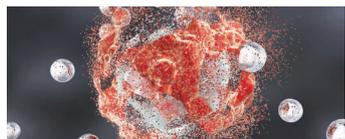


2019年4月-第76号



1 ページ

元素周期表の記念年

2-3 ページ

使いやすさと低所有コストを実現する ICP-MS ソフトウェアツールおよびオプション

4-5 ページ

Agilent 7900 ICP-MS による単一細胞の元素含有量の測定

6 ページ

ICP-MS/MS メソッド開発の研究者が IUPAC-Solvay International Award for PhD Thesis を受賞

7 ページ

European Winter Plasma Conference 2019 の報告

8 ページ

オンデマンドウェビナー、ICP-MS 関連の最新文献

元素周期表の記念年

Ed McCurdy, ICP-MS Product Marketing, Agilent Technologies, UK

今回のアジレント ICP-MS ジャーナルは、UN/UNESCO の国際周期表年の記念号です。今年がドミトリ・メンデレーエフが元素周期表を作成してから 150 周年にあたります。1869 年 3 月 6 日、メンデレーエフは既知の 63 元素すべてを特性順に並べた最初の周期表を発表しました。現在では 118 種類の元素が発見されていますが、このうち自然発生するのは 90 種類のみです。ICP-MS は通常、これらの大半の元素の測定に使用されます。

アジレントは、科学者による元素の役割と性質の研究を進めながら、単一細胞分析を含む ICP-MS の現在の用途を検討し、その使いやすさを向上させるために開発に関するレポートも行っています。

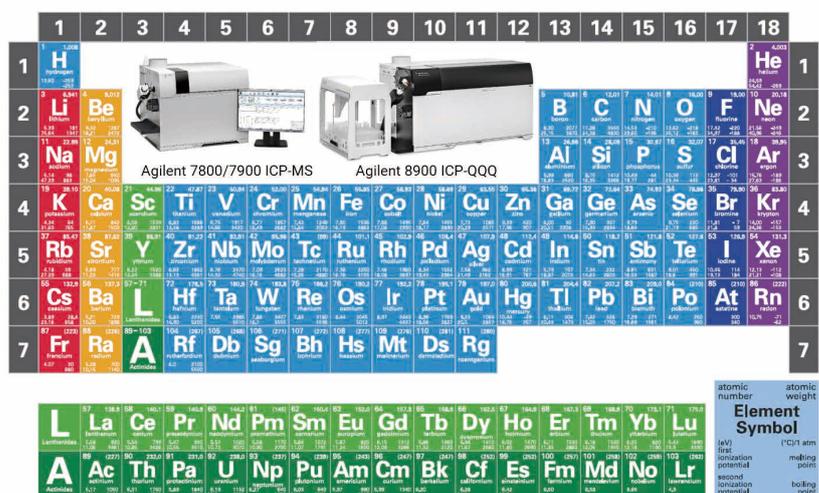


図 1. Agilent ICP-MS 写真入りの元素周期表

使いやすさと低所有コストを実現する ICP-MS ソフトウェアツール およびオプション

Ed McCurdy, Glenn Woods, and Abe Gutierrez, Agilent Technologies

はじめに

前回のジャーナル第75号では、ハードウェア構成と使用条件が使いやすさと生産性に与える影響について説明しました。今回のフォローアップ記事ではさらに、ソフトウェアの機能とワークフローが ICP-MS の使いやすさと所有コストに与える影響について説明します。また、最近導入された ICP Go インターフェイスが、どのように ICP-MS 操作の簡素化、初期トレーニング時間の短縮、ルーチン操作ワークフローの効率化に役立つのかについても説明します。

Agilent ICP-MS システムは、最高レベルの性能を発揮できるように設計されています。ただし、ルーチン分析を実施するラボや民間ラボの要件を満たすには、性能だけでは十分ではありません。使いやすさや生産性も、感度や検出下限と同じくらい重要です。このニーズに対応するため、ICP-MS MassHunter には使いやすさの向上と自動化に役立つさまざまな機能が搭載されています。このため、日々の分析作業を複数名のオペレータが実施しても、一貫して高性能を発揮できます。

プリセットメソッドとメソッドウィザード

アジレントの ICP-MS MassHunter ソフトウェアでは長年、プリセットメソッドが重要な役割を果たしてきました。プリセットメソッドは当初、US EPA の規制対象となる ICP-MS メソッドの取り込み設定、QC チェック、レポートテンプレートを事前定義する方法と考えられていました。メソッドライブラリは徐々に拡張され、シングル四重極およびトリプル四重極 ICP-MS における幅広いアプリケーション用のメソッドを提供できるようになっています。

ICP-MS MassHunter のプリセットメソッドを利用すれば、初期のメソッド設定および最適化による非生産的な「ダウンタイム」を回避できます。このため民間ラボにとっては、重要な時間とコストの削減につながります。標準搭載のプリセットメソッドで対応できないアプリケーションについては、ユーザーが設定したものを新しいパッチテンプレートとして保存できます。これによりメソッド設定時間を短縮し、一貫性を維持できます。テンプレートから取り込みパラメータと自動最適化設定をロードできるためです。

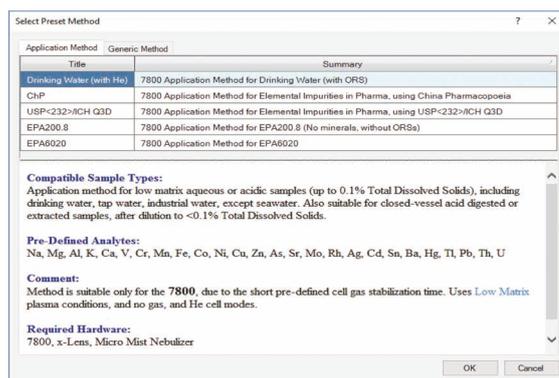


図 1. Agilent 7800 ICP-MS のアプリケーション固有のプリセットメソッドテンプレートの例。成分/ISTD リスト、セルモード、積分時間、適切なプラズマ条件などをテンプレートで事前定義できます。

メソッドの自動化

プリセットメソッドが用意されていない、新しいまたは特殊な種類のサンプルのメソッド開発は、特に ICP-MS に不慣れなラボにとってはまだ時間のかかる作業です。ICP-MS MassHunter のメソッドウィザードの自動化機能を利用すると、代表的なサンプルの分析やサンプル関連のいくつかの質問に対するユーザーの回答から、最適なメソッドを作成できます。新しいメソッドはテンプレートとして保存して、将来的に使用できます。

スタートアップと自動最適化

トーチの位置、ガス流量の設定、イオンレンズのチューニング、質量補正、エレクトロンマルチプライヤ (EM) 検出器の電圧は、システム性能に大きく影響します。ただし、これらの設定を手動で最適化すると、システム性能に不適切な変動が生じ、余分なコストがかかる可能性があります。ICP-MS MassHunter のビルトインのスタートアップおよび自動最適化ルーチンを使用すれば、オペレータの熟練度に関係なく、システム性能の一貫性を確保できます。

スタートアップのスケジュールを設定すれば、プラズマ点火の後にハードウェア設定 (トーチ位置、EM 電圧、分解能、質量補正)、プラズマ条件、イオンレンズ電圧を自動的に最適化できます。スタートアップによ

Agilent 7900 ICP-MS による単一細胞の元素含有量の測定

Tetsuo Kubota, Agilent Technologies, Japan

インタクト単一細胞内の元素の測定

金属が細胞生物学で果たす役割をより深く理解することが、新たな研究分野となっています。健康な細胞には多くの元素が必要であり、これらのバランスが崩れたり、欠乏したり、過剰であったりすると、正常な細胞内の代謝プロセスに支障をきたすことがあります。細胞内の金属を測定するための従来の一括分析メソッドでは、サンプルを溶解、抽出、消化してから原子分光分析で測定します。サンプル前処理段階で個々の細胞構造が破壊されます。このためレポートされる金属濃度の結果は、数千個の細胞から測定された濃度の平均値です。

単一細胞-ICP-MS (scICP-MS) では、サンプル液に含まれる細胞が壊れることなく噴霧され、1つのエアロゾルに1つの細胞が入ります。ICP-MS (spICP-MS) による単一ナノ粒子分析用の従来のメソッドと同様の方法で、プラズマ中に個々の細胞を導入します。細胞を含む各エアロゾル液滴がプラズマを通過するときに、細胞内の金属成分から生成されるイオンが、時間分解分析 (TRA) によって別の信号パルスとして検出されます。信号の強さは、細胞内に存在する分析対象イオンの質量に比例します。細胞の移送効率がわかっていれば、分析対象成分を含む細胞の数と、細胞あたりの成分濃度を測定できます (1)。

実験方法

機器

Agilent 7900 ICP-MS にオプションのインテグレートサンプル導入システム (ISIS 3) を装着して使用しました。7900 ICP-MS は、単一細胞および単一粒子アプリケーションの特徴である短時間信号の取り込みに最適な条件を提供します。7900 ICP-MS は、超高感度と短い (0.1 ms) ドウェルタイムの組み合わせにより、高速 TRA モードを実現します。高速 TRA では、10,000 回測定/秒というサンプリングスピードで単元素を取り込むことができます。測定間の設定時間もかかりません。

超高感度は、単一細胞内の成分のアトグラム (ag、 1.0×10^{-18} g) レベルの検出に非常に重要です。

7900 ICP-MS には、内径の小さい (1.0 mm) インジェクタと標準のニッケルコーン付きの石英製トーチを取り付けました。AIF-3 トリプルチューブネブライザとスプレーチャンバ (いずれも株式会社エス・ティ・ジャパン製) は、ICP-MS に細胞を壊さずに導入するために特別に設計したものです。シリンジポンプ (アズワン株式会社、日本) を ISIS 3 に装着して、ICP-MS へのサンプル流量を低流量で制御しました。

サンプル、標準溶液および参照物質 (RM)

酵母細胞サンプルを水溶液で前処理しました。噴霧効率の測定には、公称粒子サイズ 100 nm の銀ナノ粒子 RM (Merck Sigma Aldrich) を使用しました。RM は、0.25 % のエタノールで 1.0 ppb の粒子濃度まで希釈しました。Ag、Zn、Fe (関東化学株式会社、日本)、P、および S (SPEX CertiPrep) のイオン性溶液を、Ag は 5 ppb、Zn と Fe は 10 ppb、P と S は 100 ppb の濃度で、1 % の HNO_3 で前処理しました。標準溶液を使用して元素レスポンス係数を測定しました。これは、細胞あたりの成分数の測定値を、細胞あたりの成分質量 (アトグラム単位) に変換するために使用します。

単一細胞分析用の多元素取り込み

メソッド設定、取り込み、データ処理には、Agilent ICP-MS MassHunter ソフトウェアの単一ナノ粒子アプリケーションモジュールの高速多元素ナノ粒子分析モードを使用しました。このソフトウェアは単一ナノ粒子分析用に開発されたものですが、単一細胞内の元素含有量の分析にも適しています。

ICP-MS MassHunter のメソッドウィザードでは、画面上の指示に従うことでメソッド設定プロセスを完了でき、必要なメソッドパラメータは自動的に提示または計算されます。ソフトウェアモジュールを使用して、収集された多元素データは、図 1 のように ICP-MS MassHunter の「データ解析 (Data Analysis)」画面のテーブルにまとめられます。



図 1. ICP-MS MassHunter のデータ分析の概要。単一細胞分析の最終結果が表形式とグラフ形式でレポートされます。

概要画面に、細胞で測定された各成分の包括的な情報が表示されます。例えば、各成分を含む細胞の数、噴霧効率、信号分布、各細胞内の成分の平均質量、細胞外のイオン濃度などです。1回の取り込みで複数の元素を測定できるため、各成分に必要な分析時間とサンプル量を節約できます(2)。約 100 μL のサンプル量の合計取り込み時間は 240 秒でした。各成分を個別に測定した場合、取り込み時間は 640 秒、必要なサンプル量は 400 μL になります。

結果と考察

細胞の噴霧および導入効率

細胞の導入効率を算出するため、ICP-MS で計算される細胞数を、顕微鏡でカウントされる細胞数で割りました。このメソッドによって、細胞の導入効率が 25% であることがわかりました。多くの細胞を噴霧および分析できるため、データの精度が向上します。

信号分布

多元素モードの scICP-MS を使用して、単一細胞を分析しました。 $^{31}\text{P}^+$ 、 $^{34}\text{S}^+$ 、 $^{56}\text{Fe}^+$ 、 $^{66}\text{Zn}^+$ の信号分布は図 2 のとおりです。サンプル前処理手順中の遠心分離とバッファ交換の間に細胞をよく洗浄することで、単一細胞内の各元素の信号を、バックグラウンドから明確に区別できます。

平均質量

表 1 の P、S、Fe、Zn の平均質量データは、ICP-MS MassHunter ソフトウェアで自動計算したものです。核酸化合物とタンパク質の主要成分である P と S に加えて、Fe と Zn も細胞あたりフェモトグラム未満 (fg、 1.0×10^{-15} g) レベルで測定しました。

結論

アジレントの多元素 scICP-MS メソッドを使用すると、細胞生物学における複数の金属の役割を測定して詳しく調べることができます。この手法

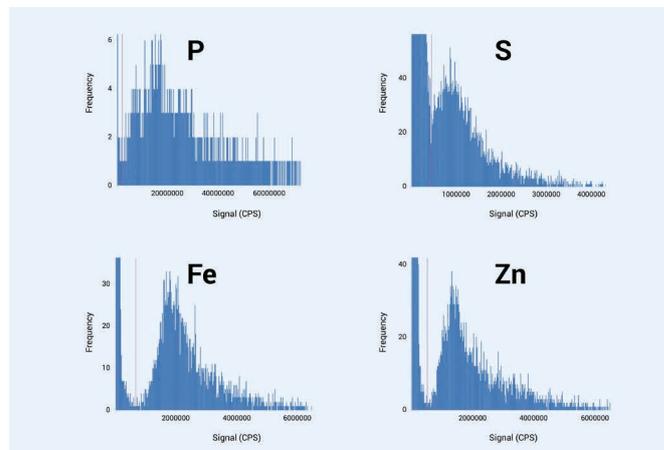


図 2. 単一細胞内の 4 種類の成分の信号分布

によって、個々の細胞内の本来の金属含有量と金属会合に関する貴重な情報を得ることができます。また scICP-MS によって、細胞の金属および金属を含むナノ粒子の取り込み、蓄積、排出を調べることができます。

表 1. 単一細胞内の各成分の平均質量 (アトグラム) と精度 (n=3)

分析対象物	平均質量 (ag)	RSD (%)
P	70,800	2.4
S	54,900	16.1
Fe	485	0.7
Zn	873	2.6

参考文献

1. S. Meyer, A. Lopez-Serrano, H. Mitze, et al., Single-cell analysis by ICP-MS/MS as a fast tool for cellular bioavailability studies of arsenite. *Metallomics*, 2018, 10, 73
2. Michiko Yamanaka and Takayuki Itagaki, spICP-MS によるナノ粒子中の多元素の測定、Agilent Technologies publication, 2018, 5994-0310JAJP

ICP-MS/MS メソッド開発の研究者が IUPAC-Solvay International Award for PhD Thesis を受賞

Sayuri Otaki, ICP-MS Marketing Manager, Agilent Technologies, Japan

ベルギー、ゲント大学の Atomic and Mass Spectrometry (A&MS) 研究室の博士研究員である Eduardo Bolea-Fernandez 博士 (写真の人物) が、2018 年の IUPAC-Solvay International Award for Young Chemists を受賞しました。

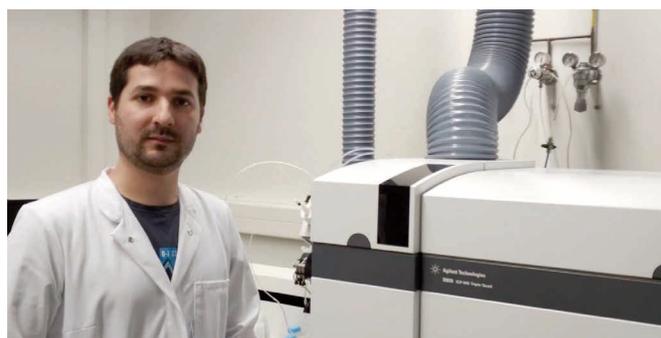
1000 語の評論に示されているとおり、化学分野における非常に優れた博士論文に基づいて、年ごとに 5 つの賞が授与されます。2018 年の賞では、15 か国の機関の博士号取得者から、45 件の応募がありました。

同氏の博士論文「Method development for ultratrace elemental and isotopic analysis using tandem ICP-mass spectrometry (ICP-MS/MS)」の監修者は、Frank Vanhaecke 博士、Martín Resano 博士、Lieve Balcaen 博士です。同氏が論文を執筆したのはベルギーのゲント大学ですが、研究はスペインのサラゴサ大学の同僚と緊密に連携して進められました。

同氏はこの博士論文のほか、同業者が査読する国際学術紙で 17 件の記事を執筆しています (共著を含む)。ICP-MS/MS に基づく同氏の論文の詳細については、参考文献を参照してください。同氏の最近の博士号取得後の研究には、ICP-MS/MS の機能拡張による、溶解およびナノ粒子形態内の超微量元素と個々の細胞分析の測定が含まれます。同氏はゲント大学の A&MS グループで、これらのトピックとマルチコレクタ ICP-MS による水銀の高精度同位体分析を組み合わせ、環境分野に関する研究を進めています。

同氏には、1,000 米ドルの賞金と、第 47 回 IUPAC World Chemistry Congress (2019 年 7 月 7 ~ 12 日にフランス、パリで開催) に参加するための旅費が贈呈されます。また、受賞対象研究に関するポスターと、研究トピック分野に関する寸評も展示されます。これらは Pure and Applied Chemistry で公表される予定です。

[IUPAC-Solvay 賞の詳細](#)



- Characterization of SiO₂ nanoparticles by single particle-inductively coupled plasma-tandem mass spectrometry, *J. Anal.At.Spectrom.*, 2017, 32, 2140-2152
- Overcoming spectral overlap via inductively coupled plasma-tandem mass spectrometry. A tutorial review, *J. Anal.At.Spectrom.*, 2017, 32, 1660-1679
- Determination of ultra-trace amounts of prosthesis-related metals in whole blood using volumetric absorptive micro-sampling and tandem ICP-Mass Spectrometry, *Anal.Chim.Acta.*, 2016, 941, 1-9
- Laser ablation-tandem ICP-mass spectrometry for direct Sr isotopic analysis of solid samples with high Rb/Sr ratio, *J. Anal.At.Spectrom.*, 2016, 31, 464-472
- Tandem ICP-mass spectrometry for Sr isotopic analysis without prior Rb/Sr separation, *J. Anal.At.Spectrom.*, 2016, 31, 303-310
- Determination of the total drug-related chlorine and bromine contents in human blood plasma using HPLC-ICP-MS/MS, *J of Pharma and Biomed Anal*, 2016, 124, 112-119
- Interference-free determination of ultra-trace concentrations of arsenic and selenium using methyl fluoride as a reaction gas in ICP-MS/MS, *Anal Bioanal Chem*, 2015, 407:919
- Potential of methyl fluoride as a universal reaction gas to overcome spectral interference in the determination of ultratrace concentrations of metals in biofluids using ICP-MS/MS, *Anal.Chem.*, 2014, 86 (15), 7969-7977
- Accurate determination of ultra-trace levels of Ti in blood serum using ICP-MS/MS, *Anal Chim Acta*, 2014, 809, 1-8

全て研究用です。その他の用途にご利用いただくことはできません。

European Winter Plasma Conference 2019 の報告

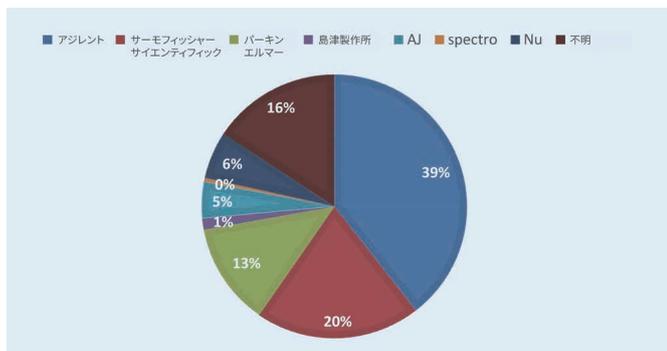
Sayuri Otaki, ICP-MS Marketing Manager, Agilent Technologies, Japan

2019 年も注目されるナノ粒子分析

2019年2月に、第18回 European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry (EWPCS) がフランスのポーで開催されました。世界中から集まった約550名の参加者が、プラズマ分光化学に関する主要なトピックについて議論を交わしました。ナノ粒子は今回もこの会議における重要トピックの1つであり、測定装置、分析メソッド、単一細胞分析、レーザーアブレーションイメージングなどについてのプレゼンテーションや活発な議論が見られました。将来的には、リチウムイオン電池やハイテク業界における新しい汚染物質などが、本会議の対象分野となるものと予想されます。

ICP-MS ポスターの振り返り

6日間の会議中、290種類のポスターが展示されました。ICP-MSを使用した223種類のポスターのうち、約40%でアジレントの機器が使用されていました。またこれらの約1/3がICP-QQQ機器(8800または8900)を使用していました。



アジレントのイベントと授賞式

アジレントの各種イベント、例えばランチタイムセミナー「Pushing Boundaries in Life Science Research」(写真)などでは、多くのゲストの方々にご参加、ご協力をいただきました。Federal Institute of Hydrology (BfG) Germany の Björn Meermann 博士には「Automated Single Algae ICP-MS」、英国 LGC の Panayot Petrov 氏には「Metrological Applications of ICP-QQQ in Life Sciences」というテーマでご講演いただきました。



アジレントは2002年から European Award for Plasma Spectrochemistry、2017年から European Rising Star Award for Plasma Spectrochemistry に協賛しています。今年の「Plasma Award」は、プラズマ分光化学に関する優れた研究を讃えて、スペインのオビエド大学の Department of Physical and Analytical Chemistry の教授である Jose Ignacio Garcia Alonso 氏に贈呈されました。また Rising Star Award は、ポーランドのワルシャワにある Warsaw Technical University の Department of Chemistry の准教授である Magdalena Matczuk 氏が受賞しました。



受賞した Alonso 教授(左)と Matczuk 准教授(右)、カンファレンス議長の Ryszard Lobinski 氏、アジレントの大滝小百合

どちらの賞も、欧州におけるプラズマ分光化学の発展と活用の促進を目的としています。

これら2つの賞のスポンサーシップは、科学者のキャリアのあらゆる段階で、プラズマ分光化学における質の高い研究および革新を継続的に支援するアジレントの精力的な姿勢の現れでもあります。

次回の WPC は、2020年1月に米国アリゾナ州のツーソンで開催されます。また次回の EWPCS は、2021年2月にスロベニアのリュブリャナで開催されます。

オンデマンドウェビナー

タイトル: **水中のナノ粒子に関する重要点: 水処理施設における spICP-MS を用いた同定と検出 (What's the BIG DEAL about Nanoparticles in Water: spICP-MS for Identification and Occurrence in Water Treatment Plants)**

講師: Arturo A. Keller 博士、Bren School of Environmental Science & Management、カリフォルニア大学、サンタバーバラ、米国
分野: 分光分析

[登録する \(英語\)](#)

タイトル: **ICP-OES、ICP-MS、Mass Profiler Professional による香辛料の原産地の同定 (Determination of the Geographic Origin of Spices Using ICP-OES, ICP-MS, and Mass Profiler Professional)**

講師: Lindsey Whitecotton および Jenny Nelson、アジレント・テクノロジー
ホスト: アジレント・テクノロジー

[登録する \(英語\)](#)

タイトル: **ICP Go による迅速、簡単な元素分析 (ICP Go – Fast, Easy, Go! – Elemental Analysis Made Easy)**

講師: Bert Woods、アジレント・テクノロジー
ホスト: アジレント・テクノロジー

[登録する \(英語\)](#)

ウェビナーの要約

タイトル: **規制対象の水質分析に向けた ICP-MS の効率的な導入方法 (How to streamline implementation of ICP-MS for regulated water analysis)**

Gregory Lecornet および Ed McCurdy、アジレント・テクノロジー
分野: 分光分析

[ダウンロードはこちら](#)

Agilent ICP-MS 関連資料

- **アプリケーション一覧:** Fourth Edition of Handbook of ICP-QQQ Applications using the Agilent 8800 and 8900、[5991-2802EN](#)
- **アプリケーションノート:** Routine Analysis of Fortified Foods using the Agilent 7800 ICP-MS: Simple and robust quantitative analysis of 28 elements in food digests using helium mode、[5994-0842EN](#)
- **アプリケーションノート:** Simultaneous Iodine and Bromine Speciation Analysis of Infant Formula by HPLC-ICP-MS: Determination of four halogen species in less than 6.5 minutes、[5994-0843EN](#)
- **アプリケーション概要:** sICP-MS モードの Agilent 7900 ICP-MS による単一細胞分析、[5994-0845JAJP](#)
- **ケーススタディ:** Looking Far and Near: Agilent helps researcher examine the short- and long-term effects of nanoparticles、[5994-0666EN](#)

[ホームページ](#)

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンター

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いません。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。

アジレント・テクノロジー株式会社
© Agilent Technologies, Inc. 2019
Printed in Japan, May 15, 2019
5994-0778JAJP

