

< 제9장 기후변화의 부문별 영향: 해양 환경 >

1. 해수면 상승

가. 해수면 상승의 요인

- ✓ 해수면 상승의 여부는 크게 보면 두 가지 요인이 작용한다.

1) 열팽창

- ✓ 모든 분자의 운동은 온도가 높아지면 더 활발하게 일어나게 된다. 해양도 예외가 아니다. 지구 온난화에 의해 해수의 온도가 상승하게 되면 이로 인한 부피 팽창이 일어나게 되고 이것이 해수면 상승의 요인 중 하나로 작용하게 된다.

2) 대륙 빙하의 녹음

- ✓ 빙하에는 크게 보면 두 가지가 있다. 하나는 대륙의 얼음으로 이루어진 대륙 빙하이고 다른 하나는 바닷물이 얼어서 생긴 해수빙하이다. 바닷물이 얼어서 생긴 빙하의 경우는 그것이 녹는다고 해서 해수면 상승을 가져오지는 않는다. 그것은 마치 유리컵 안에 떠있던 얼음이 녹았다고 해서 유리컵 안에 있던 물이 넘치지 않는 것과 같은 이치이다. 그러나 대륙에 있었던 담수의 결빙으로 인한 빙하는 그것이 녹아서 바다에 유입될 경우 해수면의 상승을 가져오게 된다.

나. 해수면 상승의 현황 및 예측

- ✓ 해수면은 이미 상승하였고 지속적으로 상승할 것이 예측된다. 조위 관측 기록에 따르면 지난 100년간 전지구적으로 해수면은 약 2.4mm 가량이 매년 증가되었다고 한다. 비록 미래 해수면 상승에 관한 예측이 변이가 크다고 하여도 향후 100~200년 사이에 해수면이 상승할 것이라는 데에는 이견이 많지 않다.
- ✓ <표 1>은 IPCC가 4차보고서에서 발표한 것으로서 현재 관측된 해수면 상승 현황과 그 이론적 원인별 기여도를 정리한 것이다.

| 해수면 상승의 원인 | 해수면 상승률 (mm/year) | | | |
|------------|-------------------|---------|-----------|---------|
| | 1961-2003 | | 1993-2003 | |
| | 관측값 | 모델 | 관측값 | 모델 |
| 열 팽창 | 0.42±0.12 | 0.5±0.2 | 1.6±0.5 | 0.5±0.7 |

| | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------|--------------|---------|
| 빙하와 만년설 | 0.50±0.18 | 0.5±0.2 | 0.77±0.22 | 0.7±0.3 |
| 그린랜드 빙상 | 0.05±0.12 a) | | 0.21±0.07 a) | |
| 남극 빙상 | 0.14±0.41 a) | | 0.21±0.35 a) | |
| 개별 기여도의 합계 | 1.1±0.5 | 1.2±0.5 | 2.8±0.7 | 2.6±0.8 |
| 관측된 해수면상승 | 1.8±0.5 | | 3.1±0.7 | |
| 차이 (관측된 총 해수면 상승- 개별 기후기여도 합계) | 0.7±0.7 | | 0.3±1.0 | |

* a) 관측값에 근거

<표 1>관측된 해수면 상승 현황과 그 이론적 원인별 기여도

다. 해수면 상승의 영향

- ✓ 해수면 상승의 영향은 인류에 있어 매우 치명적이고 중요하다
 - 전세계 인구의 절반가량이 해양으로부터 200km 반경 안에 살고 있으며 수백만명은 해수면에서의 높이가 불과 5m 에 이르는 연안 저지대에 살고 있다.
- 1) 해수면 상승의 영향
 - 가) 연안 침식
 - ✓ 연안침식에 의한 해안지대의 감소는 직접 침수되는 지대에 미치는 영향보다도 훨씬 넓은 지역에 나쁜 영향을 가져올 수 있다. 침식되는 총면적은 기본적으로 해안의 경사도에 영향을 받는다. 해안의 경사는 파도가 얼마만큼의 깊이까지 침식시킬 수 있는가를 결정하므로 중요하다. 만약 1 cm의 해수면 상승이 있다고 할 때 이는 보통 약 1m 만큼의 해안선 손실이 일어난다. 만약 해안 침식이 되는 지역에 파도의 세기가 더 세거나 해안선 경사도가 낮다면 해안선 손실이 일어나는 면적은 더 커지게 된다. 이런 경우에는 만약 1m 의 해수면 상승이 일어난다고 가정할 때 약 1km에 달하는 해안선의 손실이 일어날 수 있다.
 - 나) 지하수 오염
 - ✓ 많은 연안이나 도서지역에서는 용수를 지하수를 통해서 하게 된다. 지하수의 밀도는 염수에 비해 낮기 때문에 연안지역의 경우 지하수가 하층부의 염수 위에 떠있게 된다. 해수면 상승이 일어나면 이런 담수가 차지하는 비율은 적어지게 되고 염수가 담수 지하수로 침투하게 되는 것이다.
 - 다) 범람
 - ✓ 태평양, 인도양, 캐리비안의 군소 도서국가들은 특히 해수면 상승에 있어 취약하다. 예를 들어

키리바티, 몰디브, 마셜군도, 투발루 등의 산호초에 둘러싸인 나라들의 경우 300,000만명 이상의 인구가 해발고도 불과 3m 이내의 저지대에 살기 때문에 해수면 상승이 일어날 경우 불가피하게 이주를 해야 하는 것이 제안되었다.

- ✓ 저지대의 강하구연도 역시 취약한 지역이다. 미시시피강, 나일강, 간지스 강, 오리노코강 등의 저지대가 바로 그것인데 1m의 해수면 상승이 미국에서 일어난다고 가정할 경우 약 30,000 km²의 연안지대는 침수될 것이며 26-82%에 달하는 연안습지가 소실될 것이라 예측하고 있다.

✓

라. 해수면 상승에 대한 대응

ㄱ. 선진국의 경우

- 방파제 건설 및 독 설치
- 움직이는 범람문을 설치하는 것
- 이러한 조치들은 수억불이 소요되는 대규모 예산이 필요함

ㄴ. 개발도상국의 경우

- 대규모 공학적 프로젝트를 수행하기 힘들
- 방글라데시의 경우 적절한 대응을 취할 수 있는 능력이 부족하여 이미 범람과 태풍피해로 수백만명의 목숨이 사라졌다. 이 나라에 만약 1.5 m의 해수면 상승이 일어난다면 1700만명이 사망하고 약 16%의 국토 면적이 홍수피해를 입을 것이라고 UNEP는 예측하였다.

2. 해류의 흐름과 순환

- 해류의 흐름과 순환에 기후변화가 미치는 영향은 강의4차시에 자세히 다루어져 있다. 여기서는 그 내용을 간략하게 정리하도록 하겠다.
- 기후변화가 태평양의 엘니뇨 현상의 빈도와 강도를 가중시킬 수 있다.
- 지구 온난화로 인하여 그린랜드 주변에서 일어나는 deep water formation(4차시 참조)이 방해를 받게 되면 대양 컨베이어 벨트의 흐름이 끊어져 북대서양 주위에 급격한 냉각과 멕시코와 북아프리카 주변의 극심한 가뭄이 이루어 질 수도 있다.(영화 투모로우에서 나오는 시나리오임)
- 지표수의 온도가 낮아지게 되면 증발산량이 줄어들고 이로인하여 구름의 양이 줄어들게 되어 유럽과 북아프리카에는 강수량 감소가 나타나게 된다.
- 만약 대기중 이산화탄소 농도가 100년 안에 750 ppm까지 증가된다면 대양 컨베이어 벨트의 섣다른 사태가 발생하여 기후에 큰 재앙이 야기될 것이다. 이를 기후시스템의 아킬레스건이라고 부른다.

3. 해양 생지화학

- 대양은 탄소, 황 등 주요 원소의 전지구적 생지화학 순환에 있어서 큰 역할을 한다. 이런 전지구적 순환은 기후와 밀접한 관계가 있다. 예를 들어 디메틸설파이드(Dimethyl Sulfide)라고 불리는 유기황 화합물의 경우 해양의 식물성 플랑크톤에 의해 생성되는데 이 황화합물은 대기중으로 날라가서 황에어로졸을 생성하게 되고 이는 수증기의 응결에 주요한 역할을 한다. 즉 이런 황화합물이 구름 형성 및 강수량에 있어서 주요한 간접적 역할을 하는 것이다.
- 아래의 사례들은 대양의 온도 및 화학이 기후에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 것이다.
- 사례 1: 대기중 이산화탄소의 큰 저장고인 대양은 대기중 이산화탄소가 녹아 있는 정도에 따라 대양의 pH가 결정되는데 만약 기온이 높아지면 대기중 이산화탄소가 녹는 양이 줄어들게 되고 더 많은 양이 대기중에 남아 있게 되어 지구 온난화를 가속화 시키게 된다.
- 사례 2: 많은 해양 생물들은 해수에 있는 칼슘을 흡수하여 이를 세포벽이나 뼈에 저장하게 되는데 이러한 탄산칼슘의 형성이 용해 탄소의 sink이자 대기중 이산화탄소 배출의 source로 작용하게 된다. 이와 같은 탄산칼슘 형성과정은 온도 및 pH에 의존적인 과정이다. 기후변화가 지속된다면 이 과정이 방해를 받게 되어 산호초나 다른 해양생물들이 위협받을 수도 있다.

4. 해양 생태계

4.1 플랑크톤

- 플랑크톤은 다른 생물과 마찬가지로 이들의 생물학적 과정이 극대화 될 수 있는 최적의 환경조건이 있다. 만약 전지구적으로 2oC가량의 해수 온도가 올라간다면 플랑크톤의 풍부도와 분포도에 큰 변화가 생길것이다.

4.2 어류

- 지구온난화는 전지구적 수산업에 큰 영향을 가져올 수 있다. 일반적으로 어류의 생육에 영향을 주는 요소로는 알 낳는 개수, 어린 수정란의 영양분 공급량 및 어린 수정란에 대한 포식압력 등이 있는데 이들 모두는 온도에 매우 민감한 요소들인 것이다.
- 어린 물고기의 먹이가 되는 플랑크톤의 지구온난화에 따른 영향이 어린 물고기의 생육 및 생존에 큰 영향을 미치게 됨
- 온도 분포 범위에 따른 서식처가 지구 온난화로 인하여 변화될 수 있는데 일반적으로 수온의 상승은 고위도 지역 어종에게는 유리하며 저위도 지역 어종에게는 불리하다.

4.3 연안 지역의 생물체

- 연안 지역에 사는 생물체도 온도에 따라 생장과 생식이 영향을 받으므로 기후변화에 의한 피해를 받을 수도 있다. 대표적인 예는 산호초인데 최근 들어 문제가 되는 산호의 백색화는 전반적 해수 온도의 상승과 관련되어 있다고 알려져 있다.
- 해수면 상승에 따른 연안지역의 범람이나 해수의 담수 침투 등에 의해 연안 습지의 많은 생물들이 위기에 처해있다.

4.4 해양포유류

- 해양 포유류는 이미 서식처 파괴 및 파편화와 포획등으로 인해 큰 스트레스를 받아있는 상태이다. 여기에 추가적으로 기후변화는 스트레스 요인이 결합되어 큰 위기에 처해있다.
- 지구온난화로 인해 녹기 시작한 해양 빙하의 경우 바다표범 및 해구, 북극곰 서식처의 축소를 가져오게 되었다.
- 빙하에 붙어서 사는 플랑크톤을 먹고 사는 고래의 경우 빙하가 녹음으로 인해 먹이가 줄어들게 되어 위협을 받게 됨

4.5 해양 질병

- 환경질병은 그것이 기후변화와 관계가 있던 없던지 간에 생명체를 질병에 더 약하게 만든다.
- 사례1: 캐리비안 해양에서 1980년대에 성게가 대량으로 죽음으로 인해 성게가 먹고 사는 조류(algae)들이 번성하게 되고 결국 이들이 가진 조류 독성으로 인하여 산호초가 죽게되는 결과를 가져왔다.
- 사례2: 미국 동부해안에서는 25년에 걸친 해수온도 온난화가 관측되었는데 이는 굴개체군의 집단 폐사의 원인이라고 추정되고 있다.
- 사례3: 1997년 서부 사하라 지역의 연안에서 전체 개체군의 약 70%에 달하는 물개 개체군이 죽었는데 이는 독성을 가진 식물성 플랑크톤의 번성과 관련이 있다.