

デュアルセルシステム搭載 Agilent 9500 ICP-QQQ のエアセルモード

空気を用いたシンプルで効果的な干渉の低減



エアセルの概要

シングル四重極/トリプル四重極 ICP-MS 装置における干渉低減技術は、広範囲なサンプルで正確な分析を確保するために不可欠です。Agilent 9500 ICP-QQQ などの Agilent トリプル四重極 ICP-MS (ICP-QQQ) システムは、2 つの四重極 (Q1 および Q2) をユニットマスフィルタとして使用し、MS/MS 動作を実現します。MS/MS モードでは、コリジョン/リアクションセル (CRC) で、コリジョンセルガスとリアクションセルガスを制御しながら使用できます。反応性ガスモードでは、Q1 は CRC に入りセルガスと相互作用するイオンを制御し、どのイオンが検出器に達するかを Q2 が制御します。

9500 ICP-QQQ は、アドバンスドヘリウムモード (AHM) とエアセルモードの両方での動作を可能にする、独自のデュアルセルシステム (DCS) を備えています。AHM は 9500 ICP-QQQ のために開発された画期的なコリジョンセルモードである一方、エアセルモードは、他のリアクションセルガスを使用せずに干渉を最小限に抑制します。エアセルモードは、ラボ内の周囲空気を使用するため外部ガスの供給が不要で、安定性や干渉低減の効果を損なうことなく処理を容易化できます。

このテクニカルノートでは、エアセルモードの原理を説明するとともに、実験で得たその効果の証拠を示し、干渉のないルーチン分析のための9500 ICP-QQQの柔軟性に焦点を当てます。

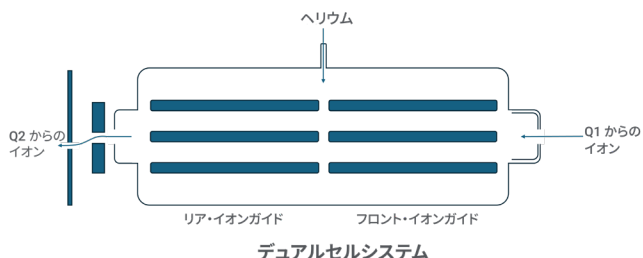


図 1. エアセルガスを使用して加圧した Agilent デュアルセルシステム (DCS) の概略図。DCS の画期的な設計により、リアクションガスとして大気を使用することができます。空気中の周辺の酸素を使用した反応であるため、酸素ポンプが不要です。さらに、大気圧の高さは、コンプレッサなしで空気を提供するのに十分です。

空気を使用した、干渉低減の新しいアプローチ

空気は主に窒素 (N_2 、約 78 %) と酸素 (O_2 、約 21 %) で構成されています。エアセルモードで動作中の DCS は、空気中の O_2 を使用してイオン分子反応により干渉を低減します。 N_2 は O_2 よりも反応性が低いため、 N_2 は主にイオンの熱緩和に役立ちます。

DCS には、セルに入る前の空気から水分や炭化水素などの反応性の汚染物質を効果的に取り除く、エアセルガスフィルタが搭載されています。これらの種を除去することで、DCS 内で生じる反応を制御し、信頼性の高い結果を確保できます。自動調整バルブは、空気への暴露を最小化するフィルタの前に取り付けられており、バルブの寿命が長くなります。

干渉低減技法の比較とエアセルモードの利点

ICP-MS と ICP-QQQ での干渉低減のために、主に 2 つの方法があります。リアクションセルとコリジョンセルモードです。リアクションセルモードは、イオン分子反応により干渉を排除します。ただし、リアクションセルメソッドの効果はイオンとセルガスの特定の組み合わせに依存するため、すべての元素に広く適用することはできません。

反対に、コリジョンセルモードはヘリウム (He) などの不活性ガスを使用します。運動エネルギー弁別 (KED) により分析対象イオンと干渉物質種との間の衝突断面積の差を活用することで、干渉を低減します。この手法は、酸化物イオン (MO^+) やアルゴン起因のイオン (ArM^+) など、多数の多原子イオン干渉に対してよく使用されており、広範囲な元素の測

定に有効です。ただし、コリジョンセルモードは二価イオンの干渉 (M^{++}) の抑制に対してはあまり効果を発揮せず、場合によっては KED が干渉を強化することもあります。

9500 ICP-QQQ でのエアセルモードは、 O_2 とのイオン分子反応によって二価イオン干渉を低減し、AHM を補完します。また、困難な多原子イオン干渉を排除するために使用することもできます。

9500 ICP-QQQ は、AHM とエアセルモードを組み合わせる Agilent OpenLab ICP-MS ソフトウェア内に、標準のマルチチューンメソッドを備えています。マルチチューンメソッドにより、土壌、海水、食品などの幅広いサンプルマトリックスで、多原子イオン干渉も二価イオン干渉も、効果的にかつ同時に低減できます²⁻⁴。

最大限の柔軟性を得るために、空気の代わりに、DCS 内で高純度酸素 (O_2) または亜酸化窒素 (N_2O) の外部供給を使用することも可能です。ターゲット元素によっては、これらのガスにより、より高い感度、または低いバックグラウンド相当濃度 (BEC) を得られる場合もあります。リアクションセルガスに関する詳細は、アジレントの他のテクニカルノートをご覧ください⁵。

エアセルモードを使用した干渉の低減の例

ヒ素とセレンに対する REE²⁺ および多原子イオン干渉の抑制

エアセルモードでの干渉低減として、ヒ素 (As) とセレン (Se) に対する二価希土類元素 (REE) からの干渉の抑制に関する事例があります。⁷⁵As に対する ¹⁵⁰Nd と ¹⁵⁰Sm の二価イオンによる干渉や、⁷⁸Se に対する ¹⁵⁶Gd と ¹⁵⁶Dy の干渉などです。REE は、食品および土壌サンプルによく見られます。

As と Se に対する多原子イオン干渉 ($ArCl^+$ や $CaCl^+$ など) および二価イオン干渉 (REE^{2+}) を低減するための AHM とエアセルモードの効果を検証するために、3 種類のサンプルを分析しました。サンプルは、1 % HNO_3 、2 % HCl + 100 ppm Ca、10 ppb REE 溶液です。

図 2 に示すように、AHM は As と Se に対する多原子イオン干渉の低減において非常に効果的でしたが、二価イオンに対してはあまり効果を発揮しませんでした。反対に、エアセルモードでは As と Se を反応プロダクトイオン (AsO^+ および SeO^+) に変換し、それらを REE^{2+} と多原子イオン干渉から引き離すことで、どちらの種類の干渉も低減することができました。

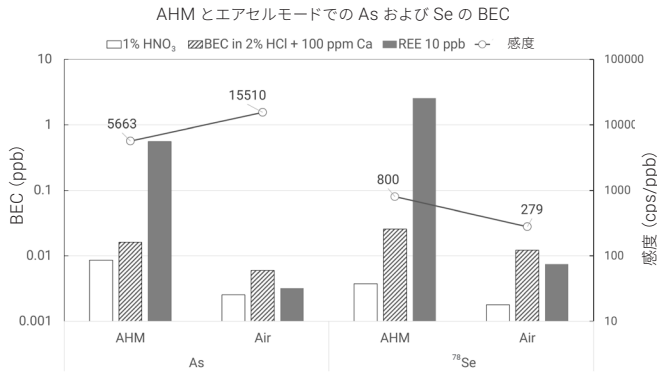


図 2. AHM およびエアセルモードの Agilent 9500 ICP-QQQ で、1% HNO₃、2% HCl + 100 ppm Ca、10 ppb REE 溶液中の As (左) と Se (右) の BEC。

ゲルマニウムとガドリニウムに対する REE²⁺ および REE 酸化物イオン干渉の抑制

もう一つの困難なアプリケーションは、La、Pr、Nd、Sm などの軽 REE を含むサンプル中のゲルマニウム (Ge) とガドリニウム (Gd) の分析に関するものです。Ge は二価 REE イオン (Nd²⁺、Sm²⁺) の影響を受ける一方、Gd は REE-酸化物イオン (LaO⁺、PrO⁺) による干渉を受けます。

図 3 に示すように、AHM では ⁷²Ge と ⁷³Ge (高 BEC) に対する M⁺⁺ 干渉を低減することはできません。ただし、エアセルモードでは、各 GeO⁺ プロダクトイオンを高感度で検出できます。マスシフトメソッドは、AHM よりも大幅に干渉を低減します。¹⁵⁵Gd と ¹⁵⁷Gd に対し、AHM は LaO⁺ と PrO⁺ による干渉を効果的に低減し、ノーガスモードよりも BEC は低くなります。しかし、エアセルモードは、2 つの Gd 同位体を GdO⁺ として検出することで、BEC をさらに向上させます。これらの結果は、エアセルモードが、一部の事例において多原子イオン干渉の低減に関して AHM 以上の効果を発揮できることを示しています。

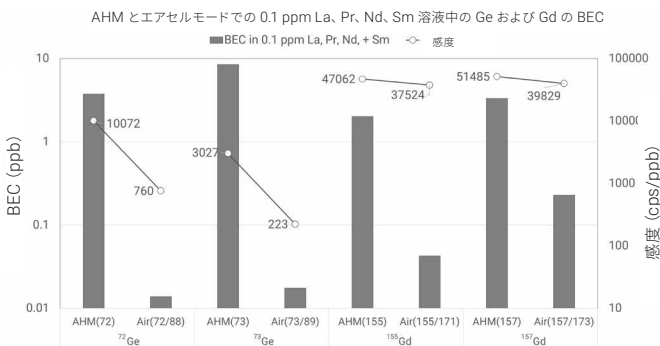


図 3. AHM およびエアセルモードの Agilent 9500 ICP-QQQ によって測定した軽-REE 溶液中の Ge と Gd の BEC。AHM およびエアの後の括弧内の数値は、Q1 と Q2 の質量数を表しています。例えば、AHM (72) はシングル四重極スキャンモード、エア (72/88) は MS/MS マスシフトモードを示します。

エアセルモードでの硫黄、リン、ケイ素の高感度分析

硫黄 (S)、リン酸 (P)、ケイ素 (Si) は、O₂⁺、NO⁺、N₂⁺ などのイオンによる深刻な干渉により、ICP-MS で分析するのが難しい元素です。図 4 に示すように、AHM はこれらの干渉を低減する一方、エアセルモードでは、より低い BEC および検出下限 (DL) と、より高い感度で分析を実行できます。

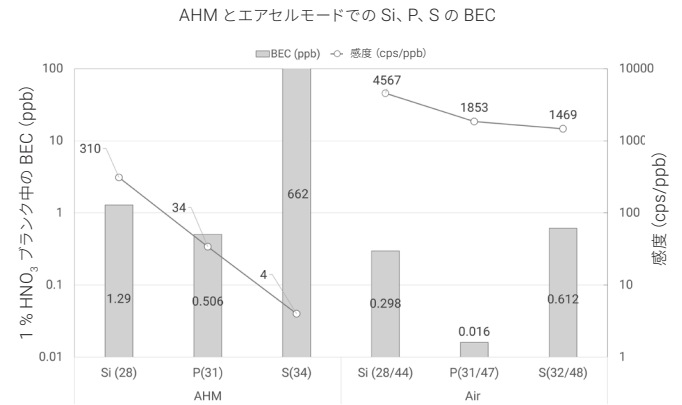


図 4. AHM (左) およびエアセルモード (右) の Agilent 9500 ICP-QQQ で測定した、1% HNO₃ 中の Si、P、S の BEC。括弧内の数値は、Q1 と Q2 の質量数を表しています。

タンタル含有サンプル中の金の測定

エアセルモードを使用して分析される多くの元素は、MS/MS マスシフトメソッドによりリアクションプロダクトイオン (MO⁺) として検出されますが、オンマス分析が効果的な場合もあります。図 5 に、0.5 ppm タンタル (Ta) を含むサンプル中の金 (Au) の分析の事例を示します。酸化物イオンの TaO⁺ は Au⁺ の検出を妨げます。AHM はこの干渉をある程度まで低減できますが、オンマス分析と組み合わせたエアセルモードの方がより効果的です。As⁺ や Ge⁺ とは異なり、Au⁺ は O₂ との反応性が低く、マスシフトが有効ではありません。ただし、干渉イオンの TaO⁺ は空気と効率的に反応して TaOO⁺ を形成するため、Au は元の質量 (m/z = 197) で干渉なく分析できます。

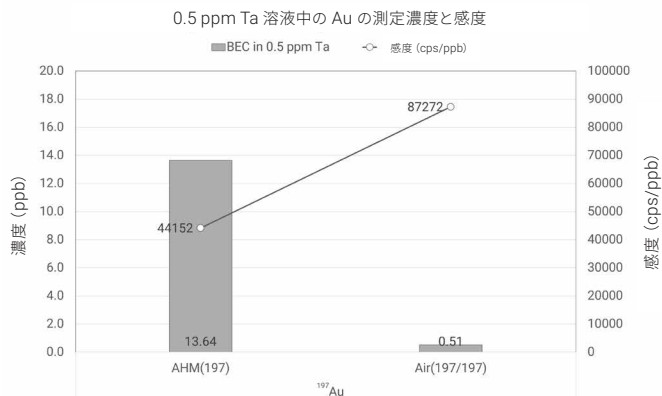


図 5. AHM (左) およびエアセルモード (右) の Agilent 9500 ICP-QQQ で測定した、0.5 ppm Ta 溶液中の Au 濃度。括弧内の数値は、Q1 と Q2 の質量数を表しています。

カドミウムと水銀に対する酸化モリブデンと酸化タングステンの干渉

多くの環境、食品、一般消費財には、モリブデン (Mo) とタングステン (W) が顕著な濃度で含まれています。これらの元素は、カドミウム (Cd) や水銀 (Hg) に対して見過ごされがちな酸化物干渉の原因となります。これらの干渉、 MoO^+ (Cd^+ に対して) と WO^+ (Hg^+ に対して) はどちらも空気と反応して MoOO^+ と WOO^+ を形成しますが、Cd と Hg は容易には反応しません。したがって Cd と Hg は、エアセルモードの 9500 ICP-QQQ を使用して、その他の種による干渉を最小限に抑えて定量できます。

www.agilent.com/chem/9500icpqqq

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンタ

0120-477-111

email_japan@agilent.com

本製品は一般的な実験用途での使用を想定しており、医薬品医療機器等法に基づく登録を行っておりません。本文書に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

DE-012983

アジレント・テクノロジー株式会社
© Agilent Technologies, Inc. 2026
Printed in Japan, June 01, 2026
5994-8987JAJP

結論：シンプルでパワフルな干渉の低減

エアセルモードで Agilent 9500 ICP-QQQ システムのデュアルセルシステム (DCS) を使用することは、ラボの空気のみをリアクションガスとして活用することで、干渉を低減するための効果的かつ便利な手法となります。事例では、アドバンスドヘリウムモード (AHM) よりも効果的にさまざまなスペクトル干渉に対処する、エアセルモードの機能に注目しました。

標準のマルチチューンメソッド内で AHM とエアセルモードを組み合わせることにより、困難なマトリックスに含まれる広範な元素に対し、シンプルで信頼性の高い、干渉のない分析を 9500 ICP-QQQ で実現することができます。マルチチューンプリセットメソッドは外部のリアクションセルガスが不要なため、9500 はワークフローの効率化を実現するとともに、従来のシングル四重極 ICP-MS システムに対するシームレスで高性能の代替システムとなります。

参考文献

1. デュアルセルシステム (DCS) とアドバンスドヘリウムモード (AHM), Agilent publication, [5994-8985JAJP](#)
2. Kubota, T., Fast and Reliable Analysis of Soil and Sediments using ICP-MS with an Innovative Cell, Agilent publication, [5994-9128EN](#)
3. Zou, A.; Yamanaka, M.; Sugiyama, N. Direct Analysis of Seawater using ICP-QQQ and Integrated Advanced Valve System, Agilent publication, [5994-8988EN](#)
4. ディスクリートサンプリングと自動希釈を組み合わせた ICP-QQQ による食品の自動分析, Agilent publication, [5994-9095JAJP](#)
5. Sugiyama, N.; Nakano, K. Agilent 8800 トリプル四重極 ICP-MS による O_2 , NH_3 , H_2 ガスを用いた 70 元素の反応データ, Agilent publication, [5991-4585JAJP](#)