

# Application News

No. SSK-ICPMS-2202

Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, ICPMS-2030

## 먹는물수질공정시험기준에 따른 금속류의 분석

Analysis of Metals by Methods of Officially Determined Quality Test for Drinking Water.

### ■ 서론

“먹는물”이란 먹는데 일반적으로 사용하는 자연 상태의 물, 자연 상태의 물을 먹기에 적합하도록 처리한 수도물, 먹는샘물, 먹는염지하수, 먹는해양심층수 등을 말한다. 국내의 먹는물 관리법(법률 제17840호)에서는 위와 같이 정의하고, 여러 가지 먹는물의 수질을 관리하기 위해, 맛, 냄새 등 심미적 특성 뿐만 아니라, 미생물 및 각종 유기 유해물질에 대한 검사와 시험을 의무화하고 있다.[1] 이 중, 과거의 환경오염 사건으로부터 익히 알려져 있는 납, 비소, 수은, 카드뮴을 비롯한 금속류는 부연설명 필요 없을 만큼 그 유해성이 높기 때문에, 분석기술이 발달함에 따라 관리기준도 점차 강화되고 있다.



그림 1. ICPMS-2030 System

이에 본 뉴스레터에서는 먹는물수질공정시험기준(환경부고시 제2022-36호) 중에서 유도결합플라즈마-질량분석기(이하, ICP-MS)를 이용해 분석이 가능한 13종 원소의 분석에 대해 소개하고자 한다. [2]

### ■ 분석방법

먹는 물 수 질 공 정 시 험 기 준 중 ‘ES 05400.3g 금속류 - 유도결합플라즈마-질량분석법’에 근거하여 방법검출한계, 정확도 및 정밀도의 내부정도관리 항목에 대해 시험하였다.

시험 전 1000 mg/L의 시판 표준용액(AccuStandard社)을 각 원소별로 준비하였으며, 내부 표준원소는 Sc, Y, In, Tb, Bi 가 포함된 10 mg/L의 혼합 표준용액(Inorganic ventures社)과 1000 mg/L의 Be 개별 표준용액을 준비하였다. 또, 질산 및 염산은 전자급(EP-S, 케미탑社) 시약을 이용하였다.

시험용액은 3차 정제수에 일정농도의 표준용액을 첨가하여 시료의 전처리방법에 따라 질산(1+1)을 소량 첨가하여 준비하였으며, 검정곡선 작성을 위한 표준용액 및 시험용액의 농도는 표 1과 같다.

표 1. 내부정도관리를 위한 원소별 분석 조건 및 시험용액 농도

분석 원소	질량수	내부 표준원소	Collision Gas (He)	목표 정량한계 (µg/L)	방법검출한계 시험용액 (µg/L)	정확도 및 정밀도 시험용액 (µg/L)	검정곡선 작성용 표준용액 (µg/L)				
							1	2	3	4	5
Al	27	<sup>45</sup> Sc	OFF	2.00	2.00	3.00	1.60	5.00	10.00	15.00	20.00
As	75	<sup>89</sup> Y	ON	1.00	1.00	1.50	0.80	2.50	5.00	7.50	10.00
*B	11	<sup>9</sup> Be	OFF	1.00	1.00	1.50	0.80	2.50	5.00	7.50	10.00
Cd	114, 111	<sup>115</sup> In	ON	0.50	0.50	0.75	0.40	1.25	2.50	3.75	5.00
Cr	52	<sup>45</sup> Sc	ON	1.00	1.00	1.50	0.80	2.50	5.00	7.50	10.00
Cu	63	<sup>45</sup> Sc	ON	1.00	1.00	1.50	0.80	2.50	5.00	7.50	10.00
Fe	54, 56, 54(Cr 보정)	<sup>45</sup> Sc	ON	3.00	3.00	4.50	2.40	7.50	15.00	22.50	30.00
Mn	55	<sup>45</sup> Sc	ON	0.50	0.50	0.75	0.40	1.25	2.50	3.75	5.00
Pb	206, 208	<sup>209</sup> Bi	ON	1.00	1.00	1.50	0.80	2.50	5.00	7.50	10.00
Se	82, 77, 78	<sup>89</sup> Y	ON	1.00	1.00	1.50	0.80	2.50	5.00	7.50	10.00
U	238	<sup>209</sup> Bi	ON	0.10	0.10	0.15	0.08	0.25	0.50	0.75	1.00
Zn	66	<sup>45</sup> Sc	ON	1.00	1.00	1.50	0.80	2.50	5.00	7.50	10.00
**Hg	202	<sup>45</sup> Bi	ON	0.50	0.50	0.75	0.40	1.25	2.50	3.75	5.00

\* 시험법에서 제시한 내부표준원소에는 <sup>11</sup>B(붕소)의 보정에 적합한 원소가 포함되지 않아 별도로 <sup>9</sup>Be를 내부표준원소로 이용하였다.

\*\* 수은(Hg)은 분석과정에서 메모리 영향을 줄이기 위해 검정곡선 작성용 표준용액에 금(Gold)을 첨가하여 12개 원소와 별도로 분석을 진행하였다.

시료의 분석은 그림 1의 ICPMS-2030 Model로 진행하였으며, 분석 조건은 표 2와 같다.

표 2. ICP-MS 분석 조건

RF power	: 1.20 kW
Sampling depth	: 5.0 mm
Plasma gas flow	: 8.0 L/min
Auxiliary gas flow	: 1.10 L/min
Carrier gas flow	: 0.70 L/min
Cell gas (He) flow	: 6.0 mL/min
Torch type	: Mini torch
Sampling & Skimmer cone	: Copper & Nickel
Quantification method	: Internal Standard Correction Method

### ■ 검정곡선 및 정량 한계

표 1에 따라 준비된 표준용액으로 작성한 검정곡선은 그림 2와 같이 결정계수( $R^2$ ) 0.998 이상으로 양호한 직선성을 보이는 것으로 나타났다. 방법검출한계 및 정량한계는 표 1의 방법검출한계 시험용액 7개를 준비하여 측정하였으며, 산출 결과는 표 3과 같이 시험법에서 요구하는 목표 정량한계의 1/2 부터 1/20 수준까지 분석 가능함을 확인하였다.

표 3. 방법검출한계 및 정량한계 분석결과( $n = 7$ )

원소	질량수	분석결과 ( $\mu\text{g/L}$ )			목표 정량한계 ( $\mu\text{g/L}$ )
		결과 평균	방법 검출한계	정량한계	
Al	27	1.88	0.14	0.46	2.00
As	75	0.99	0.03	0.10	1.00
B	11	0.96	0.12	0.38	1.00
Cd	111	0.49	0.03	0.09	0.50
Cd	114	0.49	0.02	0.06	0.50
Cr	52	1.01	0.02	0.06	1.00
Cu	63	1.01	0.05	0.17	1.00
Fe	54	3.05	0.09	0.29	3.00
*Fe(Cr 보정)	54	3.03	0.10	0.33	3.00
Fe	56	3.05	0.08	0.25	3.00
Mn	55	0.50	0.01	0.04	0.50
Pb	206	1.00	0.02	0.07	1.00
Pb	208	1.00	0.02	0.07	1.00
Se	77	0.97	0.16	0.51	1.00
Se	78	0.99	0.14	0.45	1.00
Se	82	0.99	0.15	0.47	1.00
U	238	0.10	0.003	0.01	0.10
Zn	66	0.96	0.11	0.34	1.00
Hg	202	0.49	0.02	0.06	0.50

\* 시험법에서 우선 선택이온으로 제시한  $^{54}\text{Fe}$ 은  $^{54}\text{Cr}$ 과 동중원소로 동시분석에서 간섭하게 되기 때문에 수식기능을 이용해 보정한 결과를 추가하였다.

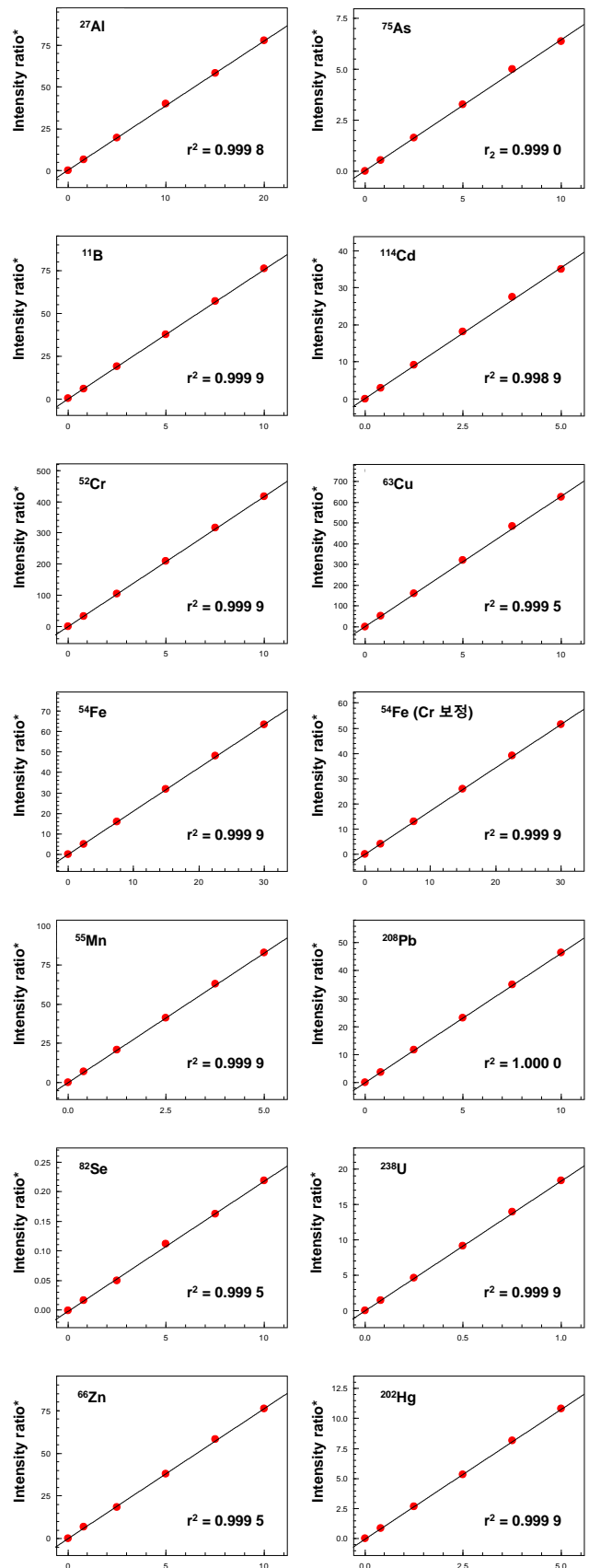


그림 2. 원소별 검정곡선  
\* Intensity ratio: (Intensity of the target element) / (Intensity of the internal standard element)

## ■ 정확도 및 정밀도

정확도 및 정밀도를 확인하기 위해 정제수에 표 1의 정확도 및 정밀도 시험용액의 농도가 되도록 표준용액을 첨가한 시료를 4회 반복 분석하였다. 분석결과는 표 4에 나타난 것과 같이 정확도는 (101.8 ± 2.7) %, 정밀도는 (1.9 ± 1.9) %로 시험범에서 요구하는 “± 20 % 이내”를 만족하였다.

표 4. 정확도 및 정밀도 분석결과(n = 4)

원소	질량수	분석결과 (µg/L)		정확도	정밀도 (%RSD)
		정제수	첨가시료 평균		
Al	27	*ND	2.92	97.8 %	2.1 %
As	75	ND	1.50	103.4 %	1.2 %
B	11	ND	1.45	102.0 %	6.3 %
Cd	111	ND	0.76	101.3 %	1.0 %
Cd	114	ND	0.75	101.8 %	0.6 %
Cr	52	ND	1.60	101.7 %	0.7 %
Cu	63	ND	1.55	102.8 %	2.1 %
Fe	54	ND	4.64	101.6 %	0.7 %
Fe(Cr 보정)	54	ND	4.60	101.6 %	0.7 %
Fe	56	ND	4.67	100.9 %	0.9 %
Mn	55	ND	0.77	97.5 %	1.0 %
Pb	206	ND	1.52	101.0 %	0.4 %
Pb	208	ND	1.52	101.0 %	0.5 %
Se	77	ND	1.40	110.3 %	4.0 %
Se	78	ND	1.48	105.2 %	2.9 %
Se	82	ND	1.47	103.8 %	7.0 %
U	238	ND	0.15	100.7 %	0.9 %
Zn	66	ND	1.50	101.3 %	2.9 %
Hg	202	ND	0.75	99.6 %	0.7 %

\* ND: 방법검출한계 미만

## ■ 결론

본 뉴스레터에서는 국립환경과학원에서 고시한 ‘먹는물수질 공정시험기준’에 따라 먹는물 내 금속류 분석에 대해 Shimadzu ICPMS-2030을 이용하여 직선성 및 정량한계, 정확도, 정밀도를 확인해보았다. 정량한계는 시험범에서 요구하는 원소 및 질량수에 대해 평균적으로 목표치의 1/5 수준으로 만족하였다. 정제수에 각 원소를 첨가하여 4회 반복한 시험에서는 정확도는 평균 101.8 %, 정밀도는 평균 1.9 %의 결과를 보였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 ICPMS-2030을 이용하여 먹는물수질공정시험기준 중 금속류 분석이 가능함을 확인할 수 있었다.

## ■ 참고문헌

- 1) 먹는물관리법, 법률 제17840호, 2021-01-05 공포.
- 2) 먹는물수질공정시험기준, 국립환경과학원고시 제2022-36호, 2022-07-25.