

相対モル感度法を利用した クロマトグラフィーによる定量分析

クロマトグラフィー分析において、分析対象物質の標準物質を入手できないことがある。このような場合、入手しやすく、分析対象物質とは別の物質を基準物質とし、基準物質に対する分析対象物質の相対モル感度（値）を求める。日常的には、未知試料に基準物質を添加してクロマトグラフィー分析することで、分析対象物質を定量することが可能である。同一の分析条件であれば試験室間でも利用可能であり、品質管理などでも活用が期待される。本項では相対モル感度法の利用方法を解説する。

神 山 和 夫

1 はじめに

クロマトグラフィーで有機化合物の分析対象物質を定量するためには、正しい純度が値付けされた標準物質が必要である。しかしながら、標準物質を入手できないことも多い。本稿では、ある程度の純度の分析対象物質と入手しやすい基準物質のモル濃度を紐づけすることで、日常的には基準物質により分析対象物質をクロマトグラフィーで定量する分析法について解説する。

2 相対モル感度法

2.1 既存法の課題

膨大な数の既知の物質に対して、試薬が市販されている物質は数十万種あるが、このうち、正しい純度が値付けされた標準物質や、不確かさおよび計量トレーサビリティの認証書が付随する認証標準物質は限られる。このような状況下で、クロマトグラフィーによる定量分析の際に標準物質を入手できない場合はどうするか？特級などのグレードの試薬を入手できる場合は、これを標準物質と見なすことが実務的には多い。試薬を入手できない場合は、試料から分析対象物質を抽出し、分取 HPLC などで精製を繰返して純度を高めて、標準物質と見なすことがある。いずれの場合も、標準と見なしている物質の純度を確認していない場合は、真値からの偏りを否定できない。

物質の純度の測定法には、凝固点降下法や滴定法などの一次標準測定法、不純物の含有率を求めて 100 から差し引く差数法、または、水素核定量 NMR（以下、 ^1H -qNMR とする）法がある。これらの方法は、不確かさを評価することで国際単位系への計量トレーサビリティを確保することができる。ほとんどの有機化合物は

水素を有しているため、 ^1H -qNMR 法は、クロマトグラフィーで測定する有機化合物に広く対応できると考えられる。 ^1H -qNMR のスペクトルは、異なる物質間でも、水素数当たりのシグナル強度とモル濃度に比例関係が成り立つ。よって、 ^1H -qNMR 用の認証標準物質を内標準とし、入手した分析対象物質の純度を得ることができる。ただし、その物質が希少である場合、分析により使い切ってしまうこともある。

クロマトグラフィーの分野では、相対感度係数（Relative Response Factor, RRF）を用いた定量分析法がある。RRF とは、「任意の検出器における、単位質量当たりの基準物質に対する分析対象物質の感度比」と定義された値である。紫外可視吸光（UV-VIS）検出器の様な濃度と応答に比例関係が成り立つ検出器を伴うクロマトグラフィー条件下で、基準物質 A と分析対象物質 B が同一クロマトグラムにある場合、A と B のピーク面積比は濃度比に比例する。基準物質 A の検量線の傾き（感度係数）と分析対象物質 B の検量線の傾き（同）の比が相対感度係数 RRF となり、物質間に固有の値となる。RRF を求めておくと、日常的には、未知試料に基準物質 A を内標準として添加した検液をクロマトグラフィー測定することで、分析対象物質 B の濃度を算出することができる。本法は、日常的には分析対象物質を使用しないため、分析対象物質が希少な場合にも有効である。一方、分析対象物質および基準物質について正しい純度が値付けされていない場合が多いため、計量トレーサビリティが確保された RRF が得られないことから、試験所を越えての RRF を用いた定量法の普及は困難であった。そこで、分析対象物質の濃度に計量トレーサビリティをもたらす方法として、RRF に ^1H -qNMR 法を組み合わせた相対モル感度（Relative Molar Sensitivity, RMS）法が、国立医薬品食品衛生研究所の杉本らにより提唱された¹⁾。

2・2 相対モル感度の原理

溶液中の物質のモル濃度 M とクロマトグラフィーにおける検出部の応答 Z が比例するとき、その関係は式 (1) で表される。ここで a はモル感度係数である。

$$Z = aM \dots\dots\dots (1)$$

ある物質 X および Y のそれぞれのモル感度係数は式 (2) および式 (3) で表される。

$$a_X = \frac{Z_X}{M_X} \dots\dots\dots (2)$$

$$a_Y = \frac{Z_Y}{M_Y} \dots\dots\dots (3)$$

物質 X を RMS 用基準物質（下付き添え字 $_{rr}$ ）とし、物質 Y を分析対象物質（同 $_{an}$ ）とすると、両者のモル濃度比 R_m は式 (4)、検出部の応答比 R_z は式 (5) で表される。

$$R_m = \frac{M_{an}}{M_{rr}} \dots\dots\dots (4)$$

$$R_z = \frac{Z_{an}}{Z_{rr}} = \frac{a_{an} M_{an}}{a_{rr} M_{rr}} \dots\dots\dots (5)$$

RMS (V_{rms}) は単位物質質量当たりの検出部の応答比であるので式 (6) で表される。

$$V_{rms} = \frac{R_z}{R_m} = \frac{Z_{an}/Z_{rr}}{M_{an}/M_{rr}} = \frac{Z_{an}/M_{an}}{Z_{rr}/M_{rr}} = \frac{a_{an}}{a_{rr}} \dots\dots\dots (6)$$

V_{rms} が既に求められている場合、 V_{rms} と基準物質のモル濃度 M_{rr} を使い、 V_{rms} を求めたときと同一クロマトグラフィー条件下で測定することで、未知試料溶液中の分析対象物のモル濃度 M_{an} を式 (7) で求めることができる。

$$M_{an} = \frac{Z_{an}}{Z_{rr}} \times \frac{M_{rr}}{V_{rms}} \dots\dots\dots (7)$$

すなわち、RMS があれば、分析対象物質の標準物質を用いずに、未知試料中の分析対象物質を定量することができる利点がある。

式 (6) を振り返ると、RMS の導出には分析対象物質と RMS 用基準物質のモル濃度比（式 (4) の R_m ）の導出が必要である。分析対象物質の標準物質を有しない状況で M_{an}/M_{rr} を導出するための実務的な手順を以下に述べる。

2・3 RMS の導出の手順

$^1\text{H-qNMR}$ とクロマトグラフィーから RMS を導出するための概念を図 1 に示す。用意する物質は、認証標準物質、RMS 用基準物質、分析対象物質である。認証標準物質は、市販の $^1\text{H-qNMR}$ 用認証標準物質を実質的

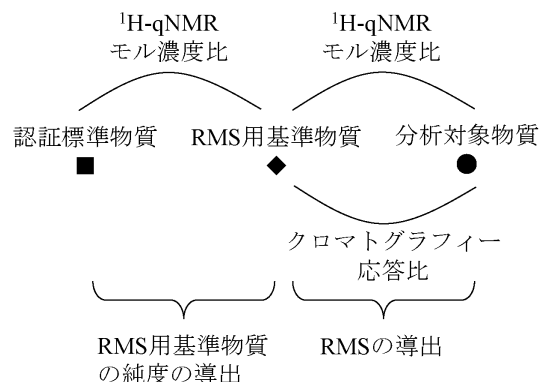


図 1 RMS 導出の概念

に用いる。RMS 用基準物質は、分析対象物質と同一クロマトグラムでピーク分離することが必要であり、物性やコストの面で扱い易い物質がよい。分析対象物質は、高純度である必要はなく、一般試薬や天然物質からの粗精製物質などを用いてもよい。

図 2 に示す様に、 $^1\text{H-qNMR}$ 法により認証標準物質と RMS 用基準物質の混合溶液を測定して RMS 用基準物質の純度を導出する。 $^1\text{H-qNMR}$ 法は後述する公定法に従う。

図 3 に示す様に、純度を導出した RMS 用基準物質と分析対象物質の混合溶液を $^1\text{H-qNMR}$ 測定する。同混合液またはこの希釈液をクロマトグラフィー測定する。式 (6) またはこれを実務的に変換した式 (8) より RMS を得る。

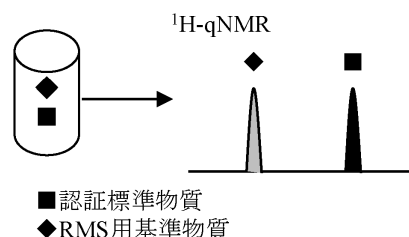


図 2 RMS 用基準物質の純度の導出

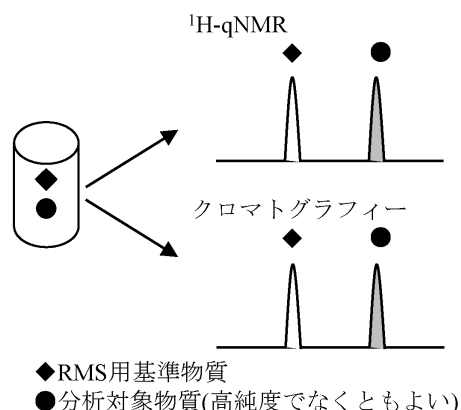


図 3 RMS の導出

$$V_{rms} = \left(\frac{\text{クロマトグラフ面積}_{an}}{\text{クロマトグラフ面積}_{rr}} \right) \left(\frac{\text{水素当たりの NMR 面積}_{rr}}{\text{水素当たりの NMR 面積}_{an}} \right) \dots\dots\dots (8)$$

この場合の分析対象物質は、¹H-qNMR 測定およびクロマトグラフィー測定において、RMS 用基準物質とピーク分離することが必要であり、両者のピーク強度は同桁であることが望ましい。クロマトグラフィーは、濃度と応答に比例関係が成立した検出器を備えた装置を用いることが必要であり、HPLC では UV-VIS 検出器や示差屈折率 (RI) 検出器、GC では水素炎イオン化検出器 (FID) が代表である。他の検出器での適用は、今後の研究で明らかになることが期待される。

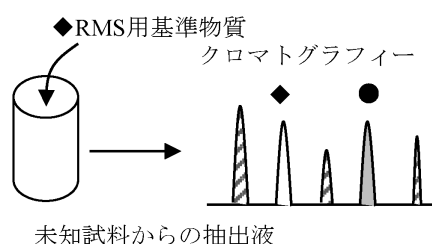


図4 未知試料の定量

図4に示す様に、未知試料中の分析対象物質の定量は、未知試料からの抽出液にRMS用基準物質を正確に添加した溶液をクロマトグラフィー測定する。式(7)またはこれをモル濃度から重量濃度に変換した式(9)より試料液中の分析対象物質の濃度を得る。ここでRMS用基準物質の(濃度_{rr})は、¹H-qNMR測定により導出した純度を反映していることが必要である。

$$\text{濃度}_{an} = \left(\frac{\text{クロマトグラフ面積}_{an}}{\text{クロマトグラフ面積}_{rr}} \right) \left(\frac{1}{V_{rms}} \right) \left(\frac{\text{分子量}_{an}}{\text{分子量}_{rr}} \right) (\text{濃度}_{rr}) \dots\dots\dots (9)$$

本法により、認証標準物質およびRMS用基準物質を介して、計量トレーサビリティのある分析対象物質の濃度を得ることができる。

2.4 NMR を使用しない RMS の導出

NMR 装置の保有はハードルが高い、または NMR では正確なモル比が得られない場合は、RMS 用基準物質および分析対象物質の混合溶液中の物質質量比を計算によって求めてもよい。具体的には、他の試験室などにより¹H-qNMRで純度が導出されたRMS用基準物質および分析対象物質を使用する、または差数法などによってそれぞれの純度を決定してもよい。

3 食品分野の利用

食品中の有機化合物の定量分析には、クロマトグラフィーを利用することが多いが、前述の通り、市販されている標準物質が少ないことが現状である。

食品の製造過程または食品の加工・保存の目的で使用される食品添加物は、消費者庁により成分規格或使用基準などが定められている。食品添加物の中でも既存添加物は、天然物質からの抽出物や分解物が大半を占める。既存添加物の定量分析法は、吸光光度法や滴定法などから、より特異的なクロマトグラフィーへの代替が進んでいるが、標準物質の入手が困難であることから、RMS法の活用が推進されている。

容器包装に入れられた食品は、栄養成分表に加えて、機能性関与成分を記載することができる保健機能食品がある。なかでも機能性表示食品は、一定のルールに基づき、事業者が食品の安全性と機能性に関する科学的根拠などの必要な事項を、販売前に消費者庁長官に届け出ることによって、食品の容器包装に機能性を表示することができる。機能性表示食品は、生鮮食品から加工食品までの多様な食品が対象となり、天然由来の物質を機能性関与成分とすることが多い。やはり定量分析の際に標準物質の入手が困難なこともあり、RMS法の活用が合理的であると思われる。

食品分野でRMS法を用いた論文は、2015年以降に見られる。西崎らは、既存添加物であるジャマイカカシア抽出物中のクアシンおよびネオクアシンのHPLC定量分析法を報告した²⁾。水本らは、機能性関与成分として、ヒハツ抽出物中のピペリン類のHPLC定量分析法を報告した³⁾。医薬品(生薬)分野では、増本らによるソヨウ中の指標成分であるベリルアルデヒドのHPLC定量分析法⁴⁾、内山らはブシの指標成分であるブシモノエステルアルカロイド類のHPLC定量分析法を報告した⁵⁾。

4 ウコン含有食品

4.1 背景

ウコン (*Curcuma longa*, L.) の根茎を粉砕した黄色粉末は、インドを始め古くから香辛料、生薬や染料として使用されてきた。国内ではカレーの風味および黄色みを及ぼす香辛料として利用されている。欧米では着色料やサプリメントとして利用されている。筆者の所属するグループは、2004年にウコンを含む飲料製品を発売し、顆粒製品や錠剤製品を含めてウコン含有食品の市場開発を続けている。

ウコン含有食品の機能性関与成分は、クルクミン (curcumin) が知られているが⁶⁾、当グループではビスクロン (bisacron, BC) およびデヒドロジンゲロン (dehydrozingerone, DZ) にも注目した⁷⁾。これらの成分

の摂取が、健康な人の肝機能酵素値の改善に役立つ機能があるとして機能性表示食品の届出をしている⁸⁾。

ウコンに含まれる疎水性の各種成分は、一般に UV-VIS 検出器を用いた逆相 HPLC による分析例が報告されている⁶⁾。しかし、これらの分析対象物質は、試薬として入手できるが、正確な純度が不明であるまたは高価である。そこで、RMS 法を用いた HPLC 定量分析法を開発したので以下に紹介する⁹⁾。

4・2 ウコン含有飲料への応用

分析対象物質である BC および DZ を正確に定量するための RMS 用基準物質、この RMS 用基準物質の純度を導出するための認証標準物質を選定した (図 1 に相当)。RMS 用基準物質は、BC および DZ と分配定数が近くて同一クロマトグラフィー条件で溶出し、安価で扱いやすい *p*-ヒドロキシ安息香酸エチル (HBE) (>99 %, GC) を選定した。HBE の純度を導出するため、同一溶媒に溶解する認証標準物質として 1,4-ビス (トリメチルシリル) ベンゼン-*d*₄ (1,4-BTMSB-*d*₄) を選定した。

RMS 用基準物質の純度の導出 (図 2 に相当) : 市販の ¹H-qNMR 用認証標準物質である 1,4-BTMSB-*d*₄、特級グレードの HBE をメタノール-*d*₄ に溶解して NMR 検液とした。これを ¹H-NMR (500 MHz) で 3 回繰返し測定し、HBE の純度を導出した。

RMS の導出 (図 3 に相当) : BC は、食品のウコンエキスから液-液分配で抽出し、分取 HPLC による粗精製物 (純度約 80 %) を用いた。DZ は市販の試薬 (>98 %, GC) を用いた。BC 粗精製物と HBE の混合溶液は、4 点のモル濃度比となる様に 1~11 mg を採取し、メタノール-*d*₄ に溶解して NMR 検液とした。これを ¹H-qNMR 測定し (図 5a), BC および HBE それぞれの水素当たりのスペクトルのピーク面積比を得た。¹H-qNMR 測定後の検液をアセトニトリル/水 (3/7) で

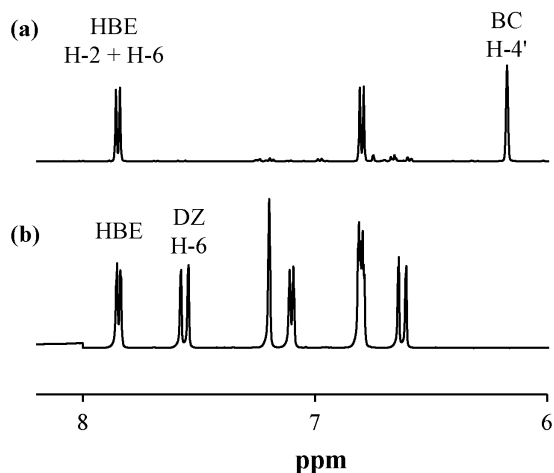


図 5 ¹H-NMR スペクトル

(a) BC および HBE の混合溶液。 (b) DZ および HBE の混合溶液。

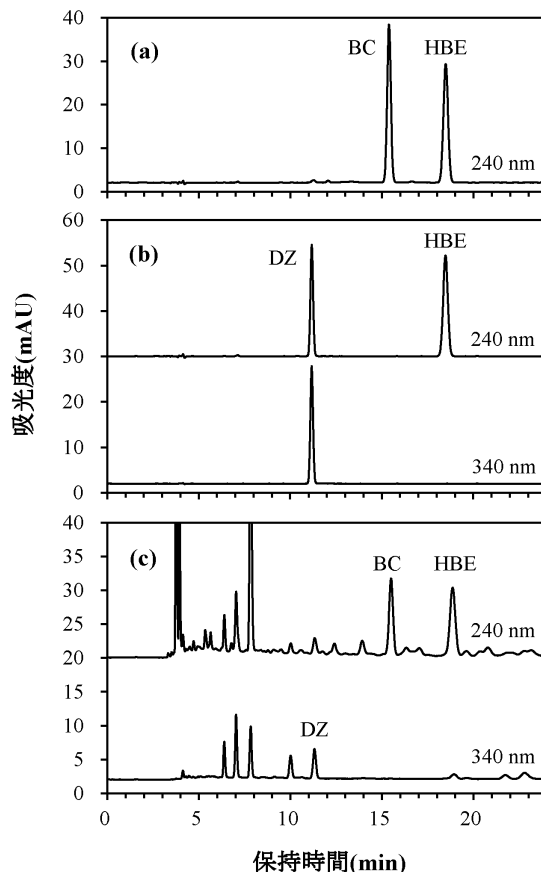


図 6 HPLC クロマトグラフ

(a) BC および HBE 混合溶液。 (b) DZ および HBE 混合溶液。 (c) ウコン含有飲料に HBE 添加したもの。

希釈し、BC および HBE を 240 nm で HPLC 測定した (図 6a)。クロマトグラムのピークから面積比を得た。式 (8) により得た BC/HBE の RMS (V_{rms}) は、4 点の混合溶液とも同値で 1.66 であった。同様に DZ および HBE の混合溶液を調製し、¹H-qNMR 測定した (図 5b)。この希釈液を DZ は 340nm, HBE は 240 nm で HPLC 測定した (図 6b)。DZ/HBE の RMS (V_{rms}) は 1.31 であった。これらの RMS 値は、今回のクロマトグラフィー条件で固有の値となる。

未知試料の定量 (図 4 に相当) : 当グループを含む市販のウコン含有飲料 14 製品を試料とした。試料液に 2 倍量の酢酸エチルを加えて振とう、遠心分離後の上清を別容器に移し、減圧遠心濃縮器で溶媒を除去した。この残渣に HBE 含有アセトニトリル/水 (3/7) を加えて溶解し、ろ過して HPLC 検液とした。HPLC 測定後のクロマトグラムから BC/HBE, DZ/HBE の各ピーク面積比を得て、式 (9) により、検液の BC および DZ の濃度を算出した。これに希釈率を乗じて試料中の BC および DZ の含量 (mg/kg) を算出した。比較のため、市販の試薬の BC および DZ の純度を ¹H-qNMR で導出しておき、前述と同日に絶対検量線溶液を HPLC 測定した。図 7 に RMS 法および絶対検量線法での飲料製品中の BC 含量および DZ 含量を示す。飲料 14 製品のうち、

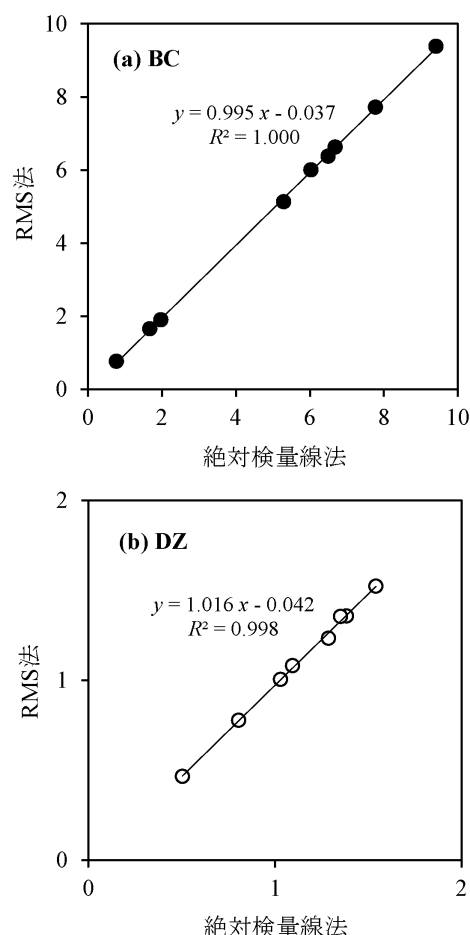


図7 ウコン含有飲料中の含量

RMS法および絶対検量線法による (a) BC および (b) DZ の含量 (mg/kg)。

HPLC 用の検液で前述の定量下限以上の含量の製品は、BC では9製品、DZ では8製品であった。BC、DZ ともに、RMS 法による含量と絶対検量線法による含量の比 (RMS 法/絶対検量線法) は、傾き 1.0、切片 0 に近かったことから、両法で同等の含量を得ることができた。定量下限未満の飲料製品が存在した理由は、処方されたウコンの品種や製造法などによると考えられた。

4.3 室間再現性

RMS 法は、RMS (V_{rms}) の導出に手間を要するが、その後の日常的な分析では分析対象物質の標準物質を必要としないため、複数の試験室での利用に適している。食品メーカーでは、一製品について、原料の調達、製品の設計、および品質の管理に至るまで複数の試験室がかかることがある。今回、ウコン含有飲料中の BC および DZ の定量分析法について、当グループの4試験室にて室間再現試験を実施した。室間再現性に関する国際的なガイドラインで定める試験室数 (8 試験室以上) には不足するが、ガイドラインに準じて解析した (表1)。

ウコン含有飲料1製品中の BC 含量および DZ 含量についての室内の相対標準偏差 RSD_i は 0.8~1.3 %、室間

表1 ウコン含有飲料の室間再現性

分析対象物質	BC		DZ	
方法	RMS	Cal.*	RMS	Cal.*
試験室数	4	4	4	4
繰返し測定数	3	3	3	3
平均含有量 (mg/kg)	8.13	8.12	1.16	1.17
室内再現性				
標準偏差 SD_i (mg/kg)	0.06	0.07	0.01	0.01
相対標準偏差 RSD_i (%)	0.8	0.9	1.3	1.0
室間再現性				
標準偏差 SD_R (mg/kg)	0.40	0.34	0.07	0.07
相対標準偏差 RSD_R (%)	4.9	4.2	6.4	6.0
平均含量比 RMS 法/絶対検量線法	1.00		1.00	

* 絶対検量線法

の相対標準偏差 RSD_R は 4.2~6.4 %であった。これらの相対標準偏差はガイドラインよりも小さかった。RMS 法による含量と絶対検量線法による含量の比 (RMS 法/絶対検量線法) は、BC、DZ ともに 1.00 であり、両法は未知試料に対して同等の含量を得ることができる定量分析法と言えた。未記載であるが、錠剤タイプのウコン含有食品でも同様の結果であった。

RMS 法は、分析対象物質と RMS 用基準物質のクロマトグラムのピーク面積比を用いるため、両物質の波長が異なる場合に HPLC の検出器の装置間差が表れやすいのではと懸念した。4 試験室の検出器の内訳は UV-VIS、フォトダイオードアレイ (PDA) が各2試験室であった。DZ と HBE で異なる波長を用いたが (図6)、RMS 法と絶対検量線法での DZ の平均含量比や室間の相対標準偏差に特段の差異は見られなかった。

5 RMS 法の公定法の収載

RMS 法は、標準物質の入手が難しい分析対象物質を定量する場合に有効な分析法である。杉本らは、RMS 法を広く普及するため、公定法への登録の活動を行っており¹⁾、以下に紹介する。

RMS 法の前提となる ^1H -qNMR 法は、まず 2011 年に告示された第9版食品添加物公定書には一般試験法として収載された。日本薬局方では、2012 年に告示された第16改正に参考情報として収載され、2016 年の第17改正では一般試験法として収載された。そして日本産業規格 JIS K0138: 2018「定量核磁気共鳴分光法通則 (qNMR 通則)」に収載され、国内では一般的な定量分析法として認知されるようになった。国際標準化の活動も実施し、2018 年に ISO/TC34 食品部門に提案、2019 年に WG24 が設置された。3 年間の協議を経て、2022 年に ISO 24583: 2022「定量核磁気共鳴分光法-食品に利用される有機化合物の純度評価- ^1H NMR 内標準法のた

めの一般的要求事項」が発行された。

RMS 法についても公定法への登録が進められている。2021 年に告示された第 18 改正日本薬局方には、生薬のソヨウの成分規格としてペリラルデヒドの定量試験法が収載された。2024 年に告示された第 10 版食品添加物公定書では、一般試験法、および天然由来の既存添加物 8 品目の成分規格の各条に収載された。具体的には、カラシ（イソチオシアン酸アリル）、セイヨウワサビ（同）、カワラヨモギ（カピリン）、クエルセチン（クエルセチン）、コチニール（カルミン酸）、ジャマイカカссия（クアシンおよびネオクアシン）、ラカンカ（モグロシド V）、ローズマリー（カルノシン酸およびカルノソール）である。多くの分析対象物質では HPLC を用いる RMS であるが、イソチオシアン酸アリルでは GC/FID を用いる RMS が導入された。

2022 年 9 月、農林水産省の事業として「RMS 技術に関する標準開発委員会」が設置され、筆者も参加している。りんごジュース中のクロロゲン酸定量法についての室間共同試験が実施された。2024 年 3 月、農林水産省に日本農林規格（JAS）原案の申出を行い、その後の JAS 案について通商弘報及びパブリックコメントなどを経て、11 月には JAS 調査会で審議がなされた。2025 年 1 月、JAS 0031: 2025「食品における相対モル感度を利用した定量法に関する一般要求事項」として告示された。併行して、同省の事業として「RMS 国際標準開発プロジェクトチーム」が設置された。2024 年 1 月、農林水産消費安全技術センター（FAMIC）さいたま本部で開催された ISO/TC34/WG24 にて、RMS 法の規格案の提案がなされた。同年 5 月には室間共同試験が実施された。7 月には規格案への投票、12 月には WG24 の会議が開催され、投票コメントに対する修正案の説明がなされた。2025 年には規格文書について各国の専門家により議論が開始され、順調に進めば 2027 年には RMS 法の一般要求事項が国際標準化される予定となっている。

6 今後の展望

RMS 法が公定法に一般試験法や個別試験法として収載されつつある現在、同法の活用が益々期待される。

分析対象物質の標準物質が市販され難い理由として、製造販売のコスト高であると聞き及ぶ。試薬メーカーにとっては、高純度な物質でなくとも、RMS 法により正しい純度を値付けした標準物質を供給する手段が増えることになる。また、 ^1H -q NMR 用認証標準物質の販売数

が増加すると思われる。

天然物質の公的な個別試験法は、吸光光度法や滴定法などが依然として多い。定量分析のための標準物質が入手し難いことが障壁の一つであるが、RMS 法を用いた、より選択性のあるクロマトグラフィーへの代替が進むことが期待される。

受託分析機関には、RMS (V_{rms}) の導出や RMS を用いた定量分析の受託を期待したい。 ^1H -qNMR を扱う機関は既に多数あることから、RMS 法を扱うことも可能と推測する。NMR 装置を保有しない試験室が RMS 法を導入する場合にも有効である。

クロマトグラフィーを使用する分析者にとって、RMS 法を使用する機会が増加していくと推測される。一つ目は、公定法のある物質の個別試験法で RMS (V_{rms}) が記載されている場合、自ら RMS を導出することなく、試験法の手順に従うことで RMS を利用することになる。二つ目は、本稿で解説した様に、自ら RMS を導出する場合である。RMS は複数の試験室間でも利用可能である。様々な分野の品質管理などでの利用が期待される。

文 献

- 1) 杉本直樹: *Yakugaku Zasshi*, **144**, 353 (2024).
- 2) 西崎雄三, 多田敦子, 石附京子, 伊藤裕才, 小野田絢, 杉本直樹, 穂山 浩: *食品衛生学会誌*, **56**, 185 (2015).
- 3) 水本俊行, 中野扶佐子, 西崎雄三, 増本直子, 杉本直樹: *食品衛生学会誌*, **60**, 134 (2019).
- 4) N. Masumoto, Y. Nishizaki, T. Maruyama, Y. Igarashi, K. Nakajima, T. Yamazaki, M. Kuroe, M. Numata, T. Ihara, N. Sugimoto, K. Sato: *J. Nat. Med.*, **73**, 566 (2019).
- 5) 内山奈穂子, 細江潤子, 石附京子, 新井玲子, 杉本直樹, 鈴木 梓, 浅野龍二, 五十嵐靖, 三浦 亨, 武藤康弘, 末松孝子, 小松功典, 日向野太郎, 古川茶勲, 嶋田典基, 合田幸広: *Yakugaku Zasshi*, **143**, 951 (2023).
- 6) P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu, K. Sivaraman: "Turmeric", p.7 (2007), (Taylor, Boca Raton).
- 7) C. Megumi, K. Muroyama, H. Sasako, N. Tsuge: *Food Sci. Technol. Res.*, **23**, 275 (2017).
- 8) K. Kawasaki, K. Muroyama, N. Yamamoto, S. Murosaki: *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **79**, 1654 (2015).
- 9) 神山和夫, 笹子浩史, 東 洋平, 市川博野, 名兒耶文子, 平尾宜司, *食品衛生学会誌*, **63**, 202 (2022).



神山 和夫 (KOYAMA Kazuo)

ハウス食品グループ本社株式会社（〒284-0033 千葉県四街道市鷹の台 1-4）。金沢大学大学院視線科学研究科修了。博士（薬学）。LC 分析士三段。《現在の研究テーマ》機能性関与成分及び物性の分析。《趣味》城めぐり。