

植物性食品の灰分の研究

その4 ほうれんそう灰分のナトリウム、カルシウム、カリウム、マグネシウム、銅、の定量

今 宮 春 枝

前報(1. 2. 3.)において、植物性食品の代表としてほうれん草をえらび、その乾燥重量、灰分重量、アルカリ度を夏期、冬期の市販の材料、および実験的に生育させた材料につき比較検討した。その結果、各材料間に有意な差があり、このような差をもたらす要因についていくつかの実験と考察を前報(3)において行なつた。本論文においては以上の観点から、灰分の中に存在するナトリウム、カルシウム、カリウム、マグネシウム、銅の含量を蛍光分析法によつて定量し、葉と茎における相違、成熟した材料と若い材料との相違、葉および茎の各部分による相違、市販材料と実験的につくられた材料間の相違等を比較した。又これらの無機塩類を水溶性のものとな溶性のものにわけて両者の比較を行なつた。

材 料 と 方 法

材 料

冬期に市販されているほうれん草、および人工気象制御装置を用いて、一定条件の環境の下で生育させた材料とを用いた。人工気象制御装置内の条件、および培養の条件は前報(3)と同様である。

蛍光分析の方法

材料を電気炉中600°Cの温度で数時間加熱し、灰化する。灰分重量を測定した後、ルツボに一定量の脱イオン水を加え、灰を溶解させ、弱い火で約5分間煮沸させた後、この液を濾過し、微温湯でルツボ中を数回洗い、洗液は更に濾過して、濾液に加え、濾液の全量を正確に測定する、このようにして得られた液を蛍光分析

に用い、この中の無機塩類を水溶性無機塩類とした。次に濾紙を弱い火で炭化させた後、再び電気炉中で灰化し、これに0.1N塩酸10ccを加え弱い火で約5分間加熱した後濾過する、ルツボの中は微温湯で数回洗い、洗液は濾過して濾液に加える。濾液の全量を正確に測定する。このようにして得られた液を蛍光分析に用い、この中の無機塩類を不溶性無機塩類とした。

ナトリウムの定量

波長580~594m μ 間の蛍光の強さを分光光度計によつて測定し、記録計によつて記録した。蛍光は波長589m μ に最高値を持ち、図1にあるような変化を示す。

それ故、基部からの589m μ のピークの高さを測る、別に既知

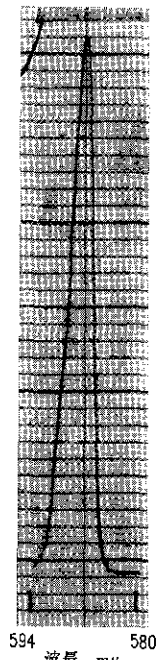


図1 ナトリウムの蛍光スペクトル200ppmナトリウム溶液

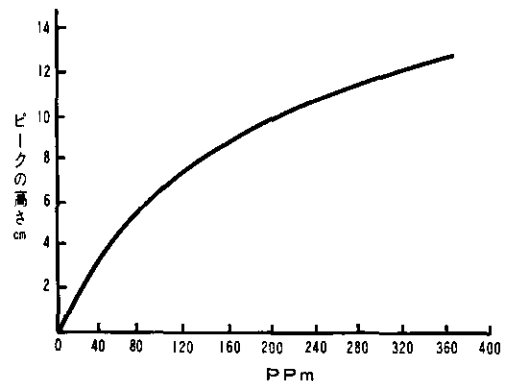


図2 ナトリウムの検量線

濃度のナトリウム水溶液を用いて、589m μ の高さをよんだ検量線をつくりこれと試料からよみとられた高さを比較して試料の濃度を求めた。図2にナトリウムの検量線を示す。

カルシウムの定量

波長 546~558m μ に最高値を持ち、図3にあるような変化を示す。

カーブの最低の位置から最高の位置までの高さを測る。別に既知濃度のカルシウム溶液を用いて、554m μ の高さをよんだ検量線をつくり、これと試料からよみとられた高さを比較して、試料の濃度を求めた。図4にカルシウムの検量線を示す。

カリウムの定量

波長 750~775m μ 間の炎光の強さを分光光度計によつて測定し記録計により記録した。炎光は波長 768m μ に最高値をもち、図5にあるような変化を示す。

カーブの最低線から最高の点までの高さを測る。別に既知濃度のカリウム溶液を用いて、

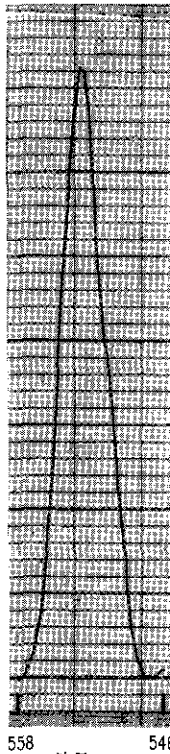


図3 カルシウムの炎光スペクトル500ppm カルシウム溶液

768m μ の高さをよんだ検量線をつくり、これと試料からよみとられた高さを比較して、試料の濃度を求めた。

図6にカリウムの検量線を示す。

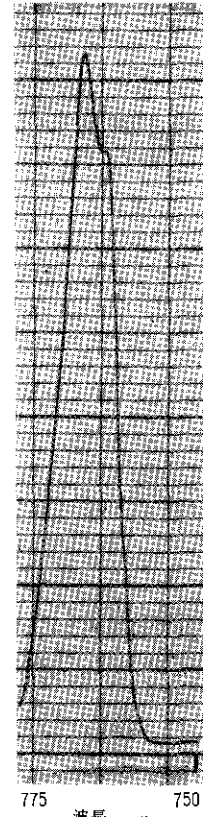


図5 カリウムの炎光スペクトル500ppm カリウム溶液

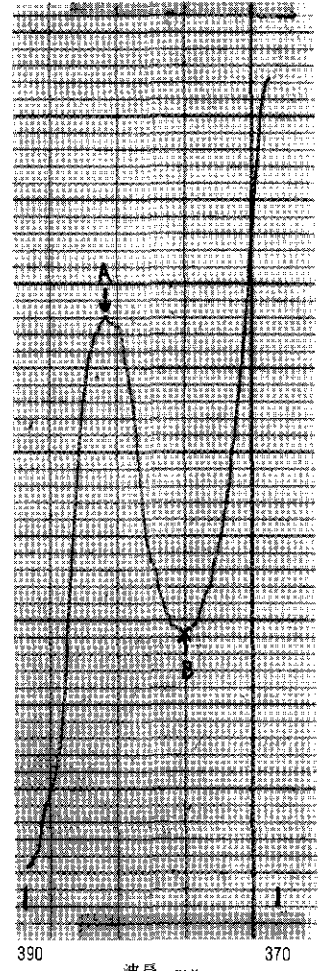


図7 マグネシウムの炎光スペクトル500ppm マグネシウム溶液

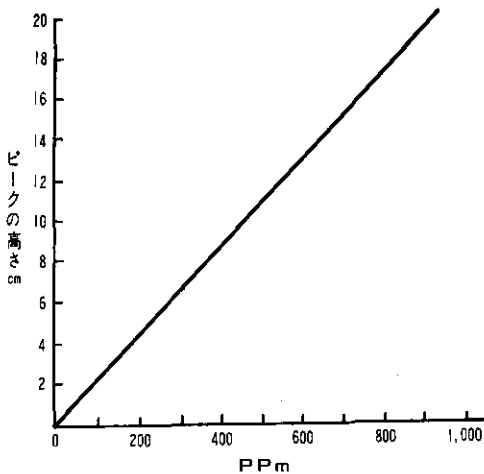


図4 カルシウムの検量線

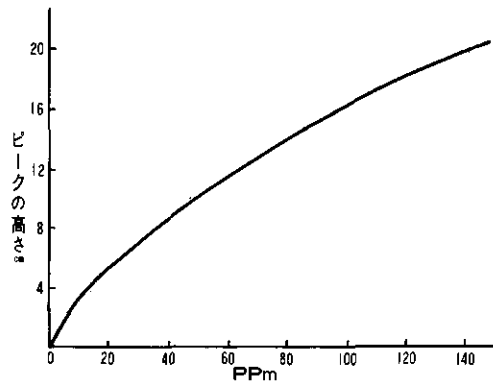


図6 カリウムの検量線

マグネシウムの定量

波長 370~390 μ 間の炎光の強さを分光光度

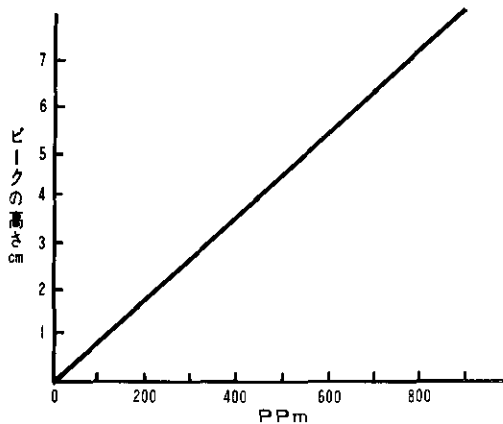


図8 マグネシウムの検量線

計によつて測定し、記録計により記録した。炎光は383 μ に最高値をもち、図7にあるような変化を示す。

図中B点からA点までの高さをはかる。別に既知濃度のマグネシウム溶液を用いてB点からA点までの高さをよんだ検量線をつくり、これと試料からよみとられた高さを比較して、試料の濃度を求めた。図8にマグネシウムの検量線を示す。

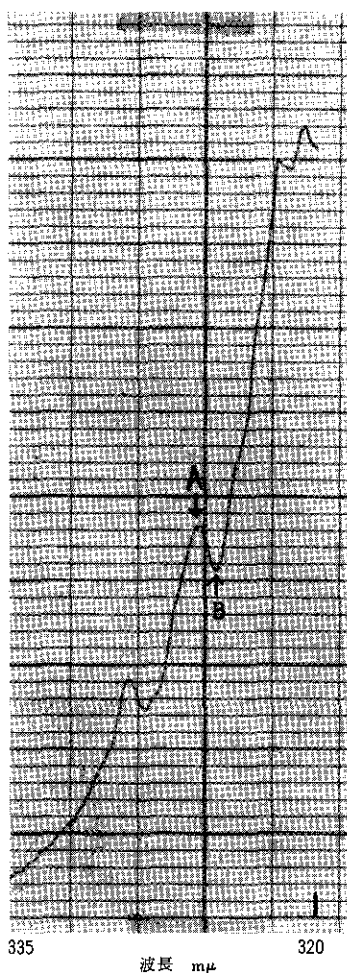


図9 銅の炎光スペクトル10ppm銅溶液

銅の定量

波長 320~335 μ 間の炎光の強さを分光光度計によつて測定し、記録計により記録した。

炎光は図9にあるような変化を示し、図中B点から324.8 μ のピークに相当するA点までの高さを測つた。別に既知濃度の銅の溶液を用いて、324.8 μ ピークのB点からの高さをよんだ検量線をつくり、これと試料からよみとつた高さを比較して、試料の濃度を求めた。図10に銅の検量線を示す。

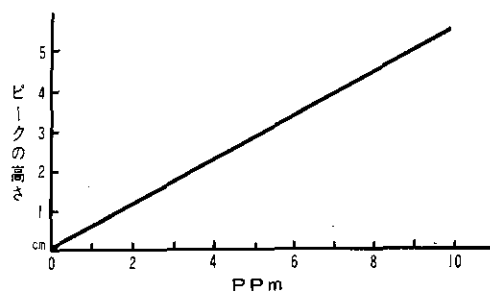


図10 銅の検量線

試料中の濃度は生体重量1グラム当りのミリグラム(mg/F.W.g)と灰分重量1グラム当りのミリグラム(mg/A.W.g)で表わされるように計算した。

なお、分光光度計としては日立EPU-2A形と、それに付属するH-2形炎光付属装置を用い燃料ガスとしては酸素-水素を用いた。記録計は日立QPD-33型を用い、分光光度計の吸光度指示計器の動きと比例する記録をとつた。

結果と考察

市販のほうれん草を葉と茎の部分にわけ、葉は周辺部と中心部に分け、茎は上部と基部に分けた。各部分について若い材料と成熟した材料について実験を行なつた。結果を表1、表2に示す。同様に実験的に作られた材料についての値を表3に示す。

以上の実験の結果から全体としてすべての材料についてカリウムの含量が最も多く、銅の含量は非常に微量であることが共通してみられた。次に市販材料と実験的に作られた材料につ

表1 市販ほうれん草の葉におけるナトリウム, カルシウム, カリウム, マグネシウム, 銅の含量

| 成熟度 | 部分 | | Na | | Ca | | K | | Mg | | Cu | |
|--------|-----|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g |
| 成熟した材料 | 周辺部 | 水溶性 | 1.35 | 54.67 | 0.06 | 2.40 | 6.25 | 250.60 | 0.06 | 2.40 | 0.01 以下 | 0.01 以下 |
| | | 不溶性 | 0.38 | 15.30 | 0.78 | 31.07 | 0.80 | 32.45 | 2.31 | 92.72 | 0.01 以下 | 0.01 以下 |
| | 中心部 | 水溶性 | 1.27 | 65.78 | 0.01 以下 | 0.24 | 4.65 | 240.63 | 0.19 | 9.67 | 0.01 以下 | 0.01 以下 |
| | | 不溶性 | 0.33 | 17.46 | 0.41 | 21.36 | 0.78 | 40.21 | 1.71 | 88.43 | 0.01 | 0.60 |
| 若い材料 | 周辺部 | 水溶性 | 1.42 | 70.22 | 0.06 | 2.79 | 3.78 | 186.69 | 0.06 | 2.79 | 0.01 以下 | 0.01 以下 |
| | | 不溶性 | 0.38 | 18.83 | 0.12 | 6.19 | 0.99 | 49.02 | 0.83 | 41.26 | 0.01 | 0.52 |
| | 中心部 | 水溶性 | 0.88 | 51.25 | 0.01 以下 | 0.01 以下 | 3.80 | 220.21 | 0.04 | 2.46 | 0.01 | 0.75 |
| | | 不溶性 | 0.24 | 13.97 | 0.09 | 5.07 | 0.34 | 19.65 | 0.70 | 40.93 | 0.01 | 0.75 |

表2 市販ほうれん草の茎におけるナトリウム, カルシウム, カリウム, マグネシウム, 銅の含量

| 成熟度 | 部分 | | Na | | Ca | | K | | Mg | | Cu | |
|--------|----|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g |
| 成熟した材料 | 上部 | 水溶性 | 1.03 | 90.64 | 0.01 以下 | 0.01 以下 | 1.04 | 90.98 | 0.01 以下 | 1.23 | 0.01 以下 | 0.61 |
| | | 不溶性 | 0.53 | 46.48 | 0.09 | 8.11 | 0.49 | 43.03 | 0.91 | 79.18 | 0.01 以下 | 0.64 |
| | 基部 | 水溶性 | 0.88 | 83.20 | 0.01 以下 | 0.01 以下 | 1.64 | 154.52 | 0.03 | 2.73 | 0.01 以下 | 0.01 以下 |
| | | 不溶性 | 0.26 | 24.10 | 0.07 | 6.39 | 0.56 | 52.53 | 0.68 | 63.86 | 0.01 | 0.54 |
| 若い材料 | 上部 | 水溶性 | 0.68 | 60.10 | 0.01 以下 | 0.01 以下 | 3.33 | 293.19 | 0.04 | 3.66 | 0.01 | 0.64 |
| | | 不溶性 | 0.13 | 11.34 | 0.05 | 3.97 | 0.37 | 32.90 | 0.41 | 37.42 | 0.01 | 0.25 |
| | 基部 | 水溶性 | 0.78 | 65.00 | 0.01 以下 | 0.01 以下 | 3.13 | 259.5 | 0.07 | 5.59 | 0.01 | 0.85 |
| | | 不溶性 | 0.19 | 16.02 | 0.05 | 4.28 | 0.55 | 45.63 | 0.40 | 33.89 | 0.01 | 0.20 |

表3 実験的に作ったほうれん草におけるナトリウム, カルシウム, カリウム, マグネシウム, 銅の含量

| 成熟度 | 部分 | | Na | | Ca | | K | | Mg | | Cu | |
|--------|----|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g | mg/ F.W.g | mg/ A.W.g |
| 成熟した材料 | 葉 | 水溶性 | 1.40 | 56.56 | 0.04 | 1.62 | 5.79 | 232.70 | 0.08 | 3.25 | 0.01 | 0.03 |
| | | 不溶性 | 0.18 | 7.19 | 3.69 | 147.49 | 0.11 | 4.62 | 2.25 | 90.68 | 0.01 | 0.30 |
| | 茎 | 水溶性 | 2.15 | 99.73 | 0.14 | 6.42 | 8.11 | 377.17 | 0.07 | 3.21 | 0.01 | 0.16 |
| | | 不溶性 | 0.33 | 15.34 | 0.81 | 37.81 | 0.53 | 24.66 | 1.00 | 46.58 | 0.01 | 0.13 |
| 若い材料 | 葉 | 水溶性 | 1.23 | 51.47 | 0.04 | 1.73 | 7.92 | 331.59 | 0.06 | 2.47 | 0.01 | 0.05 |
| | | 不溶性 | 0.180 | 7.81 | 3.07 | 128.64 | 0.26 | 10.95 | 4.13 | 174.0 | 0.01 | 0.18 |
| | 茎 | 水溶性 | 1.53 | 85.00 | 0.02 | 1.00 | 3.43 | 190.00 | 0.05 | 2.50 | 0.01 | 0.10 |
| | | 不溶性 | 1.24 | 6.87 | 0.77 | 42.86 | 0.97 | 53.57 | 1.01 | 55.71 | 0.01 | 0.13 |

いて比較すると、後者においては市販材料に比して、カルシウム含量がいちじるしく多く、20

倍以上にもなるものがみられた。又、若い葉のマグネシウム含量が実験的に作られた材料では

約4倍位多いことがみられるが、その他の点については特にいちじるしい相違はみられない。

次に葉と茎の相違についてみると、一般にナトリウムは葉に比して茎に多く、逆にカルシウムは茎の方が葉より2~4倍位多い、同様のことはマグネシウムの場合もカルシウム程の相違はみられないが、やはり葉の方が多いたことがみられる。カリウムについては材料の種類によつてことなり、葉と茎のどちらに多いと一概に言うことが出来ない。

次に成熟の度合いによる相違についてみると、ナトリウムやカルシウムの含量は一般的に言つて成熟した材料の方が若い材料より含量が多く、逆にカリウムの含量は市販の茎では若い材料の方が多いたことがみられる。葉のカリウム含量は成熟の度合いによつてさほど大きな変化はみられない。マグネシウム含量については市販の材料では葉、茎ともに成熟した材料の方が若い材料よりも、約2倍近く多いことがみられるが実験的につくられた材料については、若い材料の方が含量が多く、両者の間の不一致がみられる。銅の含量についてはそれが極めて少ないため、いずれとも判定しがたい。

次に葉の中心部と周辺部、茎の上部と基部といつた部分間の相違については、若い材料についてよりも成熟した材料についての方がその相違がみられるようになるが、特に葉よりも茎の方がその相違が顕著にみとめられる。

次に水溶性と不溶性の関係については、各材料ともナトリウムとカリウムは不溶性に比して水溶性のものがいちじるしく多く、逆にカルシウムとマグネシウムについては、水溶性よりも不溶性の形のものの方が多いたようにみられる。

市販の材料と実験的に作られた材料についてこの点を比較すると、水溶性の無機塩類の含量

は両者の間に大きな相違はみられないが、不溶性のものについては、実験的につくられた材料の方が市販のものに比べていちじるしく多く、前報(3)において報告されたように不溶性アルカリ度を増大させる主要な要因となつているものと考えられる。このような相違が生じた原因としては本材料を生育させる時に用いた培養液の組成や培養床として、石英砂を用いたことなどがその原因として考えられ、この点については更に今後の研究によつて解明して行く計画である。

結 論

ほうれん草の灰分を水溶性と不溶性にわけ、それぞれの中にあるナトリウム、カルシウム、カリウム、マグネシウム、銅の含量を炎光分析法により定量した。その結果をもととして市販材料と実験的に作られた材料の比較、葉と茎の比較、葉及び茎の各部分間の比較、成熟度による比較、各無機塩類の水溶性と不溶性の比較などを試みた。その結果以上の諸点に関して考察の形でべられたような相違のあることが見出された。

最後に本研究を行なうに当つて、御援助をたまわつた本学学長 手島博士、又直接の研究の御指導をたまわつた本学教授 寺岡博士に深く感謝の意を表するとともに、実験および計算の面において種々御協力下さつた伊藤三枝子副手にお礼申し上げます。

文 献

- (1) 今宮・寺岡：北星短大紀要9 (1963) 10.
- (2) H. Imamiya and H. Teraoka：北星短大紀要10 (1964) 31.
- (3) 今宮：北星短大紀要11 (1965).