

자동 희석기를 갖춘 Agilent ICP-MS를 사용한 폐수의 효율적인 분석

Advanced Dilution 시스템을 갖춘 Agilent 7900 ICP-MS를 사용하여 일상적인 환경 분석의 생산성 향상



저자

Aimei Zou, Michiko Yamanaka

Agilent Technologies, Inc.

서론

높은 감도와 선택성이 특징인 유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS)은 다양한 분야에서 널리 사용되는 다용도 및 다원소 분석 기술입니다. 처리량이 높은 분석법을 사용하는 환경, 식품, 제약 및 재료 테스트를 다루는 많은 실험실에서는 Agilent ICP-MS 기기의 견고성, 신뢰성 및 고성능 등 많은 이점을 누리고 있습니다. 실험실은 워크플로의 비효율성을 줄이고 직원에 대한 의존도를 낮추기를 희망하면서 수작업을 자동화하여 전반적인 생산성을 향상시키려는 방향으로 전환하고 있습니다.

ICP-MS의 높은 감도 때문에 ICP-MS 표준 용액의 원소 농도는 일반적으로 낮으므로 많은 실험실에서는 매일 새로운 표준물질을 준비합니다. 저농도 표준물질의 준비 과정에서 작업자 실수나 표준물질 오염을 방지하기 위해 주의가 필요하기 때문에 노동력이 많이 소요됩니다. 또한 폐수, 토양, 퇴적물 등의 환경 시료를 측정할 때 표적 원소의 농도가 예기치 않게 검량 범위를 초과하는 경우가 있습니다. 이러한 상황에서 분석자는 시료를 수동으로 희석하여 범위 내로 맞추어야 하므로 작업량이 늘어납니다.

실험실에서 시료 처리 시간과 분석당 비용을 줄이고자 애질런트는 Agilent ICP-MS(및 ICP-OES) 기기를 위한 Advanced Dilution 시스템인 ADS 2를 개발했습니다.¹ 실험실에서는 다음과 같은 중요한 작업에 ADS 2 자동 희석 시스템을 사용할 수 있습니다.

- 단일 원소 원액 표준물질을 사용하여 멀티포인트 검량 용액을 자동으로 준비합니다. 검량 표준물질을 자동으로 준비하면 지루한 수작업이 해소되고 작업자의 실수 가능성을 줄이며 수동 작업으로 인한 오염 위험이 최소화됩니다.
- 알려진(규정된) 인자에 따라 시료를 자동으로 희석하므로 수동으로 희석할 필요가 없습니다.
- 무인 야간 작업 중 결과가 검량 범위를 초과하는 경우에도 표적 분석물질에 대한 지능형 반응 희석을 자동으로 수행하여 생산성을 높일 수 있습니다.

이러한 기능은 분석자의 작업량을 줄이는 동시에 ICP-MS 자동 희석 분석법이 시료 내 표적 원소의 정량적 측정에서 우수한 정확도와 정밀도를 실현하도록 보장할 수 있습니다. ADS 2는 분석물질의 농도가 크게 달라질 수 있는 다양한 시료의 일상적 분석을 실행하는 실험실에 특히 유용합니다.

Agilent ICP-MS 기기는 높은 매트릭스 내성과 고성능 충돌/반응 셀(CRC) 기술을 이용하여 일상적 환경 시료 분석에서 성능 벤치마크를 수립할 수 있습니다. 4세대 Octopole 반응 시스템 (ORS⁴) CRC는 환경 시료에서 Cr, As, Se, Cd와 같은 많은 규제 미량 원소에 영향을 미칠 수 있는 동중원소의 간섭을 제거할 수 있습니다. ORS⁴는 헬륨(He) 충돌 모드에 최적화된 작동 조건을 제공하여 He-KED라고 하는 운동 에너지 판별법(KED)을 통해 많은 간섭을 제거할 수 있습니다.

본 연구에서는 일상적인 환경 테스트 실험실에서 일반적으로 분석하는 대표적인 시료 유형으로 폐수 시료를 선택했습니다. ADS 2가 장착된 Agilent 7900 ICP-MS를 사용하여 폐수에서 31개 원소를 측정했습니다.

실험

시료 및 표준물질

ERM CA713(IRMM, 벨기에) 및 CWW-TM-C(High Purity Standards, 미국)를 포함한 두 가지 인증된 폐수 표준물질(CRM)을 사용하여 분석법의 정확도를 확인했습니다. 실제 폐수 시료에 대한 매트릭스 스파이크 회수율 테스트도 수행했습니다. 폐수 시료는 지방 정부 기관에서 제공했습니다. 분석 전 폐수 시료의 전처리에 있어, 용해되지 않은 고형물을 제거하기 위한 여과 외에 기타 작업이 필요하지 않습니다.

ADS 2를 사용한 자동 검량을 위한 혼합 원액은 애질런트 다원소 및 단일 원소 표준물질을 사용해 준비했습니다. 혼합 원액 내 각 원소의 농도는 표 1과 같습니다.

표 1. 애질런트 표준물질, 부품 번호(p/n), 혼합 원액 내 분석물질 농도.

원소	표준물질	혼합 원액 농도(ppm)
Na, Mg, K, Ca, Fe	다원소 표준물질(품번: 5183-4688)	20
Be, Al, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb, Th, U	다원소 표준물질(품번: 5183-4688)	0.2
B	품번: 5190-8254	0.2
Sr	품번: 5190-8581	0.2
Ti	품번: 5190-8545	0.2
Sn	품번: 5190-8543	0.2
Te	품번: 5190-8533	0.2
Hg	품번: 5190-8575	0.01

매개 10ppm의 Li, Sc, Ge, Y, In, Tb 및 Bi를 포함한 애질런트 내부 표준물질(ISTD) 혼합물(품번: 5183-4681)이 사용되었습니다.⁶ 100배 수동 희석으로 100ppb 작업 용액을 준비하고 통합된 ICP-MS용 고급 밸브 시스템(AVS MS)* 및 연동 펌프를 사용하여 온라인으로 7900 ICP-MS에 첨가했습니다. ISTD 작업 용액의 약 15배 희석에 좁은 구경의 튜브를 사용함으로써 시료 희석 작업을 최소화했습니다.

혼합 원액, 희석액, 담체 및 ISTD 원액의 준비에는 2% HNO_3 (v/v)과 0.5% HCl (v/v)의 용액을 사용했습니다. 용액 내 Ag, Sb, Sn, Te 및 Hg의 안정성을 보장하기 위해 HCl 을 첨가했습니다. 0.5% HCl 이 포함된 3% HNO_3 를 린스 용액으로 사용하여 다양한 용액 분석 사이에 시스템을 말끔하게 세척했습니다.

표 1에 나열된 31개 원소는 ADS 2를 사용하여 원액 표준물질(200배, 100배, 40배, 20배, 10배, 4배 및 2배의 희석률을 사용)로부터 자동 검량되었습니다.

기기

모든 분석은 glass concentric nebulizer, 석영 스프레이 챔버 및 토치(주입기 직경 2.5mm)로 구성된 표준 시료 주입 시스템이 장착된 7900 ICP-MS를 사용하여 수행되었습니다. 이 기기에는 니켈 도금된 구리 샘플링 콘과 니켈 스키머 콘이 장착되어 있습니다. 그림 1은 이 연구에 사용된 기기 구성을 보여줍니다.

Agilent ICP-MS MassHunter 소프트웨어에서 기본 기능 플라즈마 조건을 선택하면 표 2에 짧게 표시된 파라미터가 자동으로 설정됩니다. 이온 렌즈 전압도 감도를 최대화하도록 자동으로 최적화되었습니다. 7900 ICP-MS 작동 조건 및 ADS 2 시료 주입 파라미터는 각각 표 2와 3에 정리되어 있습니다.



그림 1. Agilent ADS 2 및 Agilent SPS 4 자동 시료 주입기에 연결된 AVS MS 스위칭 밸브가 통합된 Agilent 7900 ICP-MS를 보여줍니다.

표 2. Agilent 7900 ICP-MS 작동 조건.

파라미터	가스 미사용	He
플라즈마 모드	기본 기능	
RF 전력(W)	1550	
샘플링 델스(mm)	10	
분무 가스 유속(L/min)	1.20	
렌즈 조정	자동 조정	
셀 가스 유속(mL/분)	0	5
에너지 판별 전압(V)		5

표 3. Agilent ADS 2 시료 주입 파라미터.

	시간 (초)	AVS MS 흡입 펌프 속도(%)	자동 시료 주입기 니들 위치	밸브 위치
시료 로드	20	25	시료	로드
안정화	10	5	린스 포트	주입
프로브 행궁	15	5	린스 포트	주입
프로브 행궁 1	5	35	린스 포트	주입
프로브 행궁 2	20	0	린스 포트	주입
린스 3	1	0	홈	주입
루프 프로브 세척 옵션	10	50	린스 포트	로드
루프 세척 옵션	1	5	린스 포트	주입

ADS 2를 갖춘 7900 ICP-MS는 일상적인 실험실에 다음과 같은 중요한 이점을 제공합니다.

- 단일 또는 다중 원액 표준물질을 최대 400배 희석하여 다단계 검량 용액을 자동으로 준비. 검량 표준물질의 준비와 분석을 20분 이내에 자동으로 완료함으로써 실험실 효율성 향상.
- 표적 분석물질의 측정 농도가 검량 범위를 초과할 경우 시료의 지능형 및 반응성 자동 희석 수행. 희석된 시료가 실시간 시료 목록에 자동으로 추가되고 이에 따라 희석된 시료의 온라인 분석 데이터가 생성.
- 다양한 농도의 원소를 포함하는 매트릭스로 인해 다양한 희석률이 필요한 분석물질이 포함된 시료를 결과에 기반하여 반응성 자동 희석 수행.

결과 및 토의

ADS 2를 통한 검량 표준물질 준비의 자동화

ADS 2 자동 희석 시스템의 검량 성능은 직선성, 정확도 및 기기 검출 한계(IDL)에 대한 평가를 거쳤습니다. ADS 2 장착 7900 ICP-MS에 의해 자동으로 생성된 대표적 검량선이 그림 2에 나와 있습니다. 이 곡선은 저질량 원소부터 고질량 원소(Be, As, Cd 및 Pb 포함)까지 포함합니다. $R \geq 0.9995$ 의 검량 계수로 표시되는 것처럼, 전체 검량 범위에 걸쳐 모든 분석물질에 대해 뛰어난 직선성이 얻어졌습니다.

모든 분석물질에 2-200의 희석률을 적용하여 준비한 표준물질의 계산 농도를 예상 농도로 나누는 것으로 ADS 2에서의 희석 정확도를 평가했습니다. 각 검량 수준의 희석 정확도는 90-110% 이내로 나타났으며, 이는 ADS 2로 검량 표준물질을 자동으로 준비했을 때의 높은 정확도를 입증합니다.

ICP-MS MassHunter 소프트웨어에서 각 표준물질의 3회 반복 측정을 통해 IDL을 계산하였습니다. 전체 질량 범위 내에서 모든 분석물질에 대해 낮은 IDL이 얻어졌습니다(예: ^{52}Cr 및 ^{75}As 의 경우 0.001ppb, ^{111}Cd 의 경우 0.0003ppb, ^{202}Hg 의 경우 0.0009ppb). 저농도 IDL은 SPS 4 자동 시료 주입기와 ADS 2를 함께 사용했을 때 시료가 높은 정밀도로 전달되었음을 보여줍니다. 이러한 IDL은 또한 7900 ICP-MS의 감도가 ADS 2 자동 희석 시스템으로 인해 저하되지 않음을 확인시켜 줍니다.

ADS 2의 효율성은 자동 검량에 소요된 시간을 기준으로 평가되었으며, 8개 검량 농도를 준비 및 분석하는 데 걸리는 시간은 20분 미만이었습니다. 중요한 점은, 검량은 완전히 자동화로 진행되며 초기 단일 원액을 준비하는 작업 외에는 작업자의 개입이 필요하지 않았다는 것입니다.

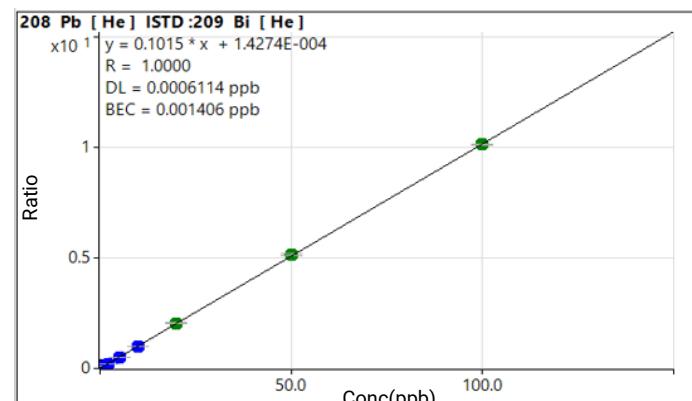
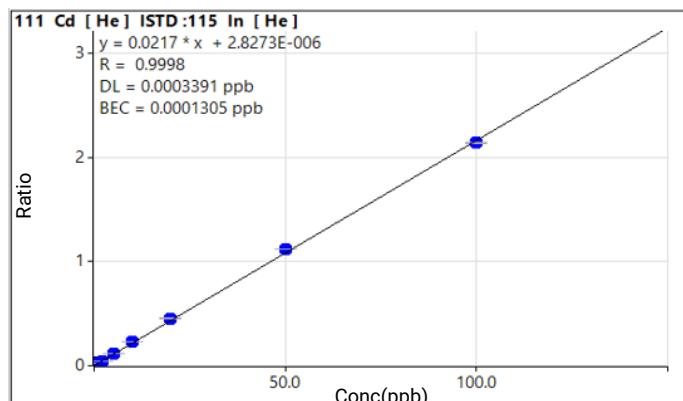
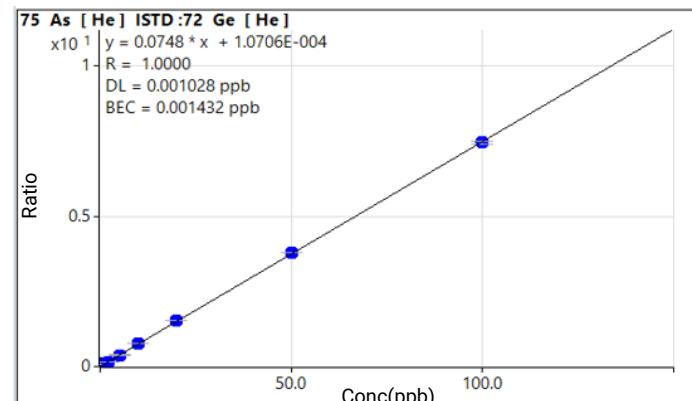
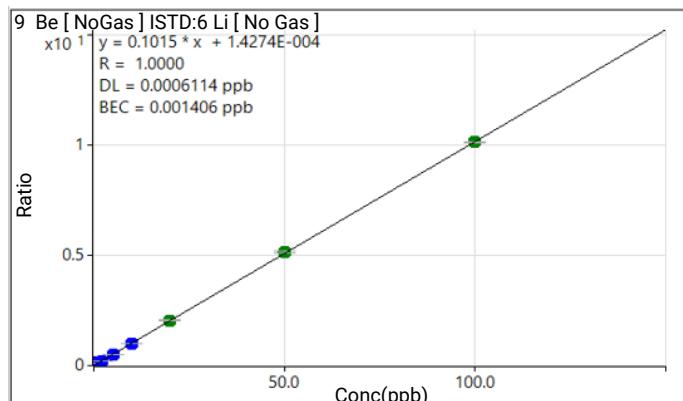


그림 2. Agilent 7900 ICP-MS에 장착된 Agilent ADS 2를 사용하여 단일 원액에서 자동으로 생성된 Be, As, Cd 및 Pb에 대한 대표적인 ICP-MS 검량선입니다.

분석법 검출 한계(MDL)

EPA 분석법 200.8에 제공된 지침에 따라 31개 원소 모두에 대한 MDL을 측정했습니다.² 3시그마 MDL은 추정 MDL의 2-5배 농도로 스파이크한 전처리 블랭크(2% HNO₃)를 7회 반복 분취하여 분석한 결과로부터 계산되었습니다. 베릴륨과 봉소는 NoGas 모드에서 획득되었고 다른 원소들은 He 모드에서 획득되었습니다. 모든 분석물질에 대한 MDL 요약은 표 4와 같습니다. 모든 미량 원소에 대해 낮은 수준의 MDL이 얻어졌으며, 이는 ADS 2 및 SPS 4 자동 시료 주입기를 갖춘 7900 ICP-MS의 뛰어난 감도를 보여줍니다.

표 4. ADS 2 자동 희석 시스템이 장착된 Agilent 7900 ICP-MS를 통해 획득한 3 시그마 분석법 검출 한계.

분석물질	질량	셀 모드	MDL(ppb)
Be	9	No gas	0.0006
B	11	가스 미사용	0.014
Na	23	He	0.30
Mg	24	He	0.25
Al	27	He	0.095
K	39	He	0.82
Ca	44	He	1.4
Ti	47	He	0.032
V	51	He	0.004
Cr	52	He	0.004
Mn	55	He	0.003
Fe	56	He	0.063
Co	59	He	0.001
Ni	60	He	0.018
Cu	63	He	0.006
Zn	66	He	0.022
As	75	He	0.007
Se	78	He	0.11
Sr	88	He	0.005
Mo	95	He	0.002
Ag	107	He	0.002
Cd	111	He	0.002
Sn	118	He	0.006
Sb	121	He	0.003
Te	125	He	0.056
Ba	137	He	0.006
Hg	202	He	0.005
Tl	205	He	0.0006
Pb*	*	He	0.0004
Th	232	He	0.001
U	238	He	0.0003

*Pb는 가장 양이 많은 세 가지 동위원소 206, 207, 208의 총합으로 측정했습니다.

CRM을 사용한 희석 성능 평가

이 연구에서는 두 가지 폐수 CRM(ERM CA713 및 CWW-TM-C)을 사용하여 정확도와 회수율 측면에서 ADS 2의 희석 성능을 평가했습니다. 시퀀스 동안 각 CRM의 중복 분취물을 분석하고 표 5에 요약된 대로 분석물질의 평균 농도와 회수율을 계산했습니다.

처음에는 희석되지 않은 ERM CA713 폐수 CRM에서 측정된 Cu 농도가 검량 범위를 초과했기 때문에 ADS 2는 시료의 10배 반응성 희석을 자동으로 수행했습니다. CA713 폐수 CRM에서 대부분의 인증된 분석물질의 측정 농도는 우수했습니다. 인증된 원소의 회수율은 97-103%이고 허용 가능한(불확실성) 범위 내에 있었습니다. Hg에 대한 측정 결과만 허용 농도 범위를 약간 벗어났지만 여전히 $\pm 10\%$ 이내였으며, 이는 외부 검량 방법에 허용되는 것으로 간주됩니다.³

CWW-TM-C 폐수 CRM의 경우, 초기 측정 농도가 검량 범위를 벗어났기 때문에 ADS 2는 모든 표적 분석물질에 대해 10배 반응성 자동 희석을 수행했습니다. 표 5에 표시된 것처럼 모든 표적 분석물질에 대해 100-106%의 회수율이 얻어져 ADS 2 자동 희석법을 사용하는 7900 ICP-MS의 정확도가 확인되었습니다.

표 5. ADS 2 탑재 Agilent 7900 ICP-MS를 사용한 두 가지 폐수 CRM의 정량 결과.

분석물질	ERM-CA713				CWW-TM-C		
	인증된 값(ppb)	불확실성(ppb)	측정된 농도(ppb)	회수율(%)	인증된 값(ppb)	측정된 농도(ppb) [#]	회수율(%)
9 Be	NA				150	151	101
11 B	NA				500	504	101
27 Al	NA				500	518	104
51 V	NA				500	501	100
52 Cr	20.9	1.3	21.0	100	500	531	106
55 Mn	95	4	93	98	500	527	105
56 Fe	445	27	433	97	500	507	101
59 Co	NA				500	507	101
60 Ni	50.3	1.4	51.6	103	500	512	102
63 Cu	101	7	101 [#]	100	500	526	105
66 Zn	78	NA	77	99	500	529	106
75 As	10.8	0.3	10.5	97	150	158	105
78 Se	4.9	1.1	4.8	98	150	155	103
88 Sr	NA				500	502	100
95 Mo	NA				500	523	105
107 Ag	NA				150	153	102
111 Cd	5.09	0.2	5.24	103	150	152	101
121 Sb	NA				150	153	102
137 Ba	NA				500	512	102
202 Hg	1.84	0.11	1.99	108	10	9.98	100
205 Tl	NA				150	152	102
Pb*	49.7	1.7	51.2	103	500	519	104

NA=해당 없음. *Pb는 가장 양이 많은 세 가지 동위원소 206, 207, 208의 총합으로 측정했습니다. [#]ADS 2에 의한 10배 반응성 자동 희석 후 측정된 농도.

스파이크 폐수를 이용한 희석 성능 평가

ADS 2의 성능 평가에도 실제 폐수 시료가 사용되었습니다. EPA 분석법 6020B에 설명된 지침을 기반으로,³ 스파이크된 폐수의 세 가지 전처리 시료에 대한 세 번의 반복 판독을 통해 매트릭스 스파이크 회수율 테스트를 수행했습니다. 폐수 시료 내 각 분석물의 스파이크 농도는 표 6에 나와 있습니다.

원폐수 중 측정된 Na, K, Ca 농도가 상대적으로 높았기 때문에 고농도 스파이크를 사용했습니다. 측정값이 검량 범위를 초과한 원소의 경우, ADS 2에 의해 10배 반응성 희석이 자동으로 수행되었습니다. 정량 결과를 표 6에 요약했습니다.

반응성 희석 단계의 정확도는 폐수의 10배 반응성 희석 후 측정된 농도를 희석되지 않은 폐수의 측정 농도로 나누어 계산했습니다.

표 6에 나타난 바와 같이, 폐수 시료 내에서 농도가 상대적으로 높은 B, Na, Mg, Al, K, Ca, Mn, Fe, Zn, Sr, Ba 등의 분석물질에 대해 97-110%의 회수율이 얻어졌습니다. 또한, 폐수 시료 사이에 전처리 블랭크를 측정한 결과 교차 오염(Carryover)이 감지되지 않았습니다. 이러한 관찰 결과는 ADS 2의 사후 세척(헹굼) 기능이 시스템을 효과적으로 세척했음을 나타냅니다.

매트릭스 스파이크 회수율 테스트에서, 대부분 원소의 회수율은 $100 \pm 10\%$ 미만이었고, 고농도 원소인 Na, Mg, Ca, Mn 및 Zn의 회수율은 85-88%였습니다. 모든 분석물질의 스파이크 회수율은 EPA 6020B 요구 사항인 $100 \pm 25\%$ 을 충족하여 자동 희석법의 적합성을 확인시켜 주었습니다. 회수율의 정밀도(%RSD)는 4% 이하로, ADS 2를 갖춘 7900 ICP-MS의 탁월한 재현성, 안정성 및 신뢰성을 입증했습니다.

표 6. ADS 2를 갖춘 Agilent 7900 ICP-MS로 측정한 실제 폐수 시료에 대한 정량 결과입니다.

분석물질	실제 폐수 시료					
	희석하지 않고 측정된 농도(ppb)	10배 반응성 희석으로 측정된 농도(ppb)	반응성 희석 정확도(%)	스파이크 농도(ppb)	스파이크 회수율(%)	%RSD(n=3)
9 Be	< MDL	NA		10	109	2.4
11 B	55.4	56.7	102	40	108	3.8
23 Na	42900	47000	109	50000	86	1.3
24 Mg	1360	1490	110	1000	87	1.3
27 Al	12.6	13.1	104	10	92	1.4
39 K	14200	15300	108	25000	93	1.0
44 Ca	14600	15200	104	25000	85	0.4
47 Ti	0.37	NA		10	96	1.0
51 V	0.28	NA		10	93	1.0
52 Cr	0.23	NA		10	92	1.0
55 Mn	19.7	21.5	109	10	85	2.0
56 Fe	60.1	58.2	97	1000	93	0.5
59 Co	0.07	NA		10	98	0.3
60 Ni	1.21	NA		10	93	0.3
63 Cu	5.57	NA		10	94	1.0
66 Zn	23.1	22.6	98	10	88	1.5
75 As	2.27	NA		10	104	0.2
78 Se	0.31	NA		10	109	1.7
88 Sr	32.7	34.3	105	20	100	1.5
95 Mo	0.38	NA		10	98	0.4
107 Ag	0.03	NA		10	106	2.3
111 Cd	0.01	NA		10	104	0.5
118 Sn	0.26	NA		10	96	0.5
121 Sb	0.40	NA		10	103	0.3
125 Te	< MDL	NA		10	112	1.7
137 Ba	15.2	15.41	102	10	95	2.5
202 Hg	0.03	NA		0.5	97	0.6
205 Tl	0.01	NA		10	100	0.1
Pb*	0.02	NA		10	100	0.1
232 Th	0.01	NA		10	96	0.7
238 U	0.001	NA		10	98	0.5

*Pb는 가장 양이 많은 세 가지 동위원소 206, 207, 208의 총합으로 측정했습니다.

장기적 안정성

ADS 2 자동 희석 시스템을 갖춘 7900 ICP-MS에 대한 지속적 검량 검증(CCV) 및 ISTD의 회수율을 기반으로 그 장기적 안정성을 조사하였습니다. CCV 표준물질은 ADS 2에서 혼합 원액을 20배로 희석하여 준비되었습니다. 혼합된 원액은 검량 표준물질을 전처리하는 데 사용된 것과 동일합니다. CCV 표준물질은 1ppm의 Ca, Na, Mg, K 및 Fe, 0.5ppb의 Hg, 기타 원소의 경우 모두 10ppb로 구성되었으며 이는 레벨 5 검량 표준물질과 동일합니다. 매번 8시간 이상에 걸친 10개의 폐수 시료 측정 후에 CCV 표준물질을 측정하였습니다. 그림 3에 표시된 것처럼 CCV의 14개 측정 모두에 대한 전체 분석물질의 회수율이 계산되어 안정성 플롯으로 표시되었습니다. 모든 회수율은 $100 \pm 10\%$ 이내로, EPA 6020 기준을 충족했으며 8시간 이상의 연속 실행에 걸쳐 ADS 2를 갖춘 7900 ICP-MS의 안정성을 입증했습니다.

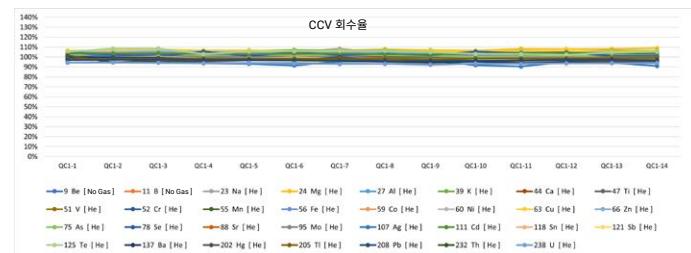


그림 3. 폐수 시료를 8시간 이상 연속 측정하여 얻은 CCV 회수율.

ISTD 안정성도 동일한 배치의 시료에 대해 8시간 이상 모니터링되었습니다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 ISTD 회수율은 $100\% \pm 20\%$ 이내로, 7900 ICP-MS의 탁월한 견고성과 매트릭스 내성을 보여줍니다. 안정성 테스트는 ICP-MS 자동 희석법이 일상적 실험실에서 일반적인 장기 분석 실행을 수행할 수 있음을 보여줍니다.

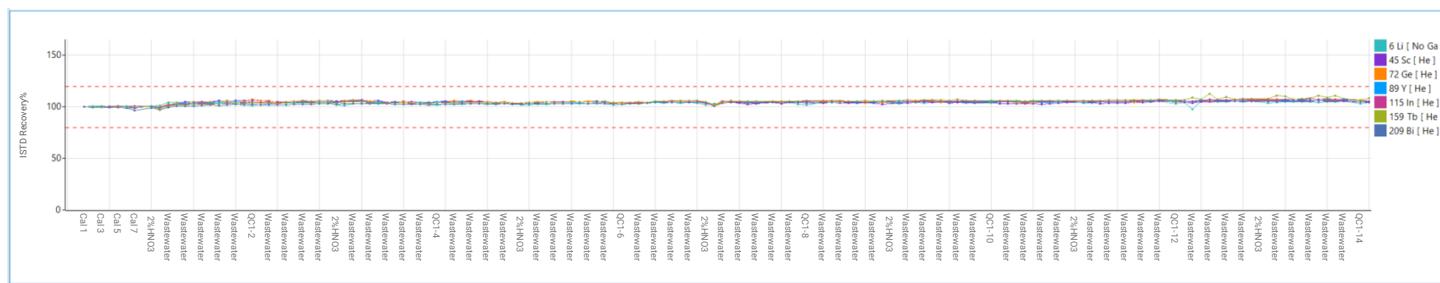


그림 4. 8시간 이상의 폐수 측정에 대한 ISTD 안정성. 빨간색 점선은 $\pm 20\%$ 제어 한계를 나타냅니다.

결론

검량 정확도, 두 폐수 CRM에서 인증된 원소의 회수율 및 실제 폐수의 매트릭스 스파이크 테스트를 통해 Agilent ADS 2 자동 희석기가 장착된 Agilent 7900 ICP-MS의 분석 성능을 평가했습니다.

ADS 2 자동 검량은 전체 원소 세트에 대해 뛰어난 직선성을 보여주었습니다. 두 폐수 CRM 및 스파이크된 폐수 시료에 대한 정량 결과는 ADS 2에 의한 반응성 희석 이후, EPA 분석법의 허용되는 회수율 기준을 충족했습니다. 회수율 테스트를 통해 7900 ICP-MS 분석법의 정확성과 ADS 2 시스템의 지능형 희석 기능이 확인되었습니다.

8시간 이상의 연속 측정에 대한 자동 희석법의 견고성과 재현성은 EPA 분석법 6020에 지정된 한도 내에서 CCV 및 ISTD의 회수율을 통해 입증되었습니다.

완전히 통합된 Agilent ICP-MS 자동 희석 시스템은 다양한 시료 유형의 일상적인 분석에 빠르고 지능적이며 내구성이 뛰어난 자동화 프로토콜을 제공합니다. 검량 표준물질 준비, 시료 희석, 범위를 초과한 시료 희석과 같은 일부 노동집약적인 작업을 자동화함으로써 실험실에서는 시료 처리 시간을 단축하여 장기적인 생산성 향상을 실현할 수 있습니다.

참고 문헌

1. Agilent Advanced Dilution System (ADS 2) – 기술 개요, 애질런트 발행물, 5994-7211EN
2. EPA Method 200.8 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, Revision 5.4, EMMC Version, accessed January 2024, [EPA Method 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry | US EPA](#)
3. EPA Method 6020B Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), Revision 2, July 2014, accessed January 2024, [EPA Method 6020B \(SW-846\): Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry | US EPA](#)

관련 정보

Yamashita, R., Automated Analysis of Low-to-High Matrix Environmental Samples Using a Single ICP-MS Method, 애질런트 발행물, [5994-7114EN](#)

Riles, P., Productive Analysis of High Matrix Samples using ICP-MS with Advanced Dilution System, 애질런트 발행물, [5994-7232EN](#)

소모품 목록

제품 유형	애질런트 부품 번호	설명
Bottle Kits	Sample Loop for AVS MS/ADS 2	1.50 mL 1.00 mm ID 1/pk
	5005-0425	Diluent/Carrier 6 L Bottle kit, includes a 6 L can, GL45 StaySafe cap, fittings, and venting valve
	5005-0435	Diluent 2 L PFA bottle kit for ICP-MS, includes 2 L PFA bottle, GL45 StaySafe cap, fittings, and venting valve
	5005-0436	Waste container kit, includes a 10 L waste can, S60 StaySafe cap, fittings, and acid vapor filter
ADS 2 Tubing Kits	AVS MS Tubing Kit	AVS MS preconfigured kit
	5005-0106	ADS 2 tubing kit, Valve C set-up, 2/pk
	5005-0107	ADS 2 tubing kit, Valve C - AVS MS Pump, 1/pk
	5005-0182	ADS 2 tubing kit, Valve C - AVS MS Valve, 1/pk
	5005-0102	ADS 2 tubing kit, Valve B set-up, 4/pk
	5005-0103	ADS 2 tubing kit, Valve A – Valve C, 1/pk
	5005-0105	ADS 2 tubing kit, Carrier/Diluent, 2/pk
	G8457-68004	ADS 2 tubing kit, Valve A - AVS MS Valve, 1/pk

www.agilent.com/chem/7900icp-ms

DE26776971

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2024
2024년 3월 19일, 한국에서 발행
5994-7113KO

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

