

기후변화 영향평가 및 적응

08. 건강부분의 기후변화 취약성 및 적응



1. 건강/보건부문의 기후변화 영향평가

인구집단의 건강수준은 물질적인 생활수준, 사회적·자연적 환경의 질(quality)을 반영하며 공중보건의 인프라를 반영하므로 인구집단의 건강수준은 기후변화로 인한 취약성을 평가하는 기초 자료가 될 수 있다. 본 연구에서는 인구집단의 건강수준에 대한 자료를 통하여 국내에서 기후변화가 건강에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

우리나라의 주요 유병(有病)의 현황

질병으로 인한 우리나라 국민의료비 지출규모의 경우 1985~1998년 사이에 연평균 15.62%의 증가율을 보이고 있는데 이는 국내총생산(GDP)의 연평균 증가율 13.96%를 상회하는 것으로, 이와 같이 국민의료비의 증가와 경제성장률과의 격차가 지속된다면 급증하는 의료비의 조달 등 질병으로 인한 국민의 부담이 가중될 것으로 전망된다(정영호, 2002). 입원 및 외래 진료비(건강보험 환자), 진료로 발생하는 작업시간 상실에 따른 비용, 그리고 사망으로 인한 손실소득액 등 주요 질병으로 발생한 1999년도의 경제적 비용은 총 36조 8710억 원으로 추정되었는데, 이는 동 연도 GDP의 약 7.6%에 해당하는 금액이다.

우리 국민들이 앓고 있는 질병 중에서 만성질환이 차지하는 비중이 1995년 69.1%에서 1998년 74.5%, 2001년 80.6%로 증대되고 있으며, 연간 만성질환을 앓는 인구비율 또한 1995년 29.9%에서 1998년 41.0%, 그리고 2001년 46.2%로 증가하는 추세에 있다.¹⁾ 연간 우리 국민이 주로 앓고 있는 만성질환은 관절염(1위), 고혈압(2위), 치아우식증(3위) 등이며, 만성질환 유병률은 성별, 연령, 소득수준 등의 사회경제적 특성에 따라 차이를 나타낸다. 특히 65세 이상 국민의 만성질환은 전체의 70% 이상을 차지하는 것으로 나타났다(유근춘 외, 2003). 질병을 앓고 있는 국민의 특성을 볼 때 사망률과 달리 남성보다 여성의 유병율이 높게 나타난 바 있다. 우리나라 국민이 주로 겪는 만성질환의 종류는 관절염, 치아우식증, 고혈압, 위염, 소화성 궤양 등의 순으로 나타났다. 특히 치아우식증, 관절염, 고혈압은 본인부담 외래의료비가 높은 만성질환으로 나타났다.

유근춘 외(2003)의 국민의료비 변동요인 분석연구에 의하면 교육수준이 국민건강수준을 향상시키는 방향으로 일관성 있게 나타났다. 반면 소득수준은 건강수준향상에 유의한 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 한편 의사수의 증가가 국민건강수준향상에 유의하게 기여하며 특히 영아사망률감소에 기여하는 것으로 보고되었다. 우리나라 국민의 건강행태와 관련된 위험요인을 흡연, 음주, 스트레스 인지율, 영양 및 체중관리 등을 중심으로 살펴보았다. 2001년도 국민건강검진조사 결과에 의하면 만성질환의 주요 위험요인인 과체중은 남성은 40대까지 증가하다가 50대부터 감소하고 여성은 60세까지 증가하다가 70세 이상에서 감소하였다.

기후변화는 지역기획, 거류지 기획, 빌딩 설계 등에 영향을 준다. 지역적 특성, 지역의 에너지 사용 등의 요인 때문에 기후변화는 결론적으로 지역개발에 영향을 주게 된다. 또한 도시지역의 경우 농촌지역과 뚜렷하게 다른 영향을 받는 것으로 나타나 지역별 기획에 기후변화의 영향은 더 커질 것으로 전망된다(<표 8-1> 참조).

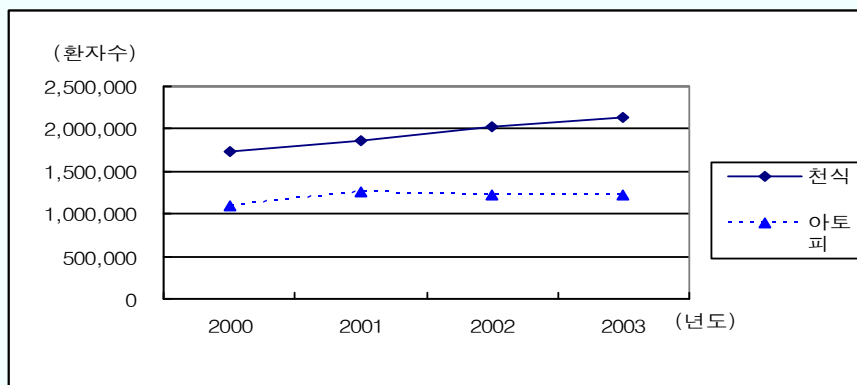
고령화 사회에서 입원환자 및 외래환자의 질병양상도 변화하고 있다. 폐렴, 백내장 등의 질병이 다발성 입원질환으로 부상하고 있다. 또한 외래환자의 주요 상병요인에서는 호흡기계 질환이 가장 빈도가 높고, 치과질환, 결막염, 피부질환 등의 빈도가 지속적으로 높다는 것을 알 수 있다. 기후변화로 인하여 대기오염이 증가한다면 이러한 호흡기계통 질환의 취약계층인 노인과 어린이

1) 보건복지부, 2001 국민건강영양조사, 2002.

환자수는 계속 증가할 것으로 전망된다. <그림 8-1>에서 나타나듯이 천식, 아토피 환자수가 증가하는 것은 환경오염의 영향이 크고 이에 영향을 받는 취약계층이 증가하고 있기 때문이라고 해석된다. 천식 환자수는 외래와 입원환자에서 지속적으로 증가하는 것으로 나타나고 있다.

<표 8-1> 도시 농촌 간 기후변화의 영향 비교

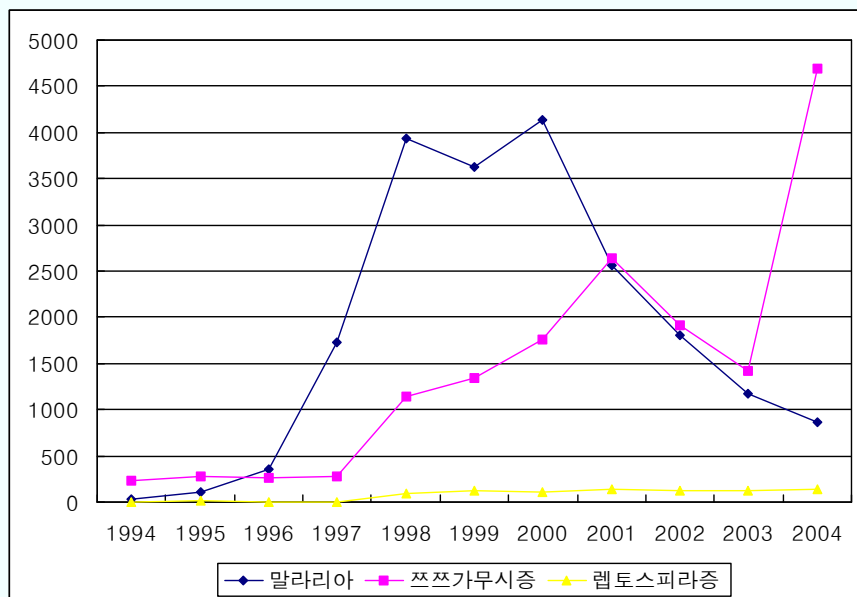
기상학적 요인		농촌과 비교한 도시의 특성
복사 (radiation)	태양열 복사	less
	자외선 복사(겨울)	less
	자외선 복사(여름)	less
	일조시간	less
기온	연평균 기온	higher
	복사일수	higher
	최저기온	higher
	최고기온	higher
습도	상대습도	less
	절대습도	no change
안개		less
구름		more
강수량	연평균	more
	눈	less
바람	평균 풍속	less
	무풍상태	more
	돌풍	more
오염물질	미세입자	more
	가스	more



자료: 국민건강보험공단. 2003. 건강보험통계연보.

<그림 8-1> 연도별 천식, 아토피 환자수 변동추이

우리나라는 그동안 전염성 질환의 유병이 낮은 선진국형 양상을 보여 왔다. 그러나 지난 10년간의 추이를 보면 쯔쯔가무시증, 렙토스피라증, 신증후군 출혈열 등이 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 세균성 이질은 1999년, 2000년, 2003년에 상당히 높아졌던 기록을 보이고 있다. 말라리아는 1998년 이후 약간씩 감소하고 있다. 특히 렙토스피라증 및 쯔쯔가무시증은 8월에서 10월에 가장 많이 발생하므로 기후변화의 영향을 가장 많이 나타내는 질병이라고 할 수 있다. 말라리아도 6월~9월에 가장 높은 빈도를 나타내는 질병이다(<그림 8-2>참조). 한편 체계적인 공중보건시스템을 가동하는 경우에는 기후변화와 관련된 전염성 질병의 통제가 가능할 것으로 많은 선진국에서는 전망하고 있다.



<그림 8-2> 연도별 주요 매개체 전염질환 발생빈도의 추이(단위: 명)

사망률의 변화

우리나라의 연간 사망자수는 1991년 이후 매년 감소하는 추세에 있다 (유근춘 등, 2003). 최근 우리나라 국민의 연간 사망분포는 여름철에 사망률이 낮고 겨울철에 사망률이 높은 경향을 보이는데 1999년부터 2003년까지의 월별 연간 사망자수의 분포를 보면 겨울철 사망이 다소 감소하고 여름철사망이 약간 증가하는 경향이 나타나고 있다. 인체와 외부환경 사이에는 전도, 대류, 복사, 증발 등의 기전을 통해 열 교환이 이루어지고 있다. 더위에 대한 인체의 순응은 5-6일이 지나면 가능하나 완전한 순응은 길게는 5-6년 걸린다.

무더위는 식욕을 낮추고, 혈관팽창으로 인한 혈액순환 속도를 빠르게 하며, 땀을 많이 흘리게 한다. 장시간 고온에 노출되었을 때 생리적 영향과 반응을 살펴보면, 세포손상으로 효소의 변성 또는 비활성화, 세포막 파괴로 단백질 합성 장애, 열스트레스로 인한 심장의 부담 증가 등이 있고, 주요 증상으로는 일사병, 탈진, 열기질, 만성질환자의 사망위험증가 등의 결과를 가져올 수 있다. 열스트레스로 인한 사망은 최고기온이 나타난 1-2일 후에 가장 많이 발생하는 것으로 알려져 있고, 열지수(체감온도지수)로 인한 사망은 최고 열지수 2-4일 후에 가장 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 고온으로 인한 심장질환자의 사망은 36.5℃에서 1℃ 증가할 때마다 사망률이 28.4% 증가(Diaz, 2004)하는 것으로 보고된 바 있다. 열지수 37℃이상에서 1℃ 증가할 때

마다 사망자가 8명씩 증가한다는 보고가 국내에서 있었다(최광용 외, 2005). 서울의 경우 29.9℃에서 1℃ 상승할 때마다 사망률이 3.0% 증가하고 폭서가 7일 이상 지속 시 사망증가가 9%이상 (김소연, 2004; <표 8-2> 참조)되는 것으로 발표되었다.

계절별 응급환자수의 변화

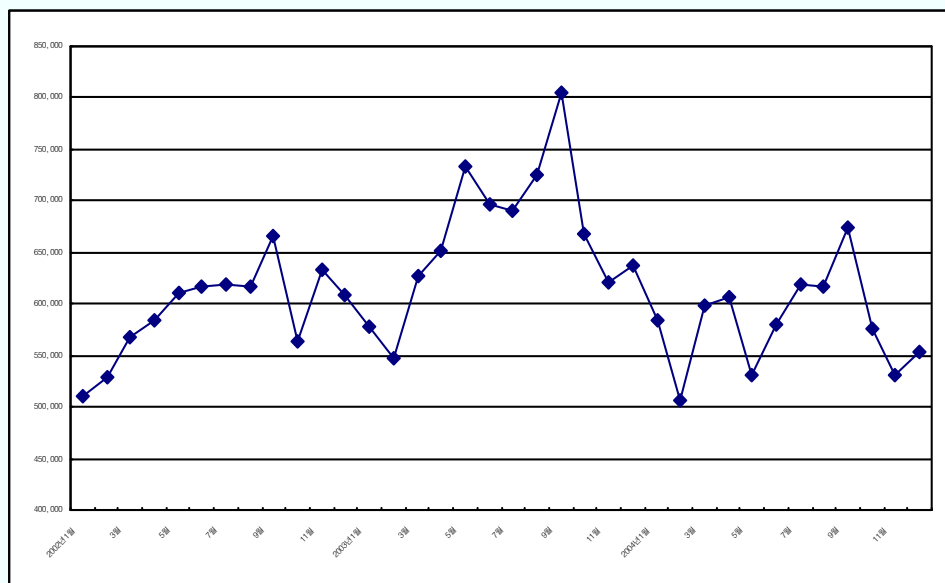
응급실로 수송되는 환자의 월별 추이를 보면 월별사망률과 약간의 차이를 보인다. 응급 환자수는 여름철 및 가을철에 가장 높은 빈도를 보이고 있다(<그림 8-3>참조). 8, 9월은 폭서기간, 태풍 등이 많은 시기이기도 하고, 사람들의 야외활동이 많은 시기이기도 하다.

<표 8-2> 폭서기간의 사인별 초과사망

사인분류	ICD-10 Code	관찰수	기대수	초과 사망수 (95% 신뢰구간)
호흡기계 질환	J00-J98	197	137	60(43.8)
내분비, 영양, 대사질환 - 진성 당뇨병	E00-E88	158	107	46(43.0)
	E10-E14	133	92	41(44.6)
순환기계 질환 - 뇌혈관질환 - 기타 심장질환	I00-I99	1,142	875	267(30.5)
	I60-I69	688	471	217(46.1)
	I26-I51	266	201	65(32.3)

* 위의 모든 사인분류에서 통계적으로 유의함($p < 0.05$)

자료: 김소연, 2004. 「기후변화로 인한 여름철 폭서현상이 사망률에 미치는 영향」. 아주대학교 의학박사학위 논문; pp. 38-44 재구성.



자료: 중앙응급의료센터

<그림 8-3> 2002년~2004년 월별 응급환자 수 변화추이

2. 건강/보건부문의 기후변화 적응조치

기후변화로 인한 적응조치 마련을 위해서 영향평가와 취약성 부문을 확인하는 것이 선행되어야

함은 물론이다. 건강/보건부문의 기후변화 영향별 취약성 사례는 <표 8-3>과 같고, 취해질 수 있는 적응조치의 예는 <표 8-4>와 같다. 건강피해를 줄이기 위해 건강영향 요소별로 법적, 기술적, 교육적 권고, 그리고 문화적·행위적 적응조치가 가능함을 알 수 있다.

<표 8-3> 기후변화로 인한 영향별 건강취약성 사례

건강문제	건강취약성 사례
기온 관련 질병이환 및 사망	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 폭한 및 폭서관련 질병 ▪ 호흡기 및 심장혈관질환
극한 기후현상으로 인한 건강영향	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공중보건 인프라 피해 ▪ 상해 및 질병이환 ▪ 재난으로 인한 사회정신적 스트레스 ▪ 산업보건위해요인 ▪ 인구의 이동
대기오염 관련 건강영향	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 옥외 및 실내 공기오염물질에 대한 노출 변화 ▪ 천식 및 다른 호흡기계 질병 ▪ 심장마비 및 뇌졸중, 기타 심혈관질환
식수 및 식품 오염	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 장관계 질병(설사, 구토 등)
매개동물로 인한 전염성 질병	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 박테리아, 바이러스 및 모기, 진드기와 같은 매개동물로 인한 질병
성층권 오존 감소로 인해 자외선 노출 증대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 피부암 ▪ 백내장 ▪ 면역기능의 장애
도시 및 지방 지역 주민의 취약성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 노인 ▪ 생계형 인구집단 ▪ 어린이 ▪ 장애인 ▪ 만성질환자 ▪ 최근 이민자들 ▪ 저소득층 및 노숙자
지역사회 보건 및 사회경제적인 영향	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건강의 결정요인 변화 ▪ 전 세계적인 질병의 부담 ▪ 지역사회 경제의 취약성 ▪ 온실가스감축 기술의 위험과 건강이익

<표 8-4> 기후변화로 인한 건강영향을 줄이기 위한 조치

건강영향	법적	기술적	교육적 권고	문화적·행위적
고온	<ul style="list-style-type: none"> - 가이드라인 설정 - 기후 감시 및 경고 시스템 가동 - 도시지역에 나무 심기 - 교육 캠페인 실시 	<ul style="list-style-type: none"> - 열섬효과와 냉방기 사용을 줄이기 위한 주거, 공동주택, 도시계획 - 건물 단열 강화 - 도로에 반사율이 높은 물체 설치 	<ul style="list-style-type: none"> - 조기 경보 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> - 수분공급 유지 - 최고 온도 낮 시간 중 휴식 취하는 작업계획 수립
기상재해	<ul style="list-style-type: none"> - 법적인 기획 - 가이드라인 설정 - 강제이주 - 경제적 지원 - 질병 대비 프로그램 신설 - 홍수방지 위한 토지 사용계획 실시 - 무분별한 주거지 개발 행위 금지 	<ul style="list-style-type: none"> - 도시계획 - 대피소 - 강력한 호안(護岸) 시설 건설 - 위생 시스템 확충 	<ul style="list-style-type: none"> - 조기 경보 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> - 대피소 운영 - 기상통보에 유의
공기의 질	<ul style="list-style-type: none"> - 교통량 통제 	<ul style="list-style-type: none"> - 대중교통수단, 공기정화장치 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 오염경보 	<ul style="list-style-type: none"> - 합승운동에 참여
설치류에 의하여 매개된 질병	<ul style="list-style-type: none"> - 백신 프로그램 실시 - 백신 관련법 도입 - 병원체 매개동물 번식지 제거 교육 캠페인 추진 	<ul style="list-style-type: none"> - 매개체 관리 - 예방접종 - 감시체계구축, 예방, 프로그램관리 - 창문 커튼장치 설치 - 병원체 매개동물의 불임 수컷 방출 	<ul style="list-style-type: none"> - 보건교육 	<ul style="list-style-type: none"> - 물 보관시 유의 - 열대 곤충 퇴치제 사용 - 제충제 함유 방충망 사용
수인성 질병	<ul style="list-style-type: none"> - 수질 보호법 - 수자원 질 관리 권고 	<ul style="list-style-type: none"> - 병원균관리 - 물관리 강화 - 위생 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 끓인 물의 유용성에 대한 지각 	<ul style="list-style-type: none"> - 손씻기와 위생에 주의 - 오물저장식 변기사용

자료: IPCC(2001b)

3. 기후변화에 따른 해외의 건강 부문 영향

아시아 지역

아시아 지역의 기후변화로 인한 건강문제는 말라리아, 콜레라 등이다. 열스트레스(thermal stress) 및 공기오염 관련 질병도 중요한 보건문제로 주목되고 있다. 인디아, 방글라데시, 스리랑카, 타일랜드, 말레이시아, 캄보디아, 라오 인민민주공화국, 베트남, 인도네시아, 파푸아 뉴기니아, 일부 중국 지역에서는 말라리아가 주요 매개체 전염 질병이다. IPCC에서는 환경적인 기온변화 및 강수변화가 아시아지역의 말라리아분포의 지리적 범위를 확산시킬 것으로 전망하고 있다. 콜레라, 설사병과 같은 수인성 질병은 남아시아지역의 식수오염으로 인해 발생한다. 이러한 질병은 더워진 기후에서 더 많이 발생할 것으로 전망된다. 열과(heat)의 직접적인 건강영향도 중요한 보건문제이다. 매일의 평균기온과 습도로 표시되는 열지수(heat index)는 동경지역에 거주하는 65세 이상 남성의 열사병 발생에 많은 관련성을 가지고 있다. 중국의 난징도시에서는 1988년에

17일 동안 36℃이상의 최고 기온이 있었던 기간에 열사병환자가 급증하였고 사망도 증가하였다. 일본의 동경에서는 31℃이상의 고온에서 비슷한 현상이 관찰되었다.

호주 및 뉴질랜드

뉴질랜드의 크리스처치에서는 21.5℃ 이상에서 1℃ 증가할 때마다 전체 사망이 1.3% 증가하는 것으로 나타났다. 겨울철에는 기대치보다 더 많은 사망이 보고되지만 통계적으로 유의하지 않은 것으로 보고된 바 있다. 1800년 이래로 기후 위험(climate hazards)으로 인한 사망은 호주에서는 매년 평균 50명 정도로 보고되고 있고, 이중 60%는 열파로 인한 것이며 20%는 열대 저기압 및 홍수로 인한 것이다. 기후변화는 호주의 열파빈도를 증가시키지만 폭풍과 홍수의 빈도 증가에 대해서는 불확실하다.

호주에서 아르보바이러스전염병(곤충 매개 바이러스)이 최근 증가하였다. 뎅기 및 로스리버 바이러스의 외래종 매개체인 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*)가 뉴질랜드에서도 발견되었다. 호주 남동부 지역에서는 로스리버 바이러스 질병 및 머레이엘리 뇌염이 집중호우 후에 나타났다. 남서부 호주에서는 로스리버 바이러스의 주요 매개체가 소금물 서식모기인 *Ae. camptorhynchus*로써 해수면의 변동과 전염병 발병이 관련되어 있는 것으로 나타났다. 기후 시나리오에 의하면 호주 및 뉴질랜드의 일부지역은 많은 매개체 전염병이 증가할 것으로 전망된다. 그러나 이러한 추세는 공중보건감시 및 대응체계의 강화와 유지로 통제될 수 있는 변수에 의해 많이 달라질 수 있다.

호주의 많은 도시와 뉴질랜드의 오클랜드에서 오존 및 다른 광화학 산화물들이 대기오염의 주원인이 된다. 호주의 브리스번에서 현재의 오존 수준 및 미립자들이 입원환자증가와 관련 있는 것으로 보고된 바 있다. 따뜻한 날씨는 이러한 오염물질의 생성을 증대시키는 것으로 예상되지만 풍속 및 구름의 정도도 변수로 작용하기 때문에 예측하는 것이 어렵다.

유럽

유럽지역에서 기후변화 및 변동성으로 인한 건강영향 요인은 주로 열 스트레스 및 공기오염, 매개체 및 식품매개질병, 수인성질병, 홍수 등이다. 많은 유럽도시들에서 일일 사망률이 여름기온 상승과 더불어 증가한다. 1976년 7월의 열파와 1995년 7, 8월의 열파는 런던 심장호흡기계 질병을 가진 노인의 사망을 15% 증대시켰다. 1987년 7월 아테네에서 있었던 열파는 2000명의 초과사망과 관련 있었다. 그러나 따뜻한 겨울은 한파관련사망을 감소시키는 효과가 있다. 잉글랜드 및 웨일즈에서 겨울철 평균 기온이 2.5℃ 증가하면 2025년까지 연간 9000명의 사망을 감소시킬 것으로 전망하고 있다.

보건체계가 미흡한 상황에서는 남동부유럽의 말라리아 발생이 따뜻한 기후로 인해 더 증가할 것이다. 지중해 지역에서는 매우 적은 수의 전염병 사례가 보고된다. 그러나 공중보건 자원이 현존하고 있고, 모기의 서식지를 줄이는 노력이 있는 상태에서는 어떤 기후변화가 있어도 말라리아가 확산될 가능성은 매우 적다. 최근까지도 유럽에서는 뎅기 전염이 없었지만 이탈리아 및 알바니아에서 흰줄숲모기의 출현은 염려되는 현상이다. 지중해 지역에서는 모래파리(sand fly: phlebotomine fly)에 의해 인간과 개에게 레슈매니아 질병이 전염되는데 내장침해와 피부침해 두 종류가 있다. 이 질병은 메마른 서식지와 관련이 있으며 기온이 높으면 질병의 범위가 북쪽으로 확산된다.

라임 질병 및 진드기 매개 뇌염(tick-borne encephalitis: TBE)을 전파하는 매개체인 *Ixodes ricinus* 및 *I. persulcatus*는 유럽의 온대성 지역에서 발견된다. 스웨덴의 최근 관찰에 의하면 2

년간 온난한 겨울과 더불어 TBE가 증가한 것으로 나타났다. 진드기의 분포는 겨울이 따뜻해지면서 북쪽으로 확산되는 것으로 나타났으나 그 관련성은 아직 논란의 소지가 있다. 기후변화로 인해 진드기매개질환이 북쪽으로 확산되지만 더 남쪽 지역에서는 전염이 줄어들 수도 있다. 가정에서 식수부족이 심한 동부 유럽 일부국가에서는 기후변화로 인해 식수의 지원이 더 감소될 수 있다. 극한 상수현상의 빈도와 강도가 증가하면 와포자충증(cryptosporidiosis) 전염의 위험이 증가할 수 있다. 모기, 바퀴벌레, 설치류와 같은 식품매개질환의 보균생물들의 분포는 기후변화로 인해 변화할 수 있다. 영국 및 북아일랜드에서의 연구에 의하면 월간 기온과 식품매개질환의 빈도 사이에 강한 관련성이 있는 것으로 나타났다. 홍수와 관련된 렙토스피라병은 일부 유럽지역에서 문제가 되고 있다. 1997년 우크레인 및 체코공화국에서의 홍수, 1967년의 포르투갈의 홍수 발생 이후에 이 질병이 보고되었다. 홍수로 인한 상해 및 질병과 마찬가지로 심리적인 고통으로 인한 자살 등은 이러한 사건과 관련이 있는 것으로 알려져 있다.

북아메리카

기후변화로 인한 직접적인 영향은 열스트레스, 폭풍 및 홍수로 인한 손상 또는 상해(injury) 등이다. 광화학적 스모그 및 미세 미립자 물질은 이 지역에서 중요한 환경적인 건강문제를 일으킨다. 북아메리카에서 기후변화의 어떤 효과가 도시 대기질에 영향을 주는지는 불확실하다. 그러나 고온이 유의한 광화학적 스모그를 일으킬 것으로 전망된다. 1997년 미국 및 캐나다에서는 많은 사람들이 일부 대기오염물질이 대기환경 기준치 이상의 지역에 살고 있는 것으로 나타났다. 미국에서 빈번한 홍수는 자연재해로 인한 주요 사망원인 중 하나이다. 매년 약 147명의 사망이 평균적으로 보고된다. 캐나다에서는 레드리버의 홍수로 1997년에 25,000명의 사람들이 이동하였다.

미국은 북동부 및 중서부지역이 열 관련 질병에 취약한 것으로 보고되고 있다. 1993년 필라델피아에서 열 관련으로 118명이 사망했다. 1995년에는 밀워키에서 91명, 시카고에서 726명이 사망했다. 캐나다에서는 온타리오 및 퀘벡에서 고온으로 인해 부정적인 영향을 받는 것으로 보고되고 있다. 그러나 따뜻해진 겨울날씨로 인해 추위관련사망이 감소할 수 있다.

북아메리카에서 매개체 전염질환이 지역적으로 발생하고 있다. 말라리아가 캐나다에서는 19세기 말에 사라졌고, 미국에서는 1970년에 사라졌다고 세계보건기구에서 발표했다. 그러나 미국에서는 라임 질병, 로키산 홍반열, 세인트루이스 뇌염, 서부말뇌염, 설피토기 바이러스와 같은 다른 기후관련 매개체 전염질환이 발생하고 있다. 미국에서는 라임질환이 주요 매개체 전염질환이고, 캐나다에서는 진드기가 발견되지만 질병의 전염은 보고된 바 없다. 기후변화로 인해 캐나다지역에 라임 질병과 로키산홍반열이 확산될 것으로 예상된다. 40%정도의 사망률을 가진 한타바이러스 전염은 미국에서 1991-1992년간 엘니뇨 현상으로 인한 이상 장마현상과 관련이 있고 231명의 환자가 보고되었다. 이와 관련하여 캐나다 지역에서도 환자가 발생하였다. 지역적인 강수에 대한 예측이 어려운 상황에서는 이 질병의 확산을 예상하는 것도 어렵다.

4. 세계보건기구의 건강영향평가 연구사례: 기후변화로 인한 질병부담

세계보건기구에서는 기후변화로 인한 질병부담을 추정할 바 있다. 장애를 적용한 수명 연수(Disability Adjusted Life Years, DALYs)를 기초로 한 질병부담과 건강 중간개입의 효율성을 측정한다. 그것은 조기 사망으로 얻어지는 결과 또는 특정 해에 발생한 장애로부터 오는 미래 장애 없는 수명 연수의 현재 가치로 계산되어진다. 세계보건기구는 각 질병의 DALYs의 데이터 베이스와 DALYs를 얻기 위한 선택된 건강개입(interventions)의 비용에 관한 정보를 확보하고

있으며 DALYs를 어떻게 계산할 수 있는가에 대한 정보도 WHO 웹사이트를 통해 얻을 수 있다. 기후영향에 대한 연구들은 단순한 상관관계에서부터 복합 스트레스를 포함한 복잡한 종합 평가에 이르기까지 접근이 광범위하게 이루어진다. 전 지구적으로 보면 기후변화로 인한 건강영향은 선진국보다는 개발도상국 및 저개발국가에서 피해가 크다고 볼 수 있다. 세계보건기구에서 제시한 질병부담은 <표 8-5>와 같다. 여기에서 장애보정여명을 보면 선진국에서는 영양실조, 설사병, 말라리아 등으로 인한 손실은 없는 반면 홍수로 인한 손실여명이 상대적으로 크게 존재하는 것을 알 수 있다(<표 8-5> 참조).

〈표 8-5〉 2000년도의 기후변화로 인한 세계보건기구의
DALYs(1,000명당) 추계

	영양실조	설사병	말라리아	홍수	소계	전체 DALYs/million pop.
아프리카	616	414	860	4	1894	3071.5
동지중해	313	291	112	52	768	1586.5
라틴아메리카 및 카리브해 지역	0	17	3	72	92	188.5
남동아시아 지역	1918	640	0	14	2572	1703.5
서태평양 지역a	0	89	43	37	169	111.4
선진국b	0	0	0	8	8	8.9
세계	2847	1460	1018	92	5517	920.3

주: a- 선진국 제외, b- Cuba 포함

자료: McMichael, A. J., et al., 2003. WHO. Climate Change and Human Health: Risks and Responses. pp. 152.

5. 국가별 적응대책: 주요도시의 heat warning system 사례

기후변화로 인한 온난화는 도시지역에 더 큰 영향을 준다. 프랑스, 이탈리아, 호주, 중국의 연구와 함께 적응조치의 예시로써 heat warning system 사례를 소개한다.

Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heat wave in France

프랑스는 2003년 8월 2일부터 15일 사이에 최악의 폭서를 경험하였다. 프랑스의 전 지역이 이 폭서의 영향을 받았는데, 8월 1일부터 20일 사이에 14,800명 이상의 사람들이 사망하였다. 대규모 사망자수의 증가는 기온의 상승 패턴과 유사한 경향을 따랐다. 8월 마지막 3일부터 그 이후 3개월 동안은 평상시 사망률로부터의 편차가 관찰되지 않았다(즉, 8월말부터는 보통의 사망률로 돌아옴). 폭서의 영향은 도시별로 다르게 나타났다. 고온 지속 기간의 영향과 계절적 평균 기온의 편차가 뚜렷하다면 사망자들에게서 관찰된 모든 차이점을 설명할 수 없을 것이다. 희생자들은 주로 75세 이상의 노년층 여성이었다. 비교위험도 측면에서나 전 세계 사상자수에 대한 기여도 측면에서 볼 때, 열(고온)과 연관된 사망이 가장 중요하다고 볼 수 있다. 이런 결과에 기초하여 프랑스 정부는 2004년에 Heat Health Watch Warning System(열 건강 감시경보시스템)을 개발하였고 각 지방을 위한 예방활동계획을 수립하였다.

The impact of the summer 2003 heat waves on mortality in four Italian cities

이 연구는 2003년도 폭서가 특정 원인에 의한 사망률에 미친 영향을 평가하고, 이탈리아 4개 도시인 볼로냐, 밀라노, 로마, 튜린 지역에서의 사망위험을 증가시켰다고 간주되는 인구학적 특성 및 사회경제적 조건의 역할을 평가하는 데 그 목적이 있다.

거주인구의 연령, 성, 사망원인별로 일일 사망률이 고려되었다. 일일 초과 사망률은 관찰된 사망자수와 평균 사망자수간의 차이로서 산출되었다. 열이 건강에 미치는 영향은 최고온도(maximum apparent temperature)라는 용어로서 측정되었다. 사망률이 가장 극단적으로 관찰된 지역은 이탈리아 북서지역으로, 튜린과 밀라노에서 23% 이상의 초과를 보였다. 75-84세, 85세 이상의 인구집단이 가장 영향을 많이 받았고 여성들의 사망률 증가가 더 컸던 것으로 집계되었다. 또한 로마에 거주하는 사회경제적 수준이 낮은 집단(17.8% 이상)과 튜린에 거주하는 교육수준이 낮은 집단(43% 이상)에서 가장 큰 초과 사망률을 기록하였다.

특정원인에 의한 사망률 분석은 이전의 호흡기계 또는 심혈관계 질환에 의한 열 관련 사망률 증가 연구에서 얻은 결과를 지지해줄 뿐만 아니라, 중추신경계 질환과 신진대사/내분비 장애에 의한 사망률이 유의하게 초과함을 보여준다. 2003년도 폭서의 결과를 통해서, 폭서에 영향을 받기 쉬운 인구집단에 적합하도록 고안된 미래예방프로그램의 필요성이 강조된다. 효율적인 예방계획 및 폭서기간동안의 사망률 감시망과 함께 경보시스템을 도입하면 열과 관련된 사망률에 있어서 유효한 감소를 보일 것이다.

프랑스 : The heat wave of August 2003: What happened?

2003년 8월에 프랑스에서는 이례적으로 센 강도의 폭서가 발생하였고, 2003년은 지난 53년 동안 최저, 최고, 평균기온 모두에서 가장 높은 온도를 기록하였으며, 그 지속기간도 길었다. 게다가 오염인자 배출을 야기하는 고온과 햇빛은 대기의 오존수치를 유의하게 상승시켰다. 2003년도 폭서가 건강에 미치는 영향을 평가하기 위해 8월 한 달간 몇몇 역학연구들이 신속하게 이루어졌다. 초과사망률은 14,800명인 것으로 추정되었는데, 이는 2003년 8월 1일부터 20일 사이 전체 사망률 증가의 60%와 비슷한 수준이다. 극단적인 고온기간 동안 초과사망률은 뚜렷한 증가를 보였다. 열 관련 사망의 특성을 보면, 노년층에서 가장 높은 사망률을 보였고 덜 자율적인 사람이거나 신체적 장애나 정신질환이 있는 사람들이 열에 더욱 취약한 것으로 나타났다. 따라서 이 연구들에서는 응급상황 담당 부서와 함께 조기경보시스템 도입에 관한 중요한 정보를 제시하고 있다. 2003년 여름 폭서로 인해서 여러 유럽 국가들이 받은 공중보건에의 영향도 평가되었다. 발생한 강도와 시기가 각기 다른 폭서로 인해서 유럽 대다수 국가의 사망률이 급증하였으나, 그중에서도 프랑스가 가장 큰 증가를 보인 것으로 간주된다. 그러나 더욱 심층적인 비교를 위해서는 모든 국가에 대해서 표준화된 자료수집 방법을 사용할 것이 요구되고, 이런 차원에서 합동조사가 이루어질 것이다. 이러한 초기 기술연구 후에는 위험인자와 열 관련 사망에 대한 원인규명 연구가 착수되었고, 지금 진행되고 있다. 국가보건당국은 건강에 대한 폭서의 영향을 고려해서, 각 지역별 열감시경보시스템(Heat Watch Warning System; HWWS)을 포함하는 '2004년 국가 폭서계획(Heat Wave National Plan)'을 진행시키기로 결정하였다. 이 HWWS는 프랑스 기상청과 공동으로 과거 일일 사망률 자료와 14개 프랑스 도시의 기상 지표 분석을 바탕으로 가장 적합한 지표와 유인책을 찾으려는 노력을 하고 있다. 2003년 8월 폭서로 인해서 국민 건강은 큰 영향을 받았고, 이러한 예외적인 사건은 예측하기 어려운 현상에 대한 궁극증을 증폭시킨다. 비상상황이라는 인식하에 시행되는 조치, 연구 등 공동의 노력이 조기 경보 전략의 수립과 효율적인 예방에 유용하다.

An operational heat/health warning system in Shanghai

이전의 연구는 특정한 기단 내의 표면 온도가 높으면 사망률이 증가할 수 있다는 데 주목하였다. 이 연구는 기능적인 열/건강 경보 시스템을 도입하면서 나타난 중국 상해의 일일 사망률과 날씨간의 관계를 평가하고자 한다. 여러 기상학적인 관찰법을 사용하면서, 종관적인 분류가 1989년부터 1998년까지의 매 여름을 상해의 8개 대기유형중 하나로 규명하는데 활용되었다. 일일 대기유형과 그에 따라서 발생한 상해 사망률에 대한 비교분석을 통해서 가장 높은 사망률은 극단적으로 덥고 습한 대기(MT+) 때문에 나타나는 것으로 밝혀졌다. 단계적 회귀법을 사용하면, MT+ 기단의 발생과 함께 나타날 높은 수준의 사망률을 예측하는 알고리즘이 생성될 것이다. 열/건강 경보 시스템은 2001년 여름에 시험적으로 가동되었고, 시민들에게 건강에 잠재적으로 위협이 되는 날씨 상황을 경고하는데 경보시스템이 사용될 수 있음을 보고하였다.

Heat-stress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996

캐나다 남부 온타리오의 Toronto-Windsor지대는 여름동안 덥고 습한 날씨를 경험했고 이로 인해서 사람들이 열스트레스(heat stress)와 높은 사망위험에 노출되었다. 기후변화가 발생하면 남부 온타리오의 열스트레스 상황은 더 빈번하고 심각해질 수도 있다. 여름 날씨가 건강에 미치는 영향을 평가하기 위해서 Windsor, London, Kitchener-Waterloo-Cambridge, Toronto, Hamilton의 도시지역에 거주하는 64세 이상 노인들의 열 관련 사망률을 17년 동안 분석하였다. 사람들의 적응 잠재성과 열스트레스에 대한 취약성을 파악하고자 인구학적 요인, 사회경제적 요인, 주거 요인을 측정하였다. 열스트레스가 있는 날(heat stress day)은 기온이 32℃를 초과한 날로 정의된다. Windsor 지역만 제외하고 노인들의 사망률은 열스트레스가 없는 날보다 있는 날에 유의성이 더 높은 것으로 나타났다. 열스트레스와 사망률 간에 가장 강한 관련성을 보인 지역은 Toronto와 London이었고 Hamilton이 그 다음이었다. 열 관련 사망률이 가장 높은 도시들은 상대적으로 도시화수준과 생활비 수준이 높았다. 기후변화로 인한 온난화 외에도 인구집단이 고령화될수록 취약성은 증가하고, 계속되는 도시개발과 불규칙한 확장은 남부 온타리오의 열스트레스 상황을 더욱 악화시킬 것으로 전망된다. 열스트레스 상황에 대한 취약성 감소 노력과 포괄적인 더운 날씨 감시/경보 시스템 개발을 위한 노력이 필요하다.