

원자흡수 분광법에 의한 칼슘분석에서 세륨의 해방효과에 관한 연구

朴基采[†] · 崔熙善 · 權洙漢*

고려대학교 이과대학 화학과

*경상대학교 사범대학 과학교육과

(1984. 5. 9 접수)

Studies on the Releasing Effect of Cerium in Calcium Analysis by Atomic Absorption Spectrometry

Kee-Chae Park[†], Hee-Seon Choi and Soo-Han Kwon*

Department of Chemistry, Korea University, Seoul 132, Korea

*Department of Science education, Kyeong-Sang National

University Jinju 620-00, Korea.

(Received May 9, 1984)

요 약. 공기-아세틸렌 불꽃 원자 흡수분광법으로 칼슘분석을 하는 경우 비교적 방해가 큰 것은 지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬 등 양이온과 황산이온, 바나듐산이온, 규산이온 등 음이온이다. 여기에 해방제로서 세륨을 사용하면 이들 방해효과를 제거할 수 있음을 알게되었다. 칼슘과 같은 농도($3.0 \times 10^{-4}M$)의 이 방해이온들에 의한 방해는 방해이온 농도의 2배의 세륨에 의하여 완전히 해방됨을 보았고 방해 양이온혼합물(지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬), 방해음이온 혼합물(황산이온, 바나듐산이온, 규산이온) 또는 방해양이온 음이온 혼합물의 방해는 각각의 양이온 혹은 음이온에 의한 방해보다 더 큰 방해를 주는데 세륨($1.5 \times 10^{-2}M$)에 의한 해방효과는 방해양이온, 음이온 혼합물의 농도가 각각 $3.0 \times 10^{-3}M$ 까지 증가하여도 거의 변하지 않고 좋았다.

ABSTRACT. In the atomic absorption spectrometry using an air-acetylene flame, the interferences of Zr, Sn, Al, Sb, SO_4^{2-} , VO_3^- , and SiO_3^{2-} , on the calcium absorption and the repression of this interference by the addition of cerium have been studied. The interference by Zr, Sn, Al, Sb, SO_4^{2-} , VO_3^- and SiO_3^{2-} existed as the same concentration as calcium ($3.0 \times 10^{-4}M$) in the sample solution are completely released by the addition of cerium twice as much as interfering cation. The interferences by the mixed interfering cations (Zr, Sn, Al and Sb) and by the mixed interfering anions (SO_4^{2-} , VO_3^- and SiO_3^{2-}) are larger than by each interfering cation and anion, and the releasing effect by cerium ($1.5 \times 10^{-2}M$) is effective up to some degree of the concentration of mixed interfering cations and of mixed interfering anions. The releasing effect by cerium to the mixed solution of interfering cations and anions is applicable to quite wide range of concentration.

서 론

공기-아세틸렌 불꽃원자 흡수분광법으로 분석할 수 있는 원소중에서 칼슘은 가장 많이 취급

되는 원소중의 하나인 동시에 공존하는 다른 원소들에 의하여 비교적 방해를 많이 받는 원소이다. 공기-아세틸렌 불꽃에서 칼슘분석에 방해를 주는 이온은 리튬, 나트륨, 칼륨, 베릴륨, 주석,

안티몬, 크롬, 철, 알루미늄, 티탄, 지르코늄, NO_3^- , I^- , HASO_4^{2-} , TeO_3^{2-} , MoO_4^{2-} , SeO_3^{2-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, SO_3^{2-} , F^- , SO_4^{2-} , WO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , CO_3^{2-} , VO_3^- , SiO_3^{2-} 등이 있다고 밝혀져 있다¹⁻⁸. 이 방해이온들의 방해작용은 공기-아세틸렌 불꽃에서 주로 칼슘과 내화성인 염을 형성하는 것으로 알려져 있다⁹. 이와같은 방해를 제거하는 해방제로서 스트론튬⁸, 란탄⁷, EDTA¹⁰ 등을 이용하는 연구가 많이 이루어졌다. 이중 란탄은 많이 사용하였고 좋은 성과도 얻고 있는 반면 스트론튬⁸만을 이용하면 알루미늄, 티탄, 지르코늄 같은 이온의 방해물을 완전히 해방시키지 못하였기 때문에, 스트론튬에 플루오르화 암모늄과 과염소산³을 함께 사용하면 좋은 결과를 얻었는데 이는 여러가지 화합물을 첨가해야 한다는 복잡성이 있어 그리 좋은 해방제라고는 할 수 없다고 생각한다.

그러므로 본 연구에서는 해방제로서 분석원소인 칼슘과 이온크기가 비슷하고, 방해양이온들의 산화물 및 방해음이온들과의 염의 생성열이 세롭이 칼슘보다 크고 란탄 보다는 세롭이 비교적 쉽게 구할 수 있기 때문에 세롭을 해방제로서 선택하여 칼슘분석에 큰 방해물을 주는 지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬의 양이온들과 황산이온, 바나듐산이온, 규산이온의 음이온의 방해영향을 제거할 것으로 생각되어 실험해 보았다.

실 험

기기 및 시약

실험조건에 결과와 양이온 방해에 대한 결과는 Varian-Techtron 원자흡수분광기 AA175 모델을 사용하여 얻었고 음이온 방해에 대한 결과는 Baird alpha 4 원자흡수분광기를 이용하여 얻었다. 이 실험에 사용된 시약은 Shimakyu, Matheson Coleman and Bell, Merch, Kanto, Junsei, AJAX, Baker 등의 G.R급 및 E.P급 시약을 사용하였다.

표준용액

양이온 방해에 대한 모든 시약은 음이온의 영향을 같이하기 위하여 염화이온을 갖고 있는 시

약을 사용하였고, 음이온 방해에 대한 모든 시약은 양이온의 영향을 같이 하기 위하여 나트륨염을 사용하였다.

칼슘도액은 10^{-2}M 용액을 만들어 폴리에틸렌 병에 보관하여 사용하였고, 지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬, SO_4^{2-} , VO_3^- , SiO_3^{2-} 방해이온 용액은 0.5M 용액으로 만들어 폴리에틸렌 병에 보관하여 사용하였다.

모든 측정용액을 만들때 100ml 메스플타스크를 이용하여 여기에 필요한 양의 각종 물질의 표준용액과 염산을 가하여 2차 증류수로 눈금까지 끓였을 때 산도는 0.05M 이 되도록 만들었다.

기기의 측정조건

칼슘의 흡광도를 측정하는데 가장 센 세기를 나타내는 421.8nm (이론치 422.7nm)의 파장을 선택하고 스펙트럼 퍼나비는 0.5nm 로 택하여 실험하였다. 그리고 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 불꽃속을 지나는 광로의 높이는 버너 위로 부터 9mm 에 고정시키고 Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 산화제로서 공기의 유속을 $7.71/\text{min}$, 연료로서 아세틸렌의 유속을 $1.71/\text{min}$ 로 고정시켜 놓고 실험하였다.

결과 및 고찰

양이온의 방해

(1) 양이온 방해 : 칼슘 흡광도에 방해를 주는 양이온 중에 대표적인 방해 양이온이라고 생각되는 지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬들의 농도를 변화시켜 가면서 일정농도 ($3.0 \times 10^{-4}\text{M}$)의



Fig. 1. The absorbance of calcium $9.0 \times 10^{-5}\text{M}$ at different height of optical axis above burner in 0.05M HCl solution.



Fig. 2. The effect of acetylene flow rate on the absorbance of calcium (9.0×10^{-5} M) in 0.05M HCl solution at constant air flow rate (7.7 l/min).

칼슘 흡광도에 미치는 방해효과를 조사한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 방해양이온이 칼슘농도와 같은 농도가 존재하더라도 칼슘 흡광도에 영향을 미침을 알았고, 칼슘농도의 약 10배 이상의 방해 양이온이 존재하면 칼슘 흡광도는 감소하지만 거의 일정하게 나타남을 보여주고 있다.

이렇게 방해를 주는 이유는 이들 방해 양이온들은 들 분자와 배위결합을 하는데 일반적으로 산소에 대한 친화력이 강하여 불꽃속에서 탈수되면 안정한 음이온상 산화물 중합체를 만들게 된다. 이때 칼슘이온은 이들 산화물 격자사이에 분배되어 전기적으로 중성인 안정한 염을 생성하게 된다. 이리하여 공기-아세틸렌 불꽃에서 칼슘염이 열분해를 잘하지 못하기 때문에 방해 영향을 미친다고 생각된다.

(2) 양이온 방해에 대한 세륨의 해방효과 : Fig. 4는 일정농도 (3.0×10^{-4} M)의 칼슘시료에 방해 양이온(지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬)을 일정농도(각각 3.0×10^{-4} M)가 되도록 가하고 여기에 해방제로서 세륨의 농도를 변화시키면서 가하여 칼슘의 흡광도를 측정된 결과이다. 여기에서 주석과 안티몬에 의한 방해는 세륨이 방해이온 농도와 같은 농도일때도 해방효과를 볼 수 있고 알루미늄이나 지르코늄에 의한 방해는 2배 이상의 세륨을 넣어주면 비로소 해방효과를 보여줌을 알 수 있다. 그러나 전체적으로 볼때 방해이온 농도와 비교하여 세륨의 농도를 2배 이상 넣어주면 해방효과는 거의 완전히 이루어

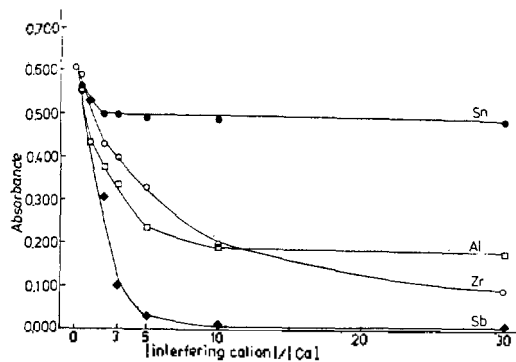


Fig. 3. The effect of various interfering cation concentration on the absorbance (0.610) of calcium (3.0×10^{-4} M) in 0.05M HCl solution.

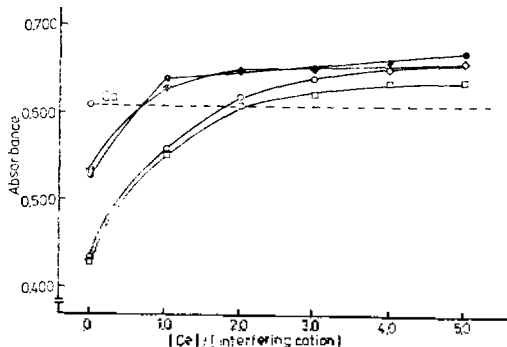


Fig. 4. Recovery of calcium(3.0×10^{-4} M) absorption in the presence of interfering cations(ea. 3.0×10^{-4} M) by the addition of increasing amount of cerium in 0.05M HCl solution. ○:Zr. ●:Sn. □:Al. ◆:Sb.

진다는 것을 알 수 있다. 이렇게 세륨이 해방효과를 주는 이유는 세륨이 방해금속 산화물 격자의 칼슘 자리에 해방제인 세륨이 들어가게 되고 그 대신 칼슘을 해방 시켜 칼슘을 분리해내기 때문이라고 볼 수 있다. 이와같은 현상이 일어나는 것은 이온반지름에 있어서 칼슘이온(99pm)과 세륨이온(103pm)이 비슷하다는 사실과 세륨의 산화물 생성열이 산화칼슘의 생성열보다 더 크다는 사실로 설명할 수 있다.

(3) 양이온 방해에 대한 세륨의 해방효과를 이용한 칼슘 검정선 : Fig. 5에서는 각종 방해 양이온 지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬, 일정량(3.0×10^{-4} M)씩을 포함하는 칼슘의 검정선을 작성해 보았다. 지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티

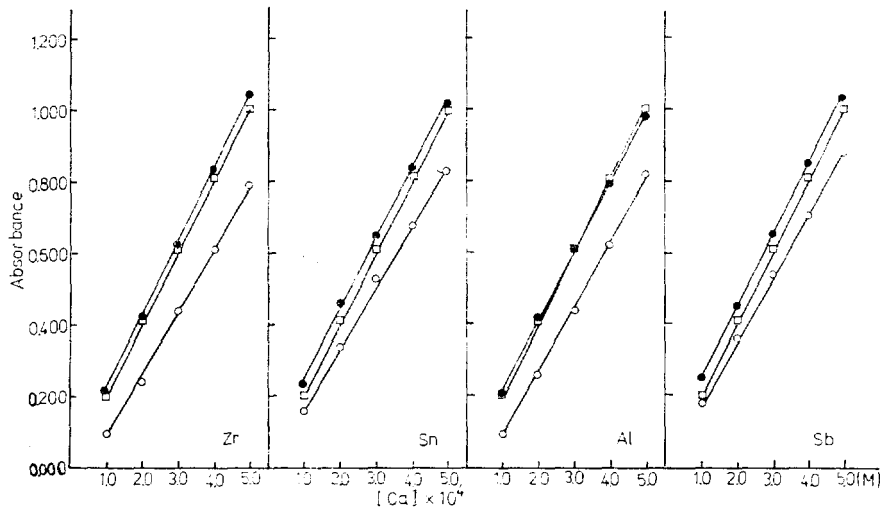


Fig. 5. Calibration curves for calcium showing the deviation by various interfering cations in 0.05M HCl solution. □: calcium only. ○: no cerium as the releasing agent. ●: 6.0×10^{-4} M cerium as the releasing agent.

본이 존재하는 각 용액에서 칼슘의 검정선은 이들 방해 양이온의 영향으로 칼슘 표준용액보다 흡광도가 작게 나타나는 동시에 칼슘자체의 검정선보다 기울기는 작게 나타나는데 해방제 세륨을 가했을 때는 (6.0×10^{-4} M) 칼슘만의 검정선과 기울기가 거의 같고 더 높은 흡광도를 나타내는 검정선을 얻을 수 있었다. 그런데 Fig. 4에서 세륨자체가 칼슘공명선에서 흡광도가 얻어지므로 세륨의 양이 증가함에 따라 흡광도가 조금씩 증가함을 볼 수 있다.

Fig. 6에서는 해방제로서 사용한 세륨자체가 칼슘의 분석파장(421.8nm)에서 다소의 흡광도를 나타내고 농도에 따라 직선적으로 증가함을 보여준다. Fig. 5와 Fig. 6에서 칼슘농도와 세륨농도가 3.0×10^{-4} M씩 증가할때 칼슘 흡광도는 약 0.600정도씩, 세륨은 약 0.005정도씩 각각 증가함을 알 수 있다.

그러나 세륨 자체의 흡광도는 낮을뿐만 아니라 직선적으로 증가하므로 이 방법을 실제 칼슘 분석에 이용할때 시료에 항상 일정량의 세륨을 첨가하는 경우 세륨은 칼슘을 해방시키는 역할을 한다. 반면에 세륨 자체가 작은 흡광도의 증가를 가져오지만 이것은 항상 일정값이기 때문

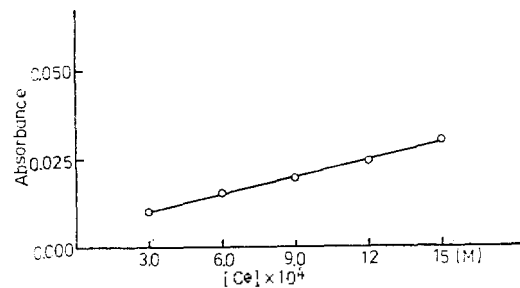


Fig. 6. The absorbance of cerium measured at calcium resonance wavelength (421.8nm) in 0.05M HCl solution.

에 이를 보정하면 실제 분석에는 지장을 주지 않을 것으로 생각한다.

(4) 양이온 방해에 대한 해방제 세륨의 첨가량 결정: Fig. 7에서는 일정농도(3.0×10^{-4} M)의 칼슘과 해방제 세륨이 일정농도(1.5×10^{-2} M) 존재하고 있을때 방해양이온 지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬의 농도를 각각 변화시키면서 칼슘의 흡광도에 얼마만큼 영향을 미치는가를 조사하여 본 결과를 나타내었다. 주석, 알루미늄, 안티몬이 존재할 때는 세륨이 방해 양이온의 약 2배정도만 넣어주면 방해 양이온에 의한 방해는 완전히 해방시키고, 거의 일정한 칼슘 흡광

도가 나타나는 것을 볼 수 있고, 지르코늄에 의한 방해는 방해 양이온의 약 5 배 정도의 세륨을 넣어주어야 완전히 해방시키고 일정한 칼슘 흡광도가 나타나는 것을 볼 수 있다.

(5) 방해 양이온 혼합물의 방해에 대한 세륨의 해방효과와 칼슘검정선 : Fig. 8에서는 네가지 방해 양이온(지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬)의 각농도가 $3.0 \times 10^{-4}M$, $1.5 \times 10^{-3}M$, $3.0 \times 10^{-3}M$ 씩 되도록 혼합하여 칼슘검정선을 그리고 칼슘자체의 검정선과 비교하여, 여기에 해방제로서 일정농도 ($1.5 \times 10^{-2}M$)의 세륨을 가한 경우의 칼슘 검정선과 비교하여 보았다. 방해양이온 혼합물의 농도가 증가함에 따라 칼슘 흡광도가 감소함을 보였고, 기울기도 역시 감소하는 경향을 보였다. 반면 여기에 해방제로서 세륨을 일정농도($1.5 \times 10^{-2}M$)가 되도록 가한 결과 해방효과는 완전하고 양이온 혼합물의 농도가 증가함에도 불구하고 모두 거의 같은 기울기의 칼슘 검정선을 얻을 수 있었다.

음이온의 방해

(1) 음이온 방해 : Fig. 9는 칼슘분석에 대표적인 방해 음이온인 황산이온, 바나듐이온, 규산이온들의 농도를 변화시키면서 일정농도 ($3.0 \times 10^{-4}M$)의 칼슘의 흡광도에 얼마만큼 영향을 주나 알아본 결과이다. 칼슘과 방해음이온이 같은 농도 존재하에서도 칼슘 흡광도에 방해를 준다는 것을 알 수 있다. 황산이온은 칼슘농도의 약 1배, 바나듐이온은 약 10배 규산이온은 약 30배 이상일때 거의 일정한 흡광도를 나타냄을 보여주고 있다. 이렇게 방해를 주는 이유는 방해 음이온과 칼슘이 결합하여 황산칼슘 등으로 존재하는데 황산칼슘의 생성열은 1405KJ/mole, 규산칼슘의 생성열은 1570KJ/mole로서 열적안정성이 비교적 크기때문에 공기-아세틸렌 불꽃과 같은 낮은 온도에서 쉽게 칼슘중성원자를 생성하기가 어렵기 때문이라고 본다.

(2) 음이온 방해에 대한 세륨의 해방효과 : Fig. 10에서는 일정농도($3.0 \times 10^{-4}M$)의 칼슘 용액에 일정농도 ($3.0 \times 10^{-4}M$)의 방해 음이온(황산이온, 바나듐이온, 규산이온)이 존재할때 해방제로서 작용하는 세륨의 농도를 변화시키며

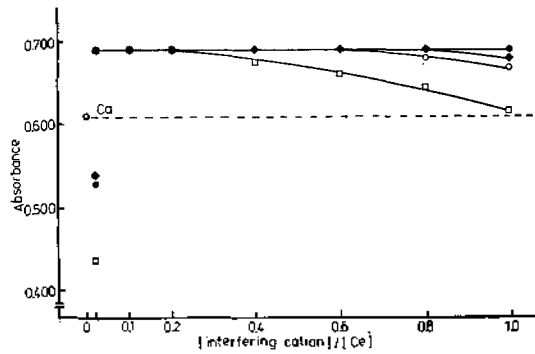


Fig. 7. The effect of various interfering cations on the absorbance (0.610) of calcium ($3.0 \times 10^{-4}M$) in the presence of cerium ($1.5 \times 10^{-2}M$) in 0.05M HCl solution. □:Zr. ●:Sn. ◆:Al. ○:Sb.

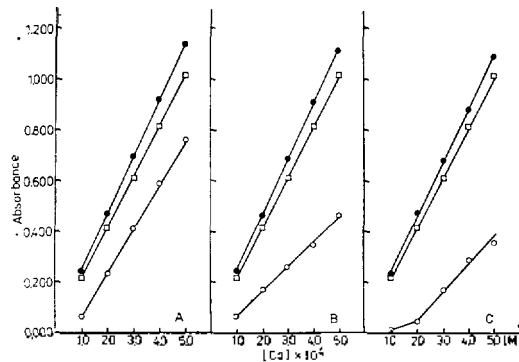


Fig. 8. Calibration curve for calcium showing the deviation from the concentration change of the mixed interfering cations(Zr, Sn, Al, Sb) in 0.05M HCl solution and the releasing effect of cerium. □: calcium only. ○: no cerium as the releasing agent. ●: $1.5 \times 10^{-2}M$ cerium as the releasing agent. A: ea. $3.0 \times 10^{-4}M$. B: ea. $1.5 \times 10^{-3}M$. C: ea. $3.0 \times 10^{-3}M$.

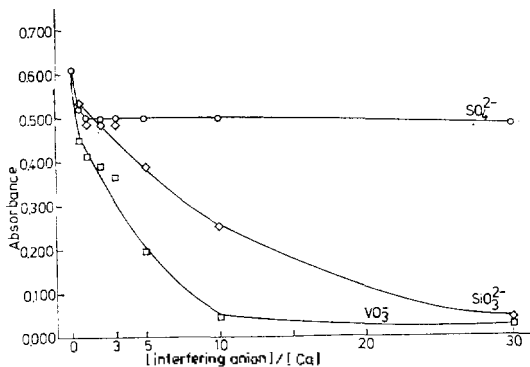


Fig. 9. The effect of various interfering anions on the absorbance (0.610) of calcium ($3.0 \times 10^{-4}M$) in 0.05M HCl solution.

해방효과를 알아본 결과이다. 각 방해 음이온은 해방제 세륨이 방해 음이온의 2배정도 이상이면 해방됨을 알 수 있으나, 칼슘흡광도가 거의 일정하게 나타나는 부분은 4배정도 이상있을 때이다. 이렇게 해방효과를 나타내는 이유는 황산칼슘의 생성열(1405KJ/mole)과 황산세륨의 생성열(3318 KJ/mole)을 비교할 경우 불꽃속에서 황산이온은 칼슘과 결합하기 보다는 오히려 세륨과 결합하기 때문에 칼슘이 자유로와 지기 때문이라고 생각 한다.

(3) 음이온 방해에 대한 세륨의 해방효과를 이영한 칼슘검정선 : Fig. 11에서는 방해 음이온인 황산이온, 바나듐산이온, 규산이온이 각각 일정농도($3.0 \times 10^{-4}M$)로 칼슘용액에 포함되어 있을 때 칼슘의 검정선을 그려보고 이 검정선으로부터 황산이온, 바나듐산이온, 규산이온이 칼슘자체의 검정선에 얼마만큼 영향을 미치나 알아보고 여기에 Fig. 10에서 볼 수 있었던 것과 같이 세륨을 일정농도($6.0 \times 10^{-4}M$)가 되도록 하여 검정선을 그려서 방해효과와 해방제의 해방효과를 비교하여 보았다.

황산이온, 바나듐산이온, 규산이온이 존재할 때는 양이온 방해때와 마찬가지로 칼슘의 검정선은 흡광도가 낮게 나타나고 또 칼슘자체의 검정선보다도 기울기는 작게 나타나지만 직선적인 칼슘검정선을 얻을 수 있었다.

일정농도($6.0 \times 10^{-4}M$)의 세륨의 첨가로 황산이온과 규산이온에 의한 방해는 해방됨을 볼 수 있었고, 바나듐산이온에 의한 방해는 완전히 해방되지는 않았지만 어느정도는 해방된 검정선을 얻을 수 있었다. 방해 음이온의 경우 방해이온도의 2배의 세륨을 넣어주고 얻은 검정선과 칼슘시료에 같은 농도의 세륨을 넣어주어 얻은 검정선과는 차이가 난다는 것을 알았다. 이 이유는 세륨의 량이 방해 음이온에 2배 이상일때 Fig. 10에서 알 수 있듯이 방해 음이온의 방해효과를 완전히 해방시키지 못하였기 때문일 것이다.

(4) 음이온 방해에 대한 해방제로서 작용하는 세륨의 첨가량 결정 : Fig. 12에서는 일정농도($3.0 \times 10^{-4}M$)의 칼슘에 일정 농도($1.5 \times 10^{-2}M$)

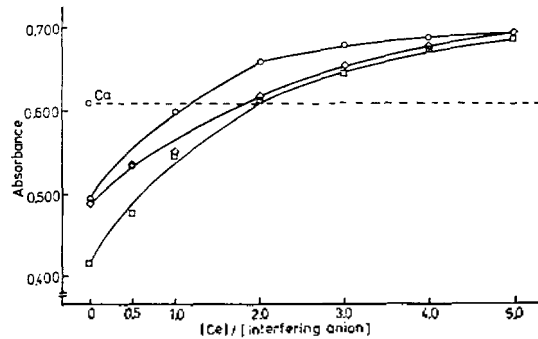


Fig. 10. Recovery of calcium ($3.0 \times 10^{-4}M$) absorption in the presence of interfering anions (ea. $3.0 \times 10^{-4}M$) by the addition of increasing amount of cerium in 0.05M HCl solution. \circ : SO_4^{2-} , \square : VO_3^- , \diamond : SiO_3^{2-} .

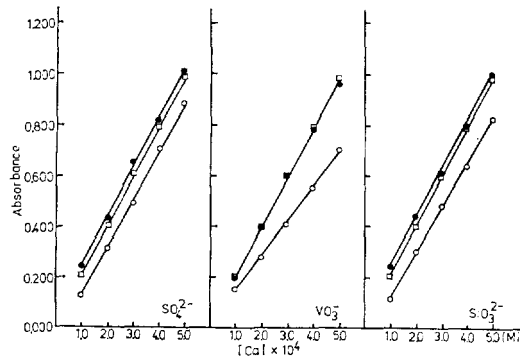


Fig. 11. Calibration curve for calcium showing the deviation from various interfering anions in 0.05M HCl solution and the releasing effect of cerium. \square : calcium only, \circ : no cerium as the releasing agent, \bullet : 6.0×10^{-4} cerium as the releasing agent.

의 해방제인 세륨이 들어있을 경우 방해음이온의 량을 변화시켜 가면서 칼슘의 흡광도의 변화를 조사하여 본 결과이다. 황산이온, 바나듐산이온, 규산이온 모두 세륨이 방해이온의 2배 이상일 경우에 해방효과가 거의 같음을 볼 수 있고 규산이온, 황산이온, 바나듐산이온등 방해 음이온이 세륨의 0.5배이상 존재할 경우에 칼슘 흡광도에 심한 방해를 준다는 것을 알 수 있다. 이때세륨의 농도가 방해 음이온에 2배이상일 경우 거의 일정한 흡광도를 나타내고 이 흡광도는 칼슘자체의 흡광도보다도 크게 나타난다.

(5) 방해음이온 혼합물의 방해에 대한 세륨의

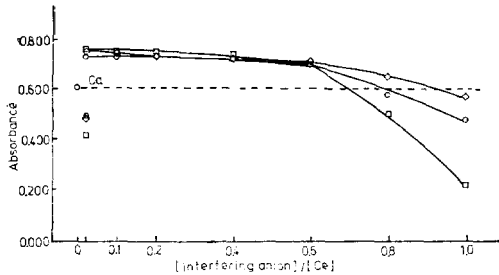


Fig. 12. The effect of various concentration in the interfering anions on the absorbance(0.610) of calcium ($3.0 \times 10^{-4}M$) in the presence of cerium($1.5 \times 10^{-2}M$) in 0.05M HCl solution. \circ : SO_4^{2-} . \square : VO_3^- . \diamond : SiO_3^{2-} .

해방효과를 이용한 칼슘검정선: Fig. 13에서는 세가지 방해음이온(황산이온, 바나듐산이온, 규산이온)의 각농도가 $3.0 \times 10^{-4}M$, $1.5 \times 10^{-3}M$, $3.0 \times 10^{-3}M$ 씩 되도록 혼합하여 칼슘의 검정선을 그리보고 칼슘자체의 검정선과 비교하여 보았고, 여기에 해방제로서 일정농도($1.5 \times 10^{-2}M$)의 세륨을 가하여 방해음이온 혼합물 존재시 칼슘검정선과 비교하여 본 결과이다. 각각의 방해음이온 혼합물의 농도가 증가함에 따라 칼슘흡광도가 점점 감소함을 보여주었고 기울기도 감소하는 경향성을 보여주나 직선적인 칼슘검정선을 얻을 수 있었다.

반면 여기에 해방제로서 세륨을 일정농도($1.5 \times 10^{-2}M$)가 되도록 하고 실험한 결과 방해효과는 완전히 해방되고 방해음이온 혼합물의 농도가 변하더라도 거의 같은 검정선을 볼 수 있다.

(6) 방해양이온과 음이온 혼합물에 대한 세륨의 해방효과를 이용한 칼슘검정선: Fig. 14에서는 일곱가지 방해 양이온과 음이온(지르코늄, 주석, 알루미늄, 안티몬, 황산이온, 바나듐산이온, 규산이온)의 각 농도 $3.0 \times 10^{-4}M$, $1.5 \times 10^{-3}M$, $3.0 \times 10^{-3}M$ 씩 되도록 혼합하여 칼슘검정선을 그리고, 칼슘자체의 검정선과 비교하여 보았고, 여기에 해방제로서 일정농도($1.5 \times 10^{-2}M$)의 세륨을 가하여 방해 양이온과 음이온 혼합물 존재시 칼슘의 검정선과 비교하여 본 결과이다. 각각의 방해 양이온과 음이온 혼합물의 농도가 증가함에 따라 칼슘 흡광도가 점점 감소함을 보여주었고, 직선적인 칼슘검정선은 얻을 수 없었다.

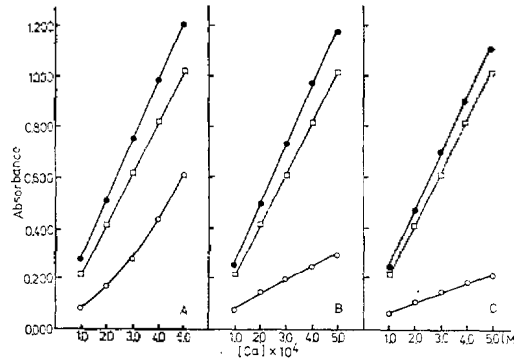


Fig. 13. Calibration curve for calcium showing the deviation from the concentration change of the mixed interfering anions (SO_4^{2-} , VO_3^- , SiO_3^{2-}) in 0.05M HCl solution and the releasing effect of cerium. \square : calcium only. \circ : no cerium as the releasing agent. \bullet : $1.5 \times 10^{-2}M$ cerium as the releasing agent. A: ea. $3.0 \times 10^{-4}M$. B: ea. $1.5 \times 10^{-3}M$. C: ea. $3.0 \times 10^{-3}M$.

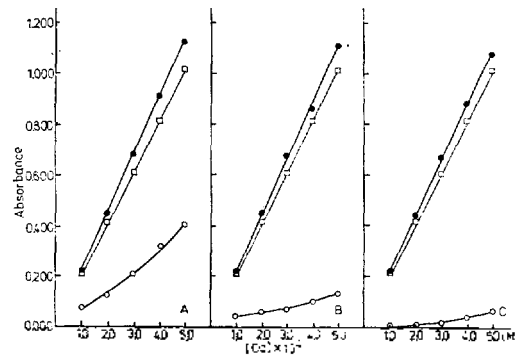


Fig. 14. Calibration curve for calcium showing the deviation from the concentration change of the mixed interfering cations and anions (Zr , Sn , Al , Sb , SO_4^{2-} , VO_3^- and SiO_3^{2-}) in 0.05M HCl solution and the releasing effect of cerium. \square : calcium only. \circ : no cerium as the releasing agent. \bullet : $1.5 \times 10^{-2}M$ cerium as the releasing agent. A: ea. $3.0 \times 10^{-4}M$. B: ea. $1.5 \times 10^{-3}M$. C: ea. $3.0 \times 10^{-3}M$.

여기에 해방제로서 세륨을 일정농도($1.5 \times 10^{-2}M$) 넣었을 경우 방해효과는 완전히 해방되고 방해양이온과 음이온 혼합물의 농도가 증가해도 거의 같은 칼슘검정선을 얻을 수 있었다.

인용문헌

1. J. Y. Hwang and L. M. Sandonato, *Anal. Chim. Acta*, **48**, 188(1969).

2. Bruno Smets, *Analyst*, **105**, 482 (1980).
3. T. V. Ramakrishna, J. W. Robinson and P. W. West, *Anal. Chem. Acta*, **36**, 57(1966).
4. C. Rocchiccioli and A. Townshend, *Anal. Chim. Acta*, **41**, 93(1968).
5. R. A. Mostyn, B. T. N. Neland and W. E. Hearn, *Anal. Chim. Acta*, **51**, 520(1970).
6. Ivan Janousek and Miroslav Malat, *Anal. Chim. Acta*, **58**, 448(1972).
7. J. Yofe and R. Finkelstein, *Anal. Chim. Acta*, **19**, 116(1958).
8. T. V. Ramakrishna, P. W. West, and J. W. Robinson, *Anal. Chim. Acta*, **40**, 347(1968).
9. V. S. Sastri, C. L. Chakrabarti and D. E. Willis, *Talanta*, **16**, 1093(1969).
10. A. C. West and W. D. Cooke, *Anal. Chem.*, **32**, 1471 (1960).