

## 市販野菜の抗酸化成分およびラジカル捕捉活性の 季節変動と市場入荷量

### Investigation of Seasonal Changes in Antioxidant Contents and Radical-scavenging Activity of Commercial Vegetables and Commodity Distribution in Market

山口智子<sup>1</sup>, 今井陽子<sup>2</sup>, 明神千穂<sup>3</sup>, 高村仁知<sup>4</sup>, 的場輝佳<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tomoko YAMAGUCHI, <sup>2</sup>Yoko IMAI, <sup>3</sup>Chiho MYOJIN, <sup>4</sup>Hitoshi TAKAMURA  
and <sup>5</sup>Teruyoshi MATOBA

#### 1. はじめに

疫学調査によると、野菜の摂取量が多い国民はガンや虚血性心疾患による死亡率が低いとされている<sup>1-4)</sup>。さらに、糖尿病や高血圧などの生活習慣病や肥満など、現代人が抱えている健康上の問題に対しても、野菜の摂取が有効であることが報告されている<sup>2-5)</sup>。これらの生活習慣病の発症には、活性酸素・フリーラジカルが大きく関与していることが明らかになっており、不適切な食生活、喫煙、紫外線、ストレスなどが原因で生体内において過剰に生じた活性酸素・フリーラジカルが、遺伝子や生体膜などに酸化損傷を引き起こすことにより、これらの疾病が生じるとされている<sup>1)</sup>。

私達が日常的に摂取する野菜には、ビタミンC、β-カロテンなどの抗酸化ビタミン以外に、ポリフェノールなどの多様な抗酸化成分が含まれていることが明らかになっている<sup>3,6)</sup>。そして、これらの抗酸化成分の十分な摂取が、生活習慣病をはじめとする種々の疾病を予防するために有効である。厚生労働省は「21世紀における国民健康づくり運動（健

康日本21（第二次））」において、野菜の摂取量として350g／日を目標値としている。しかしながら、平成28年の国民健康・栄養調査の結果によると、成人の野菜の平均摂取量は276.5g／日にとどまっている<sup>7)</sup>。

野菜の生産と消費の動向について、日本における野菜の自給率の推移をみると、1985年の自給率は95%であったが、1995年には85%、2005年には79%となり、その後も80%前後で推移している<sup>8)</sup>。一方、野菜の輸入量は1985年頃は約100万トンであったが、1995年は262.8万トン、2005年は336.7万トンに増加し、その後も300万トン前後での推移がみられ、2015年では292.6万トンとなっている<sup>8)</sup>。生鮮野菜のみに注目すると、2015年には82.7万トンが輸入されており、特にカボチャ、タマネギ、ニンジンおよびカブの輸入量が多い<sup>9)</sup>。このように、輸入野菜の増加や野菜の栽培技術および貯蔵技術の進歩等により、われわれは様々な野菜を年間を通じて購入できるようになっている。

本来、野菜には供給量の最も多い時期である“旬”があり、旬の野菜は香りが豊かで美味しく、栄養価も高く、比較的安価であると言われている<sup>10-11)</sup>。しかし、野菜の生産および消費の周年化が進む中で、旬や季節感に対する意識は薄らいでいる<sup>12)</sup>。旬とその他の時期の野菜の栄養成分の違いについては、ビタミンおよびミネラル含有量に関する報告が多数みられる<sup>13-17)</sup>。特に、ハウレンソウに関する研究は数多くなされており、季節間でのビタミンC、シュ

2018.6.22 受理

<sup>1</sup> 新潟大学自然科学系（教育学部）

<sup>2</sup> 奈良女子大学生活環境学部

<sup>3</sup> 近畿大学農学部

<sup>4</sup> 奈良女子大学大学院生活環境科学系食物栄養学領域

<sup>5</sup> 関西福祉科学大学健康福祉学部

ウ酸およびカリウム含量の差が大きいことが報告されている<sup>15,17,18)</sup>。そして、七訂日本食品標準成分表からは、夏採りと冬採りの場合の含有量が記載されるようになった。このように、野菜の栄養成分の季節変動に関する研究はビタミンやミネラルについて多くみられるが、ポリフェノールなどの抗酸化成分に関する研究は少ない。

そこで本研究では、市販野菜の抗酸化成分の季節変動を明らかにするために、日常的に良く利用される13種類の野菜について、春、夏、秋、冬の4シーズンのラジカル捕捉活性を測定するとともに、ラジカル捕捉活性に寄与する抗酸化成分として、還元型ビタミンC（アスコルビン酸）量と総ポリフェノール量の測定を行った。さらに、市場における野菜の入荷量を調べ、野菜の旬と抗酸化成分との関連性を検討した。

## 2. 実験方法

### (1) 供試野菜

カボチャ、キャベツ、ジャガイモ、タマネギ、ダイコン、トマト、ナス、ニンジン、ネギ、ピーマン、ブロッコリー、ホウレンソウ、レタスの13種の野菜を試料とし、測定当日、奈良市内のスーパーマーケットより購入した。測定は5月(春期)、7月(夏期)、10月(秋期)、12月(冬期)の4シーズンに実施した。

### (2) 試薬

1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル (DPPH)、トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン (トリス)、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン (DNP)、L-アスコルビン酸、2,6-ジクロロインドフェノールナトリウムは特級試薬を、アセトニトリルは高速液体クロマトグラフ用を、フェノール試液は蛋白質測定用をナカライテスク (京都) より購入した。メタノールは高速液体クロマトグラフ用を和光純薬工業 (大阪) より購入した。6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox)はSigma-Aldrich Chemical Co. Inc. (Milwaukee, WI, USA)より購入した。その他の試薬は市販の特級試薬を用いた。

### (3) 試料の調製および測定

#### 1) ラジカル捕捉活性の測定

水分を拭き取った野菜の可食部を、セラミック製包丁を用いて1cm角程度に刻んで各部位をよく混合し、凍結乾燥を行った。凍結乾燥後の粉末試料を0.05~0.10g秤量し、5%酢酸入り90%メタノール溶

液を2mL加えた。ボルテックスミキサーにて1分間攪拌抽出した後、遠心分離 (4℃, 1,500 × g, 5分) を行い、上清を回収した。この操作を3回繰り返し、窒素ガス下で抽出液を乾固した。90%メタノールで再溶解したものを0.45μmフィルターで濾過後、適宜希釈して測定に用いた。ラジカル捕捉活性の測定はYamaguchiら<sup>19)</sup>の方法に準じて、DPPHラジカルに対するラジカル捕捉活性を測定した。

まず、遮光した試験管に試料溶液200μLと100mM トリス-塩酸緩衝液 (pH7.4) 800μLを入れ、さらに0.5mM DPPH溶液1mLを加えた。攪拌後、室温で20分間反応させ、HPLCにより分析した。結果は、生鮮野菜100gあたりのラジカル捕捉活性をTrolox当量 (μmol Trolox eq./100g) で示す。

#### 2) 総ポリフェノール量の測定

野菜の凍結乾燥試料をラジカル捕捉活性の測定試料と同様に抽出し、総ポリフェノール量の測定に用いた。測定はSingleton and Rossi<sup>20)</sup>の方法に従い、Folin-Chiocalteu法によって行った。

まず、調製した試料溶液200μLに7.5%炭酸ナトリウム800μLとフェノール試液1mLを加えた。攪拌後、室温で30分反応させ、765nmの吸光度を測定した。結果は、生鮮野菜100gあたりの総ポリフェノール量を没食子酸当量 (μmol GA eq./100g) で示す。

#### 3) アスコルビン酸量の測定

水分を拭き取った野菜の可食部を、セラミック製包丁を用いて1cm角程度に刻み、約10gを秤量した。その際、各部位を混合し、部位差がでないよう留意した。5%メタリン酸溶液または1%塩化第一スズ-5%メタリン酸溶液とともに遠沈管に入れ、ポリトロンホモジナイザー (Kinematika Polytron Homogenizer, PT-MR2000/110V) で磨砕した。その後、遠心分離 (4℃, 1,500 × g, 5分) を行い、上清を試料溶液とした。

アスコルビン酸量の測定は、Kishidaら<sup>21)</sup>の方法に従ってDNP-HPLC法により行った。結果は、生鮮野菜100gあたりのアスコルビン酸量 (mg/100g) として求めた。さらに、アスコルビン酸量 (mg/100g) をラジカル捕捉活性 (μmol Trolox eq./100g) に換算した。

#### (4) 野菜の市場入荷量の調査

農林水産省の青果物卸売市場調査報告<sup>22)</sup>より、1968年、1998年、2014年の東京都中央卸売市場における各野菜の月別入荷量を調べた。

### 3. 結果および考察

#### (1) 野菜の市場入荷量の変化

各野菜の本来の旬<sup>23)</sup>を表1に、東京都中央卸売市場における月別入荷量の変化を図1に示した。カボチャ、キャベツ、トマト、ナス、ピーマン、ホウレンソウにおいては、1968年には入荷量のピークがみられ、この出回りの多い時期は表1の旬とほぼ一致していた。しかし、1998年と2014年では入荷量のピークがずれたり、入荷量のピークが無くなって年間を通じて平準化しているものが多くみられ、野菜の旬が無くなっていることが分かった。

一方、ジャガイモ、タマネギ、ダイコン、ネギは調査年にかかわらず、ほぼ同じ動向であった。ニンジン、ブロッコリー、レタスは、近年、年間を通じて入荷量の多くなっている野菜であり、サラダでの利用が多いのではないかと考えられる。

表1 野菜の旬<sup>23)</sup>

野菜名	旬 (月)
カボチャ	6 ~ 10
キャベツ	7 ~ 10
ジャガイモ	4 ~ 6
タマネギ	4 ~ 6
ダイコン	11 ~ 2
トマト	7 ~ 8
ナス	7 ~ 9
ニンジン	11 ~ 3
ネギ	11 ~ 2
ピーマン	7 ~ 8
ブロッコリー	11 ~ 4
ホウレンソウ	11 ~ 3
レタス	5 ~ 7

#### (2) 各野菜の抗酸化成分の季節変動

春 (5月)、夏 (7月)、秋 (10月)、冬 (12月) の各シーズンに測定した各野菜のラジカル捕捉活性、アスコルビン酸量、総ポリフェノール量を表2に示した。さらに、野菜ごとに平均値を求め、総ポリフェノール量を折れ線グラフで、ラジカル捕捉活性を棒グラフで示した (図2-1, 2-2)。棒グラフ中の

黒塗りの部分はアスコルビン酸に由来するラジカル捕捉活性として、測定で求めたアスコルビン酸量をラジカル捕捉活性に換算したものである。以下に、個々の野菜の結果について示すとともに、市場への入荷量および旬との関連性を考察した。

##### 1) カボチャ

カボチャのラジカル捕捉活性は、アスコルビン酸量の変動に伴い、夏期に高い値を示した。本研究では西洋種のカボチャを用い、冬期と春期のカボチャは外国産のものを測定した。西洋種は一般的によく出回っているものであるが、日本種に比べて糖とアスコルビン酸量が約2倍高いと報告されている<sup>25)</sup>。カボチャの旬は6~10月であり、旬ではない時期に外国産から輸入したものはラジカル捕捉活性およびアスコルビン酸量が低い傾向にあった。

##### 2) キャベツ

キャベツのラジカル捕捉活性は春期が最も高く、アスコルビン酸量と総ポリフェノール量も同様に、春期が最も高かった。また、夏期においてもラジカル捕捉活性が比較的高かったが、アスコルビン酸量と総ポリフェノール量は秋期および冬期とほとんど違いはみられなかった。キャベツは通常、露地栽培が年中行われ、生育適温の15~20℃の地域で全国各地で栽培されている<sup>23)</sup>。糖含量について、春採りより秋採りの方が糖含量が高くなる品種とその逆になる品種があり、季節に適した品種があるとの研究報告がみられる<sup>26)</sup>。さらに、貯蔵中の温度によりアスコルビン酸の増減に相違のあることが報告されており<sup>27)</sup>、様々な要素がアスコルビン酸やラジカル捕捉活性の変動に関係していると考えられる。

##### 3) ジャガイモ

ジャガイモは季節により入荷量に違いのある野菜であったが、ラジカル捕捉活性の季節変動はほとんどみられなかった。アスコルビン酸量と総ポリフェノール量は夏期に高い値を示した。辻村ら<sup>13)</sup>の報告においても、7月が最も高いビタミンC量であったことが示されており、本研究でのアスコルビン酸量の変動と同じであった。

ジャガイモに含まれる主なポリフェノールはクロロゲン酸である。ポリフェノール量は品種間で異なるが、本研究においては全て男爵を使用したため、品種の影響はないと思われる。しかし、栽培・収穫方法の違いが総ポリフェノール量とアスコルビン酸量の変動に影響している可能性が考えられる。

##### 4) タマネギ

タマネギのラジカル捕捉活性は、旬の春期が最も

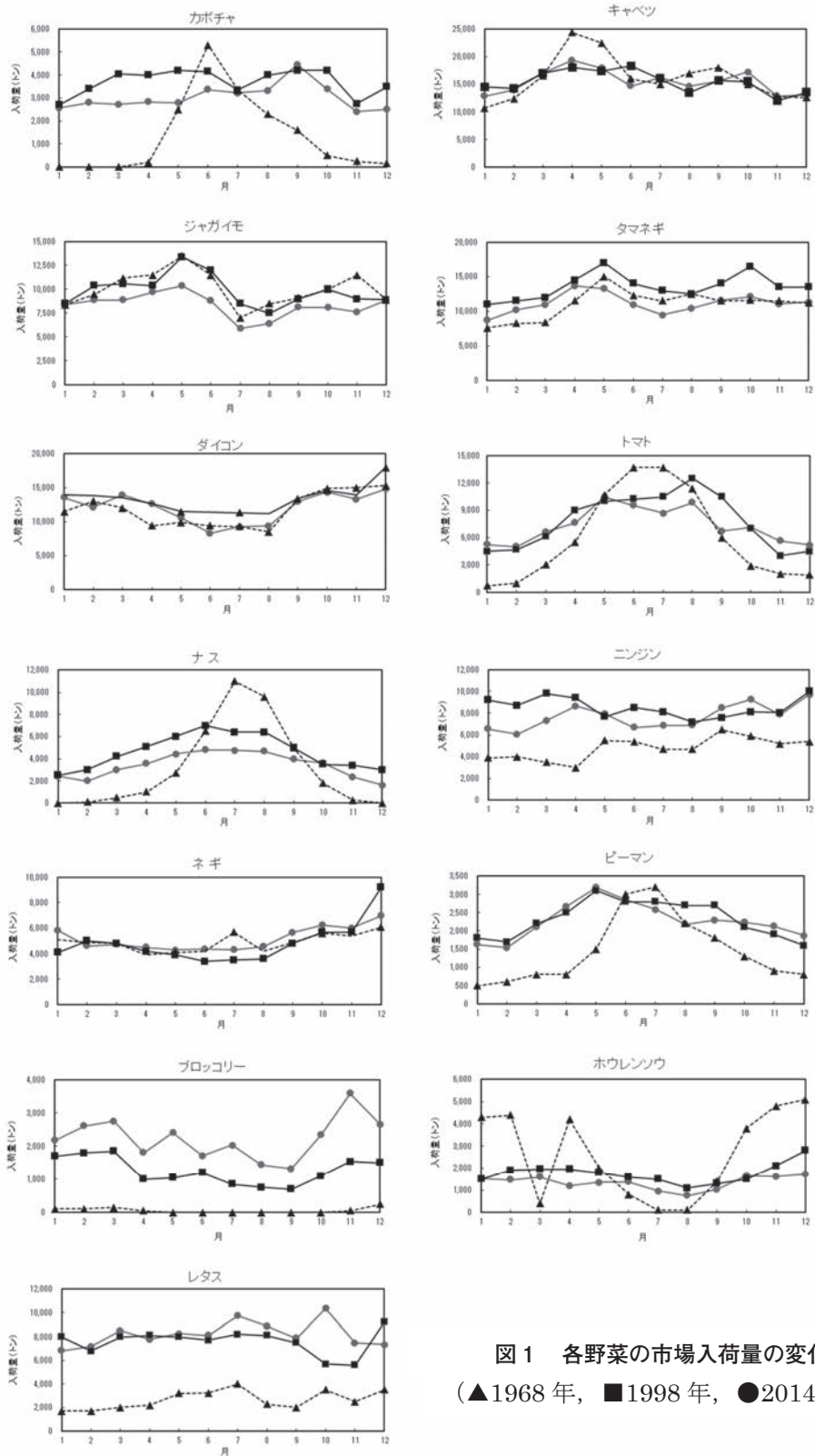


図1 各野菜の市場入荷量の変化  
(▲1968年, ■1998年, ●2014年)

表2 各野菜の季節ごとのアスコルビン酸量、総ポリフェノール量およびラジカル捕捉活性

野菜名	季節	アスコルビン酸量 (mg/100g)		総ポリフェノール量 ( $\mu\text{mol GA eq.}/100\text{g}$ )		ラジカル捕捉活性 ( $\mu\text{mol Trolox eq.}/100\text{g}$ )	
		範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
カボチャ	春	8.5～16.9	12.4	193.7～317.1	266.7	171.0～206.5	191.7
	夏	14.6～26.3	20.0	194.9～302.7	266.0	220.3～268.5	249.3
	秋	14.0～19.2	17.0	166.6～251.3	204.2	170.4～210.5	192.2
	冬	7.8～24.6	14.2	156.6～297.8	218.8	100.4～149.0	130.6
キャベツ	春	26.8～44.2	34.6	145.1～173.2	160.5	357.4～412.0	379.4
	夏	21.0～26.3	23.8	73.1～99.2	86.4	302.6～312.9	306.0
	秋	16.1～33.6	24.3	98.0～103.9	101.0	146.5～224.6	186.2
	冬	10.8～42.2	24.0	70.5～100.2	80.7	127.8～231.6	168.9
ジャガイモ	春	5.3～7.6	6.5	102.6～112.8	108.4	162.0～212.1	179.4
	夏	11.7～17.2	15.1	133.9～157.5	145.4	157.5～205.0	176.5
	秋	9.7～16.9	13.3	97.9～131.8	110.5	161.2～222.3	188.0
	冬	7.8～13.3	10.0	84.6～107.4	99.1	137.5～188.4	163.2
タマネギ	春	6.4～30.8	15.4	47.5～83.2	65.3	87.7～240.8	139.7
	夏	3.9～6.1	5.3	147.3～159.3	154.6	52.0～61.8	57.2
	秋	3.7～3.9	3.8	119.2～160.2	140.8	71.1～92.3	83.3
	冬	2.7～3.4	3.0	142.3～258.5	211.8	37.9～59.6	48.3
ダイコン	春	6.3～11.7	9.3	84.9～101.8	94.7	107.7～121.8	114.3
	夏	7.9～10.6	8.8	77.7～100.4	90.3	80.5～105.3	93.0
	秋	9.2～17.4	13.3	56.3～99.0	81.3	90.9～139.3	108.5
	冬	2.8～6.7	5.3	77.6～95.5	83.8	33.7～51.8	44.0
トマト	春	7.3～20.4	15.8	89.6～146.5	115.8	180.3～370.1	289.4
	夏	11.7～58.4	32.7	88.4～156.7	116.0	166.7～549.5	305.6
	秋	11.4～13.0	12.1	96.0～134.4	111.5	199.5～236.2	211.9
	冬	7.5～9.2	8.4	82.5～127.2	103.1	130.1～151.6	137.6

ナス	春	1.6～ 2.7	2.3	283.5～456.0	375.3	413.5～604.7	522.4
	夏	2.7～ 4.5	3.9	185.9～327.3	256.9	442.6～492.5	460.7
	秋	1.7～ 3.3	2.7	149.8～262.2	192.8	145.3～333.2	231.3
	冬	1.1～ 3.1	2.3	282.3～367.3	310.9	230.7～376.0	325.9
ニンジン	春	3.6～ 6.3	5.0	72.1～125.7	92.9	52.3～300.0	189.8
	夏	3.6～ 4.5	3.9	94.6～117.5	108.3	113.9～159.9	134.0
	秋	2.7～ 3.3	3.0	29.3～ 60.1	42.6	36.6～ 45.4	40.7
	冬	2.0～ 3.2	2.7	62.4～ 85.6	74.7	73.3～ 77.8	75.0
ネギ	春	6.3～14.9	10.0	52.0～171.4	114.2	48.4～162.6	90.3
	夏	12.0～45.8	25.9	82.6～114.5	95.9	122.2～644.4	209.6
	秋	14.9～18.1	16.1	123.9～188.3	160.9	141.2～162.1	154.1
	冬	10.4～20.8	14.7	81.3～ 94.1	86.7	135.1～260.3	214.8
ピーマン	春	80.0～105.4	91.6	227.6～500.3	350.2	574.8～1036.8	817.4
	夏	51.7～104.5	73.7	141.5～157.6	148.5	561.6～787.6	641.8
	秋	75.7～118.8	98.0	614.1～881.8	707.5	454.0～737.5	635.8
	冬	49.3～ 89.9	71.9	224.0～347.1	293.4	400.2～485.1	456.5
ブロッコリー	春	77.8～ 94.0	83.7	306.1～347.9	329.2	811.9～895.8	859.6
	夏	71.5～ 76.7	74.3	166.5～233.6	200.6	590.9～623.7	619.6
	秋	82.8～101.5	89.1	159.7～169.0	165.9	703.2～812.8	746.4
	冬	61.9～ 88.0	77.3	351.9～433.1	387.0	650.3～784.4	723.9
ホウレンソウ	春	19.7～ 30.4	24.1	244.3～417.3	359.4	451.5～465.6	458.4
	夏	7.3～ 17.0	13.0	310.5～368.6	332.8	300.3～328.6	318.3
	秋	4.3～ 14.9	10.8	239.8～333.3	278.1	297.3～404.7	364.3
	冬	21.6～ 68.8	41.6	374.3～559.5	490.1	197.6～678.2	386.9
レタス	春	2.1～ 4.1	3.2	63.0～135.0	87.5	144.7～172.3	157.3
	夏	1.8～ 4.4	3.0	41.0～ 50.9	46.3	81.3～105.6	96.1
	秋	1.5～ 4.1	2.6	47.7～ 92.1	68.8	82.6～112.4	94.6
	冬	3.0～ 4.9	3.9	52.1～ 93.8	71.4	94.3～426.1	217.4

(n=3)



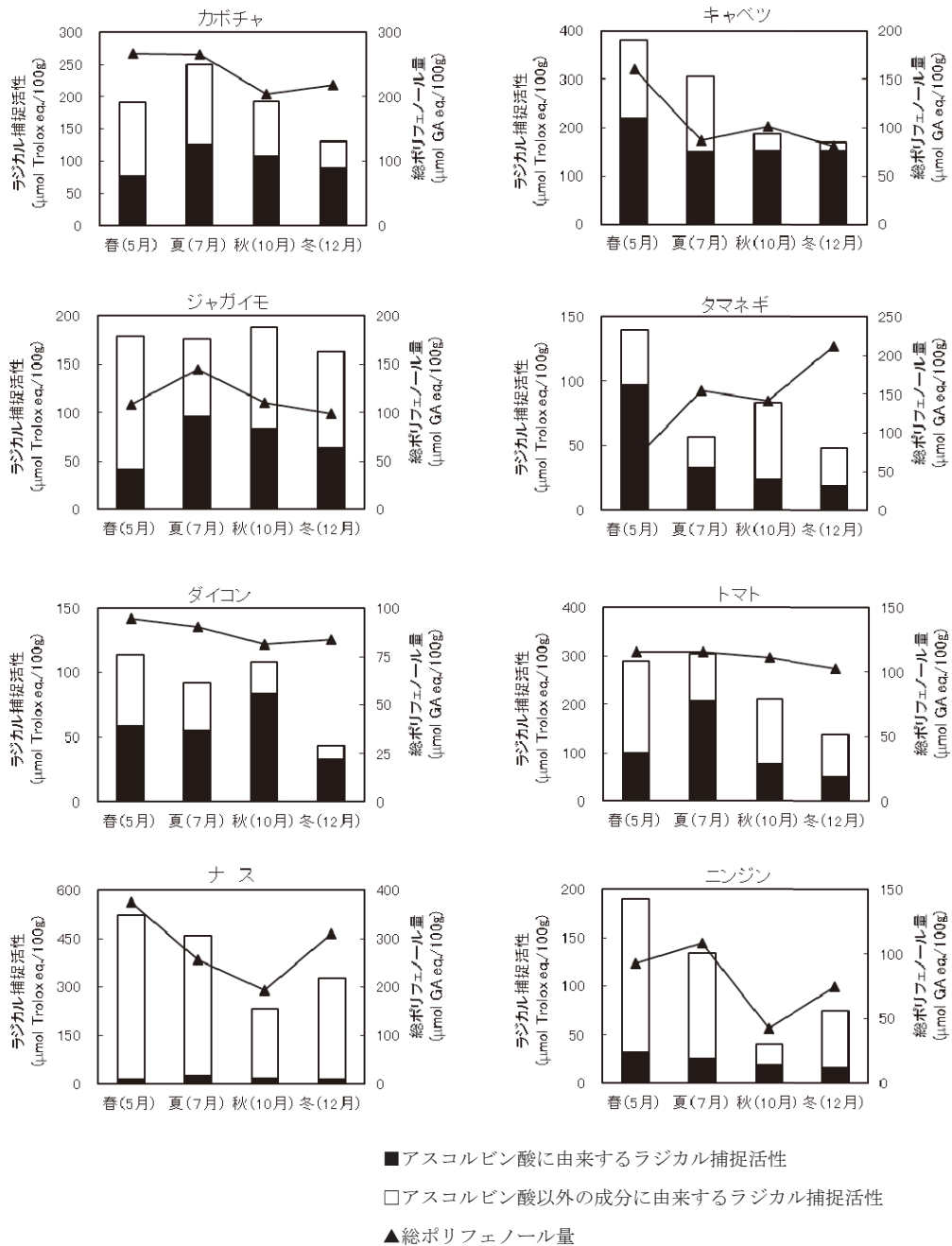


図2-1 各野菜のラジカル捕捉活性と総ポリフェノール量の季節変動  
(カボチャ、キャベツ、ジャガイモ、タマネギ、ダイコン、トマト、ナス、ニンジン)

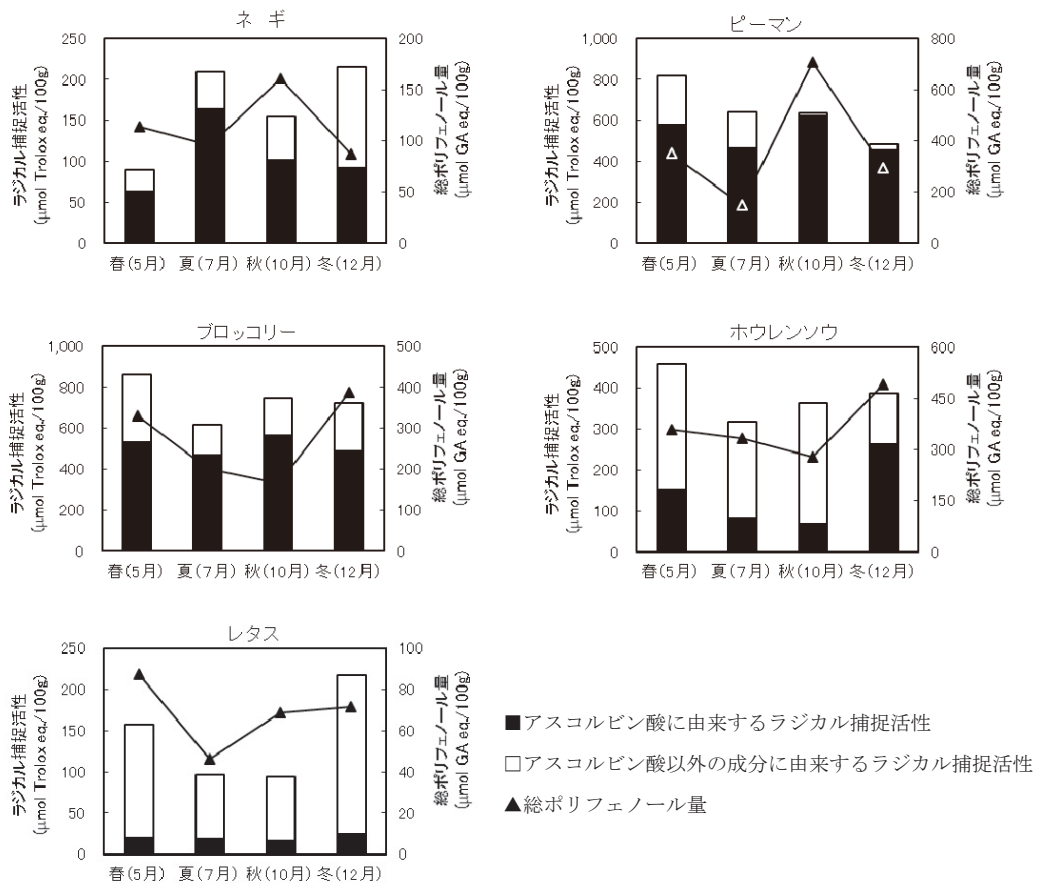


図2-2 各野菜のラジカル捕捉活性と総ポリフェノール量の季節変動  
(ネギ, ピーマン, ブロッコリー, ハウレンソウ, レタス)

高い値を示した。しかし、総ポリフェノール量は低く、春期のタマネギのラジカル捕捉活性にはアスコルビン酸の寄与が大きいことが明らかになった。総ポリフェノール量は冬期が最も高く、春期の3倍以上含まれていた。タマネギの主なポリフェノールはケルセチンであるが、ケルセチンを従来種の約2倍多く含むタマネギも開発されており、タマネギのラジカル捕捉活性は季節の影響よりも品種による影響が、今後、さらに大きくなっていくと考えられる。

#### 5) ダイコン

ダイコンのラジカル捕捉活性は、旬の冬期に最も低い値を示した。総ポリフェノール量は年間を通じて大きな変動はみられず、アスコルビン酸量は冬期に最も低い値を示した。図2-1からわかるように、ダイコンのラジカル捕捉活性に対するアスコルビン

酸の寄与率が比較的高いため、アスコルビン酸量の変動がラジカル捕捉活性の変動に影響しているといえる。ダイコンは露地栽培による「秋播き冬春採り」、ハウス等の施設を利用した「春播き夏採り」、冷涼地での「夏播き秋採り」栽培により、一年中供給されている<sup>28)</sup>。従って、その栽培時期ごとに播種される品種の違いが、アスコルビン酸量の季節変動に影響したと考えられる。

#### 6) トマト

トマトのアスコルビン酸量は旬の夏期に最も高い値を示した。トマトのアスコルビン酸量は、品種や栽培条件でかなり異なることが分かっている。佐伯ら<sup>29)</sup>は露地栽培とハウス栽培のトマトのビタミンC量について、季節による変動がみられることを報告しており、7～10月に高く、12～4月は低いこ



とを明らかにしている。また、夏期の露地栽培のものと冬期のハウス栽培のものを比較した場合、トマト 100g あたり前者が 21mg、後者が 15mg であったとの報告もある<sup>4)</sup>。本研究においても、アスコルビン酸量は夏期と冬期に約 4 倍の差がみられており、旬のトマトの方がアスコルビン酸量が多く、栄養価が高いことが明らかになった。そして、夏期の高いアスコルビン酸量はラジカル捕捉活性に大きく寄与していた。一方、総ポリフェノール量は季節による変動はほとんどみられず、ラジカル捕捉活性は春期と夏期に高く、冬期にかけてやや減少していた。

#### 7) ナス

ナスのアスコルビン酸量は平均 3mg 程度であり、季節変動もほとんどみられなかった。ラジカル捕捉活性は総ポリフェノール量と同様の変動を示し、春期から秋期にかけて低くなり、冬期にかけて高くなっていた。ナスのラジカル捕捉活性に寄与する成分はポリフェノールであり、主に表皮に含まれるアントシアニン系色素であるナスニンや果肉のクロロゲン酸によるものである<sup>28)</sup>。ナスの食味成分と機能性成分含量は品種・系統間で異なり、その変動範囲は糖や有機酸に比べ、クロロゲン酸やアントシアニンで大きいことが明らかにされている<sup>30)</sup>。本研究ではナスは異なる産地のものを使用したため、産地による品種の違いが影響していると考えられる。

#### 8) ニンジン

ニンジンのラジカル捕捉活性と総ポリフェノール量は、春期と夏期に高い値を示した。ニンジンの栽培においては、地域により品種が決まっている<sup>23)</sup>。本研究では季節毎に全て違う産地のものを使用したため、成分の季節変動は品種による影響が大きいと考えられる。一方、アスコルビン酸量には年間を通じて大きな変動はみられず、辻村ら<sup>13)</sup>の報告と一致していた。

#### 9) ネギ

ネギのラジカル捕捉活性は夏期と冬期に高い値を示したが、総ポリフェノール量は逆の変動であった。アスコルビン酸量は夏期に最も高く、ラジカル捕捉活性にも大きく寄与していた。ネギの旬である冬期では、ラジカル捕捉活性は夏と同等に高い値を示したが、アスコルビン酸量はそれほど高くはなかった。ネギは耐寒性と耐暑性のそれぞれに強い品種があり、寒帯から亜寒帯まで栽培が可能である。多くの産地では端境期出荷や周年出荷に取り組んでいるため作型が多様化し<sup>28)</sup>、月別入荷量も平準化しているため、成分の季節変動との関連性を検討するこ

とを難しくしていると思われる。

#### 10) ピーマン

ピーマンのラジカル捕捉活性は春期が最も高く、冬期で低かった。ピーマンの旬は本来は 7 月～8 月であるが、近年は 5 月の入荷量が最も多く、ラジカル捕捉活性の最も高い時期と一致していた。アスコルビン酸量は春期と秋期で高かった。緑ピーマンは成熟度が増すほど、また色が濃いほど、アスコルビン酸量が高くなることが報告されており<sup>31)</sup>、収穫のタイミングや収穫後の保存状態もアスコルビン酸量の変動に影響していると考えられる。

総ポリフェノール量は秋期が最も高く、最も低い夏期の 4 倍以上であり、今回測定した 13 種類の野菜の中で最も季節変動の大きい野菜であった。井奥ら<sup>32)</sup>は、ピーマンに含まれるフラボノイドであるケルセチンとルテオリンについて、年間変動を測定している。その中で、ケルセチン、ルテオリンともに 10 月～11 月が最も含有量が多いことを報告しており、本研究における総ポリフェノール量の結果と一致していた。

#### 11) ブロッコリー

アスコルビン酸量はニンジンやナスと同様に、季節による大きな変動はみられなかった。しかし、総ポリフェノール量には変動がみられ、春期と旬の冬期に高い値を示した。ブロッコリーにはルテオリンやケンフェロール配糖体など多種のポリフェノールが含まれていることが明らかにされている<sup>6,33)</sup>。これらのポリフェノールがラジカル捕捉活性に寄与していると考えられるが、アスコルビン酸のラジカル捕捉活性への寄与率が比較的高い野菜であった。

#### 12) ホウレンソウ

ホウレンソウのラジカル捕捉活性は春期が最も高かった。アスコルビン酸量と総ポリフェノール量に関しては、冬期に最も高く、旬との関連性がみられた。夏期のホウレンソウは冬期のものに比べて色が薄く、ビタミン C 含量も 3 分の 1～7 分の 1 程度低くなるという報告がある<sup>13,15)</sup>。本研究においても、夏期のホウレンソウのアスコルビン酸量は冬期の 3 分の 1 であった。また、渡辺ら<sup>34)</sup>はホウレンソウに含まれるフラボノイドと抗酸化能の栽培時期による変動について、4～5 月にかけての春栽培より 9 月～11 月にかけての秋栽培の方が高いことを報告している。

ホウレンソウは、冬期は露地栽培からハウス・トンネルを利用し、夏期は冷涼地で雨除けハウスを利用して栽培されている。また、不織布などの資材によ

る被覆栽培の技術も利用されており、このように栽培されたハウレンソウは、露地栽培のものに比べると遮光されるため、柔らかく風味の乏しいものとなる<sup>23)</sup>。したがって、このような栽培方法の違いがアスコルビン酸量や総ポリフェノール量の違いに繋がっていると考えられる。現在、ハウレンソウの入荷量は年間を通じてそれほど大きな違いはみられなくなっているが、本来の旬である冬期のものはアスコルビン酸量や総ポリフェノール量が多く、栄養価が高いと言える。

### 13) レタス

レタスのアスコルビン酸量は低く、季節による変動はほとんどみられなかった。その一方、総ポリフェノール量は、最も高い春期と最も低い夏期では約2倍の相違がみられた。ラジカル捕捉活性は冬期が最も高い値を示した。レタスは生育適温に合わせて、季節により様々な地域で栽培される<sup>23)</sup>。本研究では、冬期と春期は淡路産、夏期と秋期は長野産と茨城産のものを使用した。そのため、産地の違いが影響していると考えられ、抗酸化成分と旬との明確な関連性はみられなかった。

### (3) 全体的な季節変動の傾向と旬

上記のように、市販野菜のラジカル捕捉活性、アスコルビン酸量および総ポリフェノール量には季節変動がみられた。その中で、旬の時期にラジカル捕捉活性や抗酸化成分の含量が高くなるといった旬との関連性は、カボチャやタマネギ、トマト、ハウレンソウなどの一部の野菜でのみみられた。本研究で使用した野菜は、われわれが年間を通して比較的よく利用する野菜である。本来、旬のある野菜が一年中出回っているということは、時期により品種や産地を変えたり、ビニールハウスなどの施設を利用して栽培環境を変化させて、季節の影響を受けない栽培法が工夫されているからである。各野菜の市場における月別入荷量の変化からも、1968年には入荷量のピークと旬がほぼ一致していたが、1998年と2014年では年間を通じて平準化しているものが多くみられており、野菜の旬が無くなっていることが確認された。

野菜の栽培は産地ごとの環境に適応した品種の開発だけでなく、今日では光や温度、湿度などを完全にコントロールした植物工場での栽培もみられるようになってきている。また、野菜によっては収穫の時期や時間などのタイミングによって成分の異なるものもあり、収穫後の保存状況や輸送システムによって

も成分変化や品質変化がおこると考えられる。このように、様々な要因が絡んだ上で野菜に含まれる抗酸化成分の季節変動は起こると考えられ、必ずしも旬だけが変動の要因ではないと言える。

近年は、地域で生産した農作物を地域で消費する「地産地消」への注目が高まっている<sup>35-37)</sup>。地産地消は消費者と生産者を結びつけ、国産農作物の消費による食料自給率の向上に貢献する取り組みとして期待されている。地産地消のメリットは、身近な場所で作られた新鮮な旬の農作物が食べられること、安心感があること、農作物の輸送距離が短くなることによる環境負荷の低減等である。地産地消が進む中で旬に対する意識もまた変わってくると思われ、地域で栽培された野菜の抗酸化成分の評価も、今後、必要である。

## 4. 結論

本研究では、市販野菜の抗酸化成分の季節変動を明らかにするために、日常的に良く利用される13種類の野菜（カボチャ、キャベツ、ジャガイモ、タマネギ、ダイコン、トマト、ナス、ニンジン、ネギ、ピーマン、ブロッコリー、ハウレンソウ、レタス）について、春、夏、秋、冬の4シーズンのラジカル捕捉活性を測定するとともに、ラジカル捕捉活性に寄与する抗酸化成分として、アスコルビン酸量と総ポリフェノール量の測定を行った。さらに、市場における野菜の入荷量を調べ、野菜の旬と抗酸化成分との関連性を検討したところ、以下の結果が得られた。

- (1) 各野菜の市場における月別入荷量の変化から、1968年には入荷量のピークと旬がほぼ一致していたが、1998年と2014年では年間を通じて平準化しているものがみられ、多くの野菜で旬が無くなっていることが分かった。
- (2) 野菜のラジカル捕捉活性、アスコルビン酸量および総ポリフェノール量の季節変動がみられたが、旬との関連性がみられたのは一部の野菜のみであった。
- (3) 本来、旬のある野菜が今日では一年中出回っていることが市場入荷量の変化からも分かり、野菜の抗酸化成分の季節変動は、必ずしも旬だけが要因ではないことが明らかになった。

## 引用文献

- (1) 日本栄養・食糧学会監修，フリーラジカルと疾病予防，建帛社，1997
- (2) 池上幸江，梅垣敬三，篠塚和正，江頭祐嘉合，

- 野菜と野菜成分の疾病予防及び生理機能への関与, 栄養学雑誌, 2003, **61**, 275-288
- (3) 高宮和彦編, 野菜の科学, 朝倉書店, 1995
- (4) (社) 日本施設園芸協会編, 野菜と健康の科学, 養賢堂, 1994
- (5) K. J. Joshipura, F. B. Hu, J. E. Manson, M. J. Stampfer, E. B. Rimm, F. E. Speizer, G. Colditz, A. Ascherio, B. Rosner, D. Spiegelman, W. C. Willett, The Effect of Fruit and Vegetable Intake on Risk for Coronary Heart Disease, *Ann. Intern. Med.*, 2001, **134**, 1106-1114
- (6) H. Sakakibara, Y. Honda, S. Nakagawa, H. Ashida, K. Kanazawa, Simultaneous Determination of All Polyphenols in Vegetables, Fruits, and Teas, *J. Agric. Food Chem.*, 2003, **51**, 571-581
- (7) 厚生労働省, 平成 28 年国民健康・栄養調査結果の概要,  
[http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkou-zoushinka/kekagaiyou\\_7.pdf](http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkou-zoushinka/kekagaiyou_7.pdf)
- (8) 農林水産省, 食料需給表,  
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001177544>
- (9) (独) 農畜産業振興機構, 野菜の需給・価格動向レポート (平成 28 年 10 月 17 日版), [http://www.alic.go.jp/y-suishin/yajukyu01\\_000058.html](http://www.alic.go.jp/y-suishin/yajukyu01_000058.html)
- (10) 木崎知恵, ホウレンソウの各成分, 物性および細胞構造が食味におよぼす影響, 女子栄養大学研究紀要, 1995, **26**, 249
- (11) 辻村卓, 野菜・くだもののビタミンは季節によってこんなに違う, 栄養と料理, 1996, **5**, 65-71
- (12) 高澤まき子, 猪股恵美子, 保井明子, 女子大生の食品の旬に関する意識調査-野菜類の場合-, 仙台白百合女子大学紀要, 2001, **5**, 137-148
- (13) 辻村卓, 小松原晴美, 荒井京子, 福田知子, 出回り期が長い食用植物のビタミンおよびミネラル含有量の通年成分変化 [1], ビタミン, 1997, **71**, 67-74
- (14) 辻村卓, 日笠志津, 荒井京子, 出回り期が長い食用植物のビタミンおよびミネラル含有量の通年成分変化 [2], ビタミン, 1998, **72**, 613-617
- (15) 辻村卓, 荒井京子, 日笠志津, 出回り期の長い野菜 [I], 季節による「ほうれんそう」の栄養成分の変動, ビタミン, 2000, **74**, 579-581
- (16) 辻村卓, 日笠志津, 全国 6 地域のスーパーマーケットで販売される野菜の産地とビタミン・ミネラル含有量の通年成分変化 [1], ビタミン, 2005, **79**, 453-457
- (17) 和泉眞喜子, ホウレンソウ中のシュウ酸およびカリウム含量の季節変動と調理による変化, 日本調理科学会, 2004, **37**, 268-272
- (18) 吉田企世子, 野菜の成分変動-収穫, 流通, 保存において-, 調理科学, 1993, **26**, 359-364
- (19) T. Yamaguchi, H. Takamura, T. Matoba, J. Terao, HPLC method for evaluation of free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 1998, **62**, 1201-1204
- (20) V. L. Singleton, J. A. Rossi Jr., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagent, *Am. J. Enol. Vitic.*, 1965, **16**, 144-158
- (21) E. Kishida, Y. Nishimoto, S. Kojo, Specific determination of ascorbic acid with chemical derivatization and highperformance liquid chromatography, *Anal. Chem.*, 1992, **64**, 1505-1507
- (22) 農林水産省, 青果物卸売市場調査報告,  
[http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/seika\\_oroosi/index.html#1](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/seika_oroosi/index.html#1)
- (23) 板木利隆, ぜひ知っておきたい昔の野菜今の野菜, 幸書房, 2001, 12-98
- (24) 松谷康子, 中野典子, 青樹久恵, 北川公子, 熊沢昭子, 名古屋市中央卸売市場の流通からみた野菜の需要の動向, 日本食生活学会誌, 1997, **8**, 21-23
- (25) 徳江千代子, 野菜がいちばん, いしずえ, 1999, 69-70
- (26) 小池道也, 伊藤正編, 食べ物の科学, 日本放送出版協会, 1986, 106, 118-119
- (27) 六笠裕治, 箱山晋, キャベツ貯蔵中の品質変化に及ぼす作期と貯蔵温度の影響, 北海道農業試験場研究報告, 2001, **173**, 63-72
- (28) 食品総合研究所, 食品大百科事典, 朝倉書店, 2001, 38-55
- (29) 佐伯清子, 熊谷 洋, 山口県における施設および露地栽培トマト, キュウリ, ナスのビタミン C 含量の季節的変動, 栄養と食糧, 1979, **32**, 243-247
- (30) 本田智巳, 圖師一文, 和島孝浩, 森太郎, 北野直子, 松添直隆, 種子形成がナス果実のポリフェノール含量および抗酸化活性に及ぼす影響, 農業生産技術管理学会誌, 2012, **19**, 89-93
- (31) 吉田企世子, 野菜健康法, 誠文堂新光社, 1995, 60-62, 75

- (32) 井奥加奈, 高田陽子, 青山紗弓, 竹井よう子,  
ピーマンを主とした市販野菜類のフラボノイド含  
有量における季節変動, 日本食品科学工学会誌,  
2005, **52**, 190-195
- (33) G.W. Plumb, K. R. Price, M. J. C. Rhodes, G. Wil-  
liamson, Antioxidant properties of the major polyphe-  
nolic compound in broccoli, *Free Rad. Res.*, 1997, **27**,  
429-435
- (34) 渡辺満, 鮎瀬淳, ホウレンソウに含まれるフラ  
ボノイドおよび抗酸化能の栽培時期による変動,  
日本食品科学工学会誌, 2015, **62**, 501-507
- (35) 三島徳三, 地産地消が豊かで健康的な食生活をつくる, 筑波書房, 2003
- (36) 野見山敏雄: 地産地消－新たな「共生」をめ  
ざして－, 東京農工大学人間と社会, 2006, **17**,  
29-43
- (37) 食料白書編集委員会編, 2006 (平成 18) 年版  
食料白書「地産地消」の現状と展望―食と農の将  
来を見据えて―, 農山漁村文化協会, 2006