

도시기후지도의 작성

- 상계 4동을 중심으로 -

송영배

서울여자대학교 자연과학대학 환경생명과학부

Urban Climate Mapping

- The Case of Sanggye 4-Dong -

Song, Young-Bae

Faculty of Environmental Studies, Seoul Women's University

ABSTRACTS

The objective of this study is to improve the quality of the atmospheric environment by incorporating the factors of meteorology and urban climate into the field of urban and environmental planning. To this end, we have conducted a study on CLIMATOP and the mapping of urban climate, which are basic data used to analyze changes in climatic factors and the stagnation and accumulation of air pollutants. In particular, we focused on understanding the formation and movement of cold fresh air and its influx into urban areas by measuring and analyzing climatic factors.

As a study result, classification criteria for CLIMATOP and a urban climatic map were made. In addition, we analyzed a digital elevation model, climatic data, and isothermal curves. As a result, we identified the corridor through which cold fresh air moves. We also observed that the temperature of the fluxed cold fresh air increased as land use changed. When the results of this study are applied to urban re-development and re-building projects, which require preliminary environmental assessment and environmental impact assessment, the practice proposed by this study is expected to contribute to the natural purification of air pollution, activating the movement of cold fresh air and its influx into urban areas.

Key Words : CLIMATOP, Urban Climate Map, Air Corridor, Cold Fresh Air

1. 서론

도시지역에서 대기환경의 질에 악영향을 미치는 주요인으로는 에너지의 집중적 소비와 교통기관에 의해 배출되는 대기오염물질로서, 2005년에는 그 양이 현재보다 약 52% 정도 증가할 것이란 전망이다(환경부, 1995). 이 같은 예측은 최근 발전하는 환경공학 기술에도 불구하고 도시지역에서 대기오염이 더욱 악화될 수 있으며, 현재의 기술과 법적·정책적 수단이 도시 대기환경의 질을 개선하는데 그 한계가 있음을 반증한다고 할 수 있다.

또한 2010년대에는 도시거주 인구가 전 인구의 90%대에 이를 전망이며, 대도시에서는 집중되는 인구를 수용하기 위해 도시의 허파와 같은 역할을 하는 그린벨트나 도시주변의 녹지, 초지, 나대지 등을 택지로 개발하거나(건설교통부, 2001), 기존의 주거단지를 고밀도로 재개발 또는 재건축하고 있다. 그 결과 도시지역의 지형, 복사열수지, 풍향, 풍속 등의 요소들은 자연생태계와는 달리 크게 왜곡되어 나타나고 있으며, 대기순환 메카니즘에 큰 변화를 가져왔다(송영배, 1996). 이에 덧붙여 난방과 산업체 및 급증한 자동차로부터 배출되는 다량의 대기오염물질은 도시 대기환경오염을 더욱 악화시키고 있다. 이와 복합적으로 기존의 노후·불량 주택을 고층의 주거단지로 재건축 또는 재개발함으로써 도시내 대기순환과 차고 신선한 공기의 유입을 방해하고, 대기오염물질들이 정체·누적되는 결과를 가져왔다.

1. 연구목적

대기위생학적 계획요소인 대기오염은 계획단계에서 이미 오염원과 오염물질의 발생량 및 구체적인 피해를 예측할 수 있으며, 실행 후 모니터링을 통해 대기오염물질의 발생억제와 감소를 유도하기 위한 법적 및 정책적 방안들이 강구됨으로서 보다 적극적으로, 그리고 법적 구속력이 있게 고려되고 있다. 이에 비해 기상과 도시기후적인 요소들이 도시 및 환경계획 분야에서 계획요소로서 고려되지 못하고 있는데, 그 이유는, 기상과 도시기후를 계획요소로 도입 및 활용하기에 필요한 이론적 근거와 그 가치에 대한 이해가 부족했기 때문이라

고 할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 기상과 도시기후를 도시 및 환경계획요소로 도입하고, 또한 도시지역에서 기상요소의 변화와 이에 따른 대기오염물질의 정체·누적되는 현상을 분석하기 위한 근거자료가 되는 기후특성의 정의 및 분류기준 정립과 도시기후지도 작성방법에 있다. 특히 도시 주변의 녹지와 초지에서 발생하는 차고 신선한 공기의 생성과 이동 및 도심지로의 유입을 규명하기 위해 기상요소를 측정하고 분석하였는데, 이는 향후 도시 재개발 또는 재건축시 도시기후를 고려한 개발계획 수립을 위한 사전환경성 검토와 환경영향평가 등에 고려됨으로서 차고 신선한 공기의 원활한 이동과 도심지로의 유입을 통한 대기오염의 자연정화와 해소를 가능하게 할 수 있다.

2. 연구범위 및 대상지

기후는 관련학문 분야에 따라 다양한 분류가 가능하나, 연구 대상지의 공간적 범위에 따라 대기후(macro climate), 중기후(meso climate 또는 local-/regional climate) 및 미기후(micro climate)등으로 분류할 수 있다(Schirmer, 1988).

본 연구의 대상지는 도시지역으로서 행정구역상 서울시 노원구 상계 4동이며(그림 1 참조), 지형적으로 불암산과 수락산 사이의 골짜기에 위치하고 있다. 위 연구 대상지역은 수평범위가 0.1-10 km 범위에 들기 때문에 중기후권(수직범위: 대기권 0 - 1000m)에 속한다.



그림 1. 노원구에서의 연구대상지 위치

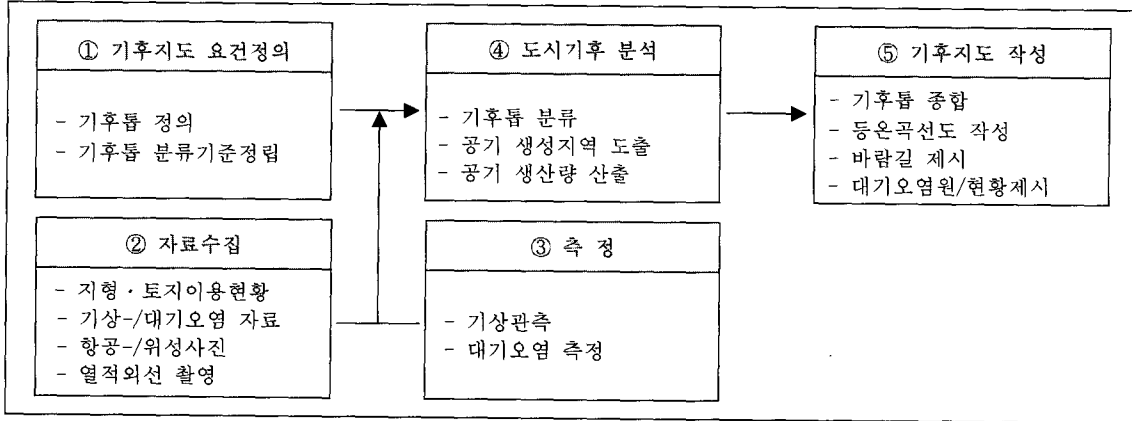


그림 2. 도시기후지도의 작성과정

그러나 기후톱의 특성상 주변지역의 식생에 큰 영향을 받으며, 특히 산림지역의 경우 공간범위 측면에서는 중 기후대에 속하나 미기후의 특성을 반영한다. 따라서 연구 대상지의 범위를 미기후권(수평범위: 0.1-10m; 수직범위: 지상 2m 까지)으로 제한하였다.

위 지역은 도시기후 측면에서 보았을 때 지표의 고저 및 온도차에 의해 산곡풍이 형성되는 지역으로서 배후의 산악지대에서 생성된 차갑고, 신선한 공기가 노원구 상계지역으로 이동하는 통로지역으로서 도시 기후적 측면에서 매우 중요한 공간으로 예상된다.

3. 연구방법

1) 연구절차

도시기후지도를 작성하기 위해서는 먼저 그림 2에서 보여지는 바와 같이 도시기후지도(이하 '기후지도'라고 한다)가 갖추어야 할 요건들을 정의하여야 한다. 기후 지도를 구성하는 주요소는 대상지역의 기후톱으로서, 관련자료의 수집과 현지조사를 통해 "동일한 기후적 특성을 갖는 최소공간 단위"인 기후톱(klimatop) (Leser, 1984)을 설정하게 된다. 이와 함께 기후톱 분류기준을 정립하고, 수집된 지형 및 토지이용현황자료 등을 바탕으로 GIS ArcGIS Ver. 8.1 (ESRI Inc., 2001)를 활용하여 수치지도에 기후톱을 제시한다. 또한 차고 신선한 공기의 생성지역은 작성된 기후지도를 바탕으로 도출되며, 현지 이동 기상관측 자료를 바탕으로 차고 신선한 공기의 이동경로를 파악하게 된다. 이와 함께 대기오염

측정을 통해 연구 대상지에 위치한 대기오염원에 의한 잠재적인 위험성 등 기타 사항을 파악하여 도시기후지도에 명기한다.

II. 본론

1. 도시기후지도의 요건정의

기후지도(urban climate map)에는 지형도와 기후톱이 표시되며, 기후톱 별 특성, 기후기능(climate function), 차고 신선한 공기의 생성지역 및 이동경로와 공기순환 프로세스 등에 대한 도식과 서술이 포함된다. 또한 부속서에는 기상요소의 분석결과와 종합적인 기후기능도 및 이에 관한 서술, 그리고 도시계획이나 환경계획에 필요한 권고와 참고사항들이 포함되어야 한다 (Oberstadtdirektor der Stadt Dortmund, 1986).

1) 기후톱 정의 및 유형

"기후톱(klimatop, engl. climatop)"이란 기후를 의미하는 "klima"(engl. climate)와 최소공간 단위를 의미하는 "top"의 합성어로서, 도시지역에서 기상요소에 인위적인 간섭과 조작 등으로 유발되는 기후변화를 지형과의 연관성을 제시하기 위해 만들어진 개념이다.

Leser(1984)는 기후톱(klimatop)을 "동일한 지형적 특성을 갖으며, 이 공간 내에서는 대기와 지표면간의 물리적인 상호교환과정이 동일하게 진행되어 전체적인

기후체계에 동일한 영향을 미치게 되는 가장 작은 기상학적 공간단위” 라고 정의하고 있다. 이는 기상학적인 요소와 기후변화의 요인들을 도시계획이나 환경계획 등 공간을 다루는 분야에 계획요소로 도입하여 적용시키기에 적당한 개념으로 활용되고 있다(Beckroege, 1987).

기후톱의 유형에는 호수·하천, 평지-, 산림-, 공원-, 촌락-, 도시외곽-, 도시-, 도심-, 상업지 및 준공업지 기후톱 등의 9 가지로 분류되며, 경우에 따라서는 촌락과 공원의 전이지역이 다시 두 가지 형태의 기후톱으로 세분되기도 한다 (Oberstadtdirektor der Stadt Dortmund, 1986; Oberstadtdirektor der Stadt Bochum, 1991; Oberstadtdirektor der Stadt Wuppertal, 1994). 기후톱 유형별 특성과 대기위생학적 기능을 살펴보면 표 1, 2와 같다.

2) 기후톱 분류

기후지도를 작성하기 위해서는 먼저 연구 대상지의 기후톱을 공간적으로 분류할 필요가 있다. 그러나 표 1과 표 2에서 살펴 본 바와 같이 기후톱의 유형과 특성은 정량적이기 보다는 매우 정성적으로 서술되어 있어, 기후톱에 대한 공간 레퍼런스를 부여하기에 어려움이 따른다. 따라서 표 1, 2를 바탕으로 현재 이용 가능한 자료인 토지이용 및 비오톱 현황조사(서울특별시, 2000), 수치지도(국립지리원, 축척 1:5,000), 항공사진(서울특별시, 2000) 등을 활용하고, 연구 대상지에 대한 현지조사를 통해 표 3과 같은 기후톱 분류 기준¹⁾을 작성하였다.

이와 같은 분류기준을 적용하는 이유는 (도시)생태계를 구성하는 최소공간단위는 에코톱(ecotop)이며, 에코톱은 다시 비생물적 구성요소인 피지오톱(physiotop)과 생물적 구성요소인 비오톱(biotop)으로 나누어 진다

표 1. 기후톱 유형별 특성과 대기위생학적 기능

기후톱 유형	기후톱 특성	대기 위생학적 기능	
자연 지역	호수 하천	<ul style="list-style-type: none"> · 열 함유력이 높아 기온보정과 조절작용이 강함 · 열수지 균형 및 높은 습도를 유지함 · 일정 풍속이 유지됨(순풍) · 차고 신선한 공기를 생산함 	<ul style="list-style-type: none"> · 가열된 도시지역의 건물과 구조물을 식혀줌 · 주간에는 주변의 온도를 식혀주며, 야간에는 열을 발산하여 기온을 조절함 · 차고 신선한 공기의 저장창고 역할을 함
	평지	<ul style="list-style-type: none"> · 야간에 지표면과 대기가 심하게 냉각되며, 주간에 직사광선에 의해 크게 과열되어 일교차가 심하게 발생함 · 자연적 역전층이 형성됨 · 풍향/풍속은 지역의 기상상태를 반영하며, 일정 풍속이 유지됨 · 지형에 따라 기상요소가 크게 변화됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 야간에 차고 차고 신선한 공기가 형성되어 하부지역으로 이동함 · 지형조건과 장애물에 따라 냉기호가 형성되며, 농작물에 피해를 유발함
	산림	<ul style="list-style-type: none"> · 닫혀진 단일구조를 형성하며, 지역적 기상현상에 영향을 적게 받음 · 주변지역 기상요인과 큰 차이: 일교차가 심하지 않고, 일정 기온과 습도유지, 식생에 의한 풍속감소 · 입사 및 반사량 감소:수목군이 지붕과 같은 구조를 형성함 	<ul style="list-style-type: none"> · 신선하고 차가운 공기를 생산함 · 침엽수 및 활엽수에 의한 대기오염 정화작용이 강함 · 구성 수목의 종류와 연령, 밀집도에 따라 공기정화 작용에 큰 차이를 나타냄
	공원	<ul style="list-style-type: none"> · 평지와 산림의 전이적 기후특성을 반영함 · 초지와 수목으로 구성되며, 수목의 배열형태가 느슨함 · 공원내 초지와 수목에 의해 다양한 소기후군이 형성됨 · 공원지형의 경사, 면적, 주변지역 건축구조물의 종류와 형태에 따라 큰 영향을 받음 	<ul style="list-style-type: none"> · 주변 공기의 녹지대 유입이 용이하여 공기정화능력이 향상됨 · 주거지역에 매우 유익한 대기위생학적 작용을 함 · 수목에 의한 대기오염 물질 여과작용이 발생하며, 정화능력이 산림보다 우수함

자료: Beckroege(1987); Landeshauptstadt Stuttgart(2000); Oberstadtdirektor der Stadt Dortmund(1986); Oberstadtdirektor der Stadt Bochum(1991); Oberstadtdirektor der Stadt Wuppertal(1994)을 정리 및 보완함.

표 2. 기후톱 유형별 특성과 대기위생학적 기능

기후톱 유형	기후톱 특성	대기 위생학적 기능	
도시 지역	촌락	<ul style="list-style-type: none"> · 주거지역 내에 비교적 많은 녹지가 형성되어 있음. · 저층형·개방형 건물 배열구조의 주거지역 · 건물군에 의해 풍속이 크게 감소함 · 도시지역에 비해 지표면 포장율은 낮으며, 녹지비율은 높음 	<ul style="list-style-type: none"> · 풍속 외 건축물에 의한 다른 기상요소의 변화가 크지 않음 · 기후 생태학적인 변형이 적음 · 대류운동이 양호하여 대기오염물질의 이동과 확산이 비교적 용이함 · 열섬현상이 발생하지 않음 · 차고 신선한 공기의 유입이 양호함
	도시 외곽	<ul style="list-style-type: none"> · 주거지역내 주택이 밀집, 중간정도 개방된 주택구조, 부분적으로 완전히 닫혀진 블록형 주택 배열 형태 · 녹지와 식물이 차지하는 비율이 낮음 · 일교차가 큼 · 주간 평균기온은 촌락지역보다 높으며, 야간의 기온은 촌락지역과 유사함 	<ul style="list-style-type: none"> · 도시외곽에 위치하나 열섬현상의 영향권 내 속함 · 국지적 바람과 찬공기의 흐름이 교란됨. · 제한된 범위 내에서 대기의 수평대류가 발생함
	도시	<ul style="list-style-type: none"> · 대열형 주택배치의 일반주거지역 · APT와 단층형 주택이 혼합된 지역 · 5층 이상의 주택이 완전히 닫혀진 블록구조를 갖는 지역 · 건물의 용적율/건폐율에 따른 공기 및 지표면 온도가 상승함 · 일일 평균기온이 도시외곽지역 보다 매우 높게 나타나며, 열섬현상 발생 · 건축물이 갖는 열함유력과 열에 대한 반응이 큼 · 건축물에 의한 대류현상의 제약과 에너지의 집중적 소비에 따른 기온상승 	<ul style="list-style-type: none"> · 고밀도 주거단지, 교통, 상업지역에서 발생하는 폐열과 대기오염물질이 대기환경에 큰 악영향을 미침
	도심	<ul style="list-style-type: none"> · 도시 중심 및 중심상업지역(CBD) · 불투수 포장율이 높으며, 녹지공간이 거의 없음 · 기온은 도시평균 보다 2-3℃ 높음 · 고층건물에 의한 바람장 변화와 교란이 심하게 발생함 · 지표면에서는 소용돌이와 거센 바람이 형성됨 · 강한 열섬효과와 낮은 습도 	<ul style="list-style-type: none"> · 지표면 거칠기가 크게 증가하여 대기의 순환운동을 크게 방해함 · 대류운동이 활발하지 못한 기상조건에서 역전층이 형성될 경우, 오염물질이 농축되어 호흡기 질환 등 심각한 대기위생학적 악영향을 미침
	(준)공업·상업	<ul style="list-style-type: none"> · 큰 면적의 상업지역과 준공업 지역 · 저층형 대형 건물과 구조물이 위치함 · 도시지역에서 가장 높은 기온 분포 · 녹지가 거의 없으며, 바람장 교란됨 · 공기순환이 어려우며, 고농도 대기 오염이 발생함 · 지표면 포장으로 모든 기상요인들이 가장 크게 나타남(주간) · 대규모의 대류현상에 의한 공기순환 발생가능 (열적 난류) · 공장의 높은 굴뚝으로 대기오염이 주변지역에 광범위하게 확산됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 도시지역의 열섬을 형성시키는 결정적인 요인으로 작용

자료: Beckroege(1987): Landeshauptstadt Stuttgart(2000); Oberstadtdirektor der Stadt Dortmund(1986); Oberstadtdirektor der Stadt Bochum(1991); Oberstadtdirektor der Stadt Wuppertal(1994)을 정리 및 보완함.

(Finke, 1986). 이때 피지오톱은 기후형성에 직접적으로 물리적 영향을 미치는 요소이며 계획요소로서의 자료유형은 토지이용현황으로 나타난다. 또한 비오톱은 도시기후에 비오기상학적 특성을 형성시키는 요소로

서 자료유형은 비오톱 조사자료 등으로 나타난다. 이를 바탕으로 기후톱을 공간적으로 분류하고, 차고 신선한 공기의 생성지역과 도심지로의 공기가동 통로 및 유입 지역에 대한 공간분석을 수행할 수 있게 된다.

표 3. 기후톱 분류기준

a: 자연지역의 분류기준

기후톱	분류기준	
	토지이용 유형	비오톱 유형
호수/하천	하천, 호수, 습지, 저류지	하천 및 습지
평지	나지, 묘지, 골프장, 녹지 및 오픈스페이스 (초지, 경작지)	경작지: 논, 밭, 방목지, 묘포장: 조경녹지: 골프장: 유흥지: 농경유흥지, 도시유흥지
산림	녹지 및 오픈스페이스 (산림, 과수원, 조경수 식재지)	산림지: 경작지: 과수원
공원	도시공원	조경녹지: 조경수목식재지, 묘지, 식물원, 고궁
기타	교통시설지, 도시부양시설지	도시기반시설: 교통시설

b: 도시지역의 분류기준

기후톱	분류기준	
	토지이용 유형	비오톱 유형
촌락	촌락, 주택지 (농촌취락지)	전통취락지: 시설물경작지
도시 외곽	단독주택지, 공동주택지 ^a , 공공용도지(교육시설, 행정기관, 병원/요양기관, 연구기관, 대규모운동시설)	단독주택지: 4층이하 공동주택지: 도시기반시설
도시	공동주택지 ^b , 혼합지 ^c	5층이상 공동주택지: 혼합지: 5층이하 상업/업무지
도심	공동주택지(11층이상): 상업·업무시설지(상업용 건물이 70% 미만)	11층이상 공동주택지: 6층이상 상업업무지: 혼합지
(상업)/ 준공업	상업·업무시설지(상업용 건물이 70% 이상), 공업지	11층이상 상업업무지: 공업지

^a: 4층 이하의 공동주택지, ^b: 5-10층의 공동주택지, ^c: 주거용 건물과 상업용 건물이 각 30% 이상인 지역

2) 차고 신선한 공기 생성지역 도출

연구 대상지인 상계 4동을 포함한 노원구지역의 기후지도(기후톱)는 그림 3과 같이 총 9개의 기후톱으로 구분되어 작성되었다. 기후톱의 분류는 표 3(노원구, 2001.06 기준)과 같이 토지이용현황과 비오톱을 바탕으로 분류하였으며, 노원구의 각 기후톱 유형별 면적은 표 4와 같다²⁾.

위 지역에서 대기위생학적으로 주거지역에 유익한 작용을 하며, 차고 신선한 공기를 생성시킬 수 있는 평지, 산림- 및 공원 기후톱(Finke, 1986)³⁾의 면적은 18.91km²로서 노원구 전체면적(35.49km²)의 약 53.3%에 이른다 (그림 4 참조). 특히 상계 4동을 비롯해 주변이 산림과 녹지에 인접해 있는 지역은 야간에 폭풍의 영향으로 차고 신선한 공기가 도심지역으로 크게 유입될 수 있는 조건이 형성되며, 역전층 형성이나 대류가 안정한 상태에서도 산림과 평지 및 공원에서 형성된 차고 신선한 공기들이 지형의 경사를 따라 약 0.2m/min의 속도로 주거지역으로 유입될 수 있다.

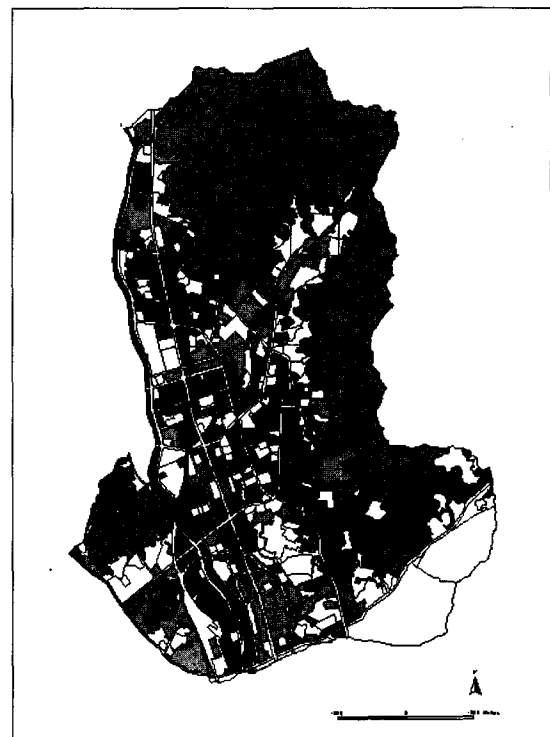


그림 3. 노원구 기후톱 지도

범례: 호수/하천기후톱: 도시외곽기후톱: 평지기후톱: 도시기후톱: 산림기후톱: 상업/공업지기후톱: 공원이기후톱: 기타: 촌락기후톱

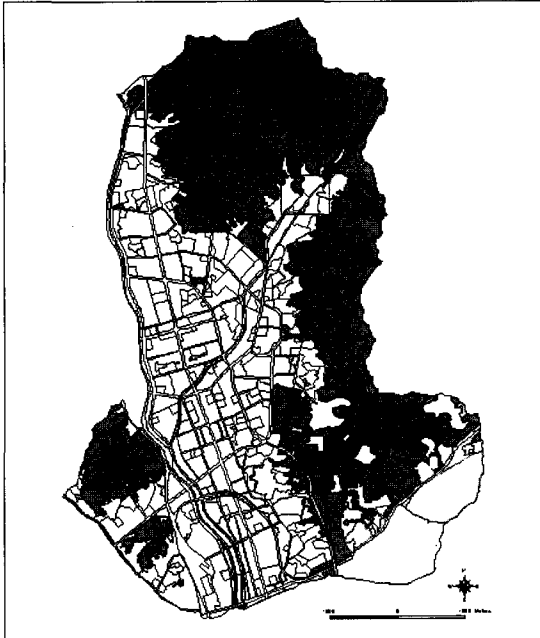


그림 4. 차고 신선한 공기의 생성지역도
 범례: □: 평지기후톱: ■: 산림기후톱: □: 공원기후톱

표 4. 기후톱 유형별 면적 (단위: km²)

구분	호수/하천	평지	산림	공원	촌락	도시외곽	도시	도심	상업/준공업
면적	0.940	1.614	16.733	0.560	0.486	4.252	3.362	4.999	0.127

표 5. 관측지점별 위치와 온도 및 평균 풍향풍속

지점	TM		주풍향 (도)	평균풍속 (m/s)	온도 (°C)
	가로	세로			
1	207552.542	463595.063	67	1.8	17.5
2	207496.313	463575.375	48	1.2	18.3
3	207466.797	463617.563	335	3.1	17.8
4	207448.516	463672.375	312	0.9	17.3
5	207319.188	463433.406	69	1.5	18.4
6	207253.109	463555.688	237	1.3	17.8
7	207284.047	463673.781	342	2.0	17.1
8	207262.953	463351.875	278	1.3	18.5
9	207417.594	463312.500	242	1.8	18.5
10	207374.016	463254.875	69	0.9	20.2
11	207490.688	463195.813	47	1.8	18.2
12	207300.906	463081.938	215	1.9	18.6
13	207244.688	463230.969	17	2.5	19.5
14	207012.734	463155.063	213	1.7	19.8
15	206865.125	463236.594	272	0.7	18.6
16	206960.719	463415.125	282	1.2	18.3

3) 기상관측

연구 대상지 주변의 차고 신선한 공기의 생성지역 (그림 4 참조)에서 형성된 차고 신선한 공기의 이동을 고찰하기 위해서 상계4동 지역의 16개 지점에 관측장비를 설치하였으며, 2001년 6월 17일부터 19일까지 3일 동안 야간(23:00-01:00)에 온도, 습도, 풍향, 풍속 등의 기상요소에 대한 표본 관측을 실시하였다. 표 5는 관측 지점의 위치와 3일간의 평균 풍향 및 풍속을 나타낸다.

4) 공기의 생성지역 및 이동경로 분석

그림 5는 대상지의 16개 관측지점에서 야간에 관측된 3일간의 평균 풍향을 3차원 지형모델(TIN)에 표시한 것이다(그림 5 참조). 이와 같이 각 관측지점에서의 주풍향 분석을 수행함으로써 본 연구지역에서 야간에 지역적인 기상영향, 특히 풍속에 의한 영향이 최소화된 상태에서 지표의 고저차와 온도차에 의한 하강기류의 영향을 받아 공기가 도시지역으로 유입되고 있음을 알 수 있다.

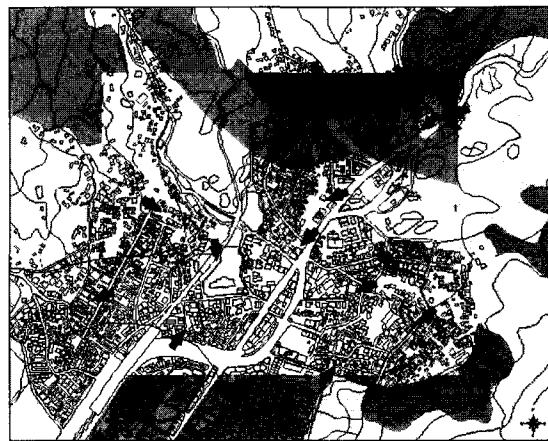


그림 5. TIN모델과 관측 지점별 주풍향
 관측일: 2001.6.17~19, 23:00-01:00
 범례: ▶: Wind direction: ■: No Data: ■: 17.1-17.445; ■: 17.445-17.789; ■: 18.478-18.822; ■: 17.789-18.133; ■: 19.856-20.2; ■: 18.822-19.167; ■: 19.167-19.511; ■: 19.511-19.856

5) 등온곡선도 작성

표 5와 같이 각 관측지점에서 측정된 평균기온을 근거로 GIS S/W를 이용하여 거리가중법을 이용하여 제

작한 등온곡선도와 관측지점별 주풍향 분석 결과와 중첩시킨 그림이다(그림 6 참조). 그림 5는 지형의 경사에 의한 공기의 이동을 나타내는 반면, 그림 6은 연구 대상지의 차고 신선한 공기를 형성시키는 기후톱(산지와 도시 주변의 녹지)에서 생성된 공기들이 어떤 방향으로 도심지로 유입되는지를 확인할 수 있으며, 또한 위의 공기들이 도시지역으로 이동하면서 도시지역에서 발생한 폐열 등으로 인해 온도가 점차 상승하는 현상을 확인할 수 있다.



그림 6. 등온곡선과 차고 신선한 공기의 흐름

관측일: 2001.6.17~19, 23:00-01:00

범례: ▲: Wind direction: ■: 0-56: ■: 281-337:

■: 337-393: ■: 56-112: ■: 224-281:

□: 393-449: □: 168-224: □: 112-168:

□: 449-635

III. 결론

1. 계획요소로서의 도시기후와 기상

대기위생학적 계획요소인 대기오염은 계획단계에서 이미 오염원과 오염물질의 발생량 및 구체적인 피해를 예측할 수 있으며, 실행 후 모니터링을 통해 대기오염 물질의 발생억제와 감소를 유도하기 위한 법적 및 정책적 방안들이 강구됨으로서 보다 적극적으로, 그리고 법적 구속력이 있게 고려되고 있다. 그러나 기상 및 도시기후적인 인자들이 도시 및 환경계획 분야에서 중요한 계획요소로서 고려되지 못했던 큰 이유는, 위의 요소들

을 계획요소로 도입 및 활용하기에 필요한 이론적 근거와 그 가치에 대한 이해가 부족했기 때문이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 기상 및 도시기후적인 요소들이 다른 계획요소와 마찬가지로 계획 수립시 고려될 수 있도록 그 가치를 밝히고, 이들 요소들이 계획 단계에서 실질적으로 고려될 수 있도록 하기 위한 유용한 자료를 생산해 낼 수 있는 이론적 근거와 사례를 제시하는데 있었다.

현재 도시는 계속해서 확장되고 있으며, 차고 신선한 공기가 유입되지 않는 상태에서 교통기관, 난방, 산업시설에 의해 배출되는 대기오염물질들이 도시지역에 정체 또는 축적되는 상황에서, 우리들은 열악해져만 가는 대기환경의 질을 개선해야 하는 어려운 과제에 직면해 있다. 이 같은 이유에서 앞으로 도시기후학적인 연구가 도시 및 환경계획 등 관련 학문분야와의 연계를 통해 대기위생학적 측면과 결합될 때, 그 효율적 가치가 더욱 커질 것이라고 본다.

이를 위해 계속해서 연구가 필요한 분야로서, 그리고 도시기후와 대기오염이라는 계획요소를 현실에서 보다 구속력 있게 고려하기 위해서는 본 연구 수행과정에서 발생하였던 문제점과 다음과 같은 해결해야 할 과제가 남아있다.

2. 기후톱 분류기준의 정량화

대표적인 문제점으로 지적될 수 있는 분야가 바로 본 연구에서 깊이 있게 다루어지지 못한 기후톱 분류기준의 정립이다. 주로 독일 도시지역에 대한 도시기후 연구보고서 및 관련서적을 통해 기후톱에 대한 정성적인 특성만을 파악할 수 있었다. 이 같은 이유로 도시외곽-, 도시- 및 도심지역은 우리 나라의 토지이용 특성상 외국에 비해 명확히 구분하기가 어려웠으며, 따라서 이들 지역을 토지이용현황과 비오톱 조사자료만을 가지고 공간적으로 기후톱을 구분하는데는 많은 한계가 있었다. 또한 도시 및 도심지역에 상업시설과 상업지가 혼재되어 있어, 이 지역 역시 표 3과 같은 분류기준을 적용하는데 많은 문제점들이 제기될 수 있다. 보다 어려운 점은 기상요소의 특성상 기후톱과 기후톱 사이에 전이지역이 존재한다는 점이며, 여기에 명확하게 구분되지 않

는 토지이용적 요소들이 추가적인 문제로서 더해지는 경우이다. 이러한 점을 보완하기 위해, 향후 연구에서는 가장 표본이 되는 기후톱을 설정하고, 앞서 언급한 제반 기후톱 인자들을 장기간 관측하고 분석함으로써 공간적으로 적용가능한 보다 정량화된 특성을 반영하는 기후톱을 규정하는 것이다.

3. 차고 신선한 공기의 생산량 산정

차고 신선한 공기의 생산량 산정방법은 일반적으로 수목의 구성과 지형의 경사 등에 따라 큰 차이를 보인다. 본 연구 대상지인 상계4동 및 주변에 위치한 산림기후톱을 구성하는 주요 수종은 참나무림(6,892km²), 아카시아나무림(3,797km²), 소나무림(2,658km²)으로 1일 산소 생산량을 산출할 수 있는 근거는 희박하다. 일반적으로 1ha의 상록활엽수림은 약 80인에게 필요한 양의 산소를 생산하며, 너도밤나무의 경우 최적의 기상상태에서 1,712g/m²/hr의 산소를 생산하는 것으로 알려져 있다(김귀곤 등, 1996).

King(1973)은 수종에 무관하게 개략적인 산출방법으로서 초지 및 녹지면적, 사면경사도와 골짜기의 경사도를 고려하여 차고 신선한 공기의 생산량을 산출하는 식을 제시하고 있다(송영배, 1996). 따라서 보다 현실에 근접한 차고 신선한 공기의 생산량을 산출하기 위해서는 비오톱 조사에서와 같이 산림을 구성하는 수종에 대한 식생조사와 수종별 차고 신선한 공기의 생산량에 대한 실험적 연구가 요구된다.

4. 차고 신선한 공기의 이동경로

중기후적 기상현상이 지배적인 상태에서의 미기후 인자들은 중기후대의 기상현상을 크게 반영한다. 이러한 기상조건에서 미기후를 통한 대기오염물질의 이동과 확산 및 해소를 논하는 것은 큰 의미가 없다. 그러나 무풍현상이나 역전층이 형성되는 기상조건에서의 산곡풍이나 지형의 경사에 의한 차고 신선한 공기의 이동은 도시지역에 차고 신선한 공기를 유입시킴으로서 대기오염을 해소하는데 절대적인 영향을 미치게 된다. 이에 관해서는 이미 독일 슈트트가르트(Landeshauptstadt

Stuttgart, 2000)시에서도 입증되었던 것처럼 도시 대기오염 해소를 위한 유일한 지속가능한 방안이라고 여겨진다.

본 연구 대상지에서 차고 신선한 공기의 생성지역으로부터 공기의 이동경로는 그림 5의 16개 지점에서 관측된 바와 같이, 산풍의 영향을 받아 전반적으로 도시 지역으로 향하고 있으며, 이는 그림 6의 등온곡선도에서도 잘 나타나 있다. 연구 대상지에 대한 전반적인 공기의 이동경로와 대기오염물질의 확산을 증명하기 위해서는 본 연구에서와 같은 부분적인 기상관측과 점적 대기오염 측정 결과만으로는 부족한 점이 많다. 이를 보완하기 위한 방법으로서 고해상도의 Thermal Scanning과 같은 자료가 필요하나 현실적으로 취득하기가 어려우며, 따라서 실측한 자료를 바탕으로 연구 대상지 전 지역에 대한 필요한 데이터를 예측하고 해석하기 위한 방법으로서 수치모델을 이용한 컴퓨터시뮬레이션 작업이 필수적으로 요구된다. 추후의 연구에서는 컴퓨터 기술과 수치모델링을 통해 도시지형과 건축구조물을 고려한 도시지역에서의 기후톱 특성 정량화와 공기의 이동경로(바람길) 규명 및 대기오염의 확산에 대한 연구가 필요하며, 또한 수행될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 서울여자대학교 교내 학술연구비에 의하여 수행되었으며, KBS 제 1 TV의 환경스페셜(제 90회: "바람, 도시에서 길을 잃다", 2001.7.11일 방영) 제작을 위해 자료수집 및 연구수행에 도움을 주신 KBS 환경스페셜팀 이치훈 PD에게 감사드립니다.

- 주1. 산림 속의 벌채지/나지는 지형특성 측면에서 평지기후톱에 속하나, 기후생태학적인 특성을 고려하여 산림기후톱으로 분류하였고, 암석노출지는 나지의 특성을 반영하고는 있으나 산림 속에 위치하며, 그 공간적 범위를 규정하기가 어려워 산림기후톱으로 분류하였다.
- 주2. '교통시설지'에 대해 Landeshauptstadt Stuttgart(2000)에서는 교통지 기후톱으로 분류하였으나, 본 논문에서는 교통시설지 및 도시부양시설지에 대한 기후톱 특성 및 대기위생학적 기능 도출의 어려움으로 인해 기후톱 분류기준(표 3)에서 기타로 분류하였으며, 기후톱 유형별 면적(표 4) 산출시 포함시키지 않았다.
- 주3. 평지-, 산림- 및 공원지역에서 생성되는 차고 신선한 공기의 메커니즘(Finke, 1986)에 대해서는 본 논문의 연구범위가 아니기 때문에 자세한 언급은 생략하였다.

인용문헌

1. 건설교통부(2001.9) 7개 대도시권 개발제한구역(그린벨트) 해제기준(안).
2. 김귀곤, 양병이(1996) 대전광역시 생태도시 조성을 위한 구체적 추진방안 연구. 대전광역시 용역보고서.
3. 서울특별시(2000) 도시생태 개념의 도시계획에의 적용을 위한 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립. 1차년도 연구보고서.
4. 송영배(1996) 도시기후의 변화와 대기오염의 자연정화를 위한 도시계획과 실행방법 연구. 재독과학기술자협회 논문집. pp. 34-51.
5. 환경부(1995) 환경비전 21(시안). 환경보전 장기종합계획(1996-2005).
6. Beckroege, W. (1987) Die Ausbreitung von Luftschadstoffen in der Stadt. In: Kommunalverband Ruhrgebiet(KVR)(Hrsg.): Klima und Lufthygiene. Ein Planungsfaktoren. Aufsätze zur I. Fachtagung am Donnerstag, dem 19 Feb. 1987, im Revierpark Nienhausen, Gelsenkirchen, Essen, 1987, pp. 23-39.
7. Finke, L. (1986) Landschaftsoekologie. Hoeller und Zwick, Westermann Verlag, Braunschweig.
8. Landeshauptstadt Stuttgart(2000) Stuttgart 21 - Stadtklima 21-. Stuttgart, Germany.
9. Leser, H. (1984) Zum Oekologie-, Oekosystem- und Oekotopbegriff. In: Natur und Landschaft, 59 Jg. pp. 351-357.
10. Oberstadtdirektor der Stadt Dortmund (1986) Klimaanalyse der Stadt Dortmund.
11. Oberstadtdirektor der Stadt Bochum (1991) Klimaanalyse der Stadt Bochum.
12. Oberstadtdirektor der Stadt Wuppertal (1994) Klimaanalyse der Stadt Wuppertal
13. Schirmer, H.(1988) Stadtklima und Luftreinhaltung. In: VDI-Kommission Reinhaltung der Luft(Hrsg.): Stadtklima und Luftreinhaltung. Ein wissenschaftliches Handbuch fuer die Praxis in der Umweltplanung. pp.1-4.

원고접수: 2001년 10월 30일

최종수정본 접수: 2001년 11월 23일

3인익명 심사필