

서울과 춘천의 장기간 시정 변화경향

Long-term Trends of Visibility in Seoul and Chunchon

이 종 범 · 김 용 국 · 백 복 행

강원대학교 환경학과

(1996년 4월 9일 접수, 1996년 8월 21일 채택)

Chong Bum Lee, Yong Goog Kim, Bok Haeng Baek

Department of Environmental Science, Kangwon National University

(Received 9 April 1996; accepted 21 August 1996)

Abstract

Using data observed from 1966 to 1994, long-term trends of visibility at 15:00 in Seoul and Chunchon were analyzed. Annual average visibility in Seoul has been decreased continuously. In particular, annual number of days for visibility more than 15 km was remarkably reduced since 1980. Also, the trend of the visibility in Chunchon was similar to that of Seoul. But the variations were small to compare with Seoul. Long-term trends of relative humidity (RH) and specific humidity (q) at 15:00 in Seoul have been slightly decreased. Cumulative frequency distributions of visibility for ranges of RH (0~50%, 50~60%, 60~70%, 70~80%, 80~90%, 90~100%) at 15:00 in Seoul and Chunchon were generally decreased during the second period (1984~1994) as compared with the first period (1973~1983), except for the range of 90 to 100% RH. Despite of decreasing phenomena of RH, characteristics of urban climates in Seoul, visibility degraded due to an increase of air pollution.

Key words : visibility, Seoul, Chunchon, air pollution

1. 서 론

서울을 비롯한 주변 도시지역에서는 60년대 이후부터 급격한 공업화와 차량의 증가로 대기질이 악화되어 왔으며 이로 인하여 시정도 악화되어 왔다. 서울지역의 시정 악화는 연무에 의한 것이라기 보다는 주로 대기오염물질의 증가로 인해 형성된 스모그에 기인한다 (최정숙과 정용승, 1993).

대기 중으로 배출된 기체상 또는 입자상 오염물질과 여러 가지 물리화학적 반응에 의하여 생성된 2차 오염물질이 수분과 반응하여 생성된 스모그는 대기 중에서 빛

을 흡수 또는 산란시켜 그 지역의 시정장애에 직접적인 영향을 준다.

우리 나라에서의 시정장애현상에 관한 연구로는 도시와 교외지역의 시정에 관한 비교연구 (이영옥과 정용승, 1994), 시정에 영향을 미치는 인자들에 관한 연구 (방소영, 1995; 국립환경연구원, 1994; 백남준 등, 1994; 홍낙기 등, 1993) 등으로 최근 들어 활발하게 진행되고 있다.

박세옥 등 (1994)은 1980년부터 1993년까지 서울의 시정자료를 분석한 결과 서울의 연평균 시정은 10~12 km의 저시정 상태가 지속되고 있으며 1990년대에 들어서는 더 이상 감소하고 있지 않음을 밝힌 바 있다. 한편

정재섭(1994)은 1981년부터 1992년까지 서울을 비롯한 수도권지역 및 추풍령과 같은 교외지역 등 총 15개 지역의 시정자료를 분석하여 대부분의 지역에서 시정이 악화되고 있음을 제시하였다.

이들 연구들은 대부분 최근 10년내외의 기간을 대상으로 분석 하였으나 보다 장기간에 걸친 시정변화 경향을 조사할 필요가 있다.

본 연구에서는 우리나라에서 공업화가 본격적으로 이루어지면서 대기질 악화가 시작되었다고 생각되는 1960년대 중반부터 최근까지 약 30년간에 걸친 서울의 장기간 시정의 변화경향을 파악하였다. 또한 서울과 마찬가지로 한반도의 중부지방에 위치한 인구 25만 정도의 소규모 도시인 춘천에 대해서도 그 변화경향을 고찰하였다.

2. 방 법

2.1 자 료

본 연구에서는 서울과 춘천기상대에서 관측된 기상자료 중 시정, 기온, 상대습도, 풍향, 풍속, 운량 등의 장기간 관측자료를 분석하였다.

서울의 시정관측은 1955년부터 시작되었으며, 표 1에 나타난 것과 같이 초기에는 1일 3회씩 1964년까지 관측되었다. 이후 1965년부터는 1일 4회씩 관측하였으며 1982년 5월부터 현재까지는 3시간 간격으로 1일 8회씩 측정하고 있다. 춘천의 시정관측은 1966년부터 시작되었으며, 관측방법은 서울과 동일하다.

서울과 춘천에서 관측한 시정거리의 종류는 표 1과 같이 1955년부터 1972년까지는 10등급(0.02, 0.05, 0.2, 0.5, 1, 2, 4, 10, 20, 50 km)으로 구분하여 관측하였으나 1973년부터 현재까지는 연속적인 거리로 측정하고 있다.

본 연구에서는 서울과 춘천의 장기간의 변화경향을 파악하기 위하여 1966년부터 1994년까지 관측된 두지역의 29년간의 기상자료를 이용하였다. 분석에 사용한 기상

자료 중 1일 4회 또는 8회씩 측정된 기상자료는 필요에 따라 내삽방법을 이용하여 매시간 자료를 추정하여 사용하였다.

2.2 분석방법

본 연구에서 사용한 시정자료의 관측시간 선정은 오전에는 9시의 자료를 이용하였으며, 오후에는 상대습도가 낮아 안개 등의 영향을 적게 받는 15시의 자료를 이용하였다.

표 1에 나타난 것과 같이 10등급의 시정으로 한정된 1973년 이전의 시정자료를 1973년 이후의 연속적으로 측정된 자료와 동시에 이용하기 위하여, 10가지 시정등급간의 중간값을 구간경계로 한 5개(0~1.5 km, 1.5~3 km, 3~7 km, 7~15 km, 15 km 이상)의 시정계급을 설정하여 서울과 춘천의 계급별 연도별 발생빈도를 누적빈도분포로 나타내었다.

또한, 상대습도와 시정과의 관계를 알아보기 위하여, 대상지역마다 비가 오지 않은 날의 매일 15시의 시정과 상대습도 자료를 이용하여 전반기(1973~1983년)와 후반기(1984~1994년) 두 기간으로 구분하고 상호간의 관계를 고찰하였다.

한편, 서울과 춘천의 15시의 시정자료와 풍향자료 그리고 풍속자료를 이용하여 풍계별 시정의 변화경향을 고찰함으로써 풍상측으로부터 이동된 오염물질의 영향을 고찰하였다. 단 강수일을 제외한 풍속이 1m/sec 이상인 날만을 대상으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시정의 일변화

그림 1은 최근 10년간(1985~1994년)의 시정과 운량자료를 이용하여 서울과 춘천의 평균시정의 일변화를 나타낸 것이다. 단 강수일을 제외하기 위하여 운량자료 중 7시부터 19시까지의 평균운량이 8 미만인 날(이하 비가 오지 않는 날로 표기)들만을 대상으로 하였다.

Table 1. Historical changes of number of observation and visibility classes.

Period	Observation Hour	Visibility (km)
1955.1.1~1964.12.31	6, 14, 22 hr	10 visibility classes*
1965.1.1~1972.12.31	3, 9, 15, 21 hr	10 visibility classes*
1973.1.1~1982.4.30	3, 9, 15, 21 hr	continual value
1982.5.1~Present	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 hr	continual value

* 10 visibility classes are 0.02, 0.05, 0.2, 0.5, 1, 2, 4, 10, 20, and 50 km.

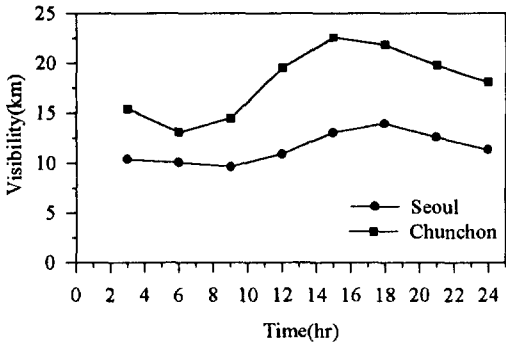


Fig. 1. Mean diurnal variations of visibility in Seoul and Chuncheon, 1985~1994.

서울과 춘천의 10년간 평균시정은 각각 11.49 km와 18.08 km이며, 일중 가장 좋은 시정이 나타나는 시각과 그 시각의 평균시정은 서울의 경우 18시에 13.95 km로 최고시정을 나타냈으며, 춘천은 15시에 22.54 km로 서울에 비하여 비교적 좋은 상태를 나타냈다. 또한 서울의 최고시정은 춘천에 비하여 약 3시간 정도 늦게 나타났다.

3.2 서울과 춘천의 장기간 시정의 변화

서울 및 춘천의 15시 시정 측정자료를 5계급 (0~1.5 km, 1.5~3 km, 3~7 km, 7~15 km, 15 km 이상)으로 구분하고 각 계급별 연도별 발생빈도를 나타낸 누적빈도분포를 그림 2에 나타냈다.

그림에 나타난 시정계급은 분석방법에서 제시한 바와 같이, 1973년 이전과 이후의 자료를 동시에 이용하기 위하여 1973년 이전의 10가지 시정등급을 포함할 수 있도록 5계급으로 재설정된 것이다.

서울의 경우 3 km 이하의 시정 (이하 악시정으로 표기) 발생 빈도는 연간 약 30일 내외로 경년변화가 거의 없는 것으로 나타난 반면, 15 km 이상의 발생빈도는 현저히 줄어드는 경향을 나타냈다. 이러한 원인은 3~7 km 및 7~15 km의 시정을 나타내는 중간 정도 시정 (이하 저시정으로)의 발생빈도가 지속적으로 증가하는 추세를 나타냈기 때문이다. 1980년 이후 서울의 시정은 급속히 악화된 상태를 나타내고 있으며, 15 km 이상인 맑은 날의 발생일수가 연중 약 60~70일 정도로 나타났다. 춘천의 경우도 서울과 유사한 변화경향을 나타냈으나 그 변화의 정도는 서울에 비하여 작은 편이다.

박세욱 등 (1994)은 서울의 1980년부터 1993년까지 약 14년간의 시정자료를 이용하여 연평균 일변화폭을 분석한 결과, 일변화폭이 작아질 수록 대기오염 정도가 심

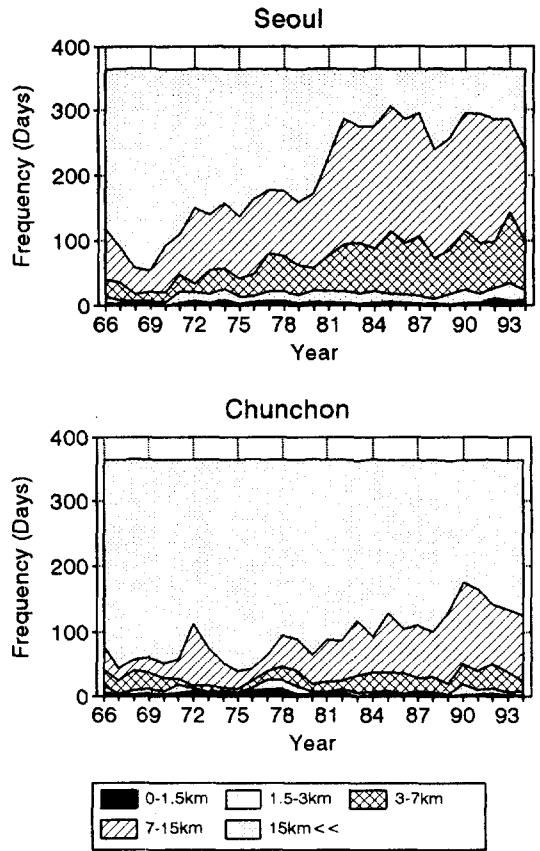


Fig. 2. Long-term trends of frequencies of each visual range at 15:00 in Seoul and Chuncheon.

해지고 있음을 제시한 바 있다. 일반적으로 시정은 오전 중에는 대기 중의 안개와 부유분진 등의 입자가 빛의 산란과 흡수현상을 일으키고, 혼합층 고도가 낮은 관계로 낮은 시정이 나타난다. 반면에 오후에는 오전에 비하여 혼합층고도가 발달하여 그 지역내의 오염물질과 부유분진의 농도가 낮아지고 상대습도가 낮아지면서 안개가 소산되어 호전된 시정을 나타내게 된다.

그림 1에서 나타난 시정의 일변화를 살펴보면, 서울의 경우 9시에 9.65 km를 나타냈으며, 15시에는 13.05 km를 나타내어 3.4 km 정도의 차이를 나타낸 반면, 춘천의 경우는 일변화폭이 8.08 km로 서울에 비하여 약 2.4배의 큰 값을 나타냈다. 따라서 본 연구에서는 비가 오지 않은 날 중 9시의 시정자료와 상대습도의 영향을 적게 받는 15시의 시정자료를 이용하여 장기간의 경년변화를 그림 3에 나타냈다.

서울의 경우 9시와 15시의 연평균 시정의 차이는

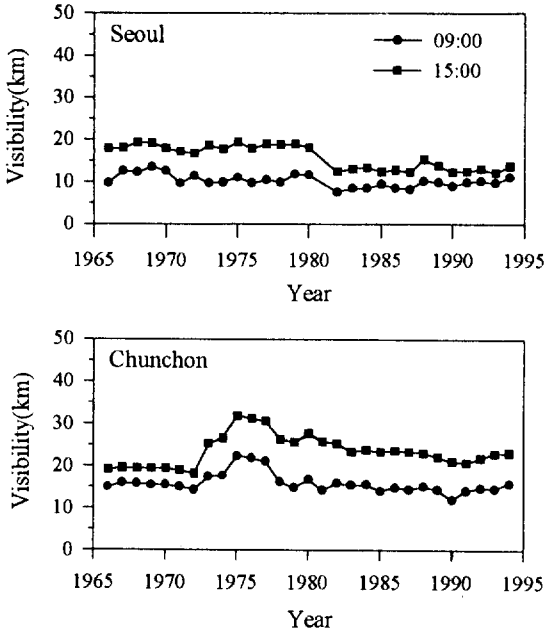


Fig. 3. Long-term trends of visibility at 9:00 and 15:00 in Seoul and Chuncheon.

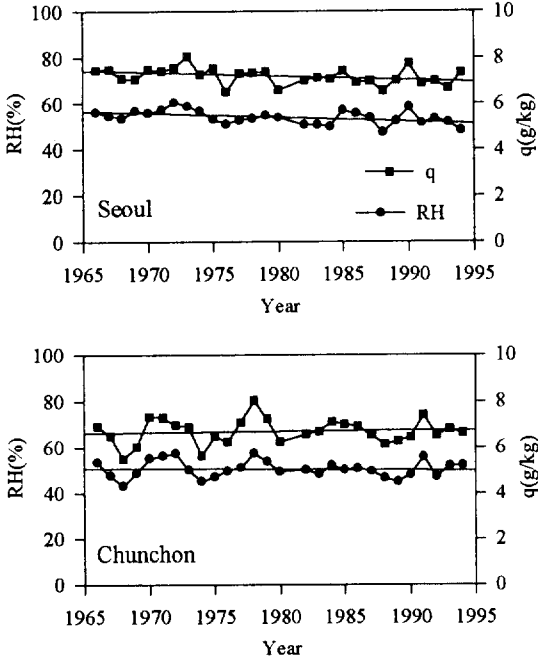


Fig. 4. Long-term trends of relative humidity (RH) and specific humidity (q) at 15:00 in Seoul and Chuncheon.

1980년도를 전후로 하여 감소하는 경향을 나타냈으며, 춘천의 경우는 장기간의 일변화 폭이 서울에 비하여 크게 나타났다. 이처럼 서울에서 시정의 일변화 폭이 작게 나타나는 이유는 춘천에 비하여 서울의 대기오염도가 심각하기 때문이라 생각된다. 한편 1972년 이전의 두 지역의 변화경향은 1973년 이후의 경향과 상이한 경향을 나타냈는데, 이는 표 1에 제시한 것과 같이 시정 측정방법의 차이 때문으로 사료된다.

그림 4는 서울과 춘천의 매일 15시의 상대습도와 비습자료를 연평균하여 나타낸 것으로 서울의 상대습도와 비습은 감소하는 경향을 나타냈으나 춘천의 상대습도와 비습은 거의 변화경향이 없는 것으로 나타났다. 이처럼 서울에서 도시기후 특징인 상대습도의 감소현상을 보임에도 불구하고 한낮의 시정이 악화된 것은 산업의 발달과 함께 도시지역에서 배출된 대기오염물질의 증가가 주된 원인으로 생각된다.

3.3 상대습도와 시정과의 관계

그림 5와 그림 6은 서울과 춘천을 대상으로 하여 상대습도를 5구간 (50% 이하, 50~60%, 60~70%, 70~80%, 80~90%, 90% 이상)으로 나누어 분석한 것이다. 각 구간에 해당되는 시정의 누적빈도분포는 전반기 (1973~1983)와 후반기 (1984~1994)의 두 기간으로 구분하여 작성한 것으로, 시정을 연속적인 값으로 측정 한 최근 22년간 (1973~1994년)의 15시의 자료만을 이용하였다.

또한 표 2는 서울과 춘천에서의 구간별 시정의 누적빈도분포가 50%일 때의 시정거리를 나타낸 것으로 서울과 춘천의 경우 전반기와 후반기 모든 경우에 있어서 상대습도가 증가함에 따라 시정이 감소하고 있음을 알 수 있다. 또한 각 구간별 전반기에 비한 후반기의 시정 감소율을 비교하여 보면 상대습도가 60~90%인 범위에서 두 지역 모두에서 비교적 큰 감소율을 나타냈다.

이러한 이유는 두 지역 모두 대기 중에서 응결핵으로 작용하는 대기오염물질의 증가가 주된 원인인 것으로 판단된다. 특히 서울은 춘천에 비하여 비교적 낮은 상대습도인 60~80%의 범위에서 큰 시정감소율을 나타낸 것으로 보아 서울은 춘천보다 오염물질에 의한 영향을 더 크게 받는 것으로 사료된다.

3.4 서울과 춘천의 풍계별 시정의 경년변화

Derek (1989)은 1966년부터 1979년까지 약 14년간의 자료를 이용하여 영국의 풍계별 시정의 경년변화를 분석하여 인근지역으로부터 받는 영향을 제시한 바 있

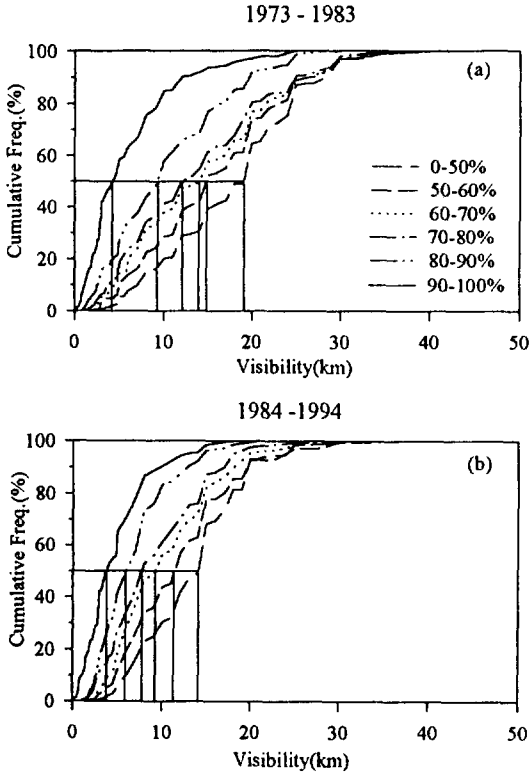


Fig. 5. Cumulative frequency distributions of visibility at 15:00 in Seoul (a)1973~1983 (b)1984~1994.

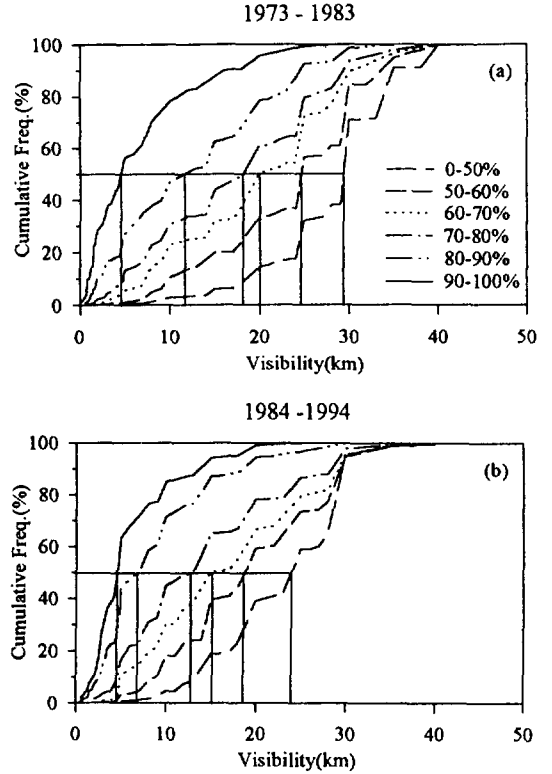


Fig. 6. Same as Fig. 5 but for Chuncheon.

다. 본 연구에서는 풍상측에서 이동된 오염물질의 영향을 고찰하기 위하여 대상기간을 전반기(1973~1983년)와 후반기(1984~1994년) 두 기간으로 구분하고 서울

과 춘천에 대하여 풍계별로 (E (45~135°), S(135~225°), W (225~315°), N (315~45°)) 15시의 평균시정을 표 3에 나타내었다. 단 1955년부터 1972년까지는 10가지 등급의 시정만이 존재하므로 1973년부터 최근까지의 자료만을 이용하였다.

Table 2. Visibility at 50% cumulative frequencies in Fig. 5 and Fig. 6.

Site	RH (%)	Period A (1973~1983) (km)	Period B (1984~1994) (km)	Period (A-B) (km)	Decreasing Rate $\left(\frac{A-B}{A}\right) \times 100$ (%)
Seoul	0 ~ 50	19.04	14.05	4.99	26.21
	50 ~ 60	14.77	11.41	3.36	22.75
	60 ~ 70	14.03	9.15	4.88	34.78
	70 ~ 80	11.91	7.71	4.20	35.26
	80 ~ 90	9.20	5.95	3.25	35.32
	90 ~ 100	4.04	3.50	0.54	13.40
Chuncheon	0 ~ 50	29.35	24.50	4.85	16.52
	50 ~ 60	24.67	19.37	5.30	21.48
	60 ~ 70	19.95	14.97	4.98	24.96
	70 ~ 80	19.05	14.01	5.04	26.46
	80 ~ 90	10.78	6.85	3.93	36.46
	90 ~ 100	4.21	3.49	0.72	17.10

Table 3. Mean visibility for four wind direction sectors in Seoul and Chuncheon for the periods of 1973~1983 and 1984~1994.

Site	WD (degree)	Period A (1973-1983) (km)	Period B (1984-1994) (km)	Period (A-B) (km)
Seoul	N (315 ~ 45°)	17.23	14.01	3.22
	E (45 ~ 135°)	20.58	16.37	4.21
	S (135 ~ 225°)	17.87	13.16	4.71
	W (225 ~ 315°)	16.37	12.34	4.03
Chuncheon	N (315 ~ 45°)	29.06	24.62	4.44
	E (45 ~ 135°)	31.25	27.55	3.70
	S (135 ~ 225°)	27.30	22.05	5.25
	W (225 ~ 315°)	27.79	23.46	4.33

서울과 춘천은 서로 비슷한 경향을 나타냈으나 1984년부터 1994년까지의 후반기 기간동안 풍향이 남풍과 서풍계열을 나타내는 경우 시정이 다른 풍계에 비하여 비교적 낮게 나타남을 알 수 있다. 이러한 이유는 서울의 경우 남서쪽에 위치하고 있는 인천을 포함한 다른 위성도시로부터의 오염물질의 이동에 의한 영향으로 생각되며 춘천의 경우는 풍상측에 위치한 서울에 의한 영향으로 생각된다.

4. 결 론

서울의 시정은 1960년대부터 지속적으로 악화되어 왔으며 특히 1980년을 전후하여 15 km 이상의 시정을 나타낸 날의 발생빈도가 급격히 감소하는 현상을 나타냈는데, 그 이유는 3~15 km 정도의 저시정을 나타낸 날이 증가했기 때문이다. 춘천의 시정도 지속적으로 악화되어 왔으나 시정의 감소율은 서울에 비하여 작다. 또한 연도별로 오전 9시와 오후 3시의 시정자료를 이용하여 연평균 시정의 경년변화를 살펴본 결과, 서울의 경우 오전 9시와 오후 3시의 연평균 시정거리의 차이는 1980년 이후 지속적으로 감소하는 현상을 나타냈다.

서울의 상대습도와 비습은 1980년을 전후로 점차 감소하는 경향을 나타냈으나, 춘천의 경우는 거의 변화경향이 없는 것으로 나타났으며, 서울과 춘천의 상대습도 구간별 시정의 누적빈도분포 변화경향에서도 후반기(1984~1994년)의 시정 변화폭이 상대습도가 90~100%인 구간을 제외한 나머지 구간에서 낮게 나타났다. 이처럼 서울에서 도시기후 특징인 상대습도의 감소현상

을 보임에도 불구하고 한낮의 시정이 악화된 것은 상대습도에 의한 영향보다는 산업발달에 의하여 도시에서 배출된 대기오염물질이 증가하게 되고 이로 인하여 발생된 스모그가 주된 원인인 것으로 생각되며, 특히 상대습도가 다소 높은 경우에 흡습성 오염물질이 대기 중의 수분을 흡수하여 입경이 성장함에 따라 시정을 악화시키는 경우가 많이 발생되었다고 사료된다.

참 고 문 헌

국립환경연구원 (1994) 수도권지역의 시정장애현상 규명을 위한 조사연구 (I), 국립환경연구원, 137-138pp.

박세욱, 백남준, 김용표, 문길주, 김영성 (1994) 1980-1993년중의 서울의 시정 추이, 한국대기보전학회지, 10(3), 203-208.

방소영 (1995) 시정장애에 영향을 미치는 대기 중 미세 입자 물질의 크기에 관한 연구, 강원대학교 석사학위논문, 42-45pp.

백남준, 김태오, 김용표, 문길주 (1994) 시정장애현상 원인과 그 규명방법 : 수도권 지역의 시정장애 현상 연구를 위하여, 한국대기보전학회지, 10(1), 1-23.

이영욱, 정용승 (1994) 대구의 저시정과 대기오염에 관하여 : I. 시정감소, 한국기상학회지, 30(1), 21-26.

정용승, 김태근, 정재섭 (1992) 도시의 대기오염과 시정 감소에 관하여, 한국대기보전학회지, 8(1), 1-6.

정재섭 (1994) 서울의 대기오염과 시정과의 관계, 제 18회 대기보전학술연구발표회 요지집, 23-26.

조창래 (1993) MESOPUFF II 모델을 이용한 수도권 대기오염물질이 주변지역에 미치는 영향 분석, 강원대학교 석사학위논문, 57-58pp.

홍낙기, 이종범, 김용국 (1993) 다변량해석을 이용한 서울시 하계 스모그의 형태 분류, 한국대기보전학회지, 9(4), 278-287.

최정숙, 정용승 (1993) 서울의 대기오염과 시정의 감소, 한국대기보전학회지, 9(1), 51-60.

Derek, O.L.(1989) The influence of wind direction, circulation type and air pollution emissions on summer visibility trends in southern England, Atmospheric Environment, 24, 195-201.