

석사학위논문

서울시와 제주의 기후 순응도 연구

— 1993,1994년 사망자료를 중심으로 —

A Study on Characteristics of Acclimatization
for Seoul and Jeju

UNIVERSITY



고려대학교 보건대학원

환경보건학과

최 미 경

2012년 06월 일

이 은 일 지도교수
석사학위논문

서울시와 제주의 기후 순응도 연구

— 1993,1994년 사망자료를 중심으로 —

A Study on Characteristics of Acclimatization
for Seoul and Jeju

이 논문을 보건학 석사 학위논문으로 제출함.

2012년 06월 일

고려대학교 보건대학원

환경보건학과

최 미 경 ㉠



최 미 경 의 보건학 석사학위논문 심사를 완료함.

2012년 06월 일

위 원 장 _____ 이 은 일 _____ (인)

위 원 _____ 최 재 욱 _____ (인)

위 원 _____ 이 준 영 _____ (인)



Abstract

A Study on Characteristics of Acclimatization for Seoul and Jeju

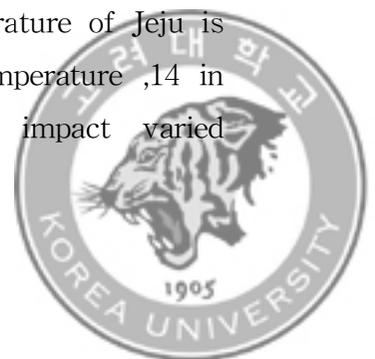
Choi mi Kyung

Department of Environmental Health Science
Graduate School of Public Health, Korea University
(Supervising Professor : Eunil Lee, M.D., Ph.D.)

Objectives : The impact of climate change on the human health has been of increasing concern due to temperature increase and weather abnormality. This study aims to assess the characteristics of acclimatization for Seoul and Jeju.

Methods : Daily mortality in Seoul and Jeju have been examined during 1993-1994. Temperature data of Seoul and Jeju were compared with those of daily average temperature, maximum temperature, minimum temperature.

Results : The result of Chow test the threshold temperature is 20 in daily average temperature, 23 in maximum temperature, 18 in minimum temperature of Seoul. The threshold temperature of Jeju is 11 in daily average temperature, 10 in maximum temperature, 14 in minimum temperature. The research results of impact varied



depending on Seoul and Jeju. The Reduced regression analysis result show that the number of death 3.4 increase associated with a 1°C increase in daily average temperature Lag time 1 in Seoul. In Jeju show that the number of death 1.73 increase associated with 1°C decrease in daily average temperature.

Conclusion : The result found that unusual low temperature would be influence of mortality ,even for inhabitants who live in an acclimated region to the high temperature. The impact of high temperature on the mortality due to high latitude such as Seoul.

Key words: Climate change, Acclimatization, Mortality



목 차

Abstract	i
I. 서론	1
II. 연구대상 및 방법	4
1. 사망자료	4
2. 기상자료	4
3. 분석방법	4
III. 연구결과	6
1. 연령별 사망자 수	6
2. 1993년 서울과 제주의 일 단위 기온의 특성과 사망자 수	9
3. 1994년 서울과 제주의 일 단위 기온의 특성과 사망자 수	12
4. 온도별 일 단위 사망자 수의 분석결과	15
5. Chow test 분석	25
3. Regression model 분석	27
IV. 고찰	30
V. 결론	32
참고문헌	33



표 목차

표 1. 1993년 서울의 연령별 사망자 수	7
표 2. 1994년 서울의 연령별 사망자 수	7
표 3. 1993년 제주의 연령별 사망자 수	7
표 4. 1994년 제주의 연령별 사망자 수	8
표 5. 1993년 서울 성별 사망자 수	8
표 6. 1994년 서울 성별 사망자 수	8
표 7. 1993년 제주 성별 사망자 수	8
표 8. 1994년 제주 성별 사망자 수	8
표 9. 1993년 서울의 일 평균온도 구간별 사망자 수	10
표 10. 1993년 서울의 일 최고온도 구간별 사망자 수	10
표 11. 1993년 서울의 일 최저온도 구간별 사망자 수	10
표 12. 1993년 서울의 일교차 사망자 수	10
표 13. 1993년 제주의 일 평균온도 구간별 사망자 수	11
표 14. 1993년 제주의 일 최고온도 구간별 사망자 수	11



표 15. 1993년 제주의 일 최저온도 구간별 사망자 수	11
표 16. 1993년 제주의 일교차 사망자 수	11
표 17. 1994년 서울의 일 평균온도 구간별 사망자 수	13
표 18. 1994년 서울의 일 최고온도 구간별 사망자 수	13
표 19. 1994년 서울의 일 최저온도 구간별 사망자 수	13
표 20. 1994년 서울의 일교차 사망자 수	13
표 21. 1994년 제주의 일 평균온도 구간별 사망자 수	14
표 22. 1994년 제주의 일 최고온도 구간별 사망자 수	14
표 23. 1994년 제주의 일 최저온도 구간별 사망자 수	14
표 24. 1994년 제주의 일교차 사망자 수	14
표 25. 1993년 서울시 일계온도	26
표 26. 1994년 서울시 일계온도	26
표 27. 1994년 제주시 일계온도	26
표 28. 1994 Seoul 일 평균온도(TA) reduced regression model	28
표 29. 1994 Seoul 일 최고온도(Ta_Max) reduce regression model	28
표 30. 1994 Seoul 일 최저온도(Ta_Min) reduce regression model	28



표 31. 1994 Jeju 일 평균온도(T_a) reduce regression model 29

표 32. 1994Jeju 일 최고온도(T_a -max) reduce regression model 29

표 33. 1994 Jeju 일 최저온도(T_a -min) reduce regression model 29



그림 목차

그림 1. 1993년 서울시 일 평균온도와 일 사망자 수	16
그림 2. 1994년 서울시 일 평균온도와 일 사망자 수	16
그림 3. 1993년 서울시 일 최고온도와 일 사망자 수	17
그림 4. 1994년 서울시 일 최고온도와 일 사망자 수	17
그림 5. 1993년 서울시 일 최저온도와 일 사망자 수	18
그림 6. 1994년 서울시 일 최저온도와 일 사망자 수	18
그림 7. 1993년 서울시 일교차와 일 사망자 수	19
그림 8. 1994년 서울시 일교차와 일 사망자 수	19
그림 9. 1993년 제주시 일 평균온도와 일 사망자 수	21
그림 10. 1994년 제주시 일 평균온도와 일 사망자 수	21
그림 11. 1993년 제주시 일 최고온도와 일 사망자 수	22
그림 12. 1994년 제주시 일 최고온도와 일 사망자 수	22
그림 13. 1993년 제주시 일 최저온도와 일 사망자 수	23
그림 14. 1994년 제주시 일 최저온도와 일 사망자 수	23



그림 15. 1993년 제주시 일교차와 일 사망자 수 24

그림 16 1994년 제주시 일교차와 일 사망자 수 24



I. 서 론

대기 중에 일어나는 여러 가지 자연현상인 기상이나 이 기상의 평균적인 현상인 기후는 주기적으로 되풀이 되면서 인체의 건강에 많은 영향을 미치고 있다. 최근 기후 변화에 의한 이상 고온과 이상 저온 현상은 사망률에 영향을 주고 있다. 신체가 저온에 노출이 되면 몇 가지의 단계적 생리반응이 초래된다. 첫째, 외부의 낮은 온도로 인한 열손실을 막고 신체의 주요기관에 산소공급을 원활하게 하기 위해 피부혈관수축이 일어난다. 저온상태가 지속되면 겉표면에 열을 전달하기 위해서 신체온도는 떨어진다. 따라서 신체 내의 열을 발생시키기 위해서 근육수축, 오한, 심박동수 증가, 호흡 속도 증가 등이 일어나며, 차가운 공기의 흡입을 통해서 기관지 수축이 일어난다(McCullough L, 2004; C.M B, 1993). 몸이 차가워지는 속도는 차가운 물속에 들어갔을 때는 몇 분안에 일어나지만, 일반적인 경우에 발생하는 저온에 의한 체온감소는 몇 주가 걸릴 수도 있다. (Conlon KC, 2011). 고온에 노출이 되면 신체표면의 혈액순환이 활발해지고 반사, 전달, 발汗으로 신체의 냉각속도를 높여준다(Knochel JP, 1989) 혈액순환을 활발하게 하는 과정에서 심장에 무리가 가고 이로 인하여 심장박동, 혈관 내의 부피 등이 증가하고, 신장과 내장의 혈관수축이 지속적으로 발생한다. 게다가, 고온이나 극단적인 열에 만성적으로 노출이 되면 온도균형을 유지하는 능력을 잃어서 사망으로 이르게 된다 (McGeehin MA, 2001). 고온에 대한 신체의 반응은 저온보다 훨씬 더 빨리 나타나므로 고온이 사망에 미치는 영향은 당일 혹은 그 다음날이 최고로 높으며 시간이 지남에 따라 점차 줄어든다(Curriero et al, 2002) 이상 고온은 폭염 또는 열대야 현상으로 발현되고 이상 저온은 한파로 나타난다. 폭염 및 열대야 현상은 높은 열적 스트레스를 동반하여 인류의 건강에 큰 위험인자가 되고 있다.

열적기후순응(Heat acclimatization)이란 사전적의미로 “열 손상으로 부



터 생리학적 스트레인(심박동수, 체온 등)을 줄이고, 물리적 활동능력을 개선시키며, 생명유지에 필요한 기관(뇌, 간, 신장, 근육 등)의 쾌적성을 개선시키고 보호하려는 생물학적 적응(adaptation)“으로 정의된다. 폭염 및 열대야 현상이 우리나라를 비롯한 전 세계 인류 건강에 그 전보다 더 큰 영향을 미칠 가능성이 높아지고 있다. 한반도 지역의 기후모델 예측 결과에 따르면 21세기말 한반도의 기온이 최고 4℃ 까지 증가할 수 있고 폭염의 빈도도 더욱 증가할 것으로 예측한다 (<http://www.kma.go.kr>). 폭염에 대한 국제적 기준은 없으며 연구자에 따라 다르게 정의하고 있다. 일평균 기온 및 일 최고 기온을 사용하는 경우도 있고, 열지수(기온과 습도의 조합) 혹은 습구온도(기온, 바람, 일사) 인지온도(기온, 습도, 풍속, 일사)를 사용하기도 한다.

폭염(暴炎)은 매우 심한 더위를 뜻하는 한자어이다. 폭서, 불볕더위 등과 뜻이 같다. 폭염의 원인은 지구온난화라고 보는 쪽과 대기 흐름으로 인한 자연스러운 일반적인 현상이라고 보는 쪽 두 가지가 있다. 폭염은 인체에 심각한 악영향을 미칠 수 있기 때문에 몇몇 국가에서는 폭염에 대한 특보를 내리는데, 우리나라 기상청에서는 폭염주의보를 낮 최고기온이 최고 섭씨 32℃~33℃ 이상인 경우가 2일 정도 지속될 때 내리고, '폭염경보'는 낮 최고기온이 35℃ 이상인 경우가 2일 이상 지속될 때 내린다. 폭염 특보를 내리는 이유는 폭염이 보건환경의 새로운 건강 위험인자이기 때문이다. 폭염에 인체가 노출되면, 생리적으로 열수지 균형을 위해 심장 박동이 빨라지고 혈관의 부피가 늘어나며 신장과 내장의 혈관수축이 지속적으로 일어남으로써 체표면의 혈액순환이 활발해진다. 이러한 일련의 과정은 심장에 무리를 주고 고온 스트레스가 지속되면 만성병 환자나 노약자의 경우 사망에 이를 수 있다. 동일한 폭염에 노출되더라도 인체의 기후순응 능력이 다르기 때문에 기온과 일 사망자수 사이의 임계온도(threshold temperature)가 지역별로 다를 수 있다.

임계온도란 일 사망자수가 증가하기 시작하는 기온값으로 미국의 경우, 일 최고 기온을 기준으로 한 임계온도는 Boston 30℃, Atlanta 32℃



Denver 34℃로 위도가 높을수록 임계온도가 낮아지는 경향을 보인다. 유럽의 경우에도 네델란드 16.5℃, 아테네 22℃로 지역에 따른 기후순응이 달라짐으로 볼 수 있다 (Maud et al,2001; Pavlos et al,2001). 인체가 폭염에 노출되었을 때 나타나는 반응은 위도에 따른 지역별 기후특성에 따라 달라진다. 실제로 싱가포르 국내도 6대 도시를 대상으로 한 기온과 사망률과의 연구에서 기온에 따른 사망률의 차이가 지역에 따라 다르게 나타난다 (Miehelozzi et al,2004).

우리나라에서 1994년 기록적인 폭염이 기록되었고, 선행연구에 따르면 (김지영등, 2009) 폭염 시 사망률이 일 최고온도 +1일에서 높은 양상을 보이다가 +3일후 감소하는 시간지연효과가 보여 진다. 따라서 본 연구는 한반도의 위도 상 거리가 먼 서울과 제주의 일 단위 기온의 특성과 사망자 수를 폭염이 있었던 1994년도 사망양상을 전년도와 비교분석하여 두 지역의 고온과 저온에 대한 기후순응의 차이를 분석해 보고자 한다.



II. 연구대상 및 방법

1. 사망자료

본 연구에서 사용한 일사망자 자료는 통계청에서 제공하고 있는 사망원인통계 자료를 사용하였다. 자료의 기간은 1993년과 1994년까지 2년으로 하였으며 연구대상 지역은 제주도와 서울시로 선정하였다. 전체의 자료 중에서 사망일, 사망지역, 사망원인, 그리고 사망자의 성별과 나이에 해당하는 항목을 분석에 이용하였다.

폭염에 의한 사망자수를 파악하기 위하여, 일별 사망자수 집계에서 운수사고, 추락사고 등 사망의 외인은 제외하였다. 국제질병분류(International classification of disease, ICD)는 현재 통계청에서 제공하고 있는 값을 그대로 적용하였다. 이때 질병에 의한 사망자수 분류는 현재 통계청에서 사망의 원인을 7가지로 제공하고 있지만, 1993년과 1994년에는 제공되는 값이 아니므로 자료 처리에 통일성을 주기 위해 질병에 의한 사망자수 분류는 의학계통의 선행연구에서 질병에 의한 사망이라고 정의하고 있는 ICD-1-의 A00-R99에 해당되는 사망자수를 사용하였다.

2. 기상자료

본 연구에 사용된 일별 기상관측소 자료는 기상청의 기후자료 관리시스템 데이터베이스에 수록된 93년과 94년의 서울과 제주의 기상자료이다. 자료정리는 기온을 10°C 단위로 구분하여 연간 일수를 정리하였다. 이렇게 정리된 두 지역의 기온특성을 일 평균온도, 일 최고온도, 일 최저온도, 일교차로 나누고 연간 일수를 표시하여 기온의 특성을 살펴보았다.

3. 분석방법

-Chow test

온도별 사망의 양상이 어떻게 보여 지는지를 알기위해 일 평균온도(TA), 일 최고온도(TA_Max), 일 최저온도(TA_Min), 일교차(TA_Diff)로



나누어 일 단위로 사망과의 관계를 분석하였다. 분석결과를 토대로 특이한 양상이 보여 지는지를 지점의 온도를 Chow Test를 통하여 결정하고 이 온도를 임계온도로 설정하였다. 본 연구에서 임계온도를 선행 연구와 같이 초과사망이 일어나는 일의 평균 온도나 일 최고온도를 사용하지 않고, Chow Test를 분석법으로 사용한 이유는 극단적 기온과 같은 사건의 개입(intervention) 있는 경우 사망률에 대한 구조변화 시점을 통계적으로 찾아내는데 있다. 구조변화란 1994년 서울의 그림에서 보여 지는 것처럼 사망 시계열 자료를 구성하는 기간에서 관측치 들의 분포가 상대적으로 안정적 이다가 특정시점에서 사망률 분포 특성이 급격한 변화를 보이는 것을 의미 한다.

-Generalized Additive model(GAM)을 이용한 poisson regression analysis

- 모수적 회귀모형
 - : Lag time effect(동일시점~7일전시점) 고려
- Smoothing spline (비모수적 평활방법)
 - :최대풍속, 강수량, 이슬점 온도, 습도, 최소습도 등의 효과를 통제 및 보정

일별 사망자수의 변동에 대해 기온(temperature)과 환경의 변화가 어느 정도 영향을 주는 것으로 관찰되는 데 이러한 독립변수들의 통제 및 보정을 위하여 변환함수를 이용한 비선형적 관계를 반영하고자 한다. 이러한 대표적인 방법이 비모수적 평활(nonparametric smoothing)에 의해 회귀모형을 구축하는 GAM(Generalized Additive Model)이다.

$$\ln E(Y) = S_1(X_1) + S_2(X_2) + \dots + S_i(X_i)$$

여기서 S_i 는 i 번째 변수에 대한 평활함수(smoothing function)를 나타낸다. GAM은 일반적인 선형회귀모형처럼 독립변수 X_i 와 종속변수 Y 사이의 관계를 나타내는 특정적이고 구체적인 함수 형태가 있는 것이 아니라 실제 자료에 근거한 요약적이고 도식화된 그래프의 형태로 표현하는 특징을 가지고 있다. 이는 두 변수들 간의 선형성(linearity)을 가정하기 어려운 경



우 비선형적인 관계를 파악하기 쉬운 장점이 있다. 본 연구에서는 기상변수에 대해서 비모수적 평활방법인 smoothing spline방법을 통해 최대풍속(maximum wind speed), 강수량(amount of precipitation), 이슬점 온도(dew point temperature), 습도(humidity), 최소습도(minimum humidity) 등의 효과를 통제 및 보정하였다. 이와 더불어 기온의 측정값들을 동일시점부터 일주일 전 시점으로 나누어 모수적 회귀모형을 함께 고려하였다. 이 유의한 임계온도를 가지고 사망과의 관계를 모수적 회귀모형으로 분석하였다. 경향을 보기위해 최대풍속, 강수량, 이슬점온도, 습도, 최소 습도 등의 효과를 보정하였다.

수집된 자료는 SAS(Statistical analysis system) Version 9.2을 이용하여 분석 하였다.



Ⅲ. 연구결과

1. 연령별 사망자 수

1994년 서울과 제주의 연령별 사망자수 추이를 비교해 보면 60세 이상의 고령자 사망률이 서울은 67.18%, 제주는 70.36%로 제주가 서울에 비해 고령자 사망비가 높게 나타났다. 1993년은 서울이 60세 이상의 고령자 사망률이 66.23% 1993년 제주의 60세 이상 고령자가 70.21%로 제주가 서울에 비해 고령자 사망비가 높게 나타났다.

성별 사망자 비율은 1993년 1994년 서울의 경우 남성사망자의 비율이 높은 반면, 제주는 여성 사망자의 비율이 상대적으로 조금 높게 나타났다.



표1. 1993년 서울의 연령별 사망자 수

age	count	percent
<10	706	2.12
10 ≤ ~ <20	322	0.97
20 ≤ ~ <30	554	1.66
30 ≤ ~ <40	1498	4.50
40 ≤ ~ <50	2823	8.48
50 ≤ ~ <60	5339	16.03
60 ≤ ~ <70	5990	17.99
70 ≤ ~ <80	8715	26.17
≥80	7349	22.07
Total	33296	100

표2. 1994년 서울의 연령별 사망자 수

age	count	percent
0 ≤ ~ <10	319	0.92
10 ≤ ~ <20	667	1.93
20 ≤ ~ <30	1533	4.44
30 ≤ ~ <40	2868	8.31
40 ≤ ~ <50	5263	15.25
50 ≤ ~ <60	6191	17.94
60 ≤ ~ <70	8768	25.40
70 ≤ ~ <80	8229	23.84
≥80	34513	100
Total		

표3. 1993년 제주의 연령별 사망자 수

age	count	percent
0 ≤ ~ <10	26	1.09
10 ≤ ~ <20	49	2.05
20 ≤ ~ <30	95	3.98
30 ≤ ~ <40	171	7.16
40 ≤ ~ <50	320	13.41
50 ≤ ~ <60	345	14.45
60 ≤ ~ <70	546	22.87
70 ≤ ~ <80	785	32.89
≥80	2387	100
Total		



표4. 1994년 제주의 연령별 사망자 수

age	count	percent
0≤~<10	18	0.72
10≤~<20	71	2.83
20≤~<30	91	3.62
30≤~<40	190	7.57
40≤~<50	342	13.62
50≤~<60	379	15.09
60≤~<70	558	22.22
70≤~<80	830	33.05
≥80	2511	100
Total		

표5. 1993년 서울 성별 사망자 수

Sex	count	percent
male	16137	48.47
female	33296	100
Total		

표6. 1994년 서울 성별 사망자 수

Sex	count	percent
male	16726	48.46
female	34513	100
Total		

표7. 1993년 제주 성별 사망자 수

sex	count	percent
male	1237	51.82
female	2387	100
Total		

표8. 1994년 제주 성별 사망자 수

sex	count	percent
male	1282	51.06
female	2511	100
Total		



2. 1993년 서울과 제주의 일 단위 기온의 특성 및 사망자 수

1993년 일 평균온도와 사망자 수의 양상을 보면 서울의 경우는 영하 이하의 날 수가 50일 이고, 이에 반해 제주는 일 평균온도가 영하인 날이 한 날도 없다. 일 평균온도가 20℃이상인 고온 일수는 서울의 경우 113일, 제주의 경우 111일로 제주가 서울보다 2일 낮다.

일 최고온도의 경우 서울은 20℃ 이상이 169일, 제주는 167일이고 일 최저기온이 영하인 날도 서울의 경우는 19일 정도 되었다.

일 최저온도의 경우 서울은 영하인 날이 90일 정도로 거의 두달 가까이 낮은 기온의 분포를 보이고 있다. 이에 반해 제주는 일 최저기온이 영하인 날이 연중 3일 밖에 되지 않았다.

1993년 서울은 10℃ 미만의 일교차가 244일이고, 10℃~20℃ 일교차가 121일 반면에 제주는 10℃ 미만의 일교차 일수가 339일이고 10℃~20℃의 일교차인 날 수가 26일 이다. 따라서 제주는 연중 일교차가 크지 않은 반면에 서울의 경우는 제주보다 일교차가 매우 크다 .



표9. 1993년 서울의 일 평균온도 구간별 사망자 수

평균온도(TA)	count	percent
-10≤~<0	99	9453
0≤~<10	103	9464
10≤~<20	113	9564
20≤~<30	365	33296
Total		

표10. 1993년 서울의 일 최고온도 구간별 사망자 수

최고온도(TA-max)	count	percent
-10≤~<0	99	9387
0≤~<10	78	7382
10≤~<20	156	13505
20≤~<30	13	1113
30≤~<40	365	33296
Total		

표11. 1993년 서울의 일 최저온도 구간별 사망자 수

최저온도(TA-min)	count	percent
-20≤~<-10	85	8106
-10≤~<0	97	9280
0≤~<10	142	12456
10≤~<20	36	2965
20≤~<30	365	33296
Total		

표12. 1993년 서울의 일교차 사망자 수

일교차 (TA-diff)	count	percent
0≤~<10	121	11078
10≤~<20	365	33296
Total		



표13. 1993년 제주의 일 평균온도 구간별 사망자 수

평균온도(TA)	count	percent
0 ≤ ~ < 10	144	933
10 ≤ ~ < 20	111	697
20 ≤ ~ < 30	365	2387
Total		

표14. 1993년 제주의 일 최고온도 구간별 사망자 수

최고온도(TA-max)	count	percent
0 ≤ ~ < 10	138	917
10 ≤ ~ < 20	158	976
20 ≤ ~ < 30	9	61
30 ≤ ~ < 40	365	2387
Total		

표15. 1993년 제주의 일 최저온도 구간별 사망자 수

최저온도(TA-min)	count	percent
-10 ≤ ~ < 0	3	30
0 ≤ ~ < 10	144	1005
10 ≤ ~ < 20	157	970
20 ≤ ~ < 30	61	382
Total	365	2387

표16. 1993년 제주의 일교차 사망자 수

일교차 (TA-diff)	count	percent
0 ≤ ~ < 10	26	165
10 ≤ ~ < 20	365	2387
Total		



3. 1994년 서울과 제주의 일 단위 기온의 특성 및 사망자 수

1994년 일 평균온도와 사망자 수의 양상을 보면 서울의 경우는 영하 이하의 날 수가 42일 이고, 이에 반해 제주는 일 평균온도가 영하인 날이 하루도 없다. 일 평균온도가 20℃ 이상인 고온 일수는 서울의 경우 119일 , 제주의 경우 132일로 제주가 서울보다 13일 많다.

일 최고온도의 경우 서울은 20℃ 이상이 186일, 제주는 179일이고 일 최저기온이 영하인 날도 서울의 경우는 15일 정도 되었다.

일 최저온도의 경우 서울은 영하인 날이 90일 정도로 거의 세달 가까이 낮은 기온의 분포를 보이고 있다. 이에 반해 제주는 일 최저기온이 영하인 날이 연중 2일 밖에 되지 않았다.

1994년 서울은 10℃ 미만의 일교차가 343일이고, 10℃~20℃ 일교차가 121일 반면에 제주는 10℃ 미만의 일교차 일수가 334일이고 10℃~20℃의 일교차인 날 수가 22일 이다. 따라서 제주는 연중 일교차가 크지않은 반면에 서울의 경우는 제주보다 일교차가 매우 크다 .



표17. 1994년 서울의 일 평균온도 구간별 사망자 수

평균온도(TA)	count	percent
-10 ≤ ~ < 0	98	9502
0 ≤ ~ < 10	106	9838
10 ≤ ~ < 20	102	9084
20 ≤ ~ < 30	17	1980
30 ≤ ~ < 40	365	34513
Total		

표18. 1994년 서울의 일 최고온도 구간별 사망자 수

최고온도(TA-max)	count	percent
-10 ≤ ~ < 0	87	8420
0 ≤ ~ < 10	77	7287
10 ≤ ~ < 20	130	11850
20 ≤ ~ < 30	56	5459
30 ≤ ~ < 40	365	34513
Total		

표19. 1994년 서울의 일 최저온도 구간별 사망자 수

최저온도(TA-min)	count	percent
-20 ≤ ~ < -10	83	8028
-10 ≤ ~ < 0	90	8544
0 ≤ ~ < 10	109	10025
10 ≤ ~ < 20	76	7231
20 ≤ ~ < 30	365	34513
Total		

표20. 1994년 서울의 일교차 사망자 수

일교차 (TA-diff)	count	percent
0 ≤ ~ < 10	121	11343
10 ≤ ~ < 20	365	34513
Total		



표21. 1994년 제주의 일 평균온도 구간별 사망자 수

평균온도(TA)	count	percent
0≤~<10	136	879
10≤~<20	129	849
20≤~<30	3	26
30≤~<40	365	2511
Total		

표22. 1994년 제주의 일 최고온도 구간별 사망자 수

최고온도(TA-max)	count	percent
0≤~<10	126	845
10≤~<20	122	805
20≤~<30	57	398
30≤~<40	365	2511
Total		

표23. 1994년 제주의 일 최저온도 구간별 사망자 수

최저온도(TA-min)	count	percent
-10≤~<0	130	948
0≤~<10	152	988
10≤~<20	81	558
20≤~<30	365	2511
Total		

표24. 1994년 제주의 일교차 사망자 수

일교차 (TA-diff)	count	percent
0≤~<10	22	137
10≤~<20	365	2511
Total		



4. 온도별 일 단위 사망자 수의 분석결과

1993년과 1994년의 서울과 제주의 각 온도별 일 단위 사망에 대한 양상을 비교해 보았다. 1993년 서울시 일 평균온도의 경우 일 단위 사망과의 관계에 있어 그래프상 보여 지는 사망률의 변화양상은 크지 않다.(그림1) 이에 비해 그림2에서 보여 지듯이 1994년의 서울시 일 평균온도의 일 단위 사망자 수는 관계에 있어 고온의 경우 큰 양상의 변화가 있음이 보여 진다.

1993년 서울시 일 최고온도의 경우 일 단위 사망과의 관계에 있어 그래프상 보여 지는 사망률의 변화양상은 크지 않다.(그림3) 이에 비해 그림4에서 보여 지듯이 1994년의 서울시 일 최고온도의 일 단위 사망과의 관계에 있어 고온의 경우 큰 양상의 변화가 있음이 보여 진다.

1993년 서울시 일 최저온도의 경우 일 단위 사망과의 관계에 있어 그래프상 보여 지는 사망률의 변화양상은 크지 않다(그림5). 이에 비해 그림6에서 보여 지듯이 1994년의 서울시 일 최저온도의 일 단위 사망과의 관계에 있어 고온의 경우 큰 양상의 변화가 있음이 보여 진다.

1993년 서울시 일교차와 1994년 서울시 일교차의 경우를 보면 일 단위 사망과의 관계에 있어 그래프상 보여 지는 사망률의 변화양상은 크지 않다.(그림7,8).



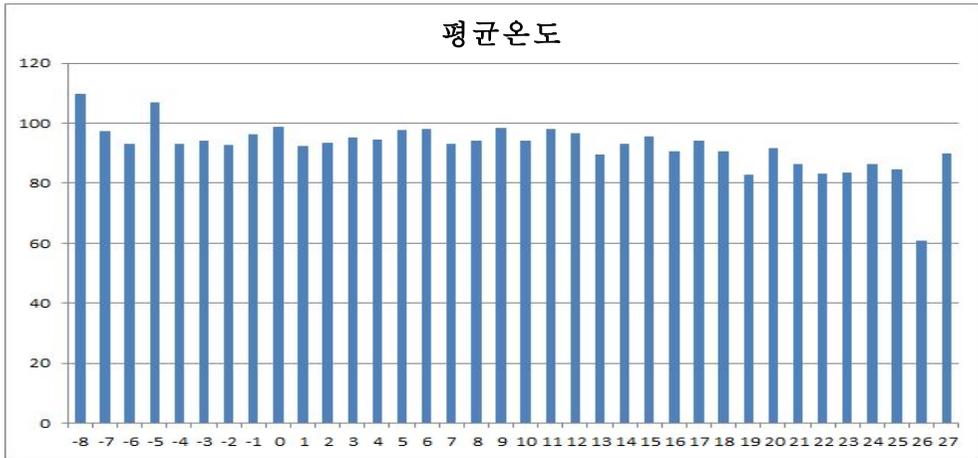


그림1. 1993년 서울시 일 평균온도와 일 사망자 수

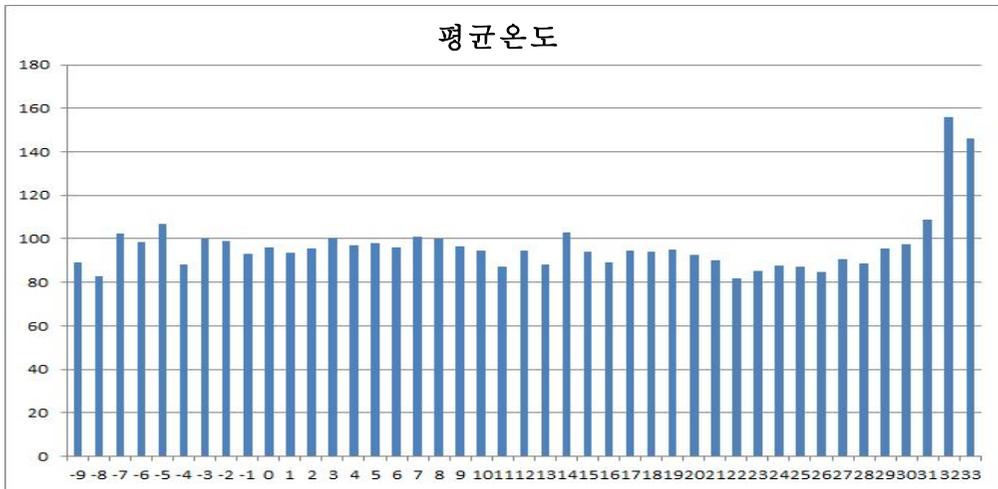


그림2. 1994년 서울시 일 평균온도와 일 사망자 수



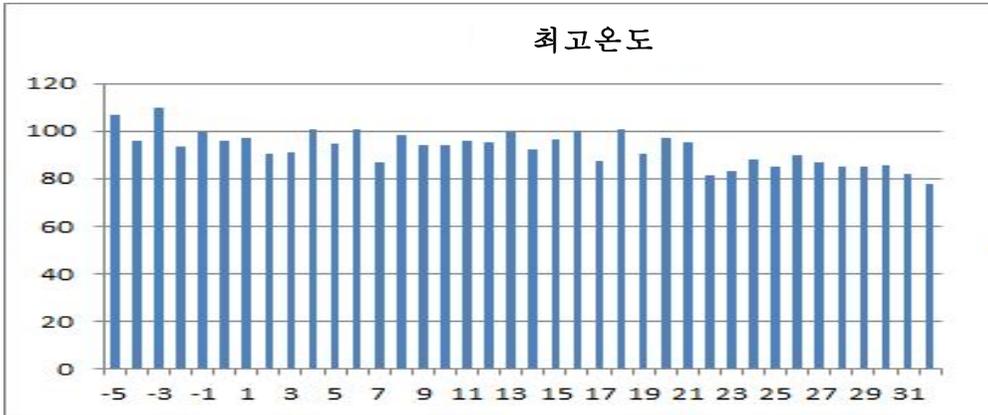


그림3. 1993년 서울시 일 최고온도와 일 사망자 수



그림4. 1994년 서울시 일 최고온도와 일 사망자 수



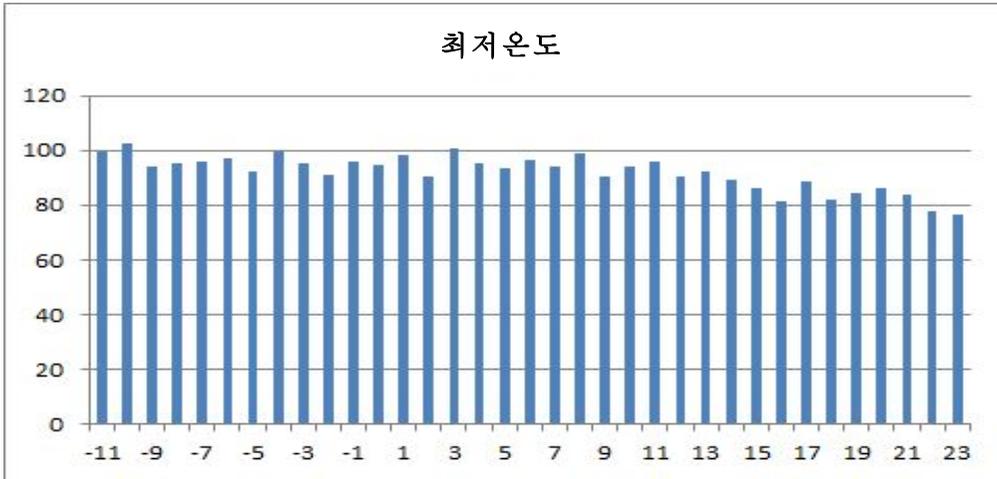


그림5. 1993년 서울시 일 최저온도와 일 사망자 수

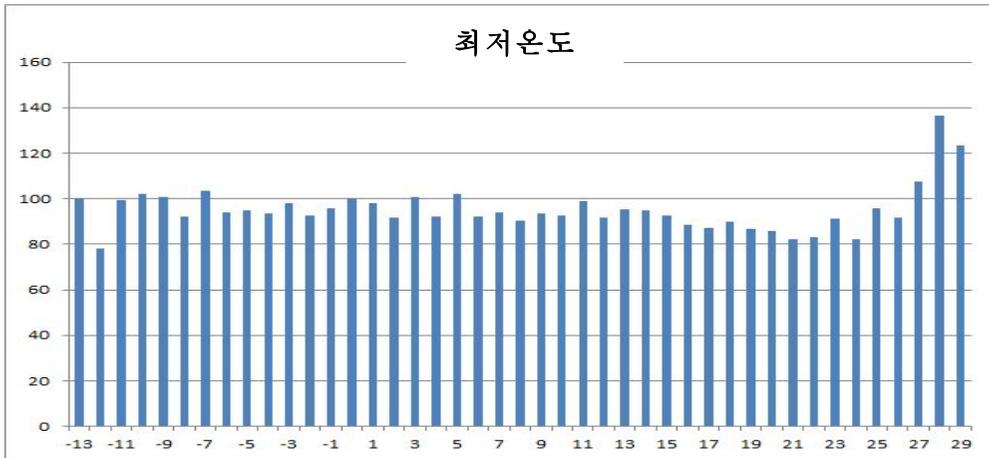


그림6. 1994년 서울시 일 최저온도와 일 사망자 수



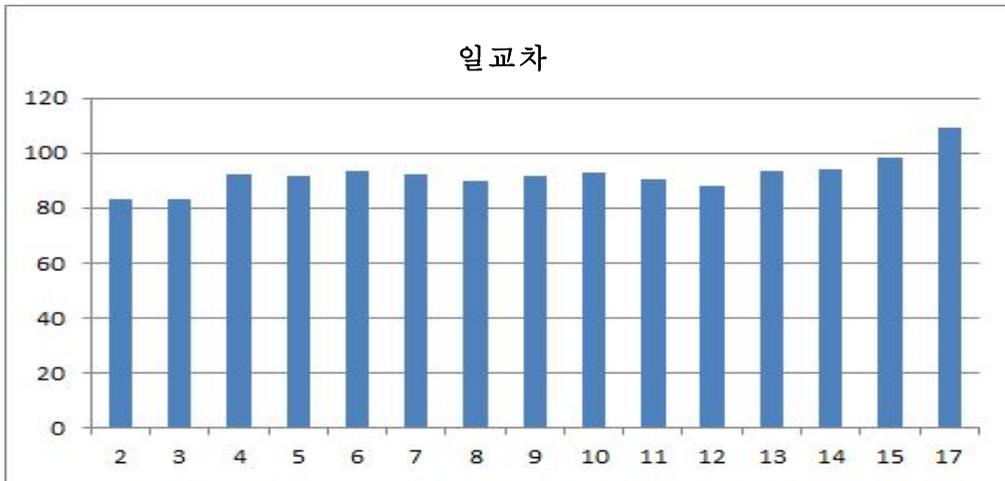


그림7. 1993년 서울시 일교차와 일 사망자 수

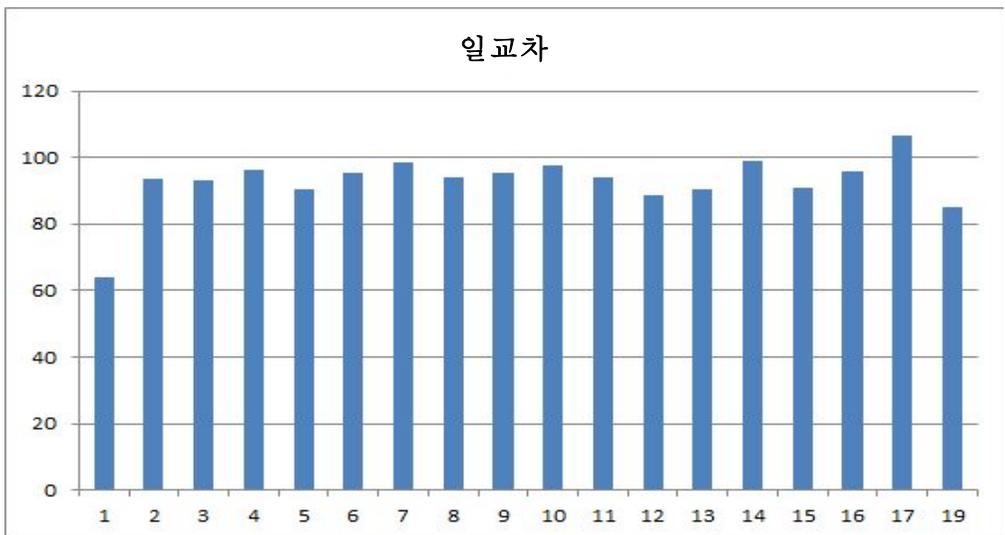


그림8. 1994년 서울시 일교차와 일 사망자 수



최고기온에 대한 제주의 93년과 94년 비교표이다. 이 표에서도 보여 지듯이 93년의 경우 폭염이 없었던 해였고, 94년의 경우는 폭염이 있었던 해에서 저온현상 보여 지는 때 사망률이 높아지는 양상을 보이고 있다. 일 최저온도의 경우도 여름철보다 겨울철 저온의 영향이 사망률에 영향을 주고 있다. 일교차의 경우는 크게 사망률에 큰 영향을 미치지 않음을 보여 지고 있다.

1993년 제주시 일 평균온도의 경우 일 단위 사망과의 관계에 있어 그래프상 보여 지는 사망률의 변화양상은 크지 않다.(그림9) 이에 비해 그림 10에서 보여 지듯이 1994년의 제주시 일 평균온도의 일 단위 사망과의 관계에 있어 저온의 경우 큰 양상의 변화가 있음이 보여 진다.

1993년 제주시 일 최고온도의 경우 일 단위 사망과의 관계에 있어 그래프상 보여 지는 사망률의 변화양상은 크지 않다.(그림11) 이에 비해 그림12에서 보여 지듯이 1994년의 제주시 일 최고온도의 일 단위 사망과의 관계에 있어 저온의 경우 큰 양상의 변화가 있음이 보여 진다.

1993년 제주시 일 최저온도의 경우 일 단위 사망과의 관계에 있어 그래프상 보여 지는 사망률의 변화양상은 크지 않다(그림13) 이에 비해 그림14에서 보여 지듯이 1994년의 제주시 일 최저온도의 일 단위 사망과의 관계에 있어 저온의 경우 큰 양상의 변화가 있음이 보여 진다.

1993년 제주시 일교차의 경우 일 단위 사망과의 관계에 있어 그래프상 보여 지는 사망률의 변화양상은 크지 않다.(그림15) 이에 비해 그림16에서 보여 지듯이 1994년의 제주시 일교차의 일 단위 사망과의 관계에 있어 저온의 경우 큰 양상의 변화가 있음이 보여 진다.



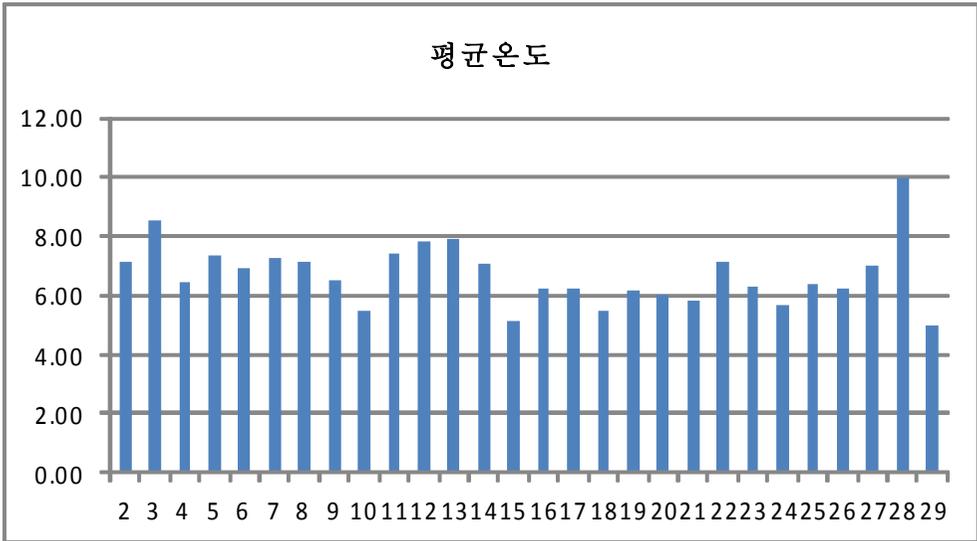


그림 9. 1993년 제주 일 평균온도와 일 사망자 수

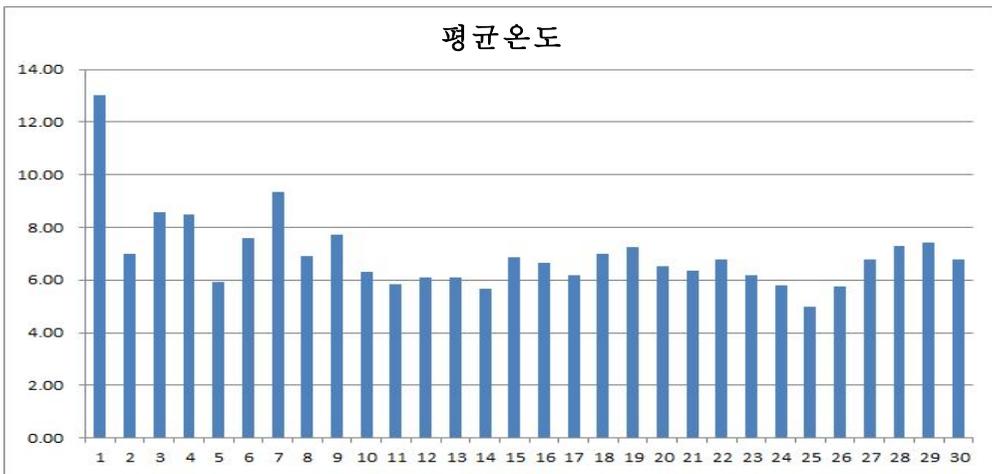


그림10. 1994년 제주시 일 평균온도와 일 사망자 수



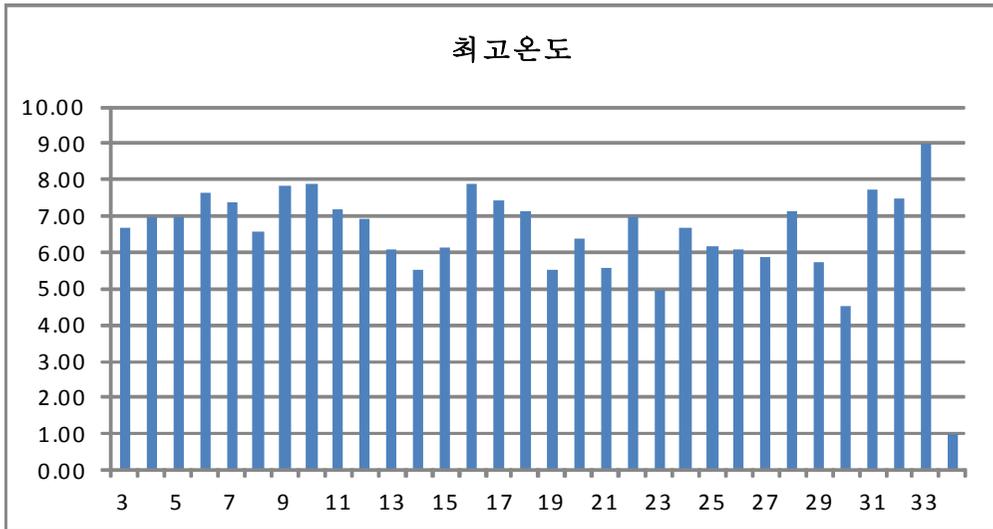


그림11. 1993년 제주시 일 최고온도와 일 사망자 수

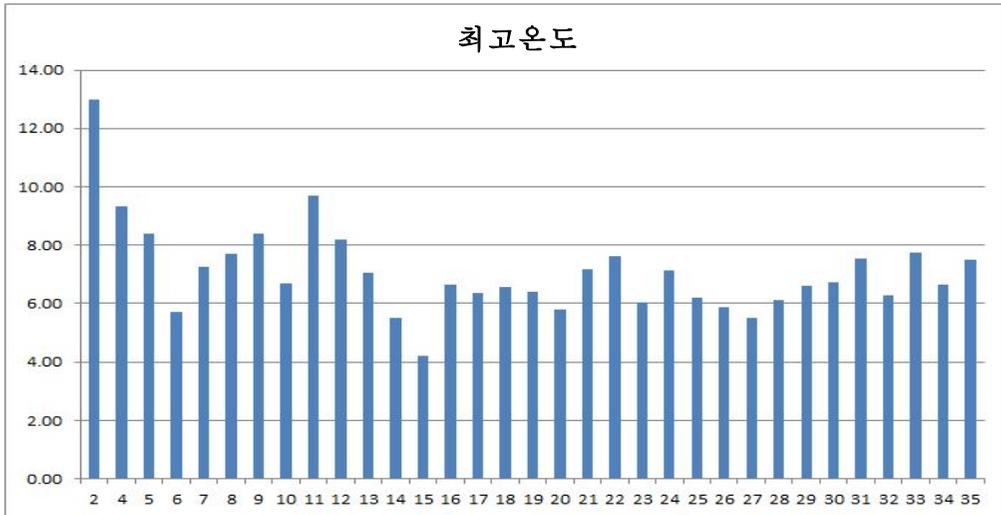


그림12. 1994년 제주시 일 최고온도와 일 사망자 수



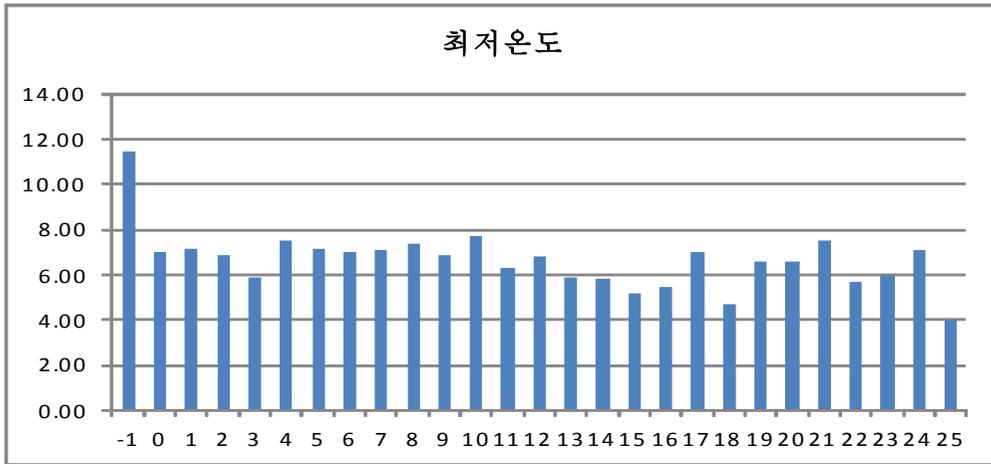


그림 13. 1993년 제주시 일 최저온도와 일 사망자 수

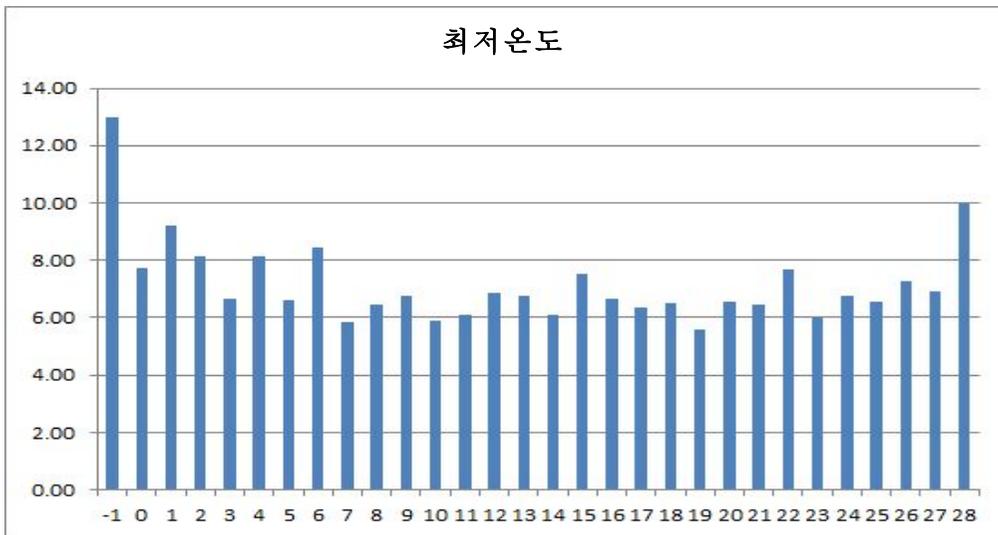


그림 14. 1994년 제주시 일 최저온도와 일 사망자 수



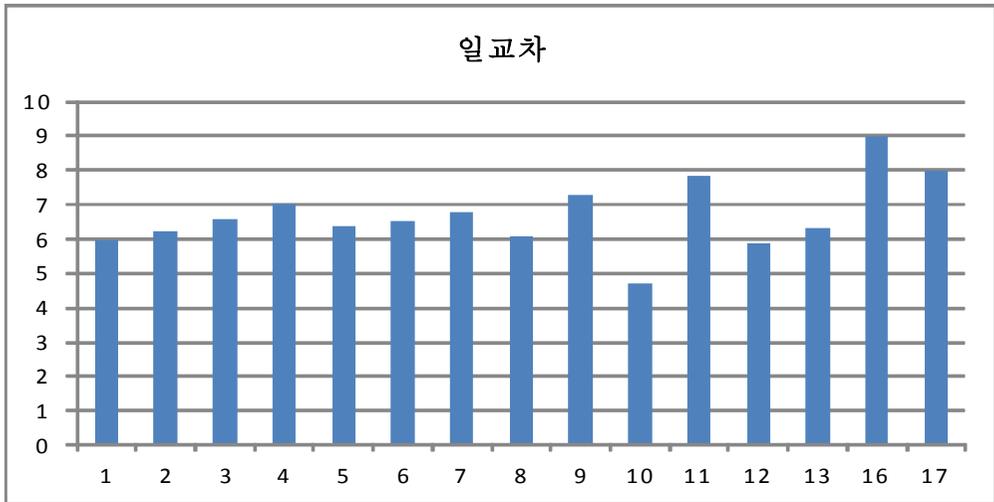


그림15. 1993년 제주시 일교차와 일 사망자 수



그림 16. 1994년 제주시 일교차와 일 사망자 수



5. Chow test 결과

이러한 분석결과를 토대로 실제적으로 사망과 직접적인 관련이 있는 임계온도를 Chow test를 통해 살펴보았다. 93년도 평균기온과 일 최저온도에서는 상관관계가 없음이 나타나고, 일 최고온도에서 22도의 임계온도가 보여 진다(표 25). 94년의 경우 일 평균온도에서는 20도 일 최고온도에서는 23도, 일 최저온도에서는 18도의 임계온도를 구할 수 있었다 (표 26). 제주의 경우, 고온에서의 임계온도는 유의하지 않고, 저온에서의 임계온도를 살펴보면 93년의 경우 추울 때 일 평균 기온에서 일 평균기온에서는 11℃ 일 최고기온에서는 10℃ 최저기온에서는 14℃의 임계온도를 구할 수 있었다.(표 27)



표25. 1993년 서울시 임계온도

변수	임계온도	P value
평균기온(ta)	20℃	0.0485
최고 기온(ta-max)	22℃	0.0247
최저 기온(ta-min)	3℃	0.0001>
일교차(ta-diff)	12℃	0.0051

표26. 1994년 서울시 임계온도

변수	임계온도	P value
평균기온(ta)	20℃	0.0266
최고 기온(ta-max)	23℃	0.0070
최저 기온(ta-min)	18℃	0.0103
일교차(ta-diff)	-	-

표27. 1994년 제주시 임계온도

변수	임계온도	P value
평균기온(ta)	11℃	0.0474
최고 기온(ta-max)	10℃	0.0474
최저 기온(ta-min)	14℃	0.0297
일교차(ta-diff)	11℃	0.0133



6. Regression model 분석

이러한 임계온도를 회귀분석을 통해 실제적으로 어떠한 양상이 보여지는지 분석을 하였다. 94년 서울의 경우 일 평균기온에서는 Lag1인 시점인 폭염이 일어난 다음날부터 사망률이 3.4명 증가함을 알 수 있고, 3일째 되는 날부터는 다시 사망이 감소함이 보여지고 있다 (표28). 일 최고기온의 경우는 다음날 사망이 1.2명 증가하였다(표29). 일 최저기온인 경우는 당일 5.09명 증가함을 볼 수 있다 (표30).

제주의 경우 평균기온의 경우 사망자 수 1.7명 발생하였고, 3일째 되는 날부터는 사망이 다시 감소하는 양상이 보여졌다 (표31). 최고기온의 경우 다음날 사망이 0.05명 감소하였고, 4일째 되는 날 0.03명으로 전날에 비해 증가하는 추세를 보이고 있다. 최저기온의 경우, 4일째 되는 날 0.08명 사망이 증가하였다 (표32).

1994년 제주의 일 평균온도와 사망과의 관계는 특이한 양상이 없었다 (표33). 1994년의 경우 폭염에 대한 사망의 양상보다 저온에 의한 사망의 양상이 더 크게 보여졌다. 이는 선행연구에서 보여지듯이 위도가 낮은 지역에서는 열 수지에 대한 인체의 적응도가 높아 여름철 폭염에 대해 기후순응이 잘 나타난 사례로 보여지고 있다. 반면에 기온이 0도로 내려가는 저온이 왔을 경우 사망률이 증가하는 양상이 두드러지게 보여지고 있다.



표28. 1994 Seoul 일 평균온도(TA) reduced regression model

Variable	parameter estimate	standard error	t value	pr > t
평균온도 lag1	3.436	1.0448	3.29	0.0014
평균온도 lag3	-1.61765	0.65475	-2.47	0.0151
linear(일교차)	0.18818	0.98002	0.19	0.8481
linear(습도)	-0.3429	0.24539	-1.4	0.1652
linear(풍속)	-5.11986	1.69229	-3.03	0.0031

표29. 1994 Seoul 일 최고온도(Ta_Max) reduce regression model

Variable	parameter estimate	standard error	t value	pr > t
최고온도	-0.922	0.97037	-0.95	0.3437
최고온도lag1	1.23282	0.53257	2.31	0.0221
linear(일교차)	0.74987	1.08965	0.69	0.4925
linear(습도)	-0.50613	0.36346	-1.39	0.166
linear(풍속)	-3.48053	1.5372	-2.26	0.0251

표30. 1994 Seoul 일 최저온도(Ta_Min) reduce regression model

Variable	parameter estimate	standard error	t value	pr > t
최저온도	5.09879	1.80981	2.82	0.0063
linear(일교차)	-0.98079	1.91515	-0.51	0.6102
linear(습도)	-0.38079	0.319	-1.19	0.2366
linear(풍속)	-3.85144	1.72133	-2.24	0.0284



표31. 1994 Jeju 일 평균온도(Ta) reduce regression model

Variable	parameter estimate	standard error	t value	pr > t
평균온도	-1.73062	0.90837	-1.92	0.0586
평균온도lag3	0.07758	0.09924	0.78	0.4364
linear(일교차)	1.47105	0.95959	1.53	0.1287
linear(습도)	-0.31138	0.2137	-1.46	0.1485
linear(풍속)	-0.22077	0.16866	-1.31	0.1938

표32. 1994 Jeju 일 최고온도(Ta-max) reduce regression model

Variable	parameter estimate	standard error	t value	pr > t
최고온도	-0.18626	0.57632	-0.32	0.7481
최고온도lag1	0.05859	0.22319	0.26	0.7942
최고온도lag2	0.15142	0.2377	0.64	0.5275
최고온도lag3	0.01554	0.21194	0.07	0.9419
최고온도lag4	-0.03599	0.16295	-0.22	0.8262
linear(일교차)	0.10665	0.56664	0.19	0.8516
linear(습도)	-0.01003	0.15316	-0.07	0.9481
linear(풍속)	-0.26729	0.23048	-1.16	0.2526

표33. 1994 Jeju 일 최저온도(Ta-min) reduce regression model

Variable	parameter estimate	standard error	t value	pr > t
최저온도lag4	-0.08739	0.06517	-1.34	0.1818
linear(일교차)	-0.11581	0.07777	-1.49	0.1384
linear(습도)	0.02276	0.0283	0.8	0.4224
linear(풍속)	-0.11937	0.12837	-0.93	0.3538



IV. 고 찰

1994년은 한반도에 기록적인 폭염이 발생했던 해로 일 단위 기온별 특성에 따른 서울과 제주의 사망률 양상의 변화를 파악할 수 있었다. 1993년과 1994년의 일 단위 기온 분석을 통해 서울은 영하 이하의 추위가 일평균 기온과 일 최고기온에서 2개월 이상 나타났으나 제주에는 영하이하의 저온 발현이 거의 없는 지역이므로 추위에 대한 기후 순응도가 매우 취약하였다. 이에 반해 고온에 대해서는 제주가 서울에 비해 발현 빈도가 높았다. 이러한 기온 현상에 대한 사망률의 관련성을 파악하기 위해 일 평균기온, 일 최고기온, 일 최저기온, 일교차에 따른 일 단위 사망자수를 정리하였다.

일 단위 온도와 사망률을 시계열로 분석하면서 안정적 양상을 보이던 구조가 서울의 경우 1994년 고온에서 구조의 특이점이 나타났고, 제주에서는 저온에서 구조의 특이점이 보여 졌다. 이는 고온 또는 저온의 어떤 온도가 사망률에 영향을 미치는 개입시점의 온도와 같다고 예측하고, 그 시점의 온도를 찾아내기 위해 Chow test를 통한 분석을 실시하여 유효한 임계온도를 정할 수 있었다.

사망의 양상을 연령별로 살펴보면 1994년의 경우 서울의 질환에 의한 사망자 수는 34,513명이고, 이중 60세 이상의 사망률은 67.18%이고 제주도의 경우는 70.36%로 서울에 비해 제주의 고령자 사망수가 조금 높게 나왔다.

기존 선행 연구들이 초과사망률 시점을 임계온도로 정하고 있다. Kim et al.(2006) 이 일평균 기온과 초과사망률을 사용한 연구결과 서울이 28.1℃ 광주가 26.6℃ 로 각각 나왔고 (김지영, 등 2009) 의 연구에서는 일 최고기온과 초과 사망률을 사용하였는데 임계온도가 29℃로 나왔다 이는 연구자의 기준점 설정과 분석방법에 따라 기온의 수치결과가 달라질 수 있다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 1994년 서울의 경우 평균기온에서는 20℃, 일 최고기온에서는 23℃로 나왔고, 제주에 대한 임계온도



는 저온에서 일 평균기온 11℃ 일 최고기온 10℃로 제주에 대한 연구는 본 연구가 처음 이었다.

향후 폭염에 대한 건강 경보시스템을 예보하고 위해서는 표준화된 분석시스템에 대한 연구가 시급하다. 특히 보건학적인 측면에서 볼 때 기후순응에 대한 지역적 연구가 필요하다. 같은 위도라 하더라도 지역에 따른 일교온도 및 시간 지연 효과 등이 다른 수치를 보여주고 있다. 대부분의 연구에서 폭염에 대해서는 Lag Time이 +1~+4 의 범위를 갖는데 저온인 경우는 당일 최고 사망률을 보이는 경우가 많다.

우리나라는 지역적으로 대륙성 기후와 해양성 기후의 특성이 있으므로 지역에 따라 폭염뿐만 아니라 저온에 대한 연구도 병행해야 한다. 특히 제주 지역은 연평균 영하의 기온이 거의 없기 때문에 저온에 대한 피해가 크게 예상되어진다. 이번 연구 결과에서도 제주는 폭염 보다는 저온에 대한 사망률이 유의하게 나왔으므로 제주 지역은 저온에 대한 기후 순응도가 취약하다고 볼 수 있다. 그리고 현재까지의 폭염 상황에서는 Lag Time이 길지 않아 서울의 경우 폭염 시 3일후 기후순응으로 사망률이 다소 감소하는 경향이 보여 졌지만, 극단적 기온의 강도와 빈도에 따라 대규모 재난 사태가 올수도 있다. 이를 위한 국가적 차원으로 다양한 연구가 이루어져야 할 시점이다.



V. 결 론

1994년은 전국적으로 폭염이 발생하여 서울의 경우 평년에 비해 높은 사망률을 기록하였다. 반면에 제주도의 경우는 고온에 대한 사망자수가 평년에 비해 크게 다르지 않았고, 오히려 저온에 대한 사망자 수가 많아지는 양상을 보여주었다. 이는 동일한 고온환경에 노출되더라도 지역에 따라 거주자의 기후순응의 차이에 따른 결과라고 볼 수 있다.

기온과 일 사망자수 사이의 임계온도(Threshold temperature)는 지역별 기후 순응도를 평가하는 주요 지표가 되어 진다. 또한 온도별 Lag time에 따른 사망자 수의 양상도 기후 순응도의 특성을 반영한 결과로 볼 수 있다. 특히 특정온도 이상에서 1°C의 증가나 감소가 사망률과의 상관관계가 크기 때문에 정확하게 임계온도를 예측하는 것은 향후 보건환경에 중요한 기여를 할 수 있다고 보여 진다.

하지만, 본 연구는 1994년 나타난 기온에 대한 결과이므로, 최근 변화하는 기온에 대해 이론상 적용하는 것은 한계가 있다. 또한 매년 지속적인 폭염이 계속 진행되어지면 기후 순응을 통한 사망률의 변화는 다시 안정적인 양상을 보일 수 도 있다. 하지만 고령자나 고온에 취약한 질환을 가지고 있는 경우는 폭염이 시작되어지는 시점에 사망에 이를 수 있는 가능성이 높기 때문에 이에 대한 예보는 국가적인 차원에서 시급히 실행하여야 한다. 또한 향후 지역별, 질환별, 성별에 따른 세분화된 연구가 시급하며 제주도와 같이 야외활동시간이 많아지는 관광지에 대한 연구의 필요성이 제기되어 진다.



참고문헌

- 김지영,이대근,Kysely J.한국 주요도시의 폭염에 대한 기후 순응도 특성. 기상청 국립기상연구소 2009;19(4):309-318.
- 김지영,이대근,Kysely J.한반도와 유럽에서 발생한 폭염의 종관기후학적 특성비교. 국립기상연구소. 2008;18(4):355-365.
- 박종길,정우식,김은별. 폭염이 일 사망자수에 미치는 영향에 관한 연구. 한국대기환경학회지 2008;24(5):523-537.
- 변재영,김정식,김지영,최병철,최영진,Graetz A. 한반도 2007년 여름철 인지 온도 특성연구. 국립기상연구소 2008;18(2):137-146.
- 이대근,변재영,최영진,김규량.인지온도를 이용한 여름철 폭염스트레스와 일 사망률 증가와의 관련성 연구:1991~2005. 한국대기환경학회지. 2010; 26(3):253-264.
- 이대근,김지영,최병철. 1994년 7월 부산지역의 폭염으로 인한 일 사망률 특성 연구. 국립기상연구소 2007;17(4):463-470.
- 임연희,김호. 기후변화와 건강-저온과 고온이 사망에 미치는 영향에 관한 체계적 고찰. 한국환경보건학회지, 2011;37(6):397-405.
- 최병철,김지영,이대근,Kysely J.한국의 주요 대도시에 대한 일 최고 및 최저 기온의 장기변동 경향과 건강에 미치는 영향 전망. 국립기상연구소 2007;17(2),171-183.
- Anderson BG, Bell ML. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. Epidemiology. 2009;20(2):205-213.
- Basu R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. Environ Health. 2009;8:40.
- Colon KC, Rajkovich NB, White-Newsome JL, Larsen L, O'Meill MS, Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate. Maturitas.2011;69(3):197-202



- Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz JA, Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *Am J Epidemiol.*2002;155(1):88-87.
- G.M B, Cold stress and cold adaptation, *J Thermal Biology*, 1993; 18(5-6):629-631
- Ha J, Yoon J, Kim H. Relationship between winter temperature and mortality in Seoul, South Korea, from 1994 to 2006. *Sci Total Environ.* 2009; 407(7):2158-2164.
- Kim H, Ha JS, Park J. High temperature, heat index, and mortality in 6 major cities in South Korea. *Arch Environ Occup Health.* 2006; 61(6):265-270.
- Knochel JP, Heat stroke and related heat stress disorders. *Dis Mon*, 1989;35(5):301-377
- McCullough L, Arora S,Diagnosis and treatment of hypothermia. *An Fam Physician* 2004;70(12):2325-2332
- McGeehin MA, Mirabelli M, The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States, *Environ Health Perspect* 2001;109 Suppl2:185-189
- Ramanathan V, Feng Y. Air pollution, greenhouse gases and climate change:Global and regional perspectives. *Atmospheric Environ.* 2009;43(1):37-50
- Revich B, Shaposhnikov D. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. *Occup Environ Med.* 2008; 65(10): 691-696.



국문 요약

서울시와 제주의 기후 순응도 연구

-1993,1994년 사망자료를 중심으로-

최 미 경

고려대학교 보건대학원 환경보건과학과

(지도교수: 이 은 일, Ph.D)

목적 : 온도상승과 이상기온에 따른 기후의 변화는 인류건강에 큰 영향을 미치고 있다. 본 연구의 목적은 1993년, 1994년 서울과 제주의 사망자료를 사용하여 기후순응도의 특징을 분석하는데 있다.

방법 : 1993년, 1994년의 기상데이터 중 서울과 제주의 일평균온도, 일 최고온도, 일 최저온도 일교차 온도를 사용하였다. 일단위 기온과 사망자 수를 분석하고, Chow Test를 통하여 임계온도를 구한 후 회귀분석을 실시하여 두 지역간 기온과 사망률과의 관계를 분석하였다.

결과 : 임계온도를 알아보기 위해 Chow Test를 실시하였고, 그 결과 1994년 서울의 임계온도는 일평균온도에서 20℃ 최대온도에서 23℃, 최저온도에서 18℃를 나타냈다. 제주의 1994년 임계온도는 평균온도에서 11℃, 최고온도에서 10℃ 최저온도에서 14℃의 결과가 나타났다. 임계온도를 이용하여 회귀분석결과, 서울은 고온에서 일 평균온도가 lag time 1을 기록



할 때, 3.4명 사망자 수가 증가하였고, 제주는 저온에서 1℃ 낮아질 때 사망자 수가 1.73명 증가하였다.

결론 : 이상저온은 제주처럼 고온에 순응하는 지역인 경우 사망률에 영향을 줄 수 있고, 이상고온은 서울처럼 고위도 지역의 사망률에 영향을 줄 수 있다.

주제어 : 기후변화, 기후순응, 사망자 수

