

부산지역의 기후변화와 매립의 관련성에 대한 연구

도근영* · 조용수** · 이정재***

*한국해양대학교 해양공간건축학부 교수, **동아대학교 건축학부 교수, ***동아대학교 건축학부 부교수

A Study on the Relationship between Reclamation of the Foreshore and Climate Change in Busan Area

Geun-Young Doe* · Yong-Soo Cho** · Jung-Jae Yee***

*Assistant Professor, Division of Architecture and Ocean Space, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Professor, Faculty of architectural Design & Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

***Associate Professor, Faculty of architectural Design & Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

요 약 : 부산은 서울, 대구 등 내륙도시와는 달리 도시화 과정에 수역의 매립이 포함되어 있어 도시화에 의한 도시기후변화에도 매립의 영향이 있을 것으로 생각된다. 이에 본 연구에서는 한국의 3대 도시인 서울, 부산, 대구의 기후변화요인과 70여 년간의 기상데이터를 비교·분석하여 부산의 기후변화 특성 및 매립과 기후변화의 관련성에 대해 검토하였다. 그 결과 부산에서 매립이 진행되었다는 점을 제외하면 서울, 부산, 대구의 기후변화 요인에는 큰 차이가 없지만 서울, 대구의 경우는 도시화가 진행됨에 따라 최저기온의 연평균 상승이 현저한 것에 비해 부산은 매립이 진행된 시기에 최고기온의 연평균 상승이 현저함을 밝혔다.

핵심용어 : 해안매립, 도시화, 기후변화

Abstract : Busan has its unique character which differed from inland such as Seoul and Daegu. Because Busan is located in coast district of Korea, it could be inferred that the climate change in Busan had been influenced by foreshore reclamation in the urbanization process. The purpose of this study is to investigate the relationship between reclamation of the foreshore and climate change by analysing the climate change over the past 70 years in three metropolitan cities. The conclusion from this study are as follows.

1) There was not a big difference among elements of climate change in three cities.

2) Annual mean minimum temperature in Seoul and Daegu had remarkably increased over the past 70 years. On the other hand, annual maximum temperature in Busan had a sudden rise in the only tome to reclaim the foreshore.

Key words : Reclamation of the Foreshore, Urbanization, Climate Change

1. 서 론

지금까지는 국토확장이나 국토의 효율적 이용이라는 측면에서 대규모 매립사업이 이루어져 왔지만 최근에는 내륙에 입지하기 어려운 대규모 공항시설, 대규모 쓰레기 처리시설 등을 위해 연안역의 매립은 사회적, 경제적 및 해역이용이라는 측면에서 불가피한 선택이라 할 수 있다. 특히, 산지가 바다에 인접해 있어 개발가능지가 절대적으로 부족한 부산의 경우에는 매립이나 인공섬의 개발이 절실하며 이 때문에 많은 매립이 이루어졌거나 진행되고 있으며 또 계획되어 있는 실정이다.

그러나, 연안역의 매립에 의해서 해빈(海濱), 해안사구 및 갯벌의 파괴와 이에 따른 생태계의 파괴 등이 지적되고 있으며 또한 대규모 매립과 개발에 의해 광대한 수역이 육역으로 변하며 또 콘크리트나 아스팔트 등 피복으로 바뀌기 때문에 그 지역의 기후환경에 변화가 발생할 것으로 예상된다.

따라서, 불가피한 선택이라 할 수 있는 매립·개발을 통한 항만 및 공항시설 등의 확충을 위해서는 매립·개발과 기후환경의 관련성을 검토하여 기후환경 변화를 최소화할 수 있는 매립·개발 계획이 필요할 것이다.

이에 본 연구에서는 한국의 3대 도시인 서울, 대구, 부산을 대상으로 각 지역의 기상을 대표한다고 생각되는 서울관측소, 부산관측소, 대구기상대에서 관측된 70여 년간의 기상데이터와 도시기후변화 요인의 검토를 통하여 부산지역의 매립·개발과 기후변화의 관련성에 대해 검토하였다.

2. 도시의 기후변화 및 연구방법

2.1 도시의 기후변화

교외지역과 비교한 도시지역의 기후특성은 첫째, 대기가 오

* 대표저자 : 도근영(중신회원), gydoe@mail.hhu.ac.kr, 051) 410-4583

** 정희원, yscho@daunet.donga.ac.kr, 051) 200-7614

*** 정희원, jjyee@mail.donga.ac.kr, 051) 200-7609

염되어 일사가 적으며 기온이 높다. 둘째, 녹지가 적고 강우도 단시간에 유출되기 때문에 수증기의 공급이 적고 습도가 낮다. 셋째, 상승기류의 발생으로 구름·강수량이 많으며 풍속이 약하다는 것이다(環境工學教科書研究會, 2000). 즉, 교외지역이 도시화됨에 따라 기온상승, 일사량 및 풍속, 상대습도의 감소, 강수량 증가 등의 기후변화가 일어나게 된다.

특히, 도시화에 따른 기온상승은 도시발달에 따른 인위적인 영향과 기후변동에 의한 자연적인 변화가 복합적으로 나타난다고 볼 수 있지만(류, 1993), (김, 1999) 등의 연구에서는 1954~1993년의 40년간 기온데이터를 이용하여 온실효과와 도시화에 의한 기온 증가량을 계산하였고 부산의 경우는 온실효과에 의해 0.16℃, 도시화에 의해 0.45℃ 상승한 것으로 추정하고 있어 도시의 기온상승은 온실효과(지구온난화)의 영향보다 도시화의 영향이 크다고 할 수 있다.

기온상승과 같은 도시화에 따른 기후변화는 복잡한 메커니즘에 의해 일어나지만 기후변화를 일으키는 요인은 도시화에 따른 고층건물의 증가, 오염물질(차량 배기가스 등)의 증가, 도시피복의 변화(녹지, 흙 등에서 열용량이 크고 함수율이 낮은 콘크리트, 아스팔트 등으로의 변화), 도시배열(건축물, 자동차 등으로부터의 배열)의 증가(梅, 1995) 등을 들 수 있다.

한편, 부산의 경우는 서울, 대구 등의 내륙도시와는 달리 도시화의 과정에 광대한 수역이 매립에 의해 육역화되고 다시 개발에 의해 도시화되었다는 차이가 있다. 주변에 소양강댐, 충주댐 등 대규모 댐이 건설되면서 넓은 수역이 수역으로 변한 춘천과 충주의 경우는 안개일수가 크게 증가하였으며 안개의 농도 및 지속시간의 증가에 따라 일조시수가 줄어드는 등의 기후변화가 일어나고 있어(이, 2000) 수역을 육역으로 변화시키는 매립도 기후에 영향을 줄 것으로 생각되나 매립이 기후에 미치는 영향에 대한 국내의 연구사례는 전무에 가까우며 매립이 많이 추진된 일본의 경우에도 武若 聰(1995) 등에 의한 연구 정도에 불과하다.

2.2 연구방법 및 범위

매립이 기후변화에 미치는 영향을 검토하는 방법으로 첫 번째는 도시화가 진행된 해안지역의 도시 중에서 대규모 매립이 있었던 도시와 없었던 도시를 대상으로 기후변화를 검토하는 것이다. 또, 두 번째로는 도시화가 진행된 내륙도시와 매립이 진행된 해안도시를 대상으로 도시화에 따른 기후변화의 요인과 기후변화를 비교함으로써 매립과 기후변화의 관련성을 파악하는 방법을 생각할 수 있다. 첫 번째 방법은 가장 좋은 방법이지만 도시화가 진행된 해안지역의 도시인 부산, 인천, 울산, 포항 등은 모두 대규모 매립이 진행되어 매립의 영향을 직접적으로 검토하기 곤란하다. 이 때문에 본 연구에서는 두 번째 방법을 이용하여 매립의 영향을 검토하기로 한다.

두 번째 방법을 통해 매립의 영향을 검토할 경우, 대상도시간의 기후변화 차이가 기후변화 요인의 차이에 기인하는 것인지 아닌지를 확인하기 위해 먼저 기후변화 요인의 추이를 비교할 필요가 있다. 만약, 도시화에 따른 기후변화 요인의 추이

에 큰 차이가 없음에도 기후변화에 차이가 있다면 그 원인으로 첫 번째는 대상 도시 특유의 특징일 가능성, 두 번째는 내륙도시와 해안도시의 차이에 기인할 가능성, 세 번째는 매립에 의한 영향일 가능성을 생각할 수 있으며 이 세 가지 원인에 대한 검토가 있어야만 기후변화에 대한 매립의 영향을 파악할 수 있을 것이다.

부산의 기후변화에 미친 매립의 영향을 파악하는 것이 본 연구의 최종목적이지만 본 논문에서는 1차적으로 부산과 서울, 대구의 기후변화 차이 및 기후변화 차이와 매립의 관련성 검토까지를 연구의 범위로 하였으며 기후변화의 차이가 부산 특유의 것인지, 내륙과 해안도시의 차이인지 아니면 직접적인 매립의 영향인지에 대한 검토는 이후 연구를 진행하여 보고하도록 한다.

단, 본 연구에서 분석된 기후변화는 지구차원의 기후변화, 매립 및 도시화의 영향, 지리적 특성이 복합적으로 작용한 결과이기 때문에 매립의 영향, 도시화의 영향, 지리적 특성 중 어느 쪽의 영향이 상대적으로 큰지를 검토했다고 할 수 있다.

3. 기후변화 요인의 추이 비교

3.1 인구의 변화

인구의 증가는 도시화의 대표적인 지표로 알려져 있으며 서울과 부산, 대구의 인구추이를 Fig. 1에 나타낸다. 서울의 경우 1900년대 초부터 증가하던 인구가 1950년 한국전쟁과 함께 급감하였지만 이후 다시 가파른 증가추세를 보이며 1992년에 약 1,097만 명의 인구를 기록하였고 1993년부터 6년간 인구가 감소하였지만 1998년부터 1,030만 명 정도를 유지하고 있다. 1993년 이후의 인구감소는 분당, 일산 등 서울 근교의 신도시 개발에 따라 서울의 인구가 경기도로 이동되었기 때문이며 서울과 경기도를 합한 인구수는 지속적인 증가추세를 나타내고 있다. 부산은 1945년 약 30만 명의 인구였으며 1980년대 말 400만 명에 이를 때까지 꾸준한 증가추세를 나타냈지만 1990년대부터 인구수가 조금씩 감소하는 추세를 보이고 있으며 2001년의 인구수는 380만 명 정도이다. 한편, 대구의 인구는 계속적으로 증가하고 있지만 1990년대 중반부터 증가폭이 매우 둔화되었다.

이상의 세 도시 모두 1980년대까지 인구의 증가폭에는 차이가 있지만 지속적인 인구증가추세를 나타내고 있으며 1990년대에 들어서 인구변화에 차이를 보이지만 도시화에 큰 차이가 있을 정도는 아닌 것으로 생각된다.

3.2 도시의 오염물질 변화

도시화에 따라 산업, 생활시설, 자동차 등으로부터 배출되는 오염물질이 증가하며 도시표면의 요철 증가에 따른 풍속감소의 영향 등으로 그 오염물질은 도시 상공에 정체하게 된다. 이 때문에 도시의 일사량이 감소하게 되며 고층빌딩에 의한 상승기류발생과 함께 오염물질이 응결핵으로 작용하여 강수량이 증가하게 된다. 또한, 오염물질의 온실효과가 도시의 기

온상승에도 영향을 미친다. 그러나 각 도시의 대기 중 오염물질에 대한 자료로는 1985년부터 측정된 아황산가스, 이산화질소 및 오존의 농도 데이터와 1995년부터 측정된 미세먼지량이 있을 뿐이다. Fig. 2와 Fig. 3에 이들 데이터의 경년변화를 나타낸다.

이산화질소 농도는 서울이 부산, 대구에 비해 조금 높지만 세 도시 모두 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 오존은 세 도시가 거의 비슷한 농도로 조금씩 증가하고 있다. 이에 비해 아황산가스의 농도는 1980년대 말에 일시 증가하였지만 세 도시 모두 감소하고 있으며 2001년에 0.01ppm의 농도를 나타내고 있다. 한편, 미세먼지량은 세 도시 모두 2000년까지 감소하는 경향을 보이지만 2001년에 서울, 대구의 미세먼지가 조금 증가하고 있다.

오염물질에 대한 자료는 충분하지는 못하지만 1985년 이후 서울, 부산, 대구 모두 유사한 변화경향을 나타내고 있다고 할 수 있다.

3.3 건축허가면적, 전력사용량, 차량등록대수의 추이

도시화에 따른 풍속의 감소는 도시표면의 요철 증가에 기인하며 또 요철의 증가 특히 고층건축물의 증가는 도시의 야간 복사냉각을 저해하여 도시 기온상승에 영향을 미친다. 도시표면의 요철증가나 고층건물의 증가에 대한 자료가 없으나 도시화에 따라 도시역이 수평적으로 팽창함과 동시에 도심부의 고층빌딩 건축 등에 의한 수직적 팽창이 이루어지며 이러한 팽창의 원인인 건축 활동이 건축허가를 얻어야 되므로 건축허가면적을 이용함으로써 간접적으로 요철증가나 고층건물의 증가를 추정할 수 있다.

한편, 기온상승에 영향을 미치는 도시배열은 건축물과 자동차 등의 배열이 상당부분을 차지한다. 특히, 건축물로부터의 배열은 냉난방, 생산 등의 인간 활동에서 발생하며 최근에는 전기에 대한 의존도가 높아지고 있으므로 자동차등록대수와 한국전력공사의 전력판매량의 추이로 도시배열의 변화를 유추할 수 있다. 또, 자동차등록대수는 도시의 오염물질과도 관련이 되며 자동차등록대수와 건축허가면적은 도시피복의 변화와도 관련이 된다.

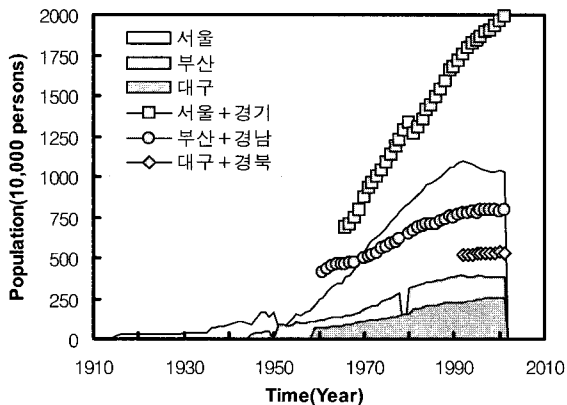


Fig. 1 Population change in three cities

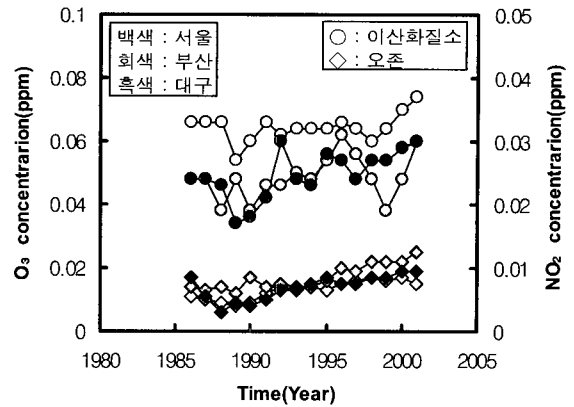


Fig. 2 Change of O₃ and NO₂ concentration

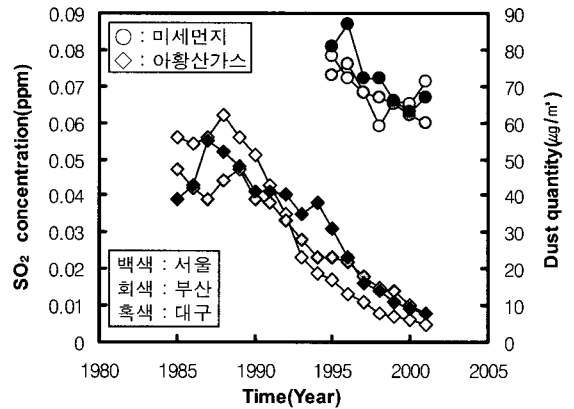


Fig. 3 Change of SO₂ concentration and dust quantity

Fig. 4는 각 도시의 건축허가면적 추이로 서울의 건축허가면적은 부산의 2배 이상이지만 세 도시 모두 1990년까지는 증가하며 IMF의 영향으로 1998년경에 큰 폭으로 감소하였다가 이후 다시 건축허가면적이 증가하는 경향을 보이고 있다. 또, Fig. 5는 자동차등록대수 및 전력판매량의 변화를 나타낸 것으로 세 도시 모두 지속적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다.

이상의 도시화에 따른 기후변화에 영향을 미치는 요인과 관련된 오염물질, 건축허가면적, 전력사용량, 차량등록대수의 검토에서와 같이 서울, 부산, 대구의 기후변화 요인은 변화량에는 차이가 있으나 변화경향은 유사하다고 할 수 있다.

3.4 부산의 매립면적 추이

부산은 1900년대 초부터 매립이 시작되었으며, Fig. 6(부산의 매립면적 추이, 매립면적은 매립공사 완공시의 연도를 기준으로 하였음)에 나타난 것과 같이 1945년 일제강점기의 종료와 함께 매립이 중지되었다가 1974년경부터 다시 매립이 진행되었다.

1945년 이전은 일제강점기로 일본이 한반도를 대륙침략의 교두보로서 이용하기 위한 항만시설의 확충을 목적으로 한 매립공사가 대부분으로 부산항 북빈 매축공사, 부산진 매축공사, 부산항 항만시설공사, 남항 매축공사 등 총 4,104,904.15㎡

가 매립되었다. 한편, 1974년 이후는 고도경제 성장기에 수출입을 위한 컨테이너 부두 등 항만의 확충과 부족한 도시 부지를 확보하기 위한 매립으로 자성대 부두, 감만 부두, 신선대 부두, 감천항 부두의 매립 등 6,813,779.9m²가 매립되었으며 이는 1945년 이전 매립면적의 1.5배 이상에 달한다. 매립이 없었던 1945~1974년은 기존 항만의 개·보수가 주로 이루어졌다.

이와 같이 부산은 2000년 현재 총 10,918,684.05m²가 매립되었으며 이는 부산의 총면적인 759.86km²의 1.4%, 구시가지 360.2km²의 3%에 해당하며(부산광역시 홈페이지) 현재 진행 중인 가덕도 신항만 공사는 2011년까지 8,780,000m²를 매립할 예정이다.

4. 부산의 기후변화

서울, 부산, 대구의 기후변화를 검토하기 위해 서울관측소, 부산관측소, 대구기상대에서 관측한 기상데이터를 분석하였다. 서울관측소는 1908년부터 기상관측을 시작하여 1933년 1월에 종로구 운마동에서 현재의 송월동으로 이전하였으며 부산관측소는 1904년부터 관측을 시작하였고 수차례의 이전 후, 1934년 1월에 현재의 중구 대청동으로 이전하였다. 또, 대구기상대는 1907년부터 관측을 시작하여 1937년 1월에 동구 신암1동으로 이전하여 현재에 이르고 있다. 세 도시 모두 상기의 관측소 및 기상대 이외에도 기상을 관측하는 자동기상관측지점이 있으나 이들은 1980년대 후반부터 기상을 관측하기 시작하였기 때문에 장기간의 기후변화를 검토하기에 위한 데이터로서는 이용하기에 어려움이 있다.

일반적으로 상기의 기상대 및 관측소에서 관측한 데이터를 각 지역의 기상 또는 기후에 대한 자료로 이용하며 풍속 등의 기상데이터는 기상관측지점의 이전에 의해 차이가 있을 수 있으므로 세 도시의 관측지점이 모두 현재의 위치로 이전한 후인 1937년부터 2003년까지의 기상데이터를 검토에 이용하였다.

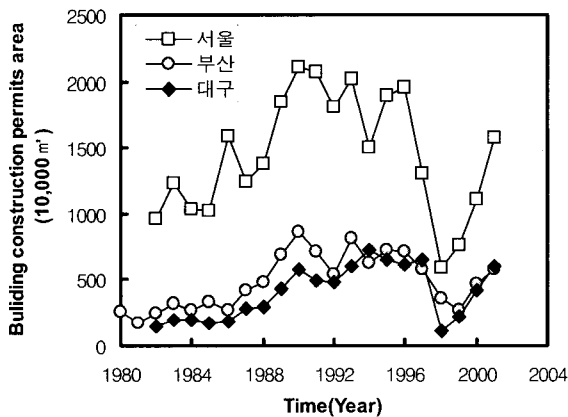


Fig. 4 Change of building construction permits area

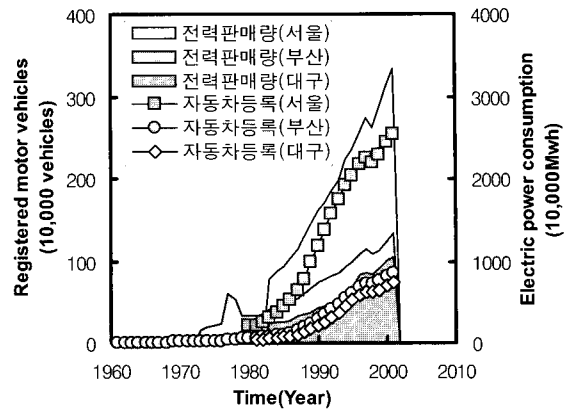


Fig. 5 Change of registered motor vehicles and electric power consumption

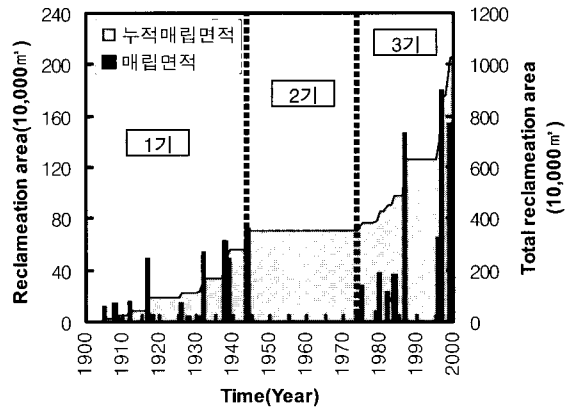


Fig. 6 Change of reclamation area in Busan

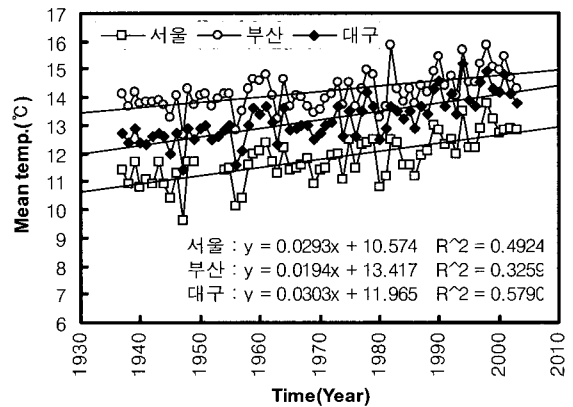


Fig. 7 Change of the annual mean temperature

Table 1 Tendency line and change width of temperature change

		서울	부산	대구
최고기온의 연평균	기울기	0.0105	0.0139	0.0205
	변화폭(°C)	0.7	0.9	1.4
연평균기온	기울기	0.0293	0.0194	0.0303
	변화폭(°C)	1.9	1.3	2.0°C
최저기온의 연평균	기울기	0.0435	0.0185	0.0367
	변화폭(°C)	2.9	1.2	2.5

3.1 기온변화

서울, 부산 및 대구의 67년간(1937~2003년) 연평균기온(이하, 평균기온) 추이를 Fig. 7에 나타낸다. 세 도시 모두 평균기온은 꾸준히 상승하고 있음을 알 수 있다. 세 도시의 개략적인 기온상승 정도를 파악하기 위해 Fig. 7에 나타낸 것과 같이, 평균기온, 최고기온의 연평균(이하, 최고기온) 및 최저기온의 연평균(이하, 최저기온) 변화에 대한 직선회귀식을 산출하여 Table 1에 직선회귀식의 기울기와 기온변화폭을 나타내었다. 기온변화폭은 직선회귀식의 기울기를 기준으로 계산(기울기×67년)한 결과이다. 평균기온의 경우, 1937년보다 서울, 대구는 약 2℃, 부산은 1.3℃ 정도 상승했다. 일반적으로 도시의 기온상승은 도시화에 따른 열용량의 증가, 야간복사냉각의 감소, 오염물질에 의한 온실효과, 도시배열의 증가에 기인하는 것으로 특히 열용량의 증가와 야간복사냉각의 감소에 의해 최저기온의 상승이 현저한 것으로 알려져 있는 것과 같이 서울과 대구는 최저기온, 연평균기온, 최고기온의 순으로 기온의 상승폭이 큰 것으로 나타났다. 이에 비해 부산의 경우, 기온의 상승폭은 평균기온이 1.3℃, 최저기온이 1.2℃, 최고기온이 0.9℃로 최저기온과 평균기온의 상승폭이 서울, 대구에 비해 작으며 최저기온보다 평균기온의 상승폭이 큰 것으로 나타났다. 또, 최저기온에 대한 최고기온의 상승비(최고기온 상승폭/최저기온 상승폭×100)는 서울이 24%(0.7℃/2.9℃×100)이며 대구는 56%(1.4℃/2.5℃×100)인 것에 비해 부산의 경우는 75%(0.9℃/1.2℃×100)로 최고기온의 상승폭이 서울과 대구에 비해 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

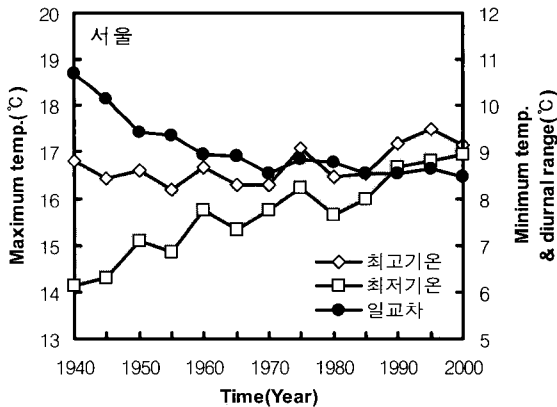


Fig. 8 Change of maximum temp., minimum temp. and diurnal range in Seoul

각 도시의 기온은 Fig. 7에 나타낸 것과 같이 연도에 따른 차이가 크기 때문에 5년간의 평균(1940년은 1940~1944년의 평균, 단, 2000년은 2000~2003년의 평균)을 구하여 최저기온, 최고기온 및 최저·최고기온차(최고기온-최저기온, 이하 일교차*)를 검토했다. 서울은 Fig. 8에 나타낸 것과 같이 일교차가

가 감소하는 경향을 보이고 있다. 특히, 1970년까지는 일교차가 큰 폭으로 감소하고 있으며 이는 최저기온이 큰 폭으로 상승하는 반면 최고기온은 오히려 조금 낮아졌기 때문이다. 또, 1970년 이후 일교차가 작은 폭으로 감소하는 것은 최고기온의 상승폭보다 최저기온의 상승폭이 크기 때문이다. 한편, 대구의 경우는 Fig. 9에 나타낸 것과 같이 일교차가 큰 폭은 아니지만 꾸준히 감소하는 경향을 보이고 있으며 이는 서울의 1970년 이후와 같이 최고기온의 상승폭에 비해 최저기온의 상승폭이 조금 큰 것에 기인하고 있다.

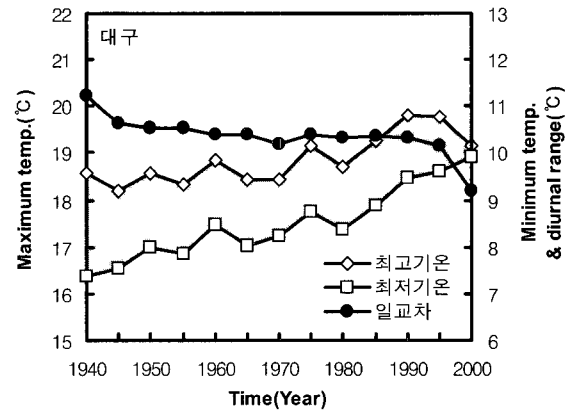


Fig. 9 Change of maximum temp., minimum temp. and diurnal range in Daegu

이에 비해 Fig. 10에 나타낸 것과 같이 부산은 1970년까지 일교차가 감소하지만 1970년 이후는 타 도시와 달리 일교차가 커지는 경향을 나타내고 있다. 부산의 최저기온은 타 도시와 같이 꾸준히 상승하고 있는 반면 최고기온은 1970년까지 감소하고 있어 일교차는 감소하지만 1970년 이후는 최저기온의 상승폭보다 최고기온의 상승폭이 크기 때문으로 일교차가 커지고 있는 것이다.

도시의 기온상승은 일반적으로 도시화에 따른 열용량의 증가, 야간복사냉각의 감소, 오염물질에 의한 온실효과, 도시배열의 증가에 기인하는 것으로 알려져 있다. 열용량이 증가할 경우는 최고기온이 낮아지고 최저기온은 높아져 기온의 일변화 또는 연변화폭이 감소하게 되며 야간복사냉각이 감소하면 주간에 받았던 열에 대한 야간의 방출 열량이 감소하여 지표가 충분히 냉각되지 않기 때문에 최저기온이 상승하게 된다. 또, 지표면 온도에 기인한 복사열을 방출시키지 않아 기온이 상승하게 되는 오염물질에 의한 온실효과와 도시 공기에 직접 공급되는 현열의 증가로 기온을 상승시키는 도시배열의 증가는 최고기온 및 최저기온 상승 모두에 영향을 미친다고 할 수 있다.

따라서, 보통 오후 2시경에 나타나는 최고기온을 오염물질 및 도시배열 증가의 두 요인이 상승시키는 반면 열용량의 증

* 일교차는 일최고기온과 일최저기온의 차이지만 1961년 이후의 연평균 최고기온과 최저기온의 차와 일교차의 연평균이 유사한 값이었기 때문에 여기서는 편의상 일교차라 한다.

가는 최고기온의 상승을 방해하지만 일출직전에 나타나는 최저기온은 열용량의 증가, 야간복사냉각의 감소, 오염물질 및 도시배열 증가의 네 가지 요인에 의해 상승하므로 최고기온의 상승폭보다 최저기온의 상승폭이 컸으며 이 때문에 서울, 대구의 일교차가 꾸준히 감소하는 경향을 나타내고 있는 것으로 생각된다. 또, 1970년 이전은 최고기온의 상승에 영향을 주는 도시배열이 최근에 비해 미미했기 때문에 최고기온이 오히려 조금 감소하는 경향을 보인 것으로 생각된다.

한편, 부산의 경우 1970년까지는 최고기온은 감소, 최저기온은 상승하는 경향으로 서울, 대구와 같이 일교차가 감소하는 경향을 보이고 있지만 1970년 이후는 오히려 일교차가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 즉, 1970년 이후 부산의 최저기온과 최고기온은 함께 상승하지만 서울, 대구와 달리 최고기온의 상승이 최저기온의 상승보다 큰 경향을 보이고 있다. Fig. 6에 나타난 것과 같이 1945년부터 1974년까지 부산에서는 매립이 없었던 시기이며 1975년 이후는 대규모 매립이 진행된 시기이다. 매립이 없었던 1974년 이전은 서울, 대구와 동일한 도시화 과정이었다고 할 수 있으며 서울, 대구와 같이 일교차가 감소하는 경향을 보이고 있다. 그러나 1975년 이후는 서울, 대구와 달리 부산의 도시화 과정에는 매립과 매립지의 개발이 포함되어 있으며 서울, 대구와는 반대로 일교차가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이와 같이 도시화 과정에 매립과 매립지의 개발이 포함된 시기에 일교차가 증가하는 현상, 즉 최고기온의 상승폭이 최저기온의 상승폭보다 크게 나타나는 현상에 대해 부산 이외의 인천, 울산, 포항 등 도시화 과정에 매립과 매립지의 개발이 포함된 도시에서도 동일한 현상이 나타나는지, 또 해안도시의 특징인지 아니면 부산만의 특징인지에 대해 검토할 필요가 있으나 매립의 영향일 가능성을 배제할 수 없다.

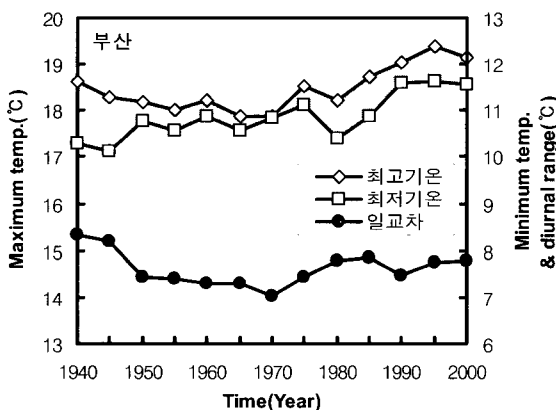


Fig. 10 Change of maximum temp., minimum temp. and diurnal range in Busan

매립이 진행될 경우 상대적으로 열용량이 큰 수역이 육역으로 변화되므로 도시역 전체의 열용량은 감소하게 되며 이후 매립지의 개발에 의해 매립된 나지에 건축물과 콘크리트, 아스팔트 등의 포장면이 증가되므로 열용량은 다시 증가하게 된

다. 열용량이 증가할 경우는 앞에서 설명한 것과 같이 최고기온은 낮아지고 최저기온은 상승하여 기온의 변화폭이 작아지지만 반대로 열용량이 감소할 경우 최고기온이 상승하고 최저기온은 낮아져 기온의 변화폭이 커지게 된다. 1975년부터 부산에서는 매립과 매립지 개발 및 도시화가 동시에 진행되었으며 방대한 면적의 매립에 따른 열용량 감소분이 매립지 개발 및 도시화에 따른 열용량 증가분보다 커 도시역 전체의 열용량이 감소되었다면 동시에 진행된 도시화에 의해 오염물질의 증가(온실효과)와 도시배열의 증가와 열용량의 감소로 최고기온의 상승폭이 커질 가능성이 있다. 또, 도시화에 따라 야간복사냉각의 감소, 오염물질의 증가(온실효과) 및 도시배열의 증가에 의해 최저기온이 상승하지만 열용량의 감소에 의해 최저기온의 상승폭이 작아질 수도 있다.

3.2 기타 기후요소의 변화

Fig. 11은 서울, 부산, 대구의 연평균풍속 변화를 나타낸 것으로, 세 도시 모두 연평균풍속이 약해졌음을 확인할 수 있다. 서울과 대구는 1970년대 후반부터 풍속감소가 현저하다. 부산의 경우는 1950, 1960년대에 풍속이 증가한 시기도 있으나 1960년대 중반부터 풍속이 현저히 감소하다가 1980년대 후반부터는 풍속이 3.9m/s 전후를 유지하고 있다. 도시화에 의해 건축물들이 들어설 경우 바람에 대한 지표의 저항이 커지기 때문에 풍속이 약해지는 것이 일반적인 경향이며 매립 역시 표면의 저항을 높여 풍속을 약화시킬 것으로 생각되지만 도시화와 매립이 진행되고 있던 1980년대 후반부터 부산의 풍속에 변화가 없는 것은 도시화나 매립의 영향보다는 다른 요인의 영향일 가능성이 높다고 생각된다.

또한, Fig. 12는 서울, 부산, 대구의 연평균상대습도의 변화를 나타낸 것으로 1970년까지 뚜렷한 상대습도의 변화는 나타나지 않지만 1970년 이후부터 서울과 대구에서는 상대습도가 감소하기 시작해 10% 정도 상대습도가 감소했음을 알 수 있다. 그러나, 부산의 경우는 타 도시와는 달리 상대습도의 변화는 나타나지 않고 65% 전후의 상대습도를 유지하고 있다. 일반적으로 도시화에 의해 나지, 녹지 등이 콘크리트, 아스팔트 등으로 포장되고, 강수가 있다고 하더라도 하수설비를 통해 하천 등으로 빠른 시간 내에 배수되므로 지표나 녹지 등에서 공급되는 수증기량이 도시화가 진행됨에 따라 감소하게 되며 이와 더불어 기온이 상승하기 때문에 상대습도는 감소하는 경향을 띄게 된다. 또한, 매립은 수역을 육역으로 변화시키므로 수역으로부터 공급되던 수증기량이 감소하기 때문에 상대습도는 감소할 것으로 추정된다. 그러나 Fig. 12에서와 같이 부산의 상대습도가 일정하게 유지되고 있는 것은 내륙도시인 서울, 대구의 경우 도시화와 함께 도시역이 수평적으로 확장되면서 도시 내부와 도시 주변으로부터의 수증기 공급이 동시에 감소되지만 해안도시인 부산의 경우는 도시화와 매립이 진행되더라도 바다라는 수증기 공급원과 주기적인 해풍에 의해 수증기가 지속적으로 공급되기 때문에 상대습도가 일정하게 유지되는 것으로 생각된다.

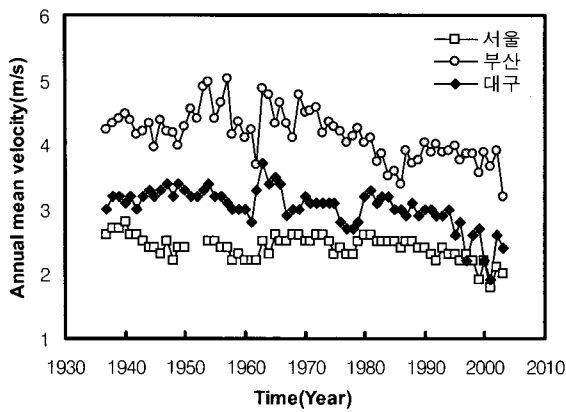


Fig. 11 Change of the annual mean Velocity

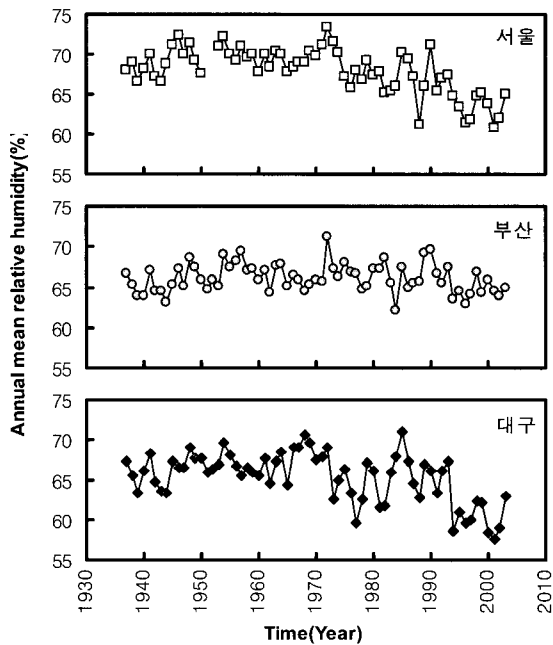


Fig. 12 Change of the annual mean relative humidity

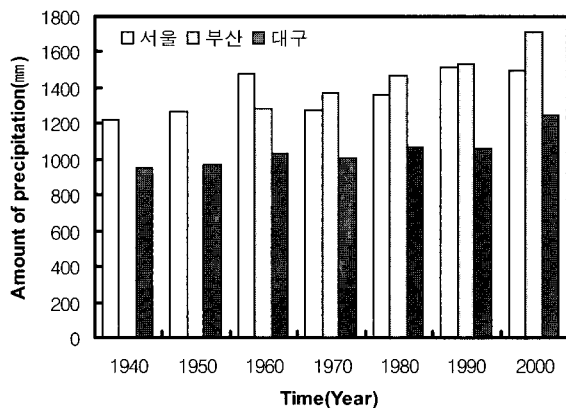


Fig. 13 Amount of precipitation in three cities (mean of a ten-year period)

강수량에 대해 연대별 평균을 구해 Fig. 13에 나타낸다. 일반적으로 도시화에 따라 강수량이 증가하는 경향을 띠다고 하며 서울, 부산은 강수량이 증가하는 경향을 볼 수 있으나 한국의 삼대 소우지역의 한 곳인 대구는 서울, 부산에 비해 증가량이 작은 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 서울, 대구, 부산을 대상으로 도시기후변화 요인 및 70여 년간의 기상데이터를 이용한 기후변화를 비교 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 부산의 도시화와 함께 진행된 매립을 제외하면 도시화에 따른 기후변화의 요인은 서울, 부산, 대구에서 유사한 변화경향을 나타내고 있다.

2) 기온변화에 대한 직선회귀식의 기울기를 근거로 산출한 기온변화폭은 서울과 대구의 경우 최저기온, 평균기온, 최고기온의 순으로 기온의 상승폭이 큰 것으로 나타났으나 부산은 기온의 상승폭이 평균기온 1.3℃, 최저기온 1.2℃, 최고기온 0.9℃로 최저기온과 평균기온의 상승폭이 서울, 대구에 비해 작으며 최저기온보다 평균기온의 상승폭이 큰 것으로 나타났다.

3) 서울과 대구는 일교차가 감소하는 경향을 보이나 부산은 감소하던 일교차가 1970년 이후에 증가되는 경향을 보이며 이는 1970년 이후 최고기온의 상승폭이 최저기온의 상승폭보다 컸기 때문이며 또한, 부산의 평균기온 상승폭이 최저기온의 상승폭보다 크게 나타난 것도 1970년 이후의 최고기온 상승의 영향인 것으로 생각된다.

4) 연평균 풍속은 세 도시 모두 감소하였으나 서울, 대구의 경우 1970년대 후반부터 풍속감소가 현저한 반면 부산은 1980년 후반부터 3.9m/s 전후의 풍속을 유지하고 있다.

5) 연평균 상대습도는 서울과 대구에서 10% 정도 감소했지만 부산의 경우는 65% 전후의 상대습도를 유지하고 있다.

6) 도시화에 따른 일반적인 기후변화 현상과 같이 연강수량은 세 도시 모두 증가하는 경향을 나타내고 있다.

도시화가 진행된 서울, 대구 및 도시화 과정에 매립이 포함된 부산의 기후변화를 비교 검토한 본 연구에서 밝혀진 기온변화와 풍속변화 및 상대습도 변화의 경향이 부산의 기후변화 특성인지 도시화와 매립이 진행된 해안도시의 공통된 기후변화 특성인지에 대해서는 이후 부산과 같이 도시화와 매립이 진행된 인천, 울산, 포항 등을 대상으로 연구를 진행하여 확인할 필요가 있으며 이를 통해서 매립과 도시기후변화의 관련성을 좀더 명확히 밝힐 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

이 논문은 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형통합항만관리연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

[1] 環境工學教科書研究會 編著, “環境工學教科書 第二版”, 彰國社, p 29, 2000. 8
[2] 류상범, 문승희, 조병길, “남한의 도시화에 따른 기온변동”, 한국기상학회지, 제29권 제2호, pp. 99~116, 1993. 6
[3] 김맹기, 강인식, 박종흠, “최근 40년간 한반도 도시화에 따른 기온 증가량의 추정”, 한국기상학회지, 제35권, 1호, pp. 118~126, 1999
[4] 이현영, “대규모 댐의 건설과 그 주변지역의 기후변화”, 기상청 기상연구소 정보지, Vol.5, No.4, pp. 3~4, 2000. 12

[5] 부산광역시 홈페이지(www.metro.pusan.kr)

[6] 梅干野 晁, “住まいの環境學”, 日本放送大學教材, pp. 73~79, 1995. 3 [7] 武若 聰, 草場智哉, 入江 功, “海岸埋立が沿岸都市の氣象に及ぼす影響”, 日本海岸工學論文集 第42卷, pp. 1146~1150, 1995

원고접수일 : 2004년 6월 30일

원고채택일 : 2004년 9월 21일