

窒素安定同位体比を用いた化学肥料使用判別法の検討

法邑雄司¹、中村哲^{1,2}、盛岡真弓¹、森田正晶¹
Yuji HOMURA¹, Satoru NAKAMURAN^{1,2}, Mayumi MORIOKA¹, Msaaki MORITA¹

要 約

化学肥料を使用せずに栽培した「有機農産物」等の表示の科学的な検証方法として、近年、窒素の安定同位体比を指標とした方法が報告されていることから、有機農産物及び慣行栽培農産物を含む約 250 試料について、窒素安定同位体比の比較検討を行った。

慣行栽培農産物を含む化学肥料使用農産物の窒素安定同位体比の平均値は、有機農産物と 1 % の水準で有意な差がみられた。

1 . はじめに

有機農産物は、農薬、化学肥料を使用せずに栽培されていることを基本に、農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律 (JAS 法) により認証を受けた農産物について表示が可能であり、特別栽培農産物は、「特別栽培農産物に係る表示ガイドライン」により慣行栽培に比べて農薬の使用回数及び化学肥料の使用量 (窒素分量) が 50 % 以下で栽培された農産物について表示が可能となる。

農薬、化学肥料を使用せずに栽培した「有機農産物」等の表示の科学的な検証方法として、農薬の使用については残留農薬分析による検証が可能である一方で、化学肥料の使用については、近年、窒素の安定同位体比を指標とした方法が検討されている。

食物連鎖の過程により窒素安定同位体比が大きくなることを利用して、堆肥などの有機資材で栽培された有機農産物と、大気中の窒素を用いて製造される化学肥料により栽培された慣行栽培農産物を窒素安定同位体比を用いて判別する方法である。

本研究では、農産物の窒素安定同位体比の測定法として、試料の処理方法を検討するとともに、有機農産物、慣行栽培農産物及び特別栽培農産物 (減肥料) の窒素安定同位体比の分析データを収集することにより、化学肥料使用の有無による安定同位体比の違いを検証した。

¹ (独) 農林水産消費安全技術センター本部

² 現(独) 農林水産消費安全技術センター神戸センター

2. 実験方法

2.1 試料

小売店、生産者団体などから有機農産物 160 試料、慣行栽培農産物 58 試料、特別栽培農産物(減肥料)29 試料を収集した。試料は基本的に約 1 kg 以上、慣行栽培農産物については、化学肥料を使用した履歴が開示されているものを中心に収集した。産地及び品目は、有機農産物 31 道府県 45 品目、慣行栽培農産物 16 道県 28 品目、特別栽培農産物(減肥料) 9 道県 10 品目であった。

2.2 試料調製

試料約 1 kg をとり可食部分を細切均一化した後、乾燥(凍結乾燥¹⁾または恒温乾燥機による乾燥²⁾した。

凍結乾燥では、細切均一化した試料の一部を 20 mL バイアル瓶に入れ、凍結乾燥機(EYELA製 FDU-1200)により、一晩乾燥した。乾燥後、ガラス棒もしくは乳鉢、乳棒を用いて試料を十分に混和した。

恒温乾燥機による乾燥では、細切均一化した試料の一部を乳鉢に採取し、乾燥機(ヤマト科学製 DK63)により 60 で一晩乾燥した。乾燥後、乳棒を用いて試料を十分に粉碎した。

試料の乾燥方法の違いによる測定値への影響について検討するため、15 品目 30 試料については、両方法(凍結乾燥及び恒温乾燥機による乾燥)により乾燥した。

2.3 測定

粉碎した乾燥試料は、スズカプセルに封入し、元素分析計が接続された continuous-flow型安定同位体比質量分析装置(IsoPrime EA/PyrOH)により、窒素安定同位体比を測定した。安定同位体比は、試料の¹⁵Nと¹⁴Nの比(R sample)と標準試料(大気中の窒素)のその比(R standard)から、 $^{15}\text{N} (= R \text{ sample} / R \text{ standard} - 1)$ として表した。

2.4 統計処理

収集したデータについて、有機農産物と化学肥料使用農産物の比較を中心に、統計処理を行った。化学肥料使用の有無のほか、産地(東日本、西日本)及び分類(果菜、茎菜、葉菜、根菜類)が窒素安定同位体比に及ぼす影響について、多元配置分散分析により検討した。

3. 結果及び考察

15 品目 30 試料について、凍結乾燥及び恒温乾燥機(60)により乾燥し、窒素安定同位体比を測定した(表 1)。試料によっては、乾燥方法による窒素安定同位体比の差が 0.3 %を超えるものもあったが、平均値は、5 %の水準で有意な差はなく、乾燥方法の違いによる測定値への影響はないと考えられた。したがって、他の試料は、いずれかの方法(今回は凍結乾燥)により、乾燥した。

表1 2種類の乾燥方法による農産物の窒素安定同位体比の違い

農産物の品目	凍結乾燥の場合 (‰)	恒温乾燥機による乾燥の場合 (‰)	差 (‰)
インゲン	12.08	12.02	0.06
カボチャ	8.74	8.67	0.07
キャベツ	9.80	10.01	-0.21
キュウリ	10.36	10.36	-0.03
キュウリ	8.07	8.40	-0.33
ゴーヤー	2.67	2.75	-0.08
ゴーヤー	12.20	12.15	0.05
サツマイモ	4.54	4.60	-0.06
サトイモ	8.07	8.06	0.01
ショウガ	8.08	8.18	-0.10
タマネギ	8.56	8.70	-0.14
タマネギ	7.18	7.10	0.08
ツルムラサキ	10.34	10.38	-0.04
トマト	9.62	9.69	-0.07
ナス	11.18	11.10	0.08
ナス	12.65	12.65	0.00
ナス	9.87	9.85	0.02
ニンジン	8.98	8.81	0.17
バレイショ	10.35	10.43	-0.08
バレイショ	12.59	12.62	-0.03
バレイショ	4.21	4.32	-0.11
バレイショ	4.54	4.33	0.21
バレイショ	7.15	7.12	0.03
バレイショ	4.41	4.02	0.39
バレイショ	8.75	8.87	-0.12
バレイショ	8.24	8.16	0.08
ピーマン	8.27	8.25	0.02
ピーマン	1.67	1.72	-0.05
レタス	-3.30	-3.89	0.59
レタス	-1.78	-1.94	0.16
平均	7.60	7.58	0.02
標準偏差	3.96	4.04	0.17

有機農産物及び化学肥料使用農産物(慣行栽培農産物、特別栽培農産物(減肥料))の窒素安定同位体比の平均値、標準偏差及びある一定以上の同位体比をとる試料の割合を表2に示した。また、窒素安定同位体比の分布を図1に示した。

有機農産物160試料の窒素安定同位体比の平均値は7.82‰、標準偏差は4.21‰であった。また、83.1%の試料が4.0‰以上の値をとっており、中野ら¹⁾が報告した結果(80.4%)とほぼ一致した。慣行栽培農産物は、特別栽培農産物(減肥料)と比較して、窒素安定同位体比の平均値が高く、4.0‰以上の値をとる割合も高かったが、5%の水準で有意な差はみられなかった。

化学肥料使用農産物の窒素安定同位体比の平均値は、有機農産物と1%の水準で有意な差がみられた。しかし、両者の分布ではオーバーラップする部分が大きく、肥料以外にも窒素安定同位体比に影響を及ぼす因子があると考えられた。

中野ら⁴⁾は、後の研究で、全国12の道県の無肥料区、施肥区(化学肥料, 有機肥料)それぞれで栽培されたトマトについて、肥料, 土壌, 果実の窒素安定同位体比の相関を調べている。その結果、無肥料区では、果実の窒素安定同位体比は土壌中の全窒素の窒素安定同位体比との相関は認められるが($R=0.692$)、比較的分解されやすいタンパク態窒素を含むリン酸緩衝液抽出窒素(PEN)の窒素安定同位体比との相関が一層高く($R=0.931$)、施肥区(化学肥料, 有機肥料)でも、土壌にPENが多く残存している場合は、果実の窒素安定同位体比はそれに影響され、同位体比による化学肥料使用の判別技術が困難になることを示している。

さらに、中野ら⁴⁾は、肥料及び土壌中のPENの窒素安定同位体比とそれぞれの量が分かれば、果実の窒素安定同位体比が精度よく推定できることを示しているが、農産物の窒素安定同位体比のみによって、化学肥料使用の有無を判別することを目的とする検査では、応用が難しいと考えられる。

表2 窒素安定同位体比(有機及び化学肥料使用農産物)

	有機	化学肥料使用		
		全体	慣行	特裁(減肥料)
試料数	160	87	58	29
平均(‰)	7.82	3.18	3.44	2.64
標準偏差(‰)	4.21	3.21	3.29	3.05
¹⁵ N値が4以上の検体の割合(%)	83.1	31.0	32.8	27.6
¹⁵ N値が8以上の検体の割合(%)	51.3	8.0	10.3	3.4

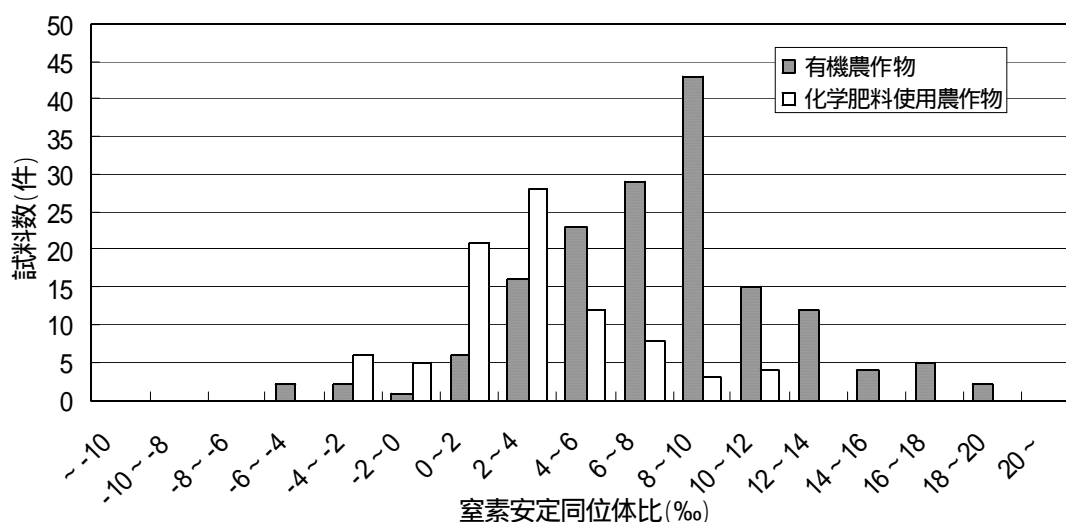


図1 窒素安定同位体比の分布(有機及び化学肥料使用農産物)

また、化学肥料使用の有無、地域(東日本、西日本)及び分類(果菜、茎菜、葉菜、根菜類)が窒素安定同位体比に及ぼす影響について、多元配置分散分析により検討したところ、化学肥料使用の有無及び地域による有意差は認められた($p < 0.01$)が、分類及び交互作用による有意差は認められなかった。

表3 分散分析結果

	平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値
切片	3476.461	1	3476.461	286.9762	0.000000
化学肥料使用	162.357	1	162.357	14.4023	0.000316
分類	90.591	3	30.197	2.4927	0.061047
地域	454.520	1	454.520	37.5199	0.000000
交互作用(化学肥料使用*分類)	15.892	3	5.297	0.4373	0.726540
交互作用(化学肥料使用*地域)	11.121	1	11.121	0.9180	0.339064
交互作用(分類*地域)	4.497	3	1.499	0.1237	0.946016
交互作用(化学肥料使用*分類*地域)	28.430	3	9.477	0.7823	0.504985
誤差	2604.534	215	12.114		

Alisonら³⁾は、トマト、レタス、ニンジンの有機と慣行栽培品の窒素安定同位体比について調査し、トマトが有機と慣行栽培品間の同位体比の差が最も大きく、ニンジンでは有意差が見られなかったと報告している。原因として、作物による栽培環境の違い(水耕栽培等の系外の影響を受けない施肥管理)や窒素吸収量の違いなどを指摘しているが、今回では、分類による有意差は認められなかった。

地域別(東日本、西日本)の窒素安定同位体比の分布を、それぞれ有機農産物及び化学肥料使用農産物について、図2及び図3に示した。

有機農産物及び化学肥料使用農産物ともに、東日本より西日本のほうが窒素安定同位体比が全体的に高かった。これは、データ数が少ないものの、中野ら⁴⁾の全国12の道県の無肥料区、施肥区(化学肥料、有機肥料)の果実及び果実の同位体比と大きな相関がある土壌中のリン酸緩衝液抽出窒素(PEN)の窒素安定同位体比も、同様の傾向が見られた。

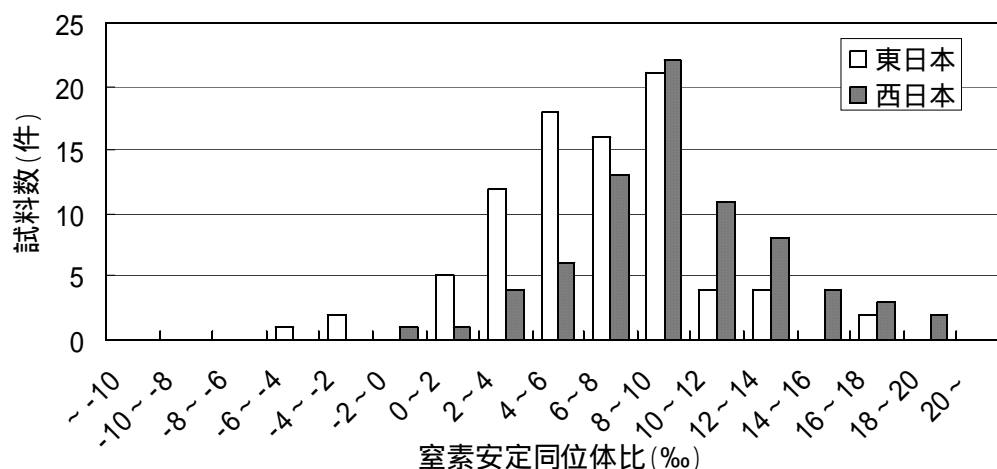


図2 窒素安定同位体比(有機農産物)

東日本:北海道、東北、関東、甲信越、北陸地方 西日本:東海、近畿、中国、四国、九州地方

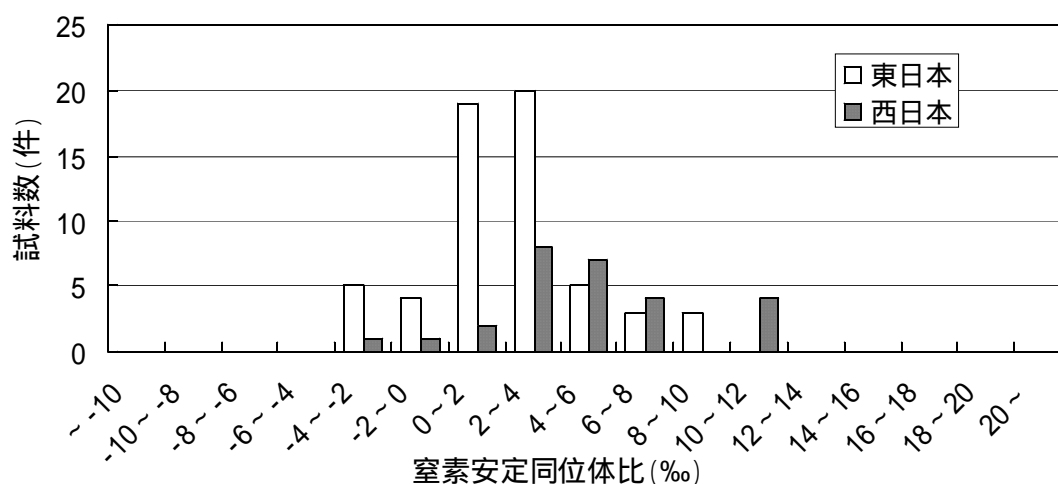


図3 窒素安定同位体比(化学肥料使用農産物)

4. まとめ

化学肥料を使用せずに栽培した「有機農産物」等の表示の科学的な検証方法として、近年、窒素の安定同位体比を指標とした方法が報告されていることから、有機農産物及び慣行栽培農産物を含む約250試料について、窒素安定同位体比の比較検討を行った。

化学肥料使用農産物の窒素安定同位体比の平均値は、有機農産物と1%の水準で有意な差がみられたが、両者の分布ではオーバーラップする部分が大きく、肥料以外にも窒素安定同位体比に影響を及ぼす因子がある可能性が示唆された。

また、化学肥料使用の有無、地域(東日本、西日本)及び分類(果菜、茎菜、葉菜、根菜類)が窒素安定同位体比に及ぼす影響について、多元配置分散分析により検討したところ、化学肥料使用の有無及び地域による有意差は認められたが、分類による有意差は認められなかった。

5. 文献

- 1) 中野明正, 上原洋一: 有機農産物で栽培した野菜と化学肥料で栽培した野菜とを判別する基準としての窒素安定同位体比の適用. 野菜茶業研究所研究報告, 3, 119-128 (2004)
- 2) Choi, W.J., Ro, H.M. & Hobbie, E.A.: Patterns of natural ^{15}N in soils and plants from chemically and organically fertilized uplands. *Soil Biol. Biochem.*, **35**, 1493-1500(2003)
- 3) Alison S. Bateman, Simon D. Kelly, Mark Woolfe: Nitrogen isotope composition of organically and conventionally grown crops. *J. Agric. Food Chem.*, **55**, 2664-2670(2007)
- 4) 中野明正, 上原洋一: 日本全国12試験地における化学および有機質肥料の施用がトマトの窒素安定同位体比に与える影響. 野菜茶業研究所研究報告, 7, 1-7 (2008)