物削減効果）を考慮することにより、化学肥料を用いた水稲生産システムに近づくこと、さらに廃棄物処理の過程で発生する CO₂ を温室効果ガスの計算に入れると、化学肥料を用いたシステムを下回ることが示されました（図 15）。

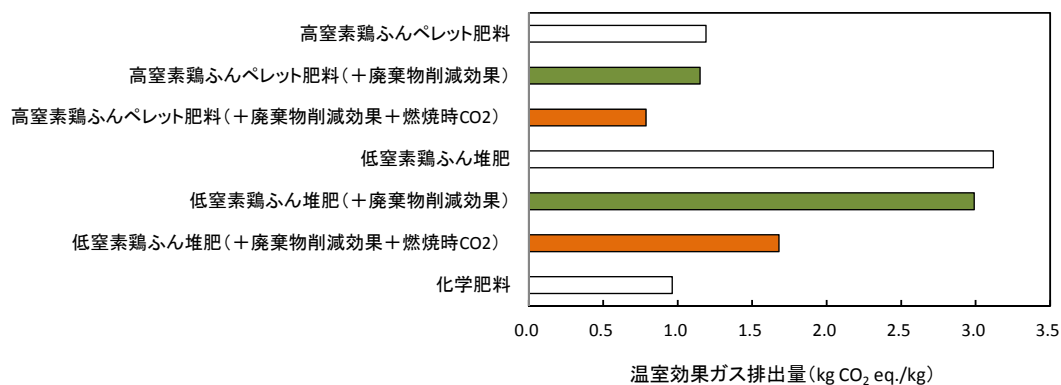


図 15 玄米 1kg 当たり温室効果ガス排出量

(2) キャベツ

キャベツ生産に関しては、三重県の標準的体系（水稲露地野菜複合）における作型を想定し、3つの施肥のシナリオを作成しました（表 14）。①窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料+硫加、②高窒素鶏ふんペレット肥料+硫加、③低窒素鶏ふん堆肥+硫安+硫加、④園芸化成+PK 化成です。各シナリオとも、この他に追肥として尿素を施用し、有効窒素の

施用量は 30 kg/10a に統一してあります。また、シナリオ間に収量の差はなく、すべて 6800kg/10a としました。

表 1 4 キャベツ作における肥料の利用シナリオ (kg/10a)

肥料の利用シナリオ	施用肥料	施用量	N ²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O
窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料の利用	窒素付加鶏ふん	165	20 (23.1)	5	3
	硫加	34			
高窒素鶏ふんペレット肥料の利用	高窒素鶏ふん	500	20 (30)	10	10
	硫加	20			
低窒素鶏ふん堆肥の利用	低窒素鶏ふん	300	2 (7.9)	15	10
	硫加	20			
	硫安	86			
化学肥料のみ	園芸化成	125	20	10	15
	PK 化成	38	0	7.6	7.6

- 1) 追肥として尿素を 10 kg-N 施用。すべてのシナリオの単収は 6,800kg/10a と想定。
- 2) 括弧内は N₂O 排出量の計算に用いた T-N 成分量である。

キャベツの場合には、廃棄物削減効果を考慮することにより、高窒素鶏ふんペレット肥料を用いたシナリオの排出量が、化学肥料のみを用いたシナリオを下回ることが示されました (図 16)。窒素付加鶏ふん微小ペレット肥料を利用した場合も、ほぼ同様のレベルです。低窒素鶏ふん堆肥を用いたシナリオの排出量については、いずれの場合も、化学肥料のみを用いたシステムを上回りました。

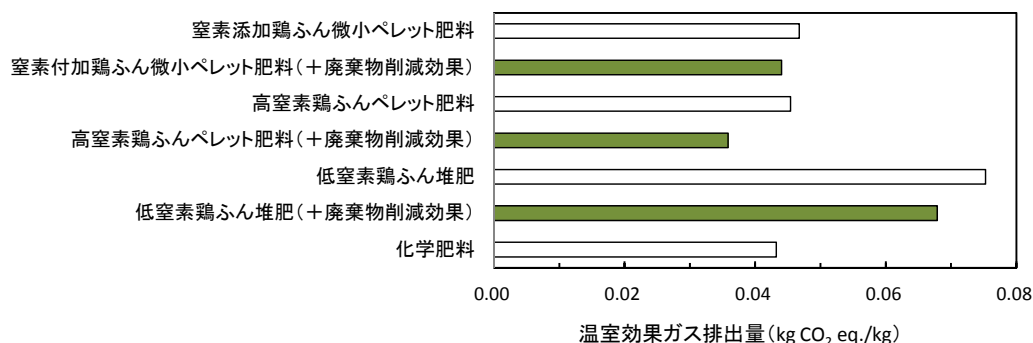


図 1 6 キャベツ 1kg 当たり温室効果ガス排出量

3) その他 (参考資料)

林清忠・堂本晶子・村上圭一・南雲芳文・加藤直人、2013、有機肥料を用いた農業生産システムの LCA における分割モデルと代替モデルの比較—高窒素鶏ふん肥料の製造と利用を対象として—、第 8 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、142–143。

Kiyotada Hayashi, Akiko Domoto, Keiichi Murakami, Yoshifumi Nagumo, Michio Komada, Naoto Kato, 2013, Comparison between open- and closed-air composting technologies for poultry manure using life cycle assessment combined with substitution scenarios, Abstracts from the LCA XIII International Conference, 172–173.

4) 担当者・問い合わせ先 林 清忠 (農研機構 中央農業総合研究センター)

II 肥料価値の高い豚ふんペレット堆肥の製造及び利用について

1. アンモニア回収装置を用いた窒素付加豚ふんペレット堆肥の製造技術

1) 背景

近年、養豚のふん尿処理方式として密閉縦型発酵装置（以下、「縦型コンポ」と略）の導入が増えています。この装置は、内容積 10~90m³のドラムと、通気しながら内容物を攪拌する攪拌羽根で構成されており、上部から投入された豚ふんが、攪拌されながらドラムの下方に移動し、堆肥となって下部から排出されます。

養豚業ではおがくず等を使用しない場合が多いため、縦型コンポで生産される堆肥は、肥料成分を多く含んでいますが（※1）、乾燥した粉状であることから散布時に粉じんが発生する他、ブロードキャスターでの機械散布が困難であるなどの欠点があります。

また、縦型コンポで生産される豚ふん堆肥に残存する易分解性有機物が施用後に窒素を消費するため、初期の窒素肥効不足に注意が必要とされています（※2）。

そこで、本研究では、縦型コンポの排気中のアンモニアを硫酸で回収し硫酸溶液を生成するアンモニア回収装置「アンモニアリサイクラー」（特許 4349306、平成 21 年 7 月）で回収した硫酸溶液と生産される豚ふん堆肥を混合した後にペレット形状に成型することで、粉じんの発生を防止し機械散布が容易で初期の有効窒素成分を強化した、使いやすい窒素付加豚ふんペレット堆肥を製造する技術を開発しました。

本研究は、水稻基肥利用を想定し、ペレット堆肥の有効窒素量（水稻生育期間（30℃90日以内）に肥効を示す窒素量）とリン酸含有量の比が 1:2 となる製造技術の開発を研究目標としました。

2) 技術の内容と特徴

①縦型コンポで生産される豚ふん

堆肥について

岐阜県内の 1 戸の実証農家（肥育豚 2,000 頭飼養）の縦型コンポで生産される豚ふん堆肥の乾物中肥料成分は、年間を通じて窒素：リン酸：加里=4:10:4 で比較的安定していました（表 1）。これは、飼料内容の変動が少ないことや堆肥の原料が豚ふんのみであるためと考えられました。

また、窒素肥効評価マニュアル（※2）を用いて評価した有効窒素量は平均 1.07%で、リン酸含有量の約 1/10 でした。

表 1 縦型コンポで生産される豚ふん堆肥の成分

(n=11、平均値±標準偏差)

	水分 (%)	pH(1:10)	EC(1:10、mS/cm)	C/N
	36.6±2.9	8.8±0.1	6.0±0.9	7.8±0.2
(乾物中)				
粗灰分 (%)	39.3 ± 1.2	石灰 (%)	9.54 ± 0.45	
窒素 (%)	4.08 ± 0.07	苦土 (%)	3.12 ± 0.14	
酸性デタージェント可溶有機物 (mg/g)	330 ± 20	Cu (mg/kg)	532 ± 15	
有効窒素 (%)※	1.07 ± 0.05	Zn (mg/kg)	1,015 ± 40	
リン酸 (%)	10.2 ± 0.5			
加里 (%)	4.16 ± 0.12			

※ 農林水産省実用技術開発事業18053の窒素肥効評価法による30℃、90日以内で肥効を示す窒素の量

②アンモニアリサイクラーで回収した硫安溶液について

実証農家では、堆肥原料に 34.0kg/日の窒素が含まれていました。縦型コンボから取り出した堆肥中には 16.0kg/日の窒素が残存しており、18.0kg/日の窒素が堆肥化過程で失われたと考えられました。一方、アンモニアリサイクラーで回収した硫安溶液中の窒素は 11.5kg/日で、硫安溶液の窒素濃度は平均で 6.11% (4.35~7.75%) でした (表 2)。

回収される硫安溶液の窒素濃度は臭気中に含まれる水蒸気の結露量と回収アンモニア量で決定されますが、外気温による結露量の季節変動に伴い濃度が変動すると考えられました。なお、硫安溶液の窒素濃度は溶液の比重から次式で推定できます。

$$\text{窒素濃度 (g/L)} = 518.4 \times \text{比重} - 533.2 \quad (R^2=0.996)$$

また、検知管を用いて測定したアンモニアリサイクラーのアンモニア回収率の平均値は 89.1% でした (表 3)。

③ペレット成型条件について

縦型コンボ堆肥、窒素濃度 8.8% (0℃の飽和濃度) の硫安溶液、水を成型材料とする直径 5mm のペレット製造において、水分含量を 27% で一定にした状態で、硫安溶液混合量を変化させると、堆肥乾物 10kg あたり硫安混合量が 2.12kg の時に乾物処理能力が最も高くなりましたが、成型歩留まり・ペレットの耐久性に大きな変化はありませんでした (図 1)。また、硫安混合量を一定 (堆肥乾物：硫安=82:18) にして、成型材料の水分を変化させた場合、水分量を 23~26% の範囲にした時に耐久性の高い (4.75mm ふるいを通らない割合が 90%以上) ペレットが製造できました (図 2)。このことから、ペレット成型の最適条件は堆肥乾物：硫安=82:18、成型材料の水分 23~26% と考えられました。

実証農場の堆肥を用いて、堆肥乾物：硫安=82:18 で混合した材料を水分 25% で成型した試作ペレットの成分は、研究目標である有効窒素：リン酸=1:2 で強度のある窒素付加豚ふんペレット堆肥となっていました (表 4)。

表 2 実証農家における窒素の動態 (n=33)

		平均	標準偏差
①堆肥原料中窒素量	(kg/日)	34.0	± 5.6
②堆肥中窒素量	(kg/日)	16.0	± 2.6
③損失窒素量(①-②)	(kg/日)	18.0	
④硫安溶液で回収した窒素量	(kg/日)	11.5	± 2.4
⑤堆肥の生産量(乾物)	(kg/日)	395	± 64
⑥回収硫安溶液窒素濃度	(%)	6.11	± 0.92

表 3 実証農家に設置したアンモニアリサイクラーのアンモニア回収性能 (n=106)

	(n=106)
①入気アンモニア濃度 (ppm)	515±175
②排気アンモニア濃度 (ppm)	57±26
③回収アンモニア濃度 (ppm)	458±152
④アンモニア回収率 (%)	89.1±2.3

(平均値±標準偏差)

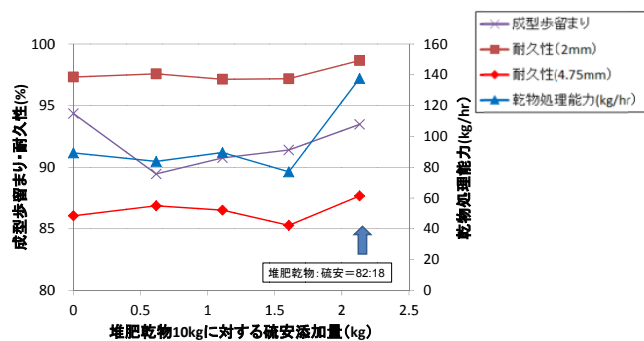


図 1 硫安混合量と成型特性 (材料水分 27%)

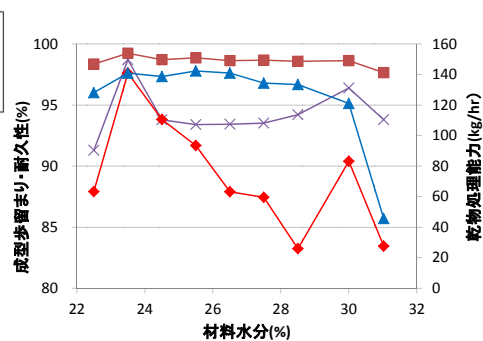


図 2 硫安混合材料の水分量と成型特性

表 4 試作ペレットの成分

	水分	C/N	全炭素	全窒素	リン酸	加里	石灰	苦土	
	(%)			内有効窒素	(%、現物当たり)				
堆肥のみのペレット(参考)	13.0	8.3	28.2	3.42	1.0	8.6	3.2	7.7	2.8
窒素付加豚ふんペレット堆肥	14.3	4.0	23.8	5.89	3.7	7.3	2.7	6.5	2.4

④成型材料調整方法について

縦型コンポで生産した豚ふん堆肥は水分30~40%、窒素6%硫酸溶液は水分72%で、そのまま混合した場合、水分が高くペレット化が困難です。そこで、攪拌しながら天日乾燥して水分10~12%に調整した堆肥に、固形硫酸を追加して窒素濃度を8.8% (0°C飽和濃度) に調整した硫酸溶液を添加して成型材料を最適条件に調整した後、直径5mm、長さ10mmのペレットに成型し、仕上げ乾燥します(図3)。

また、pHの高い堆肥に硫酸溶液を混合するため、成型・乾燥中のアンモニアの再揮散により窒素が平均4.4%損失しました。

そこで、混合する硫酸溶液にあらかじめ硫酸を添加して成型材料(堆肥・硫酸溶液の混合物)のpHを低下させると、窒素の損失を抑制することができました(図4)。

なお、上記の調整方法では堆肥乾燥中の攪拌により粉じんの発生が予想されます。粉じんの発生を抑えるため、豚ふん堆肥と硫酸溶液を混合してから乾燥する手法を検討しましたが、乾燥途中での窒素損失および有機物分解が大きくなる傾向が見られました。詳しくは詳細版製造マニュアル(※3)をご参照ください。

⑤生産計画数量の算出について

農家ごとに堆肥の分解程度や肥料成分が異なると考えられるため、下記の方法により個別事例ごとに堆肥・硫酸溶液の生産量を推定した上で、製品ペレットの窒素濃度を決定し、生産計画を作成します。

該当農家について、堆肥の生産量を調査するとともに、肥料成分の分析を行います。同時に、縦型コンポの排気風量とアンモニア濃度を測定することによってアンモニア発生量を推定し、これにアンモニアリサイクラーのアンモニア回収率(89.1%)を掛けて求めた

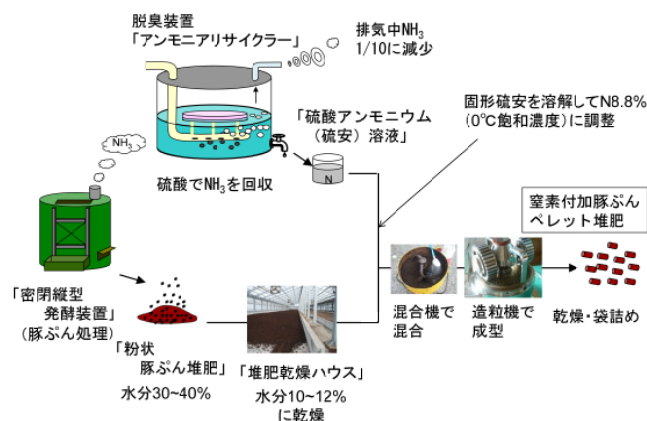


図3 窒素付加豚ふんペレット堆肥の製造

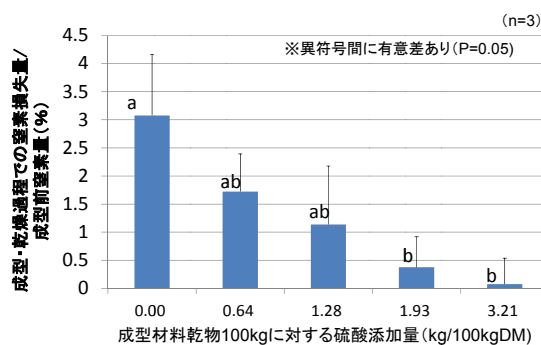


図4 ペレット成型・乾燥時の窒素損失に及ぼす硫酸添加の影響

アンモニア回収量に 14/17 を乗じて回収窒素量とします。硫安溶液の窒素含量を 6%として試算し、窒素含量を硫安含量に換算した残りを硫安溶液の水分含量とします。この水分含量から、硫安溶液の窒素濃度を 8.8%にするために必要な固形硫安量を算出します。それから計算した硫安量と堆肥の乾物量を合わせてペレットに利用する乾物量を算出しコスト計算や生産計画を立てます。

今回アンモニアリサイクラーを設置した実証農家における調査では、2年間の平均で堆肥 629kg/日（うち乾物 395kg（窒素 16.0kg））、硫安溶液 195kg/日（うち硫安乾物 54kg（窒素 11.5kg））が生産されました。

⑥栽培利用について

窒素肥効

原料堆肥に対する硫安溶液添加量によりアンモニア含量が異なり窒素肥効が異なってきます。例えば表 4 のペレット堆肥では窒素肥効パターンは図 5 の様になります。基本的には原料堆肥の窒素肥効パターンにアンモニア増加量を上乘せした肥効パターンとなるため、原料堆肥の肥効パターンと原料からペレットへの窒素増加量が分かれば、概ね窒素肥効パターンは把握できます。原料の窒素肥効パターンは「家畜ふん堆肥の肥料成分・窒素肥効評価マニュアル」(※2)により把握が可能です。

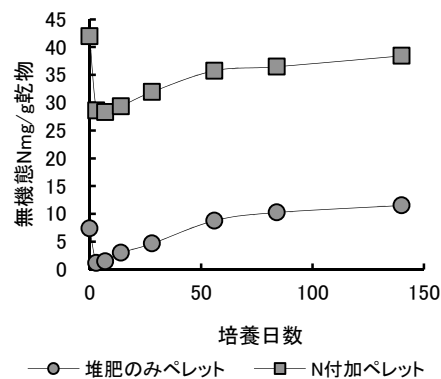


図 5 ペレット堆肥の土壤施用後の窒素発現パターン(30°Cでの培養値)

リン酸肥効 加里肥効

ペレット堆肥のリン酸肥効率は、栽培試験により化学肥料と同程度であることが確認できており、加里の肥効率も既往の知見から化学肥料と同程度であると判断できます。このためペレット堆肥に含まれるリン酸と加里は化学肥料などの代替資材として利用できます。

水稲での利用

表 4 の窒素付加ペレット堆肥を用いた水稲への利用例を紹介します。成分%は有効窒素-リン酸-加里が 3.6-7.3-2.7（有効窒素は図 5 参照）で、この試験の施肥設計は表 5 の通りです。

窒素付加ペレット堆肥施用区（表記：N 付加ペレ）では慣行と同等の生育収量が得られました（表 6）。

表5 水稲¹⁾での施肥設計

	堆肥施用量	化肥N		堆肥有効N		成分計 (kg/10a)		
		基肥 ²⁾	穂肥 ³⁾	基肥	穂肥	窒素	リン酸	カリ
慣行(化成)		4.0	4.0			8.0	6.0	8.0
N付加ペレ	127		4.0	4.3	0.3	8.6	9.2	7.4

1) 品種はハツシモ岐阜SL、2) 化学肥料(10-15-10)、3) NK化成(16-0-16)

また、同区の有効窒素を慣行に合わせ基肥窒素 4kg として施用した場合にはリン酸、加里は、8.5kg、3.1kg となるので、慣行基肥（4-6-4kg）に近い成分バランスで施肥ができる資材といえます。基肥の肥料費は慣行区では 4296 円/10a（窒素 252 円/kg、リン酸 430

円/kg(農業物価統計調査 2013.10、単肥価格より)、加里は 177 円/kg (ポケット肥料要覧 2011/2012、小売価格より)として試算)になりますが、表 8 の製造価格より考えると同等の肥料費(4252 円/10a)での活用も可能と考えられます。

表6 収量等

	穂数 本/m ²	最高分 げつ数	精玄米重 kg/10a	千粒重 g
慣行(化成)	297	361	462	24.7
N付加ペレ	285	365	474	25.0

その他品目での利用

タマネギ、キャベツ、ブロッコリーでもリン酸代替として施用量を設定し、慣行栽培と遜色ない生育となることを確認していますので、幅広い品目で利用できる可能性があります。

3) 技術導入にあたってのコスト評価等

製造に必要な装置を表 7 に列挙しました。また、縦型コンポの堆肥の生産量が乾物で約 1.1t/日の養豚農家に、製造能力が乾物で 300kg/hr の成型機を導入し、成型前に硫酸を成型材料乾物 100kg あたり 1.93kg 添加した場合の試算結果を表 8 に示しました。今後の肥料原料の市況次第では、関連設備償却費の回収も可能であると考えられます。

なお、本肥料は肥料取締法上の吸着複合肥料に該当すると考えられますが、まだ登録事がないため、生産する前に製造の取扱いについて関係機関と協議が必要です。

表 7 必要機械一覧

アンモニアサイクリャー、水分測定器、計量器
ハウス乾燥施設、成型材料用ふるい機、混合機
搬送用ベルコン、定量供給機、成型機
ペレット用ふるい機、乾燥機付コンテナ
袋詰め機、フォークリフト、倉庫

表 8 窒素付加豚ふんペレット堆肥製造コストの試算

ペレットの生産量(水分15%)	548.1t/年
機器の償却費	9,433.3千円/年
内アンモニアサイクリャー分	(1,714.3千円/年)
アンモニア回収用硫酸代	2,589.7千円/年
電気代	1,573.5千円/年
人件費	3,640千円/年
成型機ダイス・ローラー交換費用	774.3千円/年
その他(袋代等)	294.6千円/年
成型材料への添加硫酸代	344.9千円/年
固形硫酸代	1,793.6千円/年
合計	20443.9千円/年
20kg1袋あたり	746円

4) その他(参考資料)

- ※1 財団法人 畜産環境整備機構(2007).家畜ふん堆肥の肥効を取り入れた堆肥成分表と利用法
- ※2 実用技術開発事業 18053 マニュアル作成委員会(2009).家畜ふん堆肥の肥料成分・窒素肥効評価マニュアル
- ※3 中央農業研究センター他(2013). 密閉縦型発酵装置とアンモニア回収装置を組み合わせた窒素付加豚ふんペレット堆肥の製造技術マニュアル

5) 担当者・問い合わせ先

製造について： 岐阜県畜産研究所養豚研究部 加藤 誠二 TEL 0574-25-2185

栽培利用について：岐阜県農業技術センター環境部 棚橋 寿彦 TEL 058-239-3135

2. 寒冷地における水稲用豚ふんペレット堆肥の製造と効率的施用技術

1) 背景

本試験を実施した山形県庄内地域では養豚業が盛んで、資源循環の観点から豚による家畜排泄物の効率的な農業利用が望まれます。

養豚とともに主力である水稲作でこれらを利用する際、ペレット化などによる作業性の向上、および良食味米生産に向けた精度の高い肥効評価と肥料代替施用技術が必要です。

本県では堆積方式による堆肥化が主流ですが、発酵開始時の水分調整のために籾殻、おがくずなどの副資材を混和すること、堆肥の水分が高い傾向であるという特徴があります。このような堆肥はこれまでペレット成型できませんでした。

そこで、高水分副資材入り堆肥のペレット成型方法を新たに開発し、水稲作における豚ふんペレット堆肥の具体的施用方法を明確化しました。

2) 技術の内容と特徴

○高水分副資材入り豚ふん堆肥のペレット成型

堆積方式で生産される副資材入り豚ふん堆肥は、水分30%まではそのままディスクペレッター式ペレット製造機でペレット化が可能です。水分30%を上回ると成型歩合、ペレットの強度が低下しますが、高水分の豚ふん堆肥にくん炭および発酵鶏ふんを水分に応じて混合することでペレット化できます。くん炭が原料堆肥の水分を吸収することにより原料の可塑性が増し、成型しやすくなるためと考えられます。

具体的には、水分40%では9：1でくん炭を混合することでペレット化でき、水分40%以上では豚ふん堆肥に低水分(20%程度)の発酵鶏ふんを混和して堆肥全体の水分を40%にしたのち、それにくん炭を9：1で混合することでペレット化できます(表9、図6)。

表9 豚ふんペレット堆肥の成型条件

	豚ふん堆肥の水分 (%)	混合割合(%)			破断強度 (kg)	形状(mm)	
		堆肥	発酵鶏ふん	くん炭		長さ	直径
ペレットA	30	100	-	-	3.5	10.4	5.0
ペレットB	40	90	-	10	3.2	10.1	5.4
ペレットC	50	60	30	10	4.1	10.4	5.5

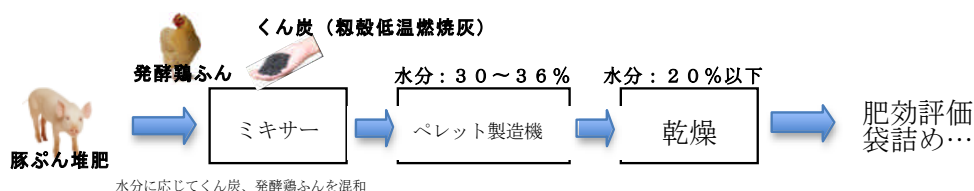


図6 豚ふんペレット堆肥の製造フロー

5ミリ穴のディスクを使用した場合、ペレットは直径5ミリ、長さ10ミリ程度となり、ブロードキャスターでの本田施用が可能です。



写真1、2 ペレットの形状
(左：ペレットB、右：ペレットC)



写真3、4 ペレットの散布状況

水分の異なる完熟豚ふん堆肥を原料としたペレットの肥効成分を例示すると、原料堆肥の水分が30、40%のペレットA、Bの場合、肥効成分としてのリン酸、カリウムがそれぞれ約4%含まれ、原料堆肥の水分が50%のペレットCの場合、リン酸、カリウムに加えて施用当期中間に有効な窒素を約1%含みます(表10)。豚ふん堆肥は発酵過程でアンモニア揮散により窒素含量が低下しますが、発酵鶏ふんには速効性の窒素が一定量含まれるためです。

表10 豚ふんペレット堆肥の肥効成分(現物：20%水分)

	ペレット原料			有効窒素 (%)	リン酸 (%)	加里 (%)
	豚ふん堆肥	発酵鶏ふん	くん炭			
ペレットA	100	0	0	0.15	4.2	3.9
ペレットB	90	0	10	0.13	3.6	3.7
ペレットC	60	30	10	1.06	3.0	3.5

○豚ふんペレット堆肥による肥料代替

表10に示した豚ふんペレット堆肥を用いて、豚ふん堆肥に含まれる肥効成分で化学肥料の一部を代替した水稻栽培試験をおこなったところ(表11)、各ペレット区と化成肥料区で同等の養分吸収、収量となりました。(表12、13)。

表11 水稻栽培試験の施肥量

処理	基肥					
	窒素		リン酸		加里	
	硫安	ペレット	過石	ペレット	塩化加里	ペレット
ペレットA	5.75	0.25	-	7.0	-	6.51
ペレットB	5.75	0.25	-	7.0	-	7.2
ペレットC	3.53	2.47	-	7.0	-	8.2
化成肥料	6.0	-	7.0	-	6.0	-

* 追肥:2kgN/10a(NK68) 単位:施肥成分kg/10a

水稻栽培試験の耕種概要

場所：鶴岡市須走(細粒強グライ土)

品種：はえぬき

栽培管理：現地慣行(5月15日移植、

7月13日追肥、9月12日収穫)

表12 成熟期の養分吸収量

処理	窒素	リン酸	加里	ケイ酸
ペレットA	9.4	6.3	13.6	97
ペレットB	10.0	6.4	13.4	98
ペレットC	10.2	6.9	14.4	105
化成肥料	9.8	6.0	14.3	96

単位:kg/10a

表13 収量および収量構成要素

処理	精玄米重 (kg/10a)	穂数 (本/m ²)	籾数 (粒/m ²)	精玄米粒歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	タンパク (%)
ペレットA	629	486	32.1	86.3	22.7	77.0	6.7
ペレットB	642	499	32.9	86.7	22.5	76.5	6.9
ペレットC	675	501	35.5	84.8	22.4	75.9	6.8
化成肥料	658	505	34.5	84.7	22.5	75.0	6.7

3) 導入にあたってのコスト評価

豚ふんペレット堆肥の製品1トンあたりの機械コストは約8,000円、原料コストは3,000～6,300円であり、製品1トンあたりの製造コストは11,000～14,300円と試算されます。これらに含まれる肥効成分を化成肥料（単肥）と比較すると、豚ふんペレット堆肥の重量あたりの肥料価値は化成肥料の約2倍程度になると試算されます。

表14 豚ふんペレット堆肥1トンあたりの製造コストと肥料価値の試算

	ペレット原料			窒素 (%)	リン酸 (%)	加里 (%)	製造コスト①	ペレット1トンあたりの肥料価値				
	豚ふん堆肥	発酵鶏ふん	くん炭					窒素	リン酸	加里	合計②	②/①
ペレットA	100	0	0	0.15	4.2	3.9	10,975	378	18,060	6,903	25,341	2.3
ペレットB	90	0	10	0.13	3.6	3.7	10,675	328	15,480	6,549	22,357	2.1
ペレットC	60	30	10	1.06	3.0	3.5	14,275	2,671	12,900	6,195	21,766	1.5

<p><u>機械コストの積算根拠</u> 機械減価償却費 1,250 円/t：ペレット製造機1,600万円、製造速度1t/h、5年間使用で12,800tを製造すると想定。 電気料金 925 円/t：37kw×25 円/kwh 消耗品 3,000 円/t：ダイス、カッター等 オペレータ 2,000 円/t</p>	<p><u>堆肥の単価</u> 豚ふん堆肥 3 円/kg、鶏ふん堆肥 15 円/kg <u>単肥の成分 1 kg あたり単価</u> 硫酸アンモニウム：252 円、過リン酸石灰：430 円 硫酸カリウム：177 円</p>
--	---

*コスト評価にはくん炭の費用は計上しておらず、籾殻を燃料にした燃焼炉から排出される籾殻灰（くん炭）を利用することを想定しています。堆肥製造施設等に燃焼炉を導入し、熱利用、発電等との一体的システムを構築することにより籾殻灰（くん炭）を費用をかけることなく確保することができます。なお、ホームセンター等で販売されているくん炭の価格は1kgあたり約100円で、これを原料に使用するとコストが増加してしまいます。

4) 参考資料

- ・家畜ふん堆肥の肥料成分・窒素肥効評価マニュアル（実用技術開発事業18053マニュアル作成委員会） 本成果で使用している堆肥の速効性肥効成分評価は、このマニュアルの方法にしたがっています。
- ・寒冷地における水稲用豚ふんペレット堆肥の製造と効率的施用技術、2013.3. 山形県農業総合研究センター水田農業試験場、農研機構中央農業総合研究センター
- ・肥料取締法、肥料便覧第6版（農文協）など

堆肥（特殊肥料）と普通肥料、造粒のための副資材の混合は肥料取締法で規定されております。造粒方法の適否については十分に確認を行ってください。なお、水分調整に用いる発酵鶏ふんは普通肥料登録したものをを用いることとします。堆肥製造における2次発酵促進を目的とした特殊肥料と普通肥料の混合が認められております。また、堆肥の造粒のために最小限の副資材を混合することが認められており、くん炭はこれに該当します。

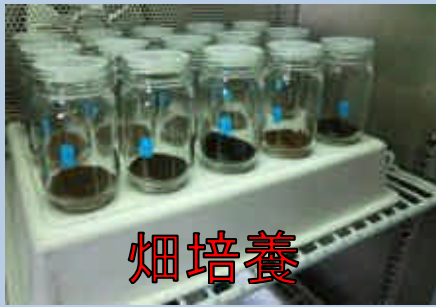
5) 担当者・問い合わせ先

山形県農業総合研究センター水田農業試験場 水稲部 安藤正 TEL 0235-64-2100

Ⅲ 堆肥施用等による農地の蓄積窒素の簡易評価法について


1. はじめに

堆肥施用による土づくり、および適正施肥を推進するためには、作物の収量・品質に大きく影響する土壌の可給態窒素を正確に把握する必要があります。可給態窒素は、畑土壌は畑状態で、水田土壌は湛水状態で、30℃4週間培養した後の無機化窒素量を測定して求めます。しかし、この分析には長期間と煩雑な操作、さらに窒素の分析装置が必要で、なかなか生産現場には普及していません。そこで、生産現場での応用も可能にした、可給態窒素を簡易に分析する手法「80℃16時間水抽出法」を紹介します。



畑培養

従来法
30℃
4週間
+窒素分析



湛水培養

簡便に

簡易評価法



80℃ 16 時間水抽出法

・80℃保温機能付き電気ポット	¥10,000	} 初期費用 ー サンプルあたり
・キッチンスケールはかり	¥ 5,000	
・時計(ストップウォッチ)	¥ 2,000	
・50ml 容量ネジ蓋付き抽出容器	¥ 100	
・カップ	¥ 100	
・スプーン	¥ 50	
・水(ミネラルウォーター)100cc	¥ 10	
・ろ紙 1 枚	¥ 20	
・チャック付ポリ袋 1 枚	¥ 10	
・COD パックテスト 2 本	¥ 100	
・塩化ナトリウム(食卓塩) 0.3g	¥ 5	
1 検体あたり 約 145 円!!		

2. 畑土壌の可給態窒素の簡易評価法

1) 畑土壌の可給態窒素の現状

地力増進基本指針に示されている畑土壌の可給態窒素の目標値は5mg/100g乾土ですが、実際には、半分以上の圃場で改善目標値以下であり、また改善目標値以上の圃場では堆肥の多量施用がうかがえます(図1)。

適正な作物生産のためには、適時可給態窒素を測定し、土壌からの窒素供給量を把握し、堆肥・肥料の適正施用を行うことが重要です。

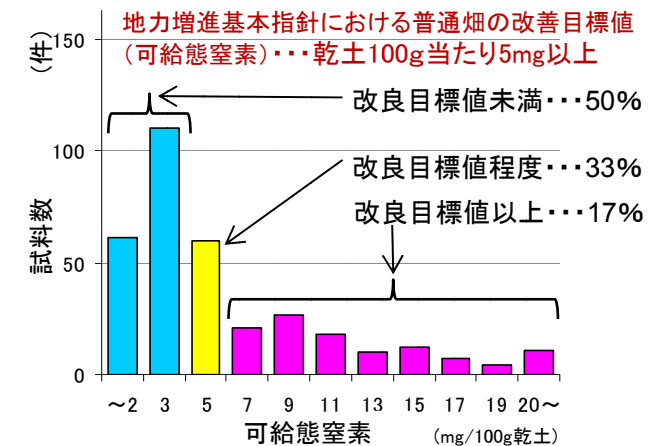


図1. 鹿児島県の畑地における調査結果(平均:3.7mg/100g)

2) 可給態窒素の簡易評価法の技術の内容と特徴

①測定方法の原理

開発した可給態窒素の簡易評価法は、畑土壌を80℃の湯で、16時間抽出し、抽出された有機物量から可給態窒素量を推定する方法です。この方法で抽出される有機物のC/N比は、土壌の種類や堆肥の施用履歴に影響されず一定値であるため、抽出有機物量は有機態窒素量と有機態炭素量(TOC)のいずれでも求めることができます(図2)。しかし、生産者がこれらを測定するのは困難です。そこで抽出液のTOCと化学的酸素要求量(COD)との間に高い相関関係があることに着目し、市販されているCOD簡易測定キットによる判定値から可給態窒素を推定する方法を開発しました(図3)。また、通常、土壌分析には風乾土を用いますが、この抽出法は生土でも風乾土と同じ結果が得られるため、土壌採取から可給態窒素の判定まで2日間で測定することができます。

②測定方法

測定は下記の概略の通りです。また、分析機関等で、全有機炭素(TOC)分析計で分析する場合でも、同様の方法での試料の調整が可能です。

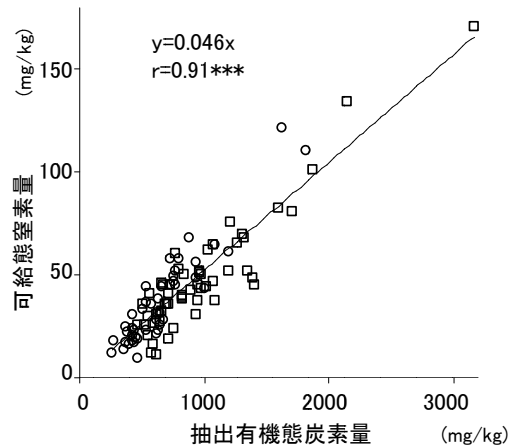
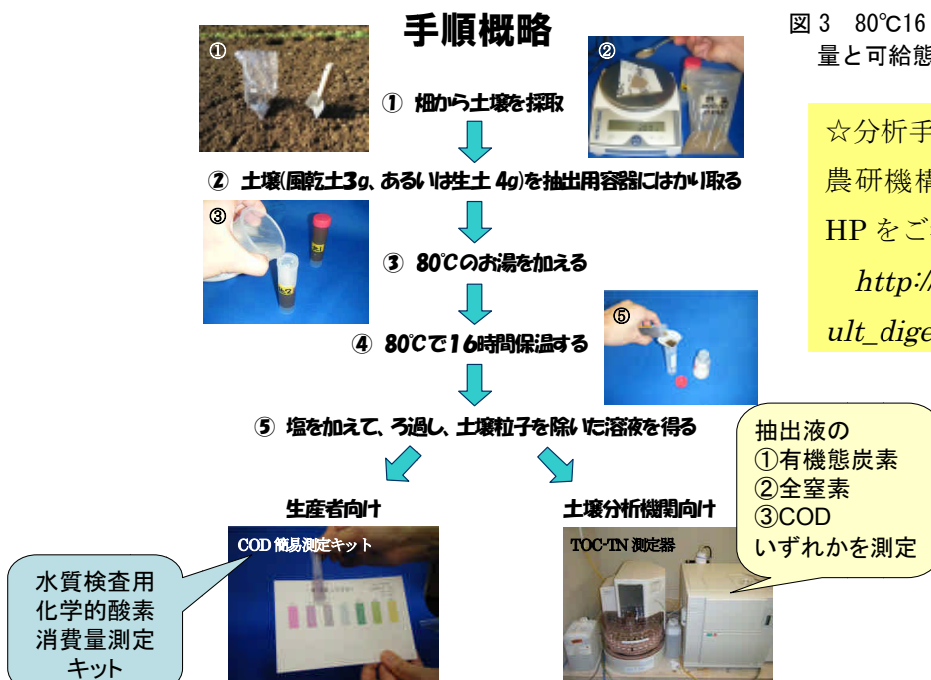


図2 80℃16時間水抽出法による抽出有機態炭素量と可給態窒素との関係

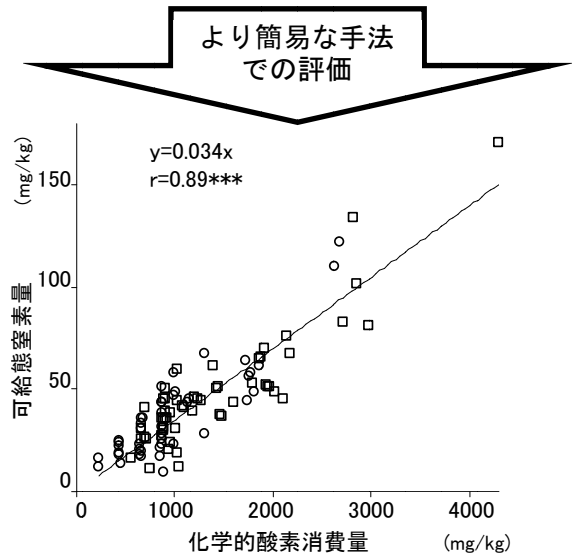


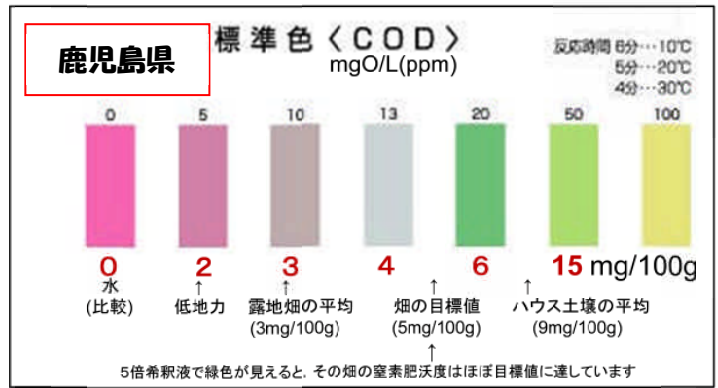
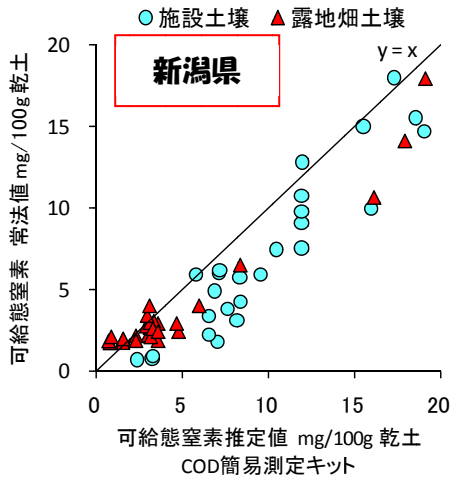
図3 80℃16時間水抽出法による化学的酸素消費量と可給態窒素との関係(COD簡易キットによる)

☆分析手法の詳細については、下記の(独)農研機構中央農業総合研究センターのHPをご参照下さい。

http://www.naro.affrc.go.jp/narc/result_digest/files/snmanu.pdf



3) 普及事例（新潟県、鹿児島県）



新潟県では、県内の畑地土壌を用いて、簡易キットと常法との比較によりその有効性を確認しました。それを基にした普及技術情報で畑作農家への普及を進めています。



鹿児島県では、標準色読み値から可給態窒素を推定する資料を作成し、県内各地で講習会を実施し、畑作農家への普及を進めています。

4) その他（参考資料）

- ・上菌一郎・加藤直人 2010. 畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価マニュアル（独）農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター資源循環・溶脱低減研究チーム.
- ・上菌一郎・加藤直人・森泉美穂子 2010a. 日本の畑土壌に対する 80℃16 時間水抽出法による可給態窒素簡易評価法の適用性. 土肥誌, 81, 39-43.
- ・上菌一郎・加藤直人・森泉美穂子 2010b. 80℃16 時間水抽出液の COD 簡易分析測定による畑土壌可給態窒素含量の迅速評価法. 土肥誌, 81, 252-255.
- ・上菌一郎・加藤直人・森泉美穂子 2012. 露地畑土壌における可給態窒素の各種簡易測定法の推定精度と抽出有機物の特性比較. 土肥誌, 83, 555-563.

3. 水田土壌の可給態窒素の簡易評価法

1) 可給態窒素の応用について

水田土壌の可給態窒素は、採取後風乾処理を施した土壌を、瓶の中で湛水状態にして 30℃で 4 週間静置培養し、無機化してきたアンモニア態窒素量を量って求めます（風乾土湛水培養：図 4 左）。この分析では、土壌に潜在的にある作物に吸収されやすい窒素の多くが、培養の早期に無機化してくることから、土壌窒素肥沃度の相対比較に用いることができます。

一方、水田土壌を風乾処理せずに湛水培養し、無機化してきたアンモニア態窒素を測定する手法もあり（湿潤土湛水培養：図 4 右）、この分析での無機化窒素量は、風乾土湛水培養に比べ少なく、また無機化量も培養期間に応じて徐々に増加し、実際の水田からの窒素の供給量を予測するために用いることができます。地域によって多少異なりますが、湿潤土 4 週間培養時の可給態窒素量を、水稲初期生育時の窒素の無機化の予測に用いることができます。

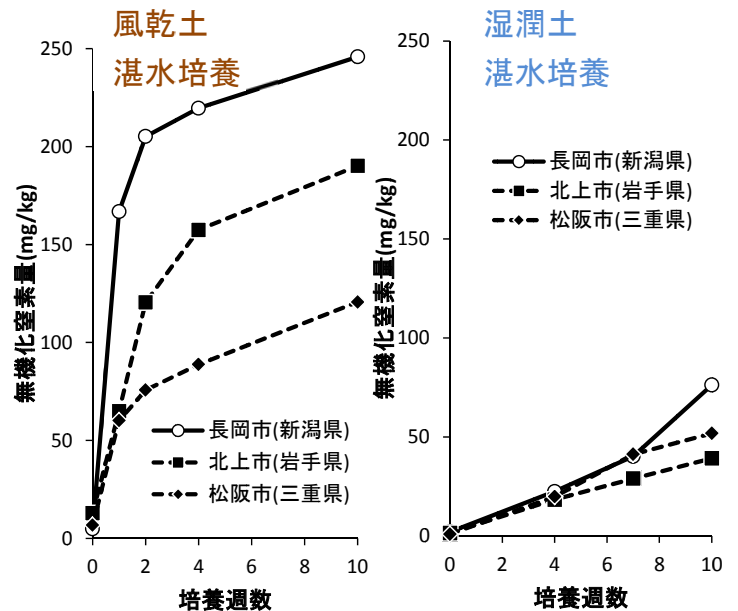


図 4. 風乾土、湿潤土湛水培養の無機化窒素量の推移

2) 可給態窒素と簡易評価法との相関関係

○風乾土湛水培養の可給態窒素との比較

80℃のお湯で16時間抽出後の有機態炭素量(TOC)と風乾土4週間培養後の可給態窒素量を比較したところ、高い正の相関係数が得られました(図5)。しかし、簡易評価法のTOCが増加すると、可給態窒素の推定誤差は広がる傾向にあり、特に、日本海側や東北地域の湿田の可給態窒素量(枠線内)を過小評価する傾向がみられました。

今後、これらの手法を基にした、簡易法の開発による、更なる精度の向上が望まれます。

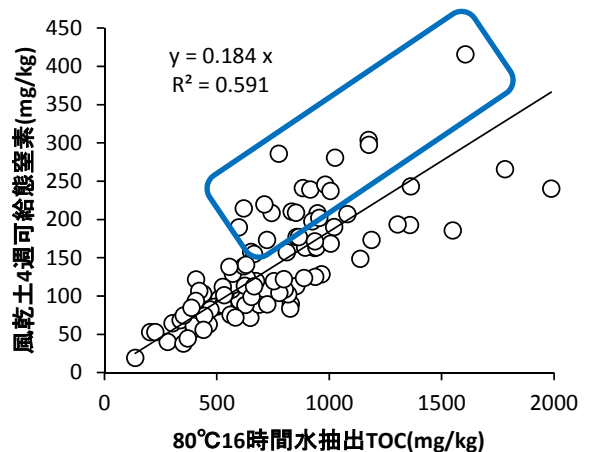


図5. 80℃16時間水抽出の有機態炭素量(TOC)と風乾土培養の可給態窒素量

○湿潤土湛水培養の可給態窒素との比較

80℃のお湯で16時間抽出後の有機態炭素量(TOC)と湿潤土4週間培養後の可給態窒素量を比較したところ、正の相関関係はあるものの(図6左)、いくつかの土壌で異なった傾向がみられました。そこで、稲わら還元が行われていないほ場や粘質土壌でのたびたびの田畑輪換ほ場(青枠線内)、多量の有機物の連年施用田(赤枠線内)を除くと高い正の相関係数が得られました(図6右)。湿潤土の可給態窒素の簡易評価法での適用可能地域を明示し、今後普及に移していきたいと考えています。

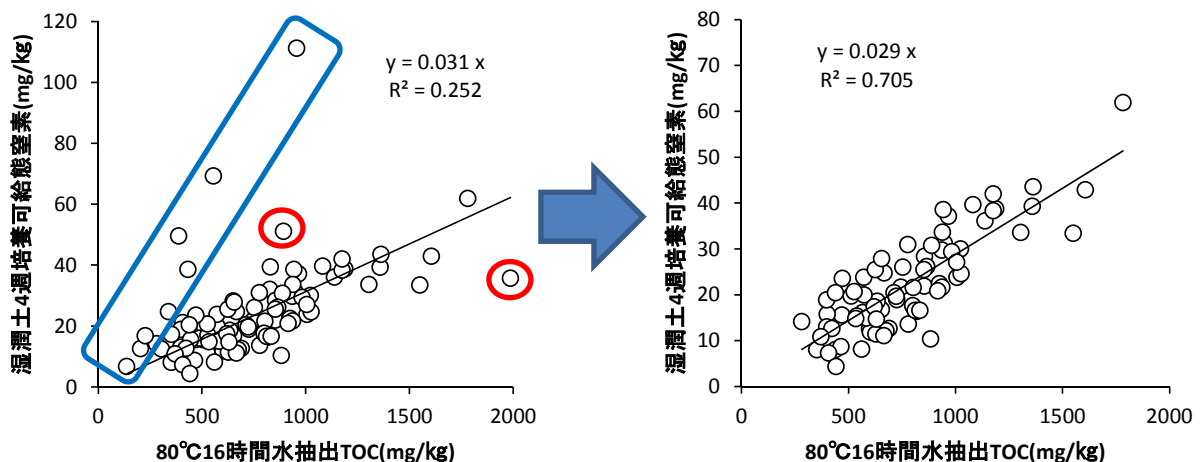


図6. 80℃16時間水抽出の有機態炭素量(TOC)と湿潤土培養の可給態窒素量との関係

また、水田土壌の可給態窒素簡易評価法についても、畑土壌の可給態窒素の簡易評価法で用いたCODパックテストの適用性を検討し、生産現場への普及のフォローアップを進めていきたいと考えております。

3) その他(参考資料)

- ・東 英男・上菌一郎・森泉美穂子・加藤直人 2013. 肥料価値の高い豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥の製造と利用-第24報 水抽出法を用いた水田土壌可給態窒素の推定-. 土肥要旨集, 59, 100.
- ・東 英男・上菌一郎・森泉美穂子・加藤直人 2013. 80℃16時間温水抽出による可給態窒素の簡易評価法の水田土壌への適応 湛水培養での窒素の無機化過程と抽出温度等との検討. 土肥要旨集, 59, 272.

4) 担当者・問い合わせ先

(独)農研機構 中央農業総合研究センター 東 英男 TEL 029-838-8826