

## 水素キャリアガスおよび Agilent HydroInert イオン源を用いた GC/MS による PAH の 分析



### 著者

Bruce D. Quimby,  
Samuel Haddad, and  
Anastasia A. Andrianova  
Agilent Technologies, Inc.

### 概要

Agilent 8890 GC および Agilent 5977C GC/MSD を、水素オペレーションに最適化された新しいイオン源および水素キャリアガスと組み合わせて使用しました。Agilent HydroInert イオン源を、本アプリケーションノートに記載されているメソッドで使用すると、多環芳香族炭化水素 (PAH) の分析において 0.25 ~ 1,000 pg の全キャリブレーション範囲で優れたピーク形状、感度、直線性を実現できます。機器の構成および使用条件を適切に選択することによって、水素キャリアガスを用いたシステムで、ヘリウムガスを用いたシステムに匹敵するかそれ以上の結果を得ることができます。有機物濃度の高い土壌からの抽出物の繰り返し注入において、システムの精度と堅牢性が実証されました。

## はじめに

PAH は、分子中の環の間で共有される一対の炭素原子を持つ 2 個以上の縮合したベンゼン環で構成されている化合物のグループです。PAH には複数の発生源があるため、汚染物質として世界中に広く分布しています。PAH は至る所に存在しており、海産物、食用油、燻製肉などさまざまな食品で微量汚染物質としてモニタリングされます。また、空気、水、および土壌などの環境内でもモニタリングされます。PAH の分析には HPLC/UV、GC/FID、GC/MS、GC/MS/MS など複数の手法が用いられています。

本アプリケーションノートでは、GC キャリアガスとして水素を使用した、選択イオンモニタリング (SIM) モードでの GC/MS を取り上げます。一般的に GC/MS 分析用のキャリアガスとしてヘリウムが最適であると考えられていますが、ヘリウム不足の再発によりキャリアガスとして水素を使用するアプリケーションの需要が高まっています。GC/MS 分析に水素を用いる場合、いくつか考慮すべき事項があります。

第一に、水素は反応性ガスであり、注入口やカラム内、時には質量分析計の電子イオン化 (EI) イオン源内で化学反応が生じる可能性があります。重要なことは、GC/MS 内が高温度条件下である場合に分析成分と水素ガスとの化学反応の問題を起こさないようにすることです。

第二に、クリーンな水素ガスの信頼できるソースを使用することが大切です。長期間使用する場合は、純度が > 99.9999 % で、水と酸素についてはそれぞれ低濃度であることが仕様で示された発生装置を推奨します。水素発生装置とともに使用するためには水分フィルタを推奨します。短期間の使用には、クロマト

グラフィーまたは研究グレードの水素ボンベの使用が可能です。また、可燃性ガスや爆発性ガスを扱う全作業者が適切なガスの取り扱いおよび使用を含むラボ安全コースを受講することも推奨します。

加えて、GC/MS アプリケーションでは、水素キャリアガスに切り替えるときにガスクロマトグラフと質量分析計でハードウェアの変更が必要となる場合があります。『Agilent EI GC/MS Instrument Helium to Hydrogen Carrier Gas Conversion user guide』<sup>1</sup> (Agilent EI GC/MS 機器のヘリウムから水素キャリアガスへの切り替えのユーザーガイド) は、切り替えの手順を詳細に説明しています。この手順には、注入口ライナ、カラム、真空ポンプ、EI イオン源の選択も含まれています。クロマトグラフィー条件および注入溶媒の調整が必要となることもあります。

水素キャリアガスでみられる利点の 1 つは、EI イオン源のクリーニングの必要性が低減することです。分析中にイオン源へ低流量の水素を連続的に加える Agilent JetClean テクノロジーの使用時にも、同様の改善があります。<sup>2, 3, 4</sup> 水素キャリアガスの使用でよくみられる 2 つ目の利点は、クロマトグラフィー分離能を維持したまま分析時間を短縮できることです。

PAH は相対的に耐久性のある化合物であるため、本アプリケーションノートで説明する最適化されたメソッドを使用して推奨に従って実行することにより、水素キャリアガスでの分析が可能となります。今回取り組んだ PAH 分析の他の課題には、遅れて溶出する分析成分によく見られるピークテーリング、および全キャリアブレクション範囲での ISTD レスポンスの不一致が含まれます。HydroInert イオン源を用いた最適化されたメソッドによって、27 種すべての分析成分の各キャリアブレクション範囲

で  $R^2 \geq 0.999$  の優れた直線性が観察されました。27 種の分析成分のうち 18 種のキャリアブレクション範囲は 0.1 ~ 1,000 pg、8 種は 0.25 ~ 1,000 pg、1 種は 0.5 ~ 1,000 pg でした。メソッド検出下限 (MDL) は 0.03 ~ 0.20 pg の範囲で平均は 0.09 pg でした。

## 実験方法

この実験で使用したシステムは、PAH 分析において水素キャリアガスに伴う潜在的な問題を最小化するように構成しました。使用した重要なパラメータは次のとおりです。

- **水素ガス:** 99.9999 % 純度仕様の水素で、水および酸素がそれぞれ低濃度仕様のものでキャリアガスとして使用しました。
- **バルブスプリットレス注入:** 特に高沸点の PAH のカラムへの導入を最大化するために使用しました。
- **カラム寸法:** Agilent J&W DB-EUPAH、20 m × 内径 0.18 mm、0.14  $\mu$ m (部品番号 121-9627) を使用して最適なガス流量と注入口圧力を維持しました。
- **注入口ライナ:** Agilent ユニバーサルウルトラライナートミッドフリット付きライナ (部品番号 5190-5105) は土壌抽出物に対して良好なピーク形状、不活性度、長寿命を示すことが分かりました。
- **HydroInert EI イオン源:** PAH はヘリウムをキャリアガスとして使用した場合でも MS EI イオン源に対して特有の課題を提起します。<sup>2</sup> 水素キャリアガスでは通常、特に水素キャリア専用の HydroInert イオン源と使用した場合は、PAH での性能が向上します。9 mm エクストラクタレンズは標準で HydroInert イオン源に付属しており、最高の検量線直線性、レスポンス精度、ピーク形状を提供するため PAH 分析に最適な選択肢です。

図 1 に、今回の調査で使用したシステムの構成を示します。

機器の操作パラメータを表 1 および 2 に示します。機器の温度を十分な高さに保ち、最も沸点の高い PAH が残留しないようにする必要があります。注入口および MSD トランスファラインを 320 °C に保ちます。MS イオン源を 320 °C で運転します。

特に重い PAH のカラムへの導入を最大化するため、パルスドスプリットレス注入を使用します。ウルトライナートミッドフリット付きライナは今回のアプリケーションで良好に機能します。フリットによって熱が PAH に伝わり、注入口底部に直接接触しなくなります。PAH が注入口底部で凝結すると、PAH の気化とカラムへの導入が難しくなります。

Agilent PAH アナライザキャリブレーションキット (部品番号 G3440-85009) をイソオクタンで希釈して、PAH キャリブレーション標準を調製しました。このキットには 27 種の PAH の原液 10 µg/mL と 5 種の ISTD の原液 50 µg/mL が含まれます。12 のキャリブレーションレベル (0.1、0.25、0.5、1、2、10、20、100、200、400、750、1,000 ng/mL) を用意しました。各レベルに ISTD 500 ng/mL も含まれていました。化合物の同定については、表 2 および図 2 を参照してください。すべての定量測定は Agilent MassHunter Quantitative Analysis ソフトウェアバージョン 11.1 を使用して実施されました。

市販の表土サンプル (Weaver Mulch、コーツヴィル、ペンシルベニア州、米国) を 120 °C で一晩乾燥させました。乾燥土 5 g をジクロロメタン/アセトン (1:1 v/v) 30 mL 用いて一晩攪拌し、抽出しました。抽出物をろ過し、ろ液を蒸発させて容量を 7.5 倍濃縮しました。生成された抽出物を堅牢性の実験に使用しました。

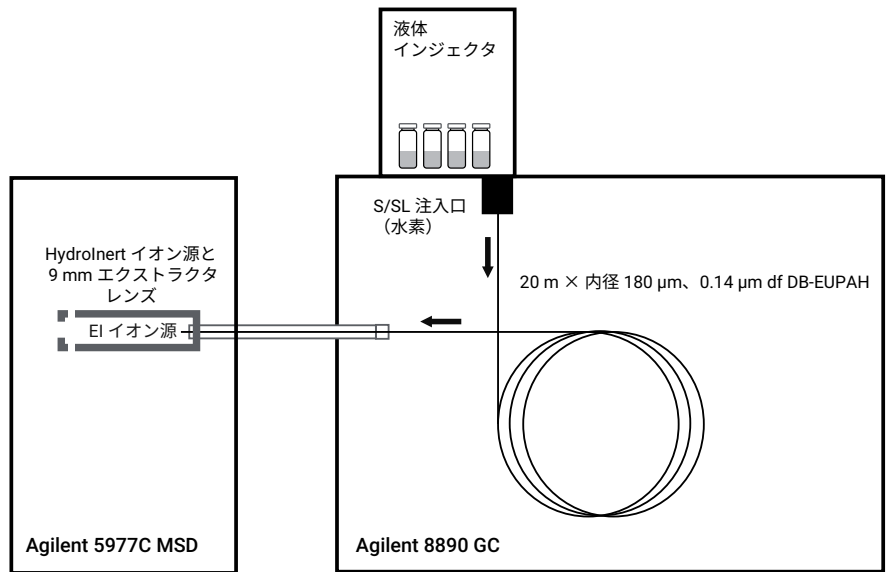


図 1. システム構成

表 1. PAH 分析用の GC および MS 条件

メソッドパラメータ	
注入口	EPC スプリット/スプリットレス
モード	パルスドスプリットレス
注入パルス圧力	40 psi、0.70 分まで
スプリットベントへのパージ流量	0.75 分で 50 mL/min
注入量	1 µL
注入口温度	320 °C
注入口ライナ	Agilent ユニバーサルウルトライナートミッドフリット付きライナ (部品番号 5190-5105)
カラム	Agilent J&W DB-EUPAH、20 m × 0.18 mm、0.14 µm (部品番号 121-9627)
カラム温度プログラム	60 °C (1 分間保持) 25 °C /min で 200 °C まで 10 °C /min で 335 °C まで (6 分間保持) トータル分析時間: 20 分
キャリアガスと流量	H <sub>2</sub> 、0.9 mL/min 定流量
MSD	Hydrolnert 9 mm
トランスファライン温度	320 °C
イオン源温度	320 °C
四重極温度	150 °C
EM 電圧ゲインモード	3
モード	SIM
チューニング	ETUNE.U

堅牢性テストで使用する土壌抽出物には、システムでの測定が難しい高マトリックスが含まれるものを意図的に選びました。なお、このようなレベルの有機物を含む土壌の場合、ルーチン分析では追加のサンプルクリーンアップを検討する必要があります。今回の調査で使用したサンプル前処理法はテストのみを目的としています。また、抽出溶媒（1:1 v/v ジクロロメタン/アセトン）は、水素キャリアガスを用いたルーチン分析用には推奨しません。ジクロロメタンなどのハロゲンを含む溶剤は高温の注入ポートで水素と反応する可能性があり、低濃度の HCl を形成し、経時的にライナやカラムヘッドを劣化させることがあるためです。

表 2. 定量および定性に用いる SIM イオン

名前	RT (分)	定量イオン	確認イオン 1	確認イオン 2	確認イオン 3
ナフタレン-d <sub>8</sub>	4.068	136	134	108	
ナフタレン	4.089	128	127	129	102
1-メチルナフタレン	4.681	142	141	115	139
2-メチルナフタレン	4.833	142	141	115	143
ピフェニル	5.215	154	153	76	155
2,6-ジメチルナフタレン	5.236	156	141	155	115
アセナフチレン	5.761	152	151	153	76
アセナフテン-d <sub>10</sub>	5.851	164	80		
アセナフテン	5.889	153	154	151	155
2,3,5-トリメチルナフタレン	6.075	170	155	169	153
フルオレン	6.380	166	165	163	167
ジベンゾチオフェン	7.424	184	185	139	152
フェナントレン-d <sub>10</sub>	7.552	188	189		
フェナントレン	7.585	178	179	177	152
アントラセン	7.625	178	179	177	152
1-メチルフェナントレン	8.438	192	191	193	190
フルオランテン	9.529	202	203	201	101
ピレン	10.060	202	203	201	101
ベンゾ[a]アントラセン	12.611	228	226	229	114
クリセン-d <sub>12</sub>	12.731	240	236		
クリセン	12.794	228	226	229	114
ベンゾ[b]フルオランテン	15.058	252	126		
ベンゾ[k]フルオランテン	15.114	252	126		
ベンゾ[j]フルオランテン	15.181	252	126		
ベンゾ[e]ピレン	15.821	252	253	126	250
ベンゾ[a]ピレン	15.927	252	253	250	126
ペリレン-d <sub>12</sub>	16.133	264	260		
ペリレン	16.191	252	253	126	250
ジベンズ[a,c]アントラセン	18.020	278	279	139	138
ジベンズ[a,h]アントラセン	18.093	278	279	139	138
インデノ[1,2,3-cd]ピレン	18.093	276	138	277	137
ベンゾ[ghi]ペリレン	18.655	276	138	277	137

## 結果と考察

### 初回キャリブレーション

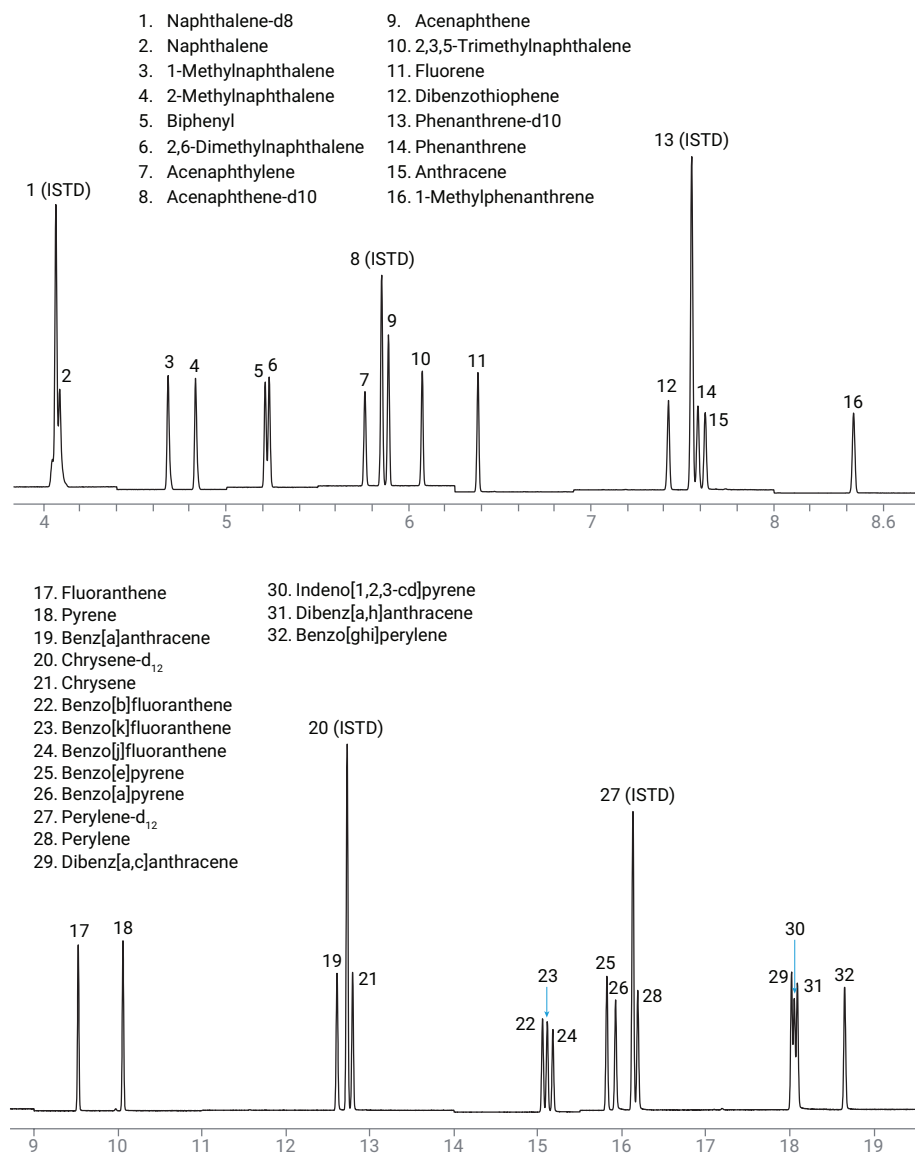


図 2. 100 pg/μL キャリブレーション標準と 500 pg/μL ISTD の SIM TIC

図 2 に 100 pg/μL キャリブレーション標準と 500 pg/μL ISTD の SIM TIC を示します。今回の調査で使用したパラメータを用いると、特に遅く溶出する PAH でピーク形状が優れています。例外として、パルス注入の使用のためにいくらか歪んだナフタレン-d8 とナフタレンの最初の 2 つのピークがあります。一般的に、HydroInert イオン源は水素キャリアガスの使用時に PAH で最高のピーク形状を提供します。また、今回のセットアップで得られたクロマトグラフィー分離能は、ヘリウムで得られる分離能よりも高くなっています。<sup>2</sup> 分析時間はヘリウムメソッドでは 26 分ですが、水素キャリアガスとより径の小さいカラムとの組み合わせによって今回のメソッドでの分析時間は 20 分です。ヘリウムメソッドと同じ分離能を維持したまま、今回のメソッドでは分析時間を短くできました。ただし、この 20 分メソッド条件は、ジベンズ[a,c]アントラセン、インデノ[1,2,3-cd]ピレン、ジベンズ[a,h]アントラセンで最高の分離能が得られるように選択されたものでした。

また、HydroInert イオン源の使用により、優れた S/N 比がもたらされ、図 3 に示されるように、キャリブレーション範囲をサブピコグラムレベルにまで拡張できました。

27 種の分析成分のうち 18 種は 0.1 ~ 1,000 pg のキャリブレーションに十分なシグナルがありました。8 種は 0.25 ~ 1,000 pg でキャリブレーションしました。唯一、2-メチルナフタレンのみが 0.5 ~ 1,000 pg でのキャリブレーションが必要でした。表 3 に、0.1 ~ 1,000 pg の 12 のレベルによるシステムのキャリブレーション結果を示します。すべての分析成分が範囲全体で優れた直線性を示しています。

必要に応じて、相対標準誤差 (RSE) の値を使用し、RSE 値 < 20 % を達成するように最小キャリブレーション点の削除をします。すべてのキャリブレーションで R<sup>2</sup> 値は 0.999 以上でした。

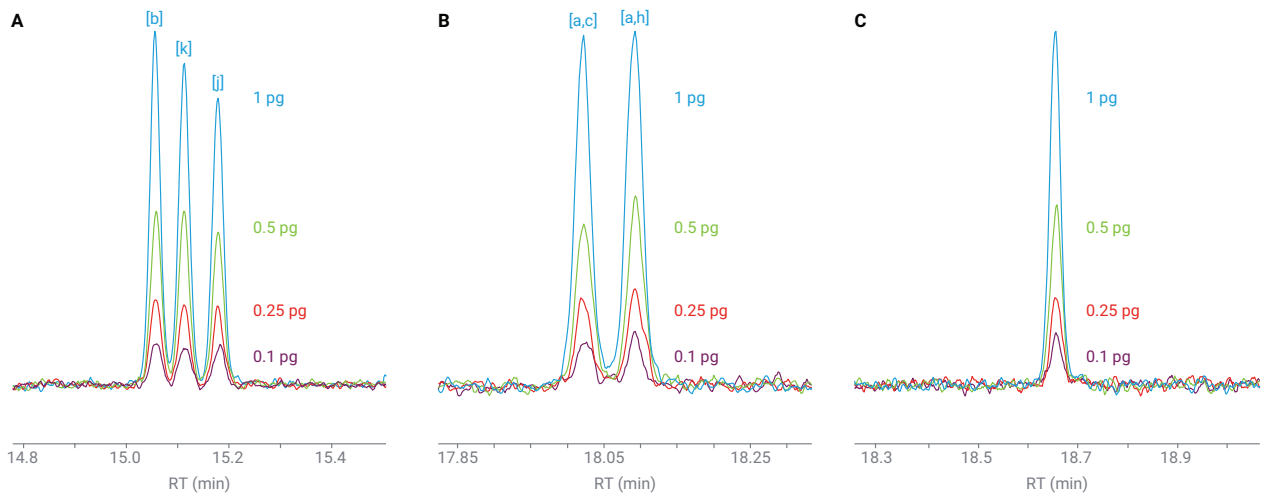


図 3. 最低濃度レベルでの選択化合物の定量イオンのレスポンス。(A) ベンゾフルオランテンの [b]、[k]、および [j] 異性体。(B) ジベンゾアントラセンの [a,c] および [a,h] 異性体。(c) ベンゾ[ghi]ペリレン

### メソッド検出下限

初期キャリブレーションが完了した後に、MDL を調べました。0.25 pg キャリブレーション標準を用いて 8 回分析しました。式 1 に示される計算式を適用することによって MDL を求めました。下限がより大きい化合物の場合は、0.5 pg の濃度で 8 回分析しました。表 3 に、計算された MDL を示します。27 種の化合物の MDL は 0.03 ~ 0.20 pg でした。

#### 式 1.MDL の計算式

$$MDL = s \times t(n - 1, 1 - \alpha = 99) = s \times 2.998$$

ここで、

$t(n - 1, 1 - \alpha) =$  自由度  $n - 1$  で信頼度 99% の場合の  $t$  の値

$n =$  分析回数 (8)

$s =$  8 回の分析の標準偏差

### キャリブレーション範囲での ISTD レスポンスの安定性

PAH の分析にヘリウムキャリアガスと標準の 3 mm エクストラクタレンズを使用した場合に生じる問題の 1 つは、分析成分の濃度が高くなるにつれて ISTD のレスポンスが上昇することです。この効果が原因で、ペリレン- $d_{12}$  のレスポンスがキャリブレーション範囲にわたって 60% も増大し、定量で大きな誤差が生じる可能性があります。以前に、JetClean と 9 mm エクストラクタレンズを使用してこの問題に対処しています。<sup>3, 4</sup> JetClean を使用し、ヘリウムをキャリアガスとして使用するものですが、水素を通常 0.2 ~ 0.35 mL/min の範囲の流量でイオン源に連続的に加えます。この方法によって、ISTD のクリープ効果が大幅に低減され、優れた定量結果が得られます。

図 4 に、現行メソッドによるキャリブレーション範囲での ISTD レスポンスの安定性を示します。図 4 から、水素キャリアガスを HydroInert イオン源と 9 mm エクストラクタレンズとで使用することによっても、ISTD のクリープレスポンス問題が除かれることが分かります。全キャリブレーション範囲で生の面積レスポンスの %RSD はすべて 3.3% 以下でした。このことは、表 3 に示す優れたキャリブレーションの直線性の達成において重要な要素です。

表 3. 0.1 ~ 1,000 pg 範囲にわたる 12 濃度レベルの SIM モードでの ISTD キャリブレーションの結果。  
すべてのキャリブレーションが重み付け 1/x で線形適合されました。

名前	RT (分)	CF 下限 (pg)	CF 上限 (pg)	CF R <sup>2</sup>	相対標準誤差	平均 RF RSD	MDL の濃度 (pg)	MDL (pg)
<b>ナフタレン-d<sub>8</sub> [ISTD]</b>	<b>4.068</b>	<b>ISTD</b>						
ナフタレン	4.089	0.1	1,000	0.9998	5.7	23.0	0.50	0.19
1-メチルナフタレン	4.681	0.25	1,000	0.9992	11.4	4.8	0.50	0.06
2-メチルナフタレン	4.833	0.5	1,000	0.9992	10.9	7.6	0.50	0.07
ビフェニル	5.215	0.25	1,000	0.9991	11.1	9.7	0.50	0.18
2,6-ジメチルナフタレン	5.236	0.25	1,000	0.9989	12.8	5.4	0.50	0.07
アセナフチレン	5.761	0.25	1,000	0.9999	6.6	4.3	0.50	0.06
<b>アセナフテン-d<sub>10</sub> [ISTD]</b>	<b>5.851</b>	<b>ISTD</b>						
アセナフテン	5.889	0.25	1,000	0.9995	8.7	7.4	0.25	0.14
2,3,5-トリメチルナフタレン	6.075	0.25	1,000	0.9997	13.8	12.6	0.50	0.20
フルオレン	6.380	0.25	1,000	0.9996	10.0	5.0	0.25	0.05
ジベンゾチオフェン	7.424	0.1	1,000	0.9998	7.6	16.9	0.25	0.09
<b>フェナントレン-d<sub>10</sub> [ISTD]</b>	<b>7.552</b>	<b>ISTD</b>						
フェナントレン	7.585	0.25	1,000	0.9998	6.2	5.3	0.25	0.10
アントラセン	7.625	0.1	1,000	0.9998	15.1	17.3	0.25	0.16
1-メチルフェナントレン	8.438	0.1	1,000	0.9996	8.5	4.9	0.25	0.10
フルオランテン	9.529	0.1	1,000	0.9994	11.6	10.7	0.25	0.03
ピレン	10.060	0.1	1,000	0.9993	11.3	16.4	0.25	0.06
ベンゾ[a]アントラセン	12.611	0.1	1,000	0.9998	8.3	19.8	0.25	0.03
<b>クリセン-d<sub>12</sub> [ISTD]</b>	<b>12.731</b>	<b>ISTD</b>						
クリセン	12.794	0.1	1,000	0.9999	6.2	19.3	0.25	0.06
ベンゾ[b]フルオランテン	15.058	0.1	1,000	0.9990	11.4	16.2	0.25	0.05
ベンゾ[k]フルオランテン	15.114	0.1	1,000	0.9993	13.1	18.5	0.25	0.06
ベンゾ[j]フルオランテン	15.181	0.1	1,000	0.9994	10.6	18.4	0.25	0.06
ベンゾ[e]ピレン	15.821	0.1	1,000	0.9996	9.3	16.2	0.25	0.09
ベンゾ[a]ピレン	15.927	0.1	1,000	0.9998	8.2	4.7	0.25	0.05
<b>ベリレン-d<sub>12</sub> [ISTD]</b>	<b>16.133</b>	<b>ISTD</b>						
ベリレン	16.191	0.1	1,000	0.9999	5.2	55.6	0.25	0.12
ジベンズ[a,c]アントラセン	18.020	0.1	1,000	0.9997	6.3	14.3	0.25	0.06
ジベンズ[a,h]アントラセン	18.093	0.1	1,000	0.9997	7.0	11.6	0.25	0.07
インデノ[1,2,3-cd]ピレン	18.093	0.1	1,000	0.9993	10.9	9.2	0.25	0.08
ベンゾ[ghij]ベリレン	18.655	0.1	1,000	0.9997	9.4	11.0	0.25	0.14

### 土壌抽出物におけるレスポンスの安定性

図 5 に、土壌抽出物のスキャン TIC と比較のための溶媒ブランクのスキャン TIC を示します。図から分かるように、土壌抽出物には非常に高いレベルのマトリックスが含まれており、システムを検証するために土壌抽出物を選択しました。なお、有機物含有量がこのレベルの土壌の場合、ルーチン分析では追加のサンプルクリーンアップを推奨します。今回の調査で使用したサンプル前処理法はテストのみを目的としています。また、抽出溶媒（1:1 v/v ジクロロメタン/アセトン）は、水素キャリアアガスをを用いたルーチン分析用には推奨しません。ジクロロメタンなどのハロゲンを含む溶剤は高温の注入ポートで水素と反応する可能性があり、低濃度の HCl を形成し、経時的にライナやカラムヘッドを劣化させることがあるためです。

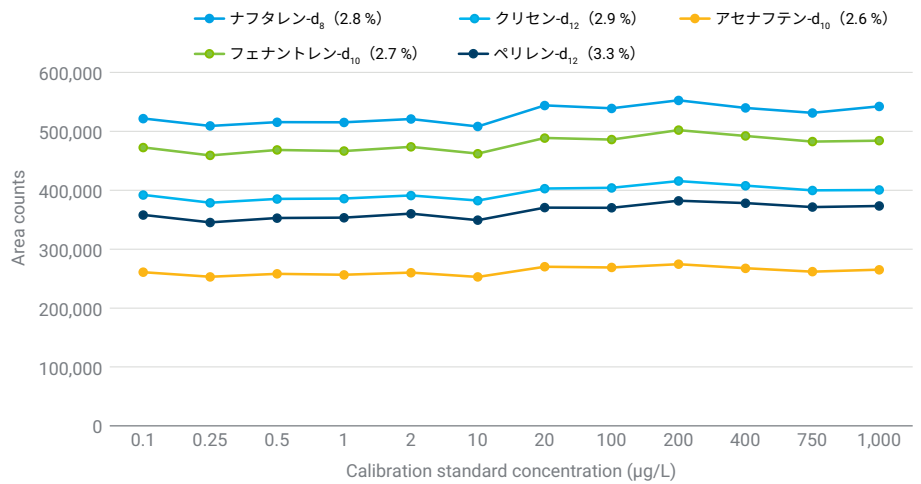


図 4. キャリブレーション範囲での ISTD レスポンスの安定性

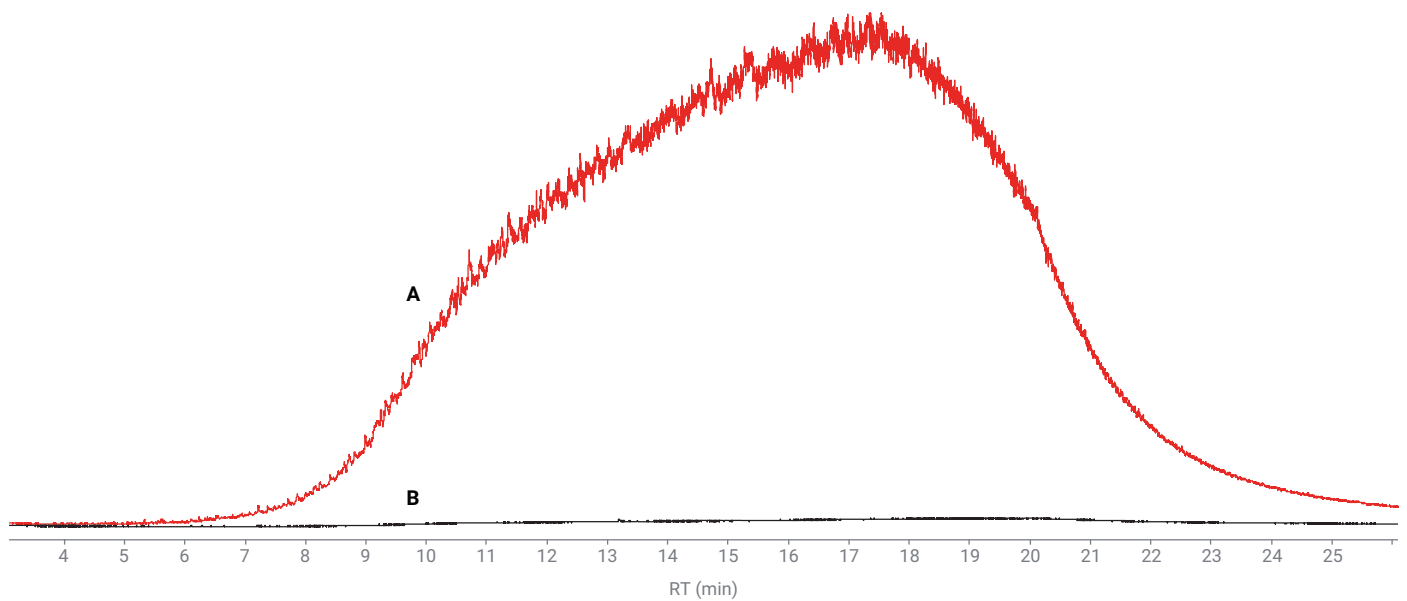


図 5. (A) 土壌抽出物のスキャン TIC。(B) 比較用の溶媒ブランクのスキャン TIC



図 6 に、100 ppb の PAH 標準と 500 ppb の ISTD を添加した土壌抽出物の SIM TIC を示します。この SIM TIC が示すように、土壌マトリックスはいくつかの時間セグメントでバックグラウンドシグナルに大きな影響を与え、最も悪い影響が最後のセグメントに現れています。定量に適していることを示すために、抽出された SIM 276 イオン（ベンゾ[g,h,i]ペリレンの定量イオン）もプロットしています。

図 7 は添加済み土壌抽出物中の PAH について測定した濃度のレスポンス安定性を示しています。100 回注入テスト中に GC 注入口またはカラムのメンテナンスは不要でした。キーワードを使用してシーケンスする間、15 回分析ごとにエレクtronマルチプライアのゲイン曲線を自動的に更新しました。図 7 に示すように、100 回の注入にわたって結果は安定していました。すべての化合物の測定濃度は 92 ~ 131 pg の範囲に収まりました。

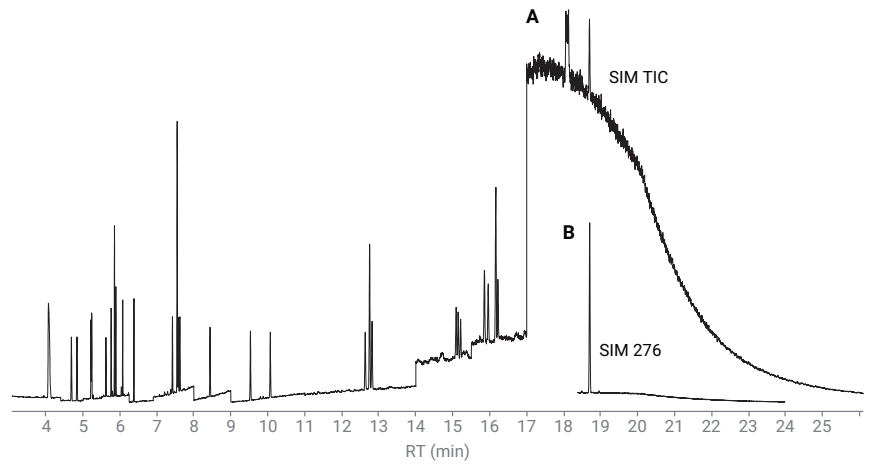


図 6. 100 ppb PAH 標準と 500 ppb ISTD が添加された土壌抽出物。(A) SIM TIC。  
(B) SIM 276、ベンゾ[g,h,i]ペリレンの定量イオン

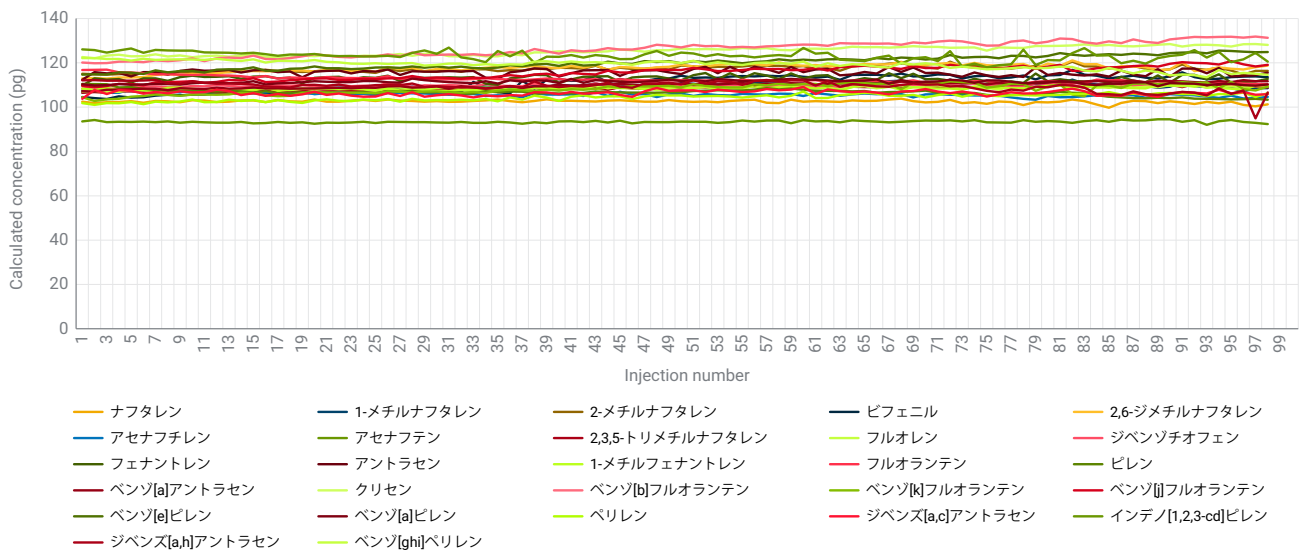


図 7. 100 pg PAH 標準および 500 pg ISTD が添加された土壌マトリックスの 100 回注入にわたっての算出濃度の安定性

## 結論

水素キャリアガスと Agilent HydroInert イオン源を使用した GC/MS メソッドを紹介し、次に示すように従来のヘリウムメソッドを超える複数の利点を説明しました。

- テーリングが皆無またはわずかしかない優れたクロマトグラフィーピーク形状
- ヘリウム使用の場合に匹敵またはより良好な MDL および線形性
- より短い分析時間でより良好なクロマトグラフィー分離能
- 4 桁の全キャリブレーション範囲で安定性のある ISTD レスポンス
- < 1 ~ 1,000 pg にわたっての優れた直線性
- およそ 0.1 pg の平均 MDL
- 分析が難しい土壌抽出物の 100 回注入にわたっての優れた性能

PAH 分析において、より持続可能な水素キャリアガスへの切り替えを目指すラボは、HydroInert イオン源と 9 mm エクストラクタレンズを用いて同等またはより良好な性能への移行を実現できます。

## 参考文献

1. Agilent EI GC/MS Instrument Helium to Hydrogen Carrier Gas Conversion. *Agilent Technologies user guide*, publication number 5994-2312EN, **2022**. <https://www.agilent.com/cs/library/usermanuals/public/user-guide-coverting-ei-gcms-instruments-5994-2312en-agilent.pdf>
2. Andrianova, A. A.; Quimby, B. D. 測定困難なマトリックスにおける PAH の GC/MS 分析の最適化. *Agilent Technologies application note*, publication number 5994-0499JAJP, **2019**.
3. Anderson, K. A. *et al.* Modified Ion Source Triple Quadrupole Mass Spectrometer Gas Chromatograph for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *J. Chromatogr.A* **2015**, 1419, Pages 89–98.
4. Quimby, B. D.; Prest, H. F.; Szelewski, M. J.; Freed, M. K. In-Situ Conditioning in Mass Spectrometer Systems. US Patent 8,378,293, **2013**.

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。

DE82649723

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2023

Printed in Japan, February 14, 2023

5994-5711JAJP