

청주-청원 지역에서 관측한 안개와 박무의 특성 연구*

Characteristics of Fog and Mist Observed in the Rural Area of Chongju and Chongwon

윤 마 병 · 정 용 승
한 · 중 대기과학연구소

(1995년 1월 18일 접수, 1995년 12월 10일 채택)

Ma Byong Yoon, Yong Seung Chung
Korea-China Centre for Atmospheric Research
KNUE, Khangnae, Chongwon, Choongbook 363-791, Korea

Abstract

Daily measurements of visibility on 09 LST have been made at a rural site in Chong-won, Choong-book since 1991 to find out a possible influence of emissions of anthropogenic pollutants and water vapour in urban and rural environments. Daily visibility data collected over four-year period were compared with the available visibility and air quality data obtained from other stations.

Detailed examinations of our data showed that the frequency of fog occurrence (visibility ≤ 1 km) at a rural site (KNUE) was at least three times higher (77 days per year) than the frequency of fog both in Chong-ju city (19 days) and at the Air Force Base (AFB) in the rural area. We interpret that the higher frequency of fog at KNUE was due to abundant water vapour in the Mieho River (upstream of the Keum River) area. In Chong-ju city, fog usually continued for a relatively long duration, while it dissipated somewhat faster in the rural environment due to higher solar radiation in the countryside area.

The number of misty (≤ 6 km) days (including foggy days) at KNUE were 235 days as compared with 135 days at the AFB and 67 days in Chong-ju city. In turn the number of days with low visibility (less than 6 km) at KNUE was about 64% per year. Since the moisture alone in a calm morning does not produce a visibility impairment, there must be abundant condensation nuclei including anthropogenic air pollutants. Air pollution was examined, for instance, average values of TSP for November and December 1993 were 115 and 116 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. We conclude that the above mentioned environmental conditions with moisture are favourable for the formation of fog and mist in the rural sampling site at KNUE.

Additionally, we found at least 10 days of acid fog at KNUE in September 1994 alone. Measured pH values in the acid fog water were in the range of 4.36~5.01 with the mean value of 4.51. Our observations suggested that strikingly acid fog do occur occasionally even in the rural environment.

Key words : Fog, Mist, Visibility impairment, Rural anthropogenic pollutants, Condensation nuclei, Acid fog

* 제 2 회 한 · 중 대기환경 국제공동 세미나 발표 (서울, 1995. 6. 20)

1. 서 론

안개, 박무, 연무, 황사, 스모그 등은 수평 시야거리 인 시정을 감소시키고, 항공기의 비행장애를 일으키는데 이들 시정 장애물 속에 독성의 대기오염 물질이 섞이면 건강에 해로울 뿐만 아니라 호흡기 질환의 유발과 악화를 초래할 수 있다. 시정 장애물은 대기의 혼탁도를 증가시키고, 태양복사를 차단하여 지면부근의 일사량을 감소시킨다. 특히 도시의 대기에는 먼지와 각종 대기오염 물질이 많이 떠 있고, 기후의 온난화를 초래시키는 CO₂, CH₄ 등 온실기체가 포함되어 있으며 깨끗한 농촌의 대기보다 태양복사량이 적게 투과된다.

시정 감소 현상은 흔히 자연적으로 생성된 안개나 강우, 연무 등에 의해 발생된다. 이러한 현상은 습도, 즉 수증기의 많고 적음에 크게 좌우될 뿐만 아니라 수증기 응결에 필요한 응결핵의 다스와 기온, 바람 등 대기조건에 따라 결정된다. 도시 대기에는 인위적으로 배출 및 증대된 대기오염 물질과 수증기가 풍부하게 존재하여 연무, 박무, 스모그 등의 발생이 빈번히 일어난다(최정숙과 정용승, 1993; 이성범과 정용승, 1994). 시골 대기 환경에 비해 도시에는 시정 1~6 km의 박무, 연무, 스모그 현상이 더욱 빈번히 발생한다. 그러나 상대습도 90% 이상에서 시정 1 km 이하인 안개의 발생은 도시의 규모와 지형적인 특성에 따라 차이가 있을 수 있다.

중규모 도시인 청주시와 그 주위에는 세곳의 기상대 및 시정 관측소가 있다. 청주시 중심의 북서쪽에 위치한 청주기상대를 중심으로 북동쪽에는 청원군 북일면에 위치한 공군기상대가 있고, 그 반대쪽인 남서쪽으로 청원군 강내면의 한국교원대학교에 기상관측소가 있다. 이들 세 관측소는 서로 20 km 이내에 인접해 있고, 큰 강이나 산 등의 뚜렷한 지형적 특성으로 구별되지 않으며 서로 비슷한 지형과 지세를 가지고 있다.

본 연구에서는 청주시와 인접한 주위의 시골 환경에서 안개 및 박무 발생 빈도를 조사 비교했다. 또한 서로 인접한 세 지점에서의 안개와 박무 발생에 대한 특성을 밝히고, 종관기상학적 조건에서 서로 큰 차이가 없는 좁은 지역에서 나타난 시정의 차이와 그 원인 및 산성도를 조사 하였다.

2. 연구자료

2.1 관측소 특성

그림 1은 청주와 청원군 지역의 지형도를 보여준다.

청주 지역은 금강 상류인 미호천 유역을 중심으로 그 지류와 논, 습지 등으로 구성되어 있고, 해발 70 m 이하의 저지대에 속한다. 이 지역의 기후는 기온의 연교차가 비교적 큰 대륙성 기후의 특성을 나타내며 연 강수량은 1216.0 mm 정도이다(기상청, 1991).

청주시에는 무심천이 남동쪽에서 북서로 흐르면서 시내 중심부 지역의 수증기 공급원 역할을 하며, 청주기상대(Station 2; City)는 청주시내의 서쪽 외곽에 있다. 청주기상대 주변은 청주공단이 위치하여 공장과 도로가 많고, 세 관측소 중 수증기 공급원이 가장 적으며 대기오염이 많은 지역이다. 청주공군기상대(Station 1; AFB)는 청원군 북일면에 위치하여 청주시로부터 북북동쪽 8 km 떨어져 있고, 북쪽 2 km 부근에 미호천이 흐른다. 그러나 관측소 근처는 활주로와 야산으로 지면의 습기가 차단되어 있다. 청원군 강내면에 위치한 한국교원대의 관측소(Station 3; KNUE)는 청주시로부터 서남서쪽 12 km 떨어져 있고, 1.5 km 서쪽으로는 금강의 상류인 미호천의 본류가 흐르며 그 주변에는 미호 평야의 여러 작은 도랑과 논 등으로 세 관측소 중 가장 풍부한 수증기 공급원을 갖고 있다.

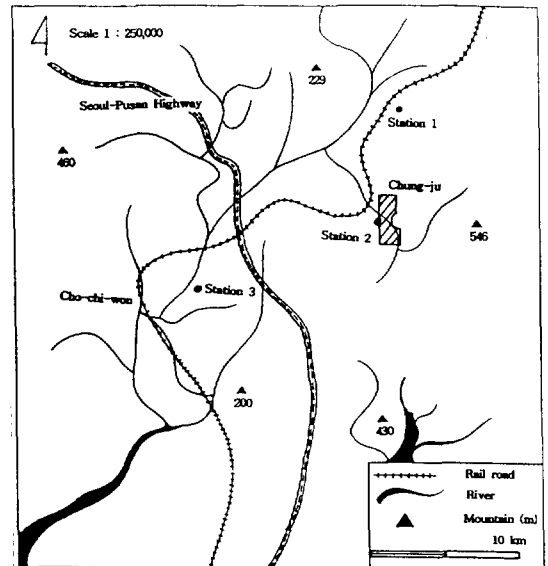


Fig. 1. Location of three meteorological stations in Chong-ju and Chong-won (1: AFB, 2: City, 3: KNUE).

2.2 관측 자료

기상관측소의 시정 관측은 대개 목측(目測)으로 수

행된다. 각 관측소마다 시정거리 척도를 정하여 시정도표를 만들어서 경험이 많은 관측자에 의해 시정이 측정된다. 그러나 관측소마다 시간별 관측 빈도와 목적이 다르고, 관측자의 주관적인 판단에 크게 좌우됨으로서 목적에 의한 시정 관측에는 오차가 있을 수 있다.

공군기상대에서는 1시간 간격으로 시정을 관측하고 있으며 5 km 이하에서는 특별관측을 통해 시정이 바뀔 때마다 관측한다. 또한 시정 관측은 비행목적과 직접적으로 관계됨으로 3 km 이하에서는 시정관측장비 (ASWS 100, AMOS 등)를 이용하여 관측하고 있다.

반면, 청주기상대에서는 3시간 간격으로 시정을 관측하고 있으며 시정도표를 사용하여 관측의 정확성을 유지하고 있다.

한국교원대학교에서는 1991년 이래 09 LST 시정에 역점을 두어 매일 관측하였다. 정확한 시정 관측을 위해 경험이 많은 공군기상대와 청주기상대 관측자의 도움으로 시정도표를 만들었고, 관측자는 그들의 교육을 통해 시정 관측의 정확성을 도모하였다.

세 관측소의 시정자료는 관측소 마다의 관측자에 의한 오차를 고려할 수 있으나 1 km 이하의 안개에 대한 시정은 거리가 짧기 때문에 오차가 적다고 볼 수 있다. 이 연구에서 시정은 09시의 관측 자료를 이용했고, 강수현상이 있을 때는 통계에서 제외했다.

3. 결과 및 고찰

김성삼과 이내영 (1970)은 안개 기후 구분에서 한반

도의 안개 발생 빈도는 지역적인 특성에 크게 좌우되어 복잡한 양상을 보이지만, 영동지방과 청주 등 중부내륙 지방은 연중 안개 발생이 적은 지역이라고 했다. 그러나 경부고속도로상의 안개 발생에 관한 연구에서는 수원-대전구역에서 안개가 많이 발생하였고, 특히 청주에서는 연 50일로 경부고속도로상에서 가장 많이 발생했다고 보고 했다 (민경덕, 1976). 이성범과 정용승 (1994)은 청주지역의 최근 4년간 안개 발생 경향에서 청주시가 30일이고, 그 근교인 청원군 북일면에서 연 60일의 안개가 발생하였음을 밝혔으며, 같은 지역인 청주와 청원간의 안개 발생 일수가 크게 차이나는 이유를 지형적인 영향과 관측소 (청주공군기상대-청주기상대)의 시정관측에 대한 주관적인 차이에 큰 원인이 있다고 했다. 그러나 시정 관측이 관측자의 주관적인 목적에 의하여 이루어지고 있어서 먼 시정거리에 대한 자료의 객관성에는 논쟁의 여지가 있지만, 1 km 이하의 짧은 거리에서는 측정의 오차가 비교적 적다.

3.1 안개 발생 (시정 1 km 이하)

표 1은 세 관측소에서 4년간 측정된 09시 시정 중 1 km 이하의 안개 발생 빈도 (일수)이다. 관측소의 관측 시간과 시차가 각기 다르므로 이 연구에서는 1일 동안의 최단시정을 선정하지 않고, 객관성을 유지하기 위하여 09시 시정만을 택했다.

북일면과 청주시의 09시 최단 시정이 1 km 이하인 날은 연 평균 17~19일이고, 강내면에서는 약 77일이었다. 북일면과 청주시는 시골과 도시로 구별됨에도 불구하고

Table 1. Number of foggy (VSBY ≤ 1 km) days observed in Chongju and Chongwon (1991~1994).

Month Visibility	Station													Sum (mean)	Year
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
	Khangnae (KNUE)	6	0	4	8	2	8	2	4	9	6	10	7	66	1991
		12	1	6	4	2	5	2	2	7	13	10	9	73	1992
		2	4	5	1	3	5	1	7	13	11	10	7	69	1993
		9	6	5	6	6	5	6	5	13	14	13	11	99	1994
	7.3	2.8	4.0	4.8	3.3	5.8	2.8	4.5	10.5	11.0	10.8	8.5	76.8	Mean	
≤ 1 km	Bookil (Air Force)	1	0	1	0	0	0	1	1	0	3	2	1	10	1991
		0	1	1	0	0	0	0	0	1	8	5	6	22	1992
		0	0	3	0	1	1	0	3	5	2	6	0	21	1993
		0	1	1	0	0	0	0	1	2	5	2	1	13	1994
	0.3	0.5	1.5	0.0	0.3	0.3	0.3	1.3	2.0	4.5	3.8	2.0	16.5	Mean	
	Chongju (City)	2	0	0	0	0	0	0	0	3	2	4	1	12	1991
		1	0	1	0	0	2	0	2	5	8	5	5	29	1992
		0	0	2	0	2	0	0	5	3	1	6	2	21	1993
		1	1	1	1	0	0	1	1	2	3	1	0	12	1994
	1.0	0.3	1.0	0.3	0.5	0.5	0.3	2.0	3.3	3.5	4.0	2.0	18.7	Mean	

하고 09시 안개 일수가 서로 비슷했고, 북일면과 강내면은 같은 시골지역이면서 안개 일수가 4.5배 이상 큰 차이가 나타난다. 4년간 발생된 월별 안개 발생 총 일수를 분석하면 그 변화 경향은 서로 비슷하며 북일면과 청주시의 안개 발생 빈도수가 적고, 강내면에서 항상 많다. 세 지역 모두 가을과 초겨울(9~12월)에 안개가 가장 많았다.

이성범과 정용승(1994)은 청주시와 북일면의 최단 시정 비교에서 각각 연 평균 30, 60일로 두 배 차이남을 밝혔고, 최단 시정은 주로 5~7시에 나타나며 이들 지역의 안개는 대부분 복사무라고 했다. 그러나 09시 정시 관측에 의한 시정 비교에서는 청주시와 북일면의 안개 일수가 비슷하게 나타났다. 이것은 청주시의 안개 지속 시간이 길어서 09시까지 안개가 유지된 경우가 많은 반면, 북일면의 안개는 일출 후 일사에 의해 09시 이전에 소산하여 09시에는 두 지역의 1 km 이하 시정 일수가 비슷 했음을 말한다. 즉 두 지역에서 안개의 생성과 소멸의 원인과 시간에 차이가 있음을 시사한다.

청주와 청원 지역의 지형에서 Station 1, 2, 3 중 강내면 (Station 3)이 주변 하천에 의한 수증기 공급 가능성이 가장 크고, 청주시 기상대와 북일면 공군기상대 주변 2 km 이내에는 도로나 공장, 활주로 등으로 인해 수증기 공급원이 비교적 적다. 청주시와 북일면은 인접한 지역으로 윤광과 바람, 기압배치 등 종관적인 기상 상태가 서로 비슷하다고 볼 수 있다. 그러나 청주기상대는 청주공단내에 위치하여 공장으로부터의 오염물질이 비교적 시골지역인 공군기상대 보다 많다. 그림 3은 청주공단(향정동)과 시골지역인 강내면의 대기오염물질의 측정치이다.

시정감소와 관련이 있는 분진(TSP), 오존(O₃) 및 이산화황(SO₂)에 대해서(최정숙과 정용승, 1993) 청주시내의 환경부 측정소 자료와 청원군 강내면(KNUE)에서 1993년 11, 12월에 측정된 자료를 분석하였다. 세 항목에 대한 두 지역의 오염도는 큰 차이가 없었으나 O₃, SO₂ 농도는 청주시내에서 약간 높았고, TSP는 강내의 시골지역에서 115~116 µg/m³으로서 훨씬 많았다. 그리고, 질소산화물(NO_x)도 누런 연무를 발생시키는 등 시정에 영향을 주지만, 자료 부족으로 비교할 수 없었다.

청주공단지역과 강내면 시골지역의 대기중 부유입자인 TSP는 발생원인과 크기가 서로 다르다. 공단지역에서는 2차 생성 입자인 미세입자(1 µm 이하)가 많고, 시골지역에서는 토양입자 등 자연적으로 발생한 입자인 큰 입자(10 µm)가 주로 나타난다(박홍재 등, 1993).

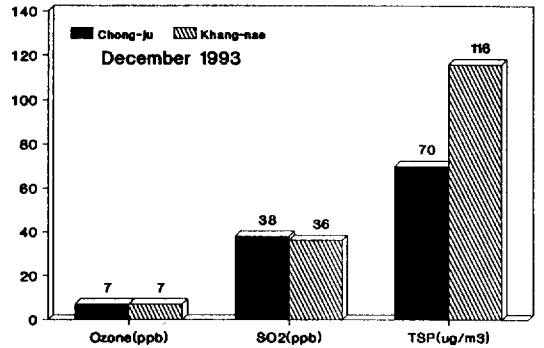
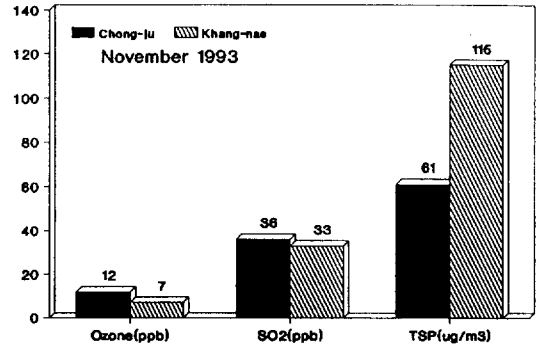


Fig. 2. Monthly mean values of O₃, SO₂ and TSP in Chongju and Khangnae during November and December 1993.

0.1~10 µm의 작은 입자(2 µm 이하)들이 시정 감소에 중요한 역할을 하며 특히 0.1 µm 이하의 미세입자는 스모그 형성에 크게 기여한다(Meetham, 1964). 그리고 이들 큰입자들은 응결핵으로 작용할 수 있고, 강수와 안개의 생성을 쉽게 한다(Fleagle, 1980). 강내면 지역(KNUE)의 TSP 농도는 청주시보다 훨씬 높고, 주로 토양입자 등에 의한 큰입자로서 안개의 응결핵으로 작용할 수 있다. 흡습성이 강한 큰 입자들은 쉽게 대기중의 수증기와 응결하여 안개로 성장하지만 무거워진 안개 입자들은 습윤침적과 태양고도의 상승에 따라 수증기 증발로 쉽게 소산되거나 공기중에 남게 된다. 그러나 청주시내에서는 TSP 농도가 강내면 보다 적지만, 미세한 입자들이 많이 포함되어 있어서 안개 보다는 연무와 스모그 형성에 더 기여되는 것으로 사료된다. 실제로 청주시내가 강내면 보다 O₃와 SO₂ 농도가 다소 높았다.

즉 북일면 안개는 주로 복사무이며 일출과 함께 빠르게 소산함으로 최단 시정이 5~7시에 나타난다. 반면 청주시의 안개는 지속시간이 시골지역(북일면)보다 길

다. 이것은 청주기상대가 청주공단내에 있어서 자연적인 복사무와 함께 대기중의 오염 물질이 결합한 스모그가 합쳐진 때문이다. 그러므로 청주시의 안개는 일출후 복사무가 소산 되더라도 스모그가 오래 지속되어 시정장애의 지속시간이 길어진 것이다. 즉 청주시의 최단 시정으로 분류된 안개의 발생 빈도는 북일면 보다 절반이지만 (이성범과 정용승, 1994), 09시까지 지속된 안개는 북일면 (AFB) 보다도 오히려 발생 빈도수가 많다.

3.2 저시정 발생 (시정 6 km 이하)

표 2는 강수일을 제외한 09시 시정이 저시정 (≤ 6 km: 박무)인 경우로서 여기에는 1 km 이하의 안개 일수도 포함하였다. 그리고 저시정 일수의 관측소별 차이는 매우 중요하여 그림 3에 다시 표시하였다. 저시정 일수의 월별 변화 경향은 세 지역모두 뚜렷한 특징이 없이 전년을 통해 비슷하게 발생하지만 2월과 5월, 7, 8월에 비교적 발생 빈도가 적었다. 발생 빈도수는 뚜렷하게 차이가 나타나서 강내면 (KNUE)에서 연 235일로서 가장 많고, 북일면 (AFB)도 청주시의 두 배가 된다.

2, 5월과 7, 8월에 09시 아침 시정이 대체로 좋았던 이유는 다음과 같이 해석할 수 있다. 일년 중 맑고 바람이 적은 봄의 일교차는 크고, 이른 아침 최저기온이 급강한다. 2월과 5월은 매우 건조한 시기이므로 안개 발생이 드물고, 같은 봄철인 3, 4월은 야간 복사에 의한 냉각이 심하고 기온의 일교차가 커서 복사무 가능성이 많아서 2, 5월 보다 저시정 일수가 많았다고 볼 수 있다. 한편 7, 8월은 장마기로서 강수에 의한 시정 감소는 제

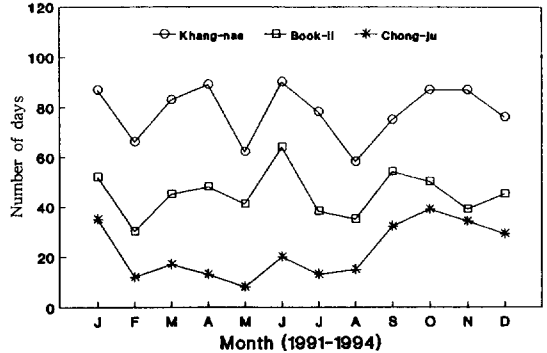


Fig. 3. Monthly frequency of misty (VSBY ≤ 6 km) days in Chongju and Chongwon.

외했기 때문에 시정이 좋았던 것으로 분석되었다.

3.3 안개와 종관적 기상 상태

안개 발생시 종관적인 기상 상태를 조사하기 위해 09시 (00 UTC) 지상일기도를 분석했다. 연구기간 동안 조사된 강내면과 북일면의 두 관측소에서 모두 1 km 이하의 안개가 발생한 사례는 40회이며 강내면에만 안개가 있었던 경우는 15회이다 (표 3). 지상일기도에서 그림 4와 같이 한반도 주변을 중국내륙 (Type I), 중국 동부와 황해 및 남해상 (Type II), 한반도 내륙 및 동해상 (Type III)의 세 영역으로 구분하고, 그 각각을 네 가지 유형 (A, B, C, D)으로 구별하였다.

청원지역에 안개가 발생했을 때 고기압 중심의 위치를

Table 2. The number of misty (VSBY ≤ 6 km) days observed in Chong-ju and Chong-won (1991 ~ 1993).

Month Visibility	Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sum (Mean)	Year
		≤ 6 km													
	Khang-nae (KNUE)	22	18	21	20	11	25	19	13	16	21	26	20	232	1991
		24	13	24	22	15	21	23	11	16	20	19	15	223	1992
		20	19	19	24	20	24	14	19	22	25	17	20	243	1993
		21	16	19	23	16	20	22	15	21	21	25	21	240	1994
		21.8	16.5	20.8	22.3	15.5	22.5	19.5	14.5	18.8	21.8	21.8	19.0	234.5	Mean
	Book-il (Air Force)	12	3	10	7	7	16	10	9	14	8	12	8	116	1991
		19	11	15	11	10	14	13	10	11	14	10	11	149	1992
		12	8	15	19	14	20	5	11	15	11	8	12	150	1993
		9	8	5	11	10	14	10	5	14	17	9	14	126	1994
		13.0	7.5	11.3	12.0	10.3	16.0	9.5	8.8	13.5	12.5	9.8	4.8	135.3	Mean
	Chong-ju (City)	16	5	4	4	2	4	2	0	10	10	14	10	81	1991
		9	1	5	5	4	4	7	3	9	15	9	8	79	1992
		2	2	4	0	0	8	1	9	7	6	7	5	51	1993
		8	4	4	4	2	4	3	3	6	8	4	6	56	1994
		8.8	3.0	4.3	3.3	2.0	5.0	3.3	3.8	8.0	9.8	8.5	7.3	66.8	Mean

Table 3. The occurrence of foggy (VSBY ≤ 1 km) days and an associated surface anticyclone classified according the location of a centre.

Type Case	TYPE I					TYPE II					TYPE III					In other case	Total
	1A	1B	1C	1D	SUM	2A	2B	2C	2D	SUM	3A	3B	3C	3D	SUM		
Case A	1	1			2	3	17	4	3	27	2	2	2	2	8	3	40
Case B						3	1			4	2	4	1	2	9	2	15

Case A is both for Khangnae and Bookil
Case B is for Khangnae only

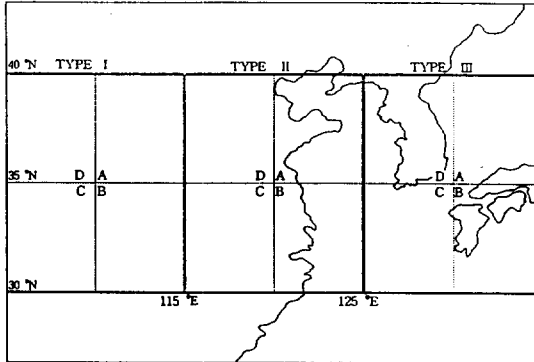


Fig. 4. The classification of types according to the location of high pressure centres.

그림 4에 따라 각 유형별로 분류하였다(표 3).

양 관측소에 짙은 안개가 낀 날은 대부분 Type II로서 황해의 남서 해상에 위치한 이동성 고기압 중심이 위치할 때이다(68%). 남서해상에 위치한 고기압은 서풍 계열의 습윤한 기류를 유입시키고, 야간에 청명한 날씨를 유발하여 복사안개를 발생함으로써 강내와 북일면에 안개를 생성하였다.

강내면에는 짙은 안개가 끼었지만 북일면에는 6 km 이상의 좋은 시정을 보였던 경우는 대부분 Type III로서 고기압 중심이 한반도 내륙이나 동해상에 위치할 때였다(60%). 이때에도 약한 남서 기류가 유입되지만 고기압 가장자리에서 높은 구름이 다소 있고, 야간 복사냉각도 약하며 한반도 동쪽에는 건조한 동풍기류가 유입한다. 이러한 종관 상태에서는 수증기 공급원이 많은 강내면 지역에는 안개를 발생시켰지만, 북일면에는 좋은 시정을 보였다.

북일면에 안개가 낀날 강내면에서 6 km 이상의 좋은 시정을 보였던 경우는 없었다. 즉 북일면에 안개가 발생할 때에는 반드시 강내면에도 안개가 발생하였다.

4. 안개의 산성도

이슬, 안개, 서리의 연간 발생 빈도수는 강수 발생 일수보다 1.5배 이상 많다. 대기중 산성화 전조물 및 산성물질을 제거(scavenging)하는 역할은 주로 강수가 하지만 강수가 없을 때 안개가 그 역할을 하는데 안개가 자주 발생하는 지역은 생태계에 산성화 피해를 줄 수 있다(정용승과 김태균, 1992). 1994년 9월, 강내면에서는 야간 복사에 의한 안개가 12회 발생하였다. 그 중 10차례에 걸쳐 공기를 흡입하여 냉각 및 응결시키는 채습기로 안개를 채취하여 수소 이온 농도(pH)를 측정하였다. 안개는 대개 20분간 채집하였으며 그 양은 습도와 채집 시간에 좌우되므로 가중평균의 계산이 어렵다.

9월 안개의 평균 pH는 4.51(S.D.=1.38, n=10)로서 강한 산성도를 나타냈다(표 4). 강내면 지역의 안개에 대한 산성도의 선행연구에서는 9월의 평균 pH가 6.82였다. 한편, 청원의 공공기상대에서 관측된 1990~1994년 9월 강수량은 각각 199.3, 170.7, 127.3, 112.0, 53.6 mm이다. 즉 1994년 여름은 장마가 없었으며 강수일수가 매우 적어서 예년 강수량의 1/3에도 못 미쳤고, 맑은 날이 많았다. 이런 이유로 1994년 여름의 안개에 대한 강한 산성도는 예상되지만 선행연구에 비해

Table 4. The visibility and pH of fog water at Station 3 (KNUE) in September 1994.

Date	pH	Visibility (km)
01	4.41	0.1
02	4.36	1.0
03	4.72	0.1
04	4.38	1.0
07	4.64	0.1
08	5.01	0.1
09	4.53	0.1
13	4.38	0.5
26	4.59	0.1
27	4.42	1.0
Mean	4.51	

여 훨씬 높은 산성도가 나타난 것은 대기오염의 증가와 관계가 있으므로 더 자세하게 연구되어야 하겠다.

5. 결 론

20 km 이내에 인접한 지역에서 뚜렷한 지형적 특색의 차이가 없는데도 불구하고 세 관측소의 안개 발생 빈도가 크게 달랐음이 확인 되었다. 이것은 주변의 작은 하천과 논, 습지 등에 의한 수증기 공급 차이와 도로, 공장 등 인위적인 건물 및 대기 오염도 차이 때문에 나타난 것이다. 즉 1 km 이하의 안개 발생은 매우 국지적인 현상이다.

청주시의 안개 발생은 북일면(공군)과 강내면(교원대)에 비하여 그 빈도수가 작지만(1/2~1/3) 지속시간이 길어서 09시만의 안개 비교에서는 시골인 북일면의 안개 빈도수 보다 많았다. 그 이유는 시골지역과 청주시내의 대기오염도 비교에서 청주시가 O₃와 SO₂의 오염물질이 다소 많았고, TSP 농도는 시골지역에서 훨씬 높았다. 즉 청주시의 아침 안개는 순수한 복사무와 오염물질에 의한 스모그가 합쳐진 것으로 볼 수 있어서 일출 후 복사무는 소산되어도 스모그의 영향으로 지속시간이 길어진 것이다. 반면 강내면의 안개는 토양입자 등 크고 흡습성이 좋은 많은 입자와 풍부한 수증기 공급에 의해 순수한 복사무 형태로서 빠른 습윤침적과 일출과 함께 일사에 의한 소산으로 09시 이전에 대부분 소멸되었다.

시골지역인 청원군 강내면과 북일면의 안개 발생 빈도의 비교에서는 강내면이 훨씬 많았는데, 이것은 강내면의 주변 수증기 공급원이 많고, 청원군 공군기상대 근처에는 넓은 활주로(10 km²)에 있어서 안개 소산시간이 빠르기 때문이다.

안개 발생시 종관적인 기상상태는 09시 지상일기도에서 고기압 중심이 남서해상에 위치할 때 강내면과 북일면 모두 안개가 발생하였다(68%). 반면, 고기압 중심이 한반도나 동해상으로 이동했을 때 강내면에 안개가 생성 되었지만, 북일면에는 안개가 발생하지 않았다(60%). 이는 강내면 지역이 북일면보다 수증기와 토양입자, 대기오염 물질 등 응결핵이 풍부하여 같은 종관적 기상 상태에서도 북일면의 안개 발생이 쉬웠음을 시사한다.

비교적 맑고, 복사무가 많았던 1994년 9월 안개에 대한 산성도 조사 결과, 강내면 안개의 산성도는 4.51로 분석 되었다. 이것은 청원군이 안개 다발지역이면서 비교적 청정 지역으로 알려져 있지만 이 지역의 안개가 호흡기 질환은 물론 생태계에 심각한 피해를 줄 수 있는 산성 안개가 자주 발생됨이 확인되었다. 산성 안개에 대한 연구는 더 자세히 이루어져야 하겠다.

감사의 글

본 연구(K-CCAR-RP-945)를 위해 지난 5년간 시정을 관측하고 협력을 준 김태군, 이근준, 최정숙씨에게 감사하며, 교육부(기초과학연구소 학술연구조성사업) 및 한국과학재단(핵심 951-0401-004-02)의 지원에 경의를 표시합니다.

참 고 문 헌

기상청(1991) 한국기후표, II권.
 김성삼, 이내영(1970) 한국 안개 기후구 설정에 관하여. 한국기상학회지, 6, 1-15.
 민경덕(1976) 경부 고속도로상의 안개 구역에서의 안개 발생에 관한 연구. 한국기상학회지, 7, 13-24.
 박홍재, 이성옥, 박원우(1993)공단지역에서 대기중 총부유분진의 입자 크기 분포와 화학적 성분에 관한 분석과 연구. 한국환경과학회지, 2, 201-206.
 이성범, 정용승(1994) 청주 지방의 시정 변화에 관한 연구. 한국환경과학회지, 3, 209-216.
 정용승, 김태군(1992) 충북 청원군의 안개, 이슬, 서리의 산성도 연구. 한국대기보전학회지, 8, 45-51.
 최정숙, 정용승(1993) 서울의 대기오염과 시정감소. 한국대기보전학회지, 9-1, 51-60.
 Fleagle R.G.(1980) Atmospheric Physics, Academic Press, London, 96-106.
 Meetham A.R.(1964) Atmospheric Pollution, Pergamon Press, Oxford, Chapter 5, its origin and prevention.