

鐵道, 航空 및 船舶의 汚染物質 規制方案에 관한 考察

Study on Exhaust Gas Emissions of Nonroad Vehicles

한 영 출*
Y. C. Han



- 1941년 10월 생
- 정회원, 국민대학교 공과대학 기계공학과 교수
- 자동차배출가스저감기술

出되는 汚染物質에 대한 非出量과 그에 따른 大氣汚染 寄與度を 算出하는 앞으로 실시하게 될 規制案 마련에 基礎資料를 提供하고자 한다.

2. 鐵道, 航空, 船舶에 대한 世界 主要 國家들의 規制動向

1. 序 言

2.1 유럽¹⁾

大氣汚染이 人類의 健康과 地球上의 모든 生物들의 生存을 威脅할 정도로 심각해져 감에 따라, 世界 各國에서는 이미 나름대로의 '環境基準'을 制定하고, 그에 따라 각종 汚染物質을 排出하고 있는 排出原에 대한 規制를 실시하고 있다. 그 중에서 大氣汚染의 정도가 가장 심각하다고 할 수 있는 公道容 車輛에 대해서는 우리나라를 비롯한 世界 各國에서 이미 適切한 規制가 실시되고 있다. 그러나, 이 道路用 自動車 이외의 運送手段인 非道路用 車輛(Nonroad Vehicles)에 대한 規制는 美國, 日本을 비롯한 歐洲 각 先進國에서 활발히 進行되고 있지만 아직까지 우리나라에서는 전혀 規制가 실시되지 않고 있는 實情이다.

유럽의 鐵道는 地理적으로 孤立된 英國을 除外한 나머지 유럽 國家들이 하나의 列車文化圈으로 묶여 있기 때문에 鐵道에 의한 排出가스 問題를 유럽의 全體의인 問題로 認識하여 綜合的인 排出가스 規制案을 일찍부터 마련해 오고 있다.

이와 같은 背景에서 우리가 살아가고 있는 環境을 保護하고 快適한 生活을 營爲하기 위하여 우리나라도 이들 非道路容 車輛의 機關에 대한 規制의 立案의 必要性이 대두되게 되었으며, 本研究는 그 중 農業用 機械와 建設重裝備를 除外한 國內의 鐵道, 航空機 및 船舶用 機關에서 排

특히, 디젤機關車에서 排出되는 아황산가스(SO₂)의 경우, 指示案인 Directive 75/716/EEC, 88/219/EEC, 90/660/EEC, 91/692/EEC에 의하여 燃料에 대한 硫黃(Sulphur)의 含有量으로 規制하고 있다.²⁾

表 1은 鐵道, 航空, 船舶의 燃料로 쓰이는 가스오일의 硫黃含量의 規制를 나타내고 있는데, 지금까지 1976年 以後 3次에 걸쳐 規制가 이루어졌으며, 앞으로 지시안을 통해 규제가 계속 강화될 전망이다. 1994年 現在 디젤機關車에 使用하는 디젤油의 硫黃含量基準은 大氣汚染 狀態에 따라 0.2~0.3%이며, 1994年 10月 1日부터는 0.2%, 1996年 10月 1日부터 0.05%로 強化할 豫定이다.

표 1. 鐵道, 航空機 및 船舶의 燃料로 쓰이는 가스오일의 硫黃含量的 規制

대 상	鐵道, 航空, 船舶用 디젤機關				
檢査基準	燃料의 硫黃(Sulfur) 含量 規制				
規制時期	제 1 차 : 1976. 10. 1 제 2 차 : 1980. 10. 1 제 3 차 : 1989. 10. 1 제 4 차 : 1994. 10. 1 제 5 차 : 1996. 10. 1 제 6 차 : 1999. 10. 1 예정				
規制基準	1. 規制 대상인 가스오일은 石油工程上 얻어지는 CN code 2710-00-69 또는 石油工程上的 石油 蒸溜 끝부분과 중간부분인 350°C에서 얻어지는 것을 의미한다. 2. 디젤燃料는 Directive 70/220/EEC와 Directive 88/77/EEC에 나타난 自家動力車輛에 사용되는 가스오일을 의미한다.				
		硫黃含量(%)	鐵道	航空	船舶
	제 1 차	0.80	○	○	×
	제 2 차	0.50	○	○	×
	제 3 차	0.30	○	○	×
	제 4 차	0.20	○	○	○
	제 5 차	0.05	○	○	○
제 6 차	?	○	○	○	

2.2 美國³⁾

航空機 機關 排出物에 의한 大氣汚染 問題는 대체로 美國의 EPA(Environmental Protection Agency)와 ICAO(International Civil Aviation Organization; 國際 民間 航空 機構)에 의해 주도적으로 실시되고 있다.

EPA 및 ICAO에서는 실제의 航空機의 運航 Schedule로부터 航空機 種類別로 LTO Cycle의 標準 運航모드를 상정하여 1사이클 당 排出되는 各 汚染物質 排出量을 評價하는 것을 一般化하고 있다.

EPA와 ICAO의 規制法을 비교하면 對象機關의 分類上 名稱이 약간 다르지만 內容은 동일한 것을 볼 수 있는데, 대상 有害成分에서 EPA는 HC 및 Smoke만을 대상으로 하고 있고, CO와 NOx는 대상에서 除外하였다. 排出가스 測定方法에 관한 項目에서 EPA는 ICAO에 標準하여 동일하다.

2.3 日本⁴⁾

船舶用 機關의 排出가스 規制動向에 있어 世界的인 움직임을 간단히 소개하면, 1991年 10月 1日 IMO(International Maritime Organization, 國際 海事 機構) 總會에서는 向後 2000年 까지 NOx를 現在 레벨의 30%, SOx를 50% 減少시키기로 決議하였고, 그 下部技官인 海洋 環境 保護 委員會(MEPC), 貨物化成品 小委員會(BCH) 등에서 具體的 實現方法이 활발하게 모색되고 있다.

日本에서는 IMO의 動向에 호응하여 日本船舶工業會 內에 大型機關技術委員會가 발족하여 船舶에 의한 排出가스 規制에 적극적으로 對應하고 있고, 本 委員會로부터 IMO의 會議에 政府의 技術支援으로서 全 5回 파견하였다. 또한 船舶에서의 NOx, SOx 問題에 대하여 여러 機關에서 調整, 檢討하고 있으며 여러 가지의 立場에서 本 問題에 對應하고 있다.

3. 鐵道, 航空, 船舶에 대한 國內 排出量 算出

3.1 國內保有現況

3.1.1 鐵道⁵⁾

原動力을 基準으로 鐵道車輛을 구분하였을 때,

디젤機關을 장착하여 輕油를 燃料로 動力을 얻는 디젤機關車와 디젤動車를 調査對象으로 하여, 1992년 12月末의 保有臺數를 表 2와 같이 調査하였다.

表 2. 디젤機關車 및 디젤動車의 型別 總 保有臺數(1992)

區 分	디젤 機 關 車					디젤 動 車			
	小型	中型	大型	特大型	計	새마을	무궁화	일반	計
保有臺數	134	47	97	226	504	254	49	36	339

(주) 디젤動車中 特別動車, 협궤動車는 제외하였다.

3.1.2 航空⁶⁾

航空機用 機關으로 사용되는 왕복 피스톤 機關과 가스터빈 機關 중에서, 大型 定期 運送用 航空機 機關으로 사용되는 가스터빈 機關의 일종인 터보제트機關을 장착한 대한항공과 아시아나航空사 소속의 大型 定期 民間 運送用 터보제트기를 調査對象으로 하여 1993년 12月末의 保有現況을 表 3과 같이 調査하였다.

3.1.3 船舶⁷⁾

國內 各 港灣間에 沿岸輸送을 하는 內航船 中에서 國籍船(Korean Flag) 중 登録船舶(Vessels Registered)만을 調査對象으로하여 表 4와 같이 船種別, 톤수別 分布에 따라 1993년 12月末의 保有臺數 및 총톤수(G/T)를 조사하였다. 여기서 登録船舶이란 船舶法 및 船籍證書令에 의해 管轄地方 海運官署에 法的登錄을 完了한 船舶을 말하는 것이다.

表 3. 國籍航空社 所屬 터보제트기 保有臺數(1993)

所 屬	機 種	엔진型式	保有臺數
아시아나航空	B747-400	CF6-80C2	5
	B767-300	CF6-80C2	7
	B737-400	CFM56-3C	15
大韓航空	B747-400	PW4056	12
	B747-200	JT9D-7Q, A, R4G2	19
	MD-11	PW4460	5
	DC-10	CF6-50C	3
	A300-600	PW4158	19
	A-300	CF6-50C, C2	10
	B-727	JT8D-17	6
	MD-82	JT8D217-A, C	9
	F-100	MK650-15	7
合 計			117

(주) 1. 輕飛行機, 訓練機, 點檢用, 飛行船, 滑空機, 回轉翼 航空機 및 軍用機는 調査對象에서 제외하였다.

2. 各 航空社別로 最大離陸重量이 큰 순서대로 정리하였다.

表 4. 船種別, 톤수別 分布에 따른 登錄船舶의 保有臺數(1993)

船種別 톤수別	旅客船		化物船		油槽船		其他船		合 計	
	척	천톤	척	천톤	척	천톤	척	천톤	척	천톤
100톤미만	80	5	369	11	337	10	3,149	64	3,935	90
~1천톤미만	69	15	175	83	166	74	240	50	650	222
~1만톤미만	11	36	171	535	67	170	11	34	260	774
~2만톤미만	—	—	54	798	3	49	1	10	58	858
~5만톤미만	—	—	57	1,842	2	87	1	25	60	1,953
5만톤이상	—	—	25	2,173	3	309	—	—	28	2,482
합 계	16	56	851	5,442	578	699	3,402	183	4,991	6,379

(주) 1. 外航船(外國船, 我國船 제외) 및 軍用船舶은 제외하였다.

2. G/T : 총톤수(Gross Ton)를 말하는 것으로 船舶의 總容積을 Ton으로 표시한 것이다.

3.2 排出量 算出

3.2.1 鐵道

3.2.1.1 排出計數⁸⁾

國內에서 運航하고 있는 디젤機關車와 디젤動車의 機關들은 國內에서 순수 자체로 개발한 것들이기보다는 外國에서 製作된 機關을 그대로 輸入해서 裝着하였거나 外國의 機關設計를 토대로 組立한 機關들이 대다수이므로 美國의 EPA(Environmental Protection Agency)에서 算出한 全美 機關車 平均 排出係數를 그대로 적용하였다(表 5). 그 單位는(kg/10³ℓ)로서 燃料 1,000 ℓ 소모시 排出되는 汚染物質의 量(kg)을 나타

낸다.

表 5. 全美 機關車 平均 排出係數

汚染物質	PM	SOx	NOx	CO	HC
排出計數 (kg/10 ³ ℓ)	3.0	6.8	44.0	16.0	11.0

3.2.1.2 燃料使用量 調査⁹⁾

表 2에서 調査한 디젤機關車 및 디젤動車가 1992年 한 해 동안에 사용한 輕油 燃料의 總量은 다음과 같다.

表 6. 디젤機關車 및 디젤動車의 型別 年間 總 燃料使用量(1992)

區 分	디 젤 機 關 車					디 젤 動 車			
	小型	中型	大型	特大型	計	새마을	무궁화	일반	計
總燃料使用量 (1,000 ℓ)	22,846	14,236	52,560	198,159	287,801	14,513	4,276	1,576	20,365

3.2.1.3 排出量 算出

앞에서 調査한 排出係數가 機關의 燃料使用量을 根據로 算出된 것이기 때문에 排出量 計算은 단순히 排出係數와 燃料使用量の 곱으로 算出된다. 이것은 역시 美國의 EPA에서 실시한 鐵道 機關車 排出量 테스트 方法 중 하나로서, 다음과 같은 方法을 사용하여 國內 디젤機關車 및 디젤

動車의 1992年 總 排出量을 算出하였다(표 7).

$\text{排出係數} \times \text{年間 總 燃料使用量}$ $(\text{kg}/10^3 \ell) \quad (10^3 \ell / \text{Year})$ $\Rightarrow \text{디젤機關車 또는 디젤動車의 年間 總 排出量 [Ton/Year]}$
--

表 7. 디젤기관차 및 디젤자동차의 年間 總 排出量(1992)

汚染物質	排出係數 (kg/10 ³ ℓ)	디젤 機關車		디젤 自動車	
		燃料使用量 (10 ³ ℓ/Year)	排出量 (Ton/Year)	燃料使用量 (10 ³ ℓ/Year)	排出量 (Ton/Year)
PM	3.0	287,801	863.4	20,365	61.1
SOx	6.8		1,957.0		138.5
CO	16.0		4,604.8		325.8
HC	11.0		3,165.8		224.0
NOx	44.0		12,663.2		896.1

3.2.2 航空

3.2.2.1 排出係數⁹⁾

항공기 排出係數로는 最近 日本의 富士通 F·I·B-株式會社에서 東京國際空港에서 離發着하는 航空機에 대해 航空機 1機가 駐機場에서 移動(離陸前 緩速)하여 離陸→上昇(高度 1,000m

以上에 到達)→着陸進入→着陸→駐機場으로 移動(着陸後 緩速)에 이르는 標準 LTO Cycle 1 회당 排出係數를 각 機種別·汚染物質別로 實測 調査하여 算出した 資料를 引用하였다. 그 單位는 'g/s'로서 1초당 發生하는 汚染物質의 量을 나타낸다.

表 8. 日本의 航空機 排出計數

排出係數 (g/s)	機 種								
	B-767	B-747	B-737	B-727	A-300	DC-10	MD-11	MD-82	F-100
NOx	170.3	392.0	76.7	124.5	253.4	293.6	262.1	224.0	25.5
CO	23.8	97.4	19.5	28.6	41.3	48.9	42.7	14.3	106.1
HC	4.7	33.3	6.9	11.5	23.2	16.4	24.0	2.5	17.0

(주) 國內에서 가동되는 航空機 중 日本의 排出係數資料에 나와 있지 않는 機種에 대해서는 國內航空機 제원을 통해 機關의 數가 같고 비슷한 推力을 내는 機種과 比較하여 算出하였다.

3.2.2.2 年間 總 離着陸 횟수 調査⁹⁾

表 8의 排出係數가 機種別에 따른 것이기 때문에 表 3에서, 機關의 數와 型式이 같은 機種에 대해서는 같은 機種으로 간주하여 각 離着陸 횟

수를 합산하였고, 國內線, 國際線의 구분없이 해당 機種이 1993년도에 離着陸한 總 횟수를 調査하였다(표 9).

表 9. 국적항공사 소속 터보제트기 연간 총 이착륙 횟수(1993)

機 種	B767	B747	B737	B727	MD-11	DC-10	A-300	MD-82	F-100
總離着陸 횟수	12,022	22,930	42,666	7,772	3,240	2,796	48,863	17,009	16,178

3.2.2.3 排出量 算出

表 8의 排出係數가 LTO Cycle 1회에 걸리는 시간당 排出되는 汚染物質의 量을 나타낸 것이므로 다음과 같은 方法으로 排出量을 算出하였다(표 10).

汚染物質別 排出係數(g/sec) × LTO Cycle 1回 時間(sec) × 該當機種의 年間 總 離着陸 횟수(回/Year) ⇒ 해당 機種의 年間 總 排出量 (Ton/Year)
--

表 10. LTO Cycle에서 터보제트기의 각 모드시의 所要時間

區 分	모 드					計
	離陸前緩速	離 陸	上 昇	着陸接近	着陸後緩速	
Turbo jet	9분 28초	1분 9초	50초	4분 41초	5분 33초	21분 41초

表 11. 機種別, 汚染物質別 排出量

機 種	CO 排出量 (Ton/Year)	NOx 排出量 (Ton/Year)	HC 排出量 (Ton/Year)	合 計 (Ton/Year)
B-767	372.2	2,663.6	73.5	3,190.3
B-747	2,905.6	11,694.1	993.4	15,593.1
B-737	1,082.4	4,257.5	383.0	5,722.9
B-727	417.6	1,258.9	116.3	1,792.8
A-300	2,625.5	16,108.8	1,474.8	20,209.1
DC-10	177.9	1,068.0	59.7	1,305.6
MD-11	180.0	1,104.8	101.2	1,386.0
MD-82	316.4	4,956.8	55.3	5,328.5
F-100	2,233.1	536.7	357.8	3,127.6
合 計	10,310.7	43,649.2	3,615.0	57,574.9

3.2.3 船舶

3.2.3.1 排出係數의 算出⁸⁾

船舶의 排出係數는 1985년 美國의 EPA에서 算出한 디젤機關을 장착한 商業用 船舶에 대한 平均 排出係數를 調査하였다. 그 單位는 鐵道에서와 마찬가지로 'kg/10³ℓ'로서 船舶의 燃料 使用量에 根據한 값이다(表 12).

表 12. 商業用 디젤船舶의 平均排出係數

汚染物質	SOx	CO	HC	NOx
排出係數 (kg/10 ³ ℓ)	3.2	13.0	6.0	32.0

3.2.3.2 年間 總 燃料使用量 調査¹⁰⁾

石油開發公社의 資料로 石油製品別에 따라 沿 近海 漁業과 분리되지 않는 漁業에 대한 燃料 使用量을 調査하였다. 분리되지 않는 漁業이란 말 그대로 遠洋 漁業과 沿近海 漁業으로 나누어지지 않은 것을 뜻하는 것으로 두 가지를 동시에 하고 있는 것을 가리킨다.

또한, 括弧안의 數値는 燃料 속에 包含되어 있는 硫黃의 含有量을 나타낸다(表 13).

表 13. 디젤動力船의 年間 總 燃料使用量(1993)

區 分	분리되지않은 漁業 (1,000 ℓ)	沿近海 漁業 (1,000 ℓ)	合 計 (1,000 ℓ)
燈 油	31.8	779.1	810.9
經由 (1.0%)	3,959.1	952,696.2	956,655.3
經由 (0.4%)	2,687.1	28,524.6	31,211.7
輕質重油 (2.0%)	1,669.5	112,619.7	114,289.2

表 13. 계속

區 分	분리되지않은 漁業 (1,000 ℓ)	沿近海 漁業 (1,000 ℓ)	合 計 (1,000 ℓ)
輕質重油 (1.6%)	349.8	0	349.8
重油 (3.0%)	302.1	2,909.7	3,211.8
重油 (1.6%)	95.4	0	95.4
방카C油 (4.0%)	15,518.4	8,538.3	24,056.7
방카C油 (1.6%)	4,579.2	1,351.5	5,930.7
合 計	29,192.4	1,107,419.1	1,136,611.5

3.2.3.3 排出量 算出

앞에서 調査한 排出係數(表 12)와 稼動現況인 年間 總 燃料使用量(表 13)으로 1993年度 國內 沿岸輸送을 하는 디젤船舶에 대한 總 排出量을 다음과 같은 方法으로 算出하였다(表 14).

$$\text{排出係數} \times \text{年間 總 燃料使用量}$$

$$(\text{kg}/10^3 \ell) \quad (10^3 \ell/\text{Year})$$

$$\Rightarrow \text{國內 디젤動力船의 年間 總 排出量}[\text{Ton}/\text{Year}]$$

表 14. 沿岸輸送을 하는 國內 디젤船舶에 대한 年間 總 排出量(1993)

汚染物質	排出係數 (kg/10 ³ ℓ)	年間 總 燃料使用量 (10 ³ ℓ/Year)	年間 總 排出量 (Ton/Year)
SOx	3.2	1,136,611.5	3,637.2
CO	14.0		14,775.9
HC	7.2		8,183.6
NOx	36.4		36,371.6

表 15. 國內 全體産業部門別 大氣汚染寄與度 算出(1991)

汚染物質	區 分	輸送手段(移動 發生原)				固 定 發生原	合 計
		鐵 道	航 空	船 舶	그 外		
CO	排出量(*)	5.0	10.0	15.0	1,058.0	542.0	1,630.0
	比 率(%)	0.3	0.6	0.9	64.9	33.3	100.0
NOx	排出量(*)	14.0	44.0	36.0	472.0	501.0	1,067.0
	比 率(%)	1.3	4.1	3.4	44.2	47.0	100.0
HC	排出量(*)	3.0	4.0	8.0	130.0	19.0	164.0
	比 率(%)	1.8	2.4	4.9	79.3	11.6	100.0
SOx	排出量(*)	2.0	—	4.0	227.0	1,381.0	1,614.0
	比 率(%)	0.1	—	0.2	14.1	85.6	100.0
PM	排出量(*)	1.0	—	—	100.0	291.0	392.0
	比 率(%)	0.3	—	—	25.5	74.2	100.0

(주) * : Ton/Year

4. 鐵道, 航空, 船舶에 대한 大氣汚染寄與度 算出¹¹⁾

1994년에 發行된 環境白書を 參照하여 鐵道, 航空 및 船舶用 機關에서 排出되는 汚染物質에 대한 大氣汚染도를 產出하여 表 15에 나타내었다. 이것은 全體 産業部門에 대한 각 汚染物質別 排出量 및 大氣汚染寄與度로서, 固定發生原이란 暖房, 産業 및 發展 部門을 모두 합친 것을 뜻하고, 輸送手段 중 그 外란 鐵道, 航空, 船舶을 제외한 다른 모든 運送手段을 가리키는 것으로서 公道用 自動車가 거의 대부분을 차지하고 있다.

한편, 鐵道, 航空 및 船舶部門 의 建設重裝備 와 農業用機械로부터의 排出量까지 合算한다면 이들 非道路用排出原에 의한 比率는 더욱 커질 것으로 豫상된다.

5. 結 言

지금까지 檢討한 結果를 토대로 鐵道, 航空 및 船舶용 機關의 排出量과 全體 產業部門에 대한 大氣汚染寄與度를 算出해 본 結論은, 먼저 鐵道の 경우 CO, PM 및 SOx는 全體 產業部門에서 각각 約 0.3% 程度를 넘지 않으므로 그 問題性이 深刻하지 않지만, NOx와 HC는 각각 約 1.3%, 1.9% 程度로 比較的 약간 높은 比率을 차지하고 있다. 따라서 鐵道部門에 대해서는 現在 規制를 考慮할 段階는 아니라고 생각되나 NOx와 HC에 대해서는 美國의 EPA에서 1996년에 發表할 機關車에 대한 規制案을 向後 우리나라도 따르는 것이 妥當하다고 생각되며, 이와 함께 鐵道を 先進國과 같이 現在 保有하고 있는 디젤動力車輛을 漸次的으로 排出物의 影響이 극히 적은 無公害 動力車輛(電氣動力車, 磁氣浮上列車 등)으로 轉換해 나가는 것이 바람직하다고 생각된다.

航空部門에서는 航空機에 使用되는 機關의 燃料 특성상 排出物의 影響이 극히 적은 PM 및 SOx를 제외한 CO, NOx, HC 중 NOx와 HC는 全體 產業部門에 대해 比較的 높은 比率을 차지하고 있고, 또한 향후 2,000년까지 航空機의 수급은 계속 늘어날 것으로 展望되므로 顯在 ICAO와 美國 EPA에서 實施하고 있는 規制基準에 맞도록 施行되어야 하며, 이를 위해 우리나라에서도 技術開發, 運航 및 維持整備에 留意하여 準備해야 할 것이다. 또한, 만일 國內에서도 航空機用 機關을 製作할 경우에는 그 規制에 만족하는 機關을 生産할 수 있도록 꾸준히 技術研究에 注力해야 할 것이다.

또한, 船舶部門에서도 NOx와 HC의 比率이 他 非道路用 運送手段에 비해 比較的 높게 나타나고 있기 때문에 이 또한 規制의 必要性이 要求되고 있으며, 現在 IMO와 ISO에서 推進하고 있는 船舶用 디젤機關에서 排出되는 汚染物質에 대한 國際的 統一 規制案이 立案되면 우리나라도 이 規制案을 따라야 할 것이므로 이에 對備하여 그 規制 基準에 만족할 수 있도록 機關의 製作 및 運航 등의 여러 諸般 條件을 考慮하여 對處해 나가야 할 것이다.

끝으로 鐵道, 航空 및 船舶에 대한 規制 趨勢가 國際的 統一 規制 立案에 能動的으로 參與할 수 있도록 努力해야 할 것이다.

후 기

본 調査研究은 韓國 環境 科學 研究 協議會의 研究支援으로 수행하였음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

1. Regulations for the implementation of clean air act.
2. EEC Directive 75/716/EEC(The approximation of the laws of the Member states relating to the sulphur content of certain liquid fuels), 87/219/EEC(Amendment of Directive 75/716/EEC), 90/660/EEC(The transitional measures applicable in Germany with regard to certain Community provisions relating to the protection of the environment, in connection with the internal market), 91/692/EEC(Standardizing and rationalizing reports on the implementation of certain Directives relating to the environment), 93/12/EEC(The sulphur content of certain liquid fuels)
3. Saburo YANAGISAWA, Masao SHIBATA, 「航空機による汚染對策の研究」(1), 1991.
4. 「原動機 NEWS」, NIGATA, 1993. 1.
5. 鐵道廳 디젤 機關車과, 디젤動車科 電算 統計 資料, 1993.
6. 交通部 航空技術科, 航空運航科 資料, 1994.
7. 海運港灣統計年譜, 海運 港灣廳, 1994.
8. Melvin N. Ingalls, 「Recommended Revisions to Gaseous Emission Factors from Several Classes of Off-Highway Mobile Sources」, EPA, 1985. 3.
9. Saburo YANAGISAWA, Masao SHIBATA, 「航空機による汚染對策の研究」(2), 1991.
10. 石油開發公社資料, 1994.
11. 環境白書, 環境處, 1994.