

**포스트게놈다부처유전체사업 추진계획 재설정을 위한  
기획과제**

(RE-ESTABLISHMENT SCHEME OF MULTI-GOVERNMENT-FUNDED  
POST-GENOME RESEARCH PROJECTS)

연구기관 : 숙명여자대학교

2017. 02. 28

미 래 창 조 과 학 부

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의  
개인적 견해이며 미래창조과학부의 공식견해가  
아님을 알려드립니다

미래창조과학부 장관 최 양 희

# 제 출 문

미 래 창 조 과 학 부 장 관 귀하

본 보고서를 “ 포스트게놈다부처유전체사업 추진계획 재설정을 위한 기획과제에 관한 연구 ”의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 02. 28

## 요 약 문

### 1. 추진 배경 및 필요성

#### 1) 국내외 유전체 연구 동향 및 기술의 활용 가치

- 유전체 분석 기술의 비약적인 발전을 통한 유전체 연구 기반 확립 및 연구 패러다임의 변화
- 유전체 정보 및 기술을 바탕으로 한 맞춤형 정밀의료 기술 개발
- 유전체 정보의 빅데이터화 및 분석/활용 시장의 급격한 확대
- 유용생물 유전체 정보 기반 품종 육성에 활용

#### 2) 국내 유전체 연구의 방향성

- (인력 양성 측면) 유전체 연구의 핵심기술 개발 및 유전체 관련 빅데이터를 효율적으로 관리하고 분석할 수 있는 특화된 전문가 양성
- (부처 간 공동연구 활성화 측면) 국가 과제를 통해 생산된 유전체 자료의 공개 및 공개 저장소 등록 의무화를 통해 분야 간의 유전체 기반 공동연구 활성화 방안 마련 필요
- (다부처유전체사업의 성과 극대화 측면) 총괄사무국 운영이 필요하며, 사무국 내 기술위원회, 분과위원회, 자문위원회 등을 설치하여 유전체 사업 관련 부처 간 협력을 강화하고 공동연구 활성화 추진이 필요
- (정밀의료 연구 및 산업화 촉진 측면) 정밀의료 실현을 위한 유전체 정보의 생산 및 활용과 관련 제도의 확립

### 2. 다부처 유전체 사업 현황 분석 및 개선방향

#### 1) 세부기술 재분류 및 조정안

- 각 부처 유전체 사업을 개방하여 부처 간 협력을 강화하고 부처 간 역할을 명확히 함
- 각 부처의 연구범위를 [응용연구분야], [기반, 산업화 인프라분야], [공동 연구 사업] 분야로 재조정하여 부처별 연구 중복을 방지하고 각 부처 간 시너지 극대화 함

- 각 부처별 연계 강화를 위해 공동연구 사무국을 설립하고 통합적 사업관리 시스템을 구축함
- 각 부처 고유의 유전체사업 특성을 고려하고 지속적인 투자를 통해 성과의 극대화를 유도함
- 다부처유전체사업의 성과 극대화를 위해 빠르게 발전하는 유전체 관련 신기술의 조속한 국내 도입이 요구됨
- 국내 유전체관련 기술의 국가경쟁력 확보를 위해 국내연구자들에 의한 유전체 관련 신기술 개발에 적극적 투자가 필요함

## 2) 예타 내용 변경 및 필요사항 발굴

- 효율적인 유전체 연구를 위한 공통 기반 기술 확보 필요성 증대
- 포스트게놈다부처유전체사업('14~21) 추진계획(안) 대비 진행상황 점검 논의
  - 부처 내 일부 미진한 사업 개선을 위한 공감대 형성
  - 복지부, 미래부, 산자부는 부처 성과목표를 달성하기 위해 부처 내 사업 단장 혹은 코디네이터 지정 필요
  - KOBIC의 역할, 기능 및 체계 개편이 필요
  - 주관 부처에 코디네이터를 지정하고 사업 운영을 주도적으로 진행할 필요
  - 1)유관 부처 간 특정분야 대상으로 국제심포지엄 추진, 2)부처 간 성과 발표회 개최, 3)국제공동연구 가능 과제와 불가능한 과제를 분류한 후, 가능한 과제를 국제공동연구로 지정하여 인센티브 제공 등으로 국제공동연구 활성화 추진
  - 공동사무국과 같은 총괄 컨트롤타워 구축을 위한 예산확보가 필요하고, 한 부처를 지정하되, 간사부처는 순환형태로 운영
  - 공동 사업공고, 공동 사업설명회, 공동 평가기준(안) 마련, 평가위원 공동 활용 등 다부처간 연계 활성화 노력 필요
- 포스트게놈다부처유전체사업('14~21) 추진계획(안) 변경 내용 협의
- 정밀의학 분야의 투자 확대 필요성 대두
- 공동연구사업 확대 필요성 증대
- 국제협력의 확대 및 체계화

- 교육 및 인력 양성 사업 재편을 통한 정보 분석 인력 양성의 내실화
- ## 3) 연구추진체계 조정 방안

- 총괄사무국 중심의 다부처사업 공동 추진체계 강화
- 총괄사무국 중심의 다부처사업 상호협력 강화
- 유전체 기술의 급격한 발전에 따른 기술동향을 파악 및 필요시 총괄 추진계획에 반영
- 효율적 유전체 정보 연계 방안 및 KOBIC 위치 재정립
- 유전체정보이용기술 기반의 유전체분야 전략 로드맵 제시 필요

## 3. 다부처 유전체사업 개선안 제시

- 미래부 국과심과 상위평가에서 지금까지 수행된 다부처포스트게놈유전체 사업의 예타 부합성을 검토하면서, 다음과 같은 부분에서 개선을 요구
  - 다부처 사업에 부합하는 공동 기획/평가/성과관리 요구
  - 기술의 혁신적 발달에 의한 연구내용 재조정을 예타 계획서의 가변적 범주 내에서 요구
  - 상위평가 및 단계평가를 위하여 핵심성과지표 (공동은 KOBIC 자료 등록 + 부처별은 논문/특허)의 부처 간 조율 작업의 필요성 제시
- 하지만 7개 부처의 범부처사업의 속성상 부처 및 전문기관의 담당자가 계속 바뀌면서 사업 연속성이 단절되는 문제점이 도출되었으므로, 연구 및 사업구조의 측면에서 다음의 개선안이 필요함

### 1) 연구 측면에서의 개선안

- 최신의 연구동향 및 신기술을 반영한 연구내용 조정
- 부처 간 연구사업의 상호협력 증진
- 내역사업 내외간 예산투입 규모의 조정 필요
- 상기의 다양한 연구 환경 변화 및 미래 수요를 반영한 로드맵 작성

### 2) 사업구조 측면에서의 개선안

- 효율적 범부처 협의체(운영위원회, 기술자문위원회, 분과위원회 등) 운영, 사업의 연속성, 공동 기획/평가/성과관리를 위한 범부처 연락

사무실 기능의 사무국 신설

- KOBIC의 위치 재정립 및 사업구조 조정을 통한 공동 성과지표 활성화
- 부처별 및 부처 간 사업구조 재조정
- 이를 개선하기 위하여, 부처 간 통합 컨트롤 타워 신설 및 예산 지원

### 3) 기술 동향 변화에 따른 신규 사업 분야 추진 필요성

- 급변하는 유전체 연구 환경에 맞추어 필요시 새로운 인프라 지원기술을 신규과제로 추진하는 것이 필요
- 정밀의료 관련 사업은 기존의 다부처유전체 사업에서 신규 사업을 발굴하고, 필요시 별도의 사업으로 추진하는 것이 바람직함

### 4) 다부처유전체 공동사무국 운영방안(안)

- 다부처유전체 공동사무국은 사업에 대한 코디네이터 역할 수행
- 부처고유사업의 경우 부처별 사업단장을 지정하고 사업 총괄 관리
- 공동연구사업의 경우 주관부처별 사업단을 구성하고 공동연구를 추진하고 다부처유전체 공동사무국과 협력
- 유전체기반사업의 경우 공동사무국과 협력하여 KOBIC 중심으로 데이터 수집 의무화 및 활용 강화

## 4. 결론

### 1) 예타 부합성

- 공동연구사업 운영 원칙 준수 미비
  - 독립된 운영조직 구성이 미비함
  - 공동 기획 선정 등 협조체제 미비
- 예타 내용에 제시된 유전체 사업으로 생성된 데이터의 KOBIC 의무 등록 및 공유 정도가 미흡함
- 성과목표 및 지표관리 구체화가 요구 됨

### 2) 부처별 수정 연구 제안 내용

#### ○ 미래창조과학부

- 미래원천기술개발, 공동연구과제, 정보 분석 기반구축 등 기존 사업들의 투자 포트폴리오 개선 추진
- 미래원천에서 향후 신규 투자가 필요한 분야 도출

#### ○ 보건복지부

- 사업출범 후 보건복지부 과제지원 현황을 반영하여 다수의 센터형 과제 선정을 통한 사업 수행
- 인간유전체를 기반으로 하여 진단치료법 개발을 목표로 하는 사업 시행, 관리 감독 및 지원 업무 수행으로 변경
- 부처고유사업의 경우 정밀의학 기반 유전체사업구조로 개편하여 추진하는 것이 바람직함

#### ○ 산업통상부

- 공동연구사업인 「산업인력」의 경우, 초기('14~'17년) '비즈니스클러스터 구축' 과제 내에서 지원하나, 과제 종료 후에는 타 과제로 후속 지원함을 명시
- 부처고유사업의 경우 정밀의학 기반 유전체사업구조로 개편하여 추진하는 것이 바람직함

#### ○ 농촌진흥청

- 식물병원균 유전체 해독 및 DB 구축
- 병저항성 작물 분자 육종을 위한 병원성 인자 탐색

### 3) 효율화 방안

#### ○ 추진체계 효율화

- 공동사무국 운영
- 사업 통합관리 및 부처별 연구·공동연구 전략 로드맵 작성(지원) 등을 통한 사업성과 관리시스템 정착

#### ○ 부처연구 및 공동연구 활성화

- 부처고유사업은 부처별 사업단장 지정
- 공동연구사업은 주관부처에 사업단장 지정 및 사업 주관

#### ○ KOBIC 활성화

- 유전체 사업으로 생성된 데이터의 KOBIC 의무 등록 및 공유 적극 추

# 목 차

- 진
  - 성과지표 개선 방안 제시
  - 사업성과 극대화를 위해 KOBIC 독립운영 추진
- 성과교류회 활성화
  - 국내 유관학회 등과 연계하여 관계 부처 연구자들이 참여하는 워크숍 및 심포지엄 개최
- 4) 향후 추진 내용
  - 기술의 변화를 감안한 기술 로드맵 작성
    - 최신기술 동향 반영: NGS 신기술, 후성유전체 등의 분석기술, 정밀의료, 마이크로비움 등
  - 총괄 기능이 가능한 공동사무국 설치 및 운영
    - 다부처사업의 컨트롤타워 기능역할 및 유기적인 협력체계 구축
    - 부처를 총괄하는 사업단장 또는 코디네이터 지정 운영
  - 포스트게놈 다부처유전체사업 추진체계 변경안 마련
    - 변경안 국가과학기술심의회 상정 및 차년도 사업부터 적용
- 5. 기대효과 및 활용방안
  - 1) 유전체 사업의 효율성 증대를 통한 국내 유전체 연구 기반 확립
  - 2) 유전체 분석 기술 관련 전문 인력 양성 및 일자리 창출
  - 3) 국내 유전체 연구 기반 확립을 통한 미래의료 기술(개인맞춤의학) 개발
  - 4) 국내 유전체 연구 기반 신산업 육성
  - 5) 유전체 관련 국제 공동 연구의 활성화

- 1. 추진배경 및 필요성 ..... 1
  - 1.1 국내외 유전체 연구 동향 ..... 1
  - 1.2 유전체 연구의 필요성 및 활용 가치 ..... 29
  - 1.3 국내 유전체 연구 현황 분석 및 방향성 제시 ..... 34
  - 1.4 ('14~'15) 포스트게놈 다부처 유전체 사업 목표 및 과제 ..... 38
  - 1.5 기존 다부처 유전체사업의 한계점 및 향후 방향성 제시 ..... 57
- 2. 다부처 유전체 사업 현황 분석 및 개선방향 ..... 66
  - 2.1 세부기술 재분류 및 조정안 ..... 66
  - 2.2 세부기술 및 추진 연구내용 구체화 ..... 67
  - 2.3 사업별 투자계획 및 규모조정 연구 ..... 76
  - 2.4 성과목표 및 핵심성과지표 제시 ..... 97
  - 2.5 사업의 경제성 확보 방안 ..... 113
  - 2.6 예타내용 변경 및 필요사항 발굴 ..... 113
  - 2.7 유전체정보 수요자 중심 활용체계 강화방안 ..... 120
  - 2.8 다부처 유전체 사업 추진계획 내용 대비 실행 여부 분석 ..... 123
  - 2.9 연구추진체계 조정 방안 ..... 131
- 3. 다부처 유전체사업 개선안 제시 ..... 136
  - 3.1 개선안의 요약 ..... 136
  - 3.2 연구 측면에서의 개선안 ..... 138
  - 3.3 사업구조 측면에서의 개선안 ..... 155
  - 3.4 KOBIC 역할에 따른 현안 및 개선사항 ..... 156
  - 3.5 기술 동향 변화에 따른 신규 사업 분야 추진 필요성 ..... 162
  - 3.6 다부처유전체 공동사무국 운영방안(안) ..... 163
  - 3.7 포스트게놈 다부처 유전체사업 추진계획(안) 부처별 변경 의견 ..... 167

4. 결론 .....	174
4.1 에타 부합성 .....	174
4.2 부처별 수정 연구 제안 내용 .....	174
4.3 효율화 방안 .....	175
4.4 향후 추진 내용 .....	177
5. 기대효과 및 활용 방안 .....	178
6. 인용문헌 .....	181
7. 부록 .....	182

---

## 1. 추진배경 및 필요성

---

### 1.1 국내외 유전체 연구 동향

#### 1) 유전체 연구 기반을 바탕으로 한 연구 패러다임의 변화

- 유전체(genome)는 유전정보를 담고 있는 염색체 정보의 총합을 일컫는 것으로써 전반적인 생명현상 이해에 필요한 중요한 정보를 가지고 있으며, 이는 인간 질병의 진단 및 치료법 개발에 활용될 수 있는 생물학적 단서를 제공함
- 유전체 연구는 전반적인 생명현상의 이해에 필요한 유전적 정보를 제공하고 이를 필요한 연구 분야의 특성에 적합하도록 가공 및 활용시키는 연구 분야를 의미함
- 생명 및 의료분야에 있어서 유전체 연구는 유전자의 기능을 이해하는 ‘기능유전체학’ 분야와 개개인의 염기서열의 차이를 분석하는 ‘비교유전체학’으로 구분되어짐 이러한 유전체 연구는 난치성 질환을 포함하는 다양한 질병의 원인을 밝히는데 새로운 연구 패러다임을 제시하고 있음
- 유전체 연구는 의료 및 생명과학뿐만 아니라 신약, 진단/예방, 국방, 식품, 환경, 에너지, 화학 분야 등 미래혁신적인 분야에 적극 활용될 수 있는 기술로써 고부가가치 창출에 해당되는 기술임
- 기존 생명과학 및 의학 분야의 연구는 단일 유전체의 기능을 밝히고 돌연변이를 발굴하는 연구가 대부분이었음 하지만, 인간게놈프로젝트(Human genome project, HGP) 추진으로 무형의 유전체 정보를 유형 유전체자원으로 활용시킴으로써 전반적인 생명현상을 이해하고 질병의 원인 및 치료제를 개발하는데 유전체 연구가 활발히 이루어지고 있음

#### 2) 유전체 분석 기술의 비약적인 발전

- 1995년에 유전체 자원을 얻기 위한 유전체분석기술로써 microarray와 같은 마이크로칩(microchip) 기술이 개발되었으며, 2000년대에

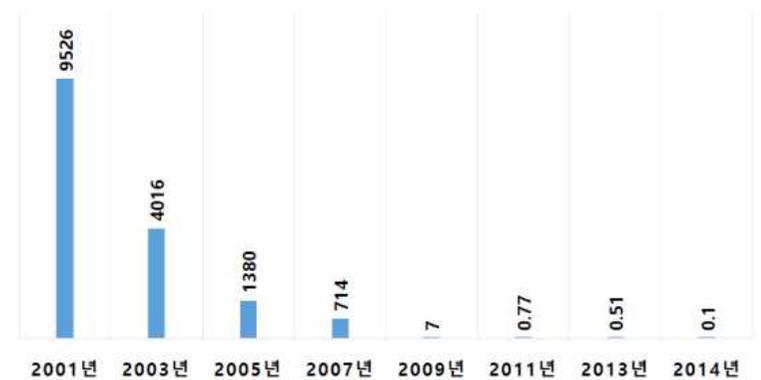
는 염색체의 중복 또는 결실에 대한 정보를 얻을 수 있는 copy-number change profiling 기술과 단기 염기서열 다형성 (single nucleotide polymorphism, SNP)을 스크리닝 할 수 있는 SNP genotyping 기술이 개발되었음

- 최근 연구에 따르면, 단순 유전자 염기 서열의 변화 및 결실과는 독립적으로 유전자 발현이 조절 될 수 있다는 후성유전체학 연구가 활발히 이루어지고 있음
- 이러한 연구 패러다임 변화에 맞추어, 기존 단순히 유전체 염기 서열의 변화에만 초점을 맞추었던 유전체 분석 기술이 후성 유전체학적 변이 발굴을 위해 microRNA profiling, Methylome profiling, histone modification profiling, long non-coding RNA profiling 과 같은 기술이 개발되었음
- 개개인의 유전체는 방대한 유전적 정보를 포함하고 있기 때문에 이를 효율적으로 분석할 수 있는 분석 기술인 차세대염기서열분석법 (Next generation sequencing, NGS)이 개발되었으며, 이 기술의 개발로 인해 유전체 연구의 진행이 활발히 이루어지게 되었음
- 차세대 시퀀싱 기술 개발을 시작으로 지속적인 연구 개발을 통해 다양한 유전체 분석 방법들이 고안되었음 대표적인 분석 방법들로는 Whole genome sequencing (WGS), Exome-Sequencing, RNA-sequencing, Chip-sequencing 이 있음
  - Whole genome sequencing은 전체 유전체를 분석하는 기술로써 개체 간의 유전적 변이를 비교 분석할 때 주로 사용되며, 바이오마커 발굴, 형질 분석, 진화 연구 등에 응용되고 있음
  - Exome-sequencing은 단백질 암호화 정보를 가지고 있는 exon을 분석하는 방법으로써 WGS보다 분석 속도가 빠르고 chromosome rearrangement 혹은 세포내 낮은 발현을 유지하고 있는 유전자들을 비교 분석하는데 적합한 기술로 알려져 있음
  - RNA-sequencing은 NGS를 기반으로 하여 RNA 전사체들의 발현 양상을 분석할 수 있는 기술로써 mRNA뿐만 아니라 후성유전체학 연구를 위한miRNA, tRNA, noncoding RNA 도 분석 가능하다는 장점을 가지고 있으며 유전체 발현 과정에 관여하는 요소들을 분석하는데 활용되고 있음
  - Chip-sequencing은 DNA와 상호작용하는 단백질(전사인자)를 분석하는

데 활용되는 기술로써 후성유전학적 정보를 바탕으로 한 변이를 발굴하는데 주로 사용되고 있음

- 특히, RNA-sequencing 분야에서는 기존의 NGS 기술의 한계점을 보완하기 위해 GRO-sequencing, CAGE-sequencing, NET-sequencing 등 새로운 기술들이 개발되어 생명체내 다양한 RNA 전사체 분석이 가능함
- 짧은 염기서열의 분석이 가능한 기존의 NGS 기술의 문제점을 보완하기 위해 Nanopore와 PacBio등에서는 상대적으로 긴 염기서열을 분석할 수 있는 신기술들을 개발하였으며, 이를 이용하여 보다 효율적인 유전체 분석이 가능할 것임
- NGS 기술이 개발된 초기에는 개개인당 유전체 분석 비용이 약 27억 불이었지만, 최근에는 약 1000불 미만으로 비용이 감소한 상황이며, 많은 바이오 및 의료 관련 업체에서 개인의 유전체 분석 의료 서비스를 제공하고 있는 상황임

연도별 유전정보 분석 비용 추이 (단위: 만달러)



< 그림 1 > 연도별 유전정보 분석 비용 (출처: 미국 국립인간게놈연구소, 미국 일루미나 분석 발표 자료를 가공한 그래프)

- 개개인의 유전체 분석 비용의 감소뿐만 아니라 분석에 소요되는 시간 역시 감소됨에 따라 개인 유전체 분석에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있는 추세임

- 유전체 분석 기술의 고도화와 염기서열 분석 비용의 하락은 상대적으로 복잡한 유전체 정보를 가지고 있다고 알려진 식물모델에서도 유전체 연구를 수행할 수 있는 연구기반을 마련해주었음 이를 통해 현재에는 약 200여종 이상의 식물체의 유전체 정보가 밝혀져 있는 상황임
- 유전체 분석 기술의 발전으로 인해 기존에는 몇몇 실험실에서만 가능하던 유전체연구가 최근에는 다양한 모델 및 질병에서 보편화되고 있는 상황임 현재까지 가장 많은 유전체 데이터가 확보 된 유전체 기반 질병 연구는 Human cancer biology 분야로 알려져 있으며, 대부분의 암에 대한 유전체 정보가 public database로 구축되어 있음
- 대규모 식물유전체 해독 연구로 가지과 식물 100종의 서열 분석을 위한 SOL 100 project (2009년), 식물 진화 과정을 규명하기 위해 100종 이상의 전장 유전체 데이터를 생산하고 진화 분석하는 100 X 100 Plant Genome Project (2009년), 모델 식물인 애기장대의 1001개 변이체 염기서열을 분석하는 1001 Project등이 진행되고 있으며, 이를 통해 현재에는 약 200여종 이상의 식물체의 유전체 정보가 밝혀져 있는 상황임

### 3) 유전체 기반 정밀 의료 기술 개발에 대한 관심 증대

- 정밀의료 (Precision Medicine, PM)는 개인의 유전체 및 임상·정보, 생활 환경 및 습관 정보 등을 고려하여 연령, 성별, 인종 등 환자의 특성을 고려하여 환자에게 최적의 맞춤형 의료를 제공하는 행위를 뜻함
  - 특정 질병에 대한 획일적인 치료방법을 개선하고 질병 예측 및 건강관리에 필수적임
  - 보건의료의 패러다임이 치료에서 예방으로 변화함에 따라 질병 발병을 예측·예방하여 건강한 삶을 추구하여 보건의료비를 절감함
- 정밀의료는 개인의 유전체 정보, 의료정보, 건강상태와 생활습관 정보 등을 연계 분석하여 맞춤형 의료를 제공하고자 하는 새로운 기술 개발 패러다임으로 미래의 의료시장을 주도할 핵심 기술임
  - 전 세계 정밀의료 시장 (유전체 맞춤의료, 스마트 헬스케어, 보건의료 빅데이터 시장)은 2020년 이후 총 950조원에 달할 것으로 전망됨
- 다양한 오믹스와 빅데이터의 통합 분석을 통해 각 개인별 질병 민감

도에 따라 세부 그룹으로 분류하여, 질병을 예방하고, 조기 진단 및 치료하기 위한 최적의 처방을 실시하는데 목표를 둠



< 그림 2 > 정밀의료 실현을 위한 기술 요소  
(출처: 국립암센터, 정밀의학연구과)

- 유전체 기술의 비약적인 발전 및 축적된 다양한 유전체 정보를 기반으로 하여 정밀의료를 위한 코호트 구축을 통해 미래형 의료 기술 제시를 위한 투자 및 연구가 활발히 이루어지고 있음
- 해외 정밀 의료 기술 개발과 관련된 연구 및 투자 현황
  - 선진국은 의료 및 임상정보 교류 체계를 구축하고, 시범 프로젝트를 수행함으로써 정밀 의료 관련 정보 연계 활성화 및 미래 의료 환경 개선을 위한 노력을 하고 있음
    - (미국) ONC HIT (의료정보기술조정국, Office of National Coordinator for Health Information Technology) 인증을 통해 임상데이터 교환 체계 마련
    - OHDSI (Observational Health Data Sciences and Informatics) 프로그램을 통해 국가 간 교류가 가능한 공통 데이터 모델에 대한 연구를 추진하고 있으며 2015년에 우리나라가 참여하였음

- 미국, EU 등 선진국은 의료 데이터 공개 및 플랫폼 구축을 통해 개방적 공유를 통한 연구를 시도하고 있음 특히 미국은 의료데이터를 공개하고, 클라우드 기반 플랫폼을 구축하였음
  - HealthDatagov: 의료정보 관련 2,100여종의 정보 공개, 정보접근 제한 없음
  - Precision FDA: 산학연 모두 사용할 수 있으며, NGS 데이터 저장 및 분석
  - EU는 뇌공학 연구 분야에 대해 영국, 독일 등 회원국 간 공공 데이터 개방 시도
- 주요 선진국은 미래의료시장 주도권 선점을 위해 한발 앞서 인공지능 기술개발 및 인프라 구축에 전략적으로 투자를 하고 있음
- 선진국은 정밀의료 관련 임상시험이 진행 중임
  - (미국) NCI (National Cancer Institute)는 정밀의료 관련 치료법 효과 검증 시험 및 정밀의료 기반 약물 임상 시험을 진행하고 있음
  - (유럽) 영국, 프랑스 등 유럽 주요국에서는 정밀의료 임상시험 수행을 위한 프로그램을 가동 중임
- 선진국은 의료비용 절감 등을 위해 정밀의료 자원을 활용한 다양한 건강 서비스 모델을 연구 중임. 미국의 경우, 증가하는 의료비용 절감을 위해 빅데이터를 활용하여 Data-Index 기반의 건강증진 프로젝트를 추진하고 있음
  - 생활습관 개선을 통한 당뇨예방 프로그램 등 임상시험 진행 중
  - 행위별 수가제도에서 가치 중심 수가지불체제로 전환 중
- (미국) 정밀의료 코호트 프로그램 (Precision Medicine Initiative - Cohort Program) 을 통해 100만 명 규모 코호트 구축 및 의료, 건강과 관련된 빅데이터를 수집하여 의학연구와 산업전반에 활용할 계획 임
- (미국 PMI 추진 현황) 고비용 저효율의 현대의료 체계 문제점 대두에 따라 미 행정부는 국민 건강 및 질병 치료 개선을 위한 정밀의료 (Precision Medicine) 이니셔티브를 발표하고 215억불을 요구함
  - 미국은 게놈프로젝트로 인한 유전체학의 발전을 기반으로 2015년 1월에 약 2,370억 원의 지원을 통하여 정밀의학의 발전을 위한

precision medicine initiative를 발표하였음

- 백인중심의 임상시험으로 인종 간 차이에서 오는 부작용과 대부분의 약이 30~50% 환자에서만 효과를 보임에 따라 심각한 비용 낭비 초래
- 생의학적 발견을 촉진하고 환자에게 최적의 치료법을 제공할 수 있는 환자 권한 강화형 연구모델 대두
- 환자별 개인차 (유전자, 환경, 생활습관)에 따른 맞춤 예방 및 치료 기대

< 美 정밀의료 추진계획 세부 내용 >

- (단기 목표) '유전체 정보 분석을 이용한 암 정복'
  - 다양한 종류의 암에 대한 예방과 치료를 목적으로 암 발병 원인 규명 계획
- (장기 목표) '1백만 명 이상의 국가 연구 코호트 구축'
  - 국가적 코호트를 구축하여 당뇨병을 비롯한 만성질환 최적 치료법 개발 및 기술 산업화

구분	목적	세부내용
단기	개인 맞춤형 항암치료제 개발	- 암 관련 다양한 지식 공유 - 유전체 기반 암 임상시험 확대 - 맞춤형 치료 설계 및 테스트
장기	국가연구 코호트 형성	- 백만 명 이상 자발적 참여자 모집 - 인체자원, 유전체, 건강정보기록 수집
	보안 강화 및 데이터 공유	- 개인정보 보안, 데이터 표준화
	데이터베이스 구축 및 인력 양성	- 정밀의료 실현 가속화를 위한 정보 데이터베이스 구축 및 인력 양성
	공공-민간 제휴	- 스마트 헬스케어, 빅데이터 분석을 위한 전문가 네트워크 구축

\*출처: The White House, President Obama's Precision Medicine Initiative, '1501

- (미국 PMI 추진 경과)
  - ('15.01.30) 국민 건강 및 질병 치료 개선을 위한 정밀 의료 이니셔티브 추진을 위한 215억불 투자계획 발표
  - ('15.05.08) 미국의 NIH는 정밀의료 임상연구 및 프로그램 추진 방향 등을 설계하기 위한 '정밀의료 이니셔티브 추진 위원회' 구성
  - ('15.08.05) 미국의 FDA는 게놈 정보 및 의학정보를 공유할 수 있는 오픈소스 플랫폼 'PrecisionFDA' 개발 발표
  - ('15.09.17) 미국의 NIH내 Precision Medicine Initiative Working Group의 정밀의료 코호트 운영계획 리포트 발표
- 정밀 의료 기술 관련 전문 인력 양성을 위해 해외에서는 2008년 기준 총 22개국의 125개의 대학에서 생물정보학 분야의 학사, 석사, 박사 양성 과정을 운영하고 있음
- (EU) 유럽은 'Horizon 2020' 프로그램에서 맞춤형 의료 부문을 주요과제로 제시
  - EU 및 국가 차원의 다양한 R&D 이니셔티브와 협의체가 구성되어 정책 발굴 및 연구사업 진행 중임
  - 유럽의약품청(EMA)은 맞춤형 의료 관련 의약품 및 제품 평가를 진행 중이며, '07년부터 '약물유전체에 대한 가이드라인'의 지속적 개정 발표함
  - 맞춤형 의료 평가 시스템(HTA) 및 의료보험급여규정은 국가, 지역에 따라 다양하여 현지 상황에 맞게 운용함
  - ※ 의약품과 진단제품에 대한 평가 및 의료보험 지불방식을 구분하여 운용하고 있으며, 의약품 및 의료기기에 대한 규제정책은 유럽연합 전체 적용함
- (독일) 지역 중심의 다양한 이니셔티브가 진행 중이며, 독일 연방교육연구부(BMBF)에서 연방정부 차원의 투자를 진행함
  - ※ BioM Biotech 클러스터(Munich)의 GANI\_MED 및 m4 이니셔티브, Dr Margarete Fisher-Bosch Institute(Stuttgart)의 교육프로그램(Fighting Drug Failure), North Rhine-Westphalia의 PerMed NRW 프로그램 등
- (프랑스) 프랑스의 맞춤형 의료 R&D는 항암제에 집중(Cancer Plan 2009-2013)되어 있으며, 지역별 이니셔티브, 바이오클러스터 및 진

- 단제품 협의체 활동 중임
  - ADNA(Advanced Diagnostics for New therapeutic Approaches)에 4억 유로를 투자('07~'17)
- (일본) 「의료혁신 5개년 전략」을 통해 재생의료, 개인맞춤의료, 바이오의약품과 같은 최첨단 기술 R&D에 주력('12)함
  - RIKEN(이화학연구소)는 '혁신적 세포해석 프로그램'('09년 693억 원 지원)을 통해 질병 및 유전체 변이 연구(연간 184억 원 지원)임
- 해외 정밀 의료 기술 개발과 관련된 시장동향
- 급속도로 발전하는 맞춤형 의료 기술의 수준과 더불어 관련 의료 시장 규모가 커지고 있는 상황임
  - 분자 진단과 POC (Point of Care, 현장진단용 의료기기)의 규모가 가장 크며 성장률 자체만 놓고 보았을 때, 분자 진단, 바이오마커, 바이오칩, 유전자 스크리닝 등의 분야가 높은 성장률을 보일 것으로 전망됨
  - 바이오마커의 경우, 의약품 연구 개발 과정에서 적극적으로 도입되는 비율이 급증하여 수요가 증가할 것으로 예상함
  - 수요 확대, 폭 넓은 응용가능성, 오픈스 기술과의 융합 등을 바탕으로 향후 급격한 성장이 예상되며, 전문 의료 인력의 중개 없이 개인이 바로 유전체 분석을 도와주는 시장 역시 확대될 것으로 전망됨
  - ※ 23andMe 같은 기업의 경우, 자사의 인터넷 홈페이지를 통해 개인용 DNA 분석 키트를 99불에 공급함
- (진단칩 · 해독기) 전 세계적으로 3~4개사가 독과점으로 매년 30% 성장을 예상함
  - ※ (진단칩) 시장규모 4조('09) → 14조('17) 전망 : 대표적 독과점 회사인 Illumina 매출 약 11조원('11) 중 칩은 4,510억 원(41%)
  - ※ (해독기) 시장규모 4,400억 원('10) → 27조원('17) 전망
- (분석서비스) 개인 유전체 분석이 대중화될 경우 '23년 183억 달러 이상의 시장규모가 전망됨
- 미국 PMI 추진 시행을 위한 2016년 예산안
  - 4개의 프로젝트로 구성하여 추진하며, 코호트 구축에 60.5%의 예산을 투입할 예정임

- 생산한 데이터의 공유를 통해 새로운 가치창출을 위한 에코시스템을 개발하기 위해, 공유플랫폼 구축, 데이터 공유 표준 제정 등의 프로젝트가 진행예정임

< 그림 3 > 맞춤의료의 세계 시장규모

출처: Jain PharmaBiotech, 2010, KISTEP재가공

[ 표 1 오바마 정부의 정밀의료계획(PMI) 시행을 위한 2016년 예산 ]

목표	예산 (만 달러)	예산 비율	내용
국가 연구 코호트 구축	13,000	60.47%	<ul style="list-style-type: none"> <li>•백만 명 이상의 자발적 연구 참여자 모집</li> <li>•안전한 데이터 교환 시스템 개발</li> </ul>
개인 맞춤형 항암제 개발	7,000	32.56%	<ul style="list-style-type: none"> <li>•국가차원의 암 지식 네트워크 구축</li> <li>•유전자 분석 기반의 암 임상시험 확대</li> <li>•효과적인 맞춤형 치료 설계 및 테스트 가속화</li> </ul>
연구자료 공유를 위한 플랫폼 구축	1,000	4.65%	<ul style="list-style-type: none"> <li>•개인정보 및 데이터 보안 시스템 개발</li> </ul>
데이터 공유를 위한 표준 제정	500	2.32%	
합계	21,500	100%	

(출처:The White House, President Obama's Precision Medicine Initiative, 201501)

○ 미국 민간 거대기업의 정밀의료 프로젝트 추진

- IBM 과 New York Genome center는 IBM 왓슨(Watson)의 인공지능을 활용해 시범적으로 200명의 암 환자로부터 채취한 암유전체 염기서열을 분석 및 데이터베이스 구축 예정
- 아마존(Amazon) 은 정밀의료추진계획 연구자들에게 클라우드 서비스 AWS(Amazon Web Services) 의 기부 지원
- 구글의 벤처회사 '구글 벤처스'는 정밀의료 관련 업체인 23andMe,

Calico, Foundation Medicine 등의 회사에 집중투자하고 있음

○ 영국 게놈 프로젝트 추진

- Genomics England를 설립하고, 2017년까지 국민보건서비스(NHS)에 등록된 환자 10만 명의 30억 개 전장유전체를 분석하는 100,000 genome project에 3억 파운드(약 5천억 원)을 투자함 질병예방의 지표를 수립하고 디지털화된 개인 유전자 정보를 전자건강기록에 활용하려는 계획을 진행 중임

○ 프랑스 유전체의학 추진

- 2016년 6월, 환자의 유전자 특성에 따라 질병의 예방, 진단, 치료를 위한 개인맞춤형 의료를 지향하는 '프랑스 유전체의학 2025(France Medicine Genomique 2025)'를 발표

○ 중국 정준의료계획

- 지난 2015년 3월 26일 2030년까지 15년 간 600억 위엔(약 92억 달러) 규모의 정밀의학에 대한 투자 정책인 정준의료계획(精準醫療計劃)
- 쓰촨대의 화서의원은 미국이 계획하고 있는 정밀의학 구상규모에 해당하는 1백만 명의 유전체 분석을 계획하고 있음

○ 일본 SCRUM-Japan' 프로젝트

- 정밀의학의 실용화를 위해 2015년 93억 엔(약 950억 원)의 예산을 요구
- 2015년, 문부과학성, 후생노동성, 경제 산업성 3개 부처가 공동으로 4,500명의 암 환자를 대상으로 '맞춤 의학을 위한 암 게놈 스크리닝 프로젝트' 인 'SCRUM-Japan' 프로젝트를 수행중임
- 이는 13개의 제약회사와 200여 곳의 암 센터·병원들이 하나의 네트워크로 결합한 일본 최대 국가 암 프로젝트임

□ 국내 정밀 의료 기술 개발과 관련된 연구 및 투자 현황

- 2015년 미래부, 산업부, 복지부 등 유관부처가 모여 '보건의료 빅데이터 플랫폼' 구축을 위해 협력 중이며, 이러한 보건의료 빅데이터를 이용하여 기존 미래부, 산업부에서 진행 중인 IT헬스사업과의 효과적으로 연계방안을 마련 주임

- 한-미 정밀의료 추진을 위해 2015년 9월 미국 국립보건연구원장인

Francis Collins 박사가 질병관리본부 및 국립보건연구원을 방문함  
(한)국립보건원-(미)국립보건원간의 정밀의료 추진 협력의향서  
(Letter of Intent, LOI) 체결

- 국립보건연구원에서는 67만 명분의 인체자원 (biology sample) 과 정보 (clinical, epidemiologic, and genetic data) 를 국가 바이오뱅크 (National Biobank) 네트워크를 통해 추가 확보함
- 보건의료 빅데이터 활용을 통한 산업적 확산의 목적으로 건강보험심사평가원은 2015년 '보건의료 빅데이터센터'를 개소하고 '빅데이터 센터 마스터플랜'을 발표
- 국내 정밀의료 사업 관련 내용 및 예산 계획

구분	제안 사업 내용	이행 계획	추진 일정 및 예산 계획
정밀의료 코호트 구축	신규 정밀의료 코호트 구축	- 既 코호트 활용 및 개방형 운영 목적의 단계별 신규 코호트 구축 - 기존코호트 활용 및 신규 참여자 모집 - 정밀의료 코호트 지원의 확보를 위한 정보 수집 - 지속가능한 정밀의료 코호트 관리를 위한 유지 관리 체계 마련	'17~'21 / 5년간 총 5,100억 원
	기 구축 코호트·바이오뱅크 활용 고도화	- 기존 코호트 DB의 상호운용성 및 활용 강화 - 정밀의료 활용을 위한 질관중심 바이오뱅크 확대 및 컨트롤타워 구축	'17~'21 / 5년간 총 300억 원
정밀의료 정보공유 플랫폼 구축	정밀의료 자원 표준화	- 헬스케어, 의료 데이터 표준의 국내 조정 체계를 마련하고 새로운 국제 표준 제정에 참여 - 국제 표준 도입 검토 및 공백 분야에 대한 글로벌 헬스케어 표준 개발·제안 - 빅데이터 구축에 필요한 기본 데이터set 구축	'17~'21 / 5년간 총 75억 원
	개방형 정밀의료 지원 연계·활용 플랫폼 구축	- 공공·민간 분야의 건강, 의료 데이터가 수집, 교류, 활용 될 수 있는 정보 네트워크 구축 - 글로벌 공동연구 및 국내 실정에 맞는 정밀의료 구현을 위한 정보 허브 및 산업화 플랫폼 확대	'16~'20 / 5년간 총 330억 원
정밀의료 정보 공유 기관 설립	정밀의료 자원을 공유하는 독립법인 설립	- 정밀의료 정보공유 기관 설립을 위한 법적근거 마련 - 정밀의료 자원의 통합을 위한 독립기관 설립	'17~'21 / 5년간 총 30억 원
알파-메드 개발	진료·영상정보를 기반으로 정밀의료 서비스(진단, 처방지원 등) 지원 인공지능 프로그램 개발	- 개방형 의료 빅데이터 분석 플랫폼 개발 - 정보보호 및 보안 기술 개발 - 영상분석 인공지능 시스템 개발 및 시범 운영 - 건강관리 인공지능 시스템 개발 및 시범 운영 - 빅데이터 인공지능 기반 개방형 CDSS 기술 개발 및 시범 운영	'17~'21 / 5년간 총 340억 원

개인 맞춤형 암 예방 및 치료기술 개발	암 정밀의료 임상시험 체계 및 지원 시스템 구축 및 회귀·만성질환의 정밀의료 임상 지원시스템 확대	- 암 정밀의료 임상시험 체계 및 지원 시스템 구축 - 암 중심에서 회귀 만성질환으로 정밀의료 임상시험 체계 및 지원시스템 확대	'17~'21 / 5년간 총 500억 원
특정인구집단별 건강관리 서비스 개발	참여형 건강관리서비스 플랫폼을 활용한 신 고령층, 직장인, 암생존자 등 집단별 특화된 건강관리 서비스 프로그램 개발	- 환자 참여형 정밀의료 건강관리서비스 플랫폼 구축 - 신 고령층 최적 노화를 위한 모바일 클리닉 개발 - 직장인 건강증진을 위한 모바일 건강증진 프로그램 개발 - 암 생존자를 위한 정밀의료 기반 건강관리·증진 프로그램 개발	'17~'21 / 5년간 총 350억 원
차세대 의료정보시스템 구축	정밀의료를 지원할 최첨단 병원정보시스템을 구축하고, 이를 기반으로 혁신적 진단·치료 솔루션 시범 개발·적용	- P-HIS 지향 혁신적 진단 솔루션 개발 - 최첨단 개방형 의료정보플랫폼 구축 - ICBM 기반 P-HIS 구축 - 지속가능한 ICT 융합 의료혁신 체계 구축	'17~'21 / 5년간 총 2,641억 원
정밀의료 특별법 제정	국내 정밀의료 연구 및 산업과 촉진을 위한 특별법 제정	- 정밀의료 관련 주요국 제도 및 인센티브 제공방안 마련 - 정밀의료 추진체계 확립을 위한 발전계획과 시행계획을 수립하고 이에 따른 지원방안 마련 - 전문 인력 양성방안, 분야별 공동연구 지원방안 등의 정밀의료 활성화 방안 마련 - 정밀의료 관련 개인정보의 수집, 분석, 관리, 제공을 위한 개인정보 보호 및 정보보안 관련 방안 마련	'17~'21 / 5년간 총 310억 원
전문 인력 양성 및 인증	국내 정밀의료 관련 전문 인력 양성을 위한 교육·훈련 프로그램 개발 및 자격검증 체계 수립	- 범부처 '보건의료정보'교육 및 훈련 사업 추진 - '보건의료정보' 특성화대학원 지원사업 추진 - '보건의료정보'전문인력 자격 검증 국가공인인증제도 마련	'17~'21 / 5년간 총 175억 원

□ 국내 정밀 의료 기술 개발과 관련된 시장동향

○ 맞춤형 의료 및 질병 진단·치료를 포함한 국내 시장은 연평균 21.6%로 성장하는 추세임

※ 국내 맞춤형 의료 시장 규모 : ('05) 400억 원 → ('08) 600억 원 → ('11) 4,500억 원

○ 주로 시장성 있는 기술 개발 위주로 제한적인 서비스를 공급하며, 대학 병원에서 수행하는 맞춤형 임상 진단 치료 수준임

- 맞춤형 의료와 관련된 유전체 진단을 제공하는 업체가 없으며, 대부분 해외

- 업체로부터 장비, 시약을 수입하여 서비스를 제공함
- 국내 맞춤형료 시장 규모 대부분은 질환 유전체와 관련되어 있고, 약물 유전체가 차지하는 비중은 여전히 미미함
- 대부분 약물 유전체 검사와 관련된 비용은 국내 의료 보험 체계상 비급여 형태로 허가되는 실정임
  - 의료 인력과 환자들 사이에 공감대 형성이 이뤄지지 않는 상황이며, 진단 및 치료비용의 상승으로 인해 경제적 측면에서 불리함
- 국내 기업 중에서 삼성종합기술원, 삼성 SDS 등이 삼성의료원, 라이프테크놀로지 등과 함께 맞춤형료 시장에 진출할 예정임
  - 한국인에 특화된 바이오마커 개발 등이 향후 시장성이 뛰어날 것으로 전망되며, 국내 기업의 수가 점차 증가할 것으로 예상됨

□ 시사점

- 정밀의료는 빅데이터를 기반으로 수행되어야 하는 신 개념의 의료이며, 유전체 데이터가 가장 중요한 핵심 데이터임에도 불구하고, 유전체 데이터와 환자의 헬스케어 및 의료정보 데이터를 어떻게 통합하고 활용할 것인가에 대한 전략이 부재함
- 정보 간 연계성 및 자료의 설명력 부족에 따라 정밀 의료 자원 활용에 한계가 있음
- 최근 2015년부터 산업부 주도하에 PHR, Life-log 정보 등 정밀의료 자원 수집 범위 확대중이나, 개인정보보호 등 제도적 제한으로 광범위한 건강 및 의료 관련 정보 수집과 정보 간 연계가 부족한 상황임
- 코호트 추적률 감소 등 지속적 관리 한계에 따른 자료의 설명력이 부족함
- 기존 코호트의 경우 DB가 기관별로 분산되어 있어 데이터의 공유 및 연계가 미흡한 상황임
  - 공공·의료기관·대학·민간 등에 분산된 코호트 DB간 상호연계가 부족하며 데이터 공개에 있어서 소극적인 자세를 취하고 있음
- 바이오뱅크의 경우 대규모 인체 자원 및 정보의 산업화 연계성이 부족함 특히, 인체자원 및 유전체 정보를 활용한 신약 개발 등 산업화

연계가 부족하며, 복지부, 미래부 등 생명연구·인체자원의 관리 체계 분리로 인해 효율적인 활용에 제한적임

- 정밀의료 관련 정보 공유 플랫폼 구축을 위해 복지부 주도로 진료정보 표준화를 추진 중이나, 국제 표준화를 주도 및 조정역할을 담당할 추진 체계가 미흡함
- 미국에는 OCH HIT, 영국에는 Caradata 프로그램과 같은 통합기관이 있지만 국내에는 정밀의료 자원의 통합 및 공유를 위한 기관이 부재한 상황임
- 선진국대비 국내 기술격차를 분석해보면, 인공지능은 4년, 임상 의사 결정 시스템은 20년 정도의 기술 격차를 보임
- 선진국과는 달리 국내에서는 정밀의료 체계 내에서의 임상 연구가 부재한 상황임
- 국내 건강보험공단에서는 2015년부터 금연프로그램과 같은 건강관리 서비스 프로그램을 운영하고 있음
- 최근 3년간 (2010~2012년)의 예산을 분석해 보면 국내 의료 ICT 융합에 대한 R&D는 제한적이고, 지원 예산이 낮은 것으로 분석되었음
  - 2010년, 240억(0.16%) → 2011년, 340억(0.21%) → 2012년, 330억(0.17%)
- 다부처의 암 관련 유전자 분석 사업, 복지부의 임상콘텐츠 모델 개발·적용 사업, 미래부의 질환별 빅데이터 분석 사업과 같은 부처별 추진 사업은 연구범위와 대상기술이 제한적임
- 정밀의료 관련 선진제도 도입과 물적·인적 지원방안 마련이 미흡하기 때문에 정밀의료 관련 제도 및 규정의 개정 및 보완과 신설이 필요함
- 국내에서는 유전자 검사 결과 제공 및 상담 관련 규정과 관련 전문 인력이 전무함 또한 정밀의료 관련 연구 및 기업 활동의 활성화를 위한 정책이 부재한 상황임
- 국내의 유전자 관련 제도는 개인 식별과 질병의 예방·진단·치료를 위한 유전자검사 중심으로 운영되고 있기 때문에 생물학적 유전형질 관련 정보 축적이 필요한 정밀의료에는 부적합함
- 개인 정보 수집·이용·제공 시 정보 익명화 권한의 주체와 익명화 된

정보의 제공, 정보보안에 대한 구체적인 규정이 미비함

- 국내 정밀 의료 발전 및 육성에 필요한 분야별 전문가가 요구되고 있으나 국내 전문 인력이 매우 부족한 상황이며, 정밀의료 추진 시 필요한 양질의 핵심인력 부족 심화가 예측됨
  - 2007년 보건산업진흥원의 예측 결과에 따르면, 의료정보분석 인력 부족률은 2007년 38.1%에서 2017년 46.4%로 증가 될 것으로 예측됨
- 최근, 융합별 전문 인력 양성 교육이 요구되고 있지만 기존 공학·자연 과학 중심 교육 체계로 인하여 의학 분야 활용 전문 인력 양성이 미흡함
  - 2008년 기준, 국내 생물 정보학 분야의 전문 인력 양성 과정은 국내 10개 대학의 정규·협동과정 및 기관의 정기·비정기 과정 운영을 통해 이루어지고 있음

#### 4) 유전체 연구 분야 투자에 대한 해외 사례

- 다양한 국가에서 유전체 시장의 활성화 및 유전체 기반 진단 및 치료제 개발을 목표로 관련 연구 사업에 매우 적극적인 자세로 정부차원의 투자를 지원하고 있음
- 미국
  - 전 세계 유전체 연구를 주도하고 있는 미국은 NIH, NHGRI, NCI를 중심으로 인간 유전체 연구가 활발히 수행되고 있음
  - 유전체 기술을 기반으로 한 맞춤형의학연구 개발 강화 추진을 위해 맞춤형의료 법안 (Personalized Medicine Act)를 추진한바 있음
  - Broad Institute (하버드, MIT 공동 설립)를 중심으로 인간 유전체 분야의 다학제 및 다기관 연구가 활발히 진행되고 있으며 해당 프로젝트에 연간 약 3,100억 원이 지원되고 있음
- 캐나다
  - 1998년 캐나다의 유전체 연구 활성화와 발전을 위해 'Genome Canada'라는 비영리 기구를 설치하였으며, 유전체 연구 및 전략 수립을 목표로 두고 있음

- 캐나다 정부는 유전체 프로젝트 지원을 위해 유전체 기술 상업화를 위한 공공 및 민간 파트너의 투자 장려 프로그램인 'Genomics Applications Partnership Program (GAPP)'에 3,000만 달러를 투자함으로써 캐나다의 유전체 기술력 증진을 위해 상당한 투자를 하고 있음

#### □ 영국

- 2012년 영국 보건부는 암, 감염질환 및 다양한 희귀질환 환자 10만 명을 대상으로 유전정보를 분석하는 '100,000 Genome Project'를 추진하고 있음
- 영국 보건부는 이를 위해 1억 파운드를 투자하였으며, 국유회사인 'Genomics England'를 설립하였음
- BBSRC, Cancer Research UK, MRC와 Wellcome Trust 가 공동 설립한 Sanger Institute는 질병원인 규명 및 치료법 개발에 중점을 두고 연구를 수행하고 있으며 연간 약 800억 원의 지원을 받고 있음

#### □ 일본

- 일본 정부는 '게놈의료실험추진협의회'를 구성하여 게놈 의료 실용화 추진을 결정함(2015년 7월)
  - 특히 암과 치매, 희귀성 질환 치료제 개발에 주력하기 위해 3개의 바이오뱅크에 축적되어 있는 유전자 정보를 통합 관리할 예정
- 일본 게놈 의료 관련 사업은 후생노동성과 문부과학성에서 중점 추진
  - 2016년 기준 후생노동성은 '게놈 의료의 실용화를 위한 제도 추진'에 약 5000억원, 문부과학성은 '게놈 의료 실현 추진 플랫폼'사업에 220억원 투자
- 2015년 7월 게놈 의료 실용화 추진을 결정하여 2016년 1월 암 관련 정밀 진료 본격 시행
  - 수술이나 기존 항암제 등 표준적 치료방법에 대한 효과가 없는 환자들을 대상으로 유전자 검사를 통해 게놈 진료 시행
  - 현재 국립암센터에서 임상시험 중인 약물 중 효과가 있는 것을 선별할 때 게놈진료 결과를 판단 근거로 활용

#### 5) 유전체 미래 원천기술 현황 분석 및 제언

- 일루미나의 시퀀싱 기술 (즉, bridge PCR 기술, sequencing by synthesis 기술)의 예에서 보는 바와 같이, 원천성이 확보된 유전체 기술의 개발 및 응용은 글로벌 시장을 선점할 수 있는 가장 중요한 요인임
- 기존 다부처 유전체 기술 개발 과제들은 새로운 원천기술의 발굴/개발 보다는 기존 기술의 활용 분야에 집중되어 있었음
- 향후 세계시장의 공략을 위해서는 유전체 미래원천 기술의 개발을 위한 로드맵의 작성이 필요함
- 또한, 급변하는 글로벌 유전체 연구와 산업 환경을 고려한 국내 유전체 원천기술의 발굴과 이에 대한 지원이 필요함
- 시퀀싱 기술 분야를 예를 들면, (1) 나노포어시퀀싱 기술 등 아직 글로벌 경쟁이 진행 중인 차세대 시퀀싱 기술은 국내 연구진의 기술 등을 발굴/지원하는 방안과 (2) 특허가 만료되어가는 시퀀싱기술에 기반한 NGS 장비 개발 연구를 지원하는 방안 등이 함께 고려되어야 할 것으로 판단됨
- 또한, 미래 유전체 연구의 핵심기술들은 국내 연구진과 산업계에 내재화하여, 향후 점진적으로 커갈 유전체 관련 시장에 진입할 수 있는 기반을 마련하여야 함
- 유전체 원천기술의 개발은 급변하는 유전체 연구 환경을 반영하는 것이 중요하며, 아래와 같은 분야에 대한 우선 고려가 필요함

□ 단세포 유전체학 (Single cell genomics) 원천 기술 개발

- 세계적으로 유전적 변이와 질병 간의 상관관계 규명 및 임상 적용을 위해 기존의 세포군 단위의 연구에서 보다 정확한 유전적 정보를 얻어낼 수 있는 single cell genomics로 넘어가는 과정에 있음
- 미국 국립보건원 NIH는 2013년부터 5년간 9천만 달러를 single cell genomics 분야에 투자함
- Single cell genomics는 아래와 같은 세부 연구 분야에서의 원천성을 확보하는 것이 중요할 것으로 판단함

A) 단일세포 분리기술

- 세포군 단위의 조직을 기반으로 한 기존 연구와 달리, 단일세포를 정확하게 분리해 내어 사용하는 것이 'single cell genomics'의 핵심임
- 단일세포를 분리해 내는 방법으로는 유전적 변이에 의한 세포의 표현형질의 차이에 따라 형광으로 분리하는 ① 세포자동해석분리장치(FACS : Fluorescence activated cell sorter) 방법, 레이저와 현미경을 통해 특정 세포만 분리를 해내는 ② 현미해부(micro-dissection) 방법, 유량 조절을 통해서 정량적으로 단일 세포를 분리하는 ③ 미세유체공학(microfluidics) 방법 등이 있음
- 정확도와 스피드를 확보한 새로운 단일세포 분리기술의 개발은 single cell genomics 분야의 발전을 촉진시킬 것임
- 현재 우리나라 연구자들은 대부분 FACS 기기, 또는 플루이다임 C1 기기를 이용하여 단일 세포를 분리하는 작업을 수행하고 있음
- 기술 개발 측면에서 2015년 Sniper 클로닝이라는 단일비드 분리 공정 기술이 한국 연구진에 의해 개발되어 Nature Communications에 발표된 바 있으며, 이 기술을 단세포 분리를 위해 사용하기 위한 기술 개발이 진전되고 있음
- 단일 세포 분리 기술은 미세유체공학, 광학 등 디바이스를 개발하는 그룹과 생명공학 연구진의 협업을 통해 관련 분야에서 상품화 할 수 있는 기술을 개발하는 것이 가능할 것으로 여겨짐

B) Single cell 분석을 위한 DNA/RNA 증폭 기술 개발

- 사람의 단일세포는 DNA를 7pg 정도 소량 함유하고 있음
- 염색체의 시퀀싱을 위해서는 보다 많은 양의 DNA를 요구하므로 DNA의 증폭 과정이 필요함
- 최근 랜덤 시퀀스를 가진 6개의 염기로 이루어진 프라이머를 활용하여 DNA를 증폭할 수 있는 다중전위증폭 (MDA: Multiple displacement amplification)이 개발되어 산업화 되었으나 효율이 낮음
- Single cell DNA/RNA 증폭을 위한 기술개발은 genome 전체적으로 균일 증폭하는 원천기술의 획득이 중요할 것으로 판단함
- Single cell 증폭 관련 기술은 현재 미국의 생명 공학회사와 (GE, Qiagen, Sigma), 중국의 회사가 (Yikon genomics) 전세계 대부분의 시약을 공급하며, 관련 기술을 보유한 우리나라 연구진은 없는 것으로 보임
- 이 분야는 분자생물학 기술과 유전체학 기술의 접목을 통해 새로운 상품을 출시할 여지가 많을 것으로 생각되며, 우리나라에도 관련 기술 개발

을 수행할 수 있는 연구진이 학계와 산업계에 포진해 있는 것으로 판단됨

### C) Single cell genome NGS 데이터 분석 기술 개발

- 이배체 세포의 유전자형을 정확히 알아내고 allele의 drop-out를 줄이기 위하여, DNA의 전사 특징 분석을 통하여 단세포의 형질을 분류하는 분석 알고리즘의 개발이 필요함
- 단일세포의 형질을 분석하는 알고리즘을 개발하는 연구그룹은 현재 우리나라에 없는 것으로 파악되어, 관련 연구를 주도할 수 있는 연구그룹을 발굴하여 지원하는 것이 절실한 것으로 판단함

### □ NGS 기반기술 개발

- 차세대 시퀀싱 기기를 이용한 시퀀싱 시장은 점진적으로 증가하고 있으며, population level의 시퀀싱을 위한 전장 유전체 시장, 진단 목적의 타겟 시퀀싱 시장 등 각 시장의 목적에 맞는 맞춤형 장비 위주로 발전해 가고 있음
- 일루미나 회사 등 급부상한 시장의 강자가 있지만, 경쟁력을 가진 회사들이 미국과 유럽 등지에서 지속적으로 나타나고 있는 현실을 고려하고, 시퀀싱 기술이 유전체 시장의 핵심기술이라는 점을 고려하면, 국내의 반도체기술, 마이크로플루이딕 기술, 시퀀싱 화학 기술을 집약하는 원천기술들을 발굴하고 지원하는 것이 중요하다고 판단함
- 차세대 시퀀싱 기술은 한 가지 기술의 구현이 아니라 뉴클레오티드 화학, polymerase 등의 생화학, detection 광학 (또는 반도체 기술), 정보처리 등이 집약되는 기술이기 때문에 이를 고려한 연구의 지원이 필요함
- NGS를 위한 chemistry 원천기술 개발과 nanopore sequencing 원천기술 개발은 글로벌 최첨단의 기술 분야이므로, NGS 하드웨어 기술 개발 시 최우선으로 지원하는 것이 바람직함

### □ NGS를 위한 초저가 라이브러리 preparation 기술 개발

- 현재 시퀀싱 데이터 비용은 저렴하나, DNA 샘플로부터 시퀀싱 기기에 넣는 과정은 고가 수입 시약의 생화학적 처리 과정이 필요함

- 시퀀싱 라이브러리 제조에 관한 시약은 국내에서 개발되지 못하였고 대부분 수입에 의존하고 있음
- 기존의 시약의 성능을 증가하고 비용을 낮추는 신기술의 개발은 유전체 시장에 중요한 파급효과를 가져올 것으로 판단함
- 기술 개발 과제의 예로서 DNA, RNA를 이용한 NGS 라이브러리를 preparation 하는 기술은 genome을 균일하게 분석 가능하도록 준비하는 기술이 핵심임
- 또한, 혈액 내 존재하는 소량의 cell-free DNA, RNA를 이용한 target DNA capture & preparation 기술 등의 개발이 중요할 것으로 판단됨

### □ in situ microarray 합성을 위한 기반 기술 개발

- 한 개의 microarray 기관위에서 서로 다른 올리고를 수 만 개에서 수 백 만 개 수준까지 합성하는 기술이며, 기존에 한국에서 구현된 예는 없음
- 이는 기존에 많이 사용되는 microarray spotting 기술과 다른 즉, spotting 기술은 합성 올리고를 기관위에 spotting 하는 기술이며, in situ 합성 기술은 기관 위에서 원하는 올리고시퀀스들을 nucleotide 한 개씩 한 개씩 동시 다발적으로 합성하는 기술임
- 이 기술은 기존 Agilent 회사에서 프린팅 기술을 응용하여 구현되어 산업화 되었고, Nimblegen 회사에서 광학기술을 응용하여 구현된 후 Roche에 의해 합병되었고, Customarray 사에서 반도체 기술을 응용하여 산업화되었음
- In situ microarray 합성 기술의 확보와 이를 위한 microarray 생산공정의 확보를 통해 유전체 원천 기술을 확보하고, 이를 통한 산업화 가능함
- DNA를 유리 기관위에서 정교하게 적층하는 화학과 공정기술의 개발이 핵심임

### □ 딥러닝 기반 유전체 데이터 분석 기술 개발

- 기존 유전체 데이터의 일차 분석은 ① 차세대시퀀싱 reads를 reference genome에 맞추어 보는 aligner, ② 차세대시퀀싱 reads를 이용하여 contigs를 만들어가는 assembler, ③ 시퀀싱 결과와 reference와의 차이를 분석하는 variant caller 으로 분류됨
  - 또한, variants의 기능적 의미를 부여하는 프로그램 등에서 속도와 정확도를 증진시키기 위한 수학적 알고리즘들의 개발이 중요하였음
  - 방대해지는 유전체 데이터 분석을 위해서는 기계학습 (특히, 딥러닝) 기반 알고리즘 개발이 중요함
    - 기존 딥러닝 알고리즘은 ① 시퀀스를 이해하여 기능을 예측하는 알고리즘 (예: 자연어의 기계학습 기반처리에 대응하는 알고리즘)과 ② 방대한 양의 유전체 데이터와 기능관련 데이터 (예, 이미징 데이터) 등을 복합적으로 고려하여 의미를 부여하는 알고리즘 등이 있음
    - 향후 혁신적 딥러닝 기반 유전체 분석 원천기술들을 발굴하는 것이 중요함
  - 또한 글로벌 경쟁력을 확보하기 위한 방안으로 딥러닝 기반으로 종양 유전체 분석, 종양 항원 분석(T cell응용 암 면역치료 관련)을 위한 기술을 개발하거나, 항원-항체 결합에 관한 유전체 서열분석을 위한 기술을 개발할 우리나라 연구진들을 발굴하고 지원하는 것이 필요할 것으로 판단됨
- ChIP-Seq 관련 기술 및 3C 관련 크로마틴 구조 분석 기술개발
- 현재 NGS를 이용하는 유전체관련 과제는 상호 연계 없이 개별적으로 필요한 유전체 분석 기술 습득/활용에 그치고 있으며 외부업체를 통한 NGS 데이터 생산으로 인한 시간적 비용적 한계 (저효율 고비용)를 보이고 있음
  - 국제적으로 다양한 유전체 분석 신기술이 개발되고 있으나 국내에서 이러한 기술을 실제로 활용한 사례가 매우 부족함 (최신 ChIP-Seq 관련 기술 및 3C 관련 크로마틴 구조 분석 기술 테이블 참조)
  - 정책적으로 고위험 고임팩트형 선도 원천개발 관련 체계적 지원 부재
  - 기 개발된 다양한 유전체 분석 기법을 서비스해 줄 기관/업체 부재

- 고급 유전체 분석 전문 기술 공유 및 확산에 대한 이해 부족
- 미국 대비 고비용의 NGS 유전체 데이터 생산에 따른 연구비 낭비 및 경쟁력 저하

Table 1. Current ChIP sequencing methodology

Method	Key feature	Fragmentation	Sample	Mark	Description	Ref
ChIP-seq	genome-wide	Sonication	Human	20 histone methylation, H2AZ, RNAPII, CTCF	ChIP on crosslinked chromatin by Formaldehyde. Use antibodies against histone methylation marks and TFs	High-Resolution Profiling of Histone Methylations in the Human Genome Cell 2007; 129: 823-837
Carrier-ChIP	Low input (104 cells)	Sonication	Mouse	TF	Add mRNA and recombinant histone H2B as the carrier to the lysate mixture	Epigenetic characterization of the early embryo with a chromatin immunoprecipitation protocol applicable to small cell populations Nat Genet 2006; 38: 835-841
Sono-seq	No IP	Sonication	Human Yeast	RNAPII, H3K4me3, H3K27me3, DNA methylation	Use sonication and size selection to map locations of high chromatin accessibility in promoter region	Mapping accessible chromatin regions using Sono-Seq PNAS 2009; 106: 14926-14931
Nano-ChIP	Low input (104 cells)	Sonication	Mouse	H3K4me3	Use optimized ChIP conditions, only works for highly abundant marks	Genome-wide chromatin maps derived from limited numbers of hematopoietic progenitors Nat Methods 2010; 7: 615-618
ChIP-exo	High resolution	Sonication	Yeast Human	TF	Use lambda exonuclease to digest chromatin from 5' to 3' end until the sites of protein-DNA crosslink. It has single-base resolution	Comprehensive Genome-wide Protein-DNA interactions detected at single-nucleotide resolution Cell 2011; 147: 1408-1419
ORGANIC	High resolution	MNase digestion	Yeast Fruit Fly	TF	ChIP on native chromatin. It can detect TF binding in less accessible regions	High-resolution mapping of transcription factor binding sites on native chromatin Nat Methods 2014; 11: 203-209
SAP-ChIP	Spike-in	Sonication	Mouse	TF, RNAPII	Add a small quantity of human chromatin as the spike-in control for mouse ChIP	Quantifying ChIP-seq data: a spiking method providing an internal reference for sample-to-sample

						normalization Genome Res 2014; 24: 1157–1168
ChIP-Rx	Spike-in	Sonication	Human Fruit fly	H3K4me3, H3K79me2	Use Drosophila cells as spike-in control Mix cells during nuclei isolation step in ChIP	Quantitative ChIP-Seq normalization reveals global modulation of the epigenome Cell Rep 2014; 9: 1163–1170
LinDA	Low input (5x10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup> cells)	Sonication	Human, Mouse	H3K4me3, TF	T7 RNA polymerase-based protocol for linear amplification of ChIP DNA It involves complicated library construction step	Single-tube linear DNA amplification (LinDA) for robust ChIP-seq Nat Methods 2011; 8: 565–567
ICe-ChIP	Spike-in	MNase digestion	Human, Mouse	H3K4me3 H3K9me3 H3K27me3 H3K36me3 K3K79me2	Add a pool of semisynthetic nucleosomes bearing a given mark in a DNA-barcoded concentration series	Calibrating ChIP-Seq with Nucleosomal Internal Standards to Measure Histone Modification Density Genome Wide Mol Cell 2015; 58: 886–899
CETCh	CRISPR epitope tagging ChIP	Sonication	Human, Mouse	Cohesin TF	Use CRISPR-Cas9 system to insert an epitope (Flag) in place of the stop codon of an endogenous TF	CETCh-seq: CRISPR epitope tagging ChIP-seq of DNA-binding proteins Genome Res 2015; 25: 1581–1589

Table 2. Current 3C-based methodology

Method	Key feature	Interaction	Sample	Description	Ref
3C	simple DNA looping	one-to-one	Yeast	chromatin is fixed and digested with a restriction enzyme Sticky ends of the cross-linked DNA is religated and the ligated loci is assessed by semi-qPCR or qPCR with specific primer set	Capturing chromosome conformation Science 2002; 295: 1306–1311
4C	Cheap and high resolution	one-to-all	Mouse	Ligated 3C template is processed with a second round of DNA digestion and ligation to create DNA circles Using view-point specific primers, inverse PCR is performed. Then they are analyzed by NGS	Circular chromosome conformation capture (4C) uncovers extensive networks of epigenetically regulated intra and interchromosomal interactions Nat Genet 2006; 38: 1341–1347
5C	multiplex ligation-mediated amplification (LMA)	many-to-many	Human	3C template is hybridized to a mix of oligonucleotides, Pairs of oligonucleotides corresponding to interacting fragments are juxtaposed on the 3C template and can be ligated together All ligation products can subsequently be amplified simultaneously in a multiplex PCR reaction	Chromosome conformation capture carbon copy (5C): A massively parallel solution for mapping interactions between genomic elements Genome Res 2006; 16:1299–1309
6C	combined 3C-ChIP-cloning	many-to-many	Human	The first step involves conventional 3C. Immediately after ligation, the chromatin is IP using an Ab against the protein of interest. The cross-links are reversed, and the DNA is purified further. Then cloned into a vector generated by the 3C portion of the protocol	A novel 6C assay uncovers Polycomb-mediated higher order chromatin conformation Genome Res 2008; 18: 1171–1179
Hi-C	Expensive Huge amount of information require extensive BI	all-to-all	Human	Before ligation, restriction ends are biotin-labeled following a blunt ligation, DNA is purified and sheared, and a biotin pull-down is performed. Reads are mapped in the genome, and scored as an interaction between two fragments	Comprehensive mapping of long-range interactions reveals folding principles of the human genome Science 2009; 326: 289–293
Capture-C	high-throughput high resolution	all-to-all	Human	combines 3C and next-generation sequencing with oligonucleotide capture technology (OCT)	Analysis of hundreds of cis-regulatory landscapes at high resolution in a single, high-throughput experiment Nat Genet 2014; 46: 205–212
Capture Hi-C	high-throughput high resolution	all-to-all	Human	combines Hi-C with the hybridization-based capture of targeted genomic regions	Mapping long-range promoter contacts in human cells with high-resolution capture Hi-C Nat Genet 2015; 47: 598–606
ChIP loop	simple DNA looping	one-to-one	Human Mouse	combines 3C and chromatin immunoprecipitation	Loss of silent-chromatin looping and impaired imprinting of DLX5 in Rett syndrome Nat Genet 2005; 37:31–40
ChIA-PET	combine 3C with ChIP	all-to-all	Human	It analyzes ligation junction formed between DNA sites pulled down with an antibody against a protein of interest	An oestrogen-receptor- $\alpha$ -bound human chromatin interactome Nature 2009; 462: 58–64

## 6) 유전체 연구 및 기술 관련 시장 분석

- NGS 기술 등 유전체 분야의 비약적인 발전과 유전체 정보 (생명 정보) 분석 시장의 급격한 확대에 의해 유전체 연구 분야의 규모가 꾸준히 증가하고 있는 추세임
- 글로벌 유전체 시장 규모는 2013년 약 111억 달러에서 연평균 12.2%의 성장률을 보이고 있으며, 2018년에는 약 198억 달러로 시장규모가 확대될 것으로 추정됨
- 특히, 2013년부터 2018년까지의 유전체 시장을 분석해보면, 아시아와 태평양 지역이 연평균 약 13.4%의 성장률로 가장 빠른 성장률을 보이고 있음
  - 지역별 유전체 시장 성장률: 아시아태평양 (13.4%), 유럽 (12.9%), 북미 (12.7%), 기타 (7.6%)
- 아시아가 전 세계에서 가장 높은 성장률을 보이고 있지만, 중국, 일본, 인도를 제외한 국가는 유전체 연구 기술력이 아직 초기단계에 머물고 있기 때문에 미국과 같은 유전체 기술 분야의 선진국과 비교해 봤을 때, 기술 수준이 미흡함
- 현재 전 세계적으로 유전체 기술 개발 및 발전을 위한 투자가 꾸준히 이루어지고 있는 상황이기 때문에 유전체 시장은 당분간 성장세를 이어갈 것으로 예측됨

< 그림 4 > 글로벌 유전자치료제 시장현황 및 전망 (출처: Global Industry Analysis, Gene Therapy, 2012 생명공학정책연구센터 재가공 자료)

- 유전체 분석 기술 시장에서 가장 큰 점유율을 차지하고 있는 기업은 Roche Diagnostics (18.3%)이며, 그 뒤를 이어 Life Technologies (17.9%), Qiagen (11.3%), Illumina, Inc (9.9%), Bio-Rad (6.2%), 기타 (36.4%) 순임
  - Bio-Rad, Agilent Technologies, Affymetrix, Bechman Coulter, Sigma-Aldrich 등의 유전체 기업들이 전체 유전체 시장의 약 42.6%를 차지하고 있음
- 유전체 기술 관련 제품에 대한 수익률을 분석해 보면 유전체 장비가 가장 높은 수익률 (33.3%)를 보이고 있으며, 그 뒤를 이어 소비재 (62.9%), 분석 서비스 (3.8%) 순인 것으로 분석되고 있음
- 최근 들어, 유전체 분석 장비 가격의 하락과 시퀀싱 서비스 비용의 감소 및 관련 분야 시장 경쟁으로 인해 유전체 서비스 시장이 활성화되고 있음
- 2013년도 기준 유전체 연구를 기반으로 한 응용분야 시장을 분석해 보면, 진단 분야가 34.7%로 가장 많은 수익을 창출하는 것으로 분석되었으며, 신약 개발 (20.1%)과 학술연구 (17.4%)가 향후 선도적인 분야로 주목받고 있음
- 유전체 분야의 세계적인 선도 기술을 보유하고 있는 다양한 기업에서 유전체 기반 응용기술을 개발하고 해당 시장을 선점하고자 하는 노력을 기울이고 있음
  - Illumina: 소비자 유전체 분야, 시퀀싱 기기, 염기서열 분석
  - Affymetrix: 세포유전학적 연구 분야
  - Roche Diagnostics: 여성건강 분야
  - Agilent Technologies: 세포유전학적 연구, 산전 선별 검사 분야
  - BGI: 염기서열 분석 서비스
  - Foundation Medicine: 염기서열 분석에 기반 한 맞춤형 치료
  - Genome Liberty: 유전자-약물 상호 관계 분석에 기반 한 약물 유전체학 테스트
  - Genophen: 유전체 정보와 환경적 요인을 융합한 질병 리스크 분석 및 예방법 제안
  - ATLAS Sports Genetics: 개인의 운동 적성 테스트

- Genetic Performance: 운동 적성 테스트 및 맞춤형 체중 관리 프로그램
- Nutrigenomix: 만성질환 예방을 위한 맞춤형 식단 프로그램
- 23andMe: 개인의 선조 찾기 및 염기서열 데이터 제공
- 2013년도 유전체 관련 기술을 기반으로 한 응용분야의 수익률을 분석해 보면 진단 분야가 34.7% (3,8578 백만 달러 수익 창출) 로 가장 높은 수익률을 보이는 것으로 분석되었음
  - 신약개발 (20.1%, 223.46 백만 달러), 학술 연구 (17.4%, 193.44 백만 달러), 농업 및 동물 연구 (10.7%, 118.96 백만 달러), 맞춤의학 (10.6%, 117.85 백만 달러), 기타 (6.5%, 72.26 백만 달러)

## 1.2 유전체 연구의 필요성 및 활용 가치

- 유전체 연구는 정밀·맞춤 의료뿐만 아니라 신약 개발, 진단/예방법 개발, 국방, 농업, 수산, 식품, 환경, 에너지, 화학 분야 등 다양한 미래 혁신적인 분야에 적극 활용될 수 있으며 미래지향적 고부가가치 창출에 해당되는 기술임

### 1) 개인 맞춤의학 시대 도래를 위한 미래의료 기술

- 맞춤의료의 정의는 국가마다 약간의 차이가 있지만 환자 개개인의 유전적 정보를 바탕으로 한 최적의 치료 및 예방적 의료 행위라는 공통점을 가지고 있음
  - (대한민국 식품의약품안전평가원) 개인의 유전형(genotype)을 고려하여 약물 혹은 용법을 선택하는 것
  - (미국 맞춤의료 관련 연합 기구\_Personalized Medicine Coalition, PMC) 개인에 최적화된 의료 효과 달성을 위해 분자 진단을 이용하여 질병을 치료하고 예방하는 것
- 질병관리 패러다임이 질병의 치료에서 예방 중심으로 변화함에 따라 유전체 연구를 통한 조기 진단법 개발에 대한 관심이 증대하고 있음
- 개인 맞춤 의학은 개개인의 유전체 정보를 바탕으로 하여, 질병의 조기 진단, 예방, 치료 및 전반적인 건강관리에 활용될 수 있으며, 이를 통해 삶의 질 향상을 기대할 수 있음
- 개인 맞춤의학은 막대한 의료비용 지출의 감소를 유도함으로써 보건의료의 새로운 패러다임을 제시하고 있으며, 사회경제적인 파급효과로 인해 그 필요성이 더욱 강조되고 있는 상황임
- NGS와 같은 유전체 분석 기술의 개발 및 비용 하락으로 인해 개개인의 유전체 분석을 통해 맞춤의학 활용 가능성이 점점 대두되고 있는 상황임 개인맞춤의학은 환자 개개인의 유형에 따른 적절한 약물 혹은 치료법을 선택함으로써 치료효과를 극대화 시키는 것을 의미함
- 최근 사회적 분위기는 기존의 의료기술이 단순히 질병을 치료하는데에만 목적을 두지 않고 삶의 질 향상을 위한 웰빙, 건강한 삶 추구에도 적극 활용될 수 있다는 사회적 인식이 강하며, 이러한 사회적 흐름 및 요구를 충족시킬 수 있는 것이 개인 맞춤형 의료 기술임

- 개인 맞춤형 의료 기술 개발을 위한 과정: 시퀀싱 (sequencing) → 시퀀싱 자료의 통합 및 분석 (Data integration) → 유전정보 해석 및 유의미한 병인 요소 발굴 (Genomic interpretation) → 의료정보 결합 (Combine medical info) → 의료 적용 (Personalized medicine)

< 그림 5 > NGS 기술을 바탕으로 한 질병의 조기 진단 및 개인 맞춤형 치료법 제시 (출처: Next-generation sequencing for research and diagnostics in kidney disease, Nature Review nephrology)

- 높은 시장성을 가지고 있어 최근 주목받고 있는 개인맞춤의료의 유형으로는 맞춤형 의약품, 분자 진단 키트 혹은 마커, 유전체 분석 기술을 들 수 있으며, 맞춤 의료 기술 개발을 위한 핵심 요소로 간주되고 있음
- 유전체 기술의 접목으로 인해 다양한 질병에서 맞춤형 치료의 가능성을 높이기 위해 많은 노력을 기울이고 있음 그 결과, 현재에는 유전체/단백질 기반 맞춤형 약물을 기반으로 한 항암 치료제 개발은 맞춤형 치료 가능성이 가장 높은 것으로 분석되고 있음 하지만 심장 질환과 중추 신경 계통 이상이 대한 질병 모델에서의 맞춤형 의료 기술 개발은 아직 더딘 상황으로 파악되어짐
- 맞춤형 의료 기술 개발을 위한 해외 기술 동향: 유전체 기술 및 맞춤형 의료 시장 분야에서 가장 고도화된 기술력을 보유하고 있는 미국의 경우, 대학, 연방보건 관련기관, 민간 연구소, 민간 기업 등을 통틀어,

유전체 기술 관련 원천 기술 확보를 위해 매년 약 1천억 달러 이상의 연구비가 투자되고 있음

- 미국의 민간 기업 (Abbot, Celera, DAKO, Roche, Wythe) 에서는 표적 단백질 추출 기술 개발을 위해, 유전체 은행 구축, 후보 물질용 화합물 라이브러리 구축, 생물정보학 기반의 유전체-약물간 독성 시험 검사를 위한 데이터 처리용 전산 기술, 시스템 생물학 기반의 약물-유전체 다양화를 위한 모델링 연구 등을 활발히 추진하고 있음
- 미국 연방 정부는 생명과학 관련 예산의 16% 이상을 유전체 관련 분야에 투자하고 있음 국내의 경우 0.9% 수준임

- 맞춤형 의료 기술 개발을 위한 국내 기술 동향: 보건복지부와 미래창조과학부를 중심으로 한국인의 단백질 및 유전체 정보 분석에 대한 라이브러리 구축 사업을 추진하고 있으며, 한국인 특이적인 맞춤형 진단 기술 개발을 목표로 연구가 진행되고 있음

- (디지털노믹스, 인제대학교 공동연구 추진) 분자진단키트 개발
- (유한양행, 종근당) 약물 유전체 정보를 바탕으로 한 신약 개발
- 2013년 기준, 유전체 기술 선진국 대비 국내 유전체응용기술의 기술수준을 분석해 보면 기술 격차는 약 8.8년으로 선진국 기술의 57.2% 수준으로 분석됨
- (삼성서울병원, 서울아산병원, 서울대병원, 부산백병원, 인제대학교 유전체 연구센터) 국내 몇몇 의료기관에서 약물 유전체 기반 맞춤형 약물 치료 기술을 임상에 적용시키고 있지만 독자적인 유전체 기반 바이오마커 및 진단 키트 개발에 대한 성과는 미비한 상황임
- (맞춤 의료 기술 개발을 위한 공동연구 진행) 삼성의료원, 라이프테크놀로지, 삼성종합기술원 및 삼성 SDS와의 공동연구를 통해 유전체 정보 기반 맞춤 의료 기술 개발 및 실용화를 위해 노력하고 있음

- 개인별 맞춤의료 기술에서 파생되는 유전자 변이 분석 기술, 질병 유전자 예측 기술의 시장 규모도 확대될 것으로 전망됨

- 맞춤형 의료 각 세부 분야의 원천 기술 보유 여부에 따라, 의료 산업간 전략적 파트너십이 강화될 것으로 예상됨

- 맞춤형 의료 기반 기술의 실용화, 상용화를 위한 실험실 벤처 기업 육성, 대기업의 맞춤형 의료 산업 참여 유도 및 해당 벤처 기업과의 연계를 통한 기술-자본의 협력 모델 구축 등이 가속화될 전망

## 2) 암유전체 정보 활용을 통한 개인 맞춤형 치료기술 개발

- 암환자는 질병 특성상 다른 질병의 환자들과는 달리 게놈 유전체와 원발암, 전이암등의 다양한 체세포 암유전체 정보가 있어 해당 유전체 데이터를 바탕으로 해서 다양한 임상 활용이 가능함
- 개인 맞춤의학 치료의 활용도가 높을 것으로 기대되는 분야중 하나는 항암치료 분야임 항암치료는 같은 종류의 암 환자라고 하더라도 치료 효과 및 나타나는 부작용이 매우 상이한 것으로 알려져 있음 따라서 각 환자들의 특성을 고려한 항암제 선택으로 불필요한 부작용을 줄이고 사회적 의료비용 지출을 최소화 할 수 있을 것으로 기대됨
- (Foundation Medicine) 미국은 암세포의 유전적 돌연변이를 분석해서 개별 암 환자에게 가장 적합한 치료 정보를 제공해주는 서비스를 시행하고 있음
- 2007년부터 프랑스는 국가 차원의 암 정복 프로젝트인 Cancer Plan의 일환으로 프랑스 암 환자들을 대상으로 맞춤형 치료 기술 도입을 추진하고 있음
- (유방암) 맞춤의료 기술을 바탕으로, 유방암 치료에 사용되는 화학 치료 요법의 비용이 34% 절감이 이루어졌으며, 전체 의료비용의 6억 달러에 해당하는 비용이 매년 절감되고 있음 HER2 단백질의 과발현을 보이고 있는 유방암 환자 집단의 경우, HER2 단백질을 표적으로 하는 맞춤형 치료제 적용을 통해 약 52% 정도의 의료비용 절감이 가능할 것으로 분석되고 있음
- (비소세포폐암) 2009년부터 프랑스 정부는 전이성 미소세포폐암 환자들의 치료를 위해 EGFR 유전자의 돌연변이 검사를 무료로 지원하고 있음 이러한 제도를 통해, 연간 평균 15,000명 정도의 폐암 환자들이 불필요한 의료비용을 지출하지 않아도 되는 것으로 분석 되었으며, 약 6,900만 유로에 해당하는 의료비 절감이 이루어졌음

## 3) 식물 유전체 정보 기반 연구 활성화

- 축적 된 대량의 식물유전체 정보를 식물 품종 육성에 활용하는 시도가 적극적으로 이루어지고 있음

- 병저항성 식물 품종 개발, 수확량 증대, 품질개선 등 육종형질의 신속하고 정확한 판별 및 효율적 육종방법 제시

- 고추, 커피, 가지 등과 같은 식용 작물에 해당되는 유전체 정보 확보됨
- 대량의 식물 유전체 정보를 기반으로 핵심 유전자원의 구축 및 유전형 분석에 의해서 육종 연구가 가속화 될 것으로 기대됨
- 식물 유전체 정보를 기반으로 한 식량 작물의 개발 및 육종이 다양화 될 수 있는 기회를 제공
- 건강한 먹거리에 대한 관심이 높아진 현대 사회에서 해당 연구 기반을 통해 건강식품에 대한 요구를 충족시킬 수 있음
- 식물 추출물을 이용한 화장품 및 제약 개발을 통한 공동연구로 다른 분야와 함께 시너지를 창출 할 수 있는 기회를 마련할 수 있음

### 1.3 국내 유전체 연구 현황 분석 및 방향성 제시

#### 1) 국내 유전체 연구 현황 및 문제점

- 유전체 연구 및 기술 분야는 21세기 들어서 가장 각광받고 있는 연구 분야 중 하나이며 빠른 발전 속도를 보이고 있는 연구 분야로서 국내에서도 다양한 연구 사업을 통해 타 분야 대비 적극적인 연구비 투자가 되고 있음
- 이러한 유전체 연구 흐름으로 인해, 전 세계적으로 유전체 관련 원천 기술을 확보하기 위해 경쟁이 치열한 상황이지만, 국내 유전체 기술력은 다른 선진국에 비해 낮으며 현재까지의 투자에도 불구하고 선진국과의 격차를 해소하고 있지 못함
- 국내 유전체 연구의 확대를 위해 다양한 신규 sequencing 기술을 개발할 수 있는 연구팀 및 전문가 양성에 적극적인 투자가 필요하며 또한 이를 해결할 수 있는 근본적인 대책이 필요함
- 유전체 기술의 비약적인 발전으로 최근 국내에서도 인간뿐만 아니라 동식물에 대한 유전체 분석이 활발해지고 있음 이렇게 축적되고 있는 대용량 유전체 정보를 관리하고 분석할 수 있는 대규모 전산 인프라와 분석 시스템 구축이 요구됨
- 국내 NGS 장비는 주로 대기업, 대학, 연구소가 보유하고 있는 상황이지만, 축적되고 있는 대용량 유전체 정보의 관리 및 심층 분석을 위한 정보센터의 수가 매우 부족한 상황임
- 대용량 유전체 정보 분석을 위해 해당 되는 전산 시스템을 구축하고 있는 국내 기관으로는 한국생명공학연구원 국가생명연구자원정보센터 (KOBIC)와 서울의대 유전체연구소 등으로 매우 극소수임
- 유전체 기술 분야의 비즈니스 모델이 부족하며, 관련 기술의 국내 연구 인력 및 교육기관이 부족하여 유전체 기술 분야의 공급과 수요가 적절히 이루어지지 않고 있는 상황임
- 유전체 관련 기술을 바탕으로 해외 다국적 기업에 의해 유전체 바이오마커 시장을 선점당하고 있으며, 유전체서비스를 제공하는 해외 신흥 기업의 등장으로 국내 유전체 기술의 원천 기술 확보가 어려워지고 있음

- 우리나라는 정밀의료 연구 인프라 보유를 위해 25만 명 규모의 코호트, 2018년까지 구축예정인 10만 명의 한국인 유전체 정보, 세계 최고 수준의 의료기술 및 IT 인프라를 구축하고 있음
- ‘정밀의료’분야와 관련하여 2015년 10월 16일 미국 국립보건원측 보완통합의학센터와 한국보건산업진흥원과의 정밀의료분야 시너지 효과를 높일 수 있는 양국 간 협력방안을 논의하고 MOU를 체결함
- 정밀의료는 최근 새롭게 주목받고 있는 연구 분야로써 향후 신 시장을 창출할 수 있는 가능성이 매우 높기 때문에, 선진국가의 기술격차를 해소하기 위한 국내 기술 개발 투자가 필요한 상황임
- 현재 다부처유전체사업을 통해 다양한 유전체 연구 분야에 적극적인 투자가 이루어지고 있으나, 각 주관부처 및 연구책임자의 책임 하에 대부분 독자적인 연구가 수행되고 있어 효율 극대화를 위한 체계적인 사업관리가 필요함

#### 2) 국내 유전체 연구의 방향성 제시

- 방대한 유전체 정보의 활용 및 산업화 연계 방안 구축
- 수요자 지향적 유전체 분석 서비스의 상용화 지원
- 유전체 염기 서열 정보의 통합관리 및 분석 서비스 활성화 필요
- 유전체 기술 분야에서 선도 그룹으로 자리 잡고 있는 해외 주요 유전체 분석 기관의 투자에 대응하여 효율적인 유전체 연구 투자 및 전략 제시 필요
- 유전체 연구를 기반으로 발굴 된 진단 관련 바이오마커의 상용화를 위해 임상과의 긴밀한 협조 필요
- 국내 유전체 기술의 발전 및 관련 원천 기술 확보를 위한 지속적인 투자
- 유전체 연구의 핵심기술인 NGS sequencing 기술 개발을 위한 해당 분야 전문가 양성
- 해마다 증가하고 있는 유전체 관련 빅데이터를 효율적으로 관리하고 분석할 수 있는 특화된 전문가 양성

- 국가 과제를 통해 생산된 유전체 자료의 공개 및 공개 저장소 등록 의무화를 통해 분야 간의 유전체 기반 공동연구 활성화 방안 마련 필요
- 국내 정밀의료 분야의 연구 성과를 높이기 위해 고려해야 될 기술 개발
  - 자국민 대상의 Cohort 구축
  - 암 유전체 발굴 확대
  - 유전체 빅데이터 분석을 지원 하는 DB 구축
  - DB 분석을 위한 시스템 플랫폼 구축 및 운영 시스템 개발
- 빅데이터 등 개방적 활용 목적으로 정밀의료 자원의 전략적 수집을 통한 신규 코호트 구축
- 정밀의료 자원의 활용 고도화를 위한 기 구축 코호트 표준화 및 바이오뱅크의 효율적 통합
- 정밀의료 연구·산업화 촉진을 위해 정밀의료 자원을 연계 및 공유할 네트워크 및 개방적 활용 플랫폼 구축
- 시료, 정보, 데이터 등의 정밀의료 자원을 공유할 수 있는 독립법인 설립
- 정밀의료 기반 지원을 통해 다양한 난치성 질환 분야에 대한 조기 진단·예방·치료 등의 의료서비스 활용을 확대할 수 있는 건강관리 서비스 프로그램 개발
- 차세대 의료정보플랫폼을 구축하고 혁신적 진단 솔루션 개발 및 ICT 기반 의료혁신 역량 제고
- 국내 정밀의료 연구 및 산업화 촉진을 위하여 주요국 관련 제도를 도입하고 물적·인적 지원정책 등을 포함한 특별법 제정 필요
- 정밀의료 관련 분야별 전문 인력 부족 현상 해결을 위한 교육 및 훈련 프로그램을 개발하고 자격 검증 체계를 수립
- 유전체 연구를 기반으로 하여 성공적인 성과물 (정밀의료, 개인맞춤형치료 등)을 창출하기 위해서, 기술 개발에 필요한 국민의 유전체 정보는 개인정보보호법과 관련하여 수집 및 공개 범위에 대한 정책적인 검토가 동반되어야함

- 국내에서 진행 중인 KOGES 코호트 구축사업은 향후 데이터 활용 가치가 높을 것으로 기대됨.
- 현재 진행되고 있는 다부처유전체사업의 성과 극대화를 위해 총괄사무국 운영이 필요하며, 사무국 내 기술위원회, 분과위원회, 자문위원회 등을 설치하여 유전체 사업 관련 부처 간 협력을 강화하고 공동연구 활성화 추진이 필요함

## 1.4 ('14 ~ '15) 포스트게놈 다부처 유전체 사업 목표 및 과제

### 1) 포스트 게놈 다부처 유전체 사업

#### □ 목표 및 목적

#### < 그림 6 > 다부처 유전체 사업의 비전 및 목표

(출처: (2014~2021) 포스트게놈 다부처 유전체사업 추진계획(안),  
2014, 국가과학기술 심의회 운영위원회)

- 개인별 맞춤의료를 실현하기 위한 새로운 차원의 신약 및 진단치료기술 개발
- 유전체 정보 산업 활성화를 위한 기반 구축
- 미래 수요에 대비한 유전체 유망분야 기초 원천기술 확보를 위한 유전체 연구 기반 구축
- 인간 게놈 측면에서 맞춤의료 및 예방의료 구현을 위한 예방 및 진단 치료 기술개발
- 농생명 자원과 해양생물 자원의 산업적 가치와 활용성을 증대
- 고도의 유전체 정보 분석과 기초 원천기술 확보 및 인력양성, 국제협력 추진

- 부처별 목적지향성 강화와 부처 간 협력 연계의 시너지, 목적 지향적 유전체 연구 사업 확대, 정보 분석 기간 인프라 구축 및 효율적 연계 구조 확립, 국제 협력, 전문 인력 양성 지원 확대 및 제도 개선을 바탕으로 한 추진전략 수립
- 진단, 치료법 8건, 유용유전자원 30건, 세계 5위권 연구역량을 목표
- 본 사업을 통해 급속한 성장세를 보이는 유전체기술시장에서 주도권을 선점하고 산업화의 조기성과 창출 및 고급·양질의 일자리 창출
- 부처 간 연계·협력시스템 강화를 통해 국가적 유전체사업의 효율성 및 투자성과 극대화

#### □ 다부처 사업에서의 부처별 역할

- 다수의 부처가 사업을 추진하는데 따른 효율적 사업체계 필요
- 응용연구분야, 기반·산업화 인프라 분야, 공동 연구 사업 분야로 세분화하여 추진
- 보건복지부
  - 건강 및 질병유전체 분석 및 기능연구
  - 개인별 맞춤의료를 실현하기 위한 질병 진단·치료법 개발
  - 유전체 기능의 임상적 검증 및 적용
  - 약물 유전체 및 개인별 맞춤의학
- 농림축산식품부
  - 동식물, 곤충, 미생물 등 농림축산식품 관련 유전체 분석과 유전체 정보 산업화 및 자원화
  - 중요 경제형질 (품질, 내병충 등) 관련 유전체 기능연구 및 고유 산림생명자원 확보
  - 농생명자원 유래 산업화 소재 발굴
- 해양수산부
  - 해양생물 유전체 분석 및 기능연구를 통한 해양바이오산업 활성화
  - 해양생명자원 유래 산업화 소재 발굴 및 고부가가치 신제품 개발
- 미래창조과학부

- 통합적 생명현상 및 질환기전 연구를 통한 유전체 기반 미래원천기술 개발
- 유전체 관련 기초 원천 기술 (유전체정보분석기술 등) 개발
- 유전체 및 생명정보 전문 인력 양성

○ 산업통상자원부

- 대용량 정보 처리를 위한 IT 기반 기술 및 인프라 구축
- 임상유전체 정보 활용 인프라 구축
- 유전체 분석 결과의 산업적 적용 및 관련 바이오산업 육성
- 타 분야와의 융복 합을 통한 고부가가치 서비스 기술·제품 상용화

□ 사업 기본 구조

< 그림 7 > 다부처 유전체 사업의 기본 구조 (출처: (2014~2021) 포스트게놈 다부처 유전체사업 추진계획(안), 2014, 국가과학기술 심의회 운영위원회)

□ 다부처 사업 필요성

○ 다부처 유전체 R&D 사업의 부처 내 독자적인 R&D 사업을 독립적으로 기획

- 미래부의 유전체 정보 분석 공동연구 기반 사업, 산업부의 개방형 computing facility 구축 인프라를 바탕으로 함
- 복지부의 한국인 유전체 연구 자원, 정보 생산, 농식품부·농진청의 밀레니엄 농생명 자원 유전체 해독사업 (농업, 산림, 수산자원), 해수부의 해양생물 유전체 정보 생산 사업, 미래부의 유전체 미래원천기술 개발 사업을 통한 정보생산
- 복지부의 맞춤형의료 위한 인간 유전체 이행연구 및 지원 사업, 농식품부·농진청의 산업화 지원 미생물 유전체 전략 연구 사업, 해수부의 해양생물 유전체 발굴 및 자원화 사업, 미래부의 유전체 미래원천기술개발 사업을 통한 정보 분석 및 기능 규명
- 복지부의 맞춤형의료 통합정보 서비스(CODA), 농식품부·농진청의 농생명 자원 통합정보 서비스(NABIC), 해수부의 해양생물 유전체 통합정보 서비스(MGC), 산업부의 유전체 정보 산업적 활용 프로세스 최적화 유전체 정보 비즈니스기반 구축을 바탕으로 한 범부처 정보 공유 및 활용 증대 서비스 시스템 구축(KOBIC)

○ 부처연계 협력사업과 정보생산과 분석을 위한 부처 간 인프라 연계방안을 공동으로 기획

- 복지부, 농식품부·농진청, 해수부, 미래부, 산업부의 유전체 국제협력 연구사업 (대형 국제 컨소시엄 및 한중일 생물정보 네트워크 구축), 복지부의 인간게놈 표준지도 작성, Host-microbe interaction, 질병기전규명연구, 농식품부·농진청의 Host-microbe interaction, 미래부의 인간게놈 표준지도 작성, Host-microbe interaction, 질병기전규명연구, 집중 교육 프로그램 및 인력양성 사업, 산업부의 인간게놈 표준지도 작성, 집중 교육 프로그램 및 인력양성 사업을 통한 부처 연계 협력 사업을 진행

○ Genome research to business system 구현을 위한 목적 지향적 다부처 유전체 사업의 연계방향

- 미래부의 유전체 정보 분석 공동연구 기반사업과 유전체 미래원천 기술 개발 사업, 미래 유전체 연구 인프라 고도화를 기초로 함
- 복지부의 맞춤형의료 위한 인간 유전체 이행연구, 유전체 이행연구 지원 사업, 한국인 유전체 연구 자원 정보생산 및 활용 사업, 농식품부의 산업화 자원 미생물 유전체 전략연구 사업, 밀레니엄 농생명 자원 유전체 해

독사업, 농림수산물 바이오 정보 고도화 사업, 해수부의 해양생물 유전체 발굴·자원화 및 정보 생산 사업, 해양생물 유전체 연구 지원 사업에 응용 가능

- 산업부의 개방형 computing facility 구축, 유전체 정보 산업적 활용 프로세스 최적화, 유전체 비즈니스 기반 구축과 산업화를 산업적으로 활용 가능

○ 포스트 게놈 사업은 5개의 공동 연구 사업이 있으며 예산은 8년간 총 2,032억 원 규모로, 개별 사업별 규모는 연간 50억 원에서 60억 원으로 계획됨

□ 범부처 협의체 필요성

○ 다수의 부처가 사업을 추진하는데 따른 효율적 사업 체계가 필요

- 공동기획부처별 임무에 충실한 목적 지향적 프로그램 개발과 시너지 극대화를 위해서는 부처별 연계를 강화하기 위한 사업 체계가 필요

- 범부처 협의체를 통해 사업내용 및 예산계획을 사전에 조정하고, 참여 부처 간 의견 조정과 공동 사업 운영 원칙 제시

- 갈등 상황에서 발생 가능한 다양한 비효율성을 극복하기 위해 주관 부처와 전문가관의 책임을 강화하고 참여부처의 권리를 보장하는 추진체계

○ 유전체 연구에 대한 전략적 R&D 투자 및 연계 상화를 위해 범부처 협의체 설치·운영

○ 사업별 주관·참여 부처의 자율성과 권한을 인정하되, 대형 국가 연구개발 사업 추진 동력으로써의 범부처 거버넌스 구축

○ 부처 간 상시적인 의사소통 및 성과 공유를 통해 다부처 사업의 역량을 결집하고 사업 추진의 실효성 확보

- 일률적인 사업 통합에 따른 다부처 사업 추진이 아닌 부처별 역할 최소화를 통해 공동의 성과 실현이 가능한 다부처 추진 구조 확립

○ 복지부, 농식품부·농진청, 해수부, 미래부, 산업부를 바탕으로 정보 분과, 연구 결과 확산분과, 공동연구 사업 분과(5개)의 분과위원회와 사업에 필요한 기술적 자문을 실시하는 기술 자문 위원회, 사업총괄 조정하는 운영위원회를 구성하고, 협의체의 실질적인 운영기구이자 실무적 연계협력을 추진하는 범부처 협의회를 설치

○ 범부처 협의체 구조

< 그림 8 > 다부처 유전체 사업의 범부처 협의체 구조

(출처: (2014~2021) 포스트게놈 다부처 유전체 사업 추진계획안, 2014 국가과학기술심의회 운영위원회)

○ 범부처 협의체 구성 및 역할

구분	역할 및 기능	위원구성	비고
범부처협의회 (8인)	연간 사업계획 및 투자계획 심의 사업추진 경과 점검 및 성과 공유·확산 방안 심의 운영위원회 업무 추진에 관한 사항 등 심의	간사부처 국장급 공무원 1인(위원장) 참여부처(청) 과장급 공무원 1인(총6인) 농진청 포함	간사는 간사부처담당 과장 간사부처는 모든 회의체 운영 담당
운영위원회 (15인)	사업 내용, 예산 계획 등 실무 조정 부처 간 이견 조정 및 역할 분담 등 연계·협력 추진 성과 취합 및 공유, 평가	간사부처 과장급 공무원 1인(위원장) 부처(청)별 담당 공무원1인(총6인) 부처별 추천 유전체 전문가 (기술 자문위원1인 포함)2인 이내	부처별 3인 참여 총 15인
기술자문 위원회 (15인)	사업 추진에 필요한 기술적·경제적·정책적 자문 운영위원회 사업 운영 및 관리에 관한 자문 등	부처별 추천 유전체 전문가 3인 (총15인)	위원의 임기는 2년, 2회 연임 가능 위원장은 호선으로 선출

(출처: 2016 포스트 게놈다부처유전체사업 성과교류회 부처별 연구내용 및 공동연구 추진 현황)

- 보건복지부 추진체계
  - (한국보건산업진흥원) 다수의 센터형 과제 선정을 통한 사업 수행, 연구 책임자 협의체 성격의 '사업단' 운영
  - (국립보건연구원) 한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용사업 담당
- 농림축산식품부 농촌진흥청 산림청 추진체계
  - (농림과학기술기획평가원) 산업화 지원 미생물 유전체사업 사업단 편성 및 운영
  - (국립농업과학원) 밀레니엄농업생물자원 유전체 해독 및 농림축산식품 바이오정보 고도화사업을 통합한 '사업단' 편성 및 운영
  - (국립산림과학원) 산림자원 유전체 해독사업은 산림청에서 독립적으로 추진하되 농진청 포스트게놈 다부처유전체 사업단에서 통합운영
- 해양수산부 추진체계
  - (한국해양과학기술진흥원) 해양생물 및 수산양식 유전체 연구의 성공적 수행을 위한 관리감독 및 지원
  - 해양유전체센터는 차세대 해양 유전체 연구 핵심 허브로서 차세대 해양 유전체 사업의 효율화 주도
  - 해양수산생물 유전체 연구 기반으로 전주기적 연구 추진
- 미래창조과학부 추진체계
  - (한국연구재단) 사업의 시행, 관리감독 및 지원 업무(성과 관리 및 사업 평가 등) 수행
  - (국가생명연구자원정보센터) 각 부처 데이터 수집 및 통합, QC(Quality Control) 및 공유, 정보 인프라 연계 및 개발, 고급 정보 분석 서비스 등
- 산업통상자원부 추진체계
  - (한국산업기술평가관리원) 사업의 시행, 관리감독 및 지원 업무(성과 관리 및 사업 평가 등) 수행

## 2) 부처별 포스트 게놈 다부처 유전체 사업 시행 현황

### □ 보건복지부

- 인간 유전체 이행연구를 통해 한국인의 주요 질병을 타깃으로 질병 극복을 유전체 연구를 통해 해결하는 질환 중심 중개연구 및 임상 연구 지원
  - 진단법, 치료법, 바이오마커 발굴 등 '포스트 게놈 다부처 유전체 사업'의 성과 목표 달성 및 조기 임상 적용을 위해 최종 산출물 프로파일 (TPP) 및 기술성숙도(TRL)중심의 마일스톤 과제관리
  - 질환 중심 지원 : ('15) 복합유전자질환 및 약물 유전체 - ('16) 신 생물 질환 지원
- 유전체 이행연구 지원을 통해 인간 유전체 이행연구를 체계적으로 지원하기 위한 유전체 및 임상·정보 분석 지원, ELSI 연구 기반 구축 등 유전체 사업 인프라 과제 지원
- 질환 유전자 분석 플랫폼 기술 개발 사업을 통해 질환별 고성능·저비용의 다종 오믹스 분석 소프트웨어 플랫폼 기술 개발을 통해 개인 맞춤 치료의 임상 적용 및 상용화 촉진
- 한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용사업을 통해 인간 유전체 연구를 위한 자원·정보 확보 및 표준화, 임상·오믹스 데이터의 등록·분양 시스템 구축 및 운영
- 임상현장에서의 핵심문제에 대해 과학적 연구로 발견한 유전체 연구 성과물을 이용하여 맞춤의료를 실제 임상 현장으로 유도
  - (진단법 및 치료법 도출) 의료부담이 큰 한국인의 주요 복합질환, 약물 유전체 분야 임상현장에서의 미 충족 의료수요 해결을 위해 과학적 타월 성에 기반 한 유전체 연구 성과물의 임상현장 진입 유도
- 유전체 연구의 목적을 실현하기 위해 대상 질환의 우선순위, 활용 가능한 기술 수준, 맞춤의료 실현 가능성 등을 종합적으로 고려한 질환 중심 중개연구 지원
  - (유전 및 임상정보 연계 연구) 유전체 데이터 분석 핵심 기반기술 개발 및 데이터 분석(Bioinformatics)·관리 시스템 구축을 통하여 인간유전체 이행연구 지원
- '경쟁연구' 도입을 통해 조기 실용화 및 성과창출 가능한 과제 집중육성

- (글로벌 리더십 확보) 아시아인의 특이질환(다빈도 질환 등) 및 아시아인 특성을 고려한 국내 주도의 국제 공동연구, 국제협력 네트워크 구축 지원
- 환자별 맞춤형료 구현으로 치료효과 증대를 통한 국민건강 증진
- 불필요한 치료·약물 부작용 최소화 등 경제적·사회적 의료비 절감 기대
  - 맞춤치료 전환 시 100세까지 소요되는 의료비의 10~30% 절감 가능
  - 美 NIH('08) : 약물 부작용 25% 감소시켜 연간 450-1,350억불 의료비용 절감
- 기초·원천 연구역량 제고 및 세계적 유전체 연구거점 육성을 통한 신지식·신산업 창출 기반 구축
- 급속한 성장세를 보이는 유전체관련시장 선점을 통해 경제적 부가가치 획득
  - (세계시장) 19.6조('13년) → 57.6('18) → 188.2조('23)

□ 미래창조과학부

- 국민 건강 증진과 안전사회 구축을 위한 공공기술 및 글로벌 경쟁력 제고를 위한 핵심기술 전략적 투자 강화
- 맞춤 의료 등을 위해 다부처 유전체 사업 투자 규모 확대
  - 부처공동사업 중 미래부가 주관하는 국제협력 및 host-microbe interaction(숙주-미생물 상호작용) 사업 착수
- 다부처 유전체 사업 공동연구 활성화를 위한 2개 신규 사업 추진
- 국내 유전체 자원 통합 관리체계 구축 및 수요자 중심 유전체분석 통합 포털 서비스 실시를 위한 바이오 클라우드 및 홈페이지 구축
- 유전체 분야 R&D 핵심 원천기술을 바탕으로 실용화 촉진 및 연구개발 성과 확산 추진
  - 상위 SCI 상위 10% 논문 18건, 특허등록 10건을 목표로 유전체 유망 분야 연구사업 집중 지원
- 유전체 연구 전문 인력 양성 및 국제협력 공동연구 활성화를 통하여

- 국내 유전체 연구 거점 구축 지속 추진
  - BIT 융합형 고급인력 39명 양성 목표
- 유전체 분석 전문가 양성을 위한 교육프로그램 개발
  - 대학 및 출연(연)을 통한 수요자 중심 전문교육 프로그램 개발
- 기초·원천 연구역량 제고 및 세계적 유전체 연구거점 육성을 통한 신지식·신산업 창출 기반 구축
- 유전체 빅데이터 활용을 위한 전산시스템 기반 구축 및 공동연구기반 고급서비스 활용 확대
- 국민, 산업계, 연구계 등 수요맞춤형 유전체정보 서비스 제공 및 유전체 기반 맞춤형 의료 구현을 위한 기반 확립
- 인간 유도 줄기세포 long noncoding RNA 유전체 분석 국제 협력 연구를 통해 RNA 오믹스 분야의 세계적 프론티어 그룹인 FANTOM 컨소시엄 가입을 통한 차세대 유전체 기술과 결과물 확보
  - lncRNA 유전체 탐색 알고리즘 및 lncRNA 기능 규명을 위한 유전자 네트워크 분석 시스템 개발
  - 줄기세포 및 신경세포 특이적인 lncRNA 표준 유전체와 신경 질환 변이 유전체 규명
  - lncRNA를 이용한 치료용 뇌신경 질환 줄기세포 분화 기술 및 체외 질환 모델 개발
- 인체 마이크로바이옴 국제 컨소시엄 기반 공동 연구를 통해, 제2형 당뇨와 염증성 장질환의 원인을 규명, 궁극적으로 질환 예측 및 개선, 치료 기술의 새로운 패러다임 전환 및 실현
  - 인체 마이크로바이옴 유전체 분석기반 제어기술의 활용
  - 한국인의 개인 맞춤형 질환 예방 및 치료제 개발로 활용
- 대용량 유전체 정보의 저장 및 분석을 위한 하드웨어 인프라 구축
  - 1500 core, 스토리지 5PB 이상의 하드웨어 인프라 구축
  - KOBIC 인프라 연계 구축 및 하드웨어 시장 출시 상황을 감안한 단계적 장비 도입
- 다부처 유전체 데이터 통합관리 시스템구축
  - 고속파일 전송 솔루션 개발 및 DB 암호화를 이용한 사용자 정보 관리

- 데이터 QC, 기본분석 처리 시스템 구축
- 유전체 정보센터 간 정보교환 시스템 운영
- 다부처 유전체 통합관리 시스템 : “Genome-IntraNET”개발
- 대용량 유전체 정보 분석용 바이오 클라우드 서비스 시스템 구축
  - 클라우드 컴퓨팅 기술을 이용한 고성능 클러스터 및 클라우드 서비스 구축
  - 유전체 데이터 저장용 대용량 스토리지 및 백업 시스템 구축
  - 유전체 데이터 분석용 클라우드 서비스 구축 및 제공
- 다부처 유전체 정보 공유 및 활용 체계 구축
  - 생명정보 연구 성과물 등록 및 활용 시책과 연계한 정보 공유 및 활용 방안 수립
  - 유전체 데이터 모델에 의거한 정보 등록 표준안 수립
  - 정보 공유 방안 정책 수립
  - 범부처 협의회 활동을 통한 협력 네트워크 구성

□ 산업통산자원부

- 기존 산·학·연·병 클러스터 구축과 유전체 표준지도에 대한 지원에 이어 상용화 가능한 유전체 서비스 모델 및 시스템 개발 본격 추진
- 국내외적으로 유전체 기술개발이 급속히 빨라지고 있는 가운데, 국내 유전체 관련 기업의 글로벌 경쟁력 확보를 위해 다양한 유전체 어플리케이션 및 서비스 개발 지원
  - 유전체 연구 성과 및 DB를 활용한 상용화 모델 개발을 중점 추진하기 위해 신규과제 도출 및 시행
  - 항암 맞춤형치료를 위한 한국형 ‘파운데이션 메디슨’ 모델 개발 신규 추진 (‘15년 1,200백만 원, 4년)
  - 응급상황 사전 예측을 위한 의사결정 지원 시스템 개발 신규 추진 (‘15년 500백만 원, 4년)
- 인간과 모델생물(쥐, 초파리 등) 대상의 WES와 RNA-Seq의 생물정보학적 분석을 최적화 할 수 있는 생물정보학적 분석 파이프라인과 시각화 소프트웨어를 개발 계속 추진

- 인간 및 모델생물 WTS 분석을 위한 소프트웨어 완성 및 고도화, CLCommunity, CLGenomics, 세균용 CLRNASeq, CLMetagenomics SW 고도화 및 DB 업데이트 계속 추진
- 정량적 목표
  - 10억 원당 지적재산권 1.0건 창출(출원 0.4, 등록 0.6 가중치)
- 유전체-임상 정보 기반의 맞춤형료 산업화 모델 개발을 위한 1,500명 시료 수집(대장 선종, 전립선암 위험 인자 평가), 1,000명 SNP DB구축 및 대장암 발생 감수성 유의마커 검증 및 대장선종 관련 유의마커 선별, 유전체 비즈니스 생태계 활성화를 위한 정보 시스템 구축 추진
- 유전적 및 후성유전적 변이 마커의 대규모 임상 샘플을 활용하여 데이터베이스 구축, 유전체 데이터 생산 및 분석, 다중 유전자 바이오마커를 이용한 질환 관리 알고리즘 완성 등 계속 추진
- 유전체 정보와 임상 정보의 효율적인 활용을 위한 유전체-임상 통합 정보 시스템 개발, 유전체 정보 저장·분석 인프라 및 전문 인력 양성 등 산업화 기반 구축 계속 추진
- 한국인 표준 게놈 작성을 위한 표본 확보 및 조립된 스케폴드 순서와 배열을 염색체 매핑, 국제 표준 사례 조사 등 계속 추진
- 유전체 산업 생태계 주체(산·학·연·병) 간 협력 기반 구축을 통한 유전체 정보 생산·분석·활용 확산
- 유전체 관련 소프트웨어 기술 개발 및 비즈니스 모델 개발 지원으로 유전체 전문 중소·중견기업 육성
- 빅데이터 기술, 질병 진단 시스템 개발 등 적용 범위 및 응용기술 확대를 통한 신 시장 창출

□ 해양수산부

- 국가 해양 수산 생물의 분류군별 유전체 분석과 연구를 통한 산업화 가능성 제고 및 국가 해양 수산생물의 생물 정보 종합관리
  - 해양 생물 100종의 유전체 분석 및 유용기능 제시 (해양 동물 40종, 해양 식물 30종, 해양 미생물 30종)

- 해양 메타유전체 연구 및 유용 기능 제시
- 해양 수산물 10종의 유전체 분석 및 품종 개량 기반 구축
- 국가 차원의 해양 수산 생물 유전체 정보 관리 시스템 구축 및 운영
- 산업화 및 우수 연구 성과 발굴
- 해양수산생물의 차세대 유전체 연구 기반을 구축하고, 해양유전체 유래 기초·원천기술 개발을 위한 해양생물 유전체 발굴·자원화
  - 유용 유전자원의 산업적 가치 발굴을 위한 해양수산생물 전장유전체 대량 해독 및 유전정보의 체계적 관리
- 해양생물 유전체 정보 대량 분석
  - 해양 동물, 식물, 미생물 전장유전체 해독 및 기능 분석
  - 해양 동물(자포, 연체, 환형, 절지, 극피, 척추) 전장유전체 해독
  - 해양 동물 전사체 분석 및 비교유전체 데이터베이스 구축
  - 해양 식물(다시마류, 지구온난화 지표종, 석회화 해양식물) 전장유전체 해독
  - 해양미생물(난배양성, 우점, 협기성, 고온성) 전장유전체 해독
  - 메타유전체 유용 유전자 기능 분석 및 생리활성물질 탐색 기반 확립
  - 표준유전체 지도 완성
- 수산양식생물 유전체 정보 분석
  - 돌돔 유용유전자 개발 및 기능연구
  - 조피볼락 유용유전자 개발 및 기능연구
  - 참홍어 유전체 분석
  - 유전자 연관지도 작성
- 유전체 정보 시스템 구축
  - 해양수산생물 유전체 종합관리를 위한 DB시스템 ISP 수립
  - 원천 데이터 스토리지 서버 증설(30T → 60T)
- 국제협력 연구
  - 국제심포지엄 개최를 통한 유전체 연구역량 제고 및 연구 협력 도모
- 생물다양성협약(CBD) 나고야 협정, 유엔해양법(UNCLOS), 국제지적재산권위원회(WIPO)에서 해양유전자원(Marine Genetic Resource)

을 바이오산업 원천자원으로 인식에 따른 국가적 대응 유용 해양수산 생명 유전체 자원 체계적 확보 및 관리

- 해양수산양식생물 유전정보 해독을 통한 유용 유전자원 및 기능 발굴
- 해양수산생물 유전체자원 기지를 주축으로 한 해양생명공학 연구 활성화 및 DB 구축을 통한 국가자산화
- 유전체 연구를 통한 수산물 및 양식생물 산업경쟁력 확보
  - 유전체 정보, 유전자, 분자마커 등은 고품질 신품종 육성 및 종효율 증진 등 고부가 산업창출 기반 제공
  - 식량과 생물자원의 무기화 위협에 적극적 대응을 통한 식량안보 확보
- 수산업을 둘러싼 환경변화에 적극적 대응
  - FTA 등 수산물 시장의 개방 확대, 기후변화, 식품안전 등의 생산·소비 환경변화에 선제적으로 대응하기 위한 내병성, 내환경성 신품종 개발을 통해 경쟁력 제고
- 농림축산식품부
- 농생명 자원 유전체 정보의 체계적 자원화 및 실용화 지원 체계 구현을 위한 농축 식품 미생물 유전체 정보 활용 실용화·산업화를 통한 생명 산업 육성 기반 마련
- 유전체 자원과 정보를 활용한 산업화 지원
  - 관련 기업에서 활용 가능한 미생물 유전체 정보 제공
  - 유용 미생물 자원 발굴(20건 이상) 및 산업화(6건 이상)를 통한 매출 증대 및 연관 산업 육성
- 농축 식품 미생물 유전체 연구 기반 구축 및 미생물 유전체 정보 자원화
  - NGS 기반 바이오 빅데이터 분석 기반 확보
  - 유전체 대량해독·정보 분석
  - 유용 유전자 및 미생물 자원 발굴
- 부처 협력을 통한 성공적 유전체 연계 연구
  - 동식물 병원균에 의한 질병 발생 기작 규명

- 병원성 미생물 진단 또는 치료 마커 개발(8건 이상)

○ 조기성과 창출형 4개 과제, 연구 역량 강화형 3개 과제 진행을 통한 성과 창출

구분	전략미생물 해독	유용유전자 원확보	사업화 실용화	표준유전체 해독	메타지놈 분석	유전체분석 기술개발	NaBic 등록	SCI급 논문
2015년 성과목표	6	4	2	15	5	3	8	6

○ 2차년도 사업이 추진됨에 따라 본격적인 연구개발 진행

- (조기성과 창출형 연구과제) 전략미생물을 해독하여 산업화가 가능한 유용 유전자원 확보 및 특성 분석
- (연구 역량 강화형 연구과제) 표준유전체 해독, 메타지놈 분석 등 미생물 유전체의 유전정보 분석 및 NABIC에 등록하여 산업화 활용 지원

○ 계속과제 7개(조기성과 4개, 연구역량 3개), 1,800백만 원 투입

- 조기성과 4개, 연구역량 3개 과제에 대해 과제별 220~350백만 원 지원

○ 세부내역사업별 특성을 반영한 성과 창출

- 조기성과 창출형 과제는 사업화·실용화를 위한 내역사업으로 전략미생물 해독, 유용유전자원 확보, 사업화 성과 창출에 적극적 추진
- 연구역량 강화 과제는 미생물의 산업화를 지원하는 내역사업으로 미생물의 표준유전체 해독, 메타지놈 분석, 유전체분석기술개발, NaBic 등록 성과 창출에 집중 투자

○ 과제별, 그룹별 세미나, 워크샵 등을 통한 연구협력 지원

- 주관, 세부, 협동과제 연구협력 강화를 위한 단위과제별 세미나 개최(연 4회 이상)
- 식품, 생물미생물 등 유사과제 간 동향 파악 및 연구협력을 위한 그룹 세미나 개최(1회 이상)
- 관련분야와 연구협력을 위한 타 연구사업과 연구동향 교류, 관련 학술대회 참여

○ 유용미생물 정보의 국가자원화를 통해 국가경쟁력 제고 및 생물다양성협약에 대응한 미생물자원 주권 확보

- 미생물 유전체 R&D 투자확대를 통해 선진국과의 기술격차를 극복 및 미생물 유전체 정보의 국가자원화를 통한 생명자원의 주권 확보

- 미생물의 메타유전체, 참조유전체 등 유전체 분석을 통한 특성 규명, 유전체 정보를 연계하여 식품, 농업, 의료 등 다양한 분야에 활용 가능

○ 생명공학의 실용화·산업화 지원을 통한 고부가 농산업 실현

- 미생물을 활용한 친환경 고부가 농식품 제품 개발로 농가 소득 증대
- 유용생명자원의 실용화·산업화를 통한 전통 발효식품의 표준화, 세계화 실현

○ 유용미생물 연구를 통한 김치, 주류, 생물비료 등 국산 종균 개발

- 국산 종균 개발을 통해 해외에서 수입되는 종균을 대체하여 전통 종균을 활용한 제품 개발로 김치, 주류, 생물비료, 사료첨가제 공급 가능
- 기능성 인증을 통해 제품의 품질 개선 및 안전성 확보로 부가가치 향상 및 매출향상 기여

□ 농촌진흥청

○ 우리 고유 자원과 농업적 중요 품목을 대상으로 유전체 해독 및 활용체계를 단기간에 구축

- 식량 작물, 원예 작물, 특약용 작물, 재래 가축 및 곤충 등 40품목

○ 농촌진흥청 작목 전문가 중심의 과제 수행 체계 구축으로 유전체 정보 생산과 분자 육종 적용을 동시에 병행 추진

- 농과원 생명 자원부는 유전체 해독 등 수요자 맞춤형 정보제공 역할
- 생명정보 분석 등 외부 전문가의 역량 도입으로 사업 완성도를 제고

○ 농생명자원 유전체 해독소재 개발 및 신규유전체 집중해독

- 농업생물 고유자원 자원의 핵심집단 구축, 특성평가 및 유전체 분석기반 구축
- 농업생물 핵심 고유자원 유전체 완전해독 및 지적재산권 선점
- 농업생물자원의 유전체 해독을 통한 경제형질 대량발굴 및 활용

○ 농림축산식품 오믹스 분석 및 관리시스템 개발

- 농림축산식품 생물정보 데이터 분석을 위한 생물정보 통합관리 시스템

- 구축 및 데이터베이스를 고도화하여 유용정보와 지식을 재생산하는 시스템 구축
  - 농림축산 특성화 생물정보 서비스 플랫폼과 산·학·연·관 상호 연계를 위한 생물정보 허브서비스 구축
- 농업생물정보국제협력 및 공동연구
  - 유전체 분야 대형 국제프로젝트에 참여하여 최신의 유전체 정보 및 선진기술 확보
- 농생명자원 유전체 해독자원 개발 : ('14) 들깨 등 → ('15) 홍화 등 (총 8작목)
  - 유전자 매핑 집단육성 : 홍화 포함 8작목 집단 육성
- 농생명자원 유전체 해독 추진
  - 해독목표 : 품목별로 계놈의 80% 이상 또는 유전자영역 95% 이상 포함하는 서열 정보 확보
  - 농작물 세포질 유전체 완전 해독 : 4종
  - 집단 유전체 차세대염기서열 결정, 분석 : 말 등 2종
- 농림축산식품 바이오정보 고도화 사업 진행
  - 농림축산식품 오믹스 관리 시스템 및 통합 DB 구축 : 유전체 오믹스 정보 종합화
  - 농림축산식품 오믹스 분석 및 관리 시스템 개발 : 4종
  - 농림축산식품 오믹스 정보 종합 서비스 시스템 구축 : DB 3종
- 유전체정보 분석기술 공유 통한 국제협력사업 추진
  - 국제협력 네트워크 활성화를 위한 유전체 정보 분석 역량 강화
  - 유전체 해독 정보 및 품목 관련 국제컨소시움 추진
  - 유전체 및 생물정보 분석역량 강화 지원
- 세계적 생물 유전체정보 전쟁에서 우리의 농생명자원 특허 확보 및 방어
  - 식량과 생물자원의 무기화 위협에 적극적으로 대응하여 식량 안보를 확보
- 국가적 유전체 해독사업(National Genome Program)내 일원화 추진으로 유전체정보, 해독, 활용기술의 상승효과 견인

- 국내 농산업시장(종묘, 농약 등)의 혁신적 발전토대 제공
    - 정밀 품종육성, 비용·노동력 혁신적 절감, 농산업 관주, 바이오물질 등
  - 농생명 자원의 유전체 해독과 활용기반 구축을 통해 신품종 작물육성, 경제동물 품종개량, 자원안보 강화, 기능성 물질 개발, 농업의 경제성
  - 국가 신성장 동력 사업을 발굴하고 뒷받침하기 위한 고도의 유전체 정보처리기술·인프라 확보 및 전문 인력 양성 프로그램을 강화
  - 외국의 선도적인 농생명 정보기관과 국제 컨소시움 및 공동(협력)연구 참여 지원
  - 농생명 유전체정보 분석 및 활용을 위한 국제적 선도 기관과 협력네트워크 구축
  - 포스트게놈 다부처 유전체사업 성과확산을 위한 국제 정기 컨퍼런스(워크숍) 추진 체계 구축
  - 유전체 및 생물정보 인력교류를 통한 연구추진의 국제화 환경 조성
  - 농생명 정보 분석 인력교류에 의한 실무형 인력양성 체계 구축
- 산림청
- 산림자원 유전체 해독사업을 통해 유전체 육종 집단을 조성, 집단별 표현형질 특성 평가, 고밀도 유전 연관 지도 작성
  - 국제 공동 연구를 통한 비교유전체 지도 완성, 분자 마커 선발, 유전체 정보 활용 플랫폼 개발
  - 핵(90% 이상) 및 세포질 표준 유전체 완성(99% 이상)
  - 변이 마커 선발(SNP 10종 이상) 및 검증
  - 건조 또는 생장 관련 대사체 및 전사체 마커(각 5종 이상) 선발
  - 표준 유전체 완성
    - 핵 유전체의 물리지도 구축 및 주석(1종)
    - 세포질 유전체 완성(2종)
  - 변이 마커 선발 및 검증

- 핵심집단 표현형(건조 또는 생장)에 대한 SNP 검증
- 생물학적 정보 분석을 통한 종·속간 유전체 변이 분석
- 오믹스 마커 선발
  - 목적형질 또는 수종 특이 발현 전사체 및 대사체 마커 선발(각 5종 이상)
  - 건조 특이 살리실산 생합성 변이 규명
- 유전체 육종집단 조성 및 유전 연관지도 개발 : 90백만 원
  - 사시나무 중밀도 유전연관지도 작성
  - 형질별 특성 분석 및 매핑집단 조성
- 신규 유전체 초안 완성 연구 : 240백만 원
  - 사시나무 핵 유전체 물리지도 구축 및 주석화
  - 세포질(엽록체·미토콘드리아) 유전체 완성
  - BAC library 구축
- 비교유전체 분석을 통한 분자마커 개발 : 170백만 원
  - 목적형질별 핵심집단 표현형에 대한 SNP 검증
  - 생물학적 정보 분석을 통한 종·속간 유전체 변이 분석
- 전사체 정보를 이용한 유용 유전자원 개발 : 100백만 원
  - 목적형질 또는 수종 특이 발현 전사체 해독
  - 신규 유전자 발굴 알고리즘 선정을 위한 in silico 분석
  - 전사체 및 전사인자 마커 후보 선발 및 검증
- 대사체 마커 개발을 통한 유용형질예측시스템 개발 : 100백만 원
  - 건조 특이 살리실산 생합성 변이 규명
  - 목적형질별 대사체 마커 후보 선발
  - 유용 대사체 조절 기능 분석 및 예측시스템 개발
- 신기능성 품종 육성에 의한 국내 산림산업의 활성화 및 목재수입 대체 효과
- 우리나라 고유 산림자원에 대한 유전체 정보의 확보를 통한 유전자관련 국제특허 대량 선점 및 로열티 절감
- 국내 바이오매스 에너지 실용화 및 신재생 연료 혼합 의무화제도

- (RFS)에 기여
- 임업선진국과의 국제공동연구를 통한 유전체 기반 기술의 선진화 및 국가경쟁력 강화

## 1.5 기존 다부처 유전체사업의 한계점 및 향후 방향성 제시

### 1) 한계점

- 우리나라의 유전체 기술 수준은 글로벌 경쟁에서 뒤처질 위기
- 연구 활성화를 위한 체계적 관리정책 육성계획 및 유전체관련 독자적 원천기술 부족
- 국가 수준의 유전체 연구 종합 전략 및 중장기 계획이 제대로 수립되지 않아 전략적인 투자가 미흡
- 유전체 분야에 대한 정부의 투자가 선진국 대비 그 규모가 절대적으로 부족한 실정
- 기반 구축을 위한 투자에도 불구하고 유전체 연구 활성화에는 역부족
  - 유전체 기초 연구 분야는 정립된 반면 유전체정보의 범부처 통합관리 및 연구 지원 인프라 및 이를 중심으로 한 융복합 연구는 초기단계
  - ‘한국인 인체자원은행사업’을 통해 50만 명 분 수집한 데이터를 적극 활용할 필요성
  - KOBIC, NABIC, 국립 보건 연구원 등 유전체 정보 생산하였으나, 융합 연구는 취약
  - 1000 Genome 데이터, TCGA 데이터 등 선진국으로부터 제공되는 다양한 공용(public) 데이터의 활용과 다부처사업 정보결과와 비교분석 등을 가능케 하는 수요자 중심의 활용 인프라 구축을 위한 인적·물적 지원이 필요함
- 분석 시장은 지속적인 성장세, 실용화 기술 시장은 초기 단계
  - 정보 분석 수요에 대응한 민간 서비스 업체의 약진
  - 대기업 IT 기반 기술에 관심을 보이나, 시장형성은 요원함
- 시퀀서, 슈퍼컴, 해독 및 분석 소프트웨어 등 원천 기술 분야의 독자적 기술력 미확보

- 유전체 연구 성과를 활용한 산업화 분야는 아직 초기 단계이기 때문에 글로벌 경쟁력 확보의 가능성이 큼
- 세계 각국 정부의 유전체 연구 개발 사업 투자 확대
- 미래 시장 선점을 위한 국제적 경쟁이 치열하게 전개되면서 선진국의 유전체 원천기술 선점이 가속화 되고 있으며 배타적 국제협력이 강화되고 있는 시점
- 유전체 연구 정보 분석 측면에서 인력양성이 부족하며, 인력의 효율적인 분배가 절실히 필요

## 2) 다부처 유전체 사업의 방향성

- 다부처유전체사업의 효율성 극대화 방안
  - 글로벌 동향에 맞추어 적절한 시점에 투자 방향에 대한 관심 급증
    - 국내 유전자 연구 층이 두텁고 또한 수요가 높아 투자 방향에 대한 연구자 관심과 기대가 증폭
  - 각 부처가 유전체 R&D에 대한 장기적인 비전과 계획을 마련하고 공유
    - “다부처 유전체 사업” 이전에는 부처별 사업정보를 공유하기 어려웠으나, 공동 기획을 계기로 정보 공유의 활성화가 이루어짐
  - 빠르게 기술이 발전하고 있는 분야 이므로 글로벌 기술 변화를 즉각 받아들일 수 있는 시스템 필요
    - 유전체 정보 분석과 빅데이터 생산 뿐 아니라, 윤리적 문제를 포함한 임상적용 가능성에 관심
    - 유전체 관련 기술 동향을 상시 파악하고 국내 유전체사업에 적용할 수 있는 사업추진체계 마련이 시급
    - 국외 전문가로 구성된 자문위원회를 설치하여 유전체 관련 기술 변화에 대응할 필요
  - 세계적 수준의 유전체 연구 경쟁력 확보
    - 다양한 신규 sequencing 기술을 개발할 수 있는 연구팀 및 전문가 양성에 적극적인 투자가 시급

- 신기술 개발을 위한 융복합 기초연구의 활성화
- 다수의 부처가 사업을 추진하는데 따른 효율적 사업체계 고려
  - 7개 부처·청에서 사업을 추진함에 따라 각 부처별 역할을 설정하고, 그에 따른 고유사업을 인정하는 ‘다부처’ 형태로 사업 추진
  - 해당 부처가 참여하는 “협의체” 운영을 통해 사업 주체로서의 범부처 거버넌스 표방

< 그림 9 > 부처별 사업 내용 (출처: (2014~2021) 포스트게놈 다부처 유전체 사업 추진계획안, 2014 국가과학기술심의회 운영위원회)

- 부처연계 협력사업과 정보생산과 분석을 위한 부처 간 인프라 연계방안을 공동으로 기획
- 총괄사무국 중심의 다부처유전체사업 추진체계 확립
  - 다부처유전체사업의 협력체계 강화를 위해 총괄사무국 설치하여 유전체 사업의 성과교류 활성화 및 성과 극대화
  - 총괄 사무국 내 분과위원회, 기술위원회, 국내 및 국외 자문위원회를 설치하여 부처간 협력 강화 및 공동연구 활성화

□ 연구결과의 활용방안-맞춤의료 분야

- 환자별 맞춤형료 구현으로 치료효과 증대를 통한 국민건강 증진
- 불필요한 치료·약물 부작용 최소화하는 등 경제적·사회적 의료비 절감 기대
  - 맞춤형료 전환 시 100세까지 소요되는 의료비의 10~30% 절감 가능
  - 美NIH('08) : 약물 부작용 25% 감소시켜 연간 450~1,350억불 의료비용 절감
- BT-IT-NT 등이 결합된 고급·양질의 이공계 분야 일자리 창출
  - '17년 13천명, '25년 10만 명 이상
- 확보된 유용생물자원 및 유전체정보를 활용한 양질의 맞춤형 서비스 (식품 등) 확대
- 기초·원천 연구역량 제고 및 세계적 유전체 연구거점 육성을 통한 신 지식·신산업 창출 기반 구축
- 유전체 빅데이터 공동 활용을 위한 전산시스템 기반 구축 및 공동연구 기반 고급서비스 활용 확대
- 국민, 산업계, 연구계 등 수요 맞춤형 유전체정보 서비스 제공 및 유전체 기반 맞춤형 의료 구현을 위한 기반 확립

□ 연구결과와 활용방안-생물자원 분야

- 생물자원의 유전체정보 확보를 통한 바이오산업 원천 자원의 국가자산화 및 글로벌 위기 대응을 통한 국가경쟁력 확보
- 생물자원에 대한 국내외 상황\* 변화에 선제적 대응을 통한 주도권 확보 및 지식재산권 선점 기대
  - \*ABS의정서('10) : 유전자원 접근 및 이익 공유, 나고야에서 체결
- 확보된 해양생물자원, 미생물, 농업생물자원을 활용하여 식량안보, 기후변화, 난치병 치료 등 글로벌 위기에 적극 대응을 통한 국가 경쟁력 확보
  - 생물자원을 이용한 상품의 연간 세계시장 규모는 5천-8천억 달러이며, 의약품의 70~80% 이상이 식물 등 천연물질에서 추출
- 급속한 성장세를 보이는 유전체관련시장 선점을 통해 경제적 부가가

치 획득가능

- (세계시장) 196조('13년) → 576조('18) → 1882조('23)
- (시퀀싱) ('10) NGS 1000대, 시약 6000억 원 → ('15) NGS 3000대, 2조원이상(연평균 25%) 예상

□ 유전체 사업의 국제공동연구 활성화

- 인종 간 유전체 특성에 따라 질환의 발병정도가 다르게 보고되고 있고 우리나라를 포함한 아시안 국가에서 발병도가 특이적으로 높은 일부 유전질환 및 원인 유전자가 규명되고 있음
- 일부 아시아 특이적으로 발병되는 질병을 중심으로 한국 및 중국, 일본 등이 참여하는 국제 협력 연구 네트워크 구축을 통한 유전체 연구 선도 필요성 증대
  - 아시아 국가 특이적 질환에 대한 유전체 해독의 활성화를 통해 맞춤형 유전체 서비스 확대 및 유전체 정보 산업의 주도권 확보

3) 정밀의학 실현을 위한 신규 사업 추진 방향

- 정밀 의학은 환자의 유전체 데이터 및 임상자료 등의 빅데이터를 기반으로 데이터를 통합하고, 분석 활용하는 플랫폼을 기반으로 한 신 개념의 의료이므로, 다부처유전체사업에서 추진되는 일부 사업의 경우 정밀의학 구현이 가능할 수 있도록 최근 연구 동향을 반영하여 지속적인 지원이 필요하며 필요시 별도 사업으로 추진하되 다부처 사업과의 협력체계 등 정밀의학 실현을 위하여 다음과 같은 연구 전략을 수립하고 추진해야 함
- 정밀 의료의 효율적인 구현을 위해서는 우선순위의 질환을 선정하고, 질환별로 특화된 대규모 코호트 구축사업을 진행하여 질환관련 원천 유전체 데이터를 확보하는 것이 필요함 (예, 돌연사증후군 코호트, 대장암코호트 등).
- 본 사업에서 구축하는 데이터 및 분석 기술은 정밀의료 실현을 위한 유전체 정보의 임상적용 과정에서 직접적으로 활용될 수 있는 연구로 방향성을 제시할 필요가 있음.

- (예) 임상적용 가능성이 높은 액체 생검 기술, 종양패널, 또는 마이크로바이옴 유전체 기술 등의 개발과 관련한 연구 촉진

□ 임상중심의 연구 집단 구축

- 미국의 경우 정밀의학 실현을 위한 임상연구 (NCI-Molecular Analysis for Therapy Choice; NCI-MATCH trial)가 진행하고 있는 바와 같이, 정밀의학연구의 임상적용가능성을 높이기 위해서는 임상연구를 중심으로 한 병원 중심의 정밀의학 연구 플랫폼 구축을 위한 전략이 필요함
- 병원 내 유전체정보 활용을 위한 진료 및 치료 가이드라인 구축: 유전체 검사를 진단 또는 예측 검사로 활용하기 위한 병원내 서비스 개발을 위한 제도적, 사회적, 윤리적 문제 등의 대처방안 개발이 필요함

□ 의료 빅데이터 자료의 구축, 통합 및 활용 방안 수립

- 빅데이터 정보 수집을 위한 대규모 코호트 구축을 구축
  - 환자 또는 코호트 기반의 유전체 정보의 생산과 더불어 환자의 의료 정보 및 식사, 운동, 혈당, 체중 등의 라이프로그 데이터 등의 광범위한 데이터의 생산 및 정보처리 및 보안을 위한 가이드라인의 개발이 필요함
  - 이를 위한 코호트 구축 단계에서의 정보수집의 범위, 체계 등에 대한 고찰 및 유전체자료와의 연계 방안 등을 고려한 연구 사업의 제시가 필요함
- 정밀의료 빅데이터의 핵심 자료인 유전체 자료는 현재에도 여러 다양한 형태의 플랫폼들이 지속 개발 중임. 따라서 유전체 데이터와 다른 의료정보데이터의 통합 및 데이터 활용을 위한 공개 플랫폼을 개발 및 표준화연구에 대한 집중적인 선투자 연구가 필요함
- 딥러닝 기반의 정밀의료 빅데이터 활용 기반 기술 개발의 필요성
  - 정밀의학은 유전체 자료와 임상 의료 정보, 라이프로그 데이터 등의 빅데이터의 통합과 분석을 기반으로 수행되어야 하며, 이를 위한 최신의 정보처리 기술인 인공지능 기술, 클라우드 컴퓨팅 등의 최신 정보 분석기술의 개발 및 정밀의료 자료의 활용연구가 필요함

- 유전체변이의 질환관련 기전연구도 정밀의료의 관점에서 임상적용 가능성에 대한 적절한 평가가 이루어진 대상을 위주로 집중되도록 평가제도의 보완이 필요함.
- 정밀의료의 구현을 위해서는 개인별 유전체 데이터를 확보하고 대규모 코호트 데이터와의 비교작업을 통해 유의한 변이를 찾는 연구가 진행되어야 함. 따라서, 질환별 대규모 코호트 유전체 데이터생산 및 코호트 데이터의 활용방안을 강구해야 함.
- 기존의 유전체관련 연구 결과물이 기초연구에 그치지 않고, 임상적용 연구 또는 상용화연구로의 진입이 원활하게 진행될 수 있도록 연구지원 체계를 구축함으로써 이노베이션 센터로서의 기능을 수행할 수 있어야 함. 이는 기존의 유전체, 임상적용연구를 통한 정밀의료실현을 위해 필요한 지원을 담당하여, 정밀의료와 관련한 사업목적을 이룰 수 있는 수월성을 제공할 것임.

□ 임상적용 가능성이 높은 기술의 연구 추진

- 정밀의학 분야에서 임상적용 가능성이 높을 것으로 평가되는 신규 기술들을 중점 육성하는 것이 필요함
- 암 진단 패널의 개발
  - 임상에서 유용한 암 진단 패널을 개발 및 환자진단치료의 활용도 증대를 위한 임상연구의 지원을 통해 가시적인 정밀의학의 임상적용 성과창출을 유도하는 것이 필요함
- 약물유전체 분야는 임상 활용 가능성이 높고, 정밀의학의 핵심 분야로 부각되고 있어, 관련분야 연구자들의 공동연구를 체계화할 수 있는 연구 인프라 구축이 필요함
- 액체 생검 (Liquid Biopsy) 기반 기술혈액, 소변, 뇌 척수액 등 생체에서 채취한 적은 양의 샘플로 체외에서 진단 검사를 하는 기술로 지난 2015년 미국 MIT에서 발표한 혁신기술 (Breakthrough technologies) 중 하나로 선정되었음. 이는 환자 시료의 채취가 용이하고, 지속적인 추적조사가 가능해 임상적용 가능성이 높은 기술로 연구투자가 필요함
- Single cell sequencing 기반 기술은 종양 이질성, 후성학 연구, 세포

간 상호작용, 면역세포 상호작용 등의 연구 분야에 새롭게 적용되면서 정밀의학 실현을 위한 보다 정확한 유전정보 및 기전연구가 가능한 기술로 연구투자가 필요함

- 마이크로바이옴 기반 기술은 인간 몸속에 공존하는 미생물 유전정보가 다양한 인간질환 (대사, 면역질환, 심장병, 우울증, 자폐증, 치매 등) 과 관련이 있음이 최근 보고되고 있으며, 이에 관련 연구의 활성화를 통해 임상적용 가능한 기술개발이 필요함
- 민간 참여 유도를 통한 정밀의학 연구 활성화 및 산업화 추진
  - 민간기업 및 임상시험 피험자들의 자발적 참여를 유도하기 위한 정부 - 민간 협력체계 (컨소시움 구축) 등을 통해 정밀의료 사업 연구결과의 산업화, 실용화, 공개화를 유도하는 것이 필요함
- 정밀의학 전문 연구인력 양성의 필요성
  - 정밀의학의 다학제적 특성을 고려하여, 임상의료, 생물정보, 유전체 등의 전문지식과 빅데이터 정보처리 기술과 관련한 전문지식을 겸비한 미래형 정밀의학 전문 연구 인력을 양성하는 것이 필요함
  - 기존의 기초 과학 중심의 전문 인력이 아닌, 의료현장에서 임상적용 연구를 수행할 수 있는 문제 해결형 유전체-의료정보 전문 인력의 양성이 필요함
- 유전체 데이터의 표준화 및 정도관리
  - 임상, 산업, 연구용에 따라 특성에 맞게 정립, 적용되어야 함.
  - 유전체기술이 빠르게 발전하고 있어, 새로운 플랫폼 및 데이터 형식에 맞는 정도관리 및 표준화 개발이 지속적이고도 신속하게 진행되어야 할 필요가 있음.
  - 분야의 특성을 고려하여, 유연성 있는 표준화 및 정도관리 규칙을 유지 관리하는 것이 필요함.
  - 임상적용의 경우, 관련 기관 내에 (예, 신의료기술평가위원회) 정밀의료 관련 심사과정의 전문화가 필요함 (유전체전문가의 참여 등).

---

## 2. 다부처 유전체 사업 현황 분석 및 개선방향

---

### 2.1 세부기술 재분류 및 조정안

- 각 부처 유전체 사업을 개방하여 부처 간 협력을 강화하고 부처 간 역할을 명확히 함
- 각 부처의 연구범위를 [응용연구분야], [기반, 산업화 인프라분야], [공동 연구 사업] 분야로 재조정하여 부처별 연구 중복을 방지하고 각 부처 간 시너지 극대화 함
- 각 부처별 연계 강화를 위해 공동연구 사무국을 설립하고 통합적 사업관리 시스템을 구축함
- 각 부처 고유의 유전체사업 특성을 고려하고 지속적인 투자를 통해 성과의 극대화를 유도함
- 다부처유전체사업의 성과 극대화를 위해 빠르게 발전하는 유전체 관련 신기술의 조속한 국내 도입이 요구됨
- 국내 유전체관련 기술의 국가경쟁력 확보를 위해 국내연구자들에 의한 유전체 관련 신기술 개발에 적극적 투자가 필요함

## 2.2 세부기술 및 추진 연구내용 구체화

- 연구범위, 세부기술 및 하위연구의 구체화를 위한 내용 연구
- 1) [응용연구분야] 인간유전체 및 동식물, 해양식물 등 유전정보를 활용한 고부가가치 생명 자원 개발
- 인간 유전체연구 사업(복지부): 대상 질환의 우선순위를 재평가가 요구되며, 활용 가능한 기술 수준 및 맞춤형료 실현의 가능성을 판단하여 질환 중심 중개연구 지원이 필요하며, 질병 특이적인 생물학적 경로 및 기능연구, 그리고 임상시험에 활용 가능한 유전자검사에 대한 정보시스템 구축이 요구됨
  - (1) (인간유전체 이행연구) 신 생물 분야 맞춤형 진단 및 치료법 개발을 위한 중개연구 지원
    - 한국인 특이적 호발성 질환(암, 만성질환 등) 극복을 위한 질환 코호트별 인간 유전체 중개연구를 마련하여 지원이 필요함
    - 약물 유전체 핵심 기반기술 지원하여 임상적용이 가능한 후보 바이오마커가 발굴되어야 함
    - 임상적용이 가능한 후보를 효율적으로 진단할 수 있는 진단법 개발, 그리고 이를 이용한 치료법 개발에 적극적인 지원이 요구됨
  - (2) (유전체 이행연구 지원) 인간유전체 이행연구를 체계적으로 지원하기 위한 유전체 및 임상 정보 분석 지원, ELSI 연구기반 구축 등 유전체 사업 인프라 과제 지원
    - 한국인 특이적 질환 유전체 이행연구 사업을 체계적으로 지원할 수 있도록 국내외 유전체 연구관련 ELSI기반 구축을 추진하여 약물 반응 바이오마커 및 질환별·개인별 맞춤 치료제 개발이 필요함
    - 질환의 조기진단·예후예측을 위한 바이오마커 및 진단법 개발 및 질환별·개인별 맞춤형 진단 지침 및 치료지침 개발이 요구됨
  - (3) (한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용사업) 한국인 유전변이 칩을 활용한 대규모 유전정보 생산
    - 맞춤형료 구현을 위한 표준 연구자원 수집·관리 및 활용을 위한 대책 마련이 시급함
    - 맞춤형료 응용연구수행을 위한 지식정보 자원화 및 인프라를 조성하고

주요 질환별 표준 연구자원·유전체 정보·임상정보 국가 자원화를 위한 구체적 계획이 요구됨

- 인간유전체 연구정보·자원 통합 DB 및 포털 구축·운영 및 지식선순환을 위한 연구지원용 정보공유 제도 및 인프라 조성이 필요함
- 농생명 자원 유전체연구 사업 (농식품부, 농진청, 산림청): 농축산식품 미생물 유전체 연구개발을 통해 성공가능성 및 시장성이 높은 분야에 전략적 투자를 강화해야하며 농축산식품 미생물유전체 분석정보의 국가자원화 및 활용성을 제고가 필요함 농생명 자원 유전체 해독 자원을 개발하고 효율적인 농생명 자원 유전체 해독을 위해 참조유전체, 메타게놈 정보 대량 생산 및 정보 분석에 대한 지원이 요구됨
  - (1) (산업화 자원 미생물 유전체 전략연구사업) 조기 산업화 가능성이 높은 전략미생물을 적극적으로 활용하여 기술개발 성공가능성과 시장성이 우수한 프로바이오틱스, 면역 증강제, 미생물농약, 바이오소재 등 개발 및 산업화에 적극적인 투자가 필요함
    - 김치 미생물, 주류 미생물, 미생물비료, 사료첨가제 개발 기술 지원이 필요함
    - 프로바이오틱스, 버섯 유래 바이오소재, 면역 증강제, 미생물농약 개발 기술 신규지원이 요구됨
    - 메타게놈 분석을 통한 유용미생물 자원의 발굴 및 참조유전체 개발이 시급함
  - (2) (밀레니엄 농생명 자원 유전체해독 사업) 주요 농생명 자원의 유전체 해독소재 개발하고 신규유전체 집중해독을 통해 표준화된 정보생산체계 구축이 필요함
    - 유전체 정보 생산을 위한 농생명 자원 개발의 지속적인 지원이 필요함
    - 우리나라 고유의 식량작물, 원예작물, 특약용 작물, 곤충선충 및 가축 등 유전체 정보 생산을 위한 자원 개발과 이를 대상으로 한 신규 표준유전체 완성이 시급함
  - (3) (산림자원 유전체 해독) 우리나라 고유의 산림 생명자원에 대한 신규 유전체 정보 생산 및 유전체정보 이용체계를 구축함
    - 고유 산림생명자원의 신규 유전체 해독에 대한 지원이 요구됨
    - 신규 표준유전체 초안 완성을 위한 과제 구성 및 적극적 지원이 필요함

(4) (농림축산식품 바이오정보 고도화 사업) 식량, 원예, 가축, 곤충 자원의 생물정보에 대한 체계적인 자원화를 위해 통합관리를 위한 시스템 개발하고 사용자 중심의 종합적인 서비스 제공이 요구됨

- 농림축산식품 오믹스 관리시스템 및 통합적 DB 구축을 위한 신규과제 구성이 요구됨
- 농림축산식품 생물정보 교육 시스템 구축 및 인력양성을 위한 지원이 필요함
- 농림축산식품 유전체 정보의 분석 및 관리시스템 개발에 대한 지원이 이루어져야 함

○ 해양생물자원 유전체연구 사업(해양수산부): 유용 유전자원의 산업적 가치 발굴을 위한 해양수산생물 전장유전체를 대량 해독하고 유전정보의 체계적인 관리가 요구되며, 국제협력 연구를 통해 해양생물자원 유전체 정보 뱅크 구축을 위함 지원이 필요함

(1) (해양생물 유전체 연구 및 활용) 국내의 유용 해양생물자원 유전체 정보 생산 및 해양 메타 유전체 분석이 요구되며, 국제협력 연구 지원을 통해 해양생물자원의 정보 뱅크 구축이 시급함

- 전문가위원회를 통해 응용 및 산업화 가능성 및 효율성이 높은 해양생물자원의 선정이 시급함
- 선별된 해양생물에 대한 전장 및 전사유전체 해독 지원을 통해 표준 유전체 지도완성이 필요함
- 유전체 정보 생산 전체 과정에 대한 효과적인 관리시스템 구축이 요구됨

□ [기반, 산업화 인프라 분야] 유전체 분석 기술 등 연구 기반 확보

○ 기초, 원천 기술개발 및 인프라 분야 (미래부): 사용자 중심으로 한 유전체 분석 서비스를 지원하기 위한 통합 분석시스템 구축이 요구되며, 다양한 질환 치료를 위한 유전체 분야 핵심 원천기술의 기전 규명에 대한 지원이 시급함 국제협력 공동연구 및 산학연 맞춤형 IT 융합인력을 육성하기 위한 국제교육표준 시스템 수립 및 임상 빅데이터 전문가 양성 지원이 요구됨

(1) (유전체 정보 분석 공동연구 기반 구축 사업) 국내 유전체 자원 통합관리

체계 구축 및 수요자 중심 유전체 분석 서비스 제공을 통한 유전체 정보 활용 기반이 마련되어야 함

- 사용자(국민, 연구자, 산업계 등) 맞춤형 분석 환경을 제공하기 위해 다부처유전체사업 연구과제에서 생산된 데이터 종류에 따라 개방형 분석시스템 구축에 대한 지원이 필요함
- 국내 유전체 대량 정보의 관리, 분석 및 결과 활용을 위한 사용자 중심의 편한 인터페이스와 다양한 분석이 가능한 서비스 시스템 구축에 대한 지원이 요구됨
- 유전체 정보의 보존 및 해독에 필요한 신규 소프트웨어 개발에 대한 지원이 적극적으로 이루어져야 함

(2) (유전체 미래원천 기술개발 사업) 유전체 기반 질환 기전 규명을 통해 임상 유전체 정보를 이용하여 바이오마커 발굴하고 또한 진단 및 치료 표적을 발굴하기 위한 신규 세부기술의 구성이 필요함

- 유전체-단백체-정보기술 통합 신기술 (다중오믹스 연구)을 통한 질환 표적 발굴을 위한 투자가 요구됨
- 질환모델정립을 통하여 신규 진단 및 치료 표적의 기전 및 효능 검증이 필요함
- 장내 공생미생물 및 바이러스의 유전체 분석을 통해 장질환 개선을 위한 기초자료 확보가 시급함
- 희귀난치성 발달장애 관련 발병기전 규명을 통하여 조기진단 및 치료를 위한 원천기술을 개발에 대한 투자가 요구됨

(3) (미래유전체연구 인프라 고도화) 유전체 산업 활성화를 위한 전문 인력 양성, 글로벌 협력연구를 통한 국내외 공동연구 등 유전체 네트워크 구축을 위한 지원이 필요함

- 유전체 컨소시엄을 가입하고 다양한 국가와의 공동연구 진행이 추진되어야 함
- BIT 융합 생명정보 대학 및 대학원 프로그램의 효율적 운영을 통한 유전체 산업관련 인력양성에 대한 지원이 필요함
- 산·학·연 협력 맞춤형 교육과정의 개발하여 유전체 연구 전문 인력 양성이 요구됨

○ 산업화 인프라 분야 (산업부): 유전체 상용화 모델 개발 및 인프라를 구축하고 한국인 표준 게놈지도를 완성하여 유전체 산업 활성화 기반

마련이 요구되며, 맞춤형 유전체 산업 분야의 신제품 및 신기술개발 지원이 필요함 유전체 산업의 국산화와 핵심기술 개발을 통해 국가경쟁력 확보가 시급함

- (1) (유전체 산업 비즈니스 클러스터 구축) 맞춤형의료산업 육성을 위한 기업-대학-연구소-병원 연계 시스템을 구축하여 새로운 유전체산업 생태계 조성이 요구됨
  - 유전체 및 임상 정보의 효율적 활용을 위한 통합정보 시스템을 개발하고 맞춤형 치료 등 서비스를 개발함
  - 유전체 관련 소프트웨어 기술 개발 및 비즈니스 모델 개발지원으로 유전체 전문 기업 육성이 요구됨
  - 유전체 기반 진단, 치료 및 건강관리를 위한 신규 임상지원시스템 구축에 대한 지원이 요구됨
- (2) (유전체 핵심기술 개발 및 표준화) 기업-대학을 중심으로 대용량 유전체 정보 분석 및 해독기술의 국산화를 통해 국내 유전체 산업 역량을 고도화하여야 함
  - 유전체 정보 분석기술의 국산화를 적극 지원하고 고급 핵심기술의 국내 도입을 추진함
  - 다양한 오믹스 정보통합 분석기술을 개발하고 클라우드 서비스 연계를 위한 신규기술 개발에 대한 적극적인 투자가 필요함
- (3) (유전체 비즈니스화를 통한 신 시장 창출) 기업-병원을 중심으로 유전체 기술을 활용한 고부가가치 제품 및 서비스의 상용화를 유도함
  - 대사성 유전질환 진단키트의 개발 및 예후 예측 프로그램 및 시스템 개발에 대한 지원이 요구됨
  - 유전적 및 후성유전적 변이 마커를 대규모 임상 샘플을 활용하여 선별하고 이에 대한 DB 구축이 필요함
  - 다중 유전자 바이오마커를 이용한 질환 관리 시스템 개발에 적극적인 투자가 요구됨

□ [공동 연구 사업 분야] 부처 공동 연구 사업을 통한 성과 극대화

○ 공동연구사업 운영원칙(안) 준수여부

- 공동 연구 사업은 연구센터 등 독립된 운영을 하고 있지 못함

- 선정 결과 및 평가는 주관부처 전문기관이 주관하되 관계 부처의 참여 하에 실시하여야 하나, 현실적으로 이루어지지 못하고 있음. 다만, 다부처 유전체 사업의 과제 선정 및 평가 관리 절차(안)등의 기준안은 마련 되어 있음

○ 질병기전 규명 유전체 연구 (복지부, 미래부): 유전체정보를 이용한 질병기전 규명과 응용, 질병기전 정보를 바탕으로 진단 및 치료 표적 유전자 발굴이 요구됨

- 질환 모델 생물, 질환 세포주 등을 이용한 유전체 연구를 통해 질병기전 규명 및 약리 규명에 대한 지원이 필요함
- 임상 유전체 정보를 이용하여 신규 진단 및 치료 표적 발굴이 시급하며 이를 위한 유전체 정보기반의 축적이 요구됨

○ 숙주-미생물 상호작용 (Host-Microbe Interaction) 연구 (미래부, 농식품부, 복지부): 숙주-미생물 상호작용 규명을 위한 체계적 유전체 분석과 기능연구를 통해 동물 및 식물을 대상으로 한 특정 병원체의 진단 및 백신개발을 위한 핵심인자를 발굴함

- 인체 장내 공생미생물 다중 상호작용 유전체 분석을 활용한 감염 개선 및 제어 기술 개발이 요구됨
- 만성호흡기질환 미생물 간 상호작용 연구를 통해 증증 천식과 마이크로바이옴 상관성 분석 기반 구축에 대한 지원이 필요함
- 기능유전체학 접근을 통한 동·식물 병원균 진단 및 제어 기술개발, 신규 표적인자 발굴에 대한 적극적인 투자가 요구됨

○ 인간게놈 표준지도 작성 (산자부, 복지부, 미래부): 한국인에 대한 독자적이고 정밀도 높은 게놈지도 작성 및 국제 DB 등록을 통한 검증이 시급하며, 게놈지도 정보 및 표준게놈물질의 개발 및 등록, 최신화 체계 구축이 요구됨

- 한국인 표준 게놈지도의 작성에 대한 투자가 필요함
- 기존 염기서열과의 비교연구를 통해 표준게놈의 정확성 분석이 요구됨
- 한국인 표준게놈에 대한 전문가 기술평가를 통해 게놈표준 등록이 시급함

○ 국제협력 공동연구 (미래부, 복지부, 해양부, 산업부, 농진청): 국제 유전체 컨소시엄 참여를 통해 글로벌 네트워크 구축이 시급하며, 국제 공동연구를 통한 유전체 산업의 국가경쟁력 확보가 요구됨

- 국제 유전체 컨소시엄 가입 및 글로벌 공동연구 진행에 대한 투자가 필요함
  - 아시아인 특이질환에 대한 국제협력연구 지원을 통해 아시아인 특이적 신규표적 동정이 요구됨
  - 농생명 정보 국제컨소시엄 및 공동연구 진행을 통해 농업분야의 국가경쟁력 확보가 시급함
- 유전체 전문 인력 양성 (미래부, 산업부): 학·연·산 연계 집중교육 프로그램을 개발하여 운영하고, BIT 융합 대학원 특성화를 통한 유전체 산업분야 전문 인력 양성이 시급함
- 유전체 전문 인력 양성 대학원 교육과정 개발 및 신규 BIT 인력 양성 지원이 요구됨
  - 유전체 분야 산업계 및 연구소 진출을 희망하는 예비취업자 대상 기본 실무능력 배양 및 역량 강화가 필요함
  - 집합교육에 참여하기 어려운 산업체 인력이나 인접 학문의 전공자를 위한 시간, 장소에 제한되지 않는 초·중·고급의 체계적인 온라인 교육프로그램의 개발과 제공이 필요함
- 예타 이후 신기술 분야 및 연구동향에 대한 대응방안 제시
- 최근 유전체 및 후성유전체 연구관련 다양한 신기술들이 빠르게 성장하고 있음
- 이러한 유전체 연구관련 신기술들의 조속한 국내 도입이 요구됨
- 해외 유전체 사업에 대한 경쟁력 확보를 위해 유전체 연구관련 신기술 개발지원 프로그램이 필요함
- 다부처유전체사업 내 신기술 개발을 지원하는 과제를 구성하여 기초 및 응용연구의 균형 있는 발전을 도모하여야 함
- 단일세포 유전체분석 (Single cell genomics)
- 다양한 세포를 포함한 샘플에서 염기서열을 분석하는 방식과는 달리 단일세포 수준에서의 염기서열 분석 기술임(Petropoulos et al, Cell, 2016)
  - 세포 간의 다양성을 밝혀내고 신규 치료제의 스크리닝, 줄기세포 연구, 조직발달 기초연구 등 다양한 분야에 응용될 수 있음

- 다양한 인체조직에서 각각의 단세포를 분리할 수 있는 기술개발이 선행되어야 함
- 단일세포 순수분리 및 소량의 샘플에서 유전체 분석할 수 있는 기술개발을 위한 과제를 구성하고 적극적인 지원이 필요함

○ Native-elongating transcripts sequencing (NET-seq)

- 현재 다부처유전체사업 뿐만 아니라 대부분의 유전체 연구사업에서 사용하고 있는 RNA sequencing과는 달리 RNA polymerase에 의해 만들어지고 있는, 즉 RNA polymerase와 결합되어 있는 전사체를 직접 sequencing하는 방법임
- 본 기술은 2011년 UCSF에 있는 Jonathan Weissman 그룹에서 최초 개발(Churchm and Weissman, Nature, 2011) 하였음
- 최근 본 기술을 인간세포에 적용하여 현재까지 알려지지 않은 새로운 전사체를 발견하고 그 기능연구가 이루어지고 있음 (Mayer et al, Cell, 2015)
- 본 기술을 이용하여 새로운 비암호 RNA(non-coding RNA)를 분석하고 그 기능 연구가 활발히 진행되고 있음
- NET-seq 기술의 국내 도입을 위한 기초연구분야의 투자가 반드시 필요함

○ Long non-coding RNA(lncRNA) 동정 및 기능 연구

- ENCODE 사업을 통해 전체 인간 DNA의 약 90%가 전사체로 만들어지지만, 그 중 약 15%만이 단백질을 암호화하는 것으로 알려짐
- 따라서, 약 88% 이상의 RNA들은 단백질을 암호화하지 않은 비암호 전사체 (non-coding RNAs) 임
- 이러한 non-coding RNA중 상대적으로 길이가 긴 long non-coding RNA (lncRNA)의 기능에 대한 연구가 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있으며, 다양한 질환과의 연관성 및 세포 기능조절에서의 새로운 역할이 점차 보고되고 있음 (Batista and Chang, Cell, 2013; Anderson et al, Cell, 2015)
- 특히, 세포 특이적·조건 특이적 신규 lncRNA 동정이 세계적으로 계속해서 진행되고 있음
- 따라서 다양한 질병세포로부터의 lncRNA 동정이 필요하며, 그 작용기전의 명확한 이해가 필요함

- 모델세포를 이용한 lncRNA의 기능 연구, 다양한 세포 및 조건에서의 새로운 lncRNA 동정 및 기능 연구를 위한 과제를 구성하고 적극적인 지원이 필요함

○ 모델세포를 이용한 transcriptome 및 epigenome dynamics 연구

- 최근 후성유전학 관련 유전체연구에서 역동적으로 변화하는 환경에서의 transcriptome 및 epigenome 분석에 대한 중요성이 대두되고 있으나, 이에 대한 연구는 태동기 수준임 (Weiner et al, Molecular Cell, 2015; Nocetti and Whitehouse, Genes and Development, 2016)
- 다양한 질병에 대한 발병 및 제어기전을 정확히 이해하기 위해서는 세포의 성장과정에서의 transcriptome 및 epigenome dynamics 분석이 바탕이 되어야 하며, 이를 통해 보다 명확한 질병 치료 표적인자 발굴이 가능함
- 현재 다부처유전체사업은 다양한 임상시료의 transcriptome 및 epigenome 분석에 초점이 맞추어져 있음
- 모델세포를 이용한 transcriptome 및 epigenome dynamics 연구 과제를 구성하여 기초 정보를 생산하고 이를 다양한 임상시료로부터 도출한 결과와 비교분석하여 정확한 질환 표적인자를 발굴하여야 함

□ 세부기술 구체화를 위한 기술자문위원회 운영 강화

- 부처별로 추천된 유전체 전문가 총 15인으로 구성된 기술자문위원회를 구성함
- 사업 추진에 필요한 기술적·경제적·정책적 자문을 요청함
- 운영위원회 사업 운영 및 관리에 관한 자문 등을 요청함

2.3 사업별 투자계획 및 규모조정 연구

□ 당초 예타 계획대로 사업 진행 여부 조사 분석

1) 연차별 사업진행 현황

- 14년도 485억원, 15년도 523.4억 원의 예산이 집행되었음
- '16년 정부 예산은 551억 원 (전년대비 14.8% (73.6억) 증가)
- 복지부 158억 원 (28.7%), 미래부 125.5억 원 (22.8%), 농진청 80.3억 원 (14.6%), 산업부 77.2억 원 (14%), 해수부 56.7억 원 (10.3%), 농림부 46.3억 원 (8.4%), 산림청 7억 원 (1.3%)
- 기초·원천기술 개발 및 정보 분석 기반구축 67.5억, 인간유전체 135.7억, 농생명자원 유전체 연구 122.1억, 산업화 인프라 구축 69.2억 및 해양수산생물자원 유전체연구 56.7억 원 등

(단위: 백만 원)

구분	'15년 예산			'16년 예산			
	예산	예타	반영률 (%)	예산	전년대비 순증	예타	반영률 (%)
■ 포스트게놈 다부처 유전체 사업	48,069	79,830	60.2	55,104	7,035	75,460	73.0
○ 미래창조과학부	12,500	18,316	68.2	12,550	50	17,476	71.8
○ 보건복지부	13,460	20,348	66.1	15,806	2,346	19,508	81.0
○ 산업통상자원부	6,409	14,370	44.6	7,720	1,311	12,370	62.4
○ 해양수산부	4,500	8,600	52.3	5,669	1,169	8,500	66.7
○ 농림축산식품부	2,500	4,786	52.2	4,632	2,132	4,786	96.8
○ 농촌진흥청	8,000	12,410	64.5	8,027	27	11,920	67.3
○ 산림청	700	1,000	70.0	700	-	900	77.8

- '14년도 투자 정부R&D투자 451억 원(93.1%), 민간R&D투자 33억 원 (6.9%)임

- 부처별로 미래창조과학부 115억 원(25.5%), 보건복지부 110억 원 (24.3%), 농촌진흥청 80억 원(17.7%), 산업통상자원부 60억 원 (13.3%), 해양수산부 55억 원(12.1%), 농림축산식품부 25억 원 (5.5%), 산림청 7억 원(1.5%) 순으로 투자

○ 민간투자는 33억 원으로 정부투자대비 7.4% 수준임

< 그림 10 > '14년도 부처별 투자실적  
(단위: 백만 원)

< 그림 11 > '14년도 부처별 정부/민간 투자실적  
(단위: 백만 원)

[예비타당성 조사 결과 소요예산]

(억 원)

구 분	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	계
소요예산	775.3	798.3	754.6	721.3	735.8	734.2	653.1	615.4	5,788

- '15년 포스트게놈 다부처 유전체사업에 대한 R&D투자는 총 523.4억 원으로 정부 R&D 투자 477.4억 원(91.2%), 민간 R&D 투자 약 46억 원(8.8%) 임

○ 부처별로 보건복지부 131.34억 원 (28%)\*, 미래창조과학부 125억 원 (26%), 농촌진흥청 80억 원 (16.6%), 산업통상자원부 64억 원 (13.3%), 해양수산부 45억 원 (9.4%), 농림축산식품부 25억 원 (5.2%), 산림청 7억 원 (1.5%) 순으로 투자

< 그림 12 > '15년도 부처별 투자비중

< 그림 13 > '15년도 부처별 정부/민간 투자실적  
(단위: 백 만원)

## 2) 연차별 주요 성과

### □ '14년 주요 성과

- (특허성과) '폴리펩티드의 N-말단 치환용 화합물, 이를 이용한 폴리펩티드 내의 아미노산 서열분석 및 정량방법'(미국특허등록 US8,501,488 B2, EU특허등록 1763510) 등 국·내외 특허등록 17건 (국내등록 12건, 해외등록 5건)
- (논문 성과) '악성 림프종양의 돌연변이 유전자 발굴 기술'(Nature Genetics, IF : 35.209) 등 SCI논문 137편 게재
- (사업화 성과) 미생물군집분석서비스, 유전체분석서비스, 전사체분석서비스 사업화 (주천랩/이재희) 등 3건
- (인프라 구축) 유전체 교육프로그램, BIT 융합형 유전체 석·박사인력 등 전문인력 200명 양성

구분	과학·기술적 성과						유전자원 확보		산업화 성과	사회·인프라 성과		
	논문 건수		특허 건수				유전체 정보 생산	유전자원 확보	사업화·실용화	국제 협력		전문인력 양성
	SCI급	비SCI급	국내 출원	국내 등록	해외 출원	해외 등록				인력 교류	국제 회의	
보건복지부	38	3	3	2	1	1	1100명	-	1	-	1	10
미래창조과학부	83	8	12	6	5	4	-	-	1	-	-	34
산업통상자원부	4	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-
해양수산부	9	-	2	3	-	-	12종 13Tbs	5종	-	-	1	-
농림축산식품부	2	1	-	-	-	-	9*	1	-	-	-	5
농촌진흥청	1	3	-	-	-	-	292	131	-	-	-	151
산림청	-	-	-	-	-	-	10Tbs	-	-	-	1	-
합계	137	15	17	12	6	5			3	-	3	200

\* (유전체정보생산) 농축산식품부 = 전략미생물 해독, 표준유전체 해독, 메타지놈 분석 건수의 합

□ '15년 주요 성과

- (특허성과) 사이토크롬 P450 2D6 유전자의 유전자형 분석을 위해 일배체형 마커 단일염기변이(htSNP)를 이용, CYP2D6 유전자의 유전형질을 결정하는 방법(일본특허등록: ZL201102404256) 등 국·내외 특허등록 30건 (국내등록 28건, 해외등록 2건)
- (논문 성과) 장내 미생물의 아토피 유발 메커니즘 최초 규명 (J of Allergy and Clinical Immunology, IF : 11.476) 등 SCI 논문 162편 게재
- (사업화 성과) 미생물군집분석서비스, 유전체분석서비스, 전사체분석서비스 제공으로 159백만 원 매출 발생(㈜천랩) 등 4건
- (인프라 구축) 유전체 교육프로그램, BIT 융합형 유전체 석·박사인

력 등 전문인력 80명 양성

구분	과학·기술적 성과						유전자원 확보		산업화 성과	사회·인프라 성과		
	논문 건수		특허 건수				유전체 정보 생산	유전자원 확보	사업화·실용화	국제 협력		전문인력 양성
	SCI급	비SCI급	국내 출원	국내 등록	해외 출원	해외 등록				인력 교류	국제 회의	
미래창조과학부	84 (80/4)	23	17	23	7	-	300CPU 15Tbs	-	1	5	24	49
보건복지부	39 (37/2)	23 (23/0)	5	4	-	2	1100명	-	1	2	3*	18
산업자원부	5 (5/0)	-	9	1	-	-	-	-	1	-	-	-
해양수산부	9 (9/0)	1	-	-	-	-	22종 63 Tbs	25종	-	-	1	-
농축산부	10 (8/2)	1 (1/0)	-	-	-	-	27	2종	1	-	-	8
농진청	13	9	7	-	-	-	-	70종	-	2	1	-
산림청	2/0	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	5
합계	162	58	39	28	7	2	-	97종	4	10	29	80

\* (유전체정보생산) 농축산식품부 = 전략미생물 해독, 표준유전체 해독, 메타지놈 분석 건수의 합

3) 부처별 세부 사업진행 현황

□ 미래창조과학부

○ 국내 유전체 자원 통합 관리체계 구축 및 유전체 정보 활용 기반 마련  
- '14년 유전체정보분석기반구축사업으로 8개(30억 원) 신규과제 선정

○ 4개 과제(대학\*) 지원(1,500백만 원)을 통해 유전체 전문 인력 양성  
\*\*

\* 한양대, 이화여대, 서울대, 숭실대

\*\* '14년 박사학위 10명, 석사학위 24명 배출 및 현재 과제참여 석·박사 76여명 양성 중

- 부처 간 실질적인 연구협력 및 공동연구 활성화방안 마련 추진
  - 부처 간 교류협력 강화를 위해 한국유전체학회 동계 심포지엄과 연계하여 다 부처 유전체사업 연구 성과 교류회 개최 추진
  - 공동연구과제 주관부처 중심으로 활성화방안 마련 추진
- 유전체미래원천기술개발사업
  - (계속) 시범사업 과제(3개), 희귀난치성 질환의 원인 유전자 규명 및 질환유전체 지도 작성과제 지원으로 우수논문 성과 도출
  - (공동/신규) Host-microbe interaction(숙주-미생물 상호작용) 관련 유전체 기술을 이용한 질병의 시스템적 분석 원천기술개발 신규 추진
  - \* 장내병원성세균/공생미생물 등 2개 신규과제('15년, 5억 원\*2개)
- 유전체 정보 분석 공동연구 기반구축사업
  - (통합지원과제 1개(KOBIC) + 연구지원과제 5개(2억~25억)) 유전체 정보 개방형 분석 서비스 환경 구축
  - (유전체, 메타유전체, 전사체 및 후성유전체 분석 알고리즘 개발) BioVLAB-MMIA-NGS : miRNA-mRNA 오믹스 데이터의 통합 분석 (프로그램 등록번호 C-2015-006064, '15.3)
  - (데이터 정보연계 시스템 구축) 데이터 정보연계를 위한 Genome InfraNet 프로토타입 개발 완료 및 인프라 시스템 확충 : 300Cores, 1,312TB 저장공간 확보 (4차년 전체 목표의 약 26% 달성)
  - (클라우드 시스템) 대용량 유전체 분석용 클라우드 서비스(BioExpress) 개발 완료 및 대용량 데이터의 고속전송 솔루션(KoDS) 개발
  - 유전체 정보 활용성 증대를 위한 클라우드 기반의 유전체 분석 시스템 구축(유전체 분석 관련 7종 파이프라인, 30개 모듈 탑재 완료)
- 미래유전체 인프라 고도화
  - (인력양성) 대학원 특성화 및 BIT융합 연계프로그램 운영을 통한 유전체 전문인력 체계적 양성(수요자중심 전문교육프로그램개발)

- \* 대학원 특성화를 위한 BIT융합분야 개설과목 37개 : 서울대(15), 숭실대(9), 한양대(11), 이화여대(7) 등 수요자 중심 전문교육 프로그램 개발
- \* 서울대/숭실대/한양대 석·박사 49명, 취업 24명(마크로젠 등), 진학 16명
- (국제협력/신규) 세계 수준의 국제 컨소시엄 참여 신규과제 추진
- \* 인체장내 마이크로바이옴정보활용 질환 모니터링제어 등 2과제('15년, 5억 원\*2개)

- 혈액 암의 한 유형인 악성림프종 돌연변이 유전자 규명('14.3.3)
  - Nature Genetics誌\* 게재, 향후 T세포 림프종 항암 치료법 개발 기대
- 마이크로 RNA와 히스톤탈아세틸화 효소6에 의한 간암발생기전 연구 (Journal of Hepatology, '15.03, IF: 11.336)
- 장내 미생물로부터 아토피가 유발되는 메커니즘 최초 규명 (Journal of Allergy and Clinical Immunology, '15.10, IF: 11.476)

□ 보건복지부

- 유전체 중개연구의 목적성 강화 및 실용화 가능한 과제 집중 육성을 목표로 '인간유전체 이행연구 분야' 8개 과제 신규과제 선정
- 한국인 참조유전체지도 공개
  - 한국인 질병 유전체 연구 위한 자료 구축 및 분양 개시를 통해서 관련 맞춤형 의학 산업 활성화를 위한 계기 마련
  - ※ 보도자료 배포 및 한국인참조유전체 웹서비스 시작 ('15. 01. 26)
- 유전체 중개연구의 목적성 강화 및 실용화가 가능한 과제 집중 육성을 목표로 질환중심 이행연구 및 지원연구에 대한 지원 확대
  - 대상 질환 우선순위, 활용 가능한 기술수준, 맞춤형료 실현 가능성 등을 종합적으로 고려하여 '15년도에는 다인자성질환(뇌전증), 약물 유전체 분야를 중점 지원
  - '15년도 인간유전체 이행연구 및 유전체 이행연구 지원 분야 11개 과제 신규 지원

- 유전체 정보 공유 및 글로벌 리더십 확보를 위한 선진국 중심의 국제 협력연구와 차별화되는 국내 주도의 국제협력 연구 2개 과제 신규 지원
    - 아시아인의 특이질환(가와사끼병, 선천성 말초신경병 등 다빈도 질환) 및 아시아인 특성을 고려한 유전체 분야 국제협력연구 신규 지원
  - 만성질환과 인체기관 내 미생물과의 상호작용 관계를 규명을 통한 질환 예방 및 진단·치료 기술개발 기반 구축
    - \* 천식 등 만성호흡기질환 조기진단, 치료를 위한 인체-미생물 상호작용 연구의 전략적 로드맵 구축 등
  - 임신성 당뇨병 이후 제 2형 당뇨병 발병 예측방법 개발
    - 임신성 당뇨병 여성에서 출산 후 당뇨병으로의 진행여부에 대한 추가적 예측력 확보 기대 ※ Diabetologia誌 게재 및 국내특허 등록('14.10)
  - MicroRNA-221의 의한 종양억제 유전자인 HDAC6의 저해가 간암 악화 초래(Journal of Hepatology, IF 11.336)
  - 사이토크롬 P450 2D6 유전자의 유전자형 분석을 위해 일배체형 마커 단일염기변이(htSNP)를 이용하여 CYP2D6 유전자의 유전형을 결정하는 방법 해외 특허 (일본/특허등록번호: ZL201102404256, '15.01.30)
- 산업통상자원부
- 14년도 유전체 산업 생태계 협력 및 산업화 기반 연구 과제 선정
    - 임상 중심 산업 생태계 조성을 위한 산·학·연·병 클러스터를 구축하고, 유전체 정보 활용 촉진을 위해 유전체 EMR 통합 정보시스템 마련 지원
    - 한국인 고유 생명자원에 대한 주권 확보 및 활용기반 마련을 위해 한국인 표준 게놈지도 작성 추진 (부처공동연구사업)
  - 유전체 분석 서비스 상용화를 위한 시스템 구축 및 고도화를 수행하고, 분석 파이프라인 및 앱 개발, 정보 활용 프로그램 개발을 통한 상용화 추진
  - 다중 바이오마커 개발을 통해 췌장암/담도암 NGS 데이터, 임상 데이터 구축 및 NGS 유전변이 발굴 수행

- 유전체 연구 성과 및 DB를 활용한 상용화 모델 개발 지원
  - 항암 맞춤 치료를 위한 NGS 기반 다중 동반 진단시스템 개발을 통해 한국형 파운데이션 메디슨 모델 발굴 추진
  - 대사성 유전질환 진단 키트 및 예후 예측 시스템 구축을 통해 응급상황 의사 결정 지원 모델 개발 추진
- 유전체분석 S/W 개발을 통한 미생물군집 분석서비스, 유전체 분석 서비스, 전자체 분석서비스 등 상용 서비스 제공
- 유전체 분석 분야 재직자(84명) 및 취업예정자(70명) 대상 교육을 통해 유전체 산업 인력의 역량 강화 추진

□ 해양수산부

- 유용 해양수산생물 유전체 분석
  - 해양수산양식생물 22종 2.74 [Tbps] (6.3 Tbytes) 유전체정보 생산
  - 해양 생물 표본, 시퀀싱데이터 확보\* 및 유전체 지도 완성\*\*
  - \* 해양 동물 2종, 해양식물 19종, 해양미생물 2균주/\*\* 수산양식생물 2종
- 국제협력 - 미국 미시건 대학교 '멀티 오믹스 기반 연구' 협력 추진
- 정보화 DB 시스템 구축
  - 해양수산생물 유전체 정보 등록 시스템 구축
  - 표준화된 방법에 따른 절차 및 수행방법 마련, 부처 간 연계방법 수립
  - 원천정보량 {2.74 [Tbps] (6.3 Tbytes)} 및 유전체자원 (22종) 확보

□ 농림축산식품부

- 1차년도 연차평가 실시('15.07) - 산업화 지원 미생물유전체전략연구 7개 과제, 숙주-미생물 상호작용 연구(부처공동) 2개 과제 연차평가 실시
- 2차년도 계속과제 지원('15.08)
  - 총괄과제 포함 산업화 지원 미생물유전체 전략연구 7개 과제, 숙주-미생물 상호작용 연구(부처공동) 2개 과제 지원(25억 원)

- 2016년 신규과제 발굴 및 상세기획('15.12)
  - 산업화 지원 미생물유전체전략연구(7개), 숙주-미생물 상호작용 연구 (부처공동, 2개), 미생물유전체 연구정보관리 등 총 10개 과제

□ 농촌진흥청

○ 농림축산식품 미생물유전체사업단 출범('14.08) 및 연구개발 본격 추진

- 조기성과 창출형 미생물유전체 핵심 전략연구 4과제 선정
  - \* 김치, 주류, 생물비료, 사료첨가제 미생물 연구
  - 목적 지향적 미생물 유전체 연구역량강화 3과제 선정
  - \* 메타유전체, 참조유전체 정보 분석, 농업생물정보 처리기술 개발
  - 병원성 미생물 유전체분석 및 기능연구 2과제 선정
  - \* 식물병원성 미생물유전체 분석, 경제동물 병원균 유전체 분석
- 농림축산식품 유용 유전자원 확보 1건, 전략미생물 해독 5건, 표준유전체 해독 4건, 메타지놈 분석 2건 등 1차 년도 사업목표 초과 달성
  - \* 유용 유전자원 확보(*Leuconostoc citreum* HJ-P4), 전략미생물 해독 (*Leuconostoc mesenteroides* DRC0211, *Rhizopus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Enterococcus faecium*), 표준유전체 해독(*Saccharomycopsis fibuligera* JJ8-1, *Pichia jadinii* PH1-2, *Lichtheimia ramosa* PH1-8, 벵키다리병균(*Fusarium fujikuroi*)의 우리나라 우점종 균주 B20), 메타지놈 분석(3주령과 9주령 자돈의 개별 분변 샘플링 및 미생물 군집 분석, *Apis mellifera* 성충의 발달단계에 따른 장내 진균 군총 분석)
  - \* 지식재산 성과(SCI급 논문 5건, 특허출원 1건), 전문 인력 양성(박사학위 취득 6명, 석사학위 취득 1명), 국제협력 2건, 교육지도 4건, 학술발표 8건 등 성과 창출

○ 밀레니엄 농생명 자원 유전체 해독

- 14년도: 들깨 등 17품목 대상 유전체 정보 대량생산
- 유전체 해독 진행된 품목 : 메밀, 결명자, 오골계, 왕지네 등 4품목
  - 메밀(240Gb, Scaffold 657Mbp), 결명자(520Gb, Scaffold 591Mbp), 오골계(332Gb, 예측된 유전자 크기의 90% Scaffold), 왕지네(291Gb,

Scaffold 925Mbp)

- 고구마 유전체 해독 한중일 공동 추진 : 한국(농진청, KRIBB) 중국(중국 농업대학), 일본(카슈사 DNA 연구소)
- 분석기반 구축(Illumina Nextseq 500, HiSeq 1000)을 통해 연구 효율 증대
  - 15년도, 주요 농업생물 유전체 및 관련 생명정보 741건 생산 등록
  - 들깨, 메밀, 고구마, 배, 도라지, 왕지네, 제주마 등 12종 표준유전체 작성을 위한 유전체 해독 및 분석

[유전체 해독 및 조립 현황]

품목	배	고구마	도라지	결명자	메밀
Scaffold 총길이(Mb)	583.7	494	702	591	725
예측 유전체 크기	512	518	695	600	765

- (유전자 RNA전사체 분석) 제주마, 오골계, 천잠, 왕지네, 애벌레, 양파, 메밀 등의 전사체 분석
- 유전체 지도보다 정밀하고 정확성이 향상된(N50 scaffold 값: 21.2Mb, contigN50: 132kb) 오골계 유전체 지도 작성
- (유전체서열 분석역량 강화) HiSeq 1000, NexSeq 500 등 염기서열 분석 지원

○ 농림축산식품 바이오정보 고도화 사업

- 농생명자원 신규 유전체 해독 파이프라인을 NABIC에 구축 및 활용 중
- 형질변이 유전자원의 형질분류 및 Plant/Trait ontology 콘텐츠 개발
- 농생명자원 유전체 해독 진도관리시스템 개발 : 시험 가동 중('15)
- 농생명 오믹스 등록 정보관리 및 분석시스템 활용 지원
- (농림축산식품분야 신규 유전체 해독을 위한 파이프라인 구축) 해독 완료된 유전체의 유전자 구조·기능 예측 파이프라인 구축
- (신규·비교유전체 해독 진행상황 모니터링 시스템 구축) 분석 완료된 품목에 대한 유전체 브라우저, 유전자 탐색기능, 유전자 기능별 통계 및 서열 유사도 검색, 관련 데이터 공유 플랫폼 구축 등
- (다부처 정보센터 간 정보 공동 활용 플랫폼구축) 해독 파이프라인 구축 (SOAPdenovo2, Discover, Platanus 등)

- 농생명정보 국제컨소시엄 및 공동연구 협력지원
  - 국제협력 네트워크 활성화 및 유전체정보 분석역량 강화지원, 유전체 해독·분석·활용 관련 국제컨소시엄(워크숍) 개최, 유전체 정보 분석 인력 지원 및 분석 프로토콜 구축 등
  - 농생명 빅데이터 심포지엄('15.09) 참석, 공동포럼 개최 협의
  - ※ 제1회 JAPAN/ NAGP Agricultural Genomics Forum 개최 ('15.12.16~18)

□ 산림청

- 산림자원유전체해독사업 협약 및 연구개시('14.05)
  - 사시나무 엽록체 유전체 완성 : 156 kbp(9개 contig로 조립됨)
  - 사시나무 핵유전체 중간 유전변이 비교 : 1,250개 SNP 및 195개 INDEL
- 협업 및 국제공동연구 추진
  - MOU체결 : 국립농업과학원('14.05)
  - 국제공동연구추진 : 스웨덴 우메아대학교('14.06 비교유전체 분석)
- 사시나무 표준 유전체 초안 완성
  - 핵 표준유전체 완성을 위한 scaffold 및 BAC library 작성
  - ※ scaffold 수 16,833개(N50=67kb), 14,592 BES 정보 확보
  - ※ (특허출원) 차세대 염기서열분석법을 이용한 유전체 DNA말단 서열의 대량분석방법(출원번호 10-2015-0166022, 국제특허출원 예정 '16년)
  - 엽록체 표준유전체 완성
  - ※ 엽록체 유전체 길이 155.5 kb (Populus tremula 156.1 kb)
  - 미토콘드리아 표준유전체 완성 및 중간 비교
  - ※ 미토콘드리아 유전체 길이 775.0 kb (Populus tremula 783.4 kb)
- 사시나무 클론별 형질특성 분석 및 SNP 마커 선발
  - SNP 및 Indel 선발 : SNP 85,248 / Indel 5,779
- 사시나무 살리신 유도체 분석 및 해당 생합성 유전자 동정(4종)
- 산업화 지원 미생물 유전체 전략연구사업

- 1차년도 성과지표 중 조기성과 창출형 미생물 자원 연구의 단위과제에서 2개 단위과제에서 7개의 유전체 및 유전자원의 서열분석 완료 후 NABIC (국립농업생명공학정보센터) 등록, 14건의 전략미생물 유전체서열 해독 및 1건의 유용유전자원 확보함
- 미생물 유전체 연구역량 강화연구 관련 1차년도 성과지표 중 식물병원성 단위과제에서 In silico AFLP 분석을 통한 3종의 진단마커 후보 개발 완료하였고, 3개 단위과제에서 7개의 유전체 및 유전자원 서열분석 완료 및 NABIC 등록 완료 및 4건의 메타지놈 분석 완료하고, 데이터 공개하였음 (출처:http://www.imaf.or.kr)

○ 산업화 지원 미생물 유전체 전략연구사업

- 1차년도 성과지표 중 조기성과 창출형 미생물 자원 연구의 단위과제에서 2개 단위과제에서 7개의 유전체 및 유전자원의 서열분석 완료 후 NABIC (국립농업생명공학정보센터) 등록, 14건의 전략미생물 유전체서열 해독 및 1건의 유용유전자원 확보함
- 미생물 유전체 연구역량 강화연구 관련 1차년도 성과지표 중 식물병원성 단위과제에서 In silico AFLP 분석을 통한 3종의 진단마커 후보 개발 완료하였고, 3개 단위과제에서 7개의 유전체 및 유전자원 서열분석 완료 및 NABIC 등록 완료 및 4건의 메타지놈 분석 완료하고, 데이터 공개하였음 (출처: http://www.imaf.or.kr)

□ 다부처 공동연구

○ 질병 기전 규명 유전체 연구 분과

- 보건복지부와 미래창조과학부가 공동으로 질병 기전 규명 유전체 연구 과제 발굴
- 질환 모델생물 및 세포주에 대한 유전체 데이터 생산·분석을 통한 질병의 기전규명과 유전체조작제어 기술 개발, 약물과 질환 유전체 시그니처 통합분석을 이용한 약리 규명하고자 함

○ Host-microbe Interaction

- 미래부: 1차년도 성과목표인 장내 병원성세균/공생미생물, 장내질환/공생미생물 분야 2개 우수 신규과제 발굴 및 연구 착수
- 복지부: 1차년도 성과목표인 천식 등 만성호흡기질환의 인체-미생물 상호작용 연구 기획 및 호흡기계 임상·역학자료 확보를 위한 기반 연구 착

수

- 농식품부: SCI 논문 6건

부처명	특허				논문		기술이전		국제협력		학위배출(명)	
	국내		국외		SCI	비SCI	건수	금액 (백만원)	컨소시움참여	네트워킹구축	박사	석사
	출원	등록	출원	등록								
미래부					1							
복지부												
농식품부	1		1		6						2	2
합계	1		1		7						2	2

- 생물자원 유전체 분석 정보 3건 NABIC 등록
- 대표 우수성과(상위 10% 이내 논문, 국제특허, 기술이전 등)
- 식물 “붉은 곰팡이” 병원균 생존 메커니즘 규명 연구 (PLOS Genetics, '15.9, IF : 9.44)

○ 인간게놈 표준지도 작성

- 국가 참조표준에 대한 정보 확보 및 한국인 특이적인 유전체표준지도의 작성
- 지원규모: 산업부 20억, 미래부 5억 지원
- \* 복지부는 공동연구사업 예산 미확보로 “한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용사업”에서 지원

○ 산업부

- 한국인 표준 게놈지도 작성을 위한 초정밀 서열 분석 (1인의 1차 조립 수행 / 3가계의 추가확보)
- 1인의 장거리 서열분석을 통한 선행게놈 품질개선 및 초정밀 지도의 골격 작성, 현재 세계 2위 수준의 질적인 수준을 갖춘 유전체 지도 개발 (contig N50\* 기준 8Mb 달성, 세계 1위는 국제표준지도인 미국 NCBI의 hg38로 contig N50 58Mb 수준임)
- 표준화를 위한 절차서 제정 (1차)

○ 미래부

- 희귀난치성 질환의 유전체변이 지도
- 유전성 강직성 하반신 마비(HSP) 49가계 88표본의 유전체 분석에 의

한 21개 변이유전자의 1차 진단패널 도출 및 유전체변이 지도 초안 작성 (서양인 지도 기준)

- 망막색소 변성증 진단 유전자 패널 도출 및 임상유의성 검증 (100여종 유전자)

○ 복지부

- 한국인 인구집단의 전유전체서열 변이 DB 작성, 100명 전장유전체 자료 생산 및 분석 완료하였으며, 생산된 자료를 이용한 데이터베이스 갱신

○ 산업부

- 한국인/동아시아인의 염색체 11번 상의 고중성지방 조절부위 정밀분석 (J Lipid Res誌 발표예정, '16, IF : 4.72)

○ 미래창조과학부

- 희귀근골격 질환관련 CTLA-4 유전자의 중증 자가면역질환자의 abatacept 약물치료 순응 조절기능 (J Allergy Clin Immunol誌 발표예정, '16, IF : 11.476)

□ 국제협력 공동연구 사업

○ 미래부

- 국제 공동연구를 통한 유전체수준의 질환 원인규명 및 제어기술개발 과제기획 및 착수 (2015년 2개 과제 10억 규모 착수)

○ 복지부

- 아시아인의 특이질환(다빈도 질환 등) 및 아시아인 특성을 고려한 국내 연구자 및 연구기관 주도의 국제협력·공동연구 지원

○ 농진청

- 농생명 빅데이터 심포지엄 (제1회 JAPAN/ NAGP Agricultural Genomics Forum, '15.12.16~18)에 참석하여 공동 포럼 개최

○ 해수부

- 국제심포지엄 개최 ('15.6.12-14)를 통한 유전체 연구역량 제고 및 연구 협력을 도모하였으며, 미국 미시건 대학과 ‘멀티 오믹스 기반 연구’ 협력 추진함

○ 정량적 성과

부처명	특허				논 문		기술이전		국제협력		학위배출(명)	
	국내		국외		SCI	비SCI	전수	금액 (백만원)	컨소시 엄참여	네트워 크구축	박사	석사
	출원	등록	출원	등록								
미래부					1				2			
복지부												
해수부												
농진청						1			3(개최1)	2		
합계	0	0	0	0	1	1	0	0	5	2	0	0

○ 복지부

- 기존 국제협력 네트워크가 존재하는 질환 분야와 차별화되는 가와사끼 병, 선천성 말초신경병(IPN) 과제를 신규(2개 과제) 선정하여 국내 연구자 및 연구기관 주도의 유전체 국제협력연구 지원 시작('15.12)

○ 해수부

- 해양생물 유전체 연구를 선도하고 있는 미국 Univ of Michigan대학 및 Rutgers University대학과의 국제공동연구 착수

○ 농진청

- 해독품목별 국제 협력 네트워크 구축 및 지원, 농생명 유전체 국제 컨소시엄 결성 및 추진, 농생명 유전체 국제 컨소시엄 개최, 국외전문가 및 국제 자문 활용

□ 유전체 전문 인력 양성사업

○ 산업부

- 업계 수요조사 및 현장 직무분석을 통하여 수준별 교육과정 개발 및 인력 양성
- 산업계 참여에 의한 유전체(바이오정보)분야 직무분석 및 수요조사
- 기업 및 교육 전문가 참여에 의한 교육 커리큘럼 개발
- 신규 전문가 양성을 위한 중기(2개월×2회) 교육과정 운영
- 재직·연구자 역량향상을 위한 단기 교육과정(3회) 운영

○ 미래부

- BIT 융합 연계교육시스템 구축 과제지원을 통한 차세대 생명정보 교육 시스템 및 프로그램 구축

○ 정량적 성과

부처명	특허				논 문		기술이전		국제협력		학위배출		교육인원	
	국내		국외		SCI	비SCI	전수	금액 (백만원)	컨소시 엄참여	네트워 크구축	박사 (명)	석사 (명)	중기 과정 (명)	단기과 정 (명)
	출원	등록	출원	등록										
미래부	1	2			14	2					6	13		
산업부													70	84
합계	1	2	0	0	14	2	0	0	0	0	6	13	70	84

○ NGS 실무 교재 개발 (한국바이오협회, 산업부)

- NGS의 이해부터 실습, 데이터 분석 및 결과 도출에 이르는 제반 프로세스를 이해할 수 있도록 구성
- NGS 관련 용어, 시퀀싱 등 산업계에 진출하고자 하는 예비취업자를 위한 입문서로 활용하며, 중기 교육과정(예비전문가) 교육생 대상 제공

○ 유전체 상생협력 포럼 개최('15.07.02) 및 산학연 관계자 150여명 참여

○ 미래부

- 고해상도 질량 스펙트럼을 이용하여 효과적으로 펩티드를 분석하는 기술 (BioinformaticsJ誌 발표, 2015.12, IF : 4.981)
- 시계열 RNA 시퀀싱 데이터 분석 패키지 (TRAP) (지식재산권-프로그램 등록, 등록번호 C-2015-005573, '15.03)

2) 세부기술 추진을 통한 사업별 투자계획 및 소요예산 도출

(1) 기반, 산업화 인프라 분야

□ 유전체 정보 분석 공동연구 기반 구축

<자원 인프라 분야>

- 유전체 분야에 대하여 국가적 차원의 연구 포트폴리오를 구성할 필요성이 제기된 바 있다는 점과 각종 위험요인에 대한 관리 방안의 필요성 등을 고려할 때 유전체 연구 분야 전체에 대한 우선순위 설정 및 투자계획이 이루어져야 함
- 실질적인 유전체 연구의 활성화를 도모할 수 있는 기반 인프라 조성을 위한 사업 및 예산 등이 명확하게 도출되어야 함 이들 인프라 구축 사업이 타 연구 사업에 비해 우선순위를 가지고 집행되어야 함
- 성과지표의 경우 인프라 활용도를 평가할 수 있는 지표설정 및 이에 따른 성과 관리가 필요하며, 이를 위한 예산 배분이 필요함
- 생명 연구자원 관리 기본계획 ('16-'20) 에 명시된 바와 같이 KOBIC 중심의 범부처 정보연계가 필요함
  - 부처별 생명연구 자원관리 시스템 구축 운영 및 국가생명연구자원 정보센터 (KOBIC) 중심의 범부처 정보연계
  - ※ 범부처(국가생명연구자원통합정보시스템, KOBIS), 미래부(국가자연사연구종합정보시스템, NARIS), 농식품부(생명자원정보서비스, BRIS), 환경부(국가생물자원종합관리시스템, KBR) 등
- 각 부처별 데이터 정보 센터 운영과 국가 차원의 통합 관리할 수 있는 KOBIC의 범부처적인 임무 및 거버넌스 역할을 명확히 하고, 관련 업무 분장에 따른 예산 도출이 필요함
- KOBIC 분석서비스 지원 및, 유전체정보의 유통, 공개 등의 업무를 수행할 국가 기반 인프라 구축 및 관리·운영을 위한 사업 진행을 담당하고 구체적 역할 제시가 필요함
- KOBIC 기관고유 사업으로 진행되고 있는 국가생명연구정보인프라 구축사업과 연계하여 포스트게놈 다부처유전체사업의 범부처적인 역할을 수행하고 있으므로 KOBIC의 역할 및 기능 강화를 위해, 별도 기관으로의 독립과 같은 방식을 포함한 안정적인 미션사업 진행과 범부처적 역할 확립이 시급함

<전산 분석 인프라 분야>

- 국가적으로 유전체분석을 위한 전산자원 인프라를 구축하고, 국내 유전체연구자들에게 제공·지원하는 서비스 시스템 구축이 필요함 예를 들어, 미국립보건원은 보건원산하 기관인 CIT에서 대용량 전산 인

프라를 구축하고 이를 보건원 소속 연구자들에게 제공하고 있음 (<http://hpc.nih.gov/>) 또한, 다양한 생물정보 분석 도구를 구축·보수·유지 업무 등을 수행하고 있음

- 이와 같이, 유전체 연구가 고도화 될수록, 데이터의 백업을 위한 인프라와 동시에 고성능의 분석 인프라를 국가에서 제공하는 것이 필요함 이는 분석알고리즘 개발, 바이오마커 발굴 등의 사업이 원활히 진행되기 위한 원천 인프라로 국가차원의 정보 분석 인프라 구축이 필요함 KOBIC 등의 국가기관에서 이러한 역할을 담당 수행할 수 있도록 사업 규모에 적합한 예산과 인력수급을 포함한 사업내용의 재조정이 필요함
- 부처별로 운영되는 정보센터는 부처별 데이터의 2차 가공 데이터 활용 방안에 집중할 수 있도록 하고, KOBIC 또는 ETRI 등 출연연에서 원데이터 저장 및 전산 인프라 구축을 중점사업으로 하여 상호 역할 조정이 되도록 하는 것이 바람직함 (미국립보건원의 Biowulf 시스템 및 미국 에너지성의 JGI GOLD등을 벤치마킹하는 것이 필요함)
- 전산자원 인프라 구축 및 이의 개방형 활용을 위한 별도사업체계 및 예산의 재설정이 필요함

□ 데이터 인프라 구축

- “인간게놈 표준지도 작성“ 사업 등의 기반인프라 데이터 생산 사업은, 시기적으로 우선순위에 설정되어야 하며, 사업시작 2년이 지난 시점에는 데이터 생산 및 공개 과정이 완료되어야, 타 사업에서 이들 자료를 효율적으로 활용할 수 있을 것임
- 유전체 자료는 생산시기에 따라, 감가상각 및 자료 활용도가 급격히 감소하므로, 자원 활용도가 떨어지지 않기 위한 우선순위 재조정 및 투자계획이 이루어져야 함 이런 측면에서 현재 데이터 생산 및 활용도 성과는 미흡한 것으로 판단됨
- 정보 활용을 위한 전산 인프라, 데이터 센터, 유전체 참조 데이터 등의 인프라에 해당하는 사업의 우선순위 및 예산투자에 대한 체계적인 포트폴리오 작성 및 철저한 성과 관리체계 수립을 위한 예산의 재배치가 필요함

□ 인적자원 인프라 구축

- 교육사업 등의 인적자원 양성 사업은 미래부, 산업부에서 진행되고 있으나, 교육 목적에 맞는 차별화 교육과정 개발이 필요함
- 현재 진행 중인 사업은 단기 및 실무 교육에 치중되어 있어, 유전체 분야의 질적 수준을 향상시킬 수 있는 체계화된 기초교육을 수행하는 장기 인재양성 프로그램의 개발 및 예산투자가 필요함
- 인력양성 교육 프로그램이 서울지역에 집중되어 있음 추후 교육프로그램 지정 시 지역적 안배가 필요해 보임
- 단기적인 인력양성 프로그램과 별도로 대학원 신설 등을 통한 유전체 관련 원천기술을 개발할 수 있는 인력양성이 필요함 이를 위한 장기 교육 프로그램을 개발하고 지원하는 것이 필요함
- 장기 교육프로그램의 개발이 필요하며, 이는 대학원 과정뿐만 아니라 학부 수준에서 생물학 관련 전공자들이 유전체 관련 생물정보 및 전산 프로그래밍 교육 등이 체계적으로 이루어질 수 있도록 교육 체계 지원이 필요함
- 장기적인 생명정보 교육프로그램이나 집합교육 참여가 어려운 산업인력이나 학생들을 위한 온라인 교육과정의 개발을 통해 시간과 장소 및 교육수준에 제한 없이 지속가능한 체계적이고 공개적인 교육프로그램의 제공이 필요함

(2) 응용 연구 분야

□ 인간 유전체 연구 사업

- 정밀의학의 대두와 실질적으로 유전체 활용을 통한 신사업도출이 가능한 분야로 집중적 투자가 필요함 현재 예산 부족으로 과제당 연간 2억 원 규모로 책정되어 있으나, 유전체 데이터 생산 비용이 고가임을 고려할 때 예산 규모가 작게 책정되었다고 생각됨
- 복지부 인간유전체 연구 사업 및 약물유전체 연구 사업은 다 사업에 비해 데이터의 생산량이 방대하게 이루어져야하는 코호트 사업이며,

유전체 임상이행을 위한 신산업 창출의 기반기술에 해당함 따라서, 과제당 연구 성과 도출을 위한 데이터 생산이 충분한 예산 규모 편성이 필요함

- 질환별 연구비 규모의 조정이 필요함 한국인 호발 5대암 등 사회적 효용가치가 큰 질환중심으로 집중적인 예산 투자가 필요함

□ 기반 산업화 인프라 분야

- 부처별 사업으로 생산된 자료의 활용화 방안에 대한 사업화 전략 등 구체적인 성과 목표 제시가 필요하며, 이에 따른 예산 투입 적정성 평가 과정이 필요함
- 단순 유전체 자료생산에 그치지 않고, 유전체자료의 활용도에 대한 높은 수준의 기술적 장애요인에 대한 구체적 해결방안 제시가 필요함
- 최근, 유전체관련 회사의 사업규모 확장에 따른 유전체분야의 산업화 기여도에 대한 재평가가 필요하며, 산업화 장려를 위한 연구사업 개발 필요

(3) 다부처 공동 연구 사업 분야

- 현재 진행 중인 다부처 공동연구 사업 중 질병 기전규명 유전체 연구 및 Host-microbe interaction 연구 사업은 다부처 공동으로 진행되어야 하는 이유가 명확하지 않음 부처별로 동일 내용의 독립적인 사업으로 진행되고 있으며 공동 연구사업의 취지에 부합하지 않음
- 사업의 목적성에 따라 기존 공동 연구 사업은 부처사업으로 전환하는 것이 더 효율적일 것임
- 우선순위가 높은 기반 산업화 인프라 관련 사업 등을 다부처 공동연구 사업으로 전환하고 다부처간 인프라 활용이 가능한 개방형 시스템을 시급히 구축할 수 있도록 조정하는 것이 필요함
- 다부처 사업 전반의 우선순위 조정 등 관리총괄 기능을 수행할 컨트롤타워를 구성할 수 있도록 예산 편성이 필요함
- 다부처 공동연구사업의 2가지 핵심 사업으로 (1) 다부처 사업 총괄,

조정 관리, (2) 기반 인프라 관련 사업의 수행 및 활용 관리로 설정하여 유전체 공동연구의 사업효율성을 극대화할 수 있는 거버넌스 구축이 필요함 이를 위한, 사무국 설립 및 관련 예산 검토가 필요함

○ 국제공동연구의 경우, 구체적인 성과 제시가 미흡함 국제 컨소시엄 구축을 통한 데이터 생산, 자료 공유 등의 구체적인 계획 및 성과 목표의 제시가 필요하며, 성과달성을 위한 예산 적정성 검토가 필요함

□ 신기술 개발에 따른 신규 사업지원의 필요성 증대

○ 새로운 플랫폼의 유전체 데이터의 생산 및 분석 기술 개발을 위한 연구진흥 대책의 수립이 필요하며, 이들 기술개발을 위한 다부처 공동 연구 사업 개발이 필요

○ 이를 위해서는 top-down 방식이 아닌 bottom-up 방식의 연구사업 내용의 개발이 필요할 것임

## 2.4 성과목표 및 핵심성과지표 제시

### 1) 기존 성과목표 및 핵심성과 지표

○ 포스트게놈 신산업육성을 위한 다부처 유전체 사업은 미래 유전체 연구의 사업화 연계 시스템 구현이라는 비전을 바탕으로 아래와 같은 최종 성과목표 및 핵심성과지표를 수립하였음

○ 4대 최종목적

- 맞춤형료 구현을 위한 국제적 수준의 질환유전체 연구자원, 정보 확보 및 한국형 맞춤형 예방, 진단, 치료기술 개발

- 농생명 자원 및 해양생명자원 유전체 정보의 체계적 생산/가공/분석을 통해 고유생물자원의 산업적 가치와 활용성 증대

- 유전체 정보 산업 활성화를 위한 기반 구축

- 미래 수용에 대비한 유전체 유망분야 기초, 원천기술 확보를 위한 유전체 연구기반 구축

○ 대표성과 지표

- 진단, 치료법 8건

- 유용유전자원 30건 확보

- 세계 5위권 연구역량

### 2) 당초 성과목표 및 핵심성과지표 설정의 근거

○ 위에 기술된 최종목표 및 대표성과지표는 유전체 연구가 세계적으로 이슈화되고 있으며, 연구 결과로부터 의학적, 산업적 활용가치를 창출할 수 있고 이를 위한 국가적 차원의 지원이 필요하다는 가정에 기반 하였음

○ 본 사업의 비전과 목적들은 이러한 문제와 이슈들을 해결하기 위하여 제시된 것이며 사업화 연계 시스템의 구현이라는 비전을 4개의 최종 목적을 통하여 의료, 생명자원, 유전체 정보, 연구 기반의 측면으로 각각 구체화시킴으로써 문제와 이슈를 해결하기 위한 방안으로 제시 됨

○ 당초에 제시된 대표성과지표의 정의, 범위, 설정근거, 판단기준, 목표치 등을 명확히 제시함으로써, 이를 이용하여 본 사업을 단일 사업으로서 평가할 수 있는 기준이 제시되었음

- ‘진단, 치료법’은 임상 현장 적용 가능성이 입증된 것으로, 그리고 ‘유용 유전자원’은 기업에 기술이전된 것으로 제한함으로써 실질적으로 활용이 가능한 것만 본 사업의 성과로 인정하기로 함

- ‘유전체 연구역량’은 게재 논문을 이용하여 평가하는 방법을 제시하였음

### 3) 기존 다부처 유전체 사업 성과목표 및 핵심성과지표의 문제점

○ 본 사업 전체를 포괄하는 대표성과지표는 각 세부사업의 목표로 제시된 항목 중에서 사업 대표성을 우선 기준으로 한 뒤, 전체 사업의 비전과의 부합성 검토를 통하여 최종 대표성과지표로서 도출한 것임

○ 즉, 각 세부사업들의 목표 중에서 일부를 다부처 사업의 최종목표로 선정한 것인데, 세부사업별 성과지표를 대상으로 대표성 및 부합성을 기준으로 적용하여 대표성과지표를 도출한 과정과 결과가 구체적으로 제시되지 않아 대표성과 지표 도출 과정의 적절성이 온전히 확인되었

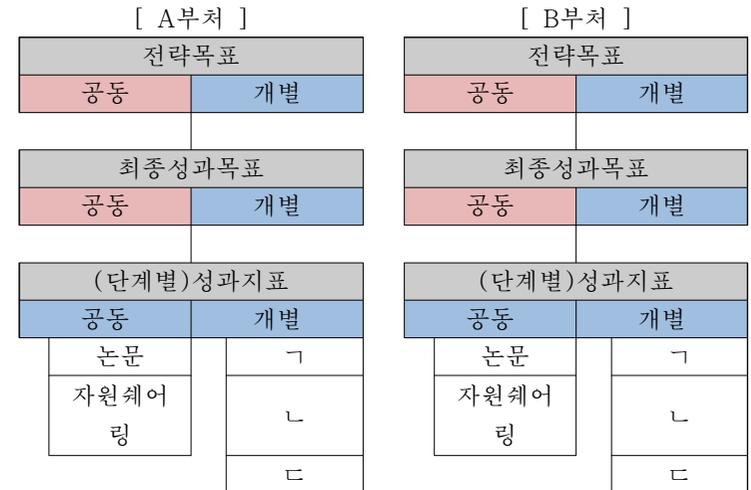
다고 보기는 어려우며 이 부분은 향후 보완의 필요성이 제기되었음

- 각 부처별 성과계획서상의 전략 목표, 최종성과목표, 단계별 성과목표에서 공동의 성과목표가 드러나지 않고 있으며, 공동으로 사업을 추진하면서 달성하고자 하는 목표가 무엇이고, 기 제시된 공동의 성과지표는 어떤 논리로 그 목표 달성을 나타낼 수 있는지 충분한 설명이 되지 않고 있음
- 또한 기 수행되었던 각 부처의 유전체 관련 사업들에 대한 비판은 대체로 국가차원에서의 유전체 연구개발 전략 및 포트폴리오가 부재한 상태에서 개별 부처 차원에서 사업을 기획하여 추진하였다는 점에 기인하는데 본 사업의 경우에도 이러한 비판에서 자유로울 수 없음
- 따라서 이를 보완하기 위해서는 유전체 분야에 대한 전체적인 국가 전략을 먼저 작성하고 그에 따라 범부처 차원의 통합적 연구기획을 추진하는 과정이 필요함 또한 유전체 관련 연구개발사업의 목표와 목적 역시 그러한 과정을 통하여 도출하는 것이 타당함

**4) 성과목표 및 핵심성과지표 재설정시 고려할 사항**

- 국가연구개발사업 성과평가를 위한 다부처 유전체사업의 성과목표 및 지표에 대한 미래부 성과평가국 점검 결과, 부처별 성과계획서의 형식요건 미 충족에 따라 전면 재검토 필요함
- 개별 부처 별로 성과평가가 진행될 경우 공통성과목표가 제시가 불가능하므로, 성과평가를 통합하여 진행하는 방안 수립 필요함
- 본 사업은 복합추진형(다수 부처가 사업 목적을 공유하나 부처 간 역할분담이 있고 각각의 사업단/수행기관을 통해 사업을 진행하는 유형)으로 추진되는 다부처 공동사업으로, 참여 부처 간 협의를 통해 공동의 성과목표와 성과지표를 설정하고, 부처 간 역할분담에 따라 개별 성과목표와 성과지표를 설정하는 형태로 성과목표지표 설정이 이루어져야 함

- 포스트게놈다부처유전체사업은 시행계획상 총괄목표(진단치료법 8건, 유용유전자원 30건 확보, 세계 5위권 연구역량)를 기반으로 각 부처별로 역할분담 내역에 부합하는 성과목표와 지표를 제시하고 있음
- 다부처 공동사업을 통해 달성하고자 하는 목표가 드러나게 설정하기 위하여 논문실적과 생명자원 셰어링 공유실적을 공통지표로 하고 타 지표는 부처별 특성에 맞게 설정하는 것이 타당함



< 그림 14 > 제시된 부처별 성과 목표-지표 현황(모식)

- 다부처 추진계획에 부합하는 공통 성과목표를 설정하고, 현 공통지표와 부처별 별도 성과지표를 통합하여 하나의 사업으로 성과평가를 진행함
- 투입예산 등 예타 내용 대비 변경된 사항을 고려하여 성과목표 수정이 필요한 부분 반영
- 성과목표 지표 설정 절차

**5) 포스트게놈 다부처유전체사업의 성과목표 및 핵심성과지표 재설정(안)**



- 부처는 성과목표-지표를 미래부에 제출하고, 미래부는 제출된 성과목표-지표를 점검하여 그 결과를 부처에 통보하고 확정

### 6) 성과목표·지표 점검 항목 및 기준

- 기본 사항, 성과목표, 성과지표 3개 항목을 점검하여 적절 여부 판단
  - \* 3개 항목 기준을 모두 충족할 경우 적절, 1개 이상 미충족 시 부적절 판단

<2015년 성과목표, 지표 점검 항목 및 기준>

항 목	점검 기준
기본사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업 유형 구분의 타당성</li> <li>• 성과목표·지표 설정시 이해관계자 참여 및 설정 절차 준수</li> <li>• 전략목표-성과목표-성과지표의 논리적 연계성</li> </ul>
성과목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 성과목표의 타당성 및 구체성</li> <li>• 성과목표와 사업 기간(경력)과의 부합성</li> <li>• 성과목표와 사업 추진방식과의 부합성</li> </ul>
성과지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 성과목표와의 연계성</li> <li>• 사업유형 및 사업 이력(경력)과의 부합성</li> <li>• 질적 지표 설정 여부</li> <li>• 측정방법 및 산식의 타당성(자료 출처 포함)</li> <li>• 가중치 설정의 합리성</li> <li>• 목표치 설정의 적절성</li> </ul>

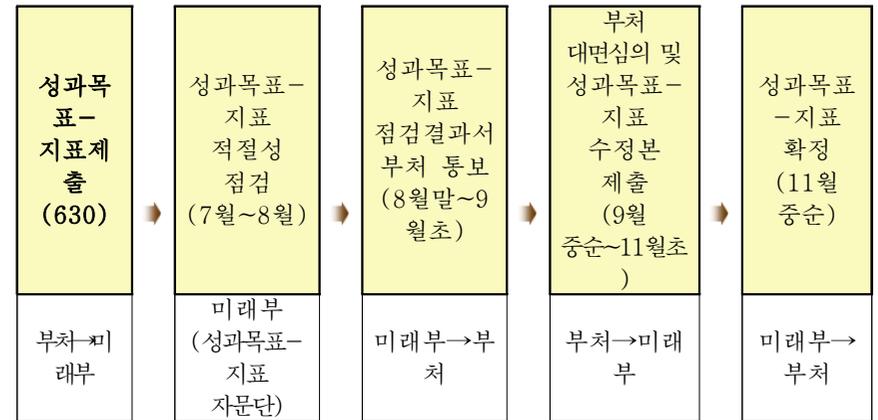
#### ○ 성과목표·지표 점검 체계

- 미래부는 점검단을 구성하여 성과목표·지표의 적절성을 점검
- 점검단(점검단에 부처 추천 전문가 50% 수준 참여)은 객관성과 전문성 확보를 위해 외부 전문가로 구성하고, 점검단의 업무를 지원하는 지원반(KISTEP)을 운영
- 점검단은 각 부처가 제출한 성과목표·지표의 적절성 등을 검토하고 성과목표·지표에 대해 수정 의견을 제시

#### ○ 성과목표·지표 점검 결과의 활용

- 점검 결과는 성과평가(중간평가)시 목표달성도 평가와 연계 추진
- '적절' 사업 평가 시 목표달성도 점수는 그대로 인정
- '부적절' 사업 평가 시 목표달성도 점수는 일부만 인정

#### ○ 성과목표·지표 점검 절차



< 그림 16 > 성과목표·지표 점검 절차

### 7) 설정 절차

#### ○ 사업 분석

- 자원의 투입, 사업의 집행, 산출 과정, 기대되는 성과 등 사업 특성을 분석

#### ○ 사업 유형 결정

- 사업의 특성에 따라 제시된 10개 사업 유형을 참조해 사업 유형을 파악

#### ○ 성과목표 설정

- 사업 유형과 기술 분야별 특성을 고려해 구체적으로 성과목표를 설정

#### ○ 성과지표 설정

- 성과목표와의 관련성, 중요성을 고려하여 성과지표를 설정, 성과목표에 부합하는 목표치 설정

1단계 도입기, 2단계 구축기, 3단계 안정기 등으로 제시

- 개편 사업을 신규 사업으로 간주하여 사업 이력을 기술하는 오류 주의

○ 사업 유형 부분

- 사업 유형에 맞는 성과목표-지표 설정: 사업 유형에 따라 창출되는 핵심 성과에 차이가 발생하고, 이에 따라 성과지표에도 차이가 발생

○ 성과목표 부분

- 전략목표가 (최종) 성과목표 보다 구체적인 경우는 지양

- 성과목표는 모호하고 선언적인 구호성 표현은 금지

- 사업의 단계가 진행됨에도 불구하고 동일한 성과목표를 설정하는 것은 지양

○ 성과지표 부분

- 질적 지표의 가중치는 60% 설정 필요: 논문과 특허는 단순 양적 진수 지표 설정은 지양

- 성과지표 수는 2개 이상 5개 이하로 설정하는 것이 필요(공동성과 지표 최대 2개): 너무 적으면 성과목표 달성도 파악 곤란, 너무 많으면 사업 관리에 어려움

- 성과지표의 과거 실적치를 미제시하고 해당 연도의 목표치를 제시하는 경우 지양: 최근 3년의 실적치를 알지 못하면 목표치의 높고 낮음은 판단 불가

- 논문 성과를 제시하는 경우, 학문 분야별 편차를 보정한 표준화된 영향력 지수를 사용을 권장: 표준화된 영향력 지수는 KISTI, 한국연구재단을 통해서 분석 가능

- 특허 성과를 제시하는 경우, 특허 자동 평가시스템(K-PEG, SMART 등)을 통한 분석 값을 사용할 수 있음

- 표준 성과지표에서 제시된 지표 풀(Pool)은 참조용으로 사업 특성에 맞게 성과지표 풀을 변형·활용

- 양적 지표와 질적 지표의 혼합 지수는 질적 지표로 보기 어려움

- 성과에 대한 자료 출처가 8대 성과물 관리기관에 등록이 필요한 경우는 이를 반드시 준수 필요

- 사업화가 목적인 사업의 사업화 관련 지표 가중치는 50% 설정 필요: 사업화 지표 예시: 기술이전, 기술료, 매출액(기여도), 고용 등

< 그림 17 > 성과지표 및 목표 설정 단계

○ 이해관계자의 참여

- 소관 부처, 관리기관, 연구자, 평가자 등 이해관계자 참여하에 충분한 의견 수렴을 거쳐 사업의 성과목표-지표를 설정

- 성과목표-지표가 합리적으로 설정 될 수 있도록 연구자 및 외부 전문가 참여

- R&D자체평가위원회 성과목표와 성과지표 설정에 적절성 등을 점검

8) 성과목표-지표 점검 관련 주의 사항

○ 사업개요 부분

- 사업 이력(경력)에 맞는 성과목표-지표 설정: 사업의 착수 시점과 성과목표-지표 설정 시점은 엄연히 다른 내용으로, 사업 이력에 맞는 목표-지표 설정 필요

- 사업 경력에 맞게 단계별 성과목표-지표 설정 필요: 사업 경력에 따라

[별첨 1-1] 2015년 성과목표 및 지표 총괄표(미래부)

구분	내용								
전략목표	미래유망 기초·원천기술 확보 및 세계적인 유전체 연구거점 육성 (R&D 및 정보) 수요자 중심의 R&D 및 정보 분야 핵심기술개발 강화 (전문인력) 창의적 기술력 확보를 위한 맞춤형 전문인력 양성 (인프라 고도화) 국내외 연구협력 네트워크 활성화 및 연구거점 구축								
성과목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>수요자(국민, 연구계, 산업계)중심 유전체분석 서비스 시스템 구축·운영               <ul style="list-style-type: none"> <li>분야별 IF상위 10% 이내 논문 100건, 특허 등록 15건</li> </ul> </li> <li>한국인 선천/후천적 유전체지도 작성(10건 이상), 진단/치료기술 확보(3건 이상)               <ul style="list-style-type: none"> <li>유전체 전문인력 500명 양성 및 유전체 연구거점 구축</li> </ul> </li> </ul>								
단계별 성과목표	1단계* (2014~2016)			2단계 (2017~2019)			3단계 (2020~2021)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>유전체정보 부처별 정보 공유체계 구축</li> <li>분야별 IF 상위 10% 38편, 특허 6건 등록</li> <li>유전체지도 4건, 진단치료기술 1건</li> <li>유전체 전문인력 150명 양성</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>유전체정보공유를 통한 연구개발 효과 최대화</li> <li>분야별 IF 상위 10% 38편, 특허 6건 등록</li> <li>유전체지도 4건, 진단치료기술 1건</li> <li>유전체 전문인력 200명 양성, 국제협력 공동연구 1건</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>선도형 연구를 위한 지속적인 정보공유 확대</li> <li>분야별 IF 상위 10% 25편, 특허 3건 등록</li> <li>유전체지도 2건, 진단치료기술 1건</li> <li>유전체 전문인력 150명 양성</li> </ul>		
성과지표 (복지부 추가: 원래를 특별히 개별지표로 전환하는 조건이없음)	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치
	논문지수 [공통] (개재학술지의 우수성) [과학적 성과]	질	0.3	논문지수 [공통] (개재학술지의 우수성) [과학적 성과]	질	0.25	논문지수 [공통] (개재학술지의 우수성) [과학적 성과]	질	0.2
	생명자원 웨어링 실적 [공통] (공인기관 등록여부) [과학적 성과]	양	0.1	생명자원 웨어링 실적 [공통] (공인기관 등록여부) [과학적 성과]	양	0.1	생명자원 웨어링 실적 [공통] (공인기관 등록여부) [과학적 성과]	양	0.1
	특허등록지수 [기술적 성과]	질	0.3	특허등록지수 [기술적 성과]	질	0.35	특허등록지수 [기술적 성과]	질	0.4
	유전체공동연구기반 구축 및 고급서비스 제공 수준 [인프라 성과]	질	0.2	유전체공동연구기반 구축 및 고급서비스 제공 수준 [인프라 성과]	질	0.2	유전체공동연구기반 구축 및 고급서비스 제공 수준 [인프라 성과]	질	0.2
	전문인력양성수 [사회적 성과]	양	0.1	전문인력양성수 [사회적 성과]	양	0.1	전문인력양성수 [사회적 성과]	양	0.1
합계		1.00	합계		1.00			1.00	

[별첨 1-2] 2015년 성과목표 및 지표 총괄표(보건복지부)

구분	내용								
전략목표	개인 맞춤형학 및 예측의학 구현을 통한 국민건강 및 삶의 질 향상								
성과목표	유전체 정보를 활용한 맞춤 진단법·치료법 개발 - 맞춤 진단법 및 치료법 개발 10건, 유전체 통합 DB 활용 4건 -								
단계별 성과목표	1단계 (`14~`16)			2단계 (`17~`19)			3단계 (`20~`21)		
	유전체정보 활용 맞춤형료 기반기술 확보 - 진료지침 승인 건수: 2건 - 임상시험 승인 건수: 1건 유전체 통합 DB 생산건수: 20,000건			유전체정보 활용 맞춤형료 기술 개발 - 신의료기술 인정 건수: 2건 - 의약품 및 진단의료기기 품목허가/활용 실적: 2건 - 유전체 통합 DB 분양건수: 4000건			유전체정보 활용 맞춤형료 실용화 및 확산 - 신의료기술 인정 건수: 2건 - 의약품 및 진단의료기기 품목허가/활용 실적: 2건 - 유전체 통합 DB 활용건수: 4건		
성과지표	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치
	논문지수	질	0.3	논문지수	질	0.2	논문지수	질	0.1
	생명자원 케어링 실적	양	0.1	생명자원 케어링 실적	양	0.1	생명자원 케어링 실적	양	0.1
	유전체 통합 DB 생산 건수	양	0.2	유전체 통합 DB 분양 건수	양	0.2	유전체 통합 DB 활용건수	양	0.2
	진료지침 승인 건수	질	0.15	신의료기술 인정건수	질	0.2	신의료기술 인정건수	질	0.3
	임상시험 승인 건수	질	0.25	의약품 또는 진단의료기기 품목허가/활용 실적	질	0.3	의약품 또는 진단의료기기 품목허가/활용 실적	질	0.3
	합계		1.00	합계		1.00	합계		1.00

[별첨 1-3] 2015년 성과목표 및 지표 총괄표(산업부)

구분	내용								
전략목표	유전체 산업 기반 구축 및 유전체 정보 서비스 조기 상용화를 통한 유전체 산업 활성화								
성과목표	- 유전체산업 재직자 및 취업예정자 인력 양성 600명 - 유전체 기술 상용화 15건								
단계별 성과목표	1단계(2014-2016, 3년)			2단계(2017-2019, 3년)			3단계(2020-2021, 2년)		
	기반기술 확립 및 인력양성 (산업인력양성 160명)			인력양성 및 상용화 기반 마련 (상용화 9건, 산업인력양성 240명)			상용화 확산 및 촉진 (상용화 6건, 산업인력양성 200명)		
성과지표	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치
	SMART 반영 특허	질	0.4	SMART 반영 특허	질	0.3	SMART 반영 특허	질	0.3
	산업인력양성	양	0.3	산업인력양성	양	0.2	산업인력양성	양	0.2
	논문지수[공통]	질	0.2	기술상용화	질	0.3	기술상용화	질	0.3
	생명자원 케어링 실적[공통]	양	0.1	논문지수[공통]	질	0.1	논문지수[공통]	질	0.1
				생명자원 케어링 실적[공통]	양	0.1	생명자원 케어링 실적[공통]	양	0.1
	합계		1.00	합계		1.00	합계		1.00

[공통] 지표: 다부처 사업은 공동목표를 설정하고 공동성과에 따라 모든 부처가 동일한 점수를 부여받음  
모든 부처가 공동지표를 적용하기 어려운 경우라도 미포함 부처의 동의를 얻어 공동지표를 설정하고 해당 지표의 평가점수를 공유함

[별첨 1-4] 2015년 성과목표 및 지표 총괄표(해수부)

구분	내용										
전략목표	해양바이오산업 육성을 위한 해양유전체의 선진국 수준 지식정보 인프라 확보										
성과목표	해양수산생물 유전체 정보 100종 확보										
단계별 성과목표	1단계 (2014~2016)			2단계 (2017~2019)			3단계 (2020~2021)				
	해양수산생물 유전체 정보 30종 확보			해양수산생물 40종 유전체 정보 및 활용기반 확보			해양수산생물 30종 유전체 정보 및 활용기반 확보				
성과지표	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치		
	논문지수 [공통] (게재학술지의 우수성)	질	0.30	논문지수 [공통] (게재학술지의 우수성)	질	0.30	논문지수 [공통] (게재학술지의 우수성)	질	0.30		
	생명자원 채어링실적 [공통] (공인기관 등록여부)	양	0.20	생명자원 채어링실적 [공통] (공인기관 등록여부)	양	0.20	생명자원 채어링실적 [공통] (공인기관 등록여부)	양	0.10		
	고품질 유전체 정보 생산	질	0.30	고품질 유전체 정보 생산	질	0.30	고품질 유전체 정보 생산	질	0.20		
	해양생명 유전자원 확보	양	0.20	해양생명 유전자원 확보	양	0.20	해양생명 유전자원 확보	양	0.20		
						유전체 정보 활용 (정보 분양 건수)	질	0.20			
합계			1.00	합계			1.00	합계			1.00

[별첨 1-5] 2015년 2 성과목표 및 지표 총괄표(농식품부)

구분	내용										
전략목표	농식품 유용 미생물 유전체 정보를 활용한 산업화·실용화 촉진 및 정보 자원화										
성과목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실용화·산업화를 중심의 목적 지향적 연구 성과 창출(특허등록 30건, 산업화 12건 이상)</li> <li>○ 글로벌 수준의 연구역량 확보(분야별 상위 10% 수준의 SCI급 논문 50건 이상)</li> <li>○ 토종미생물자원 개발 및 기술개발 주도권 확보(유용미생물자원 확보 30건 이상)</li> <li>○ 효과적인 유전체 정보관리 및 정보공유체계 구축(NABIC 등 등록 60건 이상)</li> </ul>										
단계별 성과목표	1단계 (2014 ~ 2016)			2단계 (2017 ~ 2019)			3단계 (2020 ~ 2021)				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 농식품 유용 미생물 유전체 정보 확보를 위한 기반기술 확보</li> <li>○ 실용화·산업화를 중심의 목적 지향적 연구 성과 창출 (특허등록 10건, 산업화 4건 이상)</li> <li>○ 글로벌 수준의 연구역량 확보 (분야별 상위 10% 수준의 SCI급 논문 15건 이상)</li> <li>○ 토종미생물자원 개발 및 기술개발 주도권 확보 (유용미생물자원 확보 10건 이상)</li> <li>○ 효과적인 유전체 정보관리 및 정보공유체계 구축 (NABIC 등 등록 20건 이상)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 농식품 유용 미생물 유전체 정보를 활용한 실용화 기술 본격 개발</li> <li>○ 실용화·산업화를 중심의 목적 지향적 연구 성과 창출 (특허등록 10건, 산업화 5건 이상)</li> <li>○ 글로벌 수준의 연구역량 확보 (분야별 상위 10% 수준의 SCI급 논문 15건 이상)</li> <li>○ 토종미생물자원 개발 및 기술개발 주도권 확보 (유용미생물자원 확보 10건 이상)</li> <li>○ 효과적인 유전체 정보관리 및 정보공유체계 구축 (NABIC 등 등록 30건 이상)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 유용미생물 유전체 정보를 활용한 상용화 촉진 및 성과확산</li> <li>○ 실용화·산업화를 중심의 목적 지향적 연구성과 창출 (특허등록 10건, 산업화 3건 이상)</li> <li>○ 글로벌 수준의 연구역량 확보 (분야별 상위 10% 수준의 SCI급 논문 20건 이상)</li> <li>○ 토종미생물자원 개발 및 기술개발 주도권 확보 (유용미생물자원 확보 10건 이상)</li> <li>○ 효과적인 유전체 정보관리 및 정보공유체계 구축 (NABIC 등 등록 40건 이상)</li> </ul>				
성과지표	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치		
	논문지수 [과학적성과]	질	0.35	논문지수 [과학적성과]	질	0.30	논문지수 [과학적성과]	질	0.30		
	생명자원 채어링 [과학적 성과]	양	0.25	생명자원 채어링 [과학적 성과]	양	0.25	생명자원 채어링 [과학적 성과]	양	0.20		
	특허지수 [기술적성과]	질	0.25	특허지수 [기술적성과]	질	0.30	특허지수 [기술적성과]	질	0.30		
	제품화 달성률 [경제적 성과]	양	0.15	제품화 달성률 [경제적 성과]	양	0.15	제품화 달성률 [경제적 성과]	양	0.20		
	합계			1.00	합계			1.00	합계		

[별첨 1-6] 2015년 성과목표 및 지표 총괄표(농진청)

구분	내용								
전략목표	유전체 정보의 자원화를 통한 2020 농생명산업 신성장동력화								
성과목표	농생명자원의 유전체 집중해독, 정보의 자원화, 생명정보 주권보호 및 농생명 유전체 연구의 전주기적 역량강화								
단계별 성과목표	1단계 (2014~2016)			2단계 (2017~2019)			3단계 (2020~2021)		
	농생명자원 유전체 해독소재 확보 및 해독 - 신규유전체 14종 - 해독소재 25종			농생명자원 유전체 집중해독 및 통합 DB구축 - 신규유전체 13종 - 해독소재 25종			농생명자원 유전체 해독결과 및 통합 DB 서비스 - 신규유전체 13종 - 정보 활용 고객만족도		
성과지표	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치	지표명	지표구분	가중치
	유전체 해독소재 개발율	질	0.2	유전체 해독소재 개발율	질	0.2	신규 유전체 해독진척률	질	0.4
	신규 유전체 해독진척률	질	0.4	신규 유전체 해독진척률	질	0.4	통합 DB 정보활용량	양	0.2
	통합 DB 정보활용량	양	0.2	통합 DB 정보활용량	양	0.2	정보 활용고객만족도	질	0.2
	논문지수 (계재학술지의 우수성) [공통]*	질	0.1	논문지수 (계재학술지의 우수성) [공통]	질	0.1	논문지수 (계재학술지의 우수성) [공통]	질	0.1
	생명자원 케어링실적 [공통]*	양	0.1	생명자원 케어링실적 [공통]	양	0.1	생명자원 케어링실적 [공통]	양	0.1
	합계		1.00	합계		1.00	합계		1.00

\* “논문지수”와 “생명자원케어링실적”은 포스트게놈다부처유전체사업 전부처 공통지표임

## 2.5 사업의 경제성 확보 방안

- 예타 보고서에서 기술된 바와 같이 경제적 타당성 측면에서 사업 원안은 타당성 확보가 어려울 것으로 판단되었으나, 사업 내용 및 운영 계획 등에 대한 보완, 주관부처의 추진의지, 유전체 분야에 대한 정책적 지원 필요성 등을 고려하여, 사업 계획의 효용성을 높이고 적정 사업비를 추정한 사업 검토 안(총사업비 5,788억 원 규모)의 추진을 제시함
- 따라서 기술자문위원회, 분과위원회 등의 운영 활성화를 통하여 부처간 정보공유, 유사중복 해소 및 공동연구 활성화를 추진하고 효율적인 공동 성과관리를 위해 다부처 유전체사업 공통 성과목표 및 지표 설정을 통하여 사업목적 달성을 위한 유기적 협력 체제를 유지하는 것이 중요함
  - 운영위원회, 기술자문위원회 및 분과위원회 등을 통하여 다부처 유전체 사업의 전년도 실적 및 당해 연도 추진계획을 종합 검토
- 또한, 과제의 중복방지 및 부처별 연계 가능 분야 발굴 및 연계추진을 위한 합동 시행계획 수립 및 통합공고를 통해 사업화전략을 수립하고 집중적인 추진이 이루어져야 함
  - 차년도 신규과제 예산 신청 시 기술자문위원회 사전 검토

## 2.6 예타 내용 변경 및 필요사항 발굴

- 1) 효율적인 유전체 연구를 위한 공통 기반 기술 확보 필요성 증대
  - 유전체 연구의 진행 과정을 크게 구분해 보면 유전체 정보 생산 → 유전체 정보 분석 → 유전체 정보 활용의 세 단계로 나누어 볼 수 있음 이 중 앞의 두 단계에 해당하는 정보 생산과 정보 분석 과정은 연구하고자 하는 주제나 생물 종에 관계없이 거의 동일한 연구 방법이 적용될 수 있는 공통 기술 분야에 해당함
  - 예컨대, 새로운 생물자원의 확보 및 실용화를 주목적으로 하는 농식품부, 농촌진흥청, 산림청 및 해양수산부의 다부처 유전체 사업들은 대부분이 유용한 미생물, 식물, 산림 및 해양 자원에 대한 유전체 정보 생산 및 de novo assembly나 메타게놈 분석과 같은 유전체 정보

분석을 통해 새로운 유전자원을 확보하고 이를 산업적으로 활용하는 것을 주목적으로 하고 있음

- 현재 이들 부처들에서 진행되고 있는 유용 자원 관련 유전체 연구들에서 유전체 정보 생산은 주로 산업계의 잘 확립된 실험 과정들을 통해서 원활하게 이루어지고 있는 것으로 파악됨
- 하지만, 이렇게 생산되고 있는 다양한 미생물, 동식물, 산림 및 해양 생물의 전장 유전체 정보 및 메타유전체 정보에 대한 체계적인 분석이 효과적으로 이루어지지 않고 있어 많은 과제에서 성공적인 과제 진행의 큰 장애물로 작용하고 있음
- 이는 유전체 정보 생산이 비교적 간단한 몇몇의 표준적인 실험 과정을 통해 산업계의 인력만으로 어렵지 않게 이루어지는데 반해, 생산된 유용 생물의 유전체 정보 분석 단계(특히 신규 유용 생물의 de novo assembly나 메타유전체 정보 분석)에서는 고도의 정보 분석 능력을 갖춘 전문 인력이 각각의 연구에서 요구하는 사항을 반영하며 개별 과제 맞춤형 분석을 진행하는 것이 절대적으로 필요하기 때문임
- 이러한 상황에서 다부처 유전체 사업 중 농식품부, 농촌진흥청, 해양수산부, 및 산림청에서 진행하고 있는 다양한 유용 자원 관련 유전체 연구를 효과적으로 진행하기 위해서는 공통적으로 수행해야 하는 유용 생물 유전체 정보 분석 분야(신규 생물종의 de novo assembly 및 메타유전체 분석)의 공통기반 기술을 함께 확보하여 활용하는 것이 필요한 것으로 파악됨
- 이를 위해 현재 다부처 과제에서 진행하는 사업들에서 생산되는 다양한 유용 자원 유전체 정보들의 정보량을 파악하고 이들을 모두 소화할 수 있는 규모의 유용 자원 유전체 정보 분석 연구진을 별도로 구성하여 공통으로 유전체 정보 분석 수요를 충족하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
- KOBIC 국가 기반 인프라 구축 및 관리·운영을 위한 사업의 진행과 연계하여 다부처 과제의 분석서비스 지원 및 유전체정보의 유통, 공개 활용 등의 업무를 담당하고 사업관련 구체적 역할 제시와 수요자 중심의 서비스 제공을 위한 예산 및 인적지원이 필요성 검토가 요구됨

## 2) 포스트게놈다부처유전체사업('14~21) 추진계획(안) 대비 진행상황 점검 논의

- (미진한 사업 점검 및 개선) 추진계획에 의거, 응용연구 분야(복지부/농식품부/농진청/산림청) 및 기반 산업화 인프라 분야(미래부/산업부)로 구분되어 사업이 전반적으로 원활하게 추진되나, 부처 내 일부 미진한 사업 추진에 대한 개선이 필요한 것에 대해 공감대 형성
- (사업단장 또는 코디네이터 지정) 복지부, 미래부, 산자부는 부처 성과목표를 달성하기 위해 부처 내 사업단장 혹은 코디네이터 지정 필요
- (KOBIC 개편) 미래부의 유전체분석 서비스 인프라 구축 고도화 및 타부처 유전체정보센터 간 정보 공유 및 활용, 타부처 정보센터관련 KOBIC의 역할, 기능 및 체계 개편이 필요
- (공동연구사업 운영원칙) 독립된 연구조직 운영이 현실적으로 어려우며 주관 부처에 코디네이터를 지정하고 사업 운영을 주도적으로 진행할 필요가 있으며 운영에 따른 추가 인센티브 부여가 필요함
- (공동연구 활성화) 1)유관 부처 간 특정분야 대상으로 국제심포지엄 추진, 2)부처 간 성과발표회 개최, 3)국제공동연구 가능 과제와 불가능한 과제를 분류한 후, 가능한 과제를 국제공동연구로 지정하여 인센티브 제공 등으로 국제공동연구 활성화 추진
- (공동사무국 운영) 독립된 연구조직 미 구성 등 부처 간 공동연구 추진 활성화를 위해 공동사무국과 같은 총괄 컨트롤타워 구축 및 예산 확보가 필요하고, 한 부처를 지정하되, 간사부처는 순환형태로 운영
- (다부처 연계 추진) 공동 사업공고, 공동 사업설명회, 공동 평가기준(안) 마련, 평가위원 공동 활용 등 다부처간 연계 활성화 노력 필요

## 3) 포스트게놈다부처유전체사업('14~21) 추진계획(안) 변경 내용 협의

- (부처 공동연구 제안) 부처 공동연구 분야(Host-Microbe Interaction)로 미생물체 항생제내성(Resistome)과 식물바이옴(Phytobiome), 식물병원체를 신규 공동연구로 농식품부 제안(농식품부/농진청/미래부/복지부 공동)

- 다양한 시퀀스 어세이 기술 개발 등 필요한 기술개발 분야 지원이 필요하며 정밀의학 분야는 최근 연구동향을 반영하여 미래부, 복지부, 산자부 중심으로 주요 내용에 대해 사업의 확대가 필요함
- 울산만명게놈프로젝트의 경우 지역 주민 대상의 지자체 주도 사업으로서 다부처유전체 사업과 연계해서 추진하는 것보다는 별도의 사업으로 추진하는 것이 바람직함

#### 4) 정밀의학 분야 투자 확대 필요성 대두

- 2015년 2월 미국 오바마 대통령의 연두 기자회견에서 미국의 정밀의학 투자를 위한 청사진이 발표된 이후 정밀의학은 전 세계가 앞다투어 투자를 늘리며 새로운 의료 구현 및 헬스케어 산업의 신 성장동력으로 각광받는 분야가 되고 있음
- 이러한 정밀의학에 대한 관심 및 투자는 최근의 유전체 분야의 기술발전과 더불어 다양한 종류의 디지털 정보의 수집, 분석 및 활용에서 혁신적인 기술들이 개발되고 발전하고 있는 것에 기인하는 것으로 파악됨
- 현재 스마트폰이나 웨어러블 디바이스와 같은 개인휴대 장치들은 실시간으로 개인의 건강과 관련 있는 일일운동량, 맥박수 변동, 체온 변화 등 여러 데이터들을 실시간으로 수집, 저장하고 분석을 위해 자동으로 중앙 서버로 전송하고 있음
- 이러한 개인의 일상 활동으로부터 유래하는 라이프로그(lifelog) 정보들은 기존의 유전체정보 및 전자의료정보(electronic medical record)와 더불어 유전자 및 환경 요인에 의한 개인의 건강 및 질병의 이해 및 치료를 위한 방대한 의료 빅데이터 분야의 한 축을 형성하고 있음
- 이러한 정밀의학 분야는 현재 구글, 애플, IBM과 같은 빅데이터 분석기반 IT 기업들이 앞다투어 투자를 늘리며 새로운 시장을 개척하는 분야로 우리나라도 BT 분야 뿐 아니라 IT 기술 및 소프트웨어 분야를 망라하여 적극적으로 투자할 필요가 있는 분야임
- 이러한 환경 변화에 맞추어 기존의 예타 기획에서 계획했던 유전체정보기반 맞춤형의료 실현을 위한 질병 진단 치료법 분야도 다양한 디지털

정보의 수집, 분석을 포함한 의료 빅데이터 분석 기반 정밀의학구현으로 목표를 확대, 수정해서 추진체계를 보완하고 투자를 확대하는 것이 필요함

#### 5) 공동연구사업 확대 필요성 증대

- 다부처 유전체사업 중 두 가지 부처 이상에서 공통의 관심사를 가지는 몇몇 분야들은 공동 연구 사업으로 기획되어 함께 추진되고 있음 이러한 사업들은 질병기전 규명 유전체 연구(복지부/미래부), Host-Microbe Interaction(미래부/복지부/농식품부), 인간게놈 표준지도 작성(산업부/미래부/복지부), 국제협력 공동연구(미래부/복지부/해수부/농진청) 및 유전체 전문인력 양성(미래부/산업부) 등을 포함함
- 하지만, 원래의 취지와는 다르게, 예산 배정부터 과제 선정에 이르기까지 공동 연구 사업에 참여하는 부처들은 거의 협력 없이 독자적으로 사업들을 진행하고 있음 또한, 현재 진행되고 있는 공동 연구 사업들에서 각기 다른 부처들로부터 지원받고 있는 각 연구자들 사이에 긴밀한 협력을 통한 상승효과는 거의 이루어지지 않고 있음
- 유전체 연구는 유전체 정보 생산, 정보 분석으로부터 정보 활용에 이르기까지 공통의 연구 방법에 의한 상호 협력이 다양한 방식으로 가능하며, 또한 유전체 정보 자체도 다양한 각도에서 활용될 수 있으므로 부처 간 활발한 공동 연구가 더욱 필요함
- 이를 위해 현재 진행되고 있는 공동연구과제의 주관부처 중심으로 분과위원회를 구성, 운영하여 공동연구 참여 연구자들 간 정보 및 성과 공유를 활성화할 필요가 있음
- 또한 신규과제 기획 시 공동연구과제 참여 부처 및 연구책임자 간 협의를 통해 공통 관심영역을 적극적으로 발굴하고 지원하는 것이 필요함

#### 6) 국제협력의 확대 및 체계화

- 1990년에 시작해 2003년에 성공적으로 완수된 인간게놈 프로젝트를

비롯하여 국제해맵(HapMap) 프로젝트, 국제 암유전체 프로젝트, 국제 인간후성유전체 컨소시엄 등 유전체 연구는 그 방대한 연구 규모로 인해 국제 협력 연구가 가장 활발하게 이루어지는 연구 분야 중 하나임

- 현재도 국제 암유전체 프로젝트(ICGC)와 국제 인간후성유전체 컨소시엄(IHEC)과 같은 대규모 국제협력 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 새로운 분야에서 다양한 국제협력 연구들이 계속 구성되고 있음
- 유감스럽게도 우리나라는 1990년 이래 주요한 유전체 국제협력 프로젝트에 적극적으로 참여하지 못했고, 지금도 국제 암유전체 프로젝트(ICGC)나 국제 인간후성유전체 컨소시엄(IHEC)에서 주도적인 역할을 수행하고 있지 못함
- 현재 국제 암유전체 프로젝트(ICGC), 국제 인간후성유전체 컨소시엄(IHEC) 및 RNA 유전체(FANTOM6)와 같은 국제 컨소시엄에 각 부처의 소규모 연구진이 개별적으로 참가하여 컨소시엄 내에서의 영향력이 확대되지 못하고 있고 또 국제협력에 참여한 효과도 미미한 수준에 그치고 있음
- 이는 기술의 발전에 따른 신규 유전체 컨소시엄에 능동적으로 참여할 수 있는 적극적인 지원 체계가 부재하여 최적의 참여 시기를 놓치는 경우가 많은 것이 한 원인으로 파악되고 있음
- 또한 현재 다부처 유전체사업에서 지원하는 국제협력사업의 과제당 지원 규모가 5억 원/년 수준에 그쳐 국제 컨소시엄의 주요 참여국으로 활동하기에는 너무 적은 연구비인 것이 또 다른 원인임
- 더불어, 다부처 유전체사업의 예타 기획에서 계획했던 예산에 비해 현재까지 예산 투입이 적게 이루어지고 있어 당초 기대했던 것보다도 훨씬 더 저조한 국제협력 참여 및 기반 구축이 이루어지는 것으로 파악됨
- 이에 따라 국제협력 분야에서는 기존의 예타 기획 내용에 대한 전면적인 검토 및 전략 수정을 통해 일정 규모 이상의 실행 능력을 가진 국제공동연구 참여 연구진을 구성하여 장기 대형 국제 공동 연구에 적극적으로 참여하고 그 결과를 국내에 적극적으로 전파하는 것이 필요함

## 7) 교육 및 인력 양성 사업 재편을 통한 정보 분석 인력 양성의 내실화

- 현재 다부처 유전체사업을 수행하고 있는 연구자들 다수가 겪고 있는 가장 큰 어려움 중 한 가지는 빠르게 쏟아지고 있는 대용량의 유전체 정보들을 빠르게 분석하고 각각의 연구 목적에 맞게 유용한 정보들을 추출해 낼 수 있는 능력 있는 유전체 정보 분석 전문 인력이 절대적으로 부족한 점임
- 기본적으로는 각각의 과제를 수행하는 연구자들이 유전체 정보 생산부터 분석 및 활용에 이르기까지 각자의 연구 목적에 맞는 최적의 방식으로 각 단계의 연구를 수행해야 함 이 중 유전체 정보 생산 분야는 산업계 및 연구계의 여러 유전체 분석 장비들과 정보 생산 경험 축적으로 비교적 원활하게 양질의 유전체 정보가 생산되고 있음 반면, 유전체 정보 분석 분야는 고급 분석 인력의 부족으로 인해 많은 연구자들이 원활하게 각자의 연구를 수행하는 데 많은 어려움을 겪는 것이 현실임
- 이는 유전체 정보 분석 분야가 기본적으로 전산정보 처리 능력, 통계 분석 능력 및 생물학 지식 등 세 분야의 전문 지식을 모두 갖추어야만 원활하게 이루어질 수 있는 첨단 데이터 과학 분야 중 하나이기 때문임
- 최근 다양한 분야에서의 빅데이터 활용의 급증으로 인해 위에서 언급한 세 분야(전산, 통계 및 활용 학문 분야)에 능통한 데이터 과학자(혹은 데이터 분석 전문가)에 대한 수요가 급증하고 있는 반면, 공급에 이에 미치지 못해 미국에서만도 향후 지속적으로 약 수십만 명의 데이터 과학자가 부족할 것이라는 예측이 계속 제기되고 있음
- 다부처 유전체 예타 기획에서는 이러한 정보 분석 인력의 중요성을 감안하여 미래부와 산업부가 공동으로 유전체 전문 인력 양성 계획을 수립하고 다수의 과제를 지원하고 있음 하지만, 이러한 유전체 전문 인력 양성 대학원 과정(미래부)과 유전체 실무능력 배양 및 재직연구자 역량강화 지원(산업부) 모두 현재까지는 소기의 목적을 달성하지 못하는 것으로 파악되고 있음

- 이는 두 부처에서 지원하는 과제들에서 중점적으로 수행하고 있는 단기(2-3일 과정)의 교육 과정들이 단일한 컨트롤타워 없이 개별 과제책임자 중심으로 산발적으로 기획되고 수요자들에게 제공됨으로서 교육의 연속성 및 단계적인 발전 과정을 효과적으로 제공하지 못하기 때문인 것으로 분석됨
- 대용량의 유전체 빅데이터를 효과적으로 분석할 수 있는 유전체 분석 전문가를 양성하기 위해서는 위에서 언급한 세 요소(전산 능력, 통계 분석 능력, 생명과학 지식)에 대한 장기간(6-12개월)의 체계적이며 단계적인 교육 과정을 수립하는 것이 필요하며, 이를 위해 미래부와 산업부의 유전체 전문 인력 양성 사업 과제책임자 협의체와 같은 단일 기구를 만들고, 공통으로 교육 과정을 운영하여 장기간의 체계적인 교육을 제공해야 함

## 2.7 유전체정보 수요자 중심 활용체계 강화방안

### 1) 다부처 유전체정보 수집 및 활용

- 유전체정보를 원하는 수요자들의 편리를 위하여 유전체정보의 창구가 일원화 되어야 하며, 이를 통하여 모든 데이터의 접근이 가능해야 함
- 다부처 유전체사업을 통해서 생산되는 범부처 유전체 정보를 하나로 취합하여 관리할 수 있는 다부처 유전체 통합관리 시스템(Genome InfraNet)의 구축 방향이 적절한 것으로 보임
- KOBIC을 중심으로 범부처 정보연계 협의회를 구성하고, 표준질차 확정 등 연계를 위한 프로세스는 구축되었으나, 연구자들의 유전체 정보 공유 인식 및 데이터 등록 당위성이 부족해보임
  - 범부처 협의회 운영: 정보연계 관련 실무자 협의회 및 전문가 위원회 구성 및 운영
  - 표준수립: 대용량 유전체 정보의 분류체계, 데이터 표준안 및 활용 가이드라인 제정
  - 규제 강화: 과제 평가 시 연구 성과물 등록·기탁 실적 반영 의무화, 부처별 유전체 정보 연계 실적의 차년도 예산심의·배정에 반영 등 협의

- 등록 촉진: 정보등록 요청 공문발송 / 데이터 통합관리 모니터링 및 부처 피드백(연4회), 관련연구자 대상 설명회(연2회) 및 담당 기관 워크숍(연1회) 등

- 다부처 유전체사업을 통하여 생산되는 각 부처별 유전체 정보의 기탁에 대한 의무조항 또는 기탁 인센티브에 대한 구체적 정의와 강화가 필요함
- 각 부처별 유전체 정보센터와 다부처 유전체 사업의 통합관리를 하는 KOBIC과의 원활한 데이터 기탁 및 연계를 위하여 추가적인 정보연계 관련 인적·물적 지원이 필요한 것으로 보임
- 다부처 유전체사업을 통해서 생산되거나 가공될 데이터의 양이 30PB(페타바이트)에 이를 것으로 판단되는 바, 빅데이터 처리를 위한 인프라 및 시스템 구축 기술 개발이 필수적으로 보이나 현재는 단순히 구축된 인프라의 CPU수와 저장 공간의 양에 대한 사항만 기술되어 있음

### 2) 다부처 유전체정보에 대한 다양한 분석 방법 제공

- 다부처 유전체사업을 통해 생산되는 유전체 정보의 활용성을 높이기 위하여 단순한 데이터의 제공뿐만 아니라 다양한 분석 서비스를 동시에 제공하는 것이 필요함
- 현재의 다부처 사업에서 유전체정보에 대한 다양한 분석파이프라인/모듈 개발 과제들이 존재하며, 이를 분석서비스로 지원하기 시스템 구축 및 탑재가 필요함
- 다부처 유전체사업을 통해서 신규 분석 파이프라인/모듈의 개발도 필요하지만, 세계적으로 많이 활용되는 최신의 파이프라인/모듈의 신뢰성을 분석하고 실제 서비스 할 수 있게 검증하고 탑재하는 역할이 필요함
- 1000 Genome 데이터, TCGA 데이터 등 다양하게 제공되는 공용(Public) 데이터의 분석결과와 다부처 유전체정보와의 결과 비교를 위하여 다양한 공용데이터와의 연계분석 기능 제공이 필요

### 3) 유전체정보 수요자의 필요/지원 기술

- NGS기술의 비약적인 발전으로 인해서, 유전체정보를 활용하는 분석 작업이 대중화 및 일반화되어 IT기반기술을 보유하지 않은 소규모 연구실 또는 개인 연구자들도 분석에 대한 수요가 존재함
- 특히, 대용량정보를 저장, 관리 및 분석하기 위해서 대용량데이터 처리기술이 필수적이며 이를 위한 IT기반 기술을 보유한 분석 전문가와 IT인프라를 동시에 필요로 함
- 다부처 유전체사업 예산 설명 자료에 따르면, 범부처 유전체 정보의 저장, 관리 및 분석을 위하여 1,500 cores, 5PB(페타바이트) 구축을 목표로 하고 있으나, 2단계 종료 후 최소 4,000 cores, 30PB의 저장공간이 필요한 것으로 판단되어 분석을 위한 IT인프라 구축확대가 필수적임
- IT기반 분석기술이 부족하며, IT인프라를 보유하지 못한 대부분의 소규모 연구실 및 연구자를 위하여 대용량 유전체 정보 분석용 클라우드 서비스를 제공하는 것이 적절할 것으로 판단됨
- 대용량 유전체 정보 분석용 클라우드 서비스 구축시, 대용량 데이터 처리를 효율적으로 저장 및 관리하기 위한 빅데이터 및 클라우드 컴퓨팅 기술개발이 동반되어야 하며, 수요자들이 사용하기 편한 사용자 인터페이스를 제공해야 하며, 다양한 종류의 데이터를 다양한 방법으로 분석이 가능한 분석 서비스를 제공해야 함
- 수요자의 사용 편의를 위하여 온라인을 통한 데이터의 업로드/다운로드가 가능한 고속전송솔루션이 필요하며, 유전체정보의 저장 및 전송에 필수적인 보안기능, 데이터 및 분석결과 관리 및 확인을 위한 사용자기능이 제공되어야 함

### 4) 관련 예산 현황

- 다부처 유전체사업 예산 타당성 심사 시 유전체 정보연계 및 활용과 관련된 사업비로 연간 50억 원을 책정하였으나, 현재 약 5억원 만 할당되어 사업 진행 중임
- 범부처 유전체정보 저장, 관리 및 연계를 원활히 달성하기 위해서 예

타 수준의 연구비 복원이 필수적으로 보임

- 특히, 범부처 유전체정보 관리 및 연계를 위하여 대용량 데이터 처리를 위한 클라우드 컴퓨팅 기술개발과 다부처 유전체 통합관리 시스템의 구축이 필요하나, 이에 대한 예산이 전혀 반영되어 있지 않음
- 최종적으로 생산될 다부처 유전체정보의 양을 예상할 때(약 30PB, 참고자료), 다부처 유전체의 저장 및 분석을 위한 IT인프라의 목표(1,500 cores, 5PB)도 현실적으로 조정할 필요가 있으며 이에 대한 예산반영 필요

### 2.8 다부처 유전체 사업 추진계획 내용 대비 실행 여부 분석

- 2014년 7월 국과위에서 심의 의결한 포스트게놈 다부처 유전체사업 추진계획안의 내용 대비 실행 여부를 각 항목별로 분석하여 잘 되고 있는 부분과 그렇지 못한 부분 그리고 보완이 필요한 부분 등을 파악하고자 함. 중점 추진계획에서 1) 응용연구 분야, 2) 기반사업화 인프라 분야, 3) 공동 연구 사업 분야 등으로 구분되어 있으므로 이에 맞추어 분석함

포스트게놈다부처유전체사업

	대분류	중분류	소분류
복지부	맞춤의료를 위한 인간유전체 이행		-유전자 변이 분석 기반 제2당뇨병 발병 예측 모델, 다빈도 만성 질환, 악성 림프종 개발, 간암 모델 RNA 유전체, 위암 및 뇌허수체 종양 바이오마커, 혈중 암표지 지표, 간암 동반 진단, 다유전자 구성 유방암 예측, 삼중염색 유방암 이행 판정, 뇌기형 유전자 진단, 다인자성질환 뇌종양 유전체 분석, 전이성 대장암 약물유전체, 아바타 마우스 유전체/전사체 분석 등
	유전체 이행 연구 지원		-약물유해반응, 약물대사 및 약물수송 유전체, 대사성질환 및 악성 종양질환 단백질체, 데이터 통합지원, ELSI, 다중오믹스 고급 통계 분석, 임상 종양 유전체 데이터의 오픈 이노베이션
	한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용		-한국인 유전체 및 참조유전체 정보 생산, 난치천식, 가와사키, 제2당뇨 등의 오믹스 연구를 질환패널 자원 확보, 만성질환 코호트, 임상/오믹스 데이터 아카이브 구축 -칩 분석 기반 한국인 인구집단 유전체, CODA
	질환유전자분석 플랫폼		-고정밀/고효율 암 다중오믹스 기반 분석 프로그램
미래부	유전체정보 분석 공동연구 기반 구축		-유전체자원 통합관리체계 구축 및 분석서비스 제공 등을 통한 유전체 정보 활용 기반: 유전체, 메타유전체, 전사체, 후성유전체 분석 알고리즘, 유전체 정보 복합분석법, 텍스트마이닝 -KOBIC: Genome InfraNet, 클라우드 서비스 -신규: 혁신적 호발암 유전체 및 빅데이터 분석법
	유전체 미래원천 기술개발	다중오믹스 생명현상유전체	-피부노화, RNA 유전체 기반 간질환 -유전단백체 기반 난치암 제어기술 -NGS 기반 생체 약물작용점 분석
산자부	유전체 산업 비즈니스 클러스터 구축		-유전체-EMR 연계 시스템, 의사결정시스템 등
	유전체 핵심기술 개발 및 표준화		-빅데이터, 다중오믹스 분석, 중앙 면역치료반응 예측 알고리즘, 클라우드 서비스 등
	유전체 비즈니스 신 시장 창출		-NGS 기반 항암 동반진단 및 혈액분석
농림부	산업화 지원 미생물 유전체 전략연구		-김치유산균, 기능성 유산균, 전통누룩 유래 미생물 유전체 연구 및 종균 개발 -폐지 설사 면역증강제, 미생물 농약, 유용버섯 등
농진청	밀레니엄 농생명자원 유전체 해독		-들깨, 메밀, 고구마, 잎새버섯, 양파, 국화, 도라지, 결명자, 홍와, 울무, 왕지네, 나방, 애벌레 등
	바이오정보 고도화		-오믹스, NGS, 유전체 정보 분석
산림청	산림자원 유전체 해독		-소나무, 밤나무, 사시나무 유전체 해독 -유전체정보 통합관리시스템
해수부	해양수산생물 유전체 정보 분석 및 활용기반		-해양생물 및 수산양식생물 유전체 해독, 정보센터 (참전복, 개불, 실지렁이, 일본재첩, 털담치, 미역 등)
미래부	질병기전규명 (복지/미래)		-질환 모델생물/세포주 등을 이용한 질병기전 규명, miRNA 연구, 피부노화 (미) -생물정보학 및 이형자료 결합을 통한 질병기전 유전체(복) -신규: 단일세포 호발암 분석, 세포 기반 통합유전체 등 (미), 맞춤형 정밀진단(복, 미정)
	호스트-마이크로브 (복지/미래/농림)		-장내 숙주/유용 및 병원 공생 마이크로비움(미) -만성호흡기 및 구강/상기도 마이크로비움(복) -경제작물 병원성곰팡이, 동/식물 병원 및 공생세균 마이크로비움(농)
	인간게놈표준지도 (복지/미래/산자)		-인간 게놈 표준지도(대동여지도) 작성 (산) -한국인 선천적/후천적 유전체 지도 작성 및 희귀난치성 (골격계) 발달장애 진단/치료 (미)
	국제협력 (복지/미래/농진)		-마이크로비움, 줄기세포 IncRNA 유전체 (미) -가와사키 질환 및 선천성 말초신경병 유전체 (복) -농생명정보 국제 컨소시엄 (농진)
	전문인력 (미래/산자)		-BIT 융합 연계교육시스템 (미) -임상유전체 빅데이터 분석, 맞춤 전문인력 양성(산)

1) 응용연구 분야

□ 인간 유전체연구 사업(보건복지부)

○ 종합의견

부처 성과목표를 달성하기 위하여 개별과제를 총괄할 수 있는 사업단장 또는 코디네이터 지정이 필요함

○ 사업 분야별 의견

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
인간 유전체 이행연구 사업	유전체 연구를 통해 한국인 5대 호발암 및 주요 만성질환을 극복하는 질환중심 중개연구 및 임상 연구 지원	5대 호발암 연구에 집중적으로 지원됨 5대 호발암 및 주요 만성질환에 포함되기 어려운 과제가 일부 포함되어 있음 회귀질환도 포함되도록 변경할 필요 있음
유전체 이행연구 지원사업	약물유전체 핵심기반 기술 확립	계획대로 진행되고 있음
	단백체-멀티오믹스 핵심 기반기술 구축 및 지원서비스 제공	계획대로 진행되고 있음 멀티오믹스 핵심 기반기술 구축은 미래부에서 진행 중인 유사 사업과 협력 가능한 분야
	대용량 유전체 데이터 가공·분석·활용 플랫폼 개발	유전체 자원 통합분석센터의 연구범위 및 통합지원에 대한 부처 내 역할(CODA 기능 포함) 등이 필요함 질환유전자 분석 플랫폼 기술개발사업은 미래부 및 산업부와 많은 부분 겹치는 내용을 포함하고 있어 다부처 공동사업에 편입하는 것이 바람직함 최소한 기술교류회 등을 통해 유사 과제와의 정보 교환 및 협력을 권장해야 함
한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용 사업	국내의 인간유전체 연구관련 ELSI 기반 구축	계획대로 진행되고 있음
	인구집단 코호트 유전체 연구기반 구축	정밀의료 연구의 중요성을 반영하여 확대 개편할 필요 있음(예: 기존 코호트의 확대 구축 혹은 다차원 정보 기반 정밀의료 구현을 위한 신규 코호트 구축 등)
	주요 질환별 환자 시료, 임상정보 확보 및 데이터 표준화	정밀의료 연구의 중요성을 반영하여 확대 개편할 필요 있음(예: 기존 코호트의 확대 구축 혹은 다차원 정보 기반 정밀의료 구현을 위한 병원 기반 신규 코호트 구축 등)
	맞춤의료 통합 유전체 정보 자원 화 상버	다부처 사업 내에서 CODA의 예산반영 규모 등 제사가 필요함 CODA가 수행하는 연구내용과 KOBIC과의 연계방안 등이 구체적으로 제시될 필요가 있음

□ 농식품부/농진청/산림청

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
산업화 지원 미생물유전체 전략연구사업	조기성과 창출이 가능한 유용미생물 자원의 유전체 연구 미생물 유전체 연구 경쟁력 확보를 위한 참조유전체, 메타게놈 정보 대량 생산 및 정보 분석	현재 사업단을 구성하고 9개의 과제를 지원함 조기성과 창출효과 연구역량 강화형을 구분하여 각각의 목적에 맞는 성과 관리를 강화할 필요 있음 생산된 데이터의 NABIC 등록현황 점검 필요
밀레니엄 농생명자원 유전체해독 사업	유전체 정보 생산을 위한 농생명자원 개발 우리나라 고유 농생명자원 대상 신규 표준유전체 완성연구	사업단 형태를 갖추어 계획대로 진행하고 있음 하지만, 지원분야(식량, 원예, 특약용 작물, 곤충선충 및 가축 등)별 적절한 과제 선정이 이루어지도록 면밀한 사업 관리 필요

산림자원 유전체 해독사업	우리나라 고유 산림생명자원의 신규 표준유전체 완성	단일과제로 사시나무(1단계), 밤나무(2단계, 소나무(3단계) 표준유전체 완성 연구 진행 중
	유전체 정보 생산을 위한 산림생명자원 개발	진행되는 사업 없음(1단계성과를 바탕으로 2단계에서 진행)
농림축산식품 바이오정보 고도화 사업	농림축산식품 오믹스 관리시스템 및 통합 DB 구축	계획대로 NABIC 시스템이 구축되어 서비스를 제공하고 있음 NABIC 이 수행하는 연구내용과 KOBIC 과의 연계방안 등이 구체적으로 제시될 필요가 있음
	농림축산식품 오믹스 분석 및 관리시스템 개발	계획대로 진행되고 있음
	농림축산식품 오믹스 종합 서비스 시스템 구축	계획대로 진행되고 있음
	농림축산식품 생물정보 교육 플랫폼 구축 및 인력양성(1년 한시사업)	

□ 해수부

○ 종합 의견

- 해양생물 및 수산생명자원 유전체 연구 내용을 통합하여 단일 사업단으로 운영됨
- 매년 최근연구동향을 파악하고 실용/산업화 가능하거나 고부가가치 첨단 산업에 육성에 기여가 가능한 부분을 고려하여 유전체 정보 분석 대상 생물의 우선순위를 조정하는 것이 필요함
- 신설 해양유전체 정보센터와 KOBIC과의 연계를 통한 부처 공동 활용 방안 등이 구체적으로 제시될 필요가 있음
- 유전체 정보 생산 및 분석 분야에서는 미래부, 산업부, 농림부 등 전장 유전체 및 전사유전체 연구를 활발하게 수행하는 타부처 사업과의 연계 및 협력을 통해 최신 기술을 교류하고 연구 효율을 높이는 것이 필요함

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
해양생물 유전체 연구 및 활용	해양수산생물 유전체 지도 완성(100종 이상)	100종 유전체 정보 분석 등 계획대로 진행됨
	해양 메타유전체 분석	계획대로 진행되고 있음
	국제협력 연구 및 정보뱅크 구축 지원	국제협력을 위한 네트워크 구축 등 계획대로 진행됨
수산생명자원 유전체 연구	수산생물 전장유전체 정보 생산 및 표준유전체 완성	10종 유전체 정보 분석 등 계획대로 진행됨

2) 기반 산업화 인프라 분야

□ 미래부

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
유전체 정보 분석 공동연구 기반 구축 사업	국내 유전체 빅데이터의 저장, 관리, 분석 및 결과 활용을 위한 수요자 중심 유전체 정보 네트워크 첨단 서비스 시스템 구축·운영 유전체 데이터 등록, 보존 및 활용 소프트웨어 개발·지원을 통한 다양한 고급 유전체 분석 서비스 개발·제공	수요자 중심 유전체 정보 네트워크 첨단서비스 시스템 구축 운영은 계획 대비 진행되고 있음 다양한 고급 유전체 분석 서비스 개발 및 제공 부분은 개인 연구과제 성격이 강하며 KOBIC 중심의 총괄과제 형태로 재구성 하고 매년 개발 내용에 대한 프로토타입을 공개하고 수요자 맞춤형으로 업그레이드 하는 방식의 사업 수행이 요구됨 KOBIC의 역할 및 기능 강화를 위해, 별도 기관으로의 독립과 같은 방식을 포함한 해결 방안 마련이 시급함
유전체 미래원천 기술개발 사업	생명현상 및 시스템 생명정보 기반 핵심 미래원천기술 개발	중장기적 지원 분야 로드맵 수립 후 추진하는 것이 필요하며 예산 등의 투자 확대가 필요함 생명현상 및 시스템 생명정보 기반 핵심 미래원천기술 개발의 경우 일부 과제 지원됨
	다중 오믹스 신기술 개발	계획대로 한 개의 과제가 지원되고 있음
	한국인 선천적/후천적 유전체지도 작성 및 진단·치료 기술개발	재편되어 부처공동사업 중 "인간게놈 표준지도 작성"에 포함됨
미래 유전체 연구 인프라 고도화	유전체 연구 전문인력 양성(부처 공동)	유전체연구 전문인력 양성부분은 대학을 중심으로 지원이 이루어지고 있으며 KOBIC에서의 전문 인력 양성 부분에 대한 정확한 임무 설정 및 역할 중대가 필요함
	국제협력 공동연구 활성화(부처 공동)	국내외 공동연구 네트워크 강화 부분은 국제협력(공동)사업의 확대 및 총괄 기능을 부여하고, 글로벌 협력연구를 통해 국내외 공동연구 활성화를 유도하는 것이 필요함 국제협력을 총괄할 사무국을 구성하고 사업단 형태로 운영하는 것이 필요함
	국내 유전체 연구 역량을 결집하는 연구거점 구축	(국가거점) 유전체 연구소 수립 생명연에서 대구본원으로 추진 중인 유전체연구원(가칭) 등이 연구거점으로 기능할 수 있음 혹은 KOBIC의 기수행 부부처 역할 및 위상을 재정립하여 유전체 연구 및 정보 관리의 연구거점으로 활용할 수 있음
다부처 유전체정보센터간 정보 공유 및 활용 체계	유전체 정보 공유	각 부처 정보센터에서 KOBIC 의무등록 및 공유 부분은 잘 진행되지 못하는 부분으로 판단됨 이에 대한 해결 방안으로 데이터를 한곳에 수집하는 전략에서 가능한 데이터는 한곳에 수집하고 현실적으로 수집이 어려운 부분은 부처 정보센터에서 수집 및 활용하고 모든 부처 데이터의 현황 파악 및 활용부분을 모니터링 하는 기능으로 변경하는 것을 검토할 필요가 있음 전 세계적으로 정보 통합 관리는 분산 저장을 기본으로 원활한 현황 파악 및 상호 연결을 통한 실시간 활용이 효과적인 방식으로 사용되고 있음
	유전체 정보 관리 및 활용	가용 가능한 데이터의 통합관리 포털 사이트 운영 등은 진행되고 있음 하지만, KOBIC의 역할을 원활히 수행하기 위한 적정 예산 및 독립 운영 등에 대한 보완이 필요하다고 판단됨
	정보 분과 위원회 (다부처정보센터 실무협의회) 운영	정보 분과 위원회의 좀 더 적극적인 활동과 협조가 요구됨 데이터 다차원 가공을 통한 활용 극대화 부분은 잘 이루어지고 있지 않은 것으로 판단됨

□ 산자부

○ 종합 의견

신설 예정인 정보센터와 KOBIC 과의 연계방안 등이 구체적으로 제시될 필요가 있음

분야	에타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
유전체 산업 비즈니스 클러스터 구축	유전체·임상 정보 기반의 맞춤형으로 산업화 모델 개발	총괄과제 형식으로 한 개의 과제가 지원되고 있음 유전정보·EMR 연계 내용의 경우 의료기관 시스템 적용 가능성 여부 검토 필요
유전체 핵심기술 개발 및 표준화	분석·해독기술 국산화 및 고급 핵심기술 획득	생물정보학 중심의 산업화지원 기반 구축을 위한 과제가 지원되고 있음 바이오마커 개발을 목적으로 하는 과제의 경우 진단기술 인허가 및 상용화 등을 달성하기 위한 구체적인 추진 로드 맵 제시 등이 강화 될 필요가 있음 당초 지원규모 계획과 와 비교할 때 과제 마다 연구비 규모 편차가 큼
	다양한 omics 정보통합 분석기술, 클라우드 서비스 연계기술, 정도관리 등 지원	한 개의 과제가 지원되고 있음 성과 목표로 논문보다는 사업화 혹은 클라우드 서비스 지원 등 실제로 유전체 분석 연구자에게 도움이 되는 자료를 설정하는 것이 바람직함 미래부에서 진행하고 있는 유사과제와의 기술 교류회 등 긴밀한 연계가 바람직함
유전체 비즈니스 화를 통한 신시장 창출	의료분야 및 비의료분야 소프트웨어 제품화	한 개의 과제가 지원되고 있음 다양한 소프트웨어 개발 및 제품화를 위한 내용 제시가 (각각의 요구사항에 맞게) 구체적이어야 함 의료 분야의 소프트웨어 개발 및 제품화 계획이 보완되어야 함

### 3) 공동 연구 사업 분야

#### ○ 종합 의견

먼저 공동연구사업을 위해 설정한 운영 원칙(안)의 실행 여부를 분석한 결과는 아래와 같음

원칙	현황
공동연구사업은 연구(단)센터 등 독립된 운영조직을 구성	독립된 연구조직 없음
선정·결과 평가는 주관부처 전문가관이 주관하되 관계부처의 참여하게 실시	선정결과 평가 시 관계부처 참여 미흡
연구센터(단)의 운영위원회에 관계부처 공무원이 당연직 위원으로 참여	운영위원회 운영 미흡
부처 간 연구 성과 공유를 위한 주기적인 보고체계 구축	부처 간 주기적인 보고체계 미흡
연구 성과 공유 및 정보교류를 위한 연례 워크숍 운영	연례 워크숍 운영 중(한국유전체학회 기간 중 운영)
공동연구성과는 부처별 연구비 기준으로 배분	아직 해당사항 없음
생산된 정보의 정보보호수준에 따른 공동 활용	생산된 정보의 공동 활용은 아직 미흡함

이상의 원칙에서 정하지 않은 안에 관해서는 참여부처의 협의하에 결정	
---------------------------------------	--

- 각 세부 분야별 분석 결과는 아래와 같음

분야	에타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
질병 기전 규명 유전체 연구		부처별로 연구사업을 차질 없이 수행하고 있으나, 부처 간 협력 및 공동추진 실적이 미흡 공동연구를 위하여 각 부처의 일차 연구 성과를 공동 활용할 수 있는 추진체계 구축 필요 현재는 각 부처별 과제 추진으로 타부처 연구자들이 공동으로 참여하는 과제는 없음 예산타당성 검토 단계에서 예산 상한선이 정해져 있기 때문에 기존 과제의 결과물들을 이용한 협업 형태의 과제 지원 필요 사업 1단계가 마무리되는 2017년을 기점으로 각 부처 연구자와 관련 부처가 모두 참여, 과제를 공동 기획하는 방안 추진 필요 2017년 미래부 3개 과제 종료 후 신규과제 기획시 부처 고유진행과제와 공동 진행과제로 이원화 필요 기존 예산은 부처 고유 진행과제 추진, 신규과제 예산 확보시 부처 공동진행과제로 기획하여 추진
Host-microbe Interaction	유전학적 분석이 가능한 모델동물을 이용 숙주-미생물 상호작용 규명 유전체 차원의 접근을 통한 농작물과 동물의 병원성 미생물간 상호 작용 메커니즘 규명 및 방제 기술 개발 시스템 생물학 기반 숙주-신·변종 병원체 간의 상호작용 연구	개별 부처별로 연구사업을 차질 없이 수행하고 있으나, 부처 간 협력 및 공동추진 실적이 부족함 범부처 협의체 구성을 통한 신기술 개발 공동 대응 각 부처 연구팀에서 확보/발굴된 미생물 공동 활용 및 Bank 설립 교류회 및 워크숍 개최: 대학원생/연구원 교류회, 샘플 정보를 종합적으로 분석하는 메타 데이터 워크숍 마이크로바이옴 통합 분석을 위한 클라우드시스템 구축 및 생물정보 플랫폼 개발 및 통합 DB 구축 필요 Host에 상관없이 존재하는 Generalist microbe와 특정 host에서만 발견되는 specialist microbe의 진화/적응 및 경쟁/멸종 연구 등 세분화된 연구 필요
인간게놈 표준지도 작성		게놈지도 개발과 회귀난치성 유전자지도 개발로 협력연구의 목표가 비교적 명확함 단위 중과제 내의 협력 뿐 아니라, 다 과제 및 기존 과제 등과의 협력방안도 제시 필요 표준게놈 과제는 매우 중요한 infra로서 성과의 활용을 통한 한국인 특이적 유전체 연구의 활성화가 필요함 장기적인 표준게놈의 지속 유지를 위한 연구기획이 필요하며, 특히 기능과 연계, 치료-진단과의 연계를 위해 DNA 수준 뿐 아니라 다중 omics 수준의 지도 개발이 목표가 되어야 할 것임 1인의 게놈지도가 되어서는 안 되며, 서양의 지도와 같이 여러 명의 정보를 통합한 반베체 및 회귀변이 보정 지도개발이 필요함 미래부에서 한국인 선천적/후천적 유전체 지도 작성 세부사업 2개 과제가 지원되고 있음
국제협력 공동연구 사업		공동연구사업의 취지에 맞게 각 부처별로 성공적으로 사업을 추진하고 있음 특히 세계적 수준의 국제 컨소시엄에 참여하는 우수한 과제 착수와 국제협력 활동을 통해 향후 글로벌 네트워크 구축의 교두보를 확보한 것으로 평가됨 개별 부처별로 사업을 추진하고 있으나, 부처 간 협력 및 공동추진 실적이 부족함 부처 간 경계를 넘어 개방(open)과 협력(connect)의 원칙에 입각한 다부처 유전체 사업 추진 필요 각 부처별 유전체사업을 총괄 조정할 컨트롤 타워(공동사무국) 구축 필요 나아가, 국제협력의 거점 역할을 할 수 있는 기관 수립 필요 범부처적 유전체 네트워킹을 추진할 범부처 공동연구사

		업 추진 검토 부처별 목적 지향적 프로그램 개발과 시너지 극대화를 위한 연계 강화 프로그램의 개발 검토
유전체 전문 인력 양성사업	맞춤형 전문인력 양성을 위한 다양한 중·단기 교육 프로그램 개발 및 운영 등 유전체 교육 인프라 구축·지원 BIT 융합분양 대학원과정 활성화 학·연 연계 전문인력 양성 프로그램 운영	(미래부) 차세대 생명정보 교육시스템 및 프로그램구축 지속 지원 유전체 전문 인력 양성 5개 과제 지원으로 100% 달성 (산업부) 유전체분야 기업 수요기반 교육프로그램 개발 및 운영 중기(예비전문가 70명) 과정 및 단기(재직·연구자 84명)과정 운영을 통해 목표 대비 154% 달성 1차년에 운영된 교육프로그램의 질적 수준 제고와 함께 지속적인 산업계 대상 수요조사를 통해 신규 커리큘럼 개발 필요 하지만, 두 부처 간 교육 프로그램의 공동 개발 혹은 운영은 아직 진행되고 있지 않음 미래부와 산업부 교육 프로그램의 연계를 통해 기초부터 고급 수준까지 단계적으로 배울 수 있는 체계적인 전주기적 교육 과정을 함께 개발하고 제공하는 것이 필요 현재 국내에서 제공되고 있는 여러 종류의 교육 프로그램에 대한 비교·분석을 통해 기존의 프로그램에서 충족하지 못하고 있는 부분들을 발굴하여 새로운 프로그램으로 제공하는 것이 필요 필요시 교육 프로그램 사업도 사무국 역할을 할 수 있는 기관을 선정하여 기존 교육 프로그램의 다양성을 존중하되 전체적으로 일관성 있는 교육을 제공하는 체계를 수립하는 것이 바람직

#### 4) 소요예산

- 공동연구사업 중 인간게놈표준지도 지원기간이 2014-2015년으로 되어 있음 부처 별로 최근 내용을 업데이트 및 변경 예정 예산 반영 필요
- 공동사무국 운영 예산 반영 필요

#### 5) 추진체계

- 총괄 추진체계로서 범부처 협의체가 운영(복지부 3회, 미래부 5회)되고 있으며 다부처 유전체 사업 추진을 위한 협의 및 의사결정이 이루어지고 있으나 공동사무국 운영에 대한 내용이 없어서 다부처 유전체 사업의 추진 및 성과 관리 등이 미흡함
- 추가 예산 확보로 공동사무국 설치 및 운영이 필요함
- 각 부처별 추진체계 현황

부처	현황
----	----

보건복지부	연구책임자 협의체 성격의 사업단 운영 미실시
농림축산식품·농촌진흥청/산림청	사업단 편성 및 운영되고 있음 농촌진흥청: 포스트게놈 다부처유전체사업단 농식품부: 농림축산식품 미생물전략연구사업단 산림청은 별도의 사업단 없음(1개 단일과제 수행)
해양수산부	1개 사업단으로 통합 운영 중
미래창조과학부:	개별과제로 진행됨 사업단 구성 및 운영이 시급함 KOBIC의 범부처 역할 정립 및 업무 수행이 필요함
산업통상자원부	사업단 또는 코디네이터 지정 필요함

#### 6) 성과관리 및 기대효과

- 기존 성과목표: 진단치료법 8건, 유용유전자원 30건, 세계5위권 연구 역량
- 과제선정 및 평가의 공정성 확보:
  - 유전체사업 공동 평가기준(안) 마련 필요, 공동사업설명회 실시 필요
  - 평가결과 범부처 협의체에 주기적 보고
- 성과지표(안) 제시

### 2.9 연구추진체계 조정 방안

#### 1) 연구 추진체계의 조정 근거

- 최근 유전체 관련 국내·외 연구 환경 및 기술의 급변으로, 기술 동향 상시 파악 및 통합추진계획 설정을 위한 '다부처포스트게놈유전체사업시행계획'등의 재검토가 필요함
- 다부처사업 추진 효율성 제고를 위한 부처 공동·협력연구 활성화가 요구되며, 유전체 정보 공유 등을 통한 통합관리·활용체계 구축의 필요성이 증대됨
- 현재의 추진체계는 각 주관부처의 책임 하에 세부사업을 나누어 수행하고 부처 협의보다는 각 주관부처의 이해에 따라 개별적으로 운영될 개연성이 높아, 다부처사업의 요구 성과를 달성하기 어려움
- 이러한 한계를 극복하기 위해서는 다음의 조정이 필요함

- 기존 사업의 예타부합성의 정밀 검토 및 향후 대책 수립
- 부처별 연구 및 공동연구 핵심연구전략 통합 로드맵 작성
- 유전체 분야 전체를 포괄한 공동 사업 기획
- 효율적 사업관리를 위한 부처별 사업단 및 범부처 총괄사무국의 구축

## 2) 총괄사무국 중심의 다부처사업 공동 추진체계 강화

- 사무국 내에 기존에 운영 중인 기술위원회, 분과위원회 및 해외자문위원회 설치를 통하여, 미래기술과 유전체 전문가 그룹 발굴, 부처 간 사업협회의 실무협력 강화, 부처 간 정보공유, 유사중복 해소 및 공동연구 등을 활성화
- 기술위원회는 유전체기반기술, 응용기술, 알고리즘 분야에서 국내 최고의 기술 전문가 집단 중심으로 구성
- 분과위원회는 각 부처 내 사업의 목적성을 대표하고, 이를 타부처 사업의 다양성에 대한 높은 이해도를 기반으로 새로운 통합적 사업에 대한 구현, 중복성에 대한 해소를 추진하여 다부처 사업을 아우를 수 있는 국내 전문가 집단으로 구성
- 해외자문위원회는 해외 우수 기관의 세계적 유전체전문가를 섭외하여 미래유전체 분야와 동떨어진 연구를 지양하고 향후 세계적 수준의 연구를 수행할 수 있는 국내 현실을 반영한 국내 유전체 기술/산업 분야와 전문가 집단을 키울 수 있도록 일조함
- 분과위원회 및 기술위원회 중심으로 사업 추진실적과 계획을 상시 모니터링 하여야 함
- 다부처 유전체사업 공동 성과목표 및 지표 설정을 통하여 사업목적 달성을 위한 유기적 협력 체제를 유지함
- 차년도 신규과제 예산 신청 시 총괄사무국 사전 검토를 통한 과제의 중복방지 및 부처별 연계 가능 분야 발굴 및 연계추진을 위한 합동 시행계획 수립 및 통합 공고함
- 총괄사무국의 사업추진 효율성 제고와 급변하는 유전체 산업 분야 대응을 위한 첨단유전체 기술 응용분야의 신규예산 확보/집행이 바람직함

## 3) 총괄사무국 중심의 다부처사업 상호협력 강화

- 총괄사무국이 성과교류 활성화를 증진하는 방안을 마련함. 예를 들어, 국내의 다양한 유전체 유관학회 등과 연계하며, 모든 부처 연구자들이 참여하는 워크숍 및 심포지엄을 개최함
- 총괄사무국 중심으로 분과위원회를 구성·운영하여 신규과제 기획 시 공동연구과제 참여부처·연구책임자 간 협의를 통한 공통 관심영역을 중심으로 과제를 도출함
- 총괄사무국 내에서 평가위원 명단의 체계적 관리를 통해 다부처사업 참여 연구자 및 기술자문위원 등을 평가위원으로 적극 활용하여 부처 간 과제 연계성을 강화함
- 성과 연계를 위한 사업간·부처 간 협력체계 강화를 위해 연구과제별 연구자간 교류활성화로 실질적 협력연구를 추진함
- 총괄사무국 기술위원회의 다부처 신규과제 기획에 대한 자문 기능을 강화함

## 4) 수행과제 조정 방안

- 유전체 기술의 급격한 발전에 따라 기술동향을 상시 파악하고, 필요 시 총괄 추진계획에 반영함
- 고도의 유전체 기반기술을 발굴하고 이를 개발함 (예, 4세대 차세대 시퀀서, 유전체 분석 알고리즘)
- 차세대 유전체 플랫폼 기술 개발을 위한 공학과 과학의 연계를 강조한 연구의 추진함
- 맞춤형 의료 및 정밀의학 구현 등에 대비한 병원과 협력연구 추진방안을 제시함
- 과제 기획회의에 기존 유사과제 수행자도 참여시켜 중복성 검토 및 기수행과제와의 연계협력 방안을 검토함

## 5) 효율적 유전체 정보 연계 방안 및 KOBIC의 위치 재정립

- CODA, NABIC, 현재 구축 중인 타부처 정보센터 등의 정보 수집 및 활용현황을 모니터링하고 궁극적으로는 다부처유전체사업에서 생산되는 유전체 정보의 등록 의무화, 성과지표의 주요 지표(데이터 셰어링 등)를 적극적으로 추진해야 함
  - 2단계 사업 추진 시 KOBIC의 독립적 운영을 적극적으로 검토할 필요가 있음
- Genome-InfraNET 운영: 다부처 유전체 데이터의 통합 관리 포털 사이트
- 범부처 유전체 정보시스템 운영 및 고도화를 통한 다부처 유전체사업 유전체 정보의 통합관리 및 분양서비스 제공
- 범부처 유전체 정보의 저장, 관리 및 분석을 위한 인프라 시스템의 확충: 300 Cores\*, 1,512 TB 저장공간 확보
  - CPU 확보를 위한 예산 증액 필요

- 메타정보 표준안 작성 후 '다부처 유전체 정보센터 협의회'를 통하여 정보연계 표준 지침서 작성 및 범부처 협의회 확정
- 범부처 정보연계를 위한 '범부처 정보연계를 위한 표준 절차서' 작성
- "다부처 유전체 정보센터 (실무)협의회"의 정기적 운영을 통한 정보연계 현안 조정협의
- 해외(TCGA, The Cancer Genome Atlas)와 같이 개인 식별이 가능한 정보를 제거한 상태에서 유전체 정보를 연구자에게 제공할 수 있도록 관련 규제 개선 및 정보연계 추진
- 개인 연구자의 유전체정보 등록 유도(관련 규정 개정 협의)

#### 6) 유전체분야 전략 로드맵

- 유전체정보이용기술 기반 유전체분야 전략 로드맵을 참고로 유전체분야 전략로드맵을 작성하는 것이 바람직 함(국가중점과학기술전략 로드맵, KISTEP 2013)

< 그림 18 > Genome-InfraNET 개요 (출처: KOBIC, 국가생명연구자원정보센터)

- 범부처 유전체 정보를 포함한 대용량 바이오데이터 분석 및 활용을 위한 클라우드 서비스 개시
- (대용량 유전체 분석용 클라우드 서비스 고도화) 어플리케이션용 클라우드 서비스 개발을 통한 인터페이스 개선, 고속파일전송 솔루션 고도화, 분석 파이프라인/모듈의 지속적인 탑재 및 업데이트 실시

### 3. 다부처 유전체사업 개선안 제시

#### 3.1. 개선안의 요약

- 미래부 국과심(연구개발투자심의국 생명기초조정과)과 상위평가(성과평과국)에서 지금까지 수행된 다부처포스트게놈유전체사업의 예타 부합성을 검토하면서, 다음과 같은 부분에서 개선을 요구함
  - 다부처 사업에 부합하는 공동 기획/평가/성과관리를 요구함
  - 기술의 혁신적 발달에 의한 연구내용 재조정을 예타 계획서의 가변적 범주 내에서 요구함
  - 상위평가 및 단계평가를 위하여 핵심성과지표 (공동은 KOBIC 자료 등록 + 부처별은 논문/특허)의 부처 간 조율 작업이 필요함
- 하지만 7개 부처의 범부처사업의 속성상 부처 및 전문기관의 담당자가 계속 바뀌면서 사업 연속성이 단절되는 문제점이 도출되었으므로, 1장과 2장에서 분석한 바와 같이 연구 및 사업구조의 측면에서 다음의 개선안이 필요함
- 연구의 측면에서 다음의 개선안이 필요함
  - ① 최신의 연구동향 및 신기술을 반영한 연구내용 조정
    - NGS 단가의 급감에 기인한 “빅데이터를 분석하고 활용할 혁신적 분석 프로그램 개발” 같은 신규 사업 신설
    - 최신 유전체 기술을 반영한 신규 생명현상 연구가 필요함 (예: eRNA, ncRNA, 단일세포 유전체, CRISPR 등)
    - 국제적 유전체 연구동향을 반영한 신규 사업이 필요함 (예: 맞춤형료, 마이크로비움 연구 등)
  - ② 부처 간 연구사업의 상호협력 증진
    - 공동연구의 획기적 활성화 방안(공동 기획/선정/평가/성과관리 등)
    - 관련 학회와 협력한 유전체사업의 정기적 공동 성과교류회 개최
  - ③ 내역사업 내외간 예산투입 규모의 조정이 필요함
    - 내역 내 조정:
      - 인력양성 시 대학원 과정과 산업체 실무 상호간 공백을 채워 주

는 소비자 맞춤형 교육과정의 신설

- 질병기전의 경우 정밀의료 분야를 보강하여야 함
- KOBIC의 효율적 활용을 위한 부처 간 협력안 수립이 필요함
- 내역 간 조정: 인력양성 부분의 투자를 축소하여 절감된 예산을 국제공동 및 질환기전 분야에 투입
- ④ 상기의 다양한 연구 환경 변화 및 미래 수요를 반영한 로드맵 작성 이 시급함
- 사업구조의 측면에서 다음의 개선안이 필요함
  - ① 효율적 범부처 협의체(운영위원회, 기술자문위원회, 분과위원회 등) 운영, 사업의 연속성, 공동 기획/평가/성과관리를 위한 범부처 연락 사무실 기능의 신설
  - ② KOBIC(생명연구자원법에 의거한 유전체 기탁/등록 공식 지정기관)의 위치 재정립 및 사업구조 조정을 통한 공동 성과지표 활성화
    - KOBIC에 기탁/등록된 유전체 정보만을 성과로 인정
    - KOBIC과 데이터를 상호 교환해야 하는 연관 사업을 KOBIC 중심의 총괄로 조정
    - 부처 간 협의를 통한 KOBIC의 전략적 대응 개선방안 기획
  - ③ 부처별 및 부처 간 사업구조 재조정
    - 부처별로 각 사업의 사업기간(단계별 기간 등) 및 사업규모가 예타 사업과 상이한 부분은 조정이 필요함
    - 부처 간 공동연구 활성화를 위하여 가능한 사업기간의 동기화가 필요함
  - ④ 이를 개선하기 위하여, 부처 간 통합 컨트롤 타워를 신설하고 예산을 지원함
    - 일차로 2016년 부처별 코디네이터 구성하고, 공동연구의 경우 범부처 사업단 체제로 개편하며, 유사과제는 통합함
    - 이차로 부처 간 컨트롤타워로 2017년 공동사무국을 신설하고 운영함

### 3.2. 연구 측면에서의 개선안

#### □ 최신의 연구동향 및 신기술의 반영

- NGS 단가의 급감에 기인한 빅데이터를 분석하고 활용할 혁신적 분석프로그램 개발 같은 신규 사업 보완이 필요
- 최신 유전체 기술을 반영한 신규 생명현상 연구가 필요함 (예: eRNA, ncRNA, 단일세포 유전체, CRISPR 등)
- 국제적 유전체 연구동향을 반영한 기존 사업 재편이 필요함 (예: 맞춤형의료, 마이크로비옴 연구 등)

#### 1) 혁신적 NGS 유전체 빅데이터 분석 프로그램

- 유전체 해독 기술과 IT 인프라의 발달로 다양한 종류의 다차원 유전체 정보가 급증함에 따라 개인 맞춤형 정밀의료 구현을 위해 유전체, 전사체, 후성유전체 등 다차원의 NGS 유전체 빅데이터를 체계적으로 분석하는 것이 가능함
- 최신 NGS 유전체 빅데이터 분석은 기계학습 및 딥러닝 등을 이용하여 암 유전체 정보를 확인하고, 패턴을 발굴하여, 이를 기반으로 유전체 정밀의학 모델을 수립하는 연구 기법을 말함
- 이를 위해서는 대용량, 다차원 NGS 유전체 정보 분석을 위해 관련 전문가들의 협업을 가능하게 하는 클라우드 환경 구축 및 관련 프로그램이 필요함
- 다음과 같은 연구가 병행하여 진행되고 있음
  - 다차원 NGS 유전체 정보의 혁신적 분석을 위한 알고리즘 및 소프트웨어 개발 연구
  - 기계학습 및 딥러닝을 이용한 NGS 유전체 빅데이터 분석, 패턴 발굴
  - 빅데이터를 분석할 수 있는 클라우드 기반 협업 분석 플랫폼 개발
- 향후 발전 전망으로 이 분야는 최근 새롭게 부상하는 유전체 분석용 클라우드 시장과 연계되어 창출되는 신 시장으로 관련 회사로 미국의 SevenBridges사, 대만의 ACT genomics사 등이 있음

### 2) 최신 유전체 연구 동향

- 단세포 유전체학 (Single cell genomics) : 세포의 유전자 변이와 연관성은 물론, 숨어있는 희귀한 유전자 변이로 인해 발생하는 질병과의 연결고리를 세포 단위에서 관찰함으로써 세포의 분화과정 및 정확한 질병 원인을 규명할 수 있는 기술
  - 세계적으로 유전적 변이와 질병 간의 상관관계 규명 및 임상 적용을 위해 기존의 세포군 단위의 연구보다 정확한 유전적 정보를 얻어낼 수 있는 single cell genomics로 넘어가는 과정에 있음
  - 정확도와 스피드를 확보한 새로운 단일세포 분리기술의 개발은 single cell genomics 분야의 발전을 촉진시킬 것임
  - 단세포 유전체학은 아래와 같은 세부 연구 분야로 구분됨
    - 단일세포 분리기술 : 단일세포를 정확하게 분리해 내어 사용하는 기술로 'single cell genomics'의 핵심이며, 다음과 같은 방법이 있음(세포 자동해석분리장치(FACS : Fluorescence activated cell sorter) 방법, 현미해부(micro-dissection) 방법, 미세유체공학(microfluidics) 방법)
    - Single cell 분석을 위한 DNA/RNA 증폭 기술 개발 : 염색체의 시퀀싱을 위해서 보다 많은 양의 DNA를 만드는 기술
    - Single cell genome NGS 데이터 분석 기술 개발 : 세포의 유전자형을 정확히 알아내기 위한 기술로, DNA의 전사 특징 분석을 통하여 단세포의 형질을 분류하는 분석 알고리즘의 개발이 필요함
- 유전자가위(CRISPR-Cas9) : 유전자를 정교하게 잘라 내거나 붙임으로 유전자를 조작할 수 있는 기술로 기존의 유전자 재조합 기술보다 강력한 기능을 할 것으로 기대되지만 이를 개선하는 기술들이 선보이고 있음
  - 미니 Cas9 : CRISPR-Cas9 기술로 조작된 유전자를 재활용할 수 있도록 CRISPR-Cas9의 구성요소 중에서 Cas9효소, RNA 등을 유전체에 다시 활용할 수 있게 만드는 기술
  - 아거노트(argonaute) 단백질 : 새로운 유전자편집 방법으로 가이드RNA나 특별한 시퀀스 없이 미리 정해진 DNA부위를 절단할 수 있는 방법
  - Cpf1 : CRISPR-Cas9 기술의 경우 원하는 부분을 모두 잘라내지 못하기에 이에 대한 대안으로 나온 기술이 Cpf1이며, 이는 Cas9보다 더 작고

다른 시퀀스를 갖고 있음

- 우리나라에서 CRISPR 관련 분야 연구는 세계적 수준에 근접한 것으로 파악됨
- 예를 들어, 김진수 교수의 IBS 연구단, (주)툰젠 등의 회사가 세계적 수준의 연구 결과를 지속적으로 발표하고 있음
- 하지만, 이러한 우리나라의 연구는 치료제 개발이나, 식물, 동물 유전체 교정을 통한 종자 개발 쪽에 초점을 맞추어 진행되고 있음
- 현재 세계적 수준의 연구는 유전체의 non-exonic 영역의 기능적 역할에 초점이 맞추어져 CRISPR 기술을 유전체 연구에 응용하려는 연구가 광범위하게 이루어지고 있음
- 또한 CRISPR의 글로벌 경쟁력, IP를 확보하기 위한 연구가 메타지놈의 분석 등을 통한 새로운 CRISPR 종의 발굴에 집중되고 있는 현실임
- 하지만, 우리나라의 연구 집단은 기존에 발굴된 CRISPR 시스템의 응용과 분석에 집중하고 있는 현실임
- 따라서 CRISPR를 이용한 non-coding 유전체 분석 연구와 메타유전체 분석을 통한 신기능 CRISPR의 발굴 등, 유전체 기술과 CRISPR 기술의 융합을 통해 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있는 분야를 발굴하여 지원하는 것이 바람직 해 보임

○ in situ microarray 합성 기술 : 한 개의 마이크로어레이 기관위에서 서로 다른 올리고를 수 만 개에서 수 백 만 개 수준까지 합성하는 기술

- 기존에 많이 사용되는 마이크로어레이 스포팅 기술은 합성 올리고를 기관위에 스포팅 하는 기술이나, in situ 합성 기술은 기관 위에서 원하는 올리고 시퀀스들을 뉴클레오티드 한 개씩 동시 다발적으로 합성하는 기술임
- In situ microarray 합성 기술과 이를 위한 마이크로어레이 생산 공정의 확보를 통해 산업화 가능함
- Agilent 회사에서 프린팅 기술을 응용하여 구현되어 산업화 되었고, Customarray 사에서 반도체 기술을 응용하여 산업화되었음

○ 딥러닝 기반 유전체 데이터 분석 기술 개발

- 기존 유전체 데이터의 일차 분석은 다음과 같이 구분됨
  - 차세대시퀀싱 reads를 reference genome에 맞추어 보는 aligner,
  - 차세대시퀀싱 reads를 이용하여 contigs를 만들어가는 assembler
  - 시퀀싱 결과와 reference와의 차이를 분석하는 variant caller
- 여기에서 variants의 중요한 의미를 부여하면서 속도와 정확도를 증진시키기 위한 수학적 알고리즘들의 개발이 중요함
- 이와 관련된 기술로는 유전체 빅데이터 분석을 위해서는 다음과 같은 기계 학습기반 알고리즘 연구가 있음
  - 딥러닝 기반 유전체 분석 원천기술 개발연구
  - 유전체 시퀀스에 기반 하여 기능을 예측하는 알고리즘
  - 유전체 데이터와 연결된 데이터를 같이 복합적으로 분석하는 알고리즘 개발 연구

### 3) 국제적 유전체 연구동향

전략명	국가 마이크로바이옴 이니셔티브(National Microbiome Initiative, 2016)
개요	○ 마이크로바이옴에 대한 이해 증진. 건강한 마이크로바이옴 기능보호 및 복원을 위한 연구개발
비전 및 목표	○ 정부 연구기관의 과학자, 학계 및 민간 부문은 학제 간 연구 지원, 플랫폼 기술개발, 마이크로바이옴 인력 확대 등
전략	○ NIH는 감염병, 비만, 뇌발달, 암 등 다양한 조건에서의 인체 내 마이크로바이옴 연구에 에너지부는 바이오연료 생산과 관련된 마이크로바이옴 연구 등 정부기관별 특성에 따른 연구 지원 전략
주요내용 및 중점분야	○ 학제 간 연구 지원 (Supporting interdisciplinary research) - 다양한 생태계 마이크로바이옴에 관한 근본적인 질문에 대한 해당 탐색 ○ 플랫폼 기술개발 (Developing platform technologies) - 다양한 생태계의 마이크로바이옴에 대한 통찰력 증진 및 지식 공유를 통해 마이크로바이옴 데이터 접근성을 향상시키는 플랫폼기술 개발 ○ 마이크로바이옴 인력확대 (Expanding the microbiome workforce) - 대중과학, 공공참여 및 교육적 기회를 통한 마이크로바이옴 관련 인력확대 ○ NMI 실현을 위한 민간의 주요 지원 - 빌 & 멜린다 게이츠재단은 개발도상국을 대상으로 영양 및 해충구제 프로그램에 4년간 1억 달러(약 1,170억원) 투자 계획 - 그 밖의 여러 민간 연구기관들도 거액의 비용을 들여 암 치료나 해양미생물학 등의 분야에서 미생물의 역할을 연구할 계획
기간/예산	○ 향후 2년간 1.21억 달러(약 1,450억원) 투입 예정

전략명	정밀의학이니셔티브(Precision Medicine Initiative, 2015~)
개요	○ 개인 유전자, 환경 및 생활양식 등의 개인차가 질병 예방 및 치료에 중요해짐에 따라 개인 맞춤형 의학의 확대를 지원하는 정책
비전 및 목표	○ 개인 맞춤형 항암치료제 개발 ○ 자발적인 국가연구 코호트 형성 ○ 환자의 유전체 정보들을 바탕으로 개인별 맞춤 치료를 실현
전략	○ NCI, NIH, FDA, ONC 등이 참여하는 다부처사업 추진
주요내용 및 중점분야	○ 개인 맞춤형 항암치료제 개발(More and better treatments for cancer) - 0.7억달러 투자, NCI 주도 - 국가차원의 '암 지식 네트워크' 구축 및 확대 - 유전자 분석 기반의 암 임상시험 확대 - 효과적인 맞춤형 치료 설계 및 테스트 가속화 ○ 자발적인 국가연구 코호트 형성(Creation of a voluntary national research cohort) - 1.3억 달러 투자, NIH 주도, ONC 참여 - (NIH)백만 명 이상의 자발적 연구 참여자 모집 - (ONC)운영의 표준화, 환자 동의 등 안전한 데이터 교환 시스템 개발 ○ 개인정보 유출 방지를 위한 시스템(Commitment to protecting privacy) - 0.05억 달러 투자, ONC 주도 - 정밀의학 측면의 개인정보 및 데이터 보안 시스템 개발 - (NIH)백만 명 이상의 자발적 연구 참여자 모집 - (ONC)운영의 표준화, 환자 동의 등 안전한 데이터 교환 시스템 개발 ○ 규제 현대화(Regulatory modernization) - 0.1억 달러 투자, FDA 주도 - NGS 기술 평가를 위한 접근법 개발 ○ 공공-민간 제휴(Public-private partnerships) - (정부) 자발적 지원자 만 명의 코호트 연구 착수 주도 - 환자 참여를 위한 연구 전문가 규합(학술의료센터, 연구원, 재단, 개인정보 보호 전문가, 의료 윤리학자, 의료제품 개발 혁신자 등)
기간/예산	○ 2016년 2.15억 달러 ○ 2017년 3.09억 달러

### 4) 국가별 주요 바이오전략 현황

#### □ 미국

- 국가 바이오 경제 청사진(National Bioeconomy Blueprint, 2012.4)
    - 미국이 보유한 자원을 최대한 활용하여 바이오경제의 잠재력을 실현하는데 도움이 되고 그 목표를 위해 초기 업적을 강조하기 위한 전략 제시
  - BRAIN Initiative(Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies, 2013.4~)
    - 휴먼 게놈 프로젝트의 연구 성과처럼 뇌와 관련된 연구의 기초 자료로써 활용
    - 기술융합을 통해 뇌와 질병 간의 연관성을 분석하여 차세대 치료제 개발
    - 유럽, 인도, 중국, 일본 등과의 뇌과학 분야 경쟁에서 선도적 위치 선점
  - 항생제 내성 박테리아 근절 프로젝트(National Action Plan to Combat Antibiotic-Resistant Bacteria, 2015.3~)
    - 백악관은 주요 정부기관들과 함께 증가하는 항생제 내성 박테리아\* 근절을 위한 국가적 차원의 프로젝트
    - 항생제 내성 박테리아 근절 프로젝트팀 구성, 현재 대통령 과학기술 자문위원회 (PCAST)로부터 정책적 자문을 이끌어내기 위한 단계 진행 중
    - 12억 달러(1.3조원) 이상의 예산이 필요하며, 2016년 회계연도 예산 승인 대기
  - 바이오매스 연구개발 이니셔티브(Biomass Research and Development Initiative, 2009~)
    - 석유 의존도 개선, 대체에너지 기술 개발, 에너지보안 등의 강화를 위한 정책 진행
- #### □ EU
- Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe(2012)

- 유럽과 전 세계가 맞이하고 있는 생태계적, 환경적, 에너지, 식량공급 및 천연자원 분야 도전과제들에 대한 대응전략을 마련하고 유럽의 연구·산업 등의 활동 방향을 바로잡아주기 위한 전략
- EU Horizon2020('14~'20)
  - 7차까지의 Framework Programme 통해 유럽과 세계가 직면한 다수의 도전과제에 대한 대응책을 마련하였고 8차 Framework Programme인 EU Horizon2020을 통해 지속적 연구 수행
  - EU회원국과 유럽 의회로부터 이전 프로그램들과 연구 활동들을 통해 얻어진 교훈, 피드백 등을 수렴, 프로그램 사용자 위주의 더욱 심플한 전략을 구성함
- 영국
  - The Age of Bioscience: Strategic Plan 2010-2015(생명과학의 시대: 2010-2015년 전략)
    - BBSRC의 연구 및 훈련 자금 지원을 통해 향후 수십 년간 인류가 직면한 주요 도전과제를 해결할 수 있는 생명과학 분야의 발전을 위한 정책 전략
  - 10만 게놈 분석 프로젝트(The 100,000 Genomes Project, 2012~2017)
    - 인간게놈 프로젝트를 통해 인간의 30억개 유전자 시퀀스 리딩 후, 기능이 규명되지 않은 DNA(전체의 95%에 달함)를 분석하여 차세대 개인 맞춤형 인류 질병 치료와 보건을 위한 프로젝트
    - 영국 보건의료서비스(NHS)에 등록된 암 및 희귀질환 환자의 질환 및 DNA 정보 등 풍부한 데이터베이스가 확보된 대규모 자원 활용 프로젝트
  - Biodesign for the Bioeconomy
    - 지난 로드맵 발간 이후 3년간 있었던 큰 발전, 상업화 기회의 증가에 따라 합성생물학리더십위원회\*는 유망 아이디어의 상업화·응용화 관련 전략
- 독일
  - 독일 바이오경제 2030(2011-16)(National Research Strategy Bio

Economy 2030)

- 21세기 독일이 직면한 주요과제들 해결 위한 연구 활동 강화와 연구·혁신에 대한 새로운 접근법을 마련하여 독일 바이오경제 확립을 위한 전략
- Go-Bio 이니셔티브('05-'15)
  - 생명공학 분야 연구결과의 상용화 및 창업지원을 위한 이니셔티브를 10년간 수행
- 프랑스
  - 보건 및 생명과학 국립연합체(AVIESAN) ('09)
    - 10개 주제별 복합연구조직체 (ITMO)\*를 중심으로 연구 활동의 행정절차 통합 및 간소화를 통해 연구 탁월성 및 합리적 연구 시스템 운영
- 벨기에
  - BioWin
    - 왈로니아 지방정부는 지역경제 발전과 고용증대의 필요성을 절감하고 건강 및 의료 산업의 체계적인 육성을 위한 전략 제시
- 일본
  - 제4기 과학기술기본계획(2011-2015)
    - 과학기술 위험 및 전 지구적 문제에 대해 근본적인 성찰을 하게 되었고, 이러한 위기를 극복하고 새로운 번영을 추구할 도전적인 정책 마련
    - 제4기 과학기술기본계획 중'그린 및 라이프 이노베이션'분야를 통해 바이오 전략 실현
  - 의료분야 연구개발에 관한 종합 전략(2014)
    - 건강의료 전략에 이어 일본재흥전략에서 제시한 보건의료 분야의 연구 분야와 목표를 수립하고 새로운 연구개발 체제를 구축하기 위하여'의료분야 연구개발에 관한 종합전략'수립
    - 현재 일본의 의료분야 연구개발 체제에 대한 문제점 등을 분석함으로써 각 분야 및 연구개발 단계의 과제 제시
- 건강·의료전략(2013)

- 아베정부는 국가성장전략에서 보건의료를 주요 분야로 지정하고 경제 발전을 위한 성장 동력의 일환으로 주목
  - (1) 일본재흥전략 3대 실천계획 중 ‘국민 건강수명 증진’ 테마 중심으로 세부전략 수립
  - (2) 과학기술이노베이션 종합전략 중 ‘국제사회를 이끌어가는 건강장수 사회실현’ 중심으로 9가지 대안 제시 및 중단 기 세부전략 수립
- 노다 정부에서 수립한 의료혁신 5개년 계획의 일부를 재검토하여 새롭게 ‘건강의료전략’을 수립하고 관련 체제 정비
- 일본 의료 연구개발 기구(Japan Agency for Medical Research and Development, AMED)(2015)
  - (1) 일본 의료 분야의 R&D·인프라 구축의 핵심 역할을 담당하는 기관
  - (2) 문부과학성·후생 노동성·경제 산업성으로 다원화 되었던 의료 분야의 R&D에 관한 예산을 총괄
  - (3) 기초 단계에서 실용화까지의 일관된 연구 관리, 의료관련 지적재산 관리, 임상연구 및 임상시험 등의 연구 지원
- 제5기 과학기술기본계획(2016-2020) 중 바이오 정책
  - 국가재정난으로 정부예산이 정체되고 있는 상황에서 부처 간 연계를 강화시키고 부처 간 중복에 따른 비효율성을 없애기 위한 정책
- 중국
- 국민경제 및 사회발전 제 12차 5개년(2011~2015) 계획
  - 차기 지도부 경제정책의 청사진이라는 점에서 매우 중요한 의미를 가지며, G2로 부상하고 있는 중국 경제정책 방향을 제시
  - 내수확대, 민생보장, 조화로운 지역발전, 추진, 산업구조조정과 전략산업 육성 등을 주요 정책방향으로 선정
- 국가 중장기 과학기술발전계획(2006~2020)
  - 자주혁신, 중점도약, 발전지원, 미래선도
    - (1) 중국 자체 과학기술 개혁 혁신, 과학기술 종합 실력, 경제사회발전 및 국가안보를 위한 과학기술지원 능력을 강화
- 중국 과학기술발전 제12차 5개년 계획
  - 과학기술의 진보·혁신을 통해, 국가12·5계획에서 밝힌 경제 발전 방식의 전환을 가속화하기 위해 수립

- (1) 12차 5개년 계획의 전략을 반영한 과기분야 12차 5개년 계획
- 혁신능력을 강화하여 과학기술의 지속적으로 발전 및 과학기술 성과의 상용화 강화
- 장기 과학기술 역량 강화에 중점과 함께 혁신을 제도화하고 개방을 강화
- 국가 전략성 신흥 산업 발전규획/7대 전략적 신흥사업 육성정책
  - 08년 글로벌 금융위기로 세계 시장이 불안정해지자 이후 민간 내수시장 확대와 지식경제, 순환경제, 저탄소경제발전이라는 세계적 트렌드 구현을 위한 육성 정책 마련
  - 선진 과학기술의 토대에서 미래 과학기술과 산업 발전의 새로운 방향을 제시
- 중국제조 2025
  - 제12차 5개년 계획('11-'15)'에서 전략산업 육성을 추진하였으나, 주요국의 제조혁신 전략에 대응하기 위해 ‘중국제조 2025’ 전략 수립
- 중약현대화/국제화공정, “Reverse Pharmacology”
  - 중국 전통의약을 ‘TCM (Traditional Chinese Medicine)’이라는 국가브랜드로 발전시키기 위한 인프라 강화
    - (1) 160여 개 국가 및 지역에 전파, 70여 개 국가와 중의약 내용이 포함된 국가 협의 95건 및 전문 중의약 분야 협의 45건을 체결
    - (2) 세계중의약학회연합회, 세계침구학회연합회가 포함된 국제 중의약학회에 전 세계 55개 국가(지역)의 186개 학회가 가입
    - (3) 중국 내 46개 기관을 중의약 국제협력기지로 선정, 홍보를 위한 거점으로 전 세계에 산재한 457개 공자학원을 적극 활용
- 제 3국
- 인도
- Twelfth Five Year Plan\*(2012-2017)
  - 바이오경제의 전반적인 성장 및 전략 분야로 육성하기 위해 인력, 제도 등 인프라 육성 집중을 위한 계획 마련
- 싱가포르

○ One-North Project(2001-2020)

- 경기침체 및 싱가포르의 높은 노동비용 여파로 인한 다국적 기업들의 이전 방지 및 외자유치를 위해 싱가포르 서남부 지역을 연구개발 도시로 만들기 위해 1단계(2001~2010년), 2단계(2008~2015년), 3단계(2012~2020년)로 추정

○ Research Innovation Enterprise 2020

- 지난 'Research Innovation Enterprise 2015(RIE2015)'의 연장선으로 연구, 혁신, 기업 지원을 위한 지속적 방안으로 마련
- 선진 제조·공학, 보건·바이오메디컬, 서비스·디지털 경제, 도시문제 해결 및 지속 가능성 등 4대 중점 분야에 집중 투자

브라질

○ PDP (Productive Development Partnership, 2009~)

- 브라질 자국 내 의약품 수입 장벽을 높이거나 의약품 생산능력을 높여 자국화 및 수출확대를 유도하기 위해 시행
- (보건부)PDP 생산 계획 제품공시 → 민간파트너와 계약 체결 → (기업) 기술이전·합작투자 제공 → (보건부) 생산된 제품의 독점 구입(5년)을 보장

□ 부처 간 연구내용의 상호협력 증진

- 공동연구의 획기적 활성화 방안(공동 기획/선정/평가/성과관리 등)
- 관련 학회와 협력한 유전체사업의 정기적 공동 성과교류회 개최

○ 국내 유관학회 등과 연계하여 관계 부처 연구자들이 참여하는 워크숍 및 심포지엄 개최

- 부처사업 및 과제내용에 대한 이해증진과 연구자간 교류 활성화

○ 공동연구 과제의 경우 주관 부처를 중심으로 분과 위원회를 구성 및 운영함으로써 공동연구 참여 연구자들 간 정보 및 성과 공유 활성화를 기대함

○ 타부처 사업 참여 연구자 및 기술자문위원 등을 평가위원으로 적극 활용함으로써 부처 간 과제의 연계성 강화를 기대함

○ 세계 유전체 연구 방향 설정에 대한 주도권 및 영향력을 키우고, 연구 결과 발표에 대한 독자적인 체계를 갖춰 경쟁력 확보 필요

○ 연구 성과 조기 발표를 통한 데이터 기탁, 성과 모니터링 및 자원 쉐어링을 가능하게 함으로 국가 경쟁력 강화

○ 본 사업의 성과목표 '세계 5위권 연구역량'에 도달하기 위해서는 국내의 유전체학 연구역량을 강화할 필요가 있음

- \* 지표 보완 방안 예) 국내 유전체학회지 논문 실적을 본 사업 공동 논문 성과지표로 추가 : 논문(SCI, 비SCI) --> 논문(SCI, 유전체학회지, 비SCI) 로 변경

□ 내역사업 내외간 예산투입 규모 조정

■ 내역 내 조정:

- 인력양성 시 대학원 과정과 산업체 실무 상호간 공백을 채워주는 소비자 맞춤형 교육과정의 신설
- 질병기전의 경우 정밀의료 분야를 보강하여야 함
- KOBIC의 효율적 부처 간 협력안 수립이 필요함

■ 내역 간 조정: 인력양성 부분의 투자를 축소하여 절감된 예산을 국제공동 및 질환기전 분야에 투입

1) 내역사업 내 예산 조정

(공동연구 분야)

○ 질병기전 규명 유전체 연구

- 2017년까지 진행된 과제결과를 바탕으로 2단계부터는 부처협의체를 통해서 충분한 의견수렴을 거친 후에 공동과제를 기획 추진

- 2018년 이후 과제진행은 부처별 고유 진행과제와 공동 진행과제로 이

원화하여 시행

현재의 국제적 연구동향을 반영한 정밀의료 분야에 대한 대비책이 필요함

#### ○ Host-Microbe Interaction

- 범부처 협의체 구성을 통한 신기술 개발 공동 대응
- 각 부처 연구팀에서 확보/발굴된 미생물 공동 활용 및 Bank 설립
- 대학원생/연구원 교류회, 샘플 정보를 종합적으로 분석하는 메타 데이터 워크숍 활성화
- 마이크로바이옴 통합 분석을 위한 클라우드시스템 구축 및 생물정보 플랫폼 개발

#### ○ 인간게놈 표준지도 작성

- 한국인 표준 게놈지도 작성 과제 총 연구기간 조정이 필요하며 사업 기간 내에 표준게놈 작성 완료와 동시에 2단계 활용이 이루어져야 함
- 한국인 유전체지도를 활용, 질병유전자 신규 규명과 기능분석을 통한 아시아인 특이적 치료표적 발굴이 추진되는 것이 바람직함

#### ○ 국제협력 공동연구

- 국제 공동연구 활성화를 위한 조직 구성 및 지원 규모 확대 필요함
- 현재 진행 중인 국제 암유전체 컨소시엄 (ICGC), 국제 인간후성유전체 컨소시엄 (IHEC), RNA 유전체 (FANTOM6) 등에 각 부처에서 소규모의 연구비를 가지고 개별 연구단이 참여하고 있음
- 부처 간 코디네이션을 통하여 재정적, 제도적 기반을 마련하고 임계연구비 이상의 규모 및 대표성을 부여하여 국제공동연구에서 주도적인 참여를 하도록 하여야 함
- 단기적으로는 국제공동 연구를 위한 사무국을 마련하여 거점 기반 조직을 구성하고, 장기적으로는 국가 차원의 유전체 연구의 거점 기관을 수립하는 것이 바람직함
- 또한, 유전체 기술의 발전에 따른 신규 글로벌 유전체 컨소시엄에 능동적으로 참여할 수 있도록 신규 국제 컨소시엄에 대한 신속한 지원 체계를 확립하는 것이 필요함
- 해수부나 농진청의 경우 적극적으로 해외 우수 연구기관 및 연구 사업을 발굴하고 참여하는 것이 필요함

#### ○ 유전체 전문인력 양성

- 미래부와 산업부를 중심으로 단기 교육 및 대학원 과정을 통한 인력 양성이 이루어지고 있으나 부처 간 연계가 부족함
- 단기 교육 과정이 일회성으로 단편적인 주제를 다루고 있어 초급->중급->고급으로 역량을 발전시켜 나가는 교육과정 수립이 필요함
- 집합교육 참여가 어려운 산업인력이나 학생들을 위한 온라인 교육프로그램을 제공하는 것이 필요함
- 기존 프로그램들의 다양성을 존중하면서 기업 맞춤형 프로그램들을 신규 개발하는 것이 필요
- 이를 위해, (가칭) '생물정보 교육 연합회'와 같은 협력 체계를 구축하여 공동으로 교육 프로그램을 개발하는 것이 바람직함
- 결론적으로, 전문 인력양성 공동연구사업은 다음과 같이 3가지 유형으로 분류하고 추진하는 것이 효율적일 것으로 판단됨
  - (1) 대학 중심의 BIT 연계교육을 통한 석박사 인력 배출
  - (2) 빅데이터 분석 등 산업계 중심의 맞춤형 산업인력 교육
  - (3) KOBIC 중심으로 신기술, 연구현장에서 요구하는 수요자 중심의 연구인력 교육

#### (공동연구 외분야)

##### ○ 유전체 정보 분석 공동연구기반사업

- '생명자원법'에 근거한 KOBIC 중심의 효율적 유전체 정보 수집/활용을 위하여, KOBIC 관련 과제의 경우 다음의 개선안 마련이 시급함
- 현재의 KOBIC 관련 과제는 연구과제와 지원과제의 상호연계성이 부족함
- KOBIC 관련 사업을 2단계부터는 KOBIC이 총괄을 맡고 연구내용 및 사업구조를 효율적으로 수정할 필요가 있음

#### 2) 내역사업 간 예산 조정

- 인력양성 분야의 경우 현황조사에 의하면, 수적으로는 공급이 수요를 초과하므로 질적으로 기업맞춤형 인력양성으로 교육의 방향을 선회하여야 함
- 이때, 인력에 배정된 예산을 국제협력 혹은 질병기전연구의 방향으로 재

조정하는 것이 시급함

- 2014년 바이오협회에서 47개 유전체분야 기업을 대상으로 조사한 바에 의하면, NGS 발달로 BIT 관련 유전체 분석 전문 인력에 대한 수요는 매년 평균 16.1%씩 급증하며 국내 연간 인력 수요는 다음과 같음

년도	2015~2017년	2015~2017년	2015~2017년	향후 9년간 총 채용 예정
채용인력(예정)	188명	288명	395명	871명

- 요구되는 인력 분야 중 진단의학 분야에서 수요가 가장 높음

분야	정보생산	정보분석	진단의학	농/축/수산	기타	총계
2015~2017년	20명	32명	125명	-	11명	188명
2015~2017년	26명	34명	211명	4명	13명	288명
2015~2017년	48명	52명	281명	-	14명	395명
<b>총계</b>	<b>94명</b>	<b>118명</b>	<b>617명</b>	<b>4명</b>	<b>38명</b>	<b>871명</b>

- 향후 9년간 학/석/박사 학력별 채용 예정인원

최종학력	전문학사	학사	석사	박사
채용예정 인원(%)	93(22%)	113(20%)	220(40%)	132(24%)

- 학력별 산업체 실제 현장에서 필요로 하는 인력 수요 및 배출현황

최종학력	전문학사	학사	석사	박사
배출인력 (2014년 기준)	-	95	41	21
채용예정 인원 ('15~'23년 연평균)	10	13	24	15

- 공동연구의 활성화 방안

- 공동연구사업 선정/평가의 상호협력
- 부처 공동연구 추진체계 정비: 코디네이터 (혹은 사업단) 형태 운영 체계 도입
- 부처 공동연구 공동기획 추진

- 공동연구사업 선정/평가의 상호협력

- 부처별 독립적 사업 운영은 현실적 협력이 어려우므로, 주관부처 중심으로 사업단 체계로 재구성하고 협조부처와 공동 운영함
- 부처별 선정/평가는 주관부처 전문기관이 주관하여야 하므로, 주관부처 전문기관이 선정/평가는 주관하되 평가자를 범부처로 상호 활용하는 형태가 바람직함

- 주관부처 중심으로 분과위원회 운영 내실화

- 분과위원회 중심으로 사업 추진실적과 계획을 상시 모니터링하고 기술자문위원회 및 운영위원회 등에서 종합 검토
- 연구자간 교류활성화를 통한 기술정보·성과 공유 및 활용

- 성과 연계를 위한 사업간·부처 간 협력체계 강화

- 주관부처 연구책임자가 사업단을 맡아 공동연구분야 코디네이터 역할수행
- 공동연구과제별 연구자간 교류활성화로 실질적 협력연구 추진  
코디네이터 비용을 주관부처 과제에 반영

- 공동연구 및 연계 활성화를 위해 간사부처 전문기관(PM) 중심으로 실무위원회를 구성·운영

- 공동연구사업 목적달성 및 최종 성과물 도출 위한 공동기획, 전주기적 사업 포트폴리오, 성과평가 교류 등의 가이드라인을 제시
- 신규과제 기획 시 RFP에 부처 간 협력 의무화 내용을 포함하고, 신규과제 공고 시 사전에 범부처 협의체(기술자문위원회) 보고
- 과제 기획회의에 기존 유사과제 수행자도 참여시켜 중복성 검토 및 기수행과제와의 연계협력 방안 검토
- 부처 간 실질적 연구협력과 공동연구 활성화를 위하여 주관부처를 중심으로 공동 연구 활성화 방안 마련

### 3.3. 사업구조 측면에서의 개선안

□ 효율적 범부처협업체 운영 및 사업구조 재조정

- 범부처 협업체 운영 활성화: 사업관리 체계 효율성 제고
- 성과 연계를 위한 사업간·부처간 협력 체계 강화
- 연구역량 강화 및 조기성과 창출 등을 위한 사업 추진 내용 재검토

- 기술자문위원회, 분과위원회 등의 운영 활성화를 통한 정보공유, 유사중복 해소 및 공동연구 활성화를 통해 협업체 구성 등 실무적 협력 강화
- 공동 성과관리 차원에서, 다부처 유전체사업의 공통 성과목표 및 지표 설정을 통해 사업목적 달성을 위한 부처 간의 유기적 협력 체계를 유지
- 과제의 중복방지, 부처별 연계 가능 분야 발굴 및 연계 추진을 위한 합동 시행계획을 수립하고 이를 통합공고 함 또한, 차년도 신규과제 예산 신청 시 기술자문위원회의 사전 검토를 받도록 함
- 국가 R&D 계획과의 연계성 강화를 위해, 당해 년도 사업시행계획안 수립 시 국과심(생명의료전문위원회) 의견을 참고하도록 함
- 공동 사무국 운영 기반 마련을 통해 사업 추진의 효율성을 제고 및 체계적인 사업 관리를 기대하며 관련 예산 확보를 추진하도록 함
- 기술 및 환경 변화에 따른 부처별 추진 사업 내용의 변경 사항을 발굴하고 유전체 기술의 발달에 따른 기술 동향을 상시 파악함으로써, 필요시 총괄 추진계획('14~'21) 포스트게놈 다부처 유전체사업 추진계획(안) 추진원칙)에 이를 반영하도록 함
- 고도의 유전체 기반기술을 이용한 통합적인 생명현상 이해와 맞춤형 의료 미래원천기술 개발을 강화하는 것이 필요함
- 국가 경쟁력 확보를 위한 미래기술 선점 및 구체적인 R&D 추진 전략 수정(안) 제시 등
- 유전체 연구 사업 특성상 다부처 협력이 필요하므로, 향후 지속적인

유전체 연구개발을 위해서는 국가 수준의 사업체계(공동 사무국 운영 등)가 필요하므로, 범부처 협의를 위한 공동 사무국을 상설화하고 강력한 control tower로 한 협력 연구 수행이 바람직 함

### 3.4. KOBIC 역할에 따른 현안 및 개선사항

- KOBIC의 역할 및 기능을 명확히 하고 독립적인 기관운영 추진
- 데이터 활용 강화방안
- 정보센터간 역할 분담 및 협조체제 구축
- 성과관리시스템 구축
- 다부처 유전체 사업을 통한 유전체 정보 연계

□ 코빅의 역할 및 기능

- (KOBIC 고유 사업) 국가 기반 인프라 구축 및 관리·운영을 위한 사업의 진행과 연계하여 다부처 과제의 분석서비스 지원 및 유전체정보의 유통, 공개 활용 등의 업무를 담당하고 있음
- (KOBIC 다부처 사업) 다부처 사업관련 KOBIC의 범부처적인 구체적 역할 제시와 유전체 정보 활용 측면의 수요자 중심의 서비스 제공을 위한 예산 및 인적지원의 필요성 검토 및 개선안이 요구됨
  - (유전체 정보 분석 공동연구 기반 구축 사업) 현재 다부처 사업에서 산발적이고 제한된 규모의 예산으로 진행되고 있는 유전체 정보 분석 공동연구 기반 구축 사업이 국내 유전체 자원 통합관리 체계 구축 및 수요자 중심 유전체 분석 서비스 제공을 통한 유전체 정보 활용 기반이 되도록 과제와 예산의 집중 및 재편성 필요
  - 사용자(국민, 연구자, 산업계 등) 맞춤형 분석 환경을 제공하기 위해 다부처유전체사업 연구과제에서 생산된 데이터 종류에 따라 개방형 분석시스템 구축에 대한 지원이 필요함
  - 국내 대용량 유전체 정보의 관리, 분석 및 결과 활용을 위한 사용자 중심의 편리한 인터페이스(user friendly interface)와 다양한 분석이 가능한 서비스 시스템 구축지원이 요구됨

- 유전체 정보의 보존 및 해독에 필요한 신규 소프트웨어 개발에 대한 지원이 적극적으로 이루어져야 함
  - **(개선안)** 실질적으로 유전체 연구의 활성화를 도모할 수 있는 기반 인프라 조성사업을 우선순위로 명확하게 도출하여야 함
  - **(추진계획)** 각 부처별 데이터 정보 센터 운영과 KOBIC의 국가 차원 데이터 통합 관리 임무 및 거버넌스 역할을 명확히 하고, 관련 업무 분장에 따른 예산 도출이 필요함 (5. KOBIC 개선방안 참고)
- 데이터활용방안 관련현안
- **(활용도 성과 저조)** 유전체 자료는 생산시기에 따라 감가상각 및 자료 활용도가 급격히 감소하므로, 현재 미흡한 자원 활용도 성과를 높이기 위해 생산 -> 분석 -> 활용의 과정을 원활하게 할 수 있는 인프라 구축 및 활용 서비스의 우선순위 재조정 및 투자계획이 이루어져야 함
  - **(자원 셰어링 체계 구축)** 유전체정보를 원하는 수요자들의 편의를 위하여 유전체정보의 창구가 일원화 되어야 하며, 이를 통하여 모든 데이터의 접근이 가능해야 함
    - 다부처 유전체사업을 통해서 생산되는 범부처 유전체 정보를 하나로 취합하여 관리할 수 있는 다부처 유전체 통합관리 시스템(Genome InfraNet) 운영
  - **(분석 활용 서비스 제공)** 국내 IT기반 분석기술이 부족하며, IT인프라를 보유하지 못한 대부분의 소규모 연구실 및 연구자를 위하여 대용량 유전체 정보 분석용 클라우드 서비스 시스템 구축·운영이 필요함
    - 대용량 데이터의 효율적 처리를 위하여, 클라우드 컴퓨팅 기술개발이 필요하며, 다양한 종류의 데이터를 다양한 연구 목적에 부합한 분석 툴들이 사용자 편의성이 극대화된 인터페이스를 통하여 제공되어야 함
    - 이를 위해 국가적으로 유전체분석을 위한 전산자원 인프라의 구축과 지속적인 관리 및 고도화를 위한 지원이 수반되어야함 (미국립보건원은 보건원산하 기관인 CIT에서 대용량 전산 인프라를 구축하고 이를 보건원 소속 연구자들에게 제공하며 (<http://hpc.nih.gov/>), 다양한 생물정보 분석툴을 구축·보수·유지 업무들을 수행하고 있음)

- **(지속가능한 정보 분석 인프라 구축·운영)** 분석알고리즘 개발, 바이오마커 발굴 등의 사업이 원활히 진행되기 위한 원천 인프라로 국가 차원의 정보 분석 인프라 구축이 필요함. KOBIC이 이러한 국가차원의 역할을 담당 수행할 수 있도록 사업 규모에 적합한 예산과 인력수급 등 사업내용의 재조정이 필요함
    - 다부처 유전체사업을 통해서 생산되거나 가공될 빅데이터 처리를 위한 전산 인프라 및 시스템 구축 기술 개발이 필수적으로 보이거나 현재는 단순히 구축된 인프라의 CPU수와 저장 공간의 양에 대한 사항만 기술되어 있음
    - 다부처 유전체사업 예산 타당성 심사 시 유전체 정보연계 및 활용과 관련된 사업비로 연간 50억 원을 책정하였으나, 현재 약 5억 원만 할당되어 사업 진행 중임. 특히, 범부처 유전체정보 관리 및 연계를 위하여 대용량 데이터 처리를 위한 클라우드 컴퓨팅 기술개발과 다부처 유전체 통합관리 시스템의 구축이 필요하나, 이에 대한 예산이 전혀 반영되어 있지 않은 상황에서 진행되고 있음
  - **(인력양성 교육)** 대용량의 유전체 빅데이터를 효과적으로 분석할 수 있는 유전체 분석 전문가를 양성하기 위해서는 보고서에서 언급된 학·연·산 연계 집중교육 프로그램 개발 운영을 통한 전문인력 양성이 시급함
    - 온라인 교육과정의 개발을 통하여 장기적인 생명정보 교육프로그램이나 집합교육 참여가 어려운 산업인력 및 학생들에게 시간과 장소 및 교육수준에 제한 없이 체계적이고 공개적인 초·중·고급의 교육프로그램의 제공이 필요함
  - **(개선안)** 전산자원 인프라 구축 및 이의 개방형 활용을 위한 별도 사업체계 및 예산 재설정과 추가적인 인력양성 교육 프로그램이 필요함
- 정보센터간 협력 방안
- **(범부처 정보연계 체계 구축)** 생명 연구자원 관리 기본계획(2016-2020)에 명시된 바와 같이 KOBIC 중심의 범부처 정보연계가 필요함
    - 부처별 생명연구 자원관리 시스템이 구축·운영되어 국가생명연구자원 정보센터 (KOBIC) 중심의 범부처 정보연계 체계가 성립되었음

※ 범부처(국가생명연구자원통합정보시스템, KOBIS), 미래부(국가자연사연구종합정보시스템, NARIS), 농식품부(생명자원정보서비스, BRIS), 환경부(국가생물자원종합관리시스템, KBR) 등

- KOBIC을 중심으로 범부처 정보연계 협의회를 구성하고, 표준절차 확충 등 연계를 위한 프로세스는 구축되었으나, 연구자들의 유전체 정보 공유 인식 및 데이터 등록 당위성이 부족해보임

○ **(데이터 확보 강화)** 다부처 유전체사업을 통하여 생산되는 각 부처별 유전체 정보의 기탁에 대한 의무조항 또는 기탁 인센티브에 대한 구체적 정의와 강화가 필요함

- 범부처 협의회 운영: 정보연계 관련 실무자 협의회 및 전문가 위원회 구성 및 운영

- 표준수립: 대용량 유전체 정보의 분류체계, 데이터 표준안 및 활용 가이드라인 제정

- 규제 강화: 과제 평가 시 연구 성과물 등록·기탁 실적 반영 의무화, 부처별 유전체 정보 연계 실적의 차년도 예산심의·배정에 반영 등

- 등록 촉진: 정보등록 요청 공문발송 / 데이터 통합관리 모니터링 및 부처 피드백(연4회), 관련연구자 대상 설명회(연2회) 및 담당 기관 워크숍(연1회) 등

※ 연구자들로부터 데이터 확보도 중요하지만, 각 데이터 센터에서 기확보된 데이터의 KOBIC으로의 연계도 저조한 현황임. 국과심과 예타에 따르면 각 부처의 모든 데이터는 KOBIC에 기탁되어야 하나, 보건복지부의 경우 개인정보보호법 등의 제약사항을 이유로 기탁이 이뤄지고 있지 않고 있는 현황임

○ **(개선안)** 각 부처별 유전체 정보센터와 다부처 유전체 사업의 통합관리를 하는 KOBIC의 원활한 데이터 기탁 및 연계를 위하여 추가적인 정보연계 관련 인적·물적 지원이 필요한 것으로 보임

□ 성과지표

○ 성과지표의 경우 현재 유전정보의 생산대비 등록률을 부처 공통의 자원 채어링 평가항목으로 설정되었으나, 데이터 활용도를 평가할 수 있는 지표설정 및 이에 따른 성과 관리가 필요함

○ 정보 활용의 효율성 증대를 위한 전산 인프라, 데이터 센터, 유전체 참조 데이터 등의 인프라에 해당하는 사업에 대한 체계적인 포트폴리오 작성 및 철저한 성과 관리체계를 수립하여 성과지표에 반영 하는 것이 바람직한 것으로 판단됨

□ KOBIC 개선방안

○ **(국내 유전정보 통합관리체계 강화)** 각 부처별 데이터 정보 센터 운영과 국가 차원의 통합 관리 체계를 강화를 위하여 KOBIC의 범부처적인 임무 및 거버넌스 역할을 명확히 하고, 관련 업무 분장에 따른 예산 및 인적지원의 필요성 검토 및 개선안 도출이 필요함

- 유전체정보 등록·연계표준지침서에 따라 부처별 유전체정보 책임기관과 연계 공유를 통한 유전체정보 통합관리 서비스시스템 운영

\*유전체정보 책임관리기관협의회 구성, 정보연계 표준화 정보연계 공동 운영지침 확립('16.1)

- 범부처 유전체 정보의 통합 형제 및 대국민 서비스를 위한 관리 시스템 Genome-InfraNet 구축 및 운영

\*대용량 유전체 데이터의 고속정송을 위한 KOBIC 자체개발 솔루션 (KoDS), 포스트게놈 다부처유전체사업의 부처별 데이터등록 현황 및 NTIS 과제정보와 연계 추진

- 데이터 수집 의무화 및 과제 내 평가 지표 방안 도입

○ **(데이터 활용)** IT 인프라가 없는 소규모 연구실 및 연구자를 위한 유전체 빅데이터 분석용 클라우드 서비스 시스템 구축·운영

- 대용량데이터 처리를 위한 클라우드 컴퓨팅 기술개발과 다부처 유전체 통합관리 시스템 구축 운영 지원

- data 초기 분석 후 사용자에게 유전자의 정보 및 다양한 추가 분석을 위한 유전체 분석 포털 서비스 제공으로 유전체정보 활용 증대

\*미국 NCBI의 RefSeq, 미국의 JGI, 유럽의 Ensembl등 다양하고 폭 넓은 유전체정보를 토대로 비교 분석 활용을 위한 1, 2차 DB를 기반으로 서비스 제공

\*사용자가 등록된 Data의 공개시점을 정할 수 있고, 등록된 data에 한하여 분석 활용 서비스가 가능하므로, 과제진행중 생산된 Data의 조기등

록 촉진

- 2단계 진입시 KOBIC과 연계하여 분석 서비스를 제공할 수 없는 과제 중단 및 연구현장수요를 충족할 최신 분석기술 등 교육강화

○ **(독립성 강화)** 관련 법령\*에 따라 국가생명연구자원정보센터로 지정되어있으나, 출연기관의 하위 부서의 지위로 역할 수행에 한계

- 국가차원의 유전체 정보 분석 및 활용 인프라로 대용량 유전체 분석 서비스 시스템 구축·운영·연구지원을 위하여 예산 확보 및 인적자원을 위한 행정적 운영비의 안정적 지원

- 시스템 구축 및 활용을 원활하게 하기 위한 연구과제의 도입
- KOBIC이 안정적인 미션사업 수행과 범부처적 역할을 수행할 수 있도록 적합한 위상과 거버넌스 확립을 위한 독립성 강화

\*생명연구자원 확보 관리 및 활용에 관한 법률 제11조 (국가생명연구자원정보센터 지정)

○ **(KOBIC 개편)** 국가 기반 인프라 구축, 범부처적인 분석서비스 지원 및 유전체 정보의 유통, 활용 서비스 등과 같은 KOBIC의 역할, 기능, 체계를 강화하기 위하여 KOBIC을 별도 기관으로 독립하는 내용을 포함한, 안정적인 미션사업 진행과 범부처적 역할을 지속할 수 있는 개선안 확립이 시급함

- KOBIC은 2009년 5월에 제정된 ‘생명연구자원 확보 관리 및 활용에 관한 법률’에 의해 국가생명연구자원정보센터로 지정이 되어 범부처 생명연구자원 및 유전체정보 유통·활용을 위한 인프라 구축, 연구지원 서비스, 교육 등을 수행하고 있으나, 미래창조과학부 산하 ‘한국생명공학연구원’ 전략사업총괄단의 하위 부서의 지위로 인하여 타부처와의 범부처 미션사업에 적합한 위상과 거버넌스를 확립하기 어려운 실정이므로 독립적인 기관으로의 운영 등의 개선이 시급함

○ **(유전체 정보 및 기술에 대한 국민들의 관심 증대)** 일반 국민들의 유전체 정보에 대한 기본적인 지식 습득을 용이하게 하고 수용 및 활용능력을 증대시키기 위해, KOBIC의 기능을 확장시켜 일반인들에게 유전체 관련 정보를 적극 홍보하는 것이 바람직함. 일반인들을 대상으로 한 유전체 정보 및 기술 관련 홍보를 위해, 해당 내용을 알기 쉽게 정리하고 제공할 수 있는 홍보 내용 및 수단이 KOBIC을 중심으로 운영될 필요가 있음

3.5. 기술 동향 변화에 따른 신규 사업 분야 추진 필요성

- 급변하는 유전체 연구 환경에 맞추어 필요시 새로운 인프라 지원기술을 신규과제로 추진하는 것이 필요
- 정밀의료 관련 사업은 기존의 다부처유전체 사업에서 세부사업을 발굴하고, 필요시 별도의 사업으로 추진하는 것이 바람직함

○ 급변하는 유전체 연구 환경에 따라 최근 2-3년 이내 중요하게 부상하는 새로운 분야들을 지원하기 위한 사업 개편이 필요함

○ 정밀의료의 경우 현재 수행하고 있는 질병기전 분야의 사업이 실제 정밀의료에 해당하므로, 부족한 부분을 신규로 기획하고 기존의 과제를 포함한 구조적 재구성이 요구됨

○ 최근 대두되고 있는 정밀의료는 기존의 유전체 정보에 다양한 IT 기술의 발전에 의해 가능해진 개인의 건강정보, 일상생활정보, 의료정보 등을 실시간으로 수집하고, 기계학습 등을 통한 다양한 데이터 분석을 통해 개인의 건강 및 질병을 예측하고 제어하는 것으로 하고 있음

- 현재 복지부에서 추진하고 있는 5대 호발암 및 만성질환 관련 유전체 사업에 IT 기반의 환자 관련 정보 수집 및 활용 분야를 추가하여 질병 관련 정밀의학 연구가 가능하도록 보완하는 것이 필요함

- 최근 이슈가 되고 있는 암 정밀의학 분야의 신기술로는 CRISPR system을 이용한 암 세포 제어 기술, 암 면역치료를 위한 T cell의 항원 분석 기술, 혈액 시료를 이용한 ctDNA 분석 기술 등이 있는데, 보건복지부, 산업자원부, 미래부가 함께 공동으로 추진하는 하는 안을 반영하는 것을 검토할 필요가 있음

- 결론적으로, 정밀의학연구 관련 사업은 기존의 다부처유전체 사업에서 추진하는 것보다는, 필요시 별도의 사업으로 추진하되 추진방향 및 각 사업단의 연구진행 관리 및 코디네이션, 데이터 공유플랫폼개발 등의 종합적인 연구 관리를 담당할 조정기관 또는 위원회의 구성을 통해 다부처유전체 사업과의 연계 등 사업의 원활한 진행을 유도하는 것이 필요함

### 3.6. 다부처유전체 공동사무국 운영방안(안)

- 다부처유전체 공동사무국은 사업에 대한 코디네이터 역할 수행
- 부처고유사업의 경우 부처별 코디네이터 또는 사업단장을 지정하고 사업 총괄 관리
- 공동연구사업의 경우 주관부처별 사업단을 구성하고 공동연구를 추진하고 다부처유전체 공동사무국과 협력
- 유전체기반사업의 경우 공동사무국과 협력하여 KOBIC 중심으로 데이터 수집 의무화 및 활용 강화

#### □ 공동사무국 기능

- 범부처 협의체 운영 활성화
- 공동 성과관리
- 성과연계를 위한 사업간 부처 간 협력체계 강화
- 공동연구활성화 추진 및 평가위원 공유
- 평가지표 관리
- 국제협력 강화를 통한 국내 유전체 위상강화
- KOBIC을 중심으로 데이터 수집 의무화 및 활용 강화

#### □ 공동사무국 단계별 사업 추진 계획

- 단계별 추진이 바람직함
  - 16' 국제협력 공동사무국 구성 및 코디네이터 지정(시범사업)
  - 17' 인력양성 등 다른 공동연구과제 구성완료, 부처별 사업단 또는 코디네이터 지정(5개 공동연구사업 및 7개 부처 대상). 포스트게놈 다부처유전체사업을 총괄하는 사업단 구성 추진 및 예산 확보
- 단계평가 종료 후 총괄 사업단 출범
  - 18' 포스트게놈 다부처유전체사업을 총괄하는 사업단 출범 및 공동사무국 운영

#### □ 사업국 운영비

- 전체연구비의 5% 범위에서 운영비 반영  
(예시)
  - 16' 10억/연: 운영비 연 0.5억 원
  - 17' 30억/연: 운영비 연 1.5억 원
  - 18' 125억/연: 운영비 연 6.25억 원
- 인력구성: 사무국장, 팀장, 직원으로 구성
- 사업단 운영비 및 7개 부처 협력을 위한 경상비

#### □ 사업추진체계

- (다부처유전체사업 추진위원회) 다부처유전체사업단의 주요 추진방향 등 심의·의결(필요시)
- (이사회) 사업단의 예산·결산 및 주요사업 추진에 대한 사항을 심의·의결
- (감사) 사업단의 업무 집행과 회계에 대한 감사 수행(비상근)
- (위원회) 사업단의 원활한 업무수행을 위하여 운영위원회, 기획위원회, 평가위원회를 구성하여 운영
- (사무국) 사업단의 운영, 기획, 연구/성과관리, 평가, 회계재무, 홍보 기획 등을 담당 (사무국장 1인, 팀장 1인, 팀원 3인)
- 부처공동사업과 협력
  - 질병기전 규명 유전체 연구
  - Host-microbe Interaction
  - 인간게놈 표준지도 작성
  - 국제협력공동연구사업
  - 유전체 전문 인력 양성사업
- 부처고유사업의 경우 부처별 사업단장 지정 및 부처 코디네이션을 지정하고 부처 간 다부처유전체 사업의 총괄 관리
  - 국내 유전체 자원 통합 관리체계 구축 및 유전체 분석 서비스 제공

(KOBIC) 등을 통한 유전체 정보 활용 기반 마련을 위한 '유전체 정보 분석 공동연구 기반 구축 사업'

- 유전체 기반 맞춤 의료 미래원천 기술개발을 위한 통합적 생명현상 및 질환기전 기반기술 개발을 위한 '유전체 미래원천 기술개발 사업'
- 유전체 연구 전문인력 양성 및 국내외 유전체 연구협력 네트워크 활성화 등을 위한 연구 인프라 기반 마련 '미래 유전체 연구 인프라 고도화'

○ (유전체기반사업)

- 유전체사업으로 생성된 데이터는 수요자 중심으로 최대한 활용될 수 있도록 각 부처 정보센터에서 KOBIC에 의무 등록 및 공유
- KOBIC을 중심으로 한 다부처 유전체 데이터 통합관리 포털 사이트 운용 및 유전체 데이터의 고품질화 데이터 가공 및 보급
- 유전체 정보 공유 및 활용 관련 세부적인 방안 논의를 위한 '정보 분과 위원회 (다부처 정보센터 실무 협의회)' 운영

□ 부처별 코디네이터(총괄 및 공동연구사업 PI) 선정 운영방안

○ 코디네이터의 역할

- 공동연구사업을 포함하는 내역사업 내 과제별 연계 및 사업의 연구목표 달성을 위한 성과 등 사업을 총괄 관리
- 유전체 최근 연구동향을 반영한 신규기획 및 연구성과 교류를 위한 워크숍 등 개최
- 공동 기획 및 평가 등에 참여
- 타부처 사업단장 또는 코디네이터와의 유기적인 협조

○ 코디네이터 자격 및 조건

- 유전체 분야 전문가로 다부처유전체 사업의 내용과 특성을 이해하고 과제 관리 능력을 보유한 자
- 사업 추진에 리더십을 발휘하고, 타부처와의 협력을 적극적으로 추진할 수 있는 능력을 보유한 자

○ 코디네이터 임기

- 다부처유전체사업 완료시까지(4+4): 2021년

○ 사업단장이 지정되어 있는 부처는 사업단장이 코디네이터 역할을(총

괄PI) 담당하고 공동연구사업의 경우는 주관부처 연구책임자 중에 코디네이터를 지정하고 역할을 수행

○ 코디네이터 선정평가(안) : 미래부 예시

- 미래부 전체사업 총괄 PI : 내역사업 총괄/단위과제책임자 중에서 선임
- 미래부 주관 공동연구분야 총괄 PI : 공동연구분야 연구과제 책임자 중에서 선임
- 선발방법 : 제한경쟁공모 ( `16년 진행과제 총괄/단위과제 책임자 ) : 해당 내역 사업에서 연구과제를 수행 중인 총괄/단위과제 연구책임자 중에서 선임(필요시 면담평가 실시)  
\* 절차 : 제한공모(현재 총괄/단위과제책임자 대상) → 선정평가(선정위원회 심의) → 확정
- 비용 : 코디네이터에게 일정 비용 지급: 미래부 전체사업 총괄 PI의 경우는 총사업비의 2%, 공동연구분야 총괄 PI의 경우는 2% 내외 지급(타부처 사업비를 고려)
- 평가일정 및 장소 : 2017년 상반기 중
- 선정위원회 구성 : 미래부, 연구재단 생명공학단 PM, 사업기획 참여자, 사업 관련분야 외부전문가 등 6명 이내로 구성, 효율적 평가위원회 운영을 위해 평가 당일 호선에 의하여 위원 중 1명을 평가위원장으로 선임하고, 평가를 주관하도록 함

3.7. 포스트게놈 다부처 유전체사업 추진계획(안) 부처별 변경 의견

- 부처에서 진행 중이거나 계획된 사업별 내용 (응용연구 분야, 기반산업화 인프라 분야, 공동연구사업 분야), 소요예산, 추진체계 (공동사무국 운영방안 포함) 등 추진계획안 수정 및 추가제안

1) 미래창조과학부

- 미래원천기술개발, 공동연구과제, 정보분석기반구축 등 기존 사업들의 투자포트폴리오 개선 추진
- 미래 유전체 연구 인프라 고도화 사업(교육 및 국제협력)의 경우 부처

공동연구사업으로 재편하고, 사무국 및 사업단 형태로 개편하여 진행하는 것이 바람직

- 생물정보 사업 중 연구기반 구축에 해당하는 과제들과 실용화, 산업화에 해당하는 과제들을 구분한 후 후자의 사업들은 복지부 및 산업부에서 추진하고 있는 관련 사업과 (생물정보학) 공동 연구 사업 추진
- 공동 연구기반 구축 해당 사업들은 미래부의 고유영역이므로 지속적인 투자 진행
- 다부처 유전체정보 센터 간 정보 공유 및 활용 체계의 경우 KOBIC(거점 정보센터) 및 각 부처별 정보센터 간의 쌍방향 정보연결을 통한 분산 저장/통합 활용 방식의 활용 체계 구축
- 공동연구사업인 질병 기전 규명 유전체 연구의 경우 2017년을 기점으로 각 부처 연구자와 관련 부처가 모두 참여하여 과제를 공동 기획하는 방안 추진 필요함. 2017년 미래부 3개 과제 종료 후 신규과제 기획 시 부처 고유진행과제와 공동 진행과제로 이원화 필요함. 기존 예산은 부처 고유 진행과제 추진, 신규과제 예산 확보 시 부처 공동진행과제로 기획하여 추진하는 것이 바람직 함
- 공동연구사업인 국제협력 공동연구 사업의 경우 사무국 설치 및 사업단으로 체계 개편 후 사업단 중심의 통일된 운영이 필요함

○ 향후 신규 투자가 필요한 분야 도출

- 유전체정보 분석 기반 구축 사업의 경우 eRNA 기반 호발암 유전체 분석 방법 개발, 혁신적 호발암 유전체 빅데이터 분석방법 개발 등의 신규투자가 필요함
- 유전체 미래원천기술개발 사업의 경우 유전단백체 기반 난치암 제어기술 개발, 맞춤형 질환치료제 개발을 위한 세포기반 통합유전체 연구, NGS 기반 생체 약물작용점 분석 원천기술 개발, 단일세포 기반 호발암 정밀진단 기술 개발 등의 신규투자가 필요함
- 미래유전체 연구 인프라 고도화 사업의 경우 국제협력 기반 고위험 만성질환 유전체/후성유전체 연구, 국제협력 기반 마이크로비움/약물 상호작용 NGS 분석 플랫폼 개발 등의 신규투자가 필요함

○ 2017-2018년도 신규 투자가 필요한 분야

내역 사업명	세부내역 사업명	과제명	1단계		2단계	
			'14 ~ '16	'17	'18	'19 ~ '22

유전체 미래 원천	인간게놈 표준지도 (공동)	(이동) 희귀난치성 골격계 발달장애 질환의 원인 유전자 발굴을 통한 발병기전 규명 및 진단, 치료기술 개발					
		(이동) 유전체 기반 한국인 희귀난치성 발달장애 미래형 맞춤 의료 (P4 medicine) 구현					
		(이동) 희귀난치성 골격계 발달장애 질환의 원인 유전자 발굴을 통한 발병기전 규명 및 진단, 치료 기술 개발					
	질병기전 규명 (공동)	(신규) 맞춤형 질환치료제 개발을 위한 세포기반 통합 유전체 연구					
		(신규) <i>in silico</i> 기반 생체 약물 작용점 분석 원천 기술 개발					
		(신규) 단일세포 기반 호발암 정밀진단 기술 개발					
다중오믹스	(신규 연장) 유전체-단백체 융합정보 기반 난치암 진단/제어기술 개발						
	(이동) 유전체 기반 피부 자연 노화 및 폐경 노화의 표적 발굴 및 제어						
Host-Microb e Interaction	(이동) 인체 장내 마이크로바이옴 정보 활용 질환 모니터링 및 제어 기술 개발						
	(신규) 국제협력 기반 마이크로비움/약물 상호작용 NGS 분석 플랫폼 개발						
미래 유전체 인프라	전문 인력 양성 (공동)	(신규) 기존 인력양성 사업					
	국제협력 (공동)	(신규) 국제협력 기반 고위험 만성질환 유전체/후성유전체 연구					
		(신규) eRNA 기반 호발암 유전체 분석방법 개발					
		(신규) 혁신적 호발암 유전체 빅데이터 분석방법 개발					

	기존과제
	신규과제

2) 보건복지부

○ 사업출범 후 보건복지부 과제지원 현황을 반영 반영하여 다수의 센터형 과제 선정을 통한 사업 수행. 연구책임자 협의체 성격의 '사업단' 운영 시스템에서 인간유전체를 기반으로 하여 진단치료법 개발을 목표로 하는 사업 시행, 관리 감독 및 지원 업무 수행으로 변경

3) 농림축산식품부

○ 18개 단위과제로 구성된 농림축산식품미생물유전체전략연구사업단을 구성하여 운영 중이며, 예타에서 설정한 목표에 따라 차질 없이 성과가 창출되고 있음.

□ 조기성과 창출형 미생물 유전체 핵심 전략 연구

○ 농업적 활용가치가 높은 전략분야 미생물 유전체 연구를 통해 조기성과(산업화) 창출이 가능한 분야 지원

\*발효미생물, 사료첨가제, 미생물소재, 프로바이오틱스, 식용버섯류, 농업환경개선에 등

□ 목적 지향적 미생물 유전체 연구

○ 바이오산업 육성과 미생물 유전체 연구 경쟁력 확보를 위해 메타유전체와 참조유전체 대량 해독 및 정보 분석 연구 지원

\*유용생명자원 발굴, 참조유전체, 비교유전체, 기능유전체, 생명정보 축적기술 및 프로그램 개발, 기능성 유전자 발굴 및 활용, 미생물기반 융복합 소재 등

□ 부처공동연구 (Host-Microbe Interaction)

○ 미국은 미생물 유전체 분야를 '국가 전략 프로젝트'로 추진, 우리나라도 미생물 유전체 분야 R&D에 선제적으로 대응필요

- (농무부) 토양미생물이 작물과 동물에 미치는 영향 연구
- (NIH) 미생물이 감염병, 비만 등에 미치는 영향연구
- (NSF) 항생제내성 등 다양한 마이크로바이옴 연구

○ 미생물체 항생제내성 (Resistome)과 식물바이옴 (Phytobiome)을 공동연구 추진이 필요함

- 미생물체 항생제 내성 분석 및 전파 메커니즘 규명 연구
- 파이토바이옴 구조 및 기능연구

○ 유전체 차원의 접근을 통한 농작물과 동물의 병원성 미생물간 상호작용 메커니즘 규명 및 방제 기술 개발

\*식물병원균(진균,세균,바이러스), 동물병원균(세균,진균), 공생미생물(근권미생물, 장내미생물 등)

□ 농식품미생물유전체 연구방향

○ 세균, 진균, 원생동물, 조류, 바이러스 등 미생물의 유전체 분석·활용

연구를 통해 미생물 유전체 정보를 체계적으로 자원화하고 산업적으로 연계하여 농식품 산업과 바이오경제 활성화에 기여

○ 농림축산식품부는 농식품 유용미생물을 유전체 기반연구를 통한 산업화를 목적으로 사업을 추진하고 있으며, 연구추진의 효율성을 극대화하기 위해 사업단 체제로 운영

#### 4) 산업통상자원부

○ 공동연구사업인 「산업인력」의 경우, 초기 ('14~'17년) '비즈니스클러스터 구축' 과제 내에서 지원하나, 과제 종료 후에는 타 과제로 후속 지원함을 명시

- 산업인프라 및 임상 테스트베드 구축, clinical genomics 중심의 산업생태계 조성, 정보 활용 촉진을 통한 유전체 서비스 실현
- 생물정보학 중심의 산업화지원 기반 마련
- 유전체 산업과 타분야(제약, 질병예측, 건강정보 등) 간 융복합을 통한 고부가가치 신기술·신제품의 상용화 추진

○ 표준계능지도 연구기간을 2년에서 4년으로 변경 추진함에 따라 이를 반영하여 사업비 배분

- 한국인 계능지도 작성은 신속성 보다는 신뢰성을 확보하는 것이 중요함. 또한 산업계가 이를 표준으로 사용할 수 있도록 정보를 확산, 공개하는 것이 중요함.
- 한국인 표준 계능 지도 작성을 위해 서열분석을 통한 초안마련(최소2년), 보완·보정(1년 이상), 표준물질 확보·등록·공개(1년 이상) 등 최소 4년의 기간이 요구됨

#### 5) 농촌진흥청

○ 기존사업의 현황 및 문제점

- 세균성 병원균은 비교적 해독이 용이하나, 곰팡이, 활물기생균 경우 유전체 해독 어려움.
- 국내 연구자의 개별적 유전정보 해독 및 비공개로 종합적인 유전체 정보 공유·관리 미흡

○ 추진 제안 내용

- 주요 작목별 병원균 균주 수집 및 표준 균주 선정
- 식물병원균 유전체 해독 및 DB 구축
- 유전체 정보 활용을 통한 진단 마커 개발 및 예찰시스템 구축
- 병저항성 작물 분자 육종을 위한 병원성 인자 탐색

6) 해양수산부

□ 우수 연구 성과 도출

○ 산업화를 위한 유용유전자 발굴 및 우수 연구 성과 발굴

- 해양수산생물자원의 잠재적 가치 증대로 인한 유용유전자 후보군 발굴 및 이를 통한 우수한 연구 성과 도출

□ 세부기술 분류

○ 현재의 기획보고서에서는 인간유전체를 비롯한 동식물, 해양식물 유전체 사업, 농생명유전체 사업을 세부기술분류 [응용연구분야]에서 통합하여 분류하고 있으나, 인간유전체를 이용한 질환관련 분야를 [응용연구분야]로서 유지시키고 세부기술분야를 [생물자원활용분야]를 새로 만들어, 그 이 분류 카테고리에 해양수산생물 및 농생명유전체 사업을 배속시켜 공동의 목표성을 지향하도록 추진하는 것이 바람직함.

□ 공동연구 추진 방안

- 현재 진행되고 있는 다부처유전체사업 중, 유전체 분야 전체를 포괄한 공동사업으로 기획하기에는 현실적으로 한계가 있음
- 유전체 대량해독 분야 세계리더 그룹들과의 공동연구 네트워크 구성 및 실질적인 공동연구 추진
- 생물자원의 de novo 유전체 해독을 사업 목표로 하는 생물자원분야의 경우 reference genome 해독하는 부처의 유전체 분야와 공동사업이 현실적으로 불가한 상황임.
- 현실적 대안

- 생물자원분야 대용량 de novo genome 분석기술 향상을 위한 해수부-농진청-산림청 공동의 연구단 구성
- 부처별 생물자원분야 유전체 해독에 공동연구가 가능한 영역부터 점진적으로 공동연구 수행

○ (국제공동연구) 생물자원분야 대용량 유전체 해독기술 선진화를 위한 국제공동연구에 대한 지속적인 투자 확대

- 국가생물자원(해양생물자원, 농생물자원)의 대용량 de novo 유전체 해독기술의 선진화 및 국제 경쟁력 확보를 위한 국제공동연구의 지속적인 확대

□ 유전체 정보 공유

○ 각 부처에서 부처 특성에 맞는 유전체 정보 관리, 활용 기능을 유지하면서 전 부처의 유전체 정보를 공유할 수 있는 방향으로 추진하는 것이 효율성 측면에서 바람직하다고 판단함.

부처	연구추진현황 및 공동연구활성화 방안
미래창조과학부	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존 사업들의 개편 추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부처 공동연구 사업으로 재편, 사무국 및 사업단 형태로 개편 요구 됨</li> <li>- 생물 정보 사업 중 실용화, 산업화에 해당하는 과제들을 복지부 및 산업부에서 추진하고 있는 관련 사업과 공동 연구 사업 추진</li> <li>- 공동 연구기반 구축 해당 사업들은 미래부 고유 영역으로, 지속적 투자 진행</li> <li>- KOBIC을 중심으로 각 부처별 유전체 정보공유 및 활용체계 구축</li> <li>- 질병 기전 규명 유전체 연구는 17년 기점, 모든 부처의 참여로 과제를 공동으로 기획하는 방안 추진이 필요</li> <li>- 17년 미래부 3개 과제 종료 후 신규 과제 기획시 부처 고유진행과 공동 진행 과제로 구분 필요</li> <li>- 국제 협력 공동연구 사업은 사무국 설치 및 사업단으로 체제 개편 후 사업단 중심의 통일된 운영 필요</li> </ul> </li> <li>○ 유전체 정보 분석 기반 구축 사업, 유전체 미래원천 기술개발 사업, 미래 유전체 연구 인프라 고도화 사업에서 새로운 기술 개발 등 향후 신규 투자가 필요한 분야 도출</li> </ul>
보건복지부	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 보건복지부 과제지원 현황을 반영하여 다수의 센터형 과제 선정을 통한 사업 수행</li> <li>○ '사업단'의 역할이 인간 유전체를 기반으로 하여 진단 치료법 개발을 목표로 하는 사업 시행, 관리 감독 및 지원 업무 수행으로 변경</li> </ul>
농림축산식품부	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미국에서 미생물 유전체 분야를 '국가 전략 프로젝트'로 추진했듯이, 우리나라도 미생물 유전체 분야 R&amp;D에 선제적 대응 요구 됨</li> <li>○ 미생물체 항생체내성 (Resistome)과 식물마이옴 (Phytophrome)의 공동연구 추진이 필요</li> </ul>
산업통상자원부	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공동연구 사업인 '산업인력'의 경우 초기 ('14~'17년)는 '비즈니스클러스터 구축' 과제 내에서 지원하나, 과제 종료 후에는 타 과제로 후속 지원을 명시</li> <li>- clinical genomics 중심의 산업생태계 조성 및 정보 활용 촉진을 통한 유전체 서비스 실현</li> <li>- 생물정보학 중심의 산업화지원 기반 마련</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유전체 산업과 제약, 질병예측, 건강 정보 등의 분야의 융 복합을 통한 고부가가치 상용화 추진</li> <li>○ 표준 게놈 지도 연구기간을 2년에서 4년으로 변경 추진함에 따라 이를 반영한 사업비 배분 필요</li> <li>- 한국인 게놈 지도 작성에 대한 신뢰성 확보가 중요.</li> <li>- 산업계가 이용할 수 있도록 정보 확산 및 공개의 필요성</li> <li>- 한국인 표준 게놈 지도 작성을 위해 최소 4년의 기간이 요구 됨</li> </ul>
농촌진흥청	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세균성 병원균에 비해 곰팡이, 활물 기생균의 경우 유전체 해독이 어려움</li> <li>○ 국내 연구자들의 개별적 해독 및 비공개로 종합적 유전체 정보의 관리가 미흡</li> <li>○ 주요 작목별 병원균 균주 수집 및 표준 균주 선정 필요</li> <li>○ 식물 병원균 유전체 해독 및 DB 구축</li> <li>○ 유전체 정보 활용을 통한 진단 마커 개발 및 예찰 시스템 구축</li> </ul>

## 4. 결론

### 4.1. 예타 부합성

- 공동연구사업 운영 원칙 준수 미비
  - 독립된 운영조직 구성이 미비
  - 공동 기획 선정 등 협조체제 미비
- 예타 내용에 제시된 유전체 사업으로 생성된 데이터의 KOBIC 의무 등록 및 공유 정도가 미흡
- 예타 대비 예산 투입 저조, 예산 확대 필요
- 성과목표 및 지표관리 구체화가 요구 됨

### 4.2. 부처별 수정 연구 제안 내용

- 미래창조과학부
  - 미래원천기술개발, 공동연구과제, 정보분석기반구축 등 기존 사업들의 투자포트폴리오 개선 추진
  - 미래원천기술개발(생명현상 및 질병기전), 미래유전체 연구 인프라 고도화(고위험 만성질환) 등 향후 신규 투자가 필요한 분야 투자
  - 공동사무국설치 및 코디네이터 지정 등 체계 개편 후 국제협력 공동연구 사업 등을 상호협력 체제로 진행
- 보건복지부
  - 사업출범 후 보건복지부 과제지원 현황을 반영 반영하여 다수의 센터형 과제 선정을 통한 사업 수행
  - 인간유전체를 기반으로 하여 진단치료법 개발을 목표로 하는 사업 시행, 관리 감독 및 지원 업무 수행으로 변경
  - 부처고유사업의 경우 정밀의학 기반 유전체사업구조로 개편하여 추진하는 것이 바람직함
- 산업통상부
  - 공동연구사업인 「산업인력」의 경우, 초기 ('14~'17년) '비즈니스클러스터 구축' 과제 내에서 지원하나, 과제 종료 후에는 타 과제로 후속 지

원함을 명시

- 부처고유사업의 경우 정밀의학 기반 유전체사업구조로 개편하여 추진하는 것이 바람직함
- 사업 간의 융복합을 통해 연구 성과의 시너지 효과를 기대하고 고부가가치 사업으로써 확장시킬 수 있도록 상용화 추진

○ 농촌진흥청

- 식물병원균 유전체 해독 및 DB 구축
- 병저항성 작물 분자 육종을 위한 병원성 인자 탐색
- 유전체 관련 빅데이터를 기반으로 한 예찰 시스템 및 바이오마커 발굴

4.3. 효율화 방안

□ 추진체계 효율화:

○ 공동사무국 운영

- 순환식·간사 주관부처 체계로 타부처의 책임감 저하, 소통부재 등으로 협력이 어려우므로 통합 관리가 필요
- 범부처 협의체 운영 활성화, 공동연구 활성화 및 부처 간 협력체계 강화를 위해 공동사무국 운영
- 단계별 추진이 바람직하며 단계 평가 종료 후 총괄 코디네이터 등을 구성하고 공동사무국을 운영하는 것이 필요
- 공동사무국 구성: 부처별 고유사업담당 코디네이터 7명, 공동연구코디네이터 5명, KOBIC, 사무국 등으로 구성
- 코디네이터 역할: 다부처유전체사업 PM 역할(공동기획·평가, 성과관리 등) 역할

○ 사업 통합관리 및 부처별 연구·공동연구 전략 로드맵 작성(지원) 등을 통한 사업성과 관리시스템 정착

- 사업 통합관리
- 신규 사업 기획
- 공동 기획, 공동 평가 및 전략로드맵 작성
- KOBIC 중심의 데이터 수집 의무화 및 성과지표 반영을 통해 KOBIC의 기능 및 역할 활성화 기대

□ 부처연구 및 공동연구 활성화

○ 부처고유사업은 부처별 사업단장 또는 코디네이터 지정

- 부처사업단장이 주도적으로 사업 관리하고 공동사무국과 협력

○ 공동연구사업은 주관부처에 사업단장 지정 및 사업 주관

- 공동연구 및 연계 활성화를 위해 간사부처 전문기관(PM) 중심으로 실무위원회를 구성·운영
- 공동기획·평가, 전주기적 사업포트폴리오 작성 및 공동연구 도출 및 사업 추진
- 성과·평가 교류 등의 가이드라인을 제시

□ KOBIC 활성화

○ 성과지표 개선 방안

- 성과지표의 경우 현재 유전정보의 생산대비 등록률을 부처 공통의 자원 셰어링 평가항목으로 설정되었으나, 데이터 활용도를 평가할 수 있는 지표설정 및 이에 따른 성과 관리가 필요함
- 정보 활용의 효율성 증대를 위한 전산 인프라, 데이터 센터, 유전체 참조 데이터 등의 인프라에 해당하는 사업에 대한 체계적인 포트폴리오 작성 및 철저한 성과 관리체계를 수립하여 성과지표에 반영 하는 것이 바람직함

□ 성과교류회 활성화

○ 국내 유관학회 등과 연계하여 관계 부처 연구자들이 참여하는 워크숍 및 심포지엄 개최

- 부처사업 및 과제내용에 대한 이해증진과 연구자간 교류 활성화
- 공동연구과제 주관부처 중심으로 분과위원회를 구성·운영하여 공동연구 참여 연구자들 간 정보 및 성과공유 활성화
- 연구 성과 조기 발표를 통한 데이터 기탁, 성과 모니터링 및 자원 셰어링을 가능하게 함으로 국가 경쟁력 강화
- 본 사업의 성과목표 '세계 5위권 연구역량'에 도달하기 위해서는 국내의 유전체학 연구역량을 강화할 필요가 있음

4.4. 향후 추진 내용

- 기술의 변화를 감안한 기술 로드맵 작성
  - 최신기술 동향 반영: NGS 신기술, 후성유전체 등의 분석기술, 정밀의료, 마이크로비움 등
- 총괄 기능이 가능한 공동사무국 설치 및 운영
  - 다부처사업의 컨트롤타워 기능역할 및 유기적인 협력체계 구축
  - 부처를 총괄하는 사업단장 또는 코디네이터 지정 운영
- 포스트게놈 다부처유전체사업 추진체계 변경안 마련
  - 변경안 국가과학기술심의회 상정 및 차년도 사업부터 적용

---

## 5. 기대효과 및 활용방안

---

- 1) 유전체 사업의 효율성 증대를 통한 국내 유전체 연구 기반 확립 및 국가 경쟁력 확보
  - 부처 간 유전체 연구 사업의 연계 및 협력을 통해 국가적 유전체 사업의 효율성 증대
  - 부처별 임무에 충실한 목적 지향적 프로그램 개발 가능 및 부처별 연계 강화를 통한 시너지 극대화
  - 범부처 협의회를 통해 주관 부처와 전문기관의 책임 강화 및 참여 부처 권리 보장을 통한 부처 간 갈등 예방 및 극복 가능
  - 부처 간 상시 의사소통 및 성과 공유를 통해 다부처 사업의 역량 결집 가능 및 사업 추진의 실효성 확보
  - 일률적인 사업 통합에 따른 사업 추진이 아닌 부처별 역할의 최소화를 통해 공동의 성과 실현이 가능한 추진 구조 확립 가능
  - 범부처 협의회를 통한 유전체 연구에 대한 전략적인 R&D 투자 및 연계 확대
  - 기초·원천 연구 역량 증대 및 국내외 유전체 연구 거점 육성을 통한 신지식·신산업 창출 기반 구축
  - 유전에 산업 생태계 주체 (산·학·연·병) 간 협력 기반 구축을 통한 유전체 정보 생산, 분석 및 활용 확산
  - 유전체 정보 활용을 위한 전산 시스템 구축 및 공동 연구 기반 고급 서비스 활용 확대
  - 식량 안보, 기후 변화, 난치병 치료 등 글로벌 위기에 대응을 통한 국가 경쟁력 확보
  - 생물 \자원에 대한 유전체 정보 분석을 통해 바이오산업 원천 자원을 국가 자산화
  - 생물자원에 대한 세계적 변화에 선제적 대응을 통해 주도권 확보 및 지식 재산을 선점

- 식량 안보, 기후 변화, 난치병 치료 등 글로벌 위기에 대응을 통한 국가 경쟁력 확보
- 급속한 성장세를 보이는 유전체 관련 시장 선점을 통해 경제적 부가가치 획득

## 2) 유전체 분석 및 기술 관련 전문 인력 양성 및 일자리 창출

- 급속한 성장세를 보이는 유전체 기술 시장에서의 주도권 선점을 통한 산업화의 조기성과 창출 및 고급·양질의 일자리 창출
- 산학연 각 분야에서 필요로 하는 유전체 기반 Big data 분석 전문 인력 배출
- BT-IT-NT 등이 결합된 고급·양질의 이공계 분야 일자리 창출
- 생명 정보 해독 및 분석 인력 교류에 의한 실무형 인력 양성 체계 구축

## 3) 국내 유전체 연구 기반 확립을 통한 미래의료 기술(개인맞춤의학) 개발

- 유전체 빅데이터 활용을 위한 전산시스템 기반 구축 및 공동연구 기반 고급서비스 지원 확대를 통한 유전체 기반 맞춤형 의료 구현을 위한 기반 확립
- 수요 맞춤형 유전체 정보 서비스 제공 및 환자 개별적 맞춤의료 구현으로 치료 효과 증대 및 국민 건강 증진
- 유전체 데이터를 활용하여 질환 발생기전 제시 및 조기진단과 예후예측이 가능한 바이오마커 발굴을 통한 신약 타킷 발굴 기여
  - 美 NIH(08): 약물 부가용 25% 감소시켜 연간 450~1,350억불 의료비 절감
- 불필요한 치료 및 약물 부작용 최소화로 의료비 절감 기대
- 개인맞춤의학 시대에 급증할 IT전문기술을 갖춘 생물정보학 R&D 연구인력 허브 구축 및 유전체 기반 빅데이터(Big Data) 분석 전문 인력의 배출(실습형·맞춤형 교육 기회 제공)

- 유전체 변이의 신속·정확한 진단 및 맞춤 처방시스템을 개발함으로써 유전체 정보의 임상 활용 활성화

## 4) 국내 유전체 연구 기반 신산업 육성

- 유전자검사와 관련된 의생물학적 정보 분석을 통한 새로운 바이오마커 발굴 및 관련 산업 육성
- 신 성장 동력인 빅데이터 기술의 산업화를 통해 질병 진단 시스템, 개별 유전체 정보 분석 등 관련 소프트웨어 기술 개발 등의 고부가가치 산업의 창출 효과 기대
- 급속도로 성장하는 유전체 관련 시장을 선점하여 경제적 부가가치 획득
- 국가 신 성장 동력 사업을 발굴하고 뒷받침하기 위한 고도의 유전체 정보 처리 기술·인프라 확보 및 전문 인력 양성 프로그램을 강화
- 유전체 관련 소프트웨어 기술 개발 및 비즈니스 모델 개발 지원으로 유전체 전문 중소·중견기업 육성
- 빅데이터 기술, 질병진단 시스템 개발 등 적용 범위 및 응용 기술 확대를 통한 신 시장 창출

## 5) 유전체 관련 국제 공동 연구의 활성화

- 유전체 및 생물정보 인력 교류를 통한 국제적 연구 환경을 조성
- 글로벌한 유전체 분석 기술 확보를 통해 다양한 분야에서의 국제 공동 연구 및 협력 네트워크 주도
- 포스트 게놈 다부처 유전체 사업성과 확산을 위한 국제적인 워크숍 개최
- 국제적 연구 선진 그룹과의 국제연구를 통해 유전체 기술의 선진화 및 국가 경쟁력 강화

---

## 6. 인용 문헌

---

- 유전체정보기술분야 첨단 기술정보 수집 - NGS 기반 유전체 의학연구 국제동향 -, 미래창조과학부, 2015
- 인간유전체 분석기술 동향, 한국생명공학연구원, 김용성
- 개인유전체 기반 맞춤 의료 현황과 발전과제, 과학기술정책연구원, 2015
- 글로벌 유전체 시장 및 산업동향, 바이오인더스트리, 2014
- Global Genomics Market, 생명공학정책연구센터, 2013
- 개인별 맞춤의료 구현을 위한 산업기술 개발 동향, BRIC View 동향 리포트, 권석준, 2014
- NGS 기술을 이용한 systems biology 연구 동향, BRIC review, 고경대, 2014
- 식량 작물들의 전장유전체 구축 동향 및 육종에서의 활용, BRIC Review, 강양재, 2014
- 2016 포스트 게놈다부처유전체사업 성과교류회 부처별 연구내용 및 공동연구 추진 현황
- 포스트게놈 다부처 유전체사업('14~'21) 2015년도 시행계획(안)
- (2014~2021) 포스트게놈 다부처 유전체 사업 추진계획안, 2014 국가과학기술심의회 운영위원회
- 포스트게놈 다부처 유전체사업 ('14~'21) 2016년도 시행계획(안), 미래창조과학부, 보건복지부, 산업통상자원부, 해양수산부, 농림축산식품부, 농촌진흥청, 산림청, 2016.04.05
- 2016 바이오의료기술개발사업, 정밀의료 분야 Top-down 신규과제 기획추진계획(안), 2015.12.17, 한국연구재단 정책기획팀
- 2016, KEIT 이슈리포트, 미국 정밀의료추진계획 (Precision Medicine Initiative) 추진현황, 2016.03.01 한국산업기술평가관리원
- 2016 생명연구자원관리 시행계획, 미래창조과학부, 보건복지부, 산업통상자원부, 해양수산부, 농림축산식품부, 농촌진흥청, 산림청, 2016
- 2016 제 2차 생명연구자원관리 기본계획('16~'20), 미래창조과학부, 보건복지부, 산업통상자원부, 해양수산부, 농림축산식품부, 농촌진흥청, 산림청, 2016
- 국가중점과학기술전략 로드맵, KISTEP 2013

## 7. 부록

[부록1] 다부처 유전체 사업을 통한 데이터 생산 추정량

[부록2] 과제 제안 요청서 (RFP)

[부록3] 포스트게놈다부처유전체사업 미래창조과학부 과제 목록

[부록4] 국가별 주요 바이오전략 현황

[부록5] 연구자 의견 수렴 및 전문가 자문

[부록6] 포스트게놈 다부처 유전체사업 추진계획 변경(안)을 위한 부처 의견

[부록7] ('14~'21) 포스트 게놈 다부처 유전체 사업 추진계획(안) 변경안 요약

[부록1] 다부처 유전체 사업을 통한 데이터 생산 추정량 : 약 26 PB

□ 포스트게놈 다부처 유전체 사업 예산설명자료 (2014.06.10) 기반 신규 1차(시퀀싱) 데이터 추정 : 약 8.7 PetaBytes

□ 1차 데이터를 이용한 2, 3차 가공 데이터 추정 : 약 17.2 PetaBytes

포스트게놈 다부처 유전체 사업 데이터 생산량(추정)								
분야	내용	1단계 (진수) ('14~ '17)	2단계 (진수) ('18~'2 1)	합계	1차 데이터 추정량(T B)	2,3차 데이터 추정량(T B)	합계(TB )	비고
인간 유전체 연구	유전체정보생 산량(명)	10,00 0	10,000	20,000	7,200	14,400	21,600	3Gbps, 60X
	바이오마커 및 통합 DB등	30	150	180	180	360	540	1TB/DB
농생명자 원 유전체 연구	전략미생물 해독건수 (농림축산부)	14	19	33	< 1	2	3	
	표준유전체 해독건수 (농촌진흥청)	112	148	260	156	312	468	3Gbps, 100X
	메타게놈 분석건수 (농림축산부)	14	18	32	3	6	9	100GB/ 건
	신규유전체해 독건수	20	20	40	24	48	72	3Gbps, 100X
	통합 DB정보 활용량(TB) (농촌진흥청)	110	906	1,016	1,016	2,032	3,048	
해양생물 자원 유전체연 구	해양생물 표준유전체 지도완성	40	40	80	48	96	144	3Gbps, 100X
				총합	8,627	17,256	25,883	

[부록2] 과제 제안 요청서 (RFP)

		RFP 번호	5
과제명	포스트게놈다부처유전체사업 추진계획 재설정을 위한 기획과제		
담당부서	생명기술과	담당자	오판동
계약방법	경쟁		
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 급변하는 유전체연구 기술 및 미래 신산업인 맞춤형/정밀의학 구현 등에 대비한 선제적 추진계획 재설정이 시급함</li> <li>○ 이를 위하여 국민 삶의 질 향상 및 국가 경쟁력 확보를 위한 미래기술 확보 및 구체적 R&amp;D 전략을 수정함</li> </ul>		
연구 내용 및 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 포스트게놈다부처유전체사업을 위한 기술분류                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구범위 명료성 및 핵심사업 집중 강화를 위한 사업중점분야 조정, 세부기술 재분류 및 조정방안 도출</li> </ul> </li> <li>○ 세부기술 및 추진연구 내용 구체화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구범위, 세부기술 및 하위연구의 구체화를 위한 내용 연구</li> <li>- 에타 이후 신기술 분야 및 연구동향에 대한 대응방안 제시</li> <li>- 세부기술 구체화를 위한 기술자문위원회 운영 강화</li> <li>- 성과목표 및 핵심성과지표 마련 등 기술성 강화</li> </ul> </li> <li>○ 기술과 환경변화에 따라 에타내용 변경 필요사항 발굴                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부처 추진 연구사업 조사·재분석 연구(정책/환경 분석)</li> </ul> </li> <li>○ 사업별 투자계획 및 규모조정 연구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 당초 에타계획 대로 사업 진행여부 조사분석</li> <li>- 세부기술 추진을 통한 사업별 투자계획 및 소요예산 도출</li> </ul> </li> <li>○ 사업 추진의 경제성 확보를 위한 내용 강화 연구 추진                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업 연구범위 내 원천기술과 대상 질환 조정 및 강화</li> <li>- 경제성 항목별 편익 확보 강화 연구</li> </ul> </li> <li>○ 유전체정보의 수요자 중심 활용체계 강화 방안 제시</li> <li>○ 연구추진체계 조정 및 강화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업 운영체계(총괄과제, 총괄 사업단 등) 및 사무국 구성안</li> <li>- 각 연구추진체계의 장단점 분석</li> </ul> </li> </ul>		
연구 추진방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 변경기획을 위한 내용연구, 자료수정/재분석, 제출 자료안 마련</li> <li>○ 세부기술연구실무위원회 운영 강화(임상연구자 추가 등) 및 의견수렴</li> <li>○ 다부처사업 변경기획의 평가과정에 대한 공동 대응</li> <li>○ 각 과제별로 산·학·연·관 전문가 대상 자문 실시</li> <li>○ 연구자 토론회 등 추진전략에 대한 연구현장 의견 수렴</li> <li>○ 산·학·연 전문가로 구성된 기획위원회, 자문위원회, 실무작업반 운영</li> </ul>		
연구비 및 연구기간	40백만원 / '16.02 ~'16.05 (4개월)		

[부록3] 포스트게놈다부처유전체사업 미래창조과학부 과제 목록

내역 사업명	세부내역 사업명	과제명	1단계		2단계	
			'14	'15~'16	'17	'18
유전체 정보 분석	유전체 정보 분석 기술 개발	유전체 정보 복합분석을 위한 초고성능 핵심기술 개발 및 개방형 플랫폼 구축				
	대용량유전체 데이터 마이닝	텍스트마이닝을 이용한 유전자-유전자-질병간의 연관성 예측 기술 및 시스템 개발				
	유전체 정보 분석 서비스	유전체 연구기반 고도화 및 활용 서비스를 위한 차세대 게놈 인프라넷 구축				
		대용량 전장유전체 생명정보 분석 서비스 시스템 구축 및 운용				
		전사체 시퀀싱 데이터의 분석 알고리즘과 파이프라인 개발 및 서비스 구현				
		대용량 유전자 시그너처 기반의 조절 네트워크, pathway 및 약물 유전체 통합분석 시스템 개발				
		후성유전체 데이터 분석 시스템 최적화 및 실용적 개방형 분석 시스템 개발				
		유전체 정보 개방형 분석 서비스 환경 구축-메타게놈 데이터				
유전체 미래 원천	인간게놈 표준지도 (공동)	회귀난치성 골격계 발달장애 질환의 원인 유전자 발굴을 통한 발병기전 규명 및 진단, 치료기술 개발				
		유전체 기반 한국인 회귀난치성 발달장애 미래형 맞춤 의료 (P4 medicine) 구현				
		회귀난치성 골격계 발달장애 질환의 원인 유전자 발굴을 통한 발병기전 규명 및 진단, 치료 기술 개발				
	질병기전 규명 (공동)	분열효모 결손 라이브러리와 차세대 유전체 염기서열법(NGS)을 활용한 약물작용 원리 및 질환기작 이해				
		통합 RNA유전체 기반 간질환 기전 규명 연구				
		질환 유전자 모델(PKD, UQCRB)을 이용한 질환 관련 microRNAs 대량 발굴 및 검증				
		맞춤형 질환치료제 개발을 위한 세포기반 통합 유전체 연구				
		In silico 기반 생체 약물 작용점 분석 원천 기술 개발				
다중오믹스	단일세포 기반 호발암 정밀진단 기술 개발					
	유전체-단백체 융합정보 기반 난치암 진단/제어기술 개발					

Host-Microbe Interaction	유전체 기반 피부 자연 노화 및 폐경 노화의 표적 발굴 및 제어					
	장내병원성 세균/공생미생물					
	대사/면역질환 유래 장염증 미생물체 분석 및 맞춤형 미생물 혼합 제제 개발					
	인체 장내 마이크로바이옴 정보 활용 질환 모니터링 및 제어 기술 개발					
미래 유전체 인프라	국제협력 기반 마이크로바이옴/약물 상호작용 NGS 분석 플랫폼 개발					
	BIT 융합 연계 교육 시스템 구축					
	지속가능 BIT 융합 교육프로그램 개발					
	임상 유전체 빅데이터 정보 분석 전문가 양성					
	BIT 융합교육					
	맞춤의학을 위한 실무형 생명정보학 교육시스템 구축					
	기존 인력양성 사업					
	인간유도 줄기세포 lncRNA 유전체 분석 국제 협력연구					
	인체 장내 마이크로바이옴 정보 활용 질환 모니터링 및 제어 기술 개발					
	국제협력 기반 고위험 만성질환 유전체/후성유전체 연구					
국제협력 (공동)	eRNA 기반 호발암 유전체 분석방법 개발					
	혁신적 호발암 유전체 빅데이터 분석방법 개발					

[부록4] 국가별 주요 바이오전략 현황

□ 미국

전략명	BRAIN Initiative(Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies, 2013.4~)
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 휴먼 게놈 프로젝트의 연구 성과처럼 뇌와 관련된 연구의 기초 자료로써 활용</li> <li>○ 기술융합을 통해 뇌와 질병 간의 연관성을 분석하여 차세대 치료제 개발</li> <li>○ 유럽, 인도, 중국, 일본 등과의 뇌과학 분야 경쟁에서 선도적 위치 선점</li> </ul>
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 혁신적인 신경과학 기술을 통해 두뇌의 뉴런활동에 관한 지도 작성(Brain Activity Map)</li> <li>○ 뇌질환 치료제 개발 촉진이 목표</li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ NIH(국립보건원), DARPA(미방위고등연구계획국), NSF(국립과학재단), FDA(미국 식품의약국)등이 참여하는 다부처 사업이면서 부처별 특성에 적합한 연구개발 추진 전략</li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2013년 4월 인체 두뇌 연구에 초점을 맞춘 브레인 이니셔티브 발표</li> <li>- 신경공학 기술을 이용하여 새로운 차원의 뇌 연구를 지원하고 인간 두뇌 활동의 모든 경로와 지도 완성</li> <li>○ NIH <ul style="list-style-type: none"> <li>- 뇌회로 지도 및 새로운 관련 기계 개발, 뇌기능과 행동과 질병 사이의 관계를 이해하기 위한 연구 진행</li> </ul> </li> <li>○ DARPA <ul style="list-style-type: none"> <li>- 뇌 기능 연구를 활용 하는 것을 목표로 질병과 부상의 부담을 완화 하고 모든 일반인과 군인을 위한 neurotechnology 기반 기능을 제공하고자 함</li> <li>- 국방부 소속 기관으로, 군사 기술 연구와 함께 국방에 필요한 생화학, 의 료기술 연구와 범부처적으로 중요성을 띄는 대규모 프로젝트 지원</li> <li>- 0.8억 달러 투자</li> </ul> </li> <li>○ NSF <ul style="list-style-type: none"> <li>- 뇌 복잡성의 기본적인 과학적 이해와 어떻게 건강한 뇌 기능이 결정되는지 를 알 수 있는 tool 개발</li> <li>- 0.2억 달러 투자</li> </ul> </li> </ul>
기간/예산	○ 2014년 1억 달러, 2015년 2억 달러(13년~22년까지 10년간 30억 달러)

전략명	항생제 내성 박테리아 근절 프로젝트(National Action Plan to Combat Antibiotic-Resistant Bacteria, 2015.3~)
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 백악관은 주요 정부기관들과 함께 증가하는 항생제 내성 박테리아* 근절을 위한 국가적 차원의 프로젝트</li> <li>○ 항생제 내성 박테리아 근절 프로젝트팀 구성, 현재 대통령 과학기술 자문위원회 (PCAST)로부터 정책적 자문을 이끌어내기 위한 단계 진행 중</li> <li>- 12억 달러(1.3조원) 이상의 예산이 필요하며, 2016년 회계연도 예산 승인 대기</li> </ul>
비전 및 목표	○ 항생제 내성 박테리아 근절
전략	○ 급증하는 항생제 내성 관련 문제를 가진 국가들에게 로드맵 제시, 시행 이 후 5년간 항생제 내성균 감염 방지 위한 국제적 정부 활동 지원
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존 항생제와 새로운 항생제 효력 유지 및 차세대 진단법, 항생제, 백신 개발</li> <li>○ 항생제 내성 박테리아의 출현 속도 감소, 박테리아 감염 확산 방지</li> <li>○ 항생제 내성 박테리아 근절을 위한 국가적 차원의 통합 보건 감시 노력 강화</li> <li>○ 박테리아 동정 및 특성화를 위한 혁신적인 진단 테스트 기술 진보</li> <li>○ 새로운 항생제, 기타 의약품, 백신 개발을 위한 기초연구 및 응용연구 가속화</li> <li>○ 항생제 내성 방지, 감독, 제어, 연구, 기술개발을 위한 세계적 제휴 및 역량 향상</li> </ul>
기간/예산	○ 2016년 12억 달러(1.3조원) 이상

전략명	바이오매스 연구개발 이니셔티브(Biomass Research and Development Initiative, 2009~)
개요	○ 석유 의존도 개선, 대체에너지 기술 개발, 에너지보안 등의 강화를 위한 정책 진행
비전 및 목표	○ 경제적이고 환경적으로 지속가능성 있는 재생 가능 바이오매스 공급원을 개발
전략	○ 바이오매스 R&D(BRDI)는 바이오에 기초한 제품과 바이오 에너지에 관한 모든 연방 R&D를 조율, 가속화하는 기관 연합 활동
주요내용 및 중점분야	○ 미국 에너지성(DOE)과 농업성(USDA)는 바이오 연료, 바이오 에너지, 고가치의 바이오 기반 제품 등을 생산하는 기술과 공정의 R&D 지원 - 공급원료(feedstocks) 개발, 바이오연료와 바이오 기반 제품 개발, 바이오 연료 개발분석과 관련된 기술분야와 과학 및 공학분야를 통합시킨 프로젝트 지원 - 대체 재생 연료 및 바이오 기반 제품의 이용도 증가를 겨냥하여 몇 가지 유형의 프로젝트를 대상으로 공동 자금지원 기회 공시 - 경제적·환경친화적 지속가능한 자원, 재생가능 연료 및 제품 등에 대한 R&D를 통해 재생가능한 바이오매스 기술 활성화
기간/예산	○ 2011년 0.3억 달러, 12년 0.4억 달러

## □ EU

전략명	Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe(2012)
개요	○ 유럽과 전 세계가 맞이하길 원하는 생태계적, 환경적, 에너지, 식량공급 및 천연자원 분야 도전과제들에 대한 대응전략 마련하고 유럽의 연구·산업 등의 활동 방향을 바로잡아주기 위한 전략
비전 및 목표	○ 강력한 바이오경제 기반 강화를 통해 미래에 달릴 제한적인 자원 문제에 대응 바이오연료 등을 비롯하여 식량안보 등 재생 가능한 생물학적 자원 개발
전략	○ 바이오경제에 몸담고 있는 다양한 과학분야, 정책분야 및 일반 국민을 포함한 이해관계자를 한데 통합할 수 있는 프레임워크 재정비
주요내용 및 중점분야	○ 폐기물 재활용을 비롯하여 더 효율적인 생산, 환경오염 최소화, 화학연료 의존도 감소를 통해 포스트 석유 시대 대비 ○ 연구, 혁신, 기술에 투자 - 바이오경제 연구 혁신에 있어서의 민간 투자금을 비롯하여 EU와 국가 자금 간 협력 강화 - 다학제·다부처 연구혁신 공유 통해 기존 지식 강화 및 신기술 개발로 사회 문제 해결 통일성 증대 - 대학 간 포럼 운영 등을 통해 바이오경제 신용여 및 신개념 교육, 인력 양성 ○ 정책 강화 및 이해당사자 참여 증대 - EU 내 정책, 이니셔티브, 경제부처 간 일관성 및 시너지 강화 위한 바이오 경제 패널 구성 - 기존 정보시스템과 긴밀히 협력하는 바이오경제 관측소 설립으로 진행과정 및 영향 정기 관측 ○ 바이오경제 시장경쟁력 강화 - 바이오연료 분야 통합 네트워크 구축 지원 - 바이오기반 제품 및 식량 생산 시스템의 새로운 기준 및 지속가능 접근법 개발로 신시장 확장 지원 - 소비자에게 제품특성 설명 위한 과학기반 접근법 개발
기간/예산	

전략명	EU Horizon2020('14~'20)
개요	○ 7차까지의 Framework Programme 통해 유럽과 세계가 직면한 다수의 도전과제에 대한 대응책 마련을 마련하였고 8차 Framework Programme인 EU Horizon2020을 통해 지속적 연구 수행 ○ EU회원국과 유럽 의회로부터 이전 프로그램들과 연구 활동들을 통해 얻어진 교훈, 피드백 등을 수렴, 프로그램 사용자 위주의 더욱 심플한 전략을 구성함
비전 및 목표	○ 연구와 혁신 통해 유럽의 스마트하고 지속가능하며 포괄적 성장 ○ 경제성장을 이끌 수 있는 세계 수준의 과학과 기술
전략	○ 3가지 주요 분야에 연구혁신 역량을 집중하여 우수과학, 산업 주도권, 사회 문제 해결
주요내용 및 중점분야	○ 우수과학을 위해 총 240억 유로(약 30조 9,000억 원) 지원 - (유럽연구위원회(ERC)의 Frontier Research 사업)연구자 및 연구팀의 초기연구 지원 위해 130억 유로(약 16조 7,000억 원) 지원 - (Marie-Curie Actions 사업) 젊은 과학자 및 일반 과학자 대상 우수연구자교육·양성 프로그램으로 60억 유로(약 7,000억 원) 지원 - (미래유망신기술 사업) 신기술 분야 다학문 간 역동적인 협력 지원 프로그램으로 27억 유로(약 3조 4,800억 원) 지원 - (세계 수준의 인프라 구축 사업) 대규모 초고가 연구시설 구축하여 유럽연구자들에게 공유하였으며 25억 유로(약 3조 2,000억 원) 지원 ○ 산업 주도권을 위해 총 190억 유로(약 24조 4,600억 원) 지원 - (유망산업기술 주도권) 결정적 game changer가 될 유망산업기술* 연구로 14억 유로(약 1조 8,000억 원) 지원 - (중소기업 집중 지원) 일자리 창출과 혁신의 근간이 될 중소기업에 집중하며 단일 중소기업 및 중소기업 컨소시엄에 자금 지원, 최소 30억 유로(약 3조 8,700억 원) 지원 - (재무 리스크 관리) 혁신 연구 수행에 재무적 어려움을 겪는 기업, 연구기관, 중소기업에 대출·보증 통한 직접지원 및 민간자본과 VC투자 지원, 28억 유로(약 3조 6,000억 원) 지원 ○ 사회 문제 해결 위해 총 296억 유로(약 38조 1,800억 원) 지원
기간/예산	○ 7년(2014-20) 간 총 800억 유로(약 103조 원)

## — 영국

전략명	The Age of Bioscience: Strategic Plan 2010-2015(생명과학의 시대: 2010-2015년 전략)
개요	○ BBSRC의 연구 및 훈련 자금 지원을 통해 향후 수십 년간 인구가 직면한 주요 도전과제를 해결할 수 있는 생명과학 분야의 발전을 위한 정책 전략
비전 및 목표	○ 2050년까지 지속적으로 90억 명의 인류에 식량 제공 ○ 재생 가능한 '저 탄소' 에너지원의 개발, 연료 수송 및 줄어드는 석유에 대한 의존도 감소 ○ 수명 연장에 따른 장기간의 건강 유지 ○ 영국 생명과학의 기초 확대 및 강화 - 핵심 분야, 기술 및 인프라 강화 ○ 산업, 다른 분야 기술수요자 및 국민과 교감하는 과학 전략 및 역량 강화
전략	○ 새로운 작업 방식 이용 급격한 기술적 진보, 차세대 인터넷 기술 및 생명과학에 대한 정량적, 계산적 접근법 이용 ○ 생명과학 분야 관계자, 기타 자금 제공자 등과 국가적/국제적인 협력 및 지식교환
주요내용 및 중점분야	○ 식량안보: 영양가와 안정성 및 저가의 충분한 식량을 지속적으로 공급하기 위한 생명과학 - 식량안보 위한 집중 연구 주제를 수행하여 작물 및 동물성 생산품의 효율과 지속성 향상 ○ 바이오 에너지 및 산업 생명공학: 석유 화학 의존도 감소 위한 새로운 생물학적 원천 이용한 생물 연료 및 산업 물질 개발 - 영국 바이오에너지 집중연구 기관인 BBSRC 지속가능 바이오에너지 센터(BBSRC Sustainable Bioenergy Centre, BSSEC) 설립 - 바이오에너지 분야 강자인 미국, 브라질과 국제협력 강화

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 보건 분야 기초 생명과학: 의학적, 사회적 개입 없는 삶의 질 향상 위한 기초 생명공학의 발전 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 줄기세포 생물학을 포함하는 재생의학 연구 지원 및 혁신지식센터 (Innovation and Knowledge Centres) 통한 기술 응용 지원 가속화</li> <li>- RCUK(영국연구위원회)의 차세대 인생전주기 건강 및 웰빙 프로그램 지원</li> </ul> </li> </ul>
기간/예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (BBSRC 전체) 2011~2012년 4억7,000만 파운드(약 7,180억 원)</li> <li>○ (BBSRC 전체) 2013~2014년 4억8,400만 파운드(약 7,394억 원)</li> </ul>

전략명	10만 게놈 분석 프로젝트(The 100,000 Genomes Project, 2012~2017)
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인간게놈 프로젝트를 통해 인간의 30억개 유전자 시퀀스 리딩 후, 기능이 규명되지 않은 DNA(전체의 95%에 달함)를 분석하여 차세대 개인 맞춤형 인유 질병 치료와 보건을 위한 프로젝트</li> <li>○ 영국 보건의료서비스(NHS)에 등록된 암 및 희귀질환 환자의 질환 및 DNA 정보 등 풍부한 데이터베이스가 확보된 대규모 자원 활용 프로젝트</li> </ul>
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2017년까지 NHS 등록 환자 중 7만 5천여 명이 제공한 10만개의 게놈 정보 분석 완료</li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 영국 보건부 산하 자회사인 Genomics England 설립하여 운영의 신속성 및 융통성 확보</li> <li>○ 환자의 이익을 위하여 NHS의 게놈의학 서비스 개설 및 미국 Illumina社와 공동연구 수행을 통한 신속한 분석 체계 확립</li> <li>○ 동의율 바탕으로 한 도의적이고 투명한 프로그램 운영</li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시퀀싱 도전과제 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Genomics England社는 최첨단의 시퀀싱 기기 개발에 투자, 초기의 결과들을 임상과정을 통해 더블체크하여 의사들의 중대결정 시 신뢰성 확보</li> </ul> </li> <li>○ 정보 도전과제 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 방대한 양의 DNA 분석 결과를 다룰 전문인력 양성 및 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 보안 도전과제 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대량의 환자정보 등의 보안을 위해 급격히 변화·발전하는 분야의 신기술을 유연하게 도입</li> <li>- 환자 본인과의 임상과학자들과의 협력 통한 현실적이고 효율적인 프로토콜 개발에 노력</li> </ul> </li> <li>○ 활용 도전과제 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 분석된 대량의 데이터를 일반 연구자들도 활용할 수 있도록 스피어포</li> </ul> </li> </ul>
기간/예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 프로젝트 기간(4년) 총 3억 파운드(약 4,583억 원)</li> <li>- 미국 Illumina社: 1억 6,200만 파운드(약 2,475억 원) 투자</li> <li>- Wellcome Trust: 2,700만 파운드(약 412억 원) 투자</li> <li>- NHS에서 2,000만 파운드(약 306억 원)</li> </ul>

전략명	Biodesign for the Bioeconomy
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지난 로드맵 발간 이후 3년간 있었던 큰 발전, 상업화 기회의 증가에 따라 합성생물학리더십위원회*는 유망 아이디어의 상업화·응용화 관련 전략</li> </ul>
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2030년까지 영국 합성생물학 시장 규모 100억 파운드(약 15조 442억 원) 달성</li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건강한 혁신 파이프라인, 능숙한 작업반 등을 통해 최첨단의 과학과 기술을 상업화</li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산업화 및 상업화 가속화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오디자인 기술 및 자산에 투자, 변형, 강화 지원하여 바이오경제 성장 도모</li> </ul> </li> <li>○ 혁신 파이프라인 역량 극대화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생산효율 증대 및 미래 기회 창출 위한 기반기술 연구개발 지속</li> </ul> </li> <li>○ 전문가 작업반 양성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오디자인 기술 교육, 훈련</li> </ul> </li> <li>○ 비즈니스 환경 조성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업에 적용되는 규제 및 거버넌스 시스템 합리화 및 이해당사자의 니즈</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>반영</li> <li>○ 국가적, 국제적 가치 창출 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영국의 합성생물학 커뮤니티와 영국 연구, 산업, 정책전문가와 통합하여 국제협력의 파트너로 활동 지원</li> </ul> </li> </ul>
기간/예산	

## - 독일

전략명	독일 바이오경제 2030(2011~16)(National Research Strategy BioEconomy 2030)
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 21세기 독일이 직면한 주요과제를 해결 위한 연구 활동 강화와 연구 혁신에 대한 새로운 접근법을 마련하여 독일 바이오경제 확립을 위한 전략</li> </ul>
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건강하고 충분한 글로벌 식량 공급과 재생가능한 원자재에 의한 양질의 제품 제공을 목표로 자연적 순환 중심의, 지속가능 바이오기반 경제 확립</li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 독일의 바이오경제에서 주도적 연구 및 혁신 센터로의 부상 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오기반 제품, 에너지, 프로세스 및 서비스의 성장 가속화</li> <li>- 글로벌 차원에서 독일 산업의 경쟁력 강화</li> </ul> </li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 글로벌 식량안보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2050년 95억에 달할 인류 위한 식량 안보 확보 필요</li> <li>- 육종기술의 현장적용 위한 기초연구프로젝트 지원</li> <li>- 개발도상국의 식량 문제 해결 위한 연구진흥활동 우선지원</li> <li>- 지역맞춤형 기후 예측 모델 개발 및 기후와 생물권의 상관관계 연구</li> </ul> </li> <li>○ 지속가능한 농업 생산 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후, 자연, 토양, 물, 공기 및 주요영양 보전에 대한 국제적 통상 개념 재정립 연구</li> <li>- 생물학적 다양성의 정량법 개발 및 국가적·국제적 차원의 미래지향적</li> <li>- 생물다양성 관리법 개발 필요</li> <li>- 자연친화농업 연구 지속 및 가축보건 위한 육종, 사료, 축사 혁신 연구</li> </ul> </li> <li>○ 건강하고 안전한 식품 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동물과 식물의 환경조건과 생산기술의 상호관계 규명 연구</li> <li>- 효율적이고 효과적인 인증시스템 개발을 비롯한 식품 생산 과정의 기술적·기관적 혁신 필요</li> </ul> </li> <li>○ 바이오매스 기반 에너지 매체 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동물/인류가 사용하지 않는 작물 등을 포함한 바이오매스 작물의 육종, 재배 및 처리법 개발을 위한 집중 연구 수행 필요</li> <li>- 지속가능성 기준 및 인증시스템 확립 위한 연구 필요</li> </ul> </li> </ul>
기간/예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2011년부터 2016년까지 총 20억 유로(약 3조 552억 원)</li> </ul>

전략명	Go-Bio 이니셔티브('05-'15)
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생명공학 분야 연구결과의 상용화 및 창업지원을 위한 이니셔티브를 10년간 수행</li> </ul>
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 투자자들의 투자 결정 시 스타트업 기술에 대한 높은 기대치와 실제 대학 등의 초기기술 간 갭 보완</li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선정과정을 거쳐 선정된 스타트업에 2~3년간의 연구 프로젝트 투자금 지원</li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 10년 간 총 5차 라운드 이상의 선정과정 통해 바이오분야 창업 지원 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 총 1억5천만 유로(약 1,976억 원) 지원</li> <li>- 1차 12개, 2차 10개, 3차 6개 스타트업의 지원</li> </ul> </li> <li>○ 총 39개의 선정 스타트업이 현재 신약 및 제약분야 서비스 개발 진행 중</li> </ul>
기간/예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3차('09) 6개 스타트업에 1,400만 유로(약 180억 원)</li> </ul>

- 프랑스

전략명	보건 및 생명과학 국립연합체(AVIESAN) ('09)
개요	○ 10개 주제별 복합연구조직체(ITMO)*를 중심으로 연구 활동의 행정절차 통합 및 간소화를 통해 연구 탁월성 및 합리적 연구 시스템 운영
비전 및 목표	○ 더 많은 협력과 파트너십을 통한 연구의 탁월성, 창조성 및 합리적인 연구 시스템 운영
전략	○ 각 주제별 복합 연구 조직체(ITMOs)는 정기적으로 프랑스 보건 및 생명과학 분야의 중요 연구 주제에 대한 현황 보고서를 작성하고 이 분야 연구 활동의 강약점을 분석을 통한 연구 프로젝트 수행
주요내용 및 중점분야	○ AVIESAN을 통한 국립보건의학연구소와 국립과학연구센터의 협력 사례:ATIP-Avenir 프로그램 - AVIESAN은 프랑스 정부가 프랑스 연구의 새로운 조직을 활성화시켜 보건의학 및 생명과학 분야의 연구성과를 한층 더 높이기 위한 의지의 결과물 - Aviesan의 내부 협력의 일환으로 국립보건의학연구소(INSERM)와 국립과학연구센터(CNRS), 두 중요 주체가 협력하여 ATIP-Avenir 프로그램을 운영 - ATIP-Avenir 프로그램은 모든 젊은 연구자들에게 개방되어 있으며, 연구 활성화를 위한 이동성을 장려하고, 수준 높은 연구팀에서 젊은 리더들을 채용하도록 돕기 위함 - 2009년에 두 기관이 파트너십을 맺은 것을 계기로, 각 기관이 운영하였던 프로그램을 "ATIP-Avenir"란 이름으로 합치고, 채용 루트를 단일화함 ○ AVIESAN의 공공-민간 파트너십: 보건 및 생명과학 분야의 공공부문 연구주체와 산업계 사이의 협력 강화와 서로에 대한 관심도를 높이기 위해 3개 조직의 보완적 모듈 형태로 협조 체계를 이루고 있음 - 범연구조직운영위원회(Comité de Pilotage Inter-Organismes, COPIO)는 10개의 ITMO를 포괄하는 운영위원회이며, 산업계를 포함함으로써 산업계 발전에 도움이 되는 도전적 프로젝트 구상 및 인증 - 연구의 협력 및 실용화를 위한 삼인위원회(COVALLIANCE)는 공공과 민간협력절차 간소화를 위한 임무 수행 - Aviesan의 협력장구(Guichet Aviesan Partenaire-GAP)는 보건 및 생명과학 분야의 경쟁력을 높이기 위하여 산업계가 학계의 연구 역량을 이용하도록 장려함
기간/예산	

- 벨기에

전략명	BioWin
개요	○ 왈로니아 지방정부는 지역경제 발전과 고용증대의 필요성을 절감하고 건강 및 의료 산업의 체계적인 육성을 위한 전략 제시
비전 및 목표	○ 왈로니아 지방의 혁신 촉진을 위한 개방적이고 협력적인 문화 형성 ○ 최고급 인적자본 육성 및 확보 ○ 공동의 인프라 및 기술 플랫폼 조성 ○ 바이오기술 관련 왈로니아 지방이 보유한 국제적 활용 확대
전략	○ 의료관련 응용기술 분야의 혁신연구개발 프로젝트를 발굴 및 지원
주요내용 및 중점분야	○ 기업고용 증가와 지역경제 활성화 - 2012년, 105개 회원사들의 직접 고용인원 : 1만 6천명 * 클러스터 조성 이전인 2005년 대비 71% 증가 - 27개의 R&D 프로젝트와 13개의 교육 프로젝트가 왈로니아 지방정부 승인 하에 추진 중이며 140여개 기관이 프로젝트 수행에 참여 ○ 의료·바이오기술 부문에 적합한 숙련 전문인력 양성을 위한 BioPharE, BioCell 등 다양한 장단기 교육프로그램 운영 ○ 클러스터 회원 기업들이 혁신활동을 수행하는데 필요한 기술 플랫폼이나 인프라를 조성하고 지원 ○ 의료·바이오기술 박람회 참여하고 외국 경쟁 클러스터나 건강관련 클러스터간 파트너십 구축 및 강화에 힘쓰고, 유럽내 여러 프로젝트에 참여

기간/예산	○ 2006년부터 클러스터 조성
-------	-------------------

□ 일본

전략명	제4기 과학기술기본계획(2011-2015)
개요	○ 과학기술 위험 및 전 지구적 문제에 대해 근본적인 성찰을 하게 되었고, 이러한 위기를 극복하고 새로운 번영을 추구할 도전적인 정책 마련 ○ 제4기 과학기술기본계획 중 '그린 및 라이프 이노베이션' 분야를 통해 바이오 전략 실현
비전 및 목표	○ (Green Innovation) 환경·에너지 선진국의 실현과 함께 지속가능한 순환형 사회실현 및 풍부한 국민 생활의 실현 ○ (Life Innovation) 의료·간호·보건 분야의 산업 창출 및 활성화, 고령화 및 질병대응을 위한의약품·의료기기 개발을 통해 심신이 건강하고 풍요로운 사회 실현
전략	○ 미래의 지속적인 성장과 사회발전 실현 - (그린이노베이션) 안정적 에너지 공급과 저탄소화 실현, 에너지 이용의 고효율 및 스마트화, 사회 인프라의 녹색화 및 환경 선진지구 구축 등 - (라이프이노베이션) 혁신적 예방법 개발, 새로운 조기진단의 신기술 개발 촉진, 안전하고 효과성이 높은 치료의 실현, 노인·장애인·환자의 삶의 질 향상
주요내용 및 중점분야	○ 그린 이노베이션의 추진 - 재생가능·분산에너지 시스템 구축, 에너지 공급원의 효율화·저탄소화 기술개발 - 화석자원의 효율적 이용, 생체 에너지 등 에너지 관리기술 개발 - 지구환경 관측의 강화, 관측 데이터 통합의 정보기반 기술 개발 ○ 라이프 이노베이션 추진 - 의료정보의 전자화·표준화·DB화, 감염·치매 등에 관한 연구 등 추진 - iPS 세포 제작방법, 줄기세포 등을 이용한 연구, 치료 장비의 개발 등 - 생활지원 로봇의 안전성에 관한 ISO 인증 취득 등 추진 - 의약품과 의료장비의 승인심사를 가속화하는 등 효율적인 시스템 정비, 임상연구와 임상시험에 관한 기반정비 등을 추진
기간/예산	○ (그린이노베이션) 2013년 약 1,203억엔 ○ (라이프이노베이션) 2013년 약 517억엔

전략명	의료분야 연구개발에 관한 종합 전략(2014)
개요	○ 건강의료 전략에 이어 일본재흥전략에서 제시한 보건의료 분야의 연구분야와 목표를 수립하고 새로운 연구개발 체제를 구축하기 위하여 '의료분야 연구개발에 관한 종합전략' 수립 ○ 현재 일본의 의료분야 연구개발 체제에 대한 문제점 등을 분석함으로써 각 분야 및 연구개발 단계의 과제 제시
비전 및 목표	○ (비전) - 국민에게 세계 최첨단의 의료를 제공하는 일본 - 의약품 및 의료기기 관련 분야의 생산력 향상 - 일본 의료의 국제적인 협력과 공헌 ○ (목표) 일본 재흥전략에서 제시한 보건의료 분야의 연구분야와 목표를 설정하고 새로운 연구개발 체제를 구축
전략	○ 의료분야 연구개발 과제 해결을 위한 10가지 전략 - 새롭게 구성되는 일원적 의료분야 연구개발체제 (건강의료전략추진본부 및 일본의료연구개발기구 등) 구축에 요구되는 구체적인 기능과 중점적 전략 제시 ① 기초연구 성과의 실용화를 위한 체제 구축 ② 의약품 및 의료기기 개발을 위한 새로운 체제 구축 ③ 근거(evidence)에 기초한 의료 실현 ④ ICT 관련 대응 전략 ⑤ 세계 최첨단 의료 실현을 위한 전략 ⑥ 국제적 관점에 기초한 추진전략 ⑦ 인재육성 ⑧ 공정한 연구수행 시스템 및 윤리, 법령, 지적재산권을 위한 환경정비

	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑨ 연구기반 정비</li> <li>⑩ 지적재산권 관리 전략</li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기초연구의 성과가 실용화로 연결되지 않는 부분을 지적하고, 의료분야 연구개발 관련 각 분야에서 해결해야 할 주요 과제 도출</li> <li>○ 의약품 및 의료기기 개발에 필요한 양질의 임상연구 추진을 위하여 중추적인 역할을 담당하는 임상연구 중심병원(가칭) 지정 추진</li> <li>○ 혁신적 의료기술의 실용화를 촉진하기 위하여 의료분야 연구개발 사령탑 기능 설치, PO·PD 활용 등 적극적인 대안 마련</li> <li>○ 기초연구에서 실용화까지 일관된 프로젝트를 실시하기 위하여 각 연구 분야별 추진 전략 및 성과 목표 제시</li> <li>○ 질병 영역에서 암, 정신·신경질환, 감염병, 난치병을 주요 연구대상으로 선정하고 이에 대한 집중 투자 추진</li> <li>○ 2014년 의료분야 연구개발은 신통립행정법인 일본의료연구개발기구 예산과 국가연구기관의 지원예산으로 분류하여 추진</li> </ul>
기간/예산	○ 2014년 건강의료전략추진본부에 투입된 금액 약 2,800억엔

전략명	건강·의료전략(2013)
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 아베정부는 국가성장전략에서 보건·의료분야를 주요 분야로 지정하고 경제 발전을 위한 성장동력의 일환으로 주목</li> <li>- 일본재흥전략 3대 실천계획 중 '국민 건강수명 증진' 테마 중심으로 세부 전략 수립</li> <li>- 과학기술이노베이션 종합전략 중 '국제사회를 이끌어가는 건강장수 사회 실현' 중심으로 9가지 대안 제시 및 중 단기 세부전략 수립</li> <li>○ 노다정부에서 수립한 의료혁신 5개년 계획의 일부를 재검토하여 새롭게 '건강의료전략'을 수립하고 관련 체제 정비</li> </ul>
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건강 장수사회 실현</li> <li>○ 경제성장에 기여</li> <li>○ 세계로 공헌</li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4개 분야에 대한 집중 추진</li> <li>- 신기술창출(연구개발, 실용화)</li> <li>- 새로운 서비스 창출(건강수명 연장 산업창출)</li> <li>- 신기술·서비스의 기반정비(신기술·서비스 기반 정비)</li> <li>- 의료기술·서비스의 해외진출</li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 신기술창출(연구개발, 실용화) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부의 연구개발 추진본부(일본판 NIH)를 설치하여 의료분야 연구개발 예산의 일원화 및 전략적·중점적 배분 추진</li> <li>- 의료분야 연구개발에 관한 종합전략 수립 검토</li> <li>- 국제수준의 질 높은 임상연구·임상실험이 확실히 실시되는 구조 구축</li> <li>- 세계 최첨단 의료실현 및 희귀질환·난치병 등의 미충족 의료수요에 대한 대응 전략 수립</li> </ul> </li> <li>○ 새로운 서비스 창출(건강수명 연장 산업창출) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 질병예방, 건강관리 서비스에 대한 개개인의 수요가 충족되는 사회를 구축하기 위한 전략 수립</li> <li>- EBM(근거)에 기초한 예방기술·서비스 방법 개발</li> <li>- 기술 및 방법 중심의 구체적 서비스 창출</li> <li>- 서비스 사업을 도입한 new health care 사회 시스템 확립</li> </ul> </li> <li>○ 신기술·서비스업 기반정비(신기술·서비스 기반 정비) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인적자원 활용 및 인재육성</li> <li>- 규제 및 규칙 개정</li> <li>- 특구제도를 활용한 신기술·새로운 서비스의 시행용 플랫폼 확보</li> <li>- 보험자의 ICT 사용 및 응용 추진</li> <li>- 초고령화 사회에 대응한 ICT 건강조정 모델 확립</li> </ul> </li> <li>○ 의료기술·서비스의 해외진출 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제 의료협력 체계 구축</li> <li>- MEJ를 핵심 조직으로 하는 구체적인 국제의료 사업 추진</li> <li>- 소외 열대질환 등과 관련한 의약품을 관련 연계를 통하여 개발·공급 지원</li> <li>- ODA 등을 활용하여 일본이 비교우위를 가지는 의료기기·서비스를 활용한 지원</li> </ul> </li> </ul>
기간/예산	○ 2013년 의료분야 연구개발 분야 약 1,725억엔

전략명	일본 의료 연구개발 기구(Japan Agency for Medical Research and Development, AMED)(2015)
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일본 의료분야의 R&amp;D·인프라 구축의 핵심역할을 담당하는 기관</li> <li>○ 문부과학성·후생 노동성·경제 산업성으로 다원화 되었던 의료 분야의 R&amp;D에 관한 예산을 총괄</li> <li>○ 기초 단계에서 실용화까지의 일관된 연구 관리, 의료관련 지적재산 관리, 임상연구 및 임상시험 등의 연구 지원</li> </ul>
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 의료 분야의 R&amp;D 수행 및 환경 정비</li> <li>② 연구 성과의 보급·활용의 촉진</li> <li>③ 1~2의 업무에 부대하는 업무</li> <li>○ 세계 최고 수준의 의료 서비스 실현과 건강 장수 사회의 형성</li> <li>○ 의약품 창출, 재생의료, 맞춤의료, 게놈의료 등 9개 분야의 연구에 대하여 2020년까지의 중장기 목표 설정</li> <li>* 9개 주요 연구분야 : 의약품, 의료기기, 임상연구 및 임상시험, 재생의료, 맞춤·게놈의료, 암, 정신·신경질환, 감염병, 난치병 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중장기 목표는 의료분야 연구개발 추진계획을 기반으로 한 것으로 각 분야의 연구개발에 대하여 5년간 달성해야 할 지표를 설정</li> </ul> </li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중앙 집중적 관리를 통한 연구개발 성과의 실용화 촉진을 위하여 다양한 역할을 담당</li> <li>- 의료분야의 연구개발 관리를 비롯하여 실용화를 위한 지원과 세계 각국과의 국제 공동연구 추진</li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 의약품 개발에 총 258억엔 투입(AMED 215억엔, In-House 연구 43억엔) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 혁신적인 의약품 창출을 위한 신약개발 지원, 네트워크 지원 기능을 강화하고, 질환등록 정보를 활용한 임상개발 인프라 정비</li> </ul> </li> <li>○ 의료기기 개발에 AMED가 146억엔을 투자 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 경쟁력을 가지고 세계 최첨단의 혁신적인 의료기기의 개발·사업화를 시작함과 동시에 의료기기 개발의 기업 인재육성 추진</li> </ul> </li> <li>○ 임상연구 등을 강화하기 위해 혁신적인 의료기술창출거점 프로젝트 <ul style="list-style-type: none"> <li>- AMED는 임상연구 관련 연구개발에 98억엔 투자</li> <li>- 임상연구 중심 병원을 적극적으로 활용하여 혁신적인 의약품 등의 개발을 추진함과 동시에 다른 혁신적인 의료기술 창출거점에서도 시즈 개발</li> <li>- 임상연구 계획의 제작 등을 지원하는 생물통계 전문가 및 임상연구를 실시하는 의사 등의 육성과 함께 국제공동임상 연구 추진</li> </ul> </li> <li>○ 재생의료의 실현화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- AMED는 재생의료 분야에 148억엔 투자</li> <li>- 안전성 확보를 위한 연구 개발, 임상연구 활성화, 임상 품질의 세로 스톱의 정비 등을 실시하고 기업 등에 의한 제품화를 지원</li> <li>- 각막 상피 질환, 심부전 등에 대해서는 임상연구 단계로 이행하고, 세포제조 기술개발 등 실용화를 위한 산업기반을 정비</li> </ul> </li> <li>○ 질병 극복을 위한 게놈 의료 실현화 프로젝트 <ul style="list-style-type: none"> <li>- AMED 89억엔, In-House 연구 24억엔을 각 각 게놈 의료 프로젝트에 투자</li> <li>- 게놈 의료 실현 추진 협의회가 제시한 방침에 따라 대처를 시작한다. 기존의 은행 등을 활용한 플랫폼으로 임상 게놈 정보를 통합 관리하는 데이터 베이스를 구축하고, 대상 질환 관련 연구개발, 임상 게놈 정보를 활용한 진단 지원 시스템의 정비</li> </ul> </li> <li>○ 재팬·캐서 리서치 프로젝트(AMED 167억엔) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unmet Medical Needs에 부응하는 신약약제의 개발, 라이프 스타이지와 암의 특성에 맞는 중점연구, 환자에게 친화적인 새로운 의료기술의 개발, 암의 예방과 조기발견방법에 관한 연구 등을 진행</li> </ul> </li> <li>○ 뇌와 마음의 건강 강국실현 프로젝트(AMED 96억엔) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 임상과 기초연구의 연계 강화를 통한 정신·신경질환의 극복, BMI 기술과 생물학의 융합에 의한 치료 효과 증진기술 개발, 치매연구의 등록·연계체계와 대규모 임상 공동연구체계 구축, 정신 의료의 진료방법의 표준화 및 치료법 개발 등을 추진</li> </ul> </li> <li>○ 신종·재흥 감염증 제어 프로젝트(AMED 66억엔, 인 하우스 16억엔) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에볼라 등 1류 감염증에 관한 연구를 포함한 새로운 진단약, 치료제, 백신의 개발</li> </ul> </li> <li>○ 난치병 극복 프로젝트(AMED 122억엔) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 의사주도 임상시험 등을 목적으로 한 비 임상 시험, 질환 특이적 iPS 세포를 이용한 비 임상 시험, 질환 특이적 iPS 세포를 활용한 신약 개발 등의</li> </ul> </li> </ul>

	연구 추진
기간/예산	○ 2015년 1,248억 엔(문부과학성 598억 엔, 후생노동성 474억 엔, 경제산업성 177억 엔) ○ 2016년 1,515억 엔(문부과학성 704억 엔, 후생노동성 599억 엔, 경제산업성 212억 엔)

전략명	제5기 과학기술기본계획(2016-2020) 중 바이오 정책
개요	○ 국가재정난으로 정부예산이 정제되고 있는 상황에서 부처 간 연계를 강화시키고 부처 간 중복에 따른 비효율성을 없애기 위한 정책
비전 및 목표	○ 세계 최첨단 의료기술 실현에 따른 건강장수사회 형성 ○ 지속 성장과 지역사회의 자율적 발전, 국가·국민의 안전, 삶의 질 향상, 글로벌 도전과제 대응 및 인류 발전에 공헌, 지식 재산의 지속 창출
전략	○ 의료분야연구개발추진계획((2014.7.22.): 의료분야 연구개발 등에 대한 시책의 기본적 방침과 정부가 집중적이고 계획적으로 추진
주요내용 및 중점분야	○ 기초과학연구를 통한 의료기술 개발 추진, 건강수명 연장 실현 ○ 의료제도의 지속성 확보필요 ○ 신약창출과 의료기기 및 의료기술 개발 실현을 통한 산업경쟁력 향상 및 경제성장 도모 ○ 건강의료전략추진본부 하에 건강의료전략 및 의료분야 연구개발추진계획에 기반한 일본의료연구개발기구(AMED) 중심의 연구개발 수행 ○ 이 외에도 일본의료기술을 활용한 국제사회 공헌, 의료 ICT 기반구축, 진료 정보 수집·활용 추진, 세계 의료정보협력, 민간 헬스케어 비즈니스 등 환경 정비를 2016년부터 향후 5년간 집중 추진할 계획 ○ (산업적측면) 의료·헬스케어 산업의 개혁을 추진 - 건강산업의 활성화와 질 높은 헬스케어 서비스 제공을 위한 정책으로 '재생의료 실현화 추진', '보험 진료와 보험 외 진료의 병용이 가능하도록 새로운 조직 장설', '신설 의료법인제도를 통한 산업연대 추진'이 그 핵심 ○ (연구개발분야) AMED를 중심으로 9개의 프로젝트 진행 - 범국가적인 의약품창출, 의료기기 개발, 혁신적 의료기술창출 거점 프로젝트, 재생의료 실현화 하이웨이 구상, 질병극복을 위한 계층 의료실현화 프로젝트, 일본 암연구 프로젝트, 뇌와 정신이 건강한 대국 실현 프로젝트, 신중·재발 감염병제어 프로젝트, 난치질환 극복 프로젝트 ○ (교육훈련분야) 바이오인재육성사업(2004-) - 건강·의료전략에서 건강·의료에 관한 최첨단 연구개발 및 신산업 창출에 관한 교육 진흥·인재 확보 등에 관한 방안을 제시하여 인재 육성 및 확보를 추진 ○ (기술이전/사업화) 건강의료전략추진법 제정(2014.5) - 일본이 보유한 기초과학 성과를 실용화에 연계하기 위하여 심사체제를 정비하고 벤처기업 성장지원 등을 추진
기간/예산	○ 2015년 바이오 분야 정부 예산 2,538억 엔 ○ 2016년 바이오분야 정부예산(요구) 3,014억 엔(의료분야가 약 2,300억 엔 차지)

□ 중국

전략명	국민경제 및 사회발전 제 12차 5개년(2011~2015) 계획
개요	○ 자기 지도부 경제정책의 청사진이라는 점에서 매우 중요한 의미를 가지며, G2로 부상하고 있는 중국 경제정책 방향을 제시 ○ 내수확대, 민생보장, 조화로운 지역발전, 추진, 산업구조조정과 전략산업 육성 등을 주요 정책방향으로 선정
비전 및 목표	○ 안정적이고 비교적 빠른 수준의 경제발전, 경제구조의 전략적 조정, 주민소득 증대, 사회건설 가속화, 개혁 개방의 심화
전략	○ 11차 5개년 계획이 '국부(國富)'에 초점을 맞춘 '경제성장'이었다면, 12차 5개년 계획은 '민부(民富)'에 초점을 맞춘 질적인 '경제발전'을 강조

주요내용 및 중점분야	○ 12차 5개년 계획의 핵심기조는 '포용성 성장' - 공산당 17기 중앙위원회 5차 전체회의개회 후 12차 5개년 계획 발표(10.10.) - 경제발전의 성과가 모든 국가, 지역, 인민에게 공정하게 미치고 소외계층을 보호하며 균형있고 조화로운 경제사회 발전을 구현한다는 개념 ○ 12차 5개년 계획의 주요내용은 12개 정책방향(실질적 11개 부문), 56개 주요내용이며, 7대 전략적 신흥산업을 중심으로 산업구조 고도화 및 가속화 추진	
	<b>정책방향</b>	<b>주요내용</b>
	경제발전방식의 전환	① 경제구조의 전략적 조정, ② 과학기술 진보와 혁신 역량 강화, ③ 민생보장과 개선, ④ 자원절약형 친환경 사회건설, ⑤ 개혁개방 추진
	내수확대	① 거시경제 조정능력 강화, ② 소비수요 확대를 위한 시스템 구축, ③ 투자구조의 최적화 및 조정
	사회주의 신농촌 건설	① 농업현대화 발전 가속화, ② 농촌 기초인프라 건설 및 공공서비스 강화, ③ 농민의 소득증대 경로 확대, ④ 농촌발전 시스템 개선
	산업경쟁력 제고	① 제조업 개조 및 고도화, ② 전략적 신 성장 산업 육성발전, ③ 서비스산업 발전 가속화, ④ 에너지산업 강화 및 종합 운수시스템 건설, ⑤ 정보화 수준 제고, ⑥ 해양경제발전
	조화로운 지역발전	① 지역발전을 위한 총체적 전략 실시, ② 주체 기능구 전략 실시, ③ 도시화 가속화 및 관리 강화
	자원절약형 친환경 사회 건설	① 기후변화에 적극적 대응, ② 순환경제 발전, ③ 자원절약 및 관리 강화, ④ 환경보호 강화
	혁신형 국가건설	① 과학기술 혁신능력 강화 및 시스템 개선, ② 교육개혁가속화
	사회건설 강화 및 공공서비스 시스템 건설	① 취업 촉진, 조화로운 노사관계 구축, ② 소득분배의 합리적 조정, ③ 사회보장 시스템 완비, ④ 의료개혁 가속화
문화산업 발전	① 문화사업 및 문화산업 발전, ② 문화 혁신 추진	
사회주의 시장경제 시스템 완비	① 기본적 경제제도 완비, ② 행정시스템 개혁 추진, ③ 세계 개혁 가속화, ④ 금융시스템 개혁	
호혜상생의 대외개방	① 대외무역구조 최적화, ② 외자유치 증대, ③ 조우추진 전략 가속화, ④ 국제 경제협력 및 지역통합에 적극 참여	
기간/예산		

전략명	국가 중장기 과학기술발전계획(2006~2020)
개요	○ 자주혁신, 중점도약, 발전지원, 미래선도 - 중국 자체 과학기술 개혁 혁신, 과학기술 종합 실력, 경제사회발전 및 국가안보를 위한 과학기술지원 능력을 강화
비전 및 목표	○ 자주창신 능력 강화, 과학기술 촉진 통한 사회발전 및 국가안정능력 향상, 기초과학과 미래 선도형 기술 연구 실력 향상 ○ '20년까지 GDP의 2.5% 수준인 9,000억 위안의 연구개발비 투입 - 중국 경제발전에 대한 과학기술의 기여도를 60% 이상으로 향상 - 국외 기술 의존도를 50%에서 30%로 감소
전략	○ 중국의 과학기술 이념을 확정하여 자주혁신 능력을 제고함으로써 혁신형 국가 건설을 위한 향후 15년 내 세계 과학기술 강국을 위한 전략
주요내용 및 중점분야	○ 11개 중점 영역별로 68개 우선 주제(연구과제) 선정 - 에너지, 수자원 및 광물자원, 환경, 농업, 제조업, 교통수업, 정보산업 및 현대 서비스 산업, 인구 및 건강, 도시화 및 도시발전, 공공안전, 국방분야 * 11개 중점 영역은 국가의 전략적 수요에 의해 선정되었으며, 68개 우선 주제는 11개 중점 영역 중 중대한 성과 달성 가능한 분야

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 16개 중요 전문 연구개발 프로젝트 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵심전자 부품, 고급 통용 칩, 기초 소프트웨어, 초대형 집적회로 제조·관련 기술, 차세대 광대역 무선이동 통신, 고급 디지털 선반 제조기술, 대형 유전/가스 개발, 대형 원자력 발전, 수질오염 제어·정비, 유전자변이 신제품 육성, 신약개발, 주요 전염병 예방, 대형 비행기, 고해상도 대기관측 시스템, 유인 우주선, 달 탐사 공경</li> </ul> </li> <li>○ 8대 최첨단 선도 기술영역 개발 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물기술, 정보기술, 신소재기술, 선진 제조기술, 선진 에너지원 기술, 해양 기술, 레이저 기술, 항공우주기술</li> </ul> </li> <li>○ 국가전략 미래기술 4대 분야 선정 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단백질 연구, 양자조절 연구, 나노 연구, 발육·생식 연구</li> </ul> </li> </ul>
기간/예산	

	<p>높은 인력의 육성·유치·배치를 위한 인재양성 시스템 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개방 및 국제협력 수준 제고 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학기술의 개방 및 국제협력을 위한 환경을 조성하여 글로벌 혁신자원을 흡수·활용함으로써 중국의 과학기술 혁신능력 제고</li> </ul> </li> <li>○ 시스템 개혁 및 전면적 국가혁신시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 체계적인 과학기술 시스템의 개혁 및 국가혁신시스템 구축을 통해 사회 전반의 효율적 과학기술자원 분배 도모</li> </ul> </li> <li>○ 과학기술정책 실천 강화를 위한 혁신환경 최적화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학기술정책·법규 및 혁신정책 관련 제반조치를 엄격하게 이행하여 과학 기술 진보와 혁신에 유리한 환경 조성</li> </ul> </li> </ul>
기간/예산	

전략명	중국 과학기술발전 제12차 5개년 계획
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과학기술의 진보·혁신을 통해, 국가12·5계획에서 밝힌 경제 발전 방식의 전환을 가속화하기 위해 수립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12차 5개년 계획의 전략을 반영한 과기분야 12차 5개년 계획</li> </ul> </li> <li>○ 혁신능력을 강화하여 과학기술의 지속적으로 발전 및 과학기술 성과의 상용화 강화</li> <li>○ 장기 과학기술 역량 강화에 중점과 함께 혁신을 제도화하고 개방을 강화</li> </ul>
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사회가 요구하는 과학기술의 역할을 혁신을 통해 경제발전 방식 전환을 가속화하는 것 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 질적 성장 가속화와 지속가능한 성장 추구라는 공통적 지향점</li> </ul> </li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중점 과학기술 전문프로젝트, 전략적 신홍산업 육성 등을 통해 산업고도화</li> <li>○ 기초연구와 선도기술연구 우선추진 및 혁신형 과학기술인재 양성</li> <li>○ 과학기술 혁신기지 및 플랫폼 구축</li> <li>○ 시스템 개혁 및 전면적 국가혁신시스템 구축에 과학기술정책 실천 강화를 위한 혁신환경 최적화</li> </ul>
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과학기술발전 제12차 5개년 계획은 국가12·5계획의 과학기술 관련 세부 하위 계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중대 과학기술 전문 프로젝트 실시 가속화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중대 과학기술 전문 프로젝트에 대한 집중적 투자를 통해 일정기간 내에 핵심기술과 제품을 개발함으로써 국가목표 실현에 기여</li> </ul> </li> <li>○ 전략적 신홍산업 육성 및 발전 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신홍산업의 발전을 뒷받침 하기 위한 주요 기술 및 범용기술 관련 분야에 우수한 연구역량을 집중하여 핵심 경쟁력 강화</li> </ul> </li> <li>○ 중점분야 핵심기술 발전을 통한 산업 고도화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중점분야의 핵심·중요기술 개발 및 지적재산권 확보를 통해 산업 고도화 및 민생개선</li> </ul> </li> <li>○ 기초연구와 선도기술연구 우선추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중국의 독자기술개발 능력 및 장기적 과학기술 발전능력 제고를 위해 기초 연구와 선도기술연구 강력 추진</li> </ul> </li> <li>○ 과학기술 혁신기지 및 플랫폼 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학기술의 발전·혁신능력을 향상시키기 위해 과학기술 자원의 최적배치, 자유로운 공유 및 효율적 이용을 가능하게 하는 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>○ 혁신형 과학기술인재 양성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 혁신형 과학기술인재 육성을 과학기술 정책의 최우선 과제로 삼고, 수준</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

전략명	국가전략적신홍산업발전규획/7대 전략적 신홍사업 육성정책																
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ '08년 글로벌 금융위기로 세계 시장이 불안정해지자 이후 민간 내수시장 확대와 지식경제, 순환경제, 저탄소경제발전이라는 세계적 트렌드 구현을 위한 육성 정책 마련</li> <li>○ 선진 과학기술의 토대에서 미래 과학기술과 산업 발전의 새로운 방향을 제시</li> </ul>																
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산업 혁신능력향상, 혁신·창업 환경개선, 성장 단계별 GDP 대비 목표설정 <ul style="list-style-type: none"> <li>- '20년까지 전략적 신홍산업의 GDP 내 비중을 15%까지 성장</li> </ul> </li> </ul>																
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 경제와 사회 발전상의 문제를 해결하고, 장기적으로 지속가능한 성장을 이루기 글로벌 경쟁력을 확보하기 위한 정책 추진</li> </ul>																
주요내용 및 중점분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 7대 신 성장 산업은 1)에너지절약·환경보호, 2)차세대정보기술, 3)바이오, 4)첨단장비제조, 5)신에너지, 6)신소재, 7)신에너지 자동차로 구성 후 20개의 세부 산업으로 분류 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">7대 신성장산업</th> <th style="width: 50%;">세부 산업</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>에너지절약, 환경보호</td> <td>고효율에너지절약산업, 첨단환경보호산업, 자원순환이용산업</td> </tr> <tr> <td>차세대정보기술</td> <td>차세대정보네트워크산업, 전자핵심기초산업, 첨단SW 및 신홍정보서비스산업</td> </tr> <tr> <td>바이오</td> <td>바이오의약품산업, 바이오의학공정산업, 바이오농업산업, 바이오제조산업</td> </tr> <tr> <td>첨단장비제조</td> <td>항공장비산업, 위성·응용산업, 철도교통장비산업, 해양공정장비산업, 지능형제조장비산업</td> </tr> <tr> <td>신에너지</td> <td>풍력에너지산업, 태양에너지산업, 바이오매스산업</td> </tr> <tr> <td>신소재</td> <td>신소재산업</td> </tr> <tr> <td>신에너지</td> <td>신에너지자동차산업</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ 바이오 부문 주요 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오산업을 하이테크 영역의 주력산업, 국민경제의 주도산업으로 육성할 것을 목적으로 유전공학약품, 화학합성신약, 신형백신과 진단시약, 현대 중의약, 바이오 의학제품 산업화 등 자주적인 지적재산권의 바이오 의학 품종 개발에 노력</li> <li>- '10년 부가가치 5천억 위안 이상 GDP의 2% 이나, '20년 2조 위안 GDP 4% 이상을 실현하여 바이오기술 및 산업 강국으로 발전할 것을 목표로 제시</li> <li>- 바이오 과학과 산업 발전의 8대 중점분야 : 1) 생명과학선진기술 연구 강화, 2) 농업 바이오 기술, 유전자 신제품 육성 가속, 3) 바이오 의약 기술 비약적인 발전, 4) 공업 바이오 및 현대 발효 기술 발전, 5) 바이오매스 에너지 가속화, 6) 환경생물기술 연구와 응용 가속화, 7) 생물자원개발과 육성, 8) 생물안전 연구</li> <li>- 8대 중점분야에 대한 3단계 전략 <ul style="list-style-type: none"> <li>① 단계 : 기술누적단계, '10년 전후 5천~8천억 위안 규모의 바이오 기술 산업 형성</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	7대 신성장산업	세부 산업	에너지절약, 환경보호	고효율에너지절약산업, 첨단환경보호산업, 자원순환이용산업	차세대정보기술	차세대정보네트워크산업, 전자핵심기초산업, 첨단SW 및 신홍정보서비스산업	바이오	바이오의약품산업, 바이오의학공정산업, 바이오농업산업, 바이오제조산업	첨단장비제조	항공장비산업, 위성·응용산업, 철도교통장비산업, 해양공정장비산업, 지능형제조장비산업	신에너지	풍력에너지산업, 태양에너지산업, 바이오매스산업	신소재	신소재산업	신에너지	신에너지자동차산업
7대 신성장산업	세부 산업																
에너지절약, 환경보호	고효율에너지절약산업, 첨단환경보호산업, 자원순환이용산업																
차세대정보기술	차세대정보네트워크산업, 전자핵심기초산업, 첨단SW 및 신홍정보서비스산업																
바이오	바이오의약품산업, 바이오의학공정산업, 바이오농업산업, 바이오제조산업																
첨단장비제조	항공장비산업, 위성·응용산업, 철도교통장비산업, 해양공정장비산업, 지능형제조장비산업																
신에너지	풍력에너지산업, 태양에너지산업, 바이오매스산업																
신소재	신소재산업																
신에너지	신에너지자동차산업																

	② 단계 : 산업굴기단계, '15년 전후로 바이오산업 총생산액을 1.5억 위안 목표 ③ 단계 : 지속발전단계, '20년 전후로 바이오산업 총 생산액이 2.5만~3만 억 위안 목표
기간/예산	○ 신에너지 : 2011~2020년 5조 위안 투자

전략명	중국제조 2025
개요	○ '제12차 5개년 계획('11-'15)'에서 전략산업 육성을 추진하였으나, 주요국의 제조혁신 전략에 대응하기 위해 '중국제조 2025' 전략 수립
비전 및 목표	○ '25년에 제조대국에서 제조업 강국에 진입하고, '35년에 제조업 강국으로 부상하여 독일, 일본 추월 ○ 총 30년 기간의 국가전략을 통해 제조업 강국 건설 - ① 2015년~2025년 세계 제조업 강국 진입, ② 2025년~2035년 세계 제조업 강국 중위권 진입, ③ 2035년~2045년 세계 제조업 선두국가 진입 목표
전략	○ 2025년까지 제조강국 대열 진입 - 향후 30년을 3단계(1단계(15~25년), 2단계(25~35년), 3단계(35~49년))로 구분하여 산업구조 고도화 계획
주요내용 및 중점분야	○ 제조업 경쟁력 강화를 위해 R&D 투자를 지속적으로 확대 - 일정 규모 이상 제조업체의 매출액 대비 R&D 지출 비중을 지속적으로 확대 - 또한, 일정 규모이상 기업의 핵심 공정에 사용되는 컴퓨터 수치제어 비중을 '25년 64% 수준으로 확대할 계획 ○ '중국제조2025'의 10대 핵심산업 선정 - 차세대 정보기술, 고정밀 수치제어 및 로봇, 항공우주장비, 해양장비 및 첨단기술선박, 선진케도교통설비, 에너지절약 및 신에너지 자동차, 전력설비, 농업기계장비, 신소재, 바이오의약품 및 고성능 의료기기* 등 * 중증질환을 대상으로 한 화학의약품, 중의약품, 바이오의약품을 개발, 의료기기 혁신성 및 상용화 수준을 제고, 영상장비·의료용 로봇 등 고성능 진료장비 및 혈관 내 완전분해 스텐트 등 고부가가치 의료용 소모품을 개발, 웨어러블, 원격 진료 등 모바일 의료서비스에 필요한 제품을 개발, 바이오 3D 프린터 등 첨단기술을 개발 및 응용 확대 ○ 중국의 산업정책은 주로 독일을 모델로 삼고 있으며, '중국제조 2025'도 독일 'Industry 4.0' 개념을 벤치마킹하여 수립
기간/예산	

전략명	중약(中藥)현대화/국제화공정, "Reverse Pharmacology"
개요	○ 중국 전통의약의 'TCM(Traditional Chinese Medicine)'이라는 국가브랜드로 발전시키기 위한 인프라 강화 - 160여 개 국가 및 지역에 전파, 70여 개 국가와 중의약 내용이 포함된 국가 협의의 95건 및 전문 중의약 분야 협의의 45건을 체결 - 세계중의약학회연합회, 세계중약학회연합회가 포함된 국제 중의약학회에 전세계 55개 국가(지역)의 186개 학회가 가입 - 중국 내 46개 기관을 중의약 국제협력기지로 선정, 중의약 홍보를 위한 거점으로 전세계에 산재한 457개 중약학원을 적극 활용
비전 및 목표	○ '08년 2,000억 달러 규모에서 '50년 5조 달러 규모로 추정되는 세계 천연물 의약시장을 제패
전략	○ 전통 생약재를 현대 과학적으로 재해석하여 천연물 의약 개발
주요내용 및 중점분야	○ 중국 천연물신약개발의 기본방향은 'Reverse Pharmacology' 전략 - 전통 생약재 및 처방을 토대로 활성물질 규명파 전임상/임상연구를 통한 약물후보군 또는 처방군을 개발하는 방법 - 개발비용 및 소요기간을 합성신약 개발보다 절감할 수 있어, 만성질환군의 치료제 개발에 최적의 전략 ○ 내부역량 강화 및 해외 지적자원의 효율적 활용과 네트워크 구축

	- 우수 중약재 규범화 생산기술체계 건립, 우량 중성약의 현대화 및 국제화 시범연구, 중약계열의 표준규범 설립 프로그램 등 추진 ○ 전략 추진을 위해 범부처 차원의 지원시스템 및 전방위 협력네트워크 구축 - 중의약과학발전요강(2002~2010) ⇨ 중의약혁신발전규획요강(2006~2020) - 세계 각국과의 중의약국제과학기술협력에 대한 지원 확대 등 국제협력 강화 ○ 국무원이 주도하는 국가 핵심과제로8개 부처가 공동으로 "중의약과학발전요강(2002~2010)"을 제정, 이후 국무원 산하 16개 부처 및 위원회가 공동으로 "중의약혁신발전규획요강(2006~2020)"을 공포·시행 - 상무부, 외교부, 과학기술부, 교육부, 문화부가 보유한 국제협력·무역지원·해외지원 자금을 총동원하여 전세계의 지적자원을 중약현대화에 활용하는 중약 대외협력교류사업을 지원하도록 규정
기간/예산	○ 2008~2009년 82억 위안(1.4조 원)

### □ 제 3국

#### - 인도

전략명	Twelfth Five Year Plan*(2012-2017)
개요	○ 바이오경제의 전반적인 성장 및 전략 분야로 육성하기 위해 인력, 제도 등 인프라 육성 집중을 위한 계획 마련
비전 및 목표	○ BT를 전략 분야로 발전시키기 위한 BT 연구개발 및 혁신 촉진
전략	○ BT 응용 분야 확산 및 19개 세부 추진 사항을 통해 역량 강화
주요내용 및 중점분야	○ Twelfth Five Year Plan 중 바이오와 관련된 내용은 생물공학부(Department of Biotechnology) 주도의 주요 19개 추진 사항이 있음 ① 바이오 및 다학제 간 분야의 연구학자 및 과학자 등 가능한 인력 확충 ② 기관 및 대학 등 핵심기관들의 연결 및 지원을 통한 바이오경제 및 사회적 영향력 증진 ③ 학제간 과학 연계, 혁신 등을 통한 진로 확장 및 다양화 ④ 규제과학(regulatory science) 및 인프라 강화 ⑤ 기존의 자율적 R&D 기관 확장 ⑥ Faridabad, Mohali, Kalyani, Hyderabad에 바이오 클러스터 확충 및 시범 운영(commissioning) ⑦ 대학/기관 등 장기지원을 위한 DBT Grant-in-Aid, 협력 연구 및 중개센터 설립 ⑧ 제11차 계획(Eleventh Plan)의 'Grand Challenge Programme' 계획 재정비 ⑨ 기존 연구자원, 시설 및 서비스 보강 및 신규 설립 ⑩ 최첨단 분야의 연구, 교육, 기술개발 등 파트너십을 위한 국제 협력 활용 ⑪ 새로운 혁신적 투자 계획 ⑫ 혁신 촉진 및 우선순위 분야에 대한 전략적 투자 ⑬ 차세대 바이오기술 산업 촉진 ⑭ 상품 개발을 위한 기술인수, 이전 및 라이선싱 ⑮ 생명공학 관련 공공인식 및 이해증진을 위한 커뮤니케이션 플랫폼/시스템 구축 ⑯ 법률제도 및 법령 신속화 ⑰ 제11차 계획의 주요 계획 강화 및 통합 ⑱ 생명공학 관련 정책 연구 및 분석 촉진 ⑲ 유망 분야의 새로운 자율적 국가연구센터 및 기관 설립
기간/예산	○ 2012~2017년 바이오 분야 예산은 11,804크로(약 2.2조원)

- 싱가포르

전략명	One-North Project(2001-2020)
개요	○ 경기침체 및 싱가포르의 높은 노동비용 여파로 인한 다국적 기업들의 이전 방지 및 외자유치를 위해 싱가포르 서남부 지역을 연구개발 도시로 만들기 위해 1단계(2001~2010년), 2단계(2008~2015년), 3단계(2012~2020년)로 추
비전 및 목표	○ 바이오·메디컬, ICT, 미디어 등 주요 성장 동력 산업 집중을 통한 세계의 바이오 허브 구축
전략	○ 국영 생물공학 연구단지 건설 및 유비쿼터스의 접목으로 '세계의 허브'로 재탄생 및 외국기업, 인재 유치 등의 전략 강화
주요내용 및 중점분야	○ 싱가포르의 최첨단 BT 연구단지 '바이오폴리스(Biopolis)' 건설 - 싱가포르 정부는 경제개발청(Economic Development Board, EDB), 바이오 원 캐피탈(BIO One Capital), 싱가포르과학기술연구원 산하 바이오메디컬연구소(BMRC) 등을 삼각 축으로 바이오·메디컬 연구개발 허브 육성을 위한 시스템 구축 - 약 18만 5천m <sup>2</sup> 의 부지에 바이오기술을 위한 공공연구소, 민간 바이오 기업, 병원 및 서비스기업들이 연계하여 입지 - 바이오폴리스는 2004년 1단계 완성*, 2006년 10월 2단계, 2009년 말 3단계가 완료되어 현재 전체 26만 3,500m <sup>2</sup> 부지에 9개의 건물동 구축 * 1단계 완성 후 7개 건물들이 스카이 브리지로 연결되었으며, 노바티스(Novartis)나 글락소(GlaxoSmithKline) 등 글로벌 바이오기업들이 입주 - 기업 외에도 싱가포르의 바이오연구개발을 관장하는 싱가포르과학기술연구원(A*STAR) 산하 기관이 입주했으며, 바이오메디컬연구소(BMRC)와 과학기술 연구회(SERC)는 각 7개의 산하 연구기관을 통해 부분별 기초 R&D 주관 - 글로벌 바이오 첨단기업 유치를 위해 토지임대 인센티브 제공 * 원 노스의 토지는 30년, 50년, 60년, 99년 임대방식으로 공급
기간/예산	○ 2001~2020년 150억 싱가포르달러(약 10조원)

전략명	Research Innovation Enterprise 2020
개요	○ 지난 'Research Innovation Enterprise 2015(RIE2015)'의 연장선으로 연구, 혁신, 기업 지원을 위한 지속적 방안으로 마련 ○ 신진 제조·공학, 보건·바이오메디컬, 서비스·디지털 경제, 도시문제 해결 및 지속 가능성 등 4대 중점 분야에 집중 투자
비전 및 목표	○ 국가 도전 과제 해결책 강구 ○ 기업들의 혁신·기술 강화 ○ 가치 창출을 통한 성장 동력 강화
전략	○ 싱가포르의 산업 R&D 능력 증진, 혁신 기업 창출 및 국가적 수요 충족
주요내용 및 중점분야	○ 보건·바이오메디컬 - 국민건강 및 경제가치 창출을 통한 선도적 중심지 추구 ○ 신진 제조·공학 - 제조·공학 분야의 성장 및 경쟁력을 지원하기 위한 기술 능력 개발 ○ 서비스·디지털 경제 - 생산성 증대, 주요 서비스 지원, 지속가능한 경제적 기회 및 일자리 창출 등을 목표로 싱가포르의 디지털 혁신 능력 활용 및 개발, 통합 ○ 도시 문제 해결 및 지속 가능성 - 글로벌과의 통합솔루션을 통한 지속 가능 및 살기 좋은 도시 개발
기간/예산	○ 2016~2020년 보건·바이오메디컬 분야 예산 40억 달러(약 4.7조원) * 전체 예산 : 2016~2020년 190억 달러(22조원)

- 브라질

전략명	PDP(Productive Development Partnership, 2009~)
개요	○ 브라질 자국 내 의약품 수입 장벽을 높이거나 의약품 생산능력을 높여 자국화 및 수출확대를 유도하기 위해 시행 ○ (보건부)PDP 생산 계획 제품공시 → 민간파트너와 계약 체결 → (기업) 기술이전·합작투자 제공 → (보건부) 생산된 제품의 독점 구입(5년)을 보장
비전 및 목표	○ 민관합작투자회사(Public Private Partnership)의 일종으로 90년대 후반 개발 개발도상국에서 필요한 보건 수요 충족
전략	○ 브라질 정부와 계약을 체결한 브라질 국영 제약사와 해외 제약사와 기술이전/ 합작투자를 통한 현지생산
주요내용 및 중점분야	○ PDP 제도를 통해 국영 제약사는 의약품 수입 의존도를 줄이면서, 동시에 생산능력 및 기술력 향상, 매출액 상승효과 - 공공-민간 기술 교환과 공유를 통한 경쟁력·생산성 향상 기대 ○ PDP 프로젝트를 통해 현지 생산을 통한 현지 전문인력 양성과 무역수지 개선 가능하므로 경제적 효과 기대 * 의약품 생산 자국화를 통해 연간 5억 달러 수준의 의약품 수입규모 감소 - HPV 백신은 5년 이내 5,419만 달러 절감, 임산부를 위한 Tdap 백신은 5년 이내 1,302만\$ 절감 효과 발생 기대 ○ PDP프로젝트 진행 현황 - 총 104개의 PDP 프로젝트 계약 체결(의약품 66개, 관련 제품 19개, 백신 7개, R&D 5개, 19개 브라질 국영기업 및 57개 민간기업 참여('14) - Pfizer, GSK, J&J 등과 같은 다국적 대기업들은 브라질 법인을 통해 PDP 프로젝트 참여
기간/예산	

[부록5] 연구자 의견 수렴 및 전문가 자문

1. 다부처 유전체 자문 회의 결과 (1차)

- 일시: 2016년 5월 12일
- 회의 장소: 서울역 티원
- 회의 참석자: 총 11명
- 회의 내용

1) 현행 국내 유전체 연구의 한계

- 현재 NGS를 이용하는 유전체관련 과제는 상호 연계 없이 개별적으로 필요한 유전체 분석 기술 습득/활용에 그치고 있으며 외부업체를 통한 NGS 데이터 생산으로 인한 시간적 비용적 한계 (저효율 고비용)를 보이고 있음
- 국제적으로 다양한 유전체 분석 신기술이 개발되고 있으나 국내에서 이러한 기술을 실제로 활용한 사례가 매우 부족함 (최신 ChIP-Seq 관련 기술 및 3C 관련 크로마틴 구조 분석 기술 테이블 참조)
- 정책적으로 고위험 고임팩트형 선도 원천개발 관련 체계적 지원 부재
- 기개발된 다양한 유전체 분석 기법을 서비스해 줄 기관/업체 부재
- 고급 유전체 분석 전문 기술 공유 및 확산에 대한 이해 부족
- 미국 대비 고비용의 NGS 유전체 데이터 생산에 따른 연구비 낭비 및 경쟁력 저하

Table 1. Current ChIP sequencing methodology

Method	Key feature	Fragmentation	Sample	Mark	Description	Ref
ChIP-	genome-	Sonication	Human	20	ChIP on crosslinked	High-Resolution

seq	wide			histone methylation, H2AZ, RNAPII, CTCF	chromatin by Formaldehyde Use antibodies against histone methylation marks and TFs	Profiling of Histone Methylations in the Human Genome Cell 2007; 129: 823-837
Carrier-ChIP	Low input (104 cells)	Sonication	Mouse	TF	Add mRNA and recombinant histone H2B as the carrier to the lysate mixture	Epigenetic characterization of the early embryo with a chromatin immunoprecipitation protocol applicable to small cell populations Nat Genet 2006; 38: 835-841
Sono-seq	No IP	Sonication	Human Yeast	RNAPII, H3K4me3, H3K27me3, DNA methylation	Use sonication and size selection to map locations of high chromatin accessibility in promoter region	Mapping accessible chromatin regions using Sono-Seq PNAS 2009; 106: 14926-14931
Nano-ChIP	Low input (104 cells)	Sonication	Mouse	H3K4me3	Use optimized ChIP conditions, only works for highly abundant marks	Genome-wide chromatin maps derived from limited numbers of hematopoietic progenitors Nat Methods 2010; 7: 615-618
ChIP-exo	High resolution	Sonication	Yeast Human	TF	Use lambda exonuclease to digest chromatin from 5' to 3' end until the sites of protein-DNA crosslink It has single-base resolution	Comprehensive Genome-wide Protein-DNA interactions detected at single-nucleotide resolution Cell 2011; 147: 1408-1419
ORGANIC	High resolution	MNase digestion	Yeast Fruit Fly	TF	ChIP on native chromatin It can detect TF binding in less accessible regions	High-resolution mapping of transcription factor binding sites on native chromatin Nat Methods 2014; 11: 203-209
SAP-ChIP	Spike-in	Sonication	Mouse	TF, RNAPII	Add a small quantity of human chromatin as the spike-in control for mouse ChIP	Quantifying ChIP-seq data: a spiking method providing an internal reference for sample-to-sample normalization Genome Res 2014; 24: 1157-1168
ChIP-Rx	Spike-in	Sonication	Human Fruit fly	H3K4me3, H3K79me2	Use Drosophila cells as spike-in control Mix cells during nuclei isolation step in ChIP	Quantitative ChIP-Seq normalization reveals global modulation of the epigenome Cell Rep 2014; 9: 1163-1170
LinDA	Low input (5x104~105 cells)	Sonication	Human, Mouse	H3K4me3, TF	T7 RNA polymerase-based protocol for linear amplification of ChIP DNA	Single-tube linear DNA amplification (LinDA) for robust ChIP-seq Nat Methods 2011; 8: 565-567

					It involves complicated library construction step	
ICe-ChIP	Spike-in	MNase digestion	Human, Mouse	H3K4me3 H3K9me3 H3K27me3 H3K36me3 K3K79me2	Add a pool of semisynthetic nucleosomes bearing a given mark in a DNA-barcoded concentration series	Calibrating ChIP-Seq with Nucleosomal Internal Standards to Measure Histone Modification Density Genome Wide Mol Cell 2015; 58: 886-899
CETCh	CRISPR epitope tagging ChIP	Sonication	Human, Mouse	Cohesin TF	Use CRISPR-Cas9 system to insert an epitope (Flag) in place of the stop codon of an endogenous TF	CETCh-seq: CRISPR epitope tagging ChIP-seq of DNA-binding proteins Genome Res 2015; 25: 1581-1589

Table 2. Current 3C-based methodology

Method	Key feature	Interaction	Sample	Description	Ref
3C	simple DNA looping	one-to-one	Yeast	chromatin is fixed and digested with a restriction enzyme Sticky ends of the cross-linked DNA is relegated and the ligated loci is assessed by semi-qPCR or qPCR with specific primer set	Capturing chromosome conformation Science 2002; 295: 1306-1311
4C	Cheap and high resolution	one-to-all	Mouse	Ligated 3C template is processed with a second round of DNA digestion and ligation to create DNA circles Using view-point specific primers, inverse PCR is performed. Then they are analyzed by NGS	Circular chromosome conformation capture (4C) uncovers extensive networks of epigenetically regulated intra and interchromosomal interactions Nat Genet 2006; 38: 1341-1347
5C	multiplex ligation-mediated amplification (LMA)	many-to-many	Human	3C template is hybridized to a mix of oligonucleotides, Pairs of oligonucleotides corresponding to interacting fragments are juxtaposed on the 3C template and can be ligated together All ligation products can subsequently be amplified simultaneously in a multiplex PCR reaction	Chromosome conformation capture carbon copy (5C): A massively parallel solution for mapping interactions between genomic elements Genome Res 2006; 16:1299-1309
6C	combined 3C-ChIP-cloning	many-to-many	Human	The first step involves conventional 3C. Immediately after ligation, the chromatin is IP using an Ab against the protein of interest. The cross-links are reversed, and the DNA is purified further. Then cloned into a vector generated by the 3C portion of the protocol	A novel 6C assay uncovers Polycomb-mediated higher order chromatin conformation Genome Res 2008; 18: 1171-1179
Hi-C	Expensive Huge amount of information require extensive BI	all-to-all	Human	Before ligation, restriction ends are biotin-labeled following a blunt ligation, DNA is purified and sheared, and a biotin pull-down is performed. Reads are mapped in the genome, and scored as an interaction between two fragments	Comprehensive mapping of long-range interactions reveals folding principles of the human genome Science 2009; 326: 289-293
Capture-C	high-throughput high resolution	all-to-all	Human	combines 3C and next-generation sequencing with oligonucleotide capture technology (OCT)	Analysis of hundreds of cis-regulatory landscapes at high resolution in a single, high-throughput experiment Nat Genet 2014; 46: 205-212
Capture Hi-C	high-throughput high resolution	all-to-all	Human	combines Hi-C with the hybridization-based capture of targeted genomic regions	Mapping long-range promoter contacts in human cells with high-resolution capture Hi-C Nat Genet 2015; 47: 598-606
ChIP loop	simple DNA looping	one-to-one	Human Mouse	combines 3C and chromatin immunoprecipitation	Loss of silent-chromatin looping and impaired imprinting of DLX5 in Rett syndrome Nat Genet 2005; 37:31-40
ChIA-PET	combine 3C with ChIP	all-to-all	Human	It analyzes ligation junction formed between DNA sites pulled down with an antibody against a protein of interest	An oestrogen-receptor- $\alpha$ -bound human chromatin interactome Nature 2009; 462: 58-64

## 2) 다부처 협의체 기능 강화의 필요성

- 운영예산을 미래부에서 확보하고 사무총장 직 신설을 통해 공동사무국을 운영함으로써 안정적인 사무국 형태의 컨트롤 타워 설정이 필요함
- 다부처 공동 사업 추진을 위해서는 과제책임자 중에서 코디네이터를 지정하고 운영함으로써 효율적인 사업이 추진될 수 있도록 방향 설정이 요구됨

## 3) 부처별·분야별 특수성을 고려한 다부처 유전체 사업 진행

- 현재 이루어지고 있는 부처 간 공동연구의 대상은 부처별 특수성을 고려하지 않은 경우가 많아 매우 인위적이며 시너지를 얻기 힘든 구조이며, 공동연구 파트너를 찾기가 어려운 구조임
- 각 부처별 특수성을 인정하고, 이를 고려함으로써 공동연구 대상의 적합성 및 가능성을 판단하는 것이 우선시되어야함
- 4개 분야 (질병/농생명해양/산업화/원천기술)의 목표에 맞게 사업을 진행하는 것이 바람직한 산업화의 경우, NGS 진단 등의 기술은 규제 개선을 해야만 보험급여 반영 등이 가능하며 산업계도 하나의 수요자라는 인식을 가지고 다부처 유전체 사업이 추진되어야함
- 해양수산부의 해양생물 등의 연구는 부처의 고유성과 특수성 인정
- 부처 간의 용어 정리가 필요하며 현장 중심의 실무교육이 이루어지는 것이 중요함

## 4) 유전체 기반 원천 기술 관련 분야의 투자 활성화 필요

- 현재는 유전체 기술과 정보의 활용 및 응용에만 초점을 맞춘 투자가 주를 이루고 있지만, 아직까지도 해외 기술의 의존도가 높은 상황임
- 유전체 기술 분야의 선두그룹인 미국의 경우 현재에도 원천기술 확보 및 개발에 대한 투자가 지속적으로 이루어지고 있으며, 투자의 규모를 강화하고 있음 따라서 국내 유전체 사업 추진 역시 원천 기술 개발과 같은 분야에 적극적인 투자가 이루어져야함

- 유전체 기반 원천 기술 확보를 위해 물리, 화학 등 다양한 분야의 전문가가 협력할 수 있는 분위기 조성이 필요함

## 5) 유전체 기술 관련 전문 인력 양성을 위한 대안 제시

- 방대한 유전체 정보를 다룰 수 있는 국내 유전체 기술 관련 전문 인력 수가 매우 부족한 상황임 간헐적인 교육을 통한 인력 양성이 아닌 체계적인 교육 프로그램 이수를 통한 전문 인력 양성이 우선시되어야함
- 개인 맞춤형 치료제 및 진단법 개발을 목적으로 현재 병원에서는 유전체 데이터의 저장, 관리 및 분석을 담당할 수 있는 생물정보학자들을 많이 필요로 하는 상황이지만 충분한 인력을 확보하고 있지 못한 상황임 향후 병원에서 필요로 하는 생물정보학 인력은 더욱 질실해질 것으로 예상됨
- 유전체 및 생물 정보 기술 관련 전문 인력 양성을 위해서는, 각 각의 특수성에 맞는 세분화된 교육 프로그램 구축을 통해 효과적인 인력 양성을 위한 기반을 마련해야함

### < 그림 19 > 분야별 특성을 고려한 국내 유전체 관련 전문 인력 양성

- 유전체 연구 분야의 선두그룹(해외) 사례를 보면, genome center 별로 체계적인 인력양성이 이루어지고 있는 상황임
- 유전체 기술 관련 전문 인력 양성을 위해서는, 대학에서부터 체계적인 교육 시스템을 구축하는 것이 중요함 유전체 기술 관련 신설 학과(예, genomescience) 신설 등의 구체적 대안 수립이 필요함
- 유전체 원천기술, 산업화, 실용화별 전문 인력 양성이 필요하며 core facility, KOBIC, 학회 등을 중심으로 교육하는 것이 바람직해보임

- 공동연구 사업을 통한 산업체 중심의 인력양성이 이루어진다면 연구자에게 파급효과가 클 것으로 기대됨
- 유전체 및 생물 정보 분석에 대한 투자가 미비한 상황에서 개별사업을 통한 전문 인력 양성은 효과적이지 못함 유전체 전문 인력 양성을 위한 장기적인 교육과정과 지역별 교육과정 신설이 필요함

## 6) KOBIC의 기능 및 역할 설정

- 다부처 사업에서의 KOBIC 예산이 5억에 머무르고 있으며, 이는 다부처 유전체사업에서 KOBIC이 맡은 역할을 수행하기에는 제약이 많은 것으로 판단됨
- KOBIC의 경우 발표된 논문 중심으로 유전체정보를 확보하고 수집하는 것이 필요함
- 연구자 개개인이 보유하고 있는 데이터 (raw data)들의 back-up을 KOBIC에 의뢰함
- 다부처 유전체 관련 정보를 수집 및 제공하고 있지만 물리적으로 모든 유전체 빅데이터들을 KOBIC에 모을 필요는 없다고 판단됨
- KOBIC이 유전체 정보의 전반적인 관리를 맡음으로써 유전체 정보를 필요로 하는 연구자가 KOBIC을 통해 정보의 위치를 알 수 있도록 하는 organizer 역할을 수행할 필요 있음
- 데이터 수집의 문제점을 개선하기 위해, 필요시 데이터를 가지고 있는 기관의 인증 및 유지/관리를 KOBIC이 할 수 있도록 지원하고 사이트를 링크해주는 방식을 고려할 필요 있음

< 그림 20 > KOBIC의 기능

## 7) 국내 유전체 연구의 한계 극복을 위한 방안

- 기 개발된 다양한 유전체 분석 전문 기술의 도입 및 차세대 선도형 유전체 분석 신기술 개발 지원
- 연구 대상 세포나 모델이 다르다고 할지라도 동일한 유전체 분석 기술을 도입, 활용할 수 있는 연구 과제를 묶어 유전체 분석 기술 유형별 공동연구 과제 재편성 및 지원을 통한 유전체 분석 기술 활용도 제고
- 개인 연구가 아닌 공익 목적의 대규모 유전체 프로젝트의 경우 국가 기관 혹은 비영리 독립 기관에서 운영하는 (가칭) 유전체 센터 혹은 core facility에서 데이터 생산을 담당함으로써 동일 비용으로 많은 데이터 생산을 가능하게 하거나 기존 대비 저비용의 대단위 NGS 데이터 생산 가능한 시스템 구축 (시스템 유지 및 관리에 필요한 오픈레이터/테크니션의 직업 안정성 보장 필요)
- 유전체 분석 신기술을 보유한 고급 인력 양성 및 지속적인 유전체 분석 서비스 제공을 위한 고급 인력 양성 및 적정한 대우를 통한 직업 안정성 보장
- (가칭) 유전체 센터 혹은 core facility 주도의 코디네이션(주기적인 전문가 미팅, 자료 공유 등)을 통한 유전체 분석 기술의 보급, 서비스 제공 및 기술개발에 대한 중복 투자 방지

## 2. 다부처 유전체 자문 회의 결과 (2차)

- 일시: 2016년 7월 11일
- 회의 장소: 서울역 명가의 뜰
- 회의 참석자: 총 9명
- 회의 내용

### 2.1 포스트게놈사업 추진계획 내용 대비 실행 여부 분석 자료 검토

- 2014년 7월 국과위에서 심의 의결한 포스트게놈 다부처 유전체사업

추진계획안의 내용 대비 실행 여부를 각 항목별로 분석하여 잘 되고 있는 부분과 그렇지 못한 부분 그리고 보완이 필요한 부분 등을 파악하고자 함 중점 추진계획에서 1) 응용연구 분야, 2) 기반사업화 인프라 분야, 3) 공동 연구 사업 분야 등으로 구분되어 있으므로 이에 맞추어 분석함

1) 응용연구 분야

□ 인간 유전체연구 사업(보건복지부)

○ 종합의견

부처 성과목표를 달성하기 위하여 개별과제를 총괄할 수 있는 사업단장 또는 코디네이터 지정이 필요함

○ 사업 분야별 의견

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
인간 유전체 이행연구 사업	유전체 연구를 통해 한국인 5대 호발암 및 주요 만성질환을 극복하는 질환중심 중개연구 및 임상연구 지원	5대 호발암 연구에 집중적으로 지원됨 5대 호발암 및 주요 만성질환에 포함되지 어려운 과제가 일부 포함되어 있음 회귀질환도 포함되도록 변경할 필요 있음
유전체 이행연구 지원사업	약물유전체 핵심기반 기술 확립	계획대로 진행되고 있음
	단백체·멀티오믹스 핵심 기반기술 구축 및 지원서비스 제공	계획대로 진행되고 있음 멀티오믹스 핵심 기반기술 구축은 미래부에서 진행 중인 유사 사업과 협력 가능한 분야
	대용량 유전체 데이터 가공·분석·활용 플랫폼 개발	유전체 자원 통합분석센터의 연구범위 및 통합지원에 대한 부처 내 역할(CODA 기능 포함) 등이 필요함 질환유전자 분석 플랫폼 기술개발사업은 미래부 및 산업부와 많은 부분 겹치는 내용을 포함하고 있어 다부처 공동사업에 편입하는 것이 바람직함 최소한 기술교류회 등을 통해 유사 과제와의 정보 교환 및 협력을 권장해야 함
	국내의 인간유전체 연구관련 ELSI 기반 구축	계획대로 진행되고 있음
한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용 사업	인구집단 코호트 유전체 연구기반 구축	정밀의료 연구의 중요성을 반영하여 확대 개편할 필요 있음(예: 기존 코호트의 확대 구축 혹은 다차원 정보 기반 정밀의료 구현을 위한 신규 코호트 구축 등)
	주요 질환별 환자 시료, 임상정보 확보 및 데이터 표준화	정밀의료 연구의 중요성을 반영하여 확대 개편할 필요 있음(예: 기존 코호트의 확대 구축 혹은 다차원 정보 기반 정밀의료 구현을 위한 병원 기반 신규 코호트 구축 등)
	맞춤의료 통합 유전체 정보 자원 화 사업	다부처 사업내에서 CODA의 예산반영 규모 등 제시가 필요함 CODA가 수행하는 연구내용과 KOBIC과의 연계방안 등이 구체적으로 제시될 필요가 있음

□ 농식품부/농진청/산림청

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
산업화 지원 미생물유전체 전략연구사업	조기성과 창출이 가능한 유용미생물 자원의 유전체 연구 미생물 유전체 연구 경쟁력 확보를 위한 참조유전체, 메타게놈 정보 대량 생산 및 정보 분석	현재 사업단을 구성하고 9개의 과제를 지원함 조기성과 창출형과 연구역량 강화형을 구분하여 각각의 목적에 맞는 성과 관리를 강화할 필요 있음 생산된 데이터의 NABIC 등록현황 점검 필요
밀레니엄 농생명자원 유전체해독 사업	유전체 정보 생산을 위한 농생명 자원 개발 우리나라 고유 농생명자원 대상 신규 표준유전체 완성연구	사업단 형태를 갖추어 계획대로 진행하고 있음 하지만, 지원분야(식량, 원예, 특약용작물, 곤충선충 및 가축 등)별 적절한 과제 선정이 이루어지도록 면밀한 사업 관리 필요
산림자원 유전체 해독사업	우리나라 고유 산림생명자원의 신규 표준유전체 완성	단일과제로 사시나무(1단계), 밤나무(2단계, 소나무(3단계) 표준유전체 완성 연구 진행 중
	유전체 정보 생산을 위한 산림생명자원 개발	진행되는 사업 없음(1단계 성과를 바탕으로 2단계에서 진행)
농림축산식품 바이오정보 고도화 사업	농림축산식품 오믹스 관리시스템 및 통합 DB 구축	계획대로 NABIC 시스템이 구축되어 서비스를 제공하고 있음 NABIC 이 수행하는 연구내용과 KOBIC 과의 연계방안 등이 구체적으로 제시될 필요가 있음
	농림축산식품 오믹스 분석 및 관리시스템 개발	계획대로 진행되고 있음
	농림축산식품 오믹스 종합 서비스 시스템 구축	계획대로 진행되고 있음
	농림축산식품 생물정보 교육 플랫폼 구축 및 인력양성(1년 한시사업)	

□ 해수부

○ 종합 의견

- 해양생물 및 수산생명자원 유전체 연구 내용을 통합하여 단일 사업단으로 운영됨
- 매년 최근연구동향을 파악하고 실용/산업화 가능하거나 고부가가치 첨단 산업에 육성에 기여가 가능한 부분을 고려하여 유전체 정보 분석 대상 생물의 우선순위를 조정하는 것이 필요함
- 신설 해양유전체 정보센터와 KOBIC과의 연계를 통한 부처 공동 활용 방안 등이 구체적으로 제시될 필요가 있음

- 유전체 정보 생산 및 분석 분야에서는 미래부, 산업부, 농림부 등 전장 유전체 및 전사유전체 연구를 활발하게 수행하는 타부처 사업과의 연계 및 협력을 통해 최신 기술을 교류하고 연구 효율을 높이는 것이 필요함

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
해양생물 유전체 연구 및 활용	해양수산생물 유전체 지도 완성(100종 이상)	100종 유전체 정보 분석 등 계획대로 진행됨
	해양 메타유전체 분석	계획대로 진행되고 있음
	국제협력 연구 및 정보뱅크 구축 지원	국제협력을 위한 네트워크 구축 등 계획대로 진행됨
수산생물 자원 유전체 연구	수산생물 전장유전체 정보 생산 및 표준유전체 완성	10종 유전체 정보 분석 등 계획대로 진행됨

## 2) 기반 산업화 인프라 분야

### □ 미래부

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
유전체 정보분석 공동연구 기반 구축 사업	국내 유전체 빅데이터의 저장, 관리, 분석 및 결과 활용을 위한 수요자 중심 유전체 정보 네트워크 첨단 서비스 시스템 구축·운영 유전체 데이터 등록, 보존 및 활용 소프트웨어 개발·지원을 통한 다양한 고급 유전체 분석 서비스 개발·제공	수요자 중심 유전체 정보 네트워크 첨단서비스 시스템 구축 운영은 계획 대비 진행되고 있음 다양한 고급 유전체 분석 서비스 개발 및 제공 부분은 개인 연구과제 성격이 강하며 KOBIC 중심의 총괄과제 형태로 재구성 하고 매년 개발 내용에 대한 프로토타입을 공개하고 수요자 맞춤형으로 업그레이드 하는 방식의 사업 수행이 요구됨 KOBIC의 역할 및 기능 강화를 위해, 별도 기관으로의 독립과 같은 방식을 포함한 해결 방안 마련이 시급함
유전체 미래원천 기술개발 사업	생명현상 및 시스템 생명정보 기반 핵심 미래원천기술 개발	중장기적 지원 분야 로드맵 수립 후 추진하는 것이 필요하며 예산 등의 투자 확대가 필요함 생명현상 및 시스템 생명정보 기반 핵심 미래원천기술 개발의 경우 일부 과제 지원됨
	다중 오믹스 신기술 개발	계획대로 한 개의 과제가 지원되고 있음
	한국인 선천적/후천적 유전체지도 작성 및 진단·치료 기술개발	재편되어 부처공동사업 중 "인간게놈 표준지도 작성"에 포함됨
미래 유전체 연구 인프라 고도화	유전체 연구 전문인력 양성(부처 공동)	유전체연구 전문인력 양성부분은 대학을 중심으로 지원이 이루어지고 있으며 KOBIC에서의 전문 인력 양성 부분에 대한 정확한 입부 설정 및 역할 중대가 필요함
	국제협력 공동연구 활성화(부처 공동)	국내외 공동연구 네트워크 강화 부분은 국제협력(공동)사업의 확대 및 총괄 기능을 부여하고, 글로벌 협력연구를 통해 국내외 공동연구 활성화를 유도하는 것이 필요

		합 국제협력을 총괄할 사무국을 구성하고 사업단 형태로 운영하는 것이 필요함
	국내 유전체 연구 역량을 결집하는 연구거점 구축	(국가거점) 유전체 연구소 수립(?) 생명연에서 대구분원으로 추진 중인 유전체연구원(가칭) 등이 연구거점으로 기능할 수 있음 혹은 KOBIC의 기술행 범부처 역할 및 위상을 제정됨하여 유전체 연구 및 정보 관리의 연구거점으로 활용할 수 있음
다부처 유전체정보센터간 정보 공유 및 활용 체계	유전체 정보 공유	각 부처 정보센터에서 KOBIC 의무등록 및 공유 부분은 잘 진행되지 못하는 부분으로 판단됨 이에 대한 해결 방안으로 데이터를 한곳에 수집하는 전략에서 가능한 데이터는 한곳에 수집하고 현실적으로 수집이 어려운 부분은 부처 정보센터에서 수집 및 활용하고 모든 부처 데이터의 현황 파악 및 활용부분을 모니터링 하는 기능으로 변경하는 것을 검토할 필요가 있음 전 세계적으로 정보 통합 관리는 분산 저장을 기본으로 원활한 현황 파악 및 상호 연결을 통한 실시간 활용이 효과적인 방식으로 사용되고 있음
	유전체 정보 관리 및 활용	가용 가능한 데이터의 통합관리 포털 사이트 운영 등은 진행되고 있음 하지만, KOBIC의 역할을 원활히 수행하기 위한 적정 예산 및 독립 운영 등에 대한 보완이 필요하다고 판단됨
	정보 분과 위원회 (다부처정보센터 실무협의회) 운영	정보 분과 위원회의 좀 더 적극적인 활동과 협조가 요구됨 데이터 다차원 가공을 통한 활용 극대화 부분은 잘 이루어지고 있지 않은 것으로 판단됨

### □ 산자부

#### ○ 종합 의견

신설 예정인 정보센터와 KOBIC 과의 연계방안 등이 구체적으로 제시될 필요가 있음

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
유전체 산업 비즈니스 클러스터 구축	유전체·임상 정보 기반의 맞춤형으로 산업화 모델 개발	총괄과제 형식으로 한 개의 과제가 지원되고 있음 유전정보·EMR 연계 내용의 경우 의료기관 시스템 적용 가능성 여부 검토 필요
유전체 핵심기술 개발 및 표준화	분석·해독기술 국산화 및 고급 핵심기술 획득	생물 정보학 중심의 산업화지원 기반 구축을 위한 과제가 지원되고 있음 바이오마커 개발을 목적으로 하는 과제의 경우 진단기술 인허가 및 상용화 등을 달성하기 위한 구체적인 추진 로드맵 제시 등이 강화 될 필요가 있음 당초 지원규모 계획과 과 비교할 때 과제 마다 연구비 규모 편차가 큼

	다양한 omics 정보통합 분석기술, 클라우드 서비스 연계기술, 정도관리 등 지원	한 개의 과제가 지원되고 있음 성과 목표로 논문보다는 사업화 혹은 클라우드 서비스 지원 등 실제로 유전체 분석 연구자에게 도움이 되는 지표로 설정하는 것이 바람직함 미래부에서 진행하고 있는 유사과제와의 기술 교류회 등 긴밀한 연계가 바람직함
유전체 비즈니스화를 통한 신시장 창출	의료분야 및 비의료분야 소프트웨어 제품화	한 개의 과제가 지원되고 있음 다양한 소프트웨어 개발 및 제품화를 위한 내용 제시가 (각각의 요구사항에 맞게) 구체적이어야 함 의료 분야의 소프트웨어 개발 및 제품화 계획이 보완되어야 함

### 3) 공동 연구 사업 분야

#### ○ 종합 의견

－ 먼저 공동연구사업을 위해 설정한 운영 원칙(안)의 실행 여부를 분석한 결과는 아래와 같음

원칙	현황
공동연구사업은 연구(단)센터 등 독립된 운영조직을 구성	독립된 연구조직 없음
선정·결과 평가는 주관부처 전문기관이 주관하되 관계부처의 참여하게 실시	선정결과 평가 시 관계부처 참여 미흡
연구센터(단)의 운영위원회에 관계부처 공무원이 당연직 위원으로 참여	운영위원회 운영 미흡
부처 간 연구성과 공유를 위한 주기적인 보고체계 구축	부처 간 주기적인 보고체계 미흡
연구 성과 공유 및 정보교류를 위한 연례 워크숍 운영	연례 워크숍 운영 중(한국유전체학회 기간 중 운영)
공동연구 성과는 부처별 연구비 기준으로 배분	아직 해당사항 없음
생산된 정보의 정보보호수준에 따른 공동 활용	생산된 정보의 공동 활용은 아직 미흡함
이상의 원칙에서 정하지 않은 안에 관해서는 참여부처의 합의하에 결정	

－ 각 세부 분야별 분석 결과는 아래와 같음

분야	예타 계획 (지원 목적 및 내용)	실행 현황 분석 및 개선안
질병 기전 규명 유전체 연구	질환 모델 생물, 질환 세포주에 대한 유전체 데이터 생산·분석을 통한 질병 기전 규명과 유전체 조작제어 기술 개발 약물 및 질환 유전체 시그니처의 통합 분석을 통한 약리 규명	부처별로 연구사업을 차질 없이 수행하고 있으나, 부처 간 협력 및 공동추진 실적이 미흡 공동연구를 위하여 각 부처의 일차 연구성과를 공동 활용할 수 있는 추진체계 구축 필요 현재는 각 부처별 과제 추진으로 타부처 연구자들이 공동으로 참여하는 과정은 없음

		예산타당성 검토 단계에서 예산 상한선이 정해져 있기 때문에 기존 과제의 결과물들을 이용한 협업 형태의 과제 지원 필요 사업 1단계가 마무리되는 2017년을 기점으로 각 부처 연구자와 관련 부처가 모두 참여, 과제를 공동 기획하는 방안 추진 필요 2017년 미래부 3개 과제 종료 후 신규과제 기획시 부처 고유진행과제와 공동 진행과제로 이원화 필요 기존 예산은 부처 고유 진행과제 추진, 신규과제 예산 확보시 부처 공동진행과제로 기획하여 추진
Host-microbe Interaction	유전학적 분석이 가능한 모델동물을 이용 숙주-미생물 상호작용 규명 유전체 차원의 접근을 통한 농작물과 동물의 병원성 미생물간 상호 작용 메커니즘 규명 및 방제 기술 개발 시스템 생물학 기반 숙주-신·변종 병원체 간의 상호작용 연구	개별 부처별로 연구사업을 차질 없이 수행하고 있으나, 부처 간 협력 및 공동추진 실적이 부족함 범부처 협의체 구성을 통한 신기술 개발 공동 대응 각 부처 연구팀에서 확보/발굴된 미생물 공동 활용 및 Bank 설립 교류회 및 워크숍 개최: 대학원생/연구원 교류회, 샘플 정보를 종합적으로 분석하는 메타 데이터 워크숍 마이크로바이옴 통합 분석을 위한 클라우드 시스템 구축 및 생물정보 플랫폼 개발 및 통합 DB 구축 필요 Host에 상관없이 존재하는 Generalist microbe와 특정 host에서만 발견되는 specialist microbe의 진화/적응 및 경쟁/멸종 연구 등 세분화된 연구 필요
인간게놈 표준지도 작성	한국인 유전체 서열 및 변이 표준지도 작성 국가참조표준체계 활용으로 신뢰성과 정확성이 확보된 한국인 표준 유전체 제정 전문가에 의한 데이터 기술평가 및 국가 게놈표준 등록 발달장애 조기 진단 및 치료 등을 위한 돌연변이 유전체지도 작성 연구	게놈지도 개발과 회귀난치성 유전자지도 개발로 협력연구의 목표가 비교적 명확함 단위 중과제 내의 협력 뿐 아니라, 다 과제 및 기존 과제 등과의 협력방안도 제시 필요 표준게놈 과제는 매우 중요한 infra로서 성과의 활용을 통한 한국인 특이적 유전체 연구의 활성화가 필요함 장기적인 표준게놈의 지속 유지를 위한 연구기획이 필요하며, 특히 기능과의 연계, 치료-진단과의 연계를 위해 DNA 수준 뿐 아니라 다중 omics 수준의 지도 개발이 목표가 되어야 할 것임 1인의 게놈지도가 되어서는 안 되며, 서양의 지도와 같이 여러 명의 정보를 통합한 반배체 및 회귀변이 보정 지도개발이 필요함 미래부에서 한국인 선천적/후천적 유전체 지도작성 세부사업 2개 과제가 지원되고 있음
국제협력 공동연구 사업	글로벌 컨소시엄 등 국제공동연구 지원 및 한중일 생명정보 네트워크 구축 등을 위한 국내 유전체 연구거점 구축·운영 농업분야 국가경쟁력을 확보할 유전체 해독사업 역량강화 및 위상제고를 위한 국제협력 연구사업 추진 해양생물 유전체 연구에서의 국제적 역량 확보	공동연구사업의 취지에 맞게 각 부처별로 성공적으로 사업을 추진하고 있음 특히 세계적 수준의 국제 컨소시엄에 참여하는 우수한 과제 착수와 국제협력 활동을 통해 향후 글로벌 네트워크 구축의 교두보를 확보한 것으로 평가됨 개별 부처별로 사업을 추진하고 있으나, 부처 간 협력 및 공동추진 실적이 부족함 부처 간 경계를 넘어 개방(open)과 협력(connect)의 원칙에 입각한 다부처 유전체 사업 추진 필요 각 부처별 유전체사업을 총괄 조정할 컨트롤 타워(공동 사무국) 구축 필요 나아가, 국제협력의 거점 역할을 할 수 있는 기관 수립 필요 범부처적 유전체 네트워크를 추진할 범부처 공동연구사업 추진 검토 부처별 목적 지향적 프로그램 개발과 시너지 극대화를 위한 연계 강화 프로그램의 개발 검토
유전체 전문 인력 양성사업	맞춤형 전문인력 양성을 위한 다양한 중·단기 교육 프로그램 개발 및 운영 등 유전체 교육 인프라 구축·지원 BIT 융합분양 대학원과정 활성화 학·연 연계 전문인력 양성 프로그램	(미래부) 차세대 생명정보 교육시스템 및 프로그램구축 지속 지원 유전체 전문인력 양성 5개 과제 지원으로 100% 달성 (산업부) 유전체분야 기업 수요기반 교육프로그램 개발 및 운영 중기(예비전문가 70명) 과정 및 단기(재직·연

운영	<p>구자 84명)과정 운영을 통해 목표 대비 154% 달성 1차년에 운영된 교육프로그램의 질적 수준 제고와 함께 지속적인 산업계 대상 수요조사를 통해 신규 커리큘럼 개발 필요</p> <p>하지만, 두 부처 간 교육 프로그램의 공동 개발 혹은 운영은 아직 진행되고 있지 않음</p> <p>미래부와 산업부 교육 프로그램의 연계를 통해 기초부터 고급 수준까지 단계적으로 배울 수 있는 체계적인 전주기적 교육 과정을 함께 개발하고 제공하는 것이 필요</p> <p>현재 국내에서 제공되고 있는 여러 종류의 교육 프로그램에 대한 비교·분석을 통해 기존의 프로그램에서 충족하지 못하고 있는 부분들을 발굴하여 새로운 프로그램으로 제공하는 것이 필요</p> <p>필요시 교육 프로그램 사업도 사무국 역할을 할 수 있는 기관을 선정하여 기존 교육 프로그램의 다양성을 존중하되 전체적으로 일관성 있는 교육을 제공하는 체계를 수립하는 것이 바람직</p>
----	--

#### 4) 소요예산

- 공동연구사업 중 인간계능표준지도 지원기간이 2014-2015년으로 되어 있음 부처 별로 최근 내용을 업데이트 및 변경 예정 예산 반영 필요
- 공동사무국 운영 예산 반영 필요

#### 5) 추진체계

- 총괄 추진체계로서 범부처 협의체가 운영(복지부 3회, 미래부 5회)되고 있으며 다부처 유전체 사업 추진을 위한 협의 및 의사결정이 이루어지고 있으나 공동사무국 운영에 대한 내용이 없어서 다부처 유전체 사업의 추진 및 성과 관리 등이 미흡함
- 추가 예산 확보로 공동사무국 설치 및 운영이 필요함
- 각 부처별 추진체계 현황

부처	현황
보건복지부	연구책임자 협의체 성격의 사업단 운영 미실시
농림축산식품/농촌진흥청/산림청	<p>사업단 편성 및 운영되고 있음</p> <p>농촌진흥청: 포스트게놈 다부처유전체사업단</p> <p>농식품부: 농림축산식품 미생물전략연구사업단</p> <p>산림청은 별도의 사업단 없음(1개 단일과제 수행)</p>
해양수산부	1개 사업단으로 통합 운영 중

미래창조과학부:	<p>개별과제로 진행됨</p> <p>사업단 구성 및 운영이 시급함</p> <p>KOBIC의 범부처 역할 정립 및 임무 수행이 필요함</p>
산업통상자원부	사업단 또는 코디네이터 지정 필요함

#### 6) 성과관리 및 기대효과

- 기존 성과목표: 진단치료법 8건, 유용유전자원 30건, 세계5위권 연구 역량
- 과제선정 및 평가의 공정성 확보:
  - 유전체사업 공동 평가기준(안) 마련 필요, 공동사업설명회 실시 필요
  - 평가결과 범부처 협의체에 주기적 보고
- 성과지표(안) 제시

### 2.2 변경 기획안 제시 방안 논의 및 전문가 의견 수렴

#### 1) 다부처 유전체 사업의 평가 기준 마련

- 유전체 사업의 평가기준은 각 부처별로 평가기준을 마련하여 성과지표를 각자 자체평가 해야 하는 것이며, 특히 다부처 공동연구는 공동으로 자체평가를 진행해야 함

#### 2) 다부처 유전체 사업의 공동연구 활성화 방안 마련

- 미래부와 산자부의 공동연구를 관리하는 실무위원회와 이를 조정 및 관리할 수 있는 코디네이터 및 이에 맞는 예산확보가 필요함
  - 미래부는 이미 진행 중이고, 산자부는 진행 예정에 있는 것으로 판단됨
- 본래의 다부처유전체 사업의 추진계획을 원만하게 추진하기 위해서는 공동사무국을 운영해서 다부처 유전체 사업을 조정하는 컨트롤 타워의 역할이 매우 중요함
- 정보 분석 관련 공동연구 기반 구축 사업은 총괄 형태로 묶거나 정리를 통해 효과적인 사업이 추진 될 수 있도록 조정되어야함

- 정밀의학 관련 분야의 경우, 보건복지부, 산업자원부, 미래부가 함께 공동 운영을 해도 좋을 것으로 보임

### 3) 유전체사업 계획 및 분석 자료 검토

- 현재의 유전체사업 계획 및 분석 자료를 보면, 국외에서 진행 중인 연구를 뒤따르는 식의 연구가 대다수임 특히 기술개발의 측면에서는 technology 보다는 그것을 활용하려는 방안이 대부분인 상황임
- 다양한 새로운 sequencing 기술 (유전에 기반)을 이용하고, 유전체 기술 분야의 선진국인 미국에서 특히기간이 끝나가는 기술들을 bio-similar와 유사한 개념으로 활용해도 좋을 것으로 판단됨

### 4) KOBIC의 기능 및 역할

- 통합정보시스템의 고도화를 위한 다양한 정보의 통합, 관리 필요함
- 방대한 자원의 관리 및 기술 개발을 위한 전문 인력 양성 및 수요자가 활용할 수 있는 정보 제공이 필요함

## 3. 다부처 유전체 자문위원회 회의

□ 일시: 2016년 8월 8일

□ 회의 장소: 포포비전 호텔 회의실

□ 회의 참석자(12인):

□ 회의 내용

- xxx : 산업통상자원부의 수정안은 변화 보다는 현실 반영 수준인 것 같으므로, 좀 더 변화적으로 수정해야 할 필요성이 있음.
- 공동연구 관련

- xxx : 부처에서 의지를 보여서 이번 공청회에서 꼭 제안하고 실현되도록 해야 할 것.

- xxx : 부처 간 공동연구의 활성화가 필요한데, 한 가지 예로 해수부와 보건복지부의 기생충관련 공동연구는 구조상 진행되지 못하였음. 실질적인 구조 마련이 시급함. 특히 해수부는 공동연구를 실행 할 수 있는 사업이 부재함.

- xxx : 이런 경우에는 신규 사업으로 새로 제안을 해서 진행할 필요가 있음. 공동사업을 진행하려면 국가심의위원회에 다부처 사업이 아닌 새로운 사업으로 제시해야 가능함.

- xxx : 현재 상황에서 공동연구 라는 것이 유전체라는 틀 안에서 진행이 되어야 함.

- xxx : 지난 회의에서 지적 받았던 산자부와 같이 공동연구를 하지 않는 경우는 다부처라는 의미에 맞지 않음.

- xxx : 각 부처에서 독립된 센터는 있지만, 공동연구를 진행 할 수 있는 센터는 부재함. 사업단의 구성이 빠르게 이루어져야 함.

- xxx : 코디네이터를 뽑는 과정이 필요한데, 현재 보고서에는 전혀 내용이 포함되어있지 않음. 각 부처의 연구책임자 중에 코디네이터를 지정하고 공동연구를 주관해서 진행해야함.

- xxx : 공동연구의 활성화를 위해서 기존에 진행이 어떻게 되고 있는지, 앞으로 어떻게 진행 할 것인지 연구 파트와 기술 파트 관련해서 서로의 관계를 조직된 표로 그려서 보여주어야 함.

- xxx : 분석을 진행하는 사람들과 실험하는 사람들 사이의 역할과 관계가 매우 중요함. 분석을 진행하는 사람들은 데이터가 필요해도 공유 되지 않는 문제로 인해서 해외의 데이터 베이스를 이용하는 경우가 많음. 정부 차원에서 TCGA같은 database를 만들어서, 체계적인 data를 만들어야 함.

- xxx : 공동연구를 진행할 때 각 부처는 다른 부처들의 영향을 각자의 과제에서 최소화해야 한다는 생각이 문제가 되고 있음.

### ○ 보고서 내용 수정 방안

- xxx : 보고서 상에서 “정밀연구 보완 필요하다”는 것보다는 구체적으로 임상정보의 공개가 필요하다고 서술해야함.

- xxx : 농림축산식품부의 Host-microbe interaction 사업에서 미국과 마찬가지로 우리나라도 bank를 만들어서 정보를 저장해야 함.

- xxx : 보고서 상에서 다부처 유전체 효율성에 관한 내용이 중복되어 있어서 수정이 필요함. 따라서 1번을 다부처 사업 성과분석으로, 9번을 사업단 관련 내용으로 바꾸어야 함. 또한 9번에 사무국의 내용을 강조하기 위해서 어떤 역할을 하게 되는지도 추가해야함.
- xxx : 정밀의학 사업을 어떻게 효율적으로 운영할 지를 수정해야할 필요 있음. 또한, 사무국의 기능이 아니라, 설립의 필요성과 구성 및 역할을 중심으로 작성해야함.
- xxx : data를 생산하는 것 보다 data를 공개 및 공유를 하지 않아서 이런 문제가 발생하는 것으로 보임. 따라서 다부처에 어떻게 협조하는지가 중요함. 어떤 data를 어떤 연구자가 왜 sequencing 하였는지 정도라도 보여주어야 정보를 공유하는 의미가 생기게 됨.
- xxx : 본 기획과제의 재설정의 목표는 첫 번째로, '18 년도 2단계 과제 시작 시 문제를 개선하기 위함 이고, 두 번째로는 1단계의 마무리에 도움을 주자는 것임. 따라서 예타 사업에서 제시한 대로 진행 중인지, 구조적인 측면에서의 과제의 재설정이 필요함. 또한, 연구비의 예산 이행을 어떻게 할 것인지에 대한 내용을 추가해야 할 필요가 있음.
- xxx : 각 부처별 나누어진 내용이 제대로 진행되고 있는지, 필요한 부분이 없는지를 확인할 필요가 있음. 또한 공동연구 사업과 각 부처별 사업의 진행은 어떻게 동시에 이끌어 나갈 것인지를 현실적으로 검토 할 필요가 있음. 또한 어떻게 각 부처의 과제들이 합해져서 같은 목표를 달성 할 것인지를 목적에 기반 하여 각자의 역할을 강조할 필요가 있음.
- xxx : 복지부는 사업단이 아닌 상황이라서, data를 내고 있긴 하지만 control tower 나 새로운 규칙을 만들어서 관리해야 할 필요가 있음. 공동연구 및 인력양성 모두 복지부 사업에서 진행 중이지만 사업단이 없어서 관리가 힘든 상황임.
- xxx : 가장 중요한 부분은 data sharing 부분임. 평가에 직접적으로 반영을 하면 향상이 될 것이라고 기대함. 현재는 부처에 각자 기탁을 하면 된다고 생각함. 하지만, 이 상황에서 KOBIC은 부처에 기탁된 data들을 통합 관리해야 하지만, KOBIC과 각 부처가 연결이 잘 되고 있지 않음.

- 기탁과 공유 모두를 평가지표에 반영하는 것이 필요할 것이라고 생각함.
- data sharing과 data opening 은 각각 가공을 한 상태로 관리가 되어야 함.

- xxx : 부처끼리의 공동연구를 인프라는 고정시킴이 trend에 맞게, 1 단계 이후 수정이 되어야 할 필요가 있음.
- xxx : 사업체에서는 한 가지 예로 일루미나에서 한국인 data를 추가하고 싶다고 요구 했으나, 한국에서 연구하고 있는 사람들은 줄 수 있는 data가 없다고 반대함. 회사에서 사업화 하는 것에 대한 반발이 심해서 data를 얻을 수 없는 것이 가장 큰 문제임. 따라서 공동 활용에 맞도록 정부에서 평가에 반영하여 강제성을 부여하면 개선 될 것이라고 생각함.
- xxx : 연구자 회의를 만들어서 7개 부처가 만날 때, 자발적으로 회의를 진행하고 주도적으로 진행이 되기를 희망함. 관리 기관을 만들어서 공동연구가 활성화 되도록 공동 회의가 많이 진행이 되어야 함.

#### 4. 추진계획 변경안에 대한 유전체연구자 토론회 개최

- 일시: 2016년 8월 10일
- 회의 장소: 서울역 (보나세티)
- 회의 참석자(30명 내외): 한국유전체학회 회원 대상 참석자 신청 및 부처별 지정토론자 중심으로 토론회 진행
- 토론 내용

##### 1) 지정토론발표

- xxx : 부처고유사업은 인정하고 공동연구사업 활성화를 위해 공동연구사업 담당 사업단 및 사무국 설치하고 공동기획 및 평가관리가 되

어야 함

○ xxx : 다부처유전체사업 담당자가 교체되어도 사업은 지속적으로 관리 운영되는 시스템으로의 보완이 필요함. 다부처사업은 필요시 공동 기획 및 공동성과 관리가 되어야 함. 국과심 지적사항은 기술발전 및 최근연구동향을 적절히 반영하지 못하고 있다는 것임. 차기 투자 시 포트폴리오구성이 필요함. 부처마다 연구기간 등이 상이하므로 공동 기획 및 공동관리의 한계가 있음. 사무국에서 가이드라인이 필요함. 개선방안으로 다음사항을 제안 함

1) 예타 부합성 정밀 검토

2) 로드맵 작성 및 2단계 연구 분야 재조정

- 부처별 중점 연구분야 재조정(포트폴리오 구성필요)
- 공동연구 활성화 방안 수립: 공동 기획 및 평가
- 국제협력 강화
- 정보 분석(바이오인포매틱스) 고급인력 양성(만명 부족)
- 질환기전의 확대
- 신기술을 반영한 사업 고려 (예: 정밀의료 등)
- KOBIC 개편 방안 제시(사무국에서 조정 필요)

3) 다부처 사업의 실질적 협력

- 실무운영위원회의 활성화로 소통 증대
- 유관 학회를 활용한 정기적 성과교류회 진행
- 일차로 부처별 코디네이터 구성하고 유사과제 통폐합
- 이차로 부처간 컨트롤타워로 공동사무국 신설 및 운영

○ xxx : 미생물유전체사업단 운영이 좋은 모델이 될 수 있음. 사업구조를 적절히 구성하고 조기 성과창출이 가능하도록 노력 중임. 범부처 유전체 산하 위원회 기술분야 등을 고려하여 재구성 또는 주기적 업데이트 필요.

○ xxx : 유전체 정보 활용 극대화, 등록 데이터의 활용 극대화를 위한 노력이 필요함. 인력양성의 경우 취업시장도 중요함. 공동연구사업 활성화 필요. 기존 중복가능성이 있는 사업은 2단계에서 공동연구 사업으로 확대 개편하는 것이 바람직함. 공동연구 촉진 방안 마련 필요함

○ xxx : 주로 유전체해독사업으로 진행되며 바이오그린 사업에서 진행되지 않는 부분을 시작함. NABIC역할 중요해지고 있으며 2단계에는 국제협력 시작예정임. 공동연구사업에 적극 협조 예정임. 총괄사업단이 생긴다면 기존사업단과의 조화가 필요함. 정보부분에서 KOBIC의 독립적인 운영조직으로 변경이 필요함. 수집정보의 공개 수준은 개인

정보보호법을 고려하여 매우 신중해야 함

○ xxx : 늦게 2014년 말에 사업단 출범함. 해양생물 110종을 목표로 해독 및 활용 예정. 공동연구협업 공감대 있지만 실질적 공동연구의 어려움이 있음. 해양생물과 휴먼 대상의 공동연구 도출은 매우 어려운 측면이 있음. 부처별 공동연구 가능 분야만 추진하는 것이 바람직함. 성과교류회 등은 가능하지만 부처 간 공동연구를 모든 부처에 요구하는 것은 현실적으로 실현가능성이 높지 않음. 유전체 정보만으로는 성과창출이 어려우므로 컨소시엄 형태의 추진도 필요해 보임. 해독결과 이외의 결과물을 인정받을 수 있는 방안이 필요함. 국제협력 부분도 외국과의 경쟁을 위해서는 매우 중요함

## 2) 토론 내용

○ xxx : 코디네이터사업단은 협업사업마다 역할이 조금씩 다르기 때문에 각 사업단 분석이 필요함. 4월에 진행된 5개 사업단 검토보고서 참고할 필요가 있음. 정밀의료의 경우 1) PMI관련과제 이미 존재함 2) 복지부 예타 진행 중임 3) 미국 일부 그룹에서는 정밀의료 분야에 대해 회의적임. 다부처에서의 정밀의료 확대는 바람직하지 않음. PMI 사업단 출범시 다부처유전체 사업과의 연계방안 도출이 필요할 것임

○ xxx : 신규 기술관련 내용을 강조함. 프로테오믹스 기술개발은 포화상태로 판단 됨. 새로운 분야인 프로테오지노믹스 분야가 매우 중요함. 다부처유전체에서 반영이 필요함. 현재 다중오믹스 사업에 일부 투자가 이루어지고 있으나 충분해보이지 않음. 진단표준화가 되면 국제시장 경쟁력 확보가 가능해질 것임. 다중마커 어레이 개발 등이 가능할 것임

○ xxx : 오늘 토론회는 운영 등에 집중된 것으로 보임. 발전단계별지향점, 초기 인프라투자, 활용부분 등으로 다양한 검토가 필요함. 필요시 부처 간 역할 등이 조정될 필요가 있음.

○ xxx : 프로테오믹스와의 연계가 필요함

○ xxx : 부처로 흩어져있는 암관련 과제들의 통합이 필요하며 사무국 운영 등 사업단 역할이 기대됨

- xxx : 특정 분야의 반영 등이 요구 됨
- xxx : 신기술을 접목한 정밀의학 분야 확대가 필요함
- xxx : 부처 간 역할 및 적절한 사무국 운영 계획 등이 기대 됨
- xxx : KOBIC 의 역할이 중요함을 느꼈고 잘 운영되도록 적극적인 협조를 할 것임
- xxx : 공동사업의 경우는 사업단으로 운영하고 고유사업은 각 부처 별로 운영하는 것이 바람직함. 데이터 수집은 개인정보보호법으로 매우 어려운 측면이 있음. 정밀의학과 다부처유전체사업은 연계성은 있으나 이질적인 사업이라고 생각함.
- xxx : 데이터 수집 및 셰어링 부분 잘 되도록 노력을 기울일 것임

**[부록6] 포스트게놈 다부처 유전체사업 추진계획 변경(안)을 위한 부처 의견**

1) 미래창조과학부 수정의견

본 문 내 용	검 토 의 견
<p>미래원천기술개발, 공동연구과제, 정보분석기반구축 등 기존 사업들의 투자포 트폴리오 개선 추진</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래 유전체 연구 인프라 고도화 사업(교육 및 국제협력)의 경우 부처 공동연구사업으로 재편하고, 사무국 및 사업단 형태로 개편하여 진행하는 것이 바람직</li> <li>- 생물정보 사업 중 연구기반 구축에 해당하는 과제들과 실용화, 산업화에 해당하는 과제들을 구분한 후 후자의 사업들은 복지부 및 산업부에서 추진하고 있는 관련 사업과 (생물정보학) 공동 연구 사업 추진</li> <li>- 공동 연구기반 구축 해당 사업들은 미래부의 고유영역이므로 지속적인 투자 진행</li> <li>- KOBIC을 중심으로 각 부처별 유전체 정보공유 및 활용체계 구축</li> <li>- 공동연구사업인 질병 기전 규명 유전체 연구의 경우 2017년 을 기점으로 각 부처 연구자와 관련 부처가 모두 참여하여 과제를 공동 기획하는 방안 추진 필요함. 2017년 미래부 3개 과제 종료 후 신규과제 기획 시 부처 고유진행과제와 공동 진행과제로 이원화 필요함. 기존 예산은 부처 고유 진행과제 추진, 신규과제 예산 확보 시 부처 공동진행과제로 기획하여 추진하는 것이 바람 직 함</li> <li>- 공동연구사업인 국제협력 공동연구 사업의 경우 사무국 설치 및 사업단으로 체계 개편 후 사업단 중심의 통일된 운영이 필요 함</li> </ul>
<p>향후 신규 투자가 필요한 분야 도출</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유전체 정보 분석 기반 구축 사업, 유전체 미래원천 기술개발 사업, 미래 유전체 연구 인프라 고도화 사업에서 새로운 기술 개발 등 향후 신규 투자가 필요한 분야 도출</li> <li>- 유전체정보 분석 기반 구축 사업의 경우 eRNA 기반 호발암 유전체 분석방법 개발, 혁신적 호발암 유전체 빅데이터 분석방법 개발 등의 신규투자가 필요함</li> <li>- 미래유전체 연구 인프라 고도화 사업의 경우 국제협력 기반 고 위험 만성질환 유전체/후성유전체 연구. 국제협력 기반 마이크로 비움/약물 상호작용 NGS 분석 플랫폼 개발 등의 신규투자가 필요함</li> </ul>

2) 산업통상자원부 수정의견 (산업통상자원부 바이오나노과 xxx 사무관 /전화 : )

본 문 내 용	검 토 의 견									
	수정안	검토사유								
<p>(p.30)</p> <p>㉠ 유전체 산업 비즈니스 클러스터 구축(기업, 대학, 연구소, 병원)</p> <p>○ (지원목적) 맞춤형의료산업 육성을 위한 생태계 조성 및 산업화 지원</p> <p>○ (지원내용) 산업인프라 및 임상 테스트베드 구축, clinical genomics 중심의 산업생태계 조성, 정보활용 촉진을 통한 유전체 서비스 실현</p> <p>- 맞춤형의료 인프라, 인력양성*, 파이프라인 확보 및 시범운영 등 지원</p> <p>* 유전체 정보 현장 맞춤형 전문인력 양성(부처 공동)</p> <p>- 유전체 기반 진단, 치료 및 건강관리를 위한 임상지원시스템 구축 지원</p> <p>○ (성과목표) 다부처사업 총괄 목표 및 자체 성과목표 달성</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ffffcc;">실적 지표</th> <th style="background-color: #ffffcc;">목표</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>○ 유전체정보-EMR 연계</td> <td>데이터베이스 병용될 것임</td> </tr> <tr> <td>○ 시스템 표준화 및 확산</td> <td>3중 의료기관 이상 시스템 적용 의무</td> </tr> <tr> <td>○ 인프라 수준</td> <td>130%급, CPU 1000core 급</td> </tr> </tbody> </table> <p>○ (지원분야) 대용량 유전정보 처리를 위한 기업-대학-병원 연계 Computing facility 구축 및 운영</p> <p>- 맞춤형의료 제공을 위한 유전체-의료정보 통합 DB 구축 및 확산</p> <p>- 병원 내 맞춤형의료서비스 전용 Intranet 설계 및 시범 운영</p> <p>- 전문인력 교육-훈련 프로그램 수립 및 운용(국제협력 포함)</p> <p>- 기업병원연구자간 협력체계 및 의사결정지원 시스템 구축</p> <p>- 맞춤형의료 유전체 서비스 시스템 표준화 및 확산</p> <p>○ (지원규모) 8년(4+4년), 400억원 내외</p>	실적 지표	목표	○ 유전체정보-EMR 연계	데이터베이스 병용될 것임	○ 시스템 표준화 및 확산	3중 의료기관 이상 시스템 적용 의무	○ 인프라 수준	130%급, CPU 1000core 급	<p>㉠ 유전체 산업 비즈니스 클러스터 구축</p> <p>○ (지원목적) 맞춤형의료산업 육성을 위한 생태계 조성 및 산업화 지원</p> <p>○ (지원내용) 산업인프라 및 임상 테스트베드 구축, clinical genomics 중심의 산업생태계 조성, 정보활용 촉진을 통한 유전체 서비스 실현</p> <p>- 맞춤형의료 인프라 구축 및 산업인력양성* 지원 등</p> <p>* 유전체 관련 기업 재직자 및 취업예정자 대상의 산업인력 양성 (부처공동)</p> <p>- 유전체 기반 진단, 치료 및 건강관리를 위한 임상지원시스템 구축 지원</p> <p>○ (성과목표) 비즈니스 모델 사업화, 유전체 인프라(저장/처리능력 등) 1.5PB, 1,000core급, 유전체 산업인력 양성 600명* (공동연구) 등</p> <p>* 산업인력양성은 공동연구사업으로 1단계('14~'17년) 지원 이후, 2단계('18~'21년) 후속지원 예정</p> <p>○ (지원분야) 유전체 관련 기업·대학·연구소·병원(산학연·병)의 상생협력이 가능한 컨소시엄을 지원</p> <p>○ (지원규모) 4년, 130억원 내외</p>	<p>공동연구사업인 「산업인력」의 경우, 초기('14~'17년) '비즈니스클러스터 구축' 과제 내에서 지원하나, 과제 종료후에는 타 과제로 후속 지원함을 명시</p>
실적 지표	목표									
○ 유전체정보-EMR 연계	데이터베이스 병용될 것임									
○ 시스템 표준화 및 확산	3중 의료기관 이상 시스템 적용 의무									
○ 인프라 수준	130%급, CPU 1000core 급									

<p>(p.30)</p> <p>㉡ 유전체 핵심기술 개발 및 표준화(기업, 대학)</p> <p>○ (지원목적) 대용량 유전체 정보분석·해독기술의 국산화 및 핵심 기반기술 확보를 통하여 국내 유전체 산업 역량의 글로벌화</p> <p>○ (지원내용) '생물정보학' 중심의 산업화지원 기반 마련</p> <p>- (바이오 빅데이터 기술) 분석·해독기술 국산화 및 고급 핵심기술 획득</p> <p>- (고도분석기술) 다양한 omics 정보통합 분석기술, 클라우드 서비스 연계기술, 정도관리 등 지원</p> <p>○ (성과목표) 진단기술 인허가 및 상용화(기술이전 포함)</p> <p>○ (지원규모) 30개 과제(2~4년), 과제당 7억원 내외</p> <p>* ('14년 지원) 계속과제 7억원</p>	<p>㉡ 유전체 핵심기술 개발 및 표준화</p> <p>○ (지원목적) 대용량 유전체 정보분석·해독기술의 국산화 및 핵심기반기술 확보를 통하여 국내 유전체 산업 역량의 글로벌화</p> <p>○ (지원내용) '생물정보학' 중심의 산업화지원 기반 마련</p> <p>- (바이오 빅데이터 기술) 분석·해독기술 국산화 및 고급 핵심기술 획득</p> <p>- (고도분석기술) 다양한 omics 정보통합 분석기술, 클라우드 서비스 연계기술, 정도관리 등 지원</p> <p>○ (성과목표) 유전체 분석 서비스 상용화 등</p> <p>○ (지원분야) 유전체 산업의 핵심 소프트웨어, 서비스 등을 개발하는 과제를 발굴 지원하되 기업 중심으로 지원</p> <p>○ (지원규모) 30개 과제(3~5년) 내외, 과제당 5~10억원 내외</p>	<p>현재 지원되는 과제의 평균 단가를 고려하여 수정 요청</p>
<p>(p.30)</p> <p>㉢ 유전체 비즈니스화를 통한 신시장 창출(기업, 병원)</p> <p>○ (지원목적) 유전체산업 분야 제품 및 서비스기술 개발 지원</p> <p>○ (지원내용) 유전체 산업과 타 분야(제약, 질병예측, 건강정보 등) 간 융복합을 통한 고부가가치 기술·제품의 상용화 추진</p> <p>* 성과를 기반으로 조기시장 창출 가능한 과제 우선 지원 (Bottom-Up)</p> <p>○ (성과목표) 유전체 기술을 활용한 제품 및 서비스 비즈니스 모델 개발</p> <p>○ (지원분야) 의료분야 및 비의료분야 소프트웨어 제품화</p> <p>○ (지원규모) 50개 과제(2년) 내외, 과제당 7억원 내외</p>	<p>㉢ 유전체 비즈니스화를 통한 신시장 창출</p> <p>○ (지원목적) 유전체산업 분야 제품 및 서비스기술 개발 지원</p> <p>○ (지원내용) 유전체 산업과 타 분야(제약, 질병예측, 건강정보 등) 간 융복합을 통한 고부가가치 신기술·신제품의 상용화 추진</p> <p>* 성과를 기반으로 조기시장 창출 가능한 과제 우선 지원(Bottom-Up)</p> <p>○ (성과목표) 유전체 기술을 활용한 제품 및 서비스 비즈니스 모델 개발</p> <p>○ (지원분야) 기 축적된 성과를 기반으로 조기시장 창출 가능한 과제를 발굴 지원하되 기업 중심</p>	<p>현재 지원되는 과제의 평균 단가를 고려하여 수정 요청</p>

* ('14년 지원) 계속과제 7억원	<p>으로 지원</p> <p>○ (지원규모) 50개 과제 (3~5년) 내외, 과제당 5~15억원 내외</p>																																																																																		
<p>(p.37)</p> <p>V. 소요예산</p> <table border="1" data-bbox="138 327 421 384"> <tr> <td>인건비</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>재료비</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>40</td> </tr> </table>	인건비	10	10	10	10	-	-	-	40	재료비									기타									합계	10	10	10	10	-	-	-	40	<p>V. 소요예산</p> <table border="1" data-bbox="454 295 721 403"> <tr> <td>(공)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>인건비</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>재료비</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>40</td> </tr> </table>	(공)									인건비	10	10	10	10	-	-	-	40	재료비									기타									합계	10	10	10	10	-	-	-	40	<p>□ 표준개념지도 연구기간을 2년에서 4년으로 변경 추진함에 따라 이를 반영하여 사업비 배분</p> <p>□ 변경 추진사유</p> <p>○ (지원 목적에 따른 기간 설정)</p> <p>동 과제는 유전체 학계, 산업계에 표준으로 제시할 수 있는 신뢰성 있는 한국인 게놈지도 작성을 목적으로 하므로, <b>신속성보다는 신뢰성을 확보</b>하는 것이 중요함. 또한 산업계가 이를 표준으로 사용할 수 있도록 정보를 확산, 공개하는 것이 중요함. 한국인 표준 게놈지도 작성을 위해 서열분석을 통한 초안마련(최소 2년), 보완·보정(1년 이상), 표준물질 확보·등록·공개(1년 이상) 등 최소 4년의 기간이 요구될 것이라는 유전체 분야 전문가 집단 의견에 따라 4년으로 기획(산업부 시행계획, RFP 등에 명시)되어 지원됨.</p> <p>○ (선정된 수행기관의 연구 내용)</p> <p>1) 1인의 초정밀 염기서열 분석과 신생조립 (1, 2차년도),</p> <p>2) 약 20인의 정밀지도를 통한 1차 보완작업 - 희귀변이 및 반배체 보정 (3-4차년도)</p> <p>3) 표준물질등록을 위한 표준화 작업 (2-4차년도)</p>
인건비	10	10	10	10	-	-	-	40																																																																											
재료비																																																																																			
기타																																																																																			
합계	10	10	10	10	-	-	-	40																																																																											
(공)																																																																																			
인건비	10	10	10	10	-	-	-	40																																																																											
재료비																																																																																			
기타																																																																																			
합계	10	10	10	10	-	-	-	40																																																																											
(p. 37) □ 사업 목적	<p>□ 사업목적</p> <p>○ 한국인 특이적인 유전체</p>	<p>○ 표준개념에서 “참조”를 제외한 일반표준으로 수정: “참조표</p>																																																																																	

<p>○ 한국인 특이적인 유전체 서열과 변이정보에 대한 지도 작성</p> <p>- 의료산업에 적용할 수 있는 국가 참조표준에 대한 정보 확보</p> <p>□ 사업 내용</p> <p>○ 국가참조표준체계 (Standard Reference Data System) 활용으로 신뢰성과 정확성이 확보된 한국인 표준 유전체 제정</p> <p>- 표준제정을 위한 표준화 (전처리단계: 정의, 샘플링, 한국인-아시아인 다양성 정의, 분석해독 프로세스, 포맷 등)</p> <p>○ 발달장애 조기 진단 및 치료 등을 위한 돌연변이 유전체 지도 (한국인 발달장애 선천적 유전체 변이지도 등) 작성연구</p>	<p>표준서열과 변이 규명의 기준이 되는 지도 작성</p> <p>- 의료산업에 적용할 수 있는 표준 유전체 작성</p> <p>□ 사업 내용</p> <p>○ 국가표준체계 (National Standard System) 활용으로 신뢰성과 정확성이 확보된 한국인 표준 유전체 제정</p> <p>- 표준물질 등록을 위한 표준화 (전처리단계: 정의, 샘플링, 한국인-아시아인 다양성 정의, 분석해독 프로세스, 포맷 등)</p> <p>- 의료산업 유전체 분석의 품질관리가 가능한 유전체 물질 등록과 분양체계 확보</p> <p>○ 희귀난치성질환 및 주요질환의 조기 진단 및 치료 등을 위한 돌연변이 유전체지도 (한국인 발달장애 선천적 유전체 변이지도 등) 작성연구</p>	<p>준”은 강우량DB와 같이 정상/이상여부를 간접적으로 이해하기 위한 특수 표준체계로서, 본 사업의 목표인 독자적인 정밀 유전체지도 개념과 부합되지 않음.</p> <p>○ 표준 유전체 물질개념 필요성: DNA도 “K마크” 개념의 표준물질화가 세계적인 추세로서, “정답”이 공인된 표준 유전체 물질 개발은 유전체 산업의 질 관리와 질적 향상의 기반이 됨. 또, 100% 수입에 의존하고 있는 표준 유전체 물질의 수입대체효과와 아시아 유전체 시장에서 기술적 선도력을 확보할 수 있는 근거 마련</p> <p>○ “국가참조표준체계”를 “국가표준체계”로 수정: 위 화과 동일한 사유로 “참조표준”이 아닌 일반 표준체계로 수정</p> <p>○ 표준화의 세부사항 변경: 괄호안의 내용은 참조표준체계에 특이적인 내용이며, 매년 급변하는 기술적인 발전에 따라 급속히 사양화 될 수 있는 항목임. 이에 따라, 표준 유전체에 맞는 유전체 물질의 개발과 표준화, 표준 등록, 표준화된 유전체 물질을 필요에 따라 공급할 수 있는 분양체계 확보 등으로 수정 필요</p> <p>○ 발달장애 → 희귀 난치성질환 및 주요질환으로 수정: 발달장애는 희귀질환 중에서도 일부의 영역이어서, 표준개념연구의 활용범위 및 협력범위를 제한할 수 있어서, 보다 광범위한 개념이지만, 임상적 활용 의미가 담겨 있는 “희귀난치성질환 및 주요질환”으로 수정</p>
--	--	--

3) 보건복지부 수정의견 (보건복지부/보건의료기술개발과, 담당자: xxx 연구관 /전화 : )

본문내용	검토의견	
	수정안	검토사유
(p.40~41) □ 보건복지부 추진체계 ○ (한국보건산업진흥원) 다수의 센터형 과제 선정을 통한 사업 수행, 연구책임자 협의체 성격의 '사업단' 운영 ○ (국립보건연구원) 한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용사업 담당	□ 보건복지부 추진체계 ○ (한국보건산업진흥원) 인간유전체를 기반으로 하여 진단치료법 개발을 목표로 하는 사업 시행, 관리감독 및 지원업무(성과관리 및 평가 등) 수행 ○ (국립보건연구원) 한국인 유전체 연구자원 정보생산 및 활용사업 담당	사업 출범 후 보건복지부 과제지원 현황 반영

4) 농진청 제안사항 (국내 주요 식물병원균 유전체 해독 및 활용 방안)

- 필요성
- 식물병원균은 세계 식량안보의 위협요소로 식량위기 대비 필요
- 기후 및 농업환경 변화에 따른 병해충 발생 양상 변화에 따른 돌발 병해의 신속한 초기 방제 필요
- 교역 증가에 따른 국제적 문제 병원균 유입 위험 대비
- 목표
- 국제적 식량위기에 대비한 농작물 안정적 생산
- 돌발 병원균 발생에 대한 신속한 대응으로 국가 위기 관리

- 현황 및 문제점
- 세균성 병원균은 비교적 해독이 용이하나, 곰팡이, 활물기생균 경우 유전체 해독 어려움.
- 국내 연구자의 개별적 유전정보 해독 및 비공개로 종합적인 유전체 정보 공유·관리 미흡
- 추진 내용
- 주요 작목별 병원균 균주 수집 및 표준 균주 선정
- 식물병원균 유전체 해독 및 DB 구축
- 유전체 정보 활용을 통한 진단 마커 개발 및 예찰시스템 구축
- 병저항성 작물 분자 육종을 위한 병원성 인자 탐색
- 결과 활용 및 기대 효과
- 국내 주요 식물병원균 유전체 DB 구축
- 식물병원균 진단·예찰 시스템 개발
- 병저항성 작물 개발을 위한 분자육종 소재 제공

<참조> 주요 작목별 병해, 병원균 및 유전체 해독 현황

병명	원인균	피해작물	유전체해독현황*(년)	
			국외	국내
도열병	Magnaporthe grisea	벼	2016	2009
흰잎마름병	Xanthomonas oryzae pv. oryzae	벼	2006	2005
알마름병	Burkholderia glumae	벼	2015	2009
붉은곰팡이병	Fusarium graminearum	맥류	2003	-
녹병	Puccinia graminis, Puccinia allii	맥류, 구근작물	2011	-
탄저병	Colletotrichum gloeosporioides, Colletotrichum destructivum	채소, 과수, 화훼, 약용작물, 두류	2012	-

역병	Phytophthora infestans, Phytophthora sojae	채소, 두류	2006	-
노균병	Peronospora destructor, Peronospora manshurica	채소, 두류	-	-
젓빛곰팡이병	Botrytis cinerea	채소, 화훼, 약용작물	2005	-
시들음병	Fusarium oxysporum	채소, 화훼, 약용작물	2007	-
꽃마름병	Ralstonia solanacearum	채소, 유지	2001	2016
무름병	Pectobacterium carotovorum	채소	2009	-
화상병	Erwinia amylovora	과수	2010	-

5) 농식품부 수정의견 (농식품부/과학기술정책과, 담당자: xxx 연구관 /전화 : )

본문내용	검토의견
(38p) 동식물, 곤충, 미생물 등 농림축산식품 관련 유전체 분석과 유전체 정보 산업화 및 자원화	<input type="checkbox"/> (38p) 농업적 활용이 가능한 미생물 발굴을 위한 유용 유전체 정보의 국가 자원화 및 산업화, 동·식물 병원성미생물의 작용 메커니즘 규명 및 방제 기술 개발(문장 전체 변경)
(40p) 다부처 사업 필요성	<input type="checkbox"/> (40-41p) 전반적으로 내용의 정리 필요(분류별로 새롭게 정리)
(43p) (농림과학기술기획평가원) 산업화 지원 미생물 유전체사업 사업단 편성 및 운영	<input type="checkbox"/> (43p) (농림수산식품기술기획평가원) 사업의 시행, 농림축산식품 미생물유전체사업단의 성공적 수행을 위한 관리감독(성과 관리 및 사업 평가 등) 및 지원(문장 전체 변경)
(50p) 농림축산식품부	<input type="checkbox"/> (50p) 농림축산식품부(문장 전체 변경) ○ (농식품미생물유전체 연구방향) 세균, 진균, 원생동물, 조류, 바이러스 등 미생물의 유전체 분석·활용 연구를 통해 미생물 유전체 정보를 체계적으로 자원화하고 산업적으로 연계하여 농식품 산업과 바이오경제 활성화에 기여 - 농림축산식품부는 농식품 유용미생물을 유전체 기반연구를 통한 산업화를 목적으로 사업을 추진하고 있으며, 연구추진의 효율성을 극대화하기 위해 사업단 체제로 운영 ○ 농림축산식품미생물유전체사업단은 사업단 총괄과제 1개, 조기 성과창출형 9개, 연구역량강화형 5개, 부처연계 4개 과제 등

	<p>총 19개 과제 진행을 통한 목적지향형 연구 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조기성과 창출형 미생물 유전체 핵심 전략 연구 : 농업적 활용 가치가 높은 전략분야 미생물 유전체 연구를 통해 조기성과 (산업화) 창출이 가능한 분야 지원</li> <li>* 발효미생물, 사료첨가제, 미생물소재, 프로바이오틱스, 식용버섯류, 농업환경개선훈 등</li> <li>- 목적지향적 미생물 유전체 연구 : 바이오산업 육성과 미생물 유전체 연구 경쟁력 확보를 위해 메타유전체와 참조유전체 대량 해독 및 정보 분석 연구 지원</li> <li>* 유용생명자원 발굴, 참조유전체, 비교유전체, 기능유전체, 생명정보 축적기술 및 프로그램 개발, 기능성 유전자 발굴 및 활용, 미생물기반 융복합 소재 등</li> <li>- Host-Microbe Interaction(숙주-미생물 상호작용) 연구 : 유전체 차원의 접근을 통한 농작물과 동물의 병원성 미생물간 상호작용 메커니즘 규명 및 방제 기술 개발</li> <li>* 식물병원균(진균,세균,바이러스), 동물병원균(세균,진균), 공생미생물(근권미생물, 장내미생물 등)</li> </ul> <p style="text-align: center;">&lt;농식품부 포스트게놈 사업성과 창출 현황&gt;</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>전략미생물해독</th> <th>유용유전자원확보</th> <th>사업화실용화</th> <th>표준유전체해독</th> <th>메타지놈분석</th> <th>유전체분석기술</th> <th>NaBic등록</th> <th>SCI급논문</th> <th>병원성미생물마커</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>1단계 목표</b></td> <td><b>22</b></td> <td><b>10</b></td> <td><b>3</b></td> <td><b>90</b></td> <td><b>14</b></td> <td><b>5</b></td> <td><b>25</b></td> <td><b>58</b></td> <td><b>3</b></td> </tr> <tr> <td>1년차 (14~15)</td> <td>13</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>22</td> <td>11</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2년차 (15~16)</td> <td>31</td> <td>21</td> <td>1</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>4</td> <td>70</td> <td>31</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	구분	전략미생물해독	유용유전자원확보	사업화실용화	표준유전체해독	메타지놈분석	유전체분석기술	NaBic등록	SCI급논문	병원성미생물마커	<b>1단계 목표</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>90</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>58</b>	<b>3</b>	1년차 (14~15)	13	1	0	4	4	0	22	11		2년차 (15~16)	31	21	1	9	12	4	70	31	
구분	전략미생물해독	유용유전자원확보	사업화실용화	표준유전체해독	메타지놈분석	유전체분석기술	NaBic등록	SCI급논문	병원성미생물마커																																
<b>1단계 목표</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>90</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>58</b>	<b>3</b>																																
1년차 (14~15)	13	1	0	4	4	0	22	11																																	
2년차 (15~16)	31	21	1	9	12	4	70	31																																	
(73p) 당초 예타 계획대로 사업 진행여부	<input type="checkbox"/> (73p) 당초 예타 계획대로 사업 진행여부를 분석하는 파트인데, 부처별 예산현황만 나열되어 있고, 예산 반영 및 예타 보고서에 따른 사업 진행의 구체적인 코멘트가 없음(수정의견)																																								
(75p) 연차별 주요성과	<input type="checkbox"/> (75p) 대부분의 부처가 '14년 후반기에 본격적으로 사업이 진행된 바 14년부터 연차별 주요성과로 작성하는 것 보다는, 전체표로 작성하여 현재까지의 정량적인 성과를 나타내 주고, 지표별로 대표적인 성과를 제시해 주는 것이 적절함. 현재 자료는 연차별 시행계획 내용을 그대로 옮겨놓은 것으로 동 사업의 성과가 과소하게 보일 우려가 있음. 그리고 최신성과 통계로 조정 필요(수정의견)																																								
(77p-85) 부처별 사업성과	<input type="checkbox"/> (77p-85) 과제관리 성과를 정리해 놓은 부처, 성과실적을 정리해 놓은 부처 등 부처별 사업성과 작성 기준이 명확하지 않음. 특히, 농식품부의 경우 과제 선정된 부분이 성과로 정리되어 있는 것은 문제가 있음. 필요한 경우 통일된 양식으로 각 부처로부터 성과를 받아서 정리하는게 적절함(수정의견)																																								
(82p-83) 농촌진흥청	<input type="checkbox"/> (82p-83) 농촌진흥청의 성과로 정리된 82p는 농식품부의 성과임으로 수정필요(수정의견)																																								
(85p) Host-microbe	<input type="checkbox"/> (85p) 내용 작성 시 미래부, 복지부와 농식품부의 균형을 맞출																																								

Interaction	필요가 있음. 농식품부의 Host-microbe Interaction사업의 성과 내용 반영 필요(수정의견)
(93p) 현재 진행 중인 다부처 공동연구 사업 중 질병 기전규명 유전체 연구 및 Host-microbe interaction 연구 사업은 다부처 공동으로 진행되어야 하는 이유가 명확하지 않음 부처별로 동일 내용의 독립적인 사업으로 진행되고 있으며	<input type="checkbox"/> (93p) 복지부와 미래부는 인간 숙주-미생물에 대한 동일분야 연구를 하고 있을수 있지만, 농식품부는 동식물 숙주-미생물 연구로 하고 있기 때문에 동일내용을 전부처가 추진하고 있는 사항은 아님(사실 확인 필요)
(123p) 농식품부/농진청/산림청 종합의견	<input type="checkbox"/> (123p) 다른부처에는 종합의견을 기술하였으나 농식품분야에는 종합의견 누락(수정의견)
(123p) 현재 사업단을 구성하고 9개의 과제를 지원함. 조기성과 창출효과 연구역량 강화형을 구분하여 각각의 목적에 맞는 성과 관리를 강화할 필요 있음. 생산된 데이터의 NABIC 등록현황 점검 필요	<input type="checkbox"/> (123p) 18개 단위과제로 구성된 농림축산식품미생물유전체전략 연구사업단을 구성하여 운영중이며, 예타에서 설정한 목표에 따라 차질없이 성과가 창출되고 있음. 다만, 분석된 유전체 데이터가 정제되어 Nabic 및 Kobic에 정제될 수 있도록 정보의 정제화 연구 추진 필요(문장 전체 변경)

6) 해양수산부 수정의견 (해양수산부/해양수산생명자원과, 담당자: XXX 연구사 /전화 : )

본문 내용	검토 의견
(p.49)산업화 및 우수 연구 성과 발굴	(수정 및 추가) ○ 산업화를 위한 유용유전자 발굴 및 우수 연구 성과 발굴 - 해양수산생물자원의 잠재적 가치 증대로 인한 유용유전자 후보군 발굴 및 이를 통한 우수한 연구성과 도출
(p.50)국제협력 연구 - 국제심포지엄 개최를 통한 유전체 연구역량 제고 및 연구 협력 도모	(추가 내용) - 유전체 대량해독 분야 세계리더 그룹들과의 공동연구 네트워크 구성 및 실질적인 공동연구 추진
(p.59)*ABS의정서('10) : 유전자원 접근 및 이익 공유, 나고야에서	(추가 내용) - ABS를 명시한 나고야의정서 공식 발표('14.10): 제

체결	12차 생물다양성협약(CBD) 당사국 총회 개최 (14'. 9.29-10.17: 강원도 평창)
(p.60) 내용 추가(유전체사업의 국제 공동연구 활성화)	(추가 내용) ○ 생물자원분야 대용량 유전체 해독기술 선진화를 위한 국제공동연구에 대한 지속적인 투자 확대 - 국가생물자원(해양생물자원, 농생물자원)의 대용량 de novo 유전체 해독기술의 선진화 및 국제 경쟁력 확보를 위한 국제공동연구의 지속적인 확대
(p.65)2.2 세부기술 및 추진 연구내용 구체화 <input type="checkbox"/> 연구범위, 세부기술 및 하위연구의 구체화를 위한 내용 연구 1) [응용연구분야] 인간유전체 및 동식물, 해양식물 등 유전정보를 활용한 고부가가치 생명 자원 개발 ○ 농생명자원 유전체연구 사업(농식품부, 농진청, 산림청): ○ 해양생물자원 유전체연구 사업(해양수산부): <input type="checkbox"/> [기반, 산업화 인프라 분야] 유전체 분석 기술 등 연구 기반 확보	○ 세부기술 분류에 관한 사업단 의견: 현재의 기획보고서에서는 인간유전체를 비롯한 동식물, 해양식물 유전체 사업, 농생명유전체 사업을 세부기술 분류 [응용연구분야]에서 통합하여 분류하고 있으나, 인간유전체를 이용한 질환관련 분야를 [응용연구분야]로서 유지시키고 세부기술분야를 [생물자원활용분야]를 새로 만들어, 그 이 분류 카테고리에 해양수산생물 및 농생명유전체 사업을 배속시켜 공동의 목표성을 지향하도록 추진하는 것이 바람직함.
(p.77-78) '14년, '15년 주요성과 표	○ 국제협력(인력교류, 국제회의) 누락
(p.100)성과목표 설정 시 고려할 사항 - 기존에 제시된 자원 채어링과 논문 질적 수준 지표를 공동지표로 활용할 경우, 동 사업을 통해서 발생하는 모든 성과를 KOBIC에 등록하도록 하고(생명자원 채어링), KOBIC에 등록된 자원(채어링 성과)을 활용해서 발생한 논문(사사 등 근거자료 제출 필수)을 대상으로 논문 질적 수준 지표 성과를 측정할 필요가 있음	(해양수산부 의견: 유전체 정보 채어링) - 다부처유전체 사업에서 생산되는 유전체 정보 채어링에 대해서는 그동안 해당 부처간 논의된 내용을 중심으로 수정 필요 - 각 부처에서 부처 특성에 맞는 유전체 정보 관리, 활용 기능을 유지하면서 전 부처의 유전체 정보를 공유할 수 있는 방향으로 추진하는 것이 효율성 측면에서 바람직하다고 판단함.
(p.122) 해수부 소분류	(해수부 수정) - 해양생물 및 수산양식생물 유전체 해독, 정보센터 (돌돔 <sup>수정</sup> , 개불, 실지렁이, 일본재첩, 심해담치 <sup>추가</sup> , 남방큰돌고래 <sup>추가</sup> , 털담치, 미역 등)
(p.131) 2.9 연구추진체계 조정 방안	(해수부 제안)

<p>- 유전체 분야 전체를 포괄한 공동사업 기획</p>	<p>- 현재 진행되고 있는 다부처유전체사업 중, 유전체 분야 전체를 포괄한 공동사업으로 기획하기에는 현실적으로 한계가 있음</p> <p>- 생물자원의 de novo 유전체 해독을 사업 목표로 하는 생물자원분야의 경우 reference genome 해독하는 부처의 유전체 분야와 공동사업이 현실적으로 불가능한 상황임.</p> <p>- 현실적 대안</p> <p>(1) 생물자원분야 대용량 de novo genome 분석기술 향상을 위한 해수부-농진청-산림청 공동의 연구단 구성</p> <p>(2) 부처별 생물자원분야 유전체 해독에 공동연구가 가능한 영역부터 점진적으로 공동연구 수행</p>
---------------------------------	--

**[부록7] ('14~'21) 포스트 게놈 다부처 유전체 사업 추진계획(안) 변경안 요약**

구분	변경 전	변경 후	비고
최신의 연구동향 및 신기술을 반영한 연구내용 조정	- 신기술 미반영	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NGS 단가의 급감에 기인한 빅데이터를 분석하고 활용할 혁신적 분석프로그램 개발 같은 신규 사업 신설</li> <li>- 최신 유전체 기술을 반영한 신규 생명현상 연구가 필요함 (예: eRNA, ncRNA, 단일세포 유전체, CRISPR 등)</li> <li>- 국제적 유전체 연구동향을 반영한 신규 사업이 필요함 (예: 맞춤형의료, 마이크로비옴 연구 관련 분야)</li> <li>- 다부처사업 내에 정밀의료 관련 사업은 기존의 다부처유전체 사업에서 세부사업을 발굴하고, 필요시 별도의 사업으로 추진하는 것이 바람직함</li> </ul>	
부처 간 연구사업의 상호협력 증진을 통한 공동연구 활성화	- 공동연구 활성화 미진	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공동연구사업 선정/평가의 상호협력</li> <li>- 부처 공동연구 추진체계 정비: 독립법인 등의 추진이 미흡한 부분은 코디네이터 (혹은 사업단) 형태 운영 체계 도입</li> <li>- 부처 공동연구 공동기획 추진하고 참여가 미진한 부처는 예산에 반영</li> <li>- 공동연구 및 연계 활성화를 위해 간사부처 전문기관(PM) 중심으로 실무위원회를 구성·운영</li> <li>- 주관부처 코디네이터 과제(총괄PI)를 중심으로 참여 연구책임자간 성과교류회 개최, 신규기획 및 공동연구과제 발굴 등 추진</li> </ul>	
KOBIC의 기능 및 역할 재정비에 따른 효율적인 유전체 정보 연계	- KOBIC의 역할 미비	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KOBIC의 역할 및 기능을 명확히 하고 독립적인 기관운영 추진</li> <li>- KOBIC에 기탁/등록된 유전체 정보만을 성과로 인정</li> <li>- KOBIC과 데이터를 상호교환해야 하는 연관 사업을 KOBIC 중심의 총괄로 조정</li> <li>- 정보센터간 역할 분담 및 협조체계 구축</li> <li>- 성과관리시스템 구축</li> </ul>	
내역사업 내외간 예산투입 규모	- 필요시 예산 조정할 수 있는 프로	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내역내 조정:</li> <li>1)인력양성 시 대학원 과정과 산업체 실무 상</li> </ul>	

조정	토콜 미흡	<p>호간 공백을 채워 주는 소비자 맞춤형 교육과정의 신설</p> <p>2) 질병기전의 경우 정밀의료 관련 분야 차별화 및 사업내용 조정</p> <p>3) KOBIC의 효율적 부처간 협력안 수립이 필요</p> <p>- 내역간 조정: 인력양성 부분의 투자를 축소하여 질감예산을 국제공동 및 질환기전 분야에 투입</p>	
다부처 유전체 공동사무국 운영방안(안)	- 총괄기능 미흡	<p>- 다부처유전체 공동사무국은 부처별 사업 및 공동연구사업에 대한 코디네이터 역할 수행</p> <p>- 부처고유사업의 경우 부처별 사업단장 또는 코디네이터를 지정하고 사업을 총괄 관리</p> <p>- 공동연구사업의 경우 주관부처별 사업단을 구성 코디네이터를 지정하고 공동연구를 추진. 다부처유전체 공동사무국과 협력</p> <p>- 유전체기반사업의 경우 공동사무국과 협력하여 KOBIC 중심으로 데이터 수집 의무화 및 활용 강화</p>	