

ストロンチウム安定同位体比による タケノコ等野菜の水煮加工品の原料原産地判別法の検討

伊澤 淳修¹, 青山 恵介¹, 申 基澈², 中野 孝教²

Atsunobu Izawa, Keisuke Aoyama, Ki-Cheol Shin, Takanori Nakano

要 約

日本産及び中国産のタケノコを原料とした水煮加工品について、ストロンチウム安定同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) を利用した原料原産地判別法を検討した。また、他の野菜（レンコン、ワラビ及びゼンマイ）の水煮加工品に当該判別法を適用し、原料原産地の判別が可能か検討した。日本産タケノコを用いて作製したタケノコの水煮加工品について $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を測定した結果、タケノコの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、加工に用いた水（加工水）の影響を受けること、タケノコの水煮加工品を 1 mol/L 酢酸アンモニウム水溶液で超音波処理することにより、加工水の影響を軽減できることがわかった。1 mol/L 酢酸アンモニウム水溶液で超音波処理したタケノコの水煮加工品（日本産 63 点、中国産 46 点）について $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を測定した結果、産地間で有意差が認められた ($p<0.05$)。日本産と中国産の判別の境界値を $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7097$ としたとき、中国産を中国産と判別する確率（感度）及び日本産を日本産と判別する確率（特異度）は共に 85 %であった。さらに、タケノコの水煮加工品の原料原産地判別に用いた超音波処理による方法を、レンコン、ワラビ及びゼンマイの水煮加工品に適用した。その結果、レンコンの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、日本産と中国産間で有意差が認められた ($p<0.05$)。日本産と中国産の判別の境界値を $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7102$ としたとき、感度及び特異度は共に 89 %となり、タケノコの水煮加工品と同様に原料原産地の判別が可能と考えられた。他方、ワラビの水煮加工品は日本産とロシア産、ゼンマイの水煮加工品は日本産と中国産の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が似た値を示し、判別が困難であった。

1. はじめに

タケノコの水煮加工品は、生鮮品と比較して保存期間が長いこと及び調理の簡便さから我が国において人気の高い商品であるが、国内生産量は少なく、国内流通量の約 8 割（平成 22 年）は中国からの輸入に依存している¹⁾。タケノコの水煮加工品は、用いたタケノコの原産地によって価格差があり、日本産を原料としたタケノコの水煮加工品は、中国産を原料としたものよりも高価格で販売されている。そのため、安価で輸入量の多い中国産タケノコの水煮加工品について、原料原産地を日本産と表示する偽装が後を絶たず、表示の真正性を確認するための科学的検証法が求められている。

食品における産地の科学的検証法は、元素分析、軽元素安定同位体比分析及び DNA 分

¹ 独立行政法人農林水産消費安全技術センター神戸センター

² 大学共同利用機関法人人間文化研究機構総合地球環境学研究所

析を利用した方法が報告されている²⁾。タケノコの水煮加工品は、FAMIC において元素分析による原料原産地判別法が検討されたが、産地間に差は見られなかったと報告されている³⁾。水煮加工した野菜は加工に用いた水（加工水）の影響を受け、産地に由来した元素組成が変化しているため、野菜の水煮加工品の元素分析による原料原産地の判別は難しいと考えられる。そこで、私たちは、タケノコを含む野菜の水煮加工品の原料原産地を判別するために、ストロンチウム安定同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) を用いることにした。

ストロンチウム (Sr) は天然に ^{84}Sr 、 ^{86}Sr 、 ^{87}Sr 及び ^{88}Sr の 4 つの同位体が存在し、そのうち ^{87}Sr はルビジウム (^{87}Rb) の放射壊変（半減期 488 億年）により生成する。そのため、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、地質が形成された年代を推定するために利用されている⁴⁾。土壌は、地質を構成している火成岩等が地球表面で堆積して形成されるため、地質の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の影響を受けている。従って、作物は、栽培に用いた土壌の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の影響を受けることから、異なる地質から形成された土壌で栽培した野菜等の産地を $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ により判別できる⁵⁻⁷⁾。野菜の水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、元素分析と同様に加工水の影響を受けて、原料野菜の産地に由来する値から変化していると考えられる。そのため、野菜の水煮加工品から加工水の影響を軽減し、原料野菜の産地に由来する $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を測定できれば、野菜の水煮加工品の原料原産地を判別できると考えられる。

本研究では、タケノコから水煮加工品を作製して、加工水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の影響を明らかにし、その影響を軽減するための超音波処理の効果について検討した。さらに、タケノコの水煮加工品以外で原料原産地の表示偽装が懸念されるレンコン、ワラビ及びゼンマイの水煮加工品について、タケノコの水煮加工品と同様の手法を適用し、原料原産地の判別が可能か検討した。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の測定は、二重収束型高分解能誘導結合プラズママルチコレクタ質量分析計 (MC-ICP-MS) で行った。

2. 実験方法

2. 1 試料

産地判別モデル構築用試料のうち、日本産を原料とした水煮加工品は、各道府県 of 加工用途向け生鮮タケノコの出荷量及び生鮮レンコン、ワラビ及びゼンマイの生産量^{1,8)}（平成 22 年）を参考に、平成 24-25 年に生産されたものを水煮製造業者等から入手した（表 1）。外国産を原料とした水煮加工品は、平成 24-25 年に全国の小売店からタケノコの水煮加工品（中国産 46 件）、レンコンの水煮加工品（中国産 45 件）、ワラビの水煮加工品（中国産 4 件、ロシア産 17 件）及びゼンマイの水煮加工品（中国産 24 件）の市販品を入手した。加工水の影響及び超音波処理の効果の検討用として作製したタケノコの水煮加工品（水煮試料）の原料タケノコは、福岡県産、福井県産、熊本県産及び香川県産タケノコ各 1 件の 4 試料を入手した。この研究に用いたタケノコの品種は、国内生産量の 90 %以上（平成 22 年）を占めるモウソウチクとした¹⁾。

表1 産地判別モデル構築用試料（日本産水煮加工品）

タケノコの水煮加工品		レンコンの水煮加工品		ワラビの水煮加工品		ゼンマイの水煮加工品	
産地	入手数	産地	入手数	産地	入手数	産地	入手数
福岡	11	茨城	11	山形	4	高知	4
鹿児島	8	徳島	9	秋田	2	徳島	2
熊本	5	佐賀	7	新潟	1	秋田	1
京都	8	愛知	7	青森	1	新潟	1
徳島	9	山口	8	福島	1	山形	2
香川	4	熊本	3	北海道	1	福島	1
石川	4					愛媛	1
大分	2						
三重	2						
高知	2						
岡山	2						
大阪	2						
愛知	2						
岐阜	2						
計	63	計	45	計	10	計	12

2. 2 試薬

実験に使用した水は、超純水製造装置（Milli-Q Element A10、日本ミリポア）で製造した超純水（18MΩ・cm以上）を用いた。試料の酸分解及び試料液の調製には、61%硝酸（高純度電子工業用、関東化学）、70%過塩素酸（TAMAPURE-AA-100、多摩化学工業）、35%塩酸（Ultrapur-100、関東化学）を用いた。超音波処理には、土壌中の陽イオン交換容量⁹⁾の測定に用いられている酢酸アンモニウム（特級、関東化学）の1 mol/L水溶液（pH 7）を用いた。誘導結合プラズマ発光分光分析装置（725-ES、Varian）（ICP-OES）によるSr濃度測定には、Sr標準液（Sr1000、関東化学）を用いた。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr測定において、⁸⁷Srの検出の妨害となる⁸⁷Rbを除去するために、陽イオン交換樹脂（DOWEX 50WX8 Mesh size 200-400、ダウ・ケミカル）を用いた¹⁰⁾。

2. 3 タケノコの水煮試料の作製

日本産タケノコ（4試料）と加工水として⁸⁷Sr/⁸⁶Srが高い滋賀県産（高⁸⁷Sr/⁸⁶Sr水、0.7180又は0.7179）及び⁸⁷Sr/⁸⁶Srが低い静岡県産（低⁸⁷Sr/⁸⁶Sr水、0.7041又は0.7036）のナチュラルミネラルウォーター各2種類を用いて、次のとおり作製した。タケノコの皮をむき、下部から1 cm程度をセラミックス製包丁で切り落とした後、超純水でタケノコ表面を洗い流した。ガラス製ビーカーに入れたタケノコに、その重量の約5倍量の加工水（高又は低⁸⁷Sr/⁸⁶Sr水）を加えて、40分間煮沸した後、室温で2時間放冷した。タケノコの水煮加工品の製造で通常行われる殺菌工程（110℃で85分加熱殺菌等）の代わりに、放冷したタケノコをビーカーと共に、110℃で85分間オートクレーブ（BS-245、トミー工業）に供し、タケノコの水煮試料を作製した。

2. 4 試料調製及び測定

2. 4. 1 超音波処理

判別に使用したモデル構築用試料及び作製したタケノコの水煮試料は、ミキサー（B-400、ビュッヒ）で粉砕した。粉砕した試料5 gを50 mL容のポリエチレン製容器に量り取り、1 mol/L酢酸アンモニウム水溶液を50 mLの標線まで加え、超音波処理（US-1、アズワン）

を5分間行った。超音波処理した試料を10分間遠心分離（1670 × g、KUBOTA5400、久保田製作所）に供して、上澄み液を除去した。さらに、ポリエチレン製容器内の残留物に超純水を50 mLの標線まで加えて、蓋をして10秒間強く振とう攪拌した後、先の操作と同様に遠心分離後に上澄み液を除去して、酸分解に供する試料を調製した。超音波処理を行わない場合には、粉碎試料5 gを酸分解用の試料とした。

2. 4. 2 酸分解

酸分解用試料の全量を硝酸15 mLを用いて、ポリエチレン製容器からフッ素樹脂製分解容器に移し入れた。試料の入ったフッ素樹脂製分解容器に蓋をした後、120 °Cのホットプレート上で加熱した。褐色のガスが発生する激しい反応が収まった後、2.5 mLの70 %過塩素酸を加えて、蓋をして更に230 °Cで6時間加熱した。次にフッ素樹脂製の蓋を外して、240 °Cで乾固した。フッ素樹脂製分解容器内の残留物をポリエチレン製全量フラスコに1 %硝酸を用いて移し入れ50 mLに定容後、0.45 μmメンブレンフィルターを通過させて、カラム処理に供する試料液を調製した。

2. 4. 3 カラム処理及び測定

陽イオン交換樹脂を2 mol/L塩酸に懸濁させ、カラム管（ミニカラムM、ムロマチテクノス）に42 mmの高さとなるようスラリー状で充填して陽イオン交換カラムを調製した。使用の際には、カラムを2 mol/L塩酸2 mLでコンディショニングを行った。あらかじめ試料液中のSr濃度をICP-OESにより表2の分析条件で測定し、Srとして100 ng相当量を含む試料液を、フッ素樹脂製分解容器に入れて240 °Cのホットプレート上で乾固した。フッ素樹脂製分解容器内の残留物を2 mol/L塩酸1 mLに溶解し、カラムに負荷した。カラムに2 mol/L塩酸7 mLを加えて流出液を廃棄した後、6 mol/L塩酸2 mLでSrを溶出させた。Srを含む溶出液を85 °Cのホットプレート上で乾固した後、2 mol/L塩酸1 mLに溶解して、同様のカラム処理とホットプレートを用いた溶出液の加熱乾固を行った。得られたSrを含む残渣に3 %硝酸1 mLを加えて溶解し、⁸⁷Sr/⁸⁶Sr測定用試料液を調製した。⁸⁷Sr/⁸⁶Srの測定は、大学共同利用機関法人人間文化研究機構総合地球環境学研究所に設置されているMC-ICP-MS（Neptune plus、Thermo Fisher Scientific）を用いて、表3の分析条件で行った。

表2 ICP-OESの測定条件

RFパワー	1.2 kW
プラズマガスフロー	15 L/min
補助ガスフロー	1.5 L/min
ネブライザガスフロー	230 kpa
ポンプ速度	15 rpm
測定波長	407.771 nm

表3 MC-ICP-MSの測定条件

RFパワー	1.2 kw
プラズマガスフロー	15 L/min
補助ガスフロー	0.7-0.8 L/min
ネブライザガスフロー	0.85 L/min
ネブライザー(吸入量)	PFA(100 μL/min)
検出器配置 m/z(cup)	83(L3),84(L2),85(L1), 86(C),87(H1),88(H2)
脱溶媒装置	Aridus II
スweepガスフロー	4.2 mL/min
スプレーチャンバー温度	40 °C
脱溶媒装置温度	160 °C
測定ブロック数	1
測定サイクル数	30

3. 結果及び考察

3. 1 加工水の影響及び超音波処理の効果

作製したタケノコの水煮試料について、原料タケノコ、水煮加工後のタケノコ及び水煮加工後のタケノコを超音波処理したタケノコ（超音波処理後のタケノコ）の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を測定し、加工水の影響と超音波処理の効果を検討した。その結果、水煮加工後のタケノコの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、原料タケノコと加工水との間の値を示した（表4）。このことから、水煮加工後のタケノコの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、加工水の影響を受けて、加工水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ に近づいたと考えられた。また、超音波処理後のタケノコの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、原料タケノコと水煮加工後のタケノコとの間の値を示した。このことから、超音波処理後のタケノコの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、超音波処理により加工水の影響が軽減され、原料タケノコの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ に近づいたと考えられた。

これらの結果から、タケノコの水煮加工品は加工水の影響を受けること及びその影響を軽減するために、超音波処理は効果があることがわかった。

表4 タケノコの水煮加工及び超音波処理における $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

試料	産地							
	福岡県		福井県		香川県		熊本県	
原料タケノコ	0.7103		0.7082		0.7105		0.7051	
加工水	0.7041*	0.7180**	0.7041*	0.7180**	0.7036*	0.7179**	0.7036*	0.7179**
水煮加工後のタケノコ	0.7068	0.7143	0.7065	0.7121	0.7096	0.7115	0.7048	0.7063
超音波処理後のタケノコ	0.7091	0.7115	0.7081	0.7099	0.7102	0.7106	0.7050	0.7053

* 低 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 水, ** 高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 水

3. 2 タケノコの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

超音波処理後の日本産タケノコの水煮加工品（63件）及び中国産タケノコの水煮加工品（46件）について、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を測定した。その結果、日本産タケノコの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は 0.7088 ± 0.0015 （平均値±標準偏差）、中国産は 0.7165 ± 0.0082 となり（図1）、マン・ホイットニーのU検定でこれらの産地間に有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。

作物の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、栽培に用いた土壌の影響を受ける。日本で栽培された大麦（ $n=221$ 、42道府県）の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は $0.7026-0.7141$ の範囲であったと報告されている¹¹⁾。今回の検討に用いた日本産タケノコの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は $0.7052-0.7138$ の範囲であり、日本産大麦の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の範囲内であった。

中国産タケノコの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は $0.7056-0.7450$ の範囲であり、その一部は日本産に重なるものの日本産よりも高い値を示す傾向にあった。これらのことから、タケノコの水煮加工品について原料原産地の判別が可能と考えられた。

日本産及び中国産タケノコの水煮加工品について、原料原産地の判別における $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の境界値を、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ごとの感度（中国産を中国産と判別する確率）及び特異度（日本産を日本産と判別する確率）をプロットした感度・特異度曲線により検討した。感度・特異度曲線の交点は、感度と特異度の合計が最大となる点であり、境界値の目安となる。従っ

て、感度と特異度を共に重視する場合、感度・特異度曲線の交点から、境界値は $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7097$ となり、感度及び特異度は共に85%であった(図2)。

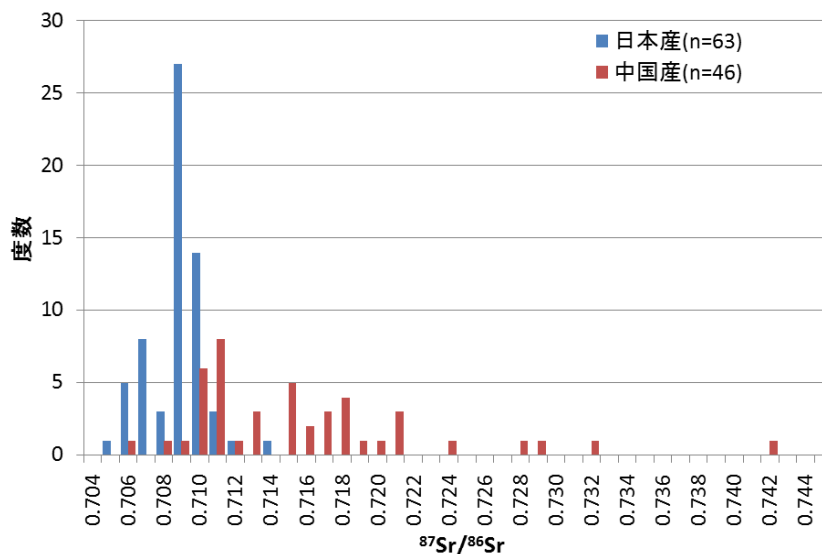


図1 タケノコの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ のヒストグラム

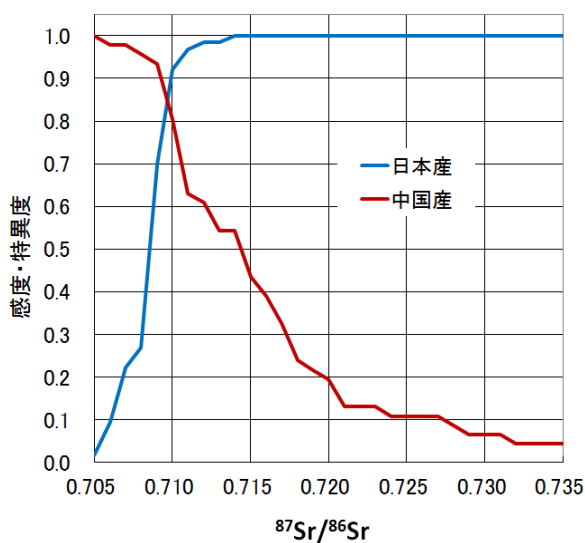


図2 タケノコの水煮加工品の判別における感度及び特異度

3. 3 レンコン、ワラビ及びゼンマイの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

タケノコの水煮加工品に用いた超音波処理による方法を、レンコン、ワラビ及びゼンマイの水煮加工品に適用し、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ による原料原産地の判別が可能か検討した。

レンコンの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、日本産 0.7094 ± 0.0010 (平均値 \pm 標準偏差)及び中国産 0.7110 ± 0.0007 であった(図3)。マン・ホイットニーのU検定の結果、これらの産地間に有意差が認められた($p < 0.05$)。中国産の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、タケノコの水煮加工品と同様に、その一部が日本産と重なるものの、日本産よりも高い値を示す傾向にあった。これらのことから、レンコンの水煮加工品について、原料原産地の判別が可能と考えられた。

ワラビの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、日本産 0.7083 ± 0.0006 、中国産 0.7106 ± 0.0003 及びロシア産 0.7083 ± 0.0009 であった (図4)。タケノコの水煮加工品と同様に、中国産は日本産よりも高い値を示す傾向にあったが、ロシア産と日本産はマン・ホイットニーの U 検定の結果、産地間に有意差はなかった ($p>0.05$)。ワラビの水煮加工品については、中国産は日本産と判別できると考えられるが、輸入製品の多くを占めているロシア産を判別することができない。そのため、本手法はワラビの水煮加工品の原料原産地の判別には適さないと考えられた。ゼンマイの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、国産 0.7075 ± 0.0014 及び中国産 0.7101 ± 0.0016 であった (図5)。マン・ホイットニーの U 検定の結果、これらの産地間に有意差が認められた ($p<0.05$)。しかし、ゼンマイの主要産地である高知県産の一部が、中国産と似た高い値 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7107$) を示しており、日本産を中国産と誤って判別する可能性が高くなると予想される。このことから、本手法はゼンマイの水煮加工品の原料原産地の判別には適さないと考えられた。

原料原産地の判別が可能と考えられたレンコンの水煮加工品について、原料原産地の判別における $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の境界値を、感度・特異度曲線により検討した。その結果、感度及び特異度を共に重視する場合、感度・特異度曲線の交点から、境界値は $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7102$ となり、感度及び特異度は共に 89 %であった (図6)。

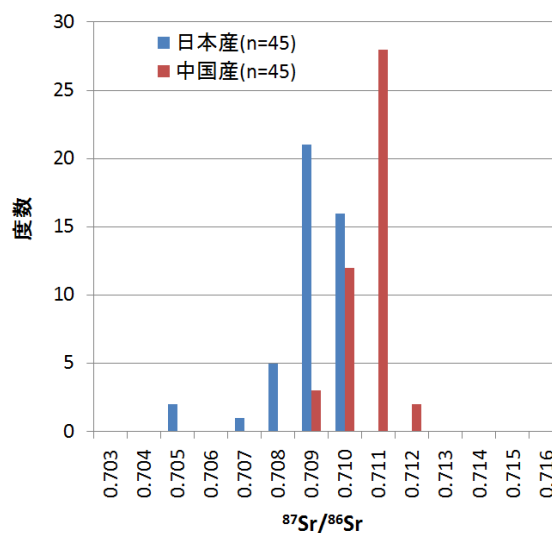


図3 レンコンの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ のヒストグラム

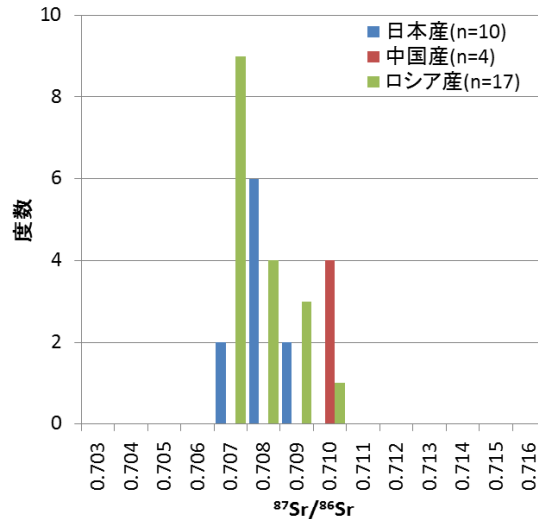


図4 ワラビの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ のヒストグラム

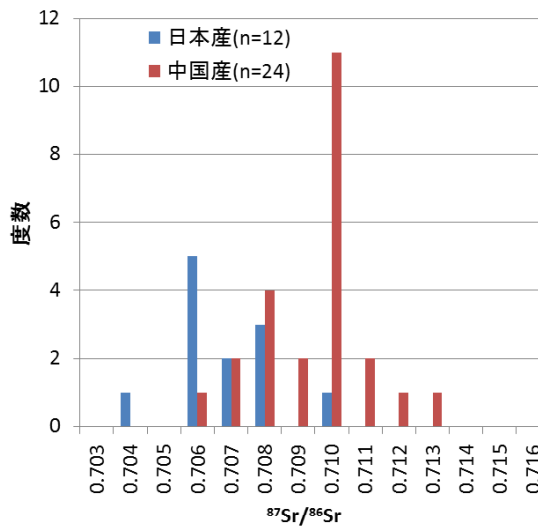


図5 ゼンマイの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ のヒストグラム

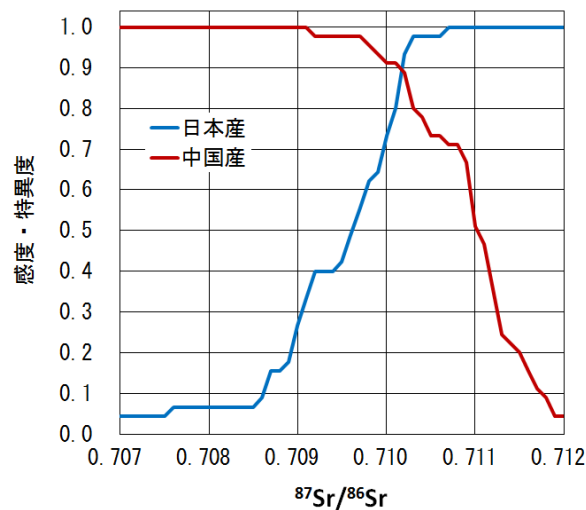


図6 レンコンの水煮加工品の判別における感度及び特異度

4. まとめ

タケノコの水煮加工品について、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を利用した原料原産地判別法を検討した。その結果、タケノコの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、加工水の影響を受けること、その影響は、1 mol/L 酢酸アンモニウム水溶液による超音波処理で軽減できることがわかった。日本産及び中国産タケノコの水煮加工品について、本手法による原料原産地の判別は、境界値を $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7097$ としたとき、感度及び特異度は共に 85 %であった。また、レンコン、ワラビ及びゼンマイの水煮加工品に本手法を適用し、原料原産地の判別が可能か検討した。その結果、レンコンの水煮加工品の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、日本産と中国産間で有意差が認められた ($p<0.05$)。判別の境界値を $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7102$ としたとき、感度及び特異度は共に 89 %であった。ワラビの水煮加工品は日本産とロシア産、ゼンマイの水煮加工品は日本産と中国産の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が似た値を示し判別が困難であった。

本検討において、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を利用した産地判別は、生鮮野菜だけでなく加工品にも適用可能であることを示した。しかしながら、日本で生産された作物であっても、その生産地域によっては、中国で生産された作物と似た $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を示し、産地を判別することができない場合がある。そのため、産地判別の精度を向上させるためには、他の判別手法を併用し産地を判別することが期待される。

5. 文 献

- 1) 農林水産省「特用林産物生産統計調査」
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokuyou_rinsan/
- 2) 安井明美, 食品の産地判別技術の展望, 食品衛生学雑誌, **50**, 191-197 (2009).
- 3) 石田智美, 木村康晴, 塚田政範, 杉村豊裕, 無機元素及びアミノ酸組成によるタケノコ水煮の産地判別の検討, 農林水産消費安全技術センター調査研究報告, **27**, 55-62 (2003).
- 4) Capo, R. C., Stewart, B. W. and Chadwick, O. A., Strontium isotope as tracers of ecosystem processes : theory and methods. *Geoderma*, **82**, 197-225 (1998)
- 5) 川崎晃, 織田久男, 水田土壌と米のストロンチウム同位体比の関係, 日本土壌肥科学雑誌, **76**, 579-585 (2005)
- 6) Swoboda, S., Brunner, M., Boulyga, S.F., Galler, P., Horacek, M., Prohaska, T., Identification of Marchfeld asparagus using Sr isotope ratio measurements by MC-ICP-MS, *Anal. Bioanal. Chem.*, **390**, 487-494 (2008)
- 7) Durante, C., Baschieri, C., Bertacchini, L., Cocchi, M., Sighinolfi, S., Silvestri, M., Marchetti, A., Geographical traceability based on $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ indicator: a first approach for PDO Lambrusco wines from Modena, *Food Chem.*, **141**, 2779-2787 (2013)
- 8) 農林水産省「野菜生産出荷統計」
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_yasai/index.html
- 9) 原田靖生, 土壌の陽イオン・陰イオン交換容量: 測定法とその背景, 日本土壌肥科学

雑誌, **55**, 273-283 (1984)

- 1 0) Kawasaki, H., Oda, H. and Hirata, T., Determination of strontium isotope ratio of brown rice for estimating its provenance. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **48**, 635-640 (2002).
- 1 1) Ariyama, K., Shinozaki, M., Kawaki, A. and Ishida, Y., Strontium and Lead Isotope Analyses for Determining the Geographic Origins of Grains., *Anal. Sci.*, **27**, 709-713 (2011)