

무기수은과 유기수은의 선택정량

金 天 漢

국민대학교 자연과학대학 화학과
(1997. 5. 2 접수)

A Selective Determination Method of Inorganic and Organic Mercury

Chon Han Kim

Department of Chemistry, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea
(Received May 2, 1997)

요 약. 무기수은과 유기수은을 분리하여 각각을 정량하는 방법을 연구하였다. 고분자량 알킬의 4차아민의 염, Aliquat 336의 CHCl₃ 용액을 이용하여 수용액 중에 함유된 무기수은이온, Hg²⁺을 티오시아나 착이온으로서, 그리고 유기수은 화합물, CH₃HgCl 및 C₂H₃O₂HgC₆H₅ 등을 동시에 추출농축한 다음 무기수은은 3 M HClO₄ 용액으로 선택적인 역추출을 하여 CVAAS로 정량하고, 유기수은은 추출액의 CHCl₃을 증발 제거한 후 그 찌꺼기를 4% KMnO₄-1M H₂SO₄ 용액으로 분해하여 무기수은 이온으로 만들어서 역시 CVAAS로 정량하였다. 시료용액 50 mL 중에 함유된 Hg로서 1 µg의 무기수은과 유기수은 혼합용액(0.02 µgHg/mL)을 분석한 결과 절대오차 ±6% 이내의 결과를 얻었다.

ABSTRACT. A method of selective determination of inorganic and organic mercury compounds has been described. The CHCl₃ solution of a high molecular quaternary alkylammonium salt, Aliquat 336 was used for the simultaneous preconcentration of both inorganic, Hg²⁺ as its thiocyanate complex, and organic mercury compounds, CH₃HgCl and C₂H₃O₂HgC₆H₅ by extraction from their aqueous solution. Selective separation of the inorganic mercury from the extract was followed by stripping with 3 M HClO₄ solution for the subsequent determination by CVAAS. Organic mercury was also determined by CVAAS after removal of CHCl₃ solvent from the extract and decomposition of the residue with 4% KMnO₄-1 M H₂SO₄. The mixtures of inorganic and organic mercury compounds contained 1.0 µg as Hg in 50 mL of sample solution(0.02 µgHg/mL) were analysed within ±6% by absolute errors.

서 론

수은과 그 화합물들은 독성이 매우 크기 때문에 환경시료중에 함유된 양을 정확히 정량하고 조사하는 일은 대단히 중요하다. 이 물질들이 환경에 유출되는 현상은 공업과 농업활동 그리고 자연광물의 풍화에 의한다고 볼 수 있는데 Nriagu¹는 1983년의 통계에서 세계적으로 산출된 수은의 양(3.6×10⁹ g/년)의 40%(1.5×10⁹ g/년)가량이 사람에게 의해서 자연에 방출된다고 지적하였다.

수질중에 녹아있는 수은의 존재형태는 Hg²⁺으로된 무기수은과 여러 가지 유기화합물로된 유기수은으로 구분할 수 있는데 수용액 중의 무기수은은 SnCl₂같은

환원제에 의하여 정량적으로 환원이 이뤄지기 때문에 처음 Poluektov등^{2,3}과 Hatch 등⁴이 소개한 이래 미량의 수은정량에는 CVAAS(cold vapor atomic absorption spectrometry)방법이 가장 보편적으로 이용되고 있으며 이 정량법은 감도가 좋고(d. l.=~1 ng) 비교적 간편한 장점이 있다. 그러나 유기수은은 환원제에 의해서 그 일부만이 환원되어 직접 CVAAS에 의한 정량이 불가능하므로 산화제에 의한 분해등 전처리를 하여 무기수은과 함께 수은전체양으로 정량하게된 경우가 많다.⁵⁻¹⁰

무기수은과 함께 여러형태의 유기수은화합물이 공존할 경우 이들을 각각 분리정량하기란 그리 용이

하지 않다. Puk 등¹¹은 Hg^{2+} , CH_3Hg^+ , CH_3HgCH_3 및 $C_2H_5HgC_2H_5$ 등을 칼럼 크로마토그래프법으로 분리한 다음 각각을 수소화물발생 원자흡수분광법(hydride generation AAS)으로 정량하였고, Sarzanini 등¹²은 이온크로마토그래프와 CVAAS를 연결하여 각각을 정량한 사실에서도 알 수 있듯이 각각의 정량은 성분별로 분리하는 장치가 수반되어야 한다.

본 연구에서는 수질의 오염원을 단지 무기수은과 유기수은으로 추적하는 수단을 모색하는 의미에서 수용액에 Hg^{2+} 이온과 CH_3HgCl 및 $C_6H_5HgC_6H_5$ 이 공존하는 합성시료의 경우에 용매추출법을 이용해서 다만 무기수은과 유기수은을 구분 정량할 수 있는 방법을 연구하였다. 즉 Aliquat 336의 $CHCl_3$ 용액으로 무기수은과 유기수은 모두를 추출농축 한 다음 $HClO_4$ 용액을 사용하여 유기용액으로부터 무기수은만을 선택적으로 역추출하여 분리하므로서 무기수은과 유기수은 각각을 정량할 수 있었다. De 등¹³과 Catrall 등¹⁴은 각각 염산 용액에서 Hg^{2+} 을 고분자량 알킬의 2차아민, Amberlite LA-1과 4차아민의염, Aliquat 336의 $CHCl_3$ 용액을 이용해서 용매추출되는 메카니즘을 연구한 바 있다. 이 연구에서 Hg^{2+} 는 Cl^- 와 음의 착이온, $HgCl_3^-$ 또는 $HgCl_4^{2-}$ 이 형성되고 Amberlite LA-1과는 $(R_2NH_2^+)_2HgCl_4^{2-}$ 형태로, Aliquat 336과는 $R_3R^+N^+HgCl_3$ 또는 $(R_3R^+N^+)_2HgCl_4^{2-}$ 형태로 추출됨을 밝힌 바 있다.

본 연구에서는 $HgCl_3^-$ ($\log K_f=14.07$)나 $HgCl_4^{2-}$ ($\log K_f=15.07$) 보다 안정도가 큰 수은착이온을 형성할 수 있는 리간드로서 SCN^- 이온을 사용하였다. 즉 Hg^{2+} 이온은 SCN^- 이온과 $Hg(SCN)_4^{2-}$ ($\log K_f=21.23$) 이 형성되어 Aliquat 336과 $(R_3R^+N^+)_2(SCN)_4^{2-}$ 와 같은 분자회합물로서 유기용액상에 추출되는 한편 유기수은 화합물들은 단지 $CHCl_3$ 에 대한 높은 용해도로 인해서 추출된다고 볼 수 있다. 유기수은이 유기용매에 추출되는 현상은 수은-킬레이트 화합물이 추출되는 경우^{15,16}와 마찬가지로 CH_3Hg^+ 도 $CHCl_3$ 에 추출된 예가 있다.^{17,19}

실 험

사용기기 및 측정조건. 수은의 CVAAS(cold vapor atomic absorption spectrometry)법의 정량에 사용한 기기는 GBC사의 HG 903 hydride generation system을 연결한 Model 903 atomic absorption spectro-

Table 1. Instrumental Parameters for CVAAS Determination of Mercury

Wave length (nm)	253.7
Slit width (nm)	0.5
Light source	Hg photon HCL
Lamp current (mA)	3
Sample volume (mL)	10
Stirring time (min)	2
N_2 gas flow rate (L/min)	2.5
Absorption cell (mm)	120×12 (closed cell with quartz window)

meter였으며 측정에 필요한 조건은 Table 1의 내용과 같다.

시 약. 시험용액을 준비하기 위하여 무기수은으로는 $HgCl_2$ (Osaca Co.)를, 유기수은으로는 CH_3HgCl (Junsei Co.) 및 $C_2H_5O_2HgC_6H_5$ (BDH)를 물에 녹여 각각 Hg로서 100 $\mu g/mL$ 저장용액을 만들어 놓고 필요에 따라 희석 또는 분취하는데 이용하였다. 용매 추출용 1%(V/V) Aliquat 336- $CHCl_3$ 용액은 Aliquat 336(Henkel Co.) 10 mL를 $CHCl_3$ (Duksan Co.)에 희석하여 1000 mL로 만들었다.

Hg^{2+} 에 대한 환원제로서는 20% $SnCl_2-HCl$ 를 사용하였는데 40 g의 $SnCl_2$ 에 200 mL의 진한염산을 가하여 서서히 가열 용해하고 Sn 금속입자 한개를 넣어 보관하였다. Hg^{2+} 와 음의 착이온을 형성시키기 위한 리간드시약으로는 KSCN을 사용하였다. 이들 시약은 모두 분석시약급이었고 그외의 시약들도 분석시약급들이었다.

방 법. 무기수은과 유기수은의 용매 추출 무기수은과 유기수은의 양이 Hg로서 1.5 μg 이하가 함유된 시료용액 50 mL(0.03 $\mu gHg/mL$ 이하)를 0.3 M $HCl-0.05$ M $KSCN$ 용액의 조건으로 만들어 100 mL 분액갈매기에 넣는다. 여기에 1%(V/V) Aliquat 336- $CHCl_3$ 10 mL를 넣고 5분간 격렬히 흔들어 추출한다.

무기수은의 정량 위 과정에서 수용액과 유기용액의 상분리가 분명해지면 하부의 유기층을 다른 50 mL 분액갈매기에 받고 3 M $HClO_4$ 10 mL를 넣어 2-3분간 흔들어서 무기수은만을 역추출한다. 그리고 이 수용액 중의 수은을 CVAAS로 정량한다.

유기수은을 정량하기 위해서는 무기수은을 역추출하여 분리한 유기층을 30 mL 시험관에 옮기고 다음 과정을 따른다.

유기수은의 정량 유기용액이 담긴 30 mL 시험관

을 물중탕에서 CHCl_3 용매를 증발시킨다. (CHCl_3 의 b.p. 61.7°C). 증발 찌끼에 4% KMnO_4 -1M H_2SO_4 용액 3-4 mL를 가하고 계속해서 가열하여 유기물을 분해한다. 여기에 물을 가하여 10 mL로 만들고 CVAAS로 수은을 정량한다.

무기수은과 유기수은의 전량 정량 무기수은을 정량하는 3 M HClO_4 에 의한 역추출 과정을 생략하고 유기수은을 정량하는 방법에 따른다.

결과 및 고찰

시료용액의 SCN^- 의 농도. Hg^{2+} 이온과 음의 착이온을 형성할 수 있는 리간드로서는 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CN^- , Cl^- , I^- 등도 있으나 이 실험에서는 SCN^- 을 이용하였다. 그 이유는 $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ 의 안정도가 매우 크다는 사실 외에도 착이온의 색이 분홍색을 띄기 때문에 용매 추출시에 유기상쪽으로 이동하는 현상을 육안으로 관찰이 잘되는 잇점이 있었기 때문이었다.

용매추출에 있어서 최대의 효율에 적합한 SCN^- 의 농도를 정하기 위하여 $1\ \mu\text{g}$ 의 Hg^{2+} 이 함유된 0.3 M HCl 시료용액 50 mL의 KSCN 농도를 0.01 M 부터 0.11 M까지 변화시켜 가면서 1%(V/V) Aliquat 336- CHCl_3 10 mL로 1회 추출한후 3 M HClO_4 10 mL

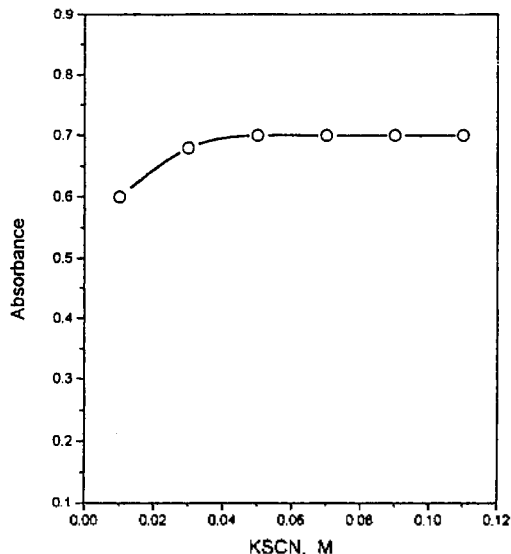
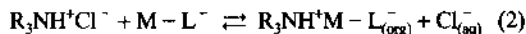
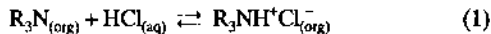


Fig. 1. Effect of SCN^- concentration on the extraction efficiency of inorganic mercury. Aq. soln.: 50 mL of $0.02\ \mu\text{gHg}^{2+}/\text{mL}$, 0.3 M HCl , org. soln.: 10 mL of 1%(V/V) Aliquat 336 - CHCl_3 .

를 사용하여 이 유기상으로부터 무기수은을 역추출하고 CVAAS방법으로 각각을 정량한 결과는 Fig. 1과 같다. 추출율은 측정된 흡광도로 나타내었다. 이 결과에 의하면 SCN^- 농도가 0.04 M 이상에서 일정한 최대값을 나타냈기 때문에 이후의 모든 실험에서는 0.05 M로 고정하였다. SCN^- 대신에 다른 리간드의 사용도 가능할 것으로 생각되었으나 여기서는 실험을 하지 않았다.

시료용액의 HCl 농도. Amberlite LA-1(일반식: $\text{R}_2\text{-NH}$)과 같은 2차 아민이나 Alamine 336(일반식: R_3N)과 같은 3차 아민으로 음의 금속착이온(일반식: M-L^-)을 추출할 경우는 수용액이 산성이어야 한다. 예를들어 HCl 용액에서 3차아민, R_3N 에 의한 금속착이온, M-L 의 추출메카니즘은 다음과 같이 우선 산, HCl 과 반응하고 금속착이온과 교환반응이 일어난다.



그러나 Aliquat 336(일반식: $\text{R}_3\text{R}'\text{N}^+\text{Cl}^-$)은 4차 아민의 염이기 때문에 이미 결합되어있는 Cl^- 이온과 다음 반응식과 같이 직접 교환반응이 일어나므로 반드시 산성용액일 필요는 없다고 생각된다.

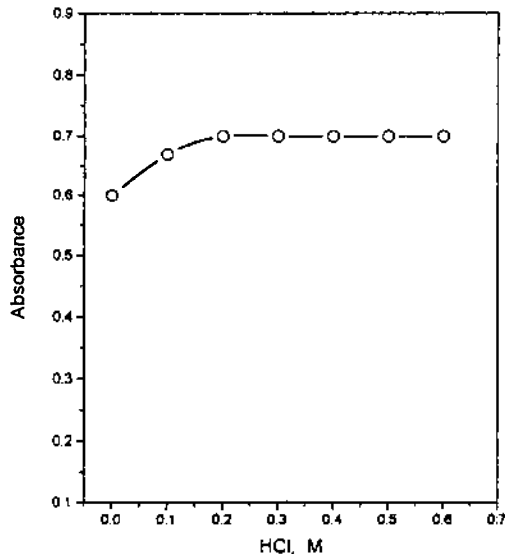
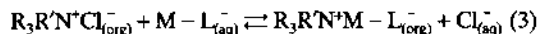


Fig. 2. Effect of acidity on the extraction efficiency of inorganic mercury. Aq. soln.: 50 mL of $0.02\ \mu\text{gHg}^{2+}/\text{mL}$, 0.05 M KSCN , org. soln.: 10 mL of 1%(V/V) Aliquat 336 - CHCl_3 .



그러나 이를 확인하기 위하여 HCl의 농도를 0.6 M 까지 증가 시키면서 추출율을 비교한결과는 Fig. 2 와 같다. 이 결과를 보면 0.1 M HCl 이하의 산농도에서는 추출효율이 다소 낮아지는 경향이 있었으나 그 이상의 산농도에서는 일정한 최대값을 유지하였고 산을 가하지 않은 중성용액에서도 85% 정도의 추출율을 보였다. 여기에서 최대의 추출율을 위하여 낮은 농도나마 산도가 요구되는 이유는 산도가 낮으면 HSCN 보다 SCN⁻의 농도 증가로 인하여 R₃R'N⁺Cl⁻에 대해서 SCN⁻의 Hg(SCN)₄²⁻와의 경쟁반응이 증가하게 되는 효과 때문인 것으로 생각한다. 그래서 이 후의 실험에서는 HCl 농도를 0.3 M로 하여 수용액의 조건을 0.05 M KSCN-0.3 M HCl으로 정하였다.

무기수은의 역추출 무기수은이 SCN⁻와 착이온을 형성하여 유기상에 분배된 형태는 반응식 (3)으로부터 알 수 있는 바와같이 (R₃R'N⁺)₂[Hg(SCN)₄]²⁻이기 때문에 R₃R'N⁺에 친화력이 보다 큰 다른 음이온과 교환반응에 의해서 [Hg(SCN)₄]²⁻을 수용액으로의 역추출이 가능하다. 역추출제로서는 여러가지^{20,21}가 있으며 몇가지를 시험하여 보았으나 HClO₄ 용액을 사용함이 가장 적합하였다. 그래서 HClO₄ 농도를 1 M에서 6 M까지 변화시켜가면서 역추출율을 조사한 결과 2.5 M 이상의 농도에서 일정한 최대의 추출율을 나타내었고 3 M HClO₄ 10 mL로 1회의 역추출로서 정량적인 회수가 가능했다.

Aliquat336-CHCl₃ 농도. 점성(30 °C에서 1450 cps)이 크고 비수용성 액체인 Aliquat 336은 역시 비수용성 유기 용매에 완전히 섞이므로 보통 여러 가지 유기용매에 회석하여 용매추출에 사용된다.²² 여기서는 CHCl₃를 회석제로 이용하였는데 그이유는 용매추출 과정에서 유기상의 비중이 수용액보다 크므로 해서 분액깔대기의 아래부분에 있으면 분리하여 다른용기에 옮기기가 편리할 뿐아니라 유기수은을 정량하기위한 전처리과정에서 용매인 CHCl₃(b.p. 76 °C)만을 증발제거하기가 용이한점 때문이었다.

1 μg의 무기수은이 함유된 50 mL의 0.05 M KSCN-0.3 M HCl로부터 10 mL의 유기용액에 의한 최대의 추출율을 나타내는 CHCl₃에 대한 Aliquat 336의 농도를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 이 실험결과에 의하면 0.6%(V/V)부터 최대치를 보였으나 충분한 농도로

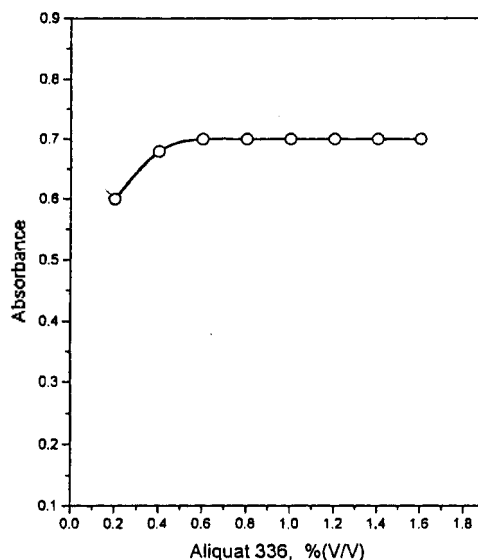


Fig. 3. Effect of Aliquat 336 concentration in CHCl₃ on the extraction efficiency of inorganic mercury. Aq. soln.: 50 mL of 0.02 μgHg²⁺/mL, 0.05 M KSCN - 0.3 M HCl, org. soln.: 10 mL of 1%(V/V) Aliquat 336 - CHCl₃.

서 1%(V/V) Aliquat 336-CHCl₃로 정하였는데 10 mL로 1회추출로서 정량적인 회수가 이루어졌다.

유기수은의 추출 및 분해. 무기수은, Hg²⁺이온은 앞서 언급한 바와같이 Hg(SCN)₄²⁻으로 만들어진 후 Aliquat 336에 분자회합반응으로 유기용액상쪽으로 추출된다고 볼 수 있는 한편 유기수은으로서 여기서 시험한 CH₃HgCl이나 C₂H₃O₂HgC₆H₅ 같은 유기금속물질은 단지 CHCl₃으로 정량적인 추출이 가능하였기 때문에 무기수은의 추출용액 1%(V/V) Aliquat 336-CHCl₃이면 분해가 없었다. 그리고 무기수은을 추출 하는 수용액의 조건 즉 0.05 M KSCN-0.3 M HCl 용액에서도 전혀 방해받지 않았다.

유기수은을 유기용액으로 추출후 CHCl₃ 용매를 증발 제거하면 찌꺼기로 유기수은 화합물과 함께 Aliquat 336이 남아 있기 때문에 산화제로 분해를 하여 무기수은상태의 수용액으로 되어야 CVAAS과정에서 SnCl₂에 의하여 환원반응이 정량적으로 일어난다.

유기물의 분해는, 산화제로서 HCl-HNO₃,²³ HNO₃-H₂SO₄,⁹ 또는 K₂Cr₂O₇-H₂SO₄⁶ 등을 시험하여 보았으나 여기서는 KMnO₄-H₂SO₄ 혼합액⁷이 가장 적합하였다. 그래서 KMnO₄의 농도와 H₂SO₄의 양을 변화시키면서 시험한 결과 4% KMnO₄-1 M H₂SO₄용액

3-4 mL가 적합하였다.

즉, 추출액이 들어있는 시험관을 물중탕에서 유기 용액이 1-2 mL가 될 때까지 CHCl_3 를 증발제거하고 계속가열하면서 용액의 색이 분홍색이 될 때까지 4% KMnO_4 -1 M H_2SO_4 용액을 조금씩 가하였다.

이 용액을 물로 10 mL로 만들고 CVAAS로 수은의 양을 측정하여 유기수은 분으로 계산하였다.

공존이온의 영향. 본 실험에서 수립한 무기수은과 유기수은의 분리정량법에 있어서 시료용액에 공존하는 몇가지 양이온과 음이온에 대하여 그 영향을 시험하였다.

Table 2. Effect of Foreign Ions on Determination of Inorganic and Organic Mercury (1 μg of mercury was taken)

Ions	Amount added (fold as weight)	Absorbance	
		Inorganic	Organic ^(a)
No addition	-	0.72	0.72
Ca(II)	50	0.72	-
	100	0.72	0.70
	500	0.74	0.70
Co(II)	50	0.72	-
	100	0.73	0.70
	500	0.74	0.70
Cu(II)	50	0.70	-
	100	0.72	0.70
	500	0.71	0.71
Fe(III)	50	0.75	-
	100	0.75	0.68
	500	0.76	0.70
Pb(II)	50	0.68	-
	100	0.69	0.70
	500	0.68	0.72
Zn(II)	50	0.73	-
	100	0.75	0.72
	500	0.75	0.73
Sulfate	50	0.70	-
	100	0.68	0.72
	500	0.67	0.74
Nitrate	50	0.71	-
	100	0.70	0.70
	500	0.69	0.69
Phosphate	50	0.72	-
	100	0.73	0.70
	500	0.73	0.70
Oxalate	50	0.73	-
	100	0.73	0.71
	500	0.73	0.70
Acetate	50	0.73	-
	100	0.73	0.68
	500	0.73	0.69
Tartrate	50	0.71	-
	100	0.71	0.70
	500	0.75	0.71
Citrate	50	0.74	-
	100	0.73	0.69
	500	0.75	0.70

^aOrganic mercury: CH_3HgCl .

양이온으로는 Ca^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Pb^{2+} 이고, 음이온으로는 sulfate, nitrate, phosphate, oxalate, acetate, tartrate, citrate 등의 Na염을 각각에 대하여 무게비로서 수은양의 50, 100, 500배의 양씩을 첨가한 후 무기수은과 유기수은의 용매추출 및 정량에 대한 영향을 조사 한결과는 Table 2와 같다.

무기수은에 대하여 Fe^{3+} 와 Zn^{2+} , acetate가 추출율에 대하여 2-3% 증가요인이 되었고, Pb^{2+} 와 sulfate는 2-3%의 감소요인이 되었다. 유기수은에 대하여는 acetate와 citrate가 무기수은에 대한 만큼 추출율 감소의 영향을 주었을 정도였다.

검정곡선. 시료 용액중의 수은의 양이 CVAAS에 의한 흡광도로써 약 1.0이하에 상당하면 Beer의 법칙에 잘따르나 그 이상에서는 Fig. 4에서 알 수 있는 바와같이 다소 벗어나는 현상이었다.

즉 무기수은과 유기수은의 합 또는 각각의 양이 Hg로서 1.5 μg 씩 정도 이하로 함유된 50 mL 시료 용액(0.03 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 보다 낮은 농도일때 정확도가 높은 결과를 얻을수 있을것으로 본다.

무기수은과 유기수은의 합성시료 분석. 이상의 실험에서 수립한 정량법의 적용 여부를 확인하기 위한 실험 결과를 Table 3에 나타내었다. 표준시료 용

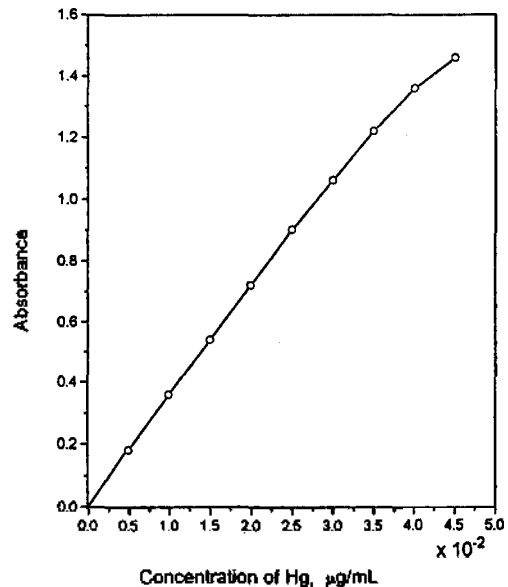


Fig. 4. Calibration curve for mercury determination. Aq. soln.: 50 mL of 0.05 M KSCN - 0.3 M HCl , org. soln.: 10 mL of 1%(V/V) Aliquat 336 - CHCl_3 .

Table 3. Results of Analysis of Synthetic Samples

Sample mixture	Hg taken total (µg as Hg)	Compound used (µg as Hg)			Hg found (µg)	Error (µg)
		Inorganic		Organic		
		HgCl ₂	CH ₃ HgCl	C ₂ H ₃ O ₂ HgC ₆ H ₅		
I	1.00	1.00	0	0	1.05	+0.05
II	1.00	0.75	0.25	0	1.03	+0.03
III	1.00	0.50	0.50	0	1.02	+0.02
IV	1.00	0.25	0.75	0	0.98	-0.02
V	1.00	0.75	0	0.25	1.02	+0.02
VI	1.00	0.50	0	0.50	0.99	-0.01
VII	1.00	0.25	0	0.75	0.96	-0.04
VIII	1.00	0.50	0.25	0.25	1.01	+0.01
IX	1.00	0.25	0.50	0.25	0.96	-0.04
X	1.00	0.25	0.25	0.50	0.97	-0.03
XI	1.00	0	0.50	0.50	0.97	-0.03

액이 없었기 때문에 임의 농도의 수은용액을 혼합하여 합성시료를 만들어 사용하였다. 사용한 화합물은 무기수은으로서는 HgCl₂를, 유기수은으로서는 CH₃-HgCl과 C₆H₅HgC₂H₃O₂를 각각 사용하였다. 취한 무기수은과 유기수은의 50 mL 시료용액중에 함유된 전체량이 Hg로서 1.00 µg이 되도록하였다. 각 화합물의 양을 달리해 가면서 혼합한 시료를 분석한 결과는 절대오차 6%미만을 나타냈다. 이 방법으로 수질중의 무기수은 및 유기수은의 정량에 이용될 수 있으리라고 생각된다.

결 론

수용액중에 용해된 무기수은과 유기수은의 각각 또는 전체량을 CVAAS(cold vapor atomic absorption spectrometry)로 선택정량하는 방법을 수립하였다. 즉 무기수은으로 Hg²⁺이온은 Hg(SCN)₄²⁻ 착이온으로 만든다음 1%(V/V) Aliquat336-CHCl₃로 용매추출하는 과정에서 유기수은은 화합물도 동시에 추출되고 3 M HClO₄로 역추출하면 무기수은만 수용액으로 회수되어 유기수은과 분리정량할 수 있으며 유기수은은 유기용액을 가온하여 CHCl₃를 증발 제거하고 4% KMnO₄-1 M H₂SO₄로 분해한 후 정량할 수 있다. 수은의 전체량의 정량은 역추출과정을 생략하면 된다. 50 mL 수용액중에 Hg로서 1.5 µg 이하의 수은이 함유되었을 경우 수용액의 조건은 0.05 M KSCN-0.3 M HCl이고 정량적인 추출은 10 mL의 1%(V/V) Aliquat 336-CHCl₃로 1회로서 가능하였다. 정량적인 역

추출은 10 mL의 3 M HClO₄로 1회로서 가능하고 유기물의 분해는 4% KMnO₄-1 M H₂SO₄ 3-4 mL가 적당하였다.

이 무기수은과 유기수은의 선택정량방법의 또 다른 장점은 용매추출과정에서 농축을 할 수 있기 때문에 감도를 높이는 효과가 있는 것이다. 이 방법은 수질중의 무기수은 및 유기수은의 정량에 이용될 수 있으리라 생각된다.

인 용 문 헌

1. Nriagu, J. O. *Nature* **1989**, 338, 47.
2. Poluektov, N. S.; Vitkun, R. A. *Zh. Anal. Khim.* **1963**, 18, 33.
3. Poluektov, N. S.; Vitkun, R. A.; Zelyukova, T. V. *J. Anal. Chem.* **1964**, 19, 873.
4. Hatch, W. R.; Ott, W. L. *Anal. Chem.* **1968**, 40, 2085.
5. Baxter, D. C.; Frech, W. *Anal. Chim. Acta* **1990**, 236, 377.
6. Landi, S.; Fagioli, F. *Anal. Chim. Acta* **1994**, 298, 363.
7. Hanna, C. P.; Tyson, J. F. *Anal. Chem.* **1993**, 65, 653.
8. A report by the mercury analysis working party of the bureau international technique du chlore, *Anal. Chim. Acta* **1979**, 109, 209.
9. Adeloju, S. B.; Dhindsa H. S.; Tandon, R. K. *Anal. Chim. Acta* **1994**, 285, 359.
10. Guoand, T.; Baasner, J. *Anal. Chim. Acta* **1993**, 278, 189.

11. Puk, R.; Weber, J. H. *Anal. Chim. Acta* **1994**, *292*, 175.
12. Sazanini, C.; Sacchero, G.; Aceto, M.; Abollino, O.; Mentasti, E. *Anal. Chim. Acta* **1994**, *284*, 661.
13. De, A. K.; Ray, U. S.; Parhi, N. *Indian J. Chem.* **1984**, *23A*, 140.
14. Catrall, R. W.; Daud, H. *J. inorg. nucl. Chem.* **1979**, *41*, 1037.
15. Filippelli, M. *Analyst* **1984**, *109*, 515.
16. Berten, M. P.; Wagstaff, K. *Analyst* **1982**, *107*, 664.
17. Jiang, G.; Ni, Z.; Wang, S.; Han, H.; Fresenius, Z. *Z. Anal. Chem.* **1989**, *334*, 27.
18. Bulska, E.; Baxter, D. C.; Frech, W. *Anal. Chim. Acta* **1991**, *249*, 545.
19. Takunori, K.; Takashi, U.; Akio, Y.; Masatoshi, M. *J. Anal. At. Spectrom.* **1992**, *7*, 15.
20. Preston, J. S. *Separation Science and Technology* **1982-83**, *17*, 1697.
21. Irving, H. M. N. H.; Hapgood, J. *Anal. Chim. Acta* **1980**, *119*, 207.
22. Irving, H. M. N. H.; Al-Jarrah, R. H. *Anal. Chim. Acta* **1973**, *63*, 79.
23. Kuldvere, A. *Analyst* **1990**, *115*, 559.