

중금속 오염

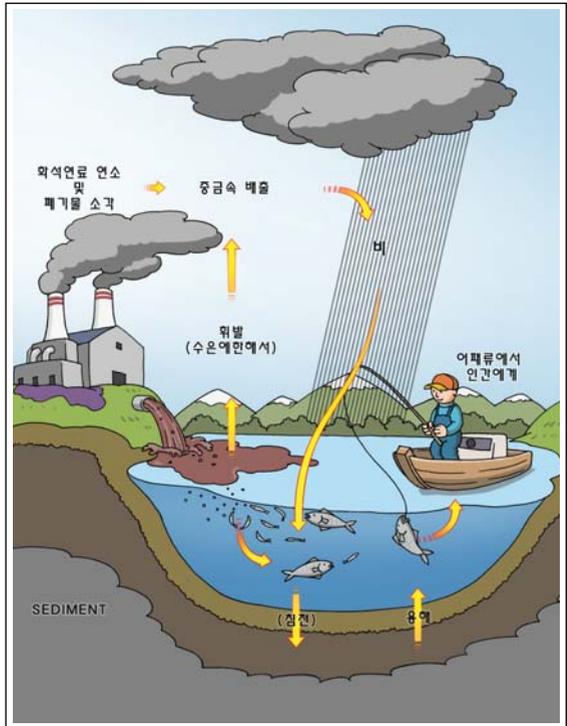
■ 중금속이란 무엇인가?

일반적으로 **비중이 4.0 이상인 금속원소**들을 중금속이라 한다. 이러한 중금속 원소들에는 대표적인 Hg (수은), Pb(납), Cd(카드뮴)을 비롯해서 Cr(크롬), Cu(구리), Ni(니켈), Zn(아연), Mn(망간), Co(코발트), Sn(주석) 등이 있다. 이외에도 화학적으로 금속과 비금속의 중간적 성질을 나타내는 준금속이지만 비교적 비중이 큰 As(비소), Sb(안티몬) 등도 중금속으로 분류된다. 이들은 **지각의 미량성분**으로 함유량은 대부분 0.1% 미만이며, 이 중 구리, 아연, 니켈, 코발트 등은 생명체에 없어서는 안 되는 필수원소이고, 납과 수은 등은 비필수원소이다. 그러나 이들 중금속들은 모두 허용기준 이상으로 체내에 흡수되면 인체에 위해성을 나타내며, 환경오염물질로 관리가 필요한 성분들이다.

■ 중금속은 어떻게 우리에게 피해를 주는가?

오염원에서 대부분 분진 형태로 대기 중에 배출된 중금속은 그 자리에서 그대로 머무는 것이 아니라 대기, 수질, 토양, 생물을 통해 궁극적으로 우리 인체로 흡수된다. 환경에 배출된 중금속은 쉽게 분해되거나 배출되지 않고 생태계를 순환하면서 먹이사슬을 따라 생물농축 현상을 일으킨다. **생물농축**이란 환경 오염물질이 생물체 내에 침투하여 생물체내의 농도가 주위 환경농도보다 높게 되는 현상을 말한다. 수은과 같은 중금속은 물속의 농도에 비해 물고기 내 농도는 천만배 이상으로 농축되기도 한다.

인체는 모든 중금속을 포함한 외부의 모든 이물질에 대한 자체 방어기구를 가지고 있다. 인체에 중금속이 침투되어도 모두 흡수되는 것은 아니고 미량으로 존재하면 문제가 없지만, 허용기준치 이상이거나 허용기준 이하일지



라도 장기간 노출되는 경우에는 체외로 배출되지 않고 지방세포나 단백질 세포와 결합하여 지속적으로 축적되어 피해를 주게 된다. 대체적으로 중금속 성분들은 생체 내에서 효소와 결합하여 전기화전 상태를 변화시켜 단백질 구조를 변화시킴으로써 효소의 활성을 억제하는 것으로 알려져 있다. 또 생체에 필요한 금속의 대사에 영향을 주거나 치환작용으로 효소활성에 영향을 미치기도 한다.

납, 카드뮴, 수은, 크롬, 비소 등과 같은 중금속은 주로 인간의 생활환경 오염 때문에 발생되며, 체내 축적성이 높아 공중보건학적으로 커다란 문제로 대두되고 있다. 체내에 흡수된 중금속은 **혈액을 통하여 머리카락과 체내 각 장기조직에 축적**된다. 또한 중금속류의 체내 체류시간도 혈액이나 오줌 속에서는 비교적 짧지만, 머리카락의 경우에는 비교적 장기간 지속된다. 일반적으로 중금속의 생체 내 축적은 **연쇄적인 먹이사슬을 통해 이루어지고 있고, 피식자에 비해 포식자일수록 체내 농도가 높아지는 생물농축** 특성을 나타낸다.

■ 주요 중금속의 종류와 피해

[수은]

수은은 상온에서 액체이며, 비중이 13.6인 **휘발성 금속**으로 온도계, 수은전지, 치과재료, 형광등 등에 사용된다. 수은은 크게 무기수은과 유기수은이 있다. 수은은 우리의 주변에서 오랜 기간 잔류하여 유기수은이 무기수은으로 변하기도 하고, 무기수은이 미생물의 생화학적 작용에 의해 유기수은인 메틸수은으로 바뀌기도 하는데, **메틸수은**은 매우 독성이 강한 물질이다. 수은은 주로 **중추신경계에 손상**을 가하여 뇌와 신장 등에 영향을 줄 수 있으며, 특히 태어나 어린아이에게 큰 영향을 미치므로 **가임 여성은 특별히 유의**하여야 한다. 일본 큐슈에서 발생했던 **미나마타병**은 대표적인 수은중독 사건이다. 큐슈 남서쪽의 미나마타만에 위치한 신일본질소주식회사에서 배출한 폐수 내에 메틸수은이 함유되어 있었고, 메틸수은은 먹이연쇄를 따라 어패류에 높은 농도로 농축되었다. 그리고 메틸수은으로 오염된 어패류를 섭취한 주민들은 2,266명이 수은중독으로 판명되었고, 이 중 938명이 사망하였다.

[크롬]

크롬은 은빛이 나는 금속으로 토양, 화산재, 화산가스에서 배출된다. 세 가지 상태의 크롬이 있으며, 3가 크롬은 자연상태에 존재하고, 금속크롬과 6가 크롬은 일반적으로 공업제품 생산 과정에서 생성된다. 열과 부식에 강하여 철강제품과 합금에 많이 이용되고, 유리나 도자기의 유약성분으로도 사용된다. 크롬 화합물은 크롬도금, 색소제조, 가죽가공, 목재처리 등에 이용되고, 천연가스, 석유, 석탄의 연소과정에서 발생한다. 또 시멘트 생산, 소각장, 자동차의 배출가스, 크롬화합물을 사용하는 에어컨 냉각타워, 전기도금, 가죽가공, 방직공장의 폐수 등에서도 발생한다. 크롬은 형태에 따라 건강에 미치는 영향이 다르다. 특히 **6가 크롬은 발암물질**로 알려져 있으며, **폐양, 코 연골화, 위장자극**을 일으킨다. 반면에 3가 크롬은 과다하게 섭취하면 해롭지만, 미량일 때는 필수 영양소로 작용한다. 음식에 들어 있는 대부분의 크롬은 이러한 형태이다.

[납]

납은 주변 환경에서 흔히 볼 수 있는 중금속 중 하나로 자동차 배터리, 페인트, 가솔린 첨가제, 다양한 금속 제품(납판, 납땜, 납 파이프) 등에 사용된다. 납에 의한 대기오염 문제는 1940년대에 4-에칠납을 휘발유에 녹킹 방지제로 사용한 이후에 전 세계적으로 대도시에서 피해가 급증하였다. 세계 각국은 납 오염문제를 해결하기 위해 70년대 이후 무연휘발유를 공급하였으며, 우리나라도 87년 7월부터 무연휘발유를 공급하기 시작하여 1993년부터는 유연휘발유 공급을 전면 중단하였다. 우리나라에서는 1991년 2월부터 납의 대기환경기준을 설정하여 규제하고 있는데, **무연휘발유를 사용한 이후 전국적으로 납의 농도는 매우 낮아 일반인들의 납에 대한 노출과 혈액 중 납함유량이 크게 감소하고 있다.** 한편, 납이 함유된 토양은 흙과 접하여 뛰노는 어린이의 혈중농도를 증가시키기도 한다. 노후 건물의 실내에서는 납이 함유된 페인트의 벗겨진 조각이나 부스러기가 납의 주요오염원이 되기도 한다.

인체에 흡수된 납은 전부 축적되지 않으며 **일부만이 인체에 축적**된다. 잔류 납은 주로 뼈 속에 축적되지만 나머지는 혈류, 골수, 혹은 신장같이 연질인 세포조직 속으로 들어간다. 납 화합물은 저농도에 장기간 노출될 때 골격, 치아 등에 축적되거나, 고농도에서 단기간 노출될 때 간, 폐, 중추신경, 혈액 등에 축적되어 지능저하, 행동장애, 심장질환, 사망 등을 유발하는 독성물질로서 알려져 있다. 납은 태아가 성숙하는 동안 태아에게 해를 끼치므로, 임신부가 납에 노출되면 조산하거나 체중이 적은 아이를 낳거나 유산할 수도 있다.

[카드뮴]

카드뮴은 지각에서 흔히 발견되는 은백색의 광택이 많이 나는 금속으로 **니켈-카드뮴 전지, 색소, 형광물 질 등에 이용**된다. 순수한 카드뮴은 부드러운 은색 금속이지만, 자연환경에서는 여러 가지 화합물 형태로 존재한다. 이런 화합물들은 대부분 안정한 고체이지만, 일부 산화카드뮴은 작은 입자로서 공기 중에 존재한다. 석탄이나 석유와 같은 화석연료를 연소시키거나 쓰레기를 소각할 때 공기 중에 방출되어 호흡기를 통해 체내로 흡수된다. 특히 음식을 통해 많은 양의 카드뮴을 섭취하게 되면 **위에 심각한 손상**을 주게 되어 구토와 설사를 일으키며, 호흡을 통해 흡입하게 되면 **폐에 심각한 손상**을 준다. 공기와 식품을 통해 카드뮴에 과다하게 노출될 경우, 뼈의 주성분인 칼슘대사에 장애를 일으켜 **뼈를 연골화**시키며 통증을 수반한다.

카드뮴 중독의 가장 대표적인 피해는 **“이타이이타이”**병이다. 일본 도야마현에서 1947년에 발생하여 1965년까지 모두 100 여명이 숨진 “이타이이타이” 병은 일본말로 “아프다”라는 의미이며, 카드뮴이 뼈의 주성분인 칼슘 대사에 장애를 가져와 뼈를 연골화시켜서 심한 통증을 나타낸다. 당시 오염의 원인은 상류의 아연광산에서 버린 폐수가 석인 강물을 이용하여 버농사를 짓고, 카드뮴이 농축된 쌀을 오랫동안 먹은 마을 주민들에게서 카드뮴 중독 현상이 나타났다.

[비소]

비소는 **준금속** 원소이지만 중금속과 비슷한 성질을 나타내고, 그 독성도 수은이나 납과 비슷하다. 다양한 형태의 화합물을 형성하며, 산소, 염소, 황 등과 결합하고 있는 무기비소와 탄소나 수소와 결합하고 있는 유기비소로 분류된다. 일반적으로 유기비소에 비해 **무기비소가 독성이 더 크다.** 자연계에서 비소

는 주로 구리나 니켈, 철 등과 반응하여 비소화물 형태의 광물로 존재한다. 또한 자연계에 존재하는 메틸화 유기비소는 미생물 등의 대사로 생성된다. 비소의 생체 내 위해서는 **아과 심혈관계 질환**이 대표적이며, 그 외에도 **피부 질환**이나 **호흡기 질환, 신경계 질환** 등의 발병이 보고되고 있다.

비소화합물은 1930년대에서 1980년대에 이르기까지 근 50여 년 동안 농업과 임업에서 살충제, 제초제, 가축사료 보조제 등으로 널리 사용되어 왔으며, 납, 아연, 구리 등을 처리하는 과정이나 비소합금, 납쇠 제조와 가공, 유리화 도자기 제조, 의약품 제조, 화학무기 생산, 및 반도체 생산 등에 의해 비소화합물에 노출되기도 한다. 그러나 인체가 비소에 노출되는 가장 주요한 경로는 음용수와 식품의 오염에 의한 것이다. 음용수 중의 비소는 대부분 무기비소 형태로 체내로 흡수된 후 혈류를 따라 여러 장기에 분포되며, 주로 간에서 대사되어 오줌으로 배설된다. 그러나 일부는 체내에 잔류하여 머리카락, 손톱에 잔류한다.

■ 중금속 오염을 줄이려면...

중금속은 여러 경로를 통해서 방출된다. 자연발생적으로는 먼지, 화산폭발이나 용암의 분출, 삼림화재, 해양 염분의 방출 등에서 발생되기도 한다. 하지만 자연적인 발생원보다는 발전소나 산업체에서 석탄과 석유의 연소, 비철금속 제련소에서 원광의 제련이나 철 주조, 폐기물 소각, 시멘트 공장 등과 같이 여러 고온공정들에 의한 인위적인 발생이 더 큰 영향을 미친다. 2000년대 들어서 황사가 심해지고 있는데, 이 황사 안에는 토양 입자만 포함되어 있는 게 아니라 황사가 중국의 동부 산업지대를 거쳐 우리나라로 유입되면서 중금속의 농도도 크게 높아지고 있다. 따라서 황사 시에는 중금속에 의한 피해도 유의하여야 한다.

따라서 중금속을 배출하는 기업이나 개인이 그 위해성에 대해 바르게 이해함으로써 **스스로 배출을 자제**하도록 유도하고, 개개인이 이러한 오염현상으로부터 스스로를 지킬 수 있도록 노력해야 한다. 이를 위해 산업체에서는 폐수처리시설을 확충하고, 특히 중금속 배출 가능성이 큰 폐기물 소각시설, 납·구리 및 아연 등의 정련시설, 대형보일러 시설 등에 대한 대기오염물질 방출을 최소화하여야 한다. 그리고 **청정기술 개발**을 통해 녹색산업을 육성하고, 중금속의 사용을 줄이거나 중금속을 대체할 수 있는 대체물질을 개발하기 위한 노력을 기울여야 한다.

또 개인은 유기농법에 의한 영농으로 화학비료와 농약의 사용을 줄여야 하며, 전지나 형광등은 반드시 분리수거하여야 한다. 특히 중금속 오염의 위해성을 알리고, 오염피해에 대비할 수 있도록 **환경교육을 강화**하여야 한다.