

토양오염 모니터링을 위한 연속추출법의 적용

Application of Sequential Extraction Analysis for the Monitoring of Soil Contamination

김 광구 · 김 경용

광주과학기술원 환경공학과 토양환경실험실

1. 서론

국내에서 행해지는 연속추출법 실험은 주로 Tessier (1979)에 의해 제안된 5단계 추출법이 많이 사용되고 있다 (정명채, 1994). 그러나, 이 실험결과를 이용해서 구체적인 오염정도를 평가한 경우는 없었고, 우리나라 토양특성에 맞는 적당한 연속추출법에 대한 실험 또한 이루어지고 있지 않다. 국외의 경우, 연속추출법에 대한 적당한 시약선정과 반응시간에 대해 다양한 실험이 이루어지고 있으며, 그 중 가장 적절한 방법들이 많은 연구자들에 의해 발표되고 있다 (Li *et al*, 1995). 연속추출법은 조사지역의 토양종류나 사용 시약, 반응시간 및 회전수등에 따라 결과가 다양하게 나타나기 때문에 (Davies, 1983), 국내에서 행해지는 대부분의 오염조사가 비교가능한 신뢰성있는 결과를 제공하지 못하고 있다. 연속추출법실험에 의한 토양내 존재 화학종에 대한 자료는 오염방지 시설 설치나 오염물질 처리방안결정에 있어 매우 유용하므로 국내 토양환경에 맞는 적절한 실험법의 표준화가 시급한 실정이다.

2. 실험 방법

국내·외에서 가장 많이 이용되고 있는 연속추출법은 Tessier (1979)에 의해서 제시된 5단계 추출법일 것이다. 본 연구에서 이용한 실험법은 Kersten and Förstner (1987)가 제시한 6단계로 이루어진 연속추출법으로서, 그 중 분석대상 금속의 이온교환(exchangeable ion)형태를 추출하는 1단계 실험방법을 서로 비교해 보았다. Tessier (1979)의 방법에서는 이온교환형태의 중금속을 추출하기 위해 $MgCl_2$ 를 이용하여 1시간동안 반응시키는 것으로 제시되었지만, Kersten and Förstner (1987)가 제시한 방법은 NH_4OAc 를 이용하였고, 반응시간은 명확하게 제시되지는 않았으나 주로 16시간동안 진동수 40으로 반응시키도록 되어 있다.

본 연구에서는 이온교환형태의 중금속을 추출하기 위하여 시약과 반응조건에 따라 네 가지 경우로 실험을 수행하였다. 전체적으로 볼 때 서로 다른 결과를 설명할 수 있는 요인은 시약의 종류, 반응 시간의 차이와 반응 진동수차이가 될 것이다.

- (i) 시약: MgCl₂, 반응시간: 1시간, 반응진동수(회전수): 120 rpm - M (1-120)
- (ii) 시약: NH₄OAc, 반응시간: 1시간, 반응진동수: 120 rpm - N (1-120)
- (iii) 시약: NH₄OAc, 반응시간: 4시간, 반응진동수: 120 rpm - N (4-120)
- (iv) 시약: NH₄OAc, 반응시간: 16시간, 반응진동수: 40 rpm - N (16-40)

3. 결과 및 고찰

Table 1. Comparison of 4 different methods for the extraction of exchangeable fraction in the sequential extraction analysis (unit in $\mu\text{g/g}$)

Reagent (hour-rpm)		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E	F	G	H	I
Zn	M(1-120)	6	63	570	780	72	4000	83	5200	0	12	5	56
	N(1-120)	1	51	550	780	27	2900	47	3500	3	79	40	78
	N(4-120)	0	54	590	820	20	3200	61	4800	9	250	47	110
	N(16-40)	1	59	230	450	23	9400	66	1000	7	150	44	102
Pb	M(1-120)	102	22	2650	2450	23	142	34	168	25	27	37	66
	N(1-120)	0	22	1550	1350	0	43	0	36	0	26	140	56
	N(4-120)	0	23	2150	1550	0	46	0	49	0	32	141	66
	N(16-40)	0	23	2718	2020	0	70	0	75	0	42	237	89
Cu	M(1-120)	57	700	25	45	0	40	2290	0	0	0	24	0
	N(1-120)	21	510	0	34	0	49	1180	0	0	21	23	0
	N(4-120)	0	550	0	33	0	50	1670	0	24	37	26	0
	N(16-40)	5	820	4	17	0	33	1900	0	7	19	6	3
Cd	M(1-120)	1	1	3	5	1	50	2	16	1	4	2	1
	N(1-120)	0	1	3	5	0	40	1	13	1	4	3	1
	N(4-120)	0	1	3	5	0	50	1	15	1	7	3	1
	N(16-40)	0	1	1	3	0	40	2	14	1	5	2	1

* M : MgCl₂ N : NH₄OAc

Reference material에 의해 구해진 실험의 정확도(accuracy)는 Zn의 경우 0.5%, Pb는 7.6%, Cu는 6.7% 그리고 Cd은 20%로 나타났다. Cd의 경우, 총량자체가 적기 때문에 추출된 양과 차이가 작아도 정확성에 큰 영향을 주게 된다. 따라서, Zn, Pb, Cu는 10%이내 그리고 Cd의 경우는 20%이내의 차이를 보일 때 유사한 추출량, 즉, 조건에 제약이 없는 것으로 간주하였다.

용해도나 이동성 정도가 비교적 높은 Zn의 경우, 토양 pH가 낮을 때는 시약에는 영향을 받지 않고 같은 시약인 경우에 반응시간보다는 반응진동수에 보다 영향을 많이 받는 것으로 나타났고, pH가 3 - 5인 토양에서는 시약의 종류에 따라 영향을 받지만, 같은 시약일 경우 비교적 반응시간이나 반응진동수에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. pH가 6 - 9인 약알칼리성 토양에서는 시약의 차이 뿐 만 아니라 반응진동수와 반응시간에 모두 영향을 받았다. Zn에 비해 용해도나 이동도가 아주 낮은 Pb의 경우는 대부분의 시료에서 MgCl₂에 의해서 추출되는 양이 NH₄OAc에 의해서 추출되는 양보다 많았다. 특히, NH₄OAc에 의해서 추출되는 중금속량은 반응진동수보다는 반응시간에 영향을 많이 받으며, 반응 시간을 오래 할수록 많은 양의 Pb가 추출되었다. Cu는 규칙

성이 적으나 대체적으로 $MgCl_2$ 에 의해서 추출되는 양이 NH_4OAc 에 의해서 추출되는 양보다 많아 시약에 의한 차이가 주된 것으로 나타났다. Cd의 경우는 추출되어지는 양이 적기 때문에 factors에 의한 영향을 구별하기가 어려우나, 전체적으로 시약이나 반응시간 그리고 반응진동수에 관계없이 유사한 결과를 보인다.

참고문헌

정명채 (1994) 토양중의 중금속 연속추출방법과 사례연구. 대한자원환경지질학회지, Vol. 27, p.469-477.

Davies, B.E. (1983) Heavy metal contamination from base metal mining and smelting; implications for man and his environment. In Applied Environmental Geochemistry (Ed. I. Thornton), pp.425-462.

Kersten, M., and Förstner, U. (1995) Speciation of trace metals in sediments and combustion waste, In Chemical Speciation in the Environment (Eds. A.M. Ure and C.M. Davidson), Blackie Academic & Professional, London, pp. 237-242

Li, X. Ramsey, M.H., Thornton, I. and Coles, B.J. (1995) Sequential extraction of soil for multielement analysis by ICP-AES. Chemical Geology, Vol. 124, p.109-123.

Tessier, A. (1979), Sequential Extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Anal. Chem., Vol. 51, p.844-850.