

# 1994년 7월 부산지역의 폭염으로 인한 일 사망률 특성 연구

이대근 · 김지영\* · 최병철

기상청 국립기상연구소

(2007년 11월 16일 접수; 2007년 12월 31일 승인)

## Characteristics of daily mortality due to heat waves in Busan in July 1994

Dae-Geun Lee, Jiyoung Kim\* and Byoung-Cheol Choi

National Institute of Meteorological Research,

Korea Meteorological Administration, Seoul 156-720, KOREA

(Manuscript received 16 November 2007; in final form 31 December 2007)

### Abstract

This study aims to assess the impact of the hot summer weather on daily mortality in Busan. Daily total all-caused mortality in the entire population in Busan has been examined during 1991-2005. The daily deaths were standardized to account for the long-term trend in mortality and their seasonal and weekly cycles. We found the net increase (about 8.2%) of excess deaths during the extraordinary heat wave period in July of 1994. It corresponds to the excess deaths of 109.5 during the month. The abnormality of temperature extremes in July of 1994 and their impacts on human health were also investigated. Unusual heat wave appeared in the first ten days in July of 1994. The excess deaths are likely to be attributable to the record-breaking heat waves. The result suggests that unusual early heat waves would be dangerous, even for inhabitants who live in an acclimated region to the heat waves such as Busan.

**Key words:** Heat wave, Mortality, Regional acclimation, Temperature extreme

### 1. 서론

최근 우리나라에서도 폭염 및 열대야를 비롯한 이상 고온 현상이 빈번히 발생하고 있다. 폭염 (heat waves)은 특히 노년층에서 많은 사망자를 유발하고, 냉방기의 가동률의 증가 등을 통해 순간최대 전력 사용 기록을 갱신하기도 하며, 지상 오존 농도의 상승과 광화학 스모그의 발생 등 대기오염 현상과도 깊은 연관성을 가지는 등 사회적, 경제적 및 환경적으로 많은 부작용을 낳는 것으로 알려져 있다 (Ebi *et al.*, 2004,

Kim *et al.*, 2006; Kunkel *et al.*, 1999). 1995년에 미국 동부지역에서 발생한 폭염이나 2003년 유럽지역에서 발생한 기록적 폭염은 그 피해의 심각성을 잘 보여 주는 대표적 사례라 할 수 있다 (Ferranti and Viterbo, 2006; Stott *et al.*, 2004; UNEP, 2004). 우리나라에서도 1994년 7월 하순부터 8월 초순까지 기록적인 폭염이 발생하여 서울에서만 일 평균사망자 (약 103명)에 비해 약 70명 이상의 초과사망자가 발생한 바 있다 (기상연구소, 2006; 김지영 등, 2006; 이대근, 2006). Meehl and Tebaldi (2004)의 연구결과에 따르면 21세기 후반에 전 지구적으로 폭염의 빈도, 강도 및 지속시간이 현재 보다 더욱 증가할 것으로 예측하고 있어 이에 대한 대비책 마련이 필요하다.

폭염에 따른 초과사망 (excess deaths)이 최대로 나타나는 시점은 시간의 지연효과 (time lag effect)를 가지고 나타나기도 하는데 선행 연구결과에 따르면, 폭염이 발생한 이후 최대 사망자수가 나타나는 시점은

\*Corresponding Author: Jiyoung Kim, Policy Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research, Korea Meteorological Administration, Seoul 156-720, KOREA.  
Phone : +82-2-6712-0235, Fax : +82-2-849-0668  
E-mail: jykim@kma.go.kr

지역적 특성에 따라 1일 또는 수일로 각각 다르게 나타나기도 한다. 이러한 시간지연 효과는 각 지역별 기후 특성 및 거주민의 기후적응도 (acclimation)와 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Kim *et al.*, 2006; Kysely, 2004).

기상연구소 (2006)는 전국적으로 기록적인 폭염이 나타났던 1994년 7월에 대한 연구를 수행한 바 있다. 당시의 국내 6대 도시 (서울, 인천, 대전, 대구, 부산, 광주)를 대상으로 사망자 수를 분석한 결과, 일 최고기온의 극값을 경신하였던 6대 도시 중 가장 고위도에 위치한 서울에서만 약 80명의 일 최고 초과사망자수가 나타난 바 있고, 비교적 고위도에 위치한 서울과 인천을 제외한 나머지 대구, 대전, 광주, 부산 지역에서는 초과 사망자수의 증가가 뚜렷하게 나타나지 않은 결과를 보였다. 또한 최근의 연구에서 밝혀진 바에 의하면 서울, 대전, 부산을 대상으로 조사된 평균기온의 증가에 대한 100만 명당 전연령사망률 증가폭의 기울기는 부산에서 0.09, 대전 0.4, 서울 0.5로 나타났으며, 고령자층의 경우는 더욱 취약하였고 그 상승폭이 고위도로 갈수록 더 크게 증가하는 것으로 나타났다 (Choi *et al.*, 2007).

이는 동일한 고온 환경에 노출된다 하더라도, 거주자의 기후적응능력이 다르기 때문에 기온과 일 사망자수 사이의 임계온도 (threshold temperature: 일 사망자수가 증가하기 시작하는 기온값)가 지역별로 다를 수 있음을 시사한다. 미국의 경우, 일최고 기온을 기준으로 한 임계온도는 Boston 30°C, Atlanta 32°C, Denver 34°C 등 역시 고위도로 갈수록 임계기온이 낮아지는 경향을 나타내었으며 (Kalkstein, 2003), 유럽의 경우에도 네덜란드 전체 16.5°C, 그리스 아테네의 경우 22°C로 나타남으로서 지역에 따른 기후적응능력의 양상이 달라지는 형태를 나타내었다 (Maud *et al.*, 2001; Pavlos *et al.*, 2001). 이를 볼 때 위도에 따른 지역별 기후적응능력의 차이가 분명히 존재하고 있음을 알 수 있으며, 우리나라의 경우 국토 면적은 기후대가 달라질 만큼은 넓지 않으나, 국내 6대 도시를 대상으로 한 기상과 사망률과의 선행연구 및 지역적 기후적응도 조사연구에서 밝혀진 바와 같이 기온에 따른 사망률 증가 추이가 위도에 따라 다르게 나타났음을 알 수 있다 (Michelozzi *et al.*, 2004).

본 연구는 한반도 지역의 폭염이 일 사망률에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하기 위하여 주로 인간의 생명기상학적인 (human biometeorology) 관점에 중

심을 두고 수행하였으며, 특히 새롭게 정의된 초과사망자 산출 기법을 통하여 부산 지역에서의 폭염으로 인한 보건 피해를 연구하였다.

## 2. 자료 및 분석방법

### 2.1 기상자료 및 사망자료

본 연구에 사용된 일별 기상관측 자료는 기상청의 기후자료 관리시스템 데이터베이스에 수록된 부산 관측소 (부산광역시 중구 대청동)에서 관측된 기온 자료를 사용하였다. 일 사망자 자료는 통계청에서 1년 단위로 작성·발간하는 1991년부터 2005년까지 15년간의 일별 사망원인통계 자료를 이용하였다 (<http://www.nso.go.kr>). 우리나라의 6대 광역시 (서울, 부산, 인천, 대전, 대구, 광주)에 대한 연구결과 (기상연구소, 2006)를 바탕으로, 서울지역을 대상으로 한 선행 연구 (김지영 등, 2006)에 대한 지역적 비교로서 지역적 기후적응도 효과가 있는 것으로 알려진 바 있는 부산지역을 중심으로 자료를 분석하였다. 부산은 한국의 남동쪽에 위치한 연안도시이며, 도시화가 진행된 국내 제2의 대도시이다.

### 2.2 초과사망자 산출 방법

각 지역에서 발생하는 사망자수를 살펴보면 사망자수가 발생하는 시간별 대상 연령군이 다르고 공간적 발생규모 측면에서도 비교적 큰 차이가 있으므로, 사회적 환경변화 또는 인구규모 변동을 사망자료 내에 적용시키기 위하여 일반적으로 시간 흐름에 따른 변화를 연령별로 표준화 한 후 분석에 사용한다 (건강보험심사평가원, 2004; 기상연구소, 2006). 본 연구에서는 15년간의 일별 사망자료 내의 연 별 변화, 계절 변화, 주간 변화의 가중치(weighting factor)를 구하여 매일의 일 사망 자료에 적용하여 일 별 기대사망자를 정의하여 일별 사망자 자료를 표준화 하였다 (Kysely, 2004). 각각의 가중치는 전 기간 평균 사망자에 대한 해당 연, 누적일 (julian day), 그리고 요일의 사망자의 비를 구하여 산출하였다. 1991년에서 2005년까지 부산의 총 일별 사망자수 (all-caused deaths) 자료가 사용되었으며, 초과 사망자수는 관측된 사망자수 (observed deaths)와 기대 사망자수 (expected deaths 또는 baseline deaths)간의 차이로부터 구해진다. 기대 사망자수는 연 별 변동 (annual variation), 계절 변동 (seasonal variation), 요

일별 변동 (weekly variation) 효과를 고려하기 위하여 각 변동 원인별 가중치를 구하고 구해진 가중치로부터 아래의 식 (1) 과 같이 각 날들의 일별 기대 사망자수를 구할 수 있다.

$$Mo(y, d) = Mn \times Mo(d) \times W(y, d) \times Y(y) \quad (1)$$

여기서, Mn은 전체 기간의 일 평균 사망자수를 나타내며, Mo (d)는 계절별 변동 요인을 설명하기 위한 가중치 (본 연구에서는 7일 이동평균한 자료를 사용함), W (y, d)는 관측된 사망자수의 요일별 변동을 설명하기 위한 가중치, Y (y)는 사망률의 연별 변동을 설명하기 위한 가중치를 의미한다 (Guest *et al.*, 1999; Smoyer *et al.*, 2000; Whitman *et al.*, 1997; Kysely, 2004).

초과사망자수를 산출하는 구체적 예를 들면 다음과 같다. 기대사망자수로부터 구해진 각 년도별, 각 일별, 각 요일별의 가중치를 전 연구기간의 사망자수의 일평균 (Mn)에 곱한다. 예를 들어, 1991년 1월 1일 수요일의 경우 15년 전체의 일 평균 사망자수 103.566 (Mn) 에 연도별 가중치의 1991년의 값 0.986 (y), 일별 가중치의 1월 1일의 값 1.089 (d), 요일별 가중치의 수요일의 값 1.001 (y,d)을 곱하면 기대사망자수 (111.345)가 산출된다. 여기에서 1991년 1월 1일의 관측된 사망자수와 기대사망자수의 차이가 초과사망자수가 된다. 단, 일별 가중치에서 1월 1일의 값을 구할 때, 12월 29일에서 1월4일 간의 7일 이동평균 (7 day moving-average)을 구하여 그날의 일별 가중치를 산출한다.

### 3. 결과

#### 3.1 부산의 사망률 특성 및 여름철 일 평균 기온 분포

1991년에서 2005년까지의 각 연도별 가중치 (일 평균 사망자는 약 48명임)의 경향을 Fig. 1a에 나타내었다. 연 별 변동경향을 보면 부산에서는 1992년부터 지속적으로 사망자수가 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다. Fig. 1b에서는 1월 1일부터 12월 31일까지 매일의 15년간 평균한 일별 사망자수의 계절적 변화를 보여주고 있다. 그림에 나타난 바와 같이 겨울에 사망자가 많고 여름으로 갈수록 줄어드는 등 일반적인 일 사망자수의 계절적 변동 추이의 전형적인 형태를 잘 나타내고 있는 것으로 보인다. Fig. 1c에서는 각 요일별 가중치를

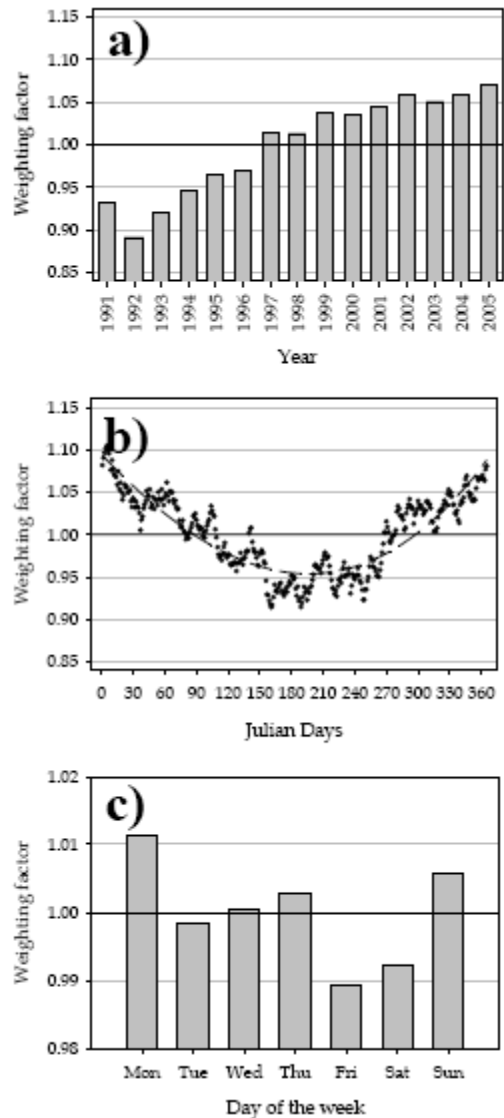
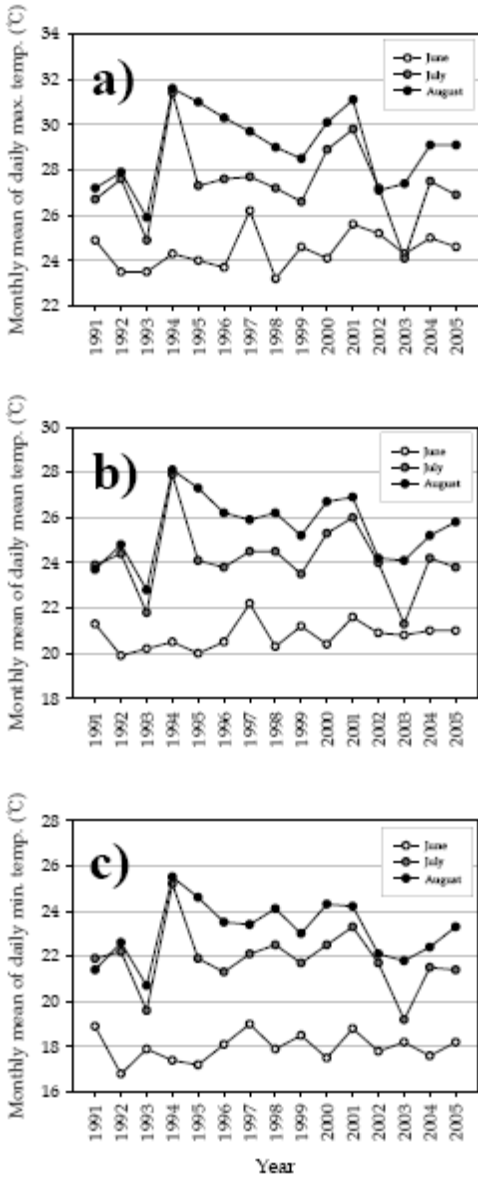


Fig. 1. Each figure shows trend of (a) annual, (b) seasonal, (c) weekly weighting factors. Weighting factor was computed from daily deaths in 1991-2005 (at Busan).

나타낸 것으로 여러 선행연구에서 알려진 바와 같이 월요일에 가장 높은 사망자수를 나타내고 있다.

Fig. 2는 1991년부터 2005년까지 여름철 일평균, 최고, 최저 기온의 월평균 값의 시계열을 6월, 7월, 8월에 대해 각각 나타낸 것으로서, Fig. 2a는 일 최고기온, Fig. 2b는 일 평균기온, Fig. 2c는 일 최저기온의 월 별 경향을 각각 나타내고 있다. 15년간 6월의 기온값은 큰 변동을 나타내고 있지는 않으며 7, 8월 보다 낮게 나타났으며, 7, 8월의 값은 각 년도별 기상특성에 따라

변화하고 있다. 7, 8월을 통틀어 기온값이 연구기간 내에서 가장 높았던 1994년의 경우, 7월의 기온값이 (최고, 평균, 최저 기온 모두) 8월과 비슷할 정도로 높은 값을 나타내었으며, 서울을 포함한 전국의 여러 관측소들에서도 7월의 일 최고기온의 극값을 갱신하였다

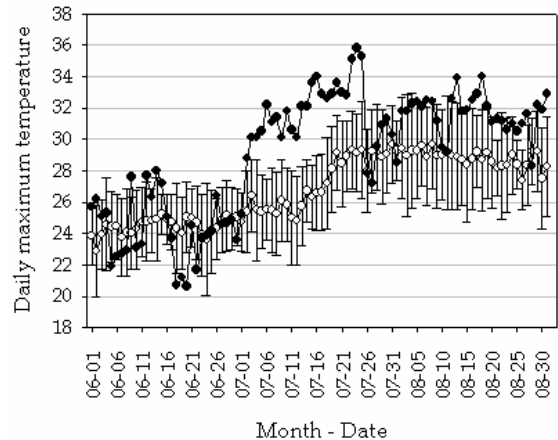


**Fig. 2.** Yearly variation of monthly mean of daily (a) maximum, (b) mean, (c) minimum temperatures at Busan (1991-2005). In the figure, empty circle indicate monthly mean temperature in June, gray circle indicate monthly mean temperature in July, black circle indicate monthly mean temperature in August, respectively.

(기상청, 1994).

이와 같이 Fig. 2에서 나타난 1994년 여름철의 일 최고기온 경향의 특이성을 보다 자세히 파악하기 위하여 Fig. 3에서는 1994년을 제외한 14년의 여름철의 각 일별 평균과 표준편차 및 1994년 여름철의 일별 최고기온을 각각 동시에 나타내었다. 1994년을 제외한 해의 일 최고기온의 평균과 표준편차를 살펴보면 6월 하순부터 기온 값이 서서히 상승하여 7월 하순이 되어서야 가장 무더운 날씨를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 1994년 여름철에는 이와 같은 평균적 변화와는 달리, 일 최고기온 값이 7월 상순(7월 1일 28.8°C, 7월 2일 30.1°C)부터 30도 이상의 무더위를 나타내기 시작하였다. 부산지역의 1971년부터 2000년까지의 평년 값을 조사해보면, 일반적으로 8월 상순에 일 최고기온은 29°C 이상을 나타내며, 8월 하순이 되면 28°C의 값으로 내려가는 경향을 나타내고 있는데 이는 Fig. 3에서 보여주고 있는 14년간의 평균과 표준편차의 변화 그림에서 나타난 결과와 매우 유사함을 알 수 있다. 1994년 부산에는 평년 이상의, 그리고 약 20일 이상의 때 이른 무더위가 존재하고 있었음을 알 수 있다.

이와 같이 1994년 여름철 부산 지역에서는, 7월 상순부터 다른 해와는 달리 거의 20일 이상이나 빠른 일 최고기온 30°C 이상의 매우 이른 폭염이 시작되었으며, 이는 평년의 분포와는 다른, 매우 특이한 사례임을 알 수 있다. 우리나라의 남동쪽 해안에 위치하여, 여름철의 무더위와 고온다습한 기후에 잘 적응이 되어있을



**Fig. 3.** Daily variation of daily maximum temperatures at Busan during the 15 years (1991-2005). Empty circles and vertical bars indicate 14-year (except 1994) mean and standard deviation on each day. The black circles indicate daily maximum temperature in summer of 1994.

것으로 예상되는 부산 지역 거주민들이 이러한 때 이른 폭염 현상에 따라 어떠한 영향을 보였는지 살펴 볼 필요가 있다. 그에 관한 결과는 다음 절에서 기술하고 있다.

인체가 실제로 받는 열적 스트레스는 낮 시간의 일 최고기온 뿐 만이 아니라 야간까지 일 최저기온의 강도 및 지속성이 누적적으로 작용하는 열대야 현상 (tropical nights), 습도, 바람, 일사 등 다양한 요인에 의존하기 때문에 이에 대한 보다 심도 있는 연구가 필요하다. 인체에 대한 열 수치 방정식을 기반으로 하는 생명기상모델 (예로, 독일에서 개발된 Klima-Michel 모델) 등을 이용한 연구의 결과가 폭염에 따른 인체의 열적 스트레스의 정도를 표현하는데 활용될 수 있을 것이며, 폭염과 한파사례와 같은 극단적 기상현상시의 연령을 구분한 고령층, 특정 취약질병 보건의피해에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다 (Jendritzky *et al.*, 2000; 기상연구소 2006). 본 연구에서는 부산시에서의 일 최고기온과 일 최저기온의 월별 분포, 산출된 초과사망자 수와의 직접적인 관계만을 제시하였으나, 향후 추가적으로 지속될 연구에서는 위와 같은 여러 기상요소들이 적용된 예측인자 (열대야, 시간간연효과 등)들과 연령, 질병 등 보다 더 세분된 사망자료와의 통계적인 분포 및 관계 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

### 3.2 부산 지역의 초과사망자수 변동 경향

폭염이 예년에 비해 일찍 나타났던 1994년 여름 당시, 부산 지역의 보건피해를 초과사망자수 결과를 토대로 조사해 보았다. 우선 사망자수가 크게 나타나는 해에 대한 계절적 요인을 파악하고, 피해양상을 전체 기간에 대해 알아보기 위하여 각 연별 및 월별 초과사망자수의 분포를 Fig. 4에 제시하였다. 그림에 나타난 바와 같이 1994년에는 여름철인 7월에 높은 초과사망자가 나타났고, 1999년과 2002년에는 겨울철에 사망자가 많이 발생하였음을 알 수 있다. 또한 해에 따라서는 환절기인 봄철과 가을철에 사망자 수의 최대치가 약하게 나타나기도 하였다 (예로, 1993년과 1995년, 2001년의 봄철 및 1999년, 2000년의 가을철).

본 결과에서 알 수 있는 또 하나의 중요한 사실은 1994년의 폭염으로 인한 앞선 서울지역의 사망피해에 대한 선행결과 (기상연구소, 2006; 김지영 등, 2006)와 매우 유사한 연 중 사망 피해 분포를 나타내고 있다는 것이다. 선행연구에서 폭염으로 인한 관측된 사망자수

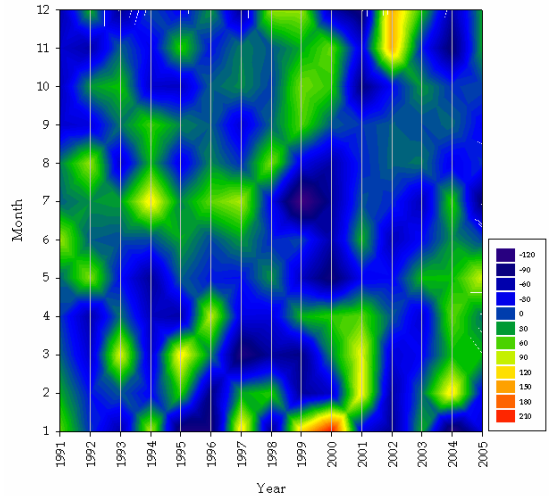


Fig. 4. Contour map of monthly sum of standardized excess deaths at Busan. The highest peak of excess deaths among summer periods is shown in July 1994.

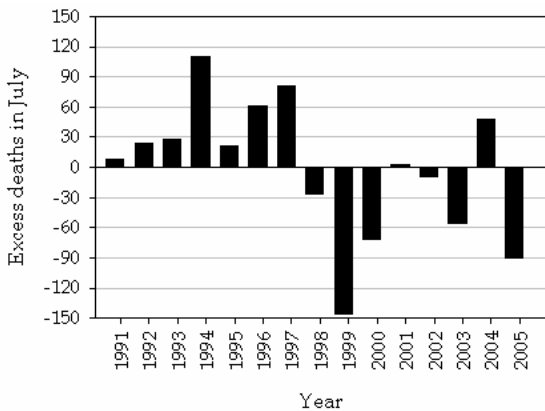
의 변화는 서울을 비롯한 수도권 이외의 지역에서 뚜렷하게 나타나지 않았던 것이 사실이다. 여러 선행연구에서 서울과 부산을 포함한 6대 도시에 대한 결과를 살펴보면 대체적으로 위도가 높은 서울, 인천 등에서 폭염의 피해 양상이 뚜렷하게 나타났음을 알 수 있으며, 부산, 대전, 광주 지역에서는 폭염으로 인한 사망자 피해를 자세하게 추정하기 어려운 점이 있었다. 위 결과는 기존의 선행연구의 제언에서 권고한 바 있는 사망자 자료의 표준화 처리의 필요성 및 서울 외 지역의 초과사망 산출에 대한 새로운 방법 제시 측면에서 그 의미를 부여할 수 있을 것이다.

### 3.3 부산지역 초과사망자수의 시간적 변화 및 기온 변화와의 관련성

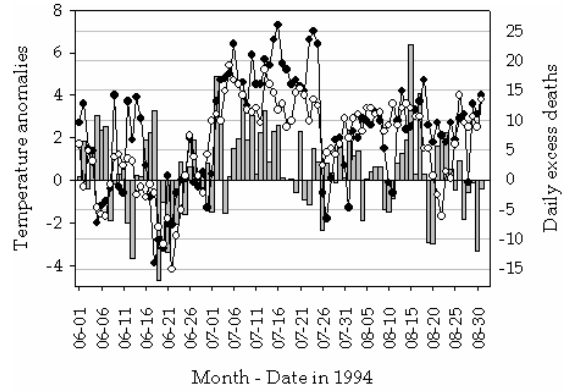
Fig. 5는 부산지역에서 1991년부터 2005년까지 7월 달의 월 초과사망자수의 합의 변동 경향을 나타낸 것으로 그 값이 0 이상이면 초과사망이 나타나는 것을 의미한다. 평년에 비해 훨씬 높은 일 최고기온이 나타난 1994년 7월에 109명으로, 전체 연구기간 중의 초과사망의 최대치를 나타내고 있음을 알 수 있다. 다음으로 1997년 (82명), 1996년 (62명)이 높은 초과사망자수를 나타내었으며, 1999년 (-147명)의 경우는 기대사망자보다 낮은 사망자수를 기록하였다. 앞서 설명한 바와 같이 초과사망자수의 연 별 변화에서도 일반적으로 알려진 일 사망자수의 변화추이와 같은 V자형, U

자형의 강한 계절성을 나타내는 패턴을 보인다 (Fig. 1b). 이것은 일반적으로 관측되는 일 사망자료의 강한 계절적 패턴으로부터 기인하는 것이며, 그로부터 산출되는 초과사망자수 역시 겨울철에는 강한 양의 초과사망율, 여름철에는 음의 초과사망율을 나타내는 것이 가장 일반적인 경향임을 알 수 있다. 음의 초과사망이 예상되는 여름철 7월만을 나타낸 Fig. 5에서 가장 강한 양의 초과사망이 나타난 1994년 (109.494명) 외에도, 1991년 (7.801명), 1992년 (23.656명), 1993년 (28.578명) 등의 여러 해들에서 양의 초과사망자수가 나타났는데, 그러한 해들의 경우는 1994년과 같은 극단적 폭염이 없었음에도 이러한 결과가 나타난 이유가 초과사망자수를 산출시 고려하게 되는 년별 (Annual) 경향의 가중치 외에도, 계절별 (Seasonal), 주간별 (Weekly) 변화를 동시에 고려한 결과를 그대로 나타내었기 때문이며, 그 발생자수 또한 1994년에 비해 매우 경미하여 초과사망 사례로 구분하기에는 그 의미가 크지 않음을 알 수 있다. 이의 비교를 위해 겨울철의 경우를 조사해보면 영하 10°C 이하의 강한 한파 사례로 알려진 1999년 겨울의 사례를 제외하면 겨울철이라 하더라도 더 많은 년도에서 음의 초과사망자수를 나타내었음을 알 수 있다 (Fig. 4). 본 연구에서 최초로 차용한 초과사망자수를 적용할 시, 여름과 겨울을 포함한 15년의 모든 전 기간에서 극단적인 강한 초과사망이 나타난 시기만을 조사하는 것이 타당한 것으로 사료된다.

일별 기온의 변화에 따른 일별 초과 사망자 수의 변화를 살펴보았다. Fig. 6에서는 폭염이 존재하였던 1994년의 6월에서 8월까지의 일 최고기온, 일 최저기



**Fig. 5.** Monthly sum of standardized excess deaths in July at Busan (1991-2005). Figure shows the highest peak in 1994, and secondary highest peak in 1997.



**Fig. 6.** Daily variations of temperature (black circle indicates maximum temperature, empty circle indicates minimum temperature) anomalies and standardized daily excess deaths in summer of 1994.

온과 평년값의 아노말리와 일별 초과사망자수를 동시에 나타낸 그림이다. 일별 기온의 아노말리는 6월 하순까지는 거의 나타나지 않다가 7월 상순이 시작되면서 급격하게 상승하는 것으로 나타났으며, 특히 일 최고기온 아노말리의 경우는 일 최저기온보다 더욱 크게 나타남으로써 실제적 폭염이 서울보다 더 빠르게 시작되고 있었음을 보여주고 있다. 일별 초과사망자수의 경우도, 기온 아노말리의 경향과 유사하게 6월 하순까지는 강한 양의 아노말리는 보이지 않다가 (양과 음의 아노말리가 교차하여 나타남), 7월이 시작되면서 양의 아노말리의 최대치를 나타내었으며 (7월 2일 17명), 양의 아노말리가 나타난 기간 또한 가장 길게 나타났다. 1994년 7월 한 달, 총 31일에서 8일을 제외한 모든 7월의 한 달 내에서 양의 아노말리만을 나타내어 극심한 무더위에 의한 초과사망자가 많이 발생하였음을 알 수 있다.

**4. 결론 및 토의**

1991년부터 2005년까지 여름철 폭염에 덜 취약한 것으로 알려진 부산 지역에서의 일별 기상 자료와 일 사망자 자료를 분석하여 폭염이 일 사망률에 미치는 영향을 연구하였다. 일 사망자 자료는 사망자의 시간적 변동 원인별가중치를 사용하여 새로운 초과사망 산정방법을 적용하였고, 선행연구에서 나타나지 않았던 부산지역의 초과사망을 산출하였다. 이 연구에서 밝혀진 연구결과를 요약하면 아래와 같다.

- 1) 1991년에서 2005년까지의 부산지역의 연도별, 계절별, 요일별 사망자 분포 특성을 분석한 결과 연도

별로는 1992년 이후부터 사망자수의 지속적 증가추세를 보였고 계절적 변동 추이와 요일별 사망자 변화는 선행연구와 비슷하게 겨울에 높고 여름에 낮으며, 월요일에 가장 높은 사망자 분포를 각각 보였다.

- 2) 연별, 계절별 및 요일 별 사망자수 변화에 대한 가중치를 사용하여 일사망자를 표준화함으로써 부산지역의 여름철 폭염으로 인한 초과사망자를 산출하였다. 그 결과 1994년 7월의 폭염으로 인해 부산 시에서 약 109명의 초과사망(폭염기간 동안 8.2%의 초과 사망률 기록)이 나타났다.
- 3) 1994년 여름철에 나타난 부산 지역의 이와 같은 초과 사망의 원인은 예년과 달리 일 최고기온이 7월 상순부터 30도 이상을 나타내면서 약 20일 정도 빨리 폭염이 나타났기 때문인 것으로 보인다. 이와 같은 사실은 폭염이 평년보다 일찍 발생하였을 때 더 많은 인명피해를 나타낼 수 있다는 선행연구 결과와 일치한다. 또한, 고온의 기후환경에 잘 적응이 되어있는 것으로 알려진 부산 지역 거주민에 대해서도 폭염으로 인한 초과사망피해가 나타났음이 이 연구를 통하여 새롭게 밝혀졌다.

본 연구는 폭염이 일 사망률에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하기 위하여 주로 생명기상학적인 관점에 중심을 두고 수행하였으며, 특히 새롭게 도입된 초과사망자 산출 기법을 통하여 이전에 명확하게 수행된 바가 없는 부산 지역에서의 폭염으로 인한 보건 피해를 규명하였다. 부산을 제외한 다른 대도시 지역에 대하여 연구를 확대한다면 우리나라의 지역별 폭염에 대한 취약특성과 각 지역 거주민의 기후적응도 특성 파악에 기여 할 수 있을 것이다.

**사 사**

이 논문은 2006년도 한국학술진흥재단 (KRF-2006-GACR-C00005) 및 기상연구소의 주요사업 “생명기상기술개발연구(Ⅲ)”의 지원을 받아 수행되었습니다. 좋은 코멘트를 하여 준 체코 대기물리연구소 (Institute of Atmospheric Physics, Czech Republic)의 Dr. Jan Kysely에게 감사드립니다.

**참고문헌**

건강보험심사평가원, 2004: 보건기상정보 산출기술 개발

(I): 기상변화에 따른 건강예보 시스템 개발. 2004년 기상청 용역연구과제 결과보고서, 112 pp.

기상연구소, 2006: 생명기상기술개발연구(II). 기상연구소 주요사업 2차년도 최종보고서 (MR060A44), 158pp.

기상월보. 1994년 7월, 기상청.

김지영, 이대근, 박일수, 최병철, 김정식, 2006: 한반도에서 여름철 폭염이 일 사망률에 미치는 영향. *대기*, **16(4)**, 269-278.

이대근, 2006: 한반도 일 사망률에 영향을 미치는 기상요소의 특성과 상관성에 관한 연구. 인제대학교 대학원 이학석사 학위논문, 83pp.

Choi, B.-C., J. Kim, D.-G. Lee, 2007: Lessons from the drought in summer of 1994: human biometeorological impacts. ISAM6, December 10-12, Fukuoka, Japan, 2007.

Ebi, K.L., T.J. Teisberg, L.S. Kalkstein, L. Robinson, and R.F. Weiher, 2004: Heat watch/warning systems save lives: Estimated costs and benefits for Philadelphia 1995-1998. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **85**, 1067-1073.

Ferranti, L. and P. Viterbo, 2006: The European summer of 2003: Sensitivity to soil water initial conditions. *J. Climate*, **19**, 3659-3680.

Guest CS, Wilson K, Woodward A, Hennesy K, Kalkstein LS, Skinner C, McMichael AJ, 1999: Climate and mortality in Australia: retrospective study, 1970-1990 and predicted impacts in five major cities in 2030. *Clim Res*, **13**, 1-15.

Jendritzky, G., et al., 2000: The Perceived Temperature: The method of the Deutscher Wetterdienst for the assessment of cold stress and heat load for the human body. Internet Workshop on Windchill, hosted by Environment Canada, April 3-7, 2000.

Kalkstein, L.S., 2003: Heat and Health : meteorological considerations for warning system development. Public Weather Program Leader's Meeting, Minneapolis, MN, June 24, 2003.

Kim, J., I.-S. Park, J.-C. Nam, J.-S. Kim, and D.-G. Lee, 2006: Studies on human biometeorology in KMA/METRI: status and perspectives. *Proceedings of the 6th METRI-IAP Joint Research Workshop*, May 23-24, 2006, Jeju, Korea.

Kunkel, K.E., R.A. Pielke Jr., and S.A. Changnon, 1999: Temporal fluctuation in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts: A review. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 1077-1098.

Kysely, J., 2004: Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *Int. J. Biometeorol.*, **49**, 91-97.

Maud M.T.E. Huynen, Pim Martens, Dieneke Schram, Matty P. Weijnenberg, and Anton E. Kunst, 2001: The Impact of Heat waves And Cold Spells On Mortality Rates In The Dutch Population, *EHP*, **109(5)**, 463-470.

Meehl, G.A., and C. Tebaldi, 2004: More intense, more fre-

- quent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, **305**, 994-997.
- Michelozzi, P., F. de'Donato, G. Accetta, F. Forastiere, M. D'Ovidio, C. Perucci, and L.S. Kalkstein, 2004: Impact of heat waves on mortality. Rome, June 1. August 15, 2003. *Mortal. Morbid. Week. Rev.*, 53369-53371.
- Pavlos Kassomenos, Alexandros Gryparis, Evangelia Samoli, Klea Katsouyanni, Spyros Lykoudis, and Helena A. Flocas, 2001: Atmospheric Circulation Types and Daily Mortality in Athens, Greece, *EHP*, **109**(6), 591-596.
- Smoyer KE, Kalkstein LS, Greene JS, Ye H, 2000: The impacts of weather and pollution on human mortality in Birmingham, Alabama and Philadelphia, Pennsylvania. *Int J Climatol*, **20**, 881-897.
- Stott. P.A., D.A. Stone, and M.R. Allen, 2004: Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, **432**, 610-614.
- UNEP, 2004: Impacts of summer 2003 heat wave in Europe. United Nations Environment Programme Early Warning and Emerging Environmental Threats Rep.
- Whitman S, Good G, Donoghue ER, Benbow N, Shou WY, Mou SX, 1997: Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. *Amer J Pub Health*, **87**, 1515-1518.