

Agilent 1260 Infinity III Prime LC システムの エネルギー消費

概要

Agilent 1260 Infinity III Prime LC システムは、Agilent InfinityLab Assist を搭載しています。このモジュールには、作業を自動化し、メンテナンスを容易にし、トラブルシューティングを支援することでシステムの運用効率と稼働時間を向上させるという利点があります。このような追加機能が消費するエネルギー量を評価するため、1260 Infinity III Prime LC システムと Waters Alliance iS HPLC システムを比較しました。エネルギーの使用量は、典型的なラボ稼働日のさまざまな動作状態で測定しました。その結果、アジレントのシステムはすべての状態において Waters のシステムよりも消費エネルギーが少なく、より経済的で持続可能な運用を希望するラボにとって、より良い選択肢であることが分かりました。

はじめに

最新の HPLC システムは単なるサンプル分析装置ではありません。機器のセンサは分析データ以外にも収集し、ポンプシール、ニードルシート、検出器ランプなどの消耗部品の磨耗や劣化をモニタリングして、交換時期が来たらユーザーに通知します。制御ソフトウェアは、システムの平衡化を容易にする、分析後にシステムをシャットダウンする、ポンプの呼び水などの日々の作業を自動化するなどの機能を統合します。

InfinityLab Assist は、このような支援機能をさらに強化します。LC スタックに追加されたこのスリムなモジュールは専用のプロセッサと大型タッチスクリーンを備えているため、LC に接続されたクロマトグラフィーデータシステム (CDS) とは関係なく、PC を介した場合よりも簡単に、すばやく、手軽に LC システムを操作できます。システムの起動と停止の自動タスク化、ガイド付きメンテナンス、トラブルシューティングの支援は、InfinityLab Assist の機能について説明したホワイトペーパーに記載されている多くのすばらしい機能の一部にすぎません。¹

InfinityLab Assist の使用に伴う時間の節約、信頼性や使い勝手の向上といった利点に対し、モジュールの追加により LC のエネルギー消費量がどのくらい増えるかという疑問が出てくるでしょう。この疑問を解明するため、この技術概要では、典型的な使用条件下での 1260 Infinity III Prime LC システムのエネルギー消費量を示します。これと同じ条件を、同じくタッチスクリーンで操作をしやすい競合システム Waters Alliance iS HPLC にも適用しています。LC システムのエネルギー消費について解説したアジレントの過去の資料^{2,3} にあるように、分析メソッドについては、エネルギー消費が可能な限り少なくなるように最適化されたものではなく、典型的な 1 日の現実的なユースケースを示すメソッドになるようにしました。

実験方法

装置構成

UHPLC システムのエネルギー消費量は、CLM 221 電力計 (Christ Electronic Systems、メミンゲン、ドイツ) と ALMEMO 2590 データロガー (Ahlborn、ホルツキルヒェン、ドイツ) を用いて測定しました。測定はすべて室温 (23 ± 2 °C) で行いました。

1260 Infinity III Prime LC の構成は次のとおりです。

- InfinityLab Assist インタフェース (製品番号 G7179A) と InfinityLab Assist ハブ (製品番号 G7180A) から構成される Agilent InfinityLab Assist アップグレード (製品番号 G7178A)
- Agilent 1260 Infinity III フレキシブルポンプ (製品番号 G7104C)
- Agilent 1260 Infinity III バイアルサンブラ (製品番号 G7129C)
- Agilent 1260 Infinity III マルチカラムサーモスタット (製品番号 G7116A)
- Agilent 1260 Infinity III ダイオードアレイ検出器 HS (製品番号 G7117C)。10 mm 標準 Agilent InfinityLab Max-Light カートリッジセル (部品番号 G4212-60008) 付き

同じ実験を、Waters ACQUITY Quaternary Solvent Manager、Flow-Through Needle 付き Sample Manager、Column Heater、Tunable UV Detector で構成される Waters Alliance iS HPLC システムで行いました。使用したメソッドパラメータとカラムは、Agilent LC システムでの実験で使用したものと同じです。

カラム

この研究で使用したカラムは、Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18、2.1 × 50 mm、1.8 μm (部品番号 959757-902) です。

ソフトウェア

1260 Infinity III Prime LC は、Agilent OpenLab CDS ソフトウェア (リビジョン 2.7) で制御しました。Waters LC は、Waters Empower ソフトウェア、リビジョン 3.8 で制御しました。

溶媒

すべての溶媒は LC グレードを使用しました。超純水は、0.22 μm メンブレニュースポイントカートリッジ (Millipak) を装着した Milli-Q Integral システムで製造しました。

サンプル

各 LC システムで分離するための標準サンプルとして、Agilent RRLC チェックアウトサンプル (部品番号 5188-6529) を使用しました。

メソッドの設定

各機器のエネルギー消費量は、ラボの1日にみられる3種類の動作状態、「Idle」(アイドル)、「Ready」(準備)、「Run」(分析)中に測定しました(正確な条件は図1を参照)。ラボでの典型的な1日は、各システムでの実際の分析時間8時間(Run)と、呼び水、パージ、平衡化、およびサンプルサブミット待機に必要な追加の2時間(Ready)で構成されるとしました。残りの時間は、システムはスタンバイ状態であるとみなしました。つまり、ポンプ、カラムオープン、検出器ランプの電源はオフだが、サンプルサーモスタットはまだサンプルの冷却中(Idle)であることを意味します。

両方のLCシステムのスイッチをオンにし、一晩、Idle状態にして、サンプルを均一に冷却しました。現実的な運用状態をシミュレーションするため、サンプルに加えて、各オートサンプラに1.5 mLの純水で満たした64本のバイアルを入れました。その翌日、Idle状態でのエネルギー消費量を2時間測定しました。

Idle状態でのエネルギー消費量の測定後、各システムのユーザーインタフェースを使用して、分析用にシステムを準備しました。InfinityLab Assistには、システムをパージして平衡化するための「Make Ready」タスクがあります。このタスクを準備、保存して、例えば毎朝7時に実行されるようにスケジュールすることができます。¹ 同じことをWaters LCで行うには、手順を開始するたびにユーザーが個々のステップを定義する必要があるため、さらに多くの手間がかかります。前処理の開始とともに、2時間にわたって、エネルギー消費量を再度測定しました。この2時間はReady状態を表し、この間、ポンプ、カラムサーモスタット、検出器ランプの電源はオンになっています。

最後に、30回の連続注入を行いました。このRun状態の間、表1に示すクロマトグラフィー条件を各システムに適用して、サンプルの分離を行いました。これらの条件は、高速グラジエント、高速分析、高圧(約63 MPa)を使用した典型的なアプリケーションを表しています。30回の連続注入の間、継続的にエネルギー消費量を測定しました。ただし、最終評価用に記録されたのは、2時間以内に完了したサンプル数と、その間に消費されたエネルギー量だけです。

表 1. クロマトグラフィー条件

パラメータ	設定値
移動相	A) 水 B) アセトニトリル
流量	0.9 mL/min
グラジエント	時間(分) %B 0.0 30 2.0 95 ストップタイム: 3分 ポストタイム: 1分
注入量	2 µL
カラム温度	40 °C
サンプル温度	4 °C
UV 検出器	240 nm、データレート 40 Hz



	アイドル	準備	分析
メイン	オン	オン	オン
サンプルのサーモスタット	オン	オン	オン
カラムサーモスタット	オフ	オン	オン
ポンプ	オフ	オン	オン
検出器ランプ	オフ	オン	オン
オートサンプラ(注入)	オフ	オフ	オン

図 1. ラボの典型的な1日に想定されるLCシステムの動作状態

結果と考察

標準サンプルの分離には、Agilent 1260 Infinity III Prime LC と Waters Alliance iS HPLC システムで、同じメソッドとカラムを使用しました。各動作状態 (Idle、Ready、Run) でのエネルギー消費量を、それぞれ2時間ずつ測定しました。2時間の分析中、サンプルの注入は 1260 Infinity III Prime LC で 24 回、Waters システムで 23 回行われました。この差は、サンプル注入に必要なオーバーヘッド時間の違いによって生じたものです。測定された数値を外挿することで、典型的な 1 日の運用における 1 日あたり、および 1 サンプルあたりの全体的なエネルギー消費量を把握できました。

動作状態それぞれに対する各 HPLC システムのエネルギー消費量を図 2 に示します。Waters システムの消費量は、アジレントシステムの消費量を 370 ~ 500 kJ 上回りました。予想されたとおり、Ready 状態と Run 状態では、Idle 状態よりも多くのエネルギーが消費されていました。アジレントのシステムでは、Run 状態での消費エネルギーは Ready 状態よりも少なくなりましたが、Waters システムのエネルギー消費量はどちらの状態でも同じでした。アジレントのシステムでの差は、平均システム圧力で説明できます。つまり、Ready 状態の間、ポンプは水比率の高い組成の移動相を送るため、圧力が高くなります。分析中、移動相に含まれる有機溶媒の割合はグラジエントとともに増加するため、徐々に圧力が低下し、その結果、分析全体の平均圧力も下がります。アジレントのポンプでは、エネルギー消費量はシステムの圧力に関連していますが、Waters のポンプはシステムの圧力に関係なく同じパワーで動作するような異なるテクノロジーを使用しています。

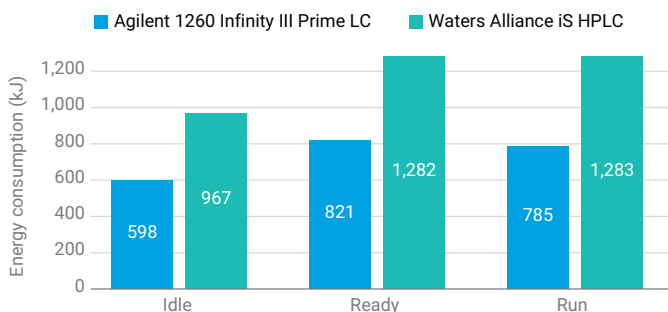


図 2. Agilent 1260 Infinity III Prime LC および Waters Alliance iS HPLC の Idle 状態、Ready 状態、Run 状態における 1 時間あたりのエネルギー消費量 (kJ)

1 日の 8 時間をサンプルの測定 (Run)、2 時間を前処理とシステムの平衡化 (Ready)、14 時間を待機 (Idle) に割り振るとすると、1 日あたりの総エネルギー消費量は、アジレントのシステムで 4.5 kWh、Waters システムで 7.3 kWh となります (図 3)。サンプルスループットが高いラボでは、LC によるサンプル測定時間はおそらく 1 日 8 時間を超えるでしょう。サンプルの測定を 16 時間、前処理と平衡化を 2 時間、待機を 6 時間と想定して計算すると、総エネルギー消費量は、アジレントのシステムで 4.9 kWh、Waters システムで 8.0 kWh になります (図 3)。サンプルの測定能力は 2 倍になりますが、エネルギー消費量の増加は 10 % 未満です。この計算は、LC システムの使用効率は、サンプルの分析中が最も高いことを示しています。

InfinityLab Assist は、LC システムのより効率的な運用に役立ちます。使用効率を表示し、準備、洗浄、または待機時間に対するサンプル分析時間の割合が、指定された割合を下回るとユーザーに通知が送られます。タスクはプログラム可能で、ユーザーのスケジュールに従って自動的にシステムを起動、停止するのに役立ちます (実行中のサンプルがある場合はスケジュールより優先されます)。メンテナンスとトラブルシューティングを支援し、ダウンタイムを最小限に抑えます。詳細については、以前のホワイトペーパーを参照してください。¹

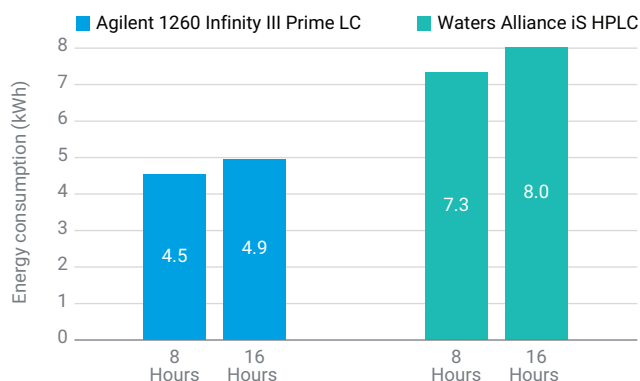


図 3. Agilent 1260 Infinity III Prime LC および Waters Alliance iS HPLC の 1 日あたりのエネルギー消費量 (kWh) (1 稼働日につき 8 または 16 時間のサンプル測定を想定)

1日のエネルギー消費量が多いと感じられるかもしれませんが、LCシステムの運用コストは、システムで測定されるサンプル数にも左右されます。Agilent 1260 Infinity III Prime LC と Waters Alliance iS HPLC はどちらも、高圧（それぞれ 80 MPa と 68.9 MPa）で高速グラジエントを実行することができる UHPLC システムです。このような特性により、低圧で稼動する中性能のシステムと比べて、1日あたりの分析可能サンプル数が多くなります。その他の各種 Agilent InfinityLab LC システムのエネルギー消費量については、別の資料で説明しています。² したがって、サンプル 1 個あたりの実際のエネルギー消費量を正確に把握するには、1日のエネルギー消費量を 1日に処理されるサンプル数で割る必要があります。

この技術概要で説明した実験条件で、1日あたりおよそ 8 時間のサンプル測定を行った場合、アジレントのシステムでは 1日あたり 96 サンプルを処理できますが、Waters システムでは 92 サンプルです。これは 1 サンプルあたりそれぞれ 170 kJ、287 kJ に相当します（図 4 参照）。1日あたり 16 時間のサンプル測定を行う高スループット運用であると仮定すると、エネルギー消費量は減少して、1 サンプルあたりそれぞれ 93 kJ、155 kJ になります。

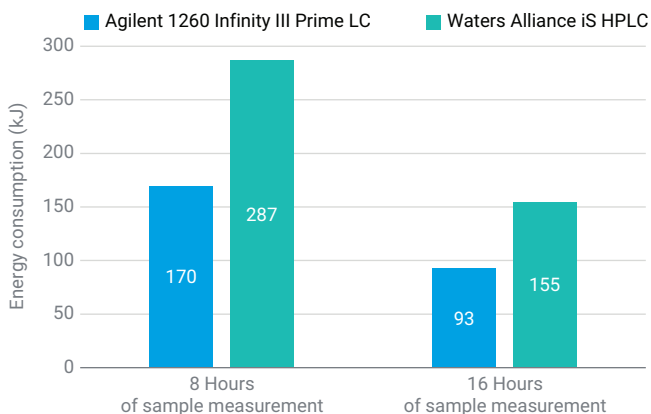


図 4. Agilent 1260 Infinity III Prime LC および Waters Alliance iS HPLC の 1 サンプルあたりのエネルギー消費量 (kJ) (1 稼動日につき 8 または 16 時間のサンプル測定を想定)

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンタ

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。

DE-000585

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2024

Printed in Japan, October 18, 2024

5994-7573JAJP

結論

Agilent 1260 Infinity III Prime LC システムのエネルギー消費量を、分析 UHPLC メソッドの典型的な条件を適用して、Idle 状態と Run 状態で測定しました。比較のため、同じメソッドを Waters Alliance iS HPLC システムでも実行しました。各動作状態 (Idle、Ready、Run) におけるエネルギー消費量、および 1 日あたり、1 サンプルあたりの全体的な消費量は、アジレントのシステムの方が少ないことがわかりました。1 日あたりの測定サンプル数を 2 倍にしても、エネルギー消費量の増加は 10 % 未満でした。これは、LC の使用効率は、待機運転中ではなく、1 日中サンプルを測定している場合に最も高くなることを示しています。InfinityLab Assist は、タスクの自動化、メンテナンスフィードバック、トラブルシューティングの支援を追加することにより、LC の稼動時間を向上させ、信頼性を強化し、さらに使いやすくします。

参考文献

1. The Agilent InfinityLab Assist: A Local User Interface to Control and Automate Your HPLC System. *Agilent Technologies white paper*, publication number 5994-7572EN, **2024**.
2. HPLC が環境に及ぼす影響の評価ルーチン分析における 4 種類の InfinityLab LC システムのエネルギー消費 *Agilent Technologies technical overview*, publication number 5994-2335JAJP, **2022**.
3. Comparing the Energy Consumption of Different UHPLC Systems. *Agilent Technologies technical overview*, publication number 5994-6214EN, **2023**.