

高分子擔止劑에 의한 淸州工團內 工場排氣가스의 效率的 處理技術對策에 관한
 研究(I)
 -淸州工團內 工場排氣가스 조사 및 분석을 중심으로-
 Study on Effective Treatment of Waste Gases in Chung-Ju Industrial Complex with
 Polymeric Absorbent(I)

李 相 赫* 李 永 淳** 全 鍾 漢***

ABSTRACT

The exhausted gases were analyzed and the countermeasures were studied to solve the environmental pollution caused by waste gases in Chung-Ju Industrial Complex. The eleven working places were selected to analysis the compositions and concentrations of the exhausted gases by gas chromatograph and membrane method. The five companies which have used organic solvents were shown lower content than TLV and the environmental limits. But the concentration of lead in a electric product company was revealed higher than TLV. The waste gases of the four companies which have used asbestos were shown lower values than TLV and the environmental limit. The exhausted gases, SO₂ and NO₂ of two companies which have used fossile fuels were also analyzed. The NO₂ concentration of one company which haven't disposal system was shown higher than the environmental limit.

1. 서 론

本 研究는 날로 심각해지고 있는 우리나라의 環境汚
 染문제를 해결하기 위한 일환으로서, 工業團地에서 集

中的으로 排出되는 各種 有害 危險 가스들을 調査分析
 하고 大氣中으로 排氣되는 有害, 危險가스들을 效果
 으로 除去할 수 있는 對策을 樹立하고자 시도된 것으
 로 研究모델은 淸州工業團地를 選擇하여 實施하였다.

淸州工團에는 電氣, 電子, 化學業種 등 各分野의 事
 業體가 입주하여 活潑한 生産活動을 하고 있는바, 이
 들 工場의 生産工程에서는 各種 有害, 危險한 物質을
 사용하고 있으며 이들이 대기중으로 배출될 수 있다.

*正會員 : 韓國敎員大學校 技術教育學科

**正會員 : 서울産業大學 産業安全共學科

***正會員 : 大田工業大學 工業化學科

따라서 이러한 排氣그스로 인해 근로자 및 주민들이 傷害를 당할 可能性이 있음은 물론, 주변 生態系에 영향을 줄 가능성도 있다. 特히 淸州工團內 存在하는 半導體製造工場에서는 극히 有毒한 化學物質들을 多樣하게 使用하고 있어, 만약 이러한 有毒그스들이 다량으로 누출될 경우 그 피해는 인도의 Bophal 사고와 같은 심각한 피해가 예상된다. [1, 2]

또한 燃料로 使用되고 있는 石炭, 石油은 黃과 窒素成分을 含有하고 있어 燃燒 도중에 SO_x 및 NO_x 의 그스를 多量으로 放出시킨다. 特히 NO_x 그스는 石油 1ℓ 當 약 $12m^3$ 정도의 막대한 量이 放出된다[3]. 그러나 石油의 경우에는 精油過程에서 脫黃處理를 하기 때문에 大氣中の SO_x 濃度는 減少하는 추세이나 NO_x 의 濃度는 增加하고 있는 實情이다. 따라서 淸州工團의 各事業場에서 生産活動 도중에 상당한 量의 NO_x 그스가 發生할 것으로 預測되며, NO_x 그스의 處理技術에 관한 檢討가 要求된다.

이상과 같은 生産工程에서 排出되는 有害, 危險그스들을 除去하기 위한 技術로는 冷却法(Cooling method), 洗滌法(Scrubbers methods, 또는 濕式法이라고함), 燃燒法(Combustion method), 高分子分離膜法(Polymer membrane method), 希釋法(Dilution method) 및 吸着法(Adsorption method) 등이 있다. [4~6]

上記排氣그스 除去方法들 各各의 長短점에 對해 考察해 보면 다음과 같다. 冷却法은 大量的의 高濃度그스 分離에 적합하나 상당히 低溫을 使用하기 때문에 비용이 높다. 洗滌法은 反應效率이 높고 吸收塔 규모를 소형화 시킬수 있는 長점이 있으나, 吸收塔 材料를 부식시키며, 排氣그스가 溶解된 물이 水質汚染을 야기시킬뿐만 아니라, 물과 反應하지 않거나 溶解되지 않는 그스들은 除去시킬 수 없는 短점들이 있다. 따라서 洗滌法은 그동안 광범위하게 使用되어 왔으나 現在 감소추세에 있다. 燃燒法은 역시 많이 使用되고 있는 方法중의 하나이나, 排出그스를 燃燒시킬 때 火災의 逆火에 의해 爆發할 위험이 크다. 高分子分離膜法은 小規模 特殊用途에 적합하다. 그 理由는 高分子分離膜의 가격이 매우 비싸기 때문이다. 이 方法은 아직까지 적

극적으로 실용화되어 있지 않고 있다. 希釋法은 有害, 危險그스가 排出 시스템에 축적되거나 펌프 오일 등과 접촉하여 自然發火될수 있기 때문에 火災를 誘發시킬 危險이 있어 使用上 制限性이 있다. 그리고 吸着法은 生産工程에서 發生되는 대부분의 有害, 危險그스들이 低濃度를 유지하고 있기 때문에 이들의 除去에 적합하다. 또한 處理 비용도 비교적 저렴하고, 水質汚染을 야기시킬 염려가 없으며 기타 다른 使用上의 制限性이 작아 現在 각광을 받고 있는 方法이다. 그러나 現在 使用上의 主種을 이루는 活性炭 및 제올라이트(Zeolite)와 같은 擔止劑들은 除去量이 매우 작아 排氣그스의 流量이 약간만 增加해도 除去效率이 떨어지거나 引火性 가스인 경우 火災 및 爆發의 危險性이 있게 된다.

한편 最新技術로서 高分子 擔止劑에 의한 排氣그스 分離法(Filtration with polymer particulates)은 上記 方法들중 吸着法에 속하는 것으로 擔止劑를 高分子 物質로 使用하는 方法이다. 이 方法은 高分子에 遷移金屬(Transition metal)을 結合시켜 Complex를 이루는 구조를 지니고 있어 排氣그스들과 化學吸着(Chemisorption)을 形成할 수 있기 때문에 除去效率이 크게 增加된다. 그리고 多孔質의 구조를 지니므로 物理吸着(Physisorption)에 의한 除去效率도 크게 向上된다. 따라서 高分子擔止劑法은 活性炭 및 제올라이트에 의한 短점을 극복할 수 있어 最近에 크게 각광을 받고 있다.

本 研究는 高分子擔止劑에 의한 排氣그스의 효율적인 處理技術 개발에 대한 일환으로 먼저 淸州공단내의 對象業體의 排氣그스를 包集, 分析하여 그 現황을 調査하였다.

2. 對象業體의 排氣그스 包集 및 分析

가. 對象業體

淸州工業團地內 事業場에서의 排氣그스의 排出狀況을 調査하기 위하여 電氣部品 業體 2個 事業場(A, B), 化學 業體 2個 事業場(C, D), 機械 業體 2個 事業場

(E, F) 및 石綿取扱 業體 4個 事業場(G, H, I, J)를 選擇하였다.

그리고 燃料의 燃燒시 發生되는 排氣가스를 調査하기 위하여 加熱爐를 使用하면서 排氣가스 除去裝置가 있는 事業場(K)과 除去裝置가 없는 事業場(L)을 各各 1個所씩 選擇하였다.

나. 排氣가스 包集 및 分析 方法

1) 活性炭(Active carbon)에 의한 包集 및 分析

有機溶劑를 取扱하는 事業場(A, C, D, E, F) 5個所에 對해서는 活性炭이 내부에 충전되어 있는 컬럼에 진공펌프를 연결하여 汚染가스를 發生시키는 排出原에서 0.3 l/min.의 流量으로 1時間동안 흡입하여 包集하였다.

上記와 같이 包集된 排氣가스는 기체크로마토 그라

피(Gas Chromatography) Model Varian 3300에 의해 表 1과 같은 條件으로 分析하였다.

Table 1 Analysis conditions of the gas chromatography

Carrier gas	N ₂ : 60ml/min. H ₂ : 30ml/min. Air : 300ml/min.
Column	Material : 10% FFAP Stainless 314 Size : 1 / 8inch, 2m Column temp. : 100°C Injection temp. : 250°C Detection temp. : 250°C Detector type : FID
Extraction	Charcol 100mg/CS ₂ 1mol

2) 여과법에 의한 包集 및 分析

납(Pb)이 排出되는 事業場(B) 1個所와 石綿을 排出하는 事業場(G, H, I, J) 4個所에 對해서는 粉塵包集 方法인 여과법을 使用하였다.

여과포는 0.45 μm의 Membrane filter를 使用하였다. 그리고 납은 HClO₄ / HNO₃ (1 : 4) 혼합용액으로 油出하여 Atomic absorption spectrophotometer (Model No. GBC-902)로 分析하였으며, 石綿은 Acetone으로 油出하여 位相差 현미경(Polarizing microscope)으로 分析하였다.

3) 排出가스 分析 結果

有機溶劑를 取扱하는 事業場(A, C, D, E, F, G, H) 7個所, 납 取扱 事業場(B), 그리고 石綿을 取扱하는 事業場(I, J, K, L)에 對해 排氣가스의 成分을 分析한 結果를 表 2부터 7까지에 環境基準值[7]와 作業 許容濃度基準值[8]와 比較하여 나타내었다.

Table 2 Analysis results of exhausted gases in company A

Gas or vapor	Analysis data	The environmental level	TLV ^{a)}
n-Hexane	125 ppm	—	500 ppm
Toluene	67 ppm	200 ppm	200 ppm
Xylene	48 ppm	200 ppm	100 ppm
Methyl ethyl ketone	84 ppm	—	200 ppm

^{a)}Threshold Limit Value as the permission level in working places.

表 2에서 알 수 있는바와 같이 電氣部品業種인 A事業體에서는 主로 有機溶劑인 n-Hexane, Toluene, Xylene 및 Methyl ethyl ketone(MEK)가 生産工程에 서 各各 125, 67, 48 그리고 84ppm의 平均濃度로 排出되고 있음을 알 수 있었다. 그리고 이들은 모두 環境基準値와 作業許容濃度基準値를 만족하고 있었다.

Table 3 Analysis result of exhausted gas in company B

Dust	Experiment No.	Analysis data	The environmental level	TLV
Pb	1	0.54 mg / m ³	20 mg / s·m ³	0.2 mg / m ³
	2	0.31 mg / m ³		
	3	1.01 mg / m ³		
	4	0.94 mg / m ³		
	5	0.86 mg / m ³		
Ave.		0.73 mg / m ³		

表 3에서 알 수 있는 바와 같이 電氣部品業種인 B事業體에서는 排氣가스중에 납(Pb)成分이 粉塵狀態로 排出되고 있었다. 납은 人體에 크게 영향을 주는 物質이다. B事業體의 排氣가스중에 包含된 납成分의 濃度는 環境基準値에는 훨씬 미달되었으나 作業許容基準値인 0.2mg/m³를 훨씬 초과하는 0.73mg/m³을 나타내어 勤勞者에 對한 職業病 發生이 우려된다.

Table 4 Analysis results of exhausted gases in company C and D

Company	Gas	Analysis data	The environmental level	TLV
C	MDI	0.007 ppm	10 ppm	0.02 ppm
	TDI	0.002 ppm	10 ppm	0.02 ppm
D	MDI	0.004 ppm	10 ppm	0.02 ppm
	TDI	0.003 ppm	10 ppm	0.02 ppm

化學業種인 C와 D 事業體는 MDI(Methyl diisocyanate)와 TDI(Toluene diisocyanate)를 原料物質로 하여 폴리우레탄 스폰지를 製造하는 會社이다. 表 4에서 알 수 있는 바와 같이 C事業體에서는 製品原料物質인 MDI와 TDI를 各各 0.007 및 0.002 ppm 그리고 D事業體에서는 MDI와 TDI를 各各 0.004 및 0.003 ppm의 濃度로 排出하고 있다. 그리고 이들은 모두 環境基準値와 作業許容基準値를 만족하고 있었다.

Table 5 Analysis results of exhausted gases in company E and F

Company	Gas	Analysis data	The environmental level	TLV
E	TCE	21 ppm	25 ppm	100 ppm
F	TCE	13 ppm		

機械業種인 E와 F事業체는 機械部品가공후 洗滌을 위해 有機溶劑인 TCE(Trichloroethane)을 사용하고 있었다. 事業體 E와 F에서 排出되는 TCE는 各各 21

및 13ppm으로, 이들은 모두 環境基準値와 作業許容基準値를 만족하고 있었다.

Table 6 Analysis results of exhausted gas in company G, H, I and J

Company	Dust	Analysis data (Particles / cm ³)	The environmental level	TLV (Particles / cm ³)
G	Pb	0.86	2	2
H		0.45		
I		0.55		
J		1.19		

石綿取扱業體인 G, H, I 및 J社의 排氣가스에서 發生되는 石綿의 平均濃度는 各各 0.86, 0.45, 0.55 및

1.19로 이들 모두 環境基準値와 作業許容基準値를 만족하고 있었다.

Table 7 Analysis results of exhausted gases in company K and L

Company	Gas	Analysis data	The environmental level
K	SO ₂	620 ppm	850 ppm
	NO ₂	80 ppm	250 ppm
L	SO ₂	610 ppm	850 ppm
	NO ₂	520 ppm	250 ppm

石油 燃料의 燃焼時 發生되는 SO_x와 NO_x가스 濃度를 살펴보기 위해 排氣가스 除去裝置가 있는 事業場(K)과 없는 事業場(L)에 대해 調査分析한 結果, 表 7에서 알 수 있는 바와 같이 排氣가스 除去裝置가 있는 K事業場에서 放出되는 SO₂ 및 NO₂ 가스 모두는 環境基準値를 만족하고 있었다. 그러나 排氣가스 除去裝置가 없는 L事業場의 경우, SO₂는 環境基準値를 만족하였으나 NO₂는 環境基準値를 초과하였다. 그리고 이 結果는 加熱爐의 굴뚝에서 放出되는 것임으로 勤勞者의 健康과는 관계가 없다.

4. 結 論

淸州工業團地內 事業場에서 排出되는 有害, 危險가스들의 狀況을 알아보기 위하여 11個 業體를 選定하여 調査分析한 結果, 有機溶劑를 使用하는 5個 業體에서

排出되는 가스들은 모두 環境基準値와 作業許容基準値를 만족하였다.

그러나 電氣部品製造業體인 1個 事業場에서 납(Pb) 분진이 排氣가스 중에 混在되어 放出되는데 그 濃도가 環境基準値에는 훨씬 미달되었으나 作業許容基準値를 초과하고 있어 勤勞者에 대한 職業病 發生이 우려된다.

4個 石綿取扱業體에 대해 石綿排出濃度를 測定한 結果 4個業體 모두 環境基準値와 作業許容基準値 內의 濃度를 維持하고 있었다.

그리고 石油燃料를 使用하는 業體에서 排出되는 SO₂ 및 NO₂ 가스의 濃度를 測定한 結果, 排氣가스 處理裝置가 있는 事業場의 排氣가스중 SO₂ 및 NO₂ 濃度는 環境基準値內에 이었으나 排氣가스 處理裝置가 없는 事業場의 排氣가스중 NO₂ 濃度는 環境基準値를 초과하고 있었다.

참고문헌

1. Kearney, K.M.: "Hazardous Waste Control; Reducing, Recycling and Reacting", Semiconductor International, October, 78 (1988).
2. McCain, T.M.: "Toxic Chemical Release Reporting and Public Relations", Semiconductor Safety Association Journal, September, 17 (1990).
3. 荻須吉洋: "燃焼ガスの處理技術", 化學と工業, 42, 92 (1972).
4. Hamilton, R.E.: "Selection Criteria for Hazardous Waste Gas Disposal", Solid State Technology, July, 95 (1989).
5. Elliot, B., Balma, F. and Johnson, F.: "Exhaust Gas Incineration and the Combustion of Arsine and Phosphine", Solid State Technology, January, 89 (1990).
6. Thomson, M.: "Hazard Gas Conversion Efficiency Using Dynamic Flame Combustion", Solid State Technology, February, 94 (1988).
7. 環境保全法, 1986
8. The International Technical Information Institute, "Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual", Japan, 1979.