



鑄物工場の環境 (1)

李 啓 完*

1. 序 言

우리나라의 自然破壞는 他國에 比하여 各種公
害問題는 그다지 甚한 便은 아니다.

특히 鑄造工場の 公害問題는 規模의 面에서 불
매 製鍊所나 精鍊所와는 比較는 되지 않으며 또
한 化學工場과 같은 有害物質의 排出 廢棄 등은
없으나 比較的 問題視되는 것은 熔銑炉, 熔解炉의
煤煙 鑄物砂의 粉塵 core oil, shell 鑄型의 燃
燒에 따른 惡臭등을 생각할 수 있으며 또한 發生
possible 公害要因으로서는 大氣汚染 水質汚濁 騒
音 振動 産業廢棄物 등 여러가지가 있다.

또한 中小工場은 都市에 集中되어 있어서 이들
이 住宅과 隣接하는 경우가 많다. 一般的으로
鑄造工場の 作業工程은 熔解 原料 및 鑄型砂의
搬入과 調合, 造型, 熔解, 注入 鑄型解体 後處
理 및 加工이라는 順序로 進行되며 作業內容으
로서는 各種機械製造의 騒音과 振動속에서 高
溫 高熱作業(熔解 熔金注入), 粉塵作業(型砂
의 調合, 造型 鑄型解体, 後處理, 炉補修) 運搬
作業 등의 苛酷한 것이며 勞動衛生的見地에서 또
는 安全管理라는 立場에서도 作業場의 環境改善
을 必要로 하는 點이 많다.

이러한 作業環境의 汚染物質이 工場外에 排出,
漏洩 또는 伝搬되면 自然이나 生活環境을 破壞
하는 所謂 産業公害로 되므로 公害對策은 作業
環境의 改善과 함께 並行하여 實施하여야 될 것
이다.

2. 環境破壞에 依한 人類의 危機

現代의 物質的餘裕는 環境破壞라는 高價한 犧
牲을 同伴하면서 우리들의 手中에 들어온 것이며
人類의 環境破壞過程과 特守한 人類社會를 계속

* 漢陽大學校 工科大学 教授

적으로 繁榮으로 이끌수있는 우리들의 英知가
必要함을 再檢討하여야 한다.

日常生活에서 가장 必要한 空氣와 물에 關해서
생각해 보자.

우리들이 健康을 계속 유지하려면 하루에 2000
~ 3000 Cal의 energy가 必要하며 이 energy
는 攝取한 飲食을 体内에서 燃燒시키므로 얻게
된다.

燃燒시키기 위한 산소는 大氣中에서 얻게 되며
즉 約 600ℓ의 산소(空氣量으로는 約 3000ℓ)를
취하고 約 500ℓ의 CO₂가스를 排出한다.

이러한 呼吸作用이 正常的으로 進行되려면 空
氣가 淸淨하여야 되며, 이것은 嫌氣性細菌을 除
外한 모든 生物에 對해서도 同一할 것이다.

그러나 大氣中의 산소는 事實인즉 地球가 생겼
을 때에는 大氣中에는 有在하지 못했으며 綠色植
物의 出現으로 말미암아 비로서 大氣中에 放出되
었다고 하며 이 綠色植物은 生物의 呼吸 物品의
燃燒로서 消失된 산소를 지금도 아직 供給하고
있다는 것이다.

우리들의 生活에 不可欠한 또 하나의 營養素는
물이다.

成人은 하루에 2~3ℓ의 물을 攝取하고 물
만이라도 充分히 취하면 100日以上の 斷食에도
견딜수있으나 萬一에 물을 마시지 못하면 실사
다른 營養素를 充分히 취한다고 할지라도 5~10
日內로 死亡한다고 한다.

또한 1ha의 옥수수밭에서 옥수수가 發芽하
여 結實해서 枯死할때 까지 약 3000 t의 물(300
mm의 降雨量에 相當)이 必要하며 물은 모든生命
體의 基本的營養素인 것이다.

이와 같이 물은 生命에 對하여 重要할 뿐만 아
니라 生活用水, 農水産用水, 工業用水 등 各各의

목적에 따라 必要하며 人爲的破壞가 없다면 國土는 울창한 森林을 이룰 것이며 우리들이 必要로 하는 물은 生命 또는 목적에 따른 水質이라야만 그 價値를 發揮할 수 있을 것이다.

大氣의 汚染, 水質의 汚染은 모든 生命의 危機로 招來할 것이다.

다음에 綠色植物의 機能은 무엇일까?

自然界의 生物은 單一種 또는 個體만으로 살고 있는 것은 아니며 여러종류로 된 生物의 集團속에서 生存하고 있는 것이다.

이 生物群集은 基本的으로는 植物, 動物, 微生物의 3者로서 構成되어 있으며 서로가 깊은 關連性을 가지고 生存하며 同時에 生物群集을 감싸고 있는 無機環境과도 같은 關連性을 가지면서 共存하는 것이다.

이 生物群集과 無機環境과의 總和를 生態系라고 呼稱하며 例컨데 森林, 草原, 耕作地, 河川, 湖沼, 海洋 등은 各各 特異한 生物群集을 包含한 生態系이며 또한 地球全體를 하나의 生態系라 보아도 無放한 것이다.

또한 各各의 生態系는 오랜 세월을 거쳐서 形成된 것이며 人間이 破壞하지 않은限 平衡狀態를 維持하고 있는 것이다.

이 生態系의 平衡이라 함은 構造的으로는 어느 特定한 植物, 動物, 微生物이 거이 一定한 比率로 保持되어 있음을 말하는 것이며 機能的으로는 物質의 循環과 energy의 흐름이 順調롭게 進行되고 있음을 뜻하는 것이다.

이러한 여러가지의 生物이 生態系中에서 如何히 生産되는가를 海洋中の 生物에 關해서 說明할 수 있다.

G. L. Clark 氏에 따르면

우리들의 食生活에서 重要한 蛋白質源의 하나인 魚介類는 身體를 만드는 材料로서 또한 活動energy源으로서 有機物을 必要로 한다.

이 有機物을 生態系中에서 最初로 만드는 것이 綠色植物이며 究根的으로는 우리들 人間도 이 植物에 依存하여 살고 있는 것이 된다.

海洋에서 有機物生産에 最大의 役割을 담당하고 있는 것은 파도의 사이사이에 有存하는 微小植物 즉 植物프랑크톤인 것이다.

이러한 微小植物은 生態系中에서 日光의 ene-

rgy를 利用하여 CO₂ 가스, 물, 無機鹽類를 周圍에서 取하여 有機物로 合成하며 이때에 산소를 放出한다 (光合成作用).

이 산소가 前述한 現在 空氣中에 21% 含有하는 산소의 起源인 것이다.

有機物의 덩어리인 植物프랑크톤은 動物프랑크톤이 捕食하여 이 動物프랑크톤을 小魚가 또 다시 捕食 小魚를 大魚가 먹는 먹고 먹히는 生物群集의 關係 즉 食物連鎖에 依하여 平衡을 維持하고 있는 것이다.

또한 植物이나 動物의 몸을 構成하는 有機物을 各各 自身の 呼吸에 依하여 一部는 CO₂ 가스, 물 無機鹽類로 分解되나 死亡하면 細菌 곰팡이와 같은 微生物에 依하여 分解되어 無機物로 化한다.

이와 같이 해서 無機化된 CO₂ 가스나 無機鹽類는 再次 綠色植物에 依하여 利用된다.

즉 生態系에서는 物質의 循環이 不斷히 進行되며 動的平衡을 保持하고 있는 것이다.

萬一에 地球上에서 綠色植物이 없어진다면 早晚間 動物도 微生物도 人類도 地球上에서 모습을 감추게 될 것이다.

例컨데 微生物이 없어진다면 20年間에 大氣中の 死體도 埋沒될 것이다.

以上の 考察로서 人間이 動物의 一員으로서 살려면 淸淨한 空氣와 물, 食物이 必要하다.

大氣中の O₂, CO₂, 土 이나 水中의 無機鹽類는 生物群集의 作用에 依하여 自然界로 循環하고 있다.

우리들의 食物은 生態系의 食物連鎖를 거쳐서 生産되는 것이며, 人類는 다른 生物없이 살 수 없다.

換言하면 人類는 生態系를 破壞해서는 繁榮을 계속할 수 없다는 것이다.

또 하나 우리들의 恐怖의 對象은 食物連鎖인 것이다.

人類는 有史以前부터 狩獵, 牧蓄, 農耕 등 여러가지로 自然을 改造하면서 生活했으며 特히 産業革命을 契機로 하여 自然에 對한 挑戰은 量的으로 큰 改變을 일으켰다.

즉 現今에 와서는 1臺의 불도저가 손쉽게 森林을 改造하고 宅地를 造成할 수 있을 程度로 機械文明이 人類의 活動을 크게 支配하고 있다.

또한 莫大한 化石原料(石油, 石炭, 天然 가스 등)로 燃燒시킬 뿐만아니라 自然系에 存在하지 않았든 物質-例컨데 農藥, 合成洗劑, plastic 類, 原子力 등-을 開發하게 되었다.

따라서 現今에 와서는

1) 自然의 物質循環에 豊富한 促進劑를 合成 하므로서

2) 自然界에는 存在하지 않았든 新物質을 合成 하므로서

3) 이들 物質의 生産過程에서 發生한 老廢物을 放出 하므로서

生態系의 破壞가 爆發的으로 增大하고 있는 實情이다.

특히 (3)에 關해서는 많은 社會問題가 일어나고 있는 것이다.

例컨데 戰後 美軍이 使用한 DDT가 빈대, 이를 一掃했을 때에는 이 農藥의 效果를 쌍손으로 禮讚했던 것이다.

그러나 이 妙藥이 地上에 多量 散布되므로서 現在는 DDT는 地球上의 구석구석까지 汚染되었으며 農藥을 모르던 北極圈의 에스키모인도 또한 南極의 ペン깅에 이르기까지 農藥이 蓄積되었다고 한다.

例컨데 低溫度의 農藥이 環境에 排出되어도 前述한 生物群集의 食物連鎖에 依하여 末端에 位置한 生物일수록 高濃度로 濃縮되어 蓄積되므로 恐怖의 對象이 되는 것이다.

또한 美國의 뉴욕크내의 롱·아일랜드의 沼沢地에서 食物連鎖에 依하여 DDT가 魚類에 蓄積되는 過程을 調査한 結果 推定된 水中의 DDT濃度가 0.00005 ppm (0.05 ppb)인 低濃度이라도 鳥類에는 數ppm에서 20~30 ppm으로 濃縮되어 蓄積되어 있음을 알았다고 한다.

10 ppm以上 蓄積되면 鳥類는 産卵할 수 없으며 實사 産卵하여도 孵化되지 않는다고 報告되어 있다.

우리 나라에서도 여러 鳥類가 모습을 감추거나 衰弱해지는 것은 農藥의 경우가 많으며 또한 農藥이 섞인 쌀, 農藥分이 含有된 牛乳 심지어는 農藥分이 있는 母乳까지도 現實의 問題로 登場했다. (日本의 경우)

害虫을 驅除하고자 散布한 農藥에 依하여 益虫

까지 죽어 代身하여 사랑이 熱心히 變粉하는 喜劇도 日本의 果樹園에서는 볼 수 있게 되었다.

한편 絶緣油, 潤滑油, 可塑劑 등으로 널리 使用되고 있는 PCB (포리塩化비후니엘)도 有害한 有機塩系化合物로서 地球的 規模로 環境을 汚染하고 있다.

日本海岸의 魚介類는 어느정도까지는 이미 汚染되었다고 한다.

한편 重金屬의 汚染도 매우 무섭다.

無機水銀은 触媒로 하여 아세치렌에서 아세트 알데히드를 製造하는 경우 副産物로서 生成된 메칠水銀은 日本의 水俣病의 原因物質임을 周知의 事實이다.

工場排水의 水銀濃度는 적어도 몇 段階의 食物連鎖에 依하여 蓄積되는 것은 Sweden의 湖水의 研究에서도 明白하다 즉 水中에 存在하는 메칠水銀濃度가 0.1 ppb 이하이라도 魚類의 법으로 되는 지렁이 미진고數에는 10~30 倍程度로 濃縮, 蓄積되어 또 다시 小魚에는 100 倍以上으로 濃縮된다.

더 一層 重要的 것은 實사 毒性이 적은 比較的 弱한 無機水銀이 排水路를 通하여 河川, 海岸에 放出되어도 底泥中の 微生物에 依하여 메칠水銀이 形成된다는 事實도 있는 것이다.

또한 人類活動에 依하여 鉍物質의 海岸에의 搬入穿은 地質學的搬入穿에 비하여 높으며 특히 鉄 銅 鉛 亜鉛은 甚하다. 이들도 不遠間 水産資源의 地球的規模로 汚染이 問題視 될 것이다.

한편, 富營養化現象이 나타나기 시작했다. 즉 不特定多數의 有機物이나 營養鹽類(특히 窒素鹽, 磷酸鹽)에 依한 水質汚濁도 水界의 生態系에 큰 影響을 미친다. 河川의 BOD (生物化學的 酸素要求量)이 100 ppm以上으로 되면 많은 경우 水中의 溶存酸素가 3 ppm以下로 되어 魚類의 生息이 不可能하게 되며 또한 河川의 臭氣 限界(BOD 10 ppm)을 넘게 된다.

過去에 日本의 隅田川地域에서 發生한 氣管支 障害나 金屬腐食의 原因의 하나로서 水中의 硫酸鹽이 還元되어 H₂S가 發生함을 發表하고 있다.

또한 日本의 東京淨水場에서는 河水中の NH₃, 合成洗劑로 除去하고자 多數의 經費로 나 送水를 飲用하는 住民間에 骨格의 發育不限症

(가신백크症)이甚해서 數年前부터 淨水活動을 停止하기에 이르렀다.

有機物이나 營養塩의 人爲的供給에 依하여 水域의 高營養化가 일어난다. (물의 透明度가 減少하고 프랑크톤분이 增大하는 現象)

赤潮現象도 이에 基因하며 海水의 프랑크톤이 異常增殖되어 海水의 색이 赤褐 綠色 등으로 染色되는 現象이다.

魚介類에 큰 被害를 볼때가 往往 있는 것이다.

어느경우나 高營養化에 의한 것이며 營養이 過多해도 生態系의 energy 平衡에 支障을 주는 結果로 되는 것이다.

끝으로 強酸度의 비에 關係되는 被害다.

1969年度의 日本의 石油消費量은 1,200萬바렐이었으며 이 結果로서 SO₂, CO, NOX塵粉 등이 大氣汚染源으로 登場했다.

國民一人當의 SO₂ 가스排出量은 硫酸으로 計算하면 年間 80 kg에 미친다고 推定하고 있으나 現在의 速度로 日本의 石油消費量이 앞으로도 계속 增加하면 30年度(21世紀初)에는 日本의 비는 PH 3이라는 強酸度의 비가 될것이라고 한

다. (SO₂ 가스가 모두 빗물에 吸收된다는 假定下에서)

이러한 計算이 나올때에는 日本国土는 不遠間 荒廢地로 된다는 것이다.

化石燃料의 燃燒에 依한 CO₂ 가스의 發生은 大氣中の CO₂ 가스濃度를 過去 10 年에 約 8 ppm 增加시켰다고 報告되어 있으나 이대로 推移하면 CO₂ 가스의 增加는 特秀 氣溫의 上昇을 일으켜 南·北極圈의 氷山을 녹여 水質의 分布까지 影響을 미치지 않는까하는 學說까지도 提出되고 있다.

3. 環境汚染의 發生源과 汚染物質의 性狀

一般的인 鑄造工場의 作業工程 및 操業條件과 이에 隨伴하여 發生하는 汚染物質의 關係를 表1에 표시한다.

이 汚染物質의 種類 및 發生狀況은 溶解 使用燃料, 鑄型材料, 添加物 등에 따라 또한 作業工程, 操業形態, 生産量 등에 따라서도 變動될 것이다.

표 1 鑄造工場의 作業工程과 汚染物質

作業의 種類	作 業 條 件	汚 染 物 質 的 種 類
큐포라 操作	全般的으로 大容量의 것 中容量의 것 炉高가 높은 것 炉高가 낮은 것 入口密閉 投入材料에 油數가 附着한 것 排出가스의 熱交換器를 使用한 경우	dust smoke 灰 金屬酸化物, 油蒸氣, 水蒸氣, 硫化物, CO 가스, SO ₂ , CO ₂ 가스 dust smoke, 金屬酸化物 增加 smoke 增加, dust, 金屬酸化物 減少 不完全燃燒로 因하여 油蒸氣, smoke 增加 dust가 広範圍하게 分散, smoke 減少 dust 減少 smoke 油蒸氣 增加 粉塵 減少
反射炉 操業	微粉炭燃燒 重油燃燒 可鍛鑄鐵, 鑄鐵 Al	flyash soot, 油蒸氣, 金屬酸化物 Cl, 酸化物, flux의 dust
電氣炉(鐵合金)	熔 期 精鍊作業 酸素吸入	金屬酸化物, 油蒸氣 金屬酸化物(Fe, Mn, Si, Ni, Cr) 金屬 fume 量의 增加

作業의 種類	作業 条件	汚染物質의 種類
電氣炉 操作 (黃銅, 青銅)	熔落期 flux의 添加	金屬酸化物 flux의 化合物
도가니 炉(非鐵合金)		flux dust 金屬化合物, 가스
注湯作業	鐵合金 OCI 非鐵合金	core oil의 smoke, 酸化物 增加 Mg 添加時의 酸化物의 fume 가스, 金屬酸化物
core 製作	core의 乾燥炉 研磨作業	油, 合成樹脂의 臭氣 黑鉛, 珪砂의 粉塵
砂乾燥 및 回收作業	分壞作業 乾燥砂 取扱 乾燥炉 空氣式 回收裝置	dust dust dust, fume, 油蒸氣 dust
混砂作業	core sand의 混砂 主型砂의 混砂	石英粉末, 粘土, 粘結劑의 dust 石英, bentonite, 石灰粉, 木粉
砂 取扱	解体粉의 運搬, 移動	微粉의 모래, 水蒸氣
Shokeoat	生砂 黑鉛, silica flour 塗型의 乾燥砂 Do 型	dust 微粉黑鉛의 dust, 粉粒石英의 dust 微粉砂, smoke, 水蒸氣
清淨作業	shot blast sand blast	金屬微粒 모래의 dust
研磨作業		金屬의 dust, 硫石의 微粉
表面處理作業	塗型作業 清淨作業	biuder, 熔劑 酸, Al ₄ oli의 dust
熱處理		石灰粉, 灰分, 油蒸氣, smoke

汚染物質은 dust, fume, smoke, mist 등으로 空氣中에 浮遊하는 各種微粒子和 aerocol을 위시하여 가스, 증기 등 固体, 液体, 氣體에 따른 여러종류가 있다.

이들 浮遊하는 微粒子는 P. Drinker & T. Hatch氏에 따르면 다음과 같이 分類하고 있다.
dust (粉塵) :

無機 또는 有機의 固体가 小粒子로 破碎된 것. 研磨, 破碎, 研削 등의 工程에서 發生한다. 粒子의 크기는 超顯微鏡的인 것에서 부터 肉眼的인

것까지 있으며 보통 1~100 μ의 範圍이다.

또한 粒子는 一般的으로 複雜한 破面을 나타내며 形狀은 不規則하나 成은 元物質과 同一하다. 鉍物性粉塵, 小麦粉 등이 이에 屬한다.

fume :

燃燒, 昇華, 凝結 金屬의 酸化 등의 化學的인 子元 등에 依하여 發生한다. 直徑 1 μ 이하이며 dust와 다른점은 凝集性이 強하고 形狀은 大體로 球狀 또는 物質固有의 結晶形을 이루며, 轉度 分布의 分散範圍는 比較的 狹少하다.

예컨대 Pb fume, 亜鉛蒸氣에서 發生한 酸化 亜鉛 fume 가 이에 屬한다.

smoke (煙氣) :

煙草, 木材, 油類 등의 有機物의 不完全燃燒에 依하여 發生한다.

主로 可燃物質과 灰分 등의 微粒子가 燃燒에 依하여 燃燒가스중에 浮遊하는 것이며, 어느 程度의 光學的密度를 가진다. 有機性的 것이 보통이며 比重에 따라서는 漸次로 沈降하는 低蒸氣 壓의 粒子로 되어 있다.

大體로 粒子의 크기는 0.5μ 以下이다. 또한 浮遊粉塵 fume 가 눈으로 보아서 存在하는 경우 에는 이것을 연기 또는 구름이라고도 한다.

mist (안개) :

常溫, 常壓下에서 液體인 物質의 微粒子이며 水蒸氣가 適當한 核을 中心으로 하여 凝結하든가 또는 液의 微小液滴에 부착쳐서 發生한다.

水滴, 液滴의 크기는 發生時의 條件에 따라 심하게 다르나 比較的 粗粒인 것이다.

日本의 “大氣汚染防止法” 第2條第4項에 따르면 dust 라 함은 物體의 破碎, 選別 其他의 기계적처리 또는 堆積에 따라서 發生하든가 發散하는 物質을 말한다. 또한 “塵肺法” 에서는

物性粉塵만을 法規制의 對象으로 하고 液體 氣體를 除外한 天然의 無機物 및 人工物의 固體 微粒子를 말하며 fume 도 包含하고 있다.

또한 媒煙에 關해서는 “大氣汚染防止法” 第2條 第1項에 따라

1) 燃料 其他의 物質燃燒에 隨伴하여 發生하는 黃酸化物

2) 燃料 其他의 物體燃燒 또는 熱源으로서의 電氣의 作用에 따라서 發生하는 媒煙

3) 物質의 燃燒, 合成, 分解 其他의 處理(機械的處理를 除外함)에 따라서 發生하는 物量中 Cd, Cl, HF, Pb 其他 사람의 健康 또는 生活 環境에 被害를 줄 除性이 있는 物質(第1號에 揭示한 것을 除外)이며 政令에 規定된 것이라고 定義하고 있는 것이다.

또한 第3號의 政令에서 規定된 有害物質은 Cd 및 이의 化合物 Cl 또는 Hcl, F₁ 또는 HF, SiF, pb 및 이의 化合物, 窒素化合物로 되어 있다.

또한 浮遊粒子狀物質에 關한 環境基準(環境庁 告示 第1號)에 依하여 大氣中은 浮遊하는 粒子 狀物質中에서 粒徑 10μ 以下の 것을 浮遊粒子狀 物質이라 하며 連續 24 시간에서 平均 $0.1 mg/m^3$, 1 시간 $0.2 mg/m^3$ 以下를 環境基準으로 하고 있다.

단 工業專用地域에서는 適用되지 않는다.

鑄造工場에서 發生하는 汚染物質中에서 大粒子는 沈降하여 堆積되며 微細粒子는 空氣中을 浮遊 하나 $10^{-3} \sim 10^{-2} \mu$ 程度의 廣範圍한 粒徑을 가지며 비, 안개, 서리 등과 比較할 수 있는 정도 的 範圍內에 있는 것이다.

한편 鑄造工場에서 發生하는 가스 및 증기로서는 燃料의 燃燒에 따른 CO_2 , CO, SO_2 , NO_x , NO_2 , NO_3 , 油脂類의 加熱에 依한 油蒸氣, Shell 주형 및 core, oil core 등의 燃燒 加熱에 依한 암모니아, 아크로레인, 靑靑, 靑靑알데이드 등의 가스가 있다.

有機粘結劑를 사용한 特殊鑄型의 注入, 加熱에 依한 커시렌, 에티렌, 靑靑 등의 가스, Al 合金熔解 的 溶劑에 依한 Cl, HF, Br 등의 가스가 있다.

또한 다른 工程에서 들어오는 톨엔, 벤젠, 시안, 스티렌, 아민類의 가스 등 有機 및 有機가스가 問題視 될 때가 往往 있는 것이다.

4. 汚染物質의 影響

4-1 粉塵의 影響

環境空氣中의 粉塵은 표 2 에 표시하는 바와 같 이 여러가지의 有害作用을 한다.

鑄造工場의 거의 모든 作業은 煙塵을 同伴하므로 粉塵作業으로 指定되어 있으며 이의 主要한 作業은

- 1) 鑄物砂 coke 石灰石 등의 取扱作業
- 2) 研削作業
- 3) coke shamatte 鑄物砂의 粉碎
- 4) 炉修理, 交換作業
- 5) 鑄物砂의 체질 混砂作業
- 6) 모래털기 후처리
- 7) 出湯 注入作業
- 8) 炉에의 原料裝入, 炉 清掃作業 등이다.

표 2 空氣中の粉塵의 有害作用

有害作用	原因으로 되는 粉塵의 例
塵 肺	遊離珪酸, 石綿, 滑石, 其他
急性肺炎	Mn, Be, Cd, V 등의 酸化物
中 毒	Pb, As, Ma, 石灰窒素 등
皮膚粘膜障害	生石灰, carbide, 石灰窒素 등
알레르기성疾患	花粉, 羽毛, 毛髮, 喘息, 酸化亞鉛
伝染病의 伝播	各種粉塵, 獸毛, 인후렌자, 結核
癌 (암)	As, 石綿, 니켈카아보닐, 放射性物質
空氣汚染	各種粉塵
製品汚染	各種粉塵

이러한 粉塵作業에 의한 塵肺는 鑄造工程에서 가장 重要한 勞動衛生上的 問題이다.

또한 때때로 Pb, Zn, Be, Mn 등의 粉塵(fume 包含)에 의한 急性肺炎 또는 中毒作用이 나타날 때도 있다.

4-2 塵 肺

塵肺라 함은 粉塵의 吸入에 의하여 일어나며 診斷할 수 있는 肺의 病的狀態를 말한다. 粉塵職場에서 多量의 粉塵을 吸入하여도 이의 大部分의 粉塵(大體로 5 μ 以上の 粗粒)은 口, 코, 목, 氣管 등에서 捕捉되나 微粒子의 一部는 肺胞까지 이르고 여기에 沈着한다.

이 경우에 5 μ 以下の 吸入微粒子中에서 0.5 μ 以下の 細微粒子는 일단 肺內에 들어가도 再次 排出되는 可能性이 크며 肺胞內에 그대로 滯留하는 것은 0.5~5 μ 정도의 微粒子라고 한다. 이러한 微粒子를 respirable dust 라고 한다.

肺胞內에 到達한 粉塵은 周圍의 組織을 病的 變化를 일으키게 하며 組織을 纖維化시킨다.

이에 의하여 肺組織에 結節이 생기고 漸次로 呼吸이 困難이 甚하게 되어 勞動不能, 肺結核 其他의 餘病을 併發하게 되는 것이다.

塵肺에는 原因物質의 종류에 따라 矽肺(遊離珪酸), 石綿肺(石綿), 熔接工肺(酸化鐵), 알미늄肺, 알미나肺, 黑鉛肺, Be 肺 등이 있으나 鑄物工場에서는 矽肺가 大部分이다.

여기서 말하는 遊離珪酸이라 함은 他物質과 結合하고 있지 않은 SiO₂ 이며 鉍物學的으로는

石英, 트리지마이트; 크리스토파라이트, 후린트(flint), 메노 등의 同質異像이 있다.

鑄物砂는 石英을 多量 含有하고 있으며 또한 熔解炉의 耐火材는 트리지마이트, 크리스토파라이트를 含有하고 있으며 이들은 石英보다도 毒性이 강하므로 耐火材의 取扱에는 特別 留意하여야 한다.

矽肺를 일으키는 危險度는 다음과 같은 諸要素에 影響을 받는다.

1) 粉塵의 狀態에 關한 要素

가. 粉塵의 種類: 遊離珪酸의 含有量이 많을수록 危險度가 커지나 共存粉塵의 種類와 量에 따라 危險度는 다르다.

나. 粉塵의 粒度: 보통 0.5~2 μ 의 範圍가 特別 危險하다. 5 μ 以下の 粒子는 거의 肺胞에 이르지 않는다.

다. 粉塵의 濃度: 높을수록 危險하다.

2) 作業狀態에 關한 要素

가. 作業強度: 作業強度가 클수록 單位時間의 呼吸量이 增加하고 그만큼 粉塵 吸入量이 增加한다.

나. 作業時間: 作業時間에 比例하여 粉塵吸入量이 增加한다.

다. 作業姿勢와 作業位置: 粉塵을 吸入하기 쉬운 姿勢나 位置는 危險하다.

3) 作業員에 關한 要素

가. 年令: 青年時代に 矽肺에 걸리면 進行性이 強하고 惡化하기 쉽다.

나. 健康度: 肺結核, 肺膜炎, 肺炎, 氣管支炎 등 胸部疾患의 既往症이 있는 사람은 危險하고 氣管支喘息, 其他의 呼吸器疾患, 心臟疾患, 高血壓, 危血症 등의 사람은 粉塵作業에 適合하지 않다.

다. 個人差: 同一한 粉塵作業에서 同一한 條件下의 勞動에 종사하여도 塵肺發生에는 個人差가 있는 것이다.

4-3 塵肺의 發生狀況

1965年以後의 日本의 塵肺健康診斷의 結果를 표 3에 표시한다. 患者의 症狀程度는 塵肺健康診斷에 依한 X-ray 写真像 心肺機能의 檢查結果, 肺結核의 狀態의 三要素를 組合시켜 粉塵作

표 3 塵肺의 年次別 發生狀況

項目 年	塵肺健康 管理区分決定 対象労働者数 (A)	対象者数					總数 (B)	(B)/(A)×100	鑄物業体 에서의 有所見者率
		管理(1)	管理(2)	管理(3)	管理(4)				
1960	129,776	6,398	1,088	490	298	8,274	6.4	10.1	
1965	162,230	8,996	3,973	850	415	14,234	8.3	4.9	
1966	146,940	11,140	3,633	756	408	15,937	10.8	18.6	
1967	143,376	8,085	3,324	712	307	12,428	8.7	7.5	
1968	172,909	10,485	4,370	741	292	15,888	9.1	10.9	
1969	161,623	10,234	4,022	757	289	15,302	9.5	12.0	
1970	173,482	10,010	3,639	736	257	14,642	8.4	12.3	
1971	135,444	14,133	4,400	864	364	19,761	10.8	16.4	
1972	186,632	12,705	4,729	998	301	18,733	10.0	18.6	
1973	210,758	11,304	4,779	1,092	274	17,459	8.3	13.1	

※ 管理区分(4)는 療養을 必要로 함.

業從事期間을 一部 加味시켜 決定되며 管理(1)에서 (4)까지 区分되어 있다.

이 內容을 概略的으로 보면 管理(1)은 無塵肺 또는 輕度の 塵肺, 管理(2)는 (1)보다 다소 進行되고 있는 경우, 管理(3)은 作業轉換을 要하는 정도의 塵肺, 管理(4)는 療養을 要하는 塵肺(業務上의 疾病에 該當)이다.

한편 鑄造工業分野에서는 全産業의 平均値보다 높으며 日本에서의 1965~1973까지의 平均値를 보건데 鑄造業은 12.7%, 全産業은 9.2%이다. 또한 표 4에 日本에서 中小鑄物工場이 集結하고 있는 川口地域의 塵肺發生狀況을 표시하며 日本全國의 平均値와 比較해서 매우 높으며 58.1%로서 약 5배나 높은 것이다.

西歐 12個所間의 洞表에 따르면 (C, A, E, F 1959~1965) 鑄鋼, 鑄鐵, 非鉄金屬工業의 順位로 矽肺發生率이 적어지고 있다고 한다.

한편 가스蒸氣의 影響을 보면

有害가스, 蒸氣, 미스트(mist) 등에 의해서 發生하는 疾病으로서는 中毒, 呼吸器疾患, 眼疾患, 皮膚障害 등을 들 수 있다.

一般的인 労働環境内에서 問題가 되는 有害物質의 種類는 多數이다. 鑄造工場에서는 比較的 限定되어 있다.

표 4 日本川口勞動監督署管内에서의 塵肺 發生狀況

(1968~1970 塵肺健康診斷實施結果)

	人 数	(%)
塵肺健康診斷多診労働者数	8,490	-
有所見者数	4,933	58.1
管理 1	3,335	40.0
" 2	802	9.5
" 3	12	0.15
" 4	11	0.13
再 檢 者	44	0.52

例컨데 燃料의 不完全燃焼에 依한 CO가스에 依한 中毒症狀은 표 5와 같으며 CO가스의 労働環境에서의 許容濃度 100 ppm (0.01%) 以下가 無妨하다고 한다.

표 6은 其他 有害가스의 有害作用의 概要를 說明한 것이다.

표 5 CO의 농도와 중독증상과의 관계

濃度 (%)	接觸時間 및 中毒症狀
0.02	2~3時間内に 前頭部に 輕度の 頭痛
0.04	1~2時間에서 前頭痛, 2.5~3時間에서 後頭痛
0.08	45分에서 頭痛, 구토, 경련, 현기증, 2時間에서 失神
0.16	20分에서 頭痛, 현기증, 구토, 2時間에서 致死
0.32	5~10分에서 頭痛, 현기증, 30分에서 致死
0.64	1~2分에서 頭痛, 현기증, 10~15分에서 致死
1.28	1~3分에서 致死

표 6 有害가스의 有害作用과 許容濃度

番号	有害가스	有 害 作 用	勞働衛生上の 許容濃度
1	암모니아	자극성 취기가 있으며 100~500 ppm에서 두통, 후두부화상, 구토가 있으며 심한 경우에는 호흡곤란, 폐출혈, 폐염 등을 병발한다.	50 ppm
2	CO	무색, 무취, 혈액중의 헤모글로빈과의 결합이 산소의 200~300 배이므로 생체조직의 산소결핍을 일으킨다. 중독은 최종적으로 뇌를 침범하고 호흡중추를 정지시켜 치사하게 된다.	100 ppm
3	홀모아르데히드	자극성 취기가 있음. 피부점막의 강한 자극 작용이 있어 호흡계의 점막 및 폐의 염증을 일으킨다.	5 ppm
4	메탄올 이소아미르알콜 이소프로필알콜	무색, 방향성의 향기가 있음. 중추성 신경 마취 작용이 있으며 고농도로 됨에 따라 눈, 피부 등에 작용이 심해진다.	메탄올 200 ppm 이소아미르알콜 100 ppm (미국)
5	염화수소	금속 부식성이 강하고 무색 자극이 심함. 눈, 코 등을 자극하고 기침이 나온다. 만성기관지염으로 된다. 1000~5000 ppm에서 사망.	5 ppm
6	아코레인	체루성가스 공기중 0.1 ppm 정도에서 눈, 코의 점막을 자극하고 눈물이 나온다. 호흡기도의 염증과 함께 기관지염 등을 일으킨다.	0.1 ppm (미국)
7	SO ₂	무색, 자극성의 가스, 금속 부식과 환원성이 강함. 400~500 ppm 이상이면 생명위험, 만성독성은 기관지염, 천식, 위장장애를 일으킴.	5 ppm
8	염소	녹황색, 자극성 취기가 있음. 흡입함으로써 질식감 후두 기관지 근육의 경직을 일으켜 호흡곤란하게 된다. 20 ppm 이상에서 사망.	1 ppm

番号	有害가스	有害作用	労働衛生上の許容濃度
9	벤젠	방향성이 있음. 마취증상, 현기증, 두통을 동반한다. 혼수, 사망에 이름.	25 ppm
10	질소산화물	자극성, 특이한 취기가 있음. 자극 부식 성질에 의한 호흡기 점막독, 기관장애 혈액독성을 가짐. 200 ppm이상이면 위험.	NO ₂ 는 5 ppm NO 25 ppm (미국)

5. 労働環境에서의 許容濃度

有害物質에 의한 塵肺 또는 中毒發生의 危險度는 各種要因에 支配되나 根本的으로는 濃度가 問題이며 各國 共히 이에 對하여 有害物質의 許容濃度를 規定하고 労働環境의 汚染度를 이 以下에 保持하도록 規制 또는 勸告하고 있다.

5-1 粉塵

日本の “塵肺法”은 塵肺에 關한 適正한 豫防, 健康管理 其他의 必要한 措置를 講究하므로써 労働者의 健康의 保持, 其他의 福祉의 增進에 寄與함을 目的으로 하여 1960年에 制定되었으며 이의 施行規制가 労働省令으로 制定되었다. (그後 數次 改正하였음)

이 法令에서는 上述한 바와 같이 粉塵作業을 指定하고 使用者 및 粉塵作業에 從事하는 労働者는 粉塵의 發散抑制, 保護具의 使用, 其他의 適切한 措置를 講究하게끔 努力하여야 하며 또한 使用者는 恒時 粉塵作業에 從事하는 労働者에 對하여 塵肺에 關한 豫防 및 健康管理에 必要한 教育을 實施하는 것으로 되어 있다. 따라서 法律로서는 數值的規制는 없다.

따라서 日本에서는 日本産業衛生協會가 粉塵

에 關해서 표 7로 勸告하고 있다.

表中의 第1種粉塵에 關해서는 矽酸粉塵의 肺內沈着에 關한 理論的研究에 따르면 20年間に 吸入하여 矽肺를 일으키는 粉塵의 濃度는 1,797 mg/m³이므로 2mg/m³로 하였다.

표 8은 美國의 労働環境에서의 粉塵許容濃度이며, 이 표중의 不活性粉塵 또는 不快粉塵으로 다음의 몇개를 들었다.

즉, 아랍당 (Al₂O₃), 에메리, 黑鉛(合成), 口紅, 구리세린 (mist), 코랑당 (Al₂O₃), 酸化物, 植物油 (mist), 蔗糖, 石灰石, 石膏, 셀모오즈, 大理石, SiC, CaCO₃, 澱粉, 陶土, TiO₂ 등이며 이들중에서 有毒한 不純物을 含有하지 않은 것에 限定된다.

예컨대 石英을 1%以上 含有하지 않은 것에 限한다.

5-2 有害가스, 霧, 미스트 등

各種有害物質에 關해서는 許容濃度 例를 표 9에 표시한다. 労働環境이 1日 7~8시간 1週間 40시간의 作業中에서 有害物質에 暴露되는 경우 健康障害를 防止하기 위한 指標로서 有害物質의 許容濃度를 定義하고 있다.

이 許容濃度는 時間加重平均이므로 作業時間

표 7 労働環境에서의 粉塵의 許容濃度 (日本産業衛生協會 1971)

	분진	허용농도 mg/m ³
제 1종 분진	유리규산 30%이상의 분진, 활석, 납석, 알미늄, 알미나, 규조도, 석면	2
제 2종 분진	유리규산 30%미만의 광물성분진, 산화철, 흑연, 활성탄, 석탄	5
제 3종 분진	기타의 분진	10

표 8 美國의 勞動環境에서의 粉塵許容濃度 (ACGIH 1971)

유 해 물 질	분 해 허 용 농 도
유 리 규 산 함 유 분 진 크리스토파라이트 석영	석영으로서의 계산치의 $\frac{1}{2}$ 1) [mppcf] 300/ 2) 레스비라블더스트 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 3) 전더스트 (레스비라블+널레스비라블 $30 \text{ mg}/\text{m}^3$)
트 리 지 마 이 트 불활성분진 또는 불쾌한분진	석영으로서의 계산 ($\frac{1}{2}$) ^(non) $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 또는 30 (mppcf) 의 어느쪽이든 적은쪽을 취한다.

[주] 1 mppcf = 35.3 제/cm³
mppcf millon particles per cubic feet

표 9 勞動環境에서의 各種有害物質의 許容濃度 (拔萃 1971)

무 기 가 스		유 기 가 스 증 기		분 진 , 흙 , 미 스투	
물 질	ppm	물 질	ppm	물 질	mg/m ³
아황산가스 SO ₂	5	아크로레인 CH ₂ CHCHO	[0.1]	산화아연* ZnO	5
암모니아 NH ₃	50	아세톤 CH ₃ COOH ₃	500	산화카드뮴* CdO	0.1
일산화탄소 CO	56	에탄올 C ₂ H ₅ CH	1000	산화칼슘 CaO	5
염화수소 HCl	5	에칠에테르 (C ₂ H ₅) ₂ O	400	산화철* Fe ₂ O ₃	[10]
염소 Cl ₂	1	4염화탄소 CCl ₄	10 (5)	산화마그네슘 MgO	15
오존 O ₃	0.1	테레빈유 C ₁₀ H ₁₆	[100]	수은 Hg	0.05
시아나화수소 HCN	10 (5)	트리클로르에틸렌 CCl ₂ CHCl	100	동* Cu	[0.1]
탄산가스 CO ₂	5000	페놀 C ₆ H ₅ OH	5 (5)	동 Cu	[1]
질산 HNO ₃	10	핵산 CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	100	납 Pb	0.15
이산화질소 NO ₂	5	벤젠 C ₆ H ₆	25	니켈 Ni	1
불화수소 HF	3	포름알데히드 HCHO	5	베르륨 Be	0.002
유화수소 H ₂ S	10	메틸놀 CH ₃ OH	200	황산** H ₂ SO ₄	1

[주] * 흙 ** 미스트

中에 一定한 許容濃度를 넘은 濃度에 暴露되어도 다른時間에 許容濃度보다 적은 濃度中에서 作業 하므로서 補完되어 1日 또는 1時間을 通하여 平均化하였을 때에 許容濃度를 超過하지 않으면 無妨한 것으로 되어 있다.

또한 數種의 物質이 共存하는 경우는 個個의 物質이 許容濃度以下이라도 이것을 合計하면 綜合許容濃度以上으로 되는 경우가 있으므로 注意를 要한다.

例컨데 混合의 金屬흙의 許容濃度는 다음式으로 計算할 수 있다.

$$T = \frac{1}{\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} \dots}$$

여기서 C₁, C₂, C₃ ... = 混合金屬흙의 各成分比 단, C₁ + C₂ + C₃ ... = 1 이라고 한다.

T₁, T₂, T₃ ... = 混合金屬흙 各成分의 許容濃度

T = 混合金屬흙의 許容濃度

(다음호 계속)