

해양생명공학관점에서의 해양환경공학 현황분석과 전망

김 상 진[†]

해양생명공학연구센터/한국해양연구원

The prospect and the State of the Art for Marine Environmental Science and Technology from a Point of View of Marine Biotechnology

Sang-Jin Kim[†]

Marine Biotechnology Research Centre, Korea Ocean Research & Development Institute,
Ansan P.O. Box. 29, 425-600, Korea

요 약

본고에서는 해양생명공학 측면에서 조망한 해양환경공학의 학문적 성격 및 학회의 발전방향을 기술하고자 한다. 먼저 해양생명공학 및 해양환경공학의 정의 및 특성을 살펴보고 미국의 환경연구에 대한 거시적 경향, 해양생명공학 관점에서의 해양환경공학분야의 학문적 방향에 대하여 기술하였다. 또한 국내 해양환경공학 연구의 현황을 조망하여 향후 발전방향을 제언하고, 현 문제점 및 해결방안 제시를 통한 해양환경공학회의 향후 진로에 대한 의견을 제시하고자 한다.

Abstract – In this manuscript the characteristics of marine environmental sciences and technology was depicted in the aspect of marine biotechnology, and the prospect of Korean society of Marine Environmental Engineering were suggested. Firstly definitions and main features of marine biotechnology and marine environmental sciences and technology were mentioned, and the long-term trends of environmental sciences and technology and the role of marine biotechnology to contribute for the development of marine environmental science and technology were described. The present state of the art for domestic research activities in the fields of marine environmental science and technology was reviewed and future directions for developing the Korean Society of Marine Environmental Engineering were suggested and discussed through understanding the present problems and solving those problems.

Keywords: Marine Biotechnology(해양생명공학), Marine Environmental Science and Technology(해양환경공학), Korean Society for Marine Environmental Engineering(한국해양환경공학회)

1. 서 론

1.1 해양생명공학과 해양환경공학

해양생명공학이란 해양생물이나 그들의 구성성분, system, process, 기능 등을 연구하여 궁극적으로 인간복지를 위한 상품과 서비스를 제공하는 학문 혹은 산업을 말한다. 이를 위해서는 해양생물학, 해양과학, 수산학에 바탕을 두고 분자생물학, 면역학, 생화학, 생물공학 등의 다학제 간의 공동 연구를 통한 첨단지식을 탐구하여야 하며 최근에는 유전체학, 단백질체학, 대사체학, 생물정보학 등의 기법을 활용한 연구가 추진되고 있다. 따라서 우리는 해양생명

공학 학문의 발전을 통해 인류의 3대 문제점인 식량문제 해결, 환경 및 에너지 문제 해결, 질병치료 방법의 모색 등을 이룰 수 있고 궁극적으로 삶의 질을 높일 수 있다(김 [2002b]).

해양생명공학의 범위는 편의상 기존생명공학의 목적별 분류체계와 같이 보건의료, 식량 및 식품, 산업 바이오소재, 에너지, 환경 분야로 대별되며 해양 동물/식물/미생물을 대상으로 연구한다. 해양생명공학은 해양만의 문제점 해결을 목적으로 연구하는 생명공학이 추구하는 바와 같이 동일한 목적을 갖고 있다. 그러나 기존의 생명공학은 육상생물소재에 국한되어 있어 해양생물의 접근 및 획득의 제한, 해양환경 및 생물특이성의 규명에 대한 한계 등이 있으므로 해양생명공학은 기존 생명공학과 차별화되어 독립된 분야로서 연구가 추진되고 있다.

[†]Corresponding author: s-jkim@kordi.re.kr

지금까지 인류가 의존해 온 육상생물자원으로부터 산업소재, 의약품 등 다양한 신소재 개발은 한계에 도달하였다. 지구표면의 3/4이 해양환경이며 지구상에 서식하는 생물종의 80%(30만 종)가 해양에 서식하고 있으나, 접근과 획득이 용이하지 않아 그동안 활발한 연구가 진행되지 못하였다. 그러나 최근 선진국에서는 생명공학소재 개발의 대상을 육상생물에서 해양생물로 점차 이전하는 추세이다. 해양생물은 육상생물과는 다른 환경 즉 폭 넓은 온도범위, pH, 다양한 용존가스, 무기영양물질(특히 염분) 등이 존재하는 곳에서 생존하므로 특이 기능성 생물이 다양하게 존재한다. 또한 매질이 물이므로 생물체간의 통신을 위한 다양한 미량화합물을 생산하고, 외부로부터의 감염에 대한 방어기작이 발달되어 있어 유용 신소재 생산가능성이 높은 무궁무진한 유전자원이 존재하는 것으로 알려져 있다.

해양생명공학은 아직 개발초기 단계로서 이 분야의 선점을 위한 국가간 경쟁이 매우 치열하다. 특히 선진국들은 해양생물을 단순한 식량자원으로서 이용하는 차원을 넘어서 유용 유전자원의 원천으로 인식, 국가 주도하에 해양생명공학을 활성화하여 21세기 첨단산업의 일환으로 육성하고 있으며 아울러 세계 각국은 자국 내의 해양생물에 대한 배타적 권리를 주장하고 있다(김 [2000a, 2000b, 2001, 2002a, 2003]).

한편 해양환경공학은 해양환경의 구조 및 기능을 규명하고 제 문제를 해결하는 학문 혹은 산업으로서 편의상 물리, 화학, 생물, 지질, 공학, 정책 등 다양한 학제로 구분하여 연구되나 학문의 특성상 학제 간에 상호보완적인 접근방법이 매우 중요하다. 따라서 해양환경공학과 해양생명공학간의 연관분야는 아래 Fig. 1과 같이 매우 일부분인 것처럼 보이나 두 학문 간의 상호작용은 매우 중요하다고 말할 수 있다. 즉 해양생명공학분야에서는 해양생물 소재 및 기능을 이용하여 다양한 목적별 분류 중 하나인 환경이라는 명제를 이해하고, 환경문제를 해결하는 접근방법을 갖고 있으나, 해양환경공학분야에서는 다양한 도구 중 하나로서 생물자체를 이해하거나 생물학적 방법을 활용하여 환경문제를 해결하고자 한다. 즉 목적이나 수단이나의 차이일 뿐 사실 똑같은 맥락이라 할

수 있다. 두 분야가 중요한 또 다른 이유로는 해양환경 뿐 아니라 전체 환경의 가장 중요한 구성원 중 하나는 생물체이고, 또한 생물의 생화학적 작용이 전체 환경을 지배하고 있는 주요 요인 중 하나이기 때문이다. 따라서 선진국에서는 이 두 분야간에 시너지 효과를 얻기 위해 이미 생명공학기술의 환경공학분야로 도입을 촉진하고 있고, 이와 같은 일환으로 OECD[1994]에서는 이미 1994년에 “Biotechnology for a clean environment” 라는 제목의 보고서를 제출한 바가 있다.

2. 미국의 환경기술개발에 대한 인식 변화

1994년 미국의 NSTC(National Science & Technology Council)에서는 향후 50년 후에도 세계적으로 환경기술에 대한 선두 자리를 차지할 수 있는 경쟁력을 갖기 위한 계획을 수립하였다(Edgington [1995]). 본 계획에서는 환경을 개선하고 유지하면서 직업을 창출할 수 있는 장기적 경제성장을 비전으로 제시하였으며 이 목표를 달성하기 위하여 산업계가 폐기물관리 측면에서 오염방제, 효율적인 자원 사용, 산업생태학으로 전환할 수 있는 환경공학 전략이 요구된다고 결론지었다.

현재 산업생태학에서는 그동안 무절제하게 오염시킨 환경의 정화처리 기술, 오염방지 기술, 오염물질 원천차단, 모니터링 및 평가 기술과 같은 순서로 관심을 갖고 있다. 1970, 80년대만 해도 폐수처리, 폐기물처리, 대기처리 등 오염물질이 발생하면 그것을 저감시킨 후 자연환경에 방출시키는 오염방지기술 개발에 초점이 맞추어져 있었다. 오염물질이 환경에 유입되는 부분에서의 기술적 문제는 어느 정도 해결되는 시점인 1990년대에는 들어서는 이미 자연환경에 심각하게 오염된 물질의 위해성 논란이 많아졌다. 따라서 이 시대에는 환경에 유입된 오염물질의 정화 및 오염환경 회복에 중점을 두기 시작하였고, 이는 2000년대까지도 지속적으로 해결하여야 할 것이다.

그러나 21세기에는 오염물질 원천차단, 모니터링 및 평가가 중요해지며 이에 대한 관심과 노력이 증대될 것으로 예측하고 있다. 오염물질 원천차단이란 산업공정을 전환하여 오염물질 자체를 생산하지 않거나 최소화하여 자연환경에 오염물질이 유입되지 않게 하기 위한 것으로 일명 청정기술이라 불리고 있으며 국내에서도 이 분야에 대한 연구의 활성화를 위한 학회도 조직되어 있다. 이제 모든 인간활동에 예전과 같이 막연한 개념의 환경보존이 아니라 즉 환경의 가치를 경제적인 개념으로 계량화하여 그 기준을 점점 강화하며 이에 필요한 기술개발을 추진하고 있다.

이와 같은 맥락에서 미국 NRC(National Research Council) [1997]에서는 아래와 같이 **21세기를 위한 환경분야의 주요 주제**를 정하였다.

- Economics and risk assessment
- Environmental monitoring and ecology
- Chemicals in the environment

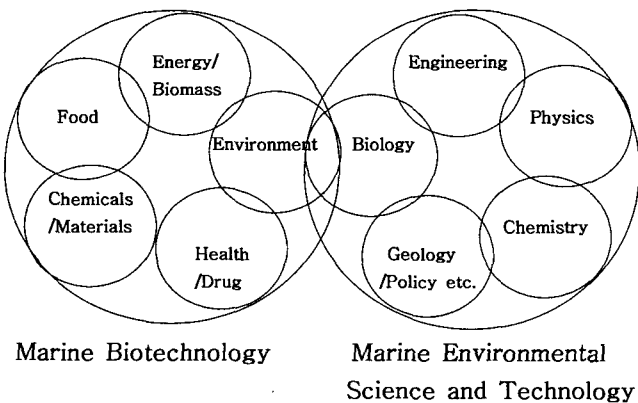


Fig. 1. Comparison of research fields between Marine Biotechnology and Marine Environmental Science and Technology.

- The energy systems
- Industrial ecology
- Population

또한 해양생명공학위원회(Committee on Marine Biotechnology) [2002]에서는 21세기를 위한 해양생명공학 분야 중 환경에 대한 측면을 생물정화, 환경건강, 인체건강과 같이 크게 3분야로 나누어 중요성을 강조하고 있다. 이와 동시에 **해양생명공학기술의 환경에 대한 적용을 증진시키기 위한 방안**으로 다음과 같은 몇 가지 예를 제시하였다.

- 해양환경에 유출되는 유류 혹은 다른 오염물질의 환경에 대한 영향을 이해할 수 있는 분자생물학적 기술 개발: 본 기술은 정화과정을 추적하는 방법 뿐 아니라 청정한 환경을 제공할 수 있는 환경정화 적용의 종료시점을 결정하는 데도 매우 유용하게 사용될 수 있다.
- 해양생물 질병의 본질 혹은 과정을 이해할 수 있는 유전체 혹은 기타 분자생물학적 기술 개발: 무엇보다 해양 병원균을 배양할 수 있는 방법을 이해하고 개발하는 데 선행투자 필요.
- 해양환경의 쌍편모조류와 같은 독성종 혹은 인체 병원균을 모니터링 할 수 있는 기술 개발: 질병의 원천적인 규명 및 발생 예측과 궁극적으로 방지할 수 기술 개발.

미국에서는 해양생명공학사업 중 대표적인 NOAA Sea Grant Program이 잘 알려져 있다(김 [2002a, 2002b, 2003]). 이 프로그램에서는 1994년부터 2000년 사이에는 일반 해양생명공학 전 분야 즉 보건의료, 식량 및 식품, 산업 바이오소재, 에너지, 환경 분야 간에 경쟁을 시켜 선별 및 강화에 중점을 두어 투자하였고, 최근 4년 전부터는 해양생명공학 범주내의 다양한 분야 중 해양환경생명공학분야에 중점 투자하는 전략으로 전환하였다(김 [2002b]). 이 경우에서 보는 바와 같이 미국에서도 해양생명공학분야 중 환경생명공학분야의 중요성을 인식하고 있다.

이와 같이 미국 및 선진외국들은 새롭게 설정한 거시적인 방향으로 해양생명공학분야 기술개발의 흐름을 재구성하고 있다. 또한 해양환경 분야에서 오염물질 정화, 해양환경의 건강 및 해양으로부터 유래될 수 있는 인체건강에 대한 위협 등을 해양생명공학 기술 개발을 통해 해결할 수 있을 것으로 인식하고 있다. 이와 같은 미국의 동향을 인식하며 국내 현황을 살펴보기로 한다.

3. 국내 해양환경공학연구의 현황 · 문제점 및 방향

먼저 국내 현황을 살펴보기 위해서 한국해양환경공학회지의 논문발표 최근 현황을 살펴보았다. 매년 다양한 분야의 해양환경공학 연구결과가 연평균 약 30편의 논문형태로 학회지에 게재된다. 대부분의 논문이 해양환경공학회의 특성인 다학제 간의 시너지효과를 살리지 못하는 매우 특수한 분야 위주로 결과가 발표되고 있

다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 이유는 연구비 규모 자체도 충분히 크지 않고, 연구자들이 다 학제 간의 종합적인 연구에 익숙하지도 않을 뿐 아니라 제도적으로 공동연구가 유도되고 있지 않은 실정 때문일 것으로 추정된다. 또한 해양환경공학 분야에서의 생물환경에 관한 논문현황을 검토하였으나 생물 관련 논문이 5% 미만으로 한해 평균 1-2 편 만이 게재되고 있어 객관적인 자료분석이 불가능하였다. 이는 여러 가지 요인이 있겠지만 생물관련 연구자들이 본 학회지보다 다른 관계 학회지에 투고하는 경향이 높거나, 국내 환경생물 관련 분야연구가 활성화되어 있지 않은 것이 주요 원인일 것이다. 이와 같이 빈약한 해양환경공학회지의 해양환경생물연구 결과를 갖고 외국의 사례와 비교가 불가능하나, 다른 자료를 이용하여 국내 해양생물학분야의 연구동향을 살펴 볼 수 있었다. 1956-1996년 사이에 국내 발간된 7개 해양생물 관련 학회지, 11개 국립 및 출연연구기관과 22개 대학에서 발행하는 전문학술지에 게재된 해양, 수산 생물학분야의 전체 논문을 분석, 평가한바 있다(김 등[1996]). 이 분석 결과에 의하면 국내 해양생물 연구는 생태분야 혹은 수산생물학 분야로 크게 나뉘어져 있고, 대부분의 연구는 해양환경 현황 기술에 치중되어 있다는 것을 지적하였으며, 이와 같은 안이한 연구자세를 계속 유지할 시 앞으로 선진국과의 질적 차이의 극복한계에 대한 우려를 강조하였다.

앞에서 기술한바와 같이 향후 환경연구의 방향은 현재 오염된 물질의 정화, 회복 위주에서 장기적으로는 청정기술개발로 전환이 더욱 요구될 것이다. 현재 국내 해양환경공학 연구분야에서도 오염물질 원천봉쇄와 관련된 연구가 얼마나 진행되고 있는지 살펴보고 향후 방향에 대한 신중한 재검토가 시급하다. 또한 국내 해양환경공학연구의 비전과 목표 설정은 되어 있는지를 살펴보면 더욱 혼란스러운 상황이다. 이와 같은 문제점의 요인은 다음과 같다.

- 국가의 해양환경 관리에 대한 비전 부재
- 해양환경산업 구조의 취약
- 해양환경연구의 중요성 인식 부족으로 인한 연구투자비 열세
- 다 학제간의 공동연구를 통한 환경문제에 대한 종합적 접근방식 취약
- 이를 선도할 수 있는 학회역할의 부재
- 새로운 기술도입에 대한 거부감
- 해양환경 생물연구의 비활성화

우리의 향후 해양환경공학 연구는 지속가능한 해양자원의 개발을 위한 보전을 전제로 하여야 할 것이다. 또한 효율적인 해양자원의 사용을 위해서 해양환경연구의 당위성은 높아지며 해양생명공학 연구의 중요성도 더욱 높아질 것이다. 따라서 해양환경공학 분야 중 생물분야에서 특히 환경현황 기술에 그치는 연구는 지양하고 환경현상의 기초적 규명 및 이를 이용한 문제점 해결에 집중하는 연구를 보다 더 수행할 필요가 있다. 따라서 해양환경공학 분야 중 생물연구 분야의 문제점 및 해양생명공학 연구와의 연계

Table 1. 국내 해양환경공학 생물분야 연구의 문제점 및 해양생명공학과의 연계를 통한 대안제시

분야	문제점	대안
해양생물 다양성에 관한 연구	- 해양생물의 형태학적 분류에 치중 - 생리생화학적 연구 취약 - 배양기술 취약 및 종 보존 연구 전무	지속 이용 가능한 생물다양성의 보존을 위해서 종 보존은 물론 이고, 유전자원 및 서식처 보존이 필요하며 특히 생물종의 분자, 생리생화학적 연구 등에 집중화 필요
해양환경의 생물학적 모니터링에 관한 연구	- 대부분 모니터링연구는 개체수준 이상 취급	최근 인간유전체 해독완료 이후 생물학 기술의 발전 속도는 너무 빠를 정도이다. 이와 같은 최근 개발기술을 해양환경연구에 도입하는 것이 필요하며, 특히 세포수준 이하 (분자생물학적, 생화학적)의 연구필요
해양생물 및 해양생태계의 변화에 관한 연구	- 현재 국내 관련연구는 환경현황 기술에 그치거나 현상위주 나열의 연구 - 자연현상의 기초적 규명을 포함한 원인 분석 및 대안제시 취약	국내 연안 해양환경에서 가장 문제가 되는 아래와 같이 몇 개의 토픽을 선정하여 집중적인 공동연구를 통한 연안환경 개선 모델연구 수행 필요 - 유독성 적조발생 - 유류오염 혹은 난분해성화합물 (예; PAHs 등)오염
해양생물 건강 및 해양환경에 의한 인체건강 관련 원인 규명 및 진단, 방지에 관한 연구	- 해양으로부터 인체피해 질병에 대한 연구 미흡 - 경제성 있는 수산생물자원에 대한 질병 연구 위주로 환경건강에 대한 연구 취약	해양환경의 건강과 관련해서 현재 국내에서는 백화병 등이 문제시되고 있고, 많은 질병이 해양환경을 매개로 하여 인체를 위협하고 있는데 이 중 우리나라에도 매년 연중행사처럼 발생하는 비브리오패혈증 등은 향후 좋은 연구목표가 될 것이다.

를 통한 대안을 Table 1에 제시하였다.

4. 향후 발전방향 및 결론

현재 우리 앞에는 위에서 언급한 문제점 이 외에도 해결해야 할 많은 문제점들이 산재되어 있으나 그 중 위에서 지적한 문제점을 선결하기 위한 제언을 아래 그림과 같이 정리하며 본고를 마무리하고자 한다. 먼저 한국해양환경공학회의 정체성 확립 및 특성화가 제일 중요하다고 볼 수 있다. 앞으로 충분한 공감대를 갖기 위하여 학회가 주도적으로 의견을 모으고, 해결을 위한 적극적이고 장기적인 계획을 세워야 할 것이다. 또한 학회 활성화 즉 연구활

성화 방안을 강구하여야 한다. 특히 생물분야 연구활성화 방안 마련이 필요하다. 구체적 방안으로 생물분야 회원 확보와 아울러 타 학회와 공동학회 모색을 통한 관심제고를 노릴 수 있다. 또 하나의 방안 중 국제 심포지움 개최를 활성화하고 학회가 결집되어 연구를 할 수 있는 모델연구를 통한 학제간의 시너지효과를 제고할 필요가 있다. 구체적 방안으로 먼저 학회회원이 많이 참여할 수 있는 난분해성화합물오염 혹은 적조 등과 같은 해양환경 분야에서 최근 연안환경에서 심각한 문제를 야기시키는 토픽에 대한 종합적인 접근을 위해 학회차원에서 모델사업 추진을 모색한다. 또한 학회에서는 국가적인 해양환경 문제 대두 시 학회, 협의회차원에서의 적극적인 대책 마련과 함께 정부에 건의하여야 한다. 최종적으로는 국가 해양분야의 비전 및 목표제시가 이루어져야 하며 구체적 정책대안도 제공되어야 한다. 이를 통하여 해양환경산업 시장이 창출되고 고용증대와 아울러 해양환경공학학회의 발전이 보장될 것이다.

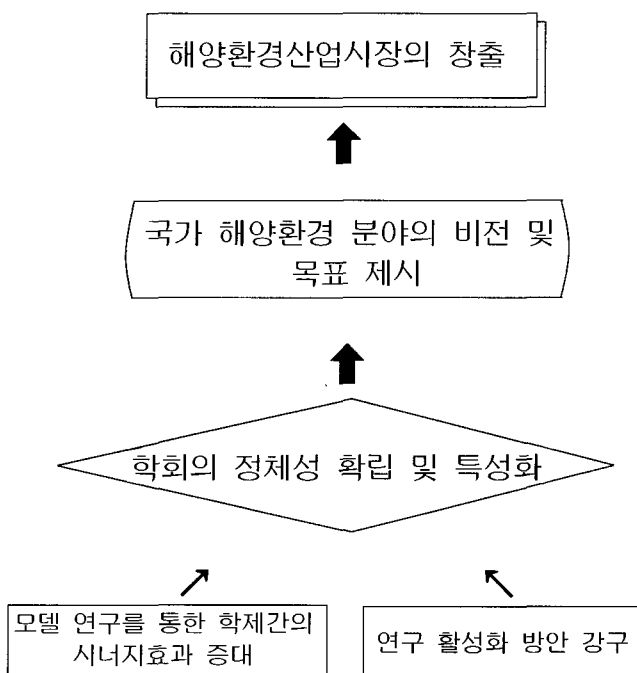
마지막으로 본고에서의 문제제기 및 제언은 앞으로의 해결을 시도하기 위한 발제임을 밝혀둔다.

후 기

본 연구는 과기부 프론티어사업(MG02-0101-001-1-0-0)과 환경부 차세대핵심환경기술개발사업의 지원으로 수행되었다. 세 분의 익명 심사자에게 세밀한 분석과 아울러 조언을 통하여 본고를 개선할 수 있게 도움을 준 것에 감사드립니다.

참고문헌

[1] 김상진 외, 1996, “2000년대를 대비한 해양생물 연구부의 전략사업” BSPK 00019-960-3, 한국해양연구원. p259.



- [2] 김상진, 2000a, “생물자원 및 유전자원의 보존·이용에 관한 국가전략 모색”, 임지순 외 3인, 21세기 과학기술분야의 국가 경쟁력 확보방안. 대통령자문정책기획위원회, 64-99.
- [3] 김상진, 2000b, “최근 해양생물공학연구 국제동향과 호주 해양과학연구소의 관련분야 연구동향”, 미생물과 산업, 26(2), 57-58.
- [4] 김상진, 2001, “해양바이오산업기술 개발”, 해양정책 R&D 동향 2호.
- [5] 김상진, 2002a, “미국 해양생명공학 연구동향”, 미생물과 산업. 28(2), 18-22.
- [6] 김상진, 2002b, “해양바이오산업 발전에 대한 소고”, 생물산업, 15(2), 16-18.
- [7] 김상진, 2003, “미국·일본의 심해생명공학 연구동향”, 미생물과 산업, 29(2), 8-14.
- [8] Committee on Marine Biotechnology, 2002, “Environmental Aspects of Marine Biotechnology”, In: Marine Biotechnology in the 21st century; Problems, promise, and products. National Academy Press. Washington D.C., 29-36.
- [9] Edgington, S.M., 1995, “Industrial ecology: Biotech’s role in sustainable development”, Biotechnology, 13, 31-34.
- [10] National Research Council, 1997, “Research priorities for the 21st century”, Environmental Science & Technology 31(1), 13.
- [11] OECD, 1994, “Biotechnology for a clean environment-prevention, detection, remediation”, 1-201.

2004년 2월 19일 원고접수

2004년 7월 25일 수정본 채택