



# 薬毒物検査, 鑑識分野における 質量分析法

植木 眞琴

## 1 はじめに

質量分析計 (MS) は分子構造情報に基づく最も高感度な検出法の一つで, 種々のクロマトグラフとの組み合わせにより生体試料のように複雑な組成を持つ試料の定性・定量に威力を発揮する。特に四重極型 MS, イオントラップ型 MS, 飛行時間型 MS などの比較的低い真空度で動作可能な簡易型 MS 装置の普及により, 適当な発色団や特徴的な官能基を持たない化合物も手軽に検出できるようになったため, スピードを重視する医薬品開発や鑑識科学の分野では, 高感度 LC 検出器としての MS の利用が拡大してきている。

スポーツドーピング検査や多国間の食品輸出入承認にかかわる残留医薬品分析では, 国際計量基準への対応が必要であり, MS を用いた試験法に求められる技術・品質要件もここ数年で著しい変化を遂げた。MS の国際的な基準の多くは, 校正を行う試験所に適用される国際規格 ISO/IEC 17025 に沿って規定されており, トレーサビリティの検証や測定の不確かさの推計を必須要求事項と規定している。この入門講座シリーズでは他の著者によって MS の原理や種類が解説されているので, ここでは主に MS の応用上の工夫とデータの評価に焦点を絞り解説する。ここで紹介する評価方法は国内規格で網羅されていないものもあるが, それら基準を考慮していない試験結果の信頼性を否定するものではないことに注意願いたい。

## 2 検査・鑑定における MS の応用例

法医中毒学, 裁判化学, ドーピング検査などの法的配慮が重視される検査は, MS を最終的な鑑定手段の一つと位置づけている。鑑定は, 広範囲の物質を対象として陰性の検体を除外し陽性が疑われる成分を選別するスク

リーニング検査と, 想定される物質の至適条件で目的物質の同定を行う確認試験とに大別される。

表 1 に検査・鑑識分野における最近の GC/MS, LC/MS の応用例を掲載した。MS を用いた臨床検査項目で保険の適用となるものは少ないが, 先天性代謝異常の病態解析には MS 解析が必須であり, 生化学・血液検査などと比較して高額な保険医療費が認められている。表はこの分野における LC/MS の急速な普及を裏付けており, GC 分析に適合しない難揮発性物質, 熱に不安定な

表 1 GC/MS, LC/MS を用いた検査と薬毒物分析の最近の例

対象物質	分類	イオン化法
アミノ酸, 脂肪酸, ステロイド類	代謝異常診断	EI
呼気中 $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ 比	尿素ウレアーゼ試験	EI (同位体比 MS)
治療用医薬品・習慣性薬物	治療監視対象薬物	EI
モルヒネ抱合体	麻薬	APCI
ベンゾジアゼピン類	催眠剤	APCI, flit FAB
パラコート, ジクワット	除草剤	APCI, flit FAB
プロムワレリル尿素	睡眠薬	ESI
トリアゾラム(ハルシオン)と代謝物	向精神薬	ESI, TSI
ヘロイン代謝物抱合体	麻薬	ESI
パンクロニウム・ベクロニウム	筋弛緩薬	ESI
シリロシド	殺鼠剤	ESI
アンフェタミン類, MDMA	覚せい剤・幻覚剤	ESI
デプレニル-N-オキシド	MAO 阻害剤代謝物	ESI
MBDB・代謝物	新規幻覚剤	ESI
アセチルコリン	神経伝達物質	ESI
メチルホスホン酸	サリン分解物	flit FAB
エチルグルクロナイド	アルコール代謝物	負イオン ESI
アンフェタミン類光学活性体, ヘロイン製剤	覚せい剤・麻薬	負イオン ESI

Fundamentals of Mass Spectrometry—Role of Mass Spectrometry in Drug Abuse Testing and Crime Investigation.

化合物、光学活性体を分析する際の高感度 LC 検出器として用いられていることが窺える。

モルヒネ (morphine) は、末期がんの疼痛緩和などに使用される強力な麻薬性鎮痛剤であるとともに、ヘロイン (diacetylmorphine) やコデイン (methyl morphine) 使用時の代謝物としても検出されるため、近年、加水分解せずに抱合体のまま検出できる LC/MS がこれら麻薬の鑑別にしばしば用いられる。トリアゾラムは薬理活性が強力なベンゾジアゼピン系向精神薬の一つで、投与量も 0.125~0.25 mg と少なく、金コロイド免疫検出などの簡易法では感度の問題がある。LC/ESI-MS では 2~10 ng/ml 程度の感度が容易に達成される。パラコートの例では、迅速分析を実現するために LC/MS が用いられた。本化合物は常に中毒原因や自殺手段の上位を占め救命率も低いので、事後すみやかに起因物質を特定しなければならない。GC では熱分解されるパラコートも、LC/MS では容易に分子イオンが検出されるため、選択性の高い検出が可能である。

### 3 MS を用いたデータ採取と分析結果の評価

GC または LC の分析データはイオン信号強度・吸光度などの時系列で表されるが、クロマトグラフにオンライン接続された MS の分析データは質量特異性が加わった三次元の時系列で表される。その際、磁場型や飛行時間 (TOF) 型の高分解能 MS を用いれば、同じ整数質量で元素組成の異なる化合物のミリマス単位での識別が可能となる。採取した MS データを、ある特定の保持時間で記録すると MS スペクトルが得られる。また、特定のイオン質量数 ( $m/z$ : 質量体電荷比) に固定して表したグラフが MS クロマトグラムであり、それぞれ構造情報、濃度情報を表す指標となる (図 1)。

MS に適用される品質規格や技術要件には、欧州共同体 (EU) の食品分析基準<sup>1)</sup>、世界アンチドーピング機構 (WADA) のドーピング薬物分析国際基準<sup>2)</sup> などがあり、それらの国際基準は ISO/IEC 17025 の要件に沿って策定されている。

必要に応じて複数の技法、たとえば GC/MS ならば電子イオン化 (EI)、化学イオン化 (CI)、LC/MS なら

ばエレクトロスプレー (ESI) と大気圧化学イオン化 (APCI)、MS/MS ならば第二の開裂における衝突エネルギー条件などを複数組み合わせることにより、鑑定の精度を向上させることができる。

MS 分析では、識別用イオン (diagnostic ion) といって、十分な強度で検出され目的物質を特徴づける分子イオンまたはフラグメントイオンで、同定に寄与するイオンを選んで分析結果が評価される。塩素原子、臭素原子のように、同じクラスターに属する二つ目の同位体イオンの存在量によって当該フラグメントの元素組成が正当化される場合には、それらを識別用イオンとして用いることもできる。多くの国際 MS 規格において、1 成分につき最低三つの識別用イオンを評価するよう要求されており、その際、被検試料から得られた識別用イオンの同一 MS スペクトル内の最強度のイオンに対する相対強度と、目的成分を添加した同一マトリックス試料、検量線試料または参照物質から得た同一イオンの相対強度との比較により、その差 (絶対量) または比 (相対量) が規格で定められた許容範囲に収まるか否かが評価される。

表 2 に、EU の食品中残留医薬品分析とドーピング検

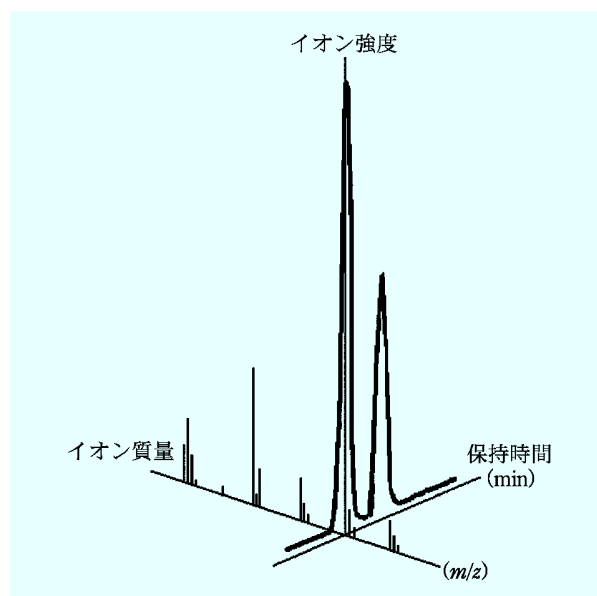


図 1 クロマトグラフ/MS データの構成

表 2 質量分析を用いた同定における相対イオン強度の最大許容幅

世界アンチドーピング機構検査基準 (Ver 2.1)			分析手段の能力と結果の評価基準 (2002/657/EU)		
最強ピークに対する相対強度 (%)	GC/EI-MS	GC/CI-MS; GC/MS <sup>a</sup> ; LC/MS; LC/MS <sup>a</sup>	最強ピークに対する相対強度 (%)	GC/EI-MS	GC/CI-MS; GC/MS <sup>a</sup> ; LC/MS; LC/MS <sup>a</sup>
>50%	±10% (*)	±15% (*)	>50%	±10%	±20%
25%~50%	±20%	±25%	>20%~50%	±15%	±25%
<25%	±5% (*)	±10% (*)	>10%~20%	±20%	±30%
			≤10%	±50%	±50%

\*) 絶対強度を示す, その他は相対強度

査に関して国際基準で定められた MS フラグメントイオンの、許容される一致率範囲の例を示した。表 2 では、目的イオンの相対強度が 20% で、5% の絶対差が許容される場合の範囲は 15 から 25% ( $20\% \pm 5\%$ )、また目的イオンの相対強度が 30% で、20% の相対差が許容される場合の範囲は 24 から 36% ( $30 \pm (30 \times 0.2)\%$ ) と計算される。

条件を満たす三つの識別用イオンが得られない場合、第二の異なる誘導化法または別のイオン化もしくは開裂技法で得られた結果も加味して評価される。その際、第一の技法とは異なる少なくとも二つの識別用イオンについて比較試料との一致率が評価される。

しばしばライブラリースペクトルを用いた化合物検索が行われるが、異性体などでは異なる成分同士で類似した MS スペクトルが観測される場合があるので、保持時間の評価も重要である。例として、参照検体と未知試料中の目的成分との比較で許容される相対・絶対保持時間の差は、キャピラリー GC の場合 1% または  $\pm 0.2$  分のどちらか小さい範囲、高速液体クロマトグラフィーの場合 2% と規定されている。検体の過負荷など生じた保持時間の変化の説明がつく場合には、この基準を緩和しても良い。

### 3.1 スキャン分析 (走査: cyclic scan analysis)

MS 分析では、目的物質の検出に必要な質量範囲を網羅するフルスキャンまたは部分スキャンによって測定された MS スペクトル、あるいは MS スペクトルを構成する診断イオン間の強度比を評価し、未知試料と標準試料やライブラリーとの類似性から構造が推測される。スキャン分析では得られる情報量が多いため、比較的濃度の高い成分について参照物質などとの比較によって化合物の同定を行い、妨害物質の影響の有無を確認するのに有効である。ただし開裂を起こしやすい化合物では、分子イオンや構造を反映するようなフラグメントなどの特徴的な高質量イオンが検出できない場合もしばしばある。理論上イオンの選別なしに時間差を利用して質量数を計測する TOF 型 MS、イオントラップ型 MS などでは、単位時間あたりのスキャン範囲を拡大しても感度の損失は少ないが、イオン光学系空間で質量分離を行った後に信号強度を測定する磁場型 MS や四重極型 MS では、単位時間あたりのスキャン範囲を狭く 1 イオンあたりの走査時間を長くするほど感度が向上する。

イオンの強度は、目的ピークの 1 MS スペクトルまたはピーク範囲の平均 MS スペクトル、もしくは選択したイオンにおける MS クロマトグラムピークの面積または高さから求められる。スキャン分析では相対強度が主イオンの 10% を超える識別用イオンに着目し、陽性コントロール、参照試料群検体、または参照物質から得た MS スペクトルに存在するすべての識別用イオンが

被検試料においても存在することが確認される。バックグラウンドを差し引く場合には、比較するすべての試料において同様に差し引き処理を行う。ライブラリーを用いた逆サーチの結果は同定の正確さを保証するものではないので、サーチ結果およびスペクトルの一致率によって分析結果を判定する場合には、前もって一致度の合格基準を定めておく必要がある。

評価対象の MS スペクトルに相対強度が 5% を超える三つの識別用イオンが存在しない場合、第二の誘導体化、イオン化、または開裂技法を追加する。

### 3.2 選択イオン検出 (SIM: selected ion monitoring)

目的物質に特徴的で強度の高いフラグメントイオンを選び、そのイオンのみを測定する方法である。他の条件が同じ場合、磁場型 MS や四重極 MS の SIM ではスキャンの数十倍から数百倍の感度が得られるため、定量分析や高感度の定性分析の際に実施される。スキャンと SIM における測定の違いを図 2 に示す。スキャンでは Mm から Mn の質量範囲で時間とともに連続的にイオン強度を走査するので、1 イオンあたりの信号測定時間が短いに対して、SIM では特定のイオン (図では M1, M2, M3) に固定して信号の積算を行うため、信号対ノイズ比 (S/N) の高い測定が達成される。

ドーピング検査における SIM では、少なくとも三つの識別用イオンについて測定を行うが、識別用イオンの強度は可能な限り選択したイオンにおける MS クロマトグラムのピーク面積またはピーク高さから求め、それらイオンの S/N が 3 よりも大きく、未知試料中の当該

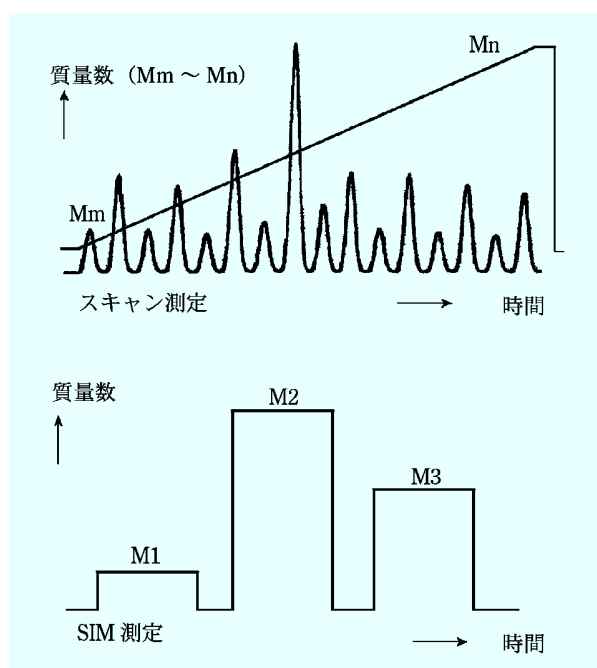


図 2 MS におけるスキャンと SIM の比較

イオンの参照試料中イオンに対する相対イオン強度差が5%以下であることが必要とされる。

SIMの結果において、禁止物質またはその代謝物あるいは禁止物質の存在指標となるマーカー物質の濃度は、未知試料と参照試料群検体または参照物質との間で比較可能でなければならない。また、科学的に有効な説明がない限り、多数のイオンについて強度を測定し基準を満たす3種のイオンを事後に選び、他のイオンを無視することは容認されない。

特徴的な一つまたは複数の識別用生成イオンが得られない場合、第二の異なる誘導化法、第二の別のイオン化法もしくは開裂技法を追加する。第二のイオン化法で異なる化学イオン化ガスを使用する場合でも、第一のイオン化とは異なるプリカーサーイオンと生成イオンについて評価する。また、第二の誘導体化は第一の誘導体化とは別の診断イオンを生成する方法とし、同じイオンで相対強度のみが異なる技法を組み合わせることのないように配慮する。

### 3.3 MS/MS分析法 (MS/MS または MS<sup>n</sup>)

多次元MS分析では、分離されたプリカーサーイオンと化学反応ガスとの衝突によってフラグメンテーションが起これ、その生成イオンが次のMSで捕捉される。このプロセスは、何度も適用することが可能で、次元数は指数「*n*」で表現される。この技法は三連四重極MSなどのハードウェアMS/MSでは空間を、またイオントラップなどのソフトウェアMSでは時間差を利用して達成される。日本では多次元MS分析に関する品質規格はまだ一般的でなく、試験所ごとに評価基準を定めているものと推測される。以下に例を示す。

MS/MSでは少なくとも三つの診断用イオンをMSスペクトルとして、または選択反応監視モード (SRM) で測定しなければならない。第二の開裂における衝突条件は、MS/MS スキャン、SRMのいずれの場合においてもプリカーサーイオンが検出できる条件とする。MS/MS分析では、多くの場合において一つのプリカーサーイオンから生ずる一つの生成イオンの組み合わせでの測定が十分に特異的であるが、その場合、第一MSの分解能は一質量単位を捕捉する条件に設定して測定を行う。また、複数の生成イオンが得られる条件でのMS/MS測定では、それらイオンの相対強度と、目的成分を添加した同一マトリックス試料、参照試料群検体または参照物質から得た同一イオンのイオン相対強度とが表2記載の量を超えないこと、および最も強度の低い識別用イオンのS/Nが3よりも大きいことを確認する。

### 3.4 定量値の不確かさの評価 (uncertainty)

基本統計量では測定値の信頼性を表す指標の一つに標準偏差が用いられるが、ISO/IEC 17025では、自機関

で開発された定量分析法について不確かさを推計するよう求めている。不確かさとは、分析値に含まれる補正できない偏差の要因を意味し、その推定値は真の値が存在する範囲を示す。不確かさをを用いた定量値表現は一見標準偏差と混同されやすいが、標準偏差では、全行程を一括して測定値を正規分布と仮定した場合の分布範囲を示し、個別の誤差要因については配慮されていないのに対して、不確かさの推計では、個々の誤差要因について求めた標準偏差 (標準不確かさ) から、それぞれの変動係数 (相対標準不確かさ  $U_i$ : 標準不確かさ/対象の質量、容量など) を求め、それらの二乗を合算した値の平方根を測定系全体の不確かさ、すなわち合成標準不確かさと定義している。

$$\text{合成標準不確かさ} : U_c = \sqrt{\sum U_i^2}$$

測定結果の判定に際しては、必要とされる信頼水準 (confidence level: 基準正規分布の面積) に対応した包含係数 (capacity factor)  $k$  の値、たとえば信頼水準95.44% または 99.74% のとき、 $k=2$  または 3 を乗じた値 (これを拡張不確かさという) が評価される。

$$\text{拡張不確かさ} : U = U_c \times k$$

この拡張不確かさ「 $U$ 」は抽出された不確かさ要因のうち誤差が最大の要素に依存するので、その有効数字が1ないし2桁となり、端数は常に切り上げられることに注意が必要である。

### 3.5 定量結果の評価と陽性の判定

我が国では法規制のある薬毒物の許容濃度が設定されていないため、試験所ごとの判断基準で陽性・陰性の判定が行われているが、いくつかの国際基準や米国職域薬物検査法は試験所間の判定差をなくしトレーサビリティを保つために、判定基準として許容濃度上限 (カットオフ値) を設定している。許容濃度との比較評価により、たとえば間接喫煙による大麻の偽陽性を排除し、ある試験所で陽性・他の試験所で陰性という事態を回避することができるようになる。評価に際し図3に示す場合分けが必要となる。

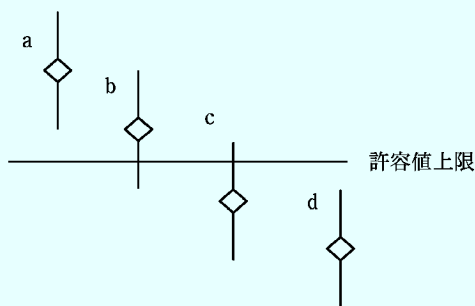
## 4 MSによる薬物鑑定の事例

### 4.1 ターゲット法による迅速一斉スクリーニング

スポーツドーピング検査や、海外で安全管理業務従事者・公共交通職員・従軍兵などを対象に法定検査として実施されている職域規制薬物検査では、多成分を標的とするスクリーニングが実施される。MSの高感度一斉分析では多数のイオンのSIM測定が必要となるが、ピーク波形の再現性に配慮して時系列間隔 (cycle time) を短く設定すると、1イオンあたりの信号強度積算時間 (dwell time) が短くなり十分な感度が得られないとい



- a. 定量結果±拡張不確かさ>許容値上限
- b. 定量結果 >許容値上限  
定量結果-拡張不確かさ<許容値上限
- c. 定量結果 <許容値上限  
定量結果+拡張不確かさ>許容値上限
- d. 定量結果±拡張不確かさ<許容値上限



aおよびdの場合、分析結果はそれぞれ陽性、陰性と判断されるが、規制値が不確かさを許容しない場合 cは陰性と判定される。bの場合、平均濃度は許容値上限を越えているが、許容値上限が不確かさの範囲に含まれるため、個別の判断が必要である。不確かさの詳細については成書を参照願いたい<sup>3)~5)</sup>。

図3 不確かさと許容値上限との関係

う相反する問題に直面する。一般的な装置での積算時間は磁場型MSで100ミリ秒前後、四重極型MSで数ミリ秒から50ミリ秒程度なので1成分あたり三つの識別用イオンをモニターする場合、必要なイオンをすべて同時に測定すると磁場型MSでは1秒の時系列間隔で2成分しかモニターできないことになる。そこで筆者らは、保持時間の近接する成分ごとに標的化合物をグループピングし、1回の試料分析中にタイムプログラムでグループを切り替えながら、常に必要最低限なイオンだけを測定するという方法によって上記の問題を解決している。現在では、多くの簡易型MS装置が標準でグループピング測定をサポートするようになっている。筆者らが実施しているタンパク質同化ステロイドおよびその代謝物の分析では、標的成分を12のグループに分け、1イオンあたり20から40ミリ秒で測定することにより25分で63成分の迅速一斉分析が可能であった。

#### 4.2 覚醒剤原料プソイドエフェドリン (pseudoephedrine) の定性・定量

フェニルプロパノールアミンを基本骨格とするエフェドリン系興奮剤は、日本で市販されるほとんどの総合感冒薬に配合されており、ドーピング検査でも常に陽性原因となる興奮剤の上位を占めている。また、海外ではエフェドリン類とカフェインとを組み合わせたサプリメントの脂肪燃焼効果が強調され、ダイエット用サプリメントとしても通信販売されており、スポーツ選手の競技中の事故も報告されている。我が国で合成総合感冒薬に配合されるエフェドリン類は erythro 体で、threo 体は麻黄の根より得られる天然成分を配合した葛根湯<sup>かっこんとう</sup>などの漢方薬服用者から検出される。中でもプソイドエフェドリンは覚醒剤<sup>かくせい</sup>の免疫測定においてしばしば偽陽性を示すため、MSによる確認が必要とされる。エフェドリン類を *O*-trimethylsilyl-*N*-trifluoroacetyl 誘導体 (*O*-TMS-*N*-TFA) として EI で GC/MS 測定すると、単純開裂

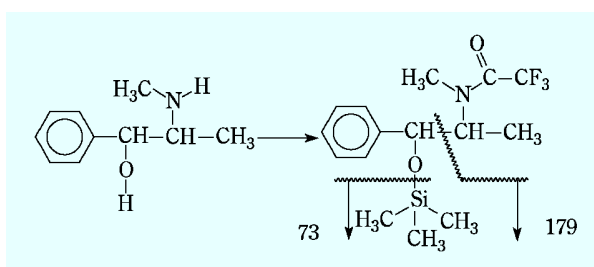


図4 プソイドエフェドリン-*O*-TMS-*N*-TFA 誘導体化合物の GC/EI-MS 分析

によって生ずる共通骨格のベンジルフラグメント  $m/z$  179 と、TMS に由来する 73 が高収率で発生するので、 $m/z$  179 における SIM 測定でエフェドリン類の高感度一斉分析が可能である (図4)。一方、 $m/z$  73 のイオンは TMS 化されたすべての化合物に共通のフラグメントであるため、識別用イオンとしては不適当であり、またプソイドエフェドリンの脱メチルイオン  $m/z$  318 は、相対強度が主イオン 179 に対して 1% 以下の強度であるため、識別イオンとしての条件を満たしていなかった。この場合、追加の確認方法として、誘導体化を行わない場合の MS スペクトルを比較するか、CI によって再度測定し CI スペクトルを比較する必要がある。図5の例は EI と CI での測定結果を示しているが、CI 測定ではプロトン付加イオンに対応する  $m/z$  334 が主ピークとして検出されるとともに、112, 128 などのフラグメントイオンは参照試料と未知試料に含まれる目的成分の CI スペクトルにも十分な強度で観察された。それら強度の一致率は表2記載の条件を満たすことが確認され、プソイドエフェドリンと同定された。

一方、同じ尿試料中のプソイドエフェドリンの定量値は6回測定の平均が 40.1  $\mu\text{g/ml}$  で、定量における不確かさには以下の要因が主に関与していた。

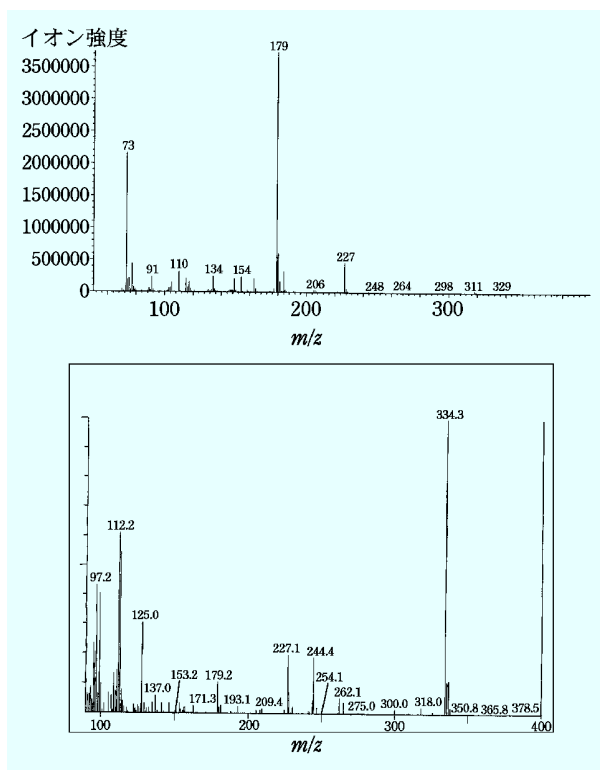


図5 EI・CI 2種類のイオン化法を用いたGC/MSによるプロクロペドリンの同定

保証済み参照標準試料 (CRM : certified reference material) の純度  
 秤量精度  
 校正用標準試料の調製  
 ピペットの誤差  
 精度管理試料の調製  
 検量線処理 (回帰計算)

最も大きい誤差因子は回帰計算における検量線処理で、その相対標準不確かさが0.051、合成標準不確かさが0.073、 $k=3$ のときの拡張不確かさは8.78 ( $40.1 \times 0.073 \times 3$ )であった。すなわち不確かさを考慮した定量結果は

$40.1 \mu\text{g/ml} \pm 9$  (包含計数3, 信頼水準約99.7%のとき)

となり、ドーピング規則が定める当該薬物の許容濃度上限値  $25 \mu\text{g/ml}$  よりも有意に高い濃度であったため、最終的に陽性と判定された。

## 5 おわりに

分析対象成分の増加や多様化により、検査や鑑定におけるMSの重要性はますます高まっている。ドーピング検査では被験者の多くが外国人スポーツ選手であり、違反者に対する罰則の強化と、プロ化に伴う年俸の増加

によって上訴する選手が増加傾向にあり、検査機関には国際基準への厳密な対応が求められている。また、分析結果の客観的な解析指針を定めることによって、比較的経験の浅い分析者にも利用できる、より実用的な分析ツールとしてのMSの普及が期待される。

ここで紹介したMS分析結果の解析と判定方法は、必ずしも基礎研究レベルでの応用にまで厳密に求められるものではないが、得られた科学的証拠を客観的に判断し試験所の能力をより向上させる上で示唆に富んでいる。その本質は、複数の方法で目的化合物の結晶を調製し、その融点と結晶の性状から化合物を特定するという古典的な有機定性試験法にも通ずるものがある。これから新たな分野でMS分析を始める研究者にも参考にしていただけるよう期待したい。

## 文献

- 1) Commission Decision : "Implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results", p. 8 (2002), (Official Journal of the European Communities 2002/657/EC)
- 2) Sub-commission for laboratory harmonization and quality assurance : "Minimum Required Performance Limits for Detection of Prohibited Substances—The World Anti Doping Code Version 2.0", p. 58 (2003), (World Anti Doping Agency, Montreal)
- 3) 岩岡貞樹, 高田芳矩 : "分析および分析値の信頼性", 日本分析化学会編, p. 66 (1998), (丸善)
- 4) S L R Ellison, M Rosslein, A Williams : "Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement Second Edition", p. 16 (2000), (Eurachem/CITAC Guide QUAM : 2000)
- 5) P R Cook : "Assessment of Uncertainty of Measure for Calibration and Testing Laboratories Second Edition", p. 14 (2002), (National Association of Testing Authorities, Australia)

参考) 品質規格・不確かさ関連文書ファイルのInternetからの入手方法 (一部有償)

- (1) [http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2002/l\\_221/l\\_22120020817en00080036.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2002/l_221/l_22120020817en00080036.pdf)
- (2) [http://www.wada-ama.org/docs/web/standards\\_harmonization/code/lab\\_v2.pdf](http://www.wada-ama.org/docs/web/standards_harmonization/code/lab_v2.pdf)
- (4) <http://www.measurementuncertainty.org/>
- (5) <http://www.nata.asn.au/> (有償)
- (6) <http://www.cap.org/html/ftpdirectory/checklistftp.html>



植木真琴 (Makoto Ueki)

(株)三菱化学ピーシーエルドーピング検査 (〒174-8555 東京都板橋区志村3-30-1)。北里大学化学科卒。医学博士 (浜松医大)。<現在の研究テーマ>ペプチドホルモンドーピングの検出法。<主な著書> "Toxin Reviews Special Issue on Doping in Sports" (Editor) (Marcel Dekker)。<趣味>ガーデニング。

E-mail : makoto-ueki@nm.mbcl.co.jp