

지구 온난화와 수생태계 변화¹⁾

배 경 석²⁾

서울특별시 보건환경연구원

머리말

영국의 Hadly Center가 2006년 제시한 자료를 근거로 하여 온도계로 기온을 실측한 1860부터 2005년까지 지구 지표부근의 평균 온도는 0.7°C 상승한 것으로 나타났다(이, 2006). 빙하기의 지구온도가 지금보다 6°C 정도 낮은 것을 감안하면 지구 평균온도 0.7°C는 낮은 수치가 아님을 알 수 있다. 지구 온난화를 일으키는 주범인 이산화탄소의 농도는 1750년 이후 31%가 증가하였으며, 2100년까지 이산화탄소 농도가 540~970 ppm에 이르러 1990년을 기준으로 지구 표면 평균 기온이 1.4°C에서 5.8°C 정도 상승할 것이라고 예측하는 과학자들도 있다(김, 2003). 이와같은 기온 상승은 기상이변과 재해를 일으키게 될 것이다. 주목되는 것은 1970년대 말부터 현재까지 비교적 가파르게 지구 온도가 상승하였으며, 이 기간 동안 약 0.5°C의 상승을 보인 것이다. 이 자료에 따르면 가장 더웠던 해는 1998년이며, 2001년부터 2005년까지는 1998년 다음으로 높은 온도를 보인 해들이었다. 기후변화에 관한 정부간 협의회(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2001) 보고에 따르면 온난화 경향은 고위도로 갈수록 커지는 양상을 보이고 있다. 온난화 경향은 대기와 해양 모두

에서 나타난다. 대기온도 증가에 따라 해수 온도가 상승하면서 해수가 팽창하고, 이에 따라 해수면이 점차 상승하게 된다. 여기에 빙하가 녹아내리면 해수면 고도가 상승할 수 있다. 20세기 동안 지구의 해수면은 평균 매년 1~2 mm씩 상승해 오고 있다(IPCC, 2001). 지구 표면의 2/3는 바다로 되어 있다. 온도가 상승하면 바닷물이 더워져서 팽창하게 되고 고산지대와 극지방의 빙하와 만년설이 녹아 바다로 흘러들면 해수면이 상승하게 된다. 해수면 상승은 연안의 저지대를 자주 범람시키고, 폭풍, 해일, 홍수의 위험도 늘어나고 지하수의 염분이 침투하게 된다. 기온 상승은 물 표면에서 더 많은 물이 증발하면서 강수량이 늘어나게 되지만, 비가 많이 오던 곳에서는 집중호우가 빈번해지고 가물었던 지역에서는 한발이 더 심해지게 되는 강우의 양극화가 발생하여 물 순환의 교란이 일어나게 된다. 이와같은 물 순환의 교란은 치수대책의 어려움과 함께 수질오염, 탁수의 증가 등에 의해 수생태계의 기능 저하를 야기시키게 될 것이다.

수생태계 변화와 대응

온난화에 따른 지구환경 변화는 우리가 지금까지 경험해보지 못했던 재난 발생의 요

1)Global Warming and Aquatic Ecosystem Change

2)BAE, Kyung Seok, Seoul Metropolitan Inst. of Public Health and Environment, E-mail: baekyungs@paran.com

인이 되며, 수생태계의 안정성을 교란시키고 수생생물의 지리적 분포와 환경 적응을 새롭게 요구하고 있다. 현재까지의 온난화 경향과 수생태계 변화의 최근 경향은 다음과 같다.

강우 형태의 변화와 영향

IPCC(2001)는 기후 변화 영향의 하나로 강한 강수의 빈도 증가를 들고 있다. 강우 형태에 미치는 영향을 알아보기 위해 기상청 14개 관측지점(강릉, 서울, 인천, 울릉도, 추풍령, 포항, 대구, 전주, 울산, 광주, 부산, 목포, 여수, 제주)의 1시간 및 1일 강수량 자료를 이용하여 1956년부터 2005년까지 45년 동안의 강한 강수 빈도를 10년 단위로 비교하였다(이, 2006). 시간당 20 mm 이상 강수는 1966~1975년과 1976~1985년은 비슷한 빈도 분포를 보여주고 있으며, 그 이후에는 대부분의 강우 구간에서 빈도의 증가가 뚜렷하게 나타났다(표 1). 14개 관측지점에서 1976~1985년에서 1996~2005년까지의 1시간 강수량 빈도는 20~40 mm 구간이 357번에서 507번으로, 40~60 mm 구간은 41번에서 67번으로, 60~80 mm 구간은 4번에서 15번으로, 80~100 mm 구간은 1번에서 4번

으로 증가하였다. 57개 지점에 대해 얻은 누적 빈도(괄호 안의 빈도)에서도 전 구간에서 발생 빈도가 증가한 것으로 나타나고 있다. 특히, 시간당 60 mm 이상의 강한 강수는 1976~1985년의 27회에 비해 1996~2005년에는 77회가 발생하여 3배에 가까운 폭우성 강도의 강수 빈도 증가를 보여주고 있으며, 최근의 강수 기후 변화를 잘 보여주고 있다. 강한 강수의 증가는 토사를 세굴시켜 하천과 저수지의 탁수를 증가시키며, 장기간 지속되어 수중생태계를 위협하는 요인으로 작용하고 있다.

탁수가 수생태계에 미치는 영향

인류 문명은 강을 따라 발달해 왔으며, 우리 인간은 물을 쉽게 얻을 수 있는 하천 연안에 터전을 잡고 농경과 산업을 발달시켜 왔다. 그러나 아직도 매년 연례행사처럼 우리나라를 통과하는 국지성 호우로 인해서 감내할 수 없는 홍수가 일어나 지표면이 세굴되는 큰 피해가 발생되고 있다. 호우로 인한 지표면의 토양유실은 탁수를 발생시켜 하천과 저수지에 유입되고, 유입된 탁수가 장기간 지속되어 하천과 호수에서 수질은 물론 생물의 성장에 영향을 미치는 등 수중생태

표 1. 1시간 강수량의 강수량 구간별 빈도 분포(이, 2006)

1시간 강수량(mm)	기간구분					합계
	1961~1965 (5년)	1966~1975 (10년)	1976~1985 (10년)	1986~1995 (10년)	1996~2005 (10년)	
20~40	206	363	357 (1,753)	493 (2,098)	507 (2,351)	1,926 (6,202)
40~60	20	37	41 (158)	52 (524)	67 (274)	217 (686)
60~80	2	3	4 (21)	8 (34)	15 (58)	32 (113)
80~100	0	0	1 (4)	0 (1)	4 (16)	5 (21)
100~	0	0	0 (2)	0 (0)	0 (3)	0 (5)
합계	228	403	403 (1,938)	553 (2,387)	593 (2,702)	2,180 (7,027)

주 : 1시간 강수량을 구한 1961년부터 계산한 것으로 시간당 20 mm 미만 강수는 배제하였음. 기상청 14개 관측지점에 대한 누적빈도이며, 괄호안 숫자는 57개 관측 지점에 대한 누적 빈도임.

계에 심각한 문제점을 야기시키고 있다.

국내의 대부분의 저수지는 홍수기에 정도의 차이는 있으나 대부분 탁수가 발생한다. 여름철에 하천에 유입된 탁수는 저수지 상층부와 밀도차로 인해 저수지 중층을 따라 진행하며 성층화가 발생하는 데 그 두께는 국내 댐별로 5~30 m의 범위를 보인다. 탁수의 저수지내 지체시간은 유역으로부터 유입되는 부유물질의 구성성분과, 저수지내 흐름상태, 저수지 운영방법에 의해 좌우되는데 탁도는 강우강도와 지속시간 등에 따라 큰 차이를 보인다. 근래 기상 이변으로 인한 기록적인 폭우를 동반한 태풍에 의해 높은 농도의 탁수발생 빈도가 증가하고 있다. 낙동강 상류에 위치한 임하댐의 경우 2002년에 태풍 ‘루사’와 2003년에 태풍 ‘매미’로 인해 발생한 탁수가 전도현상을 거치며 저수지내 전수층에 확산되어 고탁도 현상이 장기화된 바 있다. 국내 임하호의 경우 1996년부터 2003년 까지의 연평균 탁수발생 일수는 48일, 평균 최대 탁수는 187 NTU로 탁수 발생이 비교적 적었다. 반면 2002년은 태풍 ‘루사’에 의해 170일간 고탁도가 진행되었으며 측정된 최고 탁도는 882 NTU, 2003년은 태풍 ‘매미’로 인해 집중강우가 발생하여 315일간 고탁도가 진행되었으며, 최고 탁도는 1,221 NTU를 기록하였다(표 2), (김 등, 2007a).

호수내에서 탁도의 증가는 수중생물의 성장을 저해함으로써 생태계에 큰 악영향을 미친다. 2006년도에는 탁수로 인하여 의암호

와 청평호, 팔당호에서는 침수수초가 크게 감소하고 생물상에 큰 변화가 나타난 것으로 보고되었다(김 등, 2007b; 김과 정, 2007). 탁수발생 시작 후 2주내에 침수수초가 거의 사멸한 것으로 나타났다. 침수식물의 사멸은 이에 의존하는 저서동물과 어류의 은신처, 산란처를 소멸시켜 동물상의 감소와 단순화를 초래한다. 또한 쏘가리와 같이 시각에 의존하여 먹이를 취하는 어류는 혼탁한 물에서는 먹이를 잡을수가 없으며, 탁수 발생이 빈번할수록 밀도가 크게 감소한다(김과 정, 2007). 탁수의 발생은 생태학적 피해 뿐만 아니라 수자원의 이용에도 영향을 미친다. 탁수는 저니 입자에 흡착된 인의 공급에 의해 식물플랑크톤의 현존량 증가를 가져와 부영양화를 야기할 것이다. 또한 퇴비와 농작물에 기인하는 부식질도 많이 함유하고 있으므로 강우시에는 용존유기탄소(DOC)도 증가하며 부식질의 함량도 높아진다. 부식질은 생분해성 유기물에 비해 수돗물의 염소 소독물부산물을 더 많이 생산하므로 상수원 수질악화의 주요 원인이 된다.

해양 생태계의 영향

날씨 변화는 먹이사슬 파괴, 물리적 환경 변화, 포식자와 피식자와의 균형 파괴 같은 방식으로, 특정 종을 멸종시키거나 이주 또는 감소시킨다. 바다의 산호초는 아름다운 색깔을 가진 중요한 존재이며, 수온 18°C~30°C 해수역에 서식하며 온도 변화에 매우 민감하다. 산호는 온도가 1~2°C만 변해도 스

표 2. 최근 태풍에 의한 탁수발생 현황

구분	태풍 ‘루사’ 2002	태풍 ‘매미’ 2003	태풍 ‘디엔무’ 2004	태풍 ‘메기’ 2005
강우 지속시간	8.30~9.10 (27 hr)	9.11~9.13 (31 hr)	6.19~6.21 (57 hr)	8.18~8.19 (31 hr)
강우량(mm)	183.0	185.0	219.8	145.8
댐측 최고탁도(NTU)	882.0	1,221.0	994.0	620.4
방류 최고탁도(NTU)	346.9	1,221.0	780.0	232.9

트레스를 받아 공생관계에 있는 갈색조류 인 해조세포(Zooxanthellae)를 쫓아내고, 필수 영양소와 화려한 색을 제공하던 조류가 떠나면 산호도 죽게 된다. 온난화된 물은 산호초 지대에 악영향을 미친다. 거대한 백화현상이 나타나기도 하고, 죽게 된다. 온도 관측 이래로 가장 더웠던 1998년에는 오스트레일리아, 인도양, 플로리다 키아, 카리브해, 홍해, 바하마의 열대 산호섬이 백화현상을 보였으며, 수천 킬로미터에 이르는 산호 묘지가 생겼다. 산호는 오스트레일리아의 Great Barrier Reef는 연간 15억 달러, 플로리다는 25억 달러의 관광자원이다. 이곳에서 다양한 종 분화가 일어나며 산호초 어장은 물고기 수확량의 25%를 잡을 수 있는 물고기 저장소이다. 산호는 또한 강한 파도로부터 해수면이 낮은 해안 국가를 보호해 주는 역할을 하고 있으나 온도가 올라갈 때 이러한 산호초의 방어막은 약해진다.

물고기도 수온 변화에 따라 위도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 분포가 달라지거나 개체수가 급감하게 된다. 1997~1998년 대양의 온도가 올라가면서 태평양 연안의 연어 개체수가 급감하였다. 태평양 연어는 이미 수온이 상승하고 있는 베링해협에서 북쪽으로 이동하고 있다(Dinyar, 2001; 김, 2007). 수온변화를 감지한 바다생물도 따뜻한 곳으로 서식처를 옮김으로써 다른 종의 경계에 침입하는 현상이 증가되고 있다. 생물종 이동은 그들 자신이 선택한 것이 아니다. 각 생물이 사는 곳에서는 서식지와 먹이 사이에 상호 의존적인 관계가 형성되어 있다. 마지막 순간에 이들 종은 다른 지역으로 옮겨가고, 생존 범위의 한계에 마주치게 된다. Adelie 펭귄은 남극 자갈 해변에 알을 낳는데 온난화 때문에 눈이 녹자 자갈 해변의 찬 물웅덩이에 알을 낳게 되고, 태어난 새끼가 물에 빠져 죽는 빈도가 많아졌다. 겨울 얼음이 줄어들어

은 펭귄의 먹이사슬과 밀접한 관계에 있다. 얼음 아래 물 표면에는 녹조류가 자리잡는데, 이 녹조류들은 남극 먹이사슬의 맨 아래에 있다. 얼음의 크기가 작을수록 녹조류도 적어진다. 크릴새우는 조류를 먹고 사는데, 크릴새우가 줄어들면 펭귄의 개체수도 줄어들게 된다. 남극에서 바다새는 유빙과 물 표면에 모여 이곳의 풍부한 물고기를 잡아 먹는다. 1997년 물 표면의 온도가 상승하자 바다새의 먹이인 물고기는 스트레스를 받아 죽게 되었다. 더 깊은 물로 들어간 물고기를 잡기위해 바다새 역시 더 깊게 다이빙을 하여야 했으며, 이로 인해 바다새들은 굶주리며 죽어갔다(Maggie and Sallie, 1998).

우리나라 연근해의 경우에도 동해에서 명태의 수확량이 감소한 것은 이미 오래전 일이다. 최근에는 남해안 일대에서 참다랑어 어장 형성이 시기적으로 빠르게 형성되어 이들의 분포가 북상하고 있음을 알 수 있다. 참다랑어는 아열대성 어류다. 1990년대 후반부터 우리나라 남해안 연근해 일대에서 봄철과 여름철에 잡을 수 있었으나 2007년부터 이른봄의 빨라진 수온상승과 더불어 이들과 같은 아열대성 어류들이 점점 빠르게 북상하고 있다. 상대적으로 한류 어종인 대구와 청어들은 개체수가 계속해서 감소하고 있다. 지금까지 우리나라 동해의 해수면 온도 상승은 대마 난류의 북상이 주요 원인으로 알려져 왔다. 그러나 최근의 위성 관측에 의하면 동해의 해수온도 상승은 북쪽의 해빙과 이로 인한 한류의 약화가 주요 원인인 것으로 인정되고 있다. 다시말해 지구온난화로 인해 푹푹 얼어 있어야 할 빙상이 줄어들고 그에 따라 한류가 약해지면 동해의 수온이 상승하는 것이다.

습지생태계의 영향과 피해방지

습지대의 경우 가뭄과 바다 상승이 해안

지대를 위협하는 현실적 위협이 증대되고 있다. 기후변화가 완화되지 않고 해수면이 상승하게 되면 네덜란드, 독일, 덴마크의 거대한 갯벌, 높이 크게 감소하게 될 것이다. 영국 Nature지에 따르면 20년 이내에서 해수면 상승으로 큰 위협을 받을 곳으로 이집트 나일강 삼각주, 지중해 연안 습지대, 플로리다의 Camargue, 이탈리아 Po, 스페인의 Ebro 등이 있으며, 서아프리카 해안, 동아시아 등도 크게 잠식될 것으로 예견하였으며 파푸아뉴기니의 맹그로브 숲은 사라질 것이라고 예측하고 있다(Dinyar, 2001; 김, 2007). 이 넓은 습지들은 물고기 등의 여러 수중생물들에게 번식과 먹이를 위한 서식지가 되고 있다. 해안지역의 평균 인구밀도는 전체 지구평균의 2배 정도이며, 1억 이상의 인구가 해수면 위 1m 아래에 있다. 세계적 도시 33개 중 21개 도시가 해안 지역에 있으며 대부분 개발도상국에 자리잡고 있다. 습지, 맹그로브, 산호 암초와 같은 주요 생태계의 손실, 기후 변화로 인한 해수면 상승 등에 의해 홍수 위험이 증가하고 있으며, 폭풍, 쓰나미, 침식 등으로부터 해안을 보호할 수 있는 기능이 점점 줄어들고 있다(UNEP, 2007).

미국 북부 미네소타에서 발원하는 미시시피강은 미국 31개주와 캐나다 2개주의 유역에서 흘러드는 지류가 합쳐져서 멕시코만까지 무려 3,800 km를 흐르는 긴 강이다. 1927년 큰 홍수가 발생하자 세계에서 가장 긴 제방시스템을 구축하였다. 29개의 갑문과 댐, 수백개의 유출하도, 엄청난 길이의 제방이 구축되어 주운 능력을 자랑하던 유역은 1993년 홍수로 강 유역 동부 사유 제방의 80%가 완전히 붕괴되고, 주변도시들이 침수되었다. 결국 미국은 그 동안 주목받지 않았던 습지의 저류 능력을 확인하고 주민들을 비롯한 이해 당사자들이 참여하는 거버넌스(governance) 방식을 통해 홍수에 적응하는

정책을 채택하기 시작하여 재해 대책 마련에 본래의 홍수터를 활용하였다. 홍수 재해 발생시에 자연의 순기능을 되살리는 방식을 도입하는 것은 기후온난화로 인해 발생할 수 있는 재해대책 방안의 하나가 될 것이며, 현재의 우리에게 시사하는 바가 크다.

가뭄과 물 기근

건조한 지역에서는 지구의 평균 기온이 오르면 수온이 오르면서 수질이 악화되고 물의 증발량이 증가하여 세계 곳곳에 가뭄이 발생할 가능성이 커진다. 이미 지중해 연안과 아프리카 대륙, 중앙아시아 지역은 강수량이 증발량보다 적은 건조 지대로 변해가고 있다. 건조지대의 강수량은 온난화가 진행될수록 더욱 감소할 것으로 예상된다. 특히 이지역은 인구 증가율이 높기 때문에 가뭄과 식수난이 심해진다면 인명피해도 큰 영향을 받게 될 것이다. 또한 바다에서는 어패류의 생산이 감소하는 등 온난화로 인한 물 부족 사태가 전 세계적인 식량문제로 확대될 가능성도 크다. 생명체의 근원인 물중에서 인간이 사용할 수 있는 담수는 매우 적다. 지구상의 물의 양은 약 13억 8천만 Km^3 정도다. 이중에서 해수가 차지하는 비율은 97.41%이며, 나머지 2.59%를 차지하는 담수 중에서 1.984%는 극지방의 빙하나 빙산으로 저장되어 있으며, 0.592%는 지하수이다. 이들을 제외하고 바로 쓸 수 있는 수자원은 0.014%이며, 이중에서 호수에 있는 물은 0.007%, 토양이 머금고 있는 물은 0.005%, 대기중에 있는 물이 0.001%, 하천수가 0.0001%, 생물군에 0.0001%의 물이 있다. 따라서 인간이 사용할 수 있는 하천과 저수지의 물은 약 90×10^{12} 톤의 물밖에 되지 않는다. 이와같이 인간이 농업 및 산업활동이나, 음용수로 이용할 수 있는 양은 매우 한정되어 있으며, 지역적으로 기후 변화의 영

향을 크게 받는 지역이 많다. 강우의 지역적 불균형 분배를 일으키는 요인은 기후와 바람이다. 무역풍은 적도쪽으로 불면서 점점 따뜻해지기 때문에 바다의 수분을 흡수하게 된다. 적도에 도달한 무역풍은 뜨거운 공기가 되어 상승하고 수증기는 응축되어 구름을 형성하게 된다. 이 구름들이 많은 비를 내리기 때문에 적도 부근에서는 증발량이 많아도 순 강수량이 많다. 그러나 아열대 부근에서는 대기가 안정되어서 구름 형성이 많지 않기 때문에 증발량이 강수량을 초과한다. 따라서 대부분의 사막들이 이곳에 분포되어 있다. 양극 부근의 대기는 아열대보다도 더 안정되어 있기 때문에 강수량은 적으나 낮은 온도 때문에 증발하는 양은 더 적어 그린란드나 남극의 빙산이 형성된 것이다. 그러나 지구온난화로 인해 강수량이 많은 곳은 더 많아지고 강수량이 적은 곳은 더 적어지면서 물부족에 시달리는 지역이 늘어나고 있다.

맺는 말

최근, 지구온난화의 영향으로 부산항과 가덕도 연안의 해수면이 지난 30여 년간 8~9 cm 가량이 상승했다는 관측결과를 국립해양조사원에서 발표했다(김, 2007). 이런 상황에서 지구온난화 문제는 더 이상 해안 저지대에 국한된 문제가 아니다. 우리나라에서 기후변화가 수생태계에 미치는 영향에 대한 연구는 상당히 미흡하다. 환경부가 주관하는 국가장기생태연구가 2004년 12월~2014년 3월 계획으로 연구활동이 시작되었다. 이 중에서 수생태계와 관련된 분야는 담수생태계분야와 연안생태계 분야 연구가 있으나 연구기간이 짧아 축적된 자료 생산과 실질적 대비책 마련이 부족하다. 지구온난화는 우리에게 큰 도전이자 기회이다. 세계적으로 우리

나라는 주목받는 나라이다. 경제규모 세계 11위이며 9위의 이산화탄소 배출국이다. 1997년 교토 협정의 기본내용은 2012년까지 38개 부국의 가스 배출량을 1990년 대비 5% 감소시키는 것이다. 이 협정에 해당되는 것은 이산화탄소, 메탄, 산화질소, 육불화탄소, 일불화탄화물, 육불화황 등 6개 가스이다. 우리나라는 2002년 11월 8일 교토의정서를 비준했으며, 이산화탄소 배출량 감축에 대한 국제적 압력에 시달릴 것이다. 앞으로 국민소득 3만불 이상의 목표를 이루기 위해서는 반드시 극복해야 할 난관이다. 또한 지구온난화에 따른 기상 이변은 우리가 위험사회에 살고 있으며, 어떻게 대비해야 할 것인가에 대한 심각한 고민을 안겨주고 있다. 우리 연안생태계의 생물분포에 미치는 영향을 파악하고 적극적으로 대처해야 한다. 또한 강한 강우에 의한 담수생태계의 교란, 수온 상승에 의한 수질악화와 한발과 같은 번덕스러운 기상변화에 대한 대책도 강구되어야 할 것이다. 복잡한 기상 변화는 홍수조절용 댐이나 하천 축조제방과 같은 기존방식의 대처 방안보다는 홍수터 관리, 홍수 예보 및 경보체계를 구축하는 사전 예방적인 접근 방식을 취하고 재해에 맞서기 보다는 적응하는 모델 등이 개발되어야 할 것이다.

참고문헌

- 김민정, 2007. 기후 변화, 지구의 미래에 희망은 있는가?. 도서출판 이후.
- 김범철, 정성민. 2007. 소양강 탁수발생 실태와 환경생태학적 영향. 물학술단체연합회 2007.년 물 정책포럼 탁수(濁水)의 영향과 대책. 한국물학술단체연합회, 서울, 3-34.
- 김정근, 고익환, 유양수, 2007a. 임하호의 탁수 발생 실태와 대책. 물학술단체연합회 2007.년 물 정책포럼 탁수(濁水)의 영향과 대책. 한국물학술단체연합회, 서울, pp. 35-70.

- 김수중, 2003. 0.6°. 현암사.
- 김범철, 정성민, 김재구, 장창원, 전만식, 2007b. 소양호의 탁수발생 실태와 육수학적 영향. 한국육수학회 춘계 학술발표대회 발표논문집, 강원대학교, pp. 17-23.
- 이태영, 2006. 기후변화와 대응. 물학술단체연합회 2006년 홍수피해 원인·대책 및 정책 토론. 한국물학술단체연합회, 서울, pp. 5-17.
- Dinyar, G., 2001. The no-nonsense guide to climate change. New International Publ., Oxford, 2001.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of working groups I, II, and III to the third assesment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, UK and NY, USA.
- Maggie, A. G. and Sallie, B. S., 1998. Answer from the ice edge- The consequences of climate change on the life in the Bering and Chukchi seas. Greenpease/Arctic Network.
- UNEP, 2007. Global Environment Outlook 4 - Environment for development.