

有色バレイショ品種「キタムラサキ」、「ノーザンルビ-」 および「シャドークイーン」の育成

誌名	育種学研究 = Breeding research
ISSN	13447629
著者名	森,元幸 高田,明子 小林,晃 津田,昌吾 遠藤,千絵 梅村,芳樹 高田,憲和 米田,勉 木村,鉄也 中尾,敬 吉田,勉 百田,洋二 串田,篤彦 植原,健人 椎名,隆次郎 林,一也
発行元	日本育種学会
巻/号	11巻4号
掲載ページ	p. 145-153
発行年月	2009年12月

ノート

有色バレイショ品種「キタムラサキ」, 「ノーザンルビー」および「シャドークイーン」の育成

森 元幸¹⁾・高田明子^{1,2)}・小林 晃¹⁾・津田昌吾¹⁾・遠藤千絵¹⁾・梅村芳樹^{1,3)}・高田憲和^{1,4)}・
米田 勉^{1,4)}・木村鉄也^{1,4)}・中尾 敬^{1,5)}・吉田 勉^{1,6)}・百田洋二^{7,8)}・串田篤彦¹⁾・植原健人⁷⁾・
椎名隆次郎⁹⁾・林 一也¹⁰⁾

¹⁾北海道農業研究センター, 北海道河西郡芽室町, 〒082-0081

²⁾現: 作物研究所, 茨城県つくば市, 〒305-8518

³⁾故人

⁴⁾現: 種苗管理センター, 茨城県つくば市, 〒305-0852

⁵⁾現: 長崎県農林技術開発センター, 長崎県雲仙市, 〒854-0302

⁶⁾現: 農林水産省, 東京都千代田区, 〒100-8950

⁷⁾北海道農業研究センター, 北海道札幌市, 〒062-8555

⁸⁾退職

⁹⁾日農化学工業株式会社, 埼玉県八潮市, 〒340-0802

¹⁰⁾東京家政学院短期大学, 東京都千代田区, 〒102-8341

Breeding of colored potato varieties “Kitamurasaki”, “Northan Ruby” and “Shadow Queen”

Motoyuki Mori¹⁾, Akiko Ohara-Takada^{1,2)}, Akira Kobayashi¹⁾, Shogo Tsuda¹⁾, Chie Matsuura-Endo¹⁾, Yoshiki Umemura^{1,3)},
Norikazu Takada^{1,4)}, Tsutomu Maida^{1,4)}, Tetsuya Kimura^{1,4)}, Takashi Nakao^{1,5)}, Tsutomu Yoshida^{1,6)}, Youji Momota^{7,8)},
Atsuhiko Kushida¹⁾, Kento Uehara⁷⁾, Ryujiro Shiina⁹⁾ and Kazuya Hayashi¹⁰⁾

¹⁾ National Agricultural Research Center for Hokkaido Region, Memuro, Kasai, Hokkaido 082-0081, Japan

²⁾ Present address: National Institute of Crop Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan

³⁾ Deceased

⁴⁾ Present address: National Center for Seeds and Seedlings, Tsukuba, Ibaraki 305-0852, Japan

⁵⁾ Present address: Nagasaki Agriculture and Forestry Technical Development Center, Unzen, Nagasaki 854-0302, Japan

⁶⁾ Present address: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Chiyoda, Tokyo 100-8950, Japan

⁷⁾ National Agricultural Research Center for Hokkaido Region, Sapporo, Hokkaido 062-8555, Japan

⁸⁾ Retired

⁹⁾ Nichino Kagaku Kogyo Co. Ltd., Yashio, Saitama 340-0802, Japan

¹⁰⁾ Tokyo Kasei-Gakuin Junior College, Chiyoda, Tokyo 102-8341, Japan

キーワード

バレイショ, *Solanum tuberosum*, アントシアニン, 肉色, 色素

1. はじめに

バレイショは、原産地の南米アンデス地域で何千年にも渡り栽培され続け、地域特有の需要や嗜好を反映した特徴ある品種群が選抜されてきた。また海拔4000 mにおよぶ山岳地域の過酷で変化の大きな気候に応じて、品種群が選抜されてきた。この広域で長年の選抜は、複数の栽培種から成る多くの異なる表現型を生みだした(松林 1981)。原産地の畑では、現在でも100種類以上のバレイショが一つの村で認められる。これらのバレイショ

は世界的に普及している四倍性の普通栽培種 *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L. とは異なり、原産地以外ではほとんど栽培されない複数の *Solanum* 属の栽培種から成る(山本 2004)。これら多様なバレイショは、皮色変異と肉色変異に富んでおり、鮮やかな黄色や濃い紫色を呈している。形も変異が大きく、円盤状に扁平な形からコイル状の極長形まで様々である。さらに、豊かな風味や高い栄養的な品質特性も有している(Popenoe *et al.* 1989)。

日本のバレイショは、皮色が黄白色から褐色で肉色が白色から淡黄色の品種がほとんどであり、赤皮であっても肉色は白色から淡黄色であった。このため従来の育種では、塊茎の肉質部に色素を含まないことが重要であった。しかし近年、消費者の嗜好が多様化し、従来とは異なる品種特性が消費者に受け入れられるようになった。

編集委員: 奥野員敏

2009年4月16日受領 2009年8月11日受理

Correspondence: mtmori@affrc.go.jp

そこで、南米アンデス地域で栽培され続けてきた色素を含有する栽培種を遺伝資源として利用し、アントシアニン色素を含む赤～紫肉の有色パレイショ品種が開発されたところである。この有色品種は、消費者のパレイショに対する既存イメージを覆し、市場の活性化と新規需要の開拓を狙うものであった(森 2006)。これら第一世代の有色パレイショは目新しい点では有意義であったが、生産現場での実用性に劣るものであった。すなわち、紫肉の有色パレイショとして育成した「インカパープル」(森ら 2009)は、いもの肥大が遅く収量の安定性が低い。赤肉の有色パレイショとして育成した「インカレッド」(森ら 2009)は、熟期が遅くいもの肥大も遅い。両品種ともジャガイモシストセンチュウ(*Globodera rostochiensis*)抵抗性がないなどの欠点があり、より栽培しやすい品種が生産現場から望まれていた。また、実需現場からは、より色素含量の高い紫肉の品種も求められていた。さらに近年、アントシアニン色素の機能が注目され、パレイショのアントシアニン色素についても高い機能が明らかとなり(林ら 2003, 2006)、より生産性に優れ色素含有量の高い有色パレイショの育成が望まれていた。

本稿では、栽培特性や色素含量を向上させた第二世代の有色パレイショ3品種について、育成の経過と特徴を報告する。

2. 育成の経過

1) キタムラサキ

「キタムラサキ」は、1991年7月に北海道農業試験場ばれいしょ育種研究室(恵庭市島松, 現:北海道農業研究センター)において人工交配で得られた実生集団から選抜された(図1)。当品種はジャガイモシストセンチュウ抵抗性を有し、塊茎肉質部が紫色である(図2)。母方の「島系571号」は、紫肉でジャガイモシスト線虫抵抗性を有する晩生多収の系統である。「島系571号」は、明治時代から栽培記録がある紫皮白肉の在来品種「根室紫」の放任受粉種子に由来する「島系284号」(塊茎維管束内の一部が紫)を母方とする。父方の「島系561号」は、中早生でジャガイモシストセンチュウ抵抗性と油加工適性を有するが小粒で低収の系統である。

を有するが小粒で低収の系統である。

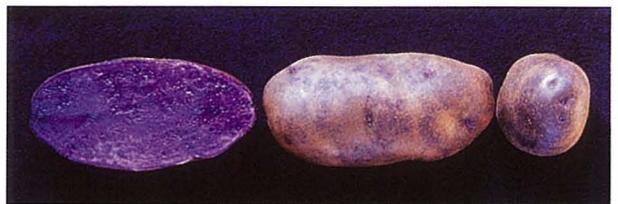
「キタムラサキ」の育成経過を表1に示す。1992年に1,260粒の交配種子を播種し、網室内ポット栽培で実生個体選抜試験を行い、切断面全面が紫肉色の77個体を選抜した。肉色が濃く複数の種イモを確保できた10系統について、個体二次選抜試験を省略し1993年に圃場で1列植えの系統選抜試験を行った。収量や塊茎の大きさなどの実用形質を考慮して紫肉色の濃い3系統を選抜し、その1つに「91091-103」の系統番号を付した。1992年に収穫した残り67個体は、1993年に個体二次選抜試験に供試し5個体を選抜したが、翌年の系統選抜試験で総て棄却



キタムラサキ



ノーザンルビー



シャドークイーン

図2. パレイショ品種「キタムラサキ」、「ノーザンルビー」および「シャドークイーン」における塊茎の形状と色(左から、縦断面、横断面、頂部)。



図1. パレイショ品種「キタムラサキ」、「ノーザンルビー」および「シャドークイーン」の系譜図

した。1994年の生産力検定予備試験でジャガイモシストセンチュウ抵抗性を確認し収量性も優れることから「島系578号」を付した。1995年より生産力検定試験および系統・地域適応性検定試験に供試し、特性が優れていると評価された。しかし、1998年にウイルス罹病により試験を中断した。ウイルスフリー化後に十分な供試用種いもを増殖し、2000年に「北海88号」の地方番号を付して実用性の評価を再開した。2003年に種苗法に基づく品種登録の申請を行い、2004年に「ばれいしょ農林50号」として農林水産省の農作物新品種命名登録がされた。

表1. 「キタムラサキ」の育成経過

年次	供試数	選抜数	系統名・登録番号等		試験区分等
1991	83 ¹⁾	1260 ²⁾			交配
1992	1260	77			実生個体選抜試験
1993	10	3	91091-103		系統選抜試験
	(67)	(5)			(個体二次選抜試験)
1994	3	2	島系578号		生産力検定予備試験
	(5)	(0)			(系統選抜試験)
1995	1	1			生産力検定試験
1996	1	1			生産力検定試験
1997	1	1			生産力検定試験
1998	1	1			中断(ウイルスフリー化)
1999	1	1			試験用種いも増殖
2000	1	1	北海88号		生産力検定試験
2001	1	1			生産力検定試験
2002	1	1			生産力検定試験
2003	1	1			品種登録申請
2004			ばれいしょ農林50号		命名登録
2006			第14041号		種苗法に基づく品種登録

¹⁾受粉花数。

²⁾種子数、結実数は17果。

括弧内の数字は、1993年に系統選抜試験に供しなかった系統の経過を示す。

2) ノーザンルビーおよびシャドークイーン

1993年9月に北海道農業試験場ばれいしょ育種研究室(恵庭市島松, 現:北海道農業研究センター)において、「91091-103」(後のキタムラサキ)の放任受粉による結実種子を採種した。赤肉の「ノーザンルビー」および紫肉の「シャドークイーン」は、この種子を1997年に播種して得られた実生集団から、選抜された(図1, 図2)。多様な遺伝子型の品種および系統が栽植されている育種圃場での放任受粉であるため、父方の花粉親を特定することは不可能であった。

「ノーザンルビー」および「シャドークイーン」の育成経過を表2に示す。1997年に896粒の種子を播種し、網室内ポット栽培で実生個体選抜試験を行い、赤肉色もしくは紫肉色の濃い189個体を選抜した。1998年に個体二次選抜試験を省略し、圃場で1列植えの系統選抜試験を行った。収量や塊茎の大きさなどの実用形質を考慮し、肉色の濃さで選抜し「93080-6」および「9308-8」の系統番号を付した。2001年の生産力検定試験で有望と判定し、それぞれ「勝系4号」および「勝系3号」を付した。赤肉の「勝系4号」は2002年の生産力検定試験および系統適応性検定試験により、赤肉で栽培しやすくジャガイモシストセンチュウ抵抗性であることが評価され「北海91号」の地方番号を付した。紫肉の「勝系3号」は、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性は有しないが濃紫肉の特徴が際だっていると評価され、2003年に「北海92号」の地方番号を付した。両系統とも2005年に種苗法に基づく品種登録の申請が行われ、同年に「ばれいしょ農林56号」および「ばれいしょ農林57号」として農林水産省の農作物新品種命名登録がされた。

3) 分離集団の大きさの比較

バレイショは種いもを用いて増殖する栄養系繁殖作物であるが、種子繁殖作物と同様に交雑育種を主な手法とする。4倍体ヘテロの遺伝子構成を有するため交雑後代での表現型分離は大きく、1株の飛び抜けて優れる系統

表2. 「ノーザンルビー」および「シャドークイーン」の育成経過

年次	供試数	選抜数	系統名・登録番号等		試験区分等
			ノーザンルビー	シャドークイーン	
1993		931 ¹⁾			採種(放任受粉)
1997	896	189			実生個体選抜試験
1998	189	18	93080-6	93080-8	系統選抜試験
1999	18	9			生産力検定予備試験
2000	9	7			生産力検定試験
2001	7	5	勝系4号	勝系3号	生産力検定試験
2002	4	4	北海91号		生産力検定試験
2003	4	2		北海92号	生産力検定試験
2004	2	2			生産力検定試験
2005	2	2			品種登録申請
2005			ばれいしょ農林56号	ばれいしょ農林57号	命名登録
2009			第17447号	第17574号	種苗法に基づく品種登録

¹⁾種子数。

を見いだしたなら、これを栄養系世代である塊茎で増殖して品種とする。このとき交配種子数がすなわち変異幅となるため、最初に多数の交配種子を確保し望ましい表現型をいかにして上手く絞り込むかが重要である (Ross 1986)。一方で経済的な制約、つまり施設や圃場の規模から年間の播種可能な種子数は限定される。北海道農業研究センターにおいて本報告の有色パレイショ育成当時は、1組合せあたり 224 粒から 4,480 粒を、年間に約 40,000 粒の播種規模で実生個体選抜試験を展開していた。同年代の育成品種の播種数は、「らんらんチップ (ばれいしょ農林 53 号)」と「こがね丸 (ばれいしょ農林 55 号)」が 4,480 粒、「はるか (ばれいしょ農林 60 号)」が 2,240 粒であった。これに比べ「キタムラサキ」の播種数は 1,260 粒、「ノーザンルビー」と「シャドークイーン」は 896 粒と少ない。さらに、実生個体選抜試験において、肉色による強選抜を加えて分離集団の規模を急激に小さくして

いる。このため、白から淡黄肉色の普通品種に比べ、栽培特性や耐病虫性の選抜圧が不充分であったとの指摘は免れない。

3. 生態・形態的特徴, 収量性, 耐病虫性および調理特性

1) キタムラサキ

「キタムラサキ」の主要特性を表 3 に示す。「男爵薯」に比べ、萌芽期および開花期ともやや遅く、熟期は茎葉黄変期が 3 週間以上遅い中晩生である。花の色は白で、花数は中程度である。そう性 (草型) はやや直立型で茎は太く茎長は長く、どの生育段階でも「男爵薯」より地上部が大きく、既存の紫肉品種「インカパープル」(森ら 2009) と同様な経過をたどる (図 3)。塊茎が着生するストロンは「男爵薯」より長い、培土からはみ出して緑

表 3. 「キタムラサキ」、「ノーザンルビー」および「シャドークイーン」の主要特性概要

品種名	キタムラサキ	ノーザンルビー	シャドークイーン	男爵薯
萌芽期 (月/日)	5/27	5/26	5/25	5/23
開花期 (月/日)	7/1	7/1	6/30	6/28
茎葉黄変期 (月/日)	9/16	9/1	9/11	8/24
そう性 (草型)	やや直立	直立	中間	中間
茎の太さ	太	やや太	やや太	中
小葉の大きさ	小	やや大	小	大
花の色	白	白	白 (星形に紫)	赤紫系
花数	中	中	多	多
茎長 (cm)	76 (17.8)	57 (17.3)	81 (10.9)	38 (6.0)
茎数 (本/株)	2.7 (0.4)	2.9 (0.9)	3.2 (0.5)	3.8 (1.1)
塊茎の休眠期間	長	やや長	やや長	やや長
ストロン長	中	中	中	短
塊茎の形	倒卵形	長楕円形	長楕円形	球形
目の深さ	浅	浅	浅	深
皮色	紫	赤	紫	白黄
肉色	紫	赤	紫	白
上いも数 (個/株)	9.4 (1.8)	7.8 (1.2)	9.7 (1.4)	10.1 (1.4)
平均 1 個重 (g)	124 (26.2)	110 (15.2)	100 (11.5)	89 (13.6)
上いも重 (kg/10 a)	4,986 (243)	3,740 (204)	4,235 (632)	3,940 (356)
中以上いも重 (kg/10 a)	4,592 (109)	3,393 (276)	3,861 (661)	3,355 (469)
でん粉価 (%)	17.9 (0.7)	15.5 (0.7)	18.6 (1.0)	16.3 (0.3)
シストセンチュウ抵抗性	強 (H ₁)	強 (H ₁)	弱 (h)	弱 (h)
疫病圃場抵抗性	中	やや弱	やや弱	弱
そうか病抵抗性	弱	やや弱	やや弱	弱
粉状そうか病抵抗性	やや強	強	やや強	弱
Y モザイク病抵抗性	弱	弱	弱	弱
調理後黒変	微	少	微	少
水煮時の煮くずれ	少	少	中	中
水煮時の肉質	やや粘	やや粘	中	やや粉
水煮時の食味	中下	中	中上	中上
チップ・フライの褐変	中	少	少	中

調査場所: 北海道農業研究センター (河西郡芽室町)。

調査年次: 2001 ~ 2005 年の平均。

施肥量 (N, P₂O₅, K₂O, MgO: kg/10 a): 6.0, 17.0, 10.2, 5.1。

栽植密度: 畦間 75 cm, 株間 30 cm。

植付: 5 月上旬, 収穫: 9 月下旬。

上いも重は 20 g 以上のいも収量, 中以上いも重は 60 g 以上のいも収量。

でん粉価はライマン価と同義で (比重 -1.05) × 214.5 + 7.5 で算出。

括弧内の数字は, 標準偏差を示す。

塊茎の休眠調査は, 10 月下旬から暗所 18°C で保管し芽が 5 mm 以上に達した時を休眠明けとし, 茎葉黄変期からの日数を休眠期間とする。休眠期間は標準品種との比較で判定する。

化いもとなることは少ない。塊茎は目が浅く倒卵形をしており、皮色と肉色とも紫である(図2)。塊茎の休眠期間は、「男爵薯」より長い。生育段階の早い時期に茎葉処理もしくは早期収穫を行うと、貯蔵した翌年春にストロン基部側から萎びることがあるが、種いもとしての出芽力には問題なかった。

収量は「男爵薯」に比べ、株当たりの上いも数はほぼ同じだが、塊茎の平均1個重が大きいので、上いも重で20%以上多収である。でん粉価は「男爵薯」より2%程度高い。「男爵薯」の上いも重は7月下旬から8月上旬にかけて塊茎の肥大が進み増加するが、「キタムラサキ」の平均1個重は8月中旬以降に増加し、9月に入ると「男爵薯」の上いも重を上回る。「インカパープル」との比較では、上いも重はどの時期でも「キタムラサキ」が上回っている(図3)。

「男爵薯」と「インカパープル」が保有しないジャガイモシストセンチュウ抵抗性を有し、ジャガイモ疫病(*Phytophthora infestans*)の圃場抵抗性は中程度で、粉状そうか病(*Spongospora subterranea*)にはやや強と、「男爵薯」に比べ耐病性が優れる。

「キタムラサキ」は、水煮時の煮崩れが少なく、肉質はやや粘であり、食味は「男爵薯」より劣る。「インカパープル」と同様に、水煮や蒸しにより加熱するとアントシアニン系の紫色は色調がくすみ退色するが、放冷すると

色調が戻る。また、油を用いたフライ調理では紫色が鮮明に残るが、褐変は中程度である。

2) ノーザンルビー

「ノーザンルビー」の主要特性を表3に示す。「男爵薯」に比べ、萌芽期および開花期ともやや遅く、熟期は茎葉黄変期が1週間程度遅い中早生である。花の色は白で、柱頭が赤紫に着色し、花数は中程度である。そう性(草型)は直立型で茎はやや太く茎長は中程度である。地上部生体重は、「男爵薯」より大きく既存の赤肉品種「インカレッド」(森ら2009)より小さい生育経過をたどる(図4)。「インカレッド」は晩生で地上部が開張型に大きく広がる草型であるのに比べ、「ノーザンルビー」は直立にまとまった草型となり栽培しやすい。しかし、「ノーザンルビー」は8月以降の生育後半で下葉から枯れ上がる生理障害が見られることがある。塊茎が着生するストロンは「男爵薯」より長い、培土からはみ出して緑化いもとなることは少ない。塊茎は目が浅く長楕円形をしており、皮色と肉色とも赤である(図2)。生理障害により塊茎内に壊死細胞が生じる褐色心腐は、「男爵薯」と同程度発生し、褐色心腐部位の周囲にアントシアニン色素が濃く蓄積する現象が見られる。塊茎の休眠期間は、「男爵薯」と同程度である。

収量は「男爵薯」に比べ、株当たりの上いも数が少ないため、塊茎の平均1個重が大きいても、上いも重がやや下回る。でん粉価は「男爵薯」とほぼ同等であるが、「インカレッド」が12%程度であるのに比べ高い。「男爵薯」の上いも重は7月上旬から高めに推移するが、「ノーザンルビー」は8月上旬で「男爵薯」と同水準に達する。「インカレッド」が8月下旬ようやく「男爵薯」並になるのに比べ上いも重の増加時期が早い(図4)。

「男爵薯」と「インカレッド」が保有しないジャガイモシストセンチュウ抵抗性を有し、粉状そうか病に強い。ジャガイモ疫病とジャガイモそうか病(*Streptomyces scabies*, *S. turgidiscabies*)にはやや弱であるが、「男爵薯」に比べ耐病性が優れる。

「ノーザンルビー」は、水煮時の煮崩れが少なく、肉質はやや粘であり、食味は「男爵薯」よりやや劣る。「インカレッド」と同様に、水煮や蒸しにより加熱するとアントシアニン系の赤色はやや退色するが、放冷すると色調が戻る。また、油を用いたフライ調理では赤色が鮮明に残り、製品の褐変も少ない。

3) シャドークイーン

「シャドークイーン」の主要特性を表3に示す。「男爵薯」に比べ、萌芽期および開花期ともやや遅く、熟期は茎葉黄変期が2週間以上遅い中晩生である。花の色は白で、花弁の脈に沿って星形に紫の着色があり、柱頭も紫である。花数は「男爵薯」並に多い。そう性(草型)は中間型で、茎は濃い紫色をしており、やや太く茎長は長

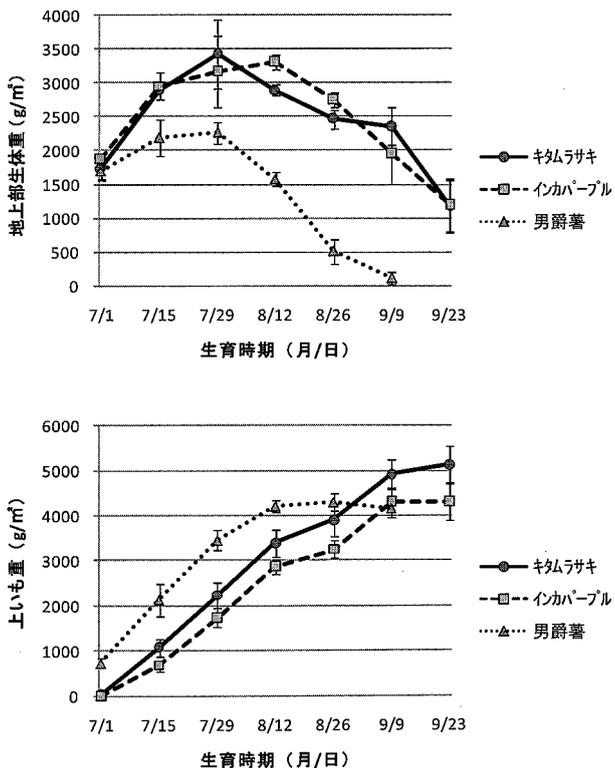


図3. パレイショ品種「キタムラサキ」の生育経過
2000～2002年の平均、図中のバーは標準誤差を示す。
上段：地上部生体重の推移、下段：上いも重の推移。
施肥量(N, P₂O₅, K₂O, MgO: kg/10 a): 6.0, 17.0, 10.2, 5.1。

い。塊茎の目は浅く長楕円形をしており、皮色と肉色とも紫である(図2)。塊茎の休眠期間は、「男爵薯」と同程度である。

収量は「男爵薯」に比べ、株当たりの上いも数はほぼ同じだが、塊茎の平均1個重がやや大きいいため、上いも重で8%程度多収である。でん粉価は「男爵薯」より2%程度高い。

「男爵薯」と同様にジャガイモシストセンチュウ抵抗性を有しない。粉状そうか病に強く、ジャガイモ疫病とジャガイモそうか病にはやや弱であるが、「男爵薯」に比べ耐病性が優れる。

「シャドークイーン」は、水煮時の煮崩れが「男爵薯」と同様で中程度、水煮時の食味は「男爵薯」並に優れる。「インカパープル」や「キタムラサキ」と同様に、水煮や蒸しにより加熱するとアントシアニン系の紫色は退色するが、調理品が熱い状態でも紫の色調は残り、放冷するとさらに色調が戻る。また、油を用いたフライ調理では紫色が残るが、やや濃すぎる色調となり、褐変は中程度である。

4. アントシアニン色素の塊茎内での分布

塊茎切断面の様子と細胞の分布を図5に示した。塊茎切断面を観察すると、「インカパープル」は維管束の外側

に白色の部分が存在するのに対し、「キタムラサキ」は白色部の面積割合が小さく、「シャドークイーン」は白色部を認めない。塊茎を0.1mmの切片とし、透過光により40倍で拡大観察したところ、色素を含有する有色細胞と色素を含有しない透明細胞の存在を認めた。アントシアニン色素は水溶性であり、塊茎の植物細胞内で多くの割合を占める液胞内に蓄積するが、色素を蓄積する細胞(有色細胞)としない細胞(透明細胞)があり、品種によって有色細胞の分布が異なり色素量や目でみた色調も異なる。「シャドークイーン」は、「インカパープル」および「キタムラサキ」に比べ明らかに有色細胞の比率が高く、このため濃紫肉色を呈しアントシアニン色素含量が高いと考えられる。「インカレッド」の切断面には、「インカパープル」と同様に維管束の外側に白色の部分が存在し、有色細胞と透明細胞がそれぞれ固まって分布している。これに対し「ノーザンルビー」は、ほぼ全面が赤色であるが発色が薄い。細胞の分布を調査すると、「ノーザンルビー」の有色細胞は透明細胞の間にバラバラと分散して広く分布しており、「インカレッド」に比べ発色が薄くなると考えられる。

5. アントシアニン色素の主成分と含量

「キタムラサキ」、「ノーザンルビー」および「シャドークイーン」の色素構造について検討した。吸光度測定、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)および色素の質量分析の分析手法は、既報(Hayashi *et al.* 1996, 林ら 1997)によった。3品種の色素は吸光度測定の結果、Harborne (1960)の報告のようにアントシアニン色素と確認された。また、HPLC分析の結果、3品種ともアントシアニン色素は約6種類程度の色素で構成された。質量分析の結果から、「キタムラサキ」と「シャドークイーン」の主色素は「インカパープル」と同じペタンin (petanin)、「ノーザンルビー」の主成分は「インカレッド」と同じペラニン (pelanin) とそれぞれ推定された。

塊茎のアントシアニン含量を、表4に示した。分散分析の結果、品種間および調査年次に有意な差を認めた。年次により色素濃度が異なることは、加工原料として製品の色調が不安定となる問題がある。生いも1gあたり5カ年の平均色素含量は、赤肉の「インカレッド」が1.59mgに対し「ノーザンルビー」が1.85mgとやや多い傾向にあったが、平均値に有意な差は認められなかった。同様に、紫肉の「インカパープル」が2.04mgに対し、「キタムラサキ」は2.54mgとやや多い傾向にあったが、平均値に有意な差は認められなかった。一方、「シャドークイーン」の色素含量は、生いも1gあたり7.40mgと他の紫肉品種に比べ3倍以上の含量があり、5カ年の平均値に明らかに有意な差を認めた。

有色カンショのアントシアニン色素は天然色素の抽出原料として利用されており(山川 1999, 熊谷 2000)、有

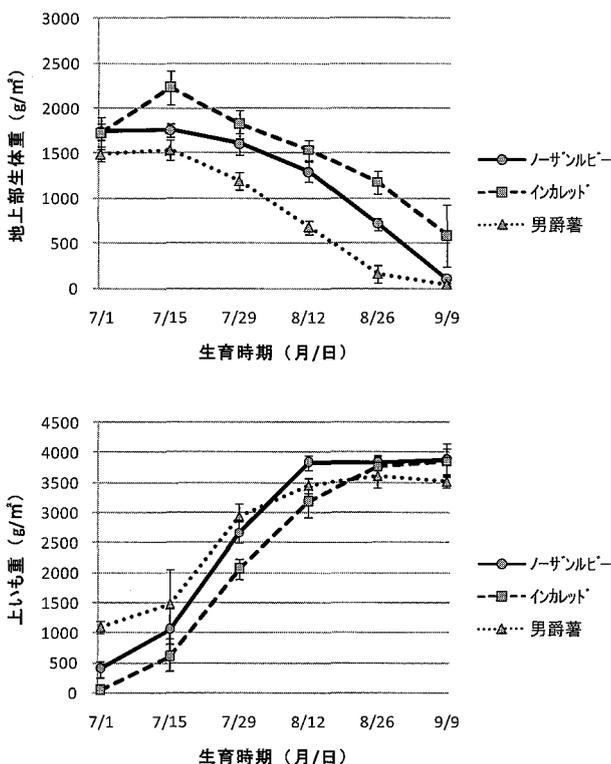


図4. バレイショ品種「ノーザンルビー」の生育経過
2003～2004年の平均、図中のバーは標準誤差を示す。
上段：地上部生体重の推移、下段：上いも重の推移。
施肥量(N, P₂O₅, K₂O, MgO: kg/10a): 6.0, 17.0, 10.2, 5.1.

色パレイシヨについても同様な検討を行った。色素原料用カンシヨのアントシアニン色素含量は、生いも1gあたり「山川紫」が6.80 mg (Hayashi *et al.* 1996), 「アヤマラサキ」が7.30 mg (津久井ら 1999) であり, 「シャドークイーン」の8.79 mg (表4) と同等な水準にある。しかしアントシアニン主色素の成分が異なるため, 同一含量であっても発色の程度は大きく異なる。

そこで, 2008年度の北海道農業研究センター産塊茎を

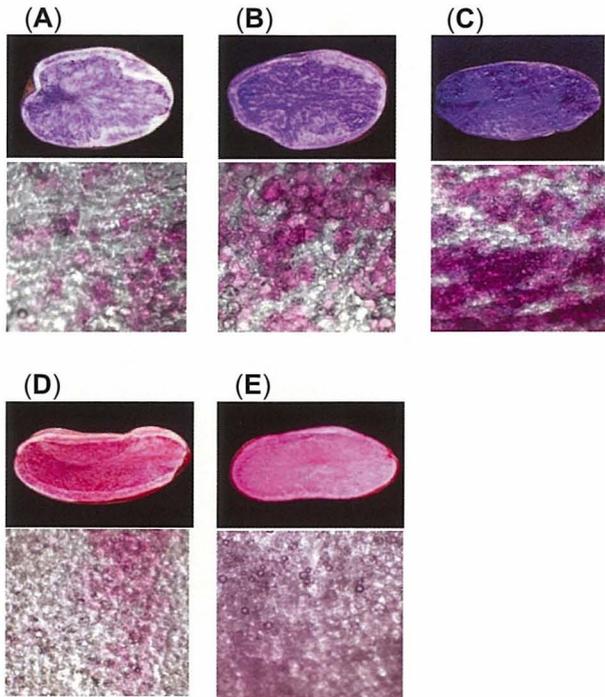


図5. 有色パレイシヨ品種の塊茎切断面の肉色と塊茎肉質部における色素細胞の分布
上段は塊茎を縦方向に切断した様子, 下段は透過光による細胞の様子。

(A) インカパープル, (B) キタムラサキ, (C) シャドークイーン, (D) インカレッド, (E) ノーザンルビー。
調査方法・条件: 塊茎を Vertical Slicar HS-1 (日本分光) を用いて0.1 mmの厚さで切片を切り, 光学顕微鏡で×40, 透過光で色素細胞の分布を確認した。

用いて色素原料としての評価を行い, 結果を表5に示した。色価は, 色素原料1gが示す色の濃さを示すもので, 色価 = 吸光度 (A) / 色素量 (g) で表される。色素溶液の最大吸収波長で入射光をI0とし, 色素溶液を透過して出てきた透過光をIとして, 吸光度 (A) は, $A = \log (I_0/I)$ と定義される。色素1gを10 mlに溶かした液の吸光度が1のとき色価1となる。色素の抽出は, 予め硫酸酸性の抽出溶媒を調製しておき, そこへ試料をスライスして直接投入した。1番抽出は, ノーザンルビーとキタムラサキは試料に対して3倍, シャドークイーンは5倍で0.5%硫酸を加水した。2番抽出はノーザンルビーとキタムラサキは試料に対して1.5倍, シャドークイーンは2.5倍で, 0.25%硫酸を加水した。3番抽出は水のみで1倍加水した。それぞれ24時間の室温静置にて抽出し, それぞれの吸光度を測定して色価を求め, 和により全体の色価を算出した。比較対照として, 2006年の九州沖縄農業研究センター産色素原料用サツマイモ「アヤマラサキ」を用いた。

アントシアニン色素含量がほぼ同じである「シャドークイーン」と「アヤマラサキ」を比較すると, 「シャドークイーン」の色価が8.79 u/gであるのに対し, 「アヤマラサキ」の色価は83.27 u/gであり, 約10倍の値となる。つまり同じ原料重量から天然色素製品を製造する場合は, 「シャドークイーン」は10倍の原料が必要となる。色価とは, 色素製剤として色素を評価した場合の発色率や被

表5. 有色パレイシヨのアントシアニン色素抽出原料としての色価による評価

品種名	色価 ¹⁾ (u/g)	最大吸収波長 (nm)
ノーザンルビー	5.77 (0.26)	504.0
キタムラサキ	2.87 (0.13)	524.2
シャドークイーン	8.79 (0.01)	523.2
(比較) アヤマラサキ ²⁾	83.27	528.7

材料: 2008年北海道農業研究センター産。

¹⁾原料1g中に含まれる色の基準濃度量。

²⁾色素原料用カンシヨ (2006年の九州沖縄農業研究センター産) の測定結果。

括弧内の数字は, 標準偏差を示す (n=3)。

表4. 有色パレイシヨ品種のアントシアニン色素含量 (mg/g 生いも)

品種名	肉色	調査年次					平均 ¹⁾	標準偏差
		2001	2002	2003	2004	2005		
インカレッド	赤	1.77	1.31	2.39	1.22	1.25	1.59 a	0.50
ノーザンルビー	赤	1.44	1.32	2.55	1.82	2.10	1.85 ab	0.50
インカパープル	紫	1.75	2.65	2.62	1.95	1.25	2.04 ab	0.60
キタムラサキ	紫	2.11	1.88	3.75	2.69	2.27	2.54 b	0.74
シャドークイーン	紫	4.34	5.96	9.70	8.24	8.74	7.40 c	2.19

¹⁾同じアルファベット間に平均値の有意差なし。

材料: 北海道農業研究センター産, 9月末に収穫。

色素の抽出: 4°Cで塊茎 (n=3) を磨砕し3%トリフルオロ酸で色素を抽出, Amberlite XAD-7樹脂 (オルガノ) にて精製した。

HPLC分析: Waters社製TM996フォトダイオードアレー検出器, 220 nm ~ 700 nm測定波長, 525 nmでアントシアニン色素ピークの検出, TSK gel ODS-80 TM (4.6 mm I.D. × 25, 東ソー), アセトニトリル-0.1%TFA (1:4, V/V) 溶離液, 40°Cカラム温度, 0.8 ml/min. 流速にて測定した。

染色物を染める力の評価に当たる。バレイショのアントシアニン色素の場合、色素1gあたりの発色率がサツマイモアントシアニン色素に比較して1/10程度である。これは通常色素として添加する濃度として考えるとき、10倍の濃度にしないと視覚的にはサツマイモ色素と同等にならないことを意味している。したがって、現状の有色バレイショ品種の色素濃度では、天然色素の原料として利用がまだまだ難しい状況である。

6. 育成の意義

赤肉色の「ノーザンルビー」、紫肉色の「キタムラサキ」および「シャドークイーン」は、2005年頃から栽培が開始された。種いも増殖が軌道に乗った2007年以降、これら第2世代有色品種は、第1世代有色品種の「インカレッド」および「インカパープル」に置き換えて急速に普及している(図6)。第2世代有色品種は、栽培しやすく実用性が向上したことにより、家庭菜園や産直販売向けを中心として、種いも需要が増加している。有色バレイショの育成は、これまで「男爵薯」や「メークイン」しか知らなかった消費者が、意識的に新品種を手にする機会を作り出している。また、「キタムラサキ」と「ノーザンルビー」は、赤・紫・白の3色を混合したスナック菓子製品の原料として、それぞれ「インカパープル」および「インカレッド」を置き換えて普及が始まった。これにより安定した品質と価格の原料を、供給できるようになった。

「インカパープル」と「インカレッド」の含有するアントシアニン色素成分は、抗酸化能などの一般的な機能性(五十嵐ら2000)に加え、抗インフルエンザ活性(Hayashi *et al.* 2003)やヒト胃癌細胞のアポトーシス誘導効果(Hayashi *et al.* 2006)のようなバレイショに特有な機能性が確認されている。同じ主色素を含有する「キタムラサキ」、「ノーザンルビー」および「シャドークイーン」も同様な機能性が期待される。「シャドークイーン」は、有色バレイショの調理加工品に、色素濃度の高い副原料と

して供給し、製品の色を安定させることができる。さらに色素高含有を生かした機能性食品を開発することにより、バレイショ消費拡大に結びつけ生産振興に寄与するものとする。

2006年にアメリカ合衆国アイダホ州で開催された第6回国際バレイショ会議(6th World Potato Congress)では、品種見本圃場において紫肉および赤肉の育成品種・系統が多数展示されていた。バレイショの含有する色素等の機能性や豊かな色彩性が注目されており、品種育成と利用開発が進められている(Brown *et al.* 2008)。アメリカ合衆国で流行する文化的な事象の多くが、日本へ取り入れられる状況にあり、食文化も例外ではない。機能性や多様な色彩を特徴とするバレイショ加工製品が、日本へ輸入される可能性があり、赤および紫のポテトチップなどは僅かであるがすでに輸入されている。このとき、生産性と利用適性の優れた国産の有色バレイショ品種とその加工製品が存在すれば、輸入圧力に対抗可能であると期待する。

謝辞

小面積の需要にも応える種いも生産の積極的な取り組みをした大樹町農業協同組合、「キタムラサキ」と「ノーザンルビー」の組織的な生産によるスナック菓子原料の供給体制を確立し産直販売所での商品揃えとして前記2品種に加え「シャドークイーン」の販売を推進した芽室町農業協同組合、有色バレイショを原料とする新規商品開発に取り組んだカルビー株式会社、系統適応性検定試験および耐病虫性特性検定試験の担当者には、それぞれの専門分野でご尽力いただいた。また、日本いも類研究会には、家庭菜園からの需要掘り起こしとして新品種の試験栽培用種いもも配布事業でご尽力いただいた。さらに、北海道農業研究センターの技術専門職員ならびに非常勤職員各位には、育種試験を支える圃場管理業務にご尽力いただいた。ここに記して謝意を表します。

本研究の一部は、2003年から2005年に実施された農林水産省プロジェクト研究「新鮮でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究」の成果である。

引用文献

- Brown, C.R., R.W. Durst, R. Wrolstad and W. De Jong (2008) Potato Research 51: 259-270.
 Harborne, J.B. (1960) Biochem. J. 75: 262-269.
 Hans, R. (1986) Potato Breeding—Problems and Perspectives, Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg, 27-29.
 Hayashi, K., N. Ohara and A. Tsukui (1996) Food Sci. Technol. Int. 2: 30-33.
 林 一也・鈴木敦子・津久井亜紀夫・高松 直・内藤功一・岡田 亨・森 元幸・梅村芳樹 (1997) 日本家政学会誌 48: 589-596.
 Hayashi, K., M. Mori, Y. Knox-Matutani, T. Suzutani, M. Ogasawara,

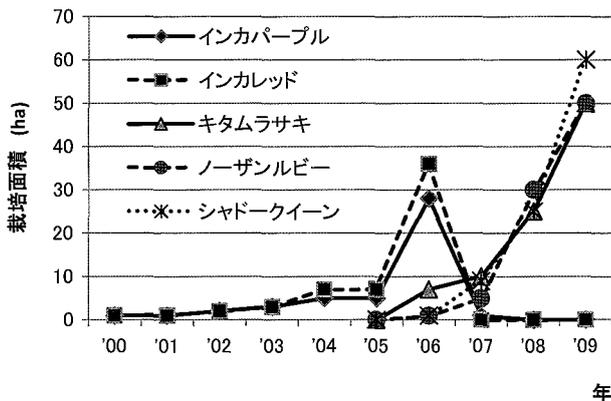


図6. 有色バレイショ品種の栽培面積の推移
2007年以降は原々種出荷数量から推計した。

- I. Yoshida, K. Hosokawa and A. Tsukui (2003) Food Sci. Technol. Res. 9: 242-244.
- Hayashi, K., H. Hibasami, T. Murakami, N. Terahara, M. Mori and A. Tsukui (2006) Food Sci. Technol. Res. 12: 22-26.
- 五十嵐喜治・佐藤充克・寺原典彦・津田孝範・津志田藤二郎・梶本修身 (2000) アントシアニン——食品と色と健康——, 大庭利一郎・五十嵐喜治・津久井亜紀夫編, 建帛社, 東京, 103-186.
- 熊谷 亨 (2000) 育種学研究 2: 97-104.
- 松林元一 (1981) 育種学最近の進歩 22: 86-106.
- 森 元幸 (2006) 農業技術 61: 348-352.
- 森 元幸・高田明子・高田憲和・小林 晃・津田昌吾・中尾 敬・梅村芳樹・林 一也 (2009) 育種学研究 11: 45-51.
- Popenoe, H., S.R. King, J. Leo'n and L.S. Kalinowski eds. (1989) Lost Crops of the Incas, National Academy Press, Washington DC, USA, 92-103.
- 津久井亜紀夫・鈴木敦子・小巻克己・寺原典彦・山川 理・林一也 (1999) 日本食品科学工学会誌 46: 148-154.
- 山川 理 (1999) 農業および園芸 74: 851-856.
- 山本紀夫 (2004) ジャガイモとインカ帝国, 東京大学出版会, 東京, 238-245.