

한파로 인한 건강피해 적응대책에 대한 지불의사금액

신 호 성
(원광대학교)

이 수 형*
(한국보건사회연구원)

본 연구는 조건부가치측정법(Contingent Valuation Method)을 이용하여 한파로 인한 건강피해를 감소하기 위한 정부 정책의 경제적 가치를 추정하고자 하였다. 경제적 가치 추정시 흔히 발생하는 영(0)의 응답 문제를 해결하기 위해 본 연구는 혼합모형을 적용하고 Weibull 분포를 가정한 베이지안 방법을 이용하여 지불의사금액을 추정하였다. 분석에 사용된 자료는 소득이 있는 만 30세 이상에서 75세 미만 성인남녀 1,500명 중 가구를 대표하는 세대주 또는 주부를 대상으로 수집한 자료이다. 연구결과, 한파로 인한 건강피해 적응대책에 대한 평균 지불의사금액은 가구당 연간 8,492원이었다. 한파 지역 거주 여부, 한파빈도에 대한 주관적 생각, 성별, 연령, 교육수준, 가구의 소득수준은 한파 건강피해 적응정책에 대한 지불의사금액과 양의 관계를 보였으나 한파 피해경험은 통계적 유의성이 관찰되지 않았다. 폭염에 대한 연구에 비해 한파에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 향후 한파의 건강영향과 사회적 부담에 대한 연구 및 미래 리스크 기반 적응 정책에 대한 연구가 필요하다.

주요 용어: 한파, 건강피해, 적응대책, 지불의사금액, 혼합모형, 베이지안 추정

본 연구는 환경부 “기후변화대응 환경기술개발사업(과제번호:2014001310007)”와 환경부 “차세대에코 이노베이션기술개발사업(No.412-111-004)” 연구를 지원받아 수행되었음.

* 교신저자: 이수형, 한국보건사회연구원(sue1st@khasa.re.kr)

■ 투고일: 2017.5.24 ■ 수정일: 2017.9.18 ■ 게재확정일: 2017.9.22

I. 서론

전 세계적으로 한파로 인한 건강영향 증가하고 있다. 2016년 1월 21일에서 24일 동안 일본, 중국, 홍콩 등 동남아시아뿐만 아니라 베트남, 라오스, 캄보디아, 미얀마, 인도 북부, 네팔 등 동남아시아에서도 관측 이후 최저기온을 기록하는 이례적인 한파가 발생하였다. 1월 22일에서 24일 미국 동부 지역에 1950년 이후 4번째로 강한 겨울 폭풍이 발생하였고, 국토의 70%가 영하로 내려갔다. 또한 워싱턴 DC에서는 시속 80km의 강풍과 함께 60cm 적설을 기록(1922년 1월 71cm 이후 역대 2위)하였다(관계부처합동, 2016, pp.39-40). 우리나라도 예외는 아니다. 2010년 1월 4일, 서울에서 100년 만에 폭설이 관측되었고, 2010년 12월 24일에서 2011년 1월 31일까지 39일간 한파가 지속된 바 있다. 2012년 1월 하순 이후 북극의 찬 공기가 남하하여 2월에 기록적인 한파를 기록하였고, 4월 2일에서 3일에는 강풍과 함께 눈이 내리는 기상이변이 있었다. 2013년 1월 상순과 2월 상순에서 중순 사이에 기온이 큰 폭으로 떨어지면서 전국적으로 한파가 발생하였으며 2014년에는 12월 최고기온은 4.3℃로 평년(7.0℃)보다 2.7℃ 낮았으며, 1973년 이후 최저 5위를 기록하였다(관계부처합동, 2010, p.37, 2011, p.13, 2013, p.12, 2014, p.30, 2015, p.42).

한파로 인한 피해는 인명피해, 건강상 피해, 물질 피해 등 다양하게 나타나고 있으며, 이 중 건강영향은 저체온증, 동상과 같은 직접적인 영향뿐만 아니라 빙판길 낙상에 의한 손실, 기저질환 가령 뇌졸중, 급성 심근경색과 같은 중증 심혈관계 질환의 악화, 또는 이로 인한 사망 등이 있다(보건복지부, 질병관리본부, 2013, p.12)

Analtitiset 등(2008, p.1397)은 유럽 15개 도시의 1990년부터 2000년까지의 일 사망률, 기상정보, 대기오염 정보를 이용하여 기후변화로 인한 기상요소의 건강영향을 연구한 결과, 기온이 1℃ 낮아질 때마다 일 사망자수는 1.35% 증가한다고 하였다. de'Donato, Leone, Noce, Davoli, Michelozzi(2013, p.5)는 75세 이상 집단에서 한파로 인한 초과사망은 폭염과 달리 호흡기계 질환이 심혈관계 질환보다 높다고 하였다. 한파로 인한 건강영향은 입원이 외래 방문에도 영향을 미치는데 한파기간 동안 천식이나 호흡기계 질환으로 인한 입원이나 외래 방문횟수가 증가하였다(Fitzgerald, Pantea, & Lin, 2014, p.950; Guo et al., 2012, p.3; Ma, Xu, Peng, & Kan, 2011, p.3635; Monteiro, Carvalho, Góis, & Sousa, 2013, pp.862-865).

우리나라는 한파피해 예방 및 신속한 대응을 위하여 중앙재난안전대책본부를 중심으로 매년 12월부터 3월까지 「겨울철 자연재난 사전대비 계획」을 추진해 오고 있다. 이에 질병관리본부(Korea Centers for Disease Control and Prevention, KCDC)는 2012년부터 한파에 따른 건강피해를 실시간 모니터링하기 위해 한랭질환 감시체계를 운영하고 있으며, 그 결과를 국민들에게 제공하고 한파에 대한 환기와 건강피해를 최소화하기 위해 노력하고 있다. 기후변화로 인한 이상고온, 이상한파 등 극한 기상 현상의 발생 빈도는 증가할 것으로 예측되는 바(Molloy, Dreelin, & Rose, 2008), 한파로 인한 건강피해는 지속적으로 발생할 것으로 보인다. 따라서 한랭질환 감시체계운영 이외에도 기후변화 한파로 인한 종합적인 정부 정책이 필요하다.

그간의 연구는 한파로 인한 건강영향 즉, 초과사망 외 기저질환의 악화 등의 유병률이나 초과사망 및 기저질환 악화 원인 등에 초점이 맞추어져 있으며 이로 인한 사회적 비용 추정 연구는 부족한 편이다. 그러나 실제 한파로 인한 건강피해 예방을 위해서는 예방 사업을 위한 재원확보가 중요하며 이는 실제 국민들이 느끼는 한파로 인한 건강피해의 지불의사로 가늠할 수 있다. 이에 본 연구는 시장이 형성되지 않아 직접적인 시장 가치를 측정하기 어려운 공공재나 환경재의 경제적 가치를 평가하는 데 많이 사용되고 있는 조건부가치추정법(Contingent valuation method)을 이용하여 한파로 인한 건강피해를 감소하기 위한 정부 정책의 경제적 가치를 추정하고자 하였다.

II. 한파의 건강영향 선행연구

1. 사망

한파로 인한 초과사망 연구는 한파로 인한 입원, 외래 의료이용 연구에 비해 상대적으로 많이 이루어져 있다. 한파로 인한 초과사망은 65세 이하 연령층 보다는 65세 이상 또는 75세 이상 연령층에서 많이 발생하며 사망 원인별 사망과의 관계에서는 심뇌혈관 질환 사망보다는 호흡기계 질환 사망이 한파의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다.

Analitis 등(2008, p.1397)은 유럽 15개 도시의 1990년부터 2000년까지 겨울철(10

월~3월) 일 사망자료와 기상 자료를 이용하여 겨울철 기온과 사망과의 관계를 연구하였는데, 분석결과 기온이 1°C 낮아질 때마다 일 총 사망자수는 1.35% 증가하고, 심혈관계 질환 사망자수는 1.72%, 호흡기계 질환 사망자수는 3.30%, 뇌혈관계질환 사망자수는 1.25% 증가한다고 하였다. 또한 연령이 높을수록 기상요소의 영향이 크게 나타났으며, 따뜻한 지방일수록 추위로 인한 효과가 크다고 하였다. Ryti, Guo, Jaakkola(2016, p.12)은 체계적 문헌고찰과 메타분석을 통해 한파가 총 사망과 심혈관계 질환, 호흡기계 질환 사망을 증가시킨다는 결과를 확인하였고 한파의 영향은 65세 미만 인구집단보다는 65세 이상 노인연령층에서 더 크다고 하였다.

Hyunen, Martens, Schram, Weijenberg, Kunst(2001, p.463)는 네덜란드에서 1979년~1997년까지의 기온과 사망자료를 활용하여 기온과 사망률과의 관계를 고찰하였는데, 기온과 사망률 사이에는 V 형태의 관계가 있음을 밝혔다. 즉 기온이 낮거나 높을수록 사망률이 증가하고, 사망률이 가장 낮게 나타난 최적온도(optimum temperature)는 16.5°C인 것으로 나타났으며, 한파로 인한 초과사망은 일 평균 46.6건 나타났고, 한파의 영향은 심혈관계 질환자와 노인의 사망에서 더 크다고 하였다.

Monteiro, Carvalho, Góis, Sousa(2013, p.210)은 스페인 Castile-La Mancha 지역의 1975년부터 2003년까지의 사망자료를 활용하여 겨울철 극한 기온과 사고를 제외한 전체 사망자 수와의 관계를 분석하였다. 분석결과 겨울철 극한 저온 발생 후 3일~7일 경과 후와 2주 후에 사망자수가 최고(peak)에 달했으며 기온이 특정 역치 이하로 내려갈 경우 1°C 감소함에 따라 약 10%의 초과사망이 발생하는 것으로 나타났다. Zhou 등(2014, p.1) 또한 중국 36개 지역에 대해서 2006년부터 2010년까지의 일 사망자료와 기후자료를 이용하여 2008년에 발생한 한파로 인한 초과사망을 고찰하였는데, 분석결과 2008년 발생한 한파는 중국 남부와 중부 지역에 가장 큰 영향을 미쳤고, 한파가 없던 날에 비해서 사망률이 43.8% 증가한 것으로 나타났다. 또한 한파의 영향은 심뇌혈관질환으로 인한 사망보다 호흡기계 질환으로 인한 사망에서 컸으며, 남성보다는 여성에서, 장년층보다는 노년층에서 컸다.

deDonato, Leone, Noce, Davoli, Michelozzi(2013, p.1)는 이탈리아의 신속감시체계(rapid surveillance systems, 이탈리아 34개 도시내 사망감시체계 자료)로부터 얻은 데이터를 이용하여 2012년 2월 직후 발생한 한파와 총사망과의 관계를 연구하였다. 또한 사망등록 및 응급의료이용감시체계 자료를 이용하여 로마에서의 한파의 건강영향을 사

망 원인별로 살펴보았는데 분석결과 14개 도시내 75세 이상 노인집단에서 1,578건의 총 초과사망이 발생하였고 도시에 따라 총 초과사망은 22~58%로 나타났다. 사망원인별 사망률은 75세 이상 노인집단에서 호흡기계 질환으로 인한 초과사망이 64%, 만성폐쇄성폐질환으로 인한 초과사망이 57%, 심혈관계 질환으로 인한 초과사망이 20%, 허혈성 심장질환으로 인한 초과사망이 14% 발생하였고, 기타 심장질환으로 인한 초과사망은 33% 발생하였다. 응급실 방문건수 결과 또한 사망과 유사하게 나타났다.

Xie 등(2013, p.210)은 2008년 중국의 세 개의 아열대 지방(광저우, 태산, 난송)에서 발생한 한파가 세 지역의 사망률에 미친 영향을 조사하였다. Xie 등(2013, p.213)의 연구는 아열대나 열대지방에서의 극한 한파의 건강영향에 대한 연구로 연구결과 세 도시의 인구 10만명 당 초과사망률은 각각 18.8명, 17.9명, 15.1명이었다. 2008년 한파기간 동안 광저우와 태산에서 사고를 제외한 누적 사망 위험도는 각각 1.6이었고 한파의 영향은 한파가 끝난 뒤 4주 후까지 유의미하게 나타났다. 또한 한파로 인한 초과사망은 여자에 비해 남자에서, 64세 미만 연령층에 비해 75세 이상 연령층에서, 심혈관계 질환자에 비해 호흡기계 질환자에서 높았다.

2. 입원 및 외래 의료이용

선행연구결과 한파는 천식, 만성폐쇄성질환, 호흡기계 질환 등의 의료이용에 영향을 주는 것으로 나타났다. Guo 등(2012, p.1)은 상하이에서 겨울철 기간(2007년 1월 1일~2009년 12월 31일) 동안의 기온자료와 소아 천식 외래방문 자료를 이용하여 한파와 소아아동 천식 외래방문 횟수와의 관계를 고찰하였다. 분석결과 기온이 낮을수록 소아 아동 천식 외래 방문 횟수는 증가한 것으로 나타났다.

Ma, Xu, Peng, Kan(2011, p.3635)은 상하이의 2005년 1월 1일부터 2008년 12월 31일까지 기온자료와 입원자료를 이용하여 폭염(7월과 8월)과 한파(1월과 2월)와 입원환자수와의 관계를 고찰하였는데 분석결과 한파와 입원과는 양의 상관관계를 보였으며 한파기간 동안 총 입원환자수는 38%, 심혈관질환 입원환자수는 33%, 호흡기계 질환 입원환자수는 32% 증가하였다고 한다. 2000년부터 2007년까지의 겨울철(11월부터 3월까지) 기온과 입원자료를 이용하여 포르투갈에서의 한파와 만성폐쇄성폐질환의 초과 입원과 관계를 분석한 Monteiro, Carvalho, Góis, & Sousa(2013, p.860) 연구에서도

한파기간 동안 만성폐쇄성폐질환의 초과 입원이 59% 증가한 것으로 나타났다. 2004년부터 2012년까지 우리나라 전국 20세 이상 뇌내출혈 입원환자를 대상으로 임계온도를 탐색하고 기온 변화에 따른 뇌내출혈 환자 발생 위험을 연구한 김진선(2016, p.18, p.22)의 연구에서도 겨울철(12월~2월) 임계온도 -12.5℃에서 기온 1℃ 감소에 따른 뇌내출혈 입원환자 발생 위험도는 1.03%이며 한파에 해당하는 일수가 1일 증가함에 따라 입원환자수도 5% 증가함을 보여주고 있다.

1991년부터 2006년 겨울철(11월~4월) 기온자료와 뉴욕 주민의 입원자료를 이용하여 한파와 천식 입원과의 관계를 고찰한 Fitzgerald, Pantea, Lin(2014, p.950)연구에서는 한파기간 동안(12월~3월) 천식 일 평균 입원환자수는 오히려 4.9% 감소한 것으로 나타났다. 그러나 한파가 시작되고 끝나는 시점인 11월과 4월에서는 천식 입원자수는 증가하였다.

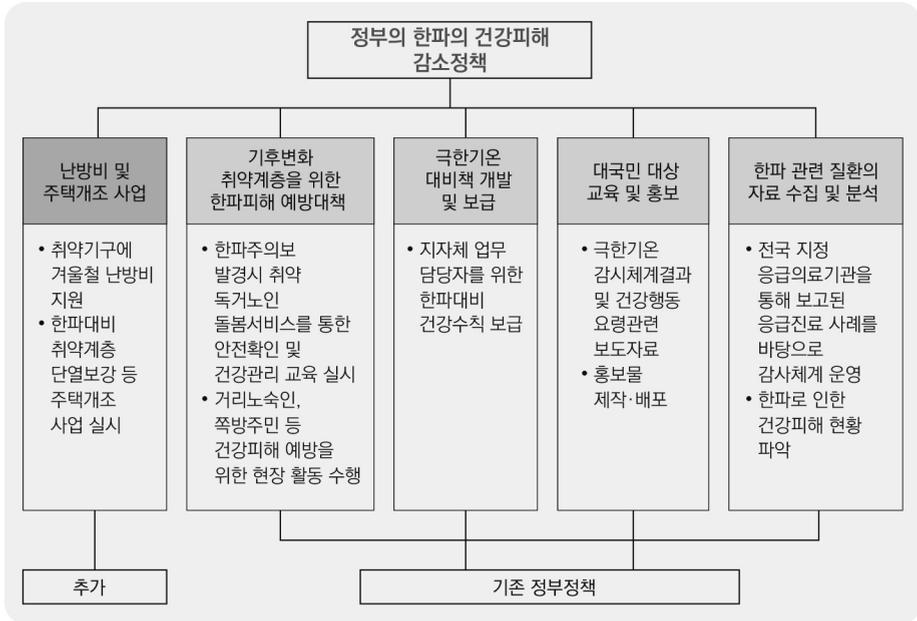
Ⅲ. 연구방법

1. 가상시나리오 설계

조건부가기측정법은 설문을 수행할 때 가상의 시나리오를 활용하여 가상적인 시장(hypothetical market)을 설정하고 설문을 통해 여러 가지 상황에 따른 응답자들의 지불의사를 유도한다. 따라서 조건부가기측정법 설문문의 가장 핵심적인 부분은 가상적인 시장의 설정이라 할 수 있다.

본 연구는 점차 증가하고 이는 한파로 인한 건강피해를 감소하기 위한 정부의 사업안을 제시하고 이에 대한 지불의사금액을 질문하는 것으로 시나리오를 구성하였다. 제시된 정부의 사업은 기존의 ‘기후변화 취약계층을 위한 한파피해 예방대책’, ‘극한기온 대비책 개발 및 보급’, ‘대국민 대상 교육 및 홍보’, 한파 관련 질환의 자료 수집 및 분석 사업에 ‘난방비 및 주택개조 사업’ 등의 한파 피해 가구 및 취약계층의 한파대비 지원 정책을 추가한 사업으로 설정하였다(그림 1).

그림 1. 한파의 건강피해 감소를 위한 정부의 관리대책(가상 시나리오)



2. 지불수단

조건부가치측정에서 활용되는 지불수단은 재화의 가치를 표현해주는 도구이다. 월간 납부보다 연간 납부의 지불방법을, 기부금이나 선물 등 자발적 지불수단보다는 소득세 인상 등 조세를 지불수단으로 사용할 것을 권하는 CVM 분석 가이드라인(KDI 공공투자 관리센터, 한국환경경제학회, 2012, p.25)에 따라 본 연구에서는 향후 10년간 매년 1회 지불할 가구당 부담금을 지불수단으로 하였고, 부담금의 형태는 조세로 하였다.

3. 설문지 구조

설문지는 크게 3단계로 구성하였다. 첫 번째 단계는 응답자의 건강상태와 기후변화 및 한파에 대한 일반적인 사항을 묻는 단계이며, 주요 질문내용은 기후변화의 영향 및 심각도와 최근 10년 사이에 기후변화로 인한 한파의 체감정도, 한파피해경험, 정부의

한파주의보 및 한파 경보 발령에 대한 인식, 정부의 한파대비 건강수칙, 안전행동수칙 등의 대국민용 홍보에 대한 인식 등이다. 두 번째 단계는 한파로 인한 건강피해 감소에 대한 지불의사금액을 추정하는 단계이다. 지불의사금액을 묻기에 앞서 기후변화로 인한 한파의 증가추세, 한파로 인한 직·간접적인 건강피해(직접적 건강피해인 저체온증, 동상과 간접적 건강피해인 빙판길 낙상에 의한 손실(골반골절, 대퇴골 골절 등 사지골절, 외상성 뇌손상)와 기저질환(뇌졸중, 급성 심근경색 같은 중증 심혈관계 질환 등) 악화 등)와 한파로 인한 건강피해를 감소하기 위한 정부의 사업안을 보기카드(show card)를 활용하여 충분히 설명한 후, 기후변화로 인해 증가하는 한파의 건강피해 감소를 위한 정부의 정책을 보다 강화하는 사업을 수행할 경우 이를 위해 향후 10년간 가구당 연 1회 얼마를 지불할 의사가 있는지를 질문하였다. 단, 이때 응답자가 가구의 연간소득을 고려하여 지불의사금액을 대답해 줄 것으로 요청하였으며, 지불한 금액만큼 다른 것을 구매할 수 없음을 언급하였다. 세 번째 단계에서는 응답자의 인구학적 특성과 사회경제적 특성을 질문하였다.

그림 2. 한파의 직·간접 건강피해 보기카드



4. 지불의사 유도방법

조건부가치측정법으로 양분선택형질문법(Dichotomous choice question)을 사용하였다. 이 중 양분선택형질문법은 Bishop과 Heberlein(1979, pp.926-929)에 의해 처음 제안된 방법으로 기존의 다른 방법들이 가지고 있는 편의(bias)를 극복할 수 있는 방법으로 알려져 있다. 양분선택형질문법은 응답자들에게 무작위로 제시금액을 선정하여 제시하고 지불할 의사가 있는지 여부를 'yes'와 'no'로 대답하도록 한다. 양분선택형질문법은 응답하기 쉽고, 실제 시장상황에서의 의사결정과 유사하다는 장점이 있다(Arrow, Solow, Portney, Leamer, Radner, & Schuman, 1993, pp.4602-4611). 본 연구에서는 첫 번째 제시금액에 'yes'라고 응답한 사람에게는 첫 번째 제시금액의 2배의 금액을, 'no'라고 응답한 사람에게는 첫 번째 제시금액의 1/2배의 금액을 추가로 질문하는 이중경계 양분선택형질문법(Double bounded dichotomous choice question, DBDC)을 이용하였다. 이와 더불어 지불의사가 없는 영(0)의 응답과 지불의사가 있는 양의 지불의사금액 응답을 구별하기 위하여 두 번 연속 지불의사가 없다는 응답자에게 '단 1원이라도 지불할 의사가 없습니까?'라는 질문을 추가하였다.

5. 사전조사(pre-test) 및 초기 제시금액

제시금액은 최종적으로 얻고자 하는 WTP의 추정값에도 민감한 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의를 기울여 결정해야 한다. 제시금액을 확정하기 위하여 무작위로 추출한 30~60대 성인남녀 30명을 대상으로 사전조사(pre-test)를 실시하였다. 사전조사는 개방형 질문법을 이용하여 실시하였고 제시금액은 극단값을 제외한 값의 최소, 최대값을 이용하여 월 10,000원, 30,000원, 50,000원, 70,000만원, 90,000만원으로 결정하였다. 최종 제시금액 개수는 이중경계 양분선택형질문법의 경우 제시금액의 숫자가 지나치게 많아지면 모형의 적합도가 떨어짐(Alberni, 1995, p.305)을 감안해 6개로 결정하였다.

6. 표본설계 및 조사방법

설문 대상지역은 한파위험지역과 한파비위험지역, 그리고 지역의 규모(대도시, 중소도시, 농촌)를 고려하여 총 6개 지역인 강원도 원주시, 경기도 연천군, 서울특별시, 경상남도 거제시, 경상남도 남해군, 광주광역시로 정하였다. 이중 한파위험지역은 강원도 원주시, 경기도 연천군, 서울특별시이며 한파비위험지역은 경상남도 거제시, 경상남도 남해군, 광주광역시이다. 한파위험지역과 한파비위험지역은 2000년부터 2014년간의 기상청(Korea Meteorological Administration) 한파특보 자료를 이용하여 선정하였다.

각 지역의 전체 인구로부터 임의표본을 도출하기 위해 지역 내 성·연령별 인구분포를 고려하여 표본수를 할당하였고, 지불수단이 조세의 형태인 가구당 부담금이므로 설문은 소득이 있는 만 30세 이상 75세 미만 성인남녀 중 가구를 대표할 수 있는 세대주 또는 주부 1,500명을 대상으로 진행하였다. 지역별 조사대상자수는 각각 250명이었다. 정부의 한파 적응정책에 대한 설명과 한파 적응정책의 필요성을 정확히 전달하기 위해서 조사방법으로 일대일 면접조사방법을 이용하였고, 양분선택형 질문법 형태의 지불의사금액 추정조사의 생소함을 덜기 위하여 두 차례에 걸쳐 조사원 교육을 실시하였다. 조사기간은 2015년 1월 23일부터 2월 13일로 약 20일간이며, 조사는 전문 조사기관인 (주)글로벌리서치에 의뢰하여 수행하였다.

7. 추정모형

일반적으로 비시장재에 대한 소비자의 WTP를 유도하는 과정에서 많은 응답자들이 전혀 지불의사가 없다고 답하는 경우가 발생한다. 일반적으로 지불의사가 전혀 없는 영(0)의 WTP는 응답자가 해당 시나리오나 지불유도방법, 지불수단에 거부감이 있거나 정부의 정책 개입을 싫어할 경우, 혹은 정책개입으로 효용의 저하가 발생하는 경우에 나타난다. 가상시나리오에 대한 지불의사가 없는 CVM 설문의 경우 WTP에 대한 응답 분포는 0(null)에서 spike 형태를 가지는 다봉(multi-modal)분포를 보이는 경향이 있다. 전통적인 WTP추정 모형인 로짓 또는 프로빗 모형을 적용하여 WTP를 추정할 경우 0의 응답이 정규분포의 범주를 벗어나게 되어(excess zeros) 편향된 추정값을 도출하거나 불일치추정값(inconsistent estimates)을 산출할 가능성이 있다(Akcura, 2013).

영(0)의 WTP를 고려하는 대표적인 방법으로는 WTP 분포함수가 영(0)에서 스파이크를 허용하도록 하는 스파이크 모형(Kriström, 1997; Yoo & Kwak, 2002)과 영(0)의 WTP를 가질 확률 분포와 양의 WTP를 가질 확률 분포를 볼록 결합(convex combination) 형태로 결합하는 혼합모형(Ainy, Soori, Ganjali, Le, & Baghfalaki, 2014; An & Ayala, 1996)이 있다. Spike 모형이 $(-\infty, \infty)$ 의 연속변수 범주에서 하나의 분포를 가정하는 반면 혼합모형은 두 가지 분포의 혼합(mixture)을 가정한다. Spike 모형에서 Spike의 크기는 음의 값 $(-\infty, 0)$ 에 해당하는 확률밀도함수의 적분에 해당하는 크기를 가진다. 반면, 두 개의 서로 다른 확률분포를 가정하는 혼합모형에서 첫 번째 분포는 제시금액(x) 0에서 ρ 의 확률을 가지는 이항분포이며 두 번째 WTP 분포는 0보다 큰 제시금액에서 $(1-\rho)$ 의 확률을 가지고 특정 확률밀도함수(예, Weibull, Normal 등)에서 양의 WTP를 산출하는 분포이다(An & Ayala, 1996, p.5).

본 연구의 응답자 분포 분석결과 단 1원도 지불할 의사가 없다고 응답한 분포는 66.1%이었다.

표 1. 제시금액에 따른 응답자 분포

일차 제시금액(원)	표본수 (명)	응답자 분포 (명)				
		Yes-Yes	Yes-No	No-Yes	No-No-Yes	No-No-No
10,000	300	33	64	31	23	149
30,000	300	9	34	24	38	195
50,000	300	4	17	13	57	209
70,000	300	5	8	16	51	220
90,000	300	1	11	12	58	218
합계	1,500	52	134	96	227	991

주: Yes-Yes: 첫 번째, 두 번째 제시금액 모두 지불할 의사가 있다고 응답한 경우, Yes-No: 첫 번째 제시금액은 지불할 의사가 있으나 두 번째 제시금액은 지불할 의사가 없다고 응답한 경우, No-Yes: 첫 번째 제시금액은 지불할 의사가 없으나 두 번째 제시금액은 지불할 의사가 있다고 응답한 경우, No-No-Yes: 첫 번째, 두 번째 제시금액 모두 지불할 의사는 없으나 그렇다고 지불의사가 전혀 없지는 않다고 응답한 경우, No-No-No: 첫 번째, 두 번째 제시금액을 포함하여 단 1원도 지불할 의사가 없다고 응답한 경우

CVM 연구에서 제시금액에 대하여 지불의사가 없는 0의 응답 비율이 높을 경우 일반적인 CVM 모형을 적용하면 음(-)의 WTP가 도출되거나 통계적으로 유의한 수준의

WTP를 도출하기 어렵다(이주석, 최은철, 2013, p.283). 이에 본 연구는 영(0)의 지불의사의 문제를 해결하기 위해 영(0)의 WTP를 가질 확률 분포와 양의 WTP를 가질 확률 분포를 볼록 결합 형태로 결합하는 혼합모형(Ainy et al., 2014; An & Ayala, 1996)을 이용하여 WTP를 추정하였다. 지불의사가 없는 경우 Kristrom(1997)의 spike 모형이 적용되기도 하나 이는 비시장재가 실현될 경우 응답자 자신의 효용이 오히려 떨어지게(음의 값을 가지는) 되는 지불의사금액 분석에서 의미가 있게 된다. 예를 들어 공항신설에 대한 지불의사금액 설문에서 공항을 이용할 확률이 거의 없는 공항 근처에 사는 응답자의 경우 항공기 이착륙으로 인한 소음이나 공해로 자신의 효용이 떨어지게 될 수 있는데 spike 모형은 이럴 경우 적합한 모형이다(An & Ayala, 1996, p.3). 그러나 본 연구의 한파적응정책 그 자체는 응답자를 포함하는 모든 사람에게 해를 미치지 않아 음의 지불의사가 발생하지 않을 것이므로 지불의사가 전혀 없는 모든 응답('no-no-no')을 영(0)의 지불의사로 간주하는 혼합모형이 더 적합하다.

본 연구에서는 0보다 큰 제시금액에 대한 응답자의 확률분포로 Weibull 분포를 적용하였고 이항분포와 Weibull분포를 이용한 혼합모형을 이용하여 지불의사를 추정하는데 이를 도식화하면 다음과 같다.

$$G(x; \rho, \gamma, \alpha) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < 0 \\ \rho & \text{if } x = 0 \\ \rho + (1 - \rho)F(x; \gamma, \alpha), & \text{if } x > 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$F(x; \gamma, \alpha) = 1 - e^{-rx^\alpha} \quad (2)$$

$$\log(F(x)) = -(\alpha + \beta_1 \text{sex} + \beta_2 \text{age}2 + \beta_3 \text{age}3 + \beta_4 \text{edu} + \beta_5 \text{income}2 + \beta_6 \text{income}3 + \beta_7 \text{coldarea} + \beta_8 \text{expericne} + \beta_9 \text{frequency})$$

식(1)은 혼합모형의 일반식 표현이며 식(2)는 Weibull 분포를 나타낸다. Weibull 분포는 2개의 모수(scale 모수(γ), shape 모수(α))가 영향을 미치는데 Weibull 확률분포를 이용하여 DBDC 설문의 각 유형별 응답확률을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_c^{yes,yes} &= P(A_1 > B_1 \text{ and } A_2 > B_{2h}) \\ &= (1 - P(Z_c)) \cdot P(WTP > B_{2h}) = (1 - \rho) \cdot e^{-\gamma B_{2h}^\alpha} \\ \pi_c^{yes,no} &= P(A_1 > B_1 \text{ and } A_2 < B_{2h}) \\ &= (1 - P(Z_c)) \cdot P(B_1 < WTP < B_{2h}) = (1 - \rho) \cdot (e^{-\gamma B_1^\alpha} - e^{-\gamma B_{2h}^\alpha}) \\ \pi_c^{no,yes} &= P(A_1 < B_1 \text{ and } A_2 > B_{2l}) \\ &= (1 - P(Z_c)) \cdot P(B_2 < WTP < B_{1l}) = (1 - \rho) \cdot (e^{-\gamma B_2^\alpha} - e^{-\gamma B_{2l}^\alpha}) \\ \pi_c^{no,no} &= P(A_1 < B_1 \text{ and } A_2 < B_{2l}) \\ &= (1 - P(Z_c)) \cdot P(0 \leq WTP < B_{2l}) = (1 - \rho) \cdot (1 - e^{-\gamma B_{2l}^\alpha}) + \rho \end{aligned}$$

$\pi_c^{yes,yes}$ 는 임의의 제시금액(B)에 대해 두 번 모두 ‘예’를 응답할 확률을 의미하며 A_1 은 응답자의 첫 번째 WTP를 의미한다. 제시금액(B) 아래첨자 1,2는 첫 번째 및 두 번째 질문을 의미하며 h 는 높은 제시금액, l 은 낮은 제시금액을 지칭한다. ‘no-no’ 응답의 경우 지불의사가 전혀 없는 ‘no-no-no’와 지불의사가 있는 ‘no-no-yes’로 구분할 수 있는데(Arana & J.Leon 2005, p.215), 이 같은 상황을 반영한 혼합모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_c^{yes,yes} &= P(A_1 > B_1 \text{ and } A_2 > B_{2h}) \\ &= (1 - P(Z_c)) \cdot P(WTP > B_{2h}) = (1 - \rho) \cdot e^{-\gamma B_{2h}^\alpha} \\ \pi_c^{yes,no} &= P(A_1 > B_1 \text{ and } A_2 < B_{2h}) \\ &= (1 - P(Z_c)) \cdot P(B_1 < WTP < B_{2h}) = (1 - \rho) \cdot (e^{-\gamma B_1^\alpha} - e^{-\gamma B_{2h}^\alpha}) \\ \pi_c^{no,yes} &= P(A_1 < B_1 \text{ and } A_2 > B_{2l}) \\ &= (1 - P(Z_c)) \cdot P(B_2 < WTP < B_{1l}) = (1 - \rho) \cdot (e^{-\gamma B_2^\alpha} - e^{-\gamma B_{2l}^\alpha}) \\ \pi_c^{no,no,yes} &= P(A_1 < B_1 \text{ and } A_2 < B_{2l}) \\ &= (1 - P(Z_c)) \cdot P(0 \leq WTP < B_{2l}) = (1 - \rho) \cdot (1 - e^{-\gamma B_{2l}^\alpha}) \\ \pi_c^{no,no,no} &= P(A_1 < B_1 \text{ and } A_2 \leq B_{2l}(=0)) = P(Z_c) = \rho \end{aligned}$$

본 연구는 ‘no-no-no’ 응답을 포함하는 두 번째 방법을 적용하여 지불의사금액을 추정하였다. 이항분포와 Weibull 분포를 활용한 혼합모형으로 WTP를 추산할 경우 이의

평균값(μ)과 중앙값(m)은 다음과 같이 산출된다(An & Ayala 1996, p.13).

$$\mu = E(WTP) = (1 - \rho)\gamma^{-\frac{1}{\alpha}} \Pi \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

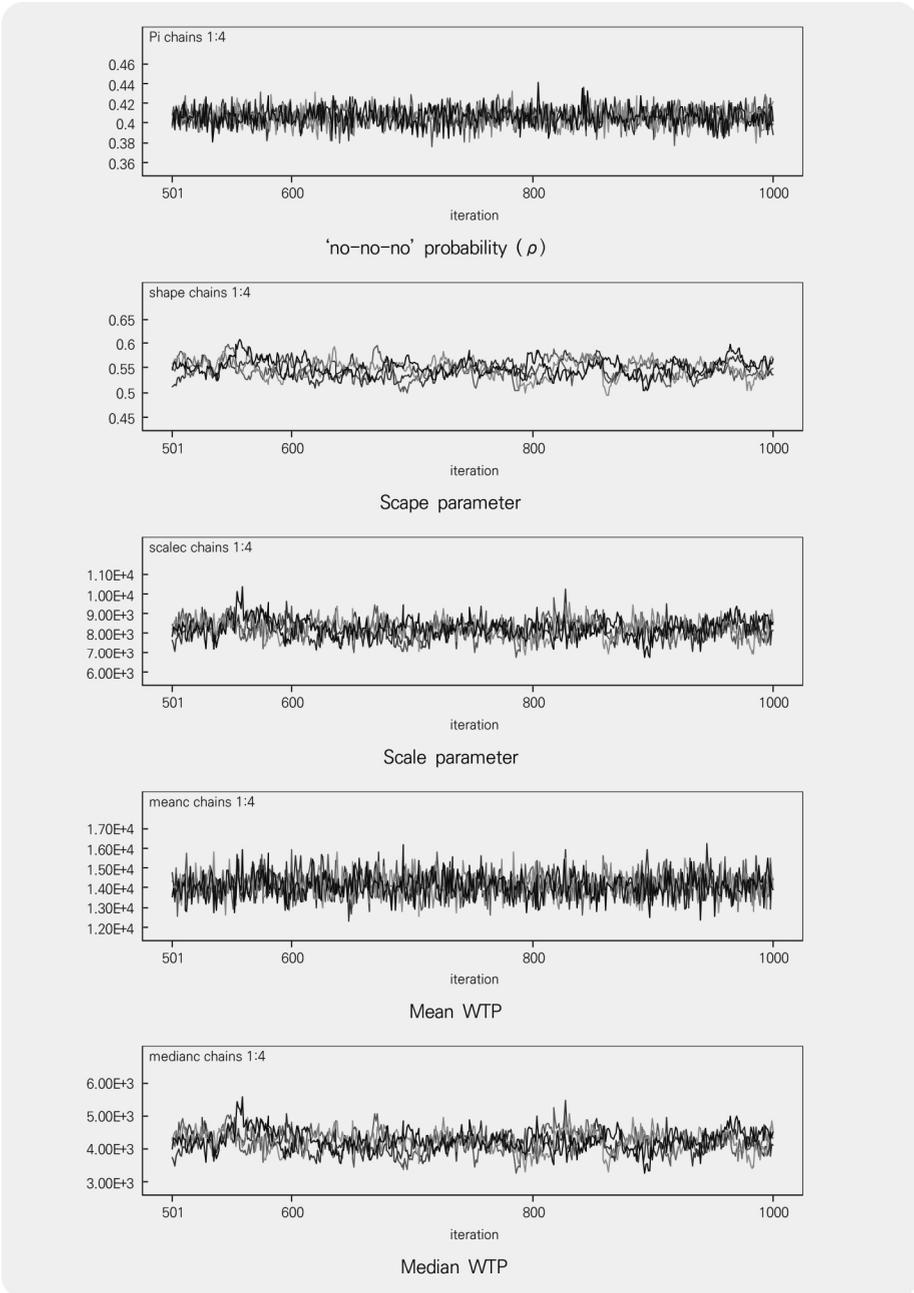
$$m = \begin{cases} \left[-\frac{1}{\gamma} \log \frac{1/2}{(1-\rho)} \right]^{1/\alpha} & \text{if } \rho < 0.5 \\ 0 & \text{if } \rho > 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

본 연구의 경우 ρ 값이 0.4 정도로 추산되었으므로 중앙값을 계산할 경우 식 (3)의 첫 번째 방법을 적용하여 중앙값을 산출하였다.

한파의 건강적응정책에 대한 지불의사금액에 영향을 미치는 독립변수의 영향을 살펴 보았다. 기존연구 결과를 반영하여 독립변수로 성별(sex), 연령(age), 교육수준(edu), 가구소득(income), 한파지역 거주여부(cold area), 한파피해경험(experience), 한파빈도에 대한 주관적 생각(frequency)을 독립변수로 사용하였다. 연령과 소득을 제외한 모든 변수는 양분변수(dichotomous variable)인데 연령은 30-45세 이하, 45-60세, 60세 이상으로 3등분 하였고 소득수준은 가구균등화 소득을 사용하였는데 균등화 소득은 월간 150만원 이하, 150-225만원, 225만원 이상으로 3등분 하였다. 학력은 대재 이상과 미만으로 구분하였다.

베이지안(Bayesian) 사후분포 추론은 WinBUGS 프로그램과 R 통계프로그램을 사용하였다. 베이지안 모형은 점근적(asymptotic) 조건에 의존하는 최대우도 모형의 단점(Arana & J.Leon, 2005, pp.211-212)을 보완하고자 하였다. 지불의사금액을 추정하는 전통적인 최대우도 방법은 분석 자료의 수가 적을 경우 불일치 지불의사금액이 산출될 수 있다. 이에 반해 베이지안 분석 방법을 적용한 지불의사 금액 추정은 적은 수의 분석 자료를 이용해 보다 정밀한 추정이 가능하다(McCulloch & Rossi, 1994, p.219). 또한 기존의 연구결과를 사후분포 추정에 사용되는 초기값(prior) 형태로 연구에 반영할 수 있는 방법을 제공한다(Fernandez, Leon, Steel, & Vazquez-Polo, 2004, p.9). 모수를 추론하기 위한 초기값(prior)은 모두 vague prior를 적용하였고 4개의 chain을 사용하여 사후분포 모수값을 산출하였는데 convergence가 잘 이루어져 추론된 모수값에 문제가 없음을 보여준다. 주요 모수의 사후분포 chain history는 다음 그림과 같다(그림 3).

그림 3. MCMC 시뮬레이션 후 주요 모수 chain history



IV. 연구결과

1. 응답자의 일반적 특성 및 기후변화, 한파에 대한 인식

응답자 중 30~45세 미만 응답자는 39.3%, 45~60세 미만 응답자는 46.0%, 60세 이상 응답자는 14.7%이었다. 교육의 경우 대재 이상의 학력을 소지한 응답자는 전체 응답자의 32.3%, 대재 미만 학력을 소지한 응답자는 67.7%이었다. 소득의 경우 월평균 가구 균등화 소득이 150만원 미만인 응답자는 31.9%, 150~224만원인 응답자는 39.8%, 225만원 이상인 응답자는 28.3%이었고 응답자의 94.1%가 기혼자였다. 응답자 중 97.5%는 해당 지역에 30년 이상 거주하였고 지금까지 살면서 한파피해를 경험해 본적이 있는 응답자는 7.5%이었다(표 2).

표 2. 응답자의 일반적 특성

구분		응답자수(명)	비율(%)
성별	남자	750	50.0
	여자	750	50.0
연령	30~45세 미만	590	39.3
	45~60세 미만	690	46.0
	60세 이상	220	14.7
교육수준	대재 미만	1,015	67.7
	대재 이상	485	32.3
월평균 가구균등화 소득	150만원 미만	478	31.9
	150~225만원 미만	597	39.8
	225만원 이상	425	28.3
결혼상태	미혼	44	2.9
	기혼	1,412	94.1
	이혼/사별	44	2.9
거주지역 거주기간	20년 미만	12	0.8
	20~29년	25	1.7
	30년 이상	1,463	97.5
한파피해경험	있음	112	7.5
	없음	1,388	92.5

응답자의 87.7%가 기후변화가 심각하다고 인식하고 있었으며 74.4%는 기후변화가 응답자와 응답자 가족의 건강에 위험을 준다고 인식하고 있었다. 한파에 대한 인식에 있어서는 응답자 중 67.5%가 지난 10년간 기후변화로 인해 한파의 빈도가 늘어났다고 생각하고 있었다. 또한 정부의 한파주의보 및 한파경보에 대해 알고 있느냐는 질문에 응답자의 70%는 알고 있다고 응답하였으나 정부의 한파대비 건강수칙 및 안전행동수칙 등에 대한 홍보책자 및 정보를 알고 있느냐에 대한 질문에는 응답자의 18.1%만이 알고 있다고 응답하였다(표 3).

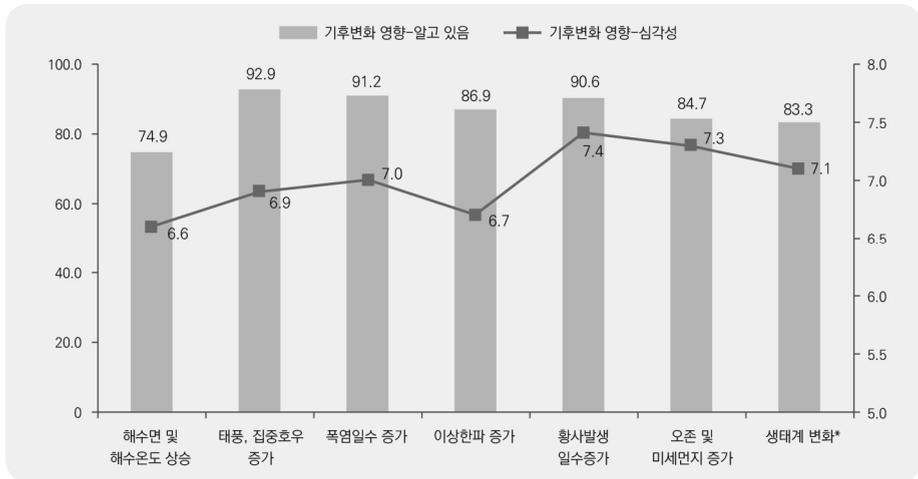
표 3. 응답자의 기후변화 및 한파에 대한 인식

구분		응답자수(명)	비율(%)
기후변화 심각성	심각함	1,315	87.7
	심각하지 않음	185	12.3
기후변화가 가족건강에 주는 위험 유무	위험을 줌	1,116	74.4
	위험을 주지 않음	384	25.6
한파빈도에 대한 주관적 생각	지난 10년간 한파빈도 증가	1013	67.5
	지난 10년간 한파빈도 증가하지 않음	487	32.5
한파주의보 및 한파경보에 대한 인식 유무	알고 있음	1,155	70.0
	모름	345	23.0
정부의 한파대비 건강수칙 및 안전행동수칙 등에 대한 정보 인식 유무	알고 있음	271	18.1
	모름	1,229	81.9

응답자의 80% 이상이 기후변화 영향으로 ‘태풍, 집중호우 증가’, ‘폭염일수 증가’, ‘황사발생일수증가’, ‘이상한파 증가’, ‘오존 및 미세먼지 증가’, ‘생태계 변화가 발생함을 알고 있었으나 기후변화 영향 중 ‘해수면 및 해수온도 상승’에 대해서는 응답자의 74.9%만이 알고 있었다. 기후변화 영향에 대한 인식과는 달리, 10점 만점으로 기후변화 영향 별 심각성을 묻는 질문에서는 응답자는 기후변화 영향 중 ‘황사발생 일수증가(7.4점)’, ‘오존 및 미세먼지 증가(7.3점)’, ‘생태계변화(7.1점)’, ‘폭염일수 증가(7.0점)’ 등이 심각하다고 인식하는 반면, ‘이상한파 증가(6.7점)’와 ‘해수면 및 해수온도 상승(6.6점)’은 상대적으로 심각하지 않다고 인식하였다.

그림 4. 기후변화 영역별 영향 인지 및 심각성

(단위: %, 점)



주: *생태계변화는 봄꽃 개화시기가 빨라지고, 어패류나 과일 생산지의 복상, 여름 철새의 텃새화 등을 의미함

2. 지불의사금액 추정결과

이항분포를 사용하여 추정한 'no-no-no' 평균 확률 값(p)은 0.406로 추정되었으며 Weibull 분포의 두 모수인 scale 모수(γ)와 shape 모수(α)의 평균값은 각각 0.007과 0.548로 추론되었다(표 4). 한파로 인한 건강피해 적응대책에 대한 응답자의 지불의사금액의 평균은 가구당 연간 8,492원이며 중앙값은 363원으로 산출되어 중앙값과 평균값 간에 8,000원 정도의 차이를 보였다. 이는 추정모형에서 1,500명 응답자 중 40.6%에 해당하는 600명 정도의 응답자가 정부의 한파 건강적응정책에 대해 전혀 지불할 의사가 없음을 표현한 것과 관련이 있다.

표 4. 베이지안 추론 주요 모수의 분포

Node	평균	표준편차	중앙값	95% CI
ρ^1	0.406	±0.009	0.406	0.388 - 0.424
γ^2 (scale 모수)	0.007	±0.001	0.007	0.005 - 0.010
α^2 (shape 모수)	0.548	±0.017	0.548	0.515 - 0.581
WTP 평균값	8,492	16.8	8,487	8,459 - 8,525
WTP 중앙값	363	2.7	357.3	356.5 - 368

주: ¹ 혼합모형 확률, ² Weibull 분포 모수

모형에 사용된 독립변수의 영향은 한파에 대한 이전의 경험 여부를 제외하고 모두 통계적으로 유의한 결과를 보였다(표 5). 남성은 여성에 비해, 30~45세 미만 성인에 비해 45~60세, 60세 이상 연령대 모두 한파에 대한 지불의사가 1.2배 정도 높게 예측되었다. 교육 정도와 가구 균등화 소득 모두 한파 건강적응정책에 대한 지불의사와 양의 상관성을 보였다. 한파위험지역 거주자들은 한파비위험지역 거주자들에 비해 9% 정도 더 높은 지불의사를 보였으며 지난 10년 사이 한파의 빈도가 늘었다고 생각하는 응답

표 5. 응답자 특성이 지불의사 금액에 미치는 영향

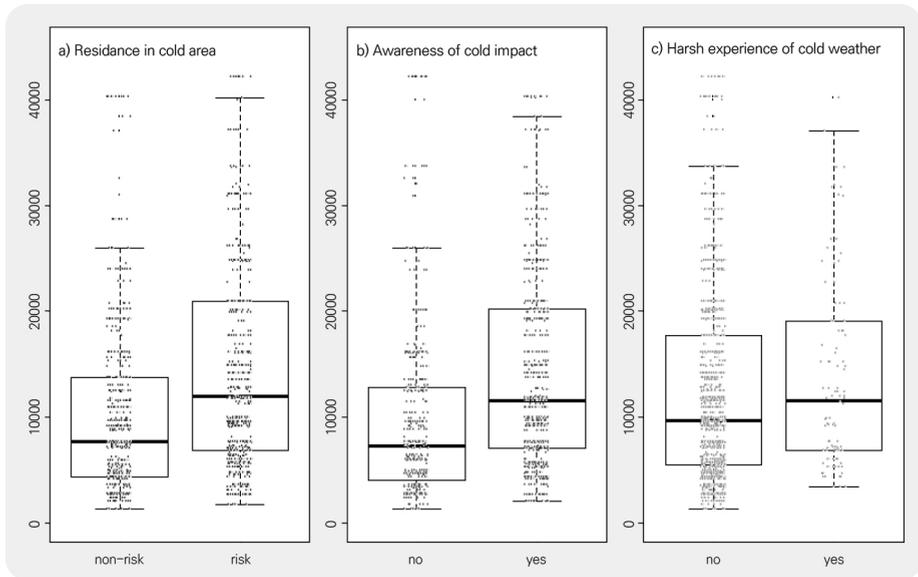
구분		Exp(β)	계수(β)	표준편차	중앙값	95% CI
Pi		-	0.405	0.009	0.406	0.386 - 0.422
상수항		7.607	2.029	0.074	2.026	1.891 - 2.178
성별	남성(여성)	1.214	1.094	0.037	0.194	0.120 - 0.263
연령	45~59세(30~44세)	1.285	0.251	0.044	0.252	0.158 - 0.337
	60세 이상(30~44세)	1.256	0.228	0.058	0.228	0.113 - 0.334
교육	대재 이상(대재 미만)	1.375	0.318	0.045	0.315	0.228 - 0.413
	150~244(150만원 미만)	1.283	0.249	0.044	0.249	0.164 - 0.338
소득	250만원 이상 (150만원 미만)	1.390	0.330	0.051	0.328	0.235 - 0.429
	한파위험지역 (한파비위험지역)	1.094	0.090	0.039	0.088	0.014 - 0.166
한파피해경험	경험(비경험)	1.092	0.088	0.067	0.087	-0.004 - 0.275
한파빈도에 대한 주관적 생각	지난 10년간 한파빈도증가(비증가)	1.161	0.149	0.042	0.150	0.068 - 0.233

주: 구분란에서 ()안은 기준집단을 의미함

자들은 그렇지 않다고 생각하는 응답자들에 비해 연간 16% 더 높은 지불의사를 보였다. 그러나 한파에 대한 경험 여부는 한파 적응정책에 대한 지불의사금액에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

몇 가지 변수로 구분하여 WTP 분포를 그리면 [그림 5]와 같다. 한파위험지역 거주자의 가구당 지불의사금액은 연간 16,527원으로 한파비위험지역 거주자들보다 평균 5,600원 많았고, 지난 10년간 한파빈도가 증가하였다고 생각하는 응답자의 지불의사금액은 가구당 연간 15,625원으로 그렇지 않은 응답자들에 비해 5,800원 많은 지불의사를 보였다. 그러나 한파경험여부에 따른 지불의사금액은 평균 900원 차이를 보였으나 이는 통계적으로 유의하지 않았다.

그림 5. 응답자 특성에 따른 지불의사금액 분포



V. 고찰 및 제언

본 연구는 지불의사금액을 추정하는 모형에서 성, 연령, 소득, 교육수준과 같은 기본 변수 이외에 한파에 대한 응답자의 인식을 포함함으로써 좀 더 확장된 모형을 만들려는 새로운 시도를 하였고, 한파와 같은 특정 기상영향에 대한 건강영향은 한파피해경험 유무에 따라 달라질 수 있음을 고려하여 조사설계 때부터 한파위험지역과 한파비위험지역 거주자를 고려하여 조사대상자를 선정하였다.

분석결과 한파로 인한 건강피해 적응대책에 대한 지불의사금액은 한파의 피해경험과 한파에 대한 인식에 따라서도 지불의사금액의 차이를 보였는데 한파위험지역 거주자의 평균 지불의사금액은 가구당 연간 16,527원으로 한파위험지역 거주자들의 지불의사금액은 한파비위험지역 거주자들보다 5,600원 높았고, 지난 10년간 한파발생빈도가 증가했다고 인식하는 응답자의 평균 지불의사금액은 가구당 연간 15,625원으로 한파발생빈도가 증가하지 않았다고 인식하는 응답자에 비해 5,800원 많았다.

한파로 인한 건강피해 감소에 대한 지불의사금액은 폭염, 대기오염 등과 같은 다른 기후변화 건강영향에 대한 지불의사금액에 비해 낮았다. 2011년 서울시 30세 이상 75세미만 성인남녀 801명을 대상으로 이중경계양분선택질문법 이용하여 폭염으로 인한 초과사망 감소에 대한 지불의사금액 추정한 이수형, 신호성, 김대은(2016, p.51)의 연구에서 폭염으로 인한 초과사망 감소에 대한 지불의사금액 개인당 월 평균 18,210원이었고, 2002년 서울시민 20세 이상 성인남녀 600명(대기오염, 실내공기오염, 식수오염 각각 200명)을 대상으로 이중경계양분선택질문법 이용하여 환경오염으로 인한 위해도 감소에 대한 지불의사금액 추정한 김예신, 이용진, 박화성, 남정모, 김진흙, 신동천(2003, p.9) 연구에서 대기오염으로 인한 위해도 감소에 대한 지불의사금액은 개인당 월 평균 14,700원, 실내공기오염으로 인한 위해도 감소에 대한 지불의사금액은 월 평균 18,300원, 식수오염으로 인한 위해도 감소에 대한 지불의사금액은 월 평균 17,900원이었다. 이에 반해 한파로 인한 건강피해 감소에 대한 지불의사금액은 가구당 연간 8,492원이었다. 이는 응답자들의 기후변화 영향의 심각성에 대한 인식과 관련이 있다. [그림 4와 같이 응답자들은 기후변화로 인하여 건강영향 중 ‘황사발생일수 증가’, ‘오존 및 미세먼지 증가’, ‘폭염일수 증가와 같은 대기오염 및 폭염으로 인한 기후변화 영향은 심각하다고 생각하는 반면 ‘이상한파 증가나 ‘해수면 및 해수온도 상승과 같은 기후변화 영향은

상대적으로 심각하지 않다고 인식하고 있었다. 이러한 인식의 차이가 한파로 인한 건강 피해 감소에 대한 지불의사에 영향을 준 것으로 보인다. 지불방법과 지불수단 또한 지불 의사금액의 차이를 야기한 것으로 보인다. KDI 공공투자관리센터와 한국환경경제학회(2012, pp.25-26) 연구에 의하면 똑같은 지불수단을 사용하여 똑같은 금액을 제시하더라도 연간으로 납부하는지 또는 월간으로 납부하는지 여부에 따라 지불의사가 달라질 수 있으며, 소득세 등 조세의 경우 강제성을 띠어서 높은 비율의 저항응답을 유도하고 있다는 우려도 있으나, 기부금이나 선물 등 자발적인 수단은 무임승차를 초래할 수 있고, 부담금이나 기금의 납부는 생소한 방법이므로 소득세 인상 등 조세를 지불수단으로 유지하는 것을 권하고 있다. 기존의 폭염, 대기오염 연구는 개인당 월 평균 지불의사금액을 추정하였고 지불수단으로는 폭염의 경우 자발적 수단, 대기오염 연구는 부담금을 이용하였다.

일반적으로 비시장재에 대한 소비자의 지불의사를 유도하는 과정에서 많은 응답자들이 전혀 지불의사가 없다고 답하는 경우가 발생한다. 본 연구 또한 한파로 인한 건강 피해 감소에 대한 적응대책에 단 1원도 지불할 의사가 없다는 응답자 비율이 66.1%나 되었다(본 연구에서 적용한 혼합모형에서 사후 추정된 ρ 값과 구별할 필요가 있다. 응답자 66.1% 값은 무작위로 제시된 제시금액에 대해 지불의사가 없음을 응답한 비율이나 ρ 값은 초기값(prior)과 우도함수(이항분포)를 이용해 베이지안 방법으로 사후 추론된 사후분포의 평균값이다). 지불의사가 없는 이유로 한파의 적응대책은 이미 납부한 세금으로 추진되어야 하기 때문이 44.0%로 가장 많았고, 정부정책을 신뢰할 수 없기 때문이 18.6%, 한파 적응대책의 필요성이 낮기 때문이 15.8%, 경제적 이유 때문이 12.2%이었다. 이러한 결과는 한파에 대한 기후변화 건강영향이 다른 건강영향에 비해 낮음과 관련이 있다.

분석결과 한파로 인한 건강피해 감소에 대한 지불의사는 남성일수록, 연령이 높을수록, 교육수준이 높을수록, 소득수준이 높을수록 높았는데 이는 대기오염에 관한 김예신, 이용진, 박화성, 남정모, 김진흠, 신동천(2003, p.8) 연구 결과와도 동일하다. 특히 본 연구에서 지난 10년간 한파빈도가 증가했다고 인식하는 집단이 그렇지 않은 집단에 비해, 한파피해지역에 거주하는 사람이 한파비해지역에 거주하는 사람에 비해 지불의사금액이 높았는데 김예신, 이용진, 박화성, 남정모, 김진흠, 신동천(2003, p.8) 연구에서도 환경오염에 대한 인식 수준이 높을수록 지불의사금액이 높았다. 그러나 폭염에 대한

이수형, 신호성, 김대은(2016, p.65) 연구에서는 남성일수록, 교육수준이 높을수록, 소득수준이 높을수록, 기후변화의 건강 위험정도가 심하다고 느낄수록, 기후변화가 심하다고 느낄수록 지불의사금액이 높았으나 성별과 교육수준은 통계적으로 유의하지 않았고 연령의 경우 65세 미만 연령이 65세 이상 연령 집단에 비해 지불의사금액이 높았다. 연령으로 인한 차이는 분석시 연령구분에 차이로 인한 것으로 보인다.

1965년부터 2014년까지 50년간 80개의 기상 관측소별 아침 평균 최저기온과 한파 빈도 일수를 분석한 전미정(2015, p.25)은 아침 평균 최저기온이 낮은 경우 한파 일수는 많아지는 경향을 보인다고 보고하였다. 또한 겨울철 기온은 점차 증가하는 경향을 보이고 있음에도 불구하고 아침 평균 최저기온이 증가함에 따라 한파 일수는 증가하였다. 이는 우리나라 겨울철 한파 및 저온과 같은 극한 기후가 점차 증가하고 있음을 확인해주는 증거이다. 최영은과 박창용(2010, p.723)은 한파 관련 극한기후지수 중 최근 10년에 결빙일수, 한파지속기간이 이전 10년 전 보다 많아진 사실을 통하여 지구온난화로 인해 한파의 발생빈도와 규모가 적어지거나 감소하지 않고 오히려 많아지거나 커질 가능성도 있음을 밝혔다. 또한 한파 관련 극한기후지수에 지구온난화로 인한 기후변화뿐만 아니라 여러 가지 자연변동성이 관련되어 있음을 제시하였다. 최근 우리나라에서 지구 온난화로 인한 기온의 건강영향을 살펴본 연구에 따르면 폭염으로 인한 건강영향과 달리 한파로 인한 영향은 작을 것으로 예측하였다(신용승 등, 2016, pp.110-144). 그러나 우리나라의 경우 한파의 강도와 빈도는 증가하고 있어 한파로 인한 건강영향에 대한 연구가 지속적으로 이루어질 필요가 있다.

설문지 분석에서 한파 경보나 한파 건강영향에 대해 인식이 높음에도 불구하고 한파에 대한 건강영향과 한파 대응 방법이나 관련 정보에 대한 인식은 상대적으로 낮았다. 지난 10년간 한파빈도가 증가했다고 인식하는 응답자 67.5%였고 겨울철 한파 주의보 및 한파경보에 대해 알고 있는 응답자 70% 반면 정부의 한파대비 건강수칙 및 안전해당수칙 등에 대한 정보를 들어보거나 관련 책자를 본 적이 있는 응답자는 18.1%에 불과하여 80% 이상은 정부의 한파적응대책에 대해 잘 인지하지 못하고 있는 것으로 조사되었다. 우리나라 정부의 한파 적응대책은 폭염과 같이 주로 보건소를 중심으로 취약계층 중심으로 이루어지고 있는데 한파로 인한 건강피해가 노인에서 크다는 점에서 취약계층에서의 적응대책도 중요하지만 한파의 건강피해는 불특정 다수에게 작용한다는 점을 고려하면 전체 국민을 대상으로 한 한파 적응대책도 필요할 것이다.

VI. 결론

본 연구는 한파위험지역인 강원도 원주시, 경기도 연천군, 서울특별시와 한파비위험 지역인 경상남도 거제시, 경상남도 남해군, 광주광역시 거주 만 30세 이상 75세 미만 성인남녀 중 가구를 대표하는 세대주 또는 주부 1,500명을 대상으로 한파로 인한 건강 피해 감소를 위한 정부 정책의 경제적 가치를 추정하였다. 한파로 인한 건강피해 감소에 대한 경제적 가치는 조건부가치측정법을 이용하여 추정하였고, 경제적 가치 추정시 발생하는 영(0)의 응답 문제를 처리하기 위해 혼합모형과 Weibull 분포를 가정한 베이지안 방법을 이용하였다. 한파로 인한 건강피해 적응정책에 대한 지불의사금액은 연간 가구당 8,492원으로 추정되었으며 지불의사금액은 한파의 피해경험과 한파에 대한 인식에 따라서 차이를 보였다.

신호성은 미국 Univ. of South Carolina에서 보건학 박사학위를 받았으며, 현재 원광대학교 치과대학 인문사회치의학교실에서 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 의료형평성, 기후변화, 공간분석, 치과의료관리 등이다.
(E-mail: shinhosung@gmail.com)

이수형은 서울대학교에서 보건학 석·박사학위를 받았으며, 현재 한국보건사회연구원에서 부연구위원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 기후변화 건강영향, 건강영향평가, 공간분석 등이다.
(E-mail: sue1st@kihasa.re.kr)

참고문헌

- 관계부처합동. (2010). 2010년 이상기후 보고서. 서울: 기상청
- 관계부처합동. (2011). 2011년 이상기후 보고서. 서울: 기상청
- 관계부처합동. (2013). 2012년 이상기후 보고서. 서울: 기상청
- 관계부처합동. (2014). 2013년 이상기후 보고서. 서울: 기상청
- 관계부처합동. (2015). 2014년 이상기후 보고서. 서울: 기상청
- 관계부처합동. (2016). 2016년 이상기후 보고서. 서울: 기상청
- 김예신, 이용진, 박화성, 남정모, 김진흠, 신동천. (2003). 환경오염으로 인한 위해도 감소에 대한 지불의사금액 추정에 관한 연구. 한국환경독성학회지, 18(1), pp.1-13.
- 김진선. (2016). 뇌내출혈 입원환자수 증가에 저온, 고온, 한파지속일, 폭염지속일이 미치는 영향. 석사학위논문, 고려대학교
- 보건복지부, 질병관리본부. (2013). 2013년 한파로 인한 한랭질환 감시체계 운영교육. 서울: 보건복지부, 질병관리본부.
- 신용승, 배현주, 하종식, 박해용, 정진희, 강정은, 김선덕. (2016). 기후변화에 따른 건강영향 평가·적응 기술 및 정책지원 시스템 개발. 세종: 환경부, 한국환경산업기술원
- 이수형, 신호성, 김대는 (2016). 기후변화 폭염으로 인한 초과사망 위험 감소에 대한 통계적 인간생명가치 측정. 보건경제와 정책연구, 22(2), pp.51-78.
- 이주석, 최은철. (2013). 조건부 가치측정법에서 영 (0)의 응답처리를 위한 모수적 추정법과 비모수적 추정법의 비교연구. 자원 환경경제연구, 22(2), pp.281-307.
- 전미정. (2015). 한파발생으로 인한 취약계층의 사회적 비용추정. 석사학위논문, 고려대학교
- 최영은, 박창용. (2010). 우리나라 중부지방의 한파 분포 및 변화에 관한 연구. 국토지리학회지, 44(4), pp.713-725.
- KDI 공공투자관리센터, 한국환경경제학회. (2012). 예비타당성조사를 위한 CVM 분석지침 개선 연구. 세종/서울: KDI, 한국환경경제학회.
- Ainy, E., Soori, H., Ganjali, M., Le, H., & Baghfalaki, T. (2014). Estimating cost of road traffic injuries in iran using willingness to pay (WTP) method. PLoS

- ONE, 9(12), pp.1-16. doi:10.1371/journal.pone.0112721
- Akcura, E. (2013). Information effects on consumer willingness to pay for electricity and water service attributes. *European Bank for Reconstruction and Development*, (160).
- Alberini, A. (1995). Optimal Designs for Discrete Choice Contingent Valuation Surveys: Single-Bound, Double-Bound, and Bivariate Models. *Journal of Environmental Economics and Management*, 28(3), pp.287-306. doi: 10.1006/jeem.1995.1019
- An, M., & Ayala, R. (1996). *A Mixture Model of Willingness to Pay Distributions* (Econometrics). EconWPA. <http://econpapers.repec.org/RePEc:wpa:wuwpem:9611002>에서 2017.3.15. 인출.
- Analitis, A., Katsouyanni, K., Biggeri, A., Baccini, M., Forsberg, B., Bisanti, L., ... Michelozzi, P. (2008). Effects of cold weather on mortality: Results from 15 European cities within the PHEWE project. *American Journal of Epidemiology*, 168(12), pp.1397-1408. doi:10.1093/aje/kwn266
- Arana, J. E., & J. Leon, C. (2005). Bayesian estimation of dichotomous choice contingent valuation with follow-up. In R. Scarpa & A. Alberini (Eds.). *The Economics Of Non-market Goods And Resources* (pp.201-222).
- Arrow, K., Solow, R., Portney, P. R., Leamer, E. E., Radner, R., & Schuman, H. (1993). Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. *Federal Register*, 58(10), pp.4601-4614.
- Bishop, R. G., & Heberlein, T. A. (1979). Measuring Values of Extramarket Goods: Are Indirect Measures Biased? *American Journal of Agricultural Economics*, 61(5), pp.926-930. doi:10.2307/3180348
- de'Donato, F. K., Leone, M., Noce, D., Davoli, M., & Michelozzi, P. (2013). The Impact of the February 2012 Cold Spell on Health in Italy Using Surveillance Data. *PLoS ONE*, 8(4), pp.1-10. doi:10.1371/journal.pone.0061720
- Fernandez, C., Leon, C. J., Steel, M. F. J., & Vazquez-Polo, F. J. (2004). Bayesian analysis of interval data contingent valuation models and pricing policies.

- Journal of Business & Economic Statistics*, 22(4), pp.431-442. doi:10.1198/073500104000000415
- Fitzgerald, E. F., Pantea, C., & Lin, S. (2014). *Cold Spells and the Risk of Hospitalization for Asthma: New York, USA 1991-2006*. *Lung*, 192(6), pp.947-954. doi:10.1007/s00408-014-9645-y
- Guo, Y., Jiang, F., Peng, L., Zhang, J., Geng, F., Xu, J., ... Tong, S. (2012). The association between cold spells and pediatric outpatient visits for Asthma in Shanghai, China. *PLoS ONE*, 7(7). doi:10.1371/journal.pone.0042232
- Huynen, M. M., Martens, P., Schram, D., Weijnenberg, M. P., & Kunst, A. E. (2001). The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives*, 109(5), pp.463-470.
- Kriström, B. (1997). Spike Models in Contingent Valuation. *American Journal of Agricultural Economics*, 79(3), pp.1013-1023. doi:10.1016/S1574-0099(05)02017-6
- Ma, W., Xu, X., Peng, L., & Kan, H. (2011). Impact of extreme temperature on hospital admission in Shanghai, China. *Science of The Total Environment*, 409(19), pp.3634-3637. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.06.042
- McCulloch, R., & Rossi, P. E. (1994). An exact likelihood analysis of the multinomial probit model. *Journal of Econometrics*, 64(1-2), pp.207-240. doi:10.1016/0304-4076(94)90064-7
- Molloy, S. L., Dreelin, E. A., & Rose, J. B. (2008). Extreme Weather Events and Human Health. In *International Encyclopedia of Public Health* (pp.536-544). Elsevier. doi:10.1016/B978-012373960-5.00389-0
- Monteiro, A., Carvalho, V., Góis, J., & Sousa, C. (2013). Use of "Cold Spell" indices to quantify excess chronic obstructive pulmonary disease (COPD) morbidity during winter (November to March 2000-2007): case study in Porto. *International Journal of Biometeorology*, 57(6), pp.857-870. doi:10.1007/s00484-012-0613-z
- Ryti, N. R. I., Guo, Y., & Jaakkola, J. J. K. (2016). Global association of cold spells

and adverse health effects: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 124(1), pp.12-22. doi:10.1289/ehp.1408104

- Xie, H., Yao, Z., Zhang, Y., Xu, Y., Xu, X., Liu, T., ... Ma, W. (2013). Short-term effects of the 2008 cold spell on mortality in three subtropical cities in Guangdong province, China. *Environmental Health Perspectives*, 121(2), pp.210-216. doi:10.1289/ehp.1104541
- Yoo, S.-H., & Kwak, S. (2002). Using a spike model to deal with zero response data from double bounded dichotomous choice contingent valuation surveys. *Applied Economics Letters*, 9(14), pp.929-932.
- Zhou, M. G., Wang, L. J., Liu, T., Zhang, Y. H., Lin, H. L., Luo, Y., ... Ma, W. J. (2014). Health impact of the 2008 cold spell on mortality in subtropical China: the climate and health impact national assessment study (CHINAs). *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 13(1), 60. doi: 10.1186/1476-069X-13-60

Willingness to Pay for Adaptation Policy to Prevent the Health Damage Caused by Cold Waves

Shin, Hosung
(Wonkwang University)

Lee, Suehyung
(Korea Institute for
Health and Social Affairs)

The purpose of this study is to estimate the amount of willingness to pay (WTP) for adaptation policy to reduce the health damage attributable to cold waves using contingent valuation method (CVM). The survey was conducted on 1,500 adult males and females aged from 30 to 75 years old in Wonju, Ganwon Province, Yeoncheon-gun, Gyeonggi-do, Seoul, Geoje, Gyeongsangnam-do, Namhae, Gyeongsangnam-do, Gwangju from January 23, 2015 to February 13, 2015. In order to solve the problem of treating nonpayment amount, which is common in CVM, we applied the mixed model and estimated the payment amount by the Bayesian method assuming the Weibull distribution. As a result, the average WTP for adaptation policy to prevent the health damage caused by cold waves was 8,492 won per household per year and the median price was 363 won per household. There was a positive relationship between the respondents living in the cold wave areas, the subjective thoughts on the frequency of the cold waves, sex, age, education level and income level of the households. The study of cold wave is insufficient compared to the study of heat wave. Future research should be conducted on health impacts, social burdens of the cold waves and risk based adaptation policies.

Keywords: Cold waves, Health Damage, Adaptation Policy, Willingness to Pay, Mixed Model, Bayesian Estimation