

[연구논문]

기후특성을 고려한 도시계획제도의 도입과 적용 가능성에 관한 연구

An Experimental Study for Considering Climates As a Factor in Urban Design

김 운 수*, 김 학 열**, 엄 정 희***, 조 명 희****, 오 성 남*****

목 차

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| . 서론 | . 도시개발과 바람순환구조 사례분석 |
| . 도시개발과 환경변화 | . 서울시 기상특성 고려 도시계획 수립방향 |
| . 독일 Stuttgart시의 기상특성 고려 도시계획 | . 결론 |

ABSTRACT Kim, WoonSoo · Kim, Hag-Yeol · Eum, Jeong-Hee · Jo, Myung-Hee · Oh, Sung-Nam

Urbanization combined with rapid industrialization in Seoul Metropolitan area resulted into massive infrastructure built-up and dense settlements over the past 40 years. As a consequence, Seoul city has suffered from unhealthy air, excessive energy consumption, uncomfortable climate related to the urban heat island. In particular, climate parameters such as air temperature, humidity and wind conditions tend to be modified largely by urban structures and land-use patterns. This study examines the relationships between climate and urban design, thereby providing comfortable and cool microclimate to city dwellers. Based on the Seoul AWS monitoring and LANDSAT data analysis, some exemplary facts are apparent; first, higher temperature contours are observed around the impervious land surface. Second, NDVI(normalization difference vegetation index) shows the reverse linear relationship with the level of ambient air temperature. Third, with increasing distance from the CBD to the outskirts, the gradients of temperature conditions shape a down-sloping form. From another experimental simulation to figure out wind systems in 3 built-up areas such as the Han River, Yeido, and Sangge-Dong, we find that a strong decrease in the wind ventilation above 1.5m from the ground is prevalent, whereas wind systems above 30m from the ground take a form of natural wind systems. From the climatical viewpoint of an air hygienic equalizing effects, it is implied that land use patterns in the heavily built-up inner city area be in harmony with wind systems by taking into account the location and height of buildings. For the climatically optimum city leading to the climatic comfort and even the healthy environment, climate should be regarded as an indispensable factor in urban design. With these considerations in mind, the future restructuring efforts of Seoul city need to keep pace with air drainage patterns.

* 서울시정개발연구원 도시환경연구부 연구위원
 ** 서울시정개발연구원 도시정보연구센터 부연구위원
 *** 서울시정개발연구원 도시환경연구부 연구원
 **** 경일대학교 축지공학과 교수
 ***** 기상청 응용기상연구실장

· 서론

1. 연구배경

도시의 구성요소를 사람, 인공환경, 그리고 이를 둘러싼 자연환경의 3요소로 구분할 경우, 도시의 매력은 사람과 환경간 조화·균형을 최대한 도모함에 있다. 이런 측면에서 도시는 하나의 유기체로서 성장·발전·쇠퇴의 신진대사과정(Metabolism)을 거치게 되고, 이는 생명체의 생장곡선과도 유사한 궤적을 나타내게 된다. 따라서 도시를 구성하는 3요소간 상호작용 정도에 따라 도시의 건전한 발전이 지속되거나 단절될 수도 있다.

그러나 도시는 기본적으로 인공환경과 밀접한 역동적인 관계를 갖고 있으나, 시설물 공급의 현실적 한계와 같은 양적 제한성뿐만 아니라 인간 정주생활과 괴리된 시설배치와 같은 질적 단절로 인해 도시공간구조를 결정하는 시설공급계획은 순기능보다는 오히려 역기능이 증대되는 한계점을 내포하게 된다. 이러한 논리의 기본바탕에는 도시시설의 적정 배치를 위한 도시계획의 제반 결정과정에 환경요소를 배려하는 노력이 미흡하여 왔기 때문이다.

이를 반증하듯, 도시의 경우 온실효과에 의한 기후변화 현상과 유사한 열섬효과에 의해 이미 오래 전부터 평균온도가 상승하여 왔으며, 도시규모가 확장될수록 더욱 집약적인 현상으로 자리잡고 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁾ 특히 도시열섬을 형성하는 특수한 도시기후가 대기오염에 의한 피

해를 증대시키고, 기온상승·통풍불량 등의 환경악화를 유발하여 시민의 건강 위해 가능성은 물론, 도시 자체의 신진대사과정에 영향을 미쳐 도시의 점진적 지속성(Incremental Sustainability)이 확보되지 못하게 된다. 이에 바람·온도·습도와 같은 기후 인자는 도시계획과정에서 사전에 고려되어야 하는 필요조건의 일부로서 인식되고 있으며, 기후요소를 고려한 도시계획은 결과적으로 보다 안락한 도시환경의 창출, 에너지 소비의 절약, 대기오염의 개선 등과 같은 장점을 낳게 됨을 의미한다. 미국·독일·호주 등 선진외국의 경우 이미 도시 미기후의 변화 조건을 고려한 도시계획 절차 및 단지설계 지침 등이 도입·추진되고 있음이 단적인 사례이다.

이와 같이 도시환경의 특성을 고려한 새로운 도시계획 수요가 첨예한 관심사항으로 대두됨에 따라, 환경친화적인 도시개발전략 수립을 위한 발상전환은 종래의 도시계획과정의 혁신이 필요함을 대변하게 된다.

2. 연구목적

오늘날 서울시가 직면하고 있는 여러 가지 유형의 환경문제는 궁극적으로 환경오염에 의한 시민건강 위해 가능성이다. 특히 공간적으로 제한된 지역인 서울과 수도권에 정치·경제·사회·문화 등 모든 시설이 집중되고, 이에 따른 인구와 도시시설의 급증으로 서울의 환경용량을 넘어서 포화수준에 이르고 있다는 인식이 지배적이다(이창우,

1) 서울시 지역에 설치된 23개 자동기상관측소(AWS)에서 측정된 1시간 수평온도 변화를 통해 도시기후 변화를 분석할 경우, 과거 10년(1988년~1997년)의 평균기온이 12.6 수준임에 비해 1998년과 1999년의 연평균 온도는 각각 13.9, 13.3 를 기록하여 평균적으로 약 1.0 정도 상승한 것으로 추정됨. 그리고 1999년 서울 송월동 지점의 온도를 30년 평균온도와 비교할 경우 약 1.4 상승한 것으로 분석됨(서울시, 2000).

2000). 또한 생활수준의 향상에 따라 환경오염물질의 배출을 촉진하는 양상을 보일 뿐만 아니라 질적으로 다양해지고 있어 환경부하가 증대되는 추세를 나타내고 있다.

이에 본 연구는 최근 들어 논의되고 있는 지속 가능한 도시개발 전략을 수립하기 위한 기본전제 조건으로서 도시 기후요소를 고려한 도시계획의 도입을 기본전제로 기상특성을 고려한 도시개발 전략의 마련에 일차적인 목적을 두고 있다. 즉 서울시의 지형·기상 특성을 파악하여 각종 도시개발과정에서 도시환경에 미치는 영향을 도시계획 차원에서 사전에 저감할 수 있는 대응방안을 모색하여 도시계획의 입안·결정과정의 과학화·합리화를 도모하고자 한다. 결과적으로 도시기후를 고려한 도시계획은 시민의 삶의 질 향상뿐만 아니라 서울시 도시환경의 특성에 적합한 도시관리전략의 수립·활용에 기여하게 되는 기대효과를 낳게 된다. 연후에 다음과 같은 의문사항의 해결방안을 모색하는 차원에서 연구를 진행하기로 한다.

첫째, 도시지역 기후 요소는 도시개발에 어떠한 영향을 미치며, 자연조건을 고려하지 못한 도시개발의 근원적인 문제점은 무엇이며, 이를 해결할 수 있는 대안은 어떠한가? 서울시와 같이 도시열섬 효과가 우려되는 경우, 기후조건을 고려한 도시개발 전략의 도입은 어떠한 내용이 새롭게 추가되어야 하는가? 등에 대한 기후조건을 고려한 도시개발 전략의 도입 타당성 검토.

둘째, 현행 각종 도시개발 관련 법규에서 규정된 내용이 기후조건을 반영하지 못하는 도시개발 방식의 문제점은 무엇이며, 또한 기후요소의 추가 등을 통하여 환경친화적 도시개발의 실효성을 제

고할 수 있는 차선의 직·간접 방법은 무엇인가?에 대한 기후조건을 반영한 도시계획적 운용의 구체화 모색.

셋째, 기후요소를 고려한 환경친화적 도시개발을 도모할 수 있는 바람직한 법적·제도적 보완 사항 검토.

3. 연구방법

1) 문헌조사

본 연구에서는 서울시 기후조건, 대기환경, 에너지 소비, 토지이용 등의 현황을 파악하고, 상호작용체계를 분석한 후에, 기후특성을 고려한 서울시 도시계획제도의 도입 및 적용 가능성을 모색하기 위해 문헌연구 위주로 조사하였다.

국내에서는 아직까지 도시성장과 기상·대기환경간 변화분석, 기상과 대기환경간 관련성, 토지이용 변화에 따른 도시기후 및 대기환경 영향분석 등에 관한 선행연구가 매우 미흡한 실정이다. 다만 환경친화적 도시계획 수립을 위한 기초연구의 일환으로서 서울시 생태도시 조성관련 연구가 진행되고 있음을 감안하여, 이러한 부분적이고 단편적인 선행연구 결과는 가능한 한 기초자료로 활용하도록 한다. 외국문헌의 경우 우리 나라의 실상과 달리 기상·에너지·환경 특성 등을 고려한 도시계획 기법 및 적용사례에 관한 연구성과는 상대적으로 많이 보고되고 있으므로, 이의 연구결과를 최대한 활용하도록 한다. 특히 생태도시 조성의 일환으로서, 독일에서 선행적으로 광범위하게 검토·활용되고 있는 기후요소 고려 도시계획제도의 내용을 조명하도록 한다.

2) 바람길 순환구조 실험분석

서울시민의 건강을 보호하고, 쾌적한 생활환경을 조성하는 것은 도시공간상의 대기오염도 제어, 도시 미기후 변화를 고려한 토지이용 규제·유도와 매우 밀접한 관련성을 갖고 있다. 이에 서울시 토지이용패턴에 의한 인공·자연환경에의 영향을 살펴볼 수 있는 한강 양안, 여의도, 상계동 등 3개 사례지역을 선정하고, 지역별 바람길 순환구조를 실험분석하며, 기상특성 고려 도시계획제도의 도입 타당성을 검증하고자 한다. 이는 외국의 기후요소 고려 도시계획제도의 의사결정과정에서 우선순위를 두고 분석하는 "바람길 보전"의 의미를 살펴보기 위함이다. 또한 향후 서울시 기후요소를 고려한 도시계획 및 단지설계 사례, 건축·단지계획기법, 환경친화적 도시계획을 위한 법적·제도적 정비사항, 그리고 주요 시설의 입지선정 지침 등을 제시하기 위함이다.

. 도시개발과 환경변화

1. 토양피복도와 도시열섬

일반적으로 도시개발에 따른 토양피복 변화는 토지의 열용량 수지 차이를 유발하여 지표면 온도분포의 변이를 나타내고, 그 결과 도시열섬·대기오염·에너지 과다소비 등의 직접·간접적 요인으로 작용하게 된다.²⁾ 서울 지역별 온도분포 변화와 토양 피복도간 상관성을 파악하기 위해, 서울시 토지이용 현황을 우선 살펴보면 크게 도시화 지역(58%)과 녹지 및 오픈

스페이스 지역(42%)으로 대별할 수 있으며, 전체 평균 토양 피복비율은 43.05%(26,160.9ha)이고, 녹지율은 49.49%로서 약 50% 수준을 나타내고 있다(서울시, 2000). 이 가운데 토양 피복도가 가장 낮은 구는 강북구로서 23.08%이며, 토양 피복비율이 가장 높은 구는 영등포구로서 67.08%이다. 또한 녹지율이 가장 높은 구는 강북구로서 72.44%이며, 녹지율이 가장 낮은 구는 성동구로서 24.11% 수준이다.

이에 서울시 비오톱 현장조사 및 생태도시 조성지침 수립을 위한 1차 연구(서울시, 2000)에서 제시된 서울지역 토양피복도 자료를 서울시 인공영상 LANDSAT 자료와 중첩 비교한 결과, 도시녹지가 부족한 지역에서의 온도상승 경향이 두드러지게 나타나고 있다. 특히 식생지수(NDVI)와 평균온도 분포간 유의한 결과가 도출되고, 서울지역내 자동기상측정망(AWS) 측정자료에서도 유사한 결과를 도출할 수 있으며, 특히 여의도·강남지역에서의 고온역 분포가 특징적이다.

한편 서울시내 지점과 외곽지점간 온도편차는 1월(2.85℃), 4월(2.64℃), 7월(0.43℃), 11월(2.33℃)이며, 서울지역과 주변지역간 도시열섬 비교에서도 급속한 도시화(토양피복도 비율이 높은 지역)가 진행된 지역에서 온도 상승경향이 높게 나타나고 있다. 또한 도시지역과 주변지역을 비교할 경우 도시지역에서의 일사량·풍속·습도 등은 감소하는 반면 기온·운량·대기오염도 등은 증가하고 있다. 이와 같이 도시화로 인한 토지이용 변화는 녹지 감소, 도로 포장률 증가, 도시 하천의 변화 등으로 주변 교외지역과는 다른 도시 특

2) 도시 토지는 일반적으로 토양피복 기준에서 볼 때, 건물·불투수포장지·투수포장지·나지(裸地) 등의 4가지 유형으로 구분할 수 있으며, 불투수 토양피복은 건물과 불투수포장지를 총칭하는 개념임.

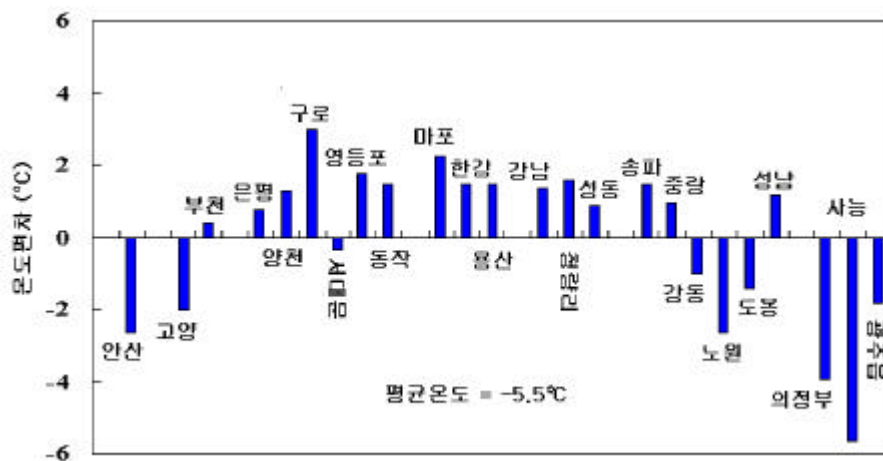
유의 기후를 형성하고, 이렇게 변화된 기상현상 중 가장 대표적인 것이 기온상승 효과이다. 특히 서울(영등포 지역)과 도시화의 영향이 배제된 사능(경기도 남양주시) 지역간 최저기온의 평균차이는 약 8 로서, 도시지역과 교외지역간 뚜렷한 온도차이를 볼 수 있다(<그림 2-1> 참조).

결과적으로 토지피복도 변화는 도시열섬 현상 뿐만 아니라 풍향·풍속을 왜곡시키는 원인으로 작용하며, 이로 인한 도시 미기후 변화는 대기흐름의 정체를 유발하여 대기오염을 가중시켜 시민의 쾌적한 일상생활 영위에 직접적인 영향을 미치게 된다. 외국의 토지용도지역별 최대허용 토양피복비를 규정과 같은 조례를 원용하여 향후 서울시 토양피복을 녹지공간으로 대체할 경우에는 도시열섬 효과의 억제, 에너지 소비·대기오염의 저감 등의 사회적 편익은 물론, 녹지공간에 의한 온·습도 조절기능에 의해 쾌적기후 조절에도 기여할 수 있게 됨을 시사하게 된다.

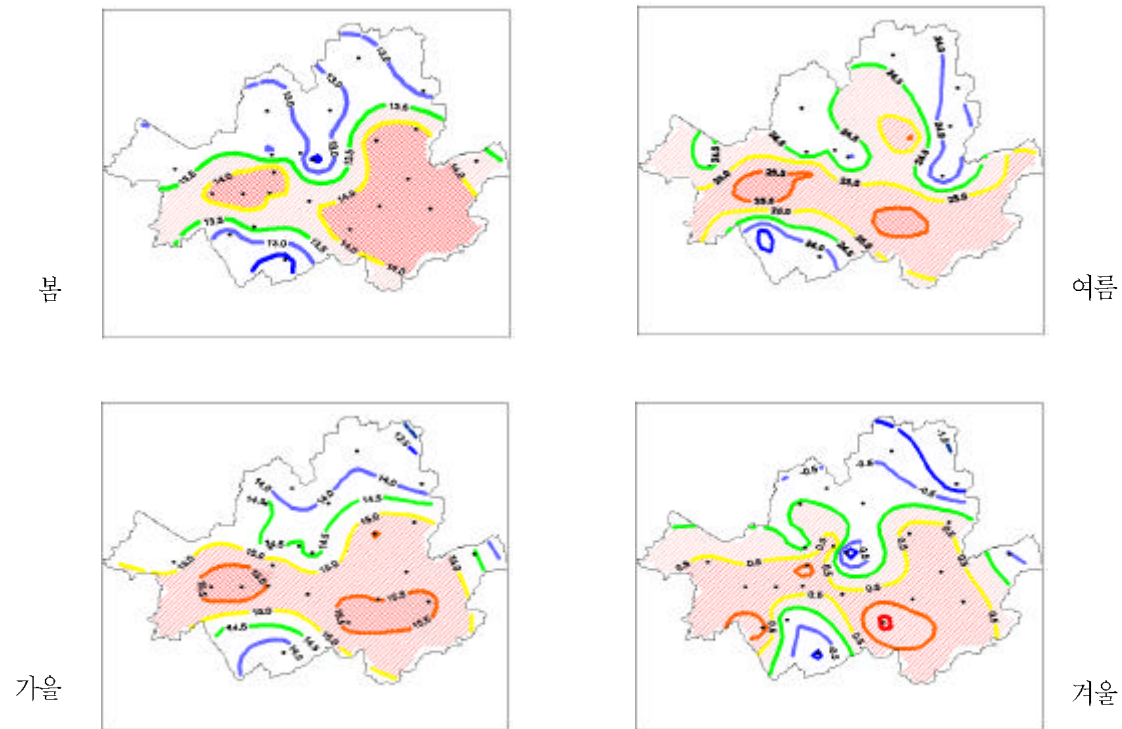
2. 도시열섬과 쾌적기후구역 (Comfort Zone)의 조성

서울시 지역에서 기온이 비교적 높은 고온역은 여러 곳에서 나타나고 있으며, 대체로 청량리를 포함한 강북 도심지·강남구·강동구·영등포구 일대에서 형성되고 있다. 북한산과 관악산 부근은 기온이 비교적 낮은 지역으로 나타났으나, 성북·도봉·노원구 등 서울 외곽으로 진행하면서 기온이 감소하는 경향이 공통적으로 나타나고 있다. 청량리의 강북도심지를 제외하면 대체적으로 한강 이남지역의 기온이 한강 이북지역의 기온보다 높게 나타나 산지가 없는 도심지역에서 열섬현상이 높게 나타나고 있음을 알 수 있다(<그림 2-2> 참조).

이는 일반적으로 기온·대기 중의 수분·습도·바람상태 등과 같은 기후 변수는 도시구조와 토지이용패턴, 그리고 식생구조 등의 영향에 의해 기후민감지역을 발생시키고, 그 결과 양호하지 못한 주거환경을 만들게 되는 요인으로 작용하기 때문이다.



<그림 2-1> 서울 및 외곽지역의 일일 최저기온온도 비교 (1999년 1월)



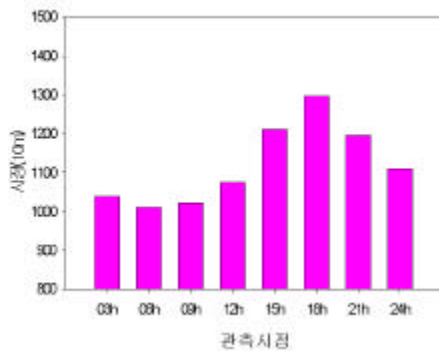
주 : 1999년 서울의 AWS 위치(검은점 표시)와 계절별 일평균 기온() - 0.5 간격분포.
 자료 : 기상청 자동기상관측장치(AWS : Automatic Weather Station) 측정 자료.

<그림 2-2> 서울시 지역별 계절별 온도분포

결과적으로 서울시 도시개발의 점진적 지속가능성을 확보하기 위한 기본명제는 쾌적한 주거환경 조성에 대응할 수 있는 기후조건의 제공에 있으며, 이는 도시규모를 고려한 제반 시설물의 적정 공간 구조 배치노력이 선행되어야 함을 의미한다. 이에 서울시 지역별 기후변화 민감지역 분석에 따라 쾌적기후지대의 설정이 필요하게 된다. 이 경우 열수지 변화요인(과도한 열, 야간의 냉각, 그리고 서리가 내린 날 수 등), 수분 변화요인(기온 변화와 습도 발생간의 관계규명), 바람상태 변화요인(열에너지 방출로 인한 미기후 변화영향) 등의 제반 도시기후정보가 구축되어야 한다.

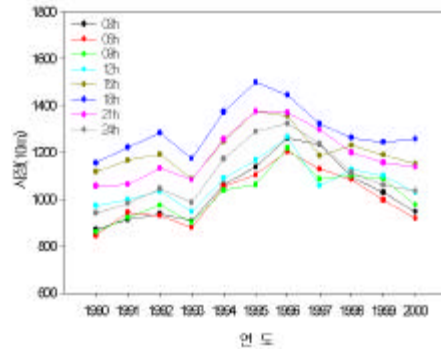
3. 시정거리 및 시정장에

시정거리 감소는 부유분진의 입경분포, 화학적 조성, 대기오염도 및 상대습도와 같은 각종 기상조건이 복합적으로 작용하여 발생하는 현상이다. 계절별로는 겨울이 평균 12km로서 가장 높으며, 가을이 9.8km로서 가장 낮다. 겨울은 대기의 습도가 타 계절보다 낮고 특히 바람이 강하여 대기의 확산이 높고 식생의 활동이 적은 반면에, 가을은 지표와 기온의 일교차가 크고 특히 오전의 안개 효과가 크기 때문이다(<그림 2-3> 참조).



10년 평균 시간별 시정 변동

자료: 기상청 시정 목측자료(1990년 ~ 2000년).



시간별 10년 시정 변동

<그림 2-3> 서울시 시간대별·연도별 시정거리

서울시의 연도별 평균 시정거리는 1995년을 정점으로 악화되는 추세를 나타내고 있으며, 특히 시간대별 시정 편차는 개선되지 않아 일반시민의 체감오염도는 더욱 악화되고 있다. 이에 서울 시정거리를 개선하기 위한 접근방법의 하나로 시정거리 감소요인인 입자상 부유물질의 공간정체 현상과 광화학 반응 과정을 억제할 수 있는 바람길 조성이 고려되어야 할 것이다.

4. 대기오염

서울은 경제활동의 주축이 되는 대지와 도로의 점유율이 47.0%를 차지하는 고밀도형 대도시 형태를 띠고 있다. 또한 북한산, 인왕산, 도봉산, 우면산, 불암산 등의 크고 작은 26개 산이 도시 외곽을 둘러싸고 있을 뿐만 아니라, 북한산 관악산간 많은 구릉과 산악이 산재하여 토지의 기복이 심한 전형적인 분지형 도시지역으로서, 대기오염물질의 확산이 불량하여 대기오염이 심화되는

지형상의 특성을 내포하고 있다. 이러한 현상은 서울에서 발생하는 대기오염물질이 도심을 둘러싼 산에 침강하여 서울주변산인 대모산, 관악산, 청계산 등의 수종(樹種)이 천이되고 있다는 조사 결과를 통해 추정되고 있다. 특히 1985년 ~ 1998년 서울시 대기오염도를 보면 세계보건기구의 권고 기준을 만족하는 수준이나 NO_x 와 O_3 오염도는 그다지 개선되지 못하여, 서울형 스모그 현상으로 인식되고 있다.

이와 같이 서울지역의 경우 자연조건의 특성상 대기오염물질의 확산이 용이하지 않아 국지적으로 정체될 뿐만 아니라, 고밀 도시지역에서 배출되는 오염물질 배출량은 적정 환경용량을 훨씬 초과하는 수준을 보여 대기환경 개선의 이중고를 안고 있다. 이는 서울시 토지이용 밀도가 매우 높으며, 고밀도 개발에 의해 대기오염물질의 공간적 확산보다는 정체에 의한 대기환경 악화의 간접요인이 될 수 있음을 시사하여 바람길 형성의 당위성을 제공하게 된다.

<표 2-1> 서울시 대기오염도 추이

구 분	SO ₂	TSP(PM10)	O ₃	NO _x	CO
국가 환경기준	0.03 ppm/년	150(80) μg/m ³ ·년	0.06 ppm/8시간	0.05 ppm/년	9 ppm/8시간
서울시 환경기준	0.01 ppm/년	- (60) μg/m ³ ·년	0.06 ppm/8시간	0.04 ppm/년	9 ppm/8시간
WHO 권고기준	0.015 0.023 ppm/년	60 90 μg/m ³ ·년	0.05 0.06 ppm/8시간	0.08 ppm/24시간	9 ppm/8시간
1985년	0.056	200	0.009	0.029	27
1986년	0.054	183	0.010	0.032	3.0
1987년	0.056	174	0.010	0.032	3.1
1988년	0.062	179	0.009	0.029	27
1989년	0.056	149	0.008	0.027	3.2
1990년	0.051	150	0.009	0.030	2.6
1991년	0.043	121	0.012	0.033	2.2
1992년	0.035	97	0.014	0.031	1.9
1993년	0.023	88	0.013	0.032	1.5
1994년	0.019	78	0.014	0.032	1.5
1995년	0.017	85(78)	0.013	0.032	1.3
1996년	0.013	85(72)	0.015	0.033	1.2
1997년	0.011	82(68)	0.016	0.032	1.2
1998년	0.008	62(59)	0.016	0.030	1.1

자료 : 서울시(2000).

· 독일 Stuttgart시의 기상특성 고려 도시계획

1. 쾌적한 생활공간 조성을 위한 도시계획의 발상전환

깨끗한 공기를 유지·보전하기 위해 「대기청정법(Clean Air Act)」을 제정·시행하고 있음은 각국의 공통된 사항이다. 독일의 경우 대기환경 분야와 비교할만한 특별한 “기후보호법” 또는 “기후지침”은 별도로 제정되어 있지 않으나, 연방정

부의 건축법 규정을 통해 공기와 기후를 고려할 수 있는 근거를 마련하고 있다. 그러나 시민의 일상생활 주거공간에서 나타날 수 있는 미기후의 변화에 따른 도시열섬, 에너지 과다소비, 대기오염 증가, 불쾌감 등을 최소화하기 위해 도시계획·건축계획과정에 기후요소를 도입하는 “기상특성 고려 도시계획(Urban Design with considering Micro Climate)”에 각별한 관심을 두고 있다.³⁾

3) 도시내부의 국지적인 기후 및 대기와 관련하여 도심지역의 대기오염과 열섬현상 등의 문제가 대두됨에 따라, 독일 “생태도시 만들기”의 경우 비오름 및 지질, 수질과 병행하여 특히 주목할 만한 것이 기후분석에 의한 도시계획임. 1960년대 이후부터 도시계획의 각 단계에서 도시기후 요소를 배려하고 있으며, 최근 많은 도시에서는 도시기후분석도(klimaatlas)가 작성되고, B-plan 등의 계획을 수립할 때, 기후분석에 의한 평가기준이 많이 반영되고 있음. 또한 Stuttgart시에서는 시의 내부조직으로서 환경보호국에 도시기후과를 설치하고, 현재 일반 건축가와 도시계획가에게 도움이 될 수 있도록 1992년에 근린자치체연합과 공동으로 도시기후분석도를 작성·제공하고 있음. 특히 지구상세계화와 같이 세밀함을 요구하는 F-plan 계획에서는 전문가의 의견을 통한 정밀한 판단이 재차 요구되며, 특히 기후학적인 측면과 대기환경 민감지역의 경우에는 기후지도의 적극 활용이 권장됨.

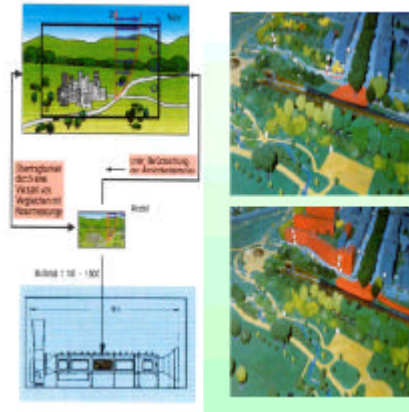


〈그림 3-1〉 찬바람 흐름을 위한 Stuttgart시의 건축 제한

Stuttgart시의 도시기후 활용 계기의 경우, Stuttgart시는 북동쪽을 제외하고 3면이 높은 산으로 둘러싸인 분지에 위치하고, 평균 풍속이 0.8m/s 3.1m/s로 다른 지역과 비교하여 바람흐름이 느리기 때문에, 이에 대응하기 위해 오랫동안 도시기후요소를 도시 및 건축계획에 반영하고 있다. 특히 찬 공기 흐름은 통풍을 가능하게 하여 과밀 개발지역을 시원하게 할 뿐만 아니라, 청정 지역으로부터 불어오는 찬 공기는 대기환경이 악화된 지역의 공기를 청정하게 만들어 주기 때문이다. 그러나 찬 공기가 대기오염물질과 혼합되어 주거지역으로 이동될 수 있으므로, 지역개발 계획을 추진할 경우 찬 공기 흐름을 파악하고, 이를 정량적으로 분석하는 것이 필요하다. 한편 찬 공기의 생산비용은 토지이용에 크게 좌우되며, 개방 공공용지(Open Field)는 찬 공기를 가장 많이 생산하고(약 10m³), 반면에 시가지 지역은 찬 공기를 생산하지 않고, 오히려 도시열섬과 같은 부정적 효과를 낳게 된다. 이에 찬 공기의 적절한 활용은 Stuttgart시 도시개발 수준의 결정과 쾌적한 생활공간 조성의 기본전제가 되고 있다.

2. 기후요소 고려 도시계획과정

- 1) 기후톱(Klimatop) 분류와 토지이용에의 적용
기후학적으로 동일한 성질을 가지는 지역을 기



〈그림 3-2〉 Stuttgart시의 도시 미기후 관리를 위한 풍동실험

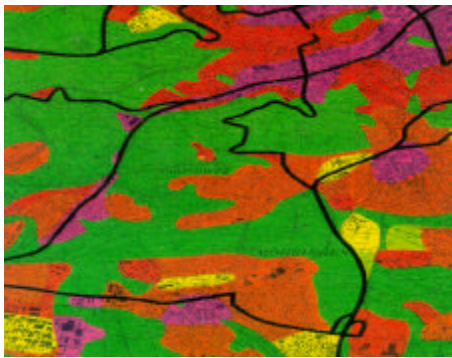
후톱(Klimatop)으로 정의하며, 주로 토지이용에 의해 구별되나, 그밖에 낮 동안의 열 수지, 거칠기(바람장 장애), 지형적인 상황 등을 모두 포괄하는 개념이다. 특히 주거지역의 경우, 미기후는 토지이용과 개발유형에 의해 결정되기 때문에, 기후톱 개념은 토지이용의 주된 특성에 따라서 결정된다. 이에 기후톱 구분은 토지이용 패턴의 이용·보전을 기념하는 척도가 됨에 의미가 부여된다.

2) 환경친화적 도시계획을 위한 기후지도의 활용

기후분석지도는 기후톱의 평가내용을 수록한 지도로서, 도시계획과정에서 주로 이용되며, 건설기본계획에서 기후영향분석의 구체적인 조건과 기준을 제공하게 된다.

특히 기후학적인 측면에서 많은 영향을 미치

는 건축 관련 토지이용 영향분석에 많은 정보를 제공하는 기능을 담당한다. 지구상세계획과 같이 세밀함을 요구하는 계획에서는 전문가의 의견을 통한 정밀한 판단이 재차 요구되고, 기후학적인 측면과 대기환경 민감지역을 대상으로 적극 활용된다. 기후분석지도의 기록 내용은 다음과 같다(<그림 3-3> 참조).



<그림 3-3> 도시기후 고려 계획지도

도시 공지(空地)의 유형 구분

- 녹색 지역 : 거주지역 주변지역에서 기후학적 활동과 직접적인 관련이 있는 공지로서, 토지이용변화에 대해 아주 민감한 지역
- 연두색 지역 : 기후학적 활동에 대해 중요성이 적은 공지로서 정주지역에 직접적인 영향을 부가하지 않으며, 토지이용 변화에 대한 영향이 적은 지역
- 노란색 지역 : 기후학적 활동에 대해 가치가 적은 공지로서 정주지역에 대한 영향력의 가치가 적은 곳으로서, 토지이용 변화 수요에 대해 상대적으로 둔감한 지역

주택지 평지의 유형 구분

- 노란색 지역 : 기후학적으로 중요한 작용에

대해 가치가 적은 건축영역으로서, 집약적인 토지이용과 고밀 건축의 경우 기후학적인 측면과 대기환경 측면에서 그다지 중요하지 않은 지역

- 주황색 지역 : 기후학적으로 중요한 작용을 하는 건축영역으로서, 집약적인 토지이용에 대해 기후학적인 측면과 대기환경 측면에서 영향이 적은 지역
- 붉은색 지역 : 기후학적으로 매우 중요한 작용을 하는 건축영역으로서, 집약적인 토지이용에 대해 기후학적인 측면과 대기환경 측면에서 다소 민감한 지역
- 자주색 지역 : 기후학적인 측면과 대기환경 측면에서 민감한 건축영역으로서, 조밀한 정주공간이나 기후학적 장애를 나타내는 건축물이 위치한 곳이며, 도시 기후학적인 관점에서 변경이 필요한 지역

특기사항 : 많은 대기오염물질 배출과 소음수준이 우려되는 도로는 붉은 선으로 표시되며, 영향이 미치는 범위 이내에서 이용목적에 따라 주변지역에의 영향예측이 필요하다.

3. 도시 기후를 고려한 도시계획적 적용

1) 신선한 공기의 도시 유입을 위한 찬바람 통로 조성

골짜기와 산, 언덕 등을 따라 조성된 바람통로의 방향이 도시를 향하게 될 경우, 신선한 공기의 도시내부 유입을 위한 양호한 자연조건이 만들어지게 된다. 한편 찬공기 흐름을 방해하는 요소는 좁아지는 골짜기, 제방, 소음 방지벽, 계곡에 비스

듬히 있는 횡목(橫木), 큰 건축물 혹은 틈새 공간을 가로막는 건축물 입지 등이다. 특히 바람흐름을 차단시키는 요소는 전·후 공간의 기온을 현저하게 저하시키고, 공기교환을 감소시키며 찬 공기를 정체시키기 때문에, 건축물 입지지역으로의 찬공기 흐름이 억제되어 에너지 소비부하가 증대되는 요인으로 작용하게 된다.

이에 지방자치단체의 토지이용 기본계획은 신선한 공기의 도시유입을 억제하는 요인에 대비하고, 이를 통해 찬공기 발생지역의 기능을 확보할 수 있어야 한다. 예를 들면, 개발사업 또는 조림을 위해 남겨진 공지(空地)를 그대로 존치시키는 방안이 필요하다. 또한 경사진 비탈면을 따라서 도시까지 이미 숲으로 덮여 있거나 조림이 미리 계획되어 있는 경우, 주간에 숲 중심으로부터 방출되는 찬공기를 확보하기 위해 삼림지와 개발지 중간에 충분히 큰 공지의 조성도 포함된다. 그리고 계곡과 신선한 공기수송을 위한 그 밖의 주요한 계곡 통로는 신선한 공기의 이동통로로서 유지되어야 하고, 개발사업의 금지 및 보호가 우선적으로 시행되고 있다.

2) 기후생태적으로 유리한 건축물 배치

주거지역 개발형태 조정 : 도시의 외곽으로부터 약하게 흐르는 공기를 스며들게 하고, 유입된 공기의 원활한 통풍을 위해 대규모 개발 및 고밀 주거지역의 개발을 지양한다. 특히 교외주변의 개발은 통풍길을 차단할 수 있으므로 가능한 한 신규건축을 억제하도록 한다.

경사지 개발 : 도시기후 보호를 위한 경사지 개발의 방법 및 규모는 계곡과 분지지형에 위치

한 도시에서 한층 의미가 있다. 개발이 불가피한 경우 경사지역 개발은 건축구획에 고층·고밀 개발을 지양하고, 개별 건축물이 큰 간격을 가지면서 위치하도록 한다. 특히 경사를 향해 평행하게 늘어선 개발열은 경사지의 바람흐름을 근본적으로 방해하기 때문에, 경사를 향해 수직인 건축열배치가 적극적으로 고려되어야 하며, 통풍길에 수직인 경사지역은 반드시 비어둔 채 유지되어야 한다.

이에 경사지 개발은 원칙적으로 저밀도 수준으로 유지하되, 자연적인 방해물의 높이(예 : 수목 높이)는 지면 근처에서의 바람흐름을 유지하는 정도를 벗어나지 않도록 한다. 또한 평평한 경사지는 양호한 통풍 및 찬공기 생성을 위해 큰 녹지지역과 공지를 가진 점 형태의 개발을 절충하도록 한다. 특히 기후생태학적으로 유리한 건축물 배치를 위한 계획지침으로서 “도시기후 고려 계획지도”가 작성되며(<그림 3-3> 참조), 이는 도시기후 전문가·시민·도시계획 및 건축계획 담당자들이 기후분석 결과를 알기 쉽게 작성되어, 기후학적 관점에서 계획이행의 방향을 정립하기 위하여 활용된다.

. 도시개발과 바람순환구조 사례분석

1. 분석개요

도시화에 따른 각종 지표 구조물은 지표면 바람흐름에 지면 마찰을 가속화하여 국지적으로 풍속을 현저히 약화시키고 불규칙한 난류를 발생시키게 된다. 특히 바람순환구조의 변화는 도시내 국지적 기류의 흐름을 차단하여 도시열섬, 대기오

염, 시정장애 현상 등에 직접적인 영향을 미치는 도시의 환기 능력을 저하시키는 요인으로 작용하게 된다.

이에 도시계획 수립시 사전에 토지이용 변화에 따른 도시기상의 변화에 관한 정보는 유용한 개발지침이 될 수 있음을 감안하여, 서울시 토지이용패턴을 반영할 수 있는 한강 양안, 여의도, 상계동 등 3개 사례지역을 선정하여 바람순환구조를 분석하였다. 이러한 모의실험분석은 향후 개발계획 수립시 바람의 순환능력을 제고하기 위한 개발지침을 도출·적용하고자 하는 목적에서 수행하였다. 사례지역별 바람순환구조의 모의실험은 독일 쾰른대학 기상연구소에서 보정한 WiTraK(Windfeld-Transport- und Klimatologie Programm)을 우리나라 지형특성에 맞게 개선한 분석모델을 적용하였다.⁴⁾

<표 4-1> 모의실험 대상지역 현황

구분	한강 양안	여의도 지역	상계동 지역
지역 특성	<ul style="list-style-type: none"> 서울바람길 연결 통로 양안변 고층아파트 건축 	<ul style="list-style-type: none"> 고층 업무시설 밀집 고층 강풍영향 	<ul style="list-style-type: none"> 주거 밀집지역 북한산·도봉산과 연계된 바람길 형성
환경 현황	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질의 확산 경로 	<ul style="list-style-type: none"> 고온도 범역 	<ul style="list-style-type: none"> 고농도 오존오염 형성지역
비고	<ul style="list-style-type: none"> 바람길 분리양상 분석 - 의정부, 성남방향 	<ul style="list-style-type: none"> 여의도 토양피복과 열섬효과 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 산골바람의 주거지역 유입 가능성 검토

2. 사례지역별 바람순환구조 분석

한강 양안지역

지상 30m 상공에서의 바람흐름은 여름·겨울철 모두 자연풍과 유사한 상승·하강 바람장을 보이고 있다(<그림 4-1> 참조). 반면에 지상 1.5m 높이에서의 바람흐름은 여의도·상계지역과 같이 매우 미약한 바람흐름이 나타나고 있으나, 다만 한강축을 따라 상대적으로 우세한 바람흐름이 형성되고 있다(<그림 4-2> 참조). 결과적으로 한강 양안에서는 고층 아파트건물이 밀집되어, 인위적인 바람장 유도현상이 지배적인 패턴으로 정착되고 있다. 이에 한강양안의 경우 수변경관의 보호와 더불어 자연적인 바람흐름의 확산이라는 측면에서 개발수요에 대한 토지이용규제 및 유도 접근이 요구되는 지역이다.

여의도 지역

여름철과 겨울철을 대상으로 지상 30m에서의 바람흐름 순환구조를 분석한 결과, 자연풍과 유사한 풍향·풍속이 나타나고 있다. 특히 지상 1.5m에서의 바람흐름은 매우 미약하여 도시개발에 따른 미기후 변화를 전형적으로 볼 수 있는 지역이나, 1.5m에서의 여의도 북쪽 한강변에서는 비교적 빠른 풍속을 나타내어 한강 중심의 바람길이 형성되고 있다(<그림 4-3> 참조).

상계동 지역

지상 30m에서의 바람흐름은 여의도·한강지역과 같이 자연풍과 유사한 패턴을 보이며, 지상 1.5m에서의 바람흐름은 여타 지역과 같이 매우 미약한 풍속을 보여, 밀집 개발지역에서의 전형적인 특성을 보이고 있다(<그림 4-4> 참조). 특히

4) 수치 바람장 모형인 WiTraK은 토지이용에 따른 지면 마찰의 영향을 감안하여 지역별 바람순환구조의 변화를 수백미터 해상도로 모의할 수 있는 중규모 모형으로서, 바람장 계산과정은 “서울시 기상특성을 고려한 도시계획기법 연구(2000)” 참조.

<표 4-2> 권역별 바람통로 확보를 위한 도시계획적 운영방향

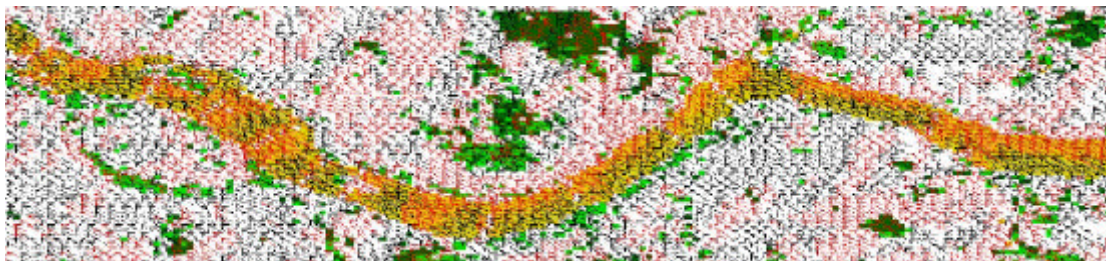
구 분		주요 특성
도시개발과 바람순환구조	한강 양안	- 한강 양안의 고층건물 입지에 의해 찬공기의 일방적 흐름이 한강 축을 따라 발생
	여의도 지역	- 1.5m에서의 여의도 북쪽 한강변에서는 비교적 빠른 풍속을 나타내어 한강 중심의 바람골 형성
	상계동 지역	- 계절별 풍향의 난류·정체현상으로 인하여 바람골 형성의 장애요인으로 등장
	종합분석	- 지상 30m 높이 바람장 • 자연풍과 유사한 패턴 • 도시개발에 의한 바람장 장애 현상은 나타나지 않음 - 지상 1.5m에서의 바람장 • 도시개발의 전형적인 바람장 장애현상 발생 • 서울시 지역: 자연적인 바람순환구조 조성을 위한 도시계획의 도입이 필요함을 시사
바람통로의 확보를 위한 도시계획적 운영	찬바람 통로	- 신선한 공기가 도시내부로 유입되기 위해서는 통풍이 양호한 도시구조가 형성되어야 하나, 상계동 지역에 의해 차단되는 경우 발생 - 바람흐름 방향의 자연성을 회복하기 위해 한강 양안에서의 고층건물 신축 억제 - 찬공기 생성지역의 보전과 공기흐름을 방해하는 고밀 밀집개발의 억제
	기후생태적 건축물 배치	- 여의도 지역: 고층건물의 신축에 의해 발생 가능성이 높은 인근 건물 및 보행인에게 미치는 바람영향에 대한 평가 - 상계동 지역: 고밀 주거지역 개발에 의한 바람흐름 차단요소로서의 작용 억제 - 한강 양안 지역: 한강 축을 따른 고층건물의 신축억제

상계동 사례지역은 계절별 풍향의 난류·정체현상으로 인하여 바람길 형성의 장애요인으로 등장하여, 향후 바람특성을 고려한 주거단지 개발의 방향을 시사하는 지역에 해당된다.

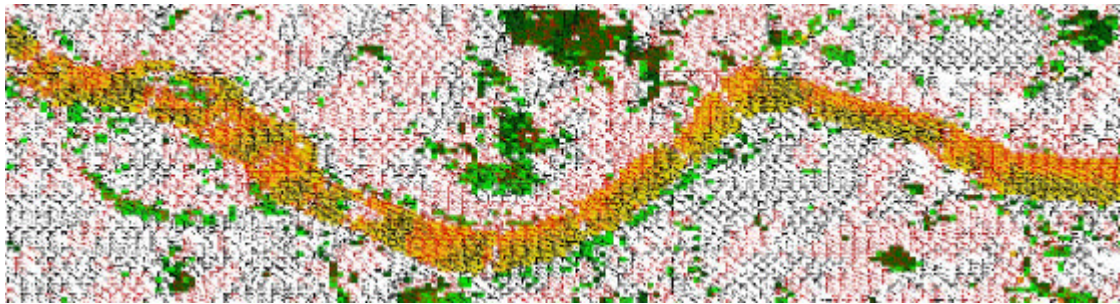
3. 종합분석

지상 30m 높이에서의 바람장은 3개 바람장 순환구조 모의실험분석에서 모두 자연풍과 유사한

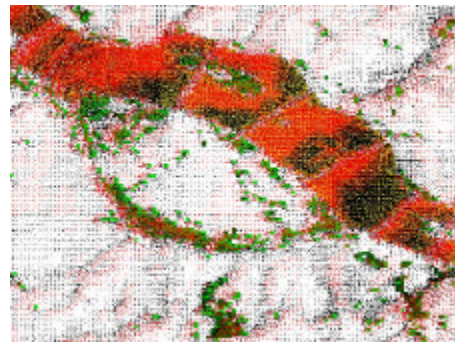
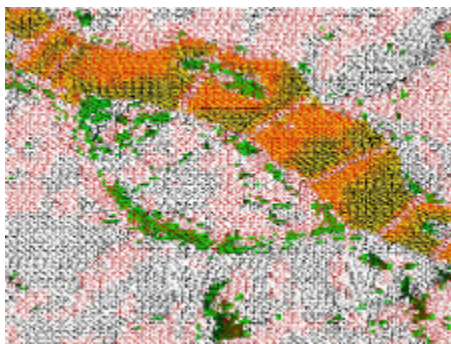
패턴을 보여, 도시개발에 의한 바람장애 현상은 나타나지 않고 있다. 반면에 1.5m에서의 바람장의 경우 3개 사례지역 모두 도시개발의 전형적인 바람장 장애현상을 보이고 있다. 이에 3개 사례지역별 바람순환구조분석에서 시사하듯이, 자연적인 바람의 도시내부 유입과 환기능력 제고를 위한 서울시 도시계획제도의 도입이 필요함을 추론할 수 있다.



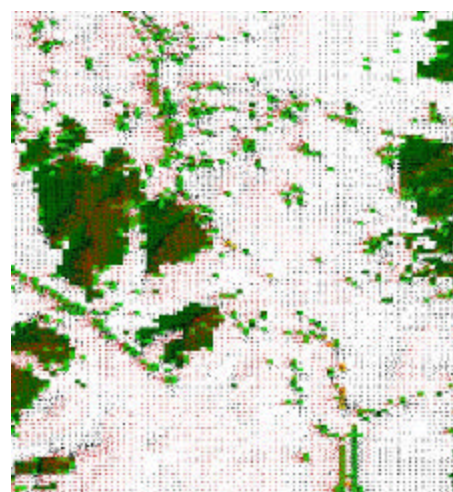
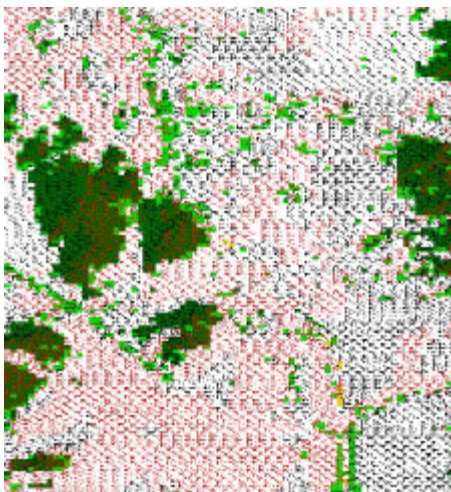
<그림 4-1> 한강 양안의 여름철 바람길 모의실험 분석(지상 30m 기준)



<그림 4-2> 한강 양안의 여름철 바람길 모의실험 분석(지상 1.5m 기준)



<그림 4-3> 여의도 지역의 여름철 바람길 모의실험 분석(좌측 : 지상 30m, 우측 : 지상 1.5m 기준)



<그림 4-4> 상계동 지역의 여름철 바람길 모의실험 분석(좌측 : 지상 30m, 우측 : 지상 1.5m 기준)

1. 서울시 기상특성 고려 도시계획 수립방향

1. 기상특성 고려 도시계획제도의 기본방향

도시지역의 바람직한 토지이용을 추구하기 위해서는 계획적인 유도와 함께 환경친화적 도시조성 패러다임과 연계되어야 한다. 이에 환경친화적인 서울시 도시계획의 추진을 위해 기상특성을 계획요소로서 고려할 경우 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다.

먼저 주거·상업지는 가능한 한 대규모 주택단지나 고층화보다는 주변지역의 여건이나 대기의 흐름을 고려한 토지이용계획이 수립되어야 한다. 그리고 도시지역내 대기의 원활한 이동이 이루어질 수 있도록 하기 위해서는 토지이용계획 수립시 건축물의 배치, 층수, 건물의 간격 등을 적절하게 조절하는 것이 필요하다. 독일의 경우 이러한 토지이용계획은 “바람의 통로” 계획이라 지칭되며, “바람 통로” 개념은 지역간 대기온도차 등을 이용해 녹지와 물, 오픈 스페이스의 네트워크를 추진함으로써 도시 지역으로 산이나 바다로부터의 신선한 공기가 흐르는 길을 만들어, 도심에 신선한 공기를 받아들일도록 하는 것이다.

이에 따라 도심부의 Heat Island 현상의 완화, 대기오염물질의 확산을 도모할 수 있을 뿐만 아니라, 에너지 절약과 이산화탄소의 배출저감 등의 기대효과를 달성할 수 있게 된다. 그리고 단위 지역에서는 바람을 받아들이는 길을 확보하기 위한 적절한 건물의 배치, 형태의 규제, 건물의 옥상 녹화, 건축물의 Setback, 하천공간의 활용방안 등 세부계획에 대한 수립이 병행 추진되어야 한다(경기도, 2000).

2. 도시개발의 사전환경성 검토 : 공기순환의 확보

1) 도시계획과 환경성 검토

도시계획이 도시환경에 미치는 영향을 고려하여 당해 도시계획의 결정·시행으로 인한 환경영향을 사전에 예측·분석하고 환경영향을 저감할 수 있는 방안을 강구하여 환경적으로 건전하고 지속가능한 도시 조성을 위한 「도시계획 환경성 검토 업무지침(2001)」이 최근 제정되었다. 이러한 도시계획 환경성 검토는 도시계획법 제19조(도시계획의 입안) 및 건설교통부 도시계획수립지침 제7편(환경성 검토)은 다음과 같은 규정에 근거하고 있다.

환경성 검토란 도시계획의 결정·시행으로 인해 자연환경과 생활환경에 미치는 영향 및 그 저감대책에 대한 검토이며, ... (중략) ... 사람의 일상생활과 관계되는 생활환경에는 대기, 물, 폐기물, 소음, 진동, 악취, 일조, 바람 등을 포함

특히 생활환경 요소 가운데 바람항목의 경우에는 첫째, 도시계획 시행에 의해 계절별 주풍향 및 산이나 하천에서 불어오는 바람의 방향, 강도가 변동되는지 여부에 대한 검토, 둘째, 바람에 영향을 주는 가장 큰 요인은 용적률의 변화, 건축물의 입지 방향, 도로의 방향, 녹지의 조성 등이므로, 이들에 대한 변화내용을 간접지표로 활용하여 영향여부를 간접 예측하여 검토, 셋째, 하천 및 산림, 대규모 공원과 같은 오픈스페이스에 인접한 지역과 시가지 대형건축물에 의한 바람의 영향(돌풍, 협곡풍 등)이 예상되는 지역에서의 검토 등의 환경성 평가가 이루어지도록 하고 있다. 이

<표 5-1> 환경성 검토서 작성기준(예시)

내 용	환경영향이 예상되는 경우
토양포장/우수유출	서울도시생태현황도(불투수토양포장현황)를 참고·검토한 바, 도시계획에 의한 토양포장 정도의 변화 예상
지형영향	토지의 형질변경에 해당하는 지형변동이 발생함
녹지체계변동	도시계획 시행으로 인해 대상지내 녹지의 증감이 발생하거나, 녹지 및 수면의 단절이 예상됨
습지 보전	대상지 내에 습지, 하천, 연못, 개울, 논 등의 습지요소가 있으며, 도시계획 시행으로 인한 변화가 발생함
비오통	도시계획 시행으로 비오통 유형 및 유형등급 또는 개별 비오통 평가등급에 변동이 있음
일조	도시계획 시행으로 일조장애로 인한 주민 불편 및 피해가 예상됨
바람	바람의 세기·방향의 변화, 돌풍 발생, 대기오염물질의 정체 등의 영향이 예상됨 하천 및 산림, 대규모 공원과 같은 오픈스페이스에 인접한 지역과 시가지내 대형건축물에 의한 바람의 영향(돌풍, 협곡 풍 등)이 예상되는 지역에서는 반드시 검토
에너지	에너지 소비의 변화가 예상되어 에너지 사용량 저감 및 청정에너지 사용 등의 대책마련이 필요 도시계획에 의한 에너지 소비량의 증감에 대한 직접적인 검토가 어려울 경우 용적률의 증감, 자동차 통행 도로의 변화, 대규모 에너지 소비시설의 입지 여부와 같은 간접지표로 산정
환경오염	도시계획 시행으로 인한 폐기물, 소음·진동, 수질오염, 대기오염, 먼지, 악취 등 환경오염 발생이 예상됨 환경오염의 기준은 환경정책기본법시행령 제2조의 환경기준 및 서울특별시 관련 조례의 환경기준을 준용
시행중 문제점	도시계획 시행중 소음, 먼지, 건축폐기물 발생, 기존수목 이식 등의 문제발생으로 별도대책 마련이 필요함

에 향후 도시계획의 환경성 사전 검토내용과 지구단위계획상의 공기순환 개념이 상호 유기적인 연계가 이루어지기 위해서는 “바람” 환경요소가 자연환경의 일부분이 아닌, 생활환경의 주된 요소로서 정착될 수 있도록 인식전환이 전제되어야 할 것이다.⁵⁾

2) 평가기준 및 방법 : 에너지 및 기상

도시계획이 에너지절약, 도시기후에 미치는 영향을 분석하여 도시의 에너지소비와 이로 인한 환경부하를 줄일 수 있는지 여부를 평가한다. 이의 정량적 지표로는 단위 건물당 연간에너지 소비량이나 단위 건물단위별 연간 CO₂ 발생량이 대표적이거나, 객관적인 평가기준이 설정되어 있지 않

은 경우 정성적 지표를 위주로 평가하도록 환경성 사전검토 지침에서 제시하고 있다.

특히 정성적 평가의 주요 내용은 첫째, 입지 선정에서 대지의 일조, 바람 등 자연조건의 고려 여부, 둘째, 도시의 기후에 미치는 영향, 셋째, 교통량이 에너지소비에 미치는 영향(도시간선도로 이상)이다. 이에 기후요소를 고려한 도시개발이 진행되기 위해서는 기본적으로 평가기준과 방법 등이 도시계획 또는 건축계획지침의 일부분으로 규정되어야 할 것이다.

3. 기상특성 고려 도시계획지침의 정비

도시기후는 시설의 입지 및 배치, 토지피복, 수

5) 공기순환 확보를 위한 지구단위계획제도의 도입과 관련하여, “도시계획이 도시환경에 미치는 영향을 고려한 환경성 검토를 시행하여 환경적으로 건전하고 지속가능한 도시를 조성”하는 목적에서 “환경친화적 도시계획수립지침”이 건설교통부에서 제안됨. 이러한 환경성 검토는 환경정책기본법령 및 “행정계획 및 사업의 환경성 검토에 관한 규정(국무총리훈령 제299호, 1994. 6. 24)”의 환경성 검토와는 달리 도시계획의 입안과정에서 도시계획이 미치는 영향을 검토하여 환경저감요인을 사전에 해소하거나 최소화함으로써 개발과 환경의 조화에 주된 관심을 둔다. 이 경우 도시계획이 환경오염, 도시 기후변화, 도시 생태계 균형과 파괴 등에 미치는 영향을 검토하여 도시환경에 미치는 부정적인 영향이 최소화되도록 조치하되, 도시계획의 유형에 따라 검토항목·분석기준 등 환경성 검토 방법을 세분화하여 적용할 것이 필요함.

목과 녹지율 변화, 에너지 소비 등의 인위적 요인에 의한 영향으로 인하여 쾌적한 생활공간의 기본단위요소인 미기후의 변화를 초래하고, 도시 미기후 변화는 부가적인 대기오염·에너지 소비 등과 연계되어 시민 건강에 위해 요인으로 대두되고 있다.

이에 도시기후를 보전하고 쾌적한 도시공간을 창출하기 위해 기본적으로 자연기후순환 시스템의 도시내부 유입 장치가 필요하며, 특히 자연기후순환 시스템의 도시내부 유입방안, 찬바람 발생지역의 파악과 보호, 찬바람 통행구의 조성 및 찬바람 정체구간의 해소, 녹지축 조성, 기후생태학적으로 유리한 건축물의 배치, 불투수 토양피복의 상한 규정 등이 고려되어야 한다.

특히 녹지의 보전·확충 및 토양피복도 개선을 위한 도시기후의 변화는 근본적으로는 “녹지”의 피복을 통한 건축물 공간으로의 전환에서 기인한다. 녹지면적의 보전 및 확충이 기후를 고려한 도시계획의 핵심사항의 하나로 등장하게 되는 이유이다. 이에 도시계획(도시기본계획, 토지이용계획, 지구단위계획 등)의 테두리 속에서 녹지면적의 보전 및 확충이 필요하다(<표 5-2> 및 <표 5-3> 참조).

<표 5-2> 녹화를 통한 도시기온 저감효과(예시)

대상지역		단위	효과	관련문헌
모의 수치분석	Sacramento	녹피 10% 증가	- 22	U.S. Environ.P.A(1992)
	Phoenix	녹피 10% 증가	- 14	U.S. Environ.P.A(1992)
실험 측정분석	동경도 杉區	녹피 10% 증가	-0.32	山田, 丸田(1989) : 造園雑地 52-5
	長野縣長市	녹피 10% 증가	-0.27	山田 他(1992) : 造園雑地 55-4-4

자료 : 도시녹화기술개발기구(일본), 녹지공간디자인 보급 매뉴얼, 1995.

한편 녹화를 통한 대기오염 저감효과의 경우 일반적으로 4m 높이 수목 1그루에 의한 CO₂ 정화효과는 약 11.5kg/년인 것으로 분석되고 있다. 즉 5 6그루 4m의 수목은 대략 성인 1인의 CO₂ 배출량(=60kg/년)을 흡수할 수 있는 것으로 평가된다. 또한 4m 높이 수목 1그루에 의한 NO_x 정화효과는 108g/년에 해당되고 있다. 예를 들면, 4m의 수목 1그루는 승용차 432km 주행시 배출되는 오염물질(승용차 : 0.25g/km)을 정화하는 효과를 나타내기 때문에(자료 : 도시녹화기술개발기구(일본), 녹지공간디자인 보급 매뉴얼(1995)), 향후 녹지공간 조성의 중요성이 한층 강조되어야 할 것이다.

<표 5-3> 미국 코네티컷주 도시들의 지역지구조례상의 불투수토양피복도 규정

도 시	구 분		최소필지 면적 (acres)	최대건물 피복 (%)	허용가능최대 불투수토양피복 (%)
볼튼 (Bolton)	주거 지역	다가구 주거지구	-	-	20
베를린 (Berlin)	주거 지역	PR-1	20	10	25
		PR-2	7	15	30
		PR-3	5	20	40
	업무 지역	업무연구지구	25	25	60
		계획업무개발지구	10	25	50
브록클린 (Brooklyn)	업무 지역	-	-	20	80
	상업 지역	-	1	20	80

자료 : <http://www.canr.uconn.edu/ces/nemo/gis/imperv.html>

4. 도시기후분석 도면의 작성과 활용

도시기후를 구성하는 온도, 습도, 바람 등 각종 인자의 측정·분석을 통해 토지이용시 “도시 미기후 변화영향”을 예측할 수 있는 기후분석도면

의 작성이 필요하다. 예를 들면, 각종 도시계획과정에 기후분석 결과가 효과적으로 반영될 수 있도록 작성(예시 : 도시계획 스케일에 부합한 1:20,000 도면) 되어야 한다.

도시기후분석지도의 제작 및 작성지침을 통해 향후 도시계획·건축계획의 제약조건으로서 도시기후분석도 내용 반영, 도시계획·건축계획시 바람환경 고려 세부지침, 바람환경영향평가에 의한 부정적 영향 제어, 도시 미기후 영향요인별 사례 분석, 찬 공기 생성지역의 발견, 바람길 형성, 생태계에의 영향분석, 녹지네트워크 구성과 도시열섬/대기오염 정화효과 분석, 녹지 네트워크 구성의 우선 적용대상 파악 및 녹지조성에 따른 도시열섬 저감효과 분석작업이 이루어질 필요가 있다.

5. 도시관리종합 시스템의 구축과 활용

도시를 지속가능한 상태로 유지·보전하기 위해서는 개발압력 요인(예 : 토지이용, 교통시설 공급 등)과 생태환경 영향요인을 종합적으로 분석하고 진단하는 시스템의 활용이 필요하다. 이의 기본요소로서는 기후, 바이오톱(Biotop), 토지이용, 교통, 폐기물, 토양, 에너지, 수질 등 8개 요소이다.

도시계획정보관리시스템은 크게 업무관련 시스템과 업무이외의 시스템으로 구분할 수 있다. 세부업무시스템 중 도시계획기초DB 관리 및 의사결정시스템은 구축의 실효성을 얻기 위해서 도시계획 입안단계 및 정책결정에 필요한 기초 DB가 완성되어야 한다. 현재 도시계획 관련 일반행정에 필요한 자료를 제외한다면 기타 기초DB는 극히 제한된 범위로 구축된 상태이며, 2000년 현재 서

울시 바이오톱의 1차년도 조사사업이 완료되어 서울시 생태현황도가 작성되었으나, 도시계획관련 기초DB의 극히 적은 부분에 해당된다.

현재 독일 베를린시 도시계획국에서는 8가지의 주제로 환경주제지도(Berlin Environmental Atlas)를 작성하여 “지속가능하며 환경친화적인 도시계획”이라는 목표아래 도시계획입안 및 관련 정책결정에 이용하고 있음은 향후 서울시 환경친화적 도시계획수립에 시사하는 바가 크다. 특히 토양, 대기, 물, 기후, 바이오톱, 토지이용, 교통/소음, 에너지를 포함한 매우 세부적인 도시환경지도를 제작 활용하고 있으며, 8개의 세부 주제는 각각 세부항목별 주제지도로 구성되어 있다.

6. 지역건축조례에 의한 도시기후 보호

현재 도시계획법 가운데 지구단위계획구역 지정에 의한 법적 근거가 마련되어 있다. 이는 토지이용을 합리화·구체화하고, 도시의 기능·미관을 증진시키며, 양호한 환경을 확보하기 위함이다. 특히 경관지구 가운데 도시기후 보호와 직접적으로 관련된 지구는 자연경관지구이며, 간접적으로 관련된 지구는 시계경관지구, 수변경관지구, 시가지 경관지구, 그리고 조망권 경관지구이다. 자연경관지구의 경우 산지·구릉지 등 자연경관의 보호 및 도시의 자연풍치 유지를 위한 것임을 감안하면, 독일 Stuttgart시 찬 공기 생성·흐름을 원활히 하기 위한 구릉지 보호와 부합하고 있다. 이에 건축조례를 통해 도시기후를 보호하기 위한 주요 내용은 다음과 같다.

도시기후 보호를 위한 세분화된 규정의 마련을 통해 자연경관지구에서의 용도제한을 위한

건폐율과 건축물 높이 기준의 적용 도모

경관보호와 찬공기 생성·흐름의 확보를 연계하기 위한 중첩지구제도(Overlay Zoning)의 도입 검토

경관생태 및 기후요소의 병행 보호

도시기후 보호와 관련하여 자연경관지구내 행위제한의 경우 일률적인 건축규제는 독일 Stuttgart시의 지역건축조례 내용과 같은 세분화된 규제 방안의 도입

건물밀집지역, 도시근교, 나대지 등에서의 건축행위로 인한 바람장 변화 시뮬레이션을 활용한 바람환경 평가지침 제시

건물밀집지역에서의 바람장 변화산정 공식 이용

건물높이에 의한 일사량 변화와 이에 의한 바람장 변화영향을 연계하여, 미기후 변화를 고려한 건물높이 규제 도모

7. 권역별 바람통로 확보를 위한 도시계획적 운용

골짜기와 산, 언덕 등을 관통하여 조성된 통로의 방향이 도시를 향하게 될 경우, 신선한 공기 운반을 위한 양호한 자연조건이 만들어지게 된다. 다만, 시원한 공기의 강도는 유입영역의 크기, 경사, 골짜기와 자연적인 방해물의 폭 등에 좌우되기 때문에 신선한 공기의 도시내부 유입을 위한 방안 마련이 필요하다. 앞서 3개 사례지역의 바람순환구조 모의실험분석에서 제시된 바와 같이, 도시내부로 신선한 공기의 원활한 유입과 이동을 용이하게 하기 위해서는 기후생태학적으로 유리한 건축물의 배치를 고려하여야 한다.

먼저 주거지역 개발형태의 조정을 고려할 수 있다. 특히 도시의 바깥으로부터 약하게 흐르는 공기를 스며들게 하고, 유입된 공기의 원활한 통풍을 위해 대규모 개발 및 고밀 주거지역의 개발을 지양하도록 한다. 그리고 고층건물 신축수요의 경우에는 주변지역의 바람환경 영향을 고려하여 건물설계 단계에서 바람환경영향을 평가할 수 있는 “바람환경의 사전평가”가 또한 필요하다. 둘째, 통풍길이 차단된 교외주변에 대한 개발수요를 억제한다. 셋째, 경사지 개발의 경우에는 도시기후를 위한 경사지 개발의 종류와 규모는 계곡과 분지지형에 위치한 도시에서 한층 의미가 있다. 이에 원칙적으로 저밀도 수준으로 유지하고, 자연적인 방해물의 높이(예 : 수목 높이)는 지면 근처에서의 바람흐름을 유지하는 수준에서 결정하도록 한다. 또한 평평한 경사지에서는 양호한 통풍 및 찬 공기 생성을 위해 큰 녹지지역과 공지를 가진 점 형태의 개발을 절충하도록 한다.

. 결론

1. 요약

최근 기후변화 현상을 둘러싼 우려가 점점하고 있으며, 서울시의 기후변화는 열섬효과에 의해 이미 오래 전부터 발생되어 왔으나, 고밀 개발수요에 의한 기후변화는 더욱 심화될 것으로 전망된다. 서울은 최근까지 인구증가 추세가 계속되어 왔으며 도시개발이 지속적으로 이루어져 왔다. 특히 과도한 도시개발은 생태계의 파괴, 녹지감소, 물과 공기의 오염, 폐기물의 과다발생 등 다양한 도시문제를 야기시켜 왔다. 특히 대기질과 관련하

여 주요오염원인 자동차의 지속증가로 오염물질 배출은 늘어나고 있는데 반해, 한강변과 산 주변의 고층 아파트군, 인공물(아스팔트, 콘크리트 등)로 뒤덮인 지표환경은 도시대기의 순환을 가로막아 오염을 가중시키고 스모그·시정장애 현상을 야기하고 도심을 외곽 녹지대보다 쉽게 더워지게 하여 도시열섬현상을 일으킨다. 이는 도시시설의 적정 배치를 위한 도시계획의 제반 결정과정에 환경요소를 고려하는 노력이 미흡하였기 때문이다.

이에 바람·온도·습도와 같은 기후 인자는 도시계획과정에서 사전에 고려되어야 하는 필요조건으로서 인식되고 있으며, 미국·독일·호주 등 선진외국에서는 도시 미기후의 변화 조건을 고려한 도시계획결사의 도입과 단지설계지침 등이 도입되고 있다. 이러한 기후요소 고려 도시계획은 보다 안락한 도시공간의 창출, 에너지 소비의 절약, 대기환경의 개선 등과 같은 장점을 낳기 때문이다.

현재 도시계획 차원의 접근으로서 서울시는 서울시의 기상·지형 등의 특성을 고려하여 도시관리에 적극 반영할 목적에서 ‘기상특성을 고려한 도시계획기법’ 연구를 2000년부터 3개년 과정으로 추진하고 있다. 먼저 1차년도(2000년)의 경우 서울시의 주요 기상특성, 열섬현상과 토양피복과의 관계 파악이 이루어졌으며, 한강변, 여의도, 상계동을 대상으로 모의실험을 통해 도시 미기후에 대한 연구가 진행되었다. 향후의 2차·3차년도(2001~2002년) 연구에서는 도시기후지도 제작지침, 도시계획·건축계획시 바람환경 고려 세부지침, 도시미기후 사례분석(중밀도 아파트 재개발 등), 녹지네트워크 조성 및 열섬현상 완화·대기정

화에의 효과분석 등이 이루어질 예정이다. 이러한 서울시의 환경친화적인 도시관리를 위한 연구방향은 도시개발시 토양피복도 기준 설정, 도시기본계획 수립시 녹지네트워크 계획 등에 반영할 계획임은 매우 고무적인 것으로 평가된다.

2. 정책건의

시민의 삶의 질 향상뿐만 아니라 도시개발의 경쟁력을 향상시킬 수 있는 환경친화적 서울시 도시계획의 추진을 위해 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

첫째, 주거·상업지는 가능한 한 대규모 주택단지나 고층화보다는 주변지역의 여건이나 대기의 흐름을 고려하여 토지이용계획을 수립하여야 한다. 한강 양안의 고층 건물군에 의해 찬공기의 일방적 흐름이 한강축을 따라 발생하므로, 바람 흐름의 자연성을 회복하기 위해서는 한강 양안의 고층건물 신축을 억제할 필요가 있으며, 또한 서울외곽에서 생성·유입되는 신선한 공기를 서울지역으로 끌어들이기 위해서는 도시주변 개발방식의 방향을 바꿔야 한다. 그리고 공기흐름을 주거지역 내부로 유입·촉진하고 유입된 공기가 원활히 흐르도록 하기 위해 고밀 개발방식을 지양하여야 한다.

둘째, 대기의 원활한 이동이 이루어질 수 있도록 하기 위해서는 토지이용계획 수립시 건축물의 배치, 층수, 건물의 간격 등을 적절하게 조절하는 것이 필요하다. 예를 들면, 바람이 도시로 잘 흘러들면 대기오염이 줄어들 뿐만 아니라 도시의 쾌적도가 훨씬 높아지게 되므로, 시원한 공기가 빌딩숲이나 아파트단지에 막히지 않고 도시 속으

로 흘러들도록 하기 위해서 찬바람 통로를 확보하고 기후생태를 고려한 건축물의 배치가 필요하다. 특히 골짜기, 산, 언덕 등을 관통해 조성된 신선한 공기가 도시내부로 유입되기 위해서는 통풍이 양호한 도시구조가 형성되어야 한다.

셋째, 환경을 고려하지 못한 물리적 요소 위주의 도시개발 방식을 지양하고 또한 기후요소의 추가 등을 통해, 현행 각종 도시개발 관련 법규에서 규정한 내용이 기후조건을 반영하지 못하는 기존 도시개발 방식의 개선이 필요하다.

참고문헌

- 경기도, 「21C 경기 대기보전실천 계획」, 2000
- 김용표·김진영·김영성, "서울의 스모그 현상은 악화되고 있는가?", 「한국대기환경학회 2000 춘계학술대회 논문집」, 2000, pp. 76-77
- 김운수, 「서울시 대기환경개선 실천계획」, 서울시, 2000
- 김창환·김정호·안준영·김병곤·한진석·최양일, "서울 지역의 시정과 입자상 물질과의 관계분석", 「한국대기환경학회 2000 춘계학술대회 논문집」, 2000, pp. 78-79
- 박종화, "Landsat 綠色植生指數를 이용한 서울시 도시녹지 변화 조사", 「대한원격탐사학회지」, 8(1), 1992, pp. 27-43
- 부경은·전영신·박지용·조하만·권원태, "자동기상관측장치자료를 이용한 서울의 기온 수평분포 분석", 「한국기상학회지」, 35(3), 1999, pp. 335-343
- 서울시, 「서울시 비오름 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립 1차년 연구보고서」:서울시정개발연구원, 2000. 2
- 서울시, 「서울시 기상특성을 고려한 도시계획기법 연구」, 2000
- 서울시, 「도시계획 환경성 검토 업무지침」, 2001
- 오성남·임영권·윤원태·전영신, "서울지역의 지형 및 토지 이용도에 따른 3차원 바람장 산출에 관한 연구", 「한국기상학회지」, 36(2), 2000, pp. 229-244
- 이창우, 「서울시 환경용량평가에 관한 연구()」, 서울시정개발연구원, 2000
- 이현영, "토지이용 변화가 국지기후에 미치는 영향", 「대한원격탐사학회지」, 11(3), 1995, pp. 83-100
- 조하만·조천호·정귀원, "서울의 도시화에 따른 기온의 변화", 「한국기상학회지」, 24(1), 1988, pp. 27-37
- 都市緑地技術開発機構(財) 特殊緑地共同研究會, Neo-Green Space Design : 特殊空間緑地Series 緑地空間Design 普及 Manual, 1995
- 日本建築學會, 「都市の環境基準と計画:ビル風から適環境まで」, 1993
- Cermak, J.E., et. al.(ed.), Wind Climate in Cities, NATO ASI Series, London : Kluwer Academic Publishers, 1995
- Gallo, K.P. et al, "The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect", International Journal of Remote Sensing, 14(11), 1993, pp. 2223-2230
- Givoni, B., Climate Considerations in Building and Urban Design, Von Nostrand Reinhold Co., N.Y., 1997
- Lambin, E. F., Ehrlich, D., "The surface temperature-vegetation index space for land-cover and land-cover change analysis", Int. J. Remote sensing, 17(3) : 463-487 analyses. Pecora 14 Proceeding, 1996, pp. 143-153
- Olgay, V., Design with climate, Princeton university press, 1973, p. 190
- SKINNER, C.J., Climate as a Factor in Urban Design, National Conference on Environ. Eng., Queensland 17-19 June, 1992
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Städtebauliche Klimafibel: Hinweise für die Bauleitplanung Stuttgart, 1998