

기후변화와 인간 그리고 해양¹⁾

조 광 우²⁾

한국환경정책·평가연구원

서 언

2001년 발표된 UN 기후변화에 관한 정부 간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) 3차 보고서는 21세기 말까지 인간의 활동에 의한 지구온난화로 지구 평균기온이 최대 5.8°C, 해수면은 최대 88 cm 까지 상승할 것으로 예측하고 있다. 예상되는 지구온난화는 기후시스템을 구성하는 대기, 해양, 생물, 빙하, 육지 시스템에 다양한 경로로 영향을 줄 것으로 예상되며 그 영향의 대부분은 악영향인 것으로 평가되고 있다. 많은 국가들은 지구온난화로 인한 기후변화의 영향이 자국의 지속가능한 발전과 밀접한 관계가 있음을 인식하고 예상되는 기후변화에 의한 영향을 사전에 평가하여 적절한 대응 방안을 수립하는 데 많은 노력을 경주하고 있다.

지구온난화로 인한 기후변화 중 인간사회에 가장 큰 악영향을 줄 수 있는 요소 중의 하나가 해수면 상승인 것으로 평가되고 있다. 해수면 상승의 직접적인 영향을 받는 연안역은 육지와 해양의 경계부로 인류에 매우 주요한 역할을 담당하는 지역이다. 연안역은 독특하고 대체 불가능한 자연생태계(사

빈, 갯벌, 산호초, 해양생물 등)를 보유하고 있을 뿐만 아니라 사회·경제적으로 수송, 산업시설, 자원, 관광 등 인간과 매우 밀접한 관계가 있는 곳이다. 이러한 연안역의 특성으로 인하여 인류사회는 연안역을 중심으로 발달하였으며 그 추세는 전 세계적으로 확장되고 있다.

지구온난화에 의한 해수면 상승은 자연생태계 및 사회·경제적으로 주요한 연안역에 다양한 영향 - 연안 저지대 및 습지의 범람, 해안 침식, 강이나 지하수로의 해수 유입, 하천 수위 증가 및 범람, 조석 및 파동 변화, 퇴적상의 변화 등 - 을 주며 그 결과 자연생태계, 인간거주지, 수자원 및 산업시설을 포함한 사회 인프라에 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다. 연안역은 지구온난화로 인한 강수 및 태풍의 강도와 빈도 변화에도 영향을 받기 때문에 기후변화에 가장 취약한 지대로 인식되고 있다.

최근의 한 예로 호주 근처의 섬나라인 투발루는 해수면 상승으로 인한 국토 손실에 대한 대처가 불가능해짐에 따라 전 주민을 뉴질랜드로 옮기고 26 km²의 면적과 4개의 환초로 구성된 자국의 국토를 포기하기로 결정하였다. 또한 열대 주변에 위치한 섬나라

1)Climate Change, People, and Ocean

2)Cho, Kwang-Woo, Division of Environment Impact Assessment, Korea Environment Institute;

E-mail: kwcho@kei.re.kr

들을 중심으로 지구온난화에 따른 해수면 상승 영향이 이미 나타나고 있으며 이들 저개발 국가들은 지구온난화가 선진국에 의하여 주도되었음을 인식하고 국제적으로 집단적인 행동 움직임까지 보이고 있다. 이와 더불어 최근의 인도네시아 지진해일은 연안역이 자연재해에 얼마나 취약할 수 있는가를 보여주는 예라 할 수 있다. 본고에서는 21세기 연안역을 중심으로 인간사회에 큰 영향을 미칠 수 있는 해수면 상승과 관련하여 그 기구, 현황, 예측 및 영향에 대하여 살펴보고자 한다.

해수면 상승 기구

지구온난화에 따른 해수면 상승은 해양 수온 상승을 통한 해양의 열팽창, 육상 빙하 및 빙모의 해빙, 남극 및 그린랜드 빙상의 용해를 통하여 이루어진다(그림 1). 해양의 수온상승은 해양의 밀도 감소 즉 해양의 체적을 증가시킴으로써 해수면을 상승시키며 이 현상을 해양의 열팽창(thermal expansion,

steric sea-level rise)이라 부른다. 해양의 체적 변화는 해양의 밀도 변화에 의하여 일어나며 해양의 밀도 변화는 수온과 염분의 변화에 의존한다. 따라서 수온 및 염분 변화는 해양의 밀도 즉 체적을 변화시키게 되며 이에 따라 해수면이 변화하게 된다.

표층으로 전달된 해양의 열이 내부로 즉시 이동된다면 기후변화는 지연될 수 있으며 해수면 상승은 그만큼 빠르게 일어날 것이다. 그러나 해양의 구조상 해양의 표층에서의 열전달은 매우 빠르게 일어나지만 심층으로 열전달은 매우 느리게 일어난다. 또한 해양은 열용량이 매우 크므로 지구온난화에 의해 해양의 표층이 덩어져도 해양의 전 수층에 전달되기까지는 상당한 시간이 걸린다. 따라서 대기 중 온실가스 농도를 안정화시켜도 해양은 단기간에 평형상태에 도달하는 것이 아니라 수 세기이상 지속적으로 상승하게 된다. 해양의 열팽창은 해양의 전 수온대에서 일어나며 일정한 열량에 대하여 수온이 더 높고 수심이 더 깊은 곳에서 더 많은 팽창이 일어난다. 따라서 21세기 해수

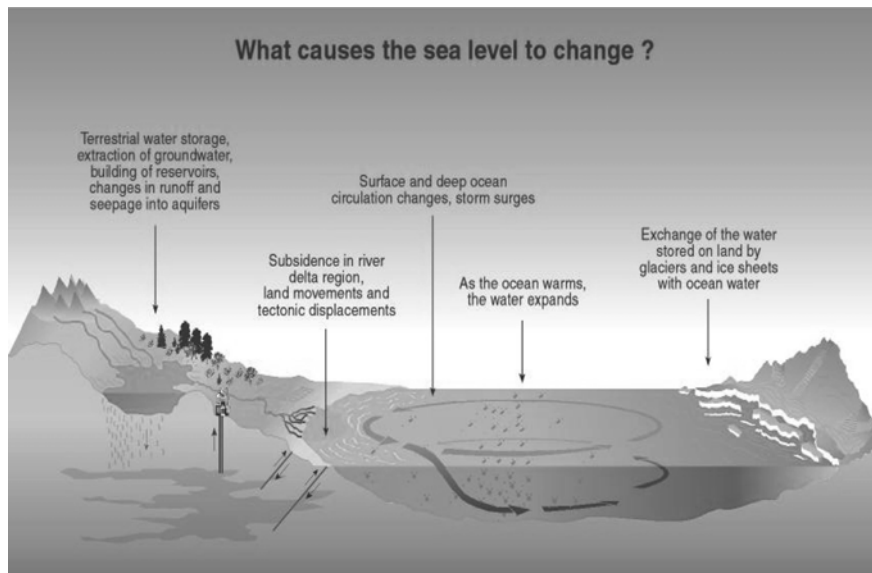


그림 1. 해수면 상승 기구.

면 상승은 저위도 지역에서 그 영향을 일차적으로 받을 가능성이 크다. 이와 같은 해양의 열팽창에 의한 해수면 상승은 지구평균 관점으로 20세기 및 21세기 해수면 상승의 가장 큰 원인으로 평가되고 있다.

해수면 변화는 육상에 저장된 물과 해수와의 교환에 의하여 발생하는 체적 변화로 인해 일어날 수 있다. 육상에 저장되어 있는 대부분의 물은 빙하(glaciers)나 빙상(ice sheet)의 형태로 존재하고 있으며 남극 및 그린란드 빙상을 제외한 빙하 및 빙모(ice caps)에 함유되어 있는 물의 양은 지구 해수면 약 0.5 m에 상응한다. 이들 빙하와 빙모는 지구 육지 얼음 지역의 단지 몇 퍼센트 이내에 불과하지만 그린란드나 남극 빙상보다 지구온난화에 더 민감하다. 지구온난화에 기인하여 산악 빙하나 빙모의 해빙이 많은 지역에서 일어나고 있으며 해수면 상승에 큰 기여를 하는 것으로 평가되고 있다.

지구온난화와 관련하여 해수면을 변화시키는 요인에는 해양의 열팽창, 육상 빙하의 해빙과 더불어 남극 및 그린란드 빙상의 변화가 있다. 그린란드와 남극 빙상에 함유되어 있는 물의 양은 해수면 70 m에 해당되는 상당한 양이다. 따라서 지구온난화에 기인하여 이들 빙상의 질량 수지에 적은 변화가 일어나도 해수면 변화에 큰 영향을 미칠 수 있다. 그러나 이들 빙상에 대한 관측치의 대부분은 수십 년 정도이므로 빙상의 변화가 단기간의 기후변동에 의한 것인지 아니면 오래 전에 발생한 변화에 대해 느리게 조정되어가고 있는지를 판단하는 것은 현재로서는 매우 어려운 실정이며, 해수면 상승에 기여하는 추정 결과도 편차가 크게 나타나고 있다.

해수면 상승 현황

20세기 해수면 변화에 대한 대부분의 연

구는 장기 조위자료에 의존하고 있다. IPCC는 이들 연구결과들을 토대로 20세기 지구평균 해수면 상승률을 1.0~2.0 mm/yr로 평가하였다. 조위자료의 경우 해수면 변화 경향은 관측 자료가 50년 이하에서는 연동이나 수십 년 변동 등에 의하여 지구온난화와 관련된 장기 변동의 경향을 추출하는데 있어서 오차를 포함할 소지가 많다. 또한 해수면 변화를 파악하기 위해서는 육지의 연직운동과 해양 순환으로 인하여 공간적으로 적절한 관측 자료의 확보가 필요하나 대부분의 조위자료는 북반구에 집중되어 있으며 그 자료도 오차가 비교적 적은 섬보다는 연안역에 집중되어 있는 것도 문제점이다.

이와 같은 조위자료의 문제점을 해결하고 정확한 해수면 변화를 산출할 수 있는 방법이 위성 고도계 자료의 사용이다. 위성 고도계는 1970년대의 SEASAT 위성을 시작으로 최근 Topex/Poseidon(1992) 및 GASON(2001) 위성으로 발전하여 해양 순환, 엘니노 및 해수면 상승 등 다양한 분야의 연구에 응용되고 있다. 위성 고도계는 우주 공간에서 해양의 고도를 측정함으로써 육지의 연직 운동에 대한 보정이 필요 없으며 짧은 시간(Topex/Poseidon의 경우 10일)에 전 지구(Topex/Poseidon: 66°N~66°S)를 비교적 높은 공간 해상도를 가지고 정확하게 측정하고 있다. 고도계 자료에 의한 지구 해수면 상승률은 조위 자료를 통한 20세기 해수면 상승률보다 매우 크게 나타나고 있다. 한 예로 Nerem(1999)은 Topex/Poseidon 인공위성 고도계 자료 중 1992년 12월부터 1999년 8월까지의 자료를 분석하여 해수면 상승률을 3.1 ± 1.3 mm/yr로 보고하였다. 이와 같은 높은 상승률이 최근의 해수면 상승 가속에 의한 것인지, 두 관측 기법의 차이에 기인한 것인지, 또는 위성 고도계의 비교적 짧은 관측기간에 기인한 것인지에 대하여는 아직 분

명하지 않다.

지구온난화와 관련하여 우리나라 주변의 해수면 상승에 관하여는 아직까지 정확한 연구 결과가 도출되지 못하고 있는 실정으로, 이는 관측 자료의 부족 및 질 저하, 육지의 수직 운동에 대한 정보 부족 등에 기인하고 있다. 한반도 주변 해역의 해수면 변화 수치는 연구자와 자료 사용기간에 따라 다르게 나타나고 있다. 한반도 해수면 변화와 관련하여 조와 김(2001)은 한반도 주변 23개 조위자료를 사용하여 해수면 변화율의 평균치는 2.31 mm/yr인 것으로 보고하였다. 또한 Topex/Poseidon 위성고도계 자료 분석 결과 한반도 동해 및 남해의 경우 상승률이 4.6 mm/yr, 4.8 mm/yr로 나타났다. 동해 및 남해의 상승치는 IPCC에서 평가한 지구평균치의 상한선보다 매우 크게 나타나며 또한 같은 자료를 사용한 지구 평균치보다 높게 나타나고 있는 점이 주목을 끈다.

해수면 상승 예측

IPCC는 총 배출시나리오(SRES)를 주요 기후모델에 적용하여 21세기 해수면 상승을 예측하였으며 그 결과는 그림 2와 같다. 지구 평균 해수면은 2100년에 1990년 대비 0.09~0.88 m 상승하며 그 중간 값은 0.48 m로 예측 되었다. 중간 값을 기준으로 21세기 해수면 상승률은 20세기에 비하여 2.2~4.4배 증가하는 것으로 예측되었다. 이들 예측치는 지구평균치를 의미하며 지역적으로는 그 차이가 매우 크게 나타나고 있다. 지역적인 해수면 변화는 열팽창에 의한 지역적의 차이 외에도 해양순환의 변화와 이로 인한 해양 열의 수평이동, 기후변화에 따른 바람장의 변화 등 다양한 요인에 의하여 복잡한 양상을 보일 것으로 예상되며 그 크기는 지구평균치에 비하여 상당한 크기로 변할 것으로

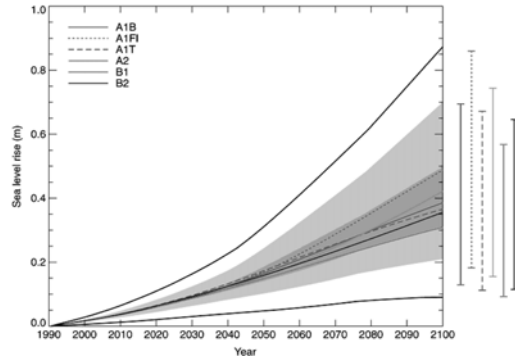


그림 2. SRES 시나리오별 1990-2100 전구 평균 해수면 상승 예측치.

평가되고 있다. 현행 기후모델은 해수면 상승의 지역적 분포와 관련하여 매우 낮은 신뢰도를 보이고 있어 해수면 상승의 지역분포 예측은 현행 기후모델의 가장 취약한 분야로 평가되고 있다.

해수면 상승 영향

지구온난화로 인한 해수면 상승은 연안역에 다양한 영향을 미치는 것으로 평가되고 있으며 주요 영향은 다음과 같다.

- 저지대 범람과 습지 이동
- 해안 침식
- 폭풍 해일 및 홍수의 심화
- 강 하구 및 담수층으로의 해수 침투
- 강과 만에서의 조석 변화
- 퇴적 유형 변화
- 해저 생물에 대한 빛 투과 감소

위와 같은 해수면 상승 영향은 해안 사빈 및 사구, 습지, 삼각주, 산호초, 석호, 수자원과 같은 자연생태계에 대한 영향과 인간사회와 관련된 사회·경제시스템에 공히 영향을 미칠 수 있다.

자연생태계에 미치는 영향

해안사빈의 경우 파동과 조석에 의해 형

성·유지되며 전 세계 해안선의 약 20%를 차지한다. 사빈 해안에 대한 해수면 상승의 가장 큰 영향은 침식에 의한 손실이다. 현재 일어나고 있는 연안 침식의 주된 이유는 강을 따라 건설한 댐에 의한 퇴적물 공급 감소와 연안구조물 건설에 따른 연안류의 변화에 기인하는 것으로 알려져 있다. 이에 부가하여 해수면 상승은 연안역의 후퇴(retreat)와 이상 폭풍의 빈도 증가와 더불어 연안 침식을 더욱 심화시킬 것으로 예상된다. 해수면 상승에 의한 연안선 후퇴를 예측하는 가장 단순하고 유용한 모델인 Brunn's Rule을 이용하면 해수면이 30 cm, 65 cm, 100 cm 각각 상승하는 경우 일본 모래사장의 56.6%, 81.7%, 90.3%가 각각 침식에 의해 손실되는 것으로 예측되고 있다(Mimura and Kawaguchi, 1996).

연안 습지는 다양한 생물의 서식처인 동시에 풍부한 수산자원 생산지로서 인간에게 매우 중요한 곳이다. Nicholls 등(1999)에 의하면 2080년까지 해수면 상승에 의하여 세계의 연안 습지의 약 28%가 손실될 것으로 전망되고 있다. 인간의 다양한 활동에 의하여 현재 일어나고 있는 습지 손실(1990년 기준 약 40%)은 그 지역적인 차이가 크기는 하지만 해수면 상승으로 더욱 악화될 것으로 전망되고 있다. 갯벌의 경우 해수면 상승은 영양염 공급에도 영향을 주어 갯벌 기능에도 악영향을 줄 것으로 예측된다(IPCC, 2001a).

해수면 상승은 산호초에도 영향을 주는 것으로 나타나고 있다. 산호초는 열대와 아열대 전역에 분포하며 환형 섬, 장벽 등 다양한 형태를 가지고 있다. 산호초는 생물다양성이 가장 풍부한 서식처로 알려져 있으며 해양 어종의 25% 이상이 이곳에서 서식하고 있다. 또한 산호초는 연안 생태계의 먹이 공급원으로서도 중요한 위치를 차지한다. 그

외에 산호초는 환형 섬의 형성, 연안역 방어 기능, 해수욕장 모래 공급원, 관광 및 최근 생명공학에의 응용 등 경제적으로도 매우 귀중한 자산이다. 현재 생존하는 총 산호초 면적은 255,000 km²로 추산되며, 그 중 58%가 질병뿐만 아니라 산업개발, 공해, 관광, 도시화, 농업용수 유입, 쓰레기 공해, 퇴적 증대, 남획, 산호 채취 및 간척과 같은 인간 활동에 의하여 위협을 받고 있는 것으로 알려져 있다.

산호초는 지구 환경 변화 특히 이산화탄소 농도 증가, 지구온난화, 해수면 상승에 취약한 것으로 알려져 있다. 대기 중 이산화탄소 농도 증가는 해수 중 탄산이온 농도를 감소시키며 그 결과 석회화를 통한 산호 형성을 저해한다. 산호초의 최적 성장 온도는 18~28°C 사이이며 수온이 30°C 이상으로 높아지면 산호는 산호 속에 함께 서식하는 조류(algae)를 배출하며 백화(bleaching)를 겪게 되어 결국 사망한다. 이런 고수온 현상은 지난 1997년과 1998년 엘니뇨에 의해 수온이 상승하였던 태평양, 인도양 및 카리브 해에서 많은 산호의 백화현상을 유발하였다. 이와 같은 백화현상은 해수온이 현재보다 1~2°C 정도 상승하여도 열대지역에서 심각한 영향을 줄 수 있다. 과거의 자료를 토대로 볼 때 산호초의 성장률은 21세기의 해수면 상승률을 능가할 수 없는 것으로 평가되고 있다.

해수면 상승과 강수 유형의 변화는 수자원에 영향을 줄 수 있다. 해수면 상승은 강의 상류 방향으로 더 많은 해수 유입이 가능하게 함으로써 해수가 식수 및 산업 용수로 쓰이는 물과 섞일 가능성을 증대시킨다. 해수면 상승으로 지하수면이 상승하게 되는 경우 담수층이 감소하게 되어 담수 이용도가 줄게 된다. 게다가 기후변화로 인한 강수 패턴의 변화가 수자원에 미치는 영향은 매우 심각하다. 기후변화는 담수 자원의 질과

양에 공히 지금보다 더 큰 영향을 줄 것으로 예상된다.

해수면 상승은 석호에도 다양한 형태로 영향을 주는 것으로 평가되고 있다. 해수면 상승으로 인한 석호의 수면 상승은 석호 주변의 범람문제를 야기할 수 있다. 또한 연안 석호는 일반적으로 부드러운 퇴적물로 구성되어 있어 침식이 증가할 것으로 예상된다. 해수면 상승은 석호 내의 물의 염분도 증가 및 지하수로의 염분 침투를 유발하여 생태계의 변화를 유발할 수 있다.

따라서 해수면 상승은 위의 영향을 통하여 수질 변화, 생태계 변화, 생물다양성 감소 및 지하수 수질 악화 등의 자연 생태계에 대한 영향과 홍수 심화, 기수 인프라에 대한 영향, 수산업 및 양식에 대한 영향 및 수자원 이용에 대한 영향 등 사회·경제적 영향을 복합적으로 야기시킬 수 있다.

사회·경제시스템에 미치는 영향

해수면 상승은 사회·경제적으로 중요한 연안시스템에 영향을 미칠 수 있으며 그 영향은 일차적인 영향과 이차적 영향으로 구분할 수 있다. 해수면 상승의 일차적인 영향은 연안 저지대 및 습지의 범람 증대와 이동, 연안 침식 증대, 폭풍 해일 및 홍수의 위험 증대, 표층수 및 지하수의 염분 침투 등이다. 이들 영향들은 사회·경제시스템에 다양한 경로를 통하여 부가적인 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다. 먼저 생계 및 건강에 대한 영향으로는 범람, 폭풍 해일 및 홍수 등을 통한 생명체의 직접적인 위협, 재산 및 연안 거주지의 손실, 관개 수질 저하, 연안 농작물 수확량 저하, 어류 및 조개 생육장, 산호초, 연안 석호와 같은 중요 생태계의 질 저하 및 손실에 의한 식량 생산력에 대한 위협, 식수 수질 저하, 주거질 저하, 이주와 관련한 건강 위험 증가와 매개 전염균 확산에

의한 건강 및 생활수준 저하 등의 영향을 줄 수 있다.

사회기반시설 및 경제 활동에 미치는 영향으로는 주요 사회기반시설(항구, 연안 도로, 철도, 빌딩 등), 연안 산업(석유 및 석유화학 공장 등) 및 서비스(관광)에 대한 위협으로 토지 및 건물 재산가치 하락과 해수면 상승 영향에 대한 보호 비용 증대, 보험료의 증대, 정치적·제도적 불안 및 사회 동요 등을 유발할 수가 있다. 또한 직접적인 영향을 받을 주민 및 국가가 겪을 정치적, 경제적, 제도적, 문화적 스트레스도 상당히 클 것으로 예상되고 있다.

전 세계의 연안역의 저지대는 일반적으로 인간, 산업 및 인간 활동이 집중되는 곳이다. 세계적으로 연안역에는 주민이 집중적으로 분포하여 연안 30 km 이내에 세계 전 인구의 21%, 100 km 이내에 37%가 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. IPCC(1994)에 따르면 세계인구가 53억이 되는 시점에서 세계 주민의 50~70%가 연안역에 거주하며 세계의 대도시 중의 상당수가 연안역에 위치하고 있다. 게다가 많은 연안 지역에서 인구 및 경제성장률은 점증하는 도시화 경향에 따라 국가의 평균치를 상회하고 있다. 또한 연안역의 인구 집중으로 인한 활발한 경제 활동에 기인하여 세계 GDP의 상당 부분이 연안역에서 창출되고 있다.

이와 같은 연안역에서의 인간 활동은 세계적으로 습지 파괴와 같은 심각한 영향을 주고 있으며 연안역에서의 다양한 사회·경제 활동은 태풍에 의한 범람과 같이 다양한 연안역의 위험을 이미 경험하게 하고 있다. 이런 기존의 위험 요소에 부가하여 해수면 상승은 연안역에 심각한 영향을 미칠 수 있으며 지구온난화에 의한 다른 기후변화, 즉 태풍 유형의 변화, 강수 및 수문학적 변화 및 기온과 수온 변화와의 상호 작용을 통하

여 다양한 악영향을 미칠 수 있다.

현재 평균 4천 6백만 명의 인구가 매년 폭풍 해일에 의한 홍수를 경험하고 있으며 50 cm의 해수면 상승이 일어나면 이 수는 9천 2백만 명, 1m가 상승하면 1억 1천 8백만 명으로 이 수치가 증가할 것이다. 이 예측치에 인구성장 예측을 추가하면 그 수치는 훨씬 증가할 것이다. 많은 연구 결과 소형 섬 및 삼각주 지역들이 특히 1m 해수면 상승에 취약한 것으로 나타나고 있다. 적절한 완화 조치(방파제 건설 등)를 취하지 않는 경우 육지 손실은 이집트의 경우 1%, 네덜란드 6%, 방글라데시 17.5%, 마살군도는 약 80%에 달하며, 수천만 명의 주민이 거주지를 옮겨야하고 저지대 소형 군도 국가에서는 전 국토가 유실될 가능성이 있다(예, 투발루). 이와 같은 특성으로 인하여 연안역은 지구온난화 및 기후변화에 가장 취약한 부분 중의 하나로 평가되고 있다.

Kitajima 등(1993)은 1m 해수면 상승에 대한 일본의 인프라 시설의 유지 보호를 위하여 11조 5천 엔의 비용이 드는 것으로 추산하였으며 Mimura 등(1993)은 전 일본 연안을 보호하기 위한 비용은 20조 엔 이상이 드는 것으로 추산하였다. 향후 도시화로 인하여 인간은 이들 대도시에 더욱 집중될 것으로 예상되며 그 경향은 개도국에서 더욱 심화될 것으로 예상된다. 이들 대부분의 도시들은 적절한 해안 방파제나 재해 방재시설을 갖추고 있지 못하므로 해수면 상승 및 기후변화에 의한 폭풍 해일과 태풍의 빈도 및 강도 증가에 취약할 것으로 사료된다.

결 언

20세기 이전부터 시작된 지구온난화는 21세기 현재 가속되고 있으며 그 영향은 점차 증대될 전망이다. 이와 같은 지구온난화의

영향은 현 인류의 당면 과제인 평등(equity), 빈곤(poverty), 지속성(sustainability)을 위협하는 지구환경문제로 대두하고 있다. 지구온난화에 의한 해수면 상승은 자연생태계의 보고이며 인간의 사회·경제적 활동이 집중되어 있는 연안역에 다양한 영향 - 연안 저지대 및 습지 범람, 해안 침식, 강이나 지하수로의 해수 침투, 강 수위 증가 및 범람, 조석과 파동의 변화, 퇴적물의 변화 등 - 을 미칠 것으로 예상되고 있다. 우리나라도 미약한 관측과 연구결과를 토대로 볼 때 지구온난화 및 해수면 상승의 안전지대가 아닌 것으로 평가되고 있다. 삼면이 바다로 둘러싸이고, 연안역에서 산업시설을 포함한 활발한 사회·경제적 활동이 이루어지고 있는 우리나라에서의 해수면 상승은 향후 큰 영향을 미칠 수 있으므로 지구온난화의 과학적인 예측에 근거한 사회·경제적 영향평가 및 대응전략 수립은 효율적인 국토이용 및 연안역의 지속가능발전 전략수립에 필수적인 것으로 사료된다.

참고문헌

- 조광우·김지혜. 2001. 지구온난화에 따른 한반도 주변의 해수면 변화와 그 영향에 관한 연구 I. 한국환경정책평가연구원. 125pp.
- 조광우·김지혜·정휘철·N. Mimura·R. N. Nicholls. 2002. 지구온난화에 따른 한반도 주변의 해수면 변화와 그 영향에 관한 연구 II. 한국환경정책평가연구원. 220pp.
- IPCC. 1994. "Preparing to Meet the Coastal Challenges of the 21st Century". Conference Report, World Coast Conference 1993. 49pp.
- IPCC. 2001a. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge Univ. Press. 1032pp.
- IPCC. 2001b. Climate Change 2001: Mitigation. Cambridge Univ. Press. 752pp.

- IPCC. 2001c. Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge Univ. Press. 397pp.
- IPCC. 2001d. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge Univ. Press. 881pp.
- Kitajima, S., T. Ito, N. Mimura, Y. Tsutsui, and K. Izumi. 1993. Impacts of Sea-level Rise and Cost Estimate of Countermeasures in Japan ; in Mclean R. and N. Mimura (eds.), Vulnerability Assessment to Seal-level Rise and Coastal Management. Proceedings of the IPCC Eastern Hemisphere Workshop. pp. 115-123.
- Mimura, N. and E. Kawaguchi. 1996. Responses of Coastal Topography to Sea-Level Rise. Proc. of 25th ICGE. pp. 1349-1360.
- Mimura, N., M. Isobe, and Y. Hosokawa. 1993. Coastal Zone in the Potential Effects of Climate Change in Japan. edited by Nishioka *et al.* Center for Global Environmental Research. National Institute for Environmental Studies. pp. 57-69.
- Nerem, R.S. 1999. Measuring very Low Frequency Sea Level Variations Using Satellite Altimeter Data. Global and Planetary Change 20: 157-171.
- Nicholls, R.J., F.M.J. Hoozemans, and M. Marchand. 1999. Increasing Flood Risk and Wetland Losses due to Sea-Level Rise: Regional and Global Analysis. Global Environmental Change 9: S69-S87.