



日本中央競馬会  
特別振興資金助成事業

# 家畜ふん堆肥の簡易造粒・配合利用 技術に関する手引き



令和2年3月



一般財団法人 畜産環境整備機構



# はじめに

平成 27 年 4 月には畜産業を取り巻く情勢の変化を踏まえ、新たな「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」が策定され、家畜排せつ物の利用の促進における技術の向上に関して、堆肥の成型化等による広域的利用を図るための取り組みが求められています。また農林水産省では、温暖化防止や生物多様性保全の見地から化学肥料に依存しない環境保全型農業を推進するための支援事業を強化する方針も打ち出されています。欧米諸外国に比べてわが国の有機・エコ農業への取り組みが停滞している現状を何とか打破する取り組みが必要です。さらに畜産業においては、堆肥の利用拡大のための技術開発が求められております。家畜ふん堆肥の広域流通には成型化が有効ですが、機械及び製造コストが高いという課題を抱えており、簡易な造粒技術が求められています。

平成 24 年 9 月に肥料取締法が改正され、特殊肥料である堆肥と普通肥料の混用の規制が解除されて新しい肥料「混合堆肥複合肥料」の製造・販売が可能となりました。この混合堆肥複合肥料には堆肥施用による土壌の地力維持と普通肥料による施肥作業が一度にできることから、農業者の高年齢化に伴う施肥作業の軽減に役立つことが期待されています。しかし、化学肥料のように成分の多様な品揃えは困難で、さらに複数の畜種混合堆肥の肥料成分・肥効発現パターンに関するデータや栽培データも不足して状況にあります。

このため、本事業では肥料成分・肥効発現量・パターンの異なる畜種別堆肥の簡易・低コスト造粒技術を開発し、作物の養分要求量に合わせた畜種別堆肥造粒物の配合利用による施肥設計法を開発するとともに、作物栽培による実証に取り組みました。

本手引き書では、簡易で低コストな造粒調製法、畜種別造粒物のみを配合利用した施肥設計における作物栽培、作物の養分要求量に合わせた配合利用を簡単に行える「堆肥造粒物配合利用施肥設計システム」の開発、外部の有機営農組織における作物栽培による施肥設計法の検証結果などをとりまとめました。また、その中で、新たに技術開発して得られた知見を 4 つの成果としてとりまとめました。

本手引き書が畜産関係者において堆肥の生産・販売に携わっておられる皆様、行政機関の皆様、さらに堆肥を利用されている耕種農家の皆様方の一助となり、家畜ふん堆肥の一層の利用促進に貢献できれば幸いです。

本報告書の刊行にあたって、事業期間を通じて適切なご指導を頂いた推進委員ならびに関係各位の皆様に厚く御礼を申し上げます。

令和 2 年 3 月

一般財団法人畜産環境整備機構



# 目次

1. 【成果1】 畜種別家畜ふん堆肥の造粒調製技術	1
2. 【成果2】 畜種別堆肥造粒物の配合利用による施肥設計法	3
3. 【成果3】 堆肥造粒物の配合利用施肥設計システムの開発	5
4. 【成果4】 野菜栽培における造粒物の配合利用効果と施肥設計の実証	7
5. 本手引きの目的	9
6. 関係法令とその動向	9
7. 畜種別家畜ふん堆肥の簡易造粒法	10
1) 原料堆肥	10
2) 造粒調製に先だって行う前処理	11
3) 造粒調製の具体的な方法	14
(1) 回分連続折衷方式	14
(2) 連続調製方式	18
(3) 造粒促進材（バインダー）の選定	22
(4) 造粒されない部分の特徴と利活用法について	25
(5) 造粒物を機械散布するときの対策について	27
(6) 造粒調製のコスト試算	30
8. 造粒物を配合利用するときの施肥設計法	32
1) 施肥設計の考え方	32
2) 施肥設計の具体的方法	33
3) 堆肥造粒物の配合利用施肥設計システムの開発	35
9. 野菜栽培における造粒物の配合利用効果の実証	41
1) 有機営農組織の野菜栽培における配合利用効果の実証	41
A. 農事組合法人さんぶ野菜ネットワーク	43
B. 有限会社かごしま有機生産組合	55
C. 株式会社マルタ	66
2) ポット栽培における配合利用による施肥設計の実証	76
(1) ポット栽培による配合利用施肥設計法の実証	76
(2) 造粒物の配合利用による施肥法の改良に関するポット栽培試験	98

## 【成果 1】 畜種別家畜ふん堆肥の造粒調製技術

畜種別の家畜ふん堆肥を簡易に造粒調製する技術として二つの方式（回分連続折衷方式と連続式）を開発しました。それぞれの方式において造粒のための最適条件や造粒率を明らかにするとともに、両方式の製造能力は日量平均（6時間稼働）30kg程度と推定されました。

### 1) 試験内容

畜種別の家畜ふん堆肥について、簡易に造粒調製できる二つの技術を開発しました。一つは「回分連続折衷方式」と名付けた人力で調製する方法、二つは「連続方式」と名付けた自動調製方法です。

#### (1) 回分連続折衷方式

この方法は、市販の電動コンクリートミキサーのみを使用し、簡易に日量30kg程度（稼働時間を6時間と想定した場合）造粒する方法で、どちらかというとなりて人力で行う農家個人向けに開発した方法です（写真1、図1）。

#### (2) 自動連続方式

大規模に造粒調製しようとする組織（例えば堆肥センターとか販売を目的とする生産者向け）で使用することを想定して開発した方法です。造粒物の生産量に応じて規模は異なりますが、ここでは実験用として組み立てたシステムによる造粒調製試験を行いました（写真1）。

### 2) 試験結果

(1) 畜種別家畜ふん堆肥（水分率11~24%）を回分連続折衷方式により造粒した場合、原料堆肥14kgに対して造粒物が11kg（牛ふん）~13kg（豚ふんと鶏ふん）得られました。このときの造粒率は42~60%となりました（表1、表2）。

(2) 一方、畜種別堆肥（水分率18~19%）を連続式により造粒した場合、原料堆肥5kgに対して造粒物が6~10kg得られました。このときの造粒率は73（鶏ふん）~93%（豚ふん）と、回分式連続折衷方式よりも高くなりました。この理由としては、連続式の方が造粒に適した水分条件を長く保持していたためと推察されました（表1,3）。

(3) 造粒能力としては両方式とも日量平均30kg（稼働時間1日6時間と仮定した場合）程度と推定されました。



写真1 家畜ふん堆肥の造粒調製に使用した実験機器と造粒の様子（左2枚：市販のコンクリートミキサーと造粒、右2枚：連続式の実験装置と造粒）



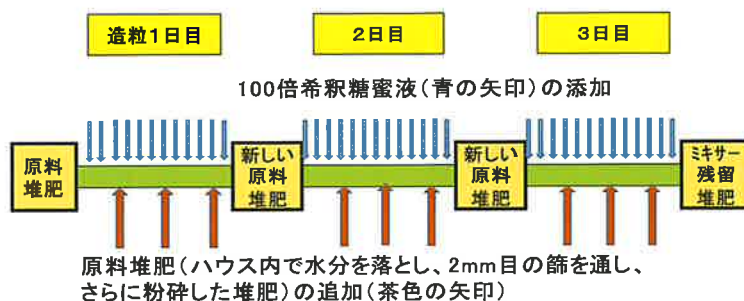


図1 回分連続折衷方式による造粒調製の模式図

表1 畜種別家畜ふん堆肥の造粒調製条件(上段:回分連続折衷方式、下段:連続式)

堆肥	原料堆肥	堆肥の	堆肥の	堆肥の	ふのり液	ふのりの	調製	消費	直後の造	直後の非
	使用量	水分率	追加回数	追加間隔	添加量	添加間隔				
	kg	%	回	分	L	分	分	kwh	kg	kg
牛ふん堆肥	14	11.2	5	20	7.3	1.8	140	0.60	10.6	10.0
豚ふん堆肥	14	24.0	5	20	6.7	1.8	120	0.51	12.9	7.4
鶏ふん堆肥	14	24.3	5	20	6.6	1.8	125	0.53	12.7	7.4

堆肥	原料堆肥	堆肥の	堆肥の	堆肥の	ふのり液	ふのりの	調製	消費	直後の造	直後の非
	使用量	水分率	追加回数	追加間隔	添加量	添加間隔				
	kg	%	回	分	L	分	分	kwh	kg	kg
豚ふん堆肥	5.4	18.5	自動	自動	自動	自動	120	0.39	9.5	0.6
鶏ふん堆肥	5.4	17.5	自動	自動	自動	自動	120	0.39	5.8	0.9

表2 回分連続折衷方式による調製での造粒率

堆肥	造粒率(%)	
	糖蜜液100倍希釈液	ふのり0.5%水溶液
牛ふん堆肥	42	55
豚ふん堆肥	55	59
鶏ふん堆肥	58	60

表3 連続式による調製での造粒率

堆肥	造粒率(%)
	ふのり0.5%水溶液
豚ふん堆肥	93
鶏ふん堆肥	73



写真2 家畜ふん堆肥の造粒物(左:牛ふん造粒、中:豚ふん造粒、右:鶏ふん造粒)

## 【成果 2】 畜種別堆肥造粒物の配合利用による 施肥設計法

造粒物の配合利用において、堆肥の成分全量に肥効率をかけて求めた「化学肥料相当量」をベースにした施肥設計法を提案しました。その設計で野菜栽培を行い、収量、養分吸収量の結果から畜種別造粒物の配合利用による肥料効果及び施肥設計の妥当性が実証されました。

### 1) 試験内容

畜種別の家畜ふん堆肥（牛ふん、豚ふん、鶏ふん）造粒物の肥料成分全量と窒素、リン酸、加里の肥効率を測定しました。

堆肥の成分全量に肥効率をかけた「化学肥料相当量」を基に、ホウレンソウ栽培における造粒物の配合利用による施肥設計法を検討しました（表 1）。

その施肥設計でホウレンソウをポット栽培し、収量、成分濃度と吸収量を調査・分析した結果から造粒物の配合利用による肥料効果と施肥設計の妥当性を判断しました。

### 2) 試験結果

(1) 堆肥の肥料成分全量を分析した結果、牛ふん堆肥は加里が、豚ふん堆肥はリン酸が、鶏ふん堆肥は窒素が最も高く、肥効率は窒素が 24～72%、リン酸が 87～96%、加里が 84～94%でした（表 2）。

(2) 造粒物の配合利用における施肥設計法として、堆肥の成分全量に肥効率をかけた「化学肥料相当量」をベースに、牛ふん堆肥からは加里、豚ふん堆肥からはリン酸、鶏ふん堆肥からは窒素を供給して施肥基準量に合わせる施肥設計法を考案しました（表 3～表 5）。

(3) その施肥設計でホウレンソウをポット栽培し、収量、窒素、リン酸、加里濃度と吸収量を調査・測定しました。その結果、ホウレンソウ収量は化学肥料標準区と同等か、それ以上、窒素、リン酸、加里の吸収量も化学肥料標準区と同等か、それ以上になることが分かりました。これらの結果から、造粒物の配合利用による施肥設計は、ホウレンソウの施肥基準量を満たし、化学肥料と同等の肥料効果を有していること、さらに施肥設計が妥当なことを検証しました。

表 1 ホウレンソウの施肥基準

施肥基準	窒素	リン酸	加里
kg/10a	15	15	15



表2 畜種別堆肥の肥料成分全量と窒素、リン酸、加里の肥効率

造粒の種類	成分全量濃度			推定肥効率		
	窒素	リン酸	加里	窒素	リン酸	加里
	乾物%			%		
きくち牛ふん	2.4	4.2	5.0	31	87	90
シムコ豚ふん	5.1	8.7	3.4	24	96	94
あすなる鶏ふん	6.2	4.8	3.7	72	88	84

表3 畜種別堆肥の化学肥料相当の濃度と係数

造粒の種類	化学肥料相当濃度			化学肥料相当係数		
	窒素	リン酸	加里	窒素	リン酸	加里
	乾物%			%		
きくち牛ふん	0.74	3.65	4.50	0.007	0.037	0.045
シムコ豚ふん	1.22	8.35	3.20	0.012	0.084	0.032
あすなる鶏ふん	4.46	4.22	3.11	0.045	0.042	0.031

注1) 化学肥料相当濃度は成分濃度×肥効率

注2) 化学肥料相当係数は化学肥料相当濃度を100で割った数値

表4 ホウレンソウの施肥基準量を満たす堆肥の必要量

造粒の種類	窒素	リン酸	加里	乾物必要量	水分率	現物必要量
	kg/10a			kg/10a	%	kg/10a
きくち牛ふん			15	333	20	416
シムコ豚ふん		15		179	13	206
あすなる鶏ふん	15			333	10	368

表5 畜種別堆肥からの窒素、リン酸、加里の施肥量

造粒の種類	乾物必要量 kg/10a	施肥量(kg/10a)		
		窒素	リン酸	加里
きくちまんま	333	2	12	15
シムコ豚ふん	179	2	15	6
あすなる鶏ふん	333	15	14	10
成分合計量		20	41	31

窒素、リン酸、加里の吸収量(g/ポット)

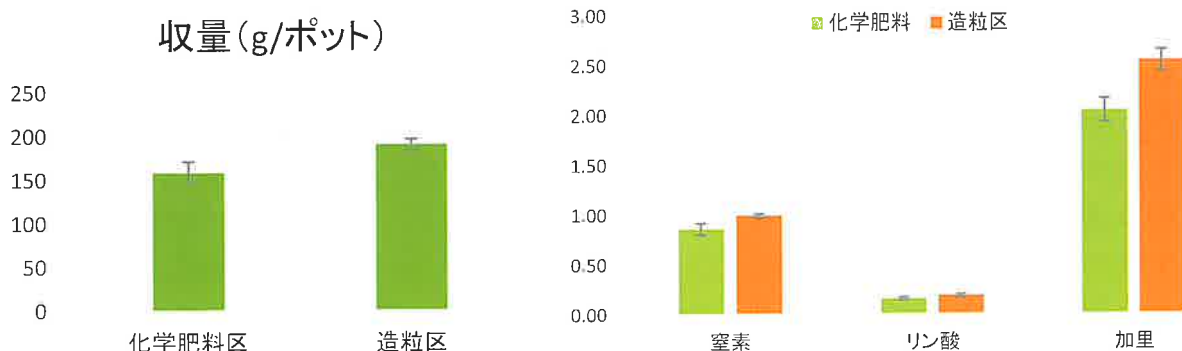


図1 ホウレンソウの収量及び窒素、リン酸、加里の吸収量

## 【成果3】堆肥造粒物の配合利用施肥設計システムの開発

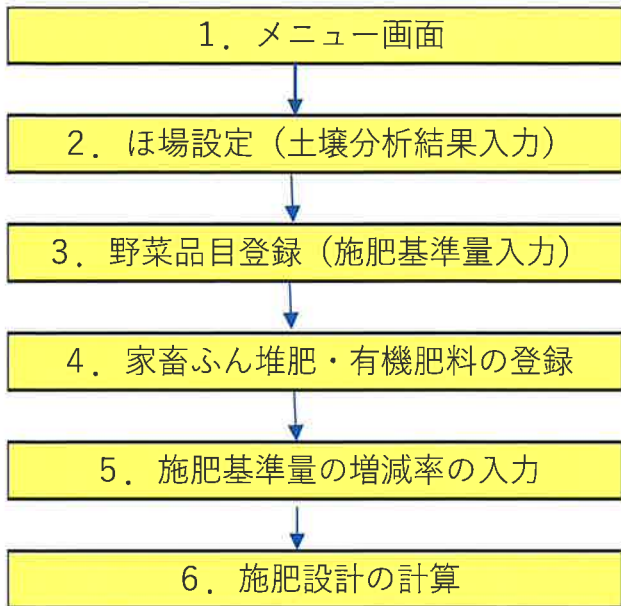
家畜ふん堆肥造粒物の配合利用における施肥設計を簡単に行える「造粒物配合利用施肥設計システム」を開発しました。ほ場（土壌成分）、作物（野菜）、堆肥を登録すると、作物の施肥基準量を満たす施肥設計が可能となるパソコンとスマートフォンの両方で使えるシステムを開発しました。

### 1) 試験内容

先ず家畜ふん堆肥の配合利用による施肥設計を行うために必要な項目を設定し、それらの項目を入力するための処理・操作の流れを決めました。次にこれをもとに、エクセルソフト（2013年版）によるパソコン用のプロトタイプ版を作成しました。その後、プロトタイプ版の改良を重ねて実用版を完成させるとともに、実用版の仕様書に従いスマートフォン用の「造粒物配合利用施肥設計システム」を完成させました。

### 2) 試験結果

- (1) 入力する項目は順に、1. ほ場の設定（土壌分析結果があれば、その入力）、2. 野菜品目の登録（窒素、リン酸、加里成分の施肥基準量の入力）、3. 家畜ふん堆肥あるいは有機肥料等の登録（分析結果を入力）、4. 施肥基準量の増減率の入力、5. 施肥設計の計算（もし計算結果が思わしくないときには施肥設計の画面に戻り、堆肥の種類を変えて再度計算させる）となります（図1）。
- (2) (1) の入力項目と処理・操作の流れに沿って家畜ふん堆肥の配合利用による施肥設計が可能な、「造粒物配合利用施肥設計システム」（パソコン用とスマートフォン用）を作成しました。これらのシステムは畜産環境研究所のホームページから無償でダウンロードできますので、誰もが利用でき、家畜ふん堆肥の利用拡大に役立ちます（図2，図3）。
- (3) 本「造粒物配合施肥設計システム」は造粒物の配合利用による施肥設計のために開発されましたが、造粒してない通常の家畜ふん堆肥を使用する場合の施肥設計にも使えます。また、最大3つの堆肥の配合利用が可能ですが、作物（野菜品目）の施肥基準量次第では2つの堆肥の配合で、極端な場合には1つの堆肥で施肥基準量を満たす事例にも対応できます。さらに、窒素肥料としての有機肥料も登録すると、家畜ふん堆肥と配合利用された施肥設計も可能ですので、有機農業はじめ幅広い利用者に対応できるシステムといえます。



「堆肥造粒物の混合利用施肥設計システム」

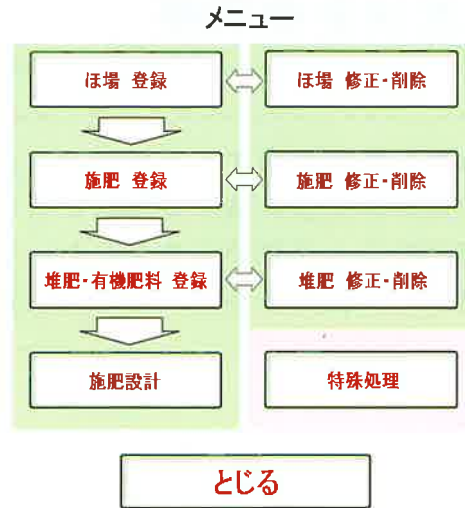


図1 施肥設計システムの処理の流れ

図2 施肥設計システムのエクセル版のメニュー画面



施肥計算結果

那須ユ一キ  
堆肥施肥容量(現物) **1109.15** kg/10a

窒素	リン酸	カリ
4.71	39.87	25.16

きくち・まんま  
堆肥施肥容量(現物) **461.66** kg/10a

窒素	リン酸	カリ
1.40	6.57	8.52

油がす  
堆肥施肥容量(現物) **724.90** kg/10a

窒素	リン酸	カリ
48.88	13.57	16.32

過不足分

窒素	リン酸	カリ
0.00	-0.00	-0.00

ほ場      作物      堆肥      設計

図3 「造粒物配合利用施肥設計システム」のスマートフォン版の画面  
(左：トップ画面、右：施肥設計結果の画面)

## 【成果 4】 野菜栽培における造粒物の配合利用効果と施肥設計の実証

造粒物を配合利用する施肥設計により施肥した野菜 7 品目の栽培試験結果から、配合利用の施肥設計法が妥当なこと、本施肥設計法は葉菜類にも果菜・根菜類にも対応可能なことが認められました。したがって、家畜ふん堆肥の造粒物の配合利用は有機栽培における施肥法として有効です。

### 1) 試験内容

家畜ふん堆肥の造粒物を配合利用して、平成 30 年と 31 年の 2 年間野菜 7 品目を栽培しました。栽培は 3ヶ所の有機営農組織（かごしま有機生産組合、さんぶ野菜ネットワーク、株式会社マルタ：試験地は八ヶ岳ナチュラファーム）に委託しました。試験区は無肥料区、慣行区、造粒区とし、慣行区は当該の営農組織で行っている慣行法で施肥する区で、造粒区は平成 30 年が 3つの畜種のふんを混合して作成した堆肥の造粒物、31 年が畜種別に調製した 3つの造粒物を配合施肥する区としました。

収穫した野菜の収量、成分の濃度と吸収量を調査・分析して肥料効果と施肥設計の妥当性について判断しました。試験結果は紙面の都合上、ミニハクサイ（葉菜類）とダイコン（根菜類）のみ示しました。

### 2) 試験結果

- (1) 表 1 に示した施肥設計で栽培した造粒区のミニハクサイの収量は慣行区と同等か、それ以上の結果でした。また、窒素、リン酸、加里の吸収量を測定したところ、加里の吸収量は明らかに造粒区が優っており、窒素とリン酸は慣行区と同等の吸収量となりました（写真 1、図 1）。
- (2) 表 2 に示した施肥設計で栽培した造粒区のピーマンの全収量は慣行区と同等でした。また、造粒区の時期別の収量は収穫後期まで慣行区とほぼ同じように推移しており、後期まで肥効が継続していることが認められました（写真 2、図 2）。
- (3) 造粒物の配合利用により施肥した野菜栽培において、栽培跡土への特定成分の蓄積はほとんどの品目で認められませんでした。

表 1 ミニハクサイの施肥設計

ミニハクサイ	施肥基準量	窒素	リン酸	加里	造粒物 現物施用量 kg/10a
		kg/10a	kg/10a	kg/10a	
		7	7	7	
造粒区	3畜種混合 ゆうきくん	7.3	53	49	1,000
慣行区	有機肥料、ようりん、パームカリ、有機石灰、豚ふん堆肥				



写真1 収穫したミニハクサイ (左：無肥料区、中：慣行区、右：造粒区)

ミニハクサイの全新鮮重 (kg/m<sup>2</sup>)

ミニハクサイの養分吸収量 (g/m<sup>2</sup>)



図1 ミニハクサイの収量 (左) と窒素、リン酸、カリの吸収量の結果

表2 ピーマンの施肥設計

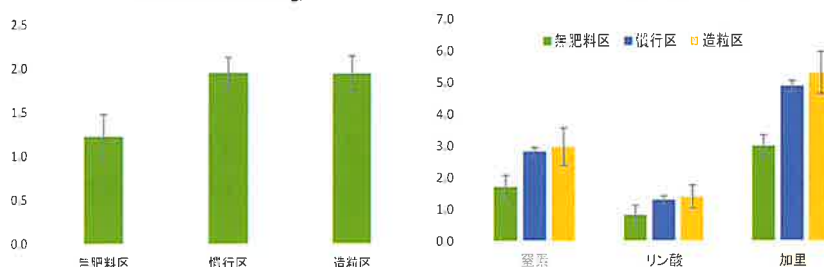
ピーマン	施肥基準量	窒素	リン酸	加里	造粒物 現物施用量 kg/10a
		kg/10a	kg/10a	kg/10a	
		20	15	20	
造粒区	牛ふん造粒	4	22	26	868
	豚ふん造粒	5	35	25	950
	鶏ふん造粒	7	32	31	616
	合計	16	89	82	-
慣行区	慣行の施肥(菜種油かす等)				



写真2 収穫したピーマン (上：無肥料区、中：慣行区、下：造粒区)

ピーマンの全新鮮重 (kg/m<sup>2</sup>)

ピーマンの養分吸収量 (g/m<sup>2</sup>)



ピーマンの時期別収穫重 (g/m<sup>2</sup>)

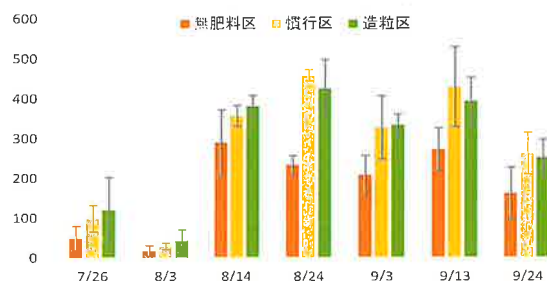


図2 ピーマンの全収量、時期別収量、養分吸収量の結果



## 5. 本手引きの目的

本手引き書では、簡易で低コストな造粒調製法、畜種別造粒物のみを配合利用した施肥設計法の開発、作物の養分要求量に合わせて造粒物の配合利用を簡単に行える「堆肥造粒物配合利用施肥設計システム」の開発、有機営農組織における作物栽培による配合利用の効果及び施肥設計法の検証結果などをとりまとめました。また、その中で、新たに技術開発して得られた知見を4つの成果としてとりまとめました。

欧米諸外国の有機食品の市場規模は年々増大しているのに比べわが国の有機・エコ農業への取り組みが停滞している現状に鑑み、農林水産省は生産サイドに対する「技術的支援（生産現場に対する技術や人材育成に関する支援）」を行うとともに、消費者ニーズに応えうる「生産供給拠点の構築」を推進するとしています。2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピック大会の開催基本計画において「持続可能で環境に優しい食料を使用する取り組みを実行する」ことが明記されており、有機・エコ農業を推進・展開する上で大きな推進力となっています。

本手引き書が畜産関係者において堆肥の生産・販売に携わっておられる皆様、行政機関の皆様、さらに堆肥を利用されている耕種農家の皆様方の一助となり、家畜ふん堆肥の一層の利用促進や有機農業の拡大・推進に貢献できれば幸いです。

本報告書の刊行にあたって、事業期間を通じて適切にご指導を頂いた推進委員ならびに関係各位の皆様に厚く御礼を申し上げます。

## 6. 関係法令とその動向

平成27年4月には畜産業を取り巻く情勢の変化を踏まえ、新たな「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」が策定され、家畜排せつ物の利用の促進における技術の向上に関して、堆肥の成型化等による広域的利用を図るための取り組みが求められています。また農林水産省では、化学肥料に依存しない環境保全型農業を推進するための支援事業を強化する方針も打ち出されています。さらに畜産業においては、堆肥の利用拡大のための技術開発が求められています。家畜ふん堆肥の広域流通には成型化が有効ですが、機械及び製造コストが高いという課題を抱えており、簡易な造粒技術が求められてきました。

平成24年9月に肥料取締法が改正され、特殊肥料である堆肥と普通肥料の混用の規制が解除されて新しい肥料「混合堆肥複合肥料」の製造・販売が可能となりました。この混合堆肥複合肥料には堆肥施用による土壌の地力維持と普通肥料による施肥作業が一度にできることから、農業者の高年齢化に伴う施肥作業の軽減化に役立つことが期待されています。

また、令和元年10月の肥料取締法の改正では化学肥料と堆肥を混合した混合堆肥が届出のみで生産できるようになり、堆肥を活用した新肥料の開発利用が見込め、混合堆肥複合肥料の銘柄が増える可能性が高い状況にあります。令和元年5月に出席された規制改革推進会議の「肥料取締法の改革に関する意見」の中では、「家畜排せつ物として最も活用が期待される牛ふん由来の堆肥については、未だ混合が極めて限定的である」と記載されており、牛ふん堆肥の活用を促進する必要があります。

さらに、近々、肥料取締法そのものの見直しが計画されており、家畜ふん堆肥をめぐる行政側の動向に注視しておく必要があります。

## 7. 畜種別家畜ふん堆肥の簡易造粒法



### ポイント

畜種別の家畜ふん堆肥について、簡便に造粒調製する方法を開発しましたので、調製コストも併せて以下に紹介します。

### 1) 原料堆肥



### ポイント

好気的な発酵処理を経た家畜ふん堆肥を使用しましょう。副資材の少ない、あるいは含まない堆肥が造粒調製のための前処理の負担は少なくなります。

- (1) 原料堆肥は所定の温度に達して一定期間その温度を保持し、しっかりと好気的な発酵処理を経た堆肥を使いましょう。
- (2) 本試験では畜種別の3つの堆肥9点を準備しました。堆肥を造粒するには次に述べるように、造粒に支障を来すような夾雑物は事前に取り除く必要がありますので、副資材の少ない、あるいは含まない堆肥の方が前処理の負担は少なくなります。

牛ふん堆肥

豚ふん堆肥

鶏ふん堆肥



写真 7-1 造粒に使用した畜種別の家畜ふん堆肥の例

- (3) 造粒に適した原料堆肥の水分について

原料堆肥の水分率が造粒率にどう影響するかを検討しました。その結果を図 7-1 に示しましたが、20~23%が造粒に最適な原料堆肥の水分率と分かりました。し

たがって原料堆肥の水分調整については、この水分率を目途にすると良いでしょう。この水分率は、「乾いた状態で湿り気は全く感じられず、細かい粒子は粉塵として飛散する」状態と置いていただければ良いでしょう。

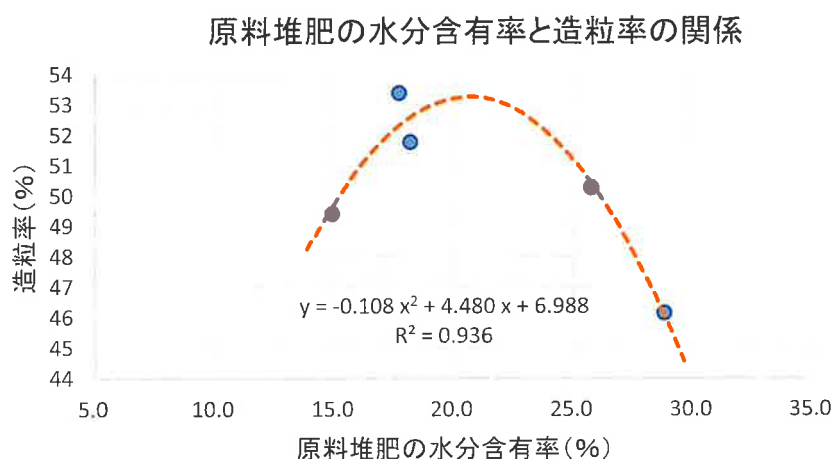


図 7-1 原料堆肥の水分含有率が造粒率に及ぼす影響  
(3 畜種混合堆肥：ゆうきくん、糖蜜 100 倍希釈液使用)  
注) 各点は 3~4 回の結果の平均値

## 2) 造粒調製に先だって行う前処理



### ポイント

造粒に支障を来す要因はできるだけ事前に排除しましょう。そのためには、乾燥、篩かけ、粉砕などの事前処理が必要です。

- (1) 一般に家畜ふん堆肥には水分調節用の副資材としておがくず、バーク、チップ、剪定チップなどの木質系資材やイナワラ、ムギワラなどのわら類やモミガラなどの植物残渣、ときにはビニール片などの異物、さらに堆肥そのものの大きな塊が含まれていることが多いです。これらの混在物は造粒に支障となるため事前に除去しておく必要があります。前処理としては、一般に乾燥 (写真 7-2)、篩かけ (写真 7-4)、粉砕 (写真 7-3) が必要となります。



写真 7-2 ハウス内での堆肥の天日乾燥



写真 7-3 ハンマークラッシャー粉碎器（1時間に10kg程度粉碎可能）

（2）混在物の除去には篩が有効ですが、目の大きさは2～5mmがおすすめです。篩で取り除いた夾雑物の一例を写真7-4、7-5に示しました。



写真 7-4 篩による夾雑物の分別（2～5mm目の篩）





写真 7-5 堆肥から篩で分別した夾雑物

(3) さらに粉砕機を利用して堆肥を細かくしておくと、造粒率（原料堆肥が造粒となる割合）は確実に上がります。ただ、粉砕機にかけるためには、堆肥の水分を下げることが効率を上げる条件となります。ただ堆肥の水分を下げすぎると粉砕時に細かい粒子が埃となるため、堆肥の水分は 20～23%位が適しています。

粉砕機の一例として、私たちが使用したのはハンマークラッシャー型の粉砕機です。1時間に 10kg 程度の粉砕が可能で、水分の適応性が広く、篩の目のサイズも豊富ですので、目的に応じた粉砕物が得られやすい特徴を有しています。粉砕後の畜種別の原料堆肥の様子を写真 7-6 にしました。



写真 7-6 畜種別堆肥の粉碎物の一例



### 3) 造粒調製の具体的な方法



#### ポイント

造粒調製方法としていろいろな方法がありますが、本事業では簡便に、しかも日量 30kg 程度の造粒方式の開発を目指しました。主に検討した方法は、1) 回分連続折衷方式、2) 連続方式の2方式です。1) 回分連続折衷方式は市販の電動コンクリートミキサーのみを使用した、簡易に造粒する方法で、農家個人向けです。2) 連続式はミキサー、堆肥供給装置、バインダー供給装置、水分制御装置などを組み立てて自動で造粒する方法で、堆肥センターとか大量に生産・販売を目指す業者向けです。これらの方法について、a) 堆肥使用量、b) 結着剤の使用量、c) 調製時間、d) 電力消費量、e) 造粒重、f) 造粒できない部分の重量などについて調査を行い、まとめました。

#### (1) 回分連続折衷方式

この方法は、市販の電動コンクリートミキサーのみを使用し、簡易に日量 30kg 程度（稼働時間を6時間と想定した場合）造粒する方法で、どちらかというとなりで行う農家個人向けに開発した方法です。

##### ① 使用する機械

使用する機械としては写真に示した、市販品の電動式コンクリートミキサーです。市販品なのでドラム容量が150Lクラスでも3万円くらいで入手できますが、自分で組み立てる必要があります。本事業で使用したミキサーの諸元を表7-1に示しました。



写真 7-7 造粒試験に供した市販品の電動式コンクリートミキサー

表 7-1 上記ミキサーの諸元

名称	コンクリートミキサー	回転数	28～34/min
型式	AMZ-50Y	ドラム口径	350mm
電源	単相100V 50/60Hz	ドラム内径	500φ
消費電力	450W S6 30%	ドラム回転角度	360度
ドラム容量	120L	サイズ	幅70×奥118×高120mm
練り量	約50L(コンクリート)	重量	約38kg

注) (株)アルミスの取扱説明書より抜粋

## ② 造粒の方法

造粒方法について操作順に箇条書きしました。図 7-2 に操作の模式図とできた造粒の重さと水分率のイメージを、また実際の操作の様子を写真 7-8 に示しましたので、参照して下さい。

- ①開始時に原料堆肥 4kg (水分率は 20～23%) をミキサーのドラムに入れる。
- ②回転しながら直ちにバインダー液 (糖蜜 100 倍希釈液とふのり 0.5%水溶液) 100ml を加える。
- ③バインダー液を加えてまもなく造粒が出来始めるので、それを金網ですくい取り出す。
- ④約 2 分間隔でバインダー液を加えて生成した造粒物を金網ですくい取る作業を繰り返す。
- ⑤この作業を繰り返していると堆肥の水分が上昇してくるので造粒の出来が緩慢になり、しかも大粒となりやすいので、このときを見計らって原料堆肥 2kg を加えて水分を下げるとともに造粒の生成を回復させる。堆肥の補給間隔は 18～20 分とする。
- ⑥ 1 日目の造粒物調製が終了した時点で造粒できない堆肥をドラムから取り出す。
- ⑦以上の作業を数日繰り返す。

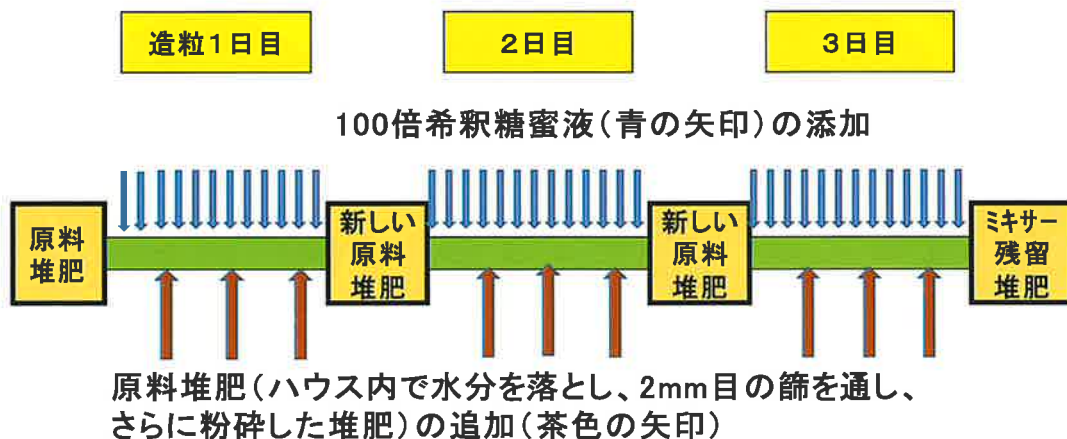


図 7-2-1 回分連続折衷方式による造粒調製方法の模式図

造粒重kgとその水分率%

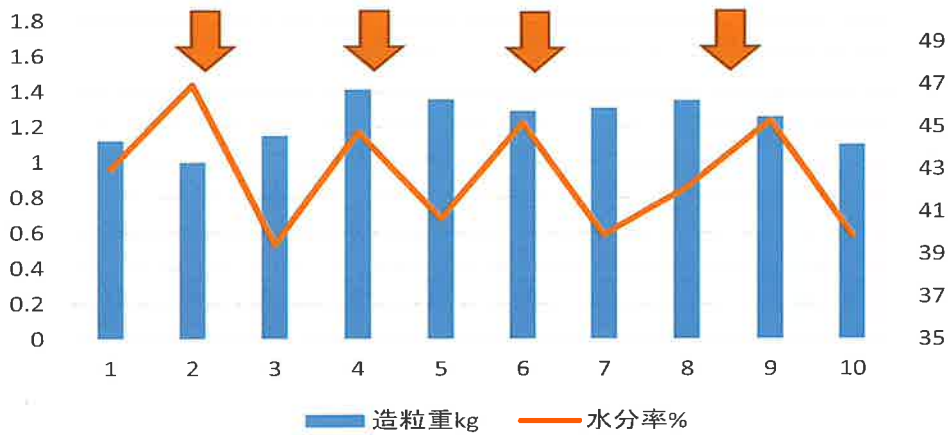


図 7-2-2 回分連続折衷方式による造粒のでき方のイメージ



1. 原料堆肥の投入、追加は 20 分後      2. バインダー添加、添加間隔は 2 分ごと



3. 造粒調製      4. 造粒のすくい取り（バインダー添加後 1～2 分後）  
写真 7-8      回分連続折衷方式による造粒調製の様子

### ③ 造粒結果

畜種別堆肥の造粒調製条件を表 7-2、7-3 に、造粒率の結果を表 7-4 に示しました。糖蜜を用いた造粒調製では、平均値で見ると、供試堆肥 13～19kg に対して 9kg（牛ふん堆肥）～16kg（豚ふん堆肥）の造粒が得られ、堆肥間でかなりの差が見られました。造粒率の平均値は牛ふん堆肥が 42%、豚ふん堆肥が 55%、鶏ふん堆肥が 58%となりました。一方、ふのりを用いた造粒調製では、平均値で見ると、供試堆肥 14kg に対して 11kg（牛ふん堆肥）～13kg（豚ふん堆肥）の造粒が得られ、堆肥間の傾向は糖蜜と同じでした。造粒率の平均値は牛ふん堆肥が 55%、豚ふん堆肥が 59%、鶏ふん堆肥が 60%となりました。

表 7-2 回分連続折衷方式による造粒調製における造粒条件（糖蜜の例）

堆肥名	原料堆肥 使用量	堆肥の 水分率	堆肥の 追加回数	堆肥の 追加間隔	糖蜜液 添加量	糖蜜液の 添加間隔	調製 時間	消費 電気料	直後の造 粒重量	直後の非 造粒重量
	kg	%	回	分	L	分	分	kwh	kg	kg
牛ふん堆肥	12~14	31~32	4~5	20~20	5.6~6.1	2.0~2.0	115~125	0.50~0.52	8.1~9.3	9.3~10.1
	13	31	4.7	20	5.9	2	120	0.51	8.8	9.7
豚ふん堆肥	14~22	24~28	5~9	19~20	6.5~10.5	1.9~2.0	125~210	0.54~0.92	10~20.4	10.2~16.5
	19	25	7.6	19	9	1.9	181	0.78	15.8	12.2
鶏ふん堆肥	13~22	13~37	5~9	8~21	4.0~11.0	1.3~2.3	95~220	0.41~0.97	6.9~16.7	8.6~17.6
	17	21	6.8	17	8.4	1.8	148	0.64	13.6	12.3

注1) 堆肥の使用量は造粒開始時に4.0kg、追加時は2.0kgとした。

注2) 上段は最小値~最大値、下段は平均値として表示した。

表 7-3 回分連続折衷方式による造粒調製における造粒条件（ふのりの例）

堆肥	原料堆肥 使用量	堆肥の 水分率	堆肥の 追加回数	堆肥の 追加間隔	ふのり液 添加量	ふのりの 添加間隔	調製 時間	消費 電気量	直後の造 粒重量	直後の非 造粒重量
	kg	%	回	分	L	分	分	kwh	kg	kg
牛ふん堆肥	14	11.2	5	20	7.3	1.8	140	0.60	10.6	10.0
豚ふん堆肥	14	24.0	5	20	6.7	1.8	120	0.51	12.9	7.4
鶏ふん堆肥	14	24.3	5	20	6.6	1.8	125	0.53	12.7	7.4

表 7-4 回分連続折衷方式による造粒率

堆肥	造粒率(%)	
	糖蜜液100倍希釈液	ふのり0.5%水溶液
牛ふん堆肥	<b>42(41~44)</b>	<b>55(54~56)</b>
豚ふん堆肥	<b>55(46~74)</b>	<b>59(59~59)</b>
鶏ふん堆肥	<b>58(49~68)</b>	<b>60(59~61)</b>

上記と同じ条件で造粒調製を継続し、稼働時間を1日6時間と仮定すると、造粒できる重量は牛ふんが26kg（糖蜜）~27kg（ふのり）、豚ふんが約32kg（糖蜜）~39kg、鶏ふんが33kg（糖蜜）~約37kg（ふのり）と想定されました。

また、供試した堆肥の中で、どのような堆肥の造粒率が高くなるかをみると、数少ない事例の結果ながら副資材を含む堆肥の方が造粒率は高くなる傾向が認められました。

表 7-5 回分連続折衷方式による畜種別堆肥の造粒率

堆肥	造粒率(%)		備考 副資材
	糖蜜	ふのり	
かごしま牛ふん	42	55	◎
きくち牛ふん	-	40	○
かごしま豚ふん	55	59	◎
シムコ豚ふん	33	51	×
かごしま鶏ふん	58	60	◎
あすなる鶏ふん	25	37	×

注) 副資材の量: ◎: 多い、○: 中、×: なし



#### ④ 造粒物の特徴

ア. 造粒物の粒径分布を調べました。その結果を図 7-3 に示しました。粒径分布は 4~8mm と 10~16mm の粒径画分にピークが認められ、10mm 以下の粒径画分は牛ふん造粒が最も高いでした。

イ. 肥料の効き方に係わる要因と考えて造粒物の水中での崩壊時間を測定しました。その結果を図 7-4 に示しました。造粒物の水中での崩壊時間は鶏ふん造粒が最も短く、牛ふん造粒が最も長く、豚ふん造粒はその中間でした。

ウ. 造粒物の機械散布や広域利用に係わる要因と考えて畜種別の造粒物の硬度を測定しました。その結果を図 7-5 に示しました。サイズは 8~10mm の造粒物を用いました。造粒物の硬度は鶏ふんが最も高く、牛ふんが最も低く、豚ふんはその中間でした。

回分連続折衷方式造粒の粒径分布(ふのり)

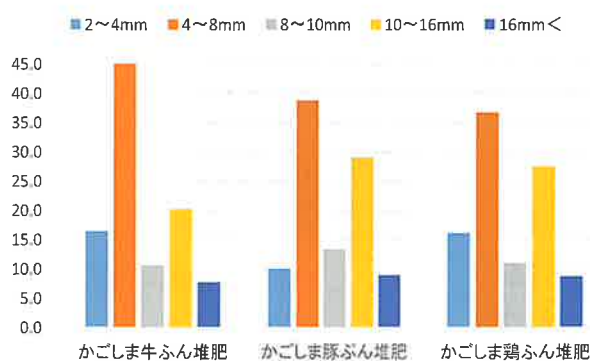


図 7-3 畜種別造粒物の粒径分布

畜種別造粒の水中崩壊時間(秒)

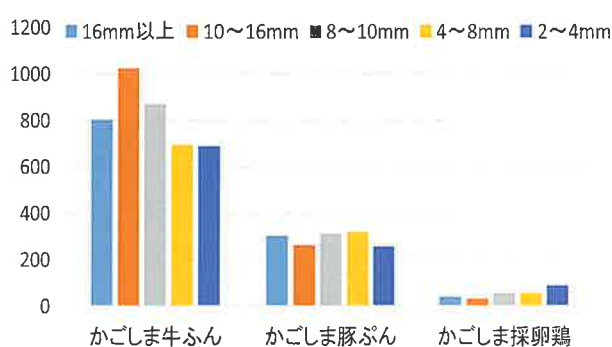


図 7-4 畜種別造粒物の水中崩壊時間

畜種別造粒の硬度

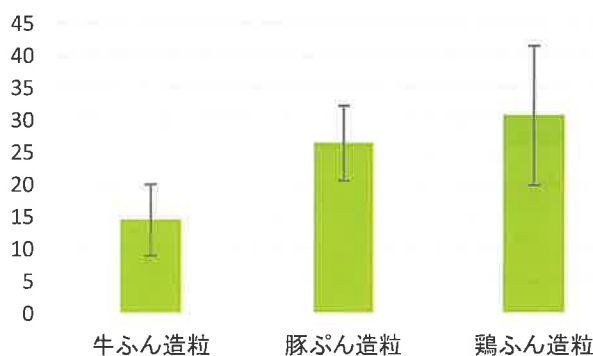


図 7-5 回分連続折衷方式で調製した造粒物の硬度 (サイズ: 8~10mm)

#### (2) 連続調製方式

大規模に造粒調製しようとする組織 (例えば堆肥センターとか販売を目的とする生産者向け) で使用することを目的として開発した方法です。造粒物の生産量に応じて規模は異なりますが、ここでは実験用として組み立てたシステムによる造粒調製試験の結果について紹介します。



## ① 連続調製方式で使用する機器

写真 7-9 に示した実験用システムで造粒調製の試験を行いました。このシステムは造粒調製ミキサー、堆肥供給部（電磁フィーダー）、バインダー供給部（供給ポンプ+コントローラー）、水分制御部（水分センサー）、造粒振分排出部から構成されています。



写真 7-9 連続式造粒物調製システムにおける機器

## ② 造粒の方法

造粒方法について操作順に箇条書きしました。実際の操作の様子を写真 7-10 に示しましたので、参照して下さい。

- ア. 開始時に原料堆肥 4kg（水分率は 20～23%）をミキサーのドラムに入れる。
- イ. 回転しながら直ちにバインダー液（糖蜜 100 倍希釈液とふのり 0.5%水溶液）を自動供給する。水分を 40%程度に低く設定すると主に小粒径の造粒が、50%程度に高く設定すると大粒径の造粒ができてくるので、造粒の様子を注意深く

観察しながら水分と堆肥の自動供給を調節する。

ウ. 造粒が安定して出来る状態になったら、ドラムを傾けて造粒が自動的に排出させる。

エ. 以後、定常状態を維持しながら、原料堆肥とバインダーを適宜補給して造粒調製を継続する。



写真 7-10 連続方式による造粒調製の様子

### ③ 造粒結果

連続式の造粒調製条件を表 7-6 に、造粒率の結果を表 7-7 に示しました。供試堆肥 5.4kg に対して 5.8~9.5kg の造粒が得られ、造粒率は豚ふん堆肥が 93%、鶏ふん堆肥が 73%と回分連続折衷方式よりもかなり高い結果が得られました。この理由としては、連続式の方が、より造粒に最適な水分条件が維持されつつ堆肥とバインダーがドラム内で長時間接触した結果と推察されました。

表 7-6 連続式による造粒調製の造粒条件

堆肥	原料堆肥 使用量	堆肥の 水分率	堆肥の 追加回数	堆肥の 追加間隔	ふのり液 添加量	ふのりの 添加間隔	調製 時間	消費 電気量	直後の造 粒重量	直後の非 造粒重量
	kg	%	回	分	L	分	分	kwh	kg	kg
豚ふん堆肥	5.4	18.5	自動	自動	自動	自動	120	0.39	9.5	0.6
鶏ふん堆肥	5.4	17.5	自動	自動	自動	自動	120	0.39	5.8	0.9

表 7-7 連続式で調製した造粒の造粒率（ふのり）

堆肥	造粒率(%)
	ふのり0.5%水溶液
豚ふん堆肥	93
鶏ふん堆肥	73

上記の条件で造粒調製を継続し、稼働時間を1日6時間と仮定すると、造粒できる重量は豚ふんが約29kg、鶏ふんが約18kgと想定されました。

④ 造粒の特徴

回分連続折衷方式により調製した造粒と比べて、連続式で調製した造粒物の粒径分布は細粒画分が多く、硬度が高い特徴がみられました（図7-6、図7-8）。

水中での崩壊時間は回分連続折衷方式で調製した造粒よりもかなり長い時間を要する結果となりました。この理由としては、連続式の造粒は回分連続折衷方式のそれよりかなり堅いので、造粒への水の浸透に時間がかかったためと推察されました（図7-7）。

連続式造粒の粒径分布%(ふのり)

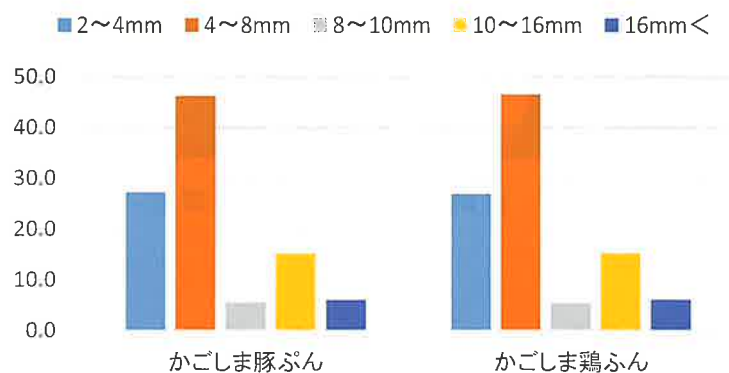


図 7-6 連続式で調製した造粒物の粒径分布

連続式造粒の水中崩壊時間(秒)

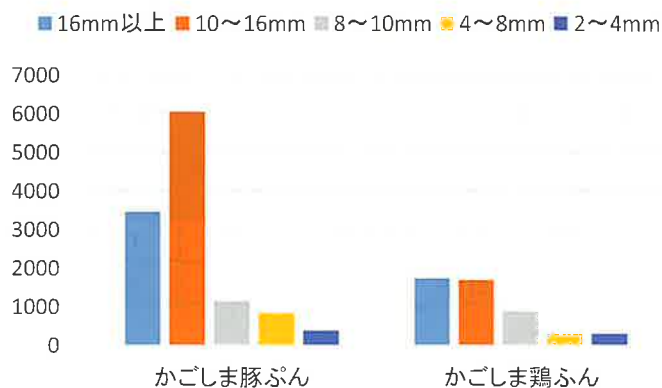


図 7-7 連続式で調製した造粒物の水中崩壊時間

## 調製法の異なる造粒の硬度

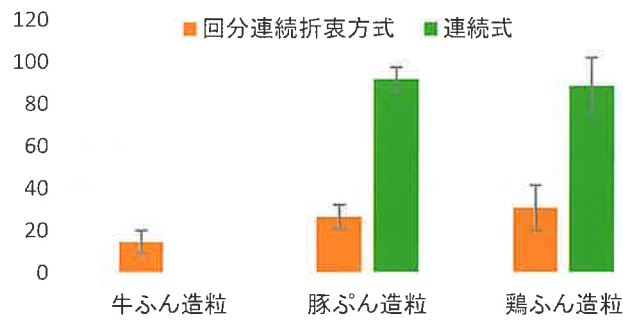


図 7-8 調製法の異なる造粒の硬度 (サイズ：8～10mm)

### (3) 造粒促進材 (バインダー) の選定



#### ポイント

畜種別堆肥を造粒調製する時に使用する造粒促進材 (バインダー) にはいろいろな資材があります。使用条件、価格、造粒率を考慮して、目的にあったバインダーを選択しましょう。とくに購入価格と造粒率は、後述します造粒コストに及ぼす影響が大きいので、選択時には十分留意しましょう。

#### ① 造粒促進材 (バインダー) の種類について

バインダー (造粒促進材) は「造粒時に原料粉粒体の凝集を促進させ、粒状化速度を上げ、収率の向上、造粒した粒子の物性 (強度、表面形態、耐崩壊性など) を改善する物質である。備える必要のある機能は、①一定の粘着力、②大きな表面張力、③乾燥後の固架橋の強度が高い、④廉価、⑤肥料に混入しても作物に害を与えない、⑥合成有機系のものは生分解性を有する」(生物科学研究所) とされています。肥料造粒によく使用される造粒促進材の一覧を表 7-8 に示しました。

表 7-8 肥料造粒によく使用される造粒促進材

種類	品名	使用状態	目的	使用量
無機系	ベントナイト	固体、液体	増粘、増量	5～20%
天然有機系	廃糖蜜	液体	増粘	3～10%
	リグニンスルホン酸塩	液体	増粘	1～3%
	でん粉	液体、固体	増粘	1.5～3%
	コンニャク飛粉	固体、液体	増粘、増量	5～10%
	アルギン酸ナトリウム	液体	増粘	1～3%
合成有機系	CMC(カルボキシメチルセルロース)	液体	増粘	1～3%
	PVA(ポリビニルアルコール)	液体	増粘	1～3%
	PAM(ポリアクリルアミド)	液体	増粘	1～3%

注) 肥料加工学、生物科学研究所より転写



② 使用したバインダーの種類、濃度、使用量について

本事業の回分式による造粒試験では表 7-8 を参考に、下表に示す種類、濃度、使用量の条件で行いました。

表 7-9 回分式の造粒試験で使用したバインダーの種類、濃度、使用量について

バインダーの種類	使用濃度	使用量
リグノスルホン酸 ナトリウム(リグニン系)	1%水溶液	100~300ml
アルギン酸ナトリウム (海藻由来)	1%水溶液 1.5%水溶液	100~300ml
糖蜜 糖蜜	100倍希釈液 300倍希釈液	150~300ml

注)使用量は堆肥2kgに対する値

③ バインダーの種類が造粒率に及ぼす影響

回分式の調製方法でバインダーの種類を変えて畜種別堆肥を造粒したときの造粒率の結果を図 7-9-1~7-9-4 に示しました。

畜種別の造粒率(2mm以上)では豚ふん堆肥が最も高く、鶏ふん堆肥が続き、牛ふん堆肥が最も低いでした。牛ふん堆肥では単一のバインダーによる造粒効果は低いでしたが、2種類の本インダーを組み合わせることで造粒率は高まりました。豚ふん堆肥は糖蜜による造粒効果が高く、2種類を組み合わせても造粒率は高まりませんでした。鶏ふん堆肥ではアルギン系バインダーによる造粒効果が最も高く、糖蜜が続きました。造粒率を高めるバインダーの種類は畜種によって異なっていました(図 7-9-17-9-4)。

牛ふん堆肥:昔のこやし

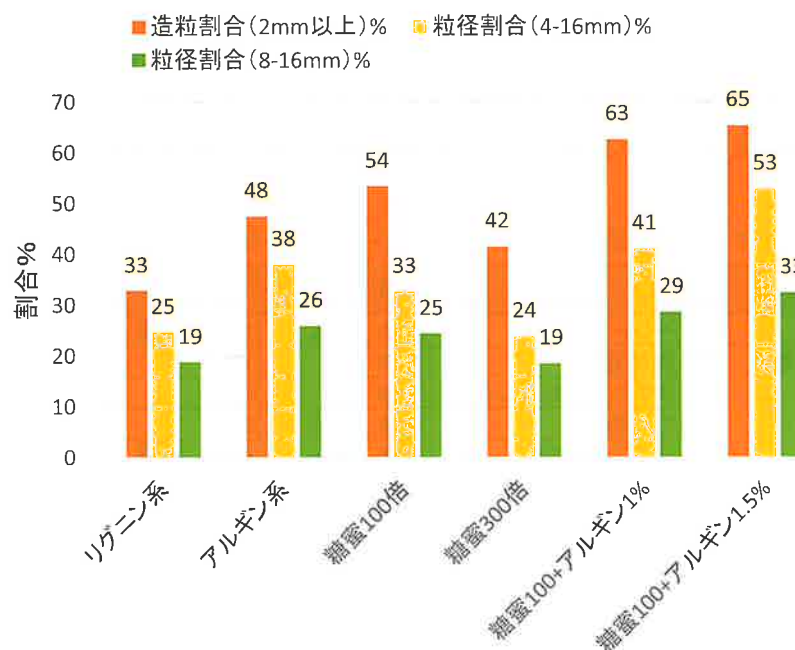


図 7-9-1 異なるバインダーで調製した牛ふん堆肥の造粒率



### 牛ふん堆肥: きくち・まんま

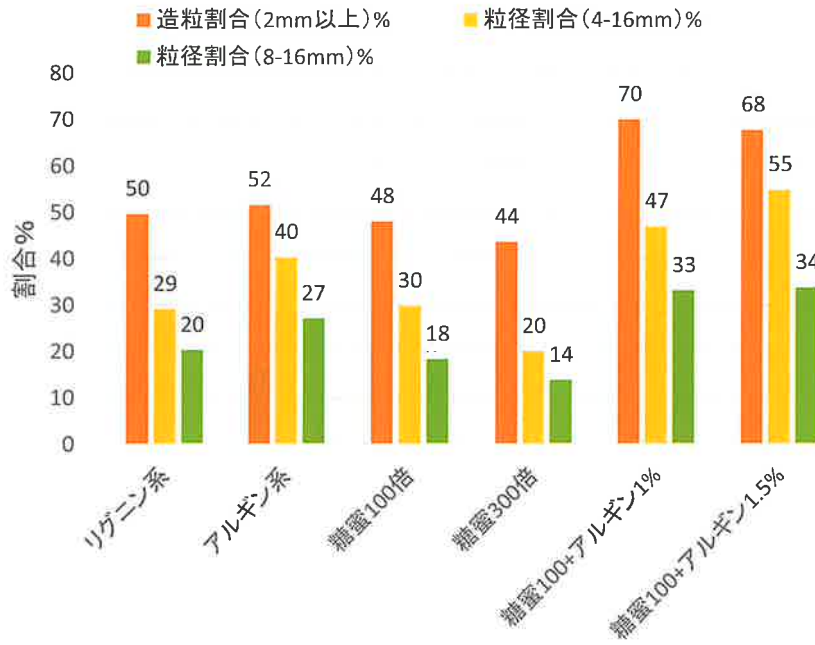


図 7-9-2 異なるバインダーで調製した牛ふん堆肥の造粒率

### 豚ふん堆肥: 神戸みどり

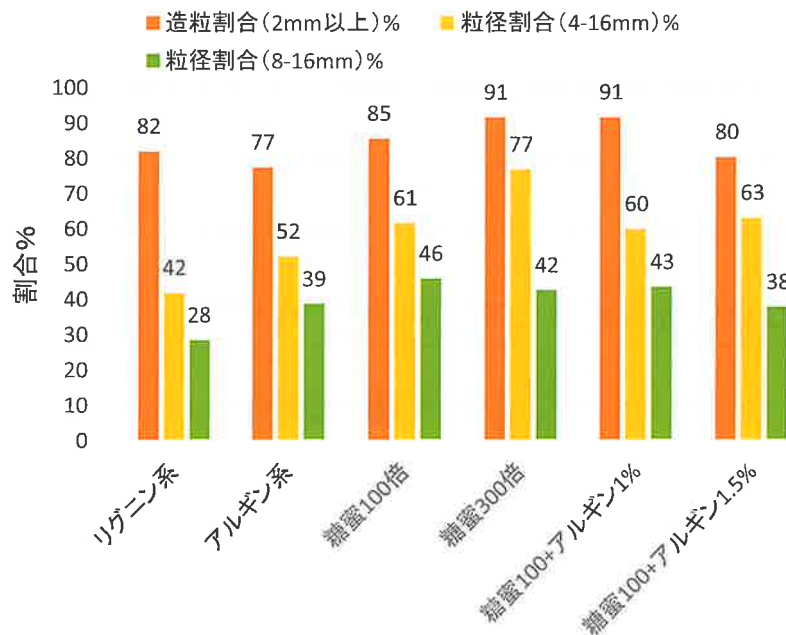


図 7-9-3 異なるバインダーで調製した豚ふん堆肥の造粒率

## 採卵鶏ふん堆肥：那須ユーク

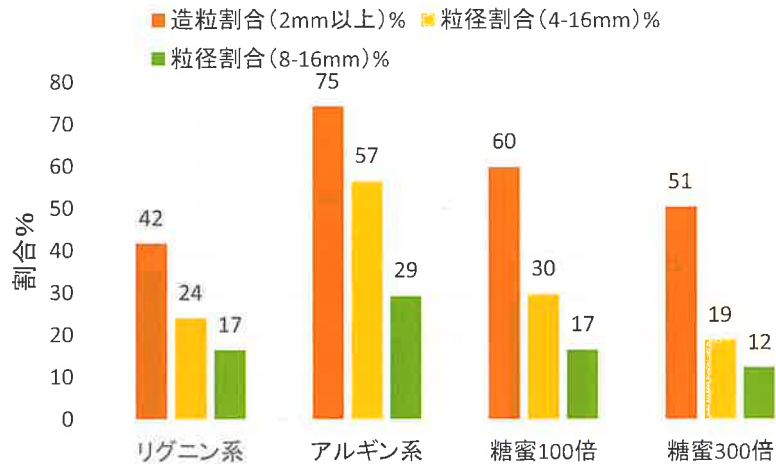


図 7-9-4 異なるバインダーで調製した鶏ふん堆肥の造粒率

### ④ 有機栽培用の造粒調製で使用したバインダーについて

後述の、9. 野菜栽培における造粒物の配合利用効果実証、1) 有機営農組織における配合利用効果の実証に使用する造粒物は、有機農業で使える資材であることとの制約があるため、バインダーとしては天然有機系の「糖蜜」と「ふのり」を用いることとしました。これらの有機系資材は価格が廉価でないため、これらを使用した造粒物のコストは高くなることが避けられませんでした（後述の調製コストの項目を参照のこと）。

特殊肥料として造粒物を調製する場合には、これらの制約条件がかからないため、表 7-8 に示しましたバインダーを使用することでもっと低コストに調製できる可能性があることを付記します。

### (4) 造粒されない部分の特徴と利活用法について



#### ポイント

造粒できない部分の活用法について検討しました。造粒できない部分は水分が15～25%と少なくサラサラとした感触があって、肥料成分もかなり含有されているのでそのままでも施用できますが、さらに粉碎して造粒すると、1回目と同様な造粒率で造粒できることが分かりました。したがって、造粒調製を2回重ねると、造粒率は70～80%まで向上できることが認められました。

- ① 造粒調製では造粒できない部分が出ます。回分連続折衷方式による造粒調製ではおおむね50%が造粒できず残ります。そこで、この造粒されない部分の利活用を進めるため、1) 再度原料として再造粒に使用する、2) 肥料として再評価するための分析をおこなう、の2点について検討しました。

- ② まず、1回目に造粒できない部分を再度乾燥粉碎して2回目の造粒試験に使用しました。その結果、造粒率は初回目と遜色ない結果が得られました。造粒調製を2回行うことにより造粒率を70～80%まで高めることが可能でした。

表 7-10 造粒できない部分の造粒率 (%)

堆肥	造粒直後の造粒率(%)		
	1回目造粒	2回目造粒	2回の累積造粒で
かごしま牛ふん堆肥	41(51)	55(49)	74
かごしま豚ふん堆肥	59(52)	59(49)	83
かごしま鶏ふん堆肥	59(51)	60(49)	84

注1) 造粒率は堆肥に占める造粒割合、カッコ内は水分率。

注2) バインダーはふのり0.5%水溶液

- ③ 次に、再度粉碎したサンプルについて肥料成分の分析を行いました。その結果、1回目の造粒調製で造粒できない部分の肥料成分濃度は全体的に低下する傾向を示しましたが、まだかなりの肥料成分が保持されていました。肥料成分濃度の低下傾向は牛ふんと豚ふんでは大きく、鶏ふんでは小さいでした。

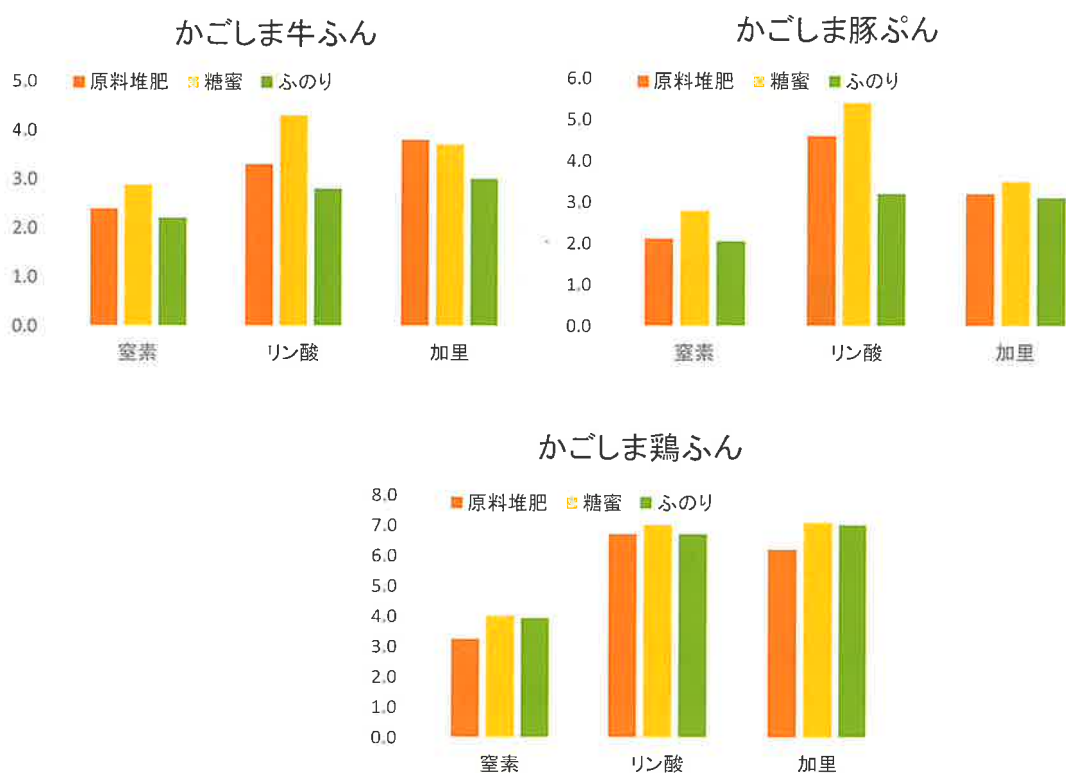


図 7-10 造粒できない部分の肥料成分濃度 (乾物%)

## (5) 造粒物を機械散布するときの対策について



### ポイント

造粒物を機械で散布するとき散布ムラを少なくするためには、できるだけ混合する造粒物の重さ（比重）を揃える必要があります。その一つの方法として、軽い堆肥に重い資材を添加したのち造粒して比重を揃える方法について検討しました。しかし一方で、資材を添加した分堆肥の成分は薄まりますので、栽培の利用時に施用量を増やすなどの対策が必要となります。

- ① 最初に、畜種別堆肥の造粒物について容積比重を測定しました。測定方法は、1 Lの容器を用意し、その中に目盛り線まで造粒物を入れて重さを計ることを3回繰り返し、その平均値を求めます。同時に造粒物の水分率も測定します。そうして求めた容積比重の結果をグラフにしたのが図7-11です。この図から、糖蜜とふのりで調製した造粒の容積比重は、ともに鶏ふんが最も重く、牛ふんが最も軽く、豚ふんはその中間であることが分かりました。

畜種別堆肥造粒物の容積比重(kg/L)

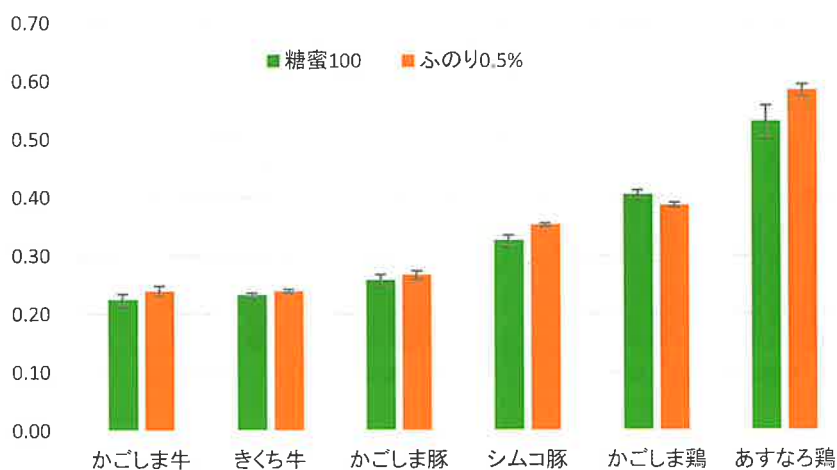


図7-11 畜種別堆肥造粒物の容積比重の測定結果

注) 造粒物の水分率は最も低かった10.6%に合わせてました。

- ② そこで、造粒物の比重を鶏ふんに揃えるべく牛ふんと豚ふんにゼオライトを混合して調製試験を行いました。それぞれの堆肥に添加したゼオライトの重さは、牛ふん堆肥2kgに対してゼオライト1.02kg、豚ふん堆肥2kgに対して0.63kgとしました。

天日乾燥後に写した造粒物を写真7-11に示しました。



ゼオライト添加牛ふん

ゼオライト添加豚ふん



写真 7-11 ゼオライトを添加した牛ふんと豚ふんの造粒物と非造粒（天日乾燥後）

- ③ ゼオライトを添加した造粒物の容積比重を 1) と同様に測定した結果が図 7-12 です。ゼオライトを添加して造粒した牛ふんと豚ふんは鶏ふん（無添加）とほぼ同等の容積比重になり、造粒率も無添加の場合と同等かそれ以上となりました（表 7-11）。

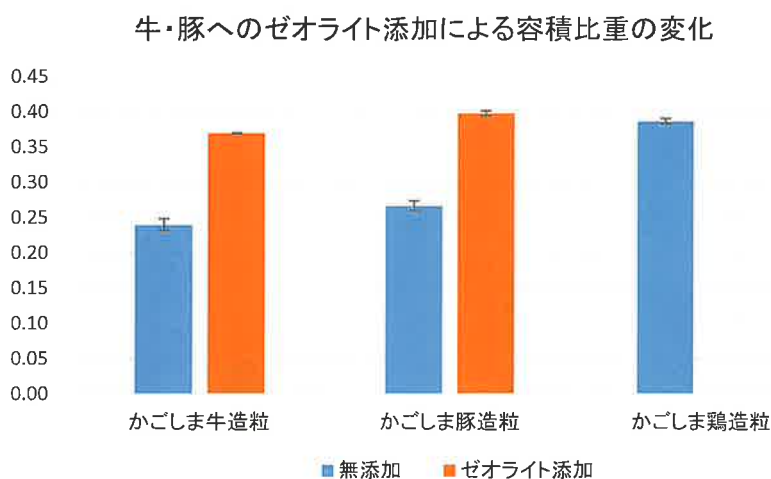


図 7-12 ゼオライトを添加した牛ふん、豚ふん堆肥造粒の容積比重の結果  
牛ふん：堆肥原料 2kg にゼオライト 1.02kg、豚ふん：堆肥原料 2kg に 0.63kg 添加

表 7-11 ゼオライトを添加したかごしま牛ふん、豚ふん堆肥の造粒率  
（ふのり 0.5%使用）

堆肥	造粒率(%)	
	調製直後の造粒	天日乾燥後の造粒
かごしま牛ふん堆肥	<b>63(42)</b>	<b>50(11)</b>
かごしま豚ふん堆肥	<b>63(44)</b>	<b>65(13)</b>

注1) 牛ふん堆肥：堆肥原料2kgにゼオライト1.02kg、  
豚ふん堆肥：堆肥原料2kgにゼオライト0.63kg添加

注2) カッコ内の数値は平均水分率である。

- ④ しかし、堆肥にゼオライトを添加した分、元の堆肥の肥料成分が薄まるのが予想されたので分析を行いました、その結果、予想通りの結果となりました（表 7-12、図 7-13）。施肥設計を行う時に、事前に成分濃度等を加味して施用量を増やすなど対策が必要となります。

表 7-12 ゼオライトを添加した牛ふん、豚ふん堆肥の肥料成分分析結果

項目	単位	かごしま牛ふん堆肥			かごしま豚ふん堆肥		
		原料堆肥	再粉碎	再+ゼオ	原料堆肥	再粉碎	再+ゼオ
水分	現物%	44.4	14.1	11.2	30.1	16.4	15.5
pH	—	5.5	5.6	4.5	7.6	8.4	8.2
EC	mS/cm	9.3	7.1	4.5	6.5	5.3	4.0
灰分	乾物%	16.3	17.5	48.2	21.1	21.0	43.6
窒素	乾物%	2.4	2.6	1.6	2.1	2.5	2.0
炭素	乾物%	43	44	28	5	42	31
C/N比	—	18	17	17	20	17	16
リン酸	乾物%	3.3	3.7	2.1	4.6	4.5	3.6
加里	乾物%	3.8	3.5	3.4	3.2	3.3	3.3
石灰	乾物%	1.5	1.9	1.6	4.3	4.4	3.8
苦土	乾物%	1.1	1.5	0.9	1.6	1.7	1.5

注1) 試料名: 再粉碎: 造粒できない部分を再粉碎したもの、再+ゼオ: 再粉碎にゼオライトを添加したもの

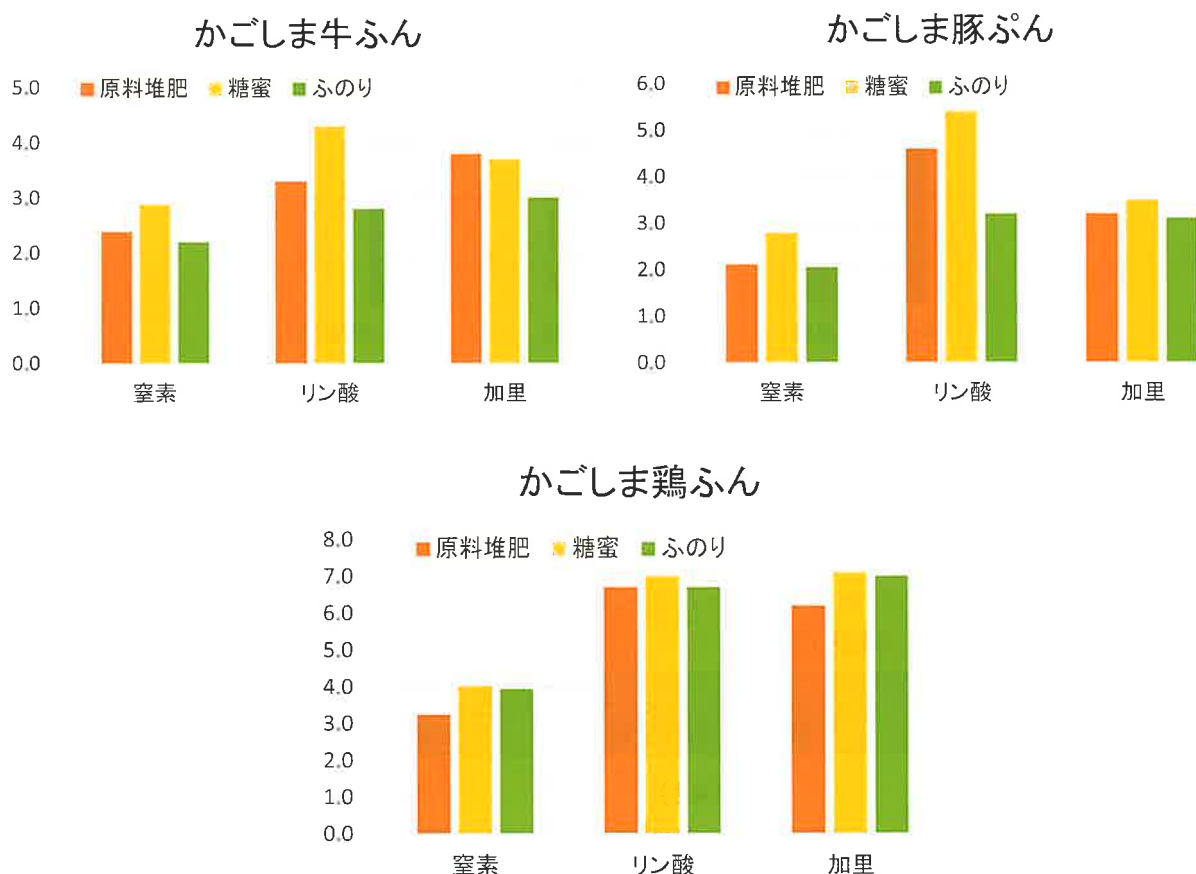


図 7-13 ゼオライトを混合した堆肥の窒素、リン酸、加里濃度の変化

(6) 造粒調製のコスト試算



ポイント

家畜ふん堆肥を造粒調製するときのコストを試算しました。有機栽培向けの資材（堆肥及びバインダー）を使用したコストは安くはなりませんでしたが、もっと廉価なバインダーや堆肥原料を使用し、造粒物の調製能力を高めることで、造粒コストはもっと下げられる可能性が認められました。また流通時の運搬コストも試算してみました。

- ① 畜種別堆肥を造粒するときのコストについて検討しました。コストを試算するときの調査項目としては、ミキサー償却代、粉碎機償却代、堆肥代（送料除く）、バインダー代（糖蜜）、電気料金及び労賃を積算し、畜種別造粒物の調製重 1kg 当たりの（製造方式は回分連続折衷方式）を試算した結果を表 7-13 と表 7-14 に示しました。上述の全項目を積算したコストは 238～351 円（糖蜜）、411～498 円（ふのり）、堆肥代と労賃の除いたコストは 28～45 円（糖蜜）、82～102 円（ふのり）とふのりの方が高くなりました。造粒コストを下げるためには廉価なバインダーを選択し、かつ造粒物の調製能力を高める必要が認められました。

以上の結果は、有機栽培用の造粒物を調製したときのコストの試算結果です。特殊肥料の家畜ふん堆肥を造粒する場合には、表 7-8 に示したもっと廉価なバインダーや堆肥を使用すると、コストはもっと下げられるものと考えられました。

表 7-13 回分連続折衷方式による造粒調製コストの試算結果（糖蜜の場合）

項目		牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥	備考
ミキサー償却代(円/日)	a	11	11	11	—
粉碎器償却代(円/日)	b	148	148	148	—
堆肥代(円)	c	86	121	113	—
バインダー代(円)	d	70	106	99	糖蜜100倍希釈
ミキサー電気代(円)	e	9	14	11	—
粉碎器電気代(円)	f	16	16	16	—
労賃(円)	g	1,625	2,451	2,004	—
造粒率(%)		42	55	58	平均値
造粒物調製重(kg)		5.6	10.2	10.1	平均値
合計金額円1)	a+b+c+d+e+f+g	1,965	2,867	2,402	全項目
合計金額円2)	a+b+c+d+e+f	340	416	398	労賃なし
合計金額円3)	a+b+d+e+f+g	1,879	2,746	2,290	堆肥代なし
合計金額円4)	a+b+d+e+f	254	295	286	堆肥、労賃なし
コスト1)*	a+b+c+d+e+f+g	351	281	238	全項目
コスト2)*	a+b+c+d+e+f	61	41	39	労賃なし
コスト3)*	a+b+d+e+f+g	336	269	227	堆肥代なし
コスト4)*	a+b+d+e+f	45	29	28	堆肥、労賃なし

\* : 造粒物調整重1kg当たりの円

表 7-14 回分連続折衷方式による造粒調製コストの試算結果（ふのりの場合）

項目		牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥	備考
ミキサー償却代(円/日)	a	11	11	11	—
粉碎器償却代(円/日)	b	148	148	148	—
堆肥代(円)	c	65	65	65	—
バインダー代(円)	d	337	337	337	ふのり0.5%液
ミキサー電気代(円)	e	7	7	7	—
粉碎器電気代(円)	f	16	16	16	—
労賃(円)	g	1,625	2,451	2,004	—
造粒率(%)		51	61	63	平均値
造粒物調製重(kg)		5.1	6.1	6.3	平均値
合計金額円1)	a+b+c+d+e+f+g	2,209	3,035	2,588	全項目
合計金額円2)	a+b+c+d+e+f	584	584	584	労賃なし
合計金額円3)	a+b+d+e+f+g	2,144	2,970	2,523	堆肥代なし
合計金額円4)	a+b+d+e+f	519	519	519	堆肥、労賃なし
コスト1)*	a+b+c+d+e+f+g	433	498	411	全項目
コスト2)*	a+b+c+d+e+f	115	96	93	労賃なし
コスト3)*	a+b+d+e+f+g	420	487	401	堆肥代なし
コスト4)*	a+b+d+e+f	102	85	82	堆肥、労賃なし

\* : 造粒物調整重1kg当たりの円

② 流通時での運搬コストの試算

造粒物 1 t を運搬する場合を想定したときの輸送コストを試算すると、どの畜種の造粒物も乾物 1kg 当たり 4 円程度と算出され、従来の堆肥（バラ出荷）よりは廉価で、成分調整ペレットと同等と考えられました（表 7-15）。

表 7-15 流通段階における造粒物のコスト試算（1 t 運搬を想定）

項目	堆肥	輸送コスト 円	水分率 %	乾物重 kg	乾物輸送コスト 円/1kg乾物
造粒物	かごしま牛ふん	3,500	18	820	4
	かごしま豚ふん	3,500	12	880	4
	かごしま鶏ふん	3,500	17	830	4
従来の堆肥 (バラ出荷)	かごしま牛ふん	7,000	45	550	13
	かごしま豚ふん	7,000	31	690	10
	かごしま鶏ふん	7,000	32	680	10
参考	成分調整ペレット 堆肥	3,500	19	810	4

注) 輸送コストは薬師堂の数値を引用、距離は60Kmと想定



## 8. 造粒物を配合利用するときの施肥設計法



### ポイント

作物栽培に当たって、施肥設計は作物の収量、品質、肥料成分の跡地土壌への蓄積の観点から必要欠くべからざる作業です。家畜ふん堆肥造粒物を利用する場合の施肥設計の仕方を以下に紹介します。造粒物の配合利用において、堆肥の成分全量に肥効率をかけて求めた「化学肥料相当量」をベースにした施肥設計法を提案しました。その設計で野菜栽培を行い、収量、養分吸収量の結果から畜種別造粒物の配合利用による肥料効果及び施肥設計の妥当性が実証されました。

### 1) 施肥設計の考え方

(1) 造粒物混合肥料区の施肥設計を行う場合、まず成分全量に肥効率を乗じて化学肥料換算の成分量を算出します。なお、使用する堆肥造粒物の成分全量と窒素、リン酸、加里の肥効率は事前に分析して求めておく必要があります(表 8-1-1、8-1-2)。

表 8-1-1 造粒物調製試験に使用した原料堆肥の成分分析結果 (1)

堆肥名称	単位	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥
原料		肉牛ふん	豚ふん	採卵鶏ふん
副資材				
水分	現物%	44.4	30.1	31.8
灰分	乾物%	16.3	21.1	32.5
pH		5.5	7.6	7.7
EC	mS/cm	9.3	6.5	12.1
窒素	乾物%	2.4	2.1	3.2
炭素	乾物%	42.8	41.3	35.6
C/N比		18	20	11
リン酸全量	乾物%	3.3	4.6	6.7
加里全量	乾物%	3.8	3.2	6.2
石灰全量	乾物%	1.5	4.3	10.2
苦土全量	乾物%	1.1	1.6	1.9
塩酸アンモニア	mg/乾物g	5.0	6.9	12.4
塩酸硝酸	mg/乾物g	0.1	0.0	0.0
塩酸無機N	mg/乾物g	5.1	6.9	12.4
塩酸リン酸	乾物%	2.8	4.1	6.0
塩酸加里	乾物%	3.4	3.0	5.9
推定肥効率	%			
窒素		21	28	39
リン酸		84	90	90
加里		90	93	95

表 8-1-2 造粒物調製試験に使用した原料堆肥の成分分析結果（2）

堆肥名称	単位	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥
		きくち・まんま堆肥	シムコ堆肥	あすなろ
原料		肉牛ふん	豚ふん	採卵鶏ふん
副資材		鋸屑・わら	なし	なし
水分	現物%	47.5	18.7	17.6
灰分	乾物%	23.3	27.9	41.1
pH		7.7	7.5	6.9
EC	mS/cm	8.1	7.1	8.6
窒素	乾物%	2.4	5.1	6.2
炭素	乾物%	39.6	37.7	29.8
C/N比		16.5	7.4	4.8
リン酸全量	乾物%	4.2	8.7	4.8
加里全量	乾物%	5	3.4	3.7
石灰全量	乾物%	2.9	6.5	17.6
苦土全量	乾物%	1.8	2.3	1.5
塩酸アンモニア	mg/乾物g	4.5	12.4	11.5
塩酸硝酸	mg/乾物g	0.0	0.0	0.0
塩酸無機N	mg/乾物g	4.5	12.4	11.5
塩酸リン酸	乾物%	3.5	8.4	4.2
塩酸加里	乾物%	4.5	3.2	3.1
推定肥効率	%			
窒素		31	24	72
リン酸		87	96	88
加里		90	94	84

(2) 続いて造粒物の配合利用の方法についてですが、一般に鶏ふん堆肥は窒素の、豚ふんはリン酸の、牛ふん堆肥は加里の濃度が高い特徴があるので、窒素は鶏ふん堆肥から、リン酸は豚ふん堆肥から、加里は牛ふん堆肥から施肥基準量に合わせた堆肥の施用量を求めます。このとき重要なことは、成分全量に各成分の肥効率をかけた数値でもって施肥基準量に合わせた堆肥の施用量を算出することです。そのとき算出された堆肥の施用量は乾物量なのか、現物量なのかをしっかりと確認しておく必要があります。

## 2) 施肥設計の具体的方法

レタスの栽培を例にして、施肥設計の方法を具体的に説明します。

表 8-2 レタスの施肥基準量

施肥基準	窒素	リン酸	加里
kg/10a	15	25	15

### (1) 化学肥料区の施肥設計

- ① 化学肥料区は硫安、過リン酸石灰、硫酸加里の単肥により施肥基準量に合わせます。ちなみに化成肥料を使用する場合には、施肥基準に合わせる成分をまず決めてから、下記と同様に施肥設計します（表 8-3）。

表 8-3 化学肥料区の施肥設計（用いる肥料銘柄は一例）

成分	肥料銘柄	成分濃度	施肥基準量 kg/10a	現物必要量 kg
窒素	硫安	N21%	15	71
リン酸	過リン酸石灰	P2O5 18%	25	139
加里	硫酸加里	K2O 50%	15	30

(2) 造粒物の配合施用区の施肥設計

- ① 造粒物配合肥料区の施肥設計は、まず成分全量に肥効率を乗じて化学肥料換算の成分量を算出します（表 8-4、8-5）。

表 8-4 堆肥の成分全量濃度と推定肥効率

造粒の種類	成分全量濃度			推定肥効率		
	窒素	リン酸	加里	窒素	リン酸	加里
	乾物%			%		
きくち牛ふん	2.4	4.2	5.0	31	87	90
シムコ豚ふん	5.1	8.7	3.4	24	96	94
あすなろ鶏ふん	6.2	4.8	3.7	72	88	84

表 8-5 堆肥の化学肥料相当濃度と化学肥料相当係数

造粒の種類	化学肥料相当濃度			化学肥料相当係数		
	窒素	リン酸	加里	窒素	リン酸	加里
	乾物%					
きくち牛ふん	0.74	3.65	4.50	0.007	0.037	0.045
シムコ豚ふん	1.22	8.35	3.20	0.012	0.084	0.032
あすなろ鶏ふん	4.46	4.22	3.11	0.045	0.042	0.031

注1) 化学肥料相当濃度は成分濃度×肥効率

注2) 化学肥料相当係数は化学肥料相当濃度を100で割った数値

- ② 一般に鶏ふん堆肥は窒素の、豚ふん堆肥はリン酸の、牛ふん堆肥は加里の濃度が高い特徴があるので、窒素は鶏ふん堆肥から、リン酸は豚ふん堆肥から、加里は牛ふん堆肥から供給するように必要な施用量を算出し、施肥基準量に合わせる方法とします（表 8-6）。

表 8-6 施肥基準量に必要な畜種別造粒物の必要量と成分施用量

造粒の種類	窒素	リン酸	加里	乾物必要量	水分率	現物必要量
	kg/10a			kg/10a	%	kg/10a
きくち牛ふん			15	333	20	416
シムコ豚ふん		25		298	13	344
あすなろ鶏ふん	15			333	10	368

- ③ 畜種別造粒物の施用量に化学肥料相当係数をかけて各成分の施用量を算出します。畜種別の造粒物からの施用量を合計して施肥量を求めます（表 8-7）。

表 8-7 畜種別堆肥造粒物から供給される施肥量

造粒の種類	乾物必要量 kg/10a	施肥量(kg/10a)		
		窒素	リン酸	加里
きくちまんま	333	2	12	15
シムコ豚ふん	298	4	25	10
あすなる鶏ふん	333	15	14	10
成分合計量		21	51	35

### 3) 堆肥造粒物の配合利用施肥設計システムの開発



#### ポイント

家畜ふん堆肥造粒物の配合利用における施肥設計を簡単に行える「堆肥造粒物配合利用施肥設計システム」を開発しました。ほ場、作物（野菜）、堆肥を登録すると、作物の施肥基準量を満たす施肥設計が可能です。パソコン用とスマートフォン用の両システムを開発しました。

(1) システム全体における操作の流れを示しました。

操作・処理の流れは次のとおりです（図 8-1）。

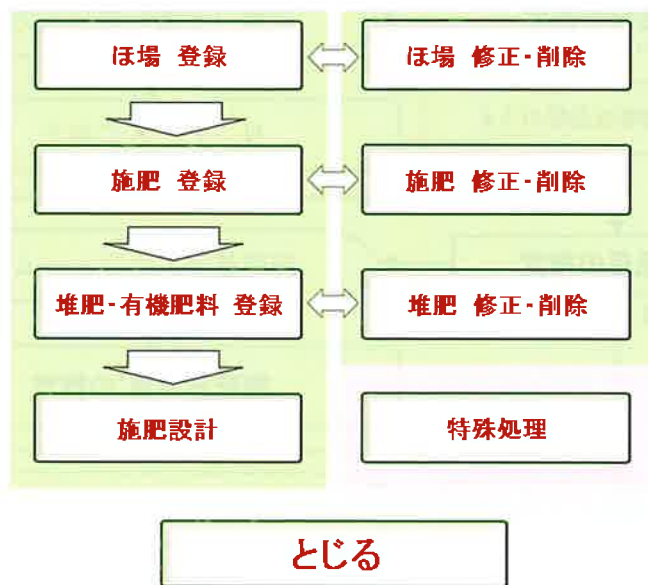
1. メニュー画面を起動する。
2. ほ場登録  
 土壌分析結果がある場合にはデータを入力する。
3. 野菜品目の登録  
 登録した野菜の窒素、リン酸、加里成分の施肥基準量を入力する。
4. 家畜ふん堆肥あるいは有機肥料等の登録  
 入手できて分析結果を有する堆肥、あるいは有機資材等を入力する。  
 登録堆肥が多いほど施肥設計がしやすくなるので、可能な限り数多く登録しておくが良い。
5. 土壌分析結果において、土壌改良目標値と比べて施肥量の削減が必要な成分がある場合には、施肥基準量の減肥率を入力する。
6. 施肥設計計算  
 もし計算結果が思わしくないときには施肥設計の画面に戻り、堆肥の種類を変えて再度計算させる。

本「施肥設計システム」は造粒物の配合利用による施肥設計のために開発されましたが、造粒してない通常の家畜ふん堆肥を使用する場合の施肥設計にも使えます。また、最大3つの堆肥の配合利用が可能です。作物（野菜品目）の施肥基準量次第では2つの堆肥の配合で、極端な場合には1つの堆肥で施肥基準量を満たす事例にも対応できます。さらに、窒素肥料としての有機肥料も登録すると、家畜ふん堆肥と配合利用された施肥設計も可能ですので、有機農業はじめ幅広い利用者に対応できるシステムといえます。





メニュー



★本システム  
 ・家畜ふん堆肥  
 ・家畜ふん堆肥  
 ・家畜ふん堆肥

図 8-2 エクセル版のメニュー画面

(3) スマートフォンで操作・利用可能なソフトを作成しました。

スマートフォン版のシステムもエクセル版の操作・処理の流れを踏襲していますので、その順番は1)に記載したものと全く同じです(図 8-3)。

なお、このシステムはエクセル版も併せて、畜産環境技術研究所のホームページからダウンロードできるようにする予定です。

1. トップ画面



## 2. ほ場登録

ほ場登録

ほ場名  
文字を入力してください

pH  
数値を入力してください

EC (μS/cm)  
数値を入力してください

可換リン酸 (mg/100g)  
数値を入力してください

交換性カリウム (mg/100g)  
数値を入力してください

交換性カルシウム (mg/100g)  
数値を入力してください

交換性マグネシウム (mg/100g)  
数値を入力してください

登録

戻る

ほ場 作物 堆肥 設計

## 3. 作物登録

作物登録

作物名、作物・品種名など  
文字を入力してください

重量(kg/10a) 数値を入力

リン酸(kg/10a) 数値を入力

カリ(kg/10a) 数値を入力

登録

戻る

ほ場 作物 堆肥 設計

## 4. 堆肥登録

堆肥登録

堆肥名  
文字を入力してください

堆肥種類  
選択してください

窒素 数値を入力 %

リン酸 数値を入力 %

カリ 数値を入力 %

水分 数値を入力 %

登録

戻る

ほ場 作物 堆肥 設計

## 5. ほ場一覧

ほ場一覧

並び順  
選択してください

- 閉じる

テスト02

pH  
7.7

EC (μS/cm)  
1.2

可換リン酸 (mg/100g)  
11.8

交換性カリウム (mg/100g)  
110.5

交換性カルシウム (mg/100g)  
65.4

交換性マグネシウム (mg/100g)  
7.6

登録

削除

ほ場 作物 堆肥 設計

## 6. 作物一覧

作物一覧

並び順  
選択してください

- 閉じる

トマト

重量(kg/10a) 15

リン酸(kg/10a) 45

カリ(kg/10a) 12

登録

削除

+ 開く

ナス

- 閉じる

ホウレンソウ

重量(kg/10a) 35

リン酸(kg/10a) 40

カリ(kg/10a) 10

登録

削除

ほ場 作物 堆肥 設計

## 7. 堆肥一覧

堆肥一覧

並び順  
選択してください

- 閉じる

まぐろ・落んぽ

堆肥種類  
ニ

窒素 3.9

リン酸 0.39

リン酸 2.28

カリ 1.82

カリ 2.69

水分 2.37

登録

削除

+ 開く

溶かす

+ 開く

乾燥ユーキ

ほ場 作物 堆肥 設計

## 8. 施肥設計

作物・施肥上限係数の指定（フルダウメニューで指定）

設計

作物・施肥基準 (kg/10a)

ホウレンソウ

	基準 (kg/10a)		補正值		上限 (kg/10a)
窒素	55	×	1	→	55
リン酸	60	×	1	→	60
カリ	50	×	1	→	50

## ほ場の指定（プルダウンメニューで指定）

### ほ場・土壌成分

ほ場名

テスト02

pH	7.70
EC [mS/cm]	1.20
可溶性リン酸 [mg/100]	117.80
交換性カリウム [mg/100]	1108.50
交換性カルシウム [mg/100]	695.40
交換性マグネシウム [mg/100]	75.60

## 堆肥の指定（3種類まで）（プルダウンメニューで指定）

### 堆肥選択

窒素の多い堆肥

0.59/那須ユーク

窒素	リン酸	カリ	水分
0.59	4.99	3.15	28.00

リン酸の多い堆肥

1.82/きくち・まんま

窒素	リン酸	カリ	水分
0.39	1.82	2.37	22.00

カリの多い堆肥

2.37/油かす

窒素	リン酸	カリ	水分
7.10	1.97	2.37	5.00

計算実行

ほ場

作物

堆肥

設計

## 9. 施肥設計（計算結果）

施肥計算結果			
<b>那須ユーキ</b>			
堆肥施肥容量(現物) <b>1109.15</b> kg/10a			
窒素	リン酸	カリ	
4.71	39.87	25.16	
<b>きくち・まんま</b>			
堆肥施肥容量(現物) <b>461.66</b> kg/10a			
窒素	リン酸	カリ	
1.40	6.57	8.52	
<b>油かす</b>			
堆肥施肥容量(現物) <b>724.90</b> kg/10a			
窒素	リン酸	カリ	
48.88	13.57	16.32	
<b>過不足分</b>			
窒素	リン酸	カリ	
0.00	-0.00	-0.00	
ほ場	作物	堆肥	設計

\*施肥設計結果が思わしく無いときは、8. 施肥設計にもどり堆肥の種類を変えて再度計算してみる。

図 8-3 スマートフォンの施肥設計システムの画面と操作。処理の流れ





## 9. 野菜栽培における造粒物の配合利用効果の実証



### ポイント

畜種別の家畜ふん堆肥造粒物の配合利用による肥料効果と施肥設計の妥当性について、野菜栽培試験（有機営農組織とポット試験）にて実証しました。

### 1) 有機営農組織の野菜栽培における配合利用効果の実証



### ポイント

全国3カ所の有機営農組織において、堆肥造粒物を配合利用する施肥設計で野菜7品目の栽培試験を実施し、それらの収量や養分吸収量を調べて配合利用の肥料効果と施肥設計法の妥当性が実証できました。とくに注目・特筆すべき点は、野菜栽培において造粒物を配合利用して施肥する方法は、生育・収穫期が1ヶ月ほどの短い葉菜類に対しても、また収穫期が数ヶ月にも及ぶ果菜類に対しても十分対応できている点にあります。したがって、本施肥法は有機栽培においても有効な施肥技術といえます。

3カ所の有機営農組織での栽培試験結果の報告に当たり、栽培試験の中で共通する事項については重複を避けるため、一括して以下にまとめました。

#### (1) 造粒物を調製するための原料堆肥について

原料堆肥は「有機営農組織で使える堆肥」を基本とするので、事前打ち合わせの結果、かごしま有機生産組合で使用されている堆肥（JA いぶすき有機支援センター製造の堆肥）を共通的に使用することとしました。平成29年には、本来なら畜種別に造粒物を調製する計画ではありますが、堆肥の供給と造粒の調製が間に合わないことから3畜種混合堆肥（混合割合は乳牛ふん25%、豚ふん25%、採卵鶏・ブロウラーふん50%）を使用しました。平成30年度には、計画通り畜種別堆肥の造粒物を調製し、それらを配合利用しました（写真9-1）。供試堆肥の成分濃度と窒素、リン酸、加里の肥効率の測定結果を表9-1に示しました。

#### (2) 栽培の試験区、試験規模、試験区の配置などについて

試験区は「造粒物配合利用区（造粒区と略す）」、「慣行栽培区（慣行区と略す）」、「無肥料区」としました。「造粒区」は堆肥造粒物を配合施肥した区、「慣行区」は当該組織で行っている慣行の方法で施肥した区、「無肥料区」は施肥を行わず土壤中の養分のみで栽培する区としました。

試験区の大きさは幅2m、長さ3m、面積6㎡を基本とし、反復は3としました。

試験区の配置は、3カ所での事前打合せで、栽培試験等で通常行う乱塊法（一つのブロックの中にすべての試験区を設置し、同じブロックを3つ設けるやり方）は作業上困難なことが指摘されたので、試験区を畝ごと短冊状に設定し、畝の延長上に3反復を設けました。

### （3）施肥設計について

「造粒区」は造粒物を配合して施肥する区で、上記（2）の項目で説明しました方法にて研究所で施肥設計しました。「慣行区」は栽培試験を行う当該組織で通常使用している堆肥や有機肥料等を利用して施肥する区で、当該組織で施肥設計しました。「造粒区」の具体的な施肥設計は各品目の栽培試験方法で記載しました。

### （4）収穫、土壌及び野菜の分析等について

#### ① 野菜及び土壌サンプルについて

栽培野菜が収穫期に達したら生産者が収穫し、収穫日と収穫量を記録した後、収穫野菜の一部を分析用サンプルとして研究所へ送付してもらいました。研究所では収穫調査を行うとともに、細断、乾燥、粉碎などの前処理を経て分析サンプルを調整しました。

土壌については、栽培前と終了後に土壌を採取して研究所へ送ってもらいました。採取した土壌深は表面から約15cmで、試験区当たり3ヶ所から採取しました。研究所では風乾細土（室内で乾燥後2mm目の篩でパスした土）と微粉碎サンプル（風乾細土をさらに細かく粉碎した土）を作成しました。

#### ② 野菜及び土壌の分析

野菜と土壌の成分分析は原則として外部の分析会社へ依頼しましたが、必要に応じて研究所でも実施しました。

### （5）調査及び分析項目

#### ① 野菜について

野菜は収量（新鮮重と乾物重）に加えて、品目に必要な項目について調査を行いました。分析項目としては窒素、リン酸、加里、石灰、苦土の多量成分及び鉄、マンガン、亜鉛、銅の微量成分について成分濃度を測定し、さらに成分濃度と乾物収量を掛け合わせて吸収量を算出しました。

#### ② 土壌について

分析項目は水分、pH、EC、全N、全C、有機物（腐植）、C/N比、可給態リン酸（トルオーグリン酸）、交換性塩基、陽イオン交換容量（CEC）としました。堆肥のみによる野菜栽培のため、栽培前と跡土の結果から土壌への蓄積状況を判断しました。

牛ふん堆肥      豚ふん堆肥      鶏ふん堆肥      3畜種混合堆肥



写真 9-1 家畜ふん堆肥の畜種別造粒物

表 9-1 供試堆肥の分析結果と推定肥効率

堆肥名称	単位	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥	3畜種混合
原料		肉牛ふん	豚ふん	採卵鶏ふん	牛25、豚25、鶏50%
副資材					
水分	現物%	44.4	30.1	31.8	37.7
灰分	乾物%	16.3	21.1	32.5	32.3
pH		5.5	7.6	7.7	6.7
EC	mS/cm	9.3	6.5	12.1	11.1
窒素	乾物%	2.4	2.1	3.2	3.4
炭素	乾物%	42.8	41.3	35.6	36.5
C/N比		18	20	11	10.7
リン酸全量	乾物%	3.3	4.6	6.7	5.9
加里全量	乾物%	3.8	3.2	6.2	5.5
石灰全量	乾物%	1.5	4.3	10.2	7.9
苦土全量	乾物%	1.1	1.6	1.9	1.9
塩酸アンモニア	mg/乾物g	5.0	6.9	12.4	9.2
塩酸硝酸	mg/乾物g	0.1	0.0	0.0	0.0
塩酸無機N	mg/乾物g	5.1	6.9	12.4	9.2
塩酸リン酸	乾物%	2.8	4.1	6.0	4.4
塩酸加里	乾物%	3.4	3.0	5.9	4.5
推定肥効率					
窒素	%	21	28	39	24
リン酸	%	84	90	90	75
加里	%	90	93	95	81

A. 農事組合法人さんぶ野菜ネットワーク

1) 組織の概要と栽培試験の内容

- ① 代表者名：富谷亜喜博代表理事、所在地：千葉県山武市埴谷 1881-1、
- ② 組織概要：昭和 63 年に J A 山武郡市有機部会として発足し、平成 17 年に「さんぶ野菜ネットワーク」を設立。組合員 60 名程度で、人参、大根、里芋、小松菜等の野菜を生産しています。また、毎年、新規就農希望者も受け入れています。
- ③ 栽培試験については、平成 29 年に山武市内の農家 3 カ所で 3 品目の栽培試験（ミニハクサイ、ハウレンソウ、ミズナ）を実施しました。平成 30 年には同じ農家にて、ミニトマト、大玉トマト、ニンジンの栽培を開始しましたが、数回の台風・大雨の災害を被災したため、収穫まで至りませんでした。

2) 栽培試験の方法及び結果について

栽培試験の方法と結果について、以下品目ごとに述べます。

(1) ミニハクサイ（平成 30 年、T 農場）

① 栽培試験の方法

- ・ 品目と品種：ミニハクサイ、品種：タイニーシュシュ（サカタ種苗）
- ・ 播種日、育苗、定植日、収穫：
  - 播種：9/18、育苗：128 穴セルトレイ（サカタの有機倍土使用）
  - 定植日：10/7 収穫日：11/28
- ・ 栽植密度：畝間 30cm、株間 25cm、20 株/m<sup>2</sup>

- ・施肥：（施肥基準：窒素－リン酸－加里＝7－7－7kg/10a）  
造粒区（10a 当たり）：  
3 畜種混合堆肥造粒 1,000kg（現物）、窒素－リン酸－加里＝7.3－53－49kg  
慣行区（幅 1.4m、長さ 50m＝70 m<sup>2</sup>のベッド状に施肥）：  
オルベスト（5-5-5）10kg、粒状溶リン（25%）3kg、パームカリ 2kg、有機石灰 5kg、豚ふん堆肥（豚ふん堆肥＋もみがら＋植物剪定枝＋米糠）？kg
- ・栽培の特徴、栽培状況：露地栽培  
露地栽培、高畝、マルチ、防虫ネット、有機許容農薬の散布
- ・収穫調査株数：5 株
- ・栽培ほ場の履歴について：  
平 28：サトイモ、平 29：春レタス、秋冬ニンジン、平 30：ミニハクサイ（前作は緑肥ソルゴー）  
過去 2 年間に主として使用している肥料名と施肥量について：  
オルベスト（5-5-5）、全有機（6-6-3）：施肥基準の 50%程度に 80～160kg

## ② 栽培試験の結果概要と具体的図表

- ・収量調査結果  
1 株新鮮重（平均）が重く、面積当たりの収量は造粒区が慣行区より多いでした。ただし、乾物率は造粒区が低く、乾物重は両区で同等でありました（表 9-2、図 9-1）。
- ・成分濃度及び吸収量調査結果  
リン酸と加里の濃度は造粒区の方が高いでしたが、他の成分は両区で差が見られませんでした（表 9-3）。造粒区の成分吸収量が優ったのは加里のみで、他の成分では造粒区と慣行区に差は見られませんでした（表 9-4、図 9-2）。
- ・土壌成分の変化  
造粒区の可給態リン酸が慣行区よりやや高いでしたが、栽培前土壌よりも低く、リン酸の蓄積は認められませんでした。他の項目は慣行区と同等でした（表 9-5）。



写真9-2 収穫したミニハクサイ



表9-2 ミニハクサイの収穫調査結果

項目	単位	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	cm	30.7	33.0	31.9
葉色(SPAD値)		40.2	37.9	29.9
1株新鮮重(平均)	g	434	505	590
1株乾物重(平均)	g	18.6	21.5	20.5
乾物率	%	4.3	4.3	3.5
水分率	%	95.7	95.7	96.5
面積新鮮重	kg/m <sup>2</sup>	8.9	9.9	11.5
面積乾物重	g/m <sup>2</sup>	383	421	398
栽植密度	畝間30cm×株間25cm、20株/m <sup>2</sup>			

注1) 新鮮重は調整重(販売用に外葉を除去した重さ)である。

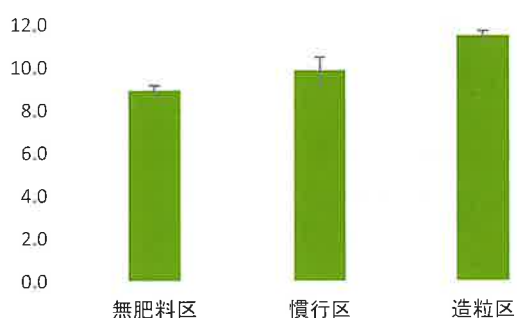
注2) 各処理区とも数値は3反復の平均値で、収量調査は5株で行った。

ミニハクサイのTukeyによる多重検定

項目	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	a	b	ab
葉色(SPAD値)	b	b	a
1株新鮮重(平均)	a	b	c
1株乾物重(平均)	a	b	ab
乾物率	b	b	a
水分率	a	a	b
面積新鮮重	a	a	b
面積乾物重	a	b	ab

注) 横列の異文字間で5%の有意差あり

ミニハクサイの全新鮮重(kg/m<sup>2</sup>)



ミニハクサイの全乾物重(g/m<sup>2</sup>)

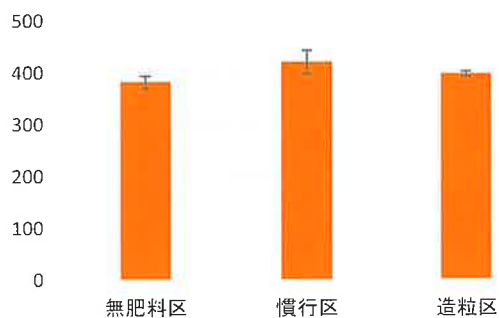


図 9-1 ミニハクサイの新鮮重と乾物重のグラフ

表 9-3 ミニハクサイの成分濃度（乾物％）

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	5.02	2.25	7.30	2.56	0.69
慣行区	5.29	2.46	6.92	2.83	0.67
造粒区	5.33	2.81	8.50	2.89	0.71

ミニハクサイの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	b	b	a	a	a
造粒区	b	c	b	a	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-4 ミニハクサイの成分吸収量（g/m<sup>2</sup>）

試験区	成分吸収量(g/m <sup>2</sup> )				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	19.2	8.6	27.9	9.8	2.7
慣行区	22.3	10.4	29.2	11.9	2.8
造粒区	21.2	11.2	33.8	11.5	2.8

ミニハクサイの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	b	b	a	b	a
造粒区	b	b	b	b	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

ミニハクサイの養分吸収量(g/m<sup>2</sup>)

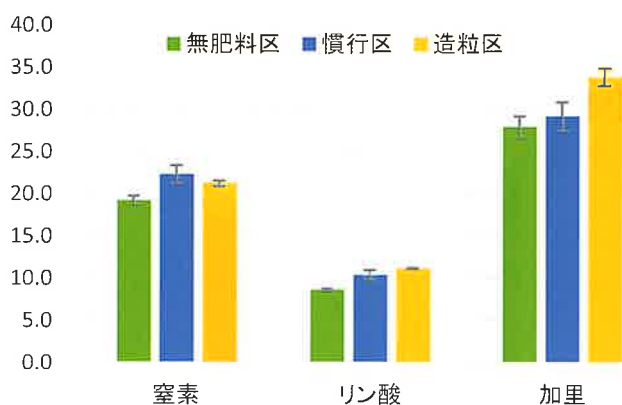


図 9-2 ミニハクサイの窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ

表 9-5 T農場（露地）におけるミニハクサイ栽培土壌成分の分析結果

項目	単位	千葉県土壌 診断基準値+	栽培前 開始土壌	ミニハクサイ栽培跡地土壌		
				無肥料区	慣行区	造粒区
水分率(現土)	%	—	34	30	29	29
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	7.0	7.2	7.2	7.2
EC	mS/cm	0.3以下	0.2	0.1	0.1	0.1
有機物(腐植)	乾土%	—	9.0	8.8	9.2	9.0
窒素		—	0.44	0.43	0.47	0.46
可給態リン酸	mg/100g乾土	20~100	63	38	34	50
石灰飽和度	%	35~55*	62	61	65	64
苦土飽和度		7~15*	17	15	16	16
加里飽和度		2~9*	3	3	3	3
塩基飽和度		45~80*	81	79	84	83
CEC	meq/100g乾土	10~40	38	39	38	40
石灰/苦土比	当量比	6以下*	4	4	4	4
苦土/加里比		2以上*	6	6	6	5
交換性石灰	mg/100g乾土	420~630*	658	662	686	709
交換性苦土		60~120*	128	122	121	130
交換性加里		35~175*	49	47	48	59

注) +) 土壌は火山灰土、葉茎菜類及び果菜類を対象とした化学性診断基準値である。

注)\* CECが40meのときの値

注) 石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示

注) CEC:陽イオン交換容量

## (2) ホウレンソウ（平成 30 年、Y農場）

### ① 栽培試験の方法

- ・品目と品種：ホウレンソウ、品種：パワーアップ7
- ・播種日、育苗、定植日、収穫：
  - 播種：10/22、育苗：なし
  - 定植日：なし 収穫日：1/28
- ・栽植密度：畝間 15cm、株間 5cm、147 株/m<sup>2</sup>
- ・施肥：（施肥基準：窒素－リン酸－加里＝20－20－20kg/10a）
  - 造粒区（10a 当たり）：
    - 3 畜種混合堆肥造粒 1,900kg（現物）、窒素－リン酸－加里＝14－98－91kg
  - 慣行区：
    - ガッツ有機（6-8-4） kg
    - 堆肥等（コーヒー粕＋もみがら＋油かす＋米糠） kg
- ・栽培の特徴、栽培状況：
  - 露地栽培、10/22 に播種し、発芽してからの 11 月、12 月の暖冬の影響で生育が早かった。
- ・収穫調査株数：10 株

- ・栽培ほ場の履歴について：

平 28：ハウレンソウ、平 29：春ニンジン、ソルガー、平 30：ハウレンソウ  
過去 2 年間に主として使用している肥料名と施肥量について  
ガッツ有機（6-4-2）、ペレットユーキ（5-5-5） kg

## ② 栽培試験の結果概要と具体的図表

- ・収量調査結果

1 株の新鮮重、乾物重ともに造粒区が慣行区より優ったため、面積当たりの収量は造粒区が多収となりました。ただし、両区の乾物率には差が見られませんでした（表 9-6、図 9-3）。

- ・成分濃度及び吸収量調査結果

成分濃度は造粒区と慣行区で差が見られませんでした（表 9-7）。加里を除く、窒素、リン酸、石灰、苦土の吸収量は造粒区が慣行区に優っていました（表 9-8、図 9-4）。造粒区の成分吸収量が優ったのは、成分濃度に差が見られないことより乾物重の影響が大きかったです。

- ・土壌成分の変化

造粒区の可給態リン酸が慣行区よりやや高めでしたが、栽培前土壌よりも低く、リン酸の蓄積は認められませんでした。他の項目は慣行区と同等でした（表 9-9）。



写真 9-3 収穫したハウレンソウ



表 9-6 ホウレンソウの収穫調査結果

項目	単位	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	cm	22.2	23.9	23.5
葉数	枚	10.7	9.4	9.9
葉色(SPAD値)		69.6	66.6	67.8
1株新鮮重(平均)	g	35.4	27.9	37.1
1株乾物重(平均)	g	5.5	4.3	5.6
乾物率	%	15.5	15.5	15.1
水分率	%	84.5	84.5	84.9
面積新鮮重	kg/m <sup>2</sup>	5.2	4.1	5.4
面積乾物重	g/m <sup>2</sup>	808	634	825
栽植密度	畝間15cm×株間5cm、147株/m <sup>2</sup>			

注1) 新鮮重は調整重(販売用に調整した重さ)である。

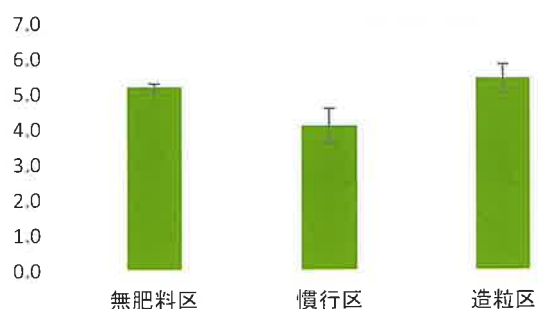
注2) 各処理区とも数値は3反復の平均値で、収量調査は5株で行った。

ホウレンソウのTukeyによる多重検定

項目	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	a	a	a
葉数	a	a	a
葉色(SPAD値)	a	a	a
1株新鮮重(平均)	b	a	b
1株乾物重(平均)	b	a	b
乾物率	a	a	a
水分率	a	a	a
面積新鮮重	b	a	b
面積乾物重	b	a	b

注) 横列の異文字間で5%の有意差あり

ホウレンソウの全新鮮重(kg/m<sup>2</sup>)



ホウレンソウの全乾物重(g/m<sup>2</sup>)

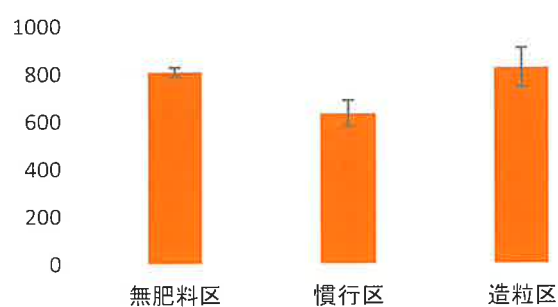


図 9-3 ホウレンソウの新鮮重と乾物重のグラフ



表 9-7 ホウレンソウの成分濃度（乾物％）

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	5.45	1.30	5.91	0.80	1.70
慣行区	5.36	1.21	6.30	0.68	1.30
造粒区	5.40	1.30	6.93	0.72	1.52

ホウレンソウの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	b
慣行区	a	a	a	a	a
造粒区	a	a	a	a	ab

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-8 ホウレンソウの成分吸収量（g/m<sup>2</sup>）

試験区	成分吸収量(g/m <sup>2</sup> )				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	44.0	10.5	47.7	6.5	13.7
慣行区	34.0	7.7	40.2	4.3	8.3
造粒区	44.5	10.7	57.1	5.9	12.5

ホウレンソウの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	b	b	a	b	b
慣行区	a	a	a	a	a
造粒区	b	b	a	b	b

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

ホウレンソウの養分吸収量(g/m<sup>2</sup>)

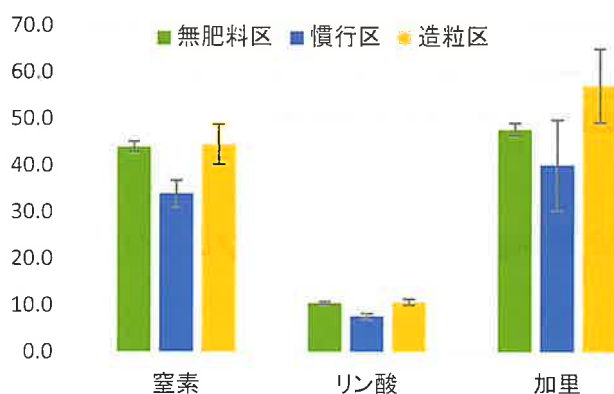


図 9-4 ホウレンソウの窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ

表 9-9 Y農場（露地）におけるハウレンソウ栽培土壌成分の分析結果

項目	単位	千葉県土壌 診断基準値+	栽培前 開始土壌	ハウレンソウ栽培跡地土壌		
				無肥料区	慣行区	造粒区
水分率(現土)	%	—	31	14	21	16
pH	H2O	6.0~6.5	6.7	6.7	6.6	6.7
EC	mS/cm	0.3以下	0.1	0.1	0.1	0.1
有機物(腐植)	乾土%	—	7.1	7.4	6.5	7.1
窒素		—	0.36	0.38	0.33	0.38
可給態リン酸	mg/100g乾土	20~100	74	49	49	54
石灰飽和度	%	45~65*	59	56	56	55
苦土飽和度		10~18*	14	12	12	13
加里飽和度		2~11*	2	3	2	3
塩基飽和度		55~90*	75	71	70	70
CEC	meq/100g乾土	10~40	32	31	30	31
石灰/苦土比	当量比	6以下*	4	4	5	4
苦土/加里比		2以上*	6	5	6	4
交換性石灰	mg/100g乾土	370~550*	532	490	471	480
交換性苦土		55~105*	90	78	71	80
交換性加里		30~150*	35	38	30	45

注) +) 土壌は火山灰土、葉茎菜類及び果菜類を対象とした化学性診断基準値である。

注)\* CECが30meのときの値

注) 石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示

注) CEC:陽イオン交換容量

### (3) ミズナ（平成30年、F農場）

#### ① 栽培試験の方法

- ・品目と品種：ミズナ、品種：都美人
- ・播種日、育苗、定植日、収穫：
  - 播種：11/22、育苗：なし
  - 定植日：なし 収穫日：2/4
- ・栽植密度：畝間 15cm、株間 7cm、105 株/m<sup>2</sup>
- ・施肥：（施肥基準：窒素－リン酸－加里＝10－10－10kg/10a）
  - 造粒区（10a 当たり）：
    - 3 畜種混合堆肥造粒 1,100kg（現物）、窒素－リン酸－加里＝8－58－54kg
  - 慣行区：
    - ガッツ有機（6-8-4）：80kg/10a
    - 堆肥等は施用なし
- ・栽培の特徴、栽培状況：
  - ハウス栽培、とくになし
- ・収穫調査株数：5 株
- ・栽培ほ場の履歴について

平 28：小玉スイカ、平 29：ミズナ、平 30：ミズナ

過去 2 年間に主として使用している肥料名と施肥量について

10a 当たりで、ガッツ有機（6-8-4）：80kg、オーガニックシー：80kg、  
苦土物語：40kg、マグマエース：40kg

② 栽培試験の結果概要と具体的図表

・収量調査結果

1 株の新鮮重、乾物重及び乾物率は造粒区が慣行区より明らかに優っていたため、面積当たりの収量は造粒区が多収となりました（表 9-10、図 9-5）。

・成分濃度及び吸収量調査結果

成分濃度は造粒区と慣行区で差が見られませんでした（表 9-11）。成分吸収量は明らかに造粒区が優っていました。造粒区の成分吸収量が優ったのは、成分濃度に差が見られないことから乾物重の影響が大きかったです（表 9-12、図 9-6）。

・土壌成分の変化

造粒区の可給態リン酸は慣行区より低く、しかも栽培前土壌よりも低いことからリン酸の蓄積は認められませんでした。交換性加里はやや高まる傾向を示しましたが、他の項目は慣行区と同等でした（表 9-13）。



写真 9-4 収穫したミズナ

表 9-10 ミズナの収穫調査結果

項目	単位	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	cm	40.0	43.4	40.4
葉数	枚	45.0	51.6	49.6
葉色(SPAD値)		21.0	20.9	28.8
1株新鮮重(平均)	g	41.5	65.5	73.5
1株乾物重(平均)	g	1.9	3.0	3.8
乾物率	%	4.6	4.7	5.1
水分率	%	95.4	95.3	94.9
面積新鮮重	kg/m <sup>2</sup>	4.4	6.9	7.7
面積乾物重	g/m <sup>2</sup>	199	320	395
栽植密度	畝間15cm×株間7cm、105株/m <sup>2</sup>			

注1) 新鮮重は調整重(販売用に調整した重さ)である。

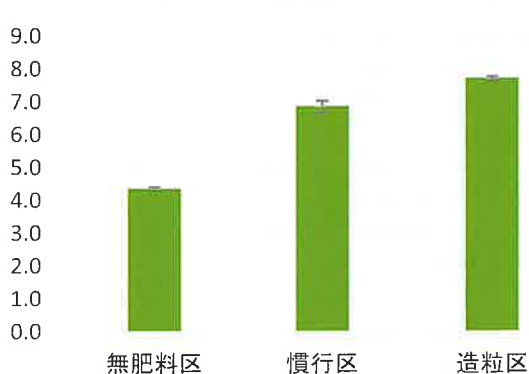
注2) 各処理区とも数値は3反復の平均値で、収量調査は5株で行った。

ミズナのTukeyによる多重検定

項目	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	a	b	ab
葉数	a	a	a
葉色 (SPAD値)	a	a	a
1株新鮮重 (平均)	a	b	c
1株乾物重 (平均)	a	b	c
乾物率	a	a	b
水分率	b	b	a
面積新鮮重	a	b	c
面積乾物重	a	b	c

注)横列の異文字間で5%の有意差あり

ミズナの全新鮮重 (kg/m<sup>2</sup>)



ミズナの全乾物重 (g/m<sup>2</sup>)

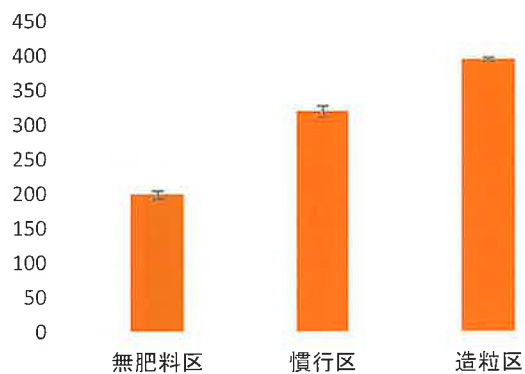


図 9-5 ミズナの新鮮重と乾物重のグラフ

表 9-11 ミズナの成分濃度 (乾物%)

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	5.61	1.71	5.61	3.22	1.17
慣行区	5.74	1.61	5.49	3.38	1.26
造粒区	6.31	1.60	8.93	3.42	1.47

ミズナの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	a	a	a	a	a
造粒区	a	a	b	a	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-12 ミズナの成分吸収量 (g/m<sup>2</sup>)

試験区	成分吸収量(g/m <sup>2</sup> )				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	11.2	3.4	11.2	6.4	2.3
慣行区	18.4	5.1	17.5	10.8	4.0
造粒区	25.0	6.3	35.3	13.5	5.8

ミズナの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	b	b	b	b	b
造粒区	c	c	c	c	c

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

### ミズナの養分吸収量(g/m<sup>2</sup>)

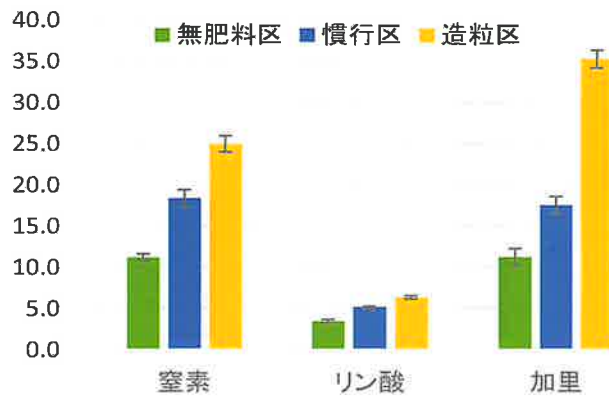


図 9-6 ミズナの窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ



表 9-13 F 農場におけるミズナ栽培土壌成分の分析結果

項目	単位	千葉県土壌 診断基準値+	栽培前 開始土壌	ミズナ栽培跡地土壌		
				無肥料区	慣行区	造粒区
水分率(現土)	%	—	37	34	32	34
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	7.8	7.0	7.1	7.3
EC	mS/cm	0.3以下	0.2	0.4	0.8	0.7
有機物(腐植)	乾土%	—	8.1	7.5	8.3	8.6
窒素		—	0.40	0.38	0.45	0.45
可給態リン酸	mg/100g乾土	20~100	170	143	180	157
石灰飽和度	%	35~55*	72	66	66	67
苦土飽和度		7~15*	38	34	42	40
加里飽和度		2~9*	3	2	4	6
塩基飽和度		45~80*	113	102	112	113
CEC	meq/100g乾土	10~40	46	40	47	45
石灰/苦土比	当量比	6以下*	2	2	2	2
苦土/加里比		2以上*	11	20	10	6
交換性石灰	mg/100g乾土	420~630*	923	746	867	849
交換性苦土		60~120*	348	271	392	365
交換性加里		35~175*	74	33	94	134

注) +) 土壌は火山灰土、葉茎菜類及び果菜類を対象とした化学性診断基準値である。

注)\* CECが40meのときの値

注) 石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示

注) CEC:陽イオン交換容量

## B. 有限会社かごしま有機生産組合

### 1) 組織の概要と栽培試験の内容

- ① 代表者名：大和田世志人代表、所在地：鹿児島市五ヶ別府町 3646
- ② 組織概要：鹿児島県下の約 150 名の有機農業者で構成。組合員は野菜を中心に、米や果樹など多様な有機農産物を生産。地元直売店「地球畑」での販売から大都市への出荷まで幅広い販売に対応しています。また、研修生受け入れ施設や直営農場により新規就農支援を行っています。
- ③ 栽培試験について：試験地は組合直営農場である「喜入農場」で、平成 29 年の品目はダイコンで、平成 30 年の品目はピーマンでした。

### 2) 栽培試験の方法及び結果について

栽培試験の方法と結果について、以下品目ごとに述べます。

#### (1) ダイコン (平成 30 年、喜入農場)

##### ① 栽培試験の方法

- ・品目と品種：ダイコン、品種：春美人 (カネコ種苗)
- ・播種日、育苗、定植日、収穫：

- 播種：10/10、育苗：なし  
 定植日：なし 収穫日：1/8
- ・ 栽植密度：畝間 30cm、株間 30cm、16 株/m<sup>2</sup>
  - ・ 施肥：（施肥基準：窒素－リン酸－加里＝15－15－15kg/10a）  
 造粒区（10a 当たり）  
 3 畜種混合堆肥造粒 2,000kg（現物）、窒素－リン酸－加里＝15－106－99kg
  - 慣行区：  
 菜種油かす 200kg/10a  
 堆肥等なし
  - ・ 栽培の特徴：  
 露地栽培、株間 30cm 3 条千鳥植え、黒マルチ、不織布使用
  - ・ 収穫調査株数：5 株
  - ・ 栽培ほ場の履歴について  
 平 28：四角豆、平 29：深ネギ、平 30：ダイコン  
 過去 2 年間に主として使用している堆肥と施肥量について  
 10a 当たり牛ふん：1 トン、鶏ふん：500kg、菜種油かす：200kg

## ② 栽培試験の結果概要と具体的図表

- ・ 収量調査結果  
 ダイコン 1 本の新鮮全重（平均）、面積当たりの新鮮全重及び乾物全重は造粒区と慣行区で差が見られませんでした。ただし、乾物率は造粒区が慣行区よりもやや低かったです（表 9-14、図 9-7）。
- ・ 成分濃度及び吸収量調査結果  
 ダイコン全体の成分濃度及び成分吸収量も造粒区と慣行区で差が見られませんでした（表 9-15、表 9-16、図 9-8）。
- ・ 土壌成分の変化  
 造粒区の可給態リン酸は慣行区より低く、しかも栽培前土壌よりも低いことからリン酸の蓄積は認められませんでした。他の項目は慣行区と同等でした（表 9-17）。



写真 9-5 収穫したダイコン

表 9-14 ダイコンの収穫調査結果

項目	単位	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	cm	37.8	43.3	46.3
葉数	枚	25.3	26.5	27.8
葉色 (SPAD値)		37.7	36.4	36.1
1本新鮮葉重(平均)	g	170	206	233
1本新鮮根重(平均)	g	633	840	965
1本新鮮全重(平均)	g	803	1,046	1,198
根長	cm	28.3	31.2	33.7
根周	cm	19.5	21.1	22.0
葉乾物率	%	10.1	10.0	9.28
葉水分率	%	89.9	90.0	90.7
根乾物率	%	5.02	4.23	4.00
根水分率	%	95.0	95.8	96.0
面積新鮮葉重	kg/m <sup>2</sup>	2.7	3.3	3.7
面積新鮮根重	kg/m <sup>2</sup>	10.1	13.4	15.4
面積新鮮全重	kg/m <sup>2</sup>	12.8	16.7	19.2
面積乾物葉重	g/m <sup>2</sup>	276	330	346
面積乾物根重	g/m <sup>2</sup>	506	567	614
面積乾物全重	g/m <sup>2</sup>	782	897	959
栽植密度	畝間30cm×株間30cm、16株/m <sup>2</sup>			

注1) 新鮮重は調整重(販売用に外葉を除去した重さ)である。

注2) 各処理区とも数値は3反復の平均値で、収量調査は5株で行った。

ダイコンのTukeyによる多重検定

項目	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	a	ab	b
葉数	a	a	a
葉色 (SPAD値)	a	a	a
1本新鮮葉重(平均)	a	b	b
1本新鮮根重(平均)	a	ab	b
1本新鮮全重(平均)	a	b	b
根長	a	a	a
根周	a	ab	b
葉乾物率	b	b	a
葉水分率	a	a	b
根乾物率	b	a	a
根水分率	a	b	b
面積新鮮葉重	a	b	b
面積新鮮根重	a	ab	b
面積新鮮全重	a	b	b
面積乾物葉重	a	b	b
面積乾物根重	a	a	a
面積乾物全重	a	b	b

注) 横列の異文字間で5%の有意差あり

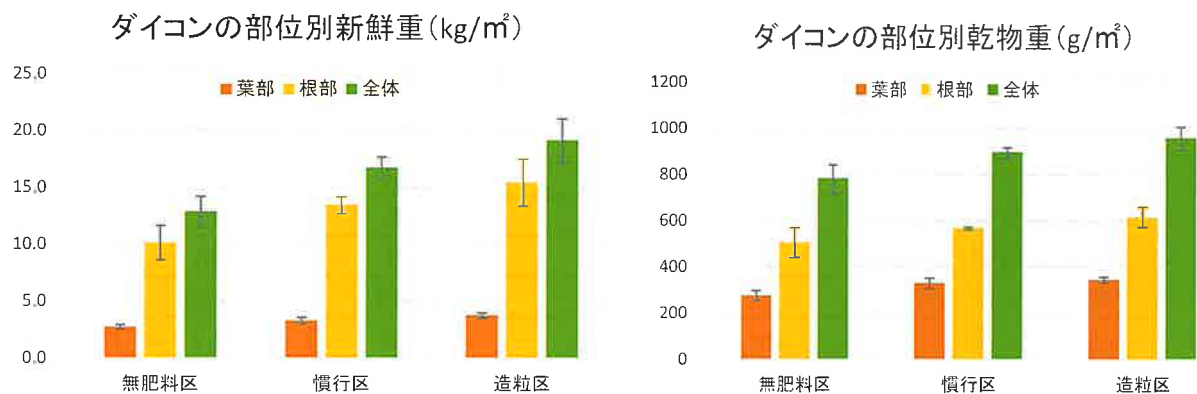


図 9-7 ダイコンの部位別の新鮮重と乾物重のグラフ

表 9-15 ダイコン全体の平均成分濃度 (乾物%)

試験区	平均成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	3.04	1.02	7.20	1.51	0.36
慣行区	3.54	1.26	8.31	1.30	0.40
造粒区	3.45	1.32	8.71	1.51	0.39

ダイコン全体の成分濃度のTukeyによる多重検定

試験区	平均成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	b	a
慣行区	b	b	b	a	a
造粒区	b	b	b	b	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-16 ダイコン全体の成分吸収量 (g/m<sup>2</sup>)

試験区	成分吸収量(g/m <sup>2</sup> )				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	23.7	8.0	56.3	11.8	2.8
慣行区	31.8	11.3	74.6	11.7	3.6
造粒区	33.1	12.7	83.6	14.5	3.8

ダイコン全体の成分吸収量のTukeyによる多重検定

試験区	平均成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	a	a
慣行区	b	b	b	a	b
造粒区	b	b	b	b	b

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

## ダイコン全体の養分吸収量(g/m<sup>2</sup>)

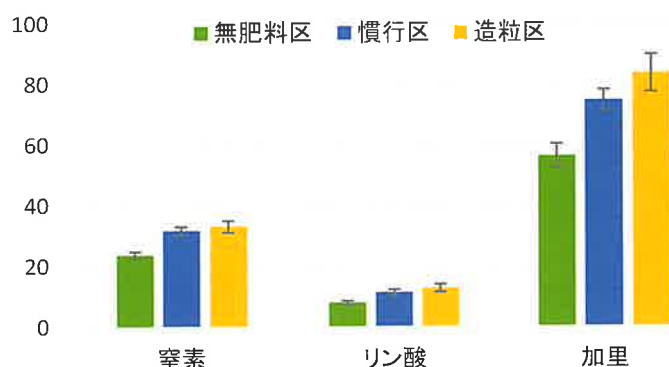


図 9-8 ダイコン全体の窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ

表 9-17 喜入農場におけるダイコン栽培土壌成分の分析結果

項目	単位	鹿児島県土壌改良目標値*	栽培前 開始土壌	ダイコン栽培跡地土壌		
				無肥料区	慣行区	造粒区
水分率(現土)	%	—	48	29	29	31
pH	H <sub>2</sub> O	5.5~6.5	6.7	6.6	6.6	6.9
EC	mS/cm	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3
有機物(腐植)	乾土%	5以上	10.1	16.0	15.0	15.2
窒素		—	0.35	0.49	0.46	0.53
可給態リン酸	mg/100g乾土	5~50	3.3	7.3	7.0	41
石灰飽和度	%	50~65	59	49	50	59
苦土飽和度		8~15	7	10	9	17
加里飽和度		2~5	3	1	1	5
塩基飽和度		60~85	69	59	60	81
CEC	meq/100g乾土	15~35	25	39	40	39
石灰/苦土比	当量比	4~8	8	5	6	3
苦土/加里比		2~5	3	7	10	3
交換性石灰	mg/100g乾土	280~364**	319	527	560	634
交換性苦土		32~60**	29	75	71	135
交換性加里		19~47**	26	23	17	100

\*)土壌は火山灰土、葉茎菜類及び果菜類を対象とした土壌改良目標値である。

\*\*\*)CECが20meのときの値

注)石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示

注)CEC:陽イオン交換容量

## (2) ピーマン (平成 31 年、喜入農場)

### ① 栽培試験の方法

- ・品目と品種：ピーマン、品種：
- ・播種日、育苗、定植日、収穫：



- 播種：なし、育苗：なし（5/29 苗購入）
- 定植日：5/30 収穫日：7/26、8/3、8/14、8/24、9/3、9/13、9/24 の 7 回
- ・ 栽植密度：畝間 140cm、株間 60cm、119 株/1a
- ・ 施肥：（施肥基準：窒素－リン酸－加里＝20－15－20kg/10a）  
造粒区（10a 当たり） 5/24 施肥  
牛ふん造粒 867kg（以下現物）豚ふん造粒 950kg、鶏ふん造粒 616kg、  
窒素－リン酸－加里＝16－89－82kg
- 慣行区：5/24 施肥  
菜種油かす 200kg/10a  
堆肥等なし
- ・ 栽培の特徴：  
露地栽培、畝間 140cm、黒マルチ、誘因ネット使用
- ・ 収穫調査株数：7 株
- ・ 栽培ほ場の履歴について  
平 28：四角豆、平 29：深ネギ、平 30：ダイコン  
過去 2 年間に主として使用している堆肥と施肥量について  
10a 当たり牛ふん：1 トン、鶏ふん：500kg、菜種油かす：200kg

## ② 栽培試験の結果概要と具体的図表

- ・ 収量調査結果  
面積当たりのピーマンの総重量と総個数及び 1 個重は造粒区と慣行区で差が見られませんでした。また、時期別にみても収穫個数と重量も造粒区と慣行区で差が見られませんでした。この結果より、造粒物を混合して施肥した造粒区は収穫の後期まで肥料効果が持続してことが推察され、収穫期間が長く継続する果菜類の栽培にも十分使える施肥技術と判断されました（表 9-18、図 9-9、図 9-10）。
- ・ 成分濃度及び吸収量調査結果  
ピーマンの加里濃度と吸収量は造粒区が慣行区より高い傾向がみられましたが、他の成分では造粒区と慣行区で差が見られませんでした。平成 31 年度新たに野菜の微量成分濃度を測定しましたが、慣行区と差がなく、しかも吸収量も差が見られませんでした（表 9-19、表 9-20、図 9-11）。
- ・ 土壌成分の変化  
造粒区の可給態リン酸は慣行区より低く、しかも栽培前土壌よりも低いことからリン酸の蓄積は認められませんでした。他の項目は慣行区と同等でした（表 9-21）。



写真 9-6 ピーマンの栽培状況（喜入農場）

無肥料区

慣行区

造粒区



写真 9-7 収穫したピーマン

表 9-18 ピーマンの収量調査結果（かごしま有機生産組合）

項目	単位	無肥料区	慣行区	造粒区
1個の新鮮重(平均)	g	25.9	26.8	26.7
水分率	%	93.8	93.6	93.6
乾物率	%	6.2	6.4	6.4
1個の乾物重(平均)	g	1.6	1.7	1.7
ピーマン長さ	cm	9.0	8.8	9.3
胴回り	cm	12.8	12.2	12.1
面積当たり総収量	kg/m <sup>2</sup>	1.22	1.95	1.94
収穫総個数	個/m <sup>2</sup>	47	73	73
面積乾物重	g/m <sup>2</sup>	75.9	124.6	123.9
栽植密度	畝間140cm×株間60cm、119株/1a			

注)7/26～9/24に7回収穫を行った。

ピーマンのTukeyによる多重検定

項目	無肥料区	慣行区	造粒区
1個の新鮮重(平均)	a	a	a
水分率	a	a	a
乾物率	a	a	a
1個の乾物重(平均)	a	a	a
ピーマン長さ	a	a	a
胴回り	a	a	a
面積当たり総収量	a	b	b
収穫総個数	a	b	b
面積乾物重	a	b	b

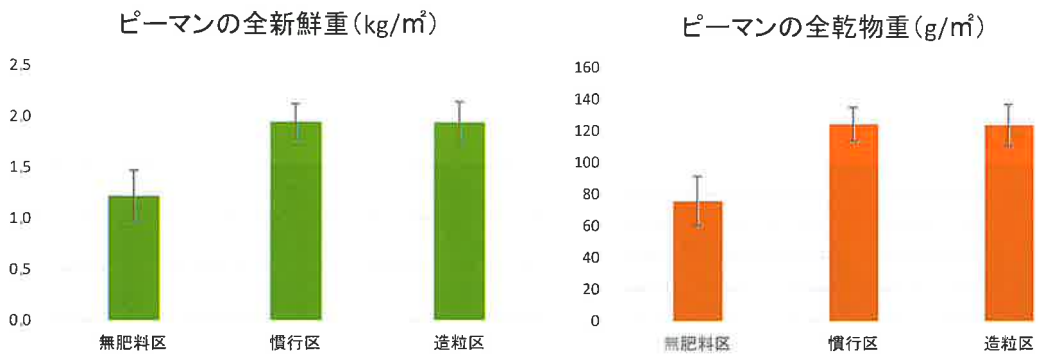
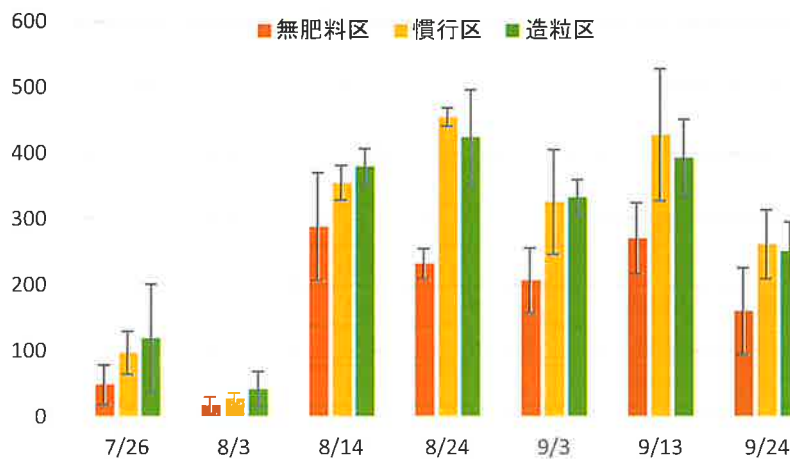


図 9-9 ピーマンの全新鮮重と全乾物重のグラフ

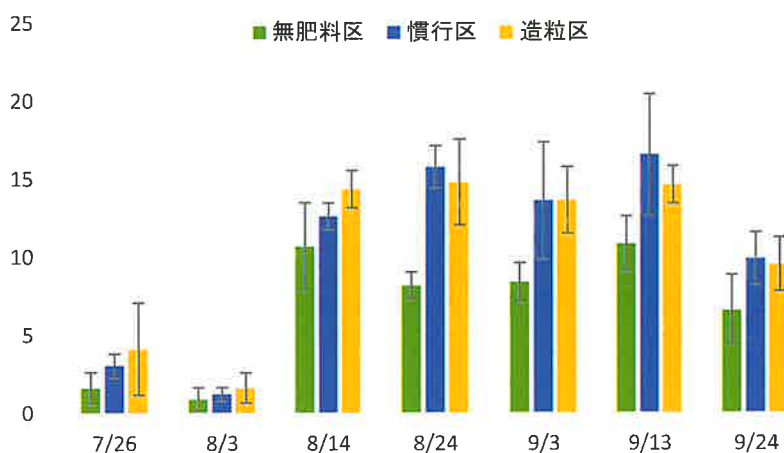
1. 時期別収穫重

ピーマンの時期別収穫重(g/m<sup>2</sup>)



## 2. 時期別収穫個数

### ピーマンの時期別収穫個数(個/m<sup>2</sup>)



## 3. 時期別1個平均重

### ピーマンの1個平均重(g)

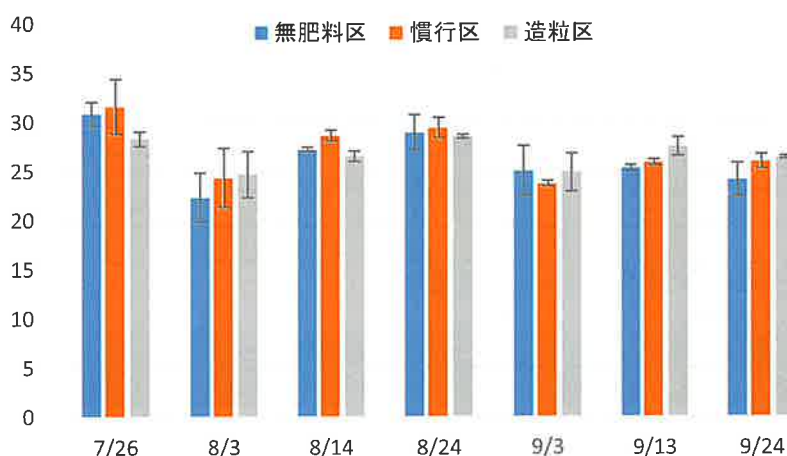


図 9-10 ピーマンの時期別収穫重 (1)、収穫個数 (2)、1 個平均重 (3) のグラフ

表 9-19 ピーマンの成分濃度測定結果

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	2.23	1.07	3.94	0.23	0.36
慣行区	2.35	1.03	3.91	0.26	0.37
造粒区	2.39	1.11	4.26	0.26	0.37

#### ピーマンの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	a	a	a	a	a
造粒区	a	a	b	a	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

試験区	微量成分濃度(乾物ppm)			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料区	219	9.9	19.5	13.5
慣行区	226	10.9	21.7	9.7
造粒区	225	11.4	22.2	10.4

ピーマンの微量成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料	a	a	a	a
慣行区	a	a	a	a
造粒区	a	a	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-20 ピーマンの成分吸収量結果

試験区	成分吸収量(g/m <sup>2</sup> )				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	1.7	0.8	3.0	0.2	0.3
慣行区	2.8	1.3	4.9	0.3	0.5
造粒区	3.0	1.4	5.3	0.3	0.5

ピーマンの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	b	b	b	b	b
造粒区	b	b	b	b	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

試験区	微量成分吸収量(mg/m <sup>2</sup> )			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料区	17	0.7	1.5	1.0
慣行区	28	1.4	2.7	1.2
造粒区	28	1.4	2.8	1.3

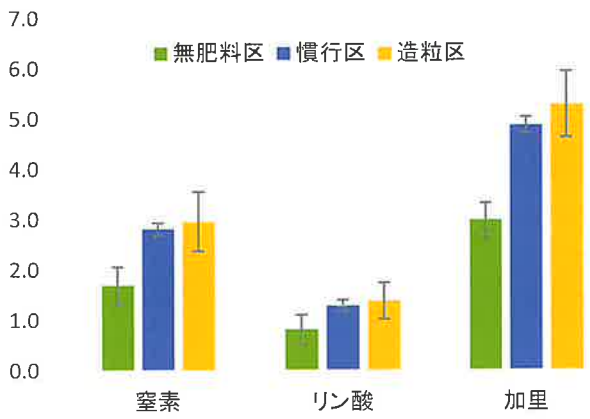
ピーマンの微量成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料	a	a	a	a
慣行区	b	b	b	a
造粒区	b	b	b	a

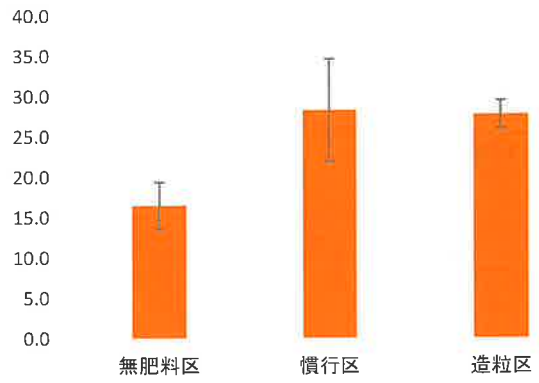
注)縦列の異文字間で5%の有意差あり



### ピーマンの養分吸収量 (g/m<sup>2</sup>)



### ピーマンの鉄成分吸収量 (mg/m<sup>2</sup>)



### ピーマンの微量成分吸収量 (mg/m<sup>2</sup>)

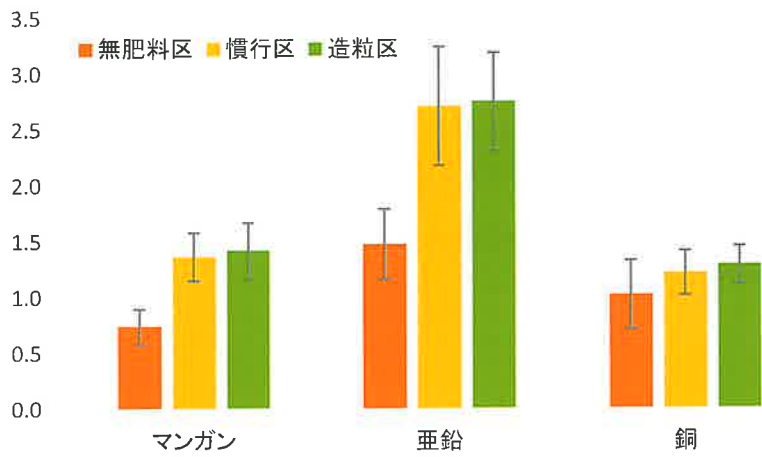


図 9-11 ピーマンの窒素、リン酸、加里、微量成分吸収量のグラフ



表 9-21 喜入農場におけるピーマン栽培土壌成分の分析結果

項目	単位	鹿児島県土壌改良目標値*	栽培前土壌	ピーマン栽培跡地土壌		
				無肥料区	慣行区	造粒区
水分率(現土)	%	—	38			
pH	H <sub>2</sub> O	5.5~6.5	6.7	6.4	6.3	6.4
EC	mS/cm	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
有機物(腐植)	乾土%	5以上	10.9	10.2	10.4	9.8
窒素		—	0.37	0.31	0.35	0.34
可給態リン酸	mg/100g乾土	5~50	7	5	5	10
石灰飽和度	%	50~65	48	41	45	48
苦土飽和度		8~15	12	10	11	14
加里飽和度		2~5	2	1	1	3
塩基飽和度		60~85	62	51	57	65
CEC	meq/100g乾土	15~35	29	32	31	32
石灰/苦土比	当量比	4~8	4	4	4	3
苦土/加里比		2~5	7	15	20	5
交換性石灰	mg/100g乾土	280~364**	392	364	396	434
交換性苦土		32~60**	68	63	70	91
交換性加里		19~47**	22	10	8	43

\*)土壌は火山灰土、葉茎菜類及び果菜類を対象とした土壌改良目標値である。

\*\*)CECが20meのときの値

注)石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示

注)CEC:陽イオン交換容量

### C. 株式会社マルタ

#### 1) 組織の概要と栽培試験の内容

- ① 代表者名：佐伯昌彦社長、所在地：東京都千代田区外神田 6-5-12
- ② 組織概要：土づくりと味にこだわり、環境にやさしい農業に取り組む約 1500名の生産者を束ねる出荷組合的な組織。静岡県御前崎市に自前の堆肥センターを所有し、生産者へ供給しています。堆肥名は「もぐら堆肥」として有機認証を得ています。
- ③ 栽培試験について：試験地は長野県川上村の八ヶ岳ナチュラファーム（代表者：川上紀夫氏）で、平成 29 年の品目は非結球レタス（ロメインレタス）、平成 30 年の品目は玉レタスでした。

#### (1) 非結球レタス（ロメインレタス、平成 30 年八ヶ岳ナチュラファーム農場）

##### ① 栽培試験の方法

- ・品目と品種：ロメインレタス、品種：ミスターシーザー
- ・播種日、育苗、定植日、収穫：
  - 播種：7/8、育苗：288 穴セルトレイ（たすカル培土使用）
  - 定植日：7/27（7/19 施肥後マルチ） 収穫日：9/10
- ・栽植密度：畝間 45cm、株間 25cm、15 株/m<sup>2</sup>
- ・施肥：（施肥基準：窒素－リン酸－加里＝9～15－7～20－5～10kg/10a）

造粒区（10a 当たり）：

3 畜種混合堆肥造粒 1,000kg（現物）、窒素－リン酸－加里＝7.3－53－49kg

慣行区：

大地の宝「堆肥」（N2.6-P0.96-K0.93） 500kg/10a

バットグアノ「グアノ」（N0.2、P35.2） 60kg

ハーモニー「硫酸苦土肥料」 20kg

・栽培の特徴：

露地マルチ栽培、栽培期間中ほぼ毎日ほ場の見回りを行う、造粒区と慣行区で目立った生育の差は見られず、無肥料区は一週間程度の生育の遅れ。

・収量調査株数：3株

・栽培ほ場の履歴について

前作は玉レタスとロメインレタス。

過去2年間に主として使用している肥料名と施肥量について：

## ② 栽培試験の結果概要と具体的図表

・収量調査結果

1株新鮮重及び乾物重（平均）、面積当たりの新鮮重や乾物重は造粒区と慣行区で差が見られませんでした。ただし、造粒区の乾物率が慣行区よりも低くなる傾向が見られました（表 9-22、図 9-12）。

・成分濃度及び吸収量調査結果

成分濃度及び吸収量も造粒区と慣行区で差が見られませんでした（表 9-23、表 9-24、図 9-12）。

・土壌成分の変化

造粒区の可給態リン酸は慣行区と同等でした。また、栽培前土壌よりやや高く、リン酸の蓄積が伺われますが、栽培前土壌も高いことから今後施肥に留意する必要があります。他の項目は慣行区と変わりませんでした（表 9-25）。

無肥料区

慣行区

造粒区



写真 9-8 収穫したロメインレタス

表9-22 ロメインレタスの収穫調査結果

項目	単位	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	cm	30.4	31.1	32.7
葉色 (SPAD値)		37.4	36.3	38.9
1株新鮮重(平均)	g	314	351	425
1株乾物重(平均)	g	14.4	14.6	15.6
乾物率	%	4.63	4.18	3.67
水分率	%	95.4	95.8	96.3
面積新鮮重	kg/m <sup>2</sup>	4.71	5.26	6.37
面積乾物重	g/m <sup>2</sup>	215	219	234
栽植密度	畝幅45cm×25cm、15株/m <sup>2</sup>			

注1)新鮮重は調整重(販売用に外葉を除去した重さ)である。

ロメインレタスのTukeyによる多重検定

項目	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	a	ab	b
葉色 (SPAD値)	a	a	a
1株新鮮重(平均)	a	ab	b
1株乾物重(平均)	a	a	a
乾物率	b	ab	a
水分率	a	ab	b
面積新鮮重	a	ab	b
面積乾物重	a	a	a

注)横列の異文字間で5%の有意差あり

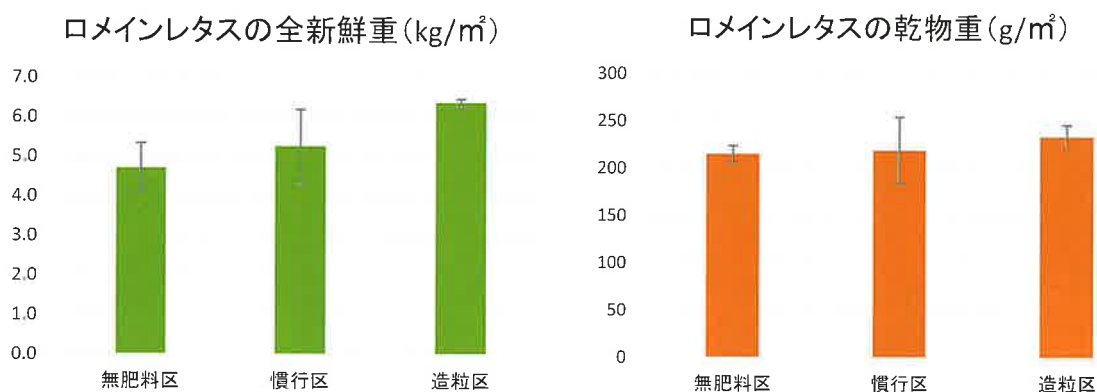


図 9-12 ロメインレタスの全新鮮重と全乾物重のグラフ

表 9-23 ロメインレタスの成分濃度 (乾物%)

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	4.40	1.75	7.54	0.96	0.59
慣行区	4.37	1.91	9.47	0.94	0.46
造粒区	4.66	1.94	10.58	1.03	0.51

ロメインレタスの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	b
慣行区	a	a	b	a	a
造粒区	a	a	b	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-24 ロメインレタスの成分吸収量 (g/m<sup>2</sup>)

試験区	成分吸収量(g/m <sup>2</sup> )				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	9.5	3.8	16.2	2.1	1.3
慣行区	9.6	4.2	20.8	2.1	1.0
造粒区	10.9	4.5	24.7	2.4	1.2

ロメインレタスの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	a	a	ab	a	a
造粒区	a	a	b	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

ロメインレタスの養分吸収量(g/m<sup>2</sup>)

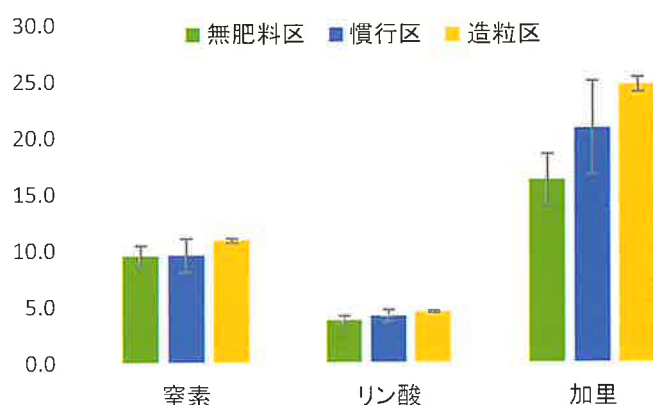


図 9-13 ロメインレタスの窒素、リン酸、加里吸収量



表 9-25 ロメインレタス栽培土壌成分の分析結果

項目	単位	長野県土壌 診断基準値*	栽培前 開始土壌	ロメインレタス栽培跡地土壌		
				無肥料区	慣行区	造粒区
水分率(現土)	%	—	32	29	31	29
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~7.0	6.9	7.1	7.1	7.2
EC	mS/cm	0.2~0.4	0.3	0.1	0.1	0.1
有機物(腐植)	乾土%	5以上	8.4	7.3	8.2	8.5
窒素		—	0.45	0.37	0.43	0.45
可給態リン酸	mg/100g乾土	100~200	200	163	237	240
石灰飽和度	%	65~75	68	63	64	65
苦土飽和度		20~25	24	22	22	24
加里飽和度		2~10	4	3	4	5
塩基飽和度		60~100	96	88	90	94
CEC	meq/100g乾土	15~35	34	31	35	35
石灰/苦土比	当量比	6以下*	3	3	3	3
苦土/加里比		2以上*	6	9	7	5
交換性石灰	mg/100g乾土	540~630**	644	546	625	634
交換性苦土		120~150**	166	133	157	169
交換性加里		28~140**	70	36	59	82

\*)土壌は洪積土、野菜はホウレンソウ、レタス類を対象とした土壌改良目標値である。

\*\*)CECが30meのときの値

注)石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示

注)CEC:陽イオン交換容量

## (2) 玉レタス (平成 31 年、八ヶ岳ナチュラファーム農場)

### ① 栽培試験の方法

・品目と品種：玉レタス、品種：

・播種日、育苗、定植日、収穫：

播種：5/29、育苗：288 穴セルトレイ（たすカル培土使用）

定植日：6/18（5/20 施肥・耕耘後 5/30-31 マルチ） 収穫日：8/10

・栽植密度：畝間 45cm、株間 25cm、15 株/m<sup>2</sup>

・施肥：（施肥基準：窒素－リン酸－加里＝9～15－7～20－5～10kg/10a）

造粒区（10a 当たり）：5/20

3 畜種混合堆肥造粒 1,000kg（現物）、窒素－リン酸－加里＝7.7－55－50kg

慣行区：5/20

大地の宝「堆肥」（N2.6-P0.96-K0.93） 500kg/10a

バットグアノ「グアノ」（N0.2、P35.2） 60kg

ハーモニー「硫酸苦土肥料」 20kg

・栽培の特徴：

露地マルチ栽培（5/30-31 展張）、栽培期間中ほぼ毎日ほ場の見回りを行う、造粒区と慣行区で目立った生育の差は見られず。7/1、7/8 防除薬散

- ・収量調査株数：3株
- ・栽培ほ場の履歴について  
前作は玉レタスとロメインレタス。  
過去2年間に主として使用している肥料名と施肥量について：

② 栽培試験の結果概要と具体的図表

- ・収量調査結果  
1株新鮮重及び乾物重（平均値）、面積当たりの新鮮重や乾物重は造粒区と慣行区で差が見られませんでした（表9-26、図9-14）。
- ・成分濃度及び吸収量調査結果  
成分濃度（乾物%）及び吸収量も造粒区と慣行区で差が見られませんでした。平成31年度新たに野菜の微量成分濃度を測定しましたが、慣行区と差がなく、しかも吸収量も差が見られませんでした（表9-27、表9-28、図9-15）。
- ・土壌成分の変化  
造粒区の可給態リン酸、交換性加里は慣行区と同等で、蓄積は認められませんでした。他の項目は慣行区と変わりませんでした（表9-29）。



写真 9-9 玉レタスの栽培試験状況（長野県川上村）



写真 9-10 収穫した玉レタス

表 9-26 玉レタスの収量調査結果（八ヶ岳ナチュラルファーム）

項目	単位	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	cm	19.5	25.3	25.0
葉色 (SPAD値)	—	29.5	32.5	35.6
1株新鮮重 (平均)	g	339	494	498
1株乾物重 (平均)	g	16.8	22.1	22.4
乾物率	%	5.0	4.5	4.5
水分率	%	95.0	95.5	95.5
面積新鮮重	kg/m <sup>2</sup>	5.1	7.4	7.5
面積乾物重	g/m <sup>2</sup>	252	331	336
栽植密度	畝幅45cm×株間25cm、15株/m <sup>2</sup>			

注1) 3株の新鮮重は調整重である(販売用に外葉を除去した重さ)。

注2) 各処理区とも数値は3反復の平均値である。

玉レタスのTukeyによる多重検定

項目	無肥料区	慣行区	造粒区
草丈	a	b	b
葉色 (SPAD値)	a	ab	b
1株新鮮重 (平均)	a	b	b
1株乾物重 (平均)	a	ab	b
乾物率	a	a	a
水分率	a	a	a
面積新鮮重	a	b	b
面積乾物重	a	b	b

注) 横列の異文字間で5%の有意差あり

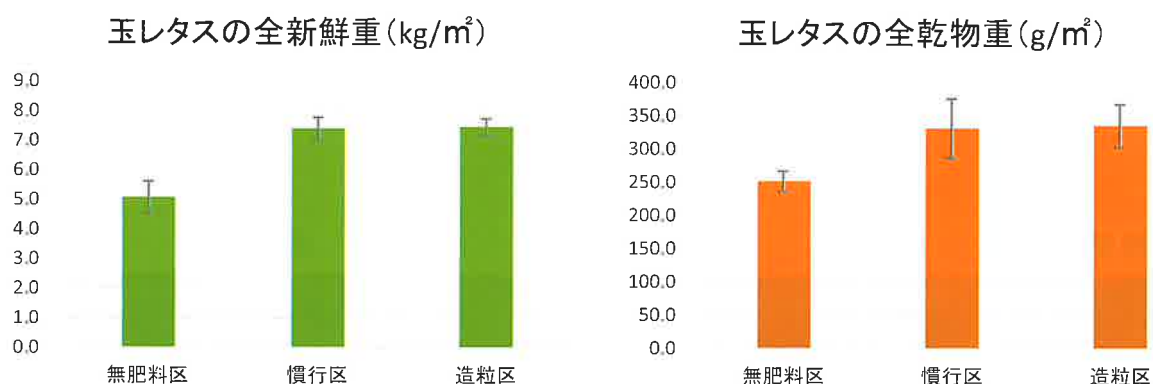


図 9-14 玉レタスの全新鮮重と全乾物重のグラフ

表 9-27 八ヶ岳玉レタスのミネラル成分濃度結果

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	2.81	1.33	8.83	1.09	0.33
慣行区	2.96	1.30	8.75	1.04	0.31
造粒区	3.00	1.23	8.69	1.11	0.32

玉レタスの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	a	a	a	a	a
造粒区	a	a	a	a	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

試験区	微量成分濃度(乾物ppm)			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料区	226	7.0	21.9	6.4
慣行区	208	9.2	27.7	5.4
造粒区	206	13.1	26.4	5.6

玉レタスの微量成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料	a	a	a	a
慣行区	a	a	a	a
造粒区	a	a	a	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-28 八ヶ岳玉レタスの成分吸収量結果

試験区	成分吸収量(g/m <sup>2</sup> )				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	7.1	3.3	22.2	2.8	0.8
慣行区	9.8	4.3	28.9	3.4	1.0
造粒区	10.0	4.1	29.2	3.7	1.1

玉レタスの成分吸収量のTukeyによる多重検定結果

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
慣行区	b	b	a	ab	b
造粒区	b	ab	a	b	b

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

試験区	微量成分吸収量(mg/m <sup>2</sup> )			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料区	57	1.8	5.5	1.6
慣行区	69	3.0	9.1	1.8
造粒区	68	4.4	8.8	1.9

玉レタスの微量成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料	a	a	a	a
慣行区	a	a	b	a
造粒区	a	a	b	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

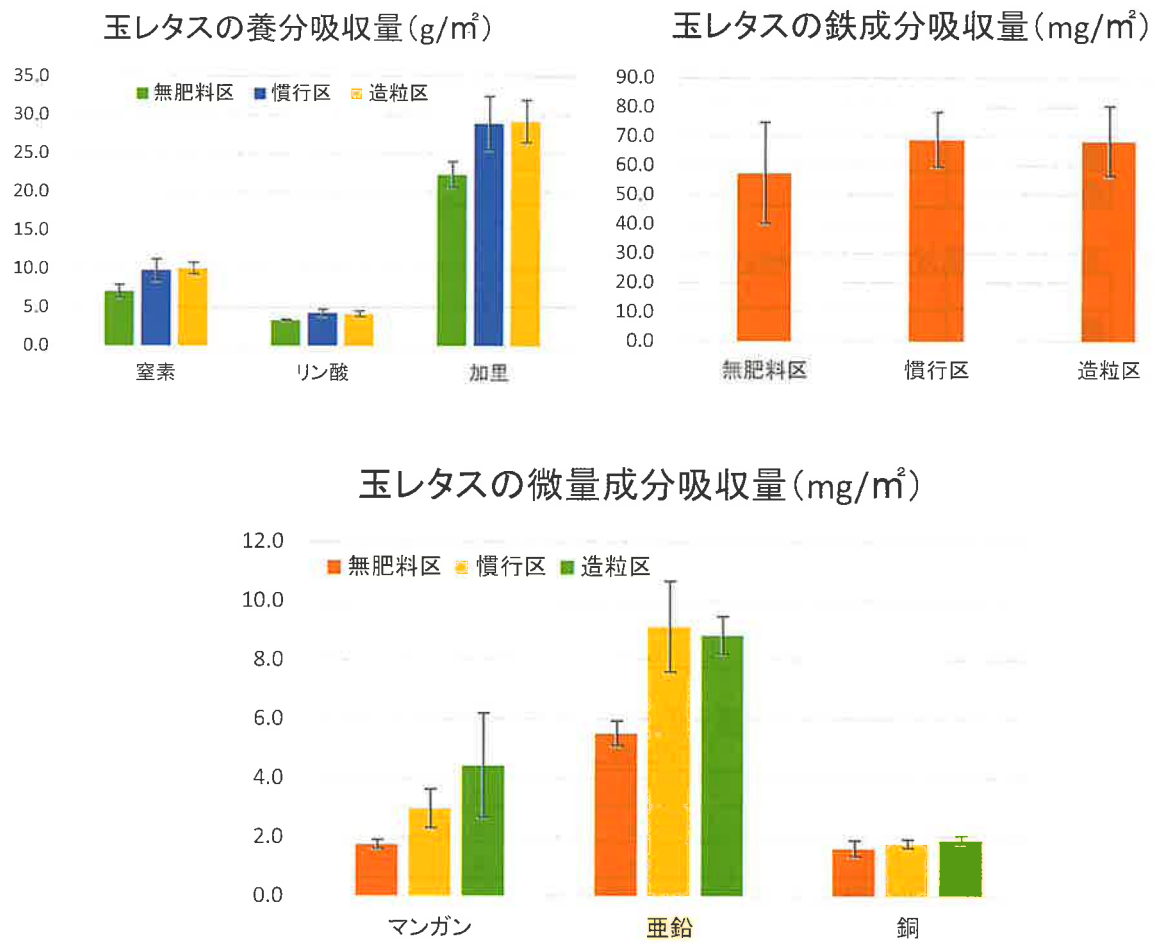


図 9-15 玉レタスの窒素、リン酸、加里、微量成分吸収量のグラフ





表 9-29 八ヶ岳ナチュラファームにおける玉レタス栽培土壌成分の分析結果

項目	単位	長野県土壌 診断基準値*	玉レタス栽培跡地土壌		
			無肥料区	慣行区	造粒区
水分率(現土)	%	—			
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~7.0	6.5	6.4	6.4
EC	mS/cm	0.2~0.4	0.1	0.1	0.2
有機物(腐植)	乾土%	5以上	3.8	3.9	4.0
窒素		—	0.21	0.23	0.24
可給態リン酸	mg/100g乾土	100~200	78	92	98
石灰飽和度	%	65~75	55	53	58
苦土飽和度		20~25	19	17	20
加里飽和度		2~10	5	6	6
塩基飽和度		60~100	79	75	84
CEC	meq/100g乾土	15~35	24	26	25
石灰/苦土比	当量比	6以下*	3	3	3
苦土/加里比		2以上*	4	3	3
交換性石灰	mg/100g乾土	540~630**	364	378	406
交換性苦土		120~150**	91	90	99
交換性加里		28~140**	54	68	75

\*)土壌は洪積土、野菜はホウレンソウ、レタス類を対象とした土壌改良目標値である。

\*\*)CECが30meのときの値

注)石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、  
加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示、CEC:陽イオン交換容量



## 2) 野菜のポット栽培における配合利用による施肥設計の実証



### ポイント

野菜のポット栽培試験で造粒物の配合利用における肥料効果と施肥設計の妥当性を実証しました。黒ボク土壌で野菜栽培を行った結果、配合肥料区の野菜は順調に生育し、化学肥料区と同等かそれ以上の収量が得られました。また、配合肥料区の乾物生産、養分吸収も順調で、リン酸、加里、石灰、苦土の吸収量は化学肥料区より優っていました。このことより造粒物の配合利用による肥料効果が確認されるとともに、施肥設計の妥当性が実証できました。

#### (1) ポット栽培による配合利用施肥設計法の実証

ポット栽培試験結果の報告に当たり、栽培試験で共通する事項について一括して以下にまとめました。各野菜のところでも具体的な試験方法を記載しました。

##### ① 試験場所

福島県に位置する畜産環境技術研究所内のビニールハウス内にて実施しました。

##### ② 堆肥造粒物

下記に分析結果を示した堆肥の造粒物を使用しました。畜種別の牛ふん堆肥、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥とそれらを混合して作った混合堆肥（牛ふん 25%、豚ふん 25%、鶏ふん 50%）の 4 種類です。

##### ③ 土壌

肥沃度としてはさほど高くない黒ボク土を用いました。

##### ④ 試験規模及び処理区

ホウレンソウ、ニンジン、レタス、シュンギクは 2 千分の 1 アルワグネルポットを用い、反復は 3 としました。キャベツはコンテナ（表面積 0.64 m<sup>2</sup>、深さ 15cm、容量 190L）を用い、反復は 2 としました。

試験区は「造粒物配合肥料区（造粒区と略す）」、「化学肥料区」、「無肥料区」としました。「造粒区」は造粒物を配合施肥した区、「化学肥料区」は化学肥料（単肥利用）で施肥した区、「無肥料区」は施肥を行わず土壌中の養分のみで栽培する区としました。

##### ⑤ 施肥設計について

造粒区の施肥設計は、上記（2）の項目で説明した方法に従いました。使用した造粒物等は各野菜の方法のところでも説明しました。

##### ⑥ 供試した野菜品目

ホウレンソウ、ニンジン、レタス、シュンギク、キャベツの 5 品目を供試しました。

##### ⑦ 調査項目と分析法について

野菜の調査項目は草丈、葉数、葉色（SPAD 値）、新鮮重、乾物重、乾物率、水分率、根長、根周り、T（地上部）/R（根部）比などとししました。収穫した野菜サンプルは細断して紙袋に入れ、70℃にて 3 日間乾燥したのち乾物重を秤量し

ました。その後粉碎・微粉碎して分析試料として窒素、リン酸、加里、石灰、苦土濃度を測定しました。窒素はC Nコーダーで、リン酸、加里、石灰、苦土はマイクロ波式湿式分解装置で酸分解（分解液は硝酸とフッ酸の混酸）したのち ICP 発光分光分析装置にて測定しました。

土壌サンプルは施肥したポット上半分の土壌を掘り出し、よく攪拌・混合した中から一部を採取して室内乾燥し、風乾細土と微粉碎土にて分析に供試しました。分析は常法にて行いました。

#### ⑧ 肥効の検証

収穫した野菜サンプルの乾物重に窒素、リン酸、加里、石灰、苦土の成分濃度を乗じて吸収量を算出し、窒素、リン酸、加里の吸収量の結果から造粒物の混合利用による肥料効果と施肥設計の妥当性を検討しました。

表 9-30 野菜の栽培試験に供試した堆肥の成分分析結果

項目	単位	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥	3畜種混合堆肥
堆肥名称		きくち・まんま堆肥	神戸みどり	那須ユーク	ゆうきくん
原料		肉牛ふん	豚ふん	採卵鶏ふん	牛25、豚25、鶏50%
副資材		鋸屑・わら	なし	なし	
水分	%現物	47.5	20.0	17.6	37.7
灰分	%乾物	23.3	43.8	46.7	32.3
pH		7.7	8.1	7.3	6.7
EC	mS/cm	8.1	9.3	9.0	11.1
窒素	%乾物	2.4	4.5	3.4	3.4
炭素	%乾物	39.6	30.1	28.9	36.5
C/N比		16.5	6.7	8.5	10.7
リン酸全量	%乾物	4.2	9.1	6.8	5.9
加里全量	%乾物	5.0	4.5	4.6	5.5
石灰全量	%乾物	2.9	7.3	19.4	7.9
苦土全量	%乾物	1.8	2.5	1.7	1.9
塩酸アンモニア	mg/g乾物	4.5	8.5	6.4	9.2
塩酸硝酸	mg/g乾物	0.0	0.0	0.0	0.0
塩酸無機N	mg/g乾物	4.5	8.5	6.4	9.2
塩酸リン酸	%乾物	3.7	8.6	6.0	4.4
塩酸加里	%乾物	4.5	3.6	3.8	4.5
推定肥効率	%				
窒素		31	23	21	24
リン酸		87	94	88	75
加里		90	81	83	81

#### ⑨ 各品目野菜の栽培方法と試験結果（具体的図表も併記）

##### ア. ホウレンソウ

##### ア-1. 栽培方法

- ・土壌：栽培跡土に黒ボク土を混合して可給態リン酸を約 20mg/100g（目標値）に設定した肥沃度の高くない土壌をポット当たり 13kg 充填しました（表 25）。
- ・施肥法：施肥基準量は 10a 当たり窒素：13kg、リン酸：14kg、加里：13kg 相当としました。化学肥料区は単肥（ポット当たり窒素：硫安 3.0g、リン酸：過

リン酸石灰 3.8g、加里：硫酸加里 1.3g) を、造粒区は3畜種の造粒(牛ふん：きくちのまんま堆肥 14.8g、豚ふん：神戸みどり 9.6g、鶏ふん：那須ユーク 55.2g) を配合して使用しました。施肥設計は表2のとおりです。

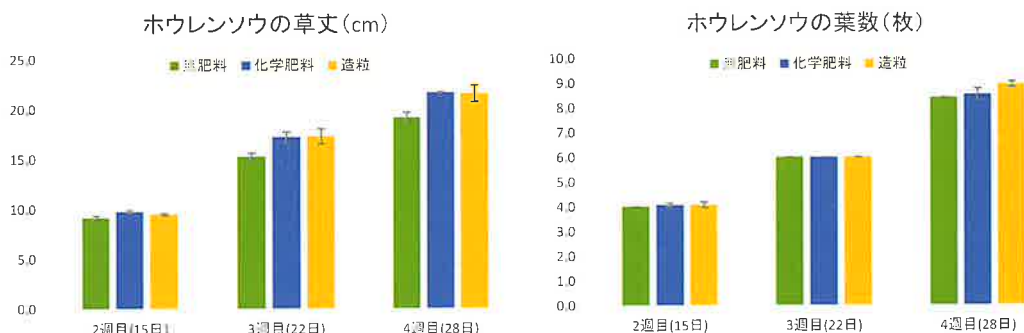
表 9-31 ホウレンソウの施肥設計

造粒物	乾物 施用量g	1a/2000ポットサイズ g/ポット			現物施用 量g/pot	現物施用 量g/m <sup>2</sup>	原料堆肥
		窒素	リン酸	加里			
牛ふん	11.11	0.08	0.39	0.5	14.8	296	きくち・まんま
豚ふん	7.41	0.08	0.6	0.29	9.6	193	神戸みどり
採卵鶏ふん	39.75	0.4	2.41	1.52	55.2	1,104	那須ユーク
成分合計量g		0.56	3.4	2.31			
施肥基準	g/ポット	0.5~0.75	0.6~0.75	0.5~0.75			
	kg/10a	10~15	12~15	10~15			

- ・品種等：日本ほうれん草（やまと）
- ・播種：平成30年9月5日、ポット当たり26粒（13穴×2粒ずつ）
- ・間引き：9月20日に間引き、8本立てとしました。
- ・生育調査：播種後2週目（4葉）、4週目（6葉）、3週目（8葉）の3回、草丈、葉数、葉色について調査しました。
- ・収穫調査：草丈が20cmを超えた10月9日に全株を一斉に収穫しました。

#### ア-2. 栽培試験結果の概要（図表等も）

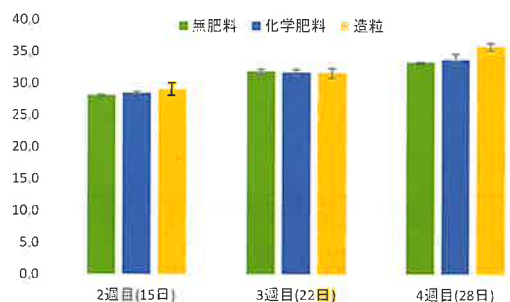
- ・ホウレンソウの生育経過は順調で、造粒区は化学肥料区と差が見られませんでした（図9-16）。また、造粒区のホウレンソウの新鮮重および乾物重は化学肥料と同等でした（表9-32、図9-17）。
- ・成分濃度と吸収量は窒素、石灰、苦土で化学肥料区よりやや劣りましたが、リン酸と加里は同等かむしろ優っていました（表9-33、表9-34、図9-18）。
- ・ホウレンソウの跡地土壌では、造粒区において可給態リン酸と交換性加里の蓄積傾向が見られました（表9-35）。





ホウレンソウの葉色 (SPAD値)

図 9-16 ホウレンソウの生育経過



無肥料区

化学肥料区

造粒区



写真 9-11 ホウレンソウの生育状況 (収穫 5 日前、播種後 30 日目 (播種 9/5))  
撮影日 2018/10/05

表 9-32 ホウレンソウの収穫調査結果

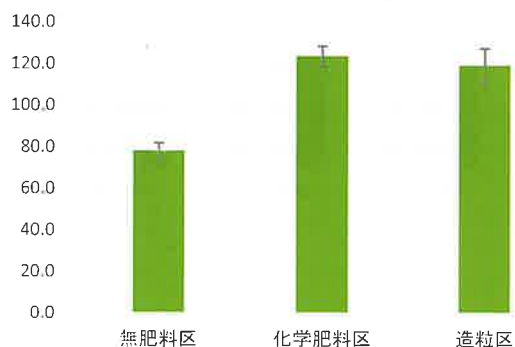
試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 SPAD値	生収量 g/ポット	乾物収量 g/ポット	乾物率 %	水分率 %
無肥料区	20.6	10.8	34.8	78	8.7	11.2	88.8
化学肥料区	24.3	12.9	36.3	124	12.8	10.4	89.6
造粒区	23.6	13.2	39.9	119	13.7	11.5	88.5

ホウレンソウのTukeyによる多重検定

試験区	草丈	葉数	葉色	生収量	乾物収量	乾物率	水分率
無肥料区	a	a	a	a	a	ab	ab
化学肥料区	b	b	a	b	b	a	b
造粒区	b	b	b	b	b	b	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

ホウレンソウの新鮮重 (g/ポット)



ホウレンソウの乾物重 (g/ポット)

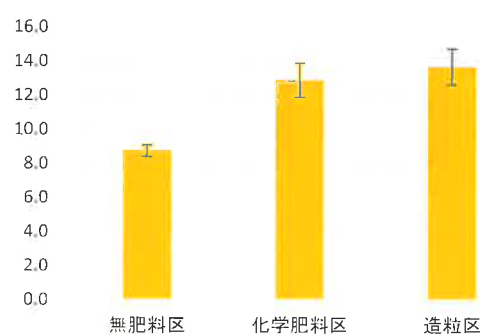


図 9-17 2018 ホウレンソウの新鮮重と乾物重のグラフ

表 9-33 ホウレンソウの成分濃度 (乾物%)

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	3.67	0.93	11.70	1.06	1.75
化学肥料区	5.01	1.02	12.20	1.20	2.31
造粒区	3.79	1.10	12.59	0.84	1.74

ホウレンソウの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	b	a
化学肥料区	b	ab	a	b	b
造粒区	a	b	a	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-34 ホウレンソウの成分吸収量 (mg/ポット)

試験区	成分吸収量(mg/ポット)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	320	81	1,021	93	153
化学肥料区	643	131	1,567	154	297
造粒区	518	150	1,717	114	238

ホウレンソウの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	a	a
化学肥料区	c	b	b	c	c
造粒区	b	b	b	b	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

### ホウレンソウの養分吸収量(mg/ポット)

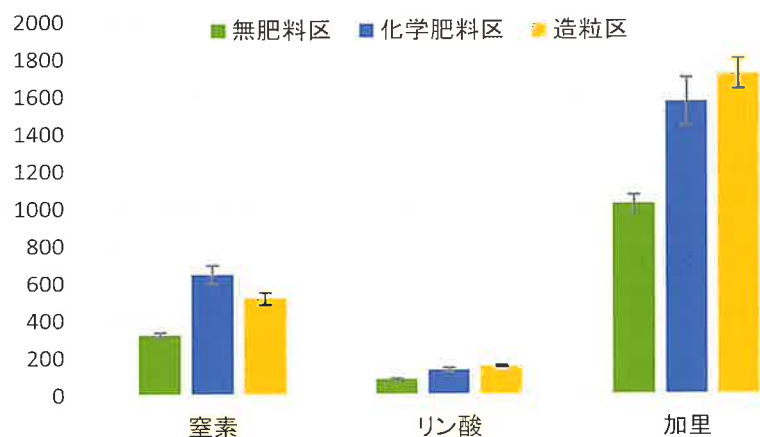


図 9-18 ホウレンソウの窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ

表 9-35 ホウレンソウの栽培に伴う土壌成分の変化

項目	単位	福島県土壌改良目標値	栽培前土壌	ホウレンソウ栽培跡地土壌		
				無肥料	化学肥料	造粒
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	6.1	6.2	5.9	6.1
EC	mS/cm	-	0.16	0.11	0.19	0.20
有機物(腐植)窒素	乾土%	2以上	8.7	9.2	9.4	9.6
		-	0.33	0.35	0.35	0.37
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	11	11	12	21
石灰飽和度	%	50~70	49	51	51	50
苦土飽和度		15~20	11	11	10	12
加里飽和度		2~10	3	3	3	5
塩基飽和度		70~90	62	64	64	67
CEC	meq/100g乾土	15以上	28	27	27	29
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.6	4.8	5.1	4.3
苦土/加里比		2以上	3.6	3.2	3.4	2.6
交換性石灰	mg/100g乾土	-	387	382	392	410
交換性苦土		-	61	57	55	69
交換性加里		-	40	42	39	62

注)石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示、CEC:陽イオン交換容量

## イ. ニンジン

### イ-1. 栽培方法

- ・土壌：ホウレンソウと同じ。
- ・施肥法：施肥基準量は10a当たり窒素：13kg、リン酸：20kg、加里：13kg相当としました。化学肥料区は単肥（ポット当たり窒素：硫安 3.1g、リン酸：過リン酸石灰 6.1g、加里：硫酸加里 1.3g）を、造粒区は3畜種の造粒（牛ふん：きくちのまんま堆肥 19.2g、豚ふん：神戸みどり 17.6g、鶏ふん：那須ユーキ 58.0g）を混合して使用しました。施肥設計を表7のとおりです。

表 9-36 ニンジンの施肥設計

造粒物	乾物 施用量g	1a/2000ポットサイズ g/ポット			現物施用 量g/pot	現物施用 量g/m <sup>2</sup>	原料堆肥
		窒素	リン酸	加里			
牛ふん	14.44	0.09	0.5	0.65	19.2	385	きくち・まんま
豚ふん	13.58	0.14	1.1	0.53	17.6	353	神戸みどり
採卵鶏ふん	41.73	0.42	2.53	1.59	58.0	1,159	那須ユーキ
成分合計量g		0.65	4.13	2.77			
施肥基準	g/ポット	0.65	1.1	0.65			
	kg/10a	13	22	13			

- ・品種等：早どりにんじん（紅輝）
- ・播種：平成30年9月5日、ポット当たり39粒（13穴×2粒）
- ・間引き：10月5日に1次、10月15日に2次間引きを行い、8本立てとしました。

- ・生育調査：播種後 6、7、10、12、14、16、18 週目の 7 回、草丈、葉数、葉色について調査しました。
- ・収穫調査：葉色が薄くなり、根径が 20mm 以上に達した平成 31 年 1 月 22 日に収穫しました。
- ・収穫後の分析試料の調製法：収穫したニンジン葉は葉部と根部に分け、それぞれ細断して紙袋に入れ、70℃にて 4～5 日乾燥したのち乾物重を秤量しました。部位別に粉砕して分析試料としました。

## イー 2. 栽培試験結果の概要

- ・ニンジンノ生育経過は順調で、造粒区は化学肥料区と差が見られませんでした（図 9-19）。しかし、造粒区のニンジンノ根生重、根乾物重、根周りは化学肥料区より優っていました（表 9-37、図 9-20）。
- ・ニンジン全体の窒素濃度は化学肥料区よりやや低いでしたが、吸収量には差が見られませんでした。リン酸、加里、石灰、苦土は濃度、吸収量ともに化学肥料区より優っていました（表 9-38～表 9-41、図 9-21）。
- ・ニンジンノ跡地土壌では、造粒区の可給態リン酸と交換性加里の蓄積はハウレンソウほど大きくはありませんでした（表 9-42）。

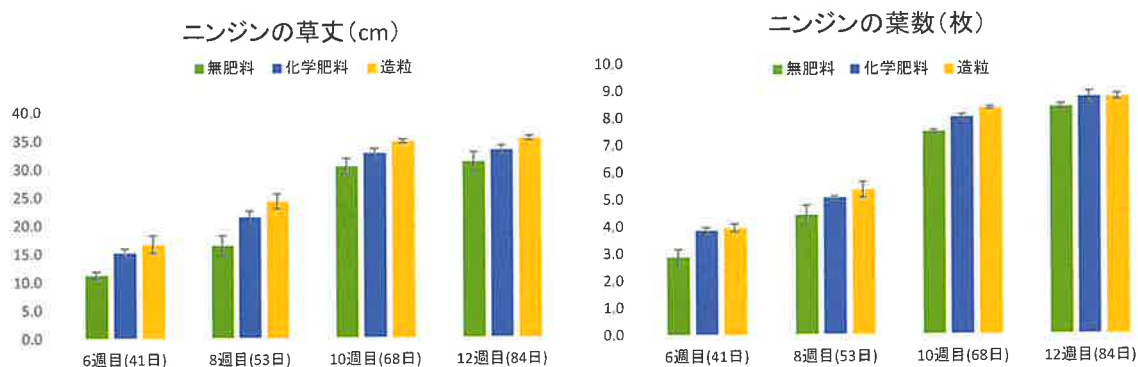


図 9-19 ニンジンノ生育経過



写真 9-12 ニンジンノ生育状況 播種後 55 日目 (播種 9/5)  
撮影日 2018/10/30

表 9-37 ニンジンの収穫調査結果

試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 スケール値	葉生重 g/ポット	葉乾物重 g/ポット	葉乾物率 %	葉水分率 %
無肥料区	31.9	6.0	5.5	81	12.6	15.7	84.3
化学肥料区	34.1	8.0	6.7	105	17.9	17.0	83.0
造粒区	36.1	7.5	6.3	121	18.8	15.6	84.4
試験区	根生重 g/ポット	根乾物重 g/ポット	根乾物率 %	根水分率 %	葉/根比	根長 cm	根周り cm
無肥料区	497	69.7	14.0	86.0	0.16	14.4	9.7
化学肥料区	578	86.9	15.0	85.0	0.18	15.2	10.3
造粒区	697	102.9	14.8	85.2	0.18	15.8	11.5

ニンジンのTukeyによる多重検定

試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 スケール値	葉生重 g/ポット	葉乾物重 g/ポット	葉乾物率 %	葉水分率 %
無肥料	a	a	a	a	a	a	b
化学肥料	ab	b	c	b	b	b	a
造粒	b	b	b	c	b	a	b
試験区	根生重 g/ポット	根乾物重 g/ポット	根乾物率 %	根水分率 %	葉/根比	根長 cm	根周り cm
無肥料	a	a	a	b	a	a	a
化学肥料	b	b	b	a	a	b	a
造粒	c	c	b	a	a	b	b

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

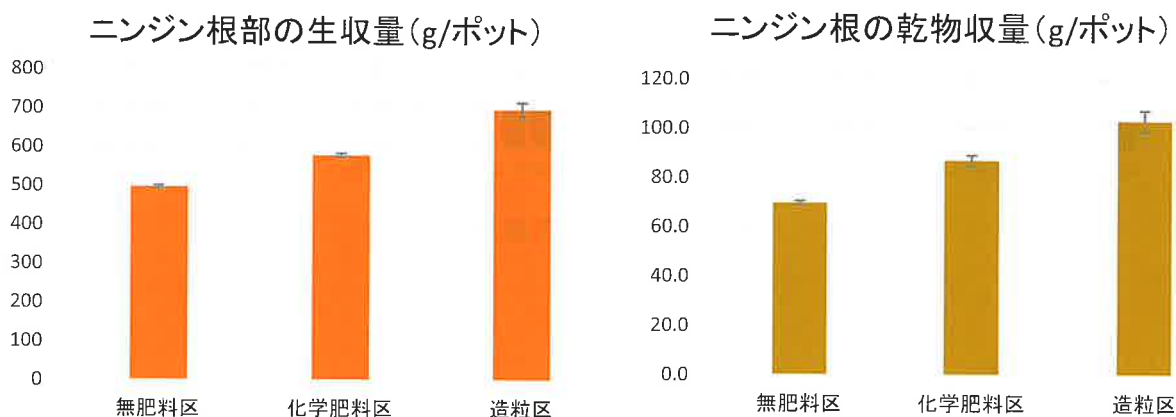


図 9-20 ニンジン根部の新鮮重及び乾物重のグラフ



無肥料区

化学肥料区

造粒区



写真 9-13 収穫したニンジン

表 9-38 ニンジン全体の平均成分濃度

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	1.08	0.27	3.77	0.69	0.21
化学肥料区	1.36	0.30	3.54	0.78	0.25
造粒区	1.10	0.38	4.15	0.74	0.24

ニンジン全体の成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	a	a
化学肥料区	b	a	a	a	b
造粒区	a	b	b	a	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-39 ニンジンの部位別成分濃度

試験区	部位	成分濃度(乾物%)				
		窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	葉	1.29	0.14	7.86	2.85	0.56
	根	1.04	0.30	3.03	0.30	0.15
化学肥料区	葉	1.92	0.18	6.59	3.24	0.64
	根	1.25	0.32	2.92	0.28	0.17
造粒区	葉	1.42	0.19	N20	3.28	0.68
	根	1.05	0.41	3.53	0.27	0.16

表 9-40 ニンジン全体の成分吸収量

試験区	成分吸収量(mg/ポット)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	890	226	3,103	569	174
化学肥料区	1,429	313	3,712	822	260
造粒区	1,344	463	5,064	895	297

ニンジン全体の成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	a	a
化学肥料区	b	a	a	b	b
造粒区	b	b	b	c	c

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-41 ニンジンの部位別成分吸収量

試験区	部位	成分吸収量(mg/ポット)				
		窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	葉	163	17	995	360	71
	根	727	208	2,109	209	102
化学肥料区	葉	342	33	1,176	579	115
	根	1,087	280	2,536	243	145
造粒区	葉	267	36	1,423	618	128
	根	1,076	427	3,642	277	169

ニンジン全体の養分吸収量(mg/ポット)

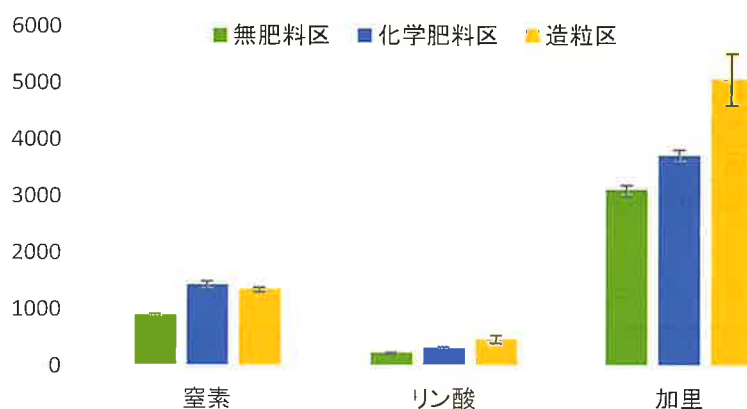


図 9-21 ニンジン全体の窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ

表 9-42 ニンジンの栽培に伴う土壌成分の変化

項目	単位	福島県土壌改良目標値	栽培前土壌	ニンジン栽培跡地土壌		
				無肥料	化学肥料	造粒
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	6.1	6.3	5.9	6.2
EC	mS/cm	-	0.16	0.10	0.22	0.17
有機物(腐植)	乾土%	2以上	8.7	9.2	9.4	9.6
窒素		-	0.33	0.33	0.33	0.36
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	11	8	9	17
石灰飽和度	%	50~70	49	47	50	50
苦土飽和度		15~20	11	10	10	13
加里飽和度		2~10	3	2	1	4
塩基飽和度		70~90	62	58	61	67
CEC	meq/100g乾土	15以上	28	28	27	29
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.6	4.8	5.2	3.9
苦土/加里比		2以上	3.6	5.6	6.6	3.3
交換性石灰	mg/100g乾土	-	387	372	384	400
交換性苦土		-	61	56	53	74
交換性加里		-	40	23	19	52

注)石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示、CEC:陽イオン交換容量

ウ. レタス

ウー1. 栽培方法

- ・土 壤：栽培跡土に黒ボク土を混合して可給態リン酸を約 30mg/100g（目標値）に設定した肥沃度の高くない土壌をポット当たり 13kg 充填しました(表 25)。
- ・施肥法：施肥基準量は 10a 当たり窒素：15kg、リン酸：25kg、加里：15kg 相当とした。化学肥料区は単肥（ポット当たり窒素：硫安 3.8g、リン酸：過リン酸石灰 7.2g、加里：硫酸加里 1.6g）を、造粒区は 3 畜種の造粒（牛ふん：きくちのまんま堆肥 23.7g、豚ふん：神戸みどり 20.9g、鶏ふん：那須ユーキ 71.8g）を配合して使用しました。施肥設計は以下のとおりです。

表9-43 レタスの施肥設計

造粒物	乾物 施用量g	1a/2000ポットサイズ g/ポット			現物施用 量g/pot	現物施用 量g/m <sup>2</sup>	原料堆肥
		窒素	リン酸	加里			
牛ふん	17.78	0.11	0.62	0.8	23.7	474	きくち・まんま
豚ふん	16.05	0.17	1.3	0.63	20.9	417	神戸みどり
採卵鶏ふん	51.67	0.52	3.13	1.97	71.8	1,435	那須ユーキ
成分合計量g		0.8	5.05	3.4			
施肥基準	g/ポット	0.8	1.3	0.8			
	kg/10a	15	25	15			

- ・品種等：グリーンリーフレタス（グリーンспан）

- ・播種：平成30年9月6日、セルポット（25穴）へ播種
- ・定植：9月27日にポット当たり3株（本葉3～4葉）定植しました。
- ・生育調査：播種後3週目（定植後18日目）、4週目（26日目）、6週目（39日目）の3回、草丈、葉数、葉色について調査しました。
- ・収穫調査：草丈が20cmを超えた平成30年11月5日に収穫しました。

ウー2. 栽培試験結果の概要

- ・レタスの生育経過は順調で、造粒区は化学肥料区と同等か、草丈はむしろ優っていました（図9-22）。また、造粒区のレタスの新鮮重、乾物重は化学肥料より優っていました（表9-44、図9-23）。
- ・レタスの窒素濃度は化学肥料区よりやや低いでしたが、吸収量には差が見られませんでした。リン酸、加里、石灰、苦土濃度は化学肥料区と同等ですが、吸収量は化学肥料区より優っていました（表9-45、表9-46、図9-24）。
- ・レタスの跡地土壌では、造粒区において可給態リン酸と交換性加里の蓄積傾向が見られました（表9-47）。

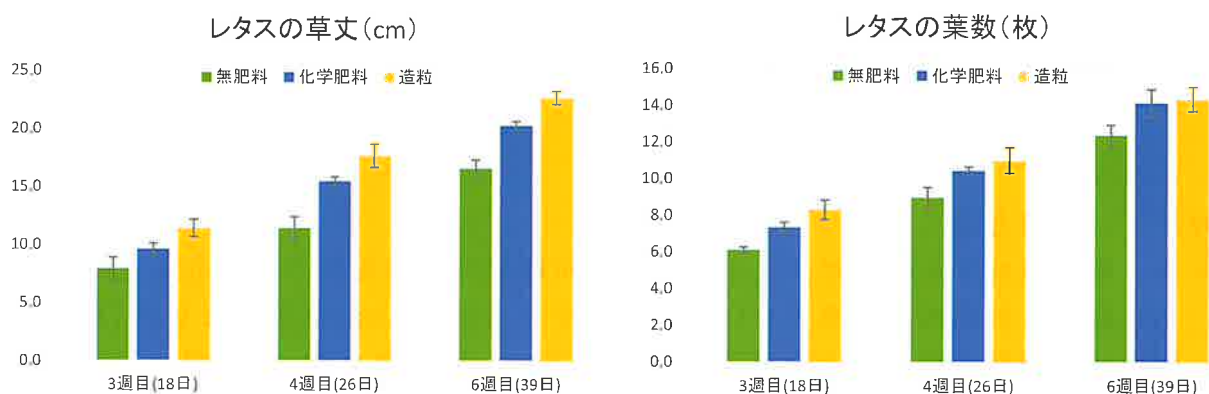


図9-22 レタスの生育経過



写真9-14 レタスの生育状況（定植後26日目）（苗の定植9/27）  
撮影日 2018/10/23



表 9-44 レタスの収穫調査結果

試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 SPAD値	生収量 g/ポット	乾物収量 g/ポット	乾物率 %	水分率 %
無肥料区	16.6	12.4	33.7	185.0	12.4	6.7	93.3
化学肥料区	20.2	14.1	33.0	275.4	20.1	7.3	92.7
造粒区	22.6	14.3	30.2	326.2	24.6	7.5	92.5

レタスのTukeyによる多重検定

試験区	草丈	葉数	葉色	生収量	乾物収量	乾物率	水分率
無肥料区	a	a	a	a	a	a	a
化学肥料区	b	b	a	b	b	ab	ab
造粒区	c	b	a	c	c	b	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

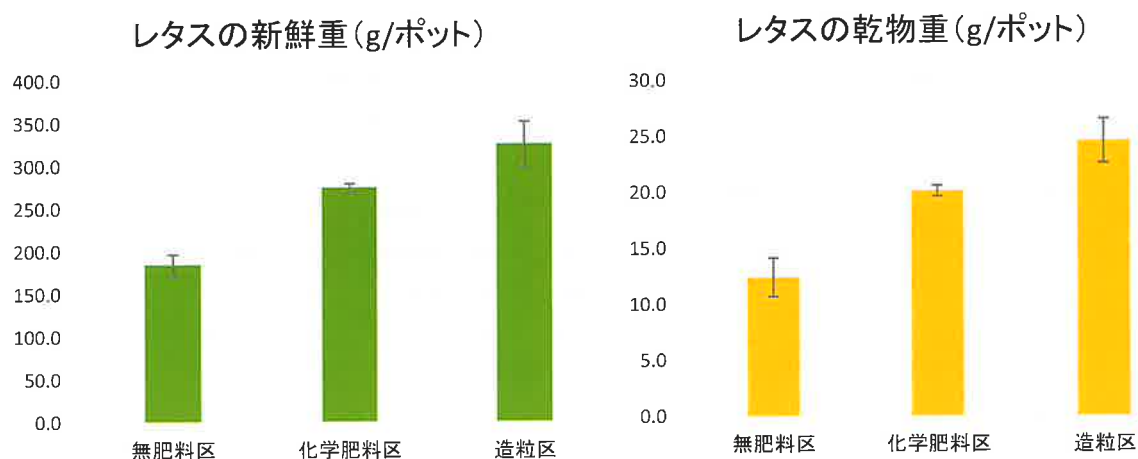


図 9-23 レタスの新鮮重及び乾物重のグラフ

表 9-45 レタスの成分濃度

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	4.45	0.73	10.9	1.27	0.41
化学肥料区	4.42	0.72	10.6	1.08	0.37
造粒区	4.13	0.89	10.6	0.96	0.38

レタスの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	b	a	a	b	a
化学肥料区	b	a	a	a	a
造粒区	a	b	a	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり



表 9-46 レタスの成分吸収量

試験区	成分吸収量(mg/ポット)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	552	90	1,350	156	50
化学肥料区	889	144	2,133	218	75
造粒区	1,014	219	2,596	237	94

レタスの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	a	a
化学肥料区	b	b	b	b	b
造粒区	b	c	c	b	c

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

レタスの養分吸収量(mg/ポット)

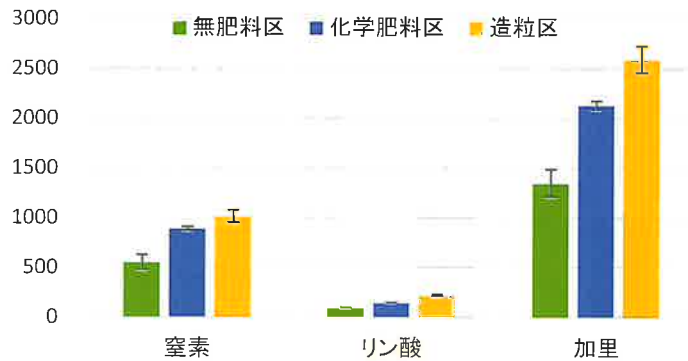


図 9-24 レタスの窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ

表 9-47 レタスの栽培に伴う土壌成分の変化

項目	単位	福島県土壌改良目標値	栽培前土壌	レタス栽培跡地土壌		
				無肥料	化学肥料	造粒
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	6.0	6.3	5.9	6.3
EC	mS/cm	-	0.20	0.13	0.30	0.28
有機物(腐植)	乾土%	2以上	8.2	8.1	8.4	8.7
窒素		-	0.32	0.32	0.33	0.35
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	17	18	16	34
石灰飽和度	%	50~70	53	50	53	58
苦土飽和度		15~20	12	12	11	15
加里飽和度		2~10	4	3	3	7
塩基飽和度		70~90	69	65	67	80
CEC	meq/100g乾土	15以上	27	29	28	30
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.4	4.3	4.7	3.8
苦土/加里比		2以上	3.0	3.6	3.5	2.1
交換性石灰	mg/100g乾土	-	406	406	420	480
交換性苦土		-	67	67	64	92
交換性加里		-	52	44	43	102

注)石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、加里:カリウムのK<sub>2</sub>O表示、CEC:陽イオン交換容量

## エ. シュンギク

### エー 1. 栽培方法

- ・土 壤：レタスと同じ。
- ・施肥法：施肥基準量は 10a 当たり窒素：20kg、リン酸：15kg、加里：15kg 相当としました。化学肥料区は単肥（ポット当たり窒素：硫酸 4.8g、リン酸：過リン酸石灰 4.2g、加里：硫酸加里 1.5g）を、造粒区は 3 畜種混合堆肥の造粒（ゆうきくん 76g）を使用しました。施肥設計は以下のとおりです。

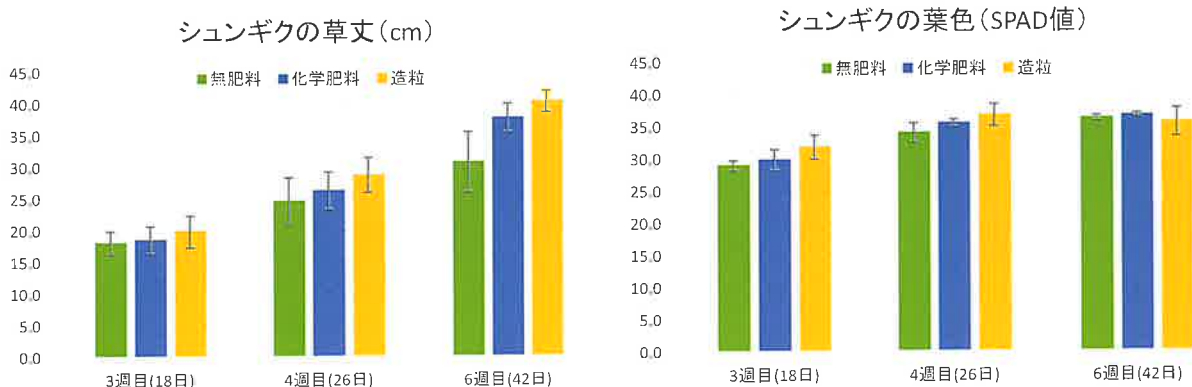
表 9-48 シュンギクの施肥設計（3 畜種混合堆肥使用）

造粒物	現物施用 量g/pot	1a/2000ポットサイズ g/ポット		
		窒素	リン酸	加里
ゆうきくん	137	1.0	7.3	6.8
施肥基準	g/ポット	1.0	0.75	0.75
	kg/10a	20	15	15

- ・品種等：シュンギク（中葉）
- ・播 種：平成 30 年 9 月 5 日、セルポット（25 穴）へ播種。
- ・定植：9 月 27 日にポット当たり 3 株（本葉 4 葉）定植しました。
- ・生育調査：播種後 3 週目（定植後 18 日目）、4 週目（26 日目）、6 週目（42 日目）の 3 回、草丈、葉数、葉色について調査しました。
- ・収穫調査：草丈が 20cm を超えた平成 30 年 11 月 8 日に収穫しました。

### エー 2. 栽培試験結果の概要

- ・シュンギクの生育経過は順調で、造粒区は化学肥料区と同等か、草丈はむしろ優っていました（図 9-25）。また、造粒区のシュンギクの新鮮重、乾物重は化学肥料と同等かそれ以上でした（表 9-49、図 9-26）。
- ・シュンギクの窒素濃度と吸収量は化学肥料区よりやや劣りましたが、リン酸、加里、石灰、苦土の濃度と吸収量は化学肥料区と同等かそれ以上でした（表 9-50、表 9-51、図 9-27）。
- ・シュンギクの跡地土壌では、造粒区において可給態リン酸と交換性加里の蓄積傾向が見られました（表 9-52）。



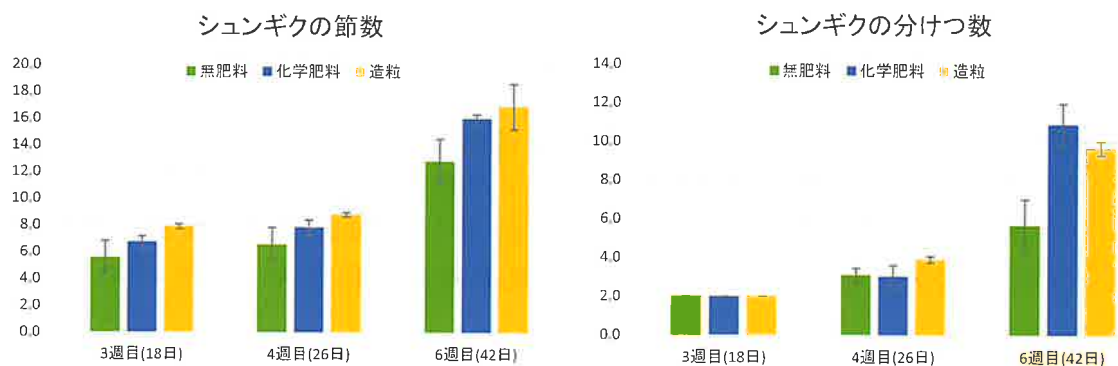


図 9-25 シュンギクの生育経過



写真 9-15 シュンギクの生育状況（定植後 26 日目）（苗の定植 9/27）  
撮影日 2018/10/23

表 9-49 シュンギクの収穫調査結果

試験区	草丈 cm	節数	分けつ 本	葉色 SPAD値	生収量 g/ポット	乾物収量 g/ポット	乾物率 %	水分率 %
無肥料区	30.8	12.8	5.7	36.3	192.3	18.1	9.4	90.6
化学肥料区	37.8	16.0	10.9	36.7	286.5	24.9	8.7	91.3
造粒区	40.3	16.9	9.7	35.6	289.6	27.2	9.4	90.6

レタスの収量等に関するTukeyによる多重検定

試験区	草丈	葉数	分けつ	葉色	生収量	乾物収量	乾物率	水分率
無肥料区	a	a	a	a	a	a	a	a
化学肥料区	ab	ab	b	a	b	b	a	a
造粒区	b	b	b	a	b	c	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

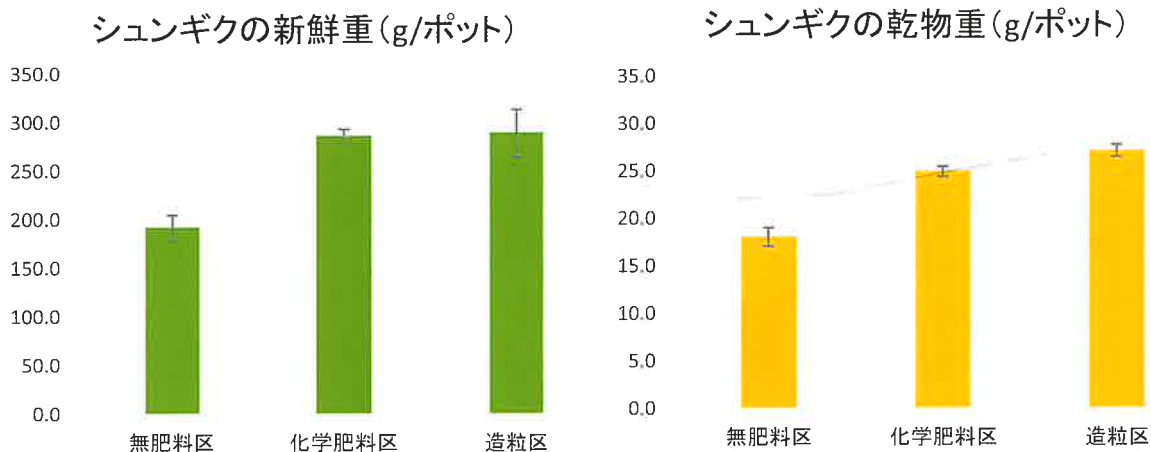


図 9-26 シュンギクの生収量及び乾物収量の結果

表 9-50 シュンギクの成分濃度

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	3.86	0.67	10.6	0.96	0.45
化学肥料区	5.10	0.73	11.2	1.01	0.48
造粒区	3.97	0.89	11.1	0.87	0.44

シュンギクの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	a	a
化学肥料区	b	a	a	a	a
造粒区	a	b	a	a	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-51 シュンギクの成分吸収量

試験区	成分吸収量(mg/ポット)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	697	120	1,920	173	81
化学肥料区	1,273	181	2,790	251	120
造粒区	1,079	240	3,016	236	119

シュンギクの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	a	a
化学肥料区	c	b	b	b	b
造粒区	b	c	c	b	b

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

## シュンギクの養分吸収量 (mg/ポット)

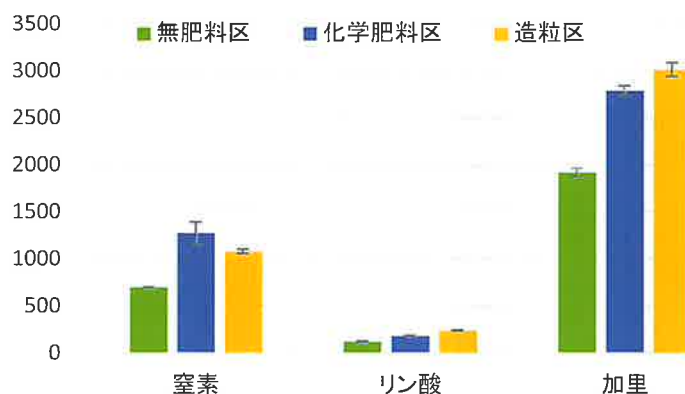


図 9-27 シュンギクの窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ

表 9-52 シュンギクの栽培に伴う土壌成分の変化

項目	単位	福島県土壌改良目標値	栽培前土壌	シュンギク栽培跡地土壌		
				無肥料	化学肥料	造粒
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	6.0	6.4	6.0	6.5
EC	mS/cm	-	0.20	0.13	0.23	0.25
有機物(腐植)	乾土%	2以上	8.2	8.3	8.2	9.0
窒素		-	0.32	0.32	0.32	0.36
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	17	14	14	31
石灰飽和度	%	50~70	53	55	58	55
苦土飽和度		15~20	12	11	11	14
加里飽和度		2~10	4	3	3	7
塩基飽和度		70~90	69	69	72	76
CEC	meq/100g乾土	15以上	27	27	27	29
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.4	4.9	5.3	3.9
苦土/加里比		2以上	3.0	3.5	3.8	2.1
交換性石灰	mg/100g乾土	-	406	420	434	448
交換性苦土		-	67	61	59	82
交換性加里		-	52	41	36	91

注) 石灰: カルシウムのCaO表示、苦土: マグネシウムのMgO表示、加里: カリウムのK<sub>2</sub>O表示、CEC: 陽イオン交換容量

### オ. キャベツ

#### オー1. 栽培方法

- ・ 土 壌：栽培跡土に黒ボク土を混合して可給態リン酸を約 30mg/100g (目標値) に設定した土壌をコンテナ (面積 0.64 m<sup>2</sup>、深さ 15cm、容量 190L) 当たり 50kg 充填しました (表 25)。
- ・ 施肥法：施肥基準量は 10a 当たり窒素：15kg、リン酸：25kg、加里：15kg 相当としました。化学肥料区は単肥 (コンテナ当たり窒素：硫安 46g、リン酸：過リン酸石灰 89.4g、加里：硫酸加里 19.3g) を、造粒区は 3 畜種混合堆肥の造粒 (ゆうきくん 1.33kg) を使用しました。施肥設計は以下のとおりです。



表9-53 キャベツの施肥設計（3畜種混合堆肥使用）

造粒物	現物施用 量g/pot	コンテナ(g/0.644㎡)		
		窒素	リン酸	加里
ゆうきくん	1330	9.7	70.6	65.8
施肥基準	g/コンテナ	9.7	16.1	9.7
	kg/10a	15	25	15

- ・品種等：キャベツ（やわらかキャベツ）
- ・播種：平成30年9月5日、セルポット（25穴）へ播種。
- ・定植：10月2日にコンテナ当たり6株（本葉4～5葉）定植しました。
- ・生育調査：定植後2週目（13日目）、3週目（22日目）、6週目（41日目）、8週目（56日目）の4回、草丈、葉数、葉色について調査しました。
- ・収穫調査：結球が20cm以上に達した平成31年1月30日に収穫しました。

オー2. 栽培試験結果の概要

- ・キャベツの生育経過は順調で、造粒区は化学肥料区と同等でした（図9-28）。また、造粒区のキャベツの結球重は化学肥料区とほぼ同等でしたが、外葉重を含めた全生重及び全乾物重は化学肥料区より少ないでした（表9-54、図9-29）。
- ・収穫したキャベツ全体の成分濃度及び吸収量について、濃度では化学肥料区よりリン酸・加里は優り、窒素は劣っていました。全体の吸収量は窒素、リン酸、加里すべて化学肥料区より少なくなりました（表9-55～表9-58、図9-30）。
- ・キャベツの跡地土壌では、造粒区において可給態リン酸と交換性加里の蓄積傾向が見られました（表9-59）。

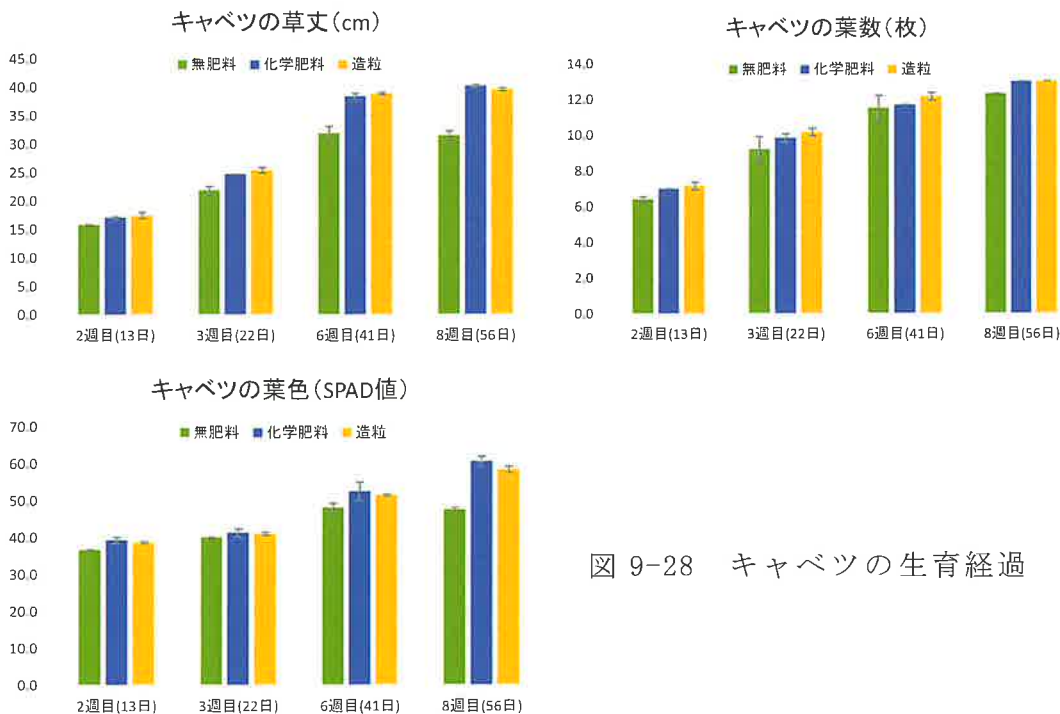


図9-28 キャベツの生育経過

無肥料区

化学肥料区

造粒区



写真 9-16 キャベツの生育状況（苗の定植後 56 日目、定植 10/2） 撮影日 11/27  
 混合肥料区：3 畜種混合堆肥の造粒物施用

表 9-54 キャベツの収穫調査結果

試験区	草丈 cm	外葉葉数 枚	葉色 SPAD値	結球生重 g/コンテナ	外葉生重 g/コンテナ	全生重 g/コンテナ
無肥料区	30.7	10.5	50.3	225	490	716
化学肥料区	39.9	13.4	58.7	870	1,148	2,018
造粒区	36.5	11.2	53.8	798	865	1,663
試験区	結球乾物重 g/コンテナ	外葉乾物重 g/コンテナ	全乾物重 g/コンテナ	全体乾物率 %	全体水分率 %	結球周り cm
無肥料区	49	103	152	21.2	78.8	22.9
化学肥料区	136	184	320	15.9	84.1	30.4
造粒区	119	146	265	15.9	84.1	31.9

キャベツの収量結果のTukeyによる多重検定

試験区	草丈 cm	外葉葉数 枚	葉色 SPAD値	結球生重 g/コンテナ	外葉生重 g/コンテナ	全生重 g/コンテナ
無肥料区	a	a	a	a	a	a
化学肥料区	b	b	a	b	c	c
造粒区	b	ab	a	b	b	b
試験区	結球乾物重 g/コンテナ	外葉乾物重 g/コンテナ	全乾物重 g/コンテナ	全体乾物率 %	全体水分率 %	結球周り cm
無肥料区	a	a	a	b	a	a
化学肥料区	b	c	c	a	b	b
造粒区	b	b	b	a	b	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

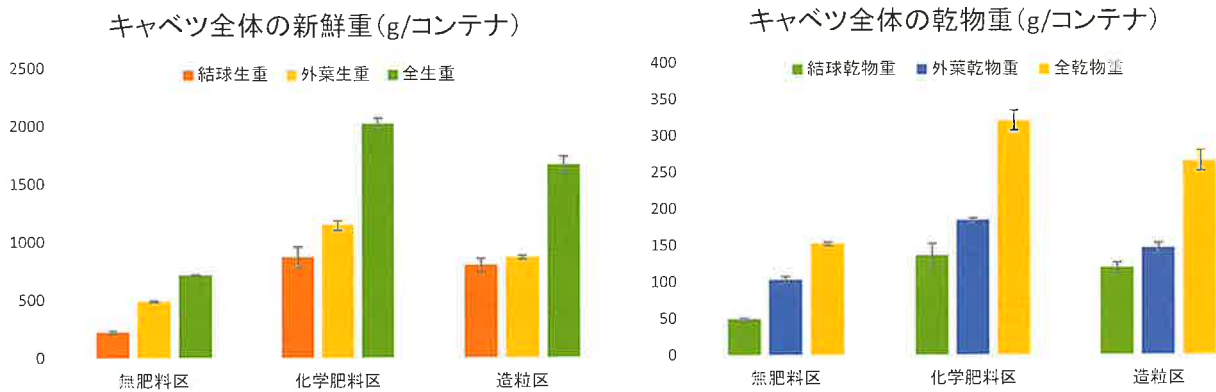


図 9-29 キャベツ全体の新鮮重及び乾物重のグラフ

表 9-55 コンテナ栽培キャベツ全体の成分濃度 (乾物%)

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	1.06	0.65	2.88	1.63	0.40
化学肥料区	1.91	0.74	3.58	1.98	0.46
造粒区	1.61	0.81	3.70	1.43	0.44

キャベツ全体の成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	ab	a
化学肥料区	c	b	b	b	a
造粒区	b	b	b	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-56 コンテナ栽培キャベツの部位別 (結球・外葉) 成分濃度 (乾物%)

試験区	部位	成分濃度(乾物%)				
		窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	結球	1.35	0.87	3.13	0.54	0.24
	外葉	0.93	0.55	2.76	2.15	0.47
化学肥料区	結球	2.35	0.95	3.75	0.50	0.25
	外葉	1.59	0.58	3.45	3.09	0.62
造粒区	結球	1.94	1.00	3.88	0.46	0.28
	外葉	1.34	0.65	3.55	2.22	0.58

表 9-57 コンテナ栽培キャベツ全体の成分吸収量

試験区	成分吸収量(g/コンテナ)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	1.6	1.0	4.4	2.5	0.6
化学肥料区	6.1	2.4	11.4	6.4	1.5
造粒区	4.3	2.1	9.8	3.8	1.2

キャベツ全体の成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	a	a	a	a	a
化学肥料区	b	b	b	b	b
造粒区	c	b	b	a	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-58 コンテナ栽培キャベツの部位別（結球・外葉）成分吸収量

試験区	部位	成分吸収量(g/コンテナ)				
		窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料区	結球	0.7	0.4	1.5	0.3	0.1
	外葉	0.9	0.6	2.8	2.2	0.5
化学肥料区	結球	3.2	1.3	5.1	0.7	0.3
	外葉	2.9	1.1	6.3	5.7	1.1
造粒区	結球	2.3	1.2	4.6	0.6	0.3
	外葉	2.0	0.9	5.2	3.2	0.8

キャベツ全体の養分吸収量(g/コンテナ)

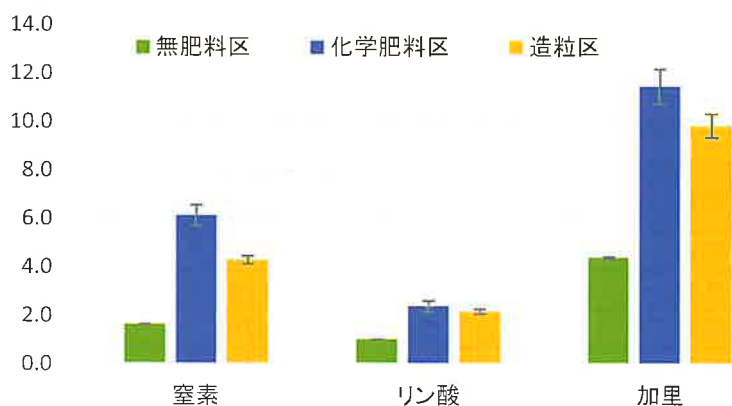


図 9-30 キャベツ全体の窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ

表 9-59 キャベツの栽培に伴う土壌成分の変化

項目	単位	福島県土壌改良目標値	栽培前土壌	キャベツ栽培跡地土壌		
				無肥料	化学肥料	造粒
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	6.1	6.4	6.1	6.6
EC	mS/cm	-	0.18	0.22	0.38	0.42
有機物(腐植)	乾土%	2以上	13.7	13.8	14.0	14.9
窒素		-	0.51	0.52	0.53	0.59
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	32	34	39	57
石灰飽和度	%	50~70	54	62	62	58
苦土飽和度		15~20	13	15	15	19
加里飽和度		2~10	4	4	3	9
塩基飽和度		70~90	71	81	80	86
CEC	meq/100g乾土	15以上	36	36	36	40
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.2	4.0	4.1	3.1
苦土/加里比		2以上	3.6	4.0	4.8	2.2
交換性石灰	mg/100g乾土	-	546	629	620	645
交換性苦土		-	93	113	108	149
交換性加里		-	62	66	52	161

注) 石灰: カルシウムのCaO表示、苦土: マグネシウムのMgO表示、加里: カリウムのK<sub>2</sub>O表示、CEC: 陽イオン交換容量

## (2) 造粒物の配合利用による施肥法の改良に関するポット栽培試験



### ポイント

家畜ふん堆肥造粒物の配合利用では窒素成分で施肥基準量に合わせると、どうしてもリン酸と加里の施肥量が多くなります。造粒物の組合せを換えるなど、施肥法を工夫することでリン酸と加里の施肥量を抑えることができました。

#### ① 試験及び栽培方法

##### ア. 試験場所

畜産環境技術研究所内のビニールハウス内にて実施しました。

##### イ. 栽培試験の規模

1/2000 a ワグネルポットを用い、反復は3としました。

##### ウ. 処理区

「無肥料区」、「化学肥料標準区」、「化学肥料多肥区」、「糖蜜造粒組合せ1区」、「糖蜜造粒組合せ2区」、「糖蜜造粒組合せ3区」、「ふのり造粒組合せ1区」、「ふのり造粒組合せ3区」の8処理区を設けました(表31)。

##### エ. 堆肥造粒物

下記に分析結果を示した堆肥の造粒物を使用しました。生産地の異なる牛



ふん堆肥 2 点、豚ふん堆肥 2 点、鶏ふん堆肥 2 点の 6 種類です。

オ. 施肥設計

造粒物区の施肥設計は、上記(2)の項目で説明した方法に従い、表のとおりに行いました。

カ. 供試野菜

ホウレンソウ

キ. 栽培方法

- ・土 壤：栽培跡土に黒ボク土を混合して可給態リン酸を約 30mg/100g (目標値)に設定した肥沃度の高くない土壌をポット当たり 13kg 充填しました(表 25)。
- ・施肥法：施肥基準量は 10a 当たり窒素：15kg、リン酸：15kg、加里：15kg 相当としました。化学肥料標準区は単肥にてポット当たり窒素：硫酸 3.6g、リン酸：過リン酸石灰 4.2g、加里：硫酸加里 1.5g を、化学肥料多肥区は同じく単肥にてポット当たり窒素：硫酸 4.7g、リン酸：過リン酸石灰 27.8g、加里：硫酸加里 9.7g を施肥しました。糖蜜造粒組合せ 1 区は糖蜜で調製した畜種別造粒(かごしま牛ふん 27.0g、豚ふん 20.7g、鶏ふん 72.4g)を、糖蜜造粒組合せ 2 区は 3 畜種堆肥の造粒(きくち牛ふん 20.7g、シムコ豚ふん 10.4g、あすなろ鶏ふん 18.6g)を、糖蜜造粒組合せ 3 区は 1 区と同じ造粒(かごしま牛ふん 27.0g、豚ふん 20.7g、鶏ふん 43.4g)を、ふのり造粒組合せ 1 区はふのりで調製した造粒を糖蜜 1 区と同量で、ふのり造粒組合せ 3 区は糖蜜 3 区と同じ造粒を同量混合して施肥しました。施肥設計を表 33 に示した。
- ・品種等：日本ほうれん草(やまと)
- ・播 種：平成 31 年 9 月 9 日、ポット当たり 26 粒(13 穴×2 粒ずつ)。
- ・間引き：9 月 24 日に間引き、8 本立てとしました。
- ・生育調査：播種後 3 週目、4 週目、5 週目の 3 回、草丈、葉数、葉色について調査しました。
- ・収穫調査：草丈が 20cm を超えた 10 月 17 日に全株を一斉に収穫しました。

ク. 調査項目と分析法

調査項目は草丈、葉数、葉色(SPAD 値)、新鮮重、乾物重、乾物率、水分率としました。収穫した野菜サンプルは細断して紙袋に入れ、70℃にて 3 日間乾燥したのち乾物重を秤量しました。その後粉碎・微粉碎して分析試料として窒素、リン酸、加里、石灰、苦土濃度を測定しました。窒素は CN コーダーで、リン酸、加里、石灰、苦土はマイクロ波式湿式分解装置で酸分解(分解液は硝酸とフッ酸の混酸)したのち ICP 発光分光分析装置にて測定しました。

土壌サンプルは施肥したポット上半分の土壌を掘り出し、よく攪拌・混合した中から一部を採取して室内乾燥し、風乾細土と微粉碎土にて分析に供試しました。分析は常法にて行いました。

ケ. 肥効の検証

収穫した野菜サンプルの乾物重に窒素、リン酸、加里、石灰、苦土の成分濃度を乗じて吸収量を算出し、窒素、リン酸、加里の吸収量の結果から造粒物の混合利用による肥料効果と施肥設計の妥当性を検討しました。

表 9-60 造粒物の混合利用による施肥法の改良に関するポット栽培試験

ねらい	野菜品目	処理区	使用した造粒物	バインダー種
窒素で施肥基準に合わせた造粒の混合施肥において、組合せを替えることでリン酸と加里の施肥量を減肥させた効果	ホウレンソウ	1)無肥料区		
		2)化学肥料区		
		3)化学肥料リン酸・加里多量区		
		4)糖蜜造粒組合せ(1)区	かごしま牛ふん	糖蜜100倍希釈液
			かごしま豚ふん	
			かごしま鶏ふん	
		5)糖蜜造粒組合せ(2)区	きくち牛ふん	糖蜜100倍希釈液
			シムコ豚ふん	
			あすなろ鶏ふん	
		6)糖蜜造粒組合せ(1)区で 施用量変更区	かごしま牛ふん	糖蜜100倍希釈液
			かごしま豚ふん	
			かごしま鶏ふん	
7)ふのり造粒組合せ(1)区	かごしま牛ふん	ふのり0.5%水溶液		
	かごしま豚ふん			
	かごしま鶏ふん			
8)ふのり造粒組合せ(1)区で 施用量変更区	かごしま牛ふん	ふのり0.5%水溶液		
	かごしま豚ふん			
	かごしま鶏ふん			

表 9-61-1 2019 年度ポット栽培試験用造粒堆肥の分析結果と推定肥効率 (1)

堆肥名称	単位	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥
原料		肉牛ふん	豚ふん	採卵鶏ふん
副資材				
水分	現物%	44.4	30.1	31.8
灰分	乾物%	16.3	21.1	32.5
pH		5.5	7.6	7.7
EC	mS/cm	9.3	6.5	12.1
窒素	乾物%	2.4	2.1	3.2
炭素	乾物%	42.8	41.3	35.6
C/N比		18	20	11
リン酸全量	乾物%	3.3	4.6	6.7
加里全量	乾物%	3.8	3.2	6.2
石灰全量	乾物%	1.5	4.3	10.2
苦土全量	乾物%	1.1	1.6	1.9
塩酸アンモニア	mg/乾物g	5.0	6.9	12.4
塩酸硝酸	mg/乾物g	0.1	0.0	0.0
塩酸無機N	mg/乾物g	5.1	6.9	12.4
塩酸リン酸	乾物%	2.8	4.1	6.0
塩酸加里	乾物%	3.4	3.0	5.9
推定肥効率	%			
窒素		21	28	39
リン酸		84	90	90
加里		90	93	95

表 9-61-2 2019 年度ポット栽培試験用造粒堆肥の分析結果と推定肥効率（2）

堆肥名称	単位	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥
		きくち・まんま堆肥	シムコ堆肥	あすなろ
原料		肉牛ふん	豚ふん	採卵鶏ふん
副資材		鋸屑・わら	なし	なし
水分	現物%	47.5	18.7	17.6
灰分	乾物%	23.3	27.9	41.1
pH		7.7	7.5	6.9
EC	mS/cm	8.1	7.1	8.6
窒素	乾物%	2.4	5.1	6.2
炭素	乾物%	39.6	37.7	29.8
C/N比		16.5	7.4	4.8
リン酸全量	乾物%	4.2	8.7	4.8
加里全量	乾物%	5	3.4	3.7
石灰全量	乾物%	2.9	6.5	17.6
苦土全量	乾物%	1.8	2.3	1.5
塩酸アンモニア	mg/乾物g	4.5	12.4	11.5
塩酸硝酸	mg/乾物g	0.0	0.0	0.0
塩酸無機N	mg/乾物g	4.5	12.4	11.5
塩酸リン酸	乾物%	3.5	8.4	4.2
塩酸加里	乾物%	4.5	3.2	3.1
推定肥効率	%			
窒素		31	24	72
リン酸		87	96	88
加里		90	94	84

コ. ポット試験の施肥設計（野菜品目はホウレンソウ）

コ-1. ホウレンソウの施肥基準

施肥基準 kg/10a	N	P2O5	K2O
		15	15
1/2000aポット g/ポット	0.75	0.75	0.75

コ-2. 化学肥料区の施肥量

**(1) 化学肥料 施肥基準量区**

成分	肥料	成分濃度	必要量g/ポット	現物必要量g	現物必要量g
窒素	硫安	N21%	0.75	3.57	3.6
リン酸	過リン酸石灰	P2O5 18%	0.75	4.17	4.2
加里	硫酸加里	K2O 50%	0.75	1.50	1.5

**(2) 化学肥料 リン酸と加里多量区**

成分	肥料	成分濃度	必要量g/ポット	現物必要量g	現物必要量g
窒素	硫安	N21%	0.97	4.62	4.7
リン酸	過リン酸石灰	P2O5 18%	4.99	27.72	27.8
加里	硫酸加里	K2O 50%	4.83	9.66	9.7

コ-3. 造粒区の施肥量

組合せ1の施肥量

造粒の種類	N	P2O5	K2O	乾物必要量 g/ポット	施肥量(g/ポット)		
	g/ポット				N	P2O5	K2O
かごしま牛ふん			0.75	22.0	0.11	0.61	0.75
かごしま豚ふん		0.75		18.2	0.11	0.75	0.54
かごしま鶏ふん	0.75			60.1	0.75	3.63	3.54
合計					0.97	4.99	4.83
施肥基準の倍数					1.3	6.7	6.4

組合せ1の造粒必要量

造粒の種類	乾物必要量	水分率	現物必要量	現物必要量
	g/ポット	%	g/ポット	g/3ポット
かごしま牛ふん	22.0	18.4	27.0	80.9
かごしま豚ふん	18.2	12.4	20.7	62.2
かごしま鶏ふん	60.1	16.9	72.4	217.1

組合せ2の施肥量

造粒の種類	N	P2O5	K2O	乾物必要量 g/ポット	肥量(g/ポット)		
	g/ポット				N	P2O5	K2O
きくちまんま			0.75	16.6	0.12	0.60	0.75
シムコ豚ふん		0.75		9.0	0.11	0.75	0.29
あすなろ鶏ふん	0.75			16.8	0.75	0.71	0.52
合計					0.98	2.06	1.56
施肥基準の倍数					1.3	2.8	2.1

組合せ2の造粒必要量

造粒の種類	乾物必要量	水分率	現物必要量	現物必要量
	g/ポット	%	g/ポット	g/3ポット
きくちまんま	16.6	20	20.7	62.2
シムコ豚ふん	9.0	13.3	10.4	31.1
あすなろ鶏ふん	16.8	9.5	18.6	55.7

組合せ3の施肥量

造粒の種類	N	P2O5	K2O	乾物必要量 g/ポット	肥量(g/ポット)		
	g/ポット				N	P2O5	K2O
かごしま牛ふん			0.75	22.0	0.11	0.61	0.75
かごしま豚ふん		0.75		18.2	0.11	0.75	0.54
かごしま鶏ふん	0.45			36.1	0.45	2.18	2.12
合計					0.67	3.54	3.41
施肥基準の倍数					0.9	4.7	4.5

組合せ3の造粒必要量

造粒の種類	乾物必要量	水分率	現物必要量	現物必要量
	g/ポット	%	g/ポット	g/3ポット
かごしま牛ふん	22.0	18.4	27.0	80.9
かごしま豚ふん	18.2	12.4	20.7	62.2
かごしま鶏ふん	36.1	16.9	43.4	130.2

② 栽培試験結果の概要（具体的図表も）

ア. ホウレンソウの生育経過は順調で、造粒組合せ区は化学肥料標準区よりは優っており、化学肥料多量区と同等で推移しました（図 9-31）。また、造粒組合せ区のホウレンソウの新鮮重及び乾物重は化学肥料標準区よりは優っており、化学肥料多量区と同等か、それ以上でした。造粒組合せ区間の差は見られず、造粒物の組合せを変えることでリン酸や加里の施肥量が軽減できるとともに、収量を低下させることはありませんでした（表 9-62、図 9-32）。

イ. ホウレンソウの成分濃度について、造粒組合せ区の成分濃度は化学肥料区に比

べてリン酸と加里は高く、窒素は低く、石灰と苦土は化学肥料区と同等でした。また、造粒組合せ区の微量成分濃度は化学肥料区と差が見られませんでした（表 9-63）。

ウ．造粒組合せ区の養分吸収量は、濃度と同様に、化学肥料区に比べてリン酸と加里は多く、窒素と鉄は少なく、石灰、苦土、マンガン、亜鉛、銅は同等でした。組合せ区間では明瞭な差は見られませんでした（表 9-64、図 9-33、図 9-34）。

エ．ハウレンソウの跡地土壌では、造粒組合せ区での可給態リン酸や加里の蓄積は見られませんでした。また、造粒物の組合せを変えることで跡地土壌への可給態リン酸や交換性加里成分の蓄積は軽減できることが認められました（表 9-65）。

オ．造粒物の組合せを換え、施肥法を工夫することでリン酸と加里の施肥量を抑えること、跡地土壌への可給態リン酸と交換性加里の蓄積を軽減することができました。

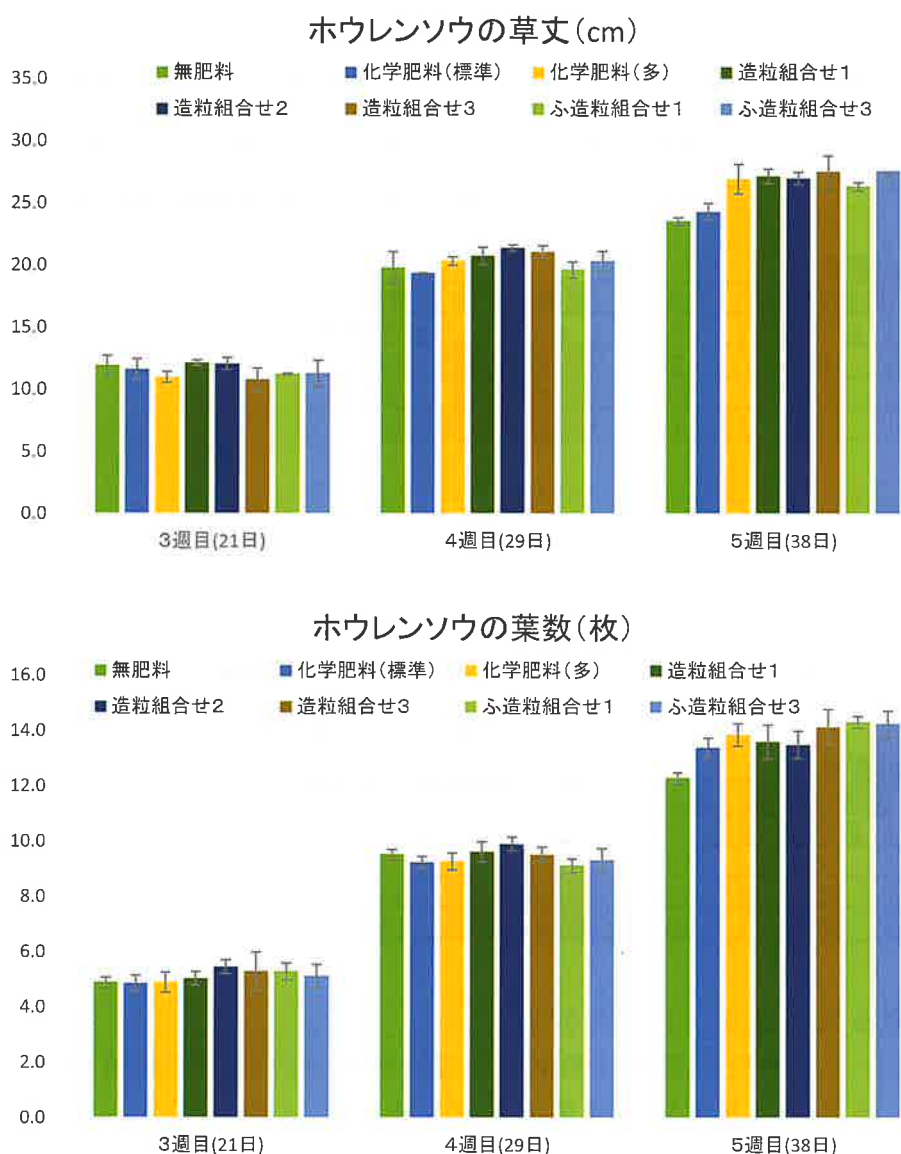


図 9-31-1 ハウレンソウの生育経過（草丈と葉数）



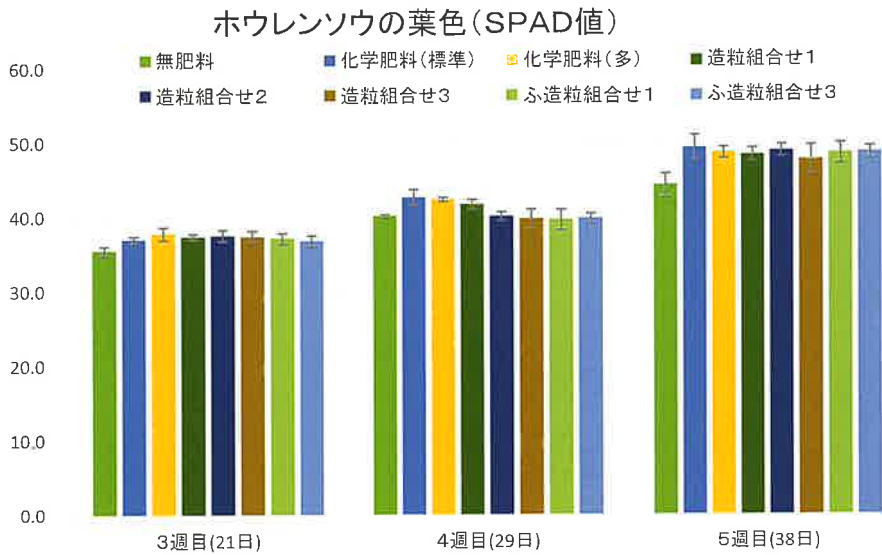


図 9-31-2 ホウレンソウの生育経過 (葉色 SPAD 値)

無肥料区

化学肥料標準区

化学肥料リン酸・加里多量区



糖蜜造粒組合せ 1 区

糖蜜造粒組合せ 2 区

糖蜜造粒組合せ 3 区



ふのり造粒組合せ 1 区

ふのり造粒組合せ 3 区



写真 9-17 栽培中のホウレンソウの生育状況 (糖蜜造粒とふのり造粒の組合せ区)

(播種後 28 日目の 9/7 に撮影)

表 9-62 2019 年ポット栽培ハウレンソウの収量結果

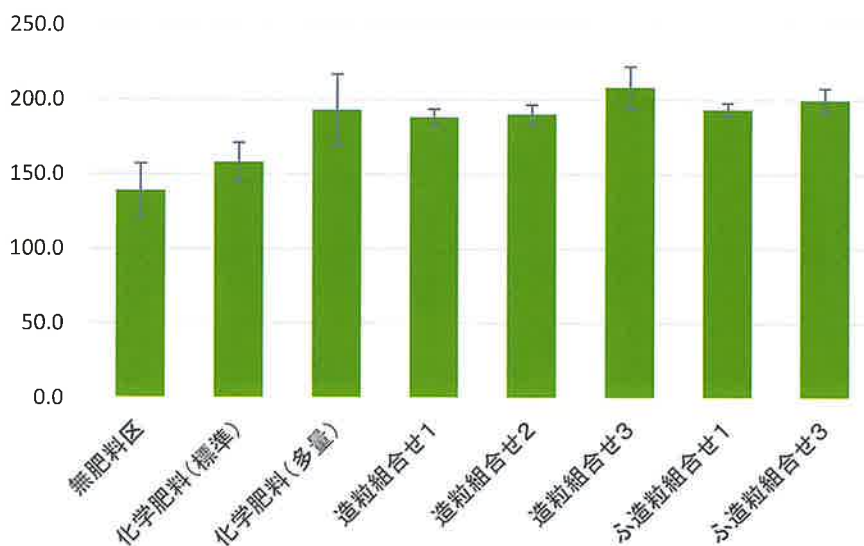
試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 SPAD値	生収量 g/ポット	乾物収量 g/ポット	乾物率 %	水分率 %
無肥料	23.6	12.8	43.1	139	15.8	11.4	88.6
化学肥料(標準)	24.3	13.4	49.4	158	17.1	10.8	89.2
化学肥料(多量)	27.0	13.9	48.8	193	20.3	10.6	89.4
糖蜜造粒組合せ1	27.2	13.6	48.5	188	21.6	11.5	88.5
糖蜜造粒組合せ2	27.0	13.5	49.0	190	22.0	11.6	88.4
糖蜜造粒組合せ3	27.5	14.1	47.8	208	23.1	11.1	88.9
ふのり造粒組合せ1	26.4	14.3	48.7	193	20.8	10.7	89.3
ふのり造粒組合せ3	27.6	14.3	48.8	200	20.6	10.3	89.7

ハウレンソウのTukeyによる多重検定

試験区	草丈	葉数	葉色	生収量	乾物収量	乾物率	水分率
無肥料	a	a	a	a	a	a	a
化学肥料(標準)	a	a	b	a	a	a	a
化学肥料(多量)	b	a	b	ab	b	a	a
糖蜜造粒組合せ1	b	a	b	ab	b	a	a
糖蜜造粒組合せ2	b	a	b	ab	b	a	a
糖蜜造粒組合せ3	b	a	ab	b	b	a	a
ふのり造粒組合せ1	ab	a	b	ab	b	a	a
ふのり造粒組合せ3	b	a	b	b	b	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

### ハウレンソウの新鮮重(g/ポット)



## ホウレンソウの乾物重(g/ポット)

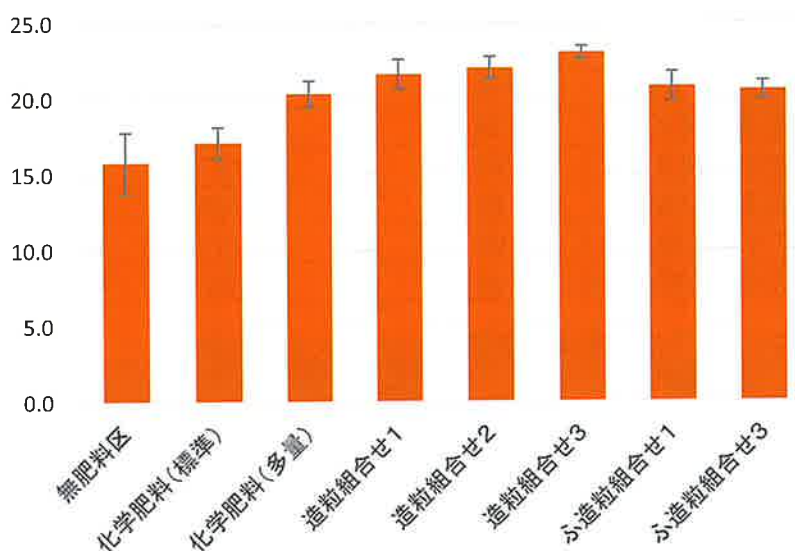


図 9-32 ホウレンソウの生収量及び乾物収量の結果グラフ

表 9-63 ホウレンソウの成分濃度

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	3.89	0.85	10.5	1.02	1.94
化学肥料(標準)	5.00	0.89	11.9	1.09	2.36
化学肥料(多量)	5.11	0.92	12.6	1.02	2.30
糖蜜造粒組合せ1	4.13	1.02	11.8	0.96	2.08
糖蜜造粒組合せ2	4.50	0.84	11.6	1.04	2.26
糖蜜造粒組合せ3	4.19	1.01	12.0	1.03	2.20
ふのり造粒組合せ1	4.52	1.10	12.8	0.98	2.36
ふのり造粒組合せ3	4.18	1.02	12.4	1.07	2.26

### ホウレンソウの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
化学肥料(標準)	c	a	bc	b	b
化学肥料(多量)	c	a	bc	a	b
糖蜜造粒組合せ1	a	bc	bc	a	a
糖蜜造粒組合せ2	b	a	b	a	b
糖蜜造粒組合せ3	a	b	bc	a	b
ふのり造粒組合せ1	b	c	bc	a	b
ふのり造粒組合せ3	a	bc	bc	b	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

試験区	微量成分濃度(乾物ppm)			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料	477	21	136	1.95
化学肥料(標準)	409	38	140	0.14
化学肥料(多量)	213	45	110	0.35
糖蜜造粒組合せ1	278	42	97	0.00
糖蜜造粒組合せ2	267	29	107	0.00
糖蜜造粒組合せ3	189	32	106	0.00
ふのり造粒組合せ1	192	35	113	0.49
ふのり造粒組合せ3	189	31	98	0.16

ホウレンソウの微量成分濃度のTukeyによる多重検定

試験区	微量成分濃度(乾物ppm)			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料	b	a	b	a
化学肥料(標準)	b	a	b	a
化学肥料(多量)	a	b	a	a
糖蜜造粒組合せ1	a	a	a	a
糖蜜造粒組合せ2	a	a	a	a
糖蜜造粒組合せ3	a	a	a	a
ふのり造粒組合せ1	a	a	a	a
ふのり造粒組合せ3	a	a	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 9-64 ホウレンソウの成分吸収量

試験区	成分吸収量(g/ポット)				
	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	0.61	0.13	1.66	0.16	0.31
化学肥料(標準)	0.86	0.15	2.04	0.19	0.40
化学肥料(多量)	1.04	0.19	2.56	0.21	0.47
糖蜜造粒組合せ1	0.89	0.22	2.55	0.21	0.45
糖蜜造粒組合せ2	0.99	0.18	2.54	0.23	0.50
糖蜜造粒組合せ3	0.97	0.23	2.77	0.24	0.51
ふのり造粒組合せ1	0.94	0.23	2.65	0.20	0.49
ふのり造粒組合せ3	0.86	0.21	2.55	0.22	0.46

ホウレンソウの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
化学肥料(標準)	b	ab	b	ab	b
化学肥料(多量)	c	b	c	bc	c
糖蜜造粒組合せ1	bc	c	c	bc	bc
糖蜜造粒組合せ2	bc	b	c	c	c
糖蜜造粒組合せ3	bc	c	c	c	c
ふのり造粒組合せ1	bc	c	c	bc	c
ふのり造粒組合せ3	b	bc	c	bc	bc

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり



試験区	微量成分吸収量 (mg/ポット)			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料	7.57	0.33	2.14	0.03
化学肥料(標準)	7.03	0.66	2.39	0.00
化学肥料(多量)	4.36	0.90	2.24	0.01
糖蜜造粒組合せ1	6.02	0.90	2.09	0.00
糖蜜造粒組合せ2	5.86	0.65	2.35	0.00
糖蜜造粒組合せ3	4.35	0.74	2.45	0.00
ふのり造粒組合せ1	3.99	0.72	2.35	0.01
ふのり造粒組合せ3	3.88	0.64	2.01	0.00

ハウレンソウの微量成分吸収量のTukeyによる多重検定

試験区	微量成分吸収量 (mg/ポット)			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
無肥料	b	a	a	a
化学肥料(標準)	ab	ab	a	a
化学肥料(多量)	ab	b	a	a
糖蜜造粒組合せ1	ab	b	a	a
糖蜜造粒組合せ2	ab	ab	a	a
糖蜜造粒組合せ3	ab	ab	a	a
ふのり造粒組合せ1	a	ab	a	a
ふのり造粒組合せ3	a	ab	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

### ハウレンソウの養分吸収量 (g/ポット)

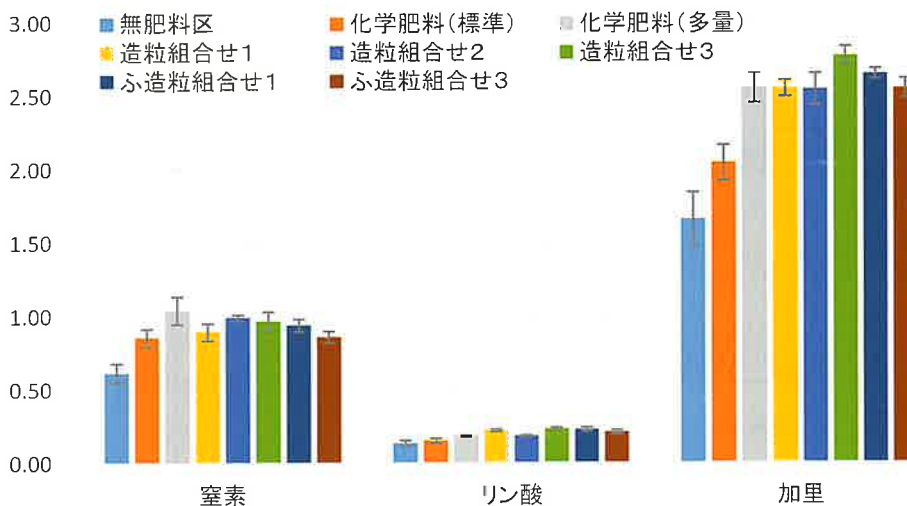
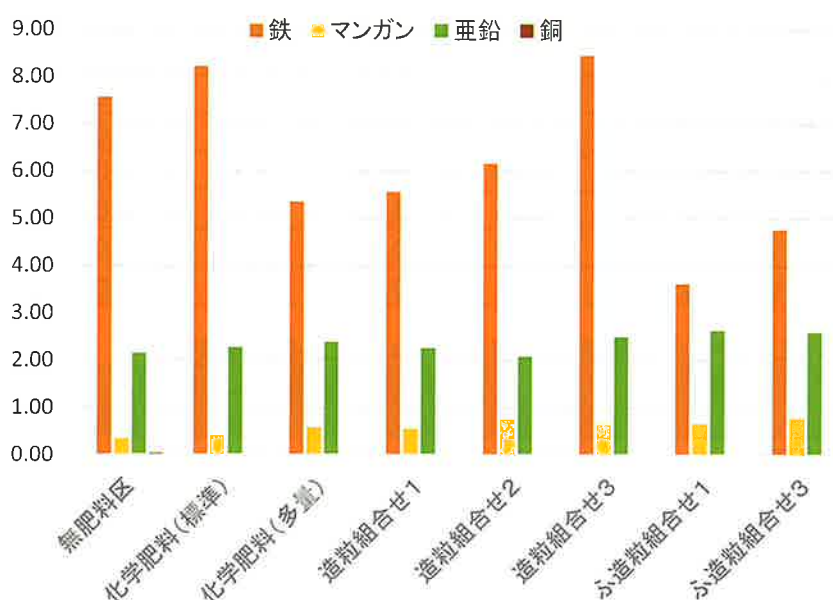


図 9-33 ハウレンソウの窒素、リン酸、加里吸収量のグラフ



### ホウレンソウの微量成分吸収量(mg/ポット)



図]9-34 ホウレンソウの微量成分吸収量のグラフ

表 9-65-1 ホウレンソウの栽培に伴う土壌成分の変化 (1)

項目	単位	福島県土壌改良目標値	栽培前土壌	ホウレンソウ栽培跡地土壌		
				無肥料	化肥(標)	化肥(多)
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	6.3	6.3	5.9	5.8
EC	mS/cm	-	0.25	0.19	0.36	0.70
有機物(腐植)	乾土%	2以上	9.7	9.1	9.1	8.8
窒素		-	0.36	0.33	0.33	0.33
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	38	16	21	37
石灰飽和度	%	50~70	55	56	59	72
苦土飽和度		15~20	13	14	13	13
加里飽和度		2~10	5	4	4	8
塩基飽和度		70~90	73	74	76	93
CEC	meq/100g乾土	15以上	34	36	36	35
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.2	4.1	4.5	5.7
苦土/加里比		2以上	2.8	3.8	3.3	1.6
交換性石灰	mg/100g乾土	-	532	564	592	709
交換性苦土		-	91	99	95	89
交換性加里		-	76	61	67	133

注1) 処理区、化肥(標): 三要素は標準施肥、化肥(多): リン酸と加里を多量に施肥

注2) 石灰: カルシウムのCaO表示、苦土: マグネシウムのMgO表示、

加里: カリウムのK<sub>2</sub>O表示、CEC: 陽イオン交換容量

表 9-65-2 ホウレンソウの栽培に伴う土壌成分の変化 (2)

項目	単位	福島県土壌改良目標値	栽培前土壌	ホウレンソウ栽培跡地土壌				
				混合組1	混合組2	混合組3	ふ混合組1	ふ混合組3
pH	H <sub>2</sub> O	6.0~6.5	6.3	6.3	6.1	6.3	6.3	6.3
EC	mS/cm	-	0.25	0.30	0.27	0.27	0.40	0.26
有機物(腐植)窒素	乾土%	2以上	9.7	9.0	8.8	8.8	8.7	9.0
		-	0.36	0.34	0.33	0.32	0.33	0.33
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	38	37	23	29	38	31
石灰飽和度	%	50~70	55	60	60	61	63	61
苦土飽和度		15~20	13	17	15	16	18	17
加里飽和度		2~10	5	8	5	7	9	7
塩基飽和度		70~90	73	85	79	84	90	85
CEC	meq/100g乾土	15以上	34	34	33	34	35	34
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.2	3.5	4.1	3.8	3.5	3.6
苦土/加里比		2以上	2.8	2.1	3.2	2.4	2.1	2.3
交換性石灰	mg/100g乾土	-	532	574	560	574	616	578
交換性苦土		-	91	118	98	109	127	115
交換性加里		-	76	133	71	107	145	114

注1) 処理区、混合組1: かごしま牛、豚、鶏造粒混合施肥、混合組2: きうち牛、シムコ豚、あすなる鶏造粒混合施肥、

混合組3: 混合組1の組合せで窒素施肥量減肥、ふ混合組1: 混合組1と同じ組合せ(ふのり造粒)、

ふ混合組3: 混合組3と同じ組合せ(ふのり造粒)

注2) 石灰: カルシウムのCaO表示、苦土: マグネシウムのMgO表示、加里: カリウムのK<sub>2</sub>O表示

CEC: 陽イオン交換容量

高機能型異種堆肥造粒物の調製・混合利用技術の開発普及事業推進委員名簿

上沢 正志	公益財団法人日本肥糧検定協会	平 29～31
棚橋 寿彦	岐阜県農業研究センター 土壌化学部	平 29～31
徳田 進一	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センター 作物開発利用研究領域 環境保全型野菜生産グループ	平 29～31
松元 順	JA 全農 九州営農資材事業所	平 29～31
横山 とも子	千葉県農業総合研究センター 土壌環境研究部	平 29～30
山本 幸洋	千葉県農業総合研究センター 土壌環境研究部	平 31

高機能型異種堆肥造粒物の調製・混合利用技術の開発普及事業

家畜ふん堆肥の簡易造粒・配合利用技術に関する手引き

令和2年3月31日発行

発行：一般財団法人 畜産環境整備機構

〒105-0001 東京都港区虎ノ門5丁目 12 番1号(ワイコービル 3 階)

TEL 03-3459-6300/FAX 03-3459-6315

編集及び連絡先：一般財団法人 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

TEL 0248-25-7777/FAX 0248-25-7540

メールアドレス：[ilet@chikusan-kankyo.jp](mailto:ilet@chikusan-kankyo.jp)

ホームページ：<http://www.chikusan-kankyo.jp>