

## scICP-MS モードの Agilent 7900 ICP-MS による単一細胞分析

わずか 100  $\mu$ L のサンプルで単一細胞内の 4 元素を測定

### インタクト細胞内の元素含有量の測定

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るため、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 つのエアゾールに 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。

### 短いドウェルタイムで高感度 ICP-MS を実現

酵母細胞サンプルを水溶液で前処理しました。Agilent 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。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、高速時間分解分析 (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,  $1.0 \times 10^{-18}$  g) レベルの検出に非常に重要です。

## 多元素の取り込み

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解析モードを使用しました。ソフトウェアモジュールを使用すると、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。

## 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。細胞の導入効率は 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、単一酵母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。単一細胞内の各元素を、バックグラウンドから明確に区別できます。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。

約 100  $\mu\text{L}$  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  $\mu\text{L}$  になります。

ホームページ

[www.agilent.com/chem/jp](http://www.agilent.com/chem/jp)

カスタムコンタクトセンタ

0120-477-111

[email\\_japan@agilent.com](mailto: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。

アジレント・テクノロジー株式会社  
© Agilent Technologies, Inc. 2019  
Printed in Japan, May 14, 2019  
5994-0845JAJP

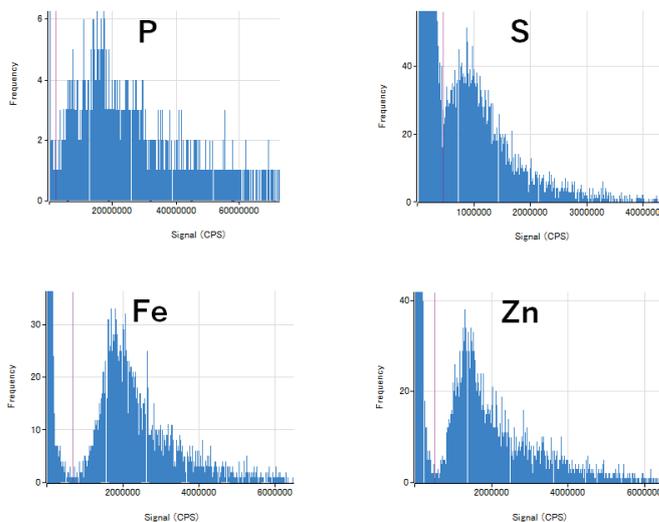


図 2. 単一細胞内の 4 種類の成分の信号分布

## 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 ( $\text{fg}$ 、 $1.0 \times 10^{-15} \text{g}$ ) レベルで測定しました。

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

## 新たな研究の可能性

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 を使用して、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。