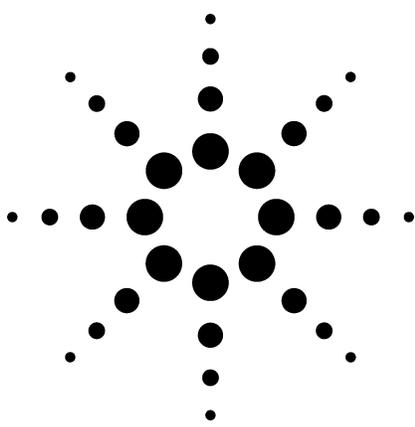


# 燃料電池システムの化学分析: Agilent 5000Aリアルタイムガスアナライザの アプリケーション アプリケーション



## 燃料電池

### 著者

Roger L. Firor  
Agilent Technologies, Inc.  
2850 Centerville Road  
Wilmington, DE 19808-1610  
USA

### 要約

燃料電池の開発のペースが加速されているため、コストを削減し、効率を上げるために役立つ診断およびモニタリングツールが新たに必要になっています。迅速な定量化学測定は、燃料プロセッサや燃料電池スタックなど、燃料電池システムのすべての面を理解し、設計する上で役立ちます。四重極マススペクトロメータに基づく新しいガスアナライザは、燃料電池のガスや不純物をリアルタイムに近い速度で化学測定します。Agilent 5973N質量選択型検出器に基づくAgilent 5000Aリアルタイムガスアナライザは、2段階の専用ガスインタフェースを通じてプロセスと簡単に連結できます。カスタマイズされた制御チャートおよびデータ記録ソフトウェアが継続的なプロセス分析用に用意されています。

### はじめに

今日では、ロスが少なく、効率がよく、化石燃料に頼らない燃料電池が、幅広いアプリケーションに信

頼性の高い電力を供給するものとして有望視されています。そのアプリケーションには、バックアップ発電、配電、廃熱発電、住宅、自動車/公共交通機関、軍事、および消費者向け電気機器などの幅広い分野が含まれます。燃料電池は、エネルギーの世界的な需要が2倍に増える今後20年間に重要な役割を果たすことでしょう。

炭化水素から水素を生成する燃料電池プロセッサは、水素の経済的な保管、輸送、および生成のための方法が開発され、インフラストラクチャが構築されるまでは、ほとんどの燃料電池システムに必要なコンポーネントとなります。ここには、固定用と車両用の両方のオンボードシステムが含まれます。

触媒と燃料の必要条件など、一般的な燃料電池タイプの属性をまとめて表1に示します[1]。燃料プロセッサは、燃料電池システム全体が高い効率で問題なく動作するように最適化しなければならない複雑なシステムです。ほとんどの燃料電池開発者の間では、携帯式および固定式燃料電池アプリケーション向けの初期の製品は、化石燃料に依存することになるということで意見が一致しています。これらの燃料からの水素の生成は、燃料電池の開発における重要な最初のステップです。

燃料プロセッサや燃料改質装置の役割は、下流の燃料電池システムに害を与える有害なレベルの不純物質が含まれない、水素含有量の高いガス混合物を生成することです。可能性のある燃料として、天然ガ



Agilent Technologies

表1. 一般的な燃料電池のタイプ

	PAFC*	MCFC*	SOFC*	PEMFC*
触媒	白金	ニッケル	チタン石	白金
電解質	燐酸	熔融炭酸塩	セラミック	ポリマー
動作温度	190℃	650℃	1000℃	80℃
燃料	水素 改質油	水素/CO 改質油	H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub> 改質油	水素 改質油
改質	外部	外部/内部	外部/内部	外部
酸化体	O <sub>2</sub> /空気	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> /空気	O <sub>2</sub> /空気	O <sub>2</sub> /空気
効率(HHV)	40～50%	50～60%	45～55%	40～50%

\* PAFC: 燐酸燃料電池、MCFC: 熔融炭酸塩燃料電池、SOFC: 固体酸化物燃料電池、PEMFC: 陽子交換膜燃料電池

ス、ガソリン、ディーゼル、メタノール、エタノール、バイオマスなどがあります。実際には、プロセッサから得られる改質油には、目的の含有水素とともに多くの化合物が含まれることがあります。また、電気化学的な効率は、生成された水素の量と質に左右されます。このようないくつかの理由から、特定の燃料電池システムを理解し、最適化するために化学モニタリングが必要になります[2]。

燃料プロセッサは、1.燃料の気化、2.燃料の前処理、3.脱硫、4.水素の生成、5.一酸化炭素の削減(部分酸化剤、シフトリアクタ)、6.テールガスの燃焼の6つの基本的な操作で構成されています。燃料および酸化体の化学組成を使用して、燃料電池システムの性能と効率を予測できます。熱および部分酸化改質装置の設計と操作にも化学測定は有効です。燃料電池システムでは、さまざまな精製技術が使用されています。化学モニタリングはよりよいシステムの開発に役立ちます。現在の技術の一部として、CO<sub>2</sub>除去のためのCaO吸着層、水素精製のための膜(パラジウム/銀)、ZnO、および脱硫用にサポートされているその他の金属触媒などがあります。

本来、改質装置では水素ストリームが希釈されます。H<sub>2</sub>濃度が低いと、CO陽極の汚染のリスクが大きくなる可能性があります。CO<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>の濃度が高い場合は、スタック出口近くの性能が低下する可能性があります。N<sub>2</sub>のような不活性ガスが入っても害はありませんが、水素濃度が変化し、性能に影響を与えることがあります。これらのガスのモニタリングは、改質装置の最適化に役立ちます。

また、高速の化学測定は、特に低温で動作する陽子交換膜(PEM)システムなど、燃料電池スタックを開発し、理解する上でも役立ちます。化学測定が役立つ分野として、モデルの開発と検証、不純物の許容濃度の調査、水質管理などがあります[3]。一般に、スタックの動作温度が低くなるほど、要求される燃料の純度が高くなります。

メタノール燃料電池は魅力的ですが、多くの開発作業が残っています。化学測定は、CO<sub>2</sub>の管理を理解する上で役立ちます。直接型メタノール燃料電池では、CO<sub>2</sub>は、陽極のメタノールの酸化による主な反応生成物です。大量のCO<sub>2</sub>がスタックに堆積して、電池の効率を下げる可能性があります。陽極と陰極の間のメタノールクロスオーバーもリアルタイムの化学モニタリングにより調べることができます[3]。

リアルタイムガスアナライザ(RTGA)は、燃料プロセッサや燃料電池スタックの設計に伴う現在の技術的な問題の解決に役立ちます。Agilentの5973N高性能四重極マススペクトロメータに基づくこのシステムは、幅広いダイナミックレンジで、化学的な定量や特定をリアルタイムに近い速度で行います。このシステムは、残留ガスアナライザ(RGA)では不可能なレベルの質量軸の安定性、ダイナミックレンジ、レスポンス速度、簡単なキャリブレーションの方法を備えています。

外部改質型の代表的な燃料電池システムの図を図1に示します。強調表示されている領域では、さまざまなサブシステム間、およびスタック自体の中で化学測定が有効です。このアプリケーションノートでは、RTGAシステムの概要に重点を置きながら、燃料電池システムで一般に使用されるガスの性能を説明します。硫黄化合物など、燃料電池ストリームの不純物については、別のアプリケーションノートで説明しています。

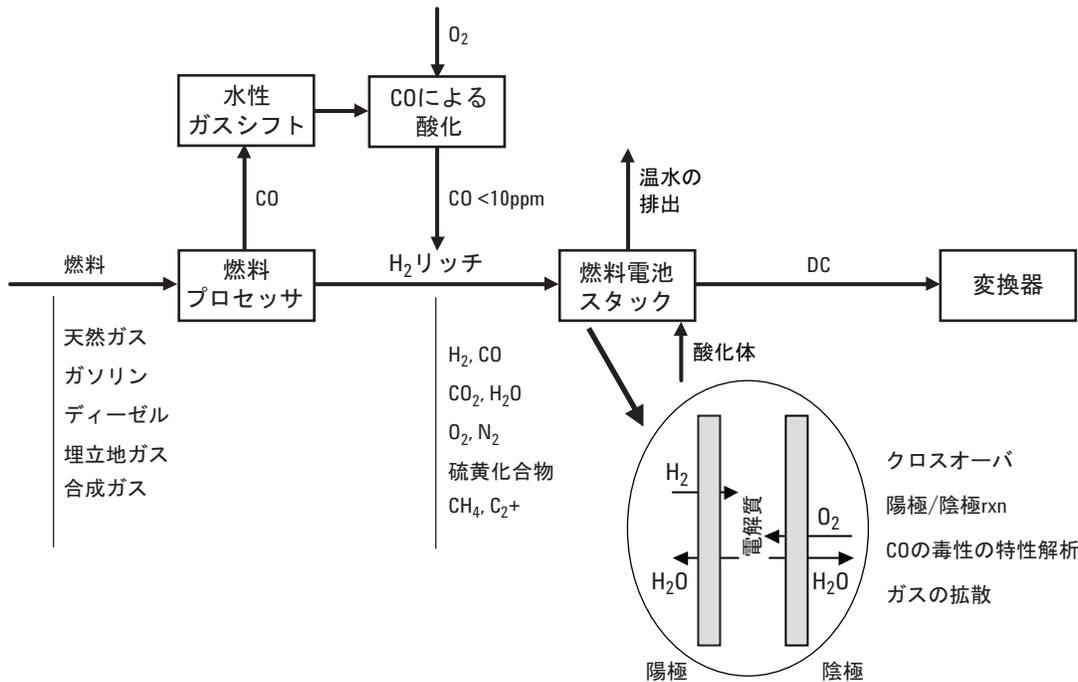


図1. 外部燃料プロセッサを使用した一般的な燃料電池システムの概要

# 実験

## RTGAの概要

RTGAシステムは、変更が加えられた5973Nマスペクトロメータ、専用のハードウェアガスインタフェースシステム、および制御ソフトウェアで構成されています。この2段階のガスインタフェースと制御/モニタリングソフトウェア(MS Sensor 2.0)は、Diablo Analytical, Inc. (1110 Burnett Ave., Suite C, Concord, CA 94520)によって開発されたものです。MS Sensor 2.0はAgilent MSD ChemStationソフトウェアをベースにしたRTGA専用ソフトウェアです。燃料電池ガスに関する性能強化のために、低ガウスの磁石と修正イオンソースコンポーネントなどの変更を5973Nに加えました。したがって、燃料電池の研究および開発に必要な濃度範囲で、水素およびその他の目的のガスの線形キャリブレーションが可能になります。

2段階のインタフェースの概略図を図2に示します。GC/MSシステムとは異なり、マスペクトロメータに入る前に化学構成成分の分離は行われません。マスペクトロメータのソースに入る物質の制御は、共通のクロスフィッティングに接続された高精度のサイズを持つ2つのオリフィスで構成される2段階のシステムによって管理されています。また、12L/分の前置ポンプと圧力トランスデューサもクロスに接続されています。オリフィスを簡単にサービス/交換できるように、また5973Nを排気しないのでプロセスを接続できるように、アイソレーションバルブが含まれています。マスペクトロメータと圧力トランスデューサは、それぞれLANとRS-232インタフェースによってPCに接続されています。

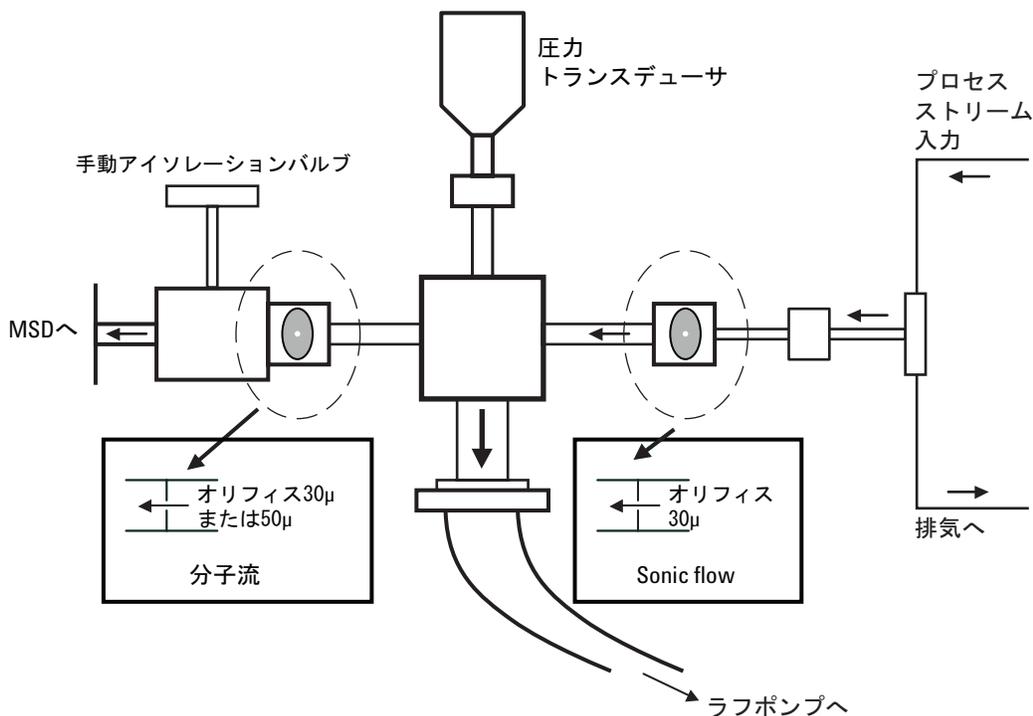


図2. 2段階のガスインタフェースシステムの図

圧力トランスデューサのキャリブレーションは、初期設定時に一度だけ必要です。これは、インタフェースとインタフェース前置ポンプ接続に対するプロセスガスの入口を覆い、5973N真空システムを使用して、インタフェースとトランスデューサを真空状態にして行います。次に、指定された操作方法に従って、トランスデューサのコントローラ/ディスプレイのフロントパネルからゼロ点を設定します。

操作中は、12L/分のポンプを使用し、第1段階のオリフィスを通じて、sonic flow条件下でプロセスガスが吸い出されます。30 $\mu$ のオリフィスを使用する場合は、システムの条件を満たすために25~30mL/分程度の流速が必要です。クロスはこの時点の圧力(ガスの組成とプロセスの注入口圧力によって異なる)は、オプションのキャパシタンスマノメータを使用してモニタできます。第2段階のオリフィスのサイズによって調整される少量の物質が、分子流条件下でマススペクトロメータのソースに入ります。

MS ChemStationソフトウェアをベースにしたカスタム制御ソフトウェアを使用して、イオンの選択、キャリブレーション、モニタを行います。定義済み信号のリアルタイムのモニタをサポートする最大で6個の表示ウィンドウに情報が表示されます(通常は、1つの化合物または化合物グループを代表するイオン)。データは、後でMicrosoft® Excelなどで処理できるようにCSVファイルにも送信されます。

システムのキャリブレーションは、ダイナミックブレンドリングシステムを使用して実行しました。このシステムについては、別紙[4]で詳細に説明しています。燃料電池ガスの標準は、目的の濃度範囲でキャリブレーションカーブを得るために、使用するときはその場で、ヘリウム、窒素、天然ガスなどのさまざまなマトリックスに希釈しました。ガス混合物はDCG Partnership (4170 A. Main, Pearland, TX 77581)から購入しました。

機器のハードウェアの詳細、動作条件、およびソフトウェアバージョンを表2に示します。RTGAインタフェースには、ヒーターアセンブリや圧力トランスデューサがない「Basicバージョン」もあります。

表2. RTGAの構成と条件

### リアルタイムガスアナライザ

マススペクトロメータ	5973N
ポンプ	拡張ターボ
イオン化モード	電子衝撃
質量範囲	1.6~800u (0.1uステップ)
分解能	1amu
ソース温度	230°C
四重極温度	150°C
標準スキャン範囲	1.6~50amu
しきい値	100
サンプル(2^)	4 (代表値)
チューニング(代表値)	Htune、カスタム
5973 ChemStationソフトウェア	G1701DA
<b>ガス注入口システム</b>	
第1段階のオリフィス	30 $\mu$
第2段階のオリフィス	30または50 $\mu$
前置ポンプ	Edwards 12l/分
注入口温度	100°C
圧力トランスデューサ	MKSキャパシタンスマノメータ
ヒーターアセンブリ	100 °C
温度コントローラ	Agilent 19265
プロセスストリーム(圧力)	大気圧
プロセスストリーム(流速)	30mL/分(最小値)
<b>ガス混合物</b>	
燃料電池混合物	50% H <sub>2</sub> 、10% CO <sub>2</sub> 、5% CH <sub>4</sub>
天然ガス	70% CH <sub>4</sub> 、9% C <sub>2</sub> 、6% C <sub>3</sub> 、 3% iC <sub>4</sub> 、3% nC <sub>4</sub> 、1% iC <sub>4</sub> 、 1% nC <sub>4</sub> 、1.5% CO <sub>2</sub>
その他のガス(純粋なガス)	H <sub>2</sub> 、O <sub>2</sub> 、N <sub>2</sub> 、CO <sub>2</sub> 、CO
<b>RTGAソフトウェア</b>	
オペレーティングシステム	Microsoft® Windows 2000
RTGA制御	Diablo MS Sensor 2.0

## 結果と考察

### 注入口の設定

ガスインタフェースは、段階1および段階2に、それぞれ30 $\mu$ および50 $\mu$ のオリフィスを使用して取り付けました。この組み合わせは、H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>などのほとんどの燃料電池ガスの約0.1~100%の濃度範囲に適しています。一般に、第2段階のオリフィスのサイズを30~50 $\mu$ にすると、パーセントレベルのガス分析に適した動作が得られます。微量レベルの分析では、第2段階のオリフィスを350 $\mu$ に変更できます。また、モニタしているプロセスで合計流速25~30mL/分が得られない場合は、第1段階のオリフィスを小さくして、遅い流速に対応することができます。

マススペクトロメータインタフェースに入るすべての物質はガス相になければなりません。場合によっては、このために、システムの上流に別のサンプル調整ハードウェア(気化器など)を追加して接続する必要があります。

圧力トランスデューサのレスポンスはガスのタイプに左右されません。ただし、オリフィスを通る流速、つまりクロス内の圧力は、粘度とプロセス注入口の圧力の差のために、ガスのタイプによって異なりま

す。これを図3に示します。この図では、一連のプロセス注入口圧力におけるHeとN<sub>2</sub>のクロス圧力をプロットしてあります。

マススペクトロメータのレスポンスはサンプルの圧力に依存するため、トランスデューサの圧力測定を使用して、特定のイオン信号を補正することができます。

これは、注入口プロセスの圧力が変動する場合、またはガスのキャリブレーションが非常に広い粘度範囲に渡る場合に有効です。圧力の表示値は、ソフトウェアでは、定義済みの化学質量( $m/z$ 値)と同様に処理されます。基本的なメソッドは、モニタする各成分固有の質量を表す定義済みのイオンと、圧力の表示値(必要な場合)で構成されています。たとえば、単純な圧力補正水素信号は、ソフトウェアで(Sig1.Raw)/(Sig2.Raw)として定義できます。ここで、Sig1は水素の質量、Sig2は圧力です。

MS Sensorソフトウェアを使用すると、カスタム計算、信号比、正規化、バックグラウンド補正などのために、任意の定義済み機器信号にユーザー定義の式をリアルタイムで適用できます。このため、特定のタスク向けにきわめて柔軟にメソッドをカスタマイズできます。

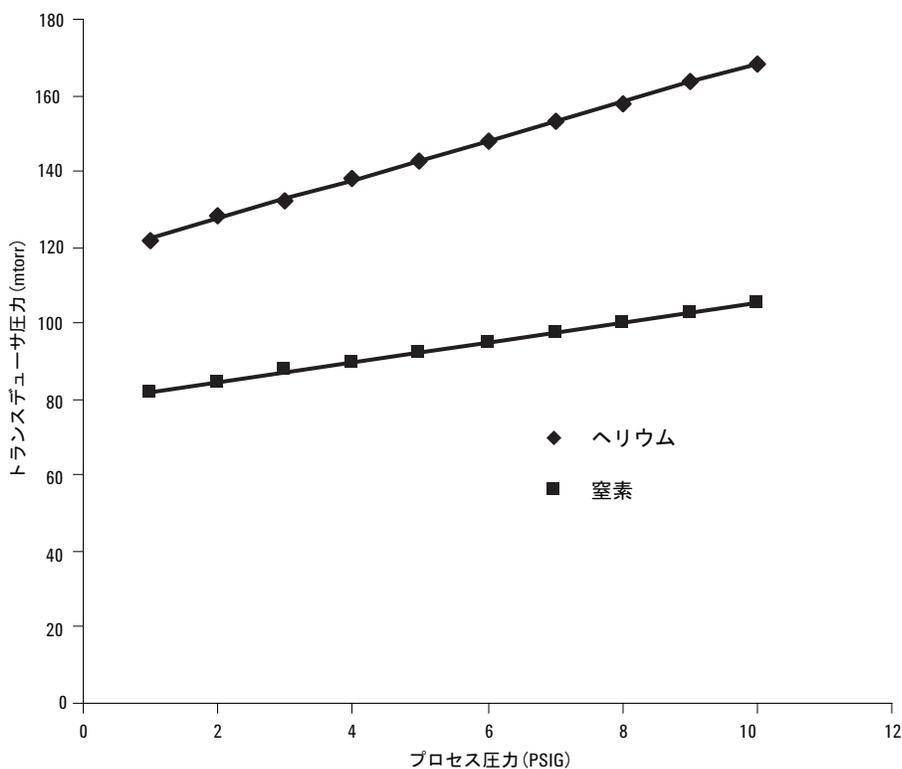


図3. ガスのタイプとプロセス圧力がクロス圧力に与える影響

## マススペクトロメータのチューニング

RTGAシステムでは、質量軸キャリブレーションや信号の最適化が簡単になる、自動化されたチューニング手順がいくつかあります。燃料電池アプリケーションに有効な3つのチューニングを次に示します。Atuneは汎用チューニングであり、システムを初めて設定したときや、ハードウェアメンテナンスの後などに適しています。一般的なすべての燃料電池ガス(水素や二酸化炭素から一般的な軽量硫黄化合物まで)の広い濃度範囲で最高の性能と線形性を得るためには、水素(Htune)を推奨します。水素レスポンスを最適化しないで250amuまでの質量範囲をカバーするためには、Ltuneを使用できます。一度チューニングした5973Nは、特定の動作条件セットおよび入力プロセスストリームにおいては、数週間または数か月毎に再チューニングする必要がありません。

アプリケーションの特定のニーズ(微量分析など)を満たすように、カスタムチューニングをユーザーが開発することもできます。カスタムチューニングは、1つの標準チューニングファイルのパラメータから開始することにより、5973Nソフトウェア内部から簡単に構成できます。

### チューニング 目的 ファイル

Atune	一般的なマススペクトロメータのチューニング(フルスキャン範囲)
Ltune	約250までの質量範囲用に最適化
Htune	水素とその他の燃料電池ガス用に最適化
Custom	アプリケーション用に最適化 (ユーザー開発)

## イオンモニタリング

主なソフトウェア機能であるリアルタイムの信号表示を図4に示します。ここでは、5つの信号を定義し、1つのウィンドウにプロットしてあります。個別の信号として定義されている質量は、 $H_2$ 、 $CH_4$ 、 $C_2-C_5$ 、エタン、 $C_3-C_5$ 、 $CO_2$ について、それぞれ2、16、27、30、43、44です。水素、メタン、エタン(質量30のほかの炭化水素からわずかな寄与)、および二酸化炭素については固有のイオンが存在しますが、 $C_2-C_5$ については、各炭化水素を示す固有の質量が得られないため、複合質量が必要です。この図は、燃料電池改質装置の供給側や出力側で見られる可能性のある多くの化合物を使用した一般的なアプリケーションについて説明することを目的としています。また、シミュレートしている水素の生成が始まったときに発生するステップの変化にも注意してください。このシステムでは、ほかの測定技術では見逃すことがあるプロセスの非常に迅速な変化を捕え、記録することができます。

一般的な燃料電池ガスに加えて、炭化水素のモニタリングは、変換パーセンテージのチェックや、MFCFCシステムへの炭素の堆積の可能性をモニタする場合などに有効です。

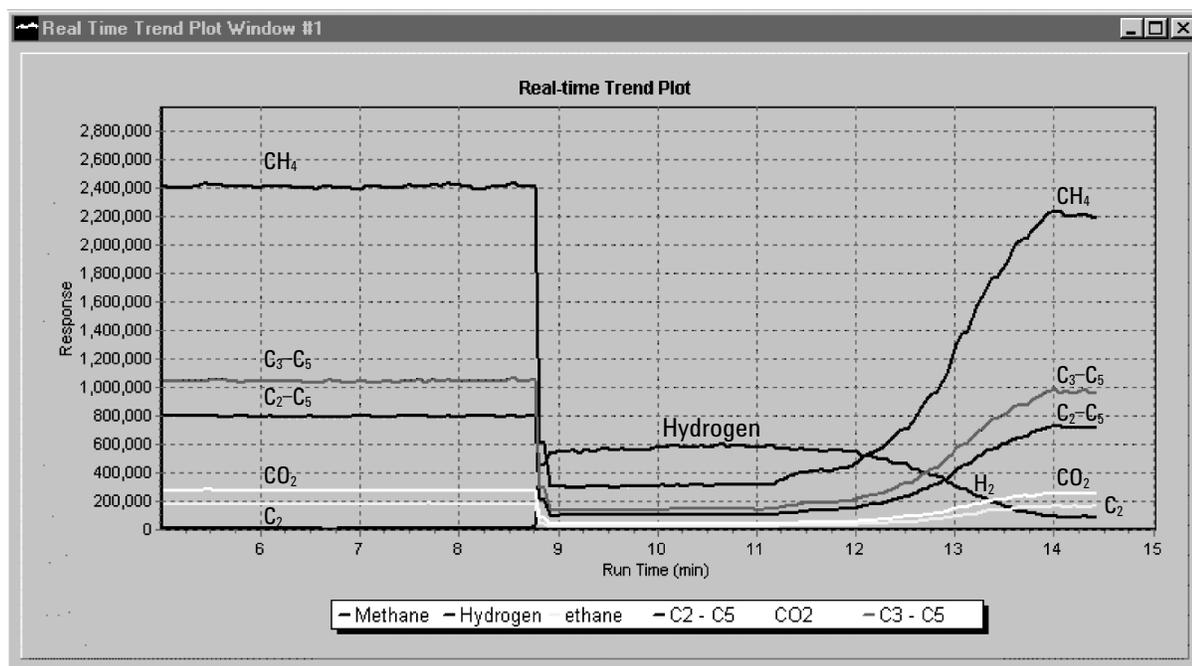


図4. 5つの信号のグラフィック表示:メタン、 $C_3-C_5$ 炭化水素、 $C_2-C_5$ 炭化水素、二酸化炭素、エタン、水素。スキャン範囲:12~46amu

## レスポンス速度

主に、特定の質量で信号の収集に費やした時間、メソッド内の質量の数、システムとプロセスとの接続に使用した距離とチューブのサイズの3つの変数によってシステムのレスポンスタイムが決まります。たとえば、パーセントレベルの範囲で存在することが予測される5つのイオン(スキャン範囲1.6～46amu)をモニタする一般的な燃料電池メソッドでは、摂動に対するレスポンスはRTGAによって数秒間で登録されます。ppmおよびppbレベルでの微量レベルの分析では、各質量でのデータ収集に長い時間が必要になり、新しいデータポイントの記録には5～45秒かかります。

## 信号キャリブレーション

ほとんどすべての場合、燃料電池開発の研究開発、プロトタイプ、またはパイロット段階で使用する可能性のある濃度範囲で、一般的な燃料電池ガスについて線形キャリブレーションを構築できます。このソフトウェアは、キャリブレーションプロセスが簡単になるように設計されています。特定の定義信号について、キャリブレーションランの一連のレスポンスと濃度をユーザーが入力します。次に、使用する線形方程式がソフトウェアによって計算されます。メタンのキャリブレーションの例を図5に示します。3ポイントキャリブレーションの量とレスポンスを、**Edit Signal**メニューの下に表示されるポップアップウィンドウに入力しました。線形方程式が計算され、この例のCH4信号に自動的に適用されます。このプロセスが各イオンについて繰り返されます。

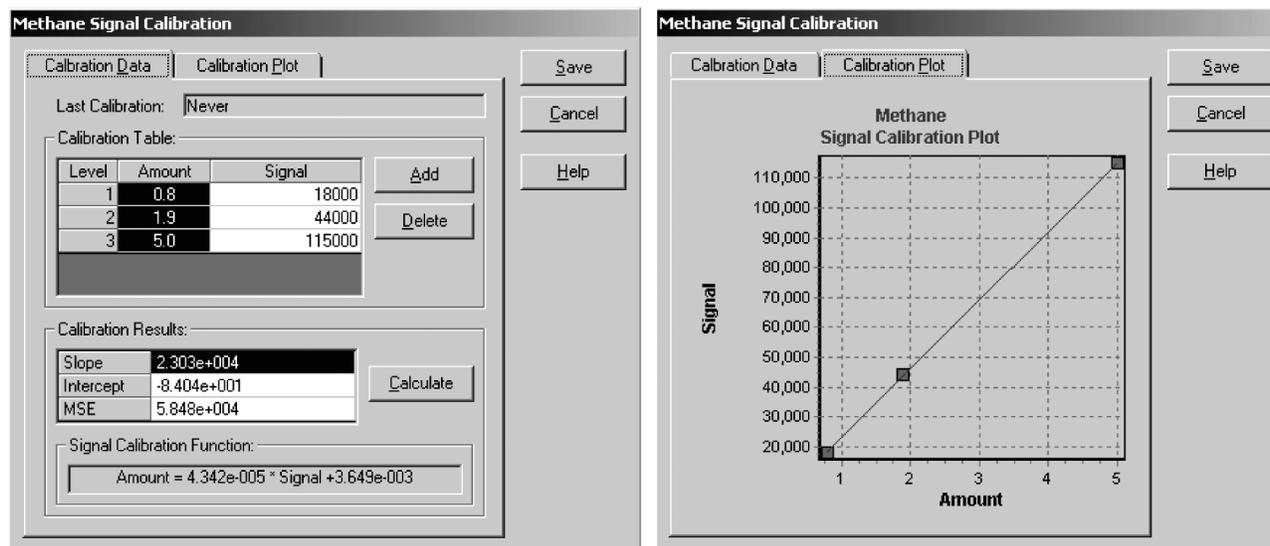


図5. システムキャリブレーション画面。燃料電池混合物中のメタン

## 一酸化炭素と窒素

1ppm以下のレベルの一酸化炭素は、燃料電池での触媒毒としてよく知られています。これに対し、たとえばPEM燃料電池システムの白金活性部位に対しては、水素が触媒毒です。窒素と一酸化炭素は質量がいずれも28であるため、RTGAを使用して区別することはできません。一酸化炭素には、28amuに小さいフラグメントイオンもあります。N<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>がない状態で実行したCOのキャリブレーションを図6に示します。99.999%のヘリウムストリームの測定で得られた質量28に存在するバックグラウンド信号は除外しました。ただし、現実的にはほとんどの状況で、N<sub>2</sub>またはCO<sub>2</sub>がある程度存在する可能性が大きく、RTGAは不適切です。このような場合は、90秒以内の分析時間で約1ppmまでのCOを定量できるAgilent 3000マイクロガスクロマトグラフを推奨します[5]。

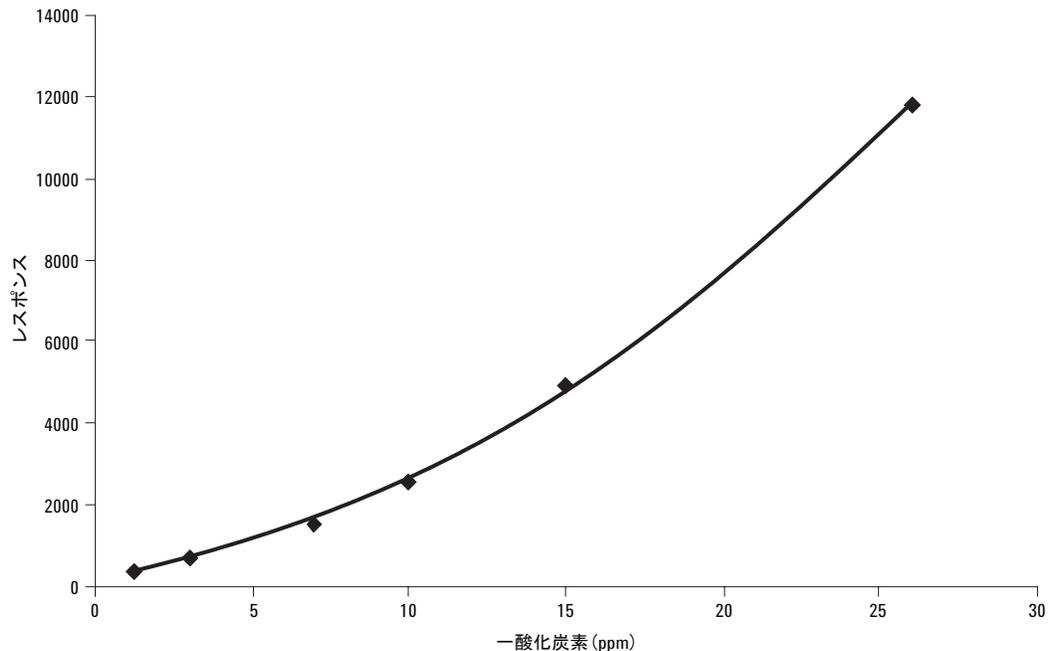


図6. N<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>がないストリームにおけるppmレベルの一酸化炭素。1.6~32amuのスキャン

## 性能およびキャリブレーション: H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>

定量情報の取得が簡単であれば、どのような化学測定システムも用途が広がり、性能が強化されます。プロセッサや電池スタックなどの燃料電池システムの研究では、定性的傾向に加えて定量的な化学分析が必要になります。電気化学反応ガスと希釈濃度を知っておくことは、燃料電池の開発作業のために非常に重要です。たとえば、酸化体の組成を適切な(またはそれ以上の)化学量論比に維持すると、燃料

電池の性能が向上します。窒素およびヘリウム中のH<sub>2</sub>のキャリブレーションプロットを、それぞれ図7および8に示します。いずれも広い濃度範囲において優れた線形性を示しており、前述の「信号キャリブレーション」の項で説明したように単純な2ポイントキャリブレーションを実行できることがわかります。相関係数は0.99を超えています。

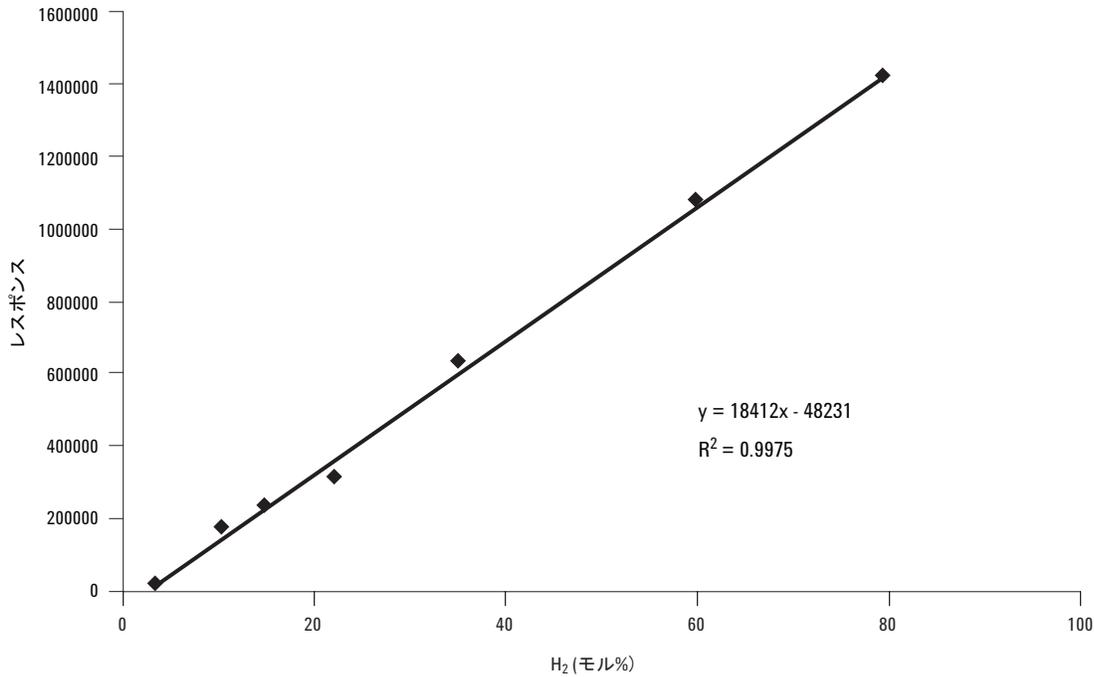


図7. 窒素で希釈した水素のキャリブレーション

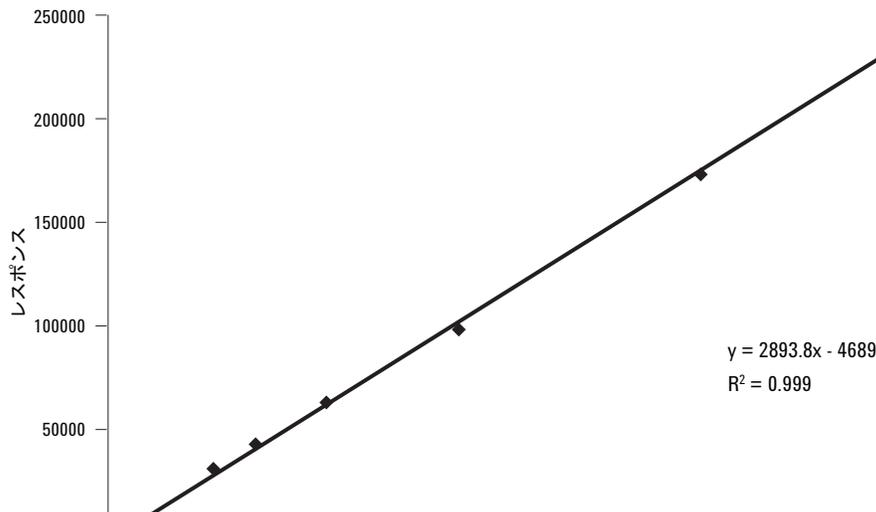


図8. ヘリウムで希釈した水素のキャリブレーション

濃度範囲2~20%のCO<sub>2</sub>のキャリブレーションプロットを図9に示します。二酸化炭素測定は、耐CO<sub>2</sub>アルカリ燃料電池システムの開発と、その他の燃料電池タイプの性能モニタリングの重要な要素になります。最後に、酸素、窒素、メタンのキャリブレーションをそれぞれ図10、11、12に示します。

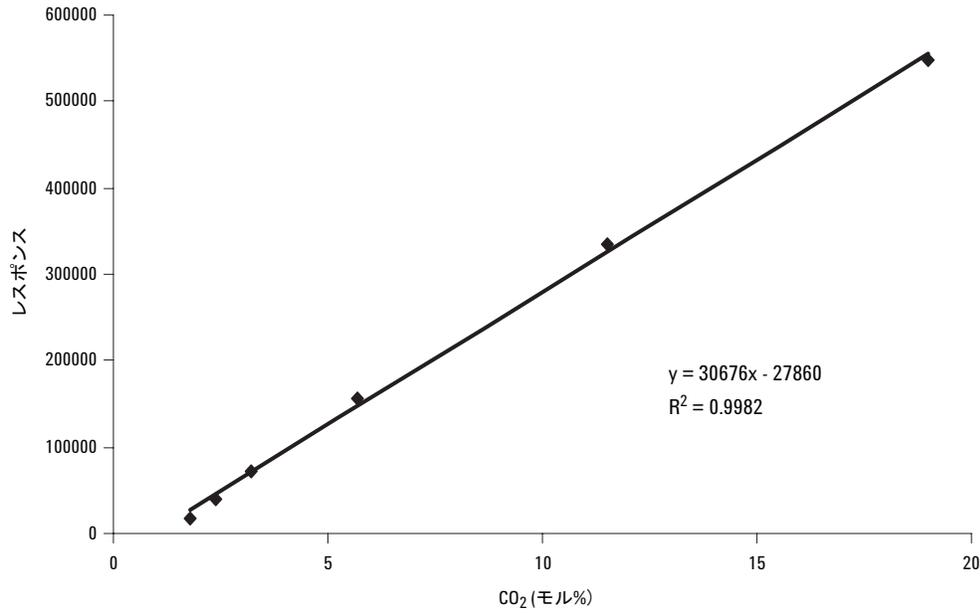


図9. 二酸化炭素のキャリブレーション。段階1および段階2のオリフィスは30μ。イオン44のモニタ

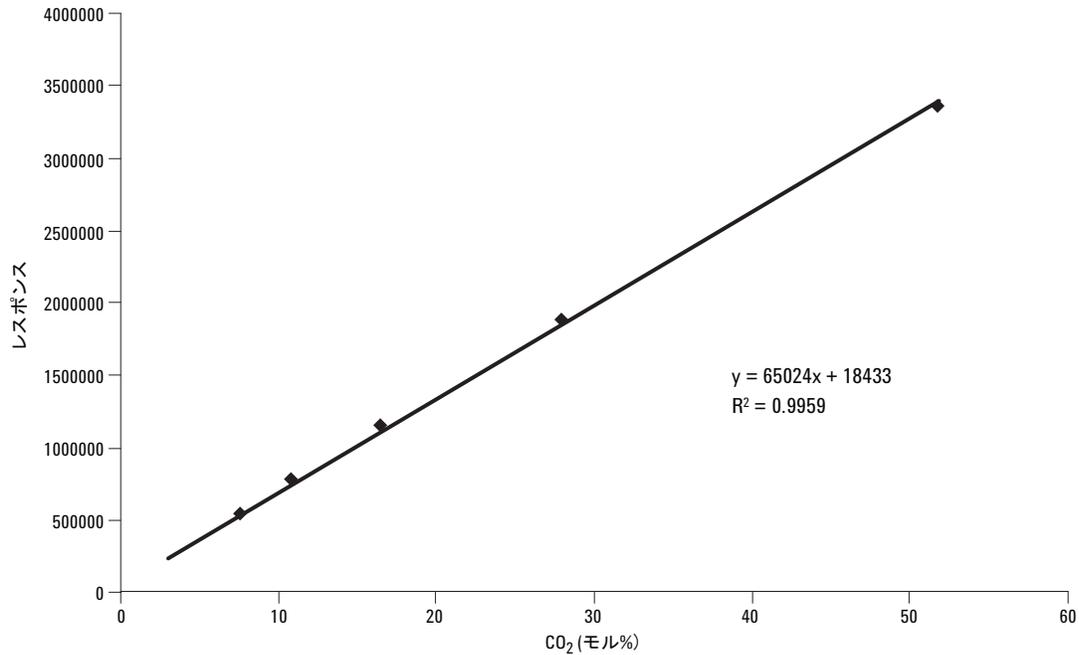


図10. ヘリウム中の酸素のキャリブレーション

これらのキャリブレーションは、いずれもプロットした濃度範囲においてかなりよい線形性を示しているため、2個のデータポイントだけを使用したガスのキャリブレーションが可能です。予測される濃度をキャリブレーション範囲が可能な限り表すように点を選択する必要があります。すべてのキャリブレーションは、1.6~46amuのスキャン範囲を使用して、自動化された燃料電池チューニングのマススペクトロメータパラメータを使用して行いました。バックグラウンド補正は適用しませんでした。

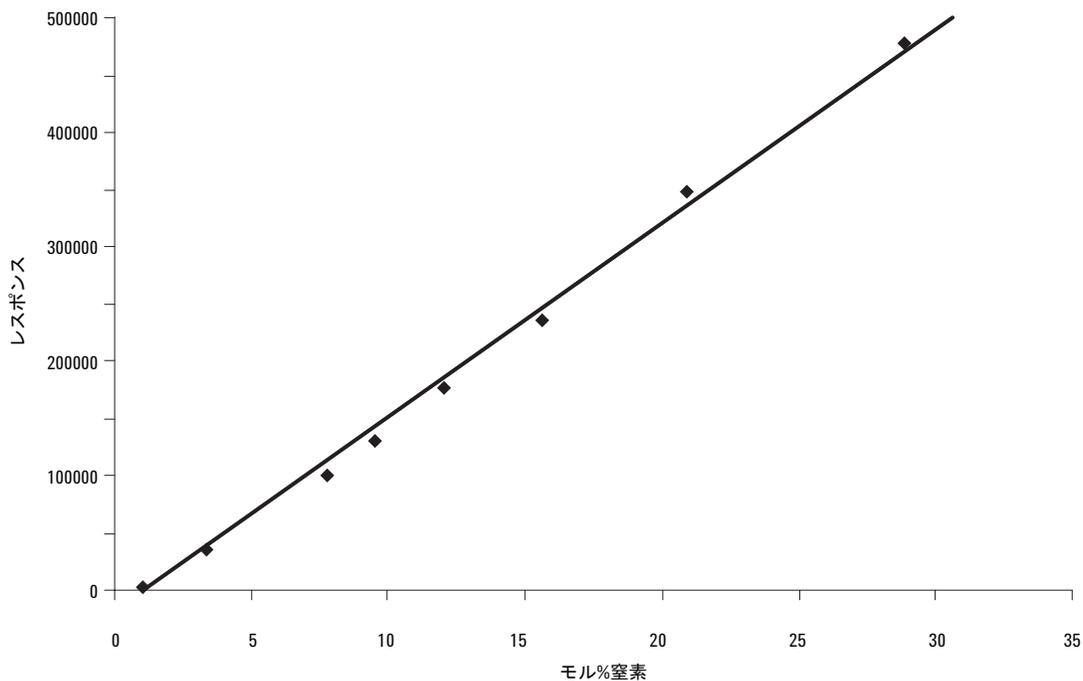


図11. 水素中の窒素のキャリブレーション

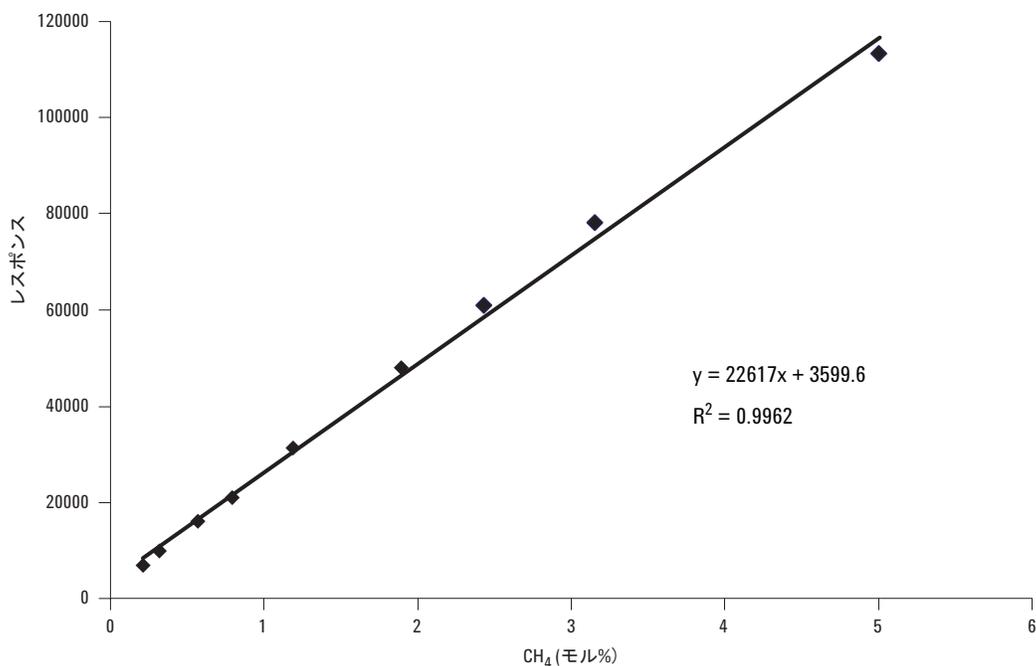


図12. 燃料電池混合物中のメタンのキャリブレーション

## 微量レベルの不純物の測定

特に硫黄を含む化合物の微量レベルの不純物のモニタリングと定量は、燃料電池およびそれに関連する触媒開発の研究における非常に重要な分野です。たとえば、燃料プロセッサに供給される天然ガス内に存在する臭気物質は、多くの場合、スチーム改質の前に、活性炭素層を使用して1ppmをかなり下回るレベルまで取り除く必要があります。これは別の文書の主題ですが、RTGAの概要を完成させるために、ここにも例を入れました。ppb範囲での代表的な実行能力を表すジメチルジサルファイドのキャリブレーションを図13に示します。実際の検出限界はマトリックスによって異なります。

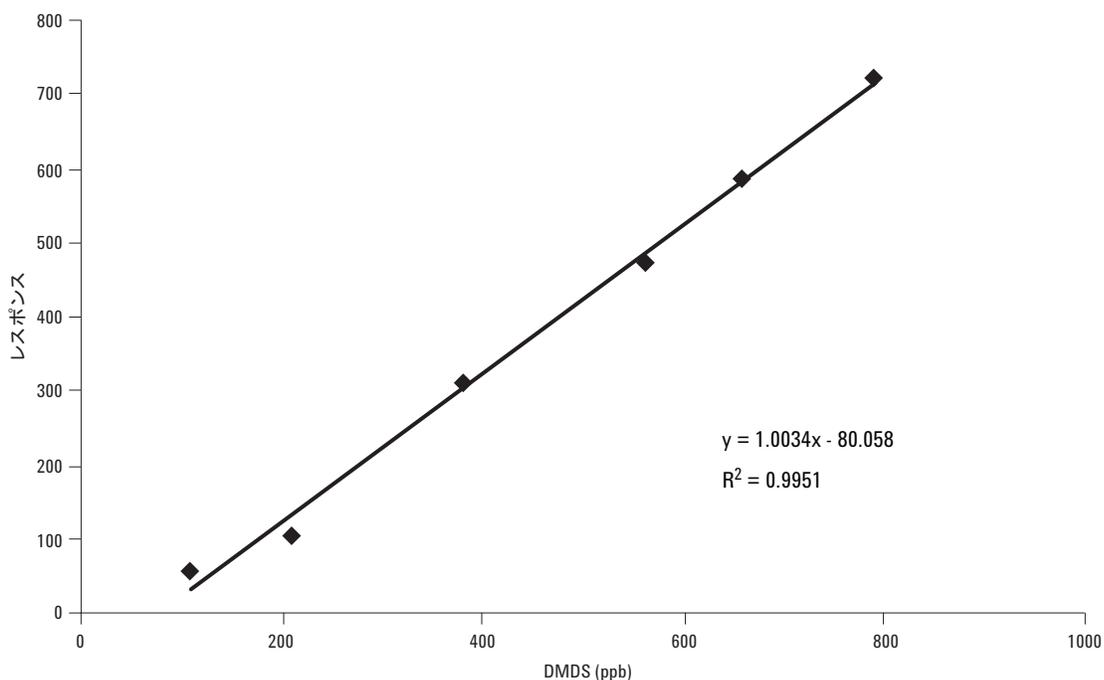


図13. ppbレベルでのジメチルジサルファイドのキャリブレーション。イオン94のモニタ。ヘリウムで希釈

## 結論

燃料電池の商用化に成功するための1つの重要な課題としてコストの削減があります。このため、燃料プロセッサの設計と触媒の最適化がますます注目されつつあります。すべての燃料電池および燃料プロセッサ技術で開発作業のレベルが強化され、この課題への対応を支援できるツールが使用されています。詳細な、リアルタイムの定性および定量化学分析は、燃料電池の開発と最適化に適用すると、強力なツールとなります。これは、供給される燃料、処理済みの燃料、改質装置の出力、部分酸化システムガス、および燃料電池スタックの電気化学反応ガスに適用されます。

RTGAは、燃料電池の継続的な化学モニタリングに対して、RGAでは不可能な、安定した信頼性の高い定量ソリューションを提供します。ppbレベルからパーセントレベルまでの広い濃度範囲で、燃料電池システムで使用される水素やその他のガスについて優れた線形性が得られるため、システムのキャリブレーションが簡単になります。化学的定性的傾向については、ソフトウェアメソッド画面で目的のイオンを選択するだけで、数分間のうちにRTGAシステムを実行できます。レスポンスタイムが2~5秒間のこのシステムは、ほかのモニタリング装置では見逃すことのある急速な遷移をモニタし、捕捉できます。

## 参考文献

1. 『Fuel Cell Handbook』、第5版、Business/Technology Books、Orinda、CA.
2. 『Fuel Cell Integration-A Study of the Impacts of Gas Quality and Impurities』、D.C. Dayton、M. Ratcliff、R. Bain、NREL、Golden、Colorado、2001年
3. 『Fuel Cell Systems Explained』、J. Larminie、A. Dicks、John Wiley & Sons、LTD、England、2002年
4. R. FirorおよびB. Quimby、『Automated Dynamic Blending System for the Agilent 6890 Gas Chromatograph: Low Level Sulfur Detection』、Agilentアプリケーションノート、出版番号5988-2465EN、2001年4月
5. M. Feeney、P. Larson、B. Wilson、『Agilent 3000マイクロガスクロマトグラフを使用した数秒間での燃料電池改質ガスの解析』、Agilentアプリケーションノート、出版番号5988-5296EN、2002年2月

## 詳細な情報

製品とサービスの詳細については、当社のWebサイト[www.agilent.com/chem](http://www.agilent.com/chem)にアクセスしてください。

Agilentは、本書に含まれる誤りや、本書の提供、性能、または使用に関連する偶発的または結果的な損傷については責任を負いません。

この出版物の情報、記述、および仕様は予告なく変更されることがあります。

Microsoft® ExcelおよびWindows 2000は、Microsoft Corporationの登録商標です。

© Agilent Technologies, Inc. 2002

Printed in the USA  
2002年6月18日  
5988-6283JAJP

