

環境中 毒性物質의 發生源概要

朴 在 柱

韓國環境毒性學會長

Pollutant Sources of Hazardouse Materials in Environment

J.J. Park

President, The Korean Society of Environmental Toxicology

ABSTRACT

In order to decide the priority of prevention activities in environmental pollution, a study must be carried out in the wide spectrum of causes and effects of pollution particularly effects on humanbeing in the concept of environmental engineering and toxicology.

Therefore, a study must be covered various segments of environment such as air, water/sea water, wastes and soil in other words sources of pollution should be analysed in the view point of intergrated efforts of engineering and toxicology to locate high priority of prevention activities which given the high value of human health.

序 言

環境毒性學을 研究함에 있어서 毒性物質의 發生源에 관한 事案을 알 必要가 있으므로 이에 소개한다.

環境汚染의 問題는 産業의 急速한 發達 交通機關의 눈부신 發展 에너지源의 急激한 變遷, 人口의 都市集中, 生活樣式의 急速한 變化 等の 原因으로 날로 深刻해져 가고 있다.

公害의 內容도 騒音, 振動, 照明, 煤煙, 惡臭, 有 毒性 危險物로부터 放射能에 이르기까지 日극히 複雜多樣해졌다. 現在 問題가 되는 것은 大氣, 土壤,

河川, 海水할 것 없이 汚染度가 深化되어 이 狀態로 두었다가는 멀지 않은 將來 健康維持조차 困難하게 될 것이 두렵다. 現時點에서는 公害로서 重要視하지 않는 것 중에서도 時代에 따라 이것이 큰 問題로 부각될 수 있는 物質이 있을지 모르는 것이다.

環境衛生, 自然保護, 國土美化, 災害防止 等の 立場에서도 앞으로 公害問題에 대해서는 더욱 調査 研究되어야 하며 毒性物質의 發見과 除去에 관한 研究를 더욱 發展시켜 나가야 할 것이다.

大氣의 汚染

大氣를 汚染시킨 歷史는 人類文化의 發達과 직접

적인 關係가 있으며, 이미 수만년전에 우리 祖上들이 다른 영맹한 動物을 制壓하는데 成功한 것은 실로 불을 使用할줄 알았을때 부터라 하겠다. 人類가 불을 使用하고부터 大氣의 汚染은 비롯됐다고 본다.

純粹한 大氣(natural atmosphere)는 水分을 除外하면 大體로 酸素 21%, 질소 78%, 其他 1%는 炭酸가스, 水素, 알곤, 네온, 헬륨이다.

水分의 含有率은 地球上의 位置와 氣候, 時期에 따라 현저한 차이가 있다. 空氣自體도 高度에 따라 組成이 變하며, 예를 들어 地上 10 km에서는 炭酸가스는 없고, 12 km 地上에서 수증기가 없게 되며 20 km에서 알곤이 없어지고, 50 km에 달하면 오존의 含有率이 最高가 되며, 85 km에서 酸素가, 100 km에서 窒素가 없어져 그 以上은 온도도 절대 0°C에 가깝고 水素와 헬륨만 남게 된다고 한다.

大氣의 汚染이 問題가 된 歷史는 상당히 오래 되었다. 즉 고대 희랍 時代에는 가죽(皮革)을 다룰 때

의 惡臭 또 古代 로마 時代에는 銀을 精鍊할 때 나오는 不快臭가 당시 모든 사람들이 매우 싫어하였기 때문에 問題되었다고 하며, 이는 오늘날에도 마찬가지로 惡臭에 대한 진정이 많이 생기고 있다. 여기서 大氣에는 自然淨化가 되어 휘발성이 높은 가스나 부유성 煙霧塵芥는 눈이나 비에 흡수 용해되어 地上으로 沈降되며, 有機物의 大部分은 日光(자외선), 酸素의 作用으로 炭酸가스와 물로 分解되며 炭酸가스는 植物의 同化作用으로 다시 酸素로 變化하기 때문에 大氣의 組成은 오랫동안 變化없이 유지되어 왔으나 最近과 같이 産業의 高度發達은 이들로부터 排出되는 糞똥매연가스, 배기가스 廢가스 등은 이미 大氣의 自然淨化力의 限界를 지나 深刻한 問題로 대두되고 특히 都市周邊의 자동차배기가스는 人體가 견디어낼만한 限界를 넘어서게 되었다. 美國에서 大氣를 汚染시키는 物質의 種類는 반드시 단순한 것이 아니며 그 量은 아래 表 1과 같이 年合計 1,113 億톤에 達한다고 한다.

表 1. 美國에서의 發生源別 大氣汚染物質

(單位: 100萬톤)

汚染原因	一酸化炭素	亞硫酸가스	酸化窒素	炭化水素	固形物	其他	合計
交通機關	54.1	0.5	2.8	8.7	1.6	0.1	67.8
工業	1.6	7.9	1.4	3.4	5.5	1.4	21.2
發電	0.5	9.2	2.2	0.1	2.2	0.1	14.2
暖房	1.6	3.1	0.7	0.5	1.1	0.1	7.1
塵芥燒却	1.2	0.2	0.1	0.9	0.6	0.1	3.0
合計	59.0	20.9	7.2	13.6	11.1	1.0	113.3

자동차 배기가스가 항상 引用되고 있는 곳은 美國의 Los Angels로서, 여기서 소위 smog 현상이라고 하는 逆轉層이 이루어져서 거의 全市民의 눈 上部氣道가 이겨낼 限界點 以上으로 염증적 자극을 주어 氣管支炎 肺氣腫 등의 患者가 많이 發生하였다. 이에 의한 死亡率의 增加는 아직 認定되지 않았으며, 또한 肺癌같은 질환이 특히 많아졌다는 報告는 없으나 危險性은 充分히 있다고 생각된다. 汚染空氣中에서 刺戟性 物質로서 자동차 배기가스 石油精 製工場 배기가스 등에 의한 不飽化 炭化水素와 酸化窒素의 反應으로 生成된 니트로오레핀 및 과산화 질

산아크릴의 存在가 豫想되나 이것은 分析的으로 證明되지 않고 있다. 또한 런던 smog 事件은 世界的으로 有名했던 일이었으며 그때의 smog는 刺戟性이 強하여 1952년에는 4,000명이, 1956년에는 1,000명이 1962년에는 700명이나 각각 smog때문에 심폐순환기계통의 不整(관상동맥경색, 심장마비, 뇌내출혈) 氣管支障害로 死亡하였다고 한다. 呼吸器의 刺戟 死亡率의 증대는 大體로 空氣中の 亞黃酸가스와 부유물질의 量과 平行關係가 있으며 亞黃酸가스, 특히 全硫黃의 10%에 이르는 때가 있는 微粒子狀의 浮遊黃酸에 의해 大氣가 酸性이 되어 刺

戟性이 경감 소멸됨을 알 수 있어 극단적 표현으로 어린아이의 기저귀에 젖은 오줌에서 發生된 암모니아가 刺戟性을 덜게 해 줬다는 이야기까지 나왔으나, 아직까지도 本 事件의 有害物質의 本體는 確認되지 않고 있으며 病因死因도 病理學的 說明이 불충분한 것이다. 때문에 大氣中에 存在하는 毒物이 人體나 高等動物에 作用하는 것은 一部 피부 및 눈의 點막의 刺戟 등이 있으나 대개는 呼吸器 系統으로 侵入되어 폐점막에 作用하며, 或은 吸收되는 것도 있고 소화기로 들어가서 소화기계통을 손상케 하는 것도 있으며 때로는 이 두가지가 함께 일어나는 수도 있는 것이다. 呼吸器 系統으로 侵入한 가스는 그 化學的, 物理的인 性質의 相異에 따라 比較的 上部에 作用되는 것도 있고 深部에 作用하는 경우도 있는 것이다. 이들이 단백질이나 리포이드질과 反應할 때는 물, 즉 液體에 대한 용해성과 밀접한 關係가 있다.

예를 들면, 親水性이 큰 암모니아 같은 것은 氣道 上部(비강인후두上氣道)에서 용해흡수됨에 대해 보다 親水性이 弱한 酸化窒素나 오존 등은 肺까지 가서 肺胞상피나 모세혈관을 해친다. 親水性 中間 정도인 亞黃酸가스나 염산의 MIST는 大部分 氣管支에 作用하게 된다.

그러나 反應性이 弱한 一酸化炭素, 시안가스, 황화수소 등과 같은 것은 직접 氣道나 폐에 作用함이 없이 肺胞를 通過하여 모세혈관에 들어가 血液속에 용해되어 헤모그로빈과 結合하여 比較的 急速한 中毒을 일으킨다.

4에칠鉛 有機水銀과 같은 가스는 血液에 용해된 채 生存組織細胞에까지 이르러 이곳에 저장 축적되어 서서히 分解되면서 中毒을 일으킨다. 微粒子狀의 煤煙粉塵같은 粒子는 작을수록 氣道 心部에까지 이르러 直徑 0.5~4 μm 以下の 것은 肺胞까지 들어간다. 물론 그 一部는 上氣道 點막에 부착 섬모운동으로 外部로 排出되기도 하나 미세한 固形狀 物質은 一般的으로 용해성이 없어, 예를 들어 미세탄말, 석영, 규산염, 벨리튬 化合物 등은 肺胞에 이르러 림파액과 함께 운반되기도 하고 폐장내 小體로서 침전되기도 하여 矽肺나 이와 유사한 病을 일으키기도

한다.

粒子狀固體에도 液體에 용해되는 산화카드뮴, 크롬산염 등은 그 部分에서 局所的 作用을 일으킴과 同時에 肺癆이나 방광암의 原因이 될 수도 있다. 大氣汚染에 의한 公害는 人體나 動物에 대해서 뿐 아니고 山林이나 논, 밭같은 農地에 對해서도 深刻한 問題가 될 수 있으며 世界各國에서도 이와같은 피해로 고심하는 곳도 많다. 高速道路나 市內 가로수 등의 樹木이 枯死하는 것을 보게 되는데 植物에 對한 毒性은 자동차의 배기가스, 황산, 아황산 불화수소 등이 가장 크며 이밖에 工業地帶에서 問題되는 鹽素, 鹽化水素, 臭素, 沃素, 酸化窒素, 一酸化炭素, 황화수소, 煤煙, 粉塵, 아스팔트타일, 핏치, 시멘트를 비롯 製紙, 금속정련, 야금공장 등에서 排出된 微粒子狀 煙霧 등은 어느 것이고 간에 植物에 有害한 것이며 광범위한 地域에 枯死現狀을 일으키고 있다. 또한 大氣汚染에 의한 被害의 例는 表 2와 같다.

表 2. 大氣汚染에 의한 森林의 被害 (單位 : ha)

國 別	被害面積	有毒가스 主成分
동 독	50,000	亞黃酸가스, 弗化水素, 鹽化水素, 粉塵
서 독	15,000	亞黃酸가스, 弗化水素, 鹽化水素, 粉塵
오스트리아	11,000	亞黃酸가스, 弗化水素, 鹽素, 粉塵, 마그네사이드鑛粉塵, 세멘트工業의 生石灰粉塵, 鉛粉
체코슬로바키아	30,000	亞黃酸가스, 弗化水素, 鹽素, 酸化窒素, 黃化水素, 砒素, 煤煙, 煙霧中の 微量의 重金屬粉
필 란 드	50,000	石炭, 褐炭의 炭塵, 煤煙, 煙霧

大氣汚染에 의한 被害는 動·植物에 局限하는 것이 아니고 金屬을 비롯 고무수지, 콘크리트, 建材, 塗料, 纖維 및 其他 지극히 광범위하다. 이중에서도 金屬의 被害 즉 腐蝕이 가장 深刻한 問題이다.

銅, 銀, 니켈, 크롬鋼 등은 大氣中の 黃化水素, 亞黃酸가스 등에 의해 表面이 變色할뿐 내부까지는 侵入되기 어려우나 鐵鋼, 鉛, 亞鉛, 알루미늄 등은 表

면의 浸蝕뿐만 아니라, 부식은 局部的 或은 全面的으로 進行되며 특히 大氣中の 염분이 많은 海岸地域에는 內陸보다 부식이 빠르다.

都市나 工場地帶의 大氣中에는 亞黃酸가스, 黃酸, 黃化水素 等の 强酸性分 이외에 强電解質, 粉塵, 煤煙이 있으며 이들이 부식을 촉진시키며 一般的으로 工場地帶는 農村陸上大氣의 約 100倍의 부식속도를 나타낸다고 한다. 都市 田園地方에서는 空氣中の 암모니아가 또한 鐵의 부식을 빠르게 한다.

1. 亞黃酸가스

公害에서도 가장 중대한 影響을 미치는 亞黃酸가스는 自然界에서는 火山에서 분출되는 噴氣中에 많이 含有되어 있는 것으로 옛부터 金屬精製工場에서 鑛害問題의 焦點이 되었던 것은 널리 알려진 사실이다.

우리나라에서 가장 많이 쓰이는 연탄 中에도 硫黃이 포함되어 있으며 이것이 燃燒될 때 生成되는 亞黃酸가스는 가장 問題가 큰 것이며 動物中에서는 물뚝트가 가장 예민하여 2 ppm 정도에서 20%가 氣管支경련을 일으키며 食鹽의 에어졸과 같은 擔體에 의하여 보다 障害가 크게 나타난다. 이것은 亞黃酸가스를 粉塵 煤煙과 함께 吸入하면 被害가 더욱 커진다는 사실을 보여주는 것이다. 그러나 健康한 사람일 경우 이 정도의 濃度는 별 影響을 받지 않는다.

亞黃酸가스에는 특유한 질식臭가 있어 예민한 취각을 가진 것은 0.3 ppm에도 確認이 되며 보통 體質의 사람은 0.5~1.0 ppm에서 냄새를 맡을 수 있다.

1~2 ppm이 되면 刺戟이 있으며 2~5 ppm이 되면 기침이 자주 나며 익숙치 않은 사람은 不快感을 느끼나 오랜기간 익숙해지면 習慣性이 되어 刺戟性에 대한 감수성이 둔하게 된다. 亞黃酸가스는 動物에 대해서보다도 植物에 주는 被害가 크며 1~2 ppm에도 數時間內에 엽록소의 光合成作用이 저지되어 잎이 枯死하게 되며 특히 亞黃酸가스에 민감한 樹種(소나무, 전나무)과 豆科植物, 보리, 쌀 등은 日光 溫濕度나 土壤의 條件, 發育狀態 等에서도 枯

死되나 0.15 ppm 以下에서는 거의 害를 받지 않는다. 一般的으로 施肥를 잘한 植物은 저항성이 크며 植物에 따라 이보다 높은 濃度에서 견디어 내는 것도 있다. 有害한 것은 一般的이다.

2. 一酸化炭素

一酸化炭素는 무미, 무취, 무색, 무자극성으로 有機物의 不完全 연소로 生成되는 것이며 화로나 난로의 燃燒가 불충분 할 때 都市가스의 취급부주의 특히 우리나라에서와 같이 연탄을 많이 使用하는 곳에서는 一酸化炭素 中毒이 매년 엄청난 犧牲者를 내고 있다.

교통수단인 모든 차량이 多量의 CO가스를 發生시키고 있다. 煤煙은 차량이 질주할 때보다 정차운전때 CO가스의 濃度가 높다.

Los Angeles 空港의 경우 매일 1,000여대의 비행기가 뜨고 내려 一酸化炭素 3,200 kg과 탄화수소 180~360 kg, 산화질소 50~150 kg을 發生한다고 하니 그 被害는 말로 형언할 수 없는 정도라고 한다. 一酸化炭素는 比較的 물에 잘 녹지 않아 氣道나 肺胞를 통해 血液中の 血色素과 可逆的으로 結合하여 헤모그로빈에 대한 反應性은 酸素의 約 200~300배에 達하므로 血液中の 酸素가 缺乏되고 탄산헤모그로빈의 生成率이 70~80%에 達하면 內部 질식으로 갑자기 허탈에 빠져 죽게 된다.

最高許容濃度(産業場)는 日本이 100 ppm이었던 것을 現在는 美國과 같이 50 ppm으로 저하시켰다고 한다. 이 濃度일 때 CO는 血液中에 約 10%, 100 ppm때는 約 20%의 탄산헤모그로빈이 生成하고 이 이상이 되면 CO 中毒증상이 나타난다. 또 담배를 피울때 2~10% 골초 애연가는 14%의 탄산헤모그로빈이 生成되며 이 탄산헤모그로빈이 可逆的으로 헤모그로빈이 되는 速度는 呼吸의 深度와 빈도 및 산소粉塵에 관계되나 지극히 느리다고 한다. 一酸化炭素가 慢性中毒을 일으키는지 여부는 아직도 확실치 않으나 탄산헤모그로빈이 5% 以上되면 視力의 銳敏度가 低下되며 10~15%에서 精神의 能率이 低下된다고 한다.

實際的으로 長期間에 걸친 基礎的 研究結果로는

平均 5~10% 농도에서는 健康 및 作業能率에 현저한 影響을 나타내지 않는다고 한다.

3. 鹽素 및 鹽化水素

鹽素는 火口에서 少量排出되고 있으며 工業적으로 鹽素를 使用하는 곳에서 發生된다. 電解工場을 비롯 鹽化비닐, 종이, 펄프, 섬유포백, 金屬精製工場 등에서 發生되며 주로 咽喉, 氣道, 氣管支에 甚한 作用을 일으킨다.

소량은 肺에까지 이르러 窒息을 일으켜 世界 第一次大戰 당시에는 毒가스로 使用한 例도 있다. 염소 가스의 냄새는 0.02~0.05 ppm에서도 냄새를 알 수 있으며 1 ppm 이상되면 기침이 나오게 되고 1~10 ppm에서는 多少 差는 있으나 눈, 코, 후두, 기도에 강한 刺戟을 받게 되고 副鼻腔의 粘膜炎에 作用하므로서 頭痛이 일어나며 20 ppm 이상에서는 眼, 鼻, 咽喉, 氣道에 강한 刺戟을 느껴 참기 어려우며 呼吸數가 많아지고 50~100 ppm에서 短時間의 吸入으로도 喉頭腫脹氣管支 경련성 협착, 氣道の 괴양성염증, 粘膜炎의 剝離, 吐血, 急性腎水腫을 일으켜 急死하게 된다. 그러나 中毒後 1時間이 경과되도록 참아낸 사람은 대체로 양호한 경과로 回復된다. 鹽素의 취기는 습관에 의하여 점차 高濃度에 이르기까지 알지 못함과 同時に 被害에 대한 抵抗性도 생기나 家兎에 對해 1 ppm의 濃度の 減少에 의한 慢性中毒 試驗에서는 가벼운 氣道の 異常이 나타나고 粘膜炎에 傳染性進行이 인정되었다. 鹽素의 最高許容濃度는 1 ppm(大氣中 2 mg/m³)으로 mouse에 대한 致死濃度 LC는 127 ppm이다.

4. 弗化水素 및 弗化物

弗化水素는 알미늄, 전해, 제철, 과인산 肥料, 織物, 염색, 후레온불소, 수지 工業에서 大部分은 弗化物의 分解에 의해 生成되며 石炭中에도 85~295 ppm의 弗素가 含有되어 있어 드물게는 이것이 公害의 原因이 되는 일도 있다.

收草中에 存在하는 것을 먹인 乳牛는 弗素침착증이 되어 乳量의 감소를 가져오고 0.01 ppm에서도 植物 특히 살구나무, 포도, 글라디올라스에는 有害

하다. 最近 불화수소는 우라늄, 稀貴金屬의 分離에 利用되고 있으며 猛毒性, 刺戟性으로 最高許容濃度는 3 ppm(大氣中 12 mg/m³)이나 慢性중독 弗素침착증이 생긴다.

5. 黃化水素

黃化水素는 대개 惡臭때문에 그 危險을 미리 느껴 알 수 있지만 個人差가 매우 클 뿐 아니라 低濃度에서 알기 쉽고 200 ppm 이상이 되면 嗅覺神經이 마비되고 말아 도리어 危險하다. 700 ppm에서는 냄새를 모르고 失神케 되어 無意識 狀態에서 죽음에 이르게 된다. 다만 黃化水素는 局部的 刺戟性이 있으나 이것은 반드시 強烈하지도 않으면서 急性中毒以外에 肺를 통하여 血液에 吸收되어 赤血球와 結合 疎鬆헤모그로빈을 生成시킨다. 이것은 메토헬모그로빈과는 달리 生體內에서 본래의 헤모그로빈으로 되지 않기 때문에 市安中毒때 보다도 무서운 毒이며 일시적 뇌중창을 일으켜 後遺증이 심하고 심장이나 순환기 장애뿐 아니라 慢性的으로 甚히 深刻한 神經障害를 일으킨다.

황화수소의 最高許容濃度는 20 ppm(大氣中 30 mg/m³)으로 이 濃度에서 眼粘膜炎의 被害는 나타나지 않으나 H.B.E. Kins에 의하면 20 ppm에서도 結膜炎을 일으킨다고 하여 10 ppm을 넘지 않는 것이 좋다고 하였다.

6. 窒化窒素

窒素의 酸化物에는 여러가지 種類가 있다. 大氣汚染 公害가 되는 것은 소위 nitrous fume이라 하는 一酸化窒素(NO) 二酸化窒素(NO₂) 또는 四酸化窒素(N₂O₂)의 混合가스로 이 양자의 作用은 根本적으로 다르다.

一酸化窒素는 無刺戟不活性으로 肺胞를 通過하여 血液中에 들어가 헤모그로빈과 反應하여 메토헬모그로빈의 生成을 增加시킨다.

만일 메토헬모그로빈이 헤모그로빈 全量의 70~85%에 달하면 致死하게 된다. 一定濃度에서 연속적으로 吸入시켰을 때 mouse의 LC₅₀은 250 ppm rat는 100 ppm, rabbit는 900 ppm이 된다.

人體에서는 50 ppm에서 현저한 증후는 나타나지 않았다. 그러나 이것은 메토헤모그로빈 生成에 따라 치아노제를 나타내는 명료한 증후가 훨씬 후에 나타나기 때문이다.

以上에 대해 二酸化窒素 或은 四酸化窒素(2NO_2 , N_2O_2)는 氣管支肺, 肺胞, 肺毛細管을 刺戟하는 적갈색 刺戟性 특이취가 있는 가스로서 그 刺戟이 窒素와 같이 강열하지 않기 때문에 이를 들여마셔도 잘 모르기 때문에 몇 時間後에 肺水腫을 일으켜 죽게 되는 수가 있다. 急性中毒에 관한 數値는 구구하여 mouse에서 致死濃度인 LC는 30분 吸入에서는 10 ppm, 60분 吸入에서는 42 ppm이다. 反復적으로 吸入을 시키면 抵抗性이 생겨 以上濃度の 倍 以上이 되어도 廢死되지 않는다. 결국 30 ppm까지는 危險이 전혀 없다고 한다. 二酸化窒素에 一酸化窒素가 混合되어 있으면 毒性이 낮아지는 原因에 대해서는 아직 明確히 밝혀지고 있지 않다.

7. 오존(O_3)

空氣中에 地上의 오존量은 지극히 미량이다. 原則적으로 水平線上(해발) 約 50 km의 成層圈의 最上層에 이 오존層이 存在해 있으나 때로는 比較의 낮은 곳에서도 存在한다. 大氣를 구성하는 各種 가스를 平均하여 地球上的 두께로 보면 오존의 量은 窒素의 約 1천만분의 5, 酸素의 1천만분의 2정도이며 이 量을 편의상 두께로 표시한다면 다음과 같다.

가스 : N_2 , O_2 , Ar, CO, Ne, He, O_3

두께 : 6.2 km, 1.7 km, 76 m, 2.4 m, 10 cm, 3.2 cm, 3 mm

그러나 以上과 같은 미량의 오존이 地表面 가까이서 smog의 原因의 하나가 되며 刺戟性 가스 生成의 基礎가 되고 있다. 오존은 活潑한 運動을 하는 動物에 對해서는 有毒하여 rat, mouse는 1 ppm의 濃度에서도 6時間에 致死하며 10 ppm에서는 短時間內에 廢死한다. 오존 中毒때는 絶對적으로 安정이 必要하다. 따라서 오존은 상식적으로 생각하는 만큼 有益한 가스가 아니고 最高 許容濃度도 다른 나라에서 1 ppm이었던 것을 西獨같은 나라는 0.1 ppm(大氣中 0.2 mg/m^3)으로 規定하고 있다. 이와같은 量

은 실로 窒素의 最高許容濃度(0.5 ppm , 大氣中 2 mg/m^3)의 1/10임을 감안한다면 毒性이 어떠한 것은 미루어 짐작할 수 있을 것이다.

8. 蛋白分解物

公害의 一種으로 不潔과 惡臭가 있으며 가장 큰 比重을 차지하는 것 중 하나가 蛋白分解物이다. 이것은 많은 경우 不潔不淨함을 說明할 必要도 없지만 分解物中에는 窒素, 硫黃등 여러가지 化合物이 存在하여 지극히 냄새가 고약하다. 예를 들면 가죽을 이기는데 아교공장 건조어분 등을 製造하는데서의 廢棄物을 비롯 각종 肥料, 汚水, 汚物, 塵芥, 시체 처리 등에는 항상 惡臭가 지독하며 交通機關에서 무제한 살포되는 배설물 등도 深刻한 公害物이다. 단 백질이 細菌 微生物에 의해 自然分解를 하는 것을 一般적으로 腐敗라고 말하며 分解에 의해서 지방산, 옥시산, 아미노산, 암모니아, 황화암모늄, 황化水素, 메캅탄 등 여러가지 아미노산류, 인돌, 스카톨 등의 여러가지 揮發性物質을 發生시키며 이것은 또 健康에도 해로운 것이다. 옛사람들은 이들 生成物을 空氣中の 疾素(miasmen)이라 하여 전염병이나 질병의 發生原因物로 생각해 왔다.

9. 煤煙

都市 工場地帶의 固體空氣汚染物中에는 不完全燃燒로 인하여 생기는 煤煙과 연소잔재물(회분)이 많다. 石炭이나 重油를 燃燒하는 煤煙炭分中 $1 \mu\text{m}$ 以下の 것이 空氣中에 비산되어 大都市에서는 年間平均 1 mm 或은 그 以上の 두께로 沈降되며 工場地帶에서는 每日 2 g/m^2 에 이르기도 한다. 煤煙의 主成分은 炭素이며 有毒物이 아닌 것 같으나 空氣中에 비산부유하는 微粒子狀 탄소분말은 smoke와 같이는, 氣管支의 詰막을 刺戟한다. 그러나 실제로 煤煙은 化學物 炭素는 아니고 여기에 아황산, 황산, 무기물 등이 흡착되어 있기 때문에 刺戟性이 強하고 자동차 排氣煤煙中에는 4에칠鉛(TEL), 4메칠鉛(TML) 등의 酸化에 의해 生成한 鉛, 하로젠, 窒素化合物과 같이 發癌物質이 存在할 可能性이 충분히 있는 多環性 타르상 物質로 되어 排出된다. 그레

서 毒性의 危險性은 더욱 크다. 이같은 毒性成分의 大部分은 실린더로부터 排出된다. 자동차의 앞유리가 부엌게 變化하는 것은 이와같은 煤煙이나 重炭化水素때문이라고 한다.

10. 粉塵

微細한 固體粒子(aerosol)는 長期間 空中에 浮遊하여 風向에 따라 遠邇까지 飛散되고 있음을 宇宙塵이나 火山재 특히 우리나라의 황사현상 등으로도 잘 알려지고 있다. 都市의 공기는 농촌보다 粉塵이 많다. 戰前(2次大戰) 프랑스 파리의 空氣中에는 비가 온 후 1m³ 중에 6mg, 快晴한 날에는 23mg의 粉塵이 存在하였으며 이것은 農村의 경우 0.25~4.5mg에 비해 상당한 차이를 나타내고 있다.

오늘날 大都市에는 每 mg당 5萬~20萬個의 粉塵粒子가 存在한다. 따라서 都市人이 한번 呼吸을 들어 마시는데 約 2,500萬~1億個의 粉塵粒子를 들어 마시는 셈이 된다.

道路上에서 土壤, 岩石, 金屬, 타일, 아스팔트, 煤煙, 연탄재, 검(gum) 細菌 以外에 鑛物, 動物, 植物 등 各種 분말미립자가 浮遊되고 있다. 이와 같이 극히 많은 量의 多種多樣한 粉塵中 肺胞에 도달되는 것은 10 μm 以下の 微粒子로서 이 以上の 크기의 것은 約 15%는 口腔中에서, 約 50%는 鼻腔中에, 그리고 나머지 部分은 上部氣道機閉氣管支 등에서 부착 제거되고 肺胞에까지 이르는 것은 극히 적은 量이라 하겠다. 다시 말하면 吸入된 粉塵은 대개 生物的으로 口腔, 鼻腔, 上部氣道에서 機械的으로 여과되어 保護反射(기침, 재채기)에 의해 또 一部는 섬모운동에 의해 外部로 排出되나 나머지 一部는 肺胞에 도달한다. 鑛物性 粉塵은 採炭人夫들 중 에서 發生되는 炭肺症이 有明하며 通常 乾燥物로서 0.03~0.5%의 炭塵이 침착되는 수가 있으나 重症에서는 1%에 이르는 患者도 있다. 이밖에 石灰岩, 大理石, 花崗岩, 滑石, 水晶 등을 採掘加工하는 사람들에게는 矽弊症을 일으켜 폐기종, 氣管支擴張이 일어나고 이와같은 塵弊症 患者는 지름이 1~12 μm의 微粒子 침착에 의해 發生된다. 이와 똑같이 알미

늄을 취급하는 사람에게 반로침착症, 製鐵, 製鋼工業에 종사하는 사람에게 철침착증, 아연, 유기같은 金屬을 다루는 사람에게는 鑄工症, 알미늄의 電解, 법랑질 등을 다루는 사람에게도 各種 職業病을 일으키게 된다.

動物性 粉塵의 예로서는 모발, 羊毛, 羽毛, 其他 工場에서의 纖維狀 粉塵 吸着症이 일어나는 수가 있으며 大部分 上氣道部位에서 제거되므로 발병은 比較的 드물게 나타난다고 하나 과민성 질환의 原因이 되기 쉬워 특히 肺脾 脫疽와 같은 人畜共通傳染病의 매개체가 되기도 한다.

化學工業은 특히 中毒되기 쉬우므로 取扱上 職業病이 많이 나타난다. 예를 들면 전혀 無毒하다고 생각되는 砂糖塵도 口腔, 齒牙, 鼻粘膜에 중한 病變을 일으키는 수가 있으며, 특히 망간, 크롬, 니켈, 카드뮴, 납, 수은과 같은 重金屬 그 鹽類를 다룰때 粉塵에 의한 障害가 현저하며 또 染料, 醫藥, 溶劑, 爆藥을 製造加工할 때 그 粉塵에 의한 中毒도 있다. 가장 주의해야 할 粉塵에는 자동차 排氣中의 납化合物로서 자동차에 쓰이는 가솔린은 옥탄價 上昇劑로서 4에틸鉛(TEL) 또는 4메틸鉛(TML) 배럴당 數 ml씩 配合되어 있어 이것이 燃燒될 때 徐行中에는 실린더中에 20~60%이 침전되나 疾走할 때는 그 70~80%가 排氣中에 酸化鉛, 鹽化鉛, 臭化鉛 등의 鉛化合物로서 放出되므로 大都市에서의 量은 0.03 mg/m³에 達한다고 하며 鉛化合物의 最高許容濃度는 0.15 mg/m³으로서 상당한 차이의 量이기는 하나 鉛中毒은 만성으로 나타날 뿐 아니라 體內에 축적되어지는 것으로 都市生活의 被害는 매우 큰 것이라 하겠다.

最近에 와서는 에너지원으로서 重油, 벙커C油, 연탄 등의 使用으로 排出가스 중에 타일, 아스팔트 질과 관련 바나듐이 存在하며 원유의 產地에 따라 相當量의 바나듐을 含有하고 있다. (베네주엘라產 原油灰分 중에는 V₂O₅로서 45%에 이룸)이 以外에도 니켈같은 重金屬도 含有되며 모두 有毒한 것들이다. 특히 바나듐은 경구적으로는 毒性이 弱하다고 하나 微粉塵은 催淚 以外에 氣道를 刺戟, 해소나 재채기를 일으키며 몇 時間이 지나면 흉골 後方壓迫,

호흡곤란, 上腹痛, 重症에는 氣管支천식, 폐수종으로 致死를 일으키는 수가 있다. 특히 다른 粉塵보다도 肺胞 깊숙히 侵入되기 쉬운 성질이 있어 이와 같은 重金屬化合物은 發癌性에도 關係있는 것으로 將來는 重油, B.C. 油도 脫黃施設과 함께 이런 重金屬의 제거도 고려돼야 할 것이다.

11. 多環芳香族炭化水素

多環芳香族炭化水素(polycyclic aromatic hydrocarbons) (PAH)라고 分類되는 化學物質은 發癌性을 가지고 있는 物質이 많다. 그중에서도 벤조(a), 피렌B(a) P는 어디에나 있으며 그리고 가장 強力한 發癌性物質의 하나이다. 環境中の PAH는 微生物, 프랑크톤, 植物에 依해서도 合成되며 火山活動이나 自然火災때에도 發生된다. 石油나 石炭을 燃때에도 나오고 食品을 구울 때도 生成된다. 담배연기에서는 B(a) P의 多種類의 PAH가 含有되어 있다. 有機化合物이 不完全燃燒할 때나 强熱下의 부타디엔, 에틸렌, 이소프렌 등의 radical이 生成結合하여 芳香環을 形成한다. 이들의 過程을 熱合成(pyrosynthesis)라 한다.

表 3. 環境試料 및 食品中の 벤조(a) 피렌濃度

試料	濃度(檢出數/檢査數)
김	ND~31.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$
가다랭이	3.0~109 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (12/12)
綠茶	1.3~6.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$
野菜	ND~3.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (12/33)
魚介類	ND~99 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (8/19)
담배	1.3~7.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 本
大氣	3 $\mu\text{g}/1,000 \text{ m}^3$

사람의 活動에 따라 恒상 發生되는 PAH의 量은 地球全體로 따져 5,000 ton/year라고 推定된다. 이 중 약 3/4은 火力發電이나 工業活動에 따른 것이며 自動車나 飛行機에서 生成되는 量은 비교적 적은 量이나 局所的으로 高濃度가 될 우려가 있다. PAH는 自然界에서는 光化學反應에 의해 分解되어 滅대로 發生과 分解의 平衡이 이루어지고 있으나 最近에 이

러리 生成量이 急增되어가고 있다. 全體的인 存在量도 增加하고 있다고 생각된다. B(a) P는 거의 모든 食品中에 乾燥重量 kg當 數~數百 μg 을 含有한다. 특히 혼연제에는 B(a) P의 濃度가 높다. 表 3에 그 例를 들었다.

12. 放射性物質

放射能을 가지고 있는 元素로부터 放射되는 α -線(헬륨核), β -線, γ -線은 人體에 有害하며 放射能은 自然界에서는 空中, 陸地, 河川, 海水에도 存在한다. 最近 에너지源으로, 또 物理的 化學的 處理에도 有效하게 利用되고 있으며, 限定된 地域에서는 核爆發 實驗도 하고 있는 實情으로 放射線에 대한 被害는 豫測할 수 없다. 大氣中の radon의 放射能은 $20\sim 400 \times 10^6 - 18^\circ\text{C}$ ($1\text{C}=1\text{curie}$) 1cm^3 로 톨륨임마나치온(Thoron)은 1萬倍의 濃度가 되나, 그 崩壞가 늦은 까닭에 活性으로는 radon의 60%에 지나지 않는다. 對流圈內의 放射元素는 電離層과 成層圈의 높은 放射能때문에 생긴 것이다. 또 核反應에 의해 생긴 放射能 에어졸은 爆發할 때 生成한 것과는 比較가 안된다. 放射線中 α -線은 거의다 皮膚에 吸收되고, 生理作用은 γ -線의 約 1/10~1/20에 지나지 않으며 β -線은 그 에너지 量에 따라 數 mm까지 浸透한다. 여기서 合成樹脂 필름이나 파이렉스유리에 完全吸收되는데 비해 γ -線은 條件에 따라 지극히 深層에까지 浸透되어 皮膚를 비롯 全身의으로 파급 특히 放射線에 예민한 器管인 骨髓, 生殖腺, 眼球, 循環系統에 현저한 障害를 가져온다. 放射線의 種類에 關係없이 放射線照射에 의해 皮膚는 소위 放射線性홍반이라고 하는 炎症性的 赤色班點이 24時間內에 最高로 나타난다.

約 4日後에는 減少되기 시작하나 急性紅斑을 생기게 하는데 必要한 放射線의 量은 그 種類와 調査時間에 따라 다르나 大體로 400~800 rad이며 ($\text{rad}=1\text{g}$ 의 物체로부터 100 μg 의 에너지를 發生케 하는 放射線量) 이보다 强한 放射線에 노출되면 皮膚상의 色素가 침착하여 紅斑이 소실되며 數週~1年까지 갈색 色素가 남는다. 그러나 炎症이 더욱 强熱할 때는 소위 放射線性 皮膚염을 일으킴과 同時에

血管의 變化를 가져와 괴양이나 종양을 일으키며 만성피부염의 초기 증후는 손가락의 표면 皮溝의 變化가 생기고 손톱이 약해진다. 피부가 건조하게 되며 두꺼워진 것 같은 現象이 생기고 사마귀(疾)가 생기며 강한 放射線에 노출됐을 때는 괴양이 생기고 惡性 종양이 되기도 한다.

이런 증상은 放射線物質을 항상 취급할 때도 생긴다. 특히 강한 放射線이 아니고 적은 量을 오래동안 취급할 때도 그 影響이 축적되어 以上과 같은 증상을 일으키는 수가 있다. 放射性物質을 醫療用으로 쓰기 위해서 一定量을 정맥주사하는 수도 있으나 위장관벽을 통해 또는 呼吸으로 或은 부상, 其他의 事由로 피부로부터 經피적 吸收가 있으면 그 被害는 현저히 높아진다.

吸收性이 不良한 放射線物質도 이를 때때로 먹게 되면 比較的 放射能에 예민한 腸管에 障害를 주어 白血病이나 골육종이 되며 간경변이나 악성간장종양을 일으킨다. 그 發生率은 섭취량과 關係없이 종래의 見解와는 반대로 骨格障害나 骨肉腫은 比較的 少量의 라듐으로 일어나며 예를 들어 人體에 대해서 근소한 量인 0.7~0.8 μg의 라듐으로 骨肉腫이 0.4 μg에서 骨格變化가 일어나므로 종래의 許容值인 0.1 μg은 사실상 問題가 되고 있다.

放射線에 의한 後遺症으로는 大體로 20~30年後에 比較的 長期間이 지난 다음이 아니면 나타나지 않는다. 이것은 完治되었다고 생각되는 急性 放射線痛의 경우도 또는 許容量보다도 훨씬 못미치는 量에서 長期間 반복 취급했던 사람에게서도 같은 後遺症을 나타낸다. 예를 들면 라듐을 취급한지 20年 以上된 사람이 비로소 後遺障害가 나타난 일도 있으며 그 만성적 障害로서 다음과 같은 症狀이 나타난다.

- (1) 말초血液中的 赤血球數의 減少로 인한 소위 新生不能性 貧血症
- (2) 血液中的 白血球數 增加에 의한 白血病
- (3) 皮膚 및 照射받은 器管에 나타나는 惡性
- (4) 眼球水晶體 混濁에 의한 白內障
- (5) 生殖細胞 障害로 인한 還傳因子的 突然變異

土壤의 汚染

地球의 外殼을 형성하고 있는 土壤의 組成은 場所에 따라 현저한 차이가 있다. 예를 들면 화산지방에서는 화강암, 현무암, 변성현무암같은 火山性岩石, 火山재 등이 많고 有機物이 결핍되어 있으며 河口나 平野等 퇴적지대에는 有機物의 含量이 比較的 많아 農耕地로 적합하다. 地殼의 元素 組成을 보면 表 4와 같다.

表 4. 地殼의 組成

元 素	組 成 (%)	元 素	組 成 (%)	元 素	組 成 (%)
산 소	49.5	나 트 른	2.63	염 소	0.19
질 소	25.7	칼 른	2.40	납	0.12
알미늄	7.5	마그네슘	1.93	망 간	0.09
철	4.7	수 소	0.87	탄 소	0.08
칼슘	3.39	티 타 늬	0.58	유 황	0.06

人類가 土壤을 汚染시키기 시작한 것은 大氣의 汚染보다도 더욱 오래 되었으며 類人猿出現 以前으로 소급되며 수렵농경법을 알았을 때부터 汚染은 急速度로 增加되었다.

그러나 人類는 본래 청결을 좋아했던 것과 그 生活을 영위하기 위해서 汚染 不整한 곳에서 새로운 土地를 찾았던 放牧生活로 移住를 계속 하였다. 그러다가 人口가 增加되고 文化가 發達함에 따라 一定한 곳에 定着하게 되면서 局部的으로 汚染이 극심하게 되었으나 多幸하게도 土壤은 日光, 空氣, 細菌에 의한 自然淨化作用으로 土壤의 汚染은 그렇게 深刻한 것은 아니었다. 그런데 最近에 와서 山林의 開發, 道路, 鐵路, 港灣, 工場地帶等 建設에 의해서 地表의 形態變化는 현저해 졌으며 農村地域은 食糧 問題로 無機, 有機, 肥料 以外에 殺蟲劑(마라치온, 크로르데인, 파라치온 등), 殺菌劑(유황합제, 亞黃酸銅, 에칠水銀, 크로르피크린, 멜캄트벤조디아졸, 치오카바메이트염), 消毒劑(크레졸, 페닐페놀, 역성비누), 殺鼠劑(ANTU, 윌파린, 불화초산 나트륨 등), 生長促進劑(나프타린초산, 인돌낙산

등), 除草劑(2,4-D, 2,4,5-T, PCP, 디니트로크레졸, 설파메이트 등), 其他 하로젠燐, 비소, 유황, 수은, 납, 동, 주석 등 지극히 많은 種類에 거쳐 毒性이 強하고 耐久性인 農藥이 넓은 地域에 살포되고 해를 거듭할수록 增加하며 한편 都市周邊이나 工業地帶에서 人口의 過密, 產業發達과 더불어 여러가지 廢棄物, 부산물이 많이 늘어나 大氣汚染보다도 더욱 深化되고 局地的으로 이미 限界를 넘은 汚染地域이 생기게 되었다. 이들 廢棄物中 液狀은 河川이나 海流로 방류되고 炭재의 廢棄가 問題가 되어 廢棄物제이용에 관한 研究를 開發시키고 있는 實情이다. 요사이도 낙동강 上流같은 炭鑛, 鑛山, 冶金, 시멘트 工場地帶와 같은 곳을 비롯하여 石油精製에서 생기는 황산뒹치, 石油化學 폐기축매, 石炭건류, 염료, 안료, 유지, 합성수지 金屬工場의 廢棄物에 의해 地表는 극심한 汚染을 받게 되었으며, 이밖에 大氣를 汚染시킨 成分도 大部分 長期間 또는 雨露風雪에 의해 밤과 낮을 가림없이 地上으로 떨어져 土壤을 汚染시키고 있다.

土壤을 汚染시키는 것 중 動·植物性은 比較的 쉽게 分解되어 大部分은 재차 大氣中으로 還元되고 있으나 無機性 또는 合成有機物의 大部分은 一般的으로 細菌에 의해 分解가 迅速하지 않기 때문에 물에 가용성인 것은 언젠가는 河川 地下水에 들어가 다시 公害의 原因이 되며 不溶性인 것은 항상 그 場所에서 언제까지나 公害物質로 남아 있는 것도 있다. 또한 一部農藥과 같이 植物에 吸收되어 植物連鎖作用으로 人間에 害를 주는 것도 있다.

河川의 汚染

오래전부터 黃河는 맑은 적이 없었고 西獨의 라인강은 機械文明의 發達과 더불어 混濁되어 있다. 많은 河川의 汚染은 土壤과 함께 人間이 生活하기 이전부터 비롯됐다. 그러나 특히 最近에 이르러 人口增加와 產業發達로 家庭用水, 工業用水의 使用量이 急激히 增加되어 家庭下水, 産業廢水의 量도 그만큼 增加되었으며 用水量의 絶對量不足, 河川, 海水의 汚染이 深刻하게 되었다. 大都市, 河川, 工場周

邊의 河川은 그 汚染度가 極한 狀態에 이르렀고 惡臭와 함께 魚貝類의 서식이 不可能하게 되었다. 飲料의 資源, 環境衛生의 觀點에서 그대로 放置할 수 없는 지경에 이르렀다.

따라서 最近 大都市에서는 家庭用水의 確保에 비상한 努力을 기울이지 않으면 안되고 同時 工業廢水의 規制를 더욱 嚴格케 하여 河川, 海水의 汚染防止에 온갖 方法을 강구하지 않으면 안되게 되었다.

또한 飲料水가 飲用に 適合하기 위해서는 細菌學的으로도 또 寄生蟲學的으로도 無害無毒, 淸淨해야 될 것이다. 만일 用水中에서 大腸菌群이 發見됐다고 한다면 이는 人間이나 動物에 의해 불결케 된 증거이며 他病原菌의 存在가 可能한 것이므로 飲料水로서 不適合하게 된 것이다. 그리고 近來에는 트리할로메탄(THM), 트리할로에탄(THE) 등의 유기 염소화합물의 汚染物質 發生量이 增加되고 있다. 參考로 飲料水의 適性和 不純物의 含有限度를 보면 表 5와 같다.

따라서 콜레라, 장티프스, 赤痢를 비롯 各種病原菌 및 回蟲, 條蟲, 요충, 간질충 등 여러가지 기생충外에 그 地域 특유의 風土病原菌 등의 存在를 생각하고 飲料水로 使用되어서는 안될 것은 말할 必要도 없다.

最近과 같이 放射性物質로 大氣가 汚染돼 있으며 언젠가는 이것이 河川, 海水에 流入되며 放射能을 갖게 된다.

WHO에서는 이와같은 放射性物質이 可能한한 적게 되도록 추구하고 결과적으로 어느 限界線까지 許容해야 할 것인가가 問題로 되었다.

飲料水에서는 α -線 1Pc/l, β -線 10Pc/l 이하가 적당하며 이 以上の 放射能이 있다해도 危險한 同位元素가 存在치 않는 한 飲料水로 支障은 없다고 하나 그 數值 限界는 아직도 論議의 여지가 많다.

汚染된 水中에는 無機, 有機, 細菌 등 여러 種類의 不純物 汚染이 있지만 그 程度나 汚染의 種類는 물을 使用하는 量 場所 用途에 따라 다르며, 家庭下水에서 問題가 되는 것은 배설물 處理에 따른 細菌汚物의 混入과 洗劑라 하겠으며 家庭下水의 量은 해가 갈수록 增加되고 있다.

表 5. 飲料水の 適性と 不純物限度

不 純 物	不純物の 濫入의 原因	限度, mg/l	良質水, mg/l
pH		6.5~8.5(WHO)	7~8
硬 度			2.8~17(WHO)
過당간酸칼슘消費量			<12
陽 이 온			
납	地質學的 : 鉛管, 施設	0.1 Pb(WHO)	0
窒 素	地質學的 : 工場水, 錐	0.2 As(WHO)	0
크 른	金屬加工, 鍍金	0.05 Cr(WHO)	0
카드뮴	金屬精鍊, 金屬加工, 鍍金, 合成樹脂配管	0.05 Cd(WHO)	0
셀레늄	工場廢水	0.05 Se(WHO)	0
바 른	工場廢水	1.0 Ba(WHO)	0
鐵	地質學的 : 鐵管, 鐵加工廢水, 淨水處理	0.1~0.3 Fe(WHO)	0.1
망 간	地質學的 : 水의 過당간酸鹽處理	0.1 Mn(WHO)	0.05
亞 鉛	工場廢水, 亞鉛鍍金管	5.0 Zn(WHO)	5.0
銅	工場廢水, 配管, 殺菌劑	0.05 Cu(WHO)	0.05
銀	工場廢水, 廢水處理	0.1 Ag	
알미늄	地質學的 : 配管, 淨水處理	0.2 Al	
칼슘	地質學的	75 Ca(WHO)	(硬度에 關係)
마그네슘	地質學的 : 工場廢水, 淨水處理	30 Mg(WHO) (SO ₄ 250의 時) 250 Mg(WHO) (SO ₄ 50의 時)	(硬度에 關係)
이 온			
암모늄	有機物, 窒酸鹽의 環元, 人造肥料, 工場廢水(石炭乾溜), 淨水處理	0.5 NH ₄ (WHO)	痕跡
靑 酸	工場廢水, 鍍金工場廢水	0.01 CN(WHO)	0
弗 素	地質學的 : 工場廢水, 農藥, 弗化物	1.5 F(WHO)	<1.5
窒 酸	地質學的 : 人造肥料, 生物學的, 方法으로 處理한 廢水	50 NO ₃ (WHO)	30
亞 窒 酸	암모니아肥料, 有機니트로 化合物은 完全 酸化되지 아니했을 때 窒酸鹽은 亞鉛管에 의해 環元됨	NO ₂ 痕跡	
磷 酸	家庭廢水, 人造肥料, 淨水處理	P ₂ O 痕跡	痕跡 30~50
鹽 素	地質學的 : 下水混入, 家庭 및 工場廢水	200 Cl(WHO) 300 Cl(WHO)	30~50
黃 酸	地質學的 : 工場廢水	200 SO ₄ (WHO) 300 SO ₄ (WHO)	70
치오황산	水處理, 雨水, 廢가스	5 SO ₃ 0.5 S ₂ O ₃	
黃化水素	淨水處理 地質學的 : 工場廢水, 黃酸鹽의 環元		
硅 酸	地質學的 : 淨水處理	40 SiO ₂	
炭酸가스	地質學的 : 有機 生物의 分解		
酸 素	電氣 : 植物의 同化作用		6
鹽 素	淨水處理	0.3 Cl ₂	
有 機 物			
페 놀	工場廢水, 新物質의 分解	0.001 Phenol(WHO)	
洗 劑	家庭 및 工場廢水	0.5(알킬벤젠설포산아미드)	0

西獨에서는 1인당 每日 平均 150 l의 물을 소비한
다고 하며 그 組成은 대체로 表 6과 같다.

表 6. 西獨에서의 1인당 下水(150 l) 組成 (單位: g)

廢 水	無機性	有機性	合 計	BSB
沈降한 현탁물	20	40	60	19
沈降되지 않는 현탁물	10	20	30	12
溶 解 物	50	50	100	23
合 計	80	110	190	54

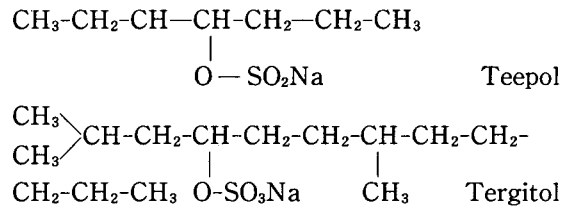
BSB: 細菌에 의하여 分解되는데 必要한 5日間の
酸素量

따라서 1인당 廢水 150 l 中에는 細菌에 의한 酸化(淨化)되는 것이 全體로 54 g이며 이중 부유물, 용해물 中에 35 g의 不純物이 存在하는 것이다. 이
로 미루어 보면 家庭下水 中의 汚染物, 不純物의 合計 190 g 中 約 1/4이 細菌으로 5日間에 淨化되며 다
시 오래동안에 그 大部分이 分解되어지는 것으로 河
川에 放流하여도 自然淨化에 의하여 汚物의 大部分
은 없어지게 되는 셈이나 이와같은 自然淨化는 細菌
微生物에 의하는 것이므로 分解 速度는 氣溫, 汚染
物의 種類 濃度에 따라 一定치 않으며 때문에 무기
화합물의 分解나 無毒化 淨化는 실질적으로 困難하
다. 現在 大개 細菌分解에 必要한 酸素의 量을 과
간산칼륨 소비량으로 나타내고 있으나 이 量과 理論
的으로 完全히 酸化 分解시키는데 必要한 酸素의 量
및 微生物學的 分解에 要하는 酸素의 量을 比較해서
보면 表 7과 같다.

과망간산칼륨 소비량과 細菌分解의 酸素 必要量
과는 直接的인 관계는 없고 또 細菌分解의 速度는
有機物의 化學構造에도 支配되므로 특히 細菌毒이
되는 物質의 것은 分解速度가 至極히 느리다는 것을
알 수 있다. 和蘭의 암스텔담, 伊太利의 베니스, 獨
逸의 함부르크의 運河는 家庭下水로 인하여 惡臭가
심한 곳으로 有名하다. 냄새 自體는 특히 危險한 것
은 아니나 이것이 地下로 스며들고 家屋內의 濕氣를
增加시키며 곰팡이가 잘 자라고 알레르기성 질환 천
식을 일으키는 수가 있으며 또 水門에서 原因이 되
는 砒化水素가 問題되었던 일도 있다.

이와같이 汚水에서는 多量의 암모니아 黃化水素
멜캅탄을 發生시켜 運河工事때 失神患者를 發生시
킨 때도 있다. 때로는 弊의 重病을 일으키게 하는
수도 있다. 또한 便所 가스 中에는 多量의 탄산가스
(10% 以下)와 함께 암모니아 이외의 水素 메탄 黃
化水素(0.03%) 등이 檢出된다.

最近 家庭下水에서 問題되는 것은 洗劑이다. 런
던의 테임스江도 이 洗劑로 인한 거품때문에 白鳥가
놀이 못하고 파리의 명소 세느강도 이 거품 때문에
옛 정취를 찾을 길 없다고 하며 이 세상에서 가장 쉽
게 생겼다 없어지는 것을 물거품이라 하였지만 이
洗劑의 물거품은 쉽사리 없어지지 않아 世界的인 公
害問題로 대두되었다. 종래에 使用하던 비누는 毒
성이 적고 방류하면 산성비누, 칼슘비누, 마그네슘
비누가 되어 起泡性이 急速히 사라지고 細菌에 의해
分解도 빨랐는데 現在 많이 使用하고 있는 中性洗劑
中에는 고급알코올의 황산에스테르로서 毒性은 거의
없고 加水分解되어 고급알코올의 생성과 함께 炭素
鎖로부터 分解되어지나 탄소쇄의 側鎖를 가지고 있
는 Teepol型이나 Tergitol형의 洗劑는 分解가 確實
히 더디다.



1980年度까지 生産消費 되어온 硬性洗劑(ABS
Hard型으로 호칭)는 細菌으로 分解가 잘되지 않고
直鎖의 도데실벤젠 설펜산염인 연성洗劑(연성
ABS)가 90~95%가 分解될 때까지 겨우 20~39%
程度 밖에 分解되지 않으므로 河川汚染의 원흉이 되
고 있다.

따라서 1980년부터 우리나라도 경성세제의 生産
을 중지시켰던 것이다. ABS의 細菌에 의한 分解는
下水의 溫度나 流速에 관계되며 또 側鎖를 가진
Hard type은 側鎖의 位置 등이 현저하게 影響을 준
다.

一般的으로 알킬기의 CH₃-側鎖의 影響은 比較的

表 7. 有機物의 KMnO₄ 消費量과 細菌分解에 의한 酸素消費量

有 機 物	有機物 1,000 mg에 對한 KMnO ₄ 消費量	有機物 1,000 mg을 完全 CO ₂ 와 H ₂ O로 分解 하는데 必要한 酸素理論表	有機物 1,000 mg을 細菌的으로 分解하는데 必要한 酸素量			稀釋度 (mg/l)
			2日間 (BSB ₂)	5日間 (BSB ₂)	20日間 (BSB ₂)	
메 칠 알 코 올	58	1,500	570	960	1,260	3.33
에 칠 알 코 올	65	2,090	950	1,350	1,800	2
아 밀 알 코 올	70	2,727	0	1,265	1,732	1.5
벤 질 알 코 올	381	2,519	1,250	1,550	1,950	2
글 리 세 린	1,013	1,217	500	720	950	5
만 니 톨	2,851	1,143	440	680	940	5
포 도 당	2,355	970	380	580 (482)	860	5
乳 糖	1,544	1,066	340	580 (600)	860	5
덱 스트 린	846	1,185	100	520	840	5
澱 粉	461	1,185	360	680	900	5
蟻 酸	126	250	47	86	250	15
酢 酸	5	1,066	540	700	900	5
프 로 피 온 酸	14	1,513	950	1,300	1,400	2
酪 酸	6	1,818	950 (804)	1,150 (1,100)	1,450	2
吉 草 酸	4	2,039	1,150	1,400	1,900	2
蔞 酸	493	178	30	100	115	20
琥 珀 酸	4	949	520	640	840	5
乳 酸	1,015	1,067	280 (500)	540 (700)	960	5
枸 橡 酸	1,822	686	320	420	610	10
酒 石 酸	1,492	533	250	350	460	10
安 息 香 酸	32	1,967	1,200	1,250	1,450	2
삭 가 린 酸	5,253	1,623	800	950	1,250	2
팔미친酸칼륨	11	2,503	1,135	1,464	1,601	1.5
스테아린酸칼륨	4	2,584	467	1,001	1,401	1.5
石 炭 酸	9,666	2,383	1,450	1,700	2,000	2
크 레 졸	6,166	2,519	1,250	1,600	1,800	2
나 프 톨	2,652	2,542	0	932	1,598	1.5
피 로 가 데 긴	6,166	1,890	800	900	900	2

적어서 末端에 分枝가 있어도 그 影響은 아주 적다. 벤젠환에 가까이 CH₃-의 分枝가 있는 것은 分解가 늦다. 그러나 알킬기의 最初에 $\begin{pmatrix} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ | \\ \text{CH}_3 \end{pmatrix}$ 가 存在하면 分解가 至極히 늦어지고 炭素數 11인 ABS에서는 벤젠환에 直結된 第四級 炭素의 것은 直鎖알킬기의 洗劑보다도 迅速히 分解된다. 또 分解速度는

알킬기의 크기에도 關係가 있으며, E. Ruschenbarg의 研究에 의하면 直鎖 알킬기의 경우 C₁₀~C₁₄보다 길거나 짧으면 分解가 늦어진다. Soft型 ABS 도데실벤젠설포산염은 7日間에 完全分解되나 Hard type ABS인 테트라프로피렌설포산염은 30日이 걸려도 30% 밖에 分解되지 않았다고 하였다. 따라서 工業製品은 C-C의 Soft ABS로서 설포산은 大部分 알킬기에 對하여 P-位置에 結合되어 있

다. 이것이 O-位置에 설펜기를 가진 것보다 分解가 빠르기 때문에 實際적으로 1週日~10日間에 完全히 分解된다고 보아도 좋다. 여기서 ABS型 洗劑의 細菌에 의한 酸化分解機轉으로 一般적으로 β -酸化의 原則에 따라 CH_2 가 最初로 酸化되어 COOH 로 되는 것이다. P. Wickbold의 發表에 의하면 末端에서부터 느리게 되며 드디어 벤젠環이 開環되어 脂肪族의 설펜카본산이 되고 最後에 탄산가스, 물, 황산나트륨으로 끝나게 된다는 것을 說明하고 있으며 R. D. Swisher, R.C. Allred, E.A. Setzron 및 R.L. Huddleston, W.A. Sweeney 等도 大體로 이와 비슷한 意見を 말하고 있다.

Allyl benzene Sulfonate \rightarrow Aromatic sulfocarboxylic acid \rightarrow Aliphatic Sulfocarboxylic acid $\rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

從來부터 家庭洗劑 특히 生食料, 野菜를 씻는데는 ABS를 使用하여 그 毒性에 關係論議되어 왔으며, 人體에 對해서는 赤血球에서 血液色素를 遊離시키는 血液分解作用이 있고 E. Hirsch는 (全魚) 금붕어에 對한 毒性試驗 結果에서 工業製品의 致死劑量 LD는 4~6 mg/l로 후레온 程度이나 一般界面活性劑의 共通性質로서 물의 表面張力을 현저하게 低下시키는 性質이 強하므로 魚類에 對해서는 骨에 있어서의 相當한 高농도에서도 惡影響이 없으나 表面張力이 50 dyne/cm 以下로 低下되면 아가미의 呼吸上皮의 一時的 技能障害를 일으켜 長期間 지나면 死亡하게 된다. 多量の ABS를 放流시키는 것은 魚類 保存의 觀點에서도 有害하다.

또한 魚類에 對해서도 Hard Typed의 ABS쪽이 Soft type ABS보다 約 2倍 毒性이 強하며 魚類에 對해서 순 도데실벤젠설펜산염의 致死濃도는 LC 10~12 mg/l이다. 中性洗劑中 最近 家庭洗劑로도 用途가 增加되고 있는 고급알코올의 포리에칠렌그리콜 縮合型 界面活性劑(Emulphor O型)는 보통 고급알코올(C-C)에 酸化에칠렌 7~9 mol을 縮合하여 만든 製品으로 細菌에 의한 酸化分解에는 比較的 양호하나 옥소법에 의해 合成시킨 C-옥소알코올을 原料로 한 것에도 側鎖가 結合되어 있기 때문에

分解速度가 훨씬 느리다.

똑같이 알킬페놀포리에칠렌그리콜 縮合型 界面活性劑(Igepal C型)도 알킬기에 側鎖가 있으면 分解가 느리다.

$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{-O}[\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{O}]\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$
Emulphor O型 세제

$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{-O}[\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{O}]\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$
Igepal C型 세제

界面活性劑중 兩性비누(Tego型)의 使用은 普及되지 않고 있으나 一般적으로 벤잘코늄크로라이드라 稱하는 역성비누(양성비누)는 殺菌성이 石炭酸의 約 10배나 되며, 細菌에 의한 分解가 어려우나 殺菌性 毒性은 蛋白質이나 鹽類 특히 pH에 支配되는 바 크기 때문에 일단 分解가 始作되면 急速히 分解된다.

서울市內를 흘러 들어가는 淸溪川이 反對의 濁溪川이 되고 안양川이나 中浪川 等 周邊의 産業場이 많은 地域에서 흘러 내리는 支川들은 암갈색의 廢水가 되고 石炭鑛山地域 國民학교 學生들이 美術時間에 개천물 빛을 암갈색으로 그렸다는 사실은 오래된 이야기들이다.

이와같은 工場廢水는 作業의 內容, 種類, 規模, 設備, 其他 여러가지 條件에 따라 다르므로 一括 說明할 수는 없으나 製紙, 펄프, 製糖工場은 물의 使用量이 많으며 섬유 染色工場 等도 多量의 물을 소비하며 惡臭가 강한 石炭의 건류, 油脂, 皮革, 야고 공장, 발효공업 毒性이 강한 金屬精鍊, 鍍金, 농약, 염화비닐, 초산비닐, 合成工場, 着色이 심한 염료, 안료염색, 양초, 아미노산工業, 洗濯이 심한 陶業, 시멘트, 製紙, 石油, 油劑, 金屬加工, 工場 等 모두가 有害 有毒한 物質을 다소간의 차이는 있다 하나 항상 河川으로 放流시키고 있다. 이와같은 有毒物이나 廢棄物의 大部分은 自然淨化로 점차 酸化分解되어 淨化되나 그 中에는 分解不可能한 것, 分解가 至極히 困難한 것도 많아 例로서 漢江 下流물은 汚染과 惡臭가 限界에 이른 것 같다.

특히 最近에는 THM, THE 等 有害化學物質에

表 8. 환경보전법에 의한 특정유해물질과 그 작용

오염물질명	폭로경로	급 성 증 독	만 성 증 독	치 사 량	현행환경기준
카드뮴 및 그 화합물	경구 섭취	15~100 mg 위의 작열감, 하리 등의 기계 증상	신장장애, 골연화증	염화카드뮴 LD ₅₀ rats : 88 mg/kg	수질환경기준 : 0.01 mg/l 이하
	경기도 흡입	2,500~2,600 min mg/m ³ 흡입하면 폐의 반응에 의한 호흡 곤란, 전신 증상			
시아니화합물	경구 섭취	실신, 경련, 현기증, 호흡촉박, 두통을 일으켜 사망	현기증, 권태, 체중 감소, 정신장애	시아니화나트륨 LD ₅₀ rats : 15 mg/kg	수질환경기준 : 검출되어서는 안됨
	경기도 흡입	세포의 호흡, 효소의 활성화를 억제하여 끝내 질식 사망			
	피부 접촉	수포, 피부염			
유기인 화합물	경구 섭취	만성중독 증상과 같이 일으켜 사망	신경조직의 아세틸콜린 에스테라제의 저해 결과로 무스카린 증상(피로, 호흡곤란), 교감신경 증상(혈압상승, 고혈당증), 중추신경 증상(긴장, 불안, 두통)	파라치온 LD ₅₀ rats : 2 mg/kg	수질환경기준 : 검출되어서는 안됨
납과 그 화합물	경구 섭취	복통, 설사, 구토, 격렬한 위장염	식욕부진, 변비, 복통, 잇몸의 청색선, 시각기능장애, 신근마비, 뇌병변, 배뇨장애, 뇨독증	사에칠납 LD ₅₀ rats : 12.3 mg/kg 사메칠납 LD ₅₀ rats : 109 mg/kg	수질환경기준 : 0.05 mg/l 이하
	경기도 섭취	전신발작			
6가크롬 화합물	경구 섭취	0.1 mg/l 섭취하면 하리, 청색증, 위출혈, 호흡장애, 말초혈행장애, 신장장애(뇨감소, 뇨독증), 간장해	비중계중앙, 천공	중크롬산 나트륨 LD ₅₀ rats : 50 ~ 500 mg/kg	수질환경기준 : 0.05 mg/l 이하
		100 mg/l 피부염, 부종	피부염, 습진, 결막염	kg	
비소 및 그 화합물	경구 섭취	수시간내에 구토, 설사, 탈수증상 및 위장해, 혈변, 순환장애, 근육경련, 안면수종	중추신경계(다발성 신경염 시각마비), 간장해, 폐암	삼산화비소 치사량 : 0.1 g, LD ₅₀ rats : 15 ~ 293 mg/kg	수질환경기준 : 0.05 mg/l 이하
	경기도 흡입	결막염, 피부염, 비중계천공	결막염, 피부(색소침착, 탈모), 코(비점막위축, 비중계천공)		
수은 및 그 화합물	경구 섭취	구강, 후두점막의 화백화, 구토, 복통, 하리 등의 소화기 증상 및 무뇨, 뇨독증의 신장장애	사지, 전신마비, 언어장애, 시야의 구심성 협착, 시력장애, 자율신경마비, 구내염, 치아탈락, 신장장애	메칠수은 : LD ₅₀ rats : 2~10 mg/kg	수질환경기준 : 검출되어서는 안됨
	경기도 흡입	10 mg/m ³ 를 흡입하면 1~2일 이내에 이빨의 염증, 복통, 하리, 신경장애, 기도		염화제 2 수은 LD ₅₀ rats : 1~5 mg/kg	
포리크로리 네이트드비 페닐 (PCB)	경구 섭취 피부 접촉		간장해, 무기력, 수족저림, 피부의 각화 이상, 염소파창	LD ₅₀ 동물 : 2~10 g/kg	수질환경기준 : 검출되어서는 안됨

表 8. 계속

오염물질명	폭로경로	급 성 증 독	만 성 증 독	치 사 량	현행환경기준
구리 및 그 화합물	경구 섭취	치아, 잇몸, 혀의 청록색 착색, 유연, 구토, 위통, 출혈성 위염, 혈변, 근강직, 간장해, 신장해, 용혈성황달, 섭취후 2~3시간 후 허탈상태가 되어 사망	비점막의 출혈, 부식, 비중격 천공, 정신변조, 진전, 만성 위장염, 피부궤양, 간경변	황산구리 치사량 : 10~20 g LD ₅₀ rats : 960 mg/kg /Sm ³	폐수배출허용 기준 : 3 mg/l 이 하, 가스 및 먼지 배출허용기준 : 30 mg/Sm ³
	경기도 흡입	초기에 구내감미, 인두건조감, 1~2시간 후에 두통, 발열, 흉통, 호흡장애, 탈력감이 나타남			
염소 및 염화수소	경기도 흡입	구진, 수포를 수반하는 피부염 기침, 재채기, 흉통, 후두염, 기관지염, 폐수종, 폐식중, 기관지 폐염	식욕감퇴, 호흡곤란, 소화 불량, 두통, 코점막의 염증, 치아산식증	염화수소 LC ₅₀ rats : 4701 ppm/20분	가스 및 먼지 배출 허용기준 : 10 ppm 이하, 염화수소 : 25 ppm 이하
	피부 접촉	피부염, 안검경련, 안검부종, 부시, 유연, 각막의 부식, 궤양	피부염		
불소 및 그 화합물	경구 섭취	구내작열감, 유연, 오심, 구토, 설사, 복통 후에 경련이 일어나며 혈압저하, 체온하강, 호흡장애를 가져와 사망, 간장해, 신장염	1일 6 mg 이상 섭취하면 중(체중감소, 식욕부진, 심, 구토, 변비) 사불화규소 (SiF ₄)로는 골경화증, 신경통, 골수장해, 재생불량성 빈혈	불소 오 소 화 규 소	폐수배출허용 기준 : 15 mg/l 이 하, 가스 및 먼지 배출허용기준 : 10 ppm 이하
	경기도 흡입	1~2시간 후에 해소, 질식감, 오한 1~2일의 무증상후 발열, 해소, 흉부 긴박감, 귀울림, 폐부종 농도에 따라 장애를 준다			
	피부 접촉	농도에 따라 장애를 준다. 60% 이상이면 동통석화상을 초래하여 천공			
석면	경기도 흡입		발암성, 변이성, 기형성, 식욕 감퇴, 기침, 숨가쁨, 체중감소, 허약, 청색증, 폐활량 감소	TCL human : 1.2 fibers/ cc/19 YC	
니켈 및 그 화합물	경기도 흡입	현기증, 두통, 호흡곤란, 정신 쇠약, 중추신경마비, 급성간 질폐염 용출혈 및 부종	폐암	LD ₅₀ rats : 2.2 mg/100 g	
염화비닐	경기도 흡입	마비 증상	발암성, 변이성, 기형성	LCL rats : 250 ppm	
다이옥신	경기도 흡입	간과 신장손상, 위축증세, 빈혈	간과 신장손상, 위축증세, 빈혈, 체중감소, 피부염	TCDD LD ₅₀ rats : 22 ~45 mg/kg	
페놀 및 그 염소화합물	경구섭취 및 경기도 흡입 피부 접촉	처음에는 따끔따끔하고 나중에는 저림과 무감각, 흰색의 딱지가 나타난다.	석탄산노증, 조직갈변증, 신권태, 불면증, 설사	LD ₅₀ rats : 512 mg/kg	폐수배출허용 기준 : 5 mg/l 이 하, 가스 및 먼지 배출허용기준 : 10 ppm 이하
베릴륨과 그 화합물	경기도 흡입	폐부종, 폐염	불임, 기침, 호흡곤란, 식욕 감퇴, 체중 감소	TCL- human 0.1 mg/m ³	

대하여 關心을 갖게 한다.

海水의 汚染

汚染된 江이나 河川은 最後에 海洋으로 흘러 이곳을 汚染시키며 臨海工團의 建設이 活發해 지면서 海水도 河川과 같이 汚染되고 있으며 以外에 各種 船舶에 의한 汚染도 옛과 달리 현저하다.

人間이 海洋을 汚染시켜온 것은 陸地의 河川과 같이 有史以前부터 비롯하였으나 近代産業이 發達하기까지는 海水의 自然 淨化作用에 의해 이렇다할 汚染은 없었다. 대체로 海水面에서 3m 程度 범위 내에 一時的으로 또는 局部的으로 汚染된데 불과하였다.

그러나 最近에 이르러서는 廢棄物의 量이 至極히 많아지고 種類가 多樣하여 특히 分解하기 어려운 合成有機物이나 有害有機物이 河川으로부터 流入되고 同時에 臨海地帶의 工業團地化에 의해 沿岸海水中에 投棄되는 量은 날이 갈수록 增加하기만 하므로 海水汚染은 急速度로 深化되어 간다.

河川의 堆積物과 같이 海岸 堆積物質에 대하여는 앞으로 毒性學的 견지에서 많은 研究가 進行되어야 할 課題라고 본다.

結 言

環境中の 汚染要因經路를 살펴 본 바와 같이 地球 環境 保護側面과 生活圈 環境保全側面에서 각각도

로 研究對象을 가지고 궁극적으로 우리 인간의 건강과 연계시켜 쾌적한 環境을 유지보호하는데 있어서 가히 汚染된 것은 그 원인 物質을 정확히 파악하여 이의 除去 및 防止에 주력하면서 發生源으로부터 미연에 防除할 수 있는 方法을 강구할 수 있게 하는 方法이 곧 毒性學的 研究의 성과로 간주할 수 있을 것이므로 이에 대한 종합적인 研究가 활발히 進行되어야 할 것으로 사료된다.

參考로 環境關聯法에서 特定有害物質로 指定한 17種의 作用을 보면 表 8과 같다.

參 考 文 獻

1. 高英伍 外 7名編, 微生物學新論, 南山堂 (1981)
2. 加須屋實著, 環境毒性學(上·下), 日刊工業新聞社 (1977)
3. 堀口博著, 公害と危險物(上·中·下), 三共出版株式會社 (1977)
4. Lea & Febigen, Loomis Essentials of Toxicology (1974)
5. 平山著, 豫防癌學, 新宿書房 (1977)
6. K. Higuchi, PCB Poisoning and Pollution, 講談社 (1976)
7. 美國政府發行, Environmental Health Perspectives
8. WHO, Environmental Health Criteria (1978)
9. E.J. Ariensi A.M., Introduction to General Toxicology, Simonis & J.O. Academic Press, 2nd (1979)