

# 고기후 및 고환경 지시자로서 부유성 유공충의 계절변화

신임철<sup>1</sup>·이희일<sup>2</sup>·권원태<sup>1</sup>

<sup>1</sup>기상연구소 기후연구실

<sup>2</sup>한국해양연구원 고해양환경 연구센터

## 서론

21세기는 전 지구 온난화상태의 지구라 예측되었다. 기후변화에 관한 정부간 협의회의 예측에 의하면 2100년까지 전 지구 대기의 평균기온이 1.4-5.8 °C 상승할 것이라 했다. 일반적으로 고기후에서 2 °C 이상의 온도 상승이 있을 때 급격한 기후변화라 한다. 현재 대기 중의 이산화탄소 농도는 약 380 ppm 이며 대기 중의 메탄의 농도는 약 1750 ppb 이다. 이산화탄소 농도는 과거 500,000 년간 현재보다 높은 적이 없었으며 메탄의 농도 또한 과거 2천만 년 간 현재보다 높은 적이 없었다. 이러한 관점에서 볼 때 우리는 매우 특이한 환경에 살고 있다.

앞으로 전 지구 온난화로 인한 기후변동성이 증가할 것이라 한다. (Schar *et al.*, 2004). 모델의 연구에 의하면 앞으로 기후변동성이 최대 100% 까지 증가 하리라 한다. 1995년 미국중서부와 2004년 유럽의 열파는 기후변동성 증가의 한 예이다. 2004년 대전지방의 폭설 또한 기후변동성증가 때문에 일어난 하나의 현상이라 보아도 무난할 것이다. 이러한 모든 이상기후는 현재 일어나고 있으며 전 지구온난화로 인한 기후변동성 증가 때문이다. 그러면 앞으로 어떻게 기후가 변하며 환경이 변할까. 이러한 것을 알기 위하여 고기후 및 고환경의 연구가 필요하다.

현재는 과거를 아는 열쇠(The present is the key to the past)란 법칙이 있다. 즉 현재를 알아야 과거를 알 수 있다는 의미이다. 퇴적물 트랩에 함유된 유공충의 연구는 고기후 연구의 대응자료로 매우 가치 있는 정보를 제공한다. 퇴적물 트랩에 의한 현생유공충의 연구는 북대서양(Tolderlund and Be, 1971), 북서태평양 (Arikawa, 1983), 북태평양 (Ortiz and Mix, 1992; Thunell and Sautter, 1992) 등에서 일부 수행되었다. 본 연구는 현재 고기후 대응으로 사용하는 유공충의 동해에서의 분포, 종류 및 그들의 상대적인 양과 수괴(watermass)의 상관관계를 논하고자 함이다. 본 연구는 또한 동해 및 황해의 고기후 및 고환경 연구를 위한 프록시로 사용될 수 있는 매우 중요한 가치를 가지고 있다.

## 방법

1994년 7월부터 1995년 7월 사이에 한국해양연구원에서 동해의 수심 2,780 m 깊이에서 채취된 퇴적물트랩의 시료를 사용하였다. 사용된 퇴적물트랩은 Honjo 와 Doherty(1988)가 사용한 트랩과 같다.

유공충은 물속에서 피펫을 사용하여 63 micron 보다 큰 size를 선별하여 분류하였다.

분류된 유공충은 플럭스(number/m<sup>2</sup>/day)로 환산하였다. 본 연구에서 사용된 온도 및 염분 자료는 Levitus 자료를 사용하였다 (Levitus, 1982).

## 토의

동해의 수온은 5.7-24.5 °C 사이에서 변하며 8월에 수온이 가장 높고 2월과 3월에 수온이 가장 낮다. 염도는 33.4-34.2 ‰ 사이에서 변하며 8월에서 11월 사이에 가장 낮은 염도를 보인다.

총 9종의 부유성유공충이 관찰되었다: *Globigerina bulloides*, *G. falconensis*, *G. incompta*, *G. quinqueloba*, *Globigerinita uvula*, *Globigerinoides ruber*, *Neogloboquadrina pachyderma*, *N. dutertrei*, *Pulleniatina obliquiloculata*. 동해는 주변 태평양 및 다른 해역에 비해 다양한 종류의 부유성 유공충이 살지 않는다(종 다양성이 낮음). 이중 *N. pachyderma* 가 동해의 수층에 가장 많이 살고 있다(7,200 individuals/m<sup>2</sup>/day). *N. pachyderma* 는 coil 의 꼬인 방향이 해수의 온도에 따라 변하므로 과거 해수온도 변화의 지시자로 사용되고 있다. 왼쪽으로 꼬인 *N. pachyderma* 는 오른쪽으로 꼬인 *N. pachyderma* 에 비해 상대적으로 차가운 해수에 많이 서식한다. 본 연구지역에서 *N. pachyderma*(왼쪽+오른쪽)는 11월에 가장 풍부히 나타난다. 오른쪽으로 꼬인 *N. pachyderma* 는 11월과 12월에 풍부히 나타나는데 이는 상대적으로 따뜻한 해수 즉 Tsushima Current 의 영향이 강함을 의미한다.

반면에 차가운 해수에 서식하는 왼쪽으로 꼬인 *N. pachyderm* 는 봄(3월-5월)에 가장 풍부히 나타나는데 이는 본 연구 지역은 강한 북한한류(North Korean Current)의 영향이 강함을 의미한다. *N. pachyderma* 의 유생(juvenile) 또한 11월과 12월에 가장 많이 나타남이 특징이다. 쿠루시오 해류의 지시자인 *P. obliquiloculata* 는 12월과 1월에 가장 많이 나타나는데 이는 동해는 겨울에 쿠루시오해류의 영향이 강함을 의미한다. 또 다른 쿠루시오 해류의 지시자인 *G. ruber* 또한 1월에 상대적으로 나타나는데 이 또한 쿠루시오 해류의 영향이 있었음을 의미한다.

*G. bulloides* 는 3월에 가장 많이 나타나는데 이는 용승작용이 활발히 일어나는 곳에 나타나므로 용승작용의 지시자로 사용되고 있다. 연구지역에서 *G. bulloides* 가 3월에 가장 풍부히 나타남은 용승작용이 활발함을 의미한다.

총 부유성유공충의 개체 수는 11월이 약 8,000 (number/m<sup>2</sup>/day), 12월이 약 4,000 (number/m<sup>2</sup>/day), 1월이 약 2,000 (number/m<sup>2</sup>/day) 이다. 나머지 달은 모든 달이 1,000 (number/m<sup>2</sup>/day) 이하로 나타난다. 즉 동해에서는 유공충의 생산성이 11월이 가장 높음을 의미한다.

일반적으로 부유성유공충의 생산성은 용승작용이 활발한 기간 혹은 지역에서 가장 풍부히 나타난다. 그러므로 용승작용의 지시자인 *G. bulloides* 가 가장 풍부히 나타나는 3월 달에 가장 개체수가 많아야한다. 하지만 본 연구 지역의 경우는 11월에 가장 유공충의 생산성이 높다. 이에 대한 이유는 무엇일까. 황해에서 10월말에 계절풍(monsoon)이 불기 시작해

그의 영향이 동해에 까지 미친다. 이러한 계절풍의 영향으로 인하여 황해의 수층이 11월 중순경 파괴(destratify)되면서 부유성유공충의 플럭스가 다른 달에 비해 가장 높게 나타난다.

## 결론

본 연구지역은 차가운 수괴에 서식하는 왼쪽 및 오른쪽으로 꼬인 부유성유공충 *N. pachyderma* 가 가장 풍부히 나타난다. 왼쪽으로 꼬인 *N. pachyderma* 는 해수의 평균온도가 가장 낮은 봄에 가장 많이 나타난다. 봄철(3월-5월)은 차가운 해류인 북한한류의 영향이 가장 강하게 나타난다. 1월, 7월, 11월 및 12월은 오른쪽으로 꼬인 *N. pachyderma* 가 가장 많이 나타나는데 이는 따뜻한 쓰시마 해류의 영향이 강했음을 의미한다.

연구지역의 3월과 11월 달의 표층해수는 매우 다른 특성을 가지고 있다. 봄철동안 동해와 인근 북태평양의 수괴는 서로 다른 성질을 보인다. 유공충의 최대 플럭스는 11월 달에 나타난다. 동해의 북쪽에 위치한 본 연구 지역과 인근 북태평양의 11월의 표층 수괴는 다른 양상을 보인다.

본 연구는 동해의 고기후 및 고환경 연구시 프록시 자료로 매우 중요한 정보를 제공한다. 또한 고환경 및 고기후 연구시 퇴적물 및 유공충의 용해(dissolution)정도에 대한 검증은 자료의 정확한 해석을 위해 매우 중요하다. 본 연구에서 선별된 유공충 종의 코아속에서의 출현은 퇴적물 및 유공충의 용해정도를 알 수 있는 지표로 사용될 수 있다. 동해에서의 생태계는 용승작용보다는 계절풍(monsoon wind)이 강하게 미친다.

## 감사글

본 연구의 일부는 주요사업 “기후변화협약대응 지역기후시나리오 산출기술개발(III) 연구과제”의 일부에서 지원되었다.

## 참고문헌

- Arikawa, R., 1983. Distribution and taxonomy of *Globigerina pachyderma* (Ehrenberg) off the Sanriku coast, northeast Honshu, Japan. *Tohoku Univ. Sci.Rep.*, 2nd ser. (Geol), 53, 103-157.
- Honjo, S., and Doherty, K.W., 1986. Large aperture time-series sediment traps: design objectives, construction and application. *Deep-Sea Research*, 35, p. 133-149.
- Levitus, S., 1982. Climatological atlas of the world ocean: NOAA Professional Paper, 13, 173 pp. Princeton, N.J., U.S.A.
- Ortiz, J. D., and Mix, A.C., (1992). The spatial distribution and seasonal succession of planktonic foraminifera in the California Current off

Oregon, September 1987–September 1988. Geological Society Special Publication, 64, 197–213.

Schar, C., Vidale, P.L., Luthi, D., Frei, C., Haberli, C., Liniger, M.A., and Appenzeller, C., 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427, 332–336.

Thunell, R., and Sautter, L.R., 1992). Planktonic foraminiferal fauna and stable isotopic indices of upwelling: a sediment trap study in the San Pedro Basin, southern California Bight. Geological Society Special Publication, 64, 77–91.

Tolderlund, D. S., and Be, A.W.H., 1971. Seasonal distribution of planktonic foraminifera in the western North Atlantic. *Micropaleontology*, 17, 297–329.