

## Review

## 중국의 해양생명공학 연구개발의 최근 동향

김상진<sup>1\*</sup> · Jianhai Xiang<sup>2</sup><sup>1</sup>한국해양연구원 해양생물자원연구본부  
(425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29호<sup>2</sup>Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science  
Qingdao 266071, P.R. China

## Recent Trend of Research Activity on Marine Biotechnology in China

Sang-Jin Kim<sup>1\*</sup> and Jianhai Xiang<sup>2</sup><sup>1</sup>Marine Living Resources Research Division, KORDI  
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea<sup>2</sup>Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science  
Qingdao 266071, P.R. China

**Abstract :** Research activities on the fields of marine biotechnology become active not only in developing countries but also in Asian countries. Among those countries China recently initiate the national marine biotechnology R&D program. Since 1996, marine biotechnology has been approved to be a subject of the National High Technology Research and Development Program of China as 863 program. In the first five years from 1996 to 2000 and successively in the second five years from 2001 to 2005, Marine Biotechnology R&D 863 program has been funded by Chinese government with 97.5 million RMB and then more than 200 million RMB, respectively. Under this program there are mainly six R&D subjects of marine biotechnology; 1. Breeding engineering, 2. Control of the disease, 3. Production system and culture facilities, 4. Marine drug and bioproducts, 5. Functional genes and genomics, 6. Breeding of the salt-resistant plants. In this paper the research activities and results of 863 program were introduced, and from chinese cases we could learn how we plan and perform the marine biotechnology program of Korea in future.

**Key words :** 해양생명공학(marine biotechnology), 연구동향(research trend), 중국(China)

## 1. 서 론

최근 해양생명공학기술개발에 대한 투자가 각국별로 경쟁적으로 진행되고 있다. 특히 미국, 유럽, 일본을 비롯한 선진국은 상당 기간 전부터 체계적인 연구를 하기 시작하여 현재는 많은 결과를 도출하고 있다(김 2000, 2002a, 2003). 선진국 외에도 가까운 아시아권에서는 중국도 해양생명공학 분야 진출이 눈에 띄고 있다. 반면 국내의 경우

는 투자도 미약할 뿐 아니라 진행 중 혹은 계획 중인 소규모 연구프로그램 조차도 계획이 철저하지 않을 뿐 아니라 비전제시가 취약하다. 이와 같은 요인에는 여러 가지가 있겠지만 연구기획 및 관리에 대한 철학이 부재하다는 것을 우선 들 수 있다. 따라서 본고에서는 현재 중국에서 진행되고 있는 주요 국가 R&D 프로그램인 863프로그램 전체에 대한 개요와 그 중에서도 우리의 관심사인 해양생명공학분야에 대한 동향에 대해 자세히 소개하고, 또한 중국 해양과학 연구기관의 중심이라 할 수 있는 중국과학아카데미 해양연구소(IOCAS: Institute of Oceanology, Chi-

\*Corresponding author. E-mail : s-jkim@kordi.re.kr

nese Academy of Sciences)에 대해 살펴봄으로써 우리의 향후 방향설정에 도움이 될 뿐 아니라 자극도 되리라 믿는다.

### 2. 중국 국가 R&D 863프로그램의 개요

1986년 3월 중국정부는 국가의 국제경쟁력 강화 및 중국 첨단기술 R&D 능력 제고를 위하여 National High Technology R&D Program 소위 863 Program을 시작하였다(http://www.863.org.cn). 본 863 프로그램은 중국 과기부가 주관하며 생명공학, 정보, 자동화, 에너지, 첨단소재, 해양 이외에 우주 및 레이저와 같은 8분야로부터 20개의 주제를 선정하여 지속적으로 지원하고 있다. 최근 863프로그램 제 10차 5개년계획의 첫 번째 해인 2001년도에는 110분야의 1,259개 과제가 선정되었다. 이 외에도 전기자동차 등 3개의 Key projects가 포함되었다. 이 사업에는 28개 성, 시로부터 3,000개 이상의 연구소, 대학, 기업에 있는 20,000명 이상의 연구원과 행정인력이 참여한다. 2001년도 전체 863프로그램 총 예산규모는 약 9억 RMB(중국화폐단위: 한국화폐 가치 대비 약 150배) 정도인 2000년에 비해 91.4%를 증액시켜 약 17억 RMB로 비약적인 투자 증가율을 보이고 있다.

전체 863프로그램의 주 분야는 Information technology, Biological & advanced agricultural technology, Advanced materials, Advanced manufacturing & automation technology, Energy technology, Resource & environmental technology 등으로 분류된다. 이중 Resource & environmental technology 분야에 해양자원의 탐사, 해양생명공학, 해양 모니터링, 환경오염제어와 같은 4개 중점분야가 포함되어있다. 또한 해양생명공학 세부분야에는 1단계사업 기간 동안 7개 주제로 구성된 56개 과제를 수행하였다. 7개 주제는 Seed engineering for seawater aquatic breeding, Seawater facility, Breeding and engineering technology, Research and development of marine drugs, Marine biological products, Important functional genes of halobios, Salt-resistant plants in intertidal zones으로 구성되어 있다.

### 3. 해양생명공학사업 추진배경

중국의 인문지리학적 배경을 먼저 살펴보면 다음과 같다. 총인구수는 전세계 인구수의 22%에 이르며 적극적인 산아제한 정책에도 불구하고 2030년에는 16억으로 증가할 것으로 예상하고 있다. 국민 일인당 토지면적은 0.008 km<sup>2</sup>으로 전세계 국가 평균의 1/4에 불과하다. 식생지역은 전 세계의 7%를 차지하고, 담수자원은 전세계 평균의 1/4이며, 2030년까지 식량 추가필요량이 1.6억톤에 이른다.

이와 같이 많은 국민, 조밀한 국토, 식량부족 등의 요인으로 인해 최근 중국은 바다로부터 식량확보를 위해 수산양식에 대한 관심을 두고 있다. 중국의 수산양식은 주종이 해조류, 새우, 연체류, 어류 등이고, 1987년 193만톤 규모의 생산량이 2002년에는 1,246만 톤으로 약 6배 이상 증가하였고, 특히 1985년-1995년 사이에 폭발적으로 증가하였다(Table 1). 현재 고용인원은 1,000만 명 규모이다.

그러나 이와 같은 높은 성장에도 불구하고 양식산업에 많은 문제점이 야기되고 있고, 또한 국가목표를 달성하기 위해서는 원시적인 양식시설, 종자육종의 불안정성, 제한된 양질의 종 확보, 증보존 은행의 미비, 심각한 질병, 환경오염 심화 등과 같은 문제점을 해결할 필요성이 높다. 이와 같은 문제점의 예로 Fig. 1과 2에서 보는바와 같이 scallop의 경우 1998년, 새우의 경우 1993년 심각한 생산량 감소를 보인 것을 대표적으로 들 수 있다.

이와 같은 문제점 해결을 위해 수산·양식의 다음과 같은 목표를 갖고 생명공학기술을 적용하고자 계획하게 되었다.

Table 1. The annual productions of mariculture in China.

| Year | Productions (unit: 10,000 ton) | Year | Productions (unit: 10,000 ton) |
|------|--------------------------------|------|--------------------------------|
| 1954 | 15.37                          | 1955 | 18.71                          |
| 1965 | 18.25                          | 1975 | 48.77                          |
| 1985 | 124.65                         | 1990 | 294.22                         |
| 1995 | 721.51                         | 1997 | 791                            |
| 1998 | 860                            | 1999 | 974                            |
| 2000 | 1,061                          | 2001 | 1,131                          |
| 2002 | 1,246                          |      |                                |

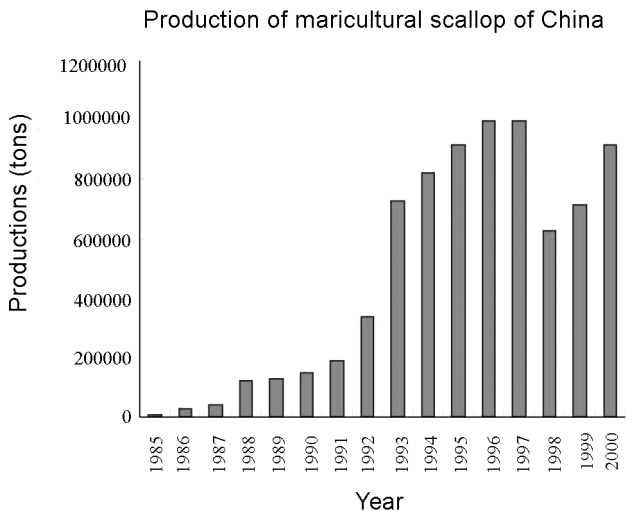


Fig. 1. Production of maricultural scallop in China.



Fig. 2. Production of maricultural shrimp in China.

- 양식종의 성장률 증가
- 수산생물의 먹이영양 개선
- 질병제어 및 건강개선
- 수계환경의 개선 및 오염방지
- 양식종의 범위 확대
- 수산부존량의 보존 및 관리방안 개선

따라서 중국은 1996년부터 해양생명공학 분야를 863 프로그램의 주요 주제로 선정하고 이에 대한 투자를 시작하게 되었다. 해양생명공학 863 프로그램은 1996년부터 2005년까지 수행하며, 예산은 1단계 기간인 1996-2000년 동안 97,500,000 RMB를 투자하였고, 2단계 기간인 2001-2005년 동안은 200,000,000 RMB를 투자하고 있다. 이 프로그램은 중국의 중장기 발전에 필요하고, 첨단기술 발전을 촉진하고, 첨단 해양산업의 새로운 성장력을 육성할 수 있는 전략적이고 첨단의 미래지향적인 기술개발에 초점을 두고 있다. 이를 위해 해양생물자원의 합리적인 이용을 위한 핵심기술과 사회적으로 지속가능한 발전을 유지할 수 있는 환경보존기술을 개발하는 것을 목표로 하고 있다 (Xiang 2003).

중국은 세계에서 제일 많은 수의 자국민을 위한 안정적인 먹거리를 확보하는데 프로그램의 목적을 두고 해양생명공학의 주요 주제로 다음과 같은 6분야를 선정하였다.

- 육종공학(Breeding engineering)
- 질병제어(Control of the disease)
- 생산 및 배양시설 개발(Production system and culture facilities)
- 해양의약품 및 생물제품(Marine drug and bioproducts)
- 기능유전자 및 유전체학(Functional genes and genomics)
- 내염성식물 개발(Breeding of the salt-resistant plants)

#### 4. 863프로그램 해양생명공학분야의 주요 진행 현황

##### 육종공학 증양식

이 분야에서는 육종과 유전자개선이 주요 이슈 중 하나이다. 그동안 중국내에서는 많은 종이 토착화되어 인공제어 조건하에서 증양식되고 있다. 1950년대에 *Laminaria*, 1970년대에 Chinese shrimp, 1980년대에 bay scallop을 양식하는데 연속적으로 성공하여, 양식산업 분야에서 세계에서 세번째로 큰 규모를 이루는데 이바지하였다. 그 외에도 현재 광둥성에서는 해마(*Hippocampi*), Pearl oyster 등을 양식생산하고 있다.

##### 핵심종 보존은행 및 지원기술

해양생물종 보존은행의 주요임무 및 기능은 생물종의 수집 및 보존, 가계구축, 세포 및 배아의 확보, 자원 활용 등이다. 지원기술로는 분자표지 및 표지에 의한 선발(MAS: Marker-Assisted Selection)을 들 수 있다. 복어류 *Takifugu rubripes*, *Takifugu pseudommus*, *Takifugu xanthopterus*, *Takifugu vermicularis*, *Takifugu niphobles* 종을 대상으로 RAPD 분석을 수행하고 있으며, *Porphyra*에 대한 RAPD markers 분석도 진행 중이다.

*F. chinensis*의 유전자개선 주요 목적은 질병에 대한 높은 내성을 갖는 신종 및 변이종을 획득하는 것이다. 대량 선발 방법과 가계육종방법을 사용하고 있고 1998년 이후 집단을 선발하여 5세대까지 선발이 완료되었다. “Chinese Red” *Argopecten irradians*, “Chinese Red” *Haliotis discus hannai*, “Ripple” *Ruditapes philippinarum*, “Red” *Ruditapes philippinarum*에 대한 연구도 추진 중이다.

굴, 전복, 진주조개, 새우, 게(*Eriocheir sinensis*)등을 이

**Table 2. Total number of triploids produced and cultivated from 1996 to 2000.**

| Species                   | Total number produced | Triploidy rate | Principal Investigator |
|---------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|
| <i>Crassostrea gigas</i>  | 3.02 billion          | >70%           | R. Wang                |
| <i>Haloitiscus hannai</i> | 2.40 million          | >60%           | Z. Wang                |
| <i>Pinctada martensii</i> | 42.7 million          | >80%           | W. Jiang               |
| <i>Penaeus chinensis</i>  | 4.82 million          | >60%           | J. Xiang               |

용한 다배체 육종기술 및 양식종의 성체어 기술개발 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 결과 1996-2000동안 생산된 삼배체 총양은 Table 2와 같다.

이와 같이 개발된 굴, 전복, 진주조개, 새우 삼배체 종을 파일럿트 규모로 배양실험을 수행한 결과 각각 생산율이 40%, 30%, 25% 이상과 15-20% 정도로 향상되었다.

삼배체 유도실험결과로는 scallop의 경우 1차 극체를 저해하고 6-DMAP로 유생 삼배체를 유도하여 얻었고 생존율은 1.9%로 나타났다. 진주조개의 삼배체는 삼배체와 이배체를 융합하여 유도하였고, 새우는 온도충격을 이용하여 1차 감수분열을 저해하거나 6-DMAP로 유도하였다.

성전환분야에서는 새우(*Penaeus chinensis*)와 넙치를 대상으로 연구하였으며 새우의 경우 암수비율이 3:1이었고, 넙치는 testosterone으로 처리하여 가성숫놈을 만들어 50만개의 유생을 생산하였다.

### 질병제어

질병은 숙주, 병원체, 환경과 밀접한 관계를 갖고 있다. 즉 질병발생은 병원체에 대한 숙주의 방어기작, 환경이 병원체에 미치는 영향, 환경인자가 숙주의 질병내성에 대한 영향 등이 중요한 역할을 한다. 질병제어분야에서는 주로 shrimp, scallop, Rainbow trout, *Paralichthys oliveaceus*의 바이러스, 세균, RLO(Rickettsia-like organism), 기생충에 대한 수생질병의 진단키트를 개발하는데 중점을 두고 있다.

중국 수산과학연구원 황해수산연구소에서는 새우 유행성병원균의 DNA 탐침자를 이용한 진단키트를 실용하였고, 그 외에도 WSBV(White Spot Baculovirus), PWSBV, MBV와 같은 바이러스질병을 대상으로 한 진단키트가 상용화되었다. 중국 scallop(*Chlamys farreri*)의 대량폐사를 일으키는 원인인 구형 바이러스에 대한 연구와 bay scallop의 대량폐사 원인인 RLO, 주요 해양양식종인 Rainbow trout, *Paralichthys oliveaceus* 폐사원인인 vibriosis, 기생충, 세균(*mycobacteria*)질병 등에 관한 연구를 추진하고 있다.

### 생산시스템 및 배양시설 개발

#### 배양구조 및 모델의 적합성

어류양식에는 매우 다양한 방법이 사용되고 있다. 현재

중국에서는 조간대 양식장과 천해에서의 대량양식이 주로 이루어지고 있다. 그러나 연안생태계를 수산양식장으로 전환하면서 습지와 수계환경이 심각하게 훼손되고 있다. 연안 양식장에는 해수면과 동일한 높이에 위치하여 해수 유통을 연결시켜 양식하는 원시적인 방법과 해수면보다 다소 높게 위치한 양식장 형태가 있다. 후자의 방법은 오염된 퇴적물을 제거하기 위하여 바닥에 플라스틱을 깔고 좁더 구역화된 바닥 및 시설공사를 하고 있다. 개선된 운영방법과 아울러 양식밀도, 물의 공급, 산소의 공급을 높임으로써 원시적인 방법에 비해 생산량을 10-15배 증가시키고 있다.

현재 양식에 이용되는 천해지역은 수심 15 m 이하이고 이 지역은 육지로부터 가장 영향을 받을 수 있는 지역이다. 이와 같은 이유로 인해 향후에는 원해양식이 필요하다. 따라서 향후 원해양식에 필요한 시설개발 및 공학기술이 개발되어야 한다. 이와 같은 일환으로 절강대 과학기술 유한공사에서는 심수양식시범기지를 운영하며 단산시에 파일럿트 규모로 시험을 하고 있다.

#### 생물반응기

생물반응기 및 광생물반응기가 개발된 한편 무방류 순환수를 이용한 실내양식시설 개발연구도 수행하고 있다. 이 연구결과로 인해 오염폐수가 외부 환경으로 거의 배출되지 않을 뿐 아니라 고도밀식 양식이 가능한 시스템이 개발될 것으로 기대하고 있다. 또한 scallop과 조류 등과 같이 동시에 고밀도 양식하는 시스템을 개발하기 위하여 Pilot test가 진행 중이다.

#### 해양의약품 및 생물제품

해양생물 자원은 암, 심혈관계질환, 바이러스감염, 면역결핍 및 신경퇴행질환 등과 같은 질병을 해결할 수 있는 다양하고 특수한 기능을 갖고 있는 건강, 의약품질을 개발하는데 중요한 역할을 할 것이다.

해양조류, 무척추동물과 같은 해양생물로부터 신규 골격구조의 화합물을 탐색한 결과 중 해면으로부터 phakellistatin 13(Fig. 3), Isomalabaricanes, Stelletin A, B(Fig. 4) 등을 개발하였다.

한편 황해, 남지나해로부터 해양퇴적토, 어류, 조류시료 등을 채취하여 다양한 해양미생물을 분리하여 신규생리활성물질을 탐색하고 있다. 그 중 Actinomycetes MB-97, Bacteria BAC-9912 등을 중점 연구하고 있다. 또한 극한미생물 연구분야에서는 수심 5,000 m 심해에서 시료를 채취하여 total DNA 라이브러리를 구축하고 유전체 클로닝을 진행하고 있다.

한편 천연물연구의 문제점인 다량의 유용화합물 확보 난관을 해결하기 위한 연구도 수행되고 있다. 통상적으로

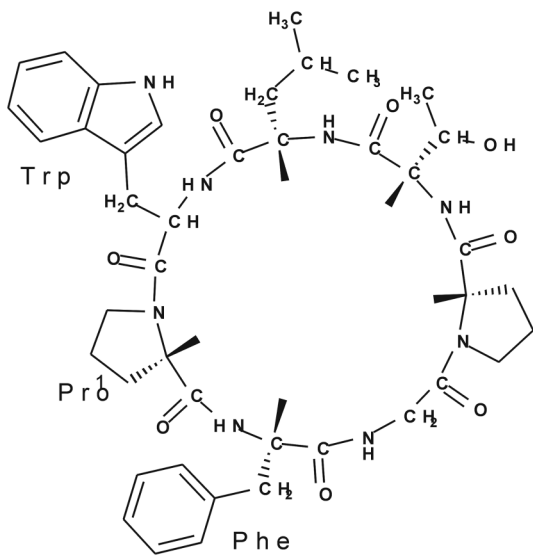


Fig. 3. Structure of Phakellistatin 13.

의약품평가를 위해서는 수백 mg 단위의 화합물이 필요하고, 임상단계에서는 그램단위가 필요하며, 그 유용성이 인정되어 시장에 제품화할 시에는 1-5 kg이 필요하다. 그러나 이와 같은 양을 확보하기 위해서는 예를 들어 유용화합물을 생산하는 해면의 경우 연간 3,000-16,000톤 규모를 획득하여야 한다. 이와 같이 다량의 천연물을 확보하는 것은 멸종문제를 야기할 뿐 아니라 기타 여러 가지 문제가 천연물로부터 의약품개발에 걸림돌이 되고 있는 것이 현실이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 전략으로 화학합성, 화합물생산 생물의 자연으로부터 직접 채집, 생물의 양식, 세포배양, 미생물발효 등이 시도되고 있다. 그러나 화학합성의 경우 화합물구조의 복잡성, 대칭구조 중심이 많은 관계로 용이하지 않고 생물을 직접 자연에서 채취하는 방법은 화합물의 농도가 너무 낮고 양식의 경우는 그리 쉬운 방법이 아닐 뿐 아니라 불확실성이 내재되어 있고 세포배양 또한 용이하지 않다. 만일 생물체가 생산하

는 유용화합물이 미생물에 의해 생산되는 경우에는 미생물을 대량배양하여 용이하게 물질을 얻을 수 있어 그 가능성이 제일 높다.

현재 해면세포 배양연구는 *Stylorella agminata*, *Protophlyctispongia* aga, *Acanthella acuta*, *Suberite dommucula*, *Hymeniacidon perleve*, *Reniochalina* sp. 종 등을 대상으로 진행하고 있다.

기능유전자 연구분야는 해양생물로부터 의약품개발과 관련된 15개의 cDNA libraries를 구축하였고, 7,795개의 DNA contigs를 얻어 그 중 약품으로 개발할 가능성이 높은 79개의 기능유전자를 확보하였다. 또한 중국 해양생물로부터 확보한 의약품 개발용 유전자 정보를 관리하는 은행을 구축하였다. 현재까지 310종의 해양식물, 동물을 수집 탐색하였고, 해양미생물은 6,000종 이상을 보존중이다. 또한 신물질개발 현황은 480개 이상의 화학구조를 분리 동정하였고, 그 중 145개가 신규이며 24개가 새로운 골격 구조를 갖고 있는 신규화합물로 밝혀졌다. 100개 이상의 화합물이 우수한 항암, 항생활성을 갖고 있으며 11건의 특허를 출원하였다. 7개의 후보물질이 전임상단계, 4개 후보물질이 임상단계 중이다. 여러 결과 중 주목할 만한 것은 현재 전세계에 4,000만 명의 감염자, 중국의 경우 50만 명의 감염자가 있으나 특별한 치료방법이 없는 AIDS 치료제 후보물질을 연구하고 있다. 본 화합물은 갈조류로부터 추출하여 변형시킨 분자량이 8,000 Da 정도되는 다당류 분자구조식은 Fig. 5와 같다.

그 외에도 동양의학의 중추국담계 해양생물을 이용한 오징어 기름, 페이스트, 분말과 간분말, 어유, 어분, 강장

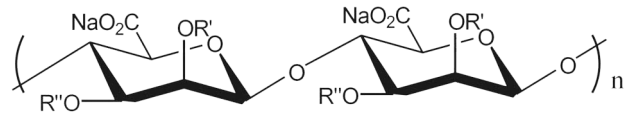


Fig. 5. Structure of Type I novel medicine candidate for anti-AIDS.

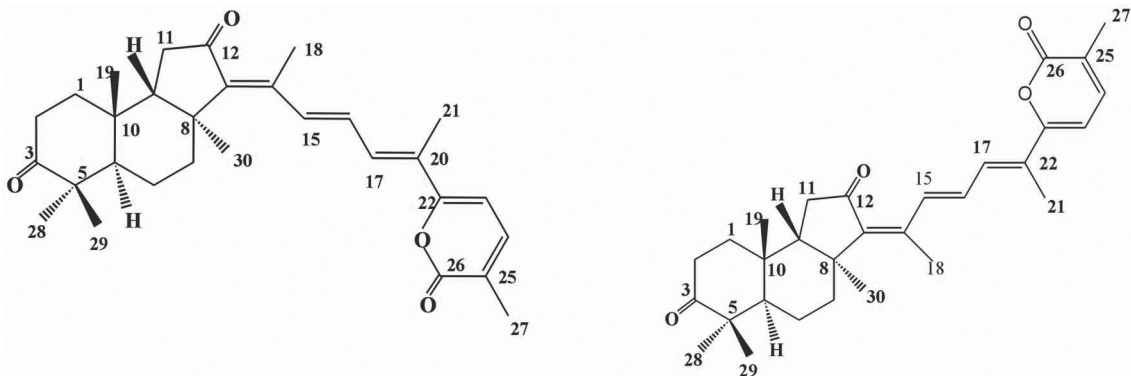


Fig. 4. Structures of Stellettin A (left) and B (right).

**Table 3. About 500 ESTs sequences of fish related with anti-disease.**

| Genes related with anti-disease | Number of ESTs | Genes related with anti-disease | Number of ESTs |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| defense/immunity protein        | 21             | lysozyme                        | 18             |
| cell surface antigen            | 309            | heavy metal binding             | 37             |
| cysteine-type peptidase         | 24             | serine protease inhibitor       | 21             |
| thioredoxin                     | 40             | cis-trans-isomerase             | 51             |
| heat shock protein              | 34             | Others                          | 18             |
| lectin                          | 17             |                                 |                |

**Table 4. Results of BLAST analysis from ESTs generated by 4 cDNA libraries of crustacean.**

|               | Numbers of ESTs | Number of Contigs | Number of Singletons |
|---------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| Cephalothorax | 10,446          | 1,399             | 1,721                |
| Blood         | 3,483           | 366               | 1,320                |
| Eye           | 1,283           | 130               | 431                  |
| Ovary         | 1,517           | 172               | 429                  |
| Total         | 16,729          | 2,067             | 3,901                |

제, 진주로부터 면역증강제, 올리고당 생물농약, 키틴 등과 같은 조제 식품, 농업용, 산업용, 건강용 생화학제품 등을 200종 이상 상품화하였다.

#### 기능유전자 및 유전체학

다양한 해양생물의 유전체 확보는 물론이고 유전체 연구를 통해 다양한 기능의 유전자를 탐색 활용하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 예를 들어 WSBV(White Spot Baculovirus), 굴(*Crassostrea gigas*) 암수 유전체 등의 Genetic mapping 결과가 발표되고 있는 한편 EST(expressed sequence tags)의 대량 서열분석을 통하여 유전자의 분류 및 발현특성 규명, 유전자 mapping 등을 수행하고 있다. 이와 같은 일은 북경에 소재한 중국 과학아카데미의 Genomics & Bioinformatics Institute와 공동으로 16,000개의 EST를 확보, 분석연구하고 있다. 이중 어류로부터 확보한 약 500개의 EST는 항질병과 관계있는 것으로 세부내용은 Table 3과 같다. 갑각류동물의 4개 cDNA 라이브러리로부터 얻은 EST를 BLAST한 결과는 Table 4와 같다. Bay scallop(*Argopecten irradians*), Chinese scallop(*Chlamys farreri*) 두 종류의 cDNA library 확보와 EST 분석 결과를 cluster 분석을 하여 다음과 같은 결과를 얻었다 (Table 5).

새우 질병내성과 관계된 면역인자를 DNA-chip을 이용하여 탐색하였고 현재까지 Crustin, Cyclophilin, Ferritin, Metallothionein, Prophenoloxidase activating proteinase precursor(proPAP), Serine proteinase inhibitors(Serpin)과 같은 6개 인자의 cDNA 완전 염기서열 분석을 완료하였다.

**Table 5. Result of cluster analysis.**

|                             | Reaction | Virtual sequences | Contig | Single-EST |
|-----------------------------|----------|-------------------|--------|------------|
| <i>Argopecten irradians</i> | 5,828    | 5,015             | 686    | 2,109      |
| <i>Chlamys farreri</i>      | 6,935    | 4,980             | 581    | 2,751      |

앞에서 언급한 바와 같이 형질변형된 어류와 새우 등이 개발되었으나 GMO의 안정성에 대한 우려가 매우 높아 현재까지는 유전형질이 변형된 생물의 환경유입이 중국정부에 의해 승인된 예는 없다.

#### 내염성식물 개발

본 연구사업의 특징 중 하나는 해양생물의 내염특성을 농작물에 전환시켜 염지에 농업을 수행함으로써 식량을 확보하는 전략도 갖고 있다. 연구결과 현재까지 형질변형된 Celery와 Carrot가 개발되어 있다.

#### 5. 향후계획 및 비전

중국 해양생명공학분야의 발전은 매우 급속하게 진행되고 있고 가까운 장래에 많은 결실을 보게 될 것이다. 본 사업의 추진목적을 환경, 경제, 국민안전에 이익을 제공할 수 있는 연안 혹은 해양자원관리와 생태계관리 접근방식을 통한 연안 혹은 해양자원의 보존, 복원, 관리 및 활용에 두고 있다. 이와 같은 목적은 EEZ 면적 300만 km<sup>2</sup>, 해안선 18,000 km, 도서지방의 해안선 길이 14,000 km의 광활한 중국국토를 관리하고자 하는 원대한 계획의 일부이기도하다. 한편 중국은 동정된 해양생물 수 20,278종으로 해양생물자원이 매우 풍부하나 대부분이 미개발된 것으로 평가하고 있다.

또한 중국은 본 사업을 추진함으로써 국가경제에 적절한 공헌과 후세대에게 생물자원을 물려주기 위하여 이와 같은 생물자원의 활용과 보존의 균형을 유지하여야 한다는 철학을 갖고 있다. 세부적으로는 연안 혹은 해양자원의 보존 및 복원, 보호 종의 회복, 지속유지 가능한 수산업의 재구축 및 관리 등이 필요하다는 것이 구체화되어 있다. 이와 같은 철학과 원대한 비전을 실현하기 위하여 연구개

받은 물론이고 기술이전 및 산업화를 위한 구체적 실행계획이 추진되고 있다.

## 6. 주요 연구기관

863프로그램 해양생명공학 분야에는 많은 대학, 연구기관, 기업 등이 참여하고 있다. 이와 같은 다수의 참여기관 중에 중심적 역할을 하고 있는 정도에 위치한 중국과학아카데미 소속 중국 제 1 해양연구소(IOCAS: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)에 대한 조직과 연구분야에 대해 알아보면 다음과 같다(<http://www.qdio.ac.cn>).

IOCAS는 1950년에 설립된 교육기관 겸 연구소로서 400명 정도의 과학자를 포함하여 총원 약 600명으로 한국해양연구원 규모와 비슷하다. 한국에서는 한국해양연구원과 한중해양과학연구센터를 공동 운영관리하는 기관으로 잘 알려져 있고, 현재 IOCAS 소장은 Xiang Jianhai 교수이며, 연구소 조직 및 연구분야는 한국해양연구원과 대동소이하다. 따라서 국내 연구기관들과 유사한 기반연구를 수행하고 있으며 여기에 속한 연구분야는 Experimental marine biology, Ocean circulation and shallow sea dynamic processes, Taxonomy, Marine fauna and flora, Study of marine ecology and environmental science, Marine geology dynamic processes and paleoenvironmental research 등이다. 그러나 한국해양연구원 혹은 국내 해양과학연구 관련 대학과는 달리 특이한 연구기능을 중심으로 알아보면 다음과 같은 특이성을 갖고 있다. 먼저 조직의 특이점은 해양생명공학 R&D 센터와 응용해양화학 R&D 센터가 있다는 점이며, IOCAS에서는 첨단기술개발분야로 분류하여 Marine bio-technology engineering, Applied marine chemical engineering 연구를 수행하고 있다. 그 외의 첨단 분야에는 Technology of marine environmental engineering, Marine geology dynamic processes and paleoenvironmental research가 포함되어 있다. 이 중 해양생명공학 분야에는 육종기술, 종자생산, 수산증양식 환경제어 공학 기술, 질병예방 및 치료, 고영양사료 연구, 해양생물자원 및 의약품 생산 등에 관한 연구가 중점적으로 수행되고 있다. 응용해양화학분야에서는 해양화학물질 자원의 활용, 정밀화학 산업기술 개발, 해양환경친화기술 개발, 해양의약품의 화공학적 기술 개발 등이 주로 수행되고 있다.

이와 같이 중국의 IOCAS도 조직의 유연성 및 해양과학분야의 첨단기술 접목 시도가 적극적으로 이루어지고 있다는 사실을 알 수 있다. 조직 및 연구분야의 변화에는 아직도 많은 시간이 필요하겠지만 최근 10년 동안 IOCAS는 급격한 변화가 일어나고 있고, 최근에는 해양생명공학 분야에 유전체수준의 연구가 수행되고 있어 우리에게 시

사하는 면이 많다.

## 7. 결론 및 토의

지금 우리는 21세기로 진입하면서 새로운 신기술의 빠른 발전으로 많은 새로운 아이디어와 개념, 발견 도구를 제공받고 있다. 또한 새로운 도전에 직면하며 많은 기회도 얻게 된다. 따라서 이 기회를 잘 활용한다면 해양의 다양한 조건과 풍부한 생물자원은 신기술개발을 통해 각국의 해양생물자원 보존 및 활용에 대한 밝은 미래를 보여 줄 것이다. 이와 같은 맥락으로 본고에서 살핀 바와 같이 중국을 포함하여 선진각국은 해양생명공학분야에 치열한 연구경쟁을 하고 있다는 것을 알 수 있다.

미국은 생명공학분야에서도 4대 중점 추진 분야로 농업생명공학, 환경생명공학, 생물생산 공정과 더불어 해양생명공학을 선정하였다. 특히 해양생명공학분야에서도 전 분야 즉 신규 유전체 및 생물자원과 같은 기초부터 신의약, 신소재와 같은 산업화에 이르기 까지 세계 일위를 목표로 국가사업을 추진하고 있다(김 2002b). 한편 일본은 전통적인 도서국가로서 앞서가는 수산양식은 물론이고 의약, 소재산업 활용분야, 세계 최고의 심해생명공학을 연구 기반을 갖추고 새로운 분야에서 세계를 리드할 능력을 갖추고 있다. 중국은 본고에서 보는 바와 같이 세계 최다인 국민의 안정적인 먹거리 확보를 위해 해양생명공학사업을 추진하고 있다.

이렇게 가까운 주위 국가도 부지런히 투자하며 연구를 진행하고 있는데 우리는 언제까지 해양생명공학분야는 기존의 생물공학과 무슨 차별성이 있는지, 해양생명공학이 해양과학과 무슨 연관이 있는지 등의 소모적인 논쟁만 해야 되는지 안타까운 마음이 든다. 지금 당장 우리 모두의 힘을 모아 열심히 연구해도 앞선 국가를 추월하는 데는 쉽지 않은 상황인데 아직도 누가 연구를 해야 하는지, 어떤 연구를 해야 된다는지 등의 철저한 계획과 철학의 부재는 우리의 발목을 잡고 있다. 한국은 국토가 광활하지도 자원이 풍부하지도 않으며 그렇다고 기술력이 높다고도 할 수는 없다. 그러나 비교적 풍부한 인력자원을 최대한 가동하여 일을 추진하여야 할 것이다. 이제는 해양생명공학분야에서 국내 전문가의 의견을 수렴하여 이미 결정된 특화분야 및 철학을 바탕으로 사업을 강력하게 추진해야 할 때이다. 비생산적 논쟁은 그만두고 비전을 제시할 수 있는 전체그림을 향해 매진할 때가 지금이라고 생각된다.

## 참고문헌

- 김상진. 2000. 최근 해양생물공학연구 국제동향과 호주 해양과학연구소의 관련분야 연구동향. *미생물과 산업*, 26(2),

57-58.

김상진. 2002a. 미국 해양생명공학 연구동향. *미생물과 산업*, 28(2), 18-22.

김상진. 2002b. 해양바이오산업 발전에 대한 소고. *생물산업*, 15(2), 16-18.

김상진. 2003. 미국·일본의 심해생명공학 연구동향. *미생물과 산업*, 29(2), 8-14.

Xiang, J.H. 2003. The current status and prospect of marine biotechnology in China. p. 21. In: *Proceedings of a Satellite Symposium of Marine Biotechnology Conference 2003 -*

*Marine Microbes and Extremophiles*. Chiba, Japan, Sep. 25-26. MBC2003 Organizing Committee, Japanese Society for Marine Biotechnology, Japan Industrial Technology Association.

<http://www.863.org.cn>

<http://www.qdio.ac.cn>

---

*Received Feb. 6, 2004*

*Revised May 24, 2004*

*Accepted May 31, 2004*