

NEMURO model을 이용한 동중국해의 하위 생태계 특성 연구

이종희 · 장창익
부경대학교

서론

대륙붕이 광범위하게 형성된 동중국해는 쿠로시오 해류를 비롯하여 대마난류, 중국 연안류와 몬순의 영향으로 해양환경이 복잡하게 나타난다. 이러한 해양의 복잡성은 해양환경인자인 수온, 염분 및 영양염의 변동과 플랑크톤의 분포에 직접적인 영향을 미치게 된다. 해양 생태계의 최하위 단계를 고려하는 것은 이들을 먹이로 하는 상위영양단계의 변동을 예상하는데 필수적이다.

어류의 어획량을 출력치로 간주 한다면, 입력 자료인 해양의 환경인자는 어획량과 상관관계가 있을 것으로 생각되나, 이 점은 상자 내부에서 어떠한 과정이 있는지 아직 알려져 있지 않다 (유, 1999). NEMURO 모델은 검은 상자 내부의 한 요소인 저차영양단계에 직접적인 영향을 미치는 물리적 요인인 태양복사에너지와 수온 등을 이용하여, 영양염의 계절적 변동과 영양염을 이용하여 광합성을 하는 식물플랑크톤과 이들을 먹이 생물로 하는 상위영양단계생물의 관계를 유추하는 데에 유용하다. 따라서 본 연구에서는 해양의 저차생태계 구성요소들의 상호작용을 살펴보기 위해 동중국해의 해양환경 자료를 사용하여 NEMURO 모델에 적용하였다.

자료 및 방법

연구 해역은 동중국해 동북부이며, 자료는 국립수산과학원의 정선관측 자료를 사용하였다. 암모늄을 제외한 영양염 자료(NO_3 , SiOH_4), 동물플랑크톤 생체량, 표층 수온을 비롯한 표준 수심별 수온이 사용되었다. 그리고 식물플랑크톤의 값은 클로로필-a 값을 사용하였다. 이 외의 동물플랑크톤의 생체량과 다른 영양염 자료(NH_4 , PON, DON)는 현 연구 해역을 조사한 이전의 보고서를 참고하였다 (한국해양연구소, 1997). 자료의 기간은 수온은 1958년 3월부터 2003년 12월까지 각 월의 평균 수온 값으로 계산하여 사용하였으며, 일 수온 값은 수온의 측정 일을 그 달의 중간(15일)으로 보아 직선회귀를 이용하여 계산해내었다.

해양의 저차생태계를 기반으로 하는 NPZ (Nutrient-phytoplankton-zooplankton) 모델 중 하나인 NEMURO 모델은 차분 방정식과 처리 방정식, 그리고 11가지의 각 인자들 사이의 관계는 영양염과 식물플랑크톤의 광합성, 호흡, 분해, 질산화 작용, 침강과 동물플랑크톤의 사망률, 호흡, 섭이, 배설, 수직회유 등으로 구성되어있다.

결과 및 요약

동중국해의 영양염의 변동 중 규산염인 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 와 Opal은 시간에 따른 역상관을 보였다. 질산염 중 NO_3 와 PON의 시간에 따른 거동형태가 역상관으로 규산염과 유사하였다. 그리고 DON이 급격히 감소하는 시기에 NH_4 가 급격히 증가하는 것으로 나타났으나, 둘 다 전체적으로 시간에 따라 감소하는 경향이 강하였다.

식물플랑크톤의 변화는 소형인 경우는 2번의 대량번식이 나타났으며, 대형의 경우는 한 번의 대량번식만을 보였다. 동물플랑크톤의 경우는 소형은 적지만 일정한 수준을 유지하였으며, 포식성 동물플랑크톤은 소형과 같이 증가한 이후 지속적으로 증가 한 후 서서히 감소하여 다른 동물플랑크톤에 비하여 높은 값을 유지하였다.

약간의 시간 지연이 나타나지만, 플랑크톤은 영양염이 감소하는 시기에 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 영양염을 이용하여 식물플랑크톤의 광합성 및 번식과 이들을 먹이로 하는 동물플랑크톤의 먹이 사슬에서 나타나는 결과에서 원인을 유추 할 수 있다. 그리고 식물플랑크톤의 경우 크기에 따른 생체량의 차이는 다른 동물플랑크톤보다 대형 식물 플랑크톤을 먹는 포식성 동물플랑크톤의 양이 많아서, 강한 포식압에 의한 것으로 생각되어진다.

그리고 NEMURO 모델이 북태평양의 베링해를 비롯한 몇 관측점 (A7, KNOT 등)에 대한 모델의 검증을 마친 상태이지만 (Kishi *et al.*, 2001; Rose *et al.*, 2005), 동중국해의 특징을 고려하여 적용할 수 있을 모델인지에 관해서는 모델의 수정과 검증이 필요할 것으로 예상된다. 그 특징 중 하나가 동중국해역이 주변의 대륙과 하천에 강한 영향을 받아 인산염의 영향이 클 것으로 생각된다. 그러나 인산염은 북태평양의 외양을 기반으로 하여 만들어진 NEMURO 모델 내에 포함된 인자가 아니다. 따라서 이 부분에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 국립수산과학원. 1958-2003. 해양조사연보.
유신재. 1999. 기후변동과 해양생태계. Prodeddings of the 1st workshop on climate changes & fisheries resources. pp.55-67.
한국해양연구소. 1997. 쿠로시오 해역과 동중국해의 해양순환, -동중국해 동부해역 중심-. 과학기술처. 563pp.
Kishi, M. J., H. Motono, M. Kashiwai and A. Tsuda. 2001. An ecological-physical coupled model with ontogenetic vertical migration of zooplankton in the northwestern Pacific. J. Oceanogr. 57 : 499-507.
Rose, K. A., B. A. Megrey, F. Werner and D. M. Ware. 2005. Calibration of the NEMURO nutrient-phytoplankton-zooplankton food web model to a coastal ecosystem : Evaluation of an automated calibration approach. Submitted to special issue of ecological modelling on NEMURO.