

## 부산지역 기온에 미치는 냉수대의 영향에 대한 연구\*

박명희<sup>1</sup> · 이준수<sup>1</sup> · 안지숙<sup>1</sup> · 서영상<sup>1</sup> · 한인성<sup>1</sup> · 김해동<sup>2\*</sup> · 배현균<sup>2</sup>

## A Study on the Effect of Cold Water Mass on Observed Air Temperature in Busan\*

Myung-Hee PARK<sup>1</sup> · Joon-Soo LEE<sup>1</sup> · Ji-Suk AHN<sup>1</sup> · Young-Sang SUH<sup>1</sup>  
In-Seong HAN<sup>1</sup> · Hae-Dong KIM<sup>2\*</sup> · Hun-Kyun BAE<sup>2</sup>

### 요 약

본 연구에서는 부산(Busan)에 설치된 자동기상관측망(AWS)과 국립수산물과학원에서 관측하는 부산(Busan)과 기장(Gijang)지점의 해수면온도(SST) 자료를 활용하여 부산(Busan)지역의 연안에서 발생하는 대규모 냉수대에 의해 형성된 차가워진 냉기가 도시기온에 미치는 영향을 살펴보았다. 첫째, 냉수대가 발생한 날(cold water)은 연안지역과 도심지역의 기온차가 약 1°C 이상 나타났으며, 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)은 연안지역과 도심지역의 기온차가 약 0.5°C로 냉수대가 발생한 날(cold water)보다 낮은 기온차를 보였다. 둘째, 주간의 경우 냉수대가 발생한 날(cold water)은 연안지역이 도심에 비해 약 1°C 정도 낮았다. 반면 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)은 연안지역과 도심의 기온차가 약 0.4°C로 냉수대가 발생한 날(cold water)에 비해 낮은 분포 차를 보였다. 반면 야간의 경우는 냉수대가 발생한 날(cold water)의 연안지역이 도심에 비해 약 1.2°C, 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)은 연안지역이 도심에 비해 약 0.9°C 낮았다. 야간의 기온은 주간의 기온에 비해 냉수대 발생 유·무에 상관없이 높은 기온차를 보였다.

주요어 : 냉수대, 해수면온도, 기온

### ABSTRACT

The effects of the cold air generated from large cold water mass at the coastal area on observed air temperature in Busan were investigated using AWS(Automatic

2013년 11월 4일 접수 Received on November 4, 2013 / 2014년 8월 6일 수정 Revised on August 6, 2014 / 2014년 9월 15일 심사완료 Accepted on September 15, 2014

\* 본 연구는 국립수산물과학원 첨단 해양탐사 시스템 활용 한반도 주변 해양변동 조사 및 운영(RP-2014-ME-031)사업의 지원으로 수행되었음.

1 국립수산물과학원 수산해양종합정보과 Fisheries Resource and Environment Department, National Fisheries Research & Development Institute

2 계명대학교 지구환경학과 Department of Global Environment, Keimyung University

\* Corresponding Author E-mail : khd@kmu.ac.kr

Weather Station) data at the Busan area operated by Korea Meteorological Administration and SST(Sea Surface Temperature) data at the Gijang and Busan area operated by Korean National Fisheries Research Development Institute. First, the temperature difference between the coastal area and the city area was about 1°C during cold water mass day while it was about 0.5°C if cold water mass was not appeared. Second, for day time, the temperature at the coastal area was about 1°C lower than that at the city area during cold water mass day, but the difference was only about 0.4°C without cold water mass. On the other hand, for night time, the temperature at the coastal area was about 1.2°C lower than that at the city area during cold water mass day and the difference was about 0.9°C without cold water mass. As a result, temperature differences at night time were higher than those at day time whether or not cold water mass appeared. The reason for higher temperature at night time might be the urban heat island phenomenon.

**KEYWORDS** : Cold Water Mass, Sea Surface Temperature, Air temperature

## 서 론

대기에서의 에너지인 열과 바람은 해수면을 통하여 해양 내부로 전달되어 해양혼합층의 특성과 두께를 변화시키고 전체 해양순환에 영향을 준다. 또한 해양은 현열과 잠열의 형태로 내부의 에너지를 대기에 공급함으로써 대기 순환에 영향을 준다. 이와 같이 대기와 해양 사이의 물리적·역학적 과정은 서로 밀접하게 관련되어 있으며, 중·대규모 기상 및 기후를 예측하는데 중요하다(Kraus and Businger, 1994). 반면 해양은 대기의 하부경계로 작용하면서 대기에 각종 물리적인 변화를 일으키는 요인으로 작용하는데, 특히 해수면 온도는 해수면 위를 지나가는 기류의 하부에 열적인 변질을 일으키는 주요한 요인으로 알려져 있다(Lee and Ryn, 2009; Lee *et al.*, 2009).

이처럼 해양의 해수면 온도는 대기현상을 정확히 파악하는데 주요한 요소인데, 일반적으로 중규모 기상현상은 시간규모가 수일 미만이므로 해수면의 온도경도가 매우 중요해진다(Grossman *et al.*, 1990; Dourado and Oliveira, 2008; Lee *et al.*, 2009). 대도시가 밀집한 한반도 동남지역은 태백산맥 끝자락에 있기 때문에 매우 복잡한 지형 구조를 하고 있다. 그러므로 지형장

제력에 의한 국지순환과 육지와 바다의 온도경도에 따른 순환이 혼재하여 매우 복잡하게 나타난다. 특히, 부산(Busan)지역은 연안을 따라서 매년 거의 6월~8월 중에 대규모 냉수대가 자주 발달한다(Lee *et al.*, 2008).

이러한 냉수대가 나타나면 연안역의 표층수온이 급격히 감소함으로써 짙은 안개가 발생하여 선박의 항해에 많은 지장을 주고 인근 해역의 해륙풍의 강도변화에 영향을 미쳐 국지적인 기상변화를 초래한다. 냉수대의 출현 요인 중 특히 바람의 원인을 보면, 3~4m/s의 남풍 또는 남서풍이 3일 이상 지속적으로 나타날 때(Lee, 1983), 저층으로부터 저온의 냉수가 표층으로 상승함으로써 발현되는 특징이 있다(Kim *et al.*, 2008).

또한 도시가 밀집해 있는 한반도 동남지역에서 고기압이 강하고, 지상바람이 약한 날 해륙풍은 대기오염을 강화시키는 요인일 수 있다. 그리고 이들은 연안지역이 한랭용승에 의한 국지순환의 강도가 변화하는데 이들의 관계, 즉 국지적으로 발현하는 차가운 해수면 온도가 해륙풍 및 국지순환에 미치는 효과에 관한 연구는 거의 전무한 편이다(Lee *et al.*, 2009). 반면 일본은 도시에 축적되는 대기오염물질의 해소 및 자연정화를 위해서 해륙풍을 이용한 연안의 신선한 공기를 도심으로 유입시키고자하

는 연구는 많이 이루어지고 있다. 오사카에서는 해륙풍 방향을 고려한 도시 및 건축계획이 도시의 온도를 낮추는데 효과가 있는 수단으로 인식되었고, 후쿠오카에서는 도심의 간선도로가 차가운 해풍을 이동시켜 도시내부의 온도를 저감시키는 효과를 가지고 있다는 것을 확인하였다. 그러나 우리나라는 일본과 달리 냉수대 발생에 의해 차가워진 연안의 신선한 공기가 도심의 기온에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 부산(Busan) 지역에 설치된 자동기상관측망(이하 AWS(Automatic Weather System)로 표기)자료와 국립수산과학원에서 제공하는 표면수온(SST: Sea Surface Temperature, 이하 수온으로 표기) 자료를 활용하여 냉수대 발생 유무에 따른 부산(Busan) 지역 기온의 공간적 분포를 살펴보고, 이를 통해 국지적으로 발현한 냉수대가 도시기온에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

## 연구방법 및 연구지역

수온은 국립수산과학원에서 제공하는 여름철(6~8월)의 연안정지관측자료 중 부산(Busan) 연안에 위치한 부산(Busan)과 기장(Gijang) 관측지점의 자료를 활용하였다. 이 자료는 연안정지관측지점에서 매일 오전 10시에 관측된 수온 자료이다. 이 자료를 바탕으로 국립수산과학원에서는 주변해역에 비해 5°C 내외의 온도 차이가 나타나는 해역을 대상으로 냉수대 발생에 대한 주의보와 경보를 발령한다. 이러한 냉수대가 도시의 열적분포에 미치는 영향을 파악하기 위해 수온자료와 같은 기간을 대상으로 부산(Busan)지역에 설치된 AWS(9개 지점)의 기온, 풍향, 풍속, 운량, 일사량 등의 자료를 이용하였다.

대상일은 냉수대가 강하게 발달한 날(이후 냉수대가 발생한 날(cold water)로 표기)과 냉수대의 영향이 없는 날(이후 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)로 표기)로 나누어 살펴보았다. 냉수대가 발생한 날(cold water)은 냉수대가 발생하고 3일 이상 지속된 기간 중 부산(Busan)지역이 고기압 중심에 위치하고 운량이 4이하이며, 일사가 강한 날(20 MJ/m<sup>2</sup> 이상인 날)을 대상으로 선정하였다. 반면 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)은 냉수대 발생한 전후 일주일에 대해 냉수대가 발생한 날(cold water)과 같은 조건의 날을 선정하여 표 1에 제시하였다.

다음은 선정된 연구대상일에 대한 자료처리 및 분석 방법이다. 먼저 기온과 수온자료를 이용하여 냉수대 발생 유무에 따른 기상요소(기온, 풍향, 풍속)의 시간대별 변화를 살펴보았다. 다음으로 냉수대 발생이 도시기온 변화에 미치는 영향을 파악하고자 시간대별 기온자료를 이용하여 일평균과 주·야간으로 나누어 기상관측지점별 평균기온을 구하였다. 또한 구한 평균기온을 Surfer 프로그램에 적용하여 냉수대 발생 유무에 따른 등온선을 작성하여 기온분포도를 제시하였다.

그림 1은 분석에 이용된 기상 및 연안정지관측지점의 위치를 나타내었다. 그림 2는 기상관측지점에 대한 지리적·지형적 특성 파악을 위하여 토지이용도를 제시하였다. 분석에 이용된 토지피복도는 국가수자원관리종합정보시스템(Water Management Information System, 또는 WAMIS(<http://www.wamis.go.kr/>))에서 제공하는 토지이용자료를 사용하였다. 토지피복도는 래스터형식의 자료들로써 Landsat 자료를 기반으로 하여 Transverse Mercator 중부원점 좌표계를 갖는 30m 공간해상도로 작성되었

TABLE 1. Dates on the subject in the study

Day	Cold water			Non cold water		
	June	July	August	June	July	August
	30	1, 7~9	2~5, 16~20	23, 24, 29	18, 19	22~26

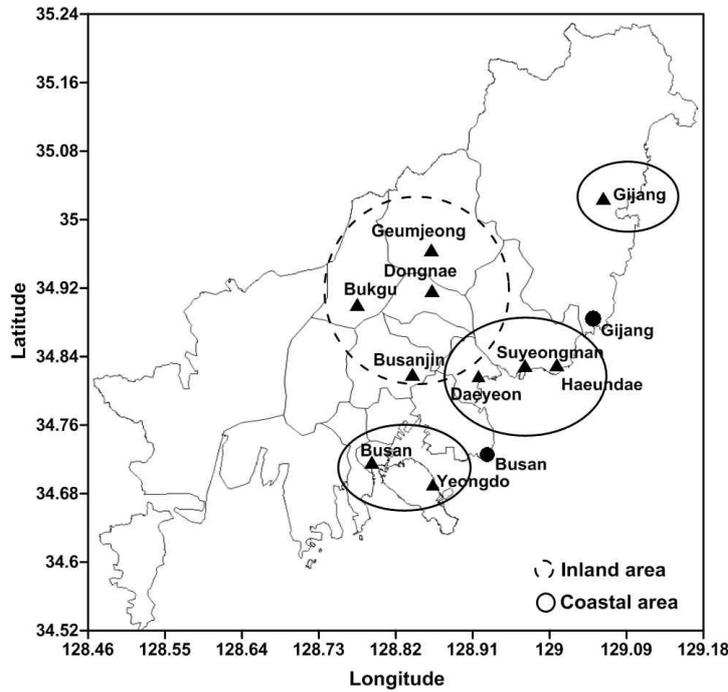


FIGURE 1. Meteorological sites(▲) and coastal oceanographic observation sites(●) used in this study

다(Park and Tak, 2013). 자료처리를 위하여 ArcGIS 프로그램을 이용하여 아래의 7개 항목으로 분류하여 산출하였다(그림 2와 표 2 참고). 토지피복 분류는 수변지역(Water), 도시화지역(Urban and built-up), 나지(Bare soil), 초지(Grassland), 산림지역(Mountain and forests), 논(Paddy field)과 밭(Dry field) 등 7개 항목으로 분류하였으나, 표 2의 항목별 토지피복비율에서는 논과 밭을 농경지로 합하여 제시하였다.

먼저 기상관측지점의 지리적·지형적 특성을 살펴보면 부산(Busan)지점은 해발고도 70m에 위치하고 남동쪽으로는 바다를 접하고 있다. 또한 남쪽과 서쪽으로는 시가지가 위치해 있으며, 북쪽으로는 고도가 높아지는 보수산 자락에 위치해 있다. 부산진(Busanjin)지점은 동쪽으로 423m 고도의 황령산이 있고 북쪽과 남쪽은 비교적 저지대로 열려있는 지형에 위치하고 있으며, 영도(Yeongdo)지점은 북동쪽으로 394m

고도의 봉래산이 있다. 백양산 자락에 위치한 북구(Bukgu)지점은 북쪽을 제외하고 삼면이 산으로 쌓여 있는 분지지형에 위치하고 있다. 동래(Dongnae)지점은 금정산, 백양산, 황령산, 장산, 구월산으로 둘러싸인 분지의 중심에 위치하며, 해운대(Haeundae)지점은 남쪽으로 바다와 접해 있고 북서쪽으로 장산(634m)이 위치하고 있다. 금정구(Gumjeong)지점은 서쪽의 금정산 끝자락에 있으며 동쪽으로는 구월산이 있어 남북으로 긴 골에 위치하고 있다(Lee *et al.*, 2006). 대연(Daeyeon)지점은 북서쪽으로 황령산과 남동쪽으로 225m 장산 봉이 있으나 수평규모가 작아 북쪽과 남쪽이 트인 곳에 위치하고, 기장(Gijang)지점은 낮은 언덕으로 둘러싸인 분지지역에 위치해 있다(Kim *et al.*, 2001). 수영만(Suyeongman)지점은 해발고도 14m에 위치하고 북동쪽으로 장산(634m)이 있는 것 말고는 주위지대가 낮아 바람에 장애물로 작용되는 요소가 거의 없다(Kim, 2012).

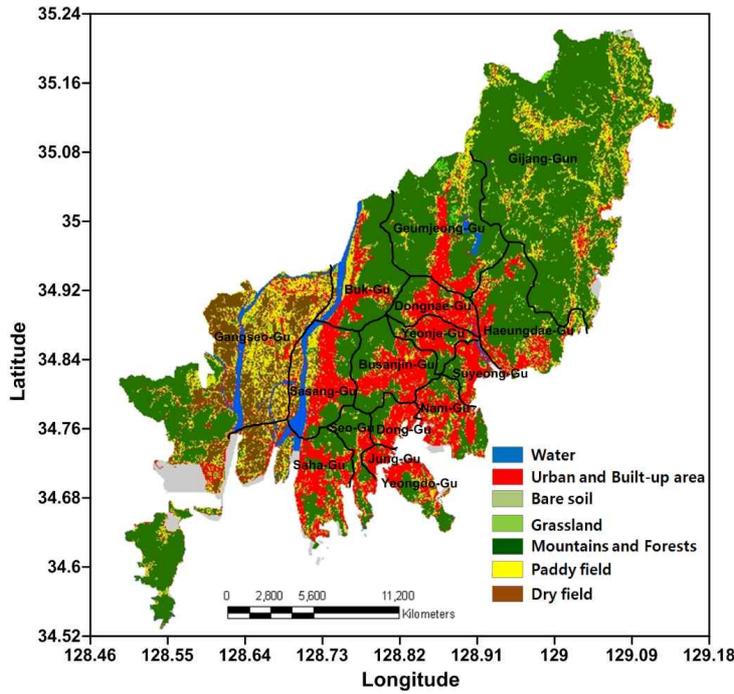


FIGURE 2. Land-use type of Busan

TABLE 2. Classification of land-use at Busan (Unit:%)

	Water	Urban and built-up area	Bare soil	Grassland	Mountains and forests	Paddy and day field
Gangseo-Gu	7.13	7.3	0.33	0.31	29.1	55.3
Geumjeong-Gu	2.12	14.3	0.14	1.16	69.0	13.3
Gijang-Gun	0.15	2.1	0.13	0.67	76.3	20.6
Nam-Gu	0.33	45.2	0.86	0.28	34.2	17.2
Dong-Gu	0.30	59.9	0.16	0.00	29.2	10.3
Dongnae-Gu	0.42	54.0	0.11	0.02	31.2	14.2
Busanjin-Gu	0.18	44.1	0.19	0.03	43.2	12.3
Buk-Gu	5.30	17.9	0.06	0.06	62.7	14.0
Sasang-Gu	6.55	38.2	0.06	0.24	37.8	17.2
Saha-Gu	4.67	38.5	0.18	0.08	35.5	19.2
Seo-Du	0.59	33.5	0.18	0.07	52.2	13.1
Suyeong-Gu	1.57	56.0	0.20	0.24	25.3	15.5
Yeonje-Gu	0.01	57.1	0.64	0.06	27.6	14.6
Yeongdo-Gu	0.69	40.1	0.43	0.12	37.2	20.5
Jung-Gu	0.64	77.2	0.00	0.06	9.9	11.5
Haeundae-Gu	0.51	22.8	0.53	0.33	59.8	15.9

다음은 냉수대 발생에 따른 기온의 공간분포 특성을 파악하기 위해 앞서 기온의 상승에 영향을

미치는 부산(Busan) 지역의 토지피복현황을 살펴보고, 표 2에 구별로 구분하여 제시하였다.

중구(Jung-Gu)는 부산(Busan)의 대표적인 상업밀집지역으로 도시화지역의 비율이 약 78%, 동구(Dong-Gu)는 상업과 주거지역의 비율이 약 60%으로 산림지역과 농경지 및 나지의 비율이 다른 지역에 비해 낮다. 주거 밀집지역인 남구(Nam-Gu), 동구(Dong-Gu), 동래구(Dongnae-Gu), 수영구(Suyeong-Gu) 및 연제구(Yeonje-Gu)는 도시화지역의 비율이 약 50%로 나타났으며, 다른 항목들은 항목별 차이가 거의 없었다. 사상구(Sasang-Gu)와 사하구(Saha-Gu)는 도시화지역이 약 40%였으며, 대규모 공업지역이 밀집되어 있는 특성이 있다. 강서구(Gangseo-Gu)는 대규모 공업지역이 위치하고 있으나, 도시화지역의 비율이 약 7.9%로 다른 구에 비해 낮은 비율을 나타내었다(Ahn *et al.*, 2012).

## 결과 및 고찰

### 1. 냉수대 특성

하계 냉수대(cold water mass)가 자주 출현하는 것으로 알려진 한반도의 남동연안은 차가운 중·저층수가 용승작용에 의해 표층으로 올라와 주변해역의 표면수온보다는 상대적으로 5°C 정도 낮은 저온수대가 형성되며, 짙은 안개

가 발생한다. 또한 냉수대는 저층에서 표층으로 상승하는 용승현상에 의해 저층의 많은 영양염을 표층으로 운반하여 부유생물의 번식을 증가시켜 좋은 어장이 형성하는 것이 일반적이지만, 남동부연안에서는 어획되었던 어류가 잡히지 않고 오히려 어획이 불리한 환경조건이 형성되기도 한다(Kim *et al.*, 2008). 그리고 다른 많은 연구결과에서 동남연안지역의 경우 계절풍인 남서풍에 의한 용승에 기인한 것으로 분석하였다(Lee, 1983; Seung, 1984; Oh *et al.*, 2004). 주로 동남연안의 냉수대는 6월말부터 불규칙한 발생과 소멸을 반복하면서 8월말에 거의 소멸하게 된다.

다음은 본 연구기간 동안 냉수대 발생에 따른 수온변화를 살펴보기 위하여 냉수대가 발생한 지점(부산(Busan), 기장(Gijang))과 냉수대가 발생하지 않은 지점(산양(Sanyang))으로 나누어 비교 제시하였다. 먼저 냉수대가 발생하지 않는 산양(Sanyang)지점은 6월초부터 8월말까지 계속해서 수온이 증가함을 알 수 있다. 반면 냉수대가 발생하는 부산(Busan)과 기장(Gijang)지점은 6월말부터 8월말까지 4차례 냉수대가 발생하였으며, 냉수대발생 여부에 따라 평균적으로 수온이 3~7°C정도 낮아짐을 알 수 있다. 따라서 냉수대 발생에 따른 뚜렷한 수온

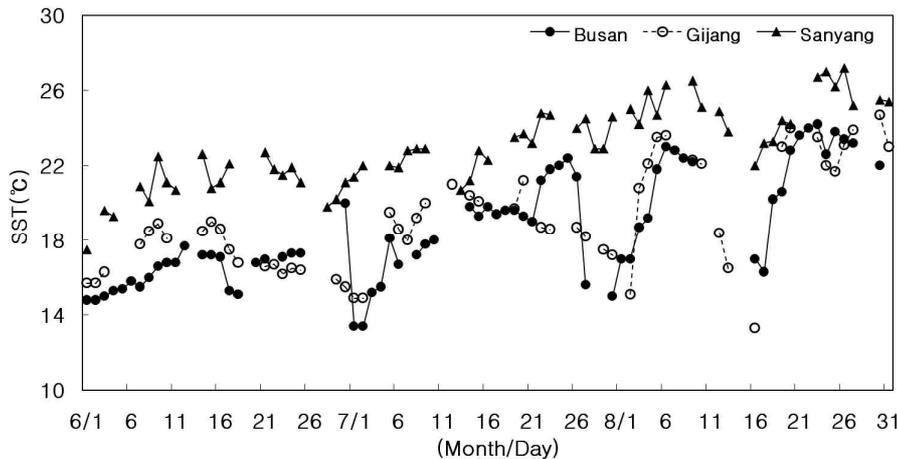


FIGURE 3. Comparison of daily mean SST of each sites by cold water events

의 차이를 확인할 수 있었다(그림 3).

## 2. 국지기상변화

냉수대 발생 유·무에 따른 국지기상의 변화를 그림 4~6에 제시하였다. 먼저 냉수대가 발생한 날(cold water)과 냉수대가 발생하지 않는 날(non cold water)에 대해 평균기온의 변화(그림 4)를 연안지역(그림 4(a))과 내륙지역(그림 4(b))으로 나누어 제시하였다. 연안지역은 수영만(Suyeongman), 영도(Yeongdo), 해운대(Haeundae), 기장(Gijang), 대연(Daeyeon), 부산(Busan) 등 6개 지점이며, 내륙지역은 금정(Gumjeong), 북구(Bukgu), 부산진(Busanjin), 동래(Dongnae) 등 4개 지점이다. 연안지역(그림 4(a))의 경우 주간(08시~18시)에는 냉수대가 발생한 날(cold water)이 냉수대가 발생하지 않는 날(non cold water)보다 평균 약 2.1℃, 야간(19시~07시)에는 평균 약 1.3℃ 낮게 나타났다. 이러한 기온의 차는 냉수대 발생에 의해 차가워진 공기가 해풍의 영향으로 지속적으로 연안지역에 유입되기 때문이다. 내륙지역(그림 4(b))의 경우 주간(08시~18시)에는 냉수대가 발생한 날(cold water)이 냉수대가 발생하지 않는 날(non cold water)보다 평균 약 0.5℃ 정도 낮았고, 연안지역에 비해서는 약 1.6℃ 정도 낮은 값이다. 이는 부산지역의 토지피복의 특성(표 2)에 의해 연안에서 내륙으로 도시화 비율이 높고, 고층아파트가 밀집해 있어 해풍의 유입을 원활히 이루어지지 않기 때문으로 판단된다. 야간(19시~07시)에는 육풍의 영향을 받아 냉수대 발생 유·무에 상관없이 비슷한 기온을 나타내었다.

다음은 평균풍속의 변화를 연안지역과 내륙지역으로 나누어 살펴보았다(그림 5). 연안지역(그림 5(a))의 경우 주간에는 냉수대 발생에 상관없이 거의 동일한 풍속 값을 나타내었고, 야간에는 냉수대가 발생하지 않는 날(non cold water)이 냉수대가 발생한 날(cold water)보다 약 0.1~0.2 m/s 높게 나타났다. 내륙지역(그림

5(b))은 시간대에 관계없이 냉수대가 발생하지 않는 날(non cold water)이 냉수대가 발생한 날(cold water)보다 약 0.2m/s 높게 나타났다. 또한 냉수대가 발생한 날(cold water)의 연안지역과 내륙지역의 풍속의 변화를 살펴보면 야간에는 거의 차이가 없으나, 주간에는 최대 약 0.4m/s 차가 나타났다. 반면 냉수대가 발생하지 않는 날(non cold water)은 야간에는 냉수대가 발생한 날(cold water)과 마찬가지로 거의 차이가 없었으나, 주간에는 최대 약 0.2m/s 차가 나타났다. 해륙풍순환에서 냉수대가 발생하여 해수온도가 낮아진 경우에는 낮에 해풍(남풍계열)은 탁월하게 발생하나 야간에 육풍(북풍계열)발생빈도는 약화되는 현상을 연안에서 확인할 수 있었다. 이에 따라서 풍속도 낮의 해풍 풍속(낮 시간대)이 냉수대가 발생하였을 때가 그렇지 않았을 때보다 강하였다. 반면에 육풍 풍속(야간 시간대)은 냉수대가 발생하였을 때에 약화되었다. 그 이유는 해륙풍의 발생원인인 해륙간 온도차이가 냉수대가 발생하였을 때에는 그렇지 않은 시기에 비하여 낮에 커지고 야간에는 더 작아지는 것에 있는 것으로 판단된다. 육풍은 야간에 육상의 온도가 해양보다 낮아져서 육상에서 냉각된 공기가 보다 고온인 바다로 부는 바람이기 때문에 냉수대가 발생하면 야간에 육상의 온도가 해양보다 낮아지기 어려워지기 때문에 야간에 육풍이 발생하기도 어렵고 발생하더라도 그 풍속이 감소하게 된다.

그림 6은 냉수대 발생 유·무에 따른 공간적 바람분포 특성을 파악하기 위하여 지점별 바람장미를 제시하였다. 먼저 냉수대가 발생한 날(cold water)의 연안지역은 남서풍과 남풍이 우세하였다. 이는 남풍 또는 남서풍이 3일 이상 지속적 될 때, 저층의 냉수가 표층으로 상승함으로써 냉수대가 발현되는 사실과 잘 일치한다. 또한 내륙지역은 부산진(Busanjin), 북구(Bukgu) 지점은 남풍이 우세하였고, 그 외 금정(Gumjeong), 동래(Dongnae)지점은 남서풍과 북동풍이 우세하였다. 반면 냉수대가 발생하지

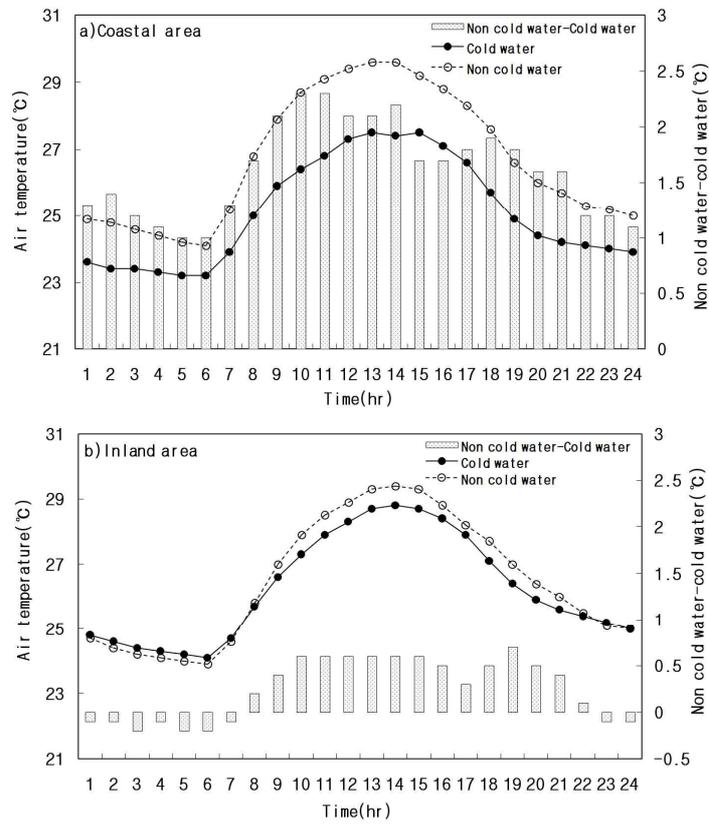


FIGURE 4. Time variation of air temperature in (a) coastal area and (b) inland area during cold water events and non cold water events

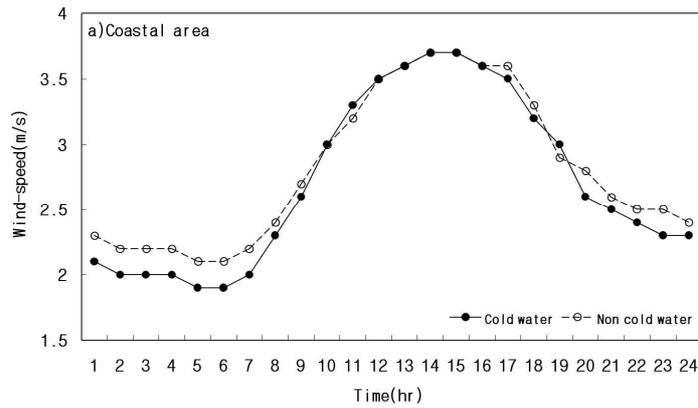


FIGURE 5. Time variation of wind-speed in (a) coastal area and (b) inland area during cold water events and non cold water events

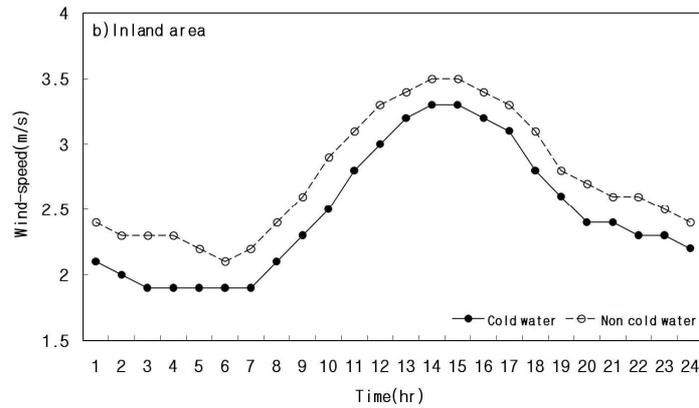


FIGURE 5. Continued

않는 날(non cold water)의 연안지역은 냉수대가 발생한 날(cold water)에 비해 수영만(Suyeongman) 지점을 제외하고는 북동풍이 증가됨을 알 수 있었다. 내륙지역은 냉수대가 발생한 날(cold water)과 같은 경향을 나타내었다. 수영만(Suyeongman)과 영도(Yeongdo) 지점은 냉수대 발생의 유무에 관계없이 남풍이

주풍향대를 이루고 있는데, 이는 여름철 북태평양고기압의 영향에 의한 지속적인 남풍의 유입 때문으로 판단된다. 또한 내륙지역은 지형과 지리적인 영향에 의해 냉수대 발생 유·무에 상관없이 동일한 풍향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

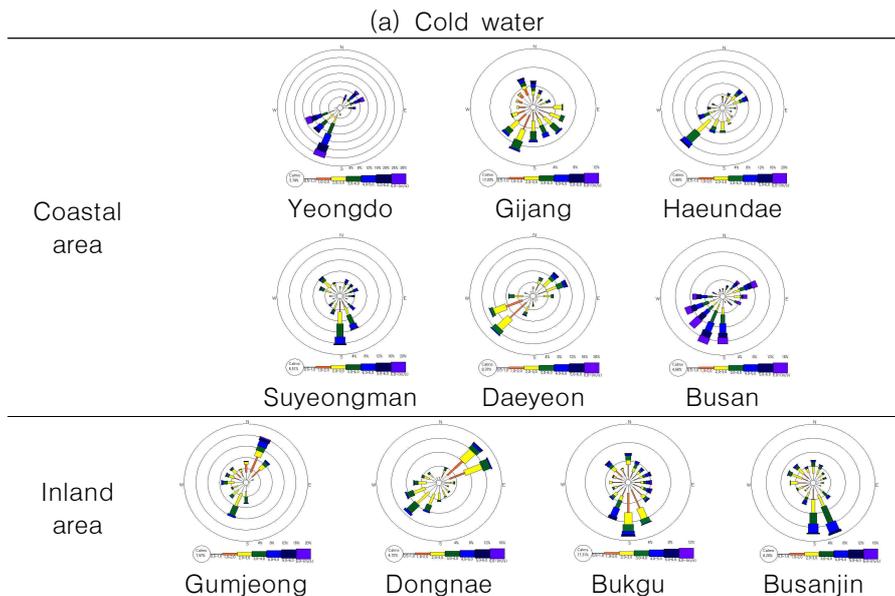
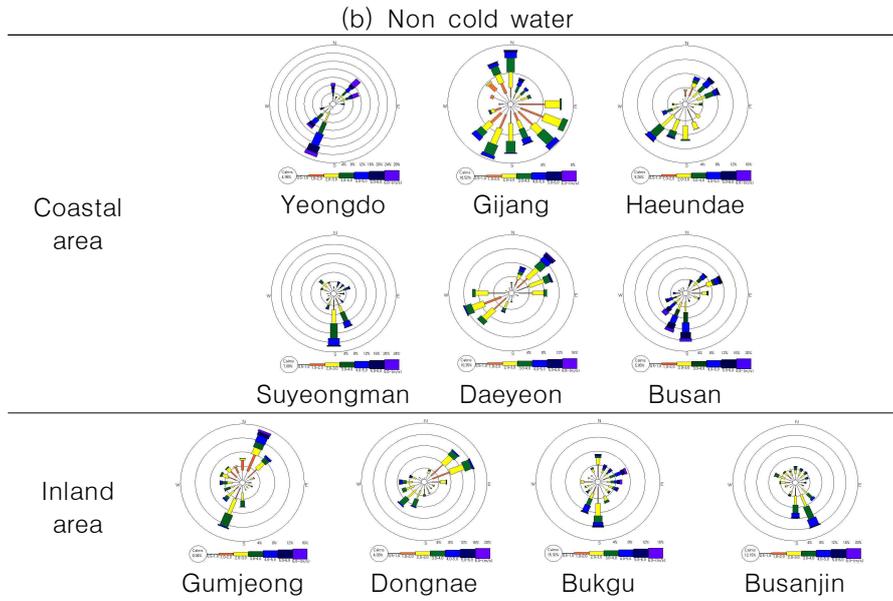


FIGURE 6. Wind roses of (a) cold water and (b) non cold water events at each AWS stations during experiments



### 3. 기온의 공간분포

냉수대가 발생한 날(cold water)과 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)을 대상으로 부산(Busan)지방기상청에서 제공하는 AWS 10개 지점의 평균기온을 이용하여 일평균과 주야간의 기온공간분포를 살펴보았다(그림 7). 냉수대가 발생한 날(그림 7(a))의 경우 연안지역과 도심의 기온차가 크지는 약 1°C 이상 차이가 있었다. 이는 연안지역에서 발생한 냉수대에 의해 형성된 차가워진 공기가 지속적으로 연안지역으로 공급되어 기온이 낮아진 것으로 판단된다. 반면 냉수대가 발생하지 않은 날(그림 7(b))의 경우는 연안지역과 도심의 기온차가 약 0.5°C 이하로 냉수대가 발생한 날(그림 7(a))보다 기온의 차가 크지 않았다. 또한 그림 7(a)와 그림 7(b)의 연안지역의 기온분포를 비교해 보면 냉수대가 발생한 날(그림 7(a))이 약 0.8°C 낮음을 알 수 있다. 그러나 도심의 경우에는 약 0.3°C 낮아 연안지역에 비해 큰 차이를 보이지 않았다.

다음은 해륙풍에 의한 도심으로의 냉기유입

가능성을 살펴보기 위하여 주간(그림 8)과 야간(그림 9)으로 나누어 기온의 공간분포를 제시하였다. 먼저 주간의 경우 냉수대가 발생한 날(그림 8(a))의 연안지역은 약 27°C, 도심은 약 28°C 이상으로 연안지역이 도심에 비해 약 1°C 정도 낮았다. 반면 냉수대가 발생하지 않은 날(그림 8(b))의 연안지역은 약 28.5°C로 냉수대가 발생한 날(cold water)보다 약 1.5°C 높게 나타났다. 도심은 약 28.9°C 이상으로 냉수대가 발생한 날(cold water)보다 약 0.9°C 이상 높게 나타났다. 또한 연안지역과 도심의 기온 차는 약 0.4°C로 냉수대가 발생한 날(cold water)에 비해 낮은 분포 차를 나타내었다. 야간의 경우 냉수대가 발생한 날(그림 9(a))의 연안지역은 약 24.4°C, 도심은 약 25.6°C의 기온분포를 나타내었으며, 그 차는 약 1.2°C로 주간에 비해 높았다. 반면 냉수대가 발생하지 않은 날(그림 9(b))은 연안지역은 약 25.1°C, 도심은 약 26°C로 기온 차는 약 0.9°C 정도였다. 야간의 기온이 주간의 기온보다 냉수대 발생 유·무에 상관없이 높은 기온 차를 보였다.

이를 통해 냉수대에 의해 형성된 연안의 차

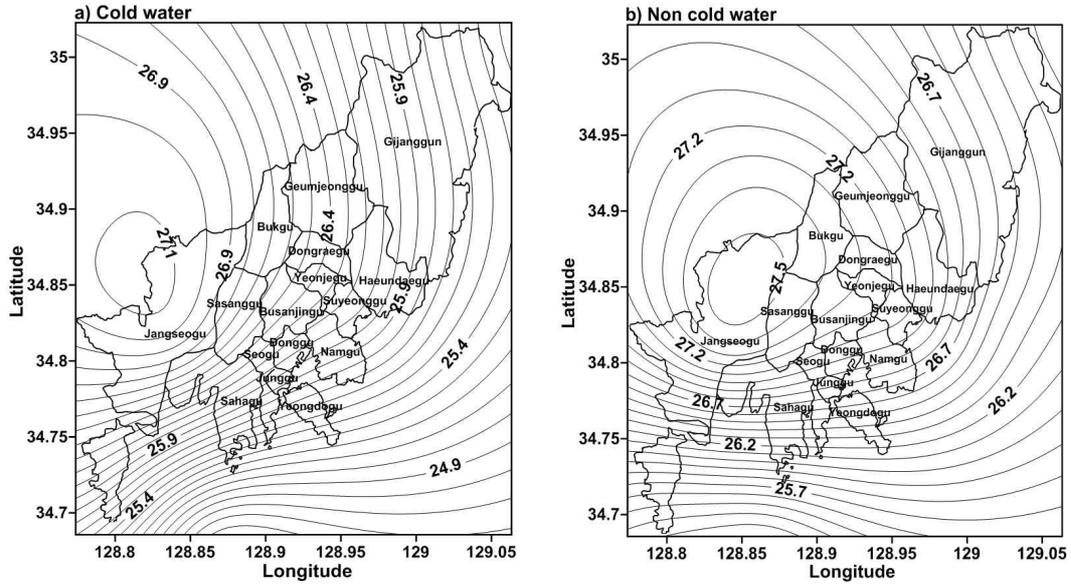


FIGURE 7. The distribution of daily mean temperature of (a) cold water and (b) non cold water, respectively

가워진 공기가 지속적으로 연안지역에는 영향을 미쳐 기온저하에 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 그러나 도심은 도시구조물과 지리적 지형적

영향으로 해풍에 의한 찬 공기의 유입이 원활하지 못한 것으로 판단되며, 그로인해 냉수대 발생에 따른 영향이 거의 없었다. 그러나 향후

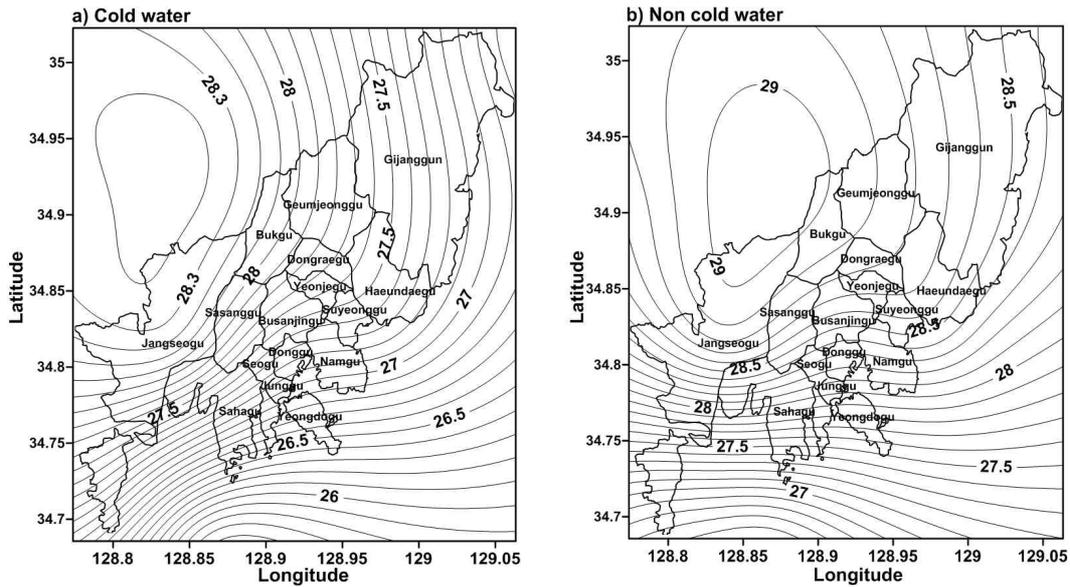


FIGURE 8. The distribution of daily mean temperature of daytime

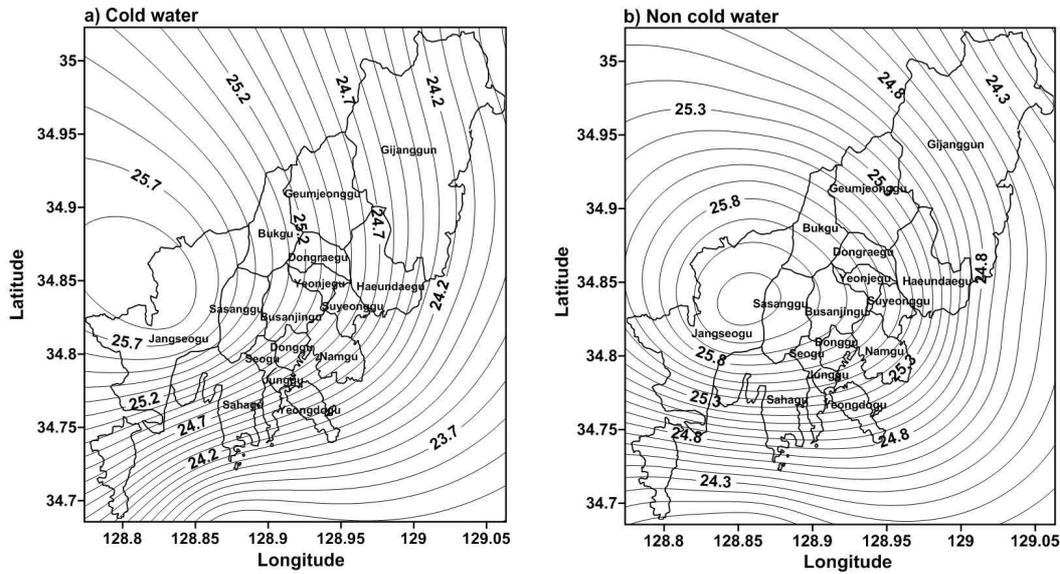


FIGURE 9. The distribution of daily mean temperature of nighttime

연안에서 발생한 냉수대로 인해 형성된 냉기류의 유입과 더불어 해풍의 유입을 원활히 하는 환경친화적 도시계획을 실천한다면 도심의 기온을 낮추는데 큰 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

### 결론

본 연구에서는 여름철 기온이 높았던 해인 2010년을 대상으로 부산(Busan)에 설치된 AWS와 국립수산과학원에서 제공하는 수온자료를 활용하여 부산(Busan)지역의 연안을 따라서 매년 거의 6월~8월중에 발생하는 대규모 냉수대가 부산(Busan)지역 기온에 미치는 영향을 살펴보았다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 여름철의 수온변화를 살펴보면 냉수대가 발생하지 않은 경우 약 20°C이상 높은 온도를 나타내었고, 냉수대가 발생하는 경우 약 1.3°C이하까지 낮아짐을 알 수 있었다.

둘째, 냉수대 발생 유·무에 따른 국지기상변화를 살펴보았다. 먼저 평균기온의 변화를 보면, 연안지역은 주간엔 냉수대가 발생한 날

(cold water)이 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)보다 약 2.1°C, 야간에는 평균 약 1.3°C 낮았다. 이러한 기온의 차는 연안에서 발생한 냉수대에 의해 차가워진 공기가 지속적으로 연안지역으로 유입되었기 때문으로 판단된다. 내륙지역은 주간에는 냉수대가 발생한 날(cold water)이 냉수대가 발생하지 않는 날(non cold water)보다 평균 약 0.5°C 정도 낮게 나타났다. 야간에는 냉수대 발생 유·무에 상관없이 거의 비슷한 값을 나타내었다. 다음으로 평균풍속은 냉수대 발생 유·무에 상관없이 야간에는 거의 차이가 없으나, 주간에는 냉수대가 발생한 날(cold water)이 최대 약 0.4m/s, 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)은 최대 약 0.2m/s의 차를 보였다. 바람장 분포는 냉수대가 발생한 날(cold water)의 연안지역은 남풍과 남서풍, 내륙지역은 금정구(Gumjeong)와 동래(Dongnae)지점은 남서풍과 북동풍이 우세하였고, 그 외 지점은 남풍이 우세하였다. 냉수대가 발생하지 않는 날(non cold water)의 연안지역은 영도(Yeongdo)와 수영만(Suyeongman) 지점은 남풍과 남서풍, 해운대(Haeundae)지점은 남서풍과 북동풍이 우세하

였다. 그러나 기장(Gijang)지점은 뚜렷한 주풍향대를 나타내지 않았다. 반면 내륙지역은 냉수대가 발생한 날(cold water)과 같은 경향을 나타내었다. 수영만(Suyeongman)과 영도(Yeongdo)지점은 냉수대 발생의 유·무에 관계없이 남풍이 주풍향대를 이루었고, 이는 여름철 북태평양고기압의 영향에 의한 지속적인 남풍의 유입 때문으로 판단된다. 또한 내륙지역은 지형과 지리적인 영향에 의해서 냉수대 발생 유·무에 상관없이 동일한 풍향을 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

셋째, 냉수대 발생 유·무에 따른 도시의 열적 분포 특성을 알아보기 위해 기온의 공간분포를 살펴보았다. 냉수대가 발생한 날(cold water)은 연안지역과 도심지역의 기온차가 약 1°C 이상 차이가 있었으며, 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)은 연안지역과 도심지역의 기온차가 약 0.5°C로 냉수대가 발생한 날(cold water)보다 낮은 기온차를 보였다.

넷째, 해륙풍의 의한 도심으로의 냉기유입 가능성을 살펴보기 위해, 먼저 주간(주간)의 경우 냉수대가 발생한 날(cold water)은 연안지역이 도심에 비해 약 1°C 정도 낮았다. 반면 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)은 연안지역과 도심의 기온 차는 약 0.4°C로 냉수대가 발생한 날(cold water)에 비해 낮은 분포 차를 보였다. 반면 야간의 경우는 냉수대가 발생한 날(cold water)의 연안지역이 도심에 비해 약 1.2°C, 냉수대가 발생하지 않은 날(non cold water)은 연안지역이 도심에 비해 약 0.9°C 낮았다. 야간의 기온은 주간(주간)의 기온에 비해 냉수대 발생 유·무에 상관없이 높은 기온차를 보였다.

일본 동경의 경우 여름철 최고기온이 30°C 부근에서 1°C만 낮아져도 최대 수요전력이 약 110만kW 정도 절약되며, 이러한 전력수요의 차이가 발생하는 원인은 여름철 최대 수요전력 중 약 1/3이 가정용 에어컨을 포함한 냉방 수요가 차지하고 있기 때문이라고 하였다(朝倉正, 1990). 우리나라도 전력거래소에 따르면 기온이 1°C 하강함에 따라 전국적으로 20~30

만kW의 전력사용량을 줄일 수 있다고 보고하였다. 현재 우리나라는 여름철 기온상승으로 인한 전력수요량의 급증으로 에너지절약을 위한 여러 가지 대책을 수립하고 실천하고 있다. 그러므로 본 연구의 결과를 토대로 연안의 차가워진 공기를 도심으로 유입시키기 위한 연구가 활발히 이루어진다면 여름철 에너지 사용량 감소에 도움이 될 것으로 기대한다. [KAGIS](#)

## REFERENCES

- Ahn, J.S., J.D. Hwang, M.H. Park and Y.S. Suh. 2012. Estimation of urban heat island potential based on land cover type in Busan using Landsat-7 ETM+ and AWS data. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(4):65-77 (안지숙, 황재동, 박명희, 서영상. 2012. Landsat-7 ETM+ 영상과 AWS 자료를 이용한 부산(Busan)의 토지피복에 따른 여름철 도시열섬포텐셜 산출, *한국지리정보학회지* 15(4):65-77)
- Asakura, T. 1990. ABC of Industry and Weather. Seizando Shoten Publishing Co., Ltd., Japan (朝倉正. 1990. 産業と氣象のABC. 成山堂書店, 日本).
- Dourado, M. and A.P. Oliveira. 2008. A numerical investigation of the atmosphere-ocean thermal contrast on the PBL short-term variation over the coastal upwelling region of Cabo Frio. *Atmosfera(Mexico)* 21(1):13-34.
- Grossman, R.L. and A.K. Betts. 1990. Air-sea interaction during an extreme cold air outbreak from the eastern coast of the United States. *Meteorology and Climatology* 118:324-342.
- Kim, D.H. 2012. Wave characteristics due to the path of typhoon in Suyeong bay.

- Graduate school Pukyong National University. 4pp (김동환. 2012. 태풍경로에 따른 수영만(Suyeongman)의 파랑특성에 관한 연구. 부경대학교 대학원 석사학위논문. 4쪽).
- Kim, D.S. and D.H. Kim. 2008. Numerical simulation of upwelling appearance near the southeastern coast of Korea. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety* 14(1):1-7 (김동선, 김대현. 2008. 한국 남동연안역의 용승현상에 관한 수치실험. *해양환경안전학회지* 14(1):1-7).
- Kim, D.S., S.H. Choi, K.H. Kim and C.H. Kim. 2009. The distribution and interannual variation in suspended solid and particulate organic carbon in the northern east china sea. *Ocean and Polar research* 31(2):219-229.
- Kim, Y.K., H.W. Lee and J.H. Hong. 2001. Study on the characteristics of wind field at ground level around Pusan. *Journal of the Environmental Sciences* 10(2):135-142 (김유근, 이화운, 홍정혜. 2001. 부산(Busan)지역 지표 바람장의 특성에 관한 연구. *한국환경과학회지* 10(2):135-142).
- Kraus, E.B. and J.A. Businger. 1994. *Atmosphere-Ocean Interaction*. Oxford Press. 362 pp.
- Lee, H.W., H.E. Ji and S.H. Lee. 2009. A study of interrelationships between the effect of the upwelling cold water and sea breeze in the southeastern coast of the Korean peninsula. *Journal of Korea Society for Atmospheric Environment* 25(6):481-492 (이화운, 지효은, 이순환. 2009. 한반도 동남연안지역의 냉수대 영향과 해풍의 상호관련성 연구. *한국대기환경학회지* 25(6):481-492).
- Lee, H.W., W.S. Jung, H.H. Leem, K.O. Lee, H.J. Choi, H.E. Ji, H.J. Lee, K.H. Sung and W.G. Do. 2006. Analysis of local wind in Busan metropolitan area according to wind section division-part 1 : coarse division of wind sector using meteorological observation data-. *Journal of the Environmental Sciences* 15(9):835-846 (이화운, 정우식, 임현호, 이귀옥, 최현정, 지효은, 이현주, 성경희, 도우곤. 2006. 바람권역 구분을 통한 부산(Busan)지역 국지바람 분석 - Part I : 기상관측 자료를 이용한 바람권역 대분류-. *한국환경과학회지* 15(9):835-846).
- Lee, J.C. 1983. Variation of sea level and sea surface temperature associated with induced upwelling in the southeast coastal of Korea in summer. *Journal of the Oceanological Society of Korea* 18(2):149-160 (이재철. 1983. 夏季 韓國 南東海域에서湧昇과 關聯된 바람, 海水面 및 表層水溫의 變化. *한국해양학회* 18(2):149-160).
- Lee, S.H. and C.S. Ryu. 2010. Influence of continuous satellite based SST distribution on heavy snowfall events over the Korean Peninsula. *International Journal of Remote Sensing* 31(11):2853-2883.
- Lee, S.H., H.W., Lee and H.E. Ji, 2008. Effect of meso-scale meteorological field to the upwelling cold water in the southeastern coast of the Korean peninsula. *Proceeding of spring conference of the Korean meteorological society*. pp364-365 (이순환, 이화운, 지효은. 2008. 동남지역 연안 냉수대가 중규모 기상장에 미치는 영향. *한국기상학회 춘계*

- 학술대회논문집. 364-365쪽).
- Oh, H.J. Y.S. Suh and S. Heo, 2004, The relationship between phytoplankton distribution and environmental conditions of the upwelling cold water in the easterb coast of the Korean. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 7(4):166-173 (오현주, 서영상, 허승. 2004. 동해남부연안 냉수대 변동과 관련된 해양환경 및 식물플랑크톤의 변동 특성. 한국지리정보학회지 7(4):166-173).
- Park, S.Y. and H.M., Tak. 2013. Land use changes and climate patterns in southeast Korea. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 16(2):47-64 (박선엽, 탁한명. 2013. 우리나라 동남부 지역의 토지이용과 기후패턴 변화 분석. 한국지리정보학회 16(2):47-64). [KAGIS](#)