

有機野菜の品質評価研究の課題と展望

藤原孝之

三重県科学技術振興センター農業研究部 515-2316 三重県松阪市嬉野川北町

Current Problems and Future Prospects of Research on the Quality Evaluation of Organic Vegetable

Takayuki Fujiwara

Agricultural Research Division, Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center, Ureshinokawagita, Matsusaka, Mie 515-2316

はじめに

化学肥料や農薬の使用を控えた栽培法で生産された野菜は、その需要が大きいものの、かつては「有機」や「オーガニック」といった定義があいまいであった。農林水産省は平成4年に有機農産物の表示についてガイドラインを示したが、強制力を持たなかったため依然として混乱が生じていた。そこで、平成12年1月に「有機農産物のJAS規格」が制定され、平成14年4月に表示の規制が始まった。これにより、「有機農産物」と表示ができるものは、「化学的に合成された肥料及び農薬の使用を避けることを基本として、播種または植付け前2年以上（多年生作物にあたっては、最初の収穫前3年以上）の間、たい肥等による土づくりを行ったほ場において、生産された農産物」と明確に定義された。このような一連の動きをみても、有機農産物に対する消費者の要望の強さや、有機の表示により販売上の優位性を得られることがわかる。

消費者が有機野菜を求める理由を考えると、無農薬による健康面での安心感がまず頭に浮かぶが、同時に栄養成分の多さ、味の良さなど品質面の期待も大きいと考えられる。そのため、有機肥料や堆肥を使用して生産された野菜の品質がどのように優れているかを明らかにするために、国立試験研究機関、大学、民間研究所などで多くの研究が行われてきたが、その結果は明確になっていない。本報告では、このように多くの研究事例があるにも関わらず有機野菜の品質特性が判然としない理由を整理し、今後の展望を述べたい。

なお、以後はJAS法の定義とは異なり、「有機野菜」「有機農産物」と表現するものは主に有機物を施用して栽培した野菜または農産物を指し、「慣行栽培野菜」「慣行栽培農産物」は化学肥料を基幹とした施肥法により生産された野菜または農産物を指し、農薬使用の有無は問わないこととする。

有機野菜の品質に関する研究事例の概略

Woeseら(1997)、目黒(1998)および堀田(1999)は、有機農産物(無農薬栽培による生産物を含む場合がある)と慣行栽培農産物の品質を比較した過去の文献をもとに、有機農産物の品質特性を検討している。これら3報においては、青果物の品質の構成要因である安全性、栄養成分、嗜好特性、生体調節機能(大久保, 1998; 野口, 1998)のそれぞれが議論の対象となっている。かつては、食品の品質は栄養性・嗜好性を中心に論じられていたが、生体調節機能が注目を集めるようになった(篠原, 1994)。そのため、堀田(1999)の引用した文献をみると、1990年代半ばより生体調節機能やその関連成分を扱った研究例が増加した傾向が認められる。

過去の文献から有機野菜と慣行栽培野菜の品質を比較した結果、有機野菜のほうが乾物率が高い傾向にあるが、他の栄養成分や官能検査結果には一定の傾向が認められない(Woeseら, 1997)。有機野菜の品質が優位とする事例はあるが、品質に差がないとする報告が多い(目黒, 1998)。味や物性については有機野菜が優れる傾向にあるが、成分濃度の差は明確でない(堀田, 1999)。というように、有機野菜の品質の良否に関しては一定の結論が得られていない。有機野菜の生産において用いることのできる有機質肥料や土壌改良資材の種類や量は様々であるので、統一的な結論は得にくいという指摘もある(目黒, 1998)。

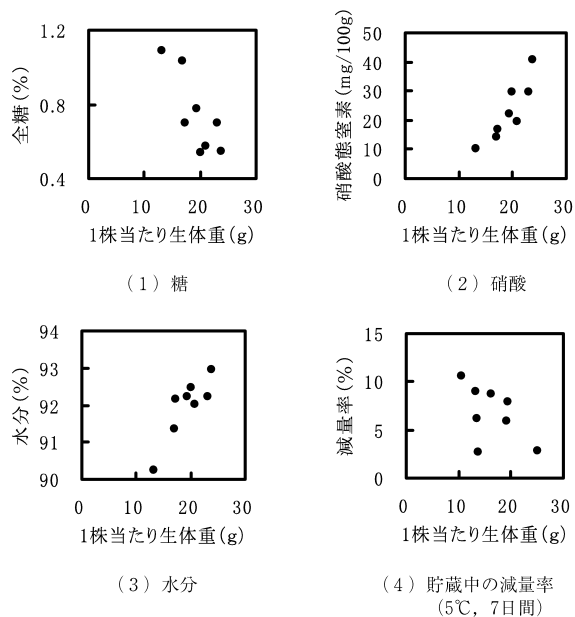
また、Woeseら(1997)は、有機農産物と慣行栽培農産物の品質の比較研究を行う三つの方法を取り上げ、それぞれについて長所と短所を以下のようにまとめている。まず、市販の農産物を用いる方法は、簡便で多くの試料を比較できるものの、栽培法、品種、熟度などの素性が不明確である。次に、栽培条件を記録している農場を指定し、収穫した試料を用いる方法は、近隣の場所を選べば気候や土壌の条件を揃えることができるが、得られる情報の精度に疑問があり、また比較を行ううえで代表的といえる栽培法を

行っている農家および農場を選択することが非常に困難である。これらに対して、研究者による栽培試験は、限られた条件で行い、試料数も少ないため、数多くの試験を必要とするという短所はあるが、収穫物の品質を比較するには最も精度が高い手法である。

今後、有機野菜と慣行栽培野菜の品質の違いを明らかにするためには、これまで行われてきた研究の問題点を整理したうえで、適切な方法により研究者が栽培試験を行うことが必要と考えられる。

比較の難しさ—有機物特有の作用であるのか—

筆者らは、有機質肥料および牛ふん堆肥の連用がホウレンソウの成分および日持ち性に及ぼす影響について検討した(藤原ら, 1999, 2000)。全5回の作付けを行ったうち、ほとんどの作において、有機質肥料施用区と化学肥料施用区との間、並びに堆肥施用区と無施用区との間に、収穫物の品質差は認められなかった。しかし、堆肥の施用により、ホウレンソウの日持ち性の向上とシュウ酸濃度の低下が、各1作ずつにおいて認められた。このような場合において



第1図 ホウレンソウの生体重と成分含量, 日持ち性との関係(藤原, 2000)
有機物の施用が品質に影響を及ぼした区に関して

は、生体重と品質要素との間に正または負の相関が認められたことから(第1図), 生育の差が品質に間接的に影響した可能性が高いと結論した。我々の研究以外にも、生体重や生育ステージの違いによってホウレンソウの品質が異なるとする研究結果は数多く発表されている(第1表, ただし, 多くは有機栽培を扱った研究ではない)。

このように、明らかに生育が異なる収穫物を用いて有機野菜と慣行栽培野菜の品質を比較すると、仮に有機野菜の品質が優れるという結果が得られたとしても、それが有機物施用に特有の現象か、化学肥料を用いても再現可能な現象かを区別することは困難である。そこで、我々は、生育量が品質に与える二次的な影響を排除できる栽培試験により、有機物施用が野菜の品質に及ぼす影響を明らかにする必要があると提唱した(藤原ら, 1999, 2000)。同様な見地から、中川ら(2000, 2003)は、施肥量を調整するなど生育量の影響を極力排除した実験系により、有機質肥料と化成肥料で栽培したコマツナおよびニンジンの品質を比較し、有機質肥料の施用が必ずしも品質向上に結びつくわけではないと結論している。

一方、土壌改良効果の高い有機物を施用すると、土壌の団粒構造が発達し、団粒間の余分な水が排出されて土壌が乾燥気味となること、また有機物の肥効は一般に緩効的であることから、有機農産物の品質は向上するが、光合成が抑制されるため収穫物は小さくなりやすいという側面がある(西尾, 1997)。また、有機野菜の品質は、必ずしも有機物の施用でしか再現できない効果に限る必要はないと思われる。しかし、有機物施用が野菜の品質を高める場合の作用機構を明らかにし、研究結果に客観性や普遍性を与えるためには、生育量の影響は極力排除するべきと考える。

品質評価研究に用いる有機物の選択の重要性

有機認証制度においては、化学合成物質の添加がない限り、さまざまな性質の有機物を土壌に施用できる。有機物には肥効(特に窒素肥効)が顕著で有機肥料として用いられるものから、肥効はあまりないが土壌の物理性や微生物性を改良するための土壌改良資材として使用されるものまで幅広く存在し、その境界は明瞭でない(浅野, 1982)。農地に施用される代表的な有機物である家畜ふん堆肥を例にとっても、畜種、副資材、堆肥化期間の違いによってその性質に大きな変異幅があるとともに、肥料成分量や肥効率

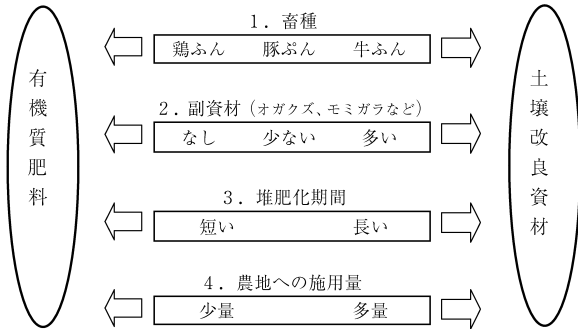
第1表 ホウレンソウの生体重および生育ステージの違いが成分濃度に及ぼす影響

要因	糖	ビタミンC	β-カロテン	シュウ酸	硝酸
生体中の大きい個体	ショ糖が低い ^z	低い ^z	低い ^y	葉身は高く、葉柄は低い ^z 低い ^x	高い ^z
生育ステージの進行	抽だい期に上昇 ^w 夏期低下, 秋期上昇 ^v	低下 ^v	—	低下 ^{w,v,u} 収穫適期まで上昇, 以後低下 ^t	生育中期より低下 ^w 上昇 ^s

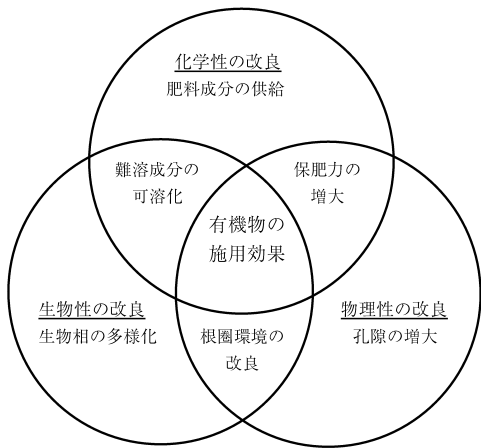
^z 建部ら, 1995; ^y 小山ら, 1999; ^x 広岡・杉山, 1992; ^w 亀野ら, 1990; ^v 渡邊ら, 1994; ^u 吉川ら, 1988; ^t 香川, 1997; ^s 松本ら, 1999

の違いにより、施用量もかなり異なる（第2図）。

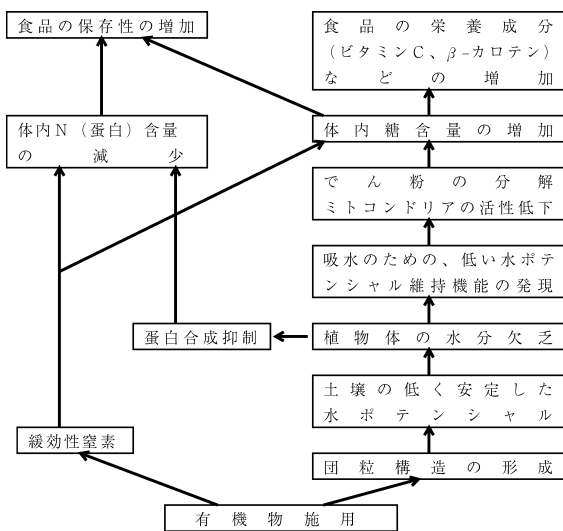
藤原（1986）は、有機物の施用効果は土壌の化学性、物理性、生物性の改善にあり、それらが相互に関連しあっていると整理した（第3図）。有機質肥料と土壌改良資材とでは、この図に示される施用効果のうち、どれが重要視されるかが異なる。



第2図 家畜ふん堆肥の一般的な特性



第3図 有機物の施用効果（藤原，1986）



第4図 有機物施用による「食品の質」向上のメカニズム模式図（森，1986）

るかが異なる。また、これらの土壌改善要因が野菜の品質に及ぼす影響も異なると考えられるため、有機野菜の品質評価研究においては、用いる有機物の性質が極めて重要である。

浅野（1982）は、有機物施用による野菜の品質向上効果を解明する第一歩として、その効果が有機物の肥効的な面、あるいは改良資材的な面のいずれによるのかを明らかにする必要があると述べているが、この指摘は非常に根本的で重要なものであると考えられる。

この考え方をさらに具体化した例として、森（1986）による農産物の品質向上メカニズムの模式図（第4図）がある。それによると、「有機物の緩効的窒素の作用」と「施用土壌の低くしかも安定した水ポテンシャル維持作用」の二点が、収穫物の「栄養成分の増加」と「保存性の向上」に影響するということになる。この説については、西尾（1997）がさらに具体的な説明を加えている。このような仮説の妥当性を立証することが、ひとつの研究方向であると考えられる。

有機物施用による野菜の品質向上作用 —想定される要因と研究例—

有機物施用が野菜の品質に影響する作用機構は様々で、窒素肥効および土壌の物理性向上が代表的なものと考えられているが、他にもいくつかの可能性が示唆されている。以下に、想定される品質向上理論と、関連する研究例を紹介する。

1. 有機物の肥効の影響

有機物の肥効特性は一般に緩効的であるため、作物は低窒素条件におかれ、糖の蓄積を誘発するとともに、貯蔵性の向上につながるとされている（西尾，1997）。

浅野（1982）は、油かすおよびパーク堆肥の施用が野菜の外観品質、生理障害、成分濃度、日持ち性に及ぼす影響について検討し、施用効果の大部分は窒素の緩効的作用であると説明している。有機物施用により植物体内の窒素濃度が低く保たれていることで糖濃度は高まるが、ビタミンCおよび日持ち性には有機物の効果は現れないと述べている。

松本ら（1999）は、大豆油かす、なたね油かすのそれぞれに蒸製骨粉を組み合わせた有機質施用区で栽培したホウレンソウは、慣行栽培区と比較しビタミンCおよびシュウ酸は同等であったが、硝酸濃度は低かったと述べている。この一因として、有機質肥料区では窒素の無機化および硝酸化の遅れにより土壌中の硝酸態窒素量の割合が少なく、植物体への吸収が抑制されたことを考えている。

山崎・六本木（1998）は、大豆かす、家畜ふん堆肥など種々の有機物を用いて葉菜を栽培したところ、有機物の窒素無機化率が高いほど収穫物の硝酸濃度が高く、還元糖濃度が低くなることを認めた。このように、窒素供給の少ない有機物を施用すると、葉菜の品質は向上するが、収量は

低下する。そこで、葉菜の種類ごとに、品質を高めるとともに収量も確保できる有機物の種類および施用量を明らかにした。

近年、環境と健康の両方への配慮から、地下水汚染を起こさない施肥法や、葉菜の硝酸濃度低減対策が必要とされている。このようなことから、有機物についても、その窒素肥効を的確に評価する方法を確立し、それを施用量に反映させることが重要であり、その結果、野菜の品質も向上することが望ましいと考えられる。

2. 有機物による土壌改良と野菜の品質

土壌改良効果の高い有機物の施用により土壌の物理化学性が向上し、野菜の生理に影響して、間接的に収穫物の品質が向上することが期待される。西尾(1997)は、有機物施用により形成された土壌の団粒構造が作物に水分ストレスを与え、植物体中の糖濃度を高めると推察している。節水栽培により、野菜の品質が向上したという例は多いが(西尾, 1997; 中野, 1998), 有機物施用に起因する水分ストレスによる野菜の品質向上を報告した例はあまりみあたらない。この方面の研究の蓄積が必要である。

3. その他の要因

植物の根が有機態窒素を吸収する現象は以前から知られており、イネ、ダイズ、ハダカムギなどを用いて研究されている(森, 1979; 山縣ら, 1996)。野菜では比較的研究例は少ないが、土壌中の有機態窒素を直接吸収利用できる種類のあることが示唆されている(Matsumotoら, 1999)。野菜の有機態窒素の吸収が収穫物の品質に及ぼす影響については知見が少なく、今後の研究の進展が期待される。

樋口ら(2004)は、コマツナを用いて実験を行い、有機物の施用が土壌微生物や植物の根の機能を活性化させ、根から分泌されたキレート物質や H^+ が土壌中の不溶態鉄を有効化し、収穫物の鉄含量を増加させる可能性を述べている。他の作物での効果の検討や、原因物質の特定を今後の課題にあげている。

おわりに

有機野菜の品質を慣行栽培野菜と比較した研究例は多いにもかかわらず、国内外を問わず論文となっているものは非常に少ない。この原因として、収穫物の品質差がほとんどない結果は公表しづらいことが考えられている(堀田, 1999)。さらに、用いた有機物の記述や実験設定があいまいなため普遍性に欠け、単なる事例としか評価されなかったデータの多いことが、有機野菜の品質について一定の結論が得られていない理由と思われる。目黒(1998)は、有機農産物の品質評価を単なる調査事例としないために、栽培条件や栽培環境等の変動要因の調査、記載が重要であると述べている。

今後は、有機物の施用効果を要因ごとに分けて検証し、野菜の品質向上が期待される条件を特定することが重要と考える。そのためには、前節で述べたように有機物施用に

起因する野菜の品質向上効果は様々であるなかで、どの効果を明らかにするかを決定し、その効果が期待される有機物を選定して研究を行うことが必要である。

原点に戻って考えれば、野菜栽培における有機物施用の重要な目的は、資源の循環利用を図りながら農業の持続性を高めることである。平成17年3月に策定された「新たな食料・農業・農村基本計画」においては、環境と調和のとれた農業生産活動を促進するため、農業者が環境保全に向けて最低限取り組むべき規範として「環境と調和のとれた農業生産活動規範」が策定された。この規範によると、堆肥等の有機物の施用による土づくりを励行するとともに、一方では、過剰に施用された肥料成分による環境負荷を軽減して、効果的・効率的な施肥を行うことが定められている。このため、有機野菜の生産においては、有機物の肥料成分量を十分に考慮したうえで、環境負荷を与えないように有機物を施用することが必要となり、ますます高度な技術が求められることであろう。

以上のような状況を鑑みると、たとえ収量や品質が慣行と同等であっても、有機野菜の生産はそれ自体が十分に意味のあるものと思われる。このため、物質循環や環境保全に立脚した有機野菜の生産が、収穫物の品質以上に重要な意義を本来持っていることを、多くの関係者に広く理解してもらうことが必要と考える。そのうえで、有機野菜の付加価値をさらに高め、栽培者や消費者の要求に応えるため、有機物施用の生産物の品質に与える効果と、野菜の品質を高める有機物の施用法の解明を期待したい。

本稿をとりまとめるにあたり、ご指導を賜りました三重県科学技術振興センター特別顧問 橋 昌司博士に深謝します。

引用文献

- 浅野次郎. 1982. 野菜の品質に及ぼす有機物(油かす, バーク堆肥)の影響. 農及園. 57: 1399-1404.
- 藤原俊六郎. 1986. 畑の土壌管理. 土壌管理の実際. 有機物利用. 有機物利用のねらいと効果. p. 153-154, 農業技術大系 土壌施肥編 5 土壌管理・土壌病害. 農文協. 東京.
- 藤原孝之・坂倉 元・吉川重彦・安田典夫. 1999. 有機質肥料および堆肥の連用がハウレンソウの品質に及ぼす影響. 食科工. 46: 815-820.
- 藤原孝之. 2000. 有機質施肥とハウレンソウの成分・日持ち. フレッシュフードシステム. 29: 89-91.
- 樋口恭子・岩淵 大・吉羽雅昭・但野利秋. 2004. 有機質肥料の施用によるコマツナ鉄含量の増加. 土肥誌. 75: 87-89.
- 広岡幹也・杉山信男. 1992. ハウレンソウの葉のシュウ酸濃度に及ぼす生長速度の影響. 園学雑. 61: 575-579.
- 堀田 博. 1999. 有機栽培と慣行栽培農産物の品質上の差

- 異. 食科工. 46: 428-435.
- 香川 彰. 1997. ホウレンソウの栽培生理. 品質向上のための栽培生理. 有害成分の生成と低減. シュウ酸. p. 74-84. 高品質ホウレンソウの栽培生理. いしづえ. 東京.
- 亀野 貞・木下隆雄・楠原 操・野口正樹. 1990. ホウレンソウの栽培条件及び品種と品質関連成分の変動. 中国農研報. 6: 157-178.
- 小山初枝・篠原 温・伊東 正. 1999. 気温および光強度がホウレンソウならびにサラダナの β -カロテン濃度に及ぼす影響. 園学雑. 68. 414-420.
- 松本真悟・阿江教治・山縣真人. 1999. 有機質肥料の施用がホウレンソウの生育および硝酸, シュウ酸, アスコルビン酸含量に及ぼす影響. 土肥誌. 70: 31-38.
- Matsumoto, S., N. Ae and M. Yamagata. 1999. Nitrogen uptake response of vegetable crops to organic materials. *Soil Sci. Plant Nutr.* 45: 269-278.
- 目黒孝司. 1998. 有機野菜の品質と評価. 農林水産技術研究ジャーナル. 21: 30-34.
- 森 敏. 1979. 有機態窒素と無機態窒素の共存条件下での植物の窒素吸収能について (第1報) 前処理窒素条件が本処理窒素の吸収に及ぼす影響. 土肥誌. 50: 40-48.
- 森 敏. 1986. 食品の質に及ぼす有機物施用の効果. p. 85-137. 日本土壤肥料学会編. 有機物研究の新しい展望. 博友社. 東京.
- 中川祥治・山本秀治・五十嵐勇紀・田村夕利子・吉田企世子. 2000. 堆肥および有機質肥料の施用がコマツナの硝酸, 糖, アスコルビン酸および β -カロチン含量に及ぼす影響. 土肥誌. 71: 625-634.
- 中川祥治・田村夕利子・山本秀治・吉田企世子・善本知孝. 2003. 有機質肥料および化成肥料で栽培したニンジンにおける生育量差の影響を除去した品質比較. 土肥誌. 74: 45-53.
- 中野明正. 1998. 野菜の品質と養水分生理. 農林水産技術研究ジャーナル. 21: 17-22.
- 野口正樹. 1998. 野菜の品質をめぐる研究の現状と展望. 農林水産技術研究ジャーナル. 21: 6-9.
- 西尾道徳. 1997. 有機栽培の利点を活かす技術ポイント. 養水分ストレスの活用. p. 194-208. 有機栽培の基礎知識. 農文協. 東京.
- 大久保増太郎. 1998. 食事学と野菜—オーガニックに代わるハイクォリティー野菜の提言—. 農及園. 73: 743-751.
- 篠原和毅. 1994. 野菜の生理的機能と疾病予防. 野菜の食品としての生理的機能. p. 71-76. 日本施設園芸協会編. 野菜と健康の科学. 養賢堂. 東京.
- 建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克. 1995. 窒素施用がホウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に与える影響. 土肥誌. 66: 238-246.
- 渡邊容子・内山総子・吉田企世子. 1994. 夏期および秋期栽培ホウレンソウの生育過程における部位別成分について. 園学雑. 62: 889-895.
- Woese, K., D. Lange, C. Boess and K. W. Bögl. 1997. A comparison of organically and conventionally grown foods—results of a review of the relevant literature. *J. Sci. Food Agric.* 74: 281-293.
- 山縣真人・阿江教治・大谷 卓. 1996. 作物の生育反応に及ぼす有機態窒素の効果. 土肥誌. 67: 345-353.
- 山崎晴民・六本木和夫. 1998. 有機物施用が葉菜類の収量及び品質に及ぼす影響. 埼玉園試研報. 21: 7-20.
- 吉川年彦・中川勝也・小林 保・時枝茂行・永井耕介. 1988. 高品質ホウレンソウの生産・出荷に関する研究 (第1報) シュウ酸含量に及ぼす品種・生育ステージの影響. 近畿中国農研. 75: 71-76.