

해양생물 유전자은행 구축 및 운영체계

生物多樣性情報化

이 홍 금

hklee@kordi.re.kr 한국해양연구원 해양자원연구본부

- I. 서 론
- II. 학술 및 산업적 중요성
- III. 관련 DB 국내외 구축현황
- IV. 관련 국내 DB 구축방향
- V. 관련 국내 DB 운영 및 활용체계
- VI. 활용방안 및 기대효과

우리나라는 생물다양성협약(CBD, Convention on Biological Diversity)의

당사국뿐만 아니라 2001년 5월 국제생물다양성정보기구(GBIF, Global Biodiversity Information Facility)에 투표회원국으로 가입하게됨으로써 국가적 차원의 생물다양성정보 전담기구(National Node)의 지정이 표면화되었고 국내 산재한 관련 DB의 통합, 관련 연구에 집중 및 범세계적 차원으로 대응해야 하는 의무가 부여되었다.

I. 서 론

우리나라는 생물다양성협약(CBD, Convention on Biological Diversity)의 당사국뿐만 아니라 2001년 5월 국제생물다양성정보기구(GBIF, Global Biodiversity Information Facility)에 투표회원국으로 가입하게됨으로써 국가적 차원의 생물다양성정보 전담기구(National Node)의 지정이 표면화되었고 국내 산재한 관련 DB의 통합, 관련 연구에 집중 및 범세계적 차원으로 대응해야 하는 의무가 부여되었다.

국내에는 정부 부처의 지원으로 육상생물종을 대상으로 하는 유전자은행은 구축, 운영되고 있으나 해양생물종을 종합적으로 보존·관리하기 위한 유전자은행의 부재로 해양생물종에 대한 DB가 일천한 상태이며 이로 인하여 국내 BT 전문기의 해양바이오에 대한 연구개발 유도 및 해양바이오 연구자의 연구 효율성 증가가 불가능한 상황이다. 특히, 해양생명공학분야는 선진국도 아직 연구 초기단계로서 기술역차가 적어 집중 투자할 경우 세계적 수준에 도달할 가능성이 큰 BT이지만 전세

계 생물종의 80%를 차지하는 해양생물의 경우 선진국의 생물자원 무기화에 대하여 무방비 상태로 선진국과의 기술 및 국력은 더욱 큰 격차가 발생할 것으로 예상된다.

이에 대한 대책으로 국가 인프라의 구축사업으로 해양생물은행의 구축 및 운영사업이 시급히 요구되고 있다. 이를 통하여 해양 고유종·멸종위기종의 현황 파악 및 보전이 되고 해양생물자원 확보, 분류, 배양, 보존기술 등이 개발되어 궁극적으로 해양생물 유전자은행 정보를 DB화하고 제공할 수 있는 국가 인프라가 구축되며 정보네트워킹을 통하여 해양생물 다양성을 산업적으로 이용할 수 있을 것이다.

II. 학술 및 산업적 중요성

1. 학술적 중요성

해양은 지구 표면적의 71%를 차지하며 어류 30,000종을 포함하여 약 500,000종의 생물이 서식하는데 이



것은 지구상 생물종의 80%를 차지하는 것이고 이 중 인간에 의해 이용되는 것은 1%에 불과하여 향후 개발 가능성이 무궁한 자원이다.

해양은 평균 3.5% 정도의 높은 염도, 0°C 부근에서 100°C 이상에 이르는 넓은 온도범위와 1,000 기압에까지 이르는 높은 압력 등 육상에 비하여 매우 다양하고 특수한 환경으로 연구에 난점이 있다. 그러나 특수한 기술 장비와 실험실에서도 현장의 환경을 유지시켜줄 수 있는 실험장비의 개발에 따라 과거에 불가능했던 해양 연구의 가능성이 열리고 있다.

주로 육상생물 소체를 대상으로 다루던 생명공학은 한계에 이르러 새로운 해양생물 소체를 확보하고 이를 대상으로 기술개발을 시도하는 해양생명공학기술이 새로운 돌파구로 부각하고 있다. 국제 경쟁력이 있는 신기술 생물소재의 탐색 및 해양생산 기술의 실용화와 산업화를 위해서는 새로운 소재의 제공자인 해양생물자원의 발굴이 절대적으로 필요한 실정이다.

최근에는 인간을 비롯한 생물종의 유전체 해독이 진행되고, 첨단 기술 및 기술을 통해 유전정보에 대한 해석 및 활용이 빠르게 진행되어 유전자원의 중요성이 크게 부각되고 있다. 미생물 유전체 연구의 경우도 2002년 3월까지 총 73개의 미생물 유전체가 분석완료되었는데 이중 병원성 미생물은 43개 산업용 균주가 8개 분석된 것에 반하여 해양극한 미생물 유전체는 16개가 분석 완료되었다. 이는 해양극한 미생물의 새로운 탐색대상으로서 상용가능성이 기존에 알려진 산업용 균주보다 높다는 것을 시사한다.

외국의 경우 생물다양성 협약, 해양생물자원 보존협약을 통한 자국의 해양생물자원 보호 및 해양생물자원 이용이 활발하나 국내는 연구현역의 생물자원 보존 및 해양생물자원 이용방안에 관한 연구가 일천하다. 또한 유전자 은행 등처립 지속적으로 보존 및 대국민 서비스 기능이 있는 인프라 구조가 없기 때문에 기존의 확보된 해양생물에 대하여도 국가적인 보존, 관리 및 정보화가 전무한 상태이다. 따라서 향후 생명공학발전예 장에요 인을 제거하고 해양생물 자원확보 및 분석능력의 제고는 물론 고유종 멸실을 방지하기 위해서도 해양생물종에 대한 관리체계가 국가사업으로 시급히 수행되어야 한다.

2. 산업적 중요성(사례 포함)

21세기는 생명공학의 세기로 예측됨에 따라 생물자원 확보에 대한 국가간 경쟁 치열한 상황이고 생물다양성 협약은 생물자원에 대한 각국의 주권적 권리를 확인시키고 있다. 또한 유전자원에 대한 이익배분(ABS) 국제지침에 대응하여 국내 고유종 및 보유종에 대한 주권 확보 주장이 필요하다.

해양생물은행 구축사업은 해양의 고유종·멸종위기종 현행과외 및 보존과 해양생물자원 확보 및 분석기술 개발을 기할 수 있어 궁극적으로 해양생물다양성 보존과 생물산업 발전을 달성하는 핵심사업이다. 해양생명공학분야는 선진국도 아직 연구 초기단계로서 기술격차가 적어 집중 투자할 경우 세계적 수준에 도달 가능성이 큰 바이오산업이다.

해양생물이 생물산업에서 차지하는 중요성의 한 예시로서 효소시장을 들 수 있다. 생물소재시장의 경우 산업용효소의 세계시장은 2000년에 약 16억불로 연 6.5%가 성장하고 있으며 현재 상업적으로 생산되고 있는 산업용효소는 60여종에 불과하다. 근래에는 거대기업과 벤처기업은 안정성이 우수하여 다양한 생물공정 뿐만 아니라 화학공정을 생물공정으로 대체할 수 있는 잠재성이 무한한 극한효소를 비롯한 특수효소 개발에 대한 연구를 활발히 진행 중이다. 1970년대 후반부터 심해열수구 주변의 초고온성 미생물연구이후 현재까지 약 60종류이상의 초고온성 미생물이 분리되고 있으며 PCR에 내열성 Taq DNA polymerase 개발이후 amylase, pullulanase, xylase, protease, cellulase 등의 특수효소 등은 44억불의 시장을 형성하고 있으며(PCR 관련 polymerase 시장만 20억불) 앞으로 식품, 화학, 제약, 제지, 펄프, 폐기물 처리 등에 중요한 촉매로 사용될 것으로 예상된다.

그간 국가 사업으로 국내 해양생물종 및 국외에서 분리 확보한 해양생물종이 각 연구그룹별로 산발적으로 보존되어 왔으나 국내 해양생물 전문 유전자은행의 부재로 해양바이오산업과 다양성 보존을 위한 국가 인프라가 제대로 구축되어 있지 않으며 이로 인하여 국내 BT 전문가의 해양바이오에 연구개발유도 및 해양바이오 연구자의 연구 효율성 증가가 불가능한 상태이다. 따

라서, 해양생물 유전자은행은 고유종 또는 멸종위기 해양생물종의 보존과 해양생물산업 발전의 기반구축을 위한 핵심사업으로 해양생물자원과 유전자의 확보 및 인프라 구축을 통하여 생물자원 무기화에 대응하며 생물 유전자원의 부국화를 실현할 수 있다.

III. 관련 DB 국내외 구축현황

1. 국외현황

선진국에서는 생물학적 다양성의 보존문제가 표면적으로 대두되기 이전에 환경과 생태계 보전의 차원에서 이미 자국의 생태계 분석평가와 생물종의 목록조사가 완료되고 이들의 보존기술 개발과 정책적 지원이 이루어져 왔다. 해외 및 자국의 생물자원의 확보와 보존을 적극적으로 추진하여 생물자원 보유국으로서의 권리주장을 할 수 있는 입장에 있다. 현지 외 보존기관으로 동물원, 식물원, 박물관, 종자은행, 균주은행, 유전자은행 등이 있으며, 열대지방의 토양에서 분리되는 미생물, 극지방의 미생물이나 저서생물, 열대우림의 약초, 아열대 해역의 산호와 해면 등의 개발이용 역사가 오래되었다.

미국의 ATCC는 세계 최대의 운양기관이며 여러 종류의 미생물을 가장 다양하게 취급하고 있다. 1988년 NIH 산하에 설립된 NCB는 Taxonomy site를 통하여 계통분류학적 정보를 제공하고 있으며 전 세계 DNA Bank의 네트워크를 운영하고 있다. 독일의 DSMZ의 경우는 극한환경에서 분리한 미생물을 다양하게 보존하고 있으며 미생물분류분야에 대하여도 세계적인 연구를 수행하고 있다.

생물자원 정보네트워크의 대표적인 기관인 WFCC (World Federation of Culture Collection)는 국제생물연합회(IUBS, International Union of Biological Sciences)와 국제미생물학회 연맹(IUMS, International Union of Microbiological Societies) 공동으로 협의 운영되고 있으며, 미생물과 배양세포의 수집, 공인, 유지, 때문에 관여된 일을 수행하고 있으며 유전자은행간의 정보의 네트워크 구축을 목표로하고 있다. 국제간의 DB화를 통하여 WDCM(WFCC World Data Center

for Microorganism)이 탄생되었다. WDCM은 일본의 NIG(National Institutes of Genetics)에 의해 통합 유지되며 현재 60여개국이 500여개의 유전자은행의 데이터가 공유되고 있다. 미생물균주로는 912,094주(세균 390,809, 곰팡이 398,121, 바이러스 15,724 등)가 보존되어 전 세계적으로 균주 분양 및 정보 제공이 가능한 상태이다.

(표 1) 세계 지역별 은행 및 보존 생물수

지역	은행수	보유생물수
아프리카	13	15,489
아시아 (한국)	196 (4)	170,086
유럽	106	379,770
북미	82	220,517
대양주	58	80,432
남미	52	37,015
계	489	922,094

육상생물과는 달리 해양생물을 보존하는 기관은 별로 많지 않다. WDC (World Data Center)에 공식적으로 등록된 500여개의 Culture collection 중 해양생물과 관련된 연구 및 수집을 한다고 보고된 Culture Collection은 20개를 상회한다. 대부분의 유전자은행은 보존, 분양, 분류에 관한 연구 외에분류 및 동정업무들 서비스 하는데 공식적으로 해양세균을 동정하는 기관은 미국 메릴랜드대학내의 WCUM (Working Collection, University of Maryland)이다. 영국의 PPOCE (Portsmouth Polytechnic Culture Collection of Marine Fungi)는 곰팡이를 동정하며, CCAP (Culture Collection of Algae and Protozoa)에서는 조류를 수집하고 있다. NCIMB (National Collection of Industrial and Marine Bacteria)에서는 해양미생물을 전문적으로 취급하고 있다.

(표 2) 대표적 해양생물 보존기관

대상생물	기관명	소재국가
조류	MAJCC	호주
	NVA	노르웨이
	BOROK	러시아
	UTEX	미국
미세조류	CSIRO	호주
원생생물	CCAP	영국
해양진균류	PPOCE	영국
해양생물학원	OMGAS	중국
해양미생물	KMM	러시아
	NCMB	영국



2. 국내현황

해양생물 및 유전자 자원의 확보와 이의 지속적 이용을 위한 체계의 구축은 사업수행의 특성상 장기적이고 많은 예산의 지속적 지원 필요하나 경제적 및 환경보호적 측면에서 21세기를 대비한 과학기술 기반 확충사업으로 인식되고 있다.

정부 각부처는 유전자은행사업을 통하여 생물자원 및 유전자 자원을 확보하고 생명공학연구발전의 기반으로 활용하고 있다.

예로 과학기술부의 생명공학연구원내 유전자은행, 농림부의 농업과학기술원과 농촌진흥청의 한국농생명생물보존센터, 환경부의 국립환경연구원의 환경미생물중공관리사업, 한국과학기술원 지원의 19개 특수연구소제은행 등을 위한 시설, 장비 및 전문인력을 집중지원하고 있다.

국내 미생물 종다양성 관련 DB 구축은 위에 언급한 기관별로 DB화가 되었거나 일부 DB화 되어있는 상태로 보유균주를 검색할 수 있는 지원서비스를 하고 있다. 또한 한국과학기술정보원(KISTI)의 한국생명공학연구원들 중심으로 국가적인 생물다양성 정보 네트워크를 구축하기 위한 계획이 추진되고 있다. KISTI 생물자원 정보 Network센터에서는 국내 발견 세균목록을 검색할 수 있도록 서비스 중이며 KISTI의 첨단과학 DB에서는 유전정보DB 및 유전정보분석 서버를 운영하고 있다.

해양생물자원의 경우 현재 해양수산부 지원하에는 수

산생물 이외의 해양생물전문 유전자은행이 없는 실정으로 연구산물로 확보된 해양생물은 각 연구자에 의해 산발적으로 보전되고 있으며 과학계단의 특수은행사업으로 미세조류 은행사업을 한시적으로 지원한 적이 있다. 유전자 은행 등처형 지속적으로 보전 및 대국민 서비스 기능이 있는 인프라 구조가 없기 때문에 기존의 확보된 해양생물에 대하여도 국가적인 보전, 관리 및 정보화가 전무하며 국가적인 생물다양성 정보 네트워크를 구축하기에 앞서 기 확보된 해양생물자원에 대한 목록작성 등의 정보가공은 물론 분류, 동정, 보전기술 등의 핵심개발 기술을 위한 연구투자도 요구되는 상황이다.

한국해양연구원에서는 자원으로 조사, 고부가가치 생물자원개발, 환경모니터링, 오염방제, 신물질 개발연구, 남극생물자원연구, 심해와 열수구의 생물자원 확보 및 이용기술개발 등의 연구를 수행하면서 권역별 해양생물의 분리, 보전 관련업무를 수행하여 왔으며 결과물로서 환경오염 및 특성실험용 지표생물, 오염유발 미생물 및 오염물질분해 미생물을 비롯하여 유용물질 생산 미생물을 포함한 미생물 10,000 주, 유독성 미세조류 60 주가 보전되고 있으며 국가지정연구실사업의 일환으로 유독성 미세조류은행이 운영되고 있다. 국립수산물품질관리원에서 어류자원의 일부 종이 유지되고 있으며 이외에도 각 연구진과 연구기관에서 산발적으로 보전 중인 해양생물 자원에 대하여 총체적인 DB화가 되어 있지 않으므로 같은 종(species) 및 미생물 균주의 수집과 유용성 발굴 시 중복의 문제점이 발생할 가능성이 크다.

〈표 3〉 해양생물자원 보전 및 정보제공 관련 국내 기술수준의 비교

기술내용	역량	주요 기술 선진국	일 국	비 고
해양생물자원 및 유전자원	- 현재저를 대상으로 해양생물수집은행연구 수행기관 22개소	- 신장적으로 지역별 생물조사 및 미생물 균주 확보	미국	100
		- 일부 유전자원 확보	국내	20
해양생물자원의 분류, 보존, 배양기술	- 생물종의 수리분류, 화학분류, 계통분류 등의 분류학 - 유물유전자 확보, 보존 및 세포배양(조각배양) - 해양관련 미생물, 조류, 해파 생물종 확보	- 해양미생물용 대상으로 일부 도입 - 해양생물배양기술 대비 - 세포배양기술대비	미국, 일본	60
			국내	40
해양생물자원목록 및 정보제공 시스템 구축	- 생물다양성조사와 연계연구 - 미국, 영국, 일본, 독일 등 생물기타 및 분포가능 - 보전 분류 표준화여 교육 - 국제적으로 자원의 분영, 동정서비스 가능	- 각 연구그룹별로 신장적 조사 - 해양생물대상으로 공식적인 분포기관 전무함	미국	90
			국내	5

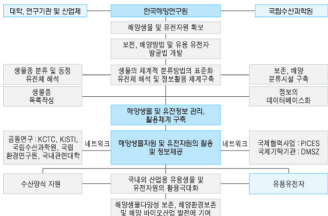
IV. 관련 국내 DB 구축방향

현재 각 해양관련 연구기관에서 운영하고 있는 종 확보망은 매우 소규모이며 체계적으로 관리되고 있는 해양유전자은행이 없으므로 유전자은행 관련 기반기술과 인력을 갖고 있는 기관을 선정하여 집중 육성하고 KCTC 등 기타 유전자은행과 네트워크를 통해 협조체제를 형성하도록 하는 방식이 유효하다.

한국해양연구원이 주축으로 국립수산물연구원, 한국생명공학연구원, KCTC, 국립환경연구원, 농업과학기술원, 한국농용미생물보존센터, 국내 관련대학 등과 연계하여 자료를 수집하고 전문가의 자문을 받아 수집정보의 DB화, 유전자은행 설립안 및 운영안 등에 대한 계획을 수립한다. 획득한 정보는 각 기관에서 DB화하고 차후 국가 중앙 DB를 구성하기 위하여 생물다양성 통합정보시스템과 공통된 DB 구조를 적용하는게 바람직하다.

따라서 각각의 보전기관은 생물특성에 따른 다양성확보를 위한 핵심기술을 개발하고 확보된 생물종에 대한 DB를 구축하며 생물종에 대한 모든 정보의 검색이 가능하도록 지원서비스가 제공되어야 한다. 또한 각 기관별로 제공 가능한 정보들은 국내 생물다양성에 대한 총체적인 정보의 네트워크를 위하여 이를 연결, 관리 제공할 시스템 및 기관의 설치가 필요하며, 중앙 DB는 최종적으로는 외국의 DB와 연계하여 국제적인 DB로 발전시켜 나가야 한다.

2. 추진체계



1. 사업내용

국내 수산양식종(해조류, 해양동물)의 보존 및 관리·수정란 및 포자 보존법 개발

첨단의 분자생물학적 기법 개발 및 적용: 유전자 지문 인식법, 유용유전자 탐색법 개발

태양이 어려운 생물종의 경우 유전자 라이브러리 형태로 보관하여 유전자 은행을 구축

해양 미생물 및 미세조류: 연근해역의 해양오염 관련 미생물, 먹이생물, 적조유발 조류, 오손 유방생물, 산업적 유용 미생물, 오염물질분해 미생물, 표준세균의 현지 의 보존

한반도 주변 전 해역, 국외의 유용미생물자원 및 그 유전자 확보 보존: 유용물질 생산 생물, 국한지역 생물 생물 및 유전자원의 보존, 목록화 및 연구정보와 재료 공급체계 구축

WFCC(World Federation of Culture Collection) 가입 등 국제협력관계 구축 및 공인기관으로 발전



3. 사업의 단계별 추진내용

단계	1단계(3년)	2단계(3년)	3단계(4년)
해양생물자원 분리 및 유전자 정보기초	<ul style="list-style-type: none"> · 해양생물은행 기반조사 및 실행 · 미생물균주분리 · 해양생물수집 · 해양 생물다양성정보수집 · 유전자원 정보 수집 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내의 해양생물 수집 · 지역별, 생태학적 특성별로 수집 분류 · 유물유전자원 수집 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내외의 생물자원정보 · 유물유전자원 수집
해양생물자원의 분류, 보존, 배 양기술	<ul style="list-style-type: none"> · 수리분류, 화학 분류, 분자생물학적 분류 · 양법도입 · 생물자원 보존 · 생물배양 및 세포배양 · 현지 외 배양 조건개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 모전 및 배양 조건 확립 · 분류방법의 저차의 및 표준화 · 세포배양기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 모전 및 배양 조건 확립 · 분류방법 체계화 및 표준화 · 세포배양기술
해양생물자원 및 유전자원관 보 제공 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> · 생물자원목록 작성 · 정보의 데이터베이스화 · 분자적지 구축 · 전문기관의 네트워크 구축관련 조사 · 해양생물다양성정보구축 	<ul style="list-style-type: none"> · 정보의 DB화 및 제공 · 생물은행체계 구축 · 전문기관의 네트워크 구축 · 분양, 동정 서비스 업무 구축 · 해양생물다양성정보구축 	<ul style="list-style-type: none"> · 정보의 DB화 및 제공 · 분양, 동정 서비스 업무 구축 · 해양생물다양성정보구축

V. 관련 국내 DB 운영 및 활용체계

국제 경쟁력이 있는 생물자원의 정보화를 위해서는 우선 각 기관별로 대상생물특성에 따른 생물종의 확보 및 정보의 수집·가공기술이 진보되어야 하며, 충분한 전문인력이 확보되어야 한다. 이를 위하여 우선 각 기관별로 전문화된 정보를 특성에 맞게 구축·운영하는 DB의 Decentralization이 이루어져야 한다.

해양생물의 경우 수산업과 직결된 어패류, 해조류 등의 수산생물은 국립수산물안전센터가 중심이 되어 DB를 구축하고 해양생물공학관련 유용 미생물(미세조류, 메타게놈 포함)의 경우는 한국해양연구원을 중심으로 DB를 구축한다. 한국해양연구원은 해양생물에 대한 총괄 DB의 주무부처로서의 역할을 담당한다. 세계생물균주 보존연맹에 가맹하였으며 특허미생물 국제 공인 기탁기관(IDA: International Depository Authority)으로서의 지위를 획득하였으며 미생물 유전자원에 대한 경험이 가장 많이 축적된 KCTC를 비롯하여 국가 지정 생물다양성 정보센터가 협력 부처로서의 역할을 담당한다.

각 기관의 DB를 하나로 통합하는 centralization의

국가 중앙 DB는 국가 지정 생물다양성 정보센터가 주무부처로서 각 기관별로 수집·가공된 정보의 DB를 통합 서비스하는 기능을 갖도록 한다.

VI. 활용방안 및 기대효과

- 해양생물 유전자은행을 통하여 국내의 연구진에게 환경지표생물종 및 해양생물공학 연구의 기반기술 및 소재의 지속적인 제공으로 국내 해양생물공학의 발전을 유도
- 국내 기관별 보유한 해양생물종의 현황 파악 및 DB화에 따른 중복투자 방지
- 국내 관련 전문가 풀 파악 및 DB화로 인한 전문인력 활용의 극대화 도모
- 본 사업의 결과 해양생물 다양성의 서식지 외 보존에 대한 국내 인트라 구축
- 멸종위기 해양동식물 및 고유종 보호
- 해양생물자원 확보를 통한 해양생물산업 활성화로 해양생물 다양성 지속적 활용
- 수산양식산업의 생산성 극대화

참고문헌

- [1] <http://adcm.nip.ac.jp>
 [2] <http://ait.intergradogenomics.com>