

マルチプラットフォーム手法による リチウムイオン電池電解液の組成分析

未知の電解液サンプルの揮発性、有機物、元素組成の解明

著者

Aimei Zou, Yu-Feng Zhang,
and Olivier Chevallier
Agilent Technologies, Inc.

概要

リチウムイオン電池 (LIB) の電解液は充放電ライフサイクルにおいて重要な役割を担っています。リチウム塩、有機溶媒、添加剤は LIB 電解液の一般的な成分です。このアプリケーションノートでは、補完的な装置を使用して、3 種類の未知の電解質溶液の組成分析を実施しました。電解液成分のプロファイリングのために、アジレントのガスクロマトグラフィー / トリプル四重極質量分析計 (GC/TQ)、液体クロマトグラフィー / 四重極飛行時間型質量分析計 (LC/Q-TOF/MS)、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) を使用しました。GC/MS を使用したスプリットモード注入により、電解液サンプルに主成分として含まれる有機溶媒の情報が示された一方、スプリットレスモードでは他の 27 種類の微量の揮発性成分が検出されました。LC/Q-TOF データは、3 種類の電解液サンプルにおけるさまざまな有機成分に関する情報を提供し、本研究を補完しています。Agilent ICP-MS は、対象元素の定量結果だけでなく、QuickScan 機能の使用により、未知のサンプルに含まれる「全元素」の半定量レポートについても価値のある情報を提供しました。さまざまなプラットフォームからの結果により、包括的なアプローチでの電解液分析を実現できる、分野横断的な分析のメリットが確認されました。

はじめに

過去数十年にわたり、リチウムイオン電池 (LIB) は、ポータブル電子機器の分野、自動車業界、広範なアプリケーションのための再生可能エネルギー貯蔵に革新をもたらしてきました。カソード、アノード、電解液、セパレータ、コレクタなどの LIB の主要構成要素は、それぞれが連携しながら、電池セルの充放電中に発生する電気化学反応を制御します。^{1,2} 電解液は、他の電解液よりも安価かつ簡単に製造できるため、商用 LIB で使用される一般的な電解質の 1 つとなっています。電解液は、LIB のイオン伝導性や安定性、サイクルライフ、安全性、過充電防止において重要な機能を果たす、有機溶媒、リチウム電解質塩、添加剤を含む複雑な混合物です。電解液組成は繰り返される充電サイクルを通じて変化するため、経年が全般的なセル性能に影響を及ぼす可能性があります。² また、多くの研究者は、リバースエンジニアリング技術により商用電解液の調製仕様を調査することにも関心を持っています。³ 有機物質から無機物質までの電解液のマトリックスの複雑性により、多様な成分の完全なプロファイルを効率的に確立するためには、多数の補完的な分析技法が必要となります。経年による組成変化をモニタリングし、電解液のリバースエンジニアリングを実施するために、電解液の完全なプロファイリングを解明する適切な分析メソッドを用意することは、電池メーカーにメリットをもたらす可能性があります。このアプリケーションノートでは、ガスクロマトグラフィー / トリプル四重極質量分析計 (GC/TQ)、液体クロマトグラフィー / 四重極飛行時間型質量分析計 (LC/Q-TOF MS)、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) など、複数のアジレント機器を使用して、3 種類の未知の電解液サンプルの組成分析を実行しました。

実験手法

サンプル前処理

3 種類の電解液サンプルは地域の商用 LIB メーカーから入手しました。組成分析を不安定にする反応または生成物を防止するために、溶媒希釈を除き、電解液サンプルのために特別なサンプル前処理は実行していません。

電解液に含まれる高濃度の揮発性成分の GC/MS による同定のために、サンプルはジクロロメタン (DCM, GC グレード, Merck 社、ニュージャージー州、米国) で 1,000 倍に希釈し、スプリットモードで分析しました。微量の揮発性有機添加剤の分析に関しては、電解液サンプルを希釈することなくスプリットレスモードで GC/MS に直接注入しました。

LC/Q-TOF 分析に対しては、10 μ L の各電解液サンプルを蒸発により乾燥させ、10 倍の希釈係数を維持しつつ 100 μ L のメタノールで再溶解しました。

リチウム電解質塩は、溶媒の炭素と塩の大きな影響により、ICP-MS 分析に課題をもたらします。LIB 電解液の製造には、 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiClO_4 などの Li 塩が一般的に使用されます。^{3,5} 電解質塩によるマトリックス効果を最小限に抑制するために、LIB メーカーで一般的に使用されている溶媒である、高純度、電池グレードのジメチルカーボネート (DMC、微量金属元素ベースで 99.9 % 以上の純度、Sigma-Aldrich 社) により、ICP-MS 分析の前にサンプルを希釈しました。

GC/TQ

Agilent 8890 GC と超高感度イオン源 (HES) 搭載 Agilent 7010 トリプル四重極 GC/MS (GC/TQ) を組み合わせ、揮発性成分の分析に使用しました。GC/TQ ではスキャンモードを使用して、3 種類すべての未知の電解液サンプルから、揮発性有機化合物の情報を得るためにフル質量スペクトルを取得しました。GC/TQ の機器操作パラメータを表 1 に示します。

表 1. Agilent 7010 GC/TQ 機器パラメータ

パラメータ	
カラム	Agilent J&W DB-1701, 30.0 m \times 0.25 mm, 0.25 μ m (部品番号 122-0732)
注入量	1.0 μ L
注入口温度	250 $^{\circ}$ C
注入モード	スプリット (100:1 のスプリット比) およびスプリットレス
キャリアガス	He、定流量、1.0 mL/min
オープンプログラム	初期: 40 $^{\circ}$ C、3 分間保持 昇温 1: 10 $^{\circ}$ C /min で 160 $^{\circ}$ C まで昇温、2 分間保持 昇温 2: 20 $^{\circ}$ C /min で 240 $^{\circ}$ C まで昇温、9 分間保持
取り込みモード	スキャン、 m/z 15 ~ 450 amu
イオン源温度	280 $^{\circ}$ C
四重極温度	150 $^{\circ}$ C
トランスファライン温度	250 $^{\circ}$ C
溶媒待ち時間	- 2.3 min (スプリット注入) - 5.5 min (スプリットレス注入)

LC/MS

Agilent 1290 Infinity II LC と Agilent 6545XT AdvanceBio LC/Q-TOF を使用し、電解液サンプル中の有機成分と添加剤を分析しました。表 2 に LC/Q-TOF 機器の条件を示します。

表 2. Agilent 1290 Infinity II LC および Agilent 6545XT Q-TOF の機器条件

パラメータ													
カラム	Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18、2.1 × 150 mm、1.8 μm (部品番号 959759-902)												
移動相 A	5 mM ギ酸アンモニウム水溶液												
移動相 B	100 % メタノール												
グラジエント	<table border="1"> <thead> <tr> <th>時間 (分)</th> <th>グラジエント (% B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>15.5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	時間 (分)	グラジエント (% B)	0	5	10	95	15	95	15.5	5	20	5
時間 (分)	グラジエント (% B)												
0	5												
10	95												
15	95												
15.5	5												
20	5												
カラム温度	40 °C												
流量	0.3 mL/min												
注入量	2 μL												
光源	ESI AJS												
取り込みモード	MS												
極性	陽性												
ガス温度	250 °C												
乾燥ガス	8 mL/min												
ネブライザ	35 psi												
シースガス温度	300 °C												
シースガス流量	10 mL/min												
キャピラリー電圧	3,500 V												
ノズル電圧	0 V												
リファレンス質量	121.0509 および 922.0098												
質量範囲	50 ~ 1,000 m/z												
取り込みレート	4 スペクトル/秒												

ICP-MS

Agilent ICP-MS では、装置の構成と設定を変更することで有機サンプル分析をルーチンに実行できます。LIB 溶媒に関する以前のアプリケーションで報告されている同じ条件とパラメータを適用し⁴、この作業のために、有機溶媒サンプル導入キット (部品番号 G3280-60580) と白金製のインタフェースコーンを備えた Agilent 7900 ICP-MS を使用しました。その他には、MicroMist ネブライザ、内径 1.5 mm インジェクタ付き石英製トーチ、I-AS インテグレートオートサンブラプローブ (内径 0.15 mm)、耐溶媒取り込み/ドレインチューブを追加しました。インタフェースコーンに非解離の炭素 (煤) が蒸着するのを防止するために、プラズマに O₂/Ar (20/80 mix) を添加するためのオプションガスラインを ICP-MS に取り付けました。操作パラメータを表 3 に示します。

表 3. ICP-MS の操作パラメータ

セルモード	ノーガス	He	HEHe	H ₂
RF Power (W)	1,600			
サンプリング位置 (mm)	9			
ネブライザガス流量 (L/min)	0.55			
Ar/O ₂ オプションガス (%)	20			
Ext 1 (V)	0			
Ext 2 (V)	-250			
オメガバイアス (V)	-110			
オメガレンズ (V)	11.1			
ORS ガス (mL/min)	—	3.5	8.5	5
エネルギーディスクリミネーション (V)	5		7	3

結果と考察

GC/TQ による揮発性有機溶媒の分析

GC/TQ は、揮発性有機化合物の同定のための強力な手法です。電解液は、高純度の有機溶媒、リチウム塩、多数の添加剤で構成された混合物で、通常は有機溶媒が主成分です。3 種類の電解液を希釈し、スプリットモードで分析した際の GC/TQ TIC を図 1 に示します。

MassHunter Unknowns Analysis のデコンボリューション機能により化合物を網羅的に抽出し、Wiley 12/NIST 2020 を用いたライブラリ検索を行いました。スプリットモードの結果では、一貫性に優れた RT と NIST ライブラリから得られた高い一致率により、3 種類すべての電解液サンプルの主成分として DMC が確認されました。

主成分に加え、微量の揮発性成分を同定するために、3 種類の電解液サンプルのスプリットレス注入も行いました (図 2)。Unknowns Analysis ではクロマトグラムデコンボリューションにより、すべての微量化合物を抽出してからライブラリ検索を実行します。Unknowns Analysis には、RT、化合物名、CAS 番号、一致率、構造式など、各化合物の包括的な情報が表示されます (図 3)。

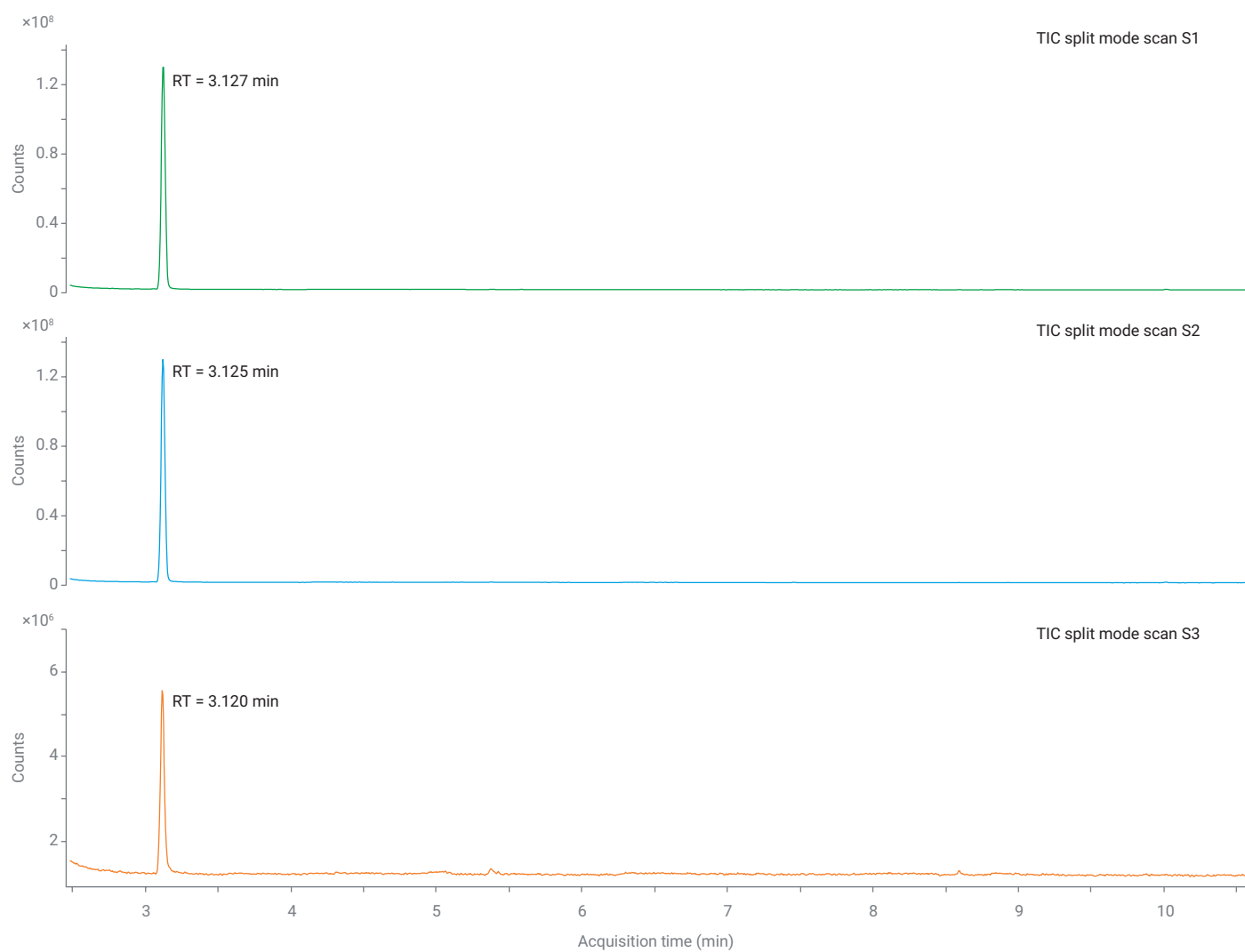


図 1. スプリット注入による、1,000 倍希釈による 3 種類の電解液サンプル (S1、S2、S3) の GC/TQ TIC

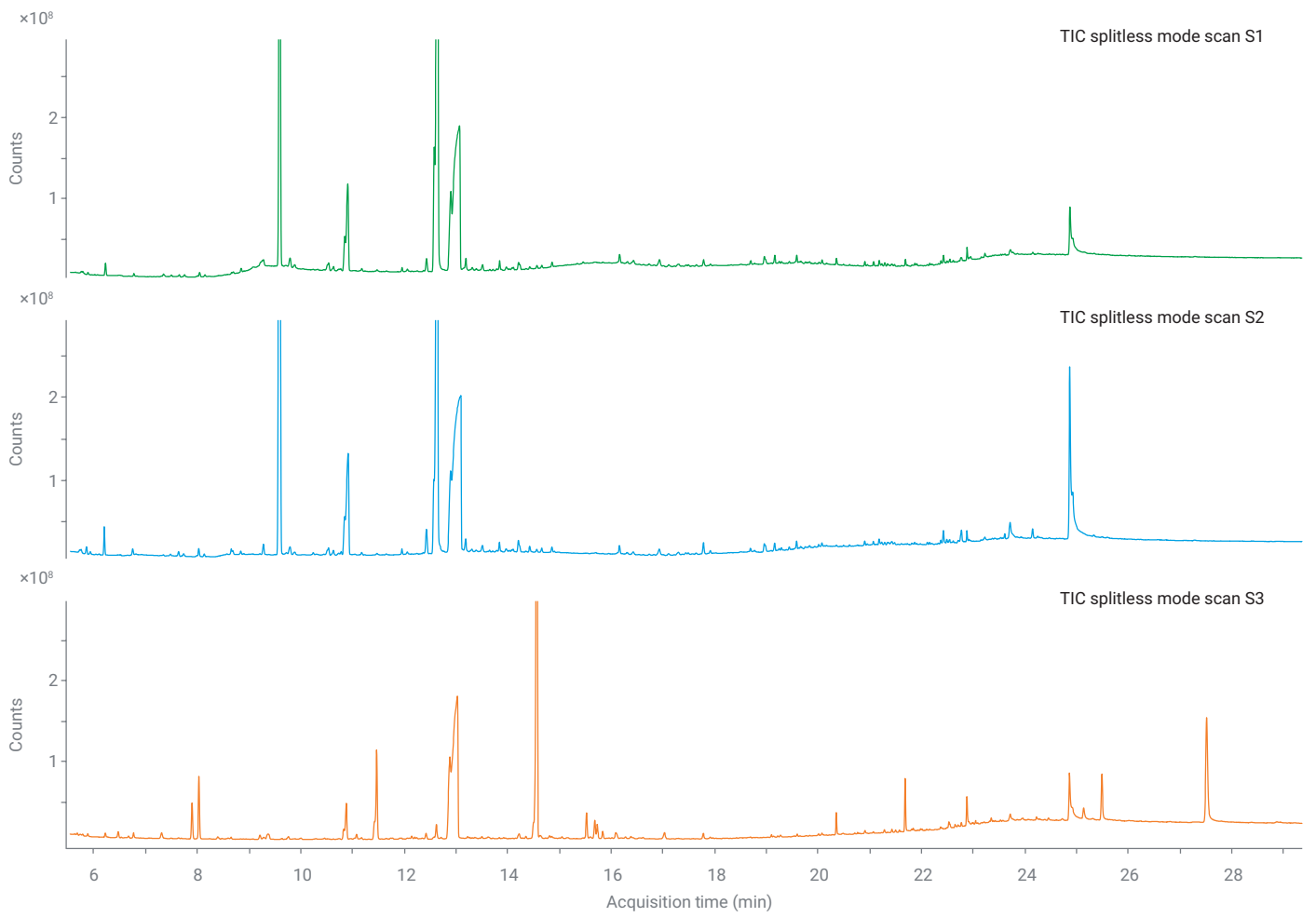


図 2. スプリットレス注入による 3 種類の電解液サンプル (S1、S2、S3) の GC/TQ TIC



図 3. 電解液サンプル 3 に関する MassHunter Unknowns Analysis

3 種類の電解液サンプルで、28 種類の揮発性化合物が、いずれも 60 以上の一致率により同定されました（スプリットモードおよびスプリットレスモードの両方）。そのうち、8 つの対象化合物が 3 種類すべての電解液サンプルで共通であることが確認されました。それらは商用 LIB 電解液でよく使用される化合物です。³ 共通している 8 つの成分とは、DMC、ジエチルカーボネート (DEC)、トルエン、硫化ジフェニル、リン酸トリメチル、ヘキサデカン、1,3-ジオキサラン-2-オン (EC)、N-メチル-2-ピロリドン (NMP) です。3 種類のサンプルにおける化合物の同定を図 4 に示します。

3 種類の電解液サンプルで共通の 8 つの成分に関する GC/TQ 結果の概要を表 3 に示します。異なる電解液サンプルから同じ化合物に対して一貫性のある RT と高い一致率 (90%) が得られ、未知化合物の同定のための Agilent GC/TQ と MassHunter Unknowns Analysis ソフトウェアの優れた性能が示されました。

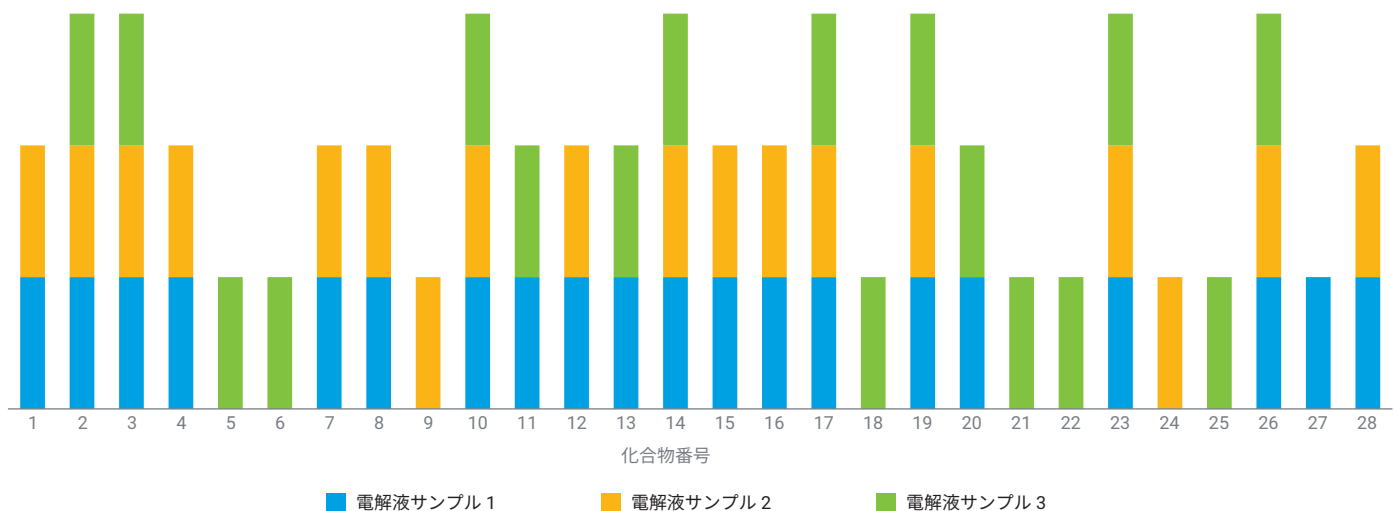


図 4. 3 種類の電解液サンプルで同定された 28 種類の化合物の概要。電解液サンプル 1、2、3 から同定された対象化合物の数は、それぞれ 20、18、17 です。

表 4. 3 種類の電解液で同定された 8 つの共通した化合物の RT および一致率

化合物番号	化合物名	RT (分)			一致率		
		サンプル 1	サンプル 2	サンプル 3	サンプル 1	サンプル 2	サンプル 3
2	ジエチルカーボネート (DEC)	6.538	6.515	6.533	90.4	91.3	90.5
3	トルエン	5.789	5.754	5.785	94.5	92.0	94.0
10	硫化ジフェニル	19.393	19.392	19.392	75.4	80.4	79.6
14	リン酸トリメチル	10.640	10.635	10.630	94.3	94.9	88.5
17	ヘキサデカン	17.933	17.931	17.931	90.2	97.2	90.7
19	ジメチルカーボネート (DMC)	3.127	3.125	3.120	94.4	94.3	93.8
23	1,3-ジオキサラン-2-オン (EC)	13.069	12.899	12.883	92.8	95.4	95.5
26	N-メチル-2-ピロリドン (NMP)	12.580	12.634	12.620	97.1	95.8	97.0

LC/Q-TOF による不揮発性有機分析

LC/Q-TOF を用いた精密質量分析は、GC/MS と互換性がない微量の有機成分や高沸点物質の同定において、より優れた性能を発揮します。電解液サンプルは LC/Q-TOF で分析し、その後ノンターゲットアプローチにより統計的評価を実施しました。クロマトグラフィーグラジエントメソッドにより、高分解能の Q-TOF 機器が提供する優れた正確さ、質量精度、ダイナミックレンジで、極性および非極性の不揮発性化合物を分離できました (図 5)。次に、最新のデータ抽出に統計分析と同定手順を統合する MassHunter Explorer を使用して、取得したデータファイルを処理しました。ガイド付きワークフローの最初のステップで、データを簡単に視覚化してすべての特徴を抽出し、その後のフィルタステップで、不要なばらつきを排除することができました (主成分分析 (PCA) プロット、図 6)。次に統計解析ツールによりデータの次元を縮小し、3 種類の電解液サンプルの間で大きく異なる、または共通している化合物に焦点を当てました。いくつかの統計手法を適用する前に、最初のデータに変動に基づくフィルタリング (3 グループの間で 25 % 未満の変動係数) を適用しま

した。倍率変化解析 (300 未満の倍率変化で、すべてブランクに対して。図 6) を実行し、その結果を階層的クラスター分析 (HCA) プロットとして提示しました (図 7)。HCA プロットでは、3 種類の電解液サンプルにおける類似性に基づき、さまざまなクラスターに成分をグループ化しています。次にベン図を作成し、3 種類の電解液サンプル間で固有の、および共通した有機成分を同定しました (図 7)。LC/Q-TOF データを使用したガイド付きワークフローの最後のステップは同定ステップで構成されており、データベースに対して対象化合物を検索できます。電解液サンプル 3 に含むと考えられる成分の一部を表 5 に示します。

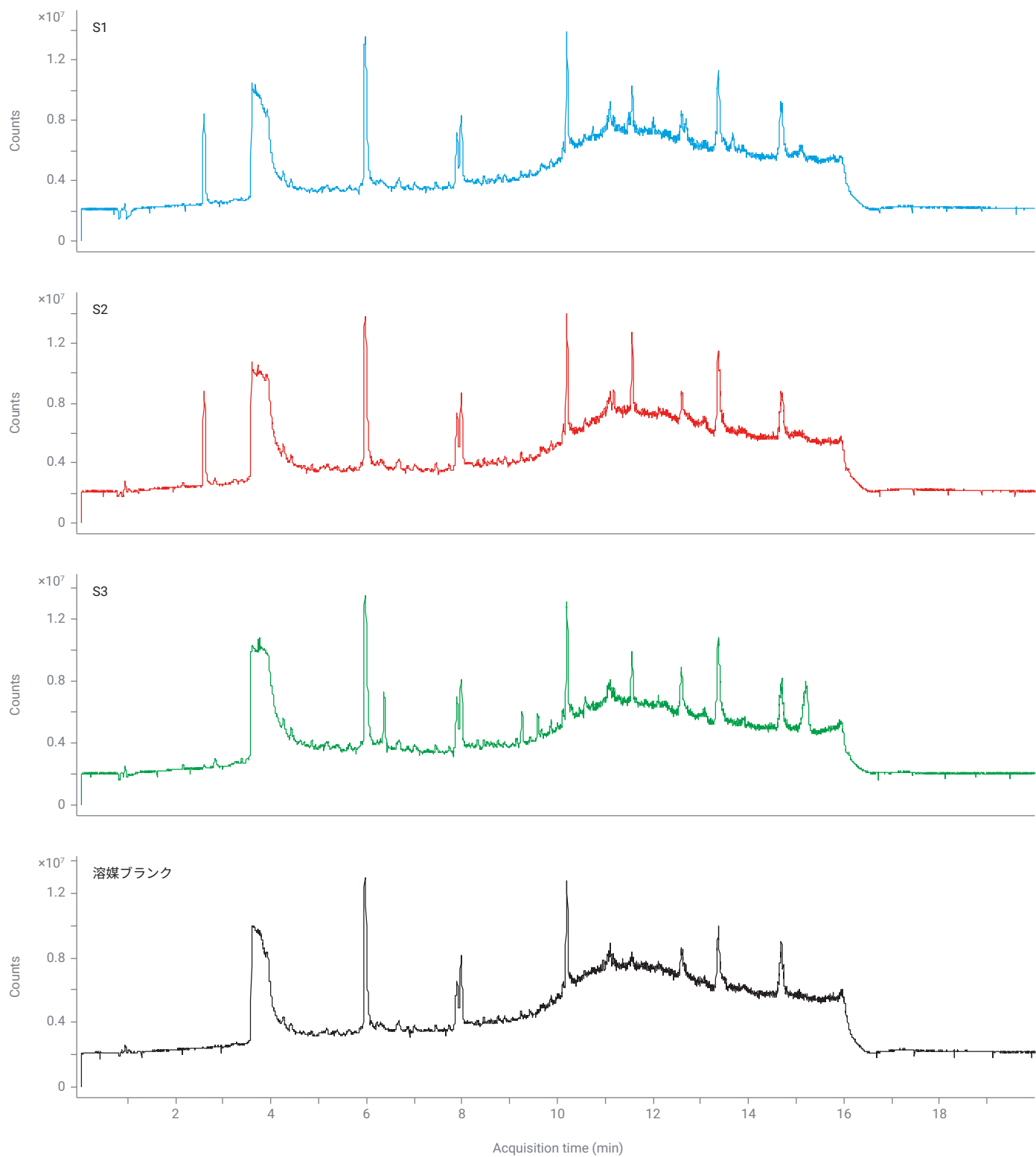


図 5.3 種類すべての LC/Q-TOF TIC データとメタノールブランクの重ね表示

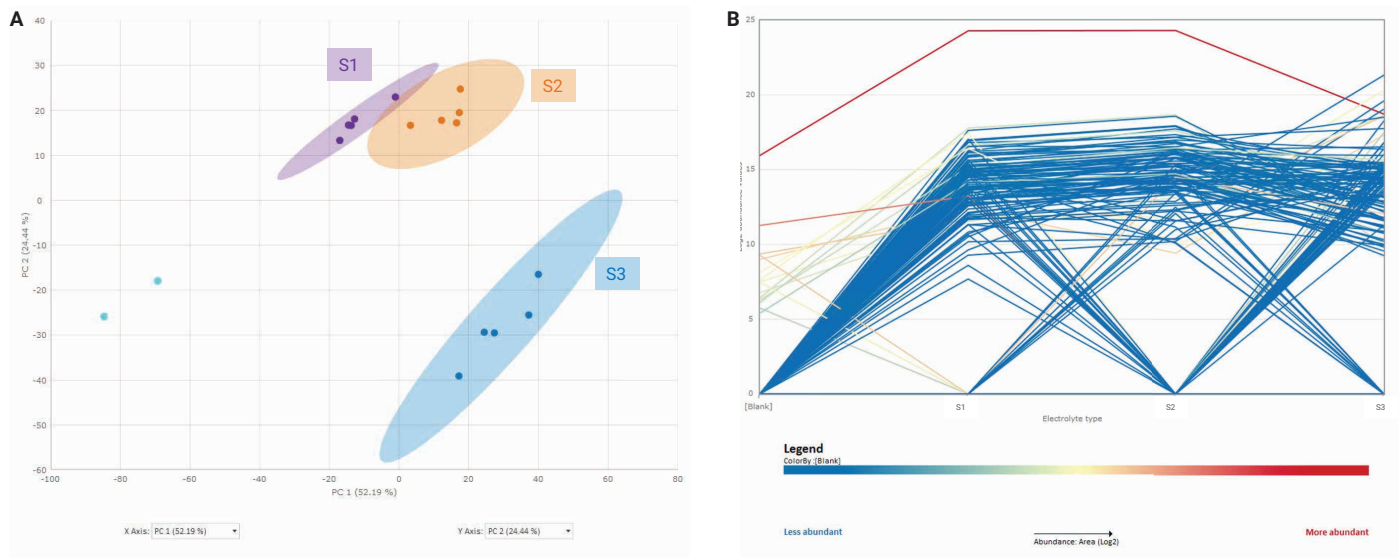


図 6. 3 種類すべての電解液サンプルの PCA プロット (A) および倍率変化解析 (B) データ

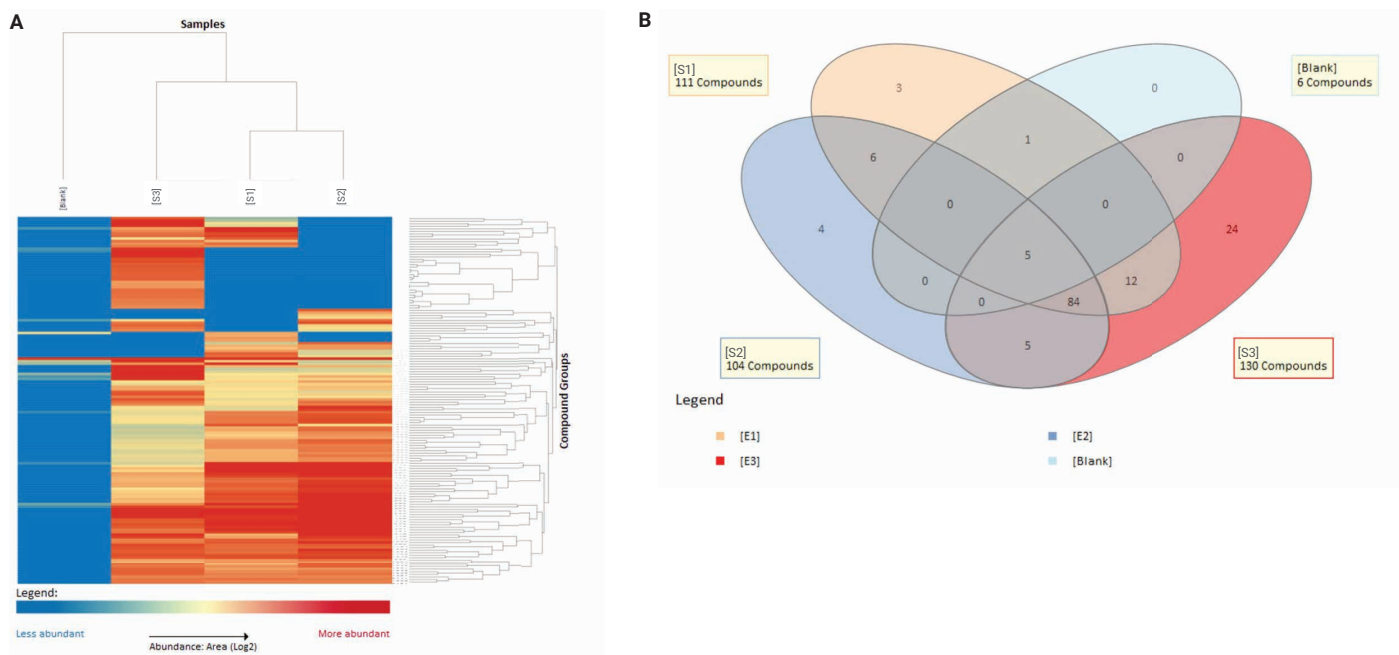


図 7. 3 種類すべての電解液サンプルの HCA プロット (A) およびベン図 (B)

表 5. LC/Q-TOF 分析による電解液サンプル 3 に含有されると考えられる成分のリストの一部

ブライカーサ m/z	電荷状態	リテンションタイム (分)	イオン種
103.0748	1	4.35	(M+H) ⁺
326.1802	1	5.22	(M+H) ⁺
180.1271	1	5.65	(M+H) ⁺
518.316	1	6.02	(M+H) ⁺
532.295	1	6.09	(M+Na) ⁺
562.3423	1	6.21	(M+H) ⁺
576.3214	1	6.28	(M+H) ⁺
606.3679	1	6.37	(M+H) ⁺
620.3475	1	6.44	(M+H) ⁺
503.311	2	7.163	(M+2H) ⁺²
547.3374	2	7.326	(M+2H) ⁺²
569.3503	2	7.399	(M+2H) ⁺²
591.3634	2	7.47	(M+2H) ⁺²
635.3893	2	7.60	(M+2H) ⁺²
129.0907	1	7.93	(M+H) ⁺
129.0909	1	8.31	(M+H) ⁺
161.1165	1	9.14	(M+H) ⁺
125.0957	1	9.15	(M+H) ⁺
139.1115	1	9.59	(M+H) ⁺
680.3624	1	10.95	(M+H) ⁺
115.1116	1	11.00	(M+H) ⁺
700.3311	1	11.23	(M+H) ⁺
764.7111	1	15.20	(M+H) ⁺
465.3332	1	15.21	(M+K) ⁺

ICP-MS による元素プロファイリングおよび定量

Agilent ICP-MS には、有機溶媒分析のニーズに簡単に対応し、元素プロファイリングを提供できる、堅牢な 27 MHz ソリッドステート型高周波電源が搭載されています。GC/MS データに基づき DMC は主要な溶媒として同定されたため、ICP-MS 分析前の電解液サンプルの希釈のために DMC を選択しました。Agilent ICP-MS MassHunter の QuickScan 機能により、ヘリウムセルモードで未知サンプルの全質量範囲の「全元素」データを自動で取得でき、サンプルの元素プロファイルを完全に把握することが可能です。本研究では、100 倍の希釈により 3 種類すべてのサンプルの QuickScan データを取得しました。図 8 に示すように、データは Agilent IntelliQuant ソフトウェアを使用して処理し、周期表ヒートマップとして提示しました。Li、P、B、S、Cl など、濃い色で示された元素は、測定サンプルでより高い濃度であることを示しています。Na、K、Mg、

Cr、Fe、Co、Zn、Ni など、他の予想外の元素も不純物として確認されました。したがって、マトリックスが一致した外部検量線に基づき (DMC 溶媒ベース)、サンプルに含まれるこれらの疑わしい元素を定量しました。選択された 21 種類の元素の分析結果を表 6 にまとめました。これは、最初の IntelliQuant による迅速な評価と一致しており、未知サンプルの元素分析における Agilent ICP-MS システムの優れた感度と選択性を実証しています。また、結果では、リチウム塩、LiPF₆、LiBF₄、LiClO₄ が 3 種類の電解液サンプル中に多く示されており、リバースエンジニアリングによる電解液混合物中のリチウム塩の配合の解明に役立ちました。

表 6. 3 種類の電解液に含まれる特定元素の ICP-MS 定量結果

元素	質量数	セルガス	100 倍に希釈したサンプルの濃度測定値 (ppb)		
			電解液サンプル 1	電解液サンプル 2	電解液サンプル 3
B	10	ノーガス	97.64	502.87	37.34
Na	23	ノーガス	46.10	42.23	47.64
Mg	24	H ₂	18.44	16.81	12.64
Al	27	ノーガス	1.05	1.11	0.82
P	31	HEHe	484.04	237.75	209.27
K	39	H ₂	58.79	50.26	52.43
Ca	40	H ₂	2.18	1.67	1.10
Ti	47	He	10.16	3.57	2.49
V	51	He	0.41	0.53	0.38
Cr	52	HEHe	24.00	39.67	28.70
Mn	55	He	0.28	0.31	0.26
Fe	56	H ₂	4.76	3.85	6.12
Ni	60	He	3.08	1.45	0.35
Cu	63	He	2.15	2.60	2.71
Zn	66	He	27.11	11.56	23.30
Mo	95	He	0.95	5.21	2.35
Ag	107	He	0.54	0.98	0.11
Cd	111	He	0.30	0.37	0.43
Sn	118	He	0.41	0.23	0.20
Ba	137	He	1.12	2.97	2.57
Pb	208*	He	0.44	0.26	0.22

* Pb は、最も豊富な 206、207、208 の 3 種類の同位体の合計により測定しました。

S1

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	A															
		L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

S2

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	A															
		L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

S3

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	A															
		L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

図 8. 3 種類の電解液サンプルの IntelliQuant 周期表ヒートマップ

結論

今回の実験では、揮発性有機成分および無機成分の両方の同定を対象とした、未知の電解質溶液の組成の解明に、多様なアジレントの補完的装置を良好に適用できることが明らかとなりました。Agilent 8890 GC と HES 搭載 Agilent 7010 GC/TQ を組み合わせ、主要な揮発性溶媒と微量の添加剤の同定に成功しました。Agilent LC/Q-TOF と Agilent MassHunter Explorer データ解析ソフトウェアによるノンターゲットアプローチは不揮発性成分に関する価値の高い統計的情報を提供し、3 種類の電解質溶液の間で統計解析を実行するのに役立ちました。溶媒導入パーツを変更した Agilent 7900 ICP-MS を無機成分の定量分析に適用し、使用されている主要なリチウム電解質塩および電解質溶液中の元素不純物を同定しました。アジレントのハードウェアとソフトウェアのスマートな組み合わせは、電解質溶液の調製仕様のリバースエンジニアリングに伴う分析上の課題を明らかにするための有望なツールとなります。このような手法は、LIB メーカーによる、ルーチンの品質管理分析と電池の経年における電解液の分解研究の詳細なモニタリングを促進します。

参考文献

1. Lithium-Ion Batteries: Basics and Applications, Springer Berlin, Heidelberg, **2018**.
2. The Development and Future of Lithium-Ion Batteries, *J. Electrochem. Soc.*, 164, **2017**, (1) A5019-A5025.
3. Zhang, S. S. A Review on Electrolyte Additives for Lithium-Ion Batteries. *J. Power Sources* **2006**, 22, 1379–1394.
4. Zou, A.; Li, S.; Ang, C. H.; McCurdy, E. Analysis of Elemental Impurities in Lithium-Ion Battery Electrolyte Solvents by ICP-MS, *Agilent Technologies application note* 5994-6883EN.
5. Owens, B. B.; Reale, P.; Scrosati, B. Primary Batteries | Overview, *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources*, **2009**, 22–27.

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンター

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。

DE81164461

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2024

Printed in Japan, January 25, 2024

5994-7014JAJP