

学 位 論 文 要 旨

氏 名 上之菌 茂

題 目 重窒素標識による家畜ふん堆肥中窒素の動態解析に関する研究
(Studies on the dynamics of ^{15}N -labeled animal manure nitrogen applied to fields)

鹿児島県は日本有数の畜産県であり、これに伴い家畜から排泄されるふん尿も非常に多い。家畜ふん尿は窒素やリンなどの作物生育に有用な養分を含んでいるが、地下水の硝酸性窒素汚染等の要因になることも指摘されている。生産および環境の両面を考慮した適切な家畜ふん尿の農業利用を推進するために、窒素の土壌中での動態を知ることが重要である。重窒素追跡法はこれまで様々な場面で用いられてきた直接法であり、作物吸収のみならず窒素動態等を求めるための有力な手法である。

本研究では、重窒素標識家畜ふん堆肥の作成法について検討するとともに、水田と畑地において作物吸収、土壌残存および溶脱等の窒素動態を重窒素追跡法で明らかにすることで、環境保全的な家畜ふん堆肥の施用法の基礎的知見を得ることを目的とした。

重窒素標識家畜ふん堆肥の作成法について検討し、①高濃度の標識ふんを得るには6日程度以上の標識飼料の給餌が必要なこと、②標識の均質性について評価し、本手法で作製された堆肥を動態研究に供試するのに問題はないこと、③鶏ふんのような易分解性の窒素が多い資材の堆肥化では窒素損失が多くなること等を明らかにした。

作製した重窒素標識家畜ふん堆肥を水田に施用してその窒素動態を検討した結果、①家畜ふん堆肥の窒素肥効は幼穂形成期頃までで、穂肥に相当する窒素の施用が必要なこと、②窒素肥効率は鶏ふん堆肥40%、牛ふん堆肥20%、オガクズ牛ふん堆肥10%程度と評価、③成熟期の土壌残存率は鶏ふん堆肥47%、牛ふん堆肥66%、オガクズ牛ふん堆肥91%で、牛ふん堆肥とオガクズ牛ふん堆肥では連用での蓄積を十分に考慮する必要があること、④成熟期の脱窒率は鶏ふん堆肥37%、牛ふん堆肥28%、オガクズ牛ふん堆肥5%で、水田での脱窒の主体は安定無害な N_2 ガスであることから窒素の浄化の面からも水田での家畜ふん堆肥の積極的な利用が有効なこと等を明らかにした。

作製した重窒素標識家畜ふん堆肥を露地野菜畑に施用してその窒素動態を検討した結果、①鶏ふん堆肥中窒素は残効が少ないこと、②鶏ふん堆肥中窒素の溶脱を少なくするには易分解性窒素が急速に無機化する期間に作物に効率よく吸収させることが重要なこと、③牛ふん堆肥は窒素の分解が緩やかなため、2作栽培後でも施肥窒素の52~74%が土壌に残存し、土壌間で窒素の動態が異なる可能性があること、④牛ふん堆肥中窒素の作物吸収は緩やかに減少し、6作目でも残効が定量的に確認されること、⑤降水量が多い時期での施肥では、牛ふん堆肥の施用は溶脱を少なくするのに有効なこと、⑥重窒素標識資材を用いることで、実際施用レベルの窒素添加量でガラス繊維ろ紙法を用いた家畜ふん堆肥中窒素の分解過程の解析ができること等を明らかにした。

学 位 論 文 要 旨

氏 名 Shigeru Uenosono

題 目 Studies on the dynamics of ^{15}N -labeled animal manure nitrogen applied to fields
(重窒素標識による家畜ふん堆肥中窒素の動態解析に関する研究)

Kagoshima Prefecture is one of the largest production centers of livestock in Japan. The resulting animal manure contains nutrients such as N, P and their utilization may be useful for agricultural production. On the other hand, it has noted that animal manure causes nitrate nitrogen pollution of ground water. Therefore, it is important to study the dynamics of animal manure N amended in soil. ^{15}N labeling can be useful for studying the dynamics of animal manure N and its ultimate fate. The objectives of this work were to produce ^{15}N -labeled animal manure, and investigate the fate of nitrogen in ^{15}N -labeled animal manure applied to paddy and upland fields.

We investigated a method for producing ^{15}N -labeled composted poultry manure (^{15}N -CPM), and cattle manure (^{15}N -CCM). The results indicated that, (1) it was necessary to feed ^{15}N -labeled feed over 6 d to produce higher ^{15}N enrichment feces; (2) it was considered that the ^{15}N -labeled manures obtained by this method would be suitable for studying the dynamics of manure N used as a soil amendment; (3) a great deal of manure N was lost during composting on the organic material contained easily decomposable N, especially in poultry manure.

The dynamics of N from ^{15}N -CPM, ^{15}N -CCM and sawdust cattle manure (^{15}N -CSCM) applied to paddy fields was also investigated. The results indicated that, (1) the time span of N availability from these manures was about to the panicle formation stage; (2) the mineral fertilizer equivalent of CPM, CSCM and CCM were about 40, 10 and 20%, respectively; (3) the N residual in the top soil from the same set was 47, 91 and 66%, respectively; (4) the animal manure application to paddy fields is available for cleaner animal manure N, because about 30% of N from CPM, CCM applied to paddy fields was lost by denitrification

The dynamics of N from ^{15}N -CPM, and ^{15}N -CCM applied to upland fields was also investigated. The results indicated that, (1) the residual effect on the second crop from CPM was small; (2) it was possible to decrease the leaching of N from CPM by the large uptake of N during the mineralization period using the easily decomposable N found in CPM; (3) the residual N in the top soil derived from CCM after the second cropping ranged from 52% to 74% of the applied N; (4) it was confirmed that there was a residual effect on the sixth crop from CCM; (5) the CCM application to upland fields could decrease the leaching of N in the a rainy season; (6) it was possible to estimate quantitatively the decomposition of animal manure N by the ^{15}N tracer technique using the glass fiber-filter paper bag method.

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏名	上之菌 茂
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 浜崎 忠雄
	副査 琉球大学 教授 渡嘉敷 義浩
	副査 佐賀大学 教授 井上 興一
	副査 鹿児島大学 准教授 境 雅夫
	副査 鹿児島大学 准教授 樗木 直也
審査協力者	
題目	重窒素標識による家畜ふん堆肥中窒素の動態解析に関する研究 (Studies on the dynamics of ¹⁵ N-labeled animal manure nitrogen applied to fields)
<p>鹿児島県は日本有数の畜産県であり、これに伴い家畜から排泄されるふん尿も非常に多い。家畜ふん尿は窒素やリンなどの作物生育に有用な養分を含んでいるが、地下水の硝酸性窒素汚染等の要因になることも指摘されている。生産および環境の両面を考慮した適切な家畜ふん尿の農業利用を推進するために、耕地での家畜ふん尿由来窒素の動態を知ることが重要である。重窒素追跡法は窒素動態を追跡できる直接法であり、作物吸収のみならず土壌中の窒素動態等を求めるための有力な手法になる。そこで本研究では、重窒素標識家畜ふん堆肥の作製法を確立するとともに、水田と畑地において作物吸収、土壌残存および溶脱等の窒素動態を重窒素追跡法を用いて明らかにすることで、環境保全的な家畜ふん堆肥の施用法について検討した。得られた成果を要約すれば、以下の通りである。</p> <p>1. 重窒素標識家畜ふん堆肥の作製法について検討し、①高濃度の標識ふんを得るには6日程度以上の標識飼料の給餌が必要なこと、②標識の均質性について評価し、本手法で作製された堆肥を動態研究に供試するのに問題がないこと、③</p>	

易分解性の窒素が多い資材の堆肥化では標識窒素の損失が多くなること等を明らかにした。

2. 作製した重窒素標識家畜ふん堆肥を水田に施用してその窒素動態を検討した結果、①家畜ふん堆肥の窒素肥効はほぼ生育前半までで、穂肥に相当する窒素の施用が必要なこと、②窒素肥効率は鶏ふん堆肥 40%、牛ふん堆肥 20%、オガクズ牛ふん堆肥 10%程度と評価されること、③成熟期での土壤残存率は鶏ふん堆肥 47%、牛ふん堆肥 66%、オガクズ牛ふん堆肥 91%で、牛ふん堆肥とオガクズ牛ふん堆肥では連用での蓄積を十分に考慮する必要があること、④成熟期での脱窒率は鶏ふん堆肥 37%、牛ふん堆肥 28%、オガクズ牛ふん堆肥 5%で、窒素の浄化の面からも水田での家畜ふん堆肥の積極的な利用が有効なこと等を明らかにした。

3. 作製した重窒素標識家畜ふん堆肥を露地野菜畑に施用してその窒素動態を検討した結果、①鶏ふん堆肥中窒素は残効が少ないこと、②鶏ふん堆肥中窒素の溶脱を少なくするには易分解性窒素が急速に無機化する期間に作物に効率よく吸収させることが重要なこと、③牛ふん堆肥は2作栽培後でも施肥窒素の52~74%が土壤に残存し、土壤間で窒素の動態が異なる可能性があること、④牛ふん堆肥中窒素の作物吸収は6作目でも残効が定量的に確認されること、⑤降水量が多い時期での牛ふん堆肥の施用は溶脱を少なくするのに有効なこと等を明らかにした。

以上のように、本研究は、家畜ふん堆肥の利用にあたり、堆肥由来窒素の動態を明らかにした上で施用法を確立することが重要であるとの考えに立ち、先ず窒素の動態解析に使用できる重窒素標識家畜ふん堆肥の作製法を確立し、続いて作製した鶏ふん堆肥および牛ふん堆肥を用いて、水稻に対する窒素の供給能や土壤残存・脱窒等を直接かつ定量的に評価し、水田での施用法を確立している。さらに、作製した家畜ふん堆肥を露地野菜畑に施用し、堆肥中窒素の作物吸収、土壤残存、溶脱等の動態を明らかにすることで、畑地における施用法の基礎的知見が得られている。家畜ふん堆肥中窒素の動態を重窒素追跡法で解析する本手法は、これまで用いられてきた差し引き法やガラス繊維ろ紙法などの間接的な方法と異なり、窒素動態を実際の作物生育場面で直接的に解析できる利点があり、施用法研究の新たな展開に貢献できるものと高く評価される。

よって、審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として十分に価値があるものと判定した。

学力確認結果の要旨	
学位申請者 氏名	上之菌 茂
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 浜崎 忠雄
	副査 琉球大学 教授 渡嘉敷 義浩
	副査 佐賀大学 教授 井上 興一
	副査 鹿児島大学 准教授 境 雅夫
	副査 鹿児島大学 准教授 樽木 直也
審査協力者	
実施年月日	平成20年 7月31日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <input type="radio"/> 口答 <input checked="" type="radio"/> 筆答	
<p>主査及び副査は、平成20年7月31日の公開審査会において学位申請者に対し、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。また、筆答により外国語(英語)の学力を確認した。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が大学院博士課程修了者と同等以上の学力ならびに見識を有するものと認め、博士(農学)の学位を与えるに十分な資格を有するものと認めた。</p>	

学位申請者
氏 名

上之菌 茂

[質問 1] 堆肥は給餌する飼料が変わっても均一に標識できますか。

[回答 1] 他の報告でも牛ふん堆肥の標識の均質性について検討しています。本試験と飼料は異なりますが均一になっており、飼料の違いは影響しないと考えます。

[質問 2] 最初の飼料を栽培する標識化学肥料を高濃度のものにするなどして、効率的に高濃度の標識堆肥を作れませんか。

[回答 2] 肥料を高濃度のものにすれば、最終的に高濃度の堆肥ができると考えられます。しかし、標識肥料の価格も高くなるため、堆肥の重窒素存在比の低いものを作製して、近年普及してきた高精度の質量分析計で解析するのが経費を安くするのに有効と考えます。

[質問 3] 家畜の種類によって消化過程が異なるので、餌を食べさせる期間が違ってくるのではと考えますがどうですか。

[回答 3] 消化試験を行うときに予備期をおくようにされており、一般的に牛では1週間、鶏では1～2日となっています。しかし、本試験の重窒素存在比の急激な増加期間はいずれも6日間となり、変わりませんでした。

[質問 4] 堆肥の標識の均質性を見るのに酸で分画していますが、それは土壤に施用したときの易分解性画分と難分解性画分に分けたと考えると良いか。

[回答 4] そのように理解しています。

[質問 5] 鶏の場合8羽、牛の場合1頭に食べさせているが、標識効率と飼料をあたえる家畜の頭数との関係はどのようになっているか。

[回答 5] 本試験では鶏8羽に給餌していますが、1羽に長期間与えた方が高濃度のふんが多く得られると考えます。

[質問 6] 水田での脱窒の場合、全層施肥しているので、還元部位にある堆肥からは硝化が生じにくく、脱窒はそれほど進行しないのではないか。

[回答 6] 本試験では表層10cmのところに攪拌しながら施肥しており、酸素が深い位置まであり、その部分で酸化されたものが、後に還元状態になり脱窒が起こったと考えます。

[質問 7] 水田に施肥した堆肥からの脱窒量の推定値に、堆肥成分の田面水への溶出などが含まれている可能性はないか。

[回答 7] 施用時には表面に水がない状態で深さ10cmの層に全層施肥していますので田面水への流出は無視できるレベルと考えます。本試験では確認していませんが、他の試験で確認したものでは僅かでした。

[質問 8] 本試験の水田での鶏ふん堆肥と牛ふん堆肥の窒素肥効率は一般的に言われている値より低いと思いますが、肥効率を改める必要があると思いますか。

[回答 8] これを確かめるためにほ場での栽培試験も行っています。この結果でも本試験の肥効率で問題なく栽培できています。堆肥の肥効率は改める必要があると考えられます。

[質問 9] 窒素の肥効率は C/N 比に大きく影響されると考えますが、本試験で用いた家畜ふん堆肥の C/N 比はどのような状態でしたか。

[回答 9] 結果的ではありますが、丁度良い C/N 比だったと思います。

[質問 10] 牛ふん堆肥は肥効が低いですが、長期間残効することや溶脱しにくいなどの特徴がある。牛ふん堆肥はどのような使い方が良いですか。

[回答 10] 牛ふん堆肥でも施用レベルが多くなると溶脱も多くなると考えられます。そのため、地力が維持できかつ溶脱を少なくできる牛ふん堆肥の施用レベルを明らかにして、牛ふん堆肥はベースとして施用することとし、鶏ふん堆肥のような速効性のものを作物の吸収パターンに合うように施用することが、環境保全と作物生産を両立できる方法と思います。

[質問 11] 簡易ライシメータ試験の牛ふん堆肥の¹⁵N吸収率が6作目で急に増加していますが、理由がありますか。

[回答 11] 作物の全窒素吸収量が6作目で増加しているのが影響していると思います。6作目の作物の生育が良かったためで気象要因も考えられます。

[質問 12] (質問 11 に関して) 残存した牛ふん堆肥が分解されやすい形態になったとは考えられませんか。

[回答 12] 本試験の結果からはそれが言える根拠はないと思います。

[質問 13] (質問 11 に関して) 牛ふん堆肥の連用で物理性・化学性が改善され、根密度があがり、吸収率が増加したとは考えられませんか。

[回答 13] そのようなこともあるかもしれませんが、根拠がありません。

[質問 14] 畑地の試験で土壌群によって化学肥料の吸収率が大きく異なるデータになっており、それに伴って牛ふん堆肥の肥効率が大きく違ってきていますが、土壌によって肥効率を変える必要があると思いますか。

[回答 14]本試験ほ場で以前に甘しょの栽培をしていましたが、その結果でも生育の状況と窒素吸収量が本試験結果と一致しています。したがって、土壌によって化学肥料の吸収率が異なることについてはあり得ることと考えます。肥効率の具体的な数値については、もう少しデータの蓄積が必要と考えます。

[質問 15]牛ふん堆肥をベースに鶏ふん堆肥を使っていくとのことでしたが、現場では肥料の価格が上がってきて、鶏ふん堆肥を積極的に使おうとしています。今後、このような試験をどのように行ったら発展的なデータになると考えますか。

[回答 15]先ず鹿児島県を代表するような作付け体系で試験をする必要があると思います。その場合には、1坪程度でも良いので群落で試験が出来るような状況にして、作物吸収、土壌残存を10年ぐらいの長期のスパンで見えていく必要があると思います。

[質問 16]申請論文の研究には豚ふん堆肥の標識実験は含まれていないが、ここで開発した堆肥の重窒素標識追跡法が活用できると考えられるか。

[回答 16]豚ふん堆肥でも問題はないと考えます。