

蒸切干用サツマイモの高品質化に関する研究

藏之内利和・中村善行・熊谷 亨・檜村英一^{*1}・鈴木正明^{*2}・川又 努^{*3}・
松田智明^{*4}・田原 誠^{*5}・中谷 誠^{*6}

抄 録

サツマイモ蒸切干の高品質化へ向け、1. 高品質蒸切干加工向け優良系統の開発、2. 紫肉色サツマイモを用いた紫蒸切干等新技術の現地導入試験、3. シロタ障害発生機構の解明、4. 遺伝子解析技術を用いた蒸切干製品等の原料品種判定技術の開発、の4項目からなる一連の研究を行った。

高品質蒸切干加工向け優良系統の開発の中で、「クイックスイート」のようなデンプン糊化温度が低い品種・系統が蒸切干加工に適することを明らかにした。これを踏まえ、デンプン糊化温度が一般品種よりも5～6℃低い特長を持ち、蒸切干のシロタがほとんど発生せず、製品の食味や外観が優れる「関東127号」を選抜した。また、紫肉色サツマイモを用いた蒸切干加工に「九州137号」が好適であることを確認するとともに、アントシアニンを蒸切干加工に適した中程度の濃度で含む系統の選抜を進めた。さらに、「クイックスイート」や「九州137号」については、産地での蒸切干加工実証試験でも有望の評価を得た。

シロタ障害発生機構の解明の中で、走査電子顕微鏡観察により、シロタは蒸切干加工時の乾燥過程における細胞内容物の収縮が大きいことによるもの(収縮型)、生イモ段階から細胞内デンプンが蓄積異常をきたして含有量が低下するため蒸煮時に空隙が発生するもの(空隙型)の2つのタイプがあることを明らかにした。さらに、MRI(磁気共鳴画像法)を用いた調査などから、シロタ発生部位での水分含量低下を確認した。また、栽培時の水分ストレスがシロタ発生を助長することを明らかにした。

遺伝子解析技術を用いた蒸切干製品等の原料品種判定技術の開発では、見出されたサツマイモゲノム中のレトロトランスポゾン *Rtsp-1* 配列を利用し、品種間で多型を示すゲノ

平成21年9月28日受付 平成21年12月15日受理

*1 茨城県農業総合センター

*2 元 茨城県農業総合センター(現 社団法人茨城県穀物改良協会)

*3 JA水戸

*4 茨城大学農学部

*5 岡山大学農学部

*6 現 (独)国際農林水産業研究センター

ム挿入部位を PCR マーカー化し、これらのマーカーでの PCR 増幅の有無の組合せにより蒸切干製品からも正確に品種を判別できることを明らかにした。さらに、活動型のレトロトランスポゾン *L1b* 配列を見出し、品種やクローンが派生する過程で転移・挿入した部位を PCR マーカー化することにより、原料がブレンドされた練り製品でも品種判別が可能な技術を新たに開発した。レトロトランスポゾンによる品種判別技術については、2005年6月に特許出願し、2006年2月より公開された。今後は実際場面での活用が期待される。

キーワード：サツマイモ、蒸切干、干しイモ、シロタ、品種判別

Studies on sweetpotato for high quality steamed and cured slices processing with high international competitiveness

Toshikazu KURANOCHI, Yoshiyuki NAKAMURA, Toru KUMAGAI, Eiichi KASHIMURA *¹,
Masaaki SUZUKI *², Tsutomu KAWAMATA *³, Toshiaki MATSUDA *⁴, Makoto TAHARA *⁵
and Makoto NAKATANI *⁶

Abstract

To examine steamed and cured sweetpotato slices, “hoshi-imo”, the authors engaged in a research project titled “Research project for utilizing advanced technologies in agriculture, forestry and fisheries”. This project consisted of four parts: 1. Breeding of sweetpotato lines for high quality “hoshi-imo” processing, 2. Examination of the mechanisms leading to white opaque defects, “shirota”, and the establishment of counter measures, 3. Adaptation of new techniques, including the cultivation of purple fresh sweetpotato, in areas producing “hoshi-imo”, 4. The application of cultivar identification techniques for “hoshi-imo” products based on genetic markers.

A sweetpotato line, “Kanto-127”, was selected because of its superior taste and high quality for “hoshi-imo” products. The occurrence of “shirota” defects in the line is very low. The gelatinization temperature of this line is about 5-6°C lower than those of normal cultivars. We also recognized that sweetpotato lines with a low gelatinization temperature, e.g. “Quick Sweet”, are suitable for “hoshi-imo” production.

It was identified that a purple fleshed sweetpotato line, “Kyusyu-137”, is suitable for “hoshi-imo” production because of its moderate anthocyanin content and good taste. Some lines with moderate anthocyanin content were selected in our breeding program.

We clarified that there are at least two types of “shirota” defect: Type 1 (high shrinkage type); the cell contents shrink excessively in the drying phase of “hoshi-imo” processing, and Type 2 (vacant space type); lacking starch formation in root cells, which promotes vacant spaces.

From the observation of cross-sections of roots using MRI, it was found that the “shirota” part of the roots contained less water than the normal parts, and we clarified that water stress in the late cultivation period promoted “shirota” defects.

We explained the adaptability of sweetpotato cultivars or lines to farmers who produce “hoshi-imo” in Ibaraki prefecture. From the results, “Quick Sweet” was considered to be suitable for cultivation because of the very low occurrence of “shirota” defects and its high quality. In addition, we selected “Kyusyu-137” as prospective line for cultivation.

Accepted 15 December, 2009

*¹ Agricultural Research Institute, Ibaraki Agriculture Center

*² Former head of Crop Laboratory, Agricultural Research Institute

*³ JA Mito

*⁴ Ibaraki University

*⁵ Okayama University

*⁶ Japan International Research Center for Agricultural Science

Using identified *Rtsp-1*, a retrotransposon in the sweetpotato genome, and PCR markers were obtained on the insertion sites that showed polymorphisms among cultivars. The absence or presence of PCR products corresponding to the insertion sites could successfully differentiate cultivars used for “hoshi-imo” products.

Key Words: sweetpotato, steamed and cured sweetpotato slices, hoshi-imo, white opaque defect “shirota”, cultivar identification

I 緒 言

サツマイモ蒸切干（干しイモ）は主に茨城県や静岡県で生産されている農産加工品である。蒸切干加工用のサツマイモは全国で1440 ha 栽培され、茨城県が作付け面積で95%以上を占める主産地となっている（農林水産省生産局特産振興課 2008）。特に茨城県中部及び北部の畑作地帯では、蒸切干加工用のサツマイモが基幹作物として営農上重要な地位を占めている（泉澤 1989、泉澤 1991、仁平ら 2000）。しかし、最近では中国等近隣国からの輸入が増加し、国内の蒸切干生産は厳しい競争にさらされている。従来の外国産蒸切干は品質が劣っていたが、近年になって、これらの国は育成者権が消滅した日本の品種を導入するとともに、加工技術の改善と相まって、品質の良い蒸切干を日本へ輸出するようになった。したがって、わが国の蒸切干生産を維持するためには、国内産品の一層の品質向上により外国産との差別化を図ることが緊急の課題となっており、現在の主力品種「タムユタカ」（小野田ら 1970）に置き換わる、より良質な新品种の開発と加工技術の向上が必

要不可欠である。また、生産現場では「シロタ」（「中白」も同じ）と呼ばれる品質障害が多発して問題となっているが、その原因は不明で、対策技術も確立されていない。さらに、蒸切干は伝統食品の色合いが濃く、その需要は停滞傾向にあり、これまでにない特徴を持った蒸切干製品の開発による新たな需要の喚起も求められている。

このような情勢に応えるべく、農林水産省の公募課題である「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」（2003～2005年度）において、農研機構作物研究所、茨城県、茨城大学、岡山大学、JA 水戸および蒸切干生産者が協力して、1. 高品質蒸切干加工向け優良系統の開発、2. 紫肉色サツマイモを用いた紫蒸切干等新技术の現地導入試験、3. シロタ障害発生機構の解明、4. 遺伝子解析技術を用いた蒸切干製品等の原料品種判定技術の開発といった、多岐にわたる研究を実施した。ここでは、その成果の概要について報告する。

II 本研究の内容と成果

1 高品質蒸切干加工向け優良系統の開発

現在の蒸切干用主力品種である「タムユタカ」は、1958年に当初デンプン原料・茎葉利用向けとして育成された古い品種である。その後、蒸切干加工に適することが明らかとなり、現在広く作付けされているが、生産地ではたびたび発生するシロタが問題となっている。一方、民間で育成された「泉13号」は、食味が良好なものの、塊根収量が低いため栽培は限定的である。

昨今、国産蒸切干の高品質化がますます重要となっていることから、より高品質な蒸切干加工用系統の開発を現地適応性の検討も含めて行

い、早期に育成品種の普及をはかることが必要となっている。その際、育成された蒸切干加工用系統が生産者による栽培・加工段階で良好な評価を得ることは、品種の普及上できわめて重要な事項である。そこで、国産蒸切干の高品質化に向け、より高品質な蒸切干加工用系統の開発を、蒸切干生産者との連携を図りながら現地適応性の検討も含めて実施した。

1) 高品質蒸切干加工向け優良系統の開発

農研機構作物研究所（以下、作物研究所）で育成した青果用品種「クイックスイート」（片山ら 2003）は、糊化温度が低いデンプンを含

表1 低糊化温度のサツマイモ品種・系統を用いた交配採種種子に由来する供試系統数と選抜系統数

年次	実生個体選抜試験*		系統選抜試験		生産力検定予備試験		生産力検定試験	
	供試	選抜	供試	選抜	供試	選抜	供試	選抜
2003	1611	48	50	4	1	0	1	0
2004	2758	90	42	1	4	1	0	0
2005	2220	74	90	4	1	0	1	1

*：実生個体選抜試験のみ個体数で示す。
いずれも作物研究所における供試数。

表2 谷和原圃場における無マルチ標準栽培での収量および品質

品種系統名	年次	a 当り上いも			上いも 1個重 (g)	株当り 上いも 個数	切干 歩合 (%)	蒸切干			
		数	重 (kg)	標準比 (%)				肉色	肉質	食味	シロタ (中白)
関東119号	2003	1099	165	60	150	2.4	31.4	淡黄	やや粘	やや上	微
	2004	2144	340	95	158	4.6	30.5	黄	やや粘	やや上	無
関東125号	2004	1455	408	114	280	3.2	33.0	黄	中	中	無
	2005	912	179	82	196	2.2	33.1	黄	中	中	少
関東127号	2005	1209	173	79	143	2.7	33.6	黄	粘	上	無
タマユタカ	2003	1526	274	100	179	3.3	30.1	灰白	やや粘	やや上	やや少
	2004	1189	359	100	302	2.6	30.3	灰白	やや粘	やや上	中
	2005	861	219	100	254	2.0	30.8	灰白	やや粘	やや上	少
泉13号	2003	716	67	24	93	1.6	33.7	淡黄	中	上	微
	2004	1154	223	62	193	2.6	35.0	淡黄	中	上	少
	2005	520	85	39	162	1.3	34.8	黄白	中	やや上	微

畦間：71cm、株間：30cm、施肥：さつま化成3-12-10 6kg/a。
 植え付け：5月14日(2003年)、5月12日(2004年)、5月17日(2005年)。
 収穫：10月9日(2003年)、10月26-27日(2004年)、10月13日(2005年)。
 肉質：粘、やや粘、中、やや粉、粉の5段階に区分。
 食味：上、やや上、中、やや下、下の5段階に区分。
 シロタ：無、微、少、やや少、中、やや多、多の7段階に区分。

表3 茨城県農業総合センター農業研究所における無マルチ標準栽培での収量および品質

品種系統名	年次	a 当り上いも		上いも 1個重 (g)	株当り 上いも 個数	切干 歩合 (%)	蒸切干			
		重(kg)	標準比 (%)				肉色	肉質	食味	シロタ (中白)
関東119号	2004	242	78	153	4.0	32.5	黄	粘	やや上~上	無
	2005	284	104	164	4.4	31.1	黄	粘	上	無
関東125号	2005	202	74	187	2.7	31.1	黄	やや粘	中	微
関東127号	2005	201	74	123	4.1	34.3	黄	粘	やや上~上	微
タマユタカ	2004	312	100	235	3.3	32.4	灰	粘	上	微
	2005	273	100	197	3.5	32.0	灰	粘	上	中
泉13号	2004	247	79	186	3.3	35.8	黄	粘	やや上~上	微
	2005	120	44	158	2.9	35.8	黄	粘	上	微

畦間：100cm、株間：25cm、施肥量(kg/a)：N:0.1 P₂O₅:1.2 K₂O:1.0。
 植え付け：5月21日(2004年、2005年)。
 収穫：10月13日(2004年)、10月6日(2005年)。
 肉質：粘、やや粘、中、やや粉、粉の5段階に区分。
 食味：上、やや上、中、やや下、下の5段階に区分。
 シロタ：無、微、少、中、多、甚の6段階に区分。

表4 サツマイモ関東127号のデンプン糊化特性

特性名	試験年次	品種・系統名		
		関東127号	タマユタカ	泉13号
糊化開始温度 (℃)	2006	63.7	70.9	69.9
	2007	66.8	72.5	70.1
	平均	65.2 *	71.7	70.0
最高粘度 (RVU)	2006	142.1	136.5	136.7
	2007	116.6	133.5	127.8
	平均	129.4	135.0	132.3
ブレイクダウン (RVU)	2006	35.7	29.5	37.0
	2007	16.8	36.8	39.3
	平均	26.2	33.1	38.1
セットバック (RVU)	2006	130.9	124.5	128.3
	2007	143.8	124.0	113.8
	平均	137.4	124.3	121.0

作物研究所食用サツマイモサブチーム(2009)より抜粋。
 ラピッドビスコアライザ(Newport Scientific社)により測定。

*：「タマユタカ」に対して5%水準で有意差あり。

ブレイクダウン：加熱によってデンプン粒が壊れ、粘度が下がる程度を示し、値が低いほど熱安定性が高いことを表す。
 セットバック：冷却によってデンプンの粘度が上昇する程度を示し、値が低いほどデンプンが老化しにくいことを表す。

むという革新的な特性を有し、蒸切干に加工した場合にシロタがほとんど発生しないことが明らかにされている(蔵之内ら 2002)。糊化温度が低いと蒸煮時におけるデンプンの糖化が円滑に進み、シロタ発生の抑制につながると推察され、シロタの克服に低糊化温度系統の利用が有効であると考えられた。しかし、「クイックスイート」は青果用品種であり、収量性や蒸切干の食味には改善の余地が残されている。そこで、通常の蒸切干加工用品種・系統を用いた交配採種に加え、「クイックスイート」のような低糊化温度特性を有する品種・系統を用いた交配採種を実施し、採種種子からの選抜を実施して蒸切干品質の向上を可能とする系統の育成を目指した。

作物研究所で、低糊化温度特性を有する品種・系統を用いた交配採種種子を供試し、個体選抜、引き続いて系統選抜、生産力検定予備試験および生産力検定試験を実施した(表1)。収量、蒸切干品質等を中心に総合的に判断し、特に優れる系統に関東番号を付した。また、生産力検定予備試験以降に供試された系統については、デンプンの糊化温度を調査したところ、「関東127号」がやや低糊化温度であった。

作物研究所、茨城県農業総合センター農業研究所において、有望と考えられる関東番号系統を供試し、栽培特性や蒸切干加工特性を検討した。標準品種として「タマユタカ」、比較品種として「泉13号」を用いた。

以下、供試系統別に試験結果の概略を記す。作物研究所での結果を表2に、茨城県農業総合センターでの結果を表3に示した。

「関東119号」：本系統は「関東105号」と「関係75」との交配に由来し、作物研究所で選抜を行い、2001年12月に関東番号を付した。作物研究所および茨城県農業総合センターで2003年から2005年にかけて供試した。2場所の計3カ年の試験の結果、本系統は収量性が「タマユタカ」よりやや劣るものの、蒸切干のシロタの発生が無～微で、食味が良いことを確認した。しかし、塊根の形状が乱れやすく、品種登録には至らなかった。

「関東125号」：本系統は「関係99」と「90SR-26」との交配に由来し、作物研究所で選抜を行い、2004年12月に関東番号を付した。作物研究所および茨城県農業総合センターで2004年から2005年にかけて供試した。2場所の計2カ年の試験の結果では、蒸切干の肉色が黄色で外観が優れ、シロタの発生が無～少だった。また、ネコブセンチュウ抵抗性が「強」、立枯病抵抗性が「やや強」など耐病虫性が優れていた。しかし、蒸切干の食味が「タマユタカ」よりも劣ることから、品種登録には至らなかった。

「関東127号」：本系統は「関係112」とデンプンの糊化温度がやや低い「九州127号」との交配に由来し、作物研究所で選抜を行い、2005年12月に関東番号を付した。作物研究所で2005年に供試した結果、収量性は「タマユタカ」より劣るものの、蒸切干の肉色が黄色で外観が優れ、シロタの発生が無～微であり、食味が「タマユタカ」よりも明らかに優れていた(表2)。同年に茨城県農業総合センターで実施した結果でも蒸切干品質が良好であったことから(表3)、本系統に関しては品種登録をめざし、本事業終了後も試験を継続することとした。本系統は立枯病抵抗性がやや弱く、苗床での萌芽が遅い傾向があるため、栽培上注意が必要である。なお、表4に示したように本系統のデンプン糊化温度は60℃台と、「タマユタカ」や「泉13号」のような通常の糊化温度の系統よりも5～6℃程度低い特徴を有することを確認した。この特徴は父親の「九州127号」(石黒ら 2001)に由来すると考えられる。なお、本系統は2009年に品種登録出願を行った(作物研究所食用サツマイモサブチーム 2009)。

2) 新規需要を開拓するための紫蒸切干用優良系統の育成

近年、紫肉色サツマイモに含まれるアントシアニン色素のさまざまな機能性が解明され、紫肉色サツマイモを用いた各種加工品が開発・市販されている。従来、蒸切干の色調は飴色が主体であったが、多様化する消費者ニーズや健康志向から、紫色の蒸切干も新たな需要を喚起で

表5 紫蒸切干用系統育成試験の供試系統数と選抜系統数

年次	実生個体選抜試験*		系統選抜試験		生産力検定予備試験		生産力検定試験	
	供試	選抜**	供試***	選抜	供試	選抜	供試	選抜
2003	557	11(-)	15	2	0	0	0	0
2004	4703	84(50)	2	0	2	1	0	0
2005	2550	52(-)	11	4	0	0	1	0

*: 実生個体選抜試験のみ個体数で示す。

** : 紫肉色以外も含む。()内は紫肉色個体数。-は不明。

*** : 圃場での淘汰個体数は含まず。

表6 アントシアニンを含むサツマイモ系統におけるうんの濃度と蒸切干の外観・食味

うんの濃度*	外観**	食味**	系統数
2	2.3	2.0	3
3	3.0	2.6	16
4	2.7	3.0	6
5	3.5	2.0	2
6	4.0	2.0	1
8	2.0	1.0	1

*: 1(無)～8(ごく多)の8段階に区分して判定。

** : 1(下)～5(上)の5段階に区分して判定。

表7 茨城県農業総合センター農業研究所における無マルチ標準栽培での収量および品質

品種系統名	年次	a 当り上いも		上いも 1個重 (g)	株当り 上いも 個数	切干 歩合 (%)	蒸切干			
		重(kg)	標準比 (%)				肉色	肉質	食味	シロタ (中白)
九州137号	2004	251	80	172	3.7	36.1	紫	やや粘	中	無
	2005	162	59	174	2.5	33.2	紫	やや粘	中	無
九州139号	2004	305	98	233	3.3	32.9	紫	粘	中	無
	2005	312	100	235	3.3	32.4	灰	粘	上	微
タマユタカ	2004	273	100	197	3.5	32.0	灰	粘	上	中
	2005	247	79	186	3.3	35.8	黄	粘	やや上～上	微
泉13号	2004	120	44	158	2.9	35.8	黄	粘	上	微
	2005									

畦間: 100cm、株間: 25cm、施肥量(kg/a): N:0.1 P₂O₅:1.2 K₂O:1.0。

植え付け: 2004年および2005年とも5月21日。

収穫: 10月13日(2004年)、10月6日(2005年)。

肉質: 粘、やや粘、中、やや粉、粉の5段階に区分。

食味: 上、やや上、中、やや下、下の5段階に区分。

シロタ: 無、微、少、中、多、甚の6段階に区分。

きる可能性が考えられる。しかし、従来の製造方法で紫肉色サツマイモを加工すると黒変が著しく、美しい紫色の蒸切干は作製できなかった。最近、作物研究所で、高品質な紫蒸切干を作製する技術が開発され(蔵之内ら 2005b)、新たな蒸切干製品の可能性が出てきた。本技術は既存の紫肉色品種でも使用可能ではあるが、それらは紫肉色が濃かったり肉質が粘質でないため蒸切干の食味・食感が劣り、必ずしも蒸切干に好適ではない。そこで、紫蒸切干に適する系統の選定および紫肉色系統を交配親に用いた種子からの選抜を行った。

2003年からアントシアニン色素を含む紫蒸切干用系統の選抜を行うとともに(表5)、さまざま

まなアントシアニン濃度の系統を蒸切干に加工して色調・外観を調査した。アントシアニン(調査項目では「うん」と称する)濃度が低い場合には蒸切干の色ムラにより外観を低下させ、逆に高い場合には苦味等で食味が低下する場合のあることが観察された。うんの濃度と蒸切干の外観や食味との関連から、うん濃度が8段階区分(1:無～8:ごく多)中の3～4程度の系統が蒸切干の作製に適すると判断された(表6)。

交配後代では、2004年に4703個体から紫肉色の50個体を選抜し、さらに2005年に系統選抜試験において4系統に絞り込んだ(表5)。なお、うんの濃度は3が3系統、4が1系統だった。これらは、引き続き育成試験に供試し

て選抜を進める予定である。

今後は、アントシアニンを適度な濃度で含み、蒸切干の加工適性はもちろん、収量性も優れた系統の育成が重要である。

3) 産地向け優良品種の選定

蒸切干加工向け選抜系統の中で有望と考えられるもの(紫肉色サツマイモは除く)について、産地での現地試験も含め、栽培および加工適性の検討を行った。

供試品種・系統名(供試年)は、「クイックスイート」(2003~2005年)、「関東119号」(2003~2004年)、「関東125号」(2005年)である。これらを、水戸市内の蒸切干生産農家の現地ほ場2か所において栽培し、実需規模で農家での蒸切干加工を実施し、加工適性や製品品質を評価した。

2003年は現地で生産された「タマユタカ」を食味の点で凌駕する品種・系統はみられなかったが、供試した品種・系統の中では「クイックスイート」の評価が最も良好だった。2004年は、「タマユタカ」に比較して「クイックスイート」と「関東119号」の外観が良好であるが、甘味がやや少ないという指摘が生産者からあった。2005年は、「クイックスイート」については前年と同様の評価であり、「関東125号」では製品の固さや繊維の多さが指摘された。

これら3品種・系統のなかで、「クイックスイート」は「タマユタカ」より収量と食味がやや劣るものの、シロタの発生がほとんど無く、有望と考えられた。交配母本として利用する他、蒸切干加工用品種としての活用も継続検討することとした。

2 紫肉色サツマイモを用いた紫蒸切干等新技术の現地導入試験

上述のように現在、国内の蒸切干生産は、外国産との競争という厳しい状況に追い込まれており、一日も早い新技术の導入が求められている。また、育成された蒸切干加工用系統が、生産者による栽培・加工段階で良好な評価を得る

ことは、品種の普及上できわめて重要な事項である。一方、紫サツマイモを用いた紫蒸切干作製は、新たな需要開拓が期待できる技術として期待されている。そこで、育成された紫肉色系統の中で蒸切干加工用向きと考えられる系統について栽培・加工適性の検討を現地試験も含めて行うこととした。

供試品種・系統は、「パープルスイートロード」(2003年)、「九州139号」(2003~2004年)、「九州137号」(2004~2005年)および標準品種「タマユタカ」(2003~2005年)であり、「タマユタカ」以外は紫肉色である。

茨城県農業総合センター農業研究所ほ場(水戸市)および水戸市内現地ほ場2か所(水戸市島田町および同市大場町)において調査を行った。栽培方法は、それぞれ慣行法に基づいて行った。

2003年のみ、作物研究所で栽培した塊根を供試したが、2004年以降は現地で栽培した塊根を用いた。蒸切干の加工は、それぞれの農家の慣行法に従い、生塊根を90分程度蒸煮し、蒸した塊根を裁断して屋外のハウス内等に設置した干し網で8日間程度乾燥させた。

茨城県農業総合センター農業研究所での2年間の結果から、「九州137号」(吉永ら 2005)は、蒸切干の外観が適度な紫色を帯び、食味は「中」であるが紫肉色サツマイモとしては良好でシロタも見られないことから(表7)、加工適性が優れることを確認した。

一方、現地試験の結果では、「九州139号」は適度な紫色であるものの、甘みが少ないと指摘があった。「九州137号」は「タマユタカ」より収量が少なく甘みがやや少ないものの、紫肉色サツマイモとしては製品の食味・外観が良く、現地として魅力があるとの評価であった。「パープルスイートロード」は蒸切干向けとしては肉質がやや粉質で不適であった(データ略)。

以上の結果から、紫肉色系統については、「九州139号」は食味が優れないため試験を中止し、「九州137号」を茨城県の奨励品種採用に向けて、本事業終了後も引き続き現地での検討を続けることとした。しかし、その後の検討

の結果、「九州 137 号」は「タマユタカ」よりも明らかに塊根収量が少なく、食味も劣ることから、紫肉色であることを考慮しても優点が少ないと判断され、採用には至らなかった。「九州 139 号」は食味が優れず、試験を中止した。

3 シロタ障害発生機構の解明

シロタ（中白）は、蒸切干に不透明な白い濁りが生じ、その部分の食感が劣る障害で、蒸切干加工において大きな品質低下要因の 1 つである。これまで、シロタについては、栽培時期の降水量が少ない年は多発する等の経験に基づく情報はあったものの、発生機構等は未解明であり、的確な対策技術の開発が困難となっていた。

そのため、シロタ発生防止技術確立のための基礎知見を得ることを目的として、作物形態学的側面と生化学的側面からシロタの発生機構の解明を行った。

1) シロタ障害発生の作物形態学的機構解明

従来、シロタについて、どのような組織構造的变化が生じているのかは明らかでなかったが、最近になり、塊根組織内のデンプンは糊化しているものの、糊化デンプンゲルの収縮により、細胞内に空隙ができて、それが白い濁りと食味の悪化に繋がっている可能性が示された(猪飼ら 2002)。そこで、原料面からの発生抑止対策の確立に資するため、生イモから加熱過程、乾燥過程における組織の微細構造の変化を追跡し、形態学的に見たシロタ発生機構の解明を行った。さらに、この微細構造的変化をもたらす栽培条件等の作物学的要因を検討した。

走査型電子顕微鏡による生塊根、蒸煮塊根および蒸切干加工片の観察を行い、シロタ発生部と正常部との差異の調査から、シロタは蒸切干加工時の乾燥過程における細胞内容物の著しい収縮によるもの（収縮型）、生イモ段階から細胞内デンプンが蓄積異常をきたしてデンプン含有量が部分的に低下し、蒸煮時に空隙が発生するもの（空隙型）の 2 つのタイプがあることを明らかにした（佐藤ら 2004）。図 1 に蒸切干

の凍結断面の電子顕微鏡写真を示した。細胞間隙の形成・拡大により生じた空隙および細胞内部の糊化デンプンが収縮し、細胞壁との間に生じた空隙が認められ、これらは収縮型のシロタ発生に結びつくと考えられた。一方、図 2 に示したのは蒸しイモの段階でシロタ発生が予測される部位の電子顕微鏡写真であるが、アミロプラスト数が少なく空隙が目立つ細胞が認められ、これらは空隙型のシロタ発生に結びつくと考えられた。

次いで、2004 年および 2005 年に異なる土壤水分条件下で生育させた材料を用いて電子顕微鏡観察を行ったところ、生育中の水分ストレスがアミロプラストの生長を阻害し、シロタ発生につながることを示唆された（大西ら 2006）。また、シロタ発生部は正常部に比較してデンプンの糊化が著しく不十分かつ不均一であることが明らかになった（図 3）。

一方、蒸煮中の温度や加熱時間の制御が、シロタ発生防止に重要であることが確認されている（前並ら 2005）。今後は、このような加工法の観点も加え、生化学分野と連携した検討を継続する必要がある。

2) シロタ障害発生の生化学的機構解明

これまで塊根の成分とシロタ発生との関係については、ほとんど未解明であった。ここでは、加工方法の改善によるシロタ抑止策の策定に資するため、上記 1) の形態学的発生機構の解明と連携しつつ、デンプン自体の糊化特性やゲルの特性に影響を及ぼす可溶性糖類、塊根内の水分の挙動など生化学的視点でシロタの発生原因を解明した。

塊根の品質特性とシロタ発生との関連性解明の中で、塊根の蒸煮直後でもシロタの発生する部位が特定可能であることを明らかにした（蔵之内ら 2003）。さらに、塊根を半切りにし、一方を蒸煮してシロタ発生予測部位を特定し、対応する生塊根の性状を調査する手法を開発し、シロタ発生部では、デンプンの離水率が高いこと、塊根の比重が軽いことを明らかにした（中村ら 2003）。「タマユタカ」ではシロタ発

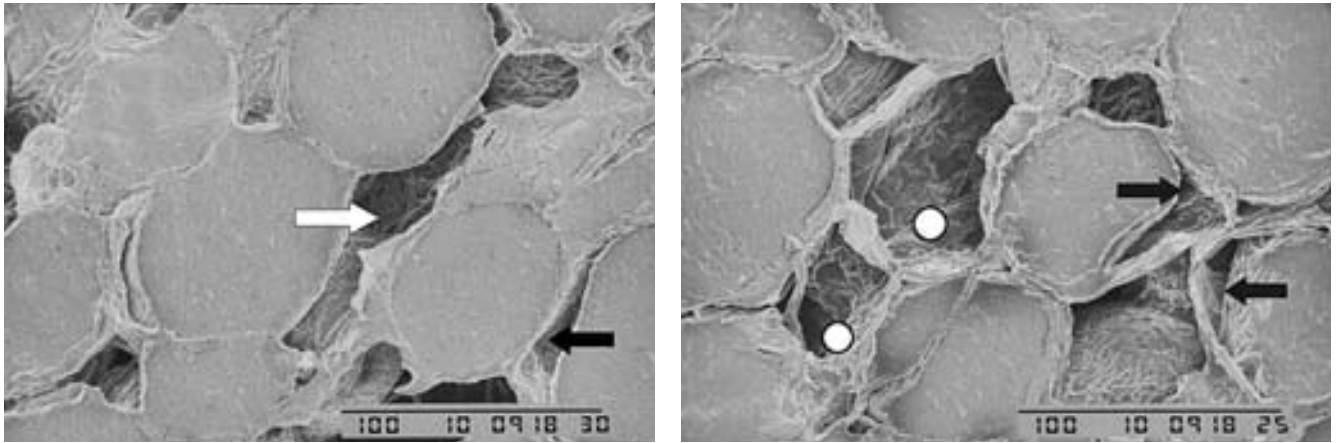


図1 サツマイモ蒸切干シロタ発生部位の電子顕微鏡写真

原図：茨城大学農学部（松田ら）

矢印（白抜）：細胞間隙の形成・拡大により生じた空隙。

矢印（黒）：細胞内部の糊化デンプンが収縮し細胞壁との間に生じた空隙。

白丸：糊化デンプンを欠いた細胞。

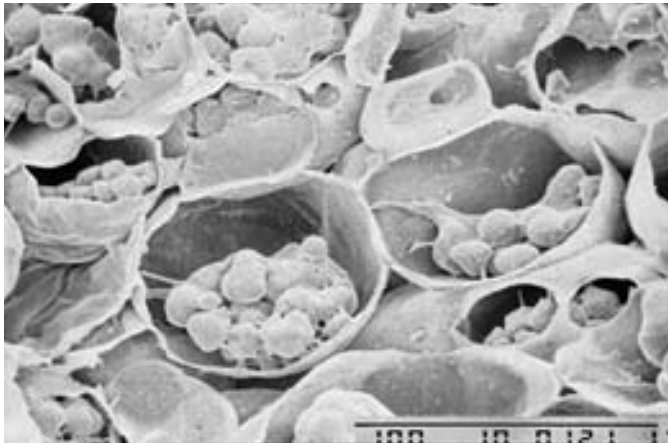


図2 蒸し芋の段階でシロタ発生が予測される部位の電子顕微鏡写真

原図：茨城大学農学部（松田ら）

右下の bar は 100 ミクロンを示す。

粒状のものは糊化が不十分なアミロプラストで、空隙が目立つ。

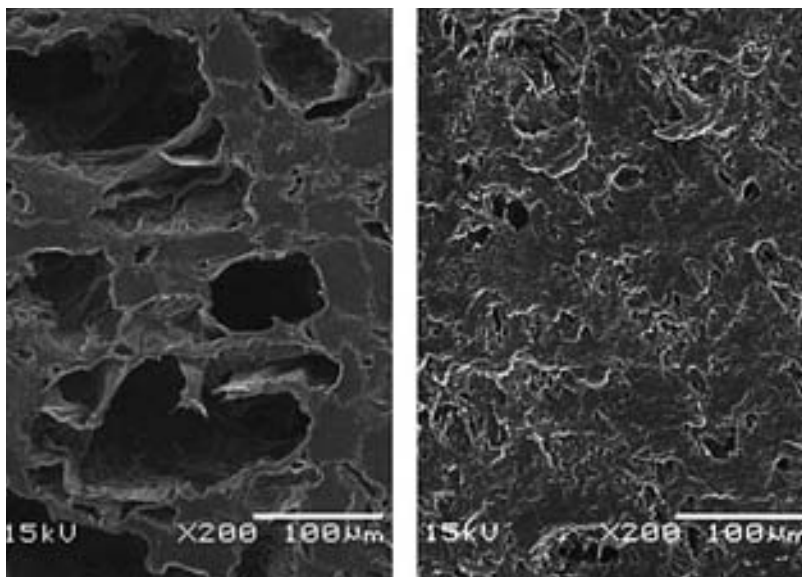


図3 サツマイモ蒸切干の電子顕微鏡写真

原図：茨城大学農学部（松田ら）

左：シロタ発生部（空隙が発生）

右：正常部（均一に糊化デンプンが広がる）。

表8 サツマイモ塊根のシロタ発生と可溶性糖類含有率との関係

品種名	組織部分	可溶性糖類含有率 (%)
タマユタカ	正常部分	10.3 ± 0.8
	シロタ部分	11.5 ± 0.6

中村ら (2007) より抜粋.

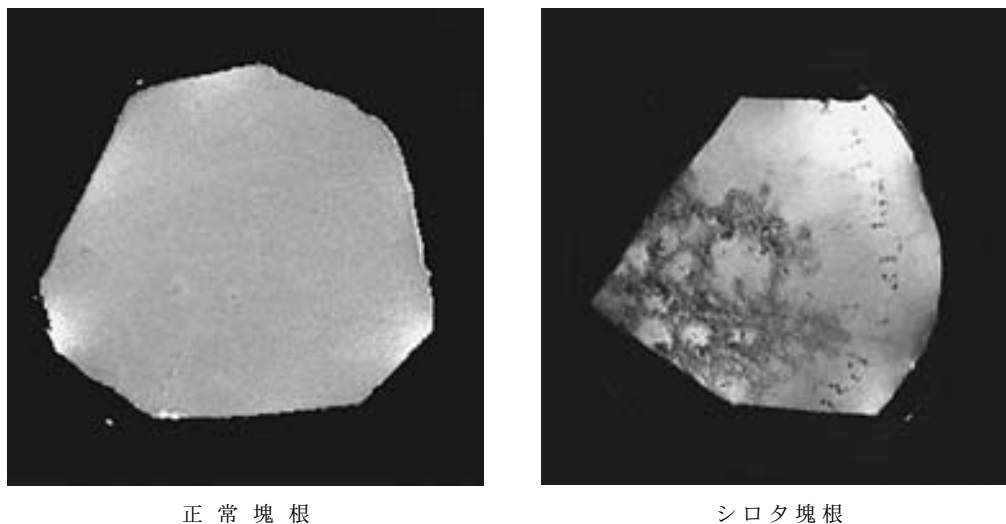


図4 蒸煮サツマイモ塊根のMRI画像

測定条件：¹H原子核の共鳴周波数は300MHz，信号測定領域は25mm²，画像情報は5秒間隔のスピンエコー法で採取したNMR信号を2回積算して得た。黒色を帯びる部分は自由水が少ないことを示す。

表9 タマユタカにおけるシロタ発生に及ぼす土壌水分の影響

	乾燥区	標準区	湿潤区
土壌水分 (%) ¹⁾	58.5 ± 5.7*	65.7 ± 7.3	78.3 ± 8.5**
塊根水分 (%)	56.1 ± 4.7*	63.3 ± 9.3	71.2 ± 6.9
シロタ ²⁾	6	4	3

中村ら (2007) より抜粋し，一部の表現を改変。

1)：飽和水分量に対する相対値。

2)：0 (無)，1 (発生率～10%)，2 (同～20%)，3 (同～33%)，4 (同～50%)，5 (同～70%)，6 (同～100%)。ただし，塊根片に占めるシロタ部分の割合も考慮して判定する。

*, **: それぞれ5%水準，1%水準で標準区に対して有意差あり。

生予測部位の方が離水率が高く、本品種ではシロタ発生にデンプン性状の変化が影響していることが推察された。離水率の高さは糊化デンプンゲルの収縮率増加につながり、シロタ発生を助長させることが考えられる。このように、シロタ発生部と正常部とのデンプン性状に差異がある可能性が示唆されたが、今後さらに詳しく調査する必要がある。一方、可溶性糖類の含有率とシロタとの関連は低いことを明らかにした(表8)。また、MRI (磁気共鳴画像装置)を用いて蒸煮塊根のシロタ発生予測部位を調査し、正常部よりも自由水の量が少ないことを明らかにし、シロタ発生が水分と関連性の強いことを明らかにした(中村ら 2003、中村ら 2007)。

その例を図4に示したが、シロタ発生塊根では正常部に比較して黒い影が観察され、この部分がシロタになることが明らかとなった。影の部分は正常部よりも水分含量が低いことを示し、実際に測定すると数パーセント低下していた。このように、シロタ発生に塊根内部の水分挙動が大きな影響を持つことを明らかにした。

そこで「タマユタカ」を異なる水分ストレス条件下で栽培し、シロタ発生に及ぼす影響を調査した。その結果、土壌水分が減少するにしたがって塊根の水分が減少し、さらにシロタの発生が増加する傾向が認められた(表9)。このことから「タマユタカ」のシロタ発生には、土壌の乾燥に伴う塊根水分の減少が、蒸煮時のデ

ンブンの糊化不良を引き起こして生じると推測された(中村ら 2006、中村ら 2007)。

以上から、土壌の乾燥による水分ストレスがシロタの発生を助長することが明らかとなったため、栽培管理上の注意点として栽培農家に対して啓蒙をはかることが重要と考えられる。

一方、デンプン含量の異なる品種を栽培して生育期間中に定期的にサンプリングし、シロタ発生予測部位の調査をしたところ、やや低デンプン品種の「沖縄100号」でシロタ発生部が正常部よりも比重とデンプン含有率が低いことが示され、デンプンの蓄積不足がシロタ発生につながる場合のあることを明らかにした(中村ら 2005、中村ら 2007)。高デンプン品種「ハイスターチ」でも同様の現象が見られた。

今後は、「タマユタカ」で見られた水分やデンプン含量の変化をもたらす通導組織等の形態的特徴や糖・デンプン代謝等の生理・生化学的特性を明らかにして、シロタ発生に関与する要因を解明する必要がある。

4 遺伝子解析技術を用いた蒸切干製品等の原料品種判定技術の開発

近年における蒸切干の輸入急増の要因の1つは、国内で育成された蒸切干加工用品種の海外への流出と考えられる。このため国内の産地では、優良な新品种が開発されても、国外への流出を危惧する声は強く、その対策として品種判定技術の開発が重要となってきた。従来、サツマイモ加工品からその原料となった品種の判定は不可能であった。しかし、遺伝子解析技術の進展により、サツマイモゲノムにおいて転移能を維持したレトロトランスポゾン(*Rtsp-1*及び*L1b*)が発見され、これらのレトロトランスポゾンのゲノム内での挿入位置の品種間差を調べることは、優れた品種識別DNAマーカーの開発につながることを示唆されていた(Tahara et. al 2004)。

加熱・乾燥加工品である蒸切干製品からのDNA抽出は、遺伝子組換え食品の検査と分析で利用されたイオン交換樹脂カラムを使用する

ことにより対応可能であると考えられた。そこで、蒸切干用新品种の海外流出や不正使用の防止に資することを目的として、蒸切干からのDNA抽出試験を行うとともに、レトロトランスポゾンを利用した高精度な原料品種識別方法の開発を行った。

その結果、まず、イオン交換樹脂カラム(QIAGEN Genomic-tip 20/G)を用いることにより、蒸切干から、DNAの断片化が進んでいるものの、レトロトランスポゾン・マーカーによる分析に十分対応できる品質のDNAを抽出できることが判明した。

*Rtsp-1*については、ゲノム中に転移活性を失っていない配列も存在するので、サツマイモが種として成立した後に転移した配列も多くあるものと考えられていた。そこで、2003年度から、「タマユタカ」などの既存品種を始め、蒸切干用として育成中の系統など合計12品種について、*Rtsp-1*のゲノム挿入部位を網羅的に比較した。品種間で違い(挿入の有無)が見られた*Rtsp-1*の挿入部位をクローニングして塩基配列を決定した。その配列をもとに、*Rtsp-1*の末端配列とその挿入を受けた部位の間を増幅するようにPCRプライマーを設計し、PCR増幅の有無により、そのゲノム部位での*Rtsp-1*の挿入の有無を高感度かつ高精度で判定できるようにした。これらの部位での挿入は品種間で差異があるので、挿入の有無のパターンにより、品種が識別可能であることが分かった(図5)。また、PCR増幅の対象とするDNA断片を*Rtsp-1*の挿入接続部位の小さな断片とすることで、DNAの断片化が進んだ蒸切干製品の材料についても確実に品種判別が可能であることを明らかにした(大江ら 2004)。

2005年には、転移能を維持したサツマイモ・レトロトランスポゾン*L1b*は、ウイルス・フリー化苗の作成のために行われている茎頂培養などにより転移することを見出した。このため、1945年に育成され、現在でも西日本における主要な青果用品種である「高系14号」について、「なると金時」など、その変異系統とされるものも含めて、その*L1b*挿入部位を調査した。そ

挿入部位	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
KB4-7GS1		■								■		
KB4-8GS1					■	■			■			
KB4-20GS1	■			■	■				■			
KB4-22GS1	■			■	■	■	■			■	■	■
KB4-24GS1	■				■							
S2_Rev		■		■	■					■		■
S17_Rev	■			■		■	■	■	■	■	■	■
S40_Rev			■	■		■	■	■	■	■	■	
SRNRN		■				■	■	■		■	■	■

①ヘルシーレッド
②畑薯6号
③宇薯2号
④タマユタカ
⑤タマオトメ
⑥関東199号
⑦関東120号
⑧九州122号
⑨九州127号
⑩九州139号
⑪泉13号
⑫沖縄100号

■ : PCR 増幅あり

原図：岡山大学農学部（田原ら）

図5 サツマイモ品種間における *Rtsp-1* の挿入多型部位の組合せによる蒸切干サンプルからの品種識別例

青色で示した箇所が PCR 増幅したことを示す。

最小で5つのプライマー（KB4-7GS1, KB4-8GS1, S17_Rev, S40_Rev, SRNRN）の組合せで品種識別が可能。

の結果、これらの変異系統が派生する段階や茎頂培養などにより転移した *L1b* 配列があり、それらは転移後も安定して遺伝していることが明らかになった（Yamashita and Tahara 2006）。このように、系統やクローンが派生する段階で生じた挿入部位のゲノム位置は、レトロトランスポゾンの転移元のゲノム位置に関係なくランダムに決まることなどから、その系統に固有の挿入部位になる。このため、変異系統の1つが派生する段階で転移したために生じた *L1b* の挿入部位をクローニングして、前述の蒸切干の原料品種判定の場合と同様に、*L1b* の挿入接続部位を増幅する PCR プライマーを設計した。このプライマーを用いると、きんとん、いも羊

羹などの練り物加工品においても、対象とする「高系14号」の変異系統が原料の一部に含まれるか否かを極めて高感度かつ高精度で判定できることを見出した（田原ら 2007）。なお、レトロトランスポゾンによる蒸切干製品、並びに、練り物加工品における原料品種の判定方法については特許出願を行っている（田原ら 2006）。

本手法は、蒸切干製品と「高系14号」の加工品について研究結果が示されているだけであるが、*Rtsp-1* 及び *L1b* はともにサツマイモの品種に普遍的に存在するレトロトランスポゾンであるので、サツマイモの多様な品種について、加工食品の原材料の品種判別に応用が可能であり、今後の活用が期待される。

Ⅲ まとめと今後の展望

本研究の中で、蒸切干の肉色が鮮やかで、シロタの発生が少なく、食味が良好な「関東119

号」、「関東127号」が選抜された。特に後者は、収量性がやや劣るものの、蒸切干の黄色みが強

く外観が良好であり、シロタの発生もほとんど見られず、食味は「泉 13 号」並みまたはより優れ、有望と考えられる。また、この系統は通常のサツマイモ品種・系統よりもデンプンの糊化温度が 5～6℃程度低いという特徴も併せ持ち、蒸煮時のデンプンの糖化が容易であり、蒸煮時間短縮ひいては燃料費削減にも貢献することが期待できる。奨励品種など採用・普及に向けて茨城県の奨励品種決定試験の他、茨城県や群馬県内の蒸切干生産地帯での現地試験にも供試されている。なお、この系統は立枯病抵抗性が比較的弱いため、発生の見られる地域では防除対策が必要である。「クイックスイート」については、上述のように蒸切干加工用への適性が高いことから、「関東 127 号」とともに蒸切干の高品質化への貢献が期待される。

蒸し塊根の段階でも蒸切干の性状をある程度予測できることから（藏之内ら 2006）、選抜初期段階では労力を要する蒸切干加工に替えて、蒸し塊根で評価を行い、シロタ発生の少ない系統を交配親とした可能な限り大きな集団から効率的に選抜を行う必要がある。

紫肉色サツマイモ系統「九州 137 号」が蒸切干加工に適することを明らかにし、本事業終了後も茨城県で奨励品種採用に向けて試験を実施したが、前述のように採用には至らなかった。今後は紫肉色系統育成のための交配母本等として活用する予定である。

蒸切干のシロタ発生部位では正常部よりも組織の空隙が多いことを明らかにした。この原因として、塊根細胞内のデンプン蓄積不足、水分欠乏による蒸煮時のデンプン糊化不良を指摘し

た。さらに、シロタ発生の軽減に土壤水分の保持が有効であることを示した。これらの情報を普及させるため、シロタ発生の原因や対策について紹介したパンフレットを作成し、生産者等への配布を行った。なお、シロタの発生機構については、今後さらに詳細に解明を進める予定である。

蒸切干品質に及ぼす塊根貯蔵条件の影響については本研究では取り組まなかったが、表 10 に示したように、生塊根段階では低温貯蔵により糖度が上昇したものの、蒸切干加工後は明瞭な差がないことを確認している（藏之内ら 2005a）。この点については、蒸煮中のデンプン糖化に関与する β アミラーゼ活性が塊根の貯蔵温度条件により変化することが示唆されており（中村ら 未発表）、この影響も考えられる。また、食味に関しては糖組成が重要であり、今後の検討が必要である。

レトロトランスポゾン *Rtsp-1* 配列を見だし、品種間で多型を示すゲノム挿入部位を PCR マーカー化し、マーカー増幅の組合せにより蒸切干製品からも正確に品種を判別できることを明らかにした。さらに、活動型のレトロトランスポゾン *L1b* 配列を見出し、品種やクローンが派生する過程で転移・挿入した部位を PCR マーカー化することにより、原料がブレンドされた練り製品でも品種判別が可能であることを明らかにした。*Rtsp-1* 及び *L1b* はともにサツマイモの品種に普遍的に存在するレトロトランスポゾンであるので、サツマイモの多様な品種について、加工食品の原材料の品種判別に応用が可能であり、今後の活用が期待される。

表 10 サツマイモ塊根貯蔵条件と塊根汁液糖度および蒸切干糖度との関係

品種名	貯蔵温度条件	塊根汁液糖度	蒸切干糖度
タムユタカ	5℃	15.90*	51.5
	8℃	15.90*	56.0
	貯蔵庫（約 13℃）	10.43	57.0
	室温（約 20℃）	9.33	51.5
泉 13 号	5℃	19.73*	56.0
	8℃	18.28*	60.0
	貯蔵庫（約 13℃）	12.28	55.0
	室温（約 20℃）	13.15	57.5

藏之内ら（2005a）より抜粋。

塊根は 10 月下旬に収穫後、1 月 24 日から各貯蔵区分で貯蔵し、6 週間後に測定。蒸切干糖度はサンプル 2g に 18ml の純水を添加後、磨砕・濾過して測定し、換算。

*：貯蔵庫貯蔵に対して 5% 水準で有意差あり。

謝 辞

本報告の一連の研究は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「蒸切干し甘しょの高品質化による国際競争力強化に関する技術開発」の予算を主体として2003～2005年に実施

されたものです。関係各位に深く感謝いたします。また、本研究の推進にご協力をいただいた生産者、圃場管理に関わる職員各位に深く感謝いたします。

引用文献

- 猪飼のぞみ・松田智明・中谷誠・新田洋司 (2002) 蒸切干しサツマイモにおける「シロタ」の構造的特徴と白色不透明化の要因. 日本作物学会関東支部会報, 17, 56-57.
- 石黒浩二・山川理・野田高弘 (2001) 特徴的な特性を持つカンショでん粉. 九州農業研究, 63, 25.
- 泉澤直 (1989) 茨城の干イモ・過去・現在・未来. いも類振興情報, 18, 20-25.
- 泉澤直 (1991) 茨城県の干いも - 現状を中心に -. いも類振興情報, 27, 13-17.
- 片山健二・田宮誠司・藏之内利和・小巻克巳・中谷誠 (2003) サツマイモ新品種「クイックスイート」. 作物研研報, 3, 35-52.
- 藏之内利和・片山健二・田宮誠司・中谷誠 (2002) サツマイモ低糊化温度系統の蒸切干加工への利用. 日本作物学会関東支部会報, 17, 54-55.
- 藏之内利和・中村善行・田宮誠司・中谷誠 (2003) サツマイモ蒸切干の中白(シロタ)発生に影響する要因について. 日作紀, 72(別1), 190-191.
- 藏之内利和・中村善行・熊谷亨・中谷誠 (2005a) サツマイモ塊根の貯蔵条件が蒸切干の品質特性に及ぼす影響. 日作紀, 74(別2), 110-111.
- 藏之内利和・中谷 誠・田宮誠司 (2005b) 「紫いもの加工方法」, 特許第3671228号.
- 藏之内利和・中村善行・田宮誠司・中谷誠 (2006) サツマイモ品種・系統の蒸切干(干しいも)加工過程における品質特性の経時変化. 日作紀, 75(1), 44-50.
- 前波清隆・石谷孝佑・佐藤 瀏 (2005) 甘藷蒸切干し製造における中白の発生防止とマルトース生成制御. 食品科学工学会誌, 52(4), 172-177.
- 中村善行・藏之内利和・石田信昭・田宮誠司・松田智明・中谷誠 (2003) 蒸切干しサツマイモの中白障害(「シロタ」)に関する組織化学的および生化学的検討. 日作紀, 72(別2), 120-121.
- 中村善行・藏之内利和・田宮誠司・松田智明・中谷誠 (2005) 異なる品種のサツマイモ蒸切干しにおける中白障害(「シロタ」)に関する塊根組織の澱粉特性. 日作紀, 74(別1), 72-73.
- 中村善行・藏之内利和・熊谷亨・松田智明・中谷誠 (2006) 蒸切干サツマイモの中白障害(「シロタ」)発生に関わる塊根の澱粉および水分含量. 日作紀, 75(別1), 252-253.
- 中村善行・藏之内利和・石田信昭・熊谷亨・中谷誠 (2007) サツマイモ蒸切干の中白障害「シロタ」発生に関わる塊根のでん粉および水分の含量. 日作紀, 76(4), 576-585.
- 仁平尊明・岡本友志・藤永 豪・二村太郎・大森祐美・森本健弘 (2000) 茨城県ひたちなか市におけるサツマイモ生産・流通の地域的性格. 地域調査報告(筑波大学), 22, 133-169.
- 農林水産省生産局特産振興課 (2008) いも類に

- 関する資料. 1-44.
- 小野田正利・福田俊夫・大田陽一郎・知識敬道・豊田芳松・鈴木惣一・石川博美・竹股知久 (1970) 甘しょ新品種「クリマサリ, タマユタカ, コナセンガン」について. 農事試研報, 14, 167-194.
- 大江夏子・田原誠・山下裕樹・丸谷優・藏之内利和 (2004) レトロトランスポゾンを利用したサツマイモ加工品の原料品種判定. 育種学研究, 6(別2), 65.
- 大西麻衣子・松田智明・新田洋司・藏之内利和・中村善行・中谷誠 (2006) 栽培土壌水分の違いが蒸切干サツマイモの「シロタ」発生とその構造に及ぼす影響. 日作紀, 75(別1), 250-251.
- 作物研究所食用サツマイモサブチーム (2009) 品種登録出願に関する参考成績書 かんしょ「関東127号」.
- 佐藤美子・松田智明・新田洋司・藏之内利和・中村善行・中谷誠 (2004) 蒸切干しサツマイモにおける「シロタ」の構造的特徴に関する走査電子顕微鏡観察. 日作紀, 73(別1), 192-193.
- Tahara, M., T. Aoki, S. Suzuka, H. Yamashita, M. Tanaka, S. Matsunaga and S. Kokumai (2004) Isolation of an active element from a high-copy-number family of retrotransposons in the sweetpotato genome. *Mol. Gen. Genomics*, 272, 116-127.
- 田原 誠・大江夏子・山下裕樹・丸谷 優・國米修平 (2006) 加工食品の原料品種判定方法. 特許公開 2006-42808.
- 田原 誠・山下裕樹・大江夏子 (2007) レトロトランスポゾン挿入多型によるサツマイモ加工食品原料品種の識別. *DNA 多型*, 15, 122-125.
- Yamashita, H. and M. Tahara (2006) A LINE-type retrotransposon active in meristem stem cells causes heritable transpositions in the sweet potato genome. *Plant Molecular Biology*, 61, 79-94.
- 吉永 優・藏之内利和・甲斐由美・片山健二・境 哲文 (2005) 蒸切干加工に適する初めての紫カンショ「九州137号」. 第68回九州農業研究発表会発表要旨, 38.