

해빙과 결빙에 영향받는 북극해 해양 생태계

북극해의 환경 변화는 북극 해양 생태계를 뒤흔들고 인간의 삶에도 큰 영향을 주고 있다. 따라서 북극해 해양 생태계 연구는 지구 전체 환경 변화에 대한 조기 경보 시스템을 구축하는 '미개척' 연구 분야라 할 수 있다. 연구를 통해 환경 변화에 대비하고 인류가 적응할 시간을 벌어야 한다.

북극해 해양 생태계는 해빙 분포와 강으로부터 유입되는 담수에 큰 영향을 받는다. 이 환경 요인들은 해양 생물의 성장과 재생산, 해류, 수온 등과 직접적인 관련을 맺고 있다. 최근의 급격한 환경 변화는 하위 영양 단계 생물한테 심각한 영향을 끼쳐 북극 해양 생태계 전체가 흔들리고 있다.

북극해의 하위 영양 단계는 미생물, 식물 플랑크톤, 원생동물 플랑크톤, 동물 플랑크톤으로 구성된다. 대표적인 해양 미생물로는 박테리아와 바이러스가 있다.

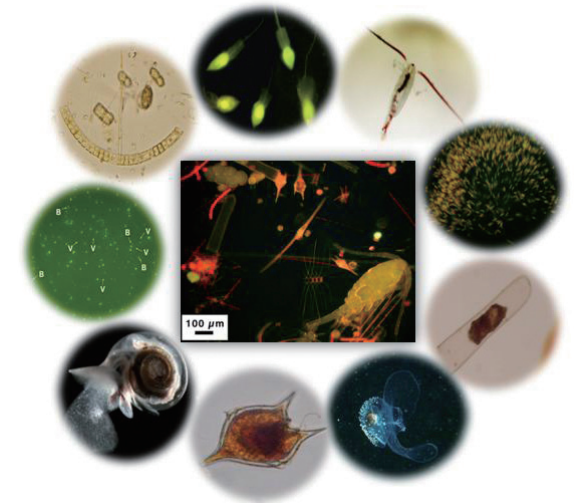
해양 박테리아는 용존 유기물*을 이용하여 성장하며 최종적으로는 상위 영양 단계로 유기물을 전달하는 역할을 담당한다. 바이러스는 해양 생태계에서 가장 많은 수를 차지하는 구성원으로, 숙주 생

*용존 유기물 : 물속에 녹아 있는 작은 유기물.

물을 죽여 용존 유기물을 생성하고 영양염을 하위 영양 단계에 머물게 하는 역할을 한다.

식물 플랑크톤은 광합성을 통해 유기물을 생산하는 생물군으로 북극해 해양 생태계에서 가장 중요한 일차 생산자이다. 미생물과 식물 플랑크톤은 동물 플랑크톤에게 먹히고 동물 플랑크톤도 상위 포식자에게 먹힘으로써, 물고기에서 고래로 이어지는 해양 생물 먹이사슬을 형성한다.

해양 생물이 먹이사슬에서 어떤 역할을 하고 어떤 변화를 겪는지는 해역의 환경과 생태계 특성에 따라 차이가 있다. 따라서 심각한 환경 변화를 겪고 있는 극지역에서는 먹이사슬 구조의 변화를 예측하기 힘들다. 북극 해양 생태계의 먹이사슬이 환경 변화와 어떤 연관성을 갖는지 확인하기 위해서는 주요 생물 군집들의 변화 양상을 이해해야 한다.



북극해 해양 생태계의 변화 양상

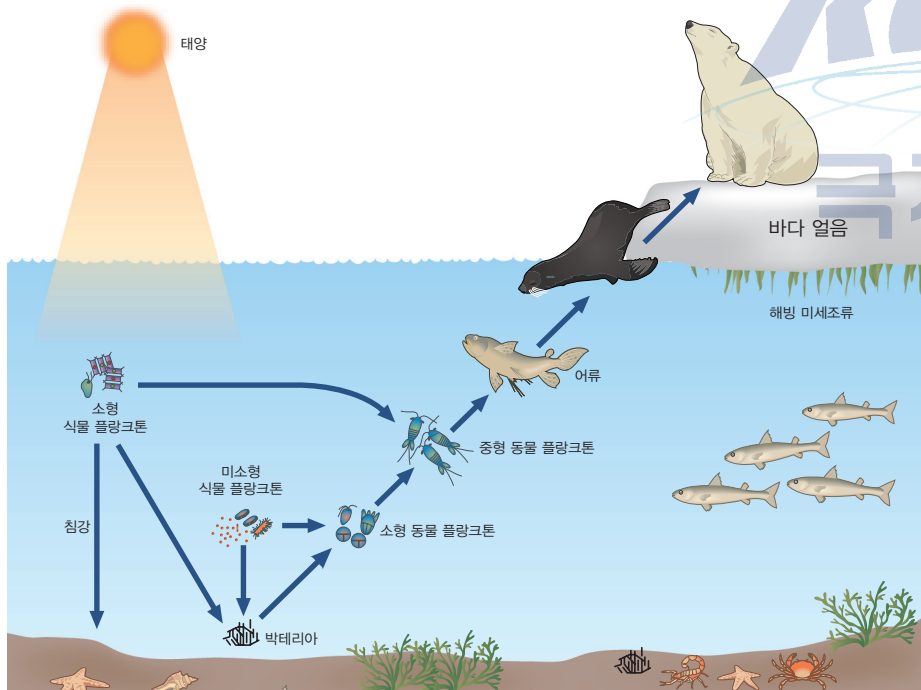
북극해의 생태계는 해빙과 결빙에 큰 영향을 받는다. 또한 심층수로부터 영양염류가 충분히 공급되거나 일사량이 부족하고 수온이 낮아 여름을 제외하면 플랑크톤 수가 적은 편이다. 여름에는 일차 생산자인 식물 플랑크톤의 농도가 급격히 증가해 상위 포식자인 동물 플랑크톤의 수도 같이 늘어난다. 동물 플랑크톤에게 먹히지 않고 바닥으로 가라앉은 식물 플랑크톤은 저생동물의 먹이가 된다. 저생동물들은 다시 어류나 해양 포유류에게 먹힘으로써 북극해의 해양 생태계가 유지된다.

수심이 낮은 북부 베링 해와 남부 추크치 해의 대륙붕 해양 생태계는 영양염 공급이 원활하여 일차 생산력이 높다. 또한 저층으로 탄소 공급이 원활하여 저생생물 밀도가 높아서 저생생물에 의존해 서식하는 해양 포유류와 조류(藻類) 생태계가 잘 발달되어 있다. 그러나 온난화로 해빙이 줄어들자 바다코끼리와 일각고래 등 대형 척추동물과 어류 등이 북쪽으로 이동하고 있다.

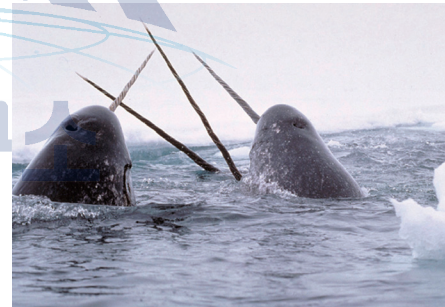
북극해 해양 생물 군집 구조와 크기 변화

북극 해상에 서식하는 해양 생물들은 저온 환경에서 진화해 왔기 때

북극해 해양 생태계 먹이사슬 모식도



일각고래, 아리보리갈매기, 턱수염바다물범, 바다코끼리(왼쪽 위부터 시계 방향)는 북극해 생태계의 상위 포식자이다.



문에, 급격한 온난화는 해양 생물 군집의 유전적, 분류학적, 기능적 특성에 영향을 미칠 가능성이 매우 크다. 또한 지구온난화는 해양 생물들의 서식지와 먹이에 변화를 가져올 수 있으며, 그러한 변화에 적응하지 못하면 멸종 위기를 맞게 될 것이다.

예를 들어, 저위도의 따뜻한 해역에서 서식하던 해양 생물이 지구 온난화로 따뜻해진 북쪽으로 이동할 가능성이 있다. 북극해의 고위도 해역에 살고 있던 해양 생물은 새로 유입된 종들과 먹이와 자원을 놓고 경쟁해야 하는 상황이 된다. 경쟁에 지면 수가 줄어들거나 아예 사라지게 될 것이다. 결과적으로 해양 수온의 변화는 북극의 해양 생태계에도 급격한 변화를 가져올 수 있다.

온난화로 대표되는 기후 변화는 플랑크톤 군집에도 커다란 영향을 미친다. 첫 번째 영향으로 플랑크톤의 대량 번식 시기가 앞당겨진 것을 들 수 있다. 북극에 여름이 가까워 오면 일조량이 많아지고 얼음이 녹으면서 바닷속의 플랑크톤이 대량으로 번식한다. 10여 년 전만 해도 플랑크톤의 번식 시기는 9월이었다. 그런데 현재는 다수의 해역에서 번식 시기가 앞당겨진 것으로 나타났다. 그린란드 해역의 플랑크톤 번식 시기는 7월로, 14년 전에 견주면 50일이나 앞당겨진 셈이다.

식물 플랑크톤의 대량 번식은 동물 플랑크톤 등 물고기의 먹잇감이 되는 생물들의 번식을 자극한다. 해양 동물들이 플랑크톤의 번식 기간에 먹이를 찾는 상황은 거의 고정적이므로 이 시기가 일치하거나 그렇지 않느냐에 따라 지역별 어획량에도 차이가 날 수 있다.

두 번째 영향은 식물 플랑크톤의 크기가 점점 작아진다는 것이다.

북극 해양 생태계의 하위 영양 단계는 대부분 크기가 매우 작은 초소형 식물 플랑크톤으로 이루어져 있다. 그러나 일사량이 좋은 여름철에는 영양염이 높은 연안 지역에서 소형 식물 플랑크톤이 번성한다. 최근의 연구 결과에 따르면 북극해 캐나다 분지에서 소형 플랑크톤이 감소하고 초소형 플랑크톤이 조금씩 증가하고 있다.

식물 플랑크톤이 이용할 수 있는 영양분은 바닷속 깊은 곳으로부터 공급되지만 해역의 표층에 얼음이 녹아서 염분이 낮은 물이 모이면 주변 해수나 저층 해수와 강한 경계층을 형성해 원활한 영양염 공급이 어려워진다. 이렇게 영양염이 감소하면 상대적으로 영양염을 많이 필요로 하는 큰 식물 플랑크톤이 번식하기 힘들다. 이러한 현상이 지속되면 상위 영양 단계의 포식자들에게 충분한 먹이를 공급하지 못할 수도 있다.

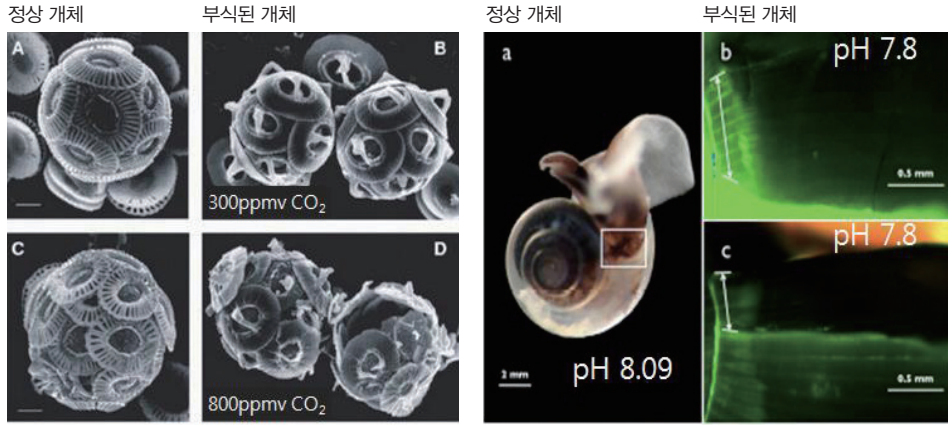


해양 산성화에 따른 해양 생물의 변화

해양 산성화란 대기의 이산화탄소가 바다로 유입되어 바다의 수소이온농도(pH)가 감소하는 것을 뜻한다. 이산화탄소가 바닷물과 반응하면 수소이온이 증가하고, 증가한 수소이온은 탄산으로 변해 바다는 급격히 산성화된다. 대기에 이산화탄소 농도가 증가하면 바다가 이산화탄소를 흡수해 탄산으로 전환하기 때문이다.

북극해는 다른 바다보다 해양 산성화의 영향을 더 많이 받는다. 이산화탄소는 차가운 물에 더 빨리 녹는 성질을 가지고 있어서 북극해는 따뜻한 열대 바다보다 상대적으로 산성도가 높다. 특히 지구온난화로 북극해를 넓게 덮고 있던 해빙이 녹아 없어지면서 이산화탄

해양 산성화에 의해 부식되는 식물 플랑크톤과 동물 플랑크톤



식물 플랑크톤(인편모조류)

동물 플랑크톤(익족류)

소 흡수가 쉬워 산성화가 더 빨리 이루어질 수 있다.

과학자들은 이미 급속한 산성화로 탄산칼슘으로 구성된 식물 플랑크톤과 동물 플랑크톤의 성장에 심각한 문제가 발생하고 있다고 경고했다. 북극 베링 해에서 봄과 여름에 식물 플랑크톤 대량 번식을 일으키는 인편모조류 *coccolithophore* 는 이산화탄소 농도가 증가할수록 껍데기가 녹으면서 생산력이 줄어든다. 또한 바다 달팽이의 일종인 익족류 테라포드 *pteropod* 는 껍질을 만들 수 없기 때문에 산성 환경에서 성장할 수 없다. 북극의 먹이사슬은 식물 플랑크톤에서 동물 플랑크톤 그리고 익족류에서 물고기나 물개, 곰으로 이어지는 매우 짧은 고리로 연결되기 때문에 이중 하나가 위협 받으면 도미노 현상처럼 무너질 수 있다. 결국 북극해에서 산성화 속도가 빨라질수록 해양 생태계가 크게 위협해진다.

북극해 해양 시스템 변화가 인간 생활에 미치는 영향

북극해의 온난화로 결빙기가 늦어지고 융빙기가 빨라지면서 해빙 위에서 사냥을 하며 생계를 유지하는 북극 원주민의 삶도 위협받고 있다. 전통 방식의 사냥꾼들은 지구온난화가 진행되면서 충분한 눈과 얼음이 점점 없어져 눈썰매를 효율적으로 이용할 수 없게 되었다. 따라서 순록 같은 육상 포유류 사냥에 큰 어려움을 겪는다. 또한 동물의 구성이나 분포, 밀도가 달라짐으로써 사냥할 수 있는 동물들이 점점 사라지고 있다.

이렇듯 지구온난화에 따른 해양 환경 변화는 북극 해양 생태계뿐만 아니라 사람들의 생활에도 직접적인 영향을 미친다. 현재 북극 해양에서 일어나고 있는 생태학적, 생지화학적, 사회적, 경제적 변화를 면밀하게 예측하고 변화에 따른 대비책을 마련해야 할 때이다.

—극지연구소 양은진, 황청연, 강성호