

바람통로 계획을 위한 기후생태적 우선지역 분석 및 설정방법

- 성남 판교지역을 중심으로 -

송영배

서울여자대학교 환경생명과학부
자연과학연구소 도시기후연구센터

Methodology of Climate-Ecological Priority Area Analysis for Air Corridor Planning - In the Case of Pan-Gyo Area -

Song, Youngbae

Faculty of Environmental Studies, Seoul Women's University
Center for Urban Climate Research

ABSTRACT

It is well known that urban environment affects climate, as we can see in the quality of bio-climate. However, climate has not been recognised properly in the urban planning process. The role it plays needs to be examined for better urban environment.

The main objective of this study is to investigate the climate-ecological priority area which produces cold fresh air and thermal induced wind circulation between rural and urban areas. The objective is also to improve the quality of bio-climate and wind circulation at blocked urban areas. This paper uses the measurement and analysis method of wind direction and wind speed in order to investigate the climate-ecological priority area and cold fresh air corridor.

In this study, local climate conditions i.e. wind speed, wind direction, temperature, humidity etc., were measured at nine fields and analyzed. On the basis of the climate measurement, the climateecological priority areas were delineated; These will be assigned as climate-ecological conservation areas.

Key Words : Urban Climate, Air Corridor, Climate Ecological Priority Area, Open Space and Urban Climate Planning, Air Hygiene

† **Corresponding author** : Youngbae Song, Faculty of Environmental Studies, Center for Urban Climate Research, Seoul Women's University, Seoul 139-744, Korea. Tel. : +82-2-970- 5794 E-mail : ybs2000@em pal.com

I. 서론

1. 연구의 목적과 의의

일반적으로 대기환경의 질은 대기오염의 정도로 표시된다. 그러나 도시기후학이나 공중보건 분야에서는 인간이 도시지역에서 느끼는 기후부담의 정도를 의학적인 측면에서 대기위생(air hygiene)으로 표현하며, 대기위생은 다시 대기오염물질이 인체 및 동·식물에 미치는 영향(germ, immission)의 정도인 대기오염도와 생태기상학적인 불쾌지수, 즉 바이오 기후로 나타낸다. 따라서 도시지역 대기환경의 질을 나타내거나 평가하기 위해서는 대기오염도와 함께 바이오 기후가 측정 및 제시되어야 한다. ...

바이오 기후의 척도인 생태기상학적인 불쾌지수는 도시지역에서 인간이 느끼는 기후부담의 정도로 나타나며, 기후부담에 영향을 미치는 요소는 토지이용의 변화에 따른 지표면 온도의 상승과 상대습도의 감소, 건축물에 의한 풍속의 감소와 환기성능의 저하, 대기오염물질이 주요 원인인은 잘 알려진 사실이다.

따라서 도시지역 기후부담의 저감을 위해서는 위에서 제시한 작용요소의 영향을 최소화함이 가장 효과적인 방법이라 할 수 있다. 이러한 측면에서 도시지역의 기후부담을 저감시키기 위한 조정계획 및 설계차원의 접근방법은 크게 두 가지 관점에서 도출될 수 있다. 첫째는 도시에서 발생하는 인공열을 낮춤으로서 지역의 열환경을 개선하는 방법이고, 두 번째는 풍속의 저하 또는 무풍상태의 증가로 악화된 환기성능을 바람통로 계획을 통해 개선하는 방법이다.

본 논문에서는 대부분이 녹지로 구성되어 있는 판교지역이 개발되고, 인구와 교통이 집중됨으로서 발생하는 대기오염의 악화와 도시기후의 부담을 완화하고, 환기성능 개선을 위한 바람통로(Air Corridor) 계획의 선행단계로서 차고 신선한 공기를 생산하는 "기후생태적 우선지역(Climate-Ecological Priority Area)을 설정하는 방법을 제시하고자 한다. 사례지역은 현재 신도시 개발이 진행되고 있는 판교지역이다.

2. 연구 대상지 및 범위

연구 대상지는 현재 신도시 개발계획이 수립 중인 판교지역을 중심으로 성남시 분당구 판교동, 삼평동, 수정구 사송동 지역을 포괄하는 면적 280만평의 토지 자원으로서 자연녹지(21%)와 보전녹지(79%)로 구성되어 있다. 또한 위 지역은 수도권의 5개 주 녹지축의 하나로써, 검단산(팔당호)-청량산(남한산성)-국사봉(판교)-청계산-관악산을 잇는 동서축과 연계되어 있다(그림 1 참조). 특히 판교지역의 북측과 서측은 개발제한 구역에 면해 있으며, 판교동, 삼평동 일원은 남동측으로 분당 중앙공원-불곡산과 이어지며, 북서측으로는 서울 인릉산으로 이어지는 도시내 녹지축의 주요 축선상에 위치하고 있다. 이 같은 광역녹지축은 녹지자연도 7·8등급의 지역으로서 자연환경 및 도시기후학적 측면에서 보전가치가 높은 지역이 매우 광범위하게 분포되어 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 바람통로 및 기후생태적 우선지역에 대한 개념정의

바람길을 계획하기 위해서는 먼저 기후생태적 우선지역을 설정할 필요가 있으며, 이 지역에서 생성된 찬공기의 유입지역과 찬공기가 모이는 지역은 바람통로와 함께 화살표로 표시된다. 이때, 바람통로의 주요 판단기준은 지역의 주풍향에 의한 방해나 큰 영향을 받지 않는다는 점이다.

바람통로를 계획하기 위해서는 앞서 언급한 몇 가지 개념의 정의 및 도입이 필요하다.

1) 기후생태적 자정공간 (climate-ecological compensation space)

기후생태적 자정공간이란 하나의 녹지 또는 초지로 이루어져 있거나 이와 인접한 공간으로서, 이 공간에서 대기위생학적인 오염물질들이 지형의 고도차에 의해 발생하는 에너지와 공기 덩어리들의 역학적 교환과정을 통해 해소 또는 정화되는 지역을 말한다.

2) 기후생태적 자정능력

기후생태적 자정능력이란 기후생태적 자정공간에서 국지적 또는 지역적 대기순환 에너지의 생성능력과 대기오염물질의 해소 또는 정화 능력의 정도를 말한다.

3) 기후생태적 우선지역 (climate-ecological priority area)

기후생태적 우선지역이란 대기오염원이 위치해 있지 않으며, 대기 자정공간으로서의 기후생태적 기능이 보호되고, 또한 증진을 목적으로 제반 토지이용의 제한 또는 금지와 특정 목적으로의 이용권고가 이루어지는 기후생태적 자정공간을 말한다(Baumüller, 1997).

2. 국지 기상관측

기후생태적 우선지역은 그 기후톱¹⁾의 특성상 녹지, 초지, 나대지, 수면 등이 대표적이다(송영배, 2001). 따라서 연구대상지의 토지피복에 대한 평가가 선행되어야 한다.

국지 기상관측은 사면풍과 산곡풍의 특성을 감안하여 수행하게 되는데, 그 이유는 찬공기의 흐름에 중요한 역할을 하는 것은 산곡풍과 사면풍이다. 중규모 이상의 지역적 기상현상이 지배적인 상태에서는 지역에 충분한 대기순환 에너지가 발생한다. 따라서 미기후 인자들이 유발시키는 구조적 바람의 순환은 지역적인 기상현상에 크게 영향을 받아 본래의 특성이 변형된다. 위의 미기후 기능을 이용한 지역차원의 환기성능 개선을 논의하는 것은 큰 의미가 없다.

그러나 지역이 무풍현상이나 역전층이 형성되는 기상조건 하에서는 구조적 바람순환(Structural wind circulation)²⁾이나 열적 공기교환(thermal air exchange) 프로세스는 지역의 환기여건을 개선시켜 줄 주요한 통풍 구동력이 된다.

기상관측의 방법에는 고정관측과 이동관측이 있다. 본 논문에서는 기후생태적 우선지역과 바람통로를 파악하기 위해 고정관측만을 수행하였다.

1) 고정 기상관측

연구 대상지에 대한 기후특성을 파악하기 위해 2개의 고정 기상관측장비(AWS, automatic weather sta-

tion)가 설치되어 상시관측이 수행되고 있으며, AWS의 관측망은 다음과 같은 기준에 의거 선정하였다³⁾.

고정 기상관측망의 해발고도는 각각 55m와 65m이며, 관측항목은 풍향, 풍속 등 12개 항목이다. 관측기간은 2002년 8월부터 현재까지이며, 이와는 별도로 연구 대상지의 미기후 특성을 지역적인 기상개황과 비교하기 위해 수원기상대의 기상관측자료를 참고하였으며, 뚜렷한 상관관계를 발견할 수가 없었다(송영배, 2002).

상시 기상관측을 위한 기상 관측망과는 달리 연구 대상지의 미기후 특성 및 영향 범위의 강도(intensity)를 측정하기 위하여 주요 지역에 대한 기상관측을 별도로 수행하였다. 대상지는 기후톱 및 지형을 고려하여 9개 지점을 선정하였으며 (그림 1 참조), 기상관측은 1대의 AWS를 이용하여 지점별로 순차적으로 기상관측을 수행하였다. 9개 지점에 대한 기상관측은 2002년 10월 30일부터 12월 12일까지 각 지점별로 2~3일 정도 관측을 수행하였으며, 관측항목은 풍향, 풍속 등 12개 항목이다.

표 2는 이동 기상관측점의 위치와 기후톱을 나타내며, 공간적 분포는 그림 1과 같다.

2) 기상관측일 및 관측기간

도시기후의 분석과 바람통로 계획을 위한 기상관측은 최소 1년 동안 관측이 수행되어야 한다(Barlag, 1993). 고정 관측망(N, H)은 판교동 낙생초등학교(N)와 정자동 한솔초등학교(H)에 설치되어 2002년 8월부터 현재까지 기상관측을 수행 중이며, 기상관측의 목적은 다음과 같다.

- 관측지점 간의 계절별 기상 및 기후특성 파악
- 특정 기상조건(운량 < 2/8, 무풍 또는 미풍)이 형성될 경우 각 지점간의 기후특성 파악
- 고정 기상관측망과 일시적 기상관측망 간의 기상 특성 비교를 통한 국지적 기후특성 분석 및 예측
- 바람장 시뮬레이션을 위한 초기 기상입력 자료의 확보

일시적 기상관측은 연구기간에 따라 2002년 10월 26일부터 2002년 12월 10일까지 약 1개월 20일 동안 수행하였다.

표 1. 고정 기상관측망의 위치 및 기후특성

번호	지점명	위 치			기후특성		비 고
		위치명	고 도	TM(x,y)	지형특성	기후특	
1	N	낙생초등학교	55m	208,751.87 432,093.12	산기슭	도시외곽/ 전원지역	개발예정지 (관교동)
2	H	한솔초등학교	65m	210,420.46 429,436.09	평지	도시	분당신도시 (정자동 아파트단지)

표 2. 일시적 기상관측지점의 위치 및 기후특성

번호	지점명	위 치		기후특성		비 고
		고도(m)	TM(x,y)	지형특성	기후특	
1	F1	51.23	208,315/ 431,756	평지, 계곡하부	경작지	밭
2	F2	58.52	209,116/ 431,634	산지, 위요공간	경작지	밭
3	F3	39.70	209,918/ 432,005	평지	경작지	시설재배지
4	F4	30.00	210,452/ 432,978	평지, 하천변	경작지 /하천변	밭/하천변
5	F5	77.92	206,226/ 431,984	평지, 계곡하부	경작지	밭
6	F6	36.38	209,374/ 433,068	평지, 하천변	경작지	밭/하천변
7	F7	68.96	207,550/ 433,924	평지, 계곡하부	경작지	밭
8	F8	37.80	209,118/ 430,371	평지, 도로변	초지	도로변 잔디밭
9	F9	38.42	209,926/ 434,483	평지, 위요공간	경작지	밭

3) 기상관측과 데이터의 대표성

도시기후와 미기후의 현상과 강도는 지형에 의해서만 영향을 받는 것이 아니라 지역적인 기상 개황에 크게 좌우된다. 열역학적인 과정이 일어나는 자연계는 매우 민감한데, 특히 도시적인 요소와 지형적인 영향이 크게 작용을 한다. 따라서 지역 특유의 일기가 형성될 경우 도시지역에서 형성되는 중기후(Mesoclimate)와 미기후(Microclimate)는 그 현상이 더욱 두드러지게 나타나게 된다.

따라서 연구 대상지에 대한 장기간의 고정기상관측은 필요하며, 이를 통해 지역적인 기후가 지배적인 상태에서 국지기상관측을 통한 미기후의 변화를 파악할 수 있게 된다. 그러나 본 연구 대상지에는 2001년 이전의 경우, 기상관측망이 설치되어 있지 않아 기상관측 자료를 수집할 수 없었다. 또한 판교지역과 가장 인접한 AWS 설치지역은 성남시청이며, 지난 10 년간의 기상관측자료를 분석한 결과(송영배, 2002), 판교동에 설치하여 관측된 자료와 유사성이 없는 것으로 판단되었

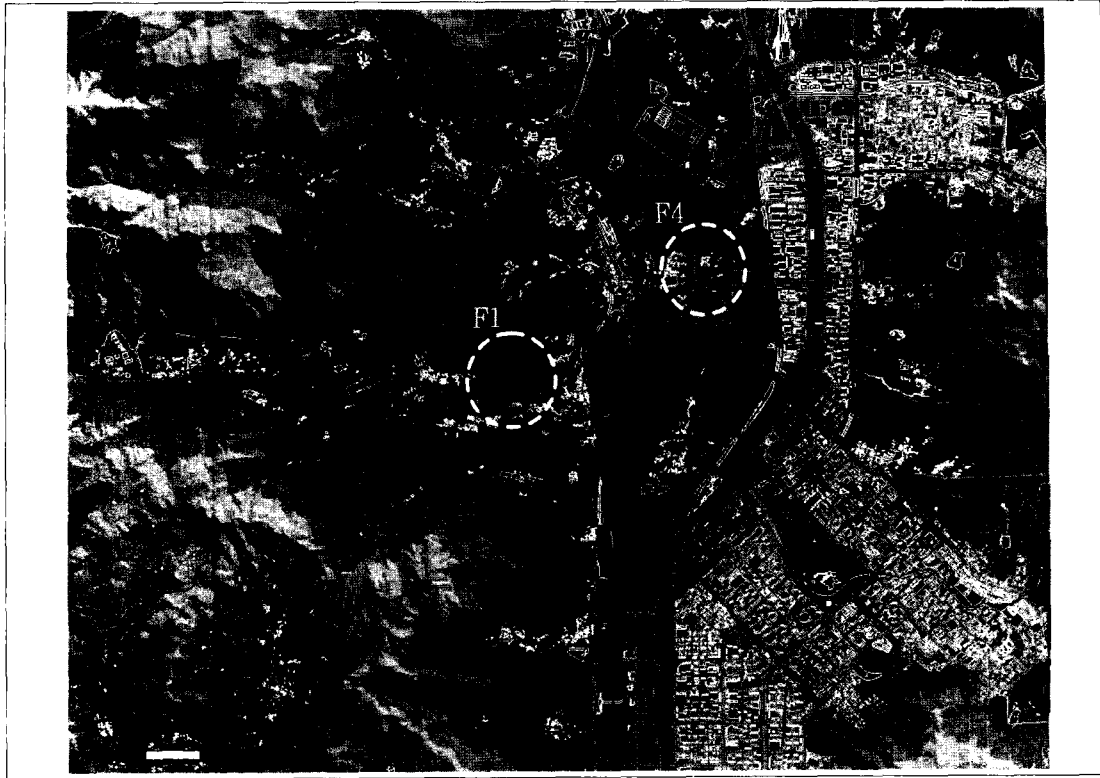


그림 1. 고정 및 이동 기상관측 지점(F1~F9, N, H)

다. 이는 두 지역 간에 직선거리 10km 이상 떨어져 있으며, 특히 미기후 및 산곡풍이 우세한 판교지역과 도시기후의 전형을 반영하는 성남지역 간의 기후특성에 기인하는 것으로 판단된다.

일반적으로 연구 대상지 전역에 대한 격자망을 구성하여 기상관측을 수행하기는 불가능하며, 따라서 불가피하게 소수의 관측점을 선정하여 기상관측을 한 후, 바람장을 공간해석하는 것은 도시기후학에서 일반적으로 활용되는 방법이다. 연구결과와 신뢰성을 확보하기 위한 방법으로 낙생 및 한솔초교에 설치된 상시 기상관측망과 9개의 지점에 대한 일시적 기상관측자료를 상호 비교하여 분석함으로써 자료확보의 한계성을 극복하고자 하였다⁴⁾.

또한 기상관측의 높이는 상시 관측망의 경우 국제표준을 준수하여 15m 높이에 설치하였으며, 일시적 관측의 경우 1.5~1.7m의 높이에 설치하여 기상관측을 수행하였다. 기후생태적 우선지역에서 발생하는 차고 선선

한 공기의 양과 분포범위를 분석하기 위해서는 연직 고도별 기상자료를 확보하여야 하나, 비용 등의 이유로 수행하지 못한 연구의 한계점이 있다.

III. 결과 및 고찰

1. 고정 관측점에서의 바람의 속도 및 방향

고정 관측망에서의 관측시기는 2002년 8월 27일부터 2003년 5월 15일까지이며, 풍향분석 결과는 다음과 같다. 판교동 지역에 위치한 고정관측망(N, 낙생초교)에서의 주풍향은 서남서(WSW)이며, 0.3~1.5 m/s의 미약한 바람이 풍향빈도 9%로 불고 있는 것으로 나타났으며, 북동동(ENE)와 남서(SW)가 각각 풍향빈도 7%와 6%로 나타났다. 이외는 달리 분당신도시내 정자동에 위치한 고정 관측망(H, 한솔초교)의 주풍향은 북동

풍계열(북동동, 북동)풍이 15%, 남풍계열(남, 남남서)의 바람이 약 17%, 서풍계열(서, 북서서)의 바람이 약 19% 풍향빈도를 나타내는 것으로 분석되었다(그림 2, 3 참조).

2. 일시적 기상 관측점에서의 바람의 속도 및 방향

일시적 기상관측은 1대의 AWS를 이용하여 지점별로 순차적으로 2~3일간 국지기상관측을 수행하였다.

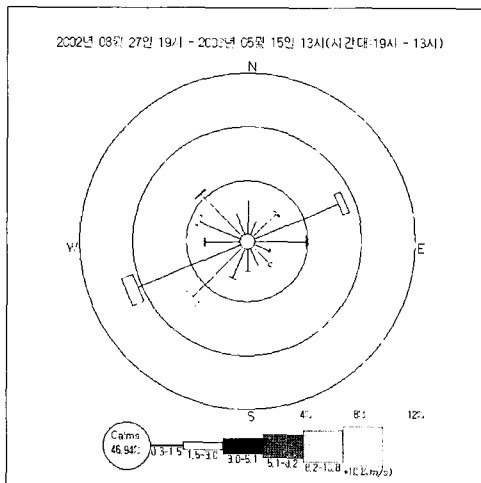


그림 2. 고정관측(낙생) 바람장미도

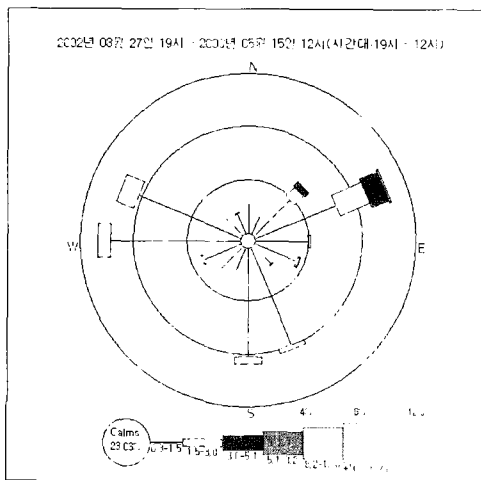


그림 3. 고정관측(한솔) 바람장미도

기후 생태적 우선지역을 파악하기 위해 필요한 기상관측 항목은 풍향과 풍속, 온도, 습도, 기압 등이며, 본 논문에서는 풍향과 풍속만을 이용하였다.

이동 기상관측을 통한 풍향 및 풍속에 대한 분석결과는 표 3과 같다.

3. 관측지점별 바람장 분석

관측지점별 바람장 분석은 고정관측점과 일시적 기상 관측점에서 측정된 기상자료의 비교분석을 통해 이루어지며, 세부항목은 바람장미도 분석, 시간별 풍향 및 풍속변화, 풍향별 풍속변화이며, 이를 종합하여 주 풍향 분석과 기후생태적 우선지역의 도출이 이루어진다.

세부 바람장 분석은 9개의 관측지점과 그 주변지역에 대해 수행하였다. 지면의 제한으로 분석결과 중에서 기후생태적 자정공간이 인접해 있으며, 바람통로의 대표적인 기후특성을 나타내는 제 1 지역과 제 4 지역에 대한 분석내용만을 사례로 제시하였다.

1) 제 1 지역 바람장 분석 (Field 1)

지형적으로 서고동지형의 골짜기 하부에 위치하고 있으며, 기상 관측결과 표 3에서와 같이 남서서(SWW)풍의 0.3~1.5m/s의 풍속이 지배적이며, 풍향빈도는 서풍계열이 전체 46%를 차지하고 있다.

그림 4와 5는 바람장미도로서 관측기간 동안의 풍향 빈도를 나타내며, 그림 6은 매시 풍향변화를, 그리고 그림 7은 매시 풍속변화를 나타낸다.

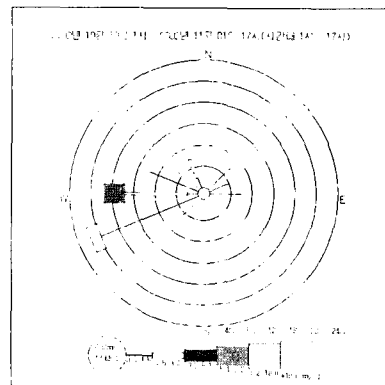


그림 4. F1 바람장미도

분석결과 야간에는 대체로 서풍이 우세하며, 주간에는 동풍계열의 바람이 우세하게 부는 것으로 분석되었으며, 따라서 위 지역은 사면풍보다는 주로 산곡풍의

영향을 받아 서쪽의 골짜기에서 동쪽의 분당지역으로 바람이 부는 것으로 판단된다(그림 6 참조). 또한 그림 8의 풍향별 풍속 분석결과에서 나타난 바와 같이 제 1

표 3. 이동기상관측 지점별 풍향·풍속 빈도 비교

번호	위치명	관측시간	주풍향	풍속빈도 (%)					평균 풍속 (m/s)	최대 풍속 (m/s)
				계	0.3~1.5	1.5~3.0	3.0~5.1	무풍		
1	F1	2002.10.30, 01:00 ~11.01, 17:00	남서서 서	26 20	24 16	2 -	- 4	15.4	1.1	3.2
	고정(N1)		남서서	24	20	4	-	41.5	0.5	2.7
2	F2	2002.11.06, 17:00 ~11.08, 17:00	북서서	26	2	24	-	7.3	2.6	4.2
	고정(N2)		북서 남서(서)	18 30	18 18	- 12	- -	18.4	0.9	4.1
3	F3	2002.11.08, 01:00 ~11.10, 17:00	북서(서)	33	14	16	3	12.3	1.5	4.1
	고정(N3)		북서 남서서	24 28	24 12	- 16	- -	12.3	0.9	3.7
4	F4	2002.11.15, 01:00 ~11.17, 17:00	북서(서)	38	18	15	5	46.2	0.8	2.3
	고정(N4)		북서(서) 남서 북동(동)	20 10 14	20 10 14	- - -	- - -	44.6	0.4	2.1
5	F5	2002.11.18, 01:00 ~11.20, 17:00	북(북)서 남동	36 10	14 10	6 -	16 -	36.9	1.0	2.7
	고정(N5)		북서 남서 북동	30 18 11	30 18 11	- - -	- - -	35.4	0.5	2.4
6	F6	2002.11.26, 13:00 ~11.28, 10:00	북(북)서	36	18	18	-	52.9	0.7	2.6
	고정(N6)		-	-	-	-	-	-	-	-
7	F7	2002.11.26, 13:00 ~11.28, 10:00	서 동	30 14	28 8	2 6	- -	31.3	0.6	2.0
	고정(N7)		-	-	-	-	-	-	-	-
8	F8	2002.11.26, 13:00 ~11.28, 10:00	북서서 북	38 29	29 17	9 12	- -	2.8	1.3	3.4
	고정(N8)		-	-	-	-	-	-	-	-
9	F9	2002.12.11, 11:00 ~12.22, 22:00	북(북)서	42	14	-	28	52.8	1.4	3.2
	고정(N9)		북 북서(서) 남서서	18 32 14	18 32 12	0 0 2	-	24.3	0.6	2.6
			고정(H9)	북서서	44	28	16	-	16.2	0.8

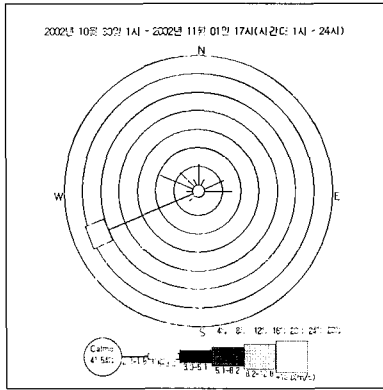


그림 5. N1 바람장미도

지역(이하 'F1'이라고 한다)에서는 주로 야간에 서풍계열의 바람이 3.0~5.1m/s의 속도로 부는데 비해, 주간에는 동풍 및 동북동 계열의 바람이 0.3~1.5m/s의 속도로 미약하게 불고 있음을 알 수 있다. 이에 비해 동일한 시기에 고정관측지점(이하 'N1'이라고 한다)에서의 풍향은 남서서풍이 지배적인 것으로 나타남으로서 F1보다는 산곡풍의 영향을 적게 받는 것으로 판단된다(그림 9 참조).

F1 지역의 평균풍속은 1.1m/s로서 N1 지역의 평균 풍속인 0.5m/s보다 약 2배 정도 강하게 부는 것으로 분

석되었다(표 3 참조). F1과 N1의 시간별 풍향변화의 경향은 F1 지역이 N1지역보다 1~2시간 정도 먼저 풍향이 변화하는 현상을 관찰할 수 있으며, 이는 골짜기의 중심부 하단에 위치한 F1과 골짜기 끝부분의 가장 자리에 위치한 N1의 지형적 특성이 반영된 것으로 볼 수 있으며, 전반적으로 두 지점 모두 동일한 경향을 띄는 것으로 나타났다(그림 6 참조).

그림 7은 F1과 N1에서의 시간별 풍속변화이다. F1에서는 주야간 지속적으로 0.4~4.5m/s까지 바람이 부는 것으로 나타난 반면, N1에서는 F1보다 뚜렷한 풍속의 저하현상과 함께 무풍이 있음을 발견할 수 있다.

특이한 사항은 그림 7의 시간별 풍속변화에서 나타난 바와 같이 풍속이 0m/s로 기록된 시간대이다. 측정기계의 제원상 바람이 0.4m/s 이하로 불 경우, 풍속이 0m/s로 기록되나 풍향은 미세한 바람이 불더라도 계속해서 풍향변화가 기록된다. 이때의 기상현상은 무풍으로 처리하며⁵⁾, 지역적인 바람의 영향이 없는 것으로 간주하였다. 그러나 도시기후학에서는 풍속이 1m/s 이하로 기록될 경우 산곡풍과 사면풍 등 미기후적인 바람체계가 형성된다고 보고 있으며, 특히 풍속이 0.4m/s이하인 무풍상태에서도 열적으로 유도된 대류와 구조적 바람의 순환에 의한 바람체계가 형성된다(Baumüller, 1997).

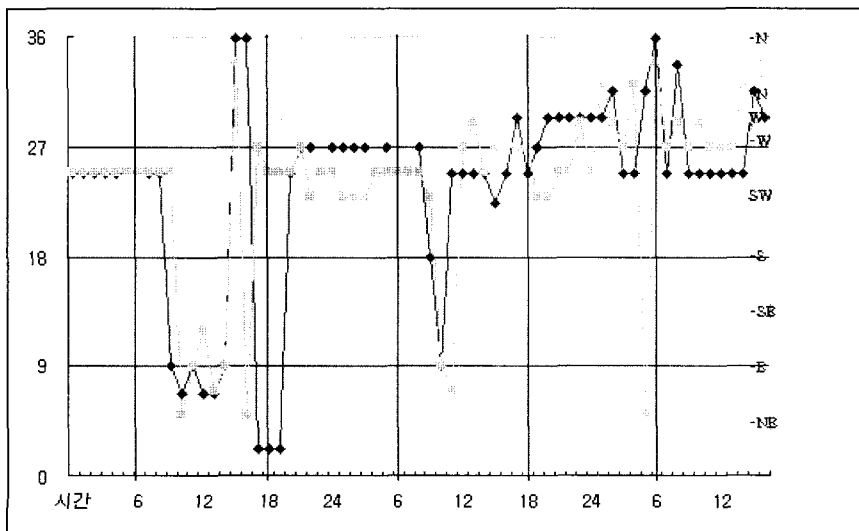


그림 6. 시간별 풍향변화 (N1, F1)

◆ : N1, -■- : F1

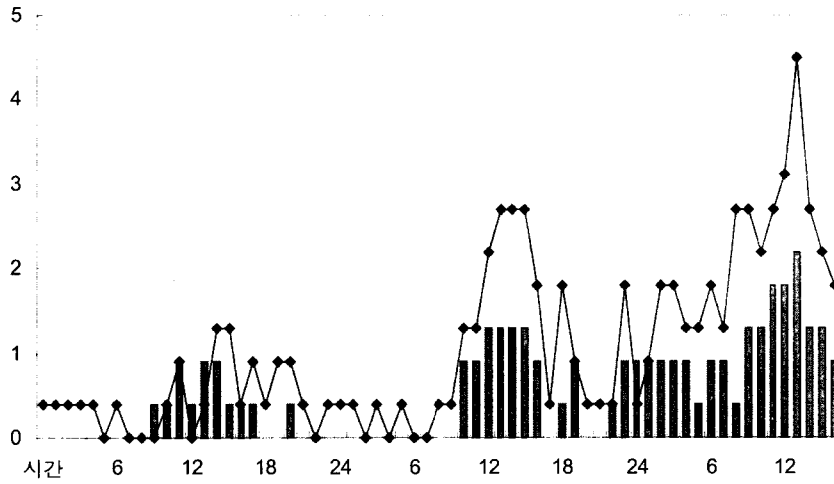


그림 7. 시간별 풍속변화 (FI, NI)
 ■ : NI, ◆ : FI

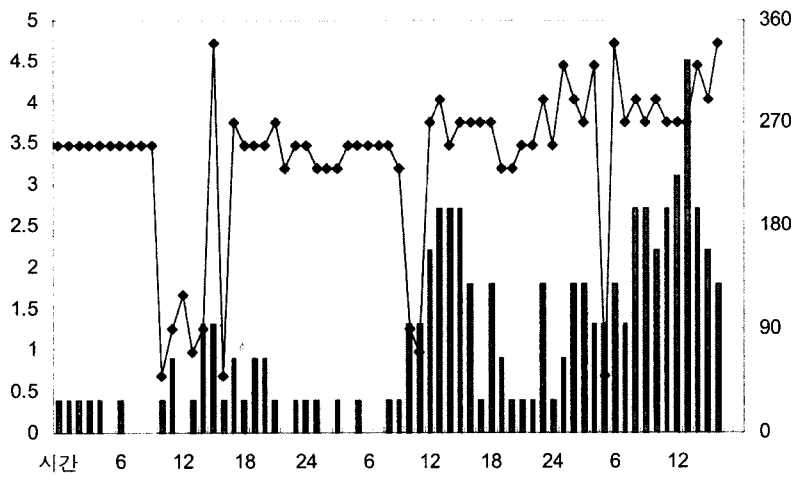


그림 8. 풍향별 풍속 변화(FI)
 ■ : FI(풍속), ◆ : FI(풍향)

이 같은 측면에서 위 지역에서는 지역의 기상개황이 무풍이 형성될 때에도 0.4m/s 이하의 바람이 계속해서 동쪽으로 불고 있음이 확인되었다. 앞에서 분석한 결과를 종합할 때, 일시적 기상관측점

(FI)과 고정관측점(N1)이 지형적으로 인접해 있기 때문에 상호간의 유사한 기후특성을 나타낸다고 볼 수 있는 반면, 두 지점 모두 골짜기의 하부에 위치함으로서 풍향과 풍속변화에 있어 유사한 경향을 나타낸다고 할 수 있다.

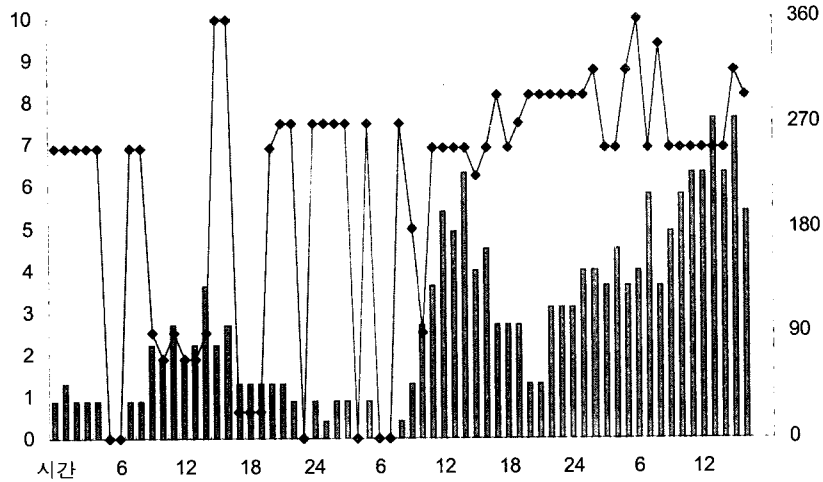


그림 9. 풍향별 풍속 변화(N1)
 ■ : NI(풍속), ◆ : NI(풍향)

위 지역에 대한 기후생태적 우선지역은 사면풍과 산곡풍 및 주풍향을 고려하여 설정할 수 있다. 일반적으로 사면풍의 풍속은 1m/s 내외이며(Barlag, 1993), 특히 지역 기상개황이 무풍현상이 지배적인 일기 조건에서의 차고 신선한 공기의 흐름 및 이동은 마치 “푼은 밀가루 반죽과 같은 특성”(Heimann, 1985)을 나타낸다. 따라서 기후생태적 우선지역에 대한 영역의 설정은 대기의 유체역학적 특성을 반영하여 대상지를 포함하는 능선의 연결선으로 설정할 수 있다(그림 10 참조).

특히 위 지역은 대부분이 산지로 구성되어 있기 때문에 그 경계의 설정은 더욱 불명확해질 수 있으며, 도시지역과 인접한 녹지가 기후생태적 우선지역으로 설정될 경우는 그 형태가 다를 수 밖에 없게 된다. 또한 산곡풍의 영향으로 지속적인 서풍이 분다는 점을 감안할 때, 관측점의 서쪽의 대부분의 영역을 그림 10과 같이 기후생태적 우선지역으로 설정할 수 밖에 없다. 그러나 위 지역에는 4차선 도로가 골짜기를 따라 서쪽으로 진행되고 있으며, 도로변으로 일부 촌락이 위치하고 있다. 따라서 도로교통에 의한 자동차의 매연가스와 일부 주거지역에서 발생하는 대기오염물질들이 바람통로를 따라 동쪽인 분당지역으로 유입될 것으로 판단된다.

2) 제 4 지역 바람장 분석 (F4)

지형적으로 북측으로는 야산이 위치하며, 동쪽으로는 아파트 건물군, 그리고 서쪽으로는 평지이다. 국지 기상관측이 이루어진 곳은 하천과 경계를 이루는 평지이며, 주변 토지이용은 서쪽으로는 경작지로 구성된 평지와 시설재배지이며, 동쪽으로는 분당 신도시의 15층 아파트 건물군이 위치해 있다(그림 1 참조). 따라서 위 지역의 바람장은 지형특성과 고정 기상관측 분석결과를 감안할 때, 판교지역에 지배적인 지역풍을 예상할 수 있다.

표 3에서의 같이 F4에서의 바람은 북서 및 북북서풍이 전체빈도의 38%를 차지하고 있으며, 0.3~1.5m/s와 1.5~3.0m/s의 바람이 각각 18%와 15%로 나타났다. F4 지역의 평균풍속은 0.8m/s로서 N4 지역의 평균풍속인 0.4m/s보다 약 2배 정도 강하게 부는 것으로 분석되었다.

F4 지역은 바람이 북서 및 북북서풍으로 편중되어 있어 연구대상지의 서쪽 산곡풍 또는 사면풍의 영향보다는 판교지역을 포괄하는 성남시의 주풍향인 북서풍의 영향을 주로 받는 것으로 판단된다.

그림 11과 12는 바람장미도로서 관측기간동안의 풍향빈도를 나타낸다.

그림 13은 F4와 N4에서의 매시 풍향변화 비교를 나



그림 10. 주풍향 분석과 기후생태적 우선지역

▨ 기후생태적 우선지역, → 주풍향

타낸다. 분석결과 F4 지역에서는 주야간 모두 지속적으로 북서풍 계열의 바람이 우세하며, 일부는 주간엔 남풍계열의 바람이 부는 것으로 나타났다. 이에 비해 N4 지역에서는 시간이 경과됨에 따라 북서, 남서서, 북동

등의 바람이 다양하게 나타나고 있으며, 야간에는 북동풍 계열의 바람이 우세한 것으로 분석되었다. 위 사실로 미루어 볼 때, F4와 N4 지역간의 풍향변화의 경향이 매우 차이가 있다. 도시외곽 또는 전원지역의 특성

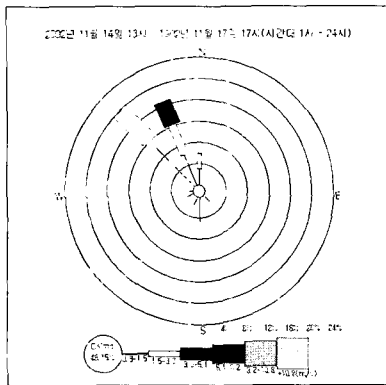


그림 11. F4- 바람장미도

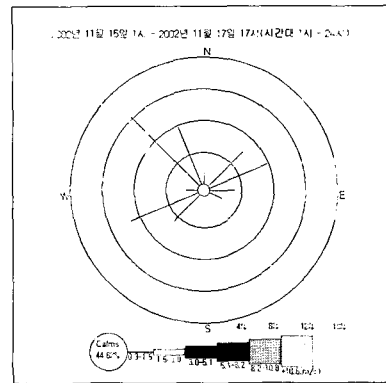


그림 12. N4- 바람장미도

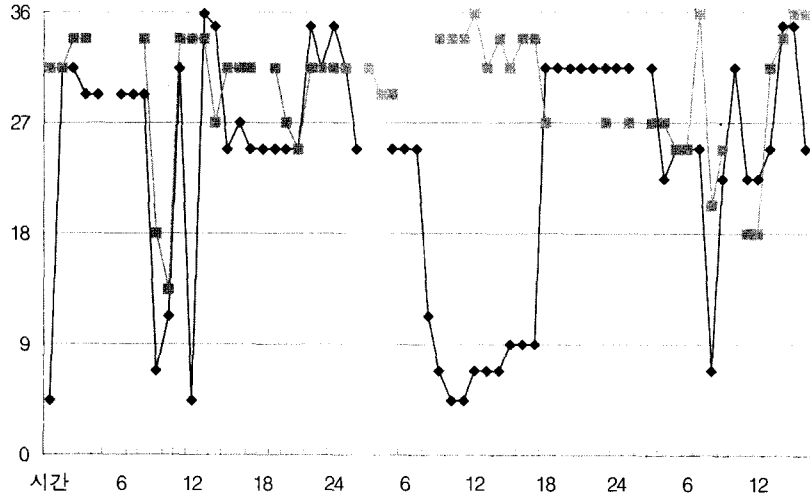


그림 13. 매시 풍향변화 (F4, N4)
 ◆ N4(풍향), -■- F4(풍향)

을 나타내는 N4지역은 동쪽에 위치한 녹지로부터 바람이 유입되는 현상을 고찰할 수 있는 반면, 동일한 시간대에 F4지역에서는 북서쪽의 녹지대에서 비교적 강한 바람이 지속적으로 불고 있음을 알 수 있다. F4 지역의 동쪽에는 분당신도시의 15층 아파트 건물군이 위

치해 있다.

그림 14는 매시 풍속변화 비교곡선이다. 분석결과 풍속변화는 F4에서 먼저 변화하는 것으로 나타났으며, 1~2시간 후에 N4 지역에서 변화가 있으나 그 정도는 1/2정도 수준이다. 주목할 점은 평지에 위치한 F4의

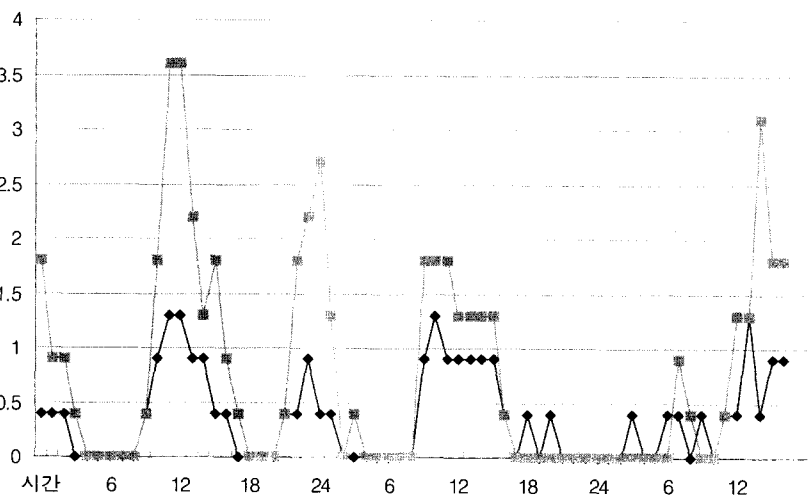


그림 14. 매시 풍속변화 (N4, F4)
 ◆ N4(풍속), -■- F4(풍속)

경우 무풍이 발생할 경우 N4에서도 역시 무풍현상이 발생한다는 점이며, 또한 F4에서 무풍이 발생할 경우 풍향의 변화가 없거나 서풍의 미세한 바람이 부는 것으로 관측된 반면, N4 지역에서는 남서와 북서풍의 사면풍과 서풍의 산곡풍이 지속적으로 부는 것으로 판단된다 (그림 15 및 16 참조).

따라서 위의 분석결과로 비취 볼 때, F4 지역에서는 관교지역에 지배적인 북서풍 계열의 평지풍이 지배적이며, 지역의 기상개황이 무풍일 경우 바람이 불지 않거나 또는 서쪽에 위치한 녹지대에서 미세한 바람이 부는 현상을 고찰할 수 있었다. 이와는 달리 N4 지역에서는 지역적인 바람의 영향을 반영하고 있는 것으로 나타

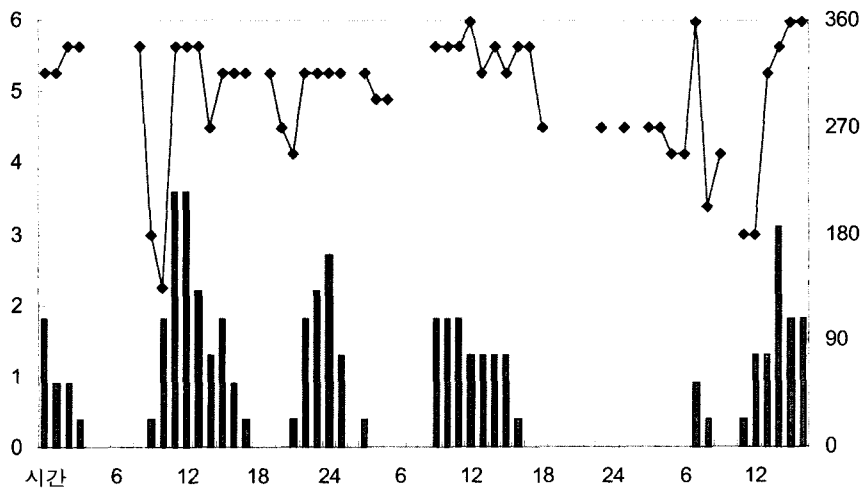


그림 15. 풍향별 풍속변화 (F4)

■ F4(풍속), -◆- F4(풍향)

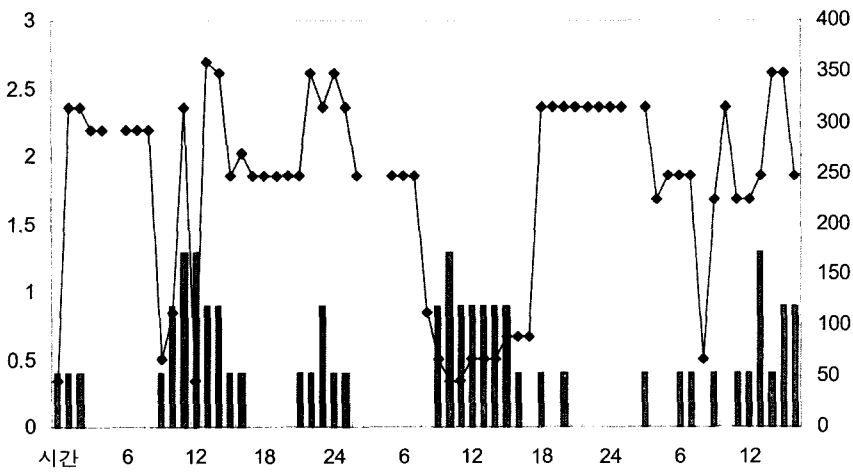


그림 16. 풍향별 풍속변화(N4)

■ N4(풍속), -◆- N4(풍향)

났으며, 지역적인 바람의 영향이 약화될 경우 골짜기와 주변의 녹지에서 산곡풍과 사면풍이 지속적으로 작용하고 있음을 알 수 있다.

종합적으로 F4 지역은 N4 지역과는 달리 주변에 녹지가 없으며 시설재배지가 주를 이루기 때문에 부풍의 일기조건이 형성될 경우 바람통로가 형성되지 않거나 동-서 방향으로 진행되는 하천에 의한 미약한 바람통로가 형성되어 서쪽의 원거리에 위치한 녹지에서 동쪽의 아파트 단지로 바람이 부는 것으로 판단할 수 있다.

위 지역에 대한 기후생태적 우선지역의 설정은 근거리 에 위치한 녹지를 기후생태적 우선지역으로 설정할 수 있으며, 서쪽에서 동쪽으로 진행되는 폭 20m의 하천 역시 기후생태적 우선지역에 포함되며, 바람통로로서 신선한 공기를 운반하는 중요한 역할을 한다(그림 17 참조).

IV. 결론

종래에도 도시환경이나 조경계획 및 설계에서 대기오염과 관련된 문제들이 종종 다루어져 왔다. 그러나

위의 학문분야에서 다루는 대기오염은 대부분 수목의 개략적인 대기오염 정화능력이나 차단 또는 차폐효과, 그리고 환경영향평가에서 생활환경의 위해요소 정도로만 취급되어져 왔으며, 이에 대한 적극적인 해결책이나 대안제시는 뚜렷하지 못했다. 특히 대기오염이나 바이오기후가 도시환경이나 조경분야에서 도시위생학적으로 다루어지지 못했으며, 이를 계획에 적용시키기에는 종래의 연구결과가 너무 부족했던 것이 사실이다.

본 연구는 녹지의 도시기후학적 및 대기위생적 기능이 바람통로와 관련하여 조경계획 및 설계분야에서 매우 중요한 역할을 수행할 수 있으며, 따라서 녹지에서 유발된 열대류와 구조적 바람은 조경계획 및 설계분야에서 다루어야 할 중요한 요소임을 증명하고 제시하는데 의의를 두었다.

이를 위해 조경분야에 도시기후학적 개념과 분석방법을 제시하였으며, 바람통로 설계를 위한 사면풍과 산곡풍을 정량적으로 측정 및 검증하였으며, 오염된 도시지역에 차고 신선한 공기를 공급하는데 가장 중요한 원천인 기후생태적 자정공간과 우선지역을 설정하기 위

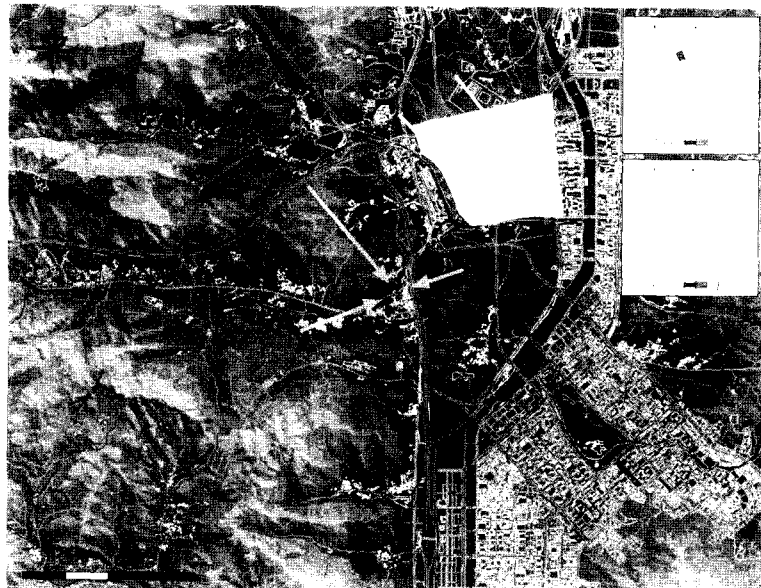


그림 17. 주풍향 분석과 기후생태적 우선지역

기후생태적 우선지역 → 주풍향

한 방법을 제시하였다.

분석결과 및 제언을 요약하면 다음과 같다.

1. 조사지역에 대한 9곳의 일시적 기상관측과 2곳의 상시관측자료를 분석한 결과 성남판교지구는 경부고속도로를 중심으로 판교동 지역은 산곡풍 및 사면풍이, 그리고 오른쪽의 삼평동 지역은 지역풍 및 평야풍이 우세하게 작용하는 바람권역으로 분석되었다. 따라서 본 논문에서 예시한 F1은 산곡풍 바람권역에 속하며, F4는 지역풍이 지배적인 바람권역에 속하는 것으로 판단된다.
2. 기 개발된 도시지역에서의 기후생태적 우선지역은 녹지, 초지, 수변 등과 같은 비포장의 오픈스페이스가 주요 대상이며, 국지적인 열대류(평야풍)에 의한 차고 신선한 바람의 유입을 통해 기후생태적 효과를 기대할 수 있다. 그러나 본 연구대상지는 개발이 이루어지지 않는 자연지역으로서 도시지역의 재개발과 다른 도시기후적 특징을 나타내고 있다. 따라서 향후 개발을 위해 토지이용계획 단계에서 자연지역에서 도시지역으로의 열대류(평야풍) 및 산곡풍과 사면풍에 의한 바람의 유입을 계획할 수 있다. 예시 지역인 F1과 F4 지역의 기후생태적 우선지역의 위치는 효과지역과 인접해 있으며, 또한 바람통로와 주풍향의 진행방향의 전방에 위치해 있으면서 오염된 공기를 정화시킬 수 있는 녹지와 초지가 이에 해당된다.
3. 밀집시가지 개발의 부작용을 저감하기 위한 도시계획 및 도시설계 시의 기후생태적 우선지역에 고려 사항 및 적용방안으로는 다음과 같다: 기존에 도시계획 및 조경계획 차원에서 고려되었던 도시공원이나 녹지 및 수변을 도시기후적 관점에서 바람의 유입구 및 배출구와 밀접하게 연관시켜 고려하는 것이다. 즉, 녹지를 중심으로 건축물을 폐쇄형으로 배치하거나 또는 건축지역에 필요한 시설물로서 녹지를 배치시키는 것이 아니라, 먼저 도시계획지역에 대한 도시기후 분석 및 바람장과 흐름체계를 분석하고, 밀집시가지로 바람이 유입이 되지 않을 경우 이를 가능하게 하기 위한 오픈스페이스의 확보와 함께 바람의 유입지역에 기후생태적 지역을 계획함으로써 대기오염의 필터링 효과와 함께 차고 신선한 공기의 밀집시

가지로의 유입을 가능하게 할 수 있다. 이를 위해서는 바람통로를 고려한 토지이용계획 차원에서 기후생태적 보호지역의 지정과 함께 구체적인 실행을 위한 지구단위계획 단계에서의 설계가 요구된다.

4. 향후 연구과제로서는 기후생태적 우선지역에 대한 더욱 세분화된 분류를 위해 기존의 세분화된 토지피복별 미기후를 관측하여 유형화하는 연구가 수행되어야 하며, 또한 어떠한 지역이 기후생태학적으로 보존되어야 할 지역인가를 분류하고 확인하는 연구와 함께 기후생태적 우선지역으로 분류되면 어떠한 사회적 편익이 발생하는가에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

이와 함께 향후 연구에서는 바람통로 조성의 대상이 되는 찬공기의 발생·흐름·정체 및 이동통로에 대한 세분화된 분석과 함께 바람통로의 계획 및 설계방법이며, 도출된 바람통로를 공간적으로 제시하기 위한 바람장 분석과 컴퓨터 시뮬레이션 기법의 도입 및 계획에의 적용방안에 있다.

주1. "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 가지며, 이 공간 내에서는 대기와 지표면 간의 물리적인 상호교환과정이 동일하게 진행되어 전체적인 기후체계에 동일한 영향을 미치게 되는 가장 작은 기상학적 공간단위" 라고 정의하고 있다. (송영배 2001).

주2. 바람의 국지순환(local circulation)보다 작은 규모로 형성되는 바람순환 체계로서, 해륙풍은 기압이 형성될 만큼 큰 온도차에 의한 대규모로 형성되는 열적 공기교환 프로세스의 대표적인 형태이다.

주3. 기후톱 특성은 송영배(2001)에 의거하여 구분하였다.

주4. Hess and Brezowsky(1977)는 미기후 분석을 위해 장기간의 기후분석 결과와 매년 형성된 기후현상을 대비하여 분석을 시도하였다.

주5. 기상학에서는 풍속 0.2m/s 이하의 바람을 무풍(calm)이라 하며, 풍력계급은 0이다. 그러나 일반 풍속계의 측정범위는 0.5m/s에서 60m/s이며, 특히 약한 풍속을 측정하기 위해서는 미풍계가 사용된다.

인용문헌

1. 송영배(2001) 도시기후지도의 작성 - 상계 4등을 중심으로 - .

- 한국조경학회지 29(6):27-36.
2. 송영배(2002) 신도시 대기오염 자연정화를 위한 Fresh Cold Air Corridor 설계기술 개발. 환경부차세대 핵심환경기술개발사업(Eco-Technopia 21) 중간보고서.
 3. Barlag, A.,-B.(1993) Planungsrelevante Klimaanalyse einer Industriestadt in Tallage, Essen.
 4. Baumueler, J.(1997) Stadtklima 21, Landeshauptstadt Stuttgart.
 5. Heimann, D.(1985) Ein Dreischichten-Modell zur Berechnung mesoskaliger Wind- und Immissionsfelder ueber komplexem Gelaende. Dissertation an der Fakultat fuer Physik, Universitaet Muenchen.
 6. Hess, P. u. H. Brezowsky(1977) Katalog der Grosswetterlagen Europas. Ber. Deutsch. Wetterd., Nr. 113, Bd. 15, Offenbach a. M.
 7. Leser, H.(1984) Zum Oekologie-, Oekosystem- und Oekotopbegriff. In:Natur und Landschaft, 59 Jg. pp. 351-357.

원 고 접 수 : 2003년 4월 16일
최종수정본 접수 : 2003년 7월 15일
3인의명 심사필