

## 農薬登録した高圧炭酸ガスによるクリシギゾウムシの殺虫技術

食品総合研究所

食品安全研究領域 食品害虫ユニット

宮ノ下明大、今村太郎

### はじめに

私たちは秋になると店頭で虫食いのない立派なクリを買うことができるが、見た目にきれいなクリには理由がある。販売されているクリの多くは、収穫後に「臭化メチル」というくん蒸剤で殺虫処理が行われているのだ。この処理を行わなければ、クリ果実からクリシギゾウムシの幼虫が外へ脱出し、穴の開いたクリは商品価値を失ってしまう(図1)。

臭化メチルは地球のオゾン層を破壊する恐れがあることから、モントリオール議定書締約国会合によって、その生産が段階的に制限され先進国では 2005 年に生産中止になった(途上国では 2015 年の予定)。現在、日本では植物検疫用あるいは国際的に不可欠用途使用申請を行い許可された量のみが使用されている。

とくにクリシギゾウムシ防除の場合は、臭化メチル以外に有効な殺虫技術がないため、日本は不可欠用途使用申請を行い 2008 年はクリ用として 6.3 トン(2009 年は 5.8 トン)の使用が許可されている。しかし、今後も継続して使用が許可されることは難しくなると予想される。このような背景を受けて、臭化メチル代替殺虫技術の開発は急務となっている。

高圧炭素ガスを用いた殺虫技術はこれまで貯蔵食品害虫に対して開発された方法であったが、クリシギゾウムシに適用するために殺虫条件を確立し、農薬登録を行った。



図1 クリシギゾウムシの幼虫(左)と被害クリ(右)

### 炭酸ガスの安全性

農薬を用いて食品害虫を防除する際には、食品に対する残留性、ヒトへの健康被害、地球環境に与える影響が配慮された安全性の高いものが望まれている。炭酸ガスは、通常、私たちが呼吸の過程で呼気として排出し、ビールや炭酸飲料からも体内に取り込んでおり、安全性の高いガスである。高濃度の炭酸ガスは人間にも害を与えるが、その毒性はくん蒸剤として使われてきた臭化メチルやリン化水素と比較すると極めて低い。

## 高圧炭酸ガスの殺虫メカニズム

高圧炭酸ガス殺虫法は、炭酸ガスを高圧力で充填することにより、短時間で高い殺虫効果が得られる方法である。昆虫に対して低濃度の炭酸ガスは麻酔作用があり、濃度が 35%以上になると致死作用を示す。

高圧炭酸ガスの殺虫メカニズムは十分に解明されていないが、次の 4 点が考えられる。①炭酸ガスが神経軸索に作用して神経伝達に重要な役割を果たす Na/K イオンのバランスを崩す、②昆虫の体液を酸性化し各種の酵素作用を阻害する、③昆虫が酸素を取り入れる気門という孔を開閉する筋肉に作用し、気門を開放状態にして体内水分を奪う、④炭酸ガスを高圧で充填することにより、昆虫の体液に溶け込むガス量が増加し常圧よりも短時間で殺虫効果がある。これらの効果が複合的に作用して昆虫が死亡すると考えられている。

## 高圧炭酸ガスを用いたクリシギゾウムシ殺虫の手順

高圧炭酸ガス処理装置は、圧力耐性容器が必要であるが、装置の構造は比較的簡単である。主要なものは「液化炭酸ガスボンベ」と「圧力耐性容器」とそれらをつなぐ配管器具である。食品害虫ユニットでは、大型装置を試作して殺虫条件を検討した(図 2)。臭化メチルでくん蒸処理をしていないクリ(品種:筑波)を用い、クリシギゾウムシの殺虫試験をしたところ、圧力 30kg/cm<sup>2</sup> (3MPa)、処理時間 30 分で完全殺虫された<sup>1)</sup>。作業時間は、ガスと圧力の注入に 10 分、殺虫処理 30 分、圧力とガスの放出に 10 分である(図 3)。1 回の処理が約 1 時間でできることから、臭化メチルによる 2~3 時間のくん蒸処理に比べると短時間で殺虫可能である。ただし、クリ果実を処理する場合はガスと圧力を瞬時に放出すると割れてしまうため、2 分以上かけて放出することが重要である。



図 2 大型高圧炭酸ガス処理装置  
サイズ:外径 40cm, 長さ:155cm  
処理量:クリ 70kg/回

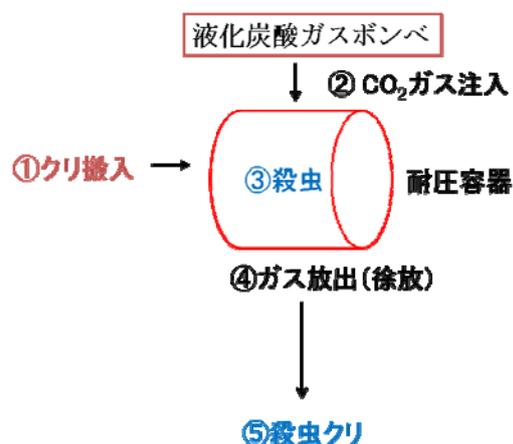


図 3 クリシギゾウムシ殺虫の手順

## 農薬登録の経緯

クリシギゾウムシ殺虫のための臭化メチル代替技術として、高圧炭酸ガス処理が有効であることは示されたが、この技術を現場で実用化するためには農薬登録が必要である。そこで、農薬登録に必要なデータをそろえる実験をこの5年ほど地道に行ってきた。炭酸ガスは米、麦、トウモロコシ等の穀物に対するくん蒸剤として登録済みであり、安全性に関する評価はすでに問題がなかった。しかしクリシギゾウムシに対する安定した殺虫効果を示す必要があった。数年にわたり、複数地域から採集されたクリを用いて、年や地域によって殺虫効果に違いがないこと示した。また、クリは東北でも生産されているので、低温で処理しても効果があることを示すために、10℃の低温倉庫を用いた殺虫試験も行った(表1)。平成18年にこれらのデータをそろえることができ、申請書を提出した。平成19年7月4日付けで、高圧炭酸ガスはクリシギゾウムシ殺虫のためのくん蒸剤として農薬登録された(登録番号:18194号・農薬名:エキカ炭酸ガス)。農薬登録にあたり、液化炭酸株式会社、横浜植物防疫所、株式会社ツムラのご協力に感謝の意を申し上げたい。

クリシギゾウムシ殺虫技術としては、「ヨウ化メチル」(くん蒸剤)が有力で、その農薬登録は間近と言われていたが、今回の高圧炭酸ガスの登録はヨウ化メチルより迅速に行われた。現時点(2008年8月)で、臭化メチル代替殺虫技術として、クリシギゾウムシ殺虫に使える唯一のくん蒸剤となった。

表1 10℃と25℃でのクリシギゾウムシ殺虫率

処理条件		殺虫率(%)	
圧力(MPa)	処理時間(分)	10℃	25℃
2.5	10	87.1	98.5
2.5	30	99.2	100
3	10	97.3	99.5
3	30	99.7	100

処理量: クリ果実8kg (茨城・宮崎・熊本産を含む)  
実験繰返し3回以上

## 実用化に向けての問題点

高圧炭酸ガスのクリに対する農薬登録は、本技術の実用化に向けて大きな一歩であるが、まだ多くの課題を抱えている。クリシギゾウムシの完全殺虫には圧力30kg/cm<sup>2</sup>(約3MPa)を必要とし、圧力耐性容器を使用しなければならない。臭化メチルに比べて、装置製作に伴うイニシャルコストや炭酸ガスのランニングコストも高くなる。さらに、1Mpa以上の高圧ガスの取扱いは、「高圧ガス保安法」により、都道府県知事への届出と管理責任者を置かなくてはならない。

これらの課題の解決のため、1Mpa以下の圧力条件で十分な殺虫効果が期待できる手法の開

発が必要である。1Mpa 以下であれば、耐圧容器製作のコストも下がり、装置の設置や管理にあたって許可が不要である。

海外に目を移すと、高圧炭酸ガスによる大規模な殺虫装置(直径 2m, 長さ約 20mの円筒形圧力容器)が実用化され、ドイツでは薬用茶(ハーブティー)の殺虫に使われている。その処理条件は 2MPa で 2 時間である。フランスではペットフードやスパイスの害虫防除に使用されている<sup>2)</sup>。このように装置導入コストが高くとも、付加価値の高い加工食品では実用化されているのである。

### **炭酸ガスの地球温暖化への影響**

炭酸ガスは地球温暖化の原因となるが、本技術で使用する炭酸ガスは石油コンビナート等から発生したものをトラップして利用するため、その排出量の増加には荷担しない。殺虫に使用したガスを再利用するシステムにより環境への影響をより低減できる。

### **有機 JAS 認証可能なクリの生産**

高圧炭酸ガス処理は、短時間で十分な殺虫効果を期待でき、残留性がなく人間に対しても安全性が高いことは大きな利点である。クリの生産にこの技術を導入するためには、クリの付加価値を高めることが望ましい。例えば、炭酸ガスは残留性がないので、農薬のポジティブリスト制度の対象外物質であり、有機 JAS 認証制度においても使用が認められている。高圧炭酸ガス処理したクリを用いた加工品は、有機 JAS の認証を受けることが可能と思われる。安全性の高いクリの生産は、付加価値を高めるひとつの方法ではないだろうか。

### **終わりに**

臭化メチルに代わるクリシギゾウムシの殺虫技術としては、現在農薬登録を申請中のくん蒸剤である「ヨウ化メチル」が有力であり(2008 年 8 月現在未登録)、登録後に本くん蒸剤に切り替えることを多くのクリ生産者が予定していると思われる。これは、従来の臭化メチルくん蒸の施設がそのまま使用できることが大きな利点になっている。しかし、ヨウ化メチルの沸点は約 43°C で常温では液体であるため、速やかに気化させるためには湯煎を必要とすることから、簡易な処理技術の開発が望まれる<sup>3)</sup>。

今後、臭化メチルからヨウ化メチルへ移行することで、殺虫技術がヨウ化メチルー辺倒になり、その他の技術開発が滞ってしまう恐れがある。化学農薬を用いないクリシギゾウムシ殺虫技術としては、高圧炭酸ガス(3MPa・30 分)、温湯浸漬(50°C・30 分)、低温貯蔵(マイナス 2°C・4 週間以上)などが開発され、十分に殺虫効果が認められている。これらの方法は環境に優しく、人体への安全性が高いことが特徴であり、それぞれの長所を生かして導入されることを期待したい。

### **引用文献**

1) 宮ノ下明大、今村太郎(2006)高圧炭酸ガスを用いた貯蔵食品害虫の殺虫技術、食糧、44:59

- 2) 平野耕治、中北 宏(1995) 高圧炭酸ガスによる貯蔵食品害虫の新駆除法、植物防疫、49(1): 24-28.
- 3) 大竹恵乃、草野尚雄、中村善二郎、長塚 久(2006) クリシギゾウムシに対するヨウ化メチルくん蒸の効果、茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告、14: 53-58.

## 精米粉末中カドミウムおよびミネラルの分析に関するプロフィシエンシテスティング(技能試験)の提供

食品総合研究所 内藤成弘

### はじめに

技能試験は、分析法の点検等に活用されることを目的として、実施者が分析対象の試料を参加試験室に配付し、各試験室から提出された報告値をデータ解析して、各報告値のかたより（バイアス）の大きさを評価した試験結果報告書を返送するものである。試験室の技能試験への参加は、試験所認定（ISO/IEC 17025）や食品衛生法上の食品検査機関の登録の必須条件ともなっている。これは、技能試験が測定値の確からしさを確保するための手段の一つとして位置づけられているためである。しかし、食品分析の技能試験はほとんどが海外から提供されており、国内の試験室では、日頃分析対象としている食品および成分の技能試験に参加しにくい状況がある。食品として国内で関心の高い米を選択し、行政的な低減施策が行われているカドミウム（Cd）と、成分表示等の関連で分析機会の多いミネラルを対象成分とした分析技術の技能試験を食総研では2006年から年1回実施している。

### 技能試験とは

JIS Q0043-1: 1998 では、プロフィシエンシテスティング（proficiency testing）を「試験所間比較による試験所の実績の評定」と定義し、「技能試験」と訳している。技能試験には何種類かあるが、一般的な流れを紹介する。技能試験では、試験実施者が試料名及び分析対象成分を公表して参加試験室を募集する。次に、試験実施者は均質な試料を参加試験室に配付し、各試験室は分析対象成分を得意な分析法で測定して結果を報告する。測定は何回行っても良いし、異なる分析法で測定しても良いが、通常は試験室の代表値を決めて、一つの分析対象成分について測定値は一つだけ報告する。そして、試験実施者は各試験室から集まった報告値を解析して報告書を作成する。報告書では試験室名はコード化しており、各試験室は自分のコードしか通知されない。参加試験室は、報告書に記載された自分の報告値の評価結果から、報告値に問題がないか知ることができ、問題がある場合は分析法の改善を検討する。この一般的な技能試験で発見できる問題は、測定値のかたより（バイアス）の大きさである。

食品衛生法上の食品検査機関は、調査項目毎に年1回以上の技能試験参加が義務付けられており、農林水産省の「サーベイランス・モニタリングの計画・実施及び結果の評価・公表に関するガイドライン」のなかの分析報告書及びWHOのGEMS/FOOD（食物中の化学物質汚染を対象とした監視計画）のなかの分析法・分析値の品質保証・サンプリングに関する質問票（Codex委員会に提出する分析データもこの質問票の利用が勧

奨されている)では、過去2年以内の技能試験参加の有無を回答する必要がある。規制値との比較に用いることが想定される測定値については、規制するかどうかの判定結果に影響を及ぼす、測定値のかたよりとばらつきについて明らかにすることが重要なため、かたよりチェックの一つの方法として技能試験参加の有無が確認される。

### 報告値のかたよりの評価方法

報告値は、以下の式を用いて z スコアを計算して評価する。

$$z_i = \frac{x_i - \hat{X}}{s_p}$$

ここで、 $z_i$  は標準正規分布 (平均値=0、標準偏差=1) に従う確率変数、 $x_i$  は試験室  $i$  の報告した測定値、 $\hat{X}$  は付与された値 (assigned value、技能試験の結果から求めた代表値)、 $s_p$  は Horwitz の式 (濃度と分析精度の関係を表した経験則の式) に付与された値を代入して求めた室間再現標準偏差 (測定値のばらつきの指標) である。z スコアは、標準正規分布の性質として -2 ~ +2 の範囲内に 95% の確率で入る。技能試験に関する国際ハーモナイズドプロトコル では z スコアを、 $|z| \leq 2$  のとき測定値は受け入れ可能、 $2 < |z| \leq 3$  のとき測定値は疑わしい、 $|z| > 3$  のとき測定値は検討が必要と判定する。

したがって、z スコアが 2 を超えた場合は、分析法の自己点検を行うことが推奨される。

### 実施状況

2006 年度、2007 年度ともにカドミウム及び水分の報告は必須とし、他の無機元素は任意とした。統計解析の手順は 2006 年に改訂された技能試験に関する国際ハーモナイズドプロトコルに従った。

2006 年度は、(独)産業技術総合研究所計量標準総合センター (NMIJ) が調製した精米粉の候補標準物質 (約 20 g) を 59 試験室に配付し、57 試験室から結果が返送された。z スコアの絶対値が 2 を超えた試験室数を「成分 (当該試験室数/参加試験室数)」で示すと、Cd (3/59)、Na (14/20)、K (5/24)、Mg (7/29)、Ca (8/25)、P (3/20)、Fe (3/25)、Zn (7/36)、Cu (6/34)、Mn (1/30) であった。すべての成分で分析法の点検が推奨される試験室が存在した。特に、ナトリウムは付与された値が 5.8 mg/kg fw (fw: 新鮮重当たりの濃度) なのに、20 個の報告値のうち 7 個が 15 mg/kg fw 以上の高い値であった。また、水分の報告値もばらつきが大きかった。水分の全データの中央値は 6.3 % であり、配付試料の均質性確認のときの 6.7 % に近い値であった。しかし、外れ値になった 1.5 % と 2.8 % を除いても最小値が 4.9 %、最大値が 7.8 % と変動幅が広く、95 °C、8 ~ 16 時間の常圧通風加熱乾燥法の測定条件の見直しが必要な結果であった。

2007 年度の精米粉試料は食品総合研究所が調製し、48 試験室に配付し、47 試験室から結果が返送された。結果の概要を表 1 に示す。z スコアの傾向は 2006 年度に類

似していた。水分は、135℃・1時間、試料量 1g の常圧通風加熱乾燥法に測定条件を変更したところ、外れ値になった 10.3 %を除くと最小値は 11.8 %、最大値は 13.9 %であり、2006 年度よりも変動幅が狭くなったが、約 2 %の範囲で報告値がばらついている（図 1）。カドミウムは、測定機器の検出限界以下のため 0 mg/kg fw と報告した 1 試験室と外れ値になった 0.309、0.316、0.451、0.562 mg/kg fw を除外すると、最小値は 0.341 mg/kg fw、最大値は 0.430 mg/kg fw であり、約 0.09 mg/kg fw の範囲で報告値がばらついている（図 1）。

表 1 2007 年度精米粉末技能試験結果の概要

測定対象成分	全スコア数	有効データ数	付与された値	$ z\text{スコア}  \leq 2$ の試験所数	$ z\text{スコア}  \leq 2$ の率 (%)
水分(%)	47	46	13.3	40	85
Cd (mg/kg fw)	47	46	0.384	45	96
Na (mg/kg fw)	20	12	6.49	4	20
K (mg/kg fw)	22	22	1008	19	86
Mg (mg/kg fw)	23	23	327	21	91
Ca (mg/kg fw)	21	16	55.5	12	57
P (mg/kg fw)	15	14	1185	11	73
Fe (mg/kg fw)	20	17	2.90	16	80
Zn (mg/kg fw)	23	22	17.7	21	91
Cu (mg/kg fw)	21	19	2.52	19	90
Mn (mg/kg fw)	23	21	10.1	21	91

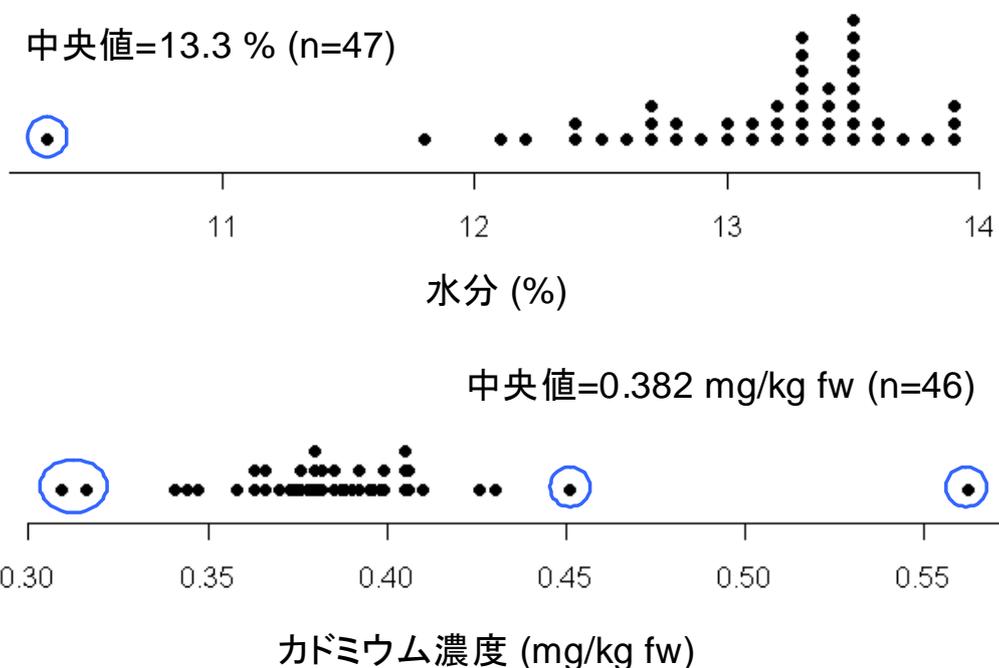


図1 水分、カドミウムの 2007 年度報告値の分布  
青丸は統計解析の判定結果によると外れ値(箱ひげ図の内境界点の外)

## おわりに

本技能試験の結果からも、試験室によって報告値が異なることが確認でき、分析値の品質保証のために定期的な点検が必要なことは明らかである。特に、食品の規制に関する分析値については、その値の信頼性を示す情報（内部質管理データ、技能試験参加の結果など）も同時に提出することが要求されるので、分析値の信頼性確保につながる技能試験の提供は継続していきたい。

## 参考文献

進藤ら，精米粉末中カドミウム及び主要無機質の技能試験，分析化学  
57(6)，427-437（2008）

## 黒大豆「丹波黒」の原産国判別 無機元素組成により、一粒で地域特産品を判別する

食品総合研究所  
食品分析研究領域  
分析ユニット  
堀田 博

### はじめに

科学的に農産物類の産地を判別しようという試みは、いろいろな分析値や計測値を変動要素として統計的に解析する方法により、40年以上前から行われていた<sup>1)~6)</sup>。ワイン<sup>7)~13)</sup>やハチミツ<sup>14)~17)</sup>、米<sup>18), 19)</sup>や小麦<sup>20)</sup>、ジャガイモ<sup>21), 22)</sup>、ニンニク<sup>23), 24)</sup>、オレンジジュース<sup>25), 26)</sup>、茶<sup>27)~30)</sup>やコーヒー<sup>31), 32)</sup>、ココア<sup>33)</sup>、牛肉<sup>34)</sup>、チーズ<sup>35), 36)</sup>、ナッツ類<sup>37)~38)</sup>などの判別が報告されている。

日本国内での食品の表示、特に原産国表示に対する一般消費者の関心は非常に高い。さらに2000年からJAS法により、野菜や果物の生鮮品とそれらの加工品などの農産物は、日本国内あるいは外国の産地名の店頭での表示が義務づけられたこともあり、特に、国内産地と競合する輸入割合が高い野菜に対して、産地偽装を確実に防止できる客観的かつ科学的な判別法の開発が望まれていた。そのような状況の中から、農産物中の無機元素組成を用いる実用的な判別技術を、食品総合研究所と(独)農林水産消費安全技術センターが共同で開発し、長ネギ<sup>39)~41)</sup>やタマネギ<sup>42)~44)</sup>、梅<sup>45), 46)</sup>、ショウガ<sup>47)</sup>、ニンニク<sup>24)</sup>、シイタケ<sup>48)</sup>、カボチャ<sup>49)</sup>などに応用され、現場で使われる実用化技術として誰もが利用できる判別マニュアルとして公表されている<sup>50)</sup>。

今回、日本国内産と日本に輸入されている中国産との産地判別を行った「丹波黒」と呼ばれる黒大豆は、京都府と兵庫県にまたがる「丹波・篠山地方」で古くから栽培され、大粒で外側に白い粉が付くのが特徴である。黒大豆のポリフェノールが健康ブームで注目され、また丹波黒は非常に高価なため、日本の品種を持ち出して中国で栽培された丹波黒の輸入が急増していた。しかし、これまでの産地判別を行った野菜類

に対して、「丹波黒」は丹波篠山地方や岡山県など数県で栽培されている地域特産品といえる農産物のため収集できる試料が少なく、産地判別を行う試料数(母集団)としては少なかった。また、粒なので容易に混合でき、中国産と日本産の「丹波黒」大豆粒を混ぜて日本産と表示する産地偽装も懸念される。

そこで、迅速に結果が得られ実用化もされている無機元素組成を基に、統計解析で産地を判別する技術を活用し、①丹波黒大豆 100 粒による日本産と中国産の判別技術と、②粒の混合による産地偽装表示を鑑定できる一粒での判別技術を確立することを目的に、黒大豆「丹波黒」の産地判別技術の開発を行ったので、その開発手順を紹介する<sup>51)~53)</sup>。

## 材料と実験方法

### (1)産地の確実な試料を集める

農産物の産地判別で最も重要なのが、産地の確実な試料の収集である。農産物の場合、栽培年(時期)の降雨量などの天候により栽培土壌中から吸収される無機成分組成が異なると予想されるので、栽培年が異なる試料を収集した。収集した「丹波黒」の栽培年は5年間、5品種であり、丹波および篠山産、岡山県産のものは農業研究所の専門研究員を通じて入手した。また、日本産の市販品および中国産の丹波黒は民間小売業者から入手した。しかし、限られた栽培地域から収集できた試料数は約 70 程度と、タマネギなどこれまで行った農産物に比較して、産地判別を行う母集団としては少なかった。

### (2)無機成分組成の分析

国産、中国産計 66 点の黒大豆「丹波黒」の約 100 粒、あるいは一粒を測定材料とした。無機成分組成を測定する試料の調製は、脂肪分が多い試料も短時間で分解できるマイクロ波分解装置により酸分解を行った。

無機成分組成の定量は、ppm ~ ppt レベルの元素分析が可能な、誘導結合高周波プラズマ発光分析装置(ICP-OES と略す)と誘導結合高周波プラズマ質量分析装置(ICP-MS と略す)で行った。共にプラズマに試料を噴霧してその発光やイオン化したものを測定する装置である。

ICP-OES ではバリウム ( Ba )、カルシウム ( Ca )、鉄 ( Fe )、カリウム ( K )、マグネシウム ( Mg )、マンガン ( Mn )、リン ( P )、ストロンチウム ( Sr )、亜鉛 ( Zn ) の 9 元素 (表1)を、ICP-MS では銅 ( Cu )、カドミウム ( Cd )、セシウム ( Cs )、ランタン ( La )、セリウム ( Ce )、ネオジミウム ( Nd )、サマリウム ( Sm )、ガドリニウム ( Gd )、タングステン ( W )、アルミニウム ( Al )、バナジウム ( V )、コバルト ( Co )、ニッケル ( Ni )、ルビジウム ( Rb )、モリブデン ( Mo ) の 15 元素 (表2)を測定した。

それぞれの産地から収集した試料の元素濃度データを基にして、パソコン用の統計解析ソフト ( Statistica Pro 06J ) を用いて線形判別分析を行った。

**表1 ICP-OESによる66試料の測定結果(乾重量当)**

	合計 (n=66)			日本産 (n=45)			中国産 (n=21)		
	Average (g/kg)	S. D.	RSD (%)	Average (g/kg)	S. D.	RSD (%)	Average (g/kg)	S. D.	RSD (%)
Ba	0.0026	0.0014	54	<b>0.0026</b>	0.0016	61	<b>0.0027</b>	0.00098	36
<u>Ca</u>	1.6	0.31	20	<b><u>1.40</u></b>	0.25	18	<b><u>1.87</u></b>	0.13	7
<u>Fe</u>	0.085	0.005	6	<b><u>0.084</u></b>	0.005	6	<b><u>0.087</u></b>	0.003	4
<u>K</u>	20.4	0.7	3	<b><u>20.6</u></b>	0.7	3	<b><u>20.0</u></b>	0.4	2
Mg	2.4	0.10	4	<b>2.4</b>	0.11	4	<b>2.4</b>	0.07	3
Mn	0.025	0.0034	13	<b>0.025</b>	0.0034	14	<b>0.026</b>	0.0031	12
<u>P</u>	6.9	0.64	9	<b><u>7.3</u></b>	0.40	5	<b><u>6.3</u></b>	0.50	8
<u>Sr</u>	0.0026	0.0012	46	<b><u>0.0021</u></b>	0.0008	38	<b><u>0.0038</u></b>	0.0011	28
Zn	0.048	0.0045	9	<b>0.048</b>	0.0053	11	<b>0.048</b>	0.0016	3

赤アンダーラインの元素は、日本産及び中国産「丹波黒」の含量間に統計的な差異 ( P < 0.01 ) があった

表2 ICP-MSによる66試料の測定結果(乾重量当)

	全体 (n=66)			日本産 (n=45)			中国産 (n=21)		
	Average (mg/kg)	S. D.	RSD (%)	Average (mg/kg)	S. D.	RSD (%)	Average (mg/kg)	S. D.	RSD (%)
<u>Cu</u>	14	2.9	21	13	3.1	23	16	1.8	12
<u>Cd</u>	0.11	0.085	80	0.13	0.092	71	0.055	0.031	57
<u>Cs</u>	0.052	0.048	92	0.026	0.021	80	0.11	0.041	38
<u>La</u>	0.006	0.005	81	0.003	0.003	88	0.010	0.004	35
<u>Ce</u>	0.008	0.008	100	0.004	0.005	145	0.017	0.004	23
<u>Nd</u>	0.003	0.003	102	0.002	0.003	156	0.007	0.002	22
<u>Sm</u>	0.002	0.002	102	0.002	0.002	121	0.002	0.002	70
<u>Gd</u>	0.0009	0.0011	126	0.0006	0.0008	141	0.0015	0.0014	91
<u>W</u>	0.002	0.004	182	0.003	0.005	153	0.001	0.001	217
<u>Al</u>	8	5	56	6	3	52	13	3	25
<u>V</u>	0.012	0.009	73	0.008	0.006	81	0.021	0.006	27
<u>Co</u>	0.11	0.059	53	0.092	0.058	63	0.15	0.036	24
<u>Ni</u>	5.0	3.1	62	3.8	2.3	60	7.6	3.1	41
<u>Rb</u>	18	8.9	50	14	6.1	44	27	7.6	29
<u>Mo</u>	4.9	3.6	73	5.7	3.6	62	3.2	3.2	98

赤アンダーラインの元素は、表1と同じ。

## 結果と考察

### (1) 黒大豆「丹波黒」の100粒による判別<sup>51)</sup>

ICP-OES 及び ICP-MS により 24 元素を測定して得られたデータ(66 点 ×24 元素濃度)を基に判別分析を行った(図1)。これらの結果から、判別の可能性が示唆されたので、測定した24元素の中から、後進ステップワイズ法という統計手法で 5 元素(Al, Ba, Ca, K, Ni)を選択し、それらにより全 66 点の国産、中国産を分類する線形判別モデル I を構築した(表3、図2)。このモデルによる新たな未知試料の的中率は 96%であった(表4)。

この100粒による判別モデル I は、農林水産消費安全技術センターの検査業務で使用するマニュアルとなり、同センターのweb siteで公開されている<sup>50)</sup>。

### (2) 黒大豆「丹波黒」の一粒による判別<sup>52)</sup>

一粒判定のためには、一粒それぞれの乾重量当たりの元素含量を精確に測定せ

ねばならないが、大粒の丹波黒でもその一粒は1g以下であり、定量は非常に難しい。そこで、各元素を判別への寄与が小さい元素(カリウム)で割った値(濃度比)を使い、また100粒による測定データを基にして、種々の判別式を作成し、それらの式を用いて一粒での判別が可能か試みた。その結果、後進ステップワイズ法により選択した6元素(Ba, Ca, Mn, Nd, W, Ni /K)により線形判別モデルⅡ、またICP-MSにより測定した微量元素(15元素)から選択した3元素(Cd, Cs, V /K)により線形判別モデルⅢの二つのモデルを構築した。(表3、図3、図4)。

判別モデル構築用試料と新たな収集試料の計97点から一粒ずつ取り、検証用試料とした。それらを測定した結果、判別モデルⅡによる的中率は、判別モデル構築用試料から取った検証用試料では高かったが新たな未知試料では低かった。判別率の低下には粒間の元素濃度の変動が大きく影響することが判明したので、変動が小さい微量元素から判別元素を選抜し、判別モデルⅢを構築した。このモデルによる検証の結果、新たな未知試料では91%と、モデルⅡよりの中率が大きく向上し、一粒での産地判別も実用化できるレベルの判別式を構築できた(表4)。

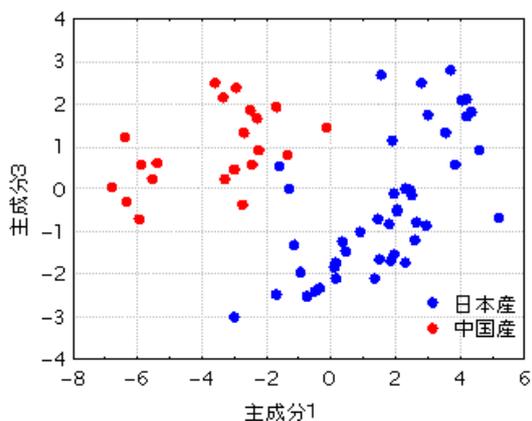


図1 モデル構築用66試料の24元素による主成分分析のプロット

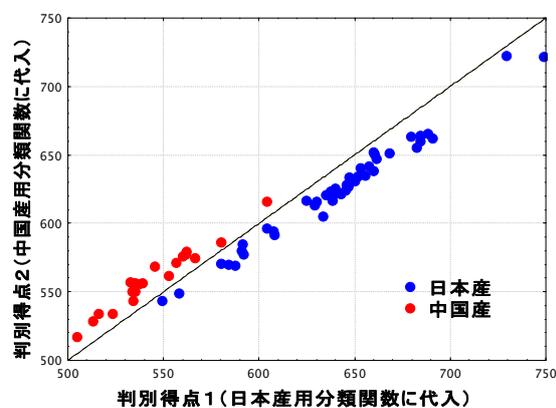


図2 判別モデルⅠ(100粒)による日本産及び中国産丹波黒の判別 5元素(Al, Ba, Ca, K, Ni)による判別得点プロット

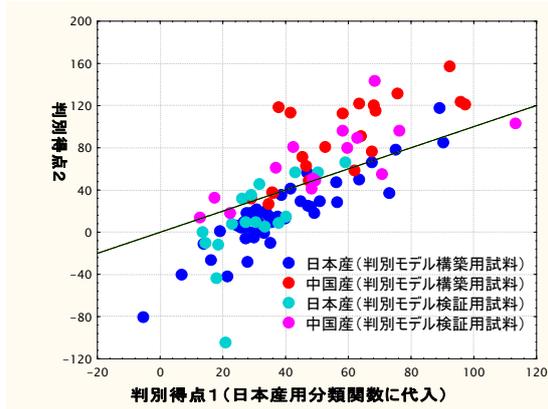


図3 判別モデルⅡ(一粒)による日本産及び中国産丹波黒の判別 6元素 (Ba, Ca, Ni, Mn, Nd, W) のKに対する濃度比による判別得点プロット

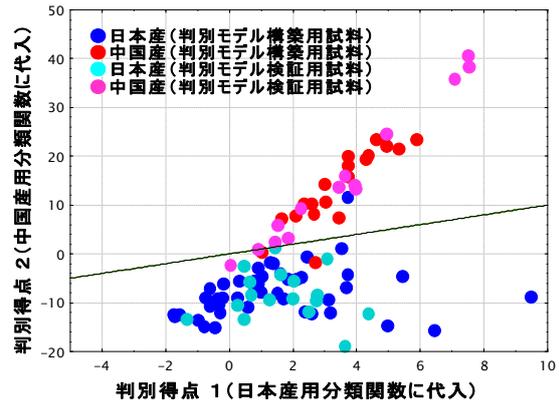


図4 判別モデルⅢ(一粒)による日本産及び中国産丹波黒の判別 3元素 (Cd, Cs, V) Kに対する濃度比による判別得点プロット

表3 線形判別モデルの係数と定数

元素	判別モデルⅠ (100粒判別用分類関数)		判別モデルⅡ	判別モデルⅢ
	日本産用	中国産用	一粒判別用(元素/K)	
Al	-1.58	-0.485	-	-
Ba	$1.23 \times 10^1$	7.89	$1.17 \times 10^5$	-
Ca	$-3.51 \times 10^{-2}$	$-1.48 \times 10^{-2}$	$-9.16 \times 10^2$	-
K	$6.36 \times 10^{-2}$	$5.77 \times 10^{-2}$	-	-
Ni	-6.36	-4.13	$-5.05 \times 10^4$	-
Mn	-	-	$3.23 \times 10^4$	-
Nd	-	-	$-4.45 \times 10^7$	-
W	-	-	$2.17 \times 10^7$	-
Cd	-	-	-	$6.93 \times 10^5$
Cs	-	-	-	$-2.02 \times 10^6$
V	-	-	-	$-1.03 \times 10^7$
定数	$-6.31 \times 10^2$	$-5.57 \times 10^2$	$4.02 \times 10^1$	$1.09 \times 10^1$

モデルⅠでは、未知試料の元素濃度を代入し、値の大きい方を産地とする

モデルⅡ・Ⅲでは、濃度比を代入し、正值は日本産、負値は中国産と判別

表4 線形判別モデルの判別的中率

検証用試料		判別モデルⅠ	判別モデルⅡ	判別モデルⅢ
判別モデル構築 用試料から取得	国産	100%(45/45)	93%(41/44)	98%(43/44)
	中国産	100%(21/21)	90%(19/21)	90%(19/21)
	総計	100%(66/66)	92%(60/65)	95%(62/65)
新たな未知試料 から取得	国産	100%(12/12)	65%(11/17)	94%(16/17)
	中国産	92%(11/12)	67%(10/15)	87%(13/15)
	総計	96%(23/24)	66%(21/32)	91%(29/32)

### 終わりに

今回の「丹波黒」の産地判別は、「丹波黒」が丹波篠山地方や岡山県など数県だけで栽培されている地域特産品のため、産地判別用母集団としなる収集試料が少なく、判別が非常に難しいのではないかと、また、粒を混合する場合を考えて一粒でも判別できる必要があるが、一粒が1g以下の試料で判別データが得られるか、危惧していた。しかし、これまでの産地判別の経験を生かし、ともにクリアーし、紹介した「丹波黒の産地判別」が開発できた。即ち、農産物の無機元素組成に基づく産地判別技術は、主要農産物だけでなく、生産地域が限られ収集試料数も少ない種々の地域特産農産物とそれらと競合する輸入品との差別化を図れる偽装表示防止技術としても応用できた。

このように、生産地域が限られる地域特産品でも産地判別が可能となるなど、無機成分組成による農産物の地判別技術は、ほとんどの農産物に応用可能であることを示すことができた。今のところ、個々の農産物毎に試料収集・無機成分測定・データ解析を行い、それぞれの判別式を作らねばならないので、産地偽装が起りやすい輸入割合が高い農産物が優先されることになる。また、判別法が開発された農産物でも、品種の変遷などにより年々バージョンアップする必要もあるので、全ての輸入農産物の判別法が開発されるには時間がかかるだろうが、新たな偽装表示農産物が現れても、その科学的な判別手法は確立されすぐに判別式は開発できるので、日本農林規格(JAS)法にある原産地表示に関する「食品の表示」の信頼性の守りは確実である。

## 参考文献

- 1) H. Hopkins and J. Eisen, Mineral elements in fresh vegetables from different geographic areas, *J. Agric. Food Chem.*, **7**, 633-638 (1959)
- 2) M. Morison and L. Levi, Treatment of compositional data for the characterization of essential oils. Determination of geographical origins of peppermint oils by gas chromatographic analysis, *J. Agric. Food Chem.*, **9**, 230-244 (1961)
- 3) S. Bayer, J. A. McHard and J. D. Winefordner, Determination of geographical origins of frozen concentrated orange juice via pattern recognition, *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 1306-1307 (1980)
- 4) J. Dunbar and A. T. Wilson, Determination of geographic origin of caffeine by stable isotope analysis, *Anal. Chem.*, **54**, 590-592 (1982)
- 5) R. S. Schwartz and L. T. Hecking, Determination of geographic origin of agricultural products by multivariate analysis of trace element composition, *J. Anal. At. Spectrom.*, **6**, 637-642 (1991)
- 6) S. Kellya, K. Heatonb and J. Hoogewerff, Tracing the geographical origin of food: The application of multi-element and multi-isotope analysis, *Trends in Food Science & Technology*, **16**, 555-567(2005).
- 7) P. Etiévant, P. Schlich, J. Bouvier, P. Symonds and A. Bertrand, Varietal and geographic classification of French red wines in terms of elements, amino acids and aromatic alcohols, *J. Sci. Food Agric.*, **45**, 25-41 (1988).
- 8) M. P. Day, Zhang, B., Martin, G. J. Determination of the geographical origin of wine using joint analysis of elemental and isotopic composition. II. Differentiation of the principal production zones in France for the 1990 vintage. *J. Sci. Food Agric.*, **67**, 113-123 (1995).
- 9) S. Kallithraka, Arvanitoyannis, I. S., Kefalas, P., El-Zajouli, A., Soufleros, E, Psarra, E., Instrumental and sensory analysis of Greek wines, implementation of principal component analysis (PCA) for classification according to geographical origin. *Food Chem.*, **73**, 501-514 (2001).
- 10) V. Taylor, H. Longerich, and J. Greenough, Multielement analysis of Canadian wines by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and multivariate statistics, *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 856-860 (2003)
- 11) M. C. Gómez, I. Feldmann, N.t Jakubowski, and J. T. Andersson, Classification of German white wines with certified brand of origin by multielement quantitation and pattern recognition techniques, *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 2962-2974 (2004).

- 12) P. P. Coetzee, F. E. Steffens, R. J. Eiselen, O. P. Augustyn, L. Balcaen, and F. Vanhaecke, Multi-element analysis of South African wines by ICP-MS and their classification according to geographical origin, *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 5060-5066 (2005).
- 13) M. Iglesias, E. Besalú and E. Antic, Internal standardization-atomic spectrometry and geographical pattern recognition techniques for the multielement analysis and classification of Catalanian red wines, *J. Agric. Food Chem.*, **55**, 219-225 (2007).
- 14) R. Crecente and C. Latorre, Pattern recognition analysis applied to classification of honeys from two geographic origins, *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 560-564 (1993)
- 15) S. Sanz, C. Perez, A. Herrera, M. Sanz and T. Juan, Application of a statistical approach to the classification of honey by geographic origin, *J. Sci. Food Agric.*, **69**, 135-140 (1995)
- 16) M. J. Latorre, R. Peña, C. Pita, A. Botana, S. García and C. Herrero, Chemometric classification of honeys according to their type. II. Metal content data, *Food Chem.*, **66**, 263-268 (1999).
- 17) M. T. Iglesias, C. Lorenzo, M. C. Polo, P. J. M. Álvarez and E. Pueyo, Usefulness of amino acid composition to discriminate between honeydew and floral honeys. Application to honeys from a small geographic area, *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 84-89 (2004).
- 18) 安井明美, 進藤久美子, 玄米中の無機元素組成による産地判別, *分析化学*, **49**, 405-410 (2000)
- 19) V. Brandolini, J. D. Coisson, P. Tedeschi, D. Barile, E. Cereti, A. Maietti, G. Vecchiati, A. Martelli and M. Arlorio, Chemometrical characterization of four Italian rice varieties based on genetic and chemical analyses, *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 9985-9991 (2006).
- 20) C. Armanino, R. D. Acutis and M. R. Festa, Wheat lipids to discriminate species, varieties, geographic origins and crop years. *Anal. Chim. Acta*, **454**, 315-326 (2002).
- 21) K. A Anderson, B. A. Magnuson, M. L. Tschirgi and B. Smith, Determining the geographic origin of potatoes with trace metal analysis using statistical and neural network classifiers, *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 1568-1575 (1999).
- 22) R. Casañas, M. González, E. Rodríguez, A. Marrero and C. Díaz, Chemometric studies of chemical compounds in five cultivars of potatoes from Tenerife, *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 2076-2082 (2002).
- 23) R. G. Smith Determination of the country of origin of garlic (*Allium sativum*) using trace metal profiling, *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 4041-4045 (2005).
- 24) 門倉雅史, 有山薫, 無機分析によるニンニクの原因国判別法の開発, 農林水産消費技術セン

- ター調査研究報告, 31, 1-7 (2007).
- 25) P. Mouly, E. Gaydou, L. Lapierre and J. Corsetti, Differentiation of several geographical origins in single-strength Valencia orange juices using quantitative comparison of carotenoid profiles. J. Agric. Food Chem., 47, 4038-4045 (1999).
- 26) P. Mouly, E. Gaydou, L. Lapierre and J. Corsetti. Determination the geographical origin of Valencia orange juice using carotenoid liquid chromatographic profiles. J. Chromatography A, 844, 149-159 (1999).
- 27) A. Marcos, A. Fisher, G. Rea and S. J. Hill, Preliminary study using trace element concentrations and a chemometrics approach to determine the geographical origin of tea, J. Anal. At. Spectrom., 13, 521-525 (1998).
- 28) P. L. Fernández-Cáceres, M. J. Martín, F. Pablos, and A. G. González, Differentiation of tea (*Camellia sinensis*) varieties and their geographical origin according to their metal content, J. Agric. Food Chem., 49, 4775-4779 (2001).
- 29) P. Fernández, F. Pablos, M. Martín and A. González, Study of catechin and xanthine tea profiles as geographical tracers, J. Agric. Food Chem., 50, 1833-1839 (2002)
- 30) A. A. Moreda-Piñeiroa, A. Fisher and S. J. Hill, The classification of tea according to region of origin using pattern recognition techniques and trace metal data, Journal of Food Composition and Analysis, 16, 195-211 (2003)
- 31) K. A. Anderson and B. W. Smith, Chemical profiling to differentiate geographic growing origins of coffee, J. Agric. Food Chem., 50, 2068-2075 (2002).
- 32) B. Bertrand, D. Villarreal, A. Laffargue, H. Posada, P. Lashermes and Stéphane Dussert, Comparison of the effectiveness of fatty acids, chlorogenic acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties and growing origins, J. Agric. Food Chem., 56, 2273-2280 (2008).
- 33) C. V. Hernandez and D. N. Rutledge, Multivariate statistical analysis of gas chromatograms to differentiate cocoa masses by geographical origin and roasting conditions, Analyst, 119, 1171-1176 (1994)
- 34) K. Heaton, S. D. Kelly, J. Hoogewerff and M. Woolfe, Verifying the geographical origin of beef: The application of multi-element isotope and trace element analysis, Food Chem., 107, 506-515 (2008)

- 35) G. F. Manca, F. Camin, G. C. Coloru, A. D. Caro, D. Depentori, M. A. Franco, and G. Versini, Characterization of the geographical origin of Pecorino Sardo cheese by casein stable isotope ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) ratios and free amino acid ratios, *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 1404-1409 (2001).
- 36) L. Pillonel, R. Badertscher, M. Casey, J. Meyer, A. Rossmann, H. Schlichtherle-Cerny, R. Tabacchi and J.O. Bosset, Geographic origin of European emmental cheese: Characterization and descriptive statistics, *International dairy J.*, **15**, 547-556 (2005)
- 37) J. Parcerisa, M. Rafecas, A. I. Castellote, R. Codony, A. Farràn, J. Garcia, C. Gonzalez, A. López, A. Romero and J. Boatella, Influence of variety and geographical origin on the lipid fraction of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) from Spain: (III) oil stability, tocopherol content and some mineral contents (Mn, Fe, Cu), *Food Chemistry*, **53**, 71-74 (1995).
- 38) K. A. Anderson and B. W. Smith, Use of chemical profiling to differentiate geographic growing origin of raw pistachios, *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 410-418 (2005).
- 39) 有山薫, 堀田博, 安井明美, ネギの産地判別のための無機元素測定法の確立と予備的検討, 分析化学, **52** (11) 969-978 (2003)
- 40) K. Ariyama, H. Horita and A. Yasui, Application of inorganic element ratios to chemometrics for determination of the geographic origin of Welsh onions, *J. Agric. Food Chem.*, **52** (19), 5803-5809 (2004)
- 41) K. Ariyama, H. Horita and A. Yasui, Chemometric techniques on inorganic elements composition for the determination of the geographic origin of Welsh onions, *Anal. Sci.*, **20**, 871-877 (2004)
- 42) K. Ariyama, Nishida, T., Noda, T., Kadokura, M., Yasui, Effects of fertilization, crop year, variety and provenance factors on mineral concentrations in onions, *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 3341-3350 (2006)
- 43) K. Ariyama, Y. Aoyama, A. Mochizuki, Y. Homura, M. Kadokura and A. Yasui, Determination of the geographic origin of onions between three main production areas in Japan and other countries by mineral composition, *J. Agric. Food Chem.*, **55**, 347-354 (2007).
- 44) K. Ariyama, M. Kadokura and T. Suzuki, Estimation of discrimination errors in the technique for determining the geographic origin of onions by mineral composition: Interlaboratory study, *J. AOAC Int.*, **91**, 445-460 (2008)
- 45) 井上博道, 梅宮善章, 増田欣也, 中村ゆり, 国内のウメの微量元素濃度による産地判別, 日本土壌肥料学会誌, **76** (4), 441-446 (2005)

講演要旨、提出 .jtd08/12/0211:47

- 46) 井上博道, 梅宮善章, 中村ゆり, ウメ干しの仁の微量元素濃度による日本産と中国産の判別, 日本土壌肥料学会誌, **76** (6), 875-880 (2005)
- 47) 門倉雅史, 有山薫, 無機分析によるショウガの原産国判別法の開発, 農林水産消費技術センター調査研究報告, **31**, 8-15 (2007).
- 48) 門倉雅史, 臼井裕一, 有山薫, 無機元素分析による乾シイタケの原料原産地および栽培方法の判別, 日本食品科学工学会誌, **53**, 489-497 (2006)
- 49) 渡邊裕之, 法邑雄司, 堀田博, カボチャの無機元素組成による原産地判別の検討, 関税中央分析所報, **47**, 15 ~ 23 (2007)
- 50) 農林水産消費安全センターホームページ、[http://www.famic.go.jp/technical\\_information/index.html](http://www.famic.go.jp/technical_information/index.html)
- 51) 法邑雄司, 鈴木忠直, 條照雄, 安井明美: 日本産と中国産の黒大豆「丹波黒」における無機元素組成の差異, 日本作物学会, **74** (1), 36-40 (2005)
- 52) 法邑雄司, 鈴木忠直, 小阪英樹, 堀田博, 安井明美: 無機元素組成による黒大豆「丹波黒」の一粒産地判別, 日本食品工学会誌, **53** (12), 619-625 (2006)
- 53) 法邑雄司, 無機元素組成による黒大豆「丹波黒」の産地判別, 日本醸造協会誌, **102**, 737-742 (2007)

## 食品・食事の血糖応答性の簡易評価法（GR法）の開発

食品総合研究所  
食品素材科学研究領域  
糖質素材ユニット  
與座宏一

### はじめに

食後血糖値の急激な上昇は種々の生活習慣病の進行を促すことが示唆されており、血糖値の上昇を穏やかにする食品や食事の摂取が勧められている。国際標準化機構（ISO）では、ヒト試験による食品の血糖応答性（グリセミックインデックス、GI）測定技術の標準化に向けて国際的検討を行っている。また、イギリスやオーストラリアではGIの高低が表示された食品が市販されており、今後、世界的にGIの利用が普及していくと考えられる。

しかし、ヒト試験によるGI測定は、個人差等の測定誤差が大きく、時間と経費がかかる上に、GI測定のための被験者の活動制約、ブドウ糖液の大量摂取、採血等がストレスとなる。また、我が国の食品産業が消費者の健康維持に貢献する食品を開発・提供するための、簡便・迅速かつ信頼性の高い食後血糖応答予測手法の開発が強く望まれている。

そこで、本研究では、特定非営利活動法人国際生命科学研究機構（ILSI Japan）と協力し、物理的破碎および生化学的消化プロセスをモデル化して組み合わせた食後血糖応答予測手法（GR（Glucose Releasing Rate）法）の開発を行った。

### GR法の概要

等量の消化性糖質を含む食品であっても、摂取後の血糖値の上昇程度は一定ではない。この原因は、食品に含まれる糖質の特性や食品の物理的性質、共存する物質（蛋白質、脂質）等の様々な要因が関与しているためである。これらは、生化学的消化性、物理的破碎性、生理学的因子に大別できる。ヒト試験によるGI法では、物理的破碎および生化学的消化の他に、ホルモンの影響を中心とした生理学的因子も反映する。しかしながら、生理学的因子は個人差や体調差などによる変動要因ともなりうる。そこでGR法は、食品の破碎特性と（図1に示すような）消化酵素の作用特性のみを反映させた評価系とした。また、GR法を簡便・迅速かつ安価な測定系とするため、肉挽き機（ミンサー）やプラスチック容器などの汎用性の高い器具を使用している。

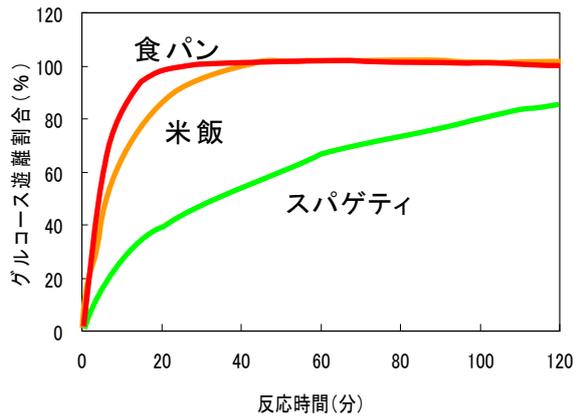


図1 デンプン系食品のグルコース遊離割合の経時変化 (RAG法: Rapidly available glucose測定法)

る消化を模したラット小腸アセトン粉末(1.5%)による単糖への分解を組み入れている。本法により測定した食品の GR 値の例を図4に示す。GR 法を用いて、米飯、スパゲティなど8種類の食品(試料)の GR 値を測定したところ、GI 値の間には  $R^2=0.74$  の相関性が認められた。本法は、GI 法では対応しにくい食事メニューの値を測定することが可能である。

### サンプル処理

1. 切断・前攪拌: 適宜3cm以下に切断し、必要に応じ水を添加し、タッパーウェア内で攪拌。
2. 破碎: ミンサーで処理。
3. 後攪拌: プラスチックバッグ内で攪拌。

### 酵素反応

1. 破碎物をプラスチック容器に10g分注。
2. 恒温水槽中、37°Cで30分間ペプシン消化。
3. 中和後、パンクレアチン溶液を添加、37°C振とう。
4. 反応開始20分後と終夜反応(12時間以上)後にサンプリング。
5. サンプリングした画分に対してラット小腸抽出液を加え、37°Cで40分間、単糖遊離反応。
6. グルコース濃度を測定 ( $G_{20}$ 、 $G_{O/N}$ )。

### GR算出法

$$GR = G_{20} / G_{O/N} \times 100(\%)$$

図2 GR値測定法の概要

図2にGR法の手順の概略をまとめた。また、図3に、GR法と実際のヒトの消化過程との対比を示した。物理的破碎法としては、ミンサー処理を咀嚼に対応させ、本工程およびその前後の工程における攪拌により、食塊を均一化させた。また、生化学的消化工程としては、胃内消化を模したペプシン(0.3%)処理、腸内アミラーゼ消化を模したパンクレアチン(0.3%)処理(0.5%インベルターゼを含む)、そして腸管の二糖分解酵素系による

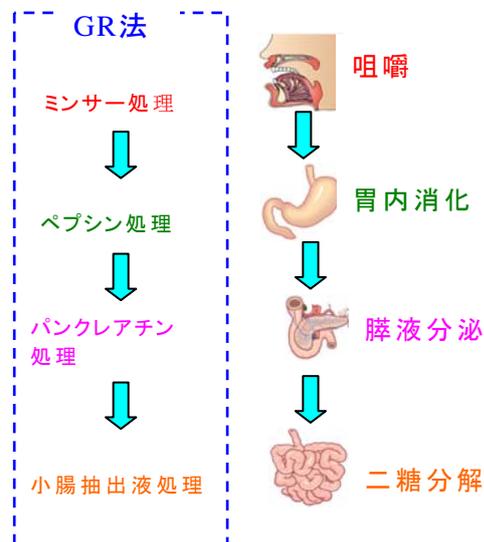


図3 消化過程とGR法における各工程との対応

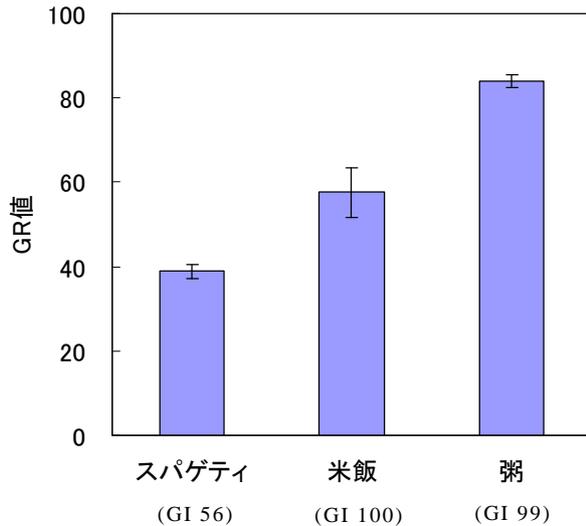


図4 食品に対するGR値の測定例  
(参考のGI値は杉山らの値)

#### 終わりに

食事は多様な形状(形態)・消化性をもつ食品素材で構成されるため、GR法の適用性については、新たに個別検討・最適化が必要となるケースも考えられる。また、試験室間試験等を通じ、本法の汎用性を評価する必要がある。

健全な食生活を営む上では、栄養バランスと適正なエネルギー摂取が基本である。食品は総合的に評価されるべきであり、急激な血糖上昇のみが抑制されればよいというものではない。

GR値を普及させる際には、その値が一人歩きしないよう、両者を考慮した上で、健康への効果をアピールする必要がある。

本研究は、與座宏一、熊井英志(明治乳業、ILSI Japan)、徳安健、松木順子、佐々木朋子、大江洋正、津志田藤二郎の各担当者の共同によるものである。

#### 参考文献

- 1) 糖類研究部会・簡易評価法研究会 編、食品の血糖応答性簡易評価法(GR法)の開発に関する基礎調査報告書、(特定非営利活動法人 国際生命科学研究機構、東京)(2005)
- 2) 熊井英志ら、グルコース遊離率(GR)を指標としたGI in vitro 代替法「GR法」の開発、ジャンフードサイエンス、46(7): 33-37(2007)