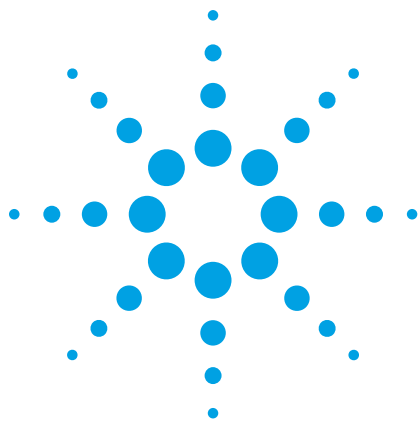




自動メソッド作成機能を備えた Agilent 7900 ICP-MS の食品中 ルーチン微量金属元素分析への応用

アプリケーションノート

食品安全性

著者

酒井 和広¹、高橋 純一¹、
Ed McCurdy²

¹Agilent Technologies, Japan

²Agilent Technologies, UK



はじめに

食品の元素含有率のモニタリングが重要であることは既に広く知られており、社会的な関心を集めています。食品に含まれる汚染物質が定期的に報告されることによって安全性に関する懸念が高まり、有害なレベルの毒性微量元素が含まれないことを確認するための十分なモニタリングを確実に行うよう食品製造者や規制機関に対して求める圧力も高まっています。特定の必須元素の摂取量が不十分な地域で飲食物を改善するための手段として食品の栄養強化が提案されているため、食品中の栄養素の含有量も注目を集めています。さらに食品分析では、特に食品の価値がその産地に大きく左右される場合に、産地の不正表示に関する偽装の検出も行う必要があります。食品の産地を特定するための比較的新しいアプローチでは微量元素のパターンを使用します。このパターンとは、多くの場合、生産地の土壌組成の特長を示します。微量元素が産地の特定に有効なものの一般的な例として、ワイン、牛肉、米、オリーブオイル、フルーツジュースなどが



Agilent Technologies

あります。日本の長ネギは、Na、P、K、Ca、Co、Cu、Sr、Cd、Ce、Cs、Tl の 11 種類の元素の濃度データを使用することで、中国の長ネギと区別できることが報告されています [1]。欧州でも、18 種類の元素の測定により、オリーブオイルの産地の特定を可能にするデータが提供されることが報告されています [2]。

食品中の金属やその他の元素の役割が一般に広く知られるようになるに従って、政府や規制機関は高いレベルの食品試験も導入しています。食品供給がグローバル化しているため、これはますます急を要するプロセスとなっています。国連食糧農業機関 (FAO) および世界貿易機関 (WTO) により設立された国際食品規格 (Codex) 委員会は、食品の製造および試験の方法に関する国際的な食品規格、指針、および規定を展開してきました。ここには、微量元素である Pb、Cd、As、Sn やその他の金属の最大許容濃度も含まれます。たとえば、魚中の Pb 濃度の上限は 0.3 mg/kg であり、Cd 濃度は、玄米では 0.4 mg/kg 未満、小麦では 0.2 mg/kg 未満、ジャガイモでは 0.1 mg/kg 未満でなければなりません。

検査に対する要求事項の増加とともにモニタリングすべき元素数も増加傾向にあり、毒性の理解が深まるにつれて規制濃度レベルは一般に低くなっています。したがって、高いサンプルスルーバットと低い検出下限を備えた多元素分析技術が食品のルーチン分析に求められています。そのため多くの食品ラボが、このような測定に ICP-MS を使用することを検討中であるか、既に使用しています。

一般に、ICP-MS 分析の経験豊富なラボは新しい食品分析メソッドを比較的容易に実行に移すことができますが、これまで ICP-OES や AAS などの技術を使用していた食品試験ラボにとって、新しい分析機器の採用は挑戦的なことでしょう。微量濃度の分析では、低い検出下限を日常的に確実に達成できるように、全般的なラボの基準を厳格に管理する必要があります。また、ICP-MS は、既に定着した ICP-OES や AS と比較して新規なサンプルに対し信頼性のあるメソッドを作成するのが複雑であると受け止めら

れていることから、ICP-OES や AAS の使用より面倒だとも考えられています。分析対象成分の適切な同位体と内標準元素を選択するにはある程度の経験が必要であり、潜在的な干渉を特定し対処するには、質量分析法を理解している必要があります。ICP-MS のコリジョンリアクションセル (CRC) 技術の導入によって、食品ラボで一般に見られるサンプルタイプで発生する最も一般的な多原子干渉を排除できるようになりましたが、食品中の微量分析のための最適なセルガス条件を選択するためには一定の専門知識が必要です。Agilent 7900 ICP-MS では ICP-MS MassHunter ソフトウェアを使用しており、最新バージョンには、メソッド開発プロセスを合理化して新開発された自動メソッド作成機能が含まれます。この機能を使用すれば、あらゆる経験レベルのユーザーが個々のサンプルに応じた信頼性のあるメソッドを簡単に作成することが可能です。このレポートでは、魚の認証標準物質 (CRM) 中微量元素分析を行うため、Agilent 7900 ICP-MS において自動メソッド作成機能を用いたメソッドの作成方法とその作成されたメソッドを使用して行った分析結果について述べます。

実験方法

機器および試薬

オプションとして超高マトリクス導入キット (UHMI) と H₂ セルガスラインを備えた Agilent 7900 ICP-MS をすべての測定に使用しました。このアプリケーションでは、UHMI を使用することにより幅広いプラズマモードからの選択が可能になったため、自動化されたメソッドの設定で対応できるサンプルマトリクスレベルの範囲が広がりました。同様に、7900 ICP-MS には H₂ セルガスラインが接続されているので、自動メソッド作成時に DLs (装置検出下限) を向上させるため元素によっては H₂ モードを選択することができました。ただし、He モードだけでも全ての元素に於いて定常的にモニタしなければいけない規制限界値までは簡単に分析できる事を強調しておきます。ガラス同軸ネブライザ、石英スプレーチャンバ、内径 2.5 mm の石英トーチで構成される標準サンプル導入システムを一貫して使用しました。標準の Ni インタフェーススコーンを使用しました。50 mL バイアルがセットできる Agilent

ASX-520 オートサンプラを使用してサンプルを送液しました。食品 CRM の分解には Milestone ETHOS 1 Advanced Microwave Digestion システムを使用しました。0.5 g のサンプルを正確に計量し、分解用試験管に入れ、7 mL の HNO_3 と 1 mL の HCl を試験管に加えました。20 分間室温に置いた後、表 1 に示す加熱プログラムを通りマイクロ波加熱分解を行いました。サンプル溶液中に存在する炭素が一部の元素の ICP-MS 信号を増感させることがわかってますが (As、Se、P で顕著)、この増感作用の正確なメカニズムは不明です [3、4]。揮発性元素が必須の分析対象物ではない場合は、開放系で加熱酸分解する過程で食品サンプルから炭素を除去することができます。しかしながら、Hg やその他の揮発性元素が一般に食品モニタリングの必須の分析対象物であるため、密閉容器マイクロ波分解が ICP-MS のサンプル分解のための一般的な標準メソッドとなっています。この実験では高い分解温度 (210 °C) を使用するため、分解時に炭素マトリクスは効果的に分解されたと考えられますが、サンプル中の残留炭素の影響は、2 % ブタン-1-オールなどを内標準溶液とともにオンライン添加して、すべてのサンプルに過剰な炭素を確実に存在させることで緩和できます。

表 1. マイクロ波加熱プログラム

手順	出力 (W)	温度 (°C)	時間 (分)	モード
1	1000	50	2	昇温
2	0	50	3	保持
3	1000	120	7	昇温
4	1000	120	2	保持
5	1000	210	15	昇温
6	1000	210	15	保持
換気			40	
水による冷却			60	

この実験に使用した CRM は、NRC-CNRC の DORM-4 (魚タンパク質)、日本計量標準総合センター (NMIJ) の CRM 7402-a (タラ魚肉粉末) および CRM 7403-a (メカジキ魚肉粉末) でした。高純度試薬 68 % HNO_3 および 36 % HCl (Ultrapur-100 グレード) は関東化学株式会社 (日本) から購入しました。検量線用標準液は、アジレント混合標準原液 (4183-4682) と単元素標準溶液 Hg、Sn (SPEX 製) を混合した溶液から調製しました。

メソッドの構築

7900 ICP-MS に搭載された MassHunter 4.1 の自動メソッド作成機能、「メソッドウィザード」は、手動でも、完全自動化モードでも動作します。サポートされているすべての Agilent ICP-MS メインフレームで使用できる手動モードでは、サンプルに溶解している総溶存固形物濃度 (TDS) に関する情報の入力と分析対象元素の選択などを求められます。次に、メソッドウィザードによって、分析時間が最小の検出下限重視かのいずれかに合わせてメソッドが最適化されます。このモードは、ICP-MS に関して一定の専門知識を持ち、メソッド開発作業の合理化に主に関心があるオペレータが、定常的に測定しているサンプルを用いる場合に適しています。

自動モードでは、現在の機器構成と、メソッド設定時に測定する実サンプルの組成に基づいて、最も適切な使用条件 (プラズマモードおよびチューニング条件)、分析対象元素の同位体、積分時間、セルガスモード、および内標準元素が、メソッドウィザードにより自動的に選択されます。新しいメソッドを開発するためのワークフローは次のとおりです。

1. 希望の分析対象元素を選択するよう求められます。

2. 以下に対するオートサンプラのバイアルポジションを選択するよう求められます。
 - a. ブランク溶液 (2 % HNO_3)
 - b. チューニング溶液 (最適化用)
 - c. 参照標準原液 (キャリブレーション用)
 - d. 測定するサンプル群を代表するサンプル溶液
3. 「高速分析 (速度)」モードまたは「低検出下限 (低 DL)」モードの選択を求められます。

この情報を入力すると、メソッドの構築が自動的に開始されます。このワークフローを図 1 ~ 3 に示しました。

チューニング溶液の測定からサンプルの置換時間と洗浄時間が計算されます。総溶存固形物濃度 (TDS) レベルと主要元素組成が、代表的なサンプル (d. でセットしたサンプル) の定性分析の結果から導き出されます。測定された TDS レベルを使用して適切なプラズマモード (低マトリクス、汎用、UHMI-4、-8、-25) が決定され、主要元素組成から潜在的なマトリクス由来の干渉が特定されます。また、分析対象元素ごとに最適なセルモード (ノーガス、He、高エネルギー (HE) He、 H_2)、同位体、積分時間、内標準元素が選択されます。

メソッド構築時にはまずUHMI-25 および He モード (溶存固形物レベルとマトリクス組成が不明なサンプルに適切な条件) を使用して、代表サンプルの定性測定が自動的に行われます。今回のサンプルの場合、メソッド構築時に評価された総マトリクスレベルに基づいて、実際のサンプル測定では、プラズマモードとして「低マトリクス」が最適であると自動メソッド作成機能によって選択されました。

結果と考察

メソッドウィザードで分析パラメータを最適化するために「代表的なサンプル溶液」として DORM-4 CRM を用いました。メソッドウィザードによって選択されたプラズマおよびイオンレンズパラメータを表 2 に示します。メソッド設定時に測定された一般的なサンプルの総溶存固形物 (TDS) 濃度に基づいてプラズマモードが選択されました。また、この場合は分解によって TDS レベルが 1000 ppm 未満になったため、「低マトリクス」モードがメソッドウィザードによって選択されました。メソッドウィザードによって選択されたメソッドパラメータを、サンプル置換時間と洗浄時間については表 3 に、積分時間については表 4 に示します。各 ORS モードでのイオンレンズパラメータも自動的に最適化されました。

表 2. メソッドウィザードによって設定されたパラメータ

パラメータ	値			
プラズマモード	低マトリクス			
ORS モード	ノーガス	H_2	He	HEHe
RF 出力	1550 W			
サンプリング深さ	8 mm			
キャリアガス	1.05 L/min			
拡張 1 レンズ	0 V			
拡張 2 レンズ	-140 V			
He 流量			4.3 mL/min	10 mL/min
H_2 流量		6 mL/min		

表 3. サンプル置換と洗浄時間

	時間	ペリスタルティックポンプ速度
サンプル置換	44 秒	0.3 rps
安定化	40 秒	0.1 rps
プローブ洗浄 (サンプル)	10 秒	0.3 rps
プローブ洗浄 (標準)	10 秒	0.3 rps
洗浄 1	40 秒	0.3 rps

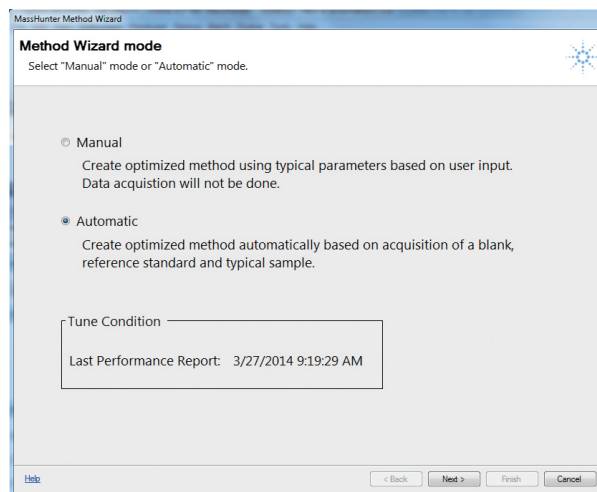
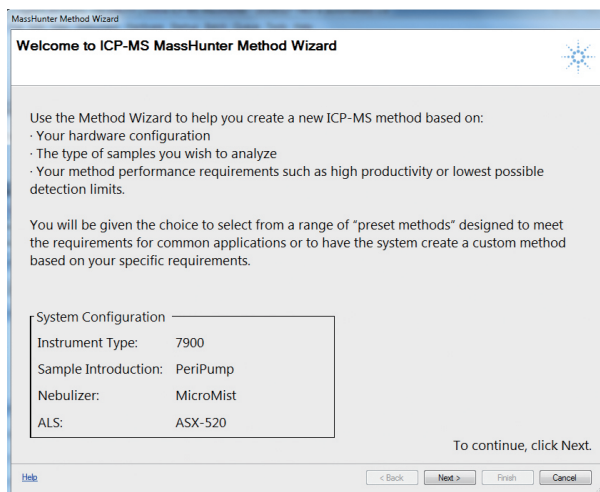


図 1. メソッドの概要とハードウェア構成が表示され、オペレータは次にメソッドウィザードのモードを選択します。(手動 (上) か自動 (下) か)

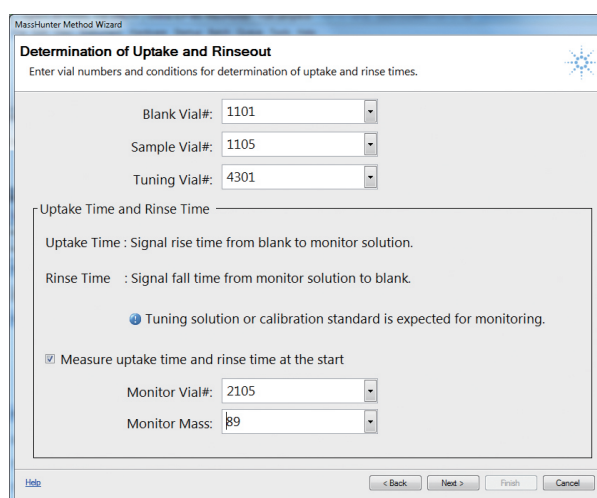
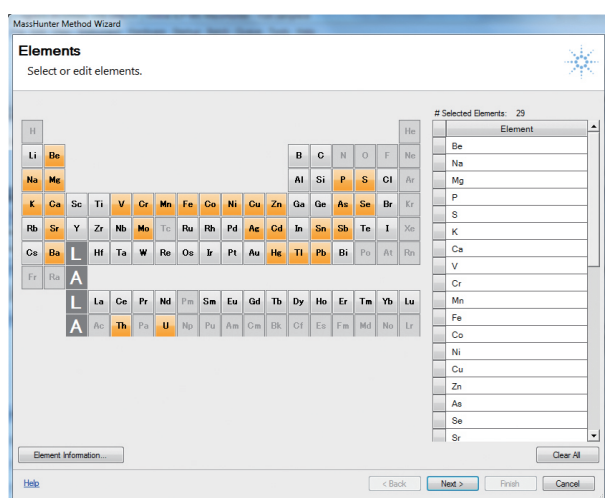


図 2. オペレータが分析対象元素と必要な溶液のバイアルポジションを選択し、事前に定義された内標準とキャリブレーション原液を選択します。

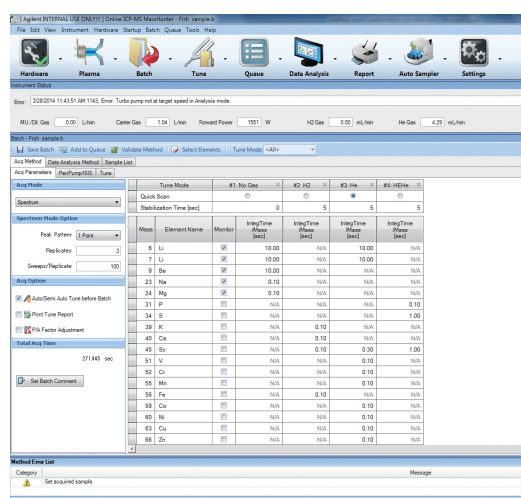
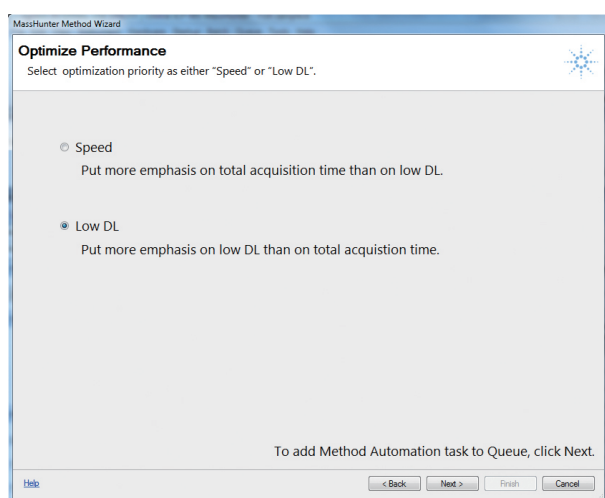


図 3. オペレータがメソッドの優先順位 (最高の速度または最小の検出下限のための最適化) を選択すると、メソッドが最適化されます。最適化されたメソッドは新しいバッチに使用することも、今後の分析のテンプレートとして保存することもできます。

表 4. メソッド自動化 (自動メソッド) によって選択された分析対象元素のパラメータと、経験豊かな ICP-MS ケミストがこの分析のために選択した (手動メソッド) パラメータの比較

分析対象成分	自動メソッド				手動メソッド		
	ガス	質量	内部標準	積分 (秒)	ガス	質量	内部標準
Be	ノーガス	9	⁶ Li	10	ノーガス	9	⁴⁵ Sc
Na	ノーガス	23	⁶ Li	0.1	ノーガス、He	23	⁴⁵ Sc
Mg	ノーガス	24	⁶ Li	0.1	ノーガス、He	24	⁴⁵ Sc
P	HEHe	31	⁴⁵ Sc	0.1	HEHe	31	⁴⁵ Sc
S	HEHe	34	⁴⁵ Sc	1	HEHe	34	⁴⁵ Sc
K	H ₂	39	⁴⁵ Sc	0.1	H ₂ , HEHe	39	⁷² Ge
Ca	H ₂	40	⁴⁵ Sc	0.1	H ₂ , HEHe	40 (H ₂), 44 (HEHe)	⁷² Ge
V	He	51	⁴⁵ Sc	0.1	He	51	⁷² Ge
Cr	He	52	⁴⁵ Sc	0.1	He	52, 53	⁷² Ge
Mn	He	55	⁴⁵ Sc	0.1	He	55	⁷² Ge
Fe	H ₂	56	⁷² Ge	0.1	H ₂ , HEHe	54, 56	⁷² Ge
Co	He	59	⁷² Ge	0.1	He	59	⁷² Ge
Ni	He	60	⁷² Ge	0.1	He	60	⁷² Ge
Cu	He	63	⁷² Ge	0.1	He	63	⁷² Ge
Zn	He	66	⁷² Ge	0.1	He	64, 66	⁷² Ge
As	HEHe	75	⁷² Ge	0.1	He, HEHe	75	⁷² Ge
Se	H ₂	78	⁷² Ge	0.3	H ₂ , HEHe	78, 82	⁷² Ge
Sr	He	88	¹¹⁵ In	0.1	He	88	¹⁰³ Rh
Mo	He	95	¹⁰³ Rh	0.3	He	95	¹⁰³ Rh
Ag	He	107	¹⁰³ Rh	1	He	107	¹⁰³ Rh
Cd	He	111	¹⁰³ Rh	1	He	111	¹¹⁵ In
Sn	He	118	¹¹⁵ In	1	He	118	¹¹⁵ In
Sb	He	121	¹¹⁵ In	10	He	121	¹¹⁵ In
Ba	He	137	¹¹⁵ In	0.1	He	137, 138	¹¹⁵ In
Hg	He	202	²⁰⁹ Bi	0.3	He	202	²⁰⁹ Bi
Tl	He	205	²⁰⁹ Bi	1	He	205	²⁰⁹ Bi
Pb	He	208	²⁰⁹ Bi	0.1	He	208	²⁰⁹ Bi
Th	He	232	²⁰⁹ Bi	0.1	He	232	²⁰⁹ Bi
U	He	238	²⁰⁹ Bi	0.3	He	238	²⁰⁹ Bi

主要元素から微量元素までの範囲で元素を測定し、3 つの CRM の 1 つ以上について認証標準値を持つ分析対象元素に注目しました。7900 ICP-MS で得られた結果を、認定値 (ある場合) とともに表 5 に示します。すべての場合に認証値と良好な一致が見られました。メソッドをさらに詳細に検証するために、複数の元素について添加回収試験を行った結果を表 6 に示します。ほとんどの元素の回収率が 95 ~ 105 % となり、優れた添加回収率を達成しました。

メソッドウィザードによって作成されたメソッドが実行中の分析に適した条件を使用しているかどうかを確認するために、自動的に作成されたメソッドを、経験豊富なアプリケーションケミストが個別に開発したメソッドと比較しました。表 4 に示した手動で作成したメソッドの設定では、一部の分析対象成分について多くの同位体と複数のガスモードが使用されています。これは、推奨モードを確認するために熟練者が頻繁に行う方法ですが、一般的な取り込み設定は 2 つのメソッド間でほぼ同じです。

結論

ICP-MS MassHunter ソフトウェアの自動メソッド作成機能によって自動的に作成されたメソッドを使用して、食品 CRM 中の微量元素から主要元素までの測定を行った結果、認証値と良好な整合性が得られ、正確な分析値が得られることがわかりました。このメソッドの設定は、高い技術を持つ ICP-MS アプリケーションケミストが独自に選択した設定とほとんど同じであることも示しました。このことから、メソッドウィザードが、現在の機器構成とサンプルマトリクスに応じて各分析対象元素に最適な同位体と積分時間を指定し最適なセルモードと内標準元素を割り当てできることが確認されました。自動的に作成されたメソッドは主要元素と微量元素に適用でき、食品サンプルで一般に報告される幅広い分析対象元素を網羅しています。同じメソッド自動化アプローチを環境、地質学、臨床、医薬などの他のサンプルタイプにも使用することで、これらの分野のルーチンラボのメソッド開発を大幅に合理化することができます。

表 5. ICP-MS MassHunter の自動メソッド作成機能で作成したメソッドを使用して測定した食品 CRM の分析結果

分析対象成分	単位	DORM-4 (魚タンパク質)		7402-a (タラ組織)		7403-a (メカジキ組織)	
		濃度	認定値	濃度	認定値	濃度	認定値
9 Be [ノーガス]	mg/kg	0.01 ± 0.00		N.D.(<0.0008)		N.D.(<0.0008)	
23 Na [ノーガス]	g/kg	12.9 ± 0.3		3.4 ± 0.1	3.6 ± 0.2	3.57 ± 0.07	3.57 ± 0.12
24 Mg [ノーガス]	g/kg	0.81 ± 0.01		1.29 ± 0.03	1.34 ± 0.03	1.60 ± 0.03	1.58 ± 0.04
31 P [HEHe]	g/kg	7.6 ± 0.2		10.8 ± 0.1	12	14.5 ± 0.2	14.5 ± 0.4
34 S [HEHe]	g/kg	8.7 ± 0.2		10.4 ± 0.1		8.43 ± 0.06	
39 K [H ₂]	g/kg	12.6 ± 0.6		21.3 ± 1.2	22.3 ± 1.0	25.5 ± 0.8	26.3 ± 1.1
40 Ca [H ₂]	g/kg	2.18 ± 0.11		0.46 ± 0.03	0.52 ± 0.05	0.196 ± 0.014	0.189 ± 0.009
51 V [He]	mg/kg	1.50 ± 0.01		N.D.(<0.014)		N.D.(<0.014)	
52 Cr [He]	mg/kg	1.75 ± 0.09	1.87 ± 0.16	0.67 ± 0.00	0.72 ± 0.09	0.058 ± 0.001	
55 Mn [He]	mg/kg	3.02 ± 0.11		0.41 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.190 ± 0.004	0.201 ± 0.010
56 Ca [H ₂]	mg/kg	339 ± 20	341 ± 27	11.2 ± 0.5	11.2 ± 0.9	13.6 ± 0.7	13.1 ± 0.5
59 Co [He]	mg/kg	10.7 ± 0.09		0.030 ± 0.003	0.04	0.015 ± 0.001	
60 Ni [He]	mg/kg	1.26 ± 0.11	1.36 ± 0.02	0.40 ± 0.10	0.38 ± 0.05	0.076 ± 0.037	
63 Cu [He]	mg/kg	15.8 ± 0.1	15.9 ± 0.9	1.13 ± 0.02	1.25 ± 0.07	1.26 ± 0.02	1.31 ± 0.04
66 Zn [He]	mg/kg	49.3 ± 0.5	52.2 ± 3.2	20.5 ± 0.2	21.3 ± 1.5	33.3 ± 0.2	33.6 ± 1.0
75 As [HEHe]	mg/kg	6.73 ± 0.08	6.80 ± 0.64	36.4 ± 1.1	36.7 ± 1.8	6.77 ± 0.13	6.62 ± 0.21
78 Se [H ₂]	mg/kg	3.47 ± 0.12	3.56 ± 0.34	1.8 ± 0.1	1.8 ± 0.2	2.11 ± 0.06	2.14 ± 0.11
88 Sr [He]	mg/kg	9.72 ± 0.10		1.74 ± 0.03	2	1.08 ± 0.02	1.13 ± 0.03
95 Mo [He]	mg/kg	0.261 ± 0.005		0.010 ± 0.006	0.01	N.D.(<0.0008)	
107 Ag [He]	mg/kg	0.022 ± 0.001		N.D.(<0.0050)		N.D.(<0.0050)	
111 Cd [He]	mg/kg	0.304 ± 0.001	0.306 ± 0.015	0.009 ± 0.000	0.009	0.152 ± 0.003	0.159 ± 0.006
118 Sn [He]	mg/kg	0.077 ± 0.004	0.056 ± 0.010	0.016 ± 0.002		0.036 ± 0.001	
121 Sb [He]	mg/kg	0.009 ± 0.000		0.014 ± 0.001	0.02	0.002 ± 0.001	
137 Ba [He]	mg/kg	5.01 ± 0.03		0.027 ± 0.002		2.4 ± 0.02	
202 Hg [He]	mg/kg	0.358 ± 0.004	0.410 ± 0.055	0.53 ± 0.01	0.61 ± 0.02	5.02 ± 0.02	5.34 ± 0.14
205 Tl [He]	mg/kg	0.001 ± 0.002		N.D.(<0.010)		N.D.(<0.010)	
208 Pb [He]	mg/kg	0.405 ± 0.007	0.416 ± 0.053	0.03 ± 0.00	0.04	0.006 ± 0.003	
232 Th [He]	mg/kg	0.177 ± 0.002		N.D.(<0.0008)		N.D.(<0.0008)	
238 U [He]	mg/kg	0.056 ± 0.005		N.D.(<0.0010)		N.D.(<0.0010)	

表 6. 添加回収試験の結果

	単位	スパイク	サンプル	検出	回収率 %
9 Be [ノーガス]	μg/L	51	0.071	45.8	88.9
23 Na [ノーガス]	mg/L	5.1	63.7	68.9	101.3
24 Mg [ノーガス]	mg/L	5.1	4.0	9.0	97.8
31 P [HEHe]	mg/L	2.5	36.5	38.6	82.8
34 S [HEHe]	mg/L	2.5	42.6	45.1	96.9
39 K [H ₂]	mg/L	5.1	N/A*	N/A	N/A
40 Ca [H ₂]	mg/L	5.1	11.8	17.1	102.3
51 V [He]	μg/L	51	7.5	55.4	93.2
52 Cr [He]	μg/L	51	8.5	64.2	108.5
55 Mn [He]	μg/L	51	15.8	65.2	96.0
56 Fe [H ₂]	mg/L	5.1	1.7	6.8	100.1
59 Co [He]	μg/L	51	1.2	53.0	100.8
60 Ni [He]	μg/L	51	6.3	54.8	94.3
63 Cu [He]	μg/L	51	73.5	122.5	95.3
66 Zn [He]	μg/L	51	242.7	293.3	98.4
75 As [HEHe]	μg/L	51	33.0	84.2	99.7
78 Se [H ₂]	μg/L	51	18.2	69.0	98.9
88 Sr [He]	μg/L	514	46.2	591.5	106.1
95 Mo [He]	μg/L	51	1.3	50.4	95.5
107 Ag [He]	μg/L	51	0.1	52.8	102.4
111 Cd [He]	μg/L	51	1.5	52.4	99.0
118 Sn [H ₂]	μg/L	0.5	0.4	0.9	96.7
121 Sb [He]	μg/L	51	0.2	47.1	91.3
137 Ba [He]	μg/L	51	25.1	76.9	100.7
202 Hg [He]	μg/L	5.1	1.8	6.9	100.0
205 Tl [He]	μg/L	51	0.1	51.0	99.0
208 Pb [He]	μg/L	51	1.9	53.0	99.3
232 Th [He]	μg/L	51	0.9	52.7	100.8
238 U [He]	μg/L	51	0.3	51.2	99.0

*添加した濃度レベルよりサンプル濃度が高すぎるもの

参考文献

1. Kaoru Ariyama, Akemi Yasui, JARQ, 40, 4, 333-339 (2006)
2. Cinzia Benincasa, John Lewis, Enzo Perri, Giovanni Sindona, Antonio Tagarelli, Anal.Chim.Acta, 585, 366-370 (2007)
3. Erik H. Larsen, Stefan Sturup, J. Anal.At.Spectrom., 9, 10, 1099-1105 (1994)
4. Maurizio Pettine, Barbara Casentini, Domenico Mastroianni, Silvio Capri, Anal.Chim.Acta, 599, 2, 191-198 (2007)

www.agilent.com/chem/jp

アジレントは、本文書に誤りが発見された場合、また、本文書の使用により付随的または間接的に生じる損害について一切免責とさせていただきます。

本資料に記載の情報、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. 2014
Published May 30, 2014
Publication number: 5991-4556JAJP



Agilent Technologies