

ジャガイモ育種と関わって三十数年(1) —ジャガイモシストセンチュウ、需要の変化、気象変動に向き合って—



農研機構北海道農業研究センター 畑作基盤研究領域長

森 元幸

はじめに

1982年に当時の農林水産省北海道農業試験場に就職し、ジャガイモとの付き合いが始まった（本誌119号に掲載）。それから2011年までの29年間はジャガイモ育種の最前線で、その後は研究調整役として一歩引いたところからジャガイモ研究に関わった。世の習いとして老兵は消えゆく道をたどっていたが、2015年8月、ジャガイモシロシストセンチュウの発生確認が、離れつつあったジャガイモの世界に呼び戻した。農林水産省からの電話で、政務官の網走現地視察に同行し、対策に関わることとなった。どうやら私は、このままジャガイモの世界から消えることは許されないようである。

本稿では、自ら関わったジャガイモ育種について、1. ジャガイモシストセンチュウとの闘い、2. 生食から加工への需要変化と競争、3. 記録的な枕詞が常態となった気象変動の対応について、主観を排さずに紹介し、現役の技術者・研究者にエールを送りたい。

1. ジャガイモシストセンチュウとの闘い プロローグ

ついに出了、驚きはない。1972年にジャガイモシストセンチュウ（シスト線虫）が発生確認された時から、ジャガイモシロシストセンチュウ（白シスト線虫）の発生は、研究担当者にとって想定範囲内であった。リスクは判っていても、限られた研究資源の中で抵抗性育種の着手が可能かは別である。キリンアグリバイオ（株）植物開発研究所から遺伝資源として寄贈を受けたフランス品種を利用し、ようやく数年前に白シスト線虫抵抗性育種に着手できたところであった。しかし2015年8月に白シスト線虫発生が確認され、悔しさを禁じ得ない。

後述するが、白シスト線虫は既発生のシスト線虫とほぼ同様な生態であり、その対応策も同様である。以下にシスト線虫の対策経過をたどり、今後の参考として示す。

(1) ジャガイモシロシストセンチュウとは

本種はジャガイモシストセンチュウ（*Globodera rostochiensis*、英名 golden nematode, yellow potato cyst nematode）のパソタイプの一つとされていたが、1973年に新種ジャガイモシロシストセンチュウ（*G. pallida*、英名 white potato cyst

nematode, pale potato cyst nematode) として記載された。シスト線虫と同様に、本種の寄生植物であるナス科植物の生いも等の地下部は、植物防疫法により発生地域からの輸入が禁止されている。

本種の形態は、シスト線虫に類似しているが、成熟した雌成虫の体色はシスト線虫が黄～黄金色なのに対し、白シスト線虫は乳白色であることが主な違いである（図1-1）。本種の生態および被害はシスト線虫とほぼ同じであるが、白シスト線虫の方がより冷涼な環境に適応しているとされる。

ジャガイモ品種に対する寄生性の違いはシスト線虫が5つのパソタイプ（Ro 1～Ro 5）に区分されるのに対し、白シスト線虫は3つのパソタイプ（Pa 1～Pa 3）に区分される。

2015年8月に発生確認した白シスト線虫のパソタイプは不明であり、大臣許可を必要とする判別品種の輸入手続き中である。判別品種入手後、直ちに接種検定を開始するが、パソタイプが確定するのはさらに数ヵ月後となる。

国内での発生情報については、以下の

ホームページ等で確認することができる。
農林水産省プレスリリース：ジャガイモシロシストセンチュウの確認について
(<http://www.maff.go.jp/j/press/syoutan/syokubo/150819.html>)

(2) ジャガイモシストセンチュウ（シスト線虫）の発生確認から初動対応

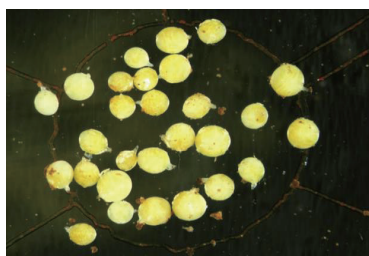
1) 発生経過

1972年に北海道で初めてジャガイモシストセンチュウ（シスト線虫）の発生が確認され、発生地は道内で拡大するとともに、長崎県や青森県などでも発生を確認し、発生面積は1万haに達しさらに増加傾向にある。シスト線虫は土壤中に生息し、ジャガイモの根に寄生して養分を吸収し、線虫密度が高くなると大幅な減収を引き起こす。シスト（卵のう）は自然条件の土壤中で10年以上も卵の活性を維持し、シストが付着した生産物や土と共に移動して伝染が拡大する。このため世界的にも植物検疫上で第一級の有害線虫とされ、汚染圃場での採種栽培が禁止されるなどジャガイモ生産システムに大きな障害となっている。市場販売される「男爵薯」や「メークイン」、



ジャガイモシロシストセンチュウ
（白シスト線虫）

白→**淡いクリーム色**→褐色



ジャガイモシストセンチュウ
（シスト線虫）

白→**鮮やかな黄色**→褐色

図1-1 雌成虫の成熟に伴う体色の変化

写真提供：奈良部 孝 氏

新ジャガとして春から出回る「ニシユタカ」、ポテトチップ原料となる「トヨシロ」、そしてでん粉原料用の「コナフブキ」など、1985年以前に育成された総ての国産品種は本線虫に対し抵抗性を持たない。

なお発生確認したシスト線虫はパソタイプRo 1のみであり、他の種およびパソタイプは確認されていなかった。

2) 抵抗性品種育成の戦略

汚染圃場に抵抗性品種を栽培した場合、卵が孵化して幼虫が根に侵入するまでは罹病性品種と同じである。その後根中で養分吸収できないため、幼虫は餓死する。このようにしてシスト内の卵を孵化させ幼虫をすべて死滅させることから、抵抗性品種を栽培すると土壤中の線虫密度は大幅に低下する(図1-2)。

シスト線虫の発生確認と同時に、総合防除の基幹となる抵抗性品種育成に着手し、次のように研究を展開した。

①既存の国内品種の中に抵抗性品種がないか探索。

②外国の抵抗性品種を導入評価して直接利用。

③抵抗性遺伝資源を探索導入し国内品種に抵抗性を付与した新品種を育成。

④異パソタイプや異種の発生に備え異なる来歴の抵抗性遺伝資源を導入して母本を育成。

①と②が比較的短期間で一応の目的を達成できるのに対し、③は目的達成までに長期間を要するが抵抗性以外の形質についても優れた品種を育成できる利点がある。④は将来への備え(リスク管理)である。

3) 抵抗性母本の導入と選抜

北海道産シスト線虫に対する抵抗性検定を、保有する遺伝資源について行なった。実用性を有する国内品種、保存育成系統および外国品種の中から、抵抗性を見出せなかった。一部の近縁野生種や種間雑種系統に抵抗性を確認したが、直ぐに利用可能な実用性は備えていなかった。

1971年に旧東ドイツから導入したTunikaとSkutellaをはじめとして、

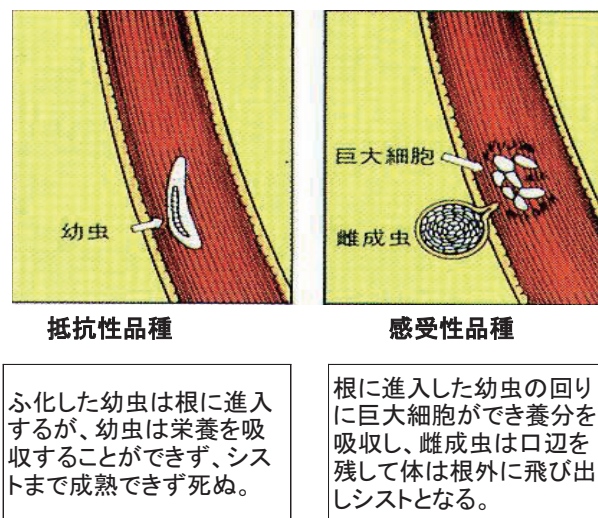


図1-2 シスト線虫抵抗性品種の効果と抵抗性のメカニズム
馬鈴しょの大敵 ジャガイモシストセンチュウの防ぎ方(1981)より改変

Prevalent、Ehud、MaraおよびProminentなどの抵抗性品種が海外から導入され、生育特性と生産力を評価すると共に線虫発生地帯における適応性を検討した。これにより Tunikaは、シスト線虫発生地帯の主要品種「紅丸」および「農林1号」に代わるでん粉原料用抵抗性品種として認められ、1978年「ばれいしょ導入3号」として登録され、「ツニカ」と命名されると共に北海道における奨励品種に採用された。「ツニカ」を母本とする交配から育成された品種

には、生食用の「キタアカリ」やフライ用の「ムサマル」などが含まれる(表1-1)。

1972年以降の約20年間は、シスト線虫抵抗性の導入を最優先としたため、それ以前の育成品種に比べ収量が劣るばかりでなく、いもの外観や調理品質、油加工適性およびでん粉品質など利用特性も犠牲にするしかなかった。

米国コーネル大学から抵抗性品種間の交配種子を導入し、後代検定により抵抗性遺伝子を3重式に持つ母本系統R392-50を選

表1-1 主なシスト線虫抵抗性品種の育成もしくは導入年代

年**	生食用	加工原料用	澱粉原料用
1980 (ツニカ由来)	キタアカリ (H)		ツニカ* (H)
	エゾアカリ (H)		トヨアカリ (H)
1990 (R392由来)	とうや (H)	ムサマル (K)	アスタルテ* (O)
	ベニアカリ (H)	アトランチック* (C)	サクラフブキ (K)
	花標津 (K)	ヤンキーチップ* (C)	アーリースターチ (H)
	普賢丸 (N)	さやか (H)	ブレバレント* (O)
	スタークイーン (K)		
2000 (第二世代)	十勝こがね (H)	きたひめ (O)	ナツフブキ (K)
	ひかる (O)		コナユキ (K)
	春あかり (N)		コナヒメ (O)
	アイユタカ (N)	オホーツクチップ (K)	コナユタカ (K)
	キタムラサキ (H)	らんらんチップ (H)	パールスターチ (H)
	スノーマーチ (K)	こがね丸 (H)	
	ゆきつぶら (K)	アンドーバー* (C)	
	さやあかね (K)	サッシー* (J)	
	ノーザンルビー (H)	リラチップ (K)	
	はるか (H)		
	きたかむい (O)		
	ピルカ (H)		
	さんじゅう丸 (N)		
	紫月、キタムサシ (H)		
	長崎こがね (N)		

*：導入品種。

() 内：育成場所もしくは導入場所

H：北海道農研（北海道農試）、K：北見農試（根釧農試）、N：長崎愛野支場、

O：ホクレン他農業団体系、C：カルビーポテト、J：ジャパンポテト。

**：命名登録年・優良品種認定年等による分類のため、種苗登録年とは数年のズレがある。

■：栽培面積が千haを越えた実績のある品種

抜した。このR392-50を交配に用いた後代は、96%以上がシスト線虫抵抗性を保有することから、抵抗性の選抜効率が飛躍的に向上した。R392-50を用いて効率的な育種をすすめ、「とうや」、「さやか」、「アーリースターチ」等多数の優良品種が育成された（表1-1）。

4) シスト線虫抵抗性検定法の改良

当初、抵抗性個体の選抜は、交配種子を播種して養成した実生を、汚染土壌で直接栽培する「幼苗検定法」によった。この方法では、抵抗性個体の無線虫化のために、通常の育種過程より1年多く要する難点があった。これを解決する方法として、「ペア塊茎法」を開発しその後は本法によった（図1-3）。実生個体をポットで養成し、同一株から収穫された2個のいもに同じ番号を付し2群に分け、一方を線虫抵抗性の

検定に用い、他方を種いもとして保存する。検定の結果、抵抗性が認められた個体のみを以降の圃場選抜に供する。この方法により、育種年限を1年延ばすことなく線虫抵抗性検定が可能となり、効率的な抵抗性の早期選抜がなされるようになった。

「ペア塊茎法」は、隔離温室内でポットを使用する検定法である。広い面積と大量の土壌を必要とし、殺菌土壌の調整や栽培管理、線虫調査、あるいは検定後の土壌消毒などに多大な労力を要している。そこで、省スペース化・省労力化を目的として密閉容器によるシスト線虫抵抗性検定「カップ検定法」を開発して簡便化を図った（図1-4）。小型の蓋付き透明プラスチックカップに検定いもと少量の殺菌土を入れ、シスト線虫のシスト数個を接種した後、暗黒で20℃に保管することによって、感受性で約

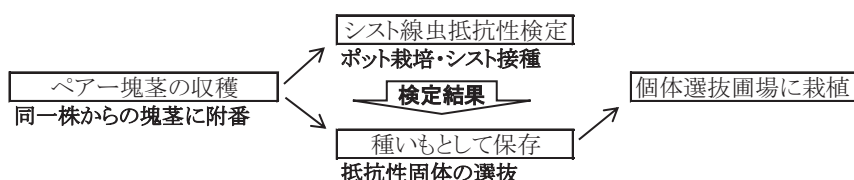


図1-3 ペア塊茎法によるシスト線虫抵抗性の検定

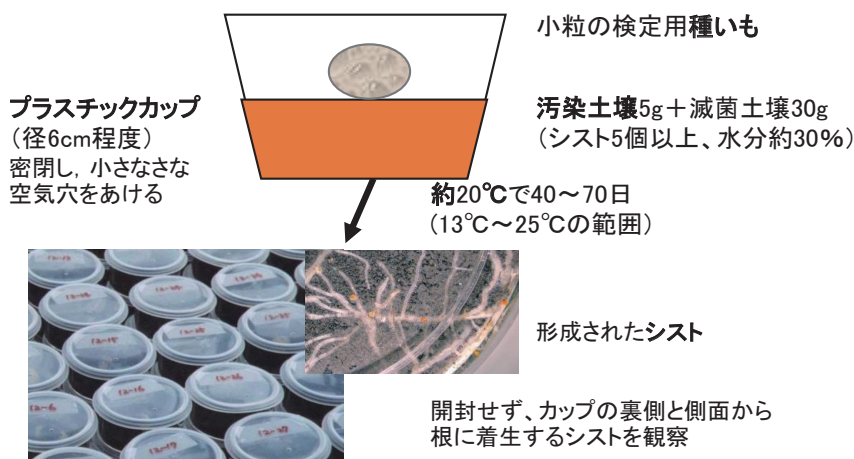


図1-4 プラスチックカップによるシスト線虫の検定

1カ月頃から線虫（未熟なシスト）が確認できる。

2000年頃からDNAマーカーを用いたシスト線虫抵抗性検定法が開発され、育種の初期世代での抵抗性選抜をさらに効率化している。

(3) 北海道向け品種育成

消費者にとってシスト線虫抵抗性は意識外のことであり、調理向けの生食用品種は当然のことながら商品として魅力がなければ購入しない。黄色粉質の肉質で良食味である「キタアカリ」、早生で早期出荷に適し滑らかな舌触りの「とうや」など、消費者にとって魅力ある品種が栽培面積を伸ばしている。

高収量かつ高品質であることは、加工原料用にとって重要である。「さやか」は、剥皮歩留りが高く変色が少なく、サラダ加工に適している。ポテトチップは揚げたときに焦げ目がつかないことが望ましく、「きたひめ」は長期貯蔵原料に適する。これら実需の利用場面で効率に優れる品種が、栽培面積を伸ばしている。

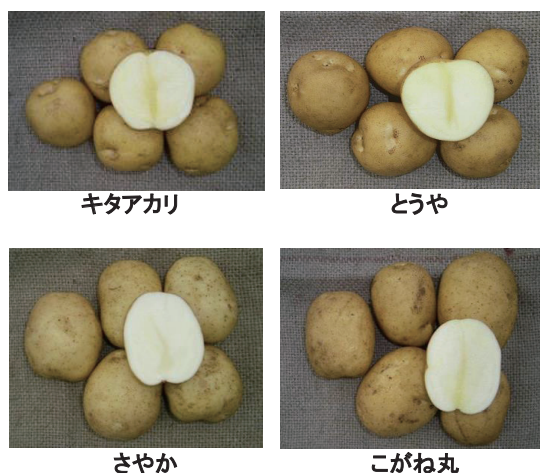


図1-5 シスト線虫抵抗性のジャガイモ品種

でん粉原料は多収であることが必須であり、「コナフブキ」の壁は大きい。収量水準はやや劣るが、シスト線虫の高濃度汚染地を中心に、「アーリースターチ」、「アスタルテ」などの抵抗性品種が作付けされている。

2000年以降になると、日本で育成したシスト線虫抵抗性品種もしくは抵抗性母本後代系統を親とする第二世代の品種が育成されるようになり、用途ごとに利用特性の改良が進んでいる。紫肉でシスト線虫抵抗性を有する「島系571号」を用いて実用性を向上させた紫肉の「キタムラサキ」、「ムサマル」と「十勝こがね」の組合せから多収性とフライ適性を併せ持つ「こがね丸」など、多数の品種が育成され普及が期待される（表1-1、図1-5）。

(4) 暖地二期作向け品種育成

北海道で育成されたシスト線虫抵抗性品種を交配親とすると日長感応性が強く、いもの休眠期間も長くなる。このため出芽遅れを生じ、生育不良といもの肥大遅れが生じる。また暖地特有の青枯病等にも抵抗性がないなど、問題点が多発した。暖地二期作では、年に春と秋の2回栽培することから初期選抜の効率が2倍であり、この利点を生かして暖地栽培適性の高い抵抗性母本系統の早急な選抜を行った。2000年頃には育成系統の出芽期や収量性は、シスト線虫抵抗性導入以前に回復し、そうか病に強く食味に優れる「春あかり」、「デジマ」より多収で外観が優れる「アイユタカ」、多収でそうか病に強い「さんじゅう丸」などが育成されている（表1-1）。

エピソード

1972年に発生確認されたシスト線虫に対する抵抗性は、強力な主働遺伝子が存在し、これを利用して完全なシスト線虫抵抗性品種が育成されている。しかし2015年に発生確認された白シスト線虫に対する抵抗性は、微働遺伝子によるもので完全な抵抗性を示す遺伝子は知られていない。このため複数の抵抗性遺伝子を組み合わせ、異なる遺伝子の効果を積み重ねて抵抗性品種を育

成する必要がある。白シスト抵抗性品種は、抵抗性の程度を10段階に評価しており、簡易な抵抗性検定法は確立されておらず、現有の遺伝資源では完全な抵抗性品種を育成できないなど、多くの困難さがある。

シスト線虫発生が初めて確認された1972年当時と比べ、現在は遺伝情報をDNAレベルで解析でき、ゲノム情報を利用した育種が展開可能である。この進歩を利用して、困難さが克服されることを期待する。