

■ 최신 실험기자재 정보<2>

# 유도결합 플라즈마 질량분석계(ICP-MS)

金宅濟

(경기대학교수·화학/분자운영자문위원)

ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)는 1890년 아이오와 주립대학교의 R.S.Houk교수 등에 의해 처음으로 개발된 극미량 원소 분석용 기기로서, 현재는 환경, 첨단소재, 생체 등의 시료 중 미량성분의 분석

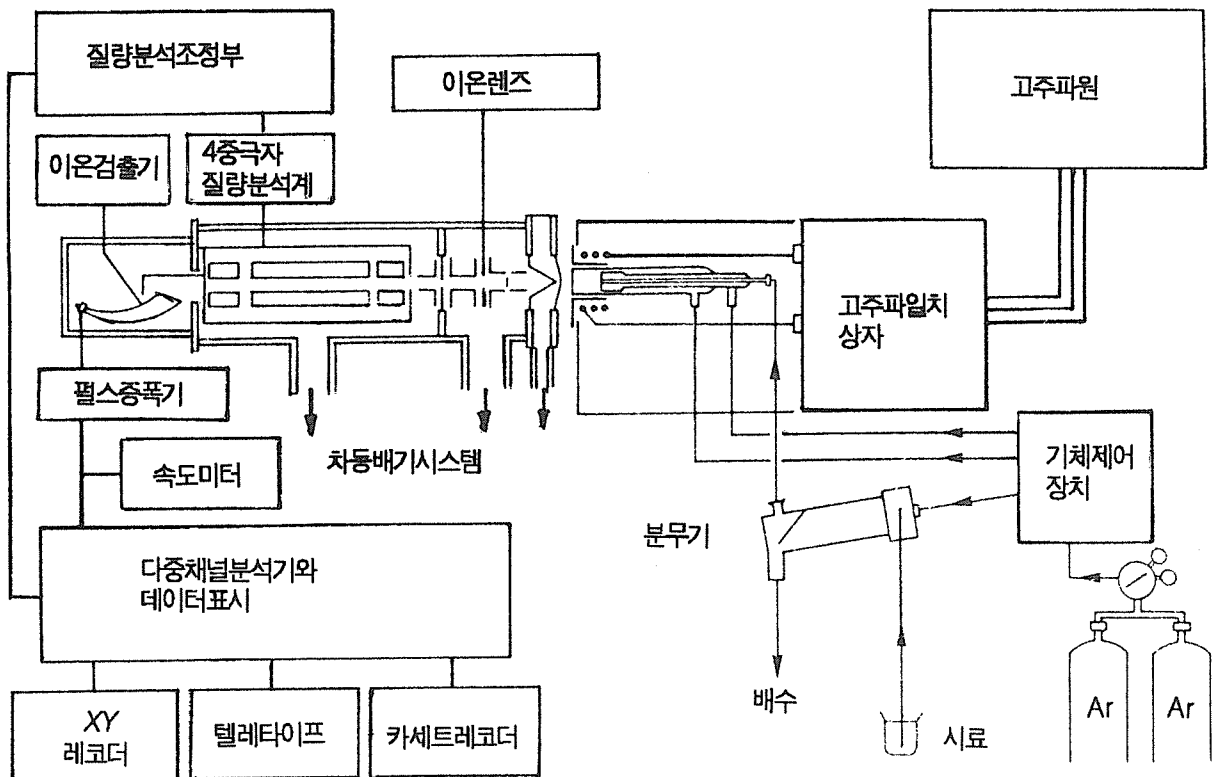
에 널리 이용되고 있으며, 분석법의 개발과 아울러 기기 자체의 개선에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

1만°K까지 높은 온도를 유지하는 유도결합 플라즈마에 시료를 분무시켜 이온화하게 한 다음 sampling interface

를 통해 이온들을 질량분석계로 추출하고 질량 분리하여 검출한다.

이렇게 높은 온도를 유지할 수 있어서 플라즈마는 광원적인 들뜸원으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 대부분의 원소에 대해 90% 이상 이온화시키기 때문

<그림 1> ICP-MS시스템의 대략적인 구조



에 효과적인 이온원으로 사용된다. 이런 특성을 갖고 있는 ICP를 이온원으로 사용한 질량 분석계는 많은 수의 원소에 대해 극미량까지 검출이 가능하고, 아울러 동위원소의 존재비 측정, 높은 정밀도의 분석, 신속한 다원소 분석, 플라즈마 중 화학종의 규명 등이 가능한 장점을 갖고 있다.

### ICP-MS의 기기 구성

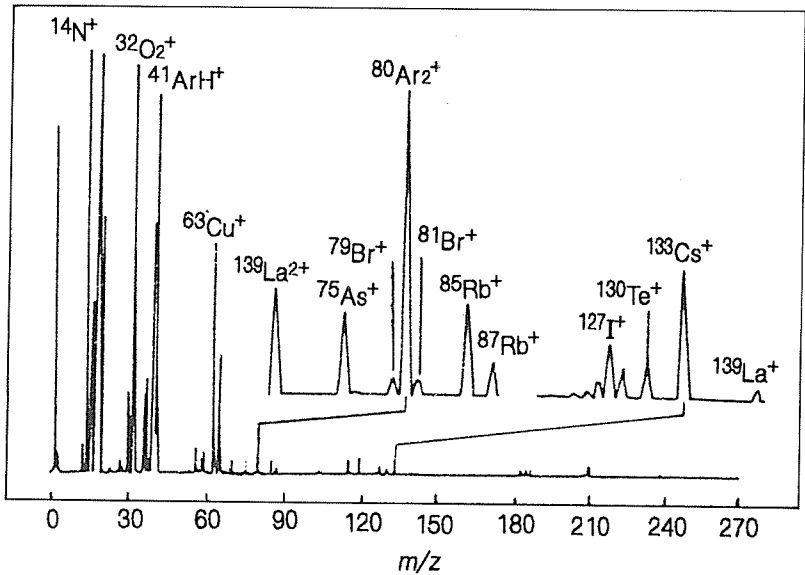
ICP-MS장치의 개략적인 구조는 그림 1과 같은데 ICP토오치를 수평방향으로 하여 점화하고 질량분석장치의 시료 도입 구멍에 이온이 흡입되도록 되었다. 시료 분석은 방출분석계에서와 같이 분무기로 분석한다. 질량분석을 위해 사중극자 질량분석계를 사용하는데 분석기내에서는  $10^{-6}$ Torr정도의 진공을 유지한다. 플라즈마가 점화되고 있는 대기압으로부터 분석기의 진공까지는 2대지 3단계의 차등 배기시스템으로 이루어져 있어서 2~3대의 진공펌프가 독립적으로 있어야 한다. 이 장치에서 가장 어려운 기술은 sampling interface로서 대기압에서 작동되고 있는 플라즈마로부터 이온들을 흡입하여 진공중인 질량분석계로 도입하는 것이다. 시료 채취입구의 재질, 구멍의 크기 등이 문제인데, 냉각수를 순환시키는 구리, 니켈 또는 니켈 합금으로 만들어졌고 수평으로 하여 ICP로부터 이온을 채취하도록 되었다. 구멍의 크기는 직경이 0.4내지 0.8mm로 비교적 크게 되었으며 내부에 내경이 1mm 정도 되는 skimmer를 설치하고 채취구와 skimmer 사이가 배기되도록 하여 시료 도입을 향상시켰다.

질량분석기에 도입된 이온들은 사중극자에 의해 이온들의 질량 대 전하(m/z) 비 차이로 분리되어 이온검출기에서 검

출된다. 비록 동위원소일지라도 원소의 경우 질량이 1이상 차이가 나므로 분석기는 분해능이 대단히 좋은 것이 아니라

는데 널리 응용되는데 우선 시료들을 용액으로 녹여야 한다. 여러 가지 산을 사용하여 녹이기도 하고 광물과 같이 난용

〈그림 2〉 ICP-MS스펙트럼. 시료 : 5 $\mu$ s/ml Al, Co, As, Br, In, Te, I, Cs, La, W, Pb, Bi, U의 혼합용액(1%질산산성)



도 상관이 없다.

### 응용

열세가지 원소가 혼합되어 있는 용액의 질량스펙트럼을 그림 2에서 보여주는 데 스펙트럼이 단순하여 분광간섭이 적으며 루비듐에서 볼 수 있는 바와 같이 동위원소도 구별되어 검출된다. 또한 용액에서 ppb이하의 극미량 함량도 검출되는 감도가 대단히 우수하고 이온농도에 대한 이온선 세기가 10의 3.4승 범위까지 직선성을 주는 가장 우수한 분석법이다. 그러나 시료에 다량 함유되어 있는 공존 원소를 비롯한 매트릭스에 의해 이온선 세기에 크게 영향을 받는 단점도 있어서 앞으로 해결해야 하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

앞에서 예로 들은 환경시료나 첨단소재, 생체시료들 중 미량원소들을 정량하

성 시료의 경우는 알칼리로 용용시켜 녹인다. 생체시료는 유기성분을 파괴시키기 위하여 회화시키든지 황산이나 질산 등을 사용하여 장시간 익힌다. 그런데 ICP-MS는 주성분으로 존재하는 성분들의 영향을 크게 받으므로 측정하기 전에 매트릭스로부터 분리성분들을 분리하는 것이 정확한 결과를 얻는데 도움이 된다.

그런데 국내에서는 KIST특성분석센터를 비롯하여 몇군데 연구기관에 ICP-MS를 구입하여 분석에 사용하고 있다. ICP-MS를 제작하는 주요회사와 국내 취급회사는 다음과 같다.

1. 일본 Seiko전자공업주식회사 SIK Co., Ltd. 한국
2. 영국 FISON'S Trading as VG Elemental VG Instruments, 한국
3. 미국 Perkin-Elmer Corporation (Seiex) Perkin-Elmer Korea(주)