

기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응 방안

2004. 3.

강운산

한국건설산업연구원

<차 례>

요 약	i
제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 내용 및 구성	2
제2장 기후변화와 기후변화협약	5
1. 기후변화	5
(1) 기후변화의 의미	5
(2) 기후변화 현황 및 예측	6
(3) 기후변화의 영향	8
(4) 한국의 기후변화 및 영향 개요	2
2. 기후변화협약	17
(1) 기후변화협약의 성립과정 및 현황	17
(2) 기후변화협약의 주요 내용 및 의무사항	8
(3) 기후변화협약이 건설산업에 미치는 영향	0
제3장 기후변화가 건설업에 미치는 영향	27
1. 자연재해의 증가로 인한 책임 부담의 문제	27
2. 건설 현장에 미치는 영향	27
(1) 건설 현장의 위험성 증가	8
(2) 자재 사용상의 문제	9
(3) 자재의 현장 보관	9
(4) 토양의 상태	0
(5) 현장 침수	0
(6) 기상이변으로 인한 공기 손실	3
(7) 현장 설비	3
3. 건설시공 및 건축물에 미치는 영향	3

(1) 건축물 구조 상의 문제	3
(2) 자재와 내구성	3
(3) 내부환경 및 에너지 사용	3
(4) 관련 보험	9
제4장 대응방안	41
1. 에너지 절약형 자재 사용 및 설계의 확대	41
2. 건축 및 설계 기준의 정비	41
(1) 구조 부문	2
(2) 대지조성 부문	3
(3) 방수 부문	3
(4) 환기 부문	4
(5) 연료와 전력보존 부문	5
(6) 화재안전 부문	6
3. 기후변화로 인한 피해의 책임 소재 명확화	46
(1) 기후변화로 인한 자연재해 피해의 책임 명확화	46
(2) 건설공기 지연의 문제	47
4. 건설현장 관리 기준의 강화	47
5. 「건설산업 기후변화 대책반(가칭)」의 구성 및 운영	8
제5장 결론	49
참고문헌	51
부 록	53
Abstract	79

<표차례>

<표Ⅱ-1> 기후변화의 원인	6
<표Ⅱ-2> 온실가스 총배출량 관련 주요 지표	1
<표Ⅱ-3> 국가 온실가스 배출통계 추이 (1990년~2001년)	3· 1
<표Ⅱ-4> 온실가스 감축을 위한 부문별 정책 및 조치	2
<표Ⅱ-5> 건설관련 온실가스 감축 대책	2
<표Ⅱ-6> 건설폐재의 재활용 목표	4
<표Ⅱ-7> 하폐수 처리시설 운영현황 (2002년)	3
<표Ⅲ-1> 기후변화의 건설현장에 대한 영향	2
<표Ⅲ-2> 기후변화가 건설시공 및 건축물에 미치는 영향	2
<표Ⅲ-3> 건물 거주자의 에너지 사용 및 내부 환경에 미치는 영향	3

<그림차례>

<그림Ⅱ-1> 기후변화 영향 및 대응조치	Ⅱ
<그림Ⅱ-2> 온실가스 배출 추이 전망(2000년 ~ 2020년)	4. 1

요 약

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

- 기후변화는 기본적으로 전 세계 즉, 지구규모에서 발생하지만 그 영향은 지역적 또는 국가적 규모로 나타나고 있으며, 우리 나라도 기상 관측과 연구결과를 기초로 지구온난화의 안전지대가 아닌 것으로 평가되고 있음.
- 실제적인 예로 2002년 여름의 경우 최저 중심이 1959년 태풍 ‘사라’와 비슷한 태풍 ‘루사’가 한반도 전역에서 210여명의 인명피해와 5조원이 넘는 재산피해를 가져왔으며, 2003년 8월 한국의 일조시간은 평년의 절반도 안 되며 한달 동안 서울에 비가 온 날의 수는 26일에 달하였음.
- 현재 우리나라는 기후변화협약에 대해서는 미미하나마 정부 차원의 종합적인 대책을 수립하여 대응방안을 검토하고 있으나, 기후변화 자체가 우리나라 경제 전반에 미치는 영향과 그에 대한 대응방안의 검토는 대단히 미진한 상태임.
- 특히, 건설산업은 21세기 최대의 화두인 기후변화 및 기후변화협약의 영향과 이에 따른 대응 방안의 수립에 지나치게 무관심으로 일관하고 있음. 그러나 2003년 기후변화로 인한 평균 강우일수의 증가로 작업 일수의 감소라는 기후변화의 영향이 건설업에 발생하였음.

- 앞으로 기후변화가 지속적으로 이루어질 경우 이보다 더 심각한 문제가 계속적으로 발생할 것이며, 더 중요한 것은 이러한 기후변화에 대한 대응 방안을 마련하지 않을 경우 발생하는 기후변화는 국민의 생명과 안전에 상당한 위협요인이 될 수 있다는 사실임.
- 본 연구는 지구온난화로 인해 발생하고 있는 기후변화가 건설업에 미칠 수 있는 영향과 그에 대한 대책 방향을 제시하고자 함. 특히, 기후변화의 영향을 건설 수행 과정을 중심으로 검토하고, 해당 영향의 최소화를 위한 건설공사의 계획 또는 설계 단계에서의 적절한 대응 방안과 관련 법규의 정비 방안을 제시하고자 함.

제2장 기후변화

1. 기후변화

(1) 기후변화의 의미

- 기후변화란 현재의 기후계가 자연적 요인(대기, 해양, 육지, 설빙, 생물권 자신의 내적요인과 화산분화에 의한 성층권의 에어로졸 증가, 태양활동의 변화, 태양과 지구 천문학적 상대위치 관계 등의 외적요인)과 인위적 요인(화석연료 과다사용에 따른 이산화탄소 등 대기 조성의 변화, 토지피복의 변화, 삼림파괴 등)에 의하여 점차로 변화하는 것을 의미함.

- 기후변화에 관한 「국제연합기본협약(UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change)」은 지구온난화에 의해 기후변화가 발생한 몇 세기 동안의 기후시스템을 “대기권, 수권, 생물권, 지리권의 총체성 그리고 그들의 상호작용” 이라고 정의함.

(2) 기후변화 현황 및 예측

- 지구온난화를 유발하는 대기 중 온실가스는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수화불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 6불화유황(SF_6) 등으로 산업혁명 이래 화석 연료의 연소, 산림 파괴 등 인간의 여러 활동에 기인하여 크게 증가함.
- 이러한 온실효과로 지구온난화의 지표인 지구표면온도는 20세기 동안 $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 상승하였음. 이와 같은 지구온도 상승유형은 관측결과, 지난 1,000년간 유래가 없는 높은 상승으로 나타났음.
- 20세기 지구온도 상승과 더불어 해수면도 20세기 동안 10 ~ 20cm 상승하였다. 해수면 상승과 관련하여 극지방을 제외한 전 세계의 빙하가 감소하는 현상이 관측되고 있음.
- 지구온난화와 관련하여 강수의 유형도 변화하고 있으며, 강수의 상당 부분이 폭우 형태로 내리고 있는 것이 관측되고 있음. 세계의 많은 지역에서 기상이변 발생률이 크게 증가하고 있으며, 극심한 가뭄과 홍수를 유발하는 엘니뇨 현상도 그 크기나 발생 빈도 및 지속성이 1970년대 중반 이후 증가한 것으로 나타나고 있음.

- 대기 중 이산화탄소 농도가 현재 약 368ppm 수준에서 21세기에는 490~1,260ppm이 될 것으로 예상되며, 지구평균온도는 1990년에서 2100년 사이에 약 1.4~5.8℃ 상승할 것으로 예측되고 있음. 또한 지구평균 해수면을 2100년에는 1990년 대비 8~88cm 상승시키는 것으로 예측되고 있음.

(3) 기후변화의 영향

1) 자연생태계

- 나무들의 조기 개화, 새들의 조기 산란, 북반구에서 성장기간의 증대, 곤충, 식물 및 동물 서식 범위의 고도 상승 및 산호의 백화 현상 발생률 증가 등이 있으며 이들 영향으로 생태계 구성 및 생산성을 변화시키며 생물다양성을 감소할 것으로 예측되고 있음.
- 산림 분포와 산림 종들은 기온 및 강수 변화, 기상 이변, 전염병 및 산불에 영향을 받으며 그 결과 숲이 말라죽거나, 연령 조성의 변화, 탄소 농도 감소를 가져올 수 있음.

2) 사회·경제시스템

- 지구온난화에 의한 기후변화는 농업생산성에 큰 영향을 미치는 것으로 파악되고 있음. 현재 전 세계적으로 약 8억 명의 인구가 영양실조 상태에 있으며, 세계의 인구증가가 지속되고 국가들의 수입이 상승함에 따라 식량소비는 30~40년 후에 현재의 2배가 될 것으로 예상됨.

- 일반적으로 적은 기후변화에 대한 농작물의 생산성은 중위도 및 고위도에서는 증가하는 경향이 있으나 온도상승이 2~3℃ 이상이면 중위도에서 생산성이 감소하는 것으로 예측되고 있음.
- 특히 세계의 최고 빈곤층이 사는 열대와 아열대 지역은 21세기 기후변화로 총 농업생산량의 30%까지 감소될 수 있는 것으로 평가되어 식량 부족의 위협이 크게 증대될 것으로 예상됨.
- 지구온난화는 지구면적의 70% 이상을 차지하는 해양의 수면을 상승시키는 것으로 나타나고 있음. 해수면 상승이 사회 기반 시설 및 경제 활동에 미치는 영향으로는 우선 주요 사회 기반 시설인 항구, 연안 도로, 철도, 빌딩 등과 연안 산업인 석유 및 석유 화학 공장, 그리고 서비스업인 관광에 대한 위협이 발생할 수 있음.
- 다음으로 토지 및 건물 재산 가치 하락과 해수면 상승 영향에 대한 보호 비용 증대, 보험료의 증대, 정치적 제도적 불안 및 사회 동요 등을 유발할 수 있음.

3) 인간의 건강

- 지구온난화가 인간의 건강에 직접적으로 미치는 영향으로는 열 관련 사망률의 증가나 열파 증가에 기인하는 질병 등이 있으며, 간접적인 영향으로는 병원 매개체의 범위 및 계절의 확장으로 매개성 감염병 (말라리아, 뎅그열, 황열병, 뇌염 등)의 전염 가능성이 증가함.

- 지구온난화로 살모넬라증, 콜레라, 음식물과 수인성 감염과 같은 비매개성 질병의 증가도 일어날 수 있으며, 식량 확보가 어려운 지역에서 식량생산에 미치는 영향과 경제적 전위 및 거주지 이전(해수면 상승)은 광범위하게 건강 문제에 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있음.

(4) 한국의 기후변화 및 영향 개요

- 태안반도에서 관측된 연평균 이산화탄소 농도는 1991년 360ppm이었으나 매년 1.4~1.5ppm 씩 증가하여 1997년에는 368.7ppm으로 나타남.
- 1980년대 후반부터 기온이 현저하게 상승하고 있으며 호우강도도 증가하는 것으로 관측되고 있음. 1908년부터 1940년까지 우리나라 연평균 기온은 10~11℃ 정도였으나 1970년대부터 최근까지에는 12~13℃로 나타났으며, 1960~1965년 4월의 평균기온은 11.5℃ 이나 1995~2000년 4월의 평균기온은 12.9℃로 그 상승률이 지구평균치보다 높은 경향을 보이고 있음.
- 1960년대 서울의 최저기온이 영하 10℃ 이하인 날은 평균 11.3일이었으나 1990년대에는 3.8일로 감소하였고, 하계의 열대야(기온 25℃이상) 현상도 1960~1970년대에는 연간 4.2일이었으나 1991~2000년 사이에는 8.2일로서 약 2배가 증가하였음.
- 2070년에 우리나라 기온은 1~4℃ 상승할 것으로 예측되고 있으며 상승률은 10년에 0.15~0.50℃ 정도인 것으로 예측되었음. 지역별로는 동해안과 북한지역의 기온상승이 중부나 서해안보다 크게 예측되고 있으며 계절별로는 동계가 하계보다 클 것으로 예측되고 있음.

- 2070년에 우리나라 연평균 예상 강수량은 5% 감소부터 25%의 증가까지 다양하게 예측되고 있으며, 그 변화폭은 하계에 더욱 큰 것으로 예측되고 있음.
- 강릉 연안의 경우 겨울철 수온이 지난 100년간 2.0℃ 상승하였으며 울진 연안은 1.8℃ 상승한 것으로 보고되고 있음. 우리나라 연안의 장기간의 수온 관측결과 겨울철의 수온상승이 다른 계절에 비하여 크게 나타나고 있음.

2. 기후변화협약

(1) 기후변화협약

- 기후변화협약(UNFCCC)은 지구온난화 문제를 전지구적 차원에서 공동 대응하기 위하여 1992년 브라질 리우회의에서 채택한 환경협약으로 우리나라는 1993년 12월 세계47번째로 가입, 1994년 3월에 발효되었음.
- 협약은 ‘공통의 그러나 차별화된 책임원칙(common but differentiated responsibilities)’에 따라 모든 국가가 지구온난화 방지를 위해 각국의 능력 및 사회·경제적 여건에 따라 대응하며 선진국이 선도할 것을 명시하고 있음.
- 교토의정서는 1997년 일본 교토에서 열린 기후변화협약 제3차 당사국총회에서, 동 협약의 실질적 이행을 위해 선진국의 온실가스 감축 의무를 규정한 것으로, 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수화불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 6불화유황(SF₆) 등 6종류의 온실가스에 대해, Annex I 41개국 중 터키·벨라루시를 제외한 39개국(EC포함, 이들을 Annex B라 칭함)은 2008~2012년(1차 공약기간) 동안 온실가스 배출량을 1990년 대비 평균 5.2%로 감축할 것을 명시하고 있음.

- 또한 자국 내에서의 온실가스 감축 이외에도 배출권거래제(Emission Trading), 청정개발체제(Clean Development Mechanism), 공동이행제도(Joint Implementation) 등 경제적 수단을 통한 온실가스 감축수단도 인정하고 있음.

(2) 기후변화협약이 건설산업에 미치는 영향

1) 설계 및 시공에 대한 규제 강화

- 이산화탄소의 발생을 저감하기 위한 정책 및 제도의 시행으로 인해 설계 및 시공에 대한 규제가 강화됨.
- 우선 '건축물 단열시공 의무화 및 에너지절약설계 의무화'는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」을 개정하여 2001년 6월부터 허가되는 건축물에 적용되었음. 이는 건축물의 외벽, 지붕, 바닥 등에 대한 단열기준을 20%이상 강화하고, 신규 고효율에너지기자재의 건축물 의무 적용을 확대하여 건축물의 에너지 소비 최소화를 통한 온실가스 감축을 위해 시행되고 있음.
- 「건축물의 에너지절약 설계기준」을 적용하여 에너지소비 절감을 위해 가스보일러, 냉동기 등 고효율 에너지제품의 사용품목을 확대하는 노력이 있어야 허가를 받을 수 있도록 의무조치하고 있음.
- '건물에너지 효율 등급 인증제도'는 건물부문의 에너지이용효율을 높이기 위하여 2001년 8월에 도입됨.

2) 건설현장에 대한 규제의 강화

- 건설현장에서 폐기물의 발생 및 분해과정에서 발생하는 온실가스 배출의 사전예방을 위한 폐기물 최소화 및 재활용정책을 시행하고 있음.
- 폐기물 최소화 정책은 생산단계인 사업장에서의 폐기물 최소화를 위하여 사업장폐기물 배출자의 의무사항을 규정한 「사업장 폐기물 감량화 지침」을 시행하고 있음.
- 생산단계에서부터 폐기물의 재이용 및 재활용을 촉진하기 위하여 생산자가 자체 생산공정에서 발생하는 폐기물에 대하여 재활용에 대한 책임을 지고 의무량을 달성하여야 하는 「생산자 책임 재활용 제도」가 2003년부터 본격 시행되고 있음.

3) 환경관련 시장의 확대

- 위에서 소개한 온실가스 저감 대책과 함께 불가피하게 발생하는 폐기물을 안정적이고 적정하게 처리하여 온실가스의 배출이 최소화 될 수 있도록 환경기초시설의 설치를 확대하는 정책이 추진됨. 이로 인해 건설업체의 물량이 증가하는 긍정적인 효과도 발생함.

제3장 기후변화가 건설업에 미치는 영향

1. 자연재해의 증가로 인한 피해 부담 문제

- 2002년 여름의 경우 최저 중심이 1959년 태풍 ‘사라’와 비슷한 태풍 ‘루사’가 한반도 전역에서 210여명의 인명피해와 5조원이 넘는 재산피해를 가져왔다. 뿐만 아니라 2003년 8월 한국의 일조 시간은 평년의 절반도 안 되며 한달 동안 서울에 비가 온 날의 수는 26일에 달했음.

- 이러한 자연재해로 인해 교량, 도로, 댐, 건물 등의 붕괴가 발생하여 생명과 재산 피해가 발생하였을 경우 이에 대한 책임의 부담 문제가 발생함.
- 이러한 기후변화로 인한 자연재해의 발생에 대비하여 건축 법규 및 관련 기준의 정비가 없는 상태에서 건설업체는 적정공사를 수행하였음에도 불구하고 ‘부실공사’의 오명을 쓰고 책임을 부담할 가능성이 높음.

2. 건설 현장에 미치는 영향

(1) 건강 및 안전 리스크의 증가

- 기후변화로 인해 건설현장에 높은 습도와 바람이 많이 불게 될 경우 현장 사고의 발생 가능성이 높아지게 되는데 이를 위해 새로운 현장의 기후 조건에 적합한 안전관리 지침을 마련하여 현장에서 운영하여야 할 것임. 특히, 바람이 많이 부는 건설현장의 조건에 의해 큰 영향을 받아 사고의 발생이 증가하고 있는 건설현장의 비계(scaffolding, 발판)의 고정은 반드시 재점검되어야 함. 건설현장의 비계로 인한 피해는 건설과정에서 공기지연의 원인으로 추가되어야 할 것임.
- 기후변화로 인해 예상되는 하절기의 온도의 상승은 현장 작업의 수행을 더 곤란하게 하는 직접적인 영향을 미치게 됨. 현장 작업자에 대한 온도와 일조량이라는 직접적인 영향 외에 하절기 온도의 상승은 현장의 비산먼지의 발생을 증가시키게 되며, 특정 화학물질의 폭발성을 증가시키게 됨.

- 이러한 기후변화에 대비하여 현장의 작업 수행과 공사 계획의 변경이 없다면 시공자에게 현장작업 지연의 증가, 작업수행의 지연, 분쟁의 증가 등을 통하여 영향을 미치게 될 것이다. 이로 인해 시공자의 생산성과 이익성은 저하될 것이며, 이는 소비자에게 전가되는 결과를 가져오게 될 것임.

(2) 자재 사용상의 문제

- 기후변화로 인한 기온의 상승은 시멘트 자재의 경화를 촉진시켜 현장에서의 타설에 소요되는 작업시간을 단축시켜야 하는 문제점을 가져옴. 이는 건설현장의 폐기물의 발생을 증가시키고, 건설 품질의 저하 문제를 발생시킴.
- 콘크리트는 지나치게 온도가 낮을 경우 충분한 강도를 갖지 못하고 적절하지 못한 양생이 이루어진다면 응결이 지연되는 등의 문제점을 발생시키지게 됨.

(3) 자재의 현장 보관(Site Storage of Materials)

- 강수량의 증가는 건축물의 습기함량을 증가시켜 건축물의 구조공사 때와 공사종료 후에 복잡한 문제를 발생시킴. 또 기후변화로 인한 폭풍의 증가는 적절하게 보관되지 않은 경량자재(lightweight materials)의 바람에 의한 사고를 증가시키는 결과를 가져옴.

- 더 심각한 문제는 건물의 기초자재가 되는 자재 중 태양의 중파장 자외선(UV-B) 하에서 변형이 심각하게 발생하는 플라스틱 기초 자재에 대한 현장 보관의 문제임. 햇빛 아래에 장시간 노출될 경우 훼손되어 사용이 불가능해짐. 오존층의 소멸로 인해 발생하는 중파장 자외선(UV-B) 노출의 증가 예상은 이러한 종류의 자재의 변형을 급속하게 진행시키는 결과를 발생시킬 것임.
- 이와 같은 보관 장소의 문제는 취약한 자재를 필요할 때 배달하도록 하여 위험이 발생할 수 있는 시간을 줄일 경우 최소화할 수 있음.

(4) 토양의 상태(Soil Conditions)

- 고온 다습한 토양의 경우 현재의 토양 보호 체계를 부적절하게 하는 결과를 가져오는 황산염(sulfates)과 같은 건설자재에 영향을 미치는 오염물질의 경우 더욱 활발한 운동성을 갖게 됨. 여기에서 이러한 환경에서 몇몇 건설자재의 사용에 관한 현재 가이드라인을 개정해야 할 필요성이 제기됨.
- 건설현장 지면의 온도를 상승시키는 효과는 지면에서의 biological process를 강화시켜 매립지가스의 발생을 가속화시킴. 토양의 균열과 지면 온도의 상승은 매립지 가스의 운동성을 증가시킴.

(5) 현장 침수(Site Flooding)

- 공사현장 침수 위험의 증가는 폭우로 인한 강수량의 증가와 폭풍우(storm surges)로 인한 해수면 상승의 결과로 발생하는데, 이러한 강수량의 증가와 해수면의 상승으로 인한 현장의 침수는 건설 공기를 지연시키는 결과를 가져옴.

- 특정지역에서는 공사가 가능하도록 작업장과 지면의 물을 퍼낼 필요성이 발생하는 데 이는 명확하게 시공자의 생산성에 영향을 미침.

(6) 기상이변으로 인한 공기 손실(Days lost due to Weather)

- 폭염과 혹한 기간이 길어지게 되면 건설현장에서 수행되는 몇 가지 과정을 곤란하게 하는데 특별히 더운 날씨의 경우에는 시멘트 자재의 응결과 같은 문제를 발생시킴.
- 폭풍우 발생의 증가는 현장에서의 업무 수행을 곤란하게 하여 공사 기간 연장을 필요로 함.

(7) 현장 설비(Problems with plant)

- 폭염 또는 혹한 기간 동안과 건설현장의 지면이 침수된 상태에서 건설현장 설비의 가동이 중지되는 결과를 가져옴.
- 심한 바람과 높은 폭풍은 대형 건설공사 현장의 크레인의 사용을 중지시킬 수 있음. 또 현장의 침수는 공사 현장 중장비의 이동 및 가동을 중지시킬 수 있으며 폭염과 혹한은 현장 기계의 기계적 문제를 발생시킬 수 있음.

3. 건설시공 및 건축물에 미치는 영향

(1) 구조적·지역적 문제(Structural& Geotechnical Problems)

- 기후변화로 인한 평균 풍속과 폭풍 발생의 증가는 건축물에 대한 폭풍 피해의 발생을 증가시키는 결과를 가져오며, 이러한 피해는 지붕기와에서부터 건축물의 심각한 구조적 문제를 발생시킬 수 있는 범위까지 발생할 수 있음.

- 토양(점토)의 수축활동과 같은 지표면의 운동은 건물의 기초에 심각한 구조적 영향을 줄 수 있으며, 새로운 건물에 이러한 문제를 예방하기 위해서는 설계단계에서의 적절한 조치가 필요함.

(2) 자재와 내구성(Materials & Durability)

- 금속의 부식, 특히 bi-metallic 부식은 장래의 기후변화 시나리오에 근거할 때 가장 급속하게 진행되어 큰 영향을 가져올 문제임. 이것은 기본적으로 내구성과 관련된 문제로 건설공사에서 금속 자재를 많이 사용하게 될 경우 금속 자재의 부식으로 인해 구조적인 문제를 발생시킬 가능성이 있음.
- 목재의 부식과 같은 변형은 건물의 구조에 영향을 미치는 내구성의 문제와 직접적으로 관련이 있게 됨. 온도와 습도가 올라갈 경우 건물의 구조상 부식과 같은 문제의 발생을 증가시킴.
- 좋은 품질과 잘 다져진 콘크리트는 별다른 문제를 발생시키지 않지만 품질이 좋지 않은 콘크리트와 설계가 부실한 구조에서는 철근콘크리트 부식, 습기피해, 황산염의 영향, 알카실리카 반응(alkali-silica reaction) 등의 문제로 인해 내구성 부족의 문제가 종종 발생하게 됨.
- 자재에 대한 온도와 습기의 변화는 균열을 가져오는 자재의 움직임 을 발생시키는데 충분한 영향을 줌. 현재 예상되고 있는 기후변화는 이러한 것들의 움직임을 촉진시켜 균열의 발생을 증가시킬 것으로 전망됨. 균열보수 기술은 현재 벽면 문제의 해결을 위해 개발될 필요성이 있음.

- 서리 피해는 자재의 기공(porous)에 의해 흡수된 수분의 결빙과 자재의 구조의 변형에 의해 발생함. 자재가 함유하고 있는 수분은 온도가 급격히 떨어지는 경우 자재의 결빙을 발생시키는 문제점이 있음.
- 태양의 중파장자외선(UV-B)에 노출될 경우 부서지기 쉬운 상태로 변형되는 플라스틱류와 고무류 자재가 변형되는 결과를 가져옴. 이것은 건물 외부에서 사용되는 위와 같은 자재들의 변형을 급속하게 진행시킬 가능성이 있음을 의미함.
- 플라스틱류와 고무류 자재의 경우와 같이 중파장자외선(UV-B) 방수량 증가는 자재의 외부 표면에 처리된 코팅의 효과를 저하시키는 부정적인 효과를 발생시키게 됨.
- 홍수는 건물에 물리적·경제적으로 큰 피해를 발생시킨다. 해수면의 상승과 폭우와 함께 홍수로 인해 해안과 범람원(flood plain)에 가까운 건물에 피해가 발생하는 빈도가 증가하고 있음.
- 건물에 대한 빗물의 침투는 절연재(insulation)로 채워진 공간을 통하여 실내로 빗물이 침투하는 문제를 발생시킬 가능성이 있음.

(3) 내부환경 및 에너지 사용

- 평균 동절기 온도의 상승은 건물 내부 환경의 변화를 가져오며 노령자의 체온저하(hypothermia) 문제의 발생을 저감시킴. 동절기 평균 기온이 1℃, 2℃, 3℃ 상승할 때 사망률은 각각 1.9%, 3.5%, 5.1% 감소하는 것으로 조사됨. 동절기 평균 기온의 증가는 풍속의 증가로 인한 통풍(ventilation rate)의 증가로 명백하게 상쇄될 것임.

- The urban heat island 효과는 전국적인 평균기온보다 높은 온도를 기록하게 되는 중요한 결과를 발생시키게 됨. 에어컨의 사용은 건물 내부의 온도는 쾌적하게 만들지만 건물 외부에는 urban heat island 효과를 발생시키게 됨.
- 주택의 동절기 에너지 사용은 반드시 감축되어야 하는 데 이는 1월 기온의 2℃ 상승은 국가 전체적인 가스 소비를 평균 5~10% 떨어뜨리는 효과가 있기 때문임. 또한 풍속의 증가로 인해 발생하는 통풍율(환기율, ventilation rates)의 증가는 이러한 효과를 상쇄시키는 결과를 가져오게 될 것임.
- 기후변화로 인한 표면 건물 표면의 액화(condensation)와 곰팡이의 성장은 주택에 중요한 문제를 발생시킴. 폭풍우에 의한 외벽의 습기 상승으로 인한 U값(단열재나 건축재료의 열전도량 표시값)의 증가는 벽 표면 온도의 저가로 인해 박테리아류(곰팡이)의 번식 가능성을 명백하게 증가시킴.
- 내부 온도의 상승은 건물의 자재와 가구로부터 solvents 가스의 소멸과 다른 오염물을 증가시킴. 장기적으로 쓰레기 매립지 가스와 라돈 가스는 지표면 온도의 상승과 거주지 내의 농도의 증가로 인해 유동성이 증가할 가능성이 있음.

제4장 대응 방안

1. 에너지 절약형 자재 사용 및 설계의 확대

- 건축물의 에너지 사용을 최소화할 수 있는 설계 방법의 도입과 시행이 절실함.

- 온실가스 발생의 최소화를 위해 현재 시행되고 있는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」과 「건축물의 에너지절약 설계기준」(건설교통부 고시 제2003-314호, 2003.1.7)'을 모든 건축물로 확대하여 적용하고, 그 내용도 더욱 강화하여야 할 것임.
- 또한 「건축물의 에너지절약 설계기준」의 적용 대상에 '리모델링 공사'를 추가로 명시하여 적용하도록 하여야 할 것임. - 기후변화가 건설업에 미치는 영향에 대한 대응 방안의 수립을 위해 가장 시급히 필요한 것은 기후변화의 실태와 건설업에 대한 영향에 대한 정확한 조사가 필요함.

2. 건축 및 설계 기준의 정비

(1) 구조 부문

- 기후변화의 가장 직접적인 영향은 풍하중(wind loads)의 증가이며, 고정하중과 부하하중은 사용재료의 형식과 건축형태가 바뀌지 않는 한 변경되지 않음. 따라서 최대 풍하중의 증가에 견딜 수 있도록 건축물에서 밀도가 높고 강한 재료와의 사용을 고려하도록 「건축법」상의 구조 기준을 정비하여야 함.
- 기후변화로 인해 온도가 높고 햇빛이 강해질 경우 석조건축, 콘크리트, 기타 재료 등에 균열이 발생하여 내구성과 빗물침투 문제가 발생함. 벽지지대, 신축줄눈, 철근 등의 위치에 관한 규정도 추가로 지정할 필요가 있음.
- 또 온도 상승과 증발산량과 속도의 증가로 발생하는 토양건조에 의한 지반이동으로 건축물이 균형을 잃고 붕괴되는 위험에도 대비하도록 관련 기준의 보완이 필요함.

(2) 대지조성 부문

- 기후변화에 대비하기 위하여 「건축법」상 대지조성과 관련하여 정비 및 보완이 필요한 내용은 수분, 위험물질, 오염물질 등이 건축물에 침투하는 것을 방지하기 위한 조치 등임.
- 대지조성과 방수에 영향을 미치는 직접적 기후변화는 강수량 증가와 평균 기온의 상승으로, 폭우, 홍수위험, 토양건조화 등의 결과가 발생할 수 있음. 따라서 대지조성과 대지배수시설에 대한 검토와 보완이 필요함.
- 고체, 액체, 기체 등의 지면 오염물질에 의한 노출에 대비하기 위해 규정의 보완이 필요함.
- 폭우나 홍수가 발생하기 쉬운 지역에서는 오염물질의 통제가 더 어려워져 억제조치를 더 쉽게 극복할 수 있거나 오염물질 확산정도나 잠재적인 악영향이 증가함. 지면과 가까운 층과 물의 바닥면 침투방지방법을 규정하여야 함.

(3) 방수 부문

- 폭우 또는 홍수로 인해 수분이 건축물 외부로부터 내부로 통과하지 못하도록 관련 규정의 보완이 필요함. 이에 대비하기 위해서는 건축품질뿐만 아니라 방법과 재료도 엄격히 검토하여야 함.
- 조적조의 공간쌓기(masonry cavity) 벽에서는 빗물침투, 렌더(render), 클래딩/오버클래딩, 발수가공(water repellent) 등을 고려하여야 함. solid wall의 경우에는 적절한 두께가 빗물침투방지에 중요한데, 클래딩이나 렌더링(rendering)을 보호 장치로 공급하도록 하여야 함.

- 플로어(floor) 아래 환기속도는 평균풍속이 높기 때문에 증가할 수 있으므로 건축 기초면에 폭우가 들어오지 않도록 더 많이 보호해야 할 필요가 있음.

(4) 환기 부문

- 거주용 건축물과 비거주용 건축물의 환기를 고려하여 열수 있는 창, 미늘창, 에어브릭, 점진적으로 여는 환기장치, 윈도 트리클(window trickle) 환기장치, 외부공기가 들어오는 도어구멍, 패시브 스택(passive stack) 환기장치 등의 규정의 보완이 필요함.
- 교통에 의한 공해가 점차 문제되고 있는 복잡한 도심에서는 오염된 공기를 피하고 제거하며 생각하는 공기조화장치를 이용하는 방향으로 규정의 보완이 필요함.

(5) 연료와 전력보존 부문

- 기후변화와 관련하여 연료와 전력 보존을 위한 적절한 규정의 제정 및 보완이 필요함. 이는 건축물구조를 통한 열손실방지, 한정공간난방관리, 온수공급관의 열손실방지, 파이프와 인공조명장치의 손실방지 등을 위해서임.
- 미래기후는 예측 불가능하므로 유연한 난방시스템이 필요하며 효과적, 효율적으로 안전하게 운전하여 건축물의 사용자나 관리자가 더 잘 관리해야 함.
- 공기정화장치의 영향과 에너지이용의 증가에 대한 내용을 수용할 수 있도록 관련 법규 및 기준의 보완이 필요함.

(6) 화재안전 부문

- 건축물을 화재확산으로부터 보호하고 화재가 시작하였음 알리는 초기경보시스템을 제공할 필요성이 높아짐. 현행 「건축법」을 풍속과 환기가 화재확산에 미치는 영향을 고려하지 않아 보완의 필요성이 있음.

3. 기후변화로 인한 피해의 책임 소재 명확화

(1) 기후변화로 인한 자연재해 피해의 책임 명확화

- 기후변화로 인한 자연재해의 발생에 대비하여 건축 법규 및 관련 기준의 정비가 없는 상태에서 건설업체는 적정공사를 수행하였음에도 불구하고 ‘부실공사’의 오명을 쓰고 책임을 부담할 가능성이 높음.
- 따라서 기후변화로 인한 피해에 대해서는 시공회사의 고의 또는 과실이 없는 이상 시공회사의 책임은 면책하도록 하여야 할 것임. 이를 위해 공사계약 일반조건에 ‘기후변화로 인한 피해의 면책’ 조항을 추가하여 건설공사 계약을 체결하도록 하여야 할 것임.

(2) 건설공기 지연의 문제

- 또 기후변화로 인해 발생한 강우일수의 증가 또는 폭염일수 및 폭한일수의 증가로 공기 지연의 문제가 발생할 경우에도 이에 대한 책임을 누가(발주자 또는 시공자) 부담하는가 하는 논란과 분쟁은 지속적으로 증가하게 될 것임.
- 기후변화로 인한 공기의 지연을 계약 체결시에 불가항력적 사유로 정하여 발주자와 시공자 간의 분쟁의 소지를 사전에 차단하는 것이 필요함.

4. 건설현장 관리 기준의 강화

- 기후변화로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 건설현장의 관리도 강화되어야 함. 기후변화로 인해 건설현장에 높은 습도와 바람이 많이 불게 될 경우 현장 사고의 발생 가능성이 높아지게 되는데 이를 위해 새로운 현장의 기후 조건에 적합한 안전관리 지침을 마련하여 현장에서 운영하여야 할 것임.

5. 「건설산업 기후변화 대책반(가칭)」의 구성 및 운영

- 기후변화가 건설업에 미치는 영향을 최소화하기 위한 대응방안의 마련을 위해 민관이 공동으로 참여하는 「건설산업 기후변화 대책반(가칭)」을 구성하여 운영하는 것을 검토하여야 함.
- 대책반의 운영은 ‘실무소위원회’를 중심으로 이루어져야 할 것으로 판단되는 데 앞에서 언급한 기후변화의 실태와 건설업에 미치는 영향의 조사 업무를 수행하는 조사통계실무소위원회와 분야별 대응방안을 마련하는 업무를 수행하는 정책실무소위원회 등의 구성·운영이 필요할 것으로 보임.

제5장 결론

- 기후변화가 건설업에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 우선적으로 기후변화가 건설업에 미치는 영향을 파악하는 것이 중요함.

- 이러한 실태를 기초로 기후변화 요인과 그 영향을 고려하여 건축관련 법규 및 기준의 정비가 필요함. 구체적으로 건축물의 구조 기준, 부지와 관련된 문제, 건축물의 방수 및 환기 문제, 연료와 전력 문제, 화재 안전 문제 등을 고려하여 관련 법규 및 기준을 정비하여야 할 것임. 또한 시설물의 기준 즉, 폭우에 대비하여 교량, 댐 등의 구조상의 강도 기준도 검토하여 정비하여야 할 것임.
- 다음으로 기후변화로 인해 발생하는 피해에 대한 책임의 명확화가 필요함. 또 건설현장의 관리를 강화하여야 할 것임.
- 정부와 민간이 공동으로 참여하는 「건설산업 기후변화 대책반」을 조직하여, 기후변화의 영향에 공동으로 대처하고 대응방안을 모색하도록 운영하여야 할 것임.
- 마지막으로 건설업체는 이러한 기후변화 요인을 기업의 경영전략으로 활용하도록 하는 것이 필요함.

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현대의 환경문제는 18세기 산업혁명을 계기로 급속하게 진행된 산업화 과정에서 사회적 유해성을 표출하기 시작하여, 현재는 인류전체의 생존을 위협하고 있는 범지구적 차원의 심각한 사회문제로 등장하였다. 특히, 대기 중의 온실가스 농도의 급속한 증가로 인하여 지구환경파괴의 일종인 지구온난화가 발생하였다. 향후 세계적으로 온실가스 감축을 위한 특별한 조치를 취하지 않을 경우 전 세계는 지구온난화(global warming)로 인한 기후변화(climate change)의 극심한 피해가 예상되고 있다.

기후변화는 기본적으로 전 세계 즉, 지구규모에서 발생하지만 그 영향은 거주 지역을 포함한 지역적 또는 국가적 규모로 나타나고 있다. 우리나라도 기상 관측과 연구결과를 기초로 지구온난화의 안전지대가 아닌 것으로 평가되고 있다. 한반도의 기온 및 해수면 상승, 강수량의 변화로 인한 홍수 및 가뭄, 각종 기상재해 발발, 태풍 등에 의한 연안지역의 범람, 전염병의 증가 등 기후변화의 각종 영향들이 국가적인 대응의 부재 속에 무방비 상태로 우리에게 다가오는 있다. 2002년 여름의 경우 최저 중심이 1959년 태풍 ‘사라’와 비슷한 태풍 ‘루사’가 한반도 전역에서 210여명의 인명피해와 5조원이 넘는 재산피해를 가져왔다. 뿐만 아니라 2003년 8월 한국의 일조시간은 평년의 절반도 안 되며 한달 동안 서울에 비가 온 날의 수는 26일에 달했다. 2001년 90년만의 극심한 가뭄, 2000년 20년만의 폭설, 해마다 기상재해의 기록도 피해도 늘어만가고 있다. 또 2003년 발생한 태풍 매미의 피해는 이러한 주장을 뒷받침하고 있다.

지난 2001년 세계 3000여명 과학자들이 참여한 ‘기후변화에 관한 정부간 협의(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)’ 3차 보고서는 21세기에 지구평균기온이 최대 5.8℃, 해수면은 88cm까지 상승할 것이라는 충격적인 전망을 하였다. 이러한 지구온난화로 인한 기후변화는 자연생태계는 물론 인간의 건강과 사회경제적 활동의 중심인 수자원, 농림수산업, 산업, 대기질, 연안지역, 거주지 등 인간의 모든 생활 영역에 큰 영향을 미칠 것으로 전망된다.

이러한 지구온난화 문제에 대한 우려는 20세기 후반부터 국제사회에서 적극적으로 논

의되기 시작하였으며 그 결과 탄생한 것이 기후변화협약이다. 현재 기후변화협약은 공동의 차별화된 원칙, 즉 선진국이 현재의 기후변화에 주된 책임이 있다는 당사국들의 인식에 따라 선진국에 대해서만 온실가스 감축 및 재정지원 의무를 명시하고 있으며, 우리나라를 포함한 개도국에 대해서는 온실가스 감축을 포함한 특별한 의무를 부과하지 않고 있다. 그러나 우리나라를 포함한 선발개도국의 경제체제는 화석연료에 대한 의존도가 높고 에너지 소비도 증가하고 있으며, 그 효율 또한 매우 낮은 상태여서 온실가스 대기 중 농도 상승 기여도는 점차 증대하고 있는 실정이다. 따라서 향후 우리나라를 포함한 선발개도국이 기후변화협약상의 의무면제를 지속한다는 것은 갈수록 어려워질 것으로 전망되고 있다.

20세기에 과학적인 문제로 출발한 기후변화 문제는 기후변화협약이 체결되면서 지구환경 문제로 부각되었으며, 교토의정서 및 그 이후의 전개 상황은 각 국가의 경제 및 국가의 성장 문제로 귀착되고 있다.

현재 우리나라는 기후변화협약에 대해서는 미미하나마 정부 차원의 종합적인 대책을 수립하여 대응방안을 검토하고 있으나, 기후변화 자체가 우리 나라 경제 전반에 미치는 영향과 그에 대한 대응방안의 검토는 대단히 미진한 상태이다.

특히, 건설산업은 21세기 최대의 이슈인 기후변화 및 기후변화협약의 영향과 이에 따른 대응 방안의 수립에 지나치게 무관심으로 일관하고 있다. 그러나 2003년 기후변화로 인한 평균 강우일수의 증가로 작업 일수의 감소라는 기후변화의 영향이 건설업에 발생하였다. 앞으로 기후변화가 지속적으로 이루어질 경우 이보다 더 심각한 문제가 계속적으로 발생할 것이다. 중요한 것은 기후변화에 대한 건설업의 대응 방안은 국민의 생명·안전과 직접적인 관련이 있다는 사실이다. 따라서 이에 대한 대비가 절실히 요구되는 시점이다.

본 연구는 지구온난화로 인해 발생하고 있는 기후변화가 건설업에 미칠 수 있는 영향과 그에 대한 대책 방향을 제시하고자 한다. 특히, 기후변화의 영향을 건설 수행 과정을 중심으로 검토하고, 해당 영향의 최소화를 위한 건설공사의 계획 또는 설계 단계에서 적절한 대응 방안과 관련 법규의 정비 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 구성

본 연구의 내용은 지구온난화로 인한 ‘기후변화’가 건설업에 미치는 영향과 대책 방안이다. 이는 ‘기후변화협약’이 건설업에 미치는 영향과 대책 방안과는 구별되는 연구의 주

제이다. 즉, 지구온난화로 인한 ‘기후변화’의 영향은 기상이변으로 인한 태풍, 폭우, 폭설, 폭염, 폭풍 등의 발생이 건설업에 미치는 영향을 검토하는 것이고, ‘기후변화협약’의 영향은 이산화탄소(CO₂)의 발생을 억제하기 위해 경제적·법적 영향을 검토하는 것이라고 하겠다.

본 연구는 ‘기후변화’와 ‘기후변화협약’의 건설업에 대한 영향과 대책 방안의 체계적인 연구를 위해 1차적으로 ‘기후변화’가 건설업에 미치는 영향과 대책 방안에 대한 연구를 수행하였다. 이번 연구 결과를 토대로 하여 2차적으로 ‘기후변화협약’이 건설업에 미치는 영향과 대책방안에 관한 연구를 수행할 계획이다.

본 연구는 크게 5장으로 구성된다. 먼저 제I장에서는 연구의 배경과 목적, 연구의 내용과 구성이 제시된다. 제II장에서는 ‘기후변화’의 원인과 현상, 그리고 앞으로의 전망에 대해 검토한다. 이와 함께 기후변화협약의 성립 및 전개 현황, 내용 및 의무사항을 검토하여 기후변화협약에 대한 대응 내용 및 방향을 제시한다. 또한 기후변화협약이 건설산업에 미치는 영향을 간략하게 검토하고자 한다.

제III장에서는 기후변화가 건설업에 미치는 영향을 검토한다. 우선 자연 재해의 증가가 건설업에 미치는 영향을 검토하고, 다음으로 기후변화가 건설현장에 미치는 영향을 검토하고, 마지막으로 건축물에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

제IV장에서는 제III장에서 검토한 기후변화가 건설업에 미치는 영향의 대응방안을 제시하고 있다. 우선은 기후변화의 원인인 온실가스의 발생을 저감할 수 있도록 에너지 절약을 유도할 수 있는 시공 및 설계의 확대가 필요하다. 다음으로 건축물의 설계 및 시공 기준의 강화 등의 건축 관련 법규 및 기준의 정비가 필요하다. 다음으로 이러한 기후변화로 인해 발생한 자연 재해가 완공 또는 시공중인 건축물에 피해를 입히거나 공기의 지연 등의 문제점을 발생시켰을 때의 해결방안을 제시하고자 한다. 마지막으로 민관이 공동으로 참여하여 기후변화에 대비하기 위한 대응방안의 마련을 위한 ‘건설산업 기후변화 대책반’의 구성을 제안하였다.

제V장은 결론으로 대응 방안의 주요 내용을 요약하여 다시 제시하고 있다. 본 연구는 국내외의 기후변화 및 기후변화협약관련 보고서 및 논문을 중심으로한 문헌조사를 중심으로 수행되었다.

4 ·기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응방안

제2장

기후변화와 기후변화협약

1. 기후변화

(1) 기후변화의 의미

기후변화란 현재의 기후계가 자연적 요인(대기, 해양, 육지, 설빙, 생물권 자신의 내적 요인과 화산분화에 의한 성층권의 에어로졸 증가, 태양활동의 변화, 태양과 지구 천문학적 상대위치 관계 등의 외적요인)과 인위적 요인(화석연료 과다사용에 따른 이산화탄소 등 대기 조성의 변화, 토지피복의 변화, 삼림파괴 등)에 의하여 점차로 변화하는 것을 의미한다.

1980년 이후 지구의 기후는 지구온난화 효과, 여러 가지 기상이변의 출현 등 과거와 다른 기후변화를 겪고 있다. 또 최근에는 ‘엘니뇨(el nino)’¹⁾, ‘라니냐(la nina)’²⁾의 강도가 강화되고, 과거의 관측 최고치를 갱신하는 이상 기상 출현 등이 두드러짐에 따라서 인류의 생명은 위협받고 있다.

일반적으로 기후는 ‘일기의 평균값’으로 정의하기도 하나, 기후시스템을 고려하는 시간 스케일이 커지면서 대기와 상호작용을 일으키는 넓은 의미의 지구 물리학적 시스템과 관련된 부분도 기후의 정의에 포함되어진다.

「기후변화에 관한 국제연합기본협약(UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change)」은 지구온난화에 의해 기후변화가 발생한 몇 세기 동안의 기후시스템을 “대기권, 수권, 생물권, 지리권의 총체성 그리고 그들의 상호작용” 이라고 정의하였다.³⁾

기후변화는 인간의 활동에 의한 온실효과와 화산폭발로 인한 성층권 에어러졸의 증가 등과 자연적인 원인에 의한 효과를 포함하여 전체 자연의 평균적인 기후변동을 나타내는 것이다. 이러한 기후변화의 정의를 복잡하게 만드는 것 중의 하나는 제한된 공간 스케일

1) 엘니뇨는 학자나 국가에 따라 약간씩 다르게 정의되고 있으나 기상학자들은 열대 동태평양 적도부근 해수면 온도가 5개월 이상 평년보다 0.5도 이상 높은 상태가 지속될 경우를 ‘엘니뇨’로 정의한다.

2) 엘니뇨와 반대로 동태평양 해수면 온도가 5개월 이상 평년보다 0.5도 이상 낮은 경우를 말함.

3) 한국환경정책·평가연구원 홈페이지 참조(<http://www.kei.re.kr>)

에서의 인간 활동에 의한 기후의 변화이다. 즉, 고도로 도시화된 지역이 그렇지 않은 지역과 비교하여 기온이 더 높은 열섬현상이 발생하는 것은 그 좋은 예라 할 수 있다.

기후변화 기본협약의 목적을 위한 기후변화의 정의에서는 “직접적 또는 간접적으로 전체 대기의 성분을 바꾸는 인간 활동에 의한, 그리고 비교할 수 있는 시간동안 관찰된 자연적 기후변동을 포함한 기후의 변화” 라고 표현하고 있다.

기후변화를 그 원인이 어디에 있든 전형적인 기후변화의 정의를 나타내는 ‘30년 평균 기후의 변화’로서 단순히 표현하려는 견해도 있다. 최근 들어서 기후변화 개념은 과학 논문과 국제 토론회에서 여러 가지 다른 의미로 받아들여지고 있다. 기후변화의 원인은 다음의 <표Ⅱ-1>에 정리하였다.

<표Ⅱ-1> 기후변화의 원인

요 인		원 인
자연적요인	내적요인	· 대기·해양·육지·설빙·생물권 등
	외적요인	· 화산 분화에 의한 성층권의 에어로졸(부유 미립자) 증가 · 태양 활동의 변화, 태양과 지구의 천문학적 상대위치 관계 등
인위적 요인		· 화석연료 과다 사용에 따른 이산화탄소 등 대기 조성의 변화 (온실효과에 의한 지구 온난화) · 인위적인 에어로졸에 의한 태양 복사의 반사와 구름의 광학적 성질의 변화 (산란 효과에 의한 지구 냉각화) · 과잉 토지 이용이나 장작과 숲 채취 등에 의한 토지 피복의 변화 등
국지적 요인		· 인공 열 등에 의한 도시 기후의 변화 등

(2) 기후변화 현황 및 예측

1) 현황

지구의 대기는 약 80%의 수증기와 이산화탄소 및 이산화황을 포함한 온실가스들로 구성되어 있다. 지구의 대기 중에 포함된 온실가스들은 태양 및 지구의 열을 흡수하는 온실효과(greenhouse effect)를 통하여 지구의 온도를 일정 수준으로 유지시키고 있다.

현재의 지구 평균 온도는 약 15℃이나, 온실효과 부재 시의 온도는 -18℃ 정도로 낮아지게 된다. 그러나 19세기 후반에 시작된 산업혁명 이후 화석연료 사용의 증가로 대기 중 온실가스가 급속히 증가하게 되었으며, 이에 따른 온실효과의 증대(enhanced

greenhouse effect)로 지구의 온도 상승 즉 지구온난화(global warming)를 유발한 것으로 과학자들은 주장하고 있다.

지구온난화를 유발하는 대기 중 온실가스는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수화불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 6불화유황(SF₆) 등으로 산업혁명 이래 화석 연료의 연소, 산림 파괴 등 인간의 여러 활동에 기인하여 크게 증가하였다.

이러한 온실효과로 지구온난화의 지표인 지구표면온도는 20세기 동안 $0.6\pm0.2^{\circ}\text{C}$ 상승하였다.⁴⁾ 온도 상승 유형은 우리나라가 속해 있는 북반구에서 온도 상승이 더욱 크게 일어나고 있으며, 해양보다 육지 쪽에서 더 높은 온도 상승을 나타내고 있다. 이와 같은 지구온도 상승유형은 지난 1,000년간 유래가 없는 높은 상승이다. 지난 20년간은 20세기에서 가장 더웠던 시기로 나타났으며, 지난 100년간 가장 더웠던 12개의 연도는 모두 1983년 이후에 나타났다.

20세기 100년간 지구온도 상승과 더불어 해수면도 같은 기간 동안 10~20cm 상승하였다. 해수면 상승과 관련하여 극지방을 제외한 전 세계의 빙하가 감소하는 현상이 관측되고 있다. 지구온난화와 관련하여 강수의 유형도 변화하고 있으며, 강수의 상당 부분이 폭우 형태로 내리고 있는 것이 관측되고 있다. 세계의 많은 지역에서 기상이변 발생률이 크게 증가하고 있으며, 극심한 가뭄과 홍수를 유발하는 엘니뇨현상도 그 크기나 발생 빈도 및 지속성이 1970년대 중반 이후 증가한 것으로 나타나고 있다.

2) 예측

기상연구소의 기후변화모델⁵⁾을 이용한 장기(1860~2100년) A2(B2)시나리오⁶⁾ 모의실험 결과⁷⁾, CO₂ 농도가 820ppmv(610ppmv)인 2100년에 지구기온은 현재보다 평균 4.6℃(3.0℃) 정도 증가하고, 동아시아 지역(80°E~180°, 20°N~60°N)은 지구평균보다 높은 6.5℃(4.5℃)가 증가할 것으로 예측되었다. 2100년에 지구의 평균강수량은 약 4.4%(2.8%)가 증가할 것이며, 동아시아 지역의 강수량은 10.5%(6.0%)가 증가할 것으로 예측되었다.

다양한 기후변화 시나리오로 2020년대, 2050년대, 그리고 2080년대의 동아시아 지역의 기온, 강수량의 추세변화를 분석한 결과를 보면, 동아시아 평균기온은 A2시나리오에서

4) IPCC, 「Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability」, Cambridge Univ. Press, UK, 2001.

5) 독일 Marx Planck 연구소의 ECHAM4/HOPE 모델임.

6) IPCC Special Report on Emissions Scenarios(1999)의 A2 및 B2 시나리오임.

7) A2 시나리오는 온실가스 배출량이 급격히 증가하는 경우로서 발전지향적인 경제사회를 가정하였음. 이에 반해 B2 시나리오는 온실가스 배출량의 증가세가 비교적 완만한 경우로서 기후변화협약이 잘 지켜지는 환경보전지향적인 사회를 가정하였음.

2020년대에 1.2℃, 2050년대에 2.4℃, 2080년대에 4.0℃ 상승하고, B2시나리오에서 각각 1.2℃, 2.3℃, 3.0℃ 상승하는 것으로 전망되었다. 동아시아 평균강수량은 A2시나리오에서 각각 0.6%, 2.4%, 5.4% 증가하고, B2시나리오에서 각각 1.4%, 2.6%, 4.0% 증가하는 것으로 전망되었다. 동아시아 지역의 기후변화 전망을 계절별로 보면, 겨울과 봄의 기온 상승이 여름에 비하여 약간 높다. 그리고 동아시아의 북서지역에서 기온이 가장 높게 상승하고, 강수량은 유라시아 대륙 연안에서 변화가 클 것으로 전망되었다.

21세기 지구온난화에 기인한 인위적인 기후변화는 엘니뇨현상과 같은 상태가 우세할 것으로 예측되고 있다. 기후의 온난화로 인해 수증기의 증발이 증가하고, 지구 평균강수량과 폭우 빈도도 증가하는 것으로 나타났다. 강수량은 지역적 및 계절적으로 증가 또는 감소 등 그 차이가 크게 나타나는 것으로 예측되고 있으며, 강수량이 증가하는 지역에서도 증발의 증가로 인하여 유출 및 토양 수분의 감소가 나타날 수 있다. 21세기의 인위적인 기후변화는 세계의 많은 지역에서 이상 고온, 폭우, 토양 습도 부족, 열대성저기압(태풍) 강도 증가, 홍수, 가뭄, 산불, 전염병 등의 발생률 등 다양한 기후변화를 유발할 것으로 예상하고 있다.

(3) 기후변화의 영향

지구온난화로 인한 기후변화는 지구의 자연생태계 및 인간의 사회경제시스템 및 건강에 막대한 영향을 미칠 수 있다. ‘기후변화에 관한 정부간 협의(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)’ 3차 보고서에서 기후변화가 자연 및 인간에 미칠 수 있는 영향에 대하여 평가한 결과, 최근의 기후변화에 의하여 자연생태계, 사회·경제시스템(수자원, 농업, 임업, 수산업, 거주지 등) 및 인간의 건강 등은 이미 많은 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 21세기에 가속될 것으로 전망되는 기후변화는 지역 및 대상 분야에 따라 악영향 및 좋은 영향이 공히 나타날 수 있는 것으로 예측되지만 대부분의 사람들이 기후변화에 의해 악영향을 받을 것으로 평가되고 있다.

1) 자연생태계

먼저 지구온난화에 의한 자연생태계의 영향으로는 나무들의 조기 개화, 새들의 조기 산란, 북반구에서 성장기간의 증대, 곤충, 식물 및 동물 서식 범위의 고도 상승 및 산호의 백화 현상 발생률 증가 등이 있으며, 이들 영향으로 생태계 구성 및 생산성을 변화시키며 생물다양성을 감소할 것으로 예측되고 있다. 또한 기후변화는 냉수성 어종의 서식

지 감소와 온수성 어종의 서식지 확대를 통하여 어종의 분포 경계를 극쪽(poleward)으로 이동시키며, 많은 생물 종 및 집단은 기후변화와 더불어 및 토지 이용 변화에 의한 서식지 감소로 큰 위협에 처할 것으로 예상되고 있다. 지구온난화가 크게 나타나는 고위도에 서식하는 생물 종들은 기후변화에 크게 영향을 받고 있어 이들 자연생태계가 사회에 제공하는 식량, 섬유, 의약품, 오락 및 관광, 영양염 순환, 수질, 물 유출, 토양 침식, 대기질 및 기후 제어와 같은 생태 서비스에 파급적으로 영향을 줄 것으로 예상되고 있다. 산림 또한 기후변화에 취약하며 그 중에서도 아한대 산림시스템이 기후변화에 가장 취약할 것으로 평가되고 있다. 산림 분포와 산림 종들은 기온 및 강수 변화, 기상 이변, 전염병 및 산불에 영향을 받으며 그 결과 숲이 말라죽거나, 연령 조성의 변화, 탄소 농도 감소를 가져올 수 있다. 그 결과 현재 지구의 육상 탄소 흡수 능력은 21세기 전반부 동안 증가할 것이나, 그 이후는 일정하거나 감소할 것으로 예측되며, 22세기말까지 삼림계는 탄소의 흡수원이 아닌 공급원이 될 것으로 예측되고 있다.

2) 사회·경제시스템

지구온난화는 인간의 생활과 밀접한 수자원에 심각한 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 현재 세계 인구의 약 1/3인 17억 인구가 물 부족 지역에 거주하고 있으며, 인구증가를 감안하면 그 인구는 2025년에 약 50억으로 확대될 것으로 예상된다. 기후변화는 세계의 건조한 지역에서 물 부족 현상을 심화시킬 수 있는 것으로 예측되며, 따라서 이미 가뭄이 규칙적으로 일어나는 지역에서는 가뭄의 크기 및 빈도가 더욱 증대할 위험이 존재하고 있다.

지구온난화에 의한 기후변화는 농업생산성에 큰 영향을 미치는 것으로 파악되고 있다. 현재 전 세계적으로 약 8억 명의 인구가 영양실조 상태에 있으며, 세계의 인구증가가 지속되고 국가들의 수입이 상승함에 따라 식량소비는 30~40년 후에 현재의 2배가 될 것으로 예상된다. 따라서 지구온난화에 의한 농업생산성의 변화는 세계의 모든 국가에서 매우 큰 관심사이다. 일반적으로 적은 기후변화에 대한 농작물의 생산성은 중위도 및 고위도에서는 증가하는 경향이 있으나 온도상승이 2~3℃ 이상이면 중위도에서 생산성이 감소하는 것으로 예측되고 있다. 그렇지만 열대 및 아열대 지역은 건조지역 및 관개되지 않은 지역이 절대 다수인 관계로 적은 온도 상승에도 농업생산량이 감소할 것으로 예상되고 있다. 특히 세계의 최고 빈곤층이 사는 열대와 아열대 지역은 21세기 기후변화로 총 농업생산량의 30%까지 감소될 수 있는 것으로 평가되어 식량 부족의 위험이 크게 증대될 것으로 예상된다.

지구온난화는 지구면적의 70% 이상을 차지하는 해양의 수면을 상승시키는 것으로 나타나고 있다. 해수면 상승은 연안 저지대 및 습지의 범람 증대와 이동, 연안 침식 증대, 폭풍 해일 및 홍수의 위험 증대, 표층수 및 지하수의 염분 침투 등의 영향을 줄 수 있으며 이로 인하여 사회 경제시스템에 다양한 경로로 악영향을 미치는 것으로 나타나고 있다.

해수면 상승이 사회 기반 시설 및 경제 활동에 미치는 영향으로는 우선 주요 사회 기반 시설인 항구, 연안 도로, 철도, 빌딩 등과 연안 산업인 석유 및 석유 화학 공장, 그리고 서비스업인 관광에 대한 위협이 발생할 수 있다.

다음으로 토지 및 건물 재산 가치 하락과 해수면 상승 영향에 대한 보호 비용 증대, 보험료의 증대, 정치적 제도적 불안 및 사회 동요 등을 유발할 수 있다. 이와 함께 직접적인 영향을 받을 주민 및 국가가 겪을 정치적, 경제적, 제도적, 문화적 스트레스도 상당히 클 것으로 예상되고 있다.

현재 세계적으로 4,600만 명의 인구가 매년 폭풍 해일에 의한 홍수를 경험하고 있다. 50cm의 해수면 상승이 일어나면 9,200만 명, 1m 해수면 상승은 1억 1,8000만 명으로 이 수치가 증가할 것으로 예상되며, 이 예상치에 인구성장 예측을 추가하면 그 수치는 훨씬 증가할 것이다. 1m 해수면 상승이 발생할 경우 육지 손실은 이집트의 경우 1%, 네덜란드 6%, 방글라데시 17.5%, 마살군도는 약 80%에 달하며 수천만 명의 주민이 거주지를 옮겨야 하고 저지대 소형 군도 국가에서는 전 국토가 유실될 가능성이 있다.⁸⁾ 예를 들어 투발루 연안역은 지구온난화 및 기후변화에 가장 취약한 부분 중의 하나로 평가되고 있다. 일본의 경우 1m 해수면 상승에 대한 인프라 시설의 유지 보호를 위하여 11조 5,000 엔의 비용이 들며, 전 일본 연안을 보호하기 위한 비용은 1993년을 기준으로 20조엔 이상이 드는 것으로 추산하였다.

8) 환경부, 기후변화협약 대응 체제 연구, 2002. 4.

<그림 II-1> 기후변화 영향 및 대응조치

	영향	대응 조치
기 후 변 화	<ul style="list-style-type: none"> ▶작물재배 가능지역의 복상 ▶작물의 생산성 위협 ▶농업생태계 생산성 및 안정성 장애 	<ul style="list-style-type: none"> ▶농작물 재배방법 ▶품종육성 ▶지역별 재배작물 변화
	<ul style="list-style-type: none"> ▶산림식생대의 이동 ▶산림생태계 구조 변화 ▶산림재해 증가 ▶병해충 발생추이 변화 	<ul style="list-style-type: none"> ▶생물다양성 보전체계 수립 ▶산림 생산성 유지 대책 수립 ▶산림재해 방지대책
	<ul style="list-style-type: none"> ▶수온변화로 인한 해양생태계와 수산자원의 변동 ▶해수면의 상승으로 연안침식과 연안시설물 유실 	<ul style="list-style-type: none"> ▶수산자원 변동에 대한 대응방안 ▶한반도 해수면상승 영향평가 및 대응 ▶연안침식 및 연안 구조물 방어대책 수립
	<ul style="list-style-type: none"> ▶홍수, 가뭄 및 태풍으로 피해 증가 ▶수자원의 양적, 질적 저하로 피해 증가 	<ul style="list-style-type: none"> ▶재해 대응 방안 수립 ▶수자원 확보 대책
	<ul style="list-style-type: none"> ▶더위로 스트레스와 질병 증가 ▶전염성 질병체의 분포변화로 전염병 이동의 증가 	<ul style="list-style-type: none"> ▶질병 예방활동의 강화 등 ▶전염병 유행 예측 사업

참고 : 산업자원부, 기후변화협약에 의거한 제2차 대한민국 국가보고서, 2002.

3) 인간의 건강

지구온난화가 인간의 건강에 직접적으로 미치는 영향으로는 열 관련 사망률의 증가나 열과 증가에 기인하는 질병 등이 있다. 간접적인 영향으로는 병원 매개체의 범위 및 계절의 확장으로 매개성 감염병(말라리아, 뎅그열, 황열병, 뇌염 등)의 전염 가능성이 증가한다. 21세기 기후변화시나리오하에서 말라리아와 뎅그열의 전파 가능 지역이 늘어나 세

계 인구의 40~50%가 위의 두 가지 질병에 노출될 수 있는 것으로 나타났다. 곤충, 음식, 물을 매개로 전염되는 많은 질병은 기후변화에 민감한 것으로 알려져 있다. 지구온난화로 살모넬라증, 콜레라, 음식물과 수인성 감염과 같은 비매개성 질병의 증가도 일어날 수 있으며, 식량 확보가 어려운 지역에서 식량생산에 미치는 영향과 경제적 전위 및 거주지 이전(해수면 상승)은 광범위하게 건강 문제에 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 에어컨의 사용 증가로 인한 라제오넬라균으로 인한 피해도 증가할 것으로 전망된다.

(4) 한국의 기후변화 및 영향 개요

1) 온실가스의 증가

우리나라의 온실가스 증가는 1999년부터 2001년까지 연평균 증가율이 5.2%로 나타나고 있다. 특히 연평균 이산화탄소 농도는 1991년 360ppm에서 매년 1.4 ~ 1.5ppm 씩 증가하여 1997년에는 368.7ppm으로 나타났다. 이러한 이산화탄소 상승 추세는 미국 해양기상청 (NOAA)의 세계 49개 공식관측 지점 중 가장 높은 상승치를 기록한 것으로 나타났다.

<표Ⅱ-2> 온실가스 총배출량 관련 주요 지표

구분	1990	1995	1998	1999	2000	2001	1999~2001 연평균 증감률(%)
온실가스 총배출량 (천TC)	84,738	123,445	123,974	135,542	144,259	148,038	5.2
1인당 온실가스 배출량(TC/인)	1.98	2.74	2.68	2.91	3.07	3.13	4.3
온실가스/GDP (TC/백만원,95)	0.322	0.327	0.314	0.310	0.301	0.300	-0.6

참고 : 산업자원부, 2002.

<표Ⅱ-3> 국가 온실가스 배출통계 추이 (1990년~2001년)

(단위 : 천TC)

구 분	1990	1995	1997	1998	1999	2000	2001
총배출량 (배출원)	84,738	123,445	143,994	123,974	135,542	144,259	148,038
순배출량 (배출원과 흡수원)	78,262	117,651	135,566	114,025	125,120	134,102	138,590
1. 에너지부문	67,567	101,490	118,530	102,335	111,528	119,601	123,540
가. 연료연소(부문별)	66,090	100,604	117,475	101,343	110,413	118,400	122,282
1. 에너지산업	10,365	22,691	30,717	25,910	28,707	34,333	37,632
2. 제조업 및 건설업	22,373	33,868	38,343	35,920	37,329	38,680	38,804
3. 수송	11,574	21,044	23,705	20,099	21,942	23,770	24,432
4. 광업, 농림어업, 가정/상업, 공공/기타	21,779	23,001	24,709	19,414	22,434	21,617	21,413
5. 기타	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
나. 탈루성 배출	1,477	885	1,056	992	1,116	1,201	1,259
1. 석탄생산	1,318	438	345	334	321	318	292
2. 석유 및 천연가스 시스템	159	448	711	658	794	883	967
2. 산업공정	5,428	12,747	15,813	12,393	14,933	15,886	15,755
가. 광물산업	4,852	8,435	8,820	7,095	7,326	7,617	7,881
나. 화학산업	280	1,173	1,282	1,669	1,941	2,127	2,251
다. 금속산업	27	38	46	36	34	39	38
라. 기타산업	0	0	0	0	0	0	0
마. HFCc, PFCs, SF ₆ 생산	268	712	888	530	993	883	152
바. HFCc, PFCs, SF ₆ 소비	0	2,389	4,777	3,065	4,639	5,220	5,433
사. 기타	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3. 솔벤트 및 기타 제품 소비	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4. 농업	4,798	4,917	4,910	4,821	4,656	4,519	4,405
가. 장내발효	704	1,023	1,058	970	858	771	722
나. 분뇨분해	588	812	856	832	799	782	784
다. 벼논경작	2,349	1,992	1,931	1,962	1,957	1,967	1,980
라. 농업용 토양	1,157	1,090	1,065	1,057	1,042	999	919
5. 토지이용변경 및 임업 (흡수원)	-6,476	-5,793	-8,428	-9,949	-10,422	-10,156	-9,448
가. 산림 및 기타 목질 바이오매스 저장량 변화	-7,155	-6,867	-9,564	-11,087	-11,552	-11,299	-10,610
나. 산림 및 초지 전용	46	71	79	82	84	84	88
다. 경영 토지의 방치	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
라. 토양의 CO ₂ 배출 및 흡수	633	1,002	1,057	1,057	1,046	1,059	1,074
마. 기타	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
6. 폐기물	6,945	4,291	4,740	4,425	4,425	4,254	4,337
가. 고형 폐기물 매립	6,400	3,383	3,654	3,339	3,191	2,793	2,639
나. 생활하수 처리	288	282	283	281	282	279	283
다. 산업폐수 처리	51	59	49	47	50	45	45
라. 폐기물 소각	206	567	755	758	902	1,137	1,370
마. 기타	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

참고 : 산업자원부, 2002.

우리 나라의 최근 온실가스 배출에 관한 내용은 <표Ⅱ-3>에 제시되어 있다. 2001년 총 온실 가스 배출량은 148,038,000TC로 전년에 비해 2.6% 증가한 것으로 나타났으며, 1990~2001년까지의 증가율은 5.2%로 나타났다.

향후 우리 나라의 온실 가스는 현재의 산업구조 변화추세가 그대로 이어지고 획기적인 온실가스 감축 노력이 추가로 시행되지 않을 경우 전망기간동안 온실가스 배출량은 증가세가 유지될 전망이다. 한국의 2020년 온실가스 배출량은 2000년 대비 70% 늘어날 전망이다. 그러나 전망기간동안 이산화탄소 집약도는 에너지 소비효율이 높아지고 청정에너지 보급이 확대되어 점차 낮아질 것으로 예상된다.

<그림 Ⅱ-2> 온실가스 배출 추이 전망(2000~2020년)

지수(2000년=100)



참고 : 산업자원부, 기후변화협약에 의거한 제2차 대한민국 국가보고서, 2002.

2) 온도

이산화탄소 농도증가와 더불어 우리나라의 기온도 지난 1908년 관측을 시작한 이래 꾸준히 상승한 것으로 나타났으며, 기상연구소에 의하면 우리나라는 1980년대 후반부터 기온이 현저하게 상승하고 있는 것으로 관측되고 있다. 1908년부터 1940년까지 우리나라 연평균 기온은 10~1℃ 정도였으나 1970년대부터 최근까지에는 12~13℃로 나타났으며, 1960~1965년간 4월의 평균기온은 11.5℃ 였으나 1995~2000년간 4월의 평균기온은 12.9℃로 그 상승률이 지구평균치보다 높은 경향을 보이고 있다.

기후변화와 관련하여 각종 기상이변이 속출하고 있다. 1960년대 서울의 최저기온이 영하 10℃ 이하인 날은 평균 11.3일이었으나 1990년대에는 3.8일로 감소하였고, 하계의 열대야(기온 25℃이상) 현상도 1960~1970년대에는 연간 4.2일이었으나 1991~2000년 사이에는 8.2일로서 약 2배가 증가하였다. 하계기간동안의 호우로 인한 재해 발생빈도도 1930년대에는 연평균 2.2회였으나 1940~1970년대에는 5.3회, 1980~1990년대에는 8.8회로 증가하고 있다. 우리나라의 대표적 기후특성인 사계절의 구분이 뚜렷하지 않는 것과 겨울철 우리나라 날씨의 대표적 특성이었던 삼한사온의 현상도 사라지고 있는 특성을 보이고 있어 일련의 기후변화 및 기상재해가 지구온난화와 관련이 있는 것으로 보고되고 있다.

21세기 지구온난화 예측실험⁹⁾ 결과 대기 중 이산화탄소 농도가 2배가 되는 시점인 2070년에 우리나라 기온은 1~4℃ 상승할 것으로 예측되고 있으며 상승률은 10년에 0.15~0.50℃ 정도인 것으로 예측되었다. 지역별로는 동해안과 북한지역의 기온상승이 중부나 서해안보다 크게 예측되고 있으며 계절별로는 동계가 하계보다 클 것으로 예측되고 있다.

3) 강수량

한반도의 강수패턴 변화 지역별 및 계절별로 차이가 클 것으로 예측하고 있다. 지역별로 한강, 영산강, 섬진강 유역과 남해안 및 제주도에서는 상대적으로 많은 강우가 있으나 낙동강의 내륙지방과 영산강에서는 비교적 적게 비가 내리고 있다. 계절별로는 비가 많이 내리는 6~9월 사이 연강수량의 2/3이 집중되고 10~3월 사이에는 1/5 수준으로 강우의 집중현상 패턴이 나타나고 있어 하계에는 집중 호우로 홍수가 자주 발생하며 겨울과 봄에는 강수 부족으로 가뭄이 들어 수자원 관리에 어려움을 줄 것으로 예상된다.

21세기 지구온난화 예측실험 결과 대기 중 이산화탄소 농도가 2배가 되는 시점인 2070년에 우리나라 연평균 예상 강수량은 5% 감소부터 25%의 증가까지 다양하게 예측되고 있으며, 그 변화폭은 하계에 더욱 큰 것으로 예측되고 있다. 따라서 21세기 기후변화는 한반도에서 극심한 가뭄과 홍수의 빈도 및 강도의 증가를 유발할 수 있는 것으로 예상되고 있다.

4) 해안 온도

9) 한국과학기술원, 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄, “기후변화가 수문과 수자원에 미치는 영향(김승, 정성원, 김현준)”, 1993.

지구온난화에 따른 기온상승에 의하여 우리나라 주변해역의 수온도 꾸준히 상승하는 것으로 국립수산진흥원의 연안관측정점들의 관측결과로 보고되고 있다. 강릉 연안의 경우 겨울철 수온이 지난 100년간 2.0℃ 상승하였으며 울진 연안은 1.8℃ 상승한 것으로 보고되고 있다. 우리나라 연안의 장기간의 수온 관측결과 겨울철의 수온상승이 다른 계절에 비하여 크게 나타나고 있다.

우리나라 연안 지역의 수온상승과 더불어 서식 어종의 변화도 나타나고 있다. 수산진흥원에 의하면 동해의 대표적인 한류성 어종인 명태, 청어가 그 생산량이 급감하는 반면 난류성 어종인 오징어 등의 생산이 증가하고 있으며 제주도 연안에 아열대성 어종인 다랑어가 어획되는 등 우리나라 해양의 온난화 및 그 영향도 이미 관측되고 있는 실정이다.

우리나라 연안 지역의 수온상승과 더불어 해수면도 꾸준히 상승하는 것으로 나타났다. 미국 NASA의 Topex/ Poseidon 위성자료를 분석한 결과 동해의 해수면이 지난 9년간 연평균 4.6mm 정도 상승한 것으로 보고하였다.¹⁰⁾ 태풍 및 조석 등에 의하여 이미 피해를 주기적으로 입고 있는 우리나라의 연안역은 향후 해수면 상승과 더불어 그 피해가 확대될 것으로 전망되고 있다. 또한 우리나라 적조현상의 증가, 백화현상의 확대 등 해양에서 지구온난화와 관련되었을 것으로 암시되는 많은 현상들이 나타나고 있으나 이들 현상들과 지구온난화와 인과관계에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

5) 기타

국립환경연구원 연구¹¹⁾에 의하면 1993년 이후 우리 나라에서 다시 발생하고 있는 말라리아의 경우 상대적으로 증가하고 있는 경향을 보고하였다. 말라리아와 더불어 최근 세균성 이질, 식중독, A형 간염의 전염병이 다시 증가하는 추세에 있으며 이는 지구온난화와 관련이 있다.

현재 우리 나라는 온대 기후대로 말라리아 발발 지역의 경계지역에 해당하나 지구온난화에 의한 기온 증가로 발발지역으로 포함되는 것으로 나타났다.¹²⁾ 지구온난화와 관련한 직접적인 질환으로 1994년 흑서에 의한 사망률 증가가 보고되었으나 그 원인이 기상요인에 의한 것인지에 대한 평가는 수행되지 못하고 있다.

10) 조광우·김지혜, 「지구온난화에 따른 한반도 주변의 해수면 변화와 그 영향에 관한 연구 I」, 한국환경정책평가연구원조 등, 2001.

11) 국립환경연구원, 지구온난화에 따른 한반도 영향평가 및 적응전략 기술개발. 2000.

12) P. Martens, Health and Climate Change, Earthscan, London, 1988.

2. 기후변화협약

(1) 기후변화협약의 성립과정 및 현황

기후변화협약(UNFCCC)은 지구온난화 문제를 전지구적 차원에서 공동대응하기 위하여 1992년 브라질 리우회의에서 채택한 환경협약으로 우리나라는 1993년 12월 세계47번째로 가입, 1994년 3월에 발효되었다.¹³⁾ 동 협약은 ‘공통의 그러나 차별화된 책임원칙(common but differentiated responsibilities)’에 따라 모든 국가가 지구온난화 방지를 위해 각국의 능력 및 사회·경제적 여건에 따라 대응하며 선진국이 선도할 것을 명시하고 있다.¹⁴⁾

이에 따라 협약 당사국들은 공통적으로 온실가스 감축 국가전략 수립 및 국가보고서 제출 등을 이행하되, 온실가스 감축 의무부담에 있어 Annex I(선진국 및 동구권 국가 등) 및 Non-Annex I으로 구분하여 각기 다른 의무를 부담하고 있다.

교토의정서는 1997년 일본 교토에서 열린 기후변화협약 제3차 당사국총회에서 동 협약의 실질적 이행을 위해 선진국의 온실가스 감축의무를 규정한 것으로, 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수화불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 6불화유황(SF₆) 등 6종류의 온실가스에 대해, Annex I 41개국 중 터키·벨라루시를 제외한 39개국(EC포함, 이들을 Annex B라 칭함)은 2008~2012년(1차 공약기간) 동안 온실가스 배출량을 1990년 대비 평균 5.2%로 감축할 것을 명시하고 있다.

또한 자국 내에서의 온실가스 감축 이외에도 배출권거래제(Emission Trading), 청정개발체제(Clean Development Mechanism), 공동이행제도(Joint Implementation) 등 경제적 수단을 통한 온실가스 감축수단도 인정하고 있다.

2002년 10월 인도의 뉴델리에서 개최된 제8차 당사국총회(COP-8)에서는 EU등 선진국과 개도국간에 견해 차이가 커 진통이 있었으나 결국 개도국의 주장이 대부분 반영된 델리선언문(Delhi Declaration)이 채택되었고 제7차 당사국총회에서 타결되지 못한 교토의정서 운영규정이 대부분 타결되었다.

델리선언문은 “모든 당사국은 기후변화 적응 및 온실가스 감축에 주력하며 빈곤퇴치, 경제성장이 기후변화의 전제 조건임을 인식하여, 공통의 차별화된 원칙에 따라 각국은

13) 2003년 10월 현재 188개국이 가입하고 있다.

14) 환경백서, 2003. 환경부.

현재의 의무를 다하며 정보교환, 기술이전, 대체에너지 기술개발 등에 노력한다” 는 것을 그 주요내용으로 하고 있다.

교토의정서는 55개국 이상 국가가 비준하고, 비준한 Annex B 국가의 온실가스 배출량 (1990년 기준)이 전체 Annex B 국가 배출량의 55% 이상을 차지하면, 90일 이후에 발효하게 된다. 2003년 1월 현재 188개국이 비준하고 비준한 선진국의 배출량이 43.9%이므로 발효요건을 만족시키지 못하고 있으나 온실가스 배출량의 17.4%를 차지하는 러시아가 2002년 8월 개최된 ‘지속가능한 발전을 위한 세계정상회의’(WSSD, world summit on sustainable development)에서 연내 비준의사를 표명하였다. 2002년 10월 제8차 당사국 총회기간 중 러시아 국내비준 절차에 따른 기간소요를 밝히는 등 러시아 비준에 대한 불확실성이 증가한 것은 사실이지만, EU의 강한 압력으로 2004년내 비준을 조심스럽게 전망하고 있다.

1990년 기준 세계 온실가스 배출량의 1/4, 선진국 배출량의 36%를 차지하는 미국의 경우, 개도국의 감축의무 결여 및 미국 경제에 대한 부담 문제 등을 사유로 2001년 3월 교토의정서에 대한 반대입장을 발표한 이래, 2002년 2월 교토의정서와는 다른 자국의 기후변화정책(온실가스 배출한도를 경제성장에 연동시키는 배출집약도 방식으로 기업에 대한 영향을 최소화하려는 방식)을 발표하면서 교토의정서에 대한 불참입장을 재확인하였다.

호주도 미국의 정책에 동의하며 비준에 반대하고 있으나, 제7차 당사국총회 협상타결을 주도한 EU는 2002년 5월 가입 국가의 비준을 완료하고 일본도 2002년 6월 비준한 이후 교토의정서 이행을 위한 협상 및 대책에 적극적으로 대응하고 있다.

EU는 제8차 당사국총회에서 온실가스 감축이 기술변화와 경제발전을 위한 강력한 원동력임을 강조한 반면, 중국과 인도, 사우디를 중심으로 한 개도국은 기후변화와 지속가능한 개발이 균형을 이루어야 하며 선진국이 우선적으로 온실가스 감축에 선도적 역할을 한 이후 개도국이 자국내 실정에 따라 감축 노력에 참여해야 한다는 주장을 견지하고 있는 바, 온실가스 감축의무 대상에 개도국이 포함되는 것에 적극 반대하고 있다.

(2) 기후변화협약의 주요 내용 및 의무사항

1) 주요 내용

기후변화협약은 전문(前文)과 26개 조항으로 구성되어 있으며 각국의 의무사항, 재정지원, 기술이전, 조직사항 등으로 대별된다. 의무사항은 온실가스 배출억제를 위한 각국의 의무사항을 규정하고 있으며, 일반의무사항과 특별의무사항으로 구분된다. 그리고 기후변

화협약의 궁극적인 목적은 지구온난화의 억제에 있다.

과거 50년 동안 관측된 온난화의 대부분은 인간활동에 의해서 야기된 것이며, 지구의 평균기온은 20세기에 약 0.6℃ 상승했다. 2100년에는 1990년 대비 1.4~5.8℃씩 상승하고 세계의 해수면은 최대 88cm 상승할 것이다. 기후변화협약은 기후시스템에 대하여 인류의 활동에 의해 발생하는 위험하고 인위적인 영향이 미치지 않도록 대기 중 온실가스의 농도를 안정화시키는 것을 궁극적인 목적으로 한다.

현재 발생되고 있는 기후변화에 대한 과학적 확실성의 부족이 지구온난화 방지조치를 연기하는 이유가 될 수 없음을 강조한 기후변화의 예측방지를 위한 예방적 조치의 시행, 모든 국가의 지속가능한 성장의 보장 등을 기본원칙으로 하고 있다.(제3조)

그동안 대기중으로 배출된 온실가스에 대하여 선진국은 과거로부터 발전을 이루어오면서 야기한 역사적 책임이 있음에 따라 선도적 역할의 수행과, 개발도상국에는 현재의 개발 상황에 대한 특수사정을 배려하며 공동의 차별화된 책임과 능력에 입각한 의무부담을 지닌다.(제4조)

2) 의무사항

일반의무사항은 선진국과 개발도상국에 공통적으로 적용되는 최소한의 의무사항으로 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 각국은 모든 온실가스의 배출량 및 흡수량에 대한 국가통계와 정책이행에 관하여 국가보고서를 작성하여 당사국총회에 보고해야 한다. 선진국은 협약 발효 후 6개월, 개발도상국은 3년 이내에 최초의 국가보고서를 제출해야 하며 그 후에는 주기적으로 제출해야 한다.
- 기후변화방지에 기여하는 국가전략을 수립·시행해야 하며 공식적으로 공표해야 한다.
- 에너지, 수송, 산업부문의 기술개발, 기후변화 관측체계 확충, 산림 등 흡수원 보호, 생태계 보호, 국민의식 계도 등 광범위한 분야에 국가적으로 공동협력하여야 한다.

특별의무사항은 부속서 I의 선진국에 해당하는 것으로 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- 온실가스 저감 및 흡수원 보호를 위한 국가정책을 채택하며 구체적 조치를 이행해야 한다. 이는 1990년 수준으로 온실가스 배출을 안정화하는 것을 목표로 한다.
- 경제수단의 활용에 있어서 국가간의 조화를 도모해야 한다. 이는 에너지/탄소세와 배출권 거래제를 도입하기 위한 조항으로 볼 수 있다.

- 개발도상국에 대한 재정지원 및 기술이전을 위해 노력해야 한다.
- 국가정책의 이행실적, 온실가스배출 및 제거에 대한 전망, 각종 정책 및 수단의 온실가스 저감효과를 상세히 보고해야 한다.

(3) 기후변화협약이 건설산업에 미치는 영향

1) 설계 및 시공에 대한 규제 강화

다음의 <표Ⅱ-4>에서 제시하고 있는 정부의 온실가스 감축을 위한 부분별 정책 및 조치를 보면 건설산업과 관련된 부문은 에너지 부문과 폐기물 부문이다. 이를 정리한 것이 <표Ⅱ-5>의 내용으로 관련 제도가 이미 시행 중이다.

이와 같은 제도는 주로 이산화탄소의 발생을 저감하기 위한 정책 및 제도로, 동 제도의 시행으로 인해 설계 및 시공에 대한 규제가 강화되었다. 우선 '건축물 단열시공 의무화 및 에너지절약설계 의무화'는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」을 개정하여 2001년 6월부터 허가되는 건축물에 적용되었다. 이는 건축물의 외벽, 지붕, 바닥 등에 대한 단열기준을 20%이상 강화하고, 신규 고효율에너지기자재의 건축물 의무 적용을 확대하여 건축물의 에너지 소비 최소화를 통한 온실가스 감축을 위해 시행되고 있다.

<표Ⅱ-4> 온실가스 감축을 위한 부문별 정책 및 조치

부 문		추진 전략	세부정책 및 조치	
에너지 부문	수요	통합관리형 에너지절약정책 추진	에너지진단 3개년계획 수립 및 시행	
			자발적 협약(VA)의 지속적 확대	
			에너지절약전문기업(ESCO) 확대	
		에너지 효율개선	고효율 에너지기자재 인증대상품목 확대	
	에너지소비효율등급 표시제도 확대			
	공급		대체에너지 및 청정에너지 보급 확대	대체에너지의 경제성 확보 및 보급 활성화
				집단에너지 공급 확대
		천연가스의 안정적 공급		
		원자력의 공급비중 유지		
	매립가스 자원화 사업 추진			
	건물	건축물의 에너지 효율개선	건축물 단열시공 및 에너지절약설계 의무화 강화	
			건물에너지 효율등급인증제도 도입 및 확대	
친환경 건축물 인증제도 도입 및 확대				
수송 연료	청정연료 사용 및 경차 보급 촉진		CNG 버스 운행 및 경차 보급 확대	
		디젤승용차의 개발 지원		
수송부문	국가기간 교통망 및 교통수요의 효율적 관리	수송분담구조의 개선		
		교통혼잡구간의 정비		
		도시철도 건설을 통한 대중교통수단의 확충		
		교통수요관리 강화		
		차량의 공회전 규제 및 승용차 자율운행제도 검토		
	종합물류정보망 구축 및 장비 표준화	종합물류정보망 구축		
물류 표준화 추진				
농축산부문	영농축산방식 개선	논의 메탄 / 밭의 아산화질소 배출량 감축		
		반추가축의 장내발효 개선		
		축산분뇨 처리시설 개선		
임업부문	산림경영	숲가꾸기 사업 추진		
		병해충 집중 방제		
		산불관리체계 강화		
	산림유지	산림전용 억제 및 벌채지의 의무조림		
	신규조림	도시림 조성사업 추진		
폐기물부문	폐기물 최소화 및 재활용	폐기물 최소화		
		폐기물 재활용		
	폐기물 처리 기반구축	생활폐기물 매립시설 설치		
		소각시설 설치		
		하폐수처리시설 설치		

주 : VA = Voluntary Agreement, ESCO = Energy Service Company, CNG = Compressed Natural Gas

자료 : 산업자원부, 기후변화협약에 의한 제2차 대한민국 국가보고서, 2002. 1

<표Ⅱ-5> 건설관련 온실가스 감축 대책

부 문	정책 및 조치	주 요 내 용
<에너지부문> - 에너지 수요 · 통합관리형 에너지 절약정책 추진	에너지진단 3개년 계획 수립 및 시행	▪ 에너지 사용 산업체 및 건물을 대상으로 에너지 진단 의 연차적 확대 실시
	에너지절약전문기업 (ESCO) 확대	▪ 재정지원 등을 통한 기존의 ESCO 확대
	고효율 에너지기자재 인증대상품목 확대	▪ 고효율 제품의 보급 확대를 위한 품목의 확대 및 지 원
	에너지소비효율등급 표시제도 확대	▪ 기존의 에너지 소비효율등급 표시제도에 등급표시 대 상품목의 점진적 확대
<에너지부문> - 건물	건축물 단열시공 및 에너지 절약설계 의무화 강화	▪ 건물부문 단열기준을 20% 이상 강화하여 건축물의 에너지소비 최소화 ▪ 신규 고효율에너지기자재의 건축물 에너지절약 설계 기준 적용확대 ▪ 에너지절약 설계기준의 효율적 이행을 위한 교육 및 홍보 강화
	건물에너지 효율등급 인증제도 도입 및 확대	▪ 일정한 기준 이상의 건물에 대하여 건물에너지이용효 율 인증서(1~3등급) 발급 및 지원확대 ▪ 대상건물의 연차적 확대
	친환경건축물 인증제도 도입 및 확대	▪ 건축물의 전과정(Life Cycle)을 거쳐 자원절약, 오염물 질 감소 등 환경에 미치는 요소 평가 ▪ 건축물의 환경성능을 개선하고, 에너지소비 및 온실 가스 배출을 감축하기 위한 인증서 발급
<폐기물부문> - 폐기물의 최소화 및 재활용	폐기물 최소화	▪ 사업장 폐기물 감량제(생산단계), 포장폐기물 발생억 제(유통단계) 및 소비단계 폐기물 발생량의 최소화
	폐기물 재활용	▪ 생산자 책임 재활용 제도, 재활용산업 육성 및 촉진 그리고 재활용품 소비 확대를 통한 폐기물 재활용 극 대화
<폐기물부문> - 폐기물 처리 기반구축	생활폐기물 매립시설 설치	▪ 2004년까지 위생매립률을 100%로 제고하기 위하여 71개의 매립시설을 추가 건설
	소각시설 설치	▪ 소각시설 설치 확대를 통해 2011년까지는 발생하는 폐기물의 30%를 소각처리 목표
	하폐수처리시설 설치	▪ 2005년까지 하수종말처리시설을 확충하여 하수도 보 급률을 80%로 개선

자료 : 산업자원부 온실가스 감축을 위한 부문별 정책 및 조치에서 재정리.

또한 사무소·병원 등 8종의 에너지 다소비형 대형 건축물에 대해서는 2001년 6월부터 개정된 법에 의한 「건축물의 에너지절약 설계기준」을 별도로 적용하고 있으며, 이러한 건축물에는 에너지소비 절감을 위해 가스보일러, 냉동기 등 고효율 에너지제품의 사용품목을 확대하는 노력이 있어야 허가를 받을 수 있도록 의무조치하고 있다.

다음으로 '건물에너지 효율 등급 인증제도'는 건물부문의 에너지이용효율을 높이기 위하여 2001년 8월에 도입되었다. 이 제도는 18세대 이상의 신축 및 개보수작업이 이루어지는 공동주택을 대상으로 설계단계부터 원천적으로 에너지절약 시설 및 장치가 설계된 건축물(1~3등급)이 많이 지어질 수 있도록 일정한 기준 이상의 건물에 대하여 건물에너지이용효율 인증을 발급하고, 건축비의 일정분에 해당하는 자금을 저리로 융자해 주는 것을 주요 내용으로 하고 있다.

마지막으로 '친환경 건축물 인증제도'는 건축물의 자재생산, 설계, 건설, 유지관리, 폐기 등 전과정을 거쳐 자원절약, 오염물질 감소 등 환경에 영향을 미치는 요소를 평가하여 건축물의 환경성능을 개선하고, 에너지 소비 및 온실가스 배출 감축을 유도하기 위한 제도이다.

1999년 10월부터 2000년 12월까지 환경부와 건설교통부에서 시범인증 사업이 실시된 바 있으며, 2001년에 친환경 건축물 인증제도의 통합시행지침이 마련되어, 2002년 1월부터 공동주택을 대상으로 추진되고 있다. 현재 준공된 건축물을 대상으로 인증 심사하되, 건축주가 희망하는 경우에는 설계단계에서 심사하여 예비인증을 수여하고 있으며, 인증 유효기간은 5년으로 하고, 별도 5년 연장이 가능하나 10년 이후에는 재신청하도록 규정하고 있다.

현재 공동주택으로 한정되어 있는 인증대상 건축물을 주상복합, 업무용(공공, 일반건물), 상업용(학교·병원 등), 리모델링 건축물까지 단계적으로 확대하여 시행할 예정이다. 또한, 건물의 자재생산, 설계, 시공, 유지관리, 폐기 등에 대한 전과정 평가법(LCA)의 도입으로 환경에 미치는 영향을 최소화하고 온실가스 발생 저감을 구체적으로 평가할 수 있는 방안도 도입할 예정이다.

2) 건설현장에 대한 규제 강화

온실가스 감축을 위한 건설현장의 규제 또한 강화되고 있다. 이는 건설현장에서 폐기물의 발생 및 분해과정에서 발생하는 온실가스 배출의 사전예방을 위한 폐기물 최소화 및 재활용정책을 통해 구체적으로 시행되고 있다.

우선 폐기물 최소화 정책은 생산단계인 사업장에서의 폐기물 최소화를 위하여 사업장 폐기물 배출자의 의무사항을 규정한 「사업장 폐기물 감량화 지침」을 시행하고 있다. 동 제도에 의한 대상사업장은 지정폐기물을 연간 200톤 이상 배출하는 14개 업종의 사업장이 해당된다.

생산단계에서부터 폐기물의 재이용 및 재활용을 촉진하기 위하여 생산자가 자체 생산 공정에서 발생하는 폐기물에 대하여 재활용에 대한 책임을 지고 의무량을 달성하여야 하는 「생산자 책임 재활용 제도」가 2003년부터 본격 시행되고 있다. 또한 건설현장에서 발생하는 폐기물을 재활용하여야 하는 데 그 목표는 다음 <표Ⅱ-6>과 같다.

<표Ⅱ-6> 건설폐재의 재활용 목표

(단위 : %)

연 도 별	목 표 율			
	토 사	콘크리트 및 벽돌	아스팔트 콘크리트	건축폐목재
1998년 1월 1일부터 1999년 12월 31일까지	60	50	35	—
2000년 1월 1일부터 2001년 12월 31일까지	70	70	70	30
2002년 1월 1일부터	75	75	75	50

자료 : 산업자원부, 기후변화협약에 의한 제2차 대한민국 국가보고서, 2002.

또한 일본에서는 건설업계 자율적으로 건설현장에서 사용되는 건설기계의 연료를 천연 에너지를 사용하도록 하고 있는데, 조만간 우리나라에도 적용될 것으로 전망된다.

3) 환경관련 시장의 확대

위에서 소개한 온실가스 저감 대책과 함께 불가피하게 발생하는 폐기물을 안정적이고 적정하게 처리하여 온실가스의 배출이 최소화 될 수 있도록 환경기초시설의 설치를 확대 하는 정책이 추진된다. 이는 위의 규제와는 달리 건설업계에 시장의 확대라는 긍정적인 영향을 미치게 된다.

우선 생활폐기물매립 시설의 설치와 관련하여 1998년 말 한국의 위생매립률은 84%로 서 이를 2004년까지 100%로 제고하기 위하여 71개소의 매립시설을 추가 건설하는 것을 계획하고 있다. 이중 2001년까지 46개소(7,831천㎡)가 완공되어 운영 중에 있고, 25개소 (2,759천㎡)는 건설 중이다. 중앙정부는 이와 같은 매립시설을 설치하는 지자체에 대해 지난 1996년까지 시설비의 50%를 국고로 보조하였으며, 1997년부터는 시설비의 30%를 지원하고 있다.

다음으로 좁은 영토 및 높은 인구밀도라는 지리적·사회적인 여건 때문에 매립시설 부지 확보에 따르는 문제점을 해결하기 위해 소각시설의 설치를 확대하고 있다. 2011년까지 발생 폐기물의 30%를 소각시설에서 처리할 계획으로, 소각시설은 2001년말 현재 27개소가 정상가동 중이며, 8개소의 소각시설이 건설 중에 있다. 한편, 소각시설을 설치하는 지방자치단체에 대해서는 1997년부터 중앙정부의 국고를 보조하고 있다.

또한 가정 및 공장에서 방류되는 하폐수를 체계적으로 집수하여 안정적으로 처리하여 온실가스 배출량을 감축과 수질오염 부하량을 저감시키기 위해 하폐수 시설의 확대를 추진하고 있다. 1999년부터 2001년까지 총 183개소의 하수처리시설을 완공시켜 하수도 보급률을 72%까지 달성하였으며, 향후 2005년까지는 하수처리시설을 총 492개소로 확충하여 하수도 보급률을 80%로 제고하는 것을 목표로 사업을 추진 중이다.

<표Ⅱ-7> 하폐수 처리시설 운영현황(2002년)

구분	개소수(개소)	시설용량(천㎥/일)
계	320	20,361
하수처리장	201	19,596
폐수종말처리장	119	765

자료 : 산업자원부, 기후변화협약에 의한 제2차 대한민국 국가보고서, 2002.

이상과 같이 기후변화협약은 이산화탄소의 발생을 줄이기 위해 건설시공과 현장 관리에 있어서 규제를 강화하는 반면, 건설 환경산업의 확대를 가져오게 된다. 또한 이러한 현상과 함께 국민의 삶의 질에 대한 관심이 높아짐에 따라 생태주택과 같은 환경상품의 수요와 공급도 증가할 것으로 판단된다.

제3장

기후변화가 건설업에 미치는 영향

1. 자연재해의 증가로 인한 책임 부담의 문제

지구온난화로 인한 기후변화는 폭우량의 증가, 폭풍, 폭한 및 폭염 등의 자연 재해의 발생을 증가시킬 것으로 전망되고 있다. 실제로 2002년 여름의 경우 최저 중심이 1959년 태풍 ‘사라’와 비슷한 태풍 ‘루사’가 한반도 전역에서 210여명의 인명피해와 5조원이 넘는 재산피해를 가져왔다. 뿐만 아니라 2003년 8월 한국의 일조 시간은 평년의 절반도 안 되며 한달 동안 서울에 비가 온 날의 수는 26일에 달했다. 2001년 90년만의 극심한 가뭄, 2000년 20년만의 폭설 등 해마다 기상재해의 기록과 피해는 늘어가고 있다.

이러한 자연재해로 인해 교량, 도로, 댐, 건물 등의 붕괴가 발생하여 생명과 재산 피해가 발생하였을 경우 이에 대한 책임의 부담 문제가 발생한다.

이러한 기후변화로 인한 자연재해의 발생에 대비하여 건축 법규 및 관련 기준의 정비가 없는 상태에서 건설업체는 적정공사를 수행하였음에도 불구하고 ‘부실공사’의 오명을 쓰고 책임을 부담할 가능성이 높다.

또 기후변화로 인해 발생한 강우일수의 증가 또는 폭염일수 및 폭한일수의 증가로 공기 지연의 문제가 발생할 경우에도 이에 대한 책임을 누가(발주자 또는 시공사) 부담하는 가하는 논란과 분쟁은 지속적으로 증가하게 될 것이다. 또한 시공자의 귀책사유로 인한 공기의 지연은 건설현장의 생산성 및 시공회사의 이익을 저하시켜 건설업체에 대해서도 부정적인 영향을 미치는 결과를 가져올 것이다.

2. 건설 현장에 미치는 영향

지구온난화로 인한 기후변화는 타산업과 마찬가지로 건설업에 직·간접적인 영향을 미치게 될 것이다. 이러한 영향에 적절하게 대응하지 않을 경우 건설업은 큰 피해를 입어 산업이 위축되는 결과를 가져오게 될 것이다. 그러나 이러한 영향의 대부분은 건설공사의 계획 또는 설계 단계에서 적절히 대응할 경우 그 영향의 효과를 최소화할 수 있다.

영국을 포함한 몇몇 국가에서는 이러한 기후변화가 건설업에 미치는 영향을 최소화하기 위해 건설공사의 계획과 설계 단계에서 기본적으로 준수하여야 할 내용들을 규정하고 건설업에 적용하고 있다.¹⁵⁾ 다음의 표는 기후의 변화가 건설공사 및 건설회사 그리고 고객에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

<표 III - 1> 기후변화의 건설현장에 대한 영향

요 인	건설 현장에 미치는 영향
건강과 안전	풍속의 증가로 인한 사고의 증가 고온으로 인한 비산먼지의 발생 증가
자재 사용 문제	기온 상승으로 인한 시멘트의 조기 양생으로 인한 품질저하
자재의 보관장소	습기로 인한 자재의 내구성 약화 바람으로 인한 경량자재 피해 중파장자외선으로 인한 자재의 훼손
공사현장의 토양 조건	토양환경의 변화로 건설자재에 영향을 미치는 미생물 번식 증가
공사현장의 침수	공기지연 및 생산성 감소
날씨로 인한 작업일 감소	공기의 지연으로 인한 손실
현장 설비 문제	기후변화로 인한 설비 사용 불가로 인한 공기의 지연

참고 : Construction Research Communications, Impact of Climate Change on Building, 1998,

(1) 건설 현장의 위험성 증가

기후의 변화는 현장의 안전에 영향을 미치게 된다. 기후변화로 인해 건설현장에 높은 습도와 바람이 많이 불게 될 경우 현장 사고의 발생 가능성이 높아지게 되는 데, 이를 위해 새로운 현장의 기후 조건에 적합한 안전관리 지침을 마련하여 현장에서 운영하여야 할 것이다.

기후변화로 인해 바람이 많이 부는 경우 건설현장의 사고 발생을 증가시킬 수 있는 건설현장의 비계(scaffolding, 발판)를 고정하는 문제를 특히 고려하여야 한다. 건설현장의 비계로 인한 피해는 건설 시공과정에서 공기지연으로 이어질 가능성이 높다.

15) SL Garvin, MC Philipson, CH Sanders, CS Hayles and GT Dow, Impact of Climate Change on Building, 1998, Construction Research Communications.

또 기후변화로 인해 예상되는 하절기의 온도의 상승은 현장 작업의 수행을 곤란하게 하는 직접적인 영향을 미치게 된다. 현장 작업자에 대한 온도와 일조량이라는 직접적인 영향 외에 하절기 온도의 상승은 현장의 비산·먼지의 발생을 증가시키게 되며, 특정 화확물질의 폭발성을 증가시키게 된다. 이러한 요인들은 현장 근로자의 건강 및 안전과 관련이 있어 현장 근로자의 보호 필요성이 증가하게 된다.

이와 같은 건설현장의 건강과 안전 관련 문제는 현재보다는 장래에 더 큰 문제로 부각될 것이다. 이러한 기후변화에 대비하여 현장의 작업 수행과 공사 진행 계획에 적절히 반영하지 않는다면, 건설업은 공기 지연의 증가, 분쟁의 증가 등을 통하여 영향을 미치게 될 것이다. 이로 인해 건설회사의 생산성과 이익성은 저하될 것이며, 이는 소비자에게 전가되는 결과를 가져오게 될 것이다.

(2) 자재 사용상의 문제

기후변화로 인한 기온의 상승은 시멘트 자재의 경화를 촉진시켜 현장에서의 타설에 소요되는 작업시간을 단축시키는 문제점을 가져오게 된다. 이는 건설현장의 폐기물의 발생을 증가시키고, 건설 품질의 저하 문제를 발생시킨다. 이에 대비하여 현재 영국에서는 고온 또는 저온에서의 시멘트 혼화재료(混和材料, admixtures)의 기준에 대해 시험적 연구가 진행 중에 있다.

이처럼 콘크리트 타설 시 지나치게 온도가 낮을 경우 충분한 강도를 갖지 못하고 적절하지 못한 양생이 이루어진다면 응결이 지연되는 등의 문제점을 발생시키게 된다. 이러한 문제점의 해결을 위해 오토 클레이브 양생방법이나, 투수성 탈수 거푸집(permeability formwork) 등과 같은 혁신적인 공법을 사용하여 양생을 적절하게 하는 추가적인 작업이 필요하게 된다.

(3) 자재의 현장 보관(Site Storage of Materials)

기후변화가 지속적으로 발생할 경우 건설현장의 자재 보관 장소도 변경되어야 한다. 강수량의 증가는 건축물의 습기함량을 증가시켜 건축물의 구조공사 때와 공사종료 후에 복잡한 문제를 발생시킨다. 또 기후변화로 인한 폭풍의 증가는 적절하게 보관되지 않은 경량자재(lightweight materials)의 바람에 의한 사고를 증가시키는 결과를 가져온다.

보다 중요한 문제는 건물의 기초자재가 되는 자재 중 태양의 중파장자외선(UV-B) 하

에서 변형이 심각하게 발생하는 플라스틱 재질의 자재에 대한 현장 보관의 문제이다. 이와 같이 보관 장소와 관련하여 문제가 심각한 자재는 지표면 아래와 환기구에 사용되는 플라스틱 파이프이다. 이러한 자재들은 햇빛 아래에 장시간 노출될 경우 훼손되어 사용이 불가능해진다. 오존층의 소멸로 인해 발생하는 중파장자외선(UV-B) 노출의 증가 예상은 이러한 종류의 자재의 변형을 급속하게 진행시키는 결과를 발생시킬 것이다.

이와 같은 보관 장소의 문제는 취약한 자재를 필요할 때 공급하도록 하여 자재의 변형을 최소화하는 것이 필요하다. 이와 같은 자재 보관의 문제를 변경하지 않을 경우 현장의 건설폐기물은 앞으로 크게 증가하게 될 것이다.

(4) 토양의 상태(Soil Conditions)

기후변화로 인해 건설 현장의 토양 상태가 변화되는 결과도 발생하게 된다. 고온 다습한 토양의 경우 현재의 토양 보호 체계를 변형시켜 황산염(sulfates)과 같이 건설자재에 부정적인 영향을 미치는 오염물질의 운동성을 활발하게 하는 결과를 가져온다. 이러한 요인으로 이와 같은 상황이 발생하는 환경에서는 몇몇 건설자재의 사용에 관한 현재 가이드라인을 개정해야할 필요성이 제기된다.

구체적으로 쓰레기 매립지 가스(landfill gas)는 쓰레기 매립지와 가까운 거리에 위치한 건설현장에 문제를 발생시킨다. 건설현장 지면의 온도를 상승시키는 효과는 지면에서의 생화학적 반응을 촉진시켜 매립지가스의 발생을 가속화시킨다.

토양의 균열과 지면 온도의 상승은 매립지 가스의 운동성을 증가시키게 되며, 이로 인해 건설현장에서는 강력한 현장보호시스템이 필요하게 된다. 결과적으로 이러한 영향을 받은 지역에서의 건설활동은 오염방지를 위한 시설의 설치 및 운영에 소요되는 비용이 증가되는 결과를 가져올 것이다.

(5) 현장 침수(Site Flooding)

공사현장 침수 위험의 증가는 폭우로 인한 강수량의 증가와 폭풍우(storm surges)로 인한 해수면 상승의 결과로 발생한다. 이러한 강수량의 증가와 해수면의 상승으로 인한 건설현장의 침수가 발생하여, 건설 공기를 지연시키는 결과를 가져온다. 건설현장에 유입된 물을 처리하는 데 추가적인 작업과 시간이 필요하기 때문이다. 이는 시공회사의 생산성의 저하를 가져온다.

이와 같은 현장 침수의 문제는 개발 이전에 공사 현장의 선택을 신중하게 하거나 침수 효과를 가져오는 현장의 혁신적인 관리 방법을 사용한 개발을 통하여 최소화할 수 있다.

(6) 기상이변으로 인한 공기 손실(Days lost due to Weather)

폭염과 혹한 기간이 길어지게 되면 건설현장에서는 작업 수행을 어렵게 하는 문제가 발생하게 된다. 특별히 더운 날씨의 경우에는 시멘트 자재의 응결과 관련되어 공기가 지연되는 문제를 발생시키게 된다. 폭풍우 발생의 증가는 현장에서의 업무 수행을 곤란하게 하여 공사 기간의 연장을 필요로 하게 된다.

우리 나라의 경우 지난 2003년 8월에 강우일의 증가로 인해 작업일수가 부족하여 발생한 공기의 지연으로 많은 피해가 발생하여, 이에 대한 책임소재 문제가 이슈로 부각된 바 있다.

이러한 유형의 문제들은 건설과정의 혁신을 촉진시키며 부정적인 영향을 최소화하기 위해 건설 수행 과정의 변경을 가져오는 데, 예를 들어 필요한 공기보다 시간이 부족한 현장에서는 조립식 건설 기술이 발전하게 되는 결과를 가져오게 되는 것이다.

(7) 현장 설비(Problems with plant)

폭염 또는 혹한 기간 동안과 건설현장의 지면이 침수된 상태에서 건설현장 설비의 가동이 중지되는 결과를 가져온다. 예를 들어 극심한 바람과 폭풍은 대형 건설공사 현장의 크레인 사용을 중지시킬 수 있으며, 현장의 침수는 공사 현장 중장비의 이동 및 가동을 중지시킬 수 있으며, 폭염과 혹한은 현장 기계의 기계적 문제를 발생시킬 수 있다. 이러한 문제들은 현재는 그리 심각한 문제로 부각되지 않고 있지만, 곧 시공회사의 현장 업무 수행에 곤란을 가져오는 중요한 문제로 대두되게 될 것으로 판단된다.

3. 건설시공 및 건축물에 미치는 영향

기후변화에 의해 영향을 받는 건설시공 또는 설계상의 문제 및 영향은 다음의 표에 정리하였다.

<표Ⅲ-2> 기후변화가 건설시공 및 건축물에 미치는 영향

요 인	건설에 미치는 영향
폭풍 피해	옥상(지붕), 건축물의 구조에 영향을 미침
지리적 문제	토양 수축으로 인한 건축물 구조
금속의 부식	건축물의 내구성 문제 발생
목재의 변형	내구성 및 구조적 문제 발생
콘크리트 내구성	건축물의 구조 및 내구성의 문제
벽돌의 균열과 서리 피해	건축물의 유지보수의 문제 발생
고무류와 플라스틱의 변형	건축물의 내구성 저하
자재 코팅표면의 훼손	내구성, 도색 및 유지보수의 문제
홍수 피해	침수 및 파괴 발생
빗물 침투와 물피해	건축물의 구조적 문제 발생

참고 : Construction Research Communications, Impact of Climate Change on Building, 1998.

(1) 건축물 구조 상의 문제

기후변화로 인해 발생하는 평균 풍속의 증가로 인한 풍하중의 증가와 폭풍 피해(Wind Loading and Storm Damage)의 증가로 인해 건축물의 구조적인 문제점을 발생시킬 수 있다. 구체적으로 지붕기와에서부터 건축물의 심각한 구조적 문제를 발생시킬 수 있는 범위까지 발생할 수 있다. 이는 건설산업과 관련된 보험산업에 중대한 영향을 주게 될 것이며, 이러한 문제를 저감하기 위해서는 설계와 건물유지보수 규정에 대한 적절한 보완이 필요하게 된다.

또한 지리적인 특성으로 인해 토양(점토)의 수축활동과 같은 지표면의 운동이 활발한 지역에서는 심각한 건축물의 구조적 문제점을 발생시키는 결과를 가져오게 된다. 영국의 경우 토양수축이 일어나는 지역은 영국의 남동지역이며, 스코틀랜드의 중앙지역 등인데, 이와 같은 지역에서는 지리적인 특성으로 인해 지표면의 운동이 활발한 지역에서는 새로운 건축물 구조 기준이 적용되고 있다. 이러한 새로운 건축물 기초 지지 기술은 기후변화가 토양의 운동을 촉진시키게 될 때 더 폭넓게 보급될 것이다.

(2) 자재와 내구성(Materials & Durability)

1) 금속의 부식(Corrosion of Metals)

건설공사에 사용되는 금속 건설 자재의 부식은 앞으로 건설현장에서 가장 급속도로 진행되어 가장 큰 영향을 끼칠 문제이다. 이것은 기본적으로 건축물의 내구성과 관련된 문제로 건설공사에서 금속 자재를 많이 사용하게 될 경우 금속 자재의 부식으로 인해 구조적인 문제를 발생시킬 가능성이 있는 것이다.

예를 들어 현재와 같은 조건에서 금속자재의 부식은 금속의 피복 시스템에 문제를 발생시킬 가능성이 있게 되는데, 이러한 위험은 습기가 많고 온도가 높은 환경에서 더욱 증가하게 된다. 피복 처리된 금속의 표면에 초고속 바람이 불게 될 경우 부식된 자재에서 도금 패널 구멍의 전이를 통하여 금속의 피복처리가 훼손될 가능성이 증가하게 된다.

2) 목재의 변형(Timber Degradation)

부식으로 인한 목재의 변형은 건물의 구조에 영향을 미치는 내구성의 문제와 직접적으로 관련이 있게 된다. 기후변화로 인해 온도와 습도가 올라갈 경우 건물의 구조상 부식과 같은 문제의 발생을 증가시킨다.

또 다른 문제는 해충에 의해 목재가 피해를 입는 경우이다. 영국의 남부지역에서는 딱정벌레(house longhorn beetle)와 흰개미(termites)가 건물에 자신들의 집을 짓는 것으로 알려져 있으며, 이러한 해충들이 자기들의 집을 옮기는 때에 목재로 된 건축자재에 심각한 피해를 발생시킬 수 있다. 관련 보고에 의하면 이러한 현상의 확산은 온도를 낮게 조절하여 통제할 수 있는 것으로 알려져 있다.

그러나 온도가 올라갈 경우 이러한 해충은 인근지역으로 확산될 수 있으며, 이는 목재 자재의 사용을 위축시킬 수 있는 결과를 가져올 수 있다.

3) 콘크리트의 내구성(Durability of Concrete)

시공에 사용되는 다른 자재의 시공 작업과 같이 콘크리트 관련 자재의 시공 작업도 작업이 이루어지는 곳의 환경 조건에 크게 영향을 받는다. 좋은 품질과 잘 다져진 콘크리트는 별다른 문제를 발생시키지 않지만 품질이 좋지 않은 콘크리트와 설계가 부실한 구조에서는 철근콘크리트 부식, 습기피해, 황산염의 영향, 알카실리카 반응(alkali-silica reaction) 등의 문제로 인해 내구성 저하의 문제가 발생하게 된다. 이러한 기후변화의 영향으로 콘크리트의 내구성을 저하시키는 문제를 발생시킬 가능성이 높으며, 콘크리트의

내구성과 관련된 문제는 다음과 같다.

우선 콘크리트의 산화(Carbonation of Concrete)는 건축물 내부의 금속 자재의 부식으로 발생하게 되는데, 이는 앞으로 건설공사에서 스테인리스 자재의 사용을 통하여 해결할 수 있으나 가격이 비싼 것이 또 다른 문제이다.

또한 콘크리트의 산화는 콘크리트 내부의 균열을 발생시키게 된다. 대기의 이산화탄소 농도의 증가는 콘크리트의 산화를 촉진시키고 품질이 좋지 않은 철근 콘크리트는 이러한 현상이 더 빨리 발생할 수 있다.

이와 같은 문제의 해결을 위해서는 앞으로 철근 콘크리트를 설계하는 과정에서 보강재의 보호를 적절하게 고려하여 설계하는 것이 필요하다. 또한 철근 콘크리트의 산화 현상을 자세하게 모니터링하는 것도 필요하다.

다음으로 황산염(Sulfate)과 오염물질의 피해를 보면 오염물질로 인한 피해 위험은 지표면이 습기가 많거나 온도가 높은 현장에서 더 높게 나타날 수 있다. 지표의 온도가 높은 건설현장은 용해(solubility)가 증가하는 결과를 가져오고, 지표 습기가 많은 현장에서는 황산염과 다른 오염물질의 영향을 쉽게 받게 된다. 황산염과 다른 오염물질들로 인한 콘크리트 표면의 오염은 건축물의 구조에 영향을 미쳐 건물 붕괴의 위험이 증가하게 된다.

염화물(chloride)로 인해 철근 콘크리트의 부식이 발생하게 되는데 이러한 현상은 특별히 제빙용 소금을 많이 사용하는 현장에서 많이 발생하게 된다. 평균 기온의 상승은 포장 도로에서의 제빙용 소금의 사용을 절감하는 결과를 가져올 것이며, 그 결과 콘크리트 내부로 흡입되는 염화물의 사용이 감소하게 된다.

또 알카리실리카 반응은 콘크리트의 균열과 분해를 발생시키는데 현재 모든 시멘트의 내용물에는 alkaline 성분이 포함되어 있다. 10℃ ~ 38℃의 고온에서 이러한 반응이 촉진되므로, 따뜻한 온도에서는 이러한 문제들이 더욱 악화되어 발생하게 된다.

고알루미나시멘트(HAC : High Alumina Cement) 콘크리트는 보통의 시멘트(Portland cement concrete)와 비교할 때 짧은 기간에 고강도를 달성하며 신속하게 양생된다. 시멘트 양생과정에서 칼슘과 알루미나 성분의 수화(水和) 단계에서 온도가 지나치게 높아지게 되면, 화학적으로 불안정하고 저장도로 양생되는 결과가 발생한다. 고온에서는 저장도 현상이 발생하고, 고온과 높은 습기에서 콘크리트의 변형은 증가하게 된다.

4) 벽(면)돌 균열과 서리 피해(Cracking and Frost Damage of Masonry)

‘건물의 과도한 움직임’은 균열을 발생시킬 수 있다. 위에서 자세히 검토한 것과 같이 지표면 운동은 ‘건물의 움직임(mechanism for movement)’ 중의 하나가 되며, 다른 것에는 구조물의 건조로 인한 수축, 고온에 의한 팽창과 수축, 그리고 바람의 하중 등이 있다. 온도와 습기의 변화가 발생할 경우 건축 자재의 균열을 가져오는 자재의 움직임을 발생시키게 된다.

현재 예상되고 있는 기후변화의 현상을 종합해보면 이러한 건축 자재의 움직임을 촉진시켜 건물 균열의 발생이 증가할 것으로 전망된다.

서리 피해는 자재의 기공(porous)에 의해 흡수된 수분의 결빙과 자재 구조의 변형에 의해 발생한다. 구체적으로 자재가 함유하고 있는 수분은 온도가 급격히 떨어지는 경우 자재의 결빙을 발생시키며, 이러한 결빙이 계속될 경우 가시적인 자재의 변형이 발생하게 된다.

기후변화로 인해 예상되는 동절기 강수량의 증가는 온도가 크게 내려가는 경우에 건축물에 큰 문제를 발생시키게 된다. 또한 기후변화로 인해 예상되는 평균 대기 온도의 상승은 온도의 변화가 더 극렬해지고 동결/융해의 사이클이 더 강화됨을 의미한다.

5) 고무류와 플라스틱의 변형(Degradation of Plastics and Rubbers)

태양의 중파장자외선(UV-B) 방사에 대한 대기 저항이 감소(저감)된다면 지구 표면에 도달하는 태양광선의 방사량은 증가될 것이다. 이러한 방사는 태양의 중파장자외선(UV-B)에 노출될 경우 부서지기 쉬운 상태로 변형되는 플라스틱류와 고무류 자재가 변형되는 결과를 가져온다. 이것은 건물 외부에서 사용되는 위와 같은 자재들의 변형을 급속하게 진행시킬 가능성이 있음을 의미한다. 또한 이러한 자재들의 변형은 밀폐(봉합) 또는 접합(jointing) 자재의 성능을 저하시키는 실질적인 문제를 발생시킬 가능성이 있으며, 또한 건물 구조 내부에 빗물이 침투하여 건물의 내구성을 저하시키는 결과를 발생시키게 된다.

6) 자재 코팅 표면의 훼손(Degradation of Coatings)

위에서 언급한 플라스틱류와 고무류 자재의 경우와 같이 중파장자외선(UV-B) 방사량 증가는 자재의 외부 표면에 처리된 코팅의 효과를 저하시키는 문제점을 발생시키게 된다. 이로 인해 건물에 대한 도색작업이 더욱 강화되어야 하며, 벽면의 방수 작업은 과거에 비해 자주 실시해야 한다. 이것은 내부의 유지보수가 이루어지지 않을 경우 건물의

자재에 대한 내구성의 문제가 발생함을 의미한다.

7) 건물의 홍수 피해(Flood Damage to Building Fabric)

홍수는 건축물에 물리적·경제적으로 큰 피해를 발생시킨다. 해수면의 상승과 폭우와 함께 홍수로 인해 해안과 범람원(flood plain)에 가까운 건물에 피해가 발생하는 빈도가 증가하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 건축물의 설계 시에 범람원을 고려하도록 관련 기준의 보완이 필요하다.

홍수관련 문제를 방지하기 위한 방법으로는 도시하수도 시스템을 개선하고 증가된 수량을 처리할 수 있는 홍수처리시설을 설치 및 확장하는 것이다.

8) 빗물의 침투와 물 피해(Rain Penetration and Water Damage)

건물에 대한 빗물의 침투는 절연재(insulation)로 채워진 공간을 통하여 실내로 빗물이 침투하는 문제를 발생시킬 가능성이 있다.

스코틀랜드의 창호상세도(window detailing)는 잉글랜드와 웨일즈에서 전형적으로 발견되는 것과는 다른 것으로 이러한 문제를 고려한 내부 문짝이다. 앞으로 건축물의 설계 단계에서 이러한 창호상세도가 고려되지 않는다면, 폭풍우가 휘몰아치는 기후에서 창호의 갑작스런 개폐와 관련된 문제들이 더욱 발생할 것으로 예상된다.

폭우가 많이 내리는 지역에서 절연재는 빗물이 건물의 구조에 침투할 수 있는 지붕의 내부와 외부의 습기의 매개 역할을 할 것이다. 폭풍우가 증가하는 지역에서 벽의 구멍의 충전은 앞으로 설계단계에서 반드시 적용되어야 할 내용이다.

장래의 기후에서 예상되고 있는 것처럼 일시적인 폭우가 증가된다면 지붕재료(roofing)와 물받이 낙수홈통(guttering) 재료는 폭우로부터 건물의 구조(형태, fabric)을 보호할 수 있는 재료를 사용하여야 한다. 건물의 설계에 단계에서 이러한 중요한 사안은 반드시 검토되어야 한다.

(3) 내부환경 및 에너지 사용

장래 기후의 변화는 건물 내부의 환경에 영향을 미치게 될 것이며, 건물 거주자의 에너지 사용과 건강에 영향(ramification)을 미치게 될 것이다.

<표Ⅲ-3> 건물 거주자의 에너지 사용 및 내부 환경에 미치는 영향

요 인	영 향
내부 온도 / 안락함	평균기온의 상승으로 동절기의 안락함은 증가하나 하절기에는 과열의 문제 발생
에너지 소비	동절기 에너지 소비의 감소 하절기 에어컨 사용의 증가
건물표면의 액화 곰팡이	거주자의 건강에 부정적 영향
내부의 오염	고온은 내부의 공기질을 저하시켜 거주자의 건강에 부정적 영향
레지오넬라 위험	에어컨 사용의 증가로 건물 내부의 습기가 많아지고 온도가 높아져 발생

참고 : Construction Research Communications, Impact of Climate Change on Building, 1998.

1) 실내 온도(Internal temperatures)

평균 동절기 온도의 상승은 건물 내부 환경의 변화를 가져와 노령자의 체온저하(hypothermia) 문제의 발생을 저감시킨다. 동절기 평균 기온이 1℃, 2℃, 3℃ 상승할 때 사망률은 각각 1.9%, 3.5%, 5.1% 감소하는 것으로 조사되었다. 이와 같은 동절기 평균 기온의 증가는 풍속의 증가로 인한 건물 내부의 통풍(ventilation rate)의 증가로 상쇄될 수 있다. 그러나 대기의 불안정성이 더욱 증가할 경우와 매우 추운 날이 증가할 경우 노인들의 체온저하로 인한 사망률 증가와 파이프의 동파라는 문제점이 발생하게 될 것이다.

더 중요한 변화는 하절기의 높은 온도로 인해 발생하는 불쾌감의 증가이다. 1995년의 하절기 폭염은 현재는 80년에 한번 정도 발생하는 것으로 알려지고 있으나, 2050년에는 3년에 한번 정도 발생할 것으로 예상되고 있다. 8월 평균 온도가 각각 1℃, 2℃, 3℃ 상승할 경우 사망률은 각각 0.0%, 0.1%, 0.4% 씩 각각 상승하는 것으로 전망되고 있다.

에어컨 사용의 증가는 도시지역 환경에 큰 영향을 미치게 될 것이다. 건물 내부의 온도는 쾌적하게 만들지만 건물 외부의 온도는 상승하는 urban heat island 효과를 발생시키게 된다.

2) 에너지 소비

주택의 동절기 에너지 사용과 관련하여 1월 기온의 2℃ 상승은 국가 전체적인 가스 소비를 평균 5~10% 떨어뜨리는 효과가 있다. 그러나 풍속의 증가로 인해 발생하는 통풍

률(환기율, ventilation rates)의 증가는 이러한 효과를 상쇄시키는 결과를 가져오게 될 것이다. 건물 외벽에 대한 폭풍우의 증가는 단열재의 수분 흡수(wetting of insulation)의 발생 가능성이 있으며, 이로 인해 U값(단열재나 건축재료의 열전도량 표시값)이 증가하게 된다. 여름철의 폭염은 냉장고와 에어컨 사용의 증가를 발생시켜 주택의 전기 소비를 증가시키게 된다. 이는 이러한 폭염 발생의 증가는 이러한 가전제품의 사용을 더욱 더 증가시키는 결과로 이어진다.

동절기 에너지 수요가 평균 온도의 상승으로 인해 감소된다고 해도 기후변화로 인해 폭한의 발생가능성도 증가되기 때문에 가스 보일러와 같은 난방기기 사용이 축소될 가능성은 높지 않다.

3) 건물표면의 액화와 곰팡이 문제

기후변화로 인한 표면 건물 표면의 액화(condensation)와 곰팡이의 성장은 주택에 중요한 문제를 발생시킨다. 온난 다습한 기후 지역인 영국, 벨기에, 네덜란드, 뉴질랜드와 같은 나라들은 차가운 대륙성 기후의 영향을 받아 몇 가지 문제점이 발생하게 된다. 기후변화로 인해 예상되는 동절기 온도와 증기압의 상승은 이러한 문제의 발생 빈도를 증가시키는 경향이 있다. 폭풍우에 의한 외벽의 습기 상승으로 인한 U값(단열재나 건축재료의 열전도량 표시값)의 증가는 벽 표면 온도의 저가로 인해 박테리아류(곰팡이)의 번식 가능성을 명백하게 증가시키게 된다.

4) 실내 오염과 레지오넬라

내부 온도의 상승은 건물의 자재와 가구로부터 솔벤트(solvents) 가스의 배출과 다른 오염물을 증가시킨다. 장기적으로 쓰레기 매립지 가스와 라돈 가스는 지표면 온도의 상승과 거주지 내의 농도의 증가로 인해 유동성이 증가할 가능성이 있다. 반면 높은 풍속에 의한 환기율(ventilation rates)의 증가는 이러한 부분을 상쇄시키는 요인으로 작용한다.

또 레지오넬라균은 25~42℃ 정도의 따뜻한 물을 좋아해 자연적, 인공적급수 시설에서 흔히 발견된다. 따라서 냉각탑, 에어컨, 가습기, 맛사지용 기포발생 욕조, 샤워꼭지, 분무기 등에서 분사된 물방울이나 먼지 등을 통해 균이 호흡기로 들어와 병을 일으킨다. 에어컨의 사용의 증가하고 기후가 습하고 따뜻해질 경우 레지오넬라병이 발생할 가능성이 높아진다. 따라서 앞으로는 설계 시에 이러한 병균의 발생을 최소화하도록 고려하여야 한다.

(4) 관련 보험

기후변화와 관련된 보험은 기후변화의 영향이 어떻게 건축물의 실제적인 피해를 발생시키는가 하는 것과 이것이 발생시키는 분쟁의 형태와 관련되어 발전하게 되는데, 현재는 불확실한 상태이다. 다시 말하면 기후변화의 피해를 예방하는 보험은 기본적으로 얼마나 많은 폭풍이 발생할 것인가 하는 것과 발생한 폭풍이 어떤 영향을 미치는 것과 긴밀한 관계가 있다.

현재 기후변화와 관련된 클레임으로 인한 손실은 영국의 경우 전체적으로 연간 평균 70억 파운드에 달하고 있고, 1990년과 같은 최악의 경우에는 200억 파운드를 초과하였다. 건축물의 침강(subsidence)으로 인한 클레임은 연평균 45,000 ~ 50,000건을 초과할 것이고, 손실액은 연간 40억 파운드 수준에 달할 것으로 전망된다.

기후변화와 관련된 보험의 기초가 되는 개념인 복귀주기(return-period)는 기후변화와 관련된 재해의 발생 빈도를 측정하는 것으로 보험산업에서 널리 쓰이고 있는 개념이다. 기후변화와 관련된 보험에 있어서 가장 중요한 요인 중의 하나는 기후변화의 발생률을 결정하는 것과 이것이 복귀주기에 미치는 결과이다. 이론적으로 복귀주기는 단기간이어야 하며, 얼마나 많이, 얼마나 빨리 하는 것이냐가 관건이다. 이러한 중요한 정보에 관한 검토 없이 기후변화가 보험산업에 미치는 영향을 검토한다는 것은 큰 의미가 없다. 이러한 상황은 보험계약의 위험이 과거의 클레임에 기초한 복귀주기를 이용하였으나, 앞으로는 이와 같은 과거의 클레임에 기초한 복귀주기를 이용하는 것은 시대에 뒤떨어진 방식이 될 것이며, 특별히 기후변화 발생률은 변경되어 현재의 복귀주기에 의해 조정되지는 않을 것이다.

기후변화와 보험산업의 잠재적 가능성은 여러 분야이다. 원칙적으로 기후변화에 의한 피해가 보험심사자의 평가(the underwriter's assessment)에 의해 계산된다면 장래의 재정적 영향이 발생하게 될 것이다. 그러나, 보험산업은 새로운 연간 사이클에 의해 움직이며, 손실액이 지나치게 크지 않도록 보험금도 연간 재책정된다.

장래에 기후변화의 영향을 극복하는 최선의 방법은 계획자, 건설자, 설계자들이 기후변화로 인해 발생하는 피해를 예방 또는 최소화할 수 있도록 이러한 변화요인을 설계에 반영하도록 하여야 한다. 현재의 건설시장은 기후변화가 가져올 잠재적인 영향에 대해 실제로 경계시킬 수 있으며, 최악의 상황에 대비한 최상의 준비와 대책을 수립할 수 있을 것이다.

이러한 대응책 마련의 핵심 요소는 기후변화의 영향에 대한 책임의 문제와 기후 변화

의 예상을 함께 검토하는 것이다. 이것은 일반적으로 기후변화에 대한 공공교육을 의미하는 데 공공부문은 일반 국민이 새롭게 구입하는 주택 및 건물에 대해 영향을 미치는 장래의 기후변화에 대해 더 많은 정보를 제공하는 것을 의미한다. 주택이나 건물을 구입하게 되면 소유자는 자기 소유물의 가치를 유지하기 위한 그들의 책임을 교육받아야 한다. 재해가 발생할 경우 보험은 기후변화로 인해 발생한 책임을 주택 및 건물의 소유자에서 보험회사로 옮겨지게 될 것이며, 실제적으로 이 보험협약은 파트너십이어야 한다. 주택 및 건물 소유자의 파트너십이 없을 경우 기후변화로 인해 발생하는 피해를 도와줄 보험회사는 존재하지 않을 것이다. 건물의 소유자와 보험회사는 공동으로 기후변화에 대응하여야 하며 이는 최상의 결과를 가져올 것이다.

제4장

대응방안

1. 에너지 절약형 자재 사용 및 설계의 확대

기후변화가 발생하는 가장 직접적인 원인은 이산화탄소를 포함하는 온실가스의 발생량 증가이며, 온실가스의 증가는 에너지의 사용의 증가와 관련이 있다. 따라서 건축물의 에너지 사용을 최소화할 수 있는 설계 방법의 도입과 시행이 절실하다고 하겠다.

온실가스 발생의 최소화를 위해 현재 시행되고 있는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」과 「건축물의 에너지절약 설계기준」(건설교통부 고시 제2003-314호, 2003.1.7)을 모든 건축물로 확대하여 적용하고, 그 내용도 더욱 강화하여야 할 것이다.

현재 캐나다에서는 기후변화협약에 의해 시행될 ‘배출권거래제도’에 대비하기 위해 건축물의 설비 중 냉난방설비의 교체가 크게 증가하고 있는데, 이는 건축물의 에너지 사용을 저감하기 위한 것이다.

우리의 경우도 단열재 및 에너지 절약형 설비 사용을 확대하는 것이 절실히 요구된다. 이를 위해 현재 시행되고 있는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」의 적용범위를 확대하여야 할 것이다. 또한 건축물에 사용되는 냉난방 설비의 성능에 대한 기준도 더욱 강화하여야 할 것이다.

또한 「건축물의 에너지절약 설계기준」의 적용 대상에 ‘리모델링 공사’를 추가로 명시하여 적용하도록 하여야 할 것이다. 이와 함께 건물의 기밀성을 더욱 강화할 수 있도록 새로운 설계 기법의 개발 및 도입도 필요할 것으로 판단된다.

2. 건축 및 설계 기준의 정비

기후변화로 인해 발생하는 여러 가지 문제점을 해결하기 위해서는 건축 및 설계 관련 법령의 보완이 절실히 요구된다. 다음의 보완 내용은 영국에서 기후변화의 영향을 최소화하기 위해 건축 및 설계 관련 법령의 내용을 보완한 내용 중에서 우리 나라의 건축 및 설계 관련 법령의 보완 및 개정에 참고할만한 내용을 재정리한 것이다. 이러한 내용을

검토하여 「건축법」 및 「건축물의 구조내력에 관한 기준」 등 건축물의 시공 및 설계 관련 법령의 보완 및 개정에 반영하도록 하여야 할 것이다.

(1) 구조 부문

현행 건축 법규 및 관련 기준에는 건축물의 구조에 관한 기준이 규정되어 있으며, 이러한 구조에 관한 기준은 건축물이 정하중(고정하중, dead loads), 부하하중, 풍하중 등을 지탱할 수 있도록 관련 기준이 규정되어 있다. 또한 수축, 팽창, 빙결, 지반침하 등에 의해 지반이동이 발생할 경우에도 이러한 현상을 건축물이 수용하도록 구조 기준에 반영되어 있다.

건축물의 구조성능에 영향을 미치는 직접적인 기후변화 요소는 평균풍속증가와 평균온도상승이며, 이러한 영향으로 증발산량(evapotranspiration)의 증가와 강수량의 변화, 높은 수준의 일사량과 자외선 등에 의한 토양의 건조화가 발생한다.

기후변화의 가장 직접적인 영향은 풍하중(wind loads)의 증가이며, 고정하중과 부하하중은 사용재료의 형식과 건축형태가 바뀌지 않는 한 변경되지 않는다. 따라서 최대 풍하중의 증가에 견딜 수 있도록 건축물에서 밀도가 높고 강한 재료와의 사용을 고려하도록 「건축법」 상의 구조 기준을 정비하여야 한다.

적설하중(snow loading)은 높은 평균온도 때문에 평균적으로 줄어들 수 있으나, 보통의 경우보다 많은 눈이 내리는 지역에서는 위험이 남아있을 수 있으므로 적설하중에 대한 건축물 구조상의 기준은 현행 기준을 유지하는 것이 적절할 것으로 보인다.

벽 두께에 대한 현재의 기준은 벽돌과 블록의 압축강도에 근거한다. 기후변화로 인해 온도가 높고 햇빛이 강해질 경우 석조건축, 콘크리트, 기타 재료 등에 균열이 발생하여 내구성과 빗물침투 문제가 발생한다. 벽지지대, 신축줄눈, 철근 등의 위치에 관한 규정도 추가로 지정할 필요가 있다.

또한 고정하지 않아 외장이 떨어지는 것과 같은 안전측면을 「건축법」이 다루어야 하며, 풍속이 높아져 고정물 자체에 더 큰 응력이 가해지면 안전측면을 추가로 지정할 필요가 있다. 기후변화에 의해 온도가 높고 차이가 크면 고정물과 기질에 추가로 응력을 가하여 열화되므로 외장시스템의 구성부품이 바람에 의한 손상에 영향받기 쉽게 된다. 구조와 고정물에 영향을 미치는 다른 내구성요소, 예를 들면 중성화 콘크리트는 바람에 의해 더 많이 손상될 수 있다. 그 밖에도 잘못된 외장시스템은 건축물에 빗물이 더 많이 침투하고 열성능과 음향성능이 떨어지는 원인이 된다.

또 온도 상승과 증발산량과 속도의 증가로 발생하는 토양건조에 의한 지반이동으로 건축물이 균형을 잃고 붕괴되는 위험에도 대비하도록 관련 기준의 보완이 필요하다고 판단된다.

(2) 대지조성 부문

기후변화에 대비하기 위하여 「건축법」상 대지조성과 관련하여 정비 및 보완이 필요한 내용은 수분, 위험물질, 오염물질 등이 건축물에 침투하는 것을 방지하기 위한 조치 등이다. 대지조성과 방수에 영향을 미치는 직접적 기후변화는 강수량 증가와 평균 기온의 상승으로, 폭우, 홍수위험, 토양건조화 등의 결과가 발생할 수 있다. 따라서 대지조성과 대지배수시설에 대한 검토와 보완이 필요하다.

고체, 액체, 기체 등의 지면 오염물질에 의한 노출에 대비하기 위해 규정의 보완이 필요하다. 매립지가스 경우에는 땅 온도의 상승이 예상되기 때문에 가스발생속도가 빨라질 수 있으며, 토양건조화는 땅을 갈라지게 하므로 흙이나 시멘트재료를 이용하여 억제시설을 땅 속에 설치할 필요가 있다. 토지 표면의 온도상승은 수용성오염물질들과 토양의 수분함량에 의해서도 영향받는다. 그러나 건조한 조건에서는 수용성오염물질은 큰 문제가 될 수 없으며 모든 대지가 그 때 100% 건조해지지 않는다.

폭우나 홍수가 발생하기 쉬운 지역에서는 오염물질의 통제가 더 어려워져 억제조치를 더 쉽게 극복할 수 있거나 오염물질 확산정도나 잠재적인 악영향이 증가한다. 이것은 대지를 안전하게 개발하는 최선의 방법을 정할 때 위해성 평가를 이용하는 것과 관련이 있다. 이와 관련 기준의 보완 시에는 지면과 가까운 층과 물의 바닥면 침투방지방법을 규정하여야 한다.

(3) 방수 부문

폭우 또는 홍수로 인해 수분이 건축물 외부로부터 내부로 통과하지 못하도록 관련 규정의 보완이 필요하다. 이와 같이 기후변화가 방수에 영향을 미치는 원인은 평균풍속 증가와 폭우이다.

이에 대비하기 위해서는 건축품질뿐만 아니라 방법과 재료도 엄격히 검토해야 한다. 바람과 비에 의한 기후변화로 인해 평균풍속과 폭우 관련 기준을 다시 마련하여야 한다. 건축형식을 바꿀 필요는 없지만 건축품질개선에 중점을 두고 지침이 건축물수명에 적합

하게 할 필요가 있다. 특히, 홍수발생지역에 중점을 두어 건축물이 신속히 건조되게 하고, 건축물설계를 빗물의 벽침투를 방지하여야 할 것이다.

조적조의 공간쌓기(masonry cavity) 벽에서는 빗물침투, 렌더(render), 클래딩/오버클래딩, 발수가공(water repellent) 등을 고려하여야 한다.

내력벽(solid wall)의 경우에는 적절한 두께가 빗물침투방지에 중요한데, 클래딩이나 렌더링(rendering)을 보호 장치로 공급하도록 하여야 한다. 내력벽의 외부 또는 내부절연 선택은 폭우양의 가능성에 의해 영향받으므로 이를 고려하여 규정을 보완하여야 한다.

중공벽(中空壁) 용으로 추천하는 유일한 절연재료는 방습에 적합하고 공동(空洞)이 빗물 침투후 급속히 말라야 한다.

플로어(floor) 아래 환기속도는 평균풍속이 높기 때문에 증가할 수 있으므로 건축 기초면에 폭우가 들어오지 않도록 더 많이 보호해야 할 필요가 있다. 그러나 환기가 늘어나면 건조속도가 빨라져 습기침투증가를 부분적으로 상쇄하고 상대습도가 높아질 수 있다.

(4) 환기 부문

건축물의 환기에 영향을 미치는 직접적인 기후변화로는 평균풍속증가와 평균온도상승 그리고 폭우증가 등을 들 수 있다. 따라서 관련 법규에서는 거주용 건축물과 비거주용 건축물의 환기를 고려하여 열 수 있는 창, 미늘창, 에어브릭, 점진적으로 여는 환기장치, 윈도 트리클(window trickle) 환기장치, 외부공기가 들어오는 도어구멍, 패시브 스택(passive stack) 환기장치 등의 규정의 보완이 필요하다. 방의 습기와 실내공기오염물질을 없애고 분산하는데 적합한 기계적 환기장치도 명시한다.

평균온도가 높고 건조하고 더운 여름철이 오래 지속되면 건축물을 냉각하기 위해 더 많이 환기해야 한다. 더 효과적인 자연환기를 사용할 수 있지만 이 때 사용자는 환기수단을 더 많이 관리해야 한다.

교통에 의한 공해가 점차 문제되고 있는 복잡한 도심에서는 오염된 공기를 피하고 제거하며 냉각하는 공기조화장치를 이용하는 방향으로 규정의 보완이 필요하다. 건축물을 냉각하는데 필요한 환기는 건물의 열성능 및 건축물의 안락함에 부정적인 효과를 미치게 된다는 점도 고려하여야 한다.

건축물 환기와 관련하여 적절한 대안으로 우선 건축물의 자연환기영역, 예를 들면 더 많은 창문구멍 이용을 늘리는 것이 필요하다. 외부환경의 오염수준이 문제가 될 때 오염 탐지기나 기타 센서 등이 장착된 제품과 연결된 자동제어장치를 더 많이 이용할 수 있

다. 이와 관련하여 기계적 환기 즉 공기조화장치는 자연환기시스템을 지원할 수 있다. 특히 이 시스템은 여름에 오염수준이 높을 때 사용한다. 다음은 트리클 벤트(trickle vent)와 같은 환기구멍을 구멍의 (창문구멍)의 자동운전과 함께 사용하고 열고 닫기에 적합한 제어장치와 탐지기와 결합시키는 방법이다. 이러한 내용을 건축법 관련 기준에 추가하여야 한다.

기후변화는 상대습도가 높기 때문에 건축물 응축문제를 악화시킬 수 있다고 예상하였으며 특히 지붕에 구멍이 있으면 더 위험하다. 스코틀랜드와 같은 지역에서는 수증기압 증가와 결합하여 동절기 온도의 상승으로 심각한 문제가 발생하게 되는 데 이 경우 지붕 공간의 환기가 더 중요해진다.

15° 이상 아래로 기울어진 지붕은 자연 환기되므로 평균풍속증가가 더 많이 환기시키는 원천이 될 수 있으며, 이것은 응축의 더 큰 위험을 상쇄시킬 수 있다. 폭우가 늘어나 습기가 크게 증가할 때에는 환기구멍을 빗물침투로부터 보호하기 위해 중점을 두어야 한다.

(5) 연료와 전력보존 부문

기후변화와 관련하여 연료와 전력 보존을 위한 적절한 규정의 제정 및 보완이 필요하다. 이는 건축물구조를 통한 열손실방지, 한정공간난방관리, 온수공급관의 열손실방지, 파이프와 인공조명장치의 손실방지 등을 위해서이다. 연료와 전력 보존과 관련하여 영향을 미치는 직접적 기후요소는 평균기온상승과 평균풍속증가이다. 결과적 기후변화요소는 폭우증가, 여름철 폭염의 발생 등이다.

앞으로 평균온도상승으로 건축물에 필요한 공간 난방량은 감소될 것이다. 그러나 이 잠재적 절약은 공기침투에 의한 열 손실 증가에 의해 상쇄될 것이다. 미래기후는 예측 불가능하므로 유연한 난방시스템이 필요하며 효과적, 효율적으로 안전하게 운전하여 건축물의 사용자나 관리자가 더 잘 관리해야 한다.

건물냉방부하가 늘어나 환기와 공기정화장치를 더 많이 사용하게 되므로 기준을 강화할 필요가 있다. 앞으로는 공기정화장치의 영향과 에너지이용의 증가에 대한 내용을 수용할 수 있도록 관련 법규 및 기준의 보완이 필요하다.

먼저 구멍주위에 외풍차단장치를 이용함으로써 공기가 새어들어 오는 것을 막고 불필요한 공기통로를 줄여야 한다. 또 공간난방시스템제어장치(구역, 타이머, 보일러제어장치 등) 요구조건을 기후변화의 예상을 고려하여 적절하게 개선할 필요가 있는데 여기에는

사용자가 개별관리하거나, 주택이나 상업빌딩단지를 중앙집중으로 관리하는 방법으로 관리할 수 있다. 중앙집중식으로 관리하는 경우에는 컴퓨터기술과 자동시스템이 필요하다. 그러나 열손실과 빙결을 줄이는 용기, 파이프, 덕트 등의 절연 기준은 변경될 필요가 없다.

또한 폭우의 증가로 인해 벽, 지붕, 바닥 등을 절연을 위해 건조하게 유지하는 데 많은 관심을 기울여야 한다. 이는 열성능과 관련이 있으며, 절연재료의 성질은 이러한 시스템의 적합성에 크게 영향을 미친다.

(6) 화재안전 부문

기후변화에 따라 화재위험이 늘어날 수 있는 데, 그 예는 풍속이 높아져 건축물 내부와 주위에 화재확산속도가 높아지는 경우이다. 화재현장에 산소가 더 많이 공급되면 건축물이 더 손상되고 인명위협도 커진다. 따라서 건축물을 화재확산으로부터 보호하고 화재가 시작하였음을 알리는 초기경보시스템을 제공할 필요성이 높아진다. 현행 「건축법」은 풍속과 환기가 화재확산에 미치는 영향을 고려하지 않고 있어 보완의 필요성이 있다.

외부화재 발생원으로부터 건축물을 보호할 필요성도 건조한 상태가 계속되는 경우에는 제기된다. 따라서 삼림과 삼림지대의 개방된 지역이 건조해지고 화재확산에 취약하게 되며, 화재빈도증가는 화재확산의 주요 기여요소가 될 수 있다.

3. 기후변화로 인한 피해의 책임 소재 명확화

(1) 기후변화로 인한 자연재해 피해의 책임 명확화

지구온난화로 인한 기후변화는 폭우량의 증가, 폭풍, 혹한 및 폭염 등의 자연 재해의 발생을 증가시킬 것이다. 이러한 자연재해로 인해 교량, 도로, 댐, 건물 등의 붕괴가 발생하여 생명과 재산 피해가 발생하였을 경우 이에 대한 책임의 부담 문제가 발생한다.

이러한 기후변화로 인한 자연재해의 발생에 대비하여 건축 법규 및 관련 기준의 정비 없는 상태에서 건설업체는 적정공사를 수행하였음에도 불구하고 ‘부실공사’의 오명을 쓰고 책임을 부담할 가능성이 높다.

따라서 기후변화로 인한 피해에 대해서는 시공회사의 고의 또는 과실이 없는 이상 시공회사의 책임은 면책하도록 하여야 할 것이다. 이를 위해 「건설산업기본법」 또는 「공사계약일반조건」 등에 ‘기후변화로 인한 피해의 면책’ 조항을 추가하여 기후변화로 인해 발생한 건축물의 붕괴 또는 공기의 지연에 대해서 시공회사의 책임을 면제하는 방안을 검토해야 할 것이다.

(2) 건설공기 지연의 문제

기후변화로 인해 발생한 강우일수의 증가 또는 폭염일수 및 혹한일수의 증가로 공기 지연의 문제가 발생할 경우에도 이에 대한 책임을 누가(발주자 또는 시공자) 부담하는가 하는 논란과 분쟁은 지속적으로 증가하게 될 것이다. 시공자의 귀책사유로 인한 공기의 지연은 건설현장의 생산성 및 시공회사의 이익을 저하시키는 결과를 가져올 것이다.

2003년 평균 강우일수의 증가로 인해 건설현장의 손실이 크게 발생하였다. 이 또한 기후변화의 결과이다. 따라서 기후변화로 인해 건설공기의 지연이 발생할 경우에 대비하여 이를 계약조건에 명시할 수 있도록 하여야 한다.

구체적으로 기후변화로 인한 공기의 지연을 계약 체결시에 불가항력적 사유로 정하여 발주자와 시공자 간의 분쟁의 소지를 사전에 차단하는 것이 필요하다. 여기에는 예년과 차이가 나는 강우일수, 건설공사를 수행할 수 없을 정도로 평균 기온을 초과하거나 미치지 못하는 기온의 계속 등 기후변화로 인해 발생할 것이 예상되는 내용을 ‘기후변화로 인한 불가항력 조항’으로 규정하여 시공자의 책임을 면책시키도록 건설공사 계약에 적용하도록 하는 방안이 적절할 것으로 판단된다.

4. 건설현장 관리 기준의 강화

기후변화로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 건설현장의 관리도 강화되어야 한다. 기후변화로 인해 건설현장에 높은 습도와 바람이 많이 불게 될 경우 현장 사고의 발생 가능성이 높아지게 되는 데 이를 위해 새로운 현장의 기후 조건에 적합한 안전관리 지침을 마련하여 현장에서 운영하여야 할 것이다. 앞에서 언급한 것과 같이 바람이 많이 부는 건설현장의 조건에 의해 큰 영향을 받아 사고의 발생이 증가하고 있는 건설현장의 비계 고정을 반드시 재점검되어야 한다.

기후변화가 지속적으로 발생할 경우 건설현장의 자재 보관 장소도 적절하게 관리·운영하여야 한다. 강수량의 증가, 폭풍의 증가, 태양의 중파장자외선(UV-B)의 증가로 인한 피해를 방지하기 건설현장의 자재 보관 장소에 관한 규정도 재검토되어야 한다.

또한 쓰레기매립지 가스(landfill gas)는 쓰레기매립지와 가까운 거리에 위한 건설현장에서는 특별한 관리가 필요한데 건설현장 지면 온도의 상승을 억제하는 특별한 현장의 관리가 필요하다.

5. 「건설산업 기후변화 대책반(가칭)」의 구성 및 운영

기후변화가 건설업에 미치는 영향을 최소화하기 위한 대응방안의 마련을 위해 민관이 공동으로 참여하는 「건설산업 기후변화 대책반(가칭)」을 구성하여 운영하는 것을 검토하여야 한다. 대책반은 정부 측에서는 건설교통부, 환경부 등이 참여하고, 민간에서는 대한건설협회를 비롯한 건설단체총연합회의 회원들이 참여하고 관련 연구기관이 참여해야 할 것으로 판단된다.

대책반의 운영은 ‘실무소위원회’를 중심으로 이루어져야 할 것으로 판단된다. 실무소위원회에서는 기후변화의 실태와 건설업에 미치는 영향의 조사 업무를 수행하는 조사통계 업무와 분야별 대응방안을 마련하는 업무가 중심이 되어야 할 것이다.

구체적으로 기후변화의 실태 조사는 기후변화의 요인을 부문별로 정밀히 파악하고 하게 조사하여 그 결과를 분석하여야 한다. 이러한 결과를 토대로 건설현장에서 발생하는 기후변화 요인에 의한 피해를 정확하게 조사취합하여야 한다. 1년 또는 반기별로 기후변화의 실태와 건설업에 미친 영향들을 조사정리한 보고서를 발간하여 정부 또는 업체들의 교육·홍보 자료로 활용하는 것도 필요할 것으로 보인다.

제5장

결론

최근의 춥지 않은 겨울 날씨, 지난 해 여름의 태풍 매미의 피해 등은 지구온난화로 인한 기후변화의 결과이다. 이러한 기후변화는 지금도 계속적으로 발생하고 있으며, 앞으로는 더욱 가속화될 것이다. 또한 기후변화가 건설업에 미치는 영향은 계속적으로 증가하게 될 것이다.

본 연구에서는 기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응방안에 대해 살펴보았다. 현재의 상황으로 미치는 영향이 미미하다고 이에 대한 대응을 미루거나 대응책을 수립하지 않을 경우 건설업은 큰 영향을 받게 될 것이다. 이는 국민의 생명과 안전에 직접 영향을 줄 수 있는 중요한 문제인 것이다.

기후변화가 건설업에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 가장 절실히 요구되는 것은 이산화탄소 등 온실 가스의 발생을 최소화할 수 있는 에너지 절약형 건축 자재를 많이 사용하도록 하고, 설계에 있어서도 에너지 절약 설계 기준을 확대·강화 적용하여야 할 것이다.

다음으로 기후변화 요인과 그 영향을 고려하여 건축관련 법규 및 기준의 정비가 필요하다. 구체적으로 건축물의 구조 기준, 부지와 관련된 문제, 건축물의 방수 및 환기 문제, 연료와 전력 문제, 화재 안전 문제 등을 고려하여 관련 법규 및 기준을 정비하여야 할 것이다. 또한 시설물의 기준 즉, 폭우에 대비하여 교량, 댐 등의 구조상의 강도 기준도 검토하여 정비하여야 할 것이다.

다음으로 기후변화로 인해 발생하는 피해에 대한 책임의 명확화가 필요하다. 건설당시의 관련 법규의 내용을 준수한 시공회사는 관련 피해의 책임을 면제하도록 하는 기본원칙으로 정해야 할 것이다. 또한 건설공사 계약에 이러한 기후변화 요인을 반영하여 공사계약이 체결되어야 할 것이다. 특히 기후변화로 인해 발생하는 강우일수의 증가 및 폭한 및 폭염으로 인한 공기의 손실 등의 경우 시공자의 귀책사유로 인정하지 않도록 하여야 할 것이다. 이러한 조치가 이루어지지 않을 경우 기후변화의 영향을 시공회사가 전적으로 부담하는 불합리한 결과가 발생할 수 있다.

다음으로 기후변화에 대비하여 건설현장의 관리를 강화하여야 할 것이다. 대표적으로 기후변화로 인해 바람이 강하게 불 경우 건설현장의 비계의 고정 문제와 경량 자재의 보

관 문제가 발생하게 된다. 이와 같은 문제를 사전에 방지하기 위해 건설현장에서 발주자와 시공회사간 협의하여 현장의 관리를 강화하여야 할 것이다. 이러한 건설현장의 관리 강화와 함께 ISO14000 인증, 환경경영 등을 통해 기후변화에 대비할 수 있는 시공회사의 자율적인 시스템의 마련이 필요하다.

또 정부와 민간이 공동으로 참여하는 ‘건설산업 기후변화 대책반’을 조직하여 기후변화의 영향에 공동으로 대처하고 대응방안을 모색하도록 운영하여야 할 것이다. 건설업체는 이러한 기후변화 요인을 기업의 경영전략으로 활용하도록 하는 것이 필요하다.

기후변화는 분명 현재에는 건설업에 미치는 영향이 크지 않다. 그러나 더욱 분명한 것은 앞으로 기후변화는 건설업에 큰 영향을 미치게 될 것이라는 사실이다. 따라서 지금부터 철저히 준비하지 않는다면 건설업은 큰 타격을 입게 될 것이다. 이와 함께 국가적인 생명과 재산의 손실 또한 크게 발생할 것이다. 기후변화에 대한 철저한 준비가 절실히 필요하다.

참고문헌

국내 문헌

- 국립환경연구원, 지구온난화에 따른 한반도 영향평가 및 적응전략 기술개발. 2000.
- 산업자원부, 기후변화협약에 의한 제2차 대한민국 국가보고서, 2002.
- 조광우·김지혜, 「지구온난화에 따른 한반도 주변의 해수면 변화와 그 영향에 관한 연구 I」, 한국환경정책평가연구원조 등, 2001.
- 한국과학기술원, 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지움, “기후변화가 수문과 수자원에 미치는 영향(김승, 정성원, 김현준)”, 19931993.
- 환경부, 기후변화협약 대응 체제 연구, 2002. 4.
- 환경백서, 2003. 환경부.

국외 문헌

- IPCC, 「Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability」, Cambridge Univ. Press, UK, 2001.
- P. Martens, Health and Climate Change, Earthscan, London, 1988.
- SL Garvin, MC Philipson, CH Sanders, CS Hayles and GT Dow, Impact of Climate Change on Building, 1998, Construction Research Communications.

<http://www.kei.re.kr>

부 록

1. 기후변화협약 당사국 총회 진행 현황

기후변화협약 체결 이후 협약에 가입한 국가를 당사국(Party)이라고 하며, 협약관련 최고 의사결정기구로서 협약의 진행방법, 사안 등을 결정하기 위한 당사국총회(COP : Conference of the Parties)는 별다른 사안이 없는 한 1년에 한번 열린다.

(1) 제1차 당사국 총회(1995.3. 독일 베를린)

선진국들의 의무 강화를 위한 협상결과 2000년 이후의 온실가스 감축을 위한 협상 그룹을 설치하고 논의결과를 제3차 당사국 총회에 보고하도록 하는 베를린위임(Berlin Mandate) 사항을 결정하였다. 이를 위해 베를린 위임사항 특별그룹(AGBM)을 설치하여 온실가스 및 일정설정에 관해 국가별 상황, 평가 및 분석을 고려하여 정책 및 조치를 가다듬고 특정 일정 내에서의 양적 감축목표 및 제한의 설정을 목적으로 협상이 시작될 것을 합의하였다.

(2) 제2차 당사국총회(1996.7. 스위스 제네바)

제1차 당사국 총회 이후 4 차례의 베를린 결의 실무그룹(AGBM), 3차례의 부속기구 회의가 있었다. 주요 이슈는 IPCC 제2차 평가보고서의 검토, 베를린 결의에 따른 선진국의 의무강화, 그리고 개도국의 국가보고서 작성지침 채택이며 이는 1996년 6월 제2차 당사국총회에서 재검토되었다. 미국과 EU는 감축목표에 대해 법적 구속력을 부여기로 합의하였으며 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)의 2차 평가보고서 중 "인간의 활동이 지구의 기후에 대하여 명백한 영향을 미치고 있다."는 주장을 과학적 사실로 공식 인정하였다.

(3) 제3차 당사국총회(1997.12. 일본 교토)

부속서 I 국가들이 온실가스 배출량 감축, 공동이행제도, 청정개발체제, 배출권 거래제 등 시장원리에 입각한 새로운 온실가스 감축 수단의 도입 등을 주요 내용으로 하는 교토 의정서를 채택하였다.

(4) 제4차 당사국총회(1998.11. 아르헨티나 부에노스아이레스)

아르헨티나와 카자흐스탄이 비부속서 I 국가로서는 처음으로 온실가스 감축 의무부담 의사를 표명하였다.

(5) 제5차 당사국총회(1999.11. 독일 본)

아르헨티나의 감축목표 발표로 개발도상국의 온실가스 감축 의무부담 문제가 부각되어 경제성장에 연동된 온실가스 배출목표를 설정하였다. 이에 대해 우리나라는 개발도상국의 경제성장을 보장하는 새로운 참여방식의 필요성을 지적하고 자발적이며 비구속적이라는 전제하에 참여할 수 있다는 의사를 표명하였다.

(6) 제6차 당사국총회(2000.11. 네덜란드 헤이그)

2002년에 교토의정서를 발효하기 위하여 교토의정서의 상세 운영규정을 확정할 예정이었으나, 미국, 일본, 호주 등 Umbrella그룹(EU를 제외한 선진국들의 모임으로 흡수원의 확대인정, 교토메카니즘의 적용 확대 등을 주장하는 그룹) 과 유럽연합(EU)간의 입장 차이로 협상타결이 결렬되었다.

(7) 제6차 당사국총회 속개회의(2001.7. 독일 본)

교토메카니즘, 흡수원 등에서 EU와 개발도상국의 양보로 캐나다, 일본이 참여하면서 극적으로 타결되어 미국을 배제한 채 교토의정서 체제에 대한 합의를 이루게 되었다.

(8) 제7차 당사국총회 (2001.10. 모로코 마라케쉬)

7월 독일 본에서 개최된 제6차 당사국총회 속개회의시 합의되지 못한 의무준수체제와 교토메카니즘 (청정개발체제, 공동이행제도, 배출권 거래제도) 운영규칙 뿐만 아니라 온실가스 배출 통계작성·보고 내용 및 절차, 배출권 산정방식 등 기술적인 사항이 중점 논의되었다.

그리고 협상과정에서는 제6차 당사국총회 속개회의의 본 합의(Bonn Agreement)에 입각하여 온실가스 감축을 엄격히 시행하려는 유럽 선진국과 온실가스 저감비용 축소를 위해 시장기능을 활용하는 교토메카니즘 운영과 관련하여 최대한의 신축성을 확보하려는 Umbrella 그룹 (일본, 러시아, 캐나다, 호주, 뉴질랜드)간에 첨예한 대립이 쉽게 해소되지 않아 난항을 겪었다. 그러나, 협상이 타결되지 못할 경우 기후변화 대처를 위한 지난 10여년간의 국제사회의 노력이 결실을 보지 못할 것이라는 인식에 공감하여 비록 협상시한을 넘겼지만 타협안 도출에 성공하였다.

(9) 제8차 당사국총회 (2002.10. 인도 뉴델리)

지속가능발전과 기후변화에 대한 <델리각료선언문>을 채택하였고 부속서 I 및 비부속서 I 국가보고서 제출절차와 향후의 교토의정서 당사국회의(COP/MOP) 개최방안을 잠정적으로 확정하였다. 기후변화의 부정적 영향에 따른 조치에는 별다른 합의가 없었으나 재정체계 활성화에 있어서는 개도국의 요구를 수용하기로 하였다.

(10) 제9차 당사국총회 (2003.12. 이탈리아 밀라노)

청정개발체제 사업에 조립 및 재조립을 포함시키기 위한 적정 방식 및 절차 등에 관한 합의가 있었으며, 차기 과학기술자문부속기구회의(SBSTA 20)에서 기후변화의 과학적, 기술적, 사회경제적 측면의 영향과 이 영향의 완화를 위한 작업을 시작하기로 하였다. 또한 제7차 당사국회의에서 설치하기로 결정한 기후변화특별기금(SCCF : Special Climate Change Fund) 및 최빈국(LDC : Least Developed Countries) 기금의 운용 방안을 타결하였다.

2. 기후변화협약문

이 협약의 당사자는,

지구의 기후변화와 이로 인한 부정적 효과가 인류의 공통 관심사임을 인정하고, 인간활동이 대기중의 온실가스 농도를 현저히 증가시켜 왔으며, 이로 인해 자연적 온실 효과가 증대되고 이것이 평균적으로 지구표면 및 대기를 추가적으로 온난화시켜 자연생태계와 인류에게 부정적 영향을 미칠 수 있음을 우려하며,

과거와 현재의 지구전체 온실가스의 큰 부분이 선진국에서 배출되었다는 것과 개발도상국의 1인당 배출량은 아직 비교적 적으나 지구전체의 배출에서 차지하는 개발도상국의 배출비율이 그들의 사회적 및 개발의 요구를 충족시키기 위하여 증가할 것임을 주목하고,

육지와 해양 생태계에서 온실가스의 흡수원과 저장소가 하는 역할과 중요성을 인식하며, 기후변화에 대한 예측, 특히 그 시기·규모 및 지역적 양태에 대한 예측에 불확실성이 많음을 주목하고,

기후변화의 세계적 성격에 대응하기 위하여는 모든 국가가 그들의 공통적이면서도 그 정도에 차이가 나는 책임, 각각의 능력 및 사회적·경제적 여건에 따라 가능한 모든 협력을 다하여 효과적이고 적절한 국제적 대응에 참여하는 것이 필요함을 인정하며,

1972년 6월 16일 스톡홀름에서 채택된 국제연합인간환경회의 선언의 관련규정을 상기하고,

국가는 국제연합헌장과 국제법의 원칙에 따라 고유의 환경정책과 개발정책에 입각하여 자기나라의 자원을 개발할 주권적 권리를 가지며, 자기나라의 관할 혹은 통제지역안의 활동때문에 다른 국가나 관할권 이원지역의 환경에 피해가 발생하지 아니하도록 보장할 책임이 있음을 또한 상기하며,

기후변화에 대응하기 위한 국제협력에 있어서 국가주권원칙을 재확인하고,

국가는 효과적인 환경법령을 제정하여야 하며, 환경기준과 관리의 목적 및 우선 순위는 이들이 적용되는 환경 및 개발상황을 반영하여야 하며, 어떠한 국가에 의하여 적용된 기준이 다른 국가, 특히 개발도상국에 대해서는 부적절하며 또한 부당한 경제적·사회적 비용을 유발할 수도 있다는 것을 인식하며,

국제연합 환경개발회의에 관한 1989년 12월 22일 총회결의 44/228호, 인류의 현재 및 미래 세대를 위한 지구기후의 보호에 관한 1988년 12월 6일 결의 43/53호, 1989년 12월 22일 결의 44/207호, 1990년 12월 21일 결의 45/212호 및 1991년 12월 19일 결의 46/169호

의 규정을 상기하고,
 해수면 상승이 도서 및 해안지역, 특히 저지대 해안지역에 가져올 수 있는 부정적 효과에 관한 1989년 12월 22일 총회결의 44/206호의 규정과 사막화 방지 실천계획의 이행에 관한 1989년 12월 19일의 총회결의 44/172호의 관련규정을 또한 상기하며,
 1985년의 오존층보호를위한비엔나협약, 1990년 6월 29일에 개정된 1987년의 오존층파괴 물질에관한몬트리올의정서를 또한 상기하고,
 1990년 11월 7일 채택된 제2차 세계기후회의 각료선언을 주목하며,
 많은 국가가 행한 기후변화에 관한 귀중한 분석작업과 세계기상기구·국제연합환경계획 및 국제연합체제안의 그 밖의 기구들, 그리고 그 밖의 국제적 및 정부간 기구가 과학연구결과와 교환과 연구의 조정에서 이룩한 중요한 기여를 의식하고,
 기후변화를 이해하고 이에 대응하기 위하여 필요한 조치는 관련 과학적·기술적 및 경제적 고려에 바탕을 두고 이러한 분야의 새로운 발견에 비추어 계속적으로 재평가될 경우에 환경적·사회적 및 경제적으로 가장 효과적이라는 것을 인식하며,
 기후변화에 대응하기 위한 다양한 조치는 그 자체만으로도 경제적으로 정당화될 수 있으며, 또한 그 밖의 환경문제를 해결하는 데 도움을 줄 수 있음을 인식하고,
 선진국이 온실효과의 증대에 대한 자기나라의 상대적 책임을 정당히 고려하여 세계적·국가적 그리고 합의되는 경우 지역적 차원에서의 모든 온실가스에 대한 종합대응전략의 첫 단계로서 명확한 우선순위에 입각하여 신속성 있게 신속한 조치를 취할 필요성을 또한 인식하며,
 저지대 국가 및 군소 도서국가, 저지대 연안지역·건조지역·반건조지역 또는 홍수가 잦고 사막화에 취약한 지역을 가지고 있는 국가, 그리고 연약한 산악생태계를 가지고 있는 개발도상국이 특별히 기후변화의 부정적 효과에 취약하다는 것을 또한 인식하고,
 그 경제가 특별히 화석연료의 생산·사용 및 수출에 의존하고 있는 국가, 특히 개발도상국이 온실가스 배출을 제한하기 위하여 취한 조치로 인해 겪을 특별한 어려움을 인식하며,
 기후변화에 대한 대응은 사회적 및 경제적 발전에 대한 부정적인 영향을 피하기 위하여, 특히 개발도상국의 지속적인 경제성장 달성과 빈곤퇴치를 위한 정당하고 우선적인 요구를 충분히 고려하여 사회적 및 경제적 발전과 통합적인 방식으로 조정되어야 한다는 것을 확인하고,
 모든 국가, 특히 개발도상국은 지속가능한 사회적 및 경제적 발전을 달성하는 데 필요한 자원への 접근을 필요로 하며, 개발도상국이 이러한 목적을 달성하기 위해서는, 경제적

및 사회적으로 유리한 조건의 신기술의 적용등을 통하여 더 높은 에너지 효율성을 달성하고 온실가스 배출량을 전반적으로 통제할 수 있으리라는 가능성을 고려하는 한편, 개발도상국의 에너지 소비가 증가할 필요가 있을 것임을 인식하며, 현재와 미래의 세대를 위하여 기후체계를 보호할 것을 결의하여, 다음과 같이 합의하였다.

제1조 정 의

이 협약의 목적상,

1. "기후변화의 부정적 효과"라 함은 기후변화에 기인한 물리적 환경 또는 생물상의 변화로서 자연적 생태계 및 관리되는 생태계의 구성·회복력 또는 생산성, 사회경제체제의 운용 또는 인간의 건강과 복지에 대하여 현저히 해로운 효과를 야기하는 것을 말한다.
2. "기후변화"라 함은 인간활동에 직접 또는 간접으로 기인하여 지구대기의 구성을 변화시키는 상당한 기간동안 관측된 자연적 기후 가변성에 추가하여 일어나는 기후의 변화를 말한다.
3. "기후체계"라 함은 대기권, 수권, 생물권과 지리권 그리고 이들의 상호작용의 총체를 말한다.
4. "배출"이라 함은 특정지역에 특정기간동안 온실가스 및/또는 그 전구물질을 대기중으로 방출하는 것을 말한다.
5. "온실가스"라 함은 적외선을 흡수하여 재방출하는 천연 및 인공의 기체성의 대기 구성물을 말한다.
6. "지역경제통합기구"라 함은 이 협약 및 부속의정서가 규율하는 사항에 관하여 권한을 가지며, 또한 내부절차에 따라 정당하게 권한을 위임받아 관련문서에 서명·비준·수락·승인 또는 가입할 수 있는 특정지역의 주권국가들로 구성된 기구를 말한다.
7. "저장소"라 함은 온실가스 또는 그 전구물질이 저장되는 기후 체계의 하나 또는 그 이상의 구성요소들을 말한다.
8. "흡수원"이라 함은 대기로부터 온실가스, 그 연무질 또는 전구물질을 제거하는 모든 과정·활동 또는 체계를 말한다.
9. "배출원"이라 함은 대기중으로 온실가스, 그 연무질 또는 전구물질을 방출하는 모든 과정 또는 활동을 말한다.

제2조 목 적

이 협약과 당사자총회가 채택하는 모든 관련 법적문서의 궁극적 목적은, 협약의 관련 규정에 따라, 기후체계가 위험한 인위적 간섭을 받지 않는 수준으로 대기중 온실가스 농도의 안정화를 달성하는 것이다. 그러한 수준은 생태계가 자연적으로 기후변화에 적응하고 식량생산이 위협받지 않으며 경제개발이 지속가능한 방식으로 진행되도록 할 수 있기에 충분한 기간내에 달성되어야 한다.

제3조 원 칙

협약의 목적을 달성하고 그 규정을 이행하기 위한 행동에 있어서, 당사자는 무엇보다도 다음 원칙에 따른다.

1. 당사자는 형평에 입각하고 공통적이면서도 그 정도에 차이가 나는 책임과 각각의 능력에 따라 인류의 현재 및 미래 세대의 이익을 위하여 기후체계를 보호해야 한다. 따라서, 선진국인 당사자는 기후변화 및 그 부정적 효과에 대처하는 데 있어 선도적 역할을 해야 한다.
2. 기후변화의 부정적 효과에 특별히 취약한 국가 등 개발도상국인 당사자와, 개발도상국인 당사자를 포함하여 이 협약에 따라 불균형적이며 지나친 부담을 지게 되는 당사자의 특수한 필요와 특별한 상황은 충분히 고려되어야 한다.
3. 당사자는 기후변화의 원인을 예견·방지 및 최소화하고 그 부정적 효과를 완화하기 위한 예방조치를 취하여야 한다. 심각하거나 회복할 수 없는 손상의 위협이 있는 경우, 충분한 과학적 확실성이 없다는 이유로 이러한 조치를 연기하여서는 아니되며, 기후변화를 다루는 정책과 조치는 최저비용으로 세계적 이익을 보장할 수 있도록 비용효과적이어야 한다. 이 목적을 달성하기 위하여, 이러한 정책과 조치는 서로 다른 사회경제적 상황을 고려하여야 하고, 종합적이어야 하며, 온실가스의 모든 관련 배출원·흡수원 및 저장소 그리고 적응 조치를 포함하여야 하며, 모든 경제분야를 포괄하여야 한다. 기후변화에 대한 대응노력은 이해 당사자가 협동하여 수행할 수 있다.
4. 당사자는 지속가능한 발전을 증진할 권리를 보유하며 또한 증진하여야 한다. 경제발전이 기후변화에 대응하는 조치를 취하는 데 필수적임을 고려하여, 인간활동으로 야기된 기후변화로부터 기후체계를 보호하기 위한 정책과 조치는 각 당사자의 특수한 상황에 적절하여야 하며 국가개발계획과 통합되어야 한다.

5. 당사자는 모든 당사자, 특히 개발도상국인 당사자가 지속적 경제 성장과 발전을 이룩하고 그럼으로써 기후변화문제에 더 잘 대응할 수 있도록 하는 지지적이며 개방적인 국제경제체제를 촉진하기 위하여 협력한다. 일방적 조치를 포함하여 기후변화에 대처하기 위하여 취한 조치는 국제무역에 대한 자의적 또는 정당화할 수 없는 차별수단이나 위장된 제한수단이 되어서는 아니된다.

제4조 공 약

1. 모든 당사자는 공통적이면서도 그 정도에 차이가 나는 책임과 자기나라의 특수한 국가적, 지역적 개발우선순위·목적 및 상황을 고려하여 다음 사항을 수행한다.

가. 당사자총회가 합의하는 비교가능한 방법론을 사용하여, 몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 모든 온실가스의 배출원에 따른 인위적 배출과 흡수원에 따른 제거에 관한 국가통계를 제12조에 따라 작성, 정기적으로 갱신 및 공표하고 당사자총회에 통보한다.

나. 몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 모든 온실가스의 배출원에 따른 인위적 배출의 방지와 흡수원에 따른 제거를 통하여 기후변화를 완화하는 조치와 기후변화에 충분한 적응을 용이하게 하는 조치를 포함한 국가적 및 적절한 경우 지역적 계획을 수립·실시·공표하고 정기적으로 갱신한다.

다. 에너지·수송·산업·농업·임업 그리고 폐기물관리분야를 포함한 모든 관련분야에서 몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 온실가스의 인위적 배출을 규제·감축 또는 방지하는 기술·관행 및 공정을 개발·적용하고, 이전을 포함하여 확산시키는 것을 촉진하고 협력한다.

라. 생물자원·산림·해양과 그 밖의 육상·연안 및 해양 생태계 등 몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 온실가스의 흡수원과 저장소의 지속가능한 관리를 촉진하고 또한 적절한 보존 및 강화를 촉진하며 이를 위해 협력한다.

마. 기후변화의 영향에 대한 적응을 준비하는 데 협력한다. 즉, 연안관리·수자원 및 농업을 위한 계획 그리고 특히 아프리카등 가뭄·사막화 및 홍수에 의하여 영향받는 지역의 보호와 복구를 위한 적절한 통합계획을 개발하고 발전시킨다.

바. 관련 사회·경제 및 환경정책과 조치에서 가능한 한 기후 변화를 고려하며, 기후변화를 완화하고 이에 적응하기 위하여 채택한 사업과 조치가 경제·공중보건 및 환경의 질에 미치는 부정적 효과를 최소화할 수 있도록, 예를 들어 영향평가와 같은,

국가적으로 입안되고 결정된 적절한 방법을 사용한다.

사. 기후변화의 원인·결과규모시기 및 여러 대응전략의 경제적·사회적 결과에 관한 이해를 증진시키고 또한 이에 관한 잔존 불확실성을 축소·제거하기 위하여 기후체계와 관련된 과학적·기술적·기능적·사회경제적 및 그 밖의 조사, 체계적 관측 그리고 자료보관소의 설치를 촉진하고 협력한다.

아. 기후체계와 기후변화, 그리고 여러 대응전략의 경제적·사회적 결과와 관련된 과학적·기술적·기능적·사회 경제적 및 법률적 정보의 포괄적, 공개적 그리고 신속한 교환을 촉진하고 협력한다.

자. 기후변화에 관한 교육, 훈련 및 홍보를 촉진하고 협력하며, 이러한 과정에 비정부간 기구등의 광범위한 참여를 장려한다.

차. 제12조에 따라 이행관련 정보를 당사자총회에 통보한다.

2. 부속서 1에 포함된, 선진국인 당사자와 그 밖의 당사자는 특히 다음에 규정된 사항을 수행할 것에 합의한다.

가. 당사자는 온실가스의 인위적 배출을 제한하고 온실가스의 흡수원과 저장소를 보호·강화함으로써 기후변화의 완화에 관한 국가정책을 채택하고 이에 상응하는 조치를 취한다. 이러한 정책과 조치를 취함으로써 선진국은 이 협약의 목적에 부합하도록 인위적 배출의 장기적 추세를 수정하는데 선도적 역할을 수행함을 증명한다. 선진국은 이러한 역할을 수행함에 있어 이산화탄소와 몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 그 밖의 온실가스의 인위적 배출을 1990년대말까지 종전 수준으로 회복시키는 것이 그러한 수정에 기여함을 인식하고 각 당사자의 출발점 및 접근 방법·경제구조 그리고 자원기반의 차이, 강력하고 지속 가능한 경제성장을 유지할 필요성, 가용기술 그리고 여타 개별적 상황, 아울러 이 목적에 대한 세계적 노력에 각 당사자가 공평하고 적절하게 기여할 필요성을 고려한다. 선진국인 당사자는 그 밖의 당사자와 이러한 정책과 조치를 공동으로 이행할 수 있으며, 또한 그 밖의 당사자가 협약의 목적, 특히 본 호의 목적을 달성하는데 기여하도록 지원할 수 있다.

나. 이러한 목적달성을 촉진하기 위하여 당사자는 이산화탄소와 몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 그 밖의 온실가스의 인위적 배출을 개별적 또는 공동으로 1990년 수준으로 회복시키기 위한 목적으로, 가호에 언급된 정책 및 조치에 관한 상세한 정보와, 가호에 언급된 기간동안에 이러한 정책과 조치의 결과로 나타나는 몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 온실가스의 배출원에 따른 인위적 배출과 흡수원에 따른 제거에 관한 상세한 정보를 협약이 자기나라에 대하여 발효한 후 6월

- 이내에, 또한 그 이후에는 정기적으로 제12조에 따라 통보한다. 당사자총회는 제7조에 따라 제1차 회기에서, 또한 그 이후에는 정기적으로 이러한 정보를 검토한다.
- 다. 나호의 목적상 온실가스의 배출원에 따른 배출과 흡수원에 따른 제거에 관한 계산은 흡수원의 유효용량 및 기후변화에 대한 가스종별 기여도를 포함하는 최대한으로 이용가능한 과학적 지식을 고려하여야 한다. 당사자총회는 제1차 회기에서 이러한 계산방식에 대해 심의, 합의하고 그 이후에는 정기적으로 이를 검토한다.
- 라. 당사자총회는 제1차 회기에서 가호와 나호의 조치가 충분한 지를 검토한다. 이러한 검토는 기후변화와 그 영향에 대한 최대한으로 이용가능한 과학적 정보 및 평가와 아울러 관련 기술·사회적 및 경제적 정보를 고려하여 수행한다. 이러한 검토에 입각하여 당사자총회는 적절한 조치를 취하며, 이에는 가호 및 나호의 공약에 대한 개정의 채택이 포함될 수 있다. 당사자총회는 제1차 회기에서 가호에 규정된 공동이행에 관한 기준을 또한 결정한다. 가호와 나호에 대한 제2차 검토는 1998년 12월 31일 이전에 실시하며, 그 이후에는 이 협약의 목적이 달성될 때까지 당사자총회가 결정하는 일정한 간격으로 실시한다.
- 마. 당사자는 다음을 수행한다.
- (1) 협약의 목적을 달성하기 위하여 개발된 관련 경제적 및 행정적 수단들을 적절히 그 밖의 당사자와 조정한다.
 - (2) 몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 온실가스의 인위적 배출수준의 증가를 초래하는 활동을 조장하는 정책과 관행을 찾아내어 정기적으로 검토한다.
- 바. 당사자총회는 관련 당사자의 승인을 얻어 부속서 1·2의 명단을 적절히 수정할 지를 결정하기 위하여 1998년 12월 31일 이전에 이용 가능한 정보를 검토한다.
- 사. 부속서 1에 포함되지 않은 당사자는 비준서·수락서·승인서 또는 가입서에서, 그리고 그 이후에는 언제든지 가호와 나호에 구속받고자 하는 의사를 수탁자에게 통고할 수 있다. 수탁자는 그러한 통고를 서명자 또는 당사자에게 통보한다.
3. 부속서 2에 포함된, 선진국인 당사자와 그 밖의 선진당사자는 개발도상국이 제12조제1항에 따른 공약을 이행하는 데에서 부담하는 합의된 만큼의 모든 비용을 충족시키기 위하여 새로운 추가적 재원을 제공한다. 이러한 당사자는 또한 기술이전을 위한 비용을 포함하여, 본 조 제1항에 규정된 것으로서 개발도상국이 제11조에 언급된 국제기구 또는 국제기구들과 합의한 조치를 이행하는 데에서 발생하는, 합의된 만큼의 모든 추가비용을 충족시키기 위하여 제11조에 따라 개발도상국인 당사자가 필요로 하는 새로운 추가적 재원을 제공한다. 이러한 공약의 이행에는 자금 흐름의 충분성과 예측 가능성 및 선진국인

당사자간의 적절한 부담배분의 중요성을 고려한다.

4. 부속서 2에 포함된, 선진국인 당사자와 그 밖의 선진당사자는 또한 기후변화의 부정적 효과에 특히 취약한 개발도상국인 당사자가 이러한 부정적 효과에 적응하는 비용을 부담할 수 있도록 지원한다.

5. 부속서 2에 포함된, 선진국인 당사자와 그 밖의 선진당사자는 다른 당사자, 특히 개발도상국인 당사자가 이 협약의 규정을 이행할 수 있도록 환경적으로 건전한 기술과 노하우의 이전 또는 이에 대한 접근을 적절히 증진·촉진하며, 그리고 이에 필요한 재원을 제공하기 위한 모든 실행 가능한 조치를 취한다. 이러한 과정에서 선진국인 당사자는 개발도상국인 당사자의 내생적 능력과 기술의 개발 및 향상을 지원한다. 지원할 수 있는 위치에 있는 그 밖의 당사자와 기구도 이러한 기술이전을 용이하게 하도록 지원할 수 있다.

6. 제2항의 공약을 이행하는 데 있어, 부속서 1에 포함된 당사자로서 시장경제로의 이행 과정에 있는 당사자에 대해서는 기후변화에 대응하는 능력을 향상시키도록 당사자총회로부터 어느 정도의 융통성이 허용되며, 이에는 기준으로 선정된 몬트리올의정서에 의해 규제되지 않는 온실가스의 과거 인위적 배출수준에 관한 사항이 포함된다.

7. 개발도상국인 당사자의 협약에 따른 공약의 효과적 이행정도는 선진국인 당사자가 자원 및 기술이전에 관한 협약상의 공약을 얼마나 효과적으로 이행할 지에 달려있으며, 경제·사회적 개발과 빈곤 퇴치가 개발도상국의 제1차적이며 가장 앞서는 우선 순위임을 충분히 고려한다.

8. 본 조의 공약을 이행하는 데 있어, 당사자는 특히 다음에 열거한 각 지역에 대한 기후변화의 부정적 효과 그리고/또는 대응조치의 이행에 따른 영향으로부터 발생하는 개발도상국인 당사자의 특수한 필요와 관심을 충족시키기 위하여 자원제공, 보험 그리고 기술이전과 관련된 조치를 포함하여 이 협약에 따라 어떠한 조치가 필요한 지를 충분히 고려한다.

가. 소도서국가

나. 저지대 연안을 보유한 국가

다. 건조반건조지역, 산림지역 및 산림황폐에 취약한 지역을 보유한 국가

라. 자연재해에 취약한 지역을 보유한 국가

마. 가뭄과 사막화에 취약한 지역을 보유한 국가

바. 도시대기가 고도로 오염된 지역을 보유한 국가

사. 산악 생태계를 포함하여 연약한 생태계 지역을 보유한 국가

아. 화석연료와 이에 연관된 에너지 집약적 생산품의 생산·가공 및 수출로부터 얻는 소득에, 그리고/또는 화석연료와 이에 연관된 에너지 집약적 생산품의 소비에 크게 의존하는 경제를 보유한 국가

자. 내륙국과 경유국

또한, 당사자총회는 본 항과 관련하여 적절한 조치를 취할 수 있다.

9. 당사자는 재원제공 및 기술이전과 관련된 조치에서 최빈국의 특수한 필요와 특별한 상황을 충분히 고려한다.

10. 당사자는, 협약의 공약을 이행함에 있어, 기후변화에 대응하기 위한 조치의 이행에 따라 발생하는 부정적 효과에 취약한 경제를 가진 당사자, 특히 개발도상국인 당사자의 여건을 제10조에 따라 고려한다. 이는 화석연료와 이에 연관된 에너지 집약적 생산품의 생산·가공 및 수출로부터 발생하는 소득에 크게 의존하는, 그리고/또는 화석연료와 이에 연관된 에너지 집약적 생산품의 소비에 크게 의존하는, 그리고/또는 다른 대체에너지로 전환하는 데 심각한 어려움을 갖고 있어 화석 연료 사용에 크게 의존하는 경제를 보유한 당사자에게 특히 적용된다.

제5조 조사 및 체계적 관측

제4조제1항자호의 공약을 이행함에 있어, 당사자는 다음과 같이 한다.

가. 노력의 중복을 최소화할 필요성을 고려하여 조사·자료 수집 및 체계적 관측에 관한 정의수립·실시평가 및 경비지원을 목적으로 하는 국제적 및 정부간 계획·조직 또는 기구를 적절히 지원하고 더욱 발전시킨다.

나. 특히 개발도상국에 있어서 체계적 관측과 국가의 과학·기술 조사역량과 능력을 강화하며, 국가관할권 이원지역에서 획득된 자료 및 그 분석결과에의 접근 및 교환을 촉진하는 국제적 및 정부간 노력을 지원한다.

다. 개발도상국의 특별한 관심과 필요를 고려하며, 가호 및 나호에 언급된 노력에 참여하기 위한 개발도상국의 내생적 역량과 능력을 향상시키는 데 협력한다.

제6조 교육, 훈련 및 홍보

제4조제1항자호의 공약을 이행함에 있어, 당사자는 다음과 같이 한다.

가. 국내적 차원 및 적절한 경우 소지역적 및 지역적 차원에서 국내법령에 따라, 또한

각자의 능력안에서 다음 사항을 촉진하고 장려한다.

- (1) 기후변화와 그 효과에 관한 교육 및 홍보계획의 개발과 실시
- (2) 기후변화와 그 효과에 관한 정보에의 공공의 접근
- (3) 기후변화와 그 효과에 대응하고 적절한 대응책을 개발하는 데 대한 공공의 참여
- (4) 과학기술 및 관리요원의 양성

나. 국제적 차원에서 그리고 적절한 경우 기존기구를 이용하여 다음 사항에서 협력하고 이를 촉진한다.

- (1) 기후변화와 그 효과에 관한 교육 및 홍보 자료의 개발과 교환
- (2) 특히 개발도상국을 위하여 이 분야의 전문가를 양성할 국내기관의 강화와 요원의 교류 또는 파견을 포함하는 교육훈련계획의 개발과 실시

제7조 당사자총회

1. 당사자총회를 이에 설치한다.

2. 당사자총회는 협약의 최고기구로서 협약 및 당사자총회가 채택하는 관련 법적문서의 이행상황을 정기적으로 검토하며, 권한의 범위안에서 협약의 효과적 이행 촉진에 필요한 결정을 한다. 이를 위하여 당사자총회는 다음을 수행한다.

가. 협약의 목적, 협약의 이행과정에서 얻은 경험 및 과학기술지식의 발전에 비추어 협약에 따른 당사자의 공약과 제도적 장치를 정기적으로 검토한다.

나. 당사자의 서로 다른 여건·책임 및 능력과 협약상의 각자의 공약을 고려하여, 기후변화와 그 효과에 대응하기 위하여 당사자가 채택한 조치에 관한 정보의 교환을 촉진하고 용이하게 한다.

다. 둘 또는 그 이상의 당사자의 요청이 있는 경우, 당사자의 서로 다른 여건·책임 및 능력과 협약에 따른 각자의 공약을 고려하여, 기후변화 및 그 효과에 대응하기 위하여 당사자가 채택한 조치의 조정을 용이하게 한다.

라. 협약의 목적과 규정에 따라, 특히 온실가스의 배출원에 따른 배출 및 흡수원에 따른 제거에 관한 목록을 작성하고, 온실가스의 배출을 제한하고 제거를 강화하는 조치의 유효성을 평가하기 위한, 당사자총회에서 합의될 비교 가능한 방법론의 개발 및 정기적 개선을 촉진하고 지도한다.

마. 협약의 규정에 따라 제공된 모든 정보에 입각하여 당사자의 협약 이행상황, 협약에 따라 취한 조치의 전반적 효과, 특히 누적적 효과를 포함한 환경적·경제적·사회

- 적 효과 및 협약의 목적 성취도를 평가한다.
- 바. 협약의 이행에 관한 정기보고서를 심의, 채택하고 공포한다.
- 사. 협약의 이행에 필요한 모든 사항에 대하여 권고한다.
- 아. 제4조제3항·제4항·제5항 및 제11조에 따라 재원의 동원을 추구한다.
- 자. 협약의 이행에 필요하다고 판단되는 보조기관을 설치한다.
- 차. 보조기관이 제출하는 보고서를 검토하고 지침을 준다.
- 카. 총회 및 보조기관의 의사규칙 및 재정규칙을 콘센서스로 합의하여 채택한다.
- 타. 적절한 경우, 권한있는 국제기구·정부간기구 및 비정부간 기구의 지원과 협력 및 이들 기구에 의해 제공되는 정보를 입수하여 이용한다.
- 파. 협약에 따라 부여된 모든 기능과 협약의 목적달성을 위하여 요구되는 그 밖의 기능을 수행한다.
3. 당사자총회는 제1차 회기에서 총회 및 협약에 의하여 설치되는 보조기관의 의사규칙을 채택하며, 이 의사규칙은 협약에 규정된 의사 결정절차에서 다루지 않는 문제에 관한 의사결정절차를 포함한다. 이 절차에는 특별한 결정의 채택에 필요한 특정 의결정족수를 포함할 수 있다.
4. 당사자총회 제1차 회기는 제21조에 규정된 임시사무국이 소집하며 협약 발효 후 1년 이내에 개최한다. 그 이후에는 당사자총회가 달리 결정하지 아니하는 한, 당사자총회 정기회기는 매년 개최된다.
5. 당사자총회 특별회기는 총회가 필요하다고 인정하는 때에 또는 당사자의 서면요청에 의하여 개최한다. 다만, 이러한 서면요청은 사무국이 이를 당사자에게 통보한 후 6월 이내에 최소한 당사자 3분의 1의 지지를 받아야 한다.
6. 국제연합·국제연합전문기구·국제원자력기구 및 이들 기구의 회원국 또는 옵서버인 비당사자는 당사자총회 회기에 옵서버로 참석할 수 있다. 협약과 관련된 분야에서 자격을 갖춘 국내적 또는 국제적 기구나 기관 및 정부간 또는 비정부간 기구나 기관이 당사자총회 회기에 옵서버로서 참석할 희망을 사무국에 통보한 경우, 최소한 출석 당사자 3분의 1이 반대하지 아니하는 한 참석이 허용될 수 있다. 옵서버의 참석허용 및 회의참가는 당사자총회가 채택한 의사규칙에 따른다.

제8조 사 무 국

1. 사무국을 이에 설치한다.

2. 사무국의 기능은 다음과 같다.

- 가. 당사자총회 및 협약에 따라 설치되는 총회 보조기관의 회의준비와 이에 필요한 지원 제공
- 나. 사무국에 제출된 보고서의 취합 및 전달
- 다. 요청이 있을 경우, 당사자 특히 개발도상국인 당사자가 협약규정에 따라 요구되는 정보를 취합, 통보하는 데 있어 이에 대한 지원 촉진
- 라. 활동보고서의 작성 및 당사자총회에 대한 제출
- 마. 다른 유관 국제기구 사무국과의 필요한 협조 확보
- 바. 당사자총회의 전반적인 지침에 따라 효과적인 기능 수행에 필요한 행정적·계약적 약정 체결
- 사. 협약과 부속의정서에 규정된 그 밖의 사무국 기능과 당사자총회가 결정하는 그 밖의 기능 수행

3. 당사자총회는 제1차 회기에서 상설사무국을 지정하고 그 기능 수행에 필요한 준비를 한다.

제9조 과학기술자문 보조기관

1. 당사자총회와 적절한 경우 그 밖의 보조기관에 협약과 관련된 과학기술문제에 관한 시의적절한 정보와 자문을 제공하기 위하여 과학기술자문 보조기관을 이에 설치한다. 이 기관은 모든 당사자의 참여에 개방되며 여러 전문분야로 이루어진다. 이 기관은 유관 전문 분야의 권한있는 정부대표로 구성된다. 이 기관은 모든 작업상황에 관하여 당사자총회에 정기적으로 보고한다.

2. 당사자총회의 지침에 따라, 그리고 권한있는 국제기구의 협력을 얻어 이 기관은 다음 사항을 수행한다.

- 가. 기후변화와 그 효과에 관한 과학지식의 현황에 대한 평가를 제공한다.
- 나. 협약의 이행과정에서 취한 조치의 효과에 대한 과학적 평가를 준비한다.
- 다. 혁신적·효율적인 첨단기술과 노우하우를 파악하고 그러한 기술의 개발 및/또는 이전을 촉진하는 방법과 수단에 관하여 자문한다.
- 라. 기후변화와 관련된 과학계획 및 연구개발을 위한 국제협력에 관한 자문과 개발도상국의 내생적 역량 형성을 지원하는 방법 및 수단에 관한 자문을 제공한다.
- 마. 당사자총회와 그 보조기관이 제기하는 과학적·기술적 및 방법론적 질문에 답변한다.

3. 이 기관의 기능과 권한은 당사자총회에서 더 구체화할 수 있다.

제10조 이행을 위한 보조기관

1. 당사자총회가 협약의 효과적 이행상황을 평가하고 검토하는 것을 지원하기 위하여 이행을 위한 보조기관을 이에 설치한다. 이 기관은 모든 당사자의 참여에 개방되며 기후변화 분야의 전문가인 정부대표로 구성된다. 이 기관은 모든 작업상황에 관하여 당사자총회에 정기적으로 보고한다.

2. 당사자총회의 지침에 따라, 이 기관은 다음 사항을 수행한다.

가. 당사자가 취한 조치의 전반적인 종합적 효과를 평가하기 위하여, 제12조제1항에 따라 통보된 정보를 기후변화에 관한 최신의 과학적 평가에 비추어 심의한다.

나. 당사자총회가 제4조제2항나호에 규정된 검토를 수행하는 것을 지원하기 위하여, 제12조제2항에 따라 통보된 정보를 심의한다.

다. 적절한 경우, 당사자총회가 결의를 준비하고 이행하는 데 있어 이를 지원한다.

제11조 재정지원체제

1. 기술이전을 포함하여 무상 또는 양허성 조건의 재원제공을 위한 지원체제를 이에 규정한다. 이 지원체제는 협약에 관련되는 정책, 계획의 우선순위 및 자격기준을 결정하는 당사자총회의 지침에 따라 기능을 수행하고 총회에 책임을 진다. 그 운영은 하나 또는 그 이상의 기존 국제기구에 위탁된다.

2. 재정지원체제는 투명한 관리제도안에서 모든 당사자가 공평하고 균형있는 대표성을 갖는다.

3. 당사자총회와 재정지원체제의 운영을 위탁받은 기구는 상기 두 항에 효력을 부여하기 위하여 다음 사항을 포함하는 운영요령에 합의한다.

가. 기후변화를 다루기 위한 재원제공사업이 당사자총회가 마련한 정책, 계획의 우선 순위 및 자격기준에 부합하도록 보장하는 방식

나. 특정 재원제공 결정을 이러한 정책, 계획의 우선순위 및 자격기준에 비추어 재심의하는 방식

다. 제1항에 규정된 책임요건과 부합하게, 운영을 맡은 기구가 재원제공활동에 관한 정기보고서를 당사자총회에 제출하는 것

라. 예측 가능하고 확인 가능한 방식으로 협약이행에 필요한 이용 가능한 재원제공액을

- 결정하고, 이 금액을 정기적으로 검토하는 조건에 관해 결정하는 것
4. 당사자총회는 제21조제3항에 언급된 임시조치를 검토, 심의하여 제1차 회기에서 상기 규정의 이행을 위한 준비를 하고 임시조치의 유지여부를 결정한다. 그로부터 4년 이내에 당사자총회는 재정지원체제에 대해 검토하고 적절한 조치를 취한다.
 5. 선진국인 당사자는 또한 협약이행과 관련된 재원을 양자적, 지역적 및 그 밖의 다자적 경로를 통하여 제공하고, 개발도상국인 당사자는 이를 이용할 수 있다.

제12조 이행관련 정보의 통보

1. 제4조제1항에 따라, 당사자는 사무국을 통하여 다음 사항의 정보를 당사자총회에 통보한다.
 - 가. 당사자총회에서 지지·합의할 비교 가능한 방법론을 이용하여 능력이 허용하는 한 도내에서 작성한 몬트리올의정서에 의해 규제되지 않는 모든 온실가스의 배출원에 따른 인위적 배출과 흡수원에 따른 제거에 관한 국가통계
 - 나. 협약이행을 위하여 당사자가 취했거나 계획중인 조치의 일반적인 서술
 - 다. 당사자가 협약 목적의 달성에 관련되고 통보에 포함시키는 것이 적합하다고 판단하는 그 밖의 정보. 이는 가능한 경우 세계적 배출추세 산출에 관련되는 자료를 포함함.
2. 부속서 1에 포함된, 선진국인 당사자와 그 밖의 당사자는 통보에 다음 사항의 정보를 포함한다.
 - 가. 제4조제2항가호·나호의 공약이행을 위하여 채택한 정책 및 조치의 상세한 서술
 - 나. 상기 가호에 언급된 정책 및 조치가 제4조제2항가호에 언급된 기간동안 온실가스의 배출원에 따른 인위적 배출 및 흡수원에 따른 제거에 미치는 효과에 대한 상세한 평가
3. 또한 부속서 2에 포함된, 선진국인 당사자와 그 밖의 선진 당사자는 제4조제3항·제4항 및 제5항에 따라 취한 조치의 상세내용을 포함한다.
4. 개발도상국인 당사자는 자발적으로 사업이행에 필요한 특정 기술·재료·장비·공법 또는 관행을 포함하는 자원제공사업을 제안할 수 있으며, 이러한 제안에는 가능한 경우 모든 부가비용에 대한 견적, 온실가스의 배출저감 및 제거증가에 대한 견적, 그리고 이로 인한 이익에 대한 평가를 포함한다.
5. 부속서 1에 포함된, 선진국인 당사자와 그 밖의 당사자는 그 당사자에 대하여 협약이

발효한 후 6월 이내에 최초의 통보를 행한다. 그 밖의 당사자는 그 당사자에 대한 협약발효 후 3년 이내에, 또는 제4조제3항에 따른 재원을 이용할 수 있는 때로부터 3년 이내에 최초의 통보를 행한다. 최빈국인 당사자는 자신의 재량에 따라 최초의 통보를 행한다. 모든 당사자의 그 후의 통보의 빈도는 당사자총회가 결정하며, 이에는 이 항에 규정된 차등적 일정을 고려한다.

6. 사무국은 본 조에 따라 당사자가 통보한 정보를 당사자총회와 유관 보조기관에 가급적 신속히 전달한다. 필요하다면, 당사자총회는 정보의 통보절차를 추가로 심의할 수 있다.

7. 당사자총회는 제1차 회기부터 개발도상국인 당사자가 본 조에 따라 정보를 취합 및 통보하고 제4조에 따른 제안사업 및 대응조치와 연관된 기술적·재정적 소요를 판단하는데 필요한 기술·재정지원을 요청에 따라 개발도상국인 당사자에게 제공하는 것을 주선한다. 그 밖의 당사자, 권한있는 국제기구 및 사무국은 적절한 경우 이러한 지원을 제공할 수 있다.

8. 당사자로 구성된 집단은 당사자총회가 채택한 지침에 따르고 당사자총회에 사전통고하는 조건으로, 본 조에 따른 공약을 이행하기 위하여 공동으로 통보를 행할 수 있다. 단, 이러한 통보에는 협약에 따른 각 당사자의 개별적 공약이행에 관한 정보가 포함되는 것을 조건으로 한다.

9. 사무국이 접수한 정보중 당사자가 당사자총회에 의해 설정되는 기준에 따라 비밀로 지정한 정보는 정보통보와 검토에 관여하는 기관에 제공되기 전에 비밀보호를 위하여 사무국이 취합한다.

10. 제9항에 따를 것을 조건으로, 그리고 통보한 정보를 언제든지 공표할 수 있는 당사자의 능력에 영향을 미치지 아니하고, 사무국은 본 조에 따라 당사자가 통보한 정보가 당사자총회에 제출되는 시점에 공개적 이용이 가능하도록 한다.

제13조 이행관련 문제의 해결

당사자총회는 제1차 회기에서 이 협약의 이행관련 문제의 해결을 위하여, 당사자의 요청으로 이용가능한, 다자간 협의절차의 수립을 심의한다.

제14조 분쟁해결

1. 이 협약의 해석 또는 적용에 관하여 둘 또는 그 이상의 당사자간에 분쟁이 있는 경우,

70.기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응방안

관련 당사자는 교섭 또는 스스로 선택하는 그 밖의 평화적 방법을 통하여 분쟁의 해결을 모색한다.

2. 이 협약의 비준수락·승인 또는 가입시, 그리고 그 후 언제든지, 지역경제통합기구가 아닌 당사자는 협약의 해석이나 적용에 관한 분쟁에 있어서 동일한 의무를 수락하는 당사자와의 관계에서 다음을 특별한 합의없이, 선언하였다는 사실만으로, 의무적인 것으로 인정함을 수탁자에게 서면으로 선언할 수 있다.

가. 분쟁의 국제사법재판소 회부 그리고/또는

나. 당사자총회가 가능한 한 신속히 중재에 관한 부속서 형태로 채택할 절차에 따른 중재

지역경제통합기구인 당사자는 나호에서 언급된 절차에 따른 중재와 관련하여 유사한 효력을 가지는 선언을 행할 수 있다.

3. 제2항에 따라 행해진 선언은 선언의 조건에 따라 기한이 만료될 때까지, 또는 서면 철회통고가 수탁자에게 기탁된 후 3월까지 유효하다.

4. 새로운 선언, 선언의 철회통고 또는 선언의 기한만료는 분쟁 당사자가 달리 합의하지 아니하는 한, 국제사법재판소 또는 중재재판소에서 진행중인 소송에 대하여 어떠한 영향도 미치지 아니한다.

5. 제2항의 운용에 따를 것을 조건으로, 일방 당사자가 타방 당사자에게 그들간에 분쟁이 존재하고 있음을 통고한 후 12월동안 분쟁당사자가 제1항에 언급된 수단을 통하여 분쟁을 해결하지 못한 경우, 그 분쟁은 분쟁당사자 일방의 요청에 의하여 조정제 회부된다.

6. 조정위원회는 분쟁당사자 일방의 요청에 따라 설치된다. 위원회는 관련당사자 각각에 의하여 임명된 동수의 위원과 각 당사자에 의해 임명된 위원들이 공동으로 선출한 의장으로 구성된다. 위원회는 권고적 판정을 내리고, 당사자는 이를 성실히 고려한다.

7. 당사자총회는 가능한 한 신속히 조정제에 관한 부속서 형태로 조정제와 관련된 추가절차를 채택한다.

8. 본 조의 규정은 해당문서가 달리 규정하지 아니하는 한, 당사자총회가 채택하는 모든 관련 법적문서에 적용된다.

제15조 협약의 개정

1. 모든 당사자는 협약의 개정안을 제안할 수 있다.

2. 협약 개정안은 당사자총회의 정기회기에서 채택된다. 사무국은 제안된 협약개정안을

늦어도 채택회의가 개최되기 6월전에 당사자에게 통보한다. 또한 사무국은 제안된 개정안을 이 협약 서명자 그리고 참고로 수탁자에게도 통보한다.

3. 당사자는 제안된 협약 개정안이 콘센서스에 의하여 합의에 도달하도록 모든 노력을 다한다. 콘센서스를 위한 모든 노력을 다하였으나 합의에 도달하지 못한 경우, 개정안은 최종적으로 회의에 출석·투표한 당사자 4분의 3의 다수결로 채택된다. 사무국은 채택된 개정안을 수탁자에게 통보하며, 수탁자는 수락을 위하여 이를 모든 당사자에게 배포한다.

4. 개정안에 대한 수락서는 수탁자에게 기탁된다. 제3항에 따라 채택된 개정안은 최소한 협약당사자 4분의 3의 수락서가 수탁자에게 접수된 후 90일째 되는 날부터 수락한 당사자에 대하여 발효한다.

5. 그 밖의 당사자가 그 후에 수탁자에게 수락서를 기탁하는 경우, 개정안은 기탁일 후 90일째 되는 날부터 그 당사자에 대하여 발효한다.

6. 본 조의 목적상 "출석·투표한 당사자"라 함은 회의에 출석하여 찬성 또는 반대 투표를 한 당사자를 말한다.

제16조 부속서의 채택 및 개정

1. 협약의 부속서는 협약의 불가분의 일부를 구성하며, 협약이 언급되는 경우 명시적으로 달리 규정하지 아니하는 한, 이는 동시에 부속서도 언급하는 것으로 본다. 이러한 부속서는 제14조제2항나호 및 제7항의 규정에 영향을 미치지 아니하고, 목록양식 및 과학적·기술적·절차적 또는 행정적 특성을 가진 서술적 성격의 그 밖의 자료에 제한된다.

2. 협약의 부속서는 제15조제2항·제3항 및 제4항에 규정된 절차에 따라 제안되고 채택된다.

3. 제2항에 따라 채택된 부속서는, 수탁자가 부속서의 채택을 당사국에 통보한 날부터 6월후에, 동 기간내에 부속서를 수락하지 않음을 수탁자에게 서면으로 통고한 당사자를 제외한 모든 당사자에 대하여 발효한다. 부속서는 불수락 통고를 철회한 당사자에 대하여는 수탁자의 통고철회 접수일 후 90일째 되는 날부터 발효한다.

4. 협약 부속서의 개정안의 제안·채택 및 발효는 제2항 및 제3항에 따른 협약 부속서의 제안·채택 및 발효와 동일한 절차를 따른다.

5. 부속서 또는 부속서 개정안의 채택이 협약의 개정을 수반하는 경우, 협약의 개정안이 발효할 때까지 부속서 또는 부속서 개정안은 발효하지 아니한다.

제17조 의 정 서

1. 당사자총회는 정기회기에서 협약에 대한 의정서를 채택할 수 있다.
2. 사무국은 제안된 의정서의 문안을 늦어도 회기가 개최되기 6월전에 당사자에게 통보한다.
3. 의정서의 발효요건은 그 문서에 규정한다.
4. 협약의 당사자만이 의정서의 당사자가 될 수 있다.
5. 의정서에 따른 결정은 관련 의정서의 당사자만이 할 수 있다.

제18조 투 표 권

1. 협약의 당사자는 제2항에 규정된 경우를 제외하고는 하나의 투표권을 가진다.
2. 지역경제통합기구는 그 기구의 권한사항에 대하여 협약의 당사자인 기구 회원국의 수와 동수의 투표권을 행사한다. 기구 회원국의 어느 한 나라라도 투표권을 행사하는 경우, 기구는 투표권을 행사할 수 없으며 그 반대의 경우도 또한 같다.

제19조 수 탁 자

국제연합사무총장은 이 협약과 협약 제17조에 따라 채택되는 의정서의 수탁자가 된다.

제20조 서 명

이 협약은 국제연합 환경개발회의 기간 중에는 리우데자네이로에서, 1992년 6월 20일부터 1993년 6월 19일까지는 뉴욕의 국제연합본부에서 국제연합 또는 그 전문기구의 회원국, 국제사법재판소 규정 당사자 및 지역경제통합기구의 서명을 위하여 개방된다.

제21조 임시조치

1. 제8조에 언급된 사무국의 기능은 당사자총회의 제1차 회기 종료시까지 1990년 12월 21일 국제연합총회결의 45/212호에 의해 설립된 사무국에 의하여 임시로 수행된다.
2. 제1항에 언급된 임시사무국의 장은 기후변화에 관한 정부간 협의체가 객관적인 과학

적·기술적 자문의 요구에 따를 수 있도록 하기 위하여 협의체와 긴밀히 협력한다. 다른 관련 과학기구들과도 또한 협의할 수 있다.

3. 국제연합개발계획, 국제연합환경계획 및 국제부흥개발은행에 의하여 운영되고 있는 지구환경기금은 임시적으로 제11조에 언급된 재정지원체제의 운영을 위탁받는 국제기구가 된다. 이와 관련, 지구 환경기금은 제11조의 요건을 충족할 수 있도록 적절히 재구성되어야 하고 그 회원자격을 보편화하여야 한다.

제22조 비준·수락·승인 또는 가입

1. 협약은 국가 및 지역경제통합기구에 의해 비준·수락·승인 또는 가입된다. 협약은 서명기간이 종료된 다음 날부터 가입을 위하여 개방된다. 비준서·수락서·승인서 또는 가입서는 수탁자에게 기탁된다.

2. 협약의 당사자가 되는 지역경제통합기구는, 기구 회원국 중 어느 한 국가도 협약의 당사자가 아닌 경우, 협약에 따른 모든 의무에 구속된다. 기구의 하나 또는 그 이상의 회원국이 협약의 당사자인 경우, 기구와 기구 회원국은 협약에 따른 의무를 수행하기 위한 각각의 책임을 결정한다. 이러한 경우, 기구와 기구회원국은 협약에 따른 권리를 동시에 행사할 수는 없다.

3. 지역경제통합기구는 그 비준서·수락서·승인서 또는 가입서에 협약이 규율하는 사항에 관한 기구의 권한범위를 선언한다. 또한 기구는 권한범위의 실질적 변동에 관하여 수탁자에게 통보하며, 수탁자는 이를 당사자에게 통보한다.

제23조 발 효

1. 협약은 50번째의 비준서·수락서·승인서 또는 가입서의 기탁일 후 90일째 되는 날부터 발효한다.

2. 50번째의 비준서·수락서·승인서 또는 가입서가 기탁된 후 협약을 비준·수락·승인 또는 가입하는 국가 또는 지역경제통합 기구에 대하여, 협약은 그 국가 또는 지역경제통합기구의 비준서·수락서·승인서 또는 가입서 기탁일 후 90일째 되는 날부터 발효한다.

3. 제1항 및 제2항의 목적상 지역경제통합기구가 기탁하는 문서는 기구 회원국이 기탁하는 문서에 추가되는 것으로 보지 아니한다.

제24조 유 보

협약에 대하여는 어떤 유보도 행할 수 없다.

제25조 탈 퇴

1. 당사자는 협약이 자기나라에 대하여 발효한 날부터 3년이 경과한 후에는 언제든지 수탁자에게 서면통고를 함으로써 협약으로부터 탈퇴할 수 있다.
2. 탈퇴는 수탁자가 탈퇴통고를 접수한 날부터 1년의 기한 만료일 또는 탈퇴통고서에 더 늦은 날짜가 명시된 경우에는 그 늦은 날에 발효한다.
3. 협약으로부터 탈퇴한 당사자는 당사자가 되어 있는 모든 의정서로부터도 탈퇴한 것으로 본다.

제26조 정 본

아랍어·중국어·영어·불어·러시아어 및 서반아어본이 동등하게 정본인 이 협약의 원본은 국제연합사무총장에게 기탁된다.

이상의 증거로 정당하게 권한을 위임받은 아래 서명자가 협약에 서명하였다.

일천구백구십이년 오월 구일 뉴욕에서 작성하였다.

부 속 서 1

오스트레일리아

오스트리아

벨라루스 (*)

벨기에

불가리아 (*)

캐나다

체코슬로바키아 (*)

덴마크

구주경제공동체
에스토니아 (*)
핀란드
프랑스
독일
그리스
헝가리 (*)
아이슬랜드
아일랜드
이탈리아
일본
라트비아 (*)
리투아니아 (*)
룩셈부르크
네덜란드
뉴질랜드
노르웨이
폴란드 (*)
포르투갈
루마니아 (*)
러시아 (*)
스페인
스웨덴
스위스
터어키
우크라이나 (*)
영국
미국

(*) 시장경제로 전환중인 국가

부 속 서 2

오스트레일리아
오스트리아
벨기에
캐나다
덴마크
구주경제공동체
핀란드
프랑스
독일
희랍
아이슬랜드
아일랜드
이탈리아
일본
룩셈부르크
네덜란드
뉴질랜드
노르웨이
포르투갈
스페인
스웨덴
스위스
터어키
영국
미국

Abstract

The Impacts and Measures of Climate Change on Construction Industry

The impacts of climate change are some of the most pressing issues facing society. The effects of climate change will impact upon both the natural environment and human activity, including the built environment. Climate change has been shown to be caused by the effect of greenhouse gas emissions, such as CO₂, resulting from industrial activity. Recognition that increasing deforestation and industrialisation will lead to further climate change has caused the international community at the recent Kyoto conference to implement targets for cutting greenhouse gas emissions. However, mitigation will not stop the process of climate change completely and so future impacts needs to be considered.

The purpose of this report is to disseminate to the construction industry the scope of potential impacts that future climate change may have on the built environment. It begins with a brief summary of the main issues surrounding the science of climate change and the scenarios that are currently being developed. It should be remembered that the science of climate change is still developing and that this report presents the potential impacts based upon our current understanding. It is recognised that assessments of some of the potential impacts may change as understanding of climate science evolves.

The potential future impacts for structures and the built environment caused by climate change are highlighted. In particular, the following areas will be affected by potential impacts:

- The Construction Process including – health and safety issues, problems with material use, site storage of materials, soil conditions on site, site flooding, days lost due to weather, and problems with plant.
- The Building Fabric including – storm damage, geotechnical problems, corrosion of metals, timber degradation, durability of concrete, cracking and frost damage of masonry, degradation of plastics and rubbers, degradation of surface coating,

flood damage, and rain penetration problems.

- The Internal Environment and Energy Use including – internal temperatures/ comfort conditions, energy consumption, condensation and mould growth, internal pollution, and health problems such as risk of legionella problems.

This report will inform government, regulators, local authorities, housing associations, clients, financial institutions, building professionals and all others who have a stake in construction of the extent to which climate change may affect the building stock. The aim of the report is to develop acceptance of the reality of climate change and its effects of these impacts can be minimised. The report does not aim to offer specific solutions to individual impacts, it does however advocate the development of an industry wide strategy to help reduce the future impact of climate change through development of appropriate tools for building professional to use.

○ 저자 소개

강운산(wskang@cerik.re.kr)

충남대학교 법과대학 법학과 졸업

경희대학교 대학원 법학석사(행정법 전공)

경희대학교 대학원 법학박사(행정법, 환경법 전공)

경희대학교 국제법무대학원 외래교수

현재 한국건설산업연구원 책임연구원

<주요 저서 및 논문>

「북한의 건설제도 조사 연구」

「제조물책임법의 제정과 건설업 및 건재·설비업의 대응 방안」

「몰재 채취 제도의 개선방안 연구」

「환경법상 경제적 유인제도의 문제점과 개선방안」

「건설공사 환경관리비 계상의 문제점과 개선방안」

「학교용지부담금제도의 문제점과 개선방안」