

# 『食品等の規格 및 基準』解説

權 右 昌

<國立保健院 食品分析科長>

## <目 次>

- 1. 規格 및 基準의 意義
- 2. 規格 및 基準의 制定目的
- 3. 規格 및 基準의 制定歷史
- 4. 規格 및 基準의 構成
- 5. 內容解説(食品等の 規格 및 基準)
  - 제 1. 通 則
  - 제 2. 檢體의 採取 및 取扱方法
  - 제 3. 食品一般에 대한 規格 및 基準
    - 1. 砒素 2. 重金屬 3. 添加物 4. 抗生  
物質 5. 異物 6. 타알色素를 含有하여서  
는 아니되는 食品 7. 乳·乳製品·食肉 및  
食肉製品의 成分 및 保存等에 관한 一般規  
格 및 基準 8. 自然食品等の 成分規格

- 제 4. 食品別 規格 및 基準
- 제 5. 器具·容器 包裝의 規格基準 및 原材料  
의 規格
- 제 6. 玩弄品の 規格 및 基準
- 제 7. 一般試驗法
- 제 8. 洗淨劑의 規格 및 基準
- 제 9. 食品等の 成分配合基準
- 제 9의 1. 加工食品中 特定成分原材料配合基準
- 제 10. 食品保存의 方法에 관한 勸獎基準
- 제 11. 冷麵肉水等の 微生物에 關한 勸獎規格
- 제 12. 試藥·試液·標準溶液等
- 6. 食品添加物の 規格 및 基準
- 7. 規格 및 基準의 活用
- 8. 自家規格 및 基準
- 9. 國際規格 및 他 規格基準
- 10. 規格基準과 問題點

## 제 3. 食品一般에 대한 規格 및 基準

### 2. 重金屬(그 3)

#### 마. 重金屬 各論

前回까지 重金屬의 汚染과 毒性, 重金屬의 規制 등에 대하여 檢討하였는데, 이번에는 重金屬 各 個別品目에 대하여 살펴보고자 한다. 重金屬은 이미 言及한 바와 같이 砒素, 납,

水銀, 카드뮴, 구리, 안치몬, 朱錫 등 여러가지가 있는데, 이중 衛生上 重要な 것은 砒素, 납, 水銀, 카드뮴의 4種이며, 砒素에 대하여는 前 2回에서 자세히 說明하였으므로 除外하고 납, 水銀 및 카드뮴에 대해서만 略述하고자 한다.

#### (1) 납(pb)

납은 食品중에서 檢出되는 重金屬중에서 가장 毒性이 강한 物質중의 하나로서 특히 無機鉛은 만성中毒이 강한 蓄積性 毒性物質이다. 急性中毒은 그렇게 强하지 아니하여 30g의 鉛

鹽을 섭취해서 4~5日 後에 死亡했을 정도이나 微量일지라도 連日 섭취하면 만성中毒이 일어난다. 症狀는 特有的 蒼백한 皮膚의 色(헤모글로빈 合成阻害에 의한 貧血), 강한 疲勞感, 睡眠障害와 便秘가 나타나고 더 進行되면 多發神經炎 및 疝痛 등이 일어난다.

有機鉛의 代表的인 物質은 Alkyl 납으로서 有機金屬이므로 消化管으로부터의 吸收는 극히 잘되며, 또한 蒸氣壓도 높아 揮發性이므로 코의 粘膜으로부터도 吸收되는 急性毒性이 강한 危險物質이다. 그러나, 이 Alkyl 납이 그 대로의 形態로서 食品에 接觸되거나 侵入하는 경우는 보통은 생각할 수 없다.

휘발유중에 Antiknock 劑로 添加된 Alkyl 납은 燃燒 후 自動車排氣중에 Halogen 化납이나 黃酸鉛의 形態로 排出되어 無機鉛으로서 環境이나 食品에 汚染된다. 自動車排氣의 경우, 직접 呼吸에 의하여 吸收되는가 하면 土壤이나 植物에 沈着되기도 하고 家畜의 呼吸에 의한 간접적인 吸收도 있다. 大氣中の 납이 高速道路邊이나 都市地域의 土壤 및 植物에 더욱 많이 沈積된다는 事實은 잘 알려진 일이다.

사람에게 있어서 납의 吸收源泉은 食品과 飲用水 및 空氣인데 그 吸收量은 1日 약 0.4mg 라고 한다. 각각으로부터의 吸收되는 量은 文獻에 따라 다른데 몇가지 예를 들면 食品으로부터 0.35mg, 물로부터 0.02mg, 空氣로부터 0.03mg, 혹은 食品으로부터 0.22mg, 물로부터 0.10mg, 空氣로부터 0.08mg 이라고 하는가 하면 또 어떤 資料는, 1日의 平均攝取量을 0.3mg, 그 中 0.26mg은 食品으로부터, 0.02mg은 물로부터, 0.02mg은 空氣로부터 吸收된다고 하였다. 이와 같이 해서 體內에 들어간 납은 大便 및 尿를 통해서 대부분 排泄되어 버리나 그 吸收量이 많아질 경우 一部는 骨中에 蓄積된다.

사람의 몸 全體에 含有되어 있는 납의 量은 그 差가 심하나(90~400mg), 보통은 90~130mg 이라고 하며, 美國에 있어서 事故에 의한 희생者 成人 150 例에 있어서의 平均値가 121mg 이었으며, 이 중의 약 90%가 骨格중에 있

었다. 正常人的 血液중에는 0.1~0.3ppm 의 납이 含有되어 있으며, 0.6ppm 이 急性中毒의 限界量이라고 하는 文獻이 있으나 또 다른 資料는 健康한 사람의 正常的인 범위를 0.15~0.40 $\mu$ g/ml 라고 하였다.

排泄되는 量은 大便을 통하여 0.2~0.3mg, 尿中에는 0.03~0.05(혹은 0.01~0.08)mg 로서 이것이 0.1mg/l 가 되면 납中毒으로 생각된다고 한다. 그러나 이것도 例外的인 경우가 있어 심한 中毒의 경우에도 平常時와 비슷한 경우가 있는가 하면 鑛山이나 印刷所 등에서 항상 납과 접촉하고 있는 사람은 平常人 보다 多量의 납을 排出하고 있어도 아무런 영향을 받고 있지 않는데 이는 이들에게 耐性이 생겼기 때문인지도 모른다.

最近 EDTA-Ca 을 投與하여 납의 尿中排泄을 높이는 것이 可能해 졌다. 이는 납中毒의 治療에 사용됨과 同時에 不顯性 납中毒의 診斷을 위한 尿中鉛의 測定에도 利用된다.

外國에서 있는 食中毒事例은 대부분 물, 麥酒, 사이다등의 液狀食品에 의한 경우로서 固形食品에 의한 事故는 比較的 적다. 예를 들면 0.7~1.4ppm 의 납을 含有한 사이다를 마시고 事故가 일어났거나 1~5mg/日의 섭취로서 만성中毒이 일어난다고 한다. 그러나 30ppm 의 납을 含有한 정어리를 매일 먹거나 약 2.5mg/日의 섭취를 계속해도 아무런 害가 없었다는 報告도 있다. 이는 그 납의 存在形態의 差異에 의한 것일 것이다.

납의 攝取許容量에 대하여는 매일 1mg 또는 0.2~2mg 라는 文獻도 있으나 FAO/WHO 의 國際規格上으로는 適當攝取許容量(Provisional tolerable weekly intake)을 體重 1kg 當 0.05mg 으로 規定하고 있다. 이들 平均體重을 50kg 으로 하여 換算하면 適當 2.5mg, 하루에는 약 0.36mg 이 된다. 各種 食品中の 납의 含量이나 國內外規格에 대하여는 前회에서 說明하였으므로 省略한다.

興味있는 것은 牛乳가 납에 의한 急性中毒에 解毒劑로서 使用되는 일이 있다는 點이다. 이는 牛乳중의 콜로이드狀의 磷酸칼슘이 小腸

에서의 납의 吸收을 妨害하는 것이 아닌가 라고 일컬어지고 있다. 그의 蛋白質이나 靛靚質의 食品은 납과 不溶性의 化合物을 만들어 小腸으로 부터의 吸收을 阻害한다. 이러한 點들은 食品에 있어서의 납의 許容量을 定하는데 重要한 意義를 지니고 있다.

## (2) 水銀(Hg)

水銀化合物도 다른 重金屬과 같이 無機와 有機別에 따라 그 性狀이나 作用에 差異가 크며, 有機水銀 중에서도 Methyl 水銀과 같은 Alkyl 水銀(工場廢液 등)과 Phenyl 水銀과 같은 Allyl 水銀間에는 慢性的인 영향등이 상당히 다르다. rat 에 대한 急性經口 LD<sub>50</sub> 은, 昇汞(HgCl<sub>2</sub>)이 37mg/kg, 鹽化메칠水銀(CH<sub>3</sub>HgCl)이나 醋酸페닐水銀(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>HgOCCH<sub>3</sub>)이 약 20mg/kg 이다. 金屬水銀, 無機水銀鹽 및 體內에서 比較的 分解하기 쉬운 Allyl 水銀劑 등은 體內에서 2價의 水銀 ion으로 되어 그 결과 蛋白質에 變性을 일으키고 肝이나 腎 등 實質臟器에 細胞變性이나 壞死를 일으킨다.

Alkyl 水銀은 神經系의 障害가 主要病變이다. 末梢에도 知覺障害가 初期에는 나타나나 주로 中樞의 神經細胞에 變性이 일어나 視野 縮小, 聽力減退, 運動失調 등 소위 水俣病症狀을 나타낸다. Methyl 水銀은 體內 SH 基와 쉽게 結合하나 그 解離定數는  $K=10^{-17}$  으로서 거의 解離되지 않는다. 따라서 극히 稀薄한 濃度로 環境水중에 存在하는 水銀이 水生動物 體內에 高度로 濃縮된다. 細胞壞死나 酵素阻害는 無機水銀쪽이 強하나 消化管으로부터의 吸收는 無機水銀이 數%인데 비하여 有機水銀은 90% 이상이다.

水銀이 動物體에 어떤 有益한 作用을 하거나 利用되고 있을 可能性은 현재로서는 전혀 생각할 수 없으나 人體內에서 常時 檢出되고 있으며, 體內 全體에 약 13mg 含有되어 있다고 알려져 있다. 尿中에의 排泄은 平均 20 $\mu$ g/日이며, 毛髮 中の 水銀量은 1~2ppm 이다. 水銀의 攝取對象食品은 水産物, 곡류, 채소 등이나 그 중에서도 특히 魚類가 가장 큰 原因인 것으로 생각된다. 魚類는 水中의 水銀을 數

千倍로 濃縮할 수 있으므로 工場排水 등 人爲의 原因이 아니더라도 높은 水銀含量을 나타내는 일이 있다.

또한 魚類는 水銀을 蓄積함과 同時에 Methyl 化反應도 일으키므로 Methyl 水銀으로서 體內에 蓄積되어 있는 경우가 많다. 특히 다랑어, 상어 등 深海性 魚貝類에는 水銀의 含量이 높은 경우가 많으나 이들 Methyl 水銀은 動物實驗에 쓰이는 Methyl 水銀과는 전혀 다른 毒性學的 樣相을 나타내며 거의 無害한 것으로 보인다.

따라서 人工的으로 汚染된 경우에는 微量의 水銀을 계속 섭취해도 中毒現象이 나타날 수 있으나 原來부터 含有되어 있는 경우는 그 含量이 높더라도 中毒現象이 나타나지 않는다는 것은 그 存在形態가 다르거나 다랑어 등은 水銀과 함께 Selenium 을 高濃度로 가지고 있어 이의 拮抗作用으로 毒性이 輕減되어 있다는 說이 있다. 有害金屬은 共存하는 金屬, 共存하는 食品成分에 의하여 毒性이 크게 左右되며, 水銀의 毒性에 대한 Selenium 의 拮抗作用은 꽤 널리 알려져 있다.

水銀의 中毒事例로서는 水俣病(Miramata disease)라는 世界的으로 有名한 Methyl 水銀에 의한 慢性中毒事件이 있다. 1953~1960年 사이에 日本 熊本縣水俣灣 沿岸漁民들에게서 發生한 것으로 手足마비, 步行障害, 어지러움, 言語障害 등을 특징으로 하다가 다시 極度의 中樞性障害까지 進行되어 死亡에까지 이르게 된 것이다. 原因은 有機水銀化合物의 蓄積에 의한 것임이 明白히 밝혀졌다.

즉, Acetaldehyde 製造工程中에 觸媒로 使用된 水銀으로부터 生成된 Methyl 水銀이 工場의 排水에 섞여 河川을 거쳐 海水에 放出되어 魚貝를 통해서 사람에게 移行, 濃縮되어진 것이다.

患者는 1971년까지 170名에 달하였고 53名이 死亡하였으며, 患者의 毛髮 中の 水銀은 100~400ppm 이었다. Methyl 水銀은 蛋白質 變性作用에 의한 實質毒으로서의 慢性中毒을 일으키는 것이 아니고 特異的으로 高等動物에

神經障害을 일으키는 것이다. 그리하여 腦 이외의 臟器에는 거의 異常이 없으며, 媒體로 된 魚貝類에는 아무런 毒性도 나타내지 않았다.

水銀에 대한 國際規格을 보면 Provisional tolerable weekly intake가 Total Hg로서 0.005mg/kg body-weight이고, Methyl mercury로서는 0.0033mg/kg body-weight(expressed as Hg)이다.

### (3) 카드뮴(Cd)

오래 전부터 알려져 있는 食中毒事例로서는 카드뮴鍍金을 한 容器로부터의 移行이나 plastic의 安定劑로서 使用된 것으로부터의 溶出 등에 의한 경우가 있었다. 比較的 急性毒性이 강한 金屬으로서 攝取하면 消化管內를 刺戟하여 炎症을 일으키며, 이 때문에 嘔吐, 下痢 등이 主症狀이 된다. 食品中 15ppm의 카드뮴에 의하여 가벼운 中毒症狀이 일어났다는 報告가 있으며, 사람의 全體中에는 약 50mg이 常在하고 있다.

카드뮴에 의한 中毒事例로서는 日本에서 일어난 카드뮴中毒(이따이이따이病)이 有名하다. 富山縣의 神通川流域에서 發生한 이 中毒事件은 無機카드뮴의 攝取가 原因의 하나로 밝혀져 있다. 카드뮴은 水銀에 비하여 吸收도 적고 蓄積도 적다. 이 地方에서는 옛날부터 이 症勢가 觀察되어 왔으나 原因不明의 一種의 地方病으로 생각되어 왔으며, 1955年度에 學會에 報告됨으로써 비로소 注目되기 始作했다.

이 病은 激烈한 疼痛을 수반하고 尿蛋白이나 貧血이 보이며, 骨의 萎縮, 胞灰가 일어난다. 1963년부터 本症의 解明을 위하여 厚生省에 研究班이 組織되고 本格的인 研究檢討를 거쳐 1968年 그 結果를 發表하였는데 카드뮴의 體內侵入에 의하여 慢性腎臟障害가 일어난다고 이어 骨軟化症이 일어나며, 특히 出產, 授乳나 內分泌障害, 老化등에 의하여 칼슘이 不足한 狀態가 誘因이 되어 “이따이이따이病”이라는 疾患이 일어났다는 見解를 밝혔다.

原因이 된 카드뮴은 神通川上流의 三井金屬의 鑛業所(鑛山)의 排水中에 含有되어 있던 것으로서 이것이 河川水 및 魚類와 流域의 米穀

등 食物에 汚染되므로써 이의 攝取에 의하여 慢性中毒이 일어난 것이다. 患者의 總數는 130名, 死亡者는 30名을 넘었다.

亞鉛과 카드뮴은 共存하거나 類似한 行動을 하거나 한다. 亞鉛鑛山의 排水에는 카드뮴이 많다. 카드뮴의 毒性도 共存金屬이나 食品成分의 影響을 받기 쉽다. 亞鉛은 카드뮴에 拮抗하는 것이 實驗的으로 認定되어 있다.

亞鉛과 카드뮴의 存在比는 環境에서는 1對 100(1對數十~1對數百) 정도이다. 食品의 대부분은 이러한 比率로 兩金屬이 存在하고 있다. 그러나 어떤 조개에 있어서는 肝臟에 카드뮴이 30~50ppm 含有되어 카드뮴 對 亞鉛의 比가 거의 1:1이 되나 이 카드뮴으로 인하여 有害作用이 일어나지는 않는다. 이것은, 그 조개가 카드뮴을 무슨 目的에서인지는 모르겠으나 積極的으로 吸收하고 있는 것 같다. 또 그 조개의 肝에는 特殊한 카드뮴結合蛋白質이 있어 이것이 哺乳動物의 消化管으로부터의 카드뮴吸收를 抑制하거나 카드뮴의 毒性發現을 抑制하고 있지 않는가 생각된다.

“이따이이따이病”이 카드뮴을 主要原因으로 하여 發症하고 있는 것은 確實하나 이 이외의 다른 要因이 있는 것도 事實이다. 그것은 이 病이 婦人 특히 經産婦에 많이 發生하고 있는 점이다. 從來 알려져 있던 慢性職業病으로서의 카드뮴中毒症狀과 合致되는 點 이외의 骨의 變化 등 전혀 合致되지 않는 點도 있다는 데서 推論되고 있다. “이따이이따이病” 患者의 骨에 4,000ppm 前後의 카드뮴이 含有되어 있었던 點으로 보아 이 病의 發生要因으로서 카드뮴이 가장 主要物質인 것은 確實하나 여러 症勢로 보아 典型的인 카드뮴中毒症狀과 다른 點이 많기 때문에 어떤 다른 因子가 있을 것으로 보고 있는 것이다.

카드뮴에 대한 國際規格을 보면, 適當攝取許容量이 0.0067~0.0083mg/kg body-weight이다.

### 바. 食品中の 重金屬의 化學形에 대하여

毒物이나 汚染物의 哺乳動物에 대한 作用은

이를 받아들이는 動物側의 種類나 生育條件에 따라 左右된다는 것은 잘 알려져 있다. 또한 食事의 組成에 따른 影響도 커서 低蛋白食이 解毒活性이나 免疫應答을 낮추는 등 많은 食品成分이 藥物代謝에 影響을 주고 있다. 그러나 이들 生體側의 條件에 대하여는 아직 研究가 충분치 못하여 실제 人體許容을 論할 때에는 큰 障害가 되고 있다.

이에 비하여 汚染物 自體에 대한 研究는 많이 進展되어 ppb 또는 ppt 까지 上昇한 分析感度로서 存在量이나 分布, 代謝를 明確히 할 수 있는 例가 많아졌다. 그리하여 標準화된 動物實驗에서 投與된 物質의 無作用量을 實驗的으로 알아내는 것은 그리 어려운 일이 아닌 것으로 되었다.

그러나 汚染物이 化學物質로서 單一成分으로 存在하는 것이 아니고 일단 食品중에 들어간 경우에는 食品으로서의 動植物體成分과 汚染物이 相互 反應하여 그 機轉을 복잡하게 하고 있다.

현재 地球上에 存在하고 있는 動植物은 그 긴 進化過程에서 自己 周邊의 環境중에 있는 金屬의 觸媒機能을 利用하고 다시 金屬을 複雜한 有機物의 構造중에 받아 들여 그 活性을 크게 增幅했다. 이와 같이 地殼의 構成成分으로 存在하는 重金屬 중의 일부는 積極的으로 食品原料의 動植物體內에 吸收되고 있는가 하면 環境으로부터 動植物에 受動的으로 移行되는 汚染物로서의 金屬도 많아 重金屬이 없는 食品은 없으며, 반드시 어떤 正規分布를 갖는 Background 를 만들고 있다.

이렇게 吸收 및 汚染되는 目的이나 經過가 다른 金屬은 당연히 그 存在形도 다르며, 그 生物活性이나 毒性도 크게 다를 수 밖에 없다. 또한 汚染物로서 侵入됐다 하더라도 特定の 食品중의 既存의 特定の 成分에 의하여 生物活性이 다른 것으로 變해질 수 있다는 것도 생각할 수 있다.

따라서 重金屬의 食品衛生學上的 評價는 食品에의 重金屬의 吸收되는 方法, 量, 他成分(無機, 有機를 不問하고)의 質과, 量 原料動

植物의 種類와 特性등에 의하여 달라질 수 밖에 없다고 할 수 있다. 이것은 20ppm의 砒素를 함유한 粉乳가 重大한 乳兒中毒을 일으키거나 5~10ppm의 砒素를 함유한 麥酒로서 急性中毒이 일어난데 反하여 100ppm 이상의 砒素를 함유하면서도 實際에는 전혀 無害한 새우나 海藻를 比較할 때 옛날부터 經驗的으로 잘 알려져 있는 일이다.

人體에의 重金屬의 侵入은 대부분 食品을 媒介로 하고 있으며, 食品중의 重金屬의 대부분은 單純한 無機鹽은 아니다. 그러나 지금까지의 實態調査나 動物實驗은 그 對象을 대부분 無機의 金屬에 두어 왔다. 食品중의 存在形이 單純한 無機物形보다 作用이 強한가 弱한가도 正確하게 把握되어 있지 않다. 이제, 우리들이 經驗的으로 無害라고 알고 있는 食品중의 重金屬이나 혹은 評價되어 있지 않는 重金屬이 과연 어떤 化學形을 하고 있는가 혹은 무엇과 結合하고 있는가 그리고 化學形의 差異에 의하여 作用이 어떻게 다른가에 대하여 앞으로 깊이 研究할 때가 되었다. 그리고 이와 동시에 測定值나 動植物側의 態度(選擇能力이나 濃縮能)등을 綜合的으로 判斷하여, 食品衛生에 있어서의 問題의 輕重을 判斷할 수 있는 方法을 導出해 내야 한다.

人體 혹은 動物의 生命維持에 必要한 것으로 알려져 있는 重金屬은, Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Mo, Se, Cr, Sn 이며, 存在意義는 未詳이나 人體에서 항상 檢出되는 것에 Ni, As, V, Cd 등이 있고, Pb, Hg, Sb 등은 動物에 有害한 作用만을 하는 重金屬으로 알려져 있다.

重金屬이 나타내는 여러가지 作用의 基本이 되는 反應은 重金屬의 存在形을 決定짓는 基本特性이기도 한데 Clarkson 은 이를 다음의 셋으로 要約하고 있다.

- ① 有機의 配位子와 錯體를 만든다.
- ② 有機金屬化合物을 만든다.
- ③ 酸化還元反應을 받는다.

錯體를 만들기 위한 水素의 供與體는 食品이나 生體內의 諸成分의 分子에 있는 Amino, Carboxy, 磷酸, Imidazole, SH 등의 基이며,

結合은 原則的으로는 可逆的이다. 有機金屬化合物은 砒素, 납, 水銀, 주석 등에서 잘 알려져 있는 바와 같이 金屬이 炭素와 共有結合을 하고 있는 化合物이다. 有機化합에 의하여 金屬의 生理活性이 劇的으로 變化하는 것은 잘 알려져 있다. 酸化還元反應을 받아 金屬의 價數가 變하는 것도 어떤 種類의 重金屬의 化合物形의 變化에 의하여 일어나고 있으며, 그것이 作用에도 큰 變化를 준다.

이상의 셋 基本特性에 대하여, 그러나 지금까지 食品 중의 重金屬의 化學形에 대하여는 諸外國에 있어서도 겨우 海産食品중의 砒素에 대한 약간의 報告가, 그것도 中間的인 것이 있는데 不過하며, 關心을 기울이고 있는 程度에 比하여는 業積이 적다. 그러나 이에 대한 研究가 外國의 여러 나라에서 進行되고 있을 것이므로 앞으로 많은 資料가 나올 것으로 생각되며, 현재까지 文獻에 있는 內容을 간단히 紹介하고자 한다.

(1) 有機의 配位子(ligand)와의 錯體形成

食品이나 生體중에는 重金屬과 結合하는 有機配位子가 아주 많아 重金屬의 錯體는 쉽게 이루어진다. 지금까지의 重金屬의 作用, 예를 들면 酵素阻害라든가 膜變性 등은 모두 이 機構로 說明되고 있다. 이 反應은 可逆的이어서 보다 親和性이 높은 配位子가 共存할 때에는 그쪽으로 重金屬이 옮겨져서 보다 安定한 Complex 를 만든다. 또 周圍의 pH가 낮아지면 解離되어 Ion 形의 金屬으로 되돌아가는 것으로 생각된다.

Methyl 水銀과 無機水銀 ion의 錯體形成常數(-log K)를 아래 表에 나타내었는데 거의 모든 生體內의 有機物質 특히 高分子와 強한 結合을 만들 수 있음을 알 수 있다.

기타의 重金屬 즉 납, 카드뮴도 水銀과 같이 各種 成分과 廣範圍하게 可逆的으로 錯體를 形成한다. 配位子의 分子의 크기(分子量)와 錯體의 解離定數에 따라 結合型의 性質이 決定된다.

카드뮴에 있어서는 一般的으로 巨大高分子蛋白質과 比較的 強한 親和性을 나타내고 잘

Methyl 水銀 및 水銀 Ion의 錯體의 安定定數

配 位 子	CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>
Cl	5.4	6.7
OH	9.5	10.3
Histidine(NH <sub>2</sub> )	8.8	10
Cysteine	15.7	14
Albumin	22.0	13

이나 콩, 貝類중에서 非透析性으로 存在하며, 中性에서는 吸收도 꽤 抑制되나 酸性에서는 쉽게 Ion 化한다고 생각된다. 어떤 종류의 조개 중에서는 特異的인 低分子結合蛋白과 극히 強하게 結合하여 pH나 他的 Chelate 劑의 影響을 받기 어렵다는 結果도 나와 있다. 또 大豆 중의 銅과 같이 各種 Size의 蛋白質에 거의 같은 程度의 親和性으로 高르게 結合되어 있거나 굴(조개)의 低分子配位자는 競合的이긴 하나 카드뮴보다 亞鉛쪽에 親和性을 나타내는 것도 볼 수 있다.

(2) 生體內循環과 Biocomplex

食品중에서 重金屬과 結合하고 있는 配位子에는 위에서 본 바와 같이 巨大分子와 特異性이 높은 低分子인 경우가 많다. 이는 動物體內에서의 重金屬의 化學形에 있어서도 같다. 특히 體內에서의 運搬과 貯藏에 關하여 重要한 意味를 갖고 있다. 개(犬)에 대한 實驗에서 血漿중에서의 납과 低分子配位子와의 錯體가 尿中에 排泄됨을 볼 수 있었다. 水銀의 胆汁內排泄를 檢討한 結果 無機의 鹽化水銀을 投與한 rat에서는 高分子의 錯體로 되어 水銀이 胆汁中에 나타나나 Methyl 水銀을 投與한 rat로부터의 胆汁中の 水銀은 高分子와 低分子의 양쪽의 錯體를 나타내고 특히, 低分子配位자와 結合한 水銀이 全水銀의 80%를 點하고 있었다. 이 低分子結合水銀은 小腸에서 다시 吸收되어 거기에서 腸肝循環을 形成하고 만다. 이 低分子配位자는 글루타치온이었다.

납은 體內에서 高分子와의 結合뿐으로서 腸肝循環은 일어나지 않는다. 망간은 一部 腸肝循環을 나타낸다. mouse에 있어서는 Methyl 水銀의 生物學的 半減期는 7日程度이나 사람

에게 있어서는 약 70日이다. 이와 같은 差도 體內存在形의 差異에 의한 경우가 많다.

### (3) 排泄과 治療

重金屬의 毒性이 體內 혹은 標的臟器에의 蓄積에서 始作된다고 하면 排泄促進은 豫防 혹은 治療面에서 必須條件이다. 重金屬이 biocomplex를 形成하고 있다면 보다 親和性이 강한 低分子의 Chelate劑等を 使用함으로써 目的을 達成할 수 있다. 납中毒된 사람에게 EDTA-Ca을 投與하면 尿中의 鉛濃度가 上昇한다. 이것은 診斷과 治療의 兩面에 쓰인다. 亞鉛鑛山의 排水의 下流에서 高濃度의 카드뮴에 接觸되고 있는 住民들에게 전혀 危害가 發生되지 않고 있는 理由를 調査한 결과 그들은 豆乳를 常用하는 습관이 있었다는 報告가 있는데 이는 위의 實際的 應用事例라고 볼 수 있다.

重金屬과 配位子와의 結合이 可逆的이라는 것은 2種의 重金屬의 相互作用에 매우 큰 役割을 하고 있다. 水銀과 셀레늄의 拮抗作用에 대하여는 잘 알려져 있으며, 카드뮴과 셀레늄의 拮抗도 著明하다. 카드뮴毒性의 代表的인 것에 精腺障害가 있는데 동시에 셀레늄을 mol 投與하면 거의 完全히 障害가 防止된다. 이는 精腺의 可溶性劃分中의 카드뮴의 分布가 크게 變化한 것으로 생각된다.

카드뮴과 셀레늄을 單獨으로 投與하면, 各各의 金屬은 血中에 거의 나타나지 않으나 兩金屬을 동시에 投與하면 兩金屬 모두 血中에 높게 나타난다.

### (4) 有機金屬化合物

有機重金屬化合物의 作用 혹은 重金屬의 有機化라는 點에서 가장 詳細히 研究되어 있는 것은 水銀이다. 有機水銀은 이미 動物에 投與하여 檢討되었고 無機態와의 毒性의 差에 대해서도 많은 研究結果가 있다. 有機水銀이 配位子와의 結合能과 脂溶性을 가지고 있다는 것에 의하여 吸收되므로써 腦神經에 分布하여 中樞障害를 일으키는 것이 說明된다. 食品中의 化學形에 있어 砒素는 매우 興味있는 樣相을 나타내고 있다. 그것은 海産食品과 陸産食品사이에 그 量과 化學形에 큰 差異가 있다는

사람에게 있어서의 砒素의 排泄

砒素의 化學形	攝取量 (μg)	排泄量(μg/日)	
		尿	糞
正 常 食	2	26	7
새 우 As	1,180	1,014	23
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,000	308	19

것이다.

새우등의 甲殼類中에 砒素의 含量이 높다는 것은 1926年경부터 알려져 왔다. 새우를 먹은 사람의 尿中에서 砒素가 有機形으로 나타나고 黃窒酸處理에서 그 砒素는 無機形으로 바뀌었다.

위의 表에 사람에게 있어서의 砒素의 排泄을 나타내고 있는데 rat에 無機砒素를 投與하면 3個月 후에 18%가 體內에 殘留하고 있는데 비하여 새우에 含有된 砒素를 投與한 결과 3個月 後에 0.7%밖에 남지 않았다는 것이 알려져 있다.

有機砒素의 含量이 陸<海<底土<魚로 되어 있는 것을 볼 때 底生生物에서의 砒素의 Alkyl化등이 생각되나 實際에 있어서는 海産食品중의 砒素는 Methyl化物은 아니다.

Norway의 Lund는 오래 전부터 새우 혹은 各種 魚油中에 있는 有機砒素의 形을 明白히 할려고 努力하고 있는데 그 결과 魚類나 새우의 體內에는 脂溶性의 有機砒素가 30%, 水溶性의 有機砒素가 70% 있다는 것, 水溶性有機砒素는 陰 ion 交換樹脂에는 吸着되지 않고 陽 ion 交換樹脂에 吸着되므로 鹽基性物質로 생각된다는 것, TLC에서 하나의 스폿트가 생기고 UV吸收 260mm, IR에서 NH<sub>2</sub>와 OH 그리고 페놀性 OH를 認定, 닌히드린으로 푸른 아민로색을 나타낸다는 것 등을 밝히고 있다. 脂溶性砒素도 Hcl處理로서 쉽게 水溶性의 單一物로 되나 元來의 水溶性有機砒素와는 다른 것 같다고 한다. Lund는 水溶性有機砒素의 分子量을 300~400으로 推定하고 있다.

最近 이 方面의 研究에 Canada의 Penrose나 美國의 Irgolic가 參加하였는데 美國의 group은 海藻를 砒素가 들어가 있는 培地에서 培

