

Agilent 8697 ヘッドスペースサンプリングと 8850 GC-FID システムによる 医薬品業界向け残留溶媒分析

著者

Jie Zhang
Agilent Technologies
(Shanghai) Co. Ltd.

概要

医薬品の有効成分（API）の製造プロセスでは、最終製品に溶媒が残留する場合があります。規制の要件により、生産者は残留溶媒のレベルを監視・管理する必要があります。この研究では、Agilent 8850 ガスクロマトグラフィー（GC）システムと Agilent 8697 ヘッドスペースサンプリングを組み合わせて、USP メソッド <467> に準拠した残留溶媒分析を実施しました。システム性能については、ヘリウムと水素の両方のキャリアガスを使用して、検出能、分離能、適格性評価精度、定量精度の観点から検証しました。

はじめに

医薬品業界における残留溶媒は、原薬や賦形剤の合成に使用される有機揮発性化合物です。製造溶媒には治療効果はなく、収率の向上や、結晶形、純度、溶解度などの特性決定に用いられます。製品が原材料/製品仕様書、品質に基づく要件、および GMP (Good Manufacturing Practice) に規定された規制要件に適合することを保証するために、溶媒はできる限り完全に除去する必要があります。医薬品業界で使用される溶媒は 3 つのクラスに分けられます。ICH Q3C は、各クラスの特定の溶媒について、医薬品および栄養補助食品における一般的な許容量を定めています。¹ USP メソッド <467> には、残留溶媒の分析手順が記載されています。² すべてのクラス 1 溶媒と、大半のクラス 2 溶媒を同定・確認可能です。また、補完的固定相を持つ 2 つの GC カラムで濃度限度値試験を適用できます。

GC は、成熟した分析技法として、中間生成物や API、賦形剤に含まれる残留溶媒をモニタリングするために、オフラインまたはアットラインのプロセス管理環境で広く使用されています。製造工程のモニタリングには、通常、分析 1 種類に対して GC ユニット 1 台が割り当てられます。この専用 GC で分析されるサンプルは、確立された製造ラインから供給されるもので、既知の特性を示します。専用 GC で測定することにより、1 つの GC でさまざまなプロセスからの多様なサンプルを扱わなければならないシナリオと比べ、GC が損傷する可能性を最小限に抑えることができます。これが、この「メソッド/製品 1 つに対して GC 1 台」のアプローチにより、製造ラインのスムーズな稼働を確保できる理由です。製品の歩留まり向上と新しい製造ラインの確立が最重要事項ですが、ラボの限られたスペースに収まる専用 GC ユニットの数には限度があります。コンパクトな 8850 GC はこの問題の緩和に役立ちます。この革新的な GC システムは、従来の Agilent 6850 GC の設計を進化させたもので、Agilent 8890 プラットフォームの最先端を行くアーキテクチャ設計を取り入れています。8850 GC の特長は、そのコンパクトなサイズ（注入口、検出器、

カラムを 1 つずつ備えたシングルチャンネル構成）、迅速な加熱と冷却、インテリジェントな診断・メンテナンス機能、8890 GC に匹敵する優れた性能です。これらの特性から、信頼性の高い、堅牢な機器からの速やかなフィードバックを要求される医薬品プロセスの制御に、8850 GC は最適な選択肢と言えます。以下の研究では、プロセス制御を USP メソッド <467> に準拠した残留溶媒分析に、8850 GC と 8697 ヘッドスペースサンブラを組み合わせて使用しました。USP <467> の手順 A と手順 B は、水素とヘリウムの両方のキャリアガスを用いて調査しました。アジレントのメソッドトランスレータにより、ヘリウムと水素の間で手順を変換するプロセスが大幅に簡略化されました。その応用についても示しています。

実験手法

機器とソフトウェア

8850 GC にはスプリット/スプリットレス注入口 (S/SL) と水素炎イオン化検出器 (FID) を搭載しました。また、サンプリングには、8697 ヘッドスペースサンブラを使用しました。データは Agilent OpenLab CDS バージョン 2.8 で収集しました。クラス 1 溶媒の S/N の計算には、6-シグマノイズを使用しました。

化学物質

ヘッドスペースグレードのジメチルスルホキシド (DMSO) (99.9 %) は Sigma-Aldrich で購入しました。超純水は Milli-Q EQ 7000 超純水装置で採取しました。クラス 1 (p/n 5190-0490)、クラス 2A (p/n 5190-0492)、およびクラス 2B (p/n 5190-0513) 溶媒用の残留溶媒標準液は、アジレントから入手しました。メチルイソブチルケトン (MIBK)、シクロペンチルメチルエーテル (CPME)、tert-ブタノール (TBA)、クメンの 4 種類の単一標準は Alta Scientific Co. Ltd. から購入しました。

サンプル前処理

残留溶媒サンプルの前処理は、USP <467> プロトコルに従って実行しました (図 1)。3 種類の溶媒標準混合物を希釈し、各溶媒の濃度限度で標準溶液を作りました。MIBK、TBA、CPME、クメンは、クラス 1 とクラス 2 の最初の標準混合液には含まれていません。これらについては、DMSO で特定の濃度に調製し、濃度限度まで希釈されたクラス 2A 溶液にスパイクしました。

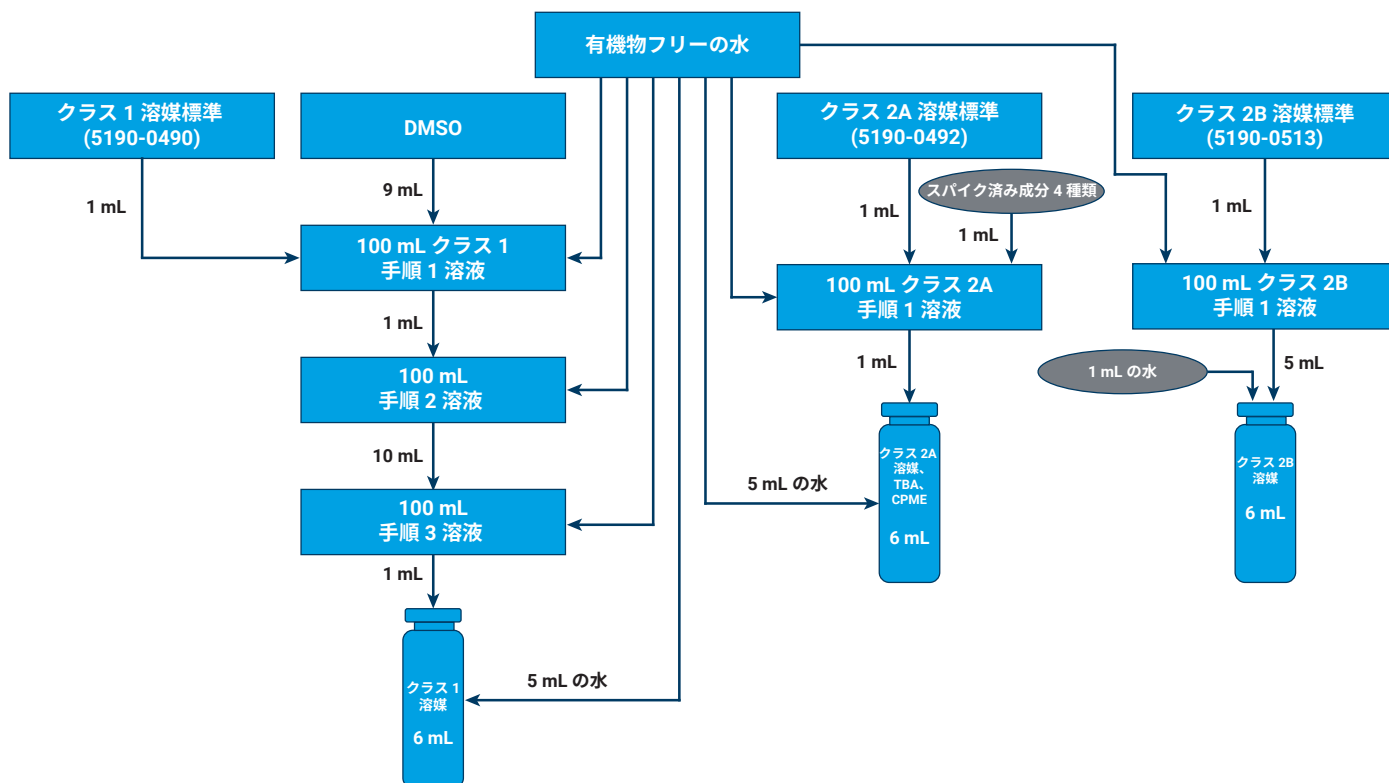


図 1. USP メソッド <467> に準拠したクラス 1 およびクラス 2 溶媒の試験標準の前処理

機器条件と消耗品

表 1. Agilent 8850 GC および Agilent 8697 ヘッドスペースサンプラの分析パラメータ

パラメータ	値
Agilent 8850 GC	
注入口	140 °C、スプリットモード
注入口ライナ	2 mm、スプリットレス、ストレート、不活性化 (p/n 5181-8818)
スプリット比	10:1
キャリアガス	He と H ₂
カラム流量	定流量モード He : 2 mL/min、H ₂ : 2.5 mL/min
手順 A のカラム 1	Agilent J&W DB-Select 624 UI <467>、30 m × 0.32 mm、1.8 μm (p/n 100-2000、カスタマイズした 5 インチカラム)
手順 B のカラム 2	Agilent J&W DB-WAX UI、30 m × 0.32 mm、0.25 μm (p/n 123-7032UIE)
オープンプログラム	He : 40 °C (5 分間保持) ~ 18 °C /min で 180 °C (5 分間保持) H ₂ : 40 °C (3.6 分間保持) ~ 25 °C /min で 180 °C (3.6 分間保持)
FID 温度	250 °C
空気	400 mL/min
H ₂	30 mL/min
メイクアップ (N ₂)	25 mL/min
データレート	10 Hz

パラメータ	値
Agilent 8697 ヘッドスペースサンプラ	
サンプルループ	1 mL
ヘッドスペースオープン温度	85 °C
ループ温度	85 °C
トランスファーライン温度	100 °C
バイアル平衡化時間	40 min
バイアルのサイズ	20 mL
バイアル攪拌	レベル 2 (振とう 25 回/min)
バイアル充填モード	デフォルト
バイアル充填圧力	15 psi
加圧ガス	窒素
圧力平衡化時間	0.1 min
ループ昇圧速度	20 psi/min
最終ループ圧力	4 psi
ループ平衡化時間	0.05 min

結果と考察

USP <467> 標準に記載された同定手順および要件に従って、残留溶媒分析に使用する 8697 ヘッドスペースサンブラ/8850 GC システムの性能を検証しました。手順 A は G43 タイプの固定相で行いました。この研究では、手順 A の分析に Agilent J&W DB-Select 624 UI の 5 インチフォーマットを使用しました。合計 32 種類の溶媒が濃度限度で分析されました。その中で、2 種類の溶媒 (CPME と TBA) が ICH Q3C (R8) に従って、クラス 2 溶媒リストに追加されましたが、USP <467> ではまだ正式に認められていません。USP <467> は、手順 A でテストサンプル溶液のいずれかのピークのレスポンスがクラス 1 またはクラス 2 標準溶液の対応ピークのレスポンス以上である場合には、手順 B を行ってそのピークの同一性を確認するように求めています。手順 B で使用するカラム固定相は、補完的な同定を目的としており、手順 A で使用したものとは異なります。手順 B では、USP <467> が推奨する G16 に相当する固定相である Agilent J&W DB-WAX UI カラムの 5 インチフォーマットを使用しました。手順 A と B の分析要件は以下のとおりです。

手順 A システム適合性試験：

- クラス 1 標準溶液中の 1,1,1-トリクロロエタンの S/N が 5 以上であること。
- クラス 1 システム適合性溶液中の各ピークの S/N が 3 以上であること。
- クラス 2 混合液 A 標準溶液中のアセトニトリルと塩化メチレンの分離度が 1.0 以上であること。

手順 B システム適合性試験：

- クラス 1 標準溶液中のベンゼンの S/N が 5 以上であること。
- クラス 1 システム適合性溶液中の各ピークの S/N が 3 以上であること。
- クラス 2 混合液 A 標準溶液中の MIBK と *cis*-1,2-ジクロロエテンの分離度が 1.0 以上であること。

He キャリアガスを使ったクラス 1 およびクラス 2 残留溶媒の分析

クラス 1 溶媒は、許容できない毒性、または環境に有害な影響を持ち、その許容限度はクラス 2A および 2B 溶媒と比べて最も低いです。図 2 に、手順 A と手順 B におけるクラス 1 溶媒のクロマトグラムを示します。クロマトグラムには、1,1,1-トリクロロエタン、ベンゼン、および四塩化炭素 (クラス 1 溶媒の中で最もレスポンスの低い化合物) に対応する S/N が記載されています。

クラス 2 溶媒の分析では、アセトニトリルと塩化メチレンの間の分離度は 3.3 で、溶媒スクリーニングの分離度のしきい値である 1.0 を上回っています。MIBK/CPME と *m*-キシレン/*p*-キシレンは、手順 A では共溶出し、手順 B では十分に分離された 2 組の化合物ペアです (図 3)。手順 B における MIBK と *cis*-1,2-ジクロロエテンの分離度は 4.0 を超えています。手順 B では、アセトニトリルが MIBK と *cis*-1,2-ジクロロエテンの間で溶出しました。アセトニトリルのピークは、MIBK のピークの直前にありました。USP <467> は、ターゲット溶媒の分析において、各溶媒のペア間の分離度が 1.0 以上であることを要求していますが、アセトニトリルと MIBK で達成された分離度は 1.9 で、この要件を十分に満たしました。

試験が行われた限界濃度での溶媒のレスポンスは、クロマトグラム内で様々でした。その原因は、水と空気間の化合物分配係数の定数、溶媒それぞれに固有のレスポンスファクタ、個々の濃度限度の違いにありました。試験溶媒のうち、メタノールとアセトニトリルは分配係数の定数 (K) が高く、ヘッドスペースガス相への蒸発が少なくなり、その結果、FID で検出されたピークが非常に小さくなりました。ニトロメタンのレスポンスファクタは低く、ピーク面積も非常に小さいです。濃度限度でのレスポンスが低い溶媒は、レスポンスの高い溶媒に比べて面積 %RSD が大きくなる傾向があり、これはメソッド精度の結果に現れています。

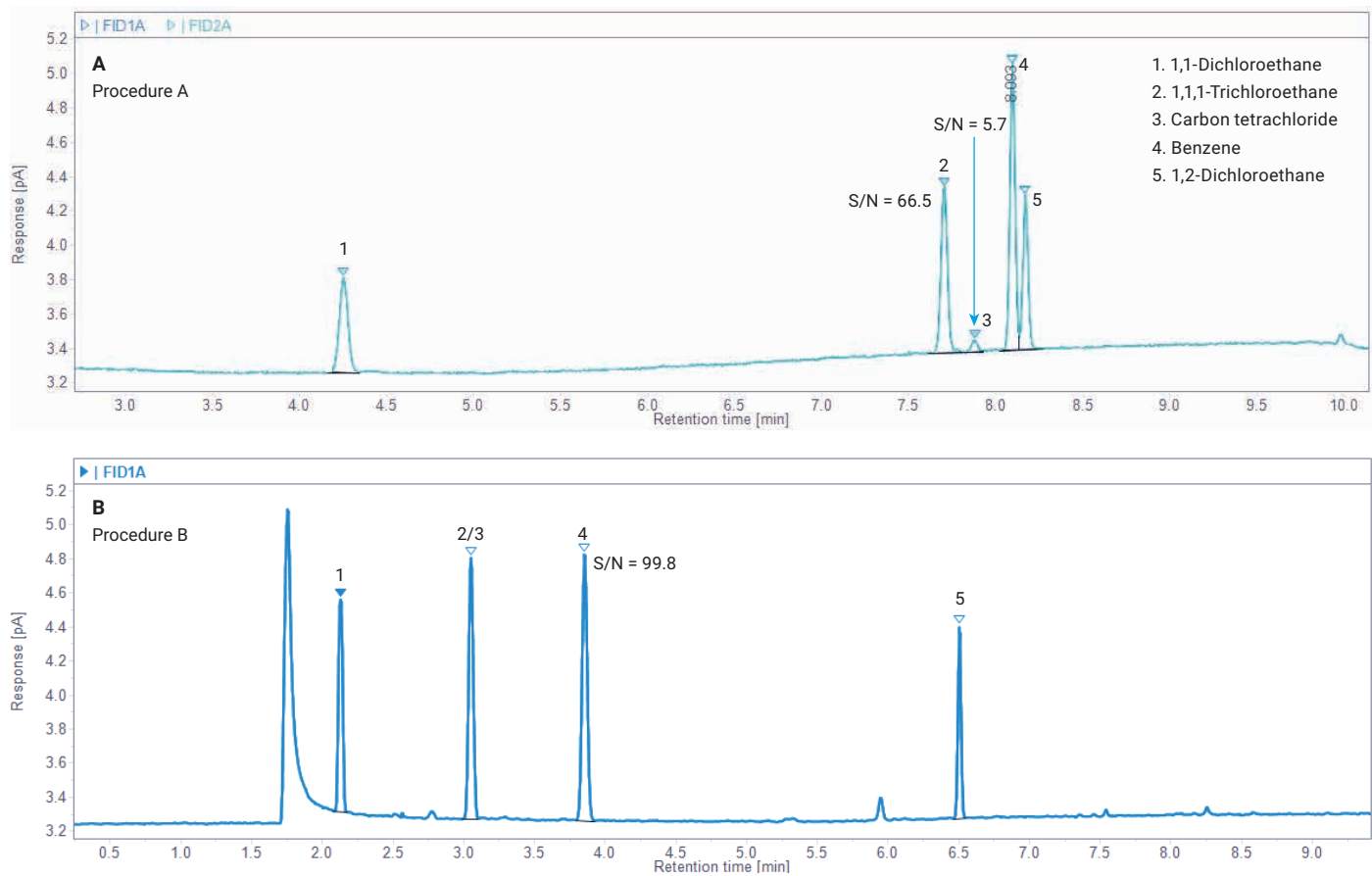


図 2. ヘリウムを用いた手順 A および B で同定されたクラス 1 溶媒

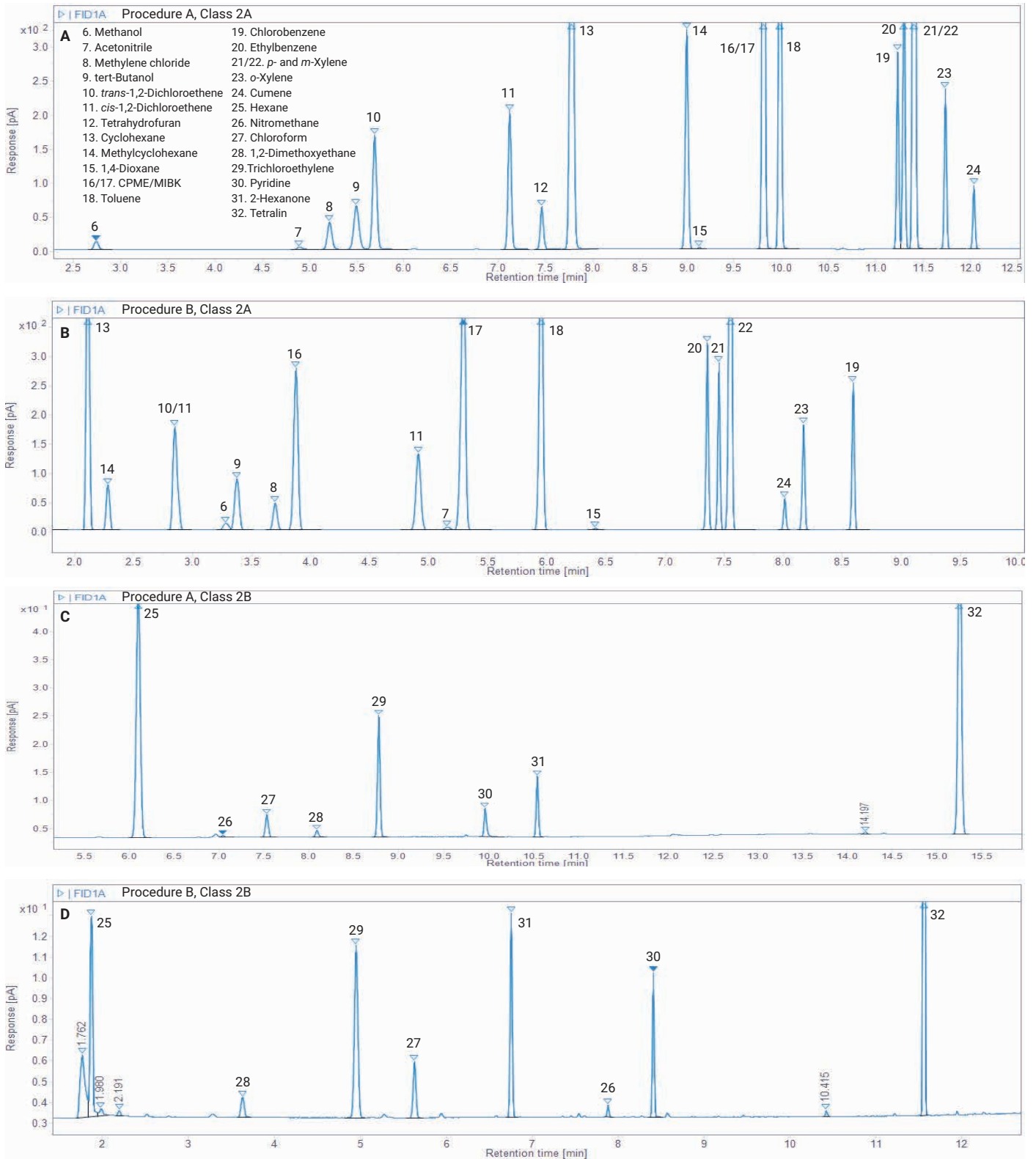


図 3. ヘリウムキャリアガスを用いた手順 A (Agilent DB-624 Select UI <467> カラム) および手順 B (Agilent DB-WAX UI カラム) で同定されたクラス 2A およびクラス 2B 溶媒

ヘリウムメソッドの精度は、手順 A および B における限界濃度のクラス 1 およびクラス 2 標準溶液の 6 回連続注入に基づいて評価しました。面積 %RSD は、手順 A では 0.65 % ~ 3.46 %、平均 1.78 %、手順 B では 0.60 % ~ 3.30 %、平均 1.85 % でした (図 4)。3.0 % を超える面積 %RSD を示した化合物は、手順 A の四塩化炭素 (3.46 %) と手順 B のアセトニトリル (3.18 %)、ニトロメタン (3.11 %)、ピリジン (3.30 %) の 4 つでした。四塩化炭素、アセトニトリル、ニトロメタンは絶対レスポ

ンスが低く、他の化合物よりも大きいレスポンス %RSD を示しました。手順 A のリテンションタイム (RT) 精度は 0.003 % ~ 0.033 % で平均 0.007 %、手順 B では 0.006 % ~ 0.036 % で平均 0.017 % でした (詳細は付録の表 3 を参照)。優れた RT 精度により、製造工程で実施されるスクリーニング試験や限度試験 (手順 A または手順 B を使用) などあらゆるユースケースにおいて、検出された化合物の同定 (手順 A) と確認 (手順 B) の高い信頼性が保証されます。

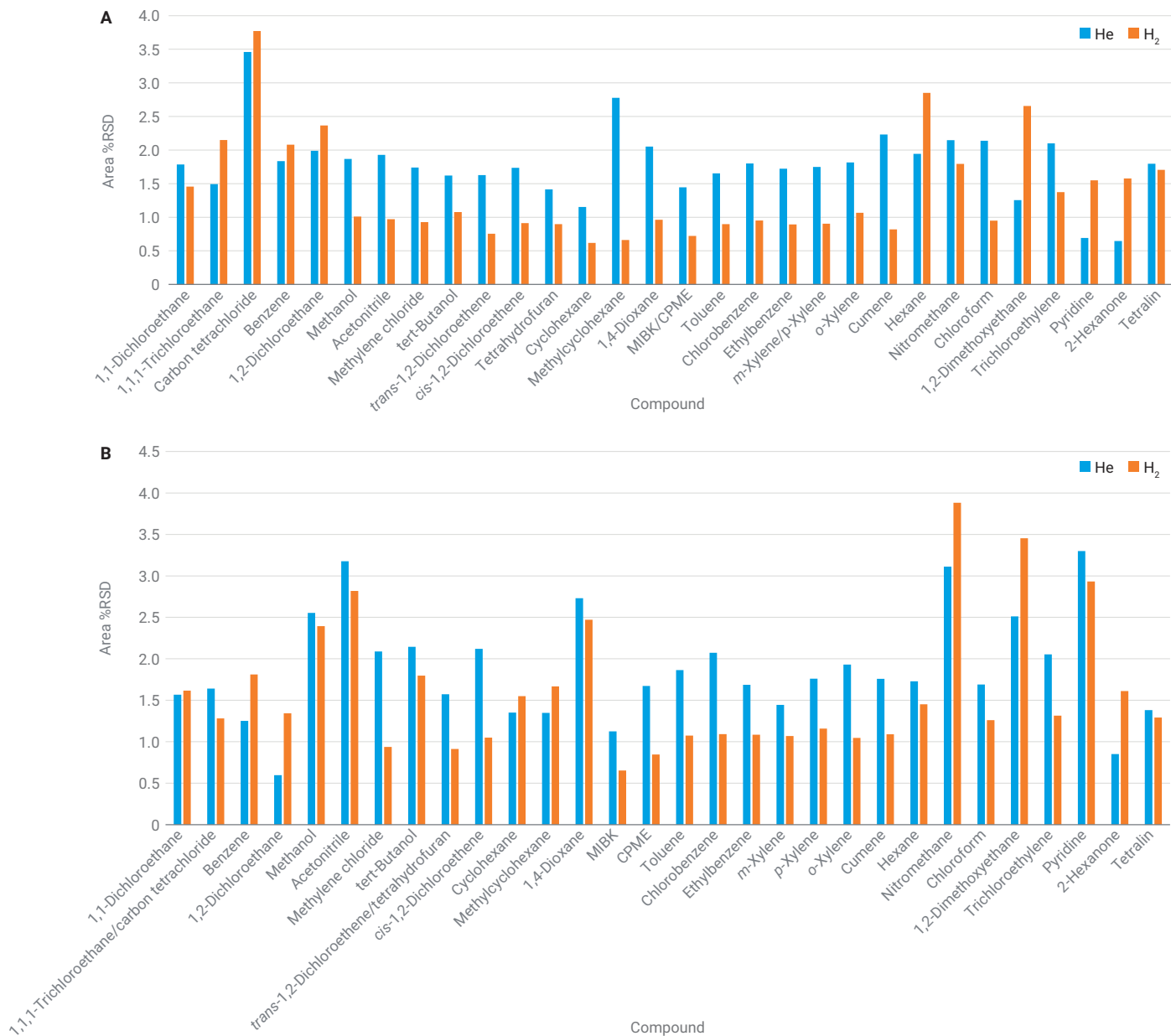


図 4. 異なるキャリアガスをを用いた手順 A と手順 B におけるクラス 1 溶媒とクラス 2 溶媒の面積精度

H₂ キャリアガスを使ったクラス 1 および クラス 2 残留溶媒の分析

USP <467> は、GC 分離のキャリアガスに He、N₂、H₂ の 3 種類を推奨しています。ヘリウムはその不活性度、純度、優れた性能から最も一般的に使用されていますが、ヘリウムの需要は増加を続け、供給が不安定になっています。そのため、代替キャリアガスを求める GC ユーザーも増えています。さまざまな産業で、窒素ベースと水素ベースの両方の手法を開発しています。窒素と比べて、水素では分析速度を犠牲にすることなく、適切な分離を行うことができます。以前のアプリケーションノートで、キャリアガスに窒素を使用して USP <467> 残留溶媒分析を行いました。³

今回は、水素メソッドに基づく残留溶媒分析を開発しました。He メソッドから H₂ メソッドへの変換には、メソッドトランスレータツールを使用しました。図 5 に示すように、Translate オプションを選択することで、He メソッドの分析パラメータが H₂ メソッドで使用される条件に変換され、分析速度の向上が予測されました。変換後のメソッドを直接使用することもできますし、新しいメソッド開発のたたき台として使用し、特定の分析要件を満たすためにさらに改良することもできます。ここでは、変換後のメソッドをそのまま、H₂ キャリアガスに切り替えたときの残留溶媒分析に適用しました。

The screenshot shows the 'Method Translator' window with the following details:

- Speed gain:** 1.3899
- Options:** Translate, Best Efficiency
- Original Method Parameters (Gas: He):**
 - Length (m): 30 m
 - Inner Diameter (μm): 320 μm
 - Film Thickness (μm): 1.80 μm
 - Phase Ratio: 43.696
 - Inlet Pressure (gauge): 9.4357 psi
 - Outlet Flow (mL/min): 2 mL/min
 - Average Velocity (cm/s): 33.056 cm/sec
 - Outlet Pressure (abs): 14.696 psi
 - Holdup Time: 1.5126 min
 - Outlet Velocity (cm/s): 43.532 cm/sec
- Calculated Method Parameters (Gas: H2):**
 - Length (m): 30 m
 - Inner Diameter (μm): 320 μm
 - Film Thickness (μm): 1.80 μm
 - Phase Ratio: 43.696
 - Inlet Pressure (gauge): 5.8877 psi
 - Outlet Flow (mL/min): 2.5 mL/min
 - Average Velocity (cm/s): 45.945 cm/sec
 - Outlet Pressure (abs): 14.696 psi
 - Holdup Time: 1.0883 min
 - Outlet Velocity (cm/s): 54.415 cm/sec
- Temperature Profiles:**
 - Original (He):**

#	Ramp Rate (°C/min)	Final Temp (°C)	Final Time (min)
Init		40	5
1	18	180	5
 - Translated (H2):**

#	Ramp Rate (°C/min)	Final Temp (°C)	Final Time (min)
Init		40	3.6
1	25.018	180	3.6
- Run Times:**
 - Original Total Run Time: 17.78 min
 - Translated Total Run Time: 12.80 min
- Capacity:**
 - Original Column Capacity: 17.85
 - Translated Column Capacity: 17.85
- Buttons:** Apply To Method, Done, Help

図 5. He メソッドから H₂ メソッドへのメソッドトランスレータ変換

H₂ キャリアガスに変換した結果のクロマトグラムを図 6 と図 7 に示します。手順 A と B の両方で、He メソッドと H₂ メソッドの間の各溶媒の RT 比は 71 % から 74 % でした (表 2)。これはメソッドトランスレータツールで予測された速度ゲイン 1.39 と合致します。

表 2. He メソッドと H₂ メソッドにおける各溶媒のリテンションタイム比

化合物名	He	H ₂	DB-624 での RT 比 (%)	He	H ₂	DB-WAX での RT 比 (%)
	DB-624 での RT/min	DB-624 での RT/min		DB-WAX での RT/min	DB-WAX での RT/min	
1,1-ジクロロエタン	4.25	3.114	73.3	2.125	1.566	73.7
1,1,1-トリクロロエタン	7.702	5.535	71.9	3.047	2.231	73.2
四塩化炭素	7.876	5.658	71.8	3.047	2.231	73.2
ベンゼン	8.094	5.812	71.8	3.85	2.81	73.0
1,2-ジクロロエタン	8.168	5.864	71.8	6.501	4.703	72.3
メタノール	2.733	2.033	74.4	3.281	2.402	73.2
アセトニトリル	4.886	3.572	73.1	5.155	3.749	72.7
塩化メチレン	5.205	3.792	72.9	3.696	2.702	73.1
tert-ブタノール	5.489	3.982	72.5	3.372	2.467	73.2
trans-1,2-ジクロロエテン	5.683	4.123	72.5	2.847	2.09	73.4
cis-1,2-ジクロロエテン	7.114	5.124	72.0	4.908	3.573	72.8
テトラヒドロフラン	7.454	5.362	71.9	2.847	2.09	73.4
シクロヘキサン	7.771	5.586	71.9	2.111	1.556	73.7
メチルシクロヘキサン	8.991	6.445	71.7	2.281	1.679	73.6
1,4-ジオキサン	9.126	6.541	71.7	6.407	4.632	72.3
MIBK	9.806	7.021	71.6	5.291	3.836	72.5
CPME	9.806	7.021	71.6	3.872	2.825	73.0
トルエン	9.98	7.144	71.6	5.948	4.304	72.4
クロロベンゼン	11.228	8.029	71.5	8.586	6.18	72.0
エチルベンゼン	11.295	8.076	71.5	7.354	5.309	72.2
m-キシレン	11.399	8.15	71.5	8.006	5.77	72.1
p-キシレン	11.399	8.15	71.5	7.452	5.378	72.2
o-キシレン	11.735	8.388	71.5	8.166	5.882	72.0
クメン	12.037	8.602	71.5	7.55	5.446	72.1
ヘキサン	6.1	4.409	72.3	1.87	1.383	74.0
ニトロメタン	7.035	5.067	72.0	7.878	5.685	72.2
クロロホルム	7.527	5.413	71.9	5.626	4.079	72.5
1,2-ジメトキシエタン	8.08	5.801	71.8	3.626	2.65	73.1
トリクロロエチレン	8.773	6.29	71.7	4.948	3.601	72.8
ピリジン	9.948	7.12	71.6	8.404	6.054	72.0
2-ヘキサノン	10.539	7.54	71.5	6.751	4.879	72.3
テトラリン	15.252	10.85	71.1	11.552	8.276	71.6

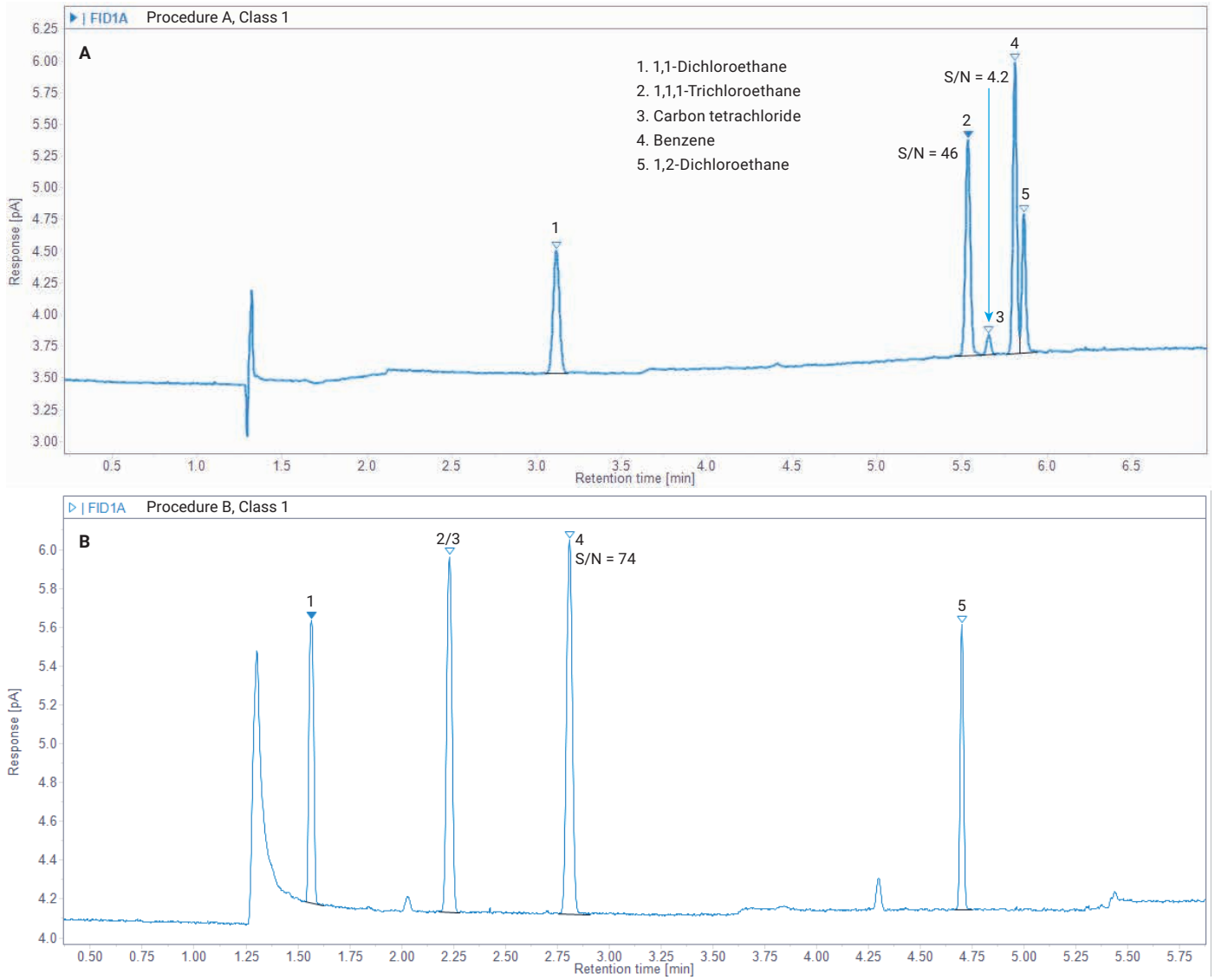


図 6. 水素キャリアガスを使用した手順 A および B で同定されたクラス 1 溶媒

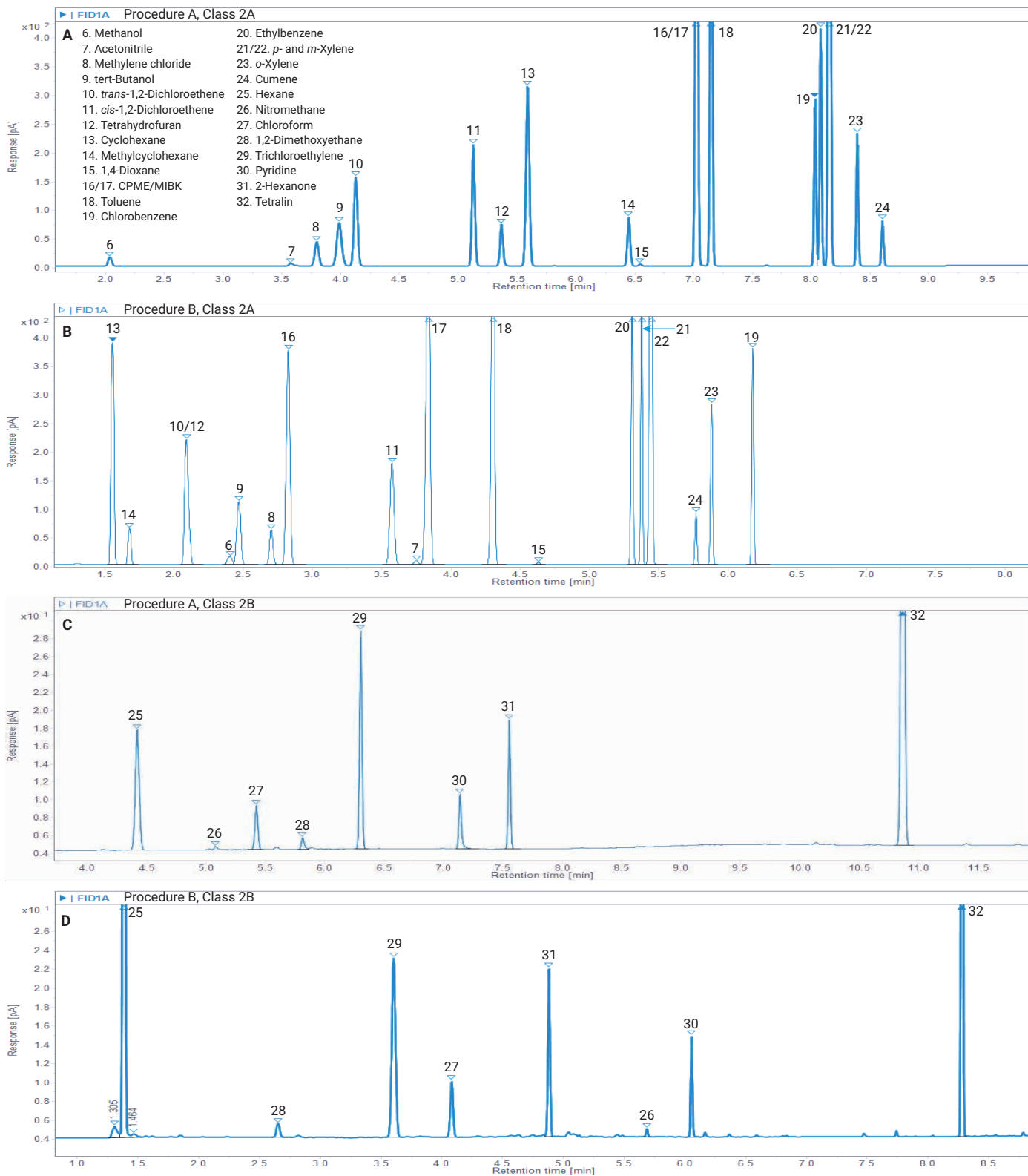


図 7. 水素キャリアガスを用いた手順 A (Agilent DB624 Select UI <467> カラム) および手順 B (Agilent DB-WAX UI カラム) で同定されたクラス 2A およびクラス 2B 溶媒

H₂ キャリアガスを使用した手順 A と B における検出可能性と分離度は、クラス 1 溶媒の S/N、および主なクラス 2 溶媒間の分離度という観点では、システム適合性要件を満たしました。1,1,1-トリクロロエタン、ベンゼン、四塩化炭素の S/N (クロマトグラムに記載) は、He メソッドで得られた S/N と同等でした。DB-WAX カラムで H₂ を使用した場合のアセトニトリルと MIBK の分離度 (RS) は 1.6 で (手順 B)、He メソッドの RS 1.9 に匹敵します (図 8)。メソッドの精度評価には、クラス 1 とクラス 2 の溶媒を濃度限度で 6 回連続分析する He メソッドと同じ評価手法を使用しました。手順 A における H₂ メソッドの RT 精度は、メタノール、アセトニトリル、tert-ブタノールなど早い段階で溶出する化合物では、He メソッドよりわずかに劣ります。これらの 3 種類の化合物の RT が非常に短い (H₂ メソッドでは 4.0 分未満) ことを考慮すると、0.03 % ~ 0.07 % という RT %RSD は、他の溶媒よりはやや高いものの、正確な適格性評価には十分な結果です。H₂ メソッドの面積精度は He メソッドと同等で、大半の溶媒の面積 %RSD は 3.5 % を下回り、溶媒限度試験の精度に高い信頼性があることは確実です。付録の表 3 に、H₂ メソッドの精度結果の詳細を示します。

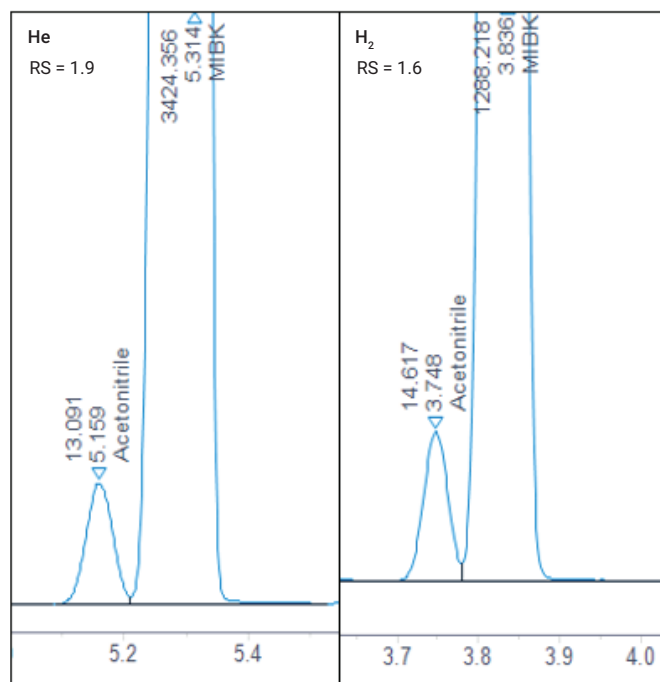


図 8. ヘリウムおよび水素キャリアガス使用時の Agilent DB-WAX UI カラムでのアセトニトリルと MIBK 間の USP 分離度 (手順 B)

DB-624 および DB-WAX カラムにおけるクラス 1 およびクラス 2 溶媒の二次元 RT 分布

DB-624 Select カラムと DB-WAX カラムで 32 種類の対象溶媒が完全に分離されることをより明確に示すため、DB-624 カラムでの RT を横軸に、DB-WAX カラムでの RT を縦軸にとり、2 次元 (2D) RT マップをプロットしました。このマップのプロットは、He メソッドと H₂ メソッドについて

作成しました (図 9A および 9B)。グラフの点はそれぞれ溶媒を表します。重なっている点がないことから、手順 A と B の補完的な適格性評価で溶媒の分離が良好であるとわかります。また、2 つのプロットで分布パターンが同じなのは、H₂ キャリアガスを使用しても選択性に変化がなく、システム分離能が最高レベルに保たれていることを意味します。

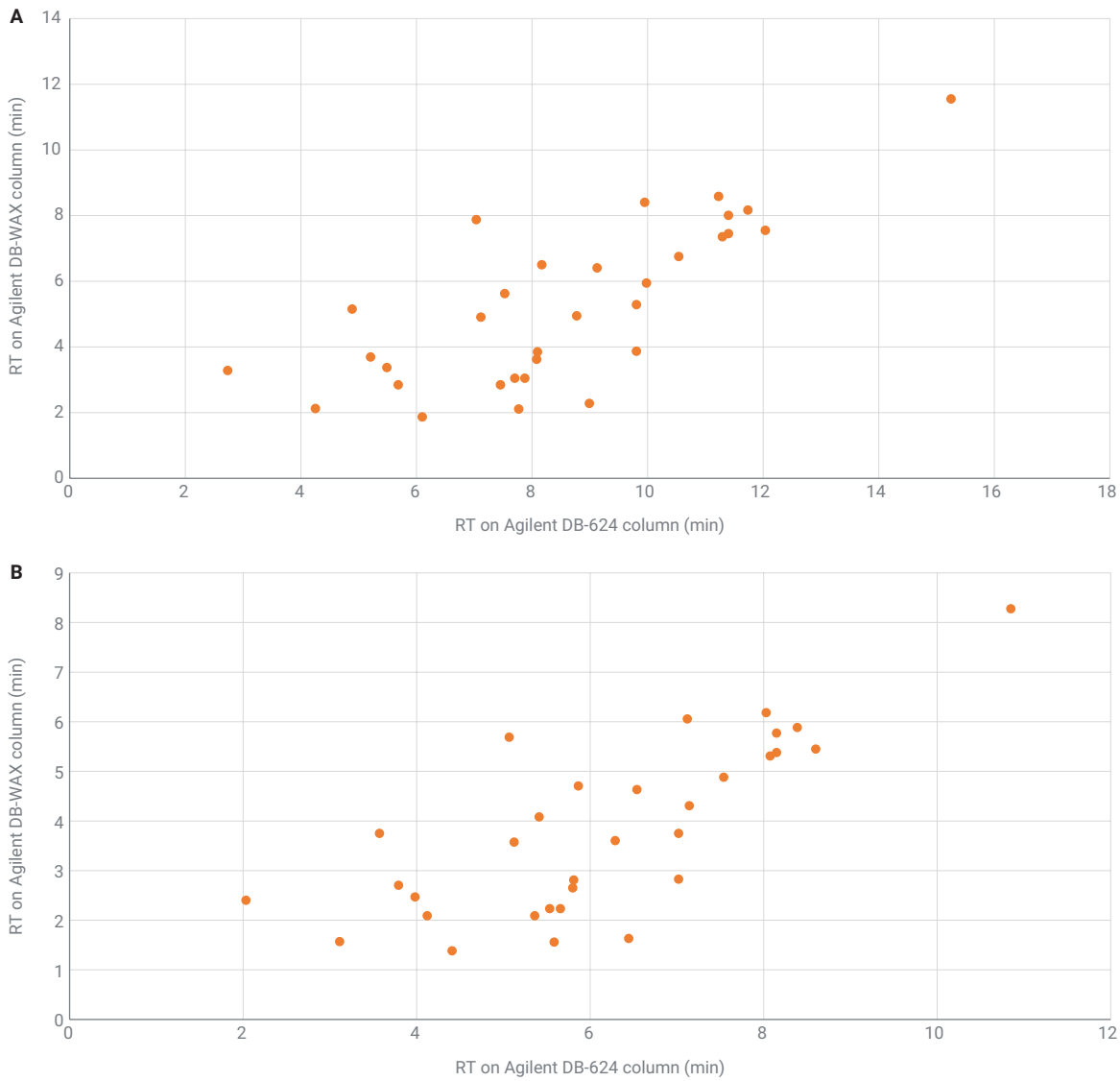


図 9. 手順 A および手順 B による分離に基づく 32 種類の溶媒の 2 次元 RT マップ。He メソッド (A) と H₂ メソッド (B) を使用

結論

このアプリケーションノートでは、USP <467> メソッドに準拠した残留溶媒分析に、Agilent 8850 GC と Agilent 8697 ヘッドスペースサンプラを組み合わせて使用しました。このシステムに、適切なタイプのカラムを接続することで、手順 A または B のどちらの分析も実施できます。性能評価には、ヘリウムと水素の 2 種類のキャリアガスを使用しました。H₂ メソッドの開発には、アジレントのメソッドトランスレータツールを用いて He メソッドを変換しました。クラス 1 溶媒の S/N と、クラス 2 溶媒の主なプローブ化合物の分離度に関するシステム性能は、USP <467> のシステム適合性試験の要件を満たし、それを上回りました。両メソッドとも、優れたリテンションタイムと面積精度を、矛盾なく達成しています。これは、プロセスモニタリング中に分析されたターゲット溶媒に対する溶媒スクリーニング試験と正確な限度試験のために、信頼できる同定と確認が 8697 HS-8850 GC システムで可能であることを示しています。

参考文献

1. U.S. FDA. Impurities: Guidance for Residual Solvents Q3C (R8). Q3C(R8) Impurities: Guidance for Residual Solvents Guidance for Industry (2021).
2. USP Residual Solvents. 467 Residual Solvents (uspnf.com)
3. Zhang, Y. Agilent 8697 ヘッドスペースサンプラ-XLトレイと Agilent 8890 GC システムによる USP <467> 残留溶媒の分析. Agilent Technologies application note, publication number 5994-6020JAJP, 2023.

付録

表 3. ヘリウムおよび水素キャリアガスを使用したメソッドの精度

化合物	ヘリウムメソッド				水素メソッド			
	Agilent DB-624 Select UI		Agilent DB-WAX UI		Agilent DB-624 Select UI		Agilent DB-WAX UI	
	RT %RSD	面積 %RSD	RT %RSD	面積 %RSD	RT %RSD	面積 %RSD	RT %RSD	面積 %RSD
1,1-ジクロロエタン	0.014	1.786	0.017	1.568	0.024	1.456	0.012	1.617
1,1,1-トリクロロエタン	0.008	1.494	0.016	1.641	0.008	2.149	0.01	1.281
四塩化炭素	0.033	3.46	1,1,1-トリクロロエタンとの共溶出		0.011	3.771	1,1,1-トリクロロエタンとの共溶出	
ベンゼン	0.006	1.836	0.026	1.252	0.006	2.081	0.012	1.812
1,2-ジクロロエタン	0.005	1.99	0.013	0.597	0.009	2.366	0.016	1.343
メタノール	0.023	1.868	0.034	2.554	0.07	1.009	0.025	2.394
アセトニトリル	0.014	1.929	0.022	3.177	0.041	0.971	0.028	2.818
塩化メチレン	0.014	1.739	0.02	2.088	0.029	0.928	0.019	0.938
tert-ブタノール	0.01	1.621	0.016	2.144	0.038	1.077	0.02	1.798
trans-1,2-ジクロロエテン	0.008	1.627	0.015	1.572	0.022	0.754	0.013	0.913
cis-1,2-ジクロロエテン	0.005	1.735	0.015	2.12	0.014	0.912	0.023	1.05
テトラヒドロフラン	0.006	1.414	trans-1,2-ジクロロエテンとの共溶出		0.013	0.898	trans-1,2-ジクロロエテンとの共溶出	
シクロヘキサン	0.007	1.152	0.009	1.352	0.012	0.617	0.008	1.549
メチルシクロヘキサン	0.004	2.778	0.011	1.348	0.006	0.662	0.009	1.667
1,4-ジオキサン	0.003	2.051	0.011	2.73	0.01	0.963	0.017	2.471
MIBK	0.004	1.446	0.014	1.126	0.006	0.721	0.023	0.653
CPME	MIBKとの共溶出		0.016	1.672	MIBKとの共溶出		0.016	0.846
トルエン	0.003	1.653	0.012	1.864	0.005	0.897	0.017	1.075
クロロベンゼン	0.004	1.801	0.024	2.072	0.004	0.952	0.008	1.091
エチルベンゼン	0.005	1.723	0.006	1.687	0.003	0.893	0.021	1.084
m-キシレン	0.003	1.748	0.032	1.445	0.004	0.903	0.018	1.069
p-キシレン	m-キシレンとの共溶出		0.006	1.76	m-キシレンとの共溶出		0.019	1.159
o-キシレン	0.005	1.816	0.025	1.931	0.004	1.067	0.016	1.046
クメン	0.004	2.232	0.028	1.759	0.003	0.819	0.011	1.09
ヘキサン	0.01	1.944	0.012	1.729	0.021	2.851	0.022	1.452
ニトロメタン	0.009	2.227	0.009	3.111	0.017	1.794	0.019	3.882
クロロホルム	0.008	2.138	0.009	1.691	0.011	0.95	0.024	1.26
1,2-ジメトキシエタン	0.009	1.255	0.023	2.511	0.012	2.656	0.033	3.453
トリクロロエチレン	0.006	2.1	0.018	2.053	0.006	1.373	0.036	1.315
ピリジン	0.006	0.691	0.035	3.299	0.007	1.55	0.045	2.932
2-ヘキサノン	0.003	0.646	0.008	0.852	0.007	1.577	0.022	1.611
テトラリン	0.003	1.796	0.006	1.381	0.005	1.706	0.006	1.292

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタマコンタクトセンタ

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。

DE18849468

アジレント・テクノロジー株式会社
© Agilent Technologies, Inc. 2024
Printed in Japan, May 16, 2024
5994-7408JAJP