

大瀨村民産学官連携農業振興推進事業  
令和4年度畑作等振興調査実証研究

報告会資料

令和5年2月



大潟村民産学官連携農業振興推進事業  
令和4年度畑作等振興調査実証研究 研究報告会プログラム

日時；令和5年2月28日（火）13：00～17：00

場所；大潟村役場会議室

{全体進行；石川歳男課長}

<開会>13：00

あいさつ（高橋浩人村長）10分

{発表・質疑応答進行；露崎浩}

（1）複合経営モデルと多角化戦略に関する調査研究

（報告者；鶴川洋樹、林芙俊）

・・・13：10～13：40（発表20分、質疑応答10分）

（2）タマネギの安定・多収生産のための実証研究

（報告者；頼泰樹、吉田康徳、露崎浩）

・・・13：40～14：10（発表20分、質疑応答10分）

（3）籾殻の有効活用に向けた実証研究

（報告者；頼泰樹）

・・・14：10～14：40（発表20分、質疑応答10分）

休憩（10分）

（4）畑作の作目・作付け体系多様化のための作物学・土壌学研究

（報告者；吉田康徳、佐藤孝、早川敦、保田謙太郎、露崎浩）

・・・14：50～15：20（発表20分、質疑応答10分）

（5）RTK-GNSSやドローンのマルチユースによる生産コスト削減

（報告者；山本聡史、西村洋）

・・・15：20～15：50（発表20分、質疑応答10分）

（6）水稻の有機栽培における雑草制御技術の開発

（報告者；露崎浩、山本聡史、保田謙太郎）

・・・15：50～16：20（発表20分、質疑応答10分）

休憩（10分）

総合討論（質疑応答、今後の研究への要望、他）・・・16：30～17：00

<閉会>17：00

【備考】令和4年度畑作等振興調査実証研究では、上記研究の他に次の研究に取り組んだ。

・畑作等振興に寄与する学術研究成果の集積（報告者；露崎浩）

・大規模圃場における栽培管理技術の最適化（報告者；農研機構 室崇人）

その研究の概要は、報告資料を参照のこととする。

## 目 次

複合経営モデルと多角化戦略に関する調査研究 (鵜川洋樹、林芙俊) .....	1
タマネギの安定・多収生産のための実証研究 (頼泰樹、雪田絢慎、佐々木翔渚、高橋真央、竹内志保香、今熊木乃美、 吉田康德、露崎浩) .....	12
籾殻の有効活用に向けた実証研究 (頼泰樹、今熊木乃美、高橋真央、佐々木翔渚) .....	16
畑作の作目・作付け体系多様化のための作物学・土壌学研究 (吉田康德、佐藤孝、早川敦、保田謙太郎、露崎浩) .....	20
RTK-GNSS やドローンのマルチユースによる生産コスト削減 (山本聡史、西村洋、畠山幸一、Alin Khaliduzzaman) .....	33
水稲の有機栽培における雑草制御技術の開発 (露崎浩、小林佳大、山本聡史、保田謙太郎) .....	38
畑作等振興に寄与する学術研究成果の集積 (露崎浩) .....	44

# 複合経営モデルと多角化戦略に関する調査研究

鵜川洋樹、林 芙俊

## 1. 研究の目的

経済性と労働力を考慮した複合経営の最適計画モデルの策定と加工部門導入の可能性を検討する。

## 2. 研究の方法・計画

### (1) 複合経営の最適モデルの策定

タマネギ、カボチャ、メロン、ニンニクなどを導入した農家で経営調査を行い、経済性と労働力を考慮した複合経営の最適計画モデルを策定する。

### (2) 青果物の一次加工による付加価値向上に関する調査

タマネギなど青果物の産地化が進展するなかで、加工仕向の販売も行われている。産地段階で皮むきやカットなどの一次加工を展開し、収益性を向上させる可能性について検証する。

## 3. 研究のこれまでの結果

### (1) 複合経営の最適モデルの策定（令和4年度）

複合作物としてカボチャを取り上げ、カボチャ作を導入した農家で経営調査を行い、カボチャ作に関する技術・経営指標を策定した。また、調査データに基づく経済性と労働力を考慮した複合経営の最適計画モデルを試作し、カボチャ作導入の経営評価を検討した。

### ①大潟村におけるカボチャ作の位置づけ

大潟村における転作作物のほとんどは加工用米が占めることから、今日でも多くの農家は稲単作経営として営農している。一方、大潟村では離農が極めて少ないことから、村内における経営面積の規模拡大が難しい。そのため、1戸あたり経営耕地面積は、入植当時の配分面積である15ha規模の農家が多数を占めている。米価が高かった頃は15haの稲単作経営で十分な農業所得が得られたが、米価の低下に伴って、稲以外の作物に取り組む経営が広がりにつつある。

水稻以外の作物の生産状況をJA大潟村の生産部会からみると（表1）、豆類の生産者数が64人と最も多く、次いでカボチャ49人、麦類31人、メロン28人、タマネギ27人となっている。また、販売額でも豆類が84,347千円と最多で、次いでタマネギ56,097千円、カボチャ47,559千円、花き27,984千円となる。これらのことから、大潟村における「高収

表1 生産部会の構成員と販売額(2020年)

生産部会	構成員数	(人、千円)
		販売額
水稻	—	11,434,448
豆類	64	84,347
麦類	31	7,077
カボチャ	49	47,559
メロン	28	12,217
畜産	2	8,874
ニンニク	19	1,058
花き	14	27,984
タマネギ	27	56,097

注：タマネギ販売額はJA出荷分のみ  
資料：JA大潟村

益作物」として期待される園芸作物の1つとして、カボチャを位置づけることができる。

### ②カボチャ作の事例経営

大潟村のカボチャ作経営のカボチャ生産規模は、本田(水田)で生産する大規模と稲育苗ハウスなどで生産する小規模に分かれている。カボチャ生産部会長を務める Y 経営がカボチャを導入した理由は、2003 年頃、後継者として就農し、夏季に農作業がなかったため、育苗ハウスで試作して上手くできたことから、翌年から本田で生産し、現在に至っている。当時の若夫婦の収入源としての目的もあった。

Y 経営の経営耕地面積は水田 15ha で労働力は家族 2 名である(表 2)。作付方式は 2 つあり、1 つは「主食用米ーカボチャ(5年)」で、カボチャの連作は雑草対策から 5 年程度であり、水田への輪換後は主食用米を生産している。もう 1 つは「加工用米ー小麦ー大豆」の 2 年 3 作である。その結果、作付面積は主食用米と加工用米、小麦、大豆はいずれもほぼ 4.8ha で、カボチャが 1.3ha となっている。

大潟村農家の 1 戸あたり経営耕地面積は、入植後 50 年を経過するなかで多少のばらつきがみられるようになったが、依然として 15ha 規模が多数を占めている。カボチャ作と稲・麦・大豆の 2 年 3 作を導入している Y 経営は、15ha 規模の水田作経営として最大の農業所得を獲得するためのモデル的な経営と考えられる。

### ③カボチャ作の技術・経営指標

#### [耕種概要]

カボチャの品種は「くり大将」で栽培方法は「親ツル一本仕立て、着果したら放任、芽かき 2 回」体系である(表 3)。ハウスで育苗した苗を手作業で定植し、防除はブームスプレイヤー、交配や芽かきなどの管理と収穫も手作業である。出荷方式は JA の個選共販であり、等級仕分けや箱詰めを生産者が個別に手作業で行う。このように、カボチャの生産・出荷作業は防除を除いて、すべて手作業となっている。

表 2 Y 経営の概況 (2022 年)

	(ha、人)
経営耕地(水田)面積	15.0
自作地	15.0
労働力	
家族	2
臨時雇用(カボチャ収穫)	延10
作付面積	20.6
主食用米	4.9
加工用米	4.8
小麦	4.8
大豆	4.8
カボチャ	1.3
作付順序	
	「カボチャ(5年)ー水稲」、「加工用米ー小麦ー大豆」(2年3作)

表 3 カボチャ作の耕種概要 (Y 経営)

項目	内容
面積	1.3ha(転作田)
品種	くり大将(大玉多収品種)
栽培方法	親ツル一本仕立て、着果したら放任、芽かき2回
育苗	ハウス
耕起～施肥	耕起・整地(ロータリー)・施肥(ライムサワー)・マルチ(マルチャー)同時作業
定植	手作業、運搬はキャリア
防除	キャリア+ブーム
管理	日焼け止め、皿敷き、ツル押さえ、交配、芽かき
収穫	手作業、運搬は軽トラ
出荷・販売	JA個選共販(等級仕分け、箱詰め)、全農青果センター・秋田丸果

[カボチャ用機械]

S 経営（カボチャ作 1.3ha 栽培）におけるカボチャ作の主な機械を表 4 に示した。トラクターや管理機など耕耘や施肥・防除用の機械がメインで、マルチャーはカボチャ専用であるが、それ以外はすべて稲や大豆などとの共用になっている。

1 年あたり減価償却額の合計は 210 千円であるが、マルチャー以外の機械は償却済みとなっ

ている。なお、マルチャーの取得年次は 2021 年、管理機は中古の自脱型コンバインを改造して作製している。

表 4 カボチャ作の機械と費用（S 経営）

名称	減価償却額	備考
マルチャー	42.9	カボチャ面積1.3ha
管理機（改造コンバイン）	6.2	全作付面積15ha
トラクタ（ミニ）	12.4	全作付面積15ha
トラクタ（98Hp）	124.3	全作付面積15ha
ロータリー	9.9	全作付面積15ha
ライムサワー	2.5	全作付面積15ha
デッチャー	12.4	全作付面積15ha
計	210.6	

注：マルチャー以外は償却済み

[作業時間]

S 経営における 2022 年のカボチャ生産・出荷の旬別作業時間を表 5 に示した。3 月下旬から 9 月上旬までコンスタントに作業があるが、そのなかでも作業時間が多いのは、4 月下旬から 5 月上旬までの定植関連作業、5 月下旬から 7 月上旬までの芽かきや蔓押さえなどの管理作業、7 月下旬から 8 月下旬までの収穫作業である。なお、S 経営ではこうしたカボチャ作業を収穫などの一部を除き、ほぼ家族労働力でこなしている。

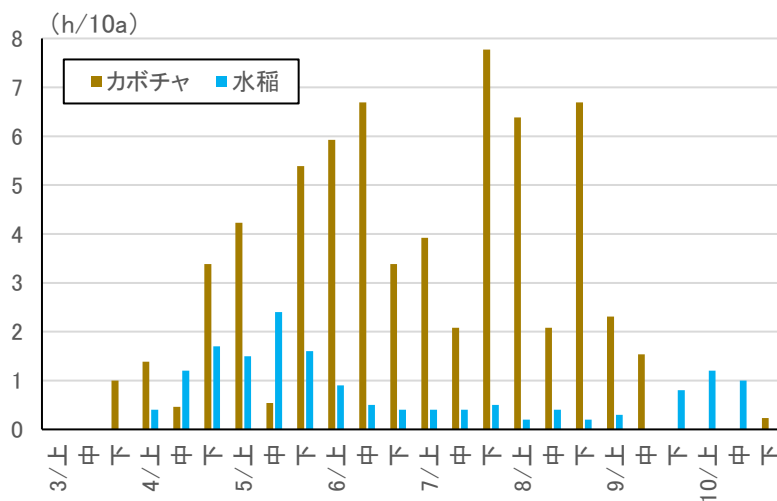


図1 カボチャと水稲の10aあたり作業時間

また、カボチャの 10a あたり作業時間を水稲と比較すると（図 1）、全般にカボチャの作業時間が多いが、水稲の繁忙期である田植えや収穫の時期とカボチャの作業時期がうまくずれていることが確認できる。なお、水稲の作業時間は、S 経営とは異なる大潟村の事例経営の実績である。

[生産・流通費用と収益]

S 経営における 2022 年のカボチャの生産・流通費用は 10a あたり 190 千円になる（表 6）。このなかでも最も費用が高いのは、JA 手数料などの流通費 82 千円であり、次いで肥料費 31 千円、薬剤費 21 千円、減価償却費 17 千円となっている。なお、この減価償却費には償却済みの機械も含まれ

ているが、これらを除けば、減価償却費は3千円、費用合計は177千円に減少する。

表5 カボチャ生産の作業時間 (S経営、2022年、時間/130a)

	3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			計	備考
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下		
ハウス			8																						16	
育苗準備				15																					15	ハウス耕起、地ならし、土詰め
播種					4																				4	
育苗管理						15	5																		20	水かけ、苗広げ
排水対策				1																				1	2	額縁明渠、弾丸暗渠
耕起・整地						1				3															4	
施肥						10																			10	
マルチ						16																			16	
定植							24																		24	6時間×4人
被覆材							24	6		10															40	片付け含む(雇用3人×1万円/日)
交配									6	20															26	人工授粉
防除									3	3		3	6	3	3										21	尿素散布含む
中耕・除草									5	5		5	5	5											25	
鎮圧									4	4		4													12	
芽かき									40	10	5														55	
追肥								15	20																35	灌注、待肥え
日焼け止め												3	2		2		2								9	
皿敷き											14	18	10	3	1										46	
蔓押さえ								15	15	30	20	10													90	
蔓整理											10	6	2	8	1	2									29	Uターン、子蔓整理
収穫														70	66	18	48								202	雇用1.5万円(軽トラ込み)
選別出荷														10	10	3	35								58	研磨、加工出荷含む
後片付け																4	2	20	20						46	皿、ピン、蔓切断、生分解ロータリー
野鼠対策			5	2	2	2	2	1		1	20		2	2	2			2						2	45	殺鼠剤散布、波板
計	0	0	13	18	6	44	55	7	70	77	87	44	51	27	101	83	27	87	30	20	0	0	0	3	850	

表6 カボチャの生産・流通費用 (2022年、S経営)

費目	金額		備考
	(円)		
	10aあたり	130a計	
種苗費	6,143	79,860	
培土費	6,555	85,217	
肥料費	31,473	409,147	
薬剤費	20,518	266,728	
光熱動力費	6,815	88,595	秋田県作目別技術・経営指標2020
その他材料費	8,233	107,030	マルチ、皿、ピン、ガムテ
養蜂料金	2,308	30,000	
減価償却費	16,200	210,600	償却済みを含む
雇用労働費	9,231	120,000	収穫、出荷
JA手数料など	82,160	1,068,084	2021年実績
合計	189,635	2,465,261	



続いて、S 経営における 2021 年のカボチャ収益をみると（表 7）、10a あたり生産量は 2,114kg で単価が 250 円/kg であることから、10a あたり販売額は 529 千円、これに助成金（転作奨励金）54 千円が加わり、合計 583 千円になる。なお、ここでは 2022 年の販売額が未精算であることから 2021 年の数値を示したが、2022 年の販売額も大きく変わらないとされている。

そこで、経営収支を試算すると、10a あたり農業所得は 393 千円となる。また、償却済み機械を除いた減価償却費で試算すると、農業所得は 406 千円となる。これは大潟村で生産されている作物の中では最も高い水準に属すると考えられ、主食用米（あきたこまち）の農業所得（38 千円、JA 大潟村試算）の約 10 倍になる。

#### ④カボチャ作を導入した複合経営の最適計画モデル

大潟村の標準的な経営規模の家族経営を想定して、カボチャ作を導入した水田作経営の線形計画モデルを策定し、カボチャ作導入による所得増効果を明らかにする。

#### [計画モデルの制約条件と利益係数]

計画モデルの制約条件は、経営面積 15ha、家族労働力 2 名、臨時雇用労働力 1 名、作付作物は水稲とカボチャの 2 作物とした（表 8）。家族労働力の 1 日あたり労働時間の上限は、降雨によるリスクを考慮し、一律 6 時間とした。旬あたりの総労働時間は 2 名×6 時間×10 日＝120 時間となり、旬あたり作業時間が家族労働だけでは不足する場合に、必要な作業時間分だけ雇用労働が発生するように設定した。なお、雇用労働時間の上限は旬あたり 80 時間とした。

カボチャ作の旬あたり作業時間は S 経営の実績値（2022 年産）に基づき設定した。なお、水稲の作業時間は大潟村の SK 経営の実績である。カボチャの 10a あたり作業時間は 65.4 時間、同じく水稲は 16.0 時間である（前掲図 1 参照）。

次に、計画モデルの 10a あたり利益係数（固定費を差し引く前の所得に相当）を表 9 に示した。これは、カボチャは S 経営、水稲は SK 経営の実績に基づく利益係数であり、交付金を含んでいる。水稲の利益係数は 120 千円/10a で、具体的な単収や価格条件については、主食用米と加工用米の平均値で単収 661kg、60kg あたり価格 12,420 円、カボチャの利益係数は 419 千円/10a で単収 2,114kg、

表 7 カボチャ収益（2021 年、S 経営）

項目	金額など (kg, 円)	
	10aあたり	130a計
生産量	2,114	27,482
単価	250	250
販売額	528,500	6,870,500
助成金	54,385	707,005
計	582,885	7,577,505

表 8 計画モデルの制約条件

条件	上限値	備考
経営面積	15ha	
家族労働力	2人	旬あたり6時間×2人×10日＝120時間
雇用労働力	1人	労賃：8時間あたり10,000円
作付作物	水稲、カボチャ	（転作作物）

表 9 10a あたり利益係数

	水稲	カボチャ
利益係数（円）	120,000	418,680
労働時間（時間）	9.6	65.4
備考	661kg/10a	2,114kg/10a
	12,420円/俵	250円/kg

1kgあたり価格 250 円である。

[カボチャ作の経営評価]

線形計画モデルの単体表(表出省略)は、作付作物は水稲とカボチャの 2 作物であるが、作型を水稲で 2、カボチャで 3 とした。作付作物のプロセスは計 5、制約式は家族労働と雇用労働のそれぞれ旬別にあり計 78 である。

上述の制約条件と利益係数を前提に、所得が最大になる作付作物の組合せを試算した値が最適解である。演算には XLP (大石 2006) を使用した。この計画モデルでは、労働時間の制約が大きいことから、旬別に投入できる労働時間のなかで所得が最大になる作付作物の組合せを求めることになる。

はじめに、カボチャ導入前の最適解をみると、作付面積はすべて水稲 (15ha) で、このときの所得 (固定費を差し引く前の値) は 17,933 千円となる (表 10)。次に、同じ条件でカボチャの作付を 1.3ha まで可能にすると、最適解は水稲が 13.7ha、カボチャが 1.3ha の上限となり、このときの所得 (同上) は 21,743 千円となる。ここで設定した条件を前提にすれば、カボチャ作の導入により所得が 3,810 千円増加すると試算される。その際、労働時間は大きく増加し、家族労働時間は 1,383 時間から 2,051 時間へ、668 時間増加する。また、雇用労働時間も 54 時間から 112 時間へ増加するが、これは S 経営の実績と同程度であり、実現可能な雇用労働時間である。

続いて、カボチャの作付上限を無制限にすると、最適解は水稲が 12.1ha、カボチャは 2.9ha まで増加し、このときの所得 (同上) は 25,825 千円となる。カボチャ作の導入により所得が 7,892 千円増加すると試算される。その際の労働時間は、家族労働時間は 1,383 時間から 2,374 時間へ、991 時間増加する。また、雇用労働時間も 54 時間から 684 時間へ大幅に増加する。したがって、この試算結果から、年間延べ 80 日以上の臨時雇用労働力が確保できれば、カボチャ作導入により大きな所得増が期待できる。

⑤まとめ

夏季労働力の有効利用のためカボチャを導入した Y 経営は、加えて「水稲-小麦-大豆」(2年3作) も行い、家族労働力主体の 15ha 規模で最大の農業所得のためのモデル的な経営と想定される。カボチャ生産の作業体系は、手作業主体で 10a あたり 65.4 時間と多く、3 月下旬から 9 月上旬までコンスタントに作業があるが、水稲作との競合は大きくない。そのため、家族労働力で賄っている。経営収支を試算すると、10a あたり農業所得は 393 千円となる。これは大潟村で生産されている作物の中では最も高い水準に属すると考えられ、主食用米 (あきたこまち) の農業所得 (38 千円、JA 大潟村試算) の約 10 倍になる。

計画モデルによるカボチャ作導入の経営評価では、カボチャ作を 1.3ha 導入すると、所得が 3,810

表 10 カボチャ作の導入と最適解

	(ha、時間、円)		
	水稲のみ	水稲+カボチャ	
		1.3ha	無制限
経営耕地面積	15.0	15.0	15.0
水稲面積	15.0	13.7	12.1
カボチャ面積	0.0	1.3	2.9
家族労働時間	1,383	2,051	2,374
雇用労働時間	54	112	684
農業所得	17,933	21,743	25,825

注: 雇用労働時間の上限は旬あたり80時間

千円増加すると試算され、その際、家族労働時間は 668 時間増加する。また、年間延べ 80 日以上の臨時雇用労働力が確保できれば、カボチャ作 2.9ha の生産が可能で、所得は 7,892 千円に大きく増加すると試算された。

## (2) 青果物の一次加工による付加価値向上に関する調査

前年度の研究において、産地における加工をおこない付加価値を高める方策について、直ちに取組みを進めることには、一定の困難を伴うことを指摘した。そこで本年は、加工用タマネギの基本的な流通構造を明らかにし、ムキ玉製造業者などの流通主体やエンドユーザーが付加価値形成にどのように関わっているのかを明らかにするための調査研究をおこなった。

### ①大潟産タマネギを購入するムキ玉製造業者の概要

今回調査をおこなった業者は 2 社で、A 社は埼玉県、B 社は福島県の業者である。また、両社の取引先として D 社があり、これに対しては前年度までに調査をおこなっていたので、本項ではその結果も活用しながらタマネギの流通について述べてゆく。

売上高は A 社・B 社ともに 25～30 億程度で、コロナ渦のもとで過去よりは若干売上が低下する傾向にある。いずれもタマネギは売上の 7～8 割程度を占める主力品目で、それ以外にはキャベツなど野菜全般を扱っている。また、タマネギの全使用量の 3 割程度を輸入（主に中国産）を使用している点も、両社に共通している。

A 社は、1980 年代前半に設立された。創業者はもともと輸入果実を扱う商社に勤務しており、その会社がおこなっていたムキ玉の製造販売事業を廃止した際、独立して同事業の顧客等を引き継いで創業した。

B 社は、2000 年頃に設立された会社で、果樹産地である福島県に多く存在している冷蔵倉庫を利用してタマネギを保管し事業をおこなってきたが、震災復興関係の補助金で冷蔵倉庫や工場を増設し業容を拡大してきた。

### ②両社の販売状況

A 社の販売先は、外食 40%、コンビニエンスストアと中食をあわせて 40%、冷食 20%となっている。ただし、この外食のなかには、同業他社を通じて外食産業に流通するものが含まれる。取引先の数は、136 社に及ぶ。B 社の販売先は、外食関係 20%、コンビニエンスストア 20%、中食製造業 20%、冷食 15%、残りが同業他社となっている。全国チェーンの外食産業や、量販店に流通している大手冷凍食品メーカー等も販売先となっている。

商品の形態はむきタマネギが多く 7 割程度を占めており、ダイス、スライス、みじん切りなどのカット処理がされたものの需要はそれほど多くない。

両社ともに、同業他社への販売が一定の割合を占めており、このなかには業界最大手の D 社が含まれる。D 社は、全国的な配送網を持ち、個店配送まで対応できる物流体制が強みの業務用野菜卸である。同社の物流体制は、トラックによる配送網だけでなく、物流センターで個別店舗向けのピッキング・仕訳機能が充実していることが特徴である。そこで扱われる野菜は、D 社が主体となって仕入・加工したものだけでなく、取引先が独自に調達した野菜等も含まれており、物流機能のみ

を提供する部分もある。これをD社では「デポ機能」とよんでおり、他の会社では担うことが難しい機能として差別化戦略の一環としている。

このように、D社は物流機能のみの提供もおこなうが、基本的には自社で仕入れとカット加工をおこなう取引形態が、利益率が高く望ましいとしている。その例外として「土もの」とよばれる野菜があり、タマネギのほかジャガイモなどがこれに該当する。タマネギは外食産業における使用量も多く重要な野菜だが、「土もの」であるために、D社では原料タマネギを仕入れて自社でムキ玉等に加工することはおこなっておらず、ムキ玉として加工されたものをA社やB社のようなムキ玉製造業者より仕入れている。その理由は、衛生管理に対する顧客の要求が非常に強いことにあり、「土もの」とよばれる野菜は土とともに細菌等が多く付着しているために、葉物などの野菜を扱う工場とともに扱うことが難しいためである。

D社のほかにも、A社やB社は多数の同業他社との取引をおこなっているが、これは数量調整のため、ムキ玉製造業者のあいだでは、原料が不足した際に同業他社で余剰となっているものを融通してもらうことが多いとのことである。

### ③タマネギの仕入状況

両者ともに、最大の仕入先はタマネギの大産地である北海道で、ホクレンを通じて北海道のタマネギを仕入れている。そのほかには、岡山、熊本、愛媛、群馬、茨城、福島などの産地から仕入れている。

ホクレンでは、価格帯の低い加工業務用途のタマネギにおいて、輸入品の使用が拡大するのを抑止するために、生産量の一定割合を同用途に振り向ける対応を長くおこなってきている。そのため、ムキ玉製造業者は最大の産地である北海道から比較的安価な原料タマネギを調達することができている。

ホクレンとの契約には、「事前契約」と「一般契約」の2種類があり、事前契約はシーズン1本で価格を決定し、取引数量は前年実績等に応じてホクレン主導で定められる長期的な契約である。価格は生産コスト等の高騰に応じて改定されてきてはいるが、基本的には安定した価格条件となっている。

一般契約は、その年ごとにタマネギの生産量・在庫状況等に応じて取引可能数量がホクレンより示され、それに対して各業者が購入希望量を伝え申し込むスポット的な取引である。価格は市況価格に連動して決定される。

いずれの取引においても、価格はホクレンが一方的に決定し通知してくる。価格条件はある程度透明性の高いものであり、A社・B社の顧客である外食産業等も、ホクレンの加工業務用のタマネギの供給価格を知ることが可能である。

こうしたなかで、2020年頃よりタマネギの不作が続き、一般契約であっても契約時に定められた数量が完納されない事態が続いたため、ムキ玉製造業者では代替原料の確保に苦労する状況が続いた。

また、北海道産のタマネギはホクレンが取引の窓口とはなっているが、個々の産地も出荷先の剪定に影響力を有しているため、北見などの有力産地に足を運び、生産状況の確認や信頼関係の構築を図るようにしている。

先述したように、両社が同業他社への販売を多くおこなっていることにも、ホクレンの商慣行が

関係している。ホクレンは、小規模な取引先やこれまで取引のない加工業者との取引に消極的だという。そのために、ホクレンから直接タマネギを仕入れることが出来ない加工業者が、A社・B社を通じて北海道産のタマネギを入手している状況がある。

このように、他の加工業務用青果物とは異なり、産地側の主導性が極めて強い取引慣行がおこなわれている要因としては、ホクレンが最大の産地として数量を握っているほか、価格の安い業務用に対して、あえて一定量の供給をおこなう姿勢を取っているためと考えられる。

数量が不足する際には、中国から輸入される原料を使用することが多い。また、低価格での仕入を志向する顧客に対しては、中国産のタマネギを供給することが多い。中国産のタマネギは国産よりも安価であったが、近年では調達コストは上昇傾向にある。これまでも、相場変動により瞬間的に調達コストが国産を上回ることがあったが、近年では国産よりも調達コストが高い状況が一定期間続くことも稀ではなくなっている。

海外からの輸入は、大型の海上コンテナによりおこなわれるため、エンドユーザーが直接取引するには規模が大きすぎるという。B社では、海上コンテナを本社工場までドレージ（港でコンテナをデバンニングせずにそのまま陸送すること）して利用している。

品質面では、北海道のような大産地では問題は少ないが、産地によっては傷み、腐敗などの問題がみられる場合がある。原体からムキ玉に加工する際の平均的な製品歩留りは75%程度であるが、原料の品質がよい場合は80%をこえる場合もある。歩留りが60%を切ると、加工しても採算が厳しくなるため受け入れ停止・返品に対応が取られる。

一般的に、加工原料タマネギについては、水分含量が低い方が望ましいといわれている。水分含量の多いタマネギは、打撲に弱く加工歩留りが低くなりがちであることに加え、みじん切りにして炒めた場合の調理適性も劣るとのことである。しかし、サラダ用など非加熱で生食する場合は、水分含量の多いタマネギが向いているため、水分量の高いタマネギが加工原料に向かないとは一概には言えないとのことであった。

以上をまとめると、ムキ玉製造業者の原料調達面の課題としては、原料タマネギについて必要な数量を安定的に確保することに苦労している点、またいかに加工歩留まりの高い原料を調達するかという点があげられる。

加工用のタマネギとしては、サイズの小さなものは非常に評価が低いのが一般的な状況であるが、原料の安定的な調達に苦労しているムキ玉製造業者としては、Sサイズでも利用できるのであれば、利用したいという考えはあるようだった。実際に、そのためにSサイズにも対応できるという皮むき機をオランダから導入した会社もあったが、うまくはいかなかったとのことである。

#### ④大潟産タマネギに対する評価

大潟産タマネギは、2022年度は病害等の影響で不作となり、販売先に契約した数量を完納できない状況であった。これに対して、とくにB社の担当者は強い不快感を示していた。天候不順年においても減収を防ぐため、より一層の栽培技術の向上が求められる。また、それが難しくとも、契約数量を守ろうとする姿を見せること、完納できなかった場合に丁寧な対応（連絡・お詫びなど）をおこなうことが重要といえるだろう。

最大の産地であるホクレンが産地主導の取引慣行を形成し、大潟産タマネギも部分的にはそのような取引慣行の恩恵を受けている側面はあると考えられる。例えば、加工業務用青果物において契

約数量を完納できなかった場合、市場から代替品を調達するために余計にかかったコストを産地側が補償するといった場合もみられるが、タマネギにおいてそのような要求がなされる可能性は低いといえるだろう。しかし、ホクレンとは産地としての位置づけが異なる大潟村が、契約数量を守れない事態を繰り返せば、産地の評価を悪化させ有利な取引条件の実現が難しくなってゆくであろうことは、容易に想定される事態である。

まだ取引の規模が小さく、原料調達に占める大潟産の比率が少ないために、こうした状況が今のところ許されているという側面はあるが、大潟村の産地としての将来性に対する期待もある。タマネギの新興産地のなかでは、担い手、生産効率の高い農地基盤、機械化された生産技術体系、本格的な調製・選別施設がそろった産地は大潟村のみであり、原料調達の確保に苦勞しているムキ玉製造業者にとっては、将来性に期待できる調達先となっている。先述のように、現状では北海道以外の調達先に兵庫などの大産地の名前はないが、その要因として、それらの産地が価格の高い生食向を指向している可能性がある。新興産地との取引を中心に周年で安定調達できる体制を構築するなかで、大潟村は有力な調達先候補であることは間違いないものと思われる。

なお、品質面での評価は高く、選別作業がしっかりなされているという評価がA社、B社に共通する評価であった。

#### ⑤販売と加工事業進出に対する示唆

ムキ玉製造業者が抱える課題について述べてきたが、大潟村もまた、一次加工に取り組もうとすれば同じ課題に直面すると考えられる。

まず調達面では、品質が高く相対的に安価な北海道産のタマネギをいかに調達するかが、ムキ玉製造業者の競争力を左右する大きな要因となっているとみられる。前年度の調査では、秋田県における一次加工事業の構想において使用する原料は、B品が想定されていることが明らかとなった。B品では加工歩留りは低くなる可能性があるため、そのもとで価格競争力が実現できるかが問題となるだろう。

販売面においては、売先によって求めるものが多様であることを考慮する必要がある。コンビニエンス系の販売先は、衛生面の要求水準が極めて高く、衛生管理に関する各種認証を取得していることが重視されるほか、「築5年以内の工場加工してほしい」といった要望もあるという。産地サイドで加工事業をおこなう際には、こうした技術的なハードルが低くて済む販売先を選択することが重要だろう。周年供給に対する要求が低く、地元産であることが訴求要因となる学校給食などが有力な候補となるのではないだろうか。

産地段階で加工をおこなう場合の戦略は、ムキ玉製造業者と同様のものにはなり得ないであろう。剥き加工については、通常のカット野菜よりも大型の加工機械が使用されているし、輸入原料の取引もロットが大きいと、これらには規模の経済がはたらくやすいと考えられる。高度な物流機能が求められれば、それはまた川下の業者が担当するなど、垂直的な分業関係によって、それぞれの段階で規模の経済性を実現する体制が取られているとみられる。さらに、単独の産地では原料を周年供給できないこと、衛生管理上の技術的な理由、ホクレンという独占的な売り手が形成した取引慣行など、タマネギの流通・加工は多段階化する様々な要因が見出された。

産地サイドより川下側への垂直的統合をおこなうことは、こうした多段階化の論理とは異なる行動であるから、まったく異なるビジネスモデルを構築しなければ、成功する見込みはないとみるの

が妥当ではないかと考える。

#### **4. 今後の研究取組みの予定**

(2) 青果物の一次加工による付加価値向上に関する調査

業務用タマネギの流通構造に関する調査を引き続きおこない、それをもとにタマネギ産地としての戦略策定に資する研究成果を還元していきたい。

# タマネギの安定・多収生産のための実証研究

頼 泰樹、雪田 絢慎、佐々木 翔渚  
高橋 真央、竹内 志保香、今熊 木乃美  
吉田 康徳、露崎 浩

## 1. 研究の目的

秋田県大潟村のタマネギの秋まき栽培において、最適な播種期・育苗期間および定植時期の明確化、ならびに窒素施肥と収量・抽苔率との関係を明らかにする。昨年度までの研究で大潟村における最適な定植期は明らかとなった。

今年度は主に越冬期のタマネギの窒素濃度が抽苔率に与える影響を解析するため、越冬直前の晩秋と越冬後の早春に窒素施肥を行うことで抽苔率を低下させることができるかどうかを中心に施肥試験を行った。越冬後の窒素施肥は通常行う春の追肥と同時期となるため、追肥の早晚による窒素吸収、収量への影響も調べた。

## 2. 研究の方法・計画

試験圃場について

県立大学附属アグリノベーション教育研究センター (AIC) 圃場

→ 越冬前の追肥試験 抽苔抑止試験 (2021 年度)

大潟村協力農家 菅原圃場

→ 越冬後の追肥日による抽苔率の違い (2021 年度)

春追肥の肥料吸収解析 (2020、2021 年度)

### (1) 越冬直前の窒素施肥による抽苔阻止技術の検討 (AIC 圃場 2021 年度)

昨年度に続き、越冬時の植物体に窒素を年内に追肥することで越冬後の抽苔率を低下させることができるかを検討した。試験は抽苔が多発すると予測される AIC 圃場の 10 月 3 日定植のターザンともみじ 3 号を試験対象とした。2021 年 11 月 16 日、23 日、30 日に即効性の硝酸態窒素である硝酸カルシウムを N:2.5 kg もしくは 5 kg/10a で施用した (1 品種につき施肥日 3 水準×施肥量 2 水準の 6 試験区を 3 反復で設置、計 18 試験区)。

越冬後の追肥は 2022 年 3 月 1 日、3 月 20 日に S552 を N:10 kg ずつ施用した。植物体は 12 月 20 日および越冬後の 3 月 1 日にサンプリングし、窒素濃度の分析を行い、抽苔率は収穫期の 6 月末時点で計測した。

### (2) 越冬後の追肥日による抽苔阻止技術の検討 (菅原圃場 2021 年度)

越冬後の追肥は大潟村の標準的な栽培体系のターザン、もみじ 3 号の 2 品種に対し、S552 を N:10 kg ずつ 2 回に分けて施用することとした。1 回目の追肥日を 3 月 5、10、15、20、25、30 日とし、2 回目の追肥日をそれぞれ 1 か月後とした。抽苔率の計測は 6 月末に行い、適時サンプリングにより植物体重量、窒素濃度、収穫時には一球重も調べた。



### (3) 越冬後に追肥した肥料成分の吸収解析（菅原圃場 2020 年度）

大潟村の標準的な栽培体系のターザン、もみじ 3 号の 2 品種に対し、春追肥として S552 を N:10 kg ずつ 2 回に分けて施用した。1 回目の追肥日を 3 月 5、10、15、20、25、30 日とし、2 回目の追肥日をそれぞれ一か月後とした。抽苔率の計測は 6 月末に行い、適時サンプリングにより植物体重量、窒素濃度、収穫時には一球重も調べた。

## 3. 研究のこれまでの結果

### (1) 越冬直前の窒素施肥による抽苔阻止技術の検討（AIC 圃場 2021 年度）

越冬前の追肥は地上部生育すなわち葉齢を進めず、越冬時の植物体の窒素濃度だけを上げることを目指すものである。昨年度は 12 月に入ってから施肥を実施したが、大潟村の気温は 12 月だとかかなり低く、窒素濃度の上昇が抽苔発生に間に合っていない可能性がある。そのため、今年度は追肥時期を 11 月の 15 日から 1 週ごとの 11 月 30 日までとして追肥日の検討を行った。

越冬前に追肥を実施しない標準的な栽培体系での抽苔率を図 1、2 に示す。

ターザン、もみじ 3 号ともに 10 月 3 日定植のみ 1.14%、3.18% で抽苔が発生した。また定植日が早いほど一球重は重い。ターザンは従来指摘されている通りもみじ 3 号よりも抽苔しにくい品種であることがわかる。

図 1

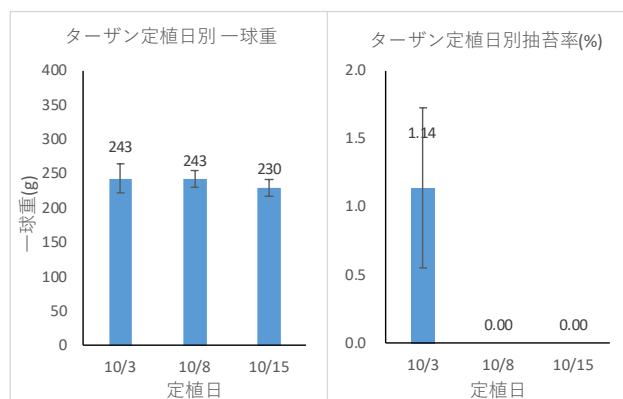
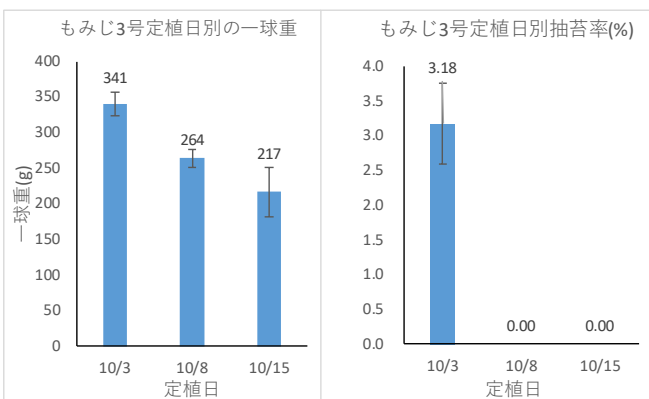


図 2



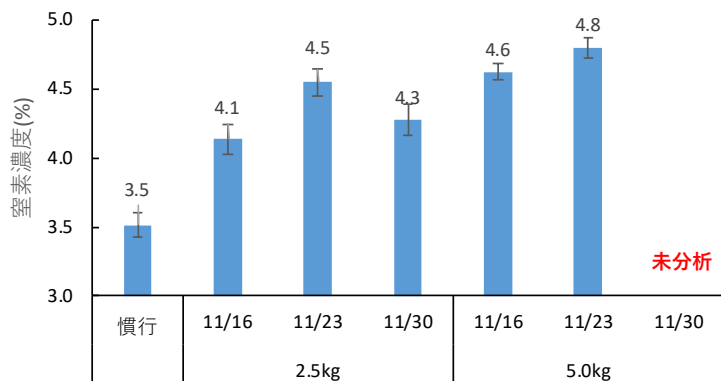
越冬前追肥試験の結果を表 1 に示す。ターザンでは 2.5 kg 施肥区は対照区と同様の抽苔が見られたが、5 kg 施肥区ではすべての区で抽苔株は発生しないという明確な傾向が見いだされた。もみじ 3 号では 11 月 30 日の 2.5 kg 施肥区を除いた施肥区において抽苔抑制の効果が見られた。特に 11 月 16 日、23 日の追肥日での区ではより高い抽苔抑制効果が見られた。

また、越冬前追肥によるタマネギの窒素濃度の変化を分析した結果を図 3 に示した。越冬前の追肥により 16 日、23 日は窒素濃度が大きく上昇している。2.5 kg 区の結果からは 11 月 30 日では追肥日が遅いため、窒素成分の吸収が抽苔阻止に十分でないことが考えられ、追肥日は 11 月 15 日から 20 日がよいと考えられる。

表1 越冬前追肥による抽苔抑制効果

品種	反復	対照	越冬前追肥時期					
			11月16日		11月23日		11月30日	
			2.5 kg	5.0kg	2.5 kg	5.0kg	2.5 kg	5.0kg
ターザン	1	1.5	1.3	0	4.3	0	1.9	0
	2	0	1.3	0	2.9	0	0	0
	3	1.9	0	0	0	0	0	0
	平均	1.1	0.9	0	2.4	0	0.6	0
もみじ3号	1	3.0	1.5	0	0	1.8	2.1	1.5
	2	4.2	0	0	0	0	3.6	0
	3	2.3	0	1.1	0	2.2	3.8	1.3
	平均	3.2	0.5	0.4	0	1.3	3.1	0.9

図3 もみじ3号の越冬前追肥による窒素濃度の変化



(2) 越冬後の追肥日による抽苔阻止技術の検討 (菅原圃場 2021年度)

越冬後の1回目の追肥日より抽苔率がどのように変化するかを調べた (図4、5)。

ターザンは3/20以降が1回目の追肥だと抽苔が発生し始め、もみじ3号では15日以降で発生し始める。全体的に抽苔発生自体が低調であったため、有意な差が得にくい条件であったが、(3)の窒素吸収開始時期を見ると抽苔発生と窒素吸収については高い整合性が見て取れる。

図4

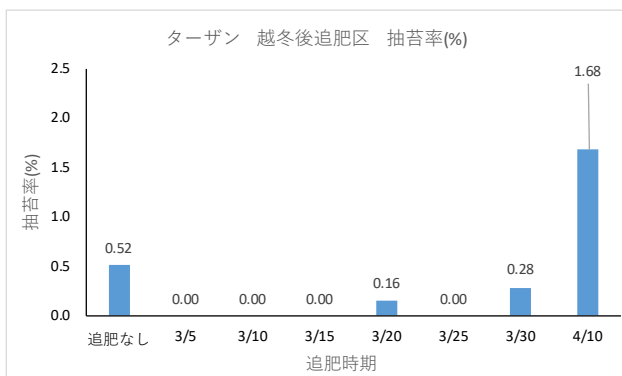
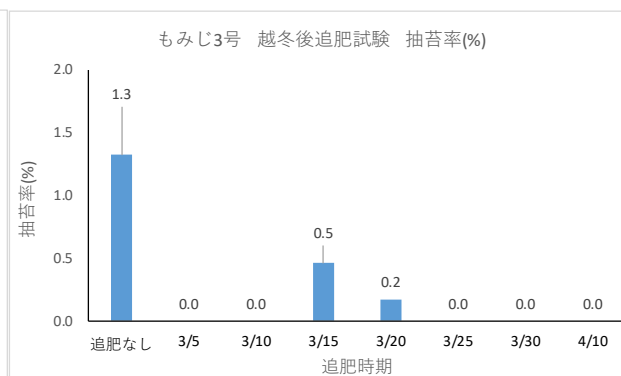


図5



### (3) 越冬後に追肥した肥料成分の吸収解析 (菅原圃場 2020 年度)

越冬後の春追肥の最適な施用時期について、タマネギの再成長に伴う肥料成分の吸収再開による窒素濃度の変化から検証した (図 6、7)。

図 7 の 3/20 の施肥日の窒素の吸収曲線を見るとすぐに上昇がみられる。すなわち 3/10~20 の間にタマネギは窒素吸収を活発に開始していることが示唆される。

この結果は (2) の抽苔発生とも関連しており、再成長開始時期に栄養成長維持のために十分な窒素を供給することがタマネギの抽苔抑制には効果的であると考えられる。

図 6

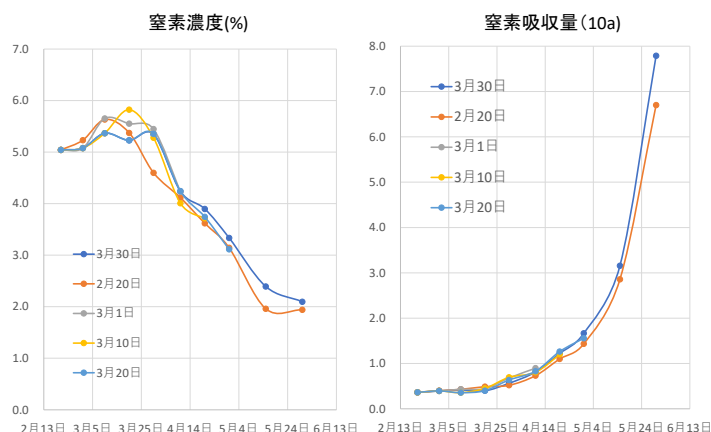
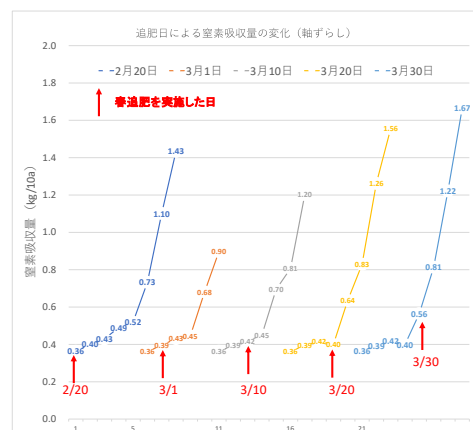


図 7



### 全体のまとめ

2021 年度定植のタマネギ栽培では秋の天候が標準的な気候条件で推移したため、全体的に抽苔が少なく、指標となる抽苔率自体が低い条件となった。我々が確立しようとしている抽苔抑制技術の開発には複数年にわたる継続的な試験研究が必要であろう。

## 4. 今後の研究取組みの予定

この 2 カ年の試験で越冬前の窒素追肥、また越冬後の追肥の時期が抽苔率に関係していることがほぼ実証できた。

秋植えタマネギは早期に定植し、越冬前に生育を確保することで枯死率が下がり、一球重が増加、多収となる。しかし、越冬する苗が大きくなりすぎる(葉齢が進む)と抽苔株が増加する。今年度の試験ではおよそ 10 月 10 日以降の定植ではターザン、もみじ 3 号ともに抽苔株発生しなかった。天候もしくは面積拡大のために 10 月 10 日前に定植日の前倒しをしたい場合もしくは暖冬、好天など気象条件により年内の生育が進みすぎた場合に 11 月中頃に越冬前追肥として硝カル追肥を行うことで抽苔率を低下させることができる可能性がある。

2022 年度秋から AIC、協力農家の圃場でターザンともみじ 3 号の早期定植、越冬前追肥試験を継続しており、抽苔抑制効果についてはさらにデータを取り、栽培技術として確立する。

また、今年度から JA 大潟村とクボタが試験的に直播試験を開始している。現状、越えなくてはならない壁がありそうではあるが、直播が可能となれば育苗、定植が必要なくなるため、大幅な省力化が可能となる。今期の試験区の生育状況を見つつ、発芽率向上など直播栽培の成功に向けた試験にも今後取り組みたい。

# 籾殻の有効活用に向けた実証研究

頼 泰樹、今熊 木乃美、高橋 真央、佐々木 翔渚

## 1. 研究の目的

大潟村ではカントリーエレベータを中心にもみ殻が未利用バイオマスとして毎年大量に発生しており、これを有効利用した熱供給事業の立ち上げが計画されている。ボイラーで籾殻を燃焼させた後には大量の籾殻燻炭が生じることになる。この燻炭を培土や土壌改良剤として有効利用することで村内の農業振興や籾殻に含まれるケイ素、炭素などの資源循環が確立できる。

籾殻燻炭は育苗培土や土壌改良材によく使用されている資材である。しかし、燻炭やパーライト、バーミキュライトなどといった土壌改良資材の品質表示基準は名称、種類、製造・販売業者、正味量、原料、用途、施用方法しか定めていない。籾殻燻炭についても土壌に施用したときの改良効果や肥料効果などを見積もれるような品質基準（比重、炭素やケイ素、カリ含量など）を明示しているものはほとんどない。そこで今年度は市販されている籾殻燻炭を入手し、土壌改良効果や元素組成などを解析し、籾殻燻炭の品質とは何かについて明らかにしようと試みた。

## 2. 研究の方法・計画

### 実験材料

ホームセンター、ネット販売などで一般的に流通していると思われる市販の袋詰め燻炭を 24 点入手した。

### (1) 市販の籾殻燻炭の物理性分析

水分含量は 105℃の乾熱処理法、比重測定は 1 L 容器に振動を加えながら充填し、重量を測定することで行った。

### (2) 市販の籾殻燻炭の化学性分析

全窒素全炭素含有量は VarioMax (elementar)、酸素と水素含有量およびミネラル含有量は 600℃での強熱減量と全窒素、全炭素量から求めた。また可給態ケイ酸は 0.5M NaOH で抽出し、ICP-OES (ThermoFisher scientific; iCAP 6300) で Si 濃度を測定して求めた。

### (3) 市販の籾殻燻炭に含まれる結晶性シリカ含有量の分析

籾殻燻炭を微粉碎し、X 線結晶回折装置 MiniFlex600 (リガク) で結晶性シリカ (クリストバライト) のピーク検出を行い、クリストバライト標品を用いた検量線により含有量を定量した。

## 3. 研究のこれまでの結果

### (1) 籾殻燻炭の物理性

培土への混合や土壌改良において、籾殻燻炭の軽さが重要である。すなわち体積当たりの重量

が軽いことで燻炭培土は軽量となり、土壌施用時には空隙を増やし膨潤にすることができる。燻炭を混合することにより軽量かつ通気性に優れた培土を作ることが可能である。昨年度の結果から、その空隙には水分の保持が可能であり、燻炭の混合率が高いほど土壌の最大容水量が上昇するという結果が得られている。表1の結果から1L当たりの燻炭重量は50~80gすなわち同体積の土壌と比較すると1/20~1/10程度の重さである。土壌の物理性改良の観点から見るとよい籾殻くん炭とはあまり崩れすぎていない(粉状でない)、比重が軽いもの(比重1/10以下)がよいと考えられる。

表1

	水分含量	比重 (1Lあたりの重量g)	比重 (1Lあたりの 乾物重量g)	構成元素の分析結果(乾物重あたりの%)				
				有機物含量				無機物含量
				有機元素	炭素	窒素	酸素と水素	ケイ素分とミネラル
籾殻	9.2	135.1	<b>122.7</b>	68.7	<b>35.8</b>	0.4	32.5	<b>22.1</b>
くん炭-1	5.8	85.9	<b>80.9</b>	64.4	<b>48.2</b>	0.7	15.5	<b>35.6</b>
2	29.7	111.0	<b>78.1</b>	62.8	<b>49.9</b>	0.8	12.1	<b>37.2</b>
3	5.3	54.0	<b>51.2</b>	49.0	<b>39.1</b>	0.7	9.2	<b>51.0</b>
4	30.0	92.0	<b>64.4</b>	67.4	<b>51.1</b>	0.8	15.5	<b>32.6</b>
5	8.0	75.8	<b>69.7</b>	65.2	<b>54.3</b>	0.8	10.2	<b>34.8</b>
6	25.5	97.5	<b>72.6</b>	66.3	<b>53.9</b>	0.8	11.6	<b>33.7</b>
7	4.5	70.8	<b>67.5</b>	46.7	<b>33.5</b>	0.5	12.7	<b>53.3</b>
8	4.3	66.8	<b>63.9</b>	47.0	<b>36.8</b>	0.4	9.7	<b>53.0</b>
9	7.2	82.3	<b>76.3</b>	49.2	<b>35.6</b>	0.7	12.9	<b>50.8</b>
10	10.1	58.0	<b>52.1</b>	40.1	<b>34.8</b>	0.3	4.9	<b>59.9</b>
11	6.5	73.7	<b>69.0</b>	67.9	<b>54.1</b>	1.0	12.8	<b>32.1</b>
12	16.2	78.5	<b>65.8</b>	65.7	<b>52.9</b>	1.0	11.8	<b>34.3</b>
13	4.4	71.1	<b>67.9</b>	43.8	<b>30.0</b>	0.3	13.6	<b>56.2</b>
14	33.0	106.4	<b>71.3</b>	64.7	<b>51.2</b>	0.9	12.6	<b>35.3</b>
15	4.3	57.8	<b>55.3</b>	63.5	<b>44.4</b>	0.6	18.5	<b>36.5</b>
16	4.8	61.4	<b>58.5</b>	62.3	<b>40.1</b>	0.4	21.8	<b>37.7</b>
17	4.6	72.8	<b>69.5</b>	23.2	<b>17.3</b>	0.1	5.8	<b>76.8</b>
18	4.6	69.4	<b>66.2</b>	54.0	<b>38.6</b>	0.4	15.0	<b>46.0</b>
19	4.7	53.7	<b>51.2</b>	51.4	<b>41.5</b>	0.3	9.6	<b>48.6</b>
20	4.1	59.5	<b>57.1</b>	59.5	<b>42.6</b>	0.7	16.3	<b>40.5</b>
21	26.8	86.2	<b>63.1</b>	65.6	<b>54.1</b>	0.8	10.6	<b>34.4</b>
22	5.7	58.1	<b>54.8</b>	45.3	<b>33.3</b>	0.2	11.8	<b>54.7</b>
23	24.7	87.4	<b>65.8</b>	64.3	<b>51.5</b>	0.7	12.1	<b>35.7</b>
24	4.1	69.1	<b>66.3</b>	57.1	<b>43.4</b>	0.7	13.0	<b>42.9</b>

## (2) 籾殻燻炭の化学性

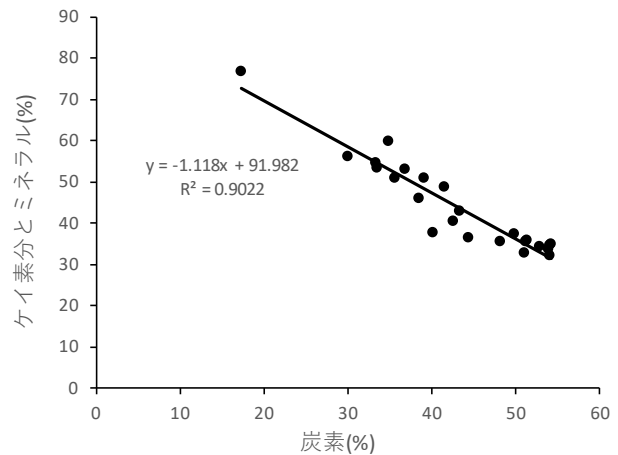
市販のほとんどの籾殻燻炭は33~54%の炭素率であり、乾物重量の1/3~1/2が炭素である。酸素が少ない状態で燃焼させる、もしくは完全に燃焼させず、炭素を残して焼くことで籾殻燻炭は製造されており、その燃焼方法の違いにより炭素率がそれぞれ異なる。

籾殻燻炭に含有される炭素分は木炭の炭素と同様に土壌施用後も安定的に土壌にとどまるため、その炭素貯留効果は大きく、Jクレジットの対象としても認定されている。

また、籾殻くん炭の特徴として、ケイ素分を含むことがあげられる。イネは生育中にケイ酸を根から吸収して、葉や茎の組織に集積させ、植物体の強化、病気や害虫に対する抵抗性を高めている。燻炭の原料となる籾殻には20~25%もケイ素分が含まれており、非常に硬い組織を形成し

ている。ケイ素分は燃焼してもガス化することではなくそのまま残存する。ケイ素はガラスのように水に溶けないと誤解されやすいが、植物が吸収したケイ素分は植物体内では結晶化しておらず、硬いスポンジ状の非晶質の状態であり、非晶質ケイ素は徐々に水に溶ける（可溶性）。比較的低温で燃焼して製造した燠炭はケイ素分のほとんどが非晶質のままのため、燠炭から徐々に溶出し土壤にケイ酸を供給する。イネは水に溶けたケイ酸を吸収するため、水田や育苗培土への粃殻くん炭施用は元素循環の観点からも重要である。

図1 粃殻くん炭の炭素分とケイ素分の関係

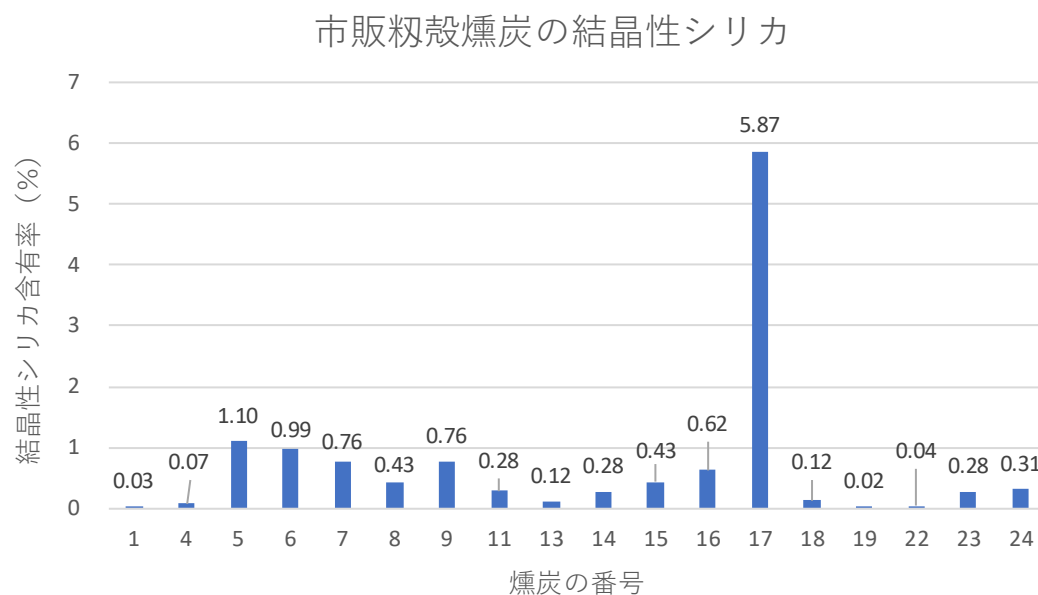


粃殻を燃焼させると炭素や酸素は二酸化炭素になってガス化する一方で、ケイ素分はそのまま残るため、炭素や酸素が減った分相対的にその割合が増える。炭素が少ない粃殻くん炭ほどケイ素含量は多い（図1）。

### (3) 粃殻燠炭に含まれる結晶性シリカ含有量

粃殻燠炭の結晶シリカ含有量の結果を図2に示す。結晶性シリカをほぼ含まない燠炭がある一方で一部の燠炭は多量の結晶性シリカを含んでいた。指標の一つとして重量比 0.1%をクリストバライトを含まない基準とすると、分析した18種類の燠炭のうち基準を超えなかったものは4種類であった。

図2



#### 4. 今後の研究取組みの予定

籾殻燻炭は比重が軽く、培土の軽量化に加え通気性、保水性向上も期待できる。さらには土壌への炭素貯留効果もあり、Jクレジット制度を利用すれば燻炭使用農家への協力金の支払いも可能となる。その一方で県内最大の稲作地域の一つである大潟村は水稻の育苗培土を年間 10000 t 使用しており、近郊の土層の深い場所の赤土はすでに取りつくしてしまっている状態である。近い将来に水稻用の育苗培土は入手困難となることが予想される。

籾殻燻炭を混合することは貴重な土壌資源の使用量の節約となり、大潟村の稲作を持続的なものにしていくことにつながる。今後は大潟村の熱供給事業での生じる燻炭の分析、培土事業への利用、籾殻燻炭の問題点の解決 (pH 調整、要素欠乏防止)、Jクレジットの認証取得、燻炭培土製造施設の設置など村内農家が燻炭培土を利用しやすいシステムの構築を目指したい。

##### <参考文献>

##### 1. 現代農業 2022年12月号 (モミガラくん炭、竹炭特集)

- ・モミガラくん炭の成分は？効果は？ 46～49 ページ
- ・回転炉で高温・短時間のくん炭づくり 75 ページ

村内の合田正樹さんの燻炭製造炉や今回の実験についても紹介しました。

##### 2. 他県の燻炭培土事業の紹介



写真1ロータリーキルン方式の籾殻燻炭製造機

回転するキルン (左上) 内で籾殻が燃焼する (右上)。発生した可燃性ガスをさらに高温燃焼させて土を焼いている (右下)。



写真2 籾殻くん炭、焼土、育苗用肥料を自動で混合したあと、袋詰めされ軽量培土として農家に販売される。

残念ながら施設の老朽化により、現在はやむなく培土製造からは撤退したということですが、それまではドル箱の事業とのことでした。

## 畑作の作目・作付け体系多様化のための作物学・土壌学研究

吉田康徳、佐藤孝、早川敦、保田謙太郎、露崎浩

### 1. 研究の目的

新規畑作物の導入、新たな作型開発および緑肥作物の活用などについて作物学・土壌学の面から検討するとともに、土壌の化学性・物理性に関する調査研究を行い、作目・作付け体系の多様化、土壌の改善、環境負荷の低減、ならびに安定・多収に寄与する知見・技術を得ることを目的とする。本年度は、以下の(1)～(3)の領域に関する研究を実施する。

#### (1) 新規畑作物の導入

大潟村に適応可能な新たな作目・作型の導入による多様な作付け体系(畑作を中心とした輪作体系を含む)の構築を目指す。寒冷地の秋田では、ジャガイモは、通常4月15日頃に定植して8月15日頃に収穫する普通栽培の作型だが、生育の後半は高温期に当たる。冷涼な気候を好み、生育温度が10～25℃、17℃前後の気温が芋の肥大に適するとされるジャガイモにとっては厳しい作型と考えられる。そのため、2021年度は、寒冷地秋田の優位性を考慮し、7月に定植し、11月に収穫する新しい作型(秋冬どり)開発に取り組んだ。しかし、4月定植では、施肥不足、7月定植では、テントウムシダマシの食害が甚大であり今後の検討が必要と思われたので、2022年度もこれまでの‘男爵’に加えて‘メイクイン’と‘とうや’でも定植時期、マルチの有無および種芋の大きさが収量に及ぼす影響を検討した。

#### (2) 緑肥活用に関する作物学・土壌学研究

畑作物の安定・多収への寄与を目指し、緑肥作物(ヘアリーベッチ等)を活用した畑作栽培試験を、作物学および土壌学の視点・手法からアプローチする。

##### (2) - 1 マメ科緑肥の採蜜(養蜂)を導入した畑作物輪換体系の確立

大潟村に分布する重粘土壌において畑作物の導入を促進するためには、暗渠や明渠などの土木的な排水対策に加えて、緑肥や畑作物を栽培することによる土壌の畑地化を促す必要がある。これまで緑肥(ヘアリーベッチ)栽培による土壌改良により畑地化を促進することを示してきたが、緑肥栽培のみでは収益性がみこまれないため、大潟村では緑肥導入はあまり進んでいない。そこで、緑肥栽培における収益性を高めるため、養蜂を組み合わせた緑肥栽培体系を考案した。今年度は、クローバー類、特に新たに商品化されたマメ科緑肥「ペルシアンクローバ」(*Trifolium resupinatum* L.)の生育特性や蜜源としての利用特性を把握し、その後作への影響について明らかにすることを目的とした。

##### (2) - 2 ヘアリーベッチ植栽・細断後の耕起の有無が雑草の発生およびダイズの生育・収量に及ぼす影響

ヘアリーベッチ(*Vicia villosa* Roth)を細断した後に、その残渣が地表を覆う状態でダイズを不耕起播種するほ場試験を、昨年度に引き続き実施した。試験の目的は、次の二つの効果の検証である。①ヘアリーベッチの細断残渣が地表に置かれるためダイズ出芽期の雑草の発生を抑制できる。②重粘土ほ場など高い砕土率を得ることが難しい場合、不耕起播種のほうがダイズの出芽数を確保できる。



### (3) 土壌の化学性改善および環境負荷軽減に寄与する調査研究

一般に沿岸土壌には硫化物が多く含まれ、その酸化は土壌 pH の低下要因となる。土壌 pH が低下すると、鉱物中のアルミニウム (Al) が溶解し、溶解した  $Al^{3+}$  は作物根の伸長阻害 (山地と馬、2015) のほか、リン酸と難溶性の塩を形成することで作物のリン欠乏にも影響しうる (日本土壌協会、2017)。水田の畑地化は、下層に好気的な環境を形成し、干拓地下層土に未だ残存している硫化物 (太田、2021) を酸化させると予想される。本研究では、八郎潟干拓地において近年栽培面積が増大しているタマネギ転換畑土壌 (宮国ら、2022) と、対照として水田土壌を対象に、①土壌 pH と硫化物の鉛直分布、②タマネギ圃場の暗渠排水の pH と Al 濃度の実態把握を目的として調査を行った。

## 2. 研究の方法・計画

### (1) 新規畑作物の導入

材料は‘男爵’ (M サイズ)、‘メークイン’ (M サイズ) および‘とうや’ (S と L サイズ) を供試した。2022 年 4 月 13 日に種芋重の計測後、株間は 30cm の 2 条植えで定植した。処理区は、‘男爵’ は、種芋の 1/2 サイズ、マルチ有りおよびマルチ無しとした。‘とうや’ は、種芋の L サイズの 1/2 サイズ、S と L サイズとし、いずれもマルチ有りとした。‘メークイン’ は M サイズのマルチ有りとした。各品種 40~60 個を定植した。定植後に気温と地温を計測した。秋冬どり作型の試験では、7 月 13 日に 4 月 13 日と同様に定植した。4 月 13 日定植では、8 月 23 日に掘り取り調査を行い、1 株の芋数、平均重、1 株当たり収量、デンプン価を調べた。7 月 13 日定植も同様に掘り取り調査を行ったが、定植後の長雨でほとんどの種芋が腐敗したので、本発表では、4 月 13 日の定植の結果を報告する。

### (2) 緑肥活用に関する作物学・土壌学研究

#### (2) - 1 マメ科緑肥の採蜜 (養蜂) を導入した畑作物輪換体系の確立

##### 1) マメ科緑肥の栽培

試験は秋田県大潟村内にある、秋田県立大学アグリノベーション教育研究センターの水田転換畑で実施した。土壌タイプは強粘質細粒グライ土であり、圃場来歴は約 30 年間代かき水田後、2011 年からダイズ畑→水田→ダイズ畑と、一年交互の田畑輪換体系で栽培している。本試験は 2021 年に水稻代かき栽培後 (稲刈り後) に開始した。マメ科緑肥はヘアリーベッチ (品種: 寒太郎)、クリームソクローバ (品種: くれない)、ペルシアンクローバ (まめ小町) (雪印種苗) を用いた。ペルシアンクローバは 2021 年から販売となったマメ科緑肥で、耐湿性が比較的強いことが特徴である。水稻稲刈り後の 2021 年 10 月 4 日に、各種緑肥種子に根粒菌を種子粉衣し、3 kg/10a の播種密度で散播した。施肥および覆土は実施しなかった。播種後に弾丸暗渠を約 5m 間隔で施工した。緑肥は翌年の 6 月下旬まで栽培した。

##### 2) 緑肥植栽・細断後の晩播ダイズ不耕起栽培

各種緑肥を2022年6月28日に細断し、7月4日にダイズ（品種：リュウホウ）を播種した。不耕起播種機は、汎用型播種機（RXシリーズ、矢崎）を独自に改良した播種機を用い（写真1）、条間72cm、株間10cmで播種した（約5kg/10a）。定期的に生育調査を実施し、収穫期にダイズ子実収量を調査した。



写真1 ダイズ不耕起播種機

### 3) 緑肥植栽・細断後の秋ソバの栽培

緑肥栽培後における畑作物栽培を想定し、秋作ソバを同圃場にて栽培した。緑肥を細断後、7月28日にロータリーで耕起し、緑肥を鋤き込んだ。ソバは品種「階上早生」を用いた。播種は7月30日に行い、6kg/10aの密度で散播した。覆土は行わず、無施肥で栽培し、10月11日に収穫した。

(2) - 2 ヘアリーベッチ植栽・細断後の耕起の有無が雑草の発生およびダイズの生育・収量に及ぼす影響

#### 【試験区設計】

2020年～2021年（2021年試験）および2021年～2022年（2022年試験）に、秋田県立大学アグリイノベーション教育研究センター（南秋田郡大潟村）の重粘土ほ場で試験を実施した。

ヘアリーベッチ（以降、HVと略記）の品種は、2021年試験では寒太郎（雪印種苗株式会社）、2022年試験ではウインターベッチ（タキイ種苗株式会社）を用いた。両試験年ともにHVの播種量は3kg/10aとした。播種日は、2020年10月6日および2021年10月5日であった。播種翌年の5月31日（2021年試験）および6月6日（2022年試験）に、HV地上部を坪刈りし、HV地上部の単位面積当り乾物重を求めた。6月8日（2021年試験）および6月9日（2022年試験）に、HV地上部をフレールモアーで細断した。

HVが細断されたほ場（15m×90m）に、不耕起区および対照区（耕起区）を設けた。各区の面積は15m×15mで3反復（交互に配置）した。耕起区の起耕は6月15日（2021年試験）および6月10日（2022年試験）に行い、HVの細断残渣をすき込んだ。不耕起区および耕起区ともに、不耕起対応播種機（NTP-2、矢崎社）を用い、ダイズ（品種；リュウホウ）を播種した。播種日は、6月16日（2021年試験）および6月14日（2022年試験）であった。両試験年ともに、雑草の発生およびダイズの出芽に関する調査の後には、不耕起区と耕起区で同じ栽培管理（中耕・培土、除草剤散布等）を行った。ダイズの栽培法（施肥量など）は、慣行法によった。

#### 【雑草の出芽数の調査・試験】

2021年試験では、ダイズ播種のおよそ2週間後（6月29日）に、不耕起区においてHV細断残渣の被度（%）と厚さ（cm）、および主要雑草のイヌビエ（*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. var. *crus-galli*）の出芽数を調査した。調査は21箇所で行い、各箇所の調査面積は24cm×20cmとした。2022年試験では、ダイズ播種日に、HV細断残渣の厚さを異にした処理区（厚さ1cm区、2cm区、4cm区、6cm区）および細断残渣を置かない対照区を設置した。各処理区の面積は30cm×30cmとした。処理区設置の3週間後（7月5日）に、区中央部の20cm×20cmを対象

に、イヌビエの出芽数を調査した。あわせて、HV細断残渣の厚さを測定した。

【ダイズの出芽、収量および収量構成要素の調査】

2021年試験では、播種のおよそ2週間後（6月29日）に、ダイズの単位面積当り出芽数を調査した。調査は7箇所で行った。調査は、5箇所で行った。

2022年試験では、ダイズの出芽数を播種翌日からそのおよそ2週間後（6月30日）までの間、毎日調査した。調査は、5箇所で行った。

2021年試験では、収穫期の10月19日に、3箇所で行った。2022年試験では、収穫期の10月12日に、5箇所で行った。いずれの試験年においても、収量および収量構成要素を調査した。

(3) 土壌の化学性改善および環境負荷軽減に寄与する調査研究

【土壌採取および暗渠排水の調査】

調査地：調査圃場は、大瀧村内 C20 区 H 氏（以下、H 圃場）および C17 区 S 氏（以下、S 圃場）のタマネギ栽培圃場と、対照として B4 区 N 氏（以下、N 圃場）の水田圃場とした。圃場の概要を表 1 に示した。

表 1 タマネギ栽培圃場の概要

	H 圃場	S 圃場
面積 (a)	252	127
圃場履歴	R3麦←R2水稻 元肥	R3麦←R2水稻 元肥
肥料(N/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /K <sub>2</sub> O) (kg/10a)	14.2/13.2/5.5 追肥	8.4/41.4/8.4 追肥
単収 (t/10a)	14.1/5/11.1 2.8	15.6/5.6/4.5 3.5

調査内容：土壌採取は 2022 年 6 月 10 日に H および S 圃場で、2022 年 10 月 27 日に N 圃場で行った。土壌断面を 3-4 層に分けて各層から土壌を採取した。

測定項目：土壌の pH(H<sub>2</sub>O)、pH(KCl)、pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)の測定と、交換性 Al を主体とする土壌酸性の原因物質を表す交換酸度(Y1)を求めた。pH(KCl)は、土壌中の交換態の H<sup>+</sup> や Al<sup>3+</sup>が K<sup>+</sup>により交換・浸出されたときの土壌溶液の pH であり、通常 pH(H<sub>2</sub>O)より低

く、土壌酸性化の進行に伴って交換態 H<sup>+</sup>や Al<sup>3+</sup>が増加するとより低下する（土壌環境分析法編集委員会編、2000）。pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)は、土壌を過酸化水素（H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>）で加熱分解後の pH であり、可酸化性硫黄の（強制的な）酸化によって低下した pH を得る（土壌環境分析法編集委員会編、2000）。土壌中の硫化物は、易酸化性硫黄（EOS）（FeS<sub>2</sub>、パイライトを代表する）を測定した（村野ら、2000）。また、低 pH 土層に特徴的な斑紋を認めた試料については粉末 X 線回折分析により結晶性物質の同定を行った。分析結果を硫酸酸性特徴の識別基準（日本ペドロロジー学会第五次土壌分類・命名委員会、2017）と比較した。

3. 研究のこれまでの結果

(1) 新規畑作物の導入

2022 年度は、7 月定植で長雨により、種芋の腐敗が発生したため、ほとんど収穫ができなかった。そのため、4 月定植の結果を記載した。今年度は、昨年度の品種‘男爵’に加えて、‘とうや’と‘メイクイン’を加えて栽培した。使用した種芋は、‘とうや’で S と L サイズがあり、それぞれ 50g

と 150 g 程度と異なったが、M サイズは、品種が異なっても 90 g 程度とほぼ同程度であった (図 1)。慣行の栽培では、一つの種芋の大きさを 40~60 g 程度に分割するため、M と L サイズは 1/2 に分割 (以下、1/2) して収量の違いを検討した結果、‘男爵’ の場合、1 株当たり株数は、1/2 と分割無しで、芋数と芋重に有意差は認められなかったが (図 2 と 3)、収量に有意差は認められないが 1/2 で高い傾向が認められた (図 4)。ただし、‘とうや’ の場合、芋数と芋重で有意差が認められなかったが、収量で ‘男爵’ とは逆に 1/2 で低い傾向が認められたので、品種による差異があることが示唆されたが、今後も検討する必要があると思われた。ところで、‘とうや’ では、S サイズの種芋も使用したが、L サイズより芋数と芋重が大きい傾向が認められた結果、収量も大きい傾向が認められた。種芋重 50 g 程度の S が 140g 程度の L よりも収量が高いことは、分割しない 50g 程度の種芋の方が高い収量が得られることが示された。L サイズでも、芽数を 3 個程度にそろえたこと、分割により切断面から水分や養分の損失があることが影響していることが考えられた。また、ジャガイモ栽培では、種芋の分割は労力負担や種芋腐敗のリスクがあることから、S サイズ種芋の利用に優位性があるものと考えられた。‘男爵’ ではマルチの有無の違いも検討したが、芋数、芋重および収量で明瞭な違いが認められず、マルチ資材の有無が収量に影響しないことが明らかとなった。一般には、マルチによって出芽日が早まり収量が増加するとされるが、種芋から十分に芽が出ていたことから、出芽日に違いが認められなかった可能性が示唆された。品種間で、芋数、芋重および収量の違いを比較したが、一部の品種により違いが認められたが、収量はほぼ同程度であった。また、デンプン価も、‘とうや’ で低かったが、ほぼ同程度であったので、品種により大きな違いは認められなかった (図 5)。

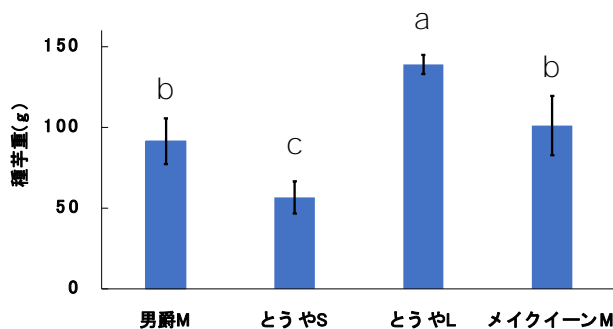


図 1. 品種のサイズ別の種芋重 (4/13 定植時)  
Tukey の多重検定により異なる英文字間において 1%水準で有意差あり

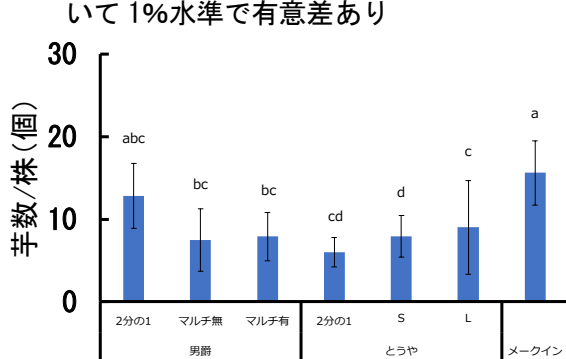


図 2. 品種サイズと種芋重が芋数に及ぼす影響  
Tukey の多重検定により異なる英文字間において 1%水準で有意差あり

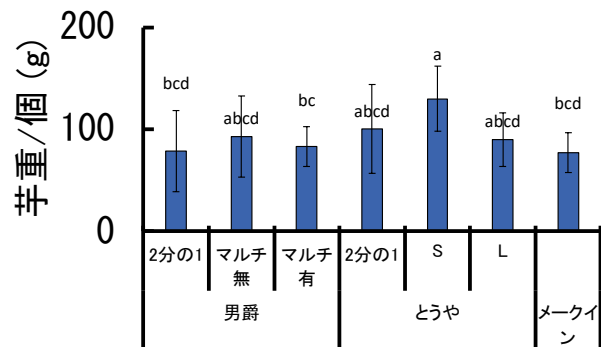


図 3. 品種サイズと種芋重が芋重に及ぼす影響  
Tukey の多重検定により異なる英文字間において 1%水準で有意差あり

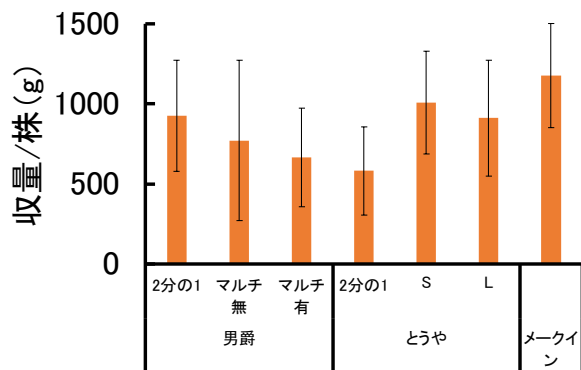


図 4. 品種サイズと種芋重が収量に及ぼす影響

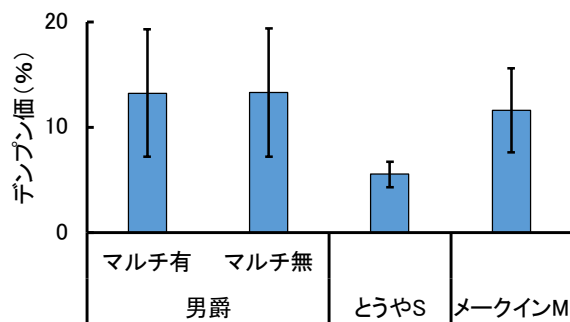


図 5. 品種サイズと種芋重がデンプン価に及ぼす影響

## (2) - 1 マメ科緑肥の採蜜（養蜂）を導入した畑作物輪換体系の確立

### 1) 各種緑肥作物の生育と開花期

緑肥種子販売元の種苗メーカーによると、クリムソクローバ、ペルシアンクローバは、秋田県を含む寒冷地においては越冬不可能ということであったが、本試験においては秋播種しても問題なく越冬できた。大潟村は冬季に積雪があるため、その下にある緑肥が低温から保護されたためと推察された。越冬後の生育はヘアリーベッチ (HV) >ペルシアンクローバ (PC) >クリムソクローバ (CC) の順に旺盛であった (写真 2)。

CCは2022年5月20日に開花盛りとなり、開花期間は1週間程度であった。HVは例年と同様に6月中旬～下旬が開花盛りであった。PCは5月初旬から開花が確認され、5月下旬から6月下旬まで開花盛りとなった (表 2)。PCは開花期間が一ヶ月以上続き、ミツバチの嗜好性も高いことから、採蜜植物として有用であると考えられた。

最終的な地上部の乾物重は、HV>CC>PCとなったが、窒素集積量はHV>PC>CCとなった (表 3)。CCは植物体の窒素濃度が低いため、窒素集積量は少なく、C/N比も他の2品目と比べて高くなった。PCはHVほどではないが10 kg-N/10a以上の窒素集積量が得られるため、緑肥の肥料的な効果も十分に得られると考えられた。



ヘアリーベッチ

クリムソクローバ

ペルシアンクローバ

写真 2 各種緑肥の生育の様子 (2022年5月30日)



### 3) ソバの生育と収量

ソバの発芽、初期生育はどの試験区も概ね良好であった。9月以降はHV区、PC区で生育がよく、CC区はやや生育が悪かった。CC区は緑肥の窒素集積量が少なく、無肥料で栽培したこともあり、窒素供給が十分でない可能性が示唆された。収量はHV>PC>CCとなり、とくにHV区では高収量となったが（図6）、収穫期直前に豪雨が続いたこともあり、ソバの倒伏が目立った。

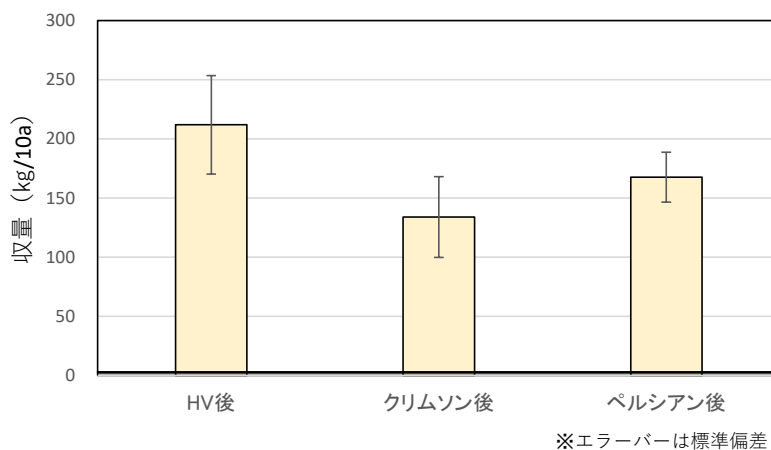


図6 ソバの収量

### 4) マメ科緑肥の採蜜（養蜂）を導入した畑作物栽培

これまで転換畑にヘアリーベッチを植栽することにより、土壌の物理性（排水性）が改善され、窒素肥沃度も高まることを示されており、短期間の畑地化と地力維持に効果的である。ヘアリーベッチから採蜜する場合、開花盛期が6月下旬～7月上旬であるため、後作でダイズ栽培をする場合は播種時期が遅れてしまう（表2）。一方、ペルシアンクローバは5月下旬から採蜜が可能であり、開花も一ヶ月以上継続するので、採蜜量も多くなることが予想されるし、6月中のダイズ播種も可能になる。後作にソバを作付けした場合は、ソバの花からも採蜜が可能であり、ソバの収穫物に加えて収益性を高めることができる。これまで、マメ科緑肥植栽後における畑作物の適応性を検討した結果、キャベツ、カボチャ、長ネギ、タマネギ等で増収効果が確認されている。このようなマメ科緑肥の後作として適性のある畑作物、野菜類を導入することにより、マメ科緑肥からの採蜜（養蜂）を取り入れながら畑作物輪換体系が可能となる。

#### （2）- 2 ヘアリーベッチ植栽・細断後のダイズ不耕起栽培が雑草の発生およびダイズの生育・収量におよぼす影響の調査

##### 【雑草の出芽数】

結果：<2021年試験>細断前のHVの単位面積当たり地上部乾物重は $272 \pm 36 \text{g/m}^2$ であった。HV細断残渣の厚さが2.5cmよりも大きい調査区においては、イヌビエの出芽数が多い（300個体/ $\text{m}^2$ を超える）区はみられなかった。<2022年試験>細断前のHVの単位面積当たり地上部乾物重は $452 \pm 125 \text{g/m}^2$ であった。図7に示したように、HV細断残渣が厚い区ほど、イヌビエの出芽数は少ない傾向がみられた。厚さ4cm区および6cm区のイヌビエ出芽数は、対照区（HV細断残渣なし）に比べ有意（5%水準）に少なかった。

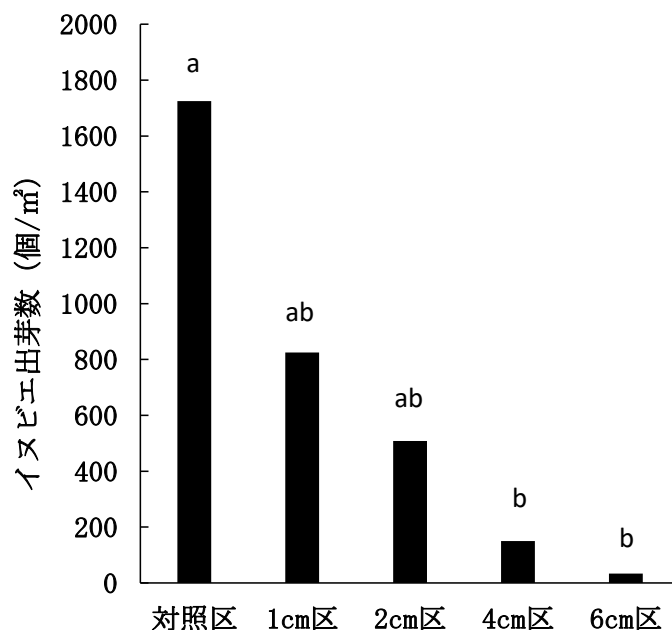


図7 HV細断残渣の厚さを異にした処理区におけるイヌビエ出芽数（2022年試験）。

対照区はHV 細断残渣なし。

同一の英小文字のある処理区間に有意差（5%水準）はない（Tukey 法）。

考察：2カ年の試験結果から、ダイズ播種の時点でHV細断残渣の厚さが4cm程度以上あればイヌビエの発生は抑制されると思われる。HV細断残渣の厚さを大きくするためには、可能な限り細断日を遅らせHVの生育量を大きくすると良いと思われる。

**【ダイズの出芽、収量および収量構成要素】**

結果：<2021年試験>ダイズの単位面積（m<sup>2</sup>）当り出芽数は、不耕起区で16.7個体、耕起区で10.4個体であり、不耕起区で有意（1%水準）に多かった。収量は、不耕起区と耕起区でほぼ同じ値となった。収量構成要素では、単位面積当り個体数は不耕起区で有意（1%水準）に多く、個体当り稔実莢数は不耕起区で有意（1%水準）に少なかった。<2022年試験>図8に示したように、不耕起区のほうが、ダイズの出芽は早く、また単位面積当り出芽数は6月20日以降の全ての調査日において、有意（5%水準あるいは1%水準）に多かった。両試験年ともに、不耕起区ではダイズ種子の上に大きな土塊はみられなかった。一方、耕起区ではダイズ種子の上に大きな土塊が存在し、その土塊により発芽個体の出芽が阻害されている事例が多く観察された。収量は、不耕起区と耕起区でほぼ同じ値となった。収量構成要素では、単位面積当り個体数は不耕起区で有意（1%水準）に多く、1稔実莢当り粒数は不耕起区で有意（5%水準）に多かった。



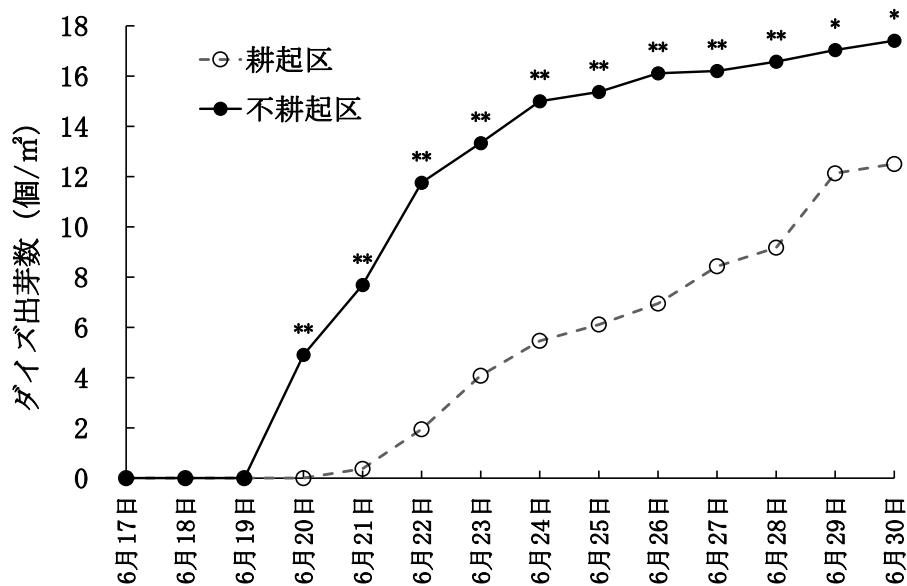


図8 不起耕区および起耕区におけるダイズの出芽数の推移（2022年試験）。

\*, \*\*はそれぞれ、5%水準、1%水準で有意差があることを示す（t検定）。

考察：本試験の不耕起区では、ダイズの出芽を物理的に阻害するような大きな土塊を生じず、そのことがダイズの出芽が早く、かつ高い出芽率となった一因と思われる。2カ年の出芽に関する調査の結果から、高い砕土率を得ることが難しい重粘土ほ場の場合、ダイズの単位面積当たり個体数は、不耕起播種のほうが耕起播種よりも確実に確保できると考えられる。耕起区のダイズ個体は、低位の分枝に多くの莢を着けており、それらは機械収穫では回収が困難な位置にあった。そこで、本試験で行った手による収穫ではなく機械収穫であれば、不耕起で播種したほうが収量は高いと推察される。

【ヘアリーベッチ植栽・細断後の不耕起ダイズ栽培の評価】

大潟村のダイズ栽培農家へのアンケート調査において、農家の多くが「降雨により適期作業ができない」と回答している（露崎ら 2016）。排水性の劣る重粘土ほ場でのダイズ耕起栽培では、適期の播種を逃す場合が多いと思われる。本試験のような不耕起播種技術を用いることで適期の播種は容易となる。また、不耕起播種はダイズの出芽数確保にもつながる技術と言える。そして、出芽数の確保を通じ、機械収穫で回収しづらい低位分枝の着莢数は減少すると推察される。

HVの植栽・細断後の不耕起ダイズ栽培は、雑草（イヌビエ）の発生抑制効果、適期播種、およびダイズの出芽数確保を通じ、ダイズの安定・多収に寄与する技術と評価できる。

付記；本報告書の「(2) - 2 ヘアリーベッチ植栽・細断後の耕起の有無が雑草の発生およびダイズの生育・収量に及ぼす影響」は、論文「ヘアリーベッチ植栽・細断後の耕起の有無が雑草の発生およびダイズの生育・収量に及ぼす影響、露崎浩・齋藤勇哉・齋藤颯太・保田謙太郎、日本作物学会東北支部会報 65:1~4 (2022)」の記述に加除を行い作成した。

(3) 土壌の化学性改善および環境負荷軽減に寄与する調査研究

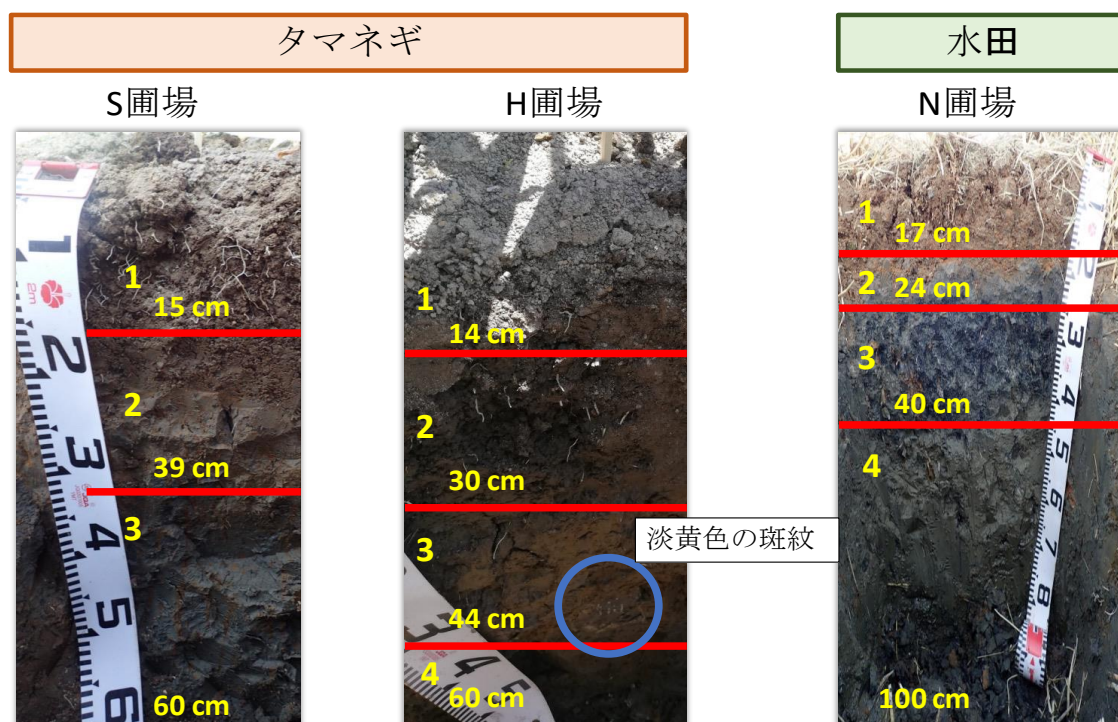


図 9 土壌断面の様子。図中の数値は層位番号と深度

表 5 土壌分析結果

層位	土壌 <sup>※1</sup>	pH(H <sub>2</sub> O)	pH(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	pH(KCl)	EOS <sup>※2</sup> (gS/kg)	Y1 <sup>※3</sup>
タマネギ						
1	S_0-15	4.70	4.31	3.96	0.40	0.80
2	S_15-39	2.96	3.41	2.51	1.96	105
3	S_39-50	5.22	3.09	5.43	6.44	0.40
1	H_0-14	6.34	4.21	5.29	0.63	0.27
2	H_14-30	5.48	3.61	3.56	1.05	36.6
3	H_30-44	2.85	2.52	2.16	5.07	65.5
4	H_44-60	3.39	3.31	2.87	2.62	73.2
水田						
1	N_0-17	5.06	4.40	3.76	0.45	5.13
2	N_17-24	5.91	4.04	4.25	1.13	1.50
3	N_24-40	5.74	3.03	4.84	4.48	7.83
4	N_40-100	5.18	3.06	3.77	5.75	1.17

※1; S, H, Nは圃場名 数値は深度 (cm), ※2; 易酸化性硫黄, ※3; 交換酸度  
 ※4; グレーは硫酸酸性が疑われる層

土壌断面の様子を図 9 に、土壌分析結果を表 2 に示した。タマネギ圃場である S 圃場の 2 層目、H 圃場の 3, 4 層目で pH(H<sub>2</sub>O)が 4 を下回る強酸性を示し(表 5), H 圃場の 3 層目には灰色の基質中に淡黄色の斑紋が認められた (図 9, 図 10(a))。一方、水田 N 圃場の pH(H<sub>2</sub>O)は全層で 5 以上であり酸性化していなかった (表 5)。pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)は 2.52~4.31 で、全ての圃場が同程度であり下層で低かった。易酸化性硫黄含量と pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)に強い負の相関が認められたことから、下層の易酸化性硫黄が潜在的な土壌の pH 低下要因になることが示唆された(図 11)。粉末 X 線回折の結果、H 圃場 3 層目

の淡黄色斑紋はジャロサイト( $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_5$ )のピークと良く一致した(図 10(b))。ジャロサイトは硫化物の酸化によって生じる酸性硫酸塩土壌に指標的な斑紋である。以上より、H 圃場の 3 層目は

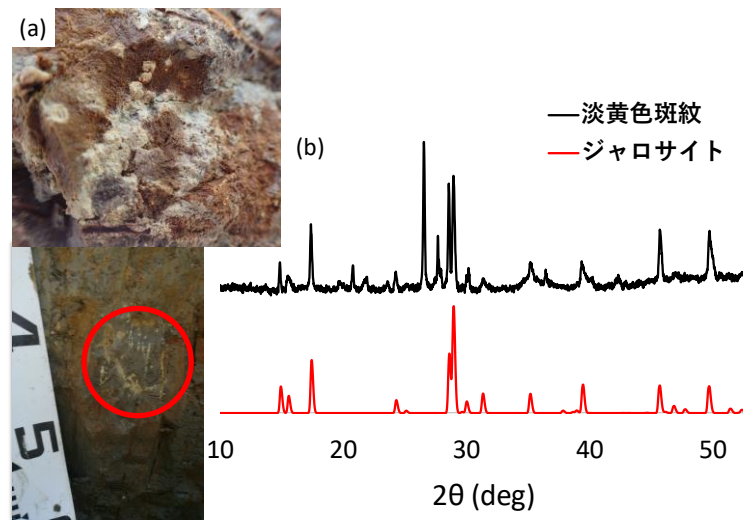


図 10 H 圃場 3 層目の(a)淡黄色斑紋と(b)斑紋の粉末 X 線回折パターン

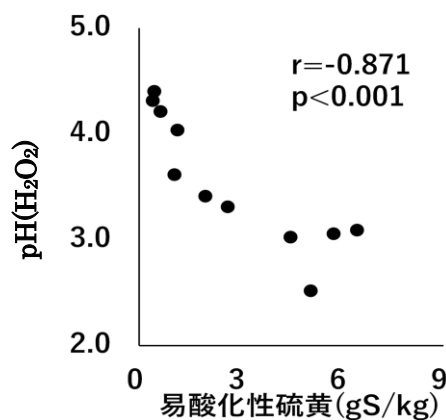


図 11 易酸化性硫黄と  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$  の関係  
(3 圃場全ての層位を含む)

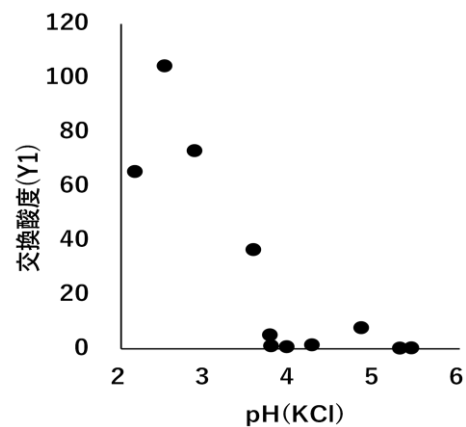


図 12  $\text{pH}(\text{KCl})$  と交換酸度 (Y1) の関係  
(3 圃場全ての層位を含む)

$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  が 4 未満かつジャロサイトを持つとする硫酸酸性特徴の識別基準 (日本ペドロジー学会第五次土壌分類・命名委員会, 2017) を満たし、タマネギ下層は硫酸酸性特徴と類似の性質を持つと考えられた。対して、水田 N 圃場では下層の易酸化性硫黄含量が多いものの  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  が低下していなかった(表 5)。これは、嫌気環境が維持されることで硫化物の酸化が抑制されたためと考えられた。 $\text{pH}(\text{KCl})$  と交換酸度 (Y1) の間に負の相関が認められ (図 12)、特に S, H 圃場の下層 4 点では交換酸度が著しく高くなっており(表 5)、交換態 Al の増大による液相への Al の溶出をもたらす可能性が示された。6 月 10 日の断面調査時の観察では、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  の低かった S 圃場 2 層目 (15-39 cm)、H 圃場 3 層目 (30-44 cm) に根の侵入はほとんど認められなかった (図 9)。H および S 圃場の単収はそれぞれ 2.8, 3.5 t/10a であり (表 5)、大潟村における目標収量 5 t/10a (宮国ら, 2022) を下回った。これには、干拓地特有の排水不良等の要因 (宮国ら, 2022) に加え、低い  $\text{pH}$  やそれによって溶出した  $\text{Al}^{3+}$  の影響もあるかもしれない。

## 4. 今後の研究取組みの予定

### (1) 新規畑作物の導入

今年度は、主に‘男爵’、‘メーカーイン’および‘とうや’を用いた種芋重の大きさ、マルチの有無が収量に及ぼす影響を報告した。しかし、本来ならば新規作型として7月定植の影響を明らかにすることが目的であった。定植後の長雨による種芋の腐敗で十分に検討できなかったとしたが、本試験で使用する種芋は、4月に定植する種芋を一部0℃の冷蔵庫で貯蔵し、7月定植に利用してきたが、その貯蔵による種芋の品質劣化も定植後の腐敗に影響した可能性がある。今後は、通常2期作で使用される品種を利用することにより、高品質な種芋の利用も検討したいと考えている。そのためにも、新ジャガイモの休眠を制御し、目的とする時期に出芽させる技術開発が必要と考えられた。

### (2) 緑肥活用に関する作物学・土壌学研究

#### (2) - 1 マメ科緑肥の採蜜（養蜂）を導入した畑作物輪換体系の確立

ムギ類や飼料作物の栽培体系へのマメ科緑肥（ヘアリーベッチ、クローバー類）を導入することを目的に、主作物との混播、立毛間播種による緑肥栽培の可能性について検討する予定である。

#### (2) - 2 ヘアリーベッチ植栽・細断後の耕起の有無が雑草の発生およびダイズの生育・収量に及ぼす影響

ダイズの安定・多収に寄与する知見のさらなる蓄積を目指し、次の二つの調査をする予定である。

①不耕起播種におけるダイズ種子の播種状態と吸水・発芽および出芽に関する調査。②地表に置かれたHV細断残渣からの土壌への窒素養分供給に関する調査。

### (3) 土壌の化学性改善および環境負荷軽減に寄与する調査研究

本研究では、八郎瀧干拓地のタマネギ転換畑下層において、土壌中の易酸化性硫黄の酸化による土壌pHの低下、交換酸度(交換性Al)の増大と硫酸酸性指標鉱物であるジャロサイトの形成を確認した。したがって、作物根の到達しうる深度では土壌酸性の矯正を要する場合があると考えられ、硫化物含量の空間的な分布の実態把握が必要であると考えられた。

今後は、引き続き下層土硫化物含量の干拓地内における空間的な情報を整理するとともに、暗渠排水の水質の調査と排水量の連続観測も予定している。

# RTK-GNSS やドローンのマルチユースによる生産コスト削減

山本聡史・西村 洋・島山幸一・Alin Khaliduzzaman

## 1. 研究の目的

ドローンの自動飛行が人間の移動手段になるという夢物語が現実味を帯びてきた。農業では、有資格者が無人ヘリを遠隔操作する農薬散布サービスが広く普及し、国内のコメの半分近くがその恩恵を受けているが、この無人ヘリが徐々にマルチコプタータイプのドローンに置き換わっていく流れである。また、作物の生育情報をモニタリングするための農業用空撮ドローンの普及が進んでいる。一方、土木分野や林業では、地形を三次元的に測定するため、RTK-GNSS を有するレーザスキャナを搭載したドローンが使用され、地形を効率的かつ詳細に測量する技術が普及しつつある。

今回、JA 大瀧村が調査している K 氏のタマネギほ場（1 年目・3 年目・4 年目のほ場の計 5ha）を対象とし、タマネギが 4 列栽培されている幅 1m の平畝の形状と植生指数の関係を明らかにした。具体的には、タマネギの欠株が散見される場所の特徴のひとつとして、畝中央にくぼみが観察され、このくぼみに雪解け水や雨水が溜まって排水が悪くなっていることが生育を阻害していると考えられた。こうした地形の特徴は、雪がなくなった春先でも十分観察可能なことから、早い段階での収量予測や次作に向けた排水性改善につながる情報を得ることが期待される。

本研究では、2022 年 4 月 30 日にドローン用レーザスキャナでほ場の地形を測定して畝上のくぼみを検出し、くぼみとそれ以外の場所において、マルチスペクトルドローンで得られた各種植生指数を解析することにより、生育が阻害される畝の形状特徴の明確化を目指した。

## 2. 研究方法

### (1) レーザスキャナを用いた空撮

ほ場の三次元地形を計測するため、ドローン用レーザスキャナ（GreenValley International 社 LiAir V70）を DJI の Matrice 600Pro に搭載した（第 1 図）。スキャナを水平に維持するジンバル機構はなく、ドローンが傾くと一緒に傾いてしまうし、対象を自在に撮影可能な一般的なドローンカメラとはかなり異なる。ドローンとスキャナは電源以外に接続はなく、地上で上空から見た画像をモニタすることはできず、離陸前にスキャナの撮影開始ボタンを押すような構成である。しかし、DJI のドローンは撮影範囲と飛行高度を設定すると自動で飛行経路を生成するので、撮影そのものは難しくない。ドローンの GNSS は単独測位なので、毎回数メートル程度異なる撮影経路を飛行する。



第 1 図 Matrice 600Pro (A) と LiAir V70 (B)

第1表に示すように、このレーザスキャナは波長 905nm の近赤外線レーザを照射して視野内の地形や物体の三次元空間情報を取得し、1 秒間に 24 万点の点群を記録する。対象により反射率が異なるが、一般に土やコンクリートに比べて植物の反射率は低い。それでも 190m 先にある反射率 10% の対象を検出できる。記録する点群はセンサ座標系であるが、このレーザスキャナは RTK-GNSS を備え、さらにスキャナの LiDAR センサ (Livox 社 Avia) が慣性センサを有し、GNSS の座標系に変換される。この RTK-GNSS は後処理なので、国土地理院の電子基準点データ提供サービスから補正情報をダウンロードして高精度な測位データを得る。レーザスキャナの精度が±2cm で RTK-GNSS が±2-3cm なのでシステム全体として±5cm の点群データの誤差が見込まれる。

(2) 各種植生指数の測定

マルチスペクトルドローン (DJI 社 Phantom4 Multispectral) により、青 (B) : 450nm、緑 (G) : 560nm、赤 (R) : 650nm、レッドエッジ (RE) : 73 nm、近赤外線 (NIR) : 840nm の 5 波長の uint2 画像が得られる。植生指数として、DJI 社の解析ソフト Terra と同じく、NDVI、GNDVI、NDRE、LCI、OSAVI の 5 種類を計算した (第 2 表)。NDVI はもっとも一般的な植生指数で、植物の活性やバイオマスと関係が深い。GNDVI は赤の代わりに緑の波長を用いて、光合成の速度の計測や植物のストレスの監視に使用される。NDRE は赤の代わりにレッドエッジを使用し、葉のクロロフィル含有量や栄養ストレス、病気の状況と関係がある。LCI は全体が葉で覆われているエリアのクロロフィル含有量を評価するもので、栽培期間中ほとんど土壌が露出しているタマネギには不適と考えられた。OSAVI は植生に対して土壌状態の影響を排除するために使用される。

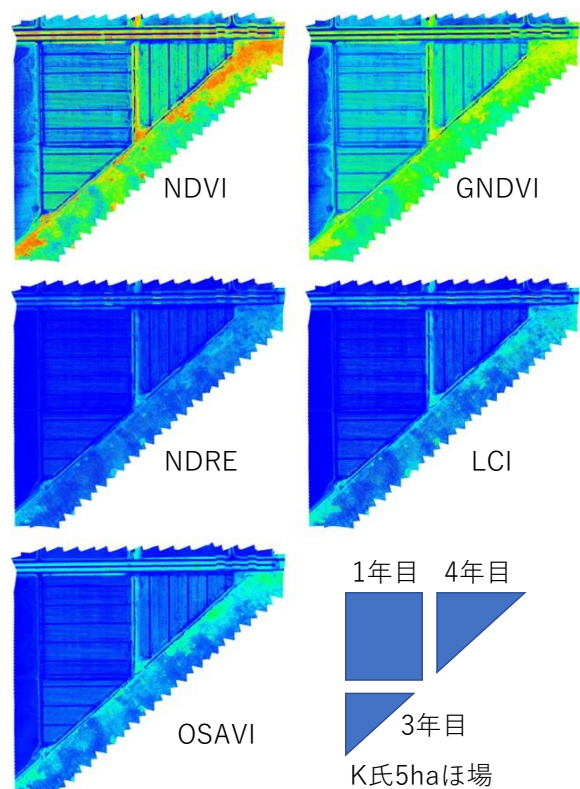
2022 年 6 月 9 日にマルチスペクトルドローンにより空撮した 5 波長の画像から計算した例を第 2 図に示す。色は 0 から 1 の間に青から赤に変化し、シアンが 0.25、緑が 0.5、黄色が 0.75 と連続的に着色しているが、第 2 図では NDVI と

第1表 ドローン用レーザスキャナの主要諸元

レーザスキャナ精度	±2cm
システム精度	±5cm
計測範囲	反射率 10% : 190m 反射率 80% : 450m
視野角	70.4° × 4.5°
スキャン点数	24 万点/s
カラーカメラ	Sony A5100

第2表 植生指数の算出式

NDVI	$\frac{NIR - R}{NIR + R}$
GNDVI	$\frac{NIR - G}{NIR + G}$
NDRE	$\frac{NIR - RE}{NIR + RE}$
LCI	$\frac{NIR - RE}{NIR + R}$
OSAVI	$\frac{NIR - R}{NIR + R + 0.16}$



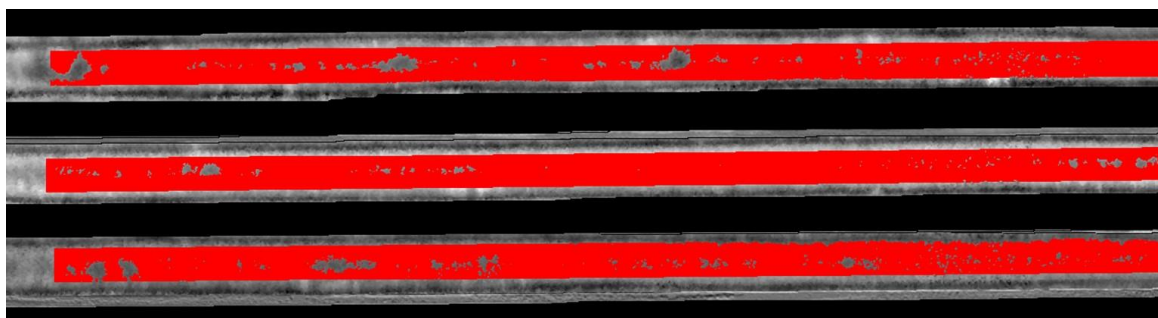
第2図 各種植生指数の例 (2022 年 6 月 9 日)

GNDVI の値が高く、残り 3 つの指数の値が低くなる傾向が観察できる。

植生指数のための空撮は 2022 年の 5/5、5/10、5/30、6/9、6/18、6/29 の 6 回実施した。

### (3) 画像処理による平畝上のくぼみ検出

ドローン用レーザスキャナで取得したデータはメーカーの解析ソフト LiGeoreference により LiDAR と RTK-GNSS の記録を参照しながら地形の三次元点群が生成される。これを Agisoft 社のドローンデータ解析ソフト Metashape により 1 画素のサイズが 2.72cm の二次元の標高データに変換する。この標高画像 DEM : Digital Elevation Model を用いて平畝を検出する。平畝領域の高い部分を自動判別で特定し、その中央部分でさらに低い場所をくぼみとした (第 3 図)。図中の赤く塗りつぶした部分が平畝の中央の高い部分で、各畝の赤色部分を囲む最小矩形の中で塗りつぶされていない領域をくぼみとした。

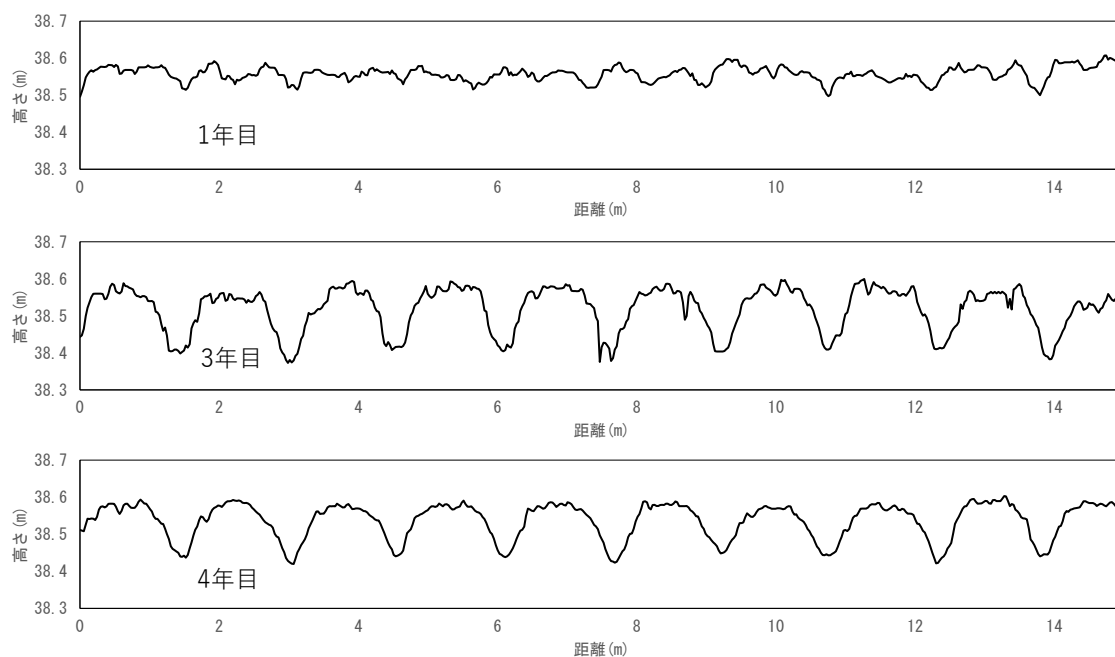


第 3 図 DEM 画像の 1 年目ほ場の平畝上のくぼみ領域の検出例 (赤い領域の内部で塗りつぶされていない部分)。各畝は別々。

## 3. 研究結果

### (1) タマネギ平畝形状の解析

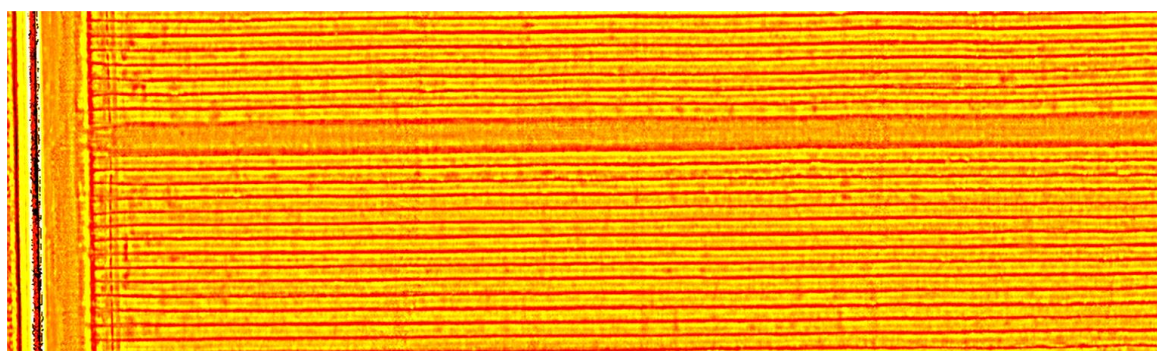
画像処理による平畝検出では、畝ではない盛り上がったところを誤検出したり、畝の形状がある



第 4 図 平畝の断面プロファイルの違い

もののタマネギが定植されなかったものを除き、1年目のほ場で93本、3年目のほ場で90本、4年目のほ場で60本の畝の領域を設定した。1年目ほ場の畝は他のほ場よりも畝が検出しにくく、DEM画像の畝の断面を比較した結果、畝の間の溝が正確に検出されていなかった(第4図)。実際の畝の形状も1年目のほ場では角が立っていたが、他のほ場では角がなだらかなかまぼこ型に近かった。平畝中央部のくぼみの面積割合は、1年目ほ場で8.0%、3年目2.9%、4年目2.3%であり、畝がかまぼこ型になるほどくぼみが発生しないと推察された。

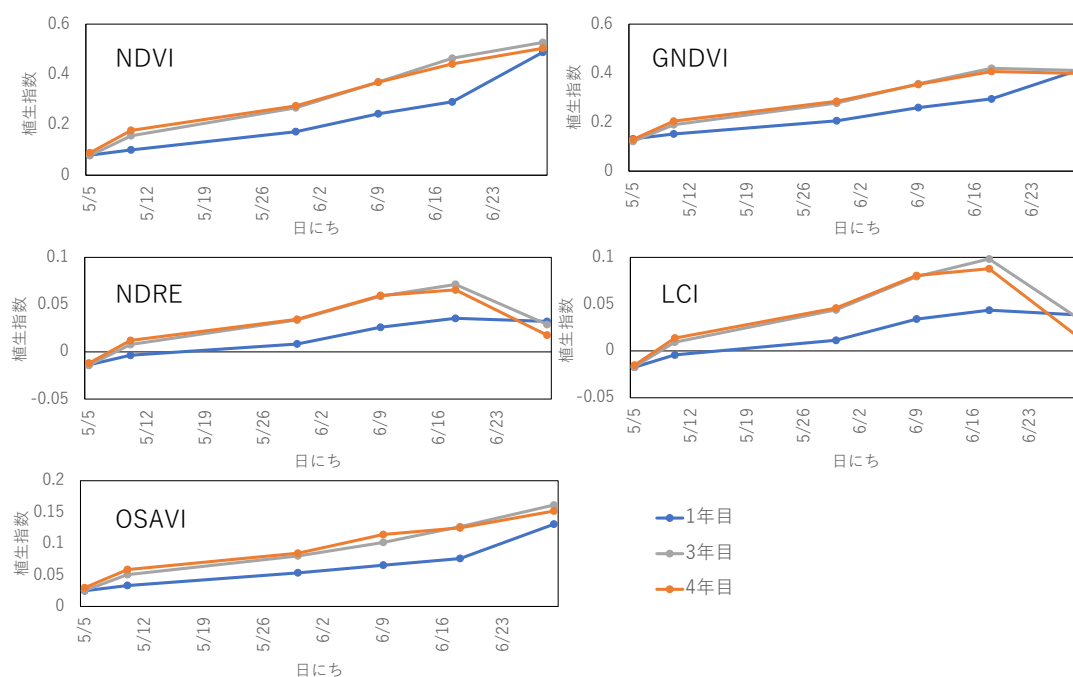
1年目ほ場のくぼみの分布は複数の畝をまたぐように連続的に分布していた(第5図)。他のほ場よりも排水性が悪く、畝上面を流れた流体により浸食を受けたように観察されたが、明確な発生メカニズムが特定されなかったことから、今後、積雪・融雪のタイミングで畝形状や土壌水分の測定が必要と考えられた。



第5図 1年目ほ場におけるくぼみの分布。縦方向にくぼみの連続分布が発生。

## (2) 各種植生指数の解析

植生指数の経時変化を第6図に示す。5/10から6/18まで1年目ほ場がいずれの植生指数におい

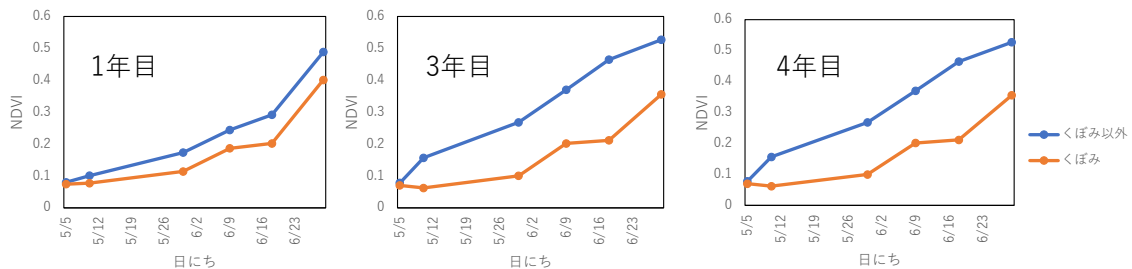


第6図 植生指数の経時変化



でも低かった。また、収穫直前の最終撮影日の6/29にNDREとLCIがそれまでの増加傾向から一転して減少し、タマネギのクロロフィルや栄養ストレスの状態の変化によるものと推察された。

画像処理で検出したくぼみのNDVIとそれ以外の畝中央のNDVIを比較した結果、くぼみ部分の値が低かった。さらに、3年目と4年目ではくぼみの発生が少ないものの、くぼみのNDVIが大きく低下することがわかった。

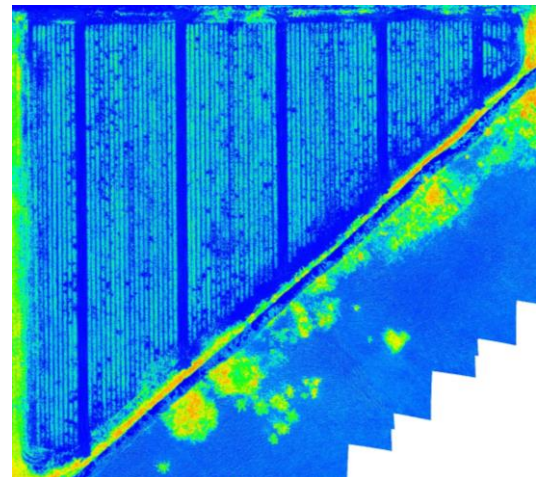


第7図 畝中央におけるくぼみおよびそれ以外のNDVIの比較

くぼみの発生でNDVIが低下することが確認されたが、くぼみ以外の場所でも生育むらの発生がNDVIの分布で推測された(第8図)。4年目のほ場では水が溜まるような畝形状は観察されず、画像処理でも2.3%のくぼみ以外に特段の異常がなかったことから、畝の排水性以外の原因があると考えられた。

#### 4. 今後の研究取組みの予定

ドローンを巡る情勢が目まぐるしく変化する中、ドローンで農薬や肥料を散布しながら各種センサで生育モニタリングを行う体系が確立される日も遠くないであろう。今回、一般に普及しているマルチスペクトルドローンに加え、レーザスキャナを備えるドローンにより作物の生育に関して有用な情報を収集することがわかった。今後、JA大潟村と連携しながらデータを蓄積し、マルチユースに向けて必要なドローンのセンサ構成について調査を継続する予定である。



第8図 くぼみ以外の欠株の発生(4年目ほ場・5/10計測)

<謝辞>

小林様のご厚意でタマネギほ場を空撮させていただくとともに、JA大潟村の宮国様に調査に関する貴重な情報を共有していただきました。また現秋田県立大学の金田吉弘先生に貴重な資料提供とアドバイスをいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

# 水稻の有機栽培における雑草制御技術の開発

露崎浩、小林佳大、山本聡史、保田謙太郎

## 1. 研究の目的

水稻の有機栽培において雑草を機械的あるいは耕種的に制御（防除）する場合、雑草が大きくなる前、すなわち雑草の発芽・出芽から幼植物期の間には制御することが肝要となる。

本研究では、大潟村における水田雑草の発芽・出芽や幼植物期の生態を解明し、その知見をふまえ雑草の発芽・出芽から幼植物期を主なターゲットとした機械的および耕種的制御技術の開発を目指す。

令和4年度（研究開始初年度）は、以下の（1）～（3）の研究を実施する。

### （1）水田雑草の出芽動態調査

イヌホタルイやコナギなど有機栽培で問題となっている雑草の出芽動態を把握する。

### （2）ドジョウの生息が水田雑草の発生に及ぼす影響

水田雑草の制御技術に寄与する知見を得る目的で、水田におけるドジョウの生息が雑草の発生に及ぼす影響について調査する。

### （3）機械的制御技術（除草ロボット）の開発

雑草の幼植物期を主なターゲットとし、その時期の有効な機械的制御技術（除草ロボット、他）の開発に取り組む。

## 2. 研究の方法・計画

### （1）水田雑草の出芽動態調査

大潟村 T 氏の水稲有機栽培ほ場において、耕起土壌を 2022 年 4 月 21 日に採取した。その土壌を野外設置コンテナに入れ、5 月 9 日に湛水し、5 月 23 日と 26 日に代かきを行った。5 月 30 日に、プラスチック製の角型ザル（上部内寸法 43cm×31cm・深さ 16cm、アズワン社）に代かきを済ませた土壌を入れ、大潟キャンパスのアグリイノベーション教育研究センター（AIC）の試験用水田に埋め込んだ。6 月 14 日から 7 月 26 日までの間、1 週間毎に、草種ごとの出芽個体数を計数した。いずれの調査日においても、出芽個体は全てピンセットで抜き取った。試験は 4 反復した。

### （2）ドジョウの生息が雑草の発生に及ぼす影響

【供試したドジョウと試験水田】ドジョウは、八郎潟町の用水路で 2022 年 5 月中旬に採集し、その後、大潟キャンパスの野外設置コンテナで飼育したものをを用いた。ほ場試験は、大潟キャンパスの AIC にある、水稻の有機栽培 2 作目となる試験水田で実施した。

【ドジョウの放飼ケージ】底面を取り除いたプラスチック製の角型ザル（前出と同じ）を用意した。そのザルを、代かきを済ませた試験水田に 2022 年 5 月 30 日に 13cm の深さまで埋め込んだ。次に、ザル内の表層 5cm の土壌を、前出した大潟村 T 氏の土壌に置き換えた。そして、2 株のイネ（品種；あきたこまち）を移植した。その後、ドジョウの逸出防止のため、ザルの内側の外周を、プラスチック製の網（鉢底ネット、渡辺泰社）で地表 15cm の高さで囲み、放飼ケージとした。

【試験設計】上記の放飼ケージに、ドジョウを2匹放飼する区(2匹区)、4匹放飼する区(4匹区)、および対照区(0匹区)の3処理区を設けた。これらの処理区を、乱塊法で4反復設置した。放飼は6月1日に始めた。放飼開始日から7月30日の落水日まで、水田の水深を3~5cmに保った。

【調査項目】7月26日に、草種ごとに雑草の被度を測定した。その後、雑草を全てサンプリングし、各草種の乾物重を測定した。

### (3) 機械的制御技術(除草ロボット)の開発

水田の水位を5cm以上確保した上で、表層土壌をスクリュで攪拌して生育初期の雑草の根を浮かせるとともに、濁水の発生により抑草効果を狙った水田抑草ロボットの実証が全国各地で行われている。ソーラーパネルによりエネルギーを自給しながら区画内を隈なく移動する機能を有し、田植直後から約1月間人手を介さず稼働する。しかし、水田の均平が不十分だと浅瀬に乗り上げ、生育したイネ株の抵抗が大きいと動けなくなる場合がある。そこで、発泡スチロール製の車輪を備え、均平が不十分なほ場やある程度イネが生育した状態でも走行可能な水田除草ロボットを試作した。

なるべくコンパクトなロボットを目指し、1辺250mmの立方体状の筐体にモータ2台、電源、制御機器を収めた。バッテリーは、除草の作業適期がシビアであることを踏まえ、ソーラーパネルではなく、各種電動工具で汎用的に使用可能なリチウムイオンバッテリー(マキタBL1860B)を採用した。当初、凹凸形状を有する外径300mmの車輪を試作し、防水のため、筐体内のモータから永久磁石の非接触カップリングにより動力を取り出すことを試みたが、カップリングの隙間調整が難しく、最終的に水田を走行するには伝達トルクが足りなかった。そこで、車輪の径を500mmとして筐体を水面から離し、径の増加に伴い、モータを30Wから50Wに変更し、機体幅は1450mmとした。また、車輪が凹凸形状の場合、発泡スチロールの加工の手間がかかり、補強のためFRPと併せて使用するガラスマットの貼付が困難であったため、直径500mm×長さ500mmの円柱状の発泡スチロールにアルミ製のLアングルを接着した上でFRPを塗布し、ガラスマットを貼付した。この栈付き車輪を駆動するため、減速比200、許容トルク16N・m、減速後の定格回転数12.5rpmのブラシレスモータを使用した。車輪直径500mmなので、滑りがない場合の走行速度は0.3m/s、モータ2台で最大128Nの駆動力と推定された。駆動輪のみではモータを載せた筐体が回転するので、機体前後に発泡スチロール製の支持輪を取り付けた。駆動力が128Nの場合、この支持輪中心が車輪中心から約0.4mなので80Nが作用し、機体の沈下量を考慮して筐体の傾斜を30°とすると、支持輪の垂直方向に69N作用すると計算される。実際、水位が浅く表層が露出している場合、支持輪が押し付けられて表層から泥を削り取るような作用が観察された。

ロボットの位置と方位の検出は、RTK-GNSSを2台用いたムービングベースを使用し、測位データを5Hzで出力する。アンテナ間の基線長は520mm、方位精度は $1.0^{\circ} \pm 0.03^{\circ}$ であった。ラズベリーパイは4モデルBで、2つのUSBポートによりGNSS受信機2台と通信し、1つのUSBポートにSIMカードを有するUSBドングルを接続してNtripにより補正情報を得ている。プログラムはPythonで記述し、水田除草ロボットがスイッチバックにより50cmずつ進路を横方向にずらしながら前後進して往復作業を行うように変更した。

秋田県立大学大潟キャンパスのアグリイノベーション教育研究センター(AIC)の面積5aの小区画水田で水田除草ロボットを6/23と7/4の2回稼働させ、イネの生育への影響や雑草の状況を観

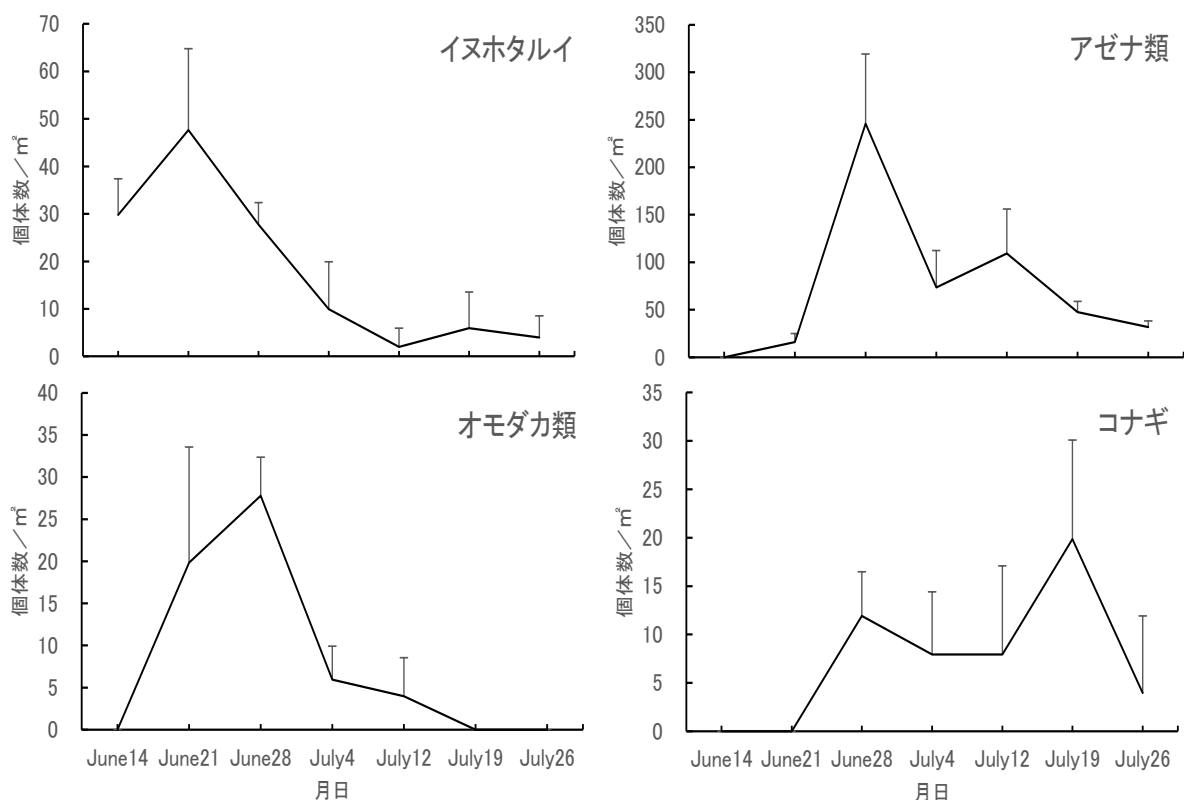
察した。AICの小区画水田の均平精度を4/28にドローンに搭載したLiDARで測定した結果、区画内の楕円体高の標準偏差が3.5cmであった。水田でのバッテリー1台当たりの稼働時間は1時間、短辺40m区画では8a/hの能率であった。

### 3. 研究のこれまでの結果

#### (1) 水田雑草の出芽動態調査

【結果および考察】発生した雑草は、イヌホタルイ、オモダカ類、アゼナ類、コナギ、シャジクモ類、マツバイ、ミゾハコベなどであった。草種間で出芽時期に違いが認められた。すなわち、第1図に示したように、イヌホタルイは、調査を開始した6月14日に発芽が認められ、翌週の6月21日には出芽数のピークを示した。コナギは発生した草種のなかでは、遅い時期に出芽する傾向を示した。

このような出芽時期の差異には、発芽可能な温度域が草種により異なることなどが関わっていると思われる。水田雑草の種類により、機械的制御（除草）を行うべき適期に違いがあると考えられる。



第1図 雑草（4草種）の出芽数の推移

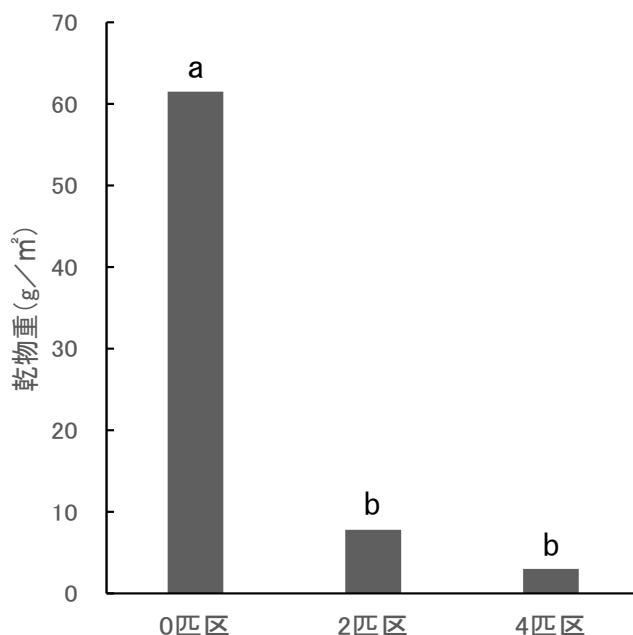
図中のバーは標準偏差を示す。

#### (2) ドジョウの生息が雑草の発生に及ぼす影響

【結果および考察】発生した雑草は、イヌホタルイ、オモダカ類、アゼナ類、コナギなどであつ

た。各々の雑草の被度を積算した値は、0 匹区は 94%、2 匹区は 23%、4 匹区は 22%であり、2 匹区と 4 匹区の値は 0 匹区と比べ有意（1%水準）に小さかった。雑草の合計乾物重は、第 2 図に示したように、0 匹区は 62g/m<sup>2</sup>、2 匹区は 8 g/m<sup>2</sup>、4 匹区は 3 g/m<sup>2</sup>であり、2 匹区と 4 匹区の値は 0 匹区と比べ、有意（5%水準）に小さかった。

ドジョウの移動・摂食行動は、水田の表層土壌を攪乱する。ドジョウによる表層土壌の攪乱で、雑草の発生は強く抑制されると推察される。



第 2 図 ドジョウの放飼処理区における雑草の乾物重

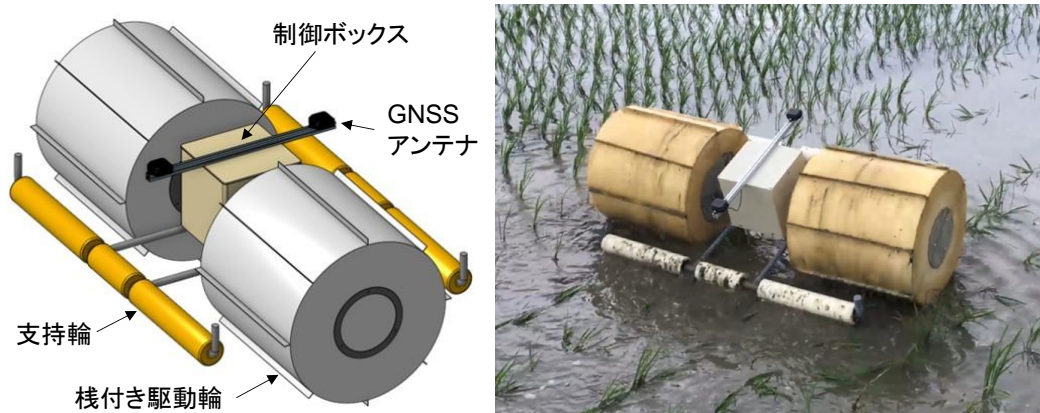
同じ英小文字を付した数値間に 5%水準で有意差はない (Tukey の多重比較検定)。

### (3) 機械的制御技術 (除草ロボット) の開発

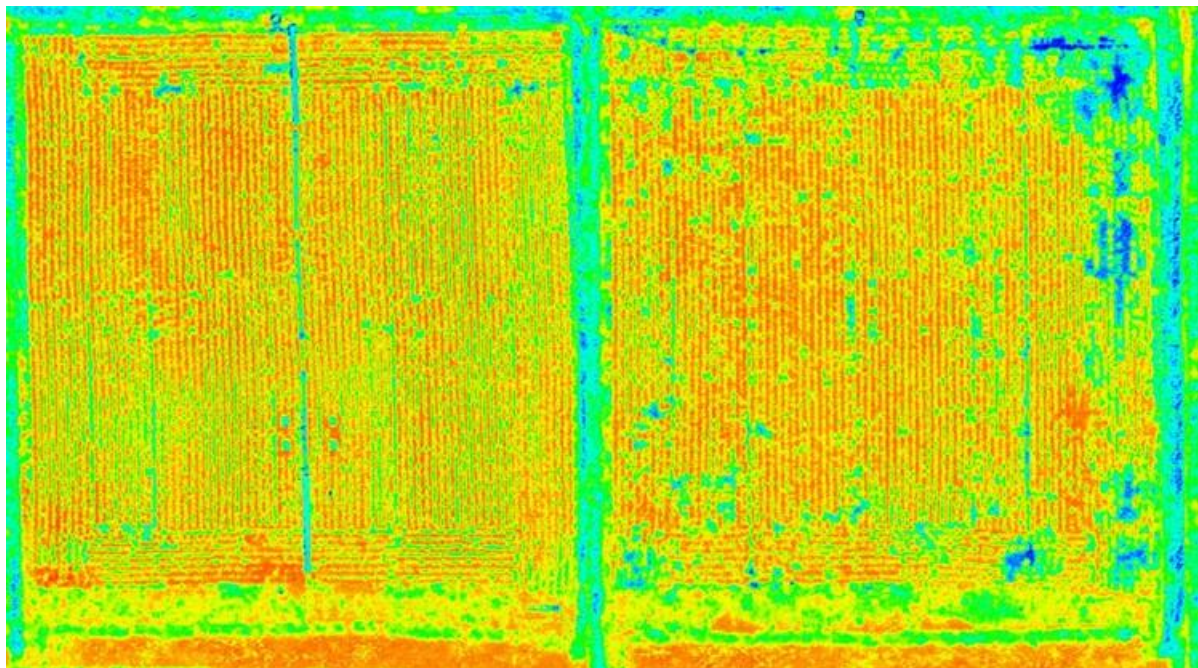
【結果および考察】ロボット (第 3 図) による自動作業の結果、水位が 10cm を超えると車輪の空転が目立ち、強い西風で横方向に流されることがあった。逆に、土壌表面が水面上に露出しているような水位では、泥の抵抗で走行速度が低下するものの、順調に走行した。しかし、こうした水位ではイネを倒し、その上に重粘土の泥を被せて鎮圧するような大きなダメージが散見され、6/24 の NDVI 画像では、隣接する小区画と比較して欠株が多かった (第 4 図)。駆動力 128N でも許容トルクを超えてモータが停止するほどの負荷がかかることが 5 分に 1 回程度のペースで発生したことから、過負荷アラームをリセットするプログラムを追加せざるを得なかった。WiFi が届く範囲であれば、スマートフォンでラズベリーパイのプログラムの実行状況を確認しながら作業できた。

雑草の発生については、オモダカ、ガマ、コナギなどが散見されたが、ヒエはほとんどなかった。通常の機械除草のタイミングは定植後 1 週間から始まり、1~2 週間おきに計 3 回程度実施されるが、今回はロボット投入のタイミングが 6/23 と作業適期から大きく遅れたため、生育初期の雑草の根を浮かすという作用の効果を確認することはできなかった。一方、移植後 34 日間を過ぎた草丈 30 cm 以上のイネがある水田でも走行でき、水深を維持できれば、ロボットが踏みつけて通過した後のイネが 1 週間程度で元の姿勢に立ち上がり、その後の生育に特段の問題は観察されなかった。こ

これは、ロボットの直径 50cm×長さ 50 cmの発泡スチロール製の駆動輪が機体重量を分散し、イネのダメージを最小限に留めたためと考えられる。



第3図 小型水田除草ロボット



隣接区画

ロボット除草区

第4図 小区画水田のNDVI画像

#### 4. 今後の研究取組みの予定

##### (1) 水田雑草の幼植物期の生態調査

イヌホタルイやコナギといった大潟村の有機水田で問題となっている草種を対象に、幼植物期の成長に伴う固着力の変化などを明らかにし、機械除草の適期を判断する指標を得る。

##### (2) ドジョウの生息が雑草の発生に及ぼす影響

令和4年度に取り組んだのと同様なドジョウの放飼試験を、より大きな放飼面積で実施する。あ

わせて、ドジョウの水田表層での運動の様子を観察し記録する。

### (3) 機械的制御技術（除草ロボット）の開発

ロボットの荷重を分担する支持輪の形状を工夫し、より効果的に水田表層土壌を攪拌する機能を追加する。さらに、大潟村の耕盤が軟弱な水田では乗用型水田除草機の使用回数が制限されることから、市販の乗用型水田除草機の問題点を明確にするとともに、これを補完するロボットの利用技術について検討する。

### 『謝辞』

(1)・(2)の研究において、供試土壌を大潟村のT氏に提供して頂きました。また、調査・データ整理等を大潟村の樋熊未来氏に補助して頂きました。記してお礼申し上げます。

# 畑作等振興に寄与する学術研究成果の集積

露崎 浩

## 1. 研究の目的

大潟村の農業に係わるこれまでの学術研究成果を収集・整理し、知の集積を図り、畑作等振興に寄与する。

## 2. 研究の方法・計画

令和4年度は、大潟村の水稻有機栽培において難防除雑草となっているコナギに関する文献を整理し、コナギの生態学的特性と制御（防除）技術に関する情報・知見を整理した。

## 3. 研究のこれまでの結果

### 1. 生態学的特性

#### 1) 幼植物・成植物

コナギは、播種後約5日で子葉を展開し、先端には種皮(種子殻)が付着する(森田1982)。種皮(種子殻)の大きさは約1mmで4葉期頃まで残存する(森田1982)。葉の形状は、第5～6葉期くらいまでは皮針状線形(「住吉ら2011」に「笠原1968」からの引用として記述)であるが、それ以降の葉は広い卵形(心臟形)となる(汪1998)。

松尾(2004)、松尾ら(1997)によると、コナギは土壌表面に植物体を十分に定着させるために、胚軸毛を形成し種子根を土壌中に貫入させる力を生み出している。具体的な形成過程は以下のようである。すなわち、湛水土壌の場合、播種後6時間後には胚軸毛の発生が見られ、12時間で幼植物の胚軸表皮に胚軸毛を形成する。水平～下方に逆円錐状に広がって伸長していき、24時間後には土壌面に固着する。36時間後には胚軸毛はほぼ最大本数となり、種子殻が完全に土壌面から立ち上がり、種子根が胚軸毛より長くなる。48時間後には第1葉および冠根が出現・伸長しはじめ、120時間後には種子根は14mm、胚軸毛は約2.7mm(ほぼ最大)にまで伸長する。胚軸毛は240時間後には、ほとんどが腐敗する。

幼植物の固着力の大きさは胚軸毛の長さに依存し、胚軸毛長が最大となったとき(播種から120時間後)に固着力が最大となる(2004松尾)。

成植物の個体あたりの乾物重は5～6月播種のものが最も重くなった(1998汪)。



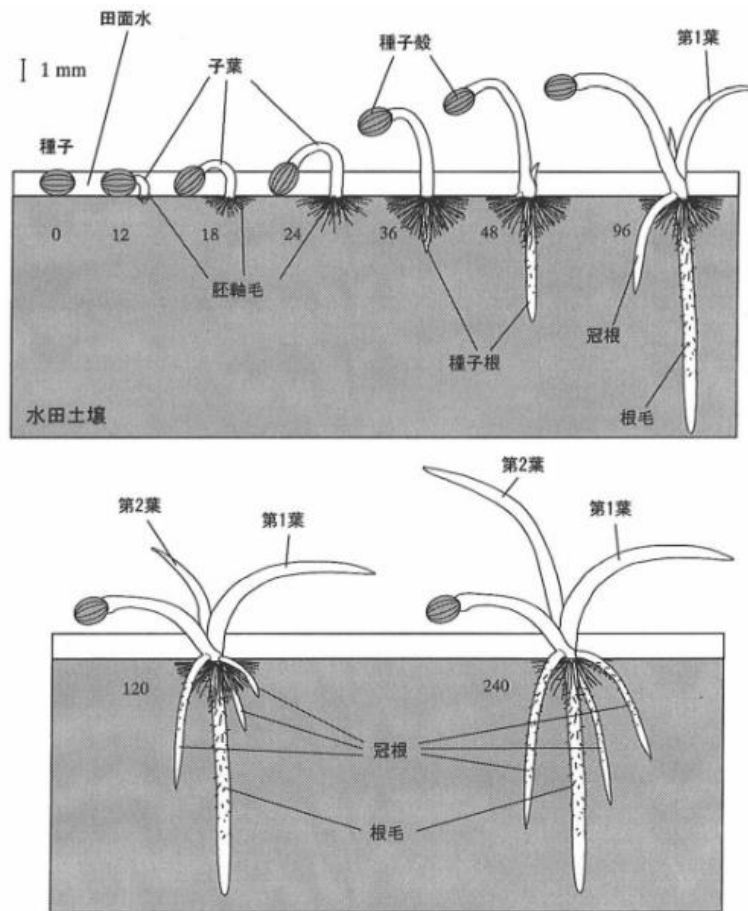


図 湛水土壌面におけるコナギ幼植物の定着の模式図 (松尾 2004 より引用)

※図中の数字は播種後の時間

## 2) 開花特性

コナギの開花始期は8月下旬～9月上旬(1979 片岡ら)であるが、播種時期によって開花までの日数が異なり、3月播種は126日に対し8月播種は52日であった(1998 汪)。開花始期の葉齢は18～22くらいであった(1979 片岡ら)。

コナギの花は茎の先から出る1本の花茎に数個着くが、各花の開花日は同じか1日ほどの差である(1979 片岡ら)。15時間以上の長日条件下では開花できない限界日長をもつ質的短日性雑草である(1998 汪)。さらに9・10月は低温により制約され着蕾・開花しない(1998 汪)。

## 3) 繁殖 (種子生産と種子の寿命)

コナギはさく果の中におおよそ40～220個の種子が稔る(1979 片岡ら)が、特に種子生産量は5～6月播種で多く、地上乾物重が多いほど種子数も多くなる(1998 汪)。個体の生育の良否によって花茎数が異なり、これが種子生産量の変動に大きく関わっていた(1979 片岡ら)。

開花後、発芽能力を有するまでに27日は必要であった(1998 汪)。また開花後、35日で完熟種子が得られたが、これは他の水田雑草に比べてやや長い(1998 汪)。成熟さく果数によって種子生産量が推定できると判明した(1979 片岡ら)。1さく果内の出芽率は約80%であった(1997 松尾ら)。

川名ら(1999)によると、毎年完全に防除しても20年間出芽し続けた。また小荒井ら(1998)による

と、耕土下層に埋められた種子では17年間の生存が確認されている。水田土中種子の生存状態の推移を調査した試験では、毎年、土中種子の8%が出芽し、新鮮種子の約77%、埋土種子の約79%が翌年まで生存した(川名・渡邊2009)。

#### 4) 休眠および発芽

コナギは種子で繁殖する水田一年生雑草である。種子には休眠性があるため、夏から秋にかけて散布された種子はすぐには発芽せず、一次休眠の状態となる。その後冬の変温条件下の低温により休眠覚醒され、翌春に発芽する(「住吉ら2011」に「片岡・金1977; 汪ら1996」からの引用として記述)。好適な発芽条件とならなかった種子は、夏に再び休眠状態(二次休眠)に入る(「住吉ら2011」に「千坂ら1977」からの引用として記述)。

成熟種子は室内風乾貯蔵では、採種後4ヶ月を経過しても発芽が揃う種子が得られず、一次休眠の覚醒は不斉一だった。これが圃場で出芽が不揃いになる原因と考えられる。人為的に休眠を覚醒させるには、冬期に戸外水槽中に浸漬する方法が有効で、採種後2ヶ月で休眠覚醒種子が得られた(1998 汪)。

##### (1) 温度

休眠覚醒した種子の発芽適温は25~35℃である。これより低い15℃では発芽せず(1996 汪ら)、20℃では種子根がほとんど伸長しない(住吉ら2011)。30~35℃の高温では100%発芽する(1996 汪ら)。また、休眠覚醒種子の播種~発芽までに要する日数は積算温度に強く規制される(1996 汪ら)。

##### (2) 光、土壌

暗条件より明条件で発芽率が高く、温度が低いほどこの差異は大きい(1996 汪ら)。しかし、種皮への刺傷処理によって、湿潤・暗条件でも発芽可能となる(「住吉ら2011」に「Takeuchi et al. 1995」からの引用として記述)。

湛水土中からの出芽に関して、覆土が厚くなるほど出芽率は低下し、出芽限界覆土深は2.0cmであった(1998 汪)。また代かきされた条件では、ごく表層からの出芽に限られ、最大出芽深度は約5mm程度であった(「住吉ら2011」に「小荒井・芝山2001」からの引用として記述)。

##### (3) 水、酸素など

コナギは発芽に際して酸素をあまり必要とせず低酸素で発芽する(2017 横田)。酸素分圧が低いほど発芽率が高くなるが、酸素0.5%以下では発根しない(「住吉ら2011」に「片岡・金1978a」からの引用として記述)。したがって、水田においては、落水条件や湿潤条件では発芽せず、湛水条件下のみで発芽する(住吉ら2011)。汪ら(1996)の試験によると、湛水深が3~5cmで発芽率が高く、水深0cmより低く(浅く)なる(湛水状態でなくなる)と発芽率は低い。

イネ種子はコナギ種子の発芽を強く促進するといわれている。これは、イネ種子周辺の局在的な酸素欠乏状態と、イネ種子より水中に放出される他感作用物質の影響が考えられている(1997 川口ら)。また横田(2017)によると、イネ種子やもみがら、わらなどに含まれるアミノ酸やリン酸によってバクテリアが増殖し、そのバクテリアがコナギ種子の種皮を消化することで穴があき、コナギ種子が発芽にいたると考えられる。

## 2. 水稻・他雑草との競合特性

コナギは窒素吸収力が大きく、特にイネや他雑草と競合する条件下でその影響が大きい(1984 椛木ら)。しかし、水稻の栽植密度を高くすると、コナギは自己間引きにより発生密度が低下し、個体当りの花序数や花数も大きく減少する(1998 汪)。また、水稻と競合して遮光条件となった場合、遮光程度が強く、遮光開始時期が早いほど種子生産量は減少する(1998 汪)。コナギの発生時期が水稻移植後遅くなるほど、生育量、種子生産量とも減少し、移植後 17 日以降に発生した場合には種子生産量は極めて少なかった(1979 片岡ら)。

## 3. 管理法(雑草防除技術)

コナギなどの雑草を防除する技術として、除草剤のほか、物理的防除法、生物的防除法、耕種的防除法がある。

### 1) 除草剤

コナギは除草剤が比較的効きやすい雑草である。ベンスルフロンメチル(以下 BSM、スルホニルウレア系除草剤(以下 SU 剤)の 1 種)およびベンチオカーブともに 1~0.1ppm で枯殺効果が確認されている(2002 松尾ら)。

しかし、BSM を含む SU 剤を 3 年以上連用した水田では抵抗性をもつコナギが確認された(2002 小荒井ら)ことから、使用には注意が必要である。なお、SU 剤抵抗性の簡易な検定法として、市販の水稻用除草剤を活用した検定法(2020 濱村ら)があり、除草剤を使用してもコナギが多発する圃場での確認に有用と考えられる。

このほか、西脇ら(2010)は、農薬使用量を減らす新しい防除技術として、「条間部分の機械除草」と「条部分への除草剤散布」を組み合わせたハイブリッド除草機を試作し、除草剤散布量を全面散布 38%に抑えることができた。さらに、深水管理した圃場において移植後 3 週目と 6 週目に作業を行ったところ、すべての雑草種を抑えることができ、慣行(除草剤全面施用)と同等の効果が得られた。

### 2) 物理的防除

#### (1) 機械除草

中井ら(2011)によると、減収の原因となるコナギは水稻移植後の早い時期に発生するものであり、個体数は代かき 19~27 日後に著しく増加する。これより、コナギを対象にした場合、機械除草は 3 回以上必要であり、最適な除草時期は 1 回目は 2 葉期まで、2 回目と 3 回目は 5 葉期および 9 葉期までと報告している。

安達ら(2011)は、葉齢と引き抜き抵抗力との関係が指数関数曲線によく適合したことから、葉齢が除草適期の重要な目安になると報告し、除草機による除草効果が得られるのは、1 回目の除草時期の目安が 1 葉期以下と推定した。

水稻は移植後 5 日目で十分な活着があったものと推定された(安達ら 2011)ことから、1 回目の除草適期は水稻移植後 5 日以降の 1 葉期以下が目安になると推定される。

## (2) 有機資材の散布

### ①米ぬか

米ぬかの土壌表面処理は、土中の酸化還元電位の低下（「中井 2016」に「福島・内川 2002、室井ら 2005、中井・鳥塚 2009、Nozoeetal. 2009、中山 2010」からの引用として記述）、電気伝導度の上昇（「中井 2016」に「Nozoeetal. 2012」からの引用として記述）により水田雑草を抑草することが報告されている。しかしコナギやイヌホタルイに対して抑草効果は低い（「中井 2016」に「中井・鳥塚 2009、中山 2010、中井ら 2011」からの引用として記述）。

そこで米ぬかと機械除草を組み合わせた防除技術が提案される。中井ら（2011）は、除草剤の連用処理で雑草が抑制された圃場において、無除草剤水稻栽培を開始したとき、代かき 2 日後の米ぬか土壌表面処理と同 10 日後の機械除草を例年実施し、移植後～幼穂形成期まで 7cm 以上の深水で管理すると、開始 3 年目まで極めて高い除草効果が得られることを報告している。

東ら（2007）も同様の（米ぬか散布＋深水管理＋機械除草を組み合わせた）除草管理法を無農薬栽培の圃場で検討したところ、欠株発生は増加したが、除草機単独や深水管理＋除草機よりも除草効果が高く収量や品質の低下もみられなかった。

中井ら（2013）は米ぬか土壌処理後にコナギとイヌホタルイが多発した圃場で、歩行型除草機で株際除草を可能にする方法（＝株際機械除草）の効果を検討した。その結果、米ぬか土壌表面処理＋株際機械除草 2 回で、条間のコナギとイヌホタルイ、株際のイヌホタルイに除草効果がみられた。また米ぬか処理単独よりも雑草害による減収が軽減された。

さらに中井（2016）では実際の有機農家圃場で検討したところ、除草機や米ぬか散布を単独で行った農家圃場よりも、米ぬか土壌表面処理＋機械除草 2 回を実施した農家圃場で高い除草効果が得られた。

一方で上記のような除草作業を組み合わせせていても、島宗ら（2006）の調査では有機農家圃場においてコナギが多発、優占化していた。有機栽培を続けるとコナギが増えるため、コナギ対策が問題という認識がいずれの農家もあった。特に株間に残草したコナギが生産した種子が次年度以降の発生源になっていると考えられた。

### ②ナタネ油かす

コナギの初期発生数に対するナタネ油粕による施用効果が確認された。米ぬかと比較して抑草効果が高かった（2020 三津野ら）。

### ③屑大豆

抑草効果は認められなかった（2004 鯨ら）。

### ④その他

アレロパシー効果を視野にいれ、レンゲおよびハマエンドウを散布したところ、コナギの発生は抑制され、抑制効果はレンゲよりハマエンドウ散布区で勝っていた（2004 鯨ら）。

## (3) 生物的防除

アイガモ農法では 0～2cm 層での抑草効果が期待される。コナギはアイガモの好物の 1 つである。コナギの葉の内部は多孔質・海綿状をしており水中に浮きやすい形態的特性を持っているため、アイガモの水掻きによる土壌の攪拌によってコナギは水面に浮上する。これらのことと、アイガモに

よる抑草期間が50～70日(8月上旬まで放飼)に及ぶことなどあいまって、アイガモ農法実施1～2年のうちに大半のコナギは防除されたものと考えられた(浅野2001)。

#### (4) 耕種的防除

耕種的防除法としては、密植栽培や田畑輪換、複数回代かきなどが挙げられる。

##### ①密植栽培

上記の「2. 水稻・他雑草との競合特性」でも触れたとおり、水稻の密植栽培は雑草害による減収の回避に役立つだけでなく繁殖源となるコナギ種子の生産を著しく抑制できることが認められた(1998 汪)。鈴木ら(2010)も、極端な疎植は雑草多発により減収のリスクがあるため、密植にして早期に田面を水稻で被覆することはコナギの抑草と収量確保に有効であるとしている。

また、水稻と競合して遮光条件となった場合、遮光程度が強く、遮光開始時期が早いほど種子生産量は減少する。そのため、生態的対策としては水稻の茎葉による遮光をできるだけ早期に大きくすることが重要である(1998 汪)。島宗ら(2015)も、水稻の栽植密度を高くすると水稻群落内の相対光量子量が低下し、それによってコナギの生育が抑制されることを明らかにしている。

三木ら(2017)によると、代かき土壌中の稲わら残存率が高いほど、最高分けつ期の全雑草乾物重は増加し、水稻の生育が抑制された。さらに栽植密度が低い場合には、初期生育不良による減収が認められた。これらのことより、稲わらの分解期間を長くする(収穫後早期の耕起、翌年の移植時期を遅らせる)こと、疎植の場合には栽植密度を増やし生育量を増やすことを提案している。

##### ②田畑輪換

田畑輪換によってコナギ発生数が低下した。これは、ダイズ畑で発芽したコナギが生育できず枯死することによるものと考えられた(2014 齋藤ら)。

##### ③複数回代かき

代かきを2回すると多くの草種で発生数が減少したが、コナギのみ発生数が増加し、さらに再活着したコナギも多かった。攪拌に対する損傷抵抗性が強く、再生力が旺盛である(1994 浅井ら)。

#### 参考文献

- 汪光熙 1998. アジア産ミズアオイ属雑草の分類と種生物学的研究. 雑草研究 43(2), 81-87.
- 汪光熙, 草薙得一, 伊藤一幸 1996. ミズアオイとコナギの種子の休眠, 発芽, 出芽特性の差異. 雑草研究 41(3), 247-254.
- 汪光熙, 草薙得一, 伊藤一幸 1996. ミズアオイとコナギの開花の日長反応特性. 雑草研究 41(3), 241-246.
- 川口俊, 竹内安智, 小笠原勝, 米山弘一, 近内誠登 1997. コナギ(*Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*)の種子発芽に対するイネ種子(*Oryza sativa* L.)の他感作用. 雑草研究 42(3), 262-267.
- 横田孝雄 2017. 水田雑草コナギの種子発芽のバクテリアによる促進. 植物の生長調節 52(1), 52-53.
- 片岡孝義, 児嶋清, 古谷勝司 1979. コナギの生育と種子生産. 雑草研究 24(2), 86-91.
- 椛木信幸, 中村拓 1984. 水田雑草の養分吸収特性の草種間差第1報混植による窒素吸収力の推定. 雑草研究 29(2), 147-152.

- 松尾光弘 2004. コナギ幼植物の湛水土壌面への定着における胚軸毛の機能に関する研究. 雑草研究 49(2), 123-129.
- 松尾光弘, 芝山秀次郎 1997. コナギ幼植物における胚軸毛の形成様相. 雑草研究 42(3), 233-239.
- 小荒井晃, 森田弘彦 2002. 秋田県および茨城県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性生物型コナギの出現. 雑草研究 47(1), 20-28.
- 濱村謙史朗, 阿部秀俊 2020. 市販の水稲用除草剤を用いた発根法によるスルホニルウレア系除草剤抵抗性コナギ (*Monochoriavaginalis* (Burm. fil.) Presl var. *plantaginea* (Roxb.) Solms-Laub.) の簡易検定. 雑草研究 65(1), 1-4.
- 松尾光弘, 芝山秀次郎 2002. ベンスルフロンメチルおよびベンチオカーブの処理がコナギ幼植物の成長および土面への固着力に及ぼす影響. 雑草研究 47(1), 1-6.
- 中井讓, 鳥塚智 2013. コナギとイヌホタルイの多発圃場における機械除草法の改良-株際機械除草法の開発-. 農作業研究 48(2), 61-67.
- 中井讓, 中橋富久 2011. 機械除草の時期および回数がコナギの抑草効果と水稲収量に及ぼす影響. 雑草研究 56(2), 111-114.
- 中井讓 2016. 雑草発生量と水稲収量に及ぼす除草作業法の影響滋賀県の有機栽培農家の事例から. 農作業研究 51(1), 31-34.
- 三木孝昭, 岩石真嗣, 阿部大介 2017. 甲信越地域における水稲の有機栽培の実態と生産性向上に必要な技術提案. 有機農業研究 9(1), 35-45.
- 島宗知行, 鈴木幸雄 2015. 水稲の有機栽培において栽植密度がコナギの生育に及ぼす影響. 雑草研究 60(4), 144-150.
- 三津野陽大, 鍋浦高弘, 諸隈正裕, 豊田正範 2020. 移植時期の違いが有機栽培水田での雑草の生育及び水稲の収量に及ぼす影響. 日本作物学会四国支部会報 57, 24-25.
- 島宗知行, 鈴木幸雄 2006. 水稲有機栽培の雑草防除に関する現地実態調査. 日本作物学会東北支部会報 49, 55-56.
- 齋藤隆, 佐久間祐樹, 佐々木園子 2014. 有機田畑輪換ほ場におけるコナギ埋土種子数の変化. 日本作物学会東北支部会報 57, 65-66.
- 鯨幸夫, 小村由希, 登内良太 2004. 水稲の無農薬栽培における雑草防除. 北陸作物学会報 39, 24-27.
- 浅井元朗, 樫野亜貴 1994. 湛水後の 2 回の土壌攪拌が水田雑草群落組成に及ぼす影響. 雑草研究 39(3), 174-176.
- 鈴木幸雄, 島宗知行 2010. 水稲有機栽培の雑草防除に関する研究第 3 報栽植密度の違いが水稲と雑草の生育に及ぼす影響. 日本作物学会東北支部会報 53, 9-10.
- 東聡志, 金高正典, 奈良悦子 2007. 機械除草と耗種的除草法の組み合わせによる無農薬水田雑草管理法の検討. 北陸作物学会報 42, 32-35.
- 安達康弘, 内野彰 2021. コナギの葉齢と引き抜き抵抗力との関係および高精度水田用除草機の除草効果に及ぼすその影響. 雑草研究 66(4), 169-174.
- 住吉正, 小荒井晃, 川名義明, 牛木純, 赤坂舞子, 渡邊寛明 2011. 水稲作における難防除雑草の埋土種子調査法. 雑草研究 56(1), 43-52.
- 川名義明, 森田弘彦, 高林実, 宮原益次 1999. 暖地における水田一年生雑草の出芽の年次消長—25 年

目までの結果一. 雑草研究 44(別), 148-149.

川名義明, 渡邊寛明 2009. 飼料イネ栽培水田におけるコナギの種子生育量と埋土種子量の増減. 雑草研究 54(別), 55.

小荒井晃, 森田弘彦, 李度鎮, 伊藤一幸, 渡邊寛明, 芝山秀次郎, 宮原益次 1998. 22年間耕土下層に埋土した水田雑草種子の発芽率. 雑草研究 43(別), 224-225.

浅野紘臣, 2001 アイガモ農法連用水田における雑草の発生数の変化. 雑草研究 46(1), 13-18.

森田弘彦, 1982 水田雑草ミズアオイの幼植物の形態および開花, 種子生産の特性について-コナギとの比較-. 雑草研究 27(1), 16-21.

#### 4. 今後の研究取組みの予定

- ・コナギと同様、水稻有機栽培において難防除雑草となっているイヌホタルイについて文献調査し、その制御に資する知の集積を図る予定である。
- ・J-STAGE に追加される大潟村関連論文を調査しリスト化する（令和3年度から継続）。

#### 『謝辞』

本研究において、多数の文献の調査と整理を大潟村の樋熊未来氏にして頂きました。記してお礼申し上げます。