

## 혈장중 극미량 납 분석을 위한 ICP-MS의 활용



산업안전보건연구원 화학물질센터 / 이 성 배

납은 푸르스름한 잿빛의 금속으로 금속 가운데 가장 무거우면서도 연하며, 전성(展性)은 크나 연성(延性)은 작다. 공기 중에서는 표면에 튼튼한 산화 피막을 만들어 안정하며 비철금속 중 가장 많이 사용되고 있다.

납은 일반 금속 중에서도 취급과 사용에 따른 유해성이 가장 많이 알려져 오고 있지만, 이러한 납이 일반 생활환경에서 줄어들지 않고 계속적으로 양이 증가하고 있는 이유는 납이 파괴되어 소멸되지 않고 다른 물질로 변환도 되지 않아 재생이 용이하여 재사용하기 때문이다.

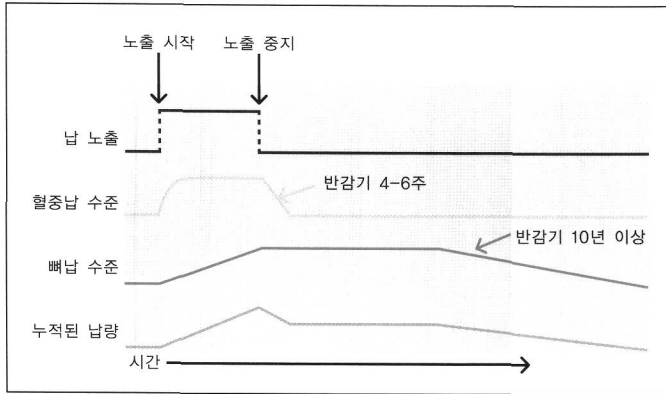
납 노출 평가방법으로는 환경적 노출 측정을 통한 외부 노출량과 인체에 흡수된 양을 측정하는 내부 노출량이 있다(이병국 등, 1999). 환경 모니터링과 함께 생체 모니터링을 함께 측정하는 이유는 체내에 흡수된 혈중 납량을 측정함으로써 내부 및 외부 노출에 대한 평가와 개개인 간의 흡수 차이를 설

명할 수 있기 때문이다(황규윤과 이병국, 2000). 시간변화에 따른 체내 납량 수준의 변화를 <그림 1>에 나타내었다.

납 노출이 시작되면 혈중 납량이 어느 수준까지 증가하다가 노출이 중지되면 다시 회복되는 경향을 볼 수 있는데, 혈중 납량은 반감기가 4-6주로 최근의 납 노출수준을 잘 반영하고 납의 독성과 납 중독을 평가하는 가장 대표적인 지표로 사용된다(윤강호 등 2006).

이와 비교하여 골중 납은 납 노출이 되면 계속적으로 뼈 내에 침착되어 그 양이 증가하게 되고 노출이 중지되면 긴 반감기를 가지고 혈장을 통하여 서서히 방출되는 경향을 볼 수 있다.

골중에 누적된 납은 체내의 과거 납 노출, 즉 만성 노출 정도를 알아내는 지표로서 유용하기 때문에 혈중 납량과 골중 납량이 생물학적 모니터링에 함께 이용되어야 한다



〈그림 1〉 시간변화에 따른 체내 납 독성 수준의 변화

(김남수 등, 2007).

60년대 중반 납중독을 발견할 당시 습식 회화에 의한 dithizone 비색법이 혈중 납량을 분석하는 방법의 전부였다.

이 방법은 80년대 중반까지 우리나라의 대부분 산업보건 전문기관들이 납중독을 확인하기 위하여 사용하였으나 전처리 과정에서 시간이 많이 소요되고 시약이 많이 소모되므로 현재는 대부분의 분석 관계자들이 기피하고 있다.

1970년대 초 미국 등 선진국에서 사용하는 원자흡수광도계가 우리나라에 도입되어 원자흡수 분광법(AAS: Atomic absorption spectrometry)으로 신속하고 간편한 혈중 납량 분석이 이루어질 수 있었으며 1980년대 후반에는 대부분의 산업보건관련 전문기관들이 이 분석법으로 업무를 수행하였다. 하지만, 이 방법은 아주 숙련된 분석

자라도 최소한 10%의 오차는 있다(안규동 등, 1995).

이러한 오차의 원인은 매트릭스의 영향을 많이 받으며 재현성이 낮고 약간의 전처리로도 다른 결과를 주기 때문이다(박경수와 김선태, 1997).

유도결합 플라즈마 원자방출 분광법(ICP-AES: Inductively coupled plasma atomic

emission spectrometry)은 낮은 검출한계와 높은 감도를 가지는 장점이 있지만, 혈액 내에 공존하는 철 등의 분광학적인 간섭을 받으며, 재현성도 떨어지는 단점이 있다.

중성자 방사화 분석법(NAA: Neutron activation analysis)도 낮은 검출한계와 높은 감도를 가지지만 중성자 원인 고가의 원자료가 있어야 하는 단점이 있다.

이와 비교하여 유도결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS: Inductively coupled plasma mass spectrometry)은 검출한계가 낮고, 질량분석기를 이용하기 때문에 선택성이 좋아서 그 응용범위가 점차적으로 확대되고 있다(최상섭 등, 2002).

단, ICP-MS를 사용할 경우 극미량으로 분석하기 때문에 분석시 납에 대한 연구를 수행할 경우 분석 오류를 줄이기 위하여 초자기구와 채혈병 등은 납이 함유되어 있는 앓는 것을 사용하여야 하며(이병국 등,

〈표 1〉 분석기기 특성 비교

분석기기	장점	단점
AAS (Atomic Absorption Spectroscopy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 극소량의 시료로 극미량 분석 가능</li> <li>• 납 분석에 많이 이용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재현성 낮음</li> <li>• 매트릭스 영향 많이 받음</li> <li>• 정확한 결과 얻기 어려움</li> </ul>
NAA (Neutron Activation Analysis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 검출한계 높음</li> <li>• 감도 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원자료가 고가</li> </ul>
ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AAS보다 측정범위가 넓음</li> <li>• 동시 다원소 측정 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 검출한계 높음</li> <li>• 철에 의한 분광학적 간섭 재현성 낮음</li> </ul>
ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 검출한계 낮음</li> <li>• 극소량의 시료로 극미량 분석</li> <li>• 동시 다원소 측정 가능</li> <li>• ICP-AES 분광학적 간섭 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 극미량의 시료를 사용하므로 오염에 주의</li> </ul>

이외에도 혈중 납량을 분석할 수 있는 또 다른 방법인 전기분석법은 전처리조작도 까다롭고 AAS보다 다량의 시료를 필요로 하기 때문에 이용하기 어렵다 (박경수와 김선태, 1997).

2002), 전처리 및 분석은 청정룸 안에서 수행하는 것이 필요하다.

시료의 극미량분석은 전처리 과정이 간단하고 시간이 짧을수록 오염과 손실을 최소로 할 수 있기 때문에 정확한 분석결과를 얻을 수 있다. 그러나 혈액과 같이 유기물을 다량 함유하는 경우에는 정확한 결과를 얻기 어렵다. 이상의 분석기기의 장단점을 〈표 1〉에 요약하였다.

따라서 검출한계가 낮고, 질량분석기를 이용하기 때문에 선택성이 좋아서 그 응용 범위가 점차 확대되고 있는 ICP-MS를 이용하여 혈장 또는 혈청 중 극미량의 납 분석 활용이 필요하다고 생각된다.

이에 대한 연구결과에 따라 고농도 노출되는 근로자나 장기간 직업적으로 노출된 후 퇴직한 근로자에 대한 만성 지표 분석 활용에 유용할 것으로 본다. ☺

### ☞ 참고문헌

1. 김남수, 김진호, 장봉기 등. 납 사업장의 공기 중 납 농도 및 납 노출 근로자들의 납 관련 생물학적 노출 지표의 관련성에 관한 조사. J Korean Soc Environ Hyg. 2007;17(1):43-52
2. 박경수, 김선태. ICP/MS에 의한 전혈 중 납의 분석방법 연구. analytical science & technology 1997;10(4):240-245
3. 안규동, 이병국. 일부 산업보건기관들의 혈중연 분석치 비교. 한국산업위생학회지 1995;5(1):8-15
4. 윤강호, 김남수, 김진호 등. 체내 납부담의 지표로서 누적 혈중 납량과 누적 혈중 ZPP가 납 관련 신기능에 미치는 영향. 한국산업위생학회지 2006;18(4): 298-306
5. 이병국, 김용배, 리감수 등. 업종에 따른 연 취급 사업자의 기중 연 농도 및 연 노출 수준평가, 순천향산업의학 1999;5(1):1-13
6. 이병국, 김주자, 우극현 등. 직업적 연노출이 없는 한국인 혈중 연농도 수준 평가. 보건의료기술연구개발사업 보고서, 보건복지부. 2002
7. 최상섭, 이상학. 유도결합 플라즈마 질량분석법에 의한 미량 철 정량. 환경관리학회지 2002;8(4):331-337
8. 황규윤, 이병국. 연에 의한 건강장해 및 생물학적 표식자. 대한산업의학회지 2000;39(3):99-108