

이온 크로마토그래피

(Ion Chromatography = IC)

金 宅 濟

〈경기대학교수·화학/분지 운영자문위원〉

분석 기술의 발전은 주어진 문제를 해결할 필요성에서부터 시작한다. 이온성분 분석의 문제를 해결하기 위해 여러가지 기기분석법이 오늘날 사용되고 있다.

그러나 이런 방법의 대부분은 관심이온을 효과적으로 분석하는 데에는 한계점이 있거나 많은 시간을 할애하게 된다.

원 리

이러한 한계를 극복하기 위한 연구에 힘입어 1975년 미국 Dow Chemical사의 Hamish Small 등이 이온교환 칼럼에 의한 분리, 억압(suppressor)장치와 전기전도도 검출기를 이용하는 검출법을 사용하는 이온 크로마토그래피(Ion Chromatography / IC)를 개발하게 되었다.

이 기술로 F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , Br^- , SO_4^{2-} 와 같은 간단한 무기 음이온을 ppm농도로 20분

이내에 정확하고 신뢰성있게 정량할 수 있게 되었다.

그 후, 이온 크로마토그래피는 1975년 초기 개발 단계에서 이제는 새로운 분석기술로 확고히 자리잡아가고 있다. 시스템의 하드웨어, 칼럼(column)의 제조기술, 역압장치 및 검출기에 현저한 발전이 있었으며 이온교환의 과정과 선택성을 조정하는 인자에 대한 기초적인 이해도 괄목할 만한 진전이 있었다. 금속재질의 시스템을 칼럼과 연결부가 최대 2,000psi까지 견디는 비금속 재질로 바꾸어 제작한것은 1981년이였다.

또다른 개발은 내식성의 고압펌프시스템과 칼럼재질을 5,000psi까지 견딜 수 있도록 하였으며 칼럼의 효율을 미터당 40,000 이론단수까지 개선시켰다.

분석대상성분도 초기의 염소이온과 황산이온에서 거의 모든 무기 음이온, 무기 양이온, 전이금속과

란탄계 금속, 유기산, 이온성 계면활성제와 당단백에 결합되어 있는 소중합체의 확인과 측정까지 분석할 수 있도록 확장되었다. IC로 분석되는 많은 성분은 종래에는 HPLC(고성능 액체 크로마토그래피)법으로 수행되었다. 그러나 이제 IC는 분리와 검출면에서 HPLC를 대신하고 있다.

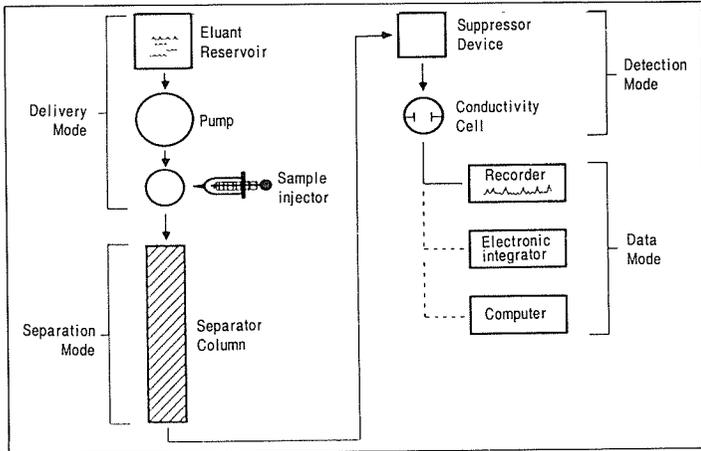
HPLC법으로 이온성 성분을 분석하고자 할때는 HPLC의 역상(reversed phase)을 확대하여 이온성을 중성으로 만드는 불편한 조작을 하여야 했다. IC법은 이온성 물질을 원래의 상태에서 분리를 단순화하고 이로써 선택성을 더욱 잘 조정할 수 있다.

기 기 구성

이온 크로마토그래피의 구조는 다음과 같다.

측정시료는 용리액과 함께 분리칼럼으로 들어간다. 시료가 분리칼

〈그림1〉 pKa나 pKb < 7인 무기 음이온, 양이온(알칼리 및 알칼리토 금속)의 분리검출의 경우



입되기전에 발색시약과 반응된다. 파장과 반응시약, 칼럼 등은 〈표1〉과 같다.

특징과 응용

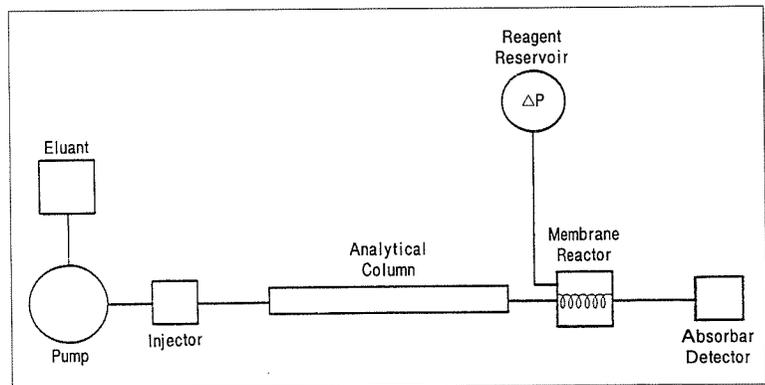
이온 크로마토그래피법이 갖는 장점을 다음 몇 가지로 살펴보기로 한다.

(1) 분석시간

다이오넥스의 이온교환(ion exchange), 이온배제(ion exclusion), 이온쌍 크로마토그래피용의 고성능 분리칼럼(high performance separa-

럼에 들어가면 이온들은 불연속적인 띠로 분리되기 시작한다. 각 이온의 분리는 이온교환칼럼, 이동상 이온쌍(MPIC), 이온배제칼럼의 표면상의 작용기에 대한 각 이온의 상대적인 친화력에 따라 이루어진다. 분리된 이온과 용리액은 다이오넥스사의 특허인 화학적 억압장치로 들어가 용리액의 전도도 값은 낮게 변화되고 시료는 전도도 값이 높게 변화된 후 전기전도도 검출기로 들어가게 된다.

혼합시료는 분리칼럼을 거쳐 분리된 후 자외선/가시광선 검출기에 유



〈그림2〉 금속이온 격리제(sequestering agents, EDTA, NTA), 용해성 실리카, 전이금속, 아미노산 등의 검출을 위해 앞에서 설명한 전기전도도 검출기 대신에 발색장치를 사용하여 자외선/가시광선 검출기, 형광검출기를 채택하는 경우.

rator)의 개발로 대개의 이온분석을 15분 이내에 할 수 있다. 예를 들어, 7개의 음이온 분석을 2, 5분 이내에 할 수 있고, 기록기 및 컴퓨터를 부착하여 신속한 정량분석을 할 수 있다.〈그림3〉

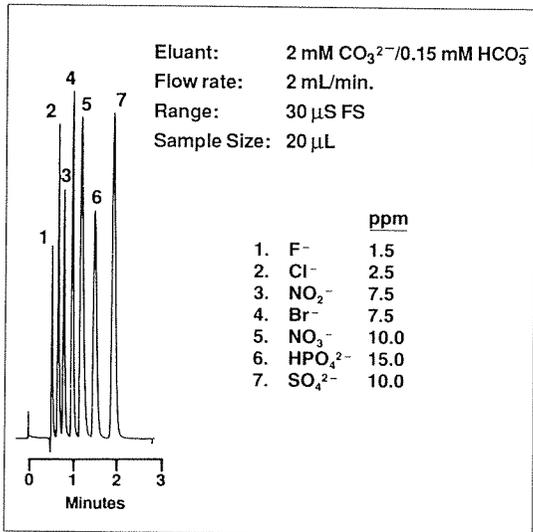
(2) 감도

화학적 마이크로격막의 개발과 전

〈표1〉

파장	반응시약	적용시료
330nm	ferric nitrate	금속이온 격리제(EDTA, NTA)와 폴리포스페이트
410nm	sodium molybdate	용해 실리카
440nm	ninhydrin	2차 아미노산
520nm	pyridylazoresorcinol	전이금속
570nm	Arsenazo I	염수중의 미량의 Mg ²⁺ , Ca ²⁺

〈그림3〉



도도 검출기에 마이크로 프로세서를 도입하여 시료의 농축 없이도 ppb이하의 범위까지 검출할 수 있다. 농축장치를 사용하여 분석하는 경우 ppt정도까지이며, OPA법(orthophthaldehyde method)-형광검출법에 의한 경우에는 picomol범위까지 검출된다.

(3)선택성

무기와 유기 음이온 및 양이온을 검출하는데 있어 화학적 장치는 시료검출에 선택성이 있게 한다. 또한 중금속, 전이금속, EDTA, NTA, 규산염 같은 이온 등을 검출하는데 있어서는 해당성분에만 선택적으로 반응하는 시약을 사용하여 자외선/가시광선 검출기로 검출하기 때문에 선택성이 있다.

(4)동시분석

한번의 시료주입으로 여러 개의 성분을 볼 수 있는 것으로 원자흡

광법이나 전극법 등에서는 어려운 분석 방법이다.

(5)산화상태의 식별

산화수가 다른 경우, 즉 Au(III)에서 Au(I)의 구분, Fe(III)에서 Fe(II), Cr(VI)에서 Cr(III)의 식별이 가능하다. 그러나 AA(원자흡수분광광도계)나 ICP-AES(유도결합

플라즈마 - 원자방출광도계)에서는 시료에 있는 같은 원소금속의 전체 성분을 측정한다.

(6)습식 분석법과의 비교

4가지 음이온의 습식분석과 이온 크로마토그래피법을 비교하면 〈표 2〉와 같다.

‘이온 크로마토그래피’를 전문적 제작하는 회사로는 미국의 다이오넥스(Dionex)사로서 국내에는 KIST 특성분석센터, 한국표준연구원, 국립공업시험원, 환경연구원, 국립과학수사연구소 등의 국가기관과 반도체회사, 원자력발전소, 식품, 의약품, 생화학, 환경 등의 각 산업체 분야에서 널리 사용중이다.

한국 총 대리점은 인성하이텍(주)이며 대당 가격은 미화 3만달러에서 5만달러 정도이다.

〈표 2〉

		방 법
음이온	재래식 습식법	이온 크로마토그래피법
chloride	비색법, 적정법	
phosphate	비색법	
nitrate	비색법, 전극법	
sulfate	환원증류, 비색, 탁도법	
	*어려운점	*좋은점
	1. 노동력이 많이 필요	1. 신뢰성이 있음
	2. 시료전처리가 많음	2. 신속한 분석
	3. 복잡함	3. 간단한 시료조작
	4. 간섭요인의 제거	4. 간섭요인의 최소화
	5. 오차요인이 많음	5. 적은 시료량
	6. 숙련된 분석기술이 필요	6. 여러 성분을 동시분석
		7. 저렴한 운영비