

흐름주입분석법에 의한 음용수 중 알루미늄 이온의 분광광도법 정량

崔鎔旭* · 陳在榮†

*전주대학교 화학신소재학과

†고창중학교

(2000. 5. 15 접수)

Spectrophotometric Determination of Aluminium Ion in Drinking Water by Flow Injection Analysis

Yong-Wook Choi* and Jae-Young Jin†

*Department of Chemistry and Advanced Materials, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

†Gochang Middle School, Jungeub 585-800, Korea

(Received May 15, 2000)

요 약. 흐름 주입 분석법에 의한 알루미늄 이온의 최적 분석 조건을 확립하였다. Eriochrome Cyanine R(ECR) 염료는 pH 6.0에서 알루미늄과 반응하여 535 nm에서 최대 흡광도를 갖는 착화합물을 형성한다. 이 반응을 흐름 주입 분석법으로 도입하기 위해 혼합 및 반응 코일의 길이, 아세트산 완충용액의 농도 및 pH, 온도, 시료 주입 부피를 포함한 반응 조건을 최적화 하였다. 그 결과 혼합 및 반응코일의 길이는 각각 0.5 m와 4 m, 아세트산 완충용액의 pH와 농도는 각각 6.0 및 1M, ECR의 농도는 0.56 mM, 반응온도는 40 °C, 시료 주입량은 300 μ L, 최대흡수 파장은 535 nm이었다. 이러한 조건하에서 알루미늄 이온의 검출 한계는 0.05 mg/L 이하이었고, 반복성은 1%이하로 우수하였다. 시료 측정 주기는 시간당 24회 주입이 가능하였다. 또한 F, HPO_4^{2-} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} 이온 및 기타 음이온류의 공존시 방해 현상을 알아본 결과 1,000 mg/L까지는 방해를 일으키지 않았고 SO_4^{2-} 이온은 2,000 mg/L까지도 거의 방해를 일으키지 않았다. 또한 이 방법을 이용하여 전주 및 고창 지역의 상수 및 지하수 중 알루미늄의 농도를 분석한 결과 전주 지역 상수 중에는 평균 0.478 mg/L, 고창지역 상수 중에는 0.278 mg/L로서 전주 지역이 높게 나타났고, 지하수는 전주지역이 0.386 mg/L, 고창지역이 0.564 mg/L로서 전주지역이 더 낮게 나타났다.

ABSTRACT. Optimum analytical conditions of the aluminium ion were established by flow injection analysis. Eriochrome Cyanine R(ECR) dye reacts with the aluminium ion at pH 6.0 to form a complex that exhibits maximum absorption at 535 nm. Reaction conditions including the mixing and the reaction coil length, the concentration and the pH of the buffer solution, temperature, and injection loop volume were optimized to introduce this reaction into flow injection analysis. The results were as follows. A mixing coil length of 0.5 m and a reaction coil length of 4.0 m, the pH 6.0 and 1M of acetate buffer solution, the ECR concentration of 0.56 mM, the reaction temperature of 40°C, the injection loop volume of 300 μ L were chosen as optimum conditions. Under these conditions the detection limit of the aluminium ion was less than 0.05 mg/L and the repeatability was better than 1%. A sampling frequency of 24 times for an hour was achieved. Interfering ions such as F, HPO_4^{2-} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , and other anions were tested, interference did not occur up to 1,000 mg/L of ion concentration and up to 2,000 mg/L of sulfate ion concentration. This method was applied for the determination of aluminium ion in tap water and ground water of Jeonju and the Gochang area. The results showed that the aluminium residual in tap water of the Jeonju area was at a mean of 0.478 mg/L and that in tap water of the Gochang area was at a mean of 0.278 mg/L. Aluminium ion residual of the tap waters in the Jeonju area was higher level than that in the Gochang area. Aluminium residual in the ground water of the Jeonju area was 0.386 mg/L and was lower compared to 0.564 mg/L for the Gochang area.

서 론

환경 중에 존재하는 알루미늄은 생물체에서 뇌 질환(encephalopathy), Osteomalacy 및 Osteodistropy, 빈혈(anaemia), 내장기관 증후군(gastrointestinal symptoms), 잠재성 심장독성(possible cardiotoxicity)과 관련이 깊은 것으로 알려져 있다.¹ 또한 알츠하이머병(Alzheimer's disease)이라고 하는 악성 노인성 치매의 한 원인이 되며, 고등동물 신경원에 신경원 섬유 변성을 야기시키며, 신장 투석 환자의 투석액에 알루미늄 농도가 0.8 mg/L 이상 함유되면 치매가 유발되는 것으로 밝혀졌다.^{2,4}

환경 생태계에서 고농도의 알루미늄은 산성 토양에서 식물 성장을 억제하여 곡물의 수확량을 낮추며, 산성비로 인하여 토양에서 용출된 알루미늄은 지표수로 흘러들어 수중 생물상이나 어종의 개체군에 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다.⁵ 또한 정수 처리 과정에서 콜로이드 성분을 침전시키기 위한 응집 처리 공정에서 사용되는 응집제로서 황산 알루미늄(alum)나 폴리 염화 알루미늄(PAC) 또는 폴리 염화 규산 알루미늄(PACS)이 사용되는데 이때 인위적으로 잔류 알루미늄의 농도가 증가하게 된다. 따라서 미국 EPA에서는 0.05 mg/L, WHO에서는 0.2 mg/L, 유럽 공동체에서는 0.05 mg/L(최고 허용 농도 0.20 mg/L), 우리나라에서는 0.2 mg/L을 음용수 수질 권고 기준으로 정하고 있다.^{6,9}

알루미늄을 분석하기 위한 방법은 여러 가지가 있다. 분광학적 방법은 ppb 수준까지 측정할 정도로 검출 한계가 낮지 않고, 플루오르화 이온이나 인산염에 의한 방해가 있다.¹⁰ 불꽃 원자 흡수 분광광도법(flame AAS)은 이러한 이온들의 방해는 적으나 아세트렌-공기 불꽃에서 알루미늄이 열에 안정된 산화물을 형성하여 원자화 효율이 낮아진다.¹¹ 전열 원자화 원자 흡수 분광 광도법(ET-AAS)은 검출 한계가 낮으나 재현성에 문제가 있으며, 해수 중 알루미늄을 측정하려면 고농도의 염에 의한 방해로 직접 측정하기가 곤란하다.¹² 유도 결합 플라즈마-원자 방출 분광 광도법(ICP-AES)은 어느 정도의 감도를 나타낼 수 있으나 고가 장비이고 분석 단가 및 유지비가 비교적 높은 단점이 있다.¹³

알루미늄을 유기 킬레이트제와 착화합물을 형성시켜 분광 형광 광도법으로 측정할 수 있다. 이런 목적으로 사용되는 킬레이트제로는 morin,¹⁴ flavonals,¹⁴ 8-hydro-

xyquinoline-5-sulfonic acid,¹⁵ lumogallion,¹⁶ 3-hydroxy-pyridine-2-aldehyde-2-pyridylhydrazone,¹⁷ salicylaldehyde-carbohydrazone(SACH)¹⁸ 등이 있다. Chester 등은 cetyltrimethyl ammonium bromide(CTAB)의 존재 하에서 알루미늄과 catechol violet과의 착화합물을 670 nm에서 분광 광도법으로 측정하였고, 대부분의 방해 이온들은 EDTA를 첨가하여 가리움(masking)하였다.¹⁹ Standard method에서는 pyrocatechol violet(PCV)과 알루미늄과의 착물 형성을 이용하여 흐름 주입 분석법으로 7 µg/L까지의 검출 한계를 나타내는 알루미늄 분석법과 Eriochrome Cyanine R(ECR)을 알루미늄과 착물을 형성시켜 분광 광도법으로 측정하여 6 µg/L의 검출 한계를 나타내는 방법이 보고되어 있으나 흐름 주입 분석법에 의한 알루미늄-ECR 착화합물을 분광광도법으로 측정하는 방법은 보고되어 있지 않다.¹⁰ 따라서 본 연구에서는 흐름 주입 장치를 직접 구성하여 알루미늄-ECR 착화합물간의 최대 흡광도를 나타내는 실험 조건을 구하여 환경 시료의 분석 자동화에 대한 유용한 정보를 제공하고자 하였고, 이 방법을 환경 시료 측정에 이용하였다.

실 험

기기 및 시약, 본 연구에서 사용한 연동 펌프는 Gilson사 제품의 Minipuls 3로서 8-roller/4-channel로 구성된 것이며, UV-VIS검출기는 Shimadzu사 제품의 (SP-10AV)모델을 사용하였다. pH미터는 Coming사 제품의 모델 Ion Analyzer 255, 시약의 평량은 Shimadzu사 제품의 모델 Libror AEG-200을 사용하였다.

본 실험에서 표준 시료로 사용한 stock aluminum solution(995ppm)은 Aldrich사 제품으로 물에 희석하여 사용하였으며, 완충용액은 Aldrich사 제품의 아세트산 나트륨(NaC₂H₃O₂ · 3H₂O)을 물에 녹여 아세트산으로 pH 4에서 8까지 조절한 용액을 Branson사의 초음파 진동기로 10분간 진동시켜서 기포를 제거한 후 사용하였다. Eriochrome Cyanine R(ECR)은 Aldrich사 제품이었고, pH를 9에서 2.9까지 조절하기 위하여 아세트산을 사용하였다.¹⁰ 실험에 사용한 물은 1차 증류한 물을 이온교환 수지를 통과시켜, 이온을 제거한 탈염수(Deionized water;DI)를 초순수 제조장치(Milli-Q, MILLIPORE)에 다시 한번 통과시킨(비저항 18.3MΩ) 물을 사용하였다. 전주 및 고창지역의 수도수 및 지하

수는 1999년 2월 채수하였으며, 잔류염소 제거를 위해 폴리에틸렌 300 mL 용기에 채수하고 염화암모늄 0.03 g 을 첨가하여 4 °C에 냉장 보관하였다가 측정하였다.

실험방법. ECR, 완충용액, 증류수는 연동펌프를 통해 펄스 없는 균일한 흐름을 유지한다. 표준용액 및 시료용액 일정량을 시료 주입구를 통해 주입하여, 완충용액과 T-union에서 혼합시켜, 테프론(PTFE관, 0.5mm I.D. × 1/16inch O.D) 재질로 된 혼합코일(R₁)에서 pH를 조절한다. 이어서 ECR과 T-union에서 혼합되어 반응코일(R₂)로 이동하면서 알루미늄 이온이 ECR과 반응한다. 발생된 알루미늄은 535 nm파장에서 UV-VIS검출기로 검출되고 적분계(형인 D520B)에서 봉우리 높이와 봉우리 면적을 계산하였다. 본 실험에서 사용한

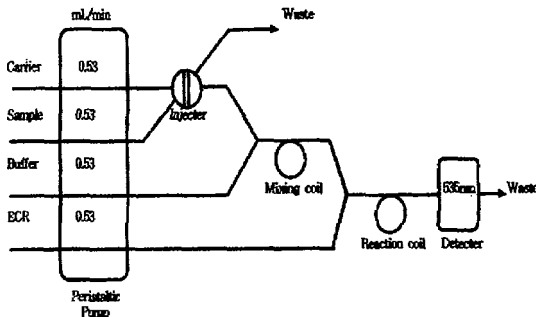


Fig. 1. Flow injection manifold for determining aluminium ion.

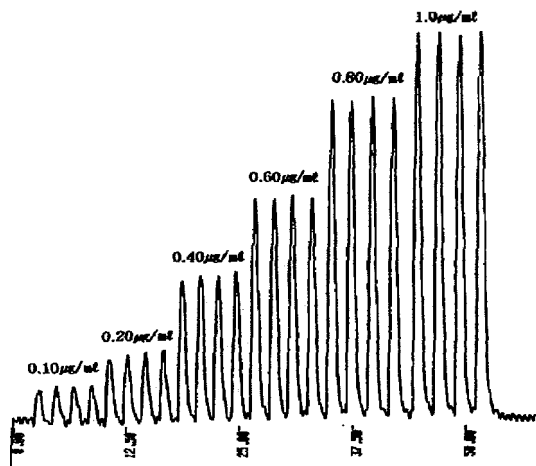


Fig. 2. Repeatability of Al-ECR complex by using FIA. Conditions: mixing and reaction coil length, 0.5 m and 4.0 m; pH 6.0 and 1M of acetate buffer; concentration of ECR, 0.56 mM; reaction temperature, 40 °C; injection loop size, 300 µL; detection wavelength, 535 nm.

FIA장치를 Fig. 1에 도식적으로 나타내었다. 또한 Fig. 2에서는 알루미늄의 농도 변화에 따른 FIA시스템의 반복성(repeatability)을 나타내었다. 채수한 시료는 0.5 µm 막필터에 통과시켜 시료 고리에 충전하여 주입하였다.

결과 및 고찰

반응 몰비. 알루미늄과 Eriochrome Cyanine R (ECR) 간의 반응 몰비를 알아보기 위해 알루미늄의 농도를 일정하게 유지한 채 ECR의 몰비를 1:1에서 1:4 까지 변화를 주어 Al-ECR 간의 흡광도를 535 nm에서 조사하였다. 그 결과 Al/ECR의 반응 몰비가 1:1에서 1:3까지는 흡광도가 직선적으로 증가하다가 1:4에서 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 두자리 리간드인 ECR이 3몰 작용하여 알루미늄 중심이온과 정팔면체의 킬레이트를 이루기 때문이고, 그 이후에는 농도 희석 효과로 인해 흡광도가 감소된 것이라 사료된다.

혼합코일 길이. 흐름 주입 분석법에 의한 알루미늄 이온 분석을 위한 최적 혼합코일의 길이를 알아보기 위해 아세트산 완충용액과 혼합되는 혼합코일의 길이를 0.3 m에서 3.0 m 까지 변화시키면서 UV-VIS 검출기의 감도 변화를 관찰하였다. 혼합코일의 길이가 증가함에 따라 알루미늄-ECR간의 착화합물의 봉우리 감도 변화는 크게 나타나지 않았으나 0.5 m일 때 약간 큰 값을 나타내었고, 측정 시간을 고려하여 이것을 혼합코일의 최적 길이로 결정하였다(Fig. 3).

반응코일 길이. 혼합코일의 길이를 0.5 m로 유지한

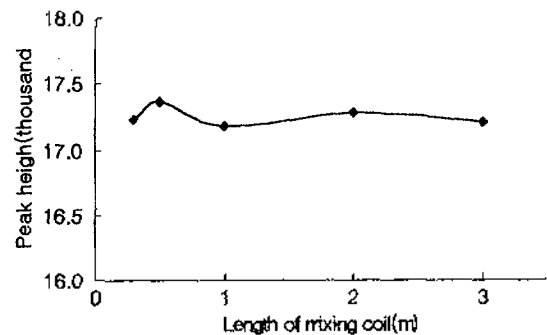


Fig. 3. Aluminium-ECR sensitivity as a function of length of mixing coil. Conditions: reaction coil length, 1.0 m; pH 6.0 and 1M of acetate buffer; concentration of ECR, 0.56 mM; reaction temperature, room temperature; injection loop size, 300 µL; detection wavelength, 535 nm.

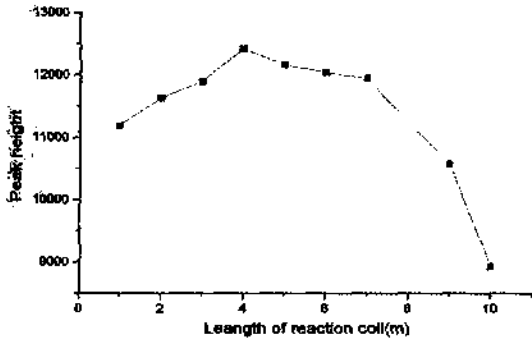


Fig. 4. Aluminium-ECR sensitivity as a function of length of reaction coil. Conditions:mixing coil length, 0.5 m; pH 6.0 and 1M of acetate buffer; concentration of ECR, 0.56 mM; reaction temperature, room temperature; injection loop size, 300 μ L; detection wavelength, 535 nm.

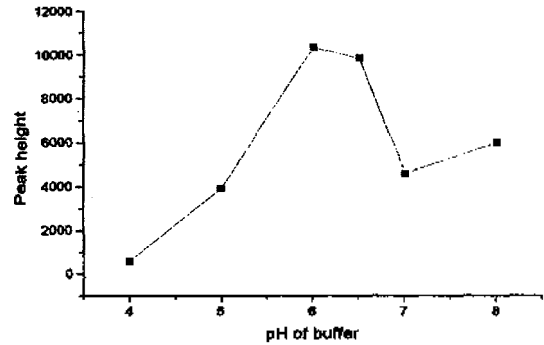


Fig. 5. Aluminium-ECR sensitivity as a function of pH of buffer. Conditions:mixing and reaction coil length, 0.5m and 4.0 m;1M of acetate buffer; concentration of ECR, 0.56 mM; reaction temperature, room temperature; injection loop size, 300 μ L; detection wavelength, 535nm.

채 ECR이 혼합되는 반응코일 길이에 따른 알루미늄-ECR의 최대 흡광도를 알아보기 위해 반응코일을 1~10m 까지 변화시켰다. Fig. 4에서와 같이 1m에서 4m 까지 봉우리 높이가 증가하였고 4m를 지나면서 서서히 감소하는 경향을 나타내었기 때문에 본 연구에서는 4m를 최적 반응코일 길이로 결정하였다. 4m 이상부터는 Al-ECR간의 세로화산 효과가 더욱 중대되어 오히려 희석되었기 때문인 것이라 생각된다.

완충용액의 pH. 흐름 주입 분석법(FIA)에서 혼합 및 반응코일의 길이를 각각 0.5m 와 4m로 고정시키고 완충용액의 pH에 따른 알루미늄-ECR 간의 검출 감도를 조사하였다. 완충용액의 종류로는 아세트산염 완충용액을 사용하였다. 예비 실험 결과 인산염 완충용액은 알루미늄 이온과 반응하여 전혀 봉우리가 나타나지 않았고 탄산염 완충용액은 pH 7.0이하로 맞추기 위해 염산을 첨가하였더니 이산화탄소 기체가 기포로 되어 생성되었다. 따라서 완충용액의 종류는 아세트산염 완충용액으로 결정하였다. 완충용액의 최적 pH를 알아보기 위해 pH를 4.0에서 8.0까지 변화시키면서 Al-ECR 간 UV 검출기의 검출감도를 조사하였다. pH가 증가함에 따라 검출감도가 증가하였고 pH 6.0에서 가장 높은 감도를 나타내었으며, pH 7.0까지 감소하다가 pH 8.0에서 다시 감도가 향상되는 경향을 나타내었다(Fig. 5). 따라서 본 연구에서는 Al-ECR 간 아세트산염 완충용액으로 pH 6.0이 최적임을 알 수 있었다. 이런 결과는 Standard method에서 UV-VIS 분광 광도법으로 측정할 때 제시한 pH 수준과 거의 같은 pH이었다.

완충용액의 농도. 혼합 및 반응코일의 길이를 각각 0.5 m와 4 m, 완충용액 pH 6에 고정시키고 아세트산염 완충용액의 농도에 따른 Al-ECR 간의 검출 감도 변화를 조사하였다. Fig. 6에 도식으로 나타낸 바와 같이 아세트산염 완충용액의 농도를 0.2M에서 1.5M까지 변화시켰을 때 완충용액의 농도가 증가함에 따라 감도도 증가하는 경향을 나타내었다. 농도가 1M에서 가장 높은 감도를 나타내었고 더 이상 농도가 진할수록 오히려 감도가 감소하였다. 이것은 용액중 이온세가 증가함에 따라 Al-ECR의 용해도가 감소되었기 때문인 것이라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 아세트산염 완충용액의 최적 농도를 1M로 고정하여 사용하였다.

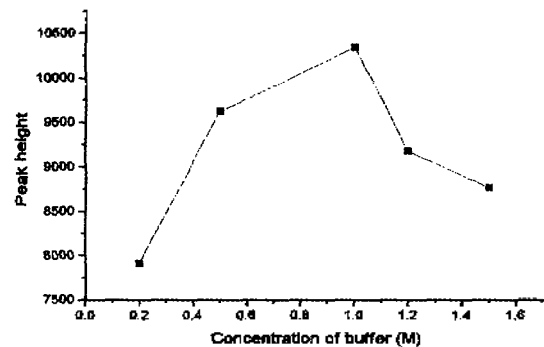


Fig. 6. Aluminium-ECR sensitivity as a function of concentration of buffer. Conditions:mixing and reaction coil length, 0.5 m and 4.0 m; pH 6 of acetate buffer; concentration of ECR, 0.56 mM; reaction temperature, room temperature; injection loop size, 300 μ L; detection wavelength, 535 nm.

ECR의 농도, 혼합 및 반응코일의 길이를 각각 0.5 m와 4 m, 완충용액 pH 6, 완충용액의 농도 1M에 고정시키고 ECR의 농도에 따른 Al-ECR 간의 UV 감도변화를 조사하였다. Fig. 7에서와 같이 ECR의 농도를 0.3 mM에서 0.7 mM까지 변화시켰다. ECR의 농도가 증가함에 따라 0.5 mM 정도까지 UV 감도가 계속 증가하다가 0.56 mM에서 최대 감도를 나타내었고 0.7 mM까지 거의 일정한 값을 나타내었기 때문에 본 연구에서는 0.56 mM을 최적 ECR의 농도로 결정하였다. ECR을 일단 제조하면 24시간을 경과하지 않았다. ECR은 시간에 따라 UV 감도가 감소하는 경향이 비교적 크게 나타나기 때문에 가끔적 소량 제조하여 자주 교체하여 사용하였다.

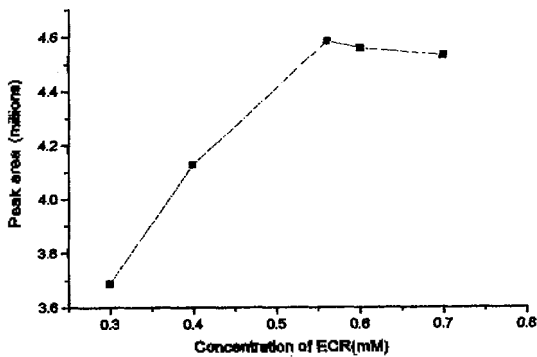


Fig. 7. Aluminium-ECR sensitivity as a function of concentration of ECR. Conditions: mixing and reaction coil length, 0.5 m and 4.0 m; pH 6 and 1M of acetate buffer; reaction temperature, room temperature; injection loop size, 300 μ L; detection wavelength, 535 nm.

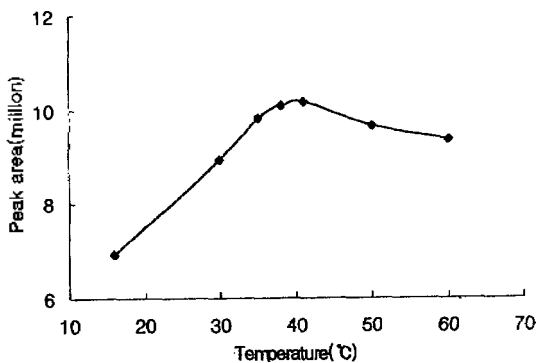


Fig. 8. Aluminium-ECR sensitivity as a function of temperature. Conditions: mixing and reaction coil length, 0.5 m and 4.0 m; pH 6 and 1M of acetate buffer; concentration of ECR, 0.56 mM; injection loop size, 300 μ L; detection wavelength, 535 nm.

반응 온도. 혼합 및 반응코일의 길이를 각각 0.5 m와 4 m, 완충용액 pH 6, 완충용액의 농도 1M, ECR의 농도를 0.56 mM로 고정시켜 온도변화에 따른 Al-ECR 간의 감도 변화를 알아보기 위해 항온조의 온도를 16°C에서 60°C까지 변화시켰다. Fig. 8에 나타낸 바와 같이 온도를 증가시키기에 따라 35°C까지 점점 증가하는 경향을 나타내었고 41°C까지 거의 일정한 감도를 나타내다가 온도가 더 높아지면 다시 완만하게 감소하였다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄-ECR 간의 최적 온도 범위를 35°C에서 40°C로 고정하여 모든 실험을 수행하였다.

시료 주입량. 혼합 및 반응코일의 길이를 각각 0.5 m와 4 m, 완충용액 pH 6, 완충용액의 농도 1M, ECR의 농도를 0.56 mM, 반응 온도 40°C로 고정시켜 시료 주입량에 따른 Al-ECR 간의 UV 감도 변화를 알아보기 위해 시료 주입 고리 부피를 50 μ L에서 400 μ L까지 증가시키면서 봉우리의 감도를 조사하였다. 시료 주입 부피가 증가할수록 300 μ L까지 계속 증가하는 경향을 나타내었으며, 그 이상부터는 거의 일정한 값을 보여주고 있다. 이와 같은 경향을 Fig. 9에 나타내었다. 이때 봉우리 높이 대신 봉우리 넓이로 나타내 보면 400 μ L 이상까지 계속 증가하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 300 μ L 이상부터는 봉우리 높이는 더 이상 증가하지 않지만 봉우리 넓이는 계속 증가하기 때문에 측정시간이 너무 길어지는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 300 μ L을 최적 시료 주입 고리로 고정하여 사용하였다.

검정곡선. 혼합코일 및 반응코일의 길이는 각각

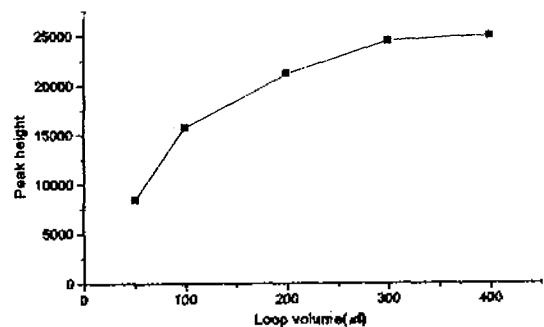


Fig. 9. Aluminium-ECR sensitivity as a function of injection loop volume. Conditions: mixing and reaction coil length, 0.5 m and 4.0 m; pH 6 and 1M of acetate buffer; concentration of ECR, 0.56 mM; reaction temperature, 40°C; detection wavelength, 535 nm.

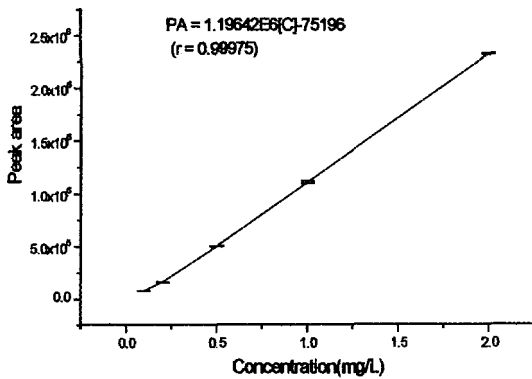


Fig. 10. Calibration curve of ECR-Al complex by using FIA. Conditions: All conditions are the same as in Fig. 2.

0.5 m와 4 m, 아세트산염 완충용액의 pH 및 농도는 6.0과 1.0M, ECR 농도는 0.56 mM, 반응온도는 40 °C, 시료주입 부피는 300 μ L, 검출파장은 535 nm에 고정시키고 흐름 주입 분석법으로 Al-ECR 간의 검정곡선을 작성하였다. 알루미늄의 농도를 0.1 mg/L에서 2 mg/L까지 변화시키면서 UV 감도변화를 알아본 결과 Fig. 10에 나타난 바와 같이 상관계수 $r=0.9998$ 인 검정곡선을 얻을 수 있었다. 이때 직선의 방정식은 다음과 같았다.

$$PA = 1.19642 \times 10^6 [C] - 75196 \quad (r = 0.9998, n = 6)$$

여기서 PA는 봉우리 면적이고, [C]는 알루미늄의 ppm농도를 의미한다.

방해이온 조사. FIA의 가장 큰 단점 중의 하나는 방해이온 또는 방해물질을 제거할 수 없을 때는 오차가 크게 발생한다는 것이다. 따라서 이것을 제거하는 방법이 중요하고, 만일 방해물질을 완전히 제거하기 어렵다면 다른 선택적인 방법을 고안해야 한다. 수중 존재 가능한 이온들의 방해를 알아보기 위해 양이온으로서 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} 의 8종, 음이온으로서 F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , HCO_3^- 의 7종 모두 15종을 선택하여 이들을 1,000 mg/L씩 제조하여 측정해 본 결과 아무런 흡광도의 변화를 일으키지 않았기 때문에 거의 방해물 일으키지 않은 것으로 판단되었다. 또한 SO_4^{2-} 이온은 2,000mg/L까지 방해물 일으키지 않았다.

환경시료에의 적용. Table 1에서 보는 바와 같이 수도수 7군데와 지하수 1군데인 좁은목을 측정한 결과 수도수에서는 0.387~0.568 mg/L의 범위로 알루미늄이

Table 1. Comparison of concentration distribution for aluminum ion in tap water and ground water between Jeonju and Gochang area

Sampling sites	Al found(ppm)	RSD(%)
(Jeonju area)		
Dukjin-dong TW(J1)	0.427	0.773
Jinbook-dong TW(J2)	0.463	0.923
Hyoja-dong TW(J3)	0.387	0.929
Pyoungwha-dong TW(J4)	0.508	0.033
Seoshin-dong TW(J5)	0.498	0.304
Jeonju-university TW(J6)	0.492	0.023
Dongsan-dong TW(J7)	0.568	0.553
mean	0.478	
Jobeunmok GW(J8)		
	0.386	0.815
(Gochang area)		
Gochang TW(G1)	0.278	0.484
A middle school GW(G2)	0.370	0.160
B elementary GW(G3)	0.466	0.744
C high school GW(G4)	0.773	0.690
D high school GW(G5)	0.572	0.885
E elementary GW(G6)	0.670	0.422
Seokjeong-hat spring(G7)	0.666	0.412
Moyangseong GW(G8)	0.432	0.857
mean	0.564	

* TW: tap water, GW: ground water

검출되었고 평균 0.478 mg/L을 나타내었다. 좁은목에서는 0.386 mg/L으로 수도수보다 다소 적은 농도를 나타내었다. 고창 지역은 수도수 1군데와 지하수 7군데를 분석한 결과 지하수 중 알루미늄의 농도 범위는 0.37~0.67 mg/L으로 평균 0.564 mg/L을 나타내었고, 고창 수도수의 알루미늄 농도인 0.278 mg/L에 비해 약 2배정도 높은 농도를 나타내었다. 따라서 전반적으로 고창지역에 비해 전주 지역 수도수 중 알루미늄의 농도가 1.7배정도 높게 나타내었으며, 반대로 지하수 중 알루미늄 농도는 전주 지역에 비해 고창 지역에서 1.5배정도 높게 검출되었다. 이와 같이 잔류 알루미늄이 서로 다른 이유는 전주 지역 정수장과 고창 지역 정수장의 취수 원수와 응집제의 사용량 차이로 인해 달라진 것이라고 생각된다. 전주 지역 원수는 주로 대야 저수지, 금강 및 칠보댐에서 취수되고 고창 지역 원수는 부안댐으로부터 취수되고 있다. 그러나 두 지역에서 모두 잔류 알루미늄의 농도가 음용수 수질 기준인 0.2 mg/L을 초과하고 있으며, 또한 지하수 중에서

도 알루미늄의 함량이 높은 것은 아마도 산성비에 의해 토양으로부터 알루미늄 이온이 용출된 결과인 것으로 판단되나 정확한 요인은 앞으로의 후속 연구를 통해 밝혀야 할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구에서는 흐름 주입 분석법을 이용하여 알루미늄을 분광학적으로 검출하는 분석법을 확립하였고, 이러한 분석법으로 수도수 및 지하수 중 잔류 알루미늄을 측정하였다. 흐름 주입 분석법의 최적 조건으로는 혼합 및 반응 코일의 길이가 각각 0.5 m와 4 m, 완충 용액의 pH 및 농도가 각각 pH 6.0 및 1.0M, 킬레이트제인 ECR 농도가 0.56 mM, 반응 온도는 40 °C, 시료 주입량은 300 μ L, 검출파장은 535 nm 이었다. 전주 지역과 고창 지역간의 수도수 및 지하수의 잔류 알루미늄 농도를 측정된 결과 전주 지역 수도수가 고창 지역 수도수보다 더 많은 0.478 mg/L의 농도를 나타내었고, 이것은 음용수 수질 기준보다 약 2배정도 높은 값이다. 지하수는 전주 지역보다 고창 지역에서 더 높은 농도를 나타내었고 평균 0.564 mg/L이었다.

본 연구는 1999년도 전주대학교 학술지원연구비에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

인 용 문 헌

- Vilchez, J. L.; Navalon, A.; Avidad, R.; Garcia-Lopez, T.; Capitan-Vallvey, L. F. *Analyst* **1993**, *118*, 303.
- 이보영, 연세대학교 보건 대학원 석사학위 논문, 1989.
- Cowburn, J. D.; Blair, J. A. *Lancet* **1989**, *14*, 99.
- Crapper, D. R.; Krishnan, S. S.; Dalton, A. J. *Science* **1973**, *180*, 511.
- Driscoll, Jr. C. T.; Baker, J. P.; Bisogni J. J.; Schofield, C. L. *Nature* **1980**, *284*(13), 161.
- Reckhow, D. A.; Singer, P. C. *J. Am. Water Work Assoc.* **1984**, *76*(4), 151.
- Qureshi, N.; Malmberg, R. H. *J. Am. Water Work Assoc.* **1985**, *77*(10), 101.
- Letterman, R. D.; Driscoll, C. T. *J. Am. Water Work Assoc.* **1988**, *79*(10), 101.
- Dempsey, B. A.; Ganho, R. M.; O'melia, C. R. *J. Am. Water Work Assoc.* **1984**, *76*(4), 141.
- Standard methods for the examination of water and waste water*, 18th Ed.; APHA; Washington, DC, **1985**; pp. 183-187.
- Skoog, D. A.; Leary, J. J. *Principles of instrumental Analysis*, 4th Ed.; Harcourt Brace College Publishers: New York, **1992**; Chap. 10.
- Verbeke, J. S.; Verbeelen, D. *Anal. Chem.* **1988**, *60*, 380.
- Watters, Jr. R. L.; Carrol, R. J.; Spiegelman, C. H. *Anal. Chem.* **1987**, *59*, 1639.
- Hollman, P. C. H.; van Trijp, J. M. P.; Buysman, M. N. C. P. *Anal. Chem.* **1996**, *68*, 3511.
- Nagasa, Y.; Kawabe, H.; Bond, A. M. *Anal. Chem.* **1991**, *63*, 28.
- Resing, J. A.; Meaures, C. I. *Anal. Chem.* **1994**, *65*, 4105.
- Cano Pav n, J. M.; Trujillo, M. L.; Garcia de Torres, A.; *Anal. Chim. Acta* **1980**, *117*, 319.
- Rojas, F. S.; Alcaraz, E.; Cano Pav n, J. M. *Analyst* **1994**, *119*, 1221.
- Chester, J. E.; Dagnall, R. M.; West, T. S. *Talanta* **1970**, *17*, 13.