

기후변화가 설사병 발생에 미치는 영향 분석

김 동 진*
(한국보건사회연구원)

신 호 성
(한국보건사회연구원)

채 수 미
(한국보건사회연구원)

2004~2008년(5년) 기간의 건강보험심사평가원 전산 청구자료와 기상청의 자동기상 관측시스템에서 측정된 기후자료를 활용하여 온도 등 기후변화와 설사병 발생과의 관계를 모델링하였고, 구축된 모델을 활용하여 향후 기온 상승에 따른 설사병 발생 양상 변화를 예측하였다. 기온과 설사병 발생의 연관성 분석 결과, 기온상승에 따라 설사병 발생도 증가하다 일정 기온에서 감소하고 이후 또다시 증가하는 것으로 누운 “N”자 형태의 양상을 보였다. 기후변화에 따른 설사병 발생 모델링 결과, 단위온도 증가시 증가하는 시군구별 주별 환자발생수는 인구천명당 0.0051명인 것으로 나타났으며, 이를 우리나라 전체 연간 환자수 발생으로 환산하면, 단위온도 1℃ 증가시 우리나라 전체의 설사병 환자수는 인구천명당 평균 68.35명(6.84%) 증가하는 것으로 나타났다. 단위온도 증가에 따른 연령그룹별 설사병 환자 발생 변화를 추정한 결과, 단위온도 증가시 19세 미만 집단의 경우 인구천명당 64.45명(6.45%), 19~64세 집단의 경우 인구천명당 72.20명(7.2%), 65세 이상 집단의 경우 인구천명당 67.23명(6.72%)이 증가하는 것으로 나타났다.

주요용어: 기후변화, 기상요소, 설사병, 건강영향

본 연구는 환경부 차세대에코이노베이션기술개발사업(No.412-111-004)의 지원을 받아 수행되었음.

* 교신저자 : 김동진, 한국보건사회연구원(djkim@kihasa.re.kr)

■ 투고일: 2012.1.17 ■ 수정일: 2012.2.23 ■ 게재확정일: 2012.3.6

I. 서론

전 세계적으로 기후변화는 사회적 변동, 인구이동, 경제적 고난, 환경적 퇴화 등의 심각한 문제들을 초래하고 있으며, 인간의 건강 또한 온도나 강수 패턴, 폭풍, 홍수, 가뭄, 해수면 상승 등의 기후 변화에 의해 영향을 받고 있다(Kenneth et al., 2008).

2007년 IPCC 4차 보고서에서는 앞으로 나타날 기후 변화에 의한 건강영향에 대해 예측하여 기술하고 있다. 보고서에 의하면 기후 변화가 인간 건강에 미치는 영향은 다양하며, 기후 변화가 때로는 좋은 영향을 지역적으로 가져올 수도 있지만 대부분 인간에게 해로운 영향을 주는 것으로 분석되었다. 분석 결과의 신뢰성 수준에서 차이가 있기는 하지만 설사, 대기질 악화로 인한 질병 및 사망, 기후 변화에 의한 재해 관련 질병 및 사망, 기아로 인한 질환, 말라리아의 지역분포 변화와 감염 등이 증가되어 인간의 건강은 크게 위협을 받는 것으로 나타났다. 또한 수온의 상승으로 인하여 콜레라가 증가할 것으로 예측하고 있으며 감염성 질환, 호흡기 및 피부 질환이 증가하고 재해로 인한 피난민의 증가와 이로 인한 건강상의 문제가 본격적으로 생길 것이라고도 예측하였다(IPCC, 2007; 홍운철, 2008 재인용).

실제로 기후변화와 관련된 건강영향에 대한 보고가 이어지고 있는데, 대표적인 사례로 지난 2003년 유럽에서의 폭서로 인해 약 35,000여명이 사망하였고(Ciais et al., 2005), 미국에서는 1995년 시카고 지역의 열파(heat wave)로 인해 700명이 초과사망하였으며(Changnon et al., 1996), 그 외 세계 곳곳에서 이와 유사한 사례를 보고한 바 있다. 이러한 사례는 우리나라에서도 보고된 바 있는데, 1994년 여름 서울의 폭서 현상으로 인하여 전년도인 1993년 같은 기간과 비교할 때 남자 464명(19.3%), 여자 444명(22.6%)의 초과사망이 보고된 바 있다(이경미·유혜진, 2007).

기후변화로 인하여 기온, 강수량 등이 변화하면 물이나 음식물 매개질환이 증가할 가능성도 높아진다. 기온이 높아지면서 설사로 병원에 입원하는 아이들이 늘어나고 콜레라와 기타 설사 질환 등 수인성 질환이 증가한다는 연구결과들이 보고되고 있다. 또한 기후변화와 관련성이 낮은 대부분이 법정 전염병들은 감소추세를 보이고 있는 반면, 기후변화와 관련성이 높은 것으로 알려진 말라리아, 신증후군출혈열, 렙토스피라증, 뎅기열, 비브리오패혈증, 쯤쯤가무시증 등은 증가추세를 보이고 있다(장재연, 2009).

질병관리본부의 보고에 의하면, 모기가 바이러스를 전파하여 발생하는 말라리아 환자

가 1990년 6명에서 2006년 2,051명으로, 뎅기열 환자도 2001년 6명에서 2006년에는 35명으로 증가하였고, 진드기 전염병인 쯔쯔가무시증은 1994년 첫환자가 발생한 이래 2007년에는 6,480명으로 크게 증가한 것으로 나타났다. 이러한 증가는 모두 지구온난화에 의한 질병매개 곤충의 산란, 발육, 질병의 전파와 더불어 생태를 변화시켜 곤충매개 전염병을 증가시킨 결과에 의한 것으로 추정되고 있다(정석찬, 2009; 김동진, 2009 재인용).

기후변화와 관련된 또 다른 건강영향으로서 설사병을 다루고 있는 논문 또한 국내외에서 다수 보고되고 있다(신호성 외, 2009; McMichael et al., 2003; Bentham, 2001; Checkley et al., 2000; Singh, 2001; Hashizume et al., 2007; Baird-Parker, 1994; Kovats, 2005; D'Souza, 2003; Kovats, 2004; 박윤형 외, 2006; Madico, 1997; Madico, 1997; 김정선 외, 2007).

박윤형 외(2006)는 기온에 따른 세균성 이질 발생 양상을 분석한 결과 월별 기온 상승에 따라 세균성 이질 추가 발생률이 높은 경향을 보이는데 다른 기상요소들의 값이 모두 동일할 경우 그 달의 평균기온이 0.5℃ 증가하면 세균성 이질 발생률은 3%(95% CI: 3~4%) 증가하는 것으로 보고하였다. Checkly(2000)는 1977~1998년 페루에서는 엘리뇨 기간 동안 평균 이상기온에 의한 설사로 병원에 입원한 어린이수가 2배 증가한 것으로 보고하였으며, Madico(1997)는 높은 기온은 설사병의 원인이 되는 사이클로스포라(*Cyclospora cayetanensis*)라는 기생성 원충의 성숙을 촉진할 수 있다고 하였다.

또한, 기온과 장출혈성대장균 발생 건수와의 상관관계를 검토한 결과 기온이 1℃ 상승하면 장출혈성대장균의 발생위험은 4.6% 상승하는 것으로 나타났으며(Madico, 1997; 신호성 외, 2009), 설사병의 경우 미생물 유기체와 독성이 있는 식품의 섭취 및 오염된 식수원에 의해 감염될 위험이 있으며 이러한 질병매개체의 활동은 기상 및 기후 변화에 영향을 받는 것으로 나타난 바 있다(김정선 외, 2007).

세계보건기구(WHO)는 2002년 World Health Report를 통해 기후변화로 인한 질병 부담을 제시한 바 있는데, 전세계적으로 발생하는 설사병의 2.4%가 기후변화로 인해 발생한다고 하였다. 또한 식품의약품안전청에서는 식중독으로 인한 의료비 등 사회경제적 비용의 경우 미국에서는 연 6조 5천억원, 한국 1조 3천억원에 달하는 것으로 발표하는 등 관련 질환으로 인한 질병부담이 적지 않은 것으로 생각된다.

이에 본 연구는 기후변화로 인한 잠재적 위해 파악이라는 측면에서 우리생활에서 밀

접하게 연관되어 있는 식품 및 수인성 질환인 설사병의 발생 양상 변화를 예측해보고자 하였다. 본 연구결과는 기후변화로 인한 설사병 발생과의 연관성을 분석함으로써 기후 변화에 대비하여 건강분야에서도 선제적으로 적응대책이 마련되어야 할 당위성을 제시 할 것으로 기대된다.

II. 연구 방법

1. 분석자료

기후변화와 설사병 발생과의 연관성을 분석하기 위해 본 연구에서는 2004~2008년 사이에 청구된 건강보험심사평가원의 설사병 관련 전산 청구자료와 동기간 동안의 기상청 자동기상관측시스템(Automatic Wether System, AWS)에서 측정 된 기후자료를 이용하였다.

이중 건강보험심사평가원 전산 청구자료의 경우 설사병으로 분류될 수 있는 ICD 질병코드를 지정하여 자료를 입수하였는데, 이 과정에서 관련 전문가의 자문을 받아 질병코드가 누락되지 않도록 유의하였다. 본 연구에서 다루고 있는 설사병에 포함된 질병코드는 <표 1>과 같다.

또한, 본 연구에서는 설사병 발생 양상을 시군구 단위로 분석하고자 하였는데, 기상관측 자료로서 가장 많이 알려진 기상청 기상대 자료는 전국 76개 자료에 불과하여 시군구 단위 분석에 적합하지 않은 측면이 있었다. 이를 보완하기 위하여 본 연구에서는 기상청에서 운영하는 자동기상관측시스템(Automatic Weather System, AWS)에서 측정된 기상관측 자료를 이용하였다.

본 연구에서 사용한 AWS 지점 분포는 총 194개소로, 이중 지역별로는 서울이 25개소로 가장 많고, 다음으로 경북 23개, 경기 22개, 전남 21개, 경남 20개, 강원 16개, 충남 15개, 충북 및 전북 각 12개, 부산 9개, 인천 5개, 울산 4개, 광주 및 대전 각 3개, 대구 및 제주 각 2개의 순이다. AWS 기상관측 자료에는 최근 5년간(2004~2008년)의 일최고기온, 일최저기온, 일평균기온, 일강수량 및 일평균 풍속 자료가 포함되어 있다.

표 1. 설사병 관련 분석대상 질병코드(ICD-10)

ICD-10		질병군
A02	A02.0, A02.8, A02.9	Other salmonella infections
A03	A03.0, A03.1, A03.2, A03.3, A03.8, A03.9	Shigellosis
A04	A04.0, A04.1, A04.2, A04.3, A04.4, A04.5, A04.6	Other bacterial intestinal infections
A05	A05.0, A05.1, A05.2, A05.3, A05.4, A05.8, A05.9	Other bacterial foodborne intoxications
A06	A06.0	Amoebiasis
A07	A07.1, A07.2	Other protozoal intestinal diseases
A08	A08.0, A08.1, A08.2, A08.3, A08.4, A08.5	Viral and other specified intestinal infections
A09	A09.0, A09.9	Diarrhoea and gastroenteritis of presumed infectious origin
K52	K52.1, K52.2, K52.8, K52.9	Other noninfective gastroenteritis and colitis

분석을 위한 데이터셋을 구축하기 위하여, 이상과 같이 각각 수집된 질병자료와 기상 관측 자료를 공간(시군구) 및 시간(week)을 기준으로 병합하였다.

2. 분석방법 및 모형

본 연구에서 최종적으로 다루고 있는 분석단위는 인구천명당 지역별, 단위시간별 설사병 발생자수이며, 이에 영향을 미치는 기후변화 관련 변수로 시군구별 주간평균 일최고 온도와, 시군구별 주간평균 강수량을 고려하였다. 그러나 기후변화 요소로서 중요하게 취급되어지고 있는 습도의 경우 AWS 자료에서는 측정되지 않아 모형에 포함시킬 수 없었다.

기후변화와 설사병 발생과의 연관성을 분석하기 위하여 본 연구에서는 일반부가모형(Generalized Additive Model, GAM)을 사용하였으며, 아울러 설사병 발생의 시간지연 효과(time lag effect), 그리고 계절성(seasonality) 효과 등을 고려하였다. 계절성

효과란, 설사병 발생과 직접관련이 없는 계절적 요인을 통제하기 위해 모델에 반영된 것으로서, Stolwijk 외(1999)와 Hashizume 외(2007)가 사용한 방법을 본 연구에서도 이용하였다).

또한, 온도변수의 시간지연 효과를 반영하기 위하여 Hashizume 외(2007), Checkley 등(2000), Bentham과 Langford(2001), Kovats 외(2004)가 사용한 방법에 따라 4주 동안의 온도영향을 모델에 반영하였다(Hashizume et al., 2007).

기후변화와 질병발생과의 연관성 분석의 경우 질병발생에 있어서 시간경과에 따른 변이성과 지역적 분포의 차이 문제를 적절히 통제할 필요가 있는데, 특히 노출 인구집단의 크기가 작은 경우 작은 차이가 큰 변이를 가져오기 때문에 주의를 기울여야 한다. 때문에 본 연구에서는 질병 발생의 사공간적 변이성을 반영하기 위해 준모수적 방법인 스플라인 회귀(spline regression)분석 방법을 사용하였는데, 이는 기존의 Gaussian이나 Poisson 회귀분석 방법에서 보다 발전된 분석법으로 사용되고 있다(McNap, 2003).

한편, 기온과 식품관련 질병 발생의 회귀방정식에서 추정된 예측값과의 관계를 도식화하면 특정 온도를 전후하여 분포가 바뀌어 “V” 또는 “N” 형태의 분포를 보인다. 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 온도의 계수값이 음에서 양으로 바뀌는 변곡점(change point) 혹은 역치(threshold) 이후의 영향을 중심으로 온도변화에 따른 설사병 발생의 영향을 살펴보았다(Muggeo, 2003).

이상에서 제시한 분석방법들을 고려한 최종모델을 다음과 같다. 기온을 포함한 기후요소의 영향은 3차원 스플라인을 적용하여 추정하였으며, 196개 시군구를 16개 광역시도로 구분하여 전염병 발생의 공간적 변이성을 고려하였다.

$$\lambda_{ij} = \alpha + \sum_{k=1}^5 a_{0k} B_k(Temp_{ij}) + \sum_{k=1}^5 b_{jk} B_k(Temp_{ij}) + rain_{ij} + \sin(x_i) + \cos(x_i) + L1 + L2 + L3 + L4 + year \quad (1)$$

여기에서 $\sum_{k=1}^3 b_{jk} B_k(Temp_{ij})$ 은 온도함수의 임의효과 스플라인 함수 영향을 나

1) 설사병 발생의 계절성은 기후변화에 의한 것이 아니라 계절에 따른 사람들의 활동 양식이나 환경적인 문제가 설사병 발생에 줄 수 있는 영향을 통제하기 위한 것이다(Hashizume et al., 2007).

타내며 $\sum_{k=1}^3 a_{0k} B_k(Temp_{ij})$ 는 고정효과 스플라인 함수를 나타낸다. $rain_{ij}$ 는 강수량 변화로 인한 효과, $\sin(x_i) + \cos(x_i)$ 는 설사병 발생에 영향을 미치는 계절성의 효과, $L_1 + L_2 + L_3 + L_4$ 는 노출변수의 시간지연 효과, $year$ 는 설사병 발생에 영향을 미치는 연도의 효과를 나타낸다.

III. 연구 결과

최근 5년(2004~2008년) 동안의 전산 청구자료를 기초로 분석된 설사병 관련 유병건수는 5년 동안 총 17백여만건으로 나타났으며, 2004년 280여만건을 시작으로 연도별로 증가하여 2008년도에는 430여만건으로 나타났다. 이때 유병건수를 해당연도의 인구로 나누어 유병률을 산출하면 2004년 5.9%이던 유병률이 점차 증가하여 2008년 9.0%였고, 2004~2008년 기간 동안의 평균 유병률은 7.1%로 나타났다.

표 2. 성별 연령별 설사병 유병건수 및 유병률

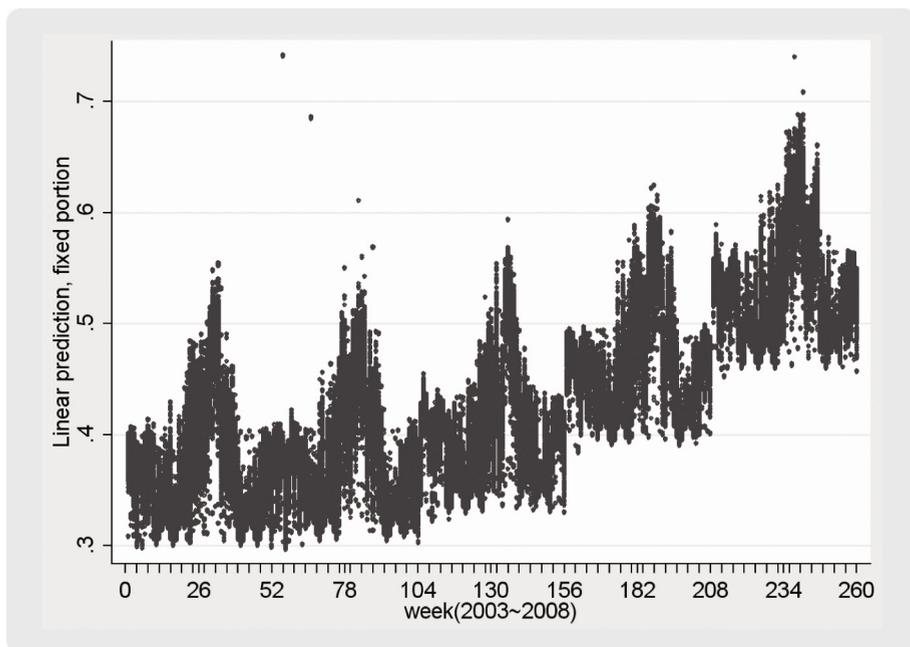
(단위: 천건, %)

구분		전체		2004년		2005년		2006년		2007년		2008년	
		유병건수	유병률	유병건수	유병률	유병건수	유병률	유병건수	유병률	유병건수	유병률	유병건수	유병률
남자	19세 미만	4,191	13.8	707	11.2	689	11.2	744	12.3	900	15.1	1,151	19.7
	19~64세	3,220	3.9	546	3.4	590	3.6	644	3.9	704	4.3	737	4.5
	65세 이상	671	7.3	91	5.6	105	6.0	116	6.3	160	8.3	198	9.8
	소계	8,082	6.7	1,345	5.6	1,383	5.7	1,504	6.2	1,764	7.2	2,086	8.5
여자	19세 미만	3,570	13.1	594	10.5	587	10.6	637	11.7	773	14.4	979	18.6
	19~64세	4,359	5.5	745	4.7	791	5.0	854	5.4	959	6.0	1,010	6.3
	65세 이상	1,029	7.5	146	5.8	161	6.1	176	6.4	242	8.4	304	10.2
	소계	8,958	7.5	1,485	6.2	1,539	6.4	1,667	6.9	1,974	8.2	2,293	9.5
계		17,039	7.1	2,830	5.9	2,922	6.1	3,171	6.6	3,738	7.7	4,379	9.0

분석기간(2004~2008년) 동안의 설사병 발생 양상을 도식화한 결과는 [그림 1]과 같다. 설사병 발생은 여름철에 집중적으로 발생하고 이후 감소하다 겨울철에 다시 환자가

증가하는 반복적 형태를 보였고, 연도별로는 2004~2006년에 비해 2007년과 2008년에 설사병 발생이 증가하였음을 알 수 있었다.

그림 1. 5년간 설사병 발생 빈도(예측값)



일반부가모형(GAM)을 이용하여 기후변화와 설사병 발생과의 상관관계를 분석한 결과는 <표 3>과 같다.

설사병 발생에 대한 기온의 영향은 다른 변수들의 영향을 통제한 후 온도 1℃ 증가 시 시군구별 주간 설사병 발생이 인구천명당 0.0038명 증가하는 것으로 나타났다. 설사병 발생 환자에 대한 온도의 영향이 예상보다 적게 나타난 것은 [그림 2]에서도 나타나듯이 설사병 발생 분포가 특정 온도대에 따라 서로 상이하기 때문인 것으로 생각되며, 온도대별로 발생환자수를 추정하게 되면 이보다는 온도의 영향이 더 크게 나타날 것으로 생각되었다.

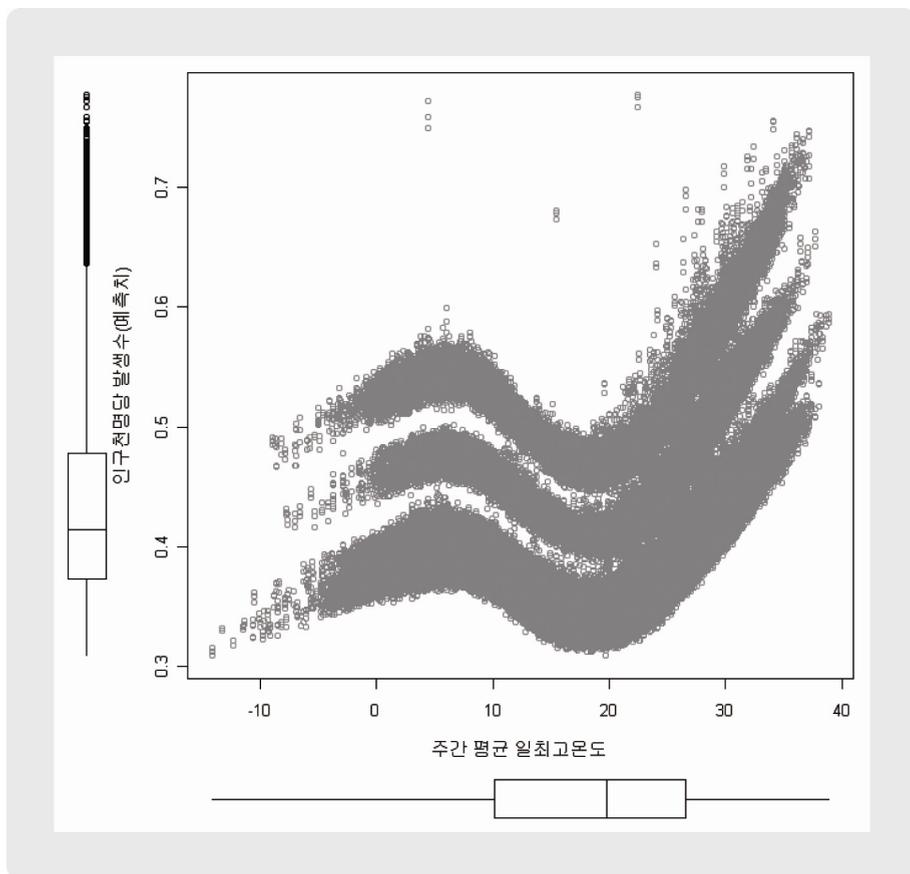
표 3. 설사병 발생 예측 모형 : Generalized Additive Model(2004~2008)

변수	계수값	Std. Error	p-value
Intercept	-1.099777	0.018599	0.000000
온도	0.003811	0.000405	0.000000
주간 평균 강수량	0.002027	0.000428	0.000002
W0	0.000636	0.000452	0.159050
W1	-0.000051	0.000296	0.864637
W2	-0.000016	0.000100	0.869031
W3	0.000006	0.000022	0.774202
sin	0.020745	0.005649	0.000240
cos	0.009033	0.005515	0.101398
factor(year2)2005	0.016275	0.013352	0.222877
factor(year2)2006	0.077554	0.013136	0.000000
factor(year2)2007	0.219631	0.012721	0.000000
factor(year2)2008	0.353393	0.012354	0.000000

본 연구에서 설사병 발생 모형을 통해 나타난 기온변화와 설사병 환자 발생수 예측값(predicted value)의 분포는 [그림 2]와 같이 5.7 °C와 20.7 °C를 기준으로 기온의 부호가 변하여 옅으로 누운 “N”자 형태를 보였다. 기온변화에 따른 설사병 환자 발생 형태가 이와 같이 나타난 것은 최근 겨울철에 발생이 증가하고 있는 노로바이러스(Norovirus) 등에 의한 환자발생 증가와 여름철 기온 증가에 따른 환자발생의 증가를 반영하고 있는 것이라 생각할 수 있다.

여기에서 한가지 유의해서 해석해야 할 점은, 첫 번째 변곡점 이전구간에서 기온기가 양수로 나타난 것은 그 구간만을 놓고 볼 때 온도증가에 따라 설사병 환자 발생 빈도가 증가한다는 의미이고, 변곡점 이후 구간에서 기온기가 음수로 나타난 것은 그 구간 내에서 온도가 증가할수록 설사병 환자 발생이 일시적으로 줄어들고 있는 것을 의미한다. 이는 첫 번째 변곡점 이전구간이 변곡점 이후구간에 비해 설사병 환자 발생 절대건수가 높다는 의미는 아니며, 실제로 설사병 환자 발생건수는 첫 번째 변곡점 이후 구간에 전체 발생건수의 37%가 분포하고 있었고, 변곡점 이전구간에는 전체 발생건수의 13%만 분포하고 있는 것으로 나타났다.

그림 2. 주간 평균 최고기온과 설사병과의 관계



한편, 변곡점에 따라 나뉘지는 세계의 온도구간별 환자수 분포를 가중치로 이용하여 전체 기온기를 구한 결과, 온도 1℃ 증가시 시군구별 주별 환자발생수가 인구천명당 0.0051명 증가하는 것으로 나타났다(표 4). 이 결과는 시군구별 주별 환자발생수이기 때문에 이를 우리나라 전체 연간 환자수 발생으로 환산하면, 단위온도 증가시 우리나라 전체의 설사병 환자수는 인구천명당 평균 68.35명(6.84%) 증가하는 것으로 나타났다. 이때 시군구의 개수는 2004~2008년간의 시군구 갯수 평균인 258개 시군구로 가정하였고, 1년은 52주로 계산하였다.

표 4. 단위온도 증가에 따른 전체 설사병 환자 발생 변화

온도구간(°C)	기울기	CI(95%) 하한	CI(95%) 상한	구간별 환자분포	가중적용 기울기
~5.701	0.005991	0.005647	0.006334	0.13093	0.000784
5.701~20.700	-0.005434	-0.005546	-0.005321	0.37367	-0.002030
20.700~	0.012800	0.012680	0.012920	0.49540	0.006341
계				1.00000	0.005095

온도 증가에 따른 연령그룹별 설사병 환자 발생 변화를 살펴보면 다음과 같다. 온도 구간별 환자분포의 가중을 적용한 후 온도 1°C 증가에 따른 시군구별 환자수 증가는 19세 미만의 경우 인구천명당 0.0048명, 19~64세의 경우 0.0054명, 65세 이상의 경우 0.0050명으로 19~64세 인구집단에서 가장 영향이 큰 것으로 나타났고, 다음으로 65세 이상 노인인구집단의 영향이 컸다.

이상의 결과를 우리나라 전체의 연간발생 환자수로 변환하여 해석하면, 온도 1°C 증가시 19세 미만 집단의 경우 인구천명당 64.45명(6.45%), 19~64세 집단의 경우 인구천명당 72.20명(7.2%), 65세 이상 집단의 경우 인구천명당 67.23명(6.72%)이 증가하는 것으로 나타났다.

표 5. 단위온도 증가에 따른 연령그룹별 설사병 환자 발생 변화

연령그룹	온도구간(°C)	기울기	구간별 환자분포	가중적용 기울기
19세 미만	5.687 미만	0.006014	0.14197	0.000854
	5.687~20.700	-0.005432	0.38575	-0.002100
	20.700 이상	0.012800	0.47228	0.006045
	계		1.00000	0.004804
19~64세	5.708 미만	0.005993	0.12492	0.000749
	5.708~20.700	-0.005439	0.36011	-0.001960
	20.700	0.012800	0.51498	0.006592
	계		1.00000	0.005382
65세 이상	5.709	0.005965	0.11875	0.000708
	5.709~20.700	-0.005431	0.38272	-0.002080
	20.700	0.012800	0.49853	0.006381
	계		1.00000	0.005011

IV. 고찰

본 연구에서는 2004~2008년 5년간의 건강보험심사평가원 전산 청구자료와 기상청 AWS에서 측정된 기후자료를 활용하여 온도 등 기후변화와 설사병 발생과의 관계를 모델링하였고, 구축된 모델을 활용하여 향후 기온 상승에 따른 설사병 발생 양상 변화를 예측하였다.

기온과 설사병 발생의 연관성을 도식화 한 결과, 기온이 상승하다 일정 기온에서 감소하고 이후 또다시 증가하는 옴으로 누운 “N”자 형태의 양상을 보였다. 일반적으로 설사병은 여름철에 발생하는 질환으로 알고 있는 경우가 많은데, 본 연구결과와 같이 여름뿐만 아니라 겨울철에도 빈발하는 질환 중의 하나이다. 이는 계절에 따라 발생하는 설사병의 종류가 다르기 때문인데, 더운 여름에는 세균과 기생충에 의해 발생하는 경우가 많고, 서늘한 날씨에는 바이러스에 의한 설사병 발생이 증가하는 양상을 보인다. 때문에 본 연구 결과에서 낮은 기온대임에도 설사병 발생이 높게 나타난 이유는 최근 들어 겨울철에 빈발하는 노로바이러스(Norovirus) 등에 의한 영향으로 생각해볼 수 있다.

기후변화에 따른 설사병 발생 모델링 결과, 단위온도 1℃ 증가시 우리나라 전체의 설사병 환자수는 인구천명당 평균 68.35명(6.84%) 증가하는 것으로 나타났다. 단위온도 증가에 따른 연령그룹별 설사병 환자 발생 변화를 추정한 결과, 단위온도 증가시 19세 미만 집단의 경우 인구천명당 64.45명(6.45%), 19~64세 집단의 경우 인구천명당 72.20명(7.2%), 65세 이상 집단의 경우 인구천명당 67.23명(6.72%)이 증가하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 실제로 나타난 연령별 설사병 유병률은 19세 미만 집단에서 가장 높음에도 불구하고(표 2), 설사병 발생환자 추정결과에서 19세 미만 인구집단 설사병 환자 증가율이 가장 낮게 나타난 이유는, 앞서 연구방법에서 설명한 바와 같이 “N” 형태의 모형을 고려하여 온도의 계수값이 음에서 양으로 바뀌는 변곡점 이후의 영향을 중심으로 온도변화에 따른 설사병 발생의 영향을 추정하였기 때문이다.

이와 같은 본 연구의 결과를 선행 연구결과와 비교해보면 다음과 같다. 신호성 외(2009)는 최근 4년(2004~2007년) 동안 우리나라의 식품의약품안전청 식중독 감시자료를 이용하여 기후변화와 식중독환자 발생수와의 상관관계를 분석하였는데, 기온 1℃ 상승시 식중독 발생건수는 5.27~5.99% 증가, 발생환자수는 6.18~7.01% 증가한다고 하였다.

기온증가에 따른 식중독 발생증가는 우리나라에서 보다 일찍이 유럽을 비롯한 외국에서 주요한 보건학적 관심사가 되었는데(McMichael et al., 2003), 영국 및 웨일즈 지역을 대상으로한 식중독 발생의 연구에 따르면 월평균 기온 1℃, 2℃, 3℃ 상승시 식중독 발생 건수는 각각 4.5%, 9.5%, 14.8% 증가할 것으로 예측되었다(Bentham, 2001).

페루에서는 지난 1997~1998년 당시 평균 기온이 1℃ 상승함에 따라 설사병(diarrheal disease) 환자 입원이 8% 증가하였고(Checkley et al., 2000), 피지에서는 1978~1998년 기간동안의 기온과 설사병 환자 발생과의 연관성을 분석한 결과 기온 1℃ 상승에 따라 설사병 환자가 약 3% 증가하였다(Singh, 2001).

또한 Hashizume 외(2007)는 방글라데시에서의 기후와 non-cholera 설사발생과의 관계 연구 결과 설사발생에 대한 계절성 효과, 연도 효과, 강수량 등을 통제된 모델에서 4주 동안의 시간지연효과를 고려한 뒤 1℃ 상승시 설사병환자수가 평균 5.6% 증가한다고 하였다.

식중독의 중요 원인균인 *Salmonella*의 경우 7℃에서 37℃ 범위내에서 기온이 세균 증식에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으나(Baird-Parker, 1994), 또 다른 중요 원인균인 *Campylobacter*균은 일상적 대기 기온의 범주보다 높은 37℃에서 42℃ 사이의 저산소 환경에서 균의 증식이 높아 기후변화의 영향이 적을 것으로 예측되었다(Kovats, 2005). 호주의 5개 도시를 대상으로 월간 *Salmonella*에 의한 식중독 발생 건수와 발생보고 한달 전 월평균기온과의 관계를 조사한 연구는 전달의 월평균 기온이 1℃ 상승할 때 *Salmonella* 식중독 발생 건수는 4~10% 증가한다고 보고하였다(D'Souza, 2003). 유럽 10개국의 *Salmonella* 식중독 발생 건수와 월간 평균기온과의 관계를 조사한 Kovats(2004)는 6℃를 경계로 단위기온 상승 시 덴마크의 0.3%에서부터 12.5%의 영국까지 나라에 따라 기온상승에 따른 식중독 발생 영향이 차이가 있음을 보고하였다(신호성 외, 2009).

이러한 기존 연구결과들은 정도의 차이는 있으나 대부분 기온증가에 따른 환자발생 증가의 양상을 공통적으로 나타내고 있다. 일부 기후변화와 식중독과의 상관성을 분석한 결과들 또한, 식품매개질환으로서 설사병과 식중독은 유사성이 있다는 점에서 본 연구 결과와 비교가 가능하리라고 생각된다. 기존 연구결과중 특히, 우리나라의 데이터를 사용한 신호성 외(2009)의 연구결과는 본 연구결과와 매우 유사하게 나타났다는 점에서 특이성을 가진다고 할 수 있다.

다만, 본 연구에 대한 결과해석시 유의하여야 할 본 연구의 제한점은 다음과 같다.

첫째, 건강보험심사평가원에 5년 동안 청구된 전산자료를 기초로 분석된 설사병 관련 유병건수는 5년 동안 총 17백여만건으로 나타났다. 그런데, 본 연구는 건강보험심사평가원 원자료에 입력되어 있는 ICD 코드를 기준으로 하고 있기 때문에 ICD 코드가 얼마나 정확하게 입력되어 있는가에 대한 검증이 불가능하였다.

둘째, 본 연구는 시군구단위에서의 설사병 발생 환자수를 종속변수로 하고 있기 때문에 여기에 영향을 미칠 수 있는 독립변수들이 통제될 필요가 있다. 그러나 건강보험심사평가원 및 기상청 AWS자료의 특성상 질병정보나 기후정보 외에 기타 개인적, 지역적 변수, 그리고 환경적, 정책적 변수 등이 적절히 통제되지 못한 제한점이 있다.

온실가스 감축 등 기후온난화 현상을 완화(mitigation)하기 위한 국제적인 노력에도 불구하고, 21세기에는 20세기보다 기후변화가 더 빠르게 진행될 것으로 예측되고 있기 때문에(IPCC, 2007) 기후변화에 대한 적응(adaption)전략이 매우 중요하다. 또한, 기후변화 외에도 음식물의 안전을 위협하는 다른 요인들로는 식중독에 민감한 인구집단의 증가와 국제 무역 장벽 완화로 인한 음식물 수입 증가, 음식물 처리 기술 변화, 음식물 소비 형태의 변화 등을 들 수 있다(Joan, 2001; 신호성 외, 2009).

이와같은 환경의 변화에 적절히 대처하지 못한다면 그 결과는 각종 매개체 변화로 인한 국민의 건강악영향으로 귀결될 것임이 자명하다. 본 연구는 기온 등 기후변화로 인한 설사병 발생 양상을 미리 예측해 보고자 하였으며, 본 연구결과에 따라 향후 기후변화에 적절히 대처하기 위한 효과적인 대응전략 마련을 기대한다.

김동진은 서울대학교에서 보건학 박사과정을 수료하였으며, 현재 한국보건사회연구원에서 부연구위원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 기후변화로 인한 건강영향, 건강영향평가, 건강결정요인, 건강형평성 등이다.
(E-mail: djkim@kihasa.re.kr)

신호성은 미국 Univ. of South Carolina에서 보건학 박사학위를 받았으며, 현재 한국보건사회연구원에서 연구위원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 의료형평성, 기후변화, 공간분석 등이다.
(E-mail: shin_hs@kihasa.re.kr)

채수미는 고려대학교에서 보건학 박사과정을 수료하였으며, 현재 한국보건사회연구원에서 전문연구위원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 건강·의료이용의 형평성, 기후변화의 건강영향 및 적응전략, 사회적 비용 및 질병부담, 의약품정책 등이다.
(E-mail: csm1030@kihasa.re.kr)

참고문헌

- 김동진(2009). 기후변화에 따른 전염병관리 분야 적응대책. 보건복지포럼, 154, pp.23-38.
- 김정선, 정기혜, 정진욱, 윤시문, 김은정, 김영래(2007). 식중독의 체계적 관리시스템 구축 마련 연구. 서울: 한국보건사회연구원.
- 박윤형, 김호, 장원기, 김용배, 황보영, 기모란 외(2006). 기후변화에 의한 전염병 발생영향 통합관리체계 구축. 순천향대학교·건강증진기금사업지원단.
- 신호성, 이수형, 김동진, 이종경, 최성은(2007). 기후변화에 따른 식품안전분야의 사회경제적 손실비용 연구. 서울: 한국보건사회연구원.
- 이경미, 유혜진(2007). 여름철 고온현상이 사망자 증가에 미치는 영향: 서울시를 사례로 기후연구, 2(2), pp.118-127.
- 장재연(2009). 기후변화와 건강. 환경과 생명, 59, pp.127-139.
- 정석찬(2009). 기후변화와 인수공통 전염병 관리대책, In. 장재연 외. 기후변화에 따른 건강분야 적응대책 수립방안 연구. 서울: 건강증진사업지원단.
- 홍윤철(2008). 기후변화와 건강. 대한의사협회지, 51(8), pp.764-769.
- Bentham, G., Langford, I. H.(2001). Environmental temperatures and the incidence of food poisoning in England and Wales. *Int J Biometeorol*, 45, pp.22-26.
- Checkley, W., Epstein, L. D., Gilman, R. H., Figueroa, D., Cama, R. I., Patz, J. A., et al.(2000). Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet*, 355, pp.442-450.
- Ciais, P. H., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogée, J., Allard, V., et al.(2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437, pp.529-533.
- D'Souza, R. M., Becker, N. G., Hall, G., Moodie, K.(2004). Does ambient temperature affect foodborne disease?. *Epidemiology*, 15, pp.86-92.
- Hashizume, M., Armstrong, B., Hajat, S., Wagatsuma, U., Faruque, A. SG., Hayashi, T., et al.(2007). Association between climate variability and

- hospital visits for non-cholera diarrhoea in Bangladesh: effects and vulnerable groups. *Int J Epidemiol*, 36(5), pp.1030-1037.
- Kovats, R. S., Edwards, S. J., Charron, D., Cowden, J., D'Souza, R. M., Ebi, K. L., et al.(2005). Climate variability and campylobacter infection: an international study. *Int J Biometeorol*, 49, pp.207-214.
- Kovats, R. S., Edwards, S. J., Hajat, S., Armstrong, B. J., Ebi, K. L., Menne, B., et al.(2004). The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. *Epidemiol Infect*, 132, pp.443-453.
- Madico, G., McDonald, J., Gilman, R., Cabrera, L., Sterling, C.(1997). Epidemiology and treatment of cyclospora cayetanensis infection in peruvian children. *Clinical Infectious diseases*, 24, pp.977-981.
- McMichael, A., Campbell-Lendrum, D., Ebi, K., Githeko, A., Scheraga, J., Woodward, A., eds.(2003). *Climate change and human health: risks and responses*. Geneva: World Health Organization.
- Singh, R. B., Hales, S., de Wet, N., Raj, R., Hearnden, M., Weinstein, P.(2001). The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands. *Environ Health Perspect*, 109, pp.155-159.
- Stolwijk, A. M., Straatman, H., Zielhuis, G. A.(1999). Studying seasonality by using sine and cosine functions in regression analysis. *J Epidemiol Community Health*, 53, pp.235-238.

Climate Change and Diarrheal Disease Prevalence in Korea

Kim, Dongjin

(Korea Institute for
Health and Social Affairs)

Shin, Hosung

(Korea Institute for
Health and Social Affairs)

Chae, Sumi

(Korea Institute for
Health and Social Affairs)

We analysed the outbreak of diarrheal disease due to climate change using 2004~2008 claim data from the National Health Insurance and Automatic Weather System data. Weather data were taken, including daily temperature and precipitation from 194 AWS managed by the Korea Meteorological Administration. We used a generalized estimation equation and a generalized linear model for a time-series of poisson distribution and considered the seasonal patterns of the disease and time lags to estimate the relationship between climate factor and the prevalence of diarrheal disease. The main results of the study were that mean prevalence rate of diarrheal disease was rising year by year during the study period and that there were positive associations between the prevalence of diarrheal disease reports and temperature. These results are consistent with the findings of previous research and suggest that climate change is likely to exacerbate diarrheal disease in Korea.

Keywords: Climate Change, Weather Factor, Diarrheal Disease, Health Impact Assessment