

# 牛ふん堆肥の連用と 施肥設計マニュアル



平成19年 8 月

## 目 次

1. 堆肥利用時の施肥設計の考え方 .....	6 - 1
1) はじめに	
2) 堆肥の肥料成分	
3) 牛ふん堆肥の窒素含量の簡易推定法	
4) 堆肥の施用当年の肥効	
5) 堆肥の連用効果	
6) 堆肥の連用と施肥設計	
2. 堆肥を活用した施肥設計のポイント .....	6 - 6
1) 耕畜連携施肥設計ソフト利用による「堆肥を活用した施肥設計」の具体例	
2) 耕畜連携施肥設計ソフトを用いない場合による施肥設計の考え方	
3. 参考文献 .....	6 - 12

### 表紙の写真・図

- 左上：圃場試験の様子（農業試験場圃場、赤磐市）
- 右上：たい肥センター（出荷前の推肥）
- 左下：耕畜連携のための施肥設計ソフトの入力画面
- 右下：推肥からの窒素の肥効を考慮した施肥量の計算結果

## 1. 堆肥利用時の施肥設計の考え方

### 1) はじめに

飼料用稲の栽培では、収穫物を圃場外に持ち出すので、堆肥などの有機物を施用して地力を維持する必要がある。従来、堆肥は土づくり資材としてとらえられることが多く、堆肥から供給される肥料成分は考慮されないことが多かった。しかし、最近の堆肥は肥料成分が多い傾向にあり、過剰に施用するとリン酸過剰、土壌塩基バランス（土壌中養分のうち、石灰、苦土、加里等の塩基類のバランスが悪いと石灰、苦土、加里等の要素欠乏症が発生する）の悪化や残った窒素による地下水の硝酸汚染を引き起こす可能性があるため、堆肥から供給される肥料成分を考慮した施肥設計を行う必要がある。

また、施用された堆肥の窒素は、施用当年にすべてが供給されるのではなく、土壌中に残った窒素は次作以降に徐々に供給される。従って、堆肥を連用すると、その年に施用された堆肥から供給される窒素に加えて、前年までに施用された堆肥からも窒素が供給され、連用を続けると地力が高まり窒素供給量が増加する。そこで、堆肥を連用する場合には、堆肥の施用当年の肥効と連用による地力の高まりを考慮した施肥設計を行うことが必要である。

### 2) 堆肥の肥料成分

堆肥に含まれる肥料成分の量は、原料となる畜種によって異なる。一般的に、窒素、リン酸、加里の含量は、鶏ふん>豚ふん>牛ふんの順で多い。また、牛ふんを主原料とする

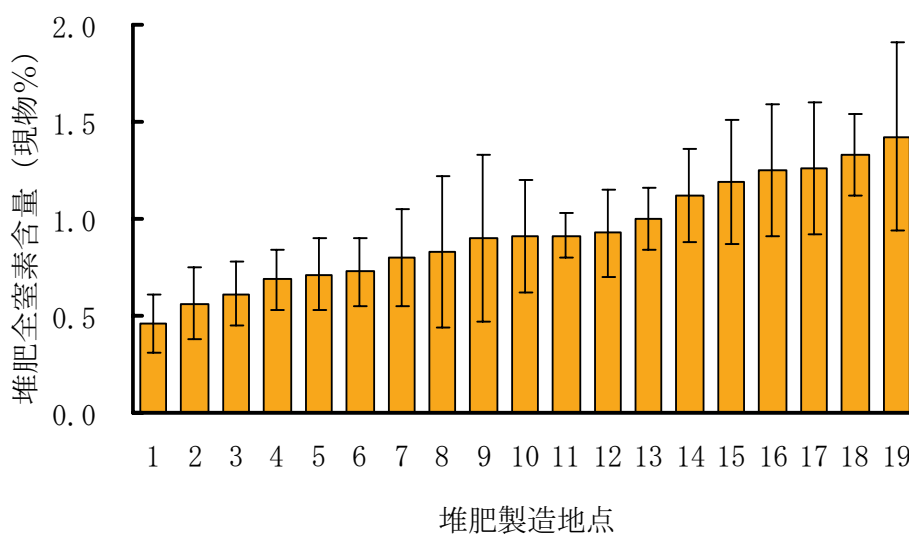


図1 地点ごとの堆肥窒素含有量の平均値と製造時期による変動  
岡山県内19地点につき、2004年5月～2005年6月にかけて1地点あたり9回調査した結果

堆肥でも、その肥料成分量は副資材（堆肥製造時に水分調整等を目的として混合されるオガクズ、もみ殻等）や製造方法などによって異なり、同じ製造場所でも季節等により変動が見られる（図1）。窒素、リン酸、加里の含有率については表示が義務づけられているので、施用する際には確認するとよい。

### 3) 牛ふん堆肥の現物窒素含量の簡易推定法

堆肥の窒素含量は、表示が義務づけられるようになったが、製造時期によっても変動するので、実際に施用する堆肥の窒素含量を正確に知ることは重要である。牛ふん堆肥の窒素含量は、水分率及び電気伝導度（EC）と高い相関関係があるので、これらの測定値から現物堆肥中の窒素含量を簡便に推定することができる（図2-1、図2-2）。

#### 牛ふん堆肥の現物窒素含量の簡易推定方法

##### 1. 水分率（%）

- 1) 方法1：105℃で重量が変化しなくなるまで（5時間以上）乾燥させ、乾燥前後の試料重量から計算する。
- 2) 方法2：アルミ泊等に約10g程度の試料を量り、電子レンジで乾燥する。乾燥時間は重量が変化しなくなるまでを基本とするが、約3分を目安とする。牛ふん堆肥などの不均一かつ高水分な堆肥では、測定を2反復以上で行う。  
ただし、やりすぎると焼失するので注意が必要である。

$$\text{水分率（\%）} = (W1 - W2) / (W1 - W0) \times 100$$

W0：容器重量（アルミ泊等）、W1：乾燥前の試料＋容器重量

W2：乾燥後の試料＋容器重量

2. 電気伝導度EC（mS/cm）：現物堆肥1に対して、水5を重量比で加え、十分に攪拌した後に電気伝導度測定器で測定する。

3. 1と2の測定結果を、以下の式にあてはめて窒素含量を計算する。

$$y = 10^{(-0.8211 \times \log(\text{水分率}) + 0.4347 \times \log(\text{EC}) + 1.0449)}$$

$$R^2 = 0.8243$$

注意点：窒素含量が1.6%以上の場合は推定精度が低下する。

水分率が平均55%（22～80%）、現物当たりの窒素含量が平均0.9%（0.3～2.0%）の牛ふん堆肥を主原料とした堆肥を調査した結果である。

図2-1 牛ふん堆肥の現物窒素含量の簡易推定法

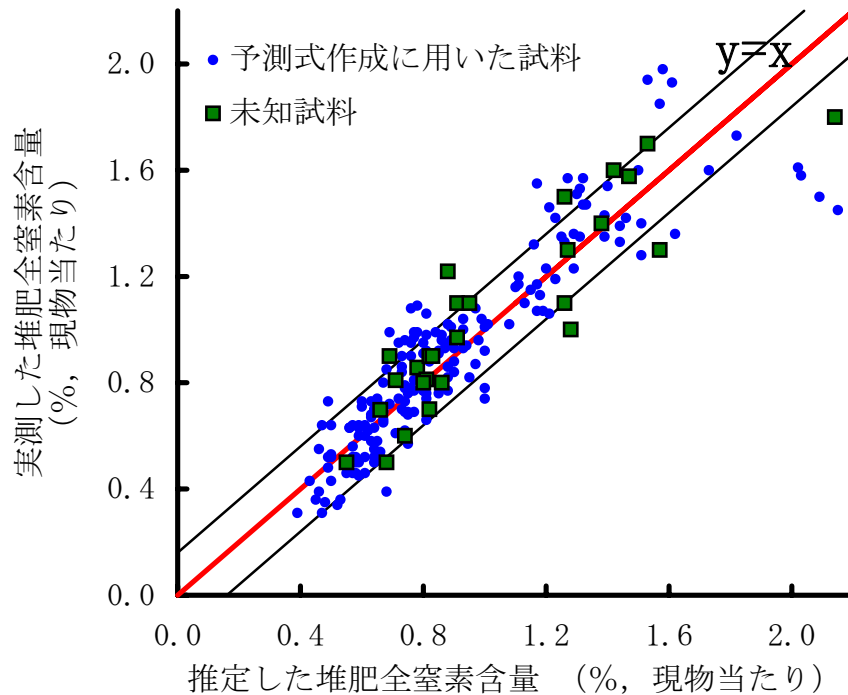


図2-2 堆肥の水分率及びEC(1:5)による堆肥窒素含量の実測値と推定値の関係  
(赤線は $y=x$ 、黒線は推定誤差を示す)

#### 4) 堆肥の施用当年の肥効

施用当年に堆肥から供給される窒素の量は堆肥の種類によって異なり、それは堆肥に含まれるアンモニア態や硝酸態窒素のような無機態窒素の量と、無機化率(堆肥中の全窒素成分のうち、その年に無機化され、作物に吸収されるようになる窒素の割合)に影響される。主原料と副資材から大別した肥効率を表1、図3に示した。肉牛ふん堆肥(A、B)は、堆肥に含まれる無機態窒素量が多く、無機化率も高いので、施用当年の肥効は高い。一方、乳牛ふん堆肥(C、D)は、堆肥に含まれる無機態窒素の量が少なく、無機化率も低いので、当年の肥効は低い。ただし、乳牛ふん堆肥でも、おが屑などの木質系副資材を含むものの中には、無機態窒素量の多い堆肥もあり、そのような堆肥は肥効が高い。施用当年の肥効が高い堆肥では、1年目から化学肥料を削減することができる。

#### 5) 堆肥の連用効果

堆肥の連用効果の出方は、堆肥の種類によって異なる(図4)。堆肥Aは、籾殻を副資材とする堆肥で、連用2年目の窒素供給量は1年目とほぼ同程度であるが、3年目から増加する。堆肥Bは、連用1年目の肥効は高いが、2~4年目には窒素供給量の増加は認められない。このように、堆肥Aは3年目から連用効果が発現するのに対して、堆肥Bは無機態窒素が多く、施用当年の肥効は大きいですが、副資材のおが屑が分解されにくいので、連

表1 堆肥とその副資材から判定する肥効と特徴

堆肥	区分	副資材	施用当年の肥効率 <sup>z</sup>	特徴と利用法
肉牛ふん	A	なし（敷料のみ）	30	EC 高、無機態窒素 多 有機質肥料として施用
	B	オガクズなど木質材	20	EC 高、無機態窒素 多 有機質肥料として施用
乳牛ふん	C	オガクズなど木質材	5~20	無機態窒素 多 → 肥効率 10~20 少 → 肥効率 5~10
	D	もみ殻	0~10	土づくり資材

<sup>z</sup> 化学肥料の窒素肥効率を100としたときの堆肥の窒素肥効率

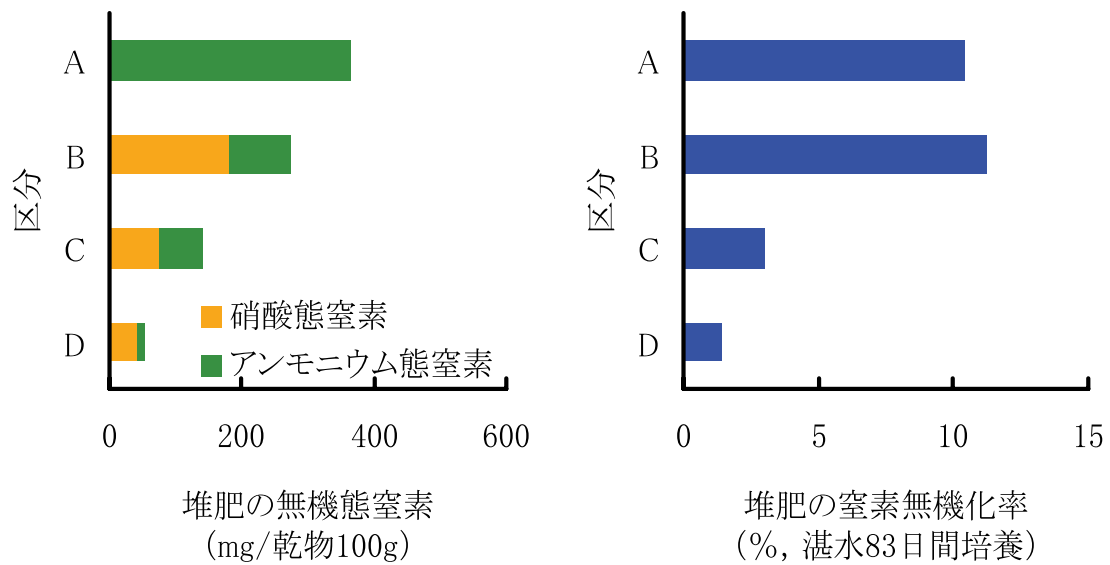


図3 堆肥別無機態窒素の割合と窒素無機化率  
区分は表1参照



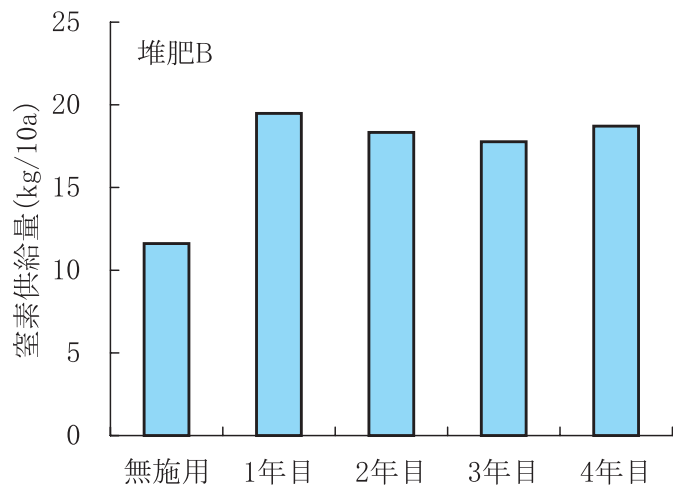
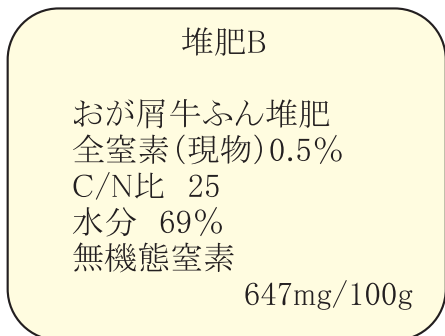
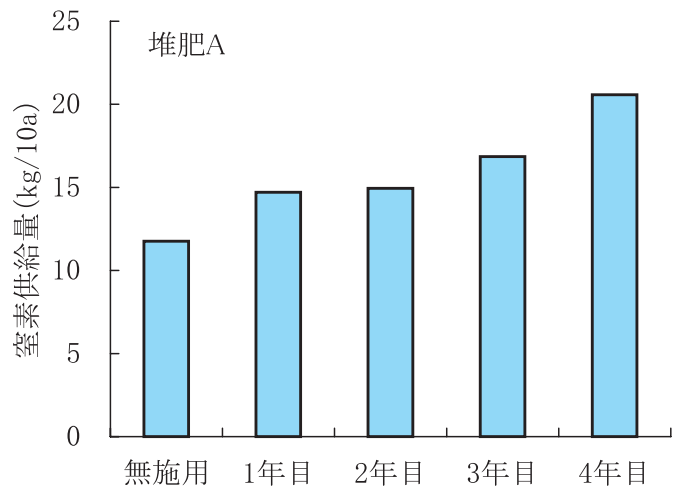
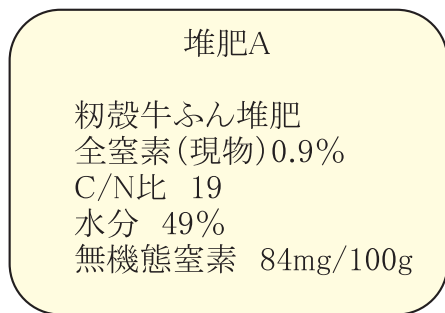


図4 飼料用稲栽培期間中に堆肥と土壤から供給される窒素量の変化

堆肥施用量：4 t / 10 a / 年

堆肥中の無機態窒素は施用直後から速効的に効く窒素であり、堆肥Bに多い。

用効果の発現は遅くなる。

## 6) 堆肥の連用と施肥設計

堆肥の連用によって地力が高まり、土壤から供給される窒素量が増加するので、堆肥を連用すると、化学肥料の施用量を削減することができる。今回、地力の高まりに対応した施肥設計ソフトとして耕畜連携施肥設計ソフトを開発した（岡山県農業総合センター農業試験場）。このソフトは堆肥の肥料的効果と連用効果を考慮した施肥設計を行うためのソフトで、堆肥の施用量や窒素含量、連用年数などの情報と、慣行の施肥量を入力することで、必要な化学肥料の施用量を計算することができる（図5）。このソフトでは、堆肥、土壤及び化学肥料由来の窒素供給総量の経時変化が、慣行施肥体系の窒素供給量の経時変

化と同様になるように、化学肥料の施用量が計算される。化学肥料には被覆肥料等の緩効性肥料を使うことで、追肥にかかる労力を軽減することができる。

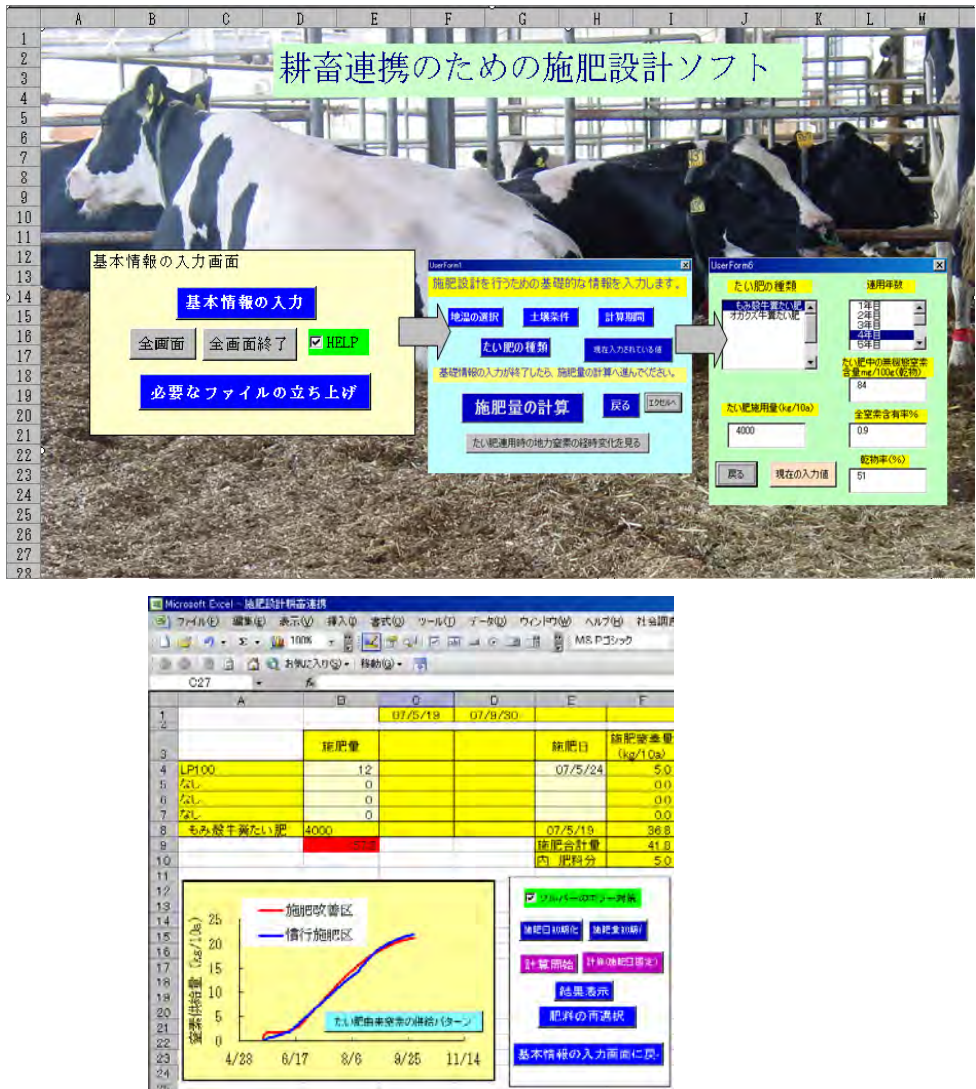


図5 耕畜連携施肥設計ソフト

## 2. 堆肥を活用した施肥設計のポイント

### 1) 耕畜連携施肥設計ソフト利用による「堆肥を活用した施肥設計」の具体例

このソフトを用いるためには、堆肥から供給される窒素量や、連用効果を予測するための窒素供給特性値が必要である。現在、岡山県の籾殻牛ふん堆肥と鳥取県のおが屑牛ふん堆肥については、計算が可能である。その他の堆肥への応用については、今後の課題である。



## (1) 使用する堆肥の情報を知る。

## ① 無機態窒素

堆肥に含まれる無機態窒素は分析によって求める。簡易分析方法としては、全農型土壌分析器ZA-IIを用いた方法や、小型反射式光度計(RQフレックス)を用いた方法\*がある。

## ② 全窒素含量

全窒素含量は、分析値がない場合は簡易推定方法で示したようにECと水分率から推定する(図2-1)。分析値がある場合は、その値を直接入力する。

## ③ 乾物率

乾物率は、窒素含量の簡易推定方法(図2-1)で示した水分率の測定法に従って求めるか、表示されている値を使用する。

図6 堆肥情報の入力例

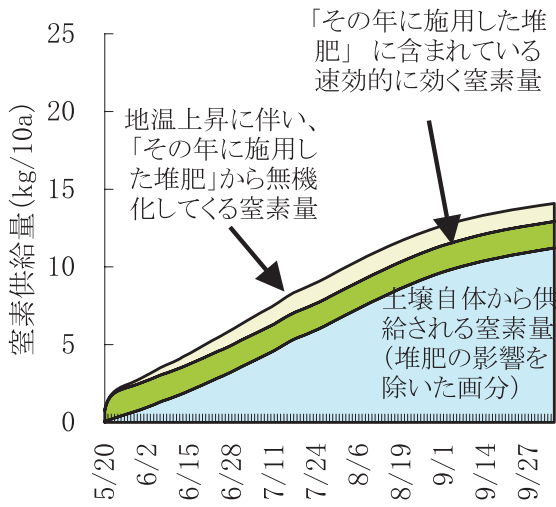
例) 堆肥Aの連用4年目に、堆肥を4 t / 10 a 施用した場合。

## \*参考 RQ フレックスを用いた方法(参考文献4、5)

アンモニウム態窒素：現物堆肥10gに10%KC1を100mL加える。30分振とう後、静置して上澄みを採取し、測定する。

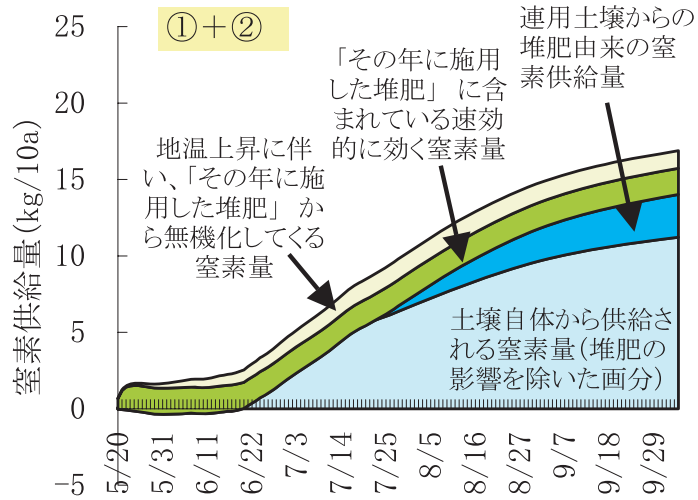
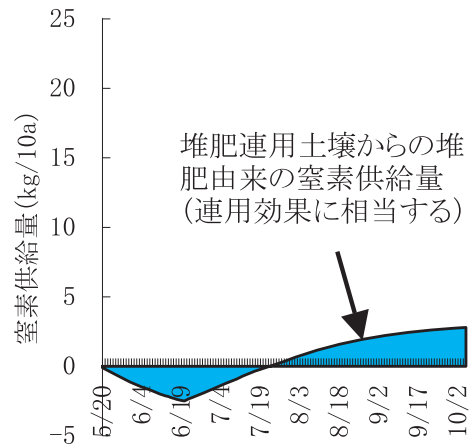
硝酸態窒素：クッキングミキサーに現物堆肥25gをとり、5N硫酸20mLと水455mLを加えて2分間ミキシングする。4分程度静置して上澄みを採取し、測定する。

① 堆肥と土壤から供給される窒素量



注：土壤自体から供給される窒素量は、施肥前の土壤中にすでに存在している無機態窒素と地温の上昇に伴い徐々に無機化してくる窒素（堆肥由来を除く）の含量である。

② 連用による地力の増加量



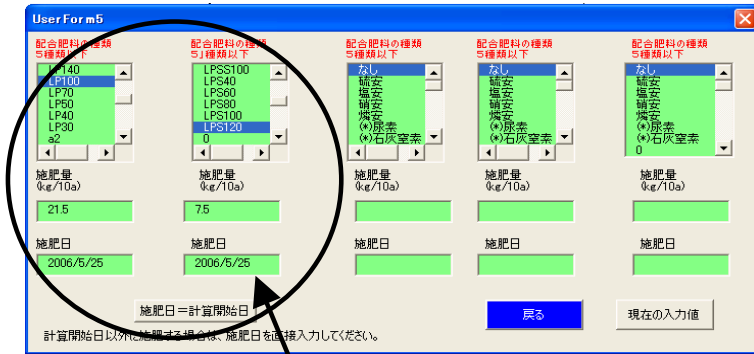
堆肥連用時の窒素供給量

窒素の由来	窒素量 (kg/10a)
地温上昇に伴い、「その年に施用した堆肥」から無機化してくる窒素量	1.2
「その年に施用した堆肥」に含まれている速効的に効く窒素量	1.7
連用土壤からの堆肥由来の窒素供給量	2.8
土壤自体から供給される窒素量(堆肥の影響を除いた画分)	11.2
合計	16.9

堆肥と土壤から供給される窒素量

図7 堆肥と土壤から供給される窒素量

(2) 慣行施肥による窒素供給量を知る。



慣行施肥体系に使用する肥料の種類と量、施肥日を選択する。  
例) LP100 (9kg/10a) + LPS120 (3kg/10a)  
LP100とLPS120は被覆肥料の種類

図8 慣行施肥量の入力例

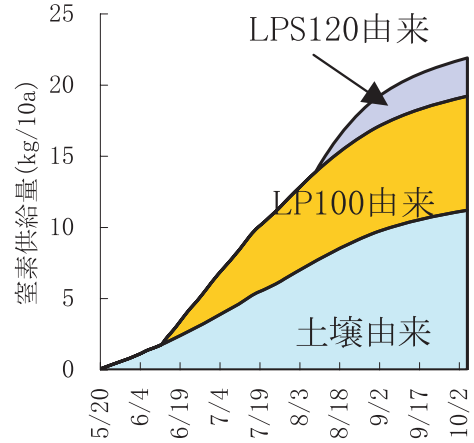
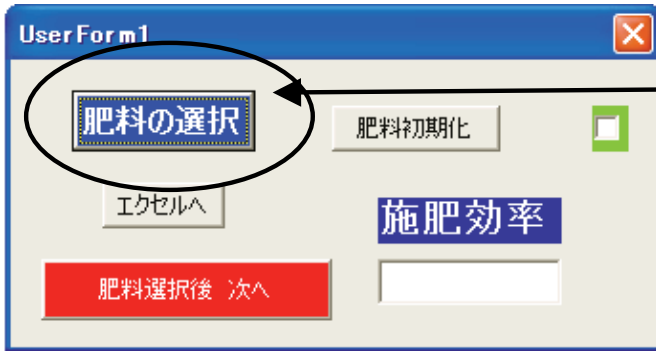


図9 慣行施肥での窒素供給量

(3) 堆肥を活用した施肥設計に用いる化学肥料を選択する。



堆肥と組み合わせて使用する化学肥料を選択する。

図10 化学肥料施用量の入力例

(4) 化学肥料の施用量を計算する。

堆肥連用区の窒素供給パターンが、慣行施肥区と同じになるように化学肥料の施用量が計算される。(表計算ソフトの最適化計算機能を用いた自動計算)

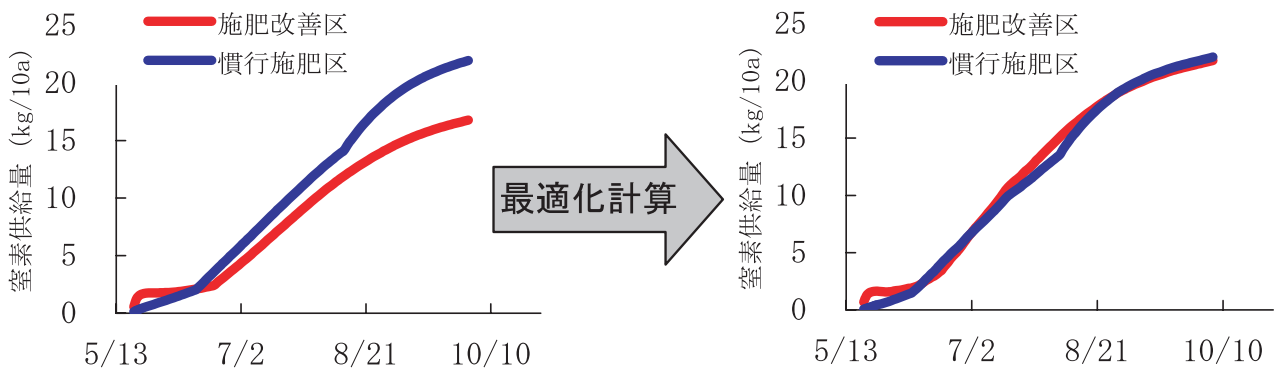


図11 慣行区と堆肥連用区の窒素供給パターン

慣行施肥区の窒素供給パターンと重なるように堆肥利用時の化学肥料施用量を自動計算する

表2 慣行区と堆肥連用区の窒素施用量

窒素の由来	堆肥連用区 (kg/10a)	慣行施肥区 (kg/10a)
地温上昇に伴い、「その年に施用した堆肥」から無機化してくる窒素量	1.2	0
「その年に施用した堆肥」に含まれている速効的に効く窒素量	1.7	0
連用土壌からの堆肥由来の窒素供給量(連用による地力増加量に相当)	2.8	0
土壌自体から供給される窒素量(堆肥の影響を除いた画分)	11.2	11.2
化学肥料施用量	5.2	12.0
合計	22.1	23.2

化学肥料施用量

## 2) 耕畜連携施肥設計ソフトを用いない場合による施肥設計の考え方

### (1) 施用当年に堆肥から供給される窒素量を知る。

- ①堆肥に含まれる無機態窒素量は、1 - 1) と同様の方法によって求める。
- ②施用当年に供給される窒素量は、無機態窒素量と堆肥の原料、副資材から堆肥の肥効率を判断し(表1参照)、肥効率と堆肥の全窒素含量から計算する。堆肥の全窒素含量は、ECと水分率から推定するか、表示されている値を使用する。

堆肥から供給される窒素量 (kg/10a)

$$= \text{堆肥施用量 (kg/10a)} \times \{ \text{全窒素 (現物\%)} \div 100 \} \times \{ \text{肥効率 (\%)} \div 100 \}$$

例

堆肥A（籾殻牛ふん堆肥）、全窒素（現物%）0.9%、堆肥施用量4000kg/10aの場合。肥効率を10%とすると、

$$\begin{aligned} \text{堆肥から供給される窒素量} &= 4000\text{kg}/10\text{a} \times (0.9\% \div 100) \times (10\% \div 100) \\ &= 3.6\text{kg}/10\text{a} \end{aligned}$$

## （2）化学肥料の施用量を知る。

必要とされる窒素施用量（施肥基準等による）から、堆肥から供給される窒素量を差し引いた量を化学肥料で施用する。

$$\text{窒素施用量 (kg/10a)} = \text{必要とされる窒素施用量} - \text{堆肥から供給される窒素量}$$

例

必要な窒素施用量を12kg/10aとすると

$$12 - 3.6 = 8.4\text{kg}/10\text{a}$$

## （3）連用による地力の増加量を知る。

連用による地力の増強を考慮して、化学肥料の施用量を加減する。籾殻牛ふん堆肥は3～4年目頃から連用効果が発現し、窒素供給量が増加する。木質系の副資材を多く含む堆肥では、連用年数が短い間は窒素が取り込まれることがあり、連用効果が発現するまでの時間が長くかかる。

堆肥の分解率を毎年一定であると仮定して、分解率と連用年数をもとに堆肥から供給される窒素量を推定する方法が示されている（安西徹郎 平成17年度堆肥施用コーディネーター養成研修 講義・実習テキスト3. 財団法人農業技術協会：1-18）。この方法によって計算した窒素供給量の変化を表3に示すが、この方法は暫定的な方法であり、多くの解決されるべき課題を含んでいる。

この方法では、たとえば、連用4年目には、4年目に施用された堆肥の全窒素含量の10%と、各年に施用された堆肥のうち土壌に残存している窒素量からそれぞれ10%の窒素が供給されると計算される。しかし、2年目以降の分解率の変化や取り込みによる影響などが分からないので、土壌診断などを活用しながら施肥量を決定するようにする。

例

堆肥A、施用量4000kg/10a、肥効率10%、全窒素（現物%）0.9%の場合  
堆肥に含まれる全窒素量 =  $4000\text{kg}/10\text{a} \times 0.9\% \div 100 = 36\text{kg}/10\text{a}$



連用4年目の場合

4年目に施用された堆肥から  $36 \times 10 \div 100 = 3.6\text{kg}/10\text{a}$

3年目に施用された堆肥から  $36 \times (1 - 10 \div 100) \times 10 \div 100 = 3.2\text{kg}/10\text{a}$

2年目に施用された堆肥から  $36 \times (1 - 10 \div 100)^2 \times 10 \div 100 = 2.9\text{kg}/10\text{a}$

1年目に施用された堆肥から  $36 \times (1 - 10 \div 100)^3 \times 10 \div 100 = 2.6\text{kg}/10\text{a}$

従って、連用4年目の窒素供給量は、 $3.6 + 3.2 + 2.9 + 2.6 = 12.4\text{kg}/10\text{a}$ となる。

表3 堆肥連用による窒素供給量の変化

	堆肥由来 窒素投入量 (kg/10a)	年次別窒素供給量(kg/10a)			
		1年目	2年目	3年目	4年目
1年目	36	3.6	3.2	2.9	2.6
2年目	36		3.6	3.2	2.9
3年目	36			3.6	3.2
4年目	36				3.6
合計		3.6	6.8	9.8	12.4

### 3. 参考文献

- 1) 安西徹郎 平成17年度たい肥施用コーディネーター養成研修 講義・実習テキスト 3. 財団法人農業技術協会：1-18.
- 2) 稲発酵粗飼料推進協議会 2006. 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル. 日本草地畜産種子協会：13-20.
- 3) 岡山県農業総合センター 2006. 環境にやさしい土壌管理技術. 21-26.
- 4) 山口武則 平成17年度たい肥施用コーディネーター養成研修 講義・実習テキスト 3. 財団法人農業技術協会：19-69.
- 5) 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 中央農業総合センター 関東東海総合研究部 総合第5研究チーム 2005. 家畜ふん堆肥（生ごみ堆肥）の品質・成分の簡易評価と利用：19-26.

— メ モ —

この技術マニュアルは平成15～19年度地域農業確立総合研究「中国中山間水田における飼料用稲を基軸とする耕畜連携システムの確立」において得られた成果である。

**執筆者および研究担当者**

芝 宏子（執筆）、大家 理哉\*、森次 真一、石橋 英二

\*：現備中県民局農林水産事業部

**問い合わせ先**

岡山県農業総合センター 農業試験場 化学研究室

〒709-0801 岡山県赤磐市神田沖1174-1

TEL：086-955-0532 FAX：086-955-0663

**発行**

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

近畿中国四国農業研究センター

〒721-8514 広島県福山市西深津町6-12-1

TEL：084-923-4100 FAX：084-924-7893

ホームページ <http://wenarc.naro.affrc.go.jp/>