

기후변화로 인한 보건부문 영향의 근거와 과제

Research issues of the impact of climate change on health

최은진 한국보건사회연구원 연구위원

기후변화에 관한 정부간패널기구(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)의 3차보고서(2001)에 의하면 관측적인 평가를 통해 볼 때 지구상의 기후변화는 뚜렷하게 나타나고 있으며 20세기 동안 증가된 북반구의 평균기온은 지난 1,000년간 중에서 가장 큰 것으로 평가되었다. 1961년에서 1990년의 평균기온과 비교하여 2100년 까지 1.4도에서 5.8도의 지구기온 상승이 예상된다. 또한 기후변화는 지역별 부문별로 그 영향이 다르게 나타나고 있다.

기후변화로 인한 건강영향평가는 광범위한 건강영향평가의 한 부분이며 지금까지의 영향을 토대로 인구집단의 건강취약성을 평가하고, 향후의 영향의 범위와 정도를 예상하는 과제이기도 하다. 기후요인에 노출되는 인구집단의 건강취약성은 사회경제적 여건에 따라 달라질 수 있다. 따라서 생물학적 접근뿐만 아니라 다양한 분야의 접근이 필요한 분야이기도 하다.

한편 국민보건체계는 국민질병양상의 변화에 대응하기 위해 꾸준히 진화하고 있다. 따라서 기후변화의 영향이 인구집단에 영향을 준다는 근거를 기반으로 하여 국민보건체계의 평가가 필요하다. 이를 위해서 기후변화에 대응하기 위한 알맞은 정책과 제도의 개선을 위한 연구지원이 필요하다. 또한 기본적인 보건의로 인프라 및 위기상황에 대응할 수 있는 체계에 대한 평가도 필요하다.

1. 서론

우리나라는 올 여름에도 심각한 수해를 겪었고 폭서를 경험하였고 정부에서는 보건의료 폭염대책 추진계획을 내놓은 바 있다. 환경정책평가연구원의 보고서(2002)에 의하면 한반도의 기후변화로 인해 2100년에는 산림생태계 변화의 손실액이 연간 3천만~7억 달러에 달할 것으로 추정된다. 극한기상현상은 과거에도 있어 왔지만 인간 활동으로 인한 온실가스 증대에서 오는 기후변화의 결과로 이러한 극한기상현상이 초래된다는 보고와 연구들이 계속되고 있으며 국제적 차원의 활동과 정보교류가 계속

되고 있다. 기후변화에 관한 정부간패널기구(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)의 3차보고서(2001)에 의하면 관측적인 평가를 통해 볼 때 지구상의 기후변화는 뚜렷하게 나타나고 있으며 20세기 동안 증가된 북반구의 평균기온은 지난 1,000년간 중에서 가장 큰 것으로 평가되었다. 1961년에서 1990년의 평균기온과 비교하여 2100년 까지 1.4도에서 5.8도의 지구기온 상승이 예상된다. 또한 기후변화는 지역별 부문별로 그 영향이 다르게 나타나고 있다. 온실 가스는 성층권의 오존을 고갈시켜서 지표면에 도달하는 자외선의 양을 증대시킨다. 이러한 지구물리적인 과정들이 인

간 및 생태계에 영향을 미치게 된다. 자연환경 뿐만 아니라 인구집단도 기온변화로 인한 건강 영향이 증대할 것으로 예상되며, 빈곤층, 고령자 등 일부 인구집단은 매우 취약한 것으로 전망되고 있다. 따라서 기후변화는 공중보건을 위협할 뿐만 아니라 삶의 질을 위협하는 현상이라고 할 수 있다.

선진국에서도 폭서는 사망률을 유의하게 높이는 결과를 가져오고 있으며 이러한 현상은 특히 노인인구집단에 집중적으로 나타난다. 웨스트나일 바이러스와 같이 과거 오랜 기간동안 나타나지 않았다가 새로이 등장하게 된 바이러스는 기후변화로 인한 생태계변화와 관련되어 있다. 이러한 현상은 현대인의 건강결정요인에 대한 지식에 수정이 필요하고, 전통적인 공중보건개입에 대해 새로운 방향전환을 요구하게 된다. 본 논고에서는 기후변화로 인한 건강영향 근거들의 유형과 관련된 국제사회의 보건과제와 그 연구방향을 고찰하고자 한다.

2. 국제사회의 기후변화 협약안 개발의 배경과 우리나라 정부의 대응현황

1988년 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)가 세계 기상기구(WMO: World Meteorological Organization)와 유엔환경기구(UNEP: United National Environment Program)에 의해 설립되었다. IPCC는 기후변화의 과학

적 근거, 다양한 분야에 있어서 기후변화의 영향, 기후변화로 인한 사회·경제적 파급효과 등에 대한 정보를 종합하고 분석·평가하여 기후변화의 저감 및 적응대책을 마련하기 위한 기초 정보를 제공하기 위하여 종합평가보고서를 3차에 걸쳐 발간한 바 있고(1990, 1995, 2001), 제4차 보고서가 2007년에 발간될 예정이다.

정부간 협상위원회(INC: intergovernmental negotiating committee)가 1995년 2월 당사국 총회의 출범과 함께 해산한 후 제1차 당사국 총회가 독일 베를린에서 열렸고, “베를린 위임 협약(Berlin mandate)”이 채택된 바 있다. 이것은 협약에 명시된 선진국의 공약사항인 2000년까지 온실가스 배출량을 1990년 수준으로 줄이는 것을 목표로 하는 것에 법적인 구속력을 갖는 추가적인 의무부여를 주 내용으로 하고 있다. 이 의무조항들에 대한 논의가 계속되었고, 그 결과물이 1997년 12월 교토에서 개최된 제3차 당사국총회에서 채택된 교토의정서(Kyoto protocol)이다. 교토의정서는 기후변화 협약의 선언적인 공약에서 벗어나 이행을 보조하고 강화하는 수단이다. 실제 대기 중의 온실가스 농도를 안정화시키기 위한 행동으로써 기후변화협약에 명시된 궁극적인 목표와 기본적인 원칙, 협약상의 제도적 체제 등을 공유하고 있다. 2008년부터 2012년까지의 1차 공약기간 동안 온실가스배출의 역사적 책임이 있는 선진국 등의 온실가스의 의무적 감축에 대해 정략적인 목표를 설정한 바 있다. 2004년 12월 현재 132개 기후변화협약 당사국이 교토의정

서에 비준(ratification)하거나 동의(accession)한 상태이며, 최근(2004년 11월 18일) 러시아의 비준으로 2005년 2월 16일 의정서가 공식적으로 발효되었다. 우리나라는 1차 공약기간(2012년 이내)에는 온실가스배출량에 대한 실질적인 감축의무는 없으나 사회, 경제적으로 지속가능발전을 보장하는 범위 내에서 국제사회의 공감대를 형성할 수 있는 신축성 있는 방안 마련이 필요하다.

기후변화협약의 목적은 기후체제가 위협한 수준의 인위적 간섭을 받지 않는 차원으로 대기 중 온실가스 농도의 안정화를 달성하는 데 있다(협약 제 2조). 기후변화협약에서 정하고 있는 배출저감의 부담원칙은 사전예방의 원칙(precautionary principle)¹⁾, 공동의 그러나 차별적 책임원칙(common but differentiated responsibility), 지속가능발전 증진(promotion of sustainable development)등이다.

우리나라에서는 국무총리 산하 ‘기후변화협약대책위원회’에서 「기후변화협약대응 종합대책」을 마련하고 다양한 정책 및 조치를 추진해 왔다. 국무총리 주재 기후변화협약 대책위원회에서 확정된 제3차 종합대책 추진현황은 아래와 같다²⁾.

- 지구온난화 방지를 위한 국제적 노력에 동참하고자 1993년 12월 기후변화협약 가입 및 2002년 10월 교토의정서를 비준하였다.
- 우리나라는 개도국 위치 확보로 교토의정서의 1차 공약기간 중 온실가스 감축 의무는 없다.
- 2004년 10월부터 4개월여에 걸쳐 관련부처 19개 부처와 에너지관리공단, 환경관리공단 등 유관기관이 참여하여, 3대 분야 90개 과제를 내용으로 하는 제3차 종합대책 수립하였다.
- 기후변화 적응기반 구축사업의 개요:
 - 부문별 기후변화영향평가 및 적응방안 마련
 - 기후변화가 산림생태계에 미치는 영향 연구
 - 기후변화가 해양생태계에 미치는 영향 연구
 - 기후변화에 따른 생태계 변화 모니터링 사업
 - 한반도 기후변화 진단지표 생물종 조사
 - 농경지 이용에 따른 탄소 고정능력 연구
 - 강수량변화가 농업용수에 미치는 영향 평가

1) 사전예방원칙이란 과학적 확실성의 결여가 지구온난화와 같은 심각하고 돌이킬 수 없는 재난에 대한 행동을 취하는 것에 대한 결림돌이 될 수 없다는 원칙이고, 공동의 그러나 차별적 책임원칙이란 모든 당사국이 협약이행에 있어 공동으로 책임이 있지만 온실가스배출의 역사적 책임을 물어 선진국들에게 차별화된 의무를 부여하는 것을 의미한다. 당사국들은 경제발전이 기후변화에 대응하는 조치를 취하는 데 필수적임을 고려하여 인간 활동으로 야기된 기후변화로부터 기후체계를 보호하기 위한 정책 및 조치는 각 당사국의 특수한 상황에 적절하여야 하며 국가개발계획과 통합되어야 한다는 것이다.

2) 기후변화협약대책위원회, 『기후변화협약대응 제3차 종합대책』, 2005.2.

- 황사에 따른 농업환경 영향 평가
- 작물의 생육 및 생산성 영향 평가
- 기후변화에 따른 건강영향 평가

기후변화는 자연생태계 영향 등으로 인해 식량수급에 영향을 주고, 연간 기온변화의 불안정으로 인해 전염성 질병의 양상이 달라지고, 폭염, 폭우, 홍수, 해일 등의 영향은 인구집단의 생존과 경제사회생활을 위협할 것으로 예상된다. 폭우, 해일 등은 익수, 설사병, 호흡기 질환, 기아와 영양실조(개발도상국) 등을 증대시킨다. 기온의 증가는 지역과 곡물의 종류에 따라 식량수요를 변화시킬 것으로 예상된다. 경제사회적 취약계층은 수입이 감소되어 많은 사람들이 기아의 위험에 처할 수도 있다고 한다. 특히 아프리카지역의 식품안전은 악화될 것으로 전망되고 있다. 온상층은 도시와 같이 인구가 밀집된 지역에 영향을 크게 줄 것으로 전망되고 있다. 고령자, 질병에 걸린 사람들에게 피해가 크고, 에어컨이 없는 빈곤집단(도시 빈민)에 영향이 클 것으로 예상된다. 이러한 기후변화에 대응하기 위해서는 사회적, 조직적, 기술적, 행동적 적응전략이 필요하다. 기온변화의 영향에 대한 신뢰성 있는 평가척도가 마련되어야 하고 적절한 적응(adaptation)체계가 마련되어야 한다.

3. 기후변화로 인한 건강영향 평가의 주요 과제들

1) 기후변화와 건강의 인과관계

정부간패널기구(IPCC)에서 발행한 96년의 2번째 리포트에서는 일별, 계절별 기후다양성의 영향이 건강결과에 미치는 영향들을 다루었다. 예를 들면 엘니뇨의 영향으로 인한 건강영향 및 역학적 질병 등이다. 엘니뇨현상으로 재난이 관찰되었고, 기후시나리오에 의한 다양한 건강결과를 추정하는 수학적 모델이 있었다. 이 연구들에서는 크게 두 가지의 결론이 도출되었다.

첫째 열파의 빈도와 열파정도가 증가함에 따라 심혈관계 사망과 질병이 단기적 증가가 있을 것이다. 2050년까지 애틀란타, 상하이와 같은 거대도시는 매년 열파관련사망이 몇 천 명씩 증가할 것이다. 반면 온난해진 겨울로 인한 동절기 사망이 감소할 것으로 예상되지만 인구집단간에 이러한 현상은 인구집단간에 다양한 양상이 예상된다.

둘째, 기후변화는 지역의 매개동물의 생태에 영향을 주어 전염성 질병의 증가가 예상된다(예: 말라리아 전염모기). 예를 들어 세계적/지역적 수확모델에 의하면 말라리아 전염지역에 사는 인구의 비율이 1990년대에 45%정도에서 2050년에는 60%까지 증가할 것으로 예측되고 있다.

IPCC의 3차 보고서(2001)에서는 기후변화

로 인한 건강영향을 크게 다섯 가지 분야로 구분하여 역학적인 연구들을 분석하였다. 열 스트레스, 극단적 현상과 기상재난, 대기오염, 전염성 질환, 연안문제 등을 포함한다. 이 외에도 해수 관련 문제, 식품의 생산과 영양문제, 사회경제적 문제 등의 발생가능성에 대해 기술하였다. 또한 인구집단의 취약성이 기후변화로 인한 현상들로 인한 건강결과(health outcome)의 기능적인 정도를 나타낸다고 보고 있다. 기후변화에 대한 인구집단의 취약성은 물질적인 자원, 효과적인 거버넌스(governance), 시민단체, 공중보건인프라의 질, 극한 날씨변화에 대한 지역정보의 접근성 등에 좌우된다(표 1 참조). 기후변화의 인간 건강에 대한 영향을 평가하기 위해서는 아래의 과제들이 검토되어야 한다.

- 기후변화는 점진적이고 장기적인 과정이며, 기후변화는 극한 기상현상을 동반할 것으로 예상된다. 이미 건강 결과들이 나타나는 곳도 있고 이러한 건강영향(effect)은 계획된 역학적인 연구들에 의해 평가되어야 한다.
- 역학적인 연구들에서(인과관계의 유무와 상관없이) 건강수준에 대한 원인으로 기후변화의 역할을 예측하는 데 어려움이 있다. 기후변화는 보통 다른 다양한 환경적인 변화를 동반하기 때문이다. 또한 대부분의 질병은 다양한 원인에 근거하고 있으며 따라서 기후변화요인과 다른 공존요인들 간의 기여도를 분석해야 한다.
- 기후변화 및 기후의 다양성으로 인한 건강취약성에 영향을 주는 다른 요인들을

표 1. 정부간패널기구(IPCC)에서 제시하는 취약성 분류

기후변화 현상	대상의 구분	취약요인
- 열 스트레스(열파) - 극한 날씨현상(홍수, 폭풍, 가뭄) - 공기오염(가스, 미세먼지, 알레르기물질) - 전염병(말라리아, 뎅기, 모기매개바이러스, 라슈메니아병, 주혈흡충병, 사카스병, 페스트, 진드기매개전염병, 설치류매개전염병, 수인성 질병, 기타 전염병) - 해안가 문제 - 식품생산성 및 영양 - 인구학적, 경제적 붕괴	개인요인	질병수준(심장병 환자는 열파에 더 취약함)
		사회경제적 요인(빈곤집단이 더 취약함.)
		인구학적 요인(노인이 열파에 취약하고, 영아는 설사병에 취약함.)
	지역사회요인	식수 및 위생시스템의 통합과 극한현상에 대응하는 역량
		지역 식량공급 및 분배체계
		극한기후현상에 대한 조기경보를 포함한 정보접근성
	지리적 요인	엘리노 현상의 영향으로 지리적으로 취약한 지역발생
		저지대거주민들은 해수면상승에 취약함.
		농촌거주자들은 의료서비스에 대한 접근성이 낮고, 도시민들은 공기오염 및 열섬현상에 취약함
환경적으로 붕괴되고 숲이 제거된 지역은 극한날씨현상에 취약함.		

자료: Human Health and Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, IPCC, 2001.

파악할 필요가 있다. 영양수준 및 면역체계와 같은 인구집단의 내재적인 요인들, 민감성에 영향을 주는 환경적요인들(계획되지 않은 도시화, 인구밀집, 혹서기간 중 에어컨 공급 등)이 기후변화의 영향을 변화시킬 수 있기 때문이다. 인간 건강에 대한 기후변화의 영향을 줄이기 위한 신중한 사회적, 기술적, 행동적 적응이 effect-modifying factor가 될 수 있다.

IPCC의 3차 보고서³⁾에서는 기후변화로 인한 민감성(sensitivity)을 평가하는 데 불확실성이 있음을 지적한 바 있다. 노출-반응관계를 측정하는 계량적인 연구가 매우 적음이 지적되었다. 지역적인 차원의 기후변화로 인한 건강영향을 통계적으로 연구하는 것과 다양한 세팅(setting)에서 같은 패턴이 나타나는 것에 대한 균형 잡힌 연구가 필요하다고 지적되었다. 인구집단의 취약성은 환경-인구학적인 장소에서 건강의 결과가 기후변화에 민감한 것에 대한 기능적인 정도이며 새로운 기후조건에 적응하는 인구집단의 역량(capacity)라고 할 수 있다.

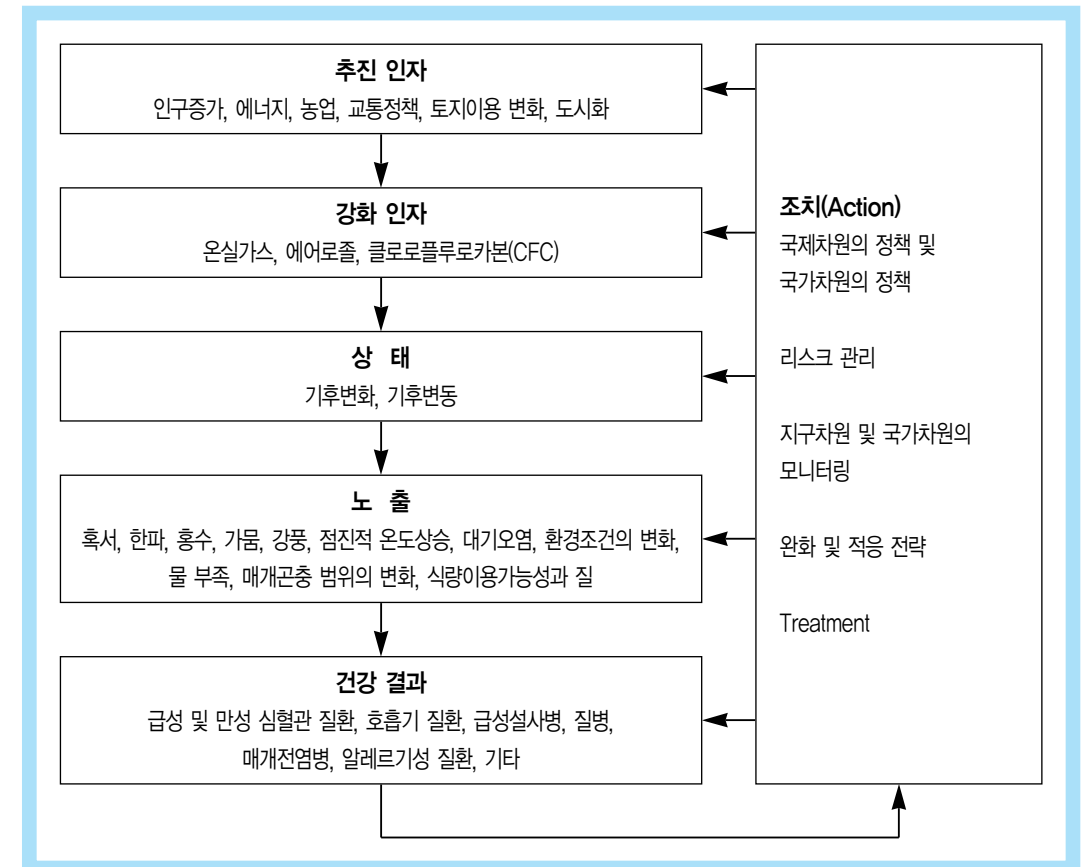
[그림 1]은 기후변화와 인간건강의 결과 및 피해를 줄이기 위한 액션의 과제를 전체적으로 볼 수 있게 하기 위해 가장 많이 사용되는 인과적 구조이다. 이 구조는 환경 관련요인이 질병을 발생시키는 과정을 설명하는 데 이용될 수

있다. 환경적인 과정을 발생시키는 과정이 기후변화를 발생시키는 추진력이라고 할 수 있으며, 인구성장, 에너지, 농업, 교통정책, 토지사용 및 도시화 등이 주요 요인이 된다. 영향(pressured)은 인간의 거주 및 환경개발로 인해 발생하는 요인들로서 온실가스, 에어로졸, 불화염화탄소 등이 포함된다. 노출(exposure)은 사람들과 환경에 있는 고유한 위험요인 사이의 상호작용(interaction)을 의미한다. 근접한 질병의 원인은 물, 공기, 흙에 있는 오염물질이나 고온 같은 전통적인 환경역학 내에서 설명되는 전형적인 노출형태가 해당된다. 원위(distal)의 질병원인은 역학적인 방법으로 조사하는 것은 어렵지만 정책적인 측면에서는 더 중요할 수도 있다. 기후변화는 불건강의 원위적인 위험요인이 될 수 있다. 기후변화는 복잡한 경로를 통해 작용하며 중간의 많은 중재물에 의해 영향을 받기 때문이다. 기후변화의 영향을 평가하기 위한 주요 자료원과 관련 변수들은 <표 2>과 같다.

2) 예상시나리오 선정의 과제

기후변화의 영향을 추계하기 위해서는 인간 사회의 발전유형을 반드시 고려하여야 한다. IPCC의 2001년도 배출시나리오(Emissions Scenarios)에서는 약 40가지의 시나리오를 설명한 바 있다. 시나리오들은 미래 세계의 사회

그림 1. 기후변화와 건강의 인과적 구조



자료: WHO(Europe), Heat-waves: risks and responses, 2004.

경제적 발전수준에 대한 예측기준에 따라 크게 A1, A2, B1, B2 등의 네가지 시나리오 패밀리(scenario families)를 가정하고 예측한 바 있으며 선택한 시나리오에 따라 기후변화로 인한 영향의 범위와 규모는 다르게 나타난다. 대표적인 사회경제적 시나리오를 소개하면 아래와 같다.

A1 : 경제성장의 속도가 빠르고, 인구증가가

느리며 새롭고 효율적인 테크놀로지가 빠르게 소개되는 사회를 가정한다. 사회문화적 교류가 활발하고 1인당 소득에서 지역간의 차이가 적은 사회경제적으로 융합된(convergence) 사회이다. A1 시나리오는 다시 에너지 시스템의 기술적 변화의 방향에 따라 3가지 그룹으로 세분화된다. A1F1은 화석연료 집중형, A1T는 비화석연료 사용, A1B는 두 가

3) IPCC, Human Health and Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, 2001.

표 2. 기후변화로 인한 주요 건강영향과 모니터링 데이터의 자료원

	원리적인 보건결과	모니터할 지역	필요한 건강 데이터 자료원	기상 데이터	다른 변수들
혹서	일간 사망률, 입원자수, 의원/응급실 방문자수	도시인구, 개도국	전국 및 지역별 사망등록 자료	일간 기온변화 및 습도	교란인자들: 인플루엔자 및 다른 호흡기감염, 기상오염 중재물: 주거조건 (에어컨), 식수공급
극한기후변화 (폭우, 강풍, 가뭄)	기여사망, 입원, 전염병, 정신건강, 영양수준	모든 지역	지역별 사망등록 자료, 지역별 공중보건 기록	기상 데이터	식품 및 식수공급 오염 또는 중단, 교통중단, 인구이동
식품 & 수인성 질병	전염성 질병으로 인한 사망 및 이환율	모든 지역	사망등록 자료 및 지역별 유행률	일간/주간 기온, 수인성질병위험이 높은 경우	숙주, 병인간의 장기간 동향, 계절별 추이 지표
매개동물로 인한 전염병(vector born disease)	매개집단 질병경보, 일시적, 지리적 분포	변두리지역 (위도 및 고도), 풍토병 지역	지역조사	일간/주간기온, 습도인 경우	대륙 사용현황, 식선한 식수보존

자료: Sari Kovats et al., Health and Global Environmental Change series No. 1: Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change, p. 212, WHO, 2003.

지의 균형적 사용 등이다.

A2 : 분화된(differentiated) 세계이며, 독립적이고 지역의 특성을 보존하는 것을 주요 가정으로 한다. 지역간의 출산력이 다양하고 전체적으로는 인구가 크게 증가한다. 경제적인 발전은 지역에 따라 다르고 1인당 경제성장 및 테크놀로지의 변화가 분산되어 있고 느리다..

B1 : 서비스, 정보분야의 경제구조변화와 성장이 매우 빠르고 인구성장은 느린, 집중화된 사회이다. 경제, 사회, 환경적 지속가능성 등을 전 지구적 해결책을 중심으로 논의하고 형평성을 중시한다.

B2 : 경제, 사회, 환경의 지속가능성에 대해

지역적인 해결책을 중심으로 하는 세계이다. 중간(moderate) 정도의 인구성장이 있고 경제성장도 중간정도이며 다양한 테크놀로지 변화는 A1, B1 보다 느린 사회이다.

- B1 그룹에서 지구기온상승, 해수면 상승이 가장 낮은 것으로 추계되었다. A1그룹에서 기온상승, 해수면상승이 높게 나타났다. 기온상승은 A1F1그룹에서 가장 높았고, 해수면 상승은 A1T그룹에서 가장 높았다.

4. 지구상의 지역별 기후변화와 관련된 건강영향 평가의 유형과 전망⁴⁾

세계보건기구에서는 기후변화로 인한 질병 부담을 추정할 바 있다. 장애를 보정한 수명 연수(DALYs)를 기초로 한 질병 부담과 건강 중간개입의 효율성(즉 질병의 부담의 감소로 나타나는 효율성)을 측정한다. 그것은 조기 사망으로 얻어지는 결과 또는 특정 해에 발생한 장애로부터 오는 미래 장애 없는 수명 연수의 현재 가치로 계산되어진다. 세계보건기구는 각 질병의 DALYs 의 데이터베이스와 DALYs 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 연구들은 단순한 상관관계에서 복합 스트레스를 복잡한 종합 평가에 이르기 까지 접근이 광범

위하게 이루어진다. 전 지구적으로 보면 기후변화로 인한 건강영향은 선진국보다는 개발도상국 및 저개발국가에서 피해가 크다고 볼 수 있다. 세계보건기구에서 제시한 질병부담은 <표 2>와 같다. 여기에서 장애보정여명을 보면 선진국에서는 영양실조, 설사병, 말라리아 등으로 인한 손실은 거의 없다. 그러나 홍수로 인한 손실여명이 크게 존재하는 것을 알 수 있다(표 2 참조).

1) 아시아태평양 지역의 기후변화로 인한 건강영향의 전망

최근 아시아 지역에서는 수해로 인한 재해의 영향이 큰 보건문제로 부상한 바 있다. 재해로 인한 사망이나 인구이동 외에 아시아 지역의 기후변화로 인한 건강문제는 말라리아, 콜레라 등이다. 열 스트레스(thermal stress) 및 공

표 3. 세계보건기구의 DALY를 기준으로 한 2000년도의 기후변화로 인한 DALY(1,000명당)의 추계

	영양실조	설사병	말라리아	홍수	소계	전체 DALY/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 지역 ^a	0	89	43	37	169	111.4
선진국 ^b	0	0	0	8	8	8.9
세계	2847	1460	1018	92	5517	920.3

주: a) 선진국 제외, b) Cuba 포함.
자료: WHO, Climate Change and Human Health: Risks and Responses, p.152, 2003.

4) WHO, Climate Change and Human Health: Risks and Responses, 2003.

기오염 관련 질병도 중요한 보건문제로 주목되고 있다. 인디아, 방글라데시, 스리랑카, 태국, 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. 열파(heat)의 직접적인 건강영향도 중요한 보건문제이다. 매일의 평균기온과 습도로 표시되는 열지표(heat index)는 동경지역에 거주하는 65세 이상 남성의 열사병발생에 많은 관련성을 가지고 있다. 중국의 난징도시에서는 1988년에 17일간의 36°C이상의 최고 기온이었던 기간에 열사병환자가 급증하였고 사망도 증가하였다. 일본의 동경에서는 31°C이상의 고온에서 비슷한 현상이 관찰되었다.

뉴질랜드의 크라이스트처치에서는 21.5°C 이상에서 1°C 증가할 때마다 전체 사망이 1.3% 증가하는 것으로 나타났다. 겨울철에는 기대치보다 더 많은 사망이 보고되지만 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 보고된 바 있다. 1800년 이래로 기후 해저드(climate hazards)로 인한 사망은 호주에서는 매년 평균 50명 정도의 사망이 보고되고 있고, 이중 60%는 열파로 인한 것이며 20%는 열대저기압 및 홍수로 인한 것이다. 기후변화는 호주의 열파빈도를 증

가시키지만 폭풍과 홍수의 빈도증가에 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 머레이벨리 뇌염이 집중호우 후에 나타났다. 기후 시나리오에 의하면 호주 및 뉴질랜드의 일부지역은 많은 매개체 전염질병이 증가할 것으로 전망된다. 그러나 이러한 추세는 공중보건감시 및 대응체계의 강화 및 유지로 통제될 수 있는 변수에 의해 많이 달라질 수 있다.

호주의 많은 도시와 뉴질랜드의 오클랜드에서 오존 및 다른 광화학 산화물들이 공기오염의 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.

2) 유럽 지역의 기후변화로 인한 건강영향의 전망

유럽지역에서 기후변화 및 다양성으로 인한 건강영향요인은 주로 열 스트레스 및 공기오염, 매개체 및 식품매개질병, 수인성질병, 홍수 등이다. 많은 유럽도시들에서 일일 사망률이

여름기온상승과 더불어 증가한다. 1976년 7월의 열파와 1995년 7, 8월의 열파는 런던 심장호흡기계 질병을 가진 노인의 사망을 15% 증대시켰다. 1987년 7월 아테네에서 있었던 열파는 2000명의 초과사망과 관련이 있었다. 그러나 따뜻한 겨울은 한파관련사망을 감소시키는 효과가 있다. 잉글랜드 및 웨일즈에서 겨울철 평균 기온이 2.5°C 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 흰줄 숲모기의 출현은 염려되는 현상이다. 지중해 지역에서는 모래파리(sand fly: phlebotomine fly)에 의해 인간과 개에게 리슈마니아가 전염된다; 내장침해 및 피부침해 두 종류가 있다. 이 질병은 메마른 서식지와 관련이 있다. 높은 기온은 이 질병의 범위를 북쪽으로 확산시킬 것으로 전망되고 있다. 라임 질병 및 진드기 매개 뇌염(tick-borne encephalitis: TBE)을 전파하는 매개체는 유럽의 온대성 지역에서 발견된다. 스웨덴의 최근 관찰에 의하면 진드기 매개뇌염이 2개년 간에 온난한 겨울증대와 더불어 증가한 것으로 나타

났다. 진드기의 분포는 따뜻한 겨울로 인한 북쪽으로 확산되는 것으로 나타났으나 그 관련성은 아직 논란의 소지가 있다. 기후변화로 인한 진드기매개질병이 북쪽으로 확산되지만 더 남쪽 지역에서는 전염이 줄어들 수도 있다.

가정에서 식수부족이 심한 동부유럽 일부국가에서는 기후변화로 인해 더 자원이 감소될 수 있다. 극한 상수현상의 빈도와 강도가 증가하면 와포자충증(cryptosporidiosis) 전염의 위험이 증가할 수 있다.

모기, 바퀴벌레, 설치류와 같은 식품매개질병의 보균생물들의 분포는 기후변화로 인해 변화할 수 있다. 영국 및 북아일랜드에서의 연구에 의하면 월간 기온과 식품매개질병의 빈도 사이에 강한 관련성이 있는 것으로 나타났다.

홍수와 관련된 렘토스피라병은 일부 유럽지역에서 문제가 되고 있다. 1997년 우크라이나 및 체코공화국에서의 홍수, 1967년의 포르투갈의 홍수 후에 이 질병이 보고되었다. 홍수로 인한 상해 및 질병과 마찬가지로 심리적인 고통으로 인한 자살 등은 이러한 사건과 관련이 있는 것으로 알려져 있다.

3) 북아메리카 지역의 기후변화로 인한 건강영향의 전망

북아메리카 지역에서 기후변화로 인한 직접적인 영향은 열 스트레스, 폭풍 및 홍수로 인한 손상 또는 상해(injury) 등이다. 광화학적 스모그 및 미세 미립자 물질은 이 지역에서 중요

한 환경적인 건강문제를 일으킨다. 북아메리카에서 기후변화의 어떤 효과가 도시 공기의 질에 영향을 주는 지는 불확실하다. 그러나 고온이 유의한 광화학적 스모그를 일으킬 것으로 전망된다. 1997년 미국 및 캐나다에서는 많은 사람들이 공기의 질 중 일부 물질이 기준치에 맞지 않는 곳에서 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 보고되었다. 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 겨울 날씨로 인해 추위관련사망이 감소할 수 있다.

북아메리카에서 매개체 전염 질병은 지역적으로 발생하고 있다. 캐나다에서는 19세기말에 말라리아가 사라졌고, 미국에서는 1970년에 말라리아가 사라졌다고 세계보건기구에서 발표했다. 그러나 미국에서는 라임 질병, 로키산 홍반열, 세이트루이스 뇌염, 서부지역말뇌염, 설피토기 바이러스와 같은 다른 기후관련 매개체 전염질환이 발생하고 있다. 멕시코에서는 뎅기 전염이 발생했고 텍사스에서는 덜 확산되었다. 한타바이러스는 주요한 설치류 매개질환

과 수인성 질병(와포자충증, 램플편모충증)이 등장하고 있다. 미국에서는 라임질환이 주요 매개체전염질환이고, 캐나다에서는 진드기가 발견되지만 질병의 전염은 보고된 바 없다. 기후변화로 인해 캐나다지역에 라임 질병과 로키산홍반열이 확산될 것으로 예상된다.

5. 결 론

인간의 건강과 관련된 기후변화의 직접적 요인은 폭서, 폭우, 홍수, 해일 등의 영향으로 나타나며, 인구집단의 생존과 경제사회생활을 계속 위협할 것으로 예상된다. 기후변화로 인한 건강영향평가는 광범위한 건강영향평가의 한 부분이며 지금까지의 영향을 토대로 인구집단의 건강취약성을 평가하고, 향후의 영향의 범위와 정도를 예상하는 과제이기도 하다. 기후요인에 노출되는 인구집단의 건강취약성은 사회경제적 여건에 따라 달라질 수 있다. 따라서 단지 생물의학적 접근뿐만 아니라 좀더 다분야적인 접근이 필요한 분야가 기후변화연구이기도 하다. 그리고, 국민보건체계는 국민질병양상의 변화에 대응하기 위해 꾸준히 진화하고 있다. 따라서 기후변화의 영향이 인구집단에 영향을 준다는 근거를 기반으로 하여 국민보건체계의 개선이 요구된다. 기후변화에 대응하기 위한 알맞은 정책과 제도의 개선을 위한 연구지원이 필요하다. 또한 기본적인 보건의료 인프라 및 위기상황에 대응할 수 있는 체계에

대한 평가도 필요하다. 향후의 기후변화로 인한 건강영향에 대한 연구의 방향을 요약하면 아래와 같다.

첫째, 기후변화가 인간건강에 영향을 줌으로써 발생하는 결과들과 인구집단의 취약성을 다각적으로 평가하고 기후변화

로 인한 질병부담을 추정해야 한다. 둘째, 기후변화에 대한 인간의 적응과 관련하여 기존보건체계의 역량을 평가하고 적응능력을 점검해야 한다.

셋째, 기후변화의 모델에 근거하여 예측되는 상황에 대비한 인구집단과 국민보건체계의 대응방안을 개발해야 한다. 