

産業場의 有害가스 測定과 評價方法

尹 明 照

社團法人 韓國産業管理研究所

Air Pollutant Measurement and its Evaluation Method in Industries

Myong Cho Yoon

Korea Environmental Resources Institute
171-5, Shinmunro 1 ka, Seoul 120, Korea

1. 緒 言

大氣로 排出된 有害物質들은 氣象의인 여건에 따라 시시각각으로 그 濃度가 달라져서 어떤 순간의 汚染상태를 測定하여 그 정도를 표현하는 데는 어려운 점이 많았다. 그러나 미국의 CAMP (Continuous Air Monitoring Program) 觀測所에서 3년간(1962~1964) 測定된 資料가 발표됨에 따라 平均時間濃度(averaging time concentration) 개념이 알려졌다¹⁾.

그후 Larsen²⁾은 그 資料處理에 화살촉圖(弓矢鏃圖; arrowhead diagram)와 1時間平均 亞黃酸 가스 濃度의 出現頻度圖를 提示하프로서 大氣汚染度評價를 올바른 方向으로 이끄는 데 公獻한 바 있다.

이러한 技法을 우리나라 大氣汚染 資料評價에 도입한 바 있다³⁾.

大氣汚染度는 人間の 生活 活動時間에 따라 排出된 汚染物質들이 기상여건에 의하여 결정되지만 産業場內 空氣汚染은 生産공정에 투입되는 화학약품의 양과 處理時間에 따라 달라진다.

허용기준보다 심하게 汚染된 産業場에 오랫동안

안 근무하면 職業病을 얻게 된다. 때문에 적정한 작업환경을 유지키 위하여 汚染정도를 化學 또는 物理적인 方法으로 測定해야 한다.

空氣汚染의 정도를 測定키 위해 採氣量, 採氣 지점, 分析方法이 중요하다. 전술한 바와같이 작업장 汚染度는 공정에 사용하는 약품에 따라 달라지며, 계속하여 약품을 투입하는 경우는 거의 드물며 공정상태에 따라 간헐적으로 투입하는 경우가 많다. 따라서 순간 농도를 測定하여 작업환경을 評價한다함은 矛盾이다.

이러한 矛盾점을 없애기 위하여 과거에 많은 연구^{4,5)}들이 있었다. 특히 근래 Bar-Shalom 등이 발표한바 있는 작업환경의 汚染物質의 허용 여부를 결정키 위한 통계 처리방법⁶⁾은 과거의 어려운 문제점에 많은 도움을 주었다고 본다. 따라서 작업장 환경의 적정한 測定方法과 그 評價方法에 대한 研究 結果를 報告한다.

2. 研究方法

가. 對 象

製藥工業의 애담부톨工場을 對象으로 1976年 9月 6日~同年10月31日(56日間)에 걸쳐 11個

地點에서 鹽酸, 암모니아, 크로르호름, 메틸알코올, 에틸알코올, 약취등을 作業場과 總排出口(옥상에 설치된 作業場의 總人工排出口)에서 測定하여 본 研究目的에 妥當하다고 認定되는 鹽酸을 對象으로 總排出口에서 測定하였다.

나. 測定方法

(1) 採氣方法

흡수액(중류수) 20ml 가 들어있는 midget impinger 吸收瓶 2 個를 직렬로 연결한후 吸引流量은 100ml/min 로 유지하여 10분간 대상공기를 통과시켜 鹽酸을 포집하였다. 대상 工場의 作業이 시작되는 9시부터 8시간동안 10분 간격으로 48회繼續 採氣하였으며 3日間 144회 採氣하였다.

本 研究目的에 맞는 즉 일정시간 계속 採氣할 수 있는 장치를 製作하였으며, 그 외형과 구조는 그림 1 과 같다.

(2) 分析方法

採氣된 검체는 공해공정시험법의 배출원 鹽酸 測定法인 치오시안 제이수은법으로 分析하였다.⁷⁾

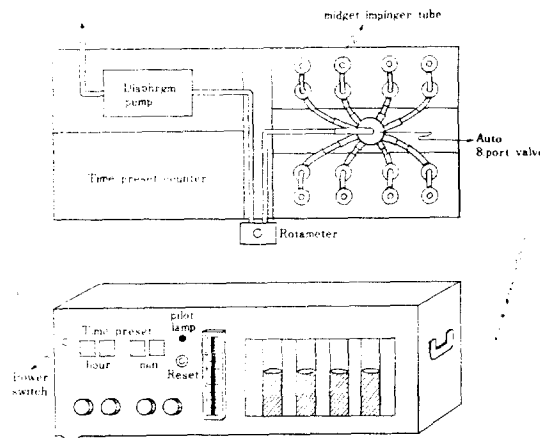


그림 1. 自動繼續採氣裝置의 外形과 構造

3. 結果와 論議

가. 作業環境의 平均汚染度

3日間 毎日 10분간격으로 48회 測定된 作業場內 鹽酸 汚染度를 통계 處理하여 表 1 과 같은

結果를 얻었다. 즉, 算術平均値는 美國 ACGIH 의 권고 許容濃度(5 ppm) 보다 약 2~4 배 이상 汚染되고 있었다.

한편 幾何的인 分布를 보면 表 1 과 그림 2 에서와 같이 幾何平均値(median, 中位值)는 1 일, 2 일, 3 일째에서 각각 15.3ppm, 17.6ppm 과 4.12ppm 으로서 測定된 48회中 50%가 즉 24회가 그 濃度以上으로 汚染되었음을 알수 있다. 또한 그림 2 의 鹽酸汚染度와 積算分布率은 거의 直線을 이루고 있으므로 正規分布를 하고 있음을 증명하고 있다.

表 1. 作業場內의 鹽酸汚染度(ppm) 成績

測定日 分析項目	1 日	2 日	3 日
算 術 平 均 值	21.59	28.56	11.16
標 準 偏 差	16.73	21.84	12.90
標 準 誤 差	2.42	2.73	1.60
幾 何 平 均 值	15.33	17.64	4.12
標 準 幾 何 偏 差	2.18	2.15	5.80

表 2. 鹽酸에 대한 人體影響

濃度(ppm)	人 體 反 應
0.5-1	가벼운 刺戟을 받음
5	코에 刺戟을 주며 가벼운 不快感을 줌 *ACGIH 의 許容基準
10	코의 刺戟이 강하며 30分이상 견디기 어려움
35	단시간에 인후에 刺戟을 줌
50	단시간 견딜수 있는 한계
1,000	生命에 危險을 줌

*ACGIH: Amer. Confer. of Governmental Industrial Hygienist.⁸⁾

1 일째의 成績을 對象으로 그 汚染정도를 보면 標準幾何偏差가 2.18ppm 이므로 標準偏差 數(Z) 1 에 해당되는 누적분포율 16%의 汚染度는 그림 1 에서와 같이 33.4ppm(幾何平均値×標準幾何偏差=15.33×2.18ppm)이다. 즉 48회 測定된 作業場의 鹽酸汚染度 중에서 出現頻度の 16% 以下가 33.4ppm 以上이었다는 뜻이 된다. 즉 中位值(median)에서 1 偏差(one deviation)까지 信

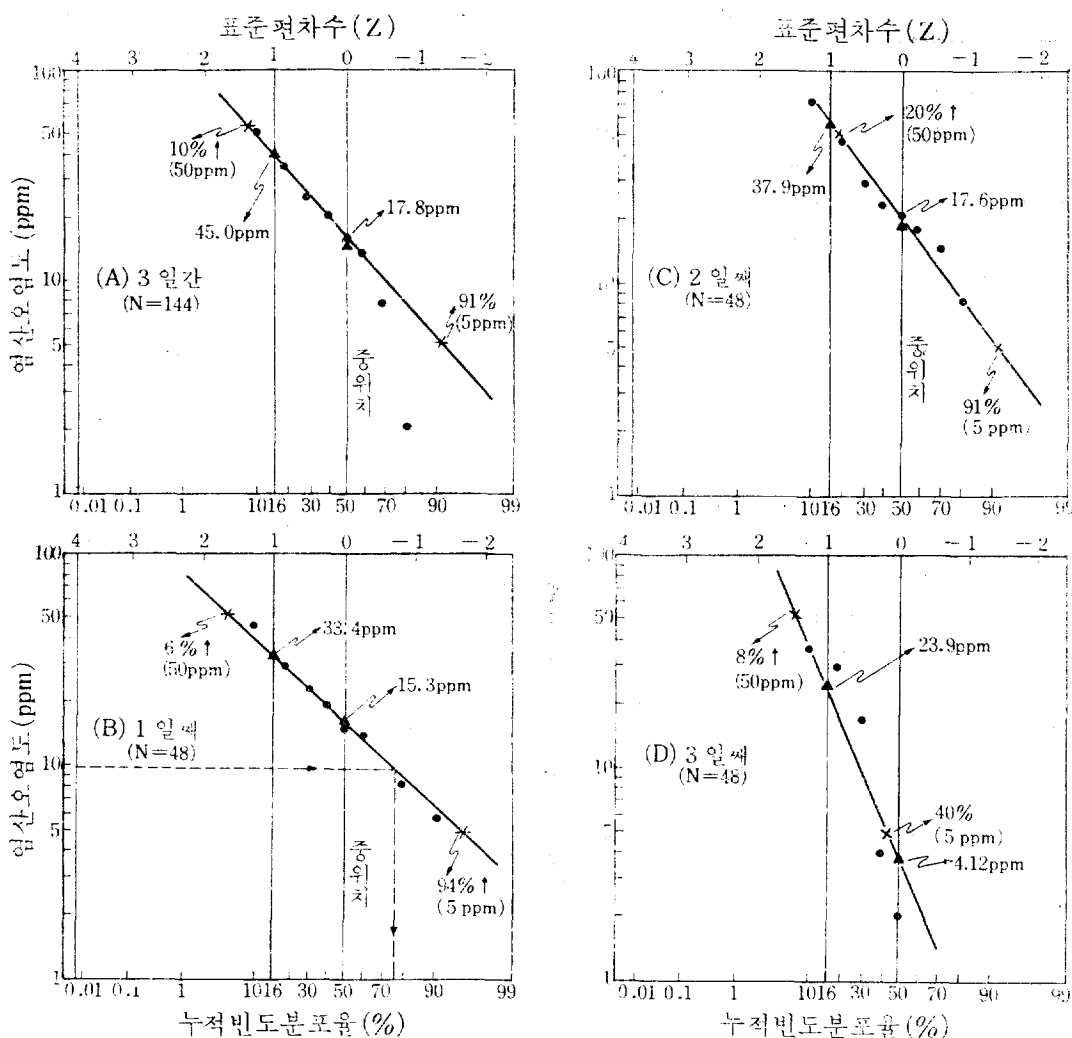


그림 2. 累積分布率(%)에 대한 10分 平均鹽酸濃度

賴될수 있는 範圍가 33.4ppm 이라고 할수 있다.

한편 ACGIH의 鹽酸 許容濃度인 5ppm 이상 出現한 累積分布率은 94%였음을 그림 2-B에서 볼수 있다.

즉 許容基準以下였던 시간은 불과 28.8분(10분 \times 48회 \times 0.06)으로서 8시간 근무중 약 30분동안만 安全基準範圍內에서 근무하였다는 뜻으로 해석 또는 평가할 수 있다.

第2表에 제시한 鹽酸에 대한 인체에 미치는 基準濃度 50ppm 즉 단시간 견딜수 있는 濃度の 出現頻度는 6%였으므로 28.8분(10분 \times 48회 \times

0.06) 즉 약 30분 동안은 근무치 않고 밖에 나와 있었다는 결론으로 評價할 수 있다. 역시 그림 2-B에서 鹽酸 10ppm 이상 汚染된 累積分布率은 약 76%임을 알수 있다.

이는 8시간 근무중 6.08시간(8시간 \times 0.76)은 코에 刺戟되어 30分以上 견디기 어려운 여건에서 作業하였음을 알수 있다.

이상과 같은 결과를 통하여 불매 어떤 作業場을 代表할 수 있는 平均 汚染度를 파악하여 근로자의 건강유지 또는 對策구를 위해서는 적어도 汚染度—累積分布圖를 作成해야 할 것으로

생각된다.

나. 適正 採氣時間의 決定

正常稼働日(정상적으로 작업한날)과 稼働量이 적은날(정상작업보다 적게 일한날)에 측정된 염산의 10分 平均汚染度를 基礎로 30分과 60分 平均汚染度를 산출하여 오전 9시부터 오후 5시까지 8시간에 걸친 作業場의 오염 양상을 그림 3에 표시하였다.

가동량이 적은 날의 12시40분부터 오후 1시40분까지는 10분 평균농도로 보았을때에는 염산이 검지되지 않았다. 그러나 60分 평균농도로 평가했을 때 실제로는 염산이 검지되지 않았으나 12시에는 15.0ppm, 오후 1시에는 7ppm으로 오염된것 같이 나타난다. 때문에 採氣時間의 간격에 따라 작업장 환경이 잘못 評價될수 있다.

그러나 30分 평균농도로 測定된다면 10분 평균농도와 거의 일치되게 평가할 수 있다. 현재 작업장 오염도 측정을 일반적으로 北川(기타가

와)式 검지관법으로 측정하여 유해작업환경의 오염정도를 평가하고 있다. 이 경우에 범할 수 있는 과오를 그림 3으로서 설명하면 정상가동일의 10분 최고 농도(도표에서)는 14시20분으로서 88ppm였고, 최저 농도는 2ppm였다. 北川式 檢知器는 1회 採氣時間이 2분10초~2분30초로 100ml를 採氣 分析한다. 즉 단시간에 적은량의 공기를 분석대상으로 하기 때문에 측정오차를 일으킬 뿐만아니라 어떤 순간의 오염도를 표현하게 된다. 만약에 최고 농도였을때 채기 분석하였다면 그 작업장은 실상은 평균 21.6ppm이지만 마치 88ppm으로 평가하게 되므로 이 방법은 지양되어야 한다.

다. 許容基準에 대한 評價

얻어진 결과를 Bar-Shalom 등⁶⁾의 作業場 許容基準에 대한 適否圖(그림 4)에 적용하면 역시 개선을 해야할 오염상태임을 확인할 수 있다. 그림 4의 \bar{y} 와 s 는 다음과 같이 계산된다.

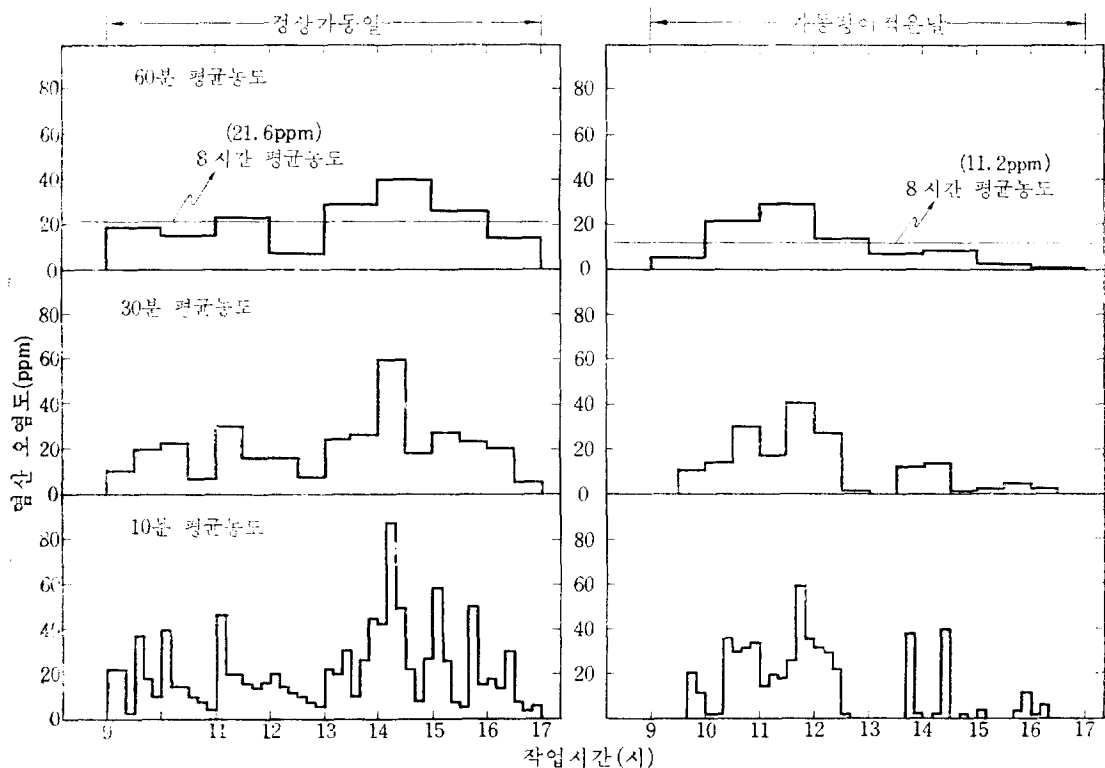


그림 3. 生産工程에 따르는 作業場内の 平均時間濃度別 鹽酸汚染度

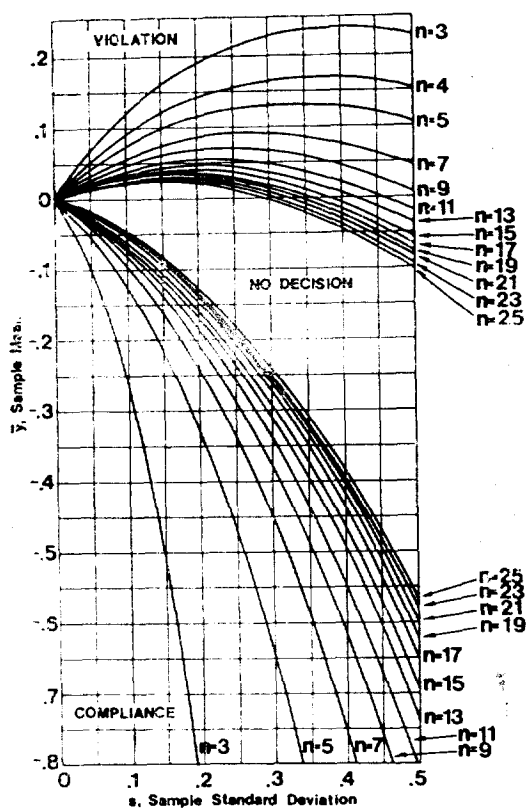


그림 4. 作業場 許容基準에 대한 適否度

어떤 汚染物質의 許容基準에 대한 實測値의 비 (x_i)의 對數를 y_i 로 했을때 이 산술 평균치를 \bar{y} 로 한다. 즉

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i$$

標本分散(S)은 다음과 같다.

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

본 조사에서 測定된 1일째의 \bar{y} 와 s 는 각각 0.98과 0.26이므로 許容基準을 초과하는 것으로 확정된다.

4. 結 論

製藥工業의 에담부톨工場內 염산 오염도를 10분 간격으로 8시간 48회씩 3일간 144회 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 作業環境의 汚染度を 代表할수 있는 오염현

황을 나타내기 위해서는 幾何平均値와 標準幾何偏差를 구하여 汚染度—累積分布圖를 作成해야 한다.

(2) 採氣時間의 간격은 30분으로 하되 8시간 全勤務期間을 계속 16회 측정하는 것이 타당하다.

(3) 1時間 平均濃度는 日間 汚染度 變化를 比較할때 적용되면 편리하다.

(4) 檢知管法으로 測定된 성적으로 어떤 作業場 環境汚染을 代表해서는 안된다.

(5) 측정된 자료와 許容基準과 대비하여 적부를 결정할때 Bar-Shalom 圖를 利用함이 타당하다. 이상과 같은 결론은 전항에서 논의되었다.

參 考 文 獻

1. 權肅杓, 尹明照, 鄭勇: 公害와 對策, 중앙경제사: 서울, pp239, 1973.
2. R. I. Larsen: "A mathematical method for relating air quality measurements to air quality standards" Publication AP-89 (Preliminary Publication) Office of Air Programs, Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, Sept. 1971 p58.
3. 尹明照, 權肅杓, 朴圭泰, 朴長春, 鄭東鎮, 任性基, 金鍾奭: 自動測定體制와 資料評價에 관한 研究, 中央醫學 18:517-527, 1975.
4. R. J. Sherwood: The monitoring of benzene exposure by air sampling, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 32, 1971, 610
5. N. A. Leidel, and K. A. Busch: Statistical methods for the determination of non-compliance with occupational health standards. TR-76, U. S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Laboratories and Criteria Development, Cincinnati, Ohio, 1974.
6. Y. Bar-Shalom, A. Segall and D. Budena-

- ers: Decision and estimation procedures for air contaminants, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **37**, 1976, 469-473.
7. 保健社會部：公害公定試驗法，大氣污染 排出源汚染物質測定法(鹽酸) 韓國公害防止協會：서울, 1976. pp. 62.
8. 多田 治：有害物管理のための測定法，第1部無機編(上)，勞働科學叢書 23，勞働科學研究所：東京，1972.

本 研究는 高麗大學校 大學院 特別研究費와 紀元計器公社의 後援으로 이뤄졌음.