

## ICP-OES로 재활용 리튬 이온 배터리 시료 속 금속 검출

Agilent 5800 ICP-OES를 사용해 "블랙 매스" 배터리 물질  
속 18종의 금속을 정량 분석



### 저자

Shuping Li  
Agilent Technologies, Inc.

### 서론

리튬 이온 배터리(LIB)는 높은 에너지 저장 용량, 빠른 충전 기능, 내구성 덕분에 오랫동안 가전 제품용으로 선호되어 온 전원입니다(1). 또한 리튬 이온 배터리는 전기자동차(EV)와 재생 에너지 저장 솔루션으로 점점 더 많이 사용되고 있습니다. 리튬 이온 배터리가 다양한 현대 기술의 필수적인 부분을 차지하면서 소비된 배터리로 인한 전자 폐기물의 양도 증가하고 있으며, 이를 처리하는 방법에 관심이 집중되고 있습니다. 많은 국가들이 매립 또는 소각 대신 전자 폐기물 재활용에 투자하고 있습니다(2).

리튬 이온 배터리는 리튬, 망간, 코발트, 니켈과 같이 점차 더 희소해지고 있는 원소를 포함하고 있으므로, 폐기된 리튬 이온 배터리는 이와 같은 중요 원소에 대해 유의미한 2차 원천입니다. 전자 폐기물에서 귀중한 금속을 재생하는 것은 유한한 자원의 고갈을 늦추고 배터리 생산 시 공급망 유지를 위해 전통적인 광업에 지나치게 의존하는 것을 줄일 수 있습니다(2). 또한 리튬 이온 배터리의 재활용은 폐기 과정에서 발생하는 금속의 잠재적 환경 유출을 감소시킵니다(3).

특수 배터리 재활용 공장은 사용된 LIB를 분해, 파쇄, 처리하여 "블랙 매스" 분말로 만듭니다. 배터리의 주요 구성 요소에 사용된 금속은 블랙 매스 물질 속에 포함되어 있습니다(4). 블랙 매스를 정제하면 상품 등급의 흑연, 수산화 코발트, 탄산 리튬을 재사용할 수 있습니다. 회수된 물질의 순도를 테스트하려면 신뢰할 수 있는 품질 관리(QC) 분석법이 필요합니다.

현재 블랙 매스 시료의 원소 측정을 위한 업계 표준 분석법은 존재하지 않습니다. 그러나 리튬 이온 배터리 생산에 사용되는 화학물질의 오염물 원소 관리와 관련된 여러 표준 분석법에는 유도결합 플라즈마 광발출 분광법(ICP-OES)의 사용이 명시되어 있습니다. 예를 들어 중국에서 ICP-OES를 사용하는 표준 분석법으로는 YS/T 928.4, GB/T 24533-2019, GB/T 26300-202, GB/T 26008-2020이 있습니다. 따라서 LIB 원료 공급업체 및 배터리 제조업체에서 LIB의 원료와 구성 요소 속 원소를 분석할 때, Agilent 5800 VDV(Vertical Dual View) ICP-OES와 같은 견고하고 안정적인 기기가 널리 사용됩니다(5~9). 5800 ICP-OES의 성능 특성은 LIB의 블랙 매스 물질을 포함한 복잡한 전자 폐기물 시료 분석에 동일하게 응용할 수 있습니다.

이 연구에서는 5800 VDV ICP-OES를 사용해, 폐기된 LIB에서 생성된 전자 폐기물 재활용 물질의 18종 원소를 분석하였습니다. Agilent ICP Expert Pro 소프트웨어 내의 Agilent IntelliQuant Screening 스마트 도구를 사용하여 분석법 개발을 간소화하고 시료 재측정을 최소화했습니다(10). 또한 Intelligent Rinse의 사용을 통해 시료 간 행굼 시간을 자동으로 최적화하여, 복잡한 고 매트릭스 시료의 처리량을 최대화하였습니다.

## 기기

5800 VDV ICP-OES에는 SeaSpray nebulizer, 더블 패스 유리 사이클론 스프레이 챔버 및 탈착식 1.8mm i.d 인젝터 토치가 장착되어 있습니다. 시료 주입에는 Agilent SPS 4 자동 시료 주입기를 사용했습니다. 기기 작동 파라미터는 표 1에 나와 있습니다.

표 1. Agilent 5800 VDV ICP-OES 기기 작동 조건.

파라미터	Radial	Axial
판독 시간(초)	5	10
반복 횟수	3	
시료 흡입 지연(초)	15	
안정화 시간(초)	5	10
행굼 시간(초)	60*	
펌프 속도(rpm)	12	
RF 파워(kW)	1.4	
Aux 유속(L/분)	1.0	
플라즈마 유속(L/분)	12	
Nebulizer 유속(L/분)	0.65	
관측 높이(mm)	8	NA
시료 펌프 튜브	흰색/흰색	
폐기물 펌프 튜브	파란색-파란색	
백그라운드 보정	FBC 및 FACT	

FBC: Fitted Background Correction; FACT: Fast Automated Curve-fitting Technique. \*Intelligent Rinse에서 최대 행굼 시간 설정.

## 분석법 개발

분석자는 IntelliQuant Screening을 통해 빠른 전체 스펙트럼 스캔을 실행하여 몇 초 만에 미지 시료의 원소 함량에 대해 자세히 알아볼 수 있습니다(10). IntelliQuant Screening에서 생성된 데이터는 자동화된 스펙트럼 간섭 식별을 제공하여 간섭이 없는 파장 선택을 가능케 합니다. IntelliQuant Screening은 또한 시료의 원소 농도를 식별하고 추정하여, 정량에 포함된 원소에 대한 적절한 검량 농도 범위를 결정하는 데 도움을 줍니다. 농도 데이터는 주기율표 블랙 매스 시료에 대한 그림 1에서 볼 수 있듯, '히트 맵(heat map)' 보기를 통해 표시할 수 있습니다. 히트 맵은 코발트가 시료에서 가장 함량이 높은 원소임을 보여주고 있습니다.

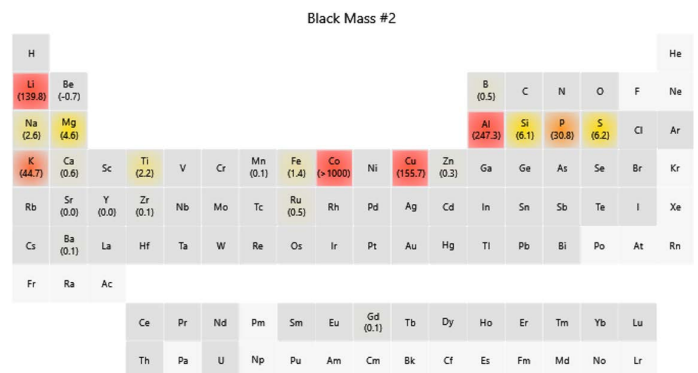


그림 1. 블랙 매스 전자 폐기물 LIB 시료에 포함된 원소 및 준정량 농도(ppm)를 보여주는 IntelliQuant Screening 원소 '히트 맵'.

## 표준물질 및 시료 전처리

LIB 블랙 매스 시료는 싱가포르의 배터리 재활용 공장에서 미세하게 분쇄된 분말로 제공되었습니다. 약 0.20g의 블랙 매스 시료를 20mL의 왕수 속에 넣고 3시간 동안 250~300°C로 핫 플레이트에서 분해했습니다. 용액을 0.45µm 시린지 필터를 통해 여과하여 분해되지 않은 탄소를 제거하고 탈이온수(DIW)를 이용해 최대 50mL로 만들었습니다. 각 시료는 같은 것을 2개씩 만들었습니다. 분해물 바탕 물질 또한 2개로 만들었습니다. 분해물 시료는 고농도 원소(Al, Co, Cu, Li, S, P, Mg, Si, Ni, Na, Ti, Fe) 분석을 위해 5회 추가 희석을 하였습니다. 외부 검량 표준물질과 품질 관리(QC) 시료는 위의 시료와 동일한 산성 매트릭스에서 전처리하였습니다.

원소에 대한 검량 농도 범위는 표 2에 기재되어 있습니다. 검량 표준물질과 스파이크 시료는 애질런트 다원소 검량 표준물질 2A 및 표준물질 4, Co 및 P에 대한 애질런트 단일 원소 1000ppm 원액 표준물질, Merck ICP 다원소 표준물질을 사용해 준비했습니다.

표 2. 모든 원소의 검량 범위는 정량 분석법에 포함되었습니다.

원소	검량 농도 범위(ppm)
Co	0~500
Al, Cu, Li	0~50
P, Si	0~10
Mg, Na, S	0~5
기타 원소	0~2

## Intelligent Rinse

ICP Expert 소프트웨어의 Intelligent Rinse 기능은 행균 시간 동안 지정된 원소 파장의 강도를 모니터링하고 SPS 4 자동 시료 주입기 행균 시간을 제어합니다(17). 원소의 강도가 사용자 지정 임계값에 도달하면 소프트웨어가 자동으로 행균을 종료합니다. Intelligent Rinse에는 섬세, 보통 또는 고속의 3가지 행균 설정이 있습니다. 신호 강도를 모니터링한다는 것은, 각 시료를 세척하는 데 걸리는 시간에 따라 행균 시간이 달라진다는 것을 의미합니다. 이 연구에서 행균 시간은 Al, Co, Li, Mg의 농도(임계값 설정)에 따라 바탕 물질의 경우 3초, 검량 표준물질의 경우 21~43초, 시료의 경우 17~60초로 다양하게 설정되었습니다. Intelligent Rinse는 시료 처리량과 아르곤 사용량 모두를 최적화하는 간단한 방법입니다.

## 백그라운드 보정

ICP Expert 소프트웨어에는 사용이 쉬운 백그라운드 보정 기법이 포함되어 있습니다. 바로 Fitted Background Correction(FBC)과 Fast Automated Curve-fitting Technique(FACT)입니다. 두 기법 모두 이 연구에 적용되었습니다.

FBC는 정교한 수학적 알고리즘을 사용하여 분석물질 피크 아래의 배경 신호를 모델링하므로 오프 피크(off-peak) 백그라운드 보정 지점을 수동으로 결정할 필요가 없습니다. 직접적인 스펙트럼 간섭이 없는 대부분의 원소에 대해서는 FBC를 선택하였습니다. 그림 2는 Zr 339.198nm에 대해 FBC를 사용하는 자동 백그라운드 보정의 사례를 보여줍니다. FBC는 아르곤 방출선에서 유래한 백그라운드 구조의 정확한 보정을 수행하여, 블랙 매스 시료 속 Zr의 정확한 검출을 가능케 했습니다.

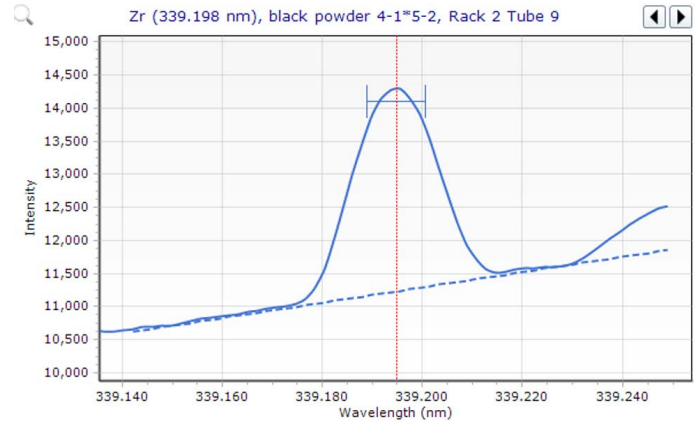


그림 2. FBC를 사용한 Zr 339.198nm에 대한 자동 백그라운드 보정 기능.

더 복잡한 백그라운드 신호의 영향을 받는 원소의 경우 FACT가 사용되었습니다. 그림 3은 Na 589.592nm에 대한 FACT 모델, Ba 589.612nm에 대한 보정 기능을 보여줍니다. FACT는 Ba 간섭 피크(빨간색 파선)를 모델링하였으며, 조합 피크(파란색 선)에서 분석물질 신호(녹색 선)를 분석하고 Na에 대한 정확한 결과를 제공하였습니다.

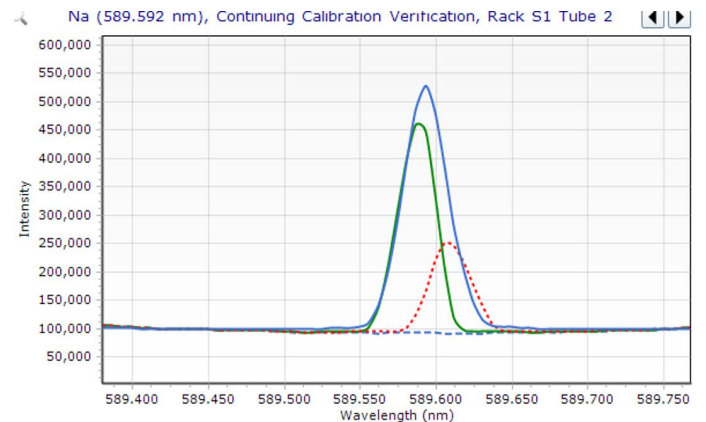


그림 3. Na에 대한 Ba 간섭을 보정한 FACT 모델(파란색으로 표시). Ba 589.612nm (빨간색 파선) 간섭 선이 Na 589.592nm(녹색 선) 선과 겹치고 있습니다. 밝은 파란색 파선은 바탕 물질을 의미합니다.

## 결과 및 토의

Co, Cu, Li, Mn, Ni, P에 대한 대표적 검량선이 표 4에 나타나 있습니다.

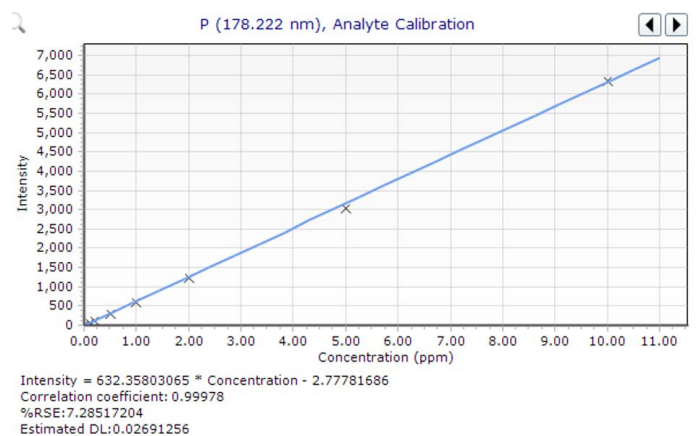
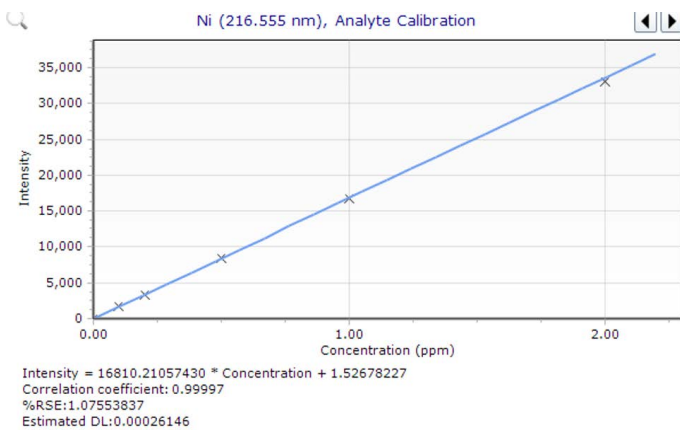
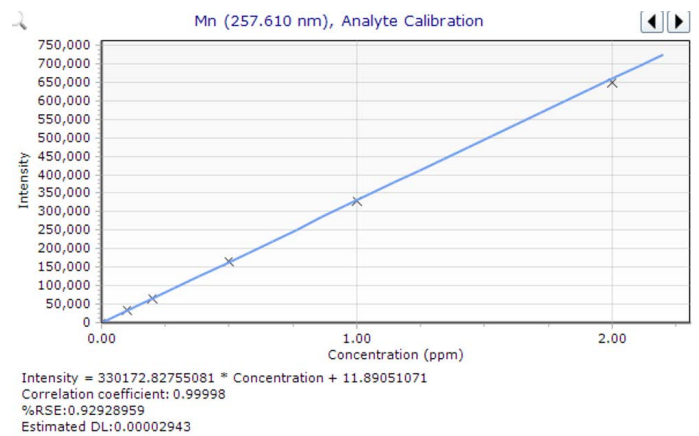
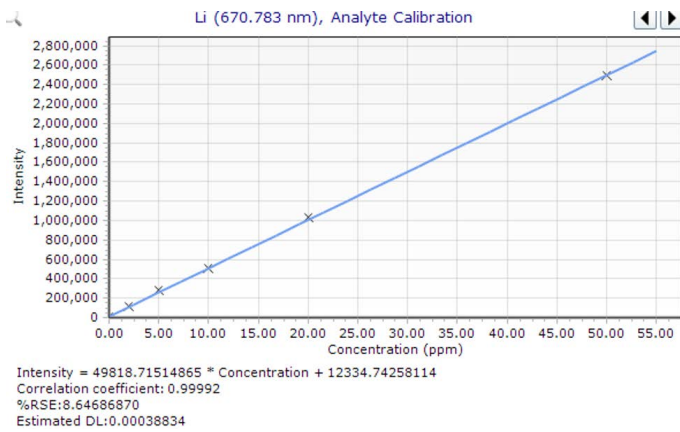
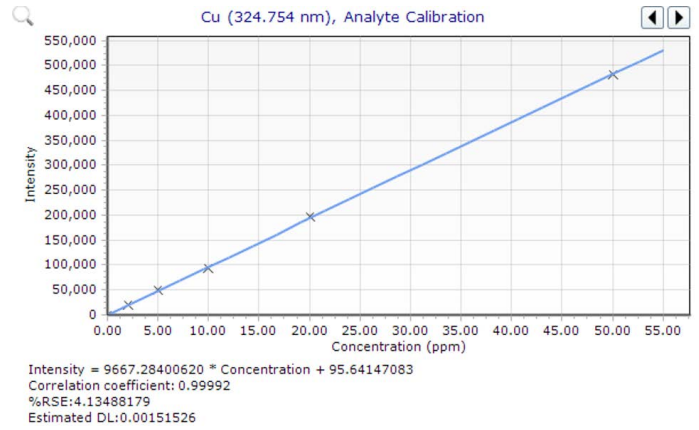
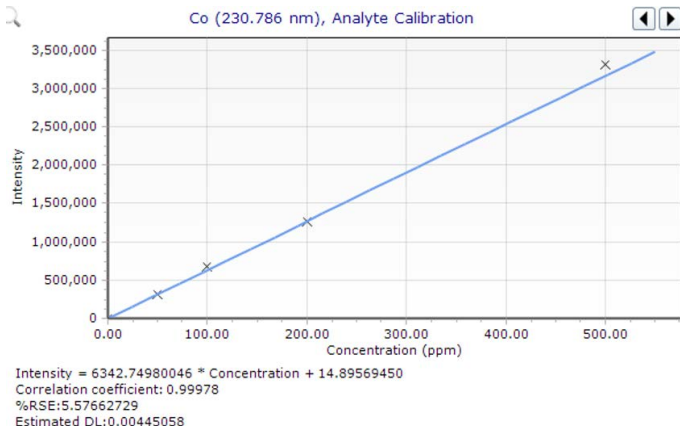


그림 4. Co, Cu, Li, Mn, Ni, P에 대한 대표적 검량선.

검출(LOD)와 정량 한계(LOQ)는 표 3에 나타나 있습니다. LOD와 LOQ는 11개 분석법 바탕 측정에 기초하였으며, 각각 3 x 표준 편차 (SD)와 10 x SD로 계산되었습니다. 분석법 검출 한계(MDL)는 각 원소에 대해 측정된 농도의 3개 SD에 희석 계수(DF)인 250 또는 1250을 곱해 계산하였습니다. 검량 플롯에 대한 선형 회귀(R) 값 역시 표 3에 나타나 있습니다. 이 MDL은 블랙 매스 시료 속 다양한 원소를 분석할 수 있는 5800 VDV ICP-OES의 적합성을 보여줍니다. 또한 5800의 반응은 모든 원소의 농도 범위에 걸쳐 직선성을 보였으며, 이는 0.999를 넘는 R 값에 반영되어 있습니다.

표 3. Agilent 5800 VDV ICP-OES 검량 계수(R)와 검출 한계(\*DF 1250, \*\*DF 250).

원소, 파장 (nm)	상관계수	플라즈마 관측 모드	백그라운드 보정	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	MDL, (mg/kg)
Al 396.152	0.99994	Radial	피팅	11.3	37.7	14.0*
Ba 493.408	0.99999	Axial	피팅	0.51	1.69	0.13**
Ca 396.847	0.99998	Axial	피팅	0.49	1.63	0.12**
Co 230.786	0.99978	Radial	피팅	4.09	13.6	5.10*
Cr 267.716	1.00000	Axial	피팅	0.54	1.79	0.14**
Cu 324.754	0.99992	Radial	피팅	4.96	16.5	6.20*
Fe 259.940	0.99999	Axial	피팅	0.69	2.29	0.90*
Li 670.783	0.99992	Radial	피팅	8.35	27.8	10.0*
Mg 279.553	0.99995	Radial	피팅	0.28	0.94	0.35*
Mn 257.610	0.99998	Radial	피팅	0.47	1.56	0.12**
Na 589.592	0.99905	Axial	FACT	0.39	1.30	0.49*
Ni 216.555	0.99997	Axial	피팅	1.02	3.39	1.30*
P 178.222	0.99978	Radial	피팅	9.46	31.5	12.0*
S 180.669	0.99984	Axial	피팅	4.05	13.5	5.10*
Si 251.611	0.99953	Axial	피팅	3.49	11.6	4.40*
Ti 334.941	0.99999	Axial	피팅	0.14	0.47	0.20*
Zn 209.200	0.99997	Axial	피팅	0.49	1.64	0.12**
Zr 339.198	1.00000	Axial	피팅	0.23	0.75	0.058**

### 시료 분석 결과

4개의 블랙 매스 시료에서 18개 대상 원소의 농도를 검량선에 대해 정량화했습니다. 표 4에 표시된 정량 결과는 희석 계수에 대해 보정되었으므로, 원래의 블랙 매스 시료에서 mg/kg(또는 %)으로 보고됩니다.

Al, Co, Cu, Li의 4개 시료 모두가 1% 이상으로 측정되었으며, 다른 원소의 농도는 <1%에서 ppm 수준까지 다양했습니다. 이 결과는 동일 분석에서 5800 VDV ICP-OES가 고농도와 저농도 원소 분석 모두에 적합함을 보여줍니다.

표 4. Agilent 5800 VDV ICP-OES를 사용한 4개의 개별 블랙 매스 시료 정량 결과. 데이터는 시료 질량과 최종 질량에 대해 보정되었습니다. 단위: %로 표시된 것을 제외하고는 mg/kg.

원소, 파장(nm)	블랙 매스 시료 #1	블랙 매스 시료 #2	블랙 매스 시료 #3	블랙 매스 시료 #4
Al 396.152	3.23%	3.70%	2.52%	3.10%
Ba 493.408	32.3	25.4	51.1	65.4
Ca 396.847	71.6	91.8	77.9	98.7
Co 230.786	32.0%	30.0%	27.6%	28.6%
Cr 267.716	7.49	6.98	10.5	7.57
Cu 324.754	1.35%	1.43%	1.84%	2.86%
Fe 259.940	268	231	220	364
Li 670.783	3.94%	3.70%	3.49%	3.63%
Mg 279.553	0.12%	0.12%	0.12%	811
Mn 257.610	16.1	12.6	35.1	195
Na 589.592	437	449	519	504
Ni 216.555	61.9	64.2	115	288
P 178.222	0.31%	0.42%	0.35%	0.37%
S 180.669	0.11%	0.12%	0.11%	0.11%
Si 251.611	247	0.11%	0.11%	0.11%
Ti 334.941	468	438	510	440
Zn 209.200	24.6	21.2	37.6	22.2
Zr 339.198	24.4	26	18.9	28.1

### 장기 안정성

5800 VDV ICP-OES의 안정성을 확인하기 위해, 7시간에 걸쳐 198개 용액을 분석했습니다. 용액은 4개 블랙 매스 시료와 CCV 용액으로 구성되었습니다. CCV 용액 속 원소의 회수율을 시간에 따라 플로팅한 것이 그림 5에 나타나 있습니다. 모든 회수율은 예측치의 ±10% 수준으로 나타났으며, 모든 원소에서 ≤2.1%의 RSD를 보였으며, 장시간의 분석에도 분석법이 뛰어난 견고성과 정밀도를 발휘한다는 것이 입증되었습니다(표 5).

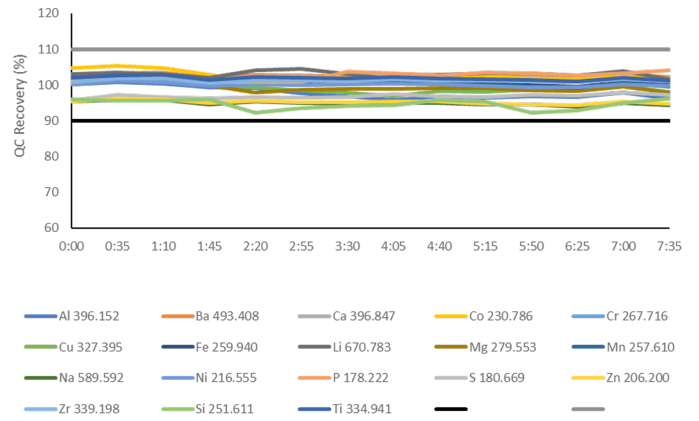


그림 5. 재검량이나 내부 표준물질 보정 없이 7시간에 걸쳐 진행된 198개 용액 분석에서 나타난 Agilent 5800 VDV ICP-OES의 안정성. CCV QC 샘플은 10개 샘플당 하나씩 분석하였습니다.

표 5. CCV QC 용액 속 원소의 농도와 7시간에 걸쳐 분석된 측정치의 %RSD.

원소	농도 (ppm)	RSD (%)	원소	농도 (ppm)	RSD (%)
Al	20	1.84	Mn	1	0.69
Ba	1	0.46	Na	1	0.60
Ca	1	0.49	Ni	1	0.59
Co	200	1.45	P	1	1.23
Cr	1	0.6	S	1	0.58
Cu	20	1.88	Si	1	2.06
Fe	1	0.64	Ti	1	0.52
Li	20	0.87	Zn	1	0.62
Mg	1	1.49	Zr	1	0.37

### 스파이크 회수율

4개의 블랙 매스 시료에 저농도의 표적 원소를 첨가했습니다. 모든 회수율은 예측치의 ±15%로 나타났으며(표 6), 이를 통해 LIB 전자 폐기물 시료 속 저농도 표적 원소에 대한 분석법의 정확도를 확인할 수 있었습니다.

표 6. 4개 블랙 매스 시료의 스파이크 회수율 결과를 Agilent 5800 VDV ICP-OES를 사용해 측정했습니다. 단위: mg/L

원소, 파장(nm)	블랙 매스 시료 #1				블랙 매스 시료 #2			
	스파이크 농도	측정된 농도	측정된 스파이크 시료	스파이크 회수율 (%)	스파이크 농도	측정된 농도	측정된 스파이크 시료	스파이크 회수율 (%)
Al 396.152	18	28.3	44.4	90	20	35.3	54.07	94
Ba 493.408	0.2	0.153	0.3304	89	0.2	0.114	0.295	91
Ca 396.847	0.2	0.266	0.436	85	0.2	0.363	0.535	86
Co 230.786	200	280.4	470.9	95	200	277	459	91
Cr 267.716	0.2	0.0322	0.214	91	0.2	0.0314	0.216	92
Cu 324.754	18	11.5	30.08	104	20	14.4	33.9	97
Fe 259.940	1	0.242	1.30	106	1	0.217	1.15	93
Li 670.783	18	33.8	49.7	88	20	33.6	52.6	95
Mg 279.553	1	1.009	2.044	104	1	1.062	1.94	88
Mn 257.610	0.2	0.0687	0.246	89	0.2	0.0604	0.241	90
Na 589.592	1	0.4047	1.55	114	1	0.4047	1.505	110
Ni 216.555	1	0.0566	1.12	106	1	0.0468	0.984	94
P 178.222	1	2.61	3.69	108	4	3.807	7.75	99
S 180.669	1	0.928	1.88	95	1	1.12	2.06	94
Si 251.611	1	0.310	1.25	94	1	0.914	1.84	92
Ti 334.941	1	0.4074	1.36	95	1	0.396	1.35	96
Zn 209.200	0.2	0.117	0.289	86	0.2	0.0858	0.262	88
Zr 339.198	0.2	0.1089	0.289	90	0.2	0.117	0.299	91
원소, 파장(nm)	블랙 매스 시료 #3				블랙 매스 시료 #4			
	스파이크 농도	측정된 농도	측정된 스파이크 시료	스파이크 회수율 (%)	스파이크 농도	측정된 농도	측정된 스파이크 시료	스파이크 회수율 (%)
Al 396.152	20	21.7	40.89	96	20	27.03	46.4	97
Ba 493.408	0.2	0.233	0.4095	88	0.2	0.2004	0.381	90
Ca 396.847	0.2	0.269	0.443	87	0.2	0.383	0.554	86
Co 230.786	200	234	423	95	200	228	419	95
Cr 267.716	0.2	0.0425	0.225	91	0.2	0.0346	0.218	92
Cu 324.754	20	15.4	34.9	98	20	27.4	46.9	98
Fe 259.940	1	0.196	1.15	95	1	0.387	1.47	109
Li 670.783	20	29.0	48.5	98	20	28.4	48.2	99
Mg 279.553	1	1.049	1.96	91	1	0.646	1.75	110
Mn 257.610	0.2	0.1502	0.327	88	1	0.1508	1.26	111
Na 589.592	1	0.4082	1.490	108	1	0.422	1.57	115
Ni 216.555	1	0.0994	1.048	95	1	0.2201	1.31	109
P 178.222	4	2.87	6.93	101	4	2.88	6.76	97
S 180.669	1	0.9081	1.88	97	1	0.846	1.82	98
Si 251.611	1	0.863	1.87	101	1	0.831	1.79	96
Ti 334.941	1	0.43	1.40	97	1	0.342	1.31	97
Zn 209.200	0.2	0.152	0.325	87	0.2	0.0965	0.272	88
Zr 339.198	0.2	0.076	0.264	94	0.2	0.1088	0.294	93

## 결론

‘블랙 매스’라 불리는 리튬 이온 배터리 재활용 시료를 왕수와 핫플레이트로 전처리한 후, Agilent 5800 VDV ICP-OES를 사용해 시료에 함유된 금속을 측정하였습니다.

분석법은 ICP Expert 소프트웨어의 스마트 소프트웨어 도구를 사용해 간소화되었습니다.

- 시료는 IntelliQuant Screening을 사용해 빠르게 스캔되어 원소 농도 식별과 측정이 이루어졌습니다. 그 후 준정량 결과를 이용해 각 표적 분석물질에 대한 검량 범위와 간섭 없는 파장을 결정하였습니다
- 소프트웨어에 포함된 FBC와 FACT 백그라운드 보정 루틴으로 고도의 복합적인 백그라운드 구조와 스펙트럼 간섭을 성공적으로 보정하였습니다
- Intelligent Rinse를 사용해 시료 사이 행굼 시간을 최적화함으로써 시료 처리량이 극대화되었습니다

블랙 매스 시료에 적합한 표준물질이 없는 상황에서 5800 ICP-OES 분석법의 정확도는  $\pm 15\%$ 의 시료 스파이크 회수율 데이터에 의해 확인되었습니다. 분석법은 7시간 내내 안정적이었으며, 이는 CCV 표준물질의 회수율이 예측치의  $\pm 10\%$ 로 나타나고 모든 원소의 RSD가  $< 2.1\%$ 였다는 것에서 알 수 있습니다. 4개 블랙 매스 시료의 정량 결과는 Al, Co, Cu, Li가 1%를 초과하는 농도로 존재하고 다른 원소는 그보다 낮은 백분율에서 ppm 수준의 농도로 존재함을 보고하였습니다.

성능 데이터는 블랙 매스 시료에 대한 일반 동일 분석에서 고농도와 저농도 원소에 대한 5800 VDV ICP-OES 분석이 정확하며 적합하다는 점이 드러났습니다. 이 분석법으로는 Co, Mn, Ni, Li와 같이 경제적으로 귀중한 원소뿐만 아니라 Fe, Cu, Zn과 같은 오염물질 원소도 분석 가능합니다.

## 참고 문헌

1. J.-M. Tarascon, M. Armand, Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries, *Nature*, **2001**, 414, 359
2. Joseph Jegan Roy, Saptak Rarotra, Vida Krikstolaityte et al, Green Recycling Methods to Treat Lithium-Ion Batteries E-Waste: A Circular Approach to Sustainability, *Adv Mats*, **2022**, 34, 2103346
3. Chunxia Gong, Lixu Lei, Battery Recycling Technologies: Recycling Waste Lithium-Ion Batteries with the Impact on the Environment In-View, *J Environ and Ecol*, **2013**, 4, 14
4. Chengetai Portia Makwarimba, Minghui Tang, Yaqi Peng, Shengyong Lu, Lingxia Zheng, Zhefei Zhao, Ai-gang Zhen, Assessment of recycling methods and processes for lithium-ion batteries, *iScience*, **2022**, 25, 104321
5. 삼원계 소재 Nickel-Cobalt-Manganese Hydride 내 원소 측정: ICP-OES를 이용한 리튬 배터리 양극재 내 25개 원소 측정, 애질런트 발행물, [5991-9506KO](#)
6. ICP-OES를 사용한 탄산리튬 중 14가지 불순물 원소 측정: 리튬 이온 배터리용 음극 재료 생산에 사용되는 원료의 일상적 품질 관리, 애질런트 발행물, [5991-9507KO](#)
7. ICP-OES를 사용한 흑연 기반 음극재 내 원소 불순물 측정: 리튬 배터리 음극재에 대한 정확한 측정, 애질런트 발행물, [5991-9508KO](#)
8. Rapid Analysis of Elemental Impurities in Battery Electrolyte by ICP-OES: Quality control measurement of 12 elements in lithium hexafluorophosphate, Agilent publication [5994-1937EN](#)
9. Elemental Analysis of Brine Samples used for Lithium Extraction, Agilent publication [5994-5194EN](#)
10. Agilent IntelliQuant Screening: 더 스마트하고 더 빠른 반정량 ICP-OES 분석, [5994-1518KO](#)
11. Intelligent Rinse for ICP-OES, Agilent publication [5991-8456EN](#)

[www.agilent.com/chem/5800icp-oes](http://www.agilent.com/chem/5800icp-oes)

DE00224527

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2023  
2023년 1월 24일, 한국에서 발행  
5994-5561KO

한국애질런트테크놀로지스(주)  
대한민국 서울특별시 서초구 강남대로 369,  
A+ 에셋타워 9층, 06621  
전화: 82-80-004-5090 (고객지원센터)  
팩스: 82-2-3452-2451  
이메일: [korea-inquiry\\_lsca@agilent.com](mailto:korea-inquiry_lsca@agilent.com)

