



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학석사 학위논문

한파&폭염이 심혈관계 질환 및 호흡기계 질환 사망에 미치는 영향

Effects of Cold and Heat Waves on mortality of
cardiovascular and respiratory disease in
Taiwan, Japan and Korea

2016 년 2 월

서울대학교 보건대학원

보건학과 보건통계학전공

정 지 윤

초 록

서울대학교 보건대학원
보건학과 보건통계학 전공
정지윤

1. 배경

우리나라뿐만 아니라 세계적으로도 한파에 대한 이상 기후가 나타나 관심이 높아지고 있다. 기후 변화로 인해 한파보다는 폭염에 초점이 맞춰져 한파에 대한 연구는 부족하지만 미국에서는 기후변화가 겨울 폭풍우에 대한 강도가 점점 증가시킬 것이라 예상하고 있다.(Program 2008) 실제로도 전세계적으로 한파에 대한 이상 기후가 나타나고 있다. 유럽에서는 2012년 2월 11일, 이른 한파가 시작되어 약 590명의 사람들이 영하 35℃의 기온에서 사망했으며 2014년 1월에 시작된 북아메리카의 이른 한파는 영하 38℃의 기온을 기록하였고 한파가 4월 초까지 지속되었다. 이처럼 한파의 이상 기후가 지속되고 있다. 또한 겨울철 사망 수는 여름철 사망보다 많다는 것은 잘 알려져 있는 사실이며 실제로도 영국에서는 겨울철 사망자 수가 점점 증가하는 추세를 보인다고 한다.(Langford et al. 1995) 하지만 한파에 대한 연구의 중요성에도 불구하고 한파에 대한 연구는 폭염에 비해 부족하다. 따라서 본 연구는 한파에 대한 다각적 분석을 통해 한파가 대만, 일본, 한국의 심혈관계 질환& 호흡기계 질환 사망에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고자 한다.

2. 방법

본 연구는 대만, 일본, 한국의 각 3개, 7개, 6개의 도시 자료를 이용해 한파와 폭염이 심혈관계 질환과 호흡기계질환 사망에 미치는 영향을 분석하였다. 한파와 폭염은 각 도시 별로 1%, 2%, 3%, 4%, 5% 이하의 온도가 이를 이상 연속된 날들의 여부로 정의했다. 2가지 모델을

사용하여 온도의 영향을 고려한 모델과 온도의 영향을 제외한 모델을 사용하여 한파와 폭염에 대한 영향을 분석하였다. 모델1의 변수는 한파, 온도, 시간, 공휴일, 요일, 인플루엔자 기간 여부이며 온도는 DLNM으로 분석하여 온도의 비선형적이고 지연의 특징을 보정하였다. 모델2에서는 온도, 시간, 공휴일, 요일, 인플루엔자 기간 여부를 독립 변수로 한 추정된 사망 값을 이용하여 한파의 시간, 기간, 강도를 폭염의 시간, 기간, 강도와 더불어 함께 분석하였다. 강도는 한파나 폭염의 기준이 되는 퍼센타일 온도와 당일 온도의 차이를 의미하며 한파나 폭염의 기준보다 온도가 낮거나 높은 정도를 표시한다 기간은 한파나 폭염의 기간으로 첫째 날은 1, 둘째 날은 2로 표시하며 시간은 한파의 경우 추위가 시작되는 10월 1일을, 폭염의 경우 더위가 시작되는 4월 1일을 기준으로 하였다. 또한 결과를 나라별로 메타 분석 후 전체 영향을 파악하였다.

3. 결과

온도 효과를 함께 고려한 모델1의 결과 심혈관계 질환 사망에서는 일본의 한파와 폭염, 한국의 폭염효과가 나타났으며 호흡기계 질환 사망에서는 두드러진 특징이 나타나지 않았다. 일본의 심혈관계 질환 사망의 경우 한파의 기준을 1%로 정했을 때 3.997%, 4%로 정했을 때는 1.944%의 사망 감소가 나타나는 것으로 나타났다. 또한 일본에서 폭염도 심혈관계 질환 사망에 영향을 주며 폭염의 기준을 98%로 정했을 경우 4.5%, 95%로 정했을 경우 2%의 사망 증가가 나타났다. 한국은 심혈관계 질환 사망에서 폭염의 영향이 두드러졌으며 폭염의 기준이 99%, 95%일 때 10.31%, 4.74%의 사망 증가가 나타났다. 하지만 호흡기계 질환 사망의 경우 유의한 값이 있었지만 전체적인 경향성이 나타나지 않았다.

온도효과를 제외한 모델2의 경우 심혈관계 질환 사망에서 일본이 한파 시간이 영향을 주었으며 한국은 한파 시간뿐만 아니라 폭염의 모든 특징에 영향을 받는 것으로 나타났다. 일본의 경우 한파가 1%~5% 기준일 때 10월 1일을 기준으로 50일 이후보다 전에 사망이 1.488%

증가하는 것으로 나타났고 한국의 경우 한파가 1%~5%일 때 0.501%의 사망 증가가 나타났다. 또한 한국은 동시에 폭염의 특징도 두드러지게 나타났다. 99% 폭염일 때 폭염의 기간이 5일 이상 나타날 경우 11.349% 사망 증가를 보였으며 폭염의 강도가 5℃ 높을 때 67.363%, 폭염의 시간이 4월 1일을 기준으로 50일 후에 0.501%의 사망 증가가 나타났다. 호흡기계 질환 사망의 경우에는 일본의 이른 한파만이 사망에 영향을 미쳤으며 10월 1일을 기준으로 50일 후에 1.488% 사망이 증가하는 것으로 나타났다.

4. 결론 및 고찰

일본은 온도효과와 함께 분석했을 때 한파가 오면 심혈관계 질환 사망이 감소하는 것으로 나타났다. 한파의 경우는 옷을 껴입거나 두꺼운 옷을 입는 등의 행위를 통해 한파를 예방할 수 있고 외출을 자제하는 등 상대적으로 쉽게 대처할 수 있다. 그래서 심혈관계 질환을 가지고 있는 일본 사람들이 외출을 자제하거나 옷을 껴입는 행위를 통해 한파에 대처를 하며 이러한 결과가 한파가 온 날 사망이 감소하는 결과를 가져왔다고 추측해볼 수 있다. 또한 이른 한파가 사망에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 한국과 대만의 경우 한파의 효과보다는 폭염의 효과가 뚜렷하게 나타났다. 특히 한국의 경우 폭염의 강도가 다른 폭염의 특징보다도 두드러지게 영향을 미쳤다. 본 연구를 통해 우리나라와 대만은 한파보다는 폭염에 특징이 두드러지게 나타나기 때문에 폭염에 대한 대비가 필요하지만 일본의 경우 폭염보다는 한파에 대한 특징이 두드러지고 특히 이른 한파가 사망에 영향을 미치기 때문에 이른 한파에 대한 대비가 필요하다고 결론지을 수 있다. 따라서 본 연구는 폭염 및 한파와 관련된 건강 문제에 대한 정책의 필요성을 제시하는 자료로 활용 가능하다.

주요어 : 한파, 폭염, 사망, 온도, 기후변화

학 번 : 2014-23305

목 차

초 록.....	i
표 목차.....	v
그림 목차.....	vi
제 1 장 서 론	1
제 2 장 선행 연구.....	3
제 3 장 연구 방법.....	6
1. 연구 자료.....	6
2. 각 변수들의 조작적 정의.....	6
3. 통계적 분석방법.....	7
제 4 장 연구 결과.....	11
1. 도시 별 한파 & 폭염 퍼센타일에 대한 기술적 통계.....	11
2. 온도의 자유도에 따른 한파와 폭염의 영향 변화.....	17
3. 한파&폭염의 영향을 온도의 효과와 함께 분석.....	22
4. 한파&폭염의 영향을 온도의 효과를 제외하고 분석.....	27
제 5 장 결론 및 고찰.....	38
부록.....	45
사사.....	47
참고문헌.....	48
Abstract.....	51

표 목차

[표 1] 도시별 퍼센타일에 따른 온도	12
[표 2] 대만의 온도 퍼센타일 별 한파& 폭염 수 및 일.....	14
[표 3] 일본의 온도 퍼센타일 별 한파& 폭염 수 및 일 수	15
[표 4] 한국의 온도 퍼센타일 별 한파&폭염 수 및 일 수.....	16
[표 5] 비사고 사망의 한파 및 폭염 퍼센타일에 따른 베타값..	24
[표 6] 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염 퍼센타일에 따른 베타 값	25
[표 7] 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염 퍼센타일에 따른 베타 값	26
[표 8] 대만의 비사고 사망의 한파 및 폭염 특징	28
[표 9] 일본의 비사고 사망의 한파 및 폭염 특징	29
[표 10] 한국의 비사고 사망의 한파 및 폭염 특징	30
[표 11] 대만의 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징	31
[표 12] 일본의 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징	32
[표 13] 한국의 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징	33
[표 14] 대만의 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징	35
[표 15] 일본의 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징	36
[표 16] 한국의 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징	37
[표 17] 비사고 사망의 한파 및 폭염의 퍼센트 변화.....	40
[표 18] 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염의 퍼센트 변화	41
[표 19] 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염의 퍼센트 변화	42
[표 20] 대만 모델 비교를 위한 AIC 값	45
[표 21] 일본 모델 비교를 위한 AIC 값	45
[표 22] 한국 모델 비교를 위한 AIC 값	46

그림 목차

[그림 1] 16개 도시 위치	11
[그림 2] 비사고 사망의 퍼센타일과 온도 자유도에 따른 한파&폭염 베타값의 변화.....	19
[그림 3] 심혈관계 질환 사망의 퍼센타일과 온도 자유도에 따른 한파&폭염 베타값의 변화	20
[그림 4] 호흡기계 질환 사망의 퍼센타일과 온도 자유도에 따른 한파&폭염 베타값의 변화	21

제 1 장 서 론

산업화 시대 이후 급격한 산업 발달로 인한 온실가스(Greenhouse gas, GHG)의 배출은 기후 변화에 중대한 원인이 되었다. 온실 가스 농도의 증가는 지구 표면의 온도가 상승하는 온실 효과를 발생시키며 이러한 온실 효과를 일으키는 6대 온실기체는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)로 알려져 있다. (1997년 12월 일본 교토, 교토의정서). 기후변화 완화 정책이 시행되고 있지만 이러한 인위적인 온실가스 배출량은 2000-2010년에 절대적으로 크게 증가하였으며 점차 증가하고 있는 추세이다. (IPCC 제 5차 평가 종합보고서) 온실가스의 농도 증가는 지구의 표면 온도를 높일 뿐만 아니라 극한 기상 및 기후 현상을 가져왔다. 한파, 폭염, 극한 해수면 증가 및 호우 빈도 등이 이러한 극한 기후의 현상을 보여준다.

우리나라는 중위도 위치하여 사계절이 뚜렷하다. 이는 계절별로 우리나라에 미치는 기단이 다르기 때문이다. 우리나라는 여름에 한랭 습윤한 오호츠크해 기단과 고온 다습한 북태평양 기단의 영향을 받고 겨울에는 한랭 건조한 시베리아 기단의 영향을 받는다. 기후변화로 기단의 영향이 달라짐에 따라 우리나라에도 극한 기후의 현상이 빈번하게 나타나고 있다. 특히 시베리아에서 발생한 고기압이 북서쪽에서 확장해 올 경우 혹한, 폭설, 강풍이 빈번하게 발생한다. 또한 북극 기단도 우리나라에 영향을 미쳐 시베리아 기단이 가져오는 한파보다 더 심한 혹한을 가져왔다. 이러한 기단의 남하와 확장은 지구 온난화로 데워진 북극기온이 한파를 가져왔기 때문이다. 기상청에 따르면 2010년 겨울에는 장기 한파가 찾아왔으며 1월의 평균 기온은(-4.4℃)로 1981년(-4.5℃) 이후 30년 만에 가장 낮았으며 한파로 인하여 체온 증상, 동상, 심혈관계 질환, 고혈압 등이 나타날 수 있으며 농작물이나 수도관 동파와 같은 경제적인 손실을 가져올 수 있다.

우리나라뿐만 아니라 세계적으로도 한파에 대한 이상 기후가 나타나 관심이 높아지고 있다. 기후 변화로 인해 한파보다는 폭염에 초점이 맞춰져 한파에 대한 연구는 부족하지만 미국에서는 기후변화가 겨울 폭풍우에 대한 강도가 점점 증가시킬 것이라 예상하고 있다.(Program 2008) 실제로도 전세계적으로 한파에 대한 이상 기후가 나타나고 있다. 유럽에서는 2012년 2월 11일, 이른 한파가 시작되어 약 590명의 사람들이 영하 35℃의 기온에서 사망했으며 2014년 1월에 시작된 북아메리카의 이른 한파는 영하 38℃의 기온을 기록하였고 한파가 4월 초까지 지속되었다. 이처럼 한파의 이상 기후가 지속되고 있고 겨울철 사망 수는 여름철 사망보다 많다는 것은 잘 알려져 있는 사실이며 실제로도 영국에서는 겨울철 사망자 수가 점점 증가하는 추세를 보인다고 한다.(Langford et al. 1995) 하지만 한파에 대한 연구의 중요성에도 불구하고 한파에 대한 연구는 폭염에 비해 부족하다. 따라서 본 연구는 한파에 대한 다각적 분석을 통해 한파가 대만, 일본, 한국의 심혈관계 질환 및 호흡기계 질환 사망에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고자 한다.

제 2 장 선행 연구

한파가 사망에 미치는 영향에 대해서는 다양한 의견이 있다. 최근 논문에 의하면 평균 온도가 증가하는 것은 추위의 발생 확률이 적어진다는 것을 의미한다. 따라서 장기적인 한파는 이전보다 감소할 것이며 2013년에 영국에서 발생했던 극한 한파가 다시 일어날 가능성이 지구 온난화로 인해 30배 감소할 것이라고 본다(Watts et al. 2015). 또한 많은 지역에서 겨울 동안 사망 증가가 나타나고 있지만 이 증가에 대한 원인은 아직 불분명하다. 대부분의 겨울철 사망은 심혈관계 질환 사망이지만 온도가 심혈관계 질환 사망에 미치는 영향은 약하며 오히려 추위와 호흡기계 질환 사망의 관계가 강하게 나타난다. 하지만 호흡기계 질환 사망의 경우 겨울철 사망에서 차지하는 비율이 적기 때문에 겨울철 온도와 사망의 관계에 회의적이었다.(Ebi et al. 2013)

같은 극한 기후인 폭염과 사망의 관계는 여러 연구를 통해 밝혀졌지만(Marmor 1975;Azhar et al. 2014;Shaposhnikov et al. 2014) 한파와 사망의 관계는 아직 불분명한 상태이며 다양한 연구들이 이뤄지고 있다. 일반적으로 한파로 인한 건강 영향은 노출 2-3주 이후에 나타나며 한파 노출로 인해 지연되어 나타나는 사망영향을 평가하는데 있어 기온의 사망 발생 경향을 spline을 이용하여 평가한다.(신용승 2011) 하지만 추운 날 사망이 많은 이유를 기온의 하강이 아니라 계절성으로 보는 연구도 있다.(Basu et al. 2002) 뿐만 아니라 한파를 정의할 때 계절적인 평균을 사용하거나 극단적인 한파 기간을 사용하는 것은 겨울철 사망을 파악하기에 어렵고 애매모호하며 대신에 상대적인 기온 변화를 사용하는 것이 분명한 관계가 있다고 한다.(Watts et al. 2015) 대만의 연구에서는 노인들을 대상으로 한파와 관련된 전체 사망, 호흡기계 질환 사망, 심혈관계 질환 사망을 분석하였다. 장기적인 극한 온도(prolonged temperature extremes)을 1%, 5%, 10%이하의 온도가 3~5, 6~8, 8일 이상 연속되어 온 날들을

1,0의 카테고리 변수로 지정하여 distributed lag non-linear model을 사용하여 한파의 영향을 분석하였다. 낮은 온도가 높은 온도보다 이상 기후가 크며 특히 호흡기계 질환보다 심혈관계 질환에서 두드러진다. 하지만 강하고 지속되는 한파의 유의한 영향을 발견하지는 못했다고 밝혔다.(Lin et al. 2011;Wang et al. 2012) 하지만 한파가 사망에 미치는 긍정적인 논문도 있다. 기후 시나리오에 따르면 폭염의 빈도가 감소한다고 하지만 지역 수준에서는 그렇지 않다(Díaz et al. 2005). 독일인들을 대상으로 연구한 논문에서는 일일 최소 온도를 사용하여 -5°C 이하의 온도가 적어도 9일 이상 나타나는 기간을 한파로 정의하였다. 한파 동안 평균적인 초과 사망이 12.8% 증가했으며 특히 심혈관계 질환과 노인들에게 한파가 큰 영향을 미쳤다. (Huynen et al. 2001) 또한 많은 연구들에서 한파와 사망간의 관계를 밝히고 있으며 한파의 장기간의 지연(lag)과 사망의 관계에 초점이 맞춰 연구가 진행되고 있다. 날씨와 관련된 사망 연구에서는 Generalized additive model을 사용하여 25일 이상의 lag가 사망에 영향을 미치며 1%와 10%의 온도 하에서의 사망의 영향을 비교하였다. (Anderson et al. 2009)

한파의 영향을 분석하는데 있어서 온도는 필요한 관련 변수이다. 하지만 많은 연구에서는 온도의 영향을 제외하고 한파를 분석하였다. 한 연구에서는 Yakutsk 지역의 한파를 3°C 이하의 온도인 날들이 9일 이상 지속되는 기간으로 정의하였으며 심혈관계 질환 사망과 비사고 사망이 한파와 유의한 관계를 가지고 있다고 밝혔다.(Revich et al. 2010) 또한 체코의 연구에서는 한파를 -3.5°C 이하의 날들로 정의했으며 초과 사망과 한파의 관계를 분석하였다. 이 연구 결과에 따르면 심혈관계 질환의 초과 사망이 한파와 관련이 있으며 특히 25세에서 59세 이하의 중년 남성들에게 상대 위험도가 더 크게 나타났다고 밝혔다.(Kysely et al. 2009) 비사고 사망에서 한파의 효과를 분석한 스페인의 연구에서는 한파의 기간과 상대 습도에서 사망의 증가가 나타나며 겨울의 끝 무렵의 한파가 사망에 더 큰 영향을

준다고 밝혔다.(Montero et al. 2010) 이처럼 온도의 영향을 고려하지 않고 초과 사망과 한파의 관계를 중심으로 분석한 연구들도 있다. 하지만 온도의 영향을 고려한 스웨덴의 연구에서는 한파를 2% 이하의 온도가 이틀 이상 나타나는 날들로 정의했으며 한파에서는 사망의 증가가 나타나지 않지만 2월과 12월을 비교했을 때 12월에 추위의 강한 효과가 나타난다고 밝혔다.(Rocklöv et al. 2009)

한파의 영향은 추위의 기간이 길어지면 더 심각하다고 한다.(Bonneux et al. 1994) 그래서 한파의 기간, 강도, 시간 등을 다각적으로 분석한 연구 결과도 있다. 이 연구의 결과에 따르면 여름철에 폭염이 일찍 올수록 위험한 것처럼 겨울철에 이른 추위가 더 위험하다고 밝히고 있다.(Barnett et al. 2012)

겨울철 사망에서 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것은 허혈성 심장 질환 사망이다. 추위에 노출된 이후 대다수의 사람들은 추위의 효과로부터 즉각적인 안정을 얻을 수 있지만 몇몇에게는 추위는 혈전증(thrombosis)를 만들어 혈액을 증가시킨다 이는 급성 혈전증 사망을 일으킬 수 있다. 또한 영국 자료에 따르면 추운 집안 환경은 겨울철 호흡기계 질환 사망에 영향을 미치며 외부 추위 온도는 동맥 혈전 사망을 가져올 수 있다고 한다.(Keatinge et al. 1994) 낮은 온도는 혈압, 콜레스테롤, 피브리노겐, 적혈구의 수를 증가시키며 이러한 증가는 호흡기계 질환의 위험 요소가 된다. (Thakur et al. 1987) 따라서 호흡기계 질환 사망과 심혈관계 질환 사망은 한파에 영향을 받을 수 있는 사망이며 이러한 질병 사망이 한파와 얼마나 연관이 있는지 살펴보려 한다.

제 3 장 연구 방법

1. 연구 자료

본 연구는 대만, 일본, 한국의 16개의 도시 자료를 사용하였다. 대만은 타이페이, 타이중, 까오슝의 3개 도시, 일본은 삿포로, 센다이, 도쿄, 나고야, 오사카, 기타큐슈, 후쿠오카의 7개 도시, 한국은 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전의 6개의 도시를 대상으로 분석하였다. 각 도시 별 자료의 기간은 대만의 경우 1994년 1월 1일부터 2007년 12월 31일까지 14년, 일본의 경우 1972년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지 38년, 한국은 1992년 1월 1일부터 2010년 12월 31일까지 19년 동안이다. 각 도시 별 사망 자료는 한국 통계청(Korea National Statistical Office, KNSO), 중국 질병 관리 본부(Center for Disease Prevention and Statistical Office), 일본 보건 복지부(the Ministry of Health and Welfare of Japan)에서 제공 받았다. 심혈관계 질환 사망과 호흡기계 질환 사망의 경우 ICD코드 10th의 분류를 사용하였으며 각각 I00-I99, J00-J99의 표준 분류를 따른다.

기상 자료는 평균 온도(mean temperature)를 사용하였으며 단위는 °C이다. 대만은 Taiwan Environmental Protection Administration, 한국은 Korea Meteorological Office, 일본은 Japan Meteorological Agency에서 기상자료를 제공받았다.

2. 각 변수들의 조작적 정의

한파는 역치로 정한 1%, 2%, 3%, 4%, 5% 이하의 온도가 이틀 이상 연속된 날들의 여부로 정의했으며 반대로 폭염은 99%, 98%, 97%, 96%, 95% 이상의 온도가 이틀 이상 연속된 날들의 여부로 정의했다. 따라서 한파와 폭염 변수는 이진 변수가 된다.

또한 한파와 폭염의 Intensity, Duration, Timing의 변수를 통해 한파와 폭염의 특징을 살펴보았다. Intensity는 온도의 강도이다. 이는 한파나 폭염의 기준이 되는 역치 온도와 당일 온도의 차이를 의미하며 한파나 폭염의 기준보다 온도가 낮거나 높은 정도를 표시한다. Duration은 한파나 폭염의 기간으로 첫째 날은 1, 둘째 날은 2, 셋째 날은 3 등등으로 표시하며 Timing은 한파의 경우 추위가 시작되는 10월 1일을, 폭염의 경우 더위가 시작되는 4월 1일을 기준으로 하였다. 10월 1일을 기준으로 한파가 온 날과의 일 수 차이를 의미하며 예를 들어, 11월 1일에 한파가 왔다면 Timing은 30일이라고 정의하게 된다.

3. 통계적 분석방법

본 연구에서는 크게 2가지 모델을 이용하여 한파에 대한 영향과 그 특징을 살펴보았다. 모델1의 경우 온도와 한파의 효과를 함께 고려하였으며 모델2의 경우 온도 효과를 제외하고 한파의 효과를 살펴보았다. 종속 변수는 호흡기계 질환 사망과 심혈관계 질환 사망이며 비사고 사망도 추가적으로 분석하였다.

$$Y \sim \text{poisson}(\mu)$$

$$\begin{aligned} \log(\mu) = & \alpha + \text{waves} + \text{ns}(\text{mean temperature, df,df}) \\ & + \text{influenza period} + \text{day of week} + \text{holiday} \\ & + \text{ns}(\text{time, df}=6 \times \text{years}) \end{aligned}$$

사망 자료는 quasipoisson 분포를 따른다고 가정했으며 GLM(Generalized Linear Model)을 이용하여 분석하였다. 모델1의 독립변수는 한파, 온도, 인플루엔자 기간 여부, 공휴일, 요일, 시간이다. 보정 변수로 사용된 인플루엔자의 기간 여부를 나타내는 이진 변수는 일주일 단위로 구분이 되며 1000명 사망 당 인플루엔자로 사망한 사람이 있으면 1로 표기 된다. 공휴일을 나타내는 holiday 변수는 공식적인 휴일로 여겨지는 국경일(national holiday)의 여부를

표시하였다. 공휴일 자료는 R packages “timeDate” 를 이용하여 정리하였다. Day of week 으로 표시된 요일은 각 요일을 월요일부터 일요일까지 범주화된 7가지의 변수로 사용하였다. 또한 time으로 표시된 시간 변수는 natural cubic spline 함수를 통해 보정하였으며 년당 자유도 6을 지정하여 각 나라별 데이터 년 수를 곱해 사용하였다.

포아송 분포는 특정한 사건이 발생할 가능성이 매우 작은 확률 분포이며 평균과 분산이 같다는 특성을 가지고 있다. 사망 자료의 경우 하루의 기간 동안 발생하는 사망자 수를 의미하기 때문에 포아송 분포를 가정한다. 하지만 사망 자료와 같은 실제 가산자료(count data)의 경우 분산이 하나로 고정되지 않기 때문에 분산이 커지는 과분산(overdispersion)문제가 나타나게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 모델을 quasipoisson으로 가정하였다. 온도는 DLNM으로 보정했으며 온도와 lag의 함수는 모두 natural cubic spline을 사용했으며 온도의 자유도는 4, lag의 자유도는 5로 지정하였다. Lag의 knots는 lag의 로그 스케일에 따라 동등한 간격의 값을 지정하였다. 또한 한파는 단기간의 lag를 가지고 있는 폭염과는 달리 장기간의 lag를 가지고 있기 때문에 최대 lag를 21로 지정하였다.

DLNM은 Distributed lag non-linear model의 약어로 온도와 lag, 상대위험도를 함께 고려하는 3차원 매트릭스를 기반으로 한다. 즉, 사망에서 비선형이고 지연된 온도의 효과를 동시에 볼 수 있는 모델이다.(Armstrong 2006;Gasparrini et al. 2010) 또한 온도와 lag를 각각의 함수를 사용해서 분석할 수 있기 때문에 지정하는 함수에 따라 선형 혹은 비선형 등으로 다양하게 파악할 수 있다. 온도 관련된 사망의 경우 온도와 사망이 J 혹은 U,V 모양으로 관련되어 있다는 것은 잘 알려져 있기 때문에 비선형 관계를 볼 수 있는 DLNM은 효과적이다.(Martin et al. 2012) 또한 사망은 당일의 온도에도 영향을 받지만 며칠 전 혹은 더 이전의 온도에도 영향을 받는다.(Anderson et al. 2009) Distributed lag model은 사망에 미치는 온도의 지연 영향을 파악할 수 있다.(Analitis et al. 2008;Baccini et al. 2008) 따라서 lag의

영향이 지연 날 수에 따라 일정하지 않기 때문에 분포의 형태를 띄고 있다고 가정하는 DLNM이 온도의 영향을 분석하는 다각적인 방법이 된다.

DLNM에서 crossbasis 함수를 통해 보정된 온도를 다른 변수들과 함께 GLM을 통해 분석하였다. GLM은 전통적인 회귀분석이 가정하고 있는 정규성과 동분산성을 가정하지 않는다. 전통적인 회귀분석에서는 독립변수와 종속변수가 선형이며 잔차들이 정규분포를 가지며 서로 독립이고 분산이 같다는 가정을 한다. 하지만 GLM은 선형성에 초점을 맞춰 link function과 공분산 가정 등을 통해 모형을 분석한다.

반면 모델2에서는 두 개의 stage로 나누어 온도의 영향을 제외하여 한파를 파악하였다. 먼저, stage1에서는 한파 변수를 제외한 모델1에서 사용한 변수들을 그대로 사용한다. Stage1에서 사용된 모델로 추정된 사망 수를 $\log(\hat{\mu})$ 로 표시할 수 있으며 이를 stage2의 독립변수로 사용한다. 이러한 방법을 통해서 온도의 영향을 제외하고 한파의 특징을 살펴 볼 수 있다. 온도의 영향에 의해 사망한 사망자수와 실제 사망자수와 차이가 한파와 얼마나 관련이 있는지를 살펴보는 것이다. 한파 여부뿐만 아니라 한파의 Intensity, Duration, Timing을 독립 변수로 두었으며 covariate로 폭염, 폭염의 Intensity, Duration, Timing을 보정하였다.

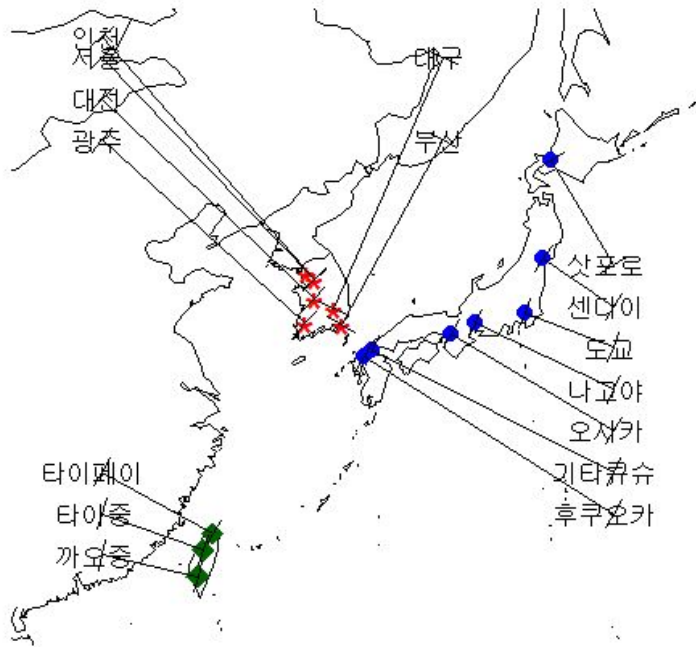
Stage 1	$Y \sim \text{poisson}(\mu)$ $\log(\mu) = \alpha + \text{ns}(\text{mean temperature, df, df})$ $+ \text{influenza period} + \text{day of week} + \text{holiday}$ $+ \text{ns}(\text{time, df}=6 \times \text{years})$
Stage 2	$Y \sim \text{poisson}(\mu^*)$ $\log(\mu^*) = \alpha' + \log(\hat{\mu}) + \text{cold wave} + \text{cold intensity}$ $+ \text{cold duration} + \text{cold timing}$ $+ \text{heat wave} + \text{heat intensity}$ $+ \text{heat duration} + \text{heat timing}$

Timing의 경우 한파와 폭염의 Timing이 중복되기 때문에 한파의 Timing은 10월 1일부터 3월 31일까지, 폭염의 Timing은 4월 1일부터 9월 30일까지 기간을 지정하여 시간 interaction을 피하였다. 또한 같은 모델에서 역치의 수준을 맞추기 위해 한파의 기준을 1%로 두었다면 폭염의 기준은 99%으로 두었다. 마찬가지로 2%가 한파의 기준이라면 폭염은 98%의 기준을 사용하였다.

이 두 가지 모델을 통해 분석된 16개의 도시의 결과를 각 나라별로 메타 분석하여 나라별로 비교하였다. 메타 분석은 R package의 mvmeta를 사용하였으며 제한최대우도법(Restricted maximum likelihood, REML)으로 나라별 도시 자료를 통합하였다.

제 4 장 연구 결과

1. 도시 별 한파 & 폭염 퍼센타일에 대한 기술적 통계



[그림 1] 16개 도시 위치

[표 1] 도시별 퍼센타일에 따른 온도

도시	한파 퍼센타일					폭염 퍼센타일				
	1%	2%	3%	4%	5%	99%	98%	97%	96%	95%
타이페이	11.40	12.32	12.94	13.40	13.90	31.5	31.2	30.9	30.7	30.5
타이중	12.30	13.42	14.10	14.50	15.10	30.39	30.10	29.90	29.70	29.60
카오슝	15.41	16.50	17.10	17.60	18.10	30.70	30.40	30.30	30.10	29.90
서울	-7.80	-6.36	-5.39	-4.71	-3.93	28.96	28.25	27.67	27.12	26.70
부산	-1.74	-0.60	0.29	1.00	1.56	28.68	28.09	27.64	27.25	26.90
대구	-3.46	-2.33	-1.56	-0.93	-0.43	30.43	29.92	29.26	28.79	28.30
인천	-6.97	-5.63	-4.76	-4.08	-3.32	28.13	27.43	26.86	26.38	25.96
광주	-3.47	-2.26	-1.62	-1.08	-0.68	29.06	28.66	28.24	27.85	27.51
대전	-5.82	-4.73	-3.78	-3.20	-2.75	28.77	28.24	27.81	27.34	27.01
삿포로	-8.30	-7.40	-6.70	-6.20	-5.70	25.70	24.70	23.90	23.40	22.80
센다이	-2.20	-1.40	-0.80	-0.30	0.00	27.70	26.70	26.10	25.60	25.20
도쿄	2.50	3.30	3.70	4.20	4.50	30.00	29.40	29.10	28.70	28.40
나고야	0.70	1.60	2.10	2.50	2.90	30.20	29.50	29.10	28.70	28.40
오사카	2.40	3.10	3.60	4.00	4.40	30.70	30.30	30.00	29.70	29.40
기타큐슈	2.40	3.30	3.90	4.40	4.90	30.40	29.90	29.60	29.30	29.00
후쿠오카	2.40	3.30	3.90	4.40	4.90	30.40	29.90	29.60	29.30	29.00

[표 1]을 통해 대만의 3개도시, 한국의 6개도시, 일본의 7개도시의 각 퍼센타일별 온도를 알 수 있다. 타이페이의 경우 1994년 1월 1일부터 2007년 12월 31일까지 14년동안의 온도 분포에서 1%의 온도가 11.4℃라는 의미이다.

대만 도시(타이페이, 타이중, 카오슝)의 경우 평균 온도가 23.2℃, 23.64℃, 25.23℃로 한국, 일본보다 높은 온도를 기록한다. 따라서 한파의 기준이 되는 각 퍼센타일의 온도가 11.4℃부터 18.1℃가 되지만 상대적으로 높은 위도에 있는 일본과 한국의 경우는 대만보다 낮은

기온이 각 퍼센타일의 온도가 되는 것을 알 수 있다.

[표 2]~[표 4]는 나라 별 퍼센타일에 따른 한파와 폭염의 일 수를 나타낸다, 타이페이의 경우 1%의 온도가 11.4℃이며 11.4℃이하인 온도가 이틀 이상 연속되는 경우 한파라고 정의하였다. 따라서 한파가 이틀 이상 지속되는 횟수가 14년 동안 15번이라는 의미이며 15번의 한파 총 일수는 38일이라는 의미이다.

한파는 각 퍼센타일의 온도 이하가 이틀 이상 연속된 날들로 정의했으며 대만은 평균적으로 14년 동안 40.467번의 한파가 왔으며 평균 129.2일의 날 수를 기록해 한파가 한 번 오면 평균 3.19일이 지속되는 것을 알 수 있었다. 한국의 경우 19년 동안 59.033번의 한파가 왔으며 평균 173.9일 날 수를 기록해 한파가 한 번 오면 평균 2.94일이 지속되는 것을 알 수 있다. 38년 동안의 자료가 있는 일본의 경우 평균 95.7714번의 한파가 왔으며 340.8857일 동안 나타났다. 이를 통해 평균적으로 한 번의 한파에 3.55일이 지속된다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 한파의 지속 기간이 일본>대만>한국의 순으로 길다는 것을 알 수 있었다.

폭염도 한파와 마찬가지로 각 퍼센타일의 온도 이상이 이틀 이상 연속된 날들로 정의했으며 대만은 평균적으로 33.73번의 폭염이 왔으며 연속되는 지속 일 수는 137일로 폭염이 한 번 오면 평균 4.06일이 지속되는 것을 알 수 있었다. 한국의 경우 38.13번의 폭염이 왔으며 그에 따른 지속 일 수는 183.367로 한 번 폭염이 오면 4.808일이 지속되며 일본은 38년 동안 87.94번의 폭염이 왔으며 371.1143일 동안 지속되었다. 한 번 폭염이 오면 4.21번이 지속되는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 폭염의 지속기간이 한국>일본>대만의 순으로 길다는 것을 알 수 있었다.

[표 2] 대만의 온도 퍼센타일 별 한파& 폭염 수 및 일

나라	도시이름	퍼센타일	한파 수	한파 일수	퍼센타일	폭염 수	폭염 일수
타이완	타이페이	1%	15	38	99%	14	41
		2%	29	78	98%	25	83
		3%	39	118	97%	33	122
		4%	57	170	96%	45	188
		5%	72	221	95%	52	225
	타이중	1%	15	39	99%	9	32
		2%	26	74	98%	25	92
		3%	40	129	97%	37	134
		4%	54	177	96%	52	193
		5%	68	239	95%	56	219
	까오슝	1%	16	43	99%	15	47
		2%	26	83	98%	22	104
		3%	39	121	97%	28	136
		4%	51	177	96%	37	177
		5%	60	231	95%	56	262

[표 3] 일본의 온도 퍼센타일 별 한파& 폭염 수 및 일 수

나라	도시이름	퍼센타일	한파 수	한파 일수	퍼센타일	폭염 수	폭염 일수
일본	삿포로	1%	32	106	99%	36	119
		2%	58	204	98%	58	234
		3%	85	307	97%	80	374
		4%	126	461	96%	102	493
		5%	163	600	95%	126	656
	센다이	1%	34	99	99%	42	106
		2%	59	213	98%	60	224
		3%	92	339	97%	92	354
		4%	134	485	96%	110	470
		5%	150	568	95%	128	598
	도쿄	1%	24	62	99%	41	114
		2%	63	198	98%	75	244
		3%	87	293	97%	96	356
		4%	121	433	96%	116	498
		5%	145	529	95%	150	640
	나고야	1%	31	84	99%	36	116
		2%	75	223	98%	63	231
		3%	104	365	97%	90	371
		4%	133	482	96%	123	531
		5%	151	611	95%	140	657
	오사카	1%	36	92	99%	35	127
		2%	70	228	98%	70	250
		3%	106	355	97%	89	368
		4%	129	465	96%	114	514
		5%	164	599	95%	136	674
	기타큐슈	1%	40	112	99%	39	116
		2%	65	220	98%	63	244
		3%	87	312	97%	83	344
		4%	132	493	96%	112	482
		5%	166	628	95%	138	649
	후쿠오카	1%	40	112	99%	39	116
		2%	65	220	98%	63	244
		3%	87	312	97%	83	344
		4%	132	493	96%	112	482
		5%	166	628	95%	138	649

[표 4] 한국의 온도 퍼센타일 별 한파&폭염 수 및 일 수

나라	도시 이름	퍼센타일	한파 수	한파 일수	퍼센타일	폭염 수	폭염 일수
한국	서울	1%	20	51	99%	15	56
		2%	38	104	98%	30	115
		3%	61	174	97%	39	183
		4%	85	249	96%	52	251
		5%	96	306	95%	55	310
	부산	1%	20	47	99%	16	54
		2%	39	102	98%	29	122
		3%	60	166	97%	33	180
		4%	82	238	96%	52	255
		5%	94	291	95%	52	323
	대구	1%	16	40	99%	16	55
		2%	37	100	98%	29	119
		3%	64	178	97%	45	190
		4%	81	239	96%	50	248
		5%	94	307	95%	60	314
	인천	1%	18	46	99%	14	50
		2%	43	114	98%	32	120
		3%	62	174	97%	41	180
		4%	79	232	96%	50	252
		5%	98	304	95%	58	314
	광주	1%	19	47	99%	12	54
		2%	40	104	98%	26	105
		3%	61	168	97%	38	172
		4%	81	241	96%	53	245
		5%	97	305	95%	67	321
대전	1%	18	47	99%	14	55	
	2%	39	111	98%	28	119	
	3%	59	180	97%	38	178	
	4%	77	239	96%	46	241	
	5%	93	313	95%	54	320	

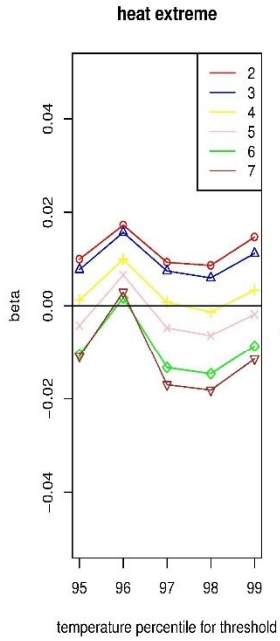
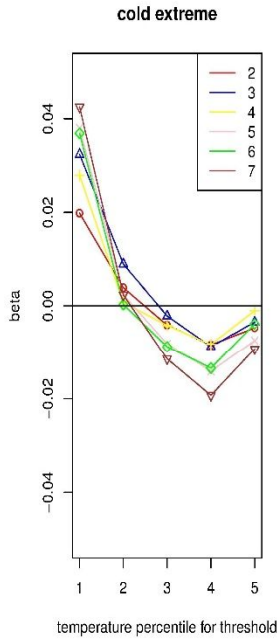
2. 온도의 자유도에 따른 한파와 폭염의 영향 변화

한파와 폭염의 영향을 분석하기 위해서는 온도의 영향을 고려해야 한다. 하지만 온도의 영향을 얼마나 고려해야 한파와 폭염의 영향을 파악할 수 있는지 분석이 필요하다. 그래서 온도의 영향을 크게 혹은 작게 파악하는 정도에 따라 한파와 폭염의 영향이 어떻게 달라지는지 자유도의 변화를 통해 파악하였다

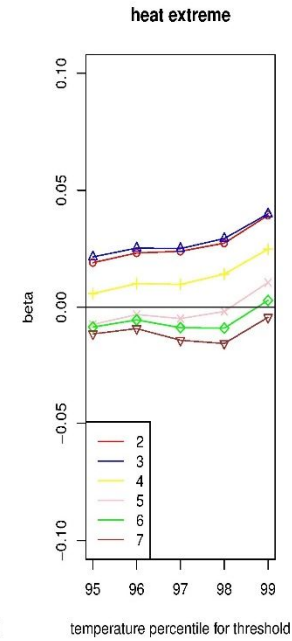
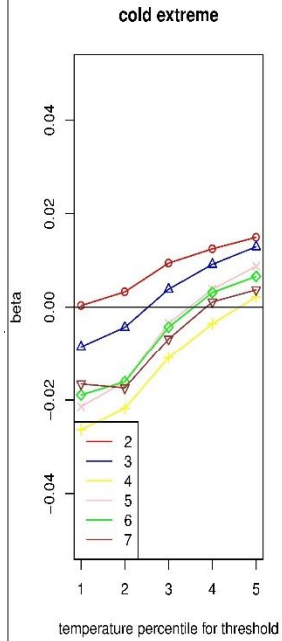
[그림 3]은 심혈관계 질환 사망을 종속 변수로 하는 모델1에서 한파 퍼센타일과 온도 자유도에 따라 한파와 폭염의 베타값이 어떻게 변화하는지를 보여준다. 먼저 색을 중심으로 그림을 파악하면 온도 자유도를 2에서부터 7까지 조절했을 때 한파와 폭염의 베타값의 변화를 알 수 있다. 대체적으로 온도 자유도를 2로 지정했을 경우에는 한파와 폭염의 베타값이 크고 온도 자유도를 7로 지정했을 경우 한파와 폭염의 베타값이 작아지는 것을 알 수 있다. DLNM에서 온도의 자유도를 높인다는 것은 온도의 flexibility를 높인다는 것을 의미한다. 즉, 온도의 효과를 자세히 보겠다는 것을 의미한다. 따라서 온도의 자유도를 높이면 자연스럽게 한파의 영향이 감소하고 그에 따라 베타값이 작아지는 것을 알 수 있다. 전체적으로 폭염의 경우에는 온도의 자유도가 커짐에 따라서 폭염의 베타값이 감소하는 경향이 뚜렷하게 보이거나 한파의 경우에는 온도의 자유도를 높인다 하더라도 한파의 베타값이 작아지는 경향이 뚜렷하게 보이지 않았다. 또한 선을 중심으로 보면 한파와 폭염의 퍼센타일에 따른 한파와 폭염의 베타값의 변화를 알 수 있다. 전체적으로 5%보다 1%일 때, 즉 더 극 값일수록 한파와 폭염의 베타값이 커지는 것을 알 수 있다. 하지만 일본의 한파의 경우, 극 값으로 갈수록 한파의 베타값이 작아지는 경향을 보이는 것을 알 수 있다.

[그림 4]는 호흡기계 질환 사망의 경우 색을 중심으로 플랏을 분석해봤을 때, 심혈관계 질환 사망보다 온도의 자유도를 높인다고 하더라도 폭염과 한파의 베타값이 작아지는 경향이 뚜렷하게 나타나지

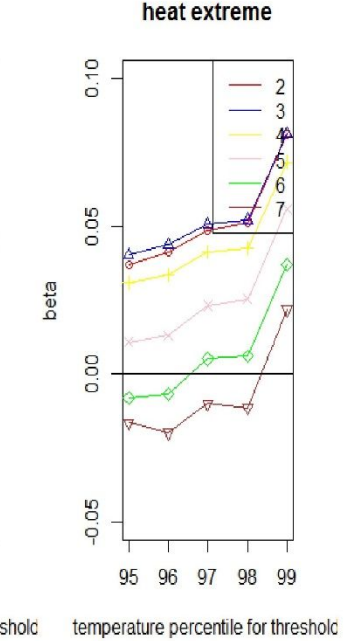
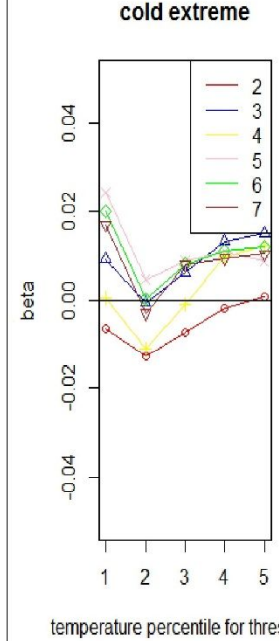
않았다. 하지만 일본과 한국의 경우에는 자유도 3을 사용했을 때 폭염의 베타값이 가장 컸지만 전체적으로 온도의 낮은 자유도를 사용했을 때 한파와 폭염의 베타값이 컸으며 높은 자유도를 사용했을 때 한파와 폭염의 베타값이 작았다. 또한 선을 중심으로 분석해봤을 때, 심혈관계 질환 사망보다 극한 퍼센타일로 갈수록 베타값이 커지는 경향 또한 뚜렷하지 않았다. 대만의 한파를 제외하고 반드시 극한 퍼센타일로 갈수록 베타값이 커지지 않았으며 그 경향성이 뚜렷하게 보이지 않았다.



대만

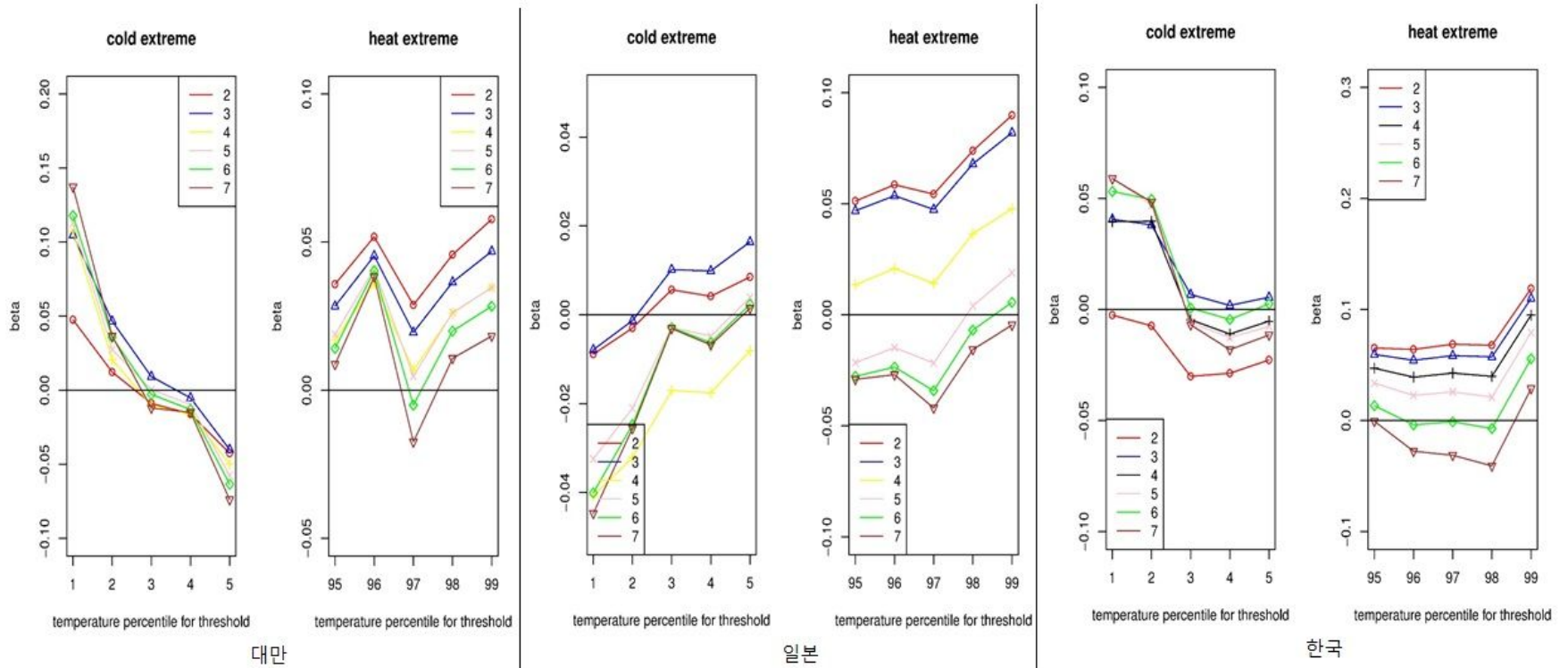


일본

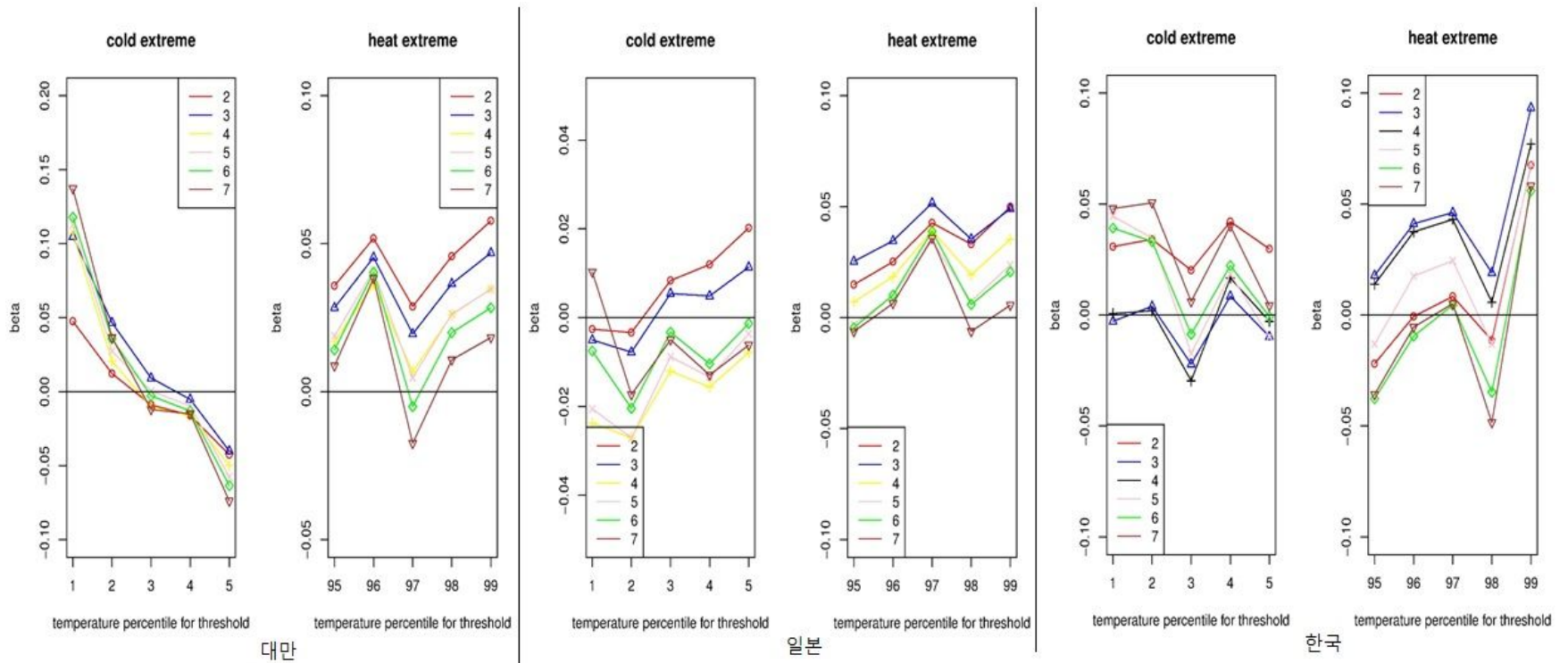


한국

[그림 2] 비사고 사망의 퍼센타일과 온도 자유도에 따른 한파&폭염 베타값의 변화



[그림 3] 심혈관계 질환 사망의 퍼센타일과 온도 자유도에 따른 한파&폭염 베타값의 변화



[그림 4] 호흡기계 질환 사망의 퍼센타일과 온도 자유도에 따른 한파&폭염 베타값의 변화

3. 한파&폭염의 영향을 온도의 효과와 함께 분석

한파의 영향을 온도 효과를 고려한 채로 분석하기 위해 온도 보정을 자유도 4로 택했다.

[표 5]를 통해 비사과 사망의 경우 한국의 모든 폭염 기준에서 베타값이 양수가 나와 폭염이 있는 날 사망이 증가하는 것을 알 수 있었으며 95%에서 99%로 이동하는, 즉 극 역치에 가까워질수록 베타값이 커져 극한 폭염이 올수록 사망이 더 크게 증가하는 것을 알 수 있었다.

[표 6]은 심혈관계 질환의 경우 온도의 효과를 함께 고려했을 때 한파와 폭염의 영향을 나타내었다. 심혈관계 질환 사망의 경우 한파보다는 폭염에 더 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 대만의 경우 96% 온도(대만 3개 도시의 96% 평균 온도, 30.167℃)이상인 날에만 사망이 3.8% 증가하는 것으로 나타났지만 일본과 한국의 경우에는 폭염의 영향이 뚜렷했다. 일본의 경우 98% 온도(일본 7개 도시의 98% 평균 온도, 28.63℃)이상인 날에 4.5%의 사망 증가가 나타났으며 95% 온도(일본 7개 도시의 95% 평균 온도, 27.46℃)이상인 날에 2%의 사망 증가가 나타났다. 한국의 경우에도 99%의 온도(한국 6개 도시의 99% 평균 온도, 29℃)일 경우 10.31%의 사망 증가에서부터 95%의 온도(한국 6개 도시의 95% 평균 온도, 27.06℃)이상인 날에 4.74%의 사망 증가가 나타났다. 또한 전체적으로 일본, 한국 모두 극한 퍼센타일로 갈수록 베타값이 커져 극한 온도일수록 사망이 증가하는 경향을 보였다. 심혈관계 질환 사망에서 특징적인 점은 일본에서 한파의 베타가 음수값을 가진다는 점이다. 일본의 1% 온도(일본 7개 도시의 1% 평균 온도, -0.01℃)이하인 날에 사망이 4% 감소하고 4% 온도(일본 7개 도시의 4% 평균 온도, 1.86℃)이하인 날에 1.77% 감소하는 것으로 나타났다. 또한 5%에서 1%, 즉 극한 퍼센타일로 갈수록 사망 감소율이 커지는 것을 알 수 있었다.

[표 7]를 통해 호흡기계 질환 사망의 경우 한파의 영향이 3개의

나라 모두에서 나타나지 않았으며 폭염의 영향도 심혈관계 질환 사망보다 뚜렷하게 나타나지 않았음을 알 수 있었다. 또한 극한 퍼센타일, 즉 역치가 되는 온도가 한파의 경우에는 더 감소하거나, 폭염의 경우에는 더 증가한다 하더라도 사망에 유의하게 영향을 미치지 않았다. 대만의 경우에는 97% 온도(대만 3개 도시의 평균 온도, 30.367℃)에서 사망이 5.9% 증가하는 것으로 나타났으며 98% 온도(대만 3개 도시의 평균 온도, 30.567℃)에서 사망이 5.4% 증가하는 것으로 나타났다. 일본의 경우 97%의 온도(일본 7개 도시의 평균 온도, 28.2℃)에서 사망이 3.98% 증가하는 것으로 나타났다.

[표 5] 비사고 사망의 한파 및 폭염 퍼센타일에 따른 베타값

	대만			일본			한국		
	beta	Std. Error	Pr(> z)	beta	Std. Error	Pr(> z)	beta	Std. Error	Pr(> z)
winter1	0.0183	0.0196	0.351	-0.0221	0.0094	0.0186	0.0009	0.0125	0.9456
winter2	-0.0014	0.0156	0.927	-0.0208	0.009	0.0212	-0.011	0.0104	0.2908
winter3	-0.0021	0.0132	0.8751	-0.0122	0.0107	0.2529	-0.0003	0.0091	0.9729
winter4	-0.0098	0.0119	0.4075	-0.0026	0.0061	0.675	0.0097	0.0082	0.2371
winter5	-0.0013	0.0109	0.9087	0.002	0.0059	0.7307	0.0117	0.0075	0.1165
summer1	0.0042	0.0134	0.7532	0.0241	0.0203	0.2353	0.0713	0.014	0.000
summer2	0.0015	0.0127	0.9037	0.0174	0.0139	0.211	0.0417	0.0127	0.001
summer3	0.0029	0.0094	0.7585	0.0126	0.0102	0.2162	0.042	0.0073	0.000
summer4	0.0127	0.0091	0.1629	0.0129	0.0089	0.1459	0.0334	0.0069	0.000
summer5	0.0037	0.0082	0.6488	0.0072	0.0089	0.4224	0.0307	0.0067	0.000

[표 6] 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염 퍼센타일에 따른 베타값

	대만			일본			한국		
	Estimate	Std. Error	Pr(> z)	Estimate	Std. Error	Pr(> z)	Estimate	Std. Error	Pr(> z)
winter1	0.1011	0.0625	0.1057	-0.0408	0.013	0.0018	0.0432	0.0226	0.0563
winter2	0.0128	0.0302	0.671	-0.032	0.0106	0.0025	0.0351	0.0223	0.1159
winter3	-0.0074	0.0257	0.7717	-0.017	0.0094	0.0709	-0.0094	0.0195	0.6289
winter4	-0.0148	0.023	0.5194	-0.0176	0.0088	0.0441	-0.0118	0.0148	0.4275
winter5	-0.0442	0.0212	0.0377	-0.0081	0.0083	0.3291	-0.0041	0.0135	0.7611
summer1	0.0358	0.0278	0.1974	0.0517	0.031	0.0946	0.0982	0.0236	0.0000
summer2	0.029	0.0215	0.1765	0.0441	0.0151	0.0036	0.0428	0.0244	0.0793
summer3	0.0049	0.0194	0.8022	0.0242	0.0107	0.0232	0.046	0.0136	0.0007
summer4	0.0373	0.0177	0.0351	0.0284	0.0097	0.0033	0.0393	0.0129	0.0023
summer5	0.019	0.0167	0.2549	0.0199	0.0095	0.0362	0.0464	0.0124	0.0002

[표 7] 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염 퍼센타일에 따른 베타값

	대만			일본			한국		
	Estimate	Std. Error	Pr(> z)	Estimate	Std. Error	Pr(> z)	Estimate	Std. Error	Pr(> z)
winter1	0.0722	0.0926	0.4358	-0.0167	0.0409	0.4358	0.0072	0.0569	0.899
winter2	0.008	0.0665	0.9047	-0.0299	0.0199	0.1333	0.0084	0.0393	0.8304
winter3	-0.0027	0.0473	0.9549	-0.0122	0.0144	0.3989	-0.0221	0.0372	0.5529
winter4	-0.0338	0.0405	0.4036	-0.0156	0.013	0.2291	0.0067	0.0355	0.8507
winter5	-0.0084	0.0346	0.807	-0.0079	0.0123	0.5243	-0.0145	0.0284	0.6089
summer1	0.0264	0.0433	0.5423	0.0407	0.0311	0.1907	0.0898	0.0643	0.1622
summer2	0.0546	0.0335	0.1031	0.0204	0.0216	0.3468	0.0177	0.0333	0.5949
summer3	0.0578	0.0304	0.0575	0.0391	0.015	0.0093	0.048	0.0296	0.1048
summer4	0.053	0.028	0.0585	0.0185	0.0143	0.1972	0.0326	0.0279	0.2432
summer5	0.0419	0.0264	0.1129	0.0071	0.0141	0.6129	0.0195	0.0268	0.4671

4. 한파&폭염의 영향을 온도의 효과를 제외하고 분석

한파의 특징을 살펴보기 위해 온도 효과를 제외하고 분석해보았다. 온도의 자유도는 모델1과 마찬가지로 4로 지정했으며 stage1, stage2의 계층적인 모델을 사용하여 온도 효과를 제외하였다.

[표 8]~[표 10]을 통해 비사고 사망에서 온도와 폭염 및 한파를 함께 고려했을 때 한국에서 폭염의 영향만이 있었던 것과 달리 온도 효과를 제외했을 때 대만에서는 폭염의 기간이, 일본에서는 폭염의 시간이, 한국에서는 폭염의 강도가 사망에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 대만의 경우 폭염의 기간이 길고, 일본은 폭염이 빨리 올수록, 한국은 폭염의 강도가 강할 수록 사망에 영향을 미쳤으며 한파 특징의 영향은 세 나라에서 모두 보이지 않았다.

[표 8] 대만의 비사고 사망의 한파 및 폭염 특징

대만	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	0.0382	0.3375	0.0333	0.1641	0.0186	0.2921	-0.0079	0.575	0.0063	0.6757
duration	-0.0074	0.6637	-0.0075	0.2762	-0.0049	0.378	-0.0007	0.8848	-0.0016	0.691
intensity	0.0164	0.3117	0.0101	0.284	0.0055	0.4987	-0.0008	0.8728	0.0027	0.5378
timing	0.0000	0.9292	0.0000	0.9442	0.0000	0.8924	0.0000	0.8183	0.0000	0.8
heat	-0.0722	0.067	-0.0231	0.3422	-0.0152	0.3814	-0.0058	0.678	-0.0032	0.7884
duration	0.0214	0.0137	0.0081	0.0255	0.008	0.0369	0.0068	0.0586	0.0065	0.0048
intensity	0.0536	0.3513	0.0034	0.9161	-0.0126	0.5085	-0.0185	0.261	-0.0235	0.1021
timing	0.0000	0.9121	0.0000	0.9138	0.0000	0.9023	0.0000	0.8018	0.0000	0.8272

[표 9] 일본의 비사고 사망의 한파 및 폭염 특징

일본	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	-0.0103	0.5481	0.0019	0.8772	0.0076	0.43	0.0063	0.4083	0.0052	0.3133
duration	0.0002	0.9805	0.0024	0.6008	0.0001	0.9575	0.0001	0.9731	-0.0005	0.6104
intensity	-0.0059	0.3602	0.0013	0.7971	0.0021	0.6396	0.0018	0.5395	0.0008	0.7622
timing	0.0000	0.2763	0.0000	0.2375	0.0000	0.2285	0.0000	0.2173	0.0000	0.2236
heat	0.0148	0.3865	0.0106	0.3523	0.0014	0.9274	-0.0045	0.5987	-0.0033	0.662
duration	0.0036	0.4491	0.003	0.2147	0.0023	0.1327	0.0024	0.013	0.0019	0.0076
intensity	0.0171	0.1688	0.0162	0.0199	0.0105	0.2355	0.0103	0.1333	0.0071	0.2686
timing	0.0000	0.0012	-0.0001	0.0002	-0.0001	0.0001	-0.0001	0.0002	-0.0001	0.0002

[표 10] 한국의 비사고 사망의 한파 및 폭염 특징

한국	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	0.0096	0.7054	0.0016	0.9419	-0.0007	0.9728	0.0098	0.507	0.0066	0.5224
duration	0.005	0.7161	0.0023	0.7823	0.0054	0.3828	0.0036	0.303	0.0018	0.5025
intensity	0.0162	0.0697	0.007	0.301	0.0066	0.2012	0.0074	0.0978	0.0047	0.0937
timing	0.0000	0.0827	0.0000	0.0793	0.0000	0.059	0.0000	0.056	0.0000	0.0587
heat	-0.0221	0.491	-0.0447	0.0007	-0.0343	0.0031	-0.0266	0.0693	-0.0196	0.1923
duration	0.0087	0.2351	0.0093	0.0049	0.0048	0.0069	0.003	0.1027	0.0022	0.1574
intensity	0.0722	0.0018	0.049	0.0000	0.036	0.0000	0.0259	0.0006	0.0191	0.0004
timing	0.0001	0.0841	0.0001	0.0814	0.0001	0.0918	0.0001	0.085	0.0001	0.0864

[표 11] 대만의 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징

대만	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	0.0762	0.4294	-0.03	0.4722	-0.0564	0.1041	-0.0479	0.0582	-0.0223	0.3219
duration	-0.0034	0.915	0.0035	0.8143	0.0065	0.442	0.0028	0.6841	-0.0008	0.8964
intensity	0.0306	0.4474	-0.007	0.6753	-0.0109	0.4555	-0.0116	0.2646	-0.0049	0.5733
timing	0.0000	0.9857	0.0000	0.9411	0.0000	0.9900	0.0000	0.9139	0.0000	0.9277
heat	-0.1129	0.139	0.0281	0.6099	-0.0369	0.3278	0.013	0.6573	-0.0017	0.9431
duration	0.0351	0.0576	-0.0016	0.8366	0.0094	0.2308	0.0026	0.6846	0.0057	0.2574
intensity	0.1006	0.4347	0.0264	0.7016	0.0373	0.3319	0.0015	0.9605	0.003	0.9069
timing	-0.0001	0.2278	-0.0001	0.2244	-0.0001	0.2049	-0.0001	0.1899	-0.0001	0.1924

[표 12] 일본의 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징

일본	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	-0.0411	0.4838	0.0089	0.8601	0.0248	0.3878	-0.0074	0.8041	-0.0175	0.451
duration	0.0174	0.5093	-0.0051	0.7284	0.0005	0.9595	-0.0035	0.5935	-0.0052	0.1689
intensity	-0.0258	0.2365	-0.0201	0.3616	-0.0007	0.9524	-0.0134	0.3463	-0.0169	0.1561
timing	-0.0003	0.0000	-0.0003	0.0000	-0.0003	0.0000	-0.0003	0.0000	-0.0003	0.0000
heat	0.0183	0.7062	0.0631	0.0047	0.0304	0.1423	0.0259	0.1245	0.0095	0.6434
duration	0.0065	0.5372	0.0035	0.5699	-0.0011	0.8046	0.0006	0.8549	0.0027	0.2026
intensity	0.0181	0.5779	-0.0188	0.2658	0.0179	0.3213	0.0157	0.2869	0.0133	0.3909
timing	0.0000	0.2155	-0.0001	0.0767	-0.0001	0.0742	-0.0001	0.0401	-0.0001	0.0259

[표 13] 한국의 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징

한국	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	0.0646	0.1588	0.064	0.1216	-0.0034	0.9019	-0.0114	0.6996	-0.0118	0.6241
duration	0.0153	0.4435	-0.0117	0.4394	0.0024	0.8428	0.0011	0.9094	0.0039	0.5966
intensity	0.0333	0.0657	0.0114	0.36	-0.0007	0.9216	-0.0038	0.4534	-0.0011	0.7742
timing	0.0001	0.0078	0.0001	0.0108	0.0001	0.0111	0.0001	0.0125	0.0001	0.008
heat	-0.1132	0.0033	-0.0674	0.0039	-0.0597	0.0034	-0.0589	0.0046	-0.0368	0.1026
duration	0.0215	0.0093	0.0156	0.0071	0.0084	0.0264	0.0046	0.1695	0.0051	0.013
intensity	0.103	0.0000	0.0466	0.0104	0.0406	0.0007	0.0375	0.0146	0.0174	0.1196
timing	0.0001	0.0066	0.0001	0.0082	0.0001	0.0105	0.0001	0.018	0.0001	0.0134

[표 11]~[표 13]을 통해 심혈관계 질환 사망에 대한 한파와 폭염의 영향을 알 수 있다. 대만의 경우 한파와 보정변수로 쓰인 폭염의 특징이 전혀 나타나지 않았지만 한국은 한파보다는 폭염의 특징이 뚜렷하게 나타났다. 한국의 폭염의 경우 대부분의 퍼센타일에서 유의한 값을 가졌으며 폭염의 기간이 길고, 강도가 세며, 폭염이 오는 시기가 늦을수록 사망과 관련 있는 것으로 나타났다. 또한 95%일 때의 폭염보다 99%의 폭염일 때의 베타값이 점점 커져 극한 온도로 갈 수록 폭염이 사망에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 특징적으로 한파의 시간이 사망에 영향을 미치는 것을 알 수 있는데 늦은 한파일수록 사망에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 일본은 전체적으로 폭염보다는 한파에 영향을 많이 받는 것을 알 수 있으며 특히 시간과 관련된 한파가 사망과 유의한 관계를 가지고 있다. 베타값이 음수가 나오기 때문에 이는 이른 한파가 사망과 관련되어 있다는 것을 알 수 있다.

[표 14]~[표 16]은 호흡기계 질환 사망의 경우 심혈관계 질환 사망보다 폭염 & 한파의 특징이 뚜렷하지 않았음을 보여준다. 대만의 경우 3%의 역치를 사용하였을 경우 폭염의 영향이 있었으나 전체적인 경향이 보이지 않았으며 한국의 경우에는 어떤 변수도 유의하지 않았다. 하지만 일본의 경우 한파 시간의 베타값이 음수가 나와 이른 한파가 사망에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한 폭염의 경우에도 4%, 5% 역치를 사용하였을 경우에 이른 폭염이 사망에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

[표 14] 대만의 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징

대만	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	0.0022	0.9903	0.0735	0.3687	0.006	0.9063	0.0191	0.7435	0.0306	0.4937
duration	-0.0102	0.8356	-0.0457	0.0558	-0.0168	0.2273	-0.0168	0.1375	-0.0128	0.1698
intensity	0.0252	0.6938	0.0009	0.9716	-0.0057	0.7603	-0.0025	0.9136	0.0047	0.7911
timing	0.0000	0.9622	0.0000	0.9201	0.0000	0.8326	0.0000	0.8265	0.0000	0.7931
heat	-0.1002	0.4073	0.0034	0.9668	0.1265	0.006	0.0685	0.0927	0.0618	0.0853
duration	0.0481	0.1007	0.0144	0.5665	-0.0089	0.2911	-0.0041	0.5816	0.0005	0.9496
intensity	-0.0431	0.8756	-0.0104	0.9473	-0.062	0.3205	-0.0128	0.8505	-0.03	0.5603
timing	-0.0001	0.4517	-0.0001	0.4376	-0.0001	0.379	-0.0001	0.371	-0.0001	0.3715

[표 15] 일본의 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징

일본	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	-0.0411	0.4838	0.0089	0.8601	0.0248	0.3878	-0.0074	0.8041	-0.0175	0.451
duration	0.0174	0.5093	-0.0051	0.7284	0.0005	0.9595	-0.0035	0.5935	-0.0052	0.1689
intensity	-0.0258	0.2365	-0.0201	0.3616	-0.0007	0.9524	-0.0134	0.3463	-0.0169	0.1561
timing	-0.0003	0.0000	-0.0003	0.0000	-0.0003	0.0000	-0.0003	0.0000	-0.0003	0.0000
heat	0.0183	0.7062	0.0631	0.0047	0.0304	0.1423	0.0259	0.1245	0.0095	0.6434
duration	0.0065	0.5372	0.0035	0.5699	-0.0011	0.8046	0.0006	0.8549	0.0027	0.2026
intensity	0.0181	0.5779	-0.0188	0.2658	0.0179	0.3213	0.0157	0.2869	0.0133	0.3909
timing	0.0000	0.2155	-0.0001	0.0767	-0.0001	0.0742	-0.0001	0.0401	-0.0001	0.0259

[표 16] 한국의 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염 특징

한국	1%		2%		3%		4%		5%	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
cold	-0.1042	0.5021	-0.0419	0.5519	-0.0112	0.8335	0.0141	0.8053	0.0109	0.8609
duration	0.0091	0.838	0.0157	0.5541	0.0098	0.5275	0.0071	0.6054	0.0052	0.6544
intensity	-0.0113	0.7115	0.007	0.6884	0.0139	0.3257	0.0186	0.2797	0.0167	0.2675
timing	0.0000	0.6241	0.0000	0.6766	0.0000	0.6610	0.0000	0.6456	0.0000	0.6716
heat	0.1221	0.3636	-0.0813	0.1911	-0.0361	0.6334	0.0205	0.7024	-0.0054	0.9086
duration	-0.0307	0.5498	0.0007	0.9539	0.0053	0.5297	-0.0003	0.9687	-0.006	0.2703
intensity	0.0385	0.5757	0.043	0.4459	-0.0068	0.9148	-0.0206	0.5677	0.0149	0.6276
timing	-0.0001	0.3536	-0.0001	0.3859	-0.0001	0.3679	-0.0001	0.3393	-0.0001	0.386

제 5 장 결론 및 고찰

본 연구는 온도 효과를 함께 고려했을 때와 온도 효과를 제외했을 때의 한파 효과를 폭염 변수들과 더불어 살펴보았다.

먼저 온도의 효과를 함께 고려했을 때 비사고 사망은 한국에서 폭염의 영향만 나타났다. 폭염의 기준을 99%로 정했을 때 폭염이 오지 않은 날에 비해서 7.39%의 사망 증가가 나타났으며 95%로 정했을 때는 3.1176%의 사망 증가가 나타났다. 또한 폭염의 기준이 되는 퍼센타일이 극 값으로 갈수록 사망 증가율이 커져 극한 폭염일수록 사망이 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 비사고 사망에서 한파와 관련된 영향은 대만, 일본, 한국 모두 찾아볼 수 없었다.

심혈관계 질환의 경우 일본만이 한파와 관련된 영향이 나타났다. 한파의 기준을 1%로 정했을 때 한파가 오지 않은 날에 비해서 3.997%의 사망 감소가 나타났으며 4%로 정했을 때는 1.744%의 사망 감소가 나타났다. 또한 한파의 기준이 되는 퍼센타일이 극 값으로 갈수록 사망 감소율이 커져 극한 한파일 수록 사망이 감소하는 것으로 나타났다. 폭염이 온 날 사망이 증가하는 기존의 연구결과와 달리 일본은 한파가 온 날 사망이 감소하는 결과를 보였다. 이는 심혈관계 질환을 가지고 있는 사람들이 한파에 대비를 잘해 사망이 감소했다는 것을 보여준다. 한파는 폭염과 달리 대비가 용이하다. 폭염의 경우 대비를 위해서는 에어컨 설치가 필수적이다.(Naughton et al. 2002) 하지만 에어컨 설치는 저소득층에게 부담스러운 일이며 실제로 사회적으로 고립되어 있고 에어컨을 사용할 수 없는 사람들에게 폭염이 큰 위험 요소가 된다고 한다. (Semenza et al. 1996) 또한 얇은 옷을 입거나 벗는 행위는 한계가 있기 때문에 폭염에 대한 대비는 상대적으로 한파에 비해 어렵다. 반면에 한파의 경우는 옷을 껴입거나 두꺼운 옷을 입는 등의 행위를 통해 한파를 예방할 수 있고 외출을 자제하는 등 상대적으로 쉽게 대처할 수 있다. 따라서 심혈관계 질환을 가지고 있는

일본 사람들이 외출을 자제하거나 옷을 꺼입는 행위를 통해 한파에 대처를 하며 이러한 결과가 한파가 온 날 사망이 감소하는 결과를 가져왔다고 추측해볼 수 있다. 한편, 심혈관계 질환 사망에서 폭염의 영향은 세 나라 모두에게서 유의한 결과를 가져왔다. 한국의 경우에는 모든 퍼센타일에서, 일본은 98%~95%, 대만은 96%에서 폭염의 유의한 영향이 있었다. 한국에서는 99%로 폭염의 기준을 정했을 때 10.2963%의 사망 증가가 있었으며 95%을 폭염의 기준으로 정했을 때 4.74%의 사망 증가 나타났고 폭염의 기준이 더 높아질수록 사망 증가율이 커지는 것을 알 수 있었다. 일본에서는 98%로 폭염의 기준을 정했을 때 4.5%의 사망 증가가 나타났으며 95% 폭염 기준일 때는 2%의 사망 증가가 나타났다. 또한 한국과 마찬가지로 극한 퍼센타일로 갈수록 사망 증가율이 커졌다. 대만의 경우에는 96%인 경우에만 사망 증가율이 3.8%로 나타났다.

한파와 폭염의 특징이 뚜렷하게 나타난 심혈관계 질환 사망과 달리 상대적으로 호흡기계 질환사망에서는 한파와 폭염의 영향이 뚜렷하게 나타나지 않았다. 한파가 호흡기계 질환 사망에 미치는 영향은 세 나라 모두에서 찾아볼 수 없었고 대만에서 폭염의 기준이 97%일 때 5.9%, 96%일 때 5.443%의 사망 증가가 나타났고 일본에서 97%일 때 3.9%의 사망 증가만이 나타났다. 하지만 심혈관계 질환처럼 전체적인 한파나 폭염의 경향성이 나타난 것은 아니었다.

모델2를 통해 온도의 효과를 제외한 후에 한파의 특징을 폭염의 특징과 더불어 살펴보았다. Stage1에서 온도로 인해 사망했을 것이라고 예상되는 예상 사망자수를 stage2의 x변수로 넣었다. 이 식을 통해 stage2의 종속 변수가 실제 사망자수와 온도로 인해 사망했다고 예상되는 예상 사망자수의 차이가 되며 이 두 변수들간의 차이에 한파와 폭염이 얼마나 영향을 미치는지 파악할 수 있다. 즉, 온도로 인해 사망한 사람들을 제외한 실제 사망자수가 폭염과 한파 자체의 특징에 의해 얼마나 설명될 수 있는지를 model 2를 통해 파악할 수 있다. 온도 효과를 제외한 한파와 폭염의 효과를 살펴 볼 수 있는 것이다.

[표 17]를 통해 온도 효과를 제외한 비사고 사망자들의 한파와 폭염의 특징은 대만에서는 폭염의 기간, 일본에서는 폭염의 시기, 한국에서는 폭염의 강도에 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

[표 17] 비사고 사망의 한파 및 폭염의 퍼센트 변화

나라	퍼센트 변화	퍼센타일	변화 값	95% 신뢰구간
대만	heat duration (5days longer)	99%	11.29	(2.22, 21.16)
		95%	3.3	(1.0, 5.7)
일본	heat timing (50days later)	99%	0	(-0.48,0)
		95%	-0.48	(-0.48,0)
한국	heat intensity (5℃ higher)	99%	43.47	(14.39, 80.3)
		95%	10.02	(4.34, 16)

대만의 경우 폭염의 기간이 사망에 영향을 미쳤으며 99% 기준을 사용한 폭염이 5일 이상 지속되었을 때 5일 미만 지속되었을 때 보다 사망이 11.29% 증가하였으며 95% 기준을 사용한 폭염이 5일 이상 지속되었을 때 5일 미만 지속되었을 때 보다 3.3% 사망이 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 일본의 경우 폭염의 시간이 사망에 미쳤으며 더위가 시작하는 기준인 4월 1일을 기준으로 50일 늦게 왔을 때 50일 이전에 왔을 때보다 사망이 0.48% 감소했다. 즉, 이른 폭염이 사망을 증가시킨다는 결론을 내릴 수 있다. 하지만 사망 변화율이 95%에서 99%로 갈수록 거의 0에 가까워 유의하지만 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 한국의 경우 폭염의 강도가 사망에 영향을 미쳤다. 폭염의 기준을 99%로 사용했을 때 5℃가 더 높은 날에 그렇지 않은 날보다 사망 증가가 43.47%가 나타났으며 95%를 사용했을 때는 10.02%의 사망 증가를 가져왔다.

[표 18]을 통해 심혈관계 질환 사망의 경우 한파 및 폭염의 퍼센트 변화를 알 수 있다. 심혈관계 질환 사망의 경우 일본은 한파의 시간, 한국은 한파의 시간뿐만 아니라 폭염의 기간, 강도, 시간대해 영향을

받는 것으로 나타났다. 일본의 경우 이른 한파가 사망을 증가시키는 것으로 나타났다. 한파의 기준을 1%~5%로 정했을 경우 한파가 추워지기 시작하는 기준인 10월 1일보다 50일 늦게 왔을 때 사망이 1.488% 감소하는 것으로 나타났고 이른 추위가 사망을 증가시킨다는 것을 의미한다. 한국의 경우에는 늦은 한파가 사망을 증가시키는 것으로 나타났는데 한파를 1%~5%을 기준으로 정했을 때 0.501%의 사망 증가가 나타났으며 10월 1일보다 50일이 지났을 때 한파가 더 영향을 미친다는 것을 의미한다. 또한 한국의 경우 폭염의 모든 특징들이 영향을 미쳤다.

[표 18] 심혈관계 질환 사망의 한파 및 폭염의 퍼센트 변화

나라	퍼센트 변화	퍼센타일	변화 값	95% 신뢰구간
일본	cold timing (50days later)	1%	-1.488	(-1.98, -0.995)
		5%	-1.488	(-1.98, -0.995)
한국	cold timing (50days later)	1%	0.501	(0,1.005)
		5%	0.501	(0,1.005)
	heat duration (5days longer)	99%	11.349	(2.685,20.743)
		95%	2.582	(0.5515, 4.707)
	heat intensity (5℃ higher)	99%	67.363	(36.957,104.52)
		96%	20.62	(3.769, 40.214)
	heat timing (50days later)	99%	0.501	(0, 1.005)
		95%	0.501	(0, 1.005)

폭염의 기준을 99%로 정하고 폭염의 기간이 5일 이상일 때 11.349%의 사망 증가가 나타났으며 95%로 정했을 때는 2.582%의 사망 증가가 나타났다. 폭염의 강도는 5℃가 더 높을 때 67.363%(99% 기준), 20.62%(96% 기준)의 사망 증가가 나타났으며 폭염의 시간과 기간보다 강도가 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 또한 폭염의 시간도 0.501%의 사망 증가를 가져왔지만 강도보다는 그 영향이 약했다.

[표 19]는 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염의 퍼센트 변화를 나타낸다. 호흡기계 질환 사망의 경우 심혈관계 질환 사망보다 영향을 미치는 요인들이 적었다. 일본만 한파 시간의 추정 값이 유의하게 나왔으며 한파의 기준이 1%~5%로 정했을 경우 사망이 1.488% 감소했다. 이는 심혈관계 질환과 마찬가지로 10월 1일을 기준으로 50일이 되는, 즉 11월 19일 이전에 한파가 올 때 사망이 증가한다는 것을 의미한다. 이른 한파, 즉 한파에 대한 대비가 부족하여 사망이 증가하였을 것이라 추측해볼 수 있다.

[표 19] 호흡기계 질환 사망의 한파 및 폭염의 퍼센트 변화

나라	퍼센트 변화	퍼센타일	변화 값	95% 신뢰구간
일본	cold timing (50days later)	1%	-1.488	(-1.98, -0.995)
		5%	-1.488	(-1.98, -0.995)

온도의 영향을 함께, 온도의 영향을 제외했을 때를 통해 한파의 특징이 나라별로 다르게 나타났다는 것을 알 수 있었다. 온도의 영향을 함께 고려했을 때는 비사과 사망의 경우 한국의 한파만이, 심혈관계 질환 사망의 경우에는 일본의 한파와 폭염, 한국의 폭염이 영향을 미쳤으며 호흡기계 질환 사망의 경우에는 유의한 결과값이 나타나긴 했지만 세 나라에서 전체적인 경향성이 없었다. 한편 온도의 영향을 제외했을 때는 비사과 사망의 경우 대만의 폭염 기간, 일본의 폭염 시간, 한국의 폭염 강도가 영향을 미치며 심혈관계 질환 사망의 경우 일본의 한파 시간, 한국의 한파 시간 및 폭염 기간, 강도, 시간이 영향을 미쳤으나 호흡기계 질환 사망의 경우 일본의 한파 시간 외에는 경향성이 있는 영향을 찾아볼 수 없었다,

위의 결과들을 살펴보았을 때 일본은 전반적으로 한파의 영향을 받지만 대만, 한국의 경우 한파보다는 폭염의 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 일본은 한파가 온 날, 옷을 더 입거나 외출을 자제하는 등의

행위를 통해 심혈관계 질환 사망을 예방하며 이른 추위가 한파의 두드러진 특징으로 나타났다. 하지만 대만의 경우 비사고 사망에서 폭염의 기간이 길어질수록 사망이 증가하는 특징을 보였고 한국의 경우에는 심혈관계 질환 사망에서 폭염의 기간, 강도, 시간에 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 강도에 대한 영향이 강하게 나타나 높은 온도가 사망에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 폭염의 99%~95%의 온도는 각각 6개 도시 평균 28.53℃, 27.9℃, 27.34℃, 26.88℃, 26.46℃로 보통의 폭염 기준보다 낮은 것을 알 수 있다. 고온의 효과를 보기 위해 27℃와 29.7℃ 사이의 온도 혹은 퍼센타일로 폭염의 기준을 정해 사망과의 관련성을 보기도 한다. (Kim et al. 2006; Son et al. 2012) 하지만 기상청에 따르면 우리나라의 폭염 주의보는 낮 최고 기온이 33℃ 이상인 경우가 2일 이상 지속될 것이라 예상될 때 발생하게 된다. 한파의 기준과 맞추기 위해 폭염의 기준을 퍼센타일을 이용했지만 본 연구의 결과가 한국의 기온 강도가 사망과 큰 관련성이 있다고 나온 것처럼 폭염의 기준을 높여 사망과의 관계를 불필요성이 있다.

일본의 심혈관계 질환 사망의 경우 한파가 왔을 때 사망이 감소하는 것으로 나타났고 이른 한파가 한파의 특징으로 나타났다. 또한 한파의 기준이 낮아질수록 그 감소율이 더 커지는 것으로 나타나 일본 사람들이 한파에 대한 대비를 한 결과 사망이 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 한국의 경우 폭염의 강도, 시간, 기간이 심혈관계 질환 사망에 영향을 미치기 때문에 폭염이 왔을 때 폭염 대비를 통해 폭염 사망을 줄일 필요성이 있다.

본 연구는 온도 효과를 고려하고 제외했을 때 한파와 폭염과 같은 극한 기후가 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 하지만 온도의 효과를 더 높이거나 더 낮추었을 때 한파와 폭염의 효과 특징을 볼 수 없었다는 것이 본 연구의 한계점이다. 그림 2-4를 통해 폭염의 경우 온도의 효과를 높이면 폭염의 효과가 낮아지는 경향성이 보였지만 한파의 경우 온도의 효과를 높인다 하더라도 한파의 효과가 낮아지는 경향성은

보이지 않았다. 또한 폭염과 한파의 기준을 높인다 하더라도 전체적으로 사망이 증가하는 경향성도 보이지 않았다. 따라서 한파와 폭염 그리고 온도를 함께 고려할 때 한파와 폭염의 효과를 얼마나 고려해야 한파와 폭염의 영향을 파악할 수 있는지가 본 연구의 가장 큰 한계점이다. 또한 모델2를 통해 온도 효과를 제외한 한파와 폭염의 특징을 살펴보았다. 모델2의 종속변수는 실제 사망자수와 온도로 인해 사망했을 것이라 예상되는 사망자 수의 차이가 된다. 이를 통해 온도 효과의 영향을 받지 않은 사망자들이 한파와 폭염에 의해 얼마나 영향을 받았는지를 살펴볼 수 있었다. 하지만 이러한 방법을 통한 종속 변수가 사망이 아니기 때문에 한파와 폭염이 사망에 영향을 미친다는 일반적인 해석을 할 수가 없었다.

온도의 효과를 함께 분석하는 것과 제외하고 분석하는 것은 폭염과 한파 자체의 효과를 파악하기 위한 중요한 이슈이다. stage1에서는 도시 별로 분석을 한 후 stage2에서는 도시를 묶어 도시가 random effect이 되는 GLMM 분석을 하여 온도 효과를 제외하고 한파와 폭염의 도시 별 특징을 파악할 수 있다. 또한 대만의 경우 위도가 낮아 폭염과 한파의 온도가 상대적으로 높다. 일본의 경우도 위도의 분포가 크기 때문에 두 개의 유사한 그룹으로 묶어 구분할 수 있다. 즉, 대만, 일본, 한국을 4개의 그룹으로 묶어 그 특징을 파악할 수도 있다. 추가적으로 이러한 분석을 통해 온도 효과와 폭염, 한파에 대한 다각적인 분석을 할 수 있다.

하지만 본 연구를 통해 우리나라와 대만은 한파보다는 폭염에 특징이 두드러지게 나타나기 때문에 폭염에 대한 대비가 필요하지만 일본의 경우 폭염보다는 한파에 대한 특징이 두드러지고 특히 이른 한파가 사망에 영향을 미치기 때문에 이른 한파에 대한 대비가 필요하다고 결론지을 수 있다. 따라서 본 연구는 폭염 및 한파와 관련된 건강 문제에 대한 정책의 필요성을 제시하는 자료로 활용 가능하다.

부록

[표 20] 대만 모델 비교를 위한 AIC 값

		modell1		model2
		한과	폭염	
비사고	1%	-2.99	-5.98	-8.6
	2%	-5.21	-4.49	-21.61
	3%	-5.35	-6.19	-28.01
	4%	-5.72	-5.98	-32.18
	5%	-6.89	-6.43	-36.57
심혈관계	1%	1.7	-2.81	22.49
	2%	-1.4	-2.49	10.1
	3%	-2.05	-3.76	2.59
	4%	-3.67	-4.82	-3.44
	5%	-2.78	-4.27	-7.06
호흡기계	1%	3.59	0.04	38.41
	2%	2.51	-1.28	27.68
	3%	0.65	-1.6	19.7
	4%	0.43	-1.99	15.34
	5%	-2.1	-2.94	11.13

[표 20]은 대만의 모델 비교를 위한 AIC 값이다. AIC 값이 낮을수록 좋은 모델이라고 할 수 있으며 비사고 사망과 심혈관계 질환은 model 2가 AIC값이 낮지만 호흡기계 질환은 modell1이 AIC값이 낮은 것을 알 수 있다.

[표 21] 일본 모델 비교를 위한 AIC 값

		modell1		model2
		한과	폭염	
비사고	1%	-19.45	-11.97	-278.92
	2%	-20.51	-16.64	-317.86
	3%	-18.73	-19.67	-325.96
	4%	-23.13	-21	-340.88
	5%	-25.31	-21.17	-362.92
심혈관계	1%	-18.4	-6.53	-221.02

	2%	-18.13	-14.65	-252.83
	3%	-18.58	-16.39	-263.86
	4%	-22.14	-19.18	-287.82
	5%	-23.2	-20.46	-302.09
호흡기계	1%	-2.26	-7.44	-149.802
	2%	-9	-10.7	-191.05
	3%	-12.7	-15.49	-209.18
	4%	-19.2	-18.49	-219.47
	5%	-19.77	-19.44	-235.81

[표 22] 한국 모델 비교를 위한 AIC 값

		modell1		model2
		한과	폭염	
비사고	1%	-12.71	-14.13	-178.17
	2%	-19.45	-15.4	-207.36
	3%	-17.49	-21.27	-227.56
	4%	-21.09	-23.18	-236.12
	5%	-20.67	-20.93	-245.53
심혈관계	1%	-10.94	-9.64	-123.49
	2%	-8.85	-8.96	-156.51
	3%	-8.83	-15.12	-168.46
	4%	-16.36	-13.83	-180.55
	5%	-16.52	-15.08	-198.11
호흡기계	1%	-0.6	3.07	-47.29
	2%	-1.85	-2.55	-89.75
	3%	-1.96	-5.16	-105.24
	4%	-3.9	-8.2	-111.26
	5%	-6.93	-9.3	-124.8

[표 21]과 [표 22]를 통해 한국과 일본 모두 model 2가 AIC값이 작은 것을 알 수 있다.

사사

본 연구는 환경부의 폐자원에너지화 전문인력양성사업의 지원을 받았습니니다.

This work is financially supported by Korea Ministry of Environment(MOE) as Waste to energy Human resource development Project.

참고문헌

Analitis, A., et al. (2008). "Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project." *American journal of epidemiology* 168(12): 1397–1408.

Anderson, B. G. and M. L. Bell (2009). "Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States." *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 20(2): 205.

Armstrong, B. (2006). "Models for the relationship between ambient temperature and daily mortality." *Epidemiology* 17(6): 624–631.

Azhar, G. S., et al. (2014). "Heat-related mortality in India: Excess all-cause mortality associated with the 2010 Ahmedabad heat wave."

Baccini, M., et al. (2008). "Heat effects on mortality in 15 European cities." *Epidemiology* 19(5): 711–719.

Barnett, A., et al. (2012). "Cold and heat waves in the United States." *Environ Res* 112: 218–224.

Basu, R. and J. M. Samet (2002). "Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence." *Epidemiologic reviews* 24(2): 190–202.

Bonneux, L., et al. (1994). "Estimating clinical morbidity due to ischemic heart disease and congestive heart failure: the future rise of heart failure." *American Journal of public health* 84(1): 20–28.

Díaz, J., et al. (2005). "Mortality impact of extreme winter temperatures." *International journal of biometeorology* 49(3): 179–183.

Ebi, K. L. and D. Mills (2013). "Winter mortality in a warming climate: a reassessment." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 4(3): 203–212.

Gasparrini, A., et al. (2010). "Distributed lag non-linear models."

Statistics in medicine 29(21): 2224.

Huynen, M.-M., et al. (2001). "The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population." *Environmental health perspectives* 109(5): 463.

Keatinge, W. and G. Donaldson (1994). "Cardiovascular mortality in winter." *Arctic medical research* 54: 16–18.

Kim, H., et al. (2006). "High temperature, heat index, and mortality in 6 major cities in South Korea." *Archives of environmental & occupational health* 61(6): 265–270.

Kysely, J., et al. (2009). "Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic." *BMC public health* 9(1): 19.

Langford, I. H. and G. Bentham (1995). "The potential effects of climate change on winter mortality in England and Wales." *International journal of biometeorology* 38(3): 141–147.

Lin, Y. K., et al. (2011). "Mortality risk associated with temperature and prolonged temperature extremes in elderly populations in Taiwan." *Environ Res* 111(8): 1156–1163.

Marmor, M. (1975). "Heat wave mortality in New York City, 1949 to 1970." *Archives of Environmental Health: An International Journal* 30(3): 130–136.

Martin, S. L., et al. (2012). "Climate change and future temperature-related mortality in 15 Canadian cities." *International journal of biometeorology* 56(4): 605–619.

Montero, J., et al. (2010). "Mortality from cold waves in Castile—La Mancha, Spain." *Science of the total environment* 408(23): 5768–5774.

Naughton, M. P., et al. (2002). "Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago." *American journal of preventive medicine* 22(4): 221–227.

Program, U. S. C. C. S. (2008). "Weather and climate extremes in a changing climate. Regions of focus: North America, Hawaii,

Caribbean, and U.S. Pacific Islands. Technical Reports." Department of Commerce, NOAA's National Climatic Data Center, Washington, DC, USA.

Revich, B. and D. Shaposhnikov (2010). "Extreme temperature episodes and mortality in Yakutsk, East Siberia." *Rural and Remote Health* 10(2): 1338.

Rocklöv, J., et al. (2009). "Winter mortality modifies the heat-mortality association the following summer." *European Respiratory Journal* 33(2): 245-251.

Semenza, J. C., et al. (1996). "Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago." *New England journal of medicine* 335(2): 84-90.

Shaposhnikov, D., et al. (2014). "Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010." *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 25(3): 359.

Son, J.-Y., et al. (2012). "The impact of heat waves on mortality in seven major cities in Korea." *Environmental health perspectives* 120(4): 566-571.

Thakur, C., et al. (1987). "Cold weather and myocardial infarction." *International journal of cardiology* 16(1): 19-25.

Wang, Y. C., et al. (2012). "Associating emergency room visits with first and prolonged extreme temperature event in Taiwan: A population-based cohort study." *Sci Total Environ* 416: 97-104.

Watts, N., et al. (2015). "Health and climate change: policy responses to protect public health." *The Lancet* 386(10006): 1861-1914.

Watts, N., et al. (2015). "Health and climate change: policy responses to protect public health." *The Lancet*.

신용승 (2011). "기후변화에 따른 건강영향 평가, 적응 정책방향." 정책 보고서 2011 01.

Abstract

Effects of Cold and Heat Waves on mortality of cardiovascular and respiratory disease in Taiwan, Japan and Korea

Jiyun Jung

Department of Biostatistics

Graduate School of Public Health

Seoul National University

1. Background

There is an increasing interest of abnormal climate about cold waves in both Korean and the whole world. However, lots of studies have been focused on the heat waves rather than the cold waves although USA government predicts that climate change makes the winter storm stronger.(Program 2008) Actually, abnormal climate about cold waves has happened globally. On February 11 2012, Early European cold wave happened. At least 590 people died with temperatures falling below 35 °C. Also, starting on January 2014, early cold waves recorded temperature below 38°C and lasted to beginning of April. Likewise, the extreme climate is increasing because of climate change. The mortality of winter is as many as the mortality of summer. In United Kingdom, the mortality of winter have been increasing gradually. (Langford et al. 1995) Also, there is a few study of cold waves comparing the study of heat waves despite the importance of cold waves. Therefore, this study has focused on the multilateral analysis on cold waves. Through this study, the effect of cold waves on Taiwan, Japan and Korea will be identified.

2. Method

This study analyzed the effects of cold waves on mortality of cardiovascular and respiratory diseases using 3 cities of Taiwan, 7 cities of Japan, 6 cities of Korea. Operational definition of cold wave is the binary variable that consecutive days over 2 in each cities below 1% to 5% threshold temperature. Using 2 models, there are the effects of cold wave on considering temperature effect and without considering temperature effect. In model 1, there are cold waves, temperature, time, holiday, day of week, influenza period. Especially, the temperature was analyzed by DLNM. It assumes that relationship between temperature and mortality is non-linear and the effect of lag on temperature is distributed.

However, in the model 2, there are two stages to in-depth analyze the feature of cold wave. The first stage of model2 has temperature, time, day of week, holiday, influenza period variables. Then the estimated the number of death in first stage of model2 is the x variable of second stage of model2. With this estimated number of death, there are cold wave, timing, duration, intensity variables as well as heat wave, timing, duration, intensity variables as covariate. If there was cold wave or heat wave on that day, wave indicate 1. Timing is the number of day from October 1 beginning cold in cold waves and April 1 beginning hot in heat waves. Duration is the period of waves. During the waves, the first day of waves is 1, the second day of waves is 2 etc. Also, intensity means the temperature difference between wave and the day. Based on these results, meta-analysis carried out to identify the total cold effect by countries.

3. Results

In model 1 considering temperature effect, there are cold and heat wave effect on cardiovascular mortality in Japan and heat effect on cardiovascular mortality in Korea. However, there is no effect on cold and heat wave effect on respiratory mortality. In case of cardiovascular mortality in Japan, mortality of cardiovascular disease was decreased by 3.994% using the criteria of 1% on cold waves, by 1.944% using the criteria of 4% on cold waves. Also, cardiovascular mortality was increased by 4.5% using the criteria of 98% on heat waves, by 2% using the criteria of 95% on heat waves. In Korea, mortality of cardiovascular disease was increased by 10.31% using the criteria of 99% on heat waves, by 4.74% using the criteria of 95% on heat waves. Although there are significant values on respiratory mortality,

no trend was identified.

In model 2 without considering temperature effects, mortality of cardiovascular disease was affected by cold wave timing in Japan, cold wave timing as well as heat duration, intensity, timing in Korea. In Japan, mortality of cardiovascular disease was increased by 1.488% comparing the 50 days later from October 1 using the criteria of 1% to 5% on cold waves. In Korea, mortality of cardiovascular disease was increased by 0.501% using the criteria of 1% to 5% on cold waves. Also, mortality of cardiovascular disease on Korea was affected by the feature of heat waves. Using criteria of 99% on heat waves, there are 11.439% increase when 5 longer duration, 67.363% increase when the 5°C higher temperature, 0.501% increase when 50 days later from April 1. In case of mortality of respiratory disease, early timing of cold waves in Japan had 1.488% increasing effects when the 50 days later from October 1.

4. Conclusion and Discussion

In Japan, when analyzed the cold waves with temperature effect, the mortality of cardiovascular disease was decreased when cold waves happened. Preparation of cold waves is easy rather than heat waves like wearing more clothes or abstaining go outside. Therefore, Japanese having cardiovascular disease are doing the preparation of cold wave and these actions made mortality of Japanese decreasing. Also, early timing of cold waves is the main character of cold waves in Japan. However, there are clear effects on heat waves rather than cold waves in Korea and Taiwan. Especially, the intensity of heat waves was the main character in Korea.

Through this study, preparation of heat waves is needed in Taiwan and Korea. However, in Japan, preparation of cold waves is needed, especially early cold waves. Therefore, this study make full use of considering health problem about heat waves and cold waves and suggesting the necessity of policy of heat waves and cold waves in Taiwan, Japan and Korea.

Key words : cold waves, heat waves, mortality, temperature, climate change

Student number : 2014-23305