

## 일본 해양 생물공학 분야 최신 동향

김 상 진

한국해양연구소 해양미생물연구실

현대산업의 급속한 발전으로 에너지 또는 유용 광물자원의 고갈, 오염문제와 식량문제는 전지구적 차원에서 매우 심각해지고 있다. 지구표면의 대부분을 차지하고 있는 해양에는 풍부하고 다양한 생물자원과 광물자원이 아직도 대부분이 미개발 상태로 남아있다. 현재 전지구적 차원의 문제점을 해결하기 위해서 해양에 관한 연구개발은 세계 각국에서 활발하게 수행되고 있으며 최대의 관심사가 아닐 수 없다. 이와 같은 세계의 조류 속에서 일본 해양 생물공학 연구분야의 최근 움직임은 심상치가 않다. 따라서 일본의 최신 동향을 살펴보기 위해 본고에서는 일본 해양 생물공학 관련 연구소 중 대표적인 두 곳 해양 생물공학 연구소와 해양과학기술센터에 관한 자료를 소개하고 우리의 대처방안에 대한 의견을 밝히고자 한다.

일본은 세계에서 여섯번째로 넓은 해양 경제수역을 갖고 있는 국가로 일찌기 해양을 이용하지 않으면 안되는 운명에 놓인 해양국가이다. 그런데 최근 일본은 생물공학 기술을 최대한 이용하여 해양자원을 활발하게 연구 개발함으로써 다가오는 21세기를 향해 세계 인류에 공헌한다는 생각을 하고있다. 이와 같은 명분하에 1987년 다양한 산업분야의 개인회사 10여개 이상에 의해 실무그룹이 조직되었다. 이 실무그룹은 해양 생물공학 연구개발을 수행할 수 있는 기구설립 타당성을 검토하고 그 결과로 1988년 해양 생물공학 연구소(MBI : Marine Biotechnology Institute Co., Ltd.)를 유한회사 형태로 설립하였다. 이 회사는 민간부문의 24개 회사로부터 출연되고(Table 1) 자체 연구원에 의한 독립적인 해양생물공학 연구개발에 목적을 두고 있다.

한편 통산성(MITI : Ministry of International Trade and Industry)에서는 해양생물을 산업에 응용하는 생물공학 연구개발 정책을 수립하여 1988년 "해양생물로부터 정밀화학제품 연구개발"이라는 과

제를 대형 과학기술 과제 중 하나로 선정하여 1995년까지 150억엔을 투자하기로 하였다. 또한 MITI는 해양생물의 산업적이용 연구센터(MOC : Research Center for Industrial Utilization of Marine Organisms)를 설립할 것을 결정하여 Shizuoka현의 Shimizu와 Iwate현의 Kamaishi에 총공사비용이 60억 엔으로 추정되는 두개의 연구소를 설립했다. MOC의 연구시설을 이용하여 MBI는 MITI의 한 기관인 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization) 또는 24개 개인회사와 계약에 의해 향후 8년간 약 200억엔을 투입하여 연구를 수행할 계획이다.

해양 연구에는 연구 목적상 조사선이 필수적인데 BMI는 동경대 해양 연구소에서 입차한 Hakuohmaru 외에 과학자 32명을 포함한 총 87명이 승선 가능하고 순항속도 12.7 knots, 총톤수 약 3200톤인 Sohgen-maru를 효율적으로 사용하고 있다. 또한 MBI는 해양 생물공학회에 속해 있는 과학자로부터 자문을 받아 연구를 수행하고 연구계획을 수립하며 본격적인 연구는 1990년 이후부터 시작한다. Kamaishi에 있는 연구소는 냉수대 연안에 위치해 있어 냉수성 생물을 주 연구대상으로 하며 생물학적 연구를 위한 실험이 주로 진행되고 있다. 한편 Shimizu에 있는 연구소의 위치는 온수대 연안이며 화학 및 기타산업 공장지대에 인접하여 있어 온수성 생물을 주로 연구하며 화학분야에 관련된 실험을 위주로 수행한다. 각 연구소에는 약 30명 정도의 연구원만 상주시키고 국내, 국외의 연구기관과 공동 연구를 하며 외부 연구자도 MBI 연구소에서 연구 가능하다.

MBI의 연구목적은 해양생물이 지니고 있는 유용기능 또는 생성하고 있는 유용산물의 활용에 있다. 초기 단계에는 산업적 응용 가능한 유용물질과 기능에 중점을 두며 세균, 미세조류, 무척추동물은 연

**Table 1. 24 Private companies.**

Asahi Glass Co., Ltd.	Nippon Steel Corporation
Idemitsu Kosan Co., Ltd.	Sekisui Chemical Co., Ltd.
Ihara Chemical Industry Co., Ltd.	Tasei Corporation
Ebara Corporation	Tonen Corporation
Kajima Corporation	Tosoh Corporation
Kawasaki Steel Corporation	Nichirei Corporation
Kansai Paint Co., Ltd.	Nippon Kosan K.K.
Kyowa Hakko Kogyo Co., Ltd.	Nippon Mining Co., Ltd.
Kirin Brewery Co., Ltd.	Nippon Suisan Kaisha, Ltd.
Suntory Limited	Hazama Gumi Ltd.
Shiseido Co., Ltd.	Hitachi Zosen Corporation
Shimizu Construction Co., Ltd.	Fujitsu Limited

구대상으로 한다. 약리활성 물질탐색 연구분야, 고등 동식물 배양과 같은 과제는 공동연구로 수행한다. 1990년 이후 본격적인 연구의 계획은 다음과 같다.

#### 기반기술분야

- 해양세균, 미세조류, 프랑크톤 등 수집 (일본 연안해역과 남태평양 해역)
- 분리, 분류 및 보존
- 유용생물 배양방법
- 해양생물의 유전공학적 기법을 이용한 육종 및 개량

#### 유용물질분야

- 해양생물의 유인 및 기피물질
- 유해생물의 성장저해물질(예: 적조)
- Marine fouling 저해물질
- 생리활성 물질탐색 기초기술

#### 지구환경 및 오염분야

- 고효율 광합성능력 생물을 이용한 이산화탄소 고정기술
- 유류분해 미생물

앞으로의 추진전략은 다음과 같다. 연구계획 수립은 실질적인 것으로 하나 하나 차례로 세우며 해양생물 공학연구의 필수적인 협동연구를 위해 해외 전문가와 공동연구를 활발히 탐색한다. 동시에

생물자원 및 정보의 교환을 가능한 범위에서 시도 하며, 많은 연구원을 국내, 해외 대학 또는 연구소로 파견하여 기술연수와 사전연구를 수행시킨다. 궁극적으로 MBI는 연구의 자율성과 창조성에 중점을 두며 외국국가에도 개방을 표방하고 있다.

지금까지는 일본 해양 생물공학 연구소에 대해 알아보았고 다음에는 해양과학 기술센터의 일반적인 사항과 동시에 심해미생물 연구에 관한 것을 특히 중점적으로 소개하겠다.

일본 해양과학 기술센터(JAMSTEC : Japan Marine Science and Technology Center)는 1971년 과학기술청 산하 법인 형태의 일반 해양 연구소로 출범하였다. 이 연구소는 행정 부서외에 심해연구부, 심해기술부, 해양연구부, 해양개발 연구부, 조사선 운영부로 조직되어 있다.

본 연구소는 “해양개발에 인류의 꿈을 건다”라는 이념하에 해양레저 공간의 확대, 무진장한 무공해 에너지의 이용개발, 지구환경의 파악, 자원의 안정 공급을 목표로 하였다. 해저공간의 효율적인 이용을 위한 New Seatopia Project의 일환으로 잠수기술 개발과 잠수심리학, 잠수생리학 연구를 수행했으며 앞으로는 극심한 환경하에서도 무인잠수를 이용 해 저작업이 가능한 종합적인 시스템개발을 목표로 하고 있고 무진장한 무공해 에너지개발을 위해 파랑 에너지에 관심을 갖고 이를 실질적으로 이용할 수 있는 대형 및 경제형 파랑에너지 발전기장치를 개발하였다. 또한 JAMSTEC은 해양의 동력학적 과정을 이해하고자 거시적 해양변화 현상에 관한 연구와 이를 수행하기 위한 기술개발에 노력을 기울이고 국제환경 program에도 참가하여 연구를 수행하고 있다. 한편 JAMSTEC의 특징은 심해연구를 위한 도구로서 유인, 무인 잠수장치를 개발하는데 중사 하는 것을 들 수 있다. 유인 잠수정으로는 수심 2,000 m 또는 6,500 m까지 각각 잠수할 수 있는 SHINKAI 2000와 세계 최고의 SHINKAI 6500을 보유하고 있다. 무인 잠수정으로는 수심 3,300 m까지 도달할 수 있는 Dolphin 3K를 활용하고 있다. 이 잠수정들은 Okinawa Trough의 열수현상과 활발한 활동을 하고 있는 “black smoker”를 발견하는 업적을 갖고 있을 뿐 아니라 이와 같은 환경에서 서식하는 심해생물의 기초연구에 활용되고 있다.

총면적 3.6억 km<sup>2</sup>인 해양은 지구 총면적의 약 71

%를 차지한다. 또한 해양의 평균 깊이는 3795 m인 반면 가장 깊은 곳은 Mariana Trench로서 10,924 m에 이른다. 이와 같이 지구의 대부분은 심해환경으로 구성되어 있다고 해도 과언이 아닌데도 불구하고 심해환경에 대한 지식은 보잘것이 없다. 극히 최근까지도 심해의 춥고 어두운 해저에 생명체가 존재한다는 것이 잘 알려져 있지 않았다. 일반적인 상식으로 우리는 태양 에너지가 깊은 바다 속까지 도달하지 않고 따라서 먹이 연쇄의 근본인 녹색 식물이 존재하지 않아 생명체의 성장이 불가능한 것으로 생각했다. 그러나 70년대 후반 심해열수광상 부근에서 밀집서식하는 생물집단이 발견되었고 독특한 해저생태계를 이루고 있음이 알려졌다. 이와 같은 발견이 많은 과학자들의 지대한 관심을 유발시켰으며 심해환경의 신비를 벗기는 연구를 촉진시켰다.

JAMSTEC은 심해환경의 연구개발을 촉진시키기 위해 DEEP(Deep-sea Environment Exploration Program)을 1990년 10월 시작하였다. 이 프로그램에서는 우선 기초연구로서 심해시료 채취, 심해미생물 분리, 균주보존 및 배양시스템의 운용을 통해 모든 과학자들이 활용할 수 있게끔 도와주며 앞으로는 그 범위를 다른 심해 생물체로 넓히고자 한다. 이 시스템은 DMCCS(Deep-sea Microorganisms Collecting and Cultivating System)라 불리우고 시료수집장비, 희석장비, 분리장비, 배양장비와 같이 4부분으로 이루어졌으며 모두 심해환경과 같은 조건을 중앙제어장치를 통해 조절할 수 있다. 이 계획은 1990년부터 3년간 진행될 예정으로 되어 있다. 또한 JAMSTEC은 1991년 심해환경 연구 개발비를 순수연구비 약 1.1억엔, 심해미생물 수집 및 배양 시스템연구에 약 2.7억엔을 포함하여 총 약 7.9억엔으로 책정하였다.

DEEP는 장기적인 안목으로 심해생물 환경의 기초적이고 선구적인 연구를 추진하고 있다. 이 과제는 심해미생물 연구그룹(DEEP-STAR)에 의해 수행되며 300°C가 넘는 열수지대나 0°C의 냉수가 유출되는 심해의 특수환경에서 자라는 미생물에 관심을 갖고 연구를 진행하고 있다. 이 과제는 심해미생물의 일반적인 특성, 내압기작, 특징적인 유전자 및 단백질을 중점적으로 이해하고자 하는데 목적을 갖고 있으며 다음과 같은 세부 분야별 연구를 수행하거나

계획하고 있다.

#### 심해미생물 배양 및 형태학적 연구(1990년 시작)

- 배양 및 보존방법
- 세포막 및 세포의 형태 등
- 분류학

#### 심해미생물 유전자 및 단백질 연구(1991년 시작)

- Gene library
- 세포내 물질생성, 생리, 대사과정에 관련된 유전자의 분리와 구조분석
- 유전자발현 조절기작
- 유전자발현 생성물
- Host-vector system

#### 심해미생물 대사과정 및 생리학적 연구(계획)

- 세포막 기능
- 대사기작
- 이차 대사산물
- 대사과정 및 생리에 미치는 환경요인의 영향

DEEP-STAR 그룹은 심해미생물 기능을 이해하는 연구를 통해 생명의 기원, 유전공학과 같은 기초연구는 물론 의약품개발과 정밀화학제품, 에너지, 자원, electronics 등과 같은 산업적 소재개발 또는 해양 오염제거, 폐기물 또는 하수처리와 같은 환경보전 문제를 해결하고자 한다.

일본은 수년 전부터 농수산성의 “marine vision 구상”, 과기청의 “aquamarine 계획”, 통산성의 “marine community polis 구상”하에 해양생물에 관한 연구를 본격적으로 시작하였다. 더욱이 통산성에서는 해양생물 활용 고기능 화학제품 제조에 관한 과제를 1988년부터 시작하였고 현재 농림수산업에도 Marine frontier 계획이, 과기청에는 심해 6500 유인 잠수정을 이용한 열수광상의 탐색이 시작되었다. 그 외에도 지방자치단체가 주체가 되어 해양생물이용을 위한 구상 중 대표적인 것은 北海道伊達市에서 진행되고 있는 것으로 Biotopia 계획의 일환으로 대량 해조류 배양을 들 수 있다. 이것을 대량채배하여 메탄가스, 비료, 사료, alginic acid 생산에 사용하고 있다. 또한 大分縣 佐伯灣에는 해상 전력발전과 음향급식형 해양목장개발이 추진되고 있다.

이와 같이 일본 해양생물공학 분야의 활발한 움직임은 우리에게 시사하는 바가 매우 크며 우리의

현황을 살펴보면 우려되는 점이 많을 뿐 아니라 수년 후에 예견되는 일본과 한국사이의 더욱 벌어질 기술차로 인한 파급효과는 매우 심각할 것이다. 해양 자원 개발은 식량의 부족, 자원고갈, 새로운 질병의 증가 등 현재 인류가 당면한 문제의 해결할 수 있는 돌파구로서 기대를 모으고 있다는 당위성 외에도 한국의 입장에서 심사숙고할 필요가 있다.

대한민국은 삼면이 바다에 접해있어 약 12,000 km에 달하는 긴 해안선을 갖고 있으며, 국토의 단위면적당 해안선의 길이가 섬나라인 일본보다 1.4배, 미국의 7배에 달하고 있다. 이 사실은 우리나라가 해양의 영향을 많이 받고 있다는 것을 시사하며 오히려 섬나라인 일본보다 국토가 긴 해안선에 접해 있다는 사실은 놀랄만 하다. 또한 우리나라의 해안은 수많은 도서와 내만으로 구성되어 있어 생산성이 높고 생물종이 풍부하여 해양생물의 개발 가능성이 매우 높다. 부존자원이 부족한 한국의 실정에서 볼 때 생물자원을 비롯한 해양자원의 개발은 매우 중요하며 필연적으로 도전해야 할 숙제이다. 한편 1980년 초부터 활발한 연구를 통해 얻은 국내 생물공학계의 기술발전은 우리의 무한한 가능성을 시사하고 있다. 또한 현재 발전단계에 이른 생물공학에 해양생물을 접목시키는 것은 그렇게 어려운 과제로 생각되지 않을 뿐 아니라 앞으로 국내 해양생물공학 분야의 연구를 활성화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

그러므로 본 저자는 우선 다음의 두가지를 실현시켜 해양생물공학 발전에 기여할 것을 제언한다.

첫째, 해양생물 이용기술 개발을 위한 가칭 Marine Renaissance 계획을 범국가적으로 수립하여 산업계, 연구계, 학계가 공동참가한다. 둘째, 해양생물공학 기술의 발전과 관심을 제고하기 위해 이학, 공학, 수산학, 농학, 약학 등의 각 분야 대표적인 연구자가 참가하여 가칭 한국 해양생물공학 연구회를 조직한다.

## 참고문헌

1. 한국해양연구소(1991) 일본에서의 21세기 해양 개발의 장기 기본구상 및 추진방책. 정책자료 91-3.
2. 한국해양연구소(1991) 일본 해양과학기술센터 (JAMSTEC) 국제 심포지움 : 해양연구개발의 새로운 방향. 정책자료 91-4.
3. Tanaka. M. (1989) Marine biotechnology institute Co., Ltd. (Japan). In: Current topics in marine biotechnology Ed. by Miyachi. S., I. Karube & Y. Ishida. The japanese society for marine biotechnology, Tokyo. 1989.
4. Uchida. Isao (1991) JAMSTEC—Present and future—. International Symposium on new directions of oceanographic R & D. Nov. 20-21 1991. Tokyo/Japan.
5. Uchida. Isao (1991) Research and development plan on deep-sea environment. JAMSTEC.