

2020년 7월, 제81호



1페이지

변화하는 환경에서 Agilent ICP-MS의 새로운 응용

2 ~ 3페이지

Tandem Laser Ablation 및 레이저 유도 붕괴 분광법으로 LA-ICP-MS의 기능 확장

4 ~ 5페이지

MS/MS 질량 이동 모드에서 ICP-QQQ를 사용하여 강물의 신중 오염 물질 측정

6 ~ 7페이지

플라즈마 견고성과 이것이 ICP-MS 분석 성능에 미치는 중요성 이해

8페이지

최신 업데이트! Agilent ICP-QQQ 자료 모음; 최신 Agilent ICP-MS 발행물

변화하는 환경에서 Agilent ICP-MS의 새로운 응용법

Agilent ICP-MS 사용자와 협력업체들은 흥미롭고 혁신적인 새로운 연구와 일상적인 응용 사례들을 계속해서 개발하고 있습니다. Agilent ICP-MS 저널 이번 호에서는 Laser Ablation ICP-MS와 레이저 유도 붕괴 분광법(LIBS)의 결합을 통해 직접 고체 분석을 수행하기 위한 새로운 접근법을 제시합니다.

또한 천연수에서 극미량의 희토류 원소(REE)를 모니터링하는 새로운 방법을 소개합니다. REE는 새로운 제품과 산업 공정에서 점점 많이 사용되고 있으며 핵심 기술 원소(TCE) 그룹 중 하나입니다. 이러한 원소가 사용 및 폐기됨에 따라 환경 시료에서 이러한 원소를 극미량 수준으로 모니터링하기 위한 새로운 기술이 요구되고 있습니다.

마지막으로 ICP-MS의 기본적 측면, 즉 플라즈마 견고성이 성능에 미치는 영향을 설명합니다.

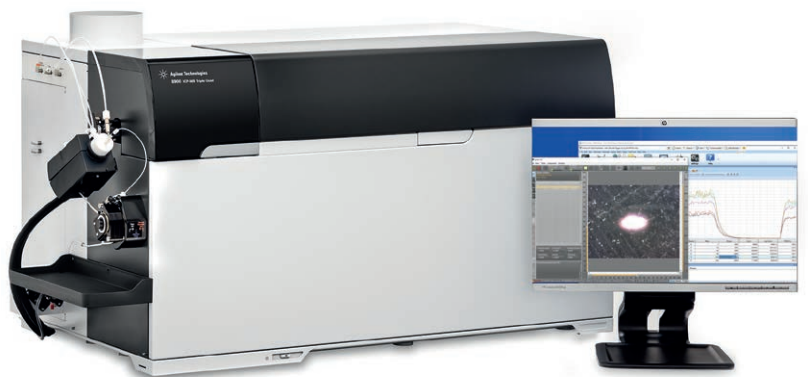


그림 1. ICP-MS MassHunter 모니터에 Applied Spectra Inc.의 레이저 이미지가 표시된 Agilent 8900 ICP-QQQ 시스템의 모습

Tandem Laser Ablation 및 레이저 유도 붕괴 분광법으로 LA-ICP-MS의 기능 확장

Alan Koenig, Applied Spectra Inc., West Sacramento, California, USA

고체 직접 샘플링의 새로운 기술

Lablantion(LA)-ICP-MS는 고체 시료의 원소 조성을 직접 분석하고 정량하는 데 널리 사용되는 기술로, 시료 용해 필요성을 없애줍니다. LA-ICP-MS는 고체 분석에서 ppt 수준에서 ppm 수준까지 광범위한 분석 측정 범위를 가지고 있는 고감도 다중 원소 기술입니다. LA와 Agilent 8900 QQQ ICP-MS(ICP-QQQ)를 결합하면 성능이 더욱 향상됩니다. ICP-QQQ는 높은 감도, 낮은 백그라운드 및 MS/MS 작동을 제공하여 SQ ICP-MS보다 효과적으로 간섭을 제어합니다. 그 결과, Agilent 8900을 사용한 LA-ICP-QQQ는 산업용 물질, 지질 시료 및 생명 과학 응용의 발전을 이끌었습니다.

레이저 샘플링 기술의 혁신으로 LA-ICP-MS 및 LA-ICP-QQQ의 활용 범위가 더욱 확장되고 있습니다. Applied Spectra Inc.는 Laser Ablation과 레이저 유도 붕괴 분광법(LIBS)을 단일 분석기인 J200 Tandem Laser Ablation 시스템으로 결합했습니다. 이 시스템은 애질런트의 모든 SQ 또는 TQ ICP-MS 시스템에 연결할 수 있습니다.

Laser Ablation 기술은 시료 물질과 펄스 고에너지 집중 레이저 빔의 상호작용을 통해 시료 표면에서 물질을 제거 또는 “절제(ablate)” 합니다. 레이저 펄스의 높은 에너지 밀도로 시료 표면에서 가스(일반적으로 헬륨)가 이온화되면서 플라즈마가 발생합니다. 이 플라즈마가 시료 표면에서 입자를 제거하고 원소 물질을 기화 및 이온화시킵니다. 플라즈마가 팽창하고 냉각됨에 따라 절제된 물질이 응축되고 생성된 입자와 증기가 분석을 위해 ICP-MS로 이송됩니다.

또한 시료 표면에 형성된 플라즈마로부터 광 방출 데이터가 생성됩니다. 레이저 유도 플라즈마는 주요 원소 및 ICP-MS로 분석하기 어려운 비금속을 포함하여 시료에 존재하는 모든

원소에 대한 정보를 포함하고 있습니다. 기존의 Laser Ablation 시스템에서는 이 스펙트럼 정보 자원이 낭비되지만 LA-LIBS-ICP-MS는 LA-ICP-MS와 LIBS의 분석 기능을 결합하여 시료에서 더 많은 원소를 측정할 수 있습니다.

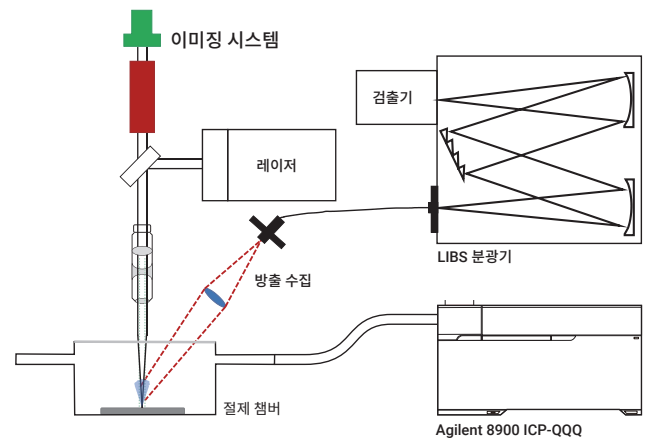


그림 1. Agilent 8900 ICP-QQQ에 연결된 J200 LA-LIBS 시스템의 구성도

LIBS는 특수 설계된 수집 광학 장치 및 분광기 타이밍 제어 장치를 사용하여 ICP-MS 질량 스펙트럼을 수집하는 동시에 개별 레이저 펄스의 광 방출 스펙트럼을 측정합니다. 레이저 유도 플라즈마는 ICP보다 높은 이온화 에너지를 가지고 있어 F와 같은 원소뿐만 아니라 LIBS를 사용하여 측정할 수 없는 C, H, O 및 N도 IBS-MS를 사용하여 측정할 수 있습니다.

그림 1에 나타난 LA-LIBS 시스템의 구성도는 절제 부위에서 LIBS 스펙트럼을 수집하고 입자를 ICP-MS로 이송하는 모습을 보여줍니다.

Tandem LA의 유연한 작동 모드

J200 Tandem LA 시스템은 LA 분석 전용, Tandem (LA 및 LIBS) 모드, 그리고 ICP-MS가 사용된 경우 LIBS 전용 분석기로 사용할 수 있습니다.

그림 2는 LIBS 스펙트럼 정보만 사용하여 수집한 운석 시료의 3D 맵을 보여줍니다. 깊이 방향의 각 층은 개별 레이저 펄스에 대한 스펙트럼 정보를 나타냅니다. 이송 효과 없이 각 펄스로부터 정보를 수집할 수 있다는 점에서 LIBS는 쉽게 기화되는 원소(예: C 또는 Na)의 측정에 특히 적합합니다. LIBS 분석으로 추가 원소 결과를 얻고 확인 측정을 수행할 수 있으며, 경우에 따라 ICP-MS 데이터를 보정할 수도 있습니다.

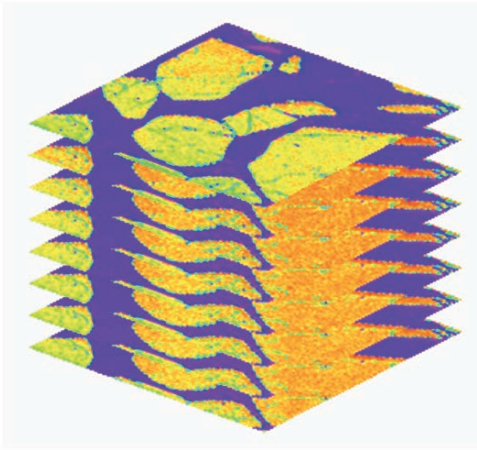


그림 2. 철-니켈 및 올리빈(Mg가 풍부한 규산염 광물) 물질인 팔라사이트 운석에 대한 3D LIBS 마그네슘 데이터.

LA-LIBS-ICP-QQQ 응용

West Sacramento에 소재한 Applied Spectra Applications 및 Demonstration 실험실에 설치된 8900 ICP-QQQ를 사용하여 LA-LIBS-ICP-QQQ의 기능 연구를 시작했습니다. 이 결합의 이점을 누린 초기 응용은 다음과 같습니다.

- Ni 합금에서 P의 저농도 측정. MS/MS 모드에서 8900을 사용하여 $^{31}\text{P}^+$ 에 대한 $^{62}\text{Ni}^{++}$ 간섭을 제거했습니다.
- Zr 매트릭스에서 Sc 결정. MS/MS 모드에서 8900을 사용하여 $^{45}\text{Sc}^+$ 에 대한 $^{90}\text{Zr}^{++}$ 간섭을 제거했습니다.
- 인회석(치아, 뼈 및 천연 광물을 구성하는 Ca 인산염 광물) 광물에서 LIBS를 이용한 F 분석과 ICP-MS를 이용한 극미량 원소 데이터 분석을 동시 수행하였습니다.

이러한 각 응용에 대한 자세한 정보는 곧 제공될 예정입니다.

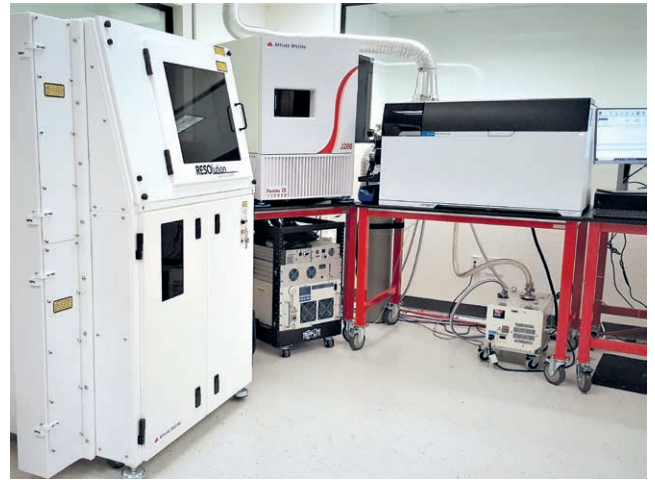


그림 3. 왼쪽부터 오른쪽으로 RESolution SE 193nm LA 시스템, J200 iX 펄초 Tandem LA-LIBS 시스템 및 Agilent 8900 ICP-QQQ를 보여주는 Applied Spectra Applications 실험실 모습.

전체 LA 시스템 제품군

Tandem LA-LIBS 시스템 외에 Applied Spectra가 보유한 LA 기기에는 193~1064nm 나노초 레이저와 펄초 레이저(다중 파장)가 포함됩니다. 모든 LA 시스템은 LIBS와 호환되며 모두 Agilent ICP-MS 또는 ICP-QQQ 시스템에 연결할 수 있습니다. LIBS와 LA-ICP-MS의 결합으로 C, H, O, N, F 및 Cl과 같이 ICP-MS를 사용하여 일반적으로 측정되지 않은 원소를 포함하여 전체 주기율표의 원소를 보완적으로 검출할 수 있습니다.

LA-LIBS와 ICP-QQQ의 결합은 기존의 QQQ ICP-MS보다 높은 감도와 낮은 검출 한계를 제공합니다. 이러한 결합은 이미 다양한 생물학, 지질학 및 산업용 물질의 분석에 성공적으로 적용되고 있습니다. 이러한 모든 응용에서 LIBS는 LA-ICP-MS의 측정 가능한 원소 범위를 확장하여 귀중하고 고유한 데이터 세트를 제공합니다.

추가 정보

<https://appliedspectra.com/>

MS/MS 질량 이동 모드에서 ICP-QQQ를 사용하여 강물의 신종 오염 물질 측정

Naoki Sugiyama, Agilent Technologies, Inc.

희토류 원소의 산업 용도가 환경의 희토류 원소 함량에 미치는 영향 평가

란탄 계열로도 알려진 희토류 원소(REE)는 자연환경의 지표수에서 매우 낮은 농도로 존재합니다. 그러나 REE는 산업 공정과 더불어 촉매, 자석, TV 및 스마트폰 화면과 같은 고급 재료에 점점 많이 사용되고 있습니다. 이러한 사용의 증가로 환경에서 인위적인 REE 발생원이 미치는 영향에 대한 우려가 제기되고 있습니다. 환경에서 REE의 영향을 이해하려면 더 많은 증거 자료가 필요하며, 수로에 배출된 이러한 물질의 배출을 제한하기 위한 규제 도입이 시급합니다.

기존의 SQ ICP-MS로는 폐수와 천연수에서 REE를 분석하기가 어렵습니다. REE의 자연적 백그라운드 농도는 ICP-QMS의 검출 한계보다 낮은 경우가 많습니다. 또한, Eu^+ 에서 BaO^+ 및 La^+ 에서 BaH^+ 의 간섭과 같은 스펙트럼 간섭, 그리고 높은 질량 REE에서 낮은 질량 REE 산화물 이온의 중첩으로 인해 분석이 방해받을 수 있습니다.

Chelating 레진을 사용하여 REE를 사전 농축하고 이를 훨씬 더 높은 농도로 존재하는 Ba로부터 분리할 수 있습니다. 그러나 이 방법은 각 시료 매트릭스에 맞게 최적화해야 하므로 충분한 시간, 기술 및 리소스를 가지고 있지 못한 일반적인 실험실에서는 적용하기 어렵습니다.

본 연구에서는 강물의 초극미량 REE를 직접 분석하는 데 Agilent 8900 ICP-QQQ를 사용했습니다.

실험

O-원자가 추가된 ICP-MS/MS로 REE 분석 수행

Agilent 8900 탠덤 질량 분석기(MS/MS)는 Q1(셀 이전)을 사용하여 셀 내로 들어가 반응을 일으킬 수 있는 이온을 제어합니다. 그러면 매트릭스 성분이 인접한 질량에 존재하더라도 각 분석물질로부터 형성된 생성 이온을 확실하게 식별할 수 있습니다.

O_2 또는 N_2O 반응 가스와 함께 O-원자 이동을 사용하는 MS/MS 질량 이동을 통해 Ba 기반 및 가벼운 REE-산화물이

REE에 일으키는 간섭 문제를 해결할 수 있습니다. $\text{REE}^+ + \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{REEO}^+ + \text{N}_2$ 은 모든 REE에 대해 발열 반응입니다. N_2O 에 대한 감도는 $\text{O}_2(1)$ 의 경우와 대등하거나 더 좋으므로 이 작업에 N_2O 반응 가스가 사용되었습니다.

기기

본 연구에서는 Agilent 8900 ICP-QQQ(Advanced Applications 모델 #100)가 사용되었습니다. 이 기기에는 표준 석영 더블 패스 스프레이 챔버, 2.5mm 내경의 인젝터가 있는 석영 토치 및 Ni 인터페이스 콘이 장착되었습니다. 시료 전달은 연동 펌프 및 옵션인 낮은 데드 볼륨의 PFA microflow nebulizer(G3139-65100)를 통해 이루어졌습니다.

시료는 깨끗한 천연수로 Agilent ICP-MS MassHunter 소프트웨어에서 '낮은 매트릭스' 사전 설정 플라즈마 조건을 선택했습니다. 사전 설정된 플라즈마 설정에서 총 용존 고형물이 0.1% 미만인 시료의 일상적 분석에 적합하게 플라즈마 조건이 자동으로 최적화됩니다. 주요 작동 조건을 표 1에 나타내었습니다.

표 1. ICP-QQQ 작동 조건

| 파라미터 | 값 |
|---|------|
| RF 전력(W) | 1500 |
| 샘플링 깊이(mm) | 8.0 |
| Nebulizer 가스 유속(L/분) | 1.05 |
| 보충 가스 유속(L/분) | 0.0 |
| N_2O 셀 가스 유속(전체 스케일의 %) | 20 |
| 축 방향 가속(V) | 1.0 |

분석법 검출 한계(MDL)

REE에 대한 MDL은 저농도 표준물질의 9회 반복 측정에서 얻은 표준 편차에 3을 곱하여 계산하였습니다(1% HNO_3 에서 각 REE당 0.3ppt). 그 결과를 표 2에 요약했습니다.

모든 MDL은 ppt 이하 수준으로 나타났으며, 자연환경 수역의 백그라운드 수준에서 REE를 측정하는 데 8900 ICP-MS/MS 분석법이 적합하다는 사실을 입증했습니다.

표 2. 0.3ppt 표준물질(n = 9)의 3배 SD로부터 계산된 REE MDL.

| 원소 | Q1 / Q2 | MDL(ppt) | 원소 | Q1 / Q2 | MDL(ppt) |
|----|---------|----------|----|---------|----------|
| Sc | 45/61 | 0.127 | Gd | 157/173 | 0.078 |
| Y | 89/105 | 0.053 | Tb | 159/175 | 0.059 |
| La | 139/155 | 0.062 | Dy | 163/179 | 0.073 |
| Ce | 140/156 | 0.061 | Ho | 165/181 | 0.100 |
| Pr | 141/157 | 0.057 | Er | 166/182 | 0.092 |
| Nd | 146/162 | 0.066 | Tm | 169/185 | 0.079 |
| Sm | 147/163 | 0.096 | Yb | 172/188 | 0.096 |
| Eu | 153/169 | 0.082 | Lu | 175/191 | 0.052 |

결과 및 토의

강물 시료는 일본 타마 강의 네 곳에서 채취했습니다. 샘플링 지점에서 두 곳은 폐수 처리장(WWTP) 배출 지점에 있었습니다. 각 샘플링 지점에서 3개의 시료를 채취한 다음 0.45µm 필터로 여과시키고 1% HNO₃로 산성화시켰습니다. 각각의 물 시료를 8900 ICP-QQQ를 사용하여 3회 분석하였고 각 지점에 대한 평균 REE 농도를 그림 1(위)에 나타냈습니다. REE는 화학적으로 유사한 원소들의 그룹이므로 일관되게 행동을 보이는 경향이 있습니다. 그러나 대부분의 자연 물질에서 REE는 고농도와 저농도 사이를 오가며 톱니 모양의 특성을 보이므로 이상 현상을 보기가 어렵습니다. 이러한 이유로 지구 화학자들은 종종 시료에서 측정된 각 REE의 농도를 레퍼런스 물질에서 해당 원소의 값으로 나누어 REE 데이터를 정규화합니다. 본 연구에서 사용된 레퍼런스 물질은 그림 1(아래)에 나타낸 바와 같이 Post-Archean Australian Shale(PAAS)(2)였습니다.

가돌리늄(Gd)을 제외하고 강의 여러 지점에서 채취한 물로부터 얻은 정규화된 REE 결과는 낮은 농도에도 불구하고 일관되고 부드러운 프로파일을 나타냈습니다. Gd는 상류 위치(Mitake)에서 채취한 강물의 다른 REE와 일치했습니다. 그러나 다른 세 곳에서 채취한 시료에서 Gd 농도가 급상승했습니다. 이 결과는 WWTP에서 제거되지 않아 강으로 배출된 Gd 화합물에 의한 오염을 나타냅니다. 널리 사용되는 Gd 기반의 자기공명영상(MRI) 조영제가 오염원일 수 있습니다.

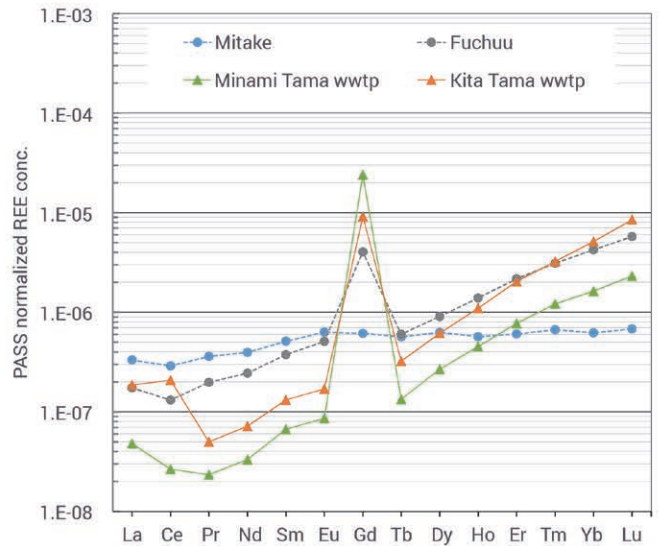
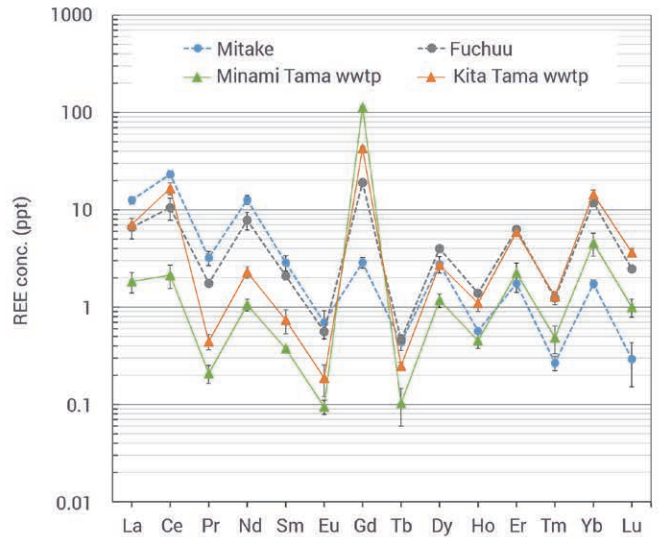


그림 1. ICP-QQQ를 이용해 타마 강의 물 시료에서 얻은 REE의 농도 위: 각 장소에서 채취한 3개 시료의 평균(오차 막대는 SD에 2를 곱한 값을 나타냄). 아래: 동일한 REE 결과를 PAAS 값으로 정규화함

참고 문헌

1. Naoki Sugiyama, Agilent publication, [5994-1785EN](#)
2. W.B Nance and S.R Taylor, Rare earth element patterns and crustal evolution—I. Australian post-Archean sedimentary rocks, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 40, issue 12, **1976**, 1539-1551

플라즈마 견고성과 이것이 ICP-MS 분석 성능에 미치는 중요성 이해

Ed McCurdy, Agilent Technologies, Inc.

플라즈마 견고성 및 그 중요성

가장 일반적인 ICP-MS 응용의 경우, 중요한 성능 특성을 다음과 같이 요약할 수 있습니다.

1. 기기가 시료를 처리할 수 있습니까?
2. 필요한 검출 한계를 얻을 수 있습니까?
3. 스펙트럼 간섭을 해결할 수 있습니까?

이 세 가지 상호 관련된 측면을 “성공적인 ICP-MS 분석을 위한 세 가지 요소”라고 할 수 있습니다.

첫 번째 요소, 즉 ICP-MS가 일반적인 시료 유형을 처리할 수 있는 능력은 주로 플라즈마가 시료 매트릭스를 얼마나 잘 분해하는지에 따라 결정됩니다. 이것을 종종 플라즈마 “견고성”이라고 하며 일반적으로 CeO/Ce 비율을 사용하여 모니터링합니다. 산화물 비율은 강하게 결합된 Ce-O 분자를 분해하는 플라즈마의 능력을 나타내며, 이러한 분해는 시료 매트릭스뿐만 아니라 다른 분자 이온의 분해도 해당됩니다.

Agilent ICP-MS 시스템은 일반적으로 약 1.0%의 산화물 비율로 작동하는 반면, 다른 ICP-MS 시스템은 2% 또는 3% CeO/Ce 비율로 작동할 수 있습니다. 그러나 많은 사용자들은 산화물 비율의 작은 변화가 어떻게 분석 성능에 큰 영향을 미칠 수 있는지 잘 모릅니다. 이 문서에서는 플라즈마 견고성에 대한 최적화(낮은 CeO/Ce)가 많은 ICP-MS 실험실에 어떤 도움을 줄 수 있는지 설명합니다.

ICP 이온화원 - 모든 ICP-MS의 핵심

ICP-MS의 플라즈마는 중요한 역할을 합니다. 스프레이 챔버에서 에어로졸 액체 방울을 운반하는 가스는 1L/분으로 설정되므로 액체 방울은 수 밀리초 내에 플라즈마를 통과하게 됩니다. 이때 그림 1과 같이 플라즈마는 시료를 건조, 분해, 분리, 원자화 및 이온화해야 합니다.

상용 ICP-MS 시스템에 사용되는 토치 인젝터는 일반적으로 내경(ID)이 1.5~2.5mm입니다. 이로 인해 중심 채널을 통과하는 선형 가스의 속도 차이를 표 1에 요약했습니다.

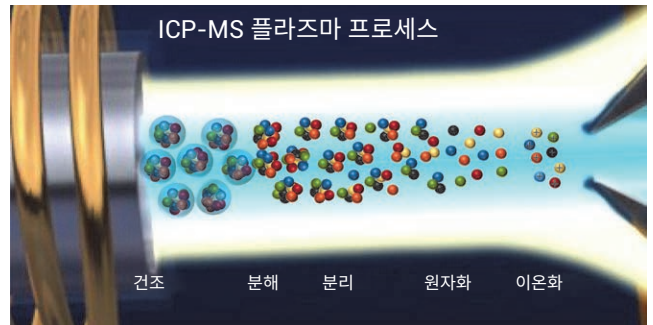


그림 1. ICP-MS의 플라즈마에서 프로세스 구성도.

토치 인젝터의 단면적은 내부 직경의 제곱에 비례하여 증가하므로 인젝터 직경의 작은 변화가 가스 속도에 큰 영향을 미칩니다. 예를 들어, 토치 내경을 2.5mm에서 2.0mm로 20% 줄이면 가스 속도는 3.4m/초에서 5.3m/초로 55% 이상 증가합니다.

표 1. 다양한 ICP 토치 인젝터 직경과 운반 가스 유속에서 선형 가스 속도. 휘발성 유기 용매 또는 단일 나노 입자 분석과 같은 응용에 사용되는 특수 토치는 제외합니다.

| 운반 가스 유량 (L/분) | 토치 인젝터 ID (mm) | 선형 가스 속도 (m/초) |
|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 2.5 | 3.395 |
| 1 | 2 | 5.305 |
| 1 | 1.8 | 6.550 |
| 1 | 1.5 | 9.431 |
| 0.9 | 2.5 | 3.056 |
| 1.1 | 2.5 | 3.735 |

운반 가스가 토치의 인젝터 튜브에서 나오면 플라즈마 중심을 뚫고 나갑니다. 낮은 운반 가스 속도는 플라즈마의 후면의 냉각 구역을 좁힐 수 있어 액체 방울이 플라즈마의 가장 뜨거운 부분에서 소비하는 거리(및 시간)가 늘어납니다. 이 때문에 유효 플라즈마 온도가 증가하여 매트릭스 분해가 개선되고 잔류 분자(다원자) 이온 수준이 낮아지며 이온화가 높아집니다. 이온화가 높을수록 감도가 향상됩니다.

넓은 토치 인젝터는 플라즈마의 후면에서 냉각을 감소시킬 뿐만 아니라 에어로졸의 밀도도 에어로졸. 저유량 nebulizer 및 더블 패스 스프레이 챔버를 사용하면 큰 에어로졸 액체 방울이 더 많이 제거되어 에어로졸 밀도를 더욱 줄일 수 있습니다.

에어로졸 밀도는 ICP-MS 성능에 매우 중요하데, 각 에어로졸 액체 방울이 증발하면서 에너지를 흡수하여 주변 영역을 냉각시키기 때문입니다. 액체 방울이 서로 가까이 있으면 서로를 냉각시켜 그림 1에 설명한 프로세스가 영향을 받습니다.

ICP-MS 매트릭스 내성을 % 수준으로 확장

Agilent ICP-MS 시스템은 일상적으로 약 1%의 낮은 CeO/Ce 비율로 작동하는데, 이는 일반적인 타사 ICP-MS 시스템 값보다 2 또는 3배 낮은 수치입니다. 이를 통해 대부분의 일반적인 시료 유형을 일상적이고 장기적인 분석에서 쉽게 실현할 수 있습니다. 그러나 일부 응용 분야에서는 최대 % 수준까지 훨씬 더 높은 함량의 총 용존 고형물(TDS) 시료를 분석해야 합니다.

% TDS 시료는 고매트릭스 주입(HMI/uHMI) 기술을 이용해 Agilent ICP-MS 시스템에서 일상적으로 분석할 수 있습니다. HMI는 추가적인 아르곤 가스 흐름을 이용해 에어로졸이 토치에 도달하기 전에 희석하는 자동화되고 완전히 검량된 에어로졸 희석 기능을 더해줍니다. HMI는 플라즈마 견고성을 더욱 향상시켜 매트릭스 억제를 최소화하고 이온화가 잘 되지 않는 원소를 일관되게 높은 수준으로 이온화합니다. 그림 2에 다양한 염 매트릭스에서의 Cd 회수율을 나타냈습니다.

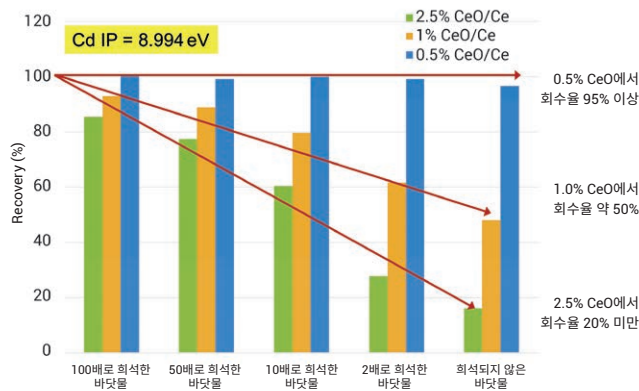


그림 2. 서로 다른 CeO/Ce 비율에서 가변 식염수 매트릭스 시료의 Cd 회수율 비교. 애질런트 HMI(0.5% CeO/Ce)는 억제를 제거하여 모든 매트릭스 수준에서 일관된 Cd 회수율을 제공합니다.

견고하고 낮은 CeO/Ce 플라즈마는 매트릭스 억제를 감소시킬 뿐만 아니라 분석물질 이온화를 증가시킵니다(감도와 동일).

ICP-MS 플라즈마의 이온화 효율성

주요 극미량 원소의 이온화에 미치는 플라즈마 온도의 영향을 그림 3과 4에 나타냈습니다.

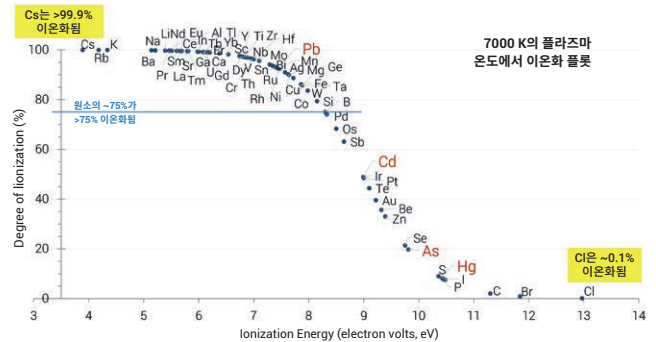


그림 3. 모든 원소에 대해 전자볼트(eV) 단위로 1차 이온화 에너지에 대한 이온화 정도의 변화를 나타냈습니다. As, Cd, Hg 및 Pb를 강조 표시했습니다.

그림 3은 모든 원소에 대한 1차 이온화 에너지(또는 이온화 전위, IP) 대 이온화 정도의 변화 그래프를 보여줍니다. 1차 IP는 첫 번째 전자를 제거하여 중성 원자를 이온화하는 데 필요한 에너지의 양입니다.

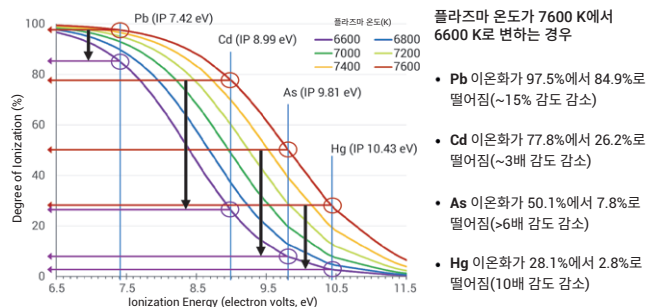


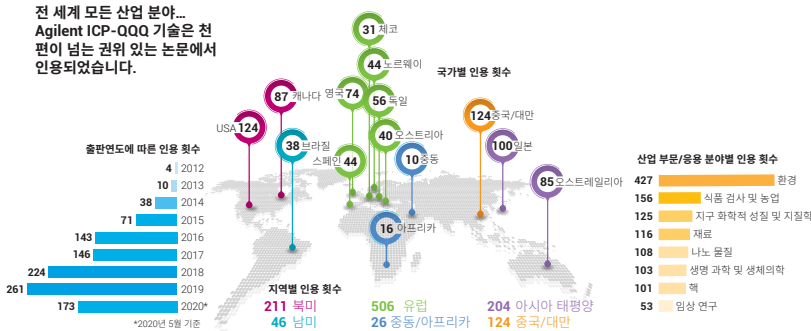
그림 4. 플라즈마 온도의 작은 변화가 As, Cd, Hg, Pb에 대한 이온화 및 그 감도에 미치는 영향.

그림 4는 6600~7600K 사이의 플라즈마 온도에 대해 간단한 선으로 플롯한 그림 3의 플롯 중심 부분(6.5eV~11.5eV)을 보여줍니다. 이온화에 미치는 플라즈마 온도의 영향을 4개의 중요 ICP-MS 분석물질인 As, Cd, Hg 및 Pb에 대해 나타냈습니다(1차 IP는 7.43~10.43eV 사이). 낮은 플라즈마 온도에서 모든 네 가지 원소의 이온화가 감소한 결과를 검은색 화살표로 표시했습니다.

성공적인 ICP-MS 분석을 위해서는 효율적이고 일관된 이온화가 중요합니다. 견고한 플라즈마는 매트릭스 억제를 최소화하면서 최고의 감도를 보장합니다.

최신 업데이트! Agilent ICP-QQ 참고문헌 자료집

세계 최초의 상용 QQQ ICP-MS인 Agilent 8800이 2012년에 출시되었습니다. 그 후로 애질런트는 ICP-QQ 기기가 사용된 간행물 기사와 출판물의 쌍방향 온라인 참고문헌을 계속하여 관리하고 있습니다. 이제 Agilent ICP-QQ 참고문헌의 최신 업데이트를 온라인으로 이용할 수 있으며, 2018년 5월 마지막 업데이트 이후 500개의 새로운 출판물도 포함되어 있습니다. 지난 6년보다 지난 2년 동안 더 많은 기사가 발표되었다는 사실로부터 Agilent ICP-QQ 기기의 사용이 점점 많아지고 있다는 것을 알 수 있습니다.



참고자료 페이지 [Agilent ICP-QQ 참고자료](#)에는 각 출판물의 참조, 제목, 저자, 기관 및 국가와 함께 개요 또는 전체 논문의 링크(온라인으로 제공되는 경우)가 나와 있습니다. 논문은 산업 부문/응용 분야를 기준으로 정리되어 있으며, Agilent ICP-QQ 기기가 전 세계 실험실에서 과학자들이 문제를 해결하는 데 도움이 되고 있음을 주요 저자의 주소를 통해 확인할 수 있습니다.

최신 Agilent ICP-MS 발행물

- **브로셔(업데이트):** Agilent 7900 ICP-MS: 기대치를 높여주는 차세대 ICP-MS, [5991-3719KO](#)
- **브로셔(업데이트됨):** Agilent 8900 QQQ ICP-MS: MS/MS를 이용한 간섭 제거, [5991-6900KO](#)
- **응용 자료:** ICP-QQQ의 질량 이동 모드를 이용해 암석의 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 동위원소 비율 측정: Agilent 8900 ICP-QQ 분석법으로 ^{87}Sr 및 ^{87}Rb 의 크로마토그래피 분리 필요성을 직접 제거: [5994-2019EN](#)
- **응용 자료(업데이트됨):** UHMI가 내장된 Agilent 7900 ICP-MS의 고염도 매트릭스 분석 성능: ICP-MS의 매트릭스 내성을 총 용존 고형물의 % 수준으로 확장, [5991-4257EN](#)
- **응용 개요:** ICP-MS를 사용하여 팜유 내 극미량 원소 분석: Agilent 7800 ICP-MS를 사용하여 식물성 오일의 품질 관리 미래에 대비, [5994-1953EN](#)
- **홍보자료:** Agilent ICP-MS IntelliQuant 소프트웨어: 탁월한 시료 인사이트와 결과에 대한 확신, [5994-1677EN](#)
- **홍보자료(업데이트됨):** 애질런트의 인증 표준물질 키트를 이용한 의약품 내 금속 불순물 검사의 간소화 ICH Q3D/USP <233> 금속 불순물 키트, [5991-8177KO](#)

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2020
2020년 7월 23일, 한국에서 발행
5994-2203KO
DE.1586458333

한국애질런테크놀로지스(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

