令和７年度

生 産 流 通 振 興 事 業 報 告 書

令和８年６月

公益社団法人

北海道農産基金協会

目　次

区分	課題名	課題区分		研究機関	開始ページ
		完了	継続		
品種改良	ゲノム情報の活用による多収馬鈴しょ交配母本の選定と維持	○		中央農試	1
	馬鈴しょ疫病抵抗性系統の効率的な 選抜と開発強化		○	北見農試	5
	でん粉原料用馬鈴しょにおける高品質でん粉系統の効率的な選抜と開発強化		○	〃	11
	センチュウ類およびY ウイルス抵抗性馬鈴しょ品種の開発強化と特性検定試験	○		〃	15
	早期収穫適性が優れるでん粉原料用馬鈴しょ多収品種の開発促進	○		〃	23
	でん粉原料用馬鈴しょ向けF1育種に向けた親系統の作出		○	帯広畜産大学	27
	でん粉特性の優れたジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性でん粉原料用品種の開発	○		北農研センター	33
	ジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性馬鈴しょ品種開発促進のための有望系統の抵抗性評価	○		〃	41
病害虫	ジャガイモシストセンチュウ類の土壌検診手法の改良	○		〃	45
	気象情報に基づいたアブラムシ飛来数の即時予測手法の開発と簡便なPVY検出手法の確立	○		北農研センター	51
	馬鈴しょ疫病の効率的な防除を目的とした疫病菌の動態調査と防除技術開発に関する試験研究		○	北海道大学大学院 農学研究院	63
栽培技術	ジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性馬鈴しょ品種「ユーロビバ」の農業特性解明	○		北見農試	71
	ニオイセンサを用いた馬鈴しょ塊茎腐敗臭の測定技術の確立	○		北農研センター	77
	大規模畑作経営におけるでん粉原料用馬鈴しょの作付安定化条件(大規模経営のでん原馬鈴しょの位置付け)		○	帯広畜産大学	91

ゲノム情報の活用による多収馬鈴しょ交配母本の選定と維持　(完了課題)

１．研究機関　　地方独立行政法人　北海道立総合研究機構　中央農業試験場

２．研究機関　　令和５年度～令和７年度

３．研究の目的

でん粉用馬鈴しょは安定多収が求められており、品種開発には様々な育成系統や遺伝資源の収量性を評価し、有用な交配母本を選定することが重要である。しかし、圃場での生産力試験は評価できる点数に限度があり、気候変動の影響により収量ポテンシャルを十分に評価できない年もあり、多収系統選抜の障害となっている。近年、ゲノム情報から収量などの特性を予測する「ゲノミック予測」が注目されており、本手法によりでん粉価やでん粉収量の予測ができれば、多くの育成系統や遺伝資源の収量性評価が可能となる。また、様々な年次の収量データを用いることにより、異なる気象条件下での収量ポテンシャル評価が可能となる。本課題では、ゲノミック予測により馬鈴しょ育成系統や遺伝資源の評価を実施し、多収系統の選抜強化や有用な交配母本の選定を行う。

また、馬鈴しょの交配母本の継続的な利用にはウイルス感染の防止、除去など健全な維持管理が重要である。中央農試では馬鈴しょ遺伝資源を培養法で維持しており、必要に応じて交配に用いることが可能である。本課題では、ゲノミック予測で選定した交配母本を継続的に活用するため、培養による維持管理を行う。

４．研究の実施内容及び成果

（１）ゲノム情報の活用による有用な交配母本の選定

北見農試の育成系統（育成 4～5 年目、生産力予備試験世代および系統選抜世代）や保有する遺伝資源あわせて 192 点について、RAD-seq 法でゲノム全体の遺伝子型（一塩基多型、SNP）を 64,000 点以上取得した。北見農試圃場で実施した生産力予備試験等からでん粉価やでん粉収量など 63 点の農業形質データを得た。得られた遺伝子型データと農業形質データを用いて、ゲノミック予測モデルを作成し、モデル予測値と実測値の相関を調査して、年次内予測精度を評価した（表 1)。これまでの 3 年間において、いずれの年度においても、茎長、枯ちょう期、でん粉価、でん粉収量は r=0.63～0.89 と高精度となったが、上いも数、上いも平均重、上いも収量は年次によっては予測精度が低かった。でん粉収量の年次内予測精度は r=0.75～0.82 と高く、育種選抜に利用可能と考えられた。次に 3 カ年で作成したでん粉収量の予測モデルについて、年次間予測精度を評価した（図 1、表 2)。単年モデルでは平均で r=0.697、複数年モデルでは平均で r=0.734 であった（表 2)。以上より、でん粉収量は年次を超えても予測精度は高く、ゲノミック予測の有効性が検証された。2023～2025 年にでん粉収量のゲノミック予測値を算出した全 480 材料の中から、予測値平均が高い 10 系統を選定した（表 3)。選定した系統のでん粉収量はコナヒメ比 118～122%であり、ポテンシャル収量は高いと考えられるため、多収育種に有用な母本になり得る。

（２）交配母本の維持

培養法で維持してきた遺伝資源約 300 点を継続して維持管理すると共に、本年度までに新たに計 196 点の育成系統・遺伝資源を無菌培養化して維持管理した（写真 1)。後者についてはエライザ検定を実施したところ、1 系統で PVY 感染が認められたため、茎頂培養を行ってウイルスを除去した。

表１．ゲノミック予測の年次内予測精度（2023-2025 年，64,341 SNP）

モデル	茎長	枯ちょう期	上いも数	上いも平均重	**上いも収量**	**でん粉価**	**でん粉収量**
23生予(n=78)	0.662	0.631	0.511	0.411	**0.210**	**0.890**	**0.755**
24生予(n=52)	0.797	0.716	0.457	0.064	**0.498**	**0.867**	**0.764**
25生予(n=63)	0.859	NA	0.398	–	**0.630**	**0.843**	**0.820**

注1）GBLUP additiveモデルによる

注2）NAは未調査。–は予測不可。

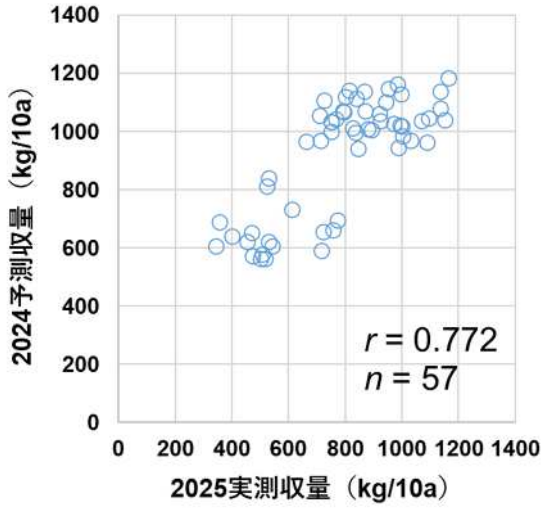


図１．2024 年予測モデルによる予測収量と 2025 年の実測収量の相関

表２．でん粉収量の年次間予測精度（2023-2025 年，64,341 SNP）

単年モデル	25予測 24実測	25予測 23実測	24予測 25実測	24予測 23実測	23予測 25実測	23予測 24実測	**平均**	標準偏差
年次間予測精度（r）	0.731	0.677	0.772	0.710	0.666	0.624	**0.697**	0.052
検証集団の系統数（n）	46	72	57	69	57	43	**57**	

複数年モデル	24,25予測 23実測	23,25予測 24実測	23,24予測 25実測	**平均**	標準偏差
年次間予測精度（r）	0.702	0.762	0.737	**0.734**	0.030
検証集団の系統数（n）	69	43	57	**56**	

表３．全 480 点からゲノミック予測で選定したでん粉収量上位 10 系統

順位	系統名	でん粉収量予測値 23-25平均 (kg/10a)	コナヒメ比
1	L68-27(R6)	1073	122.5
2	L68-1(R6)	1062	121.3
3	K20183-27	1057	120.7
4	K20184-2	1054	120.4
5	L68-8(R6)	1050	120.0
6	L68-10(R6)	1049	119.9
7	L54-2(R7)	1049	119.8
8	K20183-10	1049	119.8
9	コナユタカ	1043	119.2
10	L68-21(R6)	1038	118.6
317	コナヒメ	875	100.0

写真 1．無菌培養化した育成系統・遺伝資源の維持管理状況
注）1 系統･品種/培養瓶　約 500 点

４．今後予想される成果

本課題により、様々な形質のゲノミック予測モデルを作成し、でん粉収量が高い予測精度であることを示した。今後は後継課題において、この予測モデルを系統選抜世代に用い、実際に多収系統が得られるかを実証する。また、本課題で作成した予測モデルにより選定した多収母本は育種事業で活用され、でん粉原料用多収品種の早期開発が推進される。培養法で維持してきた遺伝資源および新たに無菌培養化した育成系統・遺伝資源については、今後も交配母本用等で保存が必要なものを選定し、継続して維持管理する。

馬鈴しょ疫病抵抗性系統の効率的な選抜と開発強化
（継続課題）

１．研究機関　　地方独立行政法人　北海道立総合研究機構　北見農業試験場
中央農業試験場

２．研究期間　　令和７年度～令和９年度

３．研究目的

（１）馬鈴しょの疫病は収量・でん粉価の低下、塊茎腐敗による貯蔵性の低下を引き起こす重要病害であり、その防除のために生産コストが増加する。疫病抵抗性品種の普及は、罹病被害の軽減と防除回数削減による生産コスト低減を通じて馬鈴しょの安定生産に寄与できる。

（２）育成初期～中期世代において疫病菌の接種、DNA マーカー検定さらに圃場での無防除栽培を組合せて効率的に疫病抵抗性系統を選抜する。選抜した有望系統および母本は疫病無防除栽培での減収程度を調査し、交配に利用する。また、北見農試および北農研センターの有望系統について、疫病および塊茎腐敗抵抗性を明らかにし、品種化の資とする。

（３）以上により、疫病および塊茎腐敗に抵抗性を持つ馬鈴しょ系統の選抜を強化することで、北海道馬鈴しょの低コスト安定生産、安定供給に資することができる。

４．研究内容

（１）疫病菌の接種および DNA マーカー検定による実生個体選抜

実生集団に疫病菌接種および DNA マーカー検定により抵抗性個体を選抜する。令和７年は、でん粉原料用の８組合せ 3,432 個体を接種検定に、2 組合せ 960 個体を DNA マーカー検定に供試した。接種検定では疫病菌噴霧接種約１週間後の病斑の有無、DNA マーカー検定では PCR による DNA 断片の増幅の有無により抵抗性個体を選抜した。

（２）疫病無防除栽培における疫病抵抗性系統の選抜

各世代において選抜された個体・系統の疫病抵抗性を、疫病無防除栽培で確認する。令和７年は、①第二次個体選抜世代では、前年に接種検定で選抜した 17 組合せ 447 個体、②系統選抜試験では、53 系統、③生産力検定予備試験では 12 系統、④前期生産力検定世代では１系統を供試した。

（３）抵抗性系統・母本の疫病無防除における収量性評価

疫病抵抗性をもつ有望系統及び母本の疫病無防除圃での減収程度を把握する。令和７年の検定材料は有望系統１系統を２反復で供試した。防除区は生産力検定試験成績を使用し、有望系統は交配に利用した。

（４）有望系統の疫病抵抗性検定試験

北見農業試験場・北海道農業研究センターの有望育成系統合計７系統の疫病茎葉抵抗性について、疫病無防除圃で発病の推移を調査した。

（５）有望系統の塊茎腐敗抵抗性検定試験

北見農業試験場・北海道農業研究センターの有望育成系統合計 6 系統について、接種条件下でスプリンクラーによる潅水を適宜行い、収穫後塊茎の発病を調査した。

５．研究結果

（１）疫病菌の接種および DNA マーカー検定による実生個体選抜

実生個体選抜世代で疫病菌接種に由来する病斑から疫病抵抗性と判定した 1,855 個体を選抜し（選抜率は 30～88%）、形態異常等を除いた 1,525 個体を収穫した。DNA マーカー検定では 486 個体を選抜し（選抜率は 48～54%）、形態異常等を除いた 431 個体を収穫した（表 1）。

（２）疫病無防除栽培における疫病抵抗性系統の選抜

各世代で疫病抵抗性系統を確認し、選抜の資とした（表 2）。

（３）抵抗性系統・母本の疫病無防除における収量性評価

有望系統の疫病無防除栽培における減収程度の調査においては、「北育 35 号」は疫病の病徴や早期枯ちょうが認められなかったが、防除区比 79%と減収しており、その要因については判然としない（表 3）。「コナユタカ」は疫病、「コナヒメ」は夏疫病の病徴が認められ早期枯ちょうにより防除区と比べて減収したと考えられる（表 3）。疫病抵抗“強”の「北育 35 号」等を用いた交配を実施した（データ略）。

（４）有望系統の疫病抵抗性検定試験

本年の疫病検定圃場の初発は、高温・干ばつの影響を受け、例年よりもかなり遅い 8 月 30 日で、「男爵薯」などの早生～やや早生の品種・系統は疫病蔓延前に枯ちょうした。疫病の伸展はその後も緩慢で、夏疫病が優先して進展した。

「北育 34 号」、「北系 88 号」（1 反復のみ）、「スノーデン」および「コナユタカ」で初発を確認したが、罹病小葉面積率の評価および AUDPC の算出は不可能であった。よって、本年度は“判定不能”とした。（表 4）累年の疫病抵抗性判定は、「北育 33 号」は“弱”、「北育 34 号」は“弱”、「北育 35 号」は“強”である（表 5）。

（５）有望系統の塊茎腐敗抵抗性検定試験

感染源「コナユタカ」の初発は 8 月 4 日に確認し、10 日後には試験区全体に疫病が蔓延した。また、7 月:79 ㎜（平年:101 ㎜）の降水量は平年より少なく経過し、8 月:142.5 ㎜（平年:136 ㎜）はほぼ平年並み、9 月:185 ㎜（平年:124.5 ㎜）は平年より多かった（図 1）。感染源「コナユタカ」の枯凋期は 9 月 20 日であった。

基準品種「ひかる（既存評価:極弱）」、「トヨシロ（既存評価:やや弱）」、「アーリースターチ（既存評価:中）」、「スノーデン（既存評価:強）」、「オホーツクチップ（既存評価:強）」の発病いも率はそれぞれ 25.7%、9.0%、6.0%、2.7%、1.6%と品種間差が認められ、判定可能と判断した。判定は発病いも率 0～3.9%：“強”、4.0～9.9%：“中”、10.0～14.9%：“弱”、15.0%以上：“極弱”とした。

「北育 33 号」、「北育 34 号」、「北育 35 号」、「北育 36 号」、「北育 37 号」、「北海 115

号」は“強”と判定した（表 6）。

累年の判定は、「北育 33 号」、「北育 34 号」、「北育 35 号」が“強”、「北海 115 号」は“中”である（表 7）。

６．今後期待される成果

継続して疫病抵抗性選抜および疫病茎葉抵抗性と塊茎腐敗抵抗性の検定を行い、優良品種化を目指す。「北育 35 号」（かなり晩生、Gr 抵抗性、PVY 抵抗性、疫病抵抗性）については、令和８年度の優良品種化に向けた試験を継続する。

＜具体的データ＞

表１　疫病菌の接種による実生個体の選抜（令和７年）

用途	交配番号	交配組合せ[1)] 母親	交配組合せ[1)] 父親	接種・DNAマーカー検定数 供試	接種・DNAマーカー検定数 選抜	接種・DNAマーカー検定数 選抜率(%)	収穫個体数[2)]	選抜手法
でん粉	25K24102	**コナヒメ**	K14135-20	432	147	34	82	疫病菌接種検定
	25K24112	**北系69号**	K14135-20	360	114	32	97	
	25K24116	**K14134-1**	**K97022-24**	432	365	84	304	
	25K24129	K19153-11	**K97022-24**	360	278	77	251	
	25K24156	**北育23号**	**北系72号**	144	126	88	95	
	25K24157	**北育23号**	コナユタカ	456	326	71	282	
	25K23123	**北系81号(北育35号)**	K14135-20	312	221	71	166	
	25K23125	**北系81号(北育35号)**	K12113-10	936	278	30	248	
	25K24112	**北系69号**	K14135-20	576	279	48	251	DNAマーカー検定
	25K24124	K19119-12	**K97022-24**	384	207	54	180	
			接種選抜計	3432	1855	54	1,525	
			DNAマーカー選抜計	960	486	51	431	
			合計	4,392	2,341	53	1,956	

注1)ゴシック体は疫病抵抗性母本。
注2)個体選抜のうち、形態異常（著しい変形）等を除いた個体数。

表２　中期世代における疫病抵抗性検定（令和７年）

世代	用途	供試 組合せ数	供試 系統数	抵抗性系統数
第二次個体選抜	でん粉	17	384	281
	加工	2	63	56
系統選抜	でん粉	11	53	21
	加工	0	0	0
生産力予備検定	でん粉	8	11	3
	加工	1	1	-
前期生産力検定	でん粉	1	1	-
	加工	0	0	0

注）「-」は供試系統が判定不能であったことを表す。

表３　有望系統の疫病無防除栽培における減収程度（令和７年）

系統名	疫病	疫病	無防除区							防除区対比(%)			防除区
または	抵抗	初発	AUDPC	枯ちょう期	防除区	上いも	上いも重	でん粉価	でん粉重	平均	上いも	でん	枯ちょう期
品種名	性	日		(月/日)	との差	平均重(g)	(kg/10a)	(%)	(kg/10a)	重	重	粉重	(月/日)
北育35号	強	-	0	未達	-	107	6,614	17.6	1,095	75	91	79	未達
コナヒメ	強	-		9/30	9	103	5,845	16.4	901	80	91	78	10/9
コナユタカ	弱	8/28		10/4	-	143	5,724	18.4	994	90	85	80	未達

表４　疫病茎葉抵抗性検定結果（令和７年）

系統名	防除区	疫病	調査日別	無防除区枯ちょう期		AUDPC	抵抗性	既往の
または	枯ちょう期	初発日	調査日別罹病小葉面積率(%)				判定	評価
品種名	(月/日)	(月/日)		(月/日)	防除区との差（日）			
北育36号	9/14	未発病・枯ちょう	測定不可	8/14	31	-	判定不能	
北海115号	9/15	未発病・枯ちょう		8/28	18	-	判定不能	
北育33号	9/19	未発病・枯ちょう		8/26	24	-	判定不能	
北育34号	9/26	8/30		9/26	0	-	判定不能	
北育37号	9/26	未発病		9/17	9	-	判定不能	
北育35号	未達	未発病		未達	-	-	判定不能	
北系88号	9/28	*9/1(1反復のみ)*		*9/15*	*13*	-	判定不能	
男爵薯	9/6	未発病・枯ちょう		8/23	14	-	判定不能	弱
トヨシロ	9/15	未発病・枯ちょう		8/26	20	-	判定不能	弱
さやあかね	9/26	未発病		10/1	-5	-	判定不能	強
スノーデン	9/30	9/2		9/26	4	-	判定不能	弱
コナヒメ	10/9	未発病		10/3	6	-	判定不能	強
マチルダ	未達	未発病		9/23	-	-	判定不能	強
コナユタカ	未達	8/29		10/5	-	-	判定不能	弱

注）“未発病・枯凋”は試験区に疫病が蔓延する前に枯凋に至った品種・系統を示す。

表５　疫病茎葉抵抗性検定結果（累年）

系統名	累年の抵抗性判定					
	令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	令和7年	累年
北育33号	判定不能	弱(北系77号)	判定不能	弱	判定不能	**弱**
北育34号	判定不能	弱(北系79号)	判定不能	弱	判定不能	**弱**
北育35号	―	強(北系81号)	判定不能	強	判定不能	**強**
北育36号	―	―	判定不能	弱	判定不能	―
北海115号	―	―	―	弱	判定不能	―

注)令和2～6年は過去の課題にて実施。

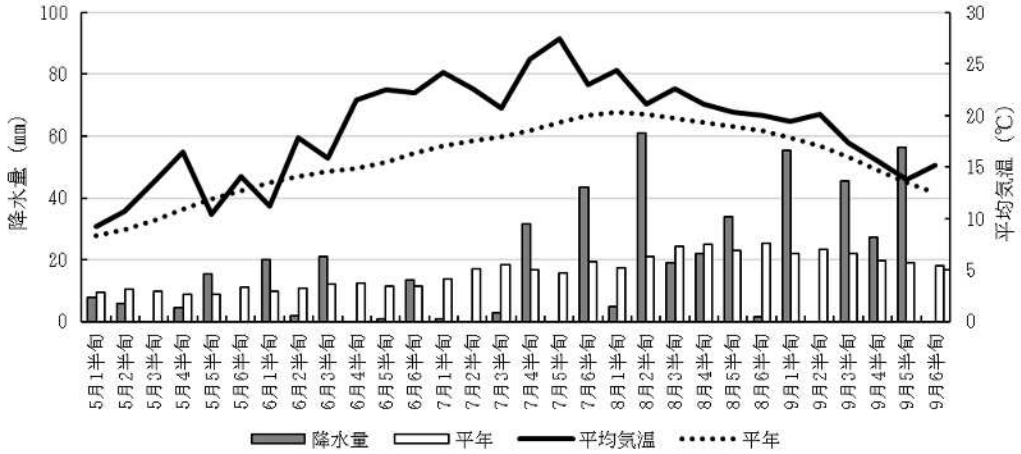


図１　令和７年の降水量と平均気温（アメダス：境野）

表６　塊茎腐敗抵抗性検定結果（令和７年）

	供試品種・系統	萌芽期	枯凋期	調査[注1)] いも数	発病いも率（%）[注1)]	発病いも率(%) 反復Ⅰ	反復Ⅱ	反復Ⅲ	判定[注2)] 【既存の評価】
基準品種	ひかる	5月30日	9月5日	225	25.7	28.4	27.2	21.4	極弱【極弱】
	コナユタカ	5月28日	9月16日	311	14.4	15.8	13.0	14.4	弱【極弱】
	トヨシロ	5月30日	8月26日	230	9.0	9.9	9.7	7.5	中【やや弱】
	アーリースターチ	5月28日	8月30日	272	6.0	6.6	3.2	8.1	中【中】
	オホーツクチップ	5月27日	8月14日	273	1.6	3.6	0	1.1	強【強】
	スノーデン	5月28日	8月31日	291	2.7	2.2	0	5.9	強【強】
北見農試	北育33号	5月28日	8月27日	236	2.1	1.3	0	4.9	強
	北育34号	5月27日	8月24日	232	0.4	1.3	0	0	強
	北育35号	5月29日	9月27日	212	0	0	0	0	強
	北育36号	5月29日	8月13日	297	1.7	1.0	0	4.0	強
	北育37号	5月27日	8月22日	291	0.3	0	1.0	0	強
北農研	北海115号	5月29日	8月22日	236	3.4	4.8	2.7	2.5	強

注1）調査いも数は3反復の合計値、発病いも率は3反復の平均値
注2）判定基準：発病いも率0～3.9%：「強」、4.0～9.9%：「中」、10.0～14.9%：「弱」、15.0%以上：「極弱」

表７　塊茎腐敗抵抗性検定結果（累年）

	系統	年次[注1)] 令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	令和7年	累年判定【既存の評価】
	北育33号	強	－	判定不能	強	強	強
	北育34号	－[注2)]	強	判定不能	強	強	強
	北育35号	－	－	判定不能	強	強	強
	北育36号	－	－	－	判定不能[注3)]	強	？[注4)]
	北海115号	－	－	－	中（4.0%）	強	中
基準品種	ひかる	7.3%	25.5%	3.5%	10.2%	25.7%	【極弱】
	コナユタカ	5.7%	34.3%	2.9%	10.5%	14.4%	【極弱】
	トヨシロ	5.3%	18.6%	1.4%	6.4%	9.0%	【やや弱】
	農林1号（アーリースターチ）[注5)]	2.2%	9.0%	0.4%	4.4%	6.0%	【中】
	エニワ（スノーデン）	0.7%	2.9%	0%	0.9%	2.7%	【強】
	オホーツクチップ	0.6%	4.8%	0%	1.3%	1.6%	【強】

注1）令和3～6年は過去の課題にて実施。注2）－：未供試。注3）令和6年は反復間差大きいため、判定せず。注4）1カ年のデータのため、累年判定せず。
注5）2025年度から「農林1号」は「アーリースターチ」に、「エニワ」は「スノーデン」に基準品種を変更した。

でん粉原料用馬鈴しょにおける高品質でん粉系統の効率的な選抜と開発強化　（継続課題）

１．研究機関　　地方独立行政法人　北海道立総合研究機構　北見農業試験場

２．研究期間　　令和７年度～令和９年度

３．研究目的

（１）北海道の馬鈴しょ作付面積は令和５年で 48,500ha であり、約 1/3 はでん粉原料用である。馬鈴しょでん粉は、施策等の変化に伴い、加工でん粉や食品原料など高価格用途の需要が増加しており、これに対応したでん粉特性を持つ品種が求められている。一方で、近年の天候不順による影響で、馬鈴しょでん粉の生産量は不安定である。そのため、優れた収量とでん粉品質を兼ね備えた馬鈴しょ新品種の開発が必要である。

（２）実需者の求める特性を備えたでん粉原料用馬鈴しょ系統の開発を促進するためには、優れたでん粉品質を持つ交配母本を開発し、育種選抜初期世代から効率的にでん粉品質に関する選抜を行うことが重要である。

北見農試では、これまでの課題で糊化特性（糊化開始温度）から離水率の推定が可能であることを明らかにした。また、ジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性を持つ海外遺伝資源「Eden」の後代系統において、最高粘度が「コナヒメ」並～高く、離水率が「コナヒメ」より低い系統の出現頻度が高いことを明らかにした。

（３）このため本課題では、育種選抜初期・中期世代において糊化特性を調査し、効率的に高品質でん粉系統を選抜する。さらに育種選抜中期・後期世代においてでん粉品質特性を評価し、既存品種並以上のでん粉特性を持ち、収量性が優れる系統を選抜する。また、「Eden」後代系統で最高粘度が「コナヒメ」並～高く、離水率が「コナヒメ」より低い交配母本を選抜し、交配に利用する。

（４）以上により、育成に対する要望が強い、多収・高でん粉品質系統の選抜を強化し、北海道のでん粉原料用馬鈴しょの生産振興・安定供給、並びに馬鈴しょでん粉の需要拡大に資する。

４．研究内容

（１）育種選抜初期・中期世代における高品質でん粉系統の選抜強化

でん粉原料用を目的とする第二次個体選抜世代(育成 3 年目)および系統選抜世代(育成 4 年目)において平均粒径および糊化特性を調査した。離水率は糊化特性(糊化開始温度)から推定した。第二次個体選抜世代は 216 個体、系統選抜世代は 92 系統を供試した。

（２）育種選抜中期・後期世代のでん粉特性評価

生産力検定予備試験世代(育成 5 年目)、前期生産力検定(育成 6 年目)世代ならびに北系・北育系統(育成 7～11 年目)において、平均粒径、糊化特性、でん粉白度、ゲル物性、離水率およびリン含量を調査した。生産力検定予備試験世代は 30 系統、前期生産

力検定　世代以降の世代は12系統を供試した。

（３）高品質でん粉交配母本の選抜と交配利用

最高粘度および離水率が「コナヒメ」より優れる「Eden」後代系統を交配に利用した。また、各選抜世代から合計 81 系統の「Eden」後代系統をでん粉特性調査に供試した。でん粉品質特性は、以下の条件で測定した。

・白度：ケット科学研究所製　粉体白度計 C-130 で測定。

・平均粒径：堀場製作所レーザー回折／散乱式粒度分布測定装置 LA-300 で測定。

・離水率：0.1mol/L 食塩水中において 4%で糊化したゲルを 5℃で 1 週間貯蔵後、離水した重量を測定し、貯蔵前のゲル重量との割合で離水率を算出。

・リン含量：堀場製作所製蛍光 X 線元素分析装置 MESA-50 で測定。

・糊化特性は、4%でん粉懸濁液（蒸留水）をブラベンダー社ビスコグラフで測定。

・ゲル物性は、25%でん粉懸濁液（蒸留水）を固化したゲルを、5℃で 1 日貯蔵後、レオメーターで測定。

５．研究結果

（１）育種選抜初期・中期世代における高品質でん粉系統の選抜強化

第二次個体選抜世代では、主に粒径が小さい系統の廃棄を行い、系統選抜世代では、最高粘度が「コナヒメ」並～高く、糊化開始温度から推定した離水率が「コナヒメ」並～低い個体・系統を選抜した。第二次個体選抜世代では 160 個体、系統選抜世代では 38 系統を選抜した。（表１）

（２）育種選抜中期・後期世代のでん粉特性評価

生産力検定予備試験世代では、収量性も加味しながら、「コナヒメ」並以上のでん粉特性を持つ９系統を選抜した（表２）。

生産力検定世代以降の世代では、「北育 35 号」が「コナヒメ」より離水率が低く、最高粘度はやや低いことを明らかにした（表３）。次年度も継続して調査する。「北系 85 号」のでん粉特性は「コナヒメ」より優れたが、低でん粉価であることから試験中止とした（表３）。「K19106-6」は「コナヒメ」並のでん粉収量で、最高粘度および離水率が「コナヒメ」より優れることから、「北系 89 号」の番号を付与し、次年度継続して調査する（表３）。

（３）高品質でん粉交配母本の選抜と交配利用

最高粘度および離水率が「コナヒメ」より優れる「Eden」後代の５系統を交配に利用し、３組合わせの後代種子を採種した（表４）。また、生産力検定試験から最高粘度および離水率が「コナヒメ」より優れる「Eden」後代の２系統を交配母本として選抜した（表５）。「K19106-6（北系 89 号）」とともに、R8 年の交配に利用する。

６．今後期待される成果

次年度も同様な規模・調査項目で試験を実施する。本課題において多収で高品質な

でん粉特性を持つでん粉原料用馬鈴しょ品種の開発が促進される。生産者・実需者のニーズに応える品種の開発・普及により、北海道のでん粉原料用馬鈴しょの生産振興・安定供給、並びに馬鈴しょでん粉の需要拡大に貢献する。

＜具体的データ＞

表１．第二次個体選抜世代および系統選抜世代のでん粉品質成績

試験世代	品種系統名	系統数個体数	平均粒径（μm）	推定[1)]離水率（%）	糊化特性 糊化開始温度（°C）	最高粘度（BU）	最高粘度時温度（°C）	ブレークダウン（BU）
第二次	コナヒメ		52.2	53.5	68.8	900	78.7	504
個体	供試系統平均	216	45.7	51.4	68.3	832	78.2	520
選抜	選抜系統平均	160	47.5	51.3	68.2	864	77.5	551
系統	コナヒメ		53.3	54.5	68.7	908	84.1	456
選抜	供試系統平均	92	51.1	52.9	68.3	888	85.3	430
	選抜系統平均	38	51.0	52.4	68.1	897	85.4	429

注１）糊化開始温度から推定した離水率。

表２．生産力検定予備試験世代のでん粉品質成績

品種系統名	系統数	白度	平均粒径（μm）	離水率（%）	糊化特性 糊化開始温度（°C）	最高粘度（BU）	最高粘度時温度（°C）	ブレークダウン（BU）	ゲル物性 破断応力（g）	破断凹み（mm）	でん粉重（kg/10a）	同左コナヒメ比 %
コナヒメ		85.5	56.3	52.0	66.6	1,191	87.1	619	1,290	7.8	762	100
供試系統平均	30	89.3	49.7	51.0	65.8	1,330	81.5	836	1,593	8.8	911	120
選抜系統平均	9	90.2	50.5	52.5	65.7	1,355	80.9	842	1,600	8.6	1,031	135
K20183-8		91.0	46.9	52.0	64.9	1,413	73.5	995	1,535	9.3	1,137	149
K20187-1		85.0	48.3	54.4	65.4	1,709	73.6	1154	1,656	8.9	1,152	151
K20187-2		89.5	55.0	56.1	65.3	1,669	76.2	1060	1,326	8.2	1,137	149

注1）下段は収量性が優れた選抜系統

表３．前期生産力検定以降世代のでん粉品質成績

品種系統名	白度	平均粒径（μm）	離水率（%）	リン含量（ppm）	糊化特性 糊化開始温度（°C）	最高粘度（BU）	最高粘度時温度（°C）	ブレークダウン（BU）	ゲル物性 破断応力（g）	破断凹み（mm）	（参考） でん粉重（kg/10a）	次年度
コナヒメ	90.0	59.6	47.3	617	64.5	1,240	81.1	875	1,372	8.6	1,150	
北育35号	91.0	49.2	39.0	518	64.1	1,016	84.9	688	1,745	10.9	1,382	継続
北系85号	94.3	50.8	36.7	702	63.3	1,313	75.3	1,019	1,115	9.8	1,305	中止
K19106-6	90.7	46.8	42.4	764	63.7	1,390	76.3	1,010	1,135	9.2	1,114	北系89号

表４．交配母本として利用した「Eden」後代系統のでん粉特性（一部抜粋）

R7年 試験世代	品種 系統名	供試 年次 （年）	白度	離水率 （%）	最高粘度 （BU）	同年の「コナヒメ」 白度	離水率 （%）	最高粘度 （BU）
生産力検定	北系85号	R6	94.2	40.6	1,337	89.8	50.6	1,209
試験	K19106-6	R6	92.9	44.0	1,566	89.8	50.6	1,209
生産力検定	K20187-1	R6	91.0	48.7	808	84.0	51.9	729
予備試験	K20183-18	R6	89.5	44.8	1,044	84.0	51.9	729
交配母本	K16175-1	R2	93.9	12.7	1,199	91.1	41.3	1,040

表５．交配母本として選抜した「Eden」後代系統のでん粉特性

品種 系統名	白度	平均 粒径 （μm）	離水 率 （%）	リン 含量 （ppm）	糊化特性 糊化開始 温度 （℃）	最高 粘度 （BU）	最高粘度 時温度 （℃）	ブレーク ダウン （BU）	ゲル物性 破断 応力 （g）	破断 凹み （mm）
コナヒメ	90.0	59.6	47.3	617	64.5	1,240	81.1	875	1,372	8.6
K20163-3	88.0	50.2	35.3	655	62.8	1,269	77.5	943	1,369	10.8
K20186-9	89.0	54.7	50.6	669	65.7	1,333	80.4	883	1,400	7.9

センチュウ類および Y ウイルス抵抗性馬鈴しょ品種の開発強化と特性検定試験　（完了課題）

１．研究機関　地方独立行政法人　北海道立総合研究機構　北見農業試験場
中央農業試験場

２．研究期間　令和５年度～令和７年度

３．研究目的

（１）北海道の馬鈴しょ安定生産を脅かす最重要害虫であるジャガイモシストセンチュウ(以下 Gr)について、道内で普及を目指す馬鈴しょ新品種には、抵抗性を有することが必須である。また、平成 27 年にジャガイモシロシストセンチュウ(以下 Gp)の発生が道内で初めて確認された。Gp 発生圃場では、緊急防除終了後も Gp の再増殖を防ぐため、Gp 抵抗性品種の作付けが必要である。

一方、種馬鈴しょ生産農家の減少に伴い、1 戸あたりの種馬鈴しょ栽培面積が増加しており、作業の効率化・省力化が必須である。ジャガイモ Y ウイルス（以下 PVY）抵抗性品種は、種馬鈴しょ栽培におけるウイルス病感染株の抜き取り作業の効率化・省力化のみならず、健全な種いも供給にも貢献できる。しかしながら、現在、でん粉原料用主力品種の「コナヒメ」は、PVY 抵抗性を保持していない。

（２）Gr、Gp および PVY については、いずれも抵抗性遺伝子の有無を判別できる DNA マーカーが開発され、DNA マーカー選抜(以下 MAS)を活用した抵抗性系統の効率的な選抜が可能である。北見農試では、Gr・PVY 抵抗性のでん粉原料用品種「コナユタカ」を育成したほか、最近では Gr・PVY 抵抗性の「北育 32 号」を選抜している。Gp 抵抗性は、北見農試では平成 28 年から品種開発を開始し、育種初期世代の MAS により、Gp 抵抗性系統の選抜を進めている。

最終的な抵抗性判定には MAS だけではなく実際の栽培で確認する必要がある。また、特性検定による Gr 抵抗性の有無は品種登録上の必須項目であり、PVY 抵抗性の有無および感染時の品種毎の病徴は種馬鈴しょ栽培に重要な情報となる。

（３）このため、本課題では多数の育種選抜個体・系統を MAS に供試し、Gr・PVY 抵抗性品種の育成ならびに Gp 抵抗性有望系統の開発を促進する。さらに、北農研育成系統も含めた有望系統の Gr 抵抗性検定（カップ検定）、PVY 抵抗性検定（接種検定）を行う。PVY 接種検定には、多様な遺伝的背景を持つ系統を比較することで抵抗性と農業形質の両立に資する情報を得られる可能性があることから、必要に応じて道外で育成された系統も供試する。

（４）これらにより、北海道馬鈴しょおよび馬鈴しょでん粉の安定生産、安定供給に資することができる。

４．研究内容

（１）DNA マーカーによる抵抗性検定

第二次個体選抜（育成３年目）において、収量やでん粉価等により選抜したでん粉原料用 45 組合せ 492 系統、加工用 20 組合せ 273 系統について DNA マーカー検定に供試した。供試系統が持つ各抵抗性遺伝子(Gr 抵抗性は H1、PVY 抵抗性は Rychc、Gp 抵抗性は GpaⅣsadg 、Gpa5 および Gpa6)のマーカー遺伝子型で抵抗

性を検定した。

（２）Gr 抵抗性検定

北見農試育成材料では、加工用「北系 88 号」、「北育 37 号」、ホクレンとの共同育成の加工用「北育 36 号」の３系統を供試した。北農研育成材料では、生食用「勝系 64 号」を供試した。250ml のプラスチックカップに卵密度を約 300 卵/乾土 g に調整した汚染土 50ml 入れ、その上に種イモを静置。さらにその上に、健全土 25ml を重ねて密閉し、暗所で培養した。適宜給水を行い約２ヶ月後にカップの底面、側面に確認される雌成虫数を計数した。

（３）PVY 抵抗性検定

北見農試育成材料では、加工用「北育 34 号」、「北育 37 号」、ホクレンとの共同育成の加工用「北育 36 号」の３系統を、北農研育成材料では、生食用「北海 115 号」を、長崎県農林技術開発センター育成材料では、生食用「長系 175 号」を供試した。植物体に PVY を接種し、エライザによる感染有無の確認と目視による病徴確認を実施した。２種類の PVY 系統(PVY-N、PVY-NTN)を接種し、各系統 12 個体を調査した。

５．研究結果

（１）DNA マーカーによる抵抗性検定

第二次個体選抜において、でん粉原料用では、検定した 492 系統のうち、357 系統が Gr 抵抗性、375 系統が PVY 抵抗性、79 系統が Gp 抵抗性遺伝子 GpaⅣsadg もしくは Gpa5・Gpa6 のマーカー遺伝子型が抵抗性型であることを明らかにした。このうち、Gr・PVY 複合抵抗性は 276 系統、Gr・Gp 抵抗性遺伝子が抵抗性型の系統は 79 系統であった（表１）。加工用では、検定した 273 系統のうち、215 系統が Gr 抵抗性、95 系統が PVY 抵抗性であることを明らかにした。このうち、Gr・PVY 複合抵抗性は 65 系統であった（表２）。本課題で供試した材料について、全供試数に対する抵抗性個体の割合は昨年度に比べて Gr は低下、PVY は向上していた。Gr・PVY 複合抵抗性の割合は昨年度と比べてでん粉原料用は同等、加工用では低下していた。検定の結果 Gr 感受性と判定された系統は廃棄し、Gr・PVY 複合抵抗性系統を中心に選抜した。

生産力検定予備世代における DNA マーカー検定で、第二次個体選抜時の検定結果と異なった系統は 10 系統であった(表３)。それぞれ抵抗性の判定を修正し、複合抵抗性系統の選抜の資とした。

前期生産力検定世代では、でん粉原料用の次年度新配布系統「K19106-6」（北系 89 号)、「K20110-1」（北系 90 号)、「K20135-1」（北系 91 号）は全て Gr・PVY 抵抗性であることを確認した(表３)。

（２）Gr 抵抗性検定

対照品種のうち、感受性品種の「男爵薯」、「トヨシロ」には多数の雌成虫が着生した。一方、抵抗性品種の「とうや」、「コナユタカ」には雌成虫の着生が認められず、「コナヒメ」は６反復中１個雌成虫が着生した。これに対し「北育 36 号」は平均着生数 0.3 と着生が認められ、他の系統はいずれも雌成虫の着生が認められなかった。これらの結果からいずれの系統とも抵抗性と判定した(表４)。

３カ年でのべ20系統を供試し、令和2～7年度までの累年成績から、「北育33号」、「北育34号」、「北育35号」、「北育36号」、「北育37号」および「北海115号」はいずれも抵抗性と判断した(表５)。

（３）PVY抵抗性検定

PVY-N、PVY-NTNのいずれを接種した試験でも比較の感受性品種の感染率が高く、明瞭な病徴が認められた（表６)。「北海115号」では、PVY- N、NTNともに上葉からウイルスが回収された。病徴はPVY-N、NTNともにモザイク、れん葉が認められた。「北育34号」では、PVY- N、NTNともに上葉からウイルスは回収されなかった。「北育36号」では、PVY- N、NTNともに上葉からウイルスが回収された。病徴はPVY-Nではモザイク、れん葉、壊死斑、脈えそが認められた。PVY-NTNでは壊死斑、脈えそ、黄化、枯死が認められた。累年の結果から抵抗性は“弱”と考えられた。「北育37号」では、PVY- N、NTNともに上葉からウイルスは回収されなかった。「長系175号」では、PVY- N、NTNともに上葉からウイルスは回収されなかった。

先行課題での実施結果と合わせ、複数年試験事例のある系統(11 系統)の抵抗性有無を判定した（表７)。「北海113号」、「北育32号（北系76号)」、「北育33号（北系77号)」、「北育35号（北系81号)」、「西海44号（長系168号)」の5系統を抵抗性“強”、「北海114号」、「北海115号（勝系55号)」、「北育36号」を抵抗性“弱”と判定した。「北育34号（北系79号)」は抵抗性“強”と考えられるが、先行課題において上葉からウイルスを検出した事例があることから、今後関係者で協議した上抵抗性判定を決定する。

「北育37号」及び「長系175号」はいずれのウイルス系統を接種した場合も、上葉へのウイルス移行は認められなかった（表７)。単年の結果であるため本課題では判定せず、育成場と協議の上後継課題に引き継ぐかどうか決定する。

６．今後期待される成果

DNA マーカー検定による抵抗性系統の効率的な選抜を実施したことにより、各種病虫害抵抗性を保持し、収量・品質面にも優れた系統の開発が促進される。

Gr および PVY 抵抗性検定ならびに他農業形質を勘案し次年度継続検討する系統は以下の通り。

北見農試育成のGr・PVY抵抗性のでん粉原料用「北育35号」、Gr抵抗性でPVY抵抗性が期待される加工用「北育34号」は優良品種認定に向けて次年度優良品種決定基本調査および現地試験を継続する。Gr抵抗性の加工用「北系86号」は「北育38号」の番号を付与し、優良品種認定に向けて次年度優良品種決定基本調査に供試する。Gr・PVY抵抗性のでん粉原料用「K19106-6」は「北系89号」、「K20110-1」は「北系90号」、「K20135-1」は「北系91号」の番号をそれぞれ付与し、優良品種認定に向けて次年度生産力検定試験等に供試する。

北農研育成のGr抵抗性の生食用「北海115号」は、優良品種認定に向けて次年度優良品種決定基本調査および現地調査の供試を継続する。Gr・Gp・PVY抵抗性の加工用「勝系61号」は「北海116号」、でん粉原料用「勝系63号」は「北海117号」の番号をそれぞれ付与し、優良品種認定に向けて次年度優良品種決定基本調査に供試する。Gr・PVY抵抗性が期待できるの生食用「勝系64号」および「勝系65号」は優良品種認定に向けて次年度生産力検定試験等に供試する。

＜具体的データ＞

表１．第二次個体選抜 DNA マーカー検定結果（でん粉原料用）

試験番号[1]	組合せ番号	交配組合せ[2] 母	交配組合せ[2] 父	供試数	抵抗性個体数（各マーカーの供試数に対する抵抗性の割合(%)） Gr	PVY	Gp	Gr・PVY	Gr・Gp	全供試数に対する各抵抗性個体の割合 Gr	PVY	Gp	Gr・PVY	Gr・Gp
51	K23112	北育32号	K17009H-K24	30	27	28	－	25	－	90	93	－	83	－
52	K23113	北育32号	K97022-24	8	6	6	－	4	－	75	75	－	50	－
53B	K23116	北系69号	コナフブキ	2	2	0	－	0	－	100	0	－	0	－
54	K23117	北系75号	コナフブキ	13	8	10	－	6	－	62	77	－	46	－
55	K23118	北系75号	サクラフブキ	5	4	4	－	4	－	80	80	－	80	－
56	K23119	北系75号	K14135-20	7	7	6	－	6	－	100	86	－	86	－
57	K23121	北系81号	サクラフブキ	35	34	27	－	26	－	97	77	－	74	－
58B	K23122	北系81号	K07119-5	1	1	1	－	1	－	100	100	－	100	－
59B	K23123	北系81号	K14135-20	5	5	5	－	5	－	100	100	－	100	－
60	K23124	北系81号	北系82号	3	3	2	－	2	－	100	67	－	67	－
61B	K23125	北系81号	K12113-10	4	4	4	－	4	－	100	100	－	100	－
62	K23127	北系82号	サクラフブキ	10	7	9	－	6	－	70	90	－	60	－
63	K23128G	北系82号	16H54-1(E05)	2	2	2	－	2	－	100	100	－	100	－
64	K23130	北系82号	北系64号	9	4	8	－	4	－	44	89	－	44	－
65	K23131	北系82号	コナフブキ	24	12	22	－	11	－	50	92	－	46	－
66B	K23134	K16123-11	北系72号	1	0	1	－	0	－	0	100	－	0	－
67	K23135	K16123-11	K14135-20	8	8	8	－	8	－	100	100	－	100	－
68	K23136	K16123-11	サクラフブキ	28	21	23	－	18	－	75	82	－	64	－
69	K23140G	K16123-11	16H61-1H(E11)	3	1	0	－	0	－	33	0	－	0	－
70	K23141	K17102-121	コナフブキ	12	8	12	－	8	－	67	100	－	67	－
71	K23142	K17102-121	サクラフブキ	10	6	10	－	6	－	60	100	－	60	－
72	K23143	K17102-121	北系64号	7	7	4	－	4	－	100	57	－	57	－
73	K23144	K18139-3	サクラフブキ	6	0	2	－	0	－	0	33	－	0	－
76	K23147	K18139-3	コナフブキ	12	3	7	－	2	－	25	58	－	17	－
77B	K23148	K18139-3	K97022-24	3	1	1	－	0	－	33	33	－	0	－
78	K23149	K18174G-1	北系64号	15	10	9	－	4	－	67	60	－	27	－
79	K23150	K18174G-1	コナフブキ	20	8	20	－	8	－	40	100	－	40	－
80	K23151	**フリア**	コナフブキ	25	14	15	8	10	8	56	60	32	40	32
81	K23155	**K16175-1**	サクラフブキ	10	9	9	1	8	1	90	90	10	80	10
84B	K23163	**K17105-2**	K07119-5	4	4	3	3	3	3	100	75	75	75	75
85	K23164	**K17105-2**	コナフブキ	10	10	8	5	8	5	100	80	50	80	50
86	K23166	**K17105-4**	コナフブキ	14	9	11	5	7	5	64	79	36	50	36
87B	K23167	**K17105-4**	K07119-5	2	2	2	2	2	2	100	100	100	100	100
88	K23168	**K19111-26**	サクラフブキ	33	26	26	13	20	13	79	79	39	61	39
89	K23169	**K19111-26**	北系64号	11	3	5	2	0	2	27	45	18	0	18
90	K22136	**K17105-2**	北系75号	16	16	13	15	13	15	100	81	94	81	94
91B	K22142	**K17105-2**	K16123-11	2	2	2	1	2	1	100	100	50	100	50
92	K22143	**K17105-4**	**Eden**	10	6	6	5	4	5	60	60	50	40	50
93	K22144	**K17105-4**	サクラフブキ	28	28	17	10	17	10	100	61	36	61	36
94	K22145	**K17105-4**	北系64号	13	9	5	4	3	4	69	38	31	23	31
95	K22146	**K17105-4**	K97022-24	4	2	2	1	1	1	50	50	25	25	25
96B	K22157	北系81号	**12601ab1**	5	5	3	2	3	2	100	60	40	60	40
97	K22159	K16115-4	**12601ab1**	4	3	4	2	3	2	75	100	50	75	50
98A	K18106	北系68号	コナフブキ	5	3	4	－	2	－	60	80	－	40	－
98B	K18106	北系68号	コナフブキ	4	0	2	－	0	－	0	50	－	0	－
99A	K18116	北系69号	コナフブキ	4	3	4	－	3	－	75	100	－	75	－
99B	K18116	北系69号	コナフブキ	5	4	3	－	3	－	80	60	－	60	－
合計（45組合せ）				492	357(73)	375(76)	79(53)	276(56)	79(41)	73	76	16	56	16

１）B：馬鈴しょ疫病抵抗性系統の開発促進課題で疫病抵抗性個体の選抜を実施している組合せ。

２）網掛けは PVY 抵抗性遺伝子 *Rychc* 保持系統・品種。ゴシックは Gp 抵抗性系統・品種。

表２．第二次個体選抜 DNA マーカー検定結果（加工用）

試験番号	組合せ番号	交配組合せ[注] 母	交配組合せ[注] 父	供試数	抵抗性個体数（各マーカーの供試数に対する抵抗性の割合(%)） Gr	PVY	Gp	Gr・PVY	Gr・Gp	全供試数に対する各抵抗性個体の割合 Gr	PVY	Gp	Gr・PVY	Gr・Gp
1	K23001H	北系74号	H15061-50	10	10	－	－	－	－	100	－	－	－	－
2	K23002H	北系74号	H03088-19	12	11	－	－	－	－	92	－	－	－	－
3	K23003H	北系74号	H91031-14	20	19	－	－	－	－	95	－	－	－	－
4	K23004H	北系83号	H15061-50	8	5	2	－	2	－	63	25	－	25	－
5	K23006H	北系83号	H91031-14	10	7	4	－	2	－	70	40	－	20	－
6	K23008H	北系84号	H03088-19	11	11	－	－	－	－	100	－	－	－	－
7	K23010H	K17007H-K7	H15061-50	15	15	－	－	－	－	100	－	－	－	－
8	K23012H	K17007H-K7	H91031-14	12	12	－	－	－	－	100	－	－	－	－
9	H23006K	H05090-5	K13034-23	12	12	6	－	6	－	100	50	－	50	－
10	H23007K	H11017-44	K13034-23	23	22	9	－	9	－	96	39	－	39	－
11	H23009K	H14058-5	K14050-5	6	4	－	－	－	－	67	－	－	－	－
12	H23010K	H14058-5	K07059-5	3	1	2	－	0	－	33	67	－	0	－
13	K23032	スノーマーチ	K07059-5	4	3	1	－	1	－	75	25	－	25	－
14	K23035	トヨシロ	K17009H-K24	16	7	12	－	6	－	44	75	－	38	－
15	K23036	トヨシロ	K19043-12	32	11	17	－	6	－	34	53	－	19	－
16	K23041	北育29号	K19043-12	27	18	21	－	15	－	67	78	－	56	－
38	K23088	**フリア**	K17009H-K24	13	11	8	9	6	9	85	62	69	46	69
39	K23089	**フリア**	K13034-23	14	13	9	10	8	10	93	64	71	57	71
40	K23091	**K17105-2**	K18012-4	16	14	－	12	－	12	88	－	75	－	75
41	K23092	**K17105-4**	K18012-4	9	9	4	4	4	4	100	44	44	44	44
合計　20組合せ				273	215(79)	95(56)	35(74)	65(38)	35(67)	79	35	13	24	13

注）網掛けは PVY 抵抗性遺伝子 *Rychc* 保持系統。ゴシックは Gp 抵抗性系統。

表３．生産力予備・生産力検定 DNA マーカー検定結果

試験世代	用途	供試数または系統番号	マーカー検定結果注) Gr	PVY	次年度系統名
生産力検定予備	でん粉加工	40	40(0)	33(0)	
		37	30(7)	20(3)	
前期生産力検定	でん粉	K19106-6	R	R	「北系89号」
		K20110-1	R	R	「北系90号」
		K20135-1	R	R	「北系91号」

注）数値は抵抗性系統数、括弧内の数値は第二次個体選抜時の検定結果と異なった系統数、”R”は抵抗性型を示す。

表４.カップ検定による Gr 抵抗性検定試験成績

品種・系統名	シスト（メス成虫数） ①	②	③	④	⑤	⑥	6カップの平均	レンジ	判定
勝系64号	0	0	0	0	0	0	0	0	R
北育36号	0	0	0	0	2	0	0.3	0 ～ 2	R
北育37号	0	0	0	0	0	0	0	0	R
北系88号	0	0	0	0	0	0	0	0	R
男爵薯	113	118	163	137	133	178	140.3	113 ～ 178	S
とうや	0	0	0	0	0	0	0	0	R
トヨシロ	130	159	132	160	236	284	183.5	130 ～ 284	S
コナヒメ	1	0	0	0	0	0	0.2	0 ～ 1	R
コナユタカ	0	0	0	0	0	0	0	0	R

注）R:抵抗性、S：感受性（平成 31 年 3 月設定基準（カップあたり平均着生数 1 個未満）による）

表５.Gr 抵抗性検定試験成績累年評価

品種・系統名	単年評価 R2	R3	R4	R5	R6	R7	累年評価
北海115号			R		R		R
北育33号	R			R			R
北育34号		R		R			R
北育35号			R		R		R
北育36号					R	R	R
北育37号				R		R	R

注）網掛けは前課題で評価した結果

表６.接種検定による PVY 抵抗性検定試験結果

接種系統	育成品種系統名	接種葉 感染率（%）		接種葉 病徴[注)]	上葉 ウイルス上葉移行率（%）		上葉 病徴[注)]	上葉 ウイルスの回収
N系統	北海115号	100	(12/12)	LL	100	(12/12)	(M),M,Cr	+
	北育34号	91	(10/11)	LL,VN,Y	0	(0/11)	−	−
	北育36号	100	(12/12)	VN,Y,N	92	(11/12)	M,Cr,NS,VN	+
	北育37号	100	(12/12)	LL,VN,Y	0	(0/12)	−	−
	男爵薯	100	(12/12)	LL,Y	100	(12/12)	M,(M,Cr)	+
	トヨシロ	100	(12/12)	LL,VN,N,Y	100	(12/12)	NS,VN,St,M,Cr,Y,N	+
	コナヒメ	100	(12/12)	−	100	(12/12)	(M),M,Cr	+
	コナユタカ	75	(9/12)	LL,VN,Y	0	(0/12)	−	−
	長系175号	100	(12/12)	LL,VN,Y	0	(0/12)	−	−
NTN系統	北海115号	100	(12/12)	−	100	(12/12)	M,Cr,(M)	+
	北育34号	18	(2/11)	LL	0	(0/11)	−	−
	北育36号	91	(10/11)	LL,VN,Y,N	11	(1/9)	NS,VN,Y,N	+
	北育37号	0	(0/12)	−	0	(0/12)	−	−
	男爵薯	100	(12/12)	LL,M	100	(12/12)	M,Cr	+
	トヨシロ	100	(12/12)	LL,VN,Y,N	83	(10/12)	NS,VN,St,M,Y,N	+
	コナヒメ	100	(12/12)	−	100	(12/12)	M,(M)	+
	コナユタカ	8.3	(1/12)	LL	0	(0/12)	−	−
	長系175号	0	(0/12)	−	0	(0/12)	−	−

注）略号は以下の病徴を示し、括弧のついたものは病徴が不明瞭であったことを示す。

M:モザイク,N:枯死,LL:局部病斑,NS:壊死斑,VN:脈えそ,St:茎えそ,VC:葉脈透過,Cr:れん葉,Y:黄化

表７.PVY 抵抗性検定試験成績累年評価

供試系統名	試験年次[1]	主な病徴[2)]と上葉へのウイルス移行有無		抵抗性判定
		PVY-N	PVY-NTN	
北海113号	R4	移行せず	移行せず	強
	R5	移行せず	移行せず	
北海114号	R4	Cr,M	NS,VN,Y,N[3)]	弱
	R5	VN,NS	NS,VN,M,Cr	
	R6	移行せず	NS,VN,M,Cr[4)]	
北海115号	R6	-	M	弱
	R7	(M),M,Cr	M,Cr,(M)	
北育32号	R3	移行せず	移行せず	強
（北系76号）	R5	移行せず	移行せず	
北育33号	R4	移行せず	移行せず	強
（北系77号）	R5	移行せず	移行せず	
北育34号	R4	-[5)]	移行せず	協議中
（北系79号）	R5	移行せず	移行せず	
	R6	移行せず	移行せず	
	R7	移行せず	移行せず	
北育35号	R5	移行せず	移行せず	強
（北系81号）	R6	移行せず	移行せず	
北育36号	R6	NS,VN,Y	-	弱
	R7	M,Cr,NS,VN	NS,VN,Y,N	
北育37号	R7	移行せず	移行せず	-
（北系83号）				
西海44号	R5	移行せず	移行せず	強
（長系168号）	R6	移行せず	移行せず	
長系175号	R7	移行せず	移行せず	-

１） 網掛けの年次は前課題での試験。

２） 病徴の略称については表６と同様とし、上葉へのウイルス移行が認められなかったものは「移行せず」とした。

３） 明瞭な病徴が認められていたが、全個体早期に枯死しエライザによるウイルス移行は確認できなかったが、次世代塊茎が保毒していたことから上葉への移行があったと判断。

４） 明瞭な病徴が認められたが早期に枯死しエライザによるウイルス検出率が低かった。

５） 10 個体中 1 個体で上葉からウイルスが検出されたが次世代塊茎には移行していなかった。

早期収穫適性が優れるでん粉原料用馬鈴しょ多収品種の開発促進　（完了課題）

１．研究機関　　地方独立行政法人　北海道立総合研究機構　北見農業試験場

２．研究期間　　令和５年度～令和７年度

３．研究目的

（１）北海道の馬鈴しょでん粉は、原原種生産実績から令和４年にジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種にほぼ切り替わったと思われる。しかし、近年の天候不順等の影響で供給量が不足していることから、産地からは安定多収品種の育成が強く要望されている。北見農試では、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性のでん粉原料用品種として、平成26年に「コナユタカ」を育成し、多収という特性から令和２年において2,216haの作付けに至っているが、早期収穫における収量は「コナヒメ」並であり、着生いも数が少ないことが特に種子生産における問題点として指摘されている。

（２）気象条件の変動が大きい中、安定した収量を確保できるでん粉原料用品種を開発するためには、塊茎の初期肥大性が優れる品種を選抜することが重要である。現状の品種開発事業では、枯ちょう期が調査すべき必須形質となっているため収穫調査時期は遅く、必ずしも早期肥大性の優れる系統を積極的に選抜できていない。このため、安定多収品種を開発するためには、早期肥大性の優れる系統の選抜のほか、有望育成系統について塊茎肥大性や栽培特性を把握することが重要である。

（３）このため本課題では、中期世代から早期収穫適性を調査し、積極的に早期肥大性が優れる系統の選抜を行う。また、選抜された有望系統について、生育経過追跡調査により塊茎肥大の推移を詳細に調査することで、生育および塊茎肥大特性を把握する。有望な北育系統は施肥反応試験および主産地における適応性を調査し、優良品種認定時の資料にするとともに、多収栽培技術確立のための基礎データとして活用する。

　これらの調査を行うことで、北海道馬鈴しょおよび馬鈴しょでん粉の生産振興、安定供給に資する。

４．研究内容

（１）早期収穫適性試験

　育成中期～後期世代の系統について早期収穫適性を調査し、選抜の資料とする。令和７年度の検定系統は、「北育35号」、「北系82号」、「北系85号」および前期生産力検定世代の10系統、計13系統。調査項目は、地上部生育（茎長、茎数）および塊茎肥大（上いも数、上いもの平均重、上いも重、でん粉価、でん粉重）（以下同様）。５月10日に植え付けを行った。９月５日に茎葉刈り払い処理を行い、９月６日に収穫・調査した。同様な方法により、３カ年で、「北育35号」をはじめとするのべ26系統を供試した。

（２）生育経過追跡試験

育成系統ついて、６月上旬から半月ごとに地上部生育および塊茎肥大の追跡調査を行った。３反復で実施。検定系統は令和5～7年の3カ年で、「北系82号」、「北育32号」、「北育35号」を供試した。令和7年度は「北育35号」を供試した。

（３）栽培特性検定試験

北系番号2年目および北育番号系統について、施肥量および栽植密度を変えた時の収量の変動を調査した。施肥量は標準肥（窒素8kg/10a）、開花期追肥（窒素4kg/10a相当を追肥）の2水準。栽植密度は標準植（75×30cm 4,444株/10a）、疎植（75×36cm 3,706株/10a）の2水準。令和5～7年の3カ年で、「北育32号」、「北育35号」を供試した。令和7年は「北育35号」を供試した。

（４）主産地適応性検定試験

北系および北育番号系統について、でん粉原料用馬鈴しょの主産地である網走市における生育および収量性を調査した。令和5～7年の3カ年で、「北育32号」、「北育35号」を供試した。令和7年は「北育35号」を供試した。

５．研究結果

（１）早期収穫適性試験

今年度の試験結果より、塊茎の肥大性が早く、早堀り時の収量性が優れる「K20110-1」を選抜した（表１）。同系統に「北系90号」の番号を付与し、次年度以降も品種化に向けた試験を継続する。「北育35号」の早堀り時でん粉収量の累年（令和5～7年）平均は「コナヒメ」比96%であった（表１）。過年度に選抜した「北系82号」は早堀り時収量が低収であること、「北系85号」は低でん粉価であることから試験中止とした。

（２）生育経過追跡試験

3カ年の試験結果の平均で「北育35号」の上いも平均重は塊茎調査開始（7月上旬）から既存品種の「コナヒメ」と「コナユタカ」の中間で推移した（図1）。でん粉価について、「コナヒメ」は8月下旬から停滞するのに対し、「北育35号」は10月上旬まで上昇した（図1）。

（３）栽培特性検定試験

令和5～7年の3カ年の平均で、「北育35号」については、いずれの水準においても「コナヒメ」より多収であること、「コナユタカ」と同様に追肥により上いも平均重が増加することを明らかにした。一方、栽植密度や施肥反応によるでん粉重の変動は、「コナヒメ」および「コナユタカ」に比べて小さく、いずれの水準も概ね標準肥・標準植並であることを明らかにした（図２）。

（４）主産地適応性検定試験

令和5～7年の3カ年平均で「北育35号」は普通堀りにおいて「コナヒメ」よりやや多収で、早堀りにおいては低収であった（表２）。「北育35号」の多収性を発揮するためには、普通堀りをすることが望ましいことを明らかにした。

６．今後期待される成果

本課題では、早期肥大性が優れる「北系 90 号」を選抜するとともに、多収系統の「北育 35 号」栽培特性等を明らかにした。新規課題「安定多収なでん粉原料用馬鈴しょ品種の開発促進」において、引き続き両系統を早期収穫適性試験、生育経過追跡試験、栽培特性試験および主産地における適応性検定試験に供試し、品種化を目指す。これら系統が品種化され、普及が進むことにより、気象変動条件下における馬鈴しょ安定生産に寄与することができる。

＜具体的データ＞

表１．早期収穫試験成績

	系統・品種名	試験年次	早掘り 上いも 数 (個/株)	早掘り 上いも 平均重 (g)	早掘り 上いも 重 (kg/10a)	早掘り でん粉 価 (%)	早掘り でん粉 重 (kg/10a)	早掘り 同左標準比 (%)	枯ちょう期 (月/日)	普通掘り 上いも 数 (個/株)	普通掘り 上いも 平均重 (g)	普通掘り 上いも 重 (kg/10a)	普通掘り でん粉 価 (%)	普通掘り でん粉 重 (kg/10a)	普通掘り 同左標準比 (%)	備考
累年平均	北育35号	R5～7	10.7	113	5,274	18.3	916	96	53%	10.8	147	6,942	20.0	1,317	117	継続
	北系82号	R5～7	14.9	78	5,174	18.1	898	93	10/3	15.5	91	6,282	19.8	1,183	106	中止
	北系85号	R5～7	14.5	100	6,395	16.6	1,000	106	9/26	14.7	111	7,260	17.1	1,170	104	中止
	コナヒメ	R5～7	12.1	103	5,522	18.1	949	100	10/1	11.8	120	6,337	18.7	1,122	100	
単年	北育35号	R7	11.4	93	4,700	16.3	717	93	50%	11.5	142	7,252	20.1	1,382	120	
	北系82号	R7	13.2	62	3,632	16.8	575	75	80%	16.5	84	6,166	19.4	1,134	99	
	北系85号	R7	14.9	91	6,066	15.1	854	111	10/3	16.1	112	7,996	17.3	1,305	113	
	K20110-1	R7	9.5	112	4,711	18.4	825	108	10/8	10.5	151	7,019	21.5	1,439	125	R8北系
	コナヒメ	R7	11.7	97	5,052	16.2	767	100	10/9	11.1	129	6,419	18.9	1,150	100	
	コナユタカ	R7	8.9	131	5,110	17.2	829	108	40%	9.5	159	6,720	19.4	1,235	107	
	アーリースターチ	R7	9.1	137	5,530	17.2	896	117	9/26	9.3	150	6,229	18.5	1,090	95	

注）早掘りの収穫は9月上旬、普通掘りの収穫は10月中旬に実施した。枯ちょう期の平均は収穫時に“枯ちょう期未達”であった年を除く。
枯ちょう期の%は、収穫時“枯ちょう期未達”系統の収穫前枯ちょう割合を示す。

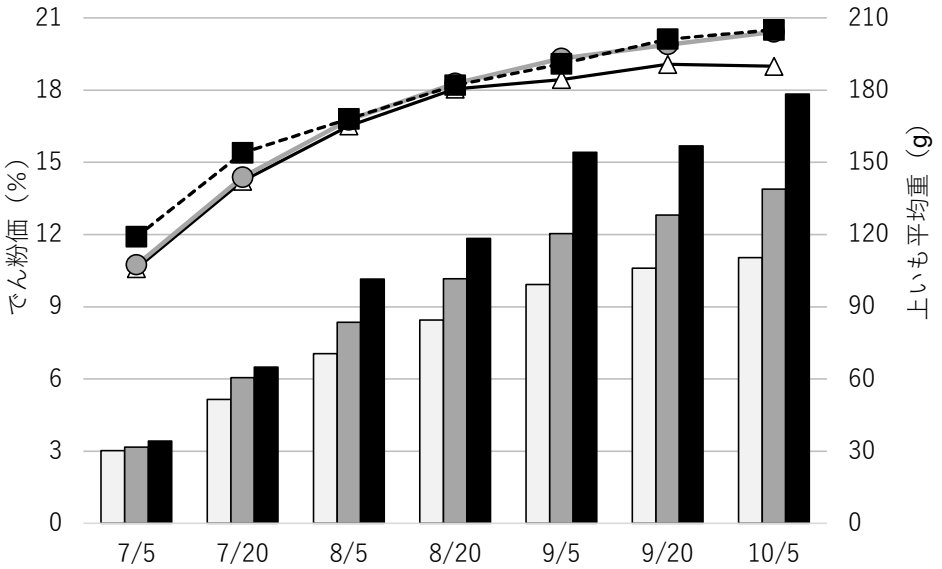


図１．「北育 35 号」の生育経過追跡試験結果（令和 5～7 年平均）

コナヒメ平均重　北育35号平均重　コナユタカ平均重
コナヒメでん粉価　北育35号でん粉価　コナユタカでん粉価

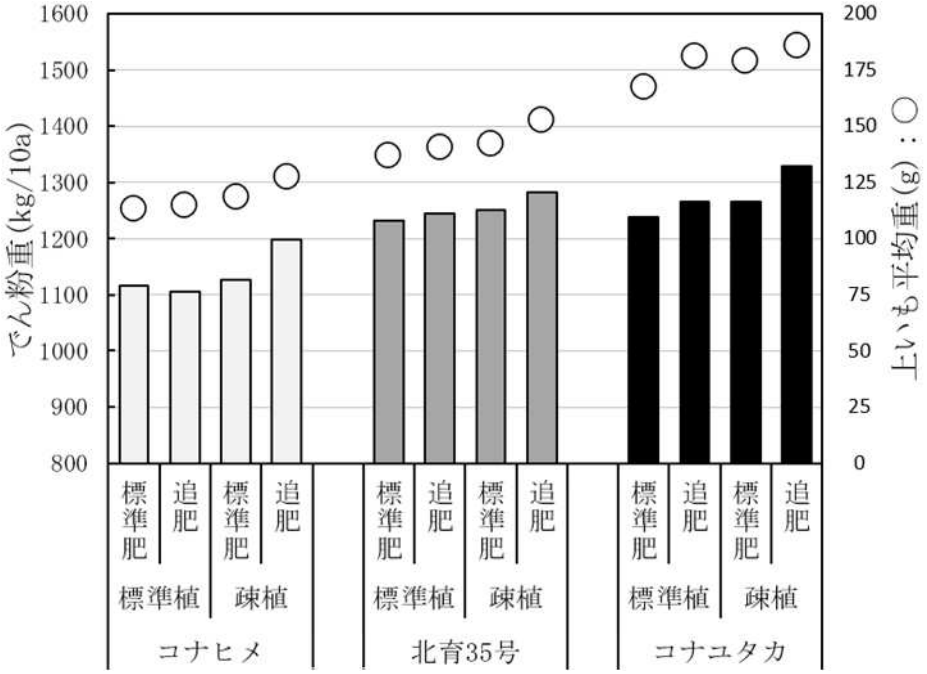


図２．「北育 35 号」の栽培特性検定試験結果（令和 5～7 年平均）

棒グラフ：でん粉重　○：上いも平均重

表２．「北育 35 号」の主産地（網走市）における適応性検定試験

収穫	系統または品種名	枯ちょう期(月.日)	茎長(cm)	上いも数(個/株)	上いも平均重(g)	上いも重(kg/10a)	対照比(%)	でん粉重(kg/10a)	対照比(%)	でん粉価(%)
普通堀り（平均）	北育35号	未達	104	9.9	142	6,234	113	958	105	16.3
	コナヒメ	9.25	91	10.8	115	5,528	100	916	100	17.5
	コナユタカ	未達	101	7.0	186	5,771	104	969	106	17.7
早堀り	北育35号	-	92	8.0	108	3,902	98	510	89	13.8
	コナヒメ	-	84	9.8	92	3,973	100	573	100	15.3

注１）普通堀りは令和３～５年の３カ年平均。枯ちょう期は令和４～５年の２カ年平均。

注２）早堀りは令和４～５年の２カ年平均。

でん粉原料用馬鈴しょ向け F1 育種に向けた親系統の作出
（継続課題）

１．　研究機関　　国立大学法人帯広畜産大学

２．　研究期間　　令和 7 年度～令和 9 年度

３．研究目的

（１）近年の気象変動の影響により、北海道馬鈴しょおよび、でん粉原料用馬鈴しょの収量、品質の低下、およびウイルス病などの問題はますます深刻になっている。また、シストセンチュウ検出地域は増加傾向にあり、種イモ生産地およびでん粉原料用バレイショ生産地が脅かされている。このような状況を打破するために、多くの野菜等の育種で用いられている遺伝的に固定の進んだ近交系の両親を交配した F1 品種を馬鈴しょでも利用する F1 育種法が国内外で注目されている。この F1 育種が実現すれば、各生産者自身がウイルスフリーの真正種子から栽培を開始でき、かついつでも十分な種子が手に入るため、種イモのコストや種イモを介した病気などの心配がなくなるだけでなく、育種において求められている形質を迅速に新品種に導入することができるため、新品種の育成および普及効率が上昇する。

（２）当研究室ではこれまでに 4 倍体品種からの 2 倍体系統の作出および、2 倍体のアンデス在来種を用いて F1 育種を進めてきた。今までの結果では、4 倍体品種並に高収量な F1 系統を作出できていない。その理由は真正種子から始めると種イモよりも一ヶ月ほど栽培期間が長くなり、完熟を待たずに収穫期になってしまうことや、両親に用いた系統の農業形質が優れていないこと（ストロンが長い、長日適応性が低い等）が考えられた。さらに塊茎の形や食味などを考えると成果用や加工用での F1 品種の普及は課題が多く残されている。一方、でん粉原料用馬鈴しょ品種においては塊茎の形や食味は問題ではなくでん粉含有量と収量が高ければ品種になる可能性がある。

（３）F1 育種では、近交系の元親の農業特性がどれだけ優れているかによって、F1 品種の成功率は大きく異なる。そこで、本事業では F1 育種の基礎になる高収量および高比重を示し、かつ複合病害虫抵抗性を有する 2 倍体系統の育成を行い、F1 育種の主軸となる材料を作り出すことにより、将来の北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の育種および生産振興に資する。

４．研究内容

（１）これまでに本助成事業（R4~R7 の課題成果より）で作出してきた高でん粉含有量を示し、かつ病害虫抵抗性遺伝子（疫病抵抗性、シロシストセンチュウ抵抗性、および Y ウイルス抵抗性）を有する 4 倍体優良でん粉系統に半数体誘発系統を交配し、2 倍体を作り出す。それら 2 倍体の保有する抵抗性遺伝子を、DNA マーカーを用いて調べ、抵抗性遺伝子を複数持つものを選抜する。その後、自家和合性にさせるために自家不和合性阻害遺伝子（*Sli*）を保有する 2 倍体と交配し、種子を得る。2 倍体の植物体が枯凋後、収量と比重を測定し、収量および比重が高かった個体から得た種子を翌年に播種し、自家授粉を行い、自殖第一世代（S1）を作出する。

（２）当研究室で既に育成した 4 倍体品種由来（パールスターチなど）や高でん粉アンデス在来系統由来の 2 倍体系統に自家不和合性阻害遺伝子（*Sli*）を保有する 2 倍体を交配し、種子を得る。その種子を播種し、自殖を行い自殖第一世代（S1）を作出する。S1 種子を播種、育成し、農業形質に優れかつ花粉が出るものを選抜し自殖第一世代（S2）世代へと進めながらどれくらいの頻度で自殖に成功するのかを調査する。

（３）早晩性に関わる遺伝子である *CDF1* の多型解析を行い、どの遺伝子型の系統が早生あるいは晩生なのかを明らかにするとともに、F1 育種に向けた材料にふさわしい遺伝子型（長日適応性や収量性）を特定させる。またこれまでの本助成課題において *PGI* 遺伝子が塊茎のでん粉含有量に関わること発見した（R1～R4 と R4~R7 の課題成果より）ので、2 倍体材料についても *PGI* 遺伝子の配列解読も行い、比重が高い系統に共通した *PGI* 遺伝子の多型が存在するのかを明らかにする。

５．研究結果

（１）2 倍体系統の評価と親系統の選抜

2025 年の夏作圃場にて 7 系統の 4 倍体品種や育成系統由来の 2 倍体を栽培し、10 月に収穫、収量調査を行った（第 1 表、写真 1）。その結果、ながさき黄金とコナフブキを交雑した系統（21H135）から得られた 2 倍体が株あたり収量 950 g となり、4 倍体系統に匹敵する収量性を示し、かつ高い花粉稔性を示した（第 2 表、写真 2）。そこで、この系統とアンデス在来種に由来する 2 倍体純系同士（DM×S10）から作出した F1 系統（19H106-9）と 21H135 を交配し、その雑種種子を 31 粒得た（第 3 表）。2026 年 3 月にこの種子を播種し、F1 品種親づくりの基礎系統として利用する。

（２）4 倍体優良系統と半数体誘発系統の交雑試験

これまで育成してきたでん粉原料用系統（昨年度選抜系統を含む）を夏作の圃場で 10 系統を栽培し、半数体誘発系統 phu1.22 を 62 花へ交配した（第 4 表）。しかし、夏の暑さのせいで結実しなかった。そこで、秋作においても挿し木によって生育させた 4 系統へ同様の交配（63 花へ交配）を行ったが、植物体がひ弱であったことと 11~12 月の開花時期の日射量が低くほとんど結実しなかった。唯一 25H85-11 と 24H66-2 へ交配した 2 果実が得られた。その中には計 7 粒の種子が入っていたため 2026 年 3 月 5 日に播種した。数が少ないため令和 8 年度も交配を実施する。

（３）塊茎形成およびでん粉合成に関わる遺伝子（*CDF1*, *SP6A*, *PGI1-4*）の遺伝子型評価

当研究室に保存されている 2 倍 66 系統の DNA を用いて、塊茎形成に関わる *CDF1* と *SP6A* の遺伝子型を調べた（第 5 表）。その結果、長日条件下でも塊茎を形成する *CDF1.2*、*CDF1.3*、*CDF1.4* を持つ系統がそれぞれ 1、9、1 系統しかなく、それ以外の 42 系統が *CDF1.1* を保有し晩生になる傾向が見られた。また *SP6A* にはイントロン領域に約 300 bp の挿入がある Long 型があることが明らかとなり、66 系統中 6 系統が Long 型のみ、20 系統がヘテロ接合型で保有していた。Long 型はリファレンス型と比較すると 3 箇所のアミノ酸変異があることも明らかとなり、今後この *SP6A* 多型と収量性について調べていく。*PGI1-4* については、でん粉含有量が高いコナフブキとこれまで本研究で育成してきた優良系統に共通した変異が見つかった。来年度は次世代シーケンサーを用いたアレル解析を実施し、でん粉含有量が高くなるアレルを特定し、DNA マーカー化

していく予定である。

６．今後期待される成果

高でん粉含有量を示しかつ病害虫抵抗性を保持した 2 倍体系統を育成することができれば、迅速に種まき馬鈴しょ F1 育種を開始することができ、低コストで安定した生産供給体系の確立が期待される。よって本課題で、種まき馬鈴しょ F1 品種の元になる親系統づくりを推進することにより、革新的に将来のでん粉原料用馬鈴しょ生産と供給体系の向上が期待される。

写真 1.　4 倍体及び 2 倍体系統の圃場での栽培試験の様子

写真 2.　4 倍体収量に匹敵する 21H135 の塊茎

第 1 表　材料の系譜と保有遺伝子

4 倍体系統	保有抵抗性遺伝子	由来
23H85-11	*H1, Rpi-blb3, Rychc*	
23H85-24	*H1, Rpi-blb3, Rychc*	21H111-102×16H183-19
23H85-32	*H1, Rpi-blb3, Rychc*	(強度疫病抵抗性野生種由来)
23H85-58	*H1, Rpi-blb3, Rychc*	
24H66-2	*H1, R2, Rysto, Rx1*	
24H66-8	*H1, R1, Rysto, Rx1*	
24H66-18	*R1, R2, Rysto*	(ビホロ×21H114-19)×Ambassador
24H66-39	*R2, Rysto*	(PVY 抵抗性野生種由来)
24H66-42	*H1, Rysto*	
24H66-55	*Rysto*	
2 倍体系統		
21H133	*H1, R1*	しんせい
21H135	*H1, Rychc*	ながさき黄金×コナフブキ
21H138-3	*Rychc*	パールスターチ
21H138-38		パールスターチ
21H138-39	*H1*	パールスターチ
21H123-16	*H1*	10H17
24H81-4	*H1*	Atlantic

第 2 表　夏作の収量調査の結果

	個数	イモ重(g)	株あたり収量	比重
4 倍体				
24H66-2	47	2020.0	1010.0	1.080
24H66-8	122	3000.0	1000.0	1.087
24H66-18	30	280.0	280.0	1.085
24H66-42	37	840.0	840.0	1.087
24H66-55	53	920.0	920.0	1.066
24H85-11	171	3900.0	1300.0	1.090
24H85-24	66	2640.0	880.0	1.069
24H85-58	24	1420.0	1420.0	1.097
23H86-63	217	4580.0	1526.7	1.085
ホッカイコガネ	16	1155.0	1155.0	1.090
とうや	24	2110.0	1055.0	1.081
ピルカ	9	900.0	900.0	1.078
さやあかね	27	1170.0	1170.0	1.083
2 倍体				
21H133	-	-		1.074
21H134	82	800.0	400.0	1.065
21H135	**49**	**950.0**	**950.0**	**1.064**
21H138-3	39	81.3	81.3	1.075
21H138-21	16	28.8	28.8	1.053
21H138-38	-	-	-	-
21H138-39	66	570.0	570.0	1.078

第 3 表　2 倍体どうしの交配結果

交配組み合わせ	結実数/交配花数
21H135×24H81-4	0/5
21H135 × 24H81-5	0/5
21H138-3× 21H123-16	0/5
21H138-38 × 21H123-16	0/6
21H138-39 × 21H123-16	0/6
21H138-39 × 21H135	0/10
21H138-39 × 24H81-4	0/25
21H135 × 19H106-9	1/3

第 4 表　4 倍体優良系統へ半数体誘発系統 phu 1.22 を交配した結果

系統名	結実数/交配花数
夏作	
23H85-11	0/10
23H85-58	0/6
23H86-63	0/12
24H66-2	0/3
24H66-2	0/8
24H66-8	0/7
24H66-18	0/2
24H66-42	0/5
24H66-55	0/9
冬作	
23H85-11	1/10
23H85-58	0/2
24H66-2	1/25
24H66-42	0/26

第 5 表　2 倍体系統を用いた *CDF1* と *SP6A* の多型解析結果

CDF1.1	*CDF1.2*	*CDF1.3*	*CDF1.4*	合計
42	1	9	1	53

SP6A			
hetero	Short	Long	合計
20	40	6	66

でん粉特性の優れたジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性でん粉原料用品種の開発　（完了課題）

１．研究機関　国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

２．研究期間　令和７年度

３．研究目的

（１）ジャガイモシロシストセンチュウ（Gp）は、世界的にも馬鈴しょ生産における被害が深刻な害虫で、日本では 2015 年にでん粉原料用馬鈴しょの主産地において初めて発生が確認された。そこで、Gp の被害軽減や拡大防止のために、Gp 抵抗性品種の開発が進められている。

（２）海外で育成された Gp 抵抗性でん粉原料用品種「フリア」は、現在、でん粉原料用馬鈴しょの主産地において普及が進みつつある。一方、「フリア」のでん粉は、代表的でん粉原料用品種「コナヒメ」のものと比べて、離水率が高めであるため、水産練り製品への利用には不向きと考えられる。

（３）このため、でん粉特性の優れた Gp 抵抗性でん粉原料用品種の開発に取り組む必要がある。

４．研究内容

（１）Gp 抵抗性でん粉原料用品種の開発

2024 年度及び 2025 年度に下記の Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統について、栽培試験を実施した。なお、植付日は、いずれの栽培年も 5 月 9 日、収穫日については、2024 年度は 10 月 18 日、2025 年度は 10 月 10 日とした。施肥量は N: 6.4 kg/10a、2 反復で試験を実施し、収穫した塊茎について、収量調査を行った。

2024 年度：代表的でん粉原料用品種（「コナフブキ」、「パールスターチ」、「コナヒメ」、「コナユタカ」）、Gp 抵抗性でん粉原料用品種「フリア」、交配によって得られた Gp 抵抗性でん粉原料用系統（「北海 114 号」、「勝系 58 号」、「勝系 63 号（18212-45）」、「17194-21」）

2025 年度：代表的でん粉原料用品種（「パールスターチ」、「コナヒメ」、「コナユタカ」）、Gp 抵抗性でん粉原料用品種（「フリア」、「ユーロビバ」、「きよみのり（北海 114 号）」）、交配によって得られた Gp 抵抗性でん粉原料用系統（「勝系 63 号」、「19160-69」）

（２）でん粉品質の評価

でん粉品質の優れた Gp 抵抗性品種の開発を目指すことを目的として、上記（１）で得られた馬鈴しょ塊茎からでん粉を調製し、各種でん粉品質を評価した。でん粉品質の測定項目は、リン含量、アミロース含量、メジアン径、離水率、ラピッドビスコアナライザー（RVA）による粘度特性、示差走査熱量計（DSC）による糊化特性、色彩値とした（2025 年度はリン含量、色彩値のみ実施）。リン含量は、乾式灰化した試料を塩酸抽出し、次いでろ過を行った後に、ICP 発光分析法により測定し

た。アミロース含量は、ヨウ素染色したでん粉の 680nm の吸光度（青価）により計算する簡易法により測定した。青価測定時には、でん粉 0.2 mg、ヨウ素 0.4 mg、ヨウ化カリウム 4 mg を含有する溶液 5ml を用いた。アミロース含量（%）＝（試料の青価－アミロペクチンの青価）×100／（アミロースの青価－アミロペクチンの青価）の計算式からアミロース含量を求めた。ここで馬鈴しょのアミロース、アミロペクチンの青価は、既知の値（アミロース：1.40、アミロペクチン：0.243）用いた。メジアン径は、レーザー回折式の粒度分布測定装置 HELOS を使用して求めた。離水率は、0.1M NaCl を含んだ４％でん粉懸濁液から調製したでん粉ゲルを4℃で 1 週間保存し、ゲルから吐き出された水を拭き取った後にゲルの重量を測定することで求めた。でん粉の粘度特性については、RVA-4（Newport Scientific 社）により分析した。まず、４％でん粉懸濁液を 50℃で 1 分間保持した後、50℃から95℃まで 12.2℃／分で昇温し、95℃で 2.5 分保った。次いで、95℃から 50℃まで11.8℃／分で降温し、50℃で 2 分間保持した。この間におけるでん粉溶液の粘度曲線から、ピーク粘度、ブレークダウン（加熱時の粘度低下）、セットバック（冷却時の粘度上昇）について読み取った。でん粉の糊化特性については、DSC 6100（セイコーインスツルメンツ(株)）を用い、でん粉濃度 30%で 25℃から 130℃まで 2℃／分で昇温して測定した。得られた DSC 曲線から、糊化開始温度、糊化ピーク温度、糊化熱について読み取った。でん粉の色彩値については、色彩色差計 NE 400（日本電色工業(株)）を用いて、L*値、a*値、b*値を読み取ることによって測定した。

５．研究結果

（１）Gp 抵抗性でん粉原料用品種の開発

2024 年度：表 1 に示すように、「北海 114 号」は、2023 年度と同様に面積当たりの上いも重が 10056 kg/10a と重いが、2023 年度とは異なりでん粉価が 10.7%と低い。そのため、面積当たりのでん粉収量は 954 kg/10a で、「コナユタカ」、「コナヒメ」、「パールスターチ」より低い値であるものの、既存の抵抗性品種「フリア」を上回る。2024 年度に系統番号が付与された「勝系 63 号（18212-45）」の面積当たりのでん粉収量は、「北海 114 号」に比べて若干高い。

2025 年度：表 2 に示すように、面積当たりのでん粉収量は、395～849 kg/10a と 2024 年度に比べて、全体的にかなり低く、生育初期の干ばつと猛暑が影響したものと考えられる。2025 年度に品種化された「きよみのり（北海 114 号）」は、面積当たりの上いも重が 5,314 kg/10a と最も重いが、でん粉価が 12.9 %と低い。そのため、面積当たりのでん粉収量は 635 kg/10a で、「コナヒメ」等の他の非抵抗性品種より低い値となる。既存の抵抗性品種との比較では、「ユーロビバ」より低い値であるが、「フリア」を明らかに上回る。有望な抵抗性系統とされている「勝系 63 号」の面積当たりのでん粉収量は、「きよみのり」、「ユーロビバ」に比べて高い。

（２）でん粉品質の評価

2024 年度：供試したでん粉原料用品種系統から調製したでん粉のリン含量、アミロース含量、メジアン径、離水率について表 3 に示す。リン含量は 56.1～91.1 mg/100g と明らかな差がみられ、育成系統では「勝系 58 号」、「勝系 63 号（18212-45）」が高い値を示す。アミロース含量は 23.4～29.5 %に分布し、育成系統では「北海 114 号」、が高く、「勝系 58 号」、「勝系 63 号（18212-45）」が低い。メジアン径は 43.7～54.6 μm で、育成系統では「17194-21」が大きく、「勝系 58 号」が小さい。離水率は 29.9～41.6 %に分布し、2023 年度と同様に「パールスターチ」より低い値を示す育成系統はみられない。表 4 に示すように、RVA による粘度特性の結果については、ピーク粘度は 270.9～361.8 RVU、ブレーダウンは 152.9～262.5 RVU といずれも明確な差異が認められる。品種系統別では、いずれの値も「勝系 58 号」、「勝系 63 号（18212-45）」が高く、「フリア」が最も低い。セットバックは、2022 年度、2023 年度と同様に、いずれの品種系統も 20RVU 以下と極めて低く、短時間に老化しにくいことが示唆される。DSC によりでん粉の糊化特性を解析した結果をみると（表 5）、糊化開始温度は 62.9～65.6 ℃、糊化ピーク温度は 66.3～68.4 ℃、糊化熱は 18.4～19.4 J/g といずれも差異が小さい。表 6 に示すように、でん粉の色彩値（L*値、a*値、b*値）の結果をみると、いずれの品種系統も L*値が 95 以上、a*値、b*値がともに 0 に近く、白度について満足のいく結果である。

2025 年度：供試したでん粉原料用品種系統から調製したでん粉のリン含量、色彩値について表 7 に示す。リン含量は 40.9～84.3 mg/100g と明確な差異がみられ、「19160-69」が最も低く、「勝系 63 号」が最も高い。色彩値（L*値、a*値、b*値）をみると、十分な白度であるという結果が得られている。

これまでの結果から、Gp 抵抗性でん粉原料用として 2025 年度に品種化された「きよみのり」のでん粉については、リン含量は現在の主要品種である「コナヒメ」とほぼ同等で、リン含量の影響を受けるとされる離水率や RVA によるピーク粘度、ブレークダウンも「コナヒメ」とほぼ同等の値を示す。

６．今後期待される成果

Gp 抵抗性でん粉原料用品種の開発を推進することにより、Gp の発生地域拡大を防止することが期待される。でん粉特性の優れた品種開発を通じて、馬鈴しょでん粉を利用する食品産業の振興にも貢献する。

＜具体的データ＞

表１　Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統の農業特性（2024 年度栽培）

	上いも数（個/株）	上いも平均重（ｇ）	上いも重（kg/10a）	でん粉価（%）	でん粉収量（kg/10a）
コナフブキ	13.2	88	5102	17.5	843
パールスターチ	10.4	145	6694	16.9	1065
コナヒメ	16.3	92	6683	17.1	1074
コナユタカ	9.3	181	7441	19.4	1366
フリア	17.5	82	6408	11.5	670
北海114号（勝系54号）	26.2	86	10056	10.7	954
勝系58号（17156-69）	15.5	83	5727	17.2	929
勝系63号（18212-45）	10.6	114	5390	19.7	1008
17194-21	12.9	97	5562	16.3	850

表２　Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統の農業特性（2025 年度栽培）

	上いも数（個/株）	上いも平均重（ｇ）	上いも重（kg/10a）	でん粉価（%）	でん粉収量（kg/10a）
パールスターチ	8.7	130	5012	16.3	767
コナヒメ	11.3	92	4464	16.7	700
コナユタカ	10.4	104	4742	18.9	849
フリア	14.6	60	3835	11.3	395
ユーロビバ	17.7	65	5147	15.4	742
きよみのり（北海114号）	22.9	52	5314	12.9	635
勝系63号	15.4	71	4841	18.4	843
19160-69	13.8	82	5015	14.2	662

表３　Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉のリン含量、アミロース含量、メジアン径、離水率（2024 年度栽培）

	リン含量 (mg/100g)	アミロース含量(%)	メジアン径 (μm)	離水率 (%)
コナフブキ	70.1	25.8	47.0	37.6
パールスターチ	91.1	23.4	43.7	29.9
コナヒメ	57.6	27.1	53.7	33.9
コナユタカ	74.3	28.3	54.6	36.0
フリア	66.5	29.5	44.1	37.3
北海114号（勝系54号）	56.1	28.5	49.1	36.5
勝系58号（17156-69）	85.0	23.8	44.4	39.2
勝系63号（18212-45）	88.1	23.9	49.3	35.6
17194-21	69.5	27.4	53.3	41.6

表４　Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉の RVA による粘度特性値（2024 年度栽培）

	ピーク粘度 (RVU)	ブレークダウン (RVU)	セットバック (RVU)
コナフブキ	325.9	209.0	11.7
パールスターチ	325.0	224.9	12.1
コナヒメ	319.5	207.2	14.2
コナユタカ	310.4	204.3	16.5
フリア	270.9	152.9	14.5
北海114号（勝系54号）	309.2	179.8	16.6
勝系58号（17156-69）	361.8	259.5	10.5
勝系63号（18212-45）	360.4	262.5	10.9
17194-21	331.4	216.5	13.2

表５　Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉の DSC による糊化特性値（2024 年度栽培）

	糊化開始温度（℃）	糊化ピーク温度（℃）	糊化熱（J/g）
コナフブキ	65.3	67.6	18.4
パールスターチ	62.9	66.3	19.0
コナヒメ	64.5	66.7	19.0
コナユタカ	64.2	66.8	18.8
フリア	65.6	67.7	18.6
北海114号（勝系54号）	63.6	66.8	18.7
勝系58号（17156-69）	65.6	68.4	19.4
勝系63号（18212-45）	64.5	67.9	18.8
17194-21	65.6	68.2	18.8

表６　Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉の色彩値（2024 年度栽培）

	L＊	a＊	b＊
コナフブキ	96.2	-0.12	1.17
パールスターチ	95.8	-0.02	1.64
コナヒメ	95.7	-0.07	1.16
コナユタカ	95.6	-0.12	1.51
フリア	95.4	-0.10	1.73
北海114号（勝系54号）	95.5	-0.14	1.63
勝系58号（17156-69）	95.8	-0.08	1.15
勝系63号（18212-45）	95.8	-0.07	1.51
17194-21	95.5	-0.12	1.74

表７　Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉のリン含量、色彩値（2025 年度栽培）

	リン含量 (mg/100g)	L＊	a＊	b＊
パールスターチ	80.6	96.2	0.04	1.16
コナヒメ	57.1	96.4	0.06	0.82
コナユタカ	63.0	96.1	0.05	0.98
フリア	54.0	96.1	0.00	1.22
ユーロビバ	68.1	96.2	0.04	1.34
きよみのり（北海114号）	76.6	96.1	-0.08	1.46
勝系63号	84.3	96.6	0.10	1.40
19160-69	40.9	96.1	-0.08	1.40

ジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性馬鈴しょ品種開発促進のための有望系統の抵抗性評価　　（完了課題）

１．研究機関：国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

２．研究期間：令和７年度

３．研究目的

（１）ジャガイモシロシストセンチュウ（*Globodera pallida*、以下 Gp）は、2015 年に網走市内の一部の圃場において国内で初めて確認され、でん粉原料用馬鈴しょの主産地であるオホーツク地域において現在までに累計 330 圃場 1,236ha で発生が認められた。2016 年 10 月より植物防疫法に基づく緊急防除が実施されており、防除区域では Gp 発生圃場での馬鈴しょを含むナス科作物の栽培が原則禁止されている。また、未発生圃場であっても防除区域内で生産された作物の移動が制限されるなど地域農業に大きな影響を与えている。2024 年 3 月時点における Gp 確認圃場は 23 圃場 64ha であり、防除は確実に進みつつあるが、緊急防除終了後の圃場では再発生防止のため Gp 抵抗性品種を作付けすることが指導されている。しかしながら、現在、栽培可能なでん粉原料用品種は、海外導入品種である「フリア」のみであり、低でん粉価で小玉という欠点を持つ「フリア」に代わる収量性に優れた Gp 抵抗性品種の開発が強く望まれている。

（２）現在、でん粉原料用馬鈴しょ品種は、その全てがジャガイモシストセンチュウ（*Globodera rostochiensis,* 以下 Gr）抵抗性品種へ置き換えられている点からも、開発される品種は Gr 抵抗性を併せ持つ必要性がある。両抵抗性を比較すると、現在国内育種で主に利用されている Gr 抵抗性遺伝子が単一遺伝子でほぼ完全に Gr の増殖を抑制する明瞭な抵抗性（有、無）を示し、DNA マーカーによる選抜が可能であるのに対して、Gp 抵抗性は連続的な分布を示す量的形質であり、複数の抵抗性遺伝子が複雑に関与している。そのため、その量的抵抗性の評価には、より精緻な接種試験が必要とされる。また、Gp 抵抗性品種の開発促進のためには、優れた栽培特性を示す有望系統を早期に抵抗性評価に供試し、その結果を迅速に選抜に反映させる必要があるため、比較的簡便に多数系統をスクリーニングする必要性もある。

（３）そこで、馬鈴しょ有望系統の Gp 抵抗性評価を育種段階の早期に実施し Gp 抵抗性品種の開発を促進することで、Gp の発生拡大防止に寄与し、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の生産振興に資する。

４．研究内容

（１）馬鈴しょ有望系統の Gp 抵抗性評価（カップ検定）

国内の馬鈴しょ育種機関が進める Gp 抵抗性品種育成過程において栽培特性等から選抜された有望系統について Gp の接種検定を行い、抵抗性を評価する。抵抗性評価手法は、これまでに開発し整備した「バレイショのジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性検定マニュアル（農研機構・北海道農業研究センター　2020 年 3 月発行）」に基づいて実施する。Gp 抵抗性は量的形質であることから量的な評価が必要となるため、基準品種との比較による基準比を元に算出した 1-9 の 9 段階のスコアもしくは弱から強の 5 段階で抵抗性を判定する（スコア 1-2 を‘弱’、スコア 3 を‘やや弱’、スコア 4-5 を‘中’、スコア 6-7 を‘やや強’、スコア 8-9 を‘強’）。育種早期の段階にある系統については、多検体の評価が可能な簡易法であるカップ法を実施し、スクリーニングを行う。

（２）馬鈴しょ有望系統の Gp 抵抗性評価（ポット検定）

育成系統の中で、より育種段階が進んでおり、有望度の高い系統については、詳細な評価が可能なポット法を実施し、高精度な Gp 抵抗性評価を実施する。

５．研究成果

（１）馬鈴しょ有望系統の Gp 抵抗性評価（カップ検定）

北海道内の馬鈴しょ育種機関が進めるジャガイモシロシストセンチュウ（Gp）抵抗性品種育成過程において栽培特性等から選抜された有望系統について Gp の接種検定を行い、抵抗性を評価する（表１）。60 系統について小塊茎を用いたカップ法（(容量 250ml のカップに植え付け、18℃暗所で培養し、約 70 日後にカップの側面･底面より着生したシストを計数:4 反復)、による Gp 抵抗性検定を実施した。カップ法による検定では、供試した 60 系統中 59 系統について結果を得た（表２、写真１）。抵抗生評価の内訳としては、 弱：3 系統、 やや弱：6 系統、中：12 系統、やや強：8 系統、強：30 系統であった。

（２）馬鈴しょ有望系統の Gp 抵抗性評価（ポット検定）

馬鈴しょ育種機関（農研機構・北農研他、道総研・北見農試、ホクレン農総研）により選抜された有望度の高い系統（より育種段階の進んだ生産力検定予備試験及び生産力検定試験への供試段階の）14 系統についてポット法（直径 9cm、高さ 10.5cm のポリポットに植え付け、栽培：4 反復）による Gp 抵抗性検定を実施した。ポット法による検定では、供試した 14 系統全

てについて結果を得た（表３）。抵抗生評価の内訳としては、中：2 系統、やや強：４系統、強：８系統であった。供試系統の約６割は、‘強’と判定され、その内訳は２系統がスコア８、６系統が最も抵抗性の高いスコア９であったことから有望系統が順調に選抜されていると判断された。なお、Gp 抵抗性品種「フリア」はスコア７の‘やや強’、「きたすずか」はスコア５の‘中’と判定されており、従来の知見と一致していることから、検定結果の妥当性も高いと判断された。

６．期待される成果

馬鈴しょ有望系統の Gp 抵抗性評価結果をもとに高い Gp 抵抗性を持つ系統が選抜されることで、品種開発の効率化が期待できる。

Gp 抵抗性品種の開発を推進することにより、北海道における Gp の発生拡大防止に貢献し、安定的な北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の生産に貢献する。

＜具体的データ＞

表1　Gp抵抗性評価供試系統

育成機関	Gp抵抗性検定	系統の育種段階（令和6年時）			系統数
		系統	生検予備	生検	
北農研（芽室）他	カップ法	23	10	2	35
	ポット法	0	3	4	6
道総研北見農試	カップ法	15	0	0	15
	ポット法	0	2	2	4
ホクレン農総研	カップ法	8	2	0	10
	ポット法	0	0	3	3

表2　Gp抵抗性（カップ法）評価結果

育成機関	Gp抵抗性評価結果					評価系統数
	弱	やや弱	中	やや強	強	
北農研（芽室）他	0	3	4	3	24	34
道総研北見農試	0	2	7	4	2	15
ホクレン農総研	3	1	1	1	4	10
計	3	6	12	8	30	59

写真 1. カップ検定の例：Gp 抵抗性が低い場合、
根にはシストが多数着生

表3　Gp抵抗性（ポット法）評価結果

育成機関	Gp抵抗性評価結果					評価系統数
	弱	やや弱	中	やや強	強	
北農研（芽室）他	0	0	1	1	5	7
道総研北見農試	0	0	1	2	1	4
ホクレン農総研	0	0	0	1	2	3
計	0	0	2	4	8	14

ジャガイモシストセンチュウ類の土壌検診手法の改良

（完了課題）

１．研究機関　国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

２．研究期間　令和７年度

３．研究目的

（１）ジャガイモシストセンチュウ *Globodera rostochiensis*（以下、Gr）およびジャガイモシロシストセンチュウ *G. pallida*（以下、Gp）を適切に防除し、発生の拡大を防ぐためには、「土壌検診」を実施し、それらの発生実態を把握することが重要である。

（２）申請者らは、生化学的手法を用い、高度な専門的知識や熟練を要さず、省力的に実施できる土壌検診手法（以下、本手法（図１））を開発した。本手法では、土壌からシストを分離し、同時に分離される夾雑物との混合物からDNA を抽出し、それを鋳型とした PCR によって Gr・Gp を検出する。しかし、多くの検査機関では、検査過程で線虫が漏出してしまうリスクを回避するために、検査土壌を熱処理して線虫を死滅させてからシストを分離しているが、この熱処理によって DNA が損傷を受け、PCR での検出感度が大きく低下する問題がある。現状ではこれらの検査機関では本手法を実施することが困難であることから、検出感度を保つための改良が必要であった。

（３）そこで本研究では、本手法を改良し、熱処理後土壌を用いても実用的な感度で Gr・Gp を検出可能にすることを目的とした。なお、熱処理条件は検査機関 A で実施されている「90℃で 8 時間処理」とし、目標とする検出感度は実用性等を鑑みて【土壌 100 g 中に含まれる卵の数が 5 個程度】とした。

図１　開発した土壌検診手法の概要

４．研究内容

（１）プライマーおよび PCR 反応条件の検討

DNA の増幅効率をさらに向上させることにより、熱処理により損傷した DNA からでも増幅が可能になる手法を明らかにする。具体的には、熱によって断片化した DNA からでも増幅が可能になるように、増幅領域を短くし

たプライマーを再設計し、その効果を調査する。また、より増幅効率の高いPCR 試薬等についても検討し、種特異性等も確認しつつ最適なプライマー・PCR 反応条件を調査・選定する。

（２）手法の実用性の評価

本手法はシストと夾雑物を分けずに混合物のまま DNA を抽出するため、夾雑物の量や由来圃場の違いが検出感度に影響を及ぼす可能性がある。そこで、熱処理後の Gr・Gp にさまざまな量・由来圃場（Gr・Gp 未発生）の夾雑物を添加して DNA 抽出・PCR を実施し、目標とする検出感度を達成できるかを調査する。

５．研究結果

（１）プライマーおよび PCR 反応条件の検討

まず、熱処理後の Gr・Gp を検出するのに最適な PCR 試薬を検討した。本研究では、増幅効率が高いと推察される 3 種類の PCR 試薬（MightyAmp ™ DNA Polymerase Ver.3（以下、MA）、PrimeSTAR HS DNA Polymerase（以下、PS）、Tks Gflex DNA polymerase（以下、TG））を用いて調査を行った。

本手法は土壌から分離されたシストと、同時に分離される夾雑物を分けずに混合物のまま DNA を抽出する。そこで、所内圃場土壌（Gr・Gp 発生なし）から分離した夾雑物（0.6 ml）に、熱処理後 Gr 汚染土壌から取り出した Gr 卵 5 個、または無処理の Gr 卵 1 個を添加し、DNA を抽出した。比較として、卵を添加しない夾雑物 0.6 ml からも DNA を抽出した。これらの DNA サンプルを鋳型として、前述の 3 種類の試薬を用いて PCR を行った。なお、このとき用いたプライマーは、既報の Gr 用プライマーである（酒井ら 2019：Nematol. Res. 49: 19-27、増幅領域の長さは 150 bp）。

その結果、いずれの試薬を用いても、無処理の Gr 卵 1 個を添加したサンプルからは、Gr 特異的な増幅産物が得られ、卵を添加しなかったサンプルからはそれが得られなかった（図２）。また、MA と PS を用いたときは、熱処理 Gr 卵 5 個を添加したサンプルからも Gr 特異的な増幅産物が得られた一方で、TG を用いたときはそれが得られなかった。以上より、熱処理後の Gr・Gp を検出する場合は、MA もしくは PS が適していると判明した。

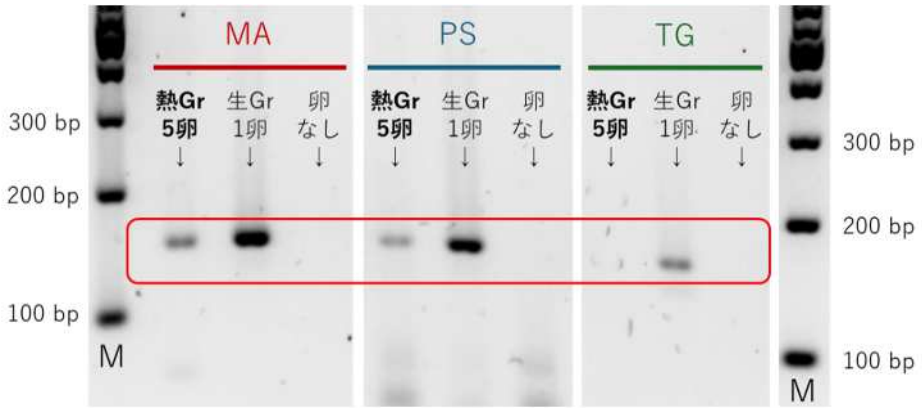


図２　PCR 試薬の検討における泳動像

赤い四角が Gr 特異的な増幅産物が得られる位置を示している。「M」はサイズマーカー。「熱 Gr」は熱処理後 Gr 汚染土壌から取り出した Gr 卵を示し、「生 Gr」は無処理の（生きている）Gr 卵を示している。

次に、増幅領域を短くすることで、熱処理後の Gr・Gp を検出しやすくなるか検証した。前述の所内圃場土壌から分離した夾雑物（0.6 ml）に、熱処理後 Gp 汚染土壌から取り出した Gp 卵 5 個、または無処理の（生きている）Gp 卵 1 個を添加し、DNA を抽出した。比較として、卵を添加しない夾雑物 0.6 ml からも DNA を抽出した。PCR 試薬は MA を使用し、表 1 に示す 2 種類のプライマーセットのいずれかを用いて PCR を実施した。

表１　使用した Gp 用のプライマーセット

	増幅領域の長さ	備考
セット①	287 bp	酒井ら（2019）: Nematol. Res. 49: 19-27 が開発した Gp 用プライマー。
セット②	94 bp	上記の Gp 用プライマーの近傍に新たに設計したもの。

その結果、どちらのプライマーセットを用いても、無処理の Gp 卵 1 個を添加したサンプルからは、Gp 特異的な増幅産物が得られ、卵を添加しなかったサンプルからはそれが得られなかった（図３）。しかし、セット②を用いたときは、熱処理 Gp 卵 5 個を添加したサンプルからも Gp 特異的な増幅産物が得られた一方で、セット①を用いたときはそれが得られなかった。以上より、熱処理後の Gr・Gp を検出する場合は、増幅領域が短いプライマーセットが適していると判明した。

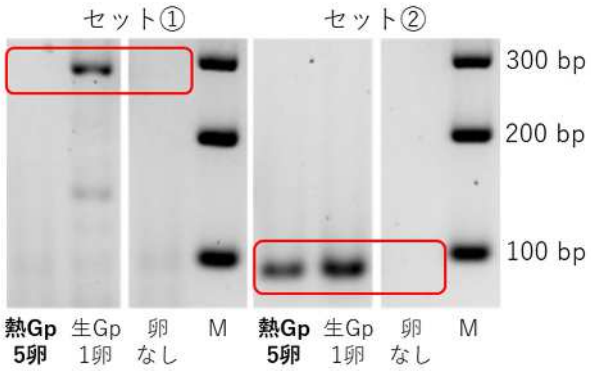


図３　増幅領域の長さについての検討における泳動像

赤い四角が Gp 特異的な増幅産物が得られる位置を示している。「M」はサイズマーカー。「熱 Gp」は熱処理後 Gp 汚染土壌から取り出した Gp 卵を示し、「生 Gp」は無処理の（生きている）Gp 卵を示している。

以上の実験から、以下のように PCR 条件を定めた（＊）。

✓　PCR 試薬：MightyAmp™ DNA Polymerase Ver.3

✓　Gr 用プライマーセット：酒井ら（2019）：Nematol. Res. 49: 19-27 の Gr 用のものをそのまま使用

✓　Gp 用プライマーセット：表 1 のセット②のものを使用

（※　Gr 用・Gp 用両方プライマーセットを混合して PCR を行う）

この PCR 条件により、種特異性の検証を行ったところ、Gr・Gp の DNA を用いたときのみ、それぞれに特異的な増幅産物が得られ、他のシストセンチュウ種の DNA を用いたときにはそれらは得られなかった（図４）。以上より、上記で定めた PCR 条件によって、Gr・Gp を特異的に検出できると判明した。

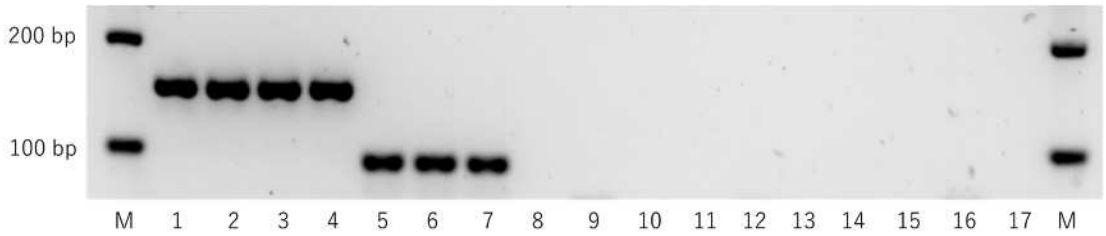


図４　種特異性の検証

1～4：Gr、5～7：Gp、8：*Globodera ellingtonae*、9：タバコシストセンチュウ、10：ヨモギシストセンチュウ、11：ダイズシストセンチュウ、12：クローバーシストセンチュウ、13：テンサイシストセンチュウ、14：オカボシストセンチュウ、15：タケシストセンチュウ、16：ハルニレシストセンチュウ、17：蒸留水、M：サイズマーカー。いずれも生きている幼虫（夾雑物は添加せず）から DNA を抽出して供試した。

（２）手法の実用性の評価

まず、夾雑物の量を様々に設定して検証を行った。所内圃場土壌から分離した夾雑物（0.1 or 0.2 or 0.4 or 0.6 ml）に、熱処理後汚染土壌から取り出した卵または無処理の卵を 5 または 1 個添加し、DNA を抽出した。なお、これまでの調査により、ほとんどの圃場において、100 g（一般的に土壌検診に用いる量）の土壌に含まれる夾雑物は 0.1 ml 以上 0.6 ml 以下であることを確かめている。比較として、卵を添加しない夾雑物 0.6 ml からも DNA を抽出した。その後、（＊）の条件によって PCR を実施した。

その結果、熱処理後汚染土壌から取り出した卵 5 個、無処理の卵 1 個を添加したサンプルからは、いずれも Gr または Gp に特異的な増幅産物が得られ、卵を添加しなかったサンプルからはそれが得られなかった（図５）。したがって、夾雑物の量に関わらず、目標とする検出感度【土壌 100 g 中に含まれる卵の数が 5 個程度】を達成できると考えられた。

なお、さらに高い検出感度を達成できるか検証するために、熱処理後汚染土壌から取り出した卵 1 個を添加したサンプルも用意したが、それらからは安定して増幅産物が得られなかった。よって、本手法の検出感度は目標値と同程度であると考えられた。

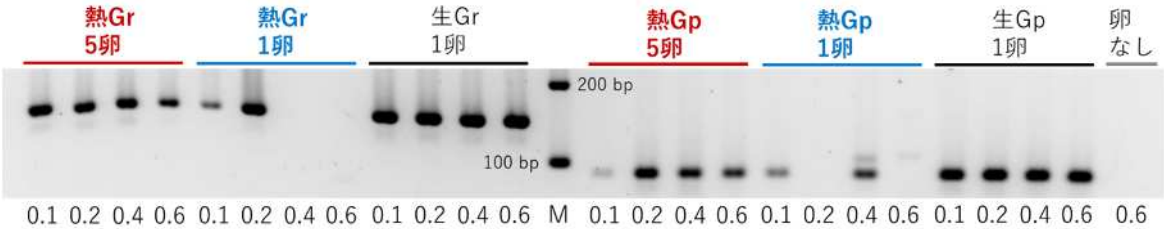


図５　夾雑物の量が検出感度に与える影響の調査における泳動像

「M」はサイズマーカー。「熱」は熱処理後汚染土壌から取り出した卵を示し、「生」は無処理の（生きている）卵を示している。泳動像の下の数字は、夾雑物の量（ml）を示している。

さらに、夾雑物の由来圃場が異なっても、熱処理後汚染土壌から取り出した卵 5 個を検出できるか調査するために、追加で 6 圃場の土壌を用意した（芽室町、音更町、茨城県つくば市、広島県福山市ＡおよびＢ、熊本県合志市）。なお、いずれも Gr・Gp 未発生である。これらの夾雑物（0.1 or 0.6 ml）に、熱処理後汚染土壌から取り出した卵 5 個または無処理の卵を 1 個添加し、DNA を抽出した。その後、（＊）の条件によって PCR を実施した。

その結果、熱処理後汚染土壌から取り出した卵 5 個、無処理の卵 1 個を添加したサンプルからは、いずれも Gr または Gp に特異的な増幅産物が得られ、卵を添加しなかったサンプルからはそれが得られなかった（図６）。したがって、夾雑物の由来圃場に関わらず、目標とする検出感度【土壌 100 g 中に含まれる卵の数が 5 個程度】を達成できると考えられた。

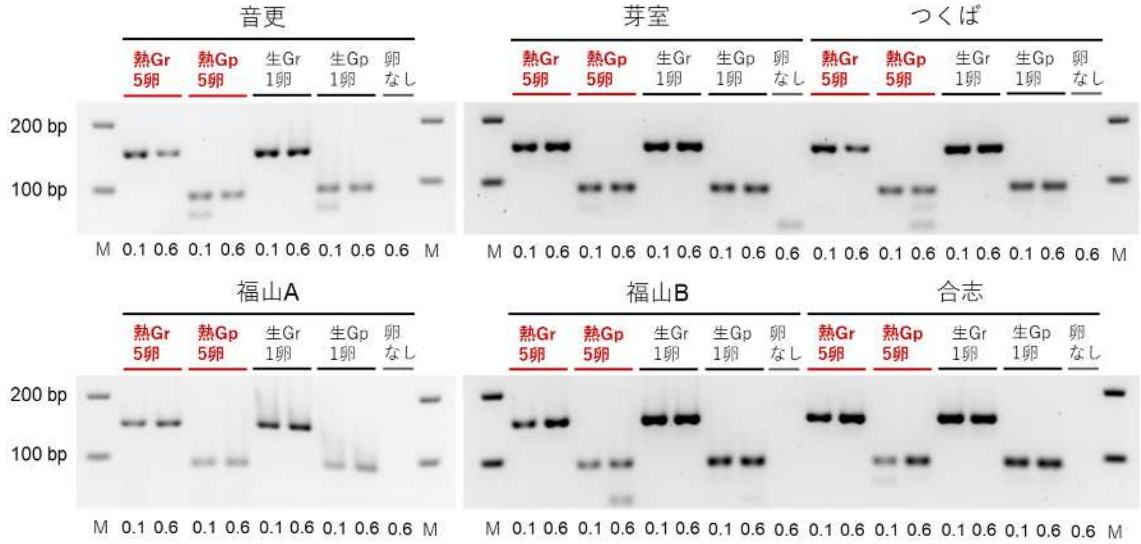


図６　夾雑物の由来圃場の違いが検出感度に与える影響の調査における泳動像

「M」はサイズマーカー。「熱」は熱処理後汚染土壌から取り出した卵を示し、「生」は無処理の（生きている）卵を示している。泳動像の下の数字は、夾雑物の量（ml）を示している。

本事業で得られた成果をまとめると、

- 熱処理後の Gr・Gp 卵を検出するのに適する PCR 試薬を選定した。
- 熱処理後の Gr・Gp 卵を検出する場合は、増幅領域が短いプライマーセットが適していると判明した。
- 上記をもとに PCR 条件を定め、それによって Gr・Gp を特異的に検出できると判明した。
- 夾雑物の量や由来圃場に関わらず、目標とする検出感度【土壌 100 g 中に含まれる Gr・Gp 卵の数が 5 個程度】を達成できると考えられた。

６．今後期待される成果

熱処理した土壌でも高感度な土壌検診が可能になったことで、基礎的な生化学実験が可能な多くの検査機関で、本手法による省力的な土壌検診を実施できるようになると考えられる。これによって、Gr・Gp の発生実態をより把握しやすくなるとともに、新規発生圃場における早期発見・迅速な対策なども可能になり、北海道のばれいしょおよびばれいしょでん粉の安定生産に貢献すると期待される。

気象情報に基づいたアブラムシ飛来数の即時予測手法の開発と簡便なPVY検出手法の確立　（完了課題）

１．研究機関　国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

２．研究期間　令和７年度

３．研究目的

（１）ジャガイモＹウイルス（PVY）は、馬鈴しょの重要病原ウイルスで、アブラムシによって媒介される。PVYは馬鈴しょの病原ウイルスの中で最も発生が多く、その感染リスクの評価は喫緊な課題である。特に近年、センチュウ対策として、でん粉原料用の主要な馬鈴しょ品種が、PVY抵抗性を持つコナフブキからPVY感受性のコナヒメに切り替わったことで、PVYの蔓延が懸念されている。このため、従来よりも感染リスク評価手法の重要性が一層増している。

（２）PVYはアブラムシによって媒介されるため、感染リスクを評価するには、アブラムシの飛来数を予察し、ウイルスの保毒を検定することが不可欠である。過年度の本事業において応募者は、アブラムシの年間の飛来数に影響を及ぼす気象要因を明らかにし、アブラムシ１個体からPVYを検出できる複数の手法を確立した。これらの成果を活用し、さらに発展させることで、感染リスク評価手法の実用化が期待される。

（３）このため本事業では、気象情報に基づいたアブラムシ飛来数の即時予測手法の開発を行うとともに、リコンビナーゼポリメラーゼ増幅（RPA）法[*1]を用いた従来よりも簡便なアブラムシのPVY保毒検定手法の確立を行い、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の安定生産の振興に資する。

４．研究内容

（１）気象情報に基づいたアブラムシ飛来数の即時予測手法の開発

アブラムシ捕獲データには、令和4～5年度の本事業において整理した以下の蓄積データを用いた：種苗管理センター中央農場（北広島市）の2008～2021年、後志分場（真狩村）の2012～2022年、十勝農場（帯広市）の2015～2022年、胆振農場（安平町）の2013～2022年。アブラムシ捕獲数はトラップ設置日数の違いを補正するため、設置日数の対数を考慮したほか、１日あたり捕獲数に変換した。気象データには、令和６年度の本事業で農業メッシュ気象データシステム[*2]から取得した気温、降水量、風速を用いた。これらの気象データおよび１月１日からの日数は連続変数としてそのまま用い、捕獲地点および捕獲年はカテゴリ変数として扱った。

統合したデータセットを用いて、一般化加法モデル（GAM）[*3]、ランダムフォレスト（RF）[*4]、および勾配ブースティング（XGBoost）[*5]の３種類のモデルを構築し、アブラムシ捕獲個体数の予測を試みた。各モデルの性能は、予測値と実際の捕獲数を比較することで評価した。

（２）リコンビナーゼポリメラーゼ増幅（RPA）法による PVY 保毒アブラムシの簡便検定手法の確立

まず、Wang et al. (2020)が設計した PVY 検出用 RPA 法プライマー5 組のうち、既報において高い検出感度が報告されている 2 組（PVY-RPA2 および PVY-RPA3）を対象として検討を行った。温室内で栽培したタバコに、PVY 含有汁液を接種し、感染株を作出した。これらの葉片から TRIzol 試薬[*6]を用いて RNA を抽出し、検討用サンプルとした。RPA 反応はマニュアルに従い、38℃で計 30 分間実施した。増幅産物は、未精製[*7]のまま電気泳動[*8]するとともに、精製後にも電気泳動を行った。

次に、PVY を保毒したモモアカアブラムシからの検出を検討した。前述の感染株から切り離したタバコ葉に、飼育施設で維持しているモモアカアブラムシ有翅虫を 10～20 分間放飼した後、99%エタノールに回収して-80℃で保存した。これらの試料から TRIzol 試薬を用いて RNA を抽出し、RPA 反応は上記と同様の条件で実施した。また、抽出した RNA を用いて、nested PCR 法[*9]、リアルタイム PCR 法[*10]、LAMP 法[*11]による検出も行い、検出感度および工程を比較した。

さらに、野外で捕獲したアブラムシからの検出の可否について検討した。PVY 感染ジャガイモ株が植栽された北農研内の調査圃場に、30%プロピレングリコール溶液[*12]を入れた黄色水盤トラップ[*13]を設置し（図１）、24 時間後に回収してアブラムシ有翅虫を捕獲した。捕獲したアブラムシは上記を同様の条件で保存および RNA 抽出を行い、RPA により PVY の検出を試みた。

５．研究結果

（１）気象情報に基づいたアブラムシ飛来数の即時予測手法の開発

一般化加法モデルの結果、１月１日からの日数、気温、降水量、風速はいずれも有意であり（図２）。また、地点および年を加えることで説明力は向上し、調整済み決定係数[*14]（adjusted R^2）は 0.28 であった（図３）。

ランダムフォレストによる解析では、変数重要度の評価においては調査地点が最も高い寄与を示し（図４）、決定係数（R^2）は 0.387 と今回の解析では最も高かった（図５）。

一方、勾配ブースティング解析では、交差検証における変数重要度は風速、1 月 1 日からの日数、気温の順に寄与が大きく、降水量の寄与は比較的小さかった（表 1）。決定係数（R^2） は 0.181 であった（図６）。

（２）リコンビナーゼポリメラーゼ増幅（RPA）法による PVY 保毒アブラムシの簡便検定手法の確立

いずれのプライマー組においても、PVY 感染葉片から PVY 検出が可能であった。この結果を踏まえ、以降の検討には PVY-RPA2 を用いた。増幅産物を未精製のまま電気泳動した場合、不純物の影響によりバンドが不明瞭であった（図７）。一

方、精製後には不純物は除去されたものの、バンドの強度の低下が見られた。

また、室内条件下でPVYを保毒させたモモアカアブラムシ有翅虫からもPVYの検出が可能であった。検出感度を比較した結果、RPA法はnested PCR法およびリアルタイムPCR法と同等であり、LAMP法よりも高い検出感度を示した（図８）。さらに、RPA法は、比較的低温（38℃）かつ短時間（30分）の恒温条件下で反応が可能であるが、電気泳動による判定のためには精製が必要である点が問題点として挙げられた（表２）。

さらに、野外で捕獲したアブラムシからもPVYの検出に成功した。

６．今後期待される成果

本事業では、気象情報を活用してアブラムシ飛来を予測可能なモデルを構築することができた。今後は、データの追加と検証による精度向上を図ることで、より実用性の高い予測手法への発展が期待される。また、RPA法を用いて比較的低温かつ短時間の恒温条件下で、アブラムシからPVYを検出する手法を確立することもできた。過年度の本事業において確立したnested-PCR法、リアルタイムPCR法、LAMP法などの既存手法と、現場条件に応じて適切に使い分けることで、PVYの迅速かつ効率的な検出・診断が可能になると期待される。これらの成果により、PVY管理技術を発展させ、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の安定生産振興に資する。

用語解説

※１：リコンビナーゼポリメラーゼ増幅（RPA）法

一定温度（主に37～42℃）下で核酸を増幅する等温増幅法の一つであり、短時間で特定配列を増幅できる。温度変化を必要としないため、簡易な装置で迅速な検出が可能である。

※２：農業メッシュ気象データシステム

農研機構が提供するシステムで、気象庁の観測データをもとに、日本全国を1km四方のメッシュに分割して推定した気象データを提供している。農作物の生育予測や病害虫の発生側など、農業分野における気象データの活用に広く利用されている。

※３：一般化加法モデル（GAM）

説明変数と目的変数との関係を、非線形の関数を用いて柔軟に表現する統計モデルである。線形モデルでは捉えにくい複雑な関係を解析できるため、生態データや環境データの解析に広く用いられている。

※４：ランダムフォレスト（RF）

複数の決定木を用いて予測を行う機械学習手法であり、各決定木の結果を統合することで高い予測性能と安定性を持つ。過学習を抑えつつ、非線形な関係や変数間の相互作用を扱うことができる。

※５：勾配ブースティング（XGBoost）

勾配ブースティング法に基づく機械学習アルゴリズムの一つであり、予測誤差を逐次補正する形で複数の決定木を構築する。計算効率と予測精度に優れ、大規模データ解析や予測モデルに広く用いられている。

※６：TRIzol 試薬

フェノールおよびグアニジンを主成分とする試薬で、細胞や組織から RNA を抽出できる。処理に一定の時間を要するが、純度の高い RNA を効率的に抽出できる。ウイルス検出などに広く用いられている。

※７：精製

核酸増幅反応後の試料から酵素やタンパク質、未反応の試薬などの不純物を除去し、目的とする DNA や RNA を分離・回収する操作である。電気泳動の明瞭化に寄与する。

※８：電気泳動

DNA や RNA などの核酸を電場中で移動させ、サイズの違いに基づいて分離する分析手法である。アガロースゲルなどを用いて、増幅産物の有無を確認することができる。

※９： nested PCR 法

2 段階の PCR 反応を行うことで感度を高めた PCR 法である。最初の PCR 産物を鋳型として、再度 PCR を行うため、微量な標的配列の検出に適している。

※１０：リアルタイム PCR 法

DNA 増幅の過程を蛍光シグナルとしてリアルタイムに検出・定量する PCR 法である。高い感度を有し、病原体検出や遺伝子発現解析などに広く用いられている。

※１１：LAMP 法

一定温度下で反応を行い、特定の DNA 配列を増幅する核酸増幅技術の一つである。温度を繰り返し変化させる必要がないため、簡易な装置で短時間に検

出可能である。また、増幅の有無を蛍光色素の発色によって目視で確認することができる。そのため、簡便なウイルス検出手法として着目されている。

※１２：30%プロピレングリコール溶液

昆虫トラップに用いられる保存液の一種であり、捕獲した昆虫の腐敗を抑制し、DNA や RNA の分解を防ぐ目的で使用される。毒性が低く取り扱いやすいことから、野外調査に広く利用されている。

※１３：黄色水盤トラップ

黄色の容器に液体を入れて設置する昆虫捕獲用トラップの一種であり、黄色に誘引されるアブラムシなどの飛翔性昆虫を効率的に捕獲できる。

※１４：決定計数（R^2）

回帰分析において、説明変数が目的変数をどの程度説明できるかを示す指標であり、0～1 の範囲の値を取る。値が 1 に近いほど説明力が高いことを意味する。

＜具体的データ＞

図１　PVY 感染ジャガイモ株を植栽した北農研内調査圃場に設置した黄色水盤トラップ

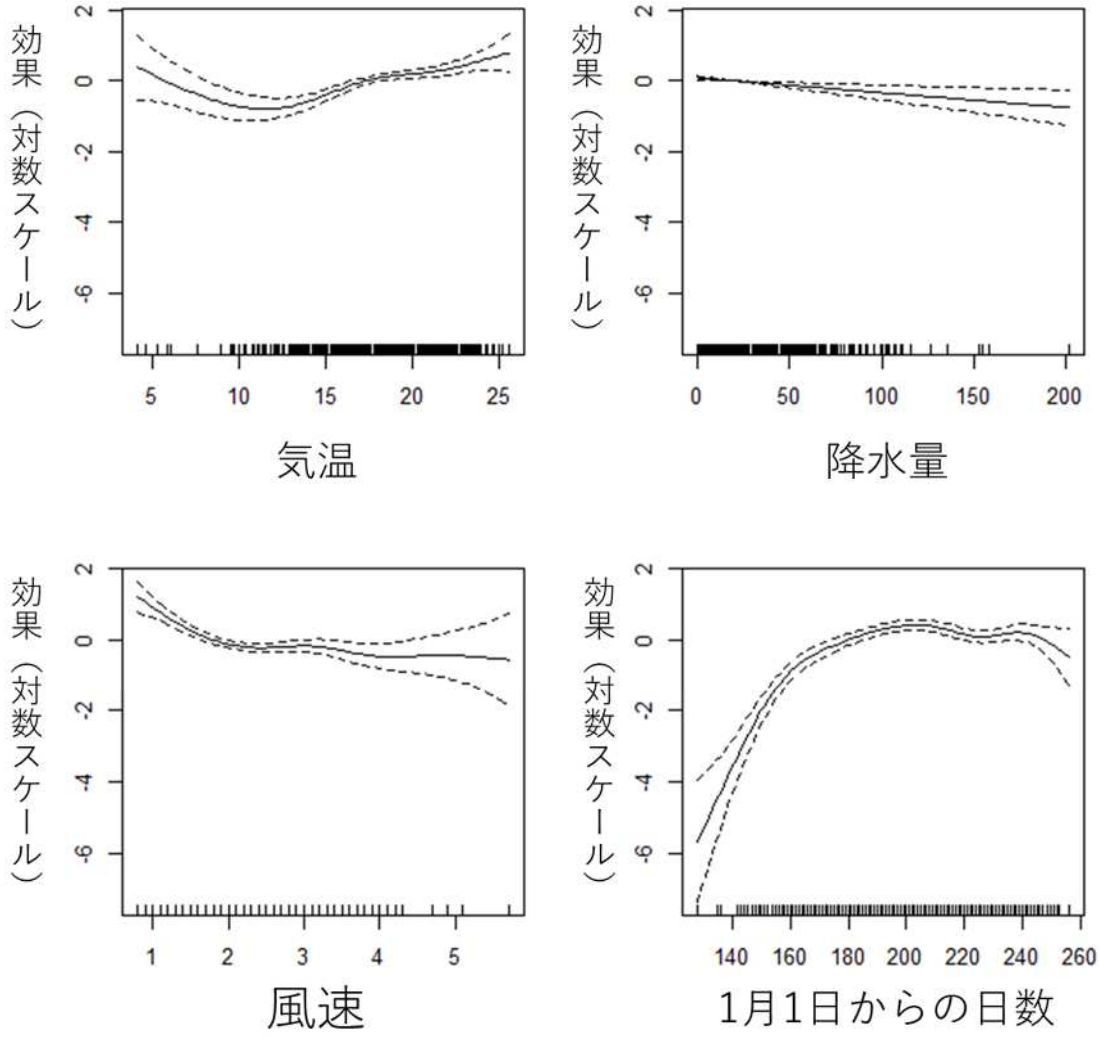


図２　一般化加法モデル（GAM）における気温、降水量、風速、1 月 1 日からの日数がアブラムシ捕獲個体数に与える部分効果（縦軸の値が正の場合は捕獲数の増加、負の場合は減少を意味し、実線は推定された効果、点線は 95%信頼区間を示す）

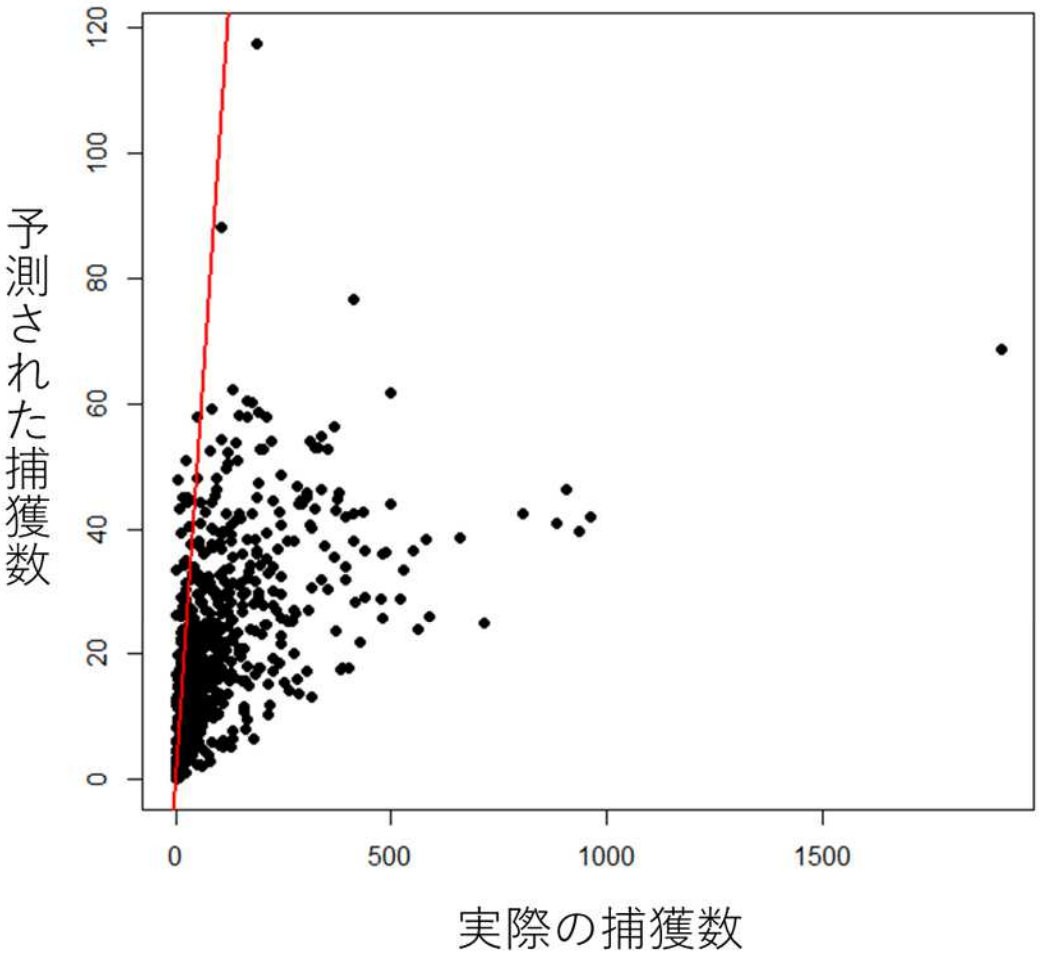


図３　一般化加法モデル（GAM）における予測された捕獲数と実際の捕獲数との比較
（赤線は予測された捕獲数と実際の捕獲数が一致していることを示す）

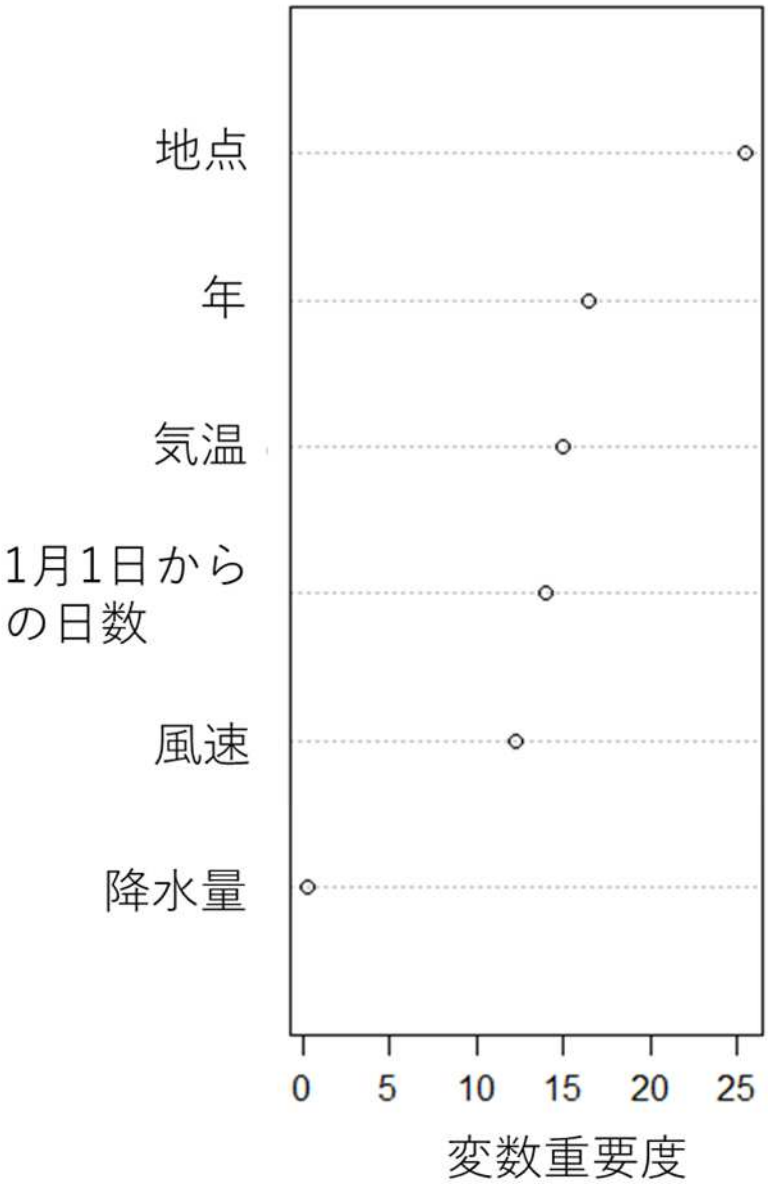


図４　ランダムフォレストによる変数重要度

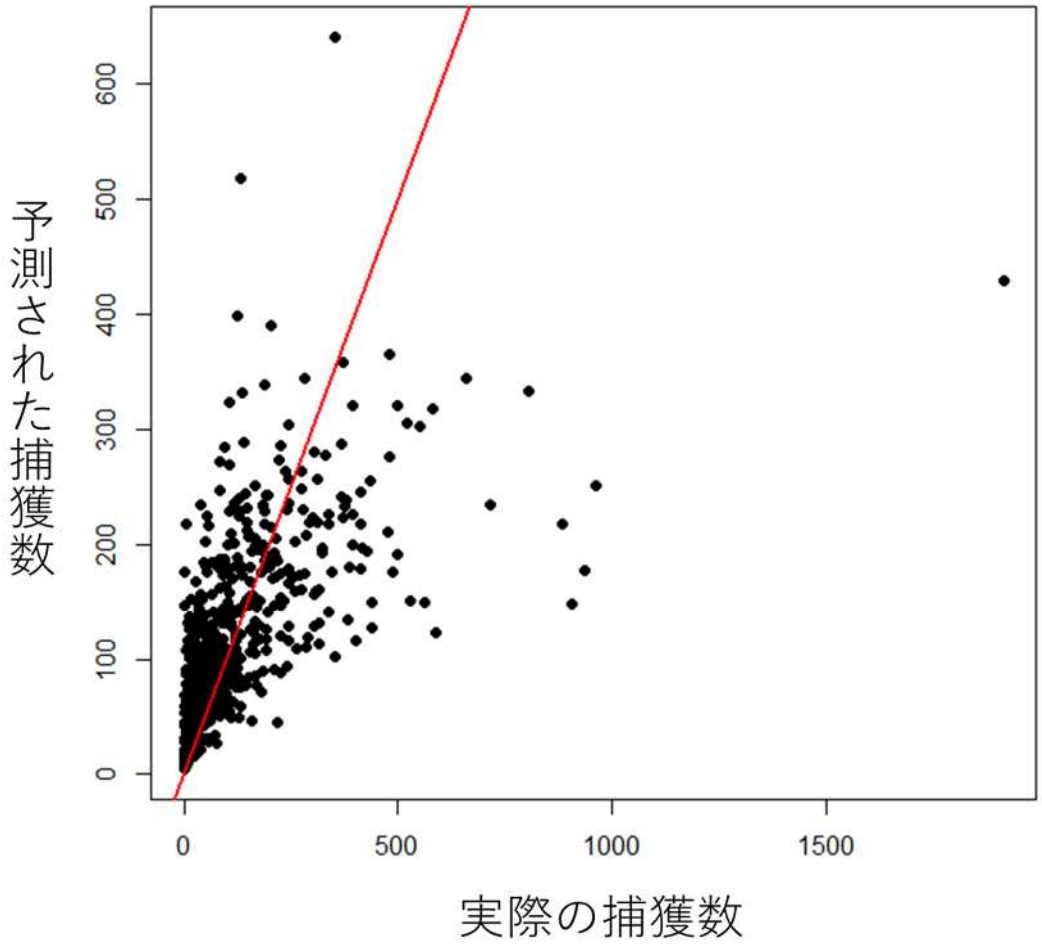


図５　ランダムフォレスト解析における予測された捕獲数と実際の捕獲数との比較
（赤線は予測された捕獲数と実際の捕獲数が一致していることを示す）

表１　勾配ブースティングにおける変数重要度（上位５変数）

順位	変数	寄与度
１位	風速	0.261
２位	１月１日からの日数	0.251
３位	気温	0.218
５位	降水量	0.062
６位	年（2021 年）	0.054

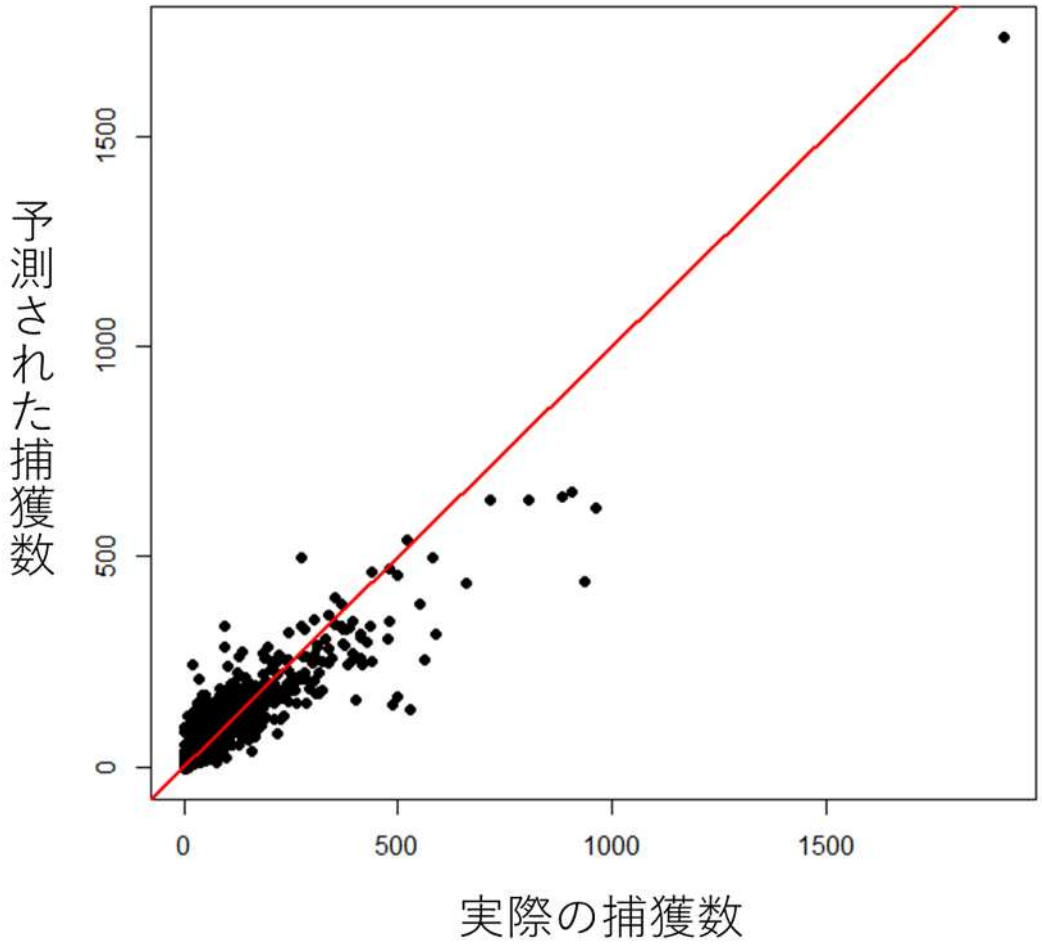


図６　勾配ブースティング解析における予測された捕獲数と実際の捕獲数との比較
（赤線は予測された捕獲数と実際の捕獲数が一致していることを示す）

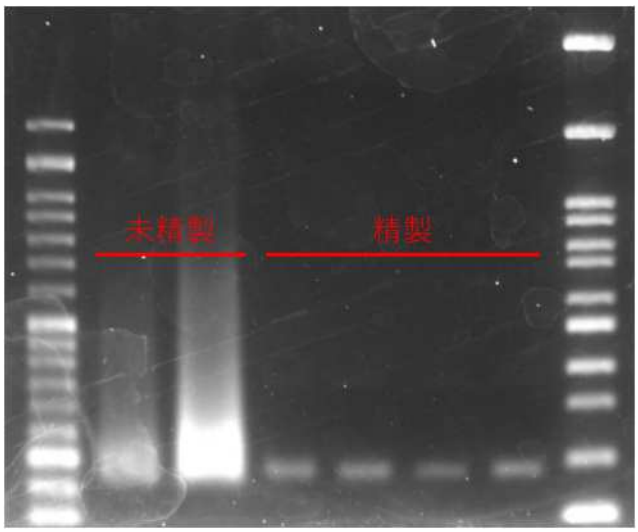


図 7　増幅産物の精製の有無による電気泳動結果

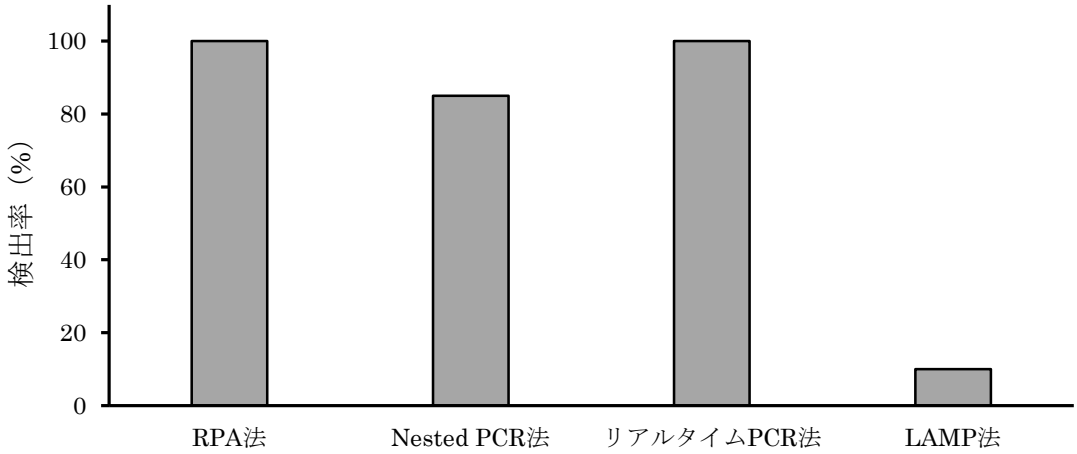


図 8　RPA 法と従来の検出法との検出率の比較

表 1　RPA 法と従来の検出手法との工程の比較

検出手法	周期的温度変化	反応時間	精製	電気泳動
RPA 法	不要	約 30 分	必要	必要
Nested PCR 法	必要	約 4 時間 20 分	不要	必要
リアルタイム PCR 法	必要	約 1 時間 15 分	不要	不要
LAMP 法	不要	約 60 分	不要	不要

馬鈴しょ疫病の効率的な防除を目的として疫病菌の動態調査と防除技術開発に関する試験研究　（継続課題）

１．研究機関　　北海道大学大学院農学研究院 植物病理学研究室

２．研究期間　　令和 5 年度～令和 7 年度

３．研究目的

（１）研究実施の背景：馬鈴しょ疫病は 100 年以上前から北海道に存在している病害であるが、現在でも条件によって大発生する場合があり、これによる損失は未だに大きなものになっている。

（２）研究の必要性：

・近年病原菌の系統の変化が起こっている可能性が示されているため、各地の疫病菌の馬鈴しょ品種に対する病原性や薬剤耐性の多様性を把握する必要がある。

・効果的な防除技術開発のためには、疫病菌が土壌中の塊茎に与える影響および疫病その他の要因による塊茎腐敗についての多くの不明点を解明する必要がある。

・新しい方法による収穫前および収穫後の塊茎の保全に関する技術を開発する必要がある。

（３）このため、馬鈴しょ疫病の防除に関する基礎的知見の集積および防除技術開発を目的とする各種試験を行い、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の安定的な生産に資する。

４．研究内容と成果

令和７年度；

２−２　土壌処理法：各種殺菌剤の疫病菌遊走子のう密度低減効果

本試験では圃場においてこの遊走子のうの密度を低下させるためにどのような処理が適しているかについて検討することを予定していたが、圃場での疫病発病がほとんど見られなかったことから後述の試験を行なった。

２−３　塊茎に対する直接処理法　　a）亜リン酸液肥の塊茎腐敗防除効果

本試験では収穫直後の塊茎に亜リン酸液肥を処理することによりその後の塊茎腐敗の発生が抑制されるという効果を調査する予定であったが、圃場での疫病発病がほとんど見られなかったことから後述の試験を行なった。

○ 令和７年度に行なった試験

前述のとおり、令和７年度には圃場における疫病の発生がなかったことから自然発生を基にした各種試験を行なうことができなかった。そこで今年

度は令和６年度の試験を発展させ、疫病菌の人工接種に基づく発病抑制効果を中心とした試験を実施した。

茎葉・塊茎を対象とした各種防除法についての検討

２−１　茎葉処理法：亜リン酸液肥の疫病防除効果

馬鈴しょに対する亜リン酸液肥葉面散布が葉面での疫病に対する防除効果を示すことについてはこれまでにいくつかの報告がある。本試験では殺菌剤によらない病害防除の方法として、この亜リン酸液肥の防除効果について検討した。

方法

北海道芽室町の圃場にて馬鈴しょ（品種：スノーデン）を栽培し（播種：５月７日、栽培法は慣行法に従った）、９月１２日に塊茎を収穫した。その間に以下の方法で亜リン酸液肥を葉面散布した。

亜リン酸液肥：ホスプラス（OAT アグリオ社）
処理濃度：250 倍希釈
処理日：７月１１日・７月２５日・８月８日・８月２２日の４回
収穫日：９月１２日

接種実験　ジャガイモ疫病菌：MR2304（2023 年 芽室町分離株）
試験区（それぞれ 30 個を１試験区とし、３反復を設定した）

① 亜リン酸無処理・疫病菌無接種
② 亜リン酸無処理・疫病菌接種
③ 亜リン酸処理・疫病菌無接種
④ 亜リン酸処理・疫病菌接種

収穫した塊茎をおろし金上で 10 回転させることで表面に付傷処理を行なった。これに対してただちに疫病菌株の遊走子のう懸濁液（5.0×10^4 zoosporangia / mL）を、塊茎 30 個に対し 50 mL を噴霧することで接種を行なった。風乾後、処理塊茎を１個ずつ 16×13 ㎝四方のマチがない紙袋に入れ、30 個（一反復分）を１つの段ボール箱に入れて、12℃のテスト貯蔵庫内で１ヶ月間培養した。１週間ごとに塊茎の発病を目視で調査した。さらに発病を促進するため、24℃の室温条件での 4 週間の追加培養も行なった。

結果と考察

追加培養後の塊茎腐敗発生率（病斑面積率）は無処理区で 54%、亜リン酸液肥処理区では 2.8%となった（図１／２）。従来の試験では塊茎スライス接種実験での効果が認められていたが、令和 7 年度の試験では未切断の塊茎でも効果が認められた。これらの試験により、亜リン酸液肥の茎葉処理が疫病由来の塊茎腐敗を顕著に抑制する効果を持つことが示された。

これまでの報告では、亜リン酸が各種植物の病害抵抗性遺伝子の発現を活性化させることが知られており、茎葉の病害を防除する効果があることも報告されている。本試験で認められた防除効果は、茎葉に処理された亜リン酸液肥が馬鈴薯植物体の病害抵抗性反応を誘導し、その効果が塊茎にも及んだことによるものと考えられた。この方法が実用化されれば、収穫後の塊茎には特別な処理を加えることなく、疫病による塊茎腐敗を抑制できる可能性がある。ただし今後の課題として、今回使用した 250 倍希釈処理濃度が通常の肥料としての使用の４倍程度と高かったため、この処理が病害抵抗性以外の性質（生育や塊茎の品質など）に与える影響を調査し、その安全性を確認する必要があると思われた。

２−３　塊茎に対する直接処理法

エッセンシャルオイルの塊茎腐敗防除効果

本試験では塊茎収穫時の付傷と疫病菌の感染を人工的に再現することによって、エッセンシャルオイルの一種であるシンナムアルデヒド（以下 CA）の貯蔵腐敗抑制効果を評価することを目的とした。

方法

・前項と同様の方法で栽培・収穫されたジャガイモ塊茎（cv.スノーデン）
・ジャガイモ疫病菌 MR2304 菌株　GPA 培地で 20℃、14 日間培養
・CA　(TAK-03 CA 89%乳剤、アビオンコーポレーション)

試験区：① 接種無処理区、② 接種 CA 処理区、③ 無接種 CA 処理区の 3 試験区を設けた。

各試験区は 1 反復あたり 30 塊茎とし、3 反復で試験を行なった。

おろし金でジャガイモ塊茎に傷をつけ、1.0×10^4 zoosporangia/mL の疫病菌遊走子のう懸濁液を調製した。この懸濁液を接種区の塊茎に噴霧接種し、3 時間培養した。接種 CA 処理区および無接種 CA 処理区の塊茎に、CA による常温煙霧処理を加えた。処理は、常温煙霧機（有光工業）の噴霧ユニットを

装備した簡易温室(4.57 m^3)内で行なった(図３)。温室内のCA濃度が10 ppmとなるように、0.5 %CA溶液を2分43秒間微細粒子化して温室内に充満させ、その後３時間にわたり密閉状態を維持することでCAを十分に暴露させた。

３時間経過後、塊茎は試験区ごとに保存した。16×13 cm四方のマチがない紙袋に塊茎を一つずつ入れて段ボールに保存し、12℃に設定した人工気象器で 4 週間保存した。試験区ごとに培養後の塊茎の表面と断面の発病を塊茎内部の病変面積率によって評価した。各試験区で個体ごとに病変面積率を算出し、Steel-Dwass 法による多重比較を行なった。

結果と考察

接種4週間後の塊茎断面を図４に、塊茎断面の病斑面積率を図５に示した。接種4 週間後の塊茎断面では、接種CA処理と接種無処理区の塊茎には褐変部分が認められた。断面の病斑面積率は接種無処理区が 52%で、接種CA処理区の病変面積率は24.8%となり、塊茎腐敗が有意に抑制されていることが認められた。

常温煙霧機を用いた中規模な試験において、CA処理による疫病菌に起因する塊茎腐敗の抑制効果を調べた。これまでの小規模試験で示された結果と同様に、CAの塊茎腐敗抑制効果を確認できた。

今回は１種類のみの品種を用いたが、品種の違いによる腐敗程度の差が生じる可能性は高いと考えられた。これらの結果から、噴霧処理機器や塊茎の保管条件、品種間差を考慮してさらに検討を行なう必要がある。

○ 期待される成果

以前の試験によって塊茎腐敗の原因の一部が明らかとなり、今年度の試験で亜リン酸液肥の病害防除への利用の可能性が示された。北海道の馬鈴しょ生産現場における疫病防除のための基礎的な知見を得ることで新たな防除法開発のための具体的な方向性が明らかになることが期待される。この成果を基に応用的な技術革新を推進し疫病の防除を効率化することにより、澱粉用馬鈴しょ生産の安定化を達成しようとするものである。

＜具体的データ＞

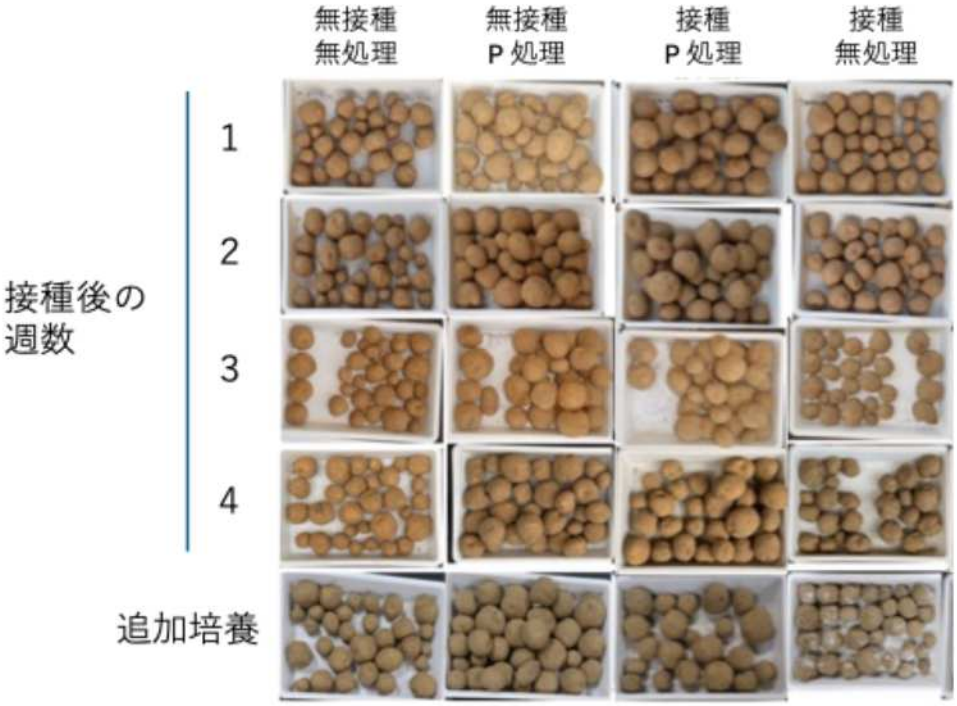


図１　亜リン酸茎葉処理試験における疫病菌接種収穫塊茎の発病

品種：スノーデン 疫病菌株、MR2304 培養条件：４週目までは高湿度 12℃、追加培養では高湿度室温（約 24℃）で１週間
無処理区：ホスプラス処理なし 処理区：250 倍ホスプラス 4 回、30 個体 3 反復

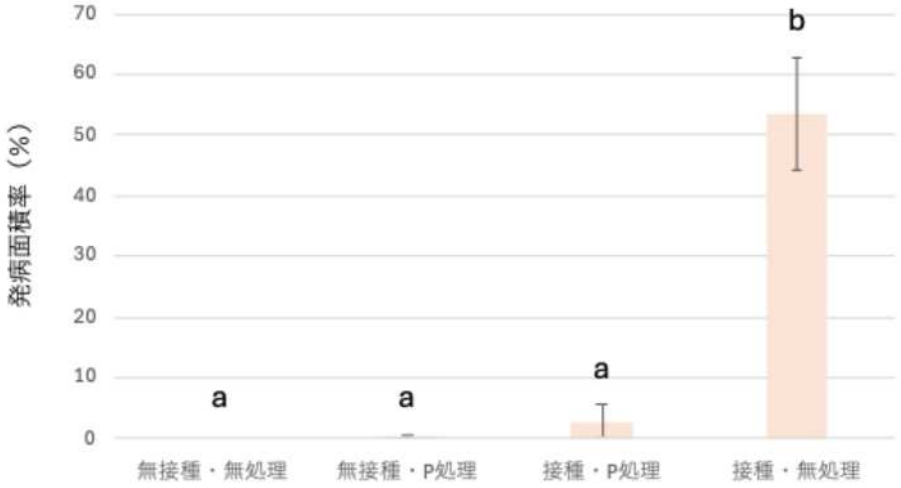


図２　亜リン酸茎葉処理が疫病菌接種収穫塊茎の発病に与える影響
（追加培養後の発病調査結果）

品種：スノーデン 疫病菌株、MR2304 培養条件：４週目までは高湿度 12℃、追加培養では高湿度室温（約 24℃）で１週間
無処理区：ホスプラス処理なし 処理区：250 倍ホスプラス 4 回、30 個体 3 反復 s
a / b は Steel-Dwass 法による多重比較で有意差あり($p < 0.05$)・bar は標準誤差を示す

図３　シンナムアルデヒド燻蒸処理

密閉ビニールハウス内で常温煙霧機を使用して燻蒸を行なった
品種：スノーデン　　疫病菌株：MR2304　s

図４　シンナムアルデヒド燻蒸試験における疫病菌接種収穫塊茎の
発病への影響
（接種後４週間目の切断面の発病）

(a)無接種無処理区　(b)無接種 CA 処理区　(c)接種 CA 処理区　(d)接種無処理区
品種：スノーデン　疫病菌株：MR2304　培養条件：処理後４週目まで高湿度 12℃で培養

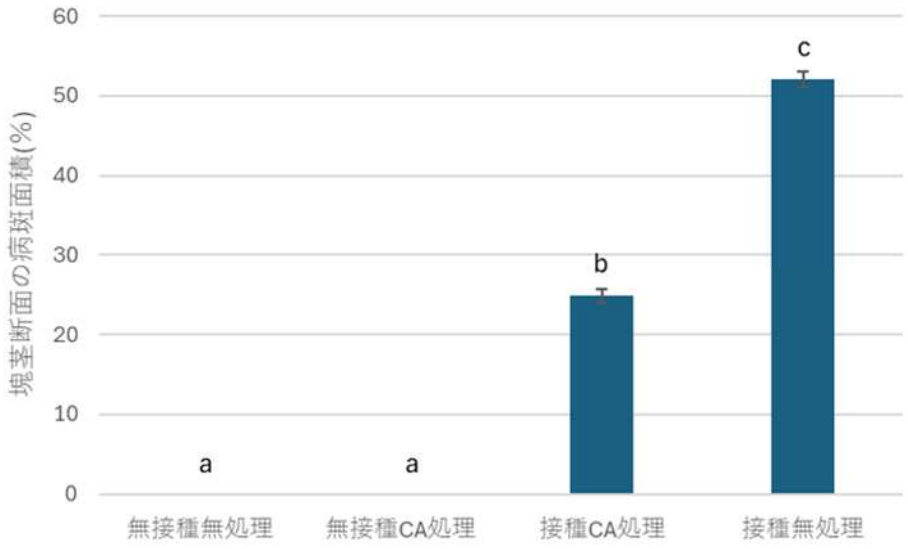


図５　シンナムアルデヒド燻蒸試験における疫病菌接種収穫塊茎の
発病への影響
（接種後４週間目）

品種：スノーデン　　疫病菌株：MR2304
培養条件：処理後４週目まで高湿度 12℃で培養
１試験区あたり 90 個の塊茎断面の病斑面積率を示す
a / b / c は Steel-Dwass 法による多重比較で有意差あり($p < 0.05$)・bar は標準誤差を示す

「ジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性馬鈴しょ品種「ユーロビバ」の農業特性解明」　（完了課題）

１．研究機関　地方独立行政法人　北海道立総合研究機構　北見農業試験場

２．研究期間　令和６年度～令和７年度

３．研究目的

（１）北海道の馬鈴しょ作付面積は令和５年で48,500ha であり、このうち約1/3にあたる13,900ha がでん粉原料用である。道内のでん粉原料用品種の作付けは2/3 がオホーツク地域に集中しているが、平成27 年に網走市においてジャガイモシロシストセンチュウ(以下Gp)の発生が国内で初めて確認され、その後、近隣の３市町村でも発生が確認されており、北海道のでん粉原料用馬鈴しょの安定生産を脅かす事態となっている。現在、植物防疫法に基づいて緊急防除が実施されているが、Gp 発生圃場では、緊急防除終了後もGp の再発防止のため、Gp 抵抗性品種の作付けが必要である。

（２）海外導入品種の中からGp とジャガイモシストセンチュウ(以下Gr)抵抗性を併せ持つでん粉原料用品種「フリア」が選定され、Gp 発生地域において普及が図られている。しかしながら、「フリア」は低でん粉価で小玉である上にストロン離れが悪く、収穫時の作業効率が悪いため、「フリア」の欠点を改良した品種の導入が強く望まれている。海外導入品種の「ユーロビバ」は、「フリア」並～強いGp 抵抗性を持ち、でん粉価が「フリア」より高く、かつ、平均１個重が「フリア」よりも重いことから、「フリア」に変わるGp 抵抗性品種としての期待が高い。しかし、ストロン離れの良否およびでん粉品質は不明であり、センチュウ以外の病害について、道内における抵抗性も明らかではない。

（３）このため、本課題では、「ユーロビバ」の品種特性ならびにでん粉品質の評価を行う。Gp 発生地帯における「ユーロビバ」の普及推進の資となる試験を実施することにより、北海道のでん粉原料用馬鈴しょの生産振興、並びに馬鈴しょでん粉の安定供給に資する。

４．研究内容

（１）「ユーロビバ」の収量性の評価

生産力検定試験、施肥反応試験を実施し、「コナヒメ」、「コナユタカ」および「フリア」と比較して、生育期節、収量性およびストロン離れの良否を明らかにする。

生産力検定試験は、３反復、１区11㎡で実施した。

施肥反応試験は、標準肥（窒素10kg/10a)、多肥（窒素4kg/10aを標準肥に加える）および開花期追肥（窒素4kg/10a相当を開花期に追肥）の３水準、２反復、１区11㎡で実施した。

ストロン離れの良否については、９月上旬、９月下旬および10月上旬に機械収穫を行い、収穫株からの塊茎離脱率を調査した。

（２）「ユーロビバ」の耐病虫性ならびに休眠性の評価

「ユーロビバ」のGr抵抗性、ジャガイモYウイルス（PVY）抵抗性、疫病抵抗性、塊茎腐敗抵抗性、そうか病抵抗性および休眠性を明らかにする。

Gr抵抗性は、品種登録のための特性分類審査基準に則ったプラスチックカップ法で検定し、抵抗性を明らかにした。

PVY抵抗性は、ポット栽培した個体にPVY(PVY-NTN系統及びPVY-N系統)を接種し、感染の有無と病徴を確認した。

疫病抵抗性は、疫病無防除栽培による自然感染条件下において、発病や枯ちょう期を調査し抵抗性を判定した。

そうか病抵抗性は、そうか病汚染圃場(*Streptomyces turgidiscabies*優占圃場)で栽培を行い、そうか病の発病いも率から抵抗性を判定した。

塊茎腐敗抵抗性は、防除により地上部茎葉の疫病の発生をコントロールしつつ、スプリンクラーによる灌水で感染を拡大させ、収穫した塊茎の発病いも率から抵抗性を判定した。

休眠性は、収穫塊茎を18℃の貯蔵庫に保管し、芽長が5mm以上に伸びた塊茎が50%以上に到達した日を“休眠あけ日”とし、枯ちょう期から“休眠あけ日”までの日数の長短を判定した。

（３）「ユーロビバ」のでん粉品質の評価

「ユーロビバ」のでん粉特性を調査し、既存品種の「コナヒメ」、「コナユタカ」および「フリア」と比較する。

生産力検定試験での収穫塊茎を用いて、白度、粒径、糊化特性、離水率、ゲル物性、リン含量の６項目を調査した。

５．研究結果

（１）「ユーロビバ」の収量性の評価

「ユーロビバ」は「コナヒメ」に比べて熟期は“かなり晩生”で遅く、上いも平均重、でん粉価は並～やや低いものの、上いも収量、でん粉収量が優れることを明らか　にした。また、褐色心腐の発生は少ないが、二次成長の発生は多い特性であった（表１）。施肥反応試験においては、追肥および多肥ででん粉価、でん粉重がやや増加した（表１）。ストロン離れについては、供試したいずれの品種も枯ちょうの進展により塊茎離脱率は向上し、「ユーロビバ」のストロン離れは、品種特性として「フリア」より良い特徴があることを明らかにした(図1)。しかしながら「ユーロビバ」は枯ちょうの進展が遅いことから、同じ時期に収穫すると塊茎離脱率は「フリア」並～やや低かった(図2)。

（２）「ユーロビバ」の耐病虫性ならびに休眠性の評価

２カ年の試験結果より、「ユーロビバ」は、GrおよびPVY抵抗性であり、そうか病抵抗性は“やや弱”、疫病抵抗性および疫病菌による塊茎腐敗抵抗性は“弱”、塊茎の休眠性は“やや長”であることを明らかにした(表２)。

（３）「ユーロビバ」のでん粉品質の評価

「ユーロビバ」のでん粉特性（白度、粒径、糊化特性、離水率、ゲル物性、リン含

量）を調査し、既存品種の「コナヒメ」、「コナユタカ」および「フリア」と比較した。「ユーロビバ」のでん粉品質は、白度が「コナヒメ」、「コナユタカ」より低く、「フリア」並であった。その他のでん粉特性は3品種と比較して顕著な差は無かった（表３）。

６．今後期待される成果

本課題では、「ユーロビバ」の収量性、ストロン離れの良否、でん粉品質および道内における病虫害抵抗性を明らかにした。試験結果より栽培指導に役立つ以下の「ユーロビバ」の栽培上の注意点を整理した。

・二次成長の発生が多いため、特に種いも生産においては、適切な施肥を行うとともに、培土を十分に行う。
・ストロン離れが悪いため、枯ちょうの進んでいない早い時期での収穫は避ける。
・疫病抵抗性および塊茎腐敗抵抗性が“弱”であるため、疫病の防除を適切に行う。

本成果を Gp 発生地域における「ユーロビバ」の普及指導に役立て、Gp 緊急防除終了後の圃場において Gp 抵抗性が優れる「ユーロビバ」の作付けが進むことで、北海道の馬鈴しょ安定生産に寄与する。

＜具体的データ＞

表１.「ユーロビバ」の生産力検定試験、施肥反応試験（北見農試R6-7平均）

品種名	施肥処理	枯ちょう期[1)] (月/日)	茎長 (cm)	上いも[2)] 数 (個/株)	平均重 (g)	重 (kg/10a)	同左コナヒメ比(%)	でん粉 価 (%)	重 (kg/10a)	同左コナヒメ比(%)	生理障害 二次成長 (%)	褐色心腐 (%)
ユーロビバ	標準肥	未達	88	16.2	105	7,479	117	18.3	1,280	111	13.2	7.8
コナヒメ	標準肥	10/3	84	11.6	124	6,406	100	19.0	1,151	100	4.4	36.7
コナユタカ	標準肥	10/15	89	9.3	163	6,685	104	19.5	1,237	107	2.6	0.0
フリア	標準肥	10/1	76	20.6	78	6,983	109	15.6	1,017	88	6.4	13.3
ユーロビバ	追肥	10/16	87	17.8	97	7,555	118	18.9	1,343	117	11.8	3.9
ユーロビバ	多肥	10/16	87	17.0	99	7,464	117	19.2	1,340	116	14.7	16.1

注１）収穫日に枯ちょう期に達していない場合は，平均から除く.
注２）20g以上の塊茎.
注３）令和6年 植付日：5/10 ，収穫日：10/16 ． 令和7年 植付日：5/9 ，収穫日：10/16.

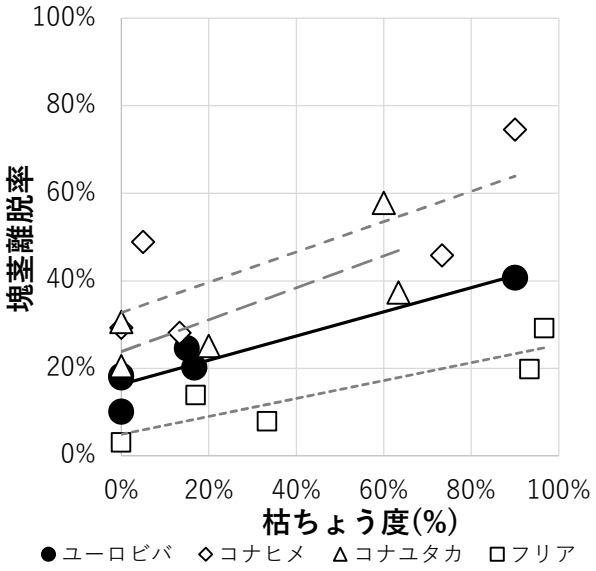


図１.ストロン離れの良否（北見農試 令和6～7年）

枯ちょう度：植付け株数に対する枯ちょう株数の割合。

塊茎離脱率：機械(ディガー)収穫時の総収穫塊茎(上いも)数に対する離脱塊茎(上いも)の割合。

塊茎離脱率が高いほど、ストロン離れが良い。

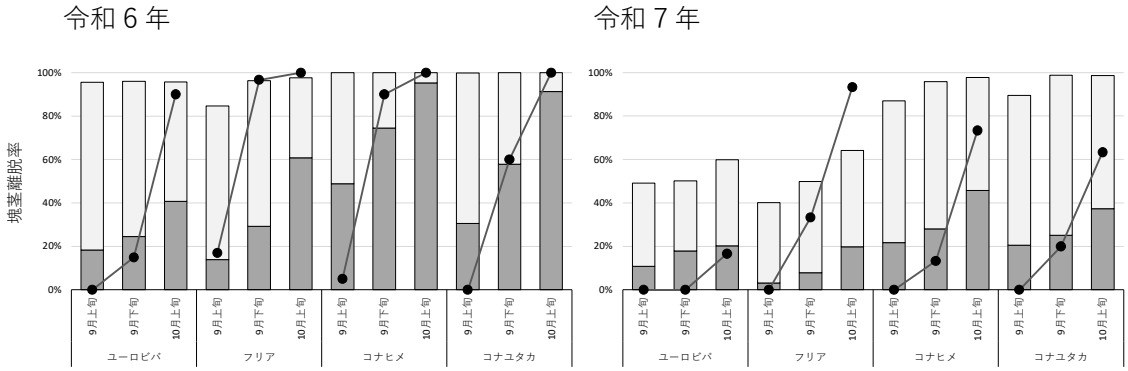


図２.収穫時期別のストロン離れの良否（北見農試 R6～7年）

■機械(ディガー)堀り取り時に離脱した塊茎の割合。

■機械(ディガー)堀り取り時に離脱せず、手振りした際に離脱した塊茎の割合。

●枯ちょう度（植付け株数に対する枯ちょう株数の割合)。

表２.「ユーロビバ」の耐病虫性ならびに休眠性

品種名	Gr 抵抗性	PVY 抵抗性	疫病	塊茎 腐敗	そうか 病	内生 休眠
ユーロビバ	有(*H1*)	強	弱[1)]	弱	やや弱	やや長[1)]
コナヒメ	有(*H1*)	弱	強	やや強	弱	やや長
コナユタカ	有(*H1*)	強	弱	極弱	弱	やや長
フリア	有(*H1*)	弱	強	－	やや弱	やや長

注１）R6年単年での判定結果.
注２）「コナヒメ」,「コナユタカ」および「フリア」は，既往の判定結果.

表３「ユーロビバ」のでん粉品質の評価

品種名	白度	平均粒径 (μm)	離水率 (%)	リン含量 (ppm)	糊化特性(蒸留水) 糊化開始温度 (℃)	最高粘度 (BU)	最高粘度時温度 (℃)	ﾌﾞﾚｰｸﾀﾞｳﾝ (BU)	糊化特性（0.1N食塩水） 糊化開始温度 (℃)	最高粘度 (BU)	最高粘度時温度 (℃)	ﾌﾞﾚｰｸﾀﾞｳﾝ (BU)	ゲル物性 破断応力 (g)	破断凹み (mm)
ユーロビバ	88.0	53.2	36.7	782	62.7	1,475	71.0	1,167	66.0	162	92.3	23	1,529	10.3
コナヒメ	89.9	56.2	49.0	637	64.9	1,225	85.4	765	72.1	137	93.4	9	1,326	8.2
コナユタカ	92.4	55.7	50.1	731	64.3	1,311	79.4	894	68.5	155	93.6	21	1,726	9.2
フリア	87.8	52.2	52.3	739	65.6	1,330	81.5	870	70.2	177	92.4	44	1,735	8.4

注１）白度は，Kett社粉体白度計C-130で測定.
注２）平均粒径は，堀場製作所レーザー回折/散乱式粒度分布測定装置LA-300で測定.
注３）離水率は，4%でん粉懸濁液（0.1N食塩水）で糊化したゲルを5℃で1週間貯蔵後，遊離水を測定.
注４）リン含量は，堀場製作所製蛍光X線元素分析装置MESA-50で測定.
注５）糊化特性は，4%でん粉懸濁液をブラベンダー社ビスコグラフで測定.
注６）ゲル物性は，25%でん粉懸濁液（蒸留水）で糊化したゲルを5℃で1日貯蔵後，レオメーターで測定.

ニオイセンサを用いた馬鈴しょ塊茎腐敗臭の測定技術の確立　（完了課題）

１．研究機関　国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

２．研究期間　令和７年度

３．研究目的

（１）馬鈴しょは北海道における主要な輪作作物の一つで，でん粉原料用，種苗用，青果用，加工用などの用途として約 230 万トン生産されている（R6 年，作物統計）．近年生産農家戸数の減少や人手不足により，生産量が減少傾向にあることから，馬鈴しょの安定供給は大きな課題となっている．馬鈴しょは収穫後に流通・加工されるまで貯蔵され，貯蔵中の品質劣化（主に腐敗）による損失が数%発生していることから，馬鈴しょの安定供給上の問題点となっている．

（２）貯蔵中に，腐敗を早期に発見し進行を防止することは損失を低減するために重要である。貯蔵馬鈴しょは毎日の見回りによって品質監視されている．早期に発見された軽度の腐敗は貯蔵温度を下げたり、換気を行ったりすることによって腐敗の進行を防止する。腐敗の発見が遅れて腐敗範囲が拡大した場合は，倉庫内から腐敗部分の除去作業が必要となるなど，大きな労力がかかる．早期の腐敗をセンサで検知することで，対策がより速やかに取れ，減耗率の低減や，腐敗塊茎を除去する労力の軽減が期待される．

（３）昨年までにニオイセンサ（nose@MEMS）を用いて、バレイショの腐敗臭の検知が可能であることを確認した。試験では 180 種類あるセンサ素子（感応膜）から、馬鈴しょ塊茎の腐敗検知に有効な 20 種類の素子を選定した。また、貯蔵庫のような空気の循環がある不安定な環境ではなく、測定環境が安定した実験室において、本センサによる腐敗塊茎と健全塊茎のニオイの区別が可能であることを確認した。今年度は、貯蔵庫内の貯蔵初期のニオイと腐敗の発生が予想される出荷前のニオイが本センサで判別ができることを確認することで、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の供給の安定に資することを目的に取り組んだ。

４．研究内容

本取り組みでは，すでに市販されているセンサ（nose@MEMS、I-PEX 社製：以下センサ A と記載する）を用いて試験を進めた。また、より高度な測定が期待される物質・材料研究機構（NIMS）が中心となって開発したニオイセンサ（MSS、MSS アライアンス：以下センサ B と記載する）の利用条件の検討を行った。各センサの外観を図１に示す.

（1）センサＡによる貯蔵庫内のニオイの測定

① センサＡの特性

このセンサは，ニオイに対する感応膜（180 種類）の反応を数値（センサ値）として出力する．測定結果は専用のアプリを用いて解析を行い、クラスター分析と主成分分析の結果が出力される．

② 昨年度までの試験の成果

昨年度は、センサ A（図 1 左）を用いて、実験室内の安定した環境下において，馬鈴しょの腐敗した塊茎（腐敗塊茎）のニオイと健全な塊茎（健全塊茎）のニオイの測定を行い、両者の判別が可能であることを確認した。また、180 種類の感応膜から、馬鈴しょの腐敗塊茎と健全な塊茎のニオイの判別に適した 20 種類の感応膜を選定した。以降この 20 種類を用いて試験を進めた。馬鈴しょ貯蔵中の貯蔵庫内でニオイの測定を実施したところ、センサ値が大きく乱れ不安定となった。これは貯蔵庫内で循環する空気の流れが影響していると考えられた。また、空気の流れのないインキュベータ内でも、高湿度（湿度 80%以上）の条件で測定を行うとセンサ値が不安定となった。貯蔵庫内は常に空気が循環しており、また高湿度（95%以上）であることから、貯蔵庫内で測定するのではなく、ニオイのサンプリングを行って、実験室内のインキュベータ内で温度を一定に、湿度を 20%以下にコントロールして測定することとした。昨年は貯蔵庫を管理するメーカー（A 町）の協力で 1 ヶ所（「トヨシロ」）の貯蔵庫を対象に、腐敗が少ない貯蔵初期と腐敗の発生・進行が予測される出荷前に貯蔵庫内のニオイのサンプリングを行い、インキュベータ内にてニオイの測定を行った。測定の結果、両者のセンサ値に差は認められず、解析の結果においても両者のニオイに差があるとは言えなかった。これは、貯蔵初期と出荷前の腐敗塊茎の発生程度に差がなく、ニオイの差もなかったことによると考えられた。

③ 今年度の試験について

昨年度は試験対象の貯蔵庫（1 ヶ所）において、腐敗の発生程度の差が見られなかったことから、今年度はメーカーの協力を得て、試験対象とする貯蔵庫数を 2 ヶ所（品種「ぽろしり」1 ヶ所、品種「トヨシロ」1 ヶ所）とした。ニオイのサンプリング時期は昨年同様とし、腐敗の発生が少ないと考えられる貯蔵初期と、腐敗の発生や進行が予想される出荷前とした。貯蔵されいている馬鈴しょの腐敗の程度の評価は以下の手順で行った。サンプリングと同じ日に、貯蔵庫内の馬鈴しょ表面に枠（1m四方）を 1 から 3 ヶ所設置し、枠内にある目視で確認可能な腐敗塊茎数を数えた。貯蔵初期と出荷前で設置する枠はほぼ同じ場所になるように設置した。1 ヶ所あたりの平均腐敗塊茎数を貯蔵庫の全体の腐敗の程度を示す数値として評価した。ニオイの測定は同じサンプルについて 3 反復おこなった。ニオイの解析は専用

のアプリを用いた。解析の結果はクラスター分析樹形図と主成分分析（寄与率、主成分得点プロット）が出力される。クラスター分析樹形図は異なるものが混在しているデータについて、距離が近いデータ同士が集団（クラスター）を形成する。縦軸はデータ同士の距離を示し、高い位置で分岐するほど類似しないニオイであることを示している。主成分得点プロットは元の高次元のデータを少ない次元の主成分軸にプロットしたもので、プロット同志の位置が遠いほどニオイの違いが大きいことを示す。また、主成分に含まれるデータの情報量は寄与率（%）であらわされる。例えば主成分 1（PC1）の寄与率が 60%、主成分 2（PC2）の寄与率が 25%の場合、元の変数全体の 60%が PC1、25%が PC2 に圧縮されている。累積寄与率は低次元の主成分から当該する主成分までの積算を表し、慣例的に累積寄与率が 80%を超える主成分数が最低必要と考えられている。今回の試験では、累積寄与率は「ぽろしり」「トヨシロ」いずれも PC1 のみで 95%以上であった（図 3、図 8）が、貯蔵庫内が高湿度でサンプルにも多くの水蒸気が含まれ、PC1 に強く影響する可能性があること、一般的にニオイのもととなる物質はわずかしか含まれていないことから主成分 3（PC3）までを解析対象とした。

（２）　センサ B（MSS）の測定系の構築

センサ B は非常に高感度で、測定環境の変動や測定経路のわずかなリークも測定値（シグナル）に影響する．ニオイの測定に先立ち，安定したシグナルを得るための測定系の構築を試みた．室内にあるニオイの影響を避けるため，ニオイのサンプルが通る経路（サンプルルート）とセンサ内部をクリーニング（パージ）する経路（パージルート）に流す気体はグレード２の純空気（G2Air）を用い，リークが無ければ，純空気を測定した安定した測定値が得られるようにした．構築した測定経路を図 12 に，測定の結果の一部を図 13 および図 14 に示す.

５．研究結果

（１）センサ A による貯蔵庫内のニオイの測定

④　試験の結果と考察

「ぽろしり」と「トヨシロ」の貯蔵初期と出荷前の腐敗塊茎数を表 1 に示す。「ぽろしり」は貯蔵初期に腐敗塊茎は 1 ㎡あたり 3.5 個と初期から腐敗塊茎が認められ、出荷前は 5.0 個とわずかに増加があった。「トヨシロ」は貯蔵初期の腐敗塊茎は 0 個で貯蔵庫内に腐敗塊茎はほとんど認められず、出荷前は 1.0 個でわずかに腐敗の発生があった。

「ぽろしり」のクラスター分析樹形を図 2 に、寄与率・累積寄与率を図 3 に、主成分得点プロットを図 4 から図 6 に、「トヨシロ」のクラスター分析樹形を図 7 に、寄与率・累積寄与率を図 8 に、主成分得点プロットを図 9 から図 11 に示す.「ぽろし

り」のクラスター分析樹形図（図 2）では、高い部分で分岐が起こり、2 つのグループに分かれている。しかし、どちらのグループにも貯蔵初期と出荷前が含まれ、いずれも次の分岐は低い位置あることから、両者はよく似ていると考えられる。また、主成分得点プロット（図 4・5・6）では、大半の情報を表す PC1（寄与率 95.5%）と PC3（寄与率 0.5%）の軸において、出荷前と貯蔵初期のプロットのほとんどが重なっており、データのばらつきは大きかった。PC2（寄与率 2.7%）では、プロットのばらつきが大きいものの、2 つの集団に分かれており、貯蔵初期と出荷前は異なる特徴のニオイがあることが示唆された。貯蔵庫内は湿度が 95%以上と非常に高いこと、ニオイの成分は空気中にわずかしか含まれないことが多い。ニオイセンサは湿度にもよく反応し、PC1 はこういった外部要因の影響が表れる傾向がある。このことから、PC1 は湿度を、PC2 がニオイを示し、PC2 でニオイの違いを判別してる可能性が考えられる。「トヨシロ」のクラスター分析樹形図（図 7）では、高い位置で分岐がおこり、類似度が低い 2 つのグループに分かれている。片方は貯蔵初期のみが含まれるグループとなっており、もう一方は出荷前と貯蔵初期の一部が含まれ、低い位置で分岐している。また、主成分得点プロットにおいても PC1 の軸においてクラスター分析樹形図同様に、貯蔵初期の一部のプロット出荷前のプロットと重なり判別できない。このデータ群は 3 反復の測定の内の 1 反復のデータであった。PC1 は湿度を表していると考えられ、測定時に何らかの理由で湿度に影響を与える事象があった可能性が考えられる。PC2（寄与率 1.3%）の軸において、貯蔵初期と出荷前のプロットは異なる位置にあるが、データのばらつきが大きく、一部重複しており、完全に判別ができているとは言えない。「トヨシロ」の貯蔵初期と出荷前の腐敗塊茎数は、それぞれ 1 ㎡あたり 0 個と 1 個であった。貯蔵初期・出荷前ともに貯蔵庫内で腐敗塊茎のニオイはほとんど感じられなかったが、出荷前はこのわずかに存在した腐敗塊茎のニオイが PC２に反映されている可能性があると考える。

以上の結果から、腐敗の発生が少ない状況でも、本センサを用いて、貯蔵庫での腐敗臭の判別を行える可能性はあると考える。しかし、データにばらつきがあり、精密な判別にはさらにこのばらつきを小さく抑える必要がある。特にセンサ値に大きな影響を与える湿度のコントロールが重要で、今後は、インキュベータを温度や湿度が制御された室内に置くなど、インキュベータ自身の温度や湿度の変化が少なくなるような測定環境のさらなる安定化が必要と考える。

次に、2023 年から 2025 年における貯蔵庫の腐敗の発生について述べる。本研究を実施した 2024 年・2025 年は，腐敗が多く発生した 2023 年と比べて腐敗の発生が非常に少なかった。2021 年から 2025 年の 9 月の気温と腐敗の関係について、気象庁のデータから考察するとともに、馬鈴しょの管理について、貯蔵庫メーカーに聞き取りを行った．サンプリングを行った貯蔵庫は，馬鈴しょの収穫時期である 9 月に，夜温（夜間の外気の温度）が低くなることを利用し，外気を貯蔵庫内へ導入すること

によって貯蔵庫の温度を下げて，貯蔵に適した温度への調節を行っている． メーカー所在地のA町の気温を表2に示す。腐敗が多発した2023年は9月の気温が例年よりも非常に高い年であった。特に貯蔵庫の温度低下に重要な役割を果たす日最低気温の平均が、2021年は平均9.8℃、2022年は11.3℃であったが、2023年は14.9℃と2.6℃以上高かった。また、2023年の9月の最低気温は7.3℃と前年の2022年より4.6℃高い。そのため、2023年は、例年より品温の高い馬鈴しょが貯蔵庫に運び込まれ、また、貯蔵庫の温度低下が遅れ、腐敗が多く発生する原因となったと考えられる。2024年と2025年は、腐敗の発生は非常に少なかったが、日最低気温がそれぞれ、11℃、11.4℃、また9月の最低気温がそれぞれ4.2℃と3.7℃となっており、2023年ほどの高温ではなかった。貯蔵庫メーカーからの聞き取りでは、従来の管理方法では高温への対応に限界があり2023年の腐敗の多発につながったとの認識から、2024年より高い気温に対応した管理方法へ改良をおこなった。改良した管理方法が2024年と2025年は腐敗の発生を低く抑えることに効果的であった、との回答であった。また、この貯蔵庫メーカーでは、今後の温暖化の進行に対し、冷蔵設備を備えた貯蔵庫の整備を積極的に進めている。冷蔵設備を備えた貯蔵庫の一つは2024年8月より稼働しており、高温による腐敗の発生リスクへの対策を今後一層進めるとのことであった。

（２）センサB（MSS）の測定系の構築

構築した測定経路を図12に，測定の結果の一部を図13および図14に示す．測定の結果，わずかではあるが，湿度が徐々に上昇している（図13）ことからわずかなリークがあることが推測される．リークはルートの接続部に起こっている可能性が高く、部品の変更等で改良すると考えられる。また，正確な測定を行うには，センサ本体の温度が安定する必要がある．測定開始後，5000秒から20000秒の間の温度は0.1℃の変動で安定しているが，20000秒から測定終了の24000秒にかけて約0.3℃の温度上昇がみられた（図14）．このことから，20000秒以降，何らかの負荷がセンサ本体にかかっている可能性があった．この測定では、パージルートのガスバッグのG2Airの消費量が多く、測定が進むとガスバッグ内のガス残量が減り、測定終盤ではポンプで吸引する際に負荷がかかっている可能性も考えられた。負荷の軽減のために、ガスバッグを大きな容量へ変更し、また、センサBが負荷がかかった時にセンサボックス内に熱がこもる可能性もあるため、センサボックスサイズの変更を行うことで改善すると考える。

6. 今後期待される成果

貯蔵庫における試験に用いたニオイセンサ（I-PEX社製，nose@MEMS）は，腐敗塊茎と健全塊茎のニオイの違いを判別することが可能であった。今後の温暖化の進行により、冷蔵設備のない貯蔵庫での腐敗は引き続き発生する可能性があることから、

ニオイセンサで腐敗の早期発見を図り、腐敗の進行を遅らせる対策をとることで貯蔵中の馬鈴しょの減耗率を低下させることが期待できる。

図１　ニオイセンサ
左：nose@MEMS（センサ A）　右：MSS（センサ B）

表１　　貯蔵庫内の腐敗塊茎数　（1 ㎡あたり）

	貯蔵初期		出荷前	
	サンプリング日	腐敗塊茎（個）	サンプリング日	腐敗塊茎（個）
ぽろしり	10月3日	3.5	10月24日	5.0
トヨシロ	9月19日	0.0	11月14日	1.0

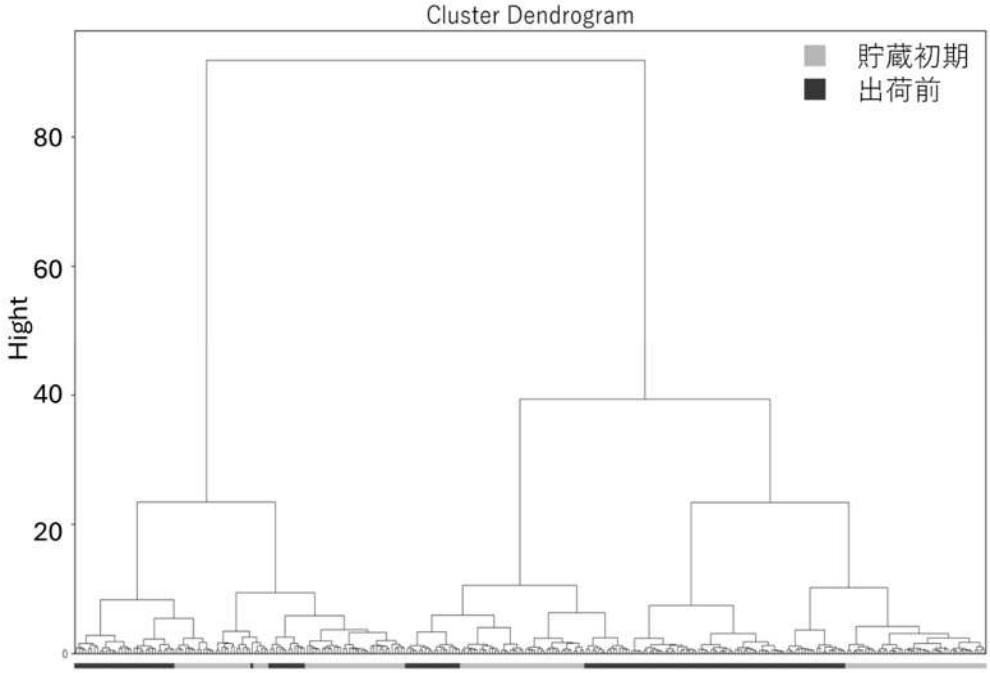


図 2　　クラスター分析樹形図「ぽろしり」

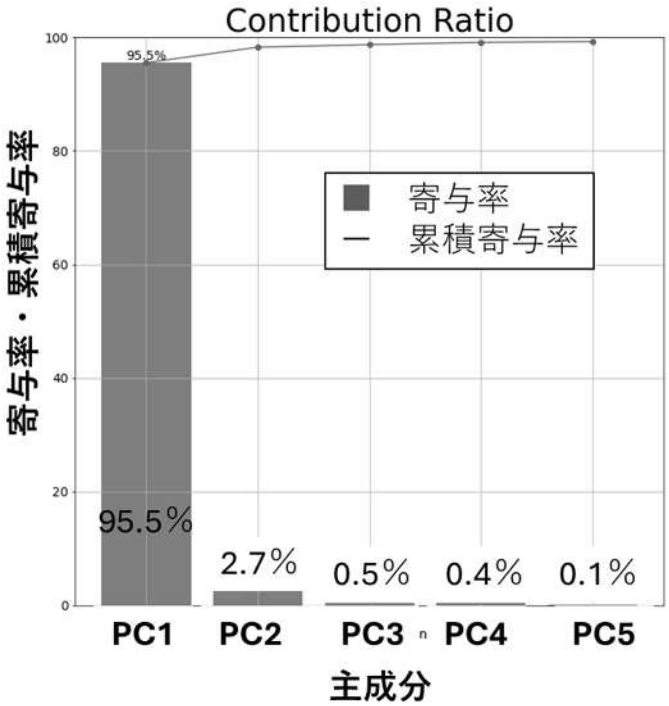


図 3　　寄与率・累積寄与率「ぽろしり」

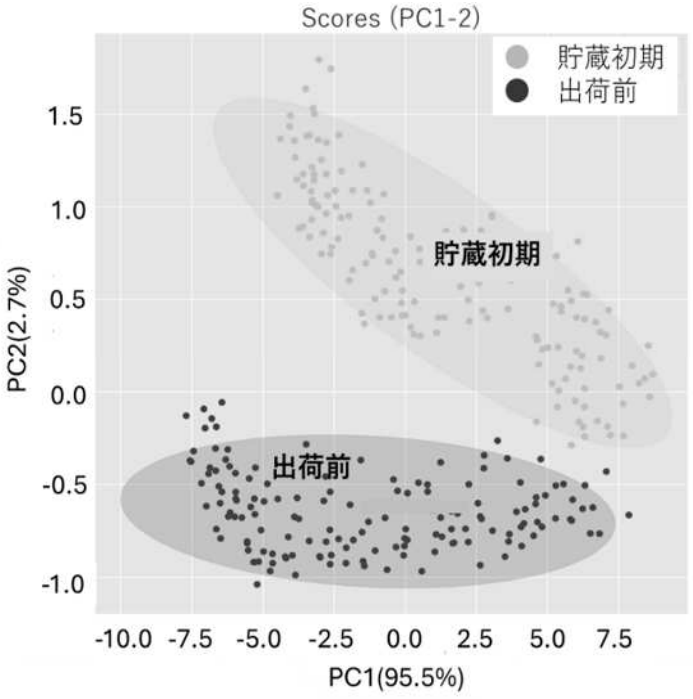


図 4　　主成分得点プロット：PC1-2「ぽろしり」

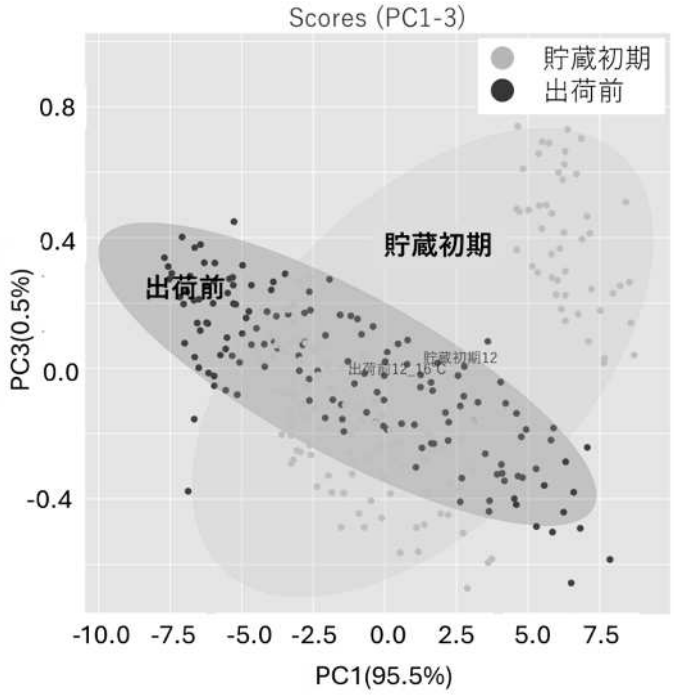


図 5　主成分得点プロット：PC1-3「ぽろしり」

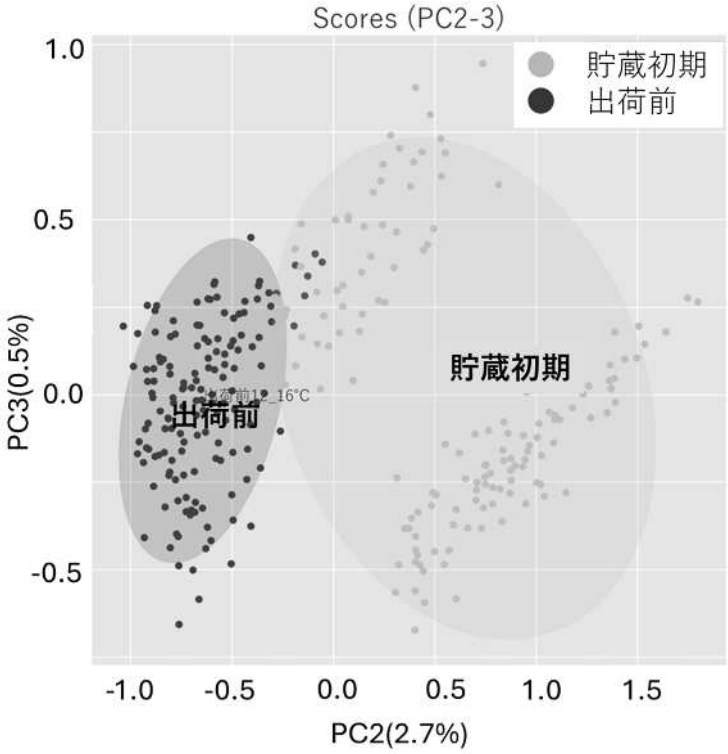


図 6　主成分得点プロット：PC2-3「ぽろしり」

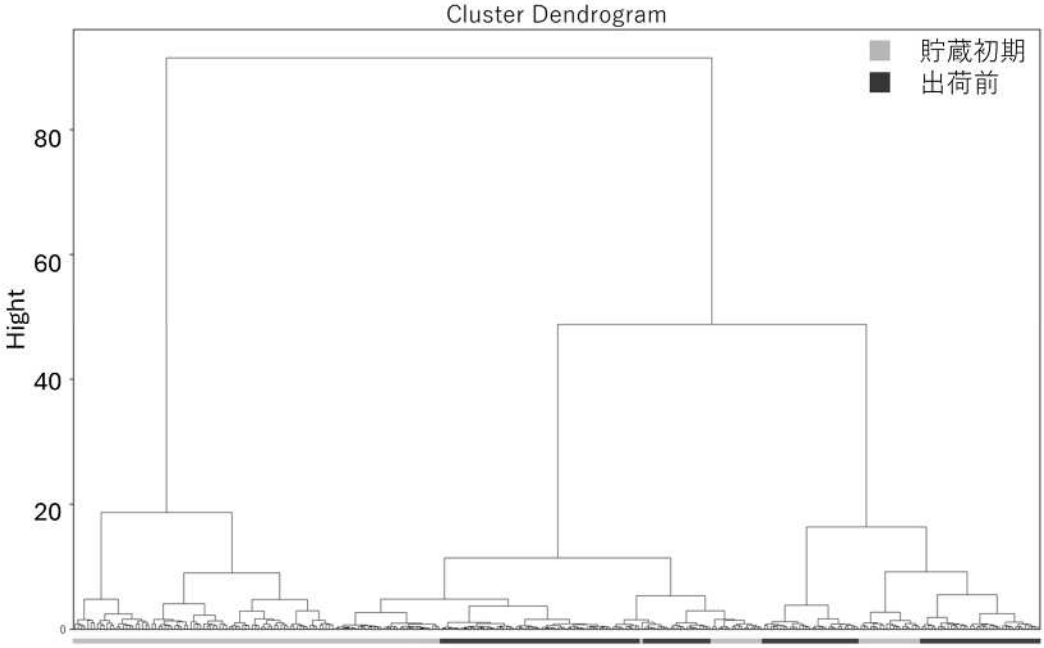


図 7　　クラスター分析樹形図「トヨシロ」

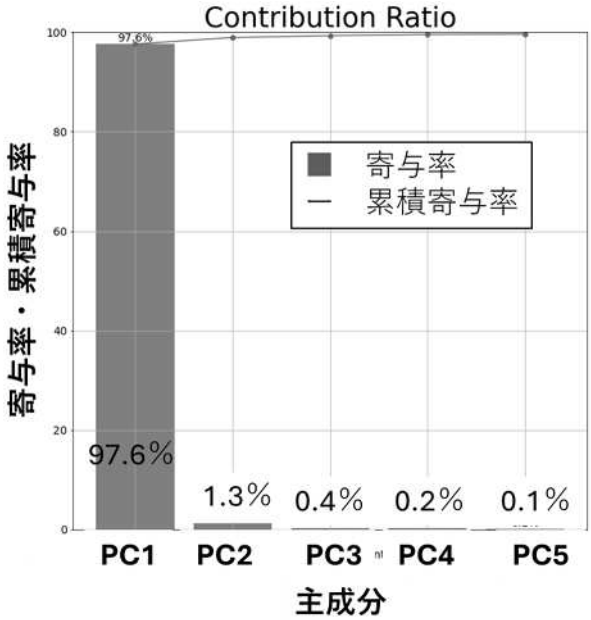


図 8　　寄与率・累積寄与率「トヨシロ」

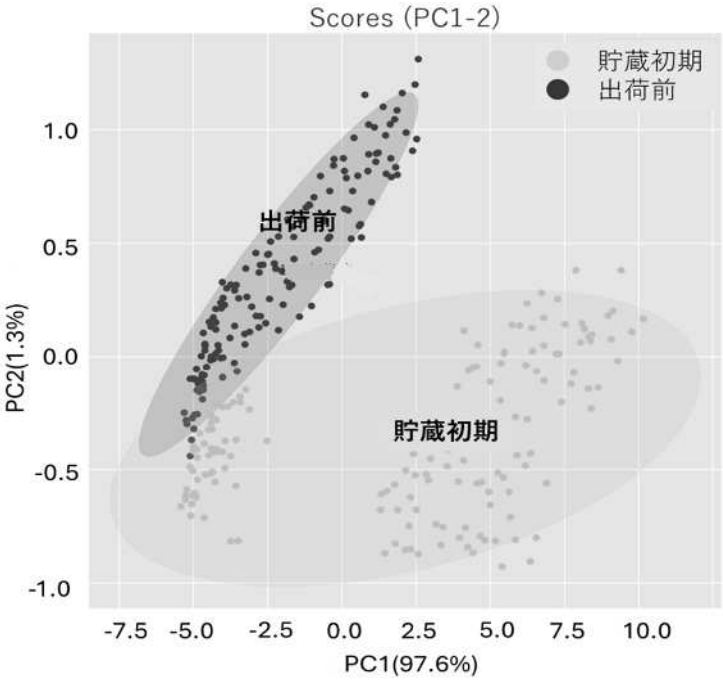


図 9　　主成分得点プロット：PC1-2「トヨシロ」

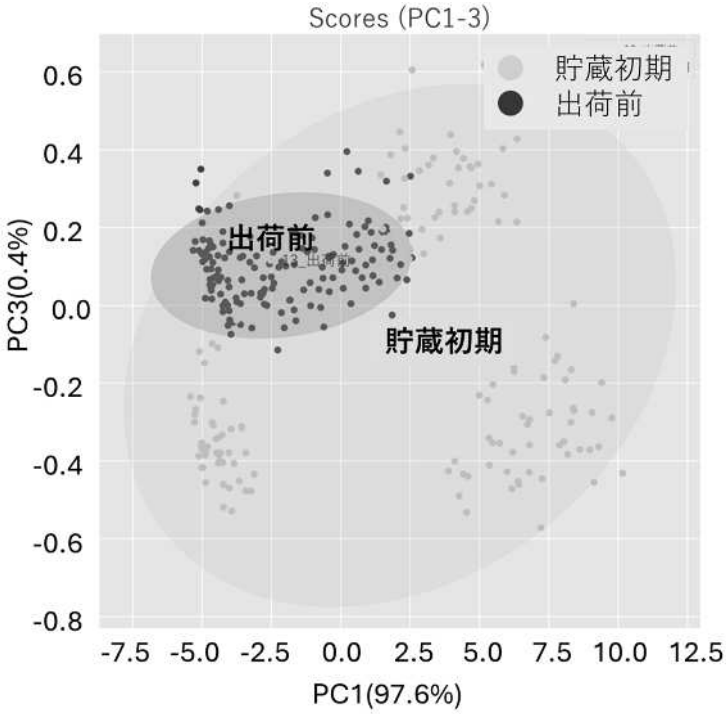


図 10　主成分得点プロット：PC1-3「トヨシロ」

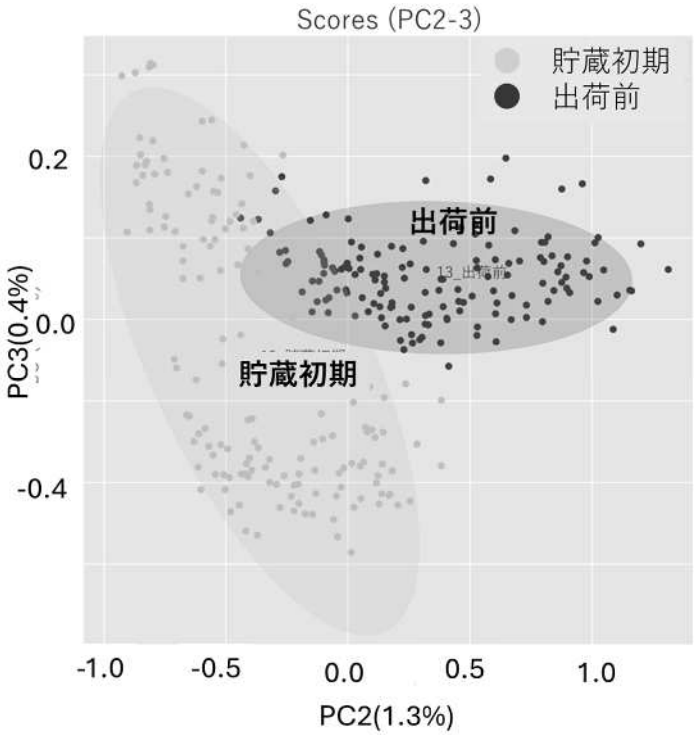


図 11　主成分得点プロット：PC2-3「トヨシロ」

表 2　　9 月の気温　（A 町）

年	平均					20°C以上の日数		
	日平均 (°C)	日最高 (°C)	日最低 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	日平均 (日)	日最高 (日)	日最低 (日)
2021	15.4	20.9	9.8	27.3	2.2	0	17	0
2022	16.9	22.8	11.3	30.3	1.7	4	23	0
2023	**19.3**	**24.7**	**14.9**	**31.7**	**7.3**	**16**	**27**	**4**
2024	17.5	23.8	11	30.4	4.2	8	24	0
2025	17.7	24.2	11.4	29.1	3.7	5	26	0

（気象庁　過去の気象データをもとに作成）

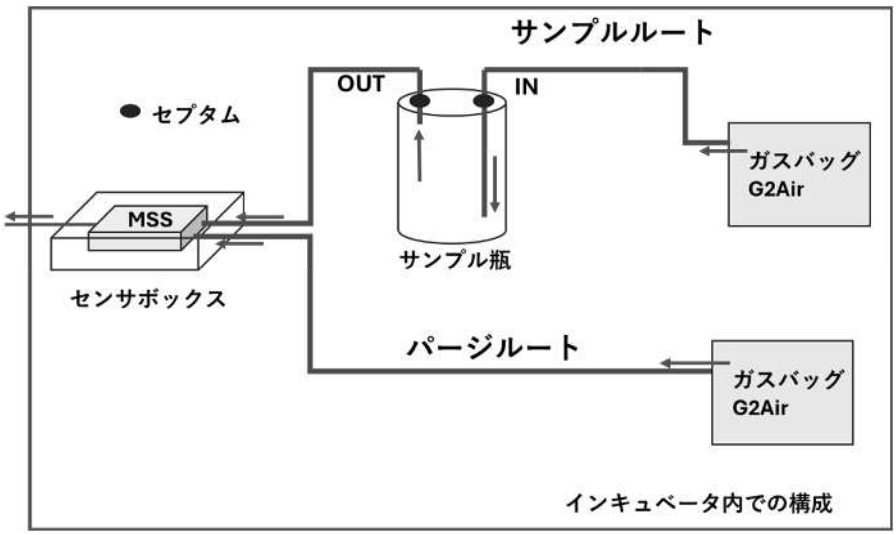


図 12　測定経路　（センサ B）

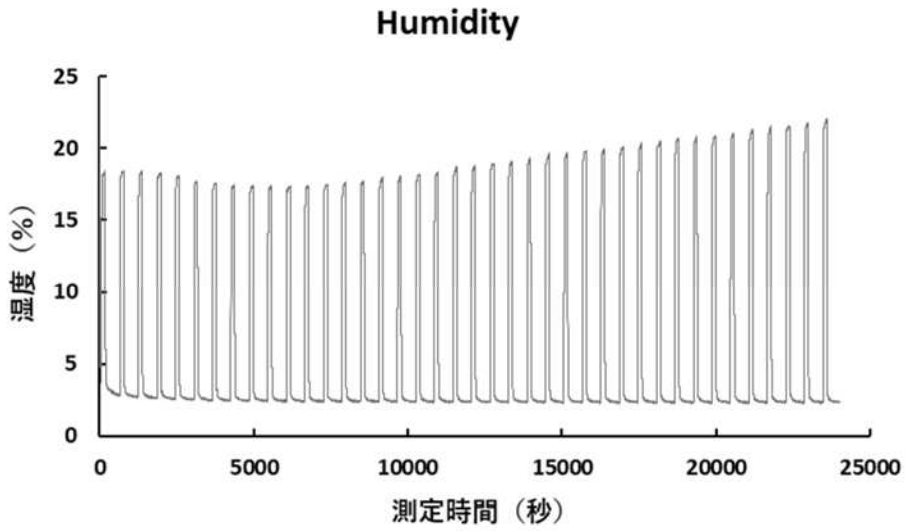


図 13　湿度ログ（センサ B）

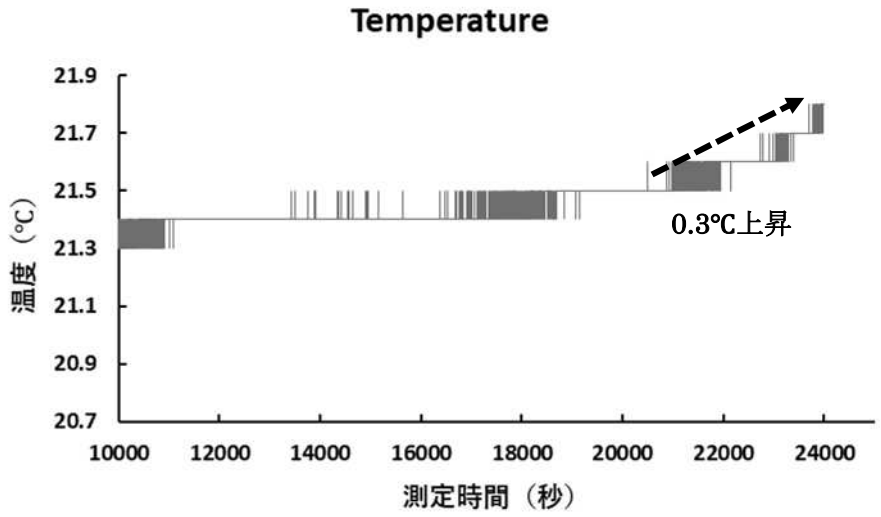


図 14　温度ログ　（センサ B）

大規模畑作経営におけるでん粉原料用馬鈴しょの作付安定化条件－大規模経営のでん原馬鈴しょの位置付け－（継続課題）

１．　研究機関　　国立大学法人帯広畜産大学

２．　研究期間　　令和 7 年度～令和 9 年度

３．研究目的

（１）でん粉原料用馬鈴しょ（以下、でん原馬鈴しょ）を含む馬鈴しょは、輪作を行う北海道の畑作経営の存立上重要な作物である。しかしながら、北海道における馬鈴しょの作付面積は減少傾向にある。でん原馬鈴しょも同様であり、2005 年に 18,064ha であったが、2020 年には 15,473ha へと 15％減少している。でん原馬鈴しょの作付面積は、畑作専業経営が多い道内の十勝及びオホーツク管内で 95％以上を占めており、これらの 2 地域での生産振興が特に重要である。一方、でん原馬鈴しょの生産費は 2000 年以降上昇しており、特に農機具費や農薬費の上昇率が高く、2000 年から 2022 年にかけて 2.7 倍と 1.9 倍になっている。さらに、これらの費用はでん原馬鈴しょの作付規模が拡大しても低下しておらず、大規模層でもコストが高止まりしている恐れがある。

（２）北海道立総合研究機構農業試験場資料第 42 号や同 44 号での農林業センサスを用いた動向予測において、十勝やオホーツク管内での農業経営体数や農家世帯員数の減少と、1 経営体当たりの面積の拡大が見通されている。現状においても、十勝やオホーツク管内のでん原馬鈴しょの生産が盛んな市町村において、50ha 以上の経営体数が地域に占める割合が高まりつつある。大規模化が進展する中で、畑作地帯においても大豆の作付面積が拡大傾向にあるのに対し、馬鈴しょやてん菜の作付面積は縮小傾向にある。

　したがって、家族労働力の縮小の下で一層の大規模経営の増加が見込まれることから、でん原馬鈴しょを生産する主要な地域である十勝やオホーツク管内において、1 経営体当たり 50～60ha を超える大規模経営の中にでん原馬鈴しょが 10ha 以上安定して位置付くことが重要である。こうした点を検討する際には、労働力が縮小することを想定した省力性と、経営の継続性を踏まえた経済性、及び畑作経営における 4 品での輪作体系を捉えた下で行うことが必要であろう。

（３）このため、でん原馬鈴しょの作付けが盛んな地域を対象とした大規模畑作経営の実態調査と分析により、でん原馬鈴しょの経営内での位置付け、利用する農機具や防除の実態、作業体系、及び輪作体系を明らかにし、そこでの経済性や省力性の評価を行う。これらにより、でん原馬鈴しょを組み入れた経営像を解明するとともに、北海道にて大規模畑作経営がさらに増加した下での、でん原馬鈴しょの作付面積の確保に資することを目的とする。

４．研究内容

（１）大規模経営におけるでん原馬鈴しょの位置付けの解明（令和 7 年度）

ねらい：でん原馬鈴しょの生産が盛んな地域を十勝及びオホーツクから選定した下で、大規模畑作経営が展開する地域におけるでん原馬鈴しょを含む作付動向を明らかにする。また、作付規模の大きい経営における経営概況、馬鈴しょの位置付け、でん原馬鈴しょの作付け拡大に向けた課題を明らかにする。

試験項目：調査地域・でん原馬鈴しょ経営の概況、作付作物と選択の理由
調査地域：十勝（中央部、中央周辺部）、オホーツク（北見周辺、斜網）
（２）でん原馬鈴しょの導入技術と作業体系の特徴の分析（令和 7～9 年度）
ねらい：調査経営におけるでん原馬鈴しょの作業体系等の調査により、でん原馬鈴しょの経済性や省力性の特徴を明らかにする。また、その他の作物の作業体系を明らかにし、でん原馬鈴しょの経済的な特徴を明確にする。
試験項目：農機具の保有利用実態、防除体系、輪作、主要作物の作業体系、作物別の投下労働時間・経済性
調査対象：（１）の地域内のでん原馬鈴しょを生産する大規模畑作経営（2 地域×3 経営程度）
（３）60ha 以上の大規模経営にでん原馬鈴しょが位置づくための条件の解明（令和 8～9 年度）
ねらい：（１）（２）の結果を踏まえ、でん原馬鈴しょを含む畑作 4 品を中心とした作物別の経済性・労働時間を設定した下で経営モデルを作成し、でん原馬鈴しょ導入時の経済性、投下労働時間、輪作体系を明らかにする。さらに、でん原馬鈴しょが大規模畑作経営に導入されるための生産性や省力性等の条件を提示する。
試験方法：線形計画法
試験項目：でん原馬鈴しょ導入経営モデル作成と経営評価（複数の経営モデル作成による比較分析：例（経営面積拡大前モデル 40～50ha、でん原馬鈴しょ面積に差のある大規模モデル 70～80ha 程度））

５．研究結果

（１）統計資料等を用いたでん原馬鈴しょの生産と大規模化の進展等に係る市町村別分析

馬鈴しょ作付面積が大きいのは十勝、オホーツク、次いで後志、上川である。図１の期間において全振興局で作付面積は減少しているが、1990 年対比の 2023 年の作付面積は、十勝は 9 割弱、オホーツクも 75%を保っている。その他の地域は、後志も 76.6%を保っているが、上川は 4 割強にまで減少している。さらに、振興局の半数において 50%以上の作付面積の減少がみられる。この下で、道内における十勝とオホーツクの馬鈴しょ作付面積割合が高まっており、2023 年では 78.6%にまで高まっている。

表１にオホーツク及び十勝の市町村別に馬鈴しょ生産状況を整理した。オホーツクの斜網と十勝の中央周辺、及び十勝の沿海山麓の一部に、1 経営体当たりの経営耕地面積が大きく（≒経営規模が大きく）、馬鈴しょの作付面積や原料用馬鈴しょの作付面積・経営体数も多く、かつ割合も高い市町村がみられる。具体的には、斜里町、清里町、更別村があげられる。以下で詳しく確認する。

図２に馬鈴しょ作付面積と原料用馬鈴しょ作付面積の関係を市町村別に散布図で示した。斜網において、馬鈴しょの作付面積が大きく、その中で原料用馬鈴しょ作付面積が他の市町村より飛びぬけて大きい市町がみられる（網走市、斜里町、清里町、小清水町）。十勝では、更別村、幕別町、中札内村、浦幌町が相対的に原料用馬鈴しょ作付面積が大きい。

図３に原料用馬鈴しょ作付経営数と経営体当たり原料用馬鈴しょ作付面積の関係を

市町村別に散布図で示した。図２と同様に斜網の 4 市町が特徴的な位置にある。十勝においても、同様に 4 町村において相対的に経営数が多く、経営体当たりの原料用馬鈴しょ作付面積も大きい傾向がみられる。また、津別町や清水町は、原料用馬鈴しょ作付経営体は少ないものの、経営体当たりでは平均の原料用馬鈴しょ作付面積が 10ha を超えている。

図４には、経営体当たりの経営耕地面積と同原料用馬鈴しょ作付面積の関係を散布図で示した。経営規模でみると、オホーツクでは、津別町、清里町、斜里町が、経営体当たり経営耕地面積が概ね平均 40ha かつ原料用馬鈴しょの作付面積 10ha 以上である。十勝では、中札内村、浦幌町、新得町において両者が相対的に大きく、更別村がそれに次いでいる。

以上から、畑作経営の経営面積が大きく、かつ、原料用馬鈴しょを生産する経営が多く、また原料用馬鈴しょの作付面積が大きい経営が相対的に多く存立しているとみられる、オホーツク及び十勝地域を対象としてでん原馬鈴しょの生産状況を調査・分析することが、でん原馬鈴しょの生産振興を図るうえで重要であろう。

（２）でん原馬鈴しょ作付経営の概況及び作付選択の理由・課題

（１）で抽出した 3 町に位置する JA 資料を用いて、表２にでん原馬鈴しょの経営体と面積を示した。3 地域とも経営面積が 50ha/経営体前後であるとともに、でん原馬鈴しょを作付する経営も 100 以上、でん原馬鈴しょの面積も大きい。大規模経営が立地しているでん原馬鈴しょの生産が盛んな畑作地帯である。

調査 JA における各経営の経営面積とでん原馬鈴しょ作付面積の分布を図５，６，７及び表３に示した。3 地域とも経営面積がより大きい経営においてでん原馬鈴しょ作付面積も大きい経営も存在している。一方で、特に A 地域や C 地域においては、経営面積が 50ha を超えてもでん原馬鈴しょの作付面積が相対的に小さい経営も分布している。表３に示したように、経営面積が 60ha 以上かつでん原馬鈴しょ作付面積が 10ha 以上になる経営は、3 地域とも一部の経営に止まる。でん原馬鈴しょを作付する経営のうち、3 地域とも 10%前後の経営数である。

表４に、調査 JA 担当者に対する聞き取り調査による、でん原馬鈴しょ生産に係る特徴を示した。でん原馬鈴しょの作付面積が 10ha 以上ある経営の特徴は JA によって異なった。でん原馬鈴しょを選択する理由としては、オフセットハーベスタが普及しつつある現状においても、作業時間が短いという特徴はあるとされた。関連して、食加工用収穫機よりも投資額が抑えられるという点も指摘された。生産上の課題については、経済性に係る課題（清算時期、他用途品種と比べた収益性、コスト）と大規模化が進む中での作業競合や作業体系の変更があげられた。

（３）大規模調査経営の選定

表５～７に、3 地域の経営耕地面積別にでん原馬鈴しょ作付面積で区分したでん原馬鈴しょ作付け状況を示した。

表５をみると、でん原馬鈴しょ作付経営数は、畑作経営数の多いモード層（40ha 未満）の経営での 10ha 未満と、40～60ha 階層の 10ha 以上に多くみられる。ただし、でん原馬鈴しょ作付面積でみると、5ha 未満のシェアは小さく、60ha 未満で 10ha 以上を作付けしている経営による面積が 35.7%を占める。一方で、60ha 以上経営では 17.2%と 2 割に満

たない。現状では、でん原馬鈴しょの面積は中小規模経営によって支えられている。しかしながら、今後の規模拡大を踏まえると 60ha 以上での経営で大規模（10ha 以上）に作付けされることも重要になる。

表６をみると、でん原馬鈴しょ作付経営はモード層（40～60ha）が 4 割を占めており、10ha 以上の経営が多くを占めている。一方、60ha 以上の経営は経営数・作付面積ともに 1 割程度にとどまっている。ただし、全体的には、1 経営体当たりでん原馬鈴しょ作付面積 10ha 以上の経営で、でん原馬鈴しょ作付面積の 76.0％を占めており、これらの経営によって強く支えられている。

表７をみると、でん原馬鈴しょ作付経営はモード層（40～60ha）の経営が、でん原馬鈴しょ作付経営の半数程度を占めており、特に 5ha 未満の経営が多くを占めている。ただし、作付面積でみると、40ha 以上で 10ha 以上を作付けしている経営による面積が 4 割以上（43.6％）を占め、これに 40～60ha 階層の 5～10ha を加えると、6 割を超える。でん原馬鈴しょの面積は経営体当たり 10ha 以上作付する経営によって強く支えられている。

以上から、今後大規模化の進展と 1 経営体当たりでん原馬鈴しょ作付面積の拡大が期待される A 地域及び畑作地帯でも大規模化が進展する C 地域を対象とする。近年加工用馬鈴しょとの競合も生じていることから、経営面積が 60ha 程度以上かつ馬鈴しょ作付面積 10ha 以上（でん原用及び加工用）の畑作経営を対象として実態調査及び経営データの収集・分析を行う。

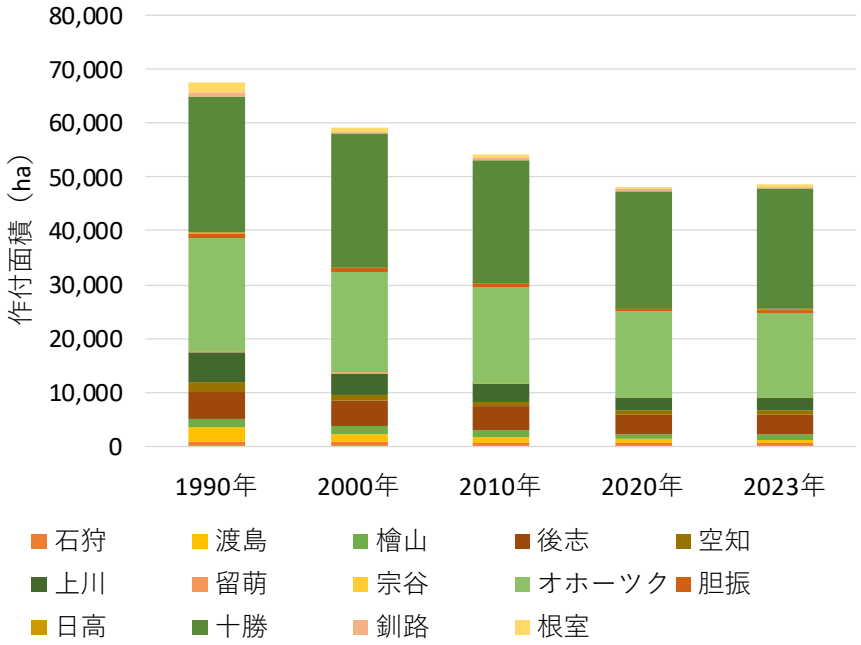
（４）調査経営の経営概況

第８表に、調査経営の土地利用の概況を示した。調査経営は、家族労働力を主とする大規模畑作経営である。作付作物はいわゆる畑作 4 品を中心として生産しており、十勝の調査経営は 4 品とも 15ha を超える中で、複数の豆類、加工用馬鈴しょ、てん菜直播を取り入れており、両経営とも、近年畑作地帯で広くみられる作付をしている経営である。オホーツクの調査経営は、従来からみられる豆類を除いた畑作 3 品を中心としつつ、オホーツク管内でも作付けがみられるようになった豆類の作付も一部されている。また、でん原馬鈴しょ作付面積は管内でも大きい経営である。

3 月以降も調整及び調査を実施しており、8 年度に予定する実態調査及び経営データ収集について、対象の経営と調整を進めている。

６．今後期待される成果

地域データの分析を踏まえた実態調査と分析を進めることにより、大規模畑作経営においてでん原馬鈴しょが作付けされる際の経済性、年間投下労働時間、想定される機械装備や輪作体系を提示することにより、でん原馬鈴しょを大規模に生産するための収量水準や省力性、作物の組み合わせ等の経済的な目標を示すことが期待される。



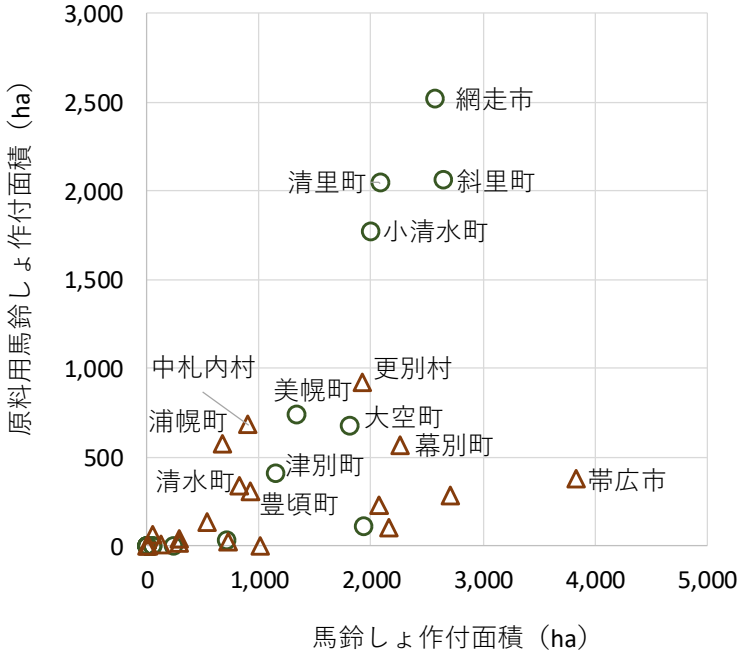
第 1 図.　振興局別の馬鈴しょ作付面積の推移

第 1 表.　オホーツク及び十勝の市町村別の馬鈴しょ生産状況

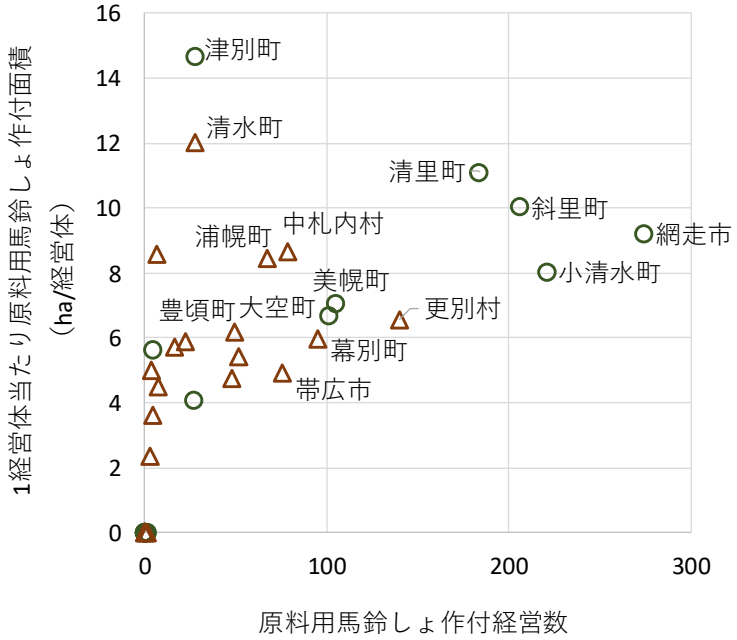
		経営体当たり経営耕地面積（ha/経営体）2010年	2020年	変化率（%）	馬鈴しょ作付面積（ha）	馬鈴しょ作付割合（%）	原料用馬鈴しょ作付面積（ha）	原料用馬鈴しょ作付割合（%）	原料用馬鈴しょ作付経営数	経営体当たり原料用馬鈴しょ作付
オホーツク		30.5	38.3	125.5	16,627	11.2	10,366	62.3	1,154	9.0
北見周辺	北見市	21.1	27.3	129.3	1,933	9.4	110	5.7	27	4.1
	訓子府町	19.4	23.8	122.6	715	10.4	28	3.9	5	5.6
	置戸町	33.9	53.5	157.8	247	5.6	0	0.0	2	0.0
斜網	網走市	33.3	37.0	111.3	2,577	20.9	2,516	97.6	274	9.2
	美幌町	22.8	27.5	120.5	1,339	13.5	738	55.1	105	7.0
	津別町	29.8	35.3	118.6	1,153	22.9	410	35.6	28	14.6
	斜里町	34.4	40.0	116.4	2,656	27.1	2,063	77.7	206	10.0
	清里町	37.0	40.7	109.8	2,086	24.9	2,042	97.9	184	11.1
	小清水町	27.5	32.5	118.1	2,003	21.0	1,774	88.6	221	8.0
	大空町	27.2	30.8	113.0	1,812	14.4	674	37.2	101	6.7
遠紋	紋別市	50.4	74.0	146.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	佐呂間町	33.0	49.0	148.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	遠軽町	35.7	59.2	165.8	56	1.1	0	0.0	0	0.0
	湧別町	30.1	38.8	128.7	48	0.5	0	0.0	0	0.0
	滝上町	38.1	65.0	170.7	2	0.1	0	0.0	1	0.0
	興部町	64.0	105.0	164.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	西興部村	73.5	136.1	185.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	雄武町	102.0	136.7	134.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
十勝		38.3	45.7	119.4	21,396	9.2	4,665	21.8	706	6.6
中央	帯広市	31.0	36.0	116.1	3,839	17.5	374	9.7	76	4.9
	音更町	30.5	35.1	115.1	2,071	9.5	227	11.0	48	4.7
	芽室町	31.3	35.4	112.9	2,707	14.2	282	10.4	52	5.4
	幕別町	34.2	42.8	124.9	2,269	10.7	566	24.9	95	6.0
中央周辺	士幌町	40.5	44.8	110.5	2,163	14.5	97	4.5	17	5.7
	鹿追町	45.3	52.2	115.3	1,020	9.1	0	0.0	1	0.0
	清水町	39.5	43.6	110.2	826	6.0	336	40.7	28	12.0
	中札内村	43.2	50.9	118.0	908	13.3	682	75.1	79	8.6
	更別村	49.1	50.5	102.8	1,927	17.7	919	47.7	140	6.6
	池田町	26.9	36.2	134.5	297	3.7	36	12.1	8	4.5
	本別町	32.9	40.3	122.2	536	5.5	135	25.2	23	5.9
山麓	上士幌町	55.0	69.2	125.7	730	6.9	20	2.7	4	5.0
	新得町	46.6	54.6	117.2	60	1.1	60	100.0	7	8.6
	足寄町	44.3	57.8	130.4	126	1.0	7	5.6	3	2.3
	陸別町	51.6	57.8	111.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0
沿海	大樹町	64.2	91.6	142.7	286	2.0	18	6.3	5	3.6
	広尾町	46.2	69.9	151.3	22	0.4	0	0.0	2	0.0
	豊頃町	50.6	61.5	121.7	926	9.2	308	33.3	50	6.2
	浦幌町	40.9	51.2	125.2	683	6.7	574	84.0	68	8.4

資料：農林業センサスより作成。

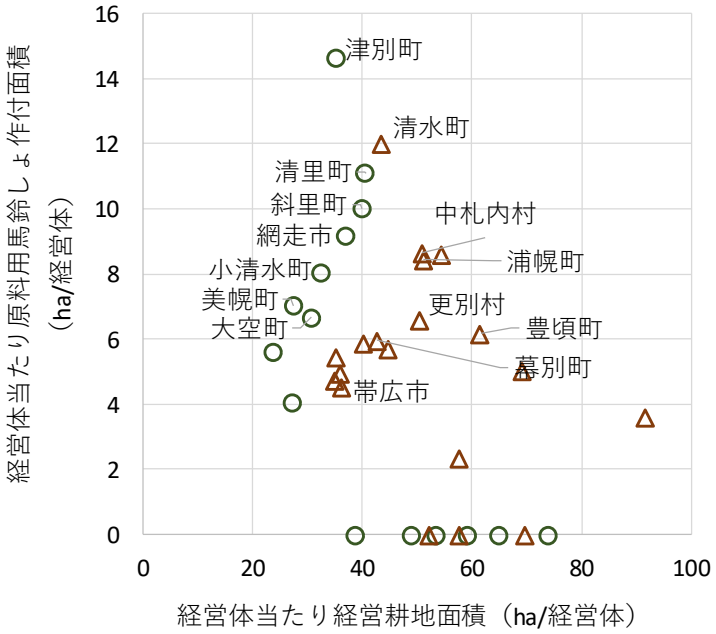
注：秘匿は0とした。



第 2 図.　馬鈴しょ作付面積と原料用馬鈴しょ作付面積の関係



第 3 図.　原料用馬鈴しょ作付経営数と経営体当たり原料用馬鈴しょ作付面積の関係

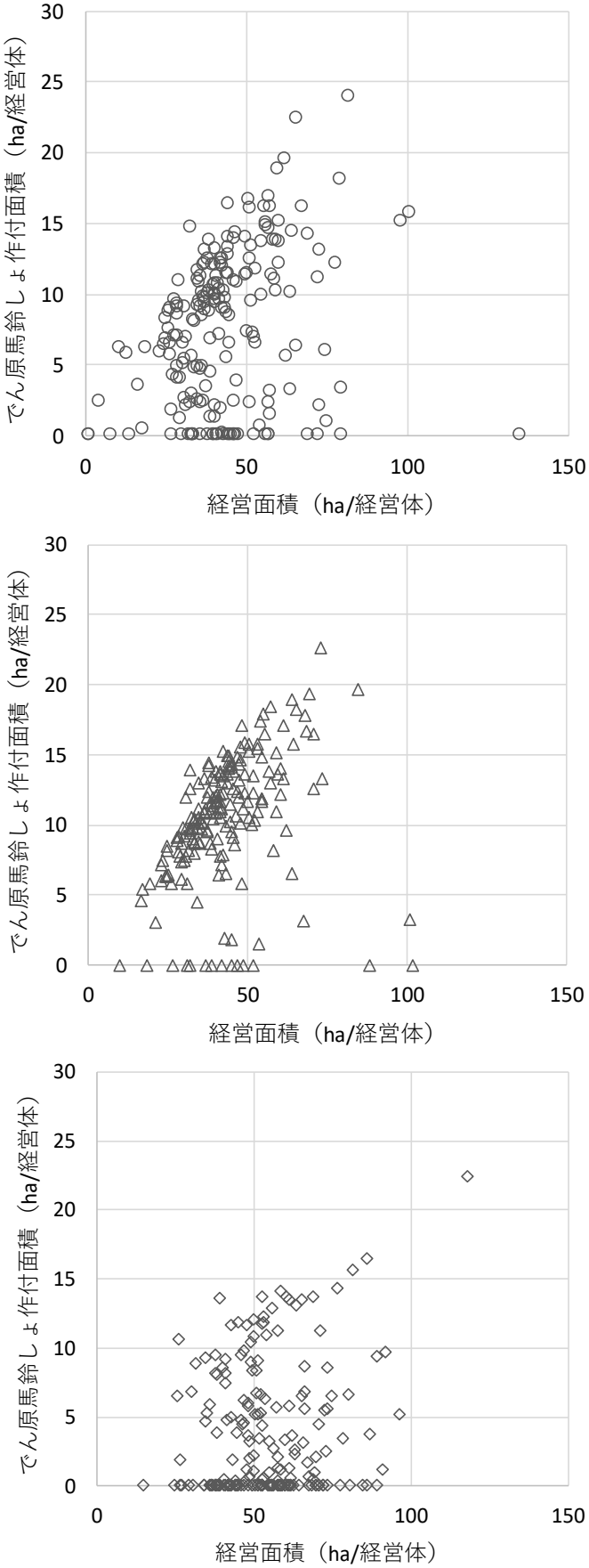


第 4 図.　経営体当たり経営耕地面積と経営体当たり原料用馬鈴しょ作付面積の関係

第 2 表.　調査 JA のでん原馬鈴しょ生産概況

		オホーツク		十勝
		A	B	C
経営体数	(数)	208	191	200
うち、でん原馬鈴しょ	(数)	172	177	117
平均経営面積	(ha)	46.5	43.7	55.3
経営面積	(ha)	9,669	8,342	11,063
うち、でん原馬鈴しょ	(ha)	1,644	2,006	782
	(ha/経営体)	9.6	11.3	6.7
でん原馬鈴しょの割合(経営体)	(%)	82.7	92.7	58.5
でん原馬鈴しょの割合(面積)	(%)	17.0	24.1	7.1

資料：各JA資料より作成。オホーツクの2JAはR7年値。C地域はR6年値である。



第 5，6，7 図.　経営面積とでん原馬鈴しょ作付面積の関係（A・B・C 地域）

第 3 表.　調査 JA の経営面積とでん原馬鈴しょ作付面積ごとの経営体数

（単位：経営体数）

		でん原馬鈴しょ					
		オホーツク				十勝	
		A		B		C	
		10ha未満	10ha以上	10ha未満	10ha以上	10ha未満	10ha以上
経営面積	60ha未満	120	58	72	97	118	16
	60ha以上	12	18	6	16	51	10

資料：各JA資料より作成。オホーツクの2JAはR7年値。C地域はR6年値である。

第 4 表.　調査 JA でのでん原馬鈴しょ生産に係る特徴

でん原馬鈴しょ	オホーツク		十勝
	A	B	C
作付面積が大きい経営の特徴	家族労働力3人あり、優良経営が多い	家族労働力が主体であり、労働力が特段多くはない 小麦がやや多い	村内での土質等の影響が大きく、経営間では特段ない
作付選択理由	小麦の前作作物の位置付け、加工用より投資額が低い	地元にでん粉工場があり、ほぼでん原品種	収穫時に必要な労働力数や作業時間が相対的に少なくても可能
生産上の課題	単価が低い「イメージ」が残っている、規模拡大の下での労働力や作業体系の変更	種いもの確保や市将来的な加工用品種の動向 コストや収益性、10月以降はてん菜収穫と作業競合	加工業者の方が清算時期が早い、でん原用収穫機への投資

第 5 表.　経営耕地面積別のでん原馬鈴しょ作付状況（A 地域）

経営耕地面積	でん原馬鈴しょ作付面積	経営数	でん原馬鈴しょ			
			作付経営数		作付面積	
		（数）	（数）	（%）	（ha）	（%）
40ha未満	0～5ha	84	33	17.1	75	4.9
	5～10ha		36	18.7	277	18.0
	10ha以上		15	7.8	176	11.4
40～60ha	0～5ha	83	22	11.4	21	1.4
	5～10ha		18	9.3	149	9.7
	10ha以上		43	22.3	551	35.7
60ha以上	0～5ha	26	6	3.1	10	0.6
	5～10ha		3	1.6	18	1.2
	10ha以上		17	8.8	265	17.2

資料：農協資料より作成。

注：色塗りセルは割合の高い上位3区分を示す。

第 6 表.　経営耕地面積別のでん原馬鈴しょ作付状況（B 地域）

経営耕地面積	でん原馬鈴しょ作付面積	経営数（数）	でん原馬鈴しょ 作付経営数（数）	作付経営数（%）	作付面積（ha）	作付面積（%）
40ha未満	0～5ha	74	5	2.7	12	0.6
	5～10ha		42	23.1	344	17.2
	10ha以上		27	14.8	318	15.9
40～60ha	0～5ha	88	6	3.3	5	0.3
	5～10ha		12	6.6	96	4.8
	10ha以上		70	38.5	928	46.2
60ha以上	0～5ha	20	2	1.1	6	0.3
	5～10ha		2	1.1	16	0.8
	10ha以上		16	8.8	280	13.9

資料：農協資料より作成。
注：色塗りセルは割合の高い上位3区分を示す。

第 7 表.　経営耕地面積別のでん原馬鈴しょ作付状況（C 地域）

経営耕地面積	でん原馬鈴しょ作付面積	経営数（数）	でん原馬鈴しょ 作付経営数（数）	作付経営数（%）	作付面積（ha）	作付面積（%）
40ha未満	0～5ha	25	14	8.8	10	1.3
	5～10ha		9	5.6	68	8.7
	10ha以上		2	1.3	24	3.1
40～60ha	0～5ha	84	49	30.6	60	7.6
	5～10ha		21	13.1	151	19.3
	10ha以上		14	8.8	167	21.3
60ha以上	0～5ha	51	27	16.9	38	4.8
	5～10ha		13	8.1	90	11.5
	10ha以上		11	6.9	175	22.3

資料：農協資料より作成。
注：色塗りセルは割合の高い上位3区分を示す。

第 8 表.　調査経営の作付概況

振興局	経営番号	経営面積	小麦	豆類	大豆	小豆	菜豆	馬鈴しょ	でん原	加工	生食	種子	てん菜	直播	移植	野菜等	飼料作物	その他
十勝	A1	73.4	15.8	19.2	9.7	3.8	5.7	17.8	5.6	12.3	0.0	0.0	13.1	13.1	0.0	0.0	5.1	2.5
	A2	75.1	20.0	17.3	0.0	9.4	7.9	19.6	6.5	13.1	0.0	0.0	17.1	17.1	0.0	0.0	0.0	1.0
オホーツク	B1	65.9	20.0	2.7	2.7	0.0	0.0	23.1	22.4	0.0	0.0	0.7	15.4	7.1	8.4	4.7	0.0	0.0
	他1～2経営選定中																	

取扱注意

・本資料は内部資料であるので取扱いに注意すること

・複写、転載はしないこと

・講演、講義の資料集として使用しないこと