

## 미생물 유전체 활용기술개발 사업단

오 태 광

한국생명공학연구원, 사업단장

### I. 사업철학 및 필요성

#### 1. 배경

##### (1) 21세기는 첨단 유전체 시대로 새로운 패러다임의 적극적인 수용 필요

과거 전통적 미생물 연구시대에는 시행착오적 방법(trial and error)을 적용함으로써 많은 시간을 소요하였으나 개발성공률이 낮고 좋은 성과를 거두기 어려웠다. 그러나 게놈혁명(genome revolution)과 정보혁명(information revolution) 시대인 21세기에는 시행착오적 방법이 아닌 미생물의 유전체·단백질체 분석을 통해 밝혀진 대사회로 지도를 통해서 보물을 찾아가는 방법을 활용하기 때문에 매우 효율적으로 실용화 기술을 개발하여 산업화 성공률을 크게 높일 수 있게 되었다.

##### (2) 독자적 창의적 platform technology 개발 절실

스위스 국제경영개발원 보고에 따르면 2000년 한국의 기술개발 투자는 세계 14위인데 비해, 실질적 연구결과인 기술료를 살펴보면 1999년 기준으로 외국에 27억불을 지불하였으며, 수입 실적은 2억불에 불과하였다. 또한 과학기술의 학술적 척도인 SCI 등재 논문수가 세계 16위에서 올해에는 세계 10위로 급격한 증가세를 보이지만 논문 인용빈도는 여전히 세계 61위(0.17회)로 세계 평균(0.31회)의 중간 수준에 머무르고 있다. 이는 “연구투자에 비해 실제적인 결과 부족”을 나타내는 것이며 동시에 우리의 연구 형태가 “모방위주의 선진국 기술의존형”임을 나타낸다. 따라서 이런 점을 극복하는 길은 창의적이며 독자적인 platform technology(원천기반기술)를 개발하는 수밖에 없다고 하겠다.

##### (3) 선진국과 차별화된 ‘선택과 집중’ 연구전략 필요

미래학자 리처드 올리버는 그의 저서 ‘바이오테크 혁명’에서 21세기 세계 경제의 주도권은 생명공학 기술력이 좌우할 것이라고 하였다. 이러한 예측을 반영하듯 미국을 중심으로 한 유럽, 일본 등 선진국은 이미 인간유전체 프로젝트(human genome project; HGP)를 5년 이상 앞당겨 완성하였다. HGP에 의해 생물정보기술, DNA칩, 단백질칩 등의 신기술이 홍수를 이루고 있으며 이를 이용한 전통산업의 체질개선이 이루어지고 신개념을 이용한 신산업군이 창출되고 있다. 한편 미생물 유전체 분석의

경우 전 세계적으로 공식적으로 94여종 미생물의 분석이 완료(2002년 9월 현재)되었고, 500여종의 미생물이 비공식적으로 완료된 것으로 보고되고 있다. 우리나라는 10여종이 완료 또는 진행되고 있으나 연구비와 연구인력이 절대적으로 부족하고 응용적인 측면에서도 절대 열세이므로 미생물 유전체 활용기술 연구는 선진국과 차별화된 전략으로 과감한 “선택과 집중”이 필요하다.

#### 2. 사업철학

##### (1) 생명공학의 패러다임 변화를 “실용극대화” 방향으로 적극 수용

분석이 완료된 94여 유전체를 토대로 목적 지향적인 기능 유전체학(functional genomics)을 통하여 세부 작성된 “미생물 대사경로(microbial metabolic pathway)”란 보물지도도를 이용하여 시행착오적 접근방식이 아닌 예측된 과정을 밟는 합리적이며 능동적인 게놈 엔지니어링(genome engineering)을 주요 실용화 기술로 활용한다. 아울러 단 시간내에 연구의 생산성(efficiency)을 획기적으로 높이고 “전통 미생물산업의 고효율화로의 체질개선”과 IT, ET, NT, ST 등과 공유된 “융합기술(fusion technology)의 신 영역 산업군 창출”을 본 사업의 최우선 순위에 둔다.

##### (2) 독창적인 고유기술분야 선택

국내 생물산업이 선진국 기술 의존형에서 벗어나 세계적인 경쟁력을 갖추기 위해서는 우리만의 고유 독창적인 기술 개발이 필수적이다. 선진국보다 절대적으로 부족한 연구비를 독창적인 기술과 경쟁력이 있는 분야를 선택 육성함으로써 극복하겠다. 이미 보고된 미생물 유전체를 근간으로 경합 가능성이 있는 신규 유전체지도도를 만들어 기능 단백질체(functional proteome), 대사체(metabolome) 기술에 독창적인 고유기술을 접목시킨다. 상호작용 미생물(interaction microorganism) 및 해양·특수환경 미생물을 중점적으로 기능해석하여 산업적 단백질공장과 대사물질 전환공정을 이용한 산업적 실용화 기술에 역점을 둔다.

##### (3) 창의적 원천기반기술에 집중

선택된 기술분야는 기초와 응용에 네트워킹할 수 있으며, 세계적 platform technology와 경쟁하여 우위 달성이 가능한 분야에 집중적으로 투자한다. 집중된 분야에서는 COE(center of

excellency)를 유지시키면서, 선진국과 같은 물량적 투입형이 아닌 새로운 아이디어에 의한 기반형성 과제를 적극적으로 발굴하겠다. 아울러 이를 통해 국제적 글로벌화(globalization)하고, COE분야는 재현성과 조작성의 용이성이 보장된 기술로 일상화하는 디지털화(digitalization)로 유도한다. 과제의 성공도를 높이기 위해서 매트릭스 시스템의 운영으로 과제간 네트워크화(network system)하고, 매트릭스 내의 완급에 따른 순차적인 선택과 집중을 통해 연구목표를 조기에 달성시킨다.

#### (4) 차별적인 CEO 마인드로 사업단 운영

세계적인 환경변화에 적극적인 대응을 전제로 중요 기술의 수요와 공급을 수시로 판단하는 시장경제 원칙을 도입하여 세계 시장진출이 가능한 분야에 선택과 집중을 한다. 전문가시스템에 의한 분야별 책임운영을 통한 분야별 CEO제를 도입하고 다각적이고 입체적인 평가시스템을 통한 엄정하고 집중적인 운영을 유도한다. 21세기는 정보와 지식의 상품화시대이므로 원천기반 기술 자체가 상품가치가 있으므로 기업가적인 자세로 연구의 결과를 지식기반과 물질창출 및 생산이란 두 가지 차원에서 유리한 분야를 선정하여 세계시장에 진출한다.

### 3. 사업비전

#### (1) 원천기반기술 확보 및 신속한 산업화

21세기는 복지사회 구현과 세계 인구의 급속한 증가로 산업적인 생산성 향상이 크게 요구되고 있다. 따라서 이를 극복할 수 있는 새로운 원천적 기반기술이 필요하게 되었고, 이러한 기술은 과거와는 달리 여러가지 연관기술 분야가 획기적으로 발전된 상태이므로 신속한 산업화가 가능한 기술을 개발할 수 있게 되었다. 유용미생물 유전체를 응용하는 분야는 과거의 시행착오적인 연구방식을 탈피해, 이제는 근본적으로 알고있는 미생물 유전체 정보에서 출발하기 때문에 효율적인 기술개발이 가능하며, 이를 통해 미생물의 짧은 증식 속도에서 보여 주듯 빠른 산업화와 고부가가치 창출이 가능하다. 특히, 화학분야와 융합기술분야, 환경오염을 일으키지 않은 신 미생물공정분야를 이용한 저에너지, 무공해, 고효율의 신기술은 향후 빠른 속도로 증가할 것이며, 바이오 전 분야의 기술발전에 따라 산업적 생산성은 향후 10년 동안 현재보다 6배 이상 향상될 것으로 판단된다.

#### (2) 고용 증대 및 연구 재투자 창출

미생물유전체 응용분야는 산업적인 응용의 전 단계 기술개발을 주목표로 하기 때문에, 새로운 기술을 집약할 수 있는 신산업군의 창출과 신규 고용을 촉진시키게 된다. 이와 같은 신산업의 창출과 전통산업의 재도약을 통하여 사회적으로 더 많은 일자리를 제공하고, 이 분야의 사회적인 요구와 국가생산성을 근본적으로는 높일 수 있다. 얻어진 국부를 연구에 재투자할 뿐만 아니라 국가적인 R/D의 중요성을 부각하는 계기가 되어, 정부

뿐만 아니라 민간분야 연구투자도 획기적으로 증대시킬 수 있는 계기가 마련될 것으로 기대된다. 이렇게 연구 재투자가 이루어지면 앞으로 미생물분야의 획기적인 발전 초석이 되어 미생물응용 분야가 21세기 바이오산업시대의 주도적인 역할을 담당할 수 있을 것이다.

#### (3) 세계 4위권 기술선진국 진입

본 사업은 앞으로 적극적인 사후 관리를 통해, 실용성이 큰 연구개발을 유도하여 우리 과학계의 문제집인 고비용·저효율의 구조를 과감히 탈피해 국제사회에 당당히 나설 수 있는 연구결과를 창출할 것이다. 도출된 연구결과들의 산업화를 적극적으로 추진, 국제적인 수익 모델을 만들어 국가생산성을 높이고, 아울러 신규 고용을 창출함으로써 국가 경쟁력을 드높인다. 국가 경쟁력과 고용 창출은 결과적으로 국민세금으로 수행한 국가적 대형 연구사업에 대한 국민적인 호응도를 높일 뿐만 아니라 발생하는 높은 부가가치를 국민에게 환원하게 된다. 이와 같이 본 프론티어 사업을 통해 미생물유전체 응용기반 연구의 기술 선진화에 집중 투자함으로써 본 사업의 최종 비전인 세계 4위권의 기술 선진국에 진입할 수 있도록 최선의 노력을 경주하겠다.

### 4. 사업 추진 필요성

#### (1) 미생물의 다양성 및 유용성의 적극적인 활용은 국가 경쟁력의 기반

현재 알려진 미생물은 전체 미생물 종의 1% 미만으로 자연계에 존재하는 미생물의 약 99%는 아직까지 미발견 상태로 있다. 이들의 대부분은 난배양성 또는 배양불가능 미생물로 추측되고 있으며 난배양 미생물을 체계적으로 이용하고자 하는 연구는 선진국을 중심으로 최근 본격적으로 수행되고 있다. 또한 질량으로서 전 생물종의 약 60%를 차지하고있는 미생물은 유전적 다양성과 기능적 다양성의 중요성으로 인해 지구 생태계의 핵심적인 위치를 차지하고 있을 뿐만 아니라 인류에게 없어서는 안될 엄청난 경제적 가치를 제공하고 있다. 미생물은 고부가가치 자원으로 생명공학산업의 핵심소재 중의 하나이므로 현재 이용할 수 있는 미생물뿐만 아니라 앞으로 더욱 우수한 경제적 잠재력을 보유하고 있을 미지의 유용 미생물자원을 개발하는 것은 생명공학분야의 혁신적 발전 기틀을 마련하게 할 것이다.

#### (2) 미생물 유전체 활용연구는 국가 생물산업 진일보의 초석제공

생명과학은 몇 개의 유전자를 대상으로 하여 각 생물학자가 개별적으로 연구하던 분자생물학의 시대를 벗어나, 여러 분야의 연구자가 연합하여 다수의 유전자를 총체적으로 들여다볼 수 있는 시스템을 구축함으로써 개체 수준의 연구를 가능케 하는 시스템 생물학(systems biology)으로 급속히 재편되고 있다. 이러한 패러다임의 변화를 주도하고 있는 것은 미국, 영국, 일본, 프

랑스, 브라질, 중국 등의 주요 선진국과 강대국으로 1990년대 초부터 천문학적 연구비를 투자하여 새 천년의 보고라고 하는 유전체(genome)와 단백질체(proteome) 연구를 추진해오고 있다. 미생물유전체는 그 크기가 수 백만 염기쌍 정도로 고등생물에 비해 수백 내지 수천 분의 1로 작아 취급이 용이하고 연구 비용이 적게 들뿐만 아니라, 유전체내 유전자 밀도가 매우 높아 적은 투자비용으로 많은 유전자 정보를 확보할 수 있다.

우리나라의 미생물유전체 연구는 선진국에 비해 다소 늦었지만, 다른 생물에 비해 미생물은 다양성이 매우 크므로 아직까지 연구되지 않은 균주가 많다. 그리고 최근 미생물유전체 해독 결과에 의하면 연구된 미생물 유전체의 약 1/4 정도가 알려진 바 없는 신규 유전자로 구성되어 있음이 밝혀지고 있다. 국내의 경우 다행히 이 분야에 고급인력이 풍부하고 아직까지는 선진국에 비해 연구 경쟁력도 크게 떨어지지 않는 상태이므로, 더 늦기 전에 서둘러 국가 차원에서 미생물 자원을 발굴하고 유전체 해독 및 기능 분석과 산업적 이용을 위한 연구를 본격적으로 수행한다면 우리도 충분히 이 분야를 주도하는 나라가 될 수 있을 것이다.

## II. 연구개발 목표

### 1. 최종목표

국내 전통 미생물 산업의 획기적 전환 및 신산업군 창출을 위한 유용 토착 미생물, 해양·극한환경 미생물, 상호작용

(interaction) 미생물 및 메타게놈 자원확보와 미생물 유전체 기능 분석·활용 기술을 개발하고, 미생물 유전체 정보 청사진을 활용하여 미생물 유래 정밀화합소재(효소, 기능성 미생물 등) 및 의약소재(항생물질, 제조합 의약품 등)의 창출·생산·이용에 관한 기술을 혁신하기 위하여

### (1) 미생물 다양성 및 메타게놈 자원확보 분야

기존 선발 선진국과의 차별화 및 경쟁력 제고를 위해 해양·특수환경(갯벌, 연근해 퇴적층, 해양, 고온, 고염, 화산 지역 등), 상호작용(미생물-미생물, 미생물-무척추동물, 미생물-해양생물 등) 미생물 및 메타게놈 확보에 주력하여 난배양성 미생물 자원 50,000주 이상, 신종 미생물 500종 이상(100종 이상 등록), 메타게놈 5,000메가 염기쌍 이상을 확보함을 목표로 한다.

### (2) 미생물 유전체 기능분석 및 기반기술 개발 분야

산업적으로 유용한 미생물 10종 이상을 발굴하여 유전체 기능 정보를 규명하고 유용 미생물 유전체 정보기지를 구축할 것이며, 신규 유용유전자 500개 이상을 확보를 목표로 한다.

### (3) 고기능 세포 재설계 및 활용기술 개발 분야

단일 및 소수 유전자 연구를 토대로 한 기존의 미생물 연구가 아닌 미생물 유전체 정보 청사진을 활용한 새로운 패러다임의 미생물 활용 연구에 주력하여 정밀화합소재용 특수 기능성 효소, 혁신적 발현시스템을 기반으로 한 제조합 의약품, 대사 재

표 1. 미생물 유전체 사업단의 1단계 연구 목표 및 내용

분야	미생물 다양성 및 메타게놈 자원의 확보 및 탐색		미생물 유전체 기능 분석 및 기반 기술 개발		고기능 세포 재설계 및 활용기술 개발		
	해양·특수환경 미생물 및 메타게놈 자원 확보	상호작용 미생물 및 메타게놈 자원 확보	해양·특수환경 미생물 유전체 기능분석	상호작용 미생물 유전체 기능분석	대사 재설계된 기능성 미생물 및 유용대사산물 생산기술 개발	신기능 효소 발굴 및 재설계 기술 개발	미생물 발현 시스템 및 의약품 단백질 생산기술 개발
중점 과제							
핵심 기술	- 난배양성 미생물 확보 기술 - 초고속 메타게놈 스크리닝 기술 - 난배양성 미생물 및 메타게놈 DB화 기술		- 미생물 유전체 염기서열 고속 해독 기술 - 유전체 기능분석 기술 - 유전체 정보처리 기술		- 대사공학 기술 - 신기능 효소 재설계 및 이용기술 - 제조합단백질 생산기술		
연구 내용 (1단계)	- 해양·특수환경 (갯벌, 근해 퇴적층, 열대, 고염 지역 등) 미생물 및 메타게놈 자원 확보기술 개발 - 상호작용 미생물 (일반, 난배 양성) 및 메타게놈 자원 확보 기술 개발		- 유전체 및 단백질체 발현 및 기능 분석 기술 개발 - 미지 유전자의 기능 대량분석 기술 개발 - 유전체간 유전정보 비교분석 시스템 개발 - 유전자 발현, 단백질 분비, 대사회로 분석기술 개발		- 미생물 및 메타게놈 자원으로부터 유용 lead 물질 유전체군 발굴 - 대사경로 분석을 통한 세포 재설계 기술 개발 - 유용생물소재 생합성조절 유전자군의 기능 분석 - 미생물 유전체정보 활용 신기능 효소 확보 기술 - 맞춤형 효소 개발을 위한 원천기술 개발 - 유전체 정보를 활용한 발현벡터 구성요소 개발 - 발현속도 분자유종을 위한 유전체 기능 분석 - 유전체 발현양상 조절을 통한 분자생물공정 기술 개발		

설계 고기능성 미생물을 이용한 유용대사산물 등을 30건 이상 라이선싱하며, 미생물 유전체를 이용한 세포 재설계 및 신공정 20건 이상을 개발함을 목표로 한다.

2. 단계별 목표 및 내용

전체 사업은 3단계 (1단계 3년, 2단계 3년, 3단계 4년)로 나누어 사업을 진행하고 1단계 3년 차는 주로 핵심기반 기술을 확립하고, 2단계는 고부가가치 제품개발, 3단계는 제품생산 및 산업화에 관련되는 원천기반 기술개발을 전체적인 흐름으로 한다. 따라서 1단계의 연구는 주로 핵심기술로 미생물 유전체 응용을 위한 근간이 되는 신 미생물 다양성 확보, 유전체 기능 분석 미생물 유전체의 산업적 응용을 위한 기반기술 구축에 역점을 둔다. 1단계의 연구목표 및 내용은 표1에 요약하였다.

3. 중점 연구대상 선정 배경

(1) 최종목표 달성을 위한 중점 연구대상 미생물군 선정 배경

(가) 해양·특수환경 미생물(extremophiles and marine microbes)

해양 및 특수환경에서 생존하는 미생물은 비발굴 유전자원의 보고일 뿐만 아니라 고온, 저온, 고압, 고염, 강산·알칼리 등 극한조건에서 최적의 활성을 지니는 신기능 효소의 보고이나, 국내의 경우에는 선진국에 비해서 그 연구기반이 부족한 실정이다. 해양으로부터 유용 미생물을 탐색하는 연구는 선진국을 주축으로 하여 활발히 이루어져 왔으나 우리나라의 경우에는 이러한 장비 및 연구투자비의 결여로 연구개발 경쟁력에서 뒤쳐질 수밖에 없으므로, 경쟁력 있는 독창적인 연구과제를 선택하여 집중하는 것이 가장 중요하다. 따라서 유기물이 많아 생물다양성이 높은 국내 갯벌 및 근해 퇴적층을 중점대상으로 연구하며, 국외기관과 공동으로 국내외의 심해지역 미생물을 탐색하고자 한다. 특수환경 미생물의 경우에는 국제협력을 통해 국외의 열대, 고염, 화산 지역 등을 주 연구 대상으로 삼고자 한다.

(나) 상호작용 미생물(interaction microbes)

대부분의 미생물은 다른 미생물 또는 동·식물과 상호작용하는 과정에 필요한 이차 대사산물로 다양한 종류의 신호전달 또는 생리활성 물질을 생산하여, 항생제, 면역조절제, 항감염제 등으로 이용될 수 있으며, 새로운 개념의 항생제 및 백신 타겟으로 활용될 수 있다. 또한 이들 미생물이 분비하는 다양한 효소는 산업적으로도 활용가치가 높다. 상호작용 미생물에 관한 연구의 주류를 이루어 온 미생물과 인체 및 동·식물체의 상호작용에 관한 연구는 선진국뿐만 아니라 국내에서도 보건복지부, 농림부 등의 지원하에 이미 수행되고 있다. 이에 반해서 미생물-미생물, 미생물-무척추동물 및 미생물-해양생물 간의 상호작용 연구 및 이를 이용한 산업화에 대한 연구는 선진국에서 많이 연

구되지 않은 틈새(niche) 분야로 이에 대한 집중적인 연구를 통해 국내 미생물 산업의 경쟁력을 확보하고자 한다.

(2) 중점연구 개발제품군 선정 배경

(가) 특수 기능성 효소 발굴 및 실용화

세제용 프로테아제와 같은 낮은 가격·대용량의 산업용 효소는 가격 및 기술 경쟁력 확보가 거의 불가능하므로 본 사업에서는 고가의 특수 기능성 효소 발굴 및 실용화에 주력할 것이다. 예를 들면 광학 분할능이 있는 esterase, epoxide hydrolase, nitrilase 등을 발굴 및 재설계하여 키랄 의약품 및 유도체, 라이코펜 유도체 등 고부가가치 제품 생산에 초점을 맞출 것이며, 효소 자체의 제품화에서는 향후 시장 잠재력이 매우 높은 화장품용 기능성 효소, 분자생물학 연구용 효소 등 특수용도 기능성 효소 발굴 및 이용기술 개발에 주력할 것이다.

(나) 세포 재설계에 의한 유용 생물소재의 혁신적 생산기술개발

미생물 유전체 정보를 활용한 대사 재설계된 고기능성 생산균주 및 유용대사산물 생산기술의 개발은 화학 합성제품의 환경친화적 생물제품으로의 전환 및 신 개념 하이브리드 항생제 창출에 기반을 제공할 것이다. 현재 미생물 유래의 유용대사산물 중 가장 시장규모가 큰 항생물질은 기존의 무작위적인 탐색방법을 탈피하여 생합성 경로 바탕의 대사설계에 의한 개발이 필수적이다. 생합성 경로 재설계에 의한 하이브리드 항생제는 기존 약제 구조물에 대한 사전지식에 근거하여 개발되므로 약효의 증가와 약리독성 문제의 해결로 인해 조기 상품화가 가능하다. 또한 하이브리드 화합물 창출은 미생물 유전체 정보 분석에 그 성패가 달려있으므로 광범위한 미생물 유전체 정보를 확보할 본 사업단에서 중점개발 대상이 될 것이다.

(다) 의약품 단백질 제품화의 경쟁력 강화를 위한 원천기술개발

향후 의약품 단백질의 특허 기간이 만료되어 감에 따라 점차 generic 제품화되어 기업 간의 경쟁이 심화될 것이므로 경제성 있는 독창적 발현시스템의 개발이 매우 필요하다. 따라서 본 사업에서는 혁신적 발현시스템 및 분자생물공정 기술개발에 기초한 조기 상업화가 가능한 generic 의약품 생산기술 개발과 함께 라이선싱이 가능한 차세대 의약품 단백질제품 기술개발을 주 대상으로 할 것이다. 이와 더불어 라이선싱이 가능한 발현시스템 자체도 주요한 제품이 될 것이다.

(라) 미생물 자원 및 유전체 정보 DB의 제품화

본 사업단에서 확보되는 미생물/메타게놈 자원, 유전체 정보 DB, 메타볼롬/프로테오믹 라이브리러리 등은 국내 산업 경쟁력 개고에 기여함과 동시에 국외 기업에는 기업적인 marketing 개념

을 도입하여 확보된 자산들의 라이선싱을 적극 추진할 것이다.

### III. 연구개발 추진체계

#### 1. 역할분담 방안

본 사업은 크게 3분야로 구성되어 있으며, 각 분야는 유기적으로 네트워킹 되어 순차적·동시적으로 연구를 수행해 나갈 것이다. 즉 제1분야는 확보한 자원을 제2분야와 제3분야에 제공할 것이며, 또한 제2분야로부터는 확보할 유용 자원에 관한 필요 정보를 제공받고, 제3분야로부터는 개발을 원하는 제품에 맞춘 목표지향적인 자원을 의뢰받아 탐색 확보한다. 제2분야는 본 사업단의 정보기로서 각 분야에 유용 정보를 제공하는 임무를 수행하며 제1분야로부터는 유전체 해석 및 기능 분석을 위한 자원을 제공받고, 제3분야로부터는 유전체 활용 관련 분석자료를 제공받아 데이터베이스를 구축한다. 제3분야는 앞에서 언급한 바와 같이 제1분야 및 제2분야와 유기적으로 협력하여 미생물 유전체를 활용한 산업화 기술을 집중 개발한다.

#### 2. 산학연 협동연구체제 구축 방안 및 그 운영계획

본 사업에서는 산·학·연 각각의 장점을 극대화 할 수 있는 연구개발 체제를 구축할 것이며 산·학·연 협동연구체제로 구성된 연구과제를 적극 지원할 것이다. 연구소에서는 원천기반기술, 산업체에서는 제품화 기술, 대학에서는 기초기술개발 연구를 수행할 것이며 이러한 기술들이 실용화를 위해 유기적으로 연계될 수 있는 산학연협력위원회를 설치 운영할 것이다.

### 3. 국내외 기술기반 활용전략

#### (1) 국내

국내의 경우 상당한 기술수준 및 인프라를 갖추고 있는 미생물 보존기관, 국가 유전체 정보센터의 기술기반을 적극적으로 활용함으로써 최소의 비용으로 최대의 연구효율을 얻을 수 있을 것이다. 특히 유전체 정보센터의 경우 범 국가적인 need에 의해 설립된 신설기관으로 미생물 유전체 정보 분야의 경우 본 사업단과의 상호 협력시스템 구축을 통해 선진국 선발 기관과의 협력이 가능할 것이다.

#### (2) 국제협력

미생물 유전체 연구분야의 선진기술 도입 및 특수환경으로부터 미생물 및 메타게놈자원 확보를 위해 선발 선진국의 연구기관, 특수환경지역의 연구기관들과의 국제공동연구를 적극 추진할 것이다. 구체적으로 자원확보 분야에서는 중국의 Yunann대 연구팀(열대성 고염지역, 고산 고염지역)과는 이미 협력관계를 체결하였고, 동남아시아의 Asian을 통해서 열대성 고온 화산지역 시료채취의 협력을 추진중이고, 차후 미국의 SCRIPPS 해양연구소 및 일본의 JAMSTEC(해양 생물-미생물 상호작용)과 협력을 구축 할 것이다. 유전체 기능연구 및 활용기술개발 분야에서는 미국의 TIGR사(미생물 유전체 정보 비교분석), 독일 Rhein Biotech사(미전통 효모 유전체 활용 연구), 일본의 NIG (유전체 및 미생물군주 정보)와 국제공동연구를 추진할 것이며 이미 이들 기관들로부터 참여 의사를 확인 받았다.

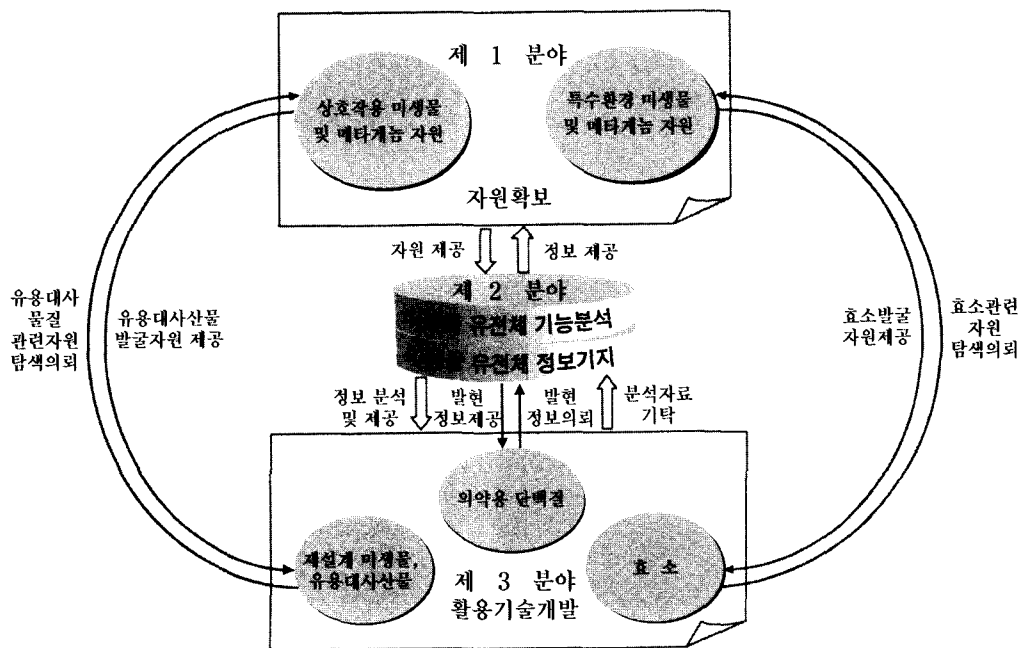


그림 1. 프론티어 사업의 분야별 연계방안

표 2. 최종선정된 중과제의 목록

분 야	중과제명	주관기관	구 성 과제수
미생물다양성 (MG1)	· 해양특수환경 미생물 다양성 및 메타게놈자원의 확보 및 탐색	한국해양연구원	3
	· 특수환경 미생물다양성 및 메타게놈자원의 확보 및 탐색	한국생명공학연구원	4
	· 난배양성 미생물 메타게놈자원의 확보 및 탐색	순천대학교	3
	· 미생물다양성 확보 및 활용 원천기반기술 개발 <sup>(1)</sup>	(주)프로바이오닉	4
유전체 기능분석 (MG2)	· 프로바이오틱 미생물 유전체의 기능 분석	서울대학교	4
	· 진핵 미생물 대사 및 분화 관련 유전체 기능 연구	한국생명공학연구원	3
	· 모델 미생물의 기능 유전체 연구	한국과학기술원	3
	· 미생물 상호작용 및 신호전달 관련 유전자군의 규명 및 응용	서강대학교	3
	· 미생물 유전체 기능 연구 원천 기반 기술개발 <sup>(1)</sup>	경상대학교	2
효소 및 생물전환 (MG3-1)	· 유전체 정보를 활용한 의약품 중간체의 생물전환 기술개발	유한양행	3
	· 유전체 정보를 이용한 신기능 가수분해효소의 발굴 및 활용	한국생명공학연구원	2
	· 신기능 효소 재설계 및 활용기술 개발	주)헨슨바이오텍	2
	· 효소를 이용한 유용탄수화물 생산기술개발	전남대학교	4
	· 신기능 효소발굴 및 재설계 원천기반기술개발 <sup>(1)</sup>	연세대학교	3
재설계 미생물 및 Metabolomics (MG3-2)	· 세포 재설계 기술에 대한 코리네형 세균에서의 아미노산 생산	제일제당(주)	1
	· 코리네박테리아의 유전체 정보를 활용한 세포 재설계 기술에 의한 고효율 라이신 생산 균주의 개발	(주)한국바스프	2
	· 미생물 유전체 활용에 의해 발굴된 신규 타겟에 기초한 항생물질 개발	(주)LG생명과학	1
	· 미생물 유전체를 활용한 슈퍼세균용 항생물질 개발	크리스탈지노믹스	2
	· 의약품 소재 생산을 위한 미생물 대사 재설계 기술개발	명지대학교	3
	· 미생물 유전체 대사다양성을 활용한 유용대사산물 고효율발굴	세종대학교	2
	· 대사 라이브러리 구축 원천 기술 개발 <sup>(1)</sup>	경상대학교	2
제조합 단백질 및 발현시스템 (MG3-3)	· 유산균 및 대장균 미생물 발현시스템을 이용한 의약품 단백질 생산기술 개발	서울대학교	3
	· <i>Sacharomyces</i> 와 <i>Aspergillus</i> 발현 시스템을 이용한 의약품 단백질 생산	목암생명공학연구소	4
	· 유전체 정보를 이용한 미생물 발현 시스템 원천기반기술 개발 <sup>(1)</sup>	조선대학교	3
공통기반과제	· 미생물유전체종합정보기지, 미생물자원뱅크(메타게놈/프로테오姆/메타볼롬뱅크) · 미생물유전체활용의 안전성 문제 및 안전기반 확충방안 연구	한국생명공학연구원	3

<sup>(1)</sup>자유공모과제

#### IV. 연구개발사업의 관리시스템

##### 1. 포괄적 기획관리

사업단내에 산학연의 전문가로 구성되는 기획관리위원회를 두어 각 연구개발 단계의 개시와 종료시까지 전담 책임평가를 실시하는 “연구과제 선정평가위원회”의 위원선정, 연구과제의 최종적인 승인, 탈락, 예산분배, 성과급 관리 등 사업단의 포괄적인 기획 및 집행을 한다.

##### 2. 전방위 선정평가

연구과제 선정평가위원회는 KISTEP, 과학재단 등의 평가기법을 도입하여 목표관리를 실시하며, 중과제책임자의 종합적

성적에 대해 책임을 묻는 신축적 운영관리체제 (adaptive management system), 해당과제의 전 사업기간에 관여하는 책임평가(in-process review)를 실시한다.

##### 3. 실용화 촉진

연구결과의 실용화를 위하여 개발된 기술을 활용하는 연구원 창업을 지원하고(기술이전 및 창업지원위원회 설치 운영), 특허 및 법률업무 전담 전문가를 고용한다.

##### 4. 매트릭스 시스템

전문가 위주로 팀 운영을 하며 각 과제는 중과제 단위로 운용 및 관리한다. 전 방위적인 네트워크와 평가시스템을 운영하

여 공동으로 책임을 지는 한편 성과에 대해서도 공유토록 한다. 중, 대과제 내에 기반적인 인프라를 구축하고 인프라 과제를 중심으로 강력한 매트릭스 시스템을 구축 운용한다.

**5. 정량적 및 공개평가**

본 사업단은 연구 개발비를 효율적으로 사용하여 목표로 하는 실용적인 연구결과를 최단 시간 내 달성 하기 위하여 중 과제별 또는 연구 단계별로 달성 가능한 목표를 정량적으로 명확히 설정해놓고 전문적이고 객관적인 평가방법을 사용하여 기존 연구의 계속, 수정 또는 중단 여부를 판정하는 관리시스템을 운영한다. 주관기관은 평가를 위해 학회 등 외부인사가 참여하는 공개 발표회를 개최하며, 이를 통해 연구결과를 공개·홍보하고 평가 위원회는 해당분야 7인 이상의 전문가를 위촉하여 연구결과에 대한 평가를 실시한다(정보 누출에 의한 국가적 손실 예측과 같은 특별한 사유가 있는 경우는 연구사업단 기획관리위원회 승인하에 비밀평가 또는 비공개발표회를 통한 평가로 대체할 수 있음).

**V. 과제 선정 현황**

과제의 선정은 예비선정에서 각 분야별로 3-5인의 전문가를 위촉하여 사업단이 제시한 RFP의 적부여부를 판단하고, 과제제출자가 전공분야[미생물다양성(MG1), 미생물 유전체기능(MG2), 산업적 응용(MG3)]의 선택이 적합하지 못한 경우는 해당분야의 전문가로부터 올바른 평가를 받기 위해서 전공분야의 분류를 권고하였고, 받아들이지 않은 경우는 선정 전공분야에서 평가하는 방법을 선택하였다. 과제의 중첩성은 과기부, 산자부, 보복부, 농림부의 도움으로 중첩여부를 확인하였다. 1차 서류 평가는 각 분야별 과제를 제출하지 않은 10인 이상의 전문가를 구성하여 개개로 서류평가를 한 후, 2차 발표평가 대상자들 1차 서류 평가자 회의를 거쳐서 발표 평가자를 선정하였다. 발표평가는 과제 제출자가 제출내용을 10인 이상의 발표 평가자에게 발표하고 질의와 응답을 통해서 평가하였다. 최종 약 3:1의 경합을 통해서 표2와 같은 중 과제를 선정하였다.

**VI. 기대성과 및 활용 방안**

**1. 미생물강국 부상**

미생물유전체 활용기술의 독자적 국내기술개발에 의해 과제 종료 후에는 세계적으로 경쟁력 있는 기술력을 보유케 되어 세

계 4위권의 미생물산업 강국이 될 것이다.

**2. 생물산업 인프라 구축**

토착미생물, 난배양성미생물 및 메타게놈 자원의 확보로 외국과의 생물다양성 경쟁에서 우위를 선점하게 되며, 메타게놈 library, 메타볼롬 library, 프로테옴 library 등 국가 생물산업의 하부구조(infrastructure)를 튼튼하게 구축한다.

**3. 부가가치 창출**

재설계된 고부가 고기능의 세포, 효소, 생리활성물질 등의 개발로 얻어진 원천 특허를 활용하여 국내외로부터의 로열티 수입 등으로 인해 본 사업이 종료되는 10년 후에는 1조원의 정도의 부가가치 창출이 예상된다.

**VII. 결 언**

과제 공모에 많은 미생물과학자가 응모해 주신데 대해 지면을 통해서 감사의 말씀을 전하고, 아울러, 이번 과제 공모에서 선정되지 못하신 분에게는 앞으로 3년 후 다시 과제를 공모할 때 좋은 결과를 가지리라 기대합니다. 미생물 유전체의 중요성이 다양한 매체를 통해서 이야기되고 있는 시점에서 우리 미생물과학자는 반드시 좋은 연구결과를 통해서 국가기반 기술로서의 중요성과 이 분야에 우리나라의 우수성을 인정받는 계기가 되도록 적극적인 노력이 필요한 때입니다.



**오 태 광**  
 1954년 출생  
 1986 서울대학교 대학원 농학박사  
 2002년까지 한국생명공학연구원 미생물 유전체 연구실장  
 2001 국가연구개발사업 평가위원  
 1995-2000 ANMR 한국대표  
 현 재 미생물유전체 활용기술 개발 사업단장  
 연 락 처 Tel 042)879-8201  
 Fax 042)879-8209  
<http://www.microbe.re.kr>