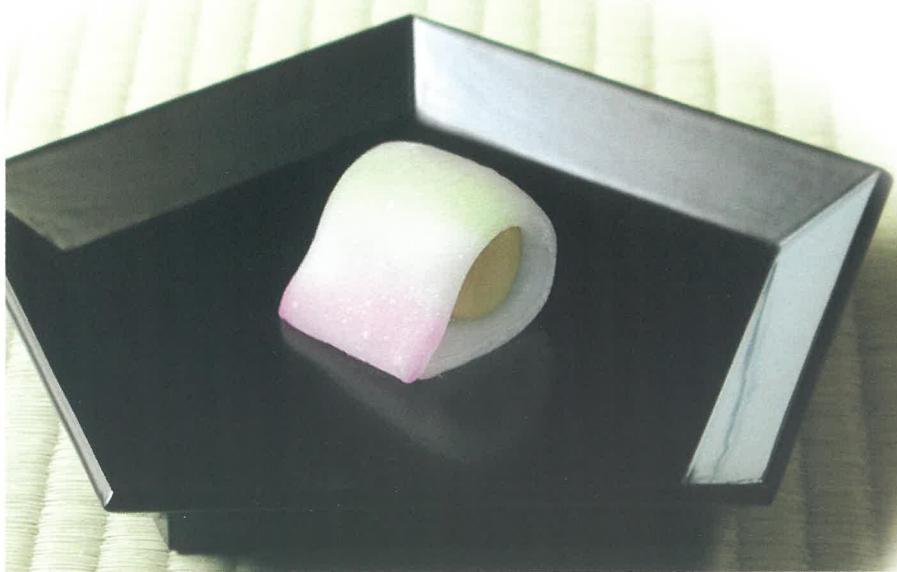




FTIR TALK LETTER

vol. 2

April 2004



京の匠2：桜色春霞鶯色の練り入り和菓子

FT-IRの偶然と必然



信州大学 繊維学部 石澤 広明

KrutzとBellonがATR赤外分光法による残留農薬計測について発表したのは1991年初夏・ダラスで開催されたIFT年次大会でのことである。もし二人がこの発表をしなかったら、そして、彼らが論文を送り届けることを忘れてしまっていたら、私はATR赤外分光を用いた残留農薬計測に関する研究を始めることはなかった。そして、この拙文を執筆することはなかったに違いない。このような経験は多くの読者にも覚えのことと思われる。たとえば、ニーズに追いつき立たれながらシーズを懸命になって探し求めている時に、得てしてこのような体験をするように思われる。ある計測を実現したいと考え続けてきた二人の大学院生が、とある研究会の発表から重大なきっかけをつかむことができ、いろいろ調べてみたらまだ世の中にはない計測法になりそうだということがわかって欣喜雀躍するなどは、最近私たちの講座で起こった例である。十数年前の私もそうであった。農産物、特に生で摂取する野菜類の残留農薬を迅速かつ簡易に測定できないかというニーズにひとつの解答を示された思いがしたのである。本文では、このように偶然に出会ったATR赤外分光法から始まったFT-IR応用研究の経過を紹介し、最近取り組んでいる研究にも触れる。本文が読者諸氏に何らかの参考になり、あるいは諸氏の抱えているニーズに対応して何らかの突破口をひらくきっかけを提供できればと願っている。

食の安全性

農作物の生産・流通において、残留農薬に関する安全性は重要な品質要因となる

っている。使用が認められていない農薬が残留していた、あるいは安全基準（いわゆる）をはるかに超えたレベルで残留農薬が確認されたなどのニュースは記憶に新しく、産地サイドにとっては生産の存続にかかわる問題であるばかりでなく、私たち消費者にとってもけっして見過ごすことができない重要な問題である。もはや社会問題といつても大げさではない。こうした作物の残留農薬に関して、化学的な分離分析法による測定法が公定法として規定されている。農薬を登録申請する際にはこの分析法がセットになっている必要があることも広く知られている。しかしながら、これら分離分析法は、測定対象によって抽出、分離、精製、定量などが異なることによって、迅速ではない、一定以上の熟練を必要とする、消耗資材が多くでコストがかさむ、あるいは初期投資が大きいなどの課題を内包している。したがって、公定法を繰り返すのみでは、作物が流通を始める前に残留農薬を測定し安全性を確保し消費者の食卓に届けたいという産地のニーズに対応することは困難である。さらにまた、基本的に小規模で慢性的に人手不足の産地自身にとって、自らの作物の残留農薬を継続的に計測しようとする際に、必要となる経営資源が多大でリスクが大きいという点が決定的にマイナス要因となってくることは想像に難くない。このような背景から、簡易で迅速に作

物の残留農薬を測定し、栽培や出荷判断に役立てたいという計測ニーズが起きたといえる。

ATR 赤外分光法の 適用

ATR赤外分光法（全反射減衰赤外分光法）は、試料表面層での赤外線の吸収情報から、試料の化学状態を検出する方法である。図1にATR赤外スペクトル測定の野菜類への適用の概要を示す。試料葉片はATRプリズムに密着している。干渉光がプリズム内を導波する間にエバネッセント光が試料表面において吸収される。この吸収光が、試料の残留農薬に関する情報を含んでいると考えられる。すなわち、農薬の有効成分によって、吸収される赤外線の波長が異なり、農薬の濃度が吸収の強弱になってスペクトル上に現われることを利用したものである。冒頭に述べたKrutzらの発表もこの原理にもとづいている。¹⁾ この方法がppmオーダーの残留農薬測定に対応できるのか、しかも測定対象は不均一な農作物である。誰しもがこの点を問題とするであろう。紙面の都合で詳細は参考文献にゆするが、結果として、試料葉片の切り出し方を一定とし（図1）、かつ反射回数の多いATRプリズム（たとえばSpectra Tech. Inc.製水平型ATR）を用いることにより最も良好な結果を示すことが明らかになった。²⁾ また、測定したATRスペクトルにPLS回帰分析をほどこしたところ、安定した検量線が得られ

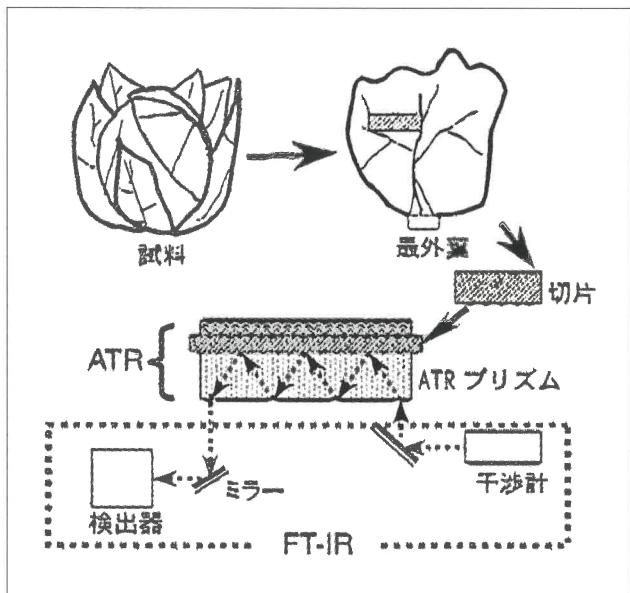


図1 ATR赤外分光法による残留農薬計測の概要

ることも明らかになった。³⁾これらの結果をもとに、(社)長野県農村工業研究所、島津製作所等が中心になり本手法の工業所有権を確保し、⁴⁾現在長野県の主要な野菜産地において残留農薬の簡易非破壊計測として実用段階に移行している。

このようにATR赤外分光法は、①測定時間が約10分という迅速性、②熟練を必要としない簡便性、③格段の消耗資材を必要としない低コスト性などの点で農作物生産の現場計測ニーズに対応したものであった。しかしながら、果実類や穀類などプリズム面に密着できない試料には適用が困難である、あるいは試料葉片を切り出し、測定ごとにプリズムを洗浄する必要があるなど効率面で問題点も残されている。また後者の問題点は、測定の安定性にも影響することが指摘されている。

拡散反射 赤外分光法の 適用

前述のATR赤外分光法の問題点を踏まえると、拡散反射型FT-IRが残留農薬測定に適用できないだろうかと考えることは必然的といえるかもしれない。そこで、1999年から現在にいたるまで、私の研究室ではこの手法を主要なテーマのひとつとしている。図2に拡散反射法によるスペクトル測定の概要を示す。FT-IRを基本に、Pike Technologies社の Upward Looking Diffuse Reflectanceアタッチメントを装着した構成であ

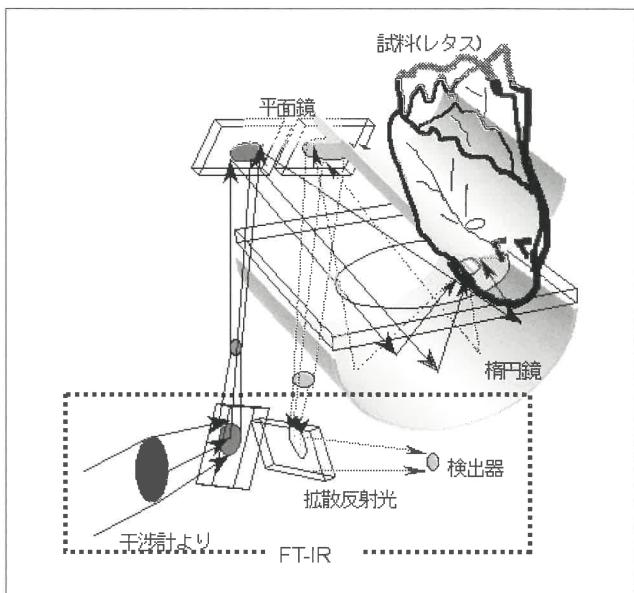


図2 拡散反射赤外スペクトル測定システムの概要

る。レタスを試料とする場合、側面外葉の中央を測定部位としている。この際、ATR赤外分光法の場合のように葉の切片を切り出して装着する、および測定ごとにプリズム面洗浄する必要はなく、試料を載せて試料台の高さを調整することが測定準備のすべてである。このようにして測定したレタスの拡散反射スペクトルの例を農薬成分の特性吸収と比較して図3に示し、対応する一次微分スペクトルを図4に示す。また、表1に対象とした農薬成分の特性吸収波数を示す。農薬が安全基準を超えて残留している試料の一次微分スペクトルにおいては、農薬の有効成分の特徴が確認できる(図4矢印)。なお、スペクトル測定条件は、ATR赤外分光の場合と同様分解能 2cm^{-1} 、および積算回数100回である。拡散反射スペクトルを水の吸収帯で規格化処理したスペクトル、および一次微分スペクトルを用いて、それぞれPLS回帰分析により検量線を作成した結果を表2に示す(試料数:40)。一次微分スペクトルを用いて作成した検量線の方が、規格化スペクトルの場合より精度が良好であることが判明した。一次微分スペクトルを用いた場合のPLS検量線の散布図を図5に示す。殺菌剤ベノミル、殺虫剤フェンバレート、および殺虫剤メソミルの安全基準値は、それぞれ0.8ppm、2ppm、および0.5ppmである。ベノミルおよびフェンバレートでは、PLS検量線の標準誤差は、安全基準値に対して2割程度である。一方、メソミルの場合は、標準誤差は基準値より大きくこの比率は過大である。PLS検量線を用いて、安全基準を超えてい

ない試料を判別する上でメソミルの検量線については改善の必要があると考えられる。ベノミルおよびフェンパレレートでは、PLS検量線をもとに、試料の安全性を確認できる可能性が見出せる。すなわち、安全基準値に対して危険率を乗じた閾値(たとえば係数0.8を乗じた値)を設定し、検量線による予測値との比較によって安全性を確保する手法⁵⁾が考えられる。このように危険率を設定することは、安全基準値を超える可能性の高い未知試料を「基準値以下」と誤判別する第二種の過誤を回避できる。

以上のように、拡散反射FT-IRはATR赤外分光法に比較して、①試料形体を選ばない、②ATR赤外分光法より簡便で効率的である、③測定精度の向上が期待できるなどの特徴が確認された。なお、本手法については、島津製作所と共同出願したところである。⁶⁾農薬は多種多様である。このため、残留している農薬を定量前に判別(スクリーニング)したいというニーズが起こっている。このニーズに対して、赤外スペクトルの特徴を抽出し、農薬成分のデータベースから検索するなどが考えられ、現在検討を進めているところである。このスクリーニングとPLS検量線群が対になった姿が、本計測システムの最終的な姿といえるかもしれない。

表1 農薬有効成分の特性吸収

農薬成分	波 数(cm^{-1})			
ベノミル	1735	1640	1388	
フェンパレレート	1697	1674	1623	1488
	1427	1389	1230	
メソミル	1565	1244	1157	1093

表2 PLS検量線の比較

農薬成分	スペクトル処理					
	規格化(1640cm^{-1})			一次微分		
	f	r	SEC	f	r	SEC
ベノミル	0.75	0.56		0.96	0.19	
フェンパレレート	0.56	0.43		0.90	0.28	
メソミル	3	0.80	1.02	5	0.98	0.62

f: 最適因子数

r: 相関係数

SEC: 標準誤差

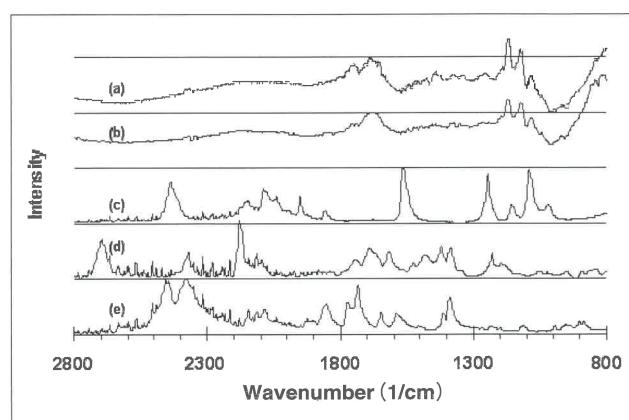


図3 レタスおよび農薬有効成分標準試料の拡散反射赤外スペクトル

- (a) 安全基準値を超える試料
- (b) 未検出試料
- (c) 殺虫剤フェンパレレート標準試料
- (d) 殺虫剤メソミル標準試料
- (e) 殺菌剤ベノミル標準試料

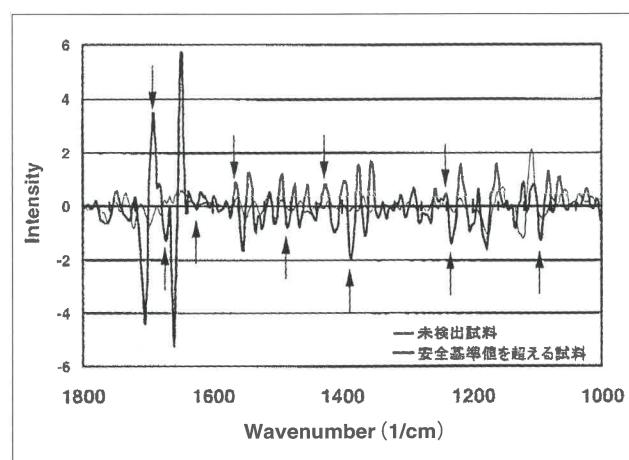


図4 一次微分スペクトルの比較

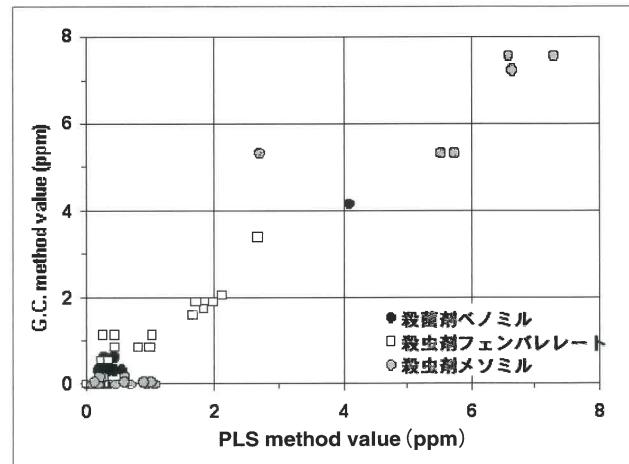


図5 一次微分スペクトルのPLS検量線

おわりに

FT-IRと出会って十数年が過ぎた。出会いは幸運な偶然と言えるものであった。

その後の経過は読者にとって、きっと必然的な流れと感じられただろうし、何ら新しいことはないと感じられるかもしれない。しかしながら、これまで実験室レベルで使用されてきたFT-IRを農業の生産現場直近にまで持ち出すことに成功した例は多くはない自負している。ニーズとシーズが幸運にも適合した例としてお読みいただければ幸いである。この計測法がさらに進歩して、より多くの適用例を獲得することを願っているし、そのための研究を推進したいとも考えている。残留農薬に限定せず、織物欠陥への適用^{7),8)}や生体関連への適用⁹⁾などについても興味深いところであるが、別の機会に紹介することとした。また、本研究では、赤外スペクトルを用いて残留農薬量を検量する目的で、まず重回帰分析を適用し、主成分分析を経てPLS回帰分析を適用するにいたった。この経過は割愛したが、これも偶然と必然の賜物であったことを記しておきたい。この分野の発展にも大きな期待を持っている。

おわりにあたり、本文で紹介した研究は、島津製作所・分析計測事業部スペクトロビジネスユニットの田島孝博氏をはじめとする多くの方々の理解と協力がなければ実現できなかつた。紙面を拝借してあらためて心より感謝申し上げる。

- 1) Gray Krutz, Veronique Bellon:
Pesticide Measurement on Fruit and Vegetable Surfaces,
Proceedings of the 1991 IFT Annual Meeting, 180 (1991)
- 2) 石澤, 中村, 松澤, 高野, 鳥羽:
全反射減衰赤外分光法による野菜農薬残留量の迅速計測,
計測自動制御学会論文集, Vol.29, No.8, 993/999 (1993)
- 3) 石澤, 鳥羽, 中村:
全反射減衰赤外分光法によるハクサイ残留殺虫剤の非破壊計測,
農業機械学会誌, 62(6), 106/114 (2000)
- 4) 残留農薬分析方法, 特許第3315546号
- 5) Hiroaki Ishizawa, Toyonori Nishimatsu, Eiji Toba:
Measurement of Pesticide Residues in Food Based on
Diffuse Reflectance IR Spectroscopy, IEEE Transactions on
Instrumentation and Measurement Vol.51, No.5, 886/890
(2002)
- 6) 農薬分析法, 特願2003-1117375
- 7) 常定, 川野, 光石, 久保川:
ATR/FT-IRによる油性物質の迅速分析,
織消誌, Vol.43, No.2, 130/139 (2002)
- 8) 小山, 石澤, 西松, 鳥羽:
織維製品の清浄度計測システムのための赤外・近赤外分光法による基礎的研究,
日本織維機械学会第56回年次大会, 研究発表論文集,
D-9,200 (2003)
- 9) 藤田, 酒井, 田村, 兼子ら:
赤外分光法を用いた非侵襲血糖値測定センサの開発,
Proceedings of 32nd Meeting on Lightwave Sensing
Technology, LST32-9, 65/70(2003)



パワースペクトルの見方

その
2

～パワースペクトルの確認～

分析計測事業部 スペクトロビジネスユニット 太田 宏

パワースペクトルの形状は、測定に使用する付属品に使われている窓材や光学系、使用する検出器により変化します。また、水蒸気や炭酸ガスなどのノイズ成分が重畳するなど、測定環境も大きく影響を与えるために、測定前に、パワースペクトル上に現れる特徴を良く調べておく必要があります。

それでは、実際にいろいろな付属品のパワースペクトルを測定してみましょう。

(1) 1回反射形全反射測定装置

全反射測定法(Attenuated Total Reflection 略してATR法)は、赤外光を通す高屈折率物質で作られたプリズム表面にサンプルを密着させて測定します。

サンプルを化学的に前処理したり、機械的に加工せずに分析することができるため、この測定法を利用した付属品は、FTIRの感度向上に伴ってますます増加傾向にあります。

図1は、ZnSe(セレン化亜鉛)のプリズムを、図2は、Ge(ゲルマニウム)のプリズムを取り付けた1回反射形全反射測定装置(製品名:MIracle)で得られるパワースペクトルです。

ZnSe(セレン化亜鉛)、Ge(ゲルマニウム)ともに低波

数側において赤外吸収があるため、およそ 600cm^{-1} 以下でのスペクトルデータは得られません。

この全反射測定法は、プリズムからサンプルへの赤外光のもぐり込みにより、スペクトルを測定しますので、サンプルとプリズムの密着性は非常に重要ですが、ゲルマニウムは、Knoop数(硬度)が24と比較的柔らかいために、使用しているうちに表面にキズが付き、サンプルとの密着が悪くなったり、強く押し付けたためにプリズムが割れてしまうなどの不具合が起こることがあります。

サンプル接触面にダイヤモンドを使用したダイヤモンドATR付属装置は、サンプルを強くプリズム面に接触させることができるために、これまでATR法での測定が困難であった硬いサンプルなども測定することができます。

図3は、ダイヤモンドプリズム下にZnSe(セレン化亜鉛)をサポートエレメントとして取り付けた1回反射形全反射測定装置(製品名:DuraSampl IR-II)で得られるパワースペクトルです。

図3を見ると、 $2700\sim1500\text{cm}^{-1}$ にゆるやかな吸収が観察できます。これがダイヤモンドの吸収で、屈折率の高いサンプルを測定した場合に、この領域のベースラインが変動するなどの影響があります。

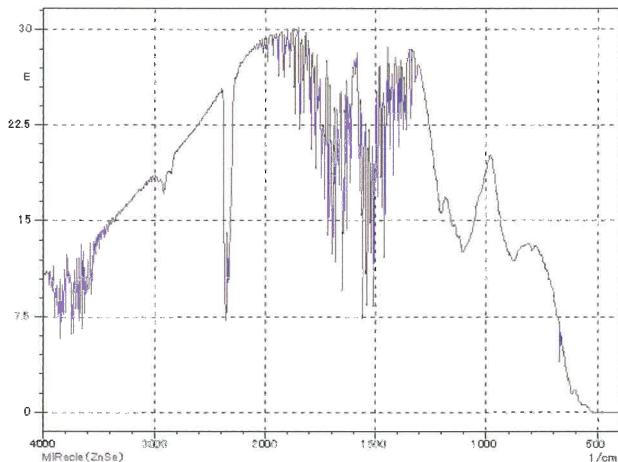


図1 MIracle (ZnSeプリズム) のパワースペクトル

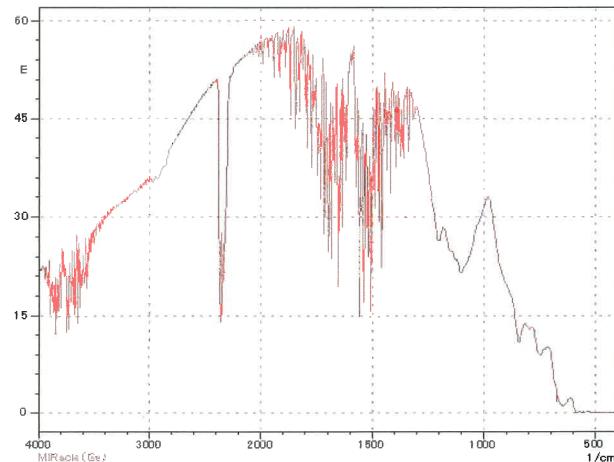


図2 MIracle (Geプリズム) のパワースペクトル

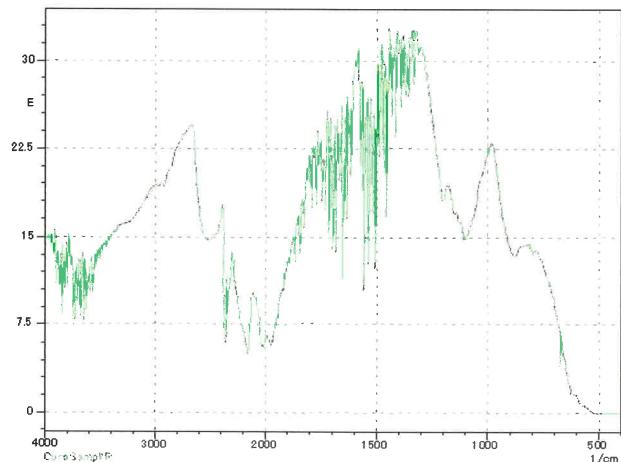


図3 DuraSampl IR-IIのパワースペクトル

(2) ガスセル、液体セル

ガスや液体を封入するために赤外透過窓板は欠かせません。サンプルの特性により種々の窓板が使用されますが、定量するピーク位置と窓板の透過領域とを確認する必要があります。

(3) 赤外顕微鏡

微小サンプルを測定する場合には、赤外顕微鏡が有用です。微小サンプルを測定する赤外顕微鏡の場合、高感度が要求されるためにMCT検出器が使用されます。

MCT検出器は、微量の赤外光を検出することに優れています。赤外顕微鏡など光量ロスの多い測定に適していますが、波長感度特性を持ち、カットオフ周波数(感度がゼロになる波長)以下の低波数側に感度がありません。

図4は $20\mu\text{m}$ 角にアーチャーを設定して、測定したパワースペクトルです。

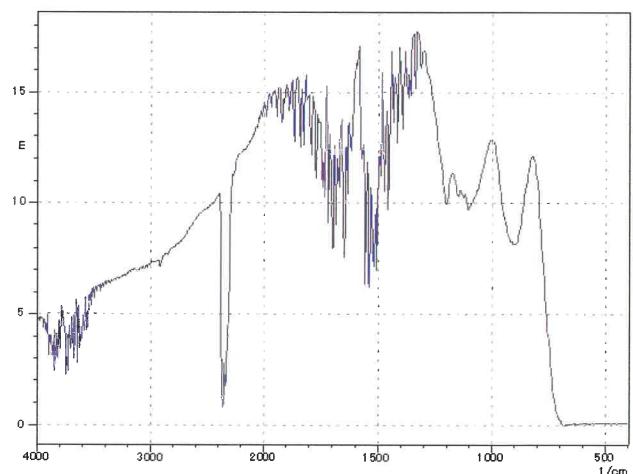


図4 $20\mu\text{m}$ 角にアーチャーを設定した時のパワースペクトル
(赤外顕微鏡AIM-8800使用)



ATRの注意点

その2

分析計測事業部 応用技術部 東京CSC
土渕 翼

「ATRの注意点 その1」では使用するプリズムの屈折率の違いにより生じる部分的なピークシフトと、試料をプリズムに密着させ際の押し付け強さによって生じるスペクトルの変化についてご紹介しました。今回はATR法を定量分析に用いる場合の注意点についてご紹介したいと思います。

1. ピーク強度比の利用

吸収スペクトルのピーク強度（吸光度）はそのピークの吸光係数、光路長、そして濃度に比例します。これらのうち、吸光係数は定量すべき目的成分とその着目ピークが決まれば定数となります。また、液体試料を透過法により定量分析する際によく用いられる固定セルを使えば光路長も一定となるため、得られたスペクトルのピーク強度は濃度のみに比例することになります。従って、濃度既知の標準試料を測定し得られたピーク強度とその目的成分濃度から検量線が得られます。これを多点検量線法（1点を含む）といいます。ピーク強度と濃度は比例しているため、通常、検量線は直線となります。

ATR法における「光路長」はもぐりこみ深さと密着面積の積とを考えることができます。このうち、もぐりこみ深さはプリズムの屈折率、入射角度、試料の屈折率、着目ピークの位置（波数）に依存する値ですが、着目ピークと使用するATR装置が決まれば一定となります。従って、密着面積を一定にして測定すればピーク強度は濃度と比例することになります。実際、液体試料の場合はプリズム全面に試料を滴下して測定すれば直線性の良い検量線が得られます。しかし、固体試料の場合は話が変わってきます。固体試料とプリズムとの密着面積はその押し付け強さと試料の硬さや形状により左右されるので、常に同じ密着面積で測定することが困難なためです。この密着面積の違いを補正するために用いられるのが目的成分のピーク強度を主成分などのピーク強度で割ったピーク強度比です。仮に密着面積が2倍になれば目的性分のピーク強度は2倍になりますが、主成分のピークも2倍になるため、ピーク強度比は変化しません。このため、ATR法による固体試料の定量分析の際はピーク強度比と濃度とで検量線を作成する必要があります。

2. 密着具合による影響

上記の様に、ピーク強度比を用いることで密着面積の違いは補正できます。しかし、だからといってピーク強度をまったく無視できるというわけではありません。密着面積が大きく異なるスペクトル間にはピーク強度比では補正できない差異があり、それが検量線の直線性や結果の再現性を劣化させるからです。

この「ピーク強度比では補正できない差異」が密着具合の差異です。密着具合はプリズムと試料との間にあるわずかな隙間の量や隙間の大きさと考えていただくと良いかもしれません。この密着具合はピーク強度比に影響を与えます。

図1は1回反射ATR測定装置デュラサンプラーIIを用い、3段階の押し付け強さで測定したポリスチレンのスペクトルです。押し付け強さを変化させたことで密着面積に違いが生じスペクトル全体のピーク強度に大きな差異が見られます。これら3スペクトルに対し 1500cm^{-1} 付近のピークで規格化処理した結果を図2に示します。図2の中の左上は 3000cm^{-1} 付近の拡大図です。密着面積のみの違いであれば、1本のピーク強度を用いて規格化することによりすべてのピーク強度が一致するはずですが、図2では一致しておらずまた、低波数側と高波数側とでピーク強度の逆転が起こっています。これは押し付け強さを変化させたことで密着面積だけでなく密着具合にも違いが生じ、スペクトル全体のピーク強度とともにピーク強度比が変化したためです。押し付け強さの弱いスペクトルは相対的に高波数側のピーク強度が小さくなってしまい、通常、密着具合の良くないATRスペクトルには同様の現象が見られます。このように密着具合の違いはピーク強度比に影響を与えるため、特に定量分析の際は密着具合をあわせた測定が必要となります。

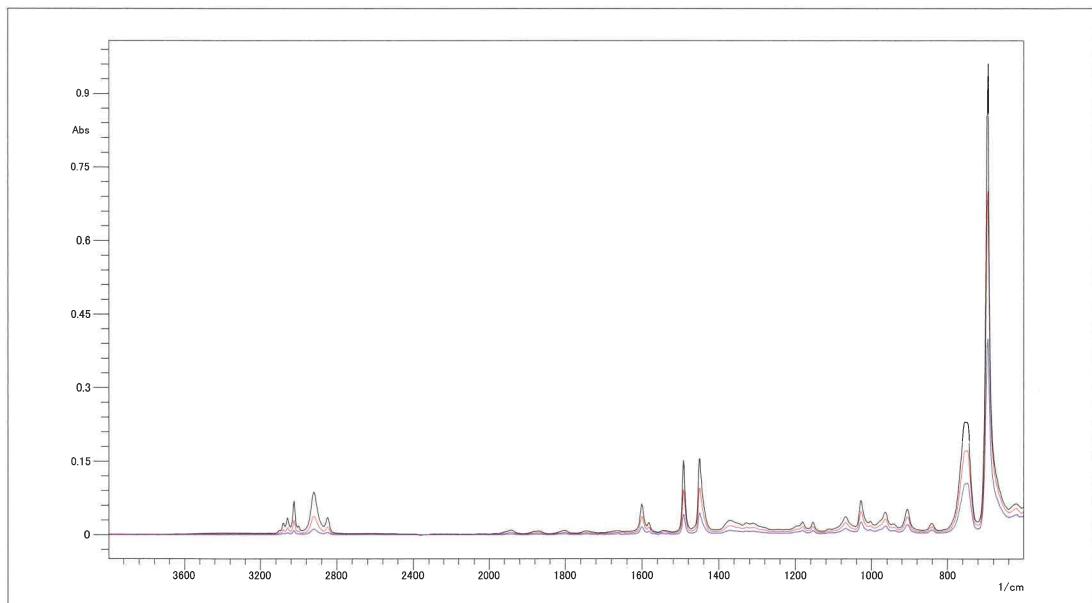


図1 ポリスチレンのATRスペクトル

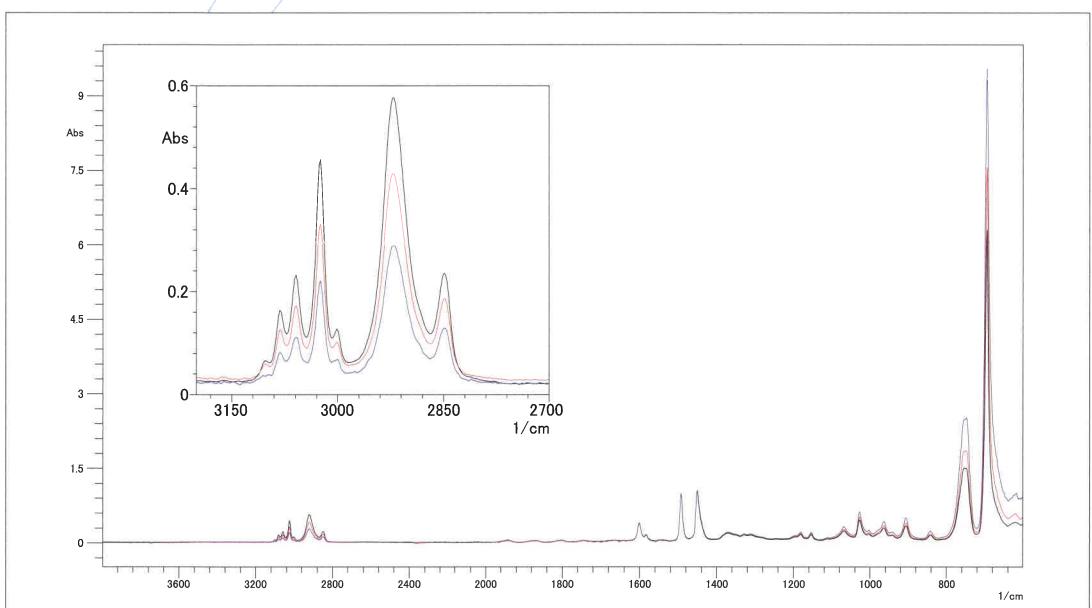


図2 1500cm^{-1} 付近のピークで規格化

3. ピーク強度比の再現性

では、どのようにして密着具合をあわせればよいのでしょうか?また、どの程度の再現性が得られるのでしょうか?その一例としてATRプローブによる光ファイバーシステムを用いたエチレン-酢酸ビニル共重合体の分析結果を紹介します。

測定は、モニター測定において 2920cm^{-1} 付近のピーク強度が0.7ABSおよび0.3ABS程度となるよう押し付け強

さを調整してそれぞれ5回づつ行ないました。合計10スペクトルを図3に示します。 $2920, 2850\text{cm}^{-1}$ 付近のピークは主にエチレンによるC-H伸縮振動で、 $1735, 1235\text{cm}^{-1}$ 付近のピークは酢酸ビニルのそれぞれC=OとC-Oの伸縮振動によるものです。従って、酢酸ビニルの存在比率により前者と後者のピーク強度比が変化します。今回は同じ試料を繰り返し測定したため、酢酸ビニルの存在比率は一定です。

そこで 1735 、 1235cm^{-1} 付近のピークと 2920cm^{-1} 付近のピークとのピーク高さ比を用いて再現性を確認してみました。結果を表1に示します。

表1より、10スペクトルすべてを用いて算出したCv値に比べ、ピーク強度が同程度のものごとに算出したCv値の方が

格段に向かっていることがわかります。従って、ピーク強度を合わせて測定することで密着具合の差異を小さくすることができ、再現性の良い結果が得られるということがわかります。なお、ピーク強度の大きい方の再現性が良くなっているのはノイズなどによる影響が小さいためと考えられます。

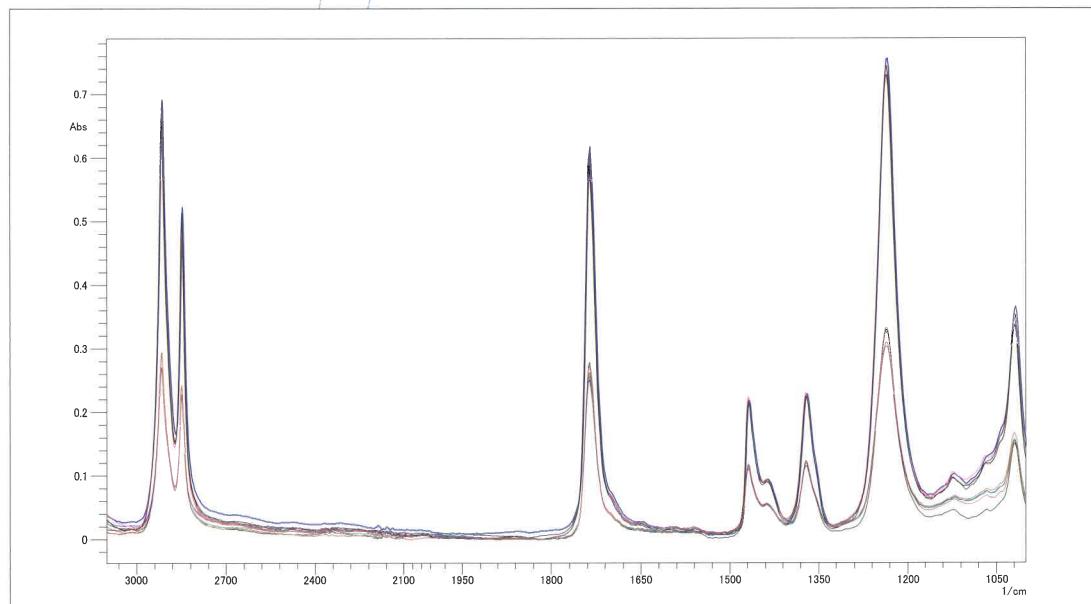


図3 エチレン-酢酸ビニル共重合体のATRスペクトル

表1 ピーク高さ比の計算結果

ピーク高さ比(*/ 2920cm^{-1})		
	1735cm^{-1}	1235cm^{-1}
0.7ABS-1	1.045	1.225
0.7ABS-2	1.044	1.217
0.7ABS-3	1.042	1.222
0.7ABS-4	1.045	1.231
0.7ABS-5	1.059	1.235
0.3ABS-1	1.182	1.251
0.3ABS-2	1.164	1.251
0.3ABS-3	1.171	1.267
0.3ABS-4	1.157	1.267
0.3ABS-5	1.151	1.274
平均	1.106	1.244
標準偏差	0.063	0.021
Cv%	5.693	1.670
0.7ABS-1	1.045	1.225
0.7ABS-2	1.044	1.217
0.7ABS-3	1.042	1.222
0.7ABS-4	1.045	1.231
0.7ABS-5	1.059	1.235
平均	1.047	1.226
標準偏差	0.007	0.007
Cv%	0.652	0.580
0.3ABS-1	1.182	1.251
0.3ABS-2	1.164	1.251
0.3ABS-3	1.171	1.267
0.3ABS-4	1.157	1.267
0.3ABS-5	1.151	1.274
平均	1.165	1.262
標準偏差	0.012	0.011
Cv%	1.066	0.835

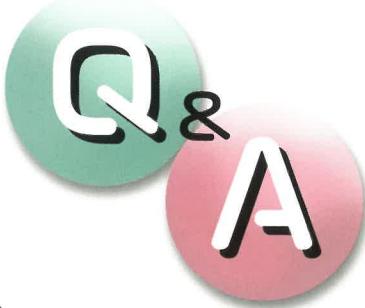
1735:1800-1612cm⁻¹
1235:1300-1150cm⁻¹
2920:2990-2870cm⁻¹にてそれぞれ補正

4. まとめ

以上のようにATR法を用いて固体試料の定量分析を行う際は、

- 密着面積の補正 → ピーク強度比を用いる。
- 密着具合を合わせる → ピーク強度を合わせて測定。

ということが重要であることがおわかりいただけたと思います。なお、今回のエチレン-酢酸ビニル共重合体によるピーク強度比の再現性の確認では 1735 と 1235cm^{-1} 付近のピークに対し 2920cm^{-1} 付近のピークを補正ピークに用いてピーク高さ比を求めましたが、密着具合の違いによるピーク強度比への影響はピーク位置が離れるほど大きくなります。このため、できるだけ目的ピーク近傍のピークを補正ピークとした方が密着具合の違いによる影響を軽減できます。



今回のQ

ガス分析を行ないたいのですが どのようなセルがありますか? また様々なガスの定量 範囲はどの程度ですか?

A

ガスセルは主に高濃度用の10cm、5cmセルと低濃度用の長光路セル(1~100m程度)に大別することができます。どちらも筒状のセル内に試料ガスを導入し、透過法により測定を行ないますが、長光路セルの場合はセル内で赤外光を多重反射させることで光路長を伸ばしています。この光路長は目的成分の濃度により選択します。表1に代表的なガスを1mセルを用いて測定した場合の定量下限と上限を示します(ただし、実際の定量上下限値は装置や条件などにより変わります。ここでは分解 0.5cm^{-1} で測定した際にもっとも大きなピークの強度が5mABSと2ABSとなる値を

算出し下限値、上限値としました)。ピーク強度は光路長に比例するため、10cmセルを用いた場合は表1の値の10倍が上下限値となります。光路長の選択の目安としてお使いください。なお、長光路セルで低濃度ガスを分析する際はMCT検出器が必要となります。ガスセルの窓板材質にはNaCl、KBr、KRS-5、BaF₂、CaF₂などがあり、試料ガスの種類や測定領域などで選択します。各窓材の特長を表2に示します。セルの材質にはガラス、金属(アルミなど)があり、またHFなど腐食性ガスに対応できるよう内部をコーティングしたものもあります。

表1 代表的なガスの定量下限と上限(1mガスセルの場合)

成分	濃度[ppm]		成分	濃度[ppm]	
	下限値	上限値		下限値	上限値
1,3 Butadiene	5.2	2,080	HBr	40.0	16,100
2-Methyl Pentane	3.5	1,410	HCN	1.4	578
Acetaldehyde	10.0	4,060	HCHO	4.3	1,710
Acetone	9.4	3,760	HCOOH	3.8	1,500
Acetylene	0.6	230	HNO ₂	0.9	363
Benzene	0.9	340	HNO ₃	3.6	1,450
CCl ₂ F ₂	0.9	347	HS	1420.0	570,000
CCl ₃ CF ₃	2.9	1,175	Isoprene	5.4	2,180
CCl ₃ F	0.9	360	Methane	6.9	2,750
CCl ₄	0.9	357	Methanol	5.4	2,160
CClF ₂ CClF ₂	2.3	920	NH ₃	2.7	1,090
CF ₄	0.1	36	n-Hexane	5.0	2,010
CH ₃ COOCH ₃	5.3	2,130	NO	18.0	7,040
CH ₃ COOH	4.2	1,670	NO ₂	2.5	1,000
CHCl ₃	1.8	739	N ₂ O	2.7	1,090
CHClF ₂	1.8	705	n-Pentane	6.6	2,640
CO	9.4	3,750	Ozone	10.0	4,070
CO ₂	1.9	770	Phosphine	39.0	15,800
Cyclohexane	1.3	500	Propane	4.0	1,611
Diethyl Ether	4.9	1,940	SF ₆	0.2	70
Ethane	7.8	3,100	SO ₂	5.2	2,060
Ethanol	19.0	7,500	Styrene	7.6	3,020
Ethylene	4.2	1,680	Toluene	6.7	2,680
H ₂ O	24.0	9,720	o-Xylene	4.4	1,740
HF	2.0	800	m-Xylene	7.5	3,006
HCl	7.8	3,120	p-Xylene	7.7	3,100

表2 ガスセル窓板材質と特長

窓材	測定波数領域[波数]	透過率[%]	耐水性
KBr	40,000-340	90 (5mm)	×
NaCl	50,000-600	90 (5mm)	×
KRS-5	16,600-250	70 (2mm)	○
BaF ₂	50,000-770	90 (1mm)	○
CaF ₂	50,000-1,100	95 (3.6mm)	○

WEEE & RoHS対策を総合的にサポート

欧州連合(EU)では廃電気電子機器(WEEE)に関して使用されている特定有害物質として6種類(カドミウム、鉛、水銀、6価クロム、ポリ臭化ビフェニル=PBB、ポリ臭化ビフェニルエーテル=PBDE)に関する規制が2006年7月1日から施行されます(RoHS規制)。これを受けて国内大手電気メーカーが参加している電子情報技術産業協議会(JEITA)ではRoHS指定6物質を含む15物質をレベルAとしてリストアップしており、国内電気電子メーカーは至急の対応を迫られています。総合分析機器メーカーとして、弊社ではお客様の規制へのご対応に分析計測機器とアプリケーション手法でお手伝いします。

分析対応機種としては、有害金属物質(カドミウム、鉛、水銀)、6価クロム、臭素系難燃剤(PBB、PBDE)のスクリーニングにはそれぞれ蛍光X線分析装置、紫外可視分光光度計、そしてフーリエ赤外分光光度計をお勧めしています。

弊社ではすでに臭素系難燃剤分析用のオプションプログラムの開発に成功し、販売実績も多々あります。このプログラムは対話形式になっており、測定から判定までの一連の操作を簡便化しておりますので、どなたでも簡単に使用することが可能となっています。

また在欧日系ビジネス協議会(Japan Business Council in Europe=JBCE)では臭素系難燃剤分析については弊社の手法を採用し、現在欧州委員会に働きかけておられます。

有害金属 Cd,Pb,Hg のスクリーニング分析



蛍光X線分析装置
EDX-700HS

有害金属 Cd,Pb,Hg の精密定量分析



原子吸光分光光度計
AA-6300

有害金属 6価クロムの選択的分析



紫外可視分光光度計
UVmini-1240

有害物質 臭素系難燃剤 の精密定量分析



ガスクロマトグラフ質量分析計
熱分解分析システム GCMS-QP2010

有害物質 臭素系難燃剤 のスクリーニング分析

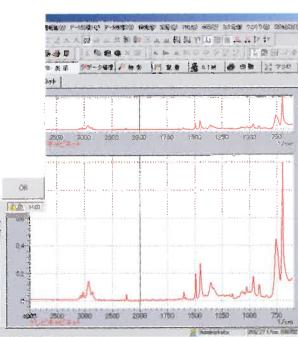
フーリエ変換赤外分光光度計
IRPrestige-21 / FTIR-8400S



[判定結果]

ABS+PBDE : NG

確認後OKボタンをクリックしてください。



上記はテレビのキャビネットを測定し、臭素系難燃剤の有無を判定した結果です。
このキャビネットは規制物質であるPBDEが含有されたABSであることが分かります。