

## ICP-OES를 사용한 비금속 광석의 희토류 원소 분석

Agilent 5800 VDV ICP-OES를 사용하여 복잡한 스펙트럼 간섭을 극복



### 저자

Greg Gilleland 및 Neli Drvodelic,  
Agilent Technologies, Inc.

Elaine Hasty 및 Macy Harris,  
CEM Corporation(미국)

### 서론

희토류 원소(REE)는 중요한 원소 그룹입니다. 이 원소류는 란탄(La)부터 루테튬(Lu)까지 15개의 란탄족 원소로 구성됩니다. 일부 REE 목록에는 스칸듐(Sc)과 이트륨(Y)도 포함되는데, 란탄족과 물리적 및 화학적 속성이 유사하기 때문입니다. REE는 특히 국방, 에너지 및 산업 응용 분야에서 사용하기에 유용한 고유한 특성을 가지고 있습니다.

REE는 지각에서 드물게 발견되는 것은 아니지만, 추출하기에 타산성이 맞을 정도의 농도로 발견되는 경우는 많지 않습니다. REE를 함유하고 있는 것으로 알려진 퇴적 암석(암석학)의 물리적 특성은 몇 가지 주요 범주로 나뉩니다. 이러한 범주에는 탄산염(Ca, Mg 및/또는 Fe 성분을 많이 함유한 탄산염이 풍부한 화성암 유형), 과알칼리성 화성암(Na, Ca, K 함량이 높고 Si, Al 함량은 낮음), 이온 흡착 점토 퇴적물(강우량이 보통~높은 열대 지역의 기반암 화강암에서 침출됨) 및 산화철/구리/금(IOC) 퇴적물이 포함됩니다(1).

많은 지질 테스트 실험실에서는 기본 금속 광석의 주원소 및 극미량 원소를 고처리량으로 측정하기 위해 속도, 완전성 및 다원소 분석 기능이 우수한 ICP-OES를 사용합니다. 그러나 일반적인 REE 원천 암석이 암석학적으로 다양하고 관련 원소 함량도 달라서 ICP-OES를 사용하여 광상 물질의 REE 함량을 평가하는 데 어려움을 야기할 수 있습니다. REE가 서로 밀접하게 연관되어 있고 각 REE에 수백 개의 스펙트럼 라인이 존재하는 이유로, 간섭이 없는 라인 또는 쉽게 보정할 수 있는 라인을 찾기가 어렵습니다.

REE의 라인이 풍부한 광학 방출 스펙트럼 및 관련 스펙트럼 간섭과 같은 까다로운 시료를 처리하기 위해 애질런트는 ICP-OES 성능을 개선하고 작동을 단순화하는 개발에 집중했습니다. Agilent 5800 및 5900 ICP-OES는 자유형 광학 장치를 사용하여 스펙트럼 분해능을 향상시키고 감도를 개선하는 첨단 검출기를 사용합니다. 광학 장치의 분해능이 높다는 것은 더 많은 분석물질 라인을 인접 라인에서 분리할 수 있음을 의미하므로 5800 또는 5900은 복잡한 매트릭스의 원소에 대해 더 낮은 검출 한계를 달성할 수 있습니다. 효과적인 백그라운드 보정 및 간섭 제거 기술, 사용하기 쉬운 시료 도입 시스템, 직관적인 유지보수 도구 또한 고매트릭스 시료의 신뢰할 수 있고 강력하며 일상적인 분석이 가능하도록 도움을 줍니다.

이 연구에서는 Agilent 5800 VDV(Vertical Dual View) ICP-OES를 사용하여 REE 인증표준물질(CRM) 3개와 REE 광석 시료 4개에서 16가지 원소를 측정했습니다.

## 실험

### 기기

Agilent 5800 VDV(Vertical Dual View) ICP-OES에는 SeaSpray nebulizer, 더블 패스 유리 사이클론 스프레이 챔버 및 분리 가능한 1.8mm 내경의 인젝터 토치가 장착되었습니다. AVS 7 스위칭 밸브 및 SPS 4 자동 시료 주입기는 ICP-OES로 시료를 빠르게 자동으로 전달하기 위해 사용되었습니다. AVS 7에는 시료 루프를 빠르게 채우기 위한 7포트 밸브와 고속 positive displacement 펌프가 있어 성능 저하 없이 분석 속도를 높일 수 있습니다. AVS 7은 기존 시료 도입 방식에 비해 통과하는 시료 분해량이 적기 때문에 토치의 유지보수 및 세척을 줄여줍니다. 5800 VDV는 Agilent Vista Chip III CCD(Charge Couple Device) 검출기를 사용합니다. 이 검출기는 167~785nm의 고속 연속 파장 범위를 제공하므로 분석 시간을 늘리지 않고도 각 원소에 여러 파장을 선택할 수 있습니다.

원소에 대해 여러 파장을 선택하면 간섭이 없는 라인을 찾는 가능성이 높아집니다. 스펙트럼 중첩이 확인되면 최상의 보정 도구를 적용할 수 있습니다. 분석 작업자는 분석법 개발 중에 ICP Expert 소프트웨어 내에서 IntelliQuant Screening을 사용하여 분석물질 라인에서 간섭을 일으키는 파장이 있는지 식별할 수 있습니다(2, 3). IntelliQuant Screening은 별 등급 시스템을 통해 분석에 사용할 최적의 파장을 권장합니다. 이 분석법에 대한 귀중한 정보를 얻기 위해 IntelliQuant Screening을 사용하여 CRM 분해물질 중 일부를 분석했습니다.

5800 VDV ICP-OES의 수직형 토치 위치 덕분에 플라즈마 완전성과 장기 안정성을 얻을 수 있습니다. 이 플러그 앤 플레이(plug-and-play) 설계는 자동으로 토치를 정렬하고 가스를 연결해 빠르고 간단한 시작을 제공합니다. 특히 서로 다른 분석 작업자가 기기를 사용하는 경우 REE 광석과 같은 까다로운 시료를 반복 가능하게 분석하려면 토치를 재현 가능하게 설치할 수 있어야 합니다. 내부 표준물질(비스무트 10mg/L, 인라인 추가)을 사용하여 매트릭스 간섭을 수정했습니다.

표 1에 5800 VDV ICP-OES의 작동 조건을 나타내고 표 2에 AVS 7 파라미터를 정리했습니다.

표 1. Agilent 5800 VDV ICP-OES 기기 및 분석법 파라미터

파라미터	설정
판독 시간(초)	20
반복 횟수	2
시료 흡입 지연(초)	-
안정화 시간(초)	5
행균 시간(초)	-
펌프 속도(rpm)	12
RF 파워(kW)	1.5
보조 유속(L/분)	1
플라즈마 유속(L/분)	12
Nebulizer 유속(L/분)	0.70
시료 펌프 튜브	흰색/흰색
내부 표준물질 펌프 튜빙	주황색/녹색
폐기물 펌프 튜브	파란색/파란색
백그라운드 보정	FBC/FACT/오프-피크
관측 모드	축방향

표 2. Agilent AVS 7 스위칭 밸브 시스템 파라미터

파라미터	설정
시료 루프 크기(mL)	1.0
펌프 속도 - 흡입(mL/분)	35
펌프 속도 - 주입(mL/분)	5
밸브 흡입 지연(초)	6
버블 주입 시간(초)	1.8
선제적 행균 시간(초)	2

### 시료 전처리

NRC(Natural Resources Canada)의 3가지 광석 CRM인 REE-1, REE-2 및 REE-3를 사용하여 5800 VDV ICP-OES 분석법을 검증했습니다. 기존 광석에는 분석 증명서에서 볼 수 있듯이 상당한 수준의 REE가 포함되어 있습니다(4). REE-1은 캐나다 퀘벡의 스트레인지 레이크 광상에서 채굴된 희토류, 지르코늄(Zr) 및 니오븀(Nb)을 함유한 광석입니다. REE-2는 캐나다 광산 회사에서 얻은 REE가 포함된 탄산염입니다. REE-3은 REE와 지르코늄을 함유한 광석입니다.

4개의 원시 REE 유문암 광석 시료(광석 1~4)는 미국의 희토류 채굴 단체로부터 구했습니다. 마이크로웨이브 분해 전에 시료의 균질성을 보장하기 위해 시료를 미세한 분말로 분쇄했습니다. CEM Corporation에서 시료, CRM 및 분석법 바탕시료를 준비하고 분해했습니다.

전체적으로 고순도 산과 18MΩ 탈이온수(DIW)가 사용되었습니다. 먼저, 각 시료 0.250g을 EasyPrep iWave 용기(CEM)에 칭량하여 넣고 2mL의 HNO<sub>3</sub>와 6mL의 농축 HCl을 첨가했습니다. 용기의 뚜껑을 닫고 분해하기 위해 CEM MARS 6 iWave 마이크로웨이브에 넣었습니다. 마이크로웨이브 프로그램은 표 3에 자세히 설명되어 있습니다. 분해 프로그램이 완료되면 용액을 그대로 두어 실온으로 냉각시킨 후 DIW를 이용해 최종 부피 50mL로 희석했습니다. 시료의 최종 매트릭스는 4% HNO<sub>3</sub>와 12% HCl이었습니다.

표 3. 마이크로웨이브 분석법 파라미터

파라미터	값
전력(W)	1800
온도(°C)	210
램핑 시간(분)	20
유지 시간(분)	20

### IntelliQuant Screening을 사용한 파장 선택

IntelliQuant Screening을 사용하면 미지 시료에 대한 반정량 스크리닝을 신속하게 실행할 수 있습니다(2). 이 연구에서는 분석법 개발 중에 특히 파장 선택과 일부 광석 CRM 분해물에 있는 원소의 대략적인 농도를 측정하기 위해 IntelliQuant Screening을 사용했습니다. 그림 1은 CRM 시료의 에르븀(Er)에 대한 IntelliQuant Screening 결과를 보여줍니다. 각 원소에 대한 최상의 파장을 선택(또는 확인)하는 데 별 등급 시스템을 사용했습니다.

가장 높은 신뢰 등급을 가진 파장은 어떤 라인이 정량적 분석법에 적합할 것인지를 나타냅니다. 낮은 별 등급의 파장 옆에 있는 빨간색 물음표는 기본 라인에서의 문제를 강조 표시합니다. 팝업 팁은 라인의 신뢰도가 낮은 이유를 제공합니다(일반적으로 다른 원소의 강한 간섭이 원인임). IntelliQuant Screening 데이터를 기반으로 하여 349.910 및 337.275nm에 나타나는 Er의 기본 라인이 최종 분석법에서 제외되었습니다. 두 기본 라인은 간섭으로 인해 별 1개를 받았으므로 별 5개를 기준으로 Er 369.265가 선택되었습니다.

Element	Used	Flags	Wavelength	Rating	Concentration	Intensity	Background
Er			349.910	* ?	912.7		211.1
			337.275	* ?	8.09E		766.3
			369.265	*****	1.14E		611.1
			390.631	*****	1.06E		622.4
			323.058	*****	1.23E		128.1
			389.623	*****	949.85	93392.5	28374.5

그림 1. CRM 시료에서 Er 파장에 대한 IntelliQuant Screening 별 등급. 빨간색 물음표 위로 커서를 가져가면 대화 상자가 열립니다. Er 349.910nm에 대한 대화 상자는 Ti 349.908 nm의 간섭 가능성을 제시합니다.

### 검량

이 연구에서는 단일 원소(1000mg/L) 및 다원소 검량 표준물질 (애질런트)을 사용했습니다. 검량 용액은 시료 매트릭스와 일치하도록 단일 원소 스톡 용액을 4% HNO<sub>3</sub>/12% HCl(Aristar Plus, VWR)의 매트릭스가 섞인 0.01, 0.1, 1.0 및 10mg/L로 준비했습니다. 매트릭스 일치된 검량 바탕시료와 초기 검량 바탕 시료도 준비했습니다. 모든 용액의 희석에 18.2 MΩ DIW(Merck Millipore)를 사용했습니다.

원소에 사용된 농도 범위는 IntelliQuant Screening을 사용하여 얻은 반정량적 데이터를 기반으로 했습니다. 모든 원소에 검량선을 사용했습니다. 모든 원소는 0.9999 이상의 우수한 상관 계수를 나타냈습니다(표 4).

표 4. 백그라운드 보정 분석법, 검량 범위 및 검량 계수

원소, 파장 (nm)	백그라운드 보정 기법	농도 범위 (mg/L)	상관 계수
Ce 418.659	FACT	0.01~10	1.00000
Dy 353.171	오프-피크	0.01~10	1.00000
Er 369.265	FBC	0.01~10	1.00000
Eu 397.197	FACT	0.10~10	1.00000
Gd 376.840	FBC	0.01~10	1.00000
Ho 345.600	FBC	0.01~10	0.99999
La 399.575	FBC	0.01~10	1.00000
Lu 290.030	FBC	0.01~10	0.99997
Nd 401.224	FACT	0.01~10	0.99999
Pr 410.072	FACT	0.01~10	0.99999
Sm 360.949	오프-피크	0.01~10	1.00000
Tb 332.440	FACT	0.01~10	0.99999
Tm 379.576	오프-피크	0.01~10	0.99999
Y 321.668	FBC	0.01~10	0.99999
Yb 328.937	FBC	0.01~10	0.99998
Sc 255.235	FBC	0.01~10	0.99999

### 품질 관리

기기의 장기 안정성을 확인하기 위해 연속 검량 검증(CCV) 시료로 중간 범위 검량 표준물질을 사용했습니다.

### 백그라운드 보정 및 간섭 보정

REE 광석 시료의 복잡성으로 인해 이 응용 연구에서는 여러 백그라운드 보정 방법을 사용했습니다. ICP Expert 소프트웨어에는 FBC(Fitted Background Correction), FACT(Fast Automated Curve-Fitting Technique) 모델링 및 오프-피크 백그라운드 보정을 포함하여 사용하기 쉬운 몇 가지 백그라운드 보정 기술이 포함되어 있습니다.

Gd 376.840에 대해 그림 2에 나타낸 바와 같이 직접적인 중첩이 없는 경우 FBC를 보정에 사용했습니다. FBC는 Gd 376.840에서 간섭 피크인 세륨, Ce 376.877을 정확하게 모델링하여 간편한 보정을 도와주었습니다. FBC는 분석자가 오프-피크 백그라운드 보정 포인트를 수동으로 결정할 필요성을 제거함으로써 분석법 개발을 단순화합니다(5). 또는, 백그라운드 포인트를 신중하게 배치하여 오프-피크 백그라운드 보정을 사용할 수도 있습니다.

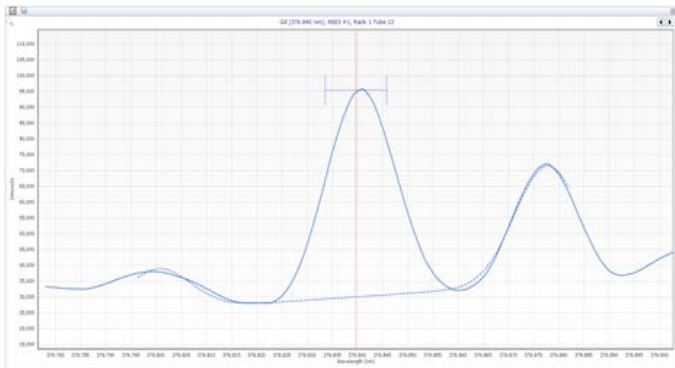


그림 2. Gd 376.840nm에서 Ce 376.877nm 간섭 피크를 정확하게 모델링하기 위해 FBC를 사용한 자동 백그라운드 보정

더 복잡한 백그라운드 신호의 영향을 받는 원소의 경우 FACT가 사용되었습니다. FACT 모델링은 스펙트럼 중첩을 보정하는 데 사용되지만 매우 복잡한 백그라운드 구조를 보정하는 데도 사용할 수 있습니다(6). FACT는 모든 백그라운드 구조를 완전히 제거할 수 있어 일부 원소에서 더 낮은 검출 한계를 획득하는 데 도움이 될 수 있습니다. 예를 들어, 네오디뮴(Nd)에 세륨(Ce) 원소가 스펙트럼 간섭을 일으킬 수 있습니다. FACT 스펙트럼(그림 3)에서 Ce 간섭 피크를 모델링하여 Nd 신호에 대한 Ce의 기여도를 제거할 수 있으므로 측정 정확성이 향상됩니다.

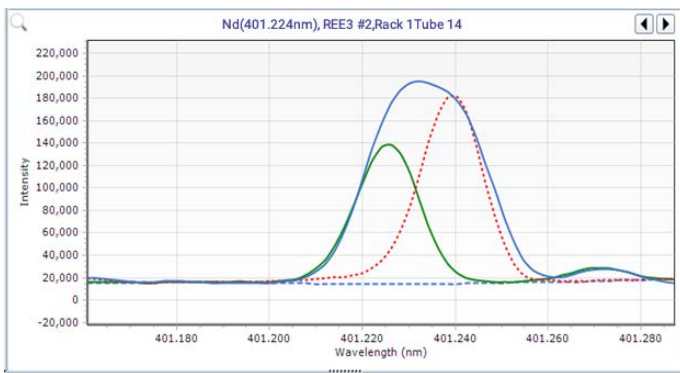


그림 3. Nd에 대한 Ce 간섭을 FACT로 보정(파란색으로 표시). Ce 401.239nm (빨간색 점선) 라인이 Nd 401.224nm(녹색) 라인과 중첩됩니다.

## 결과 및 토의

### 분석법 검출 한계

분석법 검출 한계(MDL)는 10ppb의 모든 원소로 스파이크된 블랭크 용액을 10회 분석하여 측정되었습니다. MDL은 블랭크 스파이크 10개 측정값의 표준편차(SD)에 3을 곱하여 계산되었습니다. 표 5에 제시된 MDL은 분석물질을 기기의 분석 범위 내로 가져오는 데 필요한 희석이 고려되었습니다.

표 5. 분석법 검출 한계

원소, 파장 (nm)	MDL(용액) $\mu\text{g/g}$ ( $3\sigma$ )	MDL(고체) $\mu\text{g/g}$
Ce 418.659	0.0030	0.59
Dy 353.171	0.0026	0.52
Er 369.265	0.0028	0.56
Eu 397.197	0.0023	0.45
Gd 376.840	0.0025	0.50
Ho 345.600	0.0026	0.53
La 399.575	0.0025	0.49
Lu 290.030	0.0018	0.36
Nd 401.224	0.0026	0.51
Pr 410.072	0.0036	0.73
Sc 255.235	0.0024	0.48
Sm 360.949	0.0019	0.38
Tb 332.440	0.0032	0.64
Th 401.913	0.0014	0.28
Tm 379.576	0.0023	0.46
Y 321.668	0.0023	0.46
Yb 328.937	0.0023	0.46

### 분석법의 정확성과 정밀성

시료 전처리 절차와 5800 VDV ICP-OES의 정확성을 검증하기 위해 세 가지 CRM(REE-1, REE-2 및 REE-3)을 세 번 분석했으며 세 번의 개별 실행에 대해 결과의 평균을 구했습니다. 그 결과를 표 6~8에 나타내었습니다.

CRM에서 MDL 이상으로 측정된 모든 인증된 원소에 대한 정량적 회수율은 인증값의 ±10% 이내였습니다. 회수율은 처리가 어려운 매트릭스가 포함된 시료를 분석할 때 기기의 정확성을 보여줍니다. 결과는 또한 Al, Ca, K, Na, Fe, Mg, Mn, S, Si 및 Ti와 같은 고농도 원소가 존재하는 상태에서 미량 REE를 측정하는 분석법의 완건성을 보여줍니다(4).

표 6. REE-1 CRM의 세 가지 시료 분해물에 대한 평균 측정 결과.

원소, 파장 (nm)	백그라운드	측정 농도 (µg/g)	REE-1 인증 농도 (µg/g)	회수율 (%)
Ce 418.659	FACT	3939	3961	99
Dy 353.171	오프-피크	889	848	105
Er 369.265	FBC	738	701	105
Eu 397.197	FACT	24.30	23.5	103
Gd 376.840	FBC	469	433	108
Ho 345.600	FBC	214	208	103
La 399.575	FBC	1670	1661	101
Lu 290.030	FBC	88.9	92.4	96
Nd 401.224	FACT	1509	1457	104
Pr 410.072	FACT	454	435	104
Sm 360.949	오프-피크	407	381	107
Tb 332.440	FACT	107	107.2	100
Tm 379.576	오프-피크	109	106	103
Y 321.668	FBC	5582	5480	102
Yb 328.937	FBC	649	678	96
*Sc 255.235	FBC	2.23	8.0	-

\*참조용(반정량) 농도(4)

표 7. REE-2 CRM의 세 가지 시료 분해물에 대한 평균 측정 결과

원소, 파장 (nm)	백그라운드	측정 농도 (µg/g)	REE-2 인증 농도 (µg/g)	회수율 (%)
Ce 418.659	FACT	9232	9610	96
Dy 353.171	오프-피크	67.2	69.2	97
Er 369.265	오프-피크	14.4	14.0	103
Eu 397.197	FACT	105.6	96.6	109
Gd 376.840	FBC	207.7	219	96
Ho 345.600	FACT	7.68	7.87	98
La 399.575	FBC	4931	5130	96
Lu 290.030	오프-피크	0.84	0.92	91
Nd 401.224	FACT	3497	3660	96
Pr 410.072	FACT	1123	1075	104
Sm 360.949	오프-피크	421	410	103
Tb 332.440	FACT	18.6	20.3	92
Tm 379.576	오프-피크	1.49	1.383	108
Y 321.668	FBC	188	176	107
Yb 328.937	FACT	7.0	7.2	97
Sc 255.372	FBC	59.8	57.5	104

표 8. REE-3 CRM의 세 가지 시료 분해물에 대한 평균 측정 결과

원소, 파장 (nm)	백그라운드	측정 농도 (µg/g)	REE-3 인증 농도 (µg/g)	회수율 (%)
Ce 418.659	FACT	4508	4541	99
Dy 353.171	오프-피크	346	330.3	105
Er 369.265	FBC	201.6	187	108
Eu 397.197	FACT	20.52	20.85	98
Gd 376.840	FBC	365	346	105
Ho 345.600	FBC	67	65	103
La 399.575	FBC	2142	2121	101
Lu 290.030	FBC	21.8	21.5	98
Nd 401.224	FACT	2132	2084	102
Pr 410.072	FACT	586	550	107
Sm 360.949	오프-피크	401	398	101
Tb 332.440	FACT	59	56.2	105
Tm 379.576	오프-피크	27	25.8	105
Y 321.668	FBC	1852	1725	107
Yb 328.937	FBC	159	159	99
*Sc	FBC	1.48	3.0	-

\*지표용(반정량) 농도(4)

## 시료 분석

각 유문암 광석을 세 번 분해했으며 각 분해물을 세 번씩 분석했습니다. 5800 VDV ICP-OES를 이용하여 4개의 유문암 광석 시료를 측정된 정량적 결과를 표9에 나타내었습니다. 각 광석의 세 가지 개별 판독에 대한 정밀성 데이터도 표시했습니다.

표 9. Agilent 5800 VDV ICP-OES를 사용하여 4개의 유문암 광석 시료에서 REE 측정

원소	광석 1		광석 2		광석 3		광석 4	
	평균 측정 농도(µg/g)	RSD (%)	평균 측정 농도(µg/g)	RSD (%)	평균 측정 농도(µg/g)	RSD (%)	평균 측정 농도(µg/g)	RSD (%)
Ce	82.6	0.9	84.3	2.1	79.0	4.5	82.4	4.5
Dy	31.2	5.9	31.4	6.8	30.2	6.7	33.3	6.2
Er	26.4	11.0	27.3	9.7	25.0	11.6	30.0	7.2
Eu	<MDL	-	<MDL	-	<MDL	-	<MDL	-
Gd	11.0	1.4	10.7	2.2	10.9	3.6	11.5	2.1
Ho	7.6	13.8	7.8	13.5	7.5	24.8	8.5	14.4
La	19.7	2.4	17.5	4.2	18.2	3.5	18.9	2.9
Lu	5.8	23.7	6.8	20.8	5.4	27.3	7.6	17.9
Nd	28.3	5.4	24.1	3.6	25.0	2.2	25.5	4.3
Pr	10.8	9.5	9.4	5.9	9.8	5.2	9.7	5.4
Sc	<MDL	-	<MDL	-	1.2	13.2	<MDL	-
Sm	12.1	3.4	10.7	4.0	11.0	7.3	11.5	7.5
Tb	<MDL	-	<MDL	-	3.7	95.3	<MDL	-
Tm	5.6	9.4	6.0	8.1	5.1	11.9	6.6	8.5
Y	210.1	2.0	193.3	2.4	196.7	2.0	214.4	2.2
Yb	45.7	1.6	51.1	2.0	43.3	1.6	55.4	1.9

## 장기 안정성

약 100개의 분해 시료를 재검량 없이 7시간 동안 분석했습니다. 분석법의 안정성을 보여주기 위해 실행 중에 QC 시료를 10개 시료마다 분석하여 플롯팅했습니다. 그림 4는 5시간 동안 모든 원소의 회수율이 ±10% 이내임을 보여줍니다. 이 데이터의 상대 표준 편차(RSD)는 모든 원소에서 3% 미만이었으며, 이는 장기간에 걸쳐 우수한 정밀성을 나타냅니다. 분석 전반에 걸친 5800 VDV ICP-OES의 탁월한 안정성은 REE 광석 원료의 일상적인 분석에 이 분석법이 적합함을 잘 보여주는 결과입니다.

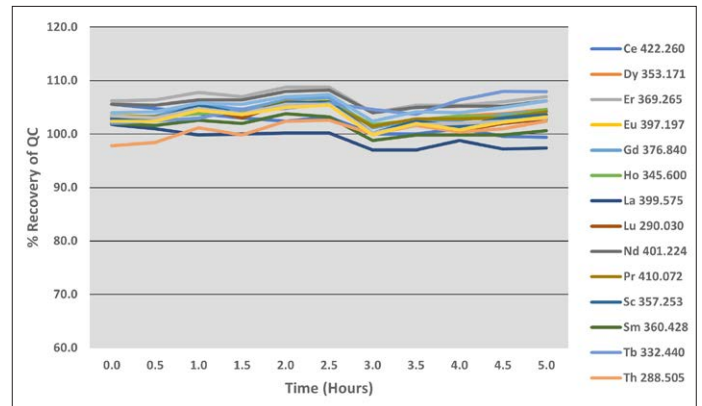


그림 4. 5시간 동안 10개 시료마다 분석한 QC 시료의 원소 회수율을 보여주는 장기 안정성 테스트

## 결론

Agilent 5800 ICP-OES의 뛰어난 성능 덕분에 지질 시료에서 REE를 정확하게 측정할 수 있었습니다. 이는 REE 라인이 풍부한 방출 스펙트럼으로 인한 간섭 때문에 까다로운 응용이었습니다.

5800 ICP-OES는 자유형 광학 기술과 고급 검출기 설계를 사용하여 검출 한계를 낮추고 분해능을 높임으로써 복잡한 매트릭스를 분석할 때 적절한 라인을 선택할 수 있도록 도와줍니다. 원활한 분석법 개발을 위해 IntelliQuant Screening 반정량 데이터로 최상의 파장을 선택하거나 확인했고, 마찬가지로 이를 통해 REE에 최선의 백그라운드 보정 기술을 선택할 수 있었습니다.

세 광석의 CRM에서 얻은 모든 REE는 인증 값의  $\pm 10\%$  이내로 측정되어 마이크로웨이브 분해 절차와 5800 VDV ICP-OES 분석법의 정확성을 입증했습니다. 장기 안정성 테스트에서 분석 전반에 걸쳐 측정된 모든 원소의 회수율이 우수하게 나타났기 때문에 5800의 매트릭스 내성과 완전성도 우수한 것으로 입증되었습니다. 또한 네 개의 유문암 광석 시료 각각에 대한 세 개의 개별 판독에 기초하여 대부분의 REE에 대해 우수한 정밀성 데이터를 얻었습니다.

시료 처리량을 높이고 이전 시료의 혼입을 최소화하여 많은 광산 실험실의 생산성 요구 사항을 충족하기 위해 5800 ICP-OES에 AVS 7을 장착했습니다. 플러그 앤 플레이(plug-and-play) 토치와 유지보수 도구 또한 5800의 즉각적인 분석 실행에 도움을 주었습니다. 우수한 장기 안정성 결과는 5800 VDV ICP-OES가 매트릭스 내성, 완전성 및 단순한 작동의 우수성을 제공함을 입증했습니다.

## 참고 문헌

1. Van Gosen, B.S., Verplanck, P.L., Seal, R.R., II, Long, K.R., and Gambogi, Joseph, 2017, Rare-earth elements, chap. O of Schulz, K.J., DeYoung, J.H., Jr., Seal, R.R., II, and Bradley, D.C., eds., Critical mineral resources of the United States—Economic and environmental geology and prospects for future supply: U.S. Geological Survey Professional Paper 1802, p. O1–O31, accessed November 2021, <https://pubs.usgs.gov/pp/1802/o/pp1802o.pdf>
2. Agilent IntelliQuant Screening, 애질런트 발행물, [5994-1518KO](#)
3. Agilent ICP Expert 소프트웨어, 애질런트 발행물, [5994-1517KO](#)
4. Natural Resources Canada, Canadian Certified Reference Materials Project, accessed November 2021, <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/certified-reference-materials/price-certificates-list/8001>
5. Fitted Background Correction (FBC)—Fast, accurate and fully automated background correction, Agilent publication, [5991-4836EN](#)
6. FACT Spectral Deconvolution 소프트웨어를 사용한 복잡한 시료의 실시간 스펙트럼 보정, 애질런트 발행물 [5991-4837KO](#)

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

DE91660241

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2022  
2022년 1월 31일 한국에서 인쇄  
5994-4492KO

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)