栽培条件（有機栽培と慣行栽培）の違いによる 葉物野菜の栄養成分と官能特性

日笠志津

(女子栄養大学)

Comparison of nutrient compositions and organoleptic characteristics of organically vs. conventionally grown leaf vegetables

Shizu Higasa

Kagawa Nutrition University, 3-9-21, Chiyoda, Sakado-shi, Saitama, 350-0288

〒350-0288 埼玉県坂戸市千代田 3-9-21

Japan used to be an agricultural country, which traditional agricultural method has been organic farming. Health of farmers, environmental preservation and fertility existed at that time. The fact that the introduction of agrichemicals and fertilizers has rapidly expanded production output must be appreciated. On the other hand, environmental pollutions, occurrence of health hazards and food pollution became aggravated. Consumers of organically-grown vegetables often believe that these products are healthful and taste better than conventionally-grown vegetables. However, the vegetable quality like the nutrient content and the organoleptic characteristics are unproven. The purpose of this study is to examine the vegetables quality that farmers cultivated. We obtained lettuces, komatsunas (Japanese mustard spinaches) and spinaches from farmers in a few prefectures, and then performed nutritional values and the sensory assessment tests on each vegetable.

- 1) In samples cultivated in multiple prefectures for this study, the difference caused by various cultural conditions showed no significant differences in terms of moisture, ash content, minerals, vitamins and free amino acids contents. The data did not show any nutritional superiority of organically grown agricultural product.
- 2) “The overall evaluation” in lettuces, komatsunas and spinaches was the most strongly associated with the “taste” among “appearance”, “aroma”, “texture” and “taste”. “Aftertaste” was closely related to “The overall evaluation of taste”. These results suggest that cultivation technique is an important factor to grow vegetables of good quality.
- 3) The quality in komatsunas shows that the difference of the variety had stronger effect than the difference between the cultivation techniques did.
- 4) For each of the 3 years, the spinach that the same producer organically grew scored highly in almost every parameter of the sensory test. The results suggest that cultivation technique is likely to contribute vegetable quality.

1. 緒 言

日本の伝統的な農業は資源を有効に循環させる有機農

法であったが、高度経済成長期に入り、化学肥料や農薬などに依存する近代農法へと推移していった。農業の近代化は生産性を飛躍的に向上させ、農業者の労働時間を

短縮させたが、反面、環境汚染、人体被害、食品公害が深刻化し、人々の安全志向や健康志向を拡大させていった。

現在の有機農業は、このような背景の中で環境保全型農業の一形態として1970年代に始まった自主的な活動と位置づけられている¹⁾。「有機農業」という言葉は、1971年、日本有機農業研究会の設立者である一楽照雄によって命名された²⁾。当該研究会では有機農業がめざすものについて、「有機農業に関する基礎基準2000」³⁾と称し、次の10項目を掲げている。1. 安全で質のよい食べ物の生産、2. 環境を守る、3. 自然との共生、4. 地域自給と循環、5. 地力の維持培養、6. 生物の多様性を守る、7. 健全な飼育環境の保障、8. 人権と公正な労働の保障、9. 生産者と消費者の連携、10. 農の価値を高め生命尊重の社会を築く、である。一方、同研究会が独自に実施している「有機農業への消費者の理解増進調査報告（2011年度報告）」⁴⁾によると、一般消費者の有機農業に対する全体的イメージは「安心・安全」を筆頭に「健康によい」「環境にやさしい」「おいしい」が高く、自然環境保全や地域自給に関連する有機農業の役割を想起した者の割合は低かったとしている。このことは、消費者の有機農業に対する理解が面的であり、農業従事者がめざす有機農業の姿とは隔たりがあることを意味している。

有機農業・有機農産物に対する法的関与は「有機農産物等に係る青果物等特別表示ガイドライン（1992年）」、「有機農産物及び特別栽培農作物に係る表示ガイドライン（1996年）」を起点とする。これらのガイドラインは、当時、独自の基準に基づいて表示されていた有機栽培や低農薬等の表示に対する消費者の不信・疑念に答え、農産物の表示の統一化を図ることが目的であったが、法的拘束力がなかったため表示の適正化は進まず混乱が継続した。農林水産省は、偽装有機農産物への対策として、2000年に有機農産物の日本農林規格（有機JAS）を制定した。これにより有機農産物の生産面からの定義が明確化した。すなわち、有機農産物とは収穫時に2年以上（多年生植物から収穫される農産物にあっては3年以上）、化学的に合成された農薬、肥料および土壌改良資材等を使用せず栽培された農産物であり、農林水産省の登録認定機関による検査・認定を受けたもの以外、「有機」「オーガニック」等の表示をすることができなくなった。一方、消費者の関心事である安全性や栄養性、嗜好性といった品質面から有機農産物を定義するまでには至っておらず、有機農産物と慣行栽培農産物とを比較したレビュー論文においては、両者の差異について一定の傾向が認められず結論を導くことは難しいと述べられている⁵⁻⁷⁾。科学的評価がなされないまま、有機農産物は「有機」＝「安全・おいしい」といったイメージ先行で流通していたといえよう。筆者らは、2001年から2006年にかけて、有機農産物の品質評価に寄与することを目的とし、葉物野菜

の体内成分分析ならびに官能評価試験を行い、有機野菜と慣行野菜との比較を実施した。本報では、有機農産物を巡る若干の文献の考察を加えながら、筆者らが5年間にわたり行った有機野菜研究の結果⁸⁻¹¹⁾について総括する。

なお、有機JASの定義によれば、有機農産物には農薬使用の制限と有機物施用という二つの側面があるが^{12,13)}、本報では、有機物を主体に施用して栽培した野菜を有機野菜（以下、有機）、化学肥料を主体に施用して栽培した野菜を慣行野菜（以下、慣行）と定義し、農薬使用の有無については問わないこととした。

2. 実験方法

（1）試料

分析対象野菜には、レタス、コマツナ、ホウレンソウを選択した。すべての試料は環境保全型生産者団体「Radixの会」を通じて農業者に栽培協力を依頼した。いずれも農業を生業として以前より対象野菜を有機栽培もしくは慣行栽培してきた農家である。本研究は試験栽培品による実験研究ではなく、消費者が通常入手可能な農産物で栽培法の違いによる品質差を比較することを目的とした観察研究である。したがって、各野菜の栽培条件については、一般出荷物と同条件で栽培して欲しいことのみを伝え、その他具体的な栽培管理は各農業者に一任した。すべての試料は有機と慣行を一組として、分析日前日（第一期試験では一部前々日）に収穫したものを宅配便（冷蔵）配送にて入手した。生育環境条件を揃えるため、ベアとなる有機栽培と慣行栽培の圃場は半径1 km以内に設定した（第三期試験は除く）。また、同じ生産地から入手する野菜の品種は揃えた（第一期試験茨城県産ホウレンソウを除く）。試料プロフィールを表1に示した。

（2）成分分析

各試料は重量測定後、五訂日本食品標準成分表分析マニュアル¹⁴⁾に従って前処理し、分析に供した。水分は乾燥補助剤添加法、灰分は直接灰化法、ミネラルは乾式灰化—希塩酸浸出法で試料液を調製し、誘導結合プラズマ発光分析法もしくは原子吸光分析法にて測定した。カロテン¹⁵⁾、ビタミンE¹⁴⁾、ビタミンK¹⁶⁾、ビタミンB₁¹⁴⁾、ビタミンB₂¹⁴⁾、ナイアシン¹⁷⁾、ビタミンC¹⁸⁾、遊離アミノ酸¹⁹⁾、硝酸態窒素¹⁴⁾、遊離糖²⁰⁾、有機酸²¹⁾の測定はそれぞれ文献記載の方法にて行った。糖度はBrix糖度計（株式会社アタゴ製）により測定した。表2に年度ごとの分析項目をまとめた。

（3）官能評価試験

試験試料の調製は既報⁹⁾のとおりとした。評価項目は「外観」「食感」「味」「総合評価」を主項目として、必要に応じ小項目を設けた。レタスは生、コマツナとホウレ

表1 試料プロフィール

第一期 (2002年度)
レタス

栽培法	生産地	品 種	播種～収穫 (日)	1 玉平均重 (g)
有機	三重県	エムラップ231	82	349
	埼玉県	エムラップ231	94	332
	千葉県	あさひな	89	446
	和歌山県	シスコ	105	418
慣行	三重県	エムラップ231	89	255
	埼玉県	エムラップ231	80	247
	千葉県	あさひな	89	331
	和歌山県	シスコ	105	634

ホウレンソウ

栽培法	生産地	品 種	播種～収穫 (日)	1 株平均重 (g)
有機	三重県	アトランタ	95	40
	埼玉県	ブルーインパルス	80	15
	茨城県	まほろば	108	40
慣行	三重県	アトランタ	95	35
	埼玉県	ブルーインパルス	80	15
	茨城県	アトランタ	不明	25

第二期 (2003年度)
コマツナ

栽培法	生産地	品 種	播種～収穫 (日)	1 株平均重 (g)
有機	埼玉県	よかった菜	64	90
		楽天	64	40
	三重県	よかった菜	62	30
		楽天	62	20
慣行	埼玉県	よかった菜	64	90
		楽天	64	40
	三重県	よかった菜	62	30
		楽天	62	20

第三期 (2005年度)
コマツナ

栽培法	生産地	品 種	播種～収穫 (日)	1 株平均重 (g)
有機	深谷市	よかった菜	37	20
			35	27.5
	深谷市	よかった菜	37	20
			37	25
慣行	熊谷市	よかった菜	35	30
			37	35
			37	35
			37	35

第四期 (2005年度)
コマツナ

栽培法	生産地	品 種	栽培年度	播種～収穫 (日)	1株平均重 (g)
有機	三重県	楽天	2002	54	35
			2003	62	22.5
			2005	60	30
慣行	三重県	楽天	2002	54	42.5
			2003	62	20
			2005	60	30

コマツナ

栽培法	生産地	品 種	播種～収穫 (日)	1 株平均重 (g)
有機	栃木県	あやか	53	35
	三重県	楽天	54	30
	埼玉県	写楽	49	20
	群馬県	よかった菜	68	45
慣行	栃木県	あやか	48	25
	三重県	楽天	54	40
	埼玉県	写楽	49	30
	群馬県	よかった菜	68	25

ホウレンソウ

栽培法	生産地	品 種	播種～収穫 (日)	1 株平均重 (g)
有機	栃木県	アトランタ	63	20
	埼玉県		69	30
	茨城県		106	30
	三重県		95	35
慣行	栃木県	アトランタ	63	20
	埼玉県		69	30
	茨城県		106	25
	三重県		95	30

ホウレンソウ

栽培法	生産地	品 種	栽培年度	播種～収穫 (日)	1 株平均重 (g)
有機	三重県	アトランタ	2002	95	47.5
			2003	95	35
			2005	95	37.5
慣行	三重県	アトランタ	2002	95	37.5
			2003	95	30
			2005	95	37.5

表2 成分分析項目

期	項 目
第一期 (2002年度)	水分, 灰分, Brix 糖度, Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn, β -カロテン, ビタミン E, ビタミン K, ビタミン B ₁ , ビタミン B ₂ , ナイアシン, ビタミン C, 遊離アミノ酸
第二期 (2003年度)	水分, 灰分, Brix 糖度, Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn, β -カロテン, ビタミン K, ビタミン C, 遊離アミノ酸, 硝酸態窒素, 硝酸態窒素, 遊離糖（フルクトース, グルコース, スクロース）
第三期 (2005年度)	水分, 灰分, Brix 糖度, Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn, β -カロテン, ビタミン K, ビタミン C, 遊離アミノ酸, 硝酸態窒素, リンゴ酸, クエン酸
第四期 (2005年度)	水分, 灰分, Brix 糖度, Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn, β -カロテン, ビタミン K, ビタミン C, 遊離アミノ酸, 硝酸, シュウ酸, リンゴ酸, クエン酸

ンソウは生と加熱調理（茹で）後について実施した。評価は「0」を普通として、色の濃淡は非常に濃い（+2）～非常に薄い（-2）、甘味の強弱は非常に強い（+2）～非常に弱い（-2）、色・食感・甘味・あくっぽさ・後味および総合評価の良悪は非常に良い（+2）～非常に悪い（-2）の5段階評価法にて行った。パネルは筆者が所属する大学の教職員ならびに学生（年齢20～30歳代、女性）で構成し、2002年度が28名、2003年度および2005年度は30名とした。

（4）統計処理

統計ソフトには Stat Viwe J4.02（マッキントッシュ版, Abacus concepts, Inc. Berkeley, CA）を用いた。有機と慣行の各種成分分析の比較は Mann-Whitney の *U* 検定、官能評価試験は対応のない2標本の *t* 検定（2005年については対応のある2標本の *t* 検定）で解析し、いずれも危険率5%未満を有意性ありとした。

3. 結果および考察

（1）レタス

体内成分含量の結果を表3に示した。いずれの成分にも統計的有意な差はなかった。官能評価についても栽培法の違いによる差は認められず、レタスは栽培法の影響を受けにくい野菜であると判断し、2003年度以降の研究対象から除外することとした。レタスの官能特性を知るため因子分析を行ったところ、渋み、苦味、後味の良悪

といった「負のイメージに関わる味」が第1因子、甘味の強弱・良悪といった「正のイメージに関わる味」が第2因子であり、レタスの品質改善には第1・第2因子のバランスが重要であることを明らかにした。有機栽培レタスの品質については、21試験栽培区を設定し食味と体内成分（主要元素）含有量を比較した研究報告がある²²⁾。最も悪い評価となったレタスでは苦味、渋みが強く、旨味、甘味が少ない結果であり、評価の高かったレタスに比べると P, PO₄, Ca, Mg を多く含んでいたことから、これらの体内成分量が高値にならないような有機肥料の選択、あるいは配合の工夫により、レタスの品質向上効果が期待できると考察している。レタスの官能評価で寄与率の高い「渋み、苦味、後味」さらには「甘味」と相關する体内成分の種類と含有量の詳細な関係を明らかにすることが今後の課題である。

（2）コマツナ

第一期（2002年度）試験では、異なる4県で栽培された品種の異なるコマツナを分析対象とした。これは、消費者が近隣の小売店で有機農産物を入手することを意識し、どこで購入した場合も有機は慣行に比べて高品質性を保持しているかを明らかにすることを目的としての条件設定であった。成分分析の結果を表4に示した。レタスと同様に有機と慣行に差は見られなかった。官能評価では有機の生・外観において、有意に色が濃く（ $p < 0.001$ ）、総合評価も高かった（ $p < 0.05$ ）。茹で調理後の

表3 レタスの成分分析値

第一期（2002年度）試験

成分各種 (単位)	水分 (g/100 g)	灰分 (%)	糖度 (%)	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	β - カロテン (μ g/100 g)	ビタミン K (mg/100 g)	ビタミン C (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 (mg/100 g)
有機	94.7	0.5	3.4	3	250	22	8	21	0.5	0.3	0.05	0.13	262	20	5	208
標準偏差	0.4	0.1	0.4	1	29	4	1	4	0.1	0.1	0.02	0.08	84	9	1	43
慣行	94.7	0.5	3.5	2	272	23	8	22	0.5	0.4	0.05	0.21	215	18	6	240
標準偏差	1.0	0.1	0.5	1	33	6	2	5	0.1	0.1	0.05	0.17	65	5	1	23
成分表値	95.9	0.5	—	2	200	19	8	22	0.3	0.2	0.04	0.13	240	29	5	—

各成分値は糖度を除き可食部100 g当たりの含有量で、いずれも4試料の平均値と標準偏差を示した。

文献8)より作成。

表4 コマツナの成分分析値

第一期 (2002年度) 試験

成分各種 (単位)	水分 (g/100 g)	灰分 (%)	糖度 (%)	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	β - カロテン (μ g/100 g)	ビタミン K (mg/100 g)	ビタミン C (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 (mg/100 g)
有機 平均値	91.0	1.4	5.2	14	495	161	22	50	2.2	0.4	0.09	0.36	2300	212	75	252
有機 標準偏差	1.0	0.1	1.2	7	56	73	6	3	0.7	0.1	0.01	0.17	243	37	9	45
慣行 平均値	92.1	1.4	4.8	16	460	141	25	47	2.3	0.4	0.09	0.33	1952	228	70	202
慣行 標準偏差	0.5	0.1	1.7	9	84	38	10	3	1.4	0.1	0.01	0.16	242	39	17	71
成分表値	94.1	1.3	—	15	500	170	12	45	2.8	0.2	0.06	0.13	3100	210	39	—

第二期 (2003年度) 試験

栽培法別

成分各種 (単位)	水分 (g/100 g)	灰分 (%)	糖度 (%)	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	β - カロテン (μ g/100 g)	ビタミン K (mg/100 g)	ビタミン C (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 (mg/100 g)	硝酸態 窒素 (mg/100 g)
有機 平均値	91.1	1.5	5.6	16	417	149	25	53	1.1	0.2	0.04	0.23	4122	125	79	252	80
有機 標準偏差	1.1	0.1	0.5	5	30	21	12	9	0.3	0.0	0.01	0.07	1196	24	17	45	25
慣行 平均値	91.1	1.6	5.4	11	436	169	17	54	1.2	0.5	0.04	0.78	5193	129	87	202	95
慣行 標準偏差	1.2	0.1	1.0	3	41	19	1	11	0.2	0.3	0.00	0.68	949	26	17	71	35

品種別

成分各種 (単位)	水分* (g/100 g)	灰分 (%)	糖度*	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	β - カロテン* (μ g/100 g)	ビタミン K** (mg/100 g)	ビタミン C* (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 (mg/100 g)	硝酸態 窒素* (mg/100 g)
よかつ た菜 平均値	90.3	1.6	6.1	16	435	165	23	53	1.2	0.3	0.04	0.50	5531	147	95	284	70
よかつ た菜 標準偏差	0.3	0.1	0.1	6	14	23	12	9	0.2	0.2	0.00	0.48	585	10	12	44	31
楽天 平均値	91.8	1.5	5.0	11	418	153	19	54	1.2	0.4	0.04	0.51	3784	106	70	260	105
楽天 標準偏差	1.0	0.1	0.7	1	49	21	7	11	0.4	0.3	0.01	0.67	848	10	8	76	16

第三期 (2005年度) 試験

成分各種 (単位)	水分 (g/100 g)	灰分 (%)	糖度	Na	K*	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	β - カロテン (μ g/100 g)	ビタミン K (mg/100 g)	ビタミン C (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 (mg/100 g)	硝酸態 窒素 (mg/100 g)
有機 平均値	93.6	1.3	2.2	7	649	119	23	39	0.7	0.2	0.03	0.18	1780	187	50	148	116
有機 標準偏差	0.5	0.1	0.1	5	25	11	5	4	0.2	0.0	0.00	0.04	264	27	4	25	23
慣行 平均値	93.7	1.2	2.3	15	575	125	20	38	0.7	0.2	0.03	0.18	1559	188	50	165	84
慣行 標準偏差	1.0	0.1	0.4	15	18	25	4	8	0.2	0.0	0.01	0.05	483	46	13	32	9

各成分値は糖度を除き可食部100 g当たりの含有量で、いずれも4試料の平均値と標準偏差を示した。

有意差検定は Mann-Whitney の U 検定を用い、**は危険率1%, *は危険率5%で有機栽培と慣行栽培、もしくはよかつた菜と楽天との間に差があったことを意味する。

文献8)~10)より作成。

食味では、有機の甘味が強く、味の総合評価が高かった(いずれも、 $p < 0.05$)。しかしながら、生産地ごとで官能評価試験の総合評価を比較すると、図1に示したとおり、有機の評価が慣行に比べて高いもの、慣行の評価が高いもの、有機・慣行いずれも平均より評価の高いもの、低いものなど栽培法の違いによる一定の関係性は認められなかった。本実験条件では生産地ごとに観察された有機と慣行の関係性を明らかにすることはできなかったため、次年度の試験では品種間差に着目し試験計画を立てることとした。

第二期(2003年度)試験では、“よかつた菜(官能評価の総合評価で有機と慣行の差が最も大きく有機の評価が高かった品種)”と“楽天(有機の評価が慣行に比べ

図1 コマツナ官能評価結果(生産地別) 茹で調理後の総合評価・良悪

て低かった品種）”を試験試料に選択し、2県から有機と慣行をペアで入手した。また、生育期間の影響を避けるため、ペアとなる試料の栽培期間（播種日と収穫日）を統一した。成分分析結果を表4に示した。第一期試験結果と同様に栽培法の違いによる差はなかった。一方、品種別では“よかった菜”が“楽天”に比べて水分および硝酸態窒素が有意に少なく（ $p<0.05$ ）、Brix 糖度、 β -カロテン、ビタミン K、ビタミン C は有意に高値であった（ビタミン K； $p<0.01$ 、その他； $p<0.05$ ）。ビタミン K は無水物基準換算値（ $\mu\text{g}/\text{dry } 100 \text{ g}$ ）でも、有機（ 1521 ± 96 ）が慣行（ 1304 ± 87 ）に比べて有意に高含量であった（ $p<0.05$ ）。官能評価試験の結果を図2に示した。有機は慣行に比べて味に関する評価が有意に高かった。品種間比較では、その差がより顕著となり、“よかった菜”は“楽天”に比べ、生の外観、茹で調理後の味において有意に高い評価を得た（ $p<0.01$ ）。“よかった菜”が“楽天”に比べて官能評価成績が良好であるという関係性は第一期試験（図1）でも確認されており、コマツナの品質には栽培条件よりも品種の影響が大きいことが示唆された。栽培法間よりも品種間差が大きいとするこのような報告は、トマトでも見られる²³⁾。

第三期（2005年度）試験では、第二期試験で明らかとした「コマツナの品質に強い影響を与える因子は品種である」ことを踏まえ、有機栽培と慣行栽培という栽培法の違いがコマツナの品質に与える影響を純粋に精査することを目的として試料条件を設定した。具体的には、①品種：よかった菜に統一、②生産地：埼玉県深谷市または熊谷市に限定、③栽培時期と栽培期間：播種日、収穫日、栽培日数の差をすべて1週間以内に調整するなど、できうる限り品質に影響を与える因子を排除するように努めた。成分分析の結果、有機のカリウム含量（ $649\pm 25 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ）が慣行（ $575\pm 18 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ）に比べて高値（ $p<0.05$ ）であった以外、その他の主要成分には栽培法の違いによる差は見られなかった（表4）。官能評価では、生および茹で調理後の色の濃淡において、慣行が有機に比べて色が濃いと評価され（ $p<0.05$ ）、同じく慣行の生の外観の良悪で有機に比べ良いとする評価が得られた（ $p<0.01$ ）。一方、前年度まで観察された有機の味の高評価は認められなかった。本結果を見る限りでは、コマツナの食味改善に対する有機質資材施用の関与は低いと考えられたが、この結果のみで有機農作物の高品質性、有機資材活用のプラス効果を否定することはできない。樋口ら²⁴⁾は、コマツナを試料とした栽培実験を行い、牛糞堆肥を施用した栽培区で地上部の鉄含量が高値となることを見出し、有機質肥料の施用は土壌微生物や根の機能を活性化させ、根から分泌された有機酸等のキレート物質が土壌中の不溶態鉄を植物が利用しやすい形態に変え、地上部の鉄含量を上昇させる可能性があるとして述べている。また、中井ら²⁵⁾は土壌の違いによる野菜（コマツナとルッコラ）の抗酸化力への影響を調べ、両野菜と

も有機農法用土による栽培品が慣行農法用土による栽培品よりも高い抗酸化力を示したとし、抗酸化力の高い野菜作出における有機農法の有効性を指摘している。いずれの報告も研究者による試験栽培であるため、現実の有機農産物に直接的に反映されるとは考えがたいが、有機質資材の活用による品質改善効果を示唆する興味深い報告である。

第三期試験と第一期・第二期試験とを改めて比較したところ、相違点として、栽培日数の違いが見られた（表1）。第三期試験試料の栽培日数が約2/3に短縮された理由としては、播種日を前年度までに比べて半月から1か月早めたことと栽培時期の平均気温が高かったことが影響していると考えられた。一般に葉菜類の生長は気温が高いほど早く、水分含量が増え、他の成分量は少ない傾向にある。また、生育期間が長く、生育環境温度が低下するほどビタミン C や糖含量が増加したとする報告もある^{26, 27)}。第三期試験で用いたコマツナは生長が早く、有機、慣行ともに施肥効果が十分に発揮される前に収穫したため、味との関連性が期待される糖や遊離アミノ酸の蓄積量が少なくなり、官能評価結果に差をもたらさなかった可能性も考えられた。

第三期試験では、埼玉県農林総合センターで試験栽培されたコマツナ2品についても本試験と同様に成分分析と官能評価試験を実施した。一つは未利用資材の活用を目的として学校給食残飯の一次発酵物を元肥に用いた有機栽培品（これを試験試料Aとする）、もう一つは高度化成肥料を元肥に用いた完全化学肥料栽培＝慣行栽培品（これを試験試料Bとする）であり、施用量はいずれも窒素換算で15 kg/10 aであった。成分分析結果を表5、官能評価結果を表6に示した。成分含量はこれまでの分析結果と同様、施肥法の種類による差は見られず、また、同時期に実施した有機、慣行栽培コマツナとも差はなかった。官能評価については、生の外観では試験試料Bが好まれたが、茹で調理後の食感の総合評価、あくっぽさを除く味の項目では試験試料Aの評価が高かった。日本では、2011年現在、カロリーベースの食料自給率が39%と低く、食料確保の大半を輸入に頼っている。その一方で、食品ロス（食品の食べ残しや廃棄）の多いことが社会問題になっている。上述の試験栽培は事例観察に過ぎないが、給食残飯堆肥で栽培したコマツナが市場流通品と遜色のない品質であったことは、今後、有機廃棄物の有効活用を模索する上で意義のある結果であったと考えられる。

正元²⁸⁾らは、小学校理科授業の実践として、生ゴミ（給食残飯）や落ち葉が堆肥になる様子を自然界でのリサイクルに見立て、これを見聞に体験させている。また大前²⁹⁾は、①児童自らが集めた廃棄物素材で生ゴミ処理箱を作製し、②生ゴミ処理箱を用いて給食残飯を堆肥化、③製造した堆肥を活用して野菜栽培を行い、④収穫した野菜を食す、という環境教育および食育教材の開発に取

図2 第二期 (2003年度) コマツナ官能評価結果 (文献9) より抜粋)

生: 未調理, 茹: 加熱調理後

り組んでいる。いずれも、体験から環境問題や食問題を考えさせ、循環型生態系を保持することの重要性に気づかせようとする試みである。有機農産物 (生産から消費までの過程を通じて化学肥料・農薬等の合成化学物質や生物薬剤、放射性物質、遺伝子組換え種子および生産物等をまったく使用せず、その地域の資源をできるだけ活用し、自然が本来有する生産力を尊重した方法で生産されたもの: 日本有機農業研究会による定義) を生産する農業形態が有機農法であるならば、循環型生態系の維持は有機農業がめざす一側面に通ずるものといえる。生ゴミはわれわれにとって最も身近な環境汚染物質であるが、堆肥化して作物栽培に活用すれば、有機農業の直接的関与物となる。また、環境教育や食育媒体として用いれば、

食を支える農業形態の見直しにもつながるなど、間接的役割をも秘めている。藤山ら³⁰⁾は「生態学から見た有機農業」を論述するに当たり、冒頭で、『昨今、農産物の偽装表示や輸入農産物への農薬混入問題など食をめぐる事件は後を絶たない。そして今、日本の食料自給率は平成18年以降40%を切っている。こうした中で食料に対する危機意識が非常に高まりを見せている。安全、安心な食品を求める議論が盛んなだけでなく、二酸化炭素削減等と関連した世界的農産物需要の高まりや異常気象などによる農産物の高騰、逼迫化により、生命線である食料をめぐる安保戦略の議論さえも活発になっている。』と述べているが、われわれは今まさに世界的視野に立って有機農業をとらえ、有機農産物に期待する本来の付加価値

表 5 試験栽培コマツナの成分分析値

第三期（2005年度）試験

成分各種 (単位)	水分 (g/100 g)	灰分 (%)	糖度 (%)	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	β - カロテン (μ g/100 g)	ビタミン K (mg/100 g)	ビタミン C (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 (mg/100 g)
有機 試験試料A	94.2	1.2	2.0	13	584	107	23	37	0.6	0.2	0.04	0.17	1597	213	55	57
慣行 試験試料B	94.5	1.0	1.9	3	558	120	25	35	0.4	0.1	0.03	0.15	1068	150	47	79

試験試料A：学校給食残飯の一次発酵物を元肥として栽培

試験試料B：高度化成肥料（15：15：15）を元肥として栽培

施肥料：いずれも窒素換算で15 kg/10 a

表 6 試験栽培コマツナの官能評価結果

第三期（2005年度）試験

評価項目	試験試料A	試験試料B	有意差 $p <$
生・色（濃淡）	0.03	0.10	
生・色（良悪）	-0.03	0.45	0.05
生・外観の総合評価（良悪）	0.10	0.55	0.05
茹・色（濃淡）	0.26	0.52	
茹・外観の総合評価（良悪）	0.23	0.58	
茹・葉部かたさ（良悪）	0.26	0.03	
茹・葉部すじっぽさ（良悪）	0.52	0.10	
茹・葉部食感の総合評価（良悪）	0.35	0.10	
茹・茎部かたさ（良悪）	0.55	0.19	
茹・茎部すじっぽさ（良悪）	0.19	-0.06	
茹・茎部食感の総合評価（良悪）	0.48	0.13	
茹・食感の総合評価（良悪）	0.00	-0.71	0.01
茹・甘味（強弱）	0.39	-0.48	0.001
茹・甘味（良悪）	0.10	-0.48	0.05
茹・あくっぽさ（良悪）	-0.58	-0.61	
茹・後味（良悪）	0.13	-0.52	0.01
茹・味の総合評価（良悪）	0.19	-0.39	0.01
茹・総合評価（良悪）	0.35	-0.32	0.01

生：未調理，茹：加熱調理後

値を見直すべき時を迎えていると考えられる。

(3) ホウレンソウ

第一期（2002年度）試験の成分分析結果を表7，官能評価結果を図3に示した。各成分量に有機と慣行の差は見られなかった。官能評価では生の外観は有機が好まれたが茹で調理後では慣行が好まれた（いずれも， $p < 0.01$ ）。茹で調理後の有機は甘味が強く，総合評価も高値であった（いずれも， $p < 0.01$ ）。この評価結果には，コマツナと同様，品種の影響が懸念されたため（図4①），第二期試験では第一期試験で有機と慣行の官能評価に最も差が見られた“アトランタ”を試料として比較試験を実施した。

第二期（2003年度）試験においても，各成分含量に栽培法の違いによる差はなかった（表7）。官能評価は第一期試験結果よりも有機と慣行の差が減じ，茹で調理後の外観で慣行が好まれ（ $p < 0.01$ ），食感の総合評価で有機が好まれる（ $p < 0.05$ ）という違いのみが観察された（図

3）。

第一期，第二期試験結果を総括すると，ホウレンソウを習慣的に栽培している農家で作出されたホウレンソウの主要な体内成分含量は，肥料条件の影響を受けにくい（有機と慣行に差はない）ことが明らかとなった。一方，官能評価については，品質に関与する諸条件（品種や栽培期間等）を揃えると，栽培法の違いによる差が減少する傾向が認められた。しかし，平均値の比較では一見差がないようにみられた結果も，個々の試料で比較した場合には，図4および図1（コマツナ）に見られるように，栽培法の違いだけでは説明できない評価の差が認められた。野菜の品質には肥料条件に加え，栽培環境の影響も大きいことが示されており^{27, 31-33)}，多くの生産者は経験から気候や生育状態にあわせて肥料の種類や施肥量を選択し，一定の収穫量と高品質な農作物の生産をめざしていると考えられる。そこで，生産者がその経験をもとに継続的に高品質野菜を作出しうるかを検討するため，第四期試験を計画した。

表7 ホウレン草の成分分析値

第一期 (2002年度) 試験

成分各種 (単位)	水分 (g/100 g)	灰分 (%)	糖度 (%)	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	β - カロテン (μ g/100 g)	ビタミン K (mg/100 g)	ビタミン C (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 (mg/100 g)
有機 平均値	87.5	1.7	8.5	6	848	57	62	47	4.4	0.9	0.10	0.33	2934	214	82	292
有機 標準偏差	1.3	0.2	2.0	5	114	27	10	4	1.5	0.2	0.03	0.08	502	32	11	85
慣行 平均値	87.6	1.6	7.6	2	862	37	47	47	4.5	0.9	0.10	0.85	3051	197	70	285
慣行 標準偏差	0.6	0.1	1.8	1	31	11	4	14	1.0	0.2	0.03	0.90	881	22	20	39
成分表値	92.4	1.7	—	16	690	49	69	47	2.0	0.7	0.11	0.32	4200	270	35	—

第二期 (2003年度) 試験

成分各種 (単位)	水分 (g/100 g)	灰分 (%)	糖度 (%)	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	β - カロテン (μ g/100 g)	ビタミン K (mg/100 g)	ビタミン C (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 (mg/100 g)	硝酸態 窒素 (mg/100 g)
有機 平均値	87.4	2.0	9.0	17	673	62	79	69	4.1	0.6	0.12	0.53	6318	153	87	317	45
有機 標準偏差	2.2	0.2	2.2	9	62	15	28	14	4.3	0.2	0.04	0.47	1392	15	22	127	8
慣行 平均値	88.5	2.0	7.8	14	639	53	59	68	2.2	0.7	0.27	0.71	6015	139	85	272	45
慣行 標準偏差	1.8	0.3	1.8	10	53	11	9	18	0.7	0.2	0.21	0.57	1230	38	19	72	19

第四期 (2005年度) 試験

成分各種 (単位)	水分 ^w (g/100 g)	灰分 (%)	糖度	Na ^{w,d}	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn ^d	Cu	Mn ^{w,d}	β - カロテン (μ g/100 g)	ビタミン K (mg/100 g)	ビタミン C (mg/100 g)	総遊離 アミノ酸 ^{w,d} (mg/100 g)	硝酸 (mg/100 g)	シュウ 酸 ^w (mg/100 g)
有機 平均値	86.7	2.1	9.8	20	745	55	96	78	2.4	0.8	0.11	0.42	4485	205	77	271	234	502
有機 標準偏差	0.1	0.2	0.4	8	105	14	21	24	0.8	0.1	0.04	0.13	2148	62	23	17	58	18
慣行 平均値	87.6	2.0	8.4	5	774	48	62	78	2.3	1.0	0.23	1.41	4511	214	72	310	351	444
慣行 標準偏差	0.4	0.4	1.3	2	58	13	22	14	0.9	0.1	0.27	0.51	1895	63	21	16	240	27

各成分値は糖度を除き可食部100 g当たりの含有量で、第一期は3試料、第二・四期は4試料の平均値と標準偏差を示した。

有意差検定は Mann-Whitney の *U* 検定を用い、*w* は生重量100 g 当たり、*d* は乾物重量100 g 当たり、危険率5 %で有機栽培と慣行栽培との間に差があったことを意味する。

文献8), 9), 11) より作成。

第四期 (2005年度) 試験では、有機と慣行の試験試料をそれぞれ同一生産者に3年間委託した。成分分析結果は表7に示したとおりである。水分、マンガンおよび総遊離アミノ酸量が慣行に比べ有機で有意に低値であり、シュウ酸とナトリウム含量は有機が慣行に比べ有意に高値であった (いずれも、 $p < 0.05$)。水分含量に差を認めたため、無水物基準換算値についてもデータを比較したところ、亜鉛、マンガン、総遊離アミノ酸量は有機が慣行に比べて低く、ナトリウム含量は有機が慣行に比べて有意に高値であった (いずれも、 $p < 0.05$)。このような差をもたらした理由は不明だが、栽培委託した有機と慣行の圃場では体内成分に影響を与えるなんらかの相違点があるものと考えられ、今後、検討が必要である。村山ら³⁴⁾は、長年にわたって有機農業に取り組んできた農家と、その有機栽培農家と隣接した地域で同一作型の栽培をしている慣行栽培農家を選定し、有機と慣行のホウレンソウを17ペア入手し、各種成分含量を比較している。市場流通されるホウレンソウを試験対象とした理由は、試験栽培品 (農産物の品質に影響する諸因子に配慮して計画栽培されたもので、消費者が入手できない野菜) の結果では、消費者や生産者が抱えている有機野菜イメー

ジの化学的解明にはつながらないとの考えに基づいており、筆者らの研究理念と一致する。村山らの比較試験では、慣行の β -カロテン含量 (μ g/100 g) が有機に比べて高く、全窒素含有率 (%) と強い正の相関を示したことから、慣行栽培ホウレンソウで β -カロテン含量が高値となった理由を、先行研究結果³⁵⁻³⁷⁾も踏まえ、栽培法の違いと言及せず土壌中の無機態窒素供給量の差と考察している。一方、Koh³⁸⁾らは有機栽培農場と慣行栽培農場で27種類のホウレンソウを栽培し、栽培体系の違いによるアスコルビン酸、フラボノイド類、硝酸およびシュウ酸含量を比較している。その結果、有機農法は低硝酸、高フラボノイド・高アスコルビン酸含量のホウレンソウを作出しうる栽培形態であると提唱している。この2報だけを比較しても、栽培法の違いによる品質差を証明することの難しさが理解できよう。浅野³⁹⁾は有機物施用による品質向上効果の要因を施効効果と改良資材の効果に大別し、いずれの効果によるものかを明らかにする重要性を述べている。今後は施肥条件が体内成分に与える影響を実験的に確認したのち、試験栽培品と市場流通品、両者の成分含量を調べ、実験研究結果の再現性を見出せるか否かを一つの指標とし、有機農産物の品質を実証し

図3 ホウレン草の官能評価結果（文献9）より抜粋）

生：未調理，茹：加熱調理後

ていくことが必要と考えられた。

第四期試験の官能評価結果を図5に示した。生のホウレンソウにおいては、有機の色が濃く、外観の総合評価が好まれた。一方、茹で調理後の外観総合評価は有機よりも慣行が好まれた。しかし、食感、味、総合的な評価はいずれの栽培年度も有機が慣行の評価点を上回った。特に、食感の総合評価と全体的な総合評価は3年間とも有機の評価が慣行よりも有意に高かった。この結果は、ホウレンソウの食味・食感に関わる品質が主要な体内成分とは異なり、有機肥料施用のプラス効果を受けやすい野菜である可能性を示している。本試験試料は、3年間で品種、栽培時期、栽培日数を揃え、同一生産者が栽培したホウレンソウであるが、露地栽培のため、年度ごと

に気象条件は異なっている。また官能評価パネルも3年間で同一ではない。それに関わらず、すべての年でも有機が好評価であったことは、有機栽培農業者の経験的な栽培技術によるところが大きいと考えられた。有機農産物の高品質性を明らかにするためには、高品質野菜を作出する農業者の栽培条件を詳細に調査し、栽培技術を体系化していくことも重要である。

（4）まとめ

農産物の品質を体内成分含量としてとらえた場合、高品質性を示す条件は大きく二つに大別される。一つは、栄養成分や機能性成分の充実であり、もう一つは農薬を含め、健康被害が懸念される有害物質の排除や低蓄積化

図4 ホウレンソウ官能評価結果(栽培地別)
茹で調理後の総合評価・良悪

である。Dangour ら⁴⁰⁾は有機食品に関して1958年から2008年の間の報告を調査し、有機農産物と慣行栽培農産物との栄養的品質の違いを証明する科学的根拠はないと結論している。Hoeftens ら⁴¹⁾は、ニンジン、トマト、レタス、ホウレンソウ、ジャガイモの品質を栄養成分と汚染物質(農薬、硝酸、微量元素など)という二側面からレビューし、有意差をもって含有量の異なる成分もあるが、有機野菜の優位性を科学的に証明することはできないと述べている。また同論文の中で、野菜の品質に対する炭素/窒素(C/N)バランスの重要性を指摘しており、有機栽培では堆肥(=緩効性窒素であること)の効果により硝酸が少なくビタミンCの多い野菜を作出する可能性を論じている。有田ら⁴²⁾は、有機認証野菜のビタミンCと硝酸含有量を測定し、窒素施肥料とビタミンC・硝酸イオン量との相関性から窒素含量の比較的小さい牛糞堆肥を用いることで、葉菜のビタミンCは増加し、硝酸は少なくなる可能性を推察している。別の報告では、種類の異なる有機物を施用して栽培した葉菜で、窒素の無機化率が高まるほど収穫物中の硝酸濃度は高く、還元糖濃度は低くなることが観察されている⁴³⁾。なお、硝酸の低減化については、国内だけでも多数の研究報告があり^{31, 44-49)}、自由に活用できる『野菜の硝酸イオン低減化マニュアル』も作成されている⁵⁰⁾。上述したような一連の研究報告、ならびに筆者らの研究結果から推察すると、施肥が野菜の体内成分含量に与える影響は有機質資材に限定した作用効果ではないことが容易に理解できる。有機的・化学的に関わらず、量を見捨てて施用すれば環境汚染や健康被害の原因となることを、品質云々を問う以前に正しく認識する必要がある。

栽培法の違いと食味との関連性については報告が少なく、高橋ら⁵¹⁾は、コマツナを慣行栽培区、化学肥料栽培区、有機試料栽培区に分けて栽培し、香り、食感、味に関する有意差は認められなかったが、加熱調理後の色について、化学肥料栽培区が他の栽培区に比べて有意に濃かったと報告している。Zhao ら⁵²⁾は、試験的に有機栽培と慣行栽培で作出した葉菜類(リーフレタス、ホウレンソウ、ルッコラ、カラシナ)の総合的な好み、香りの

強度、苦味の強度を比較し、差はなかったと報告している。一方、筆者らは第四期試験において、有機栽培が少なくともホウレンソウの官能評価にプラス効果を与える可能性を示した。詳細な成分分析を行った調理済み野菜で官能評価を行い、おいしさを左右する関与成分を明らかにできれば、ホウレンソウの品質向上に貢献する有機資材の活用方法の解明につながるものと期待される。

4. 要 約

本研究は消費者が入手可能な有機野菜の品質を明らかにすることを目的として、実際に有機野菜を出荷している有機栽培農家とその近隣で慣行栽培を行っている農家に野菜栽培を依頼し、有機と慣行の比較試験を行った。対象とした野菜は、レタス、コマツナ、ホウレンソウである。品質については、生体成分量の多少と官能評価試験成績で評価することとした。各年度とも比較した試料数が有機と慣行をペアにして3もしくは4組と少ないため、本結果が国内で生産されている有機農産物の実態を代表しているとはいえない。また、各栽培野菜の施肥条件や土壌中の成分含量を把握していないため、統計的有意差のあった成分が何の違いに由来するものなのか、文献的解釈を加える以外、直接的な影響因子を解明するまでには至っていない。官能評価試験では明瞭な有意差を認めているが、茹で調理後の成分分析を実施していないため、どのような成分が食味の良悪を左右しているかは不明である。しかしながら、本研究は着眼点を修正しながら、継続的に調査してきた結果であり、予備試験を含めた5年間の研究で次のことを明らかにした。

1) 市場に流通しているレタス、コマツナ、ホウレンソウの有機栽培品は慣行栽培された物に比べて高品質といえるか。→ 一般的な体内成分含量は栽培方法の違いによる差を認めず、成分含量の点で有機が慣行よりも高品質であるとはいえない。官能評価への影響は野菜の種類によって結果が異なり、レタスでは栽培法の差は見られず、コマツナ、ホウレンソウでは一部の試験結果に有機が慣行に比べて甘味が強く、総合評価も好まれるといった有意な差が確認された。栽培法の

図5 ホウレン草の官能評価結果（文献11）より作成）

生：未調理，茹：加熱調理後

データは3年間の評価の平均値で示した。

↑：分析した年度ごとに有機と慣行を比較し、3年間とも有機が高評価であったことを示す。

※：分析した年度ごとに有機と慣行を比較し、有機の評価が3年間とも有意に高値であったことを示す。

違いは官能評価因子に影響を及ぼし品質改善に寄与する可能性がある。

- レタス、コマツナ、ホウレンソウの主観的品質（官能評価結果）を左右する因子はなにか。→「外観」「食感」「味」に大別すると、いずれの野菜も「味」の違いが評価に強く影響することが示された。「味の総合評価」は「後味の良悪」と最も良く相関し、後味の改良がレタス、コマツナ、ホウレンソウの品質向上につながる。
- コマツナの品質は栽培法と品種のどちらの違いによる影響が強いのか。→成分含量、官能評価とも品種間差の影響が大きい。
- 栽培法の違いがコマツナやホウレンソウの品質に与える影響はどの程度か。→体内成分含量に差は認められない。品種を揃えた比較試験では、官能評価においても外観や色に関する項目を除き、栽培法の違いによる差はほとんど見られない。生産者が通常通りに栽培したコマツナやホウレンソウでは、分析結果を平均化すると有機栽培と慣行栽培という栽培法の違いによる明瞭な差は確認できず、有機物施用による普遍的な効果は期待しにくい。
- 農業者の栽培技術は高品質なホウレンソウの栽培に関与するか。→同一生産者が3年間栽培したホウレンソウの官能評価はいずれの年も高得点を獲得した。高品質野菜の作出には農業者の経験的な栽培技術が強く影響している。これらの結果を踏まえ、土壌や作物に対する有機物施

用効果を明らかにするためには、現象（＝期待する作用）に対する関与物質を明らかにすることが重要であり、同時に効果を判定する精度の高い評価技術の開発も必要である。

5. おわりに

日本国内の野菜総生産量に対する有機JASに基づく有機農産物の格付率は2011年度；0.34%であり、施行当初2001年度；0.11%から増加したと言いき難い。他方、国外での格付率は10年間で顕著な増加を示した（図6）。外国で格付された有機農産物は、主に海外で有機農産物加工食品の原材料として使用されるが、一部は日本向けにも出荷されている。2011年度、国外で格付され日本に導入された有機野菜は、同じ年度の国産有機野菜格付量の50%に匹敵し、有機農産物の需要の高さが窺える。要求の高さに比し、国内での格付が伸び悩む理由には、認定にかかる費用の負担や記録作りなどの手間が指摘されてきた⁵³⁾。そのため、実態数は明らかでないものの、認定を受けずに有機農業を営む農業者も多数存在していた。政府は2006年、こうした農業者への支援を考慮し「有機農業の推進に関する法律（有機農業推進法）」を公布、施行した。これにより、わが国には有機JASと有機JAS以外という2つ有機農業が存在することになった。両者の最大の違いは認証組織による検査・認定の有無である。有機JAS以外の農産物は、たとえ規格に合致する生産方法で生産した農産物であっても「有機」「オーガニック」といった名称を用いることはできず、諸外国からも有機

農産物とは認められない。国家が有機農業の普及・推進をめざして導入した法律は、国内外で有機農産物とは認められない有機農産物を市場に流通させる結果となり、実に不自然な状況を生み出している。

厳格な有機農業の拡大が低迷する中、「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」に基づき、堆肥等を使った土作りと化学肥料・化学農薬の使用の低減を一体的に行う農業者（エコファーマー）は、1999年7月に法律が制定されて以降、着実に認定数を伸ばしている（図7）。環境保全の観点から、県や市町村レベルで減農薬・減化学肥料等の特別栽培農産物の栽培を推奨・実践している地域も多く、農業者・消費者ともに食の安全性や品質には根強い関心があるようだ。今後、完全化学肥料栽培が減少し、慣行栽培であっても適宜、有機物を施用する栽培法が増加すれば、市場に出回る農産物の品質差はますます縮小されていくものと予想される。

有機農業は、堆肥や有機質肥料などの使用により地力を高め、病害虫に強い作物を育てることで化学肥料や農薬の使用を低減化さらには無用化しようとするものである。単に施肥資材を有機質系に換え、無農薬栽培するものではなく、環境を守り、生物多様性に配慮しながら資源（カリウムやリンなど）を有効に活用する持続可能な農業システムととらえるべきである。有機農業の本来の意味を理解すれば、たとえ栄養成分や食味に慣行栽培農産物と差がなかったとしても、有機農法で栽培された農産物は有機農法によって栽培された時点で、重要な意義をもっていると考えられる。しかしながら、有機農業を我が国の標準的な農業形態として定着させるためには、有機農業運動のもつ理念、有機農業の役割を伝播・浸透させ、正しく理解してもらうことが肝要である。その一助として、有機農産物の安全性やおいしさ、栄養や生体機能等を示す体内成分量の充実を科学的根拠をもって評価し、有機農産物の価値を証明する意義は大きいと考えられる。

謝 辞

本研究を実施するにあたり終始ご指導ご鞭撻を賜りました女子栄養大学名誉教授・辻村 卓先生に心より感謝申し上げます。成分分析やご助言をいただきました女子栄養大学准教授・根岸由起子先生、埼玉医科大学教授・奥崎政美先生に深謝いたします。分析試料や情報提供にご尽力いただきました環境保全型生産者団体「Radixの会」成田国寛氏に心より御礼申し上げます。本実験にご協力いただいた、女子栄養大学生物有機化学研究室卒業研究生の諸姉に謝意を表します。

文 献

- 1) 出村克彦：農業と環境—新たな農政目標、会計検査研究、26、45-58（2002）
- 2) 館野廣幸：有機農家からみた日本の有機農業と関係する思想家たち、社会科学論集、136、61-68（2012）
- 3) 日本農業研究会：有機農業に関する基礎基準（<http://www.joaa.net/mokuhyou/kijun.html>；2013年8月現在）
- 4) 吉野馨子：有機農業への消費者の理解増進調査報告、日本有機農業研究会、p.6-7（2012）（<http://www.joaa.net/research/research.html#syohisya-h> 24；2013年8月現在）
- 5) Woese K, Lange D, Boess C, Bögl KW : A comparison of organically and conventionally grown foods results of a review of the relevant literature, *J Sci Food Agric.*, 74(3), 281-293（1997）
- 6) 目黒孝司：有機野菜の品質と評価、農林水産技術研究ジャーナル、21（7）、30-34（1998）
- 7) 堀田博：有機栽培と慣行栽培農産物の品質上の差異、日本食品科学工学会誌、46（6）、428-435（1999）
- 8) 辻村卓、日笠志津、根岸由紀子、奥崎政美、竹内周、成田国寛：栽培条件（有機栽培と慣行栽培）の違いによる野菜栄養成分の比較 [I]、ビタミン、79（10）、497-502（2005）
- 9) 日笠志津、根岸由紀子、奥崎政美、竹内周、成田国寛、辻村卓：栽培条件（有機栽培と慣行栽培）の違いによるレ

図6 有機農産物JAS格付実績の推移（国産・外国産）

農林水産省報告（格付実績）より筆者が作成：http://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/youki.html

（外国産有機農産物国内利用量は平成22年以前のデータがないため示していない）

図7 エコファーマー認定件数の推移（地域別）

（農林水産省ホームページより転載：http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h23_h/trend/part1/chap3/c3_7_02.html；

2013年8月現在）

- タス、コマツナ、ハウレンソウの官能特性の比較，日本食生活学会誌，19（1），18-27（2008）
- 10) 日笠志津，根岸由紀子，奥崎政美，竹内周，成田国寛，辻村卓：栽培条件（有機栽培と慣行栽培）の違いによる野菜栄養成分の比較〔Ⅱ〕：コマツナ，ビタミン，83（9），542-546（2009）
- 11) 日笠志津，根岸由紀子，奥崎政美，成田国寛，辻村卓：栽培条件（有機栽培と慣行栽培）の違いによるコマツナ・ハウレンソウの栄養成分と官能特性，日本食生活学会誌，23（1），26-32（2012）
- 12) 藤原孝之：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（7），743-748（2001）
- 13) アルバート・ハワード，横井利直，江川友治，松崎敏英：ハワードの有機農業，農山漁村文化協会，東京，p.17-30（2002）
- 14) 科学技術庁資源調査会食品成分部会編：五訂日本食品標準成分表分析マニュアル，資源協会，東京（1997）
- 15) 奥崎政美，辻村卓，菅原龍幸：高速液体クロマトグラフィーによる α -， β -カロテンの分離・定量法の検討，女子栄養大学栄養科学研究年報，1，135-139（1993）
- 16) 辻村卓，日笠志津，土肥口泰生，菅原龍幸：蛍光検出—高速液体クロマトグラフィー法による植物性食品中ビタミンKの定量，女子栄養大学紀要，29，47-52（1998）
- 17) 日笠志津，高村一知，辻村卓，菅原龍幸：カラムスイッチングシステムを用いた高速液体クロマトグラフィーによる食品中ナイアシン定量法，ビタミン，74（7），347-355（2000）
- 18) 辻村卓，日笠志津，笠井孝正：2,4-ジニトロフェニルヒドラジンを用いた高速液体クロマトグラフィーによる食品中ビタミンCの定量，ビタミン，70（5・6），241-248（1996）
- 19) 奥崎政美，鈴木忠直：新食品分析ハンドブック（菅原龍幸，前川昭男監修），建帛社，東京，p.33-44（2000）
- 20) 佐々木弘子：新食品分析ハンドブック（菅原龍幸・前川昭男監修），建帛社，東京，p.114-117（2000）
- 21) 堀江秀樹，木矢博之，伊藤秀和，一法師克成，東敬子：キャピラリー電気泳動法によるハウレンソウ中の硝酸イオンおよび主要有機酸の同時分析，園芸学研究，4（1），95-98（2005）
- 22) 江崎一子，森みどり，高館麻巳子，松永薫，佐野雅俊：有機栽培レタスの食味及び内容成分に関する基礎研究，別府大学紀要，52，157-167（2011）
- 23) Ordóñez-Santos LE, Arbones-Macñeira E, Fernández-Perejón J, Lombardero-Fernández M, Vázquez-Odériz L, Romero-Rodríguez A：Comparison of physicochemical, microscopic and sensory characteristics of ecologically and conventionally grown crops of two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), *J Sci Food Agric.*, 89(5), 743-749（2009）
- 24) 樋口恭子，岩淵大，吉羽雅昭，但野利秋：有機質肥料の施用によるコマツナ鉄含量の増加，日本土壤肥料学雑誌，75（1），87-89（2004）
- 25) 中井さち子，丹波光明，山崎成一郎：土壌の違いによる野菜の抗酸化力への影響—慣行農法と有機農法を比較して—，九州看護福祉大学紀要，12（1），125-130（2011）
- 26) 山田（田村）千佳子，鈴木綾乃，根岸千絵，岩崎泰史，吉田企世子：ハウレンソウの収穫適期以降の生育過程における還元糖，アスコルビン酸，シュウ酸および硝酸含量の変動と食味との関係，日本栄養・食糧学会誌，58（3），139-144（2005）
- 27) 田村晃：栽培期間中の気温がハウレンソウおよびコマツナの糖とビタミンC含量に及ぼす影響，園芸学研究，3（2），187-190（2004）
- 28) 正元和盛，丸山修，吉田誠治：学校内生物資源リサイクルを活用した小学校理科授業実践，熊本大学教育実践研究，21，133-138（2004）
- 29) 大前慶和：環境教育および食育教材の開発に向けて：“持続可能な開発のための教育”の視点からの教材設計，経済学論集，64，21-32（2005）
- 30) 藤山静雄，藤田正雄：生態学から見た有機農業，信州大学環境科学年報，30，72-81（2008）
- 31) 篠原温，塚越覚，林菜穂子，丸尾達，北条雅章：ハウレンソウの養液土耕における日射比例型制御による硝酸濃度低減化技術の開発，園芸学研究，6（2），189-193（2007）
- 32) 東尾久雄：野菜の栽培条件と品質形成，日本食品保蔵科学会誌，27（6），349-355（2001）
- 33) 加藤忠司，青木和彦，山西弘恭：冬期ハウス栽培ハウレンソウのビタミンC， β -カロテン，トコフェロールおよびシュウ酸含有量に対する外気低温の影響，日本土壤肥料学雑誌，66（5），563-565（1995）
- 34) 村山徹，宮沢佳恵，長谷川浩：秋冬作ハウレンソウの品質に対する有機栽培と慣行栽培の差違，日本食品科学工学会誌，55（10），494-501（2008）
- 35) Lefsrud MG, Kopsell DA, Kopsell DE：Nitrogen levels influence biomass, elemental accumulations, and pigment

- concentrations in spinach, *J Plant Nutr.*, 30(2), 171-185 (2007)
- 36) Chenard HC, Kopsell DA, Kopsella DE : Nitrogen concentration affects nutrient and carotenoid accumulation in parsley, *J Plant Nutr.*, 28(2), 285-297 (2005)
- 37) Kopsell DA, Kopsella DE, Celentano JC : Carotenoid pigments in kale are influenced by nitrogen concentration and form, *J Sci Food Agric.*, 87(5), 900-907 (2007)
- 38) Koh E, Charoenprasert S, Mitchell AE : Effect of organic and conventional cropping systems on ascorbic acid, vitamin C, flavonoids, nitrate, and oxalate in 27 varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.), *J Agric Food Chem.*, 60(12), 3144-3150 (2012)
- 39) 浅野次郎 : 野菜の品質に及ぼす有機物 (油かす, パークたい肥) の影響, 農業および園芸, 57 (11), 1399-1404 (1982)
- 40) Dangour AD, Dodhia SK, Hayter A, Allen E, Lock K, Uauy R : Nutritional quality of organic foods: a systematic review, *Am J Clin Nutr.*, 90(3), 680-685 (2009)
- 41) Hoefkens C, Vandekinderen I, Meulenaer BD, Devlieghere F, Baert K, Sioen I, Henauw SD, Verbeke W, Camp JV : A literature-based comparison of nutrient and contaminant contents between organic and conventional vegetables and potatoes, *Bri Food J.*, 111(10), 1078-1097 (2009)
- 42) 有田俊幸, 宮尾茂雄 : 有機認証野菜のビタミンC及び硝酸含有量, 東京都立食品技術センター研究報告, 13, 16-21 (2004)
- 43) 山崎晴民, 六本木和夫 : 有機物施用が葉菜類の収量及び品質に及ぼす影響, 埼玉県園芸試験場研究報告, 21, 7-20 (1998)
- 44) 松本真悟, 阿江教治, 山縣真人 : 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, 日本土壤肥料学雑誌, 70(1), 31-38 (1999)
- 45) 建部雅子, 佐藤信仁, 石井かおる, 米山忠克 : 緩効性窒素肥料の施用がホウレンソウのシュウ酸, アスコルビン酸, 糖, 硝酸含有率に与える影響, 日本土壤肥料学雑誌, 67(2), 147-154 (1996)
- 46) 落合久美子, 岩田良子, 間藤徹 : 市販ホウレンソウ, コマツナの硝酸態窒素含有率と全窒素, カリウム含有率との関係, 日本土壤肥料学雑誌, 75(6), 693-695 (2004)
- 47) 建部雅子, 岡崎圭毅, 鍵下恵太, 唐澤敏彦 : ホウレンソウの硝酸イオン含有率低減に対する養液土耕栽培の効果, 日本土壤肥料学雑誌, 77(1), 9-16 (2006)
- 48) 林哲央, 長尾明宣 : ホウレンソウの硝酸イオン濃度低減のための下層土窒素診断法, 日本土壤肥料学雑誌, 81(3), 263-266 (2010)
- 49) 松本拓也, 伊藤博通, 白居祐希, 白石齊聖, 宇野雄一 : 光質がレタス成長と野菜中硝酸イオン濃度に及ぼす影響, 植物環境工学, 22(3), 140-147, (2010)
- 50) 農業・生物系特定産業技術研究機構 野菜茶業研究所 : 野菜の硝酸イオン低減化マニュアル (2006)
(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/vegetea/pamph/010749.html; 2013年8月現在)
- 51) 高橋敦子, 松田康子, 駒場千佳子, 奥嶋佐知子, 吉田企世子 : 異なる土壌条件で栽培したコマツナの食味と物性について, 日本調理科学会誌, 39(2), 122-131 (2006)
- 52) Zhao X, Chambers E IV, Matta Z, Loughin TM, Carey EE : Consumer sensory analysis of organically and conventionally grown vegetables, *J Food Sci.*, 72(2), S87-91 (2007)
- 53) 保田茂 : 有機JAS制度の運用と今後の課題, 神戸大学農業経済, 34, 29-42 (2001)