

1. 남해 특별관리해역의 환경오염 관리모델 연구 - 광양만 중심 연구에서의 현황과 전망

장 만, 신경순, 최진우, 최동립, 이택건, 현상민, 오재룡, 심원준, 권개경
한국해양연구원 남해연구소

요 약

우리나라의 남해안과 서해안과 같이 해안선의 굴곡이 많고 강의 하류 부분에 위치한 연안 해양은 육지로부터 영향을 가장 많이 받는다. 강 하류에 위치한 항만은 이 지역을 중심으로 발달한 도시와 각종 산업시설과 대규모 부두 시설에 의해 직접 오염물질이 유입되고, 반 폐쇄적인 지리적인 조건으로 오염 물질의 외부 확산이 적게 일어남으로써 각종 유해 오염물질의 최종 종착지이자 오염물질의 보유하고 역할을 하고 있다. 본 과제의 주요 목표는 오염지역의 오염물 이동 및 생태계 구조 변화에 관한 종합적 분석을 통해 오염우심해역 관리를 위한 오염과 생태환경에 대한 종합적인 지침서(오염물 분포, 이동, 순환 등) 제시하고, 오염물질의 순환과정에서 수생-저서생태계의 연계성 규명하며, 더 나아가서 국가실천계획(NPA) 이행을 위한 기반 확립이다. 본 연구과제의 결과는 항상 오염에 노출될 가능성이 높은 연안역관리를 위한 지표자료를 제공하며, 앞으로 국제적으로 규제될 각종 유기오염물 질관리를 위한 자료로 활용될 것이다.

서 론

우리나라 남해안은 정화되지 않은 오폐수의 유입과 반 폐쇄적인 특성으로 인하여 해수 유통이 원활치 않아 매년 미세조류가 대 발생하고 있으며, 해안선이 복잡하고 섬이 많을 뿐만 아니라 대형 항구들이 있어 빈번한 중소형의 유류 유출사고와 2~3 년에 한번씩 발생하고 있는 대형 유류 유출사고로 인하여 해양생태계는 물론 어민들이 막대한 경제적 피해를 입고 있다. 뿐만 아니라, 여천공단, 광양제철, 마산공단, 창원공단, 등의 공단과 삼성조선, 대우조선 등의 대형조선소 등이 위치하고 있어 다이옥신·PCBs·TBT 등의 환경호르몬에 의한 오염문제가 대두되고 있는 것은 물론 해양생태계가 황폐화되고 있으며, 이러한 문제들로 인하여 국민들이 수산물의 안전성에 대하여 신뢰를 갖지 못하고 있는 실정이다.

이러한 오염물질들은 먹이사슬을 통하여 어패류에 축적되고 이를 섭취하는 국민의 건강을 위협하고 있다. 특히 조선소가 주 오염원이고 선박과 해양구조물 등에서 지속적으로 용출되는 TBT로 인하여 남해안의 고등류에서 거의 100%에 가까운 입포섹스 현상이 발견되고 있으며 청정해역으로 알려진 충무해역에서도 기형(chambering)의 굴이 발견되고 있는 실정이다. 이러한 오염물질들은 소수성이어서 입자성 부유물, 생물 배설물 등에 흡착된 후 퇴적되어 저서 생물에 악영향을 줄뿐

만 아니라 지속적인 오염원의 역할을 하고 있다.

이러한 문제에 대해 1995년 11월 미국의 워싱턴 D.C.에서 개최된 정부간 회의에서 108개국 정부와 유럽 연합은 육상활동의 결과로 생기는 환경영향으로부터 해양환경을 보호하고 보전하기 위해 육상기인 오염원으로부터 해양환경보호를 위한 범 지구적 실천계획 (Global Program of Action, GPA)을 선언하였다. GPA는 해양환경을 보전하고 보호하는 각 국가의 의무를 권장함으로써 육상기인 활동에 의한 해양환경의 훼손을 방지하는 것이 주요 목적이다. GPA에서는 하수, 지속성 유기오염물질 (POPs), 방사성 물질, 중금속 (TBT 포함), 기름, 영양염, 퇴적물 이동, 쓰레기 등의 오염의 심각성과 영향, 서식지 변형과 파괴를 포함한 물리적 변형 등이 해양환경을 악화시키는 요인으로 규명하였다.

따라서 본 연구과제에서는 위에 설명한 문제점을 해결하기 위한 기반을 조성하며, GPA의 최우선 해결과제로 떠오른 하수 (sewage), UNEP (United Nations Environment Programme)가 법적 구속력이 있는 규제 조치를 준비중인 지속성 유기오염물질 (Persistent Organic Pollutants, POPs), IMO (International Maritime Organization)가 전세계적으로 2003년부터 사용을 금지시킬 예정인 TBT를 비롯한 유기주석 화합물, IMO가 준비중인 ballast water 규제 조치 등에 대비하여 이제까지와는 다른 새로운 접근 방법으로 연구를 수행하여 주요 오염물질의 전세계적인 사용금지·규제 조치에 적극적으로 대처하고, GPA의 국가실천계획 (National Programme of Action, NPA) 수립에 필요한 기반 연구를 선도적으로 수행하고자 한다. 해양수산부가 남해 특별관리해역 (광양만, 마산만, 부산연안)과 환경보전해역 (완도-도암만, 득량만, 가막만)으로 지정하여 해역의 환경을 관리할 예정인 해역에서 주요 오염원 파악, 지속성 오염물질의 오염 실태와 거동을 파악하고 수생-퇴적 생태계에 미치는 영향과 오염물질의 독성을 평가해서 오염 우심해역, 특별관리해역, 환경보전해역의 관리에 모델이 될 수 있는 결과를 제시하는데 중점을 두었다.

국내의 연구개발 현황

캐나다 정부는 UNEP의 GPA를 적극적으로 실천하고자 2000년 6월 세계 최초로 국가실천계획(NPA)을 작성하였는데 NPA의 목표는 국민건강보호, 해양환경 악화 경감, 손상된 환경 복원, 해양자원의 보전과 지속 가능한 이용, 해양환경의 생산력과 생물다양성 유지에 있다. 호주의 경우에도 초안은 이미 완성되었고 현재 최종 검토 작업 중에 있으나 우리나라는 이에 대한 준비가 전혀 안된 실정이다. 미국 NOAA에서는 1984년부터 전국연안을 대상으로 연안환경과 생물자원의 보호를 위하여 National Status and Trends (NS&T) Program을 실시하고 있는데 이 프로그램은 Mussel Watch Project, Benthic Surveillance Project, Bioeffects Survey

Project로 구성되어 있으며, Mussel Watch Project를 통해 발견된 오염지역을 대상으로 퇴적물 독성의 공간적 분포와 오염물질이 생물에 미치는 영향을 Bioeffects Survey Project를 통하여 수행 중에 있다 (NOAA, 1998a, b).

국내에서는 한국해양연구원에서 1999년부터 해수부의 수탁연구과제로 전국 연안의 표층 퇴적물과 이매패류(굴과 홍합)의 지속성 유기오염물질 오염도를 조사하는 과제를 수행 중에 있으나 퇴적물의 독성과 생물에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 미미한 실정이다. 캐나다 IOS에서는 1970년대부터 오염물질이 플랑크톤 군집에 미치는 영향과 영양역학 관계를 조사하기 시작했으며, 1983년에는 중국과 공동으로 주로 독성물질의 순환경로 파악, 독성물질이 미치는 영향평가 등을 목적으로 MEEE (Marine Ecosystem Enclosed Experiments) 프로그램을 수행하였다. 미국은 Narraganset Bay에서 해양생태계가 유류나 미량금속에 노출되었을 때 어떻게 반응하는지를 조사하기 위해 MERL(Marine Ecosystems Research Laboratory) 프로그램을 실시하였다. 또한 미국 EPA(Environmental Protection Agency)는 기수지역의 환경보호 프로그램을 개발하여 수질관리, 보전을 통해 자원관리를 하며, 기수지역의 이용과 보호를 위한 계획수립에 활용하고 있다 (EPA, 1992). 그러나 국내에서 오염원 유입 및 진행과정에 따른 생태계의 biological process에 대한 연구가 매우 부족하고 영향 평가기법의 개념 정립이 부족한 실정이며, 생태계 구성원간의 생물학적 과정 연구를 통한 오염물질의 이동 및 전달과정에 대한 연구는 전무한 실정이다.

최근에 한국해양연구원에서는 환경변화에 따른 식물플랑크톤의 온도 및 광도에 의한 세포내 구성성분의 변화에 관한 연구수행이 시도되었을 뿐 생리학적 접근이 수행되지 못했다. 현재까지도 국내에서는 오염원의 거동과 주변 수생 생태계내의 오염원 흐름과 천이에 관한 연구는 아직도 초보적인 단계에 머무르고 있는 실정이다.

총리실주관 해양수산부, 과학기술부, 환경부 등 관계부처합동으로 해양환경 보전·개선을 위한 “해양오염방지 5개년 계획”을 수립하여 추진 중에 있으며, 세부실천계획 중 전국 주요 해역을 ‘환경관리해역’으로 지정하여 관리기본계획 수립 및 시행되고 있다. 남해 반 폐쇄성 해역(마산만, 광양만, 가막만 등)이 환경관리해역에 속해 있어 이들 지역에 대한 집중 연구의 필요성이 제기되었다. 현재까지 남해 해역에 대해 여러 기관(국가기관 및 대학)에서 산발적으로 해저퇴적물의 오염현황 연구를 수행하고 있으나 연구수행방법 및 사용기자재 그리고 해석기법의 다양성 때문에 연구결과들이 체계적으로 정리되지 않고 있다. 1992년 UN환경개발회의 의제 21 채택 이후 해양환경 보전과 해양수산자원의 합리적 이용 및 개발에 대한 국제적 관심 고조, UN 해양법협약발효로 EEZ에 대한 관리권 확대에 따른 해양오염방지 및 해양환경보전 의무가 강화. 또한 국제적으로 해양에 있는 유해화학물질에 대한 관

리 강화 추진을 계획하고 있다.

선진외국은 최근 일부 심각한 해양오염문제를 해결하기 위한 대체방안으로 해양 생물정화기술 개발에 초점을 두고 있다. 특히, 미국의 경우 와싱턴대학의 Marine Bioremediation Program은 해군과 대학의 4백만불에 해당하는 재정적 지원 하에 Puget Bay Eagle항의 퇴적물에 축적된 PAHs로 구성된 목재 보존제 creosote를 생물정화기술로 처리하는 연구를, 에너지청에서는 NABIR (Natural and Accelerated Bioremediation Research Program)을 통해 해양을 포함한 다양한 환경의 오염물질 생물정화처리기술에 관한 연구를, 매릴랜드에 소재한 해양생물공학센터에서는 해양오염과 생물정화기술이라는 대형 과제 하에서 연구가, 스크립스 해양연구소는 해양오염물질의 정화라는 프로그램 하에서 광범위한 연구진행 중이고 그리고 Minnesota 대학에서는 biocatalysis/biodegradation database를 운영 중에 있다. 전세계적으로는 GeoEnvironmental, Inc. (GZA)가 조정자역할을 하여 생물정화기술 포럼을 인터넷상으로 운영하여 관련분야의 토의가 활발히 진행되고 있다. 일본의 통산산업성 공업기술원에서는 1998년부터 4년간에 걸쳐 총 10억엔 규모로 폐쇄성해역의 환경수복 창조기술의 개발과 효과검증에 관해 운수성 항만기술연구소와 대판시립대, 덕도대학, 구주대학, 광도공업대학이 공동으로 완화제 개발, bioremediation 개발, 실 해역에서의 bioremediation 기술의 효과검증을 연구하고 있다.

국내의 경우 독성 오염물질의 농도측정이 연안 폐쇄성해역에서 주로 이루어져 왔고 일부 해역의 PAHs 등 독성유기화합물 오염의 심각성이 경고되었다. 최근 국내에서도 생물정화기술에 대한 필요성을 인식하고 일부 연구가 진행되고 있으나 주로 토양환경과 해양의 경우 조간대 토양으로 퇴적물에 대한 접근은 전무한 상태에 있다.

주요 연구내용

본 연구의 대상지역은 광양만, 섬진강 하구, 여수와 남해도 사이의 수로지역을 포함하고 있으며, 주요 연구내용은 다음과 같다.

- 오염물 거동연구

- 퇴적물의 유기오염물질 분포 및 지화학적 특성
- 해양생물의 오염 현황
- 해저퇴적물 분포특성, 지화학적 분석에 의한 오염현상파악, 그리고 퇴적층서 분석
- 퇴적물내 독성유기화합물인 PAHs 오염도 파악 및 PAHs 생분해도 연구

생물군집 연구

해양오염과 해양바이러스와의 연관관계 규명

부유생물 군집 연구

저서생물 군집 연구

오염지역의 조간대 저서생태계 군집 개념모델링 개발

오염물질 독성연구

POPs에 의한 플랑크톤 및 저서생물의 생리적 특성 변화 규명

저서생물을 이용한 퇴적물 독성연구

생물검정법을 이용한 퇴적물 독성 평가

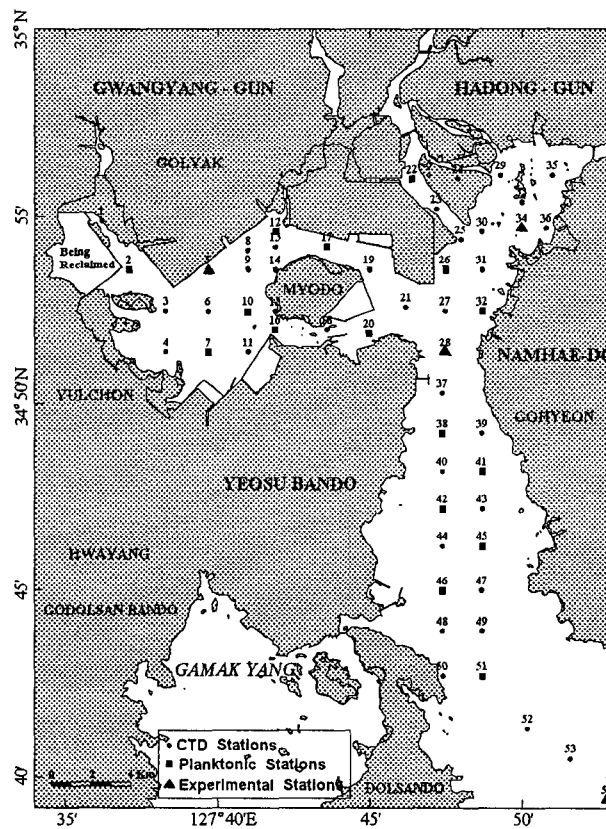


Fig. 1. Study area and sampling points

결 론

본 연구에 의해 기대되는 성과 및 연구결과의 활용계획은 다음과 같이 요약할 수 있다. 먼저 남해 만 해역에 대한 종합 해양환경 모니터링 시스템구축을 위한 기초자료 database 구축을 위한 기초자료들이 축적될 것이다. 축적된 자료를 통해서 오염된 해역의 생태학적 특성과 생태계 하부 영양단계의 물질(주로 오염물질) 흐름을 규명할 수 있고 이에 따라 오염물질의 생물농축 지수를 개발할 수 있다. 본 연구에서 확보된 자료는 연안해역 환경평가, 정부의 “특별관리해역” 혹은 “환경보전해역” 관리, 대형 유류오염 사고에 대비한 필수적인 기초자료로 활용될 것이다. 또한 연안 이용 및 개발, 해양산업 (투기 산업 및 연안 개발) 관리, 훼손된 연안 생태계 복원, 만 건설, 간척지 선정 등 국토이용계획 수립을 위한 정책자료로 활용 가치가 매우 클 것으로 생각된다. 국제적으로 규제에 대비한 NPA 작성과 수행을 위한 기반조성을 위해 기여할 것이다.

참 고 문 헌

- EPA. 1992. National Study of Chemical Residues in Fish. US EPA, EPA 823-R-92-008b.
- NOAA, 1998a. A Summary of Chemical Contaminant Levels at Benthic Surveillance Project Sites (1984-1992). NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 124.
- NOAA, 1998b. Sediment Toxicity in U.S. Coastal Waters.