

# 서울과 그 周邊地域의 夏季降水

李 賢 英\*

## 《目 次》

1. 序 論	(3) 空間的 分布
(1) 研究目的	3. 여름철 降水의 特性
(2) 研究方法 및 資料	(1) 空間的 分布
(3) 研究動向	(2) 微雨日數와 雷雨日數
2. 年降水의 特性	(3) 對流性 降雨의 事例分析
(1) 季節的 分布	4. 結 論
(2) 經年變化	

## 1. 序 論

### (1) 研究目的

도시의 성장과 더불어 나타나는 都市氣候現象으로 말미암아 도시의 기후가 농촌 지역의 그것과 다르게 변화하고 있다는 사실은 오늘날 보편적으로 받아들여지고 있다. 도시 기후는 視程의 惡化, 大氣汚染 등 심각한 기후적 문제를 일으키고 있다. 그리하여 도시 기후에 관한 연구가 先進諸國에서는 국가적인 차원에서 광범하게 이루어지고 있지만 한국에서는 극소수의 학자들에 의하여 1970년대부터 간간히 시도되고 있을 뿐이다.<sup>1)</sup> 우리나라는 장기간의 氣象觀測資料를 보유하고 있는 측후소의 밀도가 극히 희박하다. 그리고 실제로 도시 기상을 관측하는 데에는 막대한 재원이 필요하고, 人力動員의 어려움이 있기

때문에 주로 氣象臺에 속한 측후소의 관측자료에 의거한 계절적인 연구로 그 범위가 한정되어 있으며, 中規模 내지는 微氣候的 연구가 대단히 부진한 상태에 있다.

도시화는 都市大氣의 構成物質, 輻射, 氣溫, 바람, 視程 등 각종 기상요소에 상당한 변화를 초래하고 있는데, 본 연구의 범위는 降水에 한정시키고자 한다. 도시의 강수는 도시 기후의 특성을 결정하는 중요한 요소의 하나일 뿐만 아니라 그것은 기후에 미치는 도시의 영향평가에 중요한 지표가 되고 또한 都市水文研究에도 필수적인 자료가 되고 있다. 본 연구에서는 巨大 都市인 서울과 그 주변지역의 夏季降水의 anomaly를 도시기후적 측면에서 밝혀 보고자 한다.

### (2) 研究方法 및 資料

韓國의 현시점에서 都市降水에 관한 연구는 몇

\* 建國大學校 理科大學 地理學科 教授

本 論文은 建國大學校 學術研究造成費에 의한 것임.

1) 金文一 外, 1978, "서울 지방의 Heat island 特性研究", 기상연구보고서 78~4, 중앙기상대, pp. 179.  
 朴惠淑, 1973, "서울 夏季氣溫의 都市氣候學의 研究—幹線道路에 따른 觀測을 中心으로", 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.  
 李賢英, 1984, "서울의 氣溫分布", 理學論輯 제 9 집, 건국대학교 기초과학연구소, pp. 87~99.  
 \_\_\_\_\_, 1985, "서울의 도시 기온에 관한 연구", 이화지리총서 1, 이화여자대학교 대학원, pp. 104.  
 정귀원 외, 1986, "서울의 도시 기후조사(4~9월)(I)", 기상연구보고서 86~5, 중앙기상대, pp. 65~82.

가지 問題點과 限界가 있다. 첫째, 기본적으로 도시 기후 연구를 하기에 적합한 長期間의 降水資料가 충분하지 못하다는 것이다. 뿐만 아니라 강수를 측정하는 장소가 오랜 기간을 지나는 동안에 한 번 또는 그 이상 移轉되었다. 다행히 서울은 1770년 이래의 강수 자료를 보유하고 있다. 그러나 그것은 관측지점의 移動, 測器의 변화, 觀測方法의 변경 등으로 인하여 도시 기후의 時系列의 변화를 연구하기에 적절하다고 보기는 어렵다. 둘째, 도시 주변의 農村觀測所에서 측정된 長期間의 資料가 없다는 것이다. 도시 및 도시 주변 conurbation의 降水量과 降水類型에 미치는 도시의 영향을 파악하려면 meso-scale의 관측망이 필요한데, 서울 주변 지역의 경우는 觀測所, 특히 風上側의 것이 충분하지 못하다. 뿐만 아니라 자료의 불연속성이 심하고 위치의 변경 또한 빈번했다. 셋째, 測雨器가 설치된 場所의 條件과 測雨器의 種類가 관측지마다 같지 않다는 것이다. 넷째, 局地的인 降水現象은 綜觀的인 條件 이외에도 地表의 起伏, 植生 및 構造物의 被覆狀態 등과 관련이 깊은데, 서울의 중앙부를 貫流하고 있는 漢江과 복잡한 地形이 都市大氣에 영향을 미치므로 서울 지방의 기후에서 도시의 영향만을 따로 정확하게 밝힌다는 것은 어렵다.

627.3km<sup>2</sup>의 市域에 9,639,110명(1985년 센서스 조사)의 人口를 담고 있는 세계 유수의 거대 도시인 서울은 교통 혼잡, 주택문제 등과 더불어 각종 공해 특히 大氣汚染이 심각한 상태에 있으며, 다른 대도시들과 마찬가지로 도시화에 따른 도시 기후, 특히 도시의 熱섬 현상이 현저하게 나타나고 있음이 보고되고 있다. 본 연구에서는 이와 관련하여 서울과 그 주변 지역의 여름철 강수의 經年變化, 季節變化, 空間的 分布 등을 고찰하고 특히 對流性 降水를 분석하여 都市化가 降水現象에 어떠한 영향을 미치고 있는지를 밝혀 보고자 한다.

본 연구에 사용된 주요 자료는 도시화에 박차를 가했던 韓國綜合長期計劃 第3次5個年計劃

의 시작 연도인 1972년부터 1986년까지 15년간의 日別 降水資料이다. 그러나 여름철 강수의 경우에는 1976년부터 1986년까지 11년간의 자료를 사용하였는데, 그것은 최근에 신설된 주변지역 관측소의 자료들을 보완 자료로 사용하기 위해서였다. 對流性 降水分析에는 1986년 8월 9일과 10일 양일의 日氣象統計表, 日氣圖, 斷熱線圖 및 바람 자료를 사용했다.

降雨分析을 위한 觀測網에 포함된 총 관측소의 수는 21개소이다. 중앙기상대 소속의 측후소 4개소(中央氣象臺, 水原, 仁川, 冠岳山)와 氣象分室 3개소(利川, 陽平, 江華), 金浦空港觀測所, 건설부 산하의 漢江洪水統制所 관할인 雨量觀測所 10개소(金浦, 議政府, 樂生, 內里, 金谷, 高安, 南漢山, 廣州, 모현, 龍仁), 그리고 공군 기상전대 관할의 大方洞, 서울空港, 水原空港 등지의 관측소가 이에 속한다.

### (3) 연구동향

도시 기후에 관한 종합적인 연구가 학계의 관심을 끌기 시작한 것은 도시화가 활발하게 진행되고 그 영향이 인식되기 시작한 1950년대 이후의 일이다. 영국에서는 1958~60년에 University of London의 지리학자가 중심이 되어 London Metropolitan 지역의 기후 요소가 조사된 바 있고, 일본에서는 1955~57년간에 도시 기후 연구를 목적으로 한 도시 기후 요소의 관측이 국가의 지원하에 이루어진 바 있다. 世界氣象機構(World Meteorological Organization)와 世界保健機構(WHO)의 주최로 1968년에 Urban Climates and Building Climatology라는 주제하에 국제학술회의가 Brussels에서 개최되어 그 결과가 세계기상기구의 Technical Note No. 108과 No. 109로 보고된 바 있다.<sup>2)</sup> 그리고 1984년에는 범세계적으로 여러 분야의 학자들의 참여하에 도시 기후와 도시 기후의 응용적 측면에 관한 Symposium이 개최되고 그 결과도 출판된 바 있다.<sup>3)</sup> 미국에서도 1970년 이래 都市氣候要素의 관측은 물론 도시 기후의 변화로 야기되는 여러

2) WMO, 1970, The Urban Climate, WMO Tech. Note No. 108, pp. 390.

\_\_\_\_\_, 1970, Building Climatology, WMO Tech. Note No. 109, pp. 260.

3) WMO, 1974, Applications of Meteorology to Economic and Social Development, WMO Tech. Note

가지 문제의 해결을 위한 연구가 국가적인 차원에서 활발하게 진행되어 왔다.

都市降水에 관한 연구는 都市氣溫研究에 비하여 훨씬 부진한 상태이다. 기후학적 측면을 제외하더라도 降水가 都市計劃, 都市水文 및 都市工學과 밀접한 관련을 가지고 있음은 주지의 사실이나 강수량자료 특히 도시 기후와 관련된 강수량자료를 얻기가 어렵기 때문에 다른 요소의 연구에 비해 활발하지 못한 것이다. 도시 강수에 관한 대표적인 연구로는 미국에서 도시와 관련된 여러 분야의 연구기관에 의해 계획되고 약 8년(1969~76)에 걸쳐 수집된 정보에 의거하여 연구된 METROMEX(Metropolitan Meteorological Experiment)<sup>4)</sup>를 들 수 있다. 이 연구에는 12개의 연구기관이 참여하였으며, 연구에 사용된 시설과 기구가 대단히 방대하였다. 이 연구는 도시화에 따른 降水量 및 降水類型의 變化, 大氣汚染과 降水와의 關係 등에 중점을 두었다.

도시 강수의 anomaly에 관한 연구는 Huff와

Changnon(1973)<sup>9)</sup>, Huff와 Schickedanz(1974)<sup>6)</sup> Changnon(1976, 1977)<sup>7)</sup> 등에 의해 이루어진 바 있다. 이들은 모두 St. Louis의 여름철 강수의 경우 도시의 강수량이 주변 지역보다 10~30% 더 많고 anomaly의 強度와 位置는 계절적인 卓越風과 날씨의 특성에 따라서 다르게 나타난다고 지적했다. 한편 Tam과 Bornstein(1975)<sup>8)</sup>은 New York市の 燃料 inventory를 작성하기 위하여 人工蒸氣放出에 관한 연구를 한 바 있다. 그들은 New York市の 경우, 인공증기의 방출이 境界層에서 도시의 水分을 증가시키는데 기여하기에 충분하다고 했다. 그리고 Auer(1974, 1975, 1976),<sup>9)</sup> Uthe와 Russel(1974)<sup>10)</sup> 등은 都市와 工業地區에서는 소규모의 積雲이 잘 발달한다는 것을 밝혔다. Schickedanz(1974)<sup>11)</sup>, Semonin과 Changnon(1974)<sup>12)</sup>, Dungey 外(1974)<sup>13)</sup> 및 Braham 外(1975)<sup>14)</sup> 등은 도시 구름의 발달이 도시에서 발생하는 多量の 應結核과 깊은 관계가 있는 것 같다고 설명하고 있다.

No. 132. pp.130.

- 4) Changnon, S.A.Jr., 1981, METROMEX: A Review and Summary, *Meteorological Monographs*, Vol. 18, No. 4, pp.181.
- 5) Huff, F., and Changnon, S.A., 1973, "Precipitation modification by major urbans areas," *Bull. Ame. Meteorol. Soc.* Vol. 54, pp.1220~1232.
- 6) Huff, F. & Schickedanz, P.T., 1974, METROMEX: Rainfall analysis, *Bull. Ame. Meteorol. Soc.* Vol. 55, pp.90~99.
- 7) Changnon, S.A., 1976, "Inadvertent weather modification," *Water Res. Bull.*, AWRA, Vol. 12, pp.95~718.  
\_\_\_\_\_, 1977, "Impacts of urban-modified precipitation on man's activities," *Jour. Wea. Mod.*, Vol. 9, pp.8~18.
- 8) Tam, Y.T. & Bornstein, R.D., 1975, "Anthropogenetic moisture production and its effect on boundary layer circulation over New York city," paper presented to Sunny/USFS/AMS Conf. Meteorl. Phys. Environ., Syracuse N.Y.
- 9) Auer, A.H. Jr., 1974, "Cumulus congestus growth downwind of St. Louis, Missouri: case study," *Jour. Wea. Mod.* Vol.9, pp.229~237.  
\_\_\_\_\_, 1975, "The production of cloud and Aiken nuclei by St. Louis metropolitan area(Project METROMEX), *Jour. Recheres. Atmosphériques*, Vol. 9, pp.11~22.  
\_\_\_\_\_, 1976, "Observations of an industrial cumulus," *Jour. Appl. Meteorol.* Vol.15, pp.406~413.
- 10) Uthe, E.E. & Russel, P.B., 1974, "Experimental study of the urban aerosol structure and its relation to urban climate modification," *Bull. Ame. Meteorol. Soc.* Vol. 55, pp.115~121.
- 11) Schickedanz, P.T., "Inadvertent rain modification as indicated by surface rainfall, *Jour. Appl. Meteorol.* Vol. 13, pp.891~900.
- 12) Semonin, R.G., and Changnon, S.A. Jr., 1974, "METROMEX: Lessons for precipitation enhancement in the Midwest," 4th Conf. Wea. Mod., Ft. Lauderdale, Ame. Meteorol. Soc., pp.353~357.
- 13) Dunge, M., Morris, T.R., & Braham, R.R., 1974, "Radar data analysis in METROMEX, 1971-72-73," *Wea. Mod.*, Ame. Meteorol. Soc., pp.358~361.
- 14) Braham, R.P., & Spyers-Duran, P., 1974, "Ice nucleus measurements in an urban atmosphere," *Jour. Appl. Meteorol.*, Vol. 13, pp.940~945.

우리나라에서는 강수에 관한 연구로 降水變動과 降水分布에 관한 것이 비교적 활발하게 이루어지고 있다. 강수 변동에 관한 연구는 孫亨珍(1967)<sup>15)</sup>, 李炳高(1969)<sup>16)</sup>, 文勝義(1977)<sup>17)</sup> 등에 의해 이루어진 바 있다. 이병설은 우리나라 夏季의 降雨類型을 넷으로 구분하였다. 文勝義는 남한의 降水變動率에 관한 연구에서, 여름에는 變動率의 等值線이 東西로, 겨울에는 南北으로 나타나므로 變動率의 變化型을 南部型和 中部型으로 구분하였다. 孫亨珍은 日氣 類型研究에서 우리나라의 雲天日 확률은 0.342로서 濟州와 울릉도가 가장 높고, 강수일 확률은 0.317인데 울릉도가 0.427로 가장 높다고 하였다.

강수의 분포에 관한 연구로는 文勝義와 金成列(1980)<sup>18)</sup>, 그리고 鄭昌熙 外(1982)<sup>19)</sup>의 연구가 있는데, 文勝義와 金成列은 嶺東地方은 北東氣流의 영향으로, 嶺南內陸地方은 지형의 영향으로 綜觀的 氣象條件의 영향이 미흡하며, 그밖의 지역은 한냉전선이나 저기압의 영향으로 강수가 나타난다고 하였다. 鄭昌熙 外는 중국 내륙지방으로 태풍이 상륙할 때 우리나라 중부 지방에 호우가 내리는 데 상륙후 제 1일과 제 3~5일에 특히 빈번하다고 하였다.

李炳高과 金聖三(1983)<sup>20)</sup>은 장마기에 관한 綜觀氣候學의 分析에서 우리나라의 장마기는 6월 24일~7월 23일頃이라고 하였다. 김광명(1979)<sup>21)</sup>은 6월 하순에서 7월 중순까지의 장마기와 8월 초순에서 중순까지의 늦장마가 있으며, 雨期의 강수량은 서울과 부산이 많고, 동해안과 목

포지방이 적다고 하였다.

그밖에 문영수, 문승의(1981)<sup>22)</sup>가 雨期와 太陽黑點數의 증감간의 관계를 구한 결과 일반적으로는 관계가 적으나, 多雨期와 少雨期에는 비교적 높은 상관관계가 나타난다고 하였다. 金聖三(1976)<sup>23)</sup>도 多雨年과 少雨年의 출현은 黑點數의 極大期, 極小期 및 減小期에 집중적으로 분포하고 增大期에는 거의 나타나지 않는다고 하였다.

우리나라에서도 도시 기후에 관한 연구는 都市氣溫研究에 편중되어 있고 降水에 대한 都市氣候的 接近을 시도한 예는 드물다. 우리나라의 대도시와 공업단지 부근의 1961~1965년의 연평균 강수량이 1931~1960년 평균치 비해 10.5% 증가했다고 보고한 盧在植(1973)<sup>24)</sup>의 연구가 있다. 그리고 최근에 정귀원 외(1986)<sup>25)</sup>가 서울의 도시 기후 조사에서 서울 지방의 장마기와 저기압 경로에 따른 강수량 분포에 관한 연구를 하였다. 이들은 도시 지역인 서울이 농촌 지역인 利川地方보다 강수 일수(특히 미우일수)와 강수량이 점차 증가하는 경향이 있다고 보고하였다.

## 2. 年降水의 特性

### (1) 季節的 分布

우리나라의 연강수량은 600~1500mm이며 全國의 평균치는 1,190mm이다. 서울은 年平均 강수량이 1,364.8mm(1951~1980년 평균)이므로

- 15) 孫亨珍, 1967, "韓國의 降水量 年變化에 關하여", 한국기상학회지, 제 3권 1호, pp. 16~29.
- 16) 李炳高, 1970, "서울의 年降水量 및 夏季降水量의 Normarlity에 關한 研究", 한국기상학회지, 제 6권 1호, pp. 16~29.
- 17) 文勝義, 1977, "南韓의 降水量 變動率에 關하여", 한국기상학회지, 제 13권 1호, pp. 59~63.
- 18) 文勝義, 金成列, 1980, "夏季前線通過에 따른 南韓의 降水分布特性", 한국기상학회지, 제 16권 2호, pp. 1~13.
- 19) 鄭昌熙, 金聖三, 孫亨珍, 文勝義, 1982, "우리나라에 洪水를 초래한 颱風에 關한 研究", 한국기상학회지, 제 18권 1호, pp. 33~47.
- 20) 李炳高, 金聖三, 1983, "장마季의 綜觀的 特性", 한국기상학회지, 제 19권 1호, pp. 1~11.
- 21) 金光明, 1979, "우리나라 장마季의 降雨特徵調査", 한국기상학회지, 제 15권 2호, pp. 50~70.
- 22) 文永秀, 文勝義, 1981, "太陽黑點數와 南部地方의 氣溫, 氣壓 및 降水量과의 關係", 한국기상학회지, 제 17권 1호, pp. 12~17.
- 23) 김성삼, 1976, "서울의 冬季氣溫과 夏季降水量에 關한 研究", 한국기상학회지, 제 12권 1호, pp. 1~6.
- 24) 盧在植, 1973, "都市에서의 降水現象", 韓國의 氣候(金光植 外 著), 일지사, pp. 261~264.
- 25) 정귀원 외, 1986, 前揭書, pp. 65~82.

표 1. 1000mm 이상의 여름철 강수량

연 도	발생지역 및 강수량		연 도	발생지역 및 강수량		
1905	부산	1441.8	1947	서울	1049.9	
1915	서울	1024.3	1948	전주	1348.0	
1916	목포	1009.6	1954	서울	1026.5	
1920	서울	1325.2	전주	1103.1	여수	1093.8
1921	전주	1021.2	1957	부산	1472.3	
1922	서울	1091.3	1963	서울	1023.8	
1925	강릉	1028.9	서울	1361.9	울산	1019.2
1926	서울	1253.8	1965	수원	1035.3	
1930	서울	1052.3	1966	서울	1350.3	
1934	전주	1198.4	1968	서울	1059.9	
1936	전주	1034.4	1969	대전	1001.5	
1940	서울	1507.9	1970	울산	1130.3	
1945	서울	1006.1	부산	1200.2	충무	1098.5
1946	서울	1077.2	1972	서울	1140.6	
				수원	1113.7	

(중앙기상대, 1985)

비가 많은 지역에 속한다. 그러나 서울은 季節風帶에 속하여 降水가 연중 고르게 분포하지 않고 시베리아 氣團의 영향을 받는 겨울철의 乾季와 장마前線의 북방으로 인하여 형성되는 여름철의 雨季가 뚜렷하게 구별된다. 여름 장마와 초가을 장마期間에는 北太平洋으로부터 많은 수증기가 공급된다. 특히 熱帶地方의 고온다습한 南西氣流가 장마前線으로 流入될 때는 日降雨量 100mm 이상의 豪雨が 드물지 않게 내린다.

우리나라 대부분의 지역에서는 여름철 3개월(6~8월) 동안에 年降水量의 약 절반이 내린다. 서울의 여름철 最多降水量은 1940년에 관측된 1508mm이며, 日降雨量 100mm 이상이 기록된 해도 表 1에서 볼 수 있는 바와 같이 여러 해 있었다. 다른 都市에 비해 서울은 豪雨頻도가 큰 편이다.

시베리아 高氣壓이 위세를 떨치는 겨울철 3개월(12~2월)의 강수량은 대체로 年降水量의 10% 이하이다. 봄과 가을의 강수량은 겨울보다 많으나 여름보다는 훨씬 적다. 봄과 가을의 비는 대체로 移動性 低氣壓과 관련이 깊다.

## (2) 降水의 經年變化

Lansberg(1981)<sup>26)</sup>는 都市化에 따라 都市地域의 年降水量이 5~10% 증가한다고 했고 Krazer(1956), Hamberg(1910) 등은 都市化가 급속하게 이루어지는 Breman, Moskow, Stockholm, Helsinki, Köln, München 등 여러 도시의 조사에서 月 또는 年降水量이 증가하고 있음을 확인하였다.<sup>27)</sup> 그러나 都市의 降水量이 오히려 감소하고 있다는 報告도 있는 것으로 보아 都市降水의 mechanism은 熱섬 현상의 그것보다 훨씬 복잡한 것 같다. 그리하여 서울의 경우를 파악하고자 서울과 그 주변 지역의 降水變動率을 고찰하였는데, 우리나라는 강수량이 풍부한 지역에 속하지만 年變動率이 심하다. 지역에 따라 다르나 대체로 最少降水量과 最多降水量의 비율은 1:3이다. 서울의 경우 1949년의 강수량이 633mm 였던 데 반하여 1940년의 강수량은 이의 3배가 넘는 2,135mm였다.

그림 1은 1954년 이래 서울의 年降水量과 그의 5년 移動平均을 나타낸 것이다. 1954년부터 1963년까지의 10년간은 점진적인 감소경향을 보이는데, 이 기간의 평균 연강수량은 1352.0mm

26) Landsberg, L.E., 1981, *Urban Climate*, Academic Press, p.258.

27) *ibid.*, p.195.

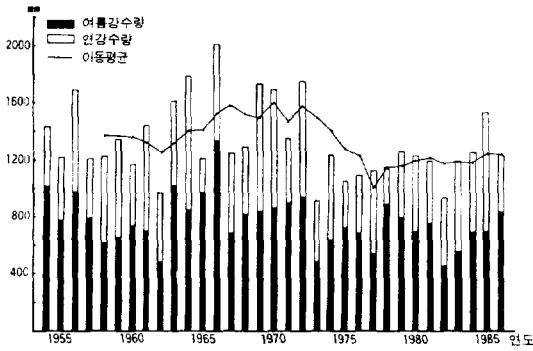


그림 1. 서울의 연평균 및 여름 강수량(1945~1986)

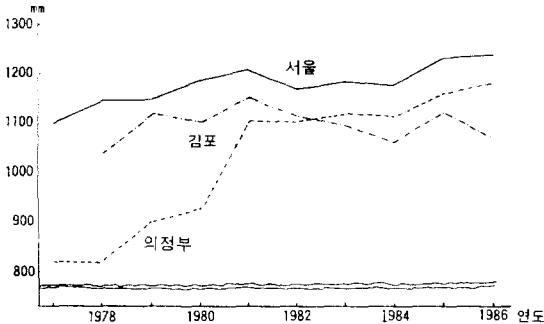


그림 2. 서울과 그 周邊地域 年降水量의 5年移動平均

이다. 다음 10년간은 비교적 多雨現象을 보여 1964년부터 1973년까지의 평균치는 1506.9mm에 달하였다. 그리고 1974~1983년간의 10년간은 다시 낮은 값을 나타내 평균 1162.8mm로 감소되었다. 鄭昌熙<sup>28)</sup>가 밝힌 바와 같이 대략 10년을 우세 주기로 하여 소우기와 다우기가 반복되고 있다.

그림 2는 1973년 이후의 서울과 이의 風上地域인 김포 그리고 風下地域인 議政府의 年降水量의 經年變化를 5年—移動平均으로 나타낸 것이다. 移動平均의 기간을 5년으로 정한 까닭은 서울의 여름을 대표할 수 있는 7월 강수량의 우세한 週期 가운데 最短週期가 5년이기 때문이다. 이 그림은 3個地點이 모두 미약하나마 증가 추세에 있음을 보여 주고 있다. 특히 議政府에서는 1980년대에 접어들어 비교적 빠르게 증가하고 있다. 의정부는 서울의 都心部에서부터 20km, 市境界로부터는 4km 북쪽에 위치하고 있

다. 이 지역은 서울에 인접하여 있으나 다른 지역에 비해 都市化가 활발하게 진전되지 않아서 아직도 農村的 景觀을 보존하고 있는 곳이다. 그럼에도 불구하고 의정부 지역의 강수량이 다른 지역보다 많이 증가한 것은 이곳이 동쪽의 水洛山과 서쪽의 道峯山 사이의 南北方向의 低地帶에 위치하는 까닭에 서울의 여름철 탁월풍인 남서풍이 서울의 大氣를 아무런 방해없이 실어 오기 때문이라고 생각된다. 도시의 영향을 적게 받는 風上側에 위치한 金浦에서는 풍하측인 의정부보다는 느리게 증가하고 있다.

그러나 우리나라와 같이 季節風帶에 속해 있는 지역에서는 단 한 번의 豪雨性 강우량이 여름철 또는 年降水量에 큰 영향을 미친다. 따라서 都市氣溫에 미치는 都市의 영향을 파악하는데 대단히 유용한 時系列의 分析方法이 都市의 降水分析에는 별로 바람직한 방법이 되지 못한다. 그리하여 本 研究에서는 時系列의 方法에 비해 보다 더 실효를 거둘 수 있는 도시와 인접 지역간의 降水觀測值를 비교하여 降水에 미치는 都市의 影響을 고찰하여 보고자 한다.

### (3) 空間的 分析

표 2는 文獻에 나타난 도시와 그 주변 농촌간의 年降水量의 차이를 비교한 자료에 서울지방의 경우를 첨가한 것이다. 이 표에 의하면 도시지역의 강수량이 주변의 농촌지역보다 많다는 사실을 알 수 있으나 그 차이는 모두 年降水量의 標準偏差보다 작은 값이므로 통계적으로 볼 때에 유의성이 낮다. 따라서 이 차이만으로는 都市化現象이 도시의 강수량을 증가시킨다고 단언하기가 어렵다. 그러나 도시화로 인한 많은 양의 각종 汚染物質의 배출은 都市大氣中の 應結核을 증가시키고, 熱섬 현상에 의한 도시 기온의 상승은 對流性 구름을 생성하기 때문에 도시에서는 소나기형 강우의 빈도가 증가할 수 있다. 이에 반하여 도시의 강수량을 감소시키는 요소도 있다. 예컨대 도시지역 내에서는 都市化가 진행될수록 포장도로와 콘크리트 및 벽돌 건물과 같은 不透水性 表面이 증대되고, 水分收容能力

28) 鄭昌熙, 1969, "서울地方의 7月 降水量의 Periodogram에 관하여", 한국기상학회지, 제 5권 1호, pp.11~14.

표 2. 도시-농촌간의 연강수량의 비교

지 역	자료기간 (년)	강 수 량(mm)			출 처
		도 시	농 촌	차(%)	
모스크바(USSR)	17	605	539	+11	Bogolopow(1928)
어배나(USA)	30	948	873	+9	Changnon(1962)
빈헨(W. GERMANY)	30	906	843	+8	Krazer(1956)
시카고(USA)	12	871	812	+7	Changnon(1961)
세인트루이스(USA)	22	876	833	+5	Changnon(1962)
서울(KOREA)	15	1225	1118	+5	Lee(1988)

農村觀測所：金浦，江華，議政府，樂生 관측처의 평균 값.

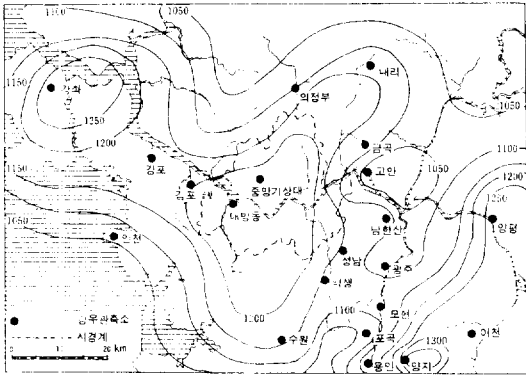


그림 3. 서울과 그 주변 지역 年平均 降水量(mm)의 分布(1972~1986)

이 큰 綠地는 감소되므로 도시 大氣中의 수증기량은 오히려 감소될 수 있다. 그리고 강수에 미치는 도시의 영향은 도시에 한정되지 않고 오히려 상당히 떨어져 있는 풍하지역에도 나타날 수 있다.

그림 3은 최근 15년간(1972~1986)의 서울과 그 주변지역의 年平均 降水量의 等值線圖이다. 서울의 年平均 강수량이 1224.5mm인 데 비하여 주변의 小都市인 水原은 1198.6mm, 仁川은 1053.6mm로서 각각 서울보다 적다. 그리고 주변 농촌지역의 평균은 1019.7mm로서 더욱 적으며, 그 범위는 1025~1187mm이다. 비록 降

雨觀測所의 數는 적으나 도시의 강수량이 주변 농촌지역의 그것보다 많다는 사실을 보여 주고 있다.

특히 議政府, 內里 등 풍하지역인 북동쪽의 강수량이 많은데, 그것은 도시의 영향이 風下側으로 수십 km 지역까지 확장되었기 때문이다. Gatz(1974)<sup>29)</sup>에 의하면 St. Louis의 地表에서 방출된 追跡物質이 5~35km 떨어진 풍하지역의 비에 포함되었던 예가 있다. 한편 Dytch(1974 a, 1974 b)<sup>30)</sup>도 St. Louis의 aerosol이 80km의 거리에 있는 풍하지역에서 발견되었다고 보고하고 있다.

### 3. 여름철의 降水特性

#### (1) 空間的 分析

여름철(1986)에 나타나는 서울의 風向別 觀測回數의 百分比에 의하면 西風系가 46.2%였다. 16方位로 세분해 보면 북동풍이 17.7%로 가장 많은 빈도를 보이며, 이에 버금가는 것이 남서풍으로 11.5%에 달하였다. 水原에서는 서북서풍(10.4%)과 동남풍(8.5%) 내지 서풍(8.8%)이 탁월하였다. 仁川에서는 남남서풍(11.3%)과 남남동풍(11.6%) 등 南風系가 우세하다. 서울의 경우 1986년 8월에는 북동풍이 현저하게 불

29) Gatz, D.F., 1974, "METROMEX: air and rain chemistry analysis," *Bull. Ame. Meteorol. Soc.*, Vol. 55, pp. 92~93.

30) Dytch, H.E., 1974a, "Observations of natural CCN and large aerosol over St. Louis," paper presented to the Conf. Cloud Phys., Tucson, Ame. Meteorol. Soc., pp. 5~8.

\_\_\_\_\_, 1974b, "An investigation of urban influence upon cloud microstructure several thousand feet above cloud base," paper presented to 4th Conf. Wea. Mod., Ft. Lauderdale, Ame. Meteorol. Soc., pp. 386~389.

표 3. 서울과 그 周邊 都市의 여름철의 風向 및 風速 (m/sec)

관측지		6월	7월	8월	년
서울	합성풍향	WSW	SW	W	W
	합성풍속	7	5	5	10
인천	합성풍향	S	S	SW	W
	합성풍속	14	14	6	9
수원	합성풍향	SW	S	SW	W
	합성풍속	5	6	5	6

었다. 그런데 颱風이 내습했을 때를 제외하면 북동풍이 불 때는 대체로 비가 오지 않았으며, 비는 西風 내지 南西風과 관련하여 내렸다. 태풍이 불어 올 때는 우리나라의 全域에 거의 北東風系의 바람이 현저하였는데 태풍이 통과한 후에는 다시 南東風 내지 南西風系의 바람이 탁월해지는 것이 일반적인 경향이었다.

그러나 風向別 觀測回數의 百分比에는 靜穩 이외의 모든 풍속이 포함되어 있으므로 이로써 탁월풍을 추정하기는 곤란하다. 그리하여 표 3에 제시된 바와 같이 合成風의 風向과 風速을 고려하게 되었는데, 서울의 경우, 6월에는 西南西風, 7월에는 南西風, 그리고 8월에는 西風이 현저하였으며, 1년을 통해 보면 西風이 탁월하였다. 서울에서 降水와 관련된 탁월풍은 西風 내지 南西風이다. 仁川에서는 6월과 7월에는 南風이, 8월에는 南西風이 두드러졌으며, 水原에서는 6, 7, 8월에 각각 南西風, 南風, 西風이 우세하였다. 표 4는 서울 주변지역의 여름철 最多風을 보여 준다. 서해안에 위치하는 江華에서는

표 4. 서울 周邊地域의 여름철 最多風

관측지		6월	7월	8월	년
강화	최대풍향	SW	W	W SW	NW
	평균풍속	12	14	14	14
양평	최대풍향	SE	SE	NW	NW
	평균풍속	7	6	9	11
이천	최대풍향	W	W	W	W
	평균풍속	10	10	10	7

1년을 통해서 北西風이 탁월하나 여름철에는 서울과 같이 南西風 내지 西風이 탁월하였다. 그러나 서울의 동쪽에 위치한 陽平의 年間 탁월풍은 北西風이고, 6~7월에는 南東風, 8월에는 北西風이 가장 많이 불었다. 서울의 남동쪽에 위치한 利川의 경우는 여름철 뿐만 아니라 年中 西風이 탁월하였다.

그림 4는 최근 11年間(1976~1986)의 여름철(6~8월) 等降水線圖이다. 年平均 等降水線圖와 비교해 볼 때 폐곡선의 축이 서울의 북동쪽으로 보다 더 확장되어 있다. 풍상지역인 김포(595.5mm), 인천(562.0mm)에 비하여 도시지역인 중앙기상대의 여름철 강수량은 678.8mm로 더 많았으며, 풍하지역인 의정부(703.3mm), 내리(753.4mm), 하면(724.2mm) 등지에 最大降雨量이 나타났다. 여름철 降雨은 卓越風의 風向을 따라서 西쪽 또는 南南西쪽에서부터 東쪽 또는 北東쪽으로 이동해 가면서 증가하고 있다. 즉, 도시를 중심으로 볼 때 풍하측의 강우량이 풍상측보다 더 많다.

이와 같은 현상은 독일의 München(Schmaus, 1927), 미국의 Urbana(Changnon, 1962)<sup>31)</sup>에서도 나타났다. 도시의 규모에 큰 차이가 있음에도 불구하고 그 패턴은 유사하다(표 2 참조).

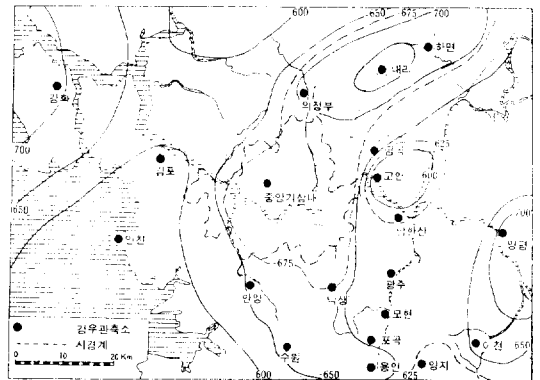


그림 4. 서울과 그 周邊地域의 여름철 降水(mm) 分布(1976~1986)

31) Chagnon, S.A., Jr., 1962, "A Climatological evaluation of precipitation patterns over an urban area. In "Air Over Cities", SEC Tech. Rept. A 62~5, U.S. Public Health Service., Cincinnati, Ohio, pp. 37~66.

\_\_\_\_\_, 1969, "Recent studies of urban effects on precipitation in the United States," Bull. Ame. Meteorol. Soc. Vol. 50, pp. 411~421.



그러나 이러한 현상이 모든 도시에서 나타나는 것은 아니다. Sanderson과 Gorski(1978)<sup>32)</sup>가 연구한 바에 의하면 거대 도시인 Detroit의 풍하 지역에 위치하는 Windsor市の 강수 분포의 패턴이 계절에 따라 다르며, 대체로 都心部の 강수량이 가장 많은데 여름철에는 서울의 경우와 같이 風下地域의 降水가 增加했다.

그림 4를 보면 서울의 風下側에 해당하는 南漢江과 北漢江의 合流點 부근에 강수 그늘 지역이 나타난다. 이 지역은 西風 내지 南西風系의 바람에 대한 風下側에 해당하는데, 북서쪽의 雲吉山(610m), 서쪽의 南漢山(495m), 남서쪽의 淸京山(542m) 등으로 둘러 싸여 있다. 따라서 이 지역은 서울의 大氣의 영향을 받지 못하기 때문에 강수의 그늘현상이 나타나는 것으로 생각된다.

(2) 降雨日數, 微雨日數 및 雷雨日數의 分析

都市地域에서는 막대한 交通量과 다양한 産業活動으로 인하여 각종 汚染物質이 배출되고 있다. 그 중에서도 黃酸과 吸濕性 黃化物은 산화작용에 의해 흡습성 應結核을 빠른 속도로 생성한다. 특히 자동차의 배기가스에서 배출되는 질소화합물은 질산으로 변하여 대단히 작은 微粒子와 물방울을 만든다. 만일 이것들이 구름 응결핵(cloud condensation nuclei)으로 작용한다면 이들 오염물질은 강수의 요인이 될 수 있다. Shaefer(1968)<sup>33)</sup>는 자동차의 배기가스 중에서 납 성분은 沃素와 반응하여 沃化鉛(PbI)을 생성하지 되는데, 이것이 대단히 활성적인 水核으로 변한다는 사실을 밝힌 바 있다. 그는 납이 포함

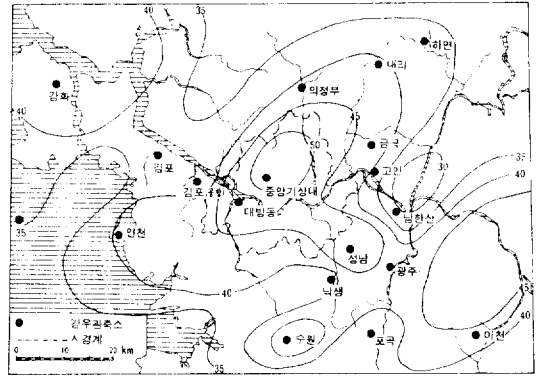


그림 5. 서울과 그 주변지역의 여름철 평균 강수량 수(1976~1986)

된 휘발유를 사용하여 자동차가 배기가스를 배출하는 地面에서 水核(ice nuclei)이 리터당 1000개까지 측정되었다고 하였다. 그리고 Borys와 Ducke(1979)<sup>34)</sup>는 Providence에서의 조사에서 납만이 그 지역의 大氣中の 水核數와 관련되었다고 하였다. 그러나 구름 응결핵에 관한 정보는 아직까지 초보적인 단계이므로 도시 강수와 오염물질의 관계를 數值的으로 밝히기는 어렵다.

그림 5는 서울과 그 주변지역에서 1976~1986년간에 측정된 0.1mm 이상의 여름철 平均降水日數의 分布圖이다. 이 그림을 보면 전반적인 패턴이 여름철 降水量 等值線圖와 유사한데 熱섬의 核이 분포하는 지역에서 가장 큰 값을 나타내고 있으며, 공항 관측소에서도 역시 높은 값을 보인다.

표 5는 1986년의 微雨日數(1mm 이하)와 雷雨

표 5. 여름철 微雨日數(1mm 이하)와 雷雨日數(1986)

	중기상대	대방동	서울공항	수원	수원공항	인천	강화	양평	이천	김포국제공항
비우일수	20	40	37	15	39	17	17	20	9	23
뇌우일수	16	17	18	8	14	5	12	8	9	7

32) Sanderson, M., & Gorski, R., 1978, "The effect of Metropolitan Detroit-Windsor on precipitation" *Jour. Appl. Meteorol.* Vol. 17, pp. 423~427.

33) Shaefer, V.J., 1968, "Ice nuclei from auto exhaust and organic vapor," *Jour. Appl. Meteorol.* Vol. 7, pp. 148~149.

34) Borys, R.D., & Ducke, R.A., 1979, "Relationship among lead, iodine, trace metrialis and ice nuclei in a coastal urban atmosphere," *Jour. Appl. Meteorol.* Vol. 18, pp. 1490~1494.

兩日數(10.1~20.0mm)를 표시한 것이다. 1986년 여름철에 미우일수가 가장 많았던 곳은 大方洞(40일)이다. 이곳은 서울에서 가장 규모가 큰 九老工團으로부터 북동쪽으로 약 4km의 거리에 위치하고 있을 뿐만 아니라 교통량의 정체가 심한 永登浦地域에 인접해 있기 때문에 공장으로부터의 매연과 자동차의 배기가스가 여름철의 탁월풍인 南西氣流에 실려 와서 미우현상을 많이 일으킨 것 같다. 다음으로 미우일수가 많은 곳은 金浦國際空港(23일), 水原空港(39일), 서울空港(37일) 등 공항관측소인데 이러한 곳에서도 비행기가 離着陸할 때 배출되는 배기가스가 주요 요인으로 작용하는 것 같다. 그리고 중앙기상대(20일), 양평(20일), 인천(17일), 강화(17일), 수원(15일), 이천(9일)의 순으로 많은데, 도시의 규모 및 수증기 공급원과의 거리가 관련된 것 같다.

雷雨日數의 경우는 서울 지역에서 16~18일로서 가장 많고 水原(8일), 仁川(5일), 利川(9일), 陽平(8일) 등지의 뇌우일수는 서울의 절반에 못미치고 있다. 서울의 뇌우는 대체로 熱섬의 발달로 인한 對流性 강우에 관련이 있음에 틀림없다.

표 6은 최근 6년간(1981~1986)의 여름철 微雨日數이다. 이 기간을 선정한 까닭은 李賢英(1985)<sup>35)</sup>이 그의 서울의 都市氣溫 研究에서 밝힌 바와 같이 서울에서는 1980년도부터 도시의 物理的인 構造의 變化, 交通量의 增加, 그리고 人工熱의 방출 등이 촉진되어 도시화로 인한 열섬이 현저해지기 시작한 시기이기 때문이다. 陽平의 미우일수가 도시 규모에 비해서 많은 것은 팔당댐의 영향과 관측소의 지리적 위치와 관련된 것이 아닌가 생각된다.

표 6. 서울과 그 주변지역의 여름철 微雨日數(1981~1986)

	중 앙 기상대	수 원	인 천	이 천	양 평
미우일수	20.0	17.5	15.3	15.0	7.8

### (3) 對流性 降雨의 事例分析

1986년에는 장마前線이 6월 22일에 南海岸에  
35) 李賢英, 1985, 前掲書, pp. 59~61.

상륙하면서 여름장마가 시작되었는데, 7월 中旬에는 北太平洋 高氣壓이 확장되면서 더욱 활성화되었다가 중부지방에서는 7월 27일 경에 끝났다. 8월에는 高溫多濕한 北太平洋 高氣壓의 영향으로 날씨가 무더웠고 氣層이 不安定하여 雷電을 동반한 강수가 빈번했다.

여기에서는 對流性 降水가 비교적 뚜렷이 나타난 8월 9일과 10일 兩日間의 降水現象에 관하여 考察하고자 한다. 8월 9일에는 중국의 華北과 華中地方에 北東-南北方向으로 帶狀의 저기압이 자리잡고 있었고, 일본 북해도 동쪽 해상에 중심을 둔 1016mb의 北太平洋 高氣壓이 계속 우리나라를 향해 확장하는 추세에 있었다(그림 6 참조). 이날 烏山의 Ooz의 斷熱線圖(그림 7)를 보면 850mb高度에서는 남서풍이 7.5m/sec로 불었고, 구름의 이동과 관련이 깊은 500mb 고도에서는 약 15m/sec의 강한 남서풍이 불었다. 이 때의 大氣의 安定度指數는 +0.5로서 상

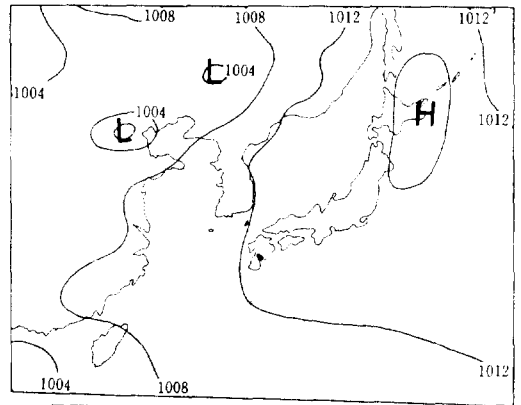


그림 6. 1986年 8月 9日(Ooz)의 地上日氣圖(mb)

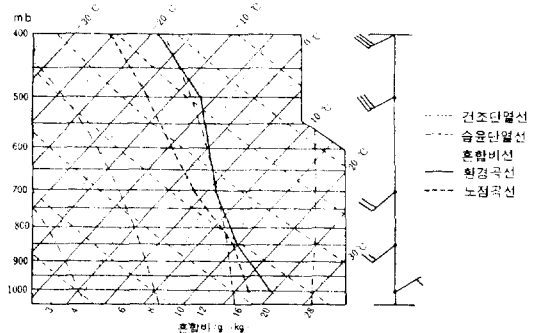


그림 7. 烏山의 1986年 8月 9日(Ooz)의 斷熱線圖

당히 불안정하였다. 서울지방은 日最高氣溫이 30°C를 웃도는 무더운 날씨가였다. 오전 중에는 대체로 맑았으나, 서울의 大方洞에서는 10시부터, 中央氣象臺(松月洞)와 水原에서는 12시 이후부터 점차 對流性 구름이 끼기 시작하였다. 大方洞에서는 12시부터 積雲(Cu)으로 흐리기 시작했고, 14시 25분~15시 35분 간에는 雷雨가 내렸다. 중앙기상대에서도 13시 이후 積雲으로 흐려져서 14시 36분부터 15시 10분까지 雷雨現象을 동반한 소나기가 내렸다. 서울지방의 곳곳에서 14시 30분경부터 산발적으로 발달했던 積亂雲(Cb)은 16시 경에 소산되었다. 이 날 하루 동안의 바람을 보면 大方洞에서는 南東風이, 중앙기상대에서는 北東風과 南東風이 우세하였다. 水原에서도 서울과 거의 비슷한 시간인 14시 40분부터 積亂雲이 발달하였고, 雷雨現象은 서울보다 약 30분 정도 늦은 시각인 15시 03분부터 16시 03분까지 나타났다. 바람은 雷雨時에는 南西風 내지 南東風이 불었으나, 이 때를 제외하면 거의 靜穩상태였다.

南西風이 우세했던 城南에서는 다른 관측지점보다 이른 시각인 08시부터 下層雲(Sc)으로 날씨가 흐린 상태였으나, 積亂雲이 나타나기 시작한 것은 서울보다 조금 늦은 15시부터였다. 15시부터 16시 21분까지 역시 雷雨를 동반하면서 산발적인 강우현상이 나타났는데 16시부터 5분간의 강수량이 18.8mm에 달했다. 한편 金浦(空港)에서는 10시부터 16시까지 積雲으로 흐려 있었으며, 14시 25분부터 48분까지 0.1mm 정도의 소나기가 내렸으나 뇌전현상은 없었다. 8월 10일에는 潑海灣으로 중심을 옮긴 1003mb의 低氣壓의 영향이 다소 있었으나, 혼슈우 동쪽 해상으로 중심을 옮긴 1020mb의 北太平洋 高氣壓의 영향으로 前日에 이어 날씨가 계속 무더웠다(그림 8 참조). 烏山의 Ooz 斷熱線圖(그림 9)上的 安定度指數가 -3.5인 이 날의 氣層 역시 대단히 불안정한 상태였다. 이 날은 바람이 보다 강해져서 남서풍이 850mb 고도에서는 17.5m/sec로, 500mb 고도에서는 25m/sec로 불었다. 서울에서는 前日에 이어 대체로 흐리다가 새벽(05시)부터는 積亂雲이 발달되어 뇌전을 동반한 소나기가 내렸다. 거의 비슷한 시간에 城南, 水原,

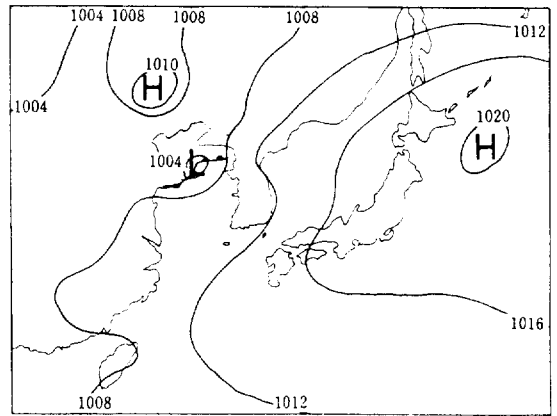


그림 8. 1986年 8月 10日(OOZ)의 地上日氣圖(mb)

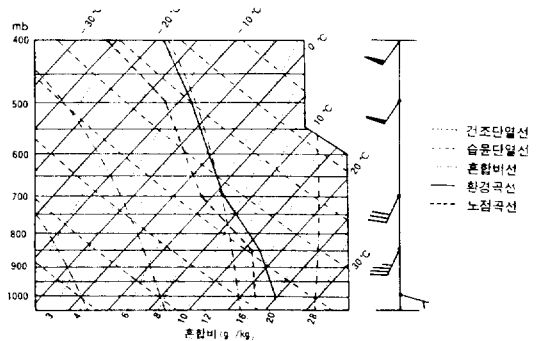


그림 9. 烏山의 1986年 8月 10日(OOZ)의 斷熱線圖

金浦 등지에서도 역시 뇌우가 내렸는데, 城南에서는 마른 번개도 쳤다. 특히 城南에서는 06시부터 28분 동안의 강수량이 6.4mm에 달했다.

서울(大方洞)은 07시부터 다시 흐려지고 14시 22분부터 積亂雲(Cb)이 발달하였다. 15시부터는 소나기가, 그리고 16시 17분부터는 뇌우가 18시까지 산발적으로 내렸다. 이 때의 강우량은 2.7mm였다. 오후에 소나기가 내릴 때는 주로 南西風이 10m/sec 내외로 비교적 강하게 불었다. 중앙기상대에서는 오전 중에는 맑다가 12시부터 積雲이 발달하여 16시부터 18시까지는 積雲으로 흐려 있었으며, 16시 02분부터 17시 57분까지는 소나기가 산발적으로 내렸다. 夜間에도 22시 이후에 對流雲으로 흐려져, 22시 57분부터 23시 51분 사이에 뇌우가 내렸다. 바람은 오전에는 北東風, 오후에는 南東風 내지 南西風이 우세하게

나타났다. 城南은 下層雲(오전에는 層雲, 10시 이후에는 層積雲)으로 덮여 흐린 상태가 계속되다가 14시에는 積雲, 15시 39분에는 積亂雲이 발달하였으며, 16시 10분부터는 뇌전이, 그리고 17시부터는 뇌우가 20시까지 산발적으로 있었다. 17시부터 3시간 동안에 내린 강우량은 17.8mm였다.

8월 9일과 10일 양일간에 나타난 氣象現象을 개관해 보면, 對流性 구름과 對流性 소나기가 주변지역에서 서울보다 1시간 내지 2시간 늦게 나타났다.

#### 4. 結 論

627km<sup>2</sup> 市域에 1000만에 육박하는 인구를 수용하고 있는 巨大 都市인 서울에서도 氣溫의 경우에는 세계 유수의 大都市에서 나타나는 것과 유사한 패턴과 강도의 熱점이 나타나고 있음이 밝혀진 바 있다. 그리하여 본 연구에서는 서울을 중심으로 도시 지역의 降水를 都市氣候學的 측면에서 고찰하였다. 본 연구를 수행하는 데에는 서울의 주변지역에 있어서 降水觀測值의 부족, 觀測網의 密度 특히 風上側의 觀測所 不在, 그리고 觀測所의 移轉과 測器의 변동 등 降水資料上的 문제가 적지 않다. 그리고 서울지역의 起伏의 복잡성, 漢江水塊 등으로 인해 자연환경이 단순하지 않아 도시화가 도시 또는 그 주변지역의 강수에 미치는 영향을 정확하게 파악하기가 쉽지 않다.

본 연구에서 사용한 주요 자료는 都市化에 박차를 가했던 韓國綜合長期計劃 第3次 5個年計劃의 시작연도인 1972년부터 1986년까지 15年間の 日別 降水資料이다. 여름강수의 분포는 최근 주변지역에 신설된 관측소의 자료를 보완자료로 참고하기 위하여 1976년부터 1986년까지 11년간의 자료를 사용하였다. 그리고 도시화에 따라 증가할 수 있는 對流性 降水分析에서는 1986年 8月 9日과 10日 兩日의 1日 氣象統計表, 地上日氣圖 및 斷熱線圖를 사용했다.

강수 분석에 사용된 觀測所의 數는 서울 市內의 4개소(中央氣象臺, 大方洞, 金浦國際空港, 冠岳山)와 周邊地域의 17개소(水原測候所, 水原

空港, 仁川, 江華, 陽平, 利川, 金浦, 議政府, 樂生, 內里, 金谷, 高安, 南漢山, 廣州, 모현, 龍仁, 서울空港)를 포함하여 총 21個所이다.

1970년대 후반부터 서울과 그 주변지역의 年 降水量의 변화 추세를 보면 그림 2가 보여주는 바와 같이 다소의 增加傾向이 나타난다. 특히 서울의 熱섬 현상이 현저해진 1980년대에 들어 서면서부터 서울의 風下地域인 議政府의 연강수량은 서울의 風上地域인 金浦의 그것보다 빠르게 증가하였다. 그러나 서울 지방은 溫帶季節風帶에 속하기 때문에 강수량의 年變動率이 크고 여름철의 단 한 번의 豪雨が 연강수량에 큰 영향을 주었다고 하기에는 미흡하다. 그리하여 본 연구에서는 서울과 그 주변지역의 降水의 空間的인 分布와 더불어 對流性 降水의 事例를 분석하였다.

서울과 그 주변지역에서 都市와 農村的의 연강수량을 비교해 보면 St. Louis에서와 같이 도시에서 약 5% 더 많다(표 2). 그러나 이 差는 年 降水量의 標準偏差보다 작은 값이므로 그것이 도시의 영향이라고 단언하기는 곤란하다.

여름철의 降水分布(그림 4)의 패턴은 연평균 강수분포(그림 3)와 비슷하나 폐곡선이 서울의 여름철 탁월풍인 남서풍의 풍하측인 북동쪽으로 보다 더 확장되어 있다. 그리고 주위의 산지가 서울로부터의 氣流의 流入을 방해하는 北漢江과 南漢江의 合流點 부근에 비 그늘 지역이 형성되고 있다.

微雨(1mm 이하) 日數는 도시지역이 주변의 농촌지역보다 월등하게 많다. 특히 대방동에서 가장 많은 값(40일)을 보인다. 이곳은 交通의 정체가 심한 永登浦地域에 인접해 있고 서울에서 가장 큰 工業地域인 九老工團에서 북동쪽으로 약 4km 떨어져 있다. 따라서 이 지역의 微雨는 大氣中の 汚染物質과 관련된 것으로 생각된다. 雷雨日數도 都市와 空港에서 農村보다 약 2배 높게 나타나며, 뇌우의 발생시각이 도시지역에 비해 농촌지역에서 1~2시간 지연되어 나타났다. 이러한 현상은 熱섬의 規模 및 強度에 기인하는 對流性 降雨과 관련된 것이다.

본 연구의 범위는 서울과 그 주변지역의 강수의 anomaly를 도시기후적 측면에서 고찰하는 데

한정하였으나, 앞으로의 연구는 서울의 大氣汚染 및 都市水文과 관련된 應用的인 측면까지 발전시켜야 할 것이다. 그러기 위해서는 보다 조밀한 氣象觀測網 특히 風上地域의 관측소가 필요하고, 氣象觀測專門機關 이외에도 教育機關,

農業 및 林業 試驗場, 公園 등의 각종 기관을 비롯하여 個人農園에 이르기까지 각 분야에서 氣象觀測을 보다 적극적으로, 그리고 지속적으로 실시하도록 하는 제도적 장치가 필요하다고 생각된다.

# Precipitation in Summer in the Metropolitan Seoul area

Hyouun-young Lee\*

## Summary

Most of recent researches on urban precipitation have suggested that the precipitations of city areas have increased according to the urbanization. In this study, the author examined the anomaly of precipitation of Seoul area, the capital city of Korea, with a population close to 10 millions in an area of 627km<sup>2</sup>, and attempted to find out the magnitude and relative intensity of urban effects on summer rainfall, especially convective.

The existing meteorological network for most cities is spatially not dense enough to distinguish a mesoscale phenomenon. And there is also lack of long period data, which are necessary to find out the changing patterns and amounts of precipitation with urbanization. Although the meteorological network of Seoul area is rather adequate, more stations would be helpful in analyzing urban precipitation.

In this paper, the daily precipitation in summer was analysed for a period of 11 years from 1976 through 1986. For convective precipitation, 2 cases were selected, of the 9th and the 10th August 1986, and hourly meteorological situations of those days were examined with surface weather maps(OOZ) and the skewed T-log p diagrams(OOZ). Rainfall data were collected from a network of 21 rain-gauge stations.

Since 1970s the annual precipitation of

urban area showed a little more increase than that of surrounding rural areas. Urban area had precipitation 5% more than rural area. But such a value cannot be said to be very significant statistically because the difference is not larger than the standard deviation of annual precipitation.

Annual isohyete map showed that the totals of precipitations were highest in central Seoul. The urban enhancement was maximized in the center of Seoul in annual precipitation, but maximum rainfall of summer occurred in downwind area. The enclosed isohyete is more extended in summer toward the northwest part of the city, that is, downwind area of the prevailing wind of Seoul in summer.

The table 5 showing the numbers of light precipitation(less than 1mm) days and heavy rain days with storm gave support to the hypothesis of the positive relation between light rain and aerosols. The maximum numbers appeared in Dae-bang Dong, which is located just north of sub-center of Seoul and 4km north from Ku-Ro industrial area. The condensation nuclei from industry and auto exhaust are believed to form more cloud droplets, and result in light precipitation. Analysis of heavy rain with storm shows that the number of such days occur more than twice in inner city than surrounding rural area, and the time of occurrence of storms is delayed one or two hours in rural area. As a whole the urban thermal effect on convec-

---

\*Professor, Dept. of Geography, Kon-Kuk University.

tive precipitaion seems to be real. It is believed that the enhancement of convection due to urban heat island is the primary cause of precipitation increases in urban area.

On the basis of the climatological studies

of precipitation for the metropolitan Seoul and its surrounding area, it can be said that the extra increment of heat by the urban fabric is often the trigger for the occurence of convective precipitation.