

# 有機性廃棄物を用いた養液土耕栽培法の開発と 窒素安定同位体比を用いた農産物施肥履歴の推定

中野明正

農林水産省 農林水産技術会議事務局

## Development of Organic Fertigation Using Liquid Waste and Application of Nitrogen Stable Isotope Ratio as an Indicator for Organic Fertilized Products

Akimasa NAKANO

Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council

The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan

### Summary

In Japan, 280-million tons of biomass waste has been emitted every year, and we have to utilize them to prevent environment pollution. We developed a method of organic fertigation using corn steep liquor (CSL) that is a byproduct from cornstarch manufacture and methane fermented cattle waste (MFC) as the liquid fertilizer.

Recently, consumers are demanding higher quality and safer food, and they are becoming increasingly interested in organic products. In practice, however, the method used to certify organic products is an oral interview rather than an actual inspection, and identifying whether products have actually been cultivated using organic fertilizers remains difficult and ambiguous.

$\delta^{15}\text{N}$  values (nitrogen stable isotope ratio) of organic or conventionally produced vegetables which were purchased from the market or provided from the prefectural agricultural station were investigated to determine the criteria which are effective to distinguish organic products from ordinal products. In conclusion, because the  $\delta^{15}\text{N}$  values of fertilizers correlated well with those of products, it may be possible to use  $\delta^{15}\text{N}$  values as an indicator of organic products.

キーワード：有機農産物，生物系廃棄物，養液土耕，窒素安定同位体比，判別技術

Key word: Organic product, biomass waste, fertigation, stable isotope ratio, product identification technology

### 1 はじめに

現在日本で排出されている生物系廃棄物は多種多様であり，毎年2億8千万トンもの量が排出されている（表1）<sup>1, 2)</sup>．それには有効に利用しうる肥料成分が多く，窒素成分だけで132万トンもの量が排出されている．このような廃棄物は成分の偏り，窒素発現パターンの違い等さまざまな異なる性質を有しているため，農地還元の際には，個々の性質を考慮して行う必要がある．また適切な量が還元される必要がある．有機質肥料の農地への還元の際には，もっぱら堆肥による還元が主な手法であったが，装置化が可能な施設生産においては，液肥

としての利用も可能性がある．そこで，本報告の前半部分では，トウモロコシを原料とした製糖工程から生じる副産物であるコーンステープリカー（CSL）および家畜糞からエネルギー源となるメタンガスを採取した後の廃液であるメタン消化液を液肥として利用する技術について紹介する．

2001年4月から有機農産物の検査認証制度が実施されその認識も広がり始めた．このように社会的関心の高まりに対応する制度面での整備は進みつつある．しかし，実際は，有機農産物は極めて限られた地域でしか生産されておらず，スーパーマーケットでは常に品薄の状態である．実際，表2に示すように2001年度における有機農

表1 生物系廃棄物の発生量および成分量\*

	万トン	成分含有量(万トン)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
わら類	1172	6.9	2.4	11.7
籾殻	232	1.4	0.5	1.2
家畜糞尿	9430	74.9	27.4	51.9
畜産物残渣	167	8.4	11.9	6.2
樹皮(バーク)	95	0.5	0.1	0.3
おがくず	50	0.1	0.0	0.1
木くず	402	0.6	0.1	0.6
動物性残渣	248	1.0	0.4	0.4
食品産業汚泥	1504	5.3	3.0	0.6
建設発生木材	632	1.0	0.2	0.9
生ゴミ(家庭・事業系)	2028	8.0	3.0	3.2
木竹類	247	1.9	0.5	0.9
下水汚泥	8550	8.9	9.2	0.6
尿	1995	12.0	2.0	6.0
浄化槽汚泥	1359	1.4	1.5	0.1
農業集落排水汚泥	32	0.0	0.0	0.0
合計	28143	132.3	62.2	84.7
化学肥料の消費量**		51.2	61.0	44.1

\* 環境法全型農業の課題と展望からの資料を改変(1993-1996の情報)

\*\* 環境保全と新しい施肥技術からの資料を改変(1996-1997の情報)

産物生産量は著しく少ない。有機JAS格付けの農産物のそれぞれの農産物に占める割合は、米、麦、果樹では0.1%以下であり、野菜、果樹も0.5%に達していない<sup>3)</sup>。この中では最高の割合を示すお茶についても1%程度であり、消費者ニーズに対応し切れていない状況にあるといえる。以降では、特に有機農産物を規定するひとつの要素である、有機質肥料について焦点を絞って述べていく。有機物施用効果の科学的裏付けは、多くの先達の実験者によってなされており、有機物施用の効能を説く書は多い。それらによると、有機物により、土壌の物理性が改善される。肥料成分の供給能力が増加する。土壌微生物が多様化し土壌病害に罹りにくくなる。さらに、これらの効果が総合的に作用し、有機農産物が化学肥料で作ったものに比べて高品質化することに言及するものもある。有機物が土壌の物理化学性に与える影響については、適正な施用量であれば、その通りであるが、土壌病害に与える影響については異論を唱える研究もある。有機物施用が野菜の品質に与える影響については明確な結論が得られておらず今後も研究を行う必要がある<sup>4,5)</sup>。

そこで、本報告の後半部分では、有機質肥料が野菜品質に与える影響について、化学肥料栽培の野菜と比較する形で考察した。たとえ有機物施用によって野菜の品質に直接的なプラス効果が無くても、未利用資源の有効利用の観点から何らかの形で有機農産物を科学的に保証することが必要である。そこで、窒素安定同位体比を用いた有機農産物の科学的認証の可能性について検討した。自然界にはさまざまな元素において、中性子の数のことなる安定同位体が存在する(表3)。堆肥化を経た堆肥に含まれる窒素は、化学肥料の窒素に比べ重窒素の割合がわずかながら増加する。この割合を標識とした有機物

表2 2001年度における有機農産物生産の現状

区分	A/B	有機JAS格付数量	全体の生産量
	(%)	A(千トン)	B(千トン)
野菜	0.13	19.7	15548
果樹	0.04	1.4	3907
米	0.09	7.8	9057
麦	0.08	0.7	906
大豆	0.43	1.2	270
緑茶	1.09	0.9	85

表3 安定同位体の自然存在割合(%)

<sup>1</sup> H	99.985	<sup>2</sup> H	0.015				
<sup>10</sup> B	19.82	<sup>11</sup> B	80.18				
<sup>12</sup> C	98.892	<sup>13</sup> C	1.108				
<sup>14</sup> N	99.6337	<sup>15</sup> N	0.3663				
<sup>16</sup> O	99.759	<sup>17</sup> O	0.0374	<sup>18</sup> O	0.2039		
<sup>32</sup> S	95.018	<sup>34</sup> S	4.215				
<sup>84</sup> Sr	0.5574	<sup>86</sup> Sr	9.8566	<sup>87</sup> Sr	7.0015	<sup>88</sup> Sr	82.5845

施用農産物の判別手法を検討した。

## 2 多様な有機物の利用

### 2.1 有機液性廃棄物の有効利用

多種多様な生物系廃棄物を有効に利用するためには、廃棄物の成分や窒素発現パターンなど個々の資材の性質を考慮した適切な組み合わせや調製が必要である(図1)。本報告では、ひとつの事例として有機性液肥を使用した有機養液土耕栽培について述べる。

施設における肥培管理は、作物の作付け前に基肥を施用して、その後の作物の生育に合わせて追肥を行うのが一般的である。しかし、農家ではそれぞれの経験に基づいて行うので、必要量以上の施肥が行われていることがしばしばある<sup>6)</sup>。このことが、肥料成分の過剰な、あるいは不均衡な集積を起こす主因であると考えられる。このような問題点を解決し、合理的な施肥を徹底させる目的で開発されたのが、栄養診断と連結したドリップファーターティゲーションである。現代のドリップファーターティゲーションの基礎技術は、1930年にイスラエルのブラスが開発したと言われる。それ以降、チューブやエミッターの開発が行われ、現在では高い精度で厳密な施肥および灌水管理が可能となっている。液肥に関しても植物栄養学の視点から様々な改良が加えられ、作目毎の肥料および施肥法が検討されている。実際の栽培試験の結果、栽培期間中の土壌の無機窒素含量は、養液土耕条件下で



図1 新しい有機性資材の野菜生産への利用 (有機物資材を利用した養液土耕)

通常の基肥中心の施肥に比べ低く推移し、毎日少量ずつ施肥した窒素が効率よくキュウリやナスなどに吸収利用されていることが報告されている<sup>7)</sup>。普及技術としては、さらに、コスト面や、装置に関しての検討が必要であるが、環境保全型農業といった時代のニーズに対応し、今後発展していく技術と考えられる。

有機養液土耕は、上述の養液土耕の考え方と有機栽培の考え方を融合させた技術である<sup>8,9)</sup>。土壌の有機物分解能力を超えない程度、少量ずつ有機性の液肥を土壌に還元することにより作物の生育を制御する手法である。従来、有機物資材の利用に関しては、脱水や堆肥化といった時間やコストを必要とする行程が不可欠であると考えられてきたが、希釈倍率、施用量、洗浄プログラム、点滴位置などを適切に定めることにより、未熟液体有機物の土壌還元が可能であることが明らかとなった。

## 2.2 CSLを用いた有機養液土耕

有機性の液肥として使用した物質はCSLであり、製紙、繊維、医療等さまざまな分野で広範に用いられるトウモロコシ澱粉の製造過程で生じる副産物である。現在、CSLは微生物培養用の基質や、乾燥させて家畜飼料として用いられているが、年間15万トンと大量に生産される副産物に対し、環境保全的な側面から新たな処理および用途が求められている。

無機および有機の液肥を少量ずつ土壌に還元していくシステムを試作し、トマトの生育<sup>10)</sup>および収量に与える影響を検討した<sup>11,12,13)</sup>。無機液肥として養液土耕用の化学肥料を、有機液肥としてCSL用い、灌水施肥装置を使用して圃場レベルでの収量を、通常の化学肥料の基肥施用と比較することにより検討した。無機および有機液肥を1日1株当たり窒素で平均140mg相当量を施用した結果、CSLを唯一の肥料源としてトマトの養液土耕栽培が可能であった<sup>12)</sup>。また、このような有機養液土耕栽培では、土壌酵素(プロテアーゼ、 $\alpha$ -グルコシダーゼ、 $\beta$ -グルコシダーゼ、フォスファターゼ)の活性が高かった。つまり、点滴で供給されたCSL由来の有機態窒素が分解され、無機態窒素が継続して供給されたため、通常の収量を維持できたと考えられた<sup>11)</sup>。さらに、無機

および有機養液土耕区では、慣行の全層基肥区に比べて尻腐れ果率が減少し、トマトの良品果実の収量が増加した<sup>13)</sup>。現状では、尻腐れ果の発生を抑制するために、果実への塩化カルシウム散布等が行われているが、根圏環境を改善してカルシウムの吸収を高めるといった根本的な対策が必要である。無機および有機養液土耕栽培を行うと、ドリップ部分に根が集中するため養分が効率よく吸収される。また肥料成分が少量ずつ添加されるため根に負荷されるイオンストレスが軽減されると考えられ、これらの結果、尻腐れ果の発生が抑制されたと考察した。

## 2.3 メタン発酵液を用いた有機養液土耕 (バイオガスプラント)

有機物施用と言えば、堆肥が主流であるが、先に述べたように養液土耕の普及に伴い、有機性の液肥利用も考慮する必要が出てきた。ここでは、有機性液肥を製造するプラントについて紹介し生じる液性廃棄物の有効利用について述べる。液肥の製造に関しては、海外での進展が著しい。畜産大国として知られるデンマークは、家畜糞尿による地下水汚染や臭気の問題などから、処理プラントの導入が進んでいる。バイオガスプラントは、家畜糞尿に一部有機系廃棄物を混ぜて、攪拌、発酵させ、発生したメタンガスを使って、ガス発電機により電力および熱を回収するシステムである(図2)。有機物は液体として残り、即効性の肥料として使用できる<sup>14)</sup>。

最初に述べたように、有機質資材は多種多様である。



図2 北海道別海町で稼働しているバイオガスプラント  
左の写真のもっとも背の高い右タンクが発酵槽、左となりにメタンガスを蓄積するタンクが見える。  
右の写真は発酵後の液が貯留されている様子を示す。発酵液は現在肥料としての利用が検討されている。

含まれる肥料成分やそれぞれの肥効発現パターンもさまざまであり、個別の資材だけで野菜の生育を完結させるのはきわめて難しい。今後は、さまざまな資材の特性がデータベース化され、作物毎にこれらの資材を有効に利用する組み合わせを明らかにする研究が必要である。

### 3 有機農産物の科学的認証は可能か？

#### 3.1 有機物施用によって作られ野菜は品質的に優れているのか？

果菜類の品質において、ビタミンC、 $\beta$ -カロテン、硝酸等はそれぞれ重要な指標である。化学肥料と有機質肥料とで栽培した果菜類の品質を比較した研究は多くあるが<sup>15)</sup>、それらを整理すると、有機農産物の方が優れていることを示す文献が多く、それらに差がないというものが続く。最も少ないのは、無機肥料が優れているというものである<sup>16)</sup>。しかし、これらの結果から、即座に有機質農産物の方が品質的に優れているとは言えない。同様に、いくつかの品質調査結果から、どちらが優れているのかを考察した報告によると<sup>4,5,17)</sup>、どちらが品質として優れているとも言えないという結論を導いている。未だにこのような議論がされる点から考えても、有機農産物については、まだまだ研究する余地は残されている。また、従来の考えや研究手法では、それぞれの違いを明確にすることが困難であることも、研究報告を整理していく上で明らかになってきた。今、有機農産物に対する視点を変換するとともに、評価についても新たな手法が必要とされている。

#### 3.2 有機物施用と $\delta^{15}\text{N}$ 値

有機物施用と化学肥料施用が品質および収量に与える影響を考察する新しい切り口として、筆者らは基肥として化学肥料を与えた場合と、液肥として化学肥料を与えた場合（無機養液土耕）と、有機性液肥であるCSLを与えた場合（有機養液土耕）との3処理区を比較した。同様の事例は後でも述べるが、この結果それぞれ同等の収量が得られること、糖度やビタミンC含量についても、有機養液土耕で必ずしも高品質農産物が得られるわけではなかったことが示された<sup>12)</sup>。しかし、繰り返すが、筆者は有機栽培を行ったものが、何らかの形で科学的に判別される必要性が無くなったわけではないと考えている。

そこで、有機農産物を化学肥料で栽培した農産物と見分ける目的で、窒素の安定同位体自然存在比（ $\delta^{15}\text{N}$ 値）の測定を試みた。この窒素の $\delta$ 値は、 $^{15}\text{N}$ と $^{14}\text{N}$ の比（R）について、標準試料との差から計算される値であり、生態学の分野では窒素動態の解析に用いられる。

$$\delta \text{値} = [\text{R}(\text{試料}) / \text{R}(\text{標準試料}) - 1] \times 1000 (\%)$$

有機物施用に伴う土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化については、いくつかの報告があり<sup>18,19,20)</sup>、これは、堆肥化過程でア

ンモニア揮散や脱窒において同位体分別が生じ、重窒素の濃縮が生じるためと考えられ、用いた資材や発酵過程や熟度などで異なることが考えられる。総じて言うと、一般に $\delta^{15}\text{N}$ 値は化学肥料に比べ有機物施用で上昇することが認められる。しかし、有機物だけで生育させた果菜類およびその土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値に関する報告例が少ない<sup>20)</sup>。特に有機養液土耕については関連する報告も無い。そこで、以下に筆者らが専ら研究対象とした果菜類を中心に、有機物施用が生産物の $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響に関する研究事例を紹介する。

#### 3.3 有機養液土耕栽培したトマトとメロンの $\delta^{15}\text{N}$ 値

前述のように、CSL施肥がトマトの生産性に与える影響を検討し、濃度を調整して少量ずつ根圏に添加することによって、肥料として良好に使用できることを明らかにした<sup>10)</sup>。実規模の栽培実験にこれらの結果を応用するために、少量ずつ土壌に添加する装置として、肥料効率が高く環境保全的な側面から近年導入が進みつつある養液土耕装置を改良して、有機養液土耕装置を試作した。その結果、トマト栽培において、品質と収量とも通常の栽培と同等の生育が達成できること明らかにした<sup>12)</sup>。さらに、これらの結果を踏まえて、高軒高温室における長期栽培においてCSLがトマトの生育に与える影響を、通常使われる無機化学肥料の液肥と比較することにより明らかにした。長段栽培においては、単為結果性の品種‘ルネッサンス’を使用することとした。単為結果性品種はホルモン処理が省略できるため、省力化品種として、高所作業のホルモン処理が想定される高軒高温室において導入が検討されている。

野菜の $\delta^{15}\text{N}$ 値が、有機栽培したものにおいて通常の栽培をしたものより高くなることが示され<sup>21)</sup>、既に、有機農産物の市場管理に使用できる可能性が指摘されている。この長段栽培に先んじて行われた、有機液肥CSLと化学肥料（OK-F-1）の比較栽培実験では、トマトの $\delta^{15}\text{N}$ 値はそれぞれ、+7.1%および+0.3%となり、施肥した窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値を反映していた<sup>22)</sup>。これらの結果は、トマト長段栽培において明らかになっていないため、長段栽培において果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値への施肥の影響を明らかにし、 $\delta^{15}\text{N}$ 値の有機および無機養液土耕の判別指標としての有効性を明らかにした。

トマト長段栽培において、糖度はBrix%で5前後の果実が定常的に収穫でき、トマト果実の無機イオン組成については、処理間で顕著な差異は認められなかった。

トマト果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、有機液肥で栽培した場合、無機液肥で栽培した場合より高くなることが示されているが、長段栽培においても、得られた結果に再現性が認められ、果実の平均 $\delta^{15}\text{N}$ 値は有機養液区で+7.4%、無機養液区で+1.1%となり、同様の値を取ることが示された<sup>23)</sup>。全体的には、無機成分や糖度など品質で顕著な差異が認められなかった無機および有機養液土耕法で

あるが、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は両処理区で長期の栽培期間中において顕著に異なることが示された。これは、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を利用して、有機液肥で栽培したトマトと無機液肥で栽培したトマトとを科学的に判別でき、認証できる可能性を示唆している。

同様の有機養液土耕をメタン消化液についても検討を行った<sup>24)</sup>。化学肥料を基肥で施用および化学肥料の液肥を灌水同時施肥する処理区（無機養液土耕）と3処理区を比較することにより明らかにした。与えた肥料の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、化学肥料ではほぼ0%付近の同じ値を取り、基肥に用いた化学肥料で+0.85%（S646）、無機養液土耕で0.0%（OK-F-1）であった。これに対し、有機性の液肥であるメタン消化液は、+7.6%であった。 $\delta^{15}\text{N}$ 値が無機性の肥料で低く有機性の液肥で高いという傾向は、茎葉部および果実部の $\delta^{15}\text{N}$ 値に反映されており、無機基肥、無機養液および有機養液区の3種類の果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、それぞれ+3.0%、-1.7%、+6.1%となり、さらに、3処理区をそれぞれ区別することもできた。この結果からも、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は、有機農産物と無機養液土耕で生産した農産物を従来の化学肥料の基肥施用で生産した農産物と判別する際の数値的根拠になる可能性が示された。

### 3.4 有機物連用圃場におけるトマトの $\delta^{15}\text{N}$ 値

トマトの隔離株栽培において、5種類の施肥区(CDU化成肥料を与えたCDU区、低硫酸緩効性肥量を与えたLSR区、窒素の想定必要量の半量ずつをCDUと牛糞堆肥で与えた区をCM+CDU区、同様にCDUと鶏糞堆肥で与えた区をPM+CDU区、牛糞堆肥および鶏糞堆肥のみを与えた区をCM+PM区)を設け年2作、4連作を行った。収量の経年変化、トマト果実の糖度、無機成分組成、土壌と果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した。

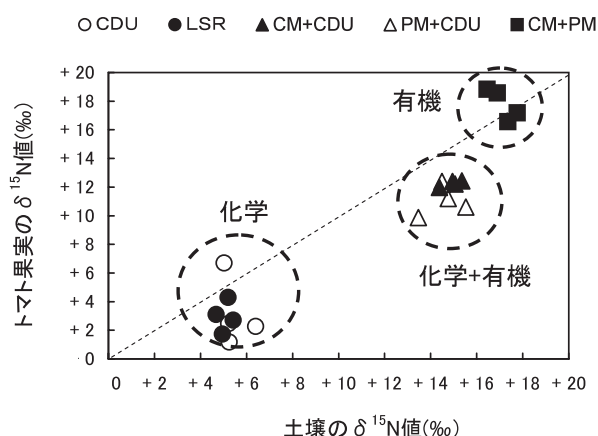


図3 栽培土壌とトマト果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値との関係

○：CDU（化学肥料CDU化成）、●：LSR（化学肥料：効性肥料）、▲：CM+CDU（有機（牛糞堆肥）+CDU（化学肥料））、△：PM+CDU（有機（鶏糞堆肥）+CDU（化学肥料））、■：CM+PM（牛糞堆肥+鶏糞堆肥）

化学肥料と堆肥施用で収量における有意な差は認められなかった。果実糖度および無機成分含量においても顕著な差は認められなかった。以上の結果からは、堆肥施用がトマトの収量、糖度、無機成分含量を増加させるという結論を導くことは困難であると考えられた。一方で、化学肥料および堆肥の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、土壌と果実の双方の $\delta^{15}\text{N}$ 値に反映され、土壌と果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値の間には高い相関が認められた<sup>25)</sup> ( $R^2=0.89$ ) (図3)。ここでも、堆肥施用したものと化学肥料施用したものを分ける閾値を設け、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を用いた有機農産物判別の可能性が考えられた。

### 3.5 有機農産物市場管理への $\delta^{15}\text{N}$ 値の利用

さらに、有機JAS認証を受けた果菜類と、スーパーマーケットにおいて購入した同じ種類の有機JAS認証を受けていない果菜類について品質を調査し、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を分析した。その結果、有機JAS認証のトマトは、クエン酸濃度が有意に高かった<sup>26)</sup>が、5種の果菜類（トマト、キュウリ、ナス、シシトウ、カボチャ）の無機元素組成については、有意な差がある特定の元素は無かった。有機農産物はミネラルが豊富であるとする報告もあるが、必ずしもそうではないことが示された。しかし、供試した5種類の果菜類の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、すべてにおいて、有機農産物の値が表示の無いものに比べ高くなった<sup>21,26)</sup>。作物種を超えて有機農産物で $\delta^{15}\text{N}$ 値が高くなることが明らかとなった。有機農産物の認証において、現行では検査員が聞き取りで行うといった手法が取られるが、このような調査を数値的に保証するために、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が使用できる可能性がある。すなわち、有機農産物と称する農産物の $\delta^{15}\text{N}$ 値がある値（例えば+5.0%）を下回った場合、それが有機農産物で無い可能性が考えられ、詳細に検査する対象とする、という使い方が考えられる。

述べてきたように、有機農産物の場合、野菜の $\delta^{15}\text{N}$ 値は+5.0%以上の値を取ることが予想されていたが、試料の栽培県を18県と中国、分析した野菜試料を25品目に適用範囲を広げて同様の分析を行った場合も、ほぼ同様の結果が得られた<sup>27)</sup>。市場試料106点を分析した結果、有機農産物表示のあったものの72%が、表示なしの試料の32%が+5.0%以上の値を取っていた。基準値として+4.0%を採用した場合は、有機農産物表示のあったものの80.4%が+4.0%以上の値を取り、表示なしのものは45%であった。

民間、公立研究所および野菜茶業研究所において栽培された試料の $\delta^{15}\text{N}$ 値について同様にしてみると、分析した全ての試料129点については、有機物施用区（有機農産物相当）の試料において、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が+5.0%以上の値を取る試料は88.1%であり、化学肥料施用区（表示無しに相当）の試料では25.3%であった。基準値として+4.0%を採用した場合は、有機物施用区で97.6%が+4.0%以上の値を取り、表示なしのものは32.2%であった。

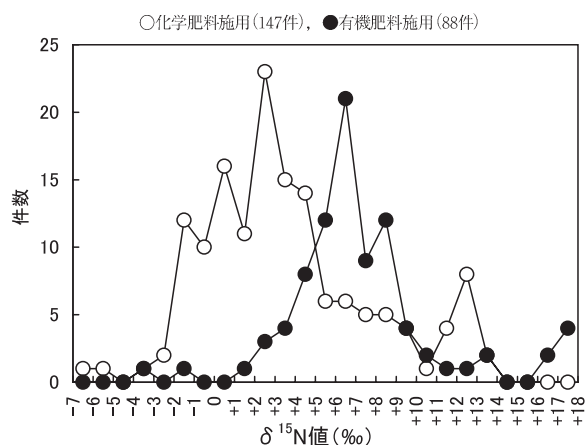


図4 有機質肥料および化学肥料（無表示含む）の施用と野菜の $\delta^{15}\text{N}$ 値との関係

市場試料に比べ施肥管理がより厳密であったため、明確な結果になったと考えられた。以上の結果から、例えば $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定することにより、有機農産物の真偽の判断に利用することが可能であると考えられた。図4は、述べてきた市場試料と民間、公立研究所の試料の合計235点の結果をまとめたものである。 $\delta^{15}\text{N}$ 値で+4.0‰を境に、通常栽培と有機栽培の出現頻度が明確に異なることがわかる。

得られた結果を総合すると、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を有機農産物の真偽の判断に利用することが十分可能であると考えられた。例えば、「 $\delta^{15}\text{N}$ 値=+4.0‰を有機農産物判別の基準値として、この値以下であれば詳細な調査を実施する必要がある」という制度の策定が可能と考えられる。

2002年12月26日付けの新聞報道に、有機JASマークの改竄問題が取り上げられた。これは書類調査により判明したものであるが、科学的な手法の開発も求められている。現在までは、このような、基準値が無かったため、聞き取り調査等に頼らざるを得ず、科学的な判断材料が少なかったが、窒素安定同位体比を用いた判別手法があることを公表しアピールすることにより、有機農産物の偽装表示に対する抑止力となり、より健全な有機農業を推進することができると考えられる。

#### 4 おわりに

有機農産物を研究するには、生産者と消費者双方からの視点が重要であり、これは有機農業を推進させるための両輪である。具体的には、生産者の視点に立った、新しい有機物施用法や栽培法の確立である。多種多様な有機質資源を有効に利用するためには、本報告で紹介した有機養液土耕のような資材の特性に合わせたより細やかな技術開発が必要である。もう一つは消費者の信頼を裏切らない、新しい科学的な有機農産物認証法の確立である。本報告で紹介した施肥窒素の由来の推定以外にも、他の安定同位体比を用いて野菜の原産地判別などの技術

が検討されている。今後さらにこれらの研究結果を進展させ総合化する必要がある。

生産者に対して有機物施用がどのようなメリットがあるのかを定量的に説明するとともに、施用技術を確立していく必要がある。肥料としては有機物さえやれば、いくらやってもそれで有機農業という、量的な視点の欠如した“有機農業”では、環境にやさしいという、有機農業の大前提を壊しかねない。また、消費者に対して有機農産物が生産物としてどのようなメリットがあるのか、あるいはないのか、あるとすればどの程度なのかを明確にしていくことが必要である。農産物は、ややもすると僅かな差を『大変健康に良い!』と解釈され、マスコミなどにより喧伝される傾向があり、これは、消費者にとっても、また、長い目で見ると生産者にとっても不幸なことである。今後、環境保全型農業を含めて、有機農業を推進していくためには、生産者と消費者の双方が納得できる、定量的な研究結果の蓄積が必要である。

#### 摘要

有機質肥料の農地への還元に関しては、もっぱら堆肥による還元が主な手法であったが、装置化が可能な施設生産においては、液肥としての利用も可能性がある。トウモロコシを原料とした製糖工程から生じる副産物であるコーンステーパーリカー (CSL) および家畜糞からエネルギー源となるメタンガスを採取した後の廃液であるメタン消化液を液肥として利用する技術を開発した。

さらに、有機質肥料が野菜品質に与える影響について、化学肥料栽培の野菜と比較して分析したところ、再現性良く同様の傾向が認められる品質成分は無かった。一方で、窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ 値) は多くの野菜で有機物施用した場合に再現性良く高い値を示した。結果を総合すると $\delta^{15}\text{N}$ 値を有機農産物の真偽の判断に利用することが十分可能であると考えられた。

#### 引用文献

- 熊澤喜久雄. 2003. 環境保全型農業と肥料. 環境保全型農業の課題と展望. 大日本農会: 52-73
- 越野正義. 2001. 持続的食料生産と肥料. 環境保全と新しい施肥技術. 安田環・越野正義編. 養賢堂: 22-57
- 藤本潔. 2003. 環境保全型農業に関する施策の経緯と現状. 環境保全型農業の課題と展望. 大日本農会: 183-198
- 藤原孝之. 2001. 有機野菜の品質評価研究の現状と今後の展望. 農業および園芸. 76: 743-748
- 長谷川美典. 1997. 有機農産物の品質を考える. フレッシュフードシステム. 26. 12: 25-27
- 中野明正・上原洋一・山内章. 2001. 施設土壌における塩類集積の現状と低硫酸根緩効性肥料による化学ストレスの改善. 土壤肥料学会誌. 72: 237-244
- 加藤俊博. 2004. 養液土耕栽培の考え方とねらい. 野菜園芸大百科 養液栽培 養液土耕. 農文協: 377-381

- 8) 中野明正.2000. 養液土耕と有機栽培そしてこれらの技術の融合が求められる理由. 施設園芸. 42(2):1-6
- 9) 中野明正.2000. 有機性廃棄物を液肥として利用する有機養液土耕栽培. 農業技術体系6野菜の施肥技術. 土肥編:18-23
- 10) 中野明正・上原洋一・山内章.2000. 有機性液肥(コーンステイプリーカー)の施用がトマトの初期成育および根圏環境に与える影響—根箱法を用いた検討—. 生物環境調節. 38:211-219
- 11) 中野明正・上原洋一・山内章.2001. 有機養液土耕における有機物分解. 土と微生物. 55:21-27
- 12) 中野明正・上原洋一・山内章.2001. 有機液肥の連続施用システムの開発とそれがトマトの生育・果実収量・品質および土壌の化学性に与える影響. 土壤肥料学会誌. 72:505-512
- 13) 中野明正・上原洋一・山内章.2001. 養液土耕法による根圏ストレス軽減がトマトの尻腐れ果発生を抑制する. 土壤肥料学会誌. 72:385-393
- 14) 中野明正・上原洋一.2003. かん水同時施肥栽培におけるコーンステイプリーカーおよびメタン消化液の利用がメロンの生育および収量に及ぼす影響. 園芸学研究. 2:175-178
- 15) 吉田企世子. 1996. 栽培条件と野菜の成分. 日本食生活学会誌. 7(2):27-34
- 16) 岩田進午・松崎敏英. 2001. 生ごみ 堆肥 リサイクル. 家の光協会:93-98
- 17) 三輪睿太郎. 2001. 世紀の謎「有機農業野菜は品質が良いのか」. 季刊肥料. 88:8-10
- 18) 森田明雄・太田充・米山忠克.1999. 肥料の種類の違いが茶園土壌と茶樹の $\delta^{15}\text{N}$ 値に及ぼす影響. 土壤肥料学会誌. 70:1-9
- 19) 吉羽雅昭・田村幸美・朴光来・熊澤喜久雄・麻生昇平.1998. 有機物連用水田における土壌および水稲玄米の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ . 土壤肥料学会誌. 69:299-302
- 20) 徳永哲夫・福永昭憲・松丸泰郷・米山忠克.2000. 堆肥および化学肥料を施用した水田における $\delta^{15}\text{N}$ 値を用いた水稲の起源別窒素量の推定の試み. 土壤肥料学会誌. 71:447-453
- 21) 中野明正・上原洋一・渡邊功.2002. 有機農産物認証を受けた果菜類の $\delta^{15}\text{N}$ 値. 土壤肥料学会誌. 73:307-309
- 22) Nakano,A., Uehara,Y. and Yamauchi A.2003.Effect of organic and inorganic fertigation on yields,  $\delta^{15}\text{N}$  values and  $\delta^{13}\text{C}$  values of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.cv.Saturn).Plant and Soil. 255:343-349
- 23) 中野明正・川嶋浩樹・佐久間青成・上原洋一. 2004. 有機性液肥の養液土耕への利用がトマトの生育, 収量, 糖度, 無機成分組成および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響. 野菜茶研研報. 3:129-136
- 24) 中野明正・上原洋一. 2002. メタン消化液およびコーンステイプリーカー (CSL) を利用した有機養液土耕がメロンの収量, 糖度および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響. 園芸学雑誌. 71(別2):326
- 25) 中野明正・山内章・上原洋一. 2003. 有機物施用がトマトの収量, 糖度, 無機成分および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響. 土壤肥料学会誌. 74:737-742
- 26) 中野明正. 果菜類における有機農産物認証の有無とそれらの品質および $\delta^{15}\text{N}$ 値との関係. 農業技術. 57:343-346
- 27) 中野明正・上原洋一. 2004. 有機肥料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. 野菜茶研研報. 3:119-128