

令和 6 年 5 月 8 日現在

機関番号：82111

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19173

研究課題名（和文）大規模進展下における畑輪作体系の維持 - バレイショの育種・増殖・生産の効率化 -

研究課題名（英文）Keeping crop rotation at a large-scale farm: Improving the efficiency of potato breeding, propagation, and production

研究代表者

関根 久子（Sekine, Hisako）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・本部・上級研究員

研究者番号：80455302

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、第一に国内における種イモ生産の特徴を示し、第二に種イモ生産における問題点を整理した。オホーツク地域では、ジャガイモシストセンチュウの発生により生産できる圃場が制約され、十勝地域では労働力保有状況が変わらないまま規模拡大が進むことで種子用バレイショは大規模経営で作付面積が縮小されていた。第三にこうした問題解決のヒントを得るために、オランダの取り組みについて示した。オランダでは、過去にジャガイモシストセンチュウが検出された圃場でも、再び種イモを生産するためのルールを構築していた。また育種・増殖過程を効率化するF1種子を開発しケニアに輸出していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

1930年代から種イモ生産が始まり、現在では種イモを使った育種・増殖・生産体系が構築されている。種イモ体系は、育種効率が悪い、種子増殖率が低い、ウイルス病および土壌病害の感染リスクが高い、種の保管が困難といった様々な問題がありながらも、国内外のバレイショ生産における利害関係者の努力によって、世界的にも長期に渡り確固たる地位を築き上げてきた。F1種子体系は、これまでの育種・増殖・生産段階に大きな変革をもたらすため、その普及には抵抗があることが予想されたが、利害関係者らは現地で発生している種イモ不足の問題解決の一つの策として期待を寄せていた。

研究成果の概要（英文）：In this study, first, we showed the characteristics of seed potato production in Japan, and second, we summarized the problems in seed potato production. In the Ohotsuku region, the outbreak of the potato cyst nematode has restricted the number of fields that can be used for production. In the Tokachi region, the cultivation area of potatoes for seeds has been reduced at large-scale farms due to expansion in scale without additional labor force. Thirdly, in order to obtain hints for solving these problems, we presented the efforts of the Netherlands. In the Netherlands, rules have been established to allow seed potatoes to be produced again even in fields where potato cyst nematodes have been detected in the past. And F1 seeds, which are streamline the breeding and propagation process were developed, have exported to Kenya.

研究分野：農業経済学

キーワード：バレイショ 種イモ F1種子 畑作経営

1. 研究開始当初の背景

日本最大の畑作地である北海道十勝地域においても、担い手不足や高齢化の影響は及ぶ。離農跡地を引き受けることで残された経営の大規模化は進むが労働力は限られる。このため、省力的な小麦の作付割合が高まる一方、面積当たりの収益性が高いものの労働集約的なバレイショの作付割合は伸びていない。これは、大規模化で経営全体の収益は向上しても面積当たりの収益が伸びない、小麦過作による連作障害が発生するといった問題を引き起こす。また、担い手不足や高齢化は、現地で生産する種イモの供給も困難にしている。

2. 研究の目的

本研究は、上述した状況を打破するためにバレイショの育種・増殖・生産の効率化を目指す。他殖性のバレイショで、自殖を可能とする S-locus inhibitor (Sli) 遺伝子が発見され、これにより、慣行の種イモ体系から育種・増殖・生産段階を効率化する F<sub>1</sub>種子体系へと移行が可能となった。種イモ体系と比較した F<sub>1</sub>種子体系の利点は図 1 に示すとおりである。

育種段階：他殖性では、親と同じ性質を持つ子は生まれない。自殖が可能になれば純系の親が作出でき、育種効率は飛躍的に上がる。

増殖段階：種イモの増殖率は 8 ~ 10 倍と低く量の確保に 6 年を要する。この間、病害の感染リスクに晒され、保管には巨大な種イモ保管施設が必要である。一方、種子は増殖率が強く土壌病害の感染はない。保管のための巨大な施設も必要ない。

生産段階：種イモ体系では、生産に 200 ~ 300kg/10a の種イモが必要である。F<sub>1</sub>種子体系では、種子からの生産となるため育苗が必要となる。F<sub>1</sub>種子の普及を目指すオランダ・米国においては、この点が F<sub>1</sub>種子普及のボトルネックとされている。

このように育種・増殖・生産段階で利点の多い F<sub>1</sub>種子体系であるが、この普及には、二つの課題がある。一つ目は、生産者が収穫物を種イモとして使用した場合、品種育成者はどのように品種開発資金を回収するかである。F<sub>1</sub>種子体系では生産者は第 1 世代 (G<sub>1</sub>) を収穫することになるが、これは世代が若く疫病汚染のリスクが低い。そのため、生産者がそれを保管し翌年種イモとして利用する可能性が高まる。国の「農業競争力強化プログラム」に、種子・種苗については「民間活力を最大限に活用した開発・供給体制を構築する」とあるが、品種育成者による品種開発資金の回収はこうした点からも重要な課題となる。二つ目は、F<sub>1</sub>種子体系の構築のための利害関係の調整である。F<sub>1</sub>種子体系は、バレイショの育種・増殖・生産段階における利害関係者の作業内容を大きく変える。そのため利点が多い F<sub>1</sub>種子体系であっても、その導入に抵抗があることが予想された。

3. 研究の方法

研究代表者(関根)はバレイショ育種・増殖・生産に関わる組織の役割や収支、バレイショに関する制度の分析を行う。研究分担者(友友)はバレイショの育種・増殖技術について国際比較する。データはバレイショ主産国における利害関係者への聞き取りにより収集する。

4. 研究成果

(1) 日本における種イモ生産の現状把握

国内の種イモは、原種の 95%、採種の 97% が北海道で生産されている(植物検疫統計、2021 年データ)。農研機構種苗管理センターから原原種が供給されると、原種圃で原種が、その原種を用いて採種圃で採種が生産される。そして、その種を用いて、製品となるバレイショが生産される。

原種圃と採種圃では、植付予定の原原種・原種の検査、植え付け予定圃場検査、各期圃場検査、生産物検査が植物防疫官により行われる。種子用

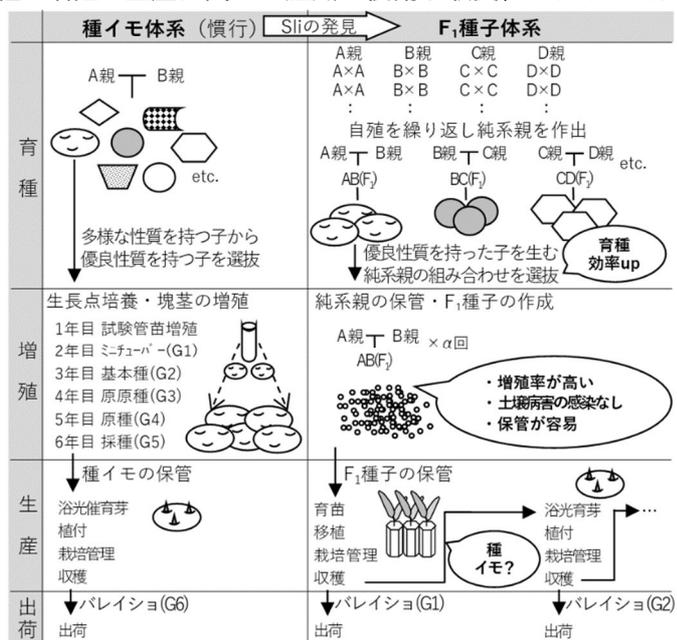


図 1 種イモ体系と F<sub>1</sub>種子体系の比較  
資料：筆者作成

バレイショ生産の場合、使用予定の種子(原原種・原種)だけでなく、植え付け予定の圃場も検査されるが、圃場の土壌検診の結果、ジャガイモシストセンチュウが検出されると、その圃場では種イモを生産することができない。

種子用バレイショ生産には、それ特有の作業があり、他の用途のバレイショよりも多くの労働力を必要とする。でん原用および生食・加工用と比較して種子用の投下労働時間は長いが、特に種子予措と病株抜き取りには多くの労働力を必要とする。

種子用バレイショの種子(原原種・原種)は、それらが病気に感染していないか確認するため、また発芽や生育をそろえるために、手作業で切断される。その際、用いるナイフは病気のまん延を防止するために1回ずつ消毒される。また、種子に由来する病気の発生源が特定できるよう塊茎単位で植え付ける必要があり、時間を要する。ただし、生産者への聞き取り調査によれば、種子予措および植え付け作業については、全自動のカットングプランターが使用できるようになり、労働時間の短縮が進んでいるとのことである。

病株抜き取りについては、6月中旬から8月下旬に行う。これは、植物防疫官による圃場検査の前後に、病気に感染した株を取り除く作業である。この作業については機械化が進んでおらず、依然として長い労働時間を要し、また病株発見には知識と経験も必要である。

さらに、種子用バレイショでは、病気の発生を抑えるために病害虫防除や茎葉枯凋処理の回数が多く、これが投下労働時間を延ばしている。

## (2)種イモ生産における問題点

### 圃場の制約

上述したとおり、種イモの植え付け予定圃場からジャガイモシストセンチュウが検出されると、その圃場では種イモは生産できない。さらに、シストセンチュウが検出された後に、「いなくなった」と証明することは困難で、過去に検出された圃場では、それ以降も種イモの植え付けはできない。

北海道では、2022年6月8日時点で13市40町3村の圃場で発生している(農林水産省農産局地域作物課、2023)。発生を確認した市町村でも、ジャガイモシストセンチュウが検出されていない圃場では、種イモの生産はできるので市町村内すべての圃場で種イモが生産できないわけではない。しかし、過去に検出された圃場の近くで、新たに確認されることが多い。

北海道のバレイショ主産地は、中央南側の十勝地域と東側のオホーツク地域であるが、オホーツク地域のバレイショ産地では、ジャガイモシストセンチュウが検出された市町村が多くなっている。オホーツク地域の農協では、管内で種イモを生産したくても、圃場が確保できないことから必要な量が生産できず、十勝地域など他地域から、購入せざるを得ない状況にある。

### 労働力の制約

図2は、十勝地域の中でも大規模化が進むA町畑作経営の経営規模とバレイショの作付状況の関係を示したものである。横軸に経営面積、縦軸にバレイショ作付割合(左)と作付面積(右)を示している。A町には、生食・加工用バレイショを生産する経営体と種子用バレイショを生産する経営体があり、町内で生産される種子用バレイショは基本的に町内で使用され、余剰分が町外に販売される。

十勝地域の畑作経営では、一般的に「小麦 てん菜 豆類 バレイショ」の4年4作でバレイショを生産している。1つの作物が25%前後の割合で作付けされていれば、輪作のバランスがとれていると考えられる。

図2の作付割合をみると、生食・加工用については経営規模に関係なく、20~25%の割合でバレイショが作付けされている。作付面積を確認すると、経営規模に合わせて増えている。

一方、種子用については、30~40ヘクタール層を除けば、規模が拡大するほど作付割合が低下する。作付面積については、40~50ヘクタール層までは増えているものの、50~60ヘクタール層では縮小している。経営面積が拡大してくると、労働力を多く必要とする種子用バレイショの生産が難しくなることが表れている。なお、A町畑作経営の60ヘクタール以上の階層では、種子用バレイショは作付けされていない。

A町における畑作経営の平均面積は45ヘクタールであり、今後も規模が拡大することが予想される。種子用バレイショは、生食・加工用バレイショよりも面積当たりの収入は高いが、大規模層が増え、これらが種子用バレイショの作付面積を減らすことになれば、町内全体の種イモ面積の維持は難しくなる。町内で必要な量の種イモが確保できなくなれば、町外への販売も困難となる。

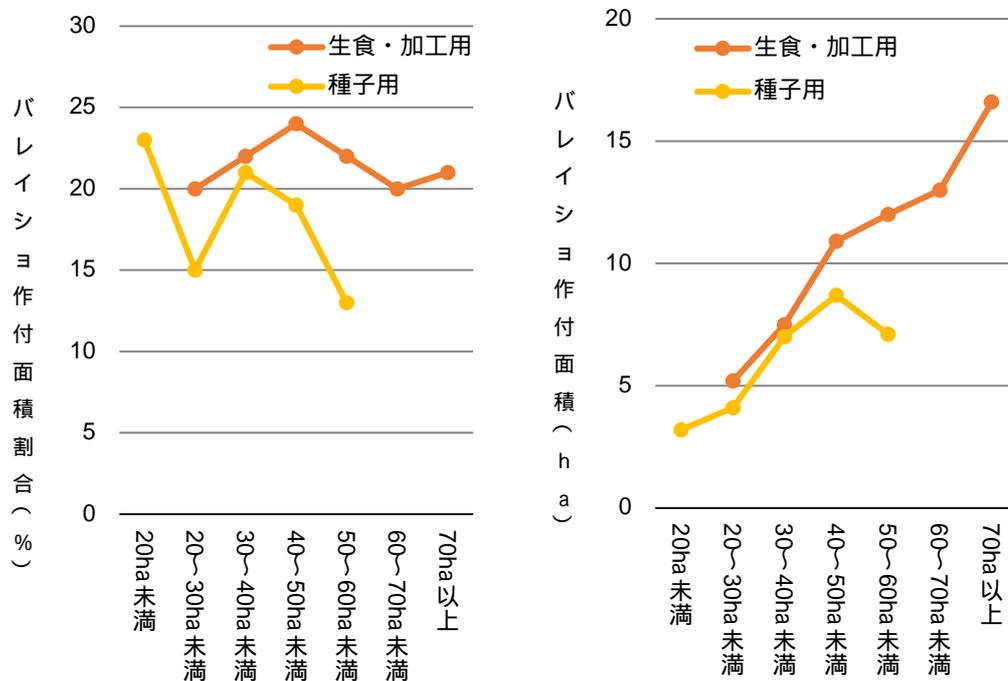


図2 A町における畑作経営の規模別バレイショ作付割合と作付面積（2021年）  
資料：A町農協提供

### (3)問題解決のヒント

#### ジャガイモシストセンチュウ発生圃場の植え付け制限の解除

ジャガイモシストセンチュウが検出され、種イモが生産できる圃場が少なくなっていることはすでに指摘した通りである。ジャガイモシストセンチュウの発生は、日本だけではなく、海外のバレイショ主産国でも問題とされている。

オランダは、世界最大の種子用バレイショの輸出国である。バレイショ作付面積16万3千ヘクタールのうち、4万3千ヘクタールが種子用で、26%もの面積を種子用が占めている（CBS: Centraal Bureau voor de Statistiek, Statistics Netherlands、2022年データ）。日本で植物防疫所が行う種イモ生産に関する検査は、NAK（Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen, Dutch General Inspection Service for Agricultural Seeds and Seed Potatoes：オランダ農作物種子および種イモ検査協会）が実施する。日本と同じように、植え付け予定圃場検査、各期圃場検査、生産物検査を行う。

オランダでもジャガイモシストセンチュウが検出された圃場では、種子用バレイショは生産できない。しかし、日本と異なるのは、一度検出した圃場でも、前回のバレイショ栽培から6年が経過し、適切な防除対策を取った上でジャガイモシストセンチュウが検出されなくなったら、再び生産できる点である。

このルールについては、浅野ほか（2017）に詳しいが、こうした過去の発生圃場での生産を可能にしているのは、多数のサンプルを検査できる土壌検診の仕組みである。種イモを栽培する圃場すべてはもちろんのこと、一部ではあるが一般バレイショを生産する圃場までも検査している。多くのサンプルを検査することで一時的に検出数は増えるが、国内のジャガイモシストセンチュウの発生状況を把握するためには、必要な過程だと考えられている。

筆者が、2023年6月にオランダで話を聞いたNAO（Nederlandse Aardappel Organisatie, Dutch Potato Organization：オランダバレイショ協会）でも「過去に検出した圃場から、ジャガイモシストセンチュウを皆無にすることは難しい。しかし、人が密度をコントロールできれば、発生圃場の指定を解除しても問題はない」と話していた。

#### F、種子の使用

上述した指摘したとおり、種子用バレイショ生産には特有の作業がある。特に、病気に感染した株を取り除く抜き取り作業については、長時間の労働を要し、大規模経営では種子用バレイショの作付面積を拡大できずにいる。この問題を解決するために、日本では、圃場内の病株を、AIを用い判別する技術の開発が進められている。この技術が実用化されれば、労働力が限られる経営体でも種イモ面積の維持・拡大が可能となろう。

ここでは、種イモ生産の労働力に関する問題について、別の視点から考えたい。先に示したように、オランダは世界一の種子用バレイショ輸出国である。種イモの輸送にはコストがかかるが、

オランダでは種イモよりも低コストで輸送できるF<sub>1</sub>種子の開発が進められ、オランダの民間会社ソリタ(Solynta)が開発したF<sub>1</sub>種子がケニアに輸出され、現地でこれを用いた栽培が開始されている。

種イモよりも小さく扱いやすいF<sub>1</sub>種子であるが、種子を播種して生産した場合、初期生育が遅く長い栽培期間を必要とし、また茎の数が少ないために、種イモを植え付けて生産するよりも収量が低くなってしまふ。現在、F<sub>1</sub>種子を用いるケニアでは、育苗することで種子と種イモの収量ギャップを埋めていた。育苗については、キャベツなどの育苗・移植技術が応用できる。

種子を開発し販売しているソリタでは、F<sub>1</sub>種子の育種速度が速いことから、品種開発により種イモ体系との収量ギャップは埋められると自信をみせていた。また、生産者による自家採種の使用については、「2~3回は使用したとしても、その後は病気がまん延することになり、必ず更新が必要となる。それを見込んで種子の価格を設定している」と話していた。

日本で、F<sub>1</sub>種子を導入するには、品種や栽培技術の開発といった問題が残されているものの、健全な種子の安定供給のための一つの策として期待する利害関係者が多かった。原原種を供給する農研機構種苗管理センターでも、F<sub>1</sub>種子体系に対してポジティブな意見が聞かれた。

#### (4)まとめ

本研究では、第一に国内における種イモ生産の特徴を示した。バレイショでは、健全な種子用バレイショの供給のために植物防疫法が適用されており、生産できる圃場の制限、特有な作業のための労働が必要とされていた。

第二に、種イモ生産における問題点を整理した。北海道のバレイショ主産地であるオホーツク地域では、ジャガイモシストセンチュウの発生により、生産できる圃場が制約されていた。また、十勝地域では、労働力保有状況が変わらないまま規模拡大が進むことで、労働集約的な種子用バレイショは大規模経営で作付面積が縮小されていた。

第三に、こうした問題解決のヒントを得るために、オランダの取り組みについて示した。オランダでは、過去にジャガイモシストセンチュウが検出された圃場でも、再び種イモを生産するためのルールを構築していた。これは、土壤検診を多数行う仕組みをすることで可能にしていた。また、F<sub>1</sub>種子をケニアに輸出し、現地でこれを用いた栽培を行っていた。

日本でオランダと同じような取り組みを行うには、多数の土壤診断を可能にする仕組みの構築や、F<sub>1</sub>種子を用いるための品種開発や技術開発など、解決すべき課題は多いが、バレイショ関係者らはF<sub>1</sub>種子体系に期待を寄せていた。

#### <参考文献>

浅野賢治・串田篤彦・奈良部孝、ジャガイモシロシストセンチュウ対策に係る海外先進地事例調査報告、農研機構研究報告 北海道農業研究センター、206、2017、21-48

農林水産省農産局地域作物課、ばれいしょをめぐる状況について、2023

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/tokusan/imo/attach/pdf/siryou-4.pdf>

實友玲奈、バレイショ遺伝資源の利用と開発：これまでのバレイショ遺伝資源の利用とバレイショF<sub>1</sub>育種に向けた研究、化学と生物、62(2)、2024、88-93

関根久子、経営規模拡大下における種子用バレイショ生産の安定化に向けた課題と条件 北海道十勝地域A町を対象に、農業経済研究、95(3)、2023、177-182

関根久子、種ばれいしょ生産の特徴と問題点：オランダの取り組みから問題解決のヒントを探る、砂糖類・でん粉情報、2024(4)、2024、45-53

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 實友玲奈、梅基直行、波部一平、保坂和良、関根久子	4. 巻 -
2. 論文標題 新技術バレイショ育種ワークショップ	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 育種学研究	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1270/jsbbr.25.W02	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 関根 久子	4. 巻 95
2. 論文標題 経営規模拡大下における種子用バレイショ生産の安定化に向けた課題と条件	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 農業経済研究	6. 最初と最後の頁 177～182
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11472/nokei.95.177	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 関根久子	4. 巻 148
2. 論文標題 馬鈴薯収穫と小麦播種の競合回避策を探る	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ポテカル	6. 最初と最後の頁 10-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 関根久子	4. 巻 2024(4)
2. 論文標題 種ばれいしょ生産の特徴と問題点：オランダの取り組みから問題解決のヒントを探る	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 砂糖類・でん粉情報	6. 最初と最後の頁 45-53
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 関根久子	4. 巻 91(2)
2. 論文標題 ケニア共和国におけるパレイシヨ生産の現状 - 開発途上国でみた世界最先端の技術 -	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 北農	6. 最初と最後の頁 58-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 實友玲奈	4. 巻 62(2)
2. 論文標題 パレイシヨ遺伝資源の利用と開発 これまでのパレイシヨ遺伝資源の利用とパレイシヨF1育種に向けた研究	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 科学と生物	6. 最初と最後の頁 88-93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 関根久子
2. 発表標題 種子用パレイシヨ供給の現状と課題 北海道十勝地域A町を対象に
3. 学会等名 アジア農業経済学会(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関根久子
2. 発表標題 北海道畑作経営におけるパレイシヨ生産の現状と課題
3. 学会等名 日本育種学会ワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 實友玲奈
2. 発表標題 ゲノム編集によるパレイショ育種の現状と課題
3. 学会等名 日本育種学会ワークショップ
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	實友 玲奈  (Sanetomo Rena)  (20716378)	帯広畜産大学・その他部局等・准教授    (10105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------