

밝혀지는 남극 해저생태계

남극 해양생물의 저온적응기작 규명한다

글 | 안인영 _ 극지연구소 책임연구원 iahn@kopri.re.kr

극한과 계절적으로 극심하게 변화하는 일사량, 그리고 1년에 몇 개월은 얼음으로 뒤덮여 있는 남극해는 지구상에서 생물이 서식하기에는 가장 혹독한 환경의 하나라고 할 수 있다. 남극의 바닷물은 연중 영하 2~영상 2℃로 수온이 매우 낮으며, 6개월 이상은 태양이 거의 비추지 않은 암흑 상태다. 결과적으로 해양생태계의 먹이원이 되는 식물플랑크톤의 생산은 태양광선이 비치는 짧은 여름 동안만 일어난다. 이러한 극한 상황에도 불구하고 남극해에는 미생물에서 무척추동물, 어류, 펭귄, 물개, 고래에 이르기까지 매우 다양한 생물들이 서식하고 있다. 특히 남극 세종기지 부근 연안을 비롯하여, 남극대륙 주변부 수심이 낮은 육상근접해역의 해저에는 성게, 해면, 조개 등 다양한 무척추동물들이 열대 해양에 못지 않은 놀랄만큼 높은 밀도로 서식하고 있다.

남극 해양 일부 어류 저온에서도 성장속도 빨라

이는 생물상이 매우 빈약한 육상생태계와는 대조적인데, 육상

환경의 경우 겨울철에 영하 50℃까지 내려가고, 여름철에는 영상으로 올라가는 등 연중 온도의 변화가 극심한 것과는 달리, 해양 환경은 연중 온도 변화 범위가 4℃ 미만으로 매우 안정되어 있는 것과도 관련이 있는 것으로 보인다. 남위 77도에 위치하는 미국의 맥머도기지 부근 해역의 경우에는 연중 영하 1.8℃로 거의 수온의 변화가 없다. 남극해는 적어도 250만 년 전 현재 수온으로 냉각된 후 거의 변화가 없었던 것으로 과학자들은 추측하고 있다. 따라서 극한조건이지만 안정된, 그리고 예측 가능한 환경에서 오랜 기간 적응해 온 해양생물들은 나름대로 독특한 적응기작을 발달시켜 왔을 것으로 생각되고 있다. 특히 먹이가 거의 없는 기나긴 겨울 동안 암흑 속에서 남극해양생물들이 얼음바닷속에서 어떻게 생존할 수 있는지에 대한 의문을 해결하는 것은 남극해양생물의 극한지 적응 특성을 이해하는데 필수적이다.

일반적으로 대부분의 어류, 해양무척추동물들의 산란과 성장은 수온에 의해 절대적으로 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 한편



세종기지 앞바다 수심 20m 정도에서 자주 관찰되는 남극명게. 온대 종들과 달리 표피가 매우 얇은 것이 특징이다.



남극의 바닷속에도 아름다운 자태의 말미잘은 흔히 볼 수 있다. 오른쪽 하부에 갈색을 띤 둥근 것은 해면이며, 주변의 진홍색 가지들은 홍조류이다.



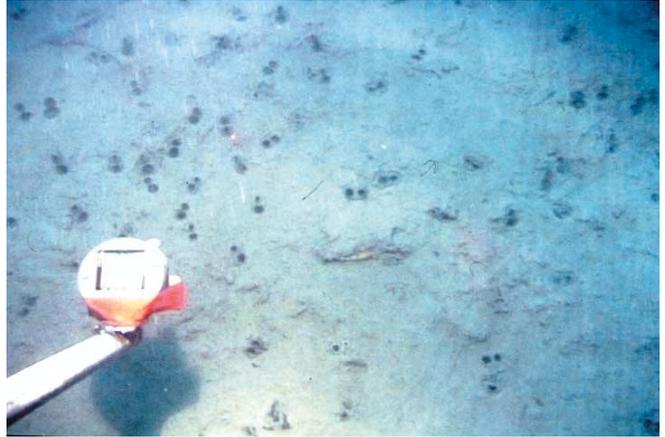
기지 앞바다 얇은 수심(20m)에 서식하는 성게. 주변의 해조류를 먹이로 한다.



남극 켈프 : 수심 20~30m에서 숲을 이루고 있는 대형 갈조류



세종기지 실험수조에서 배양하고 있는 남극큰띠조개



수심 20~30m 바닥에 많이 서식하고 있는 남극큰띠조개. 출수공과 입수공만 보인다.



얼음바다에서 조개를 채집하고 나오는 잠수부

남극 바다는 혹독하게 추워 생물의 성장발달이 매우 느리게 진행된다'는 것이 온대나 열대 해역의 해양생태계를 오랫동안 연구해 온 과학자들의 혹한지에서 서식하는 생물들에 대한 지배적인 생각이었다. 그러나 남극해양생물들의 성장발달이 상대적으로 느리다는 현상은 사실인지 모르나, 그 원인이 낮은 수온 때문이라는 결정적인 과학적 증거는 아직 없다. 저온이 남극생물의 여러 생리적 과정에 영향을 주었을 것은 확실하나, 우리가 관찰하는 여러 가지 생물의 특성과 현상들이 저온상태만으로는 설명되지 않기 때문이다. 몇몇 해양무척추동물의 경우 먹이가 풍부한 여름철에는 수온이 낮음에도 불구하고 먹이 공급이 충분하면 빠른 성장이 일어난다는 과학적 연구결과도 보고되고 있다.

세종기지 근해를 비롯하여 남극대륙주변부 수심 20~30m 해저에 널리 서식하는 남극의 대표적 해양무척추동물인 큰띠조개 (*Laternula elliptica*)에 대한 최근 연구결과에 의하면, 저온 그 자체가 성장을 제한하는 주요인이 아니며, 저온에서도 먹이만 충분히 주어진다면 빠르게 성장할 수 있는 생리적 잠재력을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다. 산소와 탄소 동위원소를 이용한 조개껍질 성장륜에 대한 연구결과에서도 먹이가 풍부한 여름철에는 성장이 비교적 빨리 일어나는 것으로 나타났다. 큰띠조개는 또한 여름철 활발하게 먹이를 섭취하는 반면, 호흡률은 온대해역의 다른 조개들에 비해 3~10배 정도 낮은 것으로 나타났다.

일반적으로 산소소모량으로 간접 추정되는 대사율은 기본적인 생명현상 유지와 활동 등에 소모되는 에너지의 양, 즉 유지관리비를 말한다. 따라서 대사율이 낮다는 것은 같은 양의 먹이를 섭취했을 때 상대적으로 더 많은 에너지를 성장이나 생식활동에 사용함으



로써 오히려 에너지효율이 높아진다고 할 수 있다. 저온배양으로 대사율을 낮추어 성장효율을 증가시키는 경우가 혼합 등에서 이미 보고되고 있다.

저온에도 불구하고 빠른 성장이 일어날 수 있는 정확한 기작을 파악하기 위해서는 단백질이나 지방 같은 주요 성장물질 합성에 관여하는 효소의 특성에 대한 연구 등 기타 생화학적, 분자생물학적 수준에서의 연구가 뒷받침되어야 할 것이다. 지금까지 남극해양생물의 저온적응기작에 대한 연구는 일부 어종에 국한되어 집중적으로 연구되어 왔다.

'남극대구'라 불리는 노토테니오이드(*Nothothenioids*)과에 속하는 남극어류에 대해서는 미국의 과학자들에 의해 수십 년간 개체 생태에서 분자생물에 이르기까지 체계적인 연구가 이루어져 왔다. 저온적응과 관련된 대표적 연구성과는 미국의 드브리스 박사팀에 의해 1970년대 초 노토테니오이드과 남극어류에서 부동물질인 글리코펩타이드를 추출하고 그 구조를 밝혀낸 것이라 할 수 있다. 이미 이들 어류에서 추출해낸 수종의 부동물질이 상품으로 개발되어 시판되고 있다. 이들 노토테니오이드과에 속하는 남극 어류에서는 저온에서도 활성도가 높은 지방대사에 관련된 효소도 발견되었다.

환경 재앙 예측 바로미터로 활용

어류를 제외한 나머지 해양동물군, 특히 남극대륙주변부 얇은 바다에 서식하는 무척추동물을 대상으로 한 내한성 기작 연구는 국외에서도 거의 전무한 상태다. 이는 어류에 비해 이들 해저생물들을 채집하기가 어려울 뿐만 아니라 생태적으로도 어류에 비해 이들의 중요성이 과소평가되어 왔기 때문이다. 특히 남극의 연근해지역은 빙산이 빈번히 출현하는 곳으로 최근까지 접근이 용이치 않았기 때문에, 남극기지에 연구시설이 갖춰지고 이들을 채집하기 위한 잠수기술이 발달되기 전까지는 본격적인 연구가 수행될 수 없었다. 그러나 이들 남극대륙 주변부 얼음 바닷속에 서식하는 조개, 성게



얼음의 영향이 거의 없는 수심 40m에 번성하는 다양한 저서동물들



기지 주변의 수심 30m 이내에서 흔히 볼 수 있는 성게. 암반에 고착하여 자라는 홍조류 자루분홍송을 열심히 갉아 먹고 있다.



저서동물의 생태 관찰을 위해 수중 30m에 설치된 가두리. 녹색과 노란색의 물면지갈이 보이는 것이 규조류이다.



수심 20m의 암반을 덮고 있는 분홍빛을 띤 것은 해산식물인 석회조류이다. 갈색을 띤 다년생 갈조류 남극나도산말은 그 체장이 10m가 넘게 자란다. 불가사리도 보인다.

등과 같은 해양무척추동물들은 최근 지구온난화 등과 같은 전지구적 환경변화에 민감하게 반응할 수 있는 지표종으로서 그 가치가 높게 평가되고 있다.

열대 바다에 못지않은 다양한 생물들의 보고인 남극 바다는 이전 인간 중심적인 생각이 아닌 이들 생물들의 입장에서 이들의 생태적 특성과 적응 기작을 연구하고 이해해 나가야 할 것이다. 또한 남극은 극한지일 뿐 아니라 지구상에서 유일하게 인간에 의해 오염되지도 파괴되지도 않은 곳으로서, 이러한 독특한 환경 속에서 수백만 년 동안 진화해 온 생물들은 현재 우려되고 있는 지구환경 변화에 특히 민감하게 반응할 수 있기 때문에, 이들에 대한 연구는 앞으로 올 수 있는 환경 재앙을 예측할 수 있는 바로미터로 이용될 수 있다. 남극의 해양생물들이 어떻게 이와 같은 극한지 환경에 적응했는지 그 생물학적 기작을 밝히고 생태계내에서 이들의 역할을 규명함으로써 남극해양생태계를 보존하고 효율적으로 관리해 나가야 할 것이다. ㉮



글쓴이는 서울대학교 졸업 후 동대학원에서 석사학위를, 뉴욕주립대학 교에서 해양학 박사학위를 받았다. 성균관대학교 생물학과학부 시간강사를 지냈으며, 현재 남극조약당사국회의 한국대표 환경분야 자문위원을 겸하고 있다.