

大型燒却施設의 Dioxin 分析用 試料採取方法에 關한 比較檢討

大氣化學팀

李東植 · 吳錫律 · 金永杜 · 兪炳泰 · 金旻永 · 申載英

A Study on the Comparison of Sampling Method for Dioxin Analysis in Large Incineration Facilities

Atmospheric Chemistry Team

**Dong-sig Lee, Seok-ryul Oh, Young-doo Kim, Byong-tae Yu,
Min-young Kim and Jae-young Shin**

Abstract

Recently, dioxin originated from burning of solid waste at large incineration facilities has become one of the environmental problems. Dioxin sampling methods between 2 nations, Korea and Japan were compared and examined for establishing optimum condition. The parameters of improved sampling method of Korea were discussed. The present status of dioxin emitted from 2 facilities were measured and various parameters on dioxin sampling were estimated in this study.

The average concentrations of dioxin at 2 large incineration facilities, Nowon and Yangchun in Seoul were 0.061~0.071 and 0.010~0.026ng-TEQ/Nm³, respectively, which were less than emission standard value of Seoul(0.1ng-TEQ/Nm³).

Although dioxin sampling method between Korea and Japan are similar with arrangement of sampling unit, filter holder and XAD-2 trap should be connected to tube vertically, and silicon packing is attached to ball joint of all connection parts in case of Korea.

Replacement of vessel from teflon tube to quartz tube for high heat conductivity, vertical arrangement of filter holder, and adherence of silicon packing to ball joint of all connection parts prevented effectively leaking problems and filter explosion, and made sampling method more convenient. XAD-2 trap and diethylene glycol can be soaked into exceeded moisture captured during sampling period because of low capacity of impinger, high inner pressure, and high current flow. Therefore the moisture is immediately removed in 150 minutes after beginning of sampling. This procedure was standardized for dioxin sampling method in Korea.

緒論

大型焼却施設에서의 廢棄物處理는 燒却時 發生하는 廢熱을 回收하여 energy로 利用할 수 있을 뿐만 아니라 廢棄物의 體積의 90%程度를 減少시킬 수 있는 等の 利點이 있지만, 燒却過程에서 發生하는 2次 汚染物質인 有毒한 Dioxin의 排出로 人間の 健康에 危害를 끼치고 있으며^{1,2,3} 이로 因해 隣住民 들과의 摩擦이 擴散되고 있는 實情이다.

Dioxin類는 排出gas m³當 ng에서 pg程度의 極微量이므로 이들의 正確한 測定을 爲해서는 高度로 熟練된 技術과 精密한 採取裝備가 必要하다⁴. 歐美等の 先進國에서는 70年代後半부터 燒却爐에서 排出되는 Dioxin에 對한 研究가 始作되어 各國의 特性에 맞는 Dioxin 管理, 政策樹立 및 規制基準의 制定, 尖端防止施設을 開發하여 効率的으로 對處해 왔으며, 國內에서도 90年代부터 本格的인 調査研究가 이루어지고 있다. 1996年 4月 政府가 大氣汚染公定試驗法에 Dioxin 試驗方法을 告示한 後, 大學 및 여러 公共研究機關 등에서 Dioxin 測定技術을 確立하였고, 燒却場에 對한 排出基準이 設定된 後로 燒却場, 大氣, 食料品, 土壤試料 等の 分野에서 測定이 이루어지고 있다.⁵

燒却爐의 Dioxin 測定에 있어서 初期에는 sampling system에서의 過度한 壓力負荷, 水分含浸으로 因한 濾紙破損 및 試料採取時 gas漏出問題 等으로 많은 難關이 있었으나 이들을 改善한 測定技術이 크게 向上되었다.

특히 燒却場煙突이나 Duct로부터 排出되는 粒子狀物質에 吸着된 Dioxin은 Gas狀 物質採取에 比하여 難解하며⁶, 이들에 對한 國內 試料採取方法은 美國의 粒子狀物質의 採取方法인 EPA Method 17 및 國內의 大氣汚染(粒子狀物質)公定試驗方法을 變形한 것으로, 試料採取裝置의 配列順序 및 分析試料의 範圍에 있어서는 日本과 類似하지만 美國과는 많은 差異를 보이고 있다.

따라서 本 研究에서는, 서울市 所在 大型燒却場의 Dioxin 排出現況 및 國內의 Dioxin 試料採取方法을 日本과 比較하고, 最適의 Dioxin 測定system을 確立하고자 하였다.

調査方法 및 實驗

1. Dioxin 試料採取方法의 比較

韓國과 日本의 Dioxin 試料採取裝置의 配列順序와 形態를 比較 檢討하여 試料採取에 關한 諸般事項의 改善方案을 摸索하였다.

2. 調査 對象施設 및 試料採取方法

서울市所在 燒却場 2個所(蘆原 및 陽川燒却場)를 對象으로 1999年度 上,下半期 및 2000年度 上半기에, 煙突排出口에서 大氣汚染公定試驗方法에 依據하여 Dioxin 試料를 各各 3回 採取하여 分析하였다.⁷ Fig. 1-3에 各

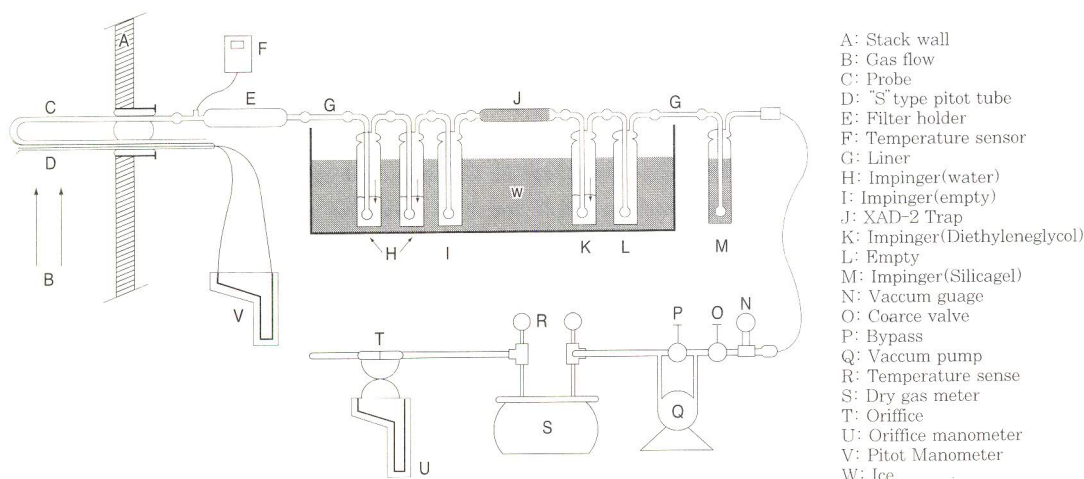


Fig. 1. Sampling system for dioxin analysis in Korea(before improvement)

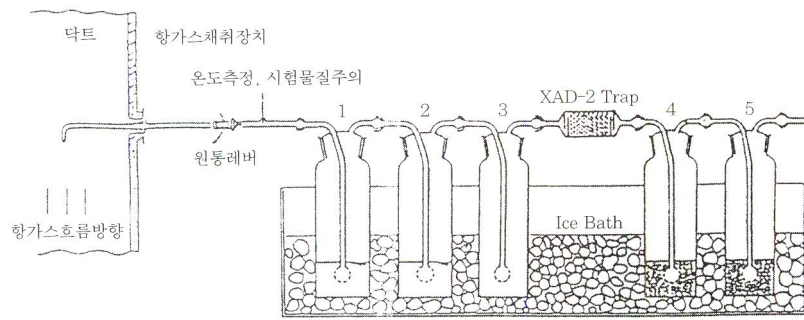


Fig. 2. Sampling system for dioxin analysis in Japan

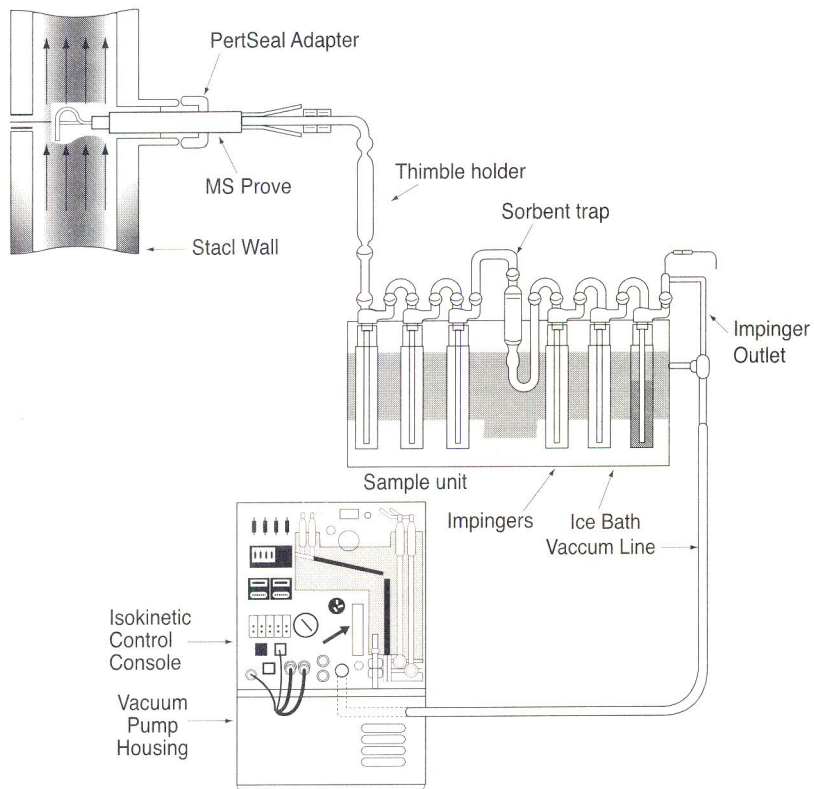


Fig. 3. Sampling system for dioxin analysis in Korea(after improvement)

各 韓國(改善前), 日本 및 韓國(改善後)의 試料採取裝置를 나타내었다.

結果 및 考察

1. Dioxin 試料採取方法에 關한 考察

1) 兩國間 試料採取裝置의 配列

試料採取裝置의 配列順序는 全體的으로 韓國과 日本이 서로 類似하나, 主要한 差異點은 韓國의 境遇 Filter holder가 Probe 後段部와 Impinger 사이에 垂直으로 連結되고, XAD-2 trap은 冷却效果의 改善을 爲해 Ice bath內的 Gas 第1吸收部와 第2吸收部의 中間에 垂直으로 連結되며 Filter holder, Impinger, XAD-2 trap 및 모든 連結管部位가 Silicon packing이 附着된 Ball joint로 連結되는 點이다. Dioxin 分析用試料의 範圍는 同一하며, Filter, XAD-2樹脂, 凝縮水分, Diethylene glycol, Probe와 Impinger 및 連結管의 洗淨液이 모두 包含된다.

2) Dioxin 測定初期(改善前)의 試料採取問題點

燒却施設에서의 dioxin分析用 試料採取에 있어서 初期에는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 試料採取裝置內에 連結된 filter holder의 配列이 水平形態로서 裝置의 setting時 impinger box의 水平調節에 不便함이 많았으며, stack sampler의 probe에 內裝된 試料採取用 導管이

heating用 熱線이 附着된 弗素樹脂管으로 排出 gas와의 反應性은 낮으나, 材質自體의 熱傳導性이 매우 낮고 試料採取時 heating 效果도 不實하여 probe 後段部位에서 試料gas의 凝縮現象이 發生하여 水平으로 配列된 filter內에 凝縮水의 含浸으로 因한 裝置內的 壓力負荷의 增加로 filter破損이 頻繁하였다. 따라서 filter交換 등으로 因한 作業中斷으로 等速吸引에 對한 一貫性이 缺如되어 Table 2에서와 같이 等速吸引係數가 大氣污染公定試驗方法의 規定值를 벗어나고 있으며, 또한 nozzle 및 連結管이 附着되는 probe의 前,後段部는 導管(弗素樹脂管)의 材質이 軟性이고 表面이 미끄러운 關係로 連結 union과의 完全한 조임狀態가 어려워 試料採取時 漏出現象이 發生되어 等速吸引에 依한 正確한 試料採取에 많은 難關이 있었다.

3) 試料採取裝置의 改善 效果

probe內 試料採取用導管을 熱傳導性이 優秀하고 排出gas와의 反應性이 比較的 낮으며 強度가 큰 材質인 石英管으로 代替하고, 試料採取裝置內 filter holder를 垂直으로 配列한 結果, Impinger box의 水平調節이 容易해 졌고, probe 後段部位에 凝縮水가 發生되지 않았으며 水分含浸으로 因한 filter 破損現象도 없어서 試料採取時 filter의 交換없이 1回測定(測定時間 240分基準)이 可能한 水準으로 改善되었다. 또, 石英管의 強度로 因해 試料採取用導管에 nozzle이나 連結管 附着時 連結 union과의 조임狀態도 良好하였으며, filter holder,

Table 1. Comparison of sampling method between Korea and Japan

	Korea	Japan
Type of filter	Thimble filter	Thimble filter
Position of filter	End of probe	End of probe
Type of filter array	Vertical	Horizontal
Type of XAD-2trap array	Vertical	Horizontal
Type of Impinger	Ball type(with silicon packing)	Ball type
Collection of condensed moisture	Impinger	Impinger
Dioxin absorbent	Diethylene glycol	Diethylene glycol
Cooling of XAD-2 trap and emission gas	Ice Bath	Ice Bath
Sampling coverage of dioxin	Filter, XAD-2 resin, Condensed moisture, Diethylene glycol, Washing solution of prob, Impinger and connection tube.	Filter, XAD-2 resin, Condensed moisture, Diethylene glycol, Washing solution of prob, Impinger and connection tube.

Table 2. Comparison of sampling conditions between before and after improvement at incineration facility

Item	Symbol	Before	After	Unit
		improvement	improvement	
Iso kinetic index(95~110%)	I	90.54	99.73	%
Pitot tube factor	Cp	0.84	0.84	-
Diameter of nozzle	Dn	8.0	8.0	mm
Gravity	g	9.810	9.810	m/Sec ²
Differential pressure of orifice	ΔH	1.59	1.54	in.H ₂ O
Dynamic pressure	ΔP	0.38	0.37	in.H ₂ O
Static pressure	Ps	-2.10	-2.10	in.H ₂ O
K-factor	Kf	4.18	4.16	-
Temperature of filter	θ_f	87.5	91.2	℃
Atmospheric pressure	Pa	761.0	761.0	mmHg
Temperature of DGM	θ_m	24.2	24.5	℃
Temperature of emission gas	θ_s	191.6	191.6	℃
Concentration of oxygen	O ²	9.85	9.85	%
Concentration of carbon dioxide	CO ²	10.75	10.75	%
Concentration of carbon monoxide	CO	10.66	10.66	ppm
Volume of condensed moisture	Vic	932.0	1020.0	ml
Volume of sample	Vm	4.3621	4.6101	m ³
Calibrated factor of DGM	Yd	1.0110	1.0110	-
Time of sampling	t	240.0	240.0	min
Cross section of nozzle	An	0.5024	0.5024	cm ²
Moisture content of emission gas	Bwo	22.12	22.99	%
Density of emission gas	γ	0.7605	0.7610	kg/m ³
Velocity of emission gas	Vs	13.24	13.09	m/s
Standard volumn of sample	Vmstd	4.0235	4.2522	Nm ³

impinger, XAD-2 trap 및 모든連結管의 ball joint部位에 silicon packing을附着하므로써 作業時 汲개와 眞空壓만으로連結部位를 包含한 採取裝置內에서의 漏出이 防止되어 等速吸引係數 等 諸般測定條件을 充足하는 水準으로 改善되었다.

4) 試料採取時 impingers內的 凝縮水分의 除去 燒却爐의 stack에서 試料採取時 1回(240分基準)當 impinger에 捕集되는 凝縮水分量은 900~1100ml 程度로 多量 捕集되므로, 凝縮水分으로 因하여 XAD-2 trap이나 diethylene glycol(吸收液)이 浸水될 憂慮가

Table 3. Dioxin concentrations measured at 2 incineration facilities in Seoul

Incineration	Sampling date	Concentration(ng-TEQ/Nm ³)		Remark
		1 st	mean	
Nowon	1999. 04. 23 ~04. 24	1 st	0.066	Air quality standard for dioxin National: 0.5ng-TEQ/Nm ³ Seoul city: 0.1ng-TEQ/Nm ³
		2 nd	0.049	
		3 rd	0.067	
		mean	0.061	
	1999. 11. 22 ~ 11. 23	1 st	0.071	
		2 nd	0.062	
		3 rd	0.081	
		mean	0.071	
	2000. 04. 27 ~ 04. 28	1 st	0.049	
		2 nd	0.067	
		3 rd	0.072	
		mean	0.063	
Yangchun	1999. 04. 29 ~ 04. 30	1 st	0.013	
		2 nd	0.013	
		3 rd	0.012	
		mean	0.013	
	1999. 10. 28 ~ 10. 30	1 st	0.028	
		2 nd	0.024	
		3 rd	0.027	
		mean	0.026	
	2000. 04. 20 ~ 04. 21	1 st	0.010	
		2 nd	0.010	
		3 rd	0.010	
		mean	0.010	

있어 測定 開始後 150分이 經過되는 時點에서 暫時 測定을 中斷하고 impinger內에 捕集된 凝縮水를 除去한 後 採取를 繼續하는 方式을 採擇하였다.

2. 서울시所在 大型燒却場의 Dioxin 排出現況

서울市所在 燒却場 2個所(蘆原 및 陽川)을 對象으로 1999年度 上,下半期 및 2000年度 上半期에 各3回씩 dioxin을 測定하였다. 燒却場에 適用되는 서울市의 排出基準은 0.1ng-TEQ/Nm³이다. 測定結果, 蘆原이 平均 0.061~0.071ng-TEQ/Nm³이었으며, 陽川이 0.010~0.026ng-TEQ/Nm³으로 서울市 排出基準을 下廻하였다. 따라서 各燒却場에서는 燒却施設을 運營함에 있어서 dioxin 除去를 爲한 防止施設을 適正하게 運營하고 있는

것으로 思料되었다.

調査對象 2個燒却場에 對한 簡略한 概要 및 排出gas 關連值를 Table 4에 나타내었다. 2個所共히 TMS設備를 갖춘 大型燒却施設로 施設容量은 蘆原이 800ton/day, 陽川이 400ton/day 規模이다. 測定時의 平均 쓰레기燒却量은 蘆原이 9.5ton/hr, 陽川이 7.2ton/hr이었다. 燒却場의 主된 燒却對象은 季節에 따른 差異는 있지만, 97%以上이 生活廢棄物이다.

各 燒却場의 除塵裝置는 蘆原이 電氣集塵裝置, 陽川은 back filter이며, gas狀汚染物質의 除去設備로는 蘆原이 濕式洗淨裝置 및 SCR(觸媒還元裝置)을, 陽川은 半乾式洗淨裝置 및 SCR을 使用하고 있다. SCR은 NO_x와 dioxin 除去가 可能한 設備로, 特히 電氣集塵機의 除塵除去能力은 優秀하나 250~450℃範圍에서 dioxin의 再生憂慮가 常存하므로⁸⁾ 運轉時 注意가 要求된다. dioxin 測定結果, 蘆原燒却場의 Dioxin濃도가 陽川에 比하여 2倍 以上 높게 나타나, back filter設備施設에 比해 電氣集塵機를 設備한 燒却場의 dioxin 排出濃도가 一般的으로 높게 나타나는 傾向과 一致하였다.⁹⁾

結 論

서울市所在 大型쓰레기燒却施設 2個所를 對象으로 dioxin 排出濃도를 測定하고, 試料採取方法에 對한 改善事項의 檢討 및 日本의 試料採取方法과 比較, 檢討한 結果는 다음과 같다.

Table 4. Summaries of 2 large incineration facility

	Yangchun	Nowon
Operation start	1996. 3	1996. 9
Capacity	400ton/day(200×2)	800ton/day(400×2)
Emission control system	Back Filter+Wet Scrubber+SCR	EP+Semidry Scrubber+SCR
Flow chart of emission gas	F.D fan→Combuster→Boiler→ Scrubber→Semidry Scrubber→ Back Filter→SCR→I.D fan→Stack	F.D fan→Combuster→Boiler→EP→ Wet Scrubber→SCR→I.D fan→ Stack
Manufacture	SEGHERS(Belgium)	D.B.A(Germany)
Measuring Position(From ground)	31m	16.7m
Stack height	150m	150m
Average velocity of emission gas	12.95m/s~13.73m/s	19.08m/s~20.41m/s
Average temperature of emission gas	190.2℃~192.9℃	204.4℃~214.1℃
Moisture content of emission gas	20.29%~23.17%	23.25%~24.35%

- 1999年度 및 2000年度 서울市所在 大型燒却場의 dioxin濃도를 測定한 結果, 蘆原燒却場이 平均 0.061~0.071ng-TEQ/Nm³, 陽川燒却場이 0.010~0.026ng-TEQ/Nm³로, 2個所 共히 서울市 排出基準 0.01ng-TEQ/Nm³를 下廻하였다.
- Dioxin 試料採取方式에 있어서 韓國과 日本은 sampling unit의 配列順序는 全體的으로 類似하나, 韓國의 日本과의 相異點은 filter holder와 XAD-2 trap의 連結方式을 垂直으로 하며, 모든 連結部의 ball joint 部位에 silicon packing을 附着하는 方式을 採擇하는 點이다.
- 測定初期(改善前)에 試料採取用 導管의 材質로 使用되는 弗素樹脂를 熱傳導性이 優秀한 石英으로 交替하고, filter holder의 垂直配列 및 sampling unit 連結部의 ball joint 部位에 silicon packing을 附着하여 試料를 採取한 結果, 水分凝縮으로 因한 filter의 破損 및 gas 漏出現象이 全無하였으며, 作業性도 便利하게 改善되었다.
- 試料採取時 水分이 多量 凝縮捕集되어 XAD-2 trap이나 diethylene glycol(吸收液)이 浸水될 憂慮가 있는 境遇, 測定 開始後 150分이 經過되는 時點에서 暫時 試料採取를 中斷하고 Impinger內에 捕集된 凝縮水를 除去한 後, 採取를 繼續하는 方式으로 標準化하였다.

參 考 文 獻

1. 國立環境研究院 大氣工學科: Dioxin 測定分析, 1~2 (1997).
2. 玉 坤: Dioxin 問題 解決을 爲한 技術的 對應과 展望. 尖端環境技術, 2:2~8(1999)
3. 申東天: 內分泌界 障礙物質의 評價技法(Dioxin과 PCBs를 中心으로). 韓國衛生學會 春季學術大會, 39(1999).
4. 李東植 外: Dioxin 測定の 理論과 實際. 서울市保健環境研究院 參考教材, 2~32(1998).
5. Kyoon-Duk Yoon : Analysis of Particulate Filtering Processes in Dioxin Sampling Procedure of Incineration Exhaust Gas. Proceeding of ICIPEC Seoul, Korea, June 8-10, 607 (2000)
6. 金重九 : Dioxin(PCDDs/PCDFs)試料採取, 環境危害性 管理를 爲한 政策決定에 關한 國際 Seminar 234~245(1998).
7. 環境部, 大氣污染公定試驗方法, 第3章 第2節 第1項, 135(1992)
8. O. Hutzinger et al., Chlorinated Dioxins and Related Compounds., Pergamon press, Oxford, 5.(1982).
9. 環境管理公團: 燒却施設 排出 Dioxin 等 有害物質 分析에 關한 調查研究, 27(1997).