

平成 21年 5月 20日現在

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17380044
 研究課題名 (和文) 省資源・環境調和型農業のためのリン酸ベースによる家畜ふん堆肥施用技術の構築
 研究課題名 (英文) Construction of phosphate-based application technology of animal manure composts for resource-saving and environment-friendly agriculture
 研究代表者
 伊藤 豊彰 (ITO TOYOAKI)
 東北大学・大学院農学研究科・准教授
 研究者番号：10176349

研究成果の概要：家畜ふん堆肥に含まれるリン酸の中で、畑作物に対しては水と重炭酸 Na によって抽出されるリン酸が、水稻に対しては無機態リン酸全量が有効（作物が利用可能）であり、このリン酸量を基準にして堆肥を施用し、不足する窒素を化学肥料で補う「リン酸ベースによる堆肥施用体系」を構築した。これにより、化学肥料による慣行的体系や従来の家畜ふん堆肥施用体系と同等の高い作物収量を確保でき、かつ水質汚染を防止する効果（土壌リン酸濃度を増加させない）が高いことを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	6,000,000	0	6,000,000
2006年度	3,200,000	0	3,200,000
2007年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2008年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
総計	14,200,000	1,500,000	15,700,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：土壌肥料・植物栄養学

キーワード：家畜ふん堆肥、富栄養化、リン酸ベース施用、土壌リン酸、収量、畑、水田

1. 研究開始当初の背景

わが国の作物生産に必要なリン酸需要量は化学肥料リン酸によって充足されており、わが国の家畜ふん堆肥に含まれるリン酸 (214 千トン) 全量が過剰な状況にある。これは、わが国の畜産の飼料自給率が低いこと (25%, 2004 年) が原因である。家畜ふんの適正な処理と資源化を行うためには、病原菌、寄生虫、雑草種子の殺滅や輸送コスト低減などにより堆肥化が最も望ましい。しかし、これまででは、窒素分が作物の生育に最も影響するため、多くの場合作物の要求窒素量を堆肥によって満たす施用体系が行われてきた。窒素量を基準

とした堆肥施用 (窒素ベース施用) では、作物が必要する P/N 比に対して堆肥の P/N 比が大きいため、農地に過剰なリン酸が投入され、土壌にリン酸が蓄積する。土壌リン酸の過剰な蓄積は土壌侵食、表面流去水などを通じて水系のリン酸濃度を高め、水系汚染 (富栄養化) のリスクを高める。欧米では、過剰な家畜ふん尿投入による土壌リン酸蓄積は水系の富栄養化を招く主要な原因と認識されており (Sharpley et al., 1994), 土壌リン酸蓄積を回避するために堆肥中のリン酸量によって堆肥施用量を制限する体系 (リン酸ベース堆肥施用) が提案されている (例えば, Eghball and Power,

1999)。しかしながら、わが国では家畜ふん堆肥を経由した農耕地への過剰なリン酸投入に対して環境問題の視点から重大な関心が払われているとはいえない。

以上の背景より、わが国において多量に製造される家畜ふん堆肥を持続的で高収量性の作物生産に利用し、かつ環境負荷（水系の富栄養化）を軽減するためには、わが国の土壌型、土地利用方式に適合した「リン酸ベースによる家畜ふん堆肥の施用体系」を構築することが不可欠である。さらに、わが国はリン酸肥料を100%輸入に依存しているが、この体系によって家畜ふん堆肥リン酸を代替リン酸資源として積極的に評価し、リン酸資源の節約を図ることができる。

2. 研究の目的

本研究では、わが国の土壌型、土地利用方式に適合した、リン酸ベースの家畜ふん堆肥施用技術（リン酸を堆肥で供給し、不足する窒素は化学肥料で補足する体系）によって、リン酸肥料の消費量削減（省資源）と同時に、農耕地からのリン酸負荷量を低減した環境調和型農業システムを構築することを目的とした。

具体的には、(1) 家畜ふん堆肥の多量施用がリン酸負荷を招くことを実証、(2) 多様な家畜ふん堆肥のリン酸組成の特徴と作物に有効なリン酸画分の評価、(3) 実測した家畜ふん堆肥の有効態リン酸量を基にしてリン酸ベース施用体系を設計し、多様な土壌型、土地利用の圃場栽培試験によって、リン酸ベース施用体系の有効性を検証、(4) 水田土壌においては、水稻に対する家畜ふん堆肥リン酸の可給性の新知見を基に、新しいリン酸ベース施用体系を設計し、圃場栽培試験によって、その有効性の実証を行った。

3. 研究の方法

(1) 家畜ふん堆肥施用によるリン酸流出の検証

① 沖積水田土壌におけるリン酸収支

秋田県農業試験場内の大型ライシメーター水田（灰色低地土：5m×3m×深さ2m）を用いて、家畜ふん堆肥施用がリン酸流出に与える影響を調査した。灌漑水、浸透水、表面排水、降水中のリン酸量、施肥および水稻（あきたこまち）による持ち出し量によって、2年間（2005年、2006年）の平均リン酸収支を測定した。処理区は、堆肥区（C区）、一般栽培区（CF区 化成肥料）、肥効調節型肥料区（CAF区 LPS60、接触施肥）の3区。窒素施用量を5g/m²とし、リン酸施用量（P₂O₅g/m²）はC区

で7.7、CF区で5、CAF区で0であった。

② リン酸収着能の異なる畑土壌におけるリン酸溶脱

東北大学大学院農学研究科フィールドセンター（川渡）圃場内に直径0.3m、高さ1.05mの塩ビ管を埋設し、リン酸固定力の異なる2土壌（灰色低地土（リン酸吸収係数：5.5gP₂O₅/kg）、非アロフェン質黒ボク土（21gP₂O₅/kg）を1.05m詰め、デントコーンを栽培した。処理区は家畜ふん堆肥3種（牛ふん堆肥、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥：堆肥施用量は全リン酸として150gP₂O₅/m²相当）および、無施肥区の計4処理（3反復）。2006年5月25日に作土0.14mに堆肥を混和し、土中採水器（藤原製作所）で0.15m～1.0mの深さの土壌溶液を採取し、そのリン酸濃度を測定した。

表1 円筒試験に用いた堆肥の性質

	全リン酸 gP ₂ O ₅ kg ⁻¹	水 重炭酸Na NaOH HCl 有機態 各抽出液でのリン酸溶解割合(%)				
		水	重炭酸Na	NaOH	HCl	有機態
牛ふん堆肥	26.4	54	29	2	3	12
豚ふん堆肥	53.4	36	14	4	44	2
鶏ふん堆肥	55.6	25	8	3	47	17

(2) 家畜ふん堆肥のリン酸組成の特徴と作物に有効なリン酸画分の評価

① 家畜ふん堆肥のリン酸組成の特徴：全国11県で生産された家畜ふん堆肥計109点（内訳：豚ふん堆肥61、採卵鶏ふん堆肥32、ブロイラー鶏ふん堆肥16）を用いて、Frossard et al. (1994)による逐次抽出法によってリン酸組成の特徴を解析した。試料の200倍量の抽出液を加え、25°C、16時間で逐次抽出（脱イオン水、0.5M重炭酸ナトリウム溶液（pH=8.5）、0.1M水酸化ナトリウム、1.0M塩酸の順番）を行い、溶出リン酸量を測定した。

② 家畜ふん堆肥リン酸の溶解性評価：Dahlgren and Walker (1993)の方法をもとに、連続水抽出法によるリン酸溶解性の評価を行った。家畜ふん堆肥0.25g、脱イオン水を50ml加えた容器に一定速度（約10ml/15min）の脱塩水を通水（約20時間、計800ml）し、リン酸濃度を測定した。供試堆肥は牛ふん堆肥4点、豚ふん堆肥5点、採卵鶏ふん堆肥5点、ブロイラー鶏ふん堆肥2点である。

堆肥リン酸の作物への有効性を土壌混合条件で解析した。リン酸組成の異なる家畜ふん堆肥（11点）を（1）の②で用いた灰色低地土に、全リン酸として1000mgP₂O₅/kg添加（7日間、25°Cで培養後）し、水抽出リン酸（25倍量の水で）を測定した。

(3) コロイド組成の異なる畑土壌および水田土壌におけるリン酸ベースによる家畜ふん堆肥施用体系の作物生産性および土壌リン酸に対する効果

栽培試験は東北大学農学研究科フィールドセンター内の畑と水田(非アロフェン質黒ボク土、2004~2006年)、宮城県大崎市農家水田(グライ低地土、2005~2006年)、宇都宮大学農学部附属農場水田(アロフェン質黒ボク土、2004~2007年)の4ヶ所の圃場で行った。いずれの試験地においても同一の牛ふん、鶏ふん堆肥(リン酸組成が異なる)を用いて連用試験を行った。処理区は、牛ふん堆肥のNベース、Pベース、鶏ふん堆肥のNベース、Pベース、化学肥料(慣行)区、無施肥区(無)の6処理で、3反復を乱塊法にて圃場に配置した。Nベース区では、堆肥の有効態N施用量が標準施肥量(畑:150kgN/ha、水田:60kgN/ha)となるように施用した。Pベース区では堆肥の有効態P施用量が150kgP₂O₅/ha(畑)、60kgP₂O₅/ha(水田)となるように堆肥を施用し、窒素の不足分は化学肥料で補った。各栽培年次の作物収量と土壌の可給態リン酸、全リン酸を測定した。

供試した牛ふん堆肥/鶏ふん堆肥の3年間の平均組成は、全窒素含量gN/kg:27.6/26.2、有効態窒素含量gN/kg:8.28/7.46、全リン酸含量gP₂O₅/kg:25.4/59.1、有効態リン酸含量gP₂O₅/kg:19.8/20.0であった。

(4)水田土壌における堆肥リン酸可給性の再評価と堆肥全無機態リン酸を設計基準とした新しいリン酸ベース堆肥施用体系の検証

①水田土壌における堆肥リン酸可給性の再評価: 逐次抽出法によるリン酸組成の異なる家畜ふん堆肥(17点)を全リン酸として0.25gP₂O₅/ポットを低リン酸土壌に施用し、水稻のポット栽培を行った。堆肥の各リン酸画分投入量と水稻のリン酸吸収量の関係を検討した。

②堆肥全無機態リン酸を設計基準とした新しいリン酸ベース堆肥施用体系の検証:(3)の水稻栽培試験と同様の堆肥、設計で、リン酸ベース施用区のみを堆肥の全無機態リン酸を有効態とした設計に変えて、グライ低地土圃場(宮城県大崎市農家水田)で2007~2008年に水稻(品種:まなむすめ)の栽培試験を行い、水稻の収量性を検討した。

4. 研究成果

(1)家畜ふん堆肥施用によるリン酸流出の検証

①沖積水田土壌におけるリン酸収支

系外へのリン流出量(表面流出量+浸透流出量)は、CF区とCAF区に比べて、堆肥区(C区)で多く、2年間のリン酸収支はC区、CF区では収支はプラスとなった。堆肥区(C区)では堆肥由来のリン酸施肥量が多いために、リン酸が土壌に蓄積

表1:リン酸収支 P/m² (2005年, 2006年の平均値)

	C区	CF区	CAF区
<インプット>			
降雨	0.04	0.04	0.04
灌漑水	0.02	0.02	0.02
基肥	3.76	2.2	0
茎葉	0.73	1.09	1.27
計	4.55	3.33	1.33
<アウトプット>			
浸透水	0.28	0.20	0.08
表面排水	0.08	0.13	0.05
穂	1.24	1.57	1.31
計	1.60	1.90	1.44
収支	2.95	1.43	-0.11

しやすく、さらに浸透水(溶脱)によるリン酸流出量が化学肥料区(CF区)に比べて大きな値となること明らかとなった。

②リン酸収着能の異なる畑土壌におけるリン酸溶脱

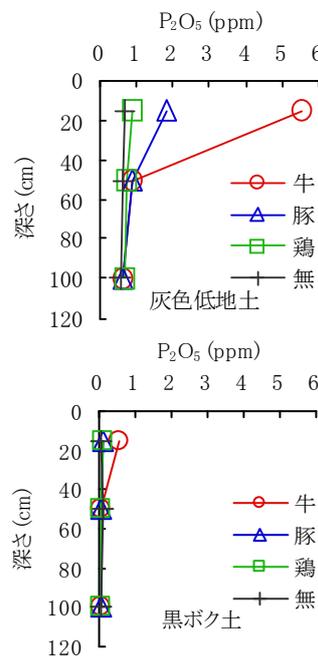


図1:土壌溶液のリン酸濃度

堆肥施用後107日目の深さ別の土壌溶液中の全リン酸濃度(ほとんどが無機態リン酸)を示した。灰色低地土では、水および重炭酸Na抽出リン酸割合が高い牛ふん堆肥で作土直下および0.5mの深さで堆肥無施用区に比べて有意にリン酸濃度が増加し、溶解性の高いリン酸を含む堆肥を多量施用

した場合、リン酸が下層土に溶脱することが明らかとなった。リン酸固定力の大きい黒ボク土では堆肥の多量施用によってもほとんどリン酸溶脱が起こらないことが明らかとなった。

(2)家畜ふん堆肥のリン酸組成の特徴と作物に有効なリン酸画分の評価

①家畜ふん堆肥のリン酸組成の特徴

表2 畜種の異なる堆肥のリン酸組成

堆肥の種類	全リン酸含量 gP ₂ O ₅ /kg	全リン酸に占める割合(%)					
		H ₂ O	NaHCO ₃	NaOH	HCl	有機態	易溶性*3
豚ふん堆肥 (n=61)	平均値 58.9 a*2 標準偏差 27.8	32.6 b	16.0 c	5.09 b	39.3 b	7.09 c	48.6 b
探卵鶏ふん堆肥 (n=32)	平均値 61.4 a 標準偏差 14.9	20.7 c	9.37 d	1.60 b	46.8 a	21.5 b	30.1 c
ブロイラー鶏ふん堆肥 (n=16)	平均値 46.1 a 標準偏差 12.4	25.7 bc	5.04 d	1.68 b	33.7 b	33.9 a	30.7 c
乳牛ふん堆肥*1 (n=42)	平均値 21.4 b 標準偏差 7.7	33.6 b	31.3 a	10.7 a	12.5 c	12.0 c	64.9 a
肉牛ふん堆肥*1 (n=31)	平均値 21.6 b 標準偏差 9.7	48.7 a	23.6 b	5.11 b	11.4 c	11.1 c	72.4 a

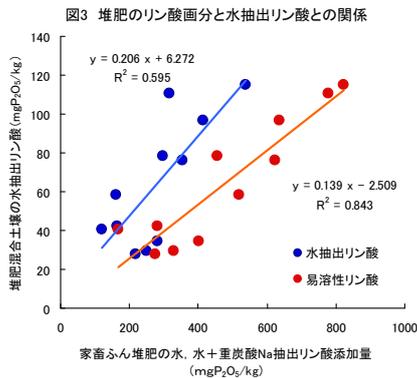
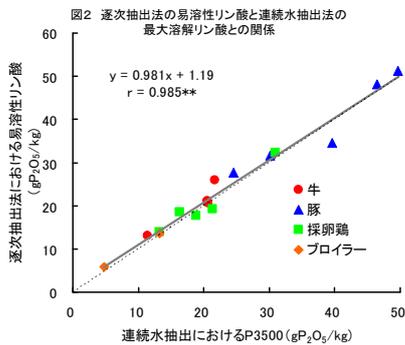
*1:横田ら(土肥誌, 2003)より引用した。

*2:異なるアルファベットの値は同じ列の間で、5%水準で有意(Tukeyの多重比較)

*3:水抽出リン酸と重炭酸Na抽出リン酸の合計

家畜ふん堆肥のリン酸組成は、畜種によって異なる傾向を示し、難溶性の塩酸可溶性リン酸割合は採卵鶏ふん堆肥で最も多く、有機態リン酸の割合は肉鶏ふん堆肥で有意に高かった。後述するように、堆肥中の作物に有効なリン酸画分は水抽出と重炭酸Na抽出リン酸の合計（易溶性リン酸）であるが、この画分の割合は牛ふん堆肥>豚ふん堆肥>鶏ふん堆肥であり、それぞれ約70%、50%、30%であることを明らかにした。鶏ふん堆肥で易溶性リン酸割合が低いのは、Ca含量が高いこと（難溶性リン酸Caの生成）と有機態リン酸が多いこと（分解が進んでいない）が原因であった。

②水抽出法による作物に有効なリン酸画分の評価



家畜ふん堆肥の易溶性リン酸量は連続的に3500倍量の水で抽出されるリン酸量(図2のX軸)とほぼ1:1の関係にあった(図2)。このことから堆肥の重炭酸Naで抽出されるリン酸は水可溶であることが明らかとなった。全リン酸として等しい量の堆肥を混合した土壌の水抽出リン酸量は堆肥の水抽出リン酸画分より易溶性リン酸画分と密接な正の相関関係を示した(図3)。以上の結果より、作物が利用しやすい堆肥中のリン酸(有効態リン酸)は、水抽出リン酸と重炭酸Na抽出リン酸画分の合計(易溶性リン酸)によって評価できることが明らかとなった。

(3) コロイド組成の異なる畑土壌および水田土壌におけるリン酸ベースによる家畜ふん堆肥施用体系の作物生産性および土壌リン酸に対する効果

①家畜ふん堆肥のリン酸ベース施用体系の作物生産性

表3 デントコーン栽培での有効態窒素と全リン酸投入量(3年間の平均)

処理区名	N(kg/ha)			P ₂ O ₅ (kg/ha)			全リン酸投入量
	有効態窒素投入量	堆肥	計	有効態リン酸投入量	堆肥	計	
牛堆肥N	150	0	150	359	0	359	461
牛堆肥P	64	86	150	152	0	152	195
鶏堆肥N	150	0	150	419	0	419	1279
鶏堆肥P	60	90	150	150	0	150	478
化学肥料	0	150	150	0	150	150	150
無施肥	0	0	0	0	0	0	0

表3に、各家畜ふん堆肥の窒素ベースとリン酸ベース施用による有効態窒素、リン酸(易溶性リン酸)および全リン酸投入量(1栽培年あたり)をデントコーン栽培(非アロフェン質黒ボク土、川渡)を例に示した。鶏ふん堆肥のNベース区では標準的リン酸施肥量の約8倍のリン酸が投入されている。

表4 畑および土壌タイプの異なる水田における平均作物収量

処理区 / 土壌タイプ	デントコーンの乾物収量(Mg/ha)		水稲の玄米収量(Mg/ha)	
	黒ボク土*1	黒ボク土*1	黒ボク土*1	グライ低地土*2
牛堆肥N	14.1	4.97	-	-
牛堆肥P	13.7	5.86	-	-
鶏堆肥N	15.3	6.01	6.06	-
鶏堆肥P	14.2	6.36	6.11	-
化学肥料	13.2	6.09	5.80	-
無施肥	10.4	4.31	4.42	-

*1: 東北大学フィールドセンター, 2004~2006年の平均値

*2: 宮城県大崎市農家水田, 2005~2006年の平均値

表5 栽培年次ごとの作物収量の統計解析結果*1

処理区 / 土壌タイプ	デントコーンの乾物収量		水稲の玄米収量	
	黒ボク土	黒ボク土	黒ボク土	グライ低地土
牛堆肥N	ab/ab/ab*2	ab/bc/c*2	-	-
牛堆肥P	ab/ab/ab	a/a/bc	-	-
鶏堆肥N	a/a/a	a/ab/ab	a/a*3	-
鶏堆肥P	ab/ab/ab	a/a/a	a/a	-
化学肥料	ab/ab/b	a/a/ab	a/a	-
無施肥	b/c/c	b/c/d	b/b	-

*1: 各年次ごとに異なる文字は5%水準で有意差あり(Tukey多重比較)

*2: 東北大学フィールドセンター, 2004/2005/2006年の順番で表記

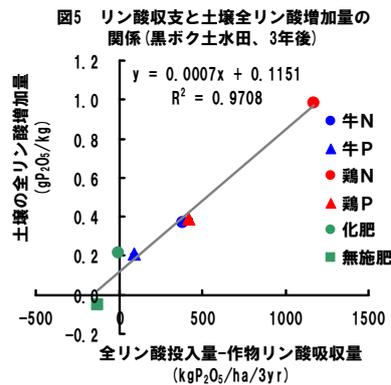
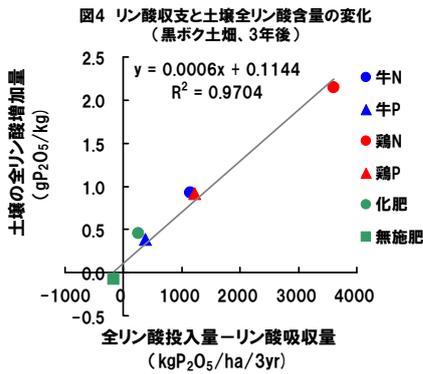
*3: 宮城県大崎市農家水田, 2005/2006年の順番で表記

3年間継続したデントコーン、水稲の栽培試験において、牛ふん堆肥および鶏ふん堆肥のリン酸ベース施用区は対応する窒素ベース区および化学肥料慣行区と統計的有意差が無い、高い収量を得ることができた。アロフェン質黒ボク土水田(宇都宮大学農学部附属農場)においても、鶏ふん堆肥のリン酸ベース施用は窒素ベース区と化学肥料区と同等の水稲収量を得ることができた(データ省略)。

②家畜ふん堆肥のリン酸ベース施用体系の土壌リン酸蓄積抑制効果

非アロフェン質黒ボク土畑、アロフェン質および非アロフェン質黒ボク土水田、グライ低地土水田において、窒素ベース堆肥区では作土の可給態リン酸含量(ブレイ2準法、トルオーグ法)および全リン酸含量は栽培年次が進むほど増加し、リン酸含量の高い(全リン酸投入量が多い:表3)

鶏ふん堆肥で牛ふん堆肥に比べて増加量が多かった。図4と図5に、土壌(作土)の全リン酸含量



の2圃場のデータは省略。) 窒素ベース区に比べてリン酸ベース区ではリン酸収支が相対的に小さく、土壌の全リン酸含量の増加が抑制された。リン酸ベース区の土壌リン酸含量の増加量は、窒素ベース区に比べて、黒ボク土畑で41%および42%(牛ふん堆肥、鶏ふん堆肥区)に、黒ボク土水田で56%および39%に抑制できた。

(4) 水田土壌における堆肥リン酸可給性の再評価と堆肥全無機態リン酸を設計基準とした新しいリン酸ベース堆肥施用体系の検証

①水田土壌における堆肥リン酸可給性の再評価:

リン酸ベース区の堆肥施用量の設計基準とした堆肥中の有効態リン酸は、逐次抽出法における「水+重炭酸Na抽出リン酸」としてきたが、水田土壌(水稲)においてポット試験によって再検討した。水稲のリン酸吸収量と密接な相関関係を示したのは、この画分ではなく、全無機態リン酸含量(水+重炭酸Na+水酸化Na+塩酸抽出リン酸の合計)であった(図5のa, b)。これは水稲根から水素イオンが放出され(アンモニウムイオンを吸収するため)、根圏土壌が酸性化するために(Saleque and Kirk, 1994)、堆肥中の酸可溶リン酸全量が水稲に対して有効化すると考えられた。

②堆肥全無機態リン酸を設計基準とした新しいリ

ン酸ベース堆肥施用体系の検証
試験開始前からの増加量)と3年間におけるリン酸収支(全リン酸投入量-作物のリン酸吸収量)の関係について、川渡で実施した研究を例にして、示した。(他

図6(a) 堆肥の水+重炭酸Na抽出リン酸添加量と水稲のリン酸吸収量

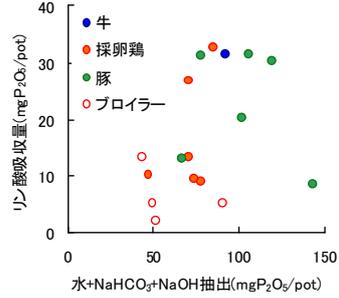


図6(b) 堆肥の全無機態リン酸添加量と水稲のリン酸吸収量

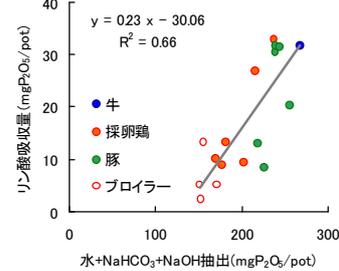


表6 供試堆肥のリン酸組成

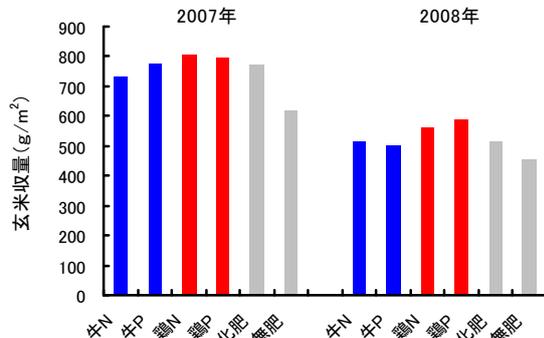
	全リン酸に対する割合(%)		
	易溶性無機態リン酸*1	難溶性無機態リン酸*2	有機態リン酸
鶏ふん堆肥	29	52	19
牛ふん堆肥	75	7	18

*1: 水、重炭酸Na抽出リン酸の合計
*2: 水酸化Na、塩酸抽出リン酸の合計

これまでのリン酸ベース堆肥施用と新しい体系では、表6の*1および*1+*2が堆肥施用決定の根拠となり、リン酸組成の異なる表6の牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥を用いた場合、これまでのリン酸ベース区に対して新しいリン酸ベース区では、全リン酸投入量を91%および36%に抑制できる。

リン酸固定力の小さい沖積土では、このような全無機態リン酸をベースにした堆肥施用体系は窒素ベース区や慣行的な化学肥料区とほぼ同等な水稲収量を確保できることは明らかとなった(図7)。

図7 各処理区の水稲玄米収量



*異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり(Tukeyの多重比較法)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① 佐々木則雄、伊藤豊彰、南出圭祐、宇野亨、全無機態リン酸量を基準とした家畜ふん堆肥施用が水稻の生育、収量および土壌リン酸含量に与える影響、日本作物学会東北支部会報、51、13-14、2008、査読無
- ② 平井英明、星野幸一、牛ふん堆肥無農薬栽培コシヒカリの特徴—収量・収量構成要素・品質・食味および土壌・植物体元素組成、日本作物学会関東支部会報、23、10-11、2008、査読無
- ③ 小林紀子、森岡幹夫、小宮山鉄兵、伊藤豊彰、三枝正彦、家畜ふん堆肥のケイ酸含量とその簡易推定法、廃棄物学会論文誌、21、150-154、2008、査読有
- ④ 伊藤豊彰、小宮山鉄兵、三枝正彦、黒ボク畑におけるリン酸ベースでの家畜ふん堆肥施用がデントコーンの収量および土壌無機態リン酸蓄積に与える影響—施用1年目での評価、複合生態フィールド教育研究センター報告、21、27-31、2005、査読有
- ⑤ 伊藤豊彰、谷川法聖、三枝正彦、環境保全型水稻生産のためのリン酸ベースでの家畜ふん堆肥施用体系の検討—施用1年目での評価、複合生態フィールド教育研究センター報告、21、33-37、2005、査読有

[学会発表] (計9件)

- ① 平井英明、星野幸一、牛ふん堆肥無農薬コシヒカリの特徴—その平均収量とイネ植物体のリン含量および可給態リンの検討、日本土壌肥料学会関東支部会、2008年11月29日、新潟市
- ② Ito, T., N. Tanikawa and M. Saigusa, Phosphorus-based cattle and poultry manure compost applications for environmentally conscious paddy rice production, The 8th ESAFS International Conference on Rice Environments and Rice Products, 2007年10月23日, Tsukuba, Japan
- ③ 伊藤豊彰、谷川法聖、三枝正彦、家畜ふん堆肥のリン酸組成と水稻に対する可給性との関係、日本土壌肥料学会、2007年8月23日、東京農業大学
- ④ 伊藤豊彰、小宮山鉄兵、三枝正彦、家畜ふん堆肥リン酸の性質(1)豚ふん堆肥および鶏

ふん堆肥のリン酸組成の特徴、日本土壌肥料学会、2007年8月23日、東京農業大学

- ⑤ 伊藤豊彰、小宮山鉄兵、三枝正彦、家畜ふん堆肥リン酸の性質(2)連続水抽出法によるリン酸溶解性の解析、日本土壌肥料学会、2007年8月23日、東京農業大学
- ⑥ 伊藤豊彰、谷川法聖、三枝正彦、家畜ふん堆肥のリン酸ベース施用が黒ボク水田における水稻収量および土壌リン酸含量に及ぼす影響、日本土壌肥料学会、2006年9月6日、秋田県立大学
- ⑦ 伊藤豊彰、小宮山鉄兵、三枝正彦、リン酸ベースでの家畜ふん堆肥施用によるデントコーンの収量性向上および土壌リン酸蓄積の抑制、日本土壌肥料学会、2006年9月6日、秋田県立大
- ⑧ T. Ito, T. Komiyama, M. Saigusa, Effects of phosphorus-based manure compost applications on corn production and soil phosphorus accumulation in upland Andosols, 18th World Congress of Soil Science, 2006年7月11日, Philadelphia, USA
- ⑨ T. Ito, N. Tanikawa, M. Saigusa, Phosphorus-based application system of animal mature composts for environmentally conscious paddy rice production: Two years estimation, 18th World Congress of Soil Science, 2006年7月11日, Philadelphia, USA

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 豊彰 (ITO TOYOAKI)

東北大学・大学院農学研究科・准教授

研究者番号：10176349

(2) 研究分担者

三枝 正彦 (SAIGUSA MASAHIKO) (2005~2006)
東北大学・大学院農学研究科・教授 (現在、豊橋技術科学大学・先端農学バイオリサーチセンター・教授)

研究者番号：10005655

渡邊 肇 (WATANABE HAJIME) (2005~2007)
東北大学・大学院農学研究科・助教 (現在、新潟大学・農学部・准教授)

研究者番号：10292351

金田 吉宏 (KANETA YOSHIHIRO)

秋田県立大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：30347207

前田 忠信 (MAEDA TADANOBU) (2005~2007)
宇都宮大学・農学部・教授

研究者番号：20008022

平井 英明 (HIRAI HIDEAKI) (2008)

宇都宮大学・農学部・准教授

研究者番号：20208804