

2022년 2월, 제87호



## 1페이지

ICP-MS 시료 전처리 및 고 매트릭스 시료 분석

## 2~3페이지

ICP-MS를 이용한 고 매트릭스 시료 분석에 대한 실용적 접근법

## 4~5페이지

ICP-MS 인터페이스 콘. 최적의 분석 성능을 위한 설계 고려 사항

## 6페이지

ICP-MS를 이용한 극미량 분석을 위한 우수한 시료 전처리의 중요성

## 7페이지

플라즈마 분광화학 동계 컨퍼런스 뉴스 및 하이라이트

## 8페이지

실험실과 새로운 ICP-MS 발행물에 가장 적합한 원소 분석 기기 선정에 관한 웨비나

## ICP-MS 시료 전처리 및 고 매트릭스 시료 분석

Agilent ICP-MS 저널 이번 호에서는 플라즈마 분광화학 동계 컨퍼런스(Winter Conference on Plasma Spectrochemistry)에 대해 전합니다. 또한 ICP-MS의 극미량 분석용 시료 전처리에 대해 논의한 최근 e-세미나에 대해서도 검토합니다. 애질런트 응용 화학자는 주요 마이크로웨이브 분해 시스템 공급업체 대표와 함께 오염을 통제하고 다양한 시료 유형의 효과적인 분해를 보장하는 방법에 대한 팁을 제공합니다.

또한 계속해서 ICP-MS의 기본 원리에 대한 애질런트의 아티클 시리즈를 다루어 이번에는 ICP-MS 진공 인터페이스의 주요 역할에 대해 살펴봅니다. 잘 설계된 인터페이스가 진공 품질을 유지하면서 높은 이온 전달을 제공하는 방법을 보여줍니다. 최신 ICP-MS의 놀라운 기능을 설명하기 위해, 최근 희석되지 않은 해수 분석에 대한 응용 자료를 요약합니다.



그림 1. Agilent 7900 SQ ICP-MS 내부 상세도.

# ICP-MS를 이용한 고 매트릭스 시료 분석에 대한 실용적 접근법

Tetsuo Kubota 및 Ed McCurdy, Agilent Technologies, Inc.

## ICP-MS를 이용한 고 매트릭스 시료 분석

초기 ICP-MS 기기의 주요 한계는 높은 농도의 총 용존 고형물(TDS)에 대한 내성이 낮다는 것이었습니다. 이러한 초기 기기에서는 일반적으로 시료 주입 및 플라즈마 작동 조건이 최대한 높은 감도를 제공하도록 최적화되어 매트릭스 내성이 저하되었습니다(그림 1).

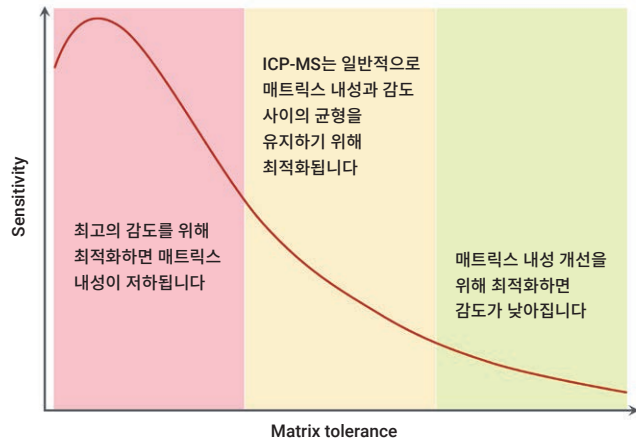


그림 1. ICP-MS 하드웨어 설계 및 작동 조건은 감도 및 매트릭스 내성 사이에서 균형을 유지해야 합니다.

초기 ICP-MS 시스템의 매트릭스 내성이 상대적으로 낮았기 때문에 일상적인 분석에 권장되는 최대 매트릭스 농도는 0.2% 이하 또는 2000ppm TDS였습니다. 이러한 한계는 분석 전에 시료를 수동으로 또는 온라인 자동 희석기를 사용하여 희석해야 함을 의미했습니다. 그러나 오프라인 시료 희석은 시간을 많이 소모하고 오류가 발생하기 쉬우며 오염을 일으킬 수 있는 반면, 온라인 자동 희석기는 비용이 많이 들고 복잡하여 누출 및 막힘의 위험을 높입니다.

0.2% TDS의 기존 한계는 여전히 많은 최신 ICP MS 기기에 적용되며, 그 플라즈마 조건은 매트릭스 내성을 저하시켜 감도를 극대화하도록 최적화되어 있습니다.

그러나, ICP-MS는 이제 광범위한 산업에서 다원소 분석에 선호되는 기술로 받아들여지고 있습니다. 그 결과, 이 기술은 고 매트릭스 시료를 분석하는 데 사용되고 있습니다. 또한 ICP-MS는 높은 처리량의 상용 실험실에도 널리 사용되는데, 이는 실험실이 분석 전 시료 처리를 하지 않고 높은 생산성과 빠른 처리 시간을 달성하려는 압력 때문입니다.

이렇게 변화하는 요구사항을 해결하기 위해 애질런트 R&D 엔지니어는 ICP-MS 매트릭스 내성을 높여 대규모의 고 매트릭스 시료를 일상적으로 분석할 수 있도록 하는 데 주력했습니다. 개발에는 시료 주입 및 에어로졸 처리가 포함되었으며, 플라즈마로부터 에너지가 더 효율적으로 전달되었고, 인터페이스, 이온 렌즈, 질량 분석기를 통한 이온 전송이 증가했습니다. 그 결과, Agilent ICP-MS 사용자는 우수한 매트릭스 내성을 제공하는 동시에 내구성이 더 약한 다른 ICP-MS 시스템과 비슷하거나 더 나은 감도를 달성하는 플라즈마 조건을 사용할 수 있습니다.

## 플라즈마 내구성 및 매트릭스 내성

고 매트릭스 시료를 일상적으로 분석하는 ICP-MS의 능력은 주로 플라즈마의 내구성에 따라 달라집니다. 플라즈마는 분석물질을 이온화하기에 충분한 에너지를 유지하면서 시료 매트릭스를 분해하고 간섭하는 분자 이온을 분리할 수 있어야 합니다. ICP-MS의 플라즈마 내구성은  $CeO^+$  대  $Ce^+$  신호비( $CeO/Ce$ )를 사용하여 모니터링됩니다.  $CeO/Ce$  비는 플라즈마가 강하게 결합된  $CeO$  분자를 분해할 수 있는 능력을 나타냅니다.

Agilent ICP-MS의 견고한 매트릭스 내성 플라즈마는 일반적으로 약 1~1.5%  $CeO/Ce$  이하에서 작동합니다. 내구성이 더 약한 조건(높은  $CeO/Ce$  비)에서 작동하면 매트릭스 분해가 불완전해지고 ICP-MS 인터페이스 콘에 매트릭스가 축적되며 신호 드리프트가 발생합니다.



# ICP-MS 인터페이스. 최적의 분석 성능을 위한 설계 고려 사항

Ed McCurdy 및 Abe Gutierrez, Agilent Technologies, Inc.

## ICP-MS 진공 인터페이스

질량 분석기(MS) 및 이온 검출기는 고진공(저압)에서 가장 잘 작동합니다. MS를 낮은 압력에서 작동하면 이온 산란이 감소하고 전송이 증가하며 피크 모양이 개선되고 백그라운드 노이즈가 감소합니다. 많은 MS 기기는 이온화원이 진공 챔버 내부에 있는 밀폐된 시스템으로, 최적의 MS 작동에 필요한 낮은 압력을 비교적 쉽게 유지할 수 있습니다. 그러나 ICP-MS의 플라즈마 이온화원은 실험실 환경에 개방된 대기압에서 작동하기 때문에 이온은 인터페이스를 통과하여 고진공 영역으로 이동해야 합니다. 따라서 ICP-MS 진공 인터페이스는 두 가지 충돌하는 역할을 수행해야 합니다.

1. 플라즈마(대기압)에서 MS(고진공 영역)로 이온을 이송합니다.
2. 최적의 MS 성능을 위해 진공 영역에서 가능한 최저 압력을 유지합니다.

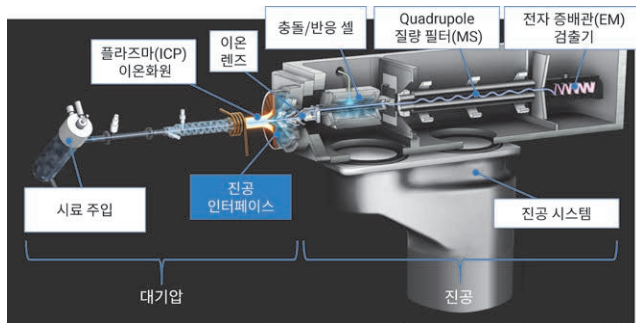


그림 1. 이온을 플라즈마에서 고진공 영역으로 전달하는 ICP-MS 진공 인터페이스.

ICP-MS 인터페이스는 작은 오리피스 또는 구멍이 있는 일련의 원뿔형 플레이트 또는 "콘"으로 구성됩니다. 콘은 고온의 플라즈마로 인한 손상을 방지하기 위해 수냉식으로 제작되며 일반적으로 고체 니켈(또는 전기 및 열전도율 향상을 위한 구리 기반의 니켈)로 제조됩니다.

Agilent ICP-MS 시스템에서 표준으로 사용되는 인터페이스 구성요소(반도체 구성요소 제외)는 그림 2와 같이 구리 베이스의 Ni 샘플링 콘과 고체 Ni 스키머 콘으로 구성됩니다.

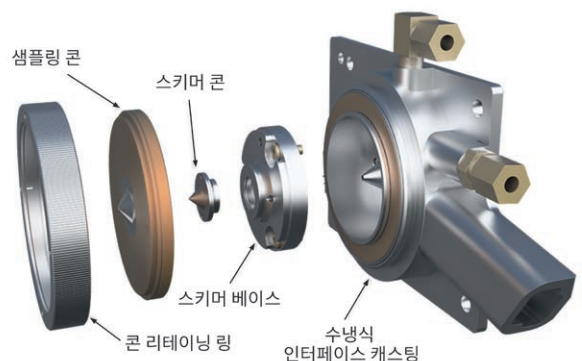


그림 2. Agilent ICP-MS의 인터페이스 구성요소.

최고의 내식성을 필요로 하는 응용의 경우 백금 팁 및 니켈 도금 콘을 사용할 수 있습니다.

## ICP-MS 진공 인터페이스 설계 고려사항

이상적인(가장 낮은) 진공 압력은 콘에 구멍이 전혀 없을 때 달성되지만 이온 전송이 불가능하기 때문에 실용적이지 않습니다. 매트릭스 내성, 감도, 백그라운드 및 MS 성능의 최고의 조합을 전달하기 위해 잘 설계된 인터페이스가 ICP-MS 시스템의 나머지 부분과 함께 작동해야 합니다.

최적화된 인터페이스 설계는 다음을 충족해야 합니다.

- 진공 챔버로 들어가는 시료 매트릭스의 양을 제어하여 고진공 영역의 유지보수를 줄여줍니다
- 분석물질 이온의 전송을 유지하면서 플라즈마 가스 이온( $Ar^+$ ,  $ArH^+$ ,  $O^+$ ,  $O_2^+$ ,  $NO^+$  등)의 이송을 제한함으로써 공간 전하 효과를 줄입니다. 공간 전하가 낮아지면 질량 바이어스가 감소하여 가벼운 이온에 대한 감도가 높아지고 검출 한계가 낮아집니다

### 인터페이스 설계 및 매트릭스 내성

인터페이스 콘의 구멍이 커지면 매트릭스 분해가 방지되어 신호 드리프트가 감소한다는 것은 흔한 오해입니다. 실제로, 인터페이스 콘의 매트릭스 분해는 주로 플라즈마의 내구성에 의해 제어됩니다(1). 플라즈마 내구성이 약한 ICP-MS 시스템 (CeO/Ce 비 >2%)에서, 신호 드리프트를 유발하는 콘 막힘을 지연시키려면 더 큰 콘 오리피스가 필요할 수 있습니다. 그러나 콘 구멍이 크면 그림 3에서와 같이 더 많은 분해되지 않는 매트릭스가 인터페이스를 통과하여 고진공 영역으로 이동합니다.

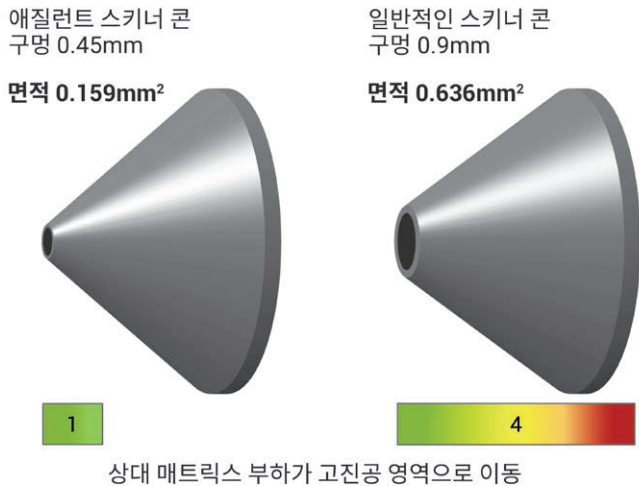


그림 3. 고진공 영역에 4배 더 많은 시료 매트릭스가 들어갈 수 있는 구멍 직경이 2배인 스키머 콘.

인터페이스 콘에서 매트릭스 분해를 제어하는 더 나은 방법은 보다 견고한 플라즈마 조건(낮은 CeO/Ce 비)을 사용하는 것입니다. 더 견고한 플라즈마는 시료 매트릭스를 보다 효과적으로 분해하므로, 분해되지 않아 콘에 축적되는 물질이 적습니다. Agilent ICP-MS 시스템은 ICP-MS 중 가장 견고한 플라즈마 조건으로 일상적으로 작동합니다. 일반적으로 CeO/Ce 비는 일반적인 시료 유형의 경우 약 1.0%이고, 고 매트릭스 시료의 경우 최소 0.3% CeO/Ce입니다. 이 CeO/Ce 비는 일부 타사의 ICP-MS 시스템에서 일반적으로 달성되는 수준보다 약 10배 낮으며, 이는 시료 매트릭스 분해 성능이 10배 우수함을 뜻합니다.

매트릭스 분해 성능은 10배 향상되고 스키머를 통과하는 매트릭스는 4배 감소하므로 다른 시스템에 비해 Agilent ICP-MS의 진공 시스템으로 들어가는 매트릭스는 40배 감소합니다.

매트릭스 축적으로 인한 드리프트를 방지하는 데 도움이 될 수 있는 추가적인 접근법은 스키머 콘 팁의 작동 온도를 제어하는 것입니다. Agilent ICP-MS 시스템은 스키머 콘 팁이 정확하게 제어되고 상승한 온도에서 작동하도록 보장하는 엄선된 재료와 최적화된 스키머 베이스 설계를 사용합니다(그림 4).



그림 4. 왼쪽: Ni 스키머 콘에 사용되는 스테인리스 스틸 스키머 베이스. 오른쪽: Pt 팁 스키머 콘에 사용되는 황동 스키머 베이스.

스키머 팁 온도를 정밀하게 제어함으로써 인터페이스를 통과하는 잔여 매트릭스 물질 및 분자 종의 응결을 방지할 수 있습니다. 이러한 작동 온도의 제어를 통해 스키머가 낮은 온도에서 작동하는 시스템에서 관찰되는 매트릭스 분해를 줄입니다.

### 결론

ICP-MS 진공 인터페이스는 진공 영역에서 가능한 최저 압력을 유지하면서 플라즈마에서 질량 분석기로 이온을 전송해야 합니다. 이 인터페이스는 시료 주입부와 이온 렌즈 사이의 다른 구성요소와 함께 질량 필터와 검출기의 최적의 성능을 위한 최적의 조건을 제공하는 기능을 합니다.

이전 호(2)에서 논의한 바와 같이, ICP-MS의 다양한 부분이 함께 작동하여 매트릭스 내성과 높은 감도의 이상적인 조합을 제공해야 합니다. Agilent ICP-MS 시스템에서, 인터페이스 설계는 견고한 플라즈마 및 효율적인 오프엑시스 고투과성 이온 렌즈와 결합되어 뛰어난 전체 시스템 성능 특성을 제공합니다.

### 참고 문헌

1. Agilent ICP-MS 저널, 제81호 [5994-2203KO](#)
2. Agilent ICP-MS 저널, 제85호 [5994-3758KO](#)

# ICP-MS를 이용한 극미량 분석에서 효과적인 시료 전처리 방법의 중요성

Bert Woods 및 Jenny Nelson, Agilent Technologies, Inc.

## ICP-MS를 통해 낮은 검출 한계 달성

시료 전처리는 ICP-MS를 이용한 원소 분석에 대한 고품질 데이터와 낮은 검출 한계를 달성하는 데 있어 매우 중요한 부분입니다. 최근 가상 심포지엄에서의 [극미량 원소 검출 한계: 모든 분광학자가 알아야 할 것](#)에서 시료 전처리의 중요성에 대해 자세히 논의했습니다.

오후 세션에서는 Milestone Inc.의 제품 전문가인 Eric Farrell이 우수한 극미량 금속 검출 한계를 달성하는 데 있어 마이크로웨이브 분해의 역할에 대해 설명했습니다.



그림 1. 분석 데이터의 품질에 영향을 미치는 요인.  
© Milestone Inc., 2021. 권한으로 인용.

희석하는 것보다 분해되어야 하는 시료의 경우, 건식 회화, 핫플레이트 분해 또는 Parr bomb과 같은 다른 기술보다 마이크로웨이브 산 분해가 더 많이 사용되고 있습니다.

밀폐형 마이크로웨이브 산 분해(closed-vessel microwave digestion) 시스템은 개방형 분해보다 높은 온도와 압력(T/P)을 제공하여 완전한 분해를 보장하는 동시에 더 적은 산을 필요로 합니다. 마이크로웨이브 분해 절차는

다른 접근법보다 빠르고 일관성이 있는 반면, 밀폐형을 사용함으로써 Hg와 같은 휘발성 원소의 손실을 방지할 수 있습니다. 마이크로웨이브 시스템(로터 기반 또는 단일 반응 챔버(SRC))의 선택은 시료 유형 및 응용 요구사항에 따라 달라집니다. 웨비나에서는 다음과 같은 검출 한계에 영향을 미치는 몇 가지 주요 요인에 대해 자세히 설명합니다.

- 시료 용기, 바이알, 산의 선택을 포함한 시료 전처리 기법
- 시약의 품질/등급 및 시료 전처리/분해 장비의 청결도
- 분해하는 최적의 시료 질량 선택
- 희석률(Dilution Factor)

## 식품 시료의 마이크로웨이브 산 분해

최근 식품 분석에 대한 웨비나에서 CEM의 선임 응용 화학자인 Elaine Hasty는 ICP-MS를 이용한 다원소 분석을 위해 마이크로웨이브 산 분해를 사용하여 얼마나 다양한 식품 시료가 전처리되었는지 설명했습니다.



총 40개의 시료가 전처리되었으며, 10개의 서로 다른 식품 유형의 시료 복제본, 각각 고농도 및 저농도에서 스파이킹된 식품 시료 2개, 3개의 NIST SRM이 포함됩니다. 배치에는 고농도 및 저농도 스파이크가 있거나 없는 분석법 바탕시료도 포함되었습니다. 모든 시료와 바탕시료는 MARS 6 마이크로웨이브 분해 시스템을 사용하여 단일 배치에서 분해되었습니다.

Elaine의 발표에는 균질한 시료를 전처리하는 최상의 방법에 대한 팁과 시료를 칭량하고 분해 용기로 이송하는 동안 주의할 기울여야 하는 이유가 포함되어 있습니다. 마이크로웨이브 분해 방법에 대한 자세한 내용은 애질런트 응용 자료 [5994-2839EN](#)을 참조하세요.

# 2022 플라즈마 분광화학 동계 컨퍼런스 뉴스 및 하이라이트

Chuck Schneider, Agilent Technologies, Inc.

## 2022년 1월 16~21일, 미국 애리조나 투손

코로나19로 인해 2020년과 2021년에 수많은 행사가 취소된 후, 투손에서 플라즈마 분광화학 동계 컨퍼런스가 다시 열리게 되어 매우 기뻐했습니다. 오프닝 리셉션에 색을 입히고 컨퍼런스 주최자인 Ramon Barnes 박사를 기리기 위해 애질런트 팀은 밝은 하와이안 셔츠를 입었습니다. 계속되는 여행 제한으로 인해 전반적으로 컨퍼런스 참석자는 적었지만, 한 주 동안 애질런트 행사에 참석한 모든 사람들은 즐거운 시간을 보내는 듯했습니다. 주요 내용에는 분석법 개발, 분석법 최적화, 보고에 관한 기술을 향상하기 위해 설계된 실습 소프트웨어 워크샵이 포함되어 있습니다.

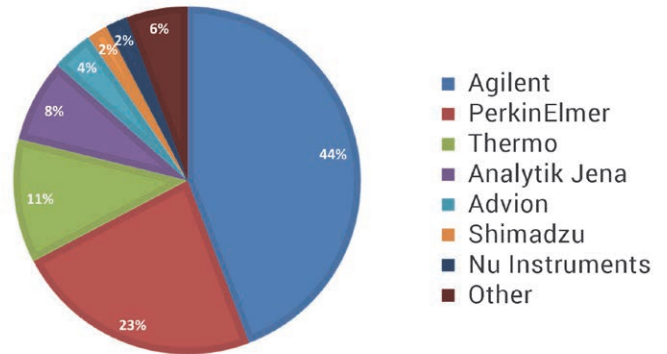
Agilent ICP-OES 제품 전문가인 Steve Wall과 Chris Conklin은 "스마트한" ICP-OES 기능을 갖춘 미래 실험실의 지원에 대한 점심 세미나를 진행했습니다. Agilent ICP-MS 전문가 Abe Gutiérrez, Jenny Nelson, Mark Kelinske는 SQ 및 QQQ ICP-MS(ICP-QQQ)의 최신 개발에 대한 점심 세미나를 발표했습니다. ICP-QQQ 사용자 그룹 회의에서 기초 연설을 한 아리조나 주립대학교(Arizona State University)의 Melanie Barboni 박사에게 특별한 감사를 전합니다. Agilent ICP-MS 제품 관리자 Naoki Sugiyama는 ICP-QQQ에 대한 업데이트를 제공하여 비공식적인 논의 시간을 남겨두었습니다. 수요일 저녁, 애질런트 고객 감사 행사에 참석한 손님들이 ICP-QQQ 10주년을 축하하며 춤을 추고 별을 보며 멋진 음식을 즐겼습니다.

## 2년에 한 번씩 개최되는 제22회 컨퍼런스 주제

단일 나노입자 및 단세포 분석, 생체화학 연구, Laser Ablation, 종 분리(speciation), 동위원소 비율 및 동위원소 희석 등의 컨퍼런스 주제가 인기를 끌었습니다. 대마초 분석에 대한 워크숍도 열렸습니다. ICP-QQQ가 플라즈마 기반 기기에 있어 뜨거운 주제였습니다. 처음으로 ICP-QQQ 포스터 수가 SQ ICP-MS 포스터 수보다 많았습니다.

## 포스터 프리젠테이션 개요

컨퍼런스에서 발표된 포스터의 리뷰는 임상 연구, 제약, Laser Ablation, 핵, 식품, 환경, 단세포 및 나노 입자가 주된 관심 주제임을 보여줬습니다. 포스터 수를 통해, 44%의 포스터에 Agilent ICP-MS 기기가 언급되어 가장 널리 사용되는 것으로 확인되었습니다.



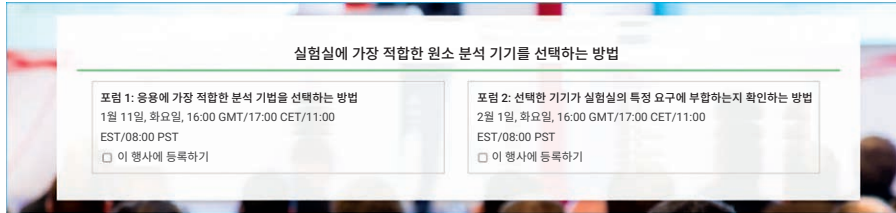
## 하나가 된 기술



애질런트 원자 분광기 팀은 25개의 포스터 또는 구두 프레젠테이션을 발표하고 컨퍼런스 세션과 워크숍을 주재했으며 6개의 서로 다른 고객 행사를 진행했습니다.

**미래 계획:** [European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry](#)가 2023년 1월 29일부터 2월 3일 사이에 슬로베니아 류블랴나(Ljubljana)에서 개최될 예정입니다.

## 실험실에 가장 적합한 원소 분석 기기는 무엇입니까? 애질런트 원자 분광기 팀으로부터 내부 지식을 획득하세요



실험실에서 필요로 하는 가장 좋은 원자 분광 기법을 선택하는 것은 복잡할 수 있습니다. 시간이 지남에 따라 실험실 및 규제 준수 요건이 변하는 동안 기기 기능은 겹치게 됩니다. 온라인 포럼 시리즈에서 경험이 풍부한 애질런트 원자 분광기 팀원들이 몇 가지 일반 응용과 실험실 시나리오에 대해 논의합니다. 그들은 각각의 상황에 대한 원자 분광 기법의 장단점을 설명합니다. 이 논의 포럼은 다음과 같은 방면에서 도움이 될 것입니다.

- 원자 분광 기법 간의 주요 차이점을 이해
- 기기 간의 중요한 차이를 식별할 수 있도록 실험실의 일상적인 작업과 관련된 평가를 계획하는 방법에 대해 학습

**진행자:** Ross Ashdown; **발표자:** Ed McCurdy, ICP-MS 제품 마케팅; Elizabeth Kulikov 박사, ICP-OES 제품 관리자; Milos Ridesic, ICP-OES, MP-AES, AAS 응용 화학자.

Select Science에서 주최하는 두 개의 녹화된 포럼으로의 링크: <https://view6.workcast.net/AuditoriumAuthenticator.aspx?cpak=6140127235089763&pak=5932768662768021>

### 최신 Agilent ICP-MS 발행물

- **응용 자료:** 이온 크로마토그래피(IC)-ICP-MS를 이용한 먹는물 중 6가 크롬 측정 [5994-4295EN](#)
- **응용 자료:** ICP-MS를 이용한 추출물 및 침출물 원소 검출 [5994-4340KO](#)
- **응용 자료:** Ultra High Matrix Introduction(UHMI) 및 Discrete Sampling(DS)을 갖춘 ICP-MS로 희석되지 않은 해수 분석, [5994-4467KO](#)
- **응용 자료(업데이트됨):** ICP-MS를 이용한 우유 및 분유의 고처리량의 다원소 분석 [5991-6185EN](#)

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2022  
2022년 1월 27일, 한국에서 발행  
5994-4529KO  
DE43294262

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)

