

충남 웅천에서 관측된 강수의 산성도 연구

Acidity Analysis of Precipitation Occurred at Woongchon, Choongnam

이근준·정용승

한·중 대기과학연구소/한국교원대학교
(1996년 1월 25일 접수, 1996년 4월 4일 채택)

Lee K.J and Chung Y.S.

*Korea-China Centre for Atmospheric Research/
Korea National University of Education*

(Received 25 January 1996; accepted 4 April 1996)

Abstract

Sampling of precipitation occurred at Woongchon in Choongnam from the period between May 1994 and April 1995 was made, and analysis on the data was carried out on observed pH values of the precipitations. It was found that weighted mean pH values were ~4.8 and that acid rain occurred at the site of the Yellow Sea's coastal area. The results agree well with the earlier observations made at other sites of a background monitoring network. The annual values observed at the background monitoring sites were too low in comparison with the mean pH values (5.3~5.9) obtained from urban stations of the Ministry of Environment. It was observed that values of pH in rain water often changed with time during the event of precipitation, and the low values usually depended on an airflow and a cyclone that originated in the source region.

1. 서 론

깨끗한 공기, 맑은 물, 그리고 기름진 토양은 생태계의 순환과 보전에 필요한 기본적인 환경 요소들이다. 공업을 위시한 각종 산업화가 급속히 팽창됨에 따라 이러한 자연 환경 요소들은 그 성분과 질이 변화되고 있으며 환경오염은 생태계에 위협이 되고 있다. 특히 대기오염의 증대적인 배출과 산성강수의 발생 등의 환경문제는 매우 복합적이며 대기-수질-토양오염에 관련된 종합적인 환경적 영향을 야기시키고 있다. 예를 들어, 산성비의 발생은 하천과 호수에 서식하는 어류의 종류와 양에 큰 영향을 (Oden, 1976) 주고 있을 뿐만 아니라, 화강암이나 대리석 및 금속표면에 영향을 주고 토양의 산성화를 가속시키며 산림은 물론 여러 종류의 식물의 성장과 결실

에도 피해를 주고 있다.

산성강수의 발생과 이에 관련된 조사 연구는 지난 수년간 비교적 활발히 수행되고 있으며, 특히 환경부는 전국의 약 60개 지점의 도시와 공업지역 강수의 산성도와 화학적인 성분을 모니터링하고 있을 뿐만 아니라, 시·도의 환경부서와 유관 환경연구기관에서도 산성비를 관측하고 있다. 이에 반해, 농·어촌 지방에서 발생하는 강수의 산성도 조사는 비교적 부족한 편이며, 한·중 대기과학연구소는 1990년부터 충북 청원의 시골지역에서 산성비의 지속적인 모니터링을 시작한 이래, 충남 대안, 서귀포, 울진 등의 해안에서 배경적인 산성비를 관측하고 있다 (Chung *et al.*, 1995; Chung and Kim, 1992; 정용승·김태군, 1992; 1991). 배경적 혹은 농·어촌 지역 관측망의 강수 수집은, 우리나라의 여러 도시와 공업지역에서 복합적으로 배출되는 대기오염의 영

향을 가능한 한 배제시키고, 황해(중국) 등 외부로부터 유입되는 구름에 동반되어 발생하는 강수의 수소이온 농도(pH) 등 화학적인 특성을 조사할 수 있게 한다.

이 논문은 1994~1995년 충남 웅천에서 수집된 강수의 수소이온 농도를 조사하고 시계열적인 분석을 하며, 저기압 등 대기 운동 시스템에 동반 되었던 강수의 산성도를 사례 조사하는데 목적을 두었다. 청원 및 태안 등의 선행연구는 강수의 화학성분들을 분석하였으며, 이 연구의 웅천 자료는 청원의 pH 측정자료 및 환경부의 자료와 비교 분석하였다.

2. 강수의 수집과 분석

이 연구는 1994년 5월부터 1995년 4월까지 1년간 충남 보령군 웅천의 웅천고등학교(옥상)에서 강수를 수집하였다. 초기에는 강수의 채집이 직경 30 cm의 유리 용기로 실시하였으나, 2개월 후에는 그림 1과 같은 반자동 강수 수집기를 제작하여 이용하였다. 이 수집기는 비 0.1 mm 이상이 되면 덮개가 열린 다음 빗물이 깔대기를 통해 polyethylene 물병에 수집된다.

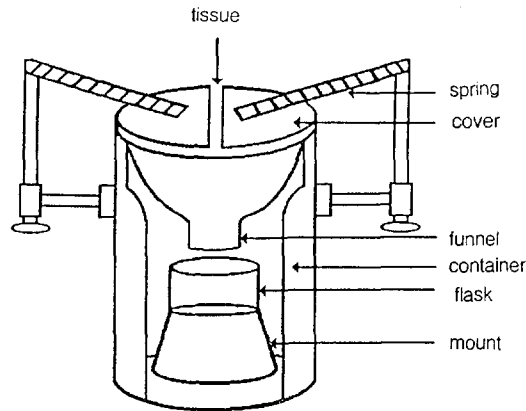


Fig. 1. Automatic rain sampler.

물병은 냉장고에 보관되었다가 2~3일내 측정된 후 대학으로 옮긴 다음 다시 비교분석되었다. 수소이온 농도는 최소한 3대의 pH meter를 이용하였으며 동우메디칼회사 제품인 DMS Model 215M, DMS Model DP-880, DMS Model DP-215, 그리고 Orion 회사의 Model SA520을 사용하였다. pH 측정은 pH 4.00와 7.00의 표준 완충용액으로 보정한 후 수행되었으며, 3개의 측정기기의 값이 비슷할 때 중간값을 택했

다. 3개의 값이 서로 큰 차이가 있을 때는 보정을 다시 하였고 비교적 안정한 평균 값을 선택했다. pH 값은 변동적이므로 물병을 흔든다음 약 2~3분이 경과한 후의 값을 읽었으며, 보정과 정비는 지난 5년간 습득한 분석 경험에 의거 분석오차를 최소화 하였다.

채집된 강수의 월 평균 pH 값은 다음의 강수량 가중 평균 pH 값으로 계산하였다.

$$pH = -\log \frac{\sum RF \times H^+}{\sum RF}$$

여기서 RF는 채집된 개별 강수량이며 H⁺는 개별 강수의 측정된 pH로부터 계산된 수소이온 농도이다. 이 연구는 개개 강수 event를 조사하였으며, 강수 종료시료를 채취하였다.

그러나 강수가 1일 이상 계속될 경우 오전 9시를 기점으로 시료를 분리시켜 분석 및 통계되었다. 자동으로 덮개가 덮히지 않으므로 강수와 강수사이의 건조침전은 고려되지 못했다.

3. 강수의 pH 변동

웅천에서 8 km 떨어진 대천 보령 기상대의 1994년 강수량은 81일간 1269 mm로서 1년 평균 값 1216.0 mm보다 다소 많았다. 월별 강수량은 5월 135.5, 6월 207.0, 7월 137.0, 8월 443.5 그리고 10월이 155.0 mm이며 1078.0 mm (88.4%)가 따뜻한 5개월에 집중적으로 발생되었다. 이 연구에서 강수를 수집한 날은 47일이었으며, 총 강수량은 929.0 mm로서 관측되지 못한 날은 대천에 비해 37일이 있었다.

표 1은 1994년 5월부터 1995년 4월의 1년간 수집된 강수의 개개 pH 값과 강수량을 수록한 것이다. 그리고 강수량을 고려한 가중 평균 pH가 포함되었으며, 1년 평균 pH는 약 4.8이다.

이 값은 중국 남부지방과 일본열도의 연 평균값과 비슷하고 웅천 등 우리의 서해안 지방에도 평균적으로 강한 산성비가 자주 발생됨이 확인되었다.

그림 2는 pH 값의 발생 빈도 별 분포를 나타낸 것이다. 황사가 발생된 날을 제외한 총 46회 중 pH의 범위는 3.76~6.98이며, pH가 3.6~4.6은 34.0%, 4.6~5.6은 40.4%, 5.6~6.6은 19.1% 그리고 6.6~7.6이 6.4%로서 pH 5.6 이하인 산성비는 전체의 74.4%이다. 그러므로 황해연안의 웅천에는 산성비가 매우 빈번히 발생됨을 시사한다.

그림 3은 웅천에서 수집된 강수의 월(가중)평균 pH

Table 1. Measured pH values and amount of rainfall at Woongchon.

Date (Y/M/D)	pH Values	Precip. (mm)	Mon. mean pH	Remarks
1994				
5. 14	5.22	29.0		rain
5. 24	4.69	1.0	5.195	rain
6. 23	6.63	5.5		rain
6.29-30	6.30	3.0(29),166.0(30)	6.312	shower
7. 5	5.36	64.5		"
7. 29	4.33	16.5	4.886	"
8. 1	5.59	69.0		"
8. 10	4.69	82.0		rain
8. 16	4.87	1.5		shower
8. 17	4.75	118.0		"
8. 18	4.36	22.0		"
8. 28	4.61	132.0		"
8. 29	5.02	2.5	4.717	"
9. 5	4.82	1.0		"
9. 10	3.76	11.0		rain
9. 19	5.73	1.5		shower
9. 24	6.00	6.0	4.003	"
10. 4	5.84	2.0		"
10.10	4.16	1.0		rain
10.11	5.25	37.5		"
10.12	5.44	45.0		typhoon
10.16	4.39	47.5		"
10.19	3.81	5.0		rain
10.20	4.36	1.5		"
10.21	5.41	15.5	4.674	"
11. 2	5.86	1.0		shower
11.14	3.96	1.5		rain
11.15	4.26	8.0		"
11.17	4.48	1.5		"
11.18	4.24	4.5	4.294	"
12. 1	3.83	0.5		"
12.8-9	4.81	13.5	4.674	"
1995				
1. 4	4.15	1.6		sleet
1. 5	4.70	6.6		s+r shower
1. 22	4.16	3.0	4.397	rain
2. 12	5.75	3.5	5.75	"
3. 9	4.08	3.5		"
3.11-12	7.07	1.5		yellow sand
3.15-16	4.51	1.5		rain
3. 16	5.35	9.5		"
3. 24	6.33	0.1		"
3. 31	4.43	2.0	4.563	"
4. 6	6.98	0.1		"
4. 11	5.82	8.0		"
4.13-14	6.28	0.5		"
4. 21	5.18	22.5		"
4. 22	6.14	34.5	5.547	"
Mean			4.776	

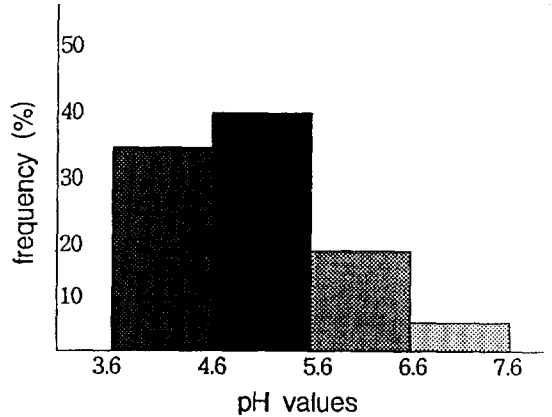


Fig. 2. Yearly distribution of pH values observed at Woongchon.

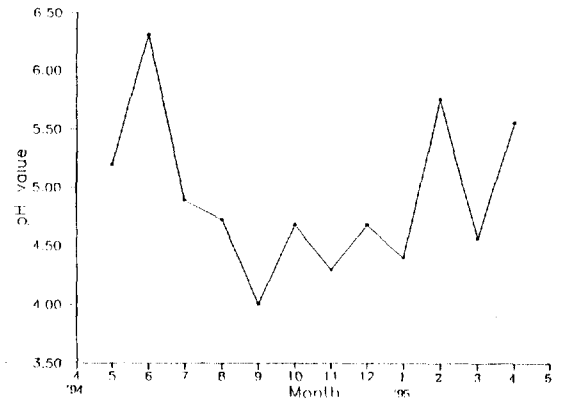


Fig. 3. Monthly pH values observed at Woongchon.

값을 보여준다. 분석된 월별 강수량 가중평균 pH 농도는 일반적으로 여름이 높고 다른 계절은 낮은 편이다. 6월은 6.04로 가장 높았으며 이는 장마비와도 관계가 있다. 그리고 평균 최저 값은 9월의 4.00인 강산성이다.

9월에는 강수량이 적었으며 공기중에 있는 산성 전조물이 많이 포함되어 비교적 강한 산성도를 나타낸 것으로 분석된다. 건조한 1995년 2월에 높은 값을 보인 것은 관측된 날이 단 하루인 까닭으로 해석되었다.

4. 논 의

4.1 시간에 따른 pH 값의 변동

강우가 지속되는 날과 소나기가 발생할 때의 시간에

Table 2. Variations in pH values of rain with time.

Yr/Mo/Day	Hour	Hourly pH	Daily pH	Remarks
'95. 2. 12	11-13	5.25	5.75	rain 3.5 mm
	13-14	5.87		
	14-15	7.55		
	15-16	7.55		
'95. 5. 20	8-9	7.02	6.46	drizzle 25.5 mm
	9-10	6.70		
	10-11	6.30		
	11-12	6.30		
	12-1	4.81		
	1-2	4.76		
	2-3	6.00		
	3-5	4.30		
	3-6	4.94		
	'95. 6. 2	20:30-22:50		
'95. 6. 2-6. 3	22:50-07:10	6.45		
6. 13	~ 11:15	6.03	6.27	shower 4.0
	11:15-11:40	6.05		
	11:40-11:55	6.64		

따른 pH 값의 변동을 조사하였다. 표 2는 강수 발생시간에 따라 변동하는 pH 농도를 보여준다. 첫째 사례는 2월 12일 약 5시간 동안 3.5 mm의 강우를 분석한 결과 처음시간에 pH 농도가 5.25이었으며 시간이 경과하면서 pH 값이 점차 증가하였다. 둘째 사례는 5월 19일 23시경 부터 비가 오기 시작하여 다음날 18시까지 약 19시간에 걸쳐 가랑비가 25.5 mm 내렸다. 08시까지는 측정하지 못하였으나, 그 후 시간별로 분석한 결과 처음에는 높은 값을 보이다가 급격히 낮아진 후 다시 오르락 내리락하는 경우이었다. 세번째는 6월 2~3일의 사례로서 우량은 17.0 mm이고, 처음에는 높았으며 그 후 다소 낮아졌으나 그 차이는 매우 적었다. 네번째는 6월 13일의 4.0 mm 강우 사례로써 처음에는 낮았다가 다시 증가하였다.

이상의 4가지 사례를 종합해 보면, 어떤 경우에는 시간이 지남에 따라 pH 값이 낮아지는 반면 다른 경우에는 높아짐이 분석되었다. 이러한 변동은 종관적이고 광역적인 기류와 저기압의 영향에 따라나 산성물질 유입의 강도에 좌우될 수 있으며 발원지와 이동경로에 따라 결정될 수 있다.

4.2 강수량에 따른 pH 값

그림 4는 강수량과 pH 값의 분포를 보여준다. 조사 기간동안에 발생된 강수량은 비교적 적은 날이 많았으며 100 mm 이상의 일수는 3일이었다. 강수량과 pH 값의 관계는 일반적으로 보아 강수가 계속되는 날 pH 값이

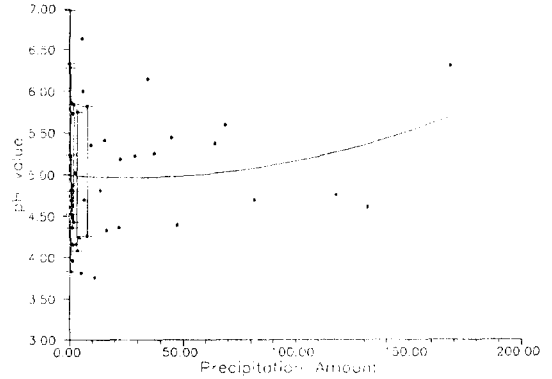


Fig. 4. Distribution of pH values with the amount of precipitation.

높았으며 이는 선행연구 (정용승, 1993)와 일치된다. 이것은 강수가 적으면 대기 중에 부유하는 산성물질이 비교적 많이 포함되나 강수가 많으면 초기 부터 비에 모두 씻긴 다음 그 후에는 산성물질과 전조물이 점차 적게 포함되는 까닭으로 해석된다.

예를 들어, 1994년 6월 29~30일에는 장마비인 169.0 mm의 강우가 있었으며 이때 pH 6.30이 분석되었으며, 7월 5일은 64.5 mm로써 pH 값이 5.36이다. 특히, 장마철에 연속적으로 오는 많은 강수의 pH 값은 비교적 높으며 (Chung and Kim, 1992), 이런 경우는 효과적으로 작동하는 rainwash 기구를 잘 입증하고 있다 (정용승 · 김태군, 1992). 그리고 10월 10일 발생된 강수 1.0 mm의 pH 값이 4.16이었으나, 11일과 12일에는 태풍 Seth의 영향으로 발생된 각각 37.5와 45.0 mm의 강수량은 거의 중성에 가까운 5.25와 5.44의 pH 농도가 분석되었다. 이것은 강수가 3일 진행됨에 따라 pH 값이 높아짐을 뜻할 뿐만 아니라 아울러 해양성 열대 기류는 비교적 깨끗하고 인위적인 산성물질과 전조물이 적게 포함함을 시사한다.

그리고 pH 값이 5.6 이하일 경우 강수량 20.0 mm 이하가 48.9%로써 강수가 적을수록 비교적 산성비가 많으나 강수량 20.0 mm 이상은 23.4%이었다. pH 값이 5.6 이상은 강수량 20.0 mm 이상이 4.3%인 반면 그 이하는 23.4%이다.

4.3 무강수 일수와의 관계

무강수 일수가 길면 길수록 대기 중에 떠 있는 산성물질과 전조물질들이 극저적으로 많아질 수 있다. 이러한 개념을 고려하여 무강수 일수가 계속된 후 발생하는 강

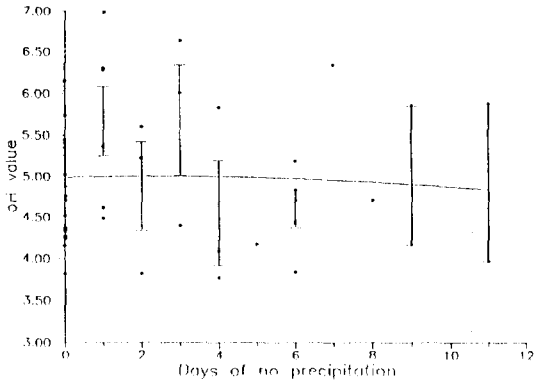


Fig. 5. Relationships between pH values and number of days without precipitation.

수의 pH를 조사하여 그림 5에 표시하였다. 그림에서 무강수 일수가 길수록 pH 값이 다소 낮아지는 경향이 다소 있으나 뚜렷한 상관성이 없음을 알 수 있다. 이는 전체적이고 국지적인 대기는 산성비에 영향이 적음을 시사한다. 환언하면, SO₂, NO₂ 등의 전조물이 황산과 질산 등으로 전환되는 적절한 대기환경과 기간 (~2일 이상)이 필요하며, 중국 등 장거리에서 이동되어 수증기와 태양복사 등의 interaction이 있어야 함을 알 수 있다.

4.4 황사에 동반된 강수

황사는 Altai 등 동아시아의 대산맥군의 풍하측인 몽

고와 중국 북서지방의 사막과 건조한 황토지대에서 발생한다. 강한 바람에 의해 발생된 이 지역의 토양표면은 염기성으로 알려져 있다(정용승·윤마병, 1996). 그러므로 1995년 3월 12일에 발생된 강수에 섞인 황사 영향으로 pH는 7.07이었다. 이는 선행연구(정용승·윤마병, 1996; 정용승, 1993)의 결과와 일치한다.

4.5 다른 자료와의 비교

환경부는 전국의 도시 및 공업단지의 약 60개소에서 산성강수를 관측하고 있다. 표 3은 환경부가 관측한 1989~93년의 자료이며, 1993년의 평균(단순)은 5.3~5.9를 보여주고 있다(환경부). 그러나 용천의(가중) 연평균은 약 4.8로써 환경부 자료와 큰 차이가 있다. 환경부의 자료는 주로 도시에서 관측한 관계로 먼지 등이 누적되어 pH값이 높거나 혹은 다른 특정 이유가 있는지는 밝혀진 바 없다. 그러나 용천의 측정값은 한·중 대기센터가 지난 5년간 관측한 청원, 태안 등 배경적인 pH 값과 비슷하다. 그러므로 용천의 배경적 관측값은 서해안에 유입 및 발생하는 강수는 때때로 매우 산성임을 시사하고 있다. 한편 용천의 연평균값은 일본(Murano, 1991)과 중국 남부(Wang and Shi, 1991) 지방의 평균값(정용승, 1993)과 비슷하며, 우리나라 해안 지역에도 일본과 중국 남부와 같은 강한 산성강수가 발생됨을 알 수 있다.

Table 3. pH values observed in cities (MOE, 1994).

연도월 Year	Unit : pH									
	서울 Seoul	부산 Pusan	대구 Taegu	인천 Inchön	광주 Kwangju	울산 Ulsan	대전 Taejon	포항 Pohang	여천 Yöchon	제주 Cheju
1989	5.6	5.2	5.3	5.7	5.7	5.6	5.8	5.9	5.8	6.4
1990	5.0	5.2	5.7	5.9	5.5	5.6	5.4	5.8	5.6	6.2
1991	5.4	5.1	5.9	6.1	5.5	5.7	5.6	5.8	5.2	5.9
1992	5.3	5.2	5.6	6.2	5.7	5.6	5.7	5.9	5.4	5.9
1993	5.4	5.3	5.5	5.8	5.8	5.6	5.5	5.6	5.4	5.9
1	5.9	-	5.3	-	5.7	5.8	6.1	-	-	-
2	4.9	-	5.6	-	5.6	5.9	5.7	-	5.4	-
3	5.4	5.2	5.6	6.0	5.7	5.7	5.5	5.6	5.0	5.8
4	6.2	5.5	6.0	6.1	5.7	6.1	5.6	6.1	5.8	5.9
5	5.1	5.2	5.9	5.2	5.9	5.5	5.2	5.3	5.3	5.8
6	5.4	5.5	5.7	5.4	5.7	5.5	5.9	5.6	5.5	5.9
7	5.0	5.6	5.4	5.8	5.7	5.4	5.2	5.5	5.5	5.9
8	5.2	5.3	5.4	6.2	5.9	5.3	5.5	5.5	5.6	5.9
9	5.1	5.3	5.5	5.4	6.0	5.3	5.4	5.5	5.3	6.0
10	5.4	5.1	5.4	6.1	5.6	5.3	5.7	-	5.7	5.9
11	5.1	5.1	5.1	5.8	5.5	5.3	5.2	-	5.3	5.9
12	5.5	4.9	5.3	-	6.1	5.9	5.3	-	5.4	-

Table 4. Meteorological conditions and observed pH values.

Date	pH	Prec. (mm)	M Wind spd (m/s)	W dir (sfc) 850 hPa	Synoptic conditions	Rem
'94 5/14	5.22	29.0	3.3	S	a cyclone formed in SE China moved thru S Korea is the Yellow Sea.	
5/24	4.69	1.0	3.1	S	a cyclone formed in S China situated over Korea from Shanghai and Yellow Sea: rain occurred in S and central Korea.	case study
6/23	6.63	5.5	1.0	NNW	a rainy front moved to central Korea from the south.	
6/29~ 6/30	6.30	169	5.7	W-SS W	under the influence of rainy front in S Korea	
7/5	5.36	64.5	4.0	(SW-W) SSW	the rainy front moved to the S Korea	
7/29	4.33	16.5	0.9	(SE)S SW	under the influence of a tropical depression near Cheju Is	
8/1	5.59	69.0	3.0	(S)EN E	under the influence of the typhoon Brenda	
8/10	4.69	82.0	3.1	(S)EN E	under the influence of the typhoon Doug from East China Sea	
8/16	4.87	1.5	4.2	(SE)S W	under the influence of the typhoon Ellie over Yellow Sea	
8/17	4.75	118	1.2	(S-SW) SSW	under the influence of a front after the Ellite passing to Ohotsk Sea	
8/18	4.36	22	1.2	(SE)S W	under the inflece of a stationary front	
8/28	4.61	132	2.8	(S-SW) WSW	a low passing thru central Korea from Herpei and Yellow Sea	case study
8/29	5.02	2.5	2.8	(SW)W SW	a front and cyclone passed thru	
9/5	4.82	1.0	2.7	(SW-W) WSW	a cyclone with 996 hPa from Manchuria passed thru Korea	
9/10	3.76	11.0	1.5	(SW-N W)NE	a cyclone with 998 hPa from Mongolia passed thru Korea	case study
9/19	5.74	1.5	1.2	(NW)W NW	a cyclone developed over east wast of Korea	
9/24	6.00	6.0	1.3	(N-NW) NNW	with a weak trough	
10/4	5.84	2.0	2.8	(S-W) SSW	under the influence of a front and a cyclone over Shantung	
10/1 0	4.16	1.0	2.3	(S)NE	under the indirect influencd of typhoon Seth	
10/1 1	5.25	37.5	3.4	(S)EN E	the same at the above	
10/1 2	5.44	45.0	3.8	(S)NE	with the movement of the Seth to the East Sea of Korea	
10/1 6	4.16	47.5	3.4	(SW-N W)SW	two cyclones with 1008 and 1012 hPa moved in	

* Wind direction in () represents at the surface, otherwise at the 850 hPa.

4.6 저기압과 기류의 영향

일반적으로 기류와 저기압 등은 대기오염의 이동과 산성비의 발생에 중요한 역할을 할 수 있다. 산성비 전조물의 이동은 기상조건에 따라 큰 영향을 받으며, 산성비는 SO_x, NO_x 등을 포함한 구름과 강수 시스템이 어느 지역으로 이동하느냐에 크게 좌우된다. 구름과 강수는 수렴지역의 공기가 잘 혼합되는 까닭에 비교적 넓은 지역에 비슷한 양상의 산성비를 발생시킬 수 있다. 중국에서 발생한 산성비의 전조물은 대개 서풍에 의해 황해와 한반도에 이동될 수 있으며, 중국으로부터 이동 발생한 구름과 저기압에 포함된 산성물질은 동북동~동남동쪽으로 이동하여 황해연안과 한반도에 산성비를 발생시킨다.

표 4에는 분석된 pH 값과 동반되었던 기상요소와 조건을 기술하였다. pH 값의 높·낮이는 동반된 기상조건 및 발생지역의 배출원과 대개 관련이 있는 것으로 분

석되었다.

5. 사례 분석

그림 6은 1994년 5월 23일과 24일의 지상 기상도를 보여준다. 이 경우 중국 남부지방의 전선대에서 발생한 저기압이 상하이 부근과 황해를 지나면서 발달한 후 한반도를 통과하여 중부와 남부지방에 강수가 다소 발생하였다. 24일 용천에서 수집된 강수의 pH 값은 4.69이다. 한편 충북 청원의 2개 관측소에서 수집된 강수의 pH 값은 4.23으로써 용천과 청원에서 발생한 강수는 매우 강한 산성비임이 확인되었다.

그림 7은 1994년 8월 27~28일의 기상도이다. 27일 중국북부에 위치한 저기압이 28일 화북지방과 황해를 거쳐 우리 나라의 중부를 통과하여 용천에 132 mm의 많

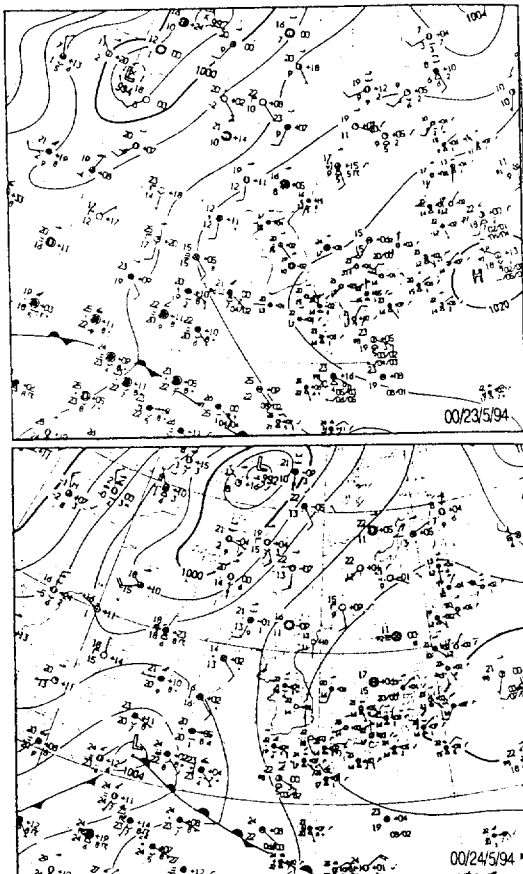


Fig. 6. Surface meteorological charts for 00 UTC, 23 May 1994 and 00 UTC, 24 May 1994.

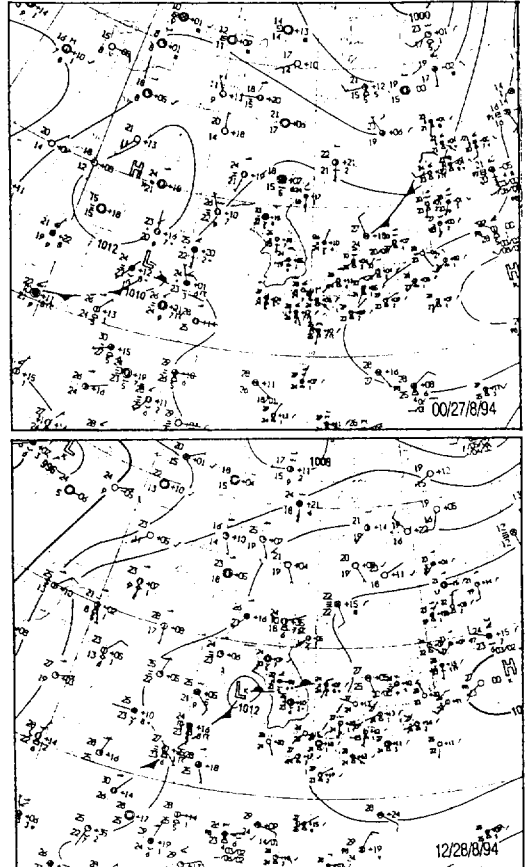


Fig. 7. Same as Fig. 6 but for 00 UTC, 27 August 1994 and 12 UTC, 28 August 1994.

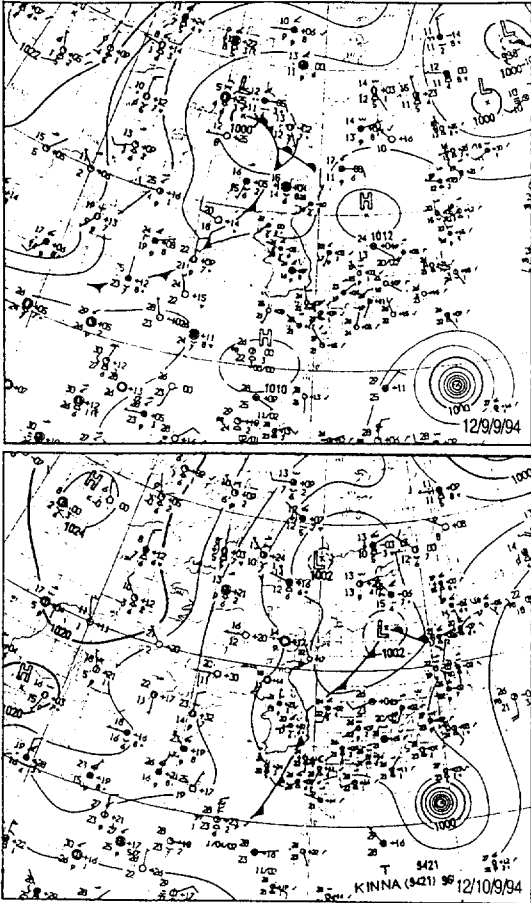


Fig. 8. Same as Fig. 6 but for 12 UTC, 9 Sept. 1994 and 12 UTC, 10 Sept. 1994.

은 강우량이 기록되었다. 남서기류와 함께 분석된 웅천의 pH 값은 4.61이며 매우 산성화된 사례이다. 한편, 청원에서 127~130 mm의 강우량이 있었고 분석된 pH 값은 4.56이며 많은 강우량에도 불구하고 산도가 매우 강한 경우이다.

그리고 그림 8은 1994년 9월 9~10일의 기상도를 포함한다. 이 경우는 몽고지방에서 발생한 강한 저기압이 한랭전선을 동반하고 한반도를 통과하며 웅천지방에 11 mm의 강우량을 보였다. 이때 관측된 pH 값은 3.76으로써 강한 산도가 기록되었다. 청원에서 관측된 5 mm의 강우는 pH 농도 4.63으로 역시 강산성임이 확인되었으며, 이 경우 중국북부 동해안 지역에 머물고 있던 산성 전조물의 기여가 큰 것으로 해석된다.

6. 결 론

충남 웅천에서 1년간 관측된 강수의 산성도를 표시하는 pH를 분석한 후 다음의 결과를 얻었다.

- 1) 강수시 시간에 따른 pH 값의 변동은 높아지거나 낮아지는 경향이 일정하지 않았으며 이는 전조물의 유입여부에 좌우되는 것으로 해석되었다.
- 2) 강수량이 많을 수록 pH 값은 높은 경향이였다.
- 3) 무강수 일수와 pH 값의 상관은 비교적 적었으나 기류와 저기압의 발원지에 영향을 크게 받은 것으로 조사되었다.
- 4) 웅천의 1년(가중) 평균 pH 값은 4.8이며, 이는 청원지역에서 관측된 값과 비슷한 범위 (Chung et al., 1996)의 산성강수가 발생됨이 확인되었다. 그러나 환경부 관측 전국 여러 도시의 높은 (5.3~5.9) 값과는 큰 차이가 있었다.

적 요

이 연구는 충남 웅천에서 1994년 5월부터 1995년 4월까지 1년간 강수를 채집하여 수소이온농도 (pH)를 측정하여 산성도를 분석하였다. 황해연안 강수의 지역적 배경농도는 연평균 4.8로써 강한 산성임이 분석되었다. 이는 강수량의 많고 적음을 가산한 가중 평균치로써 충북 청원의 값과 비슷하다. 그러나 환경부에서 관측된 전국관측망의 평균치 (5.3~5.9)보다는 매우 낮음이 확인되었다. 한편, 강수의 pH 값은 시간에 따라 변동하며, 기류와 저기압의 발원지 및 유입경로에 크게 좌우되는 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구를 위해 성원을 보내준 충남 교육청, 과학기술 정책연구소와 교육부 (기초과학연구소 학술연구)에 감사합니다.

참 고 문 헌

정용승 (1993) 대기질 종합관리기술. 한국과학재단 (목적기초 연구 90-07-00-14). pp.21-90.
 정용승, 김태군 (1991) 대기오염의 장거리 이동사례: 황사, TSP, Sulphate의 발원지 추적. 한국대기보전학회지 7(3), 197-202.
 정용승, 김태군 (1992) 충북 청원군 강수의 산성도 연

- 구. 한국환경과학회지 1(1), 29-39.
- 정용승, 윤마병 (1996) 1995년 봄에 관측된 황사와 먼지 바람의 연구. 한국기상학회지 32권 (인쇄중).
- 환경부 (1994) 환경연감 1994년. pp.34-35.
- Chung, Y.S. and T.K. Kim (1992) On observations of acidic precipitation in Korea. 9th World Clear Air Cong, Montreal, Canada. 2, IU-10.07.
- Chung, Y.S., K.H. Kim, and T.K. Kim (1996) Temporal variations and cause of acidic precipitation from a monitoring network in Korea. Atmos. Environ. 30.
- Oden, S. (1976) The acidity problem an outline of concepts. Water Air Soil Pollu. 6, 137-148.
- Murano, K. (1991) *Present status and future of acid precipitation monitoring network in Japan*. Proc. Int'l Workshop on Acid Rain in East Asia, Kitakyushu, Japan. pp.37-42.
- Wang, W. and Q. Shi (1991) Analysis of the formation of air pollution and acid rain in China. Proc. Second IUAPPA Regional Cong. on Air Pollution, Seoul, Korea, Vol. II-49.