

## ホウレンソウのえぐ味はシュウ酸に由来するか

## Is Oxalate Responsible for the Unpleasant Taste of Spinach Leaves ?

堀江秀樹\*<sup>§</sup> 伊藤秀和\*

Hideki Horie

Hidekazu Ito

The oxalate in spinach leaves is believed to be the substance responsible for the unpleasant taste. We have defined the unpleasant sensation remaining after tasting an oxalate solution as the oxalate taste. The water used for boiling spinach had a strong oxalate taste, while the aqueous extract from spinach leaves or the raw spinach leaves themselves had only a slight oxalate taste. The concentration of oxalate found in the water used for boiling spinach was much lower than that in aqueous extract and raw leaves. These results could be interpreted by models that simulated the irritating crystal formation in the mouth between calcium ions from the saliva and oxalate ions from the spinach leaves. The aqueous extract of spinach leaves was separated into water- and ethanol-eluted fractions by the solid-phase extraction technique. The oxalate ions and oxalate taste were recovered in the former fraction, while the bitterness was recovered in the later, implying that the bitter compound(s) in spinach was not oxalic acid.

キーワード：シュウ酸 oxalate；えぐ味 unpleasant taste；ホウレンソウ spinach；茶 tea；有機酸 organic acids；キャピラリー電気泳動 capillary electrophoresis

## 目 的

ホウレンソウにはシュウ酸が1%程度含まれ、これがえぐ味との関係で論じられることが多い。ホウレンソウを茹でる目的のひとつはえぐ味成分であるシュウ酸含量の低減化にあるとされるが、十分茹でて水にさらしても、シュウ酸は半分程度は葉中に残り<sup>1)</sup>、残ったシュウ酸の含量は他の葉菜類と比較しても著しく高い。この程度のシュウ酸含量の低下でえぐ味が防げるのか疑問が残る。一方、わが国ではホウレンソウに含まれるシュウ酸は味との関係で議論される場合が多いものの、外国の研究では味ではなく、むしろミネラルの吸収阻害<sup>2)</sup>や腎結石<sup>3)</sup>との関係に焦点が絞られている。

シュウ酸については茶の葉にも1%前後含まれる。茶中のシュウ酸について著者らはすでに次のことを報告している。①カルシウムに富む硬水で入れた緑茶は白濁することが観察され、この白濁物質を核磁気共鳴法で解析した結果、茶葉由来のシュウ酸と水由来のカルシウムが結合してできたシュウ酸カルシウムであった<sup>4)</sup>。②茶葉中のシュウ酸含量は、遮光栽培される玉露において煎茶よりも高く1.5%程度の含量を示した<sup>5)</sup>。③玉露は、一般的に非常に濃厚なエキスを飲用し、標準的な茶の入れ方で入れた浸出液中のシュウ酸濃度は $1 \times 10^3$  mg/l程度になった<sup>5,6)</sup>。

一方で、シュウ酸ナトリウムの水溶液を口に含んだ場合、

シュウ酸濃度が $2.5 \sim 5.0 \times 10^1$  mg/l低濃度で口腔内に後に残る違和感を覚えた<sup>7)</sup>。和泉らによるシュウ酸ナトリウムを用いた官能評価の結果も同様とされる<sup>8)</sup>。著者らは、シュウ酸塩溶液を口に含むことによって後に残る違和感を「シュウ酸味」と定義し<sup>7)</sup>、何故、玉露浸出液は高濃度のシュウ酸を含むにも関わらず、シュウ酸味を感じずにおいしく飲用できるかを考察した<sup>6)</sup>。その際、著者らはシュウ酸味について次のように仮定した。すなわち口腔内には唾液が溜まっているが、唾液中にもカルシウムイオンが高濃度含まれ、シュウ酸塩の水溶液を口に含んだ場合、①に示した硬水の場合と同様に口腔内でシュウ酸イオンが結晶化する。こうして口腔内で生成した微細なシュウ酸カルシウムの結晶が、不快な後味として口腔内を物理的に刺激し続けるものと推定した。玉露を飲用する場合、そのシュウ酸濃度は閾値と考えられる $2.5 \sim 5.0 \times 10^1$  mg/lをはるかに越えており、本来ならば不快なシュウ酸味に悩まされるはずである。一方で同じ玉露浸出液の有機酸を分析した結果、クエン酸、リンゴ酸などの有機酸も含まれていた。クエン酸イオンはキレート能が高いため、シュウ酸イオンとの間で唾液由来のカルシウムイオンを競合し、口腔内でのシュウ酸カルシウムの結晶生成を妨げるために、シュウ酸味を感じないものと考察した<sup>6)</sup>。

茶を材料にして得られたシュウ酸についてのこれまでの知見は、シュウ酸が関与しているとされるホウレンソウのえぐ味あるいはアクの解析にも適用できるのではないかと期待される。そこで本報においても、シュウ酸塩の水溶液を口に含むことによって後に残る違和感をシュウ酸味とし、ホウレンソウを対象に解析をすすめた。

なお、ホウレンソウ中のシュウ酸については、酸抽出に

\* 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所 (National Institute of Vegetable and Tea Science, National Agriculture and Food Research Organization)

<sup>§</sup> 連絡先 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所 〒514-2392 三重県津市安濃町草生360  
TEL 059(268)4636 FAX 059(268)1339

より不溶性のシュウ酸まで含めて定量する全シュウ酸と、水で抽出する水溶性シュウ酸の2種類の定量例がある。本報においては、水溶性シュウ酸に着目した。サトイモ<sup>9)</sup>やキウイフルーツ<sup>10)</sup>においては、不溶性のシュウ酸カルシウムの針状結晶が口腔内を物理的に刺激することが知られているが、ハウレンソウにおいては針状の結晶は存在しない<sup>11)</sup>。このことから、ハウレンソウでは不溶性のシュウ酸結晶がいわゆる「えぐ味」に影響する可能性は低いと推測し、水抽出液での味との関係に着目したためである。

### 実験方法

#### 1. ハウレンソウ生葉、抽出液及び茹で汁中の有機酸濃度とシュウ酸味

2004年8月27日に三重県津市の野菜茶業研究所のビニールハウスに播種し、10月14日に収穫したハウレンソウ(品種‘おかめ’)を材料とした。ハウレンソウ可食部に4倍量の蒸留水を加えて、家庭用ミキサーで破碎抽出し、これを濾過したものをハウレンソウ抽出液とした。同様に収穫したハウレンソウ可食部20gに対して、200mlの沸騰蒸留水で2分間茹で、ハウレンソウ葉を除去して茹で汁を得た。

有機酸の分析は、既報<sup>12)</sup>に従いキャピラリー電気泳動法により試料調製後直ちに行った。シュウ酸味の評価については、シュウ酸およびシュウ酸塩は劇物でもあるためパネルの訓練が困難であり、さらに一度味わうとしばらく感覚が麻痺するため、著者を含めたごく少人数で行った。味が全く感じられない場合に-、ほとんど感じられない場合に±、弱く感じられる場合に+、明らかに感じる場合に++、非常に強く感じられる場合に+++と記載した。

#### 2. シュウ酸イオンとカルシウムイオン混合のモデル実験

塩化カルシウム、シュウ酸ナトリウム、クエン酸ナトリウムについてそれぞれ、10mM、100mM、50mMの水溶液を調製し、液量が5ml、最終濃度が表2に示された濃度になるよう混合した。このとき、塩化カルシウム溶液は最後に1ml添加することとし、直ちに攪拌した後、2分後の濁りを目視により観察し、濁りが観察された場合に+、濁らない場合に-と記載した。

#### 3. 固相抽出法を用いたハウレンソウ抽出液の分画

2004年9月27日に播種し、11月27日に収穫したハウレンソウ(品種‘パレード’)の葉身部に9倍量の水を加えてミキサーで抽出し、濾過したものを抽出液とした。固相抽出カートリッジ(Sep-Pak Plus C-18, ウォーターズ)を2個直列につなぎ、エタノール、水の順に流した後、抽出液を5ml注入し、さらに3mlの水を加えて溶出したものを水で10mlにメスアップし、水溶出画分とした。本固相抽出カートリッジを水10mlで洗浄後、エタノール20mlで溶出し、これを減圧濃縮し、水10mlに溶解したものをエタノール溶出画分とした。また元の抽出液を水で

2倍に希釈した試料を未分画とした。これらの画分は元のハウレンソウ葉身を最終的に20倍希釈したことになる。これらの試料について苦味とシュウ酸味を官能で評価した。それぞれの味がする場合に+、しない場合に-とし、+の数で味の強度を表現した。シュウ酸濃度は先述のキャピラリー電気泳動法により測定した。

### 結果

#### 1. ハウレンソウ生葉、抽出液及び茹で汁中の有機酸濃度とシュウ酸味

ハウレンソウの生葉、抽出液及び茹で汁のシュウ酸味と有機酸の分析値を表1に示した。茹で汁については、強いシュウ酸味が感じられた。一方で、生のハウレンソウを食してみても、シュウ酸味はほとんど感じられず、抽出液においても弱く感じる程度であった。シュウ酸濃度は抽出液の方が茹で汁に比べて2倍以上高かった。他の有機酸濃度も抽出液の方が茹で汁よりも高かった。

#### 2. シュウ酸イオンとカルシウムイオン混合のモデル実験

著者らはシュウ酸味は、シュウ酸イオンが口腔内に入った時に、唾液中のカルシウムイオンとの間で生成するシュウ酸カルシウムの微細結晶による物理的刺激であると考えている。そこで、シュウ酸イオンとカルシウムイオンを混合するモデル実験を行った。カルシウム塩の水溶液と20mMのシュウ酸塩の水溶液を混合すると、直ちにシュウ酸カルシウムの白濁が生じた(表2)。表1に示したように、ハウレンソウ中にはシュウ酸以外にクエン酸などの有機酸も含まれている。そこで、シュウ酸濃度はそのまま10mMのクエン酸塩を加えた溶液にカルシウムイオンを添加すれば、少なくとも2分後までは白濁は観察されなかった。一方で、ハウレンソウの茹で汁を模して、シュウ

表1. ハウレンソウ生葉、抽出液及び茹で汁中の有機酸濃度

	mg/kg		mg/l	
	生葉	抽出液	茹で汁	
シュウ酸	7,628	1,526	578	
リンゴ酸	2,694	539	134	
クエン酸	663	133	51	
コハク酸	61	12	5	
シュウ酸味	±	+	+++	

表2. シュウ酸イオンとカルシウムイオンとの混合による濁りに対するクエン酸イオンの影響

濃度 (mM)			
カルシウム	シュウ酸	クエン酸	濁り
2	20	0	+++
2	20	10	-
2	1	0.5	+

+++は混合直後に濁ったことを示す。

## ホウレンソウのえぐ味はシュウ酸に由来するか

表3. 固相抽出法によるシュウ酸味と苦味の分離

	シュウ酸濃度		シュウ酸味	苦味
	mg/l			
未分画	380	++	+	
水溶出画分	368	++	-	
エタノール溶出画分	4	-	+	

酸、クエン酸の濃度を1/20に低下させた場合には、白濁が観察された。

## 3. 固相抽出法を用いたホウレンソウ抽出液の分画

ホウレンソウのえぐ味を評価する際、苦味もシュウ酸に関係する味として論じられる場合が多い。著者らは、苦味とシュウ酸味は異なる成分によるものと考え、それらの分離を試みた。表3において逆相系の固相を用いているので、水溶出画分には親水性の成分、エタノール溶出画分にはより疎水性の成分が含まれるものと期待される。シュウ酸は水溶出画分に分離され、本画分ではシュウ酸味がした。一方で、エタノール溶出画分には、シュウ酸味はなく、弱い苦味が確認された。未分画と記載したホウレンソウ葉身の20倍水抽出液については、シュウ酸味と、生のホウレンソウに比べて著しく弱い苦味が観察された。

## 考 察

## 1. シュウ酸味は化学的な感覚ではない

通常の呈味成分であれば濃度が増加するほど、その刺激も増加する。シュウ酸の味が濃度依存性の化学感覚によるものであるとすれば、表1においてシュウ酸濃度の低い茹で汁よりも、よりシュウ酸濃度の高いホウレンソウの抽出液においてシュウ酸味がより強く感ぜられるはずである。また、 $10^1$  mg/l 付近を閾値と考えれば、1% 近くもシュウ酸を含むホウレンソウの葉は、シュウ酸による強い後味のため食材にはなりえなかったものと考えられる。しかしながら、実際にはホウレンソウは生で食される場合もあり、また茹でたとしても $10^3$  mg/kg 程度の含量でシュウ酸が残ったまま食べている。本実験結果においても、茹で汁よりも高濃度にシュウ酸を含む抽出液のシュウ酸味は茹で汁に比べて弱かった。これらのことから、シュウ酸味は酸味や塩味のように味細胞を直接刺激し濃度依存性のある化学的な感覚によるものではないと考えられる。

## 2. ホウレンソウにおけるシュウ酸味の抑制メカニズム

ホウレンソウの茹で汁において強く感じられるシュウ酸味は、ホウレンソウの葉を食した場合、あるいは濃厚な抽出液を味わった場合には弱められた(表1)。ホウレンソウの葉や抽出液を味わう場合には、シュウ酸味が低減化されるメカニズムが存在するものと推定される。

唾液中にはカルシウムイオンが含まれるが、カルシウムイオンはすみやかにシュウ酸イオンと結合し結晶化することが知られている。唾液中のカルシウムイオンとホウレン

ソウの茹で汁に含まれるシュウ酸イオンが口腔内で結晶を生成し、シュウ酸カルシウムの結晶が口腔内を物理的に刺激するのがシュウ酸味であると仮定する。表2では、口腔内を模してホウレンソウ由来のシュウ酸イオンと唾液由来のカルシウムイオンの混合によって、結晶生成により白濁することを示した。この系にホウレンソウにも含まれるクエン酸イオンを共存させると白濁生成が抑制された。クエン酸イオンとシュウ酸イオンがカルシウムイオンを競合した結果、シュウ酸カルシウムの結晶生成が抑制されているものと推察される。一方で、唾液中のカルシウムイオン濃度は一定と考えられるので、カルシウムイオンの濃度は変えずに、シュウ酸イオン及びクエン酸イオンの濃度をそれぞれ20分の1にした溶液を混合すると、濁りが観察された。シュウ酸イオンとの間で、カルシウムイオンを競合するクエン酸イオンの濃度が低いために、シュウ酸カルシウムの結晶生成を十分に抑制できなかったものと考えられる。

茶葉中に1%以上ものシュウ酸を含む玉露は非常に濃くいれる。このような濃厚な玉露浸出液ではシュウ酸味は感じられないが、薄い玉露浸出液ではシュウ酸味が感じられた<sup>7)</sup>。また表1のホウレンソウ抽出液についても、さらに水で希釈した方が、シュウ酸味を強く感じた(データ略)。表1において、シュウ酸濃度が低い茹で汁において、シュウ酸濃度の高い抽出液よりも、シュウ酸味が強く感じられた。これらシュウ酸濃度が低い場合に、むしろシュウ酸味が強く観察される現象について、表2のモデル実験の結果から説明可能である。すなわち、試料中のシュウ酸イオン濃度が低い場合には、クエン酸イオンのようにシュウ酸カルシウム結晶の生成を抑制する成分の濃度も低く、口腔内においてシュウ酸カルシウムの結晶生成が抑制されがたいため、シュウ酸味が現れるものと考えられるわけである。表1においても茹で汁のクエン酸濃度は、抽出液の3分の1であった。

ただし、表2のモデル実験に用いた各イオンの濃度は、表1などで示したホウレンソウの分析値には必ずしも一致していない。また、唾液中のカルシウム濃度についても鈴木ら<sup>13)</sup>によれば、安静時に18-65 mg/l (0.5-1.6 mM)とされ、本モデル実験では実際よりも高め(2 mM)に設定している。これは、白濁を目視によって明確に区別できる濃度に各イオンの濃度を設定したためである。実際のホウレンソウの抽出液には、クエン酸以外にも他の有機酸や金属イオンなど、シュウ酸カルシウムの生成に影響する化学因子は多様に存在するはずである。また一方で唾液中にも、マグネシウムやリン酸、タンパク質など、結晶生成に影響しうる因子は含まれる。さらに本報においては、シュウ酸カルシウムの結晶が口腔内を刺激するのがシュウ酸味であると推定しているが、試薬として入手可能なシュウ酸カルシウムを懸濁した液は、粉っぽさはあるものの強いシュウ

酸味は認められなかった(データ略)。本懸濁液の場合には、結晶が $10^2 \mu\text{m}$ 以上の不定形の塊状となっており、シュウ酸イオンとカルシウムイオンを混合した直後に生成する結晶の形とは異なるものと考えられる。著者らは、口腔内でシュウ酸イオンとカルシウムイオンが遭遇した直後に生成する微細な結晶が口腔内を刺激してシュウ酸味を呈するものと推測している。表2で用いたモデルは極めて単純化したものであり、官能での感じ方やホウレンソウや唾液の化学成分組成をよりの確に反映するようなモデル系の再検討も必要である。

### 3. ホウレンソウのえぐ味とシュウ酸味

シュウ酸塩水溶液のえぐ味について、和泉は50 mM程度のシュウ酸カリウム溶液においてえぐ味が明確に感じられたと記載している<sup>8)</sup>。一方で同じ報告において、シュウ酸ナトリウム溶液については濃度を増すにつれて塩味はするとされるものの、苦味あるいはえぐ味があったとは報告されていない<sup>8)</sup>。塩化ナトリウムが塩味を示すのに対して、50 mM程度の塩化カリウム溶液が苦味を示すことはすでに知られている<sup>14)</sup>ことから、シュウ酸カリウムの示すえぐ味については、シュウ酸味以外にカリウムイオンに由来する苦味(えぐ味との識別は困難と推測される)の影響が強く現れたものと推定される。

ホウレンソウ中の苦味に係る成分は、カリウムイオン以外にも存在するものと推定される。そこで固相抽出法を用いて、ホウレンソウのシュウ酸を苦味成分と分離することを試みた(表3)。その結果、水で溶出される画分にシュウ酸が検出され、本画分はシュウ酸味がした。一方で、エタノールで溶出されるより疎水性の画分には、シュウ酸は含まれず、弱い苦味が観察された。未分画と記載した20倍に希釈されたホウレンソウ葉身の抽出液においては、シュウ酸味はするものの、苦味は生のホウレンソウ葉に比べて著しく弱かった。20倍希釈液においても、比較的強く感じられるシュウ酸味と、希釈によって刺激が弱まる苦味は対照的であり、ホウレンソウの苦味については、濃度依存的に味細胞を刺激する苦味成分によるものと推定される。

表1に示すように、ホウレンソウの茹で汁にはシュウ酸が含まれ、強いシュウ酸味が観察された。このような知見に基づいて議論されてきたものと考えられるが、ホウレンソウ葉の苦味等不快感をすべてえぐ味と評価して、シュウ酸に関係づけようとする研究の流れが従来からみられた。しかしながら、ホウレンソウの不快感については表3に示すように、シュウ酸イオンが結晶化して物理的に口腔内を刺激するシュウ酸味と、より疎水性の高い成分に由来する苦味を分離して考察する必要があるものと考えられる。本実験において、エタノールで固相から苦味成分が溶出されたが、このような苦味成分としては、フラボノイド類等多様な疎水性成分の寄与を今後検討する必要がある。ホウ

レンソウはフラボノイド含量の高い野菜のひとつであり<sup>15)</sup>、茶のカテキン類<sup>16)</sup>やカンキツのナリンジン<sup>17)</sup>などの多くのフラボノイド類において苦味との関係がすでに指摘されている。

本報において、シュウ酸はホウレンソウ葉を食する際のえぐ味にはあまり寄与しないものと考えた。しかしながら、ホウレンソウのシュウ酸低減化のために現在も精力的に研究されている品種育成<sup>18,19)</sup>や栽培法の改良<sup>20)</sup>を否定するわけではない。シュウ酸は、腎結石の原因やミネラル吸収を阻害する可能性が指摘されている以上、消費者により使いやすい野菜を供給するためには低シュウ酸ホウレンソウ技術の開発が待たれるところである。

### 要 約

我が国では、ホウレンソウ葉中のシュウ酸がホウレンソウを食べる時のえぐ味に係ると広く解釈されている。本報では、シュウ酸塩溶液を味わった後に残る不快な感覚をシュウ酸味と定義した。ホウレンソウの茹で汁は強いシュウ酸味を示したが、ホウレンソウ葉に水を加えて調製した抽出液では、シュウ酸濃度は茹で汁より高いにもかかわらず、シュウ酸味はごく弱かった。さらに、ホウレンソウの生葉を食してもシュウ酸味はほとんど感じられなかった。これらの現象は唾液由来のカルシウムイオンとホウレンソウ葉由来のシュウ酸イオンの間で、シュウ酸カルシウムの微細な結晶が生成され、これが口腔内を物理的に刺激するのがシュウ酸味であると考えれば解釈可能であった。モデル系において、シュウ酸イオンとカルシウムイオンを混合すれば、シュウ酸カルシウムによる白濁が生じた。ホウレンソウ葉中にはクエン酸イオンも含まれ、クエン酸イオンの濃度が十分に高い場合には、シュウ酸カルシウム結晶生成に伴う濁りを抑制したが、クエン酸イオン濃度が低い場合には濁りが生じた。シュウ酸味には、シュウ酸カルシウムの生成を抑制する成分の寄与が大きいものと推定された。ホウレンソウの水抽出物は固相抽出法によって、水溶出画分とエタノール溶出画分に分離できた。シュウ酸イオンとシュウ酸味は水溶出画分に回収され、苦味はエタノール溶出画分に回収された。ホウレンソウの苦味については、シュウ酸とは異なる成分によるものと考えられる。

### 文 献

- 1) 香川彰 (1993), ホウレンソウのシュウ酸をめぐる諸問題 [2] 品質向上のための低シュウ酸化を中心として, 農及園, **68**, 906-912
- 2) Holmes, R. S. and Kennedy, M. (2000), Estimation of oxalate content of foods and daily oxalate intake, *Kidney International*, **57**, 1662-1667
- 3) Bohn, T., Davidsson L., Walczyk, T. and Hurrell, R. F. (2004), Fractional magnesium absorption is significantly lower in human subjects from meal served with an

## ホウレンソウのえぐ味はシュウ酸に由来するか

- oxalate-rich vegetable, spinach, as compared with meal served with kale, a vegetable with a low oxalate content, *British Journal of Nutrition*, **91**, 601-606
- 4) 堀江秀樹, 山内雄二, 木幡勝則 (1998), 緑茶の硬水浸出液に生じる白色沈殿, *食科工*, **45**, 364-367
  - 5) 堀江秀樹, 氏原ともみ, 木幡勝則 (2002), 有機酸の緑茶葉中含有量と茶品質への寄与, *茶研報*, **93**, 26-33
  - 6) 堀江秀樹, 氏原ともみ, 木幡勝則 (2000), 茶の味成分に関する新たな検討 2. 玉露の味についての考察, *日本味と匂学会誌*, **7**, 611-614
  - 7) 堀江秀樹, 木幡勝則 (2000), 各種緑茶中のシュウ酸含量とその味への寄与, *茶研報*, **89**, 23-27
  - 8) 和泉真喜子 (2005), シュウ酸のえぐ味に及ぼす塩化ナトリウムならびに粘性の影響, *日調科誌*, **38**, 362-367
  - 9) 田中正信, 中島寿亀, 森斤也 (2003), サトイモ組織中におけるシュウ酸カルシウム結晶の形成及びその分布, *園学雑*, **72**, 162-168
  - 10) Perera, C. O., Hallett, I. C., Nguyen, T. T. and Charles, J. C. (1990), Calcium oxalate crystals: The irritant factor in kiwifruit, *J. Food Sci.*, **55**, 1066-1070
  - 11) 石井裕子 (1992), ホウレンソウ葉中のシュウ酸カルシウムの同定, *材料技術*, **10**, 180-185
  - 12) 堀江秀樹, 木矢博之, 伊藤秀和, 一法師克成, 東敬子 (2005), キャピラリー電気泳動法によるホウレンソウ中の硝酸イオン及び主要有機酸の同時分析, *園学雑*, **4**, 95-98
  - 13) 鈴木昭, 南真紀, 渡部茂, 市川智久, 白正華, 中川貴美子, 角田武也, 小野義晃 (2004), 唾液の分泌速度, pH, 緩衝能とカルシウム濃度, 無機リン濃度の個人内変動, *小児歯科学雑誌*, **42**, 365-374
  - 14) 小原正美 (1966), 「食品の味」, 光琳書院, 東京, pp. 26-28
  - 15) Pandjaitan, N., Howard, L. R., Morelock, T. and Gil, M. I. (2005), Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation, *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 5918-8623
  - 16) 中川致之 (1991), 茶の味の成分, 「茶の科学」, 村松敬一郎編, 朝倉書店, 東京, pp. 106-115
  - 17) 間亭谷徹, 長谷嘉臣, 松本亮司 (1979), カンキツの苦味に関する研究 (第1報) ナツダイダイ果実の味覚に合致した苦味成分 (ナリンジン) の測定法, *園学雑*, **47**, 549-552
  - 18) Kawazu, Y., Okimura, M., Ishii, T. and Yui, S. (2003), Varietal seasonal differences in oxalate content of spinach, *Scientia Horticulture*, **97**, 203-210
  - 19) Murakami, K., Hata, N., Yoshida, Y., Matsuda, M., Tanaka, A., Shikazono N. and Hase Y. (2006), Selection of low oxalate mutant in the M2 progeny derived from irradiated seeds with iron beam and gamma-ray in spinach. *JAEA Review*, **2005-001**, 69-71
  - 20) 岡崎圭毅, 建部雅子, 唐澤敏彦 (2006), ホウレンソウにおける汁液硝酸イオン濃度の推移および糖・シュウ酸含有率に対する養液土耕栽培の効果, *土肥誌*, **77**, 25-32
- (平成 18 年 6 月 2 日受付, 平成 18 年 9 月 20 日受理)