

# 大氣汚染에 따른 火力發電所의 限界容量算定에 關한 研究

論 文  
26~2~7

## A Study on the Limit Capacity Calculation for Thermal plant based on Air Pollution Control

任 漢 錫\*  
(Yim Han Suck)

### Abstract

Commercially available fuel oil for power plant contains relatively much sulphur, which means accordingly high content sulphur dioxide in exhaust gas.

Sulphur dioxide has been identified as the worst pollutant caused by thermal power generation.

This paper primarily deals with the stack gas diffusion effects of various parameters, namely vertical stability, wind velocity, exhaust gas velocity, stack height, etc., on the ground concentration.

Thereof the relation between stack height and maximum plant capacity is analyzed from the standpoint of air pollution prevention.

The limit capacity is calculated by means of mean concentration introducing Mead and Lowry coefficient respectively.

### 1. 緒 論

火力을 主體로 하는 우리나라의 電力事業은 燃料의 重油轉換에 따른 大氣汚染의 合理的인 解決策과 長期的 眼目에서의 豫防對策이 講究되고 있는 實情이다.

發電事業에서 公害問題의 主因은 SO<sub>2</sub> gas이며 이의 汚染對策으로서는 아래와 같은 方法이 研究 또는 實現되고 있으나<sup>1,2)</sup>

- 1) 低硫黃重油의 使用
- 2) LNG의 使用
- 3) 原油의 使用
- 4) 脫黃重油의 使用
- 5) 排煙脫黃
- 6) 超高煙突에 依한 稀釋擴散

現在로서는 超高煙突에 依한 稀釋擴散方法을 가장 많이 採擇하고 있는 實情이다. 本文에서는 大氣擴散效果를 考察하고 大氣汚染防止上의 汚染質平均濃度の 限界値를 基礎로 火力發電所의 煙突높이와 限界容量과의 相關關係를 解析하였으며 이것은 앞으로 導入될 火力發電所에 對하여 大氣汚染防止를 先決要件으로 하는

計劃과 設計檢討의 基本關係式이 될 것이다.

### 2. 限界式의 誘導

#### 2-1. 地表濃度와 平均濃度

汚染源으로부터 任意點의 地表濃度는

$$C_{xy} = \frac{2q}{\pi \cdot C_y \cdot C_x \cdot W \cdot X^{2-\gamma}} \exp \frac{-y^2}{C_y^2 \cdot X^{2-\gamma}} \exp \frac{-H_s^2}{C_x^2 \cdot X^{2-\gamma}} \quad (1)$$

이고, X軸上(風下)의 地表濃度는<sup>3)</sup>

$$C_x = \frac{2q}{\pi \cdot C_y \cdot C_x \cdot W \cdot X^{2-\gamma}} \exp \frac{-H_s^2}{C_x^2 \cdot X^{2-\gamma}} \quad (2)$$

이다.

따라서 地表最大濃度 C<sub>max</sub>와 最大濃度發生地點 X<sub>max</sub>는 各各<sup>3)</sup>

$$C_{max} = \frac{0.234 \cdot q \cdot C_x}{W \cdot H_s^2 \cdot C_y} [\text{ppm}] \quad (3)$$

$$X_{max} = \left( \frac{H_s}{C_x} \right)^{2/(2-\gamma)} [\text{m}] \quad (4)$$

로 주어진다(Sutton의 擴散式).

여기서 q : 汚染質放出量[cc/sec, 15°C 大氣壓]

W : 平均風速[m/sec]

H<sub>s</sub> : 有効煙突높이[m]

C<sub>x</sub> : 垂直方向擴散係數

C<sub>y</sub> : 水平方向擴散係數

\* 正會員 : 建國大 工大電氣工學科助教授  
接受日字 : 1977年 2月 3日

$\eta$ : 大氣安定度 parameter

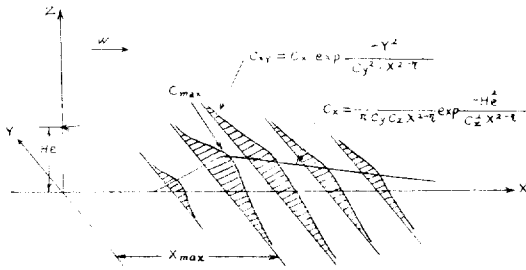


그림 1. 地表濃度の 分布  
Fig. 1. Distribution of ground concentration.

有效煙突높이는<sup>2)</sup>

$$H_e = h + \Delta h \quad [m] \quad (5)$$

$\Delta h$ 는 Andreev의 實驗式에 依해서

$$\Delta h = \frac{1.9 \cdot D \cdot U}{W \cdot \varphi} \quad [m] \quad (6)$$

와 같이 表示된다.

여기서  $h$ : 煙突의 實高[m]

$\Delta h$ : 力學的 效果에 依한 排氣上昇高[m]

$U$ : 排氣의 煙突出口速度[m/sec]

$D$ : 煙突出口直徑[m]

$\varphi$ : 煙突實高에 依해 決定되는 係數로서 表 1과 같음.

表 1. 煙突實高의 係數值

煙突實高(m)	係數值( $\varphi$ )
80	1.42
120	1.54
180	1.63
250	1.7
300	1.75

$C_x, C_y, \eta$ 는 大氣安定度에 關聯된 parameter로서 表 2는  $A, E, C$ 가 採擇하고 있는  $C_x, C_y, \eta$ 의 값이다.

表 2. 氣象條件과 擴散係數

氣象條件	$C_x$	$C_y$	$\eta$
不安定	0.21	0.37	0.20
中立	0.12	0.21	0.25
逆轉	0.08	0.13	0.33

또한 實際大氣狀態下에서는 上下, 左右의 動搖, 風

向變動의 影響을 받으므로 地表上의 平均濃度を 推定하기 爲해서는 擴散過程에 對한 時間的 稀釋의 修正<sup>4)</sup>이 必要하게 된다.

表 3은 Mead의 測定時間에 對한 稀釋係數이며 表 4는 Lowry의 1時間 mode의 稀釋係數이다.

表 3. Mead의 修正係數

測定時間	3分	15分	1時間	3時間	24時間
稀釋係數(m)	1.0	0.82	0.61	0.51	0.36

表 4. Lowry의 修正係數

大氣安定	極不安定	不安定	安定	極安定
風向變動幅	40°	24°	10°	2°
修正係數	0.075	0.150	0.250	0.50

따라서 總合修正係數를  $Z$ 라 할 때

$$Z = m \cdot l \quad (7)$$

로 表示되며 地表上의 最大平均濃度は 式(3)에서

$$C_m = \frac{0.234 \cdot q \cdot C_s \cdot Z}{W \cdot H_e^2 \cdot C_y} \quad [ppm] \quad (8)$$

와 같다.

여기서  $m$ : mead의 修正係數

$l$ : lowry의 修正係數

$C_m$ : 最大平均濃度[ppm]

### 2-2. 式의 導出

汚染質의 放出量  $q$ 를  $SO_2$  gas의 放出量이라 하고 標準大氣壓, 15°C의 값을 求하면

$$q = \frac{B \times 10^6 \times S \times 22.4 \times 288}{3,600 \times 100 \times 32 \times 273} \times 10^3 \quad [cc/sec]$$

$$= 2.05 \times B \times S \times 10^8 \quad [cc/sec] \quad (9)$$

여기서  $B$ : 定格負荷時의 燃料消費量[t/h]

$S$ : 燃料中の 可燃性硫黃分[%]

또한  $n$ : 煙突數

$V$ : 燃料 1kg當의 排氣量[m<sup>3</sup>/kg]

라 하면

$$\frac{\pi D^2}{4} U \cdot n = \frac{B \times V \times 10^3}{3600}$$

$$D = 0.595 \sqrt{\frac{B \cdot V}{U \cdot n}} \quad [m] \quad (10)$$

式(6), (10)에서

$$\Delta h = \frac{1.13}{W \cdot \varphi} \sqrt{\frac{B \cdot V \cdot U}{n}} \quad [m] \quad (11)$$

式(5), (11)에서

$$H_e = h + \frac{1.13}{W \cdot \varphi} \sqrt{\frac{B \cdot V \cdot U}{n}} \quad [m] \quad (12)$$

式 (8), (9), (12)에서

$$C_m = \frac{0.4797 \times B \cdot S \cdot C_s \cdot Z \times 10^3}{W \left( h + \frac{1.13}{W \cdot \varphi} \sqrt{\frac{B \cdot V \cdot U}{n}} \right)^2 C_y} \text{ [ppm]} \quad (13)$$

따라서

$$h = \sqrt{B} \left[ 21.9 \sqrt{\frac{S \cdot C_s \cdot Z}{W \cdot C_y \cdot C_m}} - \frac{1.13}{W \cdot \varphi} \sqrt{\frac{V \cdot U}{n}} \right] \text{ [m]} \quad (14)$$

$$B = \frac{h^2}{\left[ 21.9 \sqrt{\frac{S \cdot C_s \cdot Z}{W \cdot C_y \cdot C_m}} - \frac{1.13}{W \cdot \varphi} \sqrt{\frac{V \cdot U}{n}} \right]^2} \text{ [t/h]} \quad (15)$$

또한 P : 設備容量(MW)

Q : 燃料의 低位發熱量(kCal/kg)

β : 發電端 所內消費率(%)

α : 送電端 熱消費率(kCal/kWh)

라 하면

$$B \cdot Q = \alpha \cdot P \left( 1 - \frac{\beta}{100} \right)$$

$$B = \frac{\alpha \cdot P \left( 1 - \frac{\beta}{100} \right)}{Q} \text{ [t/h]} \quad (16)$$

式 (14), (15), (16)에서

$$h = \sqrt{\frac{\alpha \cdot P \left( 1 - \frac{\beta}{100} \right)}{Q}} \left[ 21.9 \sqrt{\frac{S \cdot C_s \cdot Z}{W \cdot C_y \cdot C_m}} - \frac{1.13}{W \cdot \varphi} \sqrt{\frac{V \cdot U}{n}} \right] \text{ [m]} \quad (17)$$

$$P = \frac{Q \cdot h^2}{\alpha \left( 1 - \frac{\beta}{100} \right) \left[ 21.9 \sqrt{\frac{S \cdot C_s \cdot Z}{W \cdot C_y \cdot C_m}} - \frac{1.13}{W \cdot \varphi} \sqrt{\frac{V \cdot U}{n}} \right]^2} \text{ [MW]} \quad (18)$$

式 (17), (18)中的 各 parameter와 汚染限界値가 決定되면 所要出力에 對한 煙突의 높이, 또 所與煙突 높이에 對한 限界容量을 求할 수 있으며 여러가지 parameter가 限界容量과 必要煙突높이에 미치는 相關關係를 알 수 있다.

### 3. 檢 討

式 (17), (18)의 結果式에 對하여 煙突높이 및 其外의 parameter에 依한 影響을 檢討하기 爲하여 風速 4m/sec, 氣象條件으로서 中立, 安定의 경우를 擇하고 排氣의 出口速度 30m/sec, 煙突數 1로 固定하였다.

式 (18), (19)를 適用하기 爲해서 V의 값을 求하면 Q=9,500kCal/kg일 때 Rosin-Fehling式에 依하여<sup>9)</sup> 理

論空氣量  $L_{min}$ 은

$$L_{min} = (1.01Q/1,000) + 0.5 \text{ [Nm}^3\text{/kg燃料]}$$

理論空氣量에 依한 完全燃堯時 生成 gas量  $V_{rmin}$ 은

$$V_{rmin} = (0.89Q/1,000) + 1.65 \text{ [Nm}^3\text{/kg燃料]}$$

過剩空氣量 5%라하면 生成 gas量  $V_s$ 는

$$V_s = V_{rmin} + 0.05 \times L_{min}$$

$$= 10.6 \text{ [Nm}^3\text{/kg燃料]}$$

排氣溫度 140°C일 때

$$V = 10.6 \times \frac{273+140}{273} = 16.0 \text{ [m}^3\text{/kg燃料]}$$

따라서  $S=3.5\%$ ,  $C_s=0.12$ ,  $C_y=0.21$

$$Z = m \cdot l = 0.61 \times 0.25 = 0.1515, C_m = 0.2$$

$$156\text{MW} : \alpha=2, 320\text{kCal/kWh}, \beta=5\%, \rho=1.42$$

$$250\text{MW} : \alpha=2, 280 \text{ kCal/kWh}, \beta=4\%, \rho=1.54$$

$$375\text{MW} : \alpha=2, 270\text{kCal/kWh}, \beta=4\%, \rho=1.63$$

$$500\text{MW} : \alpha=2, 260\text{kCal/kWh}, \beta=4\%, \rho=1.7$$

의 條件下에 必要煙突높이, 最大濃度發生地點을 求하면 表 5와 같다.

表 5. 所要容量에 對한 煙突높이 및 最大濃度發生地點

所 要 容 量 (MW)	必 要 煙 突 高 度 (m)	最 大 濃 度 發 生 地 點 (km)
156	$h=55$	$X_{max}=1.7$
250	$h=75$	$X_{max}=2.35$
375	$h=92$	$X_{max}=2.9$
500	$h=108$	$X_{max}=3.4$

또한  $S=3.5\%$ ,  $C_s=0.12$ ,  $C_y=0.21$ ,  $Z=0.1515$ ,  $C_m=0.2$

$$h=80\text{m}, \alpha=2, 280 \text{ kCal/kg}, \beta=4\%, \rho=1.42$$

$$h=120\text{m}, \alpha=2, 280 \text{ kCal/kg}, \beta=4\%, \rho=1.54$$

$$h=180\text{m}, \alpha=2, 280 \text{ kCal/kg}, \beta=4\%, \rho=1.63$$

$$h=250\text{m}, \alpha=2, 280 \text{ kCal/kg}, \beta=4\%, \rho=1.7$$

의 條件下에 限界容量과 最大濃度發生地點을 求하면 表 6과 같다.

表 6. 煙突높이에 對한 限界容量 및 最大濃度發生地點

所 與 煙 突 高 度 (m)	限 界 容 量 (MW)	最 大 濃 度 發 生 地 點 (km)
80	$\rho=332$	$X_{max}=2.57$
120	$\rho=693$	$X_{max}=4.0$
180	$\rho=1,500$	$X_{max}=6.2$
250	$\rho=2,780$	$X_{max}=8.8$

以上에서 氣象條件을 假定하고 檢討하였으나 實際 plant導入時에는 첫째 氣象觀測의 統計의 資料가 뒷받

침되어야 할 것이며 둘째 汚染源으로서의 火力發電所는 單獨으로 存在하는 것이 아니고 實際의 경우 他汚染源에 依해서 汚染濃度는 重疊될 것이므로 他機, 附近産業施設, 住民의 住居分布 等に 依한 影響을 받드시 考慮하여야 할 것이다.

#### 4. 結 論

大氣汚染防止上의 許容汚染濃度(規制値)와 其他의 parameter에 依한 火力發電所의 限界容量을 解析한 結果 아래와 같은 結論을 얻었다.

- (1) 所要煙突높이는 設備容量의 平方根에 比例하여 增加되어야 한다.
- (2) 所要煙突높이는 汚染質規制値가 낮아질수록 平方根에 逆比例하여 增加되어야 한다.
- (3) 所要煙突높이는 燃料汚染質含量의 平方根에 比

例하여 增加되어야 한다.

- (4) 設備의 限界容量은 煙突높이의 2乘에 比例하여 增加시킬 수 있다.
- (5) 排氣의 噴出速度를 增加시키므로써 設備의 限界容量을 增加시킬 수 있다.

#### 參 考 文 獻

- 1) 西原道雄 : 公害對策 II, 有斐閣 1970, p. 72.
- 2) W.L. Faith: Air pollution Control, John Wiley & Sons Inc. 1968, pp. 29~44.
- 3) 大西秀正 : 排ガスの擴散, Journal of the J. S.M.E Vol. 74, No. 626, 1971 p. 31.
- 4) 石橋多開 : 公害衛生工學大系 III 1970 p. 262.
- 5) 電力建設使覽編纂會 : 電力建設使覽 1969 pp. 3~100.