

바람권역 구분을 통한 부산지역 국지바람 분석 - Part I : 기상관측 자료를 이용한 바람권역 대분류 -

이 화 운^{*} · 정 우 식^{*} · 임 현 호^{*} · 이 귀 옥^{*} · 최 현 정^{*} ·
지 호 은^{*} · 이 현 주^{*} · 성 경 희^{*} · 도 우 곤^{**}
^{*}부산대학교 대기과학과, 인제대학교 대기환경정보공학과,
^{**}부산광역시 보건환경연구원
(2006년 5월 25일 접수; 2006년 9월 8일 채택)

Analysis of Local Wind in Busan Metropolitan area According to Wind Sector Division - Part I : Coarse Division of Wind Sector using Meteorological Observation Data -

Hwa-Woon Lee^{*}, Woo-Sik Jung, Heon-Ho Leem^{*}, Kwi-Ok Lee^{*}, Hyun-Jung Choi^{*},
Hyo-Eun Ji^{*}, Hyun-Ju Lee^{*}, Kyoung-Hee Sung^{*} and Woo-Gon Do^{**}

^{*}Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
^{*}Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Inje University, Gimhae 621-749, Korea
^{**}Busan Metropolitan City Institute of Health and Environment, Busan 613-806, Korea
(Manuscript received 25 May, 2006; accepted 8 September, 2006)

In this study, climate analysis and wind sector division were conducted for a propriety assessment to determine the location of air quality monitoring sites in the Busan metropolitan area. The results based on the meteorological data(2000~2004) indicated that air temperature is strongly correlated between 9 atmospheric monitoring sites, while wind speed and direction are not. This is because wind is strongly affected by the surrounding terrain and the obstacles such as building and tree. In the next stage, we performed cluster analysis to divide wind sector over the Busan metropolitan area. The cluster analysis showed that the Busan metropolitan area is divided into 6 wind sectors. However 1 downtown and 2 suburbs an area covering significantly broad region in Busan are not divided into independent sectors, because of the absence of atmospheric monitoring site. As such, the Busan metropolitan area is finally divided into 9 sectors.

Key Words : Wind sector, Climate analysis, Cluster analysis, Air quality monitoring site

1. 서 론

우리나라의 경우, 대기오염에 대한 관심이 점차적으로 높아지면서 대기오염 자동측정소를 설치하여 운영하여 오고 있다. 초기에는 1차 대기오염물질에 중점을 둔 대도시 대기질 관리만을 목적으로 하여, 도시지역에 중점적으로 측정소를 설치하였으며 측

정되는 대기의 정확한 규모 산정 없이 대상지역에 균일하게 분포되도록 위치를 선정하였다.

부산광역시역도 이와 마찬가지로 대기질 측정 결과의 해석이나 평가를 어렵게 하고 있다. 즉, 현재 자동측정소의 위치가 주로 토지이용형태와 측정 장소의 관리 용이성 등에 의해 결정되어 있다¹⁾. 그러나 이러한 배치기준이나 위치 결정의 판단 방식으로는 배출원 주변이나 주요 오염원 부근에서의 대기질 특성에 대한 평가는 가능할지 모르나 기본적으로 대기 중으로 배출된 대기오염물질이 주변을

Corresponding Author : Woo-Sik Jung, Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Inje University, Gimhae 621-749, Korea
Phone: +82-55-320-3932
E-mail: wsjung1@inje.ac.kr

덮고 있는 대기의 움직임에 의해 타 지역이나 영역으로 이류, 확산된다는 점을 고려해 볼 때 이들 기준이나 판단 근거만으로는 대기오염자동측정소 위치에 대해 합리적이고 객관적인 결정을 내리기에 문제가 있다. 특히 2차 오염물질인 오존과 같은 물질은 주변의 기상 및 지형조건에 매우 큰 영향을 받는다²⁾는 점에서 더욱 큰 문제가 있다고 할 수 있다.

이와 같이 대기오염물질의 거동이 주변의 지형조건이나 기상조건에 영향을 받는다는 것은 이전의 여러 연구를 통해 익히 잘 알려져 있고 이들 서로간의 관계를 주성분분석과 같은 통계기법을 사용하여 연구된 바가 있다³⁻⁷⁾. 국내에서도 최근의 여러 연구들에서 부산지역을 대상으로 대기오염측정소의 적절성에 대해 분석한 바가 있으나 이들 연구에서도 여전히 바람과 같은 기상요인의 영향에 대한 고려는 되지 않고 있다^{8,9)}. 이전까지의 대기오염자동측정소 위치 선정은 위에서 언급한 바와 같은 기준에 의해 결정된 점이 없지 않다. 즉, '2000년대 측정망 기본계획'에 보면 측정소를 기준성·비기준성 오염물질별로 크게 구분하고 다시 각각에 4~6가지로 측정망을 구분한다고 나타나 있으나 이 또한 측정목적에 따른 분류라고 해도 크게 틀리지 않다. 따라서 기존의 측정소 위치 평가 요소와 더불어 대기오염물질의 거동이라는 측면에서의 평가요소를 추가로 고려한 측정소 위치 평가가 이루어질 필요성이 있다.

부산지역의 경우에 여러 가지 국지적 대기순환계가 나타날 수 있는 지리적, 지형적 조건들을 두루 갖추고 있다. 부산은 남쪽과 남동방향으로 바다와 접해 있어 해륙풍 순환계의 영향을 직접적으로 받을 수 있는 조건에 있으며, 내륙으로도 평지의 육상 지형 형태가 아닌 높고 낮은 구릉지가 복잡하게 얽혀 있는 지형적 조건을 형성하고 있으며, 해안선의 형태 또한 동해연안에 접해 있는 다른 지역들처럼 단순한 형태가 아니라 굴곡이 심한 형태를 가지고 있다. 따라서 부산지역의 경우에는 좁은 공간규모별로 다양하고 복잡한 바람분포를 가질 가능성이 높다.

이러한 기상학적 특징으로 인해 부산 전역에서의 대기오염도를 평가하기 위해서는 무수히 많은 측정망이 설치되어야 하겠지만 여러 측면에서 이것은 거의 불가능에 가깝다. 따라서 복잡한 부산지역의 바람장을 정확히 분석하여 바람 경향이나 특징에 있어 유사성을 보이는 공간적 영역을 설정한 후 부산지역을 몇 개의 바람권역으로 구분하면 한정된 개수의 대기오염 측정장비를 효율적으로 배치할 수 있고 이를 통해 부산지역의 대기오염도를 좀 더 타당하게 파악할 수 있다.

여기서 한 가지 강조하고자 하는 것은, 본 연구에서 수행하는 부산권역의 상세 바람권역 구분결과가 대기오염자동측정망의 위치를 결정하는 유일 요소는 아니라는 점이다. 위에서 설명한 바와 같이 기존의 대기오염자동측정망 위치 결정 요소들과 더불어, 지금까지는 거의 고려되지 않았던 바람분포와 같은 기상정보를 정확하고 충실하게 결정 요소로서 활용하여야 한다는 점을 본 연구에서는 강조하고 있는 것이라는 점을 밝혀둔다.

따라서 이번 연구는 부산지역의 상세 바람권역 정보 도출이나 대기오염자동측정소 위치 평가를 위한 기초 분석으로서 부산지역에 위치하고 있는 기상관측지점의 기상정보를 바탕으로 부산지역의 기후분석을 수행하여 측정소가 위치한 지역간의 상관성을 살펴보고 이들 결과를 바탕으로 부산지역에서의 바람권역 대분류 분석을 수행하고자 한다.

2. 연구 대상 지역

본 연구의 대상지역인 부산지역은 Fig. 1의 지형도에서 볼 수 있듯이 우리나라 남동 연안에 위치하며, 서쪽은 낙동강을 경계로 김해와 접하고, 남쪽은 부산만, 수영만을 끼고 남해에 면하고 있으며, 북쪽은 양산시와 경계를 이루고 있다. 총 면적은 약 763km²로 동쪽 끝은 장안읍 효암리(129°18'13"E), 서쪽 끝은 천가동 미박도(128°45'54"E), 남쪽 끝은 다대동 남형제도(34°52'50"N), 북쪽 끝은 장안읍 명례리(35°23'36"N)이다.

부산지역의 지형은 크게 낙동강을 중심으로 동쪽의 구릉성 지대와 서쪽의 평야지대로 나뉜다. 구릉성 지대는 물운대의 남단으로부터 기장 효암리의 동단에 이르는 가운데 금정산(802m)에서 물운대에

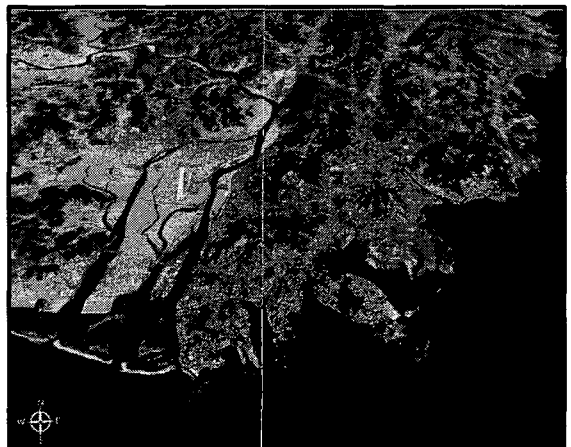


Fig. 1. Geographical map around Busan metropolitan area.

이르는 산지와 금정산에서 해운대의 장산(634m)에 이르는 400~800m의 구릉성 산지가 부산만을 병풍처럼 둘러싸고 있다. 산악과 해안선을 가진 연안도시로서의 부산지역은 소반도와 섬 그리고 만입이 발달한 리아스식 해안이 존재하며 배후에는 고도 500m 내외의 구릉성 산지가 독립적으로 분포하고 여기서 뻗어 나온 산악은 완만한 경사로서 해안에 몰입하고 있는 형태를 가지고 있다. 그리고 북동부 수영강 연안과 한반도의 대하천인 낙동강의 하구 일대에 비교적 넓은 평야가 분포하고 있으며 수영강 연안에는 장산(634m), 황령산(428m), 금련산(427m) 등의 지맥이 뻗어 해안평야의 발달이 미약하고 동래 일대는 분지상의 평지를 이루고 있다. 시가지는 금정산에서 북병산을 지나 용두산에 이르는 구릉에 의해 동서로 양분된다.

각각의 관측지점에 대한 지역적 특성을 살펴보면, 먼저 부산지방기상청(159) 지점은 해발고도 70m에 위치하고 남동쪽으로는 바다를 접하고 있고 남쪽과 서쪽으로는 시가지 그리고 북쪽으로 고도가 높아지는 보수산 자락에 위치한다. 부산진(938)지점은 동쪽으로 423m 고도의 황령산이 있고 북쪽과 남쪽은 비교적 저지대로 열려있는 지형에 위치하고 있으며, 남구(942) 지점은 북서쪽으로 황령산, 남동쪽으로 225m 고도의 장산봉이 있으나 수평규모가 작고 북쪽과 남쪽이 트인 곳에 위치하고 있고, 영도(910) 지점은 북동쪽으로 394m 고도의 봉래산이 있으며 백양산 자락에 위치한 북구(941) 지점은 북쪽을 제외하고 삼면이 산으로 쌓여 있는 분지지형에 위치하고 있다. 동래(940) 지점 또한 금정산, 백양산, 황령산, 장산, 구월산으로 둘러싸인 분지의 중심에 위치하며 해운대(937) 지점은 남쪽으로 바다와 접해 있고 북쪽으로는 장산이 위치하고 있다. 금정(939) 지점은 서쪽의 금정산 끝자락에 있으며 동쪽으로는 구월산이 있어 남북으로 긴 골에 위치하고 있다.

3. 대기질 측정 및 기상관측 현황

현재 부산지역에는 대기오염자동측정소가 17개 지점에 설치, 운영되고 있으며 기상관측은 정규 기상관측소인 부산지방기상청을 비롯하여 자동기상관측장비(Automatic Weather Station, 이하 AWS)가 8개소에 설치되어 있다(Fig. 2). 현재 부산지역의 대기오염자동측정소는 인구비례 및 TM좌표에 의한 방법에 따라 측정지점을 선정하고, 오염정도, 지형 등 지역의 상황을 통합적으로 고려하여 측정망을 구성하고 있으며, 설치 운영 기관에 따라 국가 측정망과 지자체 측정망으로 구분되어 있다.

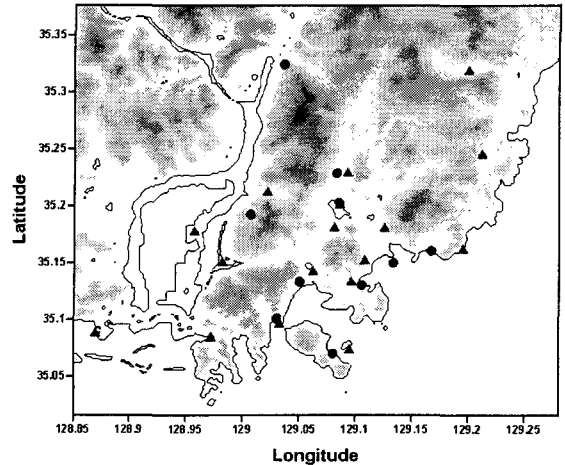


Fig. 2. Meteorological sites(●) and air quality monitoring sites(▲).

4. 연구방법 및 결과 고찰

본 연구에서는 현재 부산지역에 설치되어 있는 대기오염 자동측정망 위치의 적정성을 살펴보기 위한 선행연구로서 부산지역의 기온 및 바람자료의 기후분석을 수행하였다.

4.1. 기후분석

4.1.1. 관측지점별 기후분석

부산지역의 기상 특성을 파악하기 위하여 최근 5년 동안(2000~2004)의 부산지역 내 기상관측자료를 이용하여 주요 기상요소들(기온, 바람)의 특징을 살펴보았다. 부산은 계절풍이 탁월한 대륙의 동쪽 한반도 남동연안에 위치하고 있기 때문에 사계절이 뚜렷한 온대기후와 해양성 기후를 나타낸다.

4.1.1.1. 기온

지점별 계절에 따른 일 평균기온의 분포를 살펴보면 Table 1과 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 봄철에는 시베리아 고기압의 세력이 약화됨에 따라 기온이 영상으로 높아져 일 평균기온이 12℃ 내외로 나타났다. 해안에 위치하고 있는 부산지방기상청(159), 해운대(397), 부산진(938) 및 영도(910)에서 높은 해수면 온도의 영향으로 비교적 높은 일 최저기온이 나타났으며, 내륙에 위치한 양산(905)에서는 6℃ 정도의 낮은 일 최저기온이 나타났다. 여름이 시작되는 6월부터 일 평균기온이 25℃ 내외로 나타났으며 일 최저기온은 내륙에 위치하고 있는 지점보다 해안에 위치한 지점에서 더 높게 나타났다. 가을은 대륙의 고기압이 점차 발달하여 일 평균기온이 4℃~5℃정도 하강하기 시작하였으며 겨울에는 시베리아 기단에서 발생한 한랭한 북서계절풍의 영향으로 1월까지 일 최저기온 0℃정도의 이어지고 2월부터는

Table 1. Seasonal variation of air temperature (2000 ~ 2004)

Meteorological site	Spring			Summer			Autumn			Winter		
	Max. temp. (°C)	Min. temp. (°C)	Ave. temp. (°C)	Max. temp. (°C)	Min. temp. (°C)	Ave. temp. (°C)	Max. temp. (°C)	Min. temp. (°C)	Ave. temp. (°C)	Max. temp. (°C)	Min. temp. (°C)	Ave. temp. (°C)
159	18.65	9.71	13.57	28.16	20.99	24.07	21.67	13.04	16.65	9.48	0.80	4.61
905	18.93	6.79	12.70	28.66	18.82	23.61	20.39	9.78	14.70	8.85	-1.06	3.46
910	15.40	9.18	12.69	25.44	19.52	22.98	19.62	13.60	16.77	8.16	1.84	5.03
937	17.15	9.33	13.72	27.02	19.43	23.68	20.94	13.52	17.16	9.18	1.62	5.38
938	18.08	9.66	14.26	28.52	21.05	25.17	20.39	12.88	16.59	8.18	0.96	4.45
939	18.46	8.55	13.81	28.75	20.12	24.76	20.27	11.39	15.64	8.35	-0.19	3.85
940	18.61	8.82	14.07	29.46	20.44	25.33	21.23	12.89	16.92	8.61	0.58	4.41
941	18.37	8.34	13.68	28.24	19.19	24.06	19.35	11.15	15.18	6.90	-0.83	2.95
942	17.96	8.80	13.77	28.99	20.94	25.35	20.96	12.81	16.91	8.28	0.52	4.32
950	17.57	9.69	13.85	28.59	21.64	24.95	21.06	12.53	16.85	9.42	2.12	5.74

3°C~4°C 정도 상승하는 경향을 보인다. 다른 지점에 비해 높은 고도에 위치하고 있는 북구(941)와 내륙에 위치하고 있는 양산(905)의 일 최저기온이 영하 1°C 내외로 가장 낮게 나타났으며, 일 평균기온의 분포도 위와 유사하게 나타났다.

5년간 부산지역에서의 기온 관측 자료를 분석한 결과 여름에는 덥고 겨울에는 추운 내륙지역의 기후특성과는 달리 여름철과 겨울철의 기온차가 크게 나타나지 않고 완만한 전형적인 해양성 기후를 나타내고 있음을 알 수 있다.

전반적으로 볼 때, Table 1에서 보는 바와 같이 지점 간에 큰 기온차이가 나타나고 있지는 않다. 참고로 뒤에서 살펴볼 지점별 바람분포(Table 2)에 비해서는 지점 간 차이가 크지 않다. 이러한 이유는 기온의 경우, 주변지역의 열적 특성에도 영향을 받지만 주간과 야간에 '태양일사'라는 거대한 열원의 존재 유무에 지대하게 영향을 받기 때문에 지점별 편차가 그다지 크게 나타나지 않는 것이다. 즉, 주간에 태양일사가 존재하는 경우 이 태양일사가 기온에 영향을 미치는 영향이 다른 요소에 비해 월등이 크고 이와 더불어 태양일사값 자체는 다른 기상요소에 비해 지역 간 편차가 그다지 크지 않아서 지점 간 기온차이가 바람에 비해 크게 나타나지 않는 것이다.

4.1.1.2. 바람

Table 2는 지점별 계절에 따른 바람장미 분석을 통해 5년(2000~2004)동안의 풍향·풍속을 나타낸 것이다. 부산지역 내 관측지점에서 나타난 계절별 풍향은 북동풍과 남서풍 계열이 우세하였다. 봄철의 경우 북동풍과 남서풍이 거의 비슷한 비율로 나타나고 있으며 부산지방기상청의 경우 강한 남서풍을 나타내었고 북동풍이 다음으로 탁월하였다. 영도(910)

와 남구(942) 또한 유사한 풍향의 빈도를 나타내었는데 이들 지점은 남쪽이 바다와 인접하고 있다는 공통점을 가지고 있어 많은 부분 해륙풍 순환계에 의한 것으로 사료된다. 동래(940), 금정(939) 등 내륙에 위치한 지점에서는 뚜렷한 주풍 방향이 나타나지 않았다. 여름에는 북태평양 고기압의 영향을 많이 받으므로 전체적으로 남풍계열의 바람이 증가한 것으로 볼 수 있다. 그러나 가을에는 부산지방기상청(159)에서 남풍, 남서풍의 바람이 감소하고 북풍 및 북동풍의 바람이 증가하는 것을 알 수 있었다.

전체적으로 가을이 되면서 여름과 비교하여 남풍의 비율은 크게 감소하고 북풍과 북북동풍이 우세하게 되며 북서풍의 비율이 증가하는 경향을 보인다. 겨울에는 북서쪽의 시베리아 기단의 영향으로 다른 계절과는 상이하게 북서풍과 서풍이 우세한 것으로 분석되었다.

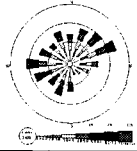
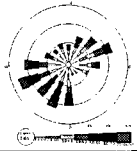
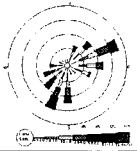












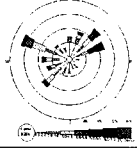
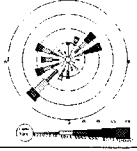
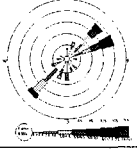


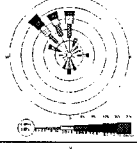
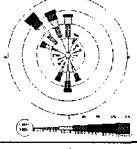
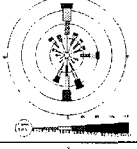
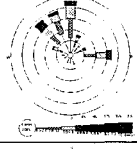






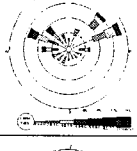
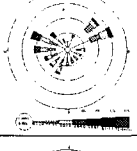
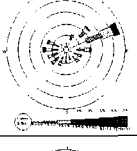
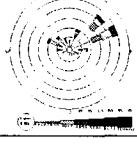
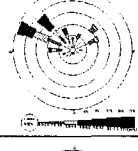
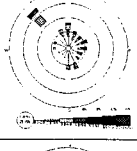
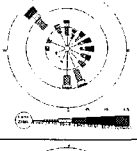
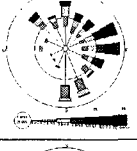
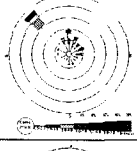

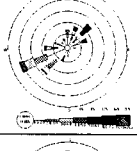
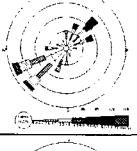

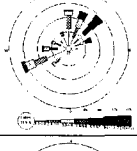




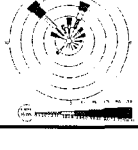

이상의 바람장미를 통한 풍계 분석에서도 알 수 있듯이, 앞서 살펴본 지점별 기온경향과 달리 지점별로 풍계가 무척 다양하고 상이하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉, 풍계에 있어서 지점 간 편차가 크게 나타나고 있다. 이러한 경향은 뒤에 설명할 지점별 풍속 결과에서도 유사하게 나타났다.

따라서 대기오염이나 대기환경과 같은 국지적인 현상을 분석, 연구하는 경우에는 현재 지역별로 위치하고 있는 지역대표 기상자료만을 일률적으로 사용하여 연구를 진행하면 상당한 오류를 유발할 수 밖에 없다. 즉, 지역적인 대기현상 연구에서는 해당 국지지역의 상세하고 정확한 바람자료의 사용이 필수적이라는 것을 이상의 결과 분석으로부터 뚜렷하게 알 수 있는 것이다.

4.1.2. 관측지점별 상관도 분석

부산지역은 남과 동의 이면이 바다와 접해 있으

Table 2. Annual and seasonal wind rose (2000~2004)

	Annual	Spring	Summer	Autumn	Winter
PMA (159)					
Yangsan (905)					
Youngdo (910)					
Haeundae (937)					
Busanjin (938)					
Gumjung (939)					
Dongrae (940)					
Bukgu (941)					
Namgu (942)					
Suyoung (950)					

며 산지가 많고 해안선과 지형이 복잡한 지역이므로 해륙풍과 산곡풍 등 여러 가지 국지기상 패턴이 복합적으로 나타나 부산지역 내의 각 지역별 기상 요소들의 차이가 다른 곳에 비해 큰 지역이다. 특히, 평지에는 각종 고층건물을 포함한 도시가 발달하여 지형적, 지리적인 요소와 함께 인공적인 요소까지 추가되어 세밀한 바람장을 분석하는데 많은 어려움이 따르고 있는 실정이다. 이러한 부산지역의 전체적인 바람의 패턴과 그에 대한 지역적인 차이를 알아보기 위하여 기상대 및 9개의 AWS 자료를 대상으로 기온, 동서방향 바람성분, 남북방향 바람성분에 대해 각 지점별 상관성을 분석하였다.

4.1.2.1. 기 온

Table 3은 각 지점별 기온의 상관계수를 나타내었다. 각 지점별 상관도는 평균 0.975로 매우 높게 나타났다. 연간 상관계수는 남구(942)와 수영(950)지점이 0.9873으로 가장 높게 나타났다. 한편, 10개의 관측지점을 해안선과의 거리에 따라 내륙(양산, 금정구, 동래구, 북구)과 연안(중구, 영도구, 해운대, 부산진구, 남구, 수영구)으로 분류하였을 때, 내륙지점과 연안지점 사이의 상관도는 같은 분류에 속한 지점 간 상관도보다 다소 낮게 나타났다. 이것은 내륙

지역보다 연안지역이 해수의 영향을 더욱 뚜렷하게 받은 결과로 판단된다. 또한, 본문에는 지면관계상 도표를 제시하지 않았지만 전체적인 상관도는 겨울이 가장 높고 다음이 가을, 봄, 여름 순으로 나타났으며, 이는 계절에 따른 내륙지점과 해안지점 사이의 상관도가 높은 것으로 분석되었다. 그리고 계절풍 등의 영향으로 인해 육지에서 바다 쪽으로 바람이 부는 계절에는 해안지역이라도 해수의 영향을 여름에 대해 덜 받는 것으로 사료된다.

4.1.2.2. 동서방향 바람성분

동서방향의 바람성분(U-component)은 벡터로서 동서방향과 그 방향으로의 바람의 세기를 함께 나타내고 남북방향의 바람성분(V-component)과 함께 사용하여 풍향, 풍속을 분석할 수 있으며 상관도는 같은 방향으로의 증감의 패턴이 같을수록 높게 나타난다. Table 4에 제시된 동서방향 바람성분에 대한 각 지점 간 상관도를 살펴보면, 전체 평균 0.280로 기온에 비해 많이 낮은 상관도를 보이고 있다. 지점별로는 부산지방기상청(159)과 부산진(938)에서 0.6280으로 가장 높은 상관도를 나타내었다. 또한 앞서 구분한 내륙지점과 해안지점은 대해서 같은 내륙지점, 또는 같은 해안지점 간의 상관도가 내륙

Table 3. Correlation coefficient of air temperature (annual)

	159	905	910	937	938	939	940	941	942	950
159		0.9630	0.9720	0.9741	0.9804	0.9720	0.9687	0.9732	0.9785	0.9788
905			0.9441	0.9538	0.9694	0.9849	0.9723	0.9757	0.9696	0.9681
910				0.9794	0.9747	0.9609	0.9699	0.9657	0.9788	0.9791
937					0.9757	0.9692	0.9715	0.9685	0.9796	0.9816
938						0.9818	0.9780	0.9833	0.9829	0.9821
939							0.9833	0.9828	0.9807	0.9818
940								0.9795	0.9809	0.9839
941									0.9774	0.9832
942										0.9873
950										

Table 4. Correlation coefficient of wind speed(U-component) (annual)

	159	905	910	937	938	939	940	941	942	950
159		0.2997	0.5815	0.4269	0.6280	0.0833	0.2601	0.2486	0.4865	0.0867
905			0.1177	0.3497	0.0815	0.0479	0.2599	0.2485	0.4934	0.0088
910				0.4984	0.4683	0.1622	0.2140	0.2984	0.4820	0.2353
937					0.3795	0.1965	0.4295	0.3178	0.3663	0.6177
938						0.1895	0.5566	0.1943	0.0371	0.2257
939							0.2947	0.1480	0.0123	0.1622
940								0.2643	0.1594	0.2474
941									0.2597	0.1597
942										0.0527
950										

지점과 해안지점 간의 상관도에 비해 높음을 알 수 있다. 같은 내륙지점의 경우 금정(939)과 동래(940)가 0.5566으로 가장 높은 상관도를 나타냈으며, 같은 해안지역의 경우 부산지방기상청(159)과 부산진(938)을 제외하고는 수영(950)과 해운대(937)가 0.6177로 높은 상관성을 보였다. 그리고 같은 내륙지점 보다는 같은 해안지점에서의 상관도가 대체적으로 높은 경향성을 나타내었는데 이는 내륙지역의 마찰로 인한 저풍속 및 가변풍에 기인한 것으로 판단된다.

4.1.2.3. 남북방향 바람성분

Table 5는 남북방향 바람성분의 각 지점 간 상관계수를 나타낸 것이다. 남북방향 바람성분의 상관계수는 전체 평균 0.4335로 동서방향 바람성분보다 높은 상관도를 나타내었다. 남북방향 바람성분의 연간 상관도에서도 역시 부산지방기상청(159)과 부산진(938)에서 0.7374로 가장 높은 상관도를 나타내었고 다음으로 부산지방기상청(159)과 영도(910)에서 0.6801로 높게 나타났으며 남구(942)와 수영(950), 수영(950)과 해운대(937) 순으로 높은 상관관계를 나타내었다. 동서성분과 마찬가지로 남북방향의 바람성분 상관도 분석에서도 같은 내륙지점, 또는 같은 해안지점 간의 상관도가 내륙지점과 해안지점 간의 상관도에 비해 뚜렷이 높음을 알 수 있었고 동시에 같은 내륙지점 보다는 같은 해안지점에서의 상관도가 다소 높은 상관성을 나타내었다.

앞의 동서방향 바람성분과 비교하여 살펴보면, 전체적으로 동서방향 바람성분에 대한 각 지점별 상관도보다 남북방향 바람성분에 대한 상관도가 높게 나타났다. 이러한 이유는 우리나라가 여름과 겨울에 바람장미 분석결과와 마찬가지로 남서풍 및 북풍의 탁월한 계절풍의 영향으로 전체적으로 바다에서 육지로 또한 육지에서 바다로 불어 가는 남북방향 바람성분이 이 계절에 탁월하게 나타나므로 각 지점별 상관도가 증가하는 것으로 사료된다. 더불어 봄,

가을에도 해안지역에서 발생한 해풍의 유입이 내륙까지 이루어지고 산지의 모양을 따라 남에서 북으로 침투하는 형태가 이루어져 남북방향의 바람성분이 증가하고 따라서 상관도도 증가하는 것으로 분석할 수 있다.

지금까지 살펴 본 기온과 동서방향 및 남북방향 바람성분의 상관도를 분석해 본 결과, 해안에 위치하고 있는 관측지점들 간의 상관성이 내륙에 위치한 관측지점들 간의 상관성보다 지형지물의 영향을 덜 받기 때문에 종관적인 바람장을 그대로 반영함으로써 인해 상관성이 높은 것으로 사료되며 동시에 내륙 및 해안지점에 대한 지형적인 특성이 상관성 분석에서 잘 반영되고 있는 것으로 분석되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 바람의 경우에 지점별 상관도가 다소 낮게 나타나고 있다. 이는 앞서 풍향, 풍속 결과 분석에서 언급한 바와 같이 부산지역의 복잡다양한 지형적, 지리적 조건으로 인해 일정거리 이상 떨어진 지역 간에 바람이 무척 상이한 형태를 보이고 있다는 것을 나타내고 있는 것이다.

이러한 결과는 부산지역과 같이 광역의 규모를 가지며 지형적, 지리적 조건이 복잡한 지역에서 대기환경문제를 다룰 때에는 그 지역의 복잡, 다양한 전반적 풍계를 정확히 분석하여야만 한다는 것을 나타내고 있는 것이다. 더불어 이러한 관점은 부산에만 해당하는 것이 아니다. 즉, 우리나라는 전 국토의 70% 가량이 구릉성 산지형태를 가지며 해안선의 형태도 복잡하기 때문에 우리나라 거의 모든 지역에서 부산과 유사하게 복잡, 다양한 풍계가 나타날 수 있기 때문에 이러한 관점에서 연구나 개발계획의 접근은 대단히 중요하다 할 수 있는 것이다.

그러므로 광역시, 시, 군, 구 규모의 대기환경문제에 있어서 지역의 단일 기상관측값을 일률적으로 사용하는 것은 심각한 오류를 유발할 수 있다. 특히, 바람의 경우에는 앞서의 분석결과와 같이 많은 문

Table 5. Correlation coefficient of wind speed(V-component) (annual)

	159	905	910	937	938	939	940	941	942	950
159		0.2452	0.6801	0.4304	0.7374	0.2470	0.4862	0.3591	0.5153	0.5734
905			0.2072	0.2103	0.3537	0.2906	0.3273	0.4273	0.5855	0.3215
910				0.5194	0.5148	0.2528	0.3018	0.4615	0.6547	0.5314
937					0.5604	0.2873	0.3634	0.4918	0.6855	0.5962
938						0.2238	0.3106	0.3381	0.5280	0.5209
939							0.4807	0.5592	0.2646	0.2716
940								0.3401	0.2371	0.4692
941									0.4172	0.2551
942										0.6225
950										

제를 야기할 수 있다. 이러한 이유들로 인해, 복잡한 바람분포를 보이는 지역규모의 대기환경문제를 다룰 때에는 여러 가지 면에서 신중한 고려가 있어야 한다.

특히, 대기오염자동측정소와 같이 고비용이 소요되는 투자시설물의 경우, 측정소가 많으면 많을수록 많은 이점이 있는 것이 당연한 사실이지만 이것은 여러 가지 이유로 지극히 제한적일 수밖에 없다. 따라서 지역규모에 알맞게 적절한 밀도의 측정소 개수를 결정하고 이들을 적재적소에 설치하여야만 하는데 여기서 살펴본 바와 같이 좁은 지역 간에도 바람형태가 무척 복잡, 다양하기 때문에 각각의 다양한 풍계가 나타나는 지점들 중에서 과연 어느 지역에 측정소를 설치해야 하는지가 무척 중요하고 어려운 문제가 된다.

따라서 가장 최선의 대안적 방안으로는 기상학적으로 해당 지역의 복잡, 다양한 풍계를 몇 개의 '군(Group)'으로 묶는 것이다. 즉, 유사 풍계를 나타내는 일정규모의 지역을 하나의 '바람권역(Wind Sector)'으로 설정하여 기본적으로 이렇게 구분된 각각의 바람권역에 측정소를 배치하는 방법을 개발하는 것이다.

물론, 여기서 한 가지 참고할 것은, 이러한 기상학적인 방법에 의해서만 측정소의 배치가 전적으로 결정되는 것은 아니라는 점이다. 즉, 기존에 적용되었던 측정소 위치 판단 요소인 토지이용도, 인구비례, 관리용이성 등과 함께 새로운 기상학적 기준을 적극적이고 기본적으로 활용하여야 한다는 점을 강조하고 있는 것이다.

현재 도시지역이나 일정규모 이상의 지역 안을 살펴보면 무척 좁은 구간별로 토지이용도가 산발적으로 분포하고 있으며 이 토지이용도에 따라서 인구비례도 깊히 연관되어 있다. 따라서 각각으로 구분된 바람권역이라는 의미가 유사한 바람의 특성을 보이는 영역을 구분한 것이므로 이 바람권역 내에서 다시 토지이용도 등의 기준을 활용하여 가장 최적의 측정소 위치를 선정하는 방식을 적용해야 하는 것이다.

본 연구에서는 위에서 제안한 방안으로 연구를 진행하기 위해 부산지역 9개 지점의 기상관측자료를 활용하여 바람권역 대분류를 수행하였다.

4.2. 부산지역 바람권역 대분류

본 연구에서는 부산광역시지역을 대상으로 바람권역 대분류를 수행하기 위해 과학적 객관성이 확보된 K-평균 군집분석을 이용하였다. 즉, 여러 가지 사례에 대해 선택한 입력변수에 기준하여 상대적으로 동질적인 사례들을 분류하는 군집분석을 수행함

에 있어 본 연구는 그 방법 및 결과에 있어 가장 안정하고 정확한 K-평균 군집분석을 이용하였다.

4.2.1. K-평균 군집분석 개요

군집분석이란 실험의 결과나 표본 등에서 얻어진 결과들을 어떤 성질에 따라 분류하는 분석방법이다. 먼저, 이러한 군집분석은 일반적으로 다음의 4가지 과정으로 구성되어진다.

첫째는 변수의 측정과정으로 개체들을 군집화 하는데 이용될 수 있는 각 개체의 특성을 측정하는 변수들을 구한다. 즉, 군집을 나누고자 하는 목적에 맞게 그 군집의 특성을 정확히 대변하며 관련 있는 변수들을 선정하는 것이다. 둘째는 유사성의 측정으로써 측정된 변수들을 이용하여 모든 개체들 간의 거리(Distance) 또는 비유사성(Dissimilarity)을 계산하여 모든 개체들 사이의 비유사성을 나타내는 거리행렬을 구한다. 유사성은 값이 클수록 두 개체사이가 가깝다는 것을 의미하고, 비유사성, 거리는 값이 클수록 두 개체사이의 거리가 멀다는 것을 의미한다. 셋째로는 군집화 과정으로써 각 개체들의 쌍을 대상으로 유사성/비유사성을 측정된 결과에 따라 각 개체들을 가까운 순서대로 군집화하는 과정이다. 군집화를 하는 방법으로는 두 개체집단 사이의 유사성 측정기준에 의하여 최단연결법, 최장연결법, 평균연결법등이 있다. 마지막은 각 군집의 성격과 상호관계를 파악하여 과정으로 군집분석을 수행하게 된다. 이를 정리하면 다음과 같다.

- [1] 변수의 측정
- [2] 유사성의 측정
- [3] 군집화
- [4] 각 군집의 상호관계 파악

위의 과정에 의하여 군집을 분류하는 유형으로는 크게 2가지가 있다. 하나는 한 군집이 다른 군집의 내부에 포함되나 군집 간에는 중복되지 아니하는 나무모양의 구조를 가지는 계층적 군집(Hierarchical cluster)과 다른 하나는 각 개체가 상호배반적인 여러 군집들 중 하나에만 속하는 유형인 상호배반적 군집(Disjoint cluster)이다.

그리고 각각의 군집유형에 대하여 거리라는 측도를 이용하여 유사성 및 비유사성을 나타내는데 앞서 언급한 바와 마찬가지로 거리 측도가 작을수록 가깝고 개체간의 유사성이 크며 클수록 비유사성이 커서 군집 간에 관련이 적음을 의미한다. 이러한 거리(비유사성) 측정방법에는 유클리드(Euclid) 거리, 유클리드(Euclid) 제곱거리, 체비셰프(Chebyshev)의 거리, 시가거리(City-block 또는 Manhattan distance) 등이 있는데 이때 각 변수의 측정단위가 서

로 다르면 각 변수의 중요도가 달라지므로 각 변수들을 표준화한 후에 측정해야 한다.

이와 같은 군집분석 가운데 대표적인 분석 방법인 K-평균 군집분석은 계층적 군집분석과는 달리 개체가 어느 한 군집에만 속하도록 하는 상호배반적 군집방법이다. 이 방법은 군집의 수를 미리 정하고, 유클리드 거리를 계산하여 그 거리 측도에 따른 유사성에 따라 각 개체가 어느 군집에 속하는지를 분석하는 방법으로서 대량의 데이터의 군집분석에 유용하게 이용되는 가장 보편적 통계 분류분석 방법이다. 동시에 해석상에 유의함과 용이성도 많은 연구에서 알려진 바 있다¹⁰⁾.

다음은 K-평균 군집분석 절차에 대한 설명이다.

[1] K개의 군집개수 결정

: 이러한 군집의 초기 분류는 분석자가 지정할 수도 있지만 보편적으로 각 군집의 평균들이 동일하다는 가정을 검정하는 F-검정법을 이용할 수 있다. 즉, 군집개수에 따른 R-Square와 군집간의 거리, 그리고 군집 내 개체간의 거리를 의미하는 PSF와 PST2를 분석하여 가장 최적의 분류 군집개수를 결정한다. 이러한 방법은 단지 비교의 목적에서만 유용하게 이용되며, 또한 각 변수에 대한 F-값은 각 군집을 결정하는데 있어서 상대적인 중요도의 의미를 나타내고 있다.

[2] 각 군집의 각각의 변수에 대한 중심점 계산

[3] 주어진 케이스에 대해서 중심점과의 거리 계산

: 결정된 군집개수에 대하여 모든 사례에 대하여 각각의 군집중앙까지의 유클리드 거리를 구하여 군집을 결정, 군집화를 구성하는 과정으로 만약 현재 속해 있는 군집의 중심점과 가까우면 그대로 놔두고, 그렇지 않으면 다른 군집으로 배정하는 과정이다.

따라서 대기유동장 분석을 통한 공간적인 바람권역의 유사성을 분류하기 위해 본 연구에서는 위의 K-평균 군집분석을 이용하였다.

4.2.2. 관측자료를 통한 군집분석 및 바람권역 대분류

먼저, 최근 5년 동안(2000년 1월 1일~2004년 12월 31일)의 양산을 제외한 부산지역 내 9개 기상관측지점에서 관측한 풍향·풍속 자료를 토대로 위에 설명한 K-평균 군집분석을 이용하여 공간적 바람권역을 분류하였다. 즉, 본 연구의 취지 및 앞서 분석한 기상요소별 기후특성과 기상요소에 대한 지점별 상관성 결과로 인해 양산을 제외한 부산지역 9개 지점 관측자료를 이용하여 분석하였다.

4.2.2.1. 군집분석 결과

먼저, 본 연구의 목적에 부합하여 부산지역 내 9개의 기상관측지점을 군집분석의 대상으로 하였다. 그리고 각각의 기상관측지점에서 관측된 풍향·풍속을 입력 자료로 하여 군집분석을 수행하였다. 그러나 이 과정에서 Glahn and Lowry¹¹⁾가 지적하였던 것과 같이 진북을 기준으로 시계방향으로 10° 간격으로 관측한 풍향 및 m/s 단위의 풍속을 그대로 적용하지 않고 바람의 동서성분(U)과 남북성분(V)으로 변환하여 군집분석에 입력하였다. 이러한 이유는 예를 들어 360°의 풍향과 0°의 풍향은 동일한 풍향이지만 이 수치를 군집분석에서는 전혀 다른 바람으로 인식하기 때문에 군집분석 수행시 이러한 오류를 제거하기 위해서 풍향·풍속의 관측자료를 Glahn and Lowry¹¹⁾가 제안한 방식대로 재처리한 것이다. 이에 수행된 관측 자료를 통한 군집분석 결과는 다음과 같다.

4.2.2.2. 군집개수

위에서 설명한 바와 같이 본 연구의 취지에 맞게 풍향·풍속 관측 자료를 바람의 동서성분(U)과 남북성분(V)으로 재처리 군집분석을 수행한 결과, 가장 타당한 군집개수는 6개로 분석되었다.

Table 6과 같이 군집의 개수가 6일 경우에 R-Square가 0.955로 상당히 높았으며 군집개수가 5개

Table 6. Result of cluster analysis using the meteorological data

NCL	Clusters Joined	R-Square	PSF	PST2	Distance
9	.	1.000	33.0	8.8	0.04
8	OB4 - OB5	0.995	29.4	9.2	0.20
7	OB3 - OB6	0.981	16.8	6.6	0.34
6	CL8 - OB7	0.955	22.7	5.3	0.40
5	CL7 - OB8	0.918	11.2	7.5	0.50
4	OB2 - OB9	0.873	11.4	8.9	0.60
3	CL5 - CL6	0.642	5.4	11.2	0.85
2	OB1 - CL4	0.507	7.2	3.0	0.95
1	CL2 - CL3	0.000	.	7.2	1.21

Table 7. Abbreviation corresponding to the each meteorological site

Label of OBS.	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5
Meteorological site	941	939	950	938	159
Label of OBS.	OB6	OB7	OB8	OB9	
Meteorological site	937	910	942	940	

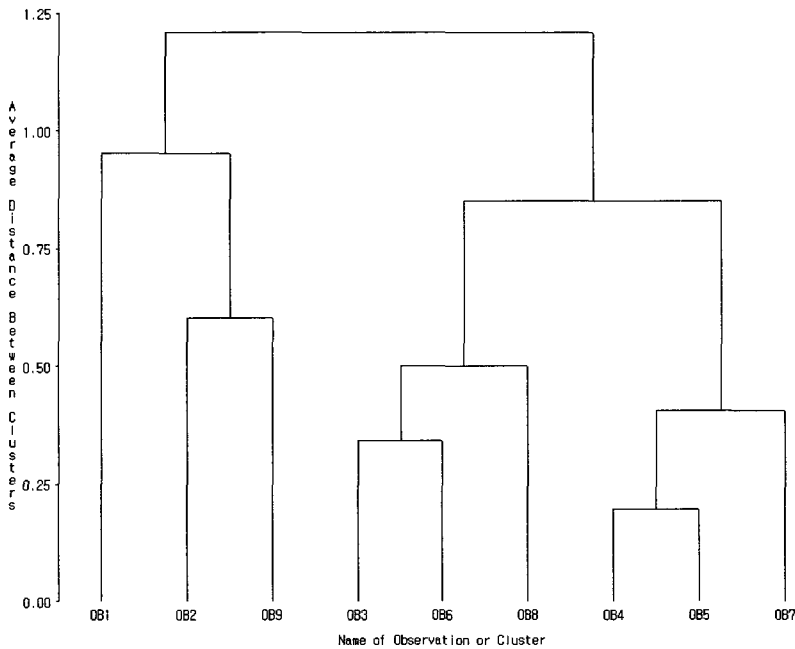


Fig. 3. Graph of the result on cluster analysis using meteorological data.

에 비해, 그리고 7개에 비해 R-Square 값의 증가분이 가장 높음을 알 수 있다. 또한 군집간의 거리를 의미하는 PSF와 군집 내 개체들 간의 거리를 의미하는 PST2 결과에서도 군집의 개수가 6일 경우를 전후하여 뚜렷한 증가와 감소를 나타내어서 관측지점 9군데를 각각의 바람에 대한 유사성으로 군집을 분류할 때 6개의 군집개수가 가장 타당함을 알 수 있었다.

4.2.2.3. 거리 측도에 의한 군집화

위의 분석된 군집개수를 이용하여 거리 측도에 의한 군집을 결정하였다. 우선 분석결과에 나타난 약어를 관측지점명과 연결시켜 Table 7에 나타내었다.

Fig. 3에 나타난 바와 같이 최근 5년 동안 풍향·풍속 관측 자료를 토대로 군집개수를 6으로 하여 유클리드 거리에 의해 분석한 결과, 금정구와 동래구, 수영구와 해운대구, 부산진구와 기상청이 위치한 중구, 그리고 북구, 남구, 영도구로 각각 분류되었다.

즉, 금정구와 동래구의 경우 바람권역에 있어 같은 환경을 가진 지역이며, 수영구와 해운대구, 그리고 부산진구와 기상청이 위치한 중구의 경우도 바람권역에 있어서는 유사한 환경에 놓여 있는 지역으로 분석할 수 있다. 그 외 북구, 남구, 영도구 지역은 각각 하나의 군집으로 분석되었다.

첫째 부산진구와 중구의 유클리드 거리가 0.20으로 분석되어 바람권역 환경이 가장 유사하였고 다음으로 수영구와 해운대가 0.34로 유사한 바람권역 환경을 나타내었다. 그리고 금정구와 동래구도 0.60의 매우 유사한 바람권역 환경으로 분석되었다. 둘째 영도구는 부산진구와 중구에 다소 유사한 바람권역 환경을 나타내었고 남구는 수영구 및 해운대구와 유사한 바람권역 환경을 나타내었지만 앞서 결정된 군집개수로 인해 각각 하나의 군집으로 따로 분석하였다. 그리고 북구는 군집간의 거리가 가장 먼 하나의 군집으로 결정하였다.

4.2.3. 바람권역 대분류

위의 결과를 Fig. 4와 같이 지형그림과 함께 나타내어 그 분석결과를 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. A로 표시된 대분류 권역은 행정구역상 북구와 사상구 지역이며 B로 표시된 권역은 금정구와 동래구 지역, C로 표시된 권역은 수영구와 해운대구, D로 표시된 권역은 대연동을 중심으로 한 남구 일부지역, E로 표시된 권역은 범일동을 중심으로 한 동구 일부지역 및 우암동을 중심으로 한 남구 일부지역과 영도구 지역, 그리고 F로 표시된 권역은 서구와 수정동을 중심으로 한 동구 일부지역이다.

그러나 앞서의 분석에서는 군집의 개수를 6개로 결정하였지만 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 서면 등의 부산 도심지역인 동래구와 부산진구 사이를 또 다른 하나의 군집으로 분석하였다. 즉, 성긴 기상관측의 이유로 인해 관측지점이 없는 부산 도심지역을 동래구, 혹은 부산진구에 포함시켜 군집을 결정하기에는 해석상의 문제가 제기되기 때문이다. 다시 말해서, 기상관측의 성긴 분해능으로 인해 이 지역에 대한 기상관측자료가 없을 뿐이지, 이 지역이 다른 지역의 관측결과 및 환경에 포함된다고 분석할 수는 없는 것이다. Fig. 4에서 보이듯이 부산 도심지 부근은 상대적으로 분지지역임과 동시에 산악 및 해안으로부터의 유입된, 또는 유출되는 바람이 합류되는 새로운 바람권역의 장이 됨을 알 수 있다.

다음으로 행정구역상 부산광역시내에 포함된 강서구와 기장군 각각에 대해서도 위에 서술한 바와 같이 서면 등과 같은 부산 도심지역을 새로운 대분류 권역으로 설정한 것과 마찬가지로 새로운 군집으로 각각 분석하였다. 즉, 서면 등의 부산 도심지역을 새로운 군집으로 설정한 것과 마찬가지로 강서구와

기장군 각각의 경우도 기상관측이 이루어지지 않았을 뿐이며 Fig. 4에서와 같이 낙동강 서편의 평야지역인 강서구와 태백산맥 끝자락에 위치한 산악지역 및 남동해안 지역인 기장군에 대해 새로운 각각의 군집으로 분석하여야 한다. 더욱이 강서구의 대저동과 녹산동, 기장군의 용수리와 기장읍에는 부산지역 대기오염측정소가 각각 설치되어 있는 실정과 함께 부산지역 대기오염측정망 위치 적정성이라는 본 연구의 목적으로 인해 이 지역에 대해 각각 대분류 권역으로 설정하는 것이 타당하다고 판단하여 분석하였다.

그러므로 앞서 기상관측자료 가운데 풍향·풍속을 입력자료로 하여 분석한 6개의 부산지역 바람길 대분류 권역 외에도 위에 서술한 바와 같이 3개의 바람길 대분류 권역을 추가하여 분류하였다. 즉, 부산진구 및 연제구, 강서구, 그리고 기장군을 각각 G, H, 그리고 I로 표시하여 또 다른 대분류 바람권역으로 설정, 이후에 이 지역에 대한 바람길 상세분류 분석을 수행하였다.

따라서 Fig. 4은 앞서 관측 자료를 토대로 분석한 군집분석의 결과와 함께 지형을 고려한 바람권역 대분류 결과를 나타낸 그림으로 이후 상세 바람권역 군집분석에 기본 연구자료로 활용이 되어질 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 부산지역에 설치되어 있는 기상대 및 자동기상관측장비(AWS)의 자료를 이용하여 지점별 기온과 바람에 대한 기후분석과 관측지점 간의 상관성 분석을 수행하였다. 그리고 이들 기상관측자료의 분석정보를 활용하여 부산지역을 대상으로 바람권역 대분류 군집분석을 수행하였다.

먼저, 최근 5년간(2000~2004년)의 기상자료를 바탕으로 기온 및 풍향, 풍속을 분석한 결과, 기온에 있어서는 부산광역시내에 위치한 9개 지점 간의 상관성이 매우 높게 나타났다. 이는 기온에 있어서는 주간과 야간에 태양일사의 존재 유무에 의한 기온의 상승과 하강이 거의 가장 크게 영향을 받기 때문이며 태양일사 자체도 좁은 지역별로 큰 편차를 보이지 않기 때문인 것으로 판단되었다. 즉, 기온에 영향을 미치는 다른 요인들(인공열, 지면피복도 등)에 비해 태양일사의 영향이 지대하게 크기 때문에 기온의 경우에는 지점 간 상관도가 높게 나타난 것으로 볼 수 있었다.

이와 달리 풍향, 풍속을 나타내는 바람의 경우에는 기온과 달리 각 기상관측지점 간의 상관성이 낮게 나타났는데 이는 이들 요소가 주변의 상황에 큰 영

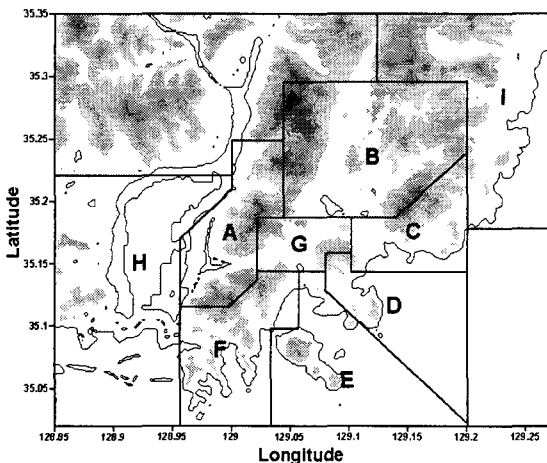


Fig. 4. Schematic expression of the coarse division of wind area.

향을 받기 때문인 것으로 판단할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 부산에 위치하고 있는 9개 지점 기상 관측자료를 활용하여 부산광역시역을 몇 개의 바람 권역으로 구분하기 위하여 군집분석을 수행하였다.

부산지역의 기상관측자료를 활용하여 수행한 바람권역 대분류 군집분석 결과, 부산지역은 6개의 바람권역 군집으로 분류되었다. 그러나 현재 부산광역시역에 위치한 기상관측지점의 공간적 광역성으로 인해 대분류 군집분석에서는 부산 도심지역과 강서구 및 기장군 등이 제외되었으나 이들 지역의 지형적, 지리적 입지조건으로 볼 때 다른 군집들에 포함시키기에 타당성이 부족하므로 또 다른 군집군으로 분류하였다. 따라서 이들 3개 지역을 포함한 부산지역의 대분류 바람권역은 최종적으로 모두 9개의 권역으로 분류하였다.

이러한 결과는 현재 부산광역시역에서 시행하고 있는 하절기 오존경보제의 권역의 재평가에도 활용이 가능할 것이다. 본 연구에서의 설정한 각각의 바람권역은 기본적으로 바람의 동질성이 있는 영역을 구분한 것이다. 따라서 기류의 흐름에 민감하게 반응하는 대기오염물질의 거동을 살펴보는 데에도 참고자료가 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 대기오염측정망 기본 계획 (2006-2010), 2005, 환경부, 82pp.
- 2) Yu, T. Y and L. F. W. Chang, 2001, Delineation of air-quality basing utilizing multivariate statistical methods in Taiwan, *Atmospheric Environment*, 35, 3155-3166.
- 3) Flocchini, R. G., T. A. Cahill, M. L. Pitchford, R. A. Eldred, P. J. Freaney and L. L. Ashbaugh, 1981, Characterization of particles in the arid west, *Atmospheric Environment*, 15, 2017-2030.
- 4) Ashbaugh, L. L., L. O. Myrup and R. G. Flocchini, 1984, A Principal component analysis of sulfur concentrations in the western United States *Atmospheric Environment*, 18, 783-791.
- 5) Eder, B. K., 1989, A principal component analysis of SO_4^{2-} precipitation concentrations over the eastern United States, *Atmospheric Environment*, 23, 2739-2750.
- 6) Eder, B. K., J. M. Davis and P. Bloomfield, 1993, A characterization of the spatiotemporal variability of non-urban ozone concentrations over the eastern United States, *Atmospheric Environment*, 27A, 2645-2668.
- 7) Statheropoulos, M., N. Vassiliadis and A. Pappa, 1998, Principal component and canonical correlation analysis for examining air pollution and meteorological data, *Atmospheric Environment*, 32, 1087-1095.
- 8) 유은철, 박옥현, 2004, 부산지역 오존 및 이산화질소 농도의 공간분포해석에 따른 대기오염측정망 배치 연구, *한국대기환경학회지*, 20(5), 583-591.
- 9) 유은철, 박옥현, 2006, 부산지역 오존 농도의 공간분포해석을 통한 2차 대기오염측정망의 적정성 평가, *한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집*, 399-400.
- 10) Davis, R. E. and L. S. Kalkstein, 1990, Development of an automated spatial synoptic climatological classification, *International Journal of Climatology*, 10, 769-794.
- 11) Glahn, H. R., and K. A. Lowry, 1972, The use of model output statistics(MOS) in objective weather forecasting, *Journal of Applied Meteorology*, 11, 1203-1211.