

## 해외 해양생물표본 사업<sup>1)</sup>: 아드리아해와 북서대서양 연안 동물플랑크톤의 채집과 연구

김 세 화<sup>2)</sup>

용인대학교 생명과학과 교수

언제부터인가 동물플랑크톤이란 어휘가 우리나라에서도 그다지 생소하지 않게 되었다. 30여년전 일본 유학 시절 바닷가에 나가서 동물플랑크톤 네트로 채집을 하고 있으면 지나가던 주민이 플랑크톤을 잡고 있냐고 물어보던 것을 부러워했었는데 이제는 우리나라의 물가에서도 종종 이런 말을 듣는다. 동물플랑크톤이란 동물 부유생물로도 불리며 해류를 거슬러 올라갈 수 없을 정도의 미약한 운동성을 가지고 있어 물속에서 둥둥 떠다니는 동물들을 통칭한다. 예를 들어 어류의 알이나 부화 직후의 치어는 동물플랑크톤이며 어느 정도 성장하여 해류를 거슬러 움직일 수 있을 정도의 운동성을 가지게 되면 유영생물로 불린다. 또한 조개나 산호의 알과 유생도 동물플랑크톤이며 변태 과정을 거쳐 해저에 갈아 앉으면 저서생물이 된다. 이렇게 동물플랑크톤이란 동물, 식물, 미생물 등으로 구분하는 분류학적 분류군이 아니라 어떤 생활 방식을 가지고 있는가에 따라 구분하는 생태학적 분류군이다. 따라서 크기도 동물플랑크톤을 구분하는 요인이 아니며 1밀리미터보다 작은 물벼룩류부터 운동성만 미약하다면 촉수의 길이가 10미터 이상인 해파리들까지 모두 동물플랑크톤으로

불린다.

생물학의 여러분야인 분류, 생리, 생태, 유전학을 가릴 필요도 없이 동물플랑크톤 전공자가 드물던 시절 부유생물학이란 강의를 통하여 현미경 하에서 동물플랑크톤을 관찰한 후 해산지각류의 생리생태를 공부하기 시작했다. 하지만 눈에 보이지 않는 현미경적 생물이라 많은 관심을 끌지 못하는 분야인데다가 식물플랑크톤이 이야기하는 적조 현상과 같이 작금의 환경 문제와도 큰 연관을 갖지 못해서 동물플랑크톤에 대한 대중의 인식은 아직도 비교적 낮은 편이다. 그러나 국력의 신장과 더불어 기초과학 발전의 기치하에 해양생태계에서 중요한 역할을 수행하고 있는 동물플랑크톤이 어류의 먹이 생물로서 우리나라 연근해 수산물 생산량을 결정하는 요인으로 밝혀졌고 각 해역의 수질 특성과 변화를 기능할 수 있는 지표 생물로서 활용하게 되었다.

올해부터 표본 전시에 들어간 국립해양생물자원관은 2013년말 준공을 앞두고 수년간 해양생물 표본 확보 작업을 실시하였으며 그 일환으로 해외 해양생물표본 사업의 연구책임자인 한양대학교 생물다양성연구실 이원철 교수의 요청 하에 용인대학교 해양생물

1)Program for the Collection of Foreign Specimens, Marine Biodiversity Institute of Korea

2)KIM, Saywa, Department of Biological Science, Yongin University, E-mail: swkim@yongin.ac.kr

학연구실도 2011년부터 2013년까지 3년간 해외 동물플랑크톤 채집 및 분류 동정과 표본 작성 작업에 참여하였다. 용인대에서는 남극 세종기지, 아드리아해, 상해 황푸강 하구, 일본 요코하마항과 가고시마 인근해역, 브라질 카나네이아 해역 및 캐나다 노바스코샤부터 뉴욕항까지의 대서양 연안 해역 등을 담당하여 13,000여개의 동물플랑크톤 액침 표본을 작성, 납품하였는데 여기서는 2012년에 아드리아해에서 관찰된 동물플랑크톤 군집 구성원의 하나인 해산지각류의 독특한 출현 양상을 설명하고 2013년 북미대륙 대서양 연안 지방의 동물플랑크톤 채집 및 해양 환경정책에 대하여 소개하고자 한다. 2013년말 꽃보다 누나라는 TV 프로그램을 통하여 아름다운 해안 풍경을 보여주며 우리에게 친근하게 다가온 세계적인 관광지인 아드리아해 연안의 바다속에는 동물플랑크톤이 어떤 모습으로 살고 있으며 캐벳트레일과 헬리팩스 성곽으로 잘 알려진 캐나다 노바스코샤주의 해안부터 미국인이 가장 사랑하는 국립공원의 하나인 메인주 아카디아 국립공원과 뉴펀들랜드 어장으로 유명한 보스톤 인근의 케이프코드를 거쳐 뉴욕항까지 북미대륙 대서양 연안역의 동물플랑크톤 채집 및 각 지방정부의 연안환경 보존을 위한 정책에 대하여 알아본다.

### 아드리아해의 해산지각류

아드리아해는 이태리 동부해안 및 크로아티아와 몬테네그로 서부 해안으로 둘러싸인 해역으로서 남쪽으로 지중해와 연결된다. 2012년 9월 약 일주일간에 걸쳐 크로아티아 서북해안부터 몬테네그로 서부해안까지 남쪽으로 내려가면서 해안의 13개 정점에서 동물플랑크톤 시료를 채집하였으며 채집된 시료는 용인대 해양생물학 실험실로 옮겨 현

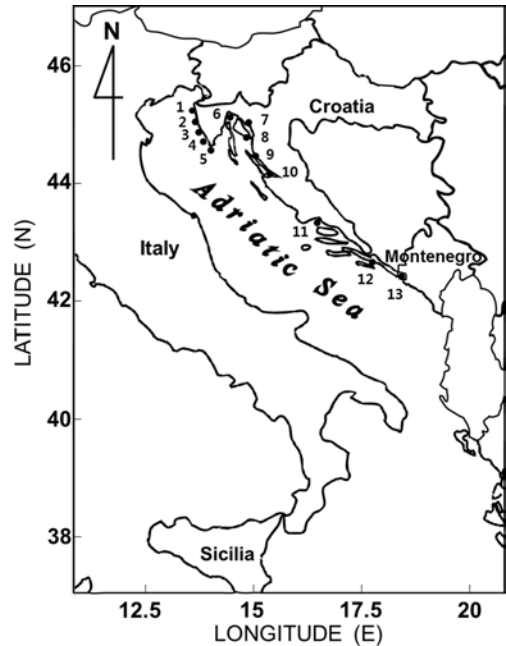


그림 1. 2012년 9월 아드리아해의 동물플랑크톤 채집 정점

미경하에서 분류군별로 동정하여 액침표본을 작성하였다. 이 과정에서 이제까지 동태평양에서는 대양종(oceanic species), 북서태평양에서는 근해종(distant neritic species)으로 알려져 있던 *Evadne spinifera*라는 해산지각류의 분포가 해안가까지 확장되어 있음을 확인하고 그 생물학적 특성을 조명하여 보았다(그림 1). 해산지각류는 절지동물문 갑각강에 속하며 게, 새우 등과 같이 우리에게 익숙한 동물들과 분류학적으로 가까운 동물인데 담수산 지각류는 종분화가 잘 이루어져 약 800종 이상이 보고되어 있는 반면 바다에서만 분포하고 있는 진정한 해산종은 8종에 불과하다. 그중 이번에 아드리아해에서 함께 출현한 해산지각류인 *Evadne tergestina*와 *Penilia avirostris*의 2종은 우리나라 인근해에서 여름철에 흔하게 출현하는 동물플랑크톤이며 연안역에서 대양까지 폭넓게 분포하고 있다(그림 2). 하지만 *E. spinifera*는 동

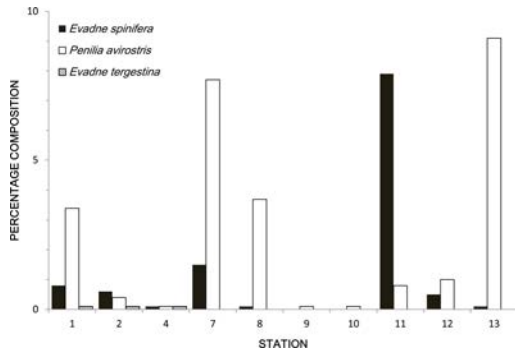


그림 2. 2012년 9월 아드리아해의 해산지각류 출현비율

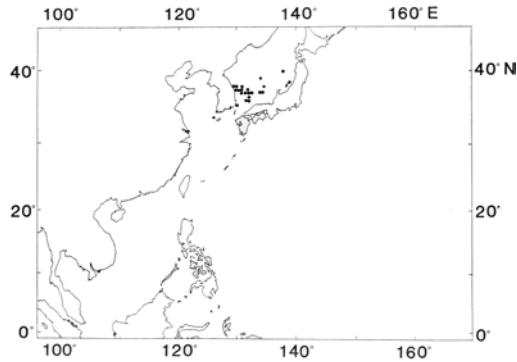


그림 3. CSK 기간중(1965~1974년) 북서태평양에서 *Evadne spinifera*의 분포

해에서만 출현하며 울릉도 독도 인근을 포함하여 해안에서 수십킬로미터 떨어진 해역에서 주로 출현하는 것이 보고되어 있다(그림 3). 이와 비슷하게 북서태평양에서는 근해종으로 알려진 해산지각류 *Pleopis schmackeri*가 대서양의 아마존 강하구역에서 출현하여 보고된 바가 있는 등, 같은 형태적 특징을 가지고 동종으로 분류된 개체들이 해역에 따라 분포 패턴이 달라지는 것과 같이 각기 다른 생태를 가지는 경우에 대하여 향후 분자생물학적 접근을 통한 연구의 필요성이 제시되었다. 또한 *E. spinifera*는 출현량도 적어 일반적으로 해수 1입방미터당 수 개체 정도의 낮은 개체군밀도로 분포하면서 전체 동물플랑크톤 군집 생물량의 1% 이하

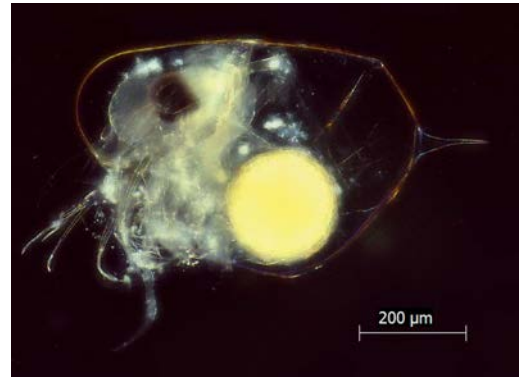


그림 4. *Evadne spinifera*. 휴면란을 가진 유성생식세대 암컷



그림 5. *Evadne spinifera*. 수컷

로 나타나는 것이 일반적인데 정점 11에서 8%의 생물량을 나타낸 것도 특이하였다. 그러나 지난 30여년간 아드리아해에서 조사된 동물플랑크톤의 생물량을 종합하여 *E. spinifera*가 평균적으로 전체 동물플랑크톤 생물량의 2% 정도를 차지하고 있다는 이태리의 보고는 나머지 정점들에서의 출현비율과 비교적 일치하였다. *E. spinifera*는 아드리아해에서도 이전에는 근해종으로 나타나고 있었는데 2012년에 실시된 이번 조사를 통하여 해안 가까이까지 생육할 수 있는 종으로 밝혀졌다. 또한 적은 출현량에 기인하여 유성생식세대와 무성생식세대의 표본들이 명확하게 기재되지 않았는데 본 조사를



그림 6. *Evadne spinifera*. 수컷의 1차성징인 페니스

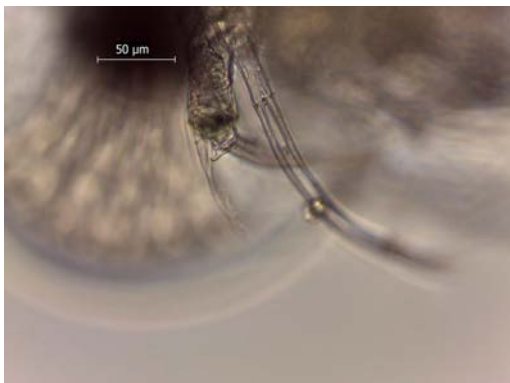


그림 7. *Evadne spinifera*. 수컷의 2차성징인 갈고리 모양의 스파인

통하여 유성생식세대 암컷이 잘 성숙된 휴면란을 가지고 있는 것이 관찰되었으며(그림 4) 수컷의 1차성징인 페니스와 2차성징인 제1흉지의 내지에 있는 스파인 중 하나가 갈고리 모양으로 변형되어 있는 것이 확인되었다(그림 5-7). 무성생식세대 암컷의 생식 능력과 생산량에 대한 자료는 유성생식세대 개체들의 특성에 대한 결과와 함께 추후 학술논문으로 발표할 예정이다.

### 북미대륙 대서양연안의 해양환경

북미대륙을 구성하고 있는 캐나다 미국 멕

시코의 3국은 서쪽으로 태평양 연안과 동쪽으로 대서양 연안을 접하고 있는 특징이 있다. 즉 상기 3국의 서쪽은 북동태평양이며 동쪽은 북서대서양인 것이다. 해외해양생물 표본 채집을 위하여 2013년 7월에 약 한달 동안 캐나다의 노바스코샤주부터 미국 뉴욕주 롱아일랜드 해협까지 북서대서양 연안을 따라 남하하면서 해안의 4개 정점에서 동물플랑크톤 시료를 채집하여 용인대에서 액침 표본을 작성하였다. 이번 조사에서는 표본 작성에만 주력하고 동물플랑크톤 군집의 특성 등은 분석하지 않았는데 조사 구간의 중간 부근에 위치한 도시인 보스턴 인근에 있는 세계에서 가장 큰 해양과학연구소의 하나인 우즈홀 해양과학연구소에서 인근 해역의 생물상과 생태에 대한 연구가 지난 100여년간 지속적으로 이루어져왔기 때문에 단기간의 채집 결과 분석이 큰 의미를 가질 수 없다는 판단 때문이었다.

1) 캐나다 노바스코샤주 브래튼 섬의 300 km에 달하는 캐벳트레일 가장 북쪽 끝에 위치한 케이프노스 연안에서 동물플랑크톤을 채집하였으며(그림 8) 해안가에는 멸종위기에 처한 바다거북의 보호 및 홍보를 위한 광고판이 설치되어 있다(그림 9). 플라스틱 봉지 등을 해파리로 오인하여 섭식하는 바다거북의 문제점과 바다거북 발견시 모니터링을 위한 연락처 등이 게재되어 있었다. 세계에서 두 번째로 광대한 국토 면적을 자랑하는 캐나다의 인구는 미국의 1/10에 불과하여 3,000만명이 약간 넘지만 90% 이상이 미국과의 국경선 인근 수십 km 거주하고 있으며 비교적 북쪽에 위치한 노바스코샤주는 뉴브런스위크주를 사이에 두고 미국의 메인주와 떨어져있어 인구가 100만명이 채 안되지만 면적은 한반도 면적과 비슷할 정도로 인구가 희박한 지역이다. 캐나다의 대



그림 8. 캐나다 노바스코샤주 캐벗트레이일 케이프노스에서 동물플랑크톤 채집 장면



그림 10. 캐나다 노바스코샤주의 주도 핼리팩스에서 동물플랑크톤 채집 장면



그림 9. 캐나다 노바스코샤주 브래튼 해변의 바다거북 보호 및 홍보 광고판

서양 연안은 상기 두주와 프린스에드워드섬, 뉴펀들랜드로 이루어져 해안선의 길이가 4만km에 달하지만 인구는 220만명에 불과하여 주로 대서양 연안에서 수산, 양식, 물류, 관광 등 연안 의존형 사회 경제 활동이 이루어져왔다. 하지만 1990년대 초반부터 환경 오염, 서식지 훼손, 자원남획 등으로 연안 환경이 급속하게 악화되어 1991년부터 지역사회 기반 연안관리 프로그램인 대서양 연안실천 프로그램(Atlantic Coastal Action Program, ACAP)을 마련하여 연안환경을 복원하고 유지하기 위하여 노력하고 있다. 이

프로그램의 목적은 지역역량 강화를 통한 연안생태계보존, 지역사회의 책임성 확보와 지역차원의 연안관리 전담조직을 구성하는 것으로 4개주 14개 지역에서 실시하고 있으며 대부분 자연서식처 훼손과 생활, 산업폐수 등에 의한 수질악화 방지 및 연안이용행위의 이해상충 해소 등을 담당하고 있다. 노바스코샤주의 주도인 핼리팩스는 시타델(성곽) 등의 관광 산업이 발달한 도시로서 ACAP를 위한 선박 등을 관리하고 있다(그림 10).

2) 캐나다의 뉴브런즈윅주는 세계에서 가장 큰 간만의 차이를 가진 Canada's Bay of Fundy가 있는 곳이며 ACAP와 더불어 대형 해양관리영역(LOMAs)의 공동 관리를 사전에 설정하여 수백km<sup>2</sup>에 달하는 면적의 해안 구역을 정부, 주민 단체, 업계 단체, 환경 및 지역 사회 단체, 학계의 모든 수준의 범위 내에서 자원의 지속 가능한 관리를 위한 전략, 장기 계획을 개발하여 함께 운영하고 있다.

3) 미국의 메인주는 주 면적의 90%가 소나무로 덮여있어 Pine Tree State로 불리는데(뉴욕주는 Empire State, 뉴저지주는 Garden

State, 캘리포니아주는 Golden State 등의 특징) 해양공원이라고도 불리는 아카디아 국립공원이 있는 주이다. 메인주에서는 오염관리, 지하수보호, 해양환경보호, 해양폐기방법 선정 등을 구분하여 실시하고 있으며 또한 연방정부의 국립공원 해양법규의 적용을 받은 연안지역 관리법, 청정수법, 안전 음용수법에 따라 해양환경을 보호하고 있다. 해안습지가 육상습지에 비하여 17배나 높은 경제적 가치를 가진다는 자체 어업연구소의 결과를 바탕으로 해안가 침윤성 수생식물의 보호 및 침입 수생 식물의 추가 확산 위험을 감소시키는 프로그램을 운영하고 있다. 특히 해양폐기방법은 우리나라와 유사하게 관리기관의 승인을 받고 방법과 절차 등에 대하여 논의한 후 처리하도록 명시되어 있는데 우리나라의 경우 이러한 법령과 규정에 대하여 국립공원관리공단 사이트에 상세하게 기재되어 있는 반면 아카디아 국립공원은 거대한 공원 규모와 생물상의 다양함에도 불구하고 세부적인 실행 규정이 확립되어 있지 않아 연안환경 보호 방법에 대하여 논란의 여지가 남아있는 것으로 사료된다.

4) 보스턴과 같은 대도시가 연안에 있는 메사추세츠주는 어업종사자들과 거주자들 간의 갈등이 오랜 기간 부각되었고 2009년에 메사추세츠 해양법(The Massachusetts Oceans Act)을 근거로 통합 해양관리 계획을 수립하여 매 5년마다 규정을 검토하면서 해양 환경보호 정책을 수행하고 있는데 2015년도 메사추세츠 해양 관리 계획은 지방정부 해양법 제정 후 첫 번째 공식 개정에 의한 결과이다. 주요 내용은 과학적 정보에 근거한 계획을 마련하고 총 17명의 위원으로 구성된 해양자문위원회를 구성하며 Cape Cod 지역을 제외한 지역에 신재생에너지 시설 설치를 허용하는 등으로서 구체적 실행 방법

을 제시하고 있다.

5) 롱아일랜드 해협을 통하여 대서양으로의 물동량을 소화하는 뉴욕항이 위치한 뉴욕주는 1970년대 후반 뉴욕의 Love Canal 유해물질 유출 사건 등으로 해양 환경 오염이 심각해지면서 연방정부 교통부 소속의 해양청과 상무부 소속의 해양대기청 지원을 받아 다음과 같은 5가지 목표를 선정하였는데 첫째는 환경친화적 관리시스템을 도입하여 연안, 해양 자원의 보호, 복원 및 관리, 둘째는 각 지자체 현안 문제를 지방정부 스스로 해결할 수 있는 지원시스템 확립, 셋째는 기후와 수자원 관련 정보체계 구축으로 지방정부 정책결정 지원, 넷째는 안전하고 효율적이며 환경 친화적인 해양교통체계 구축에 필수적인 해양관련 정보의 구축에 따른 국가의 경제활동 지원 강화이며 다섯째는 기타 해양대기청의 주요 임무 지원 등이 그것이다. 뉴욕주는 최근 독특한 방법으로 해양환경을 보호하고 있는데 일회용 스티로폼(EPS)의 판매, 소유 및 사용을 금지하였다. 해양으로 유출된 EPS는 해양 환경과 수질을 오염시키는 정도가 플라스틱보다 크며 해양생물의 체내에 축적되어 죽이는 물리적 오염뿐 아니라 EPS의 성분인 폴리스타이린이 해수중의 화학물질을 흡수하며 커져서 이것을 해파리로 오인한 바다거북 등의 해양동물들이 섭취하여 생체 축적되는 화학적 오염의 결과로 최상위 포식자인 인간이 피해를 입는 과정을 차단하기 위한 노력이다. 이러한 뉴욕항의 영향을 받는 롱아일랜드 해협에 위치한 뉴욕주립대 인근에서도 동물플랑크톤을 채집하였으며(그림 11) 필자가 20년전 방문연구원으로 근무하였던 뉴욕주립대 해양과학연구소는(Marine Sciences Research Center MSRC)는 지구온난화와 기후변화 등 현재 지구환경에 대한 연구 경향의 변화에



그림 11. 미국 뉴욕주 롱아일랜드 쓰리빌리지인에서의 동물플랑크톤 채집 장면



그림 12. 미국 뉴욕주립대 스톤브룩 교정의 SoMAS 건물 (구 MSRC: 해양과학연구센터)

따라 해양대기과학대학(SoMAS)으로 기관 명칭이 변경되었음을 알 수 있다(그림 12).

이상과 같이 해양생물자원관의 해외해양생물 표본 확보 과정에서 아드리아해에 분포

하는 해산지각류 생태에 관해 발견한 새로운 결과와 북서대서양 연안의 동물플랑크톤 채집 과정에서 살펴본 캐나다와 미국의 대서양 연안 지방정부 해양환경정책에 대하여 간략하게 소개한다.