

軽元素安定同位体比分析及び元素分析によるこんにゃくの原料いもの原産地判別法の検討

井伊 悠介

II Yusuke

要約

軽元素安定同位体比分析及び元素分析によるこんにゃくの原料いもの原産地判別法の検討を行った。モデル試料として国産の原料いもを用いたこんにゃく（以下「国産試料」という。「外国産試料」も同様）（白こんにゃく及び黒こんにゃく）及び外国産試料（白こんにゃく及び黒こんにゃく）を両分析法で測定し、それぞれの分析法による原料いもの原産地の判別モデルを作成した。炭素及び酸素の軽元素安定同位体比分析（国産試料 23 点、外国産試料 54 点）では特異度 75 %、感度 67 %であった。一方で 6 元素による元素分析（国産試料 19 点、外国産試料 27 点）では特異度 92 %、感度 84 %であった。

1. はじめに

食品に関する表示は、食品表示法（平成 25 年法律第 70 号）に基づく食品表示基準（平成 27 年内閣府令第 10 号）において名称等のほか、国内で製造したものは原料原産地の表示が義務付けられ、原料原産地については原則、国産原料を使用した商品にあつては国産である旨を、輸入原料を使用した商品にあつては原産国名を表示しなければならない。こんにゃくは輸入品以外ではこんにゃくいもの原産地名を、輸入品では原産国名を表示することとなっている。

こんにゃくの原料であるこんにゃくいも（以下「原料いも」という。）は、国産の令和元年～令和 3 年産の平均の収穫量が 55,667 トン¹⁾で、主な産地は群馬県であり収穫量の 94 %を占める¹⁾。貿易統計²⁾（令和元年～令和 3 年の平均）によると、原料いも（荒粉*及び精粉**を含む）は 125 トンがミャンマー（84 %）、中国（10 %）、インドネシア（5 %）等から輸入されている。またこんにゃく製品は 13,167 トンが中国（86 %）、韓国（9 %）、インドネシア（4 %）等から輸入されている。

このように原料いも及びこんにゃく製品は、一定量の輸入がある。国産に比べ外国産の方が安価であり、原料いもでは 2 倍程度の価格差がある³⁾。よって安価な外国産の原料いもを用いた製品や外国で製造された製品の原料原産地表示を国産とする不適正表示の懸念があるため、こんにゃくの原料原産地判別技術の開発の必要性があるといえる。

農産物等の産地判別法に用いる手法として、軽元素安定同位体比や元素濃度の分析があげられる⁴⁵⁾。これらの手法による食品の産地判別の検討は、これまでも農林水産消費安全技術センターで検討されており、元素分析では乾燥ひじき⁶⁾、精米⁷⁾、ニンジン⁸⁾、ブロッコリー⁹⁾等、軽元素安定同位体比分析では小麦加工品¹⁰⁾等の原産地及び原料原産地の判別に関する報告を行っている。こんにゃくでは窒素含有率及び軽元素安定同位体比分析によるこんにゃく粉及びこんにゃくの産地判定方法も報告されている¹¹⁾。

このため、本研究では、既報¹¹⁾等を参考に軽元素安定同位体比分析及び元素分析によるこんにゃくの原料いもの原産地判別法の可能性を確認した。

*荒粉・・・原料いものを洗い、スライスし、乾燥させたもの

**精粉・・・荒粉を粉碎、精製し粉末状にしたもの

2. 実験方法

2.1 モデル試料等の収集

判別モデル作成のためにモデル試料としてこんにゃくを収集した。収集するこんにゃくは白こんにゃく（原材料が精粉及び凝固剤のみのもの）及び黒こんにゃく（原材料が精粉、海藻及び凝固剤のみのもの）とした。モデル試料のうち国産試料は精粉の生産組合及びこんにゃくの生産組合から合計 25 点入手した（白こんにゃく 7 点、黒こんにゃく 18 点）。原料いものは、16 点については産地の都道府県名が明らかな試料を入手した（群馬県（15 点）及び長野県（1 点））。残りの 9 点のうち 8 点は産地の都道府県名が不明であり、残りの 1 点は複数の県のいものが混ざっていた。外国産試料（原料原産地が外国のもの若しくは外国で製造されたもの）はこんにゃくの生産組合及び小売店等から合計 60 点を入手した（白こんにゃく 49 点、黒こんにゃく 11 点）。中国産が 57 点、ミャンマー産が 3 点であり、精粉の輸入量に占める割合の大きいミャンマー産はほとんど収集できなかった。

2.2 軽元素安定同位体比分析

2.2.1 試料の前処理

こんにゃくの表面を超純水で軽く洗浄し、5 g を採取し凍結乾燥に供し、これを 2.2.2 に用いた。

2.2.2 炭素及び酸素の安定同位体比の測定

試料及び自家標準物質を金属カプセルに採取し、IR/MS（安定同位体比質量分析装置）（Delta V Advantage、Agilent Technologies）により、炭素及び酸素の安定同位体比を測定した。安定同位体比質量分析装置のための前処理装置には炭素安定同位体比分析では元素分析装置を、酸素安定同位体比分析では熱分解型元素分析装置を用いた（装置及び測定条件は表 1 のとおり）。

表 1 軽元素安定同位体比分析の測定条件

		炭素	酸素
金属カプセル			
	材質	錫 (97.5 %以上)	銀 (99.99 %以上)
	直径(mm)、高さ(mm)	5、9	3.3、5
	試料採取量 mg	0.89~0.99	0.45~0.54
IR/MS			
	前処理装置	元素分析装置 FlashEA2000	熱分解型元素分析計 TC/EA
	キャリアガス流量 ml/分	100	80
	反応温度 (°C)	燃焼 1000 還元 750	熱分解 1400
	カラム温度 (°C)	60	90
	カラム長 (m)	3	1.2
	試料ガスの希釈率 (%)	90	36
	質量分析装置	Delta V Advantage	Delta V Advantage

金属カプセルは LUDI SWISS 社、前処理装置及び質量分析装置は Thermo Fisher Scientific 社である。

測定した軽元素安定同位体比の値を、自家標準物質の結果により補正し、 δ 値を使って国際標準物質からの差の千分率 (‰) として下式のとおり求めた。

$$\delta X = R_{\text{試料}}/R_{\text{国際標準物質}} - 1$$

ここでXは炭素及び酸素のそれぞれについて ^{13}C 及び ^{18}O を表し、 $R_{\text{試料}}$ は試料の、 $R_{\text{国際標準物質}}$ は国際標準の軽元素安定同位体比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ もしくは $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) である。国際標準物質は、炭素安定同位体比についてはVienna PeeDee Belemnite (VPDB)、酸素安定同位体比についてはVienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) とした。

2.3 元素分析

2.3.1 試料の酸分解

20 gのこんにやくをPFAビーカーに採取し、61 %硝酸（電子工業用、関東化学）を10 mL加えてPFA時計皿でふたをし、120 °C 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に放冷し、60 %過塩素酸（原子吸光分析用、関東化学）を2.5 mL加えて、徐々に温度を上げながら 230 °C まで加熱し、分解液が透明、かつ無色又は薄い黄色になるまで分解した。時計皿を外し、約200 °C で分解液を蒸発乾固させた後、PFAビーカーに 1 %硝酸 10 mL 程度を加え、ビーカー内の残留物をホットプレート上で溶解し、樹脂製全量フラスコに回収する操作を3回繰り返した。全量フラスコには、さらに内標準としてInを5 µg/L となるように加え、1 %硝酸で 50 mL に定容し、2.3.3に供する試料溶液とした。

2.3.2 試料の固形分測定

8 gのこんにやくをアルミ皿に採取し、通風乾燥機で100 °Cで16時間以上乾燥させ、乾燥前後の質量よりこんにやくの固形分 (%) を求めた。

2.3.3 元素濃度の測定

2.3.1の試料溶液に含まれる元素の濃度を、Li、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Rb、Sr、Y、Mo、Cd、Cs、Ba、La、Pr、Nd、Sm、Gd、Dy及びTlについてはICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析装置）（Agilent 7800 ICP-MS、Agilent Technologies）を用いた内標準法（内標準：In）により、Na、P、K及びFeについてはICP-OES（誘導結合プラズマ発光分光分析装置）（iCAP 6300 Duo、Thermo Fisher Scientific）を用いた検量線法により測定した（測定条件は表2のとおり）。ICP-OES測定にあつては2.3.1の試料溶液を1 %硝酸でさらに10倍に希釈したものを供した。機器分析により求められた溶液中の各元素の濃度と試料量（酸分解に供した量に固形分を乗じたもの）により、各元素の試料中の濃度を算出した。

表2 ICP-MS及びICP-OESの測定条件

条件		ICP-MS	ICP-OES
機種		Agilent 7800 ICP-MS	iCAP 6300 Duo
RFパワー	kW	1.55	1.15
プラズマガスフロー	L/分	15	13
補助ガスフロー	L/分	0.9	0.5
ネブライザーガスフロー	L/分	1.07	0.5
ポンプ速度	rpm	6	6

ICP-MSはAgilent Technologies社、ICP-OESはThermo Fisher Scientific社である。

2.4 判別モデルの作成

2.2 及び 2.3 で得られた軽元素安定同位体比分析及び元素分析の結果についてそれぞれ中村らの方法¹²⁾¹³⁾をもとに判別モデルを作成し、特異度及び感度を求めた。

3. 結果及び考察

3.1 軽元素安定同位体比分析によるモデル試料の測定結果と判別モデルの作成

モデル試料として収集したこんにやくの炭素及び酸素安定同位体比を測定した。国産 23 点（白こんにやく 6 点、黒こんにやく 17 点）及び外国産 54 点（白こんにやく 45 点、黒こんにやく 9 点）を測定した。こんにやく、それらのうちの白こんにやくのみ及び黒こんにやくのみの結果を表 3 に示す。

表3 モデル試料のこんにやくの炭素及び酸素安定同位体比

試料	産地	n	炭素安定同位体比 (‰)			酸素安定同位体比 (‰)		
			平均	標準偏差	検定	平均	標準偏差	検定
こんにやく	国産	23	-26.08	0.46		24.60	0.84	
	外国産	54	-26.32	0.79		23.18	1.19	
白こんにやく	国産	6	-26.43	0.40	ab	25.61	0.76	a
	外国産	45	-26.21	0.70	a	23.25	1.17	b
黒こんにやく	国産	17	-25.96	0.42	a	24.25	0.53	c
	外国産	9	-26.88	0.98	b	22.81	1.29	b

検定はデューキー・クレマーの検定の結果である。国産/外国産間及び白こんにやく/黒こんにやく間について、計4グループの検定を行った。異なるアルファベット間では平均値に有意差が認められた（有意水準 5%）。

国産/外国産間では炭素安定同位体比では黒こんにやくで、酸素安定同位体比では白こんにやくと黒こんにやくの両方で平均値に有意差が認められた（本報告では有意水準は 5 %とする。以下同じ）。

黒こんにやくには海藻粉末が使用されているため、海藻粉末の軽元素安定同位体比への影響が考えられたことから、国産試料と外国産試料でそれぞれ白こんにやくと黒こんにやくを比較した結果、国産試料は酸素安定同位体比において、外国産試料は炭素安定同位体比において平均値に有意差が認められた。このことから白こんにやくと黒こんにやくに分けて判別モデルを作成することが適切と考えられたが、国産試料の試料数が少なく、また外国産試料も黒こんにやくの試料数が少ないことから、今回は白こんにやくと黒こんにやくをあわせた一つの判別モデルを作成した。

作成した判別モデルにおいて、判別得点 0 以上を国産、0 未満を外国産と判別することとした場合、特異度は 75 %、感度は 67 %であった。各試料の判別得点の分布は図 1 のとおりである。モデル試料の産地の正答率は国産試料においては 70 %（16/23）、外国産試料においては 69 %（37/54）であった。

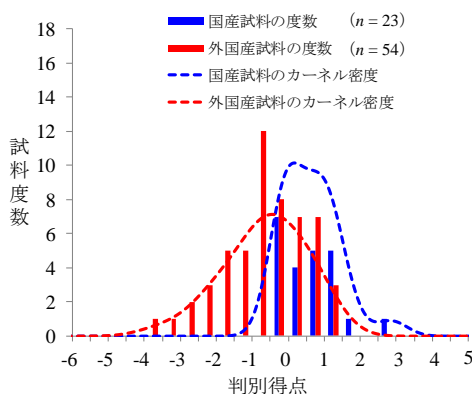


図1 軽元素安定同位体比分析による判別モデルにおける試料の判別得点の分布

既報¹¹⁾では判別に炭素及び窒素の安定同位体比及び含有量を利用している。精粉こんにやくでは炭素が含まれている炭水化物量（2.3 %）に対して、窒素が含まれているたんぱく質量（0.1 %）

は少ない¹⁴⁾。よって窒素安定同位体比の測定で、質量分析装置で十分なシグナル強度を得るために、炭素の場合 (0.89~0.99 mg) より試料量を多く供する必要がある。これにより前処理装置である元素分析装置のメンテナンス (反応管の交換等) の頻度が増加することから、実用面を考慮し本研究では炭素及び酸素安定同位体比を測定した。

3.2 元素分析によるモデル試料の測定結果と判別モデルの作成

モデル試料として収集したこんにゃくの 25 元素の濃度を ICP-MS 及び ICP-OES により測定した。国産試料 21 点 (白こんにゃく 7 点、黒こんにゃく 14 点) 及び外国産試料 29 点 (白こんにゃく 6 点、黒こんにゃく 23 点) を測定した。こんにゃく、それらのうちの白こんにゃくのみ及び黒こんにゃくをみの結果を表 4 に示す。

表4 モデル試料のこんにゃくの元素濃度

試料	産地	Li				Na				P			
		n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定
こんにゃく	国産	21	0.137	0.054		21	727	379		21	1524	213	
	外国産	29	0.179	0.204		29	405	256		28	1195	449	
白こんにゃく	国産	7	0.116	0.079	a	7	472	430	ab	7	1543	242	ab
	外国産	23	0.174	0.227	a	23	415	283	a	22	1150	476	a
黒こんにゃく	国産	14	0.148	0.036	a	14	855	287	b	14	1514	207	b
	外国産	6	0.197	0.074	a	6	370	102	ab	6	1357	310	ab
試料	産地	K				Mn				Fe			
		n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定
こんにゃく	国産	20	10120	6299		21	7.4	1.8		21	78	49	
	外国産	29	1398	1924		29	13.0	6.6		24	73	65	
白こんにゃく	国産	6	7522	6828	a	7	6.9	1.9	a	7	32	19	a
	外国産	23	656	597	b	23	11.6	5.7	abc	20	50	19	a
黒こんにゃく	国産	14	11233	5967	a	14	7.7	1.8	ab	14	101	43	b
	外国産	6	4238	2635	a	6	18.3	7.5	c	4	190	91	b
試料	産地	Co				Ni				Cu			
		n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定
こんにゃく	国産	21	0.051	0.023		21	0.53	0.29		21	2.71	2.82	
	外国産	28	0.041	0.046		28	0.24	0.23		28	1.18	1.06	
白こんにゃく	国産	7	0.033	0.016	a	7	0.36	0.18	a	7	1.64	0.60	a
	外国産	23	0.023	0.008	a	23	0.14	0.05	b	23	0.74	0.48	b
黒こんにゃく	国産	14	0.059	0.022	b	14	0.61	0.31	ac	14	3.25	3.34	a
	外国産	5	0.125	0.056	c	5	0.68	0.19	c	5	3.16	0.59	a
試料	産地	Zn				Ga				Rb			
		n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定
こんにゃく	国産	19	17.0	2.6		21	0.032	0.014		21	5.2	3.1	
	外国産	28	21.5	15.1		29	0.037	0.025		29	1.2	1.8	
白こんにゃく	国産	6	16.8	3.4	a	7	0.021	0.013	a	7	3.6	2.8	a
	外国産	22	21.5	16.8	a	23	0.027	0.009	ab	23	0.4	0.2	b
黒こんにゃく	国産	13	17.1	2.4	a	14	0.037	0.011	b	14	6.0	3.1	a
	外国産	6	21.5	7.3	a	6	0.077	0.024	c	6	4.4	1.6	a
試料	産地	Sr				Y				Mo			
		n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定
こんにゃく	国産	21	67.4	27.9		21	0.33	0.14		21	0.133	0.057	
	外国産	29	28.7	22.2		29	0.29	0.12		29	0.063	0.075	
白こんにゃく	国産	7	38.4	20.0	a	7	0.30	0.21	a	7	0.128	0.049	a
	外国産	23	18.7	10.0	b	23	0.27	0.12	ab	23	0.058	0.081	b
黒こんにゃく	国産	14	81.9	18.3	c	14	0.35	0.10	b	14	0.136	0.062	a
	外国産	6	67.2	8.2	ab	6	0.38	0.08	ab	6	0.079	0.050	ab

平均値及び標準偏差はmg/kgである。検定はテューキー・クレーマーの検定の結果である。国産/外国産間及び白こんにゃく/黒こんにゃく間について、計4グループの検定を行った (濃度値の常用対数を用いた)。異なるアルファベット間では平均値に有意差が認められた (有意水準 5%)。元素によっては一部の試料で測定結果に問題が認められた場合があり、これらは平均値等の算出、検定、判別モデルの作成には用いなかったため元素間でnが異なっている場合がある。

表4 (続き)

試料	産地	Cd				Cs				Ba			
		n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定
こんにやく	国産	21	0.141	0.063		21	0.011	0.008		21	3.1	1.9	
	外国産	29	0.111	0.105		29	0.010	0.012		29	6.9	6.9	
白こんにやく	国産	7	0.073	0.047	a	7	0.005	0.004	a	7	1.4	1.2	a
	外国産	23	0.062	0.023	a	23	0.005	0.003	a	23	5.5	5.8	b
黒こんにやく	国産	14	0.176	0.035	c	14	0.014	0.007	b	14	3.9	1.7	b
	外国産	6	0.301	0.071	b	6	0.030	0.013	b	6	12.4	8.6	c

試料	産地	La				Pr				Nd			
		n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定
こんにやく	国産	21	0.117	0.047		21	0.019	0.008		21	0.083	0.034	
	外国産	28	0.140	0.062		28	0.024	0.013		28	0.100	0.050	
白こんにやく	国産	7	0.095	0.064	a	7	0.014	0.009	a	7	0.063	0.041	a
	外国産	22	0.114	0.038	b	22	0.018	0.006	b	22	0.078	0.025	ab
黒こんにやく	国産	14	0.128	0.033	b	14	0.021	0.006	bc	14	0.092	0.025	bc
	外国産	6	0.234	0.033	b	6	0.044	0.009	c	6	0.180	0.034	c

試料	産地	Sm				Gd				Dy			
		n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定	n	平均値	標準偏差	検定
こんにやく	国産	21	0.017	0.007		21	0.024	0.010		21	0.024	0.010	
	外国産	28	0.020	0.010		28	0.026	0.011		29	0.024	0.010	
白こんにやく	国産	7	0.014	0.009	a	7	0.020	0.013	a	7	0.020	0.013	a
	外国産	22	0.015	0.005	ab	22	0.021	0.007	ab	23	0.020	0.007	ab
黒こんにやく	国産	14	0.019	0.005	bc	14	0.026	0.007	bc	14	0.026	0.007	b
	外国産	6	0.036	0.007	c	6	0.042	0.005	c	6	0.038	0.005	b

試料	産地	Tl			
		n	平均値	標準偏差	検定
こんにやく	国産	21	0.039	0.014	
	外国産	25	0.007	0.010	
白こんにやく	国産	7	0.028	0.015	a
	外国産	21	0.004	0.002	b
黒こんにやく	国産	14	0.044	0.010	a
	外国産	4	0.025	0.016	a

国産/外国産間で平均値を比較したところ、白こんにやくのみでは 10 元素 (K、Ni、Cu、Rb、Sr、Mo、Ba、La、Pr 及び Tl) で、黒こんにやくのみでは 5 元素 (Mn、Co、Ga、Cd 及び Ba) において有意差が認められた。

黒こんにやくには海藻粉末が使用されているため、3.1 同様に海藻粉末の元素濃度への影響が考えられる。黒こんにやくに含まれる海藻粉末の元素が黒こんにやくの元素濃度に影響を及ぼす可能性が考えられたことから、国産試料と外国産試料でそれぞれ白こんにやくと黒こんにやくを比較した結果、国産試料では 13 元素 (Fe、Co、Ga、Y、Cd、Cs、Ba、La、Pr、Nd、Sm、Gd、及び Dy) において、外国産試料では 16 元素 (K、Fe、Co、Ni、Cu、Ga、Rb、Sr、Cd、Cs、Ba、Pr、Nd、Sm、Gd 及び Tl) において、白こんにやくと黒こんにやくの間で平均値に有意差が認められた (表 4)。このことから白こんにやくと黒こんにやくに分けて判別モデルを作成することが適切と考えられたが、測定試料数が少ないため、今回は白こんにやくと黒こんにやくをあわせた一つの判別モデルを作成することにした。ここで白こんにやくと黒こんにやくの違いが判別モデルに影響を及ぼすことを避けるために、同一産地内では白こんにやくと黒こんにやくで平均値に有意差が認められなかった元素を使うこととし、表 4 より 6 元素 (Li、Na、P、Mn、Zn 及び Mo) を用いた。この 6 元素の測定結果に問題のなかった国産試料 19 点、外国産試料 27 点の濃度値の常用対数の値を変数とした判別モデルを作成した。

作成した判別モデルにおいて、判別得点 0 以上を国産、0 未満を外国産と判別することとした場合、特異度は 92%、感度は 84%であった。各試料の判別得点の分布は図 2 のとおりである。モデル試料の産地の正答率は国産試料においては 95% (18/19)、外国産試料においては 81% (22/27) であった。

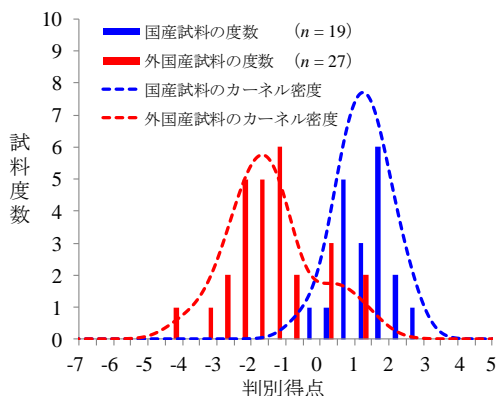


図2 元素分析による判別モデルにおける試料の判別得点の分布

4. まとめ

軽元素安定同位体比分析及び元素分析によるこんにやく（白こんにやく及び黒こんにやく）の産地判別法の検討を行った。判別モデル作成のために軽元素安定同位体比分析及び元素分析により国産試料及び外国産試料を測定した。いずれの分析でも元素によっては白こんにやくと黒こんにやく間で同一産地内において平均値に有意差が認められた。白こんにやくと黒こんにやくごとの判別モデルの作成が適切と考えられたが、測定試料数が少ないため今回は白こんにやくと黒こんにやくをあわせた一つの判別モデルを作成した。判別モデルの精度は軽元素安定同位体比分析では特異度 67 % 及び感度 75 % であり、元素分析では特異度 92 %、感度 84 % であった。

謝辞

本調査研究の実施にあたり、試料収集にご協力頂いた全国蒟蒻原料協同組合、全国こんにやく協同組合連合会の役員様、組合員様、担当者様及び株式会社関越物産の担当者様にお礼申し上げます。また軽元素安定同位体比分析にあたりご助言頂いた株式会社関越物産の担当者様にお礼申し上げます。

文献

- 1) 作物統計，農林水産省，2020-04-10，<<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html>>
- 2) 貿易統計，財務省，2020-4-10，<<https://www.customs.go.jp/toukei/srch/index.htm?M=29&P=0>>
- 3) 一般財団法人日本こんにやく協会：「こんにやくに関する資料」，p.56（2020）
- 4) 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）
- 5) 鈴木彌生子：軽元素安定同位体比分析及び微量元素分析による食品の産地判別，分析化学，**68**，671-682（2019）
- 6) 高嶋康晴，松野 和久：元素分析による乾燥ひじきの原料原産地判別法の開発，農林水産消費安全技術センター食品関係等調査研究報告，**44**，1-7（2020）
- 7) 山川義正，中村哲，石井修人：元素分析による精米の原産地判別法の開発，農林水産消費安全技術センター食品関係等調査研究報告，**44**，8-15（2020）
- 8) 後藤祐之介，川井清明，申基澈，陀安一郎：元素及び重元素安定同位体比分析によるニンジンの産地判別法の開発，農林水産消費安全技術センター食品関係等調査研究報告，**44**，16-25

(2020)

- 9) 川井清明, 後藤祐之介: 元素分析によるブロッコリーの原産地判別法の開発, 農林水産消費安全技術センター食品関係等調査研究報告, **45**, 8-14 (2021)
- 10) 寺田昌市, 一色摩耶: 炭素安定同位体比分析による小麦加工品の原料小麦の原産地判別法の検討, 農林水産消費安全技術センター食品関係等調査研究報告, **45**, 24-32 (2021)
- 11) 外山慶一, 新井啓之: こんにゃく粉及びこんにゃく加工品の産地判定方法, 特許第 7054516 号, 2022-4-6
- 12) 中村哲, 法邑雄司, 豊田正俊: ゴボウの原産地判別の試料調製法の再検討, 農林水産消費安全技術センター調査研究報告, **37**, 1-10 (2013)
- 13) 中村哲: 元素分析によるネギの原産地判別マニュアルの検証, 農林水産消費安全技術センター食品関係等調査研究報告, **43**, 1-11 (2019)
- 14) 日本食品標準成分表 2020 年版 (八訂), 文部科学省, 2022-10-3, <https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_01110.html>