

## Agilent ICP-MS 인터페이스 콘



### 경쟁제품의 비교

애질런트 유도 결합 플라즈마 질량 분석기(ICP-MS) 시스템은 혁신적인 기술을 통해 탁월한 감도, 정확도, 사용 편리성 및 생산력을 제공합니다. Agilent 7800 및 7900 quadrupole ICP-MS 시스템은 대부분의 일반적인 극미량 원소 분석에서 가장 높은 수준의 매트릭스 내성, 가장 넓은 측정 범위 및 가장 효과적인 간섭 제거를 자랑합니다. Agilent 8900 QQQ ICP-MS(ICP-QQQ)는 MS/MS 작동 모드를 추가하여 반응 셀 프로세스의 정밀한 제어 기능을 제공함으로써, 가장 일관되고 정확한 결과를 보증합니다. 이 기능은 기존 SQ 및 Sector-field HR ICP-MS가 처리할 수 없었던 간섭 문제를 해결할 수 있습니다.

플라즈마 소스와 vacuum 인터페이스 설계는 모든 ICP-MS의 전체 성능을 좌우하는 중요한 부분입니다. 고품질의 인터페이스 콘은 우수한 결과를 얻기 위한 ICP-MS 시스템의 감도와 안정성을 보증하는 핵심적인 요소입니다. 애질런트의 다양한 Ni/Pt-tipped 인터페이스 콘은 SQ 및 QQQ ICP-MS의 요건을 충족하는 성능을 제공할 수 있습니다(그림 1과 2).

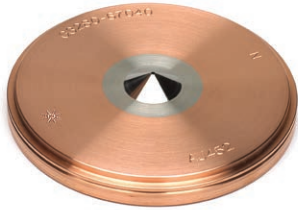


그림 1. 애질런트 정품 Ni 샘플링 콘, 구리 베이스 갖춤



그림 2. 애질런트 정품 Ni 스키머 콘

## 인터페이스 콘 성능 요인

인터페이스 콘의 핵심 요건은 팁과 오리피스 가 기기 감도를 보장하기 위해 정확하고 정밀한 크기를 갖추고 있는 것입니다. 콘의 재질은 백그라운드 노이즈와 오염을 방지하기 위해 충분한 순도를 가지고 있어야 합니다. 각 콘의 질량은 장기간의 신호 안정성을 보장하는 팁의 올바른 작동 온도를 위해 일관성 있게 엄격히 제어되어야 합니다.

이러한 이유로 인해, 서로 다른 제조업체의 인터페이스 콘은 상당한 성능 차이를 나타내며, 이는 ICP-MS 결과의 정확성과 신뢰성에 악영향을 끼칠 수도 있습니다. 일반적인 성능 관련 문제는 다음과 같습니다.

- 낮은 감도로 인한 검출 한계 증가
- 백그라운드 등가 농도(BEC)를 낮추는 백그라운드 증가
- 시료 배치 분석 과정에서 기기 드리프트로 인한 QC 실패 및 재검량과 시료 재분석 수요
- 콘에 과량의 매트릭스가 증착되어 세척 요구 증가, 따라서 기기 가동 중단 시간 연장 및 실험실 생산성 감소
- 짧은 콘 수명으로 인한 분석 비용 증가 및 실험실 수익성 감소

본 개요에서는 서로 다른 제조업체의 인터페이스 콘(샘플링 및 스키머)을 비교하고, 주로 ICP-MS 분석 성능에 주요한 영향을 미치는 방면에 중점을 두었습니다.

## 애질런트 인터페이스 콘의 개발

ICP-MS 인터페이스는 인터페이스 콘으로 알려진 한 쌍의 원뿔형 금속 플레이트 사이에 위치한 step-down 진공 단계로 구성됩니다(그림 3). 인터페이스 콘은 대기압 아르곤 플라즈마 내에서 생성된 이온을 샘플링하고 추출 렌즈를 통해 전송한 후, 추출 렌즈는 양전하를 띤 이온을 낮은 진공의 질량 분석기로 전송합니다. 첫 번째 및 두 번째 콘은 각각 샘플링 콘과 스키머 콘으로 부릅니다.

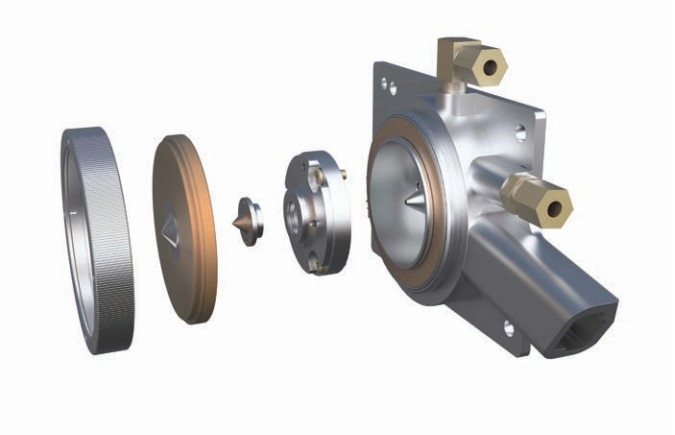


그림 3. 인터페이스 콘(샘플링 및 스키머)과 스키머 베이스를 보여주는 Agilent ICP-MS의 인터페이스 영역

ICP-MS 성능을 영향하는 중요한 부분인 애질런트 인터페이스 콘은 엄격한 사양으로 설계 및 제조됩니다. 콘은 높은 품질, 기기 성능 극대화 및 배치 간 재현성을 확보하기 위해 엄격한 테스트를 거칩니다.

ICP-MS 시스템에서 30년 이상 축적된 경험을 바탕으로 한 애질런트 엔지니어들은 추출 렌즈와 인터페이스 콘을 함께 설계함으로써, 이온 전송과 매트릭스 내성을 향상시킵니다. 콘 오리피스의 크기 및 팁의 기하 구조는 최적화 과정을 거쳤으며 철저히 관리됩니다. 애질런트의 표준 Ni, 또는 Pt-tipped 옵션 콘은 고품질 재료를 사용하여 모든 백그라운드 신호를 최소화하고, 강산 및 고온 플라즈마 조건에서 작동 과정의 안정성 및 적합성을 보장합니다.

## 애질런트 인터페이스 콘의 생산

ICP-MS 콘의 생산은 복잡한 과정이며, 여기에는 엄격한 오차로 콘을 제조하고 여러 합금을 사용하여 팁을 콘 베이스 재료에 영구적으로 부착시키는 공정 등을 포함합니다.

애질런트 정품 콘은 숙련된 기기 전문가들이 최첨단 장비를 사용해 생산합니다. 모든 콘은 정교한 선반, 밀링 기계, 방전 가공 등을 이용하여 애질런트의 엄격한 사양을 충족하도록 제조됩니다.

전자 빔 용접을 통해 팁을 확실하고 정확하게 부착하는 것은 설계의 일부이며, 이는 팁과 베이스 재료의 영구적인 접촉을 확보할 수 있습니다.

모든 백금 원료에 대해 외부 분석을 수행하여 재료 순도가 애질런트 사양에 충족하도록 보증합니다. 추후의 검사를 위해, 각 로트의 Pt 및 Ni 재료의 분석 시료를 남겨둡니다. 모든 완제품 콘은 시리얼 번호를 통해 원료 및 전체 제조 과정까지 추적 가능하며, 온전한 관리 체인을 갖추고 있습니다.

최종적으로 모든 콘은 출하 전에 100% 품질 검사를 거치게 됩니다.

## 인터페이스 콘의 테스트 방법

여기에 나온 결과는 2018년 오스트레일리아 멜버른에 위치한 애질런트 분광 기술 및 혁신 센터에서 완성한 테스트를 바탕으로 합니다. 평가 과정은 또한 일본 하치오지에 위치한 Agilent ICP-MS 기기 연구 및 개발 팀의 지원을 받았습니다(그림 4).

모든 테스트는 x-렌즈를 갖춘 표준 구성의 7900 ICP-MS 시스템 생산 모델을 사용하였습니다(그림 5). 시스템의 적격성 평가 테스트는 표준 기기 공장 및 설치 테스트를 사용해 수행하였습니다.



그림 5. Agilent 7900 SQ ICP-MS 시스템을 이용한 샘플링 및 스키머 콘 성능 테스트



그림 4. 오스트레일리아 멜버른에 위치한 애질런트 시설(왼쪽), 일본 도쿄 하치오지에 위치한 애질런트 시설(오른쪽)

7900 ICP-MS의 표준 Ni 샘플링 및 스키머 콘에 중점을 두어 비교하였으며, 이러한 콘 유형은 일반적인 ICP-MS 응용에 가장 보편적으로 사용됩니다. 각 샘플링 콘과 스키머 콘은 단일 공급 업체의 매칭되는 쌍을 이용해 테스트하였습니다. 부품은 Agilent ICP-MS 기기용 콘을 적극적으로 공급하는 각 글로벌 제조업체로부터 구입하였습니다. 본 개요에서 보여준 결과가 성능 수준을 대표하고 재현성을 점검할 수 있기 위해, 각 제조업체에서 여러 개 콘을 구입하여 테스트하였습니다. 또한 제조 오차를 평가함으로써 기기 성능에 미친 영향에 대해 검증하였습니다. 이 비교 연구에서 테스트된 인터페이스 콘은 표 1에 기재되어 있습니다.

표 1. 본 비교 연구에서 테스트된 인터페이스 콘

공급 업체	콘 유형	수량	시리얼 번호
애질런트	Ni 샘플링	5	FE760, FF092, FF068, FF070, FE785
	Ni 스키머	5	EL568, EV784, FA648, FB975, GE895
경쟁사 E	Ni 샘플링	3	85864, 85867, 85868
	Ni 스키머	3	87640, 87641, 90112
경쟁사 G	Ni 샘플링	5	S281859, S281855, S281849, S281854, S281848
	Ni 스키머	5	S281928, S281931, S281952, S281929, S281934
경쟁사 I	Ni 샘플링	3	74537, 74538, 74539
	Ni 스키머	3	74534, 74535, 74536
경쟁사 S	Ni 샘플링	1	Ni72280
	Ni 스키머	1	Ni71833

먼저 각 콘을 원시 상태로 품질 점검하고 포장을 비교하였습니다. 품질 감사의 일부분으로서 각 콘의 무게와 주요 크기를 측정하여 애질런트 정품 콘과 비교하였습니다.

7900 ICP-MS에서 인터페이스 콘의 쌍을 테스트한 후, 표 2에 기재된 성능 기준에 따라 비교하였습니다. 성능 테스트에 사용된 기기 조건은 표 3에 기재되어 있습니다.

표 2. 인터페이스 콘 쌍과 7900 ICP-MS의 성능 테스트 기준 및 사양 비교

사양(단위)	원소(m/z)	7900 공장 사양	7900 일반 성능
감도 (Mcps/ppm)	Li(7)	>55	>140
	Co(59)	-	>400
	Y(89)	>320	>600
	In(115)	-	>700
	Tl(205)	>250	>520
	U(238)	-	>720
백그라운드(cps)	(9)	<1	<0.3
검출 한계(ppt)	Be(9)	<0.2	<0.05
	In(115)	<0.05	<0.02
	Bi(209)	<0.08	<0.02
산화율(%)	(156/140)	<1.5	<1.8
2가 전하 비(%)	(70/140)	<3	<2.5
단기 안정성 [20분](%RSD)	Li(7), Y(89), Tl(205)	<2.0	<1.0
장기 안정성 [2시간](%RSD)	Li(7), Y(89), Tl(205)	<3.0	<1.2

표 3. x-렌즈를 갖춘 Agilent 7900 ICP-MS에서 Ni 인터페이스 콘 테스트에 사용된 기기 조건

	감도	감도 - 산화율 프로파일	백그라운드	단기 신호 안정성	장기 신호 안정성
플라즈마 프리셋 조건	낮은 매트릭스	N/A	낮은 매트릭스	낮은 매트릭스	낮은 매트릭스
ORS 모드	No gas	N/A	No gas	No gas	No gas
이온 렌즈 튜닝	자동	N/A	자동	자동	자동
용액	1ppb 튜닝 용액 p/n 5185-5959	1ppb 튜닝 용액 p/n 5185-5959	초순수	1ppb 튜닝 용액 p/n 5185-5959	1ppb 튜닝 용액 p/n 5185-5959
질량 측정	<sup>7</sup> Li, <sup>59</sup> Co, <sup>89</sup> Y, <sup>115</sup> In, <sup>140</sup> Ce, <sup>205</sup> Tl, <sup>238</sup> U, <sup>70</sup> Ce <sup>++</sup> , <sup>156</sup> CeO	<sup>140</sup> Ce, <sup>156</sup> CeO	전체 스펙트럼	<sup>7</sup> Li, <sup>9</sup> Bkgd, <sup>59</sup> Co, <sup>89</sup> Y, <sup>140</sup> Ce, <sup>205</sup> Tl	<sup>7</sup> Li, <sup>9</sup> Bkgd, <sup>59</sup> Co, <sup>89</sup> Y, <sup>140</sup> Ce, <sup>205</sup> Tl
분석법	신호 모니터링 튜닝 보고	플라즈마 보정	SemiQuant 분석	배치 - 20분	배치 - 2시간

먼저 콘을 상자에서 꺼낸 상태로 테스트하고, 복잡한 시료 매트릭스를 다루는 환경 실험실의 권장 절차를 사용해 콘을 컨디셔닝한 후 다시 테스트했습니다. 표 4는 사용한 컨디셔닝 절차입니다.

표 4. 콘 컨디셔닝 절차

단계	용액	조건	시간
1	10%(v/v) 6020 간섭 확인 용액 A (p/n 5188-6526), 초순수로 희석	프리트 플라즈마 모드 "범용"	30분
2	5% (v/v) HNO <sub>3</sub> 행구기		10분

## 결과 및 토의

### 포장

애질런트 콘 포장에는 배송 과정에서 콘을 보호할 수 있도록 설계되었습니다(그림 6). 이 포장은 맞춤형 발포 고무 삽입 파트를 갖추고 있어, 움직임을 방지하고 정교한 콘 팁과 접촉하지 않도록 합니다. Flip-top 생분해성 판지 포장은 자성 clasp로 고정하며, 이송 과정에서 애질런트의 조작 방지 씰(Seal)로 진일보 보호합니다. 이 설계는 다음과 같은 특징을 지니고 있습니다.

- 명확하고 눈에 띄는 라벨링을 제공하여, 사용자로 하여금 라벨에 인쇄한 부품 번호, 설명 및 시리얼 번호를 통해 쉽게 콘 유형을 식별할 수 있도록 합니다.
- 포장에서 콘을 쉽게 제거할 수 있어, 콘이 포장재에 걸려 손상되거나 포장재 제거 과정에서 실수로 떨어뜨리는 가능성을 줄여줍니다.
- 사용된 콘을 안전하고 장기적으로 보관할 수 있습니다.
- 이송 과정에서 콘을 보호하고 포장이 구르는 현상을 방지하여 콘 손상 가능성을 낮춥니다.

포장 내에는 실리콘 건조제 파우치가 포함되어 있으며, 콘 표면과 물리적으로 접촉은 되지 않도록 분리됨으로써, 이송/보관 과정에서 수분이 콘을 손상시키는 것을 방지합니다(습한 환경에서 특히 중요함).

포장 내에는 또한 참조로 권장 처리 및 컨디셔닝 절차의 지침도 포함되어 있습니다.

비슷한 포장 설계 기반에 둔 경쟁사 G 콘의 포장도 역시 건조제 파우치를 포함한 동일한 이점을 보유하고 있습니다(그림 7). 경쟁사 G의 포장 설계는 재사용 가능한 슬라이드 아웃 트레이를 갖추고 있으나, 조작 방지 씰(Seal)을 갖추고 있지 않습니다. 또한 처리/컨디셔닝 지침을 제공하지 않았습니다.

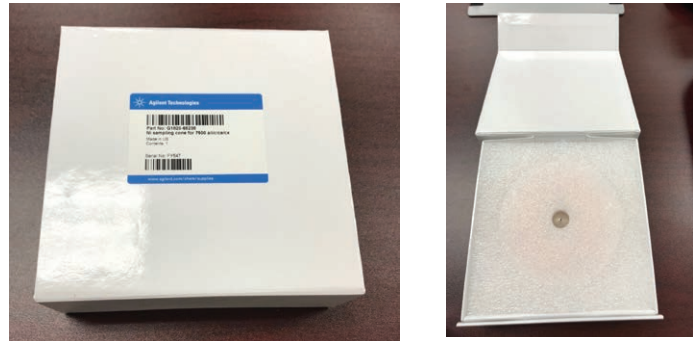


그림 6. 탁월한 배송 보호 기능을 자랑하는 애질런트 샘플링 콘 포장(위), 스키머 콘 포장(아래)

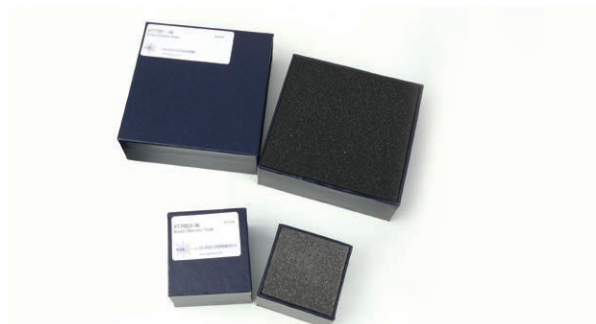


그림 7. 경쟁사 G의 샘플링 콘 포장(오른쪽 하단)과 스키머 콘 포장(왼쪽 하단)은 유사한 배송 보호 기능 갖춘

경쟁사 E의 콘에 사용된 포장은 발포 고무 삽입 파트를 갖춘 원주형 플라스틱 용기에 기반합니다(그림 8). 규칙적인 직사각형 상자와 달리, 이러한 포맷을 사용하면 포장을 선반 위에 쌓아놓을 수 없기에 저장 과정을 어렵게 만듭니다. 이는 또한 제품이 배송 도중에 떨어지거나 굴러다니는 위험성을 상승시킵니다. 이러한 문제를 해결하기 위해 원주형 플라스틱 용기를 외부 판지 상자 내에 넣었지만, 동시에 추가 포장재로 인한 더 많은 낭비를 생성하였습니다. 또한 포장에는 처리/컨디셔닝 지침 및 건조제 파우치가 포함되어 있지 않았습니다.



그림 8. 경쟁사 E의 샘플링 콘 포장(왼쪽 하단)과 스키머 콘 포장(오른쪽 하단)은 원주형 플라스틱 용기에 기반하여 설계

경쟁사 I와 경쟁사 S의 콘 포장은 서로 비슷하고, 샘플링 콘은 직사각형 판지 상자를 사용하고 스키머 콘은 원주형 플라스틱 용기를 사용했습니다. 샘플링 콘 상자에는 맞춤형 발포 고무 삽입 파트가 없으므로, 콘은 보다 큰 포장재 내부 공간에서 자유롭게 움직일 수 있습니다(그림 9). 또한 발포 고무와 팁은 직접 접촉하였습니다. 이는 샘플링 콘이 이송 과정에서의 손상 가능성을 증가하며, 거친 처리의 보호 효과를 저하시킵니다.



그림 9. 경쟁사 I와 S의 샘플링 콘은 판지 포장의 발포 고무 삽입 파트 내에 느슨하게 넣어 있으며, 이는 콘이 거친 처리로 인해 손상될 수 있음을 의미

조작 방지 씬(Seal)을 사용하지 않았으며, 건조제 파우치도 포함되어 있지 않았습니다. 그림 10은 샘플링 콘이 납품 전에 수분으로 인한 손상 정도를 보여줍니다.

또한, 모든 타사 콘의 포장과 마찬가지로 처리/컨디셔닝 지침이 포함되어 있지 않았습니다.

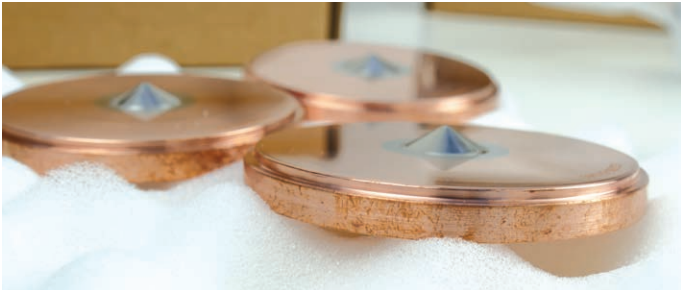


그림 10. 경쟁사 I의 샘플링 콘이 수분에 인한 손상

## 인터페이스 콘 원시 상태의 품질 검사

### 마크

애질런트 콘에는 애질런트 브랜드, 재료 유형(N=Ni 팁, P=Pt 팁) 및 부품 번호가 표시되어 있기에 쉽게 식별 및 재주문 가능합니다. 고유의 시리얼 번호도 표시되어 있으므로, 제조날부터 사용된 재료 로트까지의 완전한 추적성을 제공합니다(그림 1과 2). 모든 콘은 출하 전에 100% 품질 검사를 거치게 됩니다.

일반적으로 타사 콘도 제조업체 명, 부품 번호, 시리얼 번호 등을 표시하는 유사한 마크 규칙을 준수하지만, 경쟁사 I와 S의 콘에는 제조업체와 관련한 정보가 기재되어 있지 않습니다.

### 무게 및 크기

인수 후 즉시 소수점 4자리까지 검량 가능한 분석 저울을 사용해 모든 콘의 무게를 측정하였습니다. 샘플링 콘과 스키머 콘의 무게는 제조업체에 따라 구별되었으며, 이는 그들의 제조 방법이 서로 다르다는 것을 의미합니다(그림 11과 12). 모든 타사 콘은 애질런트 정품 콘의 무게 범위를 벗어났다는 점을 주목해야 합니다. 따라서 타사 콘이 서로 다른 온도의 플라즈마 환경에서 작동할 가능성이 매우 높으며, 이는 성능과 수명의 차이를 초래합니다.

모든 콘 오리피스 크기를 검교정 십자선이 있는 현미경을 이용하여 측정하였으며, 이를 애질런트 정품 콘과 비교하였습니다. 경쟁사 I의 3개 중 2개 샘플링 콘, 경쟁사 G의 5개 중 1개 샘플링 콘은 보다 작은 오리피스로 인해

샘플링 콘 무게/g

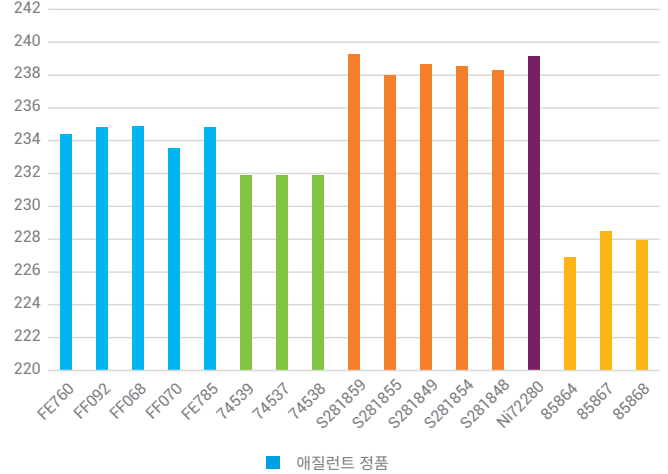


그림 11. 원시 상태의 샘플링 콘 무게 비교

스키머 콘 무게/g

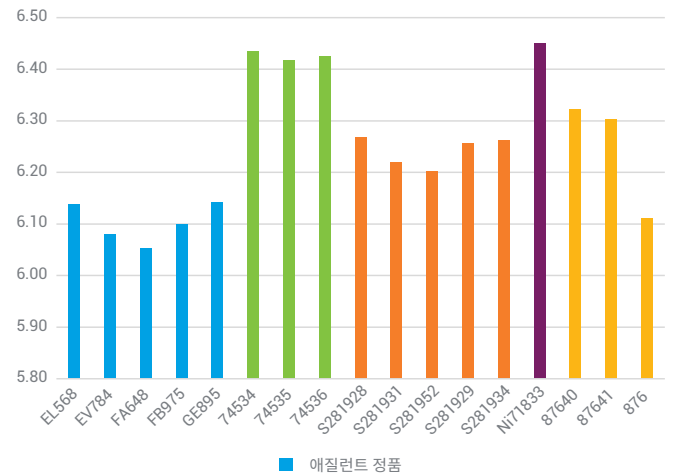


그림 12. 원시 상태의 스키머 콘 무게 비교

실패하였습니다. 작은 오리피스를 가진 샘플링 콘은 보다 낮은 감도를 생성할 가능성이 높습니다. 스키머 콘 오리피스의 크기와 오차는 ICP-MS의 성능에 대해 더 중요합니다. 경쟁사 G의 2개 스키머 콘, 경쟁사 I, E 및 S의 모든 스키머 콘의 크기가 보다 작습니다. 마찬가지로, 이러한 보다 작은 콘은 감도 저하를 야기하고 쉽게 막힘 현상이 일어나며 불안정성이 있습니다.

모든 타사 샘플링 콘의 뒷면 팁의 직경은 애질런트 정품 콘에 비해 현저하게 큼니다. 이것은 제조 과정에서 서로 다른 팁 기하 구조 및 생산 방법을 사용했다는 것을 의미합니다. 타사 샘플링 콘의 전면과 후면 팁 직경은 똑같고, 이는 팁은 구리(Cu) 베이스의 원형 구멍에 직접 삽입한 원주형체를 통해 제조되었음을 의미합니다. 애질런트 정품 콘의 베이스에는 립(lip)이 있으며, 팁을 이 립(lip)에 기대면 안정적인 방치와 부착을 보장할 수 있습니다.

경쟁사 S(Ni71833)의 스키머 콘 중 하나는 허용 오차를 초과하는 길이를 가지고 있으며, 이는 이 콘을 7900 ICP-MS의 스키머 베이스에 장착할 수 없음을 의미합니다. 때문에 본 연구에서 경쟁사 S의 샘플링 콘과 스키머 콘을 한 쌍으로 설치 및 테스트할 수 없습니다.

제조업체별 콘의 팁 표면 매끄러운 정도는 큰 차이를 보이지 않았습니다. 거친 표면 및 눈에 띄는 표면 스크래치를 갖춘 경쟁사 I를 제외합니다(그림 13).

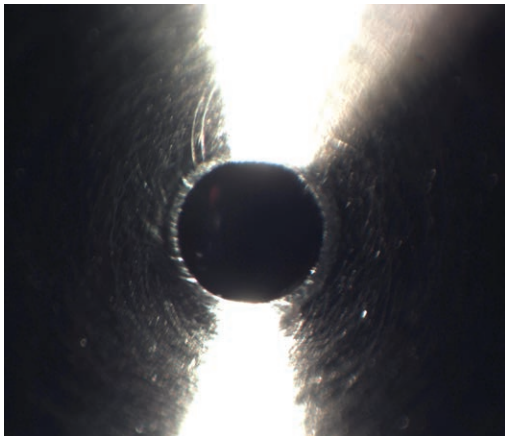


그림 13. 경쟁사 I가 제조한 샘플링 콘(시리얼 번호 74537)의 현미경 사진. 이 제품은 거친 표면 및 눈에 띄는 스크래치를 가짐.

애질런트 정품 콘 대비, 경쟁사의 제조 및 표면 매끄러운 정도의 차이는 분석 성능에 악영향을 끼칠 수 있습니다. 이러한 차이는 또한 보다 잦은 콘 유지보수/세척을 필요로 할 수도 있습니다.

## 감도

ICP-MS의 기본 성능 지표는 감도이며, 이는 일반적으로 electron multiplier에서 펄스 검출의 초당 카운트(cps)로 정의됩니다. 인터페이스 콘은 플라즈마 소스로부터 분석물질 이온을 샘플링하고 이를 인터페이스 구역으로 전송할 수 있기 때문에, 감도를 크게 영향합니다. 이는 일상적인 시작 점화 시퀀스의 일부로서 성능 보고 기능을 사용해 주기적으로 점검해야 합니다.

인터페이스 콘의 쌍을 상자에서 꺼낸 상태로 테스트한 후, 표 4에 설명된 컨디셔닝 절차에 따라 테스트하였습니다. 낮은 매트릭스 프리셋 플라즈마 조건 및 no-gas 모드의 자동 튜닝 기능을 사용하였습니다.

각 제조업체의 샘플링 콘 및 스키머 콘 쌍의 평균 성능은 그림 14에 나와 있습니다.

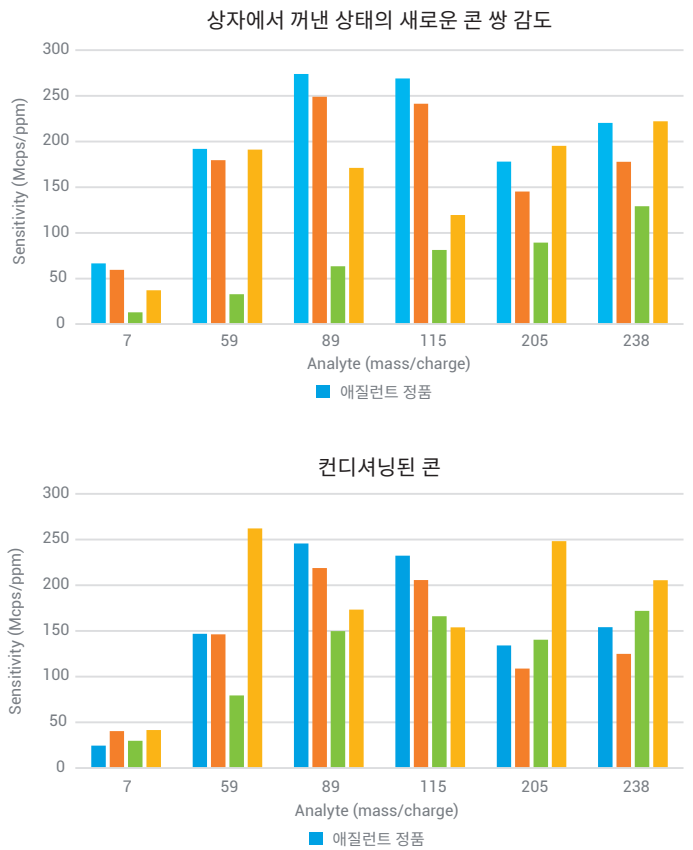


그림 14. 각 제조업체의 샘플링 콘과 스키머 콘 쌍을 테스트한 7900 ICP-MS의 감도 비교 결과

상자에서 꺼낸 상태로 테스트한 애질런트 정품 인터페이스 콘은 전체 질량 범위에 걸쳐 우수한 감도를 나타냈습니다. 컨디셔닝 전과 후의 경쟁사 G의 콘은 전체 질량 범위에 걸쳐 모두 보다 낮은 감도를 나타냈습니다. 경쟁사 I의 콘은 매우 낮은 감도로 나타났으며, 그 성능은 많은 분석 요건을 만족할 수 없습니다. 컨디셔닝 후의 감도는 향상되었으나, 경쟁사 I의 콘은 여전히 낮은 중간 질량 감도를 보였습니다. 경쟁사 E의 콘은 상자에서 꺼낸 상태에서 낮은 중간 질량 감도 성능을 보였으며, 이 낮은 감도는 컨디셔닝 과정 이후에도 개선되지 않았습니다.

그 후 ORS 총돌 가스(헬륨 모드)로 감도 테스트를 반복하여 수행하였으며, HMI-4 플라즈마 설정으로 UHMI가 제공한 에어로졸 희석을 이용하여 또한 테스트를 반복하여 수행하였습니다(ORS 셀 가스 없음). 각 타사 제조업체의 제품은 모두 유사한 성능 문제가 존재합니다.

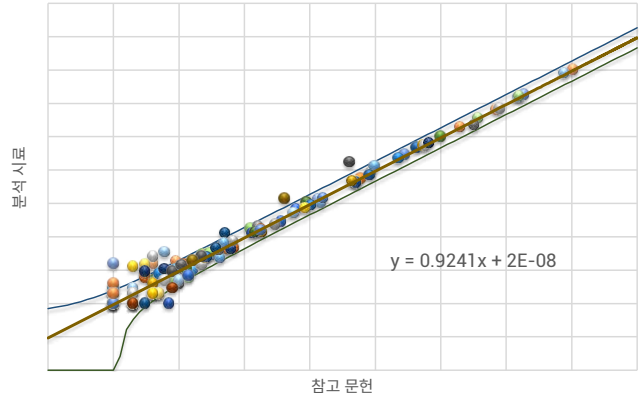
### 백그라운드 및 백그라운드 등가 농도(BEC)

ICP-MS 기술로 가장 낮은 검출 한계를 성취하려면, 우수한 감도와 낮은 백그라운드가 필요합니다.

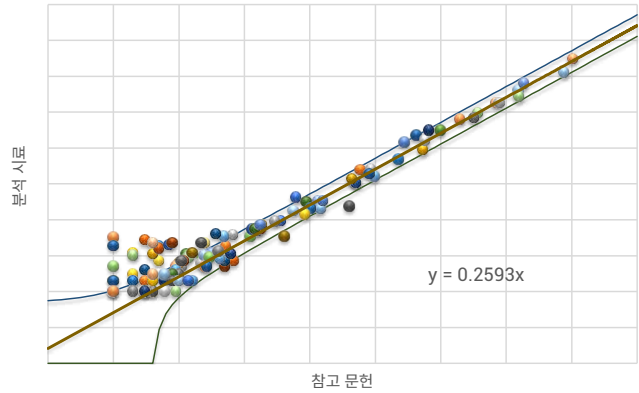
인터페이스 콘이 백그라운드 신호에 대한 기여를 평가하려면, 청정실에서 동일한 시료 주입 시스템(오직 콘만 교체)과 초순수를 이용해 전체 질량 스캔을 수행해야 합니다. 테스트하기 전에, 콘을 사전에 컨디셔닝하고 초순수에서 초음파로 20분 동안 세척합니다. 한 세트의 각 제조업체 콘 사이에, 가능한 짧은 시간으로 백그라운드 cps를 측정합니다.

다음 산점도는 전체 질량 범위에 걸친 타사 콘(테스트 시료, Y축)의 백그라운드 신호(cps)와 애질런트 정품 콘(참조 시료, X축)의 상관관계를 보여줍니다(그림 15). No-gas 모드에서 ORS 총돌 가스(헬륨 모드) 및 HMI-4 플라즈마 설정으로 UHMI가 제공한 에어로졸 희석을 이용하여 비교를 수행하였습니다. 그림 15에는 no-gas 모드의 결과만 나와 있습니다. 완벽한 상관관계는  $y=x$ 의 직선이며, 전체 질량 범위에서 편차가 없습니다. 일반적인 편차는 상한 및 하한 선 내의 점으로 나타납니다. 모든 타사 콘은 모든 테스트 조건에서 이러한 한계 범위를 벗어나는 여러 점을 보였습니다. 특히, 경쟁사 I의 콘은 낮은 감도 성능의 결과로 매우 나쁜 상관관계( $y = 0.2593x$ )를 나타냈습니다.

전체 스캔 Scatter plot 분석  
경쟁사 G no-gas 모드 사용



전체 스캔 Scatter plot 분석  
경쟁사 I no-gas 모드 사용



전체 스캔 Scatter plot 분석  
경쟁사 E no gas 모드 사용



그림 15. 전체 질량 범위에 걸친 타사 콘(테스트 시료, Y축)의 백그라운드 신호(cps)와 애질런트 정품 콘(참조 시료, X축)의 상관관계를 보여주는 Scatter plot

전체 성능 테스트 과정에서  $m/z$  9의 백그라운드 신호를 모니터링하고 보다 엄격한 애질런트 공장 사양과 비교하였으나, 모든 제조업체의 콘은 현저한 편차를 보이지 않았습니다.

마지막으로, 콘이 백그라운드 등가 농도(BEC)에 끼치는 영향을 간단하게 연구하였습니다. 표 5는 이 결과를 요약해서 보여주며, 이는 동일한 기간에 작동하는 애질런트 정품 콘의 BEC 결과에 대해 노멀라이즈하였습니다. 회색으로 표시한 결과는 애질런트 정품 콘의 결과보다 20% 높음을 나타냅니다(이 차이는 현저한 차이로 간주되며, ICP-MS의 분석 성능을 저하시킬 수 있음). 녹색으로 표시한 결과는 애질런트 정품 콘의 결과보다 20% 낮음을 나타냅니다. 결과는 개선되었지만, 동일한 세트의 콘을 이용하여 기타 질량에서 나타난 BEC 증가는 그들이 가져온 모든 이점을 초과하였음을 결론내릴 수 있습니다.

### 검출 한계

전체 질량 범위에서 검출 한계를 측정하는 것을 통해, 인터페이스 콘의 감도와 백그라운드 신호의 영향을 진일보 평가하였습니다( $^9\text{Be}$ ,  $^{115}\text{In}$ ,  $^{209}\text{Bi}$  사용). 또한 콘 베이스 재료의 Ni와 Cu가 검출 한계에 대한 기여를 측정하였습니다( $^{60}\text{Ni}$ ,  $^{63}\text{Cu}$  사용).

먼저 1% v/v  $\text{HNO}_3$  (Suprapur, Merck Pty Ltd., Australia) 바탕 및  $1\mu\text{g/L}$  (ppb) 표준물질을 이용해 7900 ICP-MS를 검량하였습니다. 10회 바탕 반복 분석 표준편차의 3배에 기반하여 검출 한계를 측정하였습니다. 모든 분석에서, 각 제조업체의 최적의 성능을 제공하는 콘 세트만을 사용하였습니다. 콘을 초순수에서 20분 동안 사전 세척을 하였습니다. 분석 전, 45분 시간으로 연장된 기기 예열을 수행하였습니다.

그림 16은 검출 한계 결과를 요약해서 보여주며, 이는 동일한 기간에 작동하는 애질런트 정품 콘의 결과에 대해 노멀라이즈하였습니다. 1이하인 결과는 향상된 검출 한계(더 낮음)를 의미합니다.

그림 16에서 볼 수 있듯, 경쟁사 G의 콘은 중간 질량 범위( $^{115}\text{In}$ )에서 현저하게 보다 높은 검출 한계(나쁜 결과)를 나타냈습니다. 또한 이들 콘은 스키머와 샘플링 콘 팁의 벌크 재료인 Ni 및 고질량( $^{209}\text{Bi}$ )에 대해서도 약간 향상된 결과를 나타냈습니다. 경쟁사 I의 콘은 전체 질량 범위 및  $^{60}\text{Ni}$ 와  $^{63}\text{Cu}$ 에서 훨씬 더 높은 검출 한계를 나타냈으며, 이는 감도가 낮기 때문입니다. 경쟁사 E의 콘은  $^{60}\text{Ni}$ 와  $^{63}\text{Cu}$ 에 대해 비슷한 검출 한계를 보였으나, 중간부터 고질량 원소( $^{115}\text{In}$ ,  $^{209}\text{Bi}$ )에 대해 현저히 높은 검출 한계를 나타냈습니다.

표 5. 전체 질량 범위에 걸쳐 각 제조업체 콘에 대한 백그라운드 등가 농도(BEC) 측정 (농도는 애질런트 정품 콘의 참조 값에 기반하여 노멀라이즈 처리됨)

질량	화합물	경쟁사 G	경쟁사 E	경쟁사 I
7	Li	1.1740	1.7471	—
9	Be	2.1383	1.7971	—
23	Na	1.8763	1.7004	1.7128
24	Mg	1.0350	0.9837	0.8802
27	Al	1.0322	1.0230	0.9364
39	K	1.1564	1.1084	1.0536
44	Ca	3.5708	3.9186	0.7141
51	V	1.4586	0.6661	—
52	Cr	1.0116	0.9234	0.9344
55	Mn	1.0250	1.3180	1.0204
56	Fe	0.9816	1.1833	0.4831
59	Co	1.4884	1.4174	0.7862
60	Ni	1.7184	1.2422	3.0303
63	Cu	1.0855	0.9755	1.1463
66	Zn	1.0037	1.0443	0.9426
71	Ga	1.1223	1.8291	2.2412
75	As	0.8906	0.6532	0.6132
82	Se	1.0162	1.0415	1.2694
83	[Se]	3.1509	—	—
85	Rb	1.3184	0.9593	1.0268
88	Sr	0.9943	0.6664	0.9866
95	Mo	1.2506	0.5000	—
107	Ag	0.9262	0.6766	0.9412
111	Cd	1.1390	1.9517	—
115	In	1.3678	1.0808	0.7170
123	Sb	—	0.8846	—
133	Cs	1.2488	0.7112	1.8327
137	Ba	0.4437	1.5211	—
201	Hg	9.4524	2.7130	2.2551
205	Tl	1.4042	1.3483	1.4804
206	[Pb]	1.0154	1.1641	1.1523
207	[Pb]	0.8583	0.9008	0.6206
208	Pb	1.0489	1.0464	1.0682
209	Bi	3.4131	1.5751	31.1312
232	Th	1.1391	1.0671	5.2316
238	U	0.5719	0.5399	—

## 산화 및 2가 전하 비

다원자 이온은 ICP-MS 내 스펙트럼 간섭의 주요 소스입니다. 특정 원소의 내화성 산화 이온의 생성을 이용해 다원자 간섭 수준을 모니터링할 수 있습니다. 세륨(Ce)은 강한 산화 결합을 형성할 수 있기 때문에 가장 높은 산화물 형성 속도를 가지고 있으며, 종종 이러한 목적을 달성하기 위해 사용되는 원소입니다. M-O 분해 효율은 일반적으로 % MO<sup>+</sup> 대 parent M<sup>+</sup> 이온(예: CeO<sup>+</sup>/Ce<sup>+</sup> 산화비)으로 표시합니다. 낮은 CeO/Ce 레벨로 최적화된 기기는 더 적은 매트릭스 간섭을 생성합니다. 이는 충돌/반응 셀 조건이 이러한 효율적인 간섭 제거를 위해 고도로 특이적인 최적화를 필요 없으며, 데이터 무결성을 현저하게 개선할 수 있다는 것을 의미합니다.

ICP-MS에서 간섭을 측정하는 또다른 지표는 2가 전하 비입니다. 2가 전하 물질은 1개가 아니라 2개의 전자를 잃은 이온으로 생성됩니다. 사중극자 분리 이온은  $m/z$ 에 기반을 두기 때문에, 2가 전하 이온(M<sup>2+</sup>)은 질량  $m/2$ 에서 나타납니다. 2가 전하 이온 간섭의 예는 <sup>68</sup>Zn<sup>+</sup>에 오버랩된 <sup>136</sup>Ba<sup>2+</sup>입니다.

인터페이스 콘 쌍은 기기 시작 절차 및 낮은 매트릭스 플라즈마 조건에서 자동 튜닝된 후에 유사한 산화비(CeO/Ce)를 생성하였습니다. 경쟁사 I의 두 인터페이스 콘 쌍은 낮은 매트릭스 플라즈마 조건 및 자동 튜닝을 거친 후, 산화 사양(CeO/Ce <1.5%)을 초과하였습니다(표 6).

낮은 매트릭스 플라즈마 조건과 자동 튜닝 조건에서 2가 전하 이온비(Ce<sup>2+</sup>/Ce<sup>+</sup> <3.0%)의 사양을 초과하는 콘은 없었습니다.

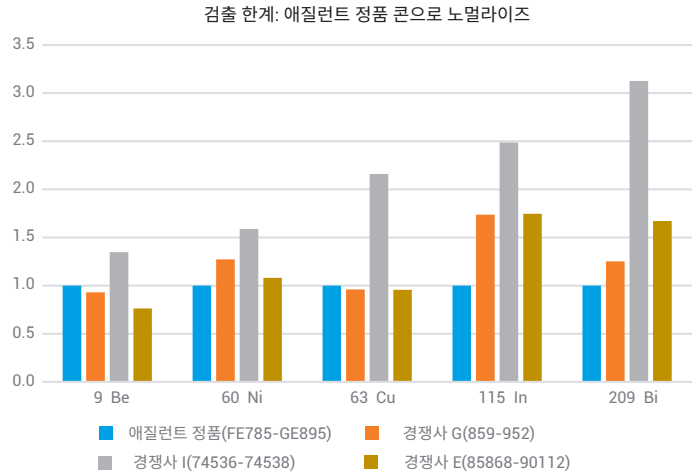


그림 16. 애질런트 정품 콘 세트와 대비, 전체 질량 범위에 걸친 타사 콘이 성취한 검출 한계

표 6. 컨디션 거친 후에도 산화비 사양을 벗어나는 인터페이스 콘 쌍

제조업체	경쟁사 I	
	시리얼 번호	74536-74538
CeO/Ce 비	1.628%	1.580%

## 안정성

일관된 결과를 얻고 재검량 또는 시료 재분석 필요성을 줄이려면, ICP-MS 시스템은 우수한 단기 및 장기 안정성을 제공해야 합니다. 매트릭스가 인터페이스 콘의 팁과 표면에 증착할 수 있기에, 감도를 향상시키거나 저하시킬 수 있습니다. 최악의 경우, 이러한 증착은 추출된 이온의 오리피스 크기 또는 모양을 변화시켜 감도에 악영향을 미칠 수 있습니다. 또한 콘 팁의 열 불안정성 또는 부적절한 작동 온도는 시간에 따라 신호 드리프트를 일으킬 수 있습니다.

표 2에 나온 분석물질 질량을 모니터링하는 것을 통해, 20분 동안에 단기 신호 안정성에 대해 평가하였습니다. 애질런트 성능 사양을 충족시키기 위해, 20분의 테스트 동안에, RSD는 2%이하 이어야 합니다. 모든 콘은 받아서 상자에서 꺼낸 상태 그대로 테스트했습니다.

단기 안정성 결과는 표 7에 나와 있으며, 애질런트 사양에 따라 노멀라이즈 거쳤습니다. 이 사양을 충족하지 못하는 콘(즉 >1.00)을 빨간색으로 하이라이트 표시하였습니다. 애질런트 정품 콘은 모두 사양을 충족하지만, 경쟁사 E의 3개 콘으로 구성된 한 세트 제품은 거의 모든 질량에서 기준을 충족하지 못했습니다. 경쟁사 G의 5개 콘 중 2개는 리튬에 대한 안정성이 나쁩니다. 경쟁사 I의 모든 3개 세트의 콘은 전부 사양에 충족하지 못했습니다.

앞에서 설명한 절차에 따라 콘을 컨디셔닝한 후(표 4), 모든 콘에 대해 2시간 동안의 장기 신호 안정성을 측정하였습니다. 새로운 콘의 컨디셔닝 처리는 깨끗한 콘 표면에 얇은 시료 매트릭스의 층이 증착됨으로써 초기 기기 드리프트를 감소시킬 가정에 기반합니다. 이는 콘의 표면에 매트릭스 층을 생성하고 분석 과정 내내 안정적으로 유지하며, 시간에 따라 천천히 축적되도록 합니다. 이것이 분석 성능에 영향한다면, 콘을 세척하고 증착된 과량 매트릭스를 제거해야 합니다.

사전에 컨디셔닝된 콘의 장기 안정성 결과는 표 8에 나와 있으며, 애질런트 사양에 따라 노멀라이즈를 거쳤습니다. 이 사양을 충족하지 못하는 콘(즉 >1.00)을 빨간색으로 하이라이트 표시하였습니다. 가벼운 질량이 장기 안정성에 대해 가장 까다로우며, 본 연구에서 리튬은 사양을 벗어나는 첫 번째 원소였습니다. 경쟁사 E의 한 콘 세트와 한 애질런트 정품 콘 세트가  $^7\text{Li}$ 의 사양만 충족하지 못했습니다. 경쟁사 I의 한 콘 세트는 전체 질량 범위에 걸쳐 나쁜 안정성을 나타냈으며, 2개 콘 세트는  $^7\text{Li}$ 에 대해서만 약간 낮은 안정성을 나타냈습니다. 대부분의 사전 컨디셔닝을 거친 콘의 장기 안정성은 향상되었습니다. 그러나 경쟁사 G의 콘 안정성은 사전 컨디셔닝을 거친 후 현저히 감소되었습니다. 테스트한 5개 콘 세트 중 3개는 눈에 띄는 기기 드리프트 현상이 나타났습니다.

애질런트와 경쟁사 G 콘의 장기 안정성 사례는 그림 17과 18에 나와 있습니다. 2시간 동안의 테스트 과정에서, 경쟁사 G의 콘은 하락 추세의 드리프트도 및 낮은 장기 안정성을 나타냈습니다(그림 18). 경쟁사 G의 콘은 과도한 컨디셔닝을 거쳤다는 사실을 밝혀졌고, 수용 가능한 성능을 회복하기 위해 세척을 수행해야 합니다. 세척 후 경쟁사 G의 콘은 수용 가능한 수준의 장기 안정성을 획득할 수 있습니다. 경쟁사 G의 콘에서 관찰된 애질런트 정품 콘과의 차이는 이 콘이 낮은 작동 온도를 갖추고 있음을 의미합니다. 결과적으로 경쟁사 G의 콘은 높은 매트릭스 축적으로 보다 짧은 시간 내에 성능에 악영향을 미칠 수 있으며, 빈번한 유지보수 및 세척 절차를 필요합니다. 이는 또한 콘의 수명을 단축시킬 수 있습니다.

표 7. 각 제조업체의 콘을 상자에서 꺼낸 상태로 단기 안정성(20분 동안의 %RSD) 측정. 결과는 애질런트 사양에 따라 노멀라이즈됨

제조업체	콘 시리얼 번호	<sup>7</sup> Li	<sup>59</sup> Co	<sup>89</sup> Y	<sup>115</sup> In	<sup>140</sup> Ce	<sup>205</sup> Tl	<sup>238</sup> U
애질런트	FF070, EV784	0.75	0.18	0.17	0.15	0.20	0.17	0.28
애질런트	FF068, EL568	0.46	0.48	0.53	0.51	0.38	0.50	0.57
애질런트	FE785, GE895	0.78	0.41	0.37	0.31	0.25	0.31	0.25
경쟁사 E	85868, 90112	0.65	0.30	0.45	0.45	0.50	0.50	0.55
경쟁사 E	85864, 87640	1.05	1.35	1.45	1.30	1.35	1.15	1.00
경쟁사 E	85867, 87641	0.45	0.30	0.35	0.25	0.45	0.60	0.55
경쟁사 G	S281854, S281934	0.85	0.25	0.24	0.24	0.26	0.29	0.26
경쟁사 G	S281849, S281931	1.26	0.34	0.25	0.30	0.37	0.26	0.26
경쟁사 G	S281848, S281929	1.23	0.54	0.51	0.50	0.52	0.48	0.51
경쟁사 G	S281859, S281952	0.59	0.15	0.16	0.15	0.17	0.18	0.21
경쟁사 G	S281855, S281928	0.82	0.26	0.43	0.45	0.50	0.65	0.53
경쟁사 I	74537, 74535	1.58	1.75	1.71	1.63	1.24	1.29	1.13
경쟁사 I	74536, 74538	1.80	2.08	1.97	1.93	1.77	1.62	1.53
경쟁사 I	74534, 74539	1.04	0.85	0.85	0.90	0.84	0.83	0.97

표 8. 각 제조업체의 콘을 사전 컨디셔닝 거친 후 장기 안정성(2시간 동안의 %RSD) 측정. 결과는 애질런트 사양에 따라 노멀라이즈됨

제조업체	콘 시리얼 번호	<sup>7</sup> Li	<sup>59</sup> Co	<sup>89</sup> Y	<sup>140</sup> Ce	<sup>205</sup> Tl
애질런트	FE760, FB975	0.29	0.47	0.53	0.49	0.80
애질런트	FF092, FA648	3.14	0.54	0.21	0.34	0.42
애질런트	FF068, EL568	0.96	0.24	0.33	0.32	0.24
경쟁사 E	85868, 90112	1.30	0.70	0.23	0.20	0.50
경쟁사 E	85864, 87640	0.63	0.83	0.83	0.67	0.60
경쟁사 E	85867, 87641	0.57	0.83	0.77	0.57	0.47
경쟁사 G	S281854, S281934	6.60	3.19	2.40	2.16	2.45
경쟁사 G	S281849, S281931	15.19	7.74	6.16	4.14	3.82
경쟁사 G	S281848, S281929	29.04	9.69	7.26	5.99	6.43
경쟁사 G	S281859, S281952	0.65	0.48	0.48	0.35	0.24
경쟁사 G	S281855, S281928	0.59	0.54	0.57	0.49	0.31
경쟁사 I	74537, 74535	1.76	1.39	1.35	1.02	0.77
경쟁사 I	74536, 74538	1.01	0.91	0.94	0.79	0.64
경쟁사 I	74534, 74539	1.13	0.81	0.79	0.58	0.52

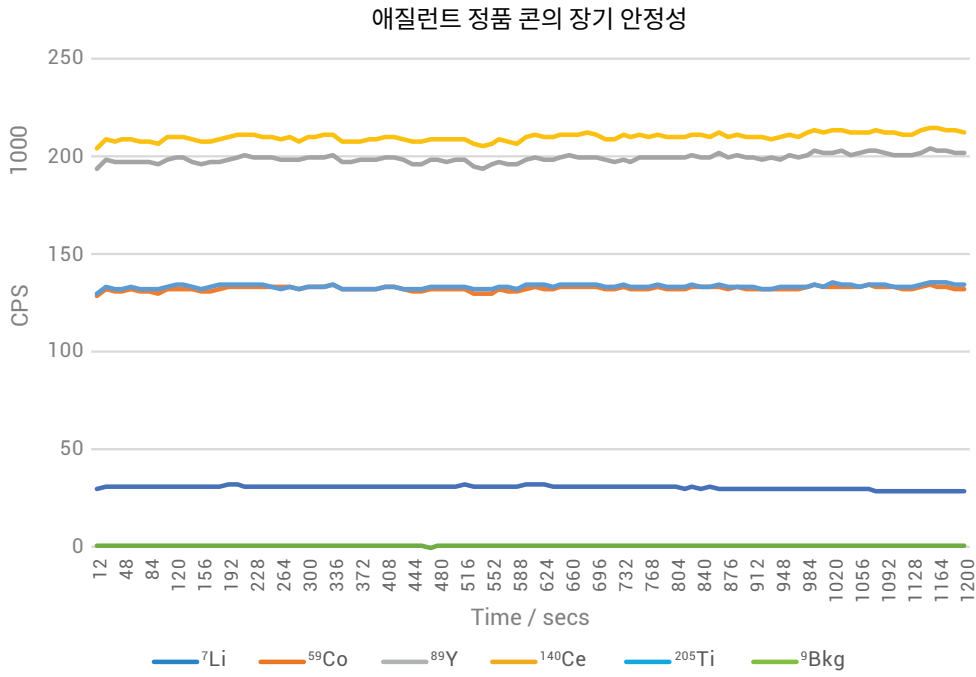


그림 17. 사전 컨디셔닝을 거친 애질런트 정품 콘(시리얼 번호 FF068, EL568)의 장기 안정성(2시간)

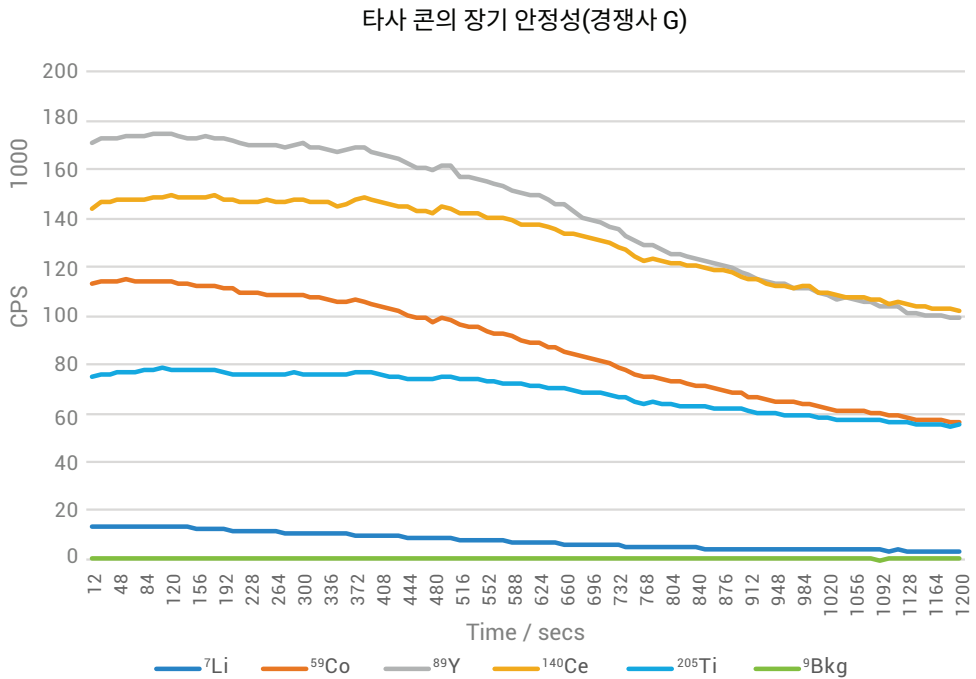


그림 18. 사전 컨디셔닝을 거친 경쟁사 G의 콘(시리얼 번호 S281849, S281931)의 장기 안정성(2시간)

## 사용 편리성

애질런트 인터페이스 콘은 구입 후 바로 사용할 수 있는 사용 편리성을 제공하도록 설계되었습니다. 애질런트는 처리 및 컨디셔닝 지침을 제공하는 유일한 제조업체이며, 이 지침은 콘의 손상 위험성을 줄이고 사용자가 우수한 결과를 성취할 수 있도록 도와드립니다.

애질런트 콘에 사용되는 생분해성 압축 방지 포장은 조작을 방지하고 재사용이 가능하며 친환경적입니다. 이 포장은 특히 배송 과정에서 제품을 거칠게 처리할 때의 콘 손상을 방지하도록 설계되었습니다. 건조제 파우치는 특히 습한 환경에서 수분으로 인한 손상으로부터 콘을 보호해줍니다. 조작 방지 씰(Seal)의 온전함을 확인하기만 하면, 콘이 생산된 상태대로 유지했음을 확보하실 수 있습니다.

애질런트는 또한 명확한 라벨링을 통해 콘 유형 식별, 재고 관리 및 쉽게 교체용 콘을 재주문할 수 있도록 합니다.

포장을 잘 보관하면, Agilent ICP-MS 기기에 사용하지 않을 때 콘을 포장에 넣어 장기간 저장할 수 있습니다. 이렇게 하면 콘이 저장 기간에도 동일한 보호를 받을 수 있음을 확보해줍니다. 또한 콘의 수명이 끝날 때, 애질런트로 사용된 포장을 반환할 수 있으며, 이는 애질런트 백금 콘 판매 프로그램의 일부로써 다음에 주문할 때 혜택을 받을 수 있습니다.\*

## 애질런트 콘의 특별한 점은 무엇입니까?

본 개요에서는 애질런트 정품 콘(샘플링 및 스키머)과 서로 다른 제조업체의 인터페이스 콘을 비교하고, 주로 ICP-MS 분석 성능에 주요한 영향을 미치는 방면에 중점을 두었습니다.

타사의 콘은 애질런트 정품 콘과 현저하게 서로 다른 무게를 나타냈으며, 애질런트 설계와의 차이를 보였습니다. 시험한 콘은 또한 거친 표면 및 주요 크기 차이로 인해 저하된 성능을 나타냈습니다. 최악의 경우, 타사의 콘은 스키머 베이스에 장착할 수 없습니다.

애질런트 정품 콘은 전체 질량 범위에 걸쳐 탁월한 감도를 제공합니다. 테스트한 모든 타사 콘의 원시 상태 및 사전 컨디셔닝 거친 후의 감도는 모두 낮은 수준으로 나타났습니다.

애질런트 정품 콘은 또한 가장 낮은 백그라운드를 나타냈습니다. 기기 백그라운드 카운트와 감도 손실에 대한 전체 스캔 산점도 분석의 차이는 타사 콘이 백그라운드 등가 농도(BEC) 및 검출 한계에서도 성능이 저하됨을 보여줍니다.

Agilent ICP-MS 기기는 자동화된 프리셋 플라즈마 조건 및 자동 튜닝 기능을 사용하여, 응용의 매트릭스 내성을 위한 견고한 조건과 신호 안정성을 제공할 수 있습니다. 여러 요인이 인터페이스 콘의 신호 안정성에 영향을 끼칠 수 있습니다. 타사 콘의 단기 및 장기 안정성이 모두 보다 낮으며, 기기 드리프트 및 QC 실패의 위험성의 증가시켰습니다. 이는 재분석과 생산성 손실로 인한 시간과 비용의 낭비를 초래할 수 있습니다. 오직 애질런트 정품 콘만이 Agilent ICP-MS systems를 위해 설계되고 철저한 테스트를 거쳤으며, 실제 응용 분석에서 우수한 감도와 안정성을 제공할 수 있음을 확보해 드립니다.

콘은 일반적으로 ICP-MS의 일반 운용 과정 중의 가장 비싼 소모품입니다. 애질런트 정품 콘을 선택하여 투자금을 보호하고 사용 편리성을 경험해보십시오. 애질런트 정품 콘에는 처리 및 컨디셔닝 지침을 함께 제공합니다. 애질런트의 100% 품질 검사 및 포장은 콘이 애질런트 SQ 및 QQQ ICP-MS 기기의 요구를 충족하는 성능을 발휘하도록 보장합니다.

## 추가 자료

[애질런트 웹 스토어 인터페이스 콘](#)

콘 보호 포장

• 온라인 주문

• 연락 양식

[ICP-MS 리소스 페이지](#)

[인터페이스 구역을 위한 문제해결 비디오](#)

[Pt 콘 재활용 판매 프로그램](#)

[분광기 소모품 카탈로그](#)

[ICP-MS 제품 페이지](#)

\* 자세한 정보는 [agilent.com/chem/PtCone](http://agilent.com/chem/PtCone)에서 확인하시거나 지역 애질런트 담당자에게 연락하십시오. 이 프로그램은 현재 북미, EMEA 및 일본에서 이용하실 수 있습니다. 판매 프로그램은 또한 이상 지역의 애질런트 공인 대리점에서도 이용하실 수 있습니다.

[www.agilent.com/chem](http://www.agilent.com/chem)

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2019  
2019년 3월 21일, 한국에서 인쇄  
5994-0798KO

서울시 용산구 한남대로 98, 일신빌딩 4층 우)04418  
한국에질런트테크놀로지스(주) 생명과학/화학분석 사업부  
고객지원센터 080-004-5090 [www.agilent.co.kr](http://www.agilent.co.kr)

