

미생물 ‘보물지도’ 만든다

글_오태광 미생물유전체활용기술개발사업단장 otk@kribb.re.kr

기획연재순서

- ① DNA
- ② 반도체
- ③ 자동차
- ④ 항공
- ⑤ 로봇
- ⑥ 차세대 전지
- ⑦ 토목
- ⑧ 바이오신약
- ⑨ 스마트 무인기
- ⑩ 인간유전체기능연구
- ⑪ 21세기 차세대 초전도기술
- ⑫ 화이트 바이오테크놀로지
- ⑬ 지능형 교통시스템(ITS)
- ⑭ 나노바이오 융합 측정제어기술
- ⑮ 차세대 광통신 기술
- ⑯ 차세대 소재성형 기술
- ⑰ 차세대 정보디스플레이
- ⑱ RFID
- ⑲ 지능형 홈네트워크
- ⑳ 핵융합기술
- ㉑ 자생식물이용기술
- ㉒ 미생물 유전체

산업발전은 인류역사의 시작부터 20세기 후반까지 생산공간 확보를 위한 1차 생산 산업인 농경, 섬유, 기계, 중화학 산업 등을 중심으로 발전하였고, 20세기말부터는 시간의 효율성을 극대화시키는 정보산업(IT)이 획기적으로 발전하게 되었다. 정보산업은 컴퓨터나 인터넷 등을 통한 시간사용을 효율화함으로써 인간의 사고방식에 큰 패러다임 변화를 가져오는 계기를 제공하게 되었고, 이런 여파가 바이오 분야에서도 짧은 분석시간에 대량의 정보처리가 가능하게 하여 과학적인 접근방식에 큰 패러다임 변화를 가져오는 계기가 되었다.

특히 현대사회는 네트워크의 혁명사회로 총체적으로 시스템화 된 기술이 기술 개발을 좌우할 뿐만 아니라 이로 인해 과학의 발달이 가속되어 기술의 수명도 1~2년 정도로 짧아졌기 때문에 생명력이 긴 원천기반기술의 개발이 절실히 필요하다. 미생물은 고등 동·식물에 비해서 높은 유전적 다양성을 지니고 있기 때문에 원천기술개발이 용이하고 개발이 성공했을 때의 파급효과가 지대하며 기술 생명력도 상당히 길기 때문에 사

회, 경제적인 면에서도 미생물 유전체 연구는 큰 의미를 가진다.

현재 300여 균주 유전체 해독 완료

미생물은 눈에 보이지는 않지만 지구의 총생물체 중량의 60%를 차지한다. 흙 1g에 중국 인구보다도 더 많은 미생물이 살고 있다고 하니 지구를 미생물 덩어리라 해도 과언이 아닐 것이다. 인류역사상 된장, 김치, 치즈 등 미생물을 이용하여 전통적인 먹을거리를 이용해 왔고, 현재는 미생물을 이용한 식품, 의약, 효소 등 우리 생활에 필수적인 것들에 미생물이 활용되고 있다.

전세계적으로 바이오 시장 및 제품 개발의 상당수는 미생물 자원으로부터 이루어지고 있는 등 미생물은 고부가가치의 경제적 이윤을 창출할 수 있는 핵심 생물소재로 각광을 받고 있다. 현재 미생물 및 관련 분야의 세계 시장 규모는 연간 100억 달러로 추정되고 있으며, 미개발 유용 미생물(난배양성, 해양 및 극한) 및 메타게놈 자원을 확보하여 활용할 경우에 생물약품, 효소, 항생제 개발 등의 막대한 경제적 가치를 창출할



미생물시장 현황 및 전망

수 있을 것이다. 이미 선진국에서는 생명공학의 패러다임이 소수 유전자의 개별 연구에서 게놈 전체를 대상으로 하는 대형 과제 중심의 연구로 바뀌어감에 따라 주요 선진국 및 강대국이 주도하는 미생물 게놈 해독 및 기능 연구가 폭발적으로 증가하고 있다.

미생물 유전자의 염기서열을 분석하고 이를 토대로 유전체의 구조적 특성을 규명하여 이에 포함되어 있는 각 유전자의 기능을 연구하는 학문을 미생물 유전체학이라 한다. 미생물 유전체학은 1995년 미국의 TIGR에서 휴모필루스 인플루엔자의 유전체가 최초로 해독된 이래로 현재 전세계적으로 300여 균주의 유전체 해독이 완료되어 그들의 기능 분석이 활발히 진행되고 있다. 우리나라는 2001년에 헬리코박터 파일로리의 유전체가 해독된 이래 20여 종류의 미생물에 대한 분석이 진행되고 있다.

과거 전통적 미생물 연구시대에는 시행착오적 방법을 적용함으로써 많은 시간을 소요하였으나 개발 성공률이 낮고 좋은 성과를 거두기 어려웠다. 그러나 게놈혁명과 정보혁명시대인 21세기에는

시행착오적인 방법이 아닌 미생물의 유전체·단백체 분석을 통해 밝혀진 대사 회로 지도를 통해서 보물을 찾아가는 방법을 활용하기 때문에 매우 효율적으로 실용화 기술을 개발하여 산업화 성공률을 크게 높일 수 있게 되었다. 하지만 인간이 가장 많이 유전체를 해독했다는 미생물의 경우 현 과학기술로는 단지 1% 미만을 키울 수 있고 나머지는 미개척지로 남아있는 상태다.

인간유전체의 1/500~1/1000의 크기인 미생물 유전체는 미래의 물질자원을 확보하는데 매우 유용하다. 이는 유전체 크기가 작기 때문에 해독 연구비가 상대적으로 적게 들고 유전체내 유용 물질자원이 풍부하기 때문이다. 미생물 유전체를 해석하면 수천개의 공장, 농장, 발전소 기능이 들어 있는 미생물 보물지도가 만들어진다. 미생물 보물지도를 이용하여 효율이 나쁜 공장은 다른 미생물이 있는 효율 높은 공장으로 바꿔 넣어 효율성을 높일 수 있고, 유전체내의 공장 순서를 바꾸거나 다른 미생물 공장과 뒤섞는 방법으로 기능이 아주 우수한 미래형 신소재를 개발할 수도 있다.

미생물 유전체 기술은 미생물이 가지는 주요 구성인자인 물질과 관련된 유전 정보를 인간의 필요에 따라서 자유롭게 디자인할 수 있고, 이를 통해서 인간 활동과 관련된 유·무기물의 정복이 유전체시대 이전보다 획기적으로 빠른 속도로 이루어질 수 있다는 점에서 그 혁신성이 인정되고 있다.

‘유전체정보 청사진’ 활용해 선택·집중 투자

최근 미생물, 동물, 식물 및 인간의 이러한 생체공장의 설계도인 유전체가 해독되는 혁신적인 과학의 발전으로 인하여 실제 생활에 응용할 수 있는 기반이 마련되었다. 특히 미생물의 경우는 생체공장을 실제로 산업적으로 응용할 수 있는 기술 단계에 이르렀다. 1970년대의 유전자 재조합 기술의 확립은 생명공학 기술을 ‘유전자의 구조와 기능을 이용해 신규 개념의 물질 창출, 효율적인 생산, 무공해의 자연 친화 저비용 공정 개발’이 가능한 분야로 이끌었다. 현대의 기술 경제는 존재하지 않던 새로운 고유기술, 세계 제1위의 응용기술, 5~10배의 성능향상 및 30~50%의 비용절감 기술

을 요구하는 근본적인 혁신의 시대로 이런 시대적 요구를 가장 잘 충족시킬 수 있는 분야가 미생물 유전체 활용 기술이라 할 수 있다.

미생물은 고부가가치 자원으로서 생명공학 산업의 핵심소재 중의 하나이므로 현재 이용할 수 있는 미생물뿐만 아니라 앞으로 더욱 우수한 경제적 잠재력을 보유하고 있을 미지의 유용미생물 자원을 개발하는 것은 생명공학 분야의 혁신적 발전 기틀을 마련하게 할 것이다. 이미 미생물 산업은 우리나라 바이오산업의 60% 이상을 차지하기 때문에 미생물 유전체 활용 연구는 국가 생물 산업을 진일보시키기 위한 초석을 제공하고 있다.

앞서 밝힌 바와 같이 생명과학의 패러다임이 소수 유전자의 개별 연구에서 게놈 전체를 대상으로 하고 있고, 미생물 게놈 해독 및 기능 연구가 폭발적으로 증가하고 있다. 또한 유전체 분석 결과와 정보처리 기술의 국가 자산화 및 비

공개 또는 유료 서비스화가 국제적인 추세로 됨에 따라 우리 나라 고유의 미생물 유전체·단백질체·대사체 분석관련 생물정보학적 노하우를 축적하는 것이 무엇보다도 시급한 과제라 하겠다.

현재 국내의 미생물 산업은 외국에서 개발된 종균을 수입해 이를 개량하는 수준으로 원천 기술과 특히 부족으로 고부가가치 제품의 세계 시장 점유가 어려운 상황이다. 이를 타개하기 위해 유용 미생물의 유전체 연구결과에서 유래한 효소, 기능성 미생물 등 정밀화합소재 및 항생물질, 재조합 의약품 등의 의약소재를 발굴한다면, 국내 미생물 산업을 선진국 수준으로 끌어올릴 수 있을 것이다. 또한 중국 등의 후발주자에게 크게 위협받고 있는 미생물 발효 시장에서 유전체 연구를 이용해 고효율 생산균주 및 공정의 개발로 세계 시장을 석권할 수 있는 기틀을 마련할 수 있을 것이다.

이러한 상황에서 과학기술부에서는 10년내에 세계정상급 기술력을 확보하

기 위해 추진하는 대형 국가연구개발사업인 21세기 프린터 연구개발사업의 일환으로 '미생물유전체활용기술개발사업단'을 2002년 7월 발족시켰다. '미생물유전체활용기술개발사업'은 연평균 100억 원씩 10년간 총 1천억 원의 정부 예산을 투자하여 사업을 수행하고 있다. 사업단에서 추진하고 있는 핵심기술은 변화된 외부 연구환경을 적극 수용하고, 장·단점을 정확히 파악하여 현재 선진국 대비 80% 수준인 국내 미생물유전체 관련 연구 역량을 집중시켜 창조적인 연구개발기술을 확립하기 위한 것이다.

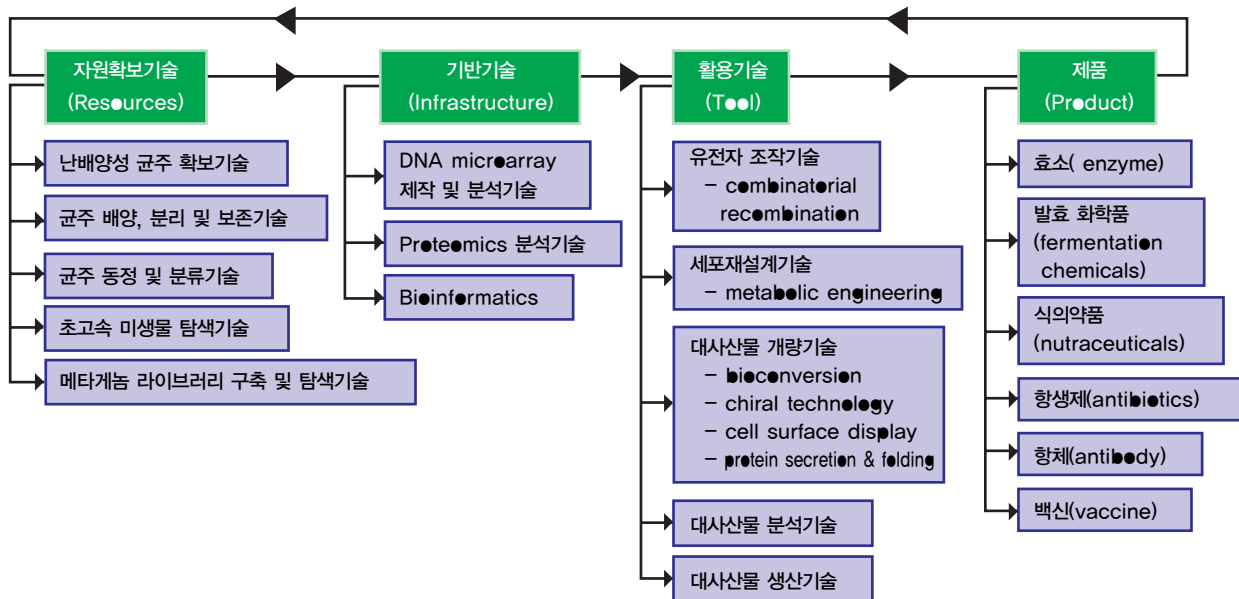
단일 및 소수 유전자 연구를 토대로 한 기존의 미생물연구가 아닌 미생물 유전체 정보 청사진을 활용하여 우리나라가 경쟁력 있는 분야를 선택적으로 집중 투자하고, 새로운 패러다임으로 미생물 활용연구에 주력한다면 국가생물산업의 근간인 미생물산업이 세계적 수준으로 도약하게 될 것으로 기대된다.

지노믹스, 바이오 인포메틱스, 프로테오믹스

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(HGP)를 5년 이상 앞당겨 완성하였다. HGP에 의해 생물정보기술, DNA칩, 단백질칩 등의 신기술이 흥수를 이루고 있으며 이를 이용한 전통산업의 체질개선이 이루어지고 신개념을 이용한 신산업군이 창출되고 있다.

분석 완료된 미생물 유전체의 수는 공





핵심기술 및 관련제품

식적으로 300개 정도 보고되고 있지만, 실제 미생물 유전체는 물질을 획득하는 등 산업 재산적 가치가 높기 때문에 발표하지 않은 것이 이보다 훨씬 많을 것으로 예측할 수 있고, 현재 전세계적으로 800개 이상의 미생물 유전체가 분석 중이거나 이미 분석완료된 것으로 알려지고 있다. 우리나라는 20여 종이 완료 또는 진행되고 있으나 연구비와 연구인력이 절대적으로 부족하고 응용적인 측면에서도 절대 열세이기 때문에 미생물 유전체활용기술연구는 선진국과 차별화된 전략으로 과감한 '선택과 집중'이 필요하다.

미국 특허청의 보고에 의하면, 양적·질적 지식이 두 배로 증가하는데 필요한 시간인 '지식배가속도'가 정보기술이 7년 정도 필요한데 비하여 미생물의 경우 2년 이하로 굉장히 빠른 속도로 발전해 나가는 것을 알 수 있다. 이런 지식배가

속도는 바로 산업적인 생산성으로 전환되는데 작용하여 인간의 삶과 질을 증진시키는 데 중요한 역할을 한다.

미생물 유전체의 완성과 이에 따른지노믹스, 바이오 인포메틱스 및 프로테오믹스는 다양한 신유전자를 응용한 제품뿐만 아니라 유전자-유전자, 유전자-단백질, 단백질-단백질의 관련성을 해명해 신규제품 개발 및 신공정 개발을 가능하게 해 의학, 의료, 식품, 화장품, 농업, 에너지, 환경산업분야에 막대한 파급효과를 가질 것으로 예상되고 있다.

특히 고전적인 개념의 생명-생물산업분야의 발전속도에 획기적인 가속도를 부가함으로써 의학·의료분야에서는 신개념의 물질 창출, 분석분야에서는 DNA칩, 단백질칩에 의한 정밀 진단과 이에 따른 적절한 치료방안 도출, 유전자 재조합법을 통해 자연계에서는 수천년의 진화과정이 필요한 변화를 시험관

내에서 단지 1~2개월 안에 가능하게 할 수 있다.

또한, 생체단백질을 원하는 위치에 마음대로 발현시켜서 최종 제품을 임의로 가공하고, 미생물 유전체 정보에 의한 생체공정도를 이용해 생산성과 효율을 획기적으로 증가시키며, 작물과 미생물 유전체의 상관관계를 응용한 친환경농법, 우량품종개발, 신저항성 품종 개발 등을 통해서 농업생산성을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 화학공업에서는 생체공정도를 적극적으로 응용해 새로운 공정과 아울러 새로운 기능의 물질 발견도 가능하게 될 것이다. 이런 다양한 예와 실현을 통해서 미생물 유전체의 응용은 미래의 신비전을 제시하게 될 것으로 기대된다. ST



글쓴이는 서울대학교에서 미생물효소학 박사학위를 받았다.