

全北 裡里地域의 降水成分 調査

姜鍾國* · 沈亨權* · 李宗植** · 金鍾九* · 李載吉* · 蘇在敦*

Survey on the Precipitation Component in Iri Area of Chonbuk Province

Jong-Gook Kang*, Hyeong-Kwon Shim*, Jong-Sik Lee**, Jong-Gu Kim*,
Jae-Kil Lee*, and Jea-Don So*

Abstract

This study was carried out to investigate the deposition aspect of acid precipitation in rural area of Chonbuk province by analysis of the chemical components in the precipitation at National Honam Agricultural Experiment Station, RDA in the suburbs of Iri from Jan. to Dec. in 1992. The results are summarized as follows:

1. The frequency of acid precipitation was 82.5% in 1992 and the month of the lowest frequency of 17% was June.
2. The pH range of the most precipitation amount was pH 4.5~5.0 of 54.0% and the amount and ratio of the precipitatin below pH 4.0 were 9.6 mm and 1.1%, respectively.
3. The seasonal acidity of precipitation was Summer(4.78)>Fall(4.59)>Spring(4.52)>Winter(4.16).
4. The components showed significant correlation with pH value were SO_4^{2-} and NO_3^- and the equivalence ratio between two components was 2.85 : 1.
5. The order of the major ion concentration in the precipitation was $\text{SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{NO}_3^- > \text{Na}^+ > \text{H}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ and the equivalence ratio of total anion to cation was 1.20.
6. Deposition amount of nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) and potassium (K_2O) were 1.19 and 0.53 kg/10a/year, respectively.

* 호남농업시험장 (National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iri)

** 농업과학기술원 (Agricultural Science and Technology Institute, RDA, Suwon)

서 론

산성비는 과거에는 대기오염의 한 指標에 불과하였으나 오늘날 지구온난화, 오존층 파괴와 더불어 지구규모의 廣域大氣汚染으로 등장한 환경과피 문제로서 이제는 生態系에의 惡影響등 현실의 피해로 나타나고 있다^{1,2)}.

일반적으로, 산성비란 대기중에 약 340ppm 정도 포함되어 있는 CO₂의 영향만을 고려하였을 경우 非汚染 降水의 pH값인 5.6 이하의 pH값을 갖는 降水를 일컬으며 이밖에 pH 5.6 이하의 乾性降水과 안개까지 산성비로 취급되는 경우도 있다. 한편, 천연적으로 배출되는 酸性物質의 영향을 고려하여 pH 5.0 이하를 산성비로 규정하고 있는 경우도 있는데 미국의 NAPAP(National Acid Precipitation Assessment Program)가 대표적인 예이다^{2,3)}.

1852년 영국의 화학자 R. A. Smith가 酸性降雨現象을 보고한 이래 미국은 1923년, 일본은 1937년부터 降水成分을 조사하기 시작하였는데⁴⁾ 오늘날 歐美, 일본, 중국에서는 年平均 pH 4.0~4.5의 산성비가 내리는 지역이 적지 않다⁵⁾. 우리나라에서는 1970년대 후반기부터 降水成分에 대한 조사가 각지에서 실시되어⁶⁾ 서울: 3.0, 대전: 3.7, 부산: 3.8⁷⁾, 창원: 3.38⁸⁾, 김천: 3.82⁹⁾ 등의 強酸性비가 측정된 바 있다. 그 밖에도 많은 조사 연구가 있으나 조사기간이 몇개월에 그친 경우가 대부분이고 일년 내내 조사한 경우가 있다 하더라도 pH평균값을 H⁺이온 농도로 바꾸어 계산하지 않아서 올바른 年平均값을 알 수 있는 보고는 거의 없는 실정이다.

산성비는 土壤 및 湖沼의 酸性化^{5,10)}, 作物의 生育 沮害 및 收量減少^{1,11,12)}, 森林의 荒廢化¹⁾ 등 農業生態系 전반에 걸쳐 惡影響을 미치는 것으로 알려져 있으므로 降水의 強酸性化에 대한 대책이 마련되어야 할 것이다. 이를 위해 遂行되는 산성비의 生態系에 대한 影響評價에는 현실적으로 農作物에 대한 피해가 거의 없는 수준인 pH 4.0~4.5의 산성비가 내리고 있기 때문에¹²⁾ 人工酸性비를 사용하는 경우가 대부분인데, 人工산성비 調製 및 處理時 그 지

역의 降水成分組成과 降水樣相을 미리 조사하여 참고로 한다면 보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

본 조사연구는 전북 평야지역의 산성비 降水樣相을 파악하기 위하여 裡里市 교외에 위치한 호남농업시험장 내에서 1992년 1월부터 12월까지 모든 降水를 채취하여 그 成分을 분석 조사한 것이다.

재료 및 방법

1. 강수채취

빗물을 강수량 30 mm까지는 5 mm 단위로 100 ml씩 분리 채취할 수 있고 그 이상은 전체를 별도의 한 容器에 받을 수 있는 降水採取機를 그림 1과 같이 제작하여 사용하였다.

作動原理는 降雨가 시작되어 빗물이 비 감지판(rain sensor)에 떨어지면 갈때기 뚜껑이 열려서 빗물을 받게 된다. 빗물이 受器의 100 ml 눈금까지 차올라와 분획감지기(fraction sensor)에 닿으면 미세한 電流가 통하여 0.5초 내에 軸이 상승 → 회전 → 하강운동을 마쳐 빗물 유출구가 다음 受器로 이동하게 된다. 강수량이 30 mm를 넘는 경우에 빗물

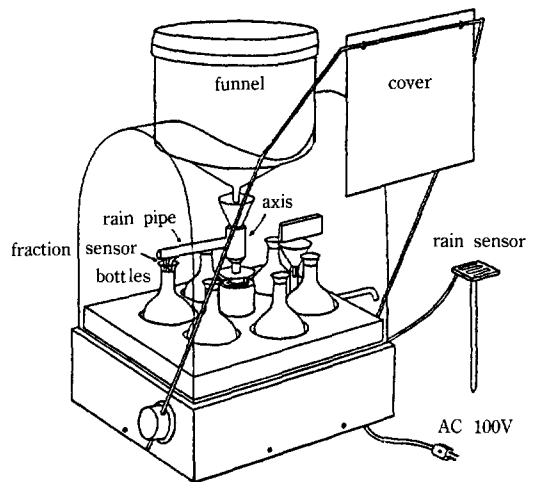


Fig. 1. Apparatus of rain water sampler.

은 외부유출구를 통해 별도의 受器에 모이게 되며, 비가 그쳐 비 감지판이 마르면 뚜껑이 다시 닫히도록 되어 있다. 한편, 降雪은 깔때기 내의 눈을 녹여 강수량을 측정한 후 분석시료로 하였다.

2. 강수성분 분석

pH는 Orion EA 940 pH meter, EC는 YSI 132 conductivity meter, 그리고 K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ 등의 양이온은 Perkin-Elmer 2380 A. A. Spectrophotometer를 사용하여 측정하였으며, NH_4^+ 는 인도페놀법⁵⁾, SO_4^{2-} 는 $BaCl_2$ 에 의한 比濁法¹³⁾, NO_3^- 는 혼합산성시액법¹³⁾, Cl^- 은 치오시안산 제2수은법⁵⁾을 이용 Shimadzu UV-2100 UV/VIS Spectrophotometer로 측정하였다.

3. pH 평균값 계산

pH를 수소이온농도 $[H^+]$ 로 바꾸어 평균값을 구한 다음 그 역수의 대수값을 구하여 pH로 다시 바꾸었다.

前者の 측정값을 이용하였다. 표 1에서 '92년의 총 강수량 906 mm는 '82년부터 '91년까지의 10년간 평균강수량 1231 mm의 약 3/4에 불과하였으나 월별 강수량상은 6월과 10월을 제외하곤 대체로 평년의 강수량상과 비슷하게 여름철에는 200 mm에 가까운 많은 비가 내렸고 겨울철에는 30 mm 안팎의 적은 강수량을 보였다. 그러나 이와같은 월별 강수량의 큰 차이에도 불구하고 월별 降水頻度는 3~7회로 큰 차이가 없었다.

산성비 기준을 pH 5.6 미만으로 볼 때 월별 산성비 降水頻度는 6월이 1회로 가장 적었고 1월과 7월이 6회씩으로 가장 많았으며 나머지는 3~5회로 거의 비슷하였다. 월별 산성비 出現率을 보면 6월이 17%로 가장 적었고 10월이 50%, 2, 4 및 7월이 80~86%이었으며 나머지 7개월은 모두 100%이었다. '92년 年平均값은 82.5%로 서울지역의 '88년 年平均값 83.2%¹⁴⁾와 거의 비슷한 수준이었으며 일본의 97%¹⁵⁾에는 훨씬 못미쳤다. 한편 營農期인 5월부터 10월까지의 기간만 보면 72.7%로 '91년 경북 예천의 67.5%¹⁶⁾ 보다는 약간 높은 수준이었다.

결과 및 고찰

1. 월별 산성비 강수 양상

降水採取機(그림 1)로 측정된 강수량은 호남농업 시험장에 설치된 농업기상종합기록장치(IPC-141A)로 측정된 것과 차이가 거의 없었으므로 여기에서는

2. pH 수준별 강수빈도 및 강수량 분포

pH에 대한 계급별 降水頻度 分布는 그림 2와 같이 pH 4.5~5.0 범위의 강수가 34.9%로 最多頻度を 보였는데 이는 '88년 서울의 강수가 4.6~5.0의 범위에서 31%의 最多頻度を 나타낸 것¹⁴⁾과 거의 비슷하였다. 이를 기준으로 pH값이 높아지거나 낮아

Table 1. Monthly deposition aspect of acid precipitation in the suburbs of Iri.

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Sum
Precipitation('92) amount(mm)(av.*)	15	34	38	106	48	12	185	190	185	12	52	29	906
Event of precipitation	26	32	54	75	92	143	285	224	163	44	65	28	1231
Event of acid precipitation	6	5	5	6	4	6	7	5	5	6	3	5	63
Ratio of acid precipitation(%)	6	4	5	5	4	1	6	5	5	3	3	5	52
	100	80	100	83	100	17	86	100	100	50	100	100	82.5

* av. : Average amount of precipitation from 1982 to 1991.

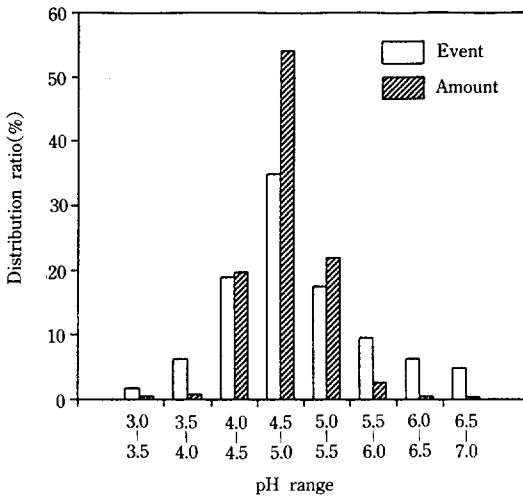


Fig. 2. Distribution of event and amount of precipitation.

질수록 頻度가 점점 낮아져서 가장 높은 6.5~7.0 범위는 4.8%, 가장 낮은 3.0~3.5 범위는 1.6%이었다. 한편, 最低 pH값은 3.47('92. 1. 5), 最高 pH값은 6.98('92. 10. 23)이었는데, 最低 pH값 3.47은 충북 청원의 最低 pH값 3.38('91. 5. 6)⁸⁾과 거의 비슷하였으며 일본 各地의 最低 pH값 2.5~3.3²⁾에 비해서는 높은 편이었다.

pH수준별 降水量 分布는 강수빈도와 마찬가지로 4.5~5.0의 범위가 54.0%로 가장 많았으며 5.0 이상이 25.3%, 4.5 미만이 20.7%이었다.

강수빈도와 강수량의 pH수준별 분포를 서로 비교하면, 4.0~5.5 범위에서는 降水頻度에 비해 降水

量의 分布 比率이 더 높았으나, 4.0 미만과 5.5 이상의 범위에서는 강수량의 분포 비율이 훨씬 낮았다.

산성비가 농업생태계에 미치는 영향은 일반적으로 pH 4.0 이하에서는 緩衝能이 작은 土壤이나 感受性이 큰 作物에서 피해가 나타나기 시작하고, pH 3.0 이하가 되면 토양의 養分溶脫 및 Al 溶出, 농작물의 生育阻害 및 收量減少 등 대부분의 토양이나 농작물에 심각한 피해가 발생하는 것으로 알려져 있다^{1,5,11)}.

본 조사에서 pH 4.0 이하의 강수는 5회에 걸쳐 9.6mm로 年降水量의 1.1%에 불과하였으며 이는 일본의 약 10%²⁾에 비하면 매우 적은 비율이다. 특히, pH 3.0 이하의 降水는 한번도 내리지 않았다. 따라서 본 조사지역에서는 산성비에 의한 농작물 피해가 거의 없었을 것으로 추정된다.

그렇지만 pH 4.5에서 콩과식물의 乾物重이 18% 감소되었고¹⁷⁾ pH 5.0 이하에서 벼와 보리의 收量이 감소 경향을 보였다¹⁸⁾는 보고에 비추어 볼 때 산성비가 농작물에 미치는 영향에 대한 연구는 활발히 이루어져야 할 것으로 생각된다.

3. 강수분획별 성분변화

강수량이 25 mm 이상인 경우(8회)에 5 mm 단위의 分劃別 降水成分變化를 보면(표 2), pH의 경우는 처음 0~5 mm 분획이 비교적 높고 둘째 분획에서는 감소하였다가 그후 점점 증가하는 경향

Table 2. Fractional variation of the composition of precipitation.

(unit : $\mu\text{eq/l}$)

Fraction(mm)	pH	EC	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Σ-	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺	Σ+
0- 5	4.80	39	93.7	40.6	62.3	196.6	98.7	10.7	43.9	9.1	15.7	16.0	194.1
5-10	4.69	25	43.1	20.2	26.8	90.1	43.8	7.9	15.5	4.9	10.9	20.4	103.4
10-15	4.69	22	37.9	15.0	29.6	82.5	38.8	11.0	13.5	4.1	11.3	20.2	98.9
15-20	4.74	22	40.6	14.5	34.1	89.2	39.9	10.2	11.5	4.1	11.3	18.1	95.1
20-25	4.86	21	37.3	14.2	47.1	98.6	37.7	11.0	11.5	5.8	17.8	13.8	97.6

* Data collected from 8 precipitation event in which precipitation amount was more than 25 mm.

을 나타내었는데 이는 박 등¹⁴⁾과 이 등¹⁹⁾의 결과와 비슷한 경향으로 첫째 번 분석의 pH가 둘째 번 분석보다 높은 것은 Ca²⁺ 등 알칼리성 물질을 다량 함유하고 있는 대기중의 浮遊粉塵이 初期降雨의 빗물 중에 混入²⁰⁾되었기 때문으로 생각된다. EC는 둘째 번 분석에서 약 2/3로 감소한 후 계속 조금씩 감소하여 다섯째 번 분석에서는 처음의 절반 수준이었다. 이밖에 SO₄²⁻ 등 나머지 강수성분은 두번째 분석에서 처음의 절반 정도로 감소하여 그중 SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Ca²⁺는 계속하여 대체로 약간씩 감소하는 경향이었으나 K⁺, Mg²⁺는 일정한 경향을 보이지 않았고 Na⁺와 Cl⁻은 오히려 증가하는 경향이었는데 이는 호남농업시험장 내의 농업기상종합기 록장치에 기록된 風向 분석결과 降水기간중 風向이 南風에서 西風으로 바뀐 경우(8회중 6회) 西海의 바닷물 성분이 混入³⁾되었기 때문으로 생각된다.

표 3은 분석별로 pH와 강수성분과의 相關을 나타낸 것이다. 이온이 가장 많이 포함된 첫째 번 분석에서 pH는 음이온과 수소이온을 제외한 양이온의 당량비 $\Sigma- / (\Sigma+ - H^+)$ 와만 有意性있는 負의 相關을 나타내었고 이온이 가장 적게 포함된 세째 번 분석에서는 SO₄²⁻, NO₃⁻ 및 $\Sigma- / (\Sigma+ - H^+)$ 와 有意性있는 負의 相關을 보였는데 그중 NO₃⁻는 네째 번 분석에서도 有意性있는 負의 相關을 나타내었다. 따라서 본 조사지역에서 강수 pH에 가장 큰 영향을 미치는 성분은 SO₄²⁻와 NO₃⁻로 생각된다.

그림 3은 음이온의 총합($\Sigma-$)과 양이온의 총합

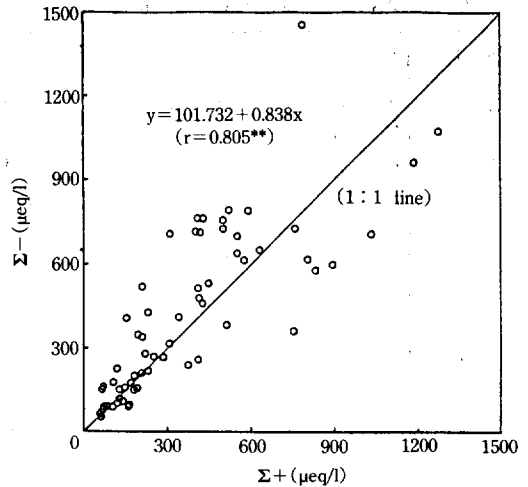


Fig. 3. Relation between total anion and cation.

($\Sigma+$)의 關係를 나타낸 것인데 음이온의 양이온에 대한 當量比는 평균 1.20으로 음이온이 약간 많았다. 그러나 當量比의 범위가 0.48~2.64로 降水에 따라 많은 차이가 있었는데 이는 降水마다 混入된 汚染物質의 種類와 量이 다르기 때문으로 생각된다^{7,8)}.

5. 시기별 강수성분 변화

표 4는 월별 강수성분변화를 나타낸 것으로 각 성분의 月 및 年 평균값은 강수량을 加重시키지 않은 單純平均값이다. 강수 pH의 변화를 보면 6월이 6.08로 가장 높고 1월이 3.93으로 가장 낮았으며 계절별로는 여름(4.78) > 가을(4.59) > 봄(4.52) > 겨울

Table 3. Fractional variation of the correlation coefficient between pH and component.

Fraction(mm)	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	$\Sigma- / (\Sigma+ - H^+)$
0-5	0.118	-0.628	-0.588	0.121	-0.210	-0.122	-0.238	-0.230	-0.457	-0.964**
5-10	0.412	-0.639	-0.524	-0.101	-0.389	0.220	-0.206	-0.318	-0.498	-0.653
10-15	0.265	-0.857**	-0.813*	0.147	-0.704	0.100	-0.090	-0.010	0.167	-0.803*
15-20	0.099	-0.571	-0.810*	0.560	-0.593	0.317	0.307	0.452	0.393	-0.350
20-25	0.628	-0.557	-0.531	-0.084	-0.497	0.230	0.121	-0.038	-0.009	-0.455

*, ** : significant at 5%, 1%, respectively.

Table 4. Monthly variation of the composition of precipitation.

(unit : $\mu\text{eq/l}$)

Month	pH	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	Σ^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	H^+	Σ^+	$\Sigma^- + \Sigma^+$
Jan.	3.93	386.4	128.0	245.7	760.1	199.6	22.5	65.4	28.0	16.1	117.5	449.1	1209.2
Feb.	4.56	388.1	97.4	60.6	546.1	140.2	18.2	90.8	20.6	10.9	27.5	308.2	854.3
Mar.	4.64	180.9	31.8	31.6	244.3	74.8	4.1	29.9	4.9	2.2	22.9	138.8	383.1
Apr.	4.56	196.5	86.9	74.2	357.6	126.4	20.2	146.2	18.9	49.6	27.5	388.8	746.4
May	4.37	145.1	57.7	51.3	254.1	108.1	10.2	52.9	5.8	17.4	42.7	237.1	491.2
Jun.	6.08	212.8	79.3	72.2	364.3	220.6	56.8	98.3	14.8	83.1	0.8	474.4	838.7
Jul.	4.44	152.6	58.5	107.5	318.6	167.4	31.7	42.9	8.2	38.3	36.3	324.8	643.4
Aug.	5.11	44.3	31.0	43.4	118.7	47.7	8.7	38.4	9.1	12.2	7.8	123.9	242.6
Sep.	4.70	51.6	19.8	163.6	235.0	86.5	36.8	29.9	7.4	19.1	20.0	199.7	434.7
Oct.	4.44	255.7	90.5	350.1	696.3	191.2	73.4	151.7	45.3	77.4	36.3	575.3	1271.6
Nov.	4.84	138.9	45.0	94.5	278.4	118.1	22.5	38.9	21.4	46.5	14.5	261.9	540.3
Dec.	4.29	350.0	147.7	93.1	590.8	226.7	88.2	99.8	107.8	221.4	51.3	795.2	1386.0
av.	4.45	213.4	75.0	121.6	410.0	146.9	34.0	76.8	24.7	50.5	35.5	368.4	778.4

(4.16)의 順으로 높은 경향이었고 벼농사철인 5월부터 9월까지의 평균값은 4.68로서 같은 해 수원지역의 4.97¹⁹⁾보다는 약간 낮았다. 한편, 年平均값은 4.45로서 충북 청원의 '91년 2월부터 6월초까지의 降雨 pH 평균값 4.47⁸⁾과 거의 같았으며, 일본의 年平均값 4.5~4.7²⁾과 비슷한 수준이었다.

降水中 이온함량의 월별 변화를 보면 4월의 이온함량이 3, 5월에 비해 높은 것은 黃砂現象으로 CaSO_4 , NaCl 등이 다량 混入²⁰⁾된 결과로 추정되며, 6월과 10월의 이온함량이 비교적 높은 것은 降雨當 평균강우량이 2 mm에 불과하여 표 2에 나타낸 결과와 5 mm 이내에서도 初期降雨일수록 이온함량이 높다는 보고^{9,14)}에 비추어 볼 때 소량의 빗물에 다량의 대기오염물질이 혼합된 결과로 생각된다. 전체적으로 볼 때 10월부터 2월까지의 적은 강수량 또는 난방연료 연소가스로 인해 이온함량이 비교적 높고, 4월부터 7월까지의 浮遊粉塵 및 農耕地로부터 발생된 가스²¹⁾로 인해 그 다음으로 높으며 3, 8 및 9월은 上記 오염물질들의 감소 또는 많은 강수량 때문에 비교적 낮은 이온함량을 보인 것으로 추정된다.

降水成分組成을 각 이온의 年平均값으로 보면 음이온은 서울 지역의 降水成分組成¹⁴⁾과 같은 SO_4^{2-}

$>\text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ 의 順으로 수원지역¹⁹⁾의 $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^-$ 과는 약간 차이가 있었다. 양이온은 $\text{NH}_4^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{H}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ 의 順으로 수원지역의 $\text{NH}_4^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{H}^+$ 와 비교할 때 H^+ 의 順位가 약간 높았는데 이는 수원지역의 조사기간이 비교적 pH가 높은 5~9월뿐이었기 때문으로 생각된다.

본 조사지역의 降水中 pH의 增減에 영향이 크다고 알려져 있는 SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Ca^{2+} 등의 함량은 수원지역에 비해서 $\text{SO}_4^{2-} : 1.09$, $\text{NO}_3^- : 1.48$, $\text{NH}_4^+ : 1.16$, $\text{Ca}^{2+} : 1.22$ 배로 조사기간을 勘案할 때 큰 차이는 없었고, 中國降水²²⁾와 비교할 때 SO_4^{2-} 와 Ca^{2+} 는 대체로 비슷한 수준이나 NO_3^- 와 NH_4^+ 는 각각 5.5, 2.7배나 되었으며 日本降水²⁾에 비해서는 4가지 성분 모두 3배 이상 높았다. 이러한 결과는 우리 나라의 대기오염 정도와 관련지어 주목되어야 할 점으로 생각된다.

한편, 인공산성비 調製時 주로 사용되며 또한 본 조사에서 pH와 상관이 높게 나타난(표 3) SO_4^{2-} 와 NO_3^- 의 當量比는 2.85 : 1로서 미국 농업지대의 2.0 : 1 보다는 약간 높았으나 중국 남부 농업지대의 12.0 : 1 보다는 훨씬 낮았다²²⁾.

6. 연간 강수성분 강하량

各成分의年間降下量을 $\sum_{i=1}^{63} \text{강수량}(\text{mm}) \times \text{농도}(\text{ppm})$ (=강하량(g/10a/year)에 의하여 계산한 결과, 음이온으로는 SO_4^{2-} : 3.61, NO_3^- : 1.61, Cl^- : 1.49 kg/10a·年이었고, 양이온으로는 NH_4^+ : 1.06, K^+ : 0.44, Ca^{2+} : 0.47, Mg^{2+} : 0.09, Na^+ : 0.40, H^+ : 0.024 kg/10a·年이었다. 이러한 강하량은 성분에 따라 서울지역 강하량의 16~46% 수준이었으며, 해안지방인 충남 태안의 강하량과 비교하면 海水成分인 Na^+ , Cl^- 및 Mg^{2+} 는 21~38%에 불과하였으나 나머지 성분은 78~112%로 대체로 비슷한 수준이었다²³⁾.

강수성분중 주요 肥料成分인 N과 K의 강하량은 $\text{N}(\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N})$ 이 1.19 kg/10a·年, K가 K_2O 로 환산하여 0.53 kg/10a·年으로서 일본지역의 0.91 및 0.39 kg/10a·年²⁾에 비해 N이 1.3배, K가 1.4배 정도 많았다.

한편, 본 조사지역의 752 eq/ha·year에 해당하는 SO_4^{2-} 의 강하량은 300 eq/ha·年 이상인 경우 水生生態系에 악영향을 미칠 수 있다는 보고²²⁾에 비추어 볼 때 다소 많은 양이다. 따라서 水生生態系의 변화에도 관심을 기울여야 할 것으로 생각된다.

요 약

전북 평야지역의 酸性비 降水樣相을 파악하기 위하여 裡里市 교외에 위치한 호남농업시험장 내에서 1992년 1월부터 12월까지 降水의 化學的 組成을 분석 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. '92년 산성비 出現率은 年平均 82.5%이었으며 6월이 17%로 가장 낮았다.
2. pH 수준별 강수량 分布는 pH 4.5~5.0의 범위가 54.0%로 가장 많았으며 pH 4.0 이하의 降水는 9.6 mm로 年降水量의 1.1%이었다.
3. 降水 pH를 계절별로 보면 여름(4.78)>가을(4.59)>봄(4.52)>겨울(4.16)의 順으로 높은 경향이였다.

4. 降水의 pH 減少와 相關이 높은 성분은 SO_4^{2-} 와 NO_3^- 이었으며 두 成分의 當量比는 2.85 : 1이었다.

5. 降水成分組成은 $\text{SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{NO}_3^- > \text{Na}^+ > \text{H}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ 의 順으로 含量이 높았으며 음이온의 양이온에 대한 當量比는 1.20이었다.

6. 질소($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$)와 칼리(K_2O)의 年降下量은 각각 1.19, 0.53 kg/10a·year이었다.

참고문헌

1. 野内 勇 (1990). 酸性雨の農作物および森林木への影響, 大氣汚染學會誌, **25**(5) : 295-312.
2. 玉置元則, 小山 功 (1991). 地土から見た日本の酸性雨-酸性雨調査・研究で得られた成果と今後の課題-, 大氣汚染學會誌, **26**(1) : 1-22.
3. Likens, G. E., Wright, R. F., Galloway, J. N., and Butler, T. J. (1979). Acid Rain, *Scientific American*, **241**(4) : 39-47.
4. (社)ゴルファーの緑化促進協力會 (1990). 酸性雨-生態系に與える影響-, p. 342.
5. 公害研究對策センター (1990). 酸性雨(土壤・植生への影響), p. 198.
6. 이민희, 한의정, 신찬기, 한진석 (1987). 우수채취기가 우수성분에 미치는 영향, 한국대기보전학회지, **3**(2) : 53-61.
7. 강인구 외 12인 (1991). 대기오염과 산성비에 의한 피해조사 및 평가에 관한 연구(I-3), 국립환경연구원보, **13** : 167-191.
8. 송기형, 박용남, 정용승, 박국태 (1992). 충청북도 농촌지역의 강수의 산성도에 관한 기초 연구, 한국대기보전학회지, **8**(1) : 38-44.
9. 서명순, 김영석, 김복진 (1991). 경상북도 지역의 강수성분조사, 한국환경농학회지, **10**(1) : 59-66.
10. Talbot, R. W., and Elzerman, A. W. (1985). Acidification of Southern Appalachian Lakes,

- Environ. Sci. Technol.*, **19** : 552-557.
11. 김복영, 김규식 (1988). 농작물에 대한 인공산성비의 영향, 한국토양비료학회지, **21**(2) : 161-167.
 12. Nouchi, I. (1993). Acid Precipitation in Japan and Its Impact on Plants, *JARQ*, **26** : 231-237.
 13. 이종식, 강종국, 김종구 (1993). 섬진강수계 농업용수의 수질조사 연구, 한국환경농학회지, **12**(1) : 19-25.
 14. 박성배, 박상현, 김민영, 강희곤, 김영광, 이상열 (1989). 서울지역의 산성강우현상에 관한 연구, 한국대기보전학회지, **5**(2) : 42-54.
 15. 松本光弘, 板野龍光 (1985). 雨水成分の統計的解析, 大氣汚染學會誌, **20**(1) : 12-22.
 16. 소규호, 김복영, 우기대 (1991). 농경지역의 강우성분 조사, 농업기술연구소 시험연구보고서 : 23-27.
 17. Ashenden, T. W. and Bell, S. A. (1989). Growth Responses of Three Legume Species Exposed to Simulated Acid Rain, *Environ. Pollution*, **62** : 21-29.
 18. 谷山鐵郎 (1990). わが國における酸性雨の擴がりと作物への影響(2), 農業および園藝, **65**(9) : 38-46.
 19. 이종식, 김복영, 우기대 (1994). 수원지역 강우의 성분조성과 작물에 미치는 영향, 한국환경농학회지, **13**(1) : 31-38.
 20. 이민희, 한진석, 한의정, 신찬기 (1989). 황사현상시 강수의 화학적 성분에 관한 연구, 한국대기보전학회지, **5**(2) : 1-11.
 21. Stevenson, F. J. (1986). *Cycles of soil*, John Wiley & Sons, New York, p. 380.
 22. Galloway, J. N., Dianwu, Z., Jiling, X., Likens, G. E. (1987). Acid Rain. China, United States, and a Remote Area, *Science*, **236** : 1559-1562.
 23. 강인구 외 11인 (1991). 대기오염물질의 장거리 이동과 산성비 강하에 관한 연구(III), 국립환경연구원보, **13** : 375-391.