



平成 30 年 3 月

農研機構東北農業研究センター

# 目次

1	はじめに(耕畜連携による地域資源循環システム)	・・・ 1
2	液体硫安の製造	・・・ 3
3	液体硫安の窒素濃度の把握	・・・ 7
4	液体硫安の水田における利用方法	・・・ 8
5	豚ふん堆肥の施用方針	・・・ 13
6	飼料用米の多収・タンパク質含有率向上のための栽培方法と実証	・・・ 14
7	耕畜連携資源循環システムによる環境負荷軽減効果	・・・ 19
8	畜産側の経営的メリット	・・・ 20
9	執筆者	・・・ 21

本マニュアルは、飼料用米を生産する耕種側と養豚を行う畜産側とが密接に結びついて地域資源循環型の耕畜連携を行う場合に活用して頂くことを想定しています。

## 表紙の説明

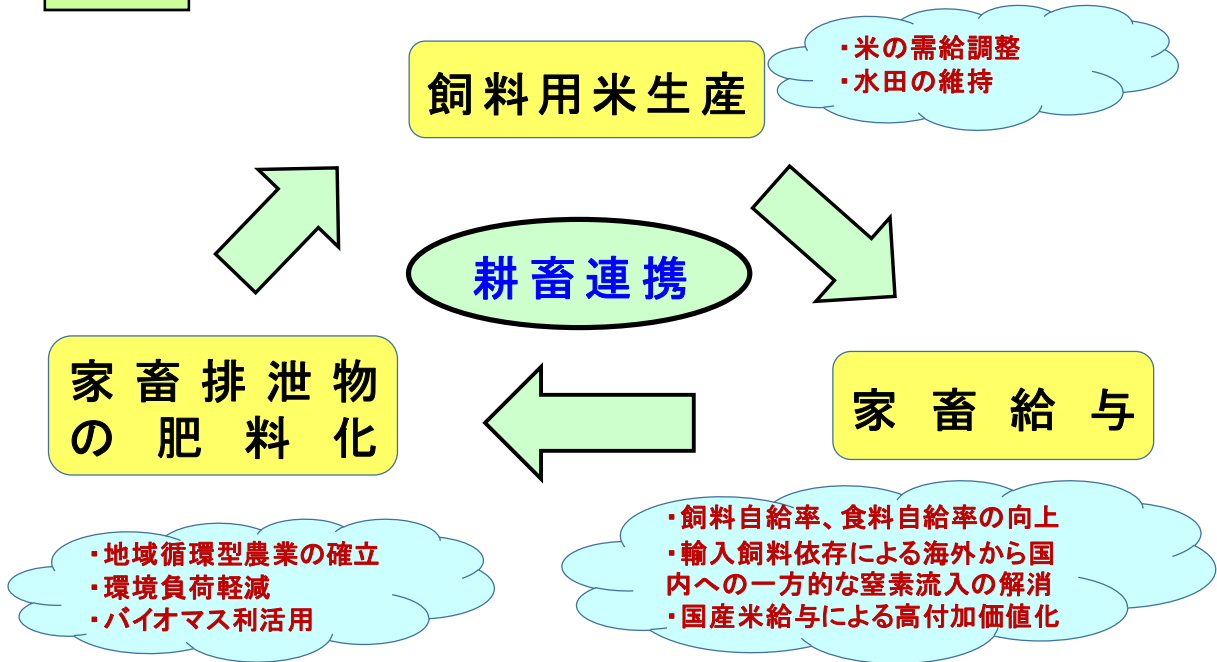
飼料用米に適した品種 「いわいだわら」	
飼料用米が配合された飼料のサイロ	堆肥化施設 (開放・回行型堆肥発酵槽)
豚への飼料給与	アンモニアガス回収装置

# 1 はじめに（耕畜連携による地域資源循環システム）

飼料用米を基軸とした耕畜連携では図 1-1 のように多面的な効果が期待されています。

図 1-1

飼料用米を基軸とした耕畜連携の効果



その一方で、これらの効果を十分に発揮させるためには多くの課題があります。例えば、飼料用米の栽培面では、家畜ふん堆肥を活用する上で土壌養分を適切に維持するにはどれだけ堆肥を投入しても大丈夫なのか、飼料用米の多収を得る上で化学肥料をどのように施用すればよいのか十分に分かっていないことが挙げられます。

家畜ふん尿の堆肥化過程で発生するアンモニアガスは、悪臭の原因であるとともに酸性雨原因物質でもあり、さらには温室効果ガスの原因物質と考えられています。アンモニアガスをアンモニア態肥料（液体硫安）として回収する技術が開発されており、その技術の活用は環境負荷を軽減し、バイオマスとして利用することから、環境に配慮した地域資源循環型農業の確立につながります。しかし、アンモニアガス回収技術は普及していません。その理由は、① アンモニアガス回収で製造した液体硫安の利用方法が十分に研究されていないために耕種側の需要がない（需要がないと液体硫安は貯まる一方なので畜産側は取り組めない）、② 畜産側にとってアンモニアガス回収技術導入のハードルが高いためです。

上述した課題に加えて、飼料用米を基軸とした耕畜連携では、畜産側が飼料用米を輸入トウモロコシの代わりに飼料として使う上で、米のタンパク質含有率をなるべく高めても

らえないかといった要望があります。こうした課題の解決や要望に応えるための一助とすべく、平成 27 年から 29 年にかけて農林水産省「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」において、「豚排泄物由来肥料を最大限活用した飼料用米の多収栽培技術の開発」に取り組みました。そして、図 1-2 に示すような飼料用米を基軸とした耕畜連携による地域資源循環システムを開発しました。

**図 1-2 飼料用米を基軸とした耕畜連携による地域資源循環システム**

飼料用米生産に適した新品種を用いて豚排泄物由来肥料を活用することにより、従前比1.5倍の収量、タンパク質含有率8%以上の飼料用米生産技術を開発



本システムの構築に当たっては、環境・地域農業への配慮に積極的に取り組む養豚企業（株）フリーデンの大東農場と、先進的に飼料用米生産に取り組んでいる岩手県一関市大東町の水稻生産農家との耕畜連携を研究対象とし、水稻品種はこの地域に適した「いわいだわら」を用いました。

研究の実施に当たりまして、ご協力頂いた飼料用米生産農家の皆さま、一関市役所大東支所、JA いわて平泉の担当者の皆さまに厚く御礼申し上げます。今後は、本マニュアルを通じて研究成果を検証しながら当該地域での技術導入を図ります。また、他地域への技術応用に当たっては本マニュアルを活用して頂ければ幸いです。

## 2 液体硫安の製造

### 液体硫安とは

代表的な窒素肥料といえば硫安（硫酸アンモニア）です。硫安は速効性があることから農業現場で多用されています。ここでは、液化した状態の硫安を「液体硫安」と称します。

### 堆肥化施設（畜産農家）での液体硫安の製造

畜産経営の中で排出された家畜ふんは、家畜排泄物法により適切な処理が義務付けられています。主な処理方法は堆肥化であり、堆肥化施設において飼養する家畜のふん尿を発酵処理し、土作りや肥料として利用する堆肥を製造します。堆肥化処理過程では、好気発酵が促進されるとアンモニアガスが大量に発生します。アンモニアガスが堆肥原料の表面からそのまま放出された場合、環境汚染や近隣住民の苦情の原因となります。そのため、家畜ふんと同様、発生する臭気に関しても適正な処理が必要です。堆肥化施設から発生するアンモニアガスを集める方法として、これまでに農研機構は吸引通気式堆肥化技術を開発しています。この技術は堆肥原料の底部から吸引して通気する方法で、圧送通気と同様に好気発酵を促進し、堆積原料表面からのアンモニアガスの放出を低減するとともに、通気と同時に排気中に高濃度アンモニアを集めることができます。また、農研機構東北農業研究センターでは、この排気ガスを硫酸などの酸性薬液と中和反応させ、液体硫安として回収でき、中小規模の畜産農家でも設置可能な低コストで小型のアンモニア回収装置（以下、「回収装置」と称する）を開発しています（図 2-1、製造コスト：約 10 万円）。

図 2-1

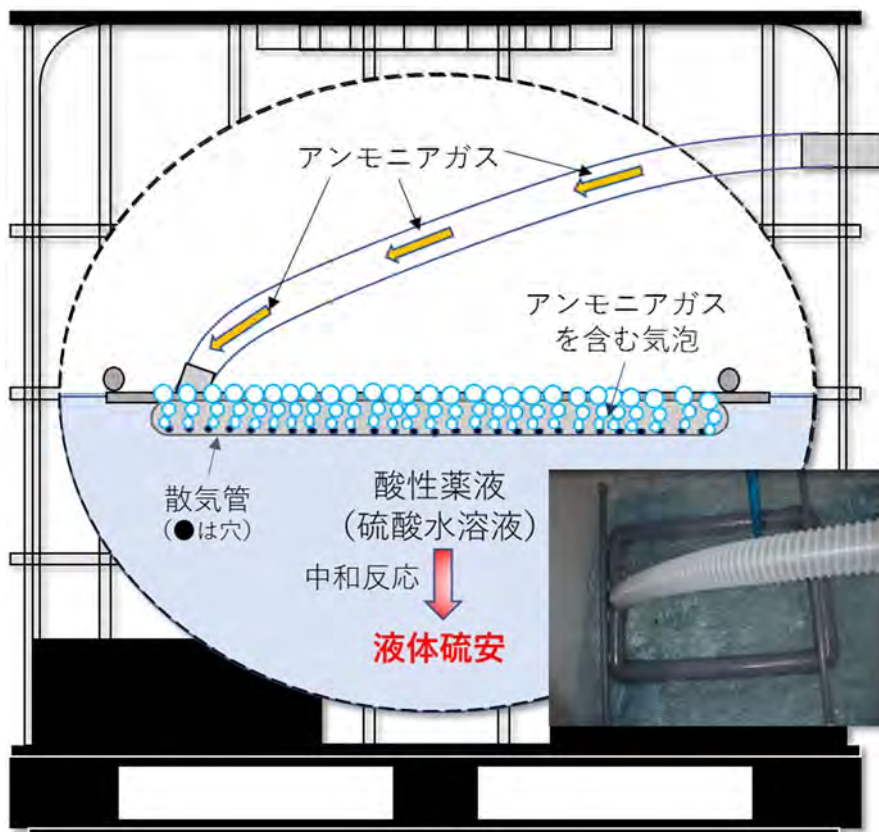
## アンモニアガス回収装置の概観



この回収装置は市販品の 1000 リットルタンクを活用し、アンモニアガスと酸性薬液とを接触させるための散気管（図 2-2 の写真）は塩ビ配管資材（呼び径 50mm、3cm 間隔 5mm 穴）で作成しました。堆肥化施設に設置されたブロワでの吸引通気による排気を回収装置に送り込むことにより、散気管が槽内の液表面に浮き、バブリングすることで、アンモニアガスが硫酸水溶液と接触し、中和反応によって液体硫安が製造されます（図 2-2）。液表面フロート方式を採用することで、吸引通気ブロワに回収による負荷をかけない構造となっています。

図 2-2

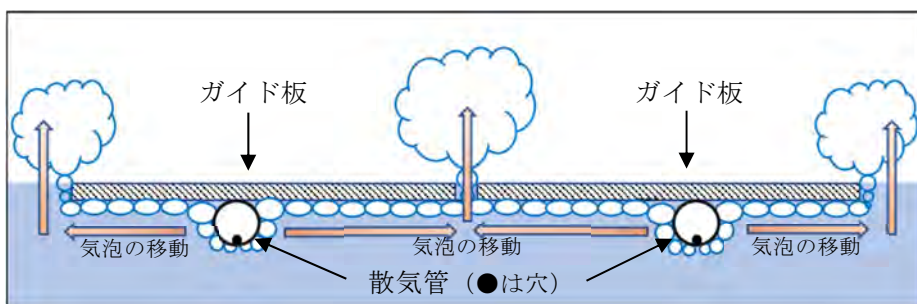
## 簡易アンモニアガス回収装置の液体硫安製造のメカニズム



本事業で改良したアンモニアガス回収装置の概要は以下の通りです。散気管の上部にはガイド板を固定します。ガイド版によって散気管の浮き上がりを抑制し、液面から直接アンモニアガスが排出されず、板に沿って気泡が移動するので、散気管を 20cm～30cm 程度沈めるのと同様に効率的なアンモニアガス回収が可能になりました（図 2-3・図 2-4 左）。

図 2-3

### 散気管上部にガイド板を設置することによるアンモニアガス回収の効率化



家畜ふん尿の堆肥化処理を吸引通気で行った場合、その排気中には高濃度のアンモニアガス、発酵熱とともに多くの水蒸気が排出されます。その水蒸気は槽内では余剰水分となり、製造している液体硫酸を希釈し、窒素濃度が低い液体硫酸になってしまいます。この余剰水分を槽内に送り込まれた堆肥発酵熱を利用して蒸発促進させるために、回収装置全体を断熱加工しました（図 2-4 右）。

この改良型回収装置によって、効率的なアンモニアガス回収と窒素濃度が高い液体硫酸の製造が可能となりました。

図 2-4

### アンモニアガス回収装置の改良



（左：ガイド板を設置した散気管、右：断熱加工）

## アンモニアガス回収・液体硫安の製造手順



- ① 回収薬液としての硫酸水溶液を作成
  - ・水道水を回収槽（タンク）内に注入。
  - ・硫酸を設定した濃度となる量を注入。  
（約 40%濃度にする場合、水道水を約 75 リットル、98%硫酸を約 50kg。）
- ② 堆肥化のプロワを稼動し、通気を開始。
- ③ 回収槽内の散気管の液面バブリングを確認。  
（液体硫安の製造が開始される。）
- ④ 数日毎にリトマス試験紙等で回収液の pH をチェック。  
酸性（7 未満）の場合、本作業を継続。  
中性（7 以上）になった場合、作業⑤へ移行。
- ⑤ 硫酸 25kg を継ぎ足し、回収作業を継続。  
（作業④・⑤を複数回繰り返す。）
- ⑥ タンクの液量メモリが約 800 リットルを示し、リトマス試験紙で中和を確認したら、
- ⑦ 液体硫安の完成。

### 実例）堆肥化施設でのアンモニアガス回収・液体硫安の製造

（株）フリーデン大東農場の堆肥化施設は、肥育豚 4000 頭のふんを処理可能な開放・回行型堆肥発酵槽です。攪拌はロータリー方式を採用し、堆肥原料は 1 日 2 回攪拌と同時に投入されています。この堆肥化施設の通気方式を吸引通気に変更して回収装置を 3 台設置し、液体硫安を製造した結果、窒素濃度 2.7～10.7%の液体硫安を年間 5560L（窒素量 332kg）製造することができました。

### 液体硫安製造に関する留意点

- ・本方法による液体硫安製造では濃硫酸を取り扱うため、責任者となるものが「特定化学物質及び 4 アルキル鉛等作業主任者技能講習（2 日間）」を修了する必要があります。
- ・気温が高く、回収液中の水分が過度に蒸発した場合は硫安が槽内で結晶化するため、結晶を洗い流すように水を加えて下さい。

（福重直輝、菊池公一）



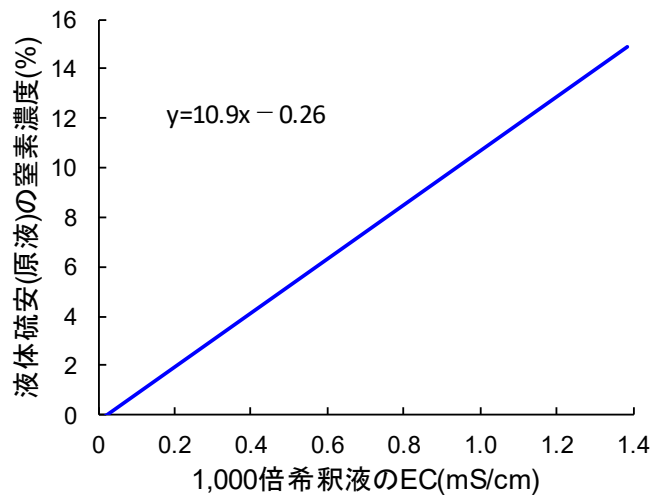
### 3 液体硫酸の窒素濃度の把握

液体硫酸は、後述する表 4-1 のように窒素濃度に応じて施用量が変わるので、あらかじめ窒素濃度を把握しておく必要があります。液体硫酸を蒸留水で 1,000 倍に希釈し（例：1mL の液体硫酸を蒸留水で 1L とする）、その 1,000 倍希釈液の電気伝導度（EC）を測定します。その測定値から以下の式により液体硫酸（原液）の窒素濃度を求めることができます（図 3-1）。

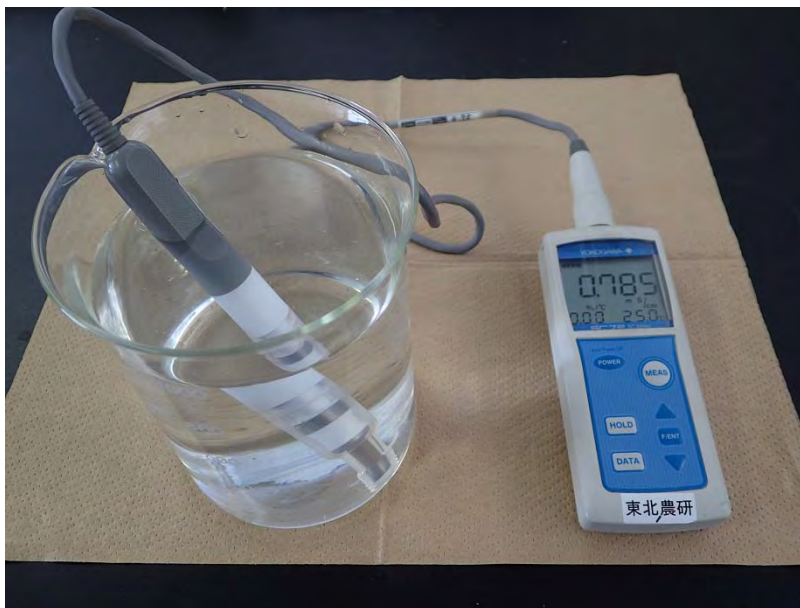
$$\text{液体硫酸（原液）の窒素濃度（\%）} = 10.9 \times 1,000 \text{ 倍希釈液の EC (mS/cm)} - 0.26$$

図 3-1

液体硫酸の EC と窒素濃度との関係



注) \*\*\*P<0.001 で有意，液体硫酸（原液）の窒素濃度 15%までは確認済み。



(西田瑞彦)

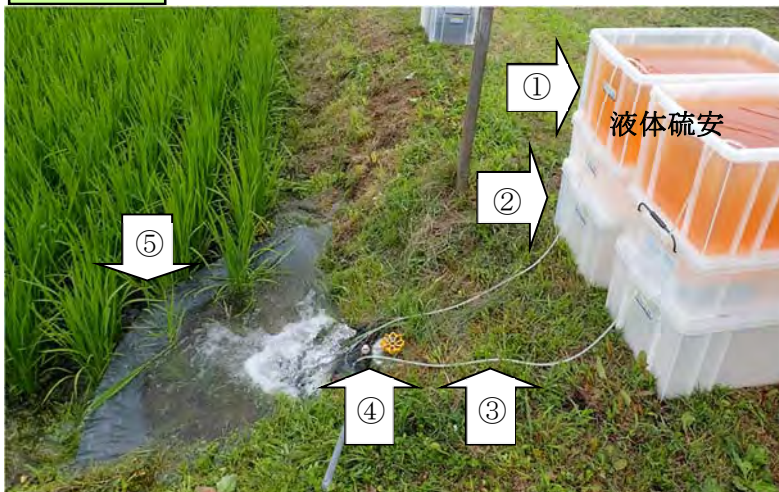
## 4 液体硫安の水田における利用方法

### チューブを用いた簡易なサイフォン方式による流入施肥

- ・ 容器（どのような物でも可）を一定の高さに設置して液体硫安を入れ、チューブで流下します（図 4-1）。本方法により一定の速度で液体硫安を流入させることが可能です（図 4-2）。
- ・ 圃場に投入したい窒素量と液体硫安の窒素濃度から必要となる液体硫安量を決定し（表 4-1A）、湛水にかかる時間（流し込み目標時間）と施用する液体硫安量から必要なチューブ本数を決定します（表 4-1B）。
- ・ 流し込み目標時間は、当該圃場に用水を流し込み、十分な湛水深（少なくとも圃場全体で平均して 5～6cm、浅い部分でも 2～3cm）が得られるのに要する時間です。
- ・ 表 4-1B の液量より必要な液体硫安量が少ない場合は加水し（【例 1】参照）、多い場合は流し込み時間をやや延長します（【例 2】参照）。

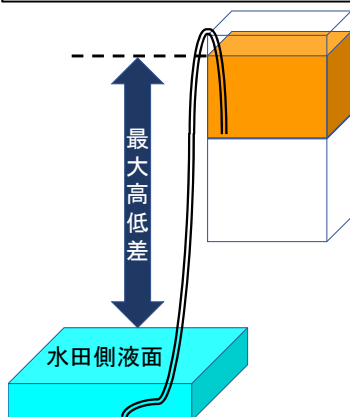
図 4-1

液体硫安施用の様子



- ① 衣装ケース（70L）を利用した場合。
- ② 高さ調節用の空ケース。図は最大高低差 110cm。
- ③ チューブ（ここでは内径 4mm）。
- ④ 給水栓。
- ⑤ 水口で液体硫安と用水とを混和させるための波板による仕切り。

水田側チューブの先が水中の場合の最大高低差



水田側チューブの先が水上の場合の最大高低差

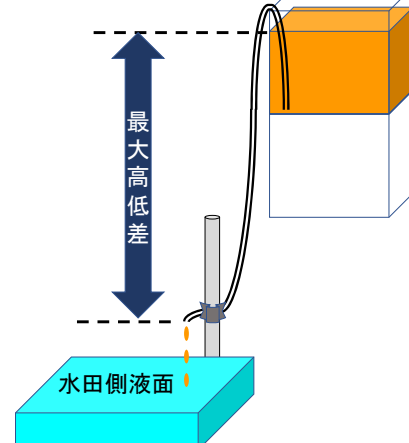
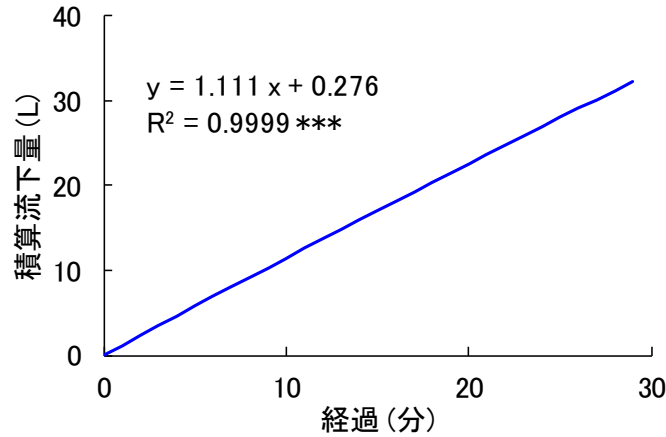


図 4-2

チューブを用いた液体硫安施用における経過時間と積算流下量との関係



注) 内径 4mm のチューブ 2 本使用。最大高低差 110cm として 1 分ごとに記録。\*\*\*P<0.001 で有意。

表 4-1

液体硫安施用のための早見表

A 必要となる液体硫安量		液体硫安の窒素濃度												
		4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%	7.5%	8.0%	8.5%	9.0%	9.5%	10.0%
10a 窒素 当り 量 施 肥 す る	N 1 kg	25 L	22 L	20 L	18 L	17 L	15 L	14 L	13 L	13 L	12 L	11 L	11 L	10 L
	N 2 kg	50 L	44 L	40 L	36 L	33 L	31 L	29 L	27 L	25 L	24 L	22 L	21 L	20 L
	N 3 kg	75 L	67 L	60 L	55 L	50 L	46 L	43 L	40 L	38 L	35 L	33 L	32 L	30 L
	N 4 kg	100 L	89 L	80 L	73 L	67 L	62 L	57 L	53 L	50 L	47 L	44 L	42 L	40 L
	N 5 kg	125 L	111 L	100 L	91 L	83 L	77 L	71 L	67 L	63 L	59 L	56 L	53 L	50 L
B		チューブ本数												
		1本	2本	3本	4本	5本	6本							
目 流 し 時 間 み	1h	33 L	66 L	99 L	132 L	165 L	198 L							
	2h	66 L	132 L	198 L	264 L	330 L	396 L							
	3h	99 L	198 L	297 L	396 L	495 L	594 L							
	4h	132 L	264 L	396 L	528 L	660 L	792 L							
	5h	165 L	330 L	495 L	660 L	825 L	990 L							

注) チューブの内径 4mm、最大高低差 110cm の場合に適用。

【例 1】

20a 圃場（十分な湛水に 2 時間必要）に窒素濃度 7.0%の液体硫安を窒素で 4kg/10a 施用  
 流入施肥する窒素量計 = 4kg/10a × 2 = 8kg、  
 早見表 A により必要となる液体硫安量計 = 57L/10a × 2 = 114L。  
 早見表 B により、2 時間で 114L に近いのはチューブ 2 本で 132L。  
 窒素濃度 7.0%の液体硫安 114L に 18L 加水して 132L とし、チューブ 2 本で施用する。

【例 2】

20a 圃場（十分な湛水に 4 時間必要）に窒素濃度 4.0%の液体硫安を窒素で 6kg/10a 施用  
 流入施肥する窒素量計 = 12kg、早見表 A により必要となる液体硫安量 = 100L × 3 = 300L。  
 早見表 B により、4 時間で 300L に近いのはチューブ 2 本で 264L。  
 窒素濃度 4.0%の液体硫安 300L をチューブ 2 本で 4 時間 30 分かけて施用する。

## 実証例

圃場 面積 (a/筆)	投入窒素		液体硫安			目標 時間 (h)	チューブ 本数 (本)	実際に要した 時間 (h)
	(kgN/10a)	(kgN/筆)	濃度 (%)	施用量 (L)	加水後 (L)			
15	8	12.0	6.56	183	—	2	3	1.8
15	4	6.0	4.67	130	—	2	2	1.8
4.8	2	1.0	10.40	9.2	100	3	1	3.2

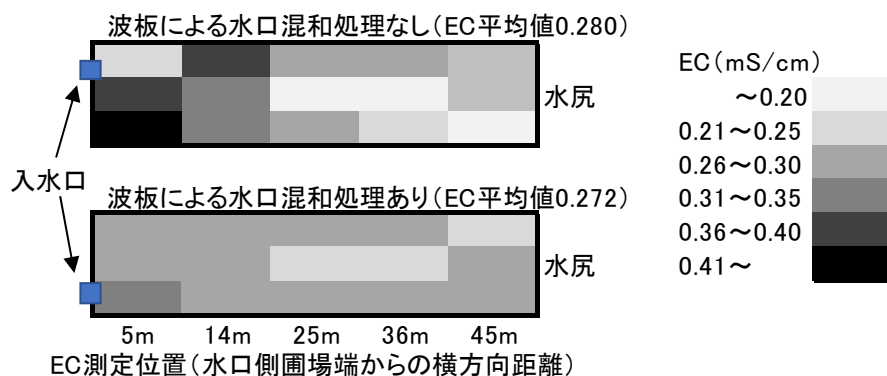
注) チューブは内径 4mm、流入施肥時の最大高低差は 110cm。

## 圃場内に均一に流入施肥する方法

- ・水口を波板等で囲って用水と液体硫安を狭い範囲で混和させて施用する(図 4-1)と、流し込み完了後に液体硫安が圃場内で均一に分布します(図 4-3)。  
(給水栓にウォールがある場合はチューブの先をウォール内に入れるのも効果的。)
- ・1~2 日前から落水して土壌表面の水がほぼない状態で流入施肥します。表面水があると、水尻まで液体硫安が十分に行き届きません(図 4-4、図 4-5A)。

図 4-3

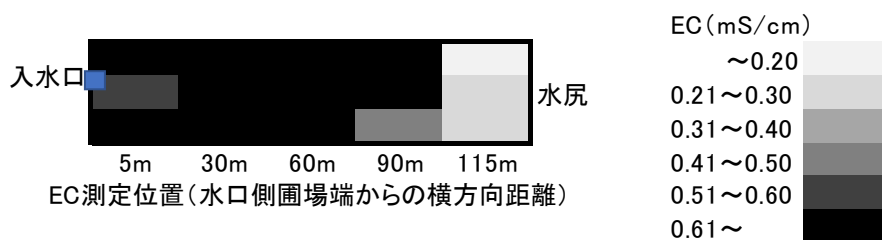
### 水口における液体硫安と用水との混和处理が液体硫安の圃場内分布に及ぼす影響



注) 液体硫安の分布は田面水の EC により把握し、図は流入施肥直後の測定値。横 50m 縦 10m の圃場 2 筆を用いて同日に液体硫安各 2kgN/10a 相当を流入施肥。流入施肥後の湛水深は平均 6.5cm。

図 4-4

### 表面水(0~1cm 程度)がある状態で流入施肥した場合



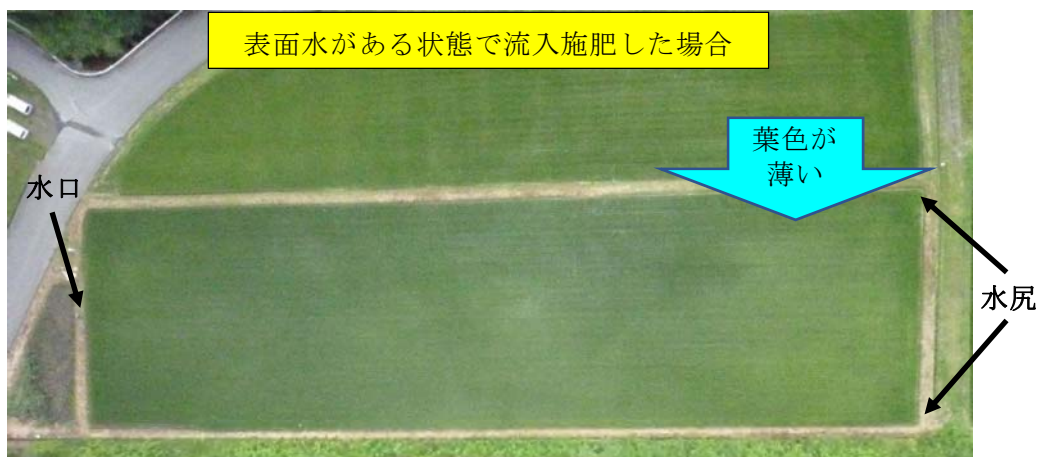
注) 液体硫安の分布は田面水の EC により把握し、図は流入施肥翌日の測定値。横 120m 縦 34m の圃場を用いて液体硫安 3kgN/10a 相当を流入施肥。流入施肥後の湛水深は平均 4.0cm。

- ・ 予め十分な湛水状態になる時間を把握し、想定より早く液体硫安が流下しきってしまわないようにします。湛水深がごく浅い部分には十分に養分が行きわたりません。また、田面の低いところに液体硫安が偏って分布すると倒伏を招きます（図 4-5 B）。
- ・ 液体硫安が全て流下した直後に用水の流入も止めます。液体硫安が容器からなくなっても用水を流し込み続けると、水口の窒素分が減ることで生育も悪くなります。  
（水口で倒伏を生じやすい圃場は、液体硫安流下後も用水をしばらく流入させて水口付近の窒素分を減らします。）

図 4-5

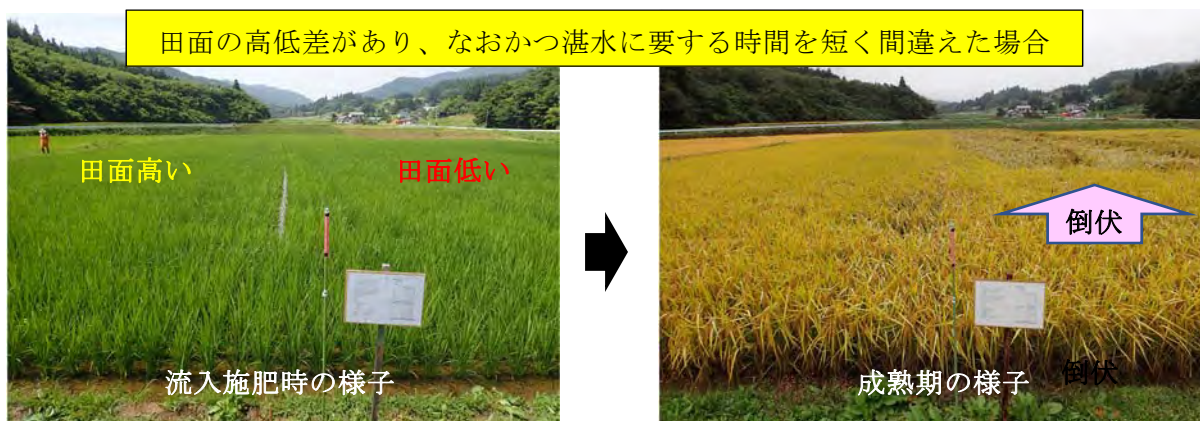
### 液体硫安均一施用の失敗例と成功例

#### (A) 液体硫安均一施用の失敗例



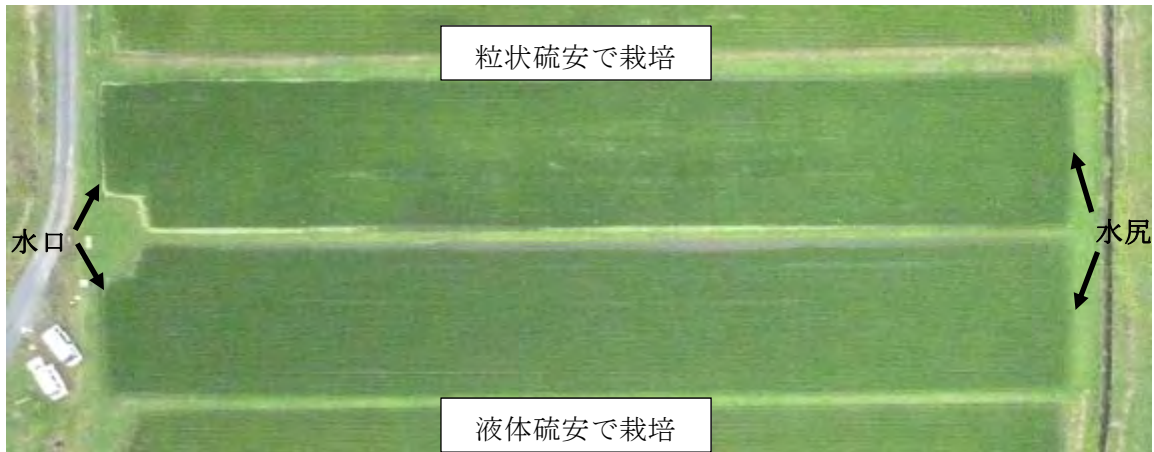
注) 流入施肥後 9 日目に空撮。図 3-5 と同一圃場。

#### (B) 液体硫安均一施用の失敗例



注) 田面の高いところまで用水および液体硫安が行き渡らず、田面の低いところに液体硫安が多く分布したことで、生育が過剰になって倒伏を招いた。

### (C) 液体硫安均一施用 of 成功例



注) 上の1筆は粒状硫安、下の1筆は液体硫安を穂肥として施用。流入施肥後14日目に空撮。左側1/3は豚ふん堆肥施用量が多いためにやや葉色が濃い。

#### 留意点

- ・ 圃場は均平が取れていることが望ましい。
- ・ 中干し直後のような土壌が過乾燥の水田で流入施肥しないで下さい。  
(減水深が大きいため用水とともに液体硫安も流亡して十分な肥効が得られない場合があることから、一度水を入れるなどして湛水が保てる圃場条件にした後、表面水がほぼない状態で流入施肥します。)
- ・ 流入施肥までに水を落としきれない場合は、流入施肥開始後もしばらく水尻を開放して表面水を排出して下さい。
- ・ 窒素濃度の高い液体硫安を用水で希釈して利用する場合は、気泡がチューブ内に付着するのを防ぐために、流入施肥の前日に希釈して圃場に置いて下さい。

(大平陽一、工藤洋晃、小野寺敬一)

## 5 豚ふん堆肥の施用方針

### 豚ふん堆肥の施用量

- 豚ふん堆肥を散布する春の時期に、(株)フリーデン大東農場から入手する豚ふん堆肥の成分は、窒素(N)－リン酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)－カリ(K<sub>2</sub>O)で概ね3－7－3(%)です。ただし、この成分量が全て肥料として効くわけではありません。
- 豚ふん堆肥の肥料となる分だけを抜き出すと窒素－リン酸－カリで概ね0.3－3.5－3(%)です。
- 豚ふん堆肥を多量に施用した場合、特にリン酸収支がプラス(余剰)となり(図5-1左)、土壌の可給態リン酸が非常に高まった(いわゆるメタボ状態)事例があるので(図5-1右)、豚ふん堆肥の肥料相当の成分の中で最も量が多いリン酸を基準に豚ふん堆肥の施用量を決めます。
- 通常の化学肥料のリン酸施肥量が8kg/10aの場合、

$$8 \div 3.5 \times 100 = 230 \text{kg}/10\text{a}$$

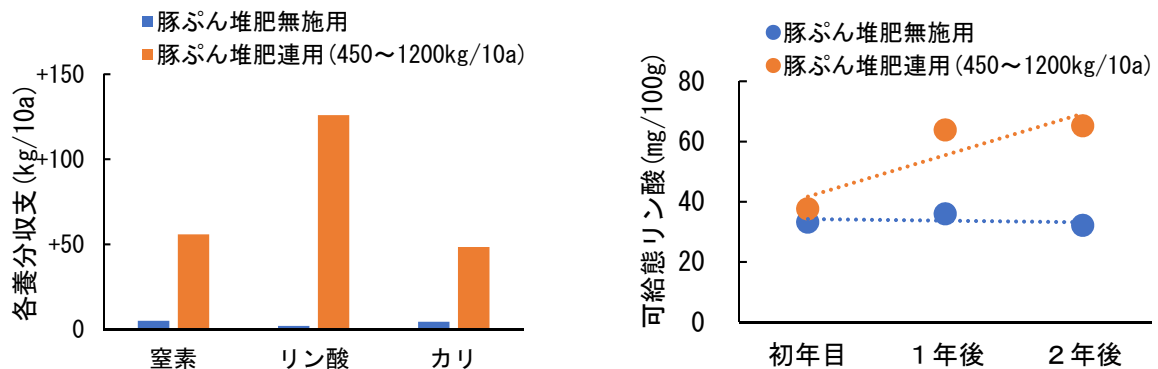
[化学肥料のリン酸施肥量 ÷ 豚ふん堆肥の肥料相当のリン酸成分量 (3.5) × 100]

となるので、この230kg/10aを目安に豚ふん堆肥を施用します。

通常の化学肥料のリン酸施肥量が10kg/10aの場合なら、豚ふん堆肥量は290kg/10aとなります。

図 5-1

豚ふん堆肥施用による養分収支と土壌の可給態リン酸の経年変化



注) 左は各成分の投入量(豚ふん堆肥と肥料)から収として持出す量を差し引いた養分収支。  
右は土壌の可給態リン酸の経年変化。

## 基肥（化学肥料）の施肥量

- ・前述した量で豚ふん堆肥を施用すれば、リン酸とカリは豚ふん堆肥からの供給分で賄えるので、リン酸とカリの化学肥料は不要です。
- ・不足の窒素だけを単肥（硫酸、尿素等）で施肥すれば良く、必要な基肥窒素量から豚ふん堆肥の窒素肥料分約 1 kg/10a を減肥して窒素単肥を施肥します。
- ・なお、追肥については本マニュアルの「6 飼料用米の多収・タンパク質含有率向上のための栽培方法と実証」に記されているように、生育診断に基づいて実施します。

（西田瑞彦）

## 6 飼料用米の多収・タンパク質含有率向上のための栽培方法と実証

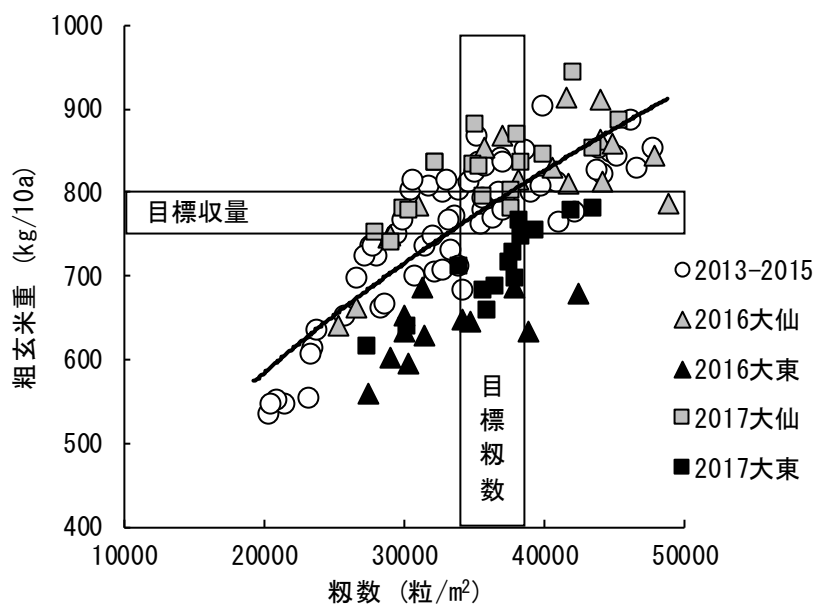
### 多収（籾数向上）のための穂肥施用

品種：いわいだわら 目標収量：750kg（岩手県一関市大東町）～ 800kg（秋田県大仙市）

- ・50～70 株/坪、5月下旬～6月上旬の移植条件。
- ・目標収量を得るためには 34000～38000 粒の $m^2$ あたり籾数（以下、籾数）が必要です（図 6-1）。
- ・「いわいだわら」は、茎数不足でも追肥によって一穂籾数および籾数が増えやすい。
- ・幼穂形成期の生育指数（ $m^2$ あたり茎数×草丈÷1000）により穂肥窒素量を決定します（図 6-2、表 6-1）。

図 6-1

籾数と粗玄米重  
との関係



注) 粗玄米重は水分 15%換算値。「2013-2015」は大仙と大東の両方。2016～2017 年大東は気象要因により籾数の割に低収となった。



図 6-2

幼穂形成期の生育指数と粒数との関係

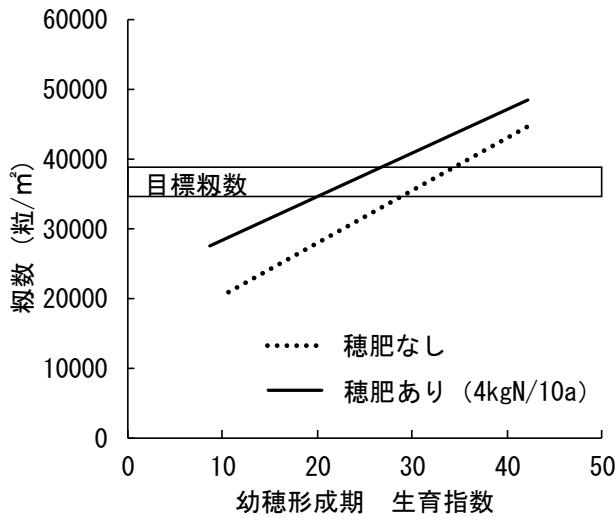


表 6-1

生育診断による穂肥の目安

生育指数	目安穂肥窒素量 (kgN/10a)
16~18	6
19~21	5
22~24	4
25~27	3
28~29	2
30~31	1
32~	0

注) 生育指数 (m<sup>2</sup>当たり茎数×草丈÷1000)。

倒伏させない水管理、紋枯れ病防除、生育特性および追肥

「いわいだわら」は、移植栽培でも施肥量が多過ぎたり、登熟期に土壌が柔らか過ぎたりすると倒伏を生じます (図 6-3 左)。食用米の刈取り後、遅い時期に飼料用米の収穫が行われる場合もあることから、少なくとも成熟期の倒伏程度を 2 (稲がなびく程度) に抑えましょう。

- ・中干しはしっかり行いましょう。
- ・水はけが悪い水田では溝を掘って落水を容易にし、落水管理に努めましょう。
- ・登熟期に水田に入っても、足が沈みこまない程度の土の硬さにします。
- ・紋枯れ病 (図 6-3 右) は茎を弱めて倒伏を助長するので、適宜防除しましょう。
- ・「いわいだわら」は土が適切な硬さでも稈長 85cm 以下が目安です (図 6-4)。
- ・出穂期の生育指数 (m<sup>2</sup>当たり茎数×草丈÷1000) が 35 を超えないレベルが望ましく (図 6-5)、前述した穂肥施用基準にしたがうと出穂期の生育指数は 35 以下となります。

図 6-3

倒伏と紋枯れ病の様子



図 6-4

稈長と成熟期の倒伏程度との関係

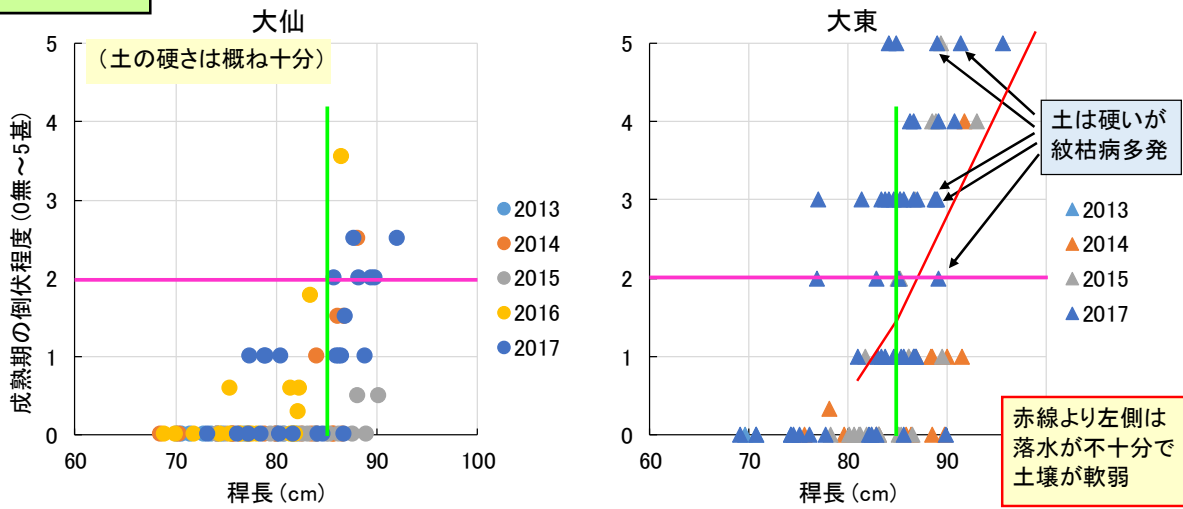
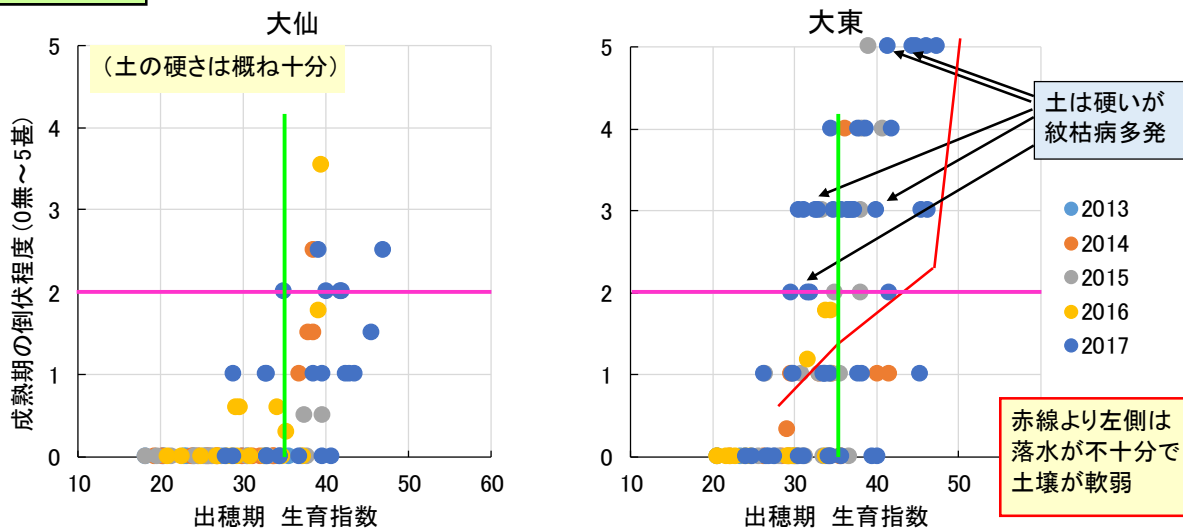


図 6-5

出穂期の生育指数と成熟期の倒伏程度との関係



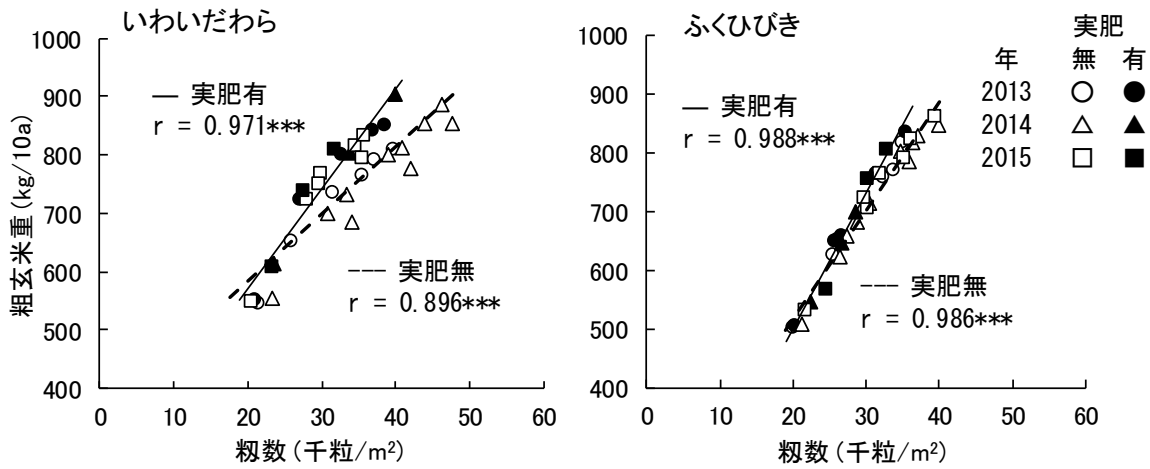
**多収（登熟歩合向上）と玄米タンパク向上のための実肥施用**

品種：いわいだわら 目標収量：750kg（岩手県一関市大東町）～ 800kg（秋田県大仙市）  
 目標玄米タンパク質含有率：8.0%

- ・「いわいだわら」は「ふくひびき」と比較して、籾数が一定以上のレベルであれば穂揃い期の追肥（実肥）で登熟歩合が高まることにより収量が高まりやすい特性を持ちます（図 6-6）。
- ・出穂期の止葉葉色が SPAD 値で 26～35（水稻用葉色カラスケールで 2～4.5）の時に 4kgN/10a の実肥を施用し、SPAD 値が 35 以上の時はやや減じた窒素を追肥します（図 6-7）。

図 6-6

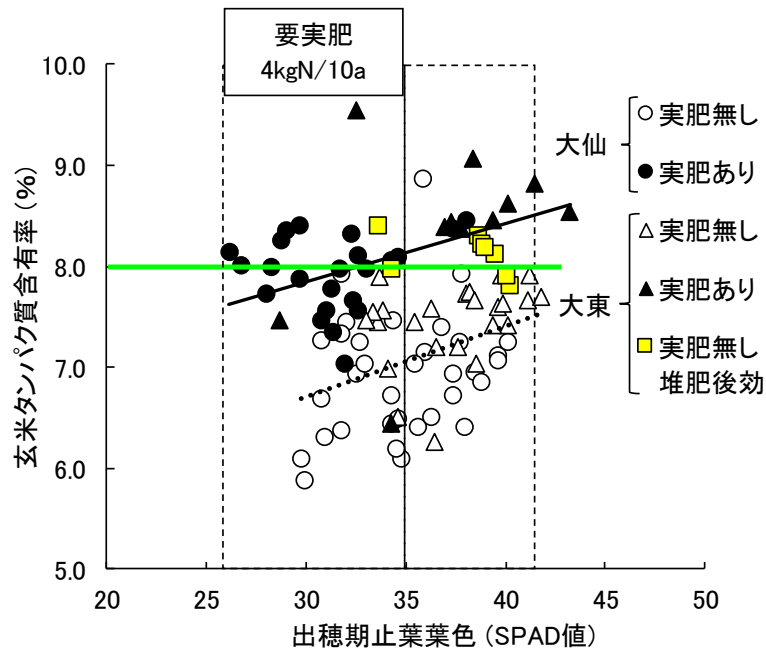
㎡当たり籾数と粗玄米重との関係



注) 粗玄米重は水分 15%換算値。実肥は穂揃い期に 4kgN/10a 施用。  
 \*\*\*は 0.1%水準で相関係数が有意であることを示す。

図 6-7

出穂期の葉色と玄米タンパク質含有率との関係



注) データは 2014～2017 年。実肥は穂揃い期の追肥とし、「実肥あり」は 4kgN/10a とした。タンパク質含有率は近赤外光分析装置で測定し、タンパク質換算係数 6.25 を用いた乾物当たりの値。薄い網掛け部分は、4kgN/10a よりも減じた量の実肥で目標のタンパク質含有率が得られることを示す。「実肥あり」で玄米タンパク質含有率が低い現地のデータ 1 点 (▲) は、中干し以降成熟までの著しい土壌の過乾燥による。

## 豚排泄物由来肥料を活用した飼料用米の栽培実証事例

品種：いわいだわら 目標収量：750kg（岩手県一関市大東町）～ 800kg（秋田県大仙市）  
 目標玄米タンパク質含有率：8.0%

・目標とする収量・玄米タンパク質含有率にほぼ達した事例を表 6-2 に示します。

表 6-2

### 豚ふん堆肥と液体硫酸の活用による生育・収量・玄米タンパク質含有率

年次	場所	堆肥 施用量 (kg/10a)	窒素施肥			栽植 密度 (株/坪)	移植日	幼形期 生育指数	出穂期	出穂期 葉色 (SPAD値)	粗玄米重 (kg/10a)	タンパク質 含有率 (%)
			基肥	穂肥	実肥							
2015	大東	1200	4	④	0	60	6/3	23	8/7	39	738	8.1
2015	大東	800	4	0	4	60	6/6	33	8/12	41	774	8.8
2016	大仙	450	4	0	④	70	5/30	26	8/8	30	867	8.5
2017	大東	300	6	④	④	60	5/29	36	8/13	38	711	8.5
2017	大仙	450	4	0	④	70	5/29	30	8/12	32	819	8.0

注) いずれも PK 肥料は無施用。堆肥は 4 月下旬～5 月中旬にすき込み。

窒素施肥の○印が付いた数字は液体硫酸の流入施肥によることを示す。

幼形期生育指数は㎡当たり茎数×草丈÷1000 により算出。

粗玄米重は、大仙が坪刈り収量調査の数値、大東が全刈り収量。

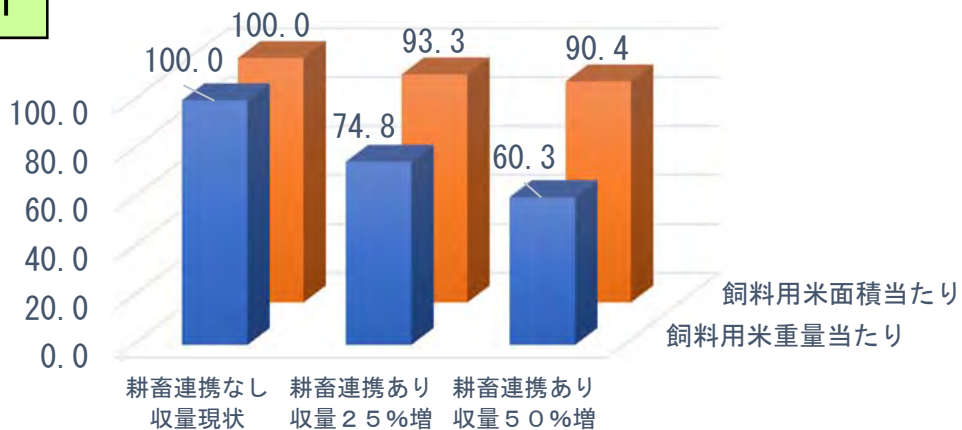
(大平陽一、小野寺敬一)

# 7 耕畜連携資源循環システムによる環境負荷軽減効果

## ライフサイクルアセスメントによる温室効果ガス削減効果

- ・ライフサイクルアセスメント（LCA）では、生産現場での資材、燃料の使用量、使用金額等の収集により、温室効果ガス削減量を計測します。ガソリン、軽油、灯油等の化石燃料燃焼にともなう直接排出量のみならず、コンバインや農薬、肥料等の製造過程で生じる間接排出量が計測されます。
- ・飼料、肥料等の資材を、地域内で循環させることにより、資材の輸送距離が短縮され、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）が削減されます。
- ・堆肥舎から揮散するアンモニア（NH<sub>3</sub>）は、降雨等により土壤に沈着し、一部は一酸化窒素（N<sub>2</sub>O）として再び揮散することから、液体硫酸の製造により、N<sub>2</sub>O が削減されま  
す。地球温暖化係数はCO<sub>2</sub>を1としたときN<sub>2</sub>Oは265です。
- ・豚ふん堆肥を0.3t/10a、残りを液体硫酸とするケースでは、飼料用米収量1%増につき、飼料用米重量当たり温室効果ガス排出量は、0.8~0.9%削減されます。

図 7-1



### 耕畜連携システムの温室効果ガス排出量指数（指数）

- 注) 耕畜連携なし（収量：現状）：8.0kgN/10a（全量化学肥料）。  
 耕畜連携あり（収量：25%増）：12.0kgN/10a（豚ふん堆肥0.3t/10a、残りは液体硫酸）。  
 耕畜連携あり（収量：50%増）：20.0kgN/10a（豚ふん堆肥0.3t/10a、残りは液体硫酸）。

### 留意点

- ・現行の助成制度の継続が当該システム成立の前提となります。
- ・液体硫酸が保管可能な空き倉庫等があることが望ましい。
- ・アンモニアの回収により、悪臭のみならず、堆肥舎の腐食が軽減され、施設の維持管理費用が削減されます。
- ・主食用米作付圃場（ないし調整水田）を飼料用米に転換したケースを想定しています。

（小野 洋）

## 8 畜産側の経営的メリット

### タンパク質含有率の高い飼料用米の利用による畜産側のメリット

- ・飼料用米配合率、タンパク質含有率および飼料要求率を関連させた経営インパクトの指標を表 8-1 に示しました。
- ・飼料用米のタンパク質含有率が 2%高まった場合、母豚 2000 頭規模の農場で肥育期（体重 50～115kg）に飼料用米 15%配合すると年間約 190 万円、50%配合すると年間約 620 万円の飼料費が削減可能と推定されます（表 8-2）。

表 8-1

飼料用米の配合率とタンパク質含有率の変化に伴うトウモロコシ・大豆粕の配合変化指数

飼料用米配合率 (%)	タンパク質含有率向上程度 (%)			
	1.0	1.5	2.0	2.5
15	0.401	0.602	0.802	1.003
20	0.535	0.802	1.070	1.337
30	0.802	1.203	1.604	2.005
40	1.070	1.604	2.139	2.674
50	1.337	2.005	2.674	3.342

（指数×1kg 大豆粕価格）－（指数×1kg トウモロコシ価格）＝飼料 1kg 削減費 ……①  
 区間増体重×飼料要求率×年間出荷頭数＝飼料使用量 ……②  
 ①×②＝年間に削減される飼料費

注) 指数は%。

トウモロコシと大豆粕のタンパク質含有率は原物としてそれぞれ 7.6%と 45.0%で試算。

表 8-2

（株）フリーデン大東農場を対象とした場合の飼料用米の配合率とタンパク質含有率の変化に伴った飼料費削減額（円/年）

飼料用米配合率 (%)	タンパク質含有率向上程度 (%)			
	1.0	1.5	2.0	2.5
15	931,456	1,397,068	1,862,680	2,328,524
20	1,242,406	1,862,448	2,484,812	3,104,853
30	1,862,448	2,793,671	3,724,895	4,656,119
40	2,484,812	3,724,895	4,967,301	6,209,707
50	3,104,853	4,656,119	6,209,707	7,760,972

注) 飼料原料価格の設定：トウモロコシ価格＝21,404 円/t、大豆粕価格＝45,632 円/t

((公社) 配合飼料供給安定機構発行の飼料月報（平成 30 年 1 月）より）

算出基礎：肥育使用飼料量 213kg/頭、出荷頭数 45,000 頭/年、総使用飼料量 9,585,000kg/年

(斎藤真二)

## 9 執筆者

農研機構東北農業研究センター : 大平陽一、西田瑞彦、福重直輝、工藤洋晃  
一関市北部農業技術開発センター : 小野寺敬一  
日本大学 : 小野 洋  
(株)フリーデン : 斎藤真二、菊池公一

## 謝辞

本事業の推進、成果の取りまとめに当たっては、専門 PO を務めて頂いた（公社）農林水産・食品産業技術振興協会・氏原和人氏、アドバイザーを務めて頂いた元岩手県農業研究センター・石川洋氏、研究支援者を務めて頂いた JA 全農東北営農資材事業所・田村有希博氏に多大なご助言、ご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。

本マニュアルは農林水産省「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」（27011B：豚排泄物由来肥料を最大限活用した飼料用米の多収栽培技術の開発）による研究成果を取りまとめたものです。

## 問い合わせ先

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
東北農業研究センター 企画部 産学連携室

住 所：〒020-0198 岩手県盛岡市下厨川字赤平4 電話：019-643-3414

E-mail：www-tohoku@naro.affrc.go.jp <http://www.naro.affrc.go.jp/tarc/>

飼料用米生産における豚排泄物由来肥料の製造・活用マニュアル

平成 30 年 3 月

編集／発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
東北農業研究センター

本マニュアルを転載、複製する場合は、農研機構東北農業研究センターの許可を得てください。

「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。