



日本中央競馬会特別
振興資金助成事業

たい肥と土壌養分分析に基づく 調整施肥設計の手引き

— 考え方・手順と実践事例 —

平成 22 年 3 月



財団法人 畜産環境整備機構

はじめに

平成19年3月に公表された「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」（農林水産省）において、喫緊に技術開発の推進に努めるべき課題として、ニーズに即したたい肥生産、悪臭の低減、たい肥の利用拡大等が挙げられております。

これらの課題に的確に対処するため、当畜産環境整備機構は、平成19年度から3年間にわたって「家畜排せつ物利用促進等技術開発事業」に取り組んできたところです。その中で、作物が利用できる土壌中養分の簡易推定法を開発しました。

この土壌中養分の簡易推定法と既存のたい肥成分分析による肥効評価法を組合わせて、かつ不足する肥料分は化学肥料で成分調整する施肥設計システムを開発しました。

本資料は、この施肥設計システムを的確に利用するために、「たい肥と土壌養分分析に基づく調整施肥設計の手引き—考え方・手順と実践事例—」として取りまとめたものです。

本資料の刊行にあたって、事業の推進にご指導いただいた委員ならびにご執筆頂いた方々に感謝申し上げますとともに、本資料が、家畜ふんたい肥の利用拡大に取り組まれている皆様方に参考となり、資源循環型農業の推進に資することができれば幸いです。

平成22年3月

財団法人 畜産環境整備機構

理事長 堤 英 隆

目 次

はじめに

第1章 生産性と環境保全を考慮した施肥設計の必要性と考え方

1. 土づくりに必要な良質なたい肥生産ならびに肥効評価の必要性…………… 1
 - 1) 生物的安全性向上のためのたい肥化
 - 2) たい肥の肥効評価の必要性
2. 土壌診断に基づく適切な土壌管理の必要性…………… 4
 - 1) 土壌養分のバランスの適正化
 - 2) 連用による窒素肥沃度の増加
3. たい肥施用の適正化による窒素排出負荷の軽減と窒素肥効の有効利用…………… 6
 - 1) 硝酸溶脱による水質汚染
 - 2) 窒素肥効の特徴に応じたたい肥施用

第2章 たい肥と土壌養分分析に基づく調整施肥設計システム

- I. 調整施肥設計システムのねらい・考え方…………… 9
- II. 調整施肥設計システムの概要・機能…………… 12
 1. 利用方法…………… 12
 2. システム利用上の適用場面と留意事項…………… 13
 - 1) 栽培作物
 - 2) 土壌タイプ
 - 3) 作付け時期
 - 4) 追肥
 - 5) リン酸、カリウムの施肥量
 - 6) 初期成育に必要な窒素（スターター窒素）
 3. 調整施肥設計システムに用いられる用語の解説（注釈）…………… 15
- III. 調整施肥設計システムの操作手順と利用の実例…………… 17
 1. 施肥基準・化学肥料の入力と登録…………… 18
 2. 土壌およびたい肥成分値の入力と登録…………… 20
 3. 前提条件の設定と可給態養分量の確認…………… 21
 - 1) 施肥基準、化学肥料の指定
 - 2) たい肥からの窒素の代替可能率を決める（前提条件の設定）
 - 3) たい肥の施用上限値（前提条件の設定）
 - 4) たい肥・土壌の有効態窒素量、可給態リン酸・カリ量の確認
 4. 施肥計算結果の表示…………… 23

5. 施肥設計結果の印刷と履歴の保存	25
6. 施肥設計結果の利用に当たっての留意点	25
1) たい肥の水分含量	
2) 土壌の水分含量	
3) 施肥時期	
4) たい肥の施用量	

第3章 施肥設計システムの根拠となるデータ

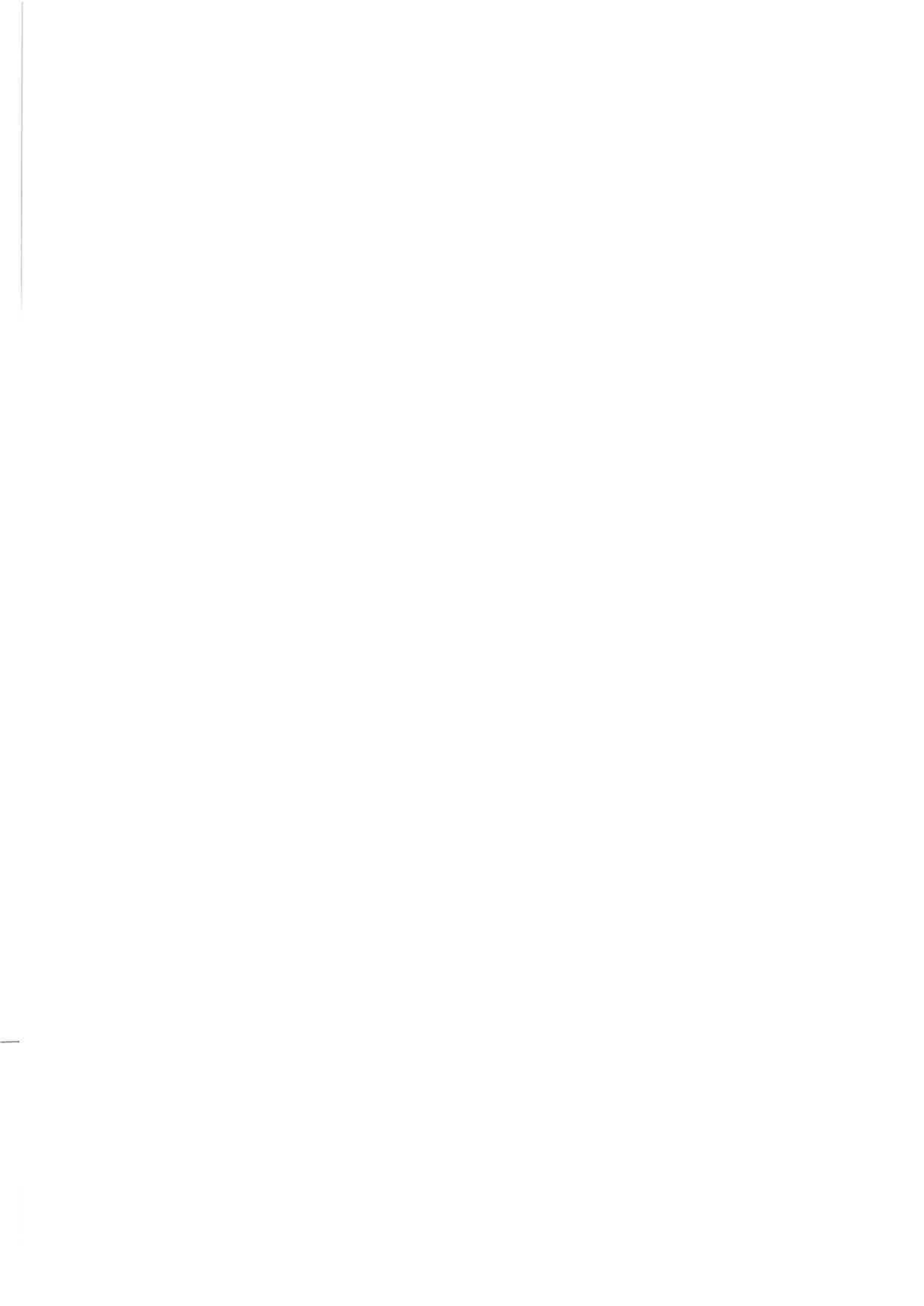
I. たい肥の無機化率の簡易推定法	27
1. 内容・特徴	27
2. 成果の活用面・留意点	30
II. 土壌の有効態窒素量の簡易推定法	31
1. 内容・特徴	31
2. 成果の活用面・留意点	33
III. 作物の栽培試験による調整施肥設計の有効性（実証試験）	34
1. 調整施肥設計の方法	34
1) 葉菜類（コマツナとホウレンソウ）での栽培試験	
2) 葉菜類（キャベツ）と果菜類（メロン）での栽培試験	
2. 野菜栽培における調整施肥の有用性の実証	35
1) 露地栽培葉菜での栽培試験結果	
(1)コマツナでの試験結果	
(2)ホウレンソウでの試験結果	
2) 葉菜類（キャベツ）と果菜類（メロン）での栽培試験結果	
(1)葉菜類（露地キャベツ）での試験結果	
(2)果菜類（施設メロン）での試験結果	
3. まとめ	39
4. 文献	40

第4章 他機関での取り組み

I. 道県でのマニュアル・システムの紹介	41
1. 北海道における取り組み「施肥ガイドに基づく施肥設計基準」	41
2. 茨城県における取り組み「たい肥ナビ！」を活用した 家畜ふんたい肥の利用促進	46
3. 千葉県における取り組み「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」	50
4. 三重県における取り組み「三重県土壌診断・堆肥流通支援システム」	53

第1章

生産性と環境保全を考慮した
施肥設計の必要性と考え方



1. 土づくりに必要な良質たい肥の生産ならびに肥効評価の必要性

1) 生物的安全性向上のためのたい肥化

家畜ふんたい肥の農業利用を推進するためには、ユーザーである耕種農家を使いやすく、また安心して利用できることが重要です。たい肥中に易分解性有機物がたくさん残っている場合は、施用直後に急激な分解が起これ、土壌還元障害や窒素飢餓を招いて、たい肥が本来持っている土づくり効果が十分に発揮されません。また、雑草種子、病原菌・寄生虫、薬剤耐性菌などの生物学的リスクも指摘されています。しかし、たい肥化過程で品温が60~70℃以上になれば、有害生物や雑草種子が死滅し、また十分な発酵によって新鮮有機物や生育阻害物質の分解が進むので、安心して利用できる資材になります。抗生物質耐性菌については、高温性細菌の生き残りや耐性遺伝子伝播の可能性も指摘されており、リスクをゼロにすることはできませんが、たい肥化温度の上昇によって抗生物質耐性菌数を著しく低下させることは可能です（小橋、農業技術体系第7-①巻、資材64の99の2）。つまり、たい肥生産現場においては、たい肥化温度を上げるという基本技術を遂行することが大切です。本章では、このように十分な発酵過程を経て生産され、生物学的リスクを低減させた良質たい肥について、適正な土壌養分管理と環境保全の観点から、利用場面で留意すべき点を解説します。

2) たい肥の肥効評価の必要性

家畜ふんたい肥は、これまで土壌の団粒構造の発達による透水性・保水性・易耕性などの物理性改善、保肥力の向上や酸性化防止などの化学性改善、土壌の物質循環機能や生物学的緩衝能の増強などの生物性改善など、いわゆる土づくり資材として利用されてきました。しかし、たい肥が雨よけで生産されるようになり、また副資材の使用量が減少したこともあって、たい肥に含まれる肥料成分は増加する傾向がみられます。全国から収集した家畜ふんたい肥の現物当たりの窒素、リン酸、カリ含量の平均値は、乳用牛で1.1%、0.9%、1.3%、豚で2.2%、3.5%、1.7%、採卵鶏で2.2%、4.8%、2.8%であり（図1-1）、いずれも稲ワラたい肥に比べて多くの肥料成分が含まれています。したがって、たい肥に含まれるこれらの肥料成分を考慮して、それに相当する化学肥料を削減することにより、土壌養分の過剰蓄積や環境負荷を防止する必要があります。そこで、たい肥の肥料成分や土壌診断結果に基づいた適正施肥を行うための手順を明らかにし、システム化する取り組

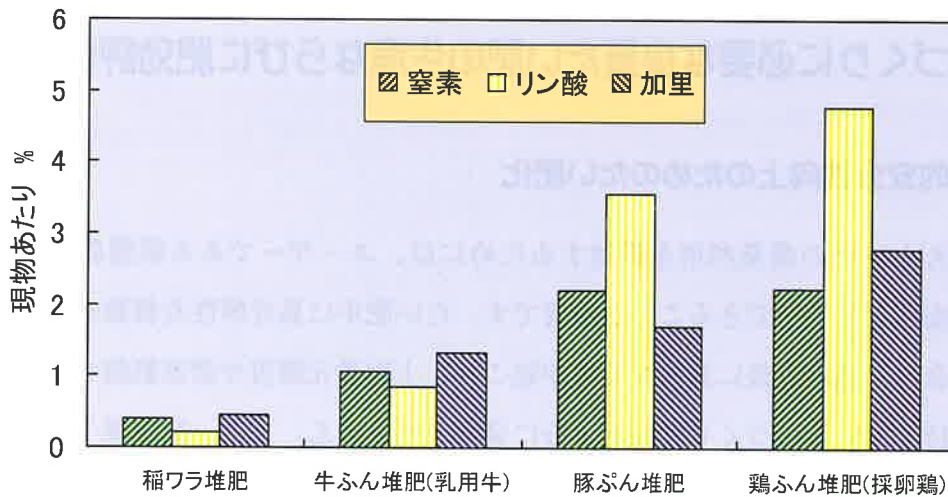


図 1-1 家畜ふんたい肥の肥料成分含量

(平成 17 年、たい肥の品質実態調査報告書、畜産環境整備機構より作図)

みが全国各地で進められています。

家畜ふんたい肥に含まれている肥料成分は、施用した当季期間中にすべてが有効化するわけではありません。特にたい肥中の窒素は施用当季期間中には有効化せずに土壌に残る割合が比較的大きいことが知られています。そこで、これまでの取り組みにおいては、家畜ふんたい肥に含まれる窒素の肥効率（窒素質肥料が示す肥効に対する百分率）を、たとえば牛ふんたい肥で30%、豚ふんたい肥で50%、鶏ふんたい肥で70%のように、各地域ごとに目安の数値を設定し、これに基づいた施肥対応が推奨されてきました。しかし、家畜ふんたい肥の施用当季期間の窒素肥効は、その多少や発現パターンがたい肥原料やたい肥化方法によって著しく変わるため、このような一律の肥効率に基づく施肥対応では不十分です。そこで、施用当季の窒素肥効をたい肥ごとに分析する必要があります。

従来、たい肥の窒素肥効は、土壌にたい肥を加えて培養する方法で評価されてきましたが、この方法は1ヶ月もしくは3ヶ月以上を要するため、分析結果を施肥に反映させることはできませんでした。そこで、窒素肥効の簡易・迅速な評価法の開発が必要不可欠です。たい肥の施用当季の窒素肥効は、作物生育に大きな影響を及ぼしますので、正確な評価と評価結果に基づく施肥の適正化を生産現場で実施することが重要です。最近では、塩酸抽出と簡易化した酸性デタージェント分析によって、窒素肥効を施用直後から約1ヶ月までの間に効果が期待できる速効性窒素と施用1ヶ月後から3ヶ月後までの間にゆっくりと効果が現れる緩効性窒素とに区別して評価できる分析法が開発されています。この技術開発によって、基肥窒素だけでなく追肥窒素も適正に削減できるようになってきました。

また、この分析法は、高価な分析機器を必要とせず、2日間で実施できるので、施肥作業に間に合わせることが可能です。第2章で紹介しているシステムでは、緩効性窒素について取り入れていませんので、必要に応じて上述のような分析を実施し緩効性窒素を考慮した施肥体系とすることはほ場の精密管理につながります。

施用したたい肥に含まれる窒素の有効化は、土壤微生物による有機物分解に伴うものですから、微生物活性や地温などの影響を受けます。また、リン酸マグネシウムアンモニウムを含むたい肥では、その溶解性が土壤pHによって変わりますので、極端にpHの高い土壤では窒素肥効が遅くなるなどの影響が想定されます。さらに、作物の種類や生育状況によって、有効化した窒素の吸収利用率が変わることも考えられます。したがって、土壤条件、気象条件の異なる地域で異なる作物種を対象とした数多くの栽培試験を実施し、開発した窒素肥効評価法の実用性を確認することも重要なことです。

窒素肥効だけでなく、リン酸やカリなどの成分含量もたい肥ごとに大きな差があります。後で述べますように、土壤養分バランスを良好に保つことが重要ですので、それぞれのたい肥について、これらの肥料成分含量を把握することが求められます。

耕種農家による家畜ふんたい肥利用を阻害する要因のひとつとして、たい肥の購入・散

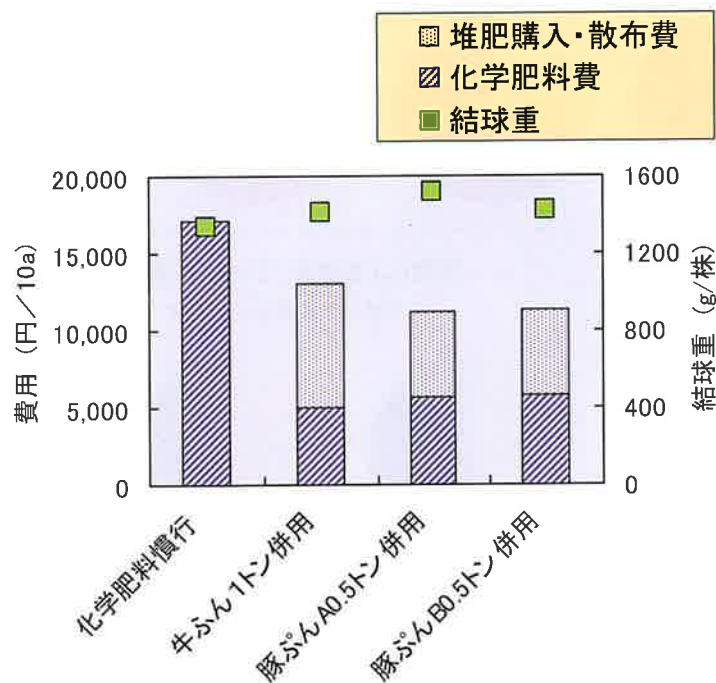


図1-2 たい肥の肥効を利用したキャベツの減化学肥料栽培

コスト計算は、化学肥料の成分kg当たり単価を窒素220円、リン酸450円、カリ190円、たい肥1トンを5000円、散布費用を3000円とした場合。

(新潟県農業総合研究所畜産研究センターの実施例)

布コストがあります。しかし、上述のようにたい肥に含まれている有効な肥料成分を考慮して化学肥料を削減すれば、コスト面での負担を軽減することも可能です。たい肥の窒素肥効やリン酸・カリ含量に相当する化学肥料を削減しても、慣行施肥と比べて収量が低下せず、キャベツなどでは施肥コストを低減できることが現地ほ場試験で確認されています（図1-2）。また、水稻栽培においても、窒素肥効評価に基づく減化学肥料栽培によって、倒伏程度や玄米タンパク濃度を高めることなく、慣行と同等の収量が得られています。

2. 土壌診断に基づく適切な土壌管理の必要性

1) 土壌養分バランスの適正化

作物が吸収する三要素の割合は、作物種によって若干異なりますが、カリが最も多く、次に窒素が多く、最も少ないのがリン酸です（図1-3）。一方、家畜ふんたい肥中の有

家畜ふん堆肥中の有効な三要素の割合

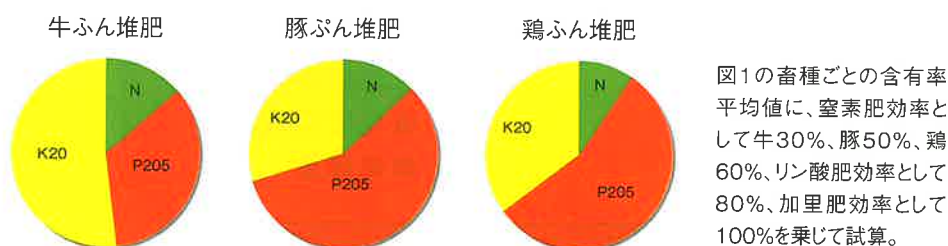


図1の畜種ごとの含有率平均値に、窒素肥効率として牛30%、豚50%、鶏60%、リン酸肥効率として80%、加里肥効率として100%を乗じて試算。

作物による窒素、リン酸、加里の吸収割合
(作物比較栄養生理 田中 明編より)



図1-3 作物の養分吸収とたい肥の有効な肥料成分とのアンバランス

効な三要素の割合は、いずれの畜種においても窒素に比べてリン酸とカリが著しく多くなっています。このため、従来のように家畜ふんたい肥を化学肥料の上乗せで施用すると、余剰のリン酸やカリが土壌に蓄積し、養分バランスが悪くなります。養分蓄積が起き

やすい施設栽培土壌やたい肥・肥料の施用量が多い露地野菜畑では、リン酸過剰やカリ過剰が進行し、作物の生理障害や病害発生の助長が認められるようになってきました。土壌中に過剰のカリが蓄積すると苦土の吸収が抑制されるため、苦土欠乏症となり、収量が減少します（写真1-1）。また、リン酸過剰による生理障害は起きないと考えられてきましたが、近年ではスイートピー葉の白化症状（写真1-2）やワケギの葉先枯れ症などが認



写真1-1 カリ過剰によるトマトの苦土欠乏症

（三重県農業研究所より提供）



写真1-2 リン酸過剰による
スイートピーの白化症

（神奈川県農業技術センターより提供）

められています。植物病害の発生についても、カリ過剰によるべと病発生の助長によりブロッコリの花蕾黒変症が起きること、リン酸過剰でアブラナ科野菜の根こぶ病発生が助長されることなどが知られています。このような生理障害や病害発生を防ぐためには、土壌診断を実施し、養分バランスを良好に保つ必要があります。

肥料やたい肥、あるいはその他の土壌改良材を施用する場合の基本は、①作物の生育や土壌の性質改善に役立つこと、②必要なものを適量、適切な時期、適切な方法で施用すること、です。つまり、必要のないものや必要であっても土壌に十分な量が含まれている養分を多量に投入するのは好ましくありません。したがって、リン酸やカリが過剰となった土壌に対して、これらの成分を多く含むたい肥を多量施用することは避けるべきで、たい肥施用量の削減、他のたい肥や有機質資材への変更、あるいは過剰養分を含む化学肥料の削減などの対応が必要になります。作物生産を長年継続すると養分の過不足が生じるなど、農耕地土壌の状態は変化しますので、最善の施肥法はいつも同じとは限りません。栽

培開始時の土壌の状態に応じた施肥が最善となります。そのために土壌診断を実施し、その結果に基づいた施肥設計を作成する必要があります。

2) 連用による窒素肥沃度の増加

前述のように家畜ふんたい肥に含まれている窒素の多くは施用当期中には有効化せずに土壌に残存します。窒素の安定同位体を利用した研究によって、黒ボク土畑に施用された窒素の3年半後（7作後）の残存率は、硫安ではわずか9%でしたが、完熟牛ふんたい肥では67%と報告されています（高橋ら、平成19年度共通基盤研究成果情報）。寒冷地水田においても、おがくず入り牛ふんたい肥を3年間連用した場合、施用されたたい肥窒素合計量の87%が土壌に残ることが示されています（西田ら、平成16年度東北農業成果情報）。したがって、たい肥を連用すると連用年数の増加に伴って土壌に蓄積される窒素が増加し、窒素肥沃度が増強されます。これは、たい肥の土づくり効果のひとつであり、作物の安定生産に貢献します。しかし、窒素肥沃度が高くなりすぎると、過繁茂、倒伏、病害発生などの問題が生じます。したがって、たい肥を連用する場合は、土壌の可給態窒素の変化を把握し、必要に応じて施肥窒素量を加減する必要があります。

しかし、残念ながら簡易で適用範囲の広い可給態窒素の分析法は確立されていませんでした。一部の地域で実施されている熱水抽出による方法も、黒ボク土や水田土壌には利用できないなどの制約があります。適用範囲が広く、生産現場で実施可能な土壌可給態窒素の簡易評価法の確立に向けて、さらに研究が進められています。第2章以下で紹介しているシステムでは、土壌の分析結果から推定した可給態窒素量と無機態窒素量の合計値を用いて施肥設計し、それを栽培試験で検証していますが、今後数多くの栽培実証試験をおこなって、作物種や栽培時期ごとに土壌の可給態窒素量を考慮した窒素施肥の算定方法を示すことも重要です。

3. たい肥施用の適正化による窒素排出負荷の軽減と 窒素肥効の有効利用

1) 硝酸態窒素溶脱による水質汚染

化学肥料の多投入によって、農耕地から硝酸態窒素が地下水や河川などに排出され、環境汚染を招くことが問題となっていますが、多量の家畜ふんたい肥を連用すれば同じよう

に硝酸態窒素が溶脱します。図1-4に黒ボク土畑で年2作の露地野菜栽培を10年間継続した場合の深さ1mの土壤水中の硝酸態窒素濃度を示しました（前田ら、平成19年度共通基盤研究成果情報）。豚ふんたい肥の窒素肥効を50%として、施肥窒素の全量をたい肥で代替する栽培を続けると、最初の2年間は溶脱が認められませんが、3年後から溶脱が始まり、6年目には化学肥料と同等の硝酸態窒素濃度となっています。つまり、長年のたい肥連用によって土壤から有効化する窒素が増加すれば、硝酸態窒素溶脱が起きます。このようなたい肥を施用したときの硝酸態窒素溶脱をコンピューターで予測するシミュレーションモデルが開発されており、図1-4に示したように正確な予測ができるようになって

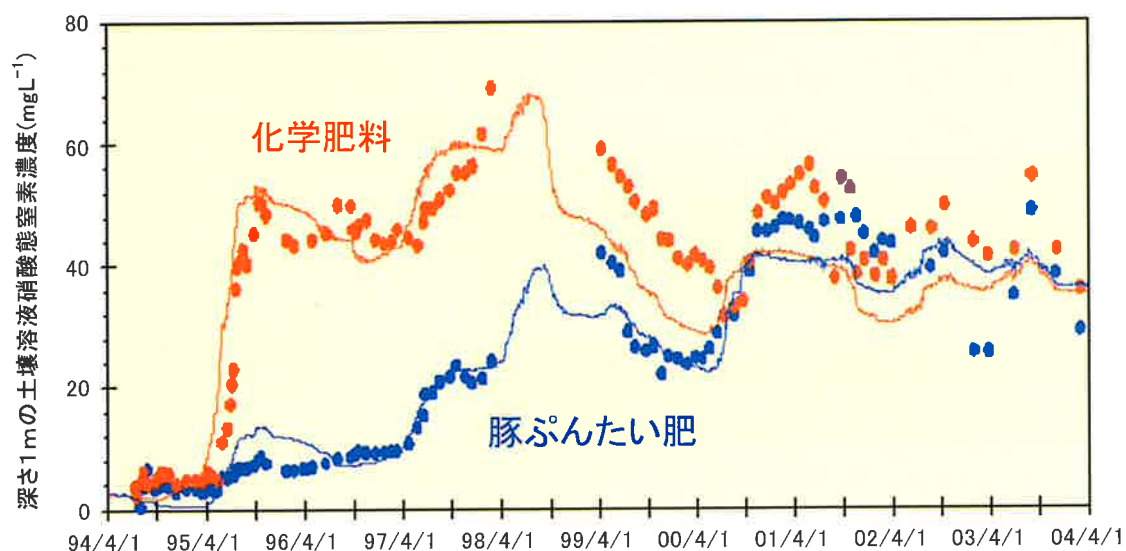


図1-4 黒ボク土連用畑における硝酸態窒素溶脱

●と●は、それぞれ豚ふんたい肥 40kg N/10a 施用、化学肥料 20kg N/10a 施用の場合の実測値。赤線・青線はモデルによる予測値。トウモロコシーハクサイの年2作体系。
（前田ら、平成19年度共通基盤研究成果情報より）

ています。この予測モデルを活用すれば、たい肥の窒素肥効や土壤の可給態窒素を考慮し、窒素投入量を削減した場合の硝酸態窒素の溶脱軽減効果を評価することができると期待されています。

2) 窒素肥効の特徴に応じたたい肥施用

作付体系や作業スケジュールの都合によって、たい肥の施用から栽培開始までの期間が長くなることもあります。このような場合には、たい肥から有効化する窒素が降雨に伴って溶脱したり、ガスとなって空気中に放出されたりして、環境中に失われてしまいます。

こうしたことが起きると、期待どおりの窒素肥効が得られず、また環境汚染の原因にもなります。そこで、簡単な分析によってたい肥の窒素肥効を明らかにし、その特徴に応じてたい肥をグループ分けし、それぞれのグループごとに望ましい施用方法を示すことが必要です。前述の酸性デタージェント分析などによる評価法では、たい肥を6つのグループに仕分けして、水稻と露地野菜に対する望ましい施用法が整理されています（表1-1）。耕種農家が対象作物や施用時期ごとに使いやすいたい肥を選択することも可能になり、窒素肥効に基づいたたい肥の適正な利用が促進されます。

表1-1 窒素肥効の有効利用と環境保全からみたたい肥の望ましい施用法

○：推奨、△：なるべく利用を避ける、×：利用を避ける

		水稻		露地野菜		
		秋施用 ²⁾	春施用 ³⁾	短期葉菜	中長期葉根菜 ⁴⁾	
牛ふん堆肥	AD可溶有機物 ¹⁾ <250mg/g(乾物)	○	○	○	○	
	AD可溶有機物 ≥250mg/g(乾物)	C/N <18	△	△	×	○
		C/N ≥18	○	×	×	○
豚ふん堆肥	AD可溶有機物<250mg/g(乾物)	△	○	○	○	
	AD可溶有機物 ≥250mg/g(乾物)	×	△ ⁵⁾	×	○	
鶏ふん堆肥(副資材なし)		×	○	○	○	

- 1) 酸性デタージェント分析で可溶化するたい肥中の易分解性有機物で、250mg/g 以上では施用直後に有機化が起き、緩効性窒素が多い。
- 2) 翌春の窒素肥効は期待できない。窒素肥効が高いたい肥は環境保全の観点から施用を避ける。
- 3) 硝酸態窒素は脱窒・流亡により効果が期待できないので施肥設計時に考慮しない。
- 4) AD可溶有機物が多いたい肥を根菜類に施用する場合は、施用直後に作付けしない。
- 5) 基肥窒素代替率は暖地でも50%以下とする。

近年の肥料価格高騰や有機農業志向の高まりによって、家畜ふんたい肥中の肥料成分の活用が注目されています。家畜ふんたい肥に含まれている有効な肥料成分を把握し、その活用を図ることは、たい肥に新たな国内肥料資源としての付加価値を与えることに繋がります。

第2章

たい肥と土壌養分分析に基づく
調整施肥設計システム



I. 施肥設計システムのねらい・考え方

一般的に、生産者は作物を栽培する前に、その地域の施肥基準を目安とし、使用する肥料の成分値を基に施肥設計を行います。従前の慣行栽培では、施肥設計には作物の施肥基準値の窒素量に見合う化学肥料が施用されてきましたが、同時に施用されるたい肥等の有機質資材に含まれる窒素などの肥料成分量については、あまり考慮されませんでした。その理由の一つとして、たい肥は土づくりの資材として施用したもので、肥料成分を期待したものではなかったからです。そのため、1970年代以降に、一部の野菜畑地域で硝酸態窒素による地下水汚染の問題が起こり、その後、施肥改善の取り組み等によって1990年代には井戸水や地下水中の硝酸態窒素濃度の低下が見られるようになりました。

本事業では、このような硝酸態窒素による地下水汚染、また、大気中への亜酸化窒素の放出の面から環境への負荷の大きい窒素に焦点を絞り、土壌とたい肥の有効態窒素量の評価に基づく「施肥設計システム」としました。具体的には、施肥基準の窒素の値から土壌の有効態窒素量を差し引き、残った窒素量をたい肥と化学肥料で配分していく方法を採用しています（図2-1）。なお、有効態窒素とは可給態窒素と無機態窒素の合計値として定義しています。

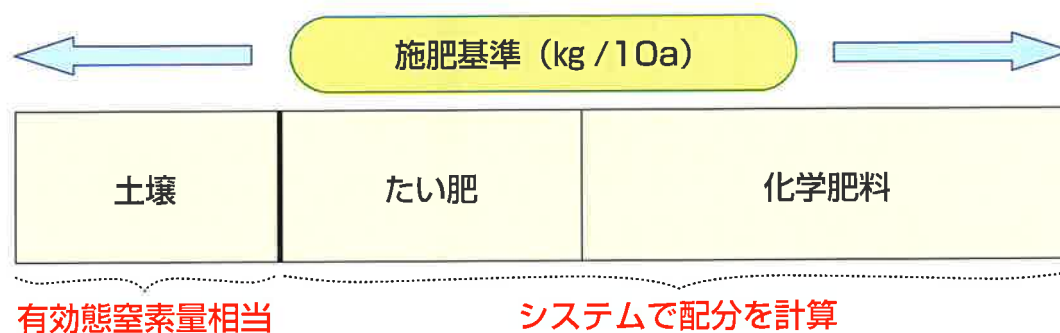


図2-1 土壌養分を考慮したたい肥と化成肥料による調整施肥設計のイメージ

栽培作物が吸収しうる窒素は、土壌、施用する有機質資材、化学肥料から供給されます。これらの窒素供給源からの養分の供給量と肥効パターンを把握し、作物の要求に過不足のない養分供給を行う施肥管理が環境保全型農業では求められています。志賀（1994）は、飼料作物に必要な養分を家畜のふん尿から供給しようとする場合の前提条件を定めています。1つ目は、ふん尿の作物への害作用を防ぐために、腐熟が進んだ処理物を用いる

表2-1 畜種別のたい肥成分含量

畜種	試料数	集計方法	水分		灰分	pH	電気伝導率 EC	全窒素	全炭素	C/N比	リン酸	カリ	カルシウム	マグネシウム	銅	亜鉛
			%										%	%		
乳用牛	318	平均	52.2	28.6	8.6	5.6	2.2	36.6	17.6	1.8	2.8	4.4	1.5	49	167	
		標準偏差	14.0	11.3	0.6	1.4	0.7	6.4	5.2	1.1	1.2	2.2	0.8	71	92	
肉用牛	304	平均	52.2	23.3	8.2	5.9	2.2	39.3	19.0	2.6	2.8	3.0	1.3	31	149	
		標準偏差	13.1	8.3	0.8	1.3	0.6	4.5	5.4	1.2	1.0	2.8	0.6	27	76	
豚	144	平均	36.6	30.0	8.3	6.7	3.5	36.5	11.4	5.6	2.7	8.3	2.4	227	608	
		標準偏差	13.0	9.9	1.1	1.6	1.1	4.7	3.8	2.8	1.1	6.4	1.0	114	332	
採卵鶏	127	平均	22.4	50.4	9.0	7.9	2.9	26.3	9.5	6.2	3.6	25.7	2.2	59	440	
		標準偏差	9.7	10.4	0.6	2.0	0.9	5.2	2.8	2.5	1.1	10.4	0.8	18	137	
ブロイラー	27	平均	33.0	27.5	7.9	8.5	3.8	37.4	10.6	4.2	3.6	8.9	1.9	68	351	
		標準偏差	12.8	11.0	1.1	2.5	1.1	5.6	3.5	1.8	1.4	6.3	0.5	21	138	

注1) 水分は現物中、それ以外は乾物中

注2) 堆肥の品質実態調査報告書より一部改変（(財)畜産環境整備機構、平成17年3月）

こと、2番目には処理物の種類ごとに化学肥料の三要素に対する肥効率を定めていること、3番目には各処理物に含まれる三要素の有効成分の比率が、飼料作物が必要とする養分の比率と異なる場合、ふん尿処理物と化学肥料を組み合わせ、三要素間のバランスが崩れないようにするとしています。具体的には、家畜ふんたい肥の肥料成分バランス（表2-1）は、牛ふんたい肥の場合、最も豊富に含まれる成分はカリであり、豚ふんたい肥、鶏ふんたい肥の場合はリン酸なので、これらが作物の養分必要量を大きく越えることがないようにしなくてはなりません。一方、化学肥料に対する肥効率が低い窒素の場合、肥効率のみを考慮してたい肥を多量に施用すると、肥効の発現する時期が作物の要求する時期と必ずしも一致しないことなどから、一般には、化学肥料窒素の一部分のみを家畜ふんたい肥で代替している場合が多く、窒素の代替可能率は牛ふんたい肥で30%、豚ふんたい肥、鶏ふんたい肥で60%としています。

これから、家畜ふんたい肥の施用量 (t/ha) = 必要窒素量 (kg/ha)

$$\times \frac{\text{代替率 (\%)}}{100} \times \frac{100}{\text{窒素含有率 (\%)}} \times \frac{100}{\text{肥効率 (\%)}} \times \frac{1}{1000}$$

と計算されます。この施用量で窒素、リン酸、カリのいずれか（もしくは複数）が不足する場合は、それに相当する化学肥料を併用しなくてはなりません。

この窒素の肥効率およびたい肥の施用上限量の考え方は、本システムの露地畑作の施肥設計を行う際の前提条件で採用しています。しかしながら、たい肥の購入時には肥料成分が明確でない、肥効率が明確でないことが多いので、たい肥の成分分析を施肥設計に反映させ難い面がありましたが、最近では、この点についても目覚ましい進展があります。

個々の農家で使用するたい肥の有効態養分量（成分値×肥効率）、栽培作物の種類および土壌の有効態養分の残存・蓄積量は農家やほ場毎に異なりますが、本システムでは、これらの情報を施肥設計に活かせるように工夫しています。本システムで活用するためには、作付け前に必ず土壌分析とたい肥分析を行う必要があります。システムの最大の特長は、施肥基準に基づき個々の農家の経営実態にあった、たい肥の施用および精密な減肥（窒素成分）の取り組みが可能なることにあります。

Ⅱ. 施肥設計システムの概要・機能

本システムは、Windows XP/Excel 2003で作成しています。利用方法とシステム利用の適用場面と留意事項について記しました。

1. 利用方法

(財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所ではたい肥（2006年10月より）と土壌成分（2009年4月より）の依頼分析（有料）を業務として行っています（<http://www.chikusan-kankyo.jp/>）。今後、ここで得られた分析データと本システムを合わせて利用することによって、栽培する作物に応じた家畜ふんたい肥と化学肥料による窒素成分の調整施肥設計が可能となります。土壌・たい肥分析を含めて、約2週間の短期間で施肥設計を行えるようになっていきます（図2-2）。

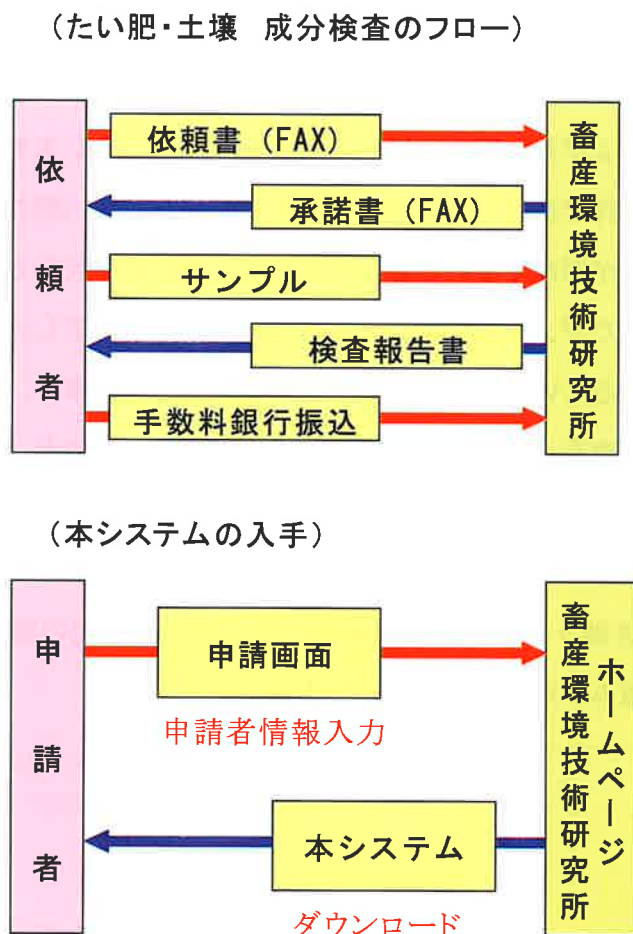


図2-2 たい肥・土壌の成分検査フロー及び調整施肥システムの入手方法

また、普及所等の現場サイドで行ったたい肥・土壌の成分分析結果にも対応・利用できるように、本システムは、インターネット上で公開（2010年3月より）する予定です。利用者名等を入力し、ダウンロードを申請することで申請者のPCへのダウンロードが可能です（図2-2）。



分析機器▲▶

2. システム利用上の適用場面と留意事項

1) 栽培作物

化学分析値による土壌の有効態窒素量の推定法は、畑作、露地野菜作を基本にしています。施設園芸（ハウス栽培）において、土壌中の塩類が高濃度に含まれる場合には本システムによる施肥設計では相応しくない場面が多くなります。

2) 土壌タイプ

黒ボク土、灰色低地土、褐色低地土、赤・黄色土であれば、有効態窒素量の推定には、土壌のタイプを選ばなくて良い方法を採用しています。

3) 作付け時期

露地畑での冬作では、地温の低下に伴いたい肥および土壌窒素の無機化率も低下しますので、本システムの施肥設計は、春から秋に栽培される作物を対象とするのが無難です。

4) 追肥

本システムでは、たい肥と土壌の有効態窒素量は30℃、4週間培養したときの無機態窒

素量を評価しています。これは、基肥中の速効性の窒素を評価していることになります。したがって、追肥が必要な栽培作物の場合は、施肥基準の追肥量に基づいた施肥を行います。たい肥中の緩効性の窒素量が多い場合は、追肥に相当する生育後半の窒素が過剰になるのではないかとの指摘もありますが、窒素の代替可能率もしくはたい肥施用量の上限値がある程度の安全率を反映していると考えています。また、施用当分には効果を示さずに土壌に蓄積される窒素については、次作の作付け前に必ず、土壌分析を行うことで、土壌の有効態窒素量に反映されますので、問題はないと考えられます。

5) リン酸、カリウムの施肥量

窒素の施肥基準はたい肥および化学肥料で賄い、過不足がないようにしますが、有効態リン酸およびカリの施肥量に対する上限値については設けず、たい肥からの施肥量は成り行きとします。ただし、作付け前に土壌診断（土壌の分析）を行い、土壌中に残っているリン酸やカリ量を評価し、障害や溶脱の出ないような施肥を行う必要があります。そのため、土壌中のリン酸やカリ含量が本システムでの土壌診断基準値（リン酸100mg/100g、カリはCECの10%相当量に設定）よりも過剰な場合は、たい肥を施用する本システムの施肥設計には相応しくありませんので計算を進められないように設定されています。

6) 初期生育に必要な窒素（スターター窒素）

作付け前の土壌の有効態窒素量が施肥基準値を満たす場合には、施肥窒素量がほとんど入らなくなる場合があります。作物の要求に過不足のない養分供給を行うことが環境と調和した作物生産の基本ですが、このような場合でも、栽培作物の初期生育（発芽や移植直後に必要な養分）を保証するために、スターター窒素を考慮する必要があります。本システムでは、施肥基準の窒素の大部分を土壌の有効態窒素量が相当する場合、一定量を化学肥料で補う考え方を勧めています。

7) たい肥と土壌の分析用試料のとり方

肥料成分にはたい肥も土壌もかなりのバラツキがあります。分析用試料を採取する場合、たい肥全体およびほ場全体から5か所の試料を採取し、合わせて1点とします。具体的な取り方ですが、たい肥は堆積物の全体にわたるように、5か所の断面を作り、中の部分を5kg程度（ひとつの断面で1kg×5か所）採取します。土壌はほ場の中心付近の作土（深さ15~20cmまで）を1か所、中心を通る対角線上の4か所、計5か所で2.5kg程度（1か所500g程度×5か所）採取します。採取した試料はよく混合したのち、その一部（たい肥は1kg程度、土壌は500g程度）を1点の分析用試料とします。

3. 調整施肥設計システムに用いられる用語の解説（注釈）

1) (たい肥と化学肥料の) 成分調整

施肥基準で定められている肥料成分量をたい肥と化学肥料で調整配分するやり方。

2) 施肥基準

施肥基準とは、土壤養分含量が土壤診断基準値の範囲内で、しかもたい肥等の有機物が無施用の条件下、目標収量を得るために必要な肥料養分の年間合計量をいう。土壤養分含量が土壤診断基準値の範囲からはずれている場合は、土壤診断に基づく施肥対応によって施肥標準量を増減して補正する。この施肥標準量やその補正值は化学肥料あるいはたい肥等の有機物のいずれかで施用しても構わない。

3) (土壤の) 可給態窒素量

作物が吸収利用できる窒素で、土壤から供給される形態を指す。30℃、4週間培養法で得られる無機態窒素量から培養前土壤の無機態窒素量を差し引いた値で表す。

4) (土壤の) 有効態窒素量

可給態窒素量と同様に作物が吸収利用できる形態の窒素を指すが、ここでは可給態窒素と培養前の土壤に含まれていた無機態窒素の合計量を表す。

5) 肥効、肥効率

肥効とは肥料の効果を総称し、たい肥養分の作物による吸収利用の割合などを意味する。肥効率とは、化学肥料養分の作物による利用率に対するたい肥養分の利用率の割合を百分率で表示したもので、たい肥に含まれる養分総量のうち作物に吸収される化学肥料相当養分量の割合を表わす。

6) 利用率

作物に施肥した肥料成分総量のうち、作物が吸収利用した肥料分を百分率で表示したもの。

7) (たい肥の) 代替可能率

作物の施肥基準のうち、たい肥から供給される養分量でまかなう割合を百分率で表示したもの。

8) (たい肥の) 窒素無機化率

たい肥に含まれる全窒素量のうち、30℃、4週間培養後に存在するたい肥由来の無機態窒素から培養前土壤の無機態窒素を差し引いた窒素量が全窒素量に占める割合を百分率で表示したもの。次式から算出する。

(たい肥を土壤に混合・培養後の無機態窒素－培養前土壤の無機態窒素)

供試したたい肥の全窒素量

× 100

9) (たい肥の) 有効態窒素量

たい肥に含まれる全窒素量のうち、作物が吸収利用できる形態の窒素を指すが、ここでは次式から算出する。

$$(\text{たい肥の}) \text{全窒素} (\%) \times (\text{たい肥の}) \text{窒素無機化率} (\%)$$

10) 有効態・可給態

作物が吸収利用できる形態をいう。

11) 施用量

たい肥や化学肥料などの現物を施す量をいう。

12) 施肥量

たい肥や化学肥料などに含まれる肥料成分（窒素、リン酸、カリなど）を施す量をいう。

13) 交換性塩基

土壤に比較的ゆるやかに吸着されていて、作物へ供給可能な形態の塩基類（カルシウム、マグネシウム、カリウム）をいう。適当な抽出液（酢酸アンモニウムが一般的）を用いて土壤から抽出する。この中には水溶性の形態も含まれる。

14) 基肥

作物の種子を播いたり、作付する時に施肥する肥料をいう。

15) 追肥

作物の生育途中に施肥する肥料をいう。

16) 分施

基肥と追肥に分けて施肥するやり方をいう。

Ⅲ. 調整施肥設計システムの操作手順と利用の実例

たい肥と土壌の肥効率の推定値の算定および成分調整の手順および「たい肥と土壌養分に基づく調整施肥設計システム」のシステムのフロー図とメニューをそれぞれ、図2-3および図2-4に示しました。ここでは、ナス栽培（例1-1：採卵鶏ふんたい肥、例1-2：

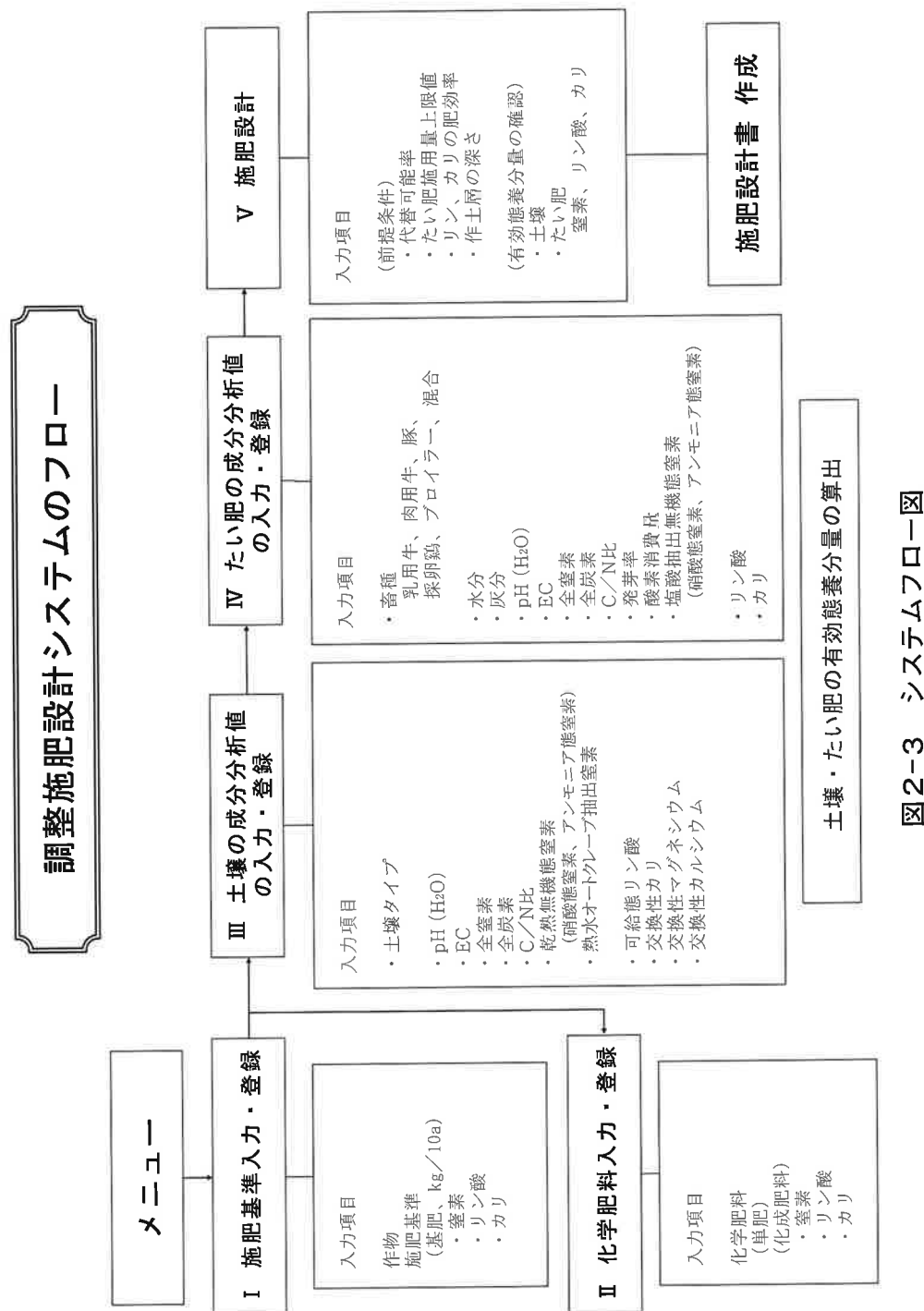


図2-3 システムフロー図

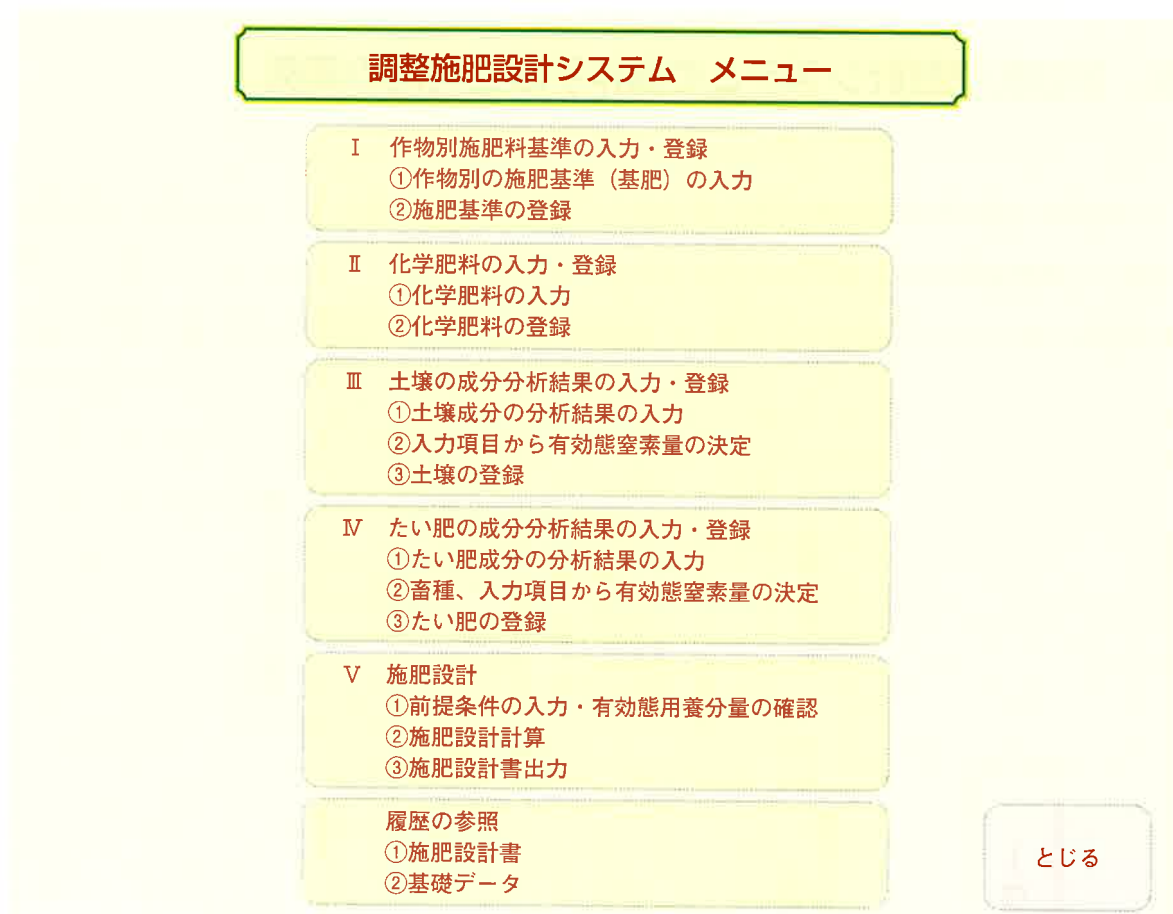


図2-4 システムメニュー

ブイラーふんたい肥)、キャベツ栽培(例2:肉牛ふんたい肥)およびスイートコーン(例3:豚ふんたい肥)を例にして、操作手順を説明しながら、施肥設計を行ってみます。施肥設計結果は表2-2に一覧表示しました。なお、以降の操作手順の説明は例1-1についてのみ取り上げます。

1. 施肥基準・化学肥料の入力と登録

各都道府県の施肥基準から、栽培作物と作型に適合する数値(窒素、リン酸、カリ)を入力します。施肥基準に、たい肥の施用上限値が示されている場合のみ、畜種と量を入力します。次に、単肥肥料の銘柄、窒素、リン酸、カリの成分値を入力し、登録します。

今回は、ナス(例1)、キャベツ(例2)、スイートコーン(例3)の基肥を対象とし、福島県の施肥基準を参考にしました。また、単肥は窒素質肥料として硫安、リン酸質肥料として過リン酸石灰、カリ質肥料として塩化カリを使用します(図2-5、図2-6)。

I 施肥基準入力・登録

登録

作物名	作型・品種名など	施肥基準(基肥)kg/10a			たい肥施用上限値		
		窒素	リン酸	カリ	畜糞	t/10a	
1	ナス	1	22	27	18		
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					
2		1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					
3		1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					

メニューへ

化学肥料登録へ

図2-5 施肥基準の入力・登録画面

II 化学肥料の入力・登録

登録

分類	製品名	成分含量(%)			
		窒素	リン酸	カリ	
1	窒素質肥料	1	21		
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			
2	リン酸質肥料	1		18	
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			
3	カリ質肥料	1			60
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			

メニューへ

上に戻る

図2-6 化学肥料の入力・登録画面

2. 土壌およびたい肥成分値の入力と登録

作付けする土壌の分析項目は、pH (H₂O)、EC、全窒素、全炭素、乾熱処理後の硝酸態窒素およびアンモニア態窒素、熱水オートクレーブ抽出窒素、有効態リン酸および交換性カリ、交換性カルシウム、交換性マグネシウムの11項目ですが、有効態窒素量の推定には乾熱処理後の無機態窒素（アンモニア態窒素と硝酸態窒素の合量）、熱水オートクレーブ抽出窒素の2項目を用いますが、分析機関で熱水オートクレーブ抽出窒素の測定が出来ない場合は、乾熱処理後の無機態窒素が選択されます。使用するたい肥と作付けする畑土壌の分析結果を入力します（図2-7、図2-8）。たい肥の分析項目は、水分、灰分、pH (H₂O)、EC、全窒素、全炭素、C/N比、発芽率、酸素消費量、塩酸抽出硝酸態窒素およびアンモニア態窒素、リン酸およびカリの13項目です。また、無機化率の推定にはリン酸およびカリを除く11項目を用いますが、酸素消費量の測定が出来ない場合に

Ⅲ 土壌成分値の入力・登録

1 土壌の指定

2 分析結果の入力

圃場名	分析項目	分析値	単位	有効態養分含量 (乾物)(kg/10a)
環境南B	* pH (H ₂ O)	6.2		
	* EC	0.1	mS/cm	
土壌タイプ	全窒素	0.6	%	
黒ボク土	全炭素	5.9	%	
	* 乾熱アンモニア態窒素	5.3	mg/100g	
	* 乾熱硝酸態窒素	2.2	mg/100g	
	熱水A/C抽出窒素	13.6	mg/100g	
	* 可給態リン酸	50	mg/100g	52.9
回帰式から推定	* 交換性カリ	32	mg/100g	33.9
決定係数 R ²	* 交換性カルシウム	349	mg/100g	
RSD	* 交換性マグネシウム	61	mg/100g	
	有効態窒素量	14.8	mg/100g	15.6

*は必須項目

※ 分析値は水分以外は乾物中含量

図2-7 土壌分析値の入力・登録画面

IV たい肥成分値の入力・登録

1 たい肥・畜種の指定

たい肥名
西郷鶏ふんA

畜種
採卵鶏

2 分析項目の指定

たい肥名	分析項目	分析値	単位	
西郷鶏ふんA	* 水分	24.5	%	
	* 灰分	48.1	%	
採卵鶏	* pH(H ₂ O)	8.6		
	* EC	5.6	mS/cm	
	* 全窒素	2.5	%	
	* 全炭素	26.4	%	
	* C/N比	11.2		
	* 発芽率	99.0	%	
	回帰式から推定	酸素消費量	2	μg/g/min
	決定係数 R ²	* 塩酸無機態窒素	3.8	mg/g
	RSD	* 塩酸7/ホ=7態窒素	3.6	mg/g
	無機化率(%)	* 塩酸硝酸態窒素	0.2	mg/g
	* リン酸	4.9	%	
	* カリ	3.7	%	

*は必須項目 ※ 分析値は水分以外は乾物中含量

図2-8 たい肥分析値の入力・登録画面

は、これらを除いた分析値を入力し、登録します。土壌・たい肥の有効態窒素量が自動的に求まります。なお、推定値がマイナスに算出された場合はたい肥・土壌の有効態窒素含量はゼロとみなします。この数値が大きくマイナスに推定された、たい肥については使用を控えてください。

3. 前提条件の設定と有効態養分量の確認

図2-9の画面には、前提条件として、たい肥による窒素の代替可能率、たい肥の施用上限値の入力・設定、施肥基準・化学肥料の指定および、土壌・たい肥の有効態養分量の確認の一覧が示されます。

1) 施肥基準、化学肥料の指定

登録済みの施肥基準から栽培作物名、作型・品種の指定を行います。同様に、登録済みの化学肥料から使用する化学肥料の種類、銘柄の指定を行います。単肥、複合肥料のいずれも入力が可能です。

V 施肥設計 ①前提条件の入力

施肥設計
計算

① 作物 施肥基準 化学肥料指定

ナス	露地；くろべえ
----	---------

施肥基準・基肥のみ (kg/10a)

窒素	22
リン酸	27
カリ	18

化学肥料指定 (成分含量%)

硫酸	21	0	0
過リン酸石灰	0	18	0
塩化カリ	0	0	60

④ 窒素の代替可能率 (%)

60

⑤ 堆肥の施用上限値 (t/10a) 乾物

最大施用量	2.00	施肥基準 指定あり
-------	------	--------------

② 圃場名 指定

環境南日
黒ボク土

土壌中有効態成分 (mg/100g) 乾物

窒素	7.5
リン酸	50.4
カリ	32.3

③ たい肥名 指定

西郷鶏ふんA
採卵鶏

たい肥中有効態成分 (kg/t) 現物

窒素	2.4
リン酸	29.6
カリ	25.1

⑥ 窒素、リン酸およびカリの肥効率 (%)

窒素	12.9	推定値
リン酸	80	固定値
カリ	90	固定値

作土層 (cm)

15

メニューへ 土壌登録へ たい肥登録へ

図2-9 施肥設計 前提条件の入力

2) たい肥からの窒素の代替可能率を決める (前提条件の設定)

牛ふんたい肥では30%以下、豚ふん・鶏ふんたい肥は60%以下の任意の数値を設定できます。畜種混合たい肥の窒素の代替可能率はそれらの中間値の45%とします。施肥設計計算を実行すると、下記のたい肥の施用量上限値も同時に満足する量が自動計算されます。

例1では代替率を60%で入力しました(図2-9)。

3) たい肥の施用上限値 (前提条件の設定)

施肥基準に示された上限値、もしくは施肥窒素量から土壌の有効態窒素量を引いた施肥窒素量とたい肥の有効態窒素量を利用した窒素濃度計算値(「土壌管理のあり方に関する意見交換会報告書」、http://www.maff.go.jp/j/study/dozyo_kanri/index.html)のいずれか低い値が自動的に選択されます。施肥設計計算を実行すると、前述のたい肥からの窒素の代替可能率も同時に満足する施用量が自動計算され、最も低い施用量で施肥設計計算が実行されるようになります。一般的には、豚ふんたい肥と鶏ふんたい肥の場合、窒素濃度計算値によるたい肥の施用上限値よりもたい肥の代替率を優先にした施肥設計を行った方がたい肥の施用量が低くなります。施肥基準で上限値が定められている場合、たい肥の窒素の代替可能率に比べ、この上限値が優先される場合が多いです。

例1-1では窒素濃度計算より自動計算されます。

4) たい肥・土壌の有効態窒素量、可給態リン酸・カリ量の確認

たい肥・土壌成分値の入力結果から土壌とたい肥の有効態窒素量、可給態リン酸・カリ量が算出されますので、この画面で数値の確認ができます。

前提条件の設定と有効態養分量の確認が終了したら、設定したすべての条件を満たすように施肥計算を実行させます。

4. 施肥計算結果の表示

計算結果は、たい肥および化学肥料の施用量は現物換算でt/10aもしくはkg/10aで示されます（図2-10）。また、「詳細ボタン」を押すと、計算に使用された施肥基準値、たい肥および化学肥料の施用量が示されます。

発行番号 H21-0001

V 施肥設計 ②施肥設計書
プレビュー

設計日	平成22年01月04日			施肥設計書
氏名	畜環 技太郎			
場所	地方	都道府県	市町村	施肥設計書印刷履歴保存
	東北	福島県	西郷村	
施肥基準	作物名	作型・品種名など		
	ナス	露地；くろべえ		
施肥基準	基肥のみ	窒素	リン酸	カリ
	(kg/10a)	22	27	18
土壌・圃場	圃場名	土壌タイプ		
	環境南B	黒ボク土		
たい肥	たい肥名	畜種		
	西郷鶏ふんA	採卵鶏		

施用量

たい肥（現物 t/10a）
1.59

化学肥料 (kg/10a)	
硫安	12.2
過リン酸石灰	0.0
塩化カリ	0.0

メニュー
たい肥
登録

土壌登録
飼養条件

☆コメント

図2-10 施肥設計書 画面

表2-2 システムによる施肥設計結果の実例

実例	作物	たい肥 畜種	施肥基準 kg/10a	土壤有効態 養分量 ¹⁾ kg/10a	たい肥 施肥量 kg/10a	化学肥料 施肥量 kg/10a	たい肥 現物 t/10a	化学肥料 現物 kg/10a	たい肥 の窒素 代替率 %	施肥割合 ³⁾ %	
											探卵鶏
例1-1	ナス	探卵鶏	22	15.6	3.8 (17) ²⁾	2.6	1.59	12.2	60	100	
			リン酸	27	52.9	47.1 (100)		0	0	0	174
			カリ	18	33.9	40.0 (100)		0	0	0	222
例1-2	ナス	ブロイラー	22	15.6	3.8 (17)	2.6	0.55	12.2	60	100	
			リン酸	27	52.9	11.9 (44)		15.1	83.8		100
			カリ	18	33.9	13.4 (74)		4.6	7.7		100
例2	キャベツ	肉用牛	19	14.1	0.8 (4)	4.1	1.00	19.5	16	100	
			リン酸	25	135.0	12.7 (51)		12.3	68.2		100
			カリ	15	73.2	14.8 (99)		0.2	0.4		100
例3	スイートコーン	豚	24	12.5	6.9 (29)	4.6	1.94	21.9	60	100	
			リン酸	24	74.2	50.7 (100)		0	0	0	211
			カリ	24	43.3	30.1 (100)		0	0	0	126

注1) 窒素については有効態窒素量を示す

注2) () は施肥基準に占めるたい肥施肥量の割合

注3) 施肥基準に占める可給態窒素量(土壤、たい肥、化学肥料)の割合、施肥基準に占める可給態リン酸およびカリ量(たい肥、化学肥料)の割合

注4) たい肥現物施肥量、たい肥代替率の太字は施肥設計計算時の最優先条件を示す

表2-2では、例1-1から例3までの施肥設計の詳細な結果を示しました。例1-1では、たい肥の現物施用量は10a当たり1.59tとなり、採卵鶏ふんたい肥は60%の窒素の代替可能率で前提条件を満たしました。残りの有効態窒素量は化学肥料（硫安）で10a当たり12.2kg補う必要があります。リン酸およびカリの施肥量はたい肥だけで満足しました。リン酸、カリの施肥量は施肥基準に対して、それぞれ174および222%となりました。例1-2では、たい肥の現物施用量は10a当たり0.55tとなり、ブロイラーふんたい肥は60%の窒素代替可能率で前提条件を満たしました。残りの有効態窒素量は化学肥料（硫安）で10a当たり12.2kg補う必要があります。リン酸およびカリの施肥量はたい肥だけでは不足していましたので、化学肥料（過リン酸石灰および塩化カリ）で各々、10a当たり83.8kgおよび7.7kg補う必要があります。各成分とも施肥基準に対して100%となりました。例2での肉用牛ふんたい肥では、前提条件のたい肥の現物施用量1.00tが制限となりましたので、たい肥の代替可能率は30%から16%に自動計算されました。硫安の施用量は19.5kgです。なお、リン酸は68.2kg、カリは0.4kgと、いずれも化学肥料の施用を行う必要があります。例3では、豚ふんたい肥の現物施用量は10a当たり1.94tで、硫安は21.9kg補う必要があります。リン酸とカリはたい肥だけで充足しました。

5. 施肥設計結果の印刷と履歴の保存

施肥設計書画面（図2-10）で「施肥設計書印刷履歴保存ボタン」を押すと、施肥設計書が印刷されます。また、施肥設計に使用した基礎データや施肥設計書が履歴として残るようになっています。この履歴はメニューの履歴の参照から確認できます。

6. 施肥設計結果の利用に当たっての留意点

施肥設計結果を利用する際の留意点をたい肥の施用時および土壌採取時について、下記に記します。

1) たい肥の水分含量

たい肥の施用時に最も変わりやすいのは水分含量です。一般的には、成分分析結果は乾物で示されますので、たい肥の施用量は分析結果の水分含量から現物当りに換算し直します。したがって、成分分析時の水分含量と施用時の水分含量が大きく違うことがないように、たい肥の保管方法や保管場所、保管期間には、特に、気をつけなくてはなりません。特に、夏季はたい肥の保管期間が長くなると、水分含量が大きく低下します。

2) 土壌の無機態窒素含量

土壌の無機態窒素（硝酸態窒素、アンモニア態窒素等）は降雨による溶脱および無機化などにより数値が変わります。このため、土壌を採取してから作付けまでの期間は短いに越したことはありません。大量の降雨の後には分析用土壌の採取には好ましくありませんので注意が必要です。

3) 施肥時期

施肥設計の結果を受け取ったら、できるだけ早いうちにたい肥を施用してください。畜産環境技術研究所にたい肥・土壌分析を依頼して、実際にたい肥と土壌が到着してから施肥設計の結果報告まで約2週間を予定しています。また、露地畑土壌の硝酸態窒素は水に流れやすいですので、施用から作付けまでは、できるだけ短日間ですませるなどの配慮が必要です。なお、その際に、施用するたい肥が腐熟していることが基本なのは言うまでもありません。

4) たい肥の施用量

たい肥の施用量は出来るだけ精密にしてください。たい肥の容積重はバケツの容量と台量りで秤量した重さから計算できます。バラたい肥を散布する場合は、使用するたい肥の容積重、軽トラックの積載量、荷台の高さ等からたい肥重量を換算することも可能です。

第3章

施肥設計システムの
根拠となるデータ

I. たい肥の無機化率の簡易推定法

1. 内容・特徴

1) 全国のたい肥センターから収集した、たい肥198点を対象に窒素、炭素などの一般成分分析を行うとともに、30℃、4週間の畑水分条件下での培養試験を行い、得られた

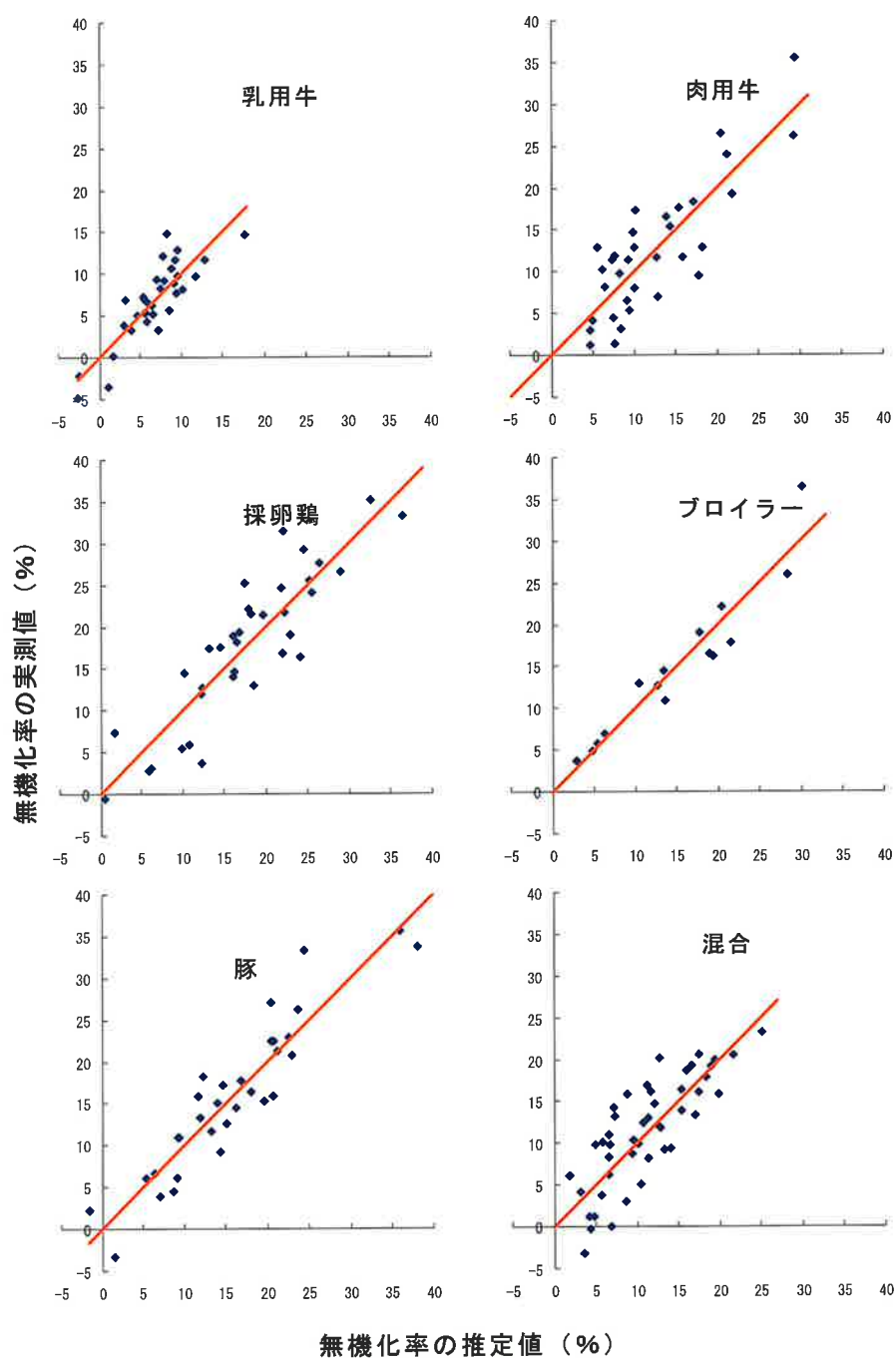


図3-1 各種家畜ふんたい肥における30℃、4週間培養後の培養無機態窒素率 (%) の実測値と12項目による重回帰式測定値との関係

表3-1 無機化率の推定に用いたたい肥の化学成分値

畜種	試料数	集計方法	水分 %	灰分 %	pH (H ₂ O)	電気伝導率 EC mS/cm	全窒素 %	全炭素 %	C/N比	発芽 指数 %	酸素 消費量 %	塩酸抽出			無機化率 %
												アノニア態 窒素 mg/g	硝酸態 窒素 mg/g	無機態 窒素 mg/g	
乳用牛	33	平均	54.7	32.7	8.4	5.3	2.3	34.1	15.3	98.2	2	0.44	0.62	1.06	6.7
		標準偏差	11.5	13.7	0.6	1.2	0.6	8.1	3.8	2.0	1	0.36	0.62	0.68	4.7
肉用牛	34	平均	55.7	22.7	8.0	5.7	2.1	39.8	20.3	97.2	1	1.74	1.23	2.96	13.0
		標準偏差	12.6	9.3	0.9	0.9	0.5	4.8	5.1	3.1	1	1.35	1.61	1.93	9.0
豚	32	平均	40.3	31.1	8.0	6.7	3.4	35.6	11.4	92.5	3	5.67	1.02	6.68	16.2
		標準偏差	14.4	10.1	1.1	1.6	1.1	5.5	3.5	21.5	4	4.37	1.86	3.83	9.0
採卵鶏	35	平均	19.5	54.3	9.1	7.8	2.7	23.9	9.2	95.9	3	4.25	0.04	4.29	17.5
		標準偏差	6.0	9.2	0.4	1.2	0.6	4.2	2.1	4.1	3	1.36	0.03	1.36	8.7
ブロイラー	15	平均	28.3	25.3	8.1	9.0	4.1	39.1	10.0	61.4	6	4.93	0.05	4.98	14.8
		標準偏差	11.7	7.6	1.5	2.0	0.9	3.6	2.4	45.6	7	3.07	0.09	3.03	9.0
混合	48	平均	43.0	28.1	8.7	6.4	2.5	36.8	15.6	97.2	2	2.14	0.42	2.56	11.2
		標準偏差	13.6	10.2	0.4	1.2	0.6	5.2	4.9	2.6	2	1.7	0.77	1.73	7.0

注1 水分は現物中、それ以外は乾物中

注2 家畜ふん堆肥の肥効を取り入れた堆肥成分表と利用法（2007）より一部改変

表3-2 無機化率を推定するための重回帰式および推定精度 (訂正版)

乳用牛(33件)

測定項目	決定係数	RSD	重回帰式
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.73	2.5	$Y=0.07656x_1+0.2458x_2+1.739x_3-1.212x_4-11.5x_5+1.283x_6-1.511x_7+0.005828x_8-0.3495x_9+404.7x_{10}-397.8x_{11}-399.7x_{12}-14.78$
上記12項目から酸素消費量を除いた11項目	0.72	2.5	$Y=0.08655x_1+0.2417x_2+1.668x_3-1.049x_4-12.58x_5+1.31x_6-1.543x_7+0.009319x_8+390.8x_{10}-383.5x_{11}-386x_{12}-14.6$

肉用牛(34件)

測定項目	決定係数	RSD	重回帰式
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.75	4.5	$Y=0.06033x_1-0.656x_2+3.367x_3-0.1796x_4-26.03x_5-0.1266x_6-1.824x_7+0.4217x_8+1.064x_9+326.3x_{10}-320.5x_{11}-323.4x_{12}+39.72$
上記12項目から酸素消費量を除いた11項目	0.74	4.5	$Y=0.04314x_1-0.6822x_2+3.054x_3-0.1209x_4-21.89x_5-0.3478x_6-1.568x_7+0.4591x_8+387.4x_{10}-382x_{11}-384.6x_{12}+37.25$

豚(32件)

測定項目	決定係数	RSD	重回帰式
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.83	3.7	$Y=-0.2862x_1-0.9785x_2+2.545x_3-1.261x_4-3.329x_5-1.74x_6+0.02271x_7-0.1666x_8-0.5718x_9+109.6x_{10}-104.9x_{11}-108x_{12}+122.6$
上記12項目から酸素消費量を除いた11項目	0.79	4.1	$Y=-0.3312x_1-0.6755x_2+2.116x_3-1.399x_4-1.605x_5-1.504x_6+0.9301x_7-0.174x_8+135.3x_{10}-130.3x_{11}-133.5x_{12}+92.26$

採卵鶏(35件) 異常値2件除外+10件

測定項目	決定係数	RSD	重回帰式
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.78	4.1	$Y=0.4353x_1+0.03892x_2+1.919x_3-2.347x_4+13.58x_5-1.431x_6+1.317x_7+0.5209x_8+0.1228x_9-7.881x_{10}-31.83x_{11}+12.03x_{12}-72.76$
上記12項目から酸素消費量を除いた11項目	0.78	4.1	$Y=0.4403x_1+0.0642x_2+1.941x_3-2.343x_4+13.6x_5-1.318x_6+1.193x_7+0.5127x_8-8.142x_{10}-36.67x_{11}+12.14x_{12}-73.97$

7ロー(15件)

測定項目	決定係数	RSD	重回帰式
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.92	2.5	$Y=-0.2794x_1+1.371x_2-8.448x_3-5.449x_4-12.71x_5+6.527x_6-10.58x_7+0.1035x_8-0.1641x_9+34.51x_{10}+29.07x_{11}-34.23x_{12}-1.333$
上記12項目から酸素消費量を除いた11項目	0.91	2.6	$Y=-0.2259x_1+1.266x_2-7.915x_3-4.864x_4-6.121x_5+5.677x_6-8.14x_7+0.1509x_8+24.94x_{10}+30.76x_{11}-24.31x_{12}-33.17$

混合畜種(48件)

測定項目	決定係数	RSD	重回帰式
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.64	4.2	$Y=-0.01879x_1-0.4537x_2+4.48x_3-0.1017x_4-12.52x_5+0.2994x_6-2.024x_7+0.2648x_8-0.3756x_9+11.35x_{10}-6.36x_{11}-9.401x_{12}+59.08$
上記12項目から酸素消費量を除いた11項目	0.63	4.3	$Y=-0.04486x_1-0.4595x_2+5.313x_3-0.3715x_4-11.6x_5+0.2555x_6-1.898x_7-0.2884x_8+13.04x_9-7.435x_{10}-11.29x_{11}+53.81$

水分、灰分、pH、EC、全N、全C、C/N比、発芽率、酸素消費量、塩酸抽出無機態窒素、硝酸態窒素、アンモニア態窒素
 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$

無機化率を従属変数（Y）とし、化学分析などから得られた水分、灰分、pH（H₂O）、EC、全窒素、全炭素、C/N比、発芽指数、酸素消費量、塩酸抽出アンモニア態窒素、硝酸態窒素、無機態窒素の12項目および酸素消費量を除いた11項目を説明変数として、無機化率を推定するための重回帰式を作成しました。

2) たい肥の無機化率は4週間培養後の土壌とたい肥混合土壌の無機態窒素量（mg/乾土g）から、土壌のみのblank値を差し引いた無機態窒素量（mg/乾土g）をたい肥の施用窒素量（mg/乾土g）で割って算出しました。

3) 無機化率の推定に用いた、たい肥の化学成分値を表3-1に示しました。推定式の算定に用いた、たい肥の一般的な化学成分値は全国的な標準値の範囲内でした。無機化率の平均値±標準偏差は、乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏、ブロイラーおよび混合畜種で各々6.7±4.7、13.0±9.0、16.2±9.0、17.5±8.7、14.8±9.0および11.2±7.0でした。

4) 各畜種における無機化率の実測値と推定値の散布図及び回帰直線を図3-1に、たい肥の無機化率を推定する重回帰式および推定精度を表3-2に示しました。推定精度の指標であるRSD（回帰からの残さの標準偏差）は、測定項目が12項目の場合、乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏、ブロイラー、および混合畜種で各々、2.4、4.2、3.5、4.2、2.6および4.1となりました。また、11項目でもRSDに大きな差は見られませんでした。

2. 成果の活用面・留意点

1) 尿酸が高濃度に含まれた高窒素鶏ふんたい肥では、表3-2に示した重回帰式が適用できない場合があります。

塩酸抽出無機態窒素：

風乾たい肥 2 g を0.5Mもしくは1 M塩酸20mlで抽出したる液に含まれる無機態窒素を意味しています。

注) 鶏ふんたい肥は1M、その他は0.5M塩酸を使用

II. 土壌の有効態窒素量の簡易推定法

1. 内容・特徴

1) 全国の農家は場から収集した畑土壌76点を対象に窒素、炭素などの一般成分分析を行うとともに、30℃、4週間の畑水分条件下での培養試験を行い、得られた有効態窒素量を従属変数（Y）とし、化学分析などから得られたpH（H₂O）、EC、全窒素、全炭素、C/N比、乾熱アンモニア態窒素、硝酸態窒素、無機態窒素*（アンモニア態窒素+硝酸態窒素）、熱水オートクレーブ抽出窒素*、中性リン酸、0.4M硫酸抽出窒素を説明変数（X）とする重回帰分析を行い、2変数（*マークの項目）による重回帰式および乾熱無機態窒素（アンモニア態窒素+硝酸態窒素）の単回帰分析による単回帰式を作成しました。

2) 土壌の有効態窒素量は4週間培養後の土壌中に存在する無機態窒素量の全量（有効態窒素量）で表しました（表3-3）。なお、推定式の算定に用いた土壌の有効態窒素量から無機態窒素量を差し引いた、いわゆる可給態窒素量の平均値±標準偏差は7.0±4.1と、土

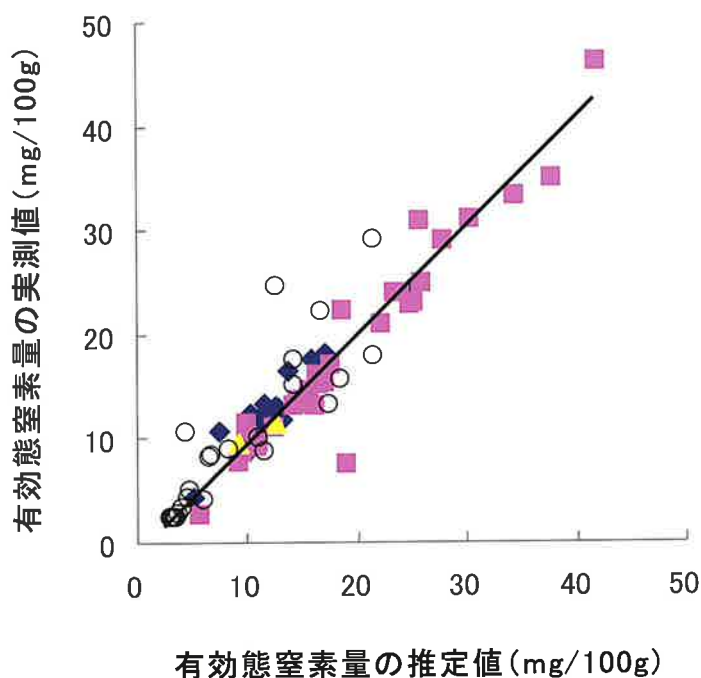


図3-2 各種土壌における30℃、4週間培養後の有効態窒素量(mg/100g)の実測値と2項目による重回帰式測定値との関係

■：黒ボク土 ◆：灰色低地土 ▲：褐色低地土 ○：赤黄色土

表3-3 有効態窒素量の推定に用いた畑土壌の化学成分値

畑土壌	pH (H ₂ O)	EC	全窒素	全炭素	乾熱 アンモニア 態窒素	乾熱 硝酸態窒素	乾熱 無機態窒素	熱水オート クレープ 抽出窒素	中性リン酸 抽出窒素	0.4M硫酸 抽出窒素	有効態窒素	無機態窒素	可給態窒素
		mS/cm	%	%	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
平均値	6.35	0.24	0.85	3.02	4.11	6.04	10.2	8.58	7.13	27.9	14.4	7.36	6.99
標準偏差	0.37	0.20	0.85	2.50	2.60	5.65	8.25	4.63	3.58	20.1	8.62	5.78	4.08

壤モニタリング調査（第1巡目、1999～2003）で得られた値（ 5.5 ± 4.8 ）に近い値でした。

3) 有効態窒素量の推定に用いた畑土壌の化学成分値を表3-3に示しました。有効態窒素量の平均値±標準偏差は 14.4 ± 8.6 でした。

4) 全土壌における実測値と推定値の散布図および回帰直線を図3-2に示しました。推定式の作成に用いた土壌は土壌タイプに関係なく、各変量はほぼ回帰直線上に分布しました。有効態窒素量を推定する重回帰式および推定精度を表3-4に示しました。測定項目が2項目の場合、推定精度の指標であるRSD（回帰からの残さの標準偏差）は2.9となりました。また、測定項目が1項目の場合、RSDは3.6となりました。

2. 成果の活用面・留意点

1) 土壌の有効態窒素量の推定式（表3-4）は分析に用いた土壌タイプの黒ボク土、灰色低地土、褐色低地土、赤黄色土に適用することができます。

なお、たい肥の無機化率および土壌の有効態窒素量の推定については、回帰式の標本計算と第3章Ⅲの実証試験で推定に用いた標本は異なります。

表3-4 土壌の有効態窒素量を推定するための回帰式および推定精度

畑土壌(76件)

測定項目	決定係数	RSD	回帰式
乾熱無機態窒素および熱水オートクレーブ抽出窒素による2項目	0.86	2.9	$Y=0.434+0.891x_1+0.568x_2$
乾熱無機態窒素による1項目	0.82	3.6	$Y=3.170+1.102x_1$

乾熱無機態窒素;mg/100g、熱水オートクレーブ抽出窒素;mg/100g

x_1 ,

x_2 ,

乾熱無機態窒素：

風乾土壌1gを105℃で24時間加熱後、10%塩化カリウム10mlで抽出したろ液に含まれる無機態窒素を意味しています。

熱水オートクレーブ抽出窒素：

風乾土壌14gに水70mlを添加したものをオートクレーブ処理（105℃、1時間）したろ液に含まれるケルダール窒素を意味しています。

Ⅲ. 作物の栽培試験による調整施肥設計の有効性（実証試験）

土壌の有効態窒素、たい肥の有効態窒素および化学肥料による調整施肥設計を開発しましたが、その三者を調整した施肥設計が実際に作物栽培において有効かどうかを検証するために、栽培試験を行いました。すなわち、窒素成分について調整施肥した処理区の作物が化学肥料区あるいは標準区と同様に生育し、同等の収量が得られるかどうかについて検討しました。この栽培試験は葉菜類（神奈川県農業技術センター）および葉菜類と果菜類（熊本県農業研究センター）にて実施しました。

1. 調整施肥設計の方法

1) 葉菜類（コマツナとホウレンソウ）での栽培試験

栽培試験は神奈川県平塚市にある神奈川県農業技術センターの畑ほ場にて行いました。土壌は腐植質黒ボク土で、施肥量や栽培法および調査法は神奈川県作物別施肥基準¹⁾に基づきました。成分調整は窒素成分のみ行い、その調整法は以下のとおりです。最初に供試土壌とたい肥の有効態窒素を30℃、4週間培養法で測定しました。つぎに、試験作物の施肥基準値から土壌の有効態窒素量を差し引き、その残りの窒素量をたい肥と化学肥料で50%ずつ配分しました。リン酸とカリは、供試たい肥のリン酸とカリの含有率に肥効率（千葉県²⁾で採用している肥効率：リン酸80%、カリ90%を用いました）を乗じて供給量を算出し、供給量が施肥基準量に不足する場合のみ化学肥料で施肥しました。施肥基準量を超える場合、化学肥料は施用しませんでした。なお、土壌の可給態リン酸と交換性カリウムは考慮しませんでした。栽培試験は露地ほ場で行い、作物は春作のコマツナと秋作のホウレンソウです。肥料の種類は化学肥料のみ（対照区）および豚ふんたい肥と化学肥料を併用（試験区）した2種類です。豚ふんたい肥は県内の養豚場で生産され市販されている、豚ふん100%のたい肥を購入しました。処理区として2種類の肥料それぞれに施肥基準量の50%、75%、100%、125%の4段階の施肥量レベルに設定しました。

2) 葉菜類（キャベツ）と果菜類（メロン）での栽培試験

栽培試験は熊本県合志市にある熊本県農業研究センターの畑ほ場とビニールハウスにて行いました。土壌は厚層多腐植質黒ボク土で、施肥量や栽培法および調査法は熊本県農作物施肥基準³⁾に基づきました。成分調整は窒素成分のみ行い、調整法は葉菜類の場合と同様です。リン酸とカリは、牛ふんたい肥からの供給量が施肥基準量に不足する場合のみ

化学肥料で施肥し、施肥基準量を超える場合には化学肥料は施用しませんでした。作物は秋作の露地キャベツとハウスメロンです。肥料の種類は化学肥料のみ（対照区）と牛ふんたい肥（熊本県内で生産されている市販品を購入）と化学肥料を調整（試験区）した2種類です。両作物に共通した処理区は、標準区、化学肥料減肥区、牛ふんたい肥による窒素代替可能率30%区、50%区および100%区です。各区の処理内容ですが、標準区ではキャベツの場合化学肥料のみで窒素基準量を、メロンの場合窒素基準量の有機質肥料に牛ふんたい肥2t/10aを上乗せしました。化学肥料減肥区は窒素基準量から土壌の有効態窒素量を減肥して化学肥料で施肥しました。牛ふんたい肥代替区は、窒素基準量の30%、50%および100%を牛ふんたい肥由来の窒素で代替しましたが、キャベツの100%区は牛ふんたい肥と豚ふんたい肥をそれぞれ10a当たり現物で2000kgと725kg混合しました。

2. 野菜栽培における調整施肥の有効性の実証

1) 露地栽培葉菜での栽培試験結果

(1) コマツナでの試験結果

春作コマツナの生育、収量、窒素吸収量の結果を表3-5に示しました。コマツナの葉長、株重は窒素施肥量の増加に伴い増加し、いずれの窒素施用量でも、化成肥料のみの対照区に比べて豚ふんたい肥と化学肥料を調整施用した試験区の生育が勝っておりました。窒素吸収量も葉長や株重と同様な結果が得られました。葉色（SPAD値）に変化はありません。

表3-5 窒素成分の調整施肥が春作コマツナの生育、収量に及ぼす影響

項目	処理区	窒素施用量(施肥基準量に対する施肥量割合%)				
		0%	50%	75%	100%	125%
葉長 (cm)	無窒素	14.2	-	-	-	-
	対照区	-	25.5	29.4	32.3	32.6
	試験区	-	27.2	31.3	32.9	33.9
株重 (新鮮重g/1本)	無窒素	3.9	-	-	-	-
	対照区	-	17.9	21.8	29.3	31.7
	試験区	-	18.8	31.2	33.8	39.7
葉色 (SPAD値)	無窒素	24.6	-	-	-	-
	対照区	-	27.5	28.5	28.5	28.5
	試験区	-	28.0	29.6	28.6	27.6
窒素吸収量 (kg/10a)	無窒素	4.7	-	-	-	-
	対照区	-	7.1	9.4	14.6	16.1
	試験区	-	7.4	7.3	15.9	19.6

注) 対照区: 化学肥料のみ

試験区: 豚ふんたい肥と化学肥料を50%ずつ調整施用

せんでした。これらの結果から、春作においては調整施肥行っても生育、収量は十分確保できることが示されました。

(2) ホウレンソウでの試験結果

秋作ホウレンソウの生育、収量の結果を表3-6に示しました。ホウレンソウの葉長

表3-6 窒素成分の調整施肥が秋作ホウレンソウの生育、収量に及ぼす影響

項目	処理区	窒素施肥量(施肥基準量に対する施肥量割合%)				
		0%	50%	75%	100%	125%
葉長 (cm)	無窒素	8.4	—	—	—	—
	対照区	—	16.3	20.5	19.7	20.7
	試験区	—	14.5	15.5	19.9	18.8
株重 (新鮮重g/1本)	無窒素	2.6	—	—	—	—
	対照区	—	12.4	20.3	19.6	20.7
	試験区	—	10.4	12.2	22.9	23.8
葉色 (SPAD値)	無窒素	27.1	—	—	—	—
	対照区	—	38.4	40.6	42.0	42.0
	試験区	—	37.7	33.3	38.9	43.0

注) 対照区: 化学肥料のみ

試験区: 豚ふんたい肥と化学肥料を50%ずつ調整施用

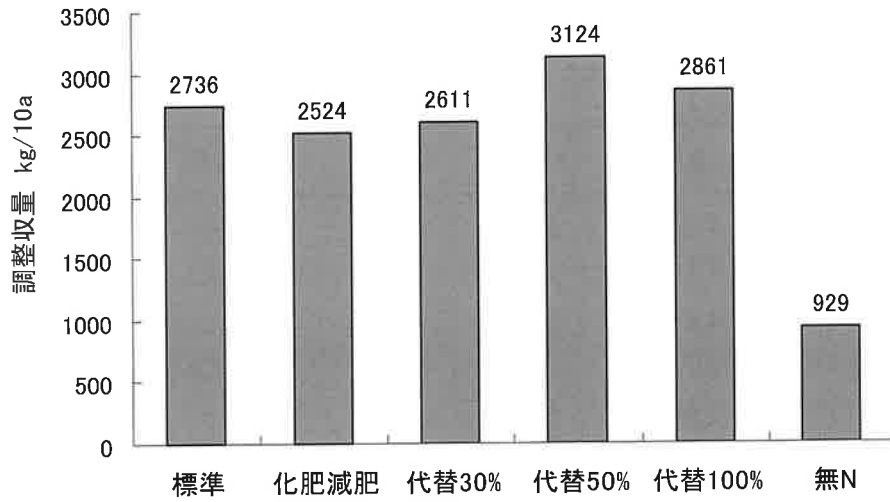
は、施肥量100%までは施肥量の増加に伴い増加しましたが、全体に対照区に比べて試験区が低くなりました。株重は、施肥量100%と125%区では対照区よりも試験区が高くなりましたが、施肥量75%と50%区では対照区の方が高く、結果が逆転しました。葉色は葉長と同様に試験区が対照区よりも低い結果となりました。以上の結果から、秋作においては施肥基準量100%以上では化学肥料と同等の生育、収量が確保できる可能性が高いですが、施肥量が少なくて土壌の有効態窒素への依存度が高くなると生育が不安定となりやすい傾向がみられました。

以上、施肥基準量から土壌の有効態窒素量を差し引き、その残りの窒素量をたい肥と化学肥料で半分ずつ配分する調整施肥を行っても、コマツナは化学肥料と同等以上の生育、収量が得られることから、窒素成分の調整施肥の有用性が検証できました。ただ、秋作ホウレンソウの結果に見られるように、施肥量によっては生育にマイナスの影響が危惧される結果も得られました。今後の検討が必要と思われます。

2) 葉菜類(キャベツ)と果菜類(メロン)での栽培試験結果

(1) 露地キャベツ

キャベツの収量結果を図3-3に示しました。キャベツの収量は、標準区に比べて牛ふんたい肥の窒素による代替可能率30%区で若干低下したものの、50%代替および豚ふんた



注) 収量は外葉を取り除いた調整重 (新鮮重)

図3-3 窒素成分の調整施肥がキャベツの収量に及ぼす影響

い肥との混合による100%代替区では5~14%の増収となりました。

キャベツの規格分布の結果を図3-4に示しました。標準区よりも増収した代替可能率50%以上の区では規格Lおよび2Lの割合が高く、優品割合が上昇しました。

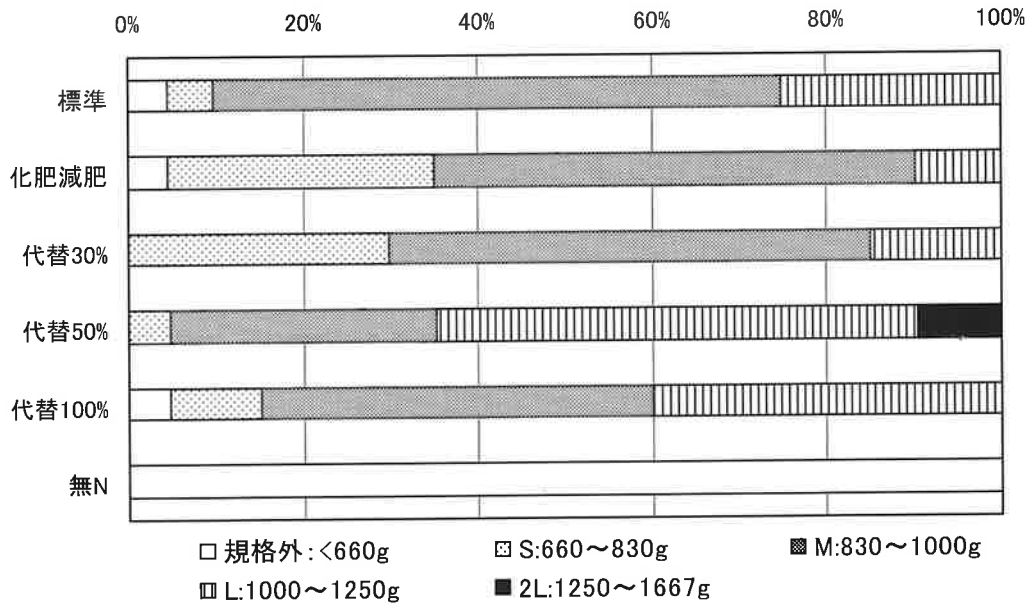


図3-4 窒素成分の調整施肥がキャベツの規格分布に及ぼす影響

表3-7 窒素成分の調整施肥がキャベツ結球部の養分吸収に及ぼす影響

処理区	養分吸収量(kg/10a)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
標準	4.6	1.4	5.6	1.6	0.5
化肥減肥	5.1	1.4	6.3	1.9	0.6
代替30%	4.1	1.3	5.7	1.6	0.5
代替50%	4.7	1.5	6.6	2.0	0.6
代替100%	4.5	1.6	6.1	1.5	0.6
無N	1.7	0.6	2.3	0.7	0.2

キャベツの養分吸収量の結果を表3-7に示しました。キャベツの養分吸収量は牛ふんたい肥の窒素による代替可能率50%区で標準区と同等の窒素吸収が認められましたが、30%代替施用区では低くなりました。作物体中の窒素濃度は、標準区に比べて牛ふんたい肥の窒素による代替施用区では外葉部で高く、結球部で低くなる傾向にありました。また、たい肥による窒素代替の処理区間をみると、牛ふんたい肥のみの窒素代替施用区ではカルシウム濃度が高くなるのに対し、豚ふんたい肥との混合施用区（代替可能率100%）ではカルシウム濃度が低くなるとともに、リン酸やマグネシウム濃度は上昇しました（データ省略）。

跡地土壌の化学性は、たい肥による窒素代替施用を行うことで、土壌の無機態窒素残存量は大きく低下しました。ただし、牛ふんたい肥による窒素代替可能率が高くなるにつれて交換性カリも増加する傾向にあり、豚ふんたい肥との混合施用区では可給態リン酸も併せて大きく増加しました（データ省略）。

(2)施設野菜：メロン

メロンの収量と果実品質の結果を図3-5に示しました。メロンの収量は、慣行施肥を行った標準区に対し、窒素を牛ふんたい肥で100%代替施用した区および窒素を減肥した化肥減肥区で同等以上の収量が得られましたが、牛ふんたい肥30%および50%代替区とリン酸・カリを施用しなかった窒素のみ区では7~8%の減収となりました。果実の品質は、牛ふん代替50%以上では標準区と同等のものが得られましたが、牛ふん代替30%区と窒素のみ区では糖度やネット形成がやや劣りました。

作物体中養分濃度は、牛ふんたい肥30%代替区の収穫時果実および茎葉中の窒素濃度が最も低く、吸収量も少なくなりました（データ省略）。

跡地土壌の化学性は、標準区に対し牛ふんたい肥代替区で無機態窒素や可給態リン酸、交換性カリの残存量が減少しましたが、その量は代替可能率が小さいほど増加する傾向を示しました（データ省略）。

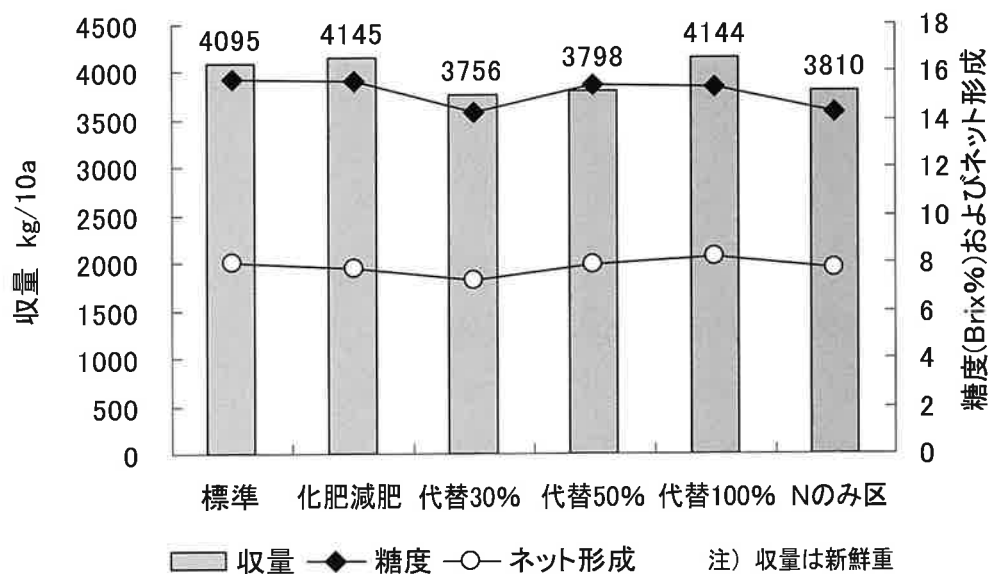


図3-5 窒素成分の調整施肥がメロンの収量および品質に及ぼす影響

3. まとめ

葉菜類の春作コマツナと秋作ハウレンソウ、葉菜類の秋作キャベツと果菜類のメロンを供試し、各作物の施肥基準量に応じて窒素成分における土壌の有効態窒素、たい肥の有効態窒素および化学肥料による調整施肥を行い栽培試験を行いました。その結果、以下のことが明らかになりました。

1) コマツナは施肥基準量から土壌の有効態窒素量を差し引き、その残りの窒素量をたい肥と化学肥料で半分ずつ配分する調整施肥を行っても、化学肥料と同等以上の生育、収量が得られることから、窒素成分の調整施肥の有用性が検証できました。

2) 秋作ハウレンソウにおいては施肥基準量100%以上では化学肥料と同等の生育、収量が確保できる可能性が高いですが、施肥量が少なくて土壌の有効態窒素への依存度が高くなると生育が不安定となりやすい傾向がみられました。

3) キャベツでは、標準区に対し、牛ふんたい肥の窒素による代替可能率50%以上の代替では同等以上の収量、吸収量となることから、50%以上の代替による調整施用でもキャベツの収量や品質の確保は可能でした。

4) メロンでは、標準区に対し、牛ふんたい肥の窒素による50%代替で収量がやや減少しますが、100%代替では同等の収量が得られ、果実品質は50%以上の代替による調整施用でも標準区と同等のものが得られました。

5) 以上の結果から、施肥基準量から土壌の有効態窒素量を差し引き、その残りの窒素量をたい肥と化学肥料で半分ずつ配分する調整施肥を行っても、試験に用いた葉菜類や果菜類では化学肥料と同等以上の生育、収量が得られることから、窒素成分の調整施肥の有用性が検証できました。

4. 文 献

- 1) 神奈川県：神奈川県作物別施肥基準、平成18年度
- 2) 千葉県：主要農作物等施肥基準、平成21年3月、p.65
- 3) 熊本県：農作物施肥基準（暫定版）、平成12年度



キャベツの栽培

第4章

他機関での取り組み

「土壌管理のあり方に関する意見交換会」報告書では、環境保全型農業をより効果的に推進していくことを謳っています。具体的には、たい肥の施用基準などたい肥の適正な施用拡大に向けたガイドラインや基準値の設定に当たっての考え方及び具体的な数値について提言しています。このような考え方に基づいた環境保全型農業の推進は重要な課題ですので、さまざまな機関でその普及に努めていますが、ここでは、特に、先進的に取り組んでいる道県での動向を紹介します。これらは、おおむね土壌診断とたい肥分析による土づくりと施肥設計の方法をとっていますが、土壌の有効態窒素を評価して、それを施肥設計に組み入れた事例は少ないと思われます。一方、本システムでは個々の農家の土壌と使用するたい肥について、作付け前に分析を行って有効態窒素量を把握し、施肥設計に活かしています。特に、施肥基準の窒素量から土壌の有効態窒素量を差し引き、たい肥と化学肥料で残った窒素を配分していく方法を採用している点に特徴があり、土壌、たい肥の有効態窒素量および化学肥料の三者による調整施肥を指導する場合に役立つことが期待されます。本マニュアルは「たい肥と土壌養分分析に基づく調整施肥設計システム」を広く利用していただくために作成したものです。土壌の有効態窒素量を評価に加えるか否かの条件によっていずれのシステム（およびマニュアル）を使用するかを判断するとよいでしょう。

I. 道県でのマニュアル・システムの紹介

1. 北海道における取り組み「施肥ガイドに基づく施肥設計基準」

1) 施肥ガイドとは

北海道施肥ガイドは、環境に配慮した合理的な施肥管理・土壌管理を推進することを目標に、道内の主要な作物について標準的な施肥量を示すとともに、土壌診断および作物栄養診断に基づく施肥の基準、各種の指標などを示したもので、平成14年に刊行した施肥に関する指導書です（平成22年改訂予定）。

水稻、畑作物、園芸作物、牧草・飼料作物の4部門について以下の項目を記載しています。「北海道施肥標準」は道内各地域における作物毎の標準的な施肥量、「土壌および作物栄養の診断基準」は各作物の良好な生育を得るために必要な土壌の理化学性および作物中養分濃度、「土壌診断に基づく施肥対応」は土壌および施用有機物からの養分供給に対応した施肥管理の基準をそれぞれ示しています。

これらの基準値はこれまで北海道の試験機関がおこなってきた土壌肥沃度別の施肥試験

などから定められています。

2) 施肥ガイドの考え方

北海道では平成3年に、全国に先がけて「クリーン農業」を提唱しており、環境保全型農業の推進を行ってきました。このような背景のもとに施肥ガイドでは、①生産技術としての環境保全への配慮、②農産物品質の向上、③生産コストの低減、といった点を基本的な考え方としています。作物への養分供給と収量、環境負荷、品質の関係の模式図を図4-1に示しました。収量だけを目標とすれば施肥量をやや過剰域で管理することが確実なのですが、養分の過剰供給は水稻の食味、畑作物のでん粉や糖、野菜のビタミンCや糖などの低下を招くなど農産物の品質を劣化させる可能性があります。また、作物により吸収されないで残る窒素などの養分は資源の無駄となり、地下水の硝酸汚染などの環境負荷を招くおそれがあります。このため、適正域と図示された範囲の施肥量を目標として施肥ガイドを作成しました。

また、施肥とは作物の適正な生育・収量を得るために肥料を過不足無く施用することですが、このためには施肥の他に施用された有機物および土壌そのものから供給される養分の把握が必要となります。図4-2に土壌の肥沃度や有機物施用による養分の供給源割合の模式図を示しましたが、土壌からの養分供給が多い程、施肥量はその分減肥する必要がある、有機物を施用した場合は、有機物から放出される養分も減肥する必要があります。施肥ガイドではこれらのことを作物別に具体的な施肥量として示しています。

3) 施肥ガイドの使用法

実際の施肥ガイドに基づく施肥量決定の手順を図4-3に示しました。まず、作物、品種、地域、土壌、作型などにより標準施肥量が「北海道施肥標準」に従い決定されます。

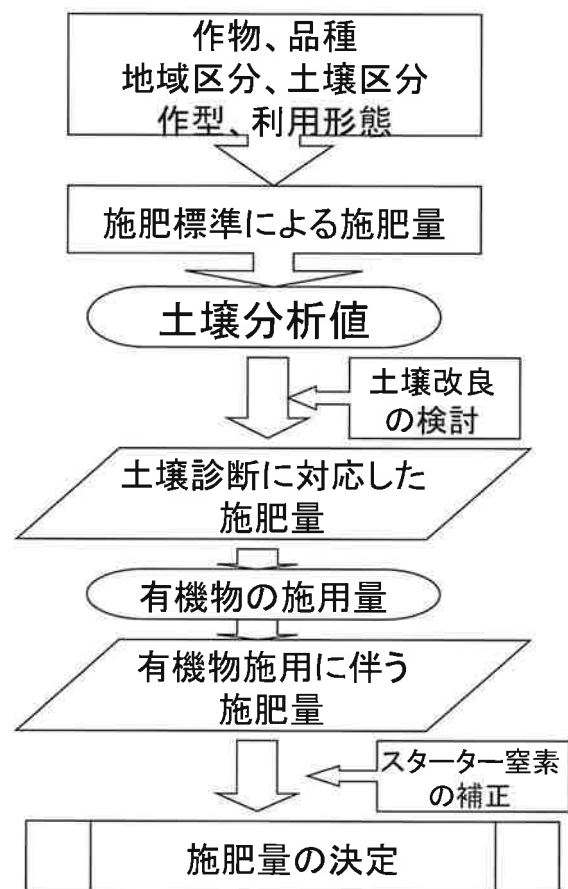


図4-1 作物への養分供給と収量、環境負荷、品質

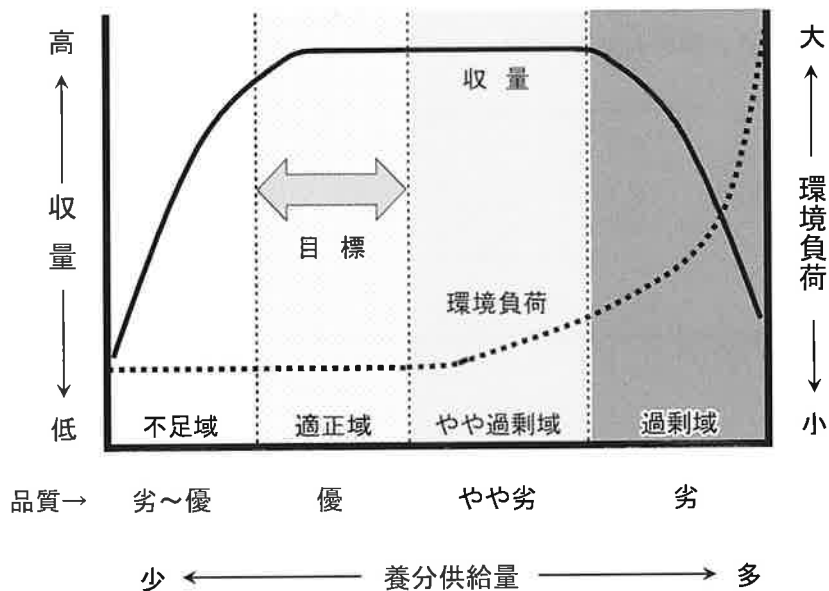


図4-2 養分供給源の模式図

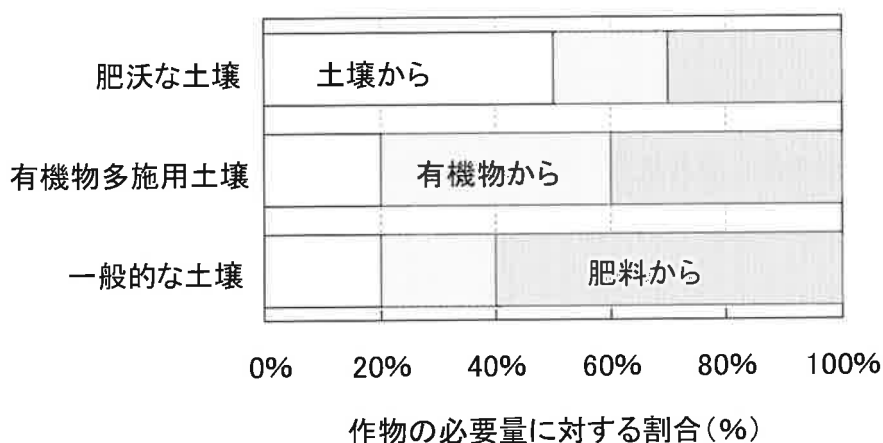


図4-3 施肥設計の手順

次に必要があれば、土壌改良材としての石灰やリン酸資材の投入量が決められ、土壌分析値に基づいた施肥量の決定となります。

窒素の施肥量決定に当たっては、栽培期間中に土壌から放出される無機態窒素量である可給態窒素により評価しますが、これは作物ごとに分析法が異なります。水稻では培養窒素、畑作物と露地野菜が熱水抽出性窒素、施設野菜では土壌の無機態窒素含有量を用います。キャベツ（露地野菜）とホウレンソウ（施設野菜）を例にとり、土壌窒素肥沃度に対応した窒素施肥量を表4-1、4-2に示しました。

表4-1 キャベツの窒素施肥対応

(診断値：熱水抽出性窒素 mgN/100g、施肥量：kgN/10a)

水 準 →	I	II (標準対応)	III
熱水抽出性窒素 →	~3.0	3.0~5.0	5.0~
基肥量	18	16	12
分施肥	6	6	4

表4-2 ホウレンソウの窒素施肥対応

(診断値：硝酸態窒素 mgNO₃-N/100g、施肥量：kgN/10a)

水 準 →	I	II (標準対応)	III	IV	V
範 囲 →	~5	5~10	10~15	15~20	20~
基肥量	12	9	6	3	0

つぎに、リン酸、カリ、苦土の施肥量を土壤中の含有量で決定しますが、一般に基準値以内であれば標準量、それ以上であればその値に応じて減肥するように作成してあります。これも畑作物（麦類・てん菜）の土壤リン酸・カリ含量に対応した施肥量の例を表4-3に示しました。

表4-3 麦類・てん菜のリン酸・カリ施肥対応

a リン酸施肥

有効態リン酸含量 (トルオーグ法, P ₂ O ₅ mg/100g)	基準値未満		基準値	基準値以上	
	0~5	5~10	10~30	30~60	60~
施肥標準に対する施肥率(%)	150	130	100	80	50

b カリ施肥

交換性カリ含量 (K ₂ O mg/100g)	基準値未満		基準値	基準値以上		
	0~8	8~15	15~30	30~50	50~70	70~
施肥標準に対する施肥率(%)	150	130	100	60	30	0

さらに施用有機物による養分量の換算がおこなわれますが、具体的な有機物施用に伴う減肥可能量を表4-4に示しました。たい肥等の有機物の施用や緑肥の利用した場合でも、それらから放出される養分量を考慮し、その分を施肥量から差し引くことが必要です。たい肥の場合、窒素とカリのみの考慮ですが、平成22年に刊行予定の施肥ガイドの改訂版ではリン酸についても減肥基準を作成する予定です。最後に初期生育に必要な最低限の無機態窒素量であるスターター窒素量の補正をおこない、圃場の土壌状態に合わせた適切な施肥量が算出されます。

表4-4 たい肥施用に伴う減肥可能量（畑作物、露地野菜）

有機物	乾物率 (%)	成分量 (kg/現物 t)		肥効率 (%、化学肥料=100)		減肥可能量 (kg/現物 t)	
		T-N	K ₂ O	T-N	K ₂ O	N	K ₂ O
	たい肥 単年度 連用5~10年 連用10年~	30	5.0	4.0	20	100	1.0 2.0 3.0
バークたい肥	40	4.0	3.0	0~10	100	0~0.5	3.0
下水汚泥コンポスト							
石灰系	80	16	1.6	25	100	4.0	1.6
高分子系	85	18	2.0	20	100	3.6	2.0

4) 施肥ガイドの活用

施肥ガイドにある施肥標準や土壌診断に基づく施肥対応は、農業団体や市町村の農業センター、農業改良普及センターなどの土壌分析、営農指導機関が施肥の処方箋を作成するにあたって必ず利用しており、施肥設計のプログラミング化の際にもこの施肥ガイドを厳密に準拠しています。

近年の肥料価格高騰化をうけて、合理的な施肥がますます求められてきています。実施の場面では、生産者が減肥を受け入れるか、減肥に合致した肥料銘柄はあるかなどの問題はありますが、各機関の協力の下に減肥の試験圃や実証圃の設置などをおこない、生産者の理解を計ることが重要と考えられます。

2. 茨城県における取り組み「たい肥ナビ!」を活用した家畜ふんたい肥の利用促進

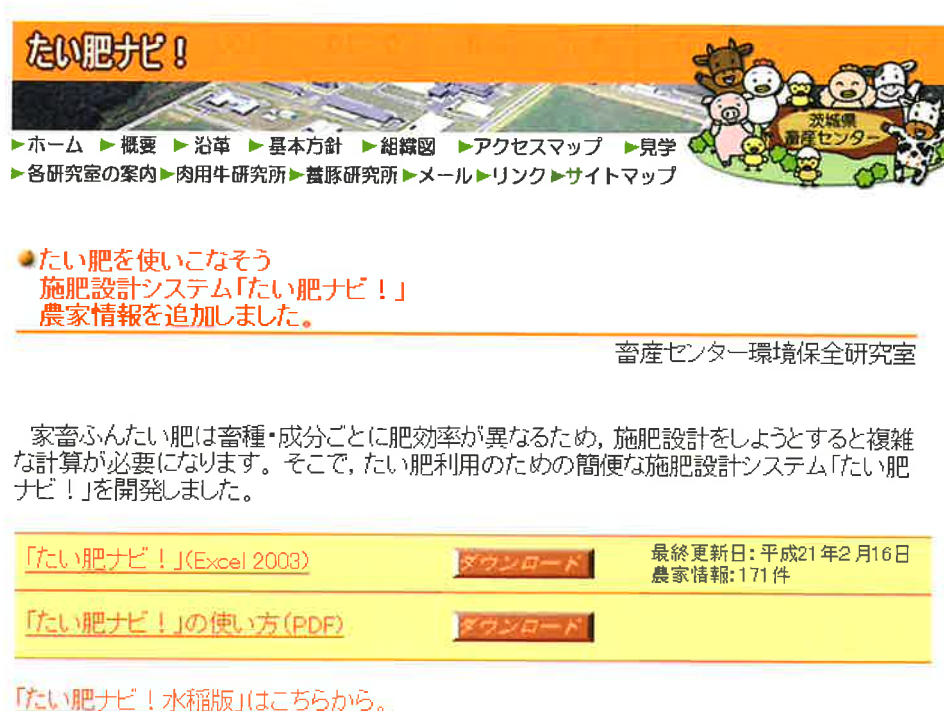
1) 茨城県の施肥設計システム

家畜ふんたい肥を「作っても売れない。」「使ってみたいけど、どこで売っているのかわからない。」「使い方がわからない。」

茨城県では、畜産農家のたい肥生産情報が耕種農家に伝わらないこと、たい肥ごとに肥料成分値が異なり適正な施用量がわかりにくいことなどが、家畜ふんたい肥の利用促進の課題となっています。

そこで、茨城県畜産センターは、家畜ふんたい肥を使った施肥設計が短時間で簡便にできる施肥設計システムを開発しました。露地栽培向けの「たい肥ナビ!」およびコシヒカリ栽培向けの「たい肥ナビ! 水稻版」の2つがあり、Excel 2003で作成しています。

茨城県内の畜産農家のたい肥生産情報を掲載しており、たい肥ごとの肥料成分値をもとにした施肥設計ができます。茨城県畜産センターホームページから無償でダウンロードできます(図4-4)。



たい肥ナビ!

▶ホーム ▶概要 ▶沿革 ▶基本方針 ▶組織図 ▶アクセスマップ ▶見学
▶各研究室の案内▶肉用牛研究所▶養豚研究所▶メール▶リンク▶サイトマップ

●たい肥を使いこなそう
施肥設計システム「たい肥ナビ!」
農家情報を追加しました。

畜産センター環境保全研究室

家畜ふんたい肥は畜種・成分ごとに肥効率が異なるため、施肥設計をしようとすると複雑な計算が必要になります。そこで、たい肥利用のための簡便な施肥設計システム「たい肥ナビ!」を開発しました。

「たい肥ナビ!」(Excel 2003) [ダウンロード](#) 最終更新日:平成21年2月16日
農家情報:171件

「たい肥ナビ!」の使い方(PDF) [ダウンロード](#)

[「たい肥ナビ! 水稻版」はこちらから。](#)

図4-4 「たい肥ナビ!」掲載ホームページ

2) 露地栽培向け「たい肥ナビ!」の特徴

(1)「たい肥ナビ!」の基本設定

「たい肥ナビ!」は、たい肥ごとの窒素・リン酸・カリの成分含量から、たい肥の肥効率と代替率を考慮してたい肥施用量を計算します(表4-5)。

表4-5 「たい肥ナビ!」の基本設定

項目	窒素	リン酸	カリ
肥効率			
牛ふんたい肥	30%	80%	90%
豚ふんたい肥	50%	80%	90%
鶏ふんたい肥	70%	80%	90%
代替率の上限	基肥の50%	基肥+追肥 の100%	基肥+追肥 の100%

たい肥施用による土壌養分の過剰蓄積を避けるため、窒素は基肥の50%、リン酸・カリは基肥+追肥の100%を代替率の上限としているので、ほとんどの例でたい肥由来のリン酸またはカリの投入量が上限値(茨城県栽培基準施肥量)に達し、たい肥施用量が決まります。その結果、窒素代替率は50%未満(化学肥料窒素の低減が50%未満)となることが多く、「たい肥ナビ!」はエコファーマーの認定やたい肥利用経験の浅い方が参考値として活用するのに適しています。

なお、作物ごとの施肥量や作型は、茨城県栽培基準をもとにしています。

(2)たい肥生産農家の情報

茨城県内の同意を得た畜産農家のたい肥について、たい肥生産者の連絡先のほか、肥料成分値、販売価格・配送・散布サービスの有無などが掲載されています(図4-5)。

3) 「たい肥ナビ! 水稻版」の特徴

(1)「たい肥ナビ! 水稻版」のもととなった施肥診断法(図4-6)

「たい肥ナビ! 水稻版」では、牛ふんたい肥を施用したコシヒカリ栽培向けの施肥設計ができます。茨城県農業総合センター農業研究所の平成20年度主要成果「水田における牛ふん堆肥連用時の水稻施肥診断法」をもとに作成しています。牛ふんたい肥の連用効果を考慮した施肥設計ができることが大きな特徴です。

なお、県農業研究所は平成20年度から鶏ふんたい肥・豚ふんたい肥の連用試験を行って

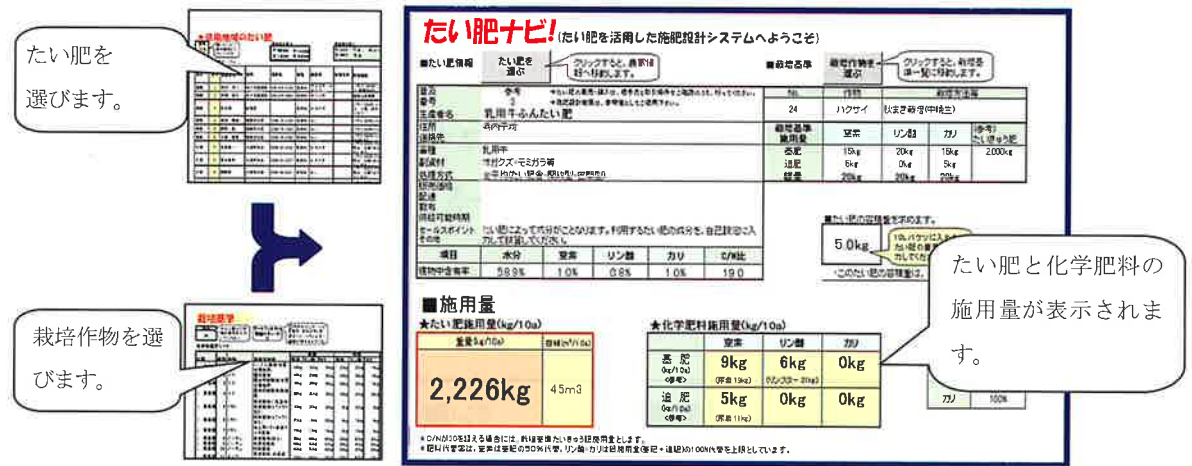


図4-5 「たい肥ナビ!」の施肥設計画面

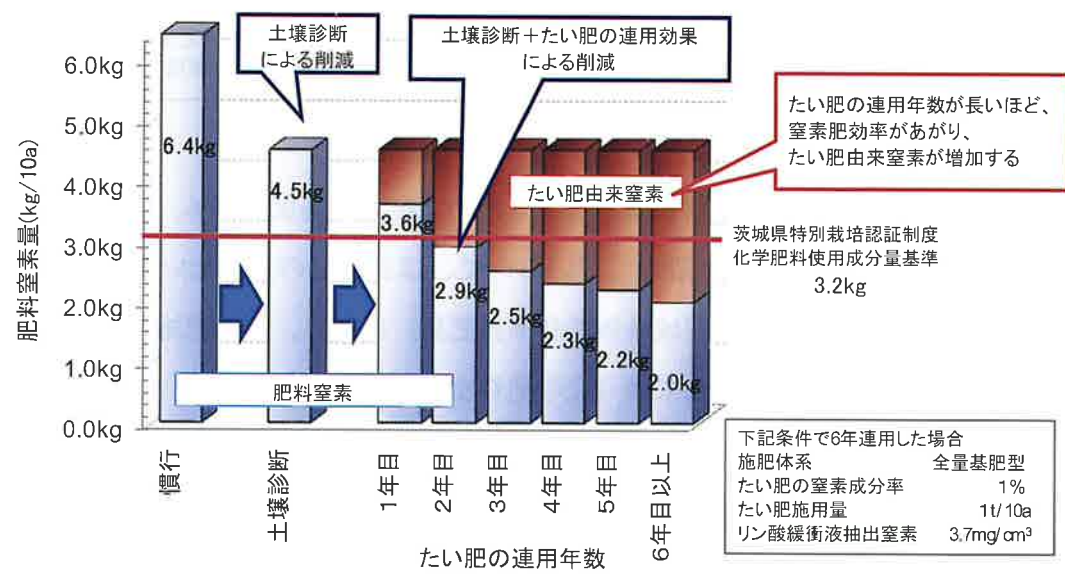


図4-6 「たい肥ナビ! 水稻版」を使った水稻栽培の施肥設計の例

おり、近い将来、これらの施肥設計も可能になる見込みです。

(2)牛ふんたい肥の施用量

牛ふんたい肥の施用量は1作あたり乾田1t/10a、湿田0.5t/10aを基準にしていますが、任意の施用量を入力して肥料施肥量を計算することもできます。

(3)たい肥生産農家の情報

茨城県内の畜産農家の牛ふんたい肥生産情報をもとにした施肥設計ができます。

(4)土壌診断による基肥窒素量を決定

「たい肥ナビ! 水稻版」では、リン酸緩衝液抽出法による地力窒素を測定した土壌診断

結果を考慮して施肥設計を行います。土壌診断は、県内各農林事務所経営・普及部門（農業改良普及センター）で行っています。

(5)たい肥の連用年数に応じた窒素肥効率

たい肥中の窒素は単年度ですべて作物に利用されるのではなく、土壌中に残存し、翌作以降も作物に利用されます。過去に施用したたい肥からも窒素が供給されるので、たい肥の連用年数に応じた窒素肥効率を考慮することで、肥料窒素量を効率的に低減できます。

4) 「たい肥ナビ！」の普及啓発活動

農業改良普及センター等が開催する農業者向けの研修会では、県内で生産されている家畜ふんたい肥の特徴や『たい肥ナビ！』の操作方法の説明を行っています。そこでは、見落とされがちなたい肥の容積重の測定などについても説明し、たい肥の特性を理解したたい肥施用をすすめています。

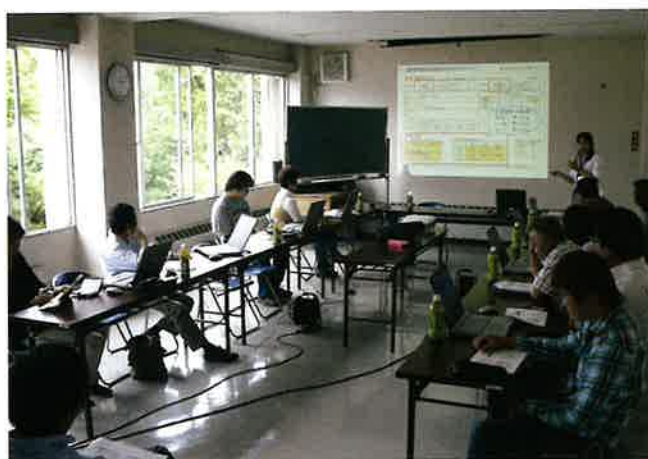


図4-7 「たい肥ナビ！」の操作説明とたい肥の容積重測定の実演

<茨城県畜産センターホームページ>

「たい肥ナビ！」ダウンロードサイト：

<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/chikuse/taihinavi.html>

「たい肥ナビ！水稻版」ダウンロードサイト：

http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/chikuse/suitou_taihinavi.html

3. 千葉県における取り組み「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」

1) はじめに

家畜ふんたい肥の特性は、原料や製法により異なります。このため、家畜ふんたい肥の生産者である畜産農家は成分特性を把握し、安定した品質のたい肥を生産・供給する必要があります。しかし、たい肥の成分分析結果を一見して、成分特性を把握することは容易ではありません。

また、従来の稲わらたい肥等、耕種農家が自ら作るたい肥に比べ、家畜ふんたい肥は肥料成分を多く含みます。しかし、利用者である耕種農家は、家畜ふんたい肥中の肥料成分を考慮して適正量を施用する必要があるにもかかわらず、肥料成分を考慮せずに利用しているのが現状です。その原因の一つとして、家畜ふんたい肥の肥料的効果を考慮した施用量の算出が非常に煩雑なことが考えられます。

そこで、たい肥の品質の安定と適正施用を図るため、成分特性を図表化して示し、肥料的効果を考慮した施用量が簡単に算出できるシステム「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」を開発しました。

2) 家畜ふん堆肥ナビゲーションシステム

このシステムは、パソコンの表計算ソフトMicrosoft Excel®上で稼働し、「家畜ふん堆肥の品質特性比較テーブル」と「家畜ふん堆肥による基肥代替計算テーブル」の二つのスプレッドシートで構成されています。前者はたい肥の成分特性を示し、後者はたい肥の肥料的効果を考慮した施用量が算出できます。

(1) 「家畜ふん堆肥の品質特性比較テーブル」

個々の家畜ふんたい肥の成分含量等は、原料や製法が異なるため多様です。しかし、原料のふんの種類や副資材の有無等で種類分けすると、例えば鶏ふんたい肥は石灰含量が多いなど、それぞれ特徴があります。この「家畜ふんたい肥の品質特性比較テーブル」は、個々のたい肥の成分特性の把握を容易にするため、その成分含有率等をたい肥の種類ごとの平均値と比較して、その結果を図表化して示します。

操作は、個々の家畜ふんたい肥の成分含量等を入力し、「副資材入り牛ふんたい肥」などの比較したいたい肥の種類を選ぶだけです。比較したいたい肥の千葉県内の平均値に比べて、どの成分が多く、どの成分が少ないかが、表とグラフで表示されます（図4-8）。現物当たりの成分含有率は水分によって変動するため、比較する場合は乾物当たりの含有率を用います。また、平均値と比較して多いか少ないかを判定する尺度に、県内たい肥分

析値の標準偏差を用いています。標準偏差（図4-8のグラフでは+S、または-S）の範囲内ならば「同程度」、それよりも多ければ「多い」、少なければ「少ない」と表示されます。

特性比較テーブルは原材料の配合割合を変更した場合や、季節・年次による成分変動を容易にするので、品質の安定したたい肥を製造するための一助となります（図4-8）。



図4-8 家畜ふん堆肥の成分特性比較テーブルの画面（一部）

(2) 「家畜ふん堆肥による基肥代替計算テーブル」

前述したとおり、家畜ふんたい肥は肥料成分を多く含むため、たい肥に含まれる肥料成分を考慮して施用量を決める必要があります。また、家畜ふんたい肥中の窒素成分は化学肥料に比べて緩効的であるため、追肥ではなく基肥として施用します。つまり、家畜ふんたい肥は基肥を代替する資材として利用します。

たい肥の肥料的効果を考慮した施用量は、以下の式で計算できます。

$$\text{家畜ふんたい肥施用量 (kg/10a)} = \text{必要養分量 (kg/10a)} \times \text{代替率 (\%)} \div 100 \times 100 \div \text{養分含有率 (\%)} \times 100 \div \text{肥効率 (\%)}$$

必要養分量は化学肥料の成分施用量であり、都道府県で策定している施肥基準の基肥施用量にあたります。代替率はその必要養分量の何%をたい肥の肥料成分で置きかえるかを表し、千葉県の場合窒素の代替率は30%以下としています。養分含有率はたい肥に含まれる肥料成分の現物当たりの含有率です。肥効率はたい肥に含まれる肥料成分の肥料としての効果を示すもので、このシステムでは表4-6の値を目安として採用しています。

「家畜ふん堆肥による基肥代替計算テーブル」には上記の式が組み込まれており、表Aにたい肥の成分含有率、表Bに基肥施用量と代替率を入力するとたい肥の施用量が算出されます（図4-9）。例えば図4-9の場合、窒素の代替率を30%に設定したたい肥の施用量ではカリの代替率が100%を超えてしまいます。このような場合はカリの代替率を100%に変更して再度たい肥の施用量を算出します。このように窒素の代替率を30%以下、その他の成分の代

表4-6 「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」におけるたい肥の肥効率の目安

家畜ふんたい肥の種類	乾物当たり 全窒素含有率(%)	たい肥の肥効率(%)		
		窒素 ¹⁾	リン酸	カリ ²⁾
鶏ふんたい肥	2%未満	20	80	90
	2~4%	50	80	90
	4%以上	60	80	90
豚ふん・牛ふんたい肥	2%未満	10	80	90
	2~4%	30	80	90
	4%以上	40	80	90

注1) 窒素の肥効率は黒ボク土露地畑野菜の場合である。
 2) 全カリ含有率1.5%未満の場合の肥効率は50%である。
 3) 石灰、苦土の肥効率は各堆肥とも90%である。
 4) 窒素以外の肥効率は化学分析値から推定したものである。
 リン酸：ク溶性リン酸/全リン酸 カリ：水溶性カリ/全カリ
 石灰・苦土：可溶性石灰・苦土/全石灰・苦土

替率を100%以下にすることで、肥料成分を考慮したたい肥の適正な施用量が算出できます。

また、「家畜ふん堆肥による基肥代替計算テーブル」には、家畜ふんたい肥を基肥の代替として利用した場合の化学肥料の現物施用量も表示されます(図4-9)。

3) おわりに

家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステムには、たい肥を供給する畜産農家と利用する耕種農家がそれぞれ必要とする機能が盛り込まれており、耕畜連携を推進するツールとして期待できるものです。千葉県外の方でも利用可能ですので、利用を希望される方は千葉県庁畜産課(電話043-223-2923)へお問い合わせ下さい。



図4-9 家畜ふん堆肥による基肥代替計算テーブルの画面

4. 三重県における取り組み「三重県土壌診断・堆肥流通支援システム」

1) はじめに

作物を安定的に生産するためには、計画的な土壌診断を実施し、土壌養分などを十分に考慮した上での確かな土壌管理方針を策定し、地力の維持向上、施肥の合理化を図ることが重要です。現在、三重県では地域農業改良普及センターや全農みえにおいて土壌診断が計画的に行われています。最近の土壌診断は、分析そのものは迅速かつ正確に行うことが可能となりましたが、土壌診断基準が作物の種類や土壌の種類によって異なり、土壌養分の過不足の判定や施肥量の計算は煩雑になっています。一方、家畜ふん尿の適正管理と肥料としての成分表示を明確にし、家畜ふん尿を有効利用する方策が定められました。これにより、ふん尿問題等を軽減するため、生産たい肥の流通促進が急務となっており、耕畜連携を一層図りながら合理的に利用することは持続型農業を推進する上で重要となっています。ここでは、三重県が開発したインターネットを活用し、家畜ふんたい肥の円滑な流通支援を目的とした新たな情報システム「三重県土壌診断・堆肥流通支援システム」について紹介します。

2) システムの構造

本システムはWWW（以下、Webとする。）ブラウザを使用し、インターネットを経由してサーバで構築されているデータベース情報を利用し、対応オペレーションシステム上で稼動する「土壌診断システム」と「堆肥情報および施用量計算テーブル」で構成されています。すなわち、土壌診断データ入力およびたい肥情報のデータベース部とWeb運用部とからなり、土壌診断結果と処方せん作成機能、データ管理機能などを有します。本システムは、ホストコンピュータと県内の関係機関をWebで連結することにより、土壌およびたい肥情報を共有化することができます。また、利用者である耕種農家は自宅からWebシステムを利用し、迅速に情報の提供を受けることができます。

3) システムの特徴

本システムは、インターネットを活用した次世代型の診断システムとして全国的にも知名度が高いです（図4-10）。まず、土壌診断プログラムは、三重県が開発した土壌総合診断システムを基本としています。診断基準は土壌診断基準値を活用し、地域特性に応じた作物生産に対応しています。作物の種類は三重県内で栽培されているほぼ全てを網羅しており、土壌の種類は12土壌群に分類されますが、県内に比較的分布面積が多い黒ボク土、灰色低地土・黄色土（粘質）、灰色低地土・黄色土（礫質）、砂質土の4グループに



図 4-10 三重県土壌診断・堆肥流通支援システム（最新版）

便宜上分けています。次に生産たい肥（畜産農家）は、県内で生産されており、普通肥料登録あるいは特殊肥料届の完了しているものを対象とし、現在90件程度が登録されています。登録たい肥については地域別にその所在、荷姿、畜種、原料、主たる副資材、たい肥

堆肥業者の紹介	
業者名	森本宏作
地区	伊賀地区
住所	三重県伊賀市(田青山町)北山1075
電話番号	0595-52-0148
FAX番号	0595-52-0148
堆肥	土の母
N(窒素%)	1.6
P(リン%)	1.4
K(カリウム%)	3.7
C/N比	26.7
含水率(%)	64.1
AD可溶有機物(mg/g)	160
肥効率N(%)	9(グラフで表示)
肥効率P(%)	60
肥効率K(%)	90
畜種	乳用牛
原料、主たる副資材	おがくず
処理施設	開放槽様式など
堆肥化期間	4週間以内
ホームページアドレス	
メールアドレス	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ●販売：(袋) 35L/300円、(バラ) 0.5m³/500円 ●運搬：バラの場合(町内) 1,000円、(その他) 2,000円 ●その他：時期により水分こぼろつきがあります。

堆肥の紹介

図 4-11 堆肥紹介画面（最新版）

化期間、窒素（AD可溶有機物から推定した12週の窒素肥効）・リン酸・カリ・C//N・含水率などの化学的成分を公開しています。牛ふん・豚ふんたい肥については新たに速効的（1ヶ月）、遅効的（3ヶ月）窒素肥効パターンを公開していく予定です（図4-11）。窒素肥効パターンは、中央農業総合研究センターを中心に研究を実施してきた実用技術開発事業（農水省）の研究成果を活用しています。

4) 家畜ふんたい肥の施用量計算

家畜ふんたい肥の施用量は、施肥基準の施肥窒素量を基本とし、家畜ふんたい肥の代替率あるいは肥効率を考慮して決定されます。肥効率の算出法は次のとおりである。①牛ふん・豚ふんたい肥：AD可溶有機物量で仕分けし、速効的（1ヶ月）、遅効的（3ヶ月）窒素量から計算される値を、②鶏ふんたい肥：全窒素の2乗で計算される値を採用することで、より正確に生産たい肥の特徴を活用できるよう工夫しています。ただし、計算により過不足が生じる場合が想定されるため、代替率については30、40、50、100%の各値を選択し、自動計算させるもの、たい肥施用量の手入力により逆計算させる2種類の方法が設定できます。

本システムにより土壌診断結果やたい肥施用量計算結果は、以下の手順によって得られます。

①利用者は、分析機関により得られた土壌診断結果数値をシステム上に入力します。

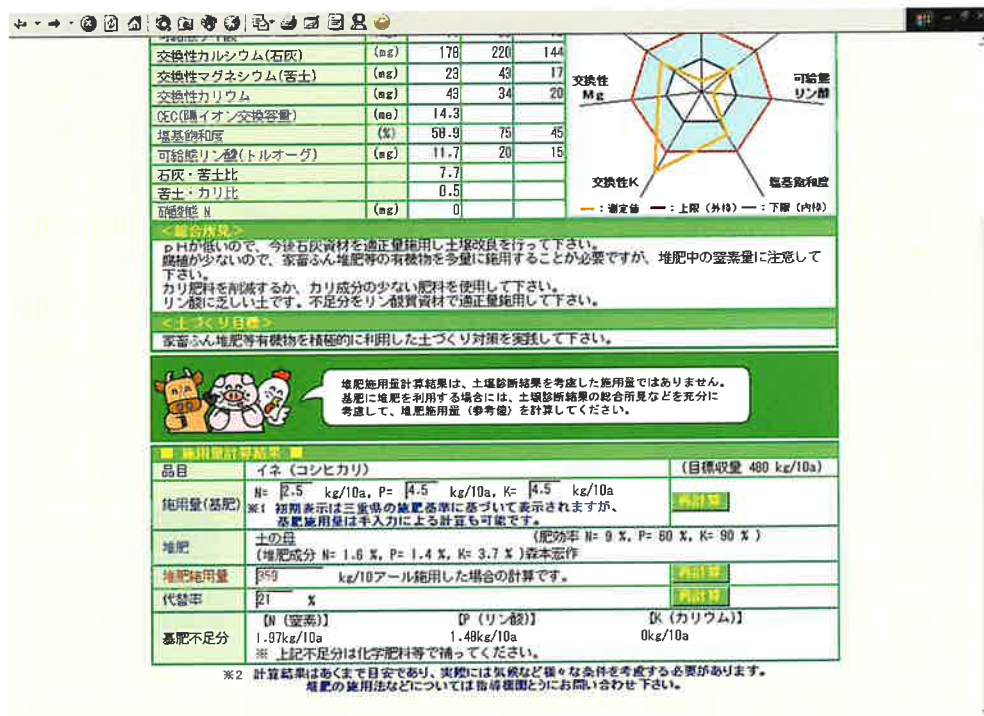


図4-12 診断結果および堆肥施用量計算画面（最新版）

- ②栽培する作物と使用したいたい肥を選択し、土壌診断結果や施肥基準を設定します。
- ③家畜ふんたい肥の窒素代替率、あるいはたい肥施用量を任意に設定することで、前述の計算式により自動的にたい肥施用量が算出されます。他のたい肥を選択し再計算させることも可能です。なお、リン酸、カリについてはたい肥施用量計算が施肥基準の基肥必要窒素量から算出するため、たい肥施用量から自動計算を行い、不足分は化学肥料などで補うよう表示されます（図4-12）。

5) 新機能農用地土壌情報システム

土壌の経年的変化を正確に把握するためには、定点観測のように同一地点をくり返し調査することが望ましいですが、これらを可能とするためには位置情報の取得が必要です。本システムには、土壌図の持つ属性データが自由に検索でき、調査地点の位置が地図上に登録できることから、迅速に土壌情報が活用できます。とくに、すでにデジタル化された土壌図と定点調査データ、土壌診断結果を組み合わせると土壌図上で最新の調査データをモニタリングできることから、営農情報としても活用できます。新機能農用地土壌情報システム自体は、本システム上に組み込まれているため、手軽に土壌分布状況や特性、診断結果が検索できます。また、既存システムからGISを経由し、緯度経度などを参照して位置情報を手入力でき、データベースからは土壌統名、塩基置換容量などの土壌化学性情報等を取得できるため、周辺土壌の特徴や圃場毎の経年変化を把握することができます。

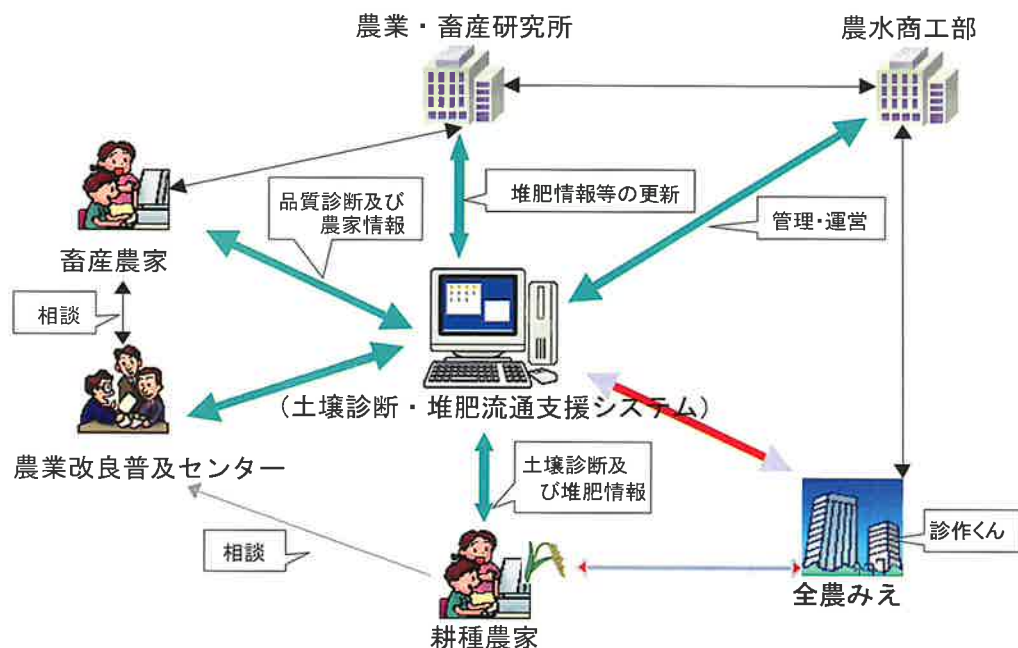


図4-13 三重県における土壌診断実施体制

6) システムの利用状況

本システム利用状況は、毎月約1500名程度で推移しています。利用者の主な業種としては、県普及指導員、農協営農指導員、市町職員、一部に大規模営農農家があります。利用者が限定されている要因としては、システム運用に関する県の運用規程の存在が考えられます。この規程は、システム運用にあたり、運用管理者となる機関の長を県知事が承認、登録パスワードを発行し、運用承認が行われます。現在の運用管理者は、県中央農業改良普及センター、各地域県民センター、市町、全農、農協となっています。平成20年4月1日からは、全農みえ（全農三重県本部）が運用管理者となり、JA組織内で実施されたほぼ全ての土壌診断結果を本システムにコンバートし、診断・運用・活用できるようにシステム改変を先行して行いましたが、JAグループ内における広域土壌診断センター設置などとの関連もあり、現在効率的な運用に向け、協議を進めているところです。これらの取り組みが実際に運用されることになれば、恐らく全国初の取り組みになるでしょう（図4-13）。

7) 今後の展望

本システムは、本県土壌診断の核となり、またインターネットを活用することで、土壌および畜産情報がリアルタイムで取得できる利点がある。耕種農家にとっては使用したい肥情報が得られ、畜産農家にとってはたい肥のPRが可能となります。また、作物生産の向上と持続的な土づくりを推進するため、良質な家畜ふん尿の適正かつ積極的な利用が図られ、土壌診断情報を一元化することにより、耕種農家と畜産農家が情報を共有し、耕畜連携支援の一助となり得ます。しかし、生産現場では、今もなお土壌中の腐植含有量を増やす目的で家畜ふんたい肥を施用する生産者が多く、土壌の養分過剰促進が懸念されます。とくに砂質土壌では保肥力が弱いそのためその傾向が顕著になります。今後は、たい肥だけで全ての肥料成分を賄うことは合理的ではなく、不足成分を単肥などの化学肥料とどう組み合わせるかが課題です。さらに、耕種農家がたい肥を用いて高付加価値の農産物を生産することも需要と供給のバランスをとる上で重要であり、土づくりを基本とした栽培体系の再構築も推進することが大切です。最後に、本県が開発したインターネットを介した土壌診断・たい肥流通支援システムが全国的に普及していくことを期待しています。

執筆者・監修者一覧

- 監修者 木村 武研究管理監
(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
- 第 1 章 加藤直人チーム長
(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
- 第 2 章 (財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所
- 第 3 章 (財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所
- 第 4 章 1. 日笠裕治副部長
北海道立中央農業試験場生産環境部
2. 眞部幸子主任
茨城県畜産センター 環境保全研究室
3. 斉藤研二室長
千葉県農林総合研究センター 生産環境部 土壌環境研究室
4. 村上圭一主任研究員
三重県農業研究所 循環機能開発研究課

家畜排せつ物利用促進等技術開発普及事業
たい肥と土壌養分分析に基づく調整施肥設計の手引き
— 考え方・手順と実践事例 —

平成22年3月15日発行

発行 財団法人畜産環境整備機構
〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-19-13
(スピリットビル4階)

電話 03-3459-6300 F A X 03-3459-6315

編集および連絡先 財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所
〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉
字小田倉原1

電話 0248-25-7777 F A X 0248-25-7540
メールアドレス: ilet@chikusan-kankyo.jp
ホームページ: <http://www.chikusan-kankyo.jp/>