

淡路島産タマネギ (*Allium cepa* L.) の DNA 診断による品種識別

山元義久 * · 松本純一 ** · 玉木克知 * · 小林尚司 *** · 塩飽邦子 ****

要 約

淡路島産タマネギの産地偽装表示対策の一部として、DNA マーカーを用いて、淡路島で作付されている品種と作付けされていない品種との識別を試みた。

- 1 供試した19種の DNA マーカーのうち、染色体遺伝子の変異を検出するマーカー17種は、品種間の多型と共に多くの品種内多型を示した。細胞質遺伝子由来の DNA マーカー2種については、供試した淡路島作付18品種中1品種のみで品種内多型が確認された。
- 2 24個体を調査した淡路島作付11品種と、すでに24または16個体について多型頻度が報告されている他産地作付32品種との、計352組合せのうち、2組合せでは有意差を示すマーカーが確認されなかったものの、他の350組合せでは1%または0.1%水準で有意差を示すマーカーが見つかり、十分な精度で品種判別が可能と考えられた。
- 3 8個体を調査した7品種と他産地作付32品種との224組合せについては、2組合せでは有意差を示すマーカーが確認されず、残りの222組合せでは1%または0.1%水準で有意差を示すマーカーが見つかり、少数の個体しか供試できない場合でも、24または16個体で作成したカタログを比較対照とすればおおむね識別が可能であった。

Identification of Onion (*Allium cepa* L.) Cultivars Planted in Awajishima District Using DNA Analysis

Yoshihisa YAMAMOTO, Jun-ichi MATSUMOTO, Katsutomo TAMAKI, Shoji KOBAYASHI
and Kuniko SHIWAKU

Summary

For preventing false labeling of production area, we examined to identify the eighteen onion cultivars planted in Awajishima district from the thirty-two cultivars not planted, using DNA markers.

- (1) Seventeen kinds of the marker derived from chromosomal DNA showed a lot of intra-cultivar polymorphisms. Although two kinds of the marker derived from cytoplasmic DNA showed only one intra-cultivar polymorphism out of eighteen cultivars.
- (2) Significant differences between the polymorphic frequencies from each combination of the eleven cultivars planted in Awajishima district, which were tested on twenty-four individuals, and thirty-two cultivars not planted in Awajishima were determined but two combinations.
- (3) 222 of 224 combinations, seven cultivars of Awajishima which were tested on eight individuals and thirty-two cultivars of other product areas, showed significant differences between the polymorphic frequencies. It revealed that a few individuals of onion may be enough to test whose origin was Awajishima or not.

キーワード：タマネギ，品種判別，産地偽装表示

緒 言

淡路島産のタマネギは良食味で知られ、高値で取引される兵庫県の重要な特産物である。タマネギなどの生鮮食品についても「農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律（略称：JAS法）」に基づき、原産地表示が義務づけられ、国産品については都道府県名（市

2007年8月30日受理

* 兵庫県立農林水産技術総合センター生物工学部

** 兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター

*** 兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター

**** 元兵庫県立農林水産技術総合センター生物工学部

町村名など一般に知られた地名も可)を表示し,輸入品については原産国名(一般に知られた地名も可)を表示するよう定められており,淡路島で栽培・収穫されたタマネギには「兵庫県(淡路島)産」と表示しなければならない。以下,本報では,兵庫県の淡路島で栽培・収穫されたものを淡路島産と表記する。

産地偽装を防止するためには,科学的な産地判別の技術が必要であり,近年,玄米²⁾,ネギ³⁾,タマネギ⁷⁾などについて産地判別の手法が開発されてきた。タマネギなどの農産物に関しては,産地による作付品種の違いを利用した品種判別^{4,5)},無機微量元素組成の分析¹⁾,ストロンチウム等の同位体比分析による地質年代の推定^{2,3)},の3種の技術によって産地判別が可能となる。上記のいずれかの技術だけでは判別が不可能な産地があり,これらを総合的に用いることが必要である⁷⁾。

自殖性作物や栄養繁殖性作物は品種内の全個体が同一の遺伝子型を有し,DNA マーカーによる品種判別技術は,これらの作物について開発が進められてきた。一方,タ

マネギを含む他殖性作物は,自殖を繰り返すことによって遺伝的に固定することができず,個体間である程度の多様性を有する集団として維持されている。営利栽培用タマネギの大部分を占めるF品種についても,それらの親品種が集団で維持される限り,個体間に遺伝的な多様性を有する。そのため,品種内の個体ごとに遺伝子型が異なる品種内多型が多く存在し,DNA マーカーを利用した品種判別は非常に困難であるとされ,長く取り組まれてこなかった。しかし,筆者らは,各品種の複数個体についてDNA マーカーの有無を検出し,品種内でのDNA マーカー保有頻度を統計的に比較し,有意な差を示すマーカーがあれば異品種と判定することによって品種を識別する理論と技術を開発した⁵⁾。本手法は,「個体数が十分に大きい場合,二項分布は正規分布に近似できる」ことを利用した「2群の比率の差の検定」によってマーカー保有頻度の差に有意差があるか否かを検定している。そのため,調査個体数が多いほど正確な判定ができるが,比較する品種間で大きな多型保有頻度の差が存在する場

表1 タマネギ品種間で多型を示す DNA マーカー

マーカー名	プライマー名	配列	PCR産物(bp)	PCR条件	標準品種	備考
OPB3-577	B3-577(F) B3-577(R)	CATCCCCCTGAGTAAACC CATCCCCCTGCGAAATG	577bp	Step down 低	もみじ3号	
trnL-F insert	Chloroplast-e Chloroplast-f	GGTTCAAGTCCCTCTATCCC ATTTGAACTGGTGACACGAG	約375bp(+) 約350bp(-)	Step down 高	Dynasty(+) もみじ3号(-)	葉緑体DNA由来
OPF6-382	F6-760F F6-760R	GAGTTAATTTATGGAGGGCTTTGT GGCATGTACCACTCCGAAAG	382bp	Step down 高	もみじ3号	
OPH-429	OPH7430-F OPH7430-R	CTGCATCGTGATCGTTGGTG CTGCATCGTGACACTACCA	430bp	Step down 高	スーパーレックス	
API43	API43 Hetero-F API43-R	TTATGGATGTCCTCCACCTG AGCAGCAGCAATAGGGTAGC	約495bp	Step down 低	GRANEX33	
CHI-M1,M2	CHI-M1F CHI-M2F CHI-R	AGCATATGCAATAATGGGCGA CTCTTTTATGTGTGTATTATTACGT CCAATACGGCTTGTGTCAGCGCCTTA	458bp 410bp	マルチプレックス	Tamara	
OPN10-443	N10-443F3 N10-443R6	ACAACCTGGGGCCATT ACAACCTGGGGGATGTTAAT	443	Step down 低	Dynasty	
OPBG19-516	BG19-516F2 BG19-516R	GGTCTCGCTCAACTTTG GGTCTCGCTCTTTATATCT	516bp	Step down 低	もみじ3号	
OPW13-636	OPW13-636F OPW13-636R	CACAGCGACAGATCACTAT CACAGCGACAATGAAAAGTAGA	636bp	Step down 低	七宝早生7号	
OPN20-690	OPN20-690F2 OPN20-690R2	GGTGCTCCGTGGGTTAAGA GGTGCTCCGTATAGCGGT	690bp	Step down 高	七宝早生7号	
OJ39	OJ39-F OJ39(insert)-R	AACATCCTCGACAACAAGGG ATACAACATCTCCTCCCTAACAAAT	約415bp	Step down 高	E.L.K	
OPF6-873	OPF-873F OPF-873R	GGGAATTCGGTCATGTA GGGAATTCGGCAGAGT	873bp	Step down 低	もみじ3号	
API10	API10type1-F API10-R	GCCTAGGTGCTTTCAGTTATGT AGGGATACACTGGGTATAGGGAAG	約410bp	Step down 高	もみじ3号	
ANS	ANS-F ANS-R	TCCTGATGACAAGTCCGATCTC GTTACCCATTACCCCTCGTAG	431bp	Step down 高	スーパーレックス	
F3H	F3H-F F3H-R	GACAGTTTGGTCGACAGCTG GTGATGGTACCAGGATCGGT	420bp	Step down 高	スーパーレックス	
DFR	DFR-F DFR-R	GTCACGATCATACTATGCG ATGTGTGCTTACACAAAGTC	242bp	Step down 低	スーパーレックス	
Xba	Xba -F Xba -R2	AGCTCCTTACCATGCAATC ATGGCTTTCGTGCCCTAGCT	約400	Step down 低	鈴平	
ND4	ND4-F ND4-R	TTACAACACGGTTCCTGCTTC ATTGCGGGCACAACCTAAC	314bp, 308bp(処理後202bp, 106bp)	CAPS	Vaquero(切れる:+) P.L.K(切れない:-)	ミトコンドリアDNA由来

合には調査個体数が少なくても有意差が認められるため、最小限必要な個体数は一概には決定できない。

筆者ら^{4,5)}は各産地の主要品種のマーカー保有頻度を調査し、淡路島産としては「ターザン」「もみじ3号」, 「七宝早生7号」の主要3品種について24個体での調査結果を、その他の9品種については16個体の調査結果を記載したが、「もみじ3号」と「北早生3号」の間で有意差を示すマーカーはなく、識別不可能であった「もみじ3号」は淡路地域では作付が多く、特に重要な品種の一つである。しかし、北海道の極早生品種である「北早生3号」は、収量性や耐病性の問題から他の品種に置き換えられつつあり⁶⁾、今後も重要性が低下するものと考えられている。また、主要3品種について、淡路島と佐賀県で入手した2004年および2005年産用種子由来実生を供試してDNAマーカーによる識別を試みたところ、いずれの品種も両産地間で有意な差は認められず、同一品種が複数産地に出荷された場合は区別することが不可能であると考えられた。北海道以外の都府県の産地で栽培されている品種は多くが共通しており、また、日本に輸入される中国産タマネギのなかには国産と同じ品種が含まれる(データ未公表)が、アメリカやニュージーランド、タイなどの海外産および北海道産については、品種判別技術によって淡路産との判別が可能と考えられる。

本報では、淡路島で作付されているその他の品種(一

表2 平成14年度淡路島でのタマネギ種子の流通

品種名	種苗会社	構成比率 (%)	上位からの累計
ターザン	七宝	38.01	38.01
もみじ3号	七宝	29.27	67.29
七宝早生7号	七宝	14.73	82.02
ターボ	タキイ	7.11	89.13
アンサー	七宝	3.85	92.99
アース	タキイ	3.39	96.38
くれない	七宝	1.31	97.69
アドバンス	七宝	0.61	98.29
オメガ	タキイ	0.34	98.63
T-357	タキイ	0.31	98.94
ソニック	タキイ	0.31	99.25
A36	七宝	0.10	99.36
アーリートップ	中原採種場	0.10	99.46
七宝甘70	七宝	0.10	99.56
アトン	タキイ	0.10	99.66
さつき	七宝	0.10	99.76
貴錦	カネコ	0.06	99.82
湘南レッド		0.04	99.85
緋だまり	高山種苗	0.03	99.89
七宝早生2号	七宝	0.03	99.91
T-448	タキイ	0.02	99.93
鈴平	カネコ	0.02	99.94
OP黄	タキイ	0.01	99.95
アポロ	七宝	0.01	99.96
ニューセブン	七宝	0.01	99.97
スーパーリニア	松永種苗	0.01	99.98
浜育	カネコ	0.01	99.98
ホームー	七宝	0.01	99.99

部、すでに16個体でのデータが得られているものを含む)を用いて、これまでと同様の19種のマーカーについて各24個体のマーカー保有頻度を調査して多型頻度カタログを充実させるとともに、淡路島産タマネギと表示されたものについて、品種判別の手法によって表示の真偽を確かめることが可能であるかについて検討した。

材料及び方法

1 供試材料

DNAの抽出には実生の子葉もしくは第1~2本葉を用い、個体ごとにDNAを抽出した。まず各品種の種子を滅菌したのち寒天培地上に無菌播種し、発芽した実生の葉を約100mgずつ個体ごとにサンプリングした。サンプリングした葉は15mm程度に裁断し、1.5mlマイクロチューブに入れて、-30℃で冷凍した。

抽出にはDNA抽出キット Nucleon PhytoPURE を用いた。抽出したDNAは濃度測定後に滅菌蒸留水で希釈し、1ng/μlとなるように調製し、DNAマーカーの検出に供した。

多型頻度カタログの充実のため「アドバンス」「アンサー」「ターボ」「アトン」「アーリートップ」「浜育」「輝」「オメガ」「ソニック」「ネオアース」「貴錦」の11品種については24個体ずつを供試し、2006年に試験を行った「アポロ」「緋だまり」「ホームー」、

表3 平成16年度淡路島でのタマネギ種子の流通

品種名	種苗会社	構成比率 (%)	上位からの累計
ターザン	七宝	46.27	46.27
もみじ3号	七宝	25.38	71.65
七宝早生7号	七宝	14.28	85.93
ターボ	タキイ	4.33	90.26
アンサー	七宝	4.03	94.29
ネオアース	タキイ	2.72	97.01
くれない	七宝	1.00	98.01
アドバンス	七宝	0.48	98.49
T-357	タキイ	0.35	98.84
オメガ	タキイ	0.28	99.12
アース	タキイ	0.17	99.29
ソニック	タキイ	0.15	99.44
貴錦	カネコ	0.12	99.56
浜育	カネコ	0.09	99.65
レクスター1号	七宝	0.09	99.74
七宝甘70	七宝	0.09	99.82
アーリートップ	中原採種場	0.06	99.88
アトン	タキイ	0.03	99.91
さつき	七宝	0.02	99.93
スーパーリニア	松永種苗	0.02	99.94
輝	田中種苗	0.01	99.96
OP黄	タキイ	0.01	99.97
緋だまり	高山種苗	0.01	99.98
鈴平	カネコ	0.01	99.99
スーパーリニア		0.01	99.99
ホームー	七宝	0.00	100.00
アポロ	七宝	0.00	100.00

結果

1 作付品種

平成14年度と16年度の、あわじ島農業協同組合、淡路日の出農業協同組合、北阿萬農業協同組合からの種子供給記録によると、平成14年度に作付けされたのは28品種(表2)、平成16年度は27品種(表3)であった。

作付けされた品種数は多いものの、種子販売量を集計すると平成14年度は上位3品種で全体の80%以上、上位5品種で90%以上、上位8品種で98%以上を占めていた。同様に、平成16年度は3品種で80%以上、4品種で90%以上、7品種で98%以上を占めていた。また、マイナーな品種については変遷があり、平成14年度に作付けされていたうちの4品種は平成16年度には作付がなくなっており、新たに3品種が追加されていた。

2 DNA マーカーの検出

各品種から DNA マーカーを検出した結果を表4に示

した。いずれの品種も多くは品種内多型を有していた。これまでの調査^{4,5)}では、細胞質遺伝子である葉緑体 DNA の変異を検出するマーカー trnL F insert とミトコンドリア DNA の変異を検出する ND 4 に関しては、品種内多型を示す品種は「Tango」1品種しか確認されなかったが、今回調査した品種のうち「湘南レッド」が新たに trnL.F insert について多型を示した。

また「ネオアース」と「輝」は全てのマーカーについて極めてよく似た保有頻度を示した。

3 淡路島産品種と他産地産品種との識別

今回調査した淡路島で作付けされている18品種と、すでに報告されている他産地で作付けされ淡路島で作付けされていない32品種との識別を試みた結果を表5に示した。

今回24個体で調査した品種のうち「アーリートップ」と「錦毬」「貴錦」と「錦毬」の間には有意な差を示す

表5 淡路産品種と他産地産品種の識別結果

品種名	スーパースター北もみじ	北もみじ2000	さらり	改良オホーツク1号	P.L.K	E.L.K	Tango	Cream Gold	T400	T418	Vaquero	T406	Tamara	Copra	Dynasty	CraneX33	スーパースターレックス	泉州中高黄(タキイ)	O.K黄	O.L黄	O.P黄	濱の宝	錦毬	北はやて2号	ウルフ	イオマンテ	北見交38号	北見交39号	オホーツク222	カムイ	北早生3号	スパート
供試個体数	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
アドバンス	5	7	12	9	11	9	7	9	10	12	9	8	6	6	8	8	10	6	10	8	5	4	4	7	5	6	7	6	5	7	10	4
アンサー	8	9	9	3	9	10	9	8	11	10	9	9	4	7	6	7	9	8	7	8	5	8	6	6	6	9	6	5	8	11	3	9
ターボ	7	9	7	7	10	7	6	11	11	12	9	9	8	6	4	10	13	5	5	5	4	6	5	9	8	5	5	5	4	8	5	8
アトン	7	11	10	4	7	6	7	5	11	8	7	6	9	7	8	9	11	6	11	9	6	10	7	3	4	4	6	3	8	7	4	9
アーリートップ	9	6	8	8	6	7	8	6	7	7	9	6	4	8	6	7	9	2	6	7	7	2	0	8	6	6	9	7	4	7	8	4
浜育	7	8	11	10	7	7	5	6	10	9	10	5	5	7	6	8	11	3	8	9	4	1	0	10	8	9	8	7	8	10	9	5
輝	8	11	9	4	9	7	9	8	11	10	7	9	8	6	8	8	10	9	8	7	6	7	7	5	6	6	6	5	9	10	1	11
オメガ	5	8	7	7	12	12	9	11	9	11	9	10	5	4	7	6	7	6	6	7	7	7	6	10	6	8	6	8	7	9	8	5
ソニック	6	6	9	10	10	11	8	10	6	9	10	10	5	7	6	5	7	7	5	7	5	4	8	5	6	8	8	8	6	5	11	0
ネオアース	8	11	9	4	9	7	9	8	11	10	7	9	8	6	8	8	9	9	8	7	7	10	9	5	6	6	6	5	9	10	1	12
貴錦	8	9	13	9	10	7	7	8	11	9	10	6	6	9	5	10	13	4	9	9	5	1	0	8	5	7	9	8	7	9	9	3
アボロ	5	5	7	5	4	7	4	5	7	7	6	3	6	2	6	7	3	1	2	3	3	3	3	7	7	7	3	5	5	6	5	3
緋だまり	2	4	5	7	4	4	1	5	5	5	8	2	4	5	4	8	10	3	4	5	4	4	4	5	6	5	5	6	3	5	7	7
ホーム	4	5	5	1	1	3	7	2	7	4	5	5	6	6	7	9	5	4	5	1	4	6	2	4	5	4	1	5	6	0	8	8
ニューセブン	7	6	6	2	2	5	8	5	8	6	6	6	6	6	10	7	9	6	9	8	4	6	8	6	6	8	6	5	6	8	3	11
湘南レッド	4	4	5	6	3	5	2	4	5	4	8	6	4	7	0	5	8	1	1	3	3	1	5	4	4	4	4	4	3	5	7	3
T357	6	5	8	9	6	7	4	8	7	6	10	9	6	9	0	7	10	2	2	6	4	4	3	6	7	6	6	4	4	7	8	6
七宝早生2号	4	4	4	5	3	3	1	4	6	5	8	4	3	5	1	4	6	0	2	4	4	2	2	4	3	3	2	3	1	4	6	5
	5	5	6	8	4	8	7	5	5	5	9	6	4	7	4	5	7	3	3	5	4	2	2	6	6	5	7	7	4	5	9	0
	7	7	10	9	5	5	5	6	10	8	11	4	4	8	4	11	13	3	4	8	2	1	0	9	8	9	7	7	7	10	8	5
	7	9	10	10	9	5	11	10	11	11	6	5	8	6	11	13	4	6	10	4	3	1	12	11	10	9	8	10	10	8	5	5

注)各欄の上の数値は0.1%水準で有意差を示したマーカーの数、下の数値は1%水準で有意差を示したマーカーの数

マーカーが見つからなかった「浜育」と「錦毬」、「ソニック」と「スパート」の間には0.1%水準で有意差を示すマーカーは認められなかったものの1%水準で有意差を示すマーカーが認められた。24個体で調査したその他の品種については、いずれも他産地産の32品種との間に0.1%水準で有意差を示すマーカーが認められた。

8個体で調査した品種のうち、「ニューセブン」と「Dynasty」、「T357」と「スパート」の間には有意差を示すマーカーが認められなかった。「ホーム」と「北早生3号」、「湘南レッド」と「泉州中高黄」、「七宝早生2号」と「錦毬」の間には0.1%水準で有意差を示すマーカーは認められなかったものの1%水準で有意差を示すマーカーが認められた。

考 察

1 品種内多型

染色体 DNA 由来の多型を検出するマーカーについては、いずれの品種も多くの品種内多型を示し、これまでの報告と同様の結果であった。タマネギは自殖弱勢が強いためにある程度ヘテロ性を有した集団として品種・系統を維持しているためと考えられる。

一方、これまで細胞質遺伝子由来の DNA 多型を検出する2種のマーカー trnL.F insert と ND4 については、これまで品種内多型を示す品種がほとんど報告されておらず、「Tango」で trnL.F insert の多型が見つかったただであったが、今回調査した「湘南レッド」で新たに trnL.F insert に関する品種内多型が認められた。細胞質遺伝子は通常母系からのみ遺伝し、染色体遺伝子とは異なり、同一の母系に由来する集団ではすべて同じ遺伝子型を示す。そのため、細胞質ゲノムに由来する DNA マーカーは他殖性作物の品種判別には非常に有効であると考えられるが、品種育成当初に複数の母系が混合して用いられている可能性もあり、なお品種内多型に注意を払う必要があることが示された。

2 品種の識別

今回24個体の多型データを収集した淡路産11品種とこれまでに報告^{3,4)}した他産地産32品種の352組合せのうち、19種のいずれのマーカーについても有意差が確認できず、識別が不可能であったのは「アーリートップ」と「錦毬」、「貴錦」と「錦毬」の2組合せのみであった。他の350組合せでは少なくとも1つは有意水準1%または0.1%で保有頻度に差が認められるマーカーが確認されて識別が可能であり、これら11品種のデータは今後カタログに加えることによって、産地判別を目的とした品種識別に役

立てることができると考えられる。

なお、他産地産と判別不可能であった「アーリートップ」と「錦毬」が淡路地域内で占める割合はいずれも0.1%前後であり、産地判別の一手法としての当品種判別技術の実用化にあたって大きな障害ではないと考えられる。

筆者ら⁵⁾は「ネオアース」と「北早生3号」の各16個体ずつを供試して識別を試みた結果、0.1%水準で有意差のあるマーカーは見つからなかったと報告したが、「北早生3号」の同じデータと今回調査した「ネオアース」24個体のデータから計算すると、OPH-429について0.1%水準の有意差が認められた。このことは、マーカー頻度の差が統計的に有意か否かを利用した品種判別法を用いているため、類似性の高い品種を識別するには個体数が多い方が正確な判定ができることを示している。逆に、今回1%水準の有意差のマーカーしか検出できなかった組合せでは、供試個体数を減らすと識別が不可能になる可能性があり、注意が必要である。

8個体の多型データを収集した7品種と他産地産32品種の224組合せのうち、「ニューセブン」と「Dynasty」、「T357」と「スパート」の間には有意差を示すマーカーが見つからなかったものの、他の222組合せについては少なくとも1つは有意水準1%または0.1%で保有頻度に差が認められるマーカーが確認され、識別が可能であった。本品種判別法の性質上、供試個体数が少ないほど異品種の識別が困難になるが、両品種のマーカー保有率が大きく異なれば比較的少ない個体数でも識別可能である。識別精度を上げるために、供試個体数は多く取ることが望ましいが、8個体という少ない個体数でも、19種のマーカーと24個体程度で作成したカタログを用いれば、かなりの識別能力があることが示された。実用化にあたって20個体前後といった多くの個体を収去することが出来ない事情がある場合でも、若干の精度の低下を許容するならば、10個体前後の少ない個体数でも兵庫県作付品種と兵庫県で作付されていない品種との識別には十分利用できるものと考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、淡路島で作付されている品種の調査にご協力いただいたあわじ島農業協同組合、淡路日の出農業協同組合、北阿萬農業協同組合および兵庫県玉葱協会の関係者の皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- (1) Ariyama K., Y. Aoyama, A. Mochizuki, Y. Homura, M. Kadokura and A. Yasui (2007) :

- Determination of the Geographic Origin of Onions between Three Main Production Areas in Japan and Other Countries by Mineral Composition. *J. Agric. Food Chem.*, 55 (2), 347-354
- (2) Kawasaki A., H. Oda and T. Hirata (2002): Determination of Strontium isotope of brown rice for estimating its provenance. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 48 (5), 635-640
- (3) 織田久男・川崎晃(2004): ストロチウム同位体比を利用したネギの産地判別. 農業環境成果情報 第20集, 8-9
- (3) 臼井裕一・足立静香・紙谷元一・中島寿亀・山元義久・鈴木忠直・安井明美(2006): タマネギの品種識別用 DNA マーカーの開発. *日本食品科学工学会誌* 53 (9), 498-504
- (4) 臼井裕一・足立静香・紙谷元一・中島寿亀・山元義久・鈴木忠直・安井明美(2006): 統計的手法を用いた DNA マーカーによるタマネギの品種識別. *日本食品科学工学会誌* 53 (9), 505-513
- (5) 柳田大介・西田忠志・野田智昭・中野雅章・田中静幸・入谷正樹・駒井史訓・小谷野茂和(2006): 極早生多収たまねぎ新品種「北見交39号」. 平成17年度北海道農業研究成果情報
- (6) 安井明美・堀田博・鈴木忠直・有山薫・法邑雄司・足立静香・臼井裕一・西田忠志・野田智昭・柳田大介・紙谷元一・河野哲・渡辺和彦・永井耕介・青山喜典・小河甲・望月証・塩飽邦子・吉田晋弥・山元義久・松本純一・玉木克知・杉本琢真・小林尚司・中島寿亀・木下剛仁・加藤富民雄・井上興一・田代洋丞(2007): DNA マーカーによる品種識別と無機元素分析によるタマネギの高度産地判別法. 平成18年度食品研究成果情報, 8-9
-