

大氣污染이 水稻生育에 미치는 影響

Effects of Air Pollution on Rice Plant Growth

申應培*
Eung Bai Shin

朴院澈*
Wan Cheol Park

許玗昊**
Gi Ho Huh

Abstract

The study was performed to investigate the effects of gaseous imission of sulfur dioxide and hydrogen fluoride on the growth of rice plant under stressed field conditions. The plants were cultivated in normal paddy fields where are 88 industrial plants operating with 285 smoke stacks emitting pollutants.

There has been a number of reported studies (1, 3, 11, 19, 20) which deal with rice plant damages by air pollution under a simulated exposure experimental condition. Furthermore, these experiments were conducted to examine effects of a single pollutant on the plant. In Korea, however, there is no study reported in literature with respect to the in-situ dose-response relationship between rice plant reduction in yields and air pollution. This study is specifically dealt with multiple effects of sulfur dioxide and hydrogen fluoride on various plant growth indicators such as leaf damage, culm height, weight of grain, panicles per hill, spikelets per panicle and percent fertility.

It appears that there is a good correlation between ambient concentrations of sulfur oxides and sulfur contents found in leaves with an average correlation coefficient of 0.868 within a 1% significance level. It is interesting to note that a better multiple correlation was found between percent leaf damage and sulfur and fluoride contents found in leaf with a significance of 1% level. The yearly correlation coefficient ranges from 0.963 to 0.987 with an average being 0.971. It is, therefore, believed that a percent leaf damage may serve as a single indicator of pollutional damages to rice plant cultivating in fields.

Regarding other factors relating to the diminution of rice plant growth in polluted atmosphere, it appears that a significant correlation exists between these factors. For example, the percent leaf damage is proved to be correlated to culm length and dry weight of grain with a 1% significance level whereas T/R ratio has a good correlation with leaf damage within 5% significance level.

An evaluation of data observed has demonstrated that both panicles per hill and percent fertility are significantly affected by air pollutants. As expected, hydrogen fluoride has more effects than sulfur oxide. It is, however, interesting to note that spikelets per panicles has slightly been affected while no indication of effects on 1000-grain-weight has been observed. This may lead to a conclusion that a

* 韓國科學技術院 KAIST, Seoul 131, Korea

** 蔚山地域環境保全協議會 ULSAN District Environmental Preservation Association, Ulsan 690, Korea

reduction in yield of rice under polluted field conditions may have more been caused by the diminution of panicles per hill and percent fertility rather than by the diminution of spikelets per panicle and grain weight.

1. 緒 論

1962년부터 第一次經濟開發五個年計劃이 始作되면서 蔚山地域 一部가 特定工業地區로 公布되어 大單位工業團地가 造成된後 現在 80餘個의 大小 產業體가 稼動中에 있다. 蔚山工團地域에서는 各種 大氣汚染物 主로 黃酸化物 및 弗化物이 많이 排出되어 이들의 複合汚染에 의해 周邊農作物中 栽培面積이 넓은 水稻에 많은 被害를 誘發하여 收量의 低下로 말미암아 經濟的損失 뿐만아니라 이에 對한 補償問題로 每年 耕作者와 排出業體間에 紛爭의 素地가 되는 등 많은 問題點을 誘發하고 있다. 그러므로 水稻에 對한 大氣汚染의 影響程度를 調査하여 被害率算定 및 栽培學的인 收量低減對策 樹立時에 基礎資料가 되는 被害原因糾明의 必要性이 增大되고 있다.

大氣汚染物과 植物과의 關係에 對한 研究는 우리나라를 비롯한 先進諸國에서 많이 報告되었고, 特別 SO₂ 및 HF가 水稻의 生育에 影響을 주는 原因에 關한 研究結果도 많이 報告되었지만 이 研究들은 大部分 實驗室의인 單純接觸實驗에 의한 結果이므로 全 生育期에 걸쳐 繼續的으로 排出되는 大氣汚染物의 影響을 받고있는 自然圃場狀態에서의 農作物 栽培時에 應用하는 데는 多少의 問題點이 있을 수도 있다. 外國의 경우 自然圃場狀態에서 實驗한 研究報告가 있으나 우리나라의 경우 自然圃場狀態에서의 研究論文이 發表된 것이 없으며 研究된 結果^{1)~4)}도 비밀로 分類되고있어 論文으로서의 發表에 제약을 받고 있다. 따라서 本 研究에서는 排出源에서 自然的으로 排出되는 大氣汚染物(黃酸化物, 弗化物)이 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響의 原因을 糾明하기위해 1981년부터 1984년까지 4 個年에 걸쳐 乾物重, 草長, 收量形質, 收量의 變化를 調査하고, 汚染因子인 大氣中の 硫黃酸化物濃度, 煙斑率, 葉內的 黃 및 弗素의 含量等을 토대로 그 結果를 分析 評價한 論文이다.

2. 材料 및 方法

2.1 調査地點

調査地點은 그림1과 같이 蔚山工業團地의 SO₂ 및 HF排出業體와 隣接한 18個地域에 被害豫想地點을 選定하고, 大氣汚染의 影響을 받지않을 것으로 豫想되는 慶南 蔚州郡 및 梁山郡 地域에 3個의 對照地點을 選定하였다.

2.2 栽培方法

供試品種은 獎勵品種인 落東벼를 選定하여 每年 4月25日±1日에 播種, 6月10日±1日에 栽植距離 30×15cm 로 1株3本植으로 移秧하였다. 施肥量은 窒素(N)——磷酸(P₂O₅)——加里(K₂O) 各各 15—10—10kg/10a 로 하여 窒素質肥料은 移秧直前に 50%를 基肥로, 移秧15日 및 45日後에 30% 및 20%를 追肥로 施用하였고, 磷酸과 加里質肥料은 全量 基肥로 施用하였다. 그리고 每 調査地點當 3 個의 調査對象圃場을 選定하였고, 圃場當 面積은 200坪 程度로 하였다.

2.3 調査方法

草長, 地上部 및 地下部乾物量은 7, 8, 9月 3回에 걸쳐 每月 1~3日사이에 調査圃場別로 10株를 選定하여 調査하였으며, 收量形質인 株當穗數, 穗當粒數, 登熟率, 千粒量은 收穫期에 調査圃場別로 10株를 選定하여 調査하고 收量은 條刈法을 利用하여 調査하였다.

汚染因子인 葉內 黃 및 弗素의 含量은 7, 8, 9月 3回에 걸쳐 每月 1~3日사이에, 煙斑率은 6月(6月 18日~20日), 7月(7月1日~3日), 8月(8月1日~3日, 8月15日~17日)에 調査圃場別로 10株를 試料로 採取한 後 分析 및 調査하였다. 그리고 大氣中 黃酸化物 濃度는 6, 7, 8月 3回에 걸쳐 調査하였으며, 葉內 黃, 弗素, 大氣中 黃酸化物의 分析方法은 表1과같고, 煙斑率 調査는 各葉의 被害程度를 5%, 10%, 20%, ……………100%로 區分하여 다음 方法에 의하여 算定하였다.

煙斑率 = $\{ (0.05 \times 5\% \text{被害葉數} + 0.1 \times 10\% \text{被害葉數}) / \text{全葉數} \} \times 100$
 $+ 0.2 \times 20\% \text{被害葉數} \dots \dots \dots 1 \times 100\% \text{被害葉數}$

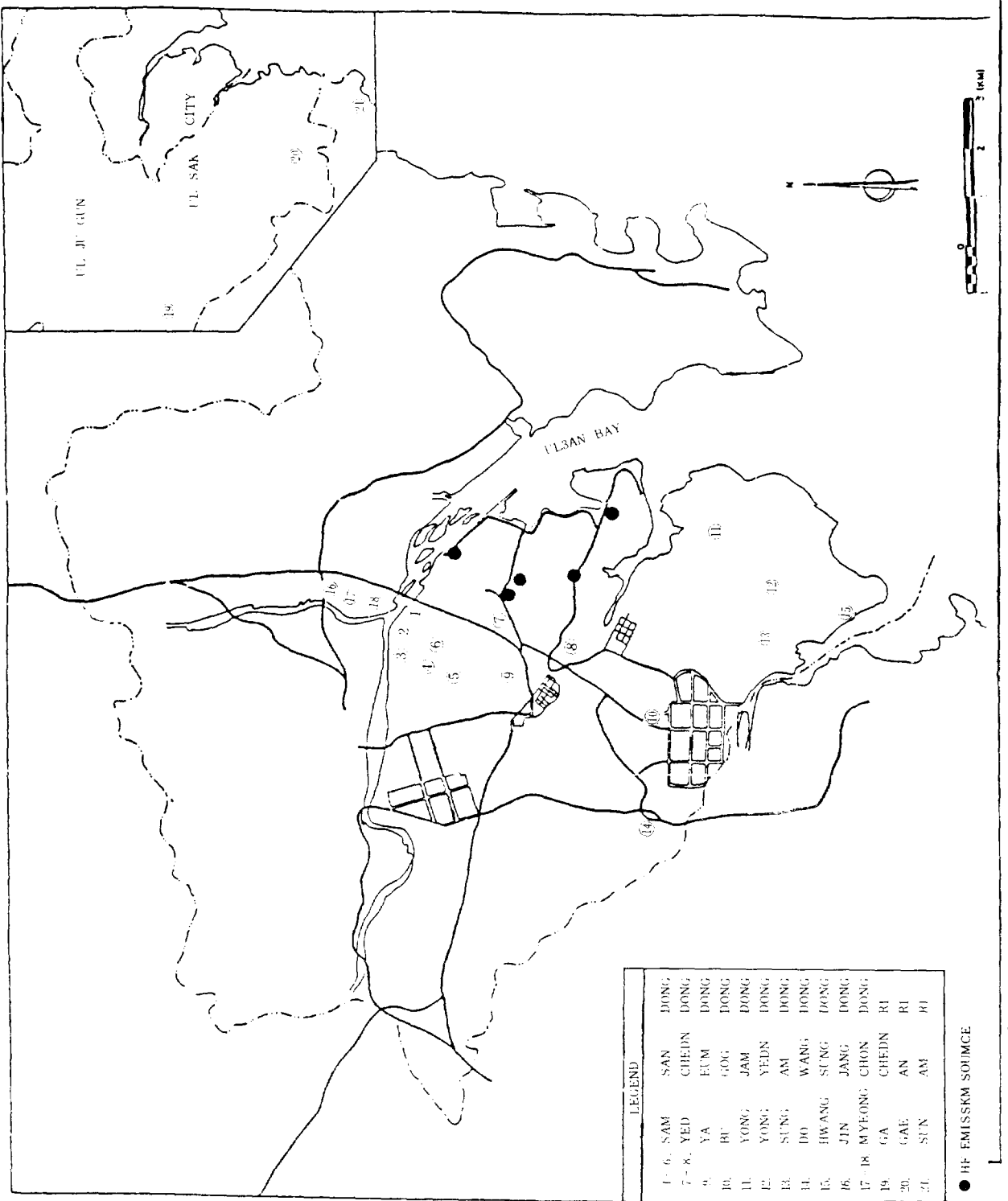


Fig-1 Sampling Sites

10 x 20

Table-1 Analytical Method of Pblutants in Rice Leaf and Air.

Items	Methods	Description
S (leaf)	Gravimetric	Sample $\xrightarrow[\text{Drying (103°C)}]{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ $\xrightarrow[\text{Fusion}]{\text{Na}_2\text{O}_2}$ Filtrate $\xrightarrow[\text{HCl}]{\text{BaCl}_2}$ Filtrate $\xrightarrow[800^\circ\text{C, 1hr}]{\text{Ignite}}$ BaSO ₄ weighing
F (leaf)	Electrode method	Sample + Na ₂ CO ₃ Soln. \rightarrow Dry & Ignite \rightarrow NaOH Fusion \rightarrow Dissolve in H ₂ O Steam Distillation $\xrightarrow[165^\circ\text{C}]{} \xrightarrow[\text{pH5.0-5.5}]{\text{TISAB}}$ Distillate \rightarrow Ion Meter
SOx (air)	Colorimetric (30 days)	SOx absorbed in K ₂ CO ₃ paper; color developed with Barium chloranil acid spectrophotometer at wave length. 530 μ

3. 結果 및 考察

3.1

大氣中 6~8月 平均 黃酸化物(SO₃) 濃度와 葉內 黃(S)含量은 表2와 같이 一部 被害豫想地點을 除外한 大部分의 被害豫想地點에서 高硫黃 B-C를 燃料로 使用한 1981年이나 1982年보다 低硫黃 B-C를 使用한 1983年이나 1984年에는 낮은 傾向을

보였다. 그리고 大氣中 SO₃濃度 및 葉內 S含量은 모든 被害豫想地點에서 對照地點보다 높은 傾向을 보여 이들 調査地點은 大氣中 SO₂의 影響을 받은 것으로 判斷된다. 그러나 大氣中 HF濃度の 指標가 되는^{2, 9, 12, 13} 葉內 弗素(F)含量은 一部 被害豫想地點에서는 對照地點과 비슷하므로 이들 被害豫想地點은 大氣中 HF의 影響을 받지 않는 것으로 判斷된다. 煙斑은 每年 1~7, 18地點은 높은 發生率을 보이고, 그의 調査地點에서는 發生率이 輕微하게

Table-2 Variation in Average Pollution Factors from June to August

Sife	SO ₃ (μg/day/100cm ²)				Sulphur in leaf (ppm)				Fluorine in leaf (ppm)				%destroyed leaf			
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984
1	1024	977	945	513	3606	3360	3243	2470	195	123	153	176	19.8	15.9	13.5	16.1
2	1107	1026	875	583	3468	3562	2859	2589	113	113	162	157	13.0	12.8	12.5	10.8
3	1217	963	943	467	3526	3290	3306	2505	116	89	112	221	13.3	11.5	10.9	15.1
4	1057	944	924	540	3730	2999	3210	2599	111	99	120	198	13.4	10.5	13.3	12.9
5	1256	1257	1261	790	3356	3715	3480	2854	125	70	143	178	13.5	7.8	14.5	10.8
6	1619	1390	929	747	4022	3791	3319	2801	157	135	215	249	19.0	16.1	23.6	21.5
7	801	579	675	670	3114	2987	3202	2962	131	259	363	181	12.4	24.3	25.5	19.9
8	1282	1205	1354	800	3274	3812	3284	2555	35	53	38	32	0.5	2.3	0.3	1.0
9	945	969	933	517	3308	3101	3310	2387	38	23	29	50	1.5	0.4	0.5	1.7
10	860	937	577	583	3146	3485	2742	2524	17	25	31	49	1.1	0.2	0.2	0.8
11	860	928	779	683	3170	3142	3274	2951	21	46	28	45	0.8	1.4	0.8	1.3
12	628	917	696	430	2771	3181	2811	2530	24	29	24	39	0.3	0.8	0.2	0.9
13	381	700	569	407	2039	3211	2618	2351	17	27	18	20	0.0	0.0	0.0	0.0
14	630	419	455	157	2636	2708	2169	2129	17	17	20	27	0.1	0.2	0.0	0.0
15	840	1089	645	400	2724	3601	2447	2433	17	25	19	17	0.5	0.4	0.0	0.6
16	933	701	369	293	3301	3426	2275	2388	17	24	40	29	1.3	0.1	0.0	0.8
17	1199	910	635	413	3420	3263	2314	2229	16	25	50	54	0.4	0.5	0.9	1.6
18	1526	1008	671	620	3579	3524	2690	2697	49	45	85	118	2.8	1.7	6.8	6.8
Con.	159	134	247	183	1726	2018	1955	2057	14	20	17	19	0.0	0.0	0.0	0.0

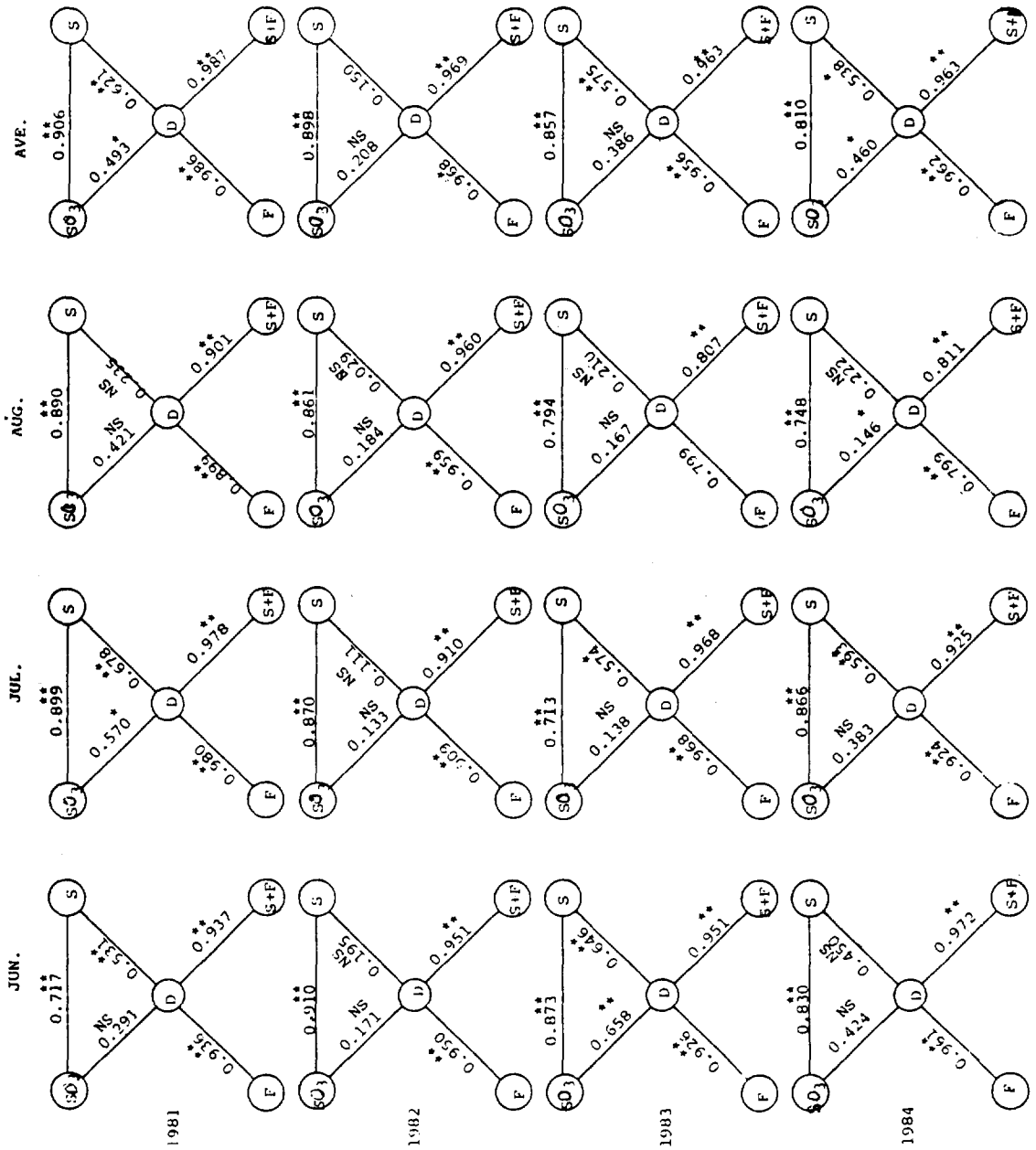


Fig-1 Sampling Sites

Note : SO₃ ; Atmospheric SO₃ concentration
 S ; Sulphur contents in plant
 F ; Fluorine contents in plant
 D ; % destroyed leaf
 * ; Significance at the 5% level
 ** ; Significance at the 1% level

Fig-2 Correlation coefficient between pollution factors (1981-1984)

나 전혀 發生하지 않는 調查地點도 있다.

汚染因子間的 關係는 그림2에서와 같이 每年 大氣中 SO_3 濃도와 葉內 S含量間에 正의 有意相關이 認定되어 大氣中 SO_2 濃도가 높거나 暴露係數 (Exposure factor, $EF = \sum(C)(T)$, C: concentraion, T: time)가 클수록 水稻를 비롯한 各種 作物의 葉內 S含量이 높아진다는 研究結果^{7, 11, 16}와 一致하므로 葉內 S의 分析置가 大氣中 SO_2 濃도의 指標가 될 수 있다는 것을 보여주고 있다. 그리고 煙斑率은 每年 葉內 F含量과 높은 正의 有意相關($P < 0.01$)을 보여주고, 葉內 S含量과도 1981年 8月, 1982年 6~8月, 1983年 8月, 1984年 6, 8月를 除外하고는 大部分 正의 有意相關이 認定되었으며, 煙斑率과 葉內 S·F含量間的 重相關도 매우 높은 正의 有意相關이 認定되었다. 이 傾向은 大氣中 SO_2 및 HF의 複合影響으로 煙斑이 發生되는 것이 認定되지만 煙斑率은 葉內 S含量보다 F含量과 相關성이 높고, 煙斑率과 葉內 S含量間에 有意相關이 一部 認定되지 않았으므로 SO_2 와 HF의 複合汚染地域인 本 調查地域에서의 煙斑發生은 SO_2 보다 HF의 影響이 크기때문인 것으로 判斷되며, 또한 이 結果는 다른 研究報告^{5, 14, 20, 21}에서와 같이 煙斑率은 大氣中 SO_2 및 HF汚染度の 指標가 될 수 있다는 것을 보여준다.

3.2 形質 및 收量

登熟期에 調査된 草長 乾物重(地上部, 地下部, 全體)은 表3에서와 같이 每年 大部分의 被害豫想地點에서 對照地點보다 작은 傾向을 보였으며, R/T率은 每年 그 傾向이 一定하지 않았다. 그리고 收量形質은 表4에서와 같이 株當穗數는 每年 汚染度가 높은 調查地點에서 對照地點보다 작은 傾向을 보였으며, 穗當粒數는 1981~1983년에는 大部分의 被害豫想地點에서 對照地點보다 작은 傾向을 보였으나 1984년에는 株當穗數와의 相補性^{17, 18} 때문에 極甚汚染地域을 除外한 大部分의 被害豫想地點에서 對照地點보다 많은 것으로 判斷되고, 他 收量形質은 調查年度에 따라서 그 傾向이 一定하지 않았다. 收量은 每年 一部 被害豫想地點을 除外한 大部分의 被害豫想地點에서 對照地點보다 작은 傾向을 보여주고, 特히 汚染度가 높은 1~7地點에서는 甚한 減收現狀을 보여주었다.

3.3 汚染因子와 生育形質의 關係

大氣中 SO_2 汚染度の 指標가 되는 葉內 S含量은 1982年을 除外한 他 調查年度에는 6, 7月の 葉內 S含量과 草長 및 모든 乾物重間에 表5에서와 같이 每年 負의 有意相關이 認定되었으나 8月の 葉內 S含量은 每年 이들 形質과 相關의 有意性이 認定되지 않았다. 그리고 大氣中 HF汚染度の 指標가 되는 葉內 F含量과 大氣中 SO_2 및 HF 複合 汚染度の 指標가 되는 煙斑率은 每年 草長 및 乾物重과 負의 有意相關이 認定되었다. 이 結果는 水稻에 SO_2 處理時 草長은 減少되지 않고 오히려 增加하였다는 谷山等의 報告¹⁸나 水稻에 低濃度の SO_2 處理時 草長이 減少되지 않는다는 青木等의 研究結果¹¹와는 一致하지 않았으나 水稻에 HF處理時 草長이 작아진다는 山添의 研究結果¹⁹와는 一致하여 本 調查地域에서의 草長의 減少는 SO_2 보다 HF가 草長의 生長에 影響을 주었기 때문인 것으로 判斷된다. 그리고 水稻¹⁵와 裸麥¹⁶을 利用한 實驗에서 SO_2 處理時 處理濃도가 높거나 暴露係數가 클수록 地上·地下部乾物重이 많이 減少된다는 研究結果나 水稻에 HF處理時 乾物重이 減少된다는 研究結果¹⁹와 같이 本 調查地域에 栽培되는 水稻는 大氣汚染物의 影響으로 乾物重이 減少되는 것이 認定되고, 特히 SO_2 는 8年以前의 生育期부터, HF는 生育初期부터 繼續的으로 生育에 影響을 주는 것으로 判斷된다.

R/T率과 汚染因子間에는 1984年을 除外한 他 調查年度에는 汚染因子中 葉內 S含量을 除外한 6~8月の 葉內F含量 및 煙斑率間에 正의 有意相關이 認定되는데 이 結果는 水稻에 SO_2 處理時 地下部보다 地上部乾物重 減少率이 크다는 松岡의 研究結果¹⁸와 一致하여 SO_2 와 HF의 複合影響을 받으면 地上部 및 地下部生育에 모두 影響을 주지만 主로 地上部生育에 더 큰 影響을 주기때문인 것으로 判斷된다. 그러나 1984년에는 어떤 汚染因子도 R/T率과 有意相關이 認定되지않는 것은 大氣汚染物이 地下部 및 地上部の 生育에 비슷한 程度의 影響을 주기 때문인 것으로 判斷되지만 他 調查年度와 그 傾向이 다른 理由에 對해 서는 앞으로 研究 檢討되어야 할 것으로 思料된다.

3.4 汚染因子와 收量 및 收量形質과의 關係

收量 및 收量形質과 汚染因子와의 關係는 表6에서와 같이 收量 成立에 제일 큰 影響을 주는 株當穗

Table-3 Variation in Growth Characters at Milky Ripe Stage

Site	Culm length (cm)				Shoot dry wt. (g)				Root dry wt. (g)				Total dry wt. (g)				R/T ratio			
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984
1	77.5	82.4	79.2	87.1	434.2	594.8	582.2	748.9	54.9	66.6	68.6	69.8	489.1	661.4	650.8	818.7	12.6	11.2	11.8	9.3
2	82.7	86.2	86.4	88.2	508.4	629.9	652.4	775.7	62.4	64.5	66.7	70.8	570.8	694.4	719.1	846.5	12.3	10.2	10.2	9.1
3	82.2	80.2	87.7	90.1	665.4	633.1	708.2	778.3	63.7	67.9	67.6	66.3	749.1	701.0	775.8	844.6	9.3	10.7	9.6	8.5
4	80.6	85.0	86.6	88.2	568.0	612.8	727.3	805.7	57.5	64.3	68.4	70.5	625.5	677.1	795.7	876.2	10.1	10.5	9.4	8.8
5	82.5	82.4	86.5	88.7	715.4	648.0	710.7	758.2	69.0	69.5	78.7	68.9	784.4	717.5	789.4	827.1	9.7	10.7	11.1	9.1
6	78.3	77.4	73.4	82.5	269.0	534.6	501.9	580.8	44.3	53.7	62.5	67.6	313.3	588.3	564.4	648.4	16.5	10.1	12.5	11.6
7	76.0	67.2	67.2	67.2	486.3	312.3	482.1	285.7	57.1	34.4	57.3	37.5	543.4	346.7	539.4	323.2	11.7	11.0	11.9	13.1
8	94.5	85.6	91.8	100.4	724.6	654.3	812.7	860.6	68.2	68.6	82.4	82.8	792.8	722.9	895.1	943.4	9.4	10.5	10.1	9.6
9	90.0	100.0	100.8	92.6	813.4	781.9	792.5	812.7	80.1	81.4	78.7	75.2	893.5	863.2	871.2	887.7	9.9	10.4	9.9	9.3
10	92.7	91.2	95.1	94.8	797.6	796.1	814.8	862.0	73.5	81.3	80.8	72.1	871.1	877.4	895.6	934.1	9.2	10.2	9.9	8.4
11	101.5	86.9	99.8	88.2	823.6	690.0	827.4	782.1	81.4	61.4	80.6	81.3	905.0	751.4	905.3	863.4	9.9	8.9	9.8	10.4
12	93.8	92.8	99.4	102.5	809.3	734.5	819.2	849.9	84.8	73.1	80.3	84.0	894.1	807.6	899.5	933.9	10.5	10.0	9.8	9.9
13	100.3	104.3	104.8	103.6	889.2	878.1	864.9	877.5	89.4	87.3	88.6	92.4	978.6	965.4	953.5	969.9	10.1	9.9	10.2	10.5
14	95.1	94.8	102.5	101.4	858.5	826.5	878.7	891.2	81.8	86.2	90.8	84.7	940.3	912.7	969.5	975.9	9.5	10.4	10.3	9.5
15	97.4	101.2	106.8	106.2	843.9	808.7	864.4	890.7	78.8	80.1	83.6	84.4	922.7	888.8	948.0	975.3	9.3	9.9	9.7	9.5
16	100.2	92.9	100.4	99.5	853.5	875.5	846.2	862.8	88.8	88.1	86.5	81.8	942.3	963.6	932.7	944.6	10.4	10.1	10.2	9.5
17	95.7	87.4	105.7	97.3	878.1	767.8	860.1	857.4	84.7	72.5	88.6	79.2	862.4	840.3	948.7	936.6	9.7	9.4	10.3	9.2
18	87.8	82.2	84.0	92.4	817.6	715.9	752.9	798.9	76.7	66.1	77.3	69.1	894.3	782.0	830.2	868.0	9.4	9.2	10.3	8.7
Con.	104.3	102.4	104.5	104.7	881.3	864.1	878.1	874.2	90.8	87.8	86.8	85.2	972.1	951.9	964.9	979.4	10.3	10.2	9.9	9.8

Table-4 Variation in Yield and it's Components

	Particles/hill				Spikes/panicle				% fertility				Wt. of 1000 grains				Yield (kg/10a)			
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984
1	5.3	9.7	10.5	9.5	63.7	76.0	74.5	89.3	70.4	74.7	66.0	66.0	23.7	23.5	23.1	23.3	135.7 (26.1)	275.8 (57.2)	254.6 (48.5)	287.7 (56.2)
2	8.0	11.4	11.3	13.8	76.7	71.3	79.8	95.0	68.5	73.2	70.7	53.9	24.1	22.2	23.4	23.1	205.5 (39.5)	280.8 (58.2)	320.5 (61.1)	359.1 (70.2)
3	11.2	10.4	11.9	12.3	77.7	75.7	79.6	87.0	67.8	67.2	67.6	68.9	24.0	23.6	23.5	23.3	317.0 (61.0)	269.8 (55.9)	329.9 (62.8)	371.4 (72.6)
4	10.9	11.0	12.6	12.8	62.0	66.3	77.4	89.7	67.3	75.0	76.0	63.5	23.3	22.7	23.9	23.2	243.7 (46.9)	250.4 (51.9)	380.6 (72.5)	368.8 (72.1)
5	13.3	12.1	12.0	11.8	79.8	70.7	79.7	84.7	61.8	71.2	74.7	78.1	24.4	23.3	24.1	23.0	357.8 (61.5)	303.5 (62.9)	370.5 (70.6)	395.1 (77.2)
6	6.2	8.1	9.6	11.6	56.7	78.0	72.3	90.7	61.9	69.0	54.7	62.8	24.4	23.6	23.5	23.7	124.7 (24.0)	227.8 (47.2)	182.2 (34.7)	326.6 (63.8)
7	7.9	5.8	7.9	5.0	66.0	61.3	62.7	43.5	62.5	48.5	63.3	71.5	23.4	23.6	23.8	24.8	160.4 (30.9)	103.6 (21.5)	150.7 (28.7)	93.5 (18.3)
8	14.0	13.1	14.5	13.7	89.0	66.0	83.8	89.9	69.7	71.2	78.7	81.1	22.6	24.0	23.6	23.8	420.1 (80.8)	311.8 (64.6)	488.4 (93.1)	470.7 (92.0)
9	15.6	14.8	14.7	13.7	74.2	72.3	82.0	85.3	71.3	74.7	76.3	72.7	23.0	24.3	24.3	23.3	410.4 (79.0)	420.2 (87.1)	445.1 (84.8)	435.7 (85.2)
10	14.7	14.8	15.8	14.0	76.4	74.0	76.7	81.9	67.9	76.7	74.7	82.8	23.6	24.2	23.4	23.4	412.3 (79.3)	440.7 (91.3)	450.1 (85.8)	477.3 (93.3)
11	14.9	13.2	15.3	14.1	79.0	73.0	82.8	86.1	69.3	68.7	68.7	68.1	23.7	22.8	23.4	23.5	427.4 (82.2)	320.1 (66.3)	435.8 (83.0)	413.2 (80.8)
12	15.9	13.8	15.6	15.5	78.0	66.7	76.7	89.5	68.5	74.3	70.7	72.1	23.3	24.0	23.9	23.6	439.1 (84.5)	378.8 (78.5)	440.1 (83.9)	504.5 (98.6)
13	16.4	17.7	14.9	15.2	79.7	72.0	90.7	85.3	78.5	76.1	72.3	77.8	23.5	24.8	25.1	24.0	539.3 (103.8)	512.6 (106.2)	528.4 (100.1)	513.8 (100.4)
14	16.0	14.5	14.5	15.1	83.7	74.3	89.2	86.6	63.6	79.6	78.3	77.7	24.2	24.1	24.1	23.9	460.0 (88.5)	448.2 (92.9)	540.3 (102.9)	509.5 (99.6)
15	13.6	16.7	14.4	15.1	84.3	68.7	88.6	83.1	72.6	73.6	75.7	78.8	23.2	24.2	24.5	24.2	434.9 (83.7)	440.1 (91.2)	512.4 (97.6)	514.2 (100.5)
16	15.0	15.4	15.5	13.6	71.0	74.6	86.9	88.5	72.1	74.7	74.3	78.7	24.1	24.2	24.0	24.5	450.7 (86.7)	448.4 (92.9)	515.3 (98.2)	498.3 (97.4)
17	16.0	12.7	16.7	13.8	83.7	75.3	88.8	85.3	74.2	70.5	67.0	78.0	24.2	23.6	23.9	24.0	502.3 (96.6)	350.5 (72.6)	506.6 (96.5)	470.1 (91.9)
18	15.4	13.0	12.4	12.8	76.7	73.3	82.2	82.1	69.1	69.8	74.3	76.0	23.3	23.5	23.7	23.4	418.5 (80.5)	348.0 (72.1)	383.5 (73.1)	400.8 (78.3)
Con.	16.1	15.9	15.6	15.4	78.1	75.8	90.9	81.2	76.7	75.9	70.8	78.4	24.8	24.4	24.4	24.5	519.7 (100.0)	482.6 (100.0)	524.9 (100.0)	511.6 (100.0)

Table-5 Correlation between Growth Characters and Pollution Factors at Milky Ripe Stage

	Culm length				Shoot dry matter				Root dry matter				Total dry matter				R/T ratio				
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	
Jun.	S	**	NS	**	**	**	NS	**	**	NS	**	**	**	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	
	F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
Jul.	S	**	NS	**	**	**	NS	**	**	**	NS	**	**	NS	**	**	**	NS	NS	NS	NS
	F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
Aug.	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
	D	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
	D	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS

* : Significance at the 5% level ** : Significance at the 1% level

Table-6 Correlation between Yield, it's Components and Pollution Factors

	Yield				Panicles/hill				Spikelets/panicle				% fertify				1000 grain wt.				
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	
Jun.	S	**	NS	**	**	**	NS	**	**	**	NS	**	**	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	
	F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
Jul.	S	**	NS	**	**	**	NS	**	**	**	NS	**	**	NS	**	**	**	NS	NS	NS	NS
	F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
Aug.	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	F	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
	D	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
	D	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	NS

* : Significance at the 5% level ** : Significance at the 1% level

數는 每 調査年度의 8月 및 1982年의 6~8月 葉內 S含量과의 關係만 相關의 有意性이 認定되지않고, 他 調査年度의 6~7月 葉內 S含量 및 每 調査年度의 葉內 F含量, 煙斑率과는 負의 有意相關이 認定되었다. 그리고 穗當粒數는 1983년에는 全汚染因子와 1981년에는 8月的 葉內S含量을 除外한 全汚染因子와 負의 有意相關이 認定되었으나 1982年과 1984년에는 어떤 汚染因子와도 相關의 有意性이 認定되지 않아서 調査年度에 따라 相關性的 差異가 있었다. 또한 登熟率은 1982年과 1983年의 6月 葉內 S含量, 1982年, 1983年, 1984年의 7月 葉內 S含量, 每 調査年度의 8月 葉內 S含量, 1981年, 1983年의 葉內 F含量과의 關係는 有意相關이 認定되지않았으나 이들을 除外한 每 調査年度의 他調査期의 汚染因子와는 負의 有意相關이 認定되었으며, 特히 大氣中 SO₂ 및 HF汚染度の 指標가 되는 煙斑率과는 每年 모든 調査値와 負의 有意相關이 認定되었다. 그리고 千粒重은 1982年의 煙斑率을 除外한 每調査年度의 다른 모든 汚染因子와 相關의 有意性이 認定되지않았다. 谷山等¹⁸⁾은 SO₂影響地域에서 栽培되는 水稻는 株當穗數가 減少되고, 穗當粒數와 登熟率, 千粒重은 極甚汚染地域에서만 減少된다고 하였으며, 藤原¹⁹⁾는 水稻에 SO₂處理時 煙斑率이 높을수록 株當穗數 및 登熟率이 減少된다고 하였다. 또한 鄭²⁰⁾에 의하면 모든 收量形質은 SO₂의 處理濃度에 比例하여 減少되고, 株當穗數는 全生育期에 걸쳐 어느 時期에 SO₂를 處理해도 影響을 받으며, 登熟率은 開花期, 穗當粒數는 幼穗形成期에 處理하면 減少程度가 커진다고 하였다. 그리고 山添¹⁹⁾는 HF를 水稻에 處理하면 株當穗數 穗當粒數, 登熟率이 減少되어 減收가 된다고 하였다. 本 調査에서도 收量形質中 特히 株當穗數와 登熟率이 每年 大氣中SO₂ 및 HF의 複合影響으로 減少되어 結局 減收가 된다는 것을 보여주어 이들의 研究結果와 一致하고 穗當粒數와 汚染因子와의 關係가 調査年度에 따라 差異가 나는 것은 穗當粒數의 結定時期가 他 形質의 決定時期와 다르고 年度別로 汚染度가 時期的으로 一定하지않기 때문인 것으로 判斷되지만 앞으로 좀더 研究 檢討되어야 할 것으로 思料된다. 그리고 千粒重은 谷山等의 研究結果¹⁸⁾처럼 大氣汚染物의 影響을 적게 받기때문에 汚染因子와 有意相關이 認定되지 않는 것으로 判斷된

다. 收量과 株當穗數는 生育形質인 草長, 乾物重과 汚染因子와의 關係와 一致하여 大氣汚染地域에서 栽培되는 水稻의 收量과 株當穗數의 決定은 生育形質과 密接한 關係가 있는 것으로 判斷된다.

4. 結論

排出源에서 自然的으로 排出되는 大氣汚染物(SO₂, HF)이 排出源 周邊地域에서 栽培되는 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響의 原因을 糾明하기 위해 1981년부터 1984년까지 4個年에 걸쳐 水稻의 生育 및 收量形質, 收量, 大氣中の 黃酸化物濃度, 葉內的 黃 및 弗素含量, 煙斑率을 調査하여 檢討한 結果는 다음과 같다.

1. 大氣中の 黃酸化物濃度和 葉內的 黃含量間에 正의 有意相關이 認定되어 葉內的 黃分析値가 大氣中 黃酸化物濃度の 指標가 될 수 있다는 것을 보여 준다.

2. 煙斑率과 葉內 黃 및 弗素含量과의 重相關은 正의 有意相關이 認定되어 煙斑率은 大氣中 SO₂ 및 HF汚染度の 指標가 될 수 있다는 것을 보여 준다.

3. 水稻의 草長, 地上部 및 地下部 乾物重은 大氣汚染의 影響으로 減少되고, 特히 地上部가 地下部보다 大氣汚染物의 影響을 많이 받는 것으로 判斷된다.

4. 收量形質中 株當穗數와 登熟率은 大氣汚染物의 影響을 많이 받는 것이 認定되고 穗當粒數는 影響은 받지만 그 程度가 調査年度에 따라서 差異가 나며, 千粒重은 大氣汚染物의 影響을 거의받지 않는다는 것이 認定되었다. 그리고 大氣汚染物의 影響으로 收量形質中 株當穗數 및 登熟率이 많이 減少되어 窮極的으로 收量이 減少되는 것으로 判斷된다. (原稿接受 '86. 4. 25)

參考文獻

1. 青木正則, 小川正, 水稻의 耐SO₂性とケイ酸質肥料との關係, 電力中央研究所報告(1977)
2. Hill, A.C., Air quality standards for fluoride vegetatio effect, J. of the Air Pollution Control Association 19(5) : 331-336(1969)
3. 福島縣農業試驗場, 水稻に對する煙害とその輕減法に

- 關する研究：1-35(1969)
4. 藤原喬, 低濃度地域二酸化イオウによる植物の障害發現とその診断に關する研究, 電力中央研究所報告(1975)
 5. 정영호, 벼에 대한 아유산가스의 피해, 농사시험연구보고(식물환경편) 13 : 57-61(1970)
 6. 金福榮, 韓基碩, 大豆에 對한 亞黃酸가스의 影響, 韓土肥誌, 11(2) : 105-112(1978)
 7. Lauenroth W.K., C.J. Bicak & J.L. Dodo, Sulfur accumulation in western wheatgrass exposed to three controlled SO₂ concentrations, Plant and Soil 53 : 131-136(1979)
 8. 松岡義浩, 水稻の二酸化硫黃障害と その機作に關する, 千葉縣農試特報7 : 1-63 (1978)
 9. 松丸恒夫, 森川昌記, 松岡義浩, 大氣中フッ化水素濃度と水稻のフッ素吸收率との 關係, 大氣汚染研究 10 : 38(1975)
 10. 松島二良, 農林作物におよぼす大氣汚染の影響, 硫酸と工業24(6) : 22-36(1971)
 11. 宮崎正光, 高須賀計, 竹政淑郎, 愛媛縣における水稻の弗素煙害その後, 農業技術 27 : 486-491(1972)
 12. 祐田泰延, 植物指標を用いた氣中フッ化物汚染の環境分析, 公害と對策 15(3) : 411-416(1979)
 13. Sun E.J. & H. J. Su, Fluoride injury to rice caused by air pollution emitted from ceramic and brick factories, Envir. Poll A37 : 335-342(1985)
 14. 谷山鐵郎, 有名博樹, 作物のガス障害に關する研究第2報 光の有無となたねおよび裸麥の SO₂ガス障害との關係, 日作紀37 : 608-613(1968)
 15. 谷山鐵郎, 有名博樹, 岩田幸弘, 作物のガス障害に關する研究第9報 亞硫酸ガスの長期間接觸が水稻の乾物生産におよぼす影響, 日作紀40 : 455-461(1971)
 16. 谷山鐵郎, 澤中和雄, 作物のガス障害と關する研究第11報 亞硫酸ガスの長期間接觸が 水稻の子實生産におよぼす影響, 日作紀42(2) : 143-147(1973)
 17. 谷山鐵郎, 有名博樹, 作物のガス障害に關する研究第12報 大氣汚染地域(四日市市)における 水稻の生育收量の特徴と大氣汚染に對する指標植物としての意義について, 日作紀44(1) : 74-85(1975)
 18. 谷山鐵郎, 水野隆, 作物の大氣汚染障害に關する研究 第17報 伊勢灣周域の大氣汚染と配置法による水稻の生育特性, 三重大環境科學研究紀要7 : 101-114 (1982)
 19. 山添文雄, フッ化水素による煙害の實態ならびに機作に關する研究, 農技研報B(12) : 1-107(1962)
 20. 山添文雄, フッ水素の植物に及ぼす影響について, 公害と對策6(7) : 27-32(1970)
 21. 山川和彦, 迫田吉之助, 江阪忍, 麓次郎, 木幡欣一, 溶成りん肥工場周邊におけるふっ化物濃度について, 大氣汚染研究10 : 449(1975)
 22. 신용배외, 울산공업단지 환경관리에 관한 연구, KAIST 보고서(BSI893-1807-6)(1981)
 23. 신용배외, 울산공업단지 환경관리에 관한 조사연구, KAIST 보고서(BSI745-1612-2)(1982)
 24. 이광호외, 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도산출에 관한연구, KAIST 보고서(BS-I847-1759-6)(1982)
 25. 이광호외, 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도산출에 관한연구, KAIST 보고서(BS-I927-1921-6)(1983)
 26. 신용배외, 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도산출에 관한연구, KAIST 보고서(BS-I976-2113-6)(1984)
 27. 신용배외, 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도산출에 관한연구, KAIST 보고서(BS-I1033-2219-6)(1985)
 28. 신용배외, 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도산출에 관한연구, KAIST 보고서(BS-I1083-2438-6)(1986)
 29. 신용배외, 여천 공업단지 대기오염영향 평가연구, KAIST 보고서(BS-I934-1963-6)(1983)
 30. 신용배외, 여천 공업단지 대기오염영향 평가연구, KAIST 보고서(BS-I978-2124-6)(1984)
 31. 신용배외, 여천 공업단지 대기오염영향 평가연구, KAIST 보고서(BS-I1033-2255-6)(1985)