

# 濕性大氣成分에 對한 統計的解析

## Statistical Analysis of Ion Components in Rainwater

李 敏熙      韓 義正      元 良洙      辛 燦基  
Min Hee Lee Eui Jung Han Yang Soo Won Chan Ki Shin

### Abstract

Methods used for averaging PH's of rainwater and site representation have been studied, Statistical analysis was attempted regarding effects of ionic components on PH's utilizing 847 data altogether obtained in two years, 1984 and 1985.

The outcome of the study may be summarized as follows:

#### 1. Methods for Averaging PH

Volume weighted method is considered to be acceptable providing that precipitation is measured at the same time when the samples are taken. Without precipitation data a simple averaging method should be the next choice.

#### 2. Site Representation

A statistical method used for optimizing a monitoring network was applied using the data collected.

Because of a limited number of data, no discernible conclusion can be reached suggesting that the method can serve as a good guide when the data base becomes more reliable.

3. A good correlation appears to exist between conductivities and ionic components in rainwater. It would, therefore, be possible to certain extend to estimate ionic concentrations from conductivity measurements by correlation equations.

4. The acidity of rainwater is effected by  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$  and  $NH_4^+$  with  $SO_4^{2-}$  being the most significant as demonstrated by standardized regression analysis.

## 1. 緒 論

濕性大氣汚染의 特徵에 對하여 1852年 英國의 Smith에 依해 最初로 指摘된 以來 降水의 酸性化 現象에 對하여 歐州를 비롯한 Canada, 美國 및 日

本等에서는 큰 社會問題가 되기 始作하였다.<sup>1)</sup>

또한 Sweden의 土壤學者인 Oden은 처음으로 歐州에 있어서의 降水成分의 分布와 變動을 整理하여 酸性雨는 廣域的인 現象이고 黃빛 窒素를 包含하는 大氣汚染物質이 100~200km에 걸쳐 歐州 各國에 長距離輸送되어지고 특히 中歐를 中心으로 하는 降

水の酸性化現象이 增加하고 있다고 지적하였다.<sup>2)</sup>

이와 같은 現象은 長距離輸送에 基因한 降水의 酸性化는 1978年 Canada 美國 兩政府間에는 酸性雨의 越境汚染에 對處하기 위하여 「越境大氣汚染에 關한 合議覺書」가 締結되었고 또한 美國에서는 1980年 「酸性降水法」이 制定되었다.<sup>3)</sup>

이와같은 汚染物質의 長距離輸送은 새로운 國家間의 분쟁의 씨앗이 되어 1972年 6月에는 Sweden의 「스톡홀름」에서 第1回 國際環境會議가 開催하기에 이르렀다. 이러한 酸性化의 被害를 歐州에서는 主로 生態系의 影響이라는 形態로 나타나고 또한 土壤의 酸性化等에 基因하는 森林被害 湖沼水等の 酸性化等에 따른 魚貝類의 死滅을 가져오고 近來에는 富營養化의 原因으로 指摘되고 있다. 4), 5), 6), 7)

이러한 背景에서 우리나라에서도 1978年에 서울 山地域의 降水의 酸性度를 測定한것을 비롯하여<sup>8)</sup> 1980年에는 國立環境研究所에서 서울地域 18個 地点에 對하여 一年間에 걸쳐 降水成分을 調査하였다<sup>9)</sup> 此外에도 降水成分에 對한 調査는 뜻있는 사람들에 依해 斷片的으로 實施되었을 뿐이다.<sup>10), 11), 12), 13), 14), 15)</sup>

이러한 現實에 비추어 環境廳에서는 1983年 8月부터 標準化된 雨水手動採取器를 製作하여 서울을 비롯한 全國에 配置하여 降水成分測定을 開始하였다.<sup>16)</sup> 이러한 測定結果에 對하여는 어떠한 形態로든지 그 被害가 報告된바는 없으나 一部報告書는 降水의 酸性化를 指摘하고 있다.<sup>14) 15)</sup> 從來 降水는 大氣汚染物質을 淨化시키는 作用을 遂行하는 것으로 生覺되어지는 것이 近年에는 降水와 同時에 降水自體의 汚染과 土壤 水圈等の 汚染에 影響을 미치는 것으로 生覺하기에 이르렀다. 그러기 때문에 降水의 實態를 正確히 把握하고 原因을 究明하는 것은 降水의 酸性化를 研究하는데 있어 가장 重要な 課題라 할것이다.

그래서 本研究에서는 降水의 總合의特性인 PH의 平均値算出方法, 測定地点의 地域代表性 및 降水의 PH에 影響을 미치는 이온成分等에 關하여 統計의解析을 通하여 檢討하였다.

## 2. 統計資料 및 研究方法

### 가. 統計資料

首都圈地域에서 測定되고 있는 各 測定地点에서 測定된(PH, 電導率(E. C),  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ) 結果를 引用하였으며 對象期間은 1984~1985年 사이에 測定된 各各의 446試料과 401試料에 對하여 檢討하였다.

### 나. 研究方法

#### ① PH의 平均値 算出方法

降水中の PH는 濃度를 對數變換한 指示値이기 때문에 그 平均値를 算出할 경우 濃度로 再變換을 包含해서 여러가지 算出方法이 使用되어지고 또한 그 結果의 平均値는 그 各各의 方法에 따라 다를때가 많다. 그러기때문에 여기서는 그 各各의 算出方法의 特徵 및 降雨特性等の 關係를 明確히 하여 現實의으로 實施되고 있는 降水調査를 考慮하여 同一의 變數를 그 重要度(W)에 比例시켜 平均하는 加重平均方法과 變數의 總合을 그 項數로 나누어 平均하는 單純平均方法<sup>16)</sup>을 表1과 같은 式으로 平均値를 求하였다.

이 算出方法의 基本은 PH 그 自體를 平均하는 (A)와 水素이온 濃度로 變換시킨 後 平均하고 PH로 再變換하는(B)의 두가지 方法이 있으나 各各에 降雨量을 加重(W)하는 方法이 있기때문에 4가지 方法이 있게 된다<sup>17)</sup>

Table 1. Averaging Method of PH Data

A  $[H^+]$ 의 加重平均

$$\overline{PH} = -\log \frac{\sum 10^{-PH} \cdot W}{\sum W}$$

B  $[H^+]$ 의 單純平均

$$\overline{PH} = -\log \frac{\sum 10^{-PH}}{N}$$

C PH의 加重平均

$$\overline{PH} = \frac{\sum PH \cdot W}{\sum W}$$

D PH의 單純平均

$$\overline{PH} = \frac{\sum PH}{N}$$

#### ② 測定地点의 地域代表性 檢討

하나의 測定地点이 어느 範圍까지 大氣空間을 代表하는가를 나타내는것은 地域代表性이라고 하는 概念에서 볼때 아주 重要한것이다. 그런데 測定을 對象으로 하는 地域에서의 對象物質은 時間的 空間的으로 常時 變化되고 있다. 그러나 어느 許容濃度 範圍內的 測定對象物質을 同一濃度水準으로 본다면 그 水準에 屬하는 單一地域의 內部를 하나의 測定地点의 測定値로 代表시킬수 있다.

그러나 이와 같은 測定値의 地域代表性問題를 數學的으로 엄밀히 취급하기에는 大端히 어려운 問題이다. 數學的으로 볼때 測定物質濃도와 時間的 空間的 함수에 依存하는 確率的側面에서 表現하여야 하는데 그 變動特性을 理解하기 위하여는 平均値라든지 分布함수외에도 時間的 空間的 相關을 考慮하지 않으면 안될것이다. 그러기 때문에 研究者들間에도 行政目的 測定目的 및 分析方法等에 依해 그 研究方法에 多少 差異를 보이고 있다.<sup>18)~31)</sup> 이와 같은 實情에 本檢討는 測定된 資料間的 相關行列과 平均値差의 檢定을 하였다.

㉔ 相關行列<sup>16)</sup>

各 測定地点間的 變量X와 Y를 組合하여 相關係數를 計算하여 相關行列로 하였다.

㉕ 平均値差의 檢定<sup>16)</sup>

各 測定地点의 1回測定値의 總平均値를 基礎로 하여 各測定値間에 平均値差의 檢定을 有意水準 1%로 하여 檢定하였다.

㉖ 降水의 PH에 影響을 미치는 이온 成分

降水는 大氣中에서 檢出되어지는 汚染物質의 成分 거의가 포함되고 있다. 陰이온으로는  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ , 陽이온으로는  $H^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  等이 量的으로는 많은것으로 알려져 있다. 그러나 本檢討에서는 陰이온으로는  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$  陽이온으로는  $H^+$ ,  $NH_4^+$ 와 降水의 汚染度를 알수있는 尺度로서 電導率(E C)과 降水成分이온 相互間的 相關分析과 重回歸分析의 統計的手法에 依해 成分間的 關係를 求하여 PH에 寄與하는 因子를 究命하였다

3. 結果 및 考察

가. PH의 平均値 算出

4가지 方法에 依한 平均値 算出結果를 表2에 나타냈다.

表에서 보는 것처럼 降水PH의 平均値는 試料의 採取順位라든지 平均値 算出方法에 依해 다르다는 것을 알수 있다. C와 D方法은 A와 B方法에 比하여 높은 値를 나타냈다.

Table 2 The Result of Averaging PH Data of Rain

Calculation Method Sample Size The Order of Sampling	Year	1984				1985				
		A	B	C	D	A	B	C	D	
	1	446	5.37	5.40	5.88	5.92	401	5.47	5.49	6.07
2	66	5.61	5.66	6.42	6.47	196	5.57	5.58	6.14	6.15
3	25	5.64	5.63	6.38	6.40	56	5.60	5.62	5.94	5.95
4	25	5.62	6.64	6.31	6.32	13	5.69	5.61	6.09	6.11
5	22	5.60	5.61	6.33	6.35	9	5.61	5.64	5.91	6.04
Total	446	5.60	5.75	6.20	6.28	401	5.62	5.64	6.17	6.18

- ※A :  $[H^+]$ 의 加重平均
- B :  $[H^+]$ 의 單純平均
- C : PH의 加重平均
- D : PH의 單純平均
- Total : 1雨 全降水量

또한 A와 B方法에 依한것이 最小値를 나타내며 D方法에 依한것이 最大値를 나타냈다.

平木隆年<sup>17)</sup>에 依하면 一般的으로 A方法은 降水量을 그 重要度로 하여 計算하는 方法으로서 그 目

的으로서 가장 正確한 平均值가 算出될수 있고 B方法은 이온成分의 一般의 平均值 算出方法과 同一한 方法으로 平均值로서는 가장 一般性이 있다. C方法에 依한것은 그렇게 計算되어져 있지 않으나 降雨의 特性을 明確히 하기 위하여는 有效하다. D方法은 가장 簡單하고 大部分이 이 方法에 依해 計算되어지고 있으며 指標值의 平均值算出方法으로서는 基本的으로 잘못된것은 아니다 더욱 이 方法은  $[H^+]$ 의 幾何平均의 算出方法과 同一하다 平均值 算出方法은 目的에 따라 使用되어져지겠으나 降水值의 平均值에 있어서는 가장 正確한 方法은 A方法에 依한 것으로 알려져 있다. 降水의 酸性化 現狀에 關한 研究에서는 PH가 降水量에 따라 變化하므로 降水의 PH값의 平均值는 降水量을 加重시킨  $[H^+]$ 의 加重平均值(A方法)를 適用되어져야 할 것으로 思料된다.

本 研究에서도 表에서 보는 바와 같이 A, B, C,

D方法에 依한 PH平均值는 0.6~0.62單位差異를 보이고 있으므로 降水의 酸性化 研究時 PH의 平均값 算定은 A方法으로 算出되어져야 할것으로 判斷한다.

나. 測定地点의 地域代表性

1) 相關行列

測定地点間의 測定結果로 부터 얻어진 相關行列을 表3-1~6까지 나타냈다.

現在運營되고 있는 1985年度의 測定地点間의 相關關係를 檢討하였으며 測定地点은 그림1에 表示했다.

㉞ PH

表에서 보는것 처럼 測定地点 11, 12, 13은 서울시內에 位置한 어느 測定地点과도 相關關係가 認定되지 않았으나 이들 測定地点間에는 높은 相關關係가 認定되었다.

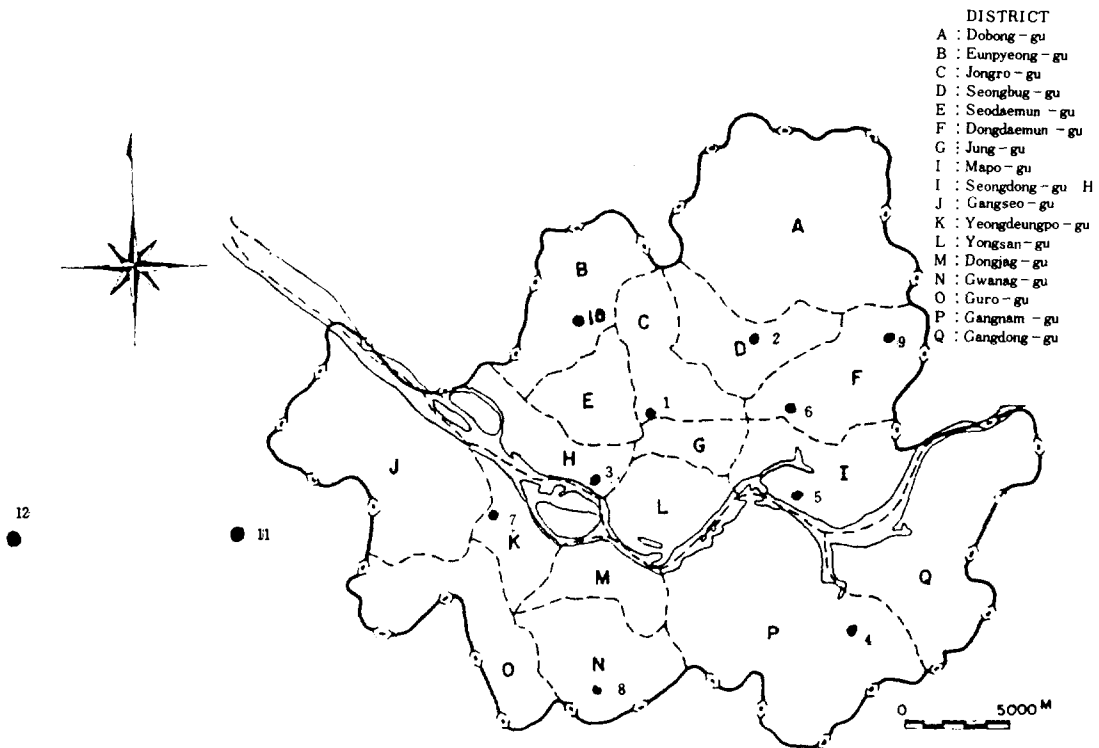


Fig. 1. The Map of Sampling Sites

⊕ EC

測定地点3은 어느 測定地点과도 相關關係가 認定되지 않았다.

또한 測定地点11도 서울市內에 位置한 어느 測定地点과도 相關關係가 認定되지 않았다.

⊕ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

서울市內에 位置한 測定地点間에는 良好한 相關關係가 認定되었으나 測定地点12, 13과는 良好하지 않았다.

⊕ NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

測定地点9와 10은 어느 測定地点과도 相關關係가 認定되지 않았으나 其他測定地点間에는 比較的 良好한 相關關係가 認定되었다.

⊕ Cl<sup>-</sup>

測定地点10은 어느 測定地点과도 相關關係가 認定되지 않았으나 其他 測定地点間에는 높은 相關性이 認定되었다.

⊕ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

測定地点10은 어느 測定地点과도 相關關係가 認定되지 않았으나 기타 測定地点間에도 良好한 相關性은 아니었다.

2) 平均值差의 檢定

1985年度의 測定地点의 一雨降水全量의 測定平均值에 對하여 檢定한 結果를 表4-1~2에 나타냈다.

表에 ○□△◇●■로 表示된것은 有意水準 1%로 하여 檢定한 結果 有意한 差가 認定된 測定地点을 나타 낸 것이다. 有意한 差가 認定된 測定地点은 平均值에 差가 있다는 結果로서 이 測定地点은 다른 測定地点에 比해 高濃度이거나 低濃度를 나타내는 測定地点이다.

그러기 때문에 平均值差의 檢定에서 有意한 差가 認定되는 測定地点에 對하여는 계속 測定을 해야 할것이다. 그러나 相關行列이나 平均值差의 檢定에 依한 方法은 既存의 測定地点에서의 類似性을 調査하여 그 類似性이 있는 것을 統廢合하는 方法에 불과 한것이다. 그러기 때문에 新設되어지는 測定地点에 對하여는 다른 手法(Simulation 계산)에 依해 對象地域全體의 汚染分布를 推定해서 그 結果에 따라 地域代表性을 갖는 點을 選定하여 配置해야 할것이다.<sup>32)</sup>

다. 降水의 PH에 影響을 미치는 이온成分

1) 降水別 成分相互의 相關關係

各 測定別의 全降水量에 對한 成分相互의 相關關係

Table 3-1 PH Correlation Matrix between Measuring Sites (1985)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	48*												
3	40*	51**											
4	28	28	35										
5	66**	48*	24	31									
6	65**	55**	53**	50*	53**								
7	4	27	4	36	8	20							
8	12	9	-11	64**	23	19	56**						
9	39*	21	18	58**	36	37	17	45*					
10	2	14	0	-11	2	0	16	3	16				
11	10	21	1	8	8	1	-25	-2	17	19			
12	6	36	11	24	25	-3	7	25	8	31	62**		
13	16	33	3	17	8	-11	18	28	10	10	50*	67**	

\* : P Value 5%

\*\* : P Value 1%

**Table 3-2 EC Correlation Matrix between Measuring Sites (1985)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	71**												
3	15	11											
4	20	17	7										
5	53**	35	38	28									
6	70**	68**	12	35	56**								
7	19	30	6	59**	47*	47*							
8	29	35	13	69**	25	45*	45*						
9	49*	20	23	30	36	39*	25	26					
10	46*	44*	-5	48**	34	33	63**	23	14				
11	16	23	1	41**	35	50*	68**	24	42*	42*			
12	40*	37	1	34	53**	45*	57**	17	30	60**	75**		
13	7	28	7	20	6	38	31	30	29	3	61**	39*	

\* : P Value 5%

\*\* : P Value 1%

**Table 3-3 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> Correlation Matrix between Measuring Sites (1985)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	77**												
3	39	20											
4	55**	40*	22										
5	61**	56**	59**	59**									
6	54**	63**	45*	62**	69**								
7	44*	40*	36	66**	70**	50							
8	51**	37	26	82**	67**	71**	59**						
9	56**	35	45*	48*	33	53**	25	47*					
10	31	27	9	51**	53**	30	68**	56**	11				
11	32	27	32	48*	33	64**	48*	51**	48*	45*			
12	61**	66**	-7	7	14	12	0	2	37	22	1		
13	17	3	39*	27	11	31	19	23	17	14	65**	0	

\* : P Value 5%

\*\* : P Value 1%

**Table 3-4 NO<sub>3</sub> Correlation Matrix between Measuring Sites (1985)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	61**												
3	75**	82**											
4	17	37	40*										
5	56**	60**	70**	50*									
6	61**	62**	67**	3	58**								
7	39*	55**	62**	59**	71**	41*							
8	63**	70**	71**	65**	64**	47*	62**						
9	-5	-10	-6	-8	-8	-8	-8	-8					
10	25	4	6	9	-6	12	14	19	-24				
11	46*	38	41*	39*	25	19	52**	47*	-2	17			
12	22	33	29	31	20	15	42*	30	-6	6	65**		
13	40*	41*	54**	11	76**	55**	61**	39*	-3	-7	22	8	

\* : P Value 5%

\*\* : P Value 1%

**Table 3-5 Cl<sup>-</sup> Correlation Matrix between Measuring Sites (1985)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	85**												
3	77**	81**											
4	57**	76**	60**										
5	73**	67**	65**	46*									
6	89**	84**	81**	54**	77**								
7	61**	77**	62**	80**	64**	67**							
8	41*	51**	39*	48*	39*	39*	51**						
9	49*	62**	49*	65**	23	45*	55**	49*					
10	7	3	-7	-6	-9	1	-7	-8	-19				
11	58**	78**	64**	89**	51**	61**	78**	45*	60**	-3			
12	42*	62**	47*	67**	49*	50*	72**	42*	74**	17	70**		
13	63**	76**	66**	82**	36	62**	72**	34	75	-6	83**	58**	

\* : P Value 5%

\*\* : P Value 1%

**Table 3-6 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Correlation Matrix between Measuring Sites (1985)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	47*												
3	47*	28											
4	11	7	3										
5	43*	26	31	36									
6	39*	47*	41*	-10	15								
7	33	52**	14	33	31	32							
8	46*	47*	39*	35	19	42*	47*						
9	-5	12	21	41*	26	-7	4	19					
10	21	4	8	21	3	17	26	11	-10				
11	53*	49*	36	20	6	30	57**	59**	17	31			
12	40*	47*	21	10	-2	21	52**	71**	9	39*	69**		
13	23	27	56**	0	-2	25	22	29	38	3	51**	24	

\* : P Value 5%

\*\* : P Value 1%

**Table 4-1 Examination of Original average Differences (1985)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2													
3													
4			□△										
5			△										
6			□△										
7			△										
8			□△										
9				■				●■					
10		○	○□△		○	○		●	○◇				
11	◇	◇	◇	◇	◇	◇		◇●	◇■	○○◇			
12	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇●	◇	○○◇			
13								●	◇	○		△	

○ : PH   □ : EC   △ : SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>   ◇ : NO<sub>3</sub><sup>-</sup>   ● : Cl<sup>-</sup>   ■ : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>



係를 計算하여 表5-1~2에 나타냈다.

表에서 보는것 처럼 EC는  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NH_4^+$ 이온 사이에 높은 相關性(1984年 試料, 有意水準 0.1~5%  $r: 0.90\sim 0.40$ ), (1985年 試料 有意水準 0.1~5%  $r: 0.90\sim 0.30$ )이 認定되었다.

PH(1984年 試料)에서는 EC,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NH_4^+$ 이온成分사이에 높은 相關性(有意水準 1~5%  $r: 0.65\sim 0.4$ )이 認定되었으나 1985年 試料에서는 測定地点3과 12사이에서만 相關性(有意水準5%  $r: 0.39$ )이 認定되었고 그 나머지 測定地点에서는 相關性이 認定되지 않았다.

또한 EC( $y$ )와 降雨量( $x$ ) 사이에는  $y=ae^{-bx}$ (또는  $y=a\frac{1}{x}$ )의 關係가 成立하는 때가 많기 때문에 最小二乘法에 의해  $a$ 와  $b$ 를 決定함에 따라 降雨量

으로부터 EC值를 推定하는것도 可能하다고한다. 이와 같은 觀點에서 降雨量으로부터 EC值를 推定함으로서 降水中の 이온成分의 濃度를 推定할수 있을 것이다.<sup>33)</sup> 그러나 國內에서 使用되어지고 있는 降水自動連續測定器에서는 PH와 EC만을 測定하고 있으므로 EC로부터 各이온 濃度를 어느 程度 推定이 可能한가를 1985年度 資料로부터 檢討하였다. 表에서 보는 것처럼 EC와 各이온間의 相關關係는 有意水準1%에 相關係數  $r: 0.85(SO_4^{2-})$ ,  $r: 0.70(NO_3^-)$ ,  $r: 0.65(Cl^-)$ ,  $r: 0.70\%(NH_4^+)$ 로 EC와 各이온間에 相關性은 良好하여 EC와 各이온間의 直線回歸式을 求한바 表6과 같았으며 이 回歸式에 依해 EC로 부터 各이온 濃度를 어느 程度 推定할수 있다고 본다.

Table 5-1 Correlation coefficient of componets according to sampling sites(1985)

	— 0.9	0.9— 0.85	0.85— 0.80	0.80 —0.75	0.75 —0.70	0.70 —0.65	0.65 —0.60	0.60 —0.55	0.55 —0.50
1					EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>		EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
2			EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	
3			EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>		EC-Cl <sup>-</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>
4						EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> EC-Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
5					EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	
6			EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>						NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
7				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
8					SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
9		EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>					
10								SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
11			EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

	- 0.9	0.9- 0.85	0.85 0.80	0.80 -0.75	0.75 -0.70	0.70 -0.65	0.65 -0.60	0.60 -0.55	0.55 -0.50
12						EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; EC-Cl <sup>-</sup>
13						EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
Total			EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-Cl <sup>-</sup>		

	0.50 -0.45	0.45 -0.40	0.40 -0.35	0.35 -0.30	0.30 -0.25	0.25 -0.20	0.20 -0.15	0.15 -0.10	0.10 -0.05
1			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	PH-Cl <sup>-</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-EC PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; EC-Cl <sup>-</sup> ; EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
2	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; PH-Cl <sup>-</sup> ; EC-Cl <sup>-</sup>		PH-EC PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
3		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH-EC	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-Cl <sup>-</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
4		EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>				Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
5	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>			PH-Cl <sup>-</sup> ; EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; EC-Cl <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		
6	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>		EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EC-Cl <sup>-</sup>
7	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				PH-EC	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ; PH-Cl <sup>-</sup>
8	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH-EC SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ; EC-Cl <sup>-</sup> ; EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
9		EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-Cl <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>			EC-Cl <sup>-</sup>
10	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	EC-Cl <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			PH-Cl <sup>-</sup> ; PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
11				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-Cl <sup>-</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>		PH-EC PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
12	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; EC-Cl <sup>-</sup>		PH-EC EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; PH-Cl <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>
13					PH-Cl <sup>-</sup>		PH-EC EC-Cl <sup>-</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Total	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-EC PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PH-Cl <sup>-</sup> ; PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup>			

Table 5-2 Correlation Coefficient of Components according to Sampling Sites (1984)

	0.95 -0.9	0.9 -0.85	0.85 -0.80	0.80 -0.75	0.75 0.70	0.70 -0.65	0.65- 0.60	0.60- 0.55	0.55- 0.50
1				EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-EC SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-Cl <sup>-</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
2				EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
3						Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-EC EC-Cl <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
4		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-Cl <sup>-</sup>		
5				EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	EC-Cl <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
6		EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
7			EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
8								PH-EC EC-Cl <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-Cl <sup>-</sup>
9				EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			PH-EC SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-Cl <sup>-</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>
10			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> EC-Cl <sup>-</sup>					Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
11		EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>					SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
12				EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-EC EC-Cl <sup>-</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
13									SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
14						SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
15		EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>		EC-Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
16					EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>				
17						EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		
18				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Total									

	0.50- 0.45	0.45- 0.40	0.40- 0.35	0.35- 0.30	0.30- 0.25	0.25- 0.20	0.20- 0.15	0.15- 0.10	0.10- 0.05
1	PH-Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>					EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>

2	PH-EC	EC-Cl <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	PH-Cl <sup>-</sup> EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
3	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> PH-Cl <sup>-</sup>		EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	
4			PH-Cl <sup>-</sup>	PH-EC	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
5			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>		PH-EC PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> PH-Cl <sup>-</sup>
6	PH-EC PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>				PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-Cl <sup>-</sup>		
7	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PH-EC PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-Cl <sup>-</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-Cl <sup>-</sup>		
8	EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
9	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-Cl <sup>-</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
10	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-Cl <sup>-</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH-EC PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
11	PH-EC EC-Cl <sup>-</sup>	PH-Cl <sup>-</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		
12	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-Cl <sup>-</sup>			PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
13	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> EC-Cl <sup>-</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	EC-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
14	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			PH-EC EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> PH-Cl <sup>-</sup>			EC-Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	
15	PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> PH-Cl <sup>-</sup>		PH-EC PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>				PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
16	PH-EC EC-Cl <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> EC-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> PH-Cl <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
17	EC-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-EC PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-Cl <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	EC-Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		
18	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-Cl <sup>-</sup> EC-Cl <sup>-</sup>					NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>
Total			PH-EC PH-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PH-Cl <sup>-</sup> PH-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PH-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				

Table 6. Correlation equations between electric conductivity and each ion concentration (1985)

Regression Equation	r (%)	Pvalue
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> = -0.24EC + 0.21	0.85	0.01
Cl <sup>-</sup> = -0.03EC + 2.23	0.65	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> = -0.01EC + 0.27	0.70	0.01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> = -0.01EC + 0.44	0.70	0.01

2)重回歸分析으로부터 PH에 影響을 미치는 이온成分

表7에 제시한 回歸係數는 各各의 獨立變數(EC, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)의 分散程度를 考慮한 標準化回歸係數로 從屬變數(PH)에 對한 影響程度를 나타낸 것이다.

表에서 보는 것처럼 測定地点(1985年)마다 PH에

**Table 7 Standardized multiple-regression equations**

1	$PH = -0.037(SO_4^{2-}) + 0.216(Cl^-) + 0.110(NO_3^-) \pm 0.140(NH_4^+) + 180.17$	n -31
2	$PH = -0.270(SO_4^{2-}) + 0.221(Cl^-) + 0.076(NO_3^-) + 0.279(NH_4^+) + 330.83$	n -32
3	$PH = 0.071(SO_4^{2-}) + 0.123(Cl^-) + 0.399(NO_3^-) + 0.095(NH_4^+) + 468.52$	n -32
4	$PH = -0.810(SO_4^{2-}) + 0.579(Cl^-) - 0.031(NO_3^-) + 0.162(NH_4^+) + 339.73$	n -32
5	$PH = -0.302(SO_4^{2-}) + 0.573(Cl^-) - 0.112(NO_3^-) + 0.002(NH_4^+) + 397.33$	n -30
6	$PH = 0.650(SO_4^{2-}) + 0.164(Cl^-) + 0.075(NO_3^-) - 0.089(NH_4^+) + 681.65$	n -32
7	$PH = 0.040(SO_4^{2-}) + 0.056(Cl^-) + 0.392(NO_3^-) - 0.320(NH_4^+) + 373.84$	n -31
8	$PH = -0.161(SO_4^{2-}) + 0.041(Cl^-) + 0.308(NO_3^-) + 0.011(NH_4^+) + 277.00$	n -30
9	$PH = 0.403(SO_4^{2-}) - 0.156(Cl^-) + 0.240(NO_3^-) - 0.193(NH_4^+) + 325.35$	n -36
10	$PH = -0.494(SO_4^{2-}) - 0.063(Cl^-) + 0.488(NO_3^-) + 0.208(NH_4^+) + 622.08$	n -28
11	$PH = -0.341(SO_4^{2-}) + 0.035(Cl^-) + 0.305(NO_3^-) + 0.158(NH_4^+) + 254.90$	n -28
12	$PH = -0.205(SO_4^{2-}) + 0.225(Cl^-) + 0.052(NO_3^-) + 0.479(NH_4^+) + 403.36$	n -28
13	$PH = 0.155(SO_4^{2-}) - 0.168(Cl^-) + 0.476(NO_3^-) - 0.019(NH_4^+) + 381.79$	n -29

影響을 미치는 이온의 程度는 다르나 各 測定地点 別로 가장 많이 影響을 미친 이온의 頻度를 보면  $SO_4^{2-}$ 가 38.5%,  $NO_3^-$  30.7%,  $Cl^-$ 와  $NH_4^+$ 가 各各 15.4%의 順이었다.

日本の 松本<sup>34)~36)</sup> 等도 重回歸分析結果 PH에 影響을 미치는 이온 成分은  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^+$ ,  $SO_4^{2-}$ 이었다고 指摘하고 있다.

降水의 酸性化에 影響을 미치는 가스로는  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_3$ ,  $HCl$ , Aerosol로서는  $H_2SO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaNO_3$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $NH_4Cl$ ,  $NaCl$ 이 主라고 指摘하고 있다.<sup>37) 38)</sup>

이중  $NO_3^-$  生成에 影響을 미치는 가스는  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_3$  중  $NO$ ,  $NO_2$ 은  $HN_3$ 에 비해 溶解度가 壓倒的으로 적기때문에  $NO$ 와  $NO_2$ 은 降水에 影響을 미치는 效果를 無視할수 있다. 또한 Aerosol 中  $Na_2SO_4$ ,  $NaNO_3$ 은 海塩粒子的  $NaCl$ 이  $H_2SO_4$  및  $NHO_3$ 와 反應해서 일어나는 것으로 指摘하고 있다.<sup>37) 38)</sup> 그러므로 降水中の 酸性化에 影響을 미치는 이온 成分은 偏西風을 타고오는 海塩粒子的 影響이 클것으로 思料된다.

#### 4. 結 論

1984년부터 1985年 사이에 首都圈地域에서 測定된 各各의 446試料과 401試料에 對하여 PH의 平均

值算出方法 測定地点의 地域代表性檢討 및 降水의 PH에 影響을 미치는 이온成分에 對한 統計的 分析을 實施하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

##### 1) PH의 平均值算出方法

PH의 平均值算出方法은  $[H^+]$ 의 加重平均方法이 바람직하고 이때 降雨量을 測定해야 한다. 만일 降雨量測定值가 없을때는  $[H^+]$ 의 單純平均方法이 有效할것이다.

##### 2) 測定地点의 地域代表性

測定된 資料에 依한 分析에서는 相關關係가 認定되지 않거나 平均值差의 檢定에서 差가 認定되는 地点에서는 계속적인 測定이 必要로하나 新設하고 저 하는 測定地点에 對하여는 別途의 方法이 研究되어야 할것이다.

3) EC值와 이온成分間에는 良好한 相關關係가 認定되었고 回歸式에 依해 EC值로 부터 이온成分 濃度の 推定이 어느 程度 可能하다.

4) 重回歸分析結果(標準化回歸係數로 變換) 總 13개 測定地点에서 PH에 가장 影響을 미치는 이온成分의 出現回數는  $SO_4^{2-}$ 가 5回,  $NO_3^-$  4回,  $Cl^-$ 와  $NH_4^+$ 가 2回의 各各 順이었다.

마지막으로 本稿記載에서 있어 有益한 助言을 하여 주신 韓國科學技術院 申應培博士님과 여러가지 資料整理에서 援助를 하여 주신 李相權研究員님께도 깊은 感謝를 드립니다.

(原稿接受 '86. 5. 1)

## 參考文獻

1. 大喜多敏-(1984), 酸性雨, 環境情報科學 13~4.
2. 國立環境研究所(1985), 酸性雨現象에 關한 考察11~20.
3. 酸性雨對策檢討會(1983), 酸性雨に係る情報收集整理結果報告書 p15~16.
4. 大喜多敏-(1977), 濕性大氣汚染(酸性降雨), 公害と對策 Vol 13. No 17 24~42.
5. Odén A. (1972), Sulphur Pollution across national boundaries, *Ambio* 1(1) 15-20.
6. Brosset C (1973), Airbone acid *Ambio* 2(1-2) 2-9.
7. Almer B. (1974), Effect of acidification on swedish lakes, *Ambio* 3(1) 30-36.
8. 박중희, 권기성의 2명(1978), 우리나라 특정지역의 산성강우현상에 관한 조사연구, 環境分野研究論文抄錄集 第1輯(1983) p100.
9. 崔德一, 韓義正外 2名(1980), 降水物成分變化에 의한 大氣汚染度の 間接測定 및 評價에 關한 研究, 國立環境研究所報 Vol 2 59-61.
10. 朴宰用 (1975), 雨水的 細菌汚染度調査, 環境衛生學會誌 Vol 12 No 1 21-24.
11. 朴奉奎, 李仁淑 (1983), 梨花女大生活研究科學論叢 32 137-142.
12. 박중희, 윤석승 (1982), 酸性降雨現象에 關한 考察, 化學와 工業의 進歩 22(2).
13. 노재식 (1982), 서울北東地域에 내린 降水물의 酸도에 關하여, 環境保全協會報 Vol 13 No 12.
14. 김준호, 박봉규 (1985), 한국의 都市와 農村地域에서의 酸性雨에 關한 調査研究, 國際大氣保全學會抄錄集 109.
15. 孫東憲(1985), 서울市の 酸性物質降下現象에 關한 研究, 大氣保全學會誌 Vol 1 No 1 33-41.
16. 環境廳(1984), 環境保全 222.
17. 平木隆年, 玉置元則외 1名 (1985), 雨水 PH의 平均値算出方法과 降雨特性, 第26回 大氣汚染學會講演要旨集 東京都 406.
18. 內藤證明 (1981), モニタリングシステムの 適正配置, 第22回 大氣汚染學會講演要旨集秋田縣 68-73.
19. Keagy D. M. (1961), Sampling Station and Time Requirement for Urban air Pollution Survey, Jr APCA Vol 11 No 6.
20. 數理計劃(1975), 東京都 大氣汚染測定再配置のための 適正化配置檢討報告書 8.
21. 落合內藤 (1978), 廣域汚染의 指標에 關する檢討 公害と對策 Vol 4 No 9.
22. Nakamori, Y. (1979) Design of Air Pollution Monitoring System by Spatial Sample Stratification, *Atoms. Environment*. Vol 1 13 97.
23. Noll K.E.(1977), On objective Air Monitoring site selection Methodology for Large point Sources, *Atoms. Environment* Vol 1 11 p105.
24. LEE T.D. (1978), A Procedure for Air Monitoring Instrumentation Location Management, *Science* Vol 24 No 14.
25. Ilead, S. (1974), Identification Method in Environmental System and Its Application to Water Pollution, *Int. Jr. Systems Sci* Vol 5 No 8.
26. Seinfeld, J.H.(1972), Optimal Location of Pollutant Monitoring Station in an Airshed, *Atoms Environments* Vol 6 p 847.
27. Goldstein I.F. Landovitz, L.(1977), Analysis of Air Pollution Patterns in New York City, *Atoms. Environment* Vol 1 11 p 47.
28. Takamatsu, T. Naito, M.(1973), A Practical Approach to River System Management, IFAC/ UNESCO Workshop p 357.
29. Elson, D.M.(1978), Spatial Correlation Analysis of Air Pollution Data in an Urban Area, *Atoms. Environment* Vol 12 p 1103.
30. 乙間, 內藤 (1974), 大氣汚染マトリクスの提案その利用, 環境技術 Vol 3 No 8.
31. 据素夫, 鈴木伸 (1984), 大氣環境の サーベイランス, 東京大學 東京 160-170.
32. 田村德積, 島洋久, 自動測定機の 適正配置に關する研究(1), 全國公害研究會誌 Vol 4 No 2 37~41.
33. 玉置元則, 平木隆年(1985), 雨水成分の 分析法(1) (基本操作と 問題点), 環境技術 Vol 4 No 6 462-467.
34. 愛知県環境部(1978), 昭和52年度 濕性大氣汚染調査報告書.
35. 松本光弘, 板野龍光(1983), 降雨による大氣汚染物質の 時間的變化, 第24回 大氣汚染學會講演要旨集 p 545.
36. 坂部孝天 (1985), 愛知県における酸性調査, 環境技術 Vol 4.No 2 p 32.
37. 大喜多敏-(1983), 汚染物の 乾性濕性沈着, 第25回 大氣汚染學會講演要旨集 p 121-141.
38. 松本光弘, 市川博 (1983), 奈良における初期雨水と 後續雨水の イオン成分の 舉動, 全國公害研究會誌 Vol 8 No 1 17~26.