

## 춘천지방에서 발생한 안개 특성 분석

백 승 주 · 이 귀 옥 · 임 현 호 · 이 화 운  
부산대학교 대기과학과  
(2006년 4월 25일 접수; 2007년 2월 3일 채택)

### Climatological Analysis of Fog Occurrence at Chuncheon

Seung-Joo Baek, Kwi-Ok Lee, Heon-Ho Leem and Hwa-Woon Lee

Department of Atmospheric sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Manuscript received 25 April, 2006; accepted 3 February, 2007)

In this study, meteorological characteristics concerning the occurrence of fog are analyzed using 4-years (2000-2003) data at Chuncheon. From the analysis of meteorological characteristics, the fog at Chuncheon occurred before sunrise time and disappeared after that time and lasted for 2-4 hours. When fog occurred, on the whole, wind direction was blew the northerly and wind speed was below 2.1 m/s. Especially, about 42 % of foggy day fell on the calm(0~0.2 m/s) conditions. The difference between air temperature and dew point temperature near the surface were mainly less than 2 °C. For the lack of water surface temperature, the water surface temperature was calculated by using Water Quality River Reservoir System (WQRRS). In Chuncheon, there is close correlation between the frequency of fog day and outflow from Soyang reservoir and high frequency of occurrence due to the difference between air and cold outlet water temperature.

Key Words : Fog, Chuncheon, Dew point temperature, WQRRS, Outlet water temperature

#### 1. 서 론

안개는 지면이나 해면에 접한 기층에서 여러 가지 물리과정에 의해 수증기가 응결하여 무수한 수적이 공기 중에 부유함으로 인해 수평시정 1 km미만의 시정장애현상으로 정의한다. 이러한 안개의 발생은 지표면의 열적 특성 및 역학적 특성에 의해 크게 영향을 받으므로 지역적 환경 및 조건에 크게 좌우된다<sup>1)</sup>. 따라서 인공구조물에 의한 지표면 및 지형의 인위적인 변화에 따른 환경변화를 연구한 부분에서 이러한 안개가 많이 거론되었다.

특히, 댐 건설에 따른 대규모의 인공호수에 의한 풍부한 수증기의 공급원의 발생으로 인해 주변지역에의 기상과 기후에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이와 허<sup>2)</sup>는 주암댐과 충주댐을 대상으로 댐건설 후 가장 뚜렷한 기후변화는 안개의 증가이며 동

절기에는 증발무, 하절기에는 수면에서의 기온 역전이 원인이 되어 충주지방의 안개가 증가되었음을 밝힌 바 있으며, 오 등<sup>3)</sup>은 안동댐 건설을 전후한 기상요소의 변화를 분석, 안개일수가 뚜렷이 증가하고 일조시수가 다소 감소함을 밝혔다. 또한 홍<sup>4)</sup>은 안동호의 영향으로 인해 안동지방은 안개 발생이 약 1시간 이상 빨라짐과 이에 따라 지속시간도 1시간 이상 길어졌음을 나타내었다. 이 외에도 댐 등으로 인해 인공적으로 형성된 호수가 주변지역에 수분공급원, 열원, 냉원으로 작용하여 그 지역의 국지기후변화를 초래한다는 연구는 이 등<sup>5)</sup>에 의해 활발히 진행되었다.

따라서, 본 연구는 우리나라 내륙에 위치하며 인근 소양호, 춘천호, 의암호 등의 댐 건설에 의한 인공호수와 소양강, 북한강에 의한 풍부한 수증기 공급원을 가지고 있어 타 지역과는 달리 독특한 안개의 특성을 가질 것으로 사료되는 대표적 분지지역인 춘천지역을 그 대상으로 하여 정시기상관측 자료 및 수문자료를 이용, 안개발생에 관련한 기후학적 특성을 살펴보았다.

Corresponding Author : Hwa-Woon Lee, Department of Atmospheric sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea  
Phone: +82-51-510-2291  
E-mail: hwlee@pusan.ac.kr

2. 자료 및 연구방법

본 연구에서 사용된 관측 자료는 2000년 1월 1일부터 2003년 12월 31일까지 4년 동안의 춘천기상대 (강원도 춘천시 우두동 2구 406-1 위도: 37° 53' 59", 경도: 127° 44' 16")에서 관측한 정시기상관측 자료와 소양강댐 수문자료를 사용하였다.

먼저, 춘천기상대에서 관측한 정시기상관측자료는 시간별 기온, 노점온도, 상대습도, 풍향·풍속, 일사량 및 일조시간, 강수량 등으로 구성되어 있으며 이를 토대로 안개 발생시 기상 요소별 기후학적 특성을 분석하였다. 또한 정시기상관측자료 마지막에 위치해 매일의 천기상태에 변화가 있을 시에 육안으로 관측하여 기록된 기사를 통해 안개 발생일과 발생한 안개의 발생시각 및 소멸시각, 그리고 지속시간을 산출하여 그 특성을 살펴보았다. 즉, 안개 발생일은 비 강수일 및 비 강설일인 가운데 수평시정이 1,000 m 미만인 날로, 수평시정이 1,000 m미만이 되기 시작한 시간을 안개 발생시각, 그리고 수평시정이 1,000 m이상 회복된 시간을 안개 소멸시각으로 정의하였다. 예를 들어 안개가 05시 48분(LST)에 발생하여 10시 38분(LST)에 소멸되었을 경우 안개 발생시각은 5시, 그리고 안개 소멸시각은 11시로 정의하였다. 또한 같은 발생일에 대해 안개가 소멸한 후 30분 이상이 지난 후 다시 안개가 발생한 것을 별개로 구분하여 분석하였다.

마지막으로 2000년 1월 1일부터 2003년 12월 31일까지 4년 동안의 소양강댐 수문자료를 이용하여 댐의 유입량 및 방출량과 안개의 발생과의 관계를 살펴보았다. 또한 미육군 공병단의 HEC(Hydrologic Engineering Center)에서 호수면의 열수지, 유입수와 유출수에 의한 수위변동 및 열의 이류 등을 자세하게 고려하여 수온을 계산하고 이를 토대로 호수 생태계 모형으로 널리 이용되고 있는 WQRRS (Water Quality for River and Reservoir Systems)을 이용하여 방류수온을 계산하였는데, WQRRS는 Reservoir module, Stream Hydraulic module, Stream Quality module의 세 부분으로 구성되어 있다. 이 모형은 수표면의 열수지, 유입수와 유출수에 의한 수위 변동 및 열의 이류 등을 비교적 자세하게 고려하여 수온을 계산하며 이를 이용하여 호수 생태계의 여러 요소를 계산하도록 되어있다<sup>6)</sup>. 본 연구에서는 WQRRS 모형 중 호수에 대한 부분인 Reservoir module을 이용하여 소양호의 수표면 온도를 예측하였다. Reservoir module은 저수지나 호수를 Fig. 1과 같이 연속 일차원 수평판으로 표현하는데, 온도, 물질, 미생물 등의 분포가 수직적으로만 다르고 수평적으로는 균일한 것으로 가정하는 연직

1차원 모형이다. 이러한 가정은 호수의 규모가 크지 않은 경우와 물이 호수에 오랫동안 체재하는 긴 호수의 경우에 잘 성립한다. 각 수평판과 부피층으로 분류된 element는 두께, 면적, 부피로 구분된다. 이러한 각 element 내에서 물은 완전히 혼합되는 것으로 가정하며 열과 질량의 내부 수송은 연직 방향으로만 일어나며, 이것은 연직 이류와 확산에 의해서 발생하는 것으로 취급한다.

저수지 모형에서 고려된 열의 내부 source와 sink는 공기-수면 사이의 열교환이며, 수온 계산을 위한 수표면에서의 에너지 평형 방정식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$R_n = (I - A) + L_a - L_u = H + L_v E + Q_s \quad (1)$$

여기에서  $R_n$ 은 순복사,  $A$ 는 수표면의 알베도,  $I$ 는 일사량,  $L_a$ 는 대기로부터 수면을 향하는 장파복사 플럭스,  $L_u$ 는 수면에서 대기로 향하는 장파복사 플럭스,  $H$ 는 수면상에서의 현열 플럭스,  $L_v$ 는 증발 잠열,  $E$ 는 증발량,  $Q_s$ 는 수면에서 수중으로 전달되는 열 플럭스이다. 여기서  $Q_s$ 를 계산하는 방법으로 WQRRS에서는 Heat Budget Method와 Equilibrium Temperature Method의 두 가지 방법이 이용된다.

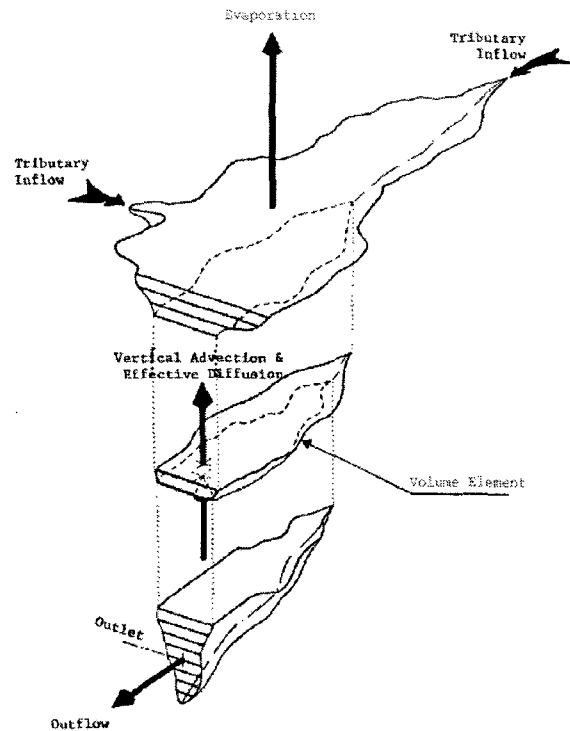


Fig. 1. Geometric representation of a stratified reservoir and mass transport mechanisms.

Heat Budget Method에서는 먼저 (1)의 각 항을 표면온도 의존항과 비의존항으로 나눈다. (1)에서 표면온도에 의존하지 않는 항은 대상지역의 위도, 운량, 기온, 습도 등을 이용하여 계산한다. 반면 표면온도에 의존하는 항들의 합은 아래와 같이 선형화하여 계산한다.

$$F = F_1 + F_2 T_s \quad (2)$$

여기서  $F = L_u + H + L_v E$ 이고,  $T_s$ 는 수면온도이며,  $F_1, F_2$ 는 각각 아래와 같이 정의된다.

$$F_1 = 0.06693 + \rho L_v (a + bu) \\ (a - e a - 6.1 \times 10^{-4} P T_a) \quad (3)$$

$$F_2 = 1.471 \times 10^{-3} + \rho L_v (a + bu) \\ (\beta + 6.1 \times 10^{-4} P) \quad (4)$$

여기서  $\rho$ 는 물의 밀도( $\text{kg/m}^3$ ),  $a$ 와  $b$ 는 증발계수,  $u$ 는 풍속( $\text{m/s}$ ),  $a, \beta$ 는 각각 수면온도에 의존하는 경험상수,  $e_a$ 는 대기 중의 수증기압( $\text{mb}$ ),  $P$ 는 기압( $\text{mb}$ ),  $T_a$ 는 기온( $^{\circ}\text{C}$ )이며  $L_v$ 는 증발잠열( $\text{kcal/kg}$ )이다. 따라서  $Q_s$ 는 아래와 같이 바꾸어 쓸 수 있다.

$$Q_s = (1 - A)I + L_d - F \quad (5)$$

Equilibrium Temperature Method에서는 순복사량을 평형온도와 표면온도의 차와 표면 열교환 계수의 곱으로 나타낸다.

$$R_n = K_e (T_e - T_s) \quad (6)$$

여기서  $K_e$ 는 표면 열교환 계수( $\text{kcal/m}^2/\text{s}/^{\circ}\text{C}$ )이며,  $T_e$ 와  $T_s$ 는 각각 평형온도와 수면온도이다.

WQRRS 모형을 실행하기 위한 입력자료는 대체로 다음 6가지로 구분할 수 있다.

① 계산의 실행 조건 : 계산시작 및 종료 연월일, 유입지류 및 방류수문의 수, 계산결과와 출력장치 및 출력형식 지정

② 호수의 형태에 관한 자료 : 호수 저면의 높이, 만수위, 수직 방향의 층 두께, 호수의 수심별 수표면

적, 초기 수면 고도

③ 초기조건 : 계산 시작시의 수심별 수온

④ 유입수 자료 : 유입수의 수량 및 수온

⑤ 기상자료 : 기온, 습구온도, 기압, 풍속, 운량

⑥ 방류수의 수량 자료

본 연구에서 실제 WQRRS 모형의 실행방법은 다음과 같다. 계산의 시작일은 2003년 1월 1일, 종료일은 익년 1월 1일로 하였으며 계산시간 간격은 24시간으로 하였다. 유입수량과 방류수량은 한국수자원공사 소양강댐 유량현황자료를 사용하였다. 2003년을 대상으로 하여 방류수온을 계산하여 대기온도와 안개발생일과 비교하여 춘천시방에서의 안개의 발생특성을 살펴보고자 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서 연구대상기간으로 선정한 2000년 1월 1일부터 2003년 12월 31일까지의 4년 동안 춘천시방에서 발생한 안개일수는 총 223일이며, 춘천시방은 연평균 55일 이상의 다무발생지역으로 나타났다. 이 가운데 비강수일을 제외한 162일의 안개발생일을 토대로 월별 안개발생 빈도와 안개 발생시각 및 소멸시각과 지속시간을 조사하였다. 또한 안개 발생시 기온 및 노점온도와 습수, 그리고 풍향·풍속의 특성을 분석하였으며 마지막으로 소양강댐의 유입 및 방출량과 안개발생과의 관계를 살펴하였다.

#### 3.1. 안개 발생일수

Table 1은 춘천시방에서의 연도별·월별 안개발생일과 4년 동안의 월평균 안개발생일을 각각 나타내었다. 먼저, 안개의 발생일을 계절별, 월별로 살펴보면, 춘천시방의 경우 가을철 및 겨울철의 안개 발생이 전체 안개 발생의 75%를 차지하여 봄철과 여름철에 비해 약 3배 정도의 발생빈도를 나타내었다. 특히, 10월이 월 평균 11일의 안개 발생빈도를 나타내어 안개 발생 최빈월로 조사되었다. 또한, 이상의 계절별, 월별 안개 발생빈도는 이후 분석될 소양강댐 방출일수와 매우 밀접한 관련성이 있음을 알 수 있다.

Table 1. Foggy days observed in Chuncheon during 4 years (2000~2003)

Year/Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
2000	1	2	1	0	3	1	3	1	2	13	5	4	36
2001	2	3	2	1	1	3	2	1	1	12	11	1	40
2002	3	0	1	1	3	0	0	2	6	5	3	5	29
2003	8	1	2	3	4	4	1	1	5	14	5	9	57
Total	14	6	6	5	11	8	6	5	14	44	24	19	162
Mean.	3.5	1.5	1.5	1.25	2.75	2	1.5	1.25	3.5	11	6	4.75	40.5

3.2. 안개 발생시각 및 소멸시각과 지속시간

월별 안개 발생 및 소멸빈도는 Table 2와 Table 3과 같이 시간대별로 그 빈도수를 나타내었고 월별 안개 지속시간은 Table 4에 나타내었다. Table 2와 Table 3의 경우 세로는 월별을 나타내었고 가로는 발생시각과 소산시각을 아래의 정의에 따라 나타내었으며, 회색으로 표기한 부분은 춘천지역에서의 일출시각을 나타내었다. Table 4에서는 지속시간을 가로축에 나타내었다.

춘천지역에서 발생한 안개는 전반적으로 봄과 가을철의 경우 6시 이전에 발생하며, 여름철의 경우 5시 이전, 그리고 겨울철의 경우에는 7시 이전에 발생하는 경향을 보여 각 계절에 따른 일출시각 이전에 발생하는 모습이었으며, 늦가을과 겨울철의 경우에는 야간에도 다소 발생하는 경향을 보였다.

발생한 안개는 봄철의 경우 일출 후 5시간 이내

그리고 여름철은 일출 후 4시간 이내에 소멸되었으며, 가을과 겨울철은 일출 후 5~7시간 이내에 소멸되는 모습을 보였다. 즉, 발생한 안개의 대부분이 일출 후 5시간 이내에 소멸되는 모습을 보이며, 특히, 늦가을과 겨울철(11월~1월)에는 소멸시각대가 비교적 넓게 분포하는 경향을 보였다.

춘천지역에서 발생한 안개의 지속시간의 경우 봄철과 여름철의 경우에는 2~4시간 이내에 밀집되는 모습을 보이며 가을철과 겨울철의 경우 지속시간이 봄철과 여름철에 비해 상대적으로 길었으며 지속시간의 분포도 다양한 경향을 나타내었다. 즉, 봄철과 여름철의 경우 4시간 미만의 지속시간을 보인 것이 전체의 74 %와 94 %로 각각 조사된 반면 가을과 겨울철에는 각각 51 %와 56 %로 나타났다. 이와 같은 안개 지속시간과 관련한 계절적 특징은 습수 분석 결과에서도 찾아볼 수 있다.

Table 2. Distribution of fog starting time (month/hour)

M \ T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1		2	2	3	1			3	2														1	1
2				1	1		2		2												1			
3		1	1			1	2	1																
4	1				1		2		1															
5				2	2	5	2																	
6				1	4	2	1																	
7				2	1	3																		
8			1	1	2	1																		
9		1	2	2	4	1	2																	1
10	1	4	7	4	9	4	13	2	1															
11	2	2		3	4	2	4	2	1										1			1		1
12	1		2	1		1	3	5	3	2													1	1

Table 3. Distribution of fog disappearance time (month/hour)

M \ T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1							1		1	2	6	1		1	2									
2									1			5	1											
3									1	3	1	1												
4									2	2	1													
5									3	3	3	2												
6							3		3	2														
7							2	1	2	1														
8						2		1	2															
9						1	2	2	2	3	2	1												
10				1	1		4	4	10	16	5	3	1											
11				1		1				6	5	4	3	1	1							1		
12					1		1	1	2	1	7	3	1	3										

Table 4. Distribution of fog continuous-time during 4 years(2000~2003)

M	T																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1		4	2			1	1	2		1	2	1												
2			1	1	1	1	1	1																
3		1	1	2	1				1															
4		3		1					1															
5		5	1	2	1	2																		
6	1	3	2	2																				
7	2	1	1	1	1																			
8		2	2	1																				
9	2	5	1	1	1		1	1	2															
10	1	10	8	8	6	3	5	3																
11		4	4	2	2	2	2	2	1	1			1	1		1								1
12	3	2	2	5	2		1	1	2		1													

3.3. 풍향 · 풍속

먼저, 춘천지역 풍계의 경우를 살펴보면 연구 대상기간 중 북북서풍계열과 남서풍계열의 1.5 m/s ~ 5.1 m/s 풍속을 가진 바람(Fig. 2-(a))이 우세한 반면, 안개가 발생하였을 경우에는 무풍 내지 북풍 및 북북서풍의 2.1 m/s 이하의 풍속을 가진 바람(Fig. 2-(b))이 우세한 것으로 나타났다.

계절별로 나누어 살펴본 풍계는 Fig. 3에 나타내었다. 봄철의 경우(Fig. 3-(a), (b)) 남남서와 남서풍의 바람이 우세하게 부는 가운데 안개가 발생하였을 때에는 북북서, 북북동풍의 바람이 그 빈도가 높았으며, 여름철의 경우(Fig. 3-(c), (d)) 4년간 전체 바람장과 비슷하였으나 안개가 발생하였을 경우에는 무풍이 61.0 %를 차지하는 가운데 북풍계열의 바람이 10.0 %로 조사되었다. 가을철의 경우는(Fig. 3-(e), (f)) 북풍의 3.1 m/s의 바람이 우세한 가운데 안개가 발생일의 경우에는 북북서풍의 2.1 m/s 이하의 바람이 우세한 것으로 분석되었고 겨울철의

경우도 Fig. 3-(g)와 (h)에 각각 나타내었다. 따라서 춘천지방에서의 전반적인 풍계는 3.0 m/s 이하의 북풍 및 1.5 m/s ~ 5.1 m/s 이하의 남서풍 계열인 것에 반해 안개가 발생하였을 때의 바람장은 안개가 발생한 오전 중의 풍계이므로 주변의 지형에 의해 산풍의 영향으로 무풍 내지는 2.1m/s 이하의 북풍이 주를 이루고 있어 이로 인해 춘천지역의 안개는 지표면 냉각에 북쪽의 풍부한 수증기 공급이 동시에 이루어져 발생한 이류무일 것으로 사료된다.

3.4. 기온 및 노점온도와 습수

앞에서 밝힌 바와 같이 춘천지역의 경우 수증기 공급 및 지표면 냉각이 안개 발생 메커니즘으로 사료되기에 이에 대한 정량적 분석으로 기온 및 노점온도와 습수를 분석하였다. 춘천지역에서 안개가 발생하였을 때에 기온을 가로축에, 습수를 세로축으로 하여 그 분포를 Fig. 4에 나타내었다.

먼저, 기온이 -12.3 °C 이상일 때 안개가 발생하였으며 안개가 발생하였을 때의 기온분포는 -10.0 °C ~ 25.0 °C로 분석되었다. 그리고 안개가 발생하였을 때의 기온과 노점온도의 차인 습수는 전반적으로 2.0 °C 이하였지만 10.0 °C 이상의 다소 큰 습수를 보인 경우도 나타났다.

계절별로 살펴본 기온과 습수 분포에서는 봄철, 여름철, 가을철의 경우(Fig. 5-(a), (b), (c))에는 기온과 노점온도의 편차가 2 °C내에 밀집하며 그 분포가 각 계절별 기온에 의해 분포하는 경향을 볼 수 있었으며 겨울철의 경우(Fig. 5-(d))에는 기온과 노점온도의 차가 약 4 °C까지 분포하는 모습을 볼 수 있었다. 즉, 춘천지역에서 발생하는 안개의 기온과 노점온도를 통해서 본 결과, 기온의 분포에 많은 상관성을 가지며, 특히 습수 분석 결과 전 계절에서

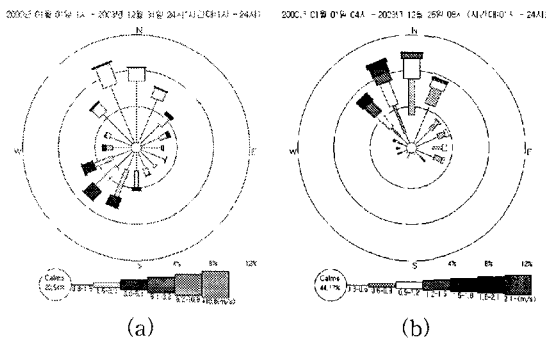


Fig. 2. Wind rose in all seasons(a) and foggy days(b) at Chuncheon station during 4 years(2000~2003).

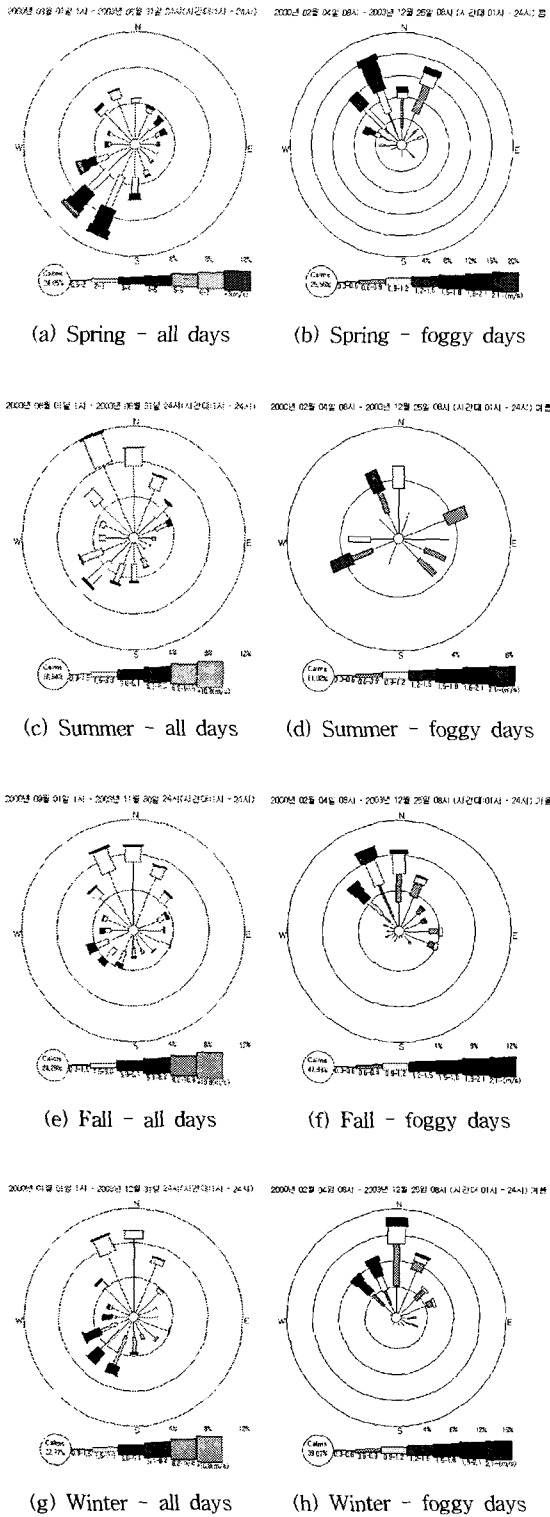


Fig. 3. Seasonal Wind rose at Chuncheon for all days versus foggy days during four years(2000~2003).

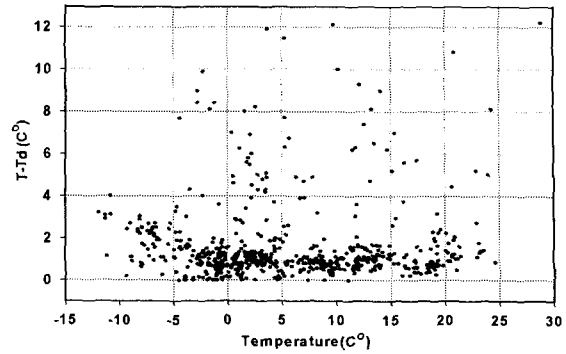


Fig. 4. Distribution of the difference between temperature and dew point temperature(y-axis) by temperature(x-axis) for foggy times during four years(2000~2003).

주로 2 °C 이내인 가운데 가을과 겨울철의 습수가 봄과 여름철의 습수에 비해 약간 더 작음을 알 수 있다. 그리고 이런 계절적 습수 특징이 안개의 계절적 지속시간에 영향을 미친 것으로 사료된다.

전체 안개의 약 42 %를 차지하는 무풍시의 경우도 그림으로는 나타내지 않았지만 안개가 발생한 전체의 경우와 유사한 기온 및 습수 분포를 나타내었다.

### 3.5. 상대습도

춘천지역에서 안개가 발생하였을 때의 상대습도를 Fig. 6에 나타내었다. 춘천지역에서 발생하는 안개의 경우 상대습도가 주로 90~95 %인 것으로 조사되었으며, 그 가운데 상대습도가 93 %가 가장 높은 빈도수를 나타내었다.

### 3.6. 춘천지방의 안개 발생특성

내륙지역에 비하여 호수 주변지역은 호수면으로부터의 증발, 현열 수송과 호수면상의 기층상태 등의 차이로 인하여 기후가 다르게 나타나며 Eichenlaub<sup>7)</sup>에 의하면 미국의 오대호와 같이 거대한 호수의 연안지역에서는 안개와 운량 외에도 강우, 강설, 호륙풍 등의 기상현상이 내륙과 현저히 다르다고 하였으며 이 등<sup>5)</sup>과 전 등<sup>8)</sup>은 우리나라의 호수는 대부분 댐 건설을 목적으로 형성된 인공 호수로서 그 규모가 작기에 강수변동이나 해륙풍 등을 통해 기후변화를 확인할 정도는 아니지만 호수가 수변 공급원과 열원 또는 냉원으로 작용하므로 주변지역의 국지적인 변화, 특히 안개의 변화를 초래한다고 하였다.

특히, 춘천지역 안개의 경우 주변의 인공호수에 의한 영향으로 인해 일반적인 기상특성뿐 아니라 주변의 소양강댐의 방류수가 그 지역만의 또 다른

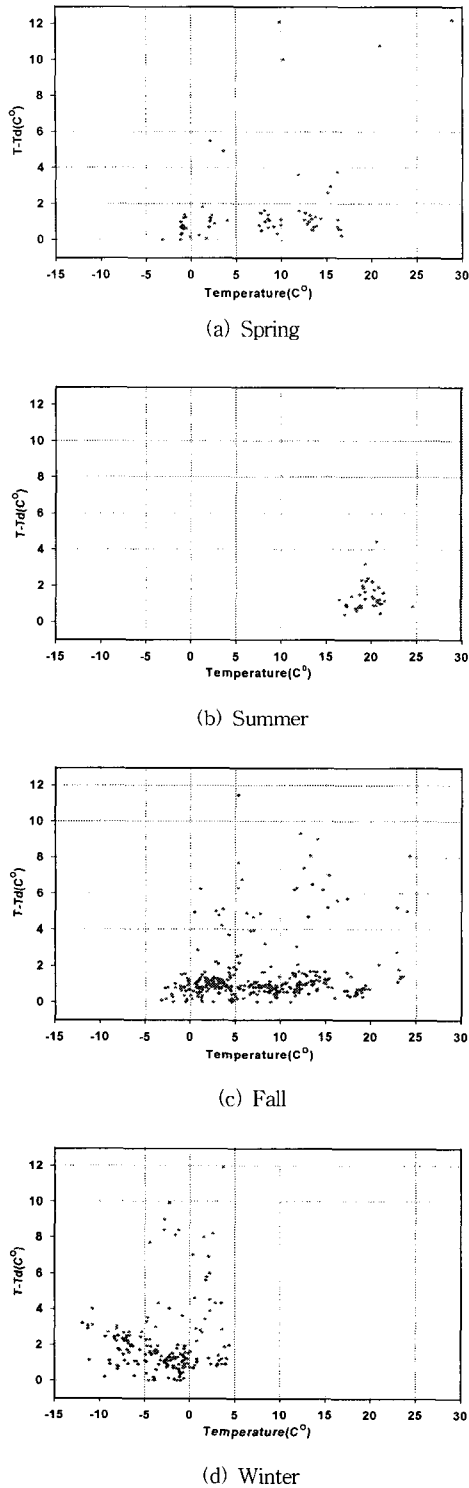


Fig. 5. Seasonal Distribution of the difference between temperature and dew point temperature by temperature for foggy times during four years(2000~2003).

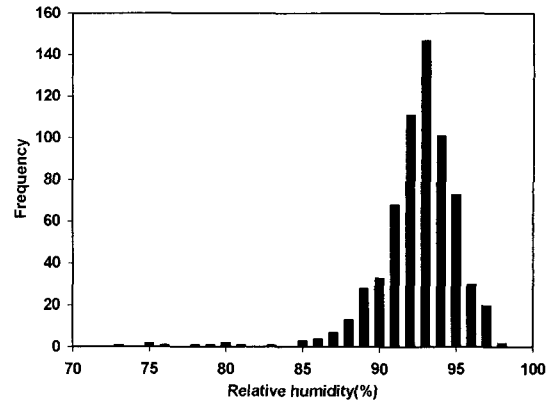


Fig. 6. Frequency of relative humidity at Chuncheon for foggy times during four years(2000~2003).

안개발생 조건의 경우라 사료되어 소양강댐의 유입, 방류량과 안개발생일과 비교하여 살펴보았다. Table 5는 연구 대상기간인 2000년 1월 1일부터 2003년 12월 31일의 4년 동안 소양강댐의 유입량 및 방류량과 그 비를 안개 발생일의 것들과 비교하였다. 소양강댐에서의 평년의 유입량과 방류량의 비는 거의 1:1에 가깝지만 안개발생일의 경우에는 유입량 대 방류량의 비가 1:1.9정도로 방류량의 비가 높았다. 또한 2003년도 57일의 안개가 있던 날의 경우에는 그 방류량이 6791.5 cms로 최대치를 나타내어 방류량이 많은 해에 안개 발생일수가 증가하였음을 알 수 있었다.

Fig. 7의 경우에는 월별 소양강댐에서의 방류량과 안개 발생일수와의 관계를 가로로는 월별, 막대그래프는 방류량, 그리고 꺾은선 그래프는 안개일수를 나타내었다. 6, 7, 8월의 여름철 적은 방류량과 적은 안개발생일수 그리고 9, 10, 11월의 가을철 방류의 최대값에 따라 안개 발생일수 또한 뚜렷이 증가한

Table 5. Inflow to and outflow from the Soyang Reservoir (unit: cms)

Total	Year	Inflow	Outflow	Ratio
366Days	2000	21676.3	29785.7	1:1.37
365Days	2001	17300	18144.1	1:1.05
365Days	2002	24810.4	22503	1:0.91
365Days	2003	39154.1	38140.8	1:0.97
Fog days	Year	Inflow	Outflow	Ratio
36Days	2000	1179.3	2828.5	1:2.40
40Days	2001	1231.2	1878.7	1:1.53
29Days	2002	1573	2213	1:1.41
57Days	2003	3183.2	6791.5	1:2.13

다는 것을 알 수 있다. 춘천지방에서 안개가 가장 많이 발생하였던 2003년을 대상으로 하여 기온과 방류수온 그리고 안개 발생일수와 관계를 Fig. 8에 나타내었다. 그림에서 점선은 기온을 나타내며 실선은 WQRRS를 이용하여 계산한 방류수온을 나타내고 막대그래프는 안개 발생일수를 나타내었다. 방류수온을 계산에 이용된 모형은 미육군 공병단의 HEC(Hydrologic Engineering Center, 1978)에서 호수면의 열수지, 유입수와 유출수에 의한 수위변동 및 열의 이류 등을 자세하게 고려하여 수온을 계산하고 이를 토대로 호수 생태계 모형으로 널리 이용되고 있는 WQRRS모형을 이용하였다. 봄, 여름을 지나 초가을까지는 기온이 방류수온보다 높은 모습을 보이다가 10월 이후부터 2월까지의 소양강댐에서의 침층수의 방류로 인해 방류수온이 대기의 온도보다 높음을 알 수 있고 안개 발생일수 또한 늦가을부터 겨울철에 많음을 볼 수 있다. 즉, 춘천지방에서 늦가을부터 겨울철에 발생하는 안개의 경우는

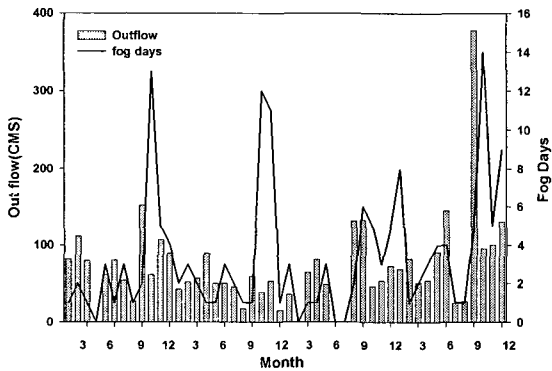


Fig. 7. Outflow from Soyang reservoir(bar) and fog occurrence days(solid line) at Chuncheon.

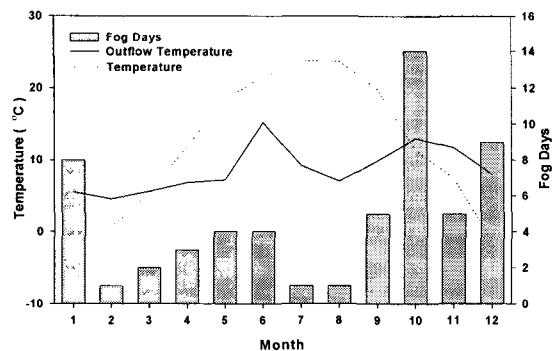


Fig. 8. Fog occurrence days at Chuncheon with the surface air temperature at Chuncheon and the temperature of outflow from Soyang reservoir in 2003.

방류수온과 대기온도의 차이에 기인하여 발생하는 증발무의 효과가 더하여져 나타남을 알 수 있다. 이로써 춘천지역에서 발생한 안개의 경우 단순히 지표면 상태 및 기상장에 의해 발생하는 일반적인 경우뿐 아니라 주변 댐에서의 방출량 및 방출수온에 의한 증발에 효과로 인해서도 발생하는 특징을 가지고 있다.

#### 4. 결 론

춘천지방에서 발생하는 안개에 대해 그 특성을 살펴보면 전 계절에 걸쳐 일출이전에 발생하여 일출과 함께 소산되는 모습을 보이며 안개가 발생하였을 때에는 북풍계열의 바람이 우세한 가운데 그 풍속이 2.1 m/s이내의 바람상태에서 발생하였고, 0~0.2 m/s 이하의 약한 풍속의 빈도가 40 % 이상 되었으며, 습도가 전 계절에 걸쳐 2 °C내외로 분석되었다. 또한 소양호에서 방류되는 수온과 대기온도는 봄철과 여름철의 경우 대기의 기온이 방류수온보다 높지만 가을과 겨울철의 경우에는 방류수온이 대기온도보다 높은 모습을 보여 가을, 겨울철에는 이류무의 안개 발생 메커니즘에 증발무의 효과가 더하여 짐을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) George J. J., 1960, Weather forecasting for Aeronautics, Academic Press, 667.
- 2) 이승호, 허인혜, 2003, 대형 댐 건설이 주변 지역의 안개 특성에 미친 영향 -주암댐과 충주댐을 사례로-, 환경영향평가학회지, 12(2), 109-120.
- 3) 오세명, 황재문, 윤태영, 정정학, 권순태, 1995, 댐 건설에 따른 안동인근의 기상변화 및 안개발생상황, 농업과학기술 연구논문집, 2, 23-35.
- 4) 홍성길, 1982, 안동댐 건설이후 안동지방의 안개 증가, 한국기상학회지, 18(2), 26-32.
- 5) 이종범, 봉종헌, 조하만, 1990, 댐 건설에 따른 국지기후의 변화 실태, 강원대학교 환경연구소 환경연구, 7(1), 75-81.
- 6) Eichenlaub V. L., 1979, Weather and climate of the Great Lakes Region, University of Nohre Dam Press, 335.
- 7) Hydrologic Engineering Center, 1978, "Water Quality for River-Reservoir Systems, WQRRS",



- US Army Corps of Engineers California. 건설 전, 후의 기상변화 분석, 한국환경과학회지, 11(3), 161-168.
- 8) 전병일, 김일곤, 이영미, 2002, 낙동강 수계 중의 댐 건설에 의한 주변의 국지기상환경 변화: I. 댐