

[ACQUITY ADVANCED POLYMER
CHROMATOGRAPHY SYSTEM]

次世代 GPC
ACQUITY APC システム



Waters
THE SCIENCE OF WHAT'S POSSIBLE.®

アドバンスドポリマークロマトグラフィーシステム

より短時間に、より多くの情報を

高分子、合成樹脂産業が直面する最大の課題として、新規材料の開発およびそれを支える研究開発体制をいかに継続的に強化させるかの2点が挙げられます。現在のGPC/SEC法には、新規の複合ポリマーに対する分離能の不足、長時間を必要とする分析条件、そして1回の分析における溶媒の使用量など、いくつかの制限があります。

ACQUITY®アドバンスドポリマークロマトグラフィー(APC™)システムは、分子サイズに基づくクロマトグラフィー分離の極限を達成した、真に画期的なテクノロジーであり、ポリマーに関する詳細な情報をこれまでにないスピードで得ることが可能になりました。



ポリマー研究開発の新時代を拓く：ACQUITY



ACQUITY アドバンスドポリマー کروマトグラフィーシステム



APCを生み出したウォーターズのGPCの歴史

ゲル浸透クロマトグラフィー

— 数日単位から数時間単位の分析へ

1961年、ウォーターズ・アソシエイツの創設者であるジム・ウォーターズは、ダウ・ケミカル・カンパニーから、ゲルカラムを用いて溶液中のポリマーを分析する機器分析法の開発支援を提案されました。この共同研究により、ゲル浸透クロマトグラフィー (GPC) 法が生み出され、必要な分析時間を数日単位から数時間単位にまで短縮することに成功しました。

以来半世紀にわたって、GPC は化学工業産業に多大な科学およびビジネス上の影響を与えてきましたが、ウォーターズの製品群の一員として、またその科学的革新性に対する評価においても重要な比重を占めています。

今日では、世界中のラボでウォーターズの液体クロマトグラフ、ゲルカラム、GPC 専用ソフトウェアが利用され、溶液中のポリマーの特性解析に役立っています。しかし、今やこの歴史ある技術も、ますます複雑化する新たなポリマーの分析を行うには、もはや限界を迎えつつあります。

アドバンスドポリマークロマトグラフィー

— 複雑な分析を数時間から数分に短縮

2009年、ウォーターズは、当時多くの製品開発プロセスで主流となっていた低分子量から中分子量領域ポリマーの特性解析を可能にする、従来の GPC システムの改良に挑戦しました。GPC 技術を代表に、溶液中のポリマーの分子サイズに基づく分析技術はすでに業界標準となっていたため、新たな分析技術はどのようなものであっても、これと同じ科学的アプローチを踏襲することが必須とされていました。2013年、関連化学工業界のパートナー各社との緊密な協力のもと、ウォーターズは、溶液中の複合ポリマーの分離および特性解析のための ACQUITY アドバンスドポリマークロマトグラフィー (APC) システムを発表しました。



ACQUITY APC™ システム

水溶性および有機溶媒可溶性ポリマー分析に一般的に使用される溶剤すべてに対応する流路系で構築された低拡散クロマトグラフシステム

この低拡散クロマトグラフシステム用に特別に設計された革新的な示差屈折率 (RI) 検出器

水溶性および有機溶媒可溶性ポリマー分離分析に最適な化学的性質を持つ、粒子径 3 μm 以下のハイブリッドポリマーカラム



ビジネスニーズを見据えたセパレーションサイエンス

ACQUITY APC システムは、私たちの業界パートナーが、企業として経営上また科学的に必須の課題であると認識している数々の目的を解決すべく開発されたものです。

企業としての目的

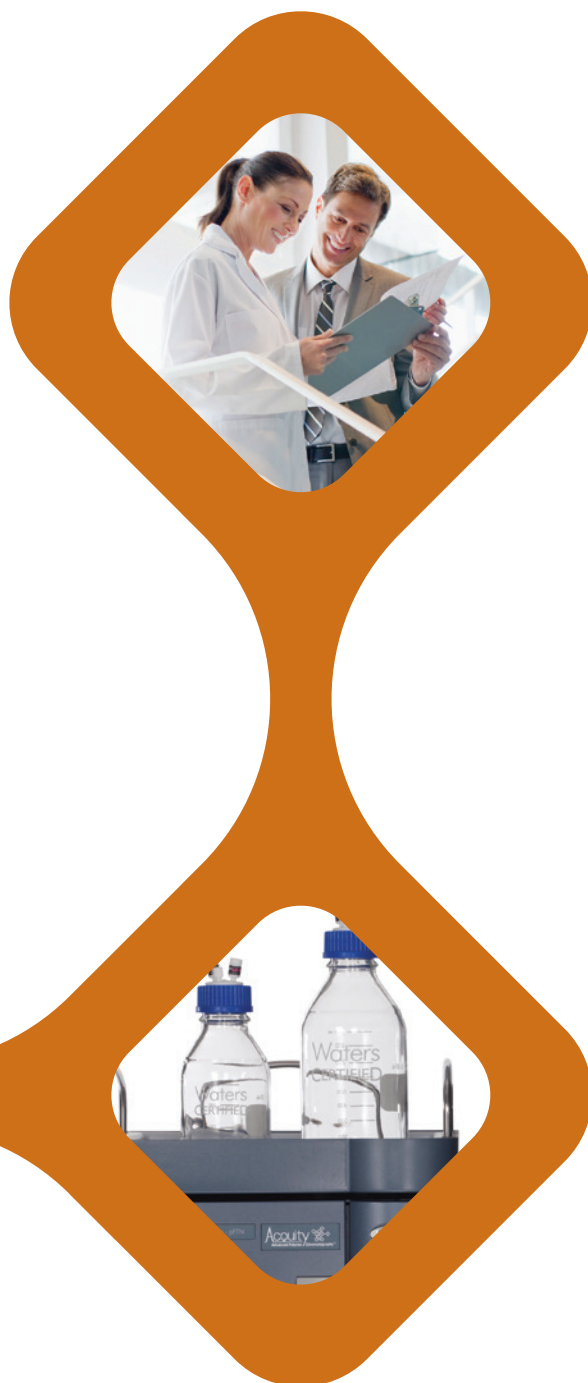
- 革新性と収益の探究
- 生産性の向上
- 「環境への取り組み」(グリーンイニシアチブ)の発展および持続可能性の向上

経営上の目的

- 成長目標達成のための革新的かつ先進的な技術の導入
- 運用コストの削減
- 廃棄溶媒の削減
- ラボの効率改善

科学的な目的

- 精密な特性解析がもたらす知的財産の保護
- 分析のスピードと品質の向上
- 業界のリーダーとしての先進性の確立
- 簡便な操作性と作業効率の維持改善





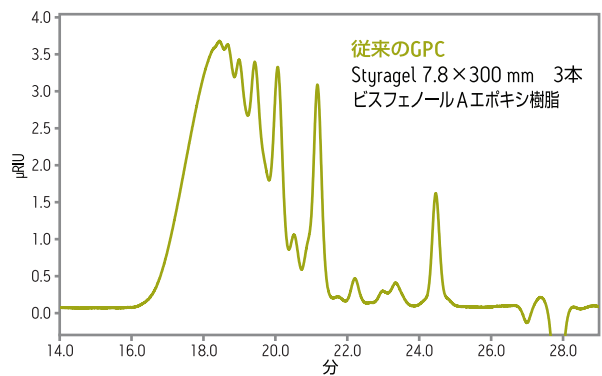
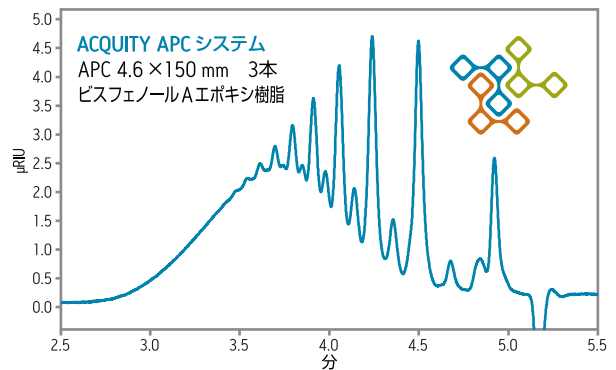
ラボにおけるこれまでにない生産性の向上を実現

よりスマートに、よりスピーディーな作業効率を 皆様のラボに

ACQUITY APC システムは、GPC の代名詞であった「長い分析時間」を払拭しました。正確で再現性のあるポリマー分子量情報が、以前と比べて最大 5 ~ 20 倍の速さで得られます。

分析時間の短縮とサンプル処理能力の向上により、ラボにおける作業はどのように改善されるのでしょうか？

- ラボにおけるポリマーサンプルの分析時間の短縮—開発ラボ、製造現場、そして顧客への回答をより速く得ることができます。
- イノベーションの推進—より速く結果を得ることにより、作業工程が迅速化され、それにより開発時間が短縮され、市場投入までの時間を削減できます。
- ポリマー特性解析の改善—増加し続ける新規化合物開発への要求に迅速に対応することができます（分析時間の短縮=サンプル数の増加=より多くの情報=より優れた特性解析）。
- プロセスモニターの効率化—生産ロット管理を短時間に確認し、生産プロセスの最適化について、「その場で」決定を下すことができます。
- 1サンプルあたりの分析コストの大幅な削減—溶媒使用量と廃液量を大幅に減らすことができます。



ビスフェノール A エポキシ樹脂の分析に ACQUITY APC システムを使用することで従来の GPC と比べて分析時間が短縮され、分離も向上

分離能を維持したままでもより高速な分析を実現

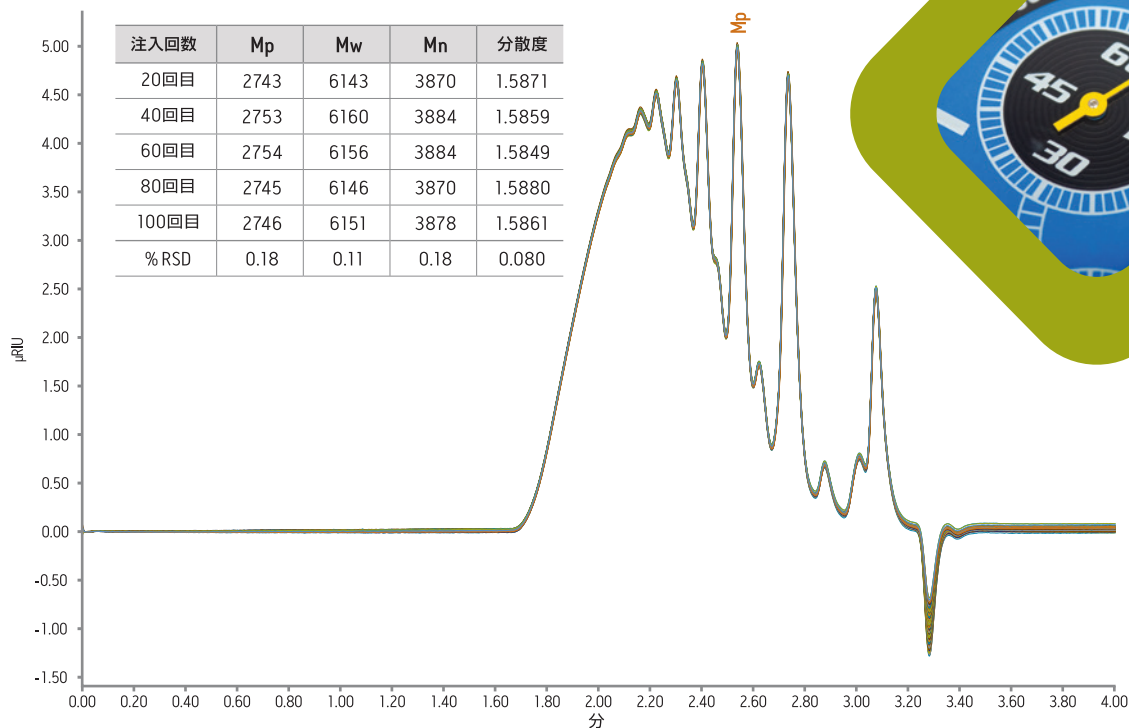
ポリマーの分子量情報を得るための時間がいくら短縮されても、それによりデータの品質が損なわれてしまっ
ては意味がありません。今日試みられている高速 GPC は、
高速ではあるが情報が不十分であり、これが現在の高
速 GPC の実情です。ACQUITY APC システムでは、もはや
分析時間とデータとの間で妥協する必要がなくなります。
ACQUITY APC システムはよりスマートに、より速く、すな
わち皆様が理想とする分析を実現したのです。

安定したデータ品質

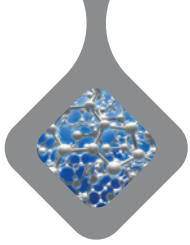
ラボの効率改善とは、1 サンプルあたりの分析コストを
抑制するということだけではありません。研究および開
発過程をサポートする分析データの品質を向上させるた
めに、全体的なワークフローを合理化するということ
です。したがって、効率化によって分析データの品質が損
なわれることはあってはならないことです。GPC 分離に

おけるデータの品質は、正確な分子量測定に基づいてい
ますが、同時に装置の安定性にも大きく依存しています。

- GPC において流量の安定性は、正確な分子量測定
のために最も重要な要因です。校正曲線は、ポリマー
の溶出時間に基づいて作成されます。ACQUITY APC
システムの安定した送液性能は、数百回以上の分析
を行なっても安定的にポリマーの正しい分子量が
得られることを保証します。
- 検出器の安定性は、ピーク積分の精度、すなわちス
ライスデータの精度に大きく影響します。ACQUITY
APC システムの検出器は、どのような分析条件下に
おいても優れたベースライン安定性を実現すること
を可能にしました。高分子量から低分子量までのス
ライスデータの正確性により高い信頼をもたらします。



APC 4.6 × 150 mm カラム × 2 本 (125 Å と 45 Å) と ACQUITY RI 検出器を使用した、THF 溶液中のエポキシ樹脂サンプルの
100 回の重ね描きクロマトグラム。ACQUITY APC システムの優れた安定性により、長時間にわたる連続分析でも正確な分子量
測定が可能になりました。



次世代ポリマー分析に求められるもの

従来のGPC技術でポリマー開発研究のイノベーションに対応出来るでしょうか？

世界人口が増加し続けるなか、化学工業企業はこれまで往々にしてなくがしろにされがちだった、カーボンフットプリントを減少させる方向を探っています。これに伴い、ポリマー製造や分析においても、カーボンフットプリントがより少なく持続可能な原料をもとに作られる新しい高機能材料への需要が高まっています。これらの材料の開発には、多くの場合、これまで以上に複雑で、より大きな化学的特性を持つポリマーが必要となります。従来のGPCは、ポリマー研究におけるこのような技術革新に対応しきれていませんでした。しかし、ACQUITY APCは、ポリマー特性解析に画期的な進歩をもたらし、持続可能な研究開発と製造工程をサポートします。

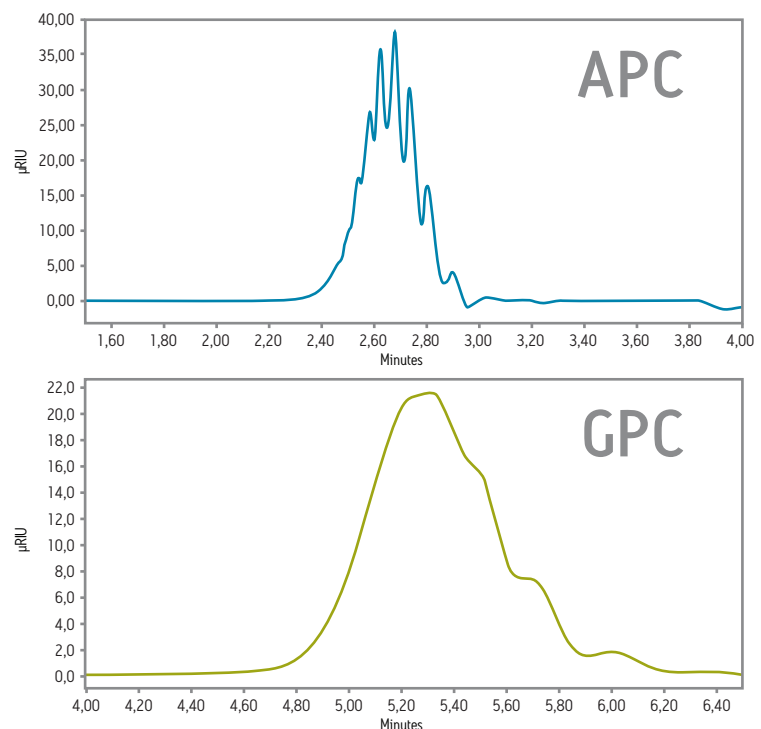
低分子量ポリマー、オリゴマーからの新たな情報

今まで低分子量ポリマー研究において、果たして十分な情報が得られていたでしょうか？従来のGPCでは低分子量ポリマーに対する分離能は必ずしも十分なものとは言えませんでした。特に多分散性に関しては限られた情報しか得られていないというのが実情です。

また、ポリマー中に存在する低分子量オリゴマーの情報を得ることは、合成過程や、プロセスの最適化、製品形成、および市場におけるそれら製品の多様なアプリケーションを知るためにも重要となります。

ACQUITY APC システムは、低分子量オリゴマーについてこれまでにない分離能を実現する高強度ハイブリッドポリマーカラムの利点を最大化するよう設計されています。その結果、高機能ポリマーに関してさらに詳細な情報を得ることが可能になりました。

ポリスチレン単分散標準試料 ($M_p = 510$) を用いた APC と GPC の比較
アドバンスドポリマーカラムグラフィーは、その低拡散性により、低分子量域において優れた分離能をもち、サンプルの分散度についてより多くの情報を得ることが出来ます。



1台のシステムで異なる移動相溶媒をスムーズに使い分けられます

さまざまなポリマーから、強度、耐久性、電気伝導性、耐熱性、耐薬品性などそれぞれの特性に基づく多くの製品が生み出され、私たちの日常生活を支えています。膨大な種類のポリマーが存在することは、これらのポリマーの分子量情報を得ることが出来る分析システムの能力が極めて重要であると言えるでしょう。

現在の GPC システムとカラムには限界があり、さまざまな移動相溶媒とカラムを使い分けするには複数台のシステムが必要となります。仮に、このような多様なアプリケーションすべてを1台のシステムで対応しようとするると長時間に及ぶカラムの溶媒置換が必要となります。ACQUITY APC システムのカラムケミストリーは従来型のポリマーベースの充填剤ではなく、ポリマー分析に必要な種々の溶媒による充填剤の膨潤が起こりません。

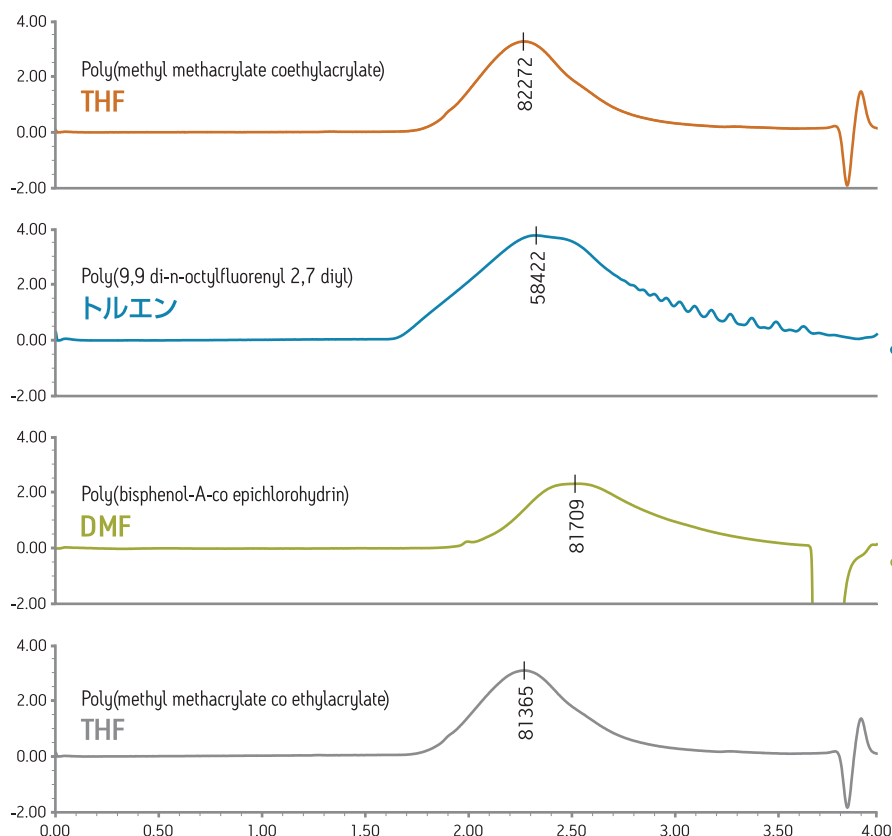
各種移動相溶媒への対応がラボにもたらすもの

ACQUITY APC システムでは移動相溶媒の種類を問わず、さまざまな分析条件をすべて1台のシステムで行えます。1日に複数のポリマーを分析する際にも、必要となる溶媒やカラムに関係なく、その切り替えは自動的に行われます。

1台のシステム、1組のカラム、各種移動相溶媒への順応性

研究開発、生産管理以外にビジネスにもたらすインパクトは？

ACQUITY APC システムは、1サンプル当たりのカーボンインテンシティを低下させ、移動相溶媒量を削減するだけでなく、従来のどの GPC システムを使用するよりも迅速に、再現性のある結果を提供します。



THF溶液中のPoly (methyl methacrylate co ethyl acrylate)

	溶媒置換前	溶媒置換後	差 (%)
Mp	82272	81365	1.1
Mw	78650	78953	0.4
Mn	49383	50110	1.5
分散度	1.59	1.58	0.6

Poly (methyl methacrylate co ethyl acrylate) の再現性。2本の同じ ACQUITY APC 4.6 × 150 mm カラム (450Å, 125Å) を連結し、移動相溶媒を THF からトルエン、DMFへと切り換え、再度 THF に戻して分析を行いました。





ACQUITY APC: 具体的な特長について

お客様にとっての具体的なメリット

ACQUITY APC システムは、微小なパーティクルカラムケミストリーと低拡散システムテクノロジーにおけるウォーターズの最新技術を応用しています。細部にわたる緻密なシステム設計によって、お客様に最高品質のデータを提供します。サンプルの Mw、Mn、分散度に生じたごく小さな変化も見逃しません。

信頼性の高い溶剤マネージャ

分子量の測定で信頼性の高い結果を得ることができます。アイソクラティック溶剤マネージャの正確な送液によって、毎日キャリブレーション済みのシステムで正確な分子量データを得ることができます。

低バンド拡散

3 μm 以下という ACQUITY APC カラムによって実現される高分離能を支えているのは、バンド拡散の少なさです。ACQUITY APC システムの各モジュールは、ポリマーサンプルに対して優れた分離能を提供できるように最適化されています。

様々な溶媒に幅広く対応

あらゆる測定装置に言えることですが、システムの長期的な信頼性を保つことは大きな課題です。特にポリマー分析には強い溶媒が使われます。ACQUITY APC システムは、このような過酷な条件下でも動作するように設計されています。様々な溶媒に対して最高の性能を発揮します。

用途の広いカラムマネージメント

カラムマネージメントハードウェアには、1 本のカラムまたは複数本のカラムを、安定した温度で収容できます。内蔵のカラムプレヒATING機能によって常時すべてのカラムで一定の温度に保たれます。APC カラムセット (最大 2 つ) と GPC カラムセット (最大 2 つ) の構成が可能です。1 台のシステムで幅広い用途に対応し、手作業による装置の組み替えは不要です。

メソッドの自動切り替え

ポリマー分析に使用する溶媒を最大 6 種類の中から選ぶことができます。カラム選択バルブ、溶媒選択バルブ、Empower[®] ソフトウェアが連携して機能するため、必要なカラムや溶媒に関係なく、あらゆるメソッドを自動切り替えによって自動で実行することができます。

柔軟な検出手法

ACQUITY APC 示差屈折率 (RI) 検出器は、低濃度のポリマーであっても、正確な解析に求められる低ノイズと低ドリフト性能を保ち、拡散を抑えるように最適化されています。このシステムは RI 検出器に加え、紫外 / 可視光 (UV/Vis)、フォトダイオードアレイ (PDA)、エバポレイト光散乱 (ELS) 検出器に対応しています。より複雑な特性解析に関しては、サードパーティーの粘度計や多角度光散乱検出器にも対応しています。



APC カラムと GPC カラムの自動カラム切り替えを行うように構成された ACQUITY APC システム



ACQUITY APC カラム : 超高速と高い分離能を実現

ACQUITY APC カラムには、合成高分子や高分子物質のクロマトグラフィー特性解析を迅速かつ正確に行えるように設計された高性能パーティクルが充填されています。粒子径 3 μm 以下の画期的なエチレン架橋型ハイブリッド (BEH) パーティクルを用いた ACQUITY APC カラムは、クロマトグラフィーの効率、安定性、分析法の柔軟性において従来のポリマーベースのカラムを圧倒し、ポリマー分離の性能は新たな時代を迎えています。分子量最大 2,000,000 g/mol の水溶性および有機溶媒可溶性ポリマーに対し、ACQUITY APC カラムは優れたクロマトグラフィー性能を発揮します。

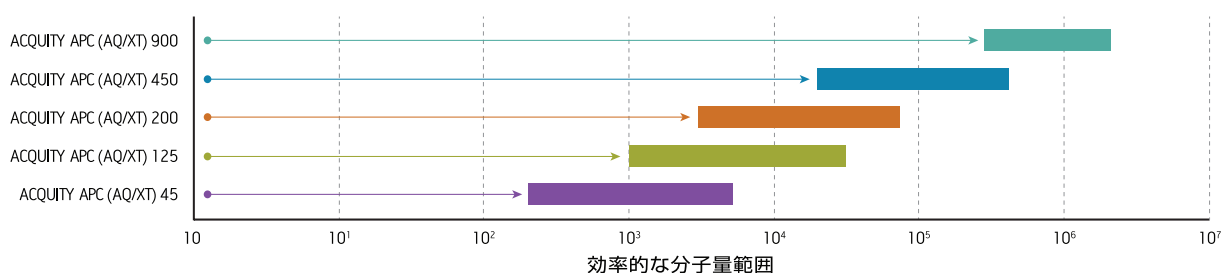
単一のカラムで複数の溶媒に対応

ACQUITY APC カラムに BEH パーティクルを用いることで、迅速な溶媒切り替えが可能となり、また、同じカラムに対して複数の条件を使用できるようになりました。従来のポリマー固定相は、単一の分析条件と溶媒の組み合わせに用途が限定されます。充填剤が収縮と膨潤に弱いためです。この欠点を克服するために、ACQUITY APC カラムは、頑健性を最大限に高め、柔軟な分析法開発が可能となるように考慮されています。

eCORD インテリジェントチップテクノロジー

それぞれの ACQUITY APC カラムには、カラムの使用を電子的に管理する eCord™ が接続されています。カラムのライフタイムに渡って、その性能と使用の履歴が追跡されます。洗練された直観的なシステムソフトウェアが各カラムの eCord を読み取り、カラムごとの注入履歴を記録し続けます。使用されたカラムの分子量分離能範囲など、カラムの情報が個々のサンプルと併せて保存されます。

ACQUITY APC (AQ および XT) カラム選択ガイド



ACQUITY APC XT カラムは、有機溶媒ベースの分離に関して温度範囲が広い (最大 90°C) のが特長です。ACQUITY APC AQ カラムは、水溶性ポリマーの分離を意図して設計されています。



ACQUITY キャリブレーションスタンダード: より信頼できる分析結果へ

業界初となる APC キャリブレーションスタンダードは、ACQUITY APC カラムの分子量範囲に合わせて特別に設計されています。対象となる MW 範囲の適切な較正ポイント数は ACQUITY APC キャリブレーションスタンダードによって得られるため、独自のスタンダードキャリブレーションミックスを手作業で用意する必要はありません。また、ACQUITY APC カラムでの較正時間は、GPC カラムに比べて 3 分の 1 から 5 分の 1 にまで短縮されます。このように分析時間が大幅に短縮されることで、較正の頻度を上げることができるため、分析結果の信頼性が高まります。

ACQUITY APC スタンダードは、標準試料としてポリスチレンとポリメタクリル酸メチルがあり、それらが低、中、高分子量キャリブレーションキットに組み込まれています。全 3 種類の分子量範囲キットから得られるスタンダード一式を含んだ便利な分析法開発キットとして利用することもできます。

- 簡単で使いやすい (調製は溶解のみ)
- 分子量測定の信頼性が向上。実行時間が短縮されるため、キャリブレーションスタンダードを各サンプルセットに含めることが可能
- 分析ごとの変動が抑えられ、プロダクトの質が向上
- プロセス管理が向上



APC カラムセレクトーツール

APC カラムセレクトーツールを使用すると、ポリマーの分離に必要な適切な ACQUITY APC カラムとスタンダードを迅速かつ簡単に選択することができます。この Web ベースのツールで、APC カラムの可能な較正範囲を視覚化することができます。

- 簡単な操作
- 分析に適したポアサイズカラムとキャリブレーションスタンダードをすばやく提案
- 各種カラムの動作圧力を予測
- 分析に必要な予測溶出時間に関する情報を提供

www.waters.com/apcselector



EMPOWER 3 ソフトウェア: パワフルなデータ処理とレポート作成

ウォータースのクロマトグラフィーデータソフトウェア (CDS) Empower 3[®] はサンプル分析とデータ処理を簡単に行ないます。Empower 3 は、APC システムだけでなく、UPLC[®]、UltraPerformance Convergence Chromatography[™] (UPC^{2®}) に代表されるウォータースの分析装置、さらに質量分析計 (MS) の接続も容易に行えます。

ラボの生産性の最大化

Empower 3 はラボの生産性を最大化することをサポートします。クロマトグラフィーデータの取得、計算、およびレポート作成の自由度が飛躍的に向上します

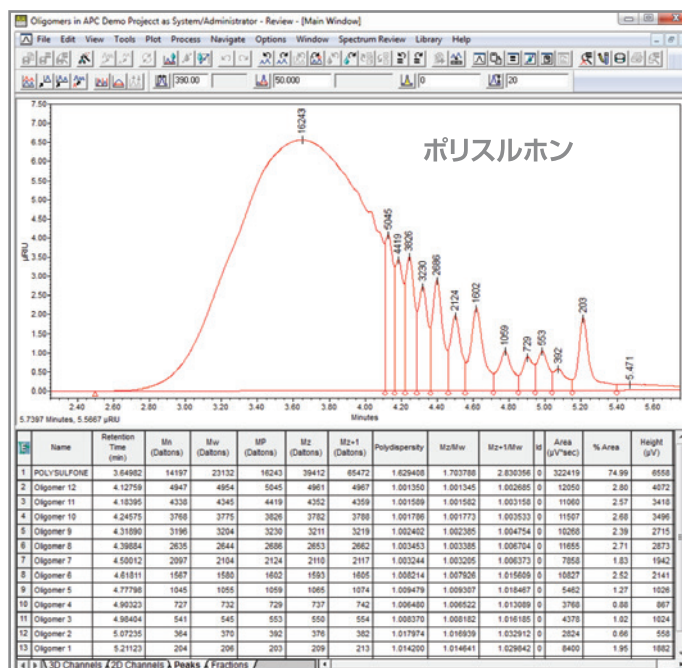
- 簡単にカスタマイズ可能なレポートフォーマット
- ラボの要求にあわせたカスタム計算機能
- リレーショナルデータベースにより、すべてのデータを管理し容易に検索が可能
- 使用される方の目的に応じた最善のワークフローを提供

それぞれの研究目的に合わせた操作性

Empower 3 ソフトウェアは、各企業の IT 環境に適合するように設計されています。ラボのネットワークを通じて、アップタイムを最大化し、高度なパフォーマンスを発揮するために各種オプションを用意しています。

分析データの効率的な運用

迅速かつ容易に、データの確認、比較、そしてレポート作成が行えます。



Empower 3 ソフトウェアを GPC に適用することで、ポリマー専用の包括的なデータ分析機能を利用できます。レポートされる結果はすべてカスタマイズすることができます。数平均分子量 (Mn)、重量平均分子量 (Mw)、ピークトップ分子量 (Mp)、Z 平均分子量 (Mz)、多分散性などの分子量計算がレポートされます。

ウォータースグローバルサービス

ウォータースグローバルサービスは、優れたサービス、サポート、アップグレード、トレーニング、そして Waters Quality Parts[®] を通じて、ウォータース製品の性能を最大限に発揮できるよう、より良いサポート体制を推進してまいります。

実証済みのサポート体制

ウォータースグローバルサービスは、優れた専門技術知識、システムトラブルの迅速な解決、プロセスサポートにおいて、14 年間連続、独立品質監査法人による「ベスト・イン・クラス」のランク付けを受けています。¹



Achievement in Customer Excellence Award, Comfirm/ CustomerSat, Inc., 2007-2014; NorthFace ScoreBoard AwardSM Omega Management Group Corporation, 2001-2003.

世界のウォーターズ

Australia 61 2 9933 1777

Austria 43 1 877 18 07

Belgium and Luxembourg 32 2 726 1000

Brazil 55 11 4134 3788

Canada 1 800 252 4752

China 86 21 6156 2666

Czech Republic 420 2 617 11384

Denmark 45 46 59 8080

Finland 358 9 5659 6288

France 33 1 30 48 72 00

Germany 49 6196 400 600

Hong Kong 852 2964 1800

Hungary 36 1 350 5086

India 91 080 49292200 03

Ireland 353 1 448 1500

Israel 9723 3731391

Italy 39 02 265 0983

Japan 81 3 3471 7191

Korea 82 2 6300 9200

Mexico 52 55 52 00 1860

The Netherlands 31 76 508 7200

Norway 47 6 384 6050

Poland 48 22 101 5900

Portugal 351 21 893 61 77

Puerto Rico 1 787 747 8445

Singapore 65 6593 7100

Spain 34 93 600 9300

Sweden 46 8 555 115 00

Switzerland 41 56 676 7000

Taiwan 886 2 2501 9928

UAE 971 4 214 62 38

UK 44 208 238 6100

US 1 800 252 4752

www.waters.com/APC

Waters

THE SCIENCE OF WHAT'S POSSIBLE.®

日本ウォーターズ株式会社 www.waters.com

東京本社 〒140-0001 東京都品川区北品川1-3-12 第5小池ビル TEL 03-3471-7191 FAX 03-3471-7118

大阪支社 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-14-10 新大阪トヨタビル11F TEL 06-6304-8888 FAX 06-6300-1734

ショールーム 東京 大阪

サービス拠点 東京 大阪 札幌 福島 静岡 富山 名古屋 徳島 福岡

Waters, The Science of What's Possible, ACQUITY, Advanced Polymer Chromatography, Empower, UPLC, UPC² および Waters Quality Parts は、Waters Corporation の登録商標です。APC, ACQUITY APC, eCord および UltraPerformance Convergence Chromatography は、Waters Corporation の商標です。その他すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

©2015 Waters Corporation. Printed in US. 2015年10月 720004570JA 10D (US)



適用規格: JISQ9001:2008(ISO9001:2008)
登録番号: JMAQA-331 登録日: 1999年05月31日