

## 元素濃度による果実の産地判別

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所  
果実鮮度保持研究チーム

井上 博道

### はじめに

永年性の果樹は温度や栽培環境の影響を長期間受けるため、それぞれの樹種で栽培適地がある。カンキツは温暖な地域で、リンゴは寒冷地であるように、それぞれの樹種の栽培適地において産地が形成され、栽培された果実がその後何十年と供給されることになる。それに合わせて果実を出荷する産地がそれぞれの特産品をアピールすることにより、例えばミカンでは和歌山、愛媛、静岡など、リンゴでは青森、長野など、果物の種類によって特定の産地がイメージされるようになる。その結果として果実販売における「産地」は、果実の「品質」とともに重要な情報になっている。果実の「産地」の違いは、日本国内の産地間ではあまり差がないものの、日本産と外国産とでは価格に影響する。特に近年日本産果実の輸出が増加している海外市場においては、顕著に価格差に表れている。その日本産果実と外国産果実との価格差を狙った産地偽装が近隣諸国の海外市場で問題になりつつあり、果実の産地を判別する技術が必要とされている。

### 産地を判別するには

果樹の場合、産地によってその地域(県)独自の品種を栽培している例がある。各県の試験研究機関で育成された品種の一部では育成した県内限定で苗木販売を行うことにより、品種の違いで他産地との差別化を図っている。このように産地によって栽培品種が異なる場合にはDNA等を利用した品種判別技術が利用でき、限定品種の外部への流出がない場合には品種を判別することで産地を特定することが可能である。しかしながら、全国あるいは世界中で広く栽培されている品種では品種判別技術は使えないので、果実そのものから産地を判別する必要がある。圃場で生産される農

産物は大部分の元素を生育に要・不要に関わらず栽培土壌から吸収する。そのため、栽培された土壌中の元素濃度組成に違いがあれば作物に反映されることが予想される。そのことを利用し、元素濃度組成や元素の同位体比などを用いた産地判別法が検討されている。永年生作物等では茶、コーヒー、ワインなどの加工品で、産地によっても価格差がある嗜好品のようなものに産地判別が試みられている。果樹関連ではオレンジジュースの例があるものの、生食用果実での産地判別方法がこれまでなかった。そこで我々は、特に産地偽装が懸念される樹種を対象に元素濃度を用いた産地判別技術の開発を行った。

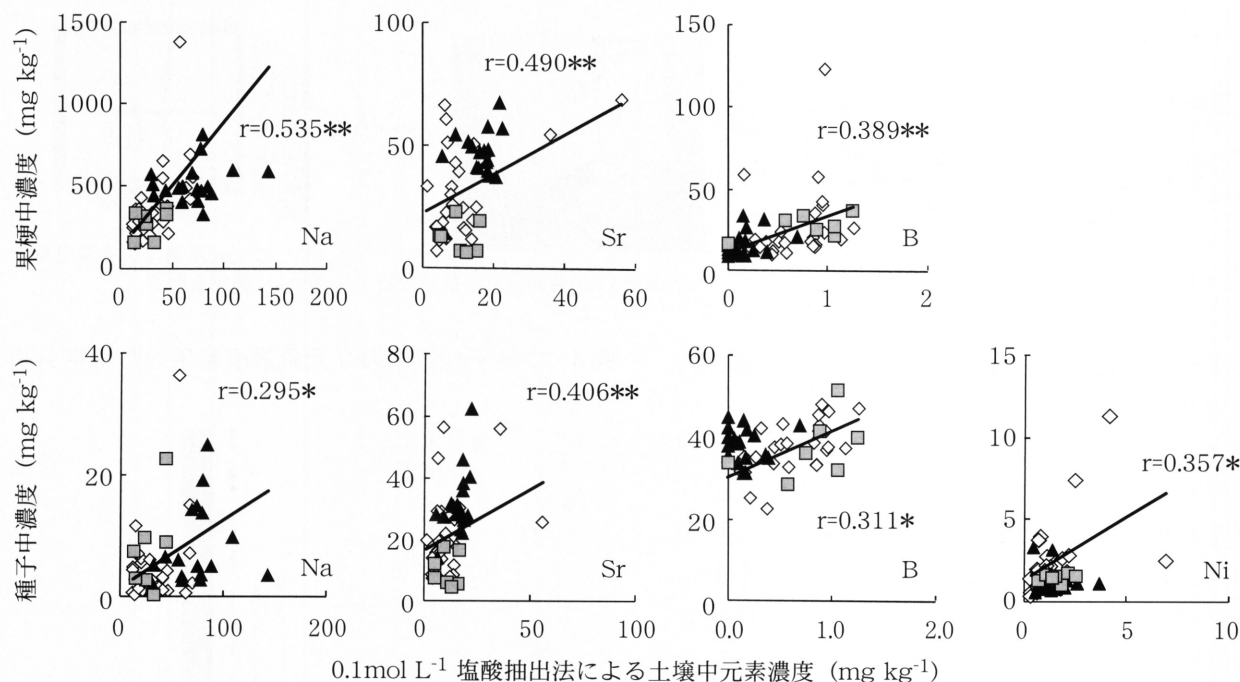
### 栽培土壌と果実中の元素濃度との関係

前述のように、栽培された土壌の元素濃度に違いがあれば作物にもその違いが反映することが予想される。そこで、栽培土壌と果実中の元素濃度との関係について検討した。ここでは $0.1\text{mol L}^{-1}$ 塩酸抽出法による土壌中元素濃度と果梗および種子中の元素濃度との関係をニホンナシの「二十世紀」を例にとり、図1に示した。果梗ではNa, Sr, Bの3元素で、種子ではNa, Sr, B, Niの4元素で正の相関がみられた。果梗で相関が認められた元素についてはいずれも種子よりも相関係数が高かった。ここでは土壌の各種抽出法による検討は行っていないが、それぞれの元素の可給性に依じた抽出法で分析することにより、さらに多くの元素について土壌と果実中元素との相関がみられることが予想される。

### 産地を判別する手順

果実中の元素濃度とその果実が栽培された土壌の元素濃度に影響を受け、複数の元素で相関関係が見られることが確認できた。我々はこれまで、ウメ(ウメ干し)、リンゴ、ニホンナシでの産地

図1. 土壤中元素濃度と「二十世紀ナシ」の果梗および種子中元素濃度との関係



判別技術の開発を行ってきたので、それらについての元素分析および産地を判別する場合の具体的な手順について説明する。

ウメ干しの場合、ウメを塩漬けて干した後、塩抜きして調味液に漬ける（調味ウメ干し）ことが多いことから、この過程において、果肉の元素組成が添加された塩及び調味液の影響により変動することが予想される。一方、ウメの核中の仁では、果肉に比べ塩蔵による元素の変動が小さいことが確認されている。そこで、ウメ干しでは果肉から核を分離し、万力等を用いて核の中からとり

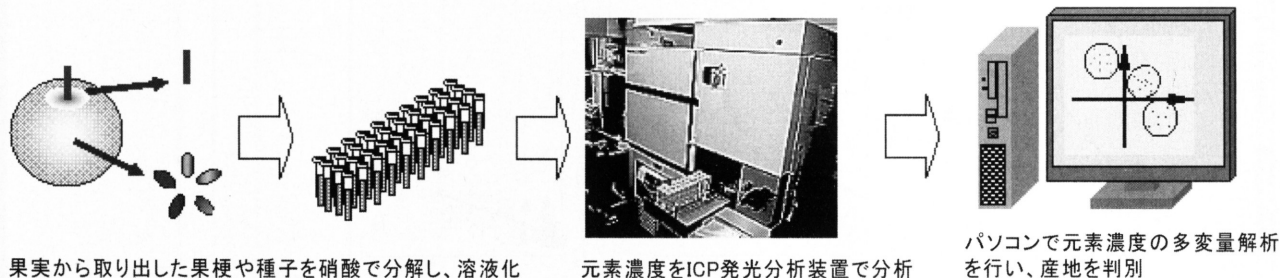
だした仁の中の元素濃度を分析した。リンゴやニホンナシの場合、果肉や果皮に比べ果梗や種子の元素濃度が高く（表1）、産地の違いを反映しやすいと予想し、果梗や種子からの産地判別を試みた。その手順は、果実から果梗や種子を取り出し、硝酸で湿式灰化して溶液化後、ICP発光分析装置で元素分析を行った。この際、リンゴの種子や果梗の湿式灰化ではテフロン容器にサンプルと硝酸を入れ、電子レンジにかけて湿式灰化を行う方法を用いた。将来的には、蛍光X線等を利用し、非破壊で特定の部位の元素濃度を分析するこ

表1. 「ふじ」の部位別元素濃度 (mg kg<sup>-1</sup>) の例

部位	B	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr	Ba	Ni	Al
果梗	28	17	117	14	16	51	48	n.d.*	133
果肉	14	1.6	8.0	2.3	1.4	1.0	0.51	n.d.	2.7
果皮	16	5.7	17	6.1	4.3	1.0	0.69	n.d.	14
種子	41	40	62	17	30	7.3	4.9	0.25	n.d.
果梗	36	8.5	56	7.0	6.9	32	36	n.d.	29
果肉	19	4.3	10	3.2	2.1	1.0	0.92	n.d.	6.4
果皮	29	4.3	15	7.9	2.7	4.9	3.5	n.d.	12
種子	40	42	55	21	38	5.3	5.2	0.10	1.0
検出限界	0.26	0.20	0.09	0.07	0.20	0.01	0.01	0.09	0.05

\* n.d.は検出限界以下

図2. 産地判別の手順



とによって産地の判別が可能にできればいいと考えている。

ウメ干し、リンゴやニホンナシは元素分析後に、得られた多数の元素濃度をパソコンの統計ソフトを利用して多変量解析を行い、産地を判別した(図2)。この手順では、乾燥後の果梗や種子があれば、最短1日で産地を推定できる。果実の産地判別を行う場合、果肉で行う方がカットフルーツにも対応できるのでいいのではないかと、思われるが、果肉の場合は水分を多く含み、乾燥(あるいは凍結乾燥)に時間がかかり、元素濃度が他の部位より低く、栽培土壌との関連性も他の部位と比べて低い、といったことから産地判別に用いる部位としては適当でないと思われる。

ウメ干しの産地判別

現在輸入されているウメ干しの原産地はほとんどが中国なので、市販されているウメ干しの状態

図3. 日本産と中国産のウメ干し仁中のSr, Ba濃度

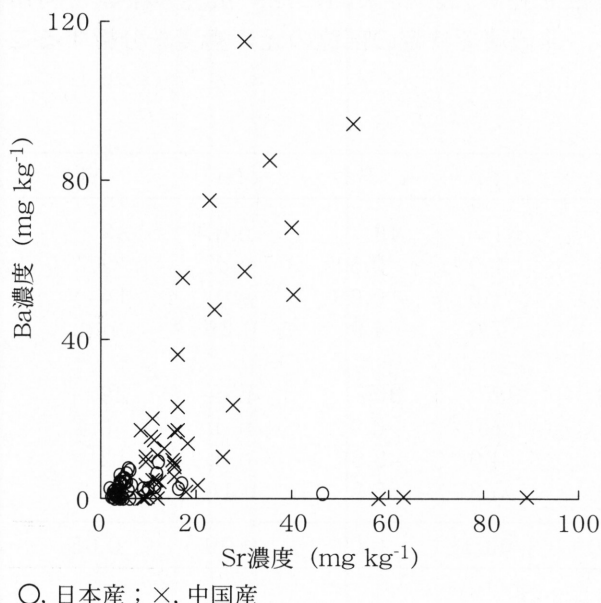
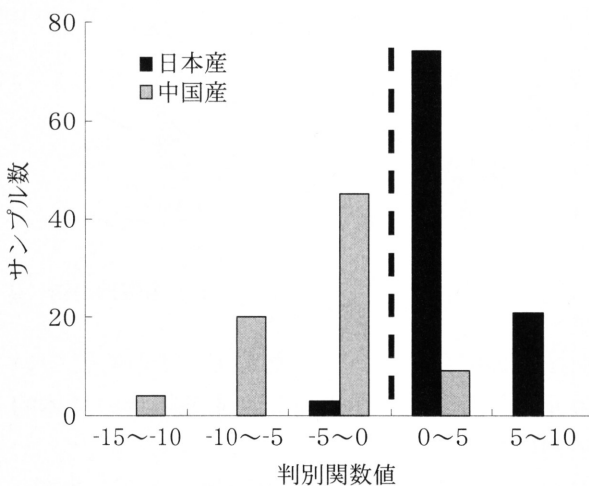


図4. ウメ干し仁中の9元素濃度を用いた判別分析



で日本産と中国産を判別する技術がこれまで必要とされていた。そこで、元素濃度から解析を行ったところ、ウメ干しの産地を日本産か中国産かに判別する場合にはSr濃度に注目すれば、ある程度産地を判別できることが分かった。日本産と中国産のSr, Ba濃度には大きな違いがあり、特にSr濃度では、8.0mg kg<sup>-1</sup>を境にすると両者の大部分が分かれた(図3)。ウメ干しサンプル仁中の9元素(Mn, Zn, Fe, Ni, Ba, Sr, Cu, Co, Cr)を用いた線形判別分析を行った(図4)。その結果、判別関数値が0以上では日本産と判別され0未満では中国産と判別されるが、日本産98サンプルの中で中国産と誤判別されたのは3サンプル、中国産78サンプルの中で日本産と誤判別されたものは9サンプルであり、全体の判別率の93.2%であった。このことから、仁中のSr濃度を分析することで、あるいは仁中微量元素濃度を分析して得られた値を判別関数式に代入することで、未知のウメ干しの産地推定は可能と考えている。

図5. 線形判別分析による「ふじ」の日本産と外国産との判別

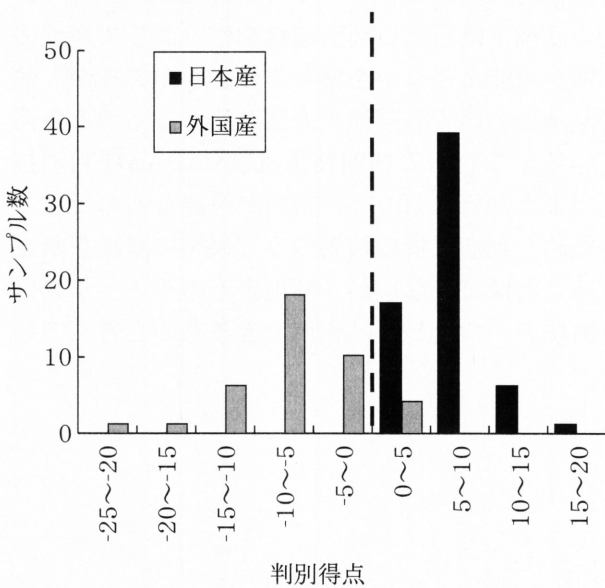
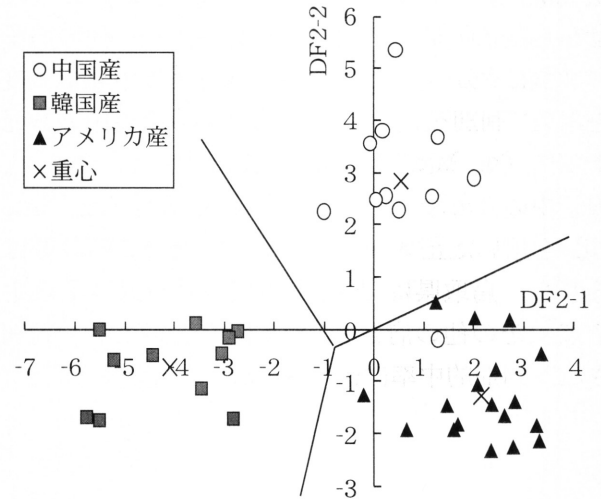


図6. 中国産、韓国産、アメリカ産の「ふじ」の判別分析

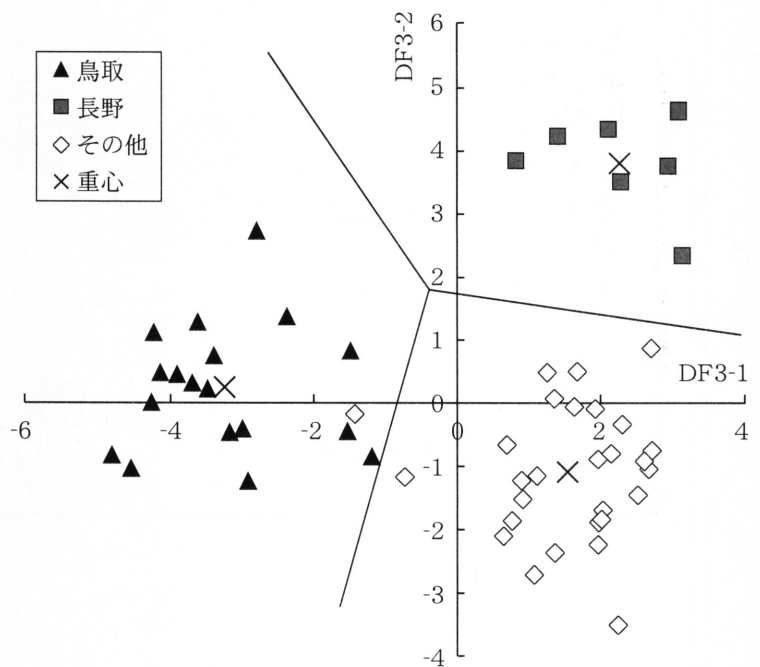


次にニホンナシでの例について説明する。ニホンナシでは様々な品種があるが、いろんな品種を含めて産地判別を試みるとうまく産地ごとに分けることができず、精度の高い判別を行うには品種ごとに行う必要があると考えられた。そこで、ニホンナシでは海外に多く輸出されている「二十世紀」に品種を限定し、産地判別を行った。「二十世紀」は外国ではあまり栽培されておらず、外国産の「二十世紀」サンプルを多く入手することは

リンゴ、ニホンナシの産地判別

リンゴの場合、日本から輸出される主な品種であり、海外でも多くの国々で栽培されている「ふじ」についての産地判別を行った。「ふじ」の果梗および種子中の各7元素 (B, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Ba) を用いた線形判別分析では、日本産63サンプル全てと外国産40サンプル中36サンプルは正しく判別され、判別の中率は96.1%であった (図5)。日本産リンゴの主な輸出先 (台湾, 香港など) を考慮すると、競合相手としてアメリカ産, 中国産, 韓国産が挙げられる。そこで外国産の中でこれらの産地の判別が可能かどうかを検討したところ、果梗中10元素 (B, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Ba, Ni, Al, Ti) と種子中8元素 (B, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Ba, Ni) を用いた正準判別分析により、中国産の1サンプルがアメリカ産と誤判別された以外は全て正しく判別され、判別の中率は97.5%であった (図6)。これらのことから、果梗と種子の元素濃度を用いることにより精度良く産地を判別できると考えられる。

図7. 「二十世紀」果梗中9元素と種子中8元素を用いた判別分析





ほとんど不可能であるので、日本産と外国産との比較は困難である。そこで、「二十世紀」の収穫量から栽培地域を鳥取県、長野県、その他の府県の3つに区分し、国内の主産地を果実中元素濃度を用いて判別を行った。その結果、果梗中の9元素(P, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Sr, Ni)と種子中の8元素(P, Mg, Ba, B, Zn, Cu, Mn, Ni)を用いた正準判別分析を行ったところ3群は分離し、鳥取県は18点中18点、長野県は7点中7点、その他の府県は28点中27点が正しく判別され、判別率的中率は98.1%となった(図7)。

### おわりに

現在のところニホンナシやリンゴについては、他の品種では新たに判別関数を作り直して産地の判別が可能かどうかを検討する必要があるが、他の品種においても同様の方法が使えるものと考えている。これらの判別技術はDNAの品種判別技術のようなほぼ100%の判別が可能なものではないため、判別分析の結果のみで果実の産地を断定することはできないが、産地表示のチェックを行う方法の一つとしては利用できるものと考えている。

## 2つの繋がりが、豊かな農業の未来を創ります。

チッソ旭肥料(株)と三菱化学アグリ(株)が一緒になって、  
新たに「ジェイカムアグリ(株)」としてスタートしました。

### ●コーティング肥料

LPコート® エムコート®  
エコロング®  
苗箱まかせ®

### ●緩効性肥料

CDU® ハイパーCDU®  
IB®(アイビー®)  
スーパーIB® グッドIB

### ●化成肥料

燐硝安加里® 硝燐加安  
硫加燐安 燐加安

### ●培土

園芸用育苗培土 ~~5作~~  
苗箱りん田®  
水稲用育苗培土

供給: JAグループ  
農協 | **全農** | 経済連

発売:  **ジェイカムアグリ株式会社**

〒101-0041 東京都千代田区神田須田町2丁目6番6号  
TEL.03-5297-8906 FAX.03-5297-8908