

2023 年 11 月 – 第 94 号



1 ページ

創刊 25 周年を迎えた ICP-MS
ジャーナル

2-3 ページ

LA-ICP-MS/MS による地質および
生物物質中のフッ素分布の分析

4-5 ページ

ICP-MS によるマイクロプラスチック
の分析: サブミクロン粒子分析の
成否を分ける重要な要因

6-7 ページ

ICP-MS/MS による半導体プロセス
薬品中のシリカおよび酸化鉄ナノ
粒子の分析

8 ページ

ヒ素に関する ACS シンポジウム
最新の Agilent ICP-MS 関連資料

創刊 25 周年を迎えた ICP-MS ジャーナル

1998 年 9 月、ヒューレット・パッカード（現アジレント・テクノロジー）の ICP-MS チームは、HP 4500 ICP-MS ユーザー向けの新しいジャーナル『The Hot Source』を創刊しました。それから 25 年間、Agilent ICP-MS ジャーナルは季刊で発行され続けており、アジレントの開発内容、業界、アプリケーションに関する最新のニュースをお届けしています。

Agilent ICP-MS ジャーナルは、技術的な内容、Agilent ICP-MS 製品、消耗品、サポートに関するニュース、新規および既存のさまざまなアプリケーションに関する記事を掲載しています。94 号では、ナノスケールの粒子を検出し、『The Hot Source』の創刊時には ICP-MS では分析不可能と考えられていた元素を測定する研究グループのレポートを紹介します。

技術的な専門知識を提供して、記事を寄稿し、データを提供してくださった、Agilent ICP-MS のユーザーおよび専門家の皆様に感謝いたします。ジャーナルが発行できているのは、このような皆様のおかげです。



図 1. 25 年にわたる Agilent ICP-MS ジャーナルの表紙の一部

LA-ICP-MS/MS による地質および生体物質中のフッ素分布の分析

David Clases, Raquel Gonzalez de Vega, Jörg Feldmann, University of Graz, Austria, and John Parnell, University of Aberdeen, UK

ICP-MS で測定可能（および不可能）な元素

一般的に ICP-MS は、H、He、N、O、F、Ne、およびプラズマのサポートガスである Ar を除く、天然に存在するすべての元素（および多くの放射性同位体）を検出できると認められています。これらの「測定不可能」な元素のうち、H（質量 1 u）と He（質量 4 u）は、市販の四重極質量分析計の質量範囲以下となります。N と O は、プラズマを取り囲む空気中の $\text{H}_2\text{O}/\text{HNO}_3$ および N_2/O_2 からの高いバックグラウンドが原因で測定できません。

さらに N と O は第 1 イオン化ポテンシャル (IP) が高く、これは、元素の原子をプラスのイオンに変換するために最初の電子を除去するには、大きなエネルギーが必要になることを意味しています。第 1 IP とイオン化間の関係を図 1 に示します。Ar の第 1 IP は 15.76 エレクトロンボルト (eV) であり、これがプラズマのイオン化環境を規定します。N と O の第 1 IP はそれぞれ 14.53 および 13.61 eV ですが、これらは Ar の第 1 IP に近いため、イオン化の程度、つまり感度は低くなります。第 1 IP が非常に高い (11 eV 超) その他の元素には C、Br、Cl があり、これらはすべて ICP-MS では「分析困難」であると考えられています。

フッ素 (F) とネオン (Ne) の第 1 IP はそれぞれ 17.423 および 21.565 eV で、両方とも Ar より高いため、これらの元素は、プラズマ中でほとんどイオンは形成しません。したがって F は、歴史的に ICP-MS では測定不可能と考えられてきたごく一部の元素の 1 つです。

ICP-MS によるフッ素分析

長い年月、研究者は、微量濃度の F を分析するための ICP-MS メソッドを開発しようとしてきました。このように考えたのは、イオンクロマトグラフィー (IC) やイオン選択電極 (ISE) といった、F の既存の分析手法では、感度が十分ではなかったり、選択性が不十分であったりするためです。対象となるアプリケーションには、環境および食品サンプル中のポリフルオロアルキル化合物およびペルフルオロアルキル化合物 (PFAS) のような、有機フッ素化合物の分析があります。PFAS は、焦げ付き防止コー

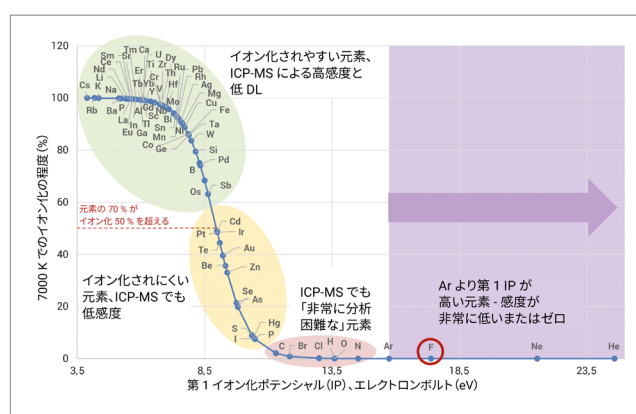


図 1. プラズマ温度 7000 K での第 1 イオン化ポテンシャルに対するイオン化の程度を示すプロット。

ティング、繊維保護剤、食品包装などの一般消費財、および火災抑制剤、特定の工業プロセスで使用される合成化学物質です。PCB や PBDE などの他の有機ハロゲン化合物と同様に、PFAS は長持ちし、生体に蓄積します。そのため、PFAS の濃度は、食品や飲料水、産業廃棄物の流れなどのサンプルにおいて注目されています。

ICP-MS により F を測定する初期の試みでは、溶液中で F が Al と錯体化して AlF_2^+ を形成する可能性について調査しました。次に、Al 種を HPLC により分離し、ICP-MS で Al を測定して AlF_2^+ を確認しました (1)。ただし、このアプローチでは、すべての形態の F を AlF_2^+ に変換しているため、F のスペシエーションでは使用できません。また、溶液中の F の錯体化を基にしているメソッドは、レーザーアブレーション ICP-MS (LA-ICP-MS) を用いたバイオイメージングまたはジオイメージングのような現場での測定には適用できません。

2012 年にトリプル四重極 ICP-MS が開発されたことにより、F を金属と結合させて、溶液中ではなくプラズマ中で $M-F^+$ イオンを形成するという別のアプローチが可能になりました。反応に最適な金属としてバリウム (Ba) を同定し、プロダクトイオン $^{138}\text{Ba}^{19}\text{F}^+$ を形成しました (2)。このメソッドでは、 O_2 リアクションセルガスを使用した MS/MS により、質量 157 での BaF^+ に対する $^{138}\text{Ba}^{18}\text{OH}^+$ の干渉を解決しています。 BaOH^+ イオンは O_2 セルガスと反応するため、干渉が解決されています。このアプローチは、HPLC による分離後、水中の ppb レベルの PFAS の定量に使用しました。ICP-MS/MS BaF^+ メソッドにより、ESI-MS では検出できなかった PFAS 化合物の元素固有の測定が可能になりました (3)。

LA-ICP-MS/MS による F の測定

微量 F 測定や有機フッ素化合物のスペシエーションだけではなく、F やその化合物が生体組織や地質物質のような自然界でどのように分布して、分割されるのかにも大きな関心が寄せられています。元素分布とイメージングアプリケーションにおける現時点で最新の技術は、LA-ICP-MS です。Agilent 8900 ICP-MS/MS を Analyte G2 193 nm エキシマレーザー (Teledyne Cetac) と組み合わせて、地質サンプルおよび歯の断面中の F の分布を評価しました (4)。プラズマ中で BaF^+ イオンを形成できるように、LA キャリアガスに Ba 溶液エアロゾルを添加するために、トーチの前に T コネクタを取り付け、標準的な LA-ICP-MS セットアップを変更しました。F の信号は、ゼラチンに標準を添加した試料をアブレーションすることにより検量線を作成しました。

ゼラチンおよび対象サンプルのアブレーション効率が異なるため、F 濃度の結果は定量的とは考えられません。しかし、多くのイメージングアプリケーションは分布に関係しているため、絶対濃度よりも相対濃度の方を対象とします。

図 2 に示すように、LA-ICP-MS/MS を使用して、親知らずの断面の F (BaF^+ として)、Cu、Zn、の分布を測定しました。歯の中の F の濃度と分布は、食品や飲料水を介した曝露の指標として、また公衆衛生プログラムの一環としての F 補給の有効性を確認する点において興味深いものです。F が歯のエナメル質を構成するヒドロキシアパタイト鉱物中の水酸化物と交換されるため、F は簡単に歯に取り込まれます。図 2 の画像から、エナメル質表面だけではなく、歯髄腔においても F が比較的多く含まれていることが明らかです。Cu と Zn は歯髄腔と関連があり、特に Cu の場合は、アマルガム充填と関連がありました。

結論

LA-ICP-MS/MS は、プラズマ中での BaF^+ のオンライン形成に関して、生体物質および地質物質中の F の分布を評価するための新しいアプローチを提供しています。このメソッドにより、固体サンプル中の低濃度またはサブ $\mu\text{g/g}$ (ppm) レベルの F 分布を測定することができます。

参考文献

1. Bayón, M. M., et al., *Analyst*, 1999, 124, 27–31
2. Feasibility Study of Fluorine Detection by ICP-QQQ, pp 222–224, in *Handbook of ICP-QQQ Applications*, Agilent publication 5991-2802EN
3. Jamari, N.L.A., Dohmann, J.F., Raab, A., Krupp, E.M., and Feldmann, J., *J. Anal. Atom. Spectrom.*, 2017, 32, 942
4. Clases, D., Gonzalez de Vega, R., Parnell, J., and Feldmann, J., *J. Anal. At. Spectrom.*, 2023, 38, 1661

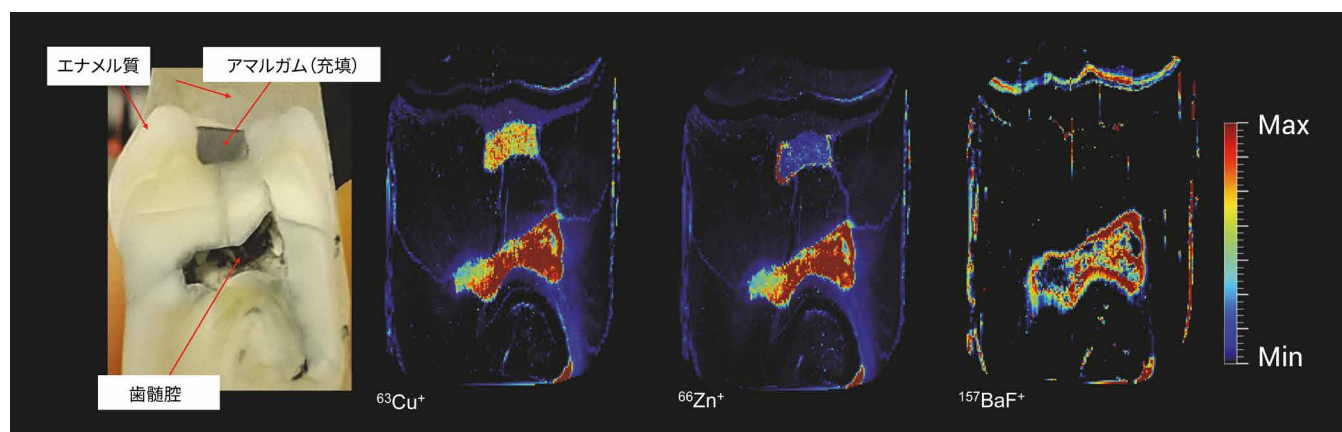


図 2. LA-ICP-MS/MS により測定した Cu、Zn、F (BaF^+ として) の分布を示す親知らずの断面

ICP-MS によるマイクロプラスチックの分析： 超純水中のサブミクロン粒子分析の成否を分ける重要な要因

Ching Heng Hsu (Jones), BASF Taiwan Ltd., Taiwan

ICP-MS による炭素分析

フッ素イメージングに関する前の記事で述べたように、以前は ICP-MS による微量分析に適していないと考えられていた少数の元素があります。これらの元素の中で、炭素 (C) は最も分析困難な元素の 1 つと考えられています。

炭素の第 1 イオン化ポテンシャル (第 1 IP) は 11.266 eV であるため、プラズマ温度 7000 K では約 2 % しかイオン化されません。つまり、炭素原子の 50 個に 1 個が C^+ イオンに変換されるだけです。その結果、C の感度は、完全にイオン化された元素の場合よりも約 50 倍低くなります。C 分析の 2 つ目の大きな問題は、ICP-MS では、試薬中に溶解した炭素、およびプラズマを取り囲む空気中の CO_2 や CO からのバックグラウンド信号が高いことです (1)。

高純度試薬のポリマー粒子汚染のモニタリングなど、低濃度 C の分析を必要とするアプリケーションでは、ICP-MS を慎重に最適化して汚染を制御し、C に対して良好な S/N 比を確保する必要があります。今回の実験では、Agilent 8900 ICP-QQQ (半導体構成) を使用して、超純水 (UPW) 中の C を測定しました。8900 は、潜在的な汚染を低減するために、 N_2 によりフラッシュした Agilent SPS 4 オートサンプラを使用しました。図 1 は、 $\mu g/L$ (ppb) レベルでの C の検量線を示しています。バックグラウンド相当濃度 (BEC) は 8.892 ppb であり、C による汚染を低減するために実施された手順の有効性が確認されました。

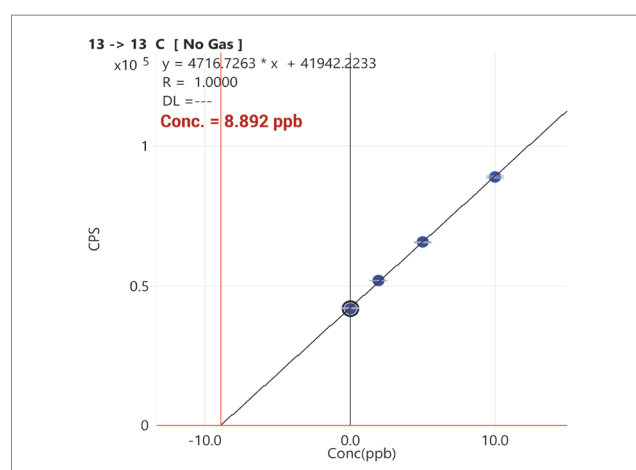


図 1. UPW に溶解した (イオン性) C の 1 桁 ppb レベルでの検量線

多くの場合、研究者は、主同位体である ^{12}C (アバンダンス 98.93 %) での高いバックグラウンドを回避するために、微量同位体である ^{13}C (アバンダンス 1.07 %) で C を測定します (2, 3)。しかし、バックグラウンドが炭素に起因するものである場合、微量同位体を測定しても S/N 比は改善されないため、汚染を制御することが不可欠です。サブミクロンポリマー粒子の分析に関する今回の実験では、 ^{12}C を測定しました。

単一粒子 (sp) ICP-MS によるポリマー粒子分析

5 ppb のイオン性 C または 5 ppb の 400 nm の C 粒子を添加しない UPW のサンプルおよび添加した UPW のサンプルを、8900 ICP-QQQ の単一粒子 (sp) モードで測定しました。ラテックスポリマー粒子は、アジレントから入手しました。

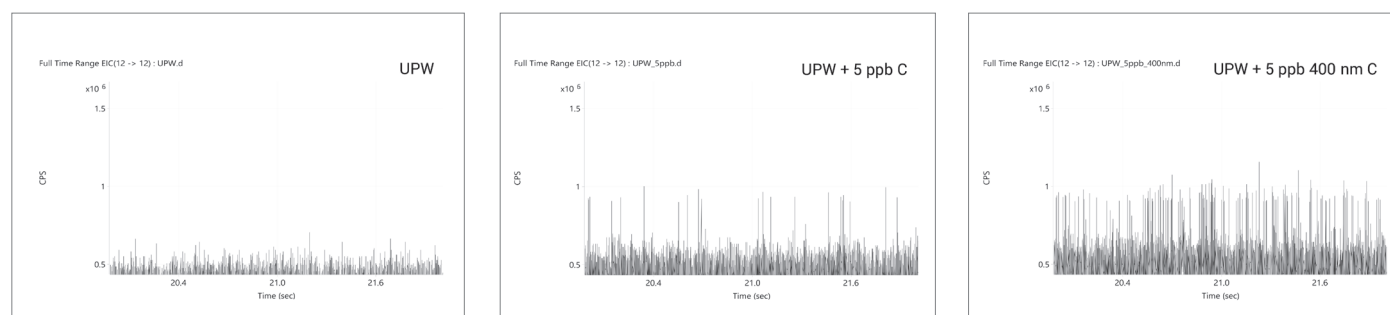


図 2. UPW (左)、5 ppb のイオン性 C を添加した UPW (中)、5 ppb の 400 nm ポリマー粒子を添加した UPW (右) の ^{12}C 信号の TRA プロット

8900 は MS/MS モードで操作し、Q1 と Q2 はともに m/z 12 に設定しました。データは、ドウェルタイム 100 μ s で高速時間分析 (TRA) を用いて取り込みました。 ^{12}C の元素バックグラウンド信号が高いため、各 TRA 測定で信号を収集する際に、検出器のパルスとアナログモードを自動的に切り替えました。Agilent ICP-MS の両方の検出器モードでは、ドウェルタイム 100 μ s を使用していますが、各元素の取り込みでは質量が変化しないため、測定間の設定時間は必要ありません。

図 2 は、ブランクの UPW、5 ppb のイオン性 C を添加した UPW、5 ppb の 400 nm C 粒子を添加した UPW の各タイムプロットからの代表的なセクション (約 2 秒間) を示しています。3 つのサンプル間の測定信号の差は明らかであり、UPW 中の ^{12}C バックグラウンドの制御が効果であること、添加物に対する分析感度が高いことが確認されました。

ポリマー粒子サイズ分布の測定

サンプル導入システムとプラズマ条件を最適化するための手順を実施したにもかかわらず、 ^{12}C の元素バックグラウンド信号は依然として、個々のポリマー粒子の信号と比較して高くなっていました。Agilent ICP-MS MassHunter ソフトウェアの単一粒子分析モジュールでは、バックグラウンドのしきい値を手動で調整できます。これは、高強度のイオン性バックグラウンドを超えたところにある小粒子を識別するのに役に立ちます。

図 3 は、ICP-MS MassHunter 単一粒子分析ソフトウェアで処理した、5 ppb の 400 nm C 添加後の UPW サンプルの信号分布および粒子サイズ分布を示しています。400 nm ポリマー粒子はバックグラウンド信号から明確に分離されており、粒子サイズの中央値は 374 nm、粒子サイズのしきい値は約 300 nm でした。

結論

サンプル導入に細心の注意を払い、C イオン化のプラズマ条件を最適化することにより、UPW 中のサブミクロンのポリマー粒子を 1 ppt レベルで検出することが可能になりました。

半導体業界では、金属粒子だけではなく、ポリマー粒子による汚染も制御することが新たな要件となっています。メーカーが、最新世代の高速チップやモバイルチップに対応するために、より小規模な機能を備えた集積回路を開発するにつれて、汚染の制御はこれまで以上に重要になっています。

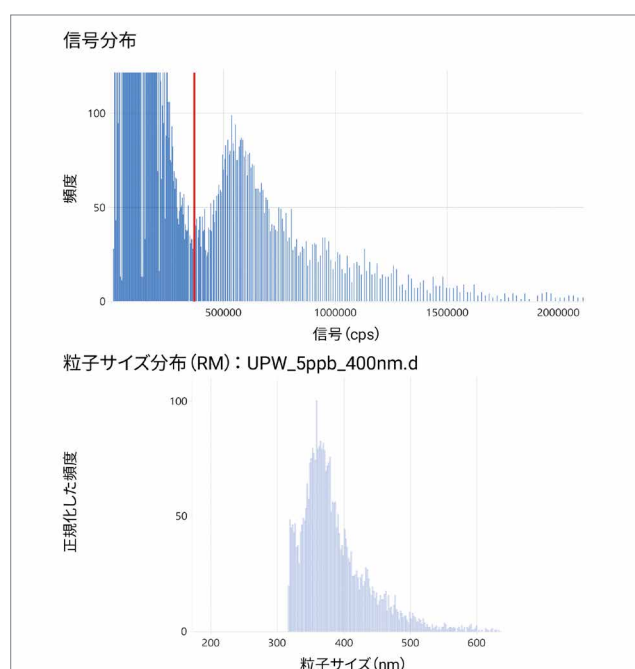


図 3. UPW 中 5 ppb の 400 nm 炭素粒子の信号分布 (上) と粒子サイズ分布 (下)。サイズの中央値は 374 nm

Agilent 8900 ICP-MS/MS は、きわめて高いイオン透過率、低いランダムバックグラウンド、スペクトル干渉の効果的な制御を実現しており、半導体サプライヤーやメーカーが必要とする超微量レベルの分析を可能にしています。単一粒子分析モードを使用して有機および金属粒子の汚染を検出し、特性解析することにより、次世代チップの開発をリードする分析者は新たな能力を得ることができます。

参考文献

1. Bolea-Fernandez, E., Rua-Ibarz, A., Velimirovic, M., Tirez, K., Vanhaecke, F., *J. Anal. At. Spectrom.*, 2020, 35 (3), 455–460
2. Gonzalez de Vega, R., Goyen, S., Lockwood, T. E., Doble, P. A., Camp, E. F., Clases, D., *Anal. Chim. Acta*, 2021, 1174, 338737
3. sp ICP-MS によるポリスチレンマイクロプラスチックの粒子サイズ分析, Agilent publication [5994-4897JAJP](#)

ICP-MS/MS による半導体プロセス薬品中のシリカおよび酸化鉄ナノ粒子の分析

Donna Hsu, Yoshinori Shimamura, Katsuo Mizobuchi, Brian Liao, Agilent Technologies Inc., Ping-Kuei Liao, KANTO-PPC Inc., Taiwan, Kuo-Lin Wang, Shiny Chemical Industrial Co. Ltd., Taiwan, Chiu-Hun Su, Industrial Technology Research Institute of Taiwan, and Ching Heng Hsu, BASF Taiwan Ltd., Taiwan

プロセス薬品分析用 ICP-MS

1980 年代に ICP-MS が初めて商品化されて以来、半導体メーカーやサプライヤーはこの技術を頼りにしてきました。ICP-MS は、対応元素が多く、高速分析が可能で、検出下限 (DL) がきわめて低いことから、集積回路 (IC) 製造に使用されるプロセス薬品中の微量元素による汚染を分析するための標準的なメソッドとして急速に普及しました。

過去 30 年間で、半導体チップは、現代生活のほとんどすべての側面で不可欠なものになりました。業界の技術革新により、チップの小型化、処理速度の高速化、低消費電力化が実現しました。各世代のチップは、トランジスタ密度が高く、デバイス寸法が小さくなっているため、より高純度の材料やプロセス薬品を使用する必要があります。アジレントは、主要な半導体メーカーと密接に協力し、業界の進化する分析要件に対応するために、ICP-MS の性能を改善し続けています (1)。

半導体製造における ICP-QQQ

2012 年、アジレントは、世界初のトリプル四重極 ICP-MS (ICP-QQQ) である、Agilent 8800 を発売しました。タンデム (MS/MS) 質量分析計の構成は、高純度化学物質の分析に変革をもたらしました。8800 とそれ以降の 8900 は、高感度、低バックグラウンドを実現しており、困難なスペクトル干渉を解決するために、反応性の高いセルガスを確実に使用できます。ICP-MS/MS は、シングル四重極 ICP-MS で測定した際に強い干渉を受ける、S、P、Si、Fe などの重要な分析対象物の DL を大幅に改善します。

溶解した元素による汚染が半導体業界にとって歴史的に最も重要な問題である一方で、ナノスケール粒子による汚染の重要性に対する認識が高まりつつあります。ナノ粒子 (NP) は、重要な製造プロセスに影響を与え、スポット欠陥を引き起こし、回路の完全性を損ない、歩留まりを低下させる可能性があります。Agilent 8900 ICP-MS/MS を使用すると、溶存元素の含有量だけでなく、粒子状元素を測定することによって、プロセス薬品の特性を完全に解析することができます。

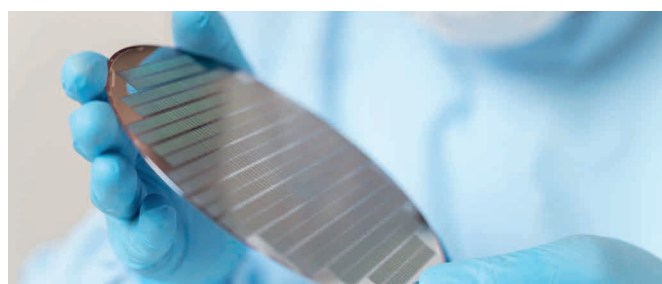


図 1. 最新の IC チップの製造歩留まりとデバイス性能は、溶解した異物粒子の制御状況に左右されます。

シリカ (SiO_2) と鉄 (Fe) はそれぞれ、Si ウェハ基板またはステンレスプロセス装置からの汚染を示す可能性があるため、興味深い粒子です。表 1 に、Si と Fe の推奨される分析質量と、水性および有機溶媒中で形成される主なスペクトル干渉を示します。

表 1. Si と Fe の ICP-MS 分析に影響を与える、主なスペクトル干渉

元素	質量	主なスペクトル干渉	
		水性	有機溶媒
Si	28	$^{14}\text{N}_2^+$	$^{12}\text{C}^{16}\text{O}^+$
Fe	56	$^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$	$^{12}\text{C}_2^{16}\text{O}_2^+$

プロセス薬品中の SiO_2 NP

超純水 (UPW)、塩酸 (HCl)、硫酸 (H_2SO_4)、およびイソプロピルアルコール (IPA) 中のシリカ NP を測定しました (2)。これらの化学物質は、チップ製造中にウェハ表面に直接接触するため、異物粒子を生成する可能性があります。5 倍に希釈した濃塩酸と 100 倍に希釈した濃硫酸中の SiO_2 粒子の信号分布プロットの例を図 2 に示します。

図 2 のプロットは、ブランクおよび添加された酸の信号分布を示しており、8900 ICP-MS/MS が、希釈された酸溶液に添加した 20 ng/L (ppt) 50 nm SiO₂ NP を簡単に検出できたことを示しています。

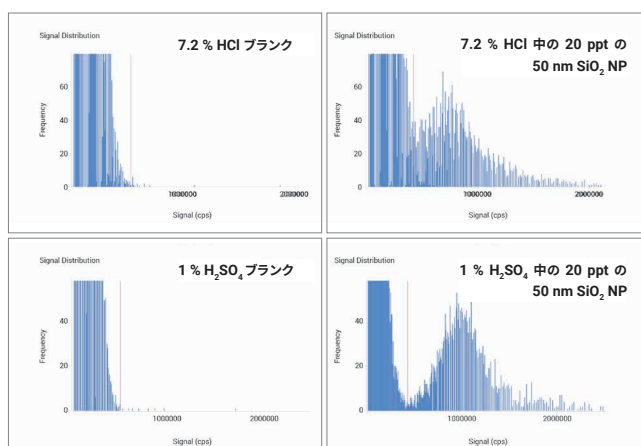


図 2. ブランクの HCl と H₂SO₄、および SiO₂ NP が添加された HCl と H₂SO₄ の信号分布

半導体溶媒中の鉄 NP

鉄 NP を、半導体製造に広く使用されている 4 種類の有機溶媒に添加しました (3)。IPA は、ウェハの洗浄と乾燥に広く使用されており、プロピレングリコールメチルエーテル (PGME) とプロピレングリコールメチルエーテルアセテート (PGMEA) は、フォトレジストの希釈用溶媒として、

n-酢酸ブチル (nBA) は、n 型フォトレジストの現像液として使用されています。有機溶媒中では、C₂O₂ 多原子イオンが *m/z* 56 で Fe と干渉していますが、O₂ セルガスを用いた ICP-MS/MS では、C₂O₂ と ArO の干渉が解決されるため、溶媒中では 1 ppt で 15 nm Fe₃O₄ NP を正確に測定できます (図 3)。

結論

アジレントの ICP-MS/MS 機器は、半導体ラボにおける微量元素分析に変革をもたらしました。溶解した汚染物質の検出下限を大幅に下げ、Si、S、P などの以前は分析困難であった元素まで分析対象物の範囲を拡大しています。また、Agilent 8900 ICP-MS/MS は、高純度溶媒など、重要なプロセス薬品の粒子サイズをルーチンで特性解析するための実績ある手法を半導体ラボに提供します。

参考文献

1. Measuring Inorganic Impurities in Semiconductor Manufacturing, Agilent publication [5991-9495EN](#)
2. Analysis of 50 nm Silica Nanoparticles in Semiconductor Process Chemicals by spICP-MS/MS, Agilent publication [5994-5866EN](#)
3. spICP-MS による有機溶媒中の 15 nm 鉄ナノ粒子分析, Agilent publication [5994-1747JAJP](#)

半導体溶媒中に 1 ppt で添加された 15 nm Fe₃O₄ NP の信号分布と **NP しきい値**

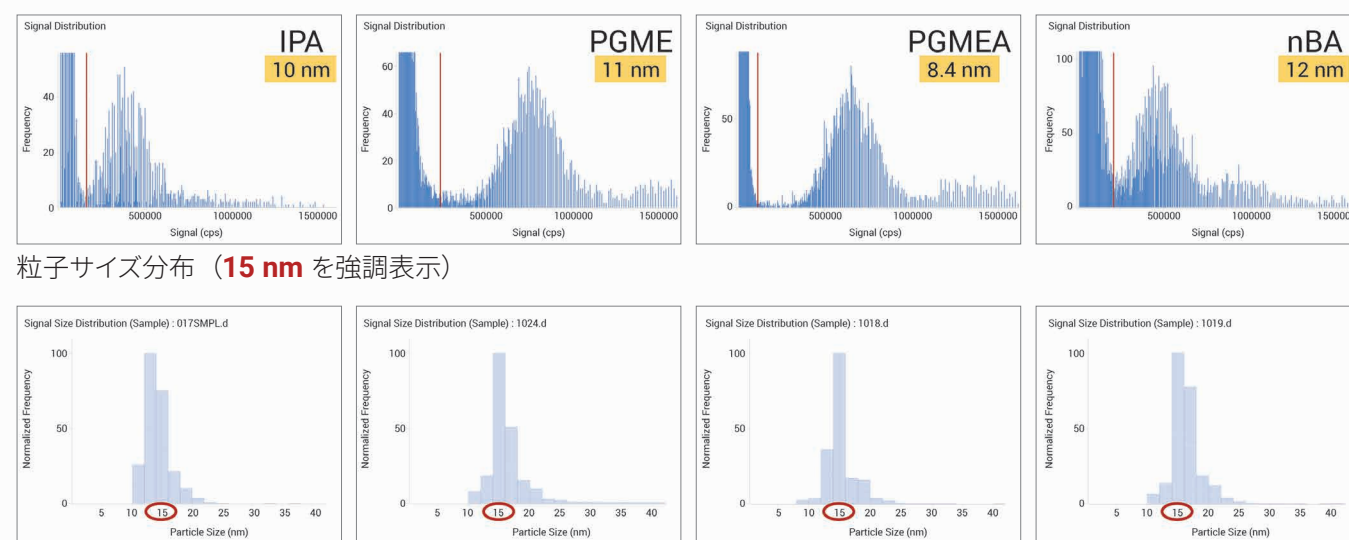
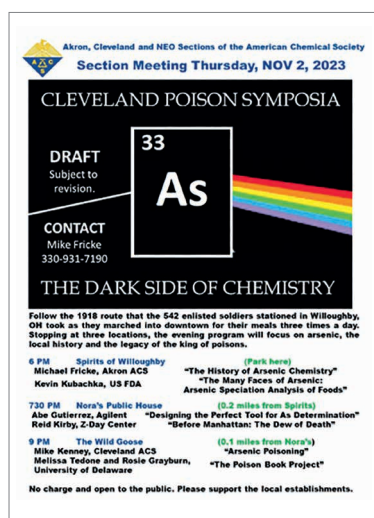


図 3. 半導体業界で使用される 4 種類の有機溶媒に 1 ng/L (ppt) 15 nm Fe₃O₄ NP を添加した信号分布 (上) と粒子サイズ分布 (下)。鉄 NP は、すべての溶媒において 1 ppt で検出され、正確に定量されており、無希釈で分析されました。

米国化学会主催の毒物としてのヒ素の歴史に関する 「テーマのあるウォーキングシンポジウム」



2023 年 11 月 2 日、米国化学会（ACS）のアクロン、クリーブランド、ノースイースト・オハイオの各支部により、オハイオ州ウィロビーの街の 3 か所を拠点としたイブニングシンポジウムが開催されました。このシンポジウムでは、ヒ素（As）とその毒物としての使用の長い歴史に関する第一人者によるいくつかの講演が行われました。

ウィロビーは、シンポジウムに適した開催地でした。1918 年の夏、この街の郊外に、ヒ素系毒ガスであるルイサイトを製造するための工場が建設されました。このガスは、1903 年、ワシントン D.C. にあるアメリカ・カトリック大学でアセチレンと AsCl_3 の反応について研究していた、博士号候補生の Julius Arthur Nieuwland 氏によって偶然発見されました。ルイサイトは、1918 年 4 月にカトリック大学の化学兵器部門でその合成を完成させたと言われる、Winford Lee Lewis 氏にちなんで名付けられました。

ウィロビーのルイサイト生産工場は、「ネズミ捕り」として知られるようになりました。これは、そこで働いていた 542 名の志願兵が、食事のために街に出る以外は、仕事上の秘密を守るために工場から出ることが許されなかったためです。

第一次世界大戦は、ウィロビーの工場で生産されたルイサイトが、欧州の戦場に出荷される前に終結しました。しかし、工場操業の遺産や、ヒ素が毒物として使用された場所であるという歴史上の位置づけは、今でもこの地域に残っています。

最新の Agilent ICP-MS 関連資料

- **分光分析のチュートリアル記事**：Ed McCurdy and Peter Riles, Spectroscopy The Resource Issue, 38, 8, 2023, [Non-Specific Calibration Combined with Helium Collision Mode for Elemental Screening \(spectroscopyonline.com\)](#) (元素スクリーニングのためにヘリウムコリジョンモードと組み合わせた非特異的キャリブレーション (spectroscopyonline.com))
- **分光分析のチュートリアル記事**：William M. Geiger, Ed McCurdy, Mark Kelinske, Spectroscopy, 38, S9, 2023, [GC-ICP-MS for Process and Quality Control in Semiconductor Manufacturing \(spectroscopyonline.com\)](#) (半導体製造におけるプロセスおよび品質管理のための GC-ICP-MS (spectroscopyonline.com))
- **アプリケーションノート**：Direct Analysis of Metallic Impurities in SiC and GaN Wafers by LA-GED-MSAG-ICP-MS/MS (LA-GED-MSAG-ICP-MS/MS による SiC および GaN ウェハ中の金属不純物の直接分析), [5994-6670EN](#)
- **ケーススタディ**：Indian Institute of Science.Climate and Environmental Research Enabled by Ability to Measure Metals at Parts-per-Trillion Concentrations (ppt 濃度での金属測定が可能になった気候および環境研究), [5994-6479EN](#)

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタマコンタクトセンタ

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。

DE18892365

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2023

Printed in Japan, October 05, 2023

5994-6725JAJP