

## 포항지역에 대한 바람권역 분석

### —Part I : 기상관측자료를 토대로 분석한 성긴 바람권역 분석—

정종현\* · 임헌호 · 이화운 · 장혁상\*\* · 손병현\*\*\*

부산대학교 대기과학과, \*서라벌대학 보건행정과,  
\*\*영남대학교 건설환경공학부, \*\*\*한서대학교 환경공학과  
(2007년 10월 24일 접수; 2007년 12월 31일 채택)

## Analysis of Wind Sector Division for Pohang Area

### — Part I : Coarse Division of Wind Sector for Pohang Area Using Meteorological Observation Data —

Jong-Hyeon Jung\*, Heon Ho Leem, Hwa Woon Lee,  
Hyuk-Sang Chang\*\* and Byung-Hyun Shon\*\*\*

*Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea*

*\*Department of Health Administration, Sorabol College, Gyeongju 780-711, Korea*

*\*\*School of Civil and Environmental Engineering, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea*

*\*\*\*Department of Environmental Engineering, Hanseo University, Seosan 356-706, Korea*

(Manuscript received 24 October, 2007; accepted 31 December, 2007)

### Abstract

The air quality data is important for understanding and analyzing a surrounding influence. In that light, it is positively necessary for a propriety assessment to determine a location of the air quality monitoring sites. In this study, the climate analysis about temperature and wind, using the meteorological data in the Pohang, is conducted to do that. In the next stage, we distinguished the wind by east-west or north-south component, which has less correlation than temperature, analyzed and divided the wind sector. As the result, the wind circumstance of the Pohang is divided into major 5 wind sector; that is the urban area, the northeast coastal area, the east ocean and the west mountainous area. We think that an analysis on detailed wind sector by utilizing the numerical simulation is needed.

**Key Words :** Wind sector, Cluster analysis, Air quality monitoring site, Pohang area

## 1. 서 론

그 지역의 대기오염 경보체계의 구축, 대기오염

방지대책 수립과 평가를 위한 기초자료의 제공, 환경기준 달성여부의 판단자료 및 대기 예측모형의 보정자료 제공, 대기오염 배출원의 감시 등의 목적으로 인해 대기오염 자동측정은 매우 중요하다. 동시에 대기오염 자동측정소의 설치에 대한 한계 및 현실성을 고려할 때 대기오염 자동측정망의 설치·운영 목적에 따른 측정망의 합리적인 배치가 매우

Corresponding Author: Heon Ho Leem, Department of Atmospheric Science, Pusan National University, 30 Jangjeondong, Geumjeong-gu, Busan 609-735, Korea  
Phone: +82-51-583-2651  
E-mail: hhleem@pusan.ac.kr

중요한 관건이 된다. 이러한 중요성에 비해 현재 우리나라의 대기질 측정소 위치 현황 및 선정기준은 대도시 및 공업단지 등의 오염원 지역 부근에 주로 설치, 운영하는 가운데 토지이용형태와 측정소의 관리 용이성 등이 고려되어 결정되어 있다<sup>1)</sup>.

그러나 많은 연구<sup>2~7)</sup>에서는 이러한 위치 결정에 의한 대기질 측정자료의 한계성을 지적하며 기상이라고 고려된, 특히 대기오염물질을 이류 및 확산시키는 대기유동장이 대기질 측정소 위치선정에 반드시 고려되어야 한다고 제안하고 있는 가운데 이 등<sup>8)</sup>은 이러한 관점에서 부산지역을 대상으로 바람환경을 구분하였다.

특히 포항지역에 설치된 대기오염 자동측정망 또한 마찬가지로 측정소별 측정목적과 측정대상의 규모가 명확히 구분되어 있지 않아 대기질 측정결과 해석이나 평가가 어렵고 아울러 포항지역의 경우 인근에 거대한 포항철강공단이 위치하고 있어서 광화학 오염물질의 평가를 목적으로 하는 측정망의 적정성 평가 및 이에 의한 위치의 재조정이 시급한 실정이다. 또한 대기오염 자동측정망이 포항시 중심지에 밀집되어 있고, 시 외곽지역은 측정을 하지 않음으로써 배경농도의 평가와 대기오염물질의 이동·확산 및 2차 대기오염물질에 대한 정확한 규명이 어려운 상태이다.

따라서 본 연구에서는 포항지역을 대상으로 대기오염물질의 확산 및 이류에 미치는 영향과 포항지역의 바람환경 분석을 위한 상세한 바람권역 구분의 기초연구로써 먼저, 최근 10년(1997년 1월 1일~2006년 12월 31일) 동안의 포항기상대와 포항지역 내 설치되어 있는 5개의 자동기상관측장비에서 관측한 기상자료를 토대로 기온, 바람장미 및 풍속에 대하여 기후특성 및 각 관측지점들 간의 기상요소별 국지적 상관성을 분석하였다. 이와 함께 바람관측자료를 토대로 포항지역의 바람권역에 대하여 구분하고, 이를 해석하여 차후의 수치모의 결과를 토대로 분석한 상세 바람권역 결과 해석에도 활용할 수 있도록 하였다.

## 2. 연구대상지역

본 연구의 대상지역인 포항지역은 우리나라 남동부에 위치하며, 동해와 인접한 도시로써 행정구역

상 경상북도에 포함된 대표적 공업도시 가운데 하나이다.

이러한 포항지역은 Fig. 1의 인공위성 사진에서 볼 수 있듯이 동으로 동해 바다가 송라면 및 청하면에 접하고, 포항시가지가 동해면, 대보면, 구룡포읍, 장기면에 접하여 있고, 서로는 영천시와 경주시가 죽장면과 기계면에 접해 있다. 또한 남으로 장기면이 경주시와, 북으로는 송라면과 죽장면이 영덕군과 접하고, 또한 죽장면은 청송과 영천시에 접하여 있다. 동쪽 끝은 대보면 강사리(동경 129°34' 57"), 서쪽 끝은 죽장면 두마리(동경 128°59' 20"), 남쪽 끝은 장기면 두원리(북위 35°50' 09"), 북쪽 끝은 죽장면 하옥리(북위 36°19' 49")로 총 면적은 1,124.69 km<sup>2</sup>에 달한다.

그리고 포항지역의 지형은 크게 향로봉(해발 930 m) 등 해발 700 m를 상회하는 높은 산 10여개가 산재하고 있는 북서부의 산간지역과 공개산(해발 214 m) 등 비교적 해발고도가 낮은 산들이 산재하고 있으며, 동쪽은 구룡성 산지 및 연일, 대송, 흥해, 기계평야 등의 평야지대로 나뉜다.

이에 각각의 관측지점에 대한 지형적 특성을 자세히 살펴보면, 먼저 포항지방기상대가 위치하고 있는 송도동(138) 지점은 동쪽으로 포항 송도해수욕장을 두고 서쪽으로는 송도교 밑을 흐르는 형산강 지류가, 남쪽으로 형산교 아래를 흐르는 형산강 하류가 형성되어 있으며, 북쪽으로는 항구동 내항을 경계로 하는 사면이 바닷물과 강물로 둘러져 있다. 다음으로 포항시의 북쪽에 위치한 청하면(804) 지점은 호학산(558 m)이 남북으로 천령산(775 m)과 이

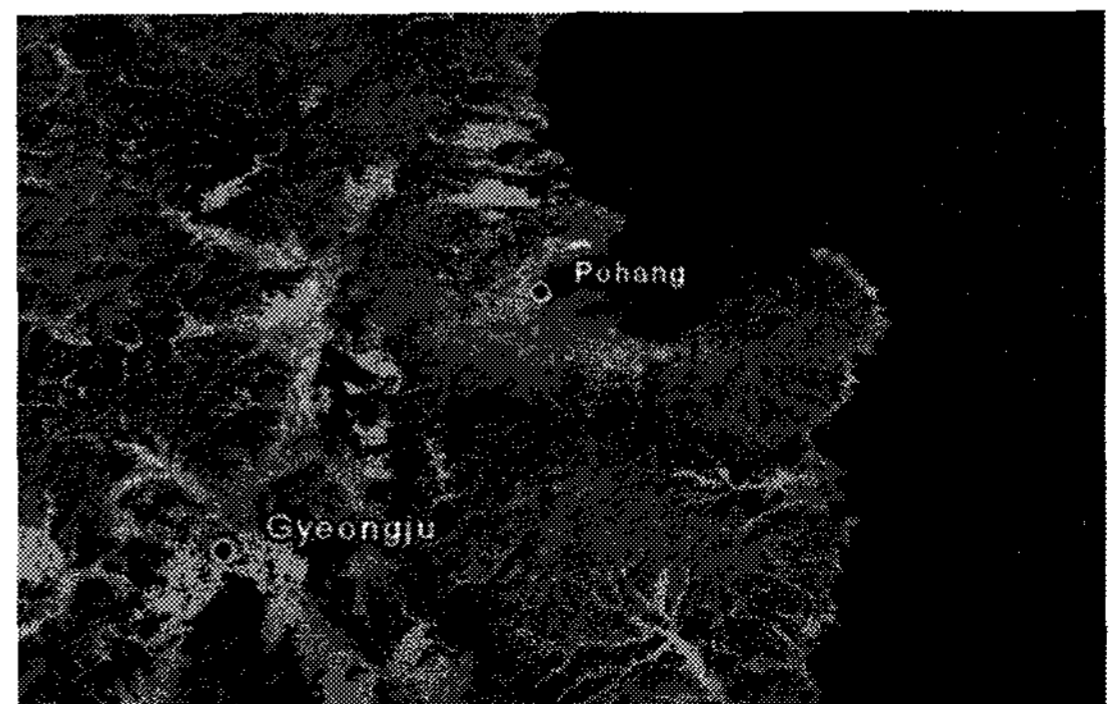


Fig. 1. Satellite view of Pohang area.

어저 송라면과 접경을 이루고, 샷갯봉(716 m)이 남북으로 뻗은 줄기가 흥해면의 양백산과 이어지며 죽장으로 깊고 험준하게 이어진다. 그리고 포항시의 북서쪽에 위치한 죽장면(805) 지점은 대부분 험준하고 높은 고지대를 이룬다. 남으로는 수석봉(820.5 m)과 보현산(838.5 m)이 영천시와 접경하고 서로는 벚틀봉(862.2 m)과 자호산(763.3 m), 구암산(807 m)이 청송군과 접한다. 동시에 북으로는 바태산(645 m), 동대산(791.3 m)이 영덕군과 접경하고 있다. 또한 포항시의 동쪽에 위치한 호미곶(808) 지점은 해발고도 120 m~180 m의 5~6개 산봉우리들이 밀집한 남쪽을 제외하고는 삼면이 바다로 둘러싸인 완만한 구릉성 산지 지형이다. 그리고 포항시의 남동쪽에 위치한 장기면(816) 지점은 동악산(295.5 m)이 동서로 길게 뻗어 있으며, 남으로 소매기와 감재가 경주시를 경계로 한다. 서로는 망해산(191.6 m)의 만리산성으로 이어져 오천읍과 경계하고, 북으로는 뇌성산(212 m)이 구룡포와 경계를 이룬다. 마지막으로 포항시의 서쪽에 위치한 기계면(830) 지점은 크고 작은 능선들이 비학산 주령으로 이어지면서 동북방향으로 고지산(334.4 m), 미현산(387.3 m)으로 이어지고 운주산(806 m)이 기계 남부지역에서 영천사와 접경을 이루고 있다.

### 3. 재료 및 방법

먼저, 연구대상지역인 포항지역에 대한 대기질 자동측정 및 기상관측 현황에 대한 것이다.

대기질 자동측정소에 있어 2008년 현재 포항지역 내 4개의 지역 대기질 측정소가 설치되어 운영되고 있다. 대기오염 자동측정소는 인구비례에 의한 방법과 TM좌표에 의한 방법에 따라 측정지점을 선정하고, 오염정도 및 지형 등 지역의 상황을 통합적으로 고려하여 측정망을 구성하고 있으며, 설치 운영 기관에 따라 국가 측정망과 지자체 측정망으로 구분되어 있다.

그리고 포항지역 내 기상특성을 분석하기 위해 남구 송도동(138)에 소재한 포항기상대 정시기상관측자료 및 북구 청하면(804), 북구 죽장면(805), 남구 대보면 호미곶(808), 남구 장기면(816), 북구 기계면(830)의 5개 자동기상관측자료(Automatic Weather System Data)를 이용하였다. 위의 대기질 측정지점

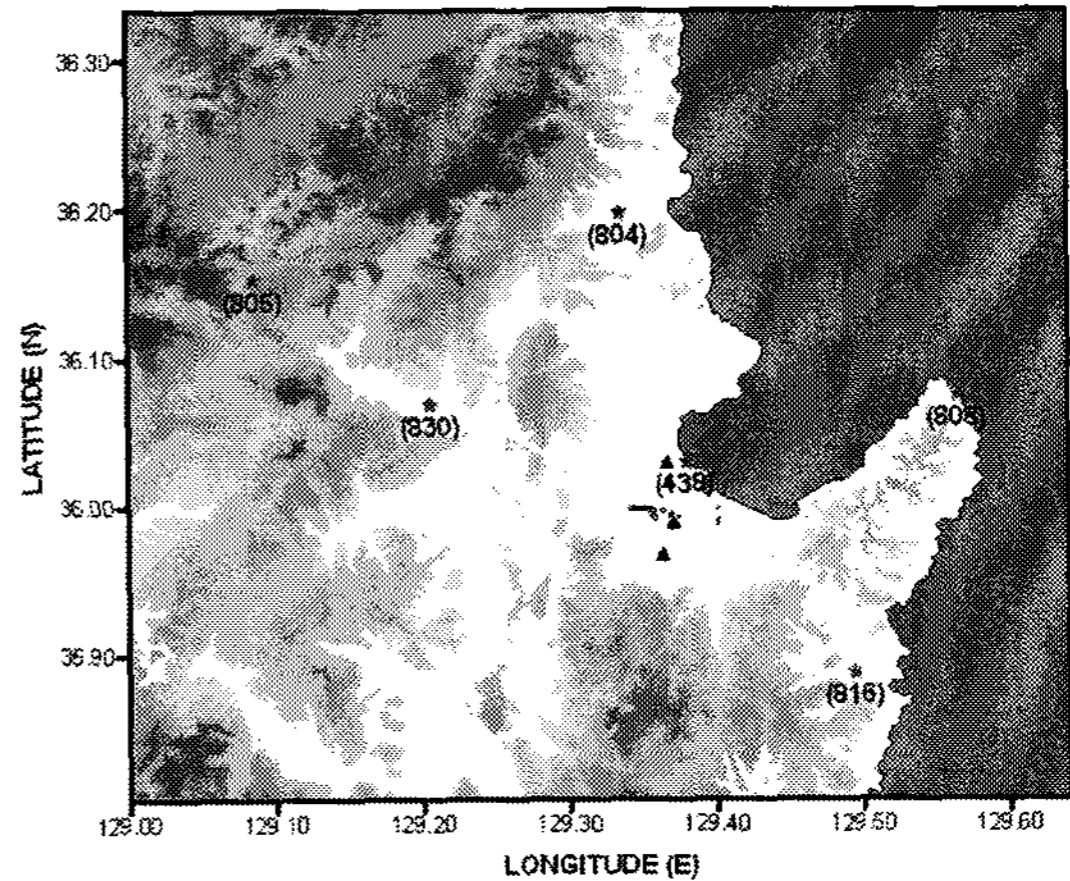


Fig. 2. Location of air quality monitoring sites(▲) and meteorological sites(★).

및 기상관측지점의 위치를 Fig. 2에 나타내었다.

다음으로 본 연구에서는 최근 10년 동안(1997년 1월 1일~2006년 12월 31일)의 포항지역 내 기상관측자료를 이용하여 주요 기상요소들의 특징을 살펴 보았다. 즉, 기상관측자료를 이용한 기온 및 바람의 기후특성을 분석하고 나아가 기온 및 바람에 대한 관측지점별 상관성분석을 수행하였다. 마지막으로 본 연구에서는 K-평균 군집분석을 이용하여 포항지역의 바람권역을 구분하고 해석하였다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1. 기후분석

##### 4.1.1. 기온

기상관측 지점별 계절에 따른 일 평균기온의 분포를 Fig. 3에 나타내었다. 봄철에는 시베리아 고기압의 세력이 약화됨에 따라 기온이 영상으로 높아져 일 평균기온이 13.0℃ 내외로 나타났다. 해안에 위치하고 있는 송도동(138) 및 호미곶(808)에서 높은 해수면 온도의 영향으로 비교적 높은 일 최저기온이 나타났으며, 내륙 산간에 위치한 죽장면(805)에서는 5.0℃ 정도의 낮은 일 최저기온이 나타났다. 여름이 시작되는 6월부터 일 평균기온이 25.0℃ 내외로 나타났으며, 일 최저기온은 내륙에 위치하고 있는 지점보다 해안에 위치한 지점에서 더 높게 나타났다. 가을은 북쪽의 대륙 및 해양에서 발달하기 시작하는 고기압의 영향으로 일 평균기온이 7.0~

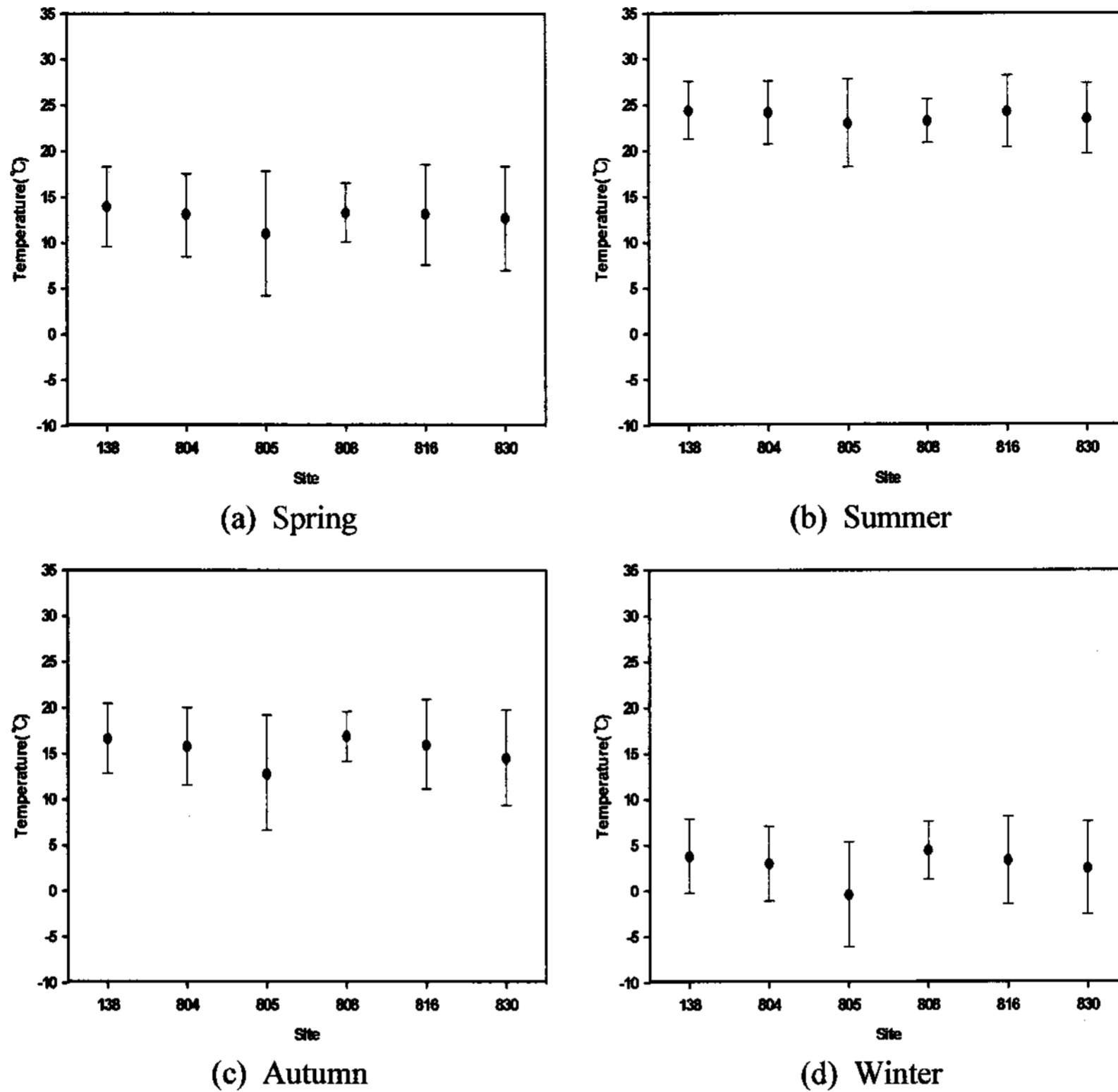


Fig. 3. Distribution of seasonal temperature.

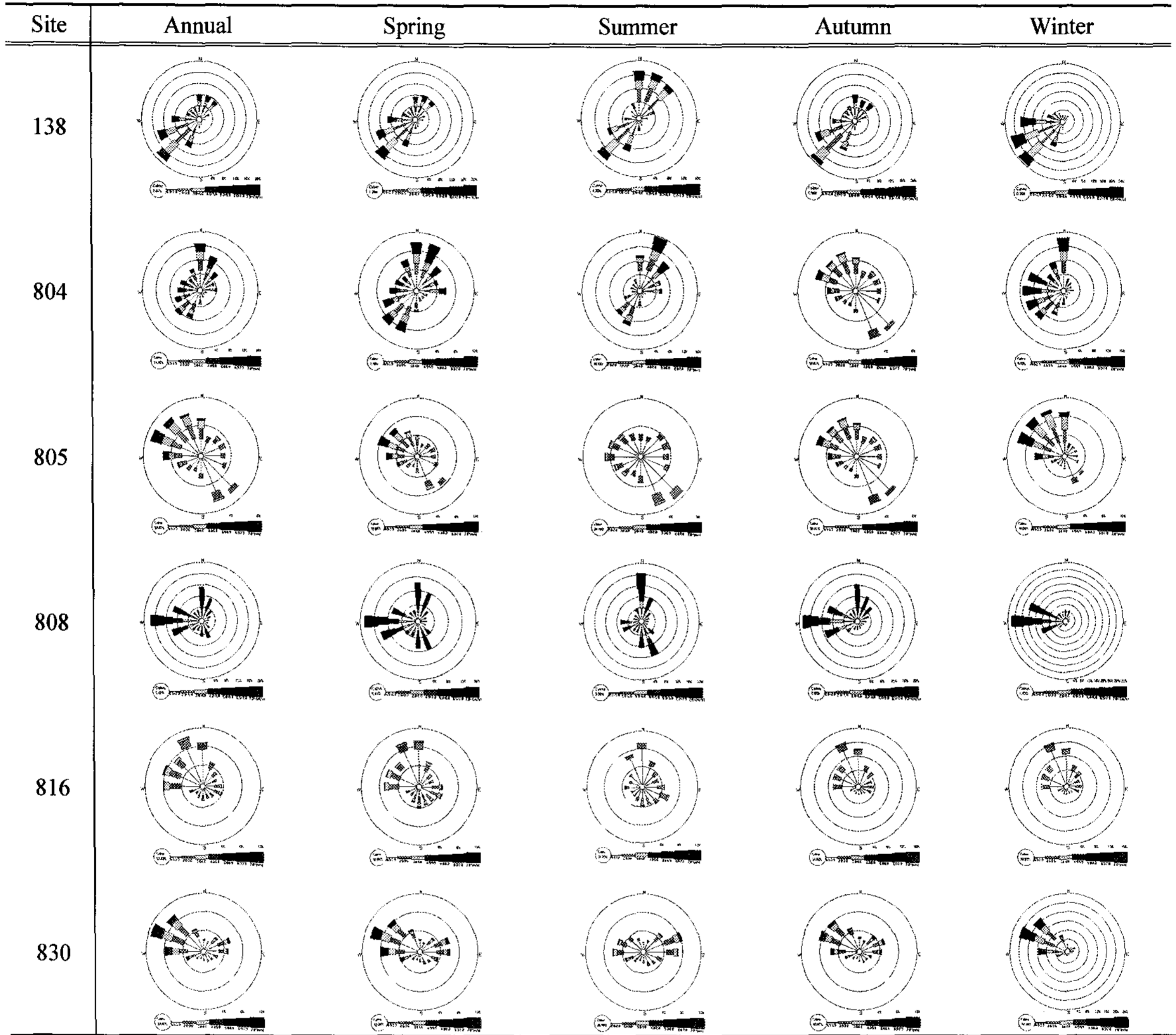
9.0°C 정도 하강하기 시작하였으며, 겨울에는 차가운 대륙성 한대 기단에서 발달한 한랭한 북서계절풍의 영향으로 1월까지 일 최저기온이 0.0°C 정도로 하강하여 지속되고, 2월부터는 3.0~4.0°C 정도 상승하는 경향을 보인다. 특히, 다른 지점에 비해 내륙에 위치하며 높은 고도에 위치하고 있는 죽장면(805)은 일 최저기온이 영하 6.0°C 내외로 가장 낮게 나타났다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 죽장면(805)은 내륙에 위치하여 다른 지점에 비해 일 최저기온과 일 최고기온의 차가 가장 큰 것을 확인할 수 있다. 10년 동안 포항지역에서의 기온 관측자료를 분석한 결과 여름에는 덥고 겨울에는 추운 내륙지역의 기후특성과는 달리 여름철과 겨울철의 기온차가 내륙지역에 비해 크게 나타나지 않고 완만한 전형적인 해양성 기후를 나타내고 있음을 알 수 있다.

4.1.2. 바람장미

다음으로 기상관측 지점별 계절에 따른 바람장미 분석을 통해 최근 10년(1997년 1월 1일~2006년 12

월 31일) 동안의 풍향·풍속의 기후특성을 살펴보았다(Table 1). 포항지역 내 관측지점에서 나타난 풍향은 전체적으로 북동풍과 남서풍 계열이 우세하였다. 송도동(138)에서 관측한 경우를 제외한 5지점에서 확인되었듯이 봄철의 경우 북풍계열의 바람이 우세하게 나타났고, 다음으로 북동풍이 주를 이루었다. 그리고 여름철에는 해양에서 불어오는 바람의 영향으로 대부분의 지역에서 동풍계열의 바람이 우세하게 나타나고 있으며, 특히 해안에 인접한 송도동(138), 청하면(804), 호미곶(808)에서는 북북동풍 계열이 우세하였다. 가을철에는 북서풍이 우세하게 나타났고, 겨울이 되면서 풍속이 증가할 뿐만 아니라 북서계열풍이 탁월하게 나타났다. 특히 내륙 산악지역에 해당하는 죽장면(805)에서 북서계열풍이 탁월함을 확인할 수 있다. 호미곶(808)에서는 연중 서풍계열의 바람이 우세하게 나타나는데 이는 포항지역의 대표적인 국지풍계를 잘 나타내어 준다. 영일만으로 빠져나온 바람이 호미곶 선단을 지

Table 1. Annual and seasonal wind rose (1997~2006)



나며, 종관기상의 영향으로 서풍으로 변곡되어 서풍계열의 바람이 우세한 것으로 분석되었다.

4.1.3. 풍속

Fig. 4는 최근 10년(1997년 1월 1일~2006년 12월 31일) 동안의 포항지역 관측지점별 계절에 따른 일 평균풍속과 일 최대 및 최저풍속을 나타낸 것으로 계절별로 풍속 차는 크지 않은 것으로 나타났다. 이에 계절별로 각각 살펴보면 먼저, 여름에 가장 작은 풍속이 나타났으며, 겨울에 가장 큰 풍속을 나타내었다. 관측지점 중 해안에 위치하고 있는 호미곶(808)에서 연중 큰 풍속이 나타났는데 특히, 겨울에는 8.5 m/s로 가장 높게 나타났다. 이는 동해상에 인

접한 해안지역으로 마찰 및 거칠기가 작음으로 인한 역학적 원인에 의한 것으로 분석된다. 이와는 반대로 내륙에 위치한 죽장면(805)과 기계면(830)에서는 일 최대풍속이 3.0 m/s 내외로 상대적으로 작은 크기를 나타내었으며 특히, 이 중 죽장면(805)의 경우는 210 m의 높은 해발고도에 위치하였음에도 불구하고 분지라는 지형적 특성에 기인한 결과로 사료된다.

4.2. 기상관측 지점별 상관성 분석

포항지역은 동쪽이 동해와 접해 있고, 내륙은 산지로 이루어진 지역이므로 해륙풍과 산곡풍 등 여러 가지 국지기상 패턴이 복합적으로 나타나 포항

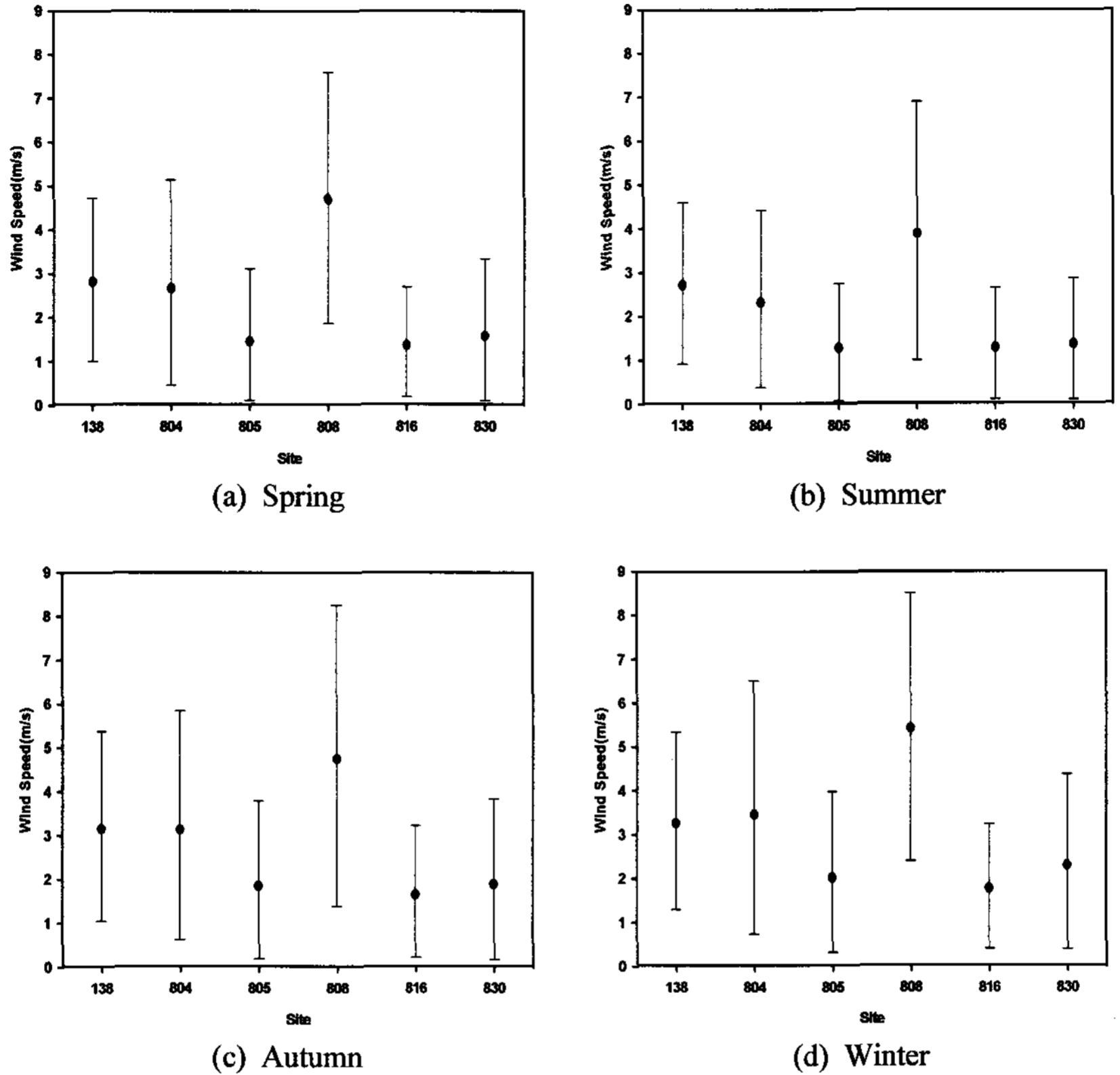


Fig. 4. Distribution of seasonal wind speed.

지역 내의 각 관측지점별 기상요소들의 차이가 다른 곳에 비해 큰 지역이다. 이러한 포항지역의 전체적인 바람의 패턴과 그에 대한 지역적인 차이를 알아보기 위하여 최근 5년(2002년 1월 1일~2006년 12월 31일) 동안의 송도동(138), 청하면(804), 죽장면(805), 호미곶(808), 장기면(816), 기계면(830)에 설치된 기상대 및 5개의 AWS자료를 대상으로 동서방향 바람성분 및 남북방향 바람성분에 대해 관측지점별 상관성을 분석하였다. 이와 마찬가지로 기온에 대

해서도 동일한 분석을 수행하였다.

4.2.1. 기온

Table 2는 최근 5년(2002년 1월 1일~2006년 12월 31일) 동안의 기온에 대한 각 지점별 상관계수를 나타내었다. 앞서 기후특성 분석과는 달리 최근 5년 동안의 관측결과를 이용하여 관측지점별 상관성을 분석한 이유는 5개의 자동기상관측장비(AWS)에서 관측된 기상관측자료의 결측률을 최소화하기 위해서이다. 먼저, 기온에 대한 연간 상관계수에 있어 대

Table 2. Correlation coefficient of air temperature (Annual)

Sort	138	804	805	808	816	830
138		0.9816	0.9184	0.9529	0.9430	0.9589
804			0.9022	0.9494	0.9442	0.9485
805				0.8470	0.9318	0.9733
808					0.9043	0.8970
816						0.9488
830						

부분 0.9 이상의 매우 높은 상관관계를 가지는 가운데 특히 송도동(138)과 청하면(804)이 0.9816으로 가장 높았다. 다음으로 표에는 나타나지 않았지만 계절별로 살펴보면 봄, 여름에는 역시 송도동(138)과 청하면(804)이 각각 0.9897, 0.9596으로 나타났으며, 가을과 겨울에는 죽장면(805)과 기계면(830)이 각각 0.9821, 0.9587로 가장 높은 상관관계가 나타나 여름에는 해안에 위치한 송도동(138)과 청하면(804)이 겨울에는 내륙에 위치한 죽장면(805)과 기계면(830)이 기온에 있어서 높은 상관관계를 나타내어 지형의 영향에 따른 기온의 상관성을 정확히 대변하고 있다.

한편, 6개의 관측지점을 해안선과의 거리와 지형적 특성에 따라 내륙 및 산악(기계면, 죽장면)지역과 연안(송도동, 청하면, 호미곶, 장기면)지역으로 분류하였을 때, 내륙지역과 연안지역 사이의 상관도는 같은 분류에 속한 지점 사이의 상관도보다 다소 낮게 나타났다. 즉, 앞서 밝힌 바와 같이 내륙지역과 연안지역으로의 특성이 크게 대별되어 나타나는 것으로 분석된다. 또한, 계절별 전체적인 상관도에 있어서는 겨울철이 가장 높고 다음이 가을, 봄, 여름 순으로 나타났으며, 이는 계절에 따른 내륙지점과 연안지점 사이의 상관도가 높은 것으로 분석되었다. 그리고 계절풍 등의 영향으로 인해 육지에서 바다 쪽으로 바람이 부는 계절에는 해안지역이라도 해수의 영향을 여름에 비해 덜 받는 것으로 사료된다. 기온의 경우 직접적인 태양일사와 바람에 의한 현열의 수송으로 결정되며, 해안 평야지대에서 서로 인접하여 해양의 영향을 크게 받는 연안지역과 국지풍계의 발달로 2차적인 열의 수렴 및 확산이 이루어지는 내륙 및 산악지역과는 기온의 상관관계가 다소 저평가됨을 살펴볼 수 있다.

#### 4.2.2. 동서방향 바람성분

동서방향의 바람성분은 벡터로서 동서방향과 그 방향으로의 바람의 세기를 함께 나타내고 남북방향의 바람성분과 함께 사용하여 풍향 및 풍속을 확인할 수 있으며, 상관도는 같은 방향으로의 증감 패턴이 같을수록 높게 나타난다. Table 3에 제시된 연간의 동서방향 바람성분에 대한 각 관측지점 사이의 상관도를 살펴보면, 전체 평균 0.1500으로 기온에 대한 상관도에 비해 상대적으로 낮게 분석되었다. 연

간 상관도에서는 송도동(138)과 청하면(804)이 0.2926으로 가장 높은 상관관계를 보였고, 다음으로 장기면(816)과 호미곶(808)이 0.2388의 상관관계를 나타내었다. 특히 여름의 송도동(138)과 청하면(804)에서 0.4558의 가장 높은 상관관계를 나타내었는데, 이는 계절풍의 영향을 받으며 같은 연안지역에 위치하였기 때문인 것으로 사료되며, 겨울에는 호미곶(808)과 죽장면(805)에서 0.2381의 가장 높은 상관성을 나타내었다. 이는 두 지역이 내륙과 연안지역이라는 차이는 있지만 내륙산간의 북서계절풍의 영향과 호미곶(808)에서 연중 서풍의 우세로 큰 상관관계를 나타낸 것으로 사료된다. 마지막으로 연간 동서방향 바람성분의 지점별 상관성 분석결과는 계절적으로는 약간의 차이는 있지만 대체로 유사한 경향을 나타내었다.

#### 4.2.3. 남북방향 바람성분

Table 4는 남북방향 바람성분의 각 지점 간 상관계수를 나타낸 것이다. 남북방향 바람성분의 상관계수는 전체 평균 0.3246으로 동서방향 바람성분보다 높은 상관도를 나타내었다. 남북방향 바람성분의 연간 상관도에서도 역시 송도동(138)과 호미곶(808)에서 0.6507로 가장 높은 상관도를 나타내었고 다음으로 송도동(138)과 청하면(804)이 0.5964로 높게 나타났으며, 호미곶(808)과 장기면(816), 호미곶(808)과 청하면(804)이 각각 0.5387, 0.5352로 높은 상관관계를 나타내었다. 동서성분과 마찬가지로 남북방향의 바람성분 상관도 분석에서도 같은 내륙지점 또는 같은 해안지점간의 상관도가 내륙지점과 해안지점간의 상관도에 비해 뚜렷이 높음을 알 수 있었고, 아울러 같은 내륙지점 보다는 같은 해안지점에서의 상관도가 다소 높은 상관성을 나타내었다. 그리고 이러한 연간 동서방향 바람성분의 지점별 상관성 분석결과는 계절적으로는 약간의 차이는 있지만 대체로 유사한 경향을 나타내었다.

앞의 동서방향 바람성분과 비교하여 살펴보면, 전체적으로 동서방향 바람성분에 대한 각 지점별 상관도보다 남북방향 바람성분에 대한 상관도가 다소 높게 나타났으며, 계절적으로는 여름이 겨울에 비해서 높은 상관성을 보였다. 전자는 앞서 바람장미 분석결과와 마찬가지로 남서풍 및 북동풍의 탁월한 연간 풍계와 포항지역의 지형적, 지리적 특성에 의

**Table 3.** Correlation coefficient of wind speed(U-component)

Sort	138	804	805	808	816	830
138		0.2926	-0.0693	0.1694	0.1002	0.0252
804			-0.0042	0.1472	0.1654	0.1787
805				0.2058	0.1758	0.2052
808					0.2388	0.2052
816						0.2134
830						

**Table 4.** Correlation coefficient of wind speed(V-component)

Sort	138	804	805	808	816	830
138		0.5964	-0.0183	0.6507	0.2984	0.2698
804			0.0791	0.5352	0.2990	0.3339
805				0.1353	0.1772	0.1969
808					0.5387	0.3021
816						0.2771
830						

한 것으로 사료되며, 아울러 후자는 계절풍의 영향으로 인해 전체적 패턴이 바다에서 육지로 불어 들어가는 형태의 바람이 부는 여름에 각 지점별 상관도가 증가하는 것으로 사료된다. 또한, 해풍이 강한 여름철에는 해풍의 유입이 내륙까지 이루어지고 산지의 모양을 따라 남에서 북으로 침투하는 형태가 이루어져 남북방향의 바람성분이 증가하고, 상관도도 증가하는 것으로 사료된다. 포항지역 관내 기상 관측소의 경우 도심지에 위치한 송도동(138)과 해안에 매우 근접한 호미곶(808) 지점, 그리고 해발고도가 상대적으로 높은 죽장면(805) 등 산발적으로 광범위하게 분포하며 관측환경 또한 상이하게 달라 지형의 영향을 크게 받는 바람성분의 분석에 있어 각 성분의 상관관계가 기온에 비해 다소 떨어지는 특징을 살펴볼 수 있다.

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

그러나 송도동(138)과 AWS의 위치가 포항지역에 산발적으로 위치하고, 일부 해안과 내륙에 특정

지어 있으며 관측 지점수도 적으므로 보다 자세하고 정확한 결과를 얻기에는 무리가 따를 수밖에 없다. 따라서 6개 지점에서 얻은 관측값과 포항지역의 지형지세, 그리고 앞서 분석한 기상요소별 상관관계를 기초로 고해상도 수치모의를 수행하고, 보다 상세하고 체계적인 분석을 필요로 한다. 한편, 포항지역의 AWS는 각각이 하나의 군집을 형성할 수 있게 골고루 퍼져 있으나, Fig. 2에서 확인한 바와 같이 대기오염측정소의 경우에는 포항청강공단 및 일부 시가지에만 집중적으로 설치되어 대기오염자동 측정소의 추가적인 설치가 요구되는 시점이다.

**4.3. 포항지역 성긴 바람권역 분석**

대기 유동장 분석을 통한 공간적인 바람권역의 유사성 분류는 K-평균 군집분석을 통해 수행되었다. 즉, 다수의 개체들을 대상으로 어떤 성격과 상호관계를 파악하여 유사성을 가진 개체간 최적의 군집으로 분류하는 K-평균 군집분석은 다음과 같은 과정을 통해 분석된다.

**[1] K개의 군집개수 결정**

: 군집개수에 따른 R-Square와 군집간의 거리, 그리고 군집 내 개체간의 거리를 의미하는 PSF와 PST2를 분석하여 가장 최적의 분류 군집개수를 결정한다.

**[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 과정이다.

먼저, 최근 5년 동안(2000년 1월 1일~2004년 12월 31일)의 포항지역 내 6개 기상관측지점에서 관측한 풍향·풍속자료를 토대로 위에 설명한 K-평균 군집분석을 이용하여 공간적 바람권역을 분류하였다. 즉, 대기 유동장 분석결과를 이용하여 공간적인 바람권역을 해석하고자 하는 본 연구의 목적에 부합하여 포항지역 내 6개의 기상관측지점을 군집분석의 대상으로 하였다. 물론 이는 차후의 상세한 대기 유동장 수치모의 결과를 이용한 최종적인 바람권역 분석에 기초가 될 것이다. 그러나 이 과정에서 Glahn and Lowry(1972)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 350°의 풍향과 10°의 풍향은 매우 유사한 풍향임에도 불구하고 이 수치를 군집분석에서는 큰 차이로 인식하기 때문에 군집분석 수행 시 이러한 오류를 제거하기 위해서 풍향·풍속의 관측자료를 Glahn and Lowry(1972)가 제안한 방식대로 재처리한 것이다. 이에 수행된 관측자료를 통한 군집분석 결과는 다음과 같다.

4.3.1. 군집개수

위에서 설명한 바와 같이 본 연구의 취지에 맞게 풍향·풍속 관측자료를 바람의 동서성분(U)과 남북성분(V)으로 재처리 군집분석을 수행한 결과, 가장 타당한 군집개수는 4개로 분석되었다. Table 5와 같이 군집의 개수가 4일 경우에 R-Square가 0.992로 상당히 높았으며, 또한 군집간의 거리를 의미하는 PSF와 군집 내 개체들 간의 거리를 의미하는 PST2

결과에서도 군집의 개수가 4개일 경우를 전후하여 뚜렷한 증가와 감소를 나타내었다. 따라서 통계적 방법을 이용한 6군데 관측지점에서의 바람환경에 대한 군집을 분류할 때 4개의 군집개수가 가장 타당함을 알 수 있었다. 그러나 6군데 관측지점이라는 적은 개체에 대해 4개의 군집으로 분류된 통계적 결과가 큰 의미를 갖지 못하는 것 일수도 있지만, 이는 6군데 지점 밖에 없다는 적은 개체수의 한계에도 불구하고 관측값이라는 중요성과 더불어 앞서 연구대상지역의 지형·지세와 기온 및 바람의 상관성 분석결과와 맥락을 같이하기에 바람환경의 물리적 해석을 가능케 하였다.

4.3.2. 거리 측도에 의한 군집결과

위의 분석된 군집개수를 이용하여 거리 측도에 의한 군집을 결정하였다. 분석결과에 나타난 약어를 관측지점명과 연결시켜 Table 6에 정리하였다.

그리고 Fig. 5에 나타난 바와 같이 최근 5년 동안 풍향·풍속 관측자료를 토대로 군집개수를 4로 하여 유클리드 거리에 의해 분석한 결과, 포항 도심지역인 송도동(138)이 하나의 바람권역으로, 연안에 위치한 포항 북부의 청하면(804) 및 장기면(816)이 하나의 바람권역으로, 내륙 산악지역인 포항 북서부의 죽장면(805) 및 기계면(830)이 하나의 바람권역으로, 그리고 가장 동쪽 끝에 위치하여 해상에 바로 인접해 있는 호미곶(808)이 하나의 바람권역으로 구분되었다. 첫 번째로 죽장면(805)과 기계면(808)의 유클리드 거리가 0.10으로 분석되어 바람권역 환경이 가장 유사하였고, 두 번째로 청하면(804)과 장기면(816)이 0.25로 유사한 바람권역 환경을 나타내었다. 세 번째로 호미곶(808)이 1.0으로, 마지막으로 송도동(138)이 1.5로 나타나 각각의 바람권역 환경을 나타내었다. 이는 지형 및 대기의 운동인 바람의 환경을 분석해 볼 때 첫 번째로 죽장면(805) 및 기계

Table 5. Result of cluster analysis

NCL	Clusters Joined		R-Square	PSF	PST2	Distance
5	OB3	OB6	1.000	5333	7.5	0.0153
4	OB2	OB5	0.992	80.2	8.9	0.2025
3	CL4	CL5	0.967	43.6	6.1	0.2701
2	CL3	OB4	0.690	8.9	25.0	0.9414
1	OB1	CL2	0.000	· 00.	8.9	1.4914

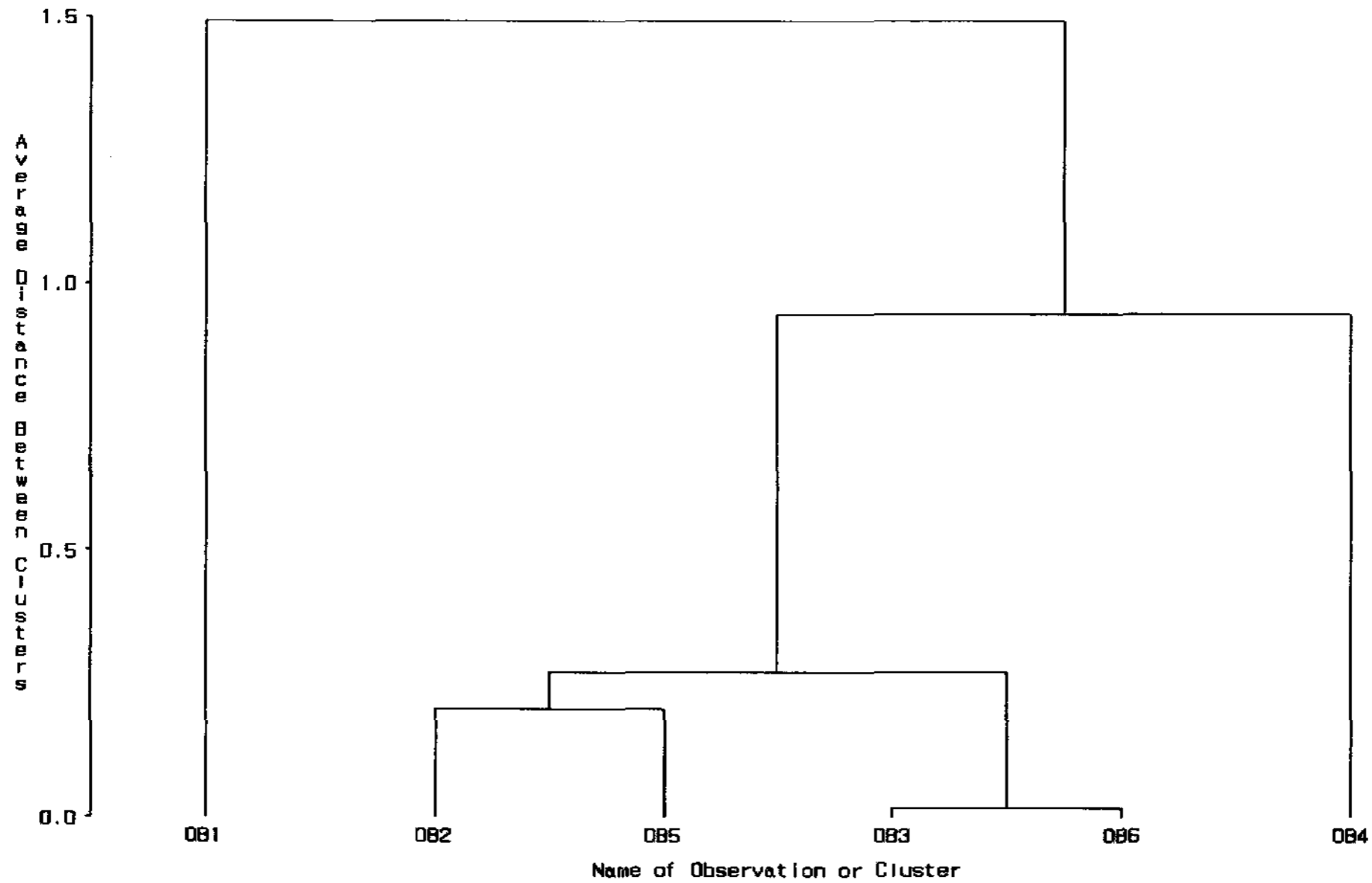


Fig. 5. Graph of the result on cluster analysis using meteorological data.

Table 6. Abbreviation corresponding to the each meteorological sites

Label of OBS.	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6
District of OBS.	138	804	805	808	816	830

면(830)의 경우 포항지역 북서쪽의 산악지역에 위치하여 다른 관측지점에 비해 지형적 마찰이 강함으로 인해 상대적으로 저풍속대가 나타나는 바람권역으로 분석되며, 두 번째로 청하면(804) 및 장기면(816)의 경우와 각각 남북방향으로 상당히 이격되어 있지만 동쪽으로는 동해를 인접하고 서쪽으로는 낮은 구릉이 위치한 동일한 바람환경임을 알 수 있다. 그러나 남북방향으로 이격된 청하면(804)과 장기면(816) 지점에 대한 바람권역은 각각 다른 바람권역으로 구분하여야 할 것으로 판단된다. 이러한 이유는 이후 상세 바람환경을 구분할 경우, 이 지역은 각각의 대분류 바람권역으로 구분되어야 하기 때문이다. 그리고 세 번째로 동해상에 바로 인접한 호미곶의 경우 해상 바람환경에 가까운 또 다른 하나의 바람권역으로 이해할 수 있으며, 마지막으로 송도동(138)의 경우 상대적으로 분지인 포항 도심지이면서 영일만과 바로 인접해 있고 동시에 경주가 위치해 있는 남서쪽으로 저지대가 형성되어 국지 순환

계의 수렴 지역임과 동시에 북동 및 남서 방향으로의 바람길이 탁월하게 형성된 바람권역이다. 이는 앞서 관측지점별 기상요소 상관성 분석 내용 가운데 동서방향 및 남북방향 바람성분의 지점별 상관성 결과와도 맥락을 같이하는 결과이다.

이에 대한 성긴 바람권역을 지형 등을 고려하여 Fig. 6으로 구분하여 나타내었다. K-평균 군집분석을 통해 4개의 성긴 바람권역이 분석되었지만, 이 결과는 차후의 상세 바람권역 분석에 대분류 결과로써 활용되어지기 위한 선행분석이기에 동일한 바람권역으로 구분된 청하면(806) 지점 및 장기면(816) 지점은 공간적 이격으로 인해 각각의 다른 바람권역으로 구분하는 것이 타당한 것으로 판단하여 결론적으로 포항지역은 5개의 성긴 바람권역으로 구분되는 것으로 분석하였다. 동시에 기상관측지점 6개의 바람자료를 토대로 바람권역을 구분한 것으로 1개 지점 내지 2개 지점으로 구분된 매우 성긴 바람권역이지만 앞선 분석과 같은 바람환경에 대한 해

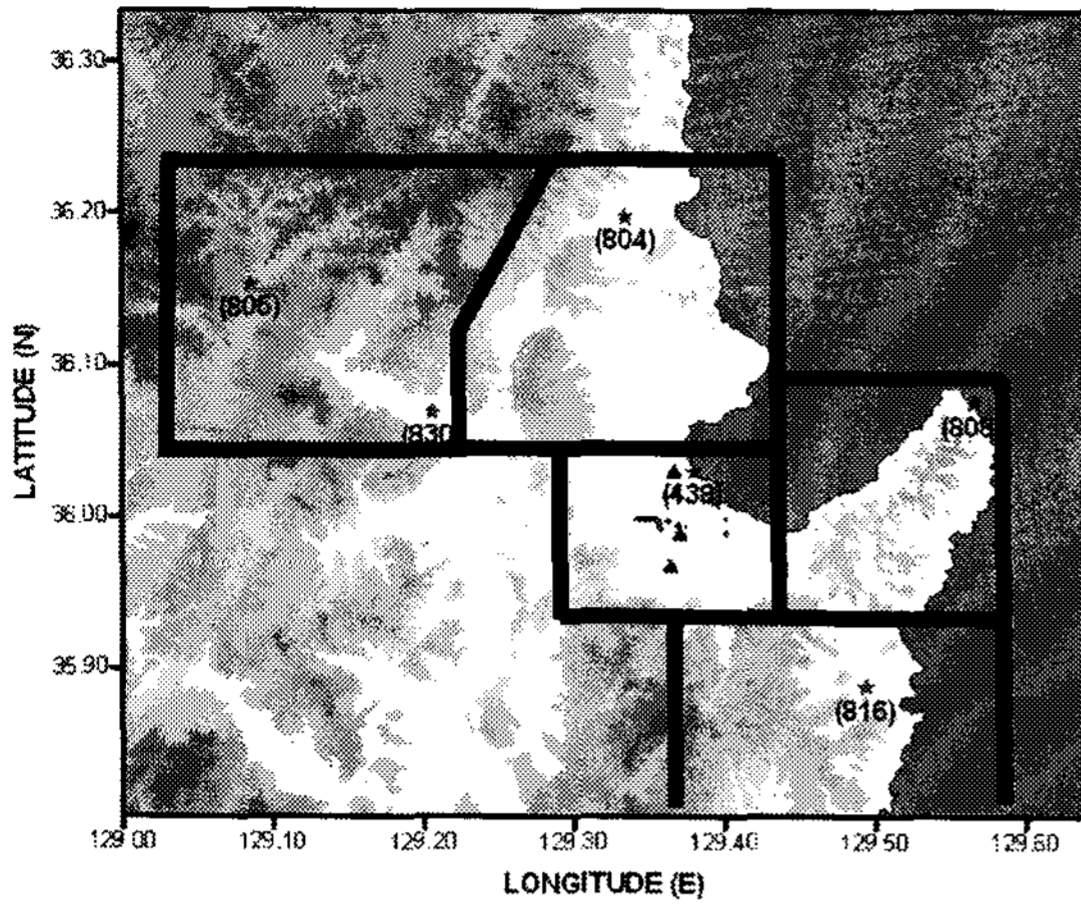


Fig. 6. Schematic expression of the coarse division for wind sector area.

석을 가능케 한다는 점에서 매우 중요한 것으로 판단된다. 아울러 이 결과를 바탕으로 상세 바람장 수치모의 결과를 이용한 상세 바람권역 분석에 기초 자료로 활용되어질 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구는 대단위 대기오염물질 배출 공단이 위치하여 있으면서 복잡한 대기유동장을 가진 포항지역을 대상으로 대기오염 측정소 위치 선정에 중요한 요소인 대기유동장 측면에서의 바람환경을 이해하고 상세 바람권역을 구분하기 위한 선행연구로써 기상관측자료를 이용하여 포항지역의 기후특성 및 K-평균 군집분석을 이용하여 바람권역을 구분하였다.

최근 10년(1997년 ~ 2006년) 동안의 포항지역 6개 지점 기상관측자료를 토대로 기온, 바람장미 및 풍속에 대하여 기후특성을 분석한 결과, 포항지역은 해양성 기후의 특성을 나타내는 가운데 관측지점별 송도동(138), 청하면(804), 장기면(816), 그리고 호미곶(808)이 기온 및 풍속에서 유사성을 가졌고 기계면(830), 죽장면(805) 지점이 또 하나의 유사성을 나타내었다. 이러한 유사성은 관측지점별 상관성 분석에서도 동일한 결과를 나타내었다.

이에 K-평균 군집분석을 이용하여 기상관측자료 가운데 바람 자료를 동서 및 남북성분을 입력자료로 하여 바람권역을 구분한 결과, 포항지역은 4개의

성긴 바람권역을 분석하였다. 즉, 포항지역 북서쪽의 산악지역에 위치한 죽장면(805) 및 기계면(830) 지점을 중심으로 저풍속대의 바람권역이 그 하나이며, 두 번째로 청하면(804) 및 장기면(816)의 경우 동쪽으로는 동해를 인접하고 서쪽으로는 낮은 구릉이 위치한 하나의 바람환경이었다. 그러나 공간적이격성 및 차후의 상세 바람권역 구분을 위하여 이를 각각의 바람권역으로 분석하였다. 그리고 세 번째로 해상 바람환경에 가까운 호미곶(808) 지점이 또 다른 하나의 바람권역으로, 마지막으로 도심지이며 형산강을 통해 저지대 바람길이 탁월한 송도동(138) 지점이 하나의 바람권역을 형성하였다.

마지막으로 본 연구결과는 차후의 수치모의 결과를 이용한 상세 바람권역 분석을 위한 대분류 결과에 활용되며, 궁극적으로는 포항지역의 바람권역 및 이를 이용한 포항지역 대기질 자동측정소의 위치 선정에 중요한 기초자료를 제공할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 경북지역환경기술개발센터의 2006년 환경기술연구개발사업(06-2-40-41-10) 지원으로 일부 수행되었고, 또한 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었으며(KRF-2005-042-C00174), 이에 진심으로 감사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

- 1) 환경부, 2005, 대기오염측정망 기본계획(2006-2010), 82pp.
- 2) Yu T. Y., Chang L. F. W., 2001, Delineation of air-quality basing utilizing multivariate statistical methods in Taiwan, Atmos. Env., 35, 3155-3166.
- 3) Flocchini R. G., Cahill T. A., Pitchford M. L., Eldred R. A., Freney P. J., Ashbaugh L. L., 1981, Characterization of particles in the arid west, Atmos. Env., 15, 2017-2030.
- 4) Ashbaugh L. L., Myrup L. O., Flocchini R. G., 1984, A Principal component analysis of sulfur concentrations in the western United States, Atmos. Env., 18, 783-791.
- 5) Eder B. K., 1989, A principal component analysis of  $SO_4^{2-}$  precipitation concentrations over the eastern United States, Atmos. Env., 23, 2739-2750.
- 6) Eder B. K., Davis J. M., Bloomfield P., 1993, A charac-

- terization of the spatiotemporal variability of non-urban ozone concentrations over the eastern United States, *Atmos. Env.*, 27A, 2645-2668.
- 7) Statheropoulos M., Vassiliadis N., Pappa A., 1998, Principal component and canonical correlation analysis for examining air pollution and meteorological data, *Atmos. Env.*, 32, 1087-1095.
- 8) 이화운, 정우식, 임헌호, 이귀옥, 최현정, 지효은, 이현주, 성경희, 도우곤, 2006, 바람권역 구분을 통한 부산지역 국지바람 분석 -Part I : 기상관측 자료를 이용한 바람권역 대분류 -, *한국환경과학회지*, 15(9), 835-846.