발 간 등 록 번 호
11-1721000-000713-01

2021년도 예비타당성조사 보고서

바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업

2022. 10.

KISTEP 한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

본 보고서를 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 예비타당성조사 최종보고서로 제출합니다.

2022. 10

주관연구기관명 : 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

내 부 연 구 진 : 오현환 KISTEP 선임연구위원(PM)
김한해 KISTEP 연구위원(부PM)
방혜원 KISTEP 연구원

외 부 자 문 단 : 박수정 레고켐바이오사이언스 부사장
신학동 세종대학교 교수
윤선주 에이피트바이오 대표
정석인 한국기초과학지원연구원 팀장
정완교 서울대학교 교수
정현준 정보통신정책연구원 본부장
최서연 바이넥스 부장

검 토 위 원 : 박정수 이화여자대학교 교수

목 차

요 약 ····· **1**

제 1 장 사업 개요 및 조사방법 ····· **37**

제 1 절 사업 개요 ····· 37
1. 사업의 추진배경 및 목적 ····· 39
2. 조사방법 ····· 44

제 2 장 기초자료 분석 ····· **47**

제 1 절 기술 분석 ····· 47
1. 기술의 정의 ····· 47
2. 구성 기술 ····· 48

제 2 절 거시 환경 분석 ····· 50
1. 분석 절차 및 방법론 ····· 50
2. STEEP 분석 결과 ····· 50

제 3 절 기술개발 동향 ····· 53
1. 국내 기술개발 동향 ····· 53
2. 세부기술별 개발 동향 및 국내외 기술개발 현황 비교 ····· 54

제 4 절 시장 및 산업 동향 ····· 58
1. 글로벌 합성생물학 시장 및 산업 동향 ····· 58
2. 글로벌 바이오파운드리 산업 동향 ····· 59

제 5 절 정책 동향 ····· 63
1. 글로벌 합성생물학 정책 동향 ····· 63
2. 해외 합성생물학 정책 동향 ····· 65
3. 우리나라 합성생물학 정책 동향 ····· 68

제 6 절 바이오파운드리 기술 특허 동향 ····· 71
1. 특허 동향 분석 개요 및 현황 ····· 71

제 3 장 과학기술적 타당성 분석 ····· 83

제 1 절 문제/이슈 도출의 적절성 ····· 83
1. 문제/이슈 식별 과정의 적절성 ····· 83
2. 식별된 문제/이슈의 적절성 ····· 85
3. 과학기술 기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성 ····· 88

제 2 절 사업목표의 적절성 ····· 98
1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성 ····· 99
2. 사업목표 설정의 적절성 ····· 100
3. 성과지표의 적절성 ····· 104
4. 수혜자 표적화의 적절성 ····· 109

제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성 ····· 110
1. 세부활동과 사업목표의 연관성 ····· 110
2. 세부활동 도출의 적절성 ····· 115
3. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성 ····· 137
4. 추진 전략의 적절성 ····· 139

제 4 장 정책적 타당성 분석 ····· 149

제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제 ····· 149
1. 상위계획과의 부합성 ····· 149
2. 사업추진체제 및 추진의지 ····· 155

제 2 절 사업 추진상의 위험요인 ····· 164
1. 재원조달 가능성 ····· 164
2. 법·제도적 위험요인 ····· 169
3. 기타 위험요인 ····· 170

제 5 장 경제적 타당성 분석 ····· 172

제 1 절 비용 추정 ····· 172

1. 총사업비 개요 ····· 172

제 2 절 편익 추정 ····· 190

1. 주관부처의 편익 개요 ····· 190
2. 주관부처 편익 추정 검토 ····· 192
3. 예비타당성조사 연구진의 편익추정방향 ····· 195

제 3 절 경제성 분석 ····· 198

제 6 장 종합분석 및 결론 ····· 199

제 1 절 AHP를 이용한 종합분석 ····· 199

1. AHP 기법을 활용한 종합분석의 개요 ····· 199
2. 종합평가 결과 ····· 200

제 2 절 결론 및 정책제언 ····· 206

1. 결론 ····· 206
2. 정책제언 ····· 210

참 고 문 헌 ····· 212

부 록 ····· 215

표 목 차

<표 1-1> 3개 내역사업 및 5개 중점과제 구성 현황 40
<표 1-2> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 연도별 소요예산 43

<표 2-1> 기술 분야별 미중 주요 기업 52
<표 2-2> 합성생물학 분석 및 활용기술 기술수준 및 격차 54
<표 2-3> 국내기술수준 향상을 위한 정부중점추진 정책 우선순위 54
<표 2-4> 바이오파운드리 세부기술별 기술개발 동향 54
<표 2-5> 바이오파운드리 세부기술별 기술개발 동향 56
<표 2-6> 주요 글로벌 기업의 합성생물학 관련 R&D 및 산업활동 60
<표 2-7> 글로벌 Top 10 합성생물학 기업 61
<표 2-8> 첨단기술융합 활용기업 동향 62
<표 2-9> 바이오파운드리 구축 기업 동향-의학분야 62
<표 2-10> GBA 소속 바이오파운드리 현황 63
<표 2-11> 분석대상 기술분류별 유효데이터 건수 71

<표 3-1> 주요 Global Biofoundry Alliance 소속 바이오파운드리 현황 91
<표 3-2> 수요조사 결과를 반영한 워크플로 도출 94
<표 3-3> 주관부처가 제시한 바이오파운드리 베타와 동 사업간 비교 97
<표 3-4> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 목표체계 100
<표 3-5> 균주제작 성과지표 예시 105
<표 3-6> 바이오부품 유용성 판단 기준 106
<표 3-7> 주관부처가 제시한 3내역사업 수행과제 수와 성과지표 목표치 108
<표 3-8> 내역사업 및 중점과제 구성 110
<표 3-9> 3내역사업 바이오파운드리 활용기술 개발 (88개 과제) 114
<표 3-10> 3내역사업 산학연 수요 기반 바이오파운드리 활용지원 중점과제 지원유형 115
<표 3-11> 입지적정성 평가항목 및 세부 평가요소 120
<표 3-12> 입지적정성 분석 결과 종합 121
<표 3-13> 주관기관 선정평가 항목 121
<표 3-14> 바이오파운드리 인프라동 상세 개요 125
<표 3-15> 연구개발 장비 비용 분석 결과(NFEC) 127
<표 3-16> 장비별 수량 및 비용 조정 결과 128
<표 3-17> NFEC 연구장비 예비타당성조사 개요 129

<표 3-18> 2내역사업 기술수요조사 대비 최종 세부기술 선정 현황 130
<표 3-19> 2내역사업 분야별 산학연 기술수요조사 결과(부처제출 원시자료 기준) 131
<표 3-20> 3내역사업 기술수요조사 대비 최종 세부기술 선정 현황 131
<표 3-21> 3내역사업 분야별 산학연 기술수요조사 결과(부처제출 원시자료 기준) 131
<표 3-22> 2/3내역사업 세부기술의 우선순위 도출 과정 134
<표 3-23> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 기획위원 구성 137
<표 3-24> 주관부처가 바이오파운드리 인프라를 통해 생산하고자 하는 성과물 141
<표 3-25> 주관부처가 제시한 독립법인형태와 출연(연) 내부조직 간 차이 144
<표 3-26> 과제 선정, 관리, 평가 체계 146
<표 3-27> 바이오파운드리 연구단 인력 계획 148

<표 4-1> 상위계획과의 부합성 조사 결과 149
<표 4-2> 상위계획과의 부합성 평점 결과 150
<표 4-3> 동 사업의 유사사업과의 차별성 조사 대상 사업 155
<표 4-4> 글로벌프론티어사업 개요 156
<표 4-5> 바이오의료기술개발사업 개요 157
<표 4-6> 주관부처가 제시한 바이오파운드리 베타와 동 사업간 비교 158
<표 4-7> 한국생명공학연구원 주요사업의 개요 159
<표 4-8> 바이오그린 연계 농생명 혁신기술개발의 개요 160
<표 4-9> 바이오산업기술개발사업의 개요 161
<표 4-10> 최근 4년간 정부 및 주관부처 연구개발비용 추이 164
<표 4-11> 사업참여의향 기업의 투자의향규모 165
<표 4-12> 중점과제별 국고, 민간 부담 비중 165
<표 4-13> 기반구축형 연구개발사업 국비지원 인정기준 166

<표 5-1> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예산 요약 172
<표 5-2> 국가연구개발 혁신법 시행령 173
<표 5-3> 바이오파운드리 센터 시설개요(사업계획안) 174
<표 5-4> 바이오파운드리 센터 부지현황(사업계획안) 175
<표 5-5> 바이오파운드리 센터 건폐율, 용적률 검토 175
<표 5-6> 바이오파운드리 센터 시설물 개요(사업계획안) 176
<표 5-7> 바이오파운드리 센터 층별 개요(사업계획안) 176
<표 5-8> 바이오파운드리 주요 시설의 면적 (추가 소명자료) 178
<표 5-9> 바이오파운드리 센터 시설물 개요(사업계획안) 179
<표 5-10> 바이오파운드리 센터 건설 사업비(사업계획안) 180
<표 5-11> 바이오파운드리 센터 건설 사업비(비용검토안) 180
<표 5-12> 시도 전체 용도지역 및 이용상황별 보상배율 181

<표 5-13> 부지별 개별공시지가 ····· 181
<표 5-14> 계획안 대비 검토안 공사비 비교(부가세 별도) ····· 181
<표 5-15> 단위 공사비 산출근거 ····· 182
<표 5-16> 공사비 산출 내역 (검토안) ····· 182
<표 5-17> 계획안 대비 검토안 시설부대경비 비교 ····· 182
<표 5-18> 설계비 산정_직선보간법 (검토안) ····· 183
<표 5-19> 책임감리비 산정_직선보간법 (검토안) ····· 183
<표 5-20> 시설부대경비 산출 (검토안) ····· 184
<표 5-21> 바이오파운드리 인프라 총 운영비 검토 ····· 185
<표 5-22> 바이오파운드리 센터 일반운영비 산출 내역 ····· 186
<표 5-23> 바이오파운드리 센터 특수시설 운영비 ····· 187
<표 5-24> 바이오파운드리 장비구축 비용(사업계획안) ····· 187
<표 5-25> 장비별 수량 및 비용 조정 결과 ····· 188
<표 5-26> 유사과제군과 동 사업 2·3내역의 연구비 규모 비교 ····· 189
<표 5-27> 주관부처가 제시한 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 편익 추정 방안 ····· 190
<표 5-28> 주관부처가 적용한 매출발생산업군의 기업수 및 매출액 ····· 190
<표 5-29> 주관부처가 활용한 동 사업의 편익기간 산출 근거 ····· 191
<표 5-30> 주관부처 제시 편익 추정 요약 ····· 192
<표 5-31> 바이오산업 실태조사 산업분류 기준 ····· 193
<표 5-32> 주관부처가 추정한 8개 매출발생 산업분야 1개 기업당 평균 매출액 ····· 194
<표 5-33> 주관부처의 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 편익추정 결과 요약 ····· 194
<표 5-34> 바이오파운드리 인프라 관련 매출 발생 산업군 기업 수 및 매출액 ····· 195
<표 5-35> 편익 추정 기본방향 및 변수 정의 ····· 197
<표 5-36> 연도별 총비용 및 총편익 추정 결과(안) ····· 198
<표 5-37> 비용편익 분석결과(안) ····· 198

<표 6-1>「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」예비타당성조사 AHP 평가항목 ····· 203
<표 6-2> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예비타당성조사 AHP 평가항목별 가중치 ····· 204
<표 6-3> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예비타당성조사 평가자별 AHP 평가결과 ····· 205
<표 6-4> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예비타당성조사 AHP 평가결과 ····· 210

그 림 목 차

[그림 1-1] 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 비전체계도 ····· 39

[그림 2-1] 바이오파운드리 개념 ····· 49
[그림 2-2] 합성생물학 시장 현황 및 전망(2015-2030년) ····· 58
[그림 2-3] 합성생물학 응용분야, 지역별 시장 비중 ····· 59
[그림 2-4] 합성생물학 분야 연도별 스타트업 기업 수 ····· 61
[그림 2-5] 최근 4년 간('17~'20) 합성생물학 분야 정부투자 규모(억 원) ····· 69
[그림 2-6] 주요 출원국별 연도별 특허동향 ····· 72
[그림 2-7] 최근 10년 이내 주요 출원국 내·외국인 특허출원현황('10~'19) ····· 73
[그림 2-8] 동 기술의 성장단계 ····· 74
[그림 2-9] 세부기술별 특허기술 성장단계 ····· 75
[그림 2-10] 세부기술별 특허기술 성장단계 ····· 76
[그림 2-11] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAA기술) ····· 77
[그림 2-12] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAB기술) ····· 78
[그림 2-13] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAC기술) ····· 79
[그림 2-14] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAD기술) ····· 80
[그림 2-15] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAE기술) ····· 81
[그림 2-16] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(ABA기술) ····· 82

[그림 3-1] 합성생물학의 타산업 파급효과 ····· 86
[그림 3-2] 문제/이슈와 사업목표와의 연계구조 ····· 87
[그림 3-3] 중국 선전 합성생물학 클러스터 조성 계획 ····· 90
[그림 3-4] Global Biofoundry Alliance 지도 ····· 91
[그림 3-5] 일반적인 신약개발 R&D 과정 ····· 95
[그림 3-6] 주관부처가 제시한 동 사업의 논리 모형 ····· 98
[그림 3-7] 주관부처 제시 바이오 파운드리 활용 시나리오 ····· 102
[그림 3-8] 바이오파운드리 베타 개요 ····· 103
[그림 3-9] 내역사업간 성과 연계도 ····· 112
[그림 3-10] 사업 핵심성과지표와 내역사업간 연계성 ····· 114
[그림 3-11] 주관부처가 제시한 합성생물학의 사회적 수용성 제고 모델 ····· 117
[그림 3-12] 바이오파운드리 입지적정성 분석 절차 ····· 120

[그림 3-13] 합성생물학 관련 주요 연구기관의 지역 분포 ····· 123
[그림 3-14] 스테이션의 장비 구성 예시 ····· 133
[그림 3-15] 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 총괄 로드맵 ····· 139
[그림 3-16] 주관부처가 1차 추가제출자료에서 제시한 동 사업 추진체계 ····· 143
[그림 3-17] 바이오파운드리 연구단 조직체계도 ····· 145

[그림 4-1] 제4차 과학기술기본계획의 추진체계 ····· 151
[그림 4-2] 제3차 생명공학 육성 기본계획('17~'26) ····· 152
[그림 4-3] 제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획('20~'25) ····· 153
[그림 4-4] 바이오파운드리 인프라 구축예정부지 현황 ····· 168

[그림 5-1] 바이오파운드리 센터 시설배치 현황도(사업계획안) ····· 174
[그림 5-2] 매출발생산업군의 기업당 평균매출액 추이 ····· 195

[그림 6-1] 분석적 계층화법(AHP)을 이용한 평가절차 ····· 200
[그림 6-2] 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 예비타당성조사 의사결정 계층구조 ····· 201

요 약

요 약

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

1. 사업 추진배경 및 개요

<table>
<tr><td colspan="2">총사업비</td><td>7,434억 원
(국비 6,585억 원, 민자 849억 원)</td><td>사업기간</td><td>2023년～2030년
(8년, 3+3+2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진주체</td><td>주관부처</td><td colspan="3">과학기술정보통신부 생명기술과 / 산업통상자원부 바이오융합산업과</td></tr>
<tr><td>관리기관</td><td colspan="3">한국연구재단 / 한국산업기술평가관리원</td></tr>
<tr><td colspan="2">사업목표</td><td colspan="3">○ (사업목적) 바이오파운드리 인프라 구축·활용을 통해 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 제고하고 국내 기업 혁신을 견인
○ (전략목표) 바이오파운드리 인프라의 성공적 구축·활용을 통해 바이오 연구·혁신 가속화 실현
○ (성과목표) 바이오 연구개발 속도 향상, 바이오부품 대량발굴, 바이오파운드리 활용 촉진
○ (성과지표) 균주제작 성능 500건/월, 바이오부품 10,000건 발굴, 바이오파운드리 활용 연간 50건</td></tr>
<tr><td colspan="2">추진체계
및 추진전략</td><td colspan="3">○ 사업추진체계
- (총괄부처) 과학기술정보통신부/산업통상자원부
- (의결기구) 추진위원회
- (관리주체) 바이오파운드리 운영위원회, 전문기관 협의체
- (전문기관 협의체) 내역사업2와 내역사업3 운영을 위한 연구개발 과제 선정·평가·관리 및 정산
- (사업 수행 주체) 바이오파운드리 연구단, 산학연 연구기관

사업추진체계도</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>주요 내용</td><td>

>○ 세부내용(3내역-12중점-121세부기술 구성, 8년간 총 7,434억 원 규모)

<사업 추진 규모>

(단위 : 억 원)

<table>
<tr><th>내역사업</th><th>사업 내용</th><th>총사업비</th><th>국고</th><th>민자</th></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>7,434</td><td>6,585</td><td>849</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 인프라 구축·운영</td><td>▪ 센터 건립과 인프라 도입·운영, 통합플랫폼 개발 및 수용성 제고 연구 등 5개 중점과제
※ 사업단 운영관리(265억 원) 포함</td><td>2,603</td><td>2,603</td><td>-</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 핵심기술개발</td><td>▪ 설계(Design), 제작(Build), 시험(Test), 학습(Learn) 단계별 핵심요소기술개발 및 바이오파운드리 핵심장비 개발 등 5개 중점과제</td><td>2,089</td><td>1,909</td><td>182</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 활용기술개발</td><td>▪ 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화 및 산학연 수요 맞춤형 바이오파운드리 활용 지원 등 2개 중점과제</td><td>2,582</td><td>1,914</td><td>668</td></tr>
<tr><td>기획평가관리비</td><td>▪ 기획평가관리비</td><td>161</td><td>161</td><td>-</td></tr>
</table>

<내역사업별 기술개발 주요내용>

<table>
<tr><th>내역사업
(중점과제 수)</th><th>주요내용 (세부기술 수, 총 과제비)</th></tr>
<tr><td>바이오파운드리 인프라 구축·운영
(5개)</td><td>[1-1] 바이오파운드리 센터 건립(800억 원)
[1-2] DBTL 단계별 핵심장비 도입 및 운영시스템 구축(874억 원)
[1-3] DBTL 통합플랫폼 기술개발(247억 원)
[1-4] 바이오부품 뱅크구축(217억 원)
[1-5] 합성생물학 수용성 제고 연구(200억 원)
※바이오파운드리 사업단 운영관리 265억 원</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 핵심기술개발
(5개)</td><td>[2-1] 바이오복잡성 극복 설계기술개발(5개, 254억 원)
[2-2] 상향성 바이오제작기술개발(7개, 613억 원)
[2-3] 초병렬 초고속 바이오시험 기술개발(5개, 320억 원)
[2-4] 빅데이터/AI 기반 바이오학습 기술개발(3개, 176억 원)
[2-5] 바이오파운드리 핵심장비 개발(8개, 726억 원)</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 활용기술개발
(2개)</td><td>[3-1] 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화(12개, 1,586억)
[3-2] 산학연 수요맞춤형 바이오파운드리 활용 지원(66개, 996억 원)</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td>

○ (과학적 기대효과) 합성생물학 및 바이오파운드리 핵심기술 선점을 통해 기술 주권 확보, 생명공학 연구의 새로운 패러다임 제시 및 기술 혁신 가속화

○ (사회적 기대효과) 신종감염병 백신 생산·공급의 효율성 개선과 같은 포스트코로나 이슈, 탄소중립 사회·그린경제로의 전환 등 글로벌 현안에 대한 지속가능한 해결책 제시 가능

○ (경제적 기대효과) 기존산업의 고부가가치화, 스타트업 및 신산업 육성을 통해 기존 산업생태계의 성장동력을 창출하고, 관련 소재·부품·장비 기술을 국산화하여 해외의존도 완화 가능

</td></tr>
</table>

가. 사업추진 배경 및 목적

□ 합성생물학은 바이오혁명을 구체화하는 핵심 기반기술로서 전세계가 주목

○ 합성생물학이란, 생명과학의 바탕에 공학적 관점을 도입하여 생명체의 구성요소·시스템을 설계·제작하는 학문

- 2000년대 이후 유전체 관련 기반기술의 급속한 발전과 데이터 축적으로 유전체 해독(Read/학습) ⇒ 합성(write/창작) 시대로 패러다임 전환
- 최근 단순한 생명체의 경우 인공적으로 제작하는 것이 가능한 단계로 발전

○ OECD, WEF 등 국제적 영향력이 큰 기구·회의에서 세상을 바꿀 미래유망기술로 '합성생물학' 개념을 지속 선정하는 등 미래 가치가 인정

□ 각국에서는 합성생물학 육성 정책을 경쟁적으로 추진 중이며, 우리나라도 정부 주도의 합성생물학 육성을 위한 체계적 투자 전략을 발표

○ 미국은 바이오산업 글로벌 패권 유지를 위해 합성생물학 집중 지원 및 전문 연구기구 설치

- 국방부(DOD), 에너지부(DOE) 등 정부에서 합성생물학을 집중 지원해 왔으며, 합성생물학을 미·중 기술 패권경쟁 주요 분야로 인식, 지원 강화
- 미국은 DARPA 산하 합성생물 전문연구기구 설치(Biological Technologies Office, '14)하고, 최근에는 합성생물제조연구기관(BioMADE)* 신설 결정('20.10)

○ 중국은 합성생물학에 대한 대규모 투자로 단기간 빠른 추격 노력

□ 우리나라도 정부 주도의 합성생물학 육성을 위한 체계적 투자 전략을 발표

○ 합성생물학 분야 산학연 전문가들과 과기부 및 산업부 등 민관협의 회의를 통하여 대규모 중장기 기술개발사업 추진 협의('21.5)

○ 특히, 2021년 10월 제15차 혁신성장 BIG3 추진회의에서 '바이오 제조혁신을 위한 합성생물학 생태계 조성방안'을 발표하여 합성생물학 핵심기술 확보와 정부 주도의 공공 바이오파운드리* 구축 계획을 제시

2. 조사방법

가. 과학기술적 타당성 분석

(1) 문제/이슈 도출의 적절성

□ 문제/이슈의 식별과정 및 도출된 문제/이슈의 적절성, 과학기술 기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성을 조사

○ 바이오 기술개발 속도 향상, 합성생물학 기술 경쟁력 제고 등 동 사업을 통해 해결하고자 하는 문제/이슈 도출을 위한 각종 분석 내용에 대한 적절성을 검토

○ 주관부처가 제시한 문제/이슈가 동 사업을 통한 바이오파운드리 인프라 구축 및 활용을 통해 해결 가능한 것으로 표적화되어 있는지를 검토

○ 바이오파운드리 인프라 구축 및 활용의 중요성 및 필요성을 주요국의 구축 및 운영 현황, 국내 기술 수준 및 R&D 역량, 공공 바이오파운드리 수요 측면에서 분석

(2) 사업목표의 적절성

□ 사업목표와 해결할 문제와의 연관성, 성과목표의 적절성, 성과지표의 적절성, 결과물의 수혜자 표적화 여부 등을 조사함

○ ‘바이오 기술개발의 장기간, 고비용 구조’, ‘합성생물학 기술경쟁력 제고’라는 문제/이슈 해결과 동 사업의 사업목표와 연관관계 여부를 조사

○ 사업목표 달성을 위해 제시한 3개 성과목표가 적절한지를 전략목표와의 연관성, 사업목표 달성 여부를 평가할 수 있는 성과로서의 대표성 및 핵심성 중심으로 조사

○ 주관부처가 제시한 성과목표 및 성과지표의 적절성을 사업목적, 사업목표와의 연계성을 중심으로 분석

(3) 세부활동 및 추진전략의 적절성

□ 세부활동과 사업목표와의 연관성, 세부활동 도출의 적절성, 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성, 추진 전략의 적절성 등을 통해 조사

○ 3개 내역사업과 12개 중점과제의 구성 및 연계성, 특히 1내역사업을 통해 구축될 바이오파운드리 인프라와의 연계성 및 활용 가능성을 중심으로 세부활동과 사업목표와의 연관성을 검토

○ 내역사업별 세부활동 도출의 적절성, 연구개발 수요조사의 적절성, 우선순위 설정 과정의 적절성, 사업 기획 및 우선순위 도출 참여 전문가 구성의 적절성 등을 통해 세부활동의 적절성을 검토

○ 주관부처가 제시한 사업 총괄 로드맵을 분석하여 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계가 논리적인가를 검토

○ 사업의 특성을 고려하여 추진전략의 적절성, 사업 추진체계의 적절성, 과제선정 기준 및 절차, 성과관리 방안 등 연구개발 추진방안의 적절성을 검토

나. 정책적 타당성 분석

(1) 정책의 일관성 및 추진체제

□ 과학기술 분야의 유관 상위계획과 동 사업의 부합성, 유사사업들과의 차별성, 사업 추진체제의 적절성 및 주관부처/참여기관들의 추진의지 등을 조사

○ 과학기술 분야의 최상위 법정계획인 과학기술기본계획과 동 사업 유관 상위계획을 대상으로 사업내용과의 부합 여부를 조사

○ 관련 사업과의 차별성, 유관 사업과의 연계·협력 방안 등의 적절성 등을 분석하고, 추진의지 및 선호도 측면에서 사업계획서의 완성도 및 자료 제출 수준을 검토

(2) 사업 추진상의 위험요인

□ 사업 추진상의 위험요인에서는 재원조달 가능성과 법·제도적 위험요인을 조사

○ 재원확보 측면에서 정부, 민간 등의 사업비 분담금, 지방비, 인프라 운영비 등을 검토

○ 동 사업 추진과 관련하여 유의하여야 하는 법·제도적 사항과 국제통상 마찰 가능성에 대해 조사

(3) 기타 위험요인

□ 바이오 및 IT 융합인력 확보 측면, 바이오파운드리 센터 및 장비 도입 지연에 따른 인프라 구축 지연 가능성 등의 위험요인을 조사

다. 경제적 타당성 분석

□ 총사업비 추정 근거가 타당한지, 세부비용이 적정 범위 내에 있는지 등을 조사하고, 주관부처의 편익 추정방법의 적절성을 검토하여 동 예비타당성조사에서 적용하고자 하는 편익 추정의 방향을 제시

○ 주관부처가 제시한 인프라 구축 계획, 장비도입 및 구축 계획에 대한 전문기관의 용역을 통해 총비용을 추정하고, 특허분석을 통해 바이오파운드리 관련 기술의 기술수명주기(TCT) 도출하여 편익기간에 반영

□ 경제적 관점에서 사업 시행의 타당성 여부를 판단하기 위하여 동 사업을 통해 발생하는 편익을 비용과 비교

제 2 장 과학기술적 타당성 분석

1. 문제/이슈 도출의 적절성

가. 문제/이슈 식별 과정의 적절성

□ 도출된 문제/이슈인 '바이오 기술개발의 장기간 고비용 해소'는 전체 바이오 연구개발 및 산업의 포괄적인 문제이며, '합성생물학 분야 미·중 기술패권 전쟁 대응 시급'은 국가 차원의 합성생물학 산업 및 연구개발 전략의 문제로, 제안된 바이오파운드리 인프라 구축만으로 해결할 수 있는 문제/이슈로 적절하게 표적화되지 못함

○ 문제/이슈 식별을 위해 실시한 STEEP 분석과 제시된 문제/이슈와 연관성이 부족

- (S)생명윤리/이중용도 위험성 증가, (T)바이오기술의 파급력 확대 추세, (E)'인더스트리 4.0' 및 '플랫폼 경제' 개념 대두, (E)기후변화로 탄소중립 글로벌 기조 대두, (P)인공지능, 바이오 등의 분야에서 중장기 정책 방향 정의 중요성 증대

□ 바이오 분야 일반현황, 합성생물학 관련 국내 기술 및 연구 역량 등을 근거로 문제/이슈를 도출하여, 합성생물학 분야의 일부 인프라에 해당하는 동 사업에 따라 구축되는 바이오파운드리를 통한 해결 가능성의 근거는 미제시

○ 국내 바이오 산업 및 연구개발의 문제점 분석, 국내 합성생물학 관련 연구 및 산업 생태계 분석, 기존 합성생물학 관련 사업의 성과 및 한계 분석, 바이오 분야에서 합성생물학, 특히 바이오파운드리의 기여 정도 등에 대한 객관적 분석자료 미제시

□ 바이오 제품화 단계 중 초기에 주로 활용되는 바이오파운드리 구축을 통해 바이오 기술개발의 장기간, 고비용 문제 해소 가능성에 대한 근거 미흡

□ 합성생물학 기술경쟁력 제고를 위해 인프라 구축의 필요성을 주장하였으나, 기존 합성생물학 관련 사업의 성과 및 한계, 합성생물학 분야에서 바이오파운드리의 기여 정도 등에 대한 분석 부족

○ 응용분야를 특정하지 않고 레드, 화이트, 그린 바이오 등이 모든 분야에 활용할 수 있는 범용 인프라를 제안하였으나, 분야별 연구 및 산업 현장에서의 바이오파운드리 수요 및 기여 가능성을 구체적으로 검증할 수 있는 근거 미제시

○ 바이오파운드리 구축을 통해 낮은 합성생물학 기술수준, 인프라 및 연구비 부족, 기초연구 부실, 전문인력 부족 등의 개선 필요성을 제시하였으나, 정부의 합성생물학 또는 바이오파운드리 관련 지원의 성과 및 한계, 바이오파운드리 인프라 구축과의 연관성 제시 부족

- 한국생명공학연구원, 성균관대학교 등의 바이오파운드리 구축 및 운영 사례 분석, 수요 대비 추가 대규모 인프라 구축 필요성 등의 분석 미흡

나. 식별된 문제/이슈의 적절성

□ 제시된 문제/이슈는 바이오 산업 및 기술개발의 전체 문제/이슈이며, 합성생물학 관련 일반적인 현황 자료 중심으로 도출 근거를 제시하여 '범용 공공 바이오파운드리 구축·활용'을 통한 해결 가능성이 부족하고 바이오파운드리 인프라 구축으로 표적화가 되지 못함

○ 바이오파운드리를 통한 초기단계 연구개발 속도향상이 전주기에서 기여 정도가 명확하지 않아, 바이오 분야의 장기간 고비용 문제를 동 사업을 통한 공공 바이오파운드리 구축으로 해결할 수 있는지 표적화 미흡

○ 기술패권 전쟁 및 강대국간 기술블록화 대응 측면에서 볼 때, '합성생물학의 잠재력 대비 인프라 부족 및 질적 경쟁력 부족' 등의 한계가 존재하며, 동 사업과의 논리적이고 객관적인 인과관계가 부족하고, 기여 가능성에 대한 근거 미제시

다. 과학기술 기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성

□ 주요국 바이오파운드리 구축 사례, 관련 국내 기술 수준 및 R&D 역량, 공공 바이오파운드리 수요 등의 관점에서 분석한 결과 제시된 '대규모', '범용', '공공' 바이오파운드리 구축을 통한 문제이슈 해결 가능성, 사업 추진 시급성은 높지 않음

○ 글로벌 바이오파운드리 연합(GBA) 소속 기관 대부분, 특히 기술선진국은 주관기관의 역량에 따라 응용 및 지원 대상을 차별화하여 국가 주요 거점에 분산 구축

- 주관부처는 합성생물학 전문기관의 역량이 제한적인 후발국의 특성이 고려되어야 하며, DBTL 단계 분할 구축은 자본 및 전문인력 낭비를 초래할 우려가 있다는 의견을 제시

- 호주, 중국 등 바이오파운드리 구축 사례, DBTL 단계의 분할 구축 및 네트워크 운영, 응용분야별 DBTL 통합 워크플로의 거점 구축 등 다양한 인프라 구축 대안이 충분히 검토된 것으로 볼 수 없어 타당성 인정에 한계

- 수요, 역량, 경제성 측면 인프라 구축 방식에 대한 비교 분석이 불충분하며, 기술 선진국과 다른 전략을 선택한 이유 및 위험요인 분석 미제시

○ 세계 최고 수준 75%, 전문인력 250여 명, 합성생물학 산업 기반 미흡, 법·제도적 준비 미흡 등을 고려할 때 바이오파운드리의 성공적 구축 및 운영 관련 위험요인 존재

- 바이오파운드리는 합성생물학 전문인력과 함께 AI, 자동화 등 ICT융합인력 확보가 필수적이나 이와 관련한 현황 분석 및 확보방안 미제시

○ 대규모(6개 스테이션), 범용(레드, 화이트, 그린 등) 등 사업 규모 및 인프라 구축의 필요성을 파악할 국내 합성생물학 관련 산업현황 및 공공 바이오파운드리 수요 분석, 응용분야별 산업현황 및 이에 따른 인프라 수요 등이 제시되지 않아 사업목표, 성과목표, 사업 내용 및 체계, 사업 규모 등의 타당성을 충분히 입증하지 못함

○ 동 사업 추진의 필요성으로 모더나社의 바이오파운드리를 활용한 코로나19 mRNA 백신 신속 개발 사례를 제시하였으나, 백신 신속 개발에서 바이오파운드리의 기여보다는 미국 FDA의 긴급사용승인의 영향이 커 동 사업 추진의 근거 사례로는 불충분

○ 기 구축 중인 공공(생명(연), 성대), 민간(CJ제일제당)의 인프라 시설 등의 수요 관점에서의 한계, 연계협력 방안 등 분석 미흡

2. 사업목표의 적절성

가. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

□ 바이오파운드리 구축이 바이오 분야 전체의 문제 이슈인 장기간, 고비용 구조 해소에의 기여 정도 불분명

□ 바이오제품화 초기단계 속도향상에 대한 산업계 수요 분석 미흡, 바이오 분야별 특성이 분석되지 않은 범용 인프라 구축의 적절성, 윤리·사회적 문제 및 법률적 제약 등의 미해소로 바이오파운드리 공공 서비스의 위험요인 등 존재

○ 바이오파운드리는 바이오 제품화 단계에서 탐색연구 및 타겟발굴 등 초기 단계에 주로 활용

○ 바이오 산업에서 초기단계 연구개발 속도 향상에 대한 수요, 바이오파운드리를 통해 탐색연구 및 타겟발굴 단계 속도 향상이 바이오 제품화 단계에서의 기여 정도 분석 미실시

○ 레드·화이트·그린 바이오 등 응용분야별 연구 및 산업 현장 수요 등 특성을 고려하여 사업목표 및 추진전략이 수립되어야 하나 관련한 분석 미제시

○ 낮은 기술 수준, 미약한 산업 기반, 부족한 전문인력 등의 위험요인 극복방안을 반영한 국가 차원의 전략이 수립되기 이전에 대규모 범용 인프라를 우선 구축하는 것의 타당성 부족

○ 합성생물학과 관련한 사회적, 윤리적 선결 과제, 관련 법·제도 정비가 이루어지지 않아 바이오파운드리 운영 측면의 위험요인에 대한 대안 부족

나. 사업목표 설정의 적절성

□ 성과목표와 전략목표와의 관련성이 부족하여 제시된 성과목표를 고려할 때 전략목표 설정이 적절하지 않으며, 성과목표의 산출근거, 사업내용 대표성 등이 부족하여 전략목표 달성 여부 평가 기준으로 부적합

○ '연구개발 속도 5배 향상'은 산출 근거, 사업규모 대비 적절성이 부족, '바이오부품 대량 발굴'은 성능 기준 미제시, DBTL 기반기술 및 장비개발 등의 바이오파운드리 인프라 적용의 한계, '바이오파운드리 활용 촉진'은 과제지원에 따른 과정지표를 성과지표로 제시하여 공공서비스를 통한 사업목표 달성 여부 평가에 불충분

- (성과목표 1 : 연구개발속도 5배 향상) DB단계 2.5배 속도 향상 및 TL단계 2배 향상으로 바이오연구개발 속도 5배 향상을 제시하였으나, DB단계가 전체 DBTL 속도에 미치는 영향에 대한 상이한 의견이 존재하여 5배 향상 목표 달성 가능성이 불충분

※ 제시된 DB단계 2.5배 향상의 산출 근거 및 비교군인 일반실험식 속도 산출 근거 불충분, 소규모 시설인 생명(연) 바이오파운드리 베타와 성과목표가 동일하여 사업 규모 등을 고려할 때 목표의 적절성 및 도전성 불충분

- (성과목표 2 : 바이오부품 대량 발굴) 발굴된 바이오부품의 성능 기준, 연구 및 산업에서의 활용 정도 및 성능 만족도 등 바이오파운드리 인프라 운영에 따른 관련 연구 및 산업 혁신 기여도 평가 목표로 불충분

※ DBTL 핵심기반기술, 장비개발 등 2내역사업은 구축되는 바이오파운드리에의 적용을 주요 목적으로 하나, 제시된 성과목표로는 이에 대한 평가가 어려워 성과목표의 핵심성 부족

- (성과목표 3 : 바이오파운드리 활용 촉진) 구축된 인프라의 성공적 운영을 평가하는 목표는 적정하나, 성과지표가 동 사업을 통해 지원된 과제의 바이오파운드리 활용 건수로 제시되어 연구 및 산업 수요에 대응한 공공서비스를 통한 사업목표 달성도 평가에는 불충분

다. 성과지표의 적절성

□ 성과지표 인당 월 500건의 균주 제작, 누적 바이오부품 10,000건 발굴, 바이오파운드리 활용 연간 50건 달성 등은 사업목표 및 성과목표 달성 여부를 평가할 수 있는 핵심 지표로서의 충분성, 성과 우수성 및 사업 파급효과 등을 객관적으로 평가할 수 있는 질적 성과지표로의 적절성 측면에서 미흡

○ 균주 제작 500건/인/월 성과지표'는 DB단계의 속도 관련 지표로 '전체 DBTL 사이클 속도'를 평가하는 지표로 적절성이 부족하고, 단순 건수 중심 목표치, 제작 균주의 성능 기준 부재, 질적 평가 기준 불충분 등으로 성과지표로의 적절성 부족

- 동 사업이 산업적 서비스를 통한 바이오산업 혁신을 목적으로 한다는 점에서 제작된 균주의 산업적 가치 및 활용 가능성을 성과지표를 발굴하고, 인프라 운영 효율성과 성과물의 질적 가치를 관리할 수 있는 성과지표 발굴이 필요

○ '바이오부품 10,000건 발굴' 성과지표는 목표치 산출 근거가 명확하지 않으며, 우리나라 및 연구주관기관의 기술수준 및 바이오파운드리 운영 전문성 등을 고려할 때 매우 도전적인 목표로 달성 가능성에 대한 검토 필요

- 동 사업을 통해 신규 발굴하는 8,000개 부품을 기준으로 1억원 당 5.87개의 부품 개발을 목표로 하고 있음
- 이는 대표적인 바이오파운드리인 미국 Agile Biofoundry의 1억원 당 약 2.14개 부품 개발 사례에 비춰 도전적인 성과목표이나, 달성 가능성 등에 대한 면밀한 검토가 필요
- 바이오부품 성능에 대한 표준화된 기준이 없어 바이오부품 뱅크 등록만을 질 관리 대안으로 보는 것에는 한계

○ '바이오인프라 활용 연간 50건' 성과지표는 3내역사업의 과제지원에 따른 활용 실적을 목표로 설정하여, 과제 지원에 따라 도출되는 과정지표에 해당하여 적절성이 부족

- 산학연의 활용 서비스를 목적으로 하는 점을 고려할 때 이에 맞는 성과지표 설정이 필요

□ 산학연, 특히 민간 수요에 대응한 서비스가 주요 사업내용임에도 불구하고, 생산되는 균주 등 결과물에 대한 질 관리(QC) 방안, 민간 시장에서 중요하게 요구되는 재현성을 고려한 성과관리 방안 등이 제시되지 않고, 과정 및 결과지표로 성과관리를 제시한 것은 민간 참여의 장애요인으로 작용 가능

라. 수혜자 표적화의 적절성

□ 주관부처는 수혜자를 '산학연 연구자'로 제시하였으나, 전략목표 및 추진전략 등을 고려할 때 바이오파운드리 인프라 및 활용기술의 성과 수혜자는 '합성생물학분야 기업'으로 보는 것이 타당

○ DBTL 속도 향상, 바이오파운드리 활용을 통한 '바이오 산업 혁신 견인'을 사업목적으로 하는 점, 레드, 화이트, 그린 등 모든 바이오 분야를 모두 포괄하는 6개 스테이션을 구축하는 대규모 인프라 사업인 점, 인프라 구축 후 민간 서비스를 통한 인프라 운영비 충당 계획 등을 제시한 것에 근거

○ 주관부처가 제시한 경제성 분석도 바이오 분야 50개 기업의 매출액 증가에 따른 가치창출을 편익으로 분석

3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

가. 세부활동과 사업목표의 연관성

□ 1, 2내역사업을 통한 바이오파운드리 인프라 구축 및 기반기술 확보와 3내역사업을 통한 구축된 인프라를 활용하는 R&D 과제 지원으로 구성되나, 내역사업간 연계성이 미흡하고, 일부 내역사업 또는 중점과제는 하나의 사업에서 같이 추진해야 할 당위성이 부족

○ (1, 2내역사업) 합성생물학 관련 산업계 수요보다 학계 중심의 합성생물학 연구 수요 중심으로 과제가 선정되어, 사업 기간 내 '연구·혁신 가속화'에 기여하는데 한계 예상

- 1내역사업에서 센터 건설 및 해외 장비 도입하여 6개 스테이션을 구축하고, 2내역사업에서 DBTL 관련 기반기술을 개발하여 구축된 바이오파운드리에 이를 적용하는 계획만이 제시되어, 해당 인프라의 연구 및 산업 수요에 대응한 서비스 계획은 제시되지 않음

- 전체 사업 예산의 63%에 해당하는 1, 2내역사업은 사업기간 내 바이오파운드리 구축 및 관련 기반 기술 지원이 중심으로 산업계 수요 대응 서비스는 미흡

○ (3내역사업) '바이오소재 고도화' 중점과제(12개 과제)는 동 사업에 의한 바이오파운드리 활용과는 별개로 연구개발 추진이 가능하고, 해당 과제의 기술적 경제적 성과가 동 사업의 성과목표 및 성과지표에 반영되지 않는 등 동 사업의 내역사업으로 추진 타당성이 부족

- ‘바이오소재 고도화’ 중점과제는 바이오파운드리가 구축되는 2단계 3년 동안 바이오파운드리를 활용할 계획이므로, 1, 2내역사업과의 연계가 부족하고, 동 사업과 별도로 추진하더라도 공공 서비스를 목적으로 하는 동 사업에 의해 구축된 바이오파운드리의 이용이 제한되지 않기 때문에 동 사업 내 추진이 필수적이라고 볼 수 없음
- 동 사업 내 추진의 타당성을 인정한다고 하더라도, 1, 2내역사업에 의한 인프라 구축이 완료된 이후에 활용이 가능하므로, 1, 2내역사업과 3내역사업을 동일한 시기에 사업을 시작해야 할 당위성 부족
- 합성생물학을 통한 바이오소재 고도화의 시급한 추진이 필요하다면, 바이오파운드리 인프라 구축과 연계하여 과제를 추진할 경우 바이오파운드리 구축 지연 시 기술개발도 지연될 수 있다는 위험요인도 존재

나. 세부활동 도출의 적절성

□ 동 사업은 3개 내역사업, 12개 중점과제, 121개 세부기술로 구성되어 있으며, 일부 중점과제 및 세부기술의 선정 근거 및 우선순위 설정의 타당성에 문제가 제기

○ (1내역사업) ‘바이오파운드리 센터’의 입지 선정 절차 및 과정, ‘통합플랫폼 구축’의 세부과제선정의 적정성의 타당성이 부족하고, ‘합성생물학 사회적 수용성 및 경제성 제고연구’ 중점과제의 동 사업 내 추진 필요성 및 규모 적정성 부족

- ‘바이오파운드리 센터’의 입지 선정시 공공 서비스가 가능성을 고려하여 ‘출연(연)’으로 대상을 한정한 타당성이 부족하며, 선정된 5개 기관에 대한 선정평가가 해당 기관에 공개되지 않고 입지선정용역을 통해 간접적인 자료를 취합하여 소수의 선정평가위원에 의해 선정되어 절차적 정당성이 부족하고, 입지선정시 적용한 항목에서도 적정성이 부족

※ 입지선정은 입지여건(35점), 전문성(40점), 공공성(40점)으로 평가되었으며, 입지여건에서 합성생물학 관련 연구자, 수요 기업의 지리적 위치 및 접근성은 평가되지 않고 이공계대학 및 연구기관 집적도, 교통편의성(고속도로, 철도 등) 만을 평가

- ‘통합플랫폼 구축’의 세부과제의 경우 AI기반 자동화, 정보화 전문인력 확보, 민간기업 위탁 및 오픈소스 활용 전략에 따른 보안, 데이터 표준화 등에 대한 전략 마련 필요

- ‘합성생물학 사회적 수용성 및 경제성 제고연구’의 경우 동 사업 내에서 수행하는 것에 대한 공정성 문제가 우려되며, 정책연구 등에 구체적인 산출 근거 없이 200억 원의 예산 투자의 적정성 부족

○ (2내역사업) DBTL 핵심기술의 바이오파운드리 탑재 가능성 및 기존 연구사업과의 중복 가능성, ‘핵심장비 개발’시 旣구축된 DBTL 워크스테이션에의 적용 가능성, 개발 후 시장성 등이 세부활동 도출 및 세부과제 우선순위 설정과정에서 충분히 고려되지 못함

- 2내역사업의 1-4중점과제인 DBTL 핵심기반기술은 공개경쟁 과제로 지원될 계획이어서 개발된 성과물의 구축한 바이오파운드리에 탑재할 경우 연구책임자와 협의를 통한 IP 활용이 전제되어야 하나, 이에 대한 대안 미흡
- 글로벌프론티어사업, 차세대바이오그린 21사업 등 기존 사업을 통해 개발된 기술의 적용 가능성, 중복 가능성, 성과 연계방안 등에 대한 검토 미흡
- 핵심장비개발은 참여기업의 수익 보장을 위해 개발된 장비의 기존 DBTL 워크플로에 도입할 경우 서비스 질 유지 문제 등의 위험요인 존재
- 1단계 구축할 주요 스테이션은 상용화된 해외 워크스테이션을 도입할 예정이므로 국내 개발장비의 해당 스테이션 대체 가능성이 낮음

○ (3내역사업) ‘바이오소재 고도화’를 위한 12개 세부과제 선정과 관련하여, 수요기업 및 수요조사 결과와 상이하게 선정된 이유 및 근거가 불충분

- 3내역사업의 ‘바이오소재 고도화’ 지원 과제는 기술수요조사 및 기업 수요와 상이하게 선정되어 부적절
- 기술수요조사, 1차 추가제출자료의 잠재적 수요기업의 레드, 화이트, 바이오 분포와 상이하게 화이트 분야(6개 과제)가 레드(4개 과제), 그린(2개 과제)보다 많이 선정된 사유가 불충분

※ 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 초기 탐색단계 기간이 단축이 사업화 가속에 기여 정도가 레드 분야 대비 화이트/그린 분야에서 더 크고, 산업통상자원부의 소관 분야인 화이트 바이오 분야 비중을 높게 설정하였다는 의견을 제시

□ 바이오파운드리 입지 및 연구주관기관 선정시 연구 및 산업 수요가 충분히 반영되지 못하였고, 구축하고자 하는 워크플로, 스테이션 등의 산출근거, 인프라동, 연구동 등 센터 규모 및 센터 내 용도 공간 등의 산출근거가 수요에 근거하여 제시되지 못함

○ 입지선정용역 및 연구주관기관 선정 시 대학을 배제하였음에도 불구하고, 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 한국과학기술원(KAIST)를 협력기관, 공동연구기관으로 참여하고, 바이오파운드리 센터의 일부를 해당 기관 소유로 건립한다는 계획을 제출한 점은 부적절한 것으로 평가

○ 입지 및 주관기관 선정은 분석대상기관 출연(연) 한정, 피평가기관의 참여 기회 미부여, 분석항목에서 연구개발 및 산업적 수요 미반영, 단기간에 걸친 분석 및 선정평가, 입지적정성 분석과 선정평가의 미분리 등 선정 과정 등 절차 및 내용 측면에서 일부 부적절

※ 참여의향기업(64개)의 소재지 : 서울 20개, 경기 14개, 대전 12개, 충북 5개 순

※ 최근 5년 합성생물학 관련 정부과제 주관연구기관 소재지 : 서울 30.8%(70개), 대전 23.4%(53개), 경상 12.9%(29개) 순

※ 동 사업 관련 특허(8,611건)의 출원인 소속기관 상위 5%의 전체 대비 비중 : KAIST 9.1%, 생명연 8.3%, 서울대 5.7%, 고려대 4.5%, 농진청 3.8% 순

○ 동 사업의 인프라 시설은 지상 5층, 지하 1층 규모의 2개동(인프라동, 연구동)으로 계획되었는데 장기간 운용 및 연구 및 산업 수요의 확장 가능성 등을 고려한다고 할지라도 인프라 시설의 규모, 용도 공간을 산출한 현재 또는 미래 수요, 기술 및 산업적 수요 등에 근거를 충분히 제시하지 않음

○ 장비조사전문기관(NFEC)의 검토 결과 도입 장비를 활용할 기술개발사업의 상세계획(운영 인력 및 구축장소 등)이 제출되지 않고, 정량적인 목표 및 가격 산정 근거 등도 부실하여 장비 타당성 조사에 한계를 초래

- 바이오파운드리는 유닛장비를 자동화 프로세스를 통해 유기적으로 연계하여 효율을 높이는 시설인 점을 고려할 때 장비 관련 전문인력 확보 계획, 사업 종료 후 유지관리 계획 등에 대한 구체적인 계획이 미흡

□ 사업 기획 과정에서 총 3회 수요조사가 학계(기반기술 69.8%, 활용기술 67.7%) 중심으로 진행되어, 산업계의 수요가 충분히 반영되지 못함

○ 주관부처는 사업 기획 과정에서 총 3회 수요조사를 진행했으며, 수요조사 결과 399건의 수요가 제출됨

- 부처가 제출한 수요조사 원시자료를 분석한 결과 학계(기반기술 69.8%, 활용기술 67.7%)가 주요 수요를 제시하여, 산업계의 수요가 충분히 반영되지 못함

○ 주관부처는 전문가 수요조사, 전문가회의를 통해 바이오파운드리에 구축할 워크플로와 스테이션 수 및 우선순위를 정하였다고 제시하였으나, 우선 선정된 4개 워크플로의 선정 근거, 스테이션 수가 6개로 정해진 근거 및 이유가 불명확

○ 2, 3내역사업은 바이오파운드리 구축 이후 산업계와의 연계를 통한 성과 창출을 계획으로 산업계 수요 및 의견수렴이 중요하나, 기획위원회 분과위원회의 위원 중 산업계 분과위원은 2내역 분과 1명(11.1%), 3내역 분과 2명(11.8%)에 불과

다. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

□ 사업추진 단계를 3단계 8년을 계획한 근거 및 이유는 구체적으로 제시되지 않았으며, 주관기관의 바이오파운드리 관련 경험 및 전문성, 사업 계획 준비 정도, 합성생물학에 대한 사회적 수용성, 일부 중점과제의 연계성 부족 등을 고려할 때 위험요인이 존재

○ 2, 3내역사업은 1내역사업의 인프라 구축과 연동되며, 바이오파운드리 구축 및 운영 경험 부재, 짧은 센터 건축 기간, 고가 해외 장비의 적기 구입 및 워크스테이션 구축 가능성, 통합 플랫폼 및 자동화 등 바이오·인재 확보 등을 고려할 때 1단계 3년 내 계획된 인프라 구축의 위험 존재

○ DBTL 핵심기술 및 장비개발를 개발하여 2단계부터 구축된 바이오파운드리에 적용 또는 대체한다는 계획이나, 해외 도입 장비, 특히 상용 워크스테이션에 검증 또는 인증 없이 적용 가능한지, 해외 장비 업체의 유지보수 계약 조건 등으로 인한 적용상 한계 등 위험 요인 존재

○ 3내역사업은 1단계에 타겟을 발굴하고, 2단계에 파운드리를 활용하고, 3단계에 개발된 소재, 균주의 제품화, 스케일업을 계획하고 있어, 실질적으로 2단계에 주로 동 인프라를 활용하고, 그 외 단계에서는 별도로 추진되므로 동 사업 내 추진 필요성이 다소 부족

[그림 1] 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 총괄 로드맵

라. 추진 전략의 적절성

□ 응용 타겟 분야를 특정하지 않고, IP 전략이 충분히 수립되지 않고, 사업 종료 후 자립화 방안이 적정하지 않아 바이오파운드리 성공적 운영을 위한 추진전략이 일부 미흡

○ 동 사업은 레드, 화이트, 그린 등 범용 파운드리를 지향하고 있어 응용 및 타겟 분야를 특정하지 않은 점, 민간기업 등에서 중요하게 고려하는 IP 관련 이슈 존재, 사업 종료 후 자립화 계획이 충분하게 수립되지 못한 점 등을 고려할 때 바이오파운드리의 성공적 운영을 위한 추진전략이 일부 미흡

□ 내역사업별로 상이한 관리체계 및 연구단장에의 권한 집중에 따른 운영상 비효율 우려, 생명(연) 내부조직으로서 대외 서비스 제공의 공정성 및 바이오파운드리 운영의 독립성 확보 우려 등 존재

○ 바이오파운드리 연구단의 한국생명공학연구원 내부조직으로 운영할 경우, 연구단의 독립성, 인력의 안정적 확보 및 종료 후 인건비 확보, 사업 종료 후 바이오파운드리의 운영계획 등에 추가적인 고려 요소가 존재

○ 동 사업은 내역사업별로 별도 관리체계로 운영을 계획하고 있어, 내역사업간 효율적 연계를 위해서는 '운영위원회' 및 '연구단장'의 역할이 중요하나, 연구단장의 임명 주체, 주무부처와 주관기관 내 위상, 집중된 권한을 원활히 수행할 공정하고 전문적인 적임자 선정 문제 등 우려 존재

□ 바이오파운드리 구축 및 운영 등에 사업계획 및 연구주관기관 선정시 포함되지 않은 한국과학기술원의 공동연구기관 참여는 근거가 없어 부적절

○ 동 사업의 바이오파운드리 인프라 구축 및 운영 주관기관은 입지적정성 용역 및 운영 주관기관 선정평가 등을 통해 한국생명공학연구원만이 선정되었으며, 한국과학기술원의 공동연구기관 참여 등은 근거가 없어 부적절

제 3 장 정책적 타당성 분석

1. 정책의 일관성 및 추진체제

가. 상위계획과의 부합성

□ 합성생물학 분야에 대한 정부 지원의 필요성이 모든 상위계획에 포함되어 있고, 최근 발표된 선택군 계획에서 '바이오파운드리 구축'의 필요성을 언급하기 시작

○ 국가 차원에서의 합성생물학 발전전략이 수립되지 않았으며, 동 사업과 같은 대규모 범용 공공 바이오파운드리 구축 필요성을 직접적으로 명시한 계획은 없음

□ 동 사업이 법정계획, 보건·의료, 생명, 바이오 분야의 주요 상위계획과의 일관성 하에 추진될 수 있는지 검토한 결과, 상위계획과의 부합성은 '대체로 적절'한 것으로 판단

<표 1> 상위계획과의 부합성 조사 결과

필수계획 / 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

나. 사업추진체제 및 추진의지

□ 일부 국가연구개발사업과의 중복 가능성이 있어, 차별화 및 성과 연계 등의 효율적 추진 방안 마련이 필요하고, 분야별 합성생물학 기술개발 추진을 위해 관련 부처와의 협의도 요구되나 구체적인 실적 미제시

○ 글로벌프론티어, 차세대바이오그린 21 사업 등 종료된 합성생물학 관련 사업의 성과 및 한계 분석, 구체적인 성과 연계 방안 마련 필요

○ 한국생명공학연구원 주요 사업, 과학기술정보통신부 바이오의료기술개발사업 과제로 구축 중인 바이오파운드리 베타 시설과의 목적, 내용, 지원분야(DNA 합성 DB단계), 구축기간 등의 중복이 존재

○ 유전자변형생물체법 개정 관련 질병관리청 협의, 레드, 화이트, 그린 바이오 등 응용 분야별 관련 부처와의 합성생물학 연구 및 인프라 구축 관련 역할 분담 협의 등이 구체적으로 미제시

□ 사업추진 의지는 높은 것으로 평가되나, 사업계획서의 구체성 및 완성도, 조사과정에서 제출된 자료의 논리성 등이 일부 부족

2. 사업 추진상의 위험요인

가. 재원조달 가능성

□ 3내역사업의 민간부담금을 '중견기업'으로 산정하여 중소기업 참여시 민자 조달 금액 부담, 참여희망 기업의 현물투자 비중이 높아 민간 투자 관련 위험 요인 존재

○ 산업통상자원부 중기재정운영계획에서 동 사업 미반영

□ 바이오파운드리 운영시 소요되는 고가의 장비 재투자 및 유지보수비, 소모품비 등에 대한 충분한 검토 및 확보 방안이 제시되지 않았고, 사업 종료 후 추가 국가연구개발사업 등 자립화 계획이 충분하지 않아 인프라 운영비 관련 위험요인 존재

○ 사업 종료 후 운영비의 일부를 별도 국가연구개발사업에서 충당할 계획과 도입 장비의 재투자비 및 유지보수비, 소모품비 등을 고려할 때 재원조달 가능성이 높지 않음

□ 시설규모 및 각 공간의 산출근거, 시설 소유 및 운영 관련 사전협의, 짧은 센터 건립 기간 등은 사업의 지연 또는 추가적인 재원 투입 등의 위험요인으로 존재

○ 인프라동, 연구동 등 시설물 개요, 층별 시설면적 등의 산출근거가 제시되지 않음

- 지상층 규모(5층) 산정의 기준, 인프라동 각 스테이션의 단위면적 산출 기준, 4개 스테이션 및 6개 실의 산출근거 등이 미제시
- 바이오파운드리 인프라 구축 비용을 연구시설인 인프라동과 일반시설인 연구동을 동일하게 연구시설 기준으로 산정하여 사업비 과다 계상 우려
- 센터 구축 일정을 설계 기간 12개월, 공사 기간 12개월로 계획하고 있으나, 시설 공사 기간이 일반적으로 최소 18개월에서 24개월 소요되는 것으로 판단되어 센터 구축 지연에 따른 사업 수행 일정 및 추가 재원 투입 우려 존재

나. 법·제도적 위험요인

□ 주관부처는 사업추진 상 4가지 범주의 위험요인을 도출하고, 대응 방안을 제시하였으나 유전자변형생물체법 관련 부처간 협의, 지식재산권 소유 등의 문제는 위험요인 대응방안의 구체화 필요

○ 「유전자변형생물체법」 개정에 따른 위험요인은 사업목표 달성 및 사업 기간 등에 영향을 미칠 가능성이 크나, 부처 간 '협의 추진'이라는 일반적인 대응 방안만을 제시하고 협의 과정 등의 실적은 미제시

□ 바이오파운드리 시설에 대한 소유 및 운영과 관계 기관 간 역할 및 협의가 불충분으로 사업 추진상의 위험요인 존재

○ 지식재산권의 소유 문제는 동 인프라의 활용성에 중요한 영향을 미치고, 해외 관계자 인터뷰에서 중요성을 강조하였으나, 동 사업 추진과정 중 1내역사업의 5중점과제에서 이익 공유 방안 연구를 실시하고 표준지침을 마련하는 것으로 제시

○ 한국과학기술원 부지에 연구동을 건립하고 해당 건물은 해당 기관의 소유로 하되, 사업 종료 후에도 합성생물학 분야 국가 인프라로 활용토록 한다는 의견을 제시함

- 그러나, 해당 기관에 연구동 건립의 근거가 불충분하고, 주관부처 및 관계기관 사이에 해당 인프라의 소유, 운영, 기타 제반 사항에 대한 사전협의가 미흡

다. 기타 위험요인

□ 합성생물학 전문인력 외에도 바이오·IT 융합 인력, IT인력의 확보가 중요하나 관련 계획이 불충분, 센터 건립과 장비도입 및 스테이션 구축 등의 기간이 중복되어 바이오파운드리 센터 등 인프라 구축의 지연 가능

○ 바이오파운드리는 합성생물학 기술에 로봇, AI 등 첨단 IT기술을 융합하는 인프라로 바이오파운드리의 성공적 구축 및 운영을 위해서는 합성생물학 전문인력 외에도 바이오·IT 융합 인력, IT인력의 확보가 중요하나 관련 계획이 불충분

○ 바이오파운드리는 로보틱스 전문가, 소프트웨어 엔지니어링 전문가, 데이터 과학자, 장비운영·관리기술자, 하드웨어·소프트웨어 통합관리자 등이 핵심 인력으로 요구됨

- 바이오 분야에서 AI·IT 융복합 분야 전문인력 부족 등을 고려할 때 ICT 인력 확보 및 관련 대응 방안 미흡은 사업추진의 위험요인으로 작용 예상

제 4 장 경제적 타당성 분석

1. 비용 추정

가. 총사업비 개요

□ 동 사업은 8년간 총사업비 7,434억 원(연평균 929억 원)을 국비 6,585억 원, 민자 849억 원 규모로 추진 계획

○ 바이오파운드리 시설구축 및 장비도입(내역1, 2,603억 원), 바이오파운드리 핵심기술개발(내역2, 2,089억 원), 바이오파운드리 활용기술개발(내역3, 2,582억 원)으로 구성

○ 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 인프라 규모 축소, 일부 중점과제의 세부과제 축소, 기획관리비 삭제 등을 통해 총사업비를 당초 7,434억 원(국고 6,586억 원, 민간 850억 원)에서 5,784억 원(국고 5,258억 원, 민간 525억 원)으로 조정한다는 의견을 제시

(1) 정부-민간부담금 산정 비율 적정성

□ 공공 바이오파운드리 구축 사업으로 2내역사업의 장비개발 중점과제, 3내역사업에서 규정에 부합하도록 민간부담금을 산정하였으나, 3내역사업은 중견기업 기준으로 30%로 산정하여 중소기업 참여시 민간부담금 하향 가능

○ 2-5중점과제는 참여의향기업 조사 결과를 볼 때 중소기업이 타당하나, 3내역사업을 중견기업으로 산정한 것은 기업 및 산업 현황 근거 등의 근거가 부족

나. 사업계획서의 비용 검토

(1) 시설비용 검토

□ 인프라 시설 구축계획서를 관련 법률, 예비타당성조사 표준지침 등의 건축비 산정 기준 및 요율로 검토한 결과, 주관부처가 제시한 사업비의 증액 요인이 발생하였으며, 일부 시설의 개요 및 면적 등의 근거자료가 미흡해 비용 산정에 한계 발생

□ 사업시설 구축부지는 한국생명공학연구원과 한국과학기술원 두 기관에 걸쳐 지적공부상 면적이 364,602.40㎡이고, 편입 면적이 33,962.27㎡이며, 각 연구원의 증축에 따른 용도지역의 건폐율, 용적률 기준에 부합

□ 제출된 계획서를 기준으로 시설 사업비를 검토한 결과, 부가가치세를 제외한 사업계획안 78,184백만 원 대비 15,062백만 원 증가한 93,246백만 원으로 검토

(2) 시설 운영비 검토

□ 바이오파운드리 시설의 사업기간 동안 운영비는 106,221백만 원으로 추정되며, 사업종료 후 건축물의 사용연수(시설구축 후 30년)을 고려하여 2054년까지의 운영비는 217,360백만 원으로 추정

□ 주관부처는 바이오파운드리 인프라 운영비로 인프라 운영유지비, 연구시설 운영관리비, 연구단 운영관리비 등을 구분하여 사업기간 중 118,717백만 원을 제출하고, 사업종료 후 매년 19,611백만 원이 소요된다는 계획을 제출

(3) 장비비용 검토

□ 주관부처는 57,194백만 원 규모로 23종의 장비 329점을 4년에 걸쳐 도입할 계획을 검토한 결과 구축비용 1.6% 감액한 56,263백만 원이 적절

○ 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)을 통해 사업과의 부합성, 기존 장비와의 중복성, 도입 타당성, 사양 및 수량 적합성, 비용 적정성 등을 종합 분석

□ 장비 검토 비용에서 부가가치세를 제외한 511억 원을 전체 장비의 내용연수를 10년 기준으로 하여 장비재투자비를 반영

○ 예타표준지침 상 연구장비 운영유지비 요율에 따른 상세 내역이 필요하나, 바이오파운드리 유지보수비를 장비 도입 후 1년 유지보수비로 장비가격의 3-5%를 적용

○ 편익기간 11년을 고려하여 장비 재투자 후 2044년 이후 잔존가치는 최종연도 비용에서 차감 처리

(4) 연구개발비 검토

□ 주관부처에서 제시한 중점과제 및 세부과제별 연구개발비를 적용

○ 1내역사업은 인프라 구축 및 운영을 내용으로 하기때문에 일반 국가연구개발과제 규모와 비교하는 것은 바람직하지 않으며, 시설구축 및 운영비를 제외하고는 주관부처가 제시한 내용을 반영

○ 2·3내역사업의 규모를 동 사업과 유사한 국가연구개발과제의 규모와 비교하여 적정성을 분석한 결과, 동 사업 세부기술과제 예산은 다소 높게 계상된 것으로 추정

○ 기획평가관리비는 센터 구축 및 운영비를 제외한 연구개발비의 약 3.1% 수준으로 제시하여 반영

- 다만, 총사업비는 7,434억 원에서 연구단 운영비(3.6%), 기획평가관리비(2.2%) 차지하여 유사사례에 비해 다소 높게 책정되었으나 산출 근거 등은 불충분

2. 편익 추정

가. 주관부처의 편익 개요

□ 주관부처는 동 사업의 편익 항목을 바이오파운드리 활용을 통한 연구개발 성과물의 신속한 시장진입 및 시장점유율 향상에 따른 매출액 증대를 가정하고 동 사업의 비용-편익 비율(B/C)을 1.21로 제시함

<표 2> 주관부처가 제시한 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 편익 추정 방안

구분	추정식
부가가치 증대 편익	수혜기업 평균 매출액 x 매출액 상승률 x 사업수혜 기업 수 x R&D 기여율 x 사업화 성공률 x 부가가치율

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서 재구성

<표 3> 주관부처 제시 편익 추정 요약

구 분	주관부처
편익 산출식	(부가가치 증대편익) 수혜기업 평균 매출액 x 매출액 상승률 x 사업수혜 기업 수 x R&D 기여율 x 사업화 성공률 x 부가가치율
수혜기업 평균매출액	한국바이오협회「바이오산업실태조사」8개 산업군 평균매출액 ※ 2016-2020
매출액 상승률	25% ※ 기술수요조사 설문조사
수혜기업수	50
부가가치율	'화학물질 및 화학제품제조업' 28.9% ※ 한국은행 산업연관표 부가가치율
편익 발생 기간	9년※ CLT 기준
편익 회임 기간	3년
사업화 성공률	43.0%
R&D 기여율	35.4%
사업기여율	-
사회적 할인율	5.5%

나. 주관부처 편익 추정 검토

□ 제시한 8개 산업군은 국내 바이오산업 실태조사의 모든 분야를 포괄하는 것으로 타당하지 않으며, 동 사업의 목적, 지원 대상, 성과목표 등과의 연계성이 부족

○ 8개 매출 발생 산업군 1,129개 기업의 매출액을 일괄적으로 산출하여 기업의 수가 적지만 매출이 큰 분야가 존재할 경우 전체 매출액이 과대 계상될 가능성이 존재

□ 매출액 증가율을 설문조사의 결과를 활용하여, 수치의 객관성과 신뢰성을 확인할 수 없으며, 편익 추정 산식에 반영할 경우 편익이 이중 산정되는 오류 발생

○ 기업당 매출액 규모에 매출액 증가율을 연도별로 일괄 적용하여 가산할 경우, 동 사업의 편익을 적용된 매출액 증가액만을 편익으로 보는 것이 타당

□ 주관부처의 편익추정에는 바이오파운드리의 연간 운영비용이 제외되고 기업 평균매출액 수치도 수정된 문제점이 존재함

□ 주관부처 경제성 분석자료 검토결과 사업종료후 3년은 개별과제별로 편익회임기간을 개별적으로 적용하여, 예타 지침에 따른 적용 검토 필요

○ 동 사업 회임기간 3년, 편익기간 9년을 적용하고, 과제별 종료년도를 기준으로 사업 종료 전 종료된 과제의 경우 3년의 회임기간을 고려하여 사업 종료 후 3년 내에 발생하는 편익을 편입하여 산정

□ 주관부처 편익 산출식에 사업기여율이 반영되지 않아 동 사업 편익이 과대 추정되었을 가능성이 존재함

○ 주관부처가 제출자료를 고려할 때 우리나라 합성생물학/바이오파운드리분야 연구개발이 동 사업으로만 온전히 수행된다고 볼 수 없어 사업기여율 미반영은 부적절

□ 사회적 할인율을 예비타당성조사 수행 총괄지침에 근거하여 5.5%를 적용하였다고 하였지만, 「예비타당성조사 수행 총괄지침」과 상이

다. 예비타당성조사 연구진의 편익추정방향

□ 동 사업 추진에 따른 편익은 주관부처의 경제성 분석시 활용한 자료 및 방법론을 준용하여 동 사업을 통해 직접적인 수혜를 받는 바이오 기업(50개 기업)의 편익기간 동안의 매출액 증가에 동 사업의 기여분을 예타 세부지침의 부가가치 창출 편익 방법론에 따라 추정

○ 바이오파운드리의 활용과 관련성이 높은 5개 산업군의 최근 7년간 기업당 매출액 규모를 선형 주정하여 기업당 평균매출액 규모 산정

- 기업당 평균매출액을 최근 7년간 매출액을 기준으로 선형 추정하였으므로 중복, 과대 추정 회피를 위해 주관부처에서 고려한 매출액 증가율, 소비자 물가상승률은 미반영

<표 4> 편익 추정 기본방향 및 변수 정의

편익 산출식	수혜기업 평균 매출액 x 사업수혜 기업 수 x R&D 기여율 x 사업화 성공률 x 사업기여율(R&D) x 부가가치율	
구성 요소 및 근거	수혜기업 평균매출액	「바이오산업실태조사」 5개 산업군의 최근 7년간 기업당 평균매출액 선형추정(2015-2020)
	수혜기업	50개
	부가가치율	28.9% ※ 한국은행 산업연관표 '화학물질 및 화학제품제조업'기준
	R&D기여율	35.4%
	R&D 사업화성공률	55.1% ※'19 산업기술혁신사업 성과활용 종합보고서, 한국산업기술진흥원(2020)
	사업기여율 (R&D투자)	45.8% ※ 생명과학분야 정부:민간 = 37:63 적용 ※ NTIS 유사과제정연구비 규모(연구진 재검색) 적용
	편익 회임기간	3년
	편익기간	11년※ TCT 기준
	사회적 할인율	2018년도 기준 4.5%

3. 경제성 분석

□ 동 사업의 총편익의 명목가치는 4,824.2억 원이며, 2021년을 기준으로 사회적 할인율 4.5%를 적용한 현재가치는 2,176.8억 원으로 추정됨

<표 5> 연도별 총비용 및 총편익 추정 결과

연도	총비용		총편익	
	명목가치	현재가치	명목가치	현재가치
2023년	781.0	715.2		
2024년	1,512.4	1,325.3		
2025년	788.3	661.0		
2026년	948.6	761.2		
2027년	1,039.0	797.8		
2028년	990.7	728.0		
2029년	763.2	536.7		
2030년	600.2	403.9		
2031년	179.9	115.8		
2032년	179.9	110.9		
2033년	179.9	106.1		
2034년	381.6	215.3	373.2	210.6
2035년	308.5	166.6	386.3	208.6
2036년	280.8	145.1	399.3	206.4
2037년	260.2	128.6	412.4	203.9
2038년	179.9	85.1	425.5	201.3
2039년	179.9	81.5	438.6	198.6
2040년	179.9	78.0	451.6	195.7
2041년	179.9	74.6	464.7	192.7
2042년	179.9	71.4	477.8	189.6
2043년	179.9	68.3	490.8	186.4
2044년	-280.3	-101.8	503.9	183.1
합계	9993.5	7,247.6	4,824.2	2,176.8

□ 분석된 사업계획 원안에 대한 비용편익(B/C) 비율은 0.30으로 산출되어, 경제성을 확보하지 못한 것으로 분석

<표 6> 비용편익 분석결과

총비용 현재가치	총편익 현재가치	비용편익(B/C) 비율	순현재가치(NPV)
7,247.6	2,176.8	0.30	-5,070.8

제 5 장 종합분석 및 결론

1. 결론

□ 바이오 기술개발의 장기, 고비용 구조 극복, 합성생물학 기술경쟁력 제고 등 동 사업 추진을 위해 제시된 문제/이슈는 바이오파운드리 인프라 구축과 직접적 관련이 낮아 동 사업을 통한 해결 기여도가 제한적

○ 바이오파운드리는 바이오 제품화 단계 중 초기단계인 타겟발굴 및 탐색연구에 주로 활용되는 인프라로, 레드·화이트·그린 등 바이오 분야에 따라 다소 차이가 있을 수 있음

- 그러나, 초기단계 속도 향상이 전체 바이오 제품화 및 사업화 속도 향상에 대한 기여가 크지 않을 것으로 예상되며, 기여 정도 등에 대한 객관적이고 구체적인 근거 미제시

※ 레드 분야(신약개발R&D) 제품화 단계: 기초/탐색(5년)→비임상(1.5년)→임상(6년)→허가검토/승인(2년)(식품안전처)

○ 바이오파운드리는 합성생물학의 효율적 추진을 위한 인프라의 일부이나, 문제/이슈 도출, 각종 현황 분석의 대부분이 합성생물학 분야를 대상으로 수행하여 동 사업의 핵심적인 내용인 바이오파운드리 인프라 구축으로 표적화하지 못함

□ 국내 바이오 관련 기업의 바이오파운드리 서비스 수요, 합성생물학 분야 연구 수요 등의 분석이 미흡하고, 인프라 구축 규모 및 계획을 수요에 기반하여 제시하지 못함

○ 국내 합성생물학 시장은 태동기로 향후 확대가 전망되나, 국내 합성생물학 시장 분석, 민간기업의 바이오파운드리 서비스 수요 분석이 미흡하여 산업계 수요 대비 사업 필요성을 충분히 증명하지 못함

○ 국내 산학연 연구자의 바이오파운드리에 대한 인식이 낮고, 합성생물학 연구 규모도 크지 않아 연구 수요 대비 사업 및 인프라 규모의 적정성 낮음

- 2020년 사업기획 초기에 실시한 인식조사에서 기업 응답자의 57.4%, 바이오 연구자의 37%가 바이오파운드리를 모른다고 응답

- 최근 5년간 합성생물학 관련 정부 R&D 투자(1,373억 원)의 4.7배 규모에 달하는 재원을 단일 인프라 구축에 투자할 연구 수요 및 시급성에 대한 근거 제시 미흡

○ 사업의 핵심내용인 DBTL 워크플로(8개), 인프라 활용 과제(12개) 등이 동 사업 기획 단계에서 실시된 수요조사와 상이하게 도출되고, 사업 총사업비에 가장 큰 영향을 미치는 스테이션(6개), 센터 건축 규모(6개층, 2개동) 등의 산출 근거 미제시

- 기술수요조사, 잠재 수혜기업 등의 분야별 분포는 레드, 그린, 화이트 순이나, 사업 계획에는 화이트, 레드, 그린 순으로 상이하게 설정하였으나 근거 제시는 미흡

□ 국내 합성생물학 관련 낮은 기술 수준 및 연구역량, 연구주관기관의 경험 및 전문성 부족 등을 고려할 때 계획된 규모의 바이오파운드리 적시 구축 및 안정적 운영이 불투명

○ 최고 기술보유국 대비 75% 수준의 낮은 기술 수준과 합성생물학 PI급 250명 내외, AI 등 ICT융합 인력 부족 등 전문인력 부족 등은 제안된 대규모 인프라의 적기 구축 및 운영 장애요인임에도 불구하고, 대응방안이 미흡

○ 연구주관기관인 생명(연)에 DB단계 소규모 바이오파운드리가 아직 구축 중이며, DBTL 전체 단계는 구축, 운영 경험이 없어 8개 워크플로 설계, 6개 DBTL 워크스테이션 구축 등 대규모 인프라를 구축·운영할 수 있는 전문성 미확보

- 응용분야별 워크플로 설계, 장비연계 및 통합 등 고도의 전문성 및 know-how가 요구되나 주관기관은 필요한 전문성의 일부만을 보유

□ 합성생물학 관련 국가 전략 수립 이전에 전 분야(레드, 화이트, 그린)를 대상으로 하는 범용 대규모 인프라 구축은 해외 구축 사례와도 부합하지 않고, 향후 국가 전략 수립에 따른 계획 변경 우려, 기 구축 중인 시설과의 중복 우려 등 존재

○ 미국 영국 등 해외 주요국은 10-15년의 합성생물학 육성 기반을 활용하여 주요 거점 지역에 응용타켓 분야 및 지원 대상을 특성화하여 공공 파운드리를 구축하고 이들 간 네트워크 방식으로 구축·운영

※ 미국 4개(연구기관 2, 대학 3), 영국 5개(연구기관 1, 대학 4), 캐나다 3개(대학 3) 등(GBA 기관 기준)

○ 전문역량을 갖춘 연구주체(대학, 연구기관 등)를 중심으로 거점별로 복수의 인프라를 구축한 기술 선도국(미국, 영국 등) 사례를 고려할 때, 특정 지역 및 기관에 대규모 단일 인프라를 구축하는 추진전략의 적절성에 대하여 전반적인 검토 필요

○ 응용분야별로 특성과 수요가 다양하고, 부처별로 관련 R&D 투자가 진행되고 있어, 국가전략 수립 전 대규모 범용 인프라 구축은 국가 전략의 범위 제한, 국가 전략에 따른 사업 계획 변경 가능성, 관련 부처 신규 투자 장애 등 비효율이 우려됨

○ 한국생명공학연구원과 KAIST가 공동으로 구축 중인 바이오파운드리 베타 등 정부 지원 인프라와의 연계 활용 등의 대안 검토 미흡

□ 대규모 인프라의 구축이 동 사업의 핵심내용임에도 불구하고 사업계획의 구체성이 부족하고, 위험관리, 성과관리 방안 등도 미흡

○ 사업 추진의 핵심인 인프라 구축이 1단계(23-25)에 집중*되어 있으나, 소수 인원(연구단 12명, 기타 소요인력 확보계획 미제시)으로 계획대로 추진의 어려움이 예상되며, 1내역사업 지연시 2내역사업(핵심기술개발), 3내역사업(파운드리 활용) 등 사업 전체의 지연으로 이어질 위험성 존재

* 1단계에 센터 건립, 워크플로 4종 개발, 장비 도입 및 스테이션 3개 구축, 통합플랫폼 구축 등을 단기간 동시 추진은 일반적인 시설 사업, 선행 바이오파운드리 구축 사례 등과 비교 할 때 위험성 존재

○ 부족한 합성생물학 및 AI·IT 융합인력의 확보, 시설의 소유 및 운영 관련 참여기관간 사전협의 등 위험요인에 대한 분석 및 대응 방안도 부족

○ 사업 전체의 성과를 대변하지 못하는 양 중심의 성과목표 및 성과지표, 내역사업간 상호연관성 부족, 시설구축계획의 미흡 등 사업계획의 충실성 부족

※ 성과지표 : 월 인당 500개 균주 개발, 바이오부품 10,000개 발굴, 바이오파운드리 활용 50건

○ 고가의 상용 워크스테이션 도입으로 구축된 스테이션에 국내 개발 DBTL 기반기술 및 장비의 탑재 또는 대체시 위험요인 대응방안 미제시, '바이오소재 고도화'(3내역사업)의 기술적 시기적 연계 부족, '바이오파운드리 사회적 수용성 제도' 중점과제(1내역사업)의 동 사업 내 추진 필요성 미흡

- 국내에서 개발한 기술 및 장비를 해외 도입 상용 워크스테이션에 적용할 경우 기존 워크플로 성능 유지 가능성, 해외 장비업체의 유지보수 회피 가능성, 제품 해외 수출시 신뢰성 문제 등 검토 미흡
- 3내역사업의 '바이오소재 고도화(12개 과제)'의 경우 전체 3단계 중 2단계를 제외한 1단계(타겟발굴), 3단계(제품화, 스케일업)는 동 사업을 통해 구축될 바이오파운드리 인프라와의 실질적 연계성 부족

○ 종료 후 추가 국가R&D사업으로 운영비 충당을 계획하는 등 자립화 방안이 미흡하고, 종료 후에도 지속적인 정부 재원(인건비, 운영비 등) 투입 우려

□ 전국적 연구 및 산업 서비스 지원을 위한 공공 인프라 구축으로 목적으로 하나, 주관기관 선정 과정, 센터 구축 계획 등은 이와 부합성이 낮음

○ 주관기관 및 입지 선정과정에서 공개적인 의견수렴과 합성생물학 관련 연구 및 기업 수요가 충분히 반영되지 못하여, 전국 단위 활용 가능성에 한계

- 입지선정용역 및 주관기관 선정을 구분하지 아니하고, 입지선정 분석자료, 주관기관 선정평가항목의 일부의 적정성 부족

○ 합성생물학 관련 NTIS 연구자, 관련 특허의 주요 출원인, 참여희망기업 등이 수도권, 대전권, 경상권 등 전국에 고루 분포하고 있어, 대전지역을 합성생물학 관련 연구 및 산업 집적지로 볼 근거가 불충분

※ 참여의향기업(64개)의 소재지 : 서울 20개, 경기 14개, 대전 12개, 충북 5개 순

※ 최근 5년 합성생물학 관련 정부과제 주관연구기관 소재지 : 서울 30.8%(70개), 대전 23.4%(53개), 경상 12.9%(29개) 순

○ 입지선정 과정에서 공공성을 고려하여 대학이 원천 배제하였고, 사업계획서의 추진체계에 포함되지 않은 특정 대학이 협력기관 또는 공동연구기관으로 참여하고, 바이오파운드리 센터 시설의 50%에 해당하는 연구동의 동 대학 소유로 건설할 관련 근거가 없어 부적절

※ 양 기관간 바이오파운드리 구축 및 운영 관련 업무협약서(22.7.6)을 제출하였으나, 일반적인 공동협력 수준으로 소유 및 운영 관련 세부사항은 미포함

□ 연구진의 편익 산출 방향 및 주관부처 소명 등을 고려하여 사업계획 원안에 대한 비용편익을 분석한 결과, 경제성이 부족한 것으로 판단됨

○ 주관부처가 수행한 경제성분석의 오류를 수정하고, 전문기관의 시설 및 장비 구축 비용 검토 내용 등을 반영하여 비용 및 편익을 재산정

○ 사업계획 원안대로 추진한다는 가정하에 편익을 분석한 결과, 비용편익(B/C) 비율은 0.30로 분석

□ 동 사업 계획에 대한 AHP 평가 결과, 평가자 9명 모두 '사업 미시행'에 대한 선호도가 높은 것으로 나타나 '사업 미시행'으로 최종 결론을 도출

○ 평가항목의 1계층인 과학기술적·정책적·경제적 타당성의 가중치는 각 0.459, 0.373, 0.168로 계산되어 평가자들은 과학기술적 타당성 항목을 상대적으로 가장 중요한 것으로 판단

○ 과학기술적·정책적·경제적 항목을 종합한 결과, 동 사업의 AHP 종합평점은 '사업 시행'이 0.233, '사업 미시행'이 0.767로 도출되어 사업 미시행에 대한 선호도가 높음

<표 7> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예비타당성조사 AHP 평가결과

평가자	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
종합평점	0.233	0.767	0.213	0.787	0.282	0.718	0.164	0.836
평가자 수	0	9	0	9	0	9	0	9
가중치	1.000		0.459		0.373		0.168	

2. 정책제언

□ 합성생물학 등 차세대 바이오 기술의 국가 전략적 중요성이 확대되고 있어, 기술 수준 향상 및 경쟁력 제고를 위한 정부 지원 확대 필요성 높음

○ 미국, 중국 등 주요국의 투자 확대 동향, 민간 합성생물학 플랫폼 시장 성장, 바이오파운드리를 통한 바이오 산업 혁신 사례 창출 등을 고려할 때 정부의 전략적 R&D 투자 필요

○ 합성생물학 관련 인프라인 바이오파운드리 구축은 정부의 전략적 R&D지원 전략과 산업발전 전략을 종합적으로 고려하여 추진 필요

- 구축계획 수립 시 기술 선진국의 구축 경험, 합성생물학 및 AI, 자동화 등 ICT 기술 역량, 연구 및 산업 수요에 대한 종합적인 분석 필요
- 국내 합성생물학 기술 역량 제고를 위한 '연구개발 수요 대응'과 바이오 산업 혁신을 위한 '산업 수요 대응'이 구분될 수 있도록 수립할 것을 권고

□ 합성생물학 기술의 진보에 따라 새로운 바이오 산업이 창출되고, 해외에서는 바이오파운드리 플랫폼 기업이 성장하는 등 글로벌 시장이 빠르게 변화하고 있어 적극적인 대응이 필요

○ 합성생물학 관련 기술수준 및 연구역량은 지속적인 R&D 투자로 일정 수준 상승하고 있으나, 관련 산업생태계는 아직 미약한 수준인 점을 고려할 때 합성생물학 산업 발전 전략의 신속한 수립 필요

- 합성생물학 관련 전문인력 부족이 예상되므로, 대학의 합성생물학 인력양성, 경력자 재교육, 대학·민간 전문인력 교류 등의 종합적인 인력양성 계획 포함 필요

○ 최근 미국 바이든 정부의 '국가 생명공학 및 바이오제조 이니셔티브' 등으로 글로벌 바이오 경제에서의 기술패권 경쟁이 가속화되고 있는 점을 고려하여 국가 차원의 합성생물학 기반 바이오산업 발전 전략 수립 필요

○ 합성생물학 산업 발전전략의 일환으로 바이오파운드리 구축 계획이 수립되어야 하며, 바이오 분야별 산업 수요, 기업 규모 및 성장단계별 수요, 기업 참여 유인책 등을 종합적으로 고려할 것을 권고

□ 바이오 또는 합성생물학 시장 변화 등을 고려할 때 합성생물학 기술 수준 제고 및 바이오파운드리 관련 역량 확보가 시급하므로, 바이오파운드리 구축을 위한 신규 국가연구개발사업 추진이 지연될 경우 기존 시설의 확장 및 조속한 운영을 위한 지원 확대 검토 필요

○ 한국생명공학연구원에 기 구축 중인 DB단계의 바이오파운드리 베타 시설의 조속한 구축, DBTL 통합시스템으로의 확대 등 검토 필요

□ 바이오파운드리 등 합성생물학 인프라 구축 전략 수립 시 다음과 같은 사항을 고려하도록 제안

○ 인프라 규모, 워크플로 및 스테이션 구축 계획, 세부활동간 우선순위 등은 수요에 근거하여 수립이 필요

○ 법·제도적 변화에 따른 위험요인, 기술수준 및 핵심인력 등 인프라 구축 및 운영 역량 부족에 따른 위험요인, 사회적 수용성 문제 등 위험요인에 대한 종합적인 분석 및 대응방안 마련 필요

○ 공공 바이오파운드리에 대한 민간 기업의 이용 촉진을 위한 IP 및 Data 관리 방안 구체화 필요

○ 참여 부처, 관리기관, 주관기관 등 주체 간 역할 및 기능, 구축된 인프라 운영 및 관리 방안, 서비스 제공 전략, 센터 자립화 방안 등의 구체화 필요

○ 사업목적, 전략목표, 성과목표 등을 구체화하고 바이오파운드리 구축 및 활용 성과를 객관적으로 평가할 수 있는 특성화된 성과지표의 개발 및 적용 필요

바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

제 2 장 기초자료 분석

제 3 장 과학기술적 타당성 분석

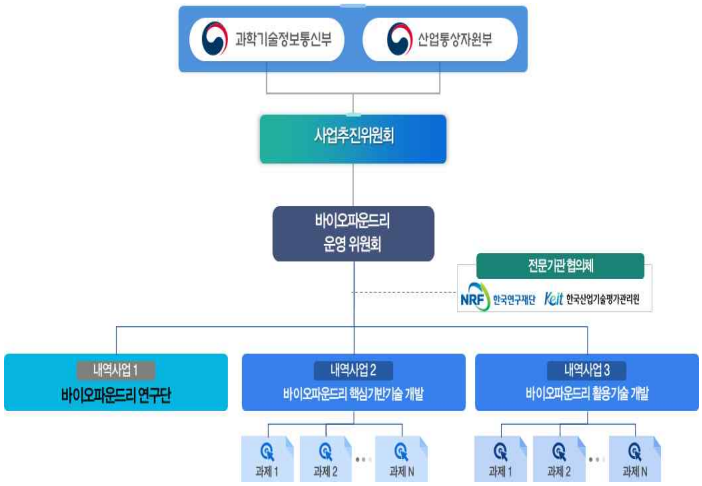
제 4 장 정책적 타당성 분석

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 6 장 종합분석 및 결론

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

제 1 절 사업 개요

<table>
<tr><td colspan="2">총사업비</td><td>7,434억 원
(국비 6,585억 원, 민자 849억 원)</td><td>사업기간</td><td>2023년 ~ 2030년
(8년, 3+3+2)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진주체</td><td>주관부처</td><td colspan="3">과학기술정보통신부 생명기술과 / 산업통상자원부 바이오융합산업과</td></tr>
<tr><td>관리기관</td><td colspan="3">한국연구재단 / 한국산업기술평가관리원</td></tr>
<tr><td colspan="2">사업목표</td><td colspan="3">○ (사업목적) 바이오파운드리 인프라 구축·활용을 통해 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 제고하고 국내 기업 혁신을 견인
○ (전략목표) 바이오파운드리 인프라의 성공적 구축·활용을 통해 바이오 연구·혁신 가속화 실현
○ (성과목표) 바이오 연구개발 속도 향상, 바이오부품 대량발굴, 바이오파운드리 활용 촉진
○ (성과지표) 균주제작 성능 500건/월, 바이오부품 10,000건 발굴, 바이오파운드리 활용 연간 50건</td></tr>
<tr><td colspan="2">추진체계
및 추진전략</td><td colspan="3">○ 사업추진체계
 

[그림] 사업추진체계도</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>- (총괄부처) 과학기술정보통신부/산업통상자원부
- (의결기구) 추진위원회
- (관리주체) 바이오파운드리 운영위원회, 전문기관 협의체
- (전문기관 협의체) 내역사업2와 내역사업3 운영을 위한 연구개발 과제 선정·평가·관리 및 정산
- (사업 수행 주체) 바이오파운드리 연구단, 산학연 연구기관</td></tr>
<tr><td>주요 내용</td><td>○ 세부내용(3내역-12중점-121세부기술 구성, 8년간 총 7,434억 원 규모)

<표> 사업 추진 규모

(단위 : 억 원)
<table>
<tr><th>내역사업</th><th>사업 내용</th><th>총사업비</th><th>국고</th><th>민자</th></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>7,434</td><td>6,585</td><td>849</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 인프라 구축·운영</td><td>▪ 센터 건립과 인프라 도입·운영, 통합플랫폼 개발 및 수용성 제고 연구 등 5개 중점과제
※ 사업단 운영관리(265억 원) 포함</td><td>2,603</td><td>2,603</td><td>-</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 핵심기술개발</td><td>▪ 설계(Design), 제작(Build), 시험(Test), 학습(Learn) 단계별 핵심요소기술개발 및 바이오파운드리 핵심장비 개발 등 5개 중점과제</td><td>2,089</td><td>1,909</td><td>182</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 활용기술개발</td><td>▪ 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화 및 산학연 수요 맞춤형 바이오파운드리 활용 지원 등 2개 중점과제</td><td>2,582</td><td>1,914</td><td>668</td></tr>
<tr><td>기획평가관리비</td><td>▪ 기획평가관리비</td><td>161</td><td>161</td><td>-</td></tr>
</table>

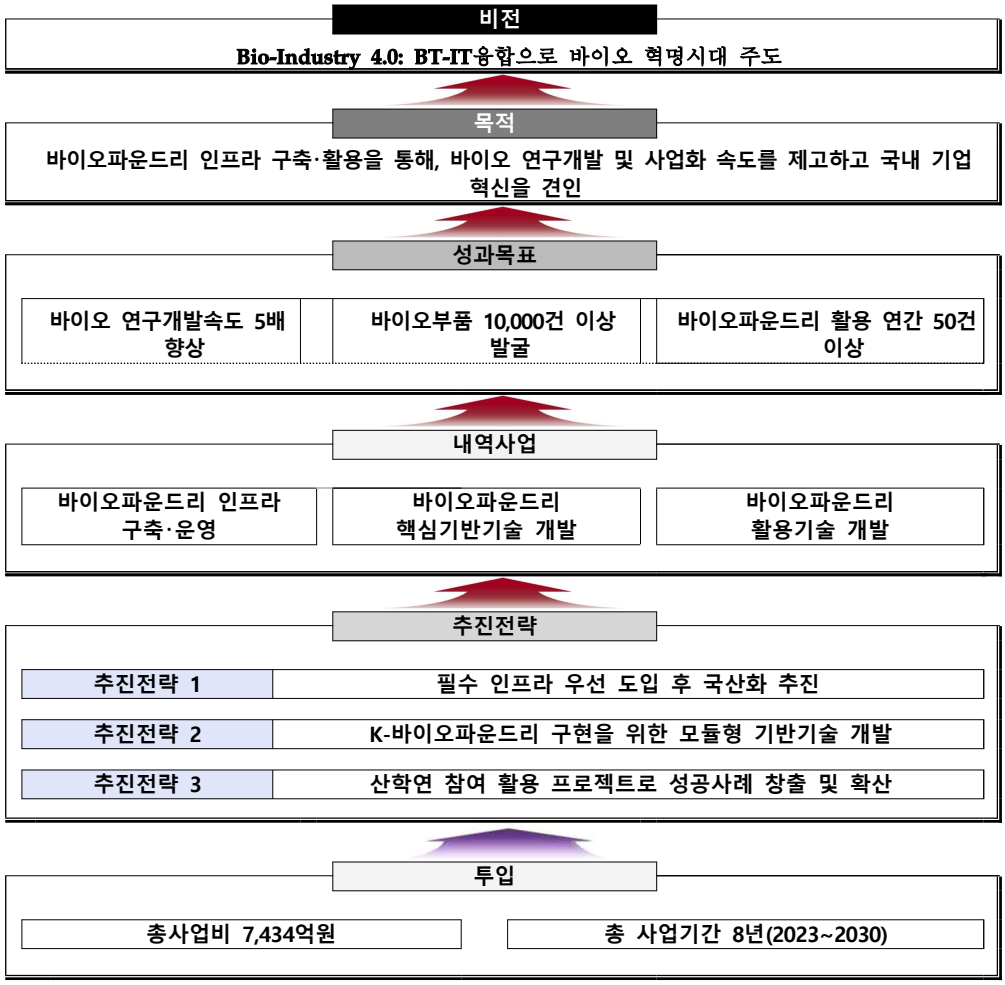
<표> 내역사업별 기술개발 주요내용
<table>
<tr><th>내역사업
(중점과제 수)</th><th>주요내용 (세부기술 수, 총 과제비)</th></tr>
<tr><td>바이오파운드리 인프라 구축·운영
(5개)</td><td>[1-1] 바이오파운드리 센터 건립(800억 원)
[1-2] DBTL 단계별 핵심장비 도입 및 운영시스템 구축(874억 원)
[1-3] DBTL 통합플랫폼 기술개발(247억 원)
[1-4] 바이오부품 뱅크구축(217억 원)
[1-5] 합성생물학 수용성 제고 연구(200억 원)
※바이오파운드리 사업단 운영관리 265억 원</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 핵심기술개발
(5개)</td><td>[2-1] 바이오복잡성 극복 설계기술개발(5개, 254억 원)
[2-2] 상향성 바이오제작기술개발(7개, 613억 원)
[2-3] 초병렬 초고속 바이오시험 기술개발(5개, 320억 원)
[2-4] 빅데이터/AI 기반 바이오학습 기술개발(3개, 176억 원)
[2-5] 바이오파운드리 핵심장비 개발(8개, 726억 원)</td></tr>
<tr><td>바이오파운드리 활용기술개발
(2개)</td><td>[3-1] 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화(12개, 1,586억)
[3-2] 산학연 수요맞춤형 바이오파운드리 활용 지원(66개, 996억 원)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td>○ (과학적 기대효과) 합성생물학 및 바이오파운드리 핵심기술 선점을 통해 기술 주권 확보, 생명공학 연구의 새로운 패러다임 제시 및 기술 혁신 가속화
○ (사회적 기대효과) 신종감염병 백신 생산·공급의 효율성 개선과 같은 포스트코로나 이슈, 탄소중립 사회·그린경제로의 전환 등 글로벌 현안에 대한 지속가능한 해결책 제시 가능
○ (경제적 기대효과) 기존산업의 고부가가치화, 스타트업 및 신산업 육성을 통해 기존 산업생태계의 성장동력을 창출하고, 관련 소재·부품·장비 기술을 국산화하여 해외의존도 완화 가능</td></tr>
</table>

1. 사업의 추진배경 및 목적

가. 사업목적 및 비전체계

□ 사업목적을 '바이오파운드리 인프라 구축·활용을 통해 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 제고하고 국내 기업 혁신을 견인'으로 제시

○ 성과목표는 '바이오 연구개발속도 5배 향상', '바이오부품 10,000건 이상 발굴', '바이오파운드리 활용 연간 50건 이상'으로 설정



[그림 1-1] 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 비전체계도

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

나. 세부 내용

□ 3개 내역사업, 12개 중점과제, 121개 세부기술 구성(8년간 총 7,434억 원 규모)

<표 1-1> 3개 내역사업 및 5개 중점과제 구성 현황

내역사업 (중점과제 수)	중점과제 (세부기술 수)	예산 (억 원)	세부기술(억 원)
[1] 바이오 파운드리 인프라 구축·운영 (5)	[1-1] 바이오파운드리 센터건립(1)	1,065	• 바이오파운드리 자동화 하드웨어 및 소프트웨어를 구축하고 서비스를 운영할 수 있는 물리적 건물 설립(800) - 연면적 21,264m²(2개동, 각 지상5층, 지하1층) 규모 ※ 바이오파운드리 사업단 운영관리(265)
	[1-2] DBTL 단계별 핵심장비 도입 및 운영 시스템 구축(4)	874	• 수요기반 DBTL 워크플로 설계 및 핵심장비 도출 • 자동화 장비 도입 및 연계를 통한 스테이션 구축 • 스테이션 및 워크플로 효율 검증 • 스테이션 운영 시스템 구축
	[1-3] DBTL 통합플랫폼 기술 개발(4)	247	• 통합플랫폼 아키텍쳐 디자인 • 통합플랫폼 데이터베이스 구축 • 스테이션, 워크플로, 자원, AI, 커뮤니케이션 등 통합플랫폼 모듈 개발 • 통합플랫폼 사용자 매뉴얼 개발
	[1-4] 바이오부품 뱅크 구축(3)	217	• 바이오부품 정보 표준화 및 어셈블리 프로토콜 확립 • 모듈별 바이오부품의 정량적 정보 저장 및 관리 • 모듈별 바이오부품의 정보 제공 및 사용자 피드백 반영
	[1-5] 합성생물학 수용성 제고 연구 (3)	200	• 바이오파운드리 사회적 수용성 확보를 위한 사회과학적·제도적 기반 연구(82) • 바이오파운드리 경제적 효용성 제고 및 시장성 확대에 관한 연구(54) • 바이오파운드리 통합정보 플랫폼 구축 및 혁신정책 연구(64)
[2] 바이오 파운드리 핵심기술 개발(5)	[2-1] 바이오 복잡성 극복 설계기술 개발(5)	254	• 빅데이터·AI 기반 고기능 핵산 디자인 기술(48) • 빅데이터·AI 기반 고기능 단백질/효소 디자인 기술(48) • BioCAD 기반 유전자 논리회로 설계 기술(60) • 다차원 바이오 네트워크 모델 디자인 기술(50) • 표준화 DNA 디자인 소프트웨어 개발(48)
	[2-2] 상향성 바이오제작기술 개발 (7)	613	• 차세대 DNA 합성기술 개발(75) • 바이오분자 초고속 인공 유도진화 시스템 개발(120) • 비천연 바이오분자 조립형 합성 플랫폼 기술(50) • 고효율 생체회로의 모듈화 기반 고속 제작 기술(72) • 신규 플랫폼 섀시 제작 합성생물학 도구 개발 기술(96) • 최소유전체 섀시 고속·연속 제작을 위한 자동화 기술개발(120) • 인공 미생물군집 제어 및 제작 기술(80)
	[2-3] 초병렬 초고속 바이오 시험 기술 개발(5)	320	• 대량신속처리 NGS 기반 균주 특성 분석 자동화 기술(40) • 바이오모듈의 고효율·초고속 평가를 위한 바이오센서 기반 스크리닝 기술(120) • 소량 미세유체 기반 효소 활성 실시간·고속 탐지 기술(48) • 미세유체 기반 초병렬 고속 세포 스크리닝 기술(40) • 무세포 시스템 제조혁신을 통한 초병렬 바이오시험 기술(72)
	[2-4] 빅데이터/AI 기반 바이오학습 기술 개발(3)	176	• 빅데이터 및 머신러닝 기반 유전자 발현 예측 및 최적화 방법론 개발((48) • 빅데이터 및 머신러닝 기반 단백질 활성 예측 및 최적화 방법론 개발(48) • 다차원 바이오 빅데이터 통합 분석 기술(80)
	[2-5] 바이오파운드리 핵심 장비 개발 (8)	726	• 플라스미드 전자동 병렬 추출장비 개발(30) • 차세대 염기서열 분석기 개발(160) • 차세대 HCS 분석기 개발(160) • 초고성능 유세포 분리기 개발(60) • 초소형 멀티플레이트 세포 배양 장치 개발(160) • 멀티 병렬형(Multi-parallel) 고성능 벤치탑 배양기 개발(60) • 초고속 콜로니 Picker 개발(48) • 중형 자동화 리퀴드 핸들러 개발(48)
[3] 바이오 파운드리 활용기술 개발(2)	[3-1] 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화 (12)	1,586	• 신규 생합성/생분해 경로 구현(486) • 소재 활성 극대화(500) • 소재 생산성 고도화(600)
	[3-2] 산학연 수요 맞춤형 바이오파운드리 활용 지원 (67)	996	• 산학연 수요자 기반 바이오분야 전반 자유 과제 지원(996)

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서 재구성

□ (1내역) 바이오파운드리 구축·운영

○ 센터 건립과 인프라 도입·운영, 통합플랫폼 개발 및 수용성 제고 연구 등 5개 중점 과제로 구성

[1-1] 바이오파운드리센터건립	• 바이오파운드리 자동화 하드웨어 및 소프트웨어를 구축하고 서비스를 운영할 수 있는 물리적 건물 설립 - 연면적 21,264m^2(2개동, 각 지상5층, 지하1층) 규모 ※ 바이오파운드리 사업단 운영관리 포함
[1-2] DBTL 단계별 핵심장비 도입 및 운영시스템 구축	• 수요기반 DBTL 워크플로 설계 및 핵심장비 도출 • 자동화 장비 도입 및 연계를 통한 스테이션 구축 • 스테이션 및 워크플로 효율 검증 • 스테이션 운영 시스템 구축
[1-3] DBTL 통합플랫폼 기술 개발	• 통합플랫폼 아키텍쳐 디자인 • 통합플랫폼 데이터베이스 구축 • 스테이션, 워크플로, 자원, AI, 커뮤니케이션 등 통합플랫폼 모듈 개발 • 통합플랫폼 사용자 매뉴얼 개발
[1-4] 바이오부품 뱅크 구축	• 바이오부품 정보 표준화 및 어셈블리 프로토콜 확립 • 모듈별 바이오부품의 정량적 정보 저장 및 관리 • 모듈별 바이오부품의 정보 제공 및 사용자 피드백 반영
[1-5] 합성생물학 수용성 제고 연구	• 바이오파운드리 사회적 수용성 확보를 위한 사회과학적·제도적 기반 연구 • 바이오파운드리 경제적 효용성 제고 및 시장성 확대에 관한 연구 • 바이오파운드리 통합정보 플랫폼 구축 및 혁신정책 연구

□ (2내역) 바이오파운드리 핵심기술개발

○ 설계(Design), 제작(Build), 시험(Test), 학습(Learn) 단계별 핵심요소기술개발 및 바이오파운드리 핵심장비 개발 등 5개 중점과제로 구성

[2-1] 바이오 복잡성 극복 설계기술 개발	• 빅데이터·AI 기반 고기능 핵산 디자인 기술 • 빅데이터·AI 기반 고기능 단백질/효소 디자인 기술 • BioCAD 기반 유전자 논리회로 설계 기술 • 다차원 바이오 네트워크 모델 디자인 기술 • 표준화 DNA 디자인 소프트웨어 개발
[2-2] 상향성 바이오제작기술 개발	• 차세대 DNA 합성기술 개발 • 바이오분자 초고속 인공 유도진화 시스템 개발 • 비천연 바이오분자 조립형 합성 플랫폼 기술 • 고효율 생체회로의 모듈화 기반 고속 제작 기술 • 신규 플랫폼 섀시 제작 합성생물학 도구 개발 기술 • 최소유전체 섀시 고속·연속 제작을 위한 자동화 기술개발 • 인공 미생물군집 제어 및 제작 기술
[2-3] 초병렬 초고속 바이오시험 기술 개발	• 대량신속처리 NGS 기반 균주 특성 분석 자동화 기술 • 바이오모듈의 고효율·초고속 평가를 위한 바이오센서 기반 스크리닝 기술 • 소량 미세유체 기반 효소 활성 실시간·고속 탐지 기술 • 미세유체 기반 초병렬 고속 세포 스크리닝 기술 • 무세포 시스템 제조혁신을 통한 초병렬 바이오시험 기술

[2-4] 빅데이터/AI 기반 바이오학습 기술 개발	• 빅데이터 및 머신러닝 기반 유전자 발현 예측 및 최적화 방법론 개발 • 빅데이터 및 머신러닝 기반 단백질 활성 예측 및 최적화 방법론 개발 • 다차원 바이오 빅데이터 통합 분석 기술
[2-5] 바이오파운드리 핵심장비 개발	• 플라스미드 전자동 병렬 추출장비 개발 • 차세대 염기서열 분석기 개발 • 차세대 HCS 분석기 개발 • 초고성능 유세포 분리기 개발 • 초소형 멀티플레이트 세포 배양 장치 개발 • 멀티 병렬형(Multi-parallel) 고성능 벤치탑 배양기 개발 • 초고속 콜로니 Picker 개발 • 중형 자동화 리퀴드 핸들러 개발

□ (3내역) 바이오파운드리 활용기술개발

○ 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화 및 산학연 수요 맞춤형 바이오파운드리 활용 지원 등 2개 중점과제로 구성

[3-1] 바이오파운드리 기반 바이오 소재 고도화	• 신규 생합성/생분해 경로 구현 - 천연물 유래 신규 항생제 소재 생산시스템 개발(129억 원) - 플라스틱 분해 효소, 공정 및 활용기술 개발(143억 원) - 공기중 Cl_2 전환 효소 개발 및 중간체 이용 기술 개발(143억 원) - 대체육 품질개선 소재 생산기술 개발(71억 원) • 소재 활성 극대화 - 치료물질 전달체용 무정형 인공단백질 소재 개발(143억 원) - 위치특이적 결합화학 기반 항체약물 결합체 개발(107억 원) - 차세대 현장 진단소재 및 진단시스템 개발(107억 원) - 미생물 작물보호제 약효 극대화 기술 개발(143억 원) • 소재 생산성 고도화 - 올레오케미컬 유도체 생물 전환공정 개발(129억 원) - 터펜계 천연 향장소재 바이오 생산기술 개발(129억 원) - C_4-C_8 플라스틱 모노머 생산 고도화(236억 원) - 바이오비타민 소재 생산기술 개발(107억 원)
[3-2] 산학연 수요 맞춤형 바이오파운드리 활용 지원	• 산학연 수요자 기반 바이오분야 전반 자유 과제 지원 - 학/연 주관 : TRL 4 이하, 과제당 연간 3억원(1~2년) 지원 - 산업계 주관 : TRL 4 이상, 과제당 연간 8억원(4년) 지원

다. 사업규모

□ 8년 동안 총 사업비 7,434억원(국비 6,585억 원, 민간 849억 원) 규모로 추진

<표 1-2> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 연도별 소요예산

(단위 : 억 원)

내역사업명	중점과제명	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	정부	민간	합계
바이오파운드리 인프라 구축 및 운영	바이오파운드리 센터 건립	216	584	-	-	-	-	-	-	800	-	800
	핵심장비 도입 및 구축	0.4	226	201	185	161	33	35	35	874	-	874
	통합플랫폼 구축	35	42	42	26	27	27	23	25	247	-	247
	바이오부품 뱅크 구축	8	90	20	20	20	20	19.5	19.5	217	-	217
	사회적 수용성 제고 연구	25	30	30	25	25	25	20	20	200	-	200
	사업단 운영관리	25	30	35	35	35	35	35	35	265	-	265
	소계	309	1,002	328	291	268	140	132	134	2,603	-	2,603
바이오파운드리 핵심기반기술 개발	바이오설계 기술	24	24	24	46	46	46	22	22	254	-	254
	바이오제작 기술	64	64	64	89	89	89	77	77	613	-	613
	바이오시험 기술	35	35	35	51	51	51	31	31	320	-	320
	바이오학습 기술	22	22	22	22	22	22	22	22	176	-	176
	핵심장비개발	162	162	162	80	80	80	-	-	545	182	726
	소계	307	307	307	288	288	288	152	152	1,908	182	2,089
바이오파운드리 활용기술 개발	바이오소재 고도화	35.4	268	243	293	293	300	214	60	1,110	476	1,586
	바이오파운드리 활용 지원	-	-	16	60	220	248	256	55	804	192	996
	소계	88	88	88	405	135	135	99	99	1,914	668	2,582
기획평가관리비		15	33	18	21	23	20	16	13	161	-	161
총계		689	1,442	833	1,005	1,091	996	770	607			7,434

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

2. 조사방법

가. 과학기술적 타당성 분석

(1) 문제/이슈 도출의 적절성

□ 문제/이슈 도출의 적절성에서는 문제/이슈의 식별과정 및 도출된 문제/이슈의 적절성, 과학기술 기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성을 조사함

○ 바이오 기술개발 속도 향상, 합성생물학 기술 경쟁력 제고 등 동 사업을 통해 해결하고자 하는 문제/이슈 도출을 위한 각종 분석 내용에 대한 적절성을 검토

○ 주관부처가 제시한 문제/이슈가 동 사업을 통한 바이오파운드리 인프라 구축 및 활용을 통해 해결 가능한 것으로 표적화되어 있는지를 검토

○ 도출된 문제/이슈를 해결하기 위해 바이오파운드리 인프라 구축 및 활용의 중요성 및 필요성을 ① 주요국의 구축 및 운영 현황, ② 국내 합성생물학 기술 수준 및 R&D 역량, ③ 공공 바이오파운드리 수요(Needs) 측면에서 분석

(2) 사업목표의 적절성

□ 사업목표의 적절성에서는 목표와 해결할 문제와의 연관성, 성과목표의 적절성, 성과지표의 적절성, 결과물의 수혜자 표적화 여부 등을 조사함

○ ‘바이오 기술개발의 장기간, 고비용 구조’, ‘합성생물학 기술경쟁력 제고’라는 문제/이슈 해결과 동 사업의 사업목표와 연관관계 여부를 조사

○ 사업목표 달성을 위해 제시한 3개 성과목표가 적절한지를 주관부처 분석 자료, 해외사례 분석 등을 통해 전략목표와의 연관성, 사업목표 달성 여부를 평가할 수 있는 성과로서의 대표성 및 핵심성 중심으로 조사

○ 주관부처가 제시한 성과목표 및 성과지표의 적절성을 사업목적, 사업목표와의 연계성을 중심으로 분석

(3) 세부활동 및 추진전략의 적절성

□ 세부활동 및 추진전략의 적절성은 세부활동과 사업목표와의 연관성, 세부활동 도출의 적절성, 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성, 추진 전략의 적절성 등을 통해 조사함

○ 동 사업의 3개 내역사업과 12개 중점과제의 구성 및 연계성, 특히, 1내역사업을 통해 구축될 바이오파운드리 인프라와의 연계성 및 활용 가능성을 중심으로 세부활동과 사업목표와의 연관성을 검토

○ 내역사업별 세부활동 도출의 적절성, 연구개발 수요조사의 적절성, 우선순위 설정 과정의 적절성, 사업 기획 및 우선순위 도출 참여 전문가 구성의 적절성 등을 통해 세부활동의 적절성을 검토

○ 주관부처가 제시한 사업 총괄 로드맵을 분석하여 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계가 논리적인가를 검토

○ 바이오파운드리 인프라 구축 사업의 특성을 고려하여 추진전략의 적절성, 사업 추진체계의 적절성, 과제선정 기준 및 절차, 성과관리 방안 등 연구개발 추진방안의 적절성을 검토

나. 정책적 타당성 분석

(1) 정책의 일관성 및 추진체제

□ 정책의 일관성 및 추진체제에서는 과학기술 분야의 유관 상위계획과 동 사업의 부합성, 유사사업들과의 차별성, 사업 추진체제의 적절성 및 주관부처/참여기관들의 추진의지 등을 조사함

○ 상위계획과의 부합성은 과학기술 분야의 최상위 법정계획인 과학기술기본계획과 동 사업 유관 상위계획을 대상으로 사업내용과의 부합 여부를 조사함

○ 사업 추진체제 및 추진의지에서는 관련 사업과의 차별성, 부처간·부처내 유관 사업과의 연계·협력 방안 등의 적절성 등을 분석하고, 추진의지 및 선호도 측면에서 사업계획서의 완성도 및 자료 제출 수준을 검토함

(2) 사업 추진상의 위험요인

□ 사업 추진상의 위험요인에서는 재원조달 가능성과 법·제도적 위험요인을 조사함

○ 재원조달 가능성에서는 재원확보 측면에서 정부, 민간 등의 사업비 분담금, 지방비, 인프라 운영비 등을 검토함

○ 법·제도적 위험요인에서는 동 사업 추진과 관련하여 유의하여야 하는 법·제도적 사항과 국제통상 마찰 가능성에 대해 조사함

(3) 기타 위험요인

□ 기타 위험요인에서는 바이오파운드리 구축 사업의 특성을 고려하여 바이오 및 IT 융합인력 확보 측면, 바이오파운드리 센터 및 장비 도입 지연에 따른 인프라 구축 지연 가능성 등의 위험요인을 조사함

다. 경제적 타당성 분석

□ 주관부처가 제시한 총사업비 추정 근거가 타당한지, 동 사업의 세부비용이 적정 범위 내에 있는지 등을 조사하고, 주관부처가 제시한 편익 추정방법의 적절성을 검토하여 동 예비타당성조사에서 적용하고자 하는 편익 추정의 방향을 제시함

○ 주관부처가 제시한 인프라 구축 계획, 장비도입 및 구축 계획에 대한 전문기관의 용역을 통해 총비용을 추정하고, 특허분석을 통해 바이오파운드리 관련 기술의 기술수명주기(TCT) 도출하여 편익기간에 반영

□ 경제적 관점에서 사업시행의 타당성여부를 판단하기 위하여 동 사업을 통해 발생하는 편익을 비용과 비교함

제 2 장 기초자료 분석

제 1 절 기술 분석

1. 기술의 정의

□ 합성생물학(Synthetic biology 또는 synbio)은 생명과학, 생명공학, 화학, 생물 정보학을 융합하여 얻어지는 생물학의 공학[1)]

○ 합성생물학은 생명과학적 이해의 바탕에 공학적 관점을 도입한 학문으로 자연 세계에 존재하지 않는 생물 구성요소와 시스템을 설계·제작하거나 자연 세계에 존재하는 생물 시스템을 재설계·제작하는 두 가지 분야를 포괄

○ 합성생물학은 생물학과 생물체에 공학적 원리를 전수하여 생물계의 설계와 창조에 대한 합리적이고 체계적인 접근을 도입하는 기술

○ 합성생물학은 미래 혁신·기술에 큰 영향을 미칠 가능성이 크고, 지속적으로 기술이 발전되고 있는 분야이며, 전체 경제·사회에 가장 유익한 영향을 끼칠 분야로 기대

○ 응용분야로는 생물정제, 바이오 에너지, 합성백신, 생물 치료제, 인공 설계 단백질, 합성생명 등의 분야가 있음

□ 바이오파운드리(Biofoundry)는 설계(Design), 제작(Build), 검증(Test), 학습(Learn)의 합성생물학 전체 과정에 인공지능 및 로봇 기술을 도입하여 바이오 연구개발 프로세스를 고속화, 고효율화하는 플랫폼 기술

○ 합성생물학과 빅데이터, AI, 자동화 로봇 등 첨단기술과의 융합으로 불확실성이 높고 생산성이 낮았던 합성생물학의 한계를 극복하고, 바이오 제조 공정의 속도, 규모, 생산효율 향상이 가능하게 할 것으로 기대[2)]

- 합성생물학과 로봇기술을 융합하여 반복성과 재현성 향상을 위한 표준화를 획득한 맞춤형 균주 개량 기업인 Ginkgo Biowork는 바이엘社, 로슈社, 모더나社 등과 공동연구로 기존보다 약 5~20배 빠르게 연구를 추진하였으며 생산된 빅데이터는 AI에 의해서 분석되어 생물학적 복합성 문제를 해결

---

1) 임일권 외, '합성생물학 플랫폼의 시장현황 및 전망', BioINdustry 163호, 생명공학정책연구센터

2) 김하성, '바이오파운드리 동향', BioINpro 69호, 생명공학정책연구센터. 2019. 11

- 합성생물학에 AI, 로봇기술의 융합은 복잡하고 불확실한 생물학적 문제 해결과 연구개발에서 판매까지의 기간 단축을 제공
- 합성생물학에 기반한 바이오파운드리는 기존 기술과 비교하여 빠른 속도를 무기로 바이오산업 전반에 영향력을 확장하고 있음

2. 구성 기술

□ 바이오파운드리 구현을 위해서는 명확한 대상과 DBTL (Design-Build-Test-Learn) 사이클의 구성 기술이 필요

○ 바이오파운드리는 독립적인 장비들의 나열이 아닌 유기적으로 연계된 하나의 시스템으로서 높은 효율 구현이 가능

- DNA 설계부터 해당 DNA가 도입된 세포 표현형 테스트에 이르는 고도화된 일련의 생물실험과 관련 장비들이 연계되어 순환적 엔지니어링을 가능하게 함

가. 설계(Design)

□ 소프트웨어 기반 접근 방식으로, 기존 DB화된 유전체 정보를 바탕으로 합성경로 파악, 유전자 합성 설계 시퀀스 등을 포함한 모든 수준의 디자인을 포함

○ DNA·RNA부품(promoter, terminator, rbs, regulator 등), 단백질·펩티드·효소부품, 조절회로, 대사경로, 인공세포 등 모든 형태의 DNA서열 예측을 통한 설계를 포함하는 바이오정보의 설계화 단계

나. 제작(Build)

□ 설계 단계에서 최적의 합성 조건을 갖춘 유전체 회로도를 기반으로 실제 유전자를 합성하는 과정

○ 대량의 올리고 DNA를 합성, 조립하여 설계를 통해 추구하는 모든 형태의 실물을 제조하는 바이오정보의 실물화 단계

다. 검증(Test)

□ 합성된 구성 및 균주의 테스트. 일반적으로 가상 셀(cell) 상태에서 실시해서 통과되었던 테스트와 같은 동일한 조건(온도, 압력 등)에서 대규모의 스크리닝 테스트를 실시

○ 효소·단백질 활성, 상호작용, 세포기능 분석 등 모든 실물의 표현형(phenotype)에 대한 대량 정보를 확보하는 실물 바이오정보의 검증화 단계

라. 학습(Learn)

□ 선행 단계 수행과정, 결과를 통계적 방법과 머신러닝을 사용한 예측 모델로 분석한 후, 다음 DBTL 사이클을 위한 Design 단계에서 개선해야 할 부분을 도출

○ 유전자정보(genotype)와 표현형정보(phenotype)의 연관성을 분석하여 DBTL사이클의 예측력, 정밀제조를 가능하게 하는 실물 바이오정보의 최적화 단계

[그림 2-1] 바이오파운드리 개념

출처 : 한국과학기술단체총연합회 바이오경제포럼(2021)

마. 기타 기술

□ 공공영역에서의 바이오파운드리 기술은 오픈이노베이션 형태로 다수의 기업이 활용할 수 있는 컨테이너(Container)와 클라우드(Cloud) 기술 등이 있음

○ Docker로 알려진 컨테이너 기술은 표준화된 컴퓨터 운영환경으로 볼 수 있으며 이를 통해서 각종 하드웨어 의존적인 설정이나 드라이버 응용소프트웨어 설치를 걱정하지 않고 컨테이너 이미지를 내려받는 것으로 원하는 컴퓨팅 환경을 구성할 수 있음

○ 이러한 기술들이 바이오파운드리에 접목되면서 생산성과 접근성이 향상되고 표준화된 데이터가 대량으로 생산되면서 바이오에서 활용 확장성이 더욱 높아짐

제 2 절 거시 환경 분석[3)]

1. 분석 절차 및 방법론

가. 거시환경 분석 개요

○ 분석목적 : 현재, 미래시점에 합성생물학, 바이오파운드리에 영향을 미칠 수 있는 거시적 차원의 사회적·기술적·경제적 환경을 파악하고, 미래의 불확실성을 해소하고 미래 변화 방향 예측을 지원하기 위해 거시환경 분석

○ 분석방법 : 세계적으로 커다란 방향성을 제시하는 시대의 커다란 흐름 또는 추세를 메가트렌드로 정의하고, 합성생물학과 바이오파운드리에 영향을 크게 미치는 사회·기술·경제·환경·정치적 메가트렌드를 선정하여 분석(STEEP 분석)

- 분석항목 : 사회적(S), 기술적(T), 경제적(E), 환경/생태적(E), 정치적(P) 환경
- 분석절차 : 미래변화 메가트렌드, 미래 전망 관련 국내외 문헌을 조사·수집하고, 합성생물학 연구 및 바이오파운드리 구축·활용에 성장 기회, 잠재적 위험요인으로 영향을 미칠 수 있는 내용을 STEEP 별로 분류·정리

2. STEEP 분석 결과

가. 사회적 환경 (Social)

□ 인구 감소와 고령화 추세에 따라 핵심 산업의인공지능(AI) 기반 자동화 추진 가속화

○ 전 세계적인 출산율 감소로 노동인구가 감소하면서 산업 전반에 자동화, 인공지능 등 첨단기술이 확산

- 자동화 서비스는 반복 노동업무를 AI와 로봇에 맡겨 업무 부담을 줄이고, 기업과 개인의 성장을 위한 창의적인 일에 집중할 수 있도록 지원하므로 노동인구 감소를 대비한 국가의 자동화 솔루션은 필수적임

3) 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서 요약

나. 기술적 환경 (Technological)

□ 성장활력 및 사회문제 해결을 위한 모멘텀으로 4차 산업혁명 대응이 중요하고, 타 분야와 융·복합을 통해 사회 전반에 영향을 미치는 기반 기술로써 바이오 기술의 파급력 확대 추세

○ 4차 산업혁명은 미래 국가경쟁력을 좌우할 혁신성장의 새로운 모멘텀으로 주목받고 있으며, 4차 산업혁명의 핵심동인인 ICBM (IOT, Cloud, Big data, Mobile) 및 AI 등 지식정보기술을 토대로 산업 분야의 디지털 포메이션을 시도

○ 바이오 기술은 고령화, 감염병, 안전한 먹거리, 사회문제 해결 등 경제 전반에 새로운 변화를 촉발하는 기반 기술로, 인류의 복지와 경제성장을 동시에 달성하고자 하는 바이오 경제 패러다임이 미래성장 전략으로 대두

○ 합성생물학은 21세기 생명과학 연구의 새로운 패러다임으로 인류 당면문제를 해결할 미래 유망기술로 지속 제기

다. 경제적 환경 (Economy)

□ 국가간 관계 및 글로벌 팬데믹 등으로 국제 공급망(GVC)이 변곡점에 봉착했고, 제조업 등 전통산업을 포함한 산업 전반에 4차 산업혁명을 접목한 '인더스트리 4.0' 및 '플랫폼 경제' 개념 대두

○ 코로나 19로 글로벌 공급망 체계 재편 필요성이 제기되면서, 선진국은 자국 제조업 경쟁력 강화를 위한 투자 확대 및 리쇼어링을 추진하고, 신흥국은 제조업 설비 증대 및 자국 내 공급망 유지 노력

라. 생태적환경 (Environmental)

□ 감염병의 정례화, 장기화, 일상화로 인해 위험요인 상시 대비가 중요해졌고, 기후변화에 대응한 탄소중립이 글로벌 기조로 대두되면서 탈탄소화, 친환경, 지속 가능성을 고려한 근본적 대책 마련 중요

○ 기후변화 대응을 둘러싼 국제 사회의 관심이 고조되면서 세계 각국은 환경 규제를 강화하고 있고, ESG(Environment, Social, Governance)가 기업경영의 화두로 부각되는 만큼 기후변화 및 환경 규제에 대한 선제적·능동적 대응이 경쟁력 강화를 위한 기대요인으로 작용

마. 정치적 환경 (Political)

□ 미·중 기술 패권 경쟁이 인공지능, 바이오 등을 중심으로 확대되면서 국가 차원의 대응이 중요해지고, 국민의 안전을 위하여 정부 역할이 확대되는 등 중장기 관점의 정책 방향 설정의 중요성 증대

○ 미·중 패권경쟁이 무역분쟁에서 5G, 인공지능, 반도체 등 첨단기술 분야로 확장함에 따라, 국가적 차원의 R&D 전략, 인공지능·바이오 등 경쟁 분야에 대한 협력 및 경쟁력 확보 전략 필요

- 미국은 최우선 목표를 중국 견제로 규정하고, 반도체, 배터리, 희토류, 의약품 등의 공급망 검토, 기술을 전략적 경쟁의 핵심영역으로 정의하고, 차세대통신·AI·양자컴퓨터·반도체·생명공학에서 미국 주도 기술혁신 강조
- 중국은 글로벌 제조 강국 도약을 선언하고, 「14차 5개년 계획」에서 기술 자립과 쌍순환전략(dual circulation)을 기반으로 기술혁신을 최우선 과제로 제시
- 미국과 중국은 4차 산업혁명을 주도하는 핵심 분야이면서 동시에 기술 표준을 선점한다면 패권 경쟁에서 우위를 점할 수 있는 5G(6G), 인공지능, 전기차, CBDC, 우주, 바이오 분야를 중심으로 주도권 경쟁이 치열

<표 2-1> 기술 분야별 미중 주요 기업

분야	미국	중국
플랫폼/AI	애플, 구글, 아마존, 마이크로소프트, 페이스북, 우버, IBM	알리바바, 텐센트, 바이두, 메이탄, 장둥닷컴, 틱톡, 디디추싱, 아이플라이텍, 센스타임
5G	퀄컴, 시스코	화웨이, ZTE, Datang
전기차/배터리	테슬라	니오, 샤오펑, CATL
반도체	인텔, AMD, 엔비디아	하이실리콘, SMIC
바이오/의료	화이자, 모더나, 길리어드 사이언스	항서제약, 우시앱텍

출처 : 소프트웨어 정책연구소(2021), 미중 기술패권경쟁의 최근 동향

○ 코로나19 등 글로벌 위기를 계기로 탈세계화, 자국 우선주의가 강화되는 가운데, 공중보건·공공의료 서비스, 복지 지원 등 국가 역할이 강조되며, 유사 위기에 대응하기 위한 중장기적 관점의 정책 방향 설정 중요

제 3 절 기술개발 동향

1. 국내 기술개발 동향

□ 합성생물학의 기반이 되는 바이오파운드리 관련 기술은 태동기이며, 활용기술은 주로 공공기관 주도로 개발되고 있으며, 국내 기업 참여는 극히 제한적

○ 국내에서 지난 2017년에 들어서야 '바이오경제 혁신전략 2025'를 통해 연구개발(R&D) 혁신기술로 합성생물학을 주목하기 시작

○ 초고속 DNA 설계·합성에 필요한 바이오파운드리, 공정개발 지원 및 시험시설은 정부 과제를 통해 개별 기관 차원에서 소규모로 구축 운영 중

- 한국생명공학연구원, 성균관대학교는 바이오파운드리를 구축하여 글로벌바이오파운드리 동맹(GBA, Global Biofoundries Alliance)의 회원으로 등록
- 한국생명공학연구원은 2013년 국내 최초 합성생물학 전문센터를 설치하여 합성생물학 고도화 및 바이오파운드리를 구축하였으며, 한국과학기술원과 공동으로 GBA 가입
- 성균관대학교는 2020년 1월 반도체 파운드리를 넘어 로봇기술과 생명공학기술을 융합하는 자동화 바이오파운드리[4]를 국내 최초로 구축

□ 2020년 실시된 기술수준평가에서 우리나라의 시스템생물학 및 합성생물학 분석 및 활용기술 관련 기술 수준은 최고 기술국 대비 75% 수준이며, 연구개발 역량은 '보통' 수준으로 평가

○ 기술수준평가에서 합성생물학 기술수준을 판단한 근거를 다음과 같이 제시

- 최근 연구성과가 나오고 있으나, 특정 분야에 치우쳐있거나 기술적 성과가 다른 나라에 비해 뒤처짐
- 낮은 정부 및 민간 투자와 기초연구보다는 상용화만을 강조하는 풍토
- 정부의 지속적 투자가 있으나, 연구 방향이나 주제가 선도그룹 모방이 많아 독창적인 연구 추진 미진
- 우수 전문인력이 늘어나고 있어 향후 기술 추격이 기대
- 사업화가 부족하고, 논문·특허의 양적, 질적 지표에서 대부분 주요국을 추격하는 수준

4) 산업통상자원부 '바이오산업핵심기술개발 사업'('18~'21년) 지원으로 연구를 진행('19)

- 선도그룹을 추격하는 연구그룹과 산업체가 생기고 있으며, 연구비가 선도국에 비해 적은 것이 문제

<표 2-2> 합성생물학 분석 및 활용기술 기술수준 및 격차

국가	기술수준·격차		연구단계역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	기초	응용·개발	
한국	75.0	3.0	보통	보통	상승
중국	75.0	3.0	우수	우수	급상승
일본	80.0	3.0	우수	보통	상승
EU	90.0	1.5	탁월	우수	상승
미국	100.0	0.0	탁월	탁월	상승

출처 : KISTEP, 2020 기술수준평가

○ 기술수준평가에 참여한 전문가들은 합성생물학 국내 기술수준 향상을 위해 정부가 중점 추진해야 할 정책적 우선순위로 인프라 구축과 연구비 확대를 선정

<표 2-3> 국내기술수준 향상을 위한 정부중점추진 정책 우선순위

	국내협력 추진	국제협력 추진	인력양성 및 유치	인프라구축	법제도개선	연구비확대
순위	5위	6위	3위	1위	4위	2위
점수	2.78	2.11	3.78	4.67	3.11	4.56

※ 점수 : 전문가 설문조사시 항목별 1순위(6점), 2순위(5점), 3순위(4점), 4순위(3점), 5순위(2점), 6순위(1점)으로 평균값을 계산

출처 : KISTEP, 2020 기술수준평가

2. 세부기술별 개발 동향 및 국내외 기술개발 현황 비교

□ 바이오파운드리 세부기술별 개발 동향을 요약하면 다음과 같음

<표 2-4> 바이오파운드리 세부기술별 기술개발 동향

기술분류	핵심기술	기술내용
바이오분자/회로 설계/개량 기술	계산 기반 바이오 분사 설계	▪ (Homology modeling) 유사 단백질을 이용한 단백질 구조 설계
		▪ (De novo prediction) 분자간 결합에너지 기반 단백질 구조 예측
		▪ (딥러닝 기반 설계) 구글 'α-fold', β-carbon 중심으로 angle 계산, 거리함수 값을 딥러닝으로 예측
	유도진화 바이오 분자 설계	▪ (유도진화 플랫폼6) 인공적 변이 유발 기술, 물리/화학적 변이, 무작위 PCR 기반 변이, 변이유발 균주, CRISPR-nCas9 등
		▪ (효소/단백질 개량) 효소 생성물 직접 분석, 바이오센서 이용 분석
		▪ (앱타머 개량 기술) 특정 분자와 결합하는 DNA, RNA 개량 기술

기술분류	핵심기술	기술내용
	회로 설계, 바이오 분자 중합시스템	▪ (대사 경로/회로/장치 구축 플랫폼) 제한/절단/연결 효소 기반, Gibson assembly, Golden gate, Biobrick 등
		▪ (비천연 아미노산/핵산 도입) 비천연 아미노산 특이적 tRNA synthetase, 코돈, 중합효소 활용. 결합 부위 염기/인산기 변형
바이오시스템 설계/ 개량 기술	무세포 시스템	▪ 세포의 단백질 합성기구 도입 반응기 활용 재조합 단백질 생산, 정제 단백질 조합 및 무세포 기술로 유전자 회로 구축 및 생산
	균주 생물 엔지니어링 및 특성화	▪ (부품 발굴) Chip-seq 활용 신규 부품 발굴, 변이 기반 개발, codon optimiztion, N-term 서열 이용 단백질 발현 조절
		▪ (균주 개량) 실험실 적응진화, 유도진화, 상동재조합, MAGE, CRISPR 기반 개량 등 균주 변이 유발 기술
	인공균주 설계	▪ (최소유전체 설계) Bottom-up, To-down, Middle-out 기술
		▪ (유전체 이식) 야생형 세포 샤시에 인공유전체 이식 기술
DNA 합성/조작/ 분석 기술	DNA 합성	▪ (화학기반 합성) Phosphoramidite 이용, ~200bp DNA 합성
		▪ (효소기반 합성) TdT-dNTP이용, 200 bp 이상 합성 가능
	DNA 조립	▪ (in vitro) polumerase, ligase, gibson assembly 이용 ▪ (in vivo) 효모의 recombination 반응 이용
	DNA 편집	▪ (유전자가위, CRISPR) DNA 이중나선 절단 후 재조합 과정 이용
	DNA 해독	▪ (NGS) 대량의 분해된 짧은 DNA 조각의 병렬적 해독
		▪ (Single molecule sequencing) 단일 가닥 DNA 통과 분자 이용, Lond DNA 가능, 실시간 신호 변화 분석
데이터통합/ 모델링/ 자동화기술	미세유체 플랫폼	▪ (미세유체 플랫폼) 액적기반 대량의 단분산 독립공간 이용 기술, 유전자 합성/조립, 유전자 형질전환, 표현형 분석 이용
	바이오파운드리 컴퓨팅 인프라	▪ (빅데이터/기계학습) 공공 데이터베이스의 다중 오믹스 데이터 수집 빅데이터 구축, 기계학습 및 딥러닝 활용 분석
		▪ (시스템 설계/자동화 기술) BioCAD 소프트웨어, SBOL 기반 표준화 연구, DOE 실험 계획법 활용, LIMS(실험실 정보관리)
		▪ (클라우드) 표준화된 운영환경, 원하는 장소/시간 접속, 원격제어
	자동화 인프라	▪ (완전자동화) 30개 이상 vender, 100종 이상 장비에 의한 생산 프로토콜 데이터를 단일기업 완제품 용역
		▪ (반자동화) 일정 구간 자동화 기술/장비간 연계, Listener 활용
		▪ (전주기 통합) 하드웨어 및 소프웨어의 조합을 통한 최적의 공정 개발. 단일세포 기반, 자동화 배양 시스템 개발

출처: 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서 재구성

□ 국내외 바이오파운드리 세부기술별 기술 수준을 비교하면 다음과 같음

<표 2-5> 바이오파운드리 세부기술별 기술개발 동향

기술분류	핵심기술	해외현황	국내현황
DNA 합성/조작/분석 기술	DNA 합성	다량의 에러없는 DNA 제작, 공급 중이며 자연계에 존재하지 않는 새로운 DNA개발도 수행	대부분 oligocnucleotide 합성 중심의 서비스사업 대형 유전자합성 사업화는 미미
	DNA 조립	효모 내에서 크기가 큰 DNA의 자동 연결 방법 활용 미생물 유전체 합성	에러없이 DNA를 연결하는 기술에 대하여 체계적 연구나 기술력에 대하여 알려진 바 없음
DNA 합성/조작/분석 기술	DNA 편집	CRISPR 시스템을 이용한 genome editing 기술 활용 다양한 유전체 편집, 사업화	CRISPR 시스템 기능 개선,활용, 사업화 및 글로벌 수준 (툴젠) 크리스퍼 기반 유전자 편집 gRNA 합성 서비스 (바이오니아)
	DNA 해독	DNA sequencing을 위한 장비 및 플랫폼 기술 개발이 활발하며, 새로운 시퀀싱 라이브러리 제작 방법 및 이를 활용한 연구 진행	국내에서는 DNA sequencing을 위한 원천기술을 보유한 곳은 없고, 대부분 알려진 기술과 장비로 sequencing 서비스를 제공 중
바이오분자/회로 설계/개량 기술	컴퓨터 기반 바이오분자 설계	최근 구글에서 발표한 Alphafold2가 단백질 구조 예측대회에서 뛰어난 정확도를 보임	미국에서 개발 및 공유된 로제타 기반 구조 예측에 대부분 의존
	유도진화 바이오분자 설계 기술	바이오센서 등을 활용한 고속 탐색 기술 적용 중으로 다양한 종류의 고속탐색/분석 기기 존재	KRIBB의 GESS 바이오센서 연계 고속 효소 활성 탐색 원천 기술 보유
	유전자회로 설계	MIT에서 개발한 Cello 등 유전자회로 예측 프로그램 및 언어개발이 활발함	AI기반 유전자회로 최적화 기술개발 중 (KRIBB)
바이오시스템설계개량 기술 바이오시스템 설계/개량 기술	무세포 시스템 기술	생산성이 g/L수준까지 향상되어 의약산업용 재조합 단백질 생산 기업 출현	무세포 시스템을 이용한 유전자 회로 구동 여부, 세포유전자 간섭 회피 확인
	균주 생물 엔지니어링 및 특성화	Zymergen, Ginkgo 등에서 고집적 자동화시스템을 이용한 균주설계, 제작기술 구축	시스템대사공학 기반 대사설계, 제작은 전통적인 방식(KAIST)
	Chassis 구축 기술	실험실 적응진화, 유도 진화를 유발한 후 원하는 개체를 선별하는 과정을 자동화 완료	동일방식의 적용 및 자동화를 추진 (KAIST, POSTEC 등)
	인공균주 개발 기술	짧은 DNA조각을 합성하고 연결하여 마이코플라즈마, 대장균, 카울로박터, 효모 유전체를 합성	유전체 합성수준 성과 없음 대장균 유전체 축소를 통한 최소유전체 제작

기술분류	핵심기술	해외현황	국내현황
데이터통합/모델링/자동화 기술	대량/자동화 배양	다양한 종류의 대량/자동 배양 기기 사업 존재	KRIBB, KRICT 등에서 로보틱스를 이용한 배양 시스템 존재, 한정된 용도 사용 가능
	미세유체 플랫폼 기술	미세유체 어레이를 이용 스크리닝 플랫폼을 구축하는 등 고속 스크리닝 플랫폼 구축 연구가 활발함	미세유체 이용 다중 병렬적으로 표현형을 스크리닝하는 연구를 활발히 수행
	바이오파운드리 컴퓨팅 인프라	DNA assembly 프로토콜을 제안해 주는 다양한 S/W가 개발되어 사용 중 (j5, DeviceEditor 등)	없음. 바이오파운드리 구축 시 클라우드 서비스를 제공 필요
	자동화 인프라	Zymergen, Ginkgo 등에서 고집적 자동화시스템 구축완료	대형 바이오기업 중심으로 준 자동화 또는 낮은 수준의 장비통합이 적용
	전주기 기능 예측	MIT-Broad 바이오파운드리에서 Cello를 개발하여 유전자회로 예측에 활용	하드웨어와 소프트웨어의 저준위 조합부터 우선 추진

출처: 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서 재구성

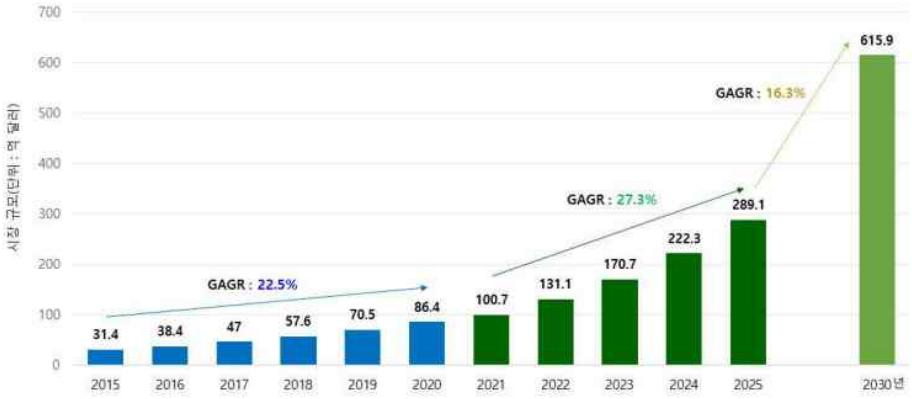
제 4 절 시장 및 산업 동향

1. 글로벌 합성생물학 시장 및 산업 동향

□ 글로벌 합성생물학 시장 규모는 2021년 100억 달러(약 12조 원)이며, 이후 연평균 27.3% 수준으로 성장하여 2025년에 289억 달러(약 34.8조 원)에 달할 것으로 전망됨[5)]

○ 획기적인 유전자편집 도구와 AI 및 양자 컴퓨팅 등의 기술 융합을 통한 바이오파운드리는 합성생물학 시장 성장의 중요 원동력

○ 합성생물학은 단기적으로는 천연물 혹은 석유화학 물질을 대체하여 유용물질을 생산하는 연구 방향으로 진행되고, 장기적으로는 정교한 유전자 편집 기술을 이용한 개인 맞춤형 유전자 치료의 응용연구로 발전할 것으로 예측



[그림 2-2] 합성생물학 시장 현황 및 전망(2015-2030년)

출처 : 생명공학연구센터, 합성생물학 월간동향('22.1)

□ 지역별 합성생물학 시장은 북미 시장 40%, 유럽 시장 33%로 높은 점유율을 보이고 있으나, 아시아 태평양 지역의 신흥 국가 비중도 지속적으로 확대('18년 기준)

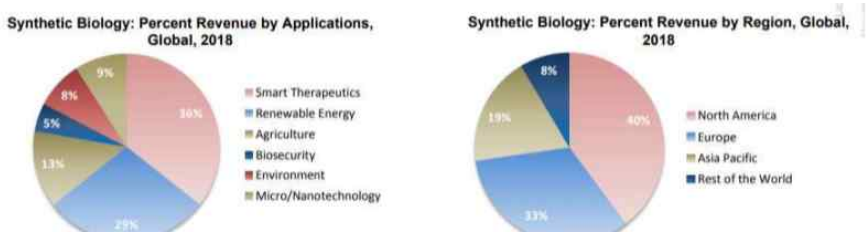
○ 아시아 태평양 시장의 공격적 기술 추격으로 22%의 성장률을 보임(북미 20.2%, 유럽 18.9%)

---

5) 국가생명공학정책연구센터, 합성생물학 월간동향, 2022년 1월호, 2022.01. The Business Research Company, Synthetic Biology Global Market Opportunities And Strategies To 2030 : COVID-19 Growth And Change 재인용

□ 합성생물학 기술이 적용되는 주요 응용영역[6]별 시장 규모를 살펴보면, 스마트 치료 36%, 재생에너지 29%로 큰 비중을 차지함('18년 기준)

○ 향후 스마트치료, 재생에너지 분야 활용 시장이 연평균 성장률 20% 이상으로 합성생물학 시장에서 주요한 시장을 차지할 것으로 예상됨



[그림 2-3] 합성생물학 응용분야, 지역별 시장 비중

출처 : Frost&Sullivan, Synthetic Biology as a Profound Transformative Technology, 2019

2. 글로벌 바이오파운드리 산업 동향

가. 국내 동향

□ 국내 기업 중 CJ제일제당이 유일하게 바이오파운드리 시설을 구축·운영 중이지만 국제적 역량을 갖춘 합성생물학 전문 기업은 부재한 실정[7]

○ CJ제일제당은 '19년부터 대규모 바이오파운드리 시설구축에 투자하여 균주 개발 및 생산 공정 자동화를 추진

- 100% 바이오유래 원료를 사용한 해양 생분해 플라스틱 소재인 PHA(Polyhydroxyl alkanoate) 개발에 주력하고 있으며 인도네시아에 연 5,000톤 규모의 생산 체제를 갖추는 등 글로벌 친환경 소재 시장 선점에 속도를 내고 있음

□ 최근 LG화학, SKC 등 일부 국내 기업들이 바이오플라스틱 관련 기술 확보 및 제품 개발에 적극적으로 투자

○ LG화학은 옥수수 성분의 포도당과 폐글리세롤을 이용하여 생분해성 신소재를 개발하였고, 이는 합성수지와 동등한 기계적 물성 구현이 가능하여 비닐봉투, 일회용 컵, 마스크 부직포 등 다양한 분야에 활용될 것으로 전망

---

6) Frost&Sullivan은 합성생물학의 응용범위를 스마트 치료, 재생에너지, 농업, 생물보안, 환경, 마이크로/나노기술 등 6개 영역으로 분류

7) 이혜원, (디지털 바이오) 합성생물학과 화이트바이오, BiolNpro 88호, 생명공학정책연구센터, 2021.03

○ SKC는 목재펄프 속 나노셀룰로오스로 보강한 고강도 PBAT(Polybutylene adipate -co-terephtalate) 기반 생분해성 바이오플라스틱 양산기술 확보 추진 중

나. 해외 동향

□ 합성생물학 분야로 진출한 주요 글로벌 기업을 중심으로 바이오파운드리 구축을 통해 사업 확장

○ Cargill(농업 합성생물학 R&D 지원), Dupont(최초 합성생물학 섬유 제품 Sorona 생산), Virgin Group(합성바이오 투자기업 Virgin Fuels 운영) 등 대기업 진출

○ Dupont, British Petroleum(BP)과 같은 화학·에너지 관련 글로벌 대기업들은 화학 및 에너지 산업을 아우르는 다양한 응용 분야들에 합성생물학 기술개발에 활발히 참여하고 있음

○ 합성생물학 전문 플랫폼 기업의 급격한 성장과 기업간 연계 활발

- Covid-19에 따른 경제위기 상황에도 2020년 한해 약 80억 달러 규모의 민간 투자를 기록하는 등 빠른 시장 성장세

<표 2-6> 주요 글로벌 기업의 합성생물학 관련 R&D 및 산업활동

기업명	분야	합성생물학 관련 R&D 및 산업 활동
Dupont	화학	Genencor 및 Tate&Lyle(대규모 설탕 제조기업) 등과 함께 최초의 합성생물학 섬유 제품 Sorona 생산
Pfizer	제약	신약개발을 위해 자체 내부 합성생물학 연구 추진
BP	에너지	자회사 Craig venter's Synthetic Genomics를 통해 UC버클리와의 합성생물학 협력연구에 약 5,000억 원 투자
Virgin Group	투자	합성 바이오 기술 투자기업 Virgin Fuels 운영
Cargill	농업	합성생물학 바이오 R&D 지원

출처: 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

□ GEN(Genetic Engineering & Biotechnology News)은 매출액과 총자본을 기준으로 글로벌 상위 10대 합성생물학 기업과 유망기업을 선정하고 최근 활동을 소개[8)]

○ 상장기업은 제품 또는 서비스 판매, 협업 및 R&D 활동 등 공개된 2020년 매출을 기준으로 순위를 부여

○ 글로벌 1위 기업은 미국 Amyris로 2020년 1.7억 달러 매출 기록

8) 임일권 외, '합성생물학 플랫폼의 시장현황 및 전망', BioINdustry 163호, 생명공학정책연구센터, 2021. 09

<표 2-7> 글로벌 Top 10 합성생물학 기업

구분	순위	기업명	매출/총자본(기준년도)
상장기업	1	Amyris	1억 7313만 7000달러 ('20) 1억 7685만 9000달러 ('21, 1분기)
	2	Precigen	1억 317만 8000달러 ('20)
	3	Twist Bioscience	9010만 달러 ('20.9, 회계연도)
	4	Ginkgo Bioworks	7700만 달러 ('20)
	5	Codexis	6905만6000달러 ('20)
비상장기업	1	Impossible Foods	15억 달러 이상
	2	National Resilience	9억 6400만 달러 초과
	3	ElevateBio	8억 6930만 달러
	4	Insitro	6억 4,300만 달러
	6	Apeel Sciences	3억 9010만 달러

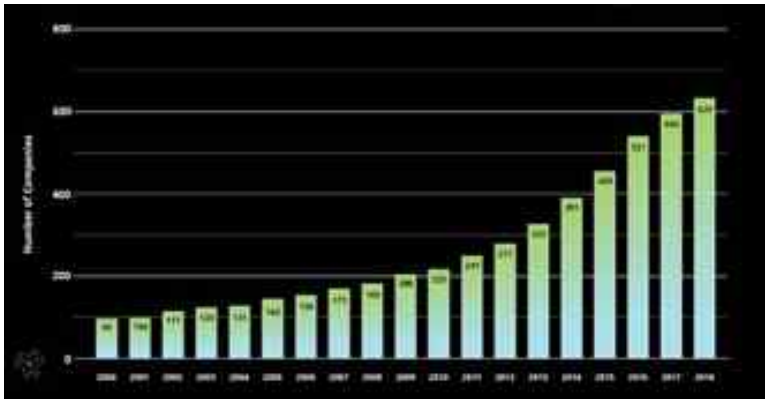
출처 : GEN(2021), 'Top 10 Synthetic Biology Companies'. 생명공학정책연구센터(2021) 재인용

□ 미국은 '합성생물학 제조 육성 연합'을 출범('21.4)하여 민간 중심으로 바이오파운드리 구축을 목표로 함

○ 합성생물학 선도 3개 기업(Antheia, Genomatica, Ginkgo Bioworks) 주도

□ 합성생물학 분야 스타트업 증가 및 투자 확대

○ 전 세계 합성생물학 관련 스타트업은 2000년 100개 미만이었으나, 2018년 620개 까지 6.2배 증가



[그림 2-4] 합성생물학 분야 연도별 스타트업 기업 수

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

<표 2-8> 첨단기술융합 활용기업 동향

기업명	소개
Atomwise (미국)	딥러닝 기술과 합성생물학을 시너지 효과로 결합해 구조 기반의 소분자 AI 약물 발견 연구를 함
AzarGen Biotechnologies (남아프리카 공화국)	식물세포를 이용해 인간 재조합 단백질을 발현시키는 치료용 단백질을 개발하는 데 주력하는 생명공학 기업이며, 이 회사의 기술 플랫폼은 식물의 고급 유전공학 및 합성생물학 기술을 활용
Beam Therapeutics (미국)	CRISPR 기반 유전자 편집 기술을 사용하여 정밀 유전의약품들을 만들어 전달하고 있음
BiomX (이스라엘)	만성 염증성 질환과 암에서 유해한 박테리아를 대상으로 파괴하는 맞춤형 페이징 치료법을 개발하는 마이크로바이옴 의약품 발굴 업체

출처 : 합성생물학 기반 바이오파운드리 기술개발현황, Issue report, 농림식품기술기획평가원, 2022

<표 2-9> 바이오파운드리 구축 기업 동향-의학분야

기업명	소개
Triton Algae Innovations(미국)	높은 수준의 단백질, 비타민A, 필수 아미노산, 오메가 3, 6, 9 오일을 함유한 녹조를 성공적으로 식품 시장에 선보이고 있음
Twist Bioscience (미국)	실리콘 기반의 DNA 합성 플랫폼을 개발하여 이전에는 산업 규모로 볼 수 없었던 정밀 솔루션 달성. 품질 합성 DNA의 제조를 경제적인 방식으로 가속화할 수 있음
Vedanta Biosciences(미국)	다양한 질병을 치료하기 위해 인간공생세균 컨소시엄(consortia of human commensal bacteria)을 기반으로 합성생물학을 기반으로 한 치료제를 개발하고 있음

출처 : 합성생물학 기반 바이오파운드리 기술개발현황 Issue report, 농림식품기술기획평가원, 2022

제 5 절 정책 동향

1. 글로벌 합성생물학 정책 동향

가. 합성생물학의 인프라 협업체계

□ 합성생물학의 인프라 협력 플랫폼인 글로벌 바이오파운드리 연합(GBA) 결성('19.5)

○ 국가마다 합성생물학을 집중 육성 영역에 따라 바이오파운드리가 구축 및 운영되었으며, 최근 세계적으로 이들 간의 협력을 위한 연합체 결성

- 런던에서 비영리 바이오파운드리 기관이 경험과 자원을 공유/연구하는 GBA를 처음 논의한 후('18.6), 최근 일본 고베에서 16개 기관으로 GBA 출범
- GBA에 속한 미국, 유럽, 일본, 싱가포르 등은 국가 차원에서 바이오파운드리 구축에 많은 투자를 하고 있음

<표 2-10> GBA 소속 바이오파운드리 현황

바이오파운드리	국가, 소속	특징
Agile Biofoundry	미국, 국립연구소 연합	민간의 바이오프로세싱 상용화 일정과 비용을 줄일 수 있도록 7개 국립 연구소의 역량과 전문지식을 결합한 공공 인프라
BioFab	미국, 워싱턴 대	아쿠아리움 소프트웨어를 사용하여 샘플 정보를 저장, 분자생물학 및 미생물학 작업을 원격 진행, 프로토콜을 실행하고 아쿠아리움에 업로드
Colorado Cyberbiofoundry	미국, 콜로라도 주립 대	효모 유전학, 마이크로바이옴 공학, 바이오 제조 등의 다량의 프로젝트 협업 기회, 능력을 극대화
iBioFAB - (Foundry for Advanced Biomanufacturing)	미국, 일리노이대	거대 사회문제 해결을 위한 생명과학 분야의 혁신적 연구와 기술을 개발하는 다학제 기관
Living Measurement Systems Foundry	미국, 국립표준기술연구소 (NIST)	생물학적 기능의 논리적으로 설계하고, 정량적으로 정밀하게 제어 가능한 새로운 측정 및 엔지니어링 방법 개발
DAMP lab	미국, 보스턴 대	새로운 생물학적 시스템을 개발
Concordia Genome Foundry	캐나다, 콘코디아 대	합성생물학 연구를 위한 최첨단 로봇 장비를 보유
Biofactorial	캐나다, British Columbia Univ.	산학 공동연구를 통해 합성생물화 실험 지원

바이오파운드리	국가, 소속	특징
Edinburgh Genome Foundry	영국, 에딘버러 대	완전히 자동화된 로봇 플랫폼을 사용하여 전례 없는 규모로 유전 물질을 제조하는 것을 목표. DNA 합성을 통한 맞춤형 의약용 줄기세포 프로그램, 질병 감지 박테리아 생산, 바이오 연료 작물 등 연구
GeneMill	영국, 리버풀 대	합성 DNA 구조를 고속으로 제작하고 검사하기 위해 설립. 유전자 구성 라이브러리의 설계, 제작 및 표현형 검증 제공
SYNBIOCHEM	영국, 멘체스터 대	의약품, 농화학, 지속가능 바이오제조를 위한 신소재를 포함하는 고품질 특수 화학물질 생산 특화 합성생물학 센터
Earlham BIO Foundry	영국, Earlham Institute	합성생물학을 위한 자동화 플랫폼과 최첨단 기술에 대한 제공 및 훈련. DNA 조립, 미세 발현 전문
London BioFoundry	영국, 임페리얼칼리지	SynbiCITE의 핵심 기관으로, 자동화된 설계, 제작, 다량의 유전자 제작물의 평가를 위한 최첨단 로봇장비 제공
DTU Biosustain BioFoundry	덴마크, 덴마크 공대(DTU)	미생물 세포공장을 활용한 바이오 화학물질 생산을 위한 학제간 연구 수행
CompuGene, TU Darmstadt	독일, Darmstadt 공대	생물학적 시스템에서 복잡한 유전자 회로를 설계할 수 있도록 컴퓨터 지원 프로세스를 개발
VTT Technical Research Centre	핀란드, VTT 연구소	기술 혁신을 통해 사회와 기업이 성장할 수 있도록 지원
CSIRO-UQ BioFoundry (CUB)	호주, 퀸즈랜드 대	대용량 로봇 합성생물학을 활용, DBTL Cycle의 합성 중점. 호주 연구개발 커뮤니티가 공개적으로 접근할 수 있는 국제 네트워크 시설을 제공
Australian Genome Foundry	호주, 맥커리 대	학계와 산업을 위한 다량의 합성생물학 솔루션을 제공 유전체공학, 대사공학, 바이오센싱 분야의 전문지식을 활용하여 기초 및 응용과학의 혁신
SynCTI, Singapore BioFoundry	싱가포르, 싱가포르국립대	임상 및 기술 혁신 중심. 국제기관 및 민간기업과의 연구협업을 통해 합성생물학의 기술력 확보 및 고숙련 연구자 등 미래세대 양성
Tianjin Institute of Industrial Biotechnology	중국, CAS 텐진 생명공학연구소	단백질과학, 시스템생물학, 합성생물학, 발효과학을 통합한 뉴바이오로 산업생명공학을 개발
SIAT Biofoundry, Shenzhen	중국,CAS	9개 기관과 그 밖의 수많은 연구소와 시설로 구성
SJTU SynBiofoundry	중국, 상하이교통대	-
Tianjin University BioFoundry	중국, 텐진 대	-
Kobe Biofoundry	일본, 고베 대	-

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

나. 글로벌 표준화 및 규제 동향

□ 합성생물학 기술적용하기 위한 국제적인 산업표준 및 규범 정립을 위한 논의 진행 중

○ 국제표준기구(ISO)를 중심으로 합성생물학 관련 용어, 바이오뱅크 인프라, 분석 및 품질평가법, 바이오 공정, 정보처리·통합 등의 표준화 논의 진행 중

○ 유전자가위(CRISPR)를 비롯한 신규 합성생물학 기술을 이용한 경우 LMO 예외, 인공조직·장기·생명체 개발 이후 제한 범위 등 합성생물학 기술개발 및 활용 촉진을 위한 규제 정비 논의 중

○ 합성생물학의 잠재적 위험성을 고려한 기술 진보를 위한 생물안보, 생물안전성, 생명윤리 등의 관점에서 논의 활발

○ 특히, 바이오테러 등의 위험성 증가에 따른 국가 차원의 안전성, 안보 관리 방안 마련을 위한 다학제적 관심 증대

2. 해외 합성생물학 정책 동향

가. 미국

□ 2002년 국방성(DoD)에서 대체연료 프로젝트 내에서 합성생물학 연구를 진행하였으며, 2006년 미국과학재단(NSF)의 지원으로 Synberc센터(Synthetic Biology Engineering Research Center)를 설립하면서 본격적으로 연구 시작

○ Synberc는 합성생물학의 이해, 관련 기술개발, 대국민 인식교육, 인력양성 등의 역할을 수행

□ 세계 최고 수준의 기술경쟁력을 지속적으로 유지하기 위해 합성생물학에 대한 투자 확대

○ 「미국혁신경쟁법」에서 합성생물학을 10대 혁신기술로 지정('21.6)

- 국방성 산하 연구기관인 'DARPA'에 합성생물학제조연구기관(BioMADE) 신설 및 7년간 2억 7000만 달러(약 3,200억 원) 투입
- Ginkgo bioworks, Zymergen 등 바이오파운드리 기반 민간 플랫폼기업의 나스닥 상장 등 관련 기업이 700여 개 수준

○ Agile BioFoundry(ABF) : 2016년 에너지부(DOE) 산하 Bioenergy Technologies Office(BETO)에서 3억 달러의 기금을 9개 DOE 국립 실험실에 투자하여 설립 이후 산업계의 의견을 반영하여 2,000만 달러의 기금을 추가로 투입해 Agile BioFoundry Consortium (ABF)를 설립

- ABF의 목표는 평균 10년이 소요되던 생물 공정 scale-up 처리 시간 50% 단축

○ DAMP Lab : 보스턴 대학에 설립, 개발된 바이오 시스템을 사회로 전달하는 것이 목적이며 Biofoundry Integrated Instrumentation System (BIIS)과 Microfluidics for manufacturing을 주된 연구 시스템으로 보유

○ iBioFAB (Illinois Biological Foundry for Advanced Biomanufacturing) : 2014년 설립된 바이오파운드리로 자동화된 고속·대용량 효모 유전체 엔지니어링 기술로 주목

□ 미국 바이든 정부는 2022년 9월 생명공학 및 바이오제조를 발전시켜 글로벌 바이오경제의 패권을 유지하기 위해 「국가 생명공학 및 바이오제조 이니셔티브 (National Biotechnology & Biomanufacturing Initiative)」에 대한 행정명령을 서명[9)]

○ 미국 내 사회적 목적 달성을 위해 생명공학 및 바이오제조 R&D를 적극 활용하며, 보건복지부, 에너지부, 농무부, 상무부, 국립과학재단 등 생명공학 및 바이오제조 향상을 위한 조치와 예산을 배정

○ 바이오경제 혁신을 주도하기 위해 쉽게 접근 가능하고 안전하며 고품질의 바이오 데이터셋을 보장하는 바이오경제를 위한 '바이오데이터 이니셔티브'를 수립

○ 주요 부처가 협력하여 건강, 에너지, 농업 및 산업 분야의 제품에 대한 미국의 바이오제조 역량 향상을 위한 정책 마련과 바이오제조 생태계를 지원하기 프로그램에 대한 신규 투자 및 투자 확대

나. 영국

□ 2007년에 합성생물학 관련 활동에 대한 정부 지원이 시작되었으며, 세계 최초 국가 합성생물학 로드맵을 수립하고, 단계적으로 연구환경을 조성

○ 2009년 영국 왕립공학아카데미에서 합성생물학 관련 보고서가 발간되면서 관련 연구가 시작되었으며, 임페리얼 대학의 'CSynBI(the Centre for Synthetic Biology and Innovation'의 합성생물학 센터를 설립

9) 김종란·김주원, '美, 국가 생명공학 및 바이오제조 이니셔티브 행정명령의 주요내용 및 시사점', KITEP 브리프 33, 2022.09

○ 정부 주도로 2012년 이후 합성생물학, 교육, 산업생태계 마련을 위한 7개 합성생물학센터와 3개 바이오파운드리을 구축

- 기업혁신기술부(BIS)는 「영국 합성생물학 로드맵(A Synthetic Biology Roadmap for the UK'」을 통해 국가 경제 성장을 불러올 8대 미래기술 중 하나로 합성생물학을 선정하고, 2016년에는 「Strategic Plan」을 발표

○ BBSRC, EPSRC, AHRC, ESRC 등 영국 연구회는 합성생물학 연구네트워크가 구성되어 있으며, BBSRC에서는 SBfG(Synthetic Biology for Growth Program)'이라는 합성생물학 비즈니스 프로그램 운영

다. 일본

□ 생물 정보에 AI기술을 적용해 고도화된 생물 기능을 설계, 활용을 지원하는 '스마트셀(smart cell, 바이오×디지털) 프로젝트('16년~'20년)'를 추진

○ '바이오전략 2019'에서는 바이오생와 IT 기술, AI 기술을 적용한 '포스트 4차 산업혁명'을 전망하며, 스마트셀 기반으로 바이오산업 경쟁력 향상을 도모

□ EBRC(Engineering Biology Research Center): 2018년 고베 대학에 설립, 6개 학과가 Innovation 허브를 결성하여, 생물 유래 화합물, 생물 공정, 바이오로직스, 생물 플랫폼 개발, 농업 및 바이오 경제 분야에서 활발한 연구를 진행 중

○ 100 kb 이상의 거대 DNA 합성 기술, 자동화된 형질전환 장비, 하루에 300개 시료를 분석할 수 있는 자동 대사체 분석기 등 보유

라. 중국

□ 미국, 영국에 이은 대규모 투자로 바이오 육성 계획 추진

○ 중국 과기부는 「국가 중장기 과학기술발전 계획(06-20)」과 기초연구 발전을 위한 「국가 기초연구발전 계획(937계획)」을 통해 합성생물학 관련 계획 포함

- 합성생물학 발전을 위해 생물학, 물리, 화학, 컴퓨터 및 공학 등 다학제 융합 연구 강화

- 인조생명 및 합성생물학이 새로운 기술수단을 제공하여 경제 발전 모델을 바꿀 것으로 전망

○ 국가 중점연구개발계획의 바이오 중점 전문프로젝트에 합성생물학을 포함시키고, 단기간에 투자 확대 및 인프라 구축에 집중

- 2018년 합성생물학 연구를 위한 과학 인프라 건설이 승인되어, Shenzhen 지역에 대규모 바이오파운드리 클러스터 구축이 진행 중 (18-20년, 약 7,200억원)
- MOE (Frontier Science Center for Synthetic Biology): 중국 천진 대학에 설립되어 합성유전체, 세포공장 및 이에 필요한 기초연구를 수행

마. 싱가포르

□ SynCTI (Synthetic Biology for Clinical and Technological Innovation) : 합성생물학 기반의 새로운 생명 시스템을 개발하여 의학 및 산업계 난제를 해결하려는 목적으로 2015년 싱가포르 국립대학에 설립

○ 유럽 및 미국의 바이오파운드리와 비교해도 뒤처지지 않는 자동화 설비 및 분석 장비 보유

3. 우리나라 합성생물학 정책 동향

□ 2011년 교육과학기술부에서 '지능형 바이오시스템 설계 및 합성연구단'을 지원하면서 본격적인 연구가 시작

○ 글로벌프론티어 연구개발사업의 일환으로 2011년부터 9년간 총 연구비 1,491억원을 투자하여 바이오부품 및 소자 원천기술 확보, 지능형 바이오 시스템 합성, 산업적 활용기술개발을 목표로 추진

□ 2017년 「제3차 생명공학육성기본계획」에 따라 바이오 R&D혁신과 국가 생태계 기반조성을 위해 합성생물학을 주목하고 관련 분야에 투자 계획

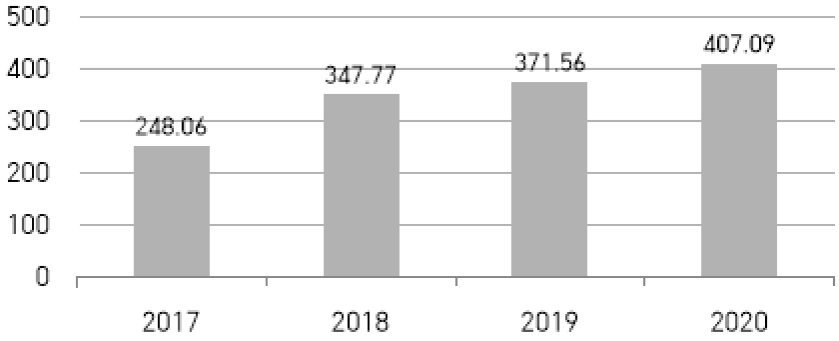
○ 합성생물학과 유전자 교정 등 범용 유망기술 촉진을 위한 법령 근거를 마련해 바이오 플랫폼 기술 육성과 관리 기반 체계 마련을 추진

○ 경쟁형 R&D사업인 'Korea Bio Grand Challenge'를 통해 합성생물학, 유전자가위, 유용미생물 등의 분야에 2018년부터 9년간 450억 원 투자

□ 정부는 부처별로 합성생물학 관련 정부R&D 투자를 확대하고 있으나, 범부처적인 협업 및 핵심 인프라에 대한 투자 미흡한 것으로 평가

○ NTIS 기준 최근 4년간('17~'20) 합성생물학 분야에 대한 정부 R&D 투자는 지속적으로 증가 추세이며, 과기정통부(70.26%), 대학(73.75%) 중심의 기초연구에 집중

- 연도별 투자는 2017년 248.06억 원, 2018년 347.77억 원, 2019년 371.56억 원, 2020년 407.09억 원 수준으로 지속적으로 증가



[그림 2-5] 최근 4년 간('17~'20) 합성생물학 분야 정부투자 규모(억 원)
출처: NTIS 국가연구개발과제 중 합성생물학 관련 과제 기준. 연구진 키워드 검색 후 가공

- 부처별로는 과기정통부(70.26%), 해수부(12.03%), 농진청(5.69%), 산업부(5.68%), 교육부(4.75%) 순
- 연구수행주체별로는 대학(73.75%), 출연연(19.57%), 중소기업(3.29%), 국공립연구소(1.11%) 순

○ 초고속 DNA 설계·합성에 필요한 바이오파운드리, 공정개발 지원 및 시험시설은 개별 기관·기업 차원에서 소규모로 운영 중

- 한국생명공학연구원, 한국과학기술원은 연구용 바이오파운드리 운영 중

□ 합성생물학 연구 및 산업 생태계 구축을 위한 전문 시설, 학회, 법·제도 등의 기반 요소 및 전문 인력 부족

○ 합성생물학 연구 및 산업적 활용을 위한 사회적 합의 및 규제 합리화, 기술활용 방안 등 법·제도적 준비 미흡

- 유전자변형생물체법, 생화학무기금지법 등을 종합적으로 고려한 생물학 연구 및 산업화를 위한 통합적 가이드라인 부재

○ 합성생물학 관련 국제 공조, 규제 및 표준화, 산업적 활용을 위한 글로벌 협력에 정부, 민간이 개별적으로 참여 중

- 과기부 : OECD 바이오나노기술위원회(BNCT), 산업부 : UN 생물다양성 협약(CBD)
- 민간 : 글로벌파운드리연합(GBA), 아시아합성생물학회(ASBA) 등

□ 정부는「제4차 과학기술기본계획」,「제3차 생명공학육성기본계획」 등 주요 중장기 계획에서 '합성생물학'을 중점분야로 선정하며 기술 선점을 위한 노력 시도

○ 제4차 과학기술기본계획 : 생명·보건의료 분야 중점과학기술 중 하나로 '시스템생물학 및 합성생물학 분석·활용 기술' 선정

○ 제3차 생명공학육성기본계획 : 합성생물학을 사회·경제적 파급효과가 큰 30대 전략분야로 선정하였으며, 국가 차원에서 체계적·통합적인 바이오혁신 플랫폼 구축 및 기술 촉진 법령 근거 마련을 과제로 포함

○ 바이오산업 혁신 정책방향 및 핵심과제 : 합성생물학을 산업 파급력이 크고 바이오산업 전반에 활용 가능한 기반기술로 선정하고, 합성생물학 기술 발굴·개발 촉진 및 R&D 성과 활용 확대 체계 구축 계획

○ 바이오 연구개발 고도화 전략 : 합성생물학을 미래 발전 가능성이 있는 범용플랫폼 기술로 선정하고, 핵심 원천기술과 우수 연구집단 육성 및 확보한 원천기술을 바탕으로 세계 시장 점유 확대를 위한 특화 지원전략 수립 예정

○ 화이트바이오 산업 활성화 전략 : 합성생물학을 바이오신기술로 선정 및 중장기적으로 고부가가치 바이오 신소재 개발·생산을 위한 핵심 요소기술 확보 지원 예정

○ 제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획 : 합성생물학 기술을 기반으로 바이오촉매, 미생물세포 고속 제작 등을 위한 바이오파운드리 조기 구축 추진 계획

제 6 절 바이오파운드리 기술 특허 동향

1. 특허 동향 분석 개요 및 현황

□ 동 사업의 대·중·소분류 기술의 특허동향과 기술 성장단계 등을 파악하고자 한국특허전략개발원을 통해 특허동향분석을 수행

○ 분석대상 : 2022년 4월까지 출원 공개 및 등록된 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CNIPA) 특허

- 키워드 및 검색식을 적용하여 얻은 원자료(Raw Data)에서 동 사업 기술과 무관한 내용의 노이즈 특허를 제외한 결과 총 8,994건의 유효특허가 선별

<표 2-11> 분석대상 기술분류별 유효데이터 건수

대분류	중분류	소분류	유효데이터 건수					
			KIPO	USPTO	JPO	EPO	CNIPA	계
바이오 파운드리 구축 및 활용기술 개발사업 (A)	바이오 파운드리 핵심기반 기술개발 (AA)	바이오 복잡성 극복 설계기술 개발 (AAA)	485	2,543	1,299	1,371	2,585	8,283
		상향성 바이오제작기술 개발 (AAB)	3,036	4,579	2,743	2,437	10,651	23,446
		초병렬 초고속 바이오시험 기술 개발 (AAC)	1,653	7,354	2,844	3,466	19,161	34,478
		빅데이터/AI 기반 바이오학습 기술 개발 (AAD)	360	1,275	572	650	945	3,802
		바이오파운드리 핵심장비 개발 (AAE)	1,323	4,966	2,624	2,511	8,489	19,913
	바이오 파운드리 활용기술 개발 (AB)	바이오파운드리 활용기술 개발 (ABA)	2,137	7,874	3,180	4,024	5,072	22,287
합계			8,994	28,591	13,262	14,459	46,903	112,209

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

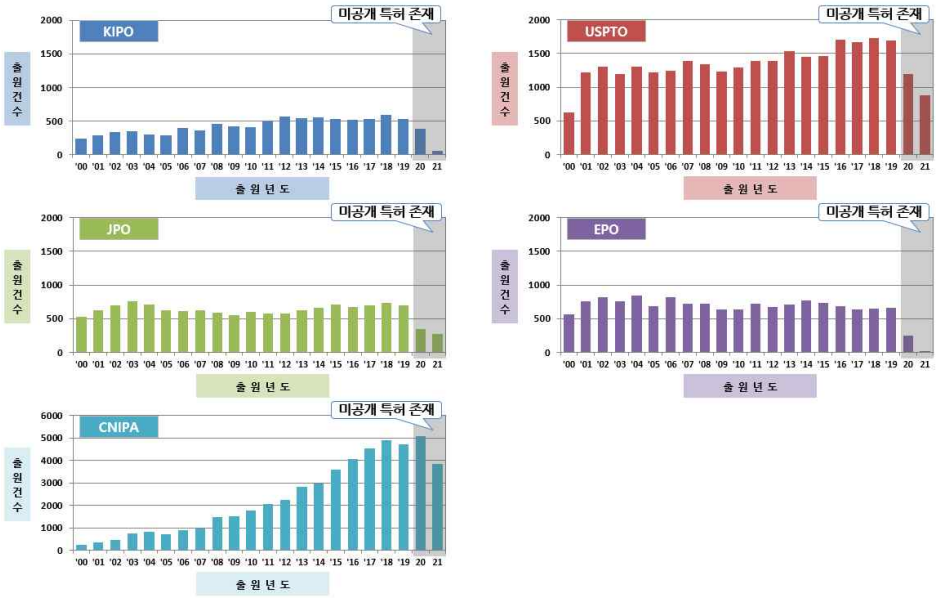
가. 바이오파운드리 관련 기술의 특허 동향

(1) 특허출원 동향

□ 출원건수가 분석구간 초기부터 2000년대 후반까지 완만하게 증가하다가 2010년대 초반에 출원건수가 크게 증가하여 최근까지 활발하게 출원이 이루어지고 있는 추세

○ 2010년대 초반 이후 중국의 출원이 급격히 증가함에 따라 전체 동향에 영향을 끼친 것으로 보임

○ 바이오파운드리 기술에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면 중국(CNIPA)에서 40%로 가장 많이 출원된 것으로 파악되었고, 미국(USPTO, 26%), 유럽(EPO, 19%), 일본(JPO, 12%), 한국(KIPO, 8%) 순



[그림 2-6] 주요 출원국별 연도별 특허동향

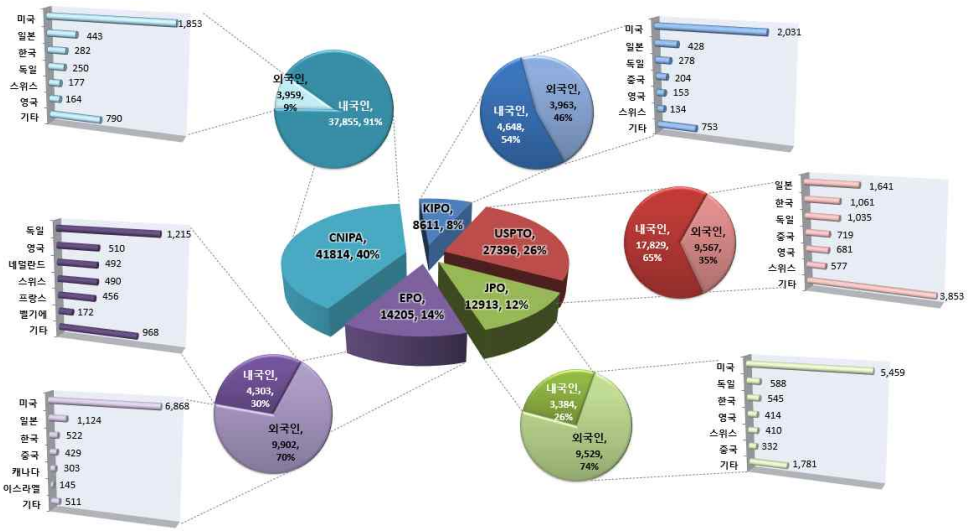
출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

- 한국(KIPO)의 바이오파운드리 관련 특허는 1,753건이 출원되었으며, 전체 분석구간에서 급격한 증가 혹은 감소 구간이 없이 완만하게 증가하는 추세
- 미국(USPTO)은 1,740건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 2000년대 초반에 급격히 증가한 후 꾸준한 우상향

- 일본(JPTO)과 유럽(EPO)는 전체 분석구간에서 급격한 증가 혹은 감소구간이 없이 꾸준히 출원건수가 유지
- 중국(CNIPA)은 2010년대에 들어서면서 급격하게 증가하는 것으로 나타났으며, 분석구간 전체 특허출원 증감 흐름에 영향

□ 동 사업과 관련 분야의 주요 출원국별 출원된 특허는 한국 8,611건, 미국 27,396건, 일본 12,913건, 유럽 14,205건, 중국 41,814건이며, 내·외국인의 특허출원 비율 및 현황은 국가별로 상이함

○ 중국과 미국을 제외한 주요 출원국에서 내국인 출원비중에 비해 외국인의 출원비중이 높게 나타났으며, 이는 합성생물학 관련 분야가 타 기술분야에 비해 해외출원이 활발한 것에 기인



[그림 2-7] 최근 10년 이내 주요 출원국 내·외국인 특허출원현황('10~'19)

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

○ 외국인 출원인의 국적은 미국으로서 해외출원을 매우 활발하게 진행한 것으로 나타났고, 본 과제기술과 관련된 분야는 미국의 기업이 주도하고 있는 것으로 파악됨

(2) 특허기술 성장단계

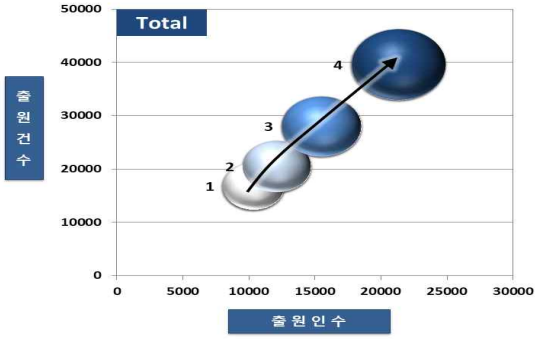
□ 바이오파운드리 관련 기술의 성장단계는 출원건수 및 출원인수가 모두 증가하고 있는 성장기 단계로 해석할 수 있으며 이러한 추세는 앞으로도 이어질 것으로 예측됨

○ 시기별[10] 출원건수 및 출원인수를 살펴보면, 전체적으로 증가 추세로 성장기에 있는 것으로 파악되며, 4구간에서의 성장세가 다소 약해진 것으로 나타남

○ 미국은 전체적으로 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 형태로 나타나 성장기에 있는 것으로 파악되며, 모든 구간에서 전체 성장단계 형태와 유사

○ 일본은 출원건수와 출원인수 모두 감소하고 있는 형태를 보이다가 3구간부터 출원인수와 출원건수가 증가하여 회복기 또는 성장기 초기인 것으로 해석

○ 중국은 출원건수와 출원인수 모두 증가하고 있는 형태로 나타나 전형적인 성장기에 있는 것으로 파악되며, 모든 구간에서 전체 성장단계 형태와 유사



[그림 2-8] 동 기술의 성장단계

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

10) 전체 분석구간 20년을 5년 단위 4개 구간으로 구분하여, 1구간(2000년~2004년), 2구간(2005년~2009년), 3구간(2010년~2014년), 4구간(2015년~2019년)을 설정하였음

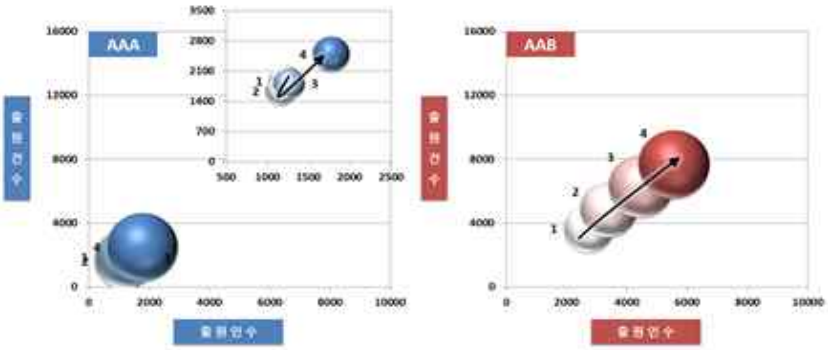
나. 세부기술별 특허기술 성장단계

□ 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CNIPA) 국가별 특허기술 성장단계를 비교 분석

○ 바이오 복잡성 극복 설계기술 개발(AAA)은 전체적으로 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 형태

- 1구간에서 2구간까지는 모두 감소하는 쇠퇴기에 있는 것으로 보이나, 3구간에서 4구간까지 증가하고 있어 회복기 혹은 성장기 초기로 판단

○ 상향성 바이오제작기술 개발(AAB)은 모든 구간에서 출원건수와 출원인수가 증가하고 있는 것으로 나타나 성장기로 판단



[그림 2-9] 세부기술별 특허기술 성장단계

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

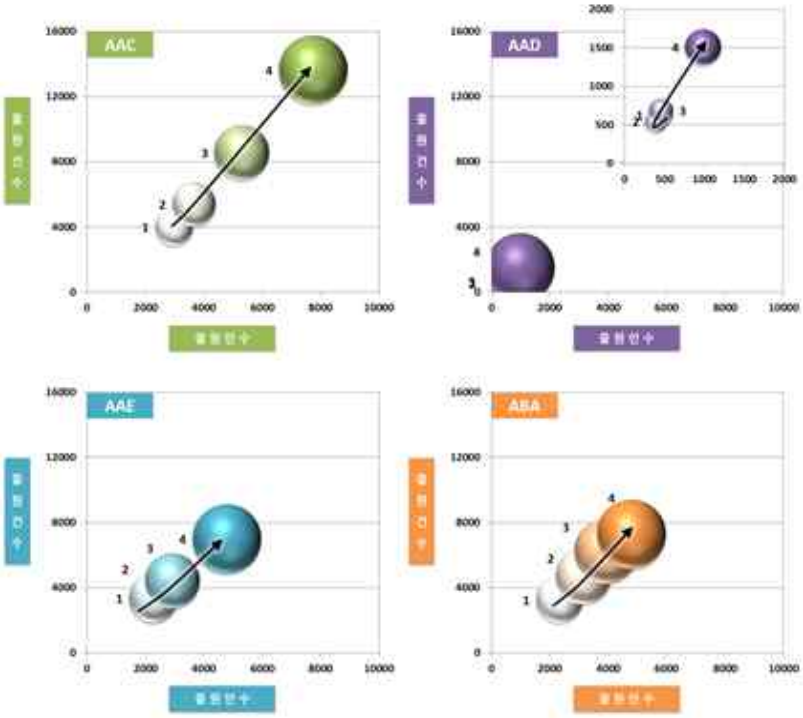
○ 초병렬 초고속 바이오시험 기술 개발(AAC)은 모든 구간에서 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 것으로 나타나 성장기에 있는 것으로 보이며, 특히 4구간에서의 성장세가 두드러짐

○ 빅데이터/AI기반 바이오학습 기술 개발(AAD)은 전체적으로 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 형태

- 1구간에서 2구간까지는다소 감소하는 양상을 보이다가, 3구간 이후 크게 증가하는 추세

○ 바이오파운드리 핵심장비 개발(AAE)은 모든 구간에서 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 것으로 나타나 성장기에 있는 것으로 보임

○ 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화(ABA)은 모든 구간에서 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 것으로 나타나 성장기에 있는 것으로 보임



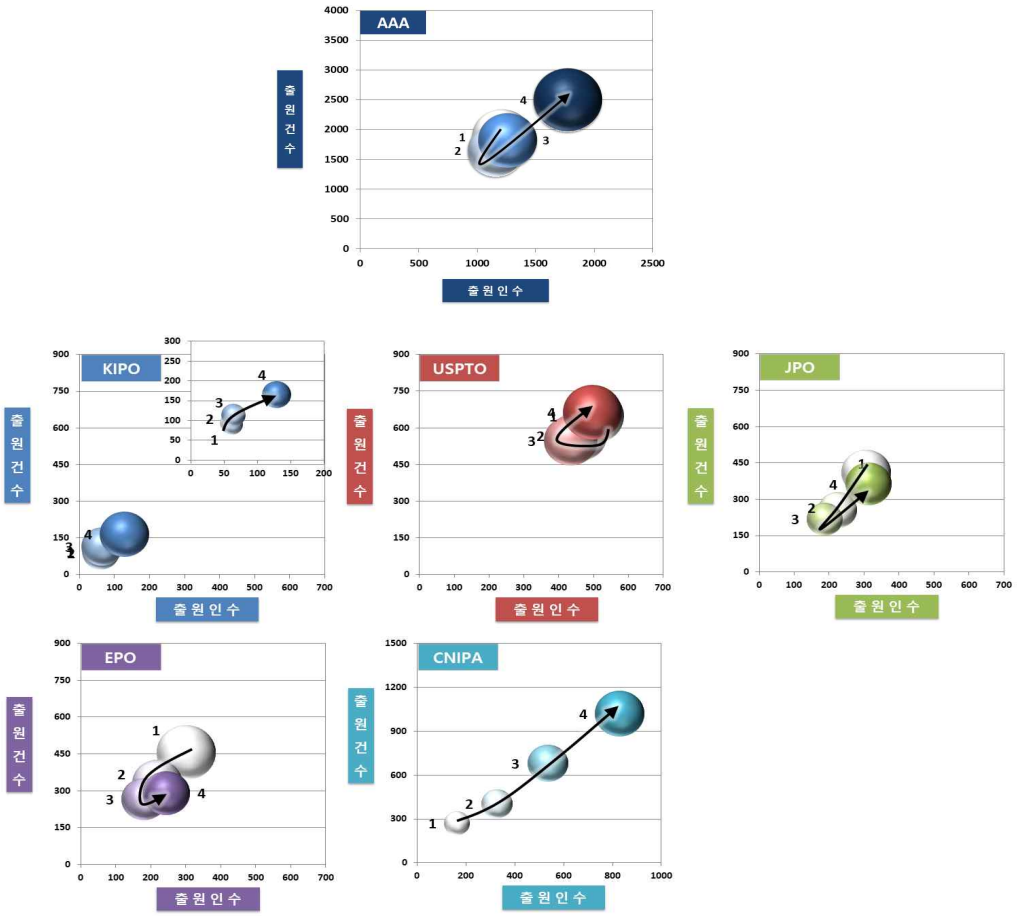
[그림 2-10] 세부기술별 특허기술 성장단계

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

(1) 바이오 복잡성 극복 설계기술 개발

□ 바이오 복잡성 극복 설계기술(AAA) 개발 분야는 최근 구간에서 출원건수 및 출원인수가 모두 증가하는 성장기에 있는 것으로 나타나 관련 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다고 판단됨

○ 한국, 중국은 분석구간 전체에서 출원건수 및 출원인수가 함께 증가하는 성장기에 있는 것으로 나타났으며 특히 중국에서 관련 분야의 기술 시장이 크게 확대되고 있는 것으로 판단



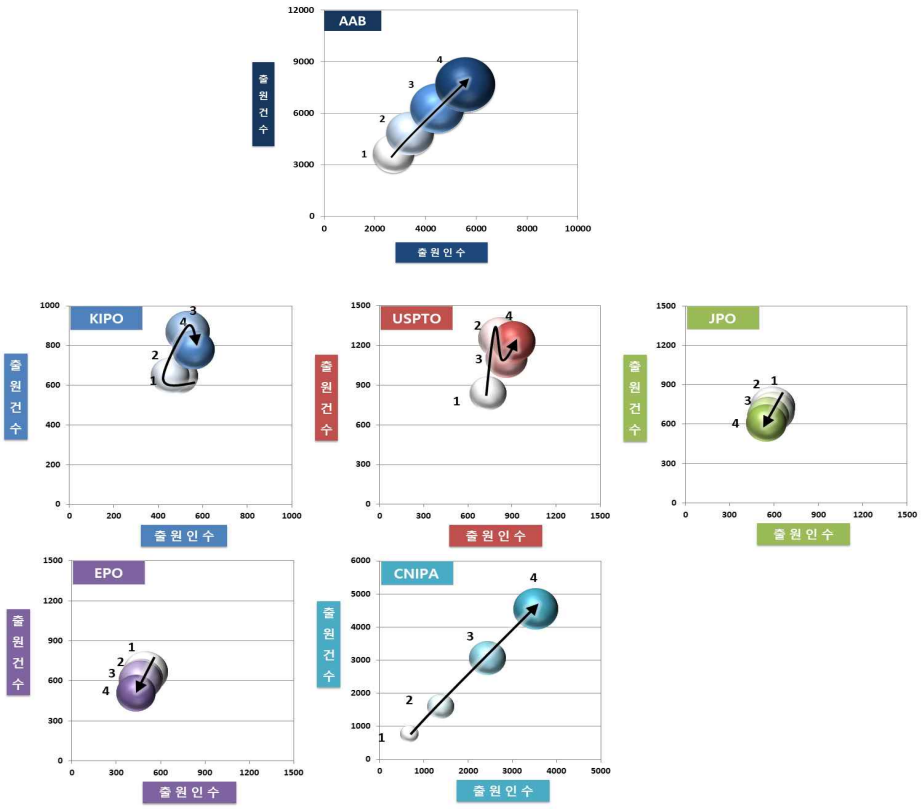
[그림 2-11] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAA기술)

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

○ 미국, 일본, 유럽은 출원건수 또는 출원인수가 감소하다가 최근 증가하는 것으로 나타나 관련 기술 시장이 재형성되는 회복기로 판단할 수 있으나, 분석구간이 최근 20년(2000년-2019년)으로 한정되어 있어 2000년 이전 출원이 분석대상에 포함되지 않았음을 고려할 필요가 있음

(2) 인체 마이크로바이옴 진단 기술

□ 상향성 바이오제작기술 개발(AAB) 분야는 전체 구간에서 출원건수 및 출원인수가 모두 증가하는 성장기에 있는 것으로 나타남



[그림 2-12] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAB기술)

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

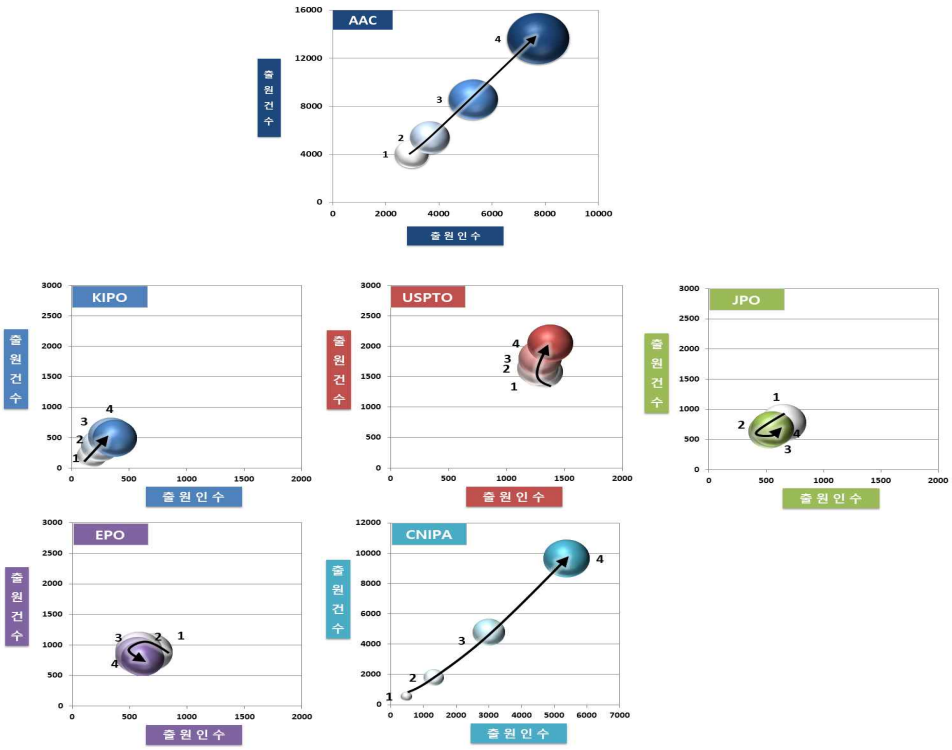
○ 특허기술 성장단계를 보면, 전체 구간에서 출원건수 및 출원인수가 모두 증가하는 성장기에 있는 것으로 나타남

○ 미국, 중국은 분석구간 전체에서 출원건수 및 출원인수가 모두 증가하는 성장기에 있는 것으로 나타났으며 증가폭이 큰 중국에서 기술 시장이 빠르게 확대

○ 한국은 3, 4구간에서 출원인수는 증가하나 출원건수가 감소하는 추세이며 일본, 유럽은 전체 구간에서 모두 감소하는 쇠퇴기인 것으로 나타났으나, 이는 분석구간을 최근 20년으로 한정한 결과로 특정 성장단계로 단정하는 것은 한계 존재

(3) 초병렬 초고속 바이오시험 기술 개발

□ 초병렬 초고속 바이오시험 기술 개발(AAC) 분야는 전체 분석구간에 걸쳐 꾸준히 출원건수가 증가하는 추세이며, 중국의 출원건수 급격한 증가가 전체 동향에 영향을 미치고 있는 것으로 나타남



[그림 2-13] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAC기술)

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

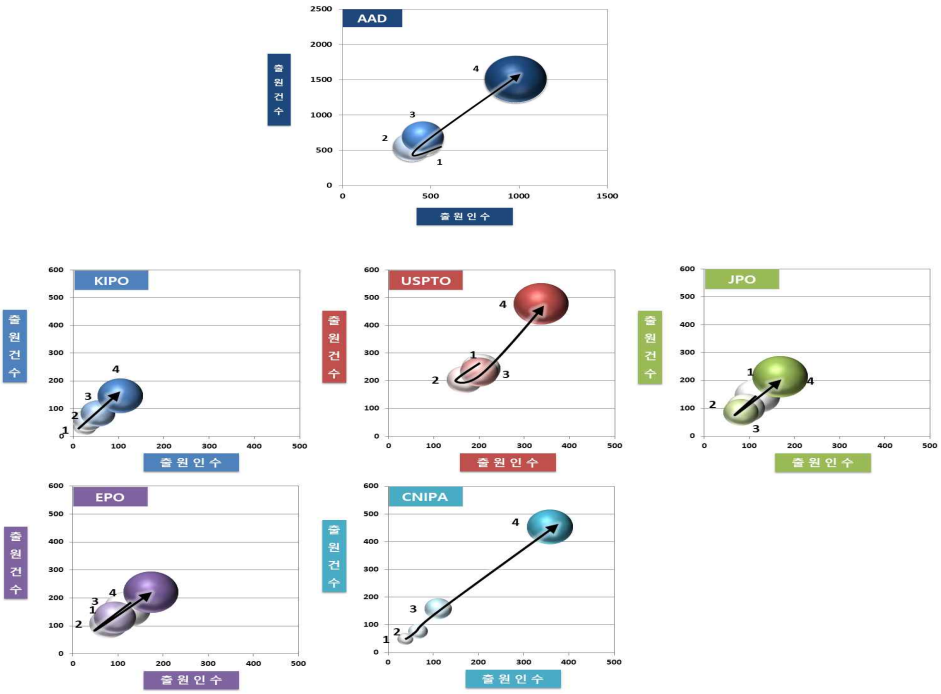
○ 특허기술 성장단계를 살펴보면, 모든 구간에서 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있어 성장기에 있는 것으로 보이며, 특히 4구간에서의 성장세가 두드러짐

○ 한국, 미국, 중국은 분석구간 출원건수 및 출원인수가 모두 증가하는 성장기에 있는 것으로 나타났으며 특히 증가폭이 큰 중국에서 관련 기술 시장이 빠르게 확대

○ 일본, 유럽은 출원인수 또는 출원건수가 감소하다가 최근 구간에서 다시 증가하는 추세로 회복기에 진입하는 것으로 나타났으나, 이는 분석구간을 최근 20년으로 한정한 결과로 특정 성장단계로 단정하는 것은 한계 존재

(4) 빅데이터/AI기반 바이오학습 기술 개발

□ 빅데이터/AI기반 바이오학습 기술 개발(AAD) 분야는 전체적으로 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 형태로 나타나는데 이는 최근 인공지능 관련 기술이 본격적으로 연구되고 있는 것에 기인함



[그림 2-14] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAD기술)

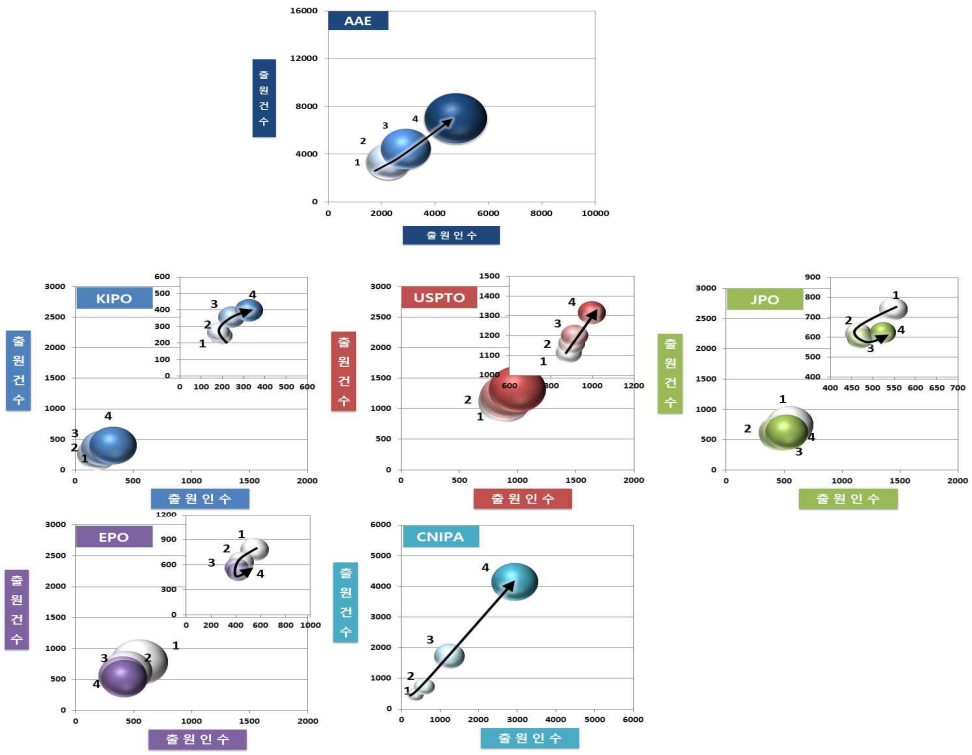
출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

○ 특허기술 성장단계를 살펴보면, 1구간에서 2구간까지는 출원건수와 출원인수가 다소 감소하는 양상을 보이다가, 3구간 이후 모두 크게 증가하는 추세를 보여 회복기 혹은 성장기 초기에 있는 것으로 생각됨

○ 한국, 중국은 분석구간 전체에서 출원건수와 출원인수가 증가하고 있는 것으로 나타나 전형적인 성장기에 있는 것으로 보이며, 중국의 최근 구간 성장세가 두드러짐

(5) 바이오파운드리 핵심장비 개발

□ 바이오파운드리 핵심장비 개발(AAE) 분야는 분석구간 전체에서 출원건수와 출원인수가 증가하는 형태로 나타남



[그림 2-15] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(AAE기술)

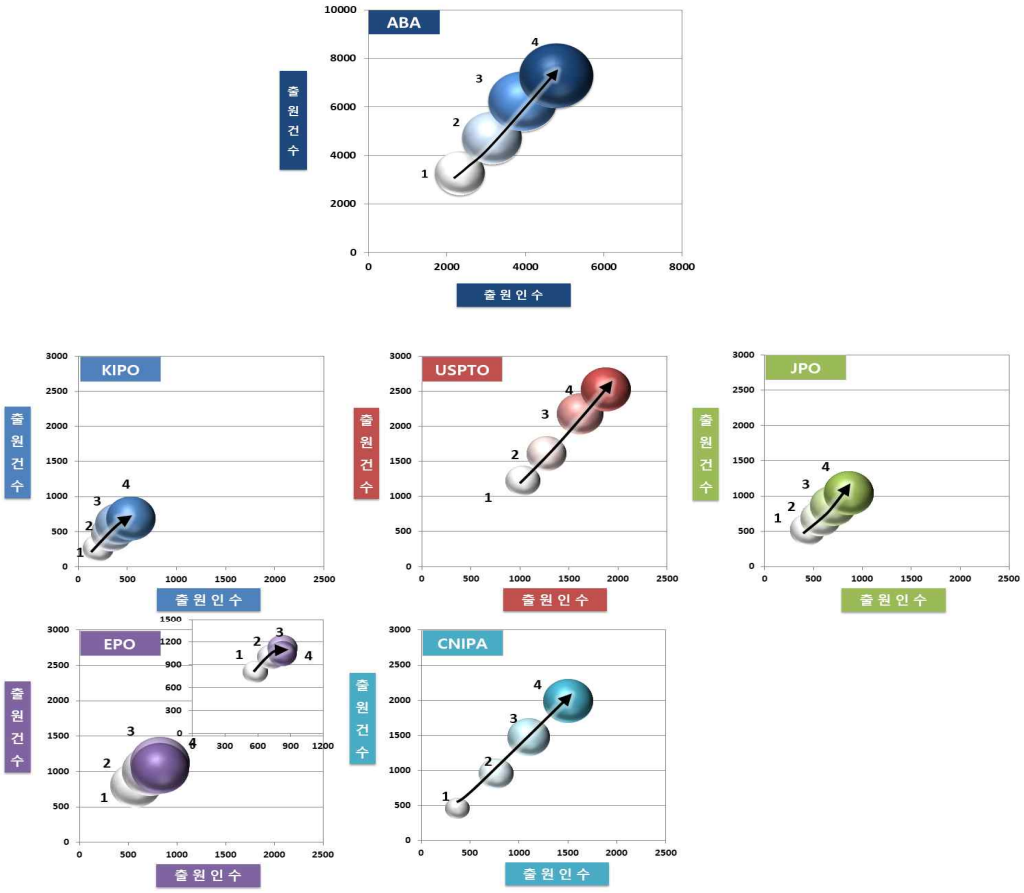
출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

○ 한국, 미국, 중국은 분석구간 전체에서 출원건수와 출원인수가 모두 증가하는 성장기인 것으로 보이며, 특히 4구간에서 중국의 성장세가 두드러짐

○ 일본과 유럽는 1구간에서 3구간까지 출원건수와 출원인수가 모두 감소하는 쇠퇴기를 거쳐 5구간에서 모두 증가하는 회복기에 접어든 것으로 보이나, 이는 분석구간을 최근 20년으로 한정한 결과로 특정 성장단계로 단정하는 것은 한계 존재

(6) 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화

□ 출원국가별 성장단계를 살펴보면, 모든 주요 출원국에서 1구간에서 4구간까지 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 형태로 나타나 성장기에 있는 것으로 보임



[그림 2-16] 주요 출원국별 특허기술 성장단계(ABA기술)

출처 : 한국특허전략개발원, 동 사업 특허기술동향조사 보고서, 2022

제 3 장 과학기술적 타당성 분석

제 1 절 문제/이슈 도출의 적절성

1. 문제/이슈 식별 과정의 적절성

□ 주관부처는 다음과 같은 문제/이슈를 동 사업을 통해 해결하기 위해 신규 사업 기획

○ 바이오기술은 기술개발에 오랜 기간과 비용이 소요되는 취약 분야

- 생명현상의 복잡·다양성으로 인해 기술개발에 장기간 고비용 소요
- 데이터 해석 및 예측의 어려움, 복잡한 실험 과정, 낮은 재현성에 기인

○ 미·중 기술패권경쟁의 주요 분야인 합성생물학에서 강대국간 기술블록화에 대한 대응이 시급

- 미국은 글로벌 바이오산업 패권 유지를 위해 합성생물학 역량 강조 및 바이오제조혁신 전략 구체화
- 중국은 국가 전 과학기술 분야의 하나로 합성생물학을 선정하고 대규모 투자 중
- 국내 합성생물학 발전 잠재력은 높으나 인프라 부족 및 질적 경쟁력 부족으로 선도그룹 도약에 한계

□ 주관부처는 동 사업 추진을 위한 문제/이슈 식별을 위해 메가트렌드(STEEP) 분석, 국내외 정책 동향, 산업·시장 및 연구개발 동향 등을 분석하고, 동 사업의 추진 필요성을 다음과 같이 강조

○ (S) 바이오 기술의 혁신 가속화로 생명윤리/이중용도 위험성 증가, (T) 4차 산업혁명 대응 등 바이오기술의 파급력 확대 추세, (E) ‘인더스트리 4.0’ 및 ‘플랫폼 경제’ 개념 대두, (E) 기후변화로 탄소중립 글로벌 기조 대두, (P) 인공지능, 바이오 등의 분야에서 중장기 정책 방향 설정의 중요성 증대

○ 기술 최강국인 미국은 합성생물학을 유망기술 중 하나로 선정하는 등 합성생물학을 미·중간 기술패권 경쟁의 주요 분야의 하나로 인식 및 지원 강화

○ 국내 과학기술 상위계획 및 전략에서도 합성생물학을 국가 전략기술 등 중점분야로 선정하였으나 합성생물학 및 핵심 인프라인 바이오파운드리의 육성과 발전을 위한 체계적인 법·제도적 기반은 아직 미흡

○ 세계 합성생물학 시장은 급성장할 것으로 전망되며(연평균 26.5% 증가), 특히, 에너지, 농업, 스마트 치료 등으로 산업 영역이 확대되고, 글로벌 기업의 합성생물학 시장 진출* 및 혁신 스타트업도 증가 추세

* 바이오파운드리 서비스 기업은 바이오제품 개발뿐만 아니라 보유한 설비 및 기술을 서비스하는 플랫폼기업으로 전환

○ 우리나라의 합성생물학 기술 수준은 최고기술 보유국인 미국 대비 75% 수준*으로 최근 상승하는 추세**이나, 인프라 및 연구비 부족, 하향식 연구로 인한 기초연구 부실, 전문인력 부족*** 등 개선 필요

* 2020년도 KISTEP 기술수준 분석결과

** 논문, 특허의 양은 꾸준히 증가하고 있지만 질적 성장은 미흡

*** 국내 합성생물학 전문인력은 약 250명 수준이며, 개별적인 연구 중심으로 진행

○ 해외 주요국에서는 바이오산업 혁신을 가속화 하기 위해 합성생물학과 ICT 기술을 결합한 공공 바이오파운드리를 구축하여 운영 중

- 우리나라도 한국생명공학연구원(KRIBB)과 한국과학기술원(KAIST), 성균관대학교가 '글로벌 바이오파운드리 연합'(GBA)에 참여

※ 글로벌 합성생물학 시장은 연평균 26.5% 성장하여 2026년 307억 달러(약 36.3조 원) 규모로 확대 전망

○ 합성생물학에 대한 우리 정부의 연구개발 투자는 지속적으로 증가 추세이나, 기초·원천 연구 중심, 부처별 분산 투자, 전체 바이오 분야 대비 낮은 투자 규모, 사업화 성과 창출 미흡 등의 한계가 있어 체계적인 투자 필요

※ 정부는 최근 5년 간('16~'20년) 합성생물학 분야에 약 1,425억 원을 투자('20년 기준), 전체 바이오 R&D 정부투자 2조8천억 원('20년 기준)의 1.3%로 미흡, 대학 중심의 기초연구에 73.3%로 집중, 민간 참여는 중소기업 3.5%로 저조

□ 주관부처가 동 사업을 통해 해결할 문제/이슈를 식별하기 위해 제시한 합성생물학과 관련한 해외 정책·산업·기술 동향 분석, 기술 수준 및 논문·특허 분석, 정부 R&D투자 현황 등은 '공공 바이오파운드리를 구축해 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 제고' 한다는 동 사업의 목표 및 사업 내용과 부합성 또는 연관성이 부족

○ 특히, 공공 바이오파운드리 구축의 필요성 및 시급성을 파악할 수 있는 연구개발, 시장 및 산업 측면에서의 수요 분석이 미흡

- 국내 바이오산업 현황 및 문제점, 바이오 연구개발의 문제점 및 개선 방안, 합성생물학 연구 및 산업생태계 분석 등이 미제시
- 기존 합성생물학 관련 국가연구개발사업의 성과 및 한계, 바이오 분야에서 합성생물학, 특히 바이오파운드리의 기여 가능성 분석 등이 제시되지 않거나 포괄적이고 일발적인 수준으로 제시

○ 문제/이슈 도출과정에서 '합성생물학' 전체를 대상으로 정책, 산업, 투자 동향 등을 분석하고 '바이오파운드리'에 특화된 분석이 제시되지 않아, '대규모 공공 바이오파운드리 기반 구축'의 필요성을 도출하는데 한계

- 주관부처가 제시한 합성생물학 기술 수준 및 경쟁력 확보, 기초·원천연구 중심에서 산업화 성과 창출로 전환, 민간 바이오 기업의 혁신 등을 위해 공공 바이오파운드리의 기여 정도 미제시
- 특히, 특정 지역(대전 한국생명공학연구원)에 대규모(8개 워크플로, 6개 스테이션 등) 범용(레드, 화이트, 그린 분야) 공공 바이오파운드리를 구축해야 하는 필요성 및 타당성을 증명한 분석자료 미제시

2. 식별된 문제/이슈의 적절성

□ 주관부처가 제시한 문제/이슈인 '바이오 기술개발의 장기간 고비용 해소'는 전체 바이오 연구개발 및 산업의 포괄적인 문제이며, '합성생물학 분야 미·중 기술패권 전쟁 대응'은 국가 차원의 합성생물학 산업 및 연구개발 전략의 문제로, 제안된 범용 공공 바이오파운드리 인프라 구축을 위한 문제/이슈로 적절하게 표적화되지 못함[11)]

○ 합성생물학, 특히 바이오파운드리는 바이오산업의 제품화 전주기 중에서 기초/탐색 단계의 기간 단축에 기여 가능

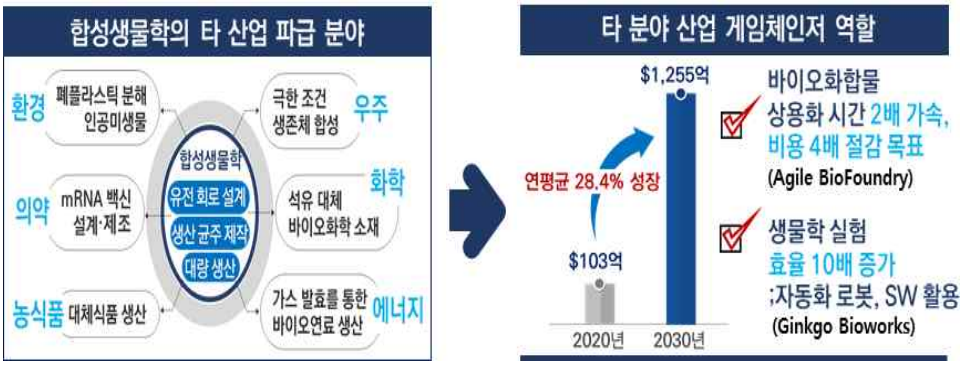
○ 바이오파운드리를 통한 초기단계 연국개발 속도향상이 전주기에서 기여 정도가 명확하지 않아, 바이오 분야의 장기간 고비용 문제를 동 사업을 통한 공공 바이오파운드리 구축으로 해결할 수 있는지 표적화 미흡

- 주관부처는 합성생물학의 타 산업에의 파급효과는 제시하였으나 바이오파운드리 구축을 통해 바이오 분야의 포괄적 문제/이슈 해소 가능성에 대한 객관적인 분석 자료는 미제시

---

11) 문제/이슈의 표적화가 적절히 이루어지지 않았을 경우 사업의 추진되어 목표가 달성되었다고 하더라도, 문제/이슈에 동 사업의 기여정도, 문제/이슈의 해결 여부 등을 판단하기 어려움

- 응용 및 활용 분야를 특정하지 않은 범용 바이오파운드리를 제안하고 있음에도 레드, 화이트, 그린 등 바이오 분야 및 타 산업에의 파급효과를 구체적으로 확인, 검증할 수 있는 근거 미제시

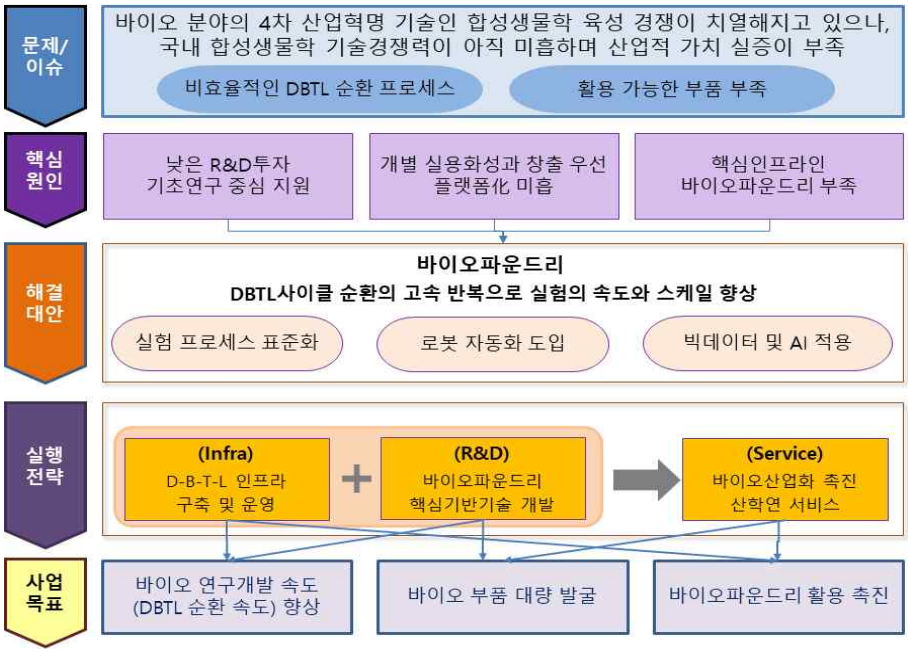


[그림 3-1] 합성생물학의 타산업 파급효과

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료

- 주관부처는 조사 과정에서 수행된 1차 점검회의 후 제출한 소명자료를 통해[12] 동 사업 추진을 위한 문제/이슈를 '합성생물학 분야에서의 비효율적인 DBTL 순환 프로세스, 활용 가능한 부품 부족'으로 변경하는 의견을 제시
- 그러나, '문제/이슈'의 식별 및 정의는 사업 추진의 배경과 근거에 해당하여 변경시 사업목적, 내용, 추진체계, 사업 규모 및 추진 일정 등 사업 계획 전반의 변경이 수반되어야 하므로, 조사 과정에서의 단순 변경은 불수용

12) 과학기술정보통신부 1차 점검회의('22. 6. 23)는 연구진 조사결과(안)의 쟁점에 대해 주관부처에 설명하고 관련한 의견 청취로 진행되었으며, 제기된 쟁점 등에 대하여 주관부처가 추가 소명자료를 제출('22. 6.29).



[그림 3-2] 문제/이슈와 사업목표와의 연계구조

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료, 1차 소명자료

○ 기술패권 전쟁 및 강대국간 기술블록화 대응 측면에서 볼 때, '합성생물학의 잠재력 대비 인프라 부족 및 질적 경쟁력 부족' 등의 한계가 존재하며, 동 사업과의 논리적이고 객관적인 인과관계가 부족하고, 기여 가능성에 대한 근거 미제시

- 주관부처는 2020년 기술수준평가에서 합성생물학 기술수준 향상을 위해 시급한 정책방향으로 '인프라 구축'이 제시된 점을 강조[13)]
- 합성생물학 '인프라 구축'의 필요성을 인정하더라도, 국가 바이오 산업 발전 전략, 합성생물학 산업 및 연구개발 역량 분석, 바이오파운드리 관련 기술수준, 수요 분석이 제시되지 않아 대규모 공공 인프라 구축의 타당성을 충분히 증명하지 못함
- 국가간 기술패권 전쟁 및 기술 블록화에 대응하기 위해서는 주요국의 바이오 및 합성생물학 전략 대비 대응 전략, 우리나라 분야별 발전전략에서의 합성생물학의 역할, 합성생물학의 역할 하에서 바이오파운드리 등 인프라 구축 전략 등을 종합적으로 고려 필요

13) 과학기술정보통신부에서 실시한 「2020년 기술수준평가」에서 '시스템 생물학 및 합성생물학 분석 및 활용기술'의 델파이 조사 결과 지원이 시급한 정책방향 1순위로 '인프라 구축'을 제안(바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료)

- 그러나, 합성생물학 기술의 패권 경쟁 대응을 위해 바이오파운드리 등 인프라 구축이 필요하다는 당위론만 제시
- 국가 차원의 합성생물학 산업 및 기술 발전 전략에 따라 바이오파운드리 등 인프라 구축이 추진되어야 하나 아직 국가 차원의 전략이 아직 수립되지 않음

※ 영국은 '12년, '16년 국가 차원의 합성생물학 전략계획 수립, 호주는 '21년 국가합성생물학로드맵 수립, 미국은 '21년 합성생물학을 미국혁신경쟁법의 핵심기술로 지정 등

- 레드, 화이트, 그린 등 바이오파운드리 응용 및 서비스 분야별 산업 및 연구역량, 수요에 따라 인프라 구축 및 활용 전략이 차별적으로 제시될 필요가 있으나, 분석 결과가 제시되지 않아 '범용' 파운드리 구축의 타당성이 불충분
- 범용의 대규모 인프라를 국가 차원의 합성생물학 발전전략에 선행하여 구축할 경우, 발전전략 수립 범위 및 정부 부처의 소관 분야의 합성생물학 지원 등을 제한하거나 발전전략 수립에 따른 동 사업의 계획이 수정 또는 변경 등의 우려 존재[14)]

○ 국내 연구 및 산업 수요 대비 현재 구축 운영 중인 바이오파운드리 이외 추가적인 인파라 구축의 필요성 및 시급성에 대한 근거 미제시

- 현재 한국생명공학연구원 바이오파운드리 베타, 성균관대 바이오파운드리연구센터 등이 정부 재원으로 구축·운영 중
- 민간기업인 CJ제일제당도 바이오파운드리 시설을 구축·운영 중

3. 과학기술 기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성

□ 우리나라 바이오산업의 경쟁력 제고, 바이오 연구개발 및 기술 사업화 효과성 제고, 합성생물학 기술 경쟁력 확보를 위해 합성생물학에 대한 체계적인 투자와 함께 바이오파운드리 등 인프라 구축의 필요성이 전반적으로 인정됨에도 불구하고, 동 사업계획의 주요 내용인 범용 공공 바이오파운드리를 구축하고 활용하는 계획은 다음과 같은 이유로 타당성이 부족

○ ① 주요국의 구축 및 운영 현황, ② 국내 합성생물학 기술 수준 및 R&D 역량, ③ 관련 산업 현황 및 공공 바이오파운드리에 대한 민간 수요 등의 관점에서 주관부처에서 제시한 문제/이슈를 해결하기 위한 전략으로 대규모 공공 바이오파운드리 구축의 필요성 및 타당성은 부족함

---

14) 주관부처는 1차 점검회의 소명자료 등을 통해 '바이오 제조혁신을 위한 합성생물학 생태계 조성 방안'(2021, 혁신성장 BIG 3 추진회의)'의 합성생물학 지원 전략에 근거하여 동 사업을 기획하였고, 2022년에 '(가칭)합성생물학 육성법' 발의, '한국 합성생물학 발전협의회' 발족, '합성생물학 육성을 위한 범부처 혁신전략' 마련 등을 계획하고 있다는 의견을 제시

가. 주요국의 바이오파운드리 구축 현황 대비 중요성 및 필요성

□ GBA에 참여하고 있는 주요국의 공공 바이오파운드리 대부분은 국가별 주요 거점에 분산되어 구축·운영 중이고, 파운드리별 타겟 응용분야 및 지원 대상을 설정하고 구축한 점을 고려할 때[15], 동 사업과 같이 특정 지역에 대규모의 범용 파운드리를 구축한다는 계획의 타당성 부족

○ 미국, 영국 등 합성생물학 분야 기술 강국은 주요 거점지역의 대학, 연구소에 연구개발, 기업 지원을 목적으로 공공 바이오파운드리를 분산하여 구축하고 네트워크 방식의 협력체계로 운영 중

○ 주관부처는 합성생물학 관련 전문기관의 역량이 제한적인 후발국의 특성이 고려되어야 하며, DBTL 단계 분할 구축은 예산 낭비 및 전문인력 분산을 초래할 우려와 함께 호주, 중국 등 중앙집중형 바이오파운드리 구축 사례를 제시[16]

○ 중압집중형 구축 사례 중 호주 CSIRO 바이오파운드리는 동 사업과 같은 대규모 사례로 보는 데는 한계가 있으며, 중국 선전 바이오파운드리는 Innovation Center, SynBio Industrial Park 등 합성생물학 클러스터 구축 전략 속에서 구축되는 사례로 동 사업과는 추진의 타당성을 입증하기는 불충분

- 호주 CSIRO 바이오파운드리는 DNA 조립, 분석 워크플로 중심으로 구축되어 있어 규모면에서 동 사업과 같은 '대규모 인프라'로 보는 데는 한계가 있고, Queensland大, National Biologics Facility(NBF) 등과 협력하여 연구 및 산업 서비스를 수행

---

15) GBA는 처음에는 각국이 개별적으로 자체 필요성에 의거 분야별로 중점영역들을 정하여 각기 다른 다양한 바이오파운드리를 구축·운영하였으며, 이후 국가 내, 혹은 국가 간 상호 보완·협업하는 통합적 협력 연합체 형태로 발전하고 있음(Nature Communications, Building a global alliance of biofoundries, 2019.5).

16) 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 미국, 영국 등은 합성생물학 전문역량을 갖춘 주요 거점에서 시작되어 거점별로 특화된 바이오파운드리 구축이 가능했고, 후발국들은 역량을 갖춘 전문기관이 제한적인 상황에서 효율성 극대화를 위해 중앙집중형으로 구축했다는 의견과 함께 호주 CSIRO 바이오파운드리, 중국 선전 바이오파운드리의 구축 예를 제시

[그림 3-3] 중국 선전 합성생물학 클러스터 조성 계획

출처 : '바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업' 종합평가위원회 주관부처 발표 자료

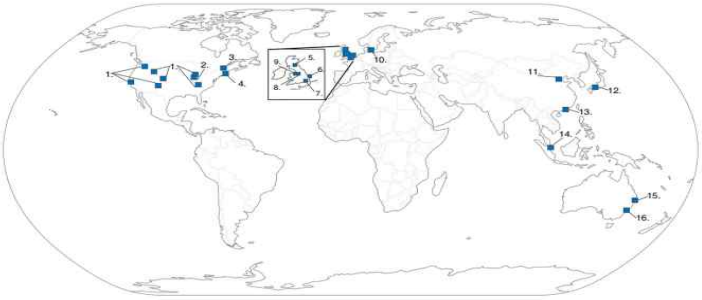
○ 바이오파운드리는 연구자간 소통, 워크플로 단순화 등을 위해 DBTL 단계를 한 공간에 통합하는 형태로 사용자나 고객과의 협력을 위해 연구기관 또는 지역산업 근접 지역에 구축하는 것이 일반적[17]이며, DBTL 단계를 분할 구축할 때 우려사항을 DBTL 통합 바이오파운드리를 거점별로 분산 구축하는 대안에 대한 문제점으로 제시하는 것은 타당성 부족

○ 주관부처는 대규모 범용 공공 파운드리를 통해 비용효율성과 효과성을 극대화할 수 있다고 주장하나, 거점별 구축, 중앙집중 구축, 네트워크 협업 방식 등 바이오파운드리 구축 전략별 비용효율성, 효과성을 비교 분석하여, 집중형 대규모 범용 파운드리 구축 대안을 선택한 과정 및 근거 등이 미제시

○ 또한 사업계획서, 추가제출자료 등에 동 사업을 통해 바이오파운드리를 구축한 이후에 국내 관련 생태계가 구축되고 수요가 증가하면, 응용분야별 특화된 파운드리를 분산 구축해야 할 필요가 있다는 의견을 제시하고 있어, 장기적인 관점에서는 집중형 대규모 인프라 구축이 더 비용효율적이라는 논거도 불충분[18]

17) Building a biofoundry, Maciej B. Holowko et al., Synthetic Biology, 2020. 6(1)

18) 미국 Agile Biofoundry 담당자는 바이오파운드리 구축 초기 필수 고려사항으로 '바이오파운드리는 가장 필요하고 가치 있는 일에 집중해야 하고, Agile은 일반 분자생물학 DNA합성과는 대조적으로 미생물의 분석에 비중이 높고, 민간이 수행하지 않는 분야를 타겟'으로 한다는 점을 강조(바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 사업계획서 중 Agile Biofoundry 담당자 인터뷰 재구성)



[그림 3-4] Global Biofoundry Alliance 지도

출처 : Hillson, N et al., Nature Communications, 2019

<표 3-1> 주요 Global Biofoundry Alliance 소속 바이오파운드리 현황

국가	이름	재원	구성/소속	소속기관	타겟 분야
미국	Agile BF.	DOE	7개 국립연	연구기관	바이오연료 및 재생가능 소재
	BIOFAB	-	UW	대학	Aquarium S/W 지원
	DAMP lab	민간중심	Boston 대	대학	분자생물학 자동화 서비스
	iBioFAB	-	UIUC, 4 lab.	대학	유전체, 게놈, 식품, 환경, 바이오 연료 자원
	Living Measurement Systems F	NIST	NIST	연구기관	생체 치료제, 환경 감지 및 재료 제조
영국	Earlham DNA F.	정부 기금	연구단지	연구기관	가축 질병 연구 및 작물 연구
	Edinburgh Genome F.	대학 기금	Edinburgh 대	대학	치료제, 유전물질 제조, 줄기세포, 바이오 연료
	GeneMill, Liverpool	연구위원회	Liverpool 대	대학	유전체, 대사체, 단백질체, 데이터 분석
	London BF.	연구위원회	Imperial College	대학	자동화 시스템 제공(산, 연)
	SYNBIOCHEM	정부 기금	Manchester대	대학	의약품, 농업, 향수, 식품첨가제
독일	CompuGene, TU Darmstadt	-	Darmstadt대	대학	유전자 회로 설계 SW 개발
캐나다	Biofactorial	-	UBC	대학	신약 생체촉매, 화합물 등
	The BF. at UBC	정부	UBC	대학	생합성 효소, 약물 전달 및 조직 공학
	Concordia Genome F.	기금	Concordia 대	대학	유전체 제작
중국	SIAT BF	-	9개 Lab	-	-
	SJTU Synbio BF.	-	SJTU	대학	-
	Tianjin BF	중국과학원, 지방정부	-	-	생물의약, 화학, 신소재 및 효소 관련
	Tianjin University BF.	-	톈진대	대학	-
	Zhejiang University	지방정부 저장대 공동	저장대	대학	생물제조, 의약, 농업, 식품, 환경
호주	Australian Genome F.	NSW주, Aus bioplatforms	Macquarie 대	대학	생물 방제, 식량, 항생제, 맞춤 의약품
	AIBN BF.	민간중심	Queensland 대	대학	바이오, 바이오고분자, 단백질 파운드리 등
	CSIRO BF.	-	정부 기관	연구기관	산업생명공학, 건강, 환경 분야

※ 2022년 GBA 협력 기관 32개 중 한국, 현황 파악이 어려운 기관을 제외한 22개 기관.

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 , 추가제출자료, 바이오파운드리 국제동향, BioNpro 2019 vol. 69 등 재구성

나. 우리나라 합성생물학 기술 수준 및 연구개발 역량 대비 중요성 및 필요성

□ 우리나라의 상대적으로 낮은 합성생물학 기술 수준, 연구역량 및 취약한 연구 기반을 고려할 때, 동 사업계획에 따른 바이오파운드리의 각 워크플로의 설계, 각 스테이션의 적기 구축 및 안정적 운영을 위한 전문성, 역량을 충분히 확보했다고 보기에는 한계 존재

○ '합성생물학 생태계 조성방안(2021)'의 국내 현황 진단, 주관부처가 등에 제출한 자료 등은 우리나라의 합성생물학 분야 기술 수준 및 연구생태계는 최고기술 보유국인 미국 대비 75% 수준

-기초·원천 연구 중심의 정부 R&D 지원으로 산업적 성과 미흡, 전문인력 250명 수준, 합성생물학 연구 및 산업적 활용을 위한 법·제도적 준비도 미흡한 상태로 자체 진단

○ 주관부처는 부족한 전문인력의 경우, 바이오 분야 석·박사 배출인력(연간 13,000명)을 바이오파운드리 분야로 전환 및 흡수가 가능하다는 의견

- 전문인력 250명(동 사업의 세부과제 연구책임자로 수행 가능한 PI급 인력)은 바이오파운드리 연구단의 기술자문단에 포함하여 바이오파운드리 구축·운영을 지원하겠다는 계획을 추가로 제출[19]

- 그러나, 국내 합성생물학 관련 전문인력 현황분석*, 향후 핵심 전문인력의 확보 계획은 미제출

- 사업계획서에는 2019년도 아시아 합성생물학회 참가자 105명에 대한 명단 및 소속 현황만을 제시, 국내 바이오 분야 연구인력 DB 중 아시아합성생물학협회 회원 또는 국내 전문가 추천 명단을 선별하였다는 250명과 관련한 세부 전공, 바이오파운드리 핵심기술별 분포, 응용분야별 현황 등은 미제시

○ 특히 바이오산업에서 인력 부족 및 미스매치가 심각한 상황을 고려할 때[20], 바이오 분야 석박사 인력의 바이오파운드리 분야 흡수를 통해 전문인력을 확보한다는 계획은 사업추진의 위험요인으로 작용 우려

○ 주관부처는 우리나라의 합성생물학 기술 수준이 낮고 산업적 성과가 미흡한 원인을 바이오파운드리 등 인프라 부족에서 기인한 것으로 분석하고 동 사업의 추진 필요성을 주장하나 이와 관련한 인과관계를 지지할 수 있는 객관적인 분석자료는 미제시

---

19) 1차 점검회의 후 소명자료(22.06.29)

20) 바이오의약 분야 인력의 양적, 질적 미스매치 실태조사, 화학·바이오산업인적자원개발위원회, 2022.3.31. 참고

○ 낮은 기술 수준 및 산업적 성과는 일반적으로 전문인력 부족, 연구인력의 전문역량 부족, R&D 등 연구지원 부족, 인프라 미흡 등 다양한 원인에서 기인하므로, 대규모 인프라 구축만으로 이러한 문제를 해결한다는 것은 논리적 비약 우려

○ 합성생물학 관련한 우리나라의 연구역량이 양적, 질적으로 성장하고 있으나, 연구역량 및 기반, 연구 및 산업생태계가 충분히 갖춰지지 않은 상황에서 대규모 인프라를 성공적으로 구축하고 활용도를 높이기 위해서는 기술적 제도적 위험요인에 대한 극복방안, 해당 인프라의 기술수준 및 산업성과 제고에의 기여 가능성 등에 대한 충분한 근거가 제시되어야 하나 충분하게 제시하지 못함

- 논문·특허의 선도국 대비 점유율은 각각 3.9%, 2.7%로 낮은 편이나, 최근 5년간 논문 증가율 8%, 특허인용지수(3.4)는 중국(1.4)의 2배 이상으로 양적·질적 수준은 증가 추세(2021, BIG3 안건)
- 동 사업의 국고 투자 금액은 지난 5년간(2016-2020) 합성생물학 분야에 투자된 정부 R&D예산 1,373억 원 대비 약 4.7배 수준
- 국제적으로 바이오파운드리의 당면문제는 ①최고 수준의 연구자 유치를 위한 높은 임금, ②첨단시설의 유지보수 비용, ③지속적인 최첨단 장비 도입 및 최신 설비 유지를 제시[21]하고 있어 이에 대한 대응방안 마련이 매우 중요

다. 우리나라 합성생물학 산업 현황 및 민간 수요 대비 중요성 및 필요성

□ 동 사업은 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 높여 바이오 기업의 혁신을 제고하는 것을 사업목표로 제시하고 있으나, 국내 합성생물학 시장·산업 현황, 시장 수요 등이 충분하게 분석되지 않아 사업목표 도출을 위한 문제/이슈 분석의 적절성이 부족

○ 주관부처는 글로벌 시장 및 산업 동향, 해외 주요 바이오파운드리 플랫폼 기업 현황 등 일반적인 현황을 중심으로 산업 및 시장분석을 실시하여 바이오파운드리 인프라 구축 및 활용의 필요성을 표적화하여 제시하지 못함

○ '합성생물학 생태계 조성방안'에서는 우리나라 '합성생물학 관련 산업은 현재 태동기로 바이오뿐 아니라 화학, 환경, 소재 등 산업적 활용 수요 확대 중'이라고 제시

○ 주관부처에서 제출한 자료에도 우리나라 민간기업의 바이오파운드리에 대한 이해도가 가장 떨어지는 것으로 조사되는 등 바이오파운드리의 실질적 수요이며 최종 수혜자인 합성생물학과 관련한 국내 산업 및 시장현황은 아직 미성숙 단계로 보는 것이 타당

21) 최동희, 조병관, '바이오파운드리 국제동향', BioINpro Vol.69, 2019.11.

- 2020년 사업기획 초기에 실시한 인식조사에서 기업 응답자의 57.4%, 바이오 연구자의 37%가 바이오파운드리를 모른다고 응답

○ 합성생물학 산업 및 시장이 충분히 성숙하지 않았음에도 불구하고, 바이오파운드리 관련 시장 수요 분석도 충분하지 않고 사업기획을 위한 수요조사도 학계 전문가 중심으로 실시되어 민간기업 등 산업 수요 반영에 한계가 있는 것으로 판단

- 사업기획을 위한 1차 수요조사(2020.11)에 참여한 기업 소속은 전체의 32.6%(178명 중 27명), 1차 점검회의 후 소명을 위한 2차 수요조사(2022.6)에는 기업소속이 전체의 19.8%(484명 중 96명) 수준[22]

○ 또한, 1차 수요조사 시 연구개발 과정 중 비용과 속도 측면에서 개선이 필요한 애로기술로 '발효, 스케일업 같은 생산공정 개발', '단백질 개량/스크리닝 및 AI 활용 분석 및 예측'이 도출되어 현장 수요는 '생산공정 개발 및 TL단계'의 지원이 높은 것으로 조사된 점을 고려할 때, 다수의 DBTL 통합시스템을 구축하는 동 사업계획과의 연관성은 높지 않음

<표 3-2> 수요조사 결과를 반영한 워크플로 도출

구분	응답 1,2,3위	단계	핵심 워크플로
유용 바이오파운드리 기술	공정 최적화 및 스케일업 (27명, 15.0%)	T	발효 최적화
	균주 개발 (26명, 14.5%)	B, T	미생물 개량 및 합성
	초고속 탐색 (23명, 13.1%)	T	발효 최적화, 생체 촉매 유도진화 미생물 개량 및 합성
선호 서비스	오믹스 데이터 확보 및 AI 활용 지원 (307명, 61.0%)	T, L	생체 촉매 유도진화 미생물 개량 및 합성
	핵산, 효소, 단백질 설계 및 제작 (306명, 60.8%)	D, B	장쇄 DNA합성 생체촉매 유도진화
	대사경로/세포 설계/제작 (284명, 56.4%)	D, B	장쇄 DNA합성 미생물 개량 및 합성

출처 : 1차 점검회의 후 소명자료

22) 주관부처는 2차 수요조사(2022.6)에 참여한 산업계 소속 100명 중 96명이 바이오파운드리 이용 의향을 밝혀 높은 기업의 수요를 확인했다는 의견을 제시하였으나, 단순 이용 의향 이외에 사업 추진과 관련한 산업계의 충분한 의견 반영이 필요

라. 코로나 백신 개발 사례 대비 중요성 및 필요성

□ 바이오파운드리를 통해 신속하게 백신을 개발한 성공한 사례로 모더나社 코로나19 mRNA백신 개발을 제시하였으나, 동 사례는 바이오파운드리를 통한 기간 단축보다 미국 정부의 긴급사용승인 등 정책 지원에 따른 영향이 더 크다고 볼 수 있어 동 사업 추진의 필요성과 시급성을 인정할 수 있는 논거로서 충분하지 않음

○ 주관부처는 모더나社의 코로나19 mRNA 백신 개발기간이 8년에서 1년으로 단축된 사례를 들어 합성생물학 및 바이오파운드리 분야의 투자 필요성 및 중요성을 설명

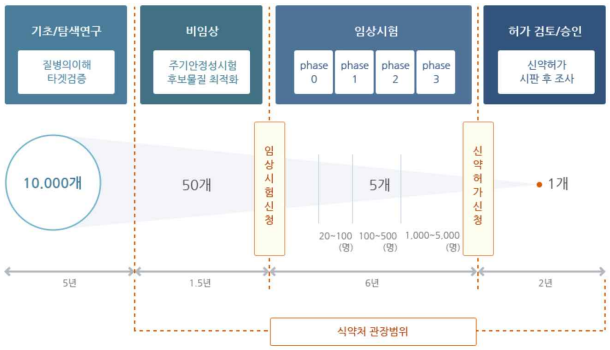
○ 모더나社 mRNA백신이 합성생물학 및 바이오파운드리 기반한 핵산 엔지니어링의 성공적 성과물인 점은 인정되나 백신 개발 및 제품화 기간 단축은 미국 식품의약국(Food and Drug Administration)의 규제 완화 조치가 주된 영향으로 해석

- FDA는 오랜 기간이 소요되는 백신 임상 단계에서 이례적으로 백신 후보물질에 대한 긴급사용을 승인(EUA, Emergency Use Authorization)

○ 합성생물학 및 바이오파운드리 기술이 모더나社 mRNA백신 제품화 기간 단축의 핵심적인 요인이었는지에 대한 객관적인 근거 불충분

- 백신개발 기간 8년은 신약개발 전 주기, 즉 비임상/임상시험 단계가 포함되며, 바이오파운드리는 타겟 발굴, 후보물질 도출 및 최적화 단계에서 주로 활용

- 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 '신약 등 레드 바이오 분야의 경우 비임상/임상시험 단계와 인허가 심사에 소요되는 기간이 길어 초기 탐색단계의 단축이 전체 사업화 소요기간에 미치는 영향이 상대적으로 작다'는 의견을 제시



[그림 3-5] 일반적인 신약개발 R&D 과정

출처 : 식품의약품안전처(의약품안전나라)

□ 현재 정부 연구개발과제로 2개 기관이 바이오파운드리를 구축하고, 관련 연구를 수행하고 있으며, 민간 기업도 구축하고 있어, 기 구축 인프라의 효율적 활용 및 확대 구축 등 기존 시설 활용방안 및 이에 따른 추가 구축의 필요성을 충분히 검토하지 않아 특정 지역에 대규모의 범용 바이오파운드리를 구축해야 하는 필요성 및 시급성 판단에 한계 존재

○ 주관부처는 현재 국내 구축 중인 시설은 소규모이며, 공공 서비스를 목적으로 설립되지 않아 공공 바이오파운드리 구축이 필요하다는 의견이나, 기존 시설이 아직 본격적으로 운영되지 않았고, 수요 대비 과부족 여부, 수요 증가에 따른 규모 확대 가능성, 민간기업 등 대외 서비스 가능성 등에 대한 분석자료 미제시

- 국내 구축된 바이오파운드리 시설 간 역할 분담 및 협력 방안, 국가 차원의 바이오파운드리 인프라 구축 전략 등을 종합 고려하여 추가적인 바이오파운드리 인프라 구축이 추진되어야 하나 이에 대한 분석 및 대안 검토가 충분하지 않음

○ 주관부처는 1차 점검회의 후 소명의견을 통해 한국생명공학연구원에서 구축 및 활용 중인 ‘바이오파운드리 베타’에서 경험이 축적되면 핵심 워크플로 중 하나인 ‘장쇄 DNA 합성’ 개발에 활용 가능하다는 의견을 제시

- 바이오파운드리 베타 시설은 현재 구축 중이며, 구축이 완료되는 ’24년도 이후에나 충분한 경험과 전문성이 축적될 수 있어, 동 사업의 1단계에 구축할 계획인 ‘장쇄 DNA합성’를 포함한 4개 워크플로 모두를 동시에 개발하기 위한 충분한 전문성 확보 여부가 불분명

- 경험 및 전문성 축적 및 객관적 역량 확보 이전에 대규모 인프라 구축 사업을 추진해야 할 시급성이 부족하고 사업성과의 위험요인으로 작용 가능

<표 3-3> 주관부처가 제시한 바이오파운드리 베타와 동 사업간 비교

구분	바이오파운드리 베타	본 예타사업
목적	바이오산업 혁신을 이끌 합성생물학(DNA 설계/합성) 기반의 바이오파운드리 구축을 통해 바이오헬스 융합소재를 개발하고 세포공장 기술 산업화	바이오파운드리 인프라 구축,활용을 통해 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 제고하고 국내 기업 혁신을 견인
관련과제	기관주요사업 (유전체 설계 기반 합성생물학 플랫폼 기술 구축 및 활용, '19~'24년, 22억/년)	-
	연구재단수탁사업 (설계-제작 플랫폼 구축을 통한 합성생물학 고도화 핵심기술 개발, '21~'25년, 8.5억/년)	
구축기간	'21~'24년	'23~'30년
장비/SW예산	장비 25억, SW 3억	장비 510억, SW 226억 (클라우드포함)
구축장비수량	17점	270점
DBTL 주기 (과제) 처리용량	연간 2~5건	연간 50건 이상
주요개발 워크플로	- 장쇄 DNA 어셈블리 (Design-Build) - 단백질 개량 (Design-Build)	- 장쇄 DNA 어셈블리 (DBTL) - 생체촉매 유도진화 (DBTL) - 균주 개량 및 합성 (DBTL) - 발효 최적화 (DBTL) - 추가 4종 (2단계)
연구진 현황	핵심 구축/개발 인력 4인 (정규직2, 계약직2)	각 기능별 48인 (책임급 10, 원급 18, 보조원급 20)
신규 배출 인력	'21년 시작된 사업으로 아직 신규 배출 인력은 없으며 '22년 석사 졸업 1명 예정	-
추진 현황	- '22년 장비 8점 구축, SW 2건 완성 - '22년 DNA 어셈블리 워크플로 완성 - '24년까지 인공미생물 유전체 합성	-

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 1차 추가제출자료

제 2 절 사업목표의 적절성

1. 이슈 / 문제

- 바이오기술은 기술개발에 오랜 기간과 비용이 소요되는 취약 분야
  - 생명현상의 복잡·다양성으로 인해 기술개발에 장기간 고비용 소요
  - 데이터 해석 및 예측의 어려움, 복잡한 실험 과정, 낮은 재현성에 기인
- 미·중 기술패권경쟁의 주요 분야인 합성생물학에서 강대국간 기술블록화에 대한 대응이 시급
  - 미국은 글로벌 바이오산업 패권 유지를 위해 합성생물학 역량 강조 및 바이오제조혁신 전략 구체화
  - 중국은 국가 전략 과학기술 분야 중 하나로 합성생물학을 선정하고 대규모 투자 중
  - 국내 합성생물학 발전 잠재력은 높으나 인프라 부족 및 질적 경쟁력 부족으로 선도그룹 도약에 한계

2. 목표

- 사업목적
  - 바이오 연구개발·사업화 속도의 제고 및 국내 바이오 기업 혁신 견인
- 성과목표
  - 바이오 연구개발 속도 향상
  - 바이오파운드리 활용 확산

3. 수혜자

- 바이오분야 산학연 연구자

4. 투입

- 총사업비: 7,434억 원 (정부 6,585억 원, 민간 849억 원)
- 사업운영관리 인력

5. 활동

- 바이오파운드리 인프라 구축 및 운영
- 바이오파운드리 핵심기반기술 및 핵심장비 개발
- 바이오파운드리 활용기술개발

6. 산출

- 바이오파운드리 자동화장비 및 통합 플랫폼
- 바이오파운드리 활용을 통한 기술이전 및 사업화 매출

7. 성과 / 영향

- 바이오R&D생산성 혁신
- 합성생물학 기술주권 확보
- 바이오분야 소재부품장비 기술 자립화에 기여
- 합성생물학 기반 산업생태계 조성 및 일자리 창출

8. 가정

- 사업기간 동안 바이오파운드리 및 합성생물학 관련 법·제도적, 사회적 제약사항 해소 추진
- 바이오파운드리 구축과 운영을 위한 바이오·IT 융합 인력 확보 및 양성
- 동 사업을 구성하는 내역사업 및 추진부처간 연계·협력이 원활

[그림 3-6] 주관부처가 제시한 동 사업의 논리 모형

1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

□ 주관부처가 동 사업을 통해 해결하고자 하는 문제/이슈 중 '바이오 기술개발의 장기간, 고비용 구조'는 바이오 분야 전체 연구개발단계 및 제품화 과정의 종합적인 문제로, 동 사업을 통해 공공 바이오파운드리를 구축하면 해결될 수 있는지, 해결 정도는 어떻게 되는지 등을 객관적으로 제시하지 못함

○ 주관부처는 '바이오 기술개발의 장기·고비용 해소, 합성생물학 분야의 글로벌 기술패권 경쟁 심화 해소' 등의 문제/이슈를 제기하고, '바이오파운드리 구축·활용을 통해 바이오 연구·혁신 가속화'를 사업 목표로 동 사업을 제안

○ 바이오 기술개발의 장기간, 고비용 구조는 바이오 연구개발 및 산업의 포괄적인 문제이며, 이를 극복하기 위해서는 바이오 분야의 특성을 고려한 R&D 지원, 규제 개선 등 다양한 문제/이슈가 해결

- '연구개발 속도' 장기화 문제는 분야에 따라 연구개발단계별로 다양한 문제에서 기인하므로, 연구개발 초기 단계의 속도 향상이 바이오 기술개발 장기화 등 구조적 문제해결에 어느 정도 기여 가능한지는 불분명
- 바이오파운드리는 바이오 분야 연구개발 초기 단계의 속도 향상에 상당히 기여할 수 있다는 것은 주지의 사실이므로, 레드, 화이트, 그린 등 적용 및 응용 분야별 연구 및 산업 현장 수요를 고려하여 문제/이슈를 특정하고, 이에 근거하여 사업 목표 및 추진전략을 수립하는 것이 타당

○ 합성생물학 관련 미·중간 기술패권 경쟁, 기술 강국 간 기술 블록화 등에 대응하기 위해 기술 수준 제고, 연구 및 산업생태계 구축 등이 필요하나, 낮은 기술 수준, 미약한 산업 기반, 부족한 전문인력 등 우리나라의 역량에 따른 위험요인에 대한 국가 차원의 전략이 수립되기 이전에 대규모 범용 인프라를 선행하여 구축하는 것의 타당성 부족

- 분야별로 산업, 기술적 특성과 수요가 다양하고, 다양한 정부 부처별로 관련 투자가 진행되고 있어, 합성생물학 관련 국가 차원의 전략 수립 전 대규모 범용 시스템 구축은 국가전략의 범위 제한, 사업계획의 불가피한 수정, 부처 신규 투자 장애 등 비효율이 발생할 가능성도 존재

○ 합성생물학과 관련한 사회적, 윤리적, 기술적 선결 과제가 존재하는 점을 고려할 때, 관련 법·제도적 기반이 충분히 구축되지 않은 상태에서 대규모 인프라를 선행

구축할 경우, 연구 및 산업 수요에 대한 연구개발 서비스에 대응하기 위한 바이오파운드리의 운영 여부에 영향을 미칠 것으로 판단되나, 이에 대한 분석 및 해결전략이 불충분

2. 사업목표 설정의 적절성

□ 바이오파운드리[23]는 컴퓨터 기반 설계, 자동화, AI 등 ICT 기술을 결합하여 설계(Design), 제작(Build), 시험(Test), 학습(Learn) 등 DBTL 사이클의 자동화, 고속화, 고집적화를 달성하는 합성생물학 분야의 핵심적인 인프라에 해당

□ 주관부처는 '바이오파운드리 인프라 구축·활용을 통해 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 제고하고 국내 기업 혁신을 견인'한다는 사업목적과 이를 달성하기 위한 전략목표로 '바이오 연구·혁신 가속화 실현'을 제시하고, 3개 성과목표*를 설정

* ① 바이오 연구개발속도 5배 향상, ② 바이오부품 대량 발굴, ③ 바이오파운드리 활용 촉진

○ 성과목표 달성 여부는 연구원 1인당 월 500건 균주제작, 누적 바이오부품 발굴 10,000건, 구축된 바이오파운드리 활용 연간 50건 달성 등의 성과지표를 통해 평가 예정

<표 3-4> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 목표체계

사업목적	바이오파운드리 인프라 구축·활용을 통해 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 제고하고 국내 기업 혁신을 견인하여 바이오경제 시대를 선도		
	⇧		
전략목표	바이오파운드리 인프라의 성공적 구축·활용을 통해 바이오 연구·혁신 가속화 실현		
	⇧	⇧	⇧
성과목표	바이오 연구개발 속도 5배 향상	바이오부품 대량 발굴	바이오파운드리 활용 촉진
	⇧	⇧	⇧
성과지표	균주제작 성능 500건/월/인	바이오부품 10,000건 발굴	바이오파운드리 활용연간 50건

23) Biofoundries provide an integrated infrastructure to enable the rapid design, construction, and testing of genetically reprogrammed organisms for biotechnology applications and research. (Hillson N et al, Nat Commun. 2019)

[참고] 바이오파운드리 성능 관련 성과지표 사례
1. Agile Biofoundry는 스케일업 바이오프로세스 소요기간을 10년에서 5년으로 2배 단축 목표 설정 2. London DNA foundry는 약 500개 plasmid 제작시 한 연구자에 의해서 약 70시간 소모되는 작업을 한번의 배치 Run으로 5000개 제작 가능 3. Earlham Institute Biofoundry (UK)는 미생물 성장 억제와 관련된 유전자 클러스터 식별 연구에서 2,880 변이균주/2주 제작 성과를 발표 4. Amyris社는 친환경 바이오 제조 공정 개발 속도를 36개월에서 4개월로 9배 향상 5. Moderna는 Covid19 mRNA백신 개발시 40개/월에서 1000개/월로 25배 속도 향상, 1000개 실험 동시 수행을 통해 백신개발 기간 단축

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 재구성

□ 바이오파운드리를 활용한 바이오 제품화 또는 사업화 단계 중 초기 단계 속도 향상이 전체 단계 속도 향상에 어느 정도 기여 가능한지 등에 대한 객관적인 근거자료를 제시하지 않아 기여 가능성을 증명하지 못함

○ 바이오파운드리는 초기 단계인 탐색연구 및 타겟발굴 단계에 주로 활용되며, 이후 전임상·임상, 스케일업, 허가·승인 등의 단계를 거쳐야 제품화·사업화가 가능

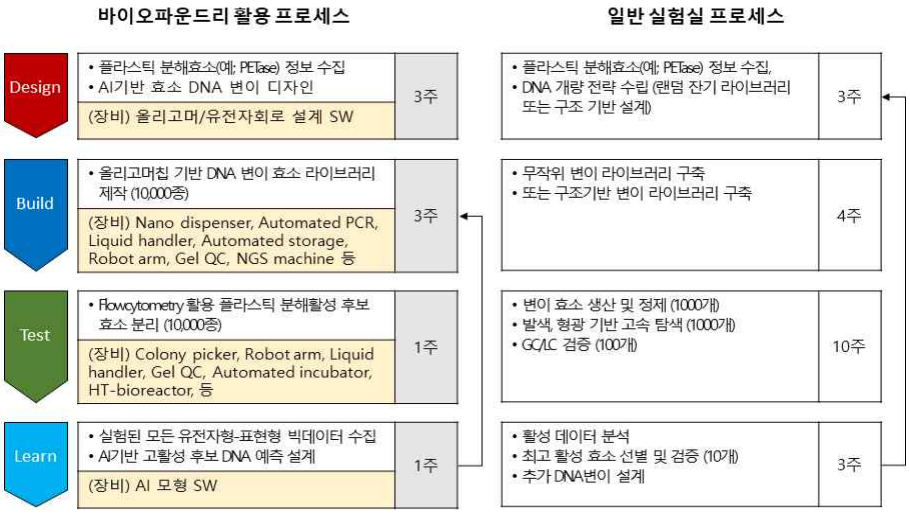
○ 주관부처는 바이오파운드리 구축을 통해 DBTL 사이클 1회 순환 속도를 기존 일반 실험실 대비 5배, 구체적으로는 DB단계 2.5배, TL단계 2배 향상을 목표로 설정

- 비교 기준인 '일반실험실'는 통상 1인당 월 10개의 균주를 제작할 수 있음에 비해, 동 사업을 통해 구축되는 바이오파운드리는 1인당 월 500개 균주를 제작하여 DB 단계 속도를 50배 향상시킬 수 있다는 의견을 제시
- DB단계가 전체 DBTL 순환 사이클 작업시간의 60%를 차지하므로 전체 DBTL 순환 사이클 속도 5배 향상이 가능하다는 산출근거를 제시
- 제시된 성과목표는 미국, 영국 등 주요 바이오파운드리의 성과목표를 고려하여 산출했다는 근거를 제시

○ 그러나, 성과목표의 적정성을 판단하기 위한 기준인 '일반실험식' 속도의 산출근거 미제시, DBTL 사이클 중 DB단계의 비중에 대한 상이한 의견이 존재하여 제시된 성과목표의 적절성이 충분하지 않음

- '일반실험실'의 균주 제작 속도로 제시한 1인당 월 10개의 산출근거 자료 미제시
- 주관부처가 제시한 '바이오파운드리 기반 플라스틱 분해효소 개량' 사례를 보면 일반 실험실 프로세스 20주 중 DB 단계는 7주로 전체의 35%를 차지하고, TL단계는 13주로 전체의 65%를 차지하여, DB단계의 비중이 60%라는 주관부처 제시의견과 상이(그림 3-7 참고)

- 'DBTL 프로세스에서 Test 단계가 가장 느린 처리량을 갖는 단계'[24]이며, '가장 시간과 비용이 많이 들고 어려운 부분은 Test와 측정단계'[25] 라는 의견 존재
- 이를 고려할 때 DB단계 속도 향상을 통해 연구개발 속도를 5배 향상한다는 성과목표 설정의 적절성 부족



[그림 3-7] 주관부처 제시 바이오 파운드리 활용 시나리오

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

○ 주관부처가 제시한 해외 사례 중 Amyris社는 친환경 바이오 제조 공정 개발 속도를 36개월에서 4개월로 9배 향상시켰으며, Mornerna社는 Covid19 mRNA백신 개발 시 월 40개에서 1,000개로 속도가 25배 향상된 점을 고려할 때, 주관부처가 제시한 성과목표의 도전성도 충분하지 못함

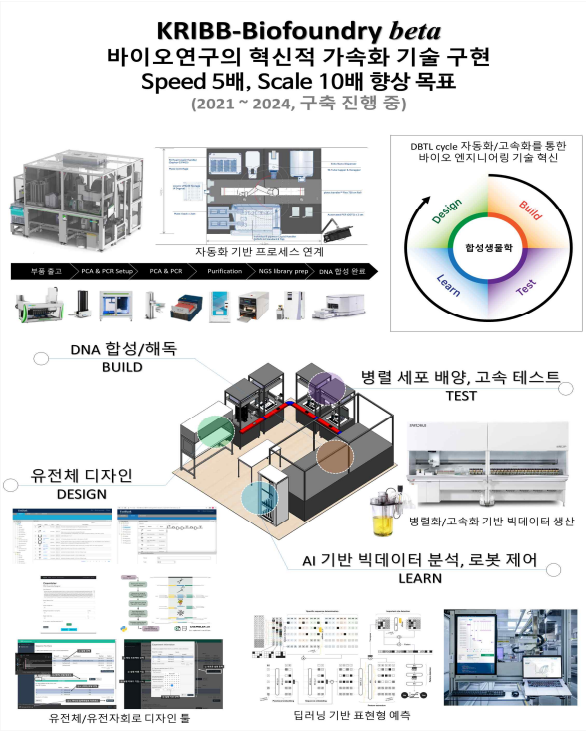
○ 한편, 동 사업에 비해 시설, 장비, 예산 규모가 상당히 작은* 한국생명공학연구원의 바이오파운드리 베타[26] 시설의 성과목표와 동 사업과 동일하게 '연구개발속도 5배 향상'으로 제시된 점을 고려할 때 동 사업 성과목표의 도전성 및 적정성에 대한 의문이 제기

* 사업기간 '21~'24 (총 4년), 장비 25억, SW 3억원 규모

24) 바이오파운드리 동향, BioINpro Vol.69, 생명공학정책센터 8p.(Delepine, B. et al. SensiPath: computer-aided design of sensing-enabling metabolic pathways, 2016 재인용)

25) 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 중 영국 London DNA Foundry 담당자 인터뷰 중.

26) 한국생명공학연구원 주요사업 "유전체설계 기반 합성생물학 핵심기술 개발 및 활용('19~'24년/124억원)"에 포함(1차 추가제출자료)



[그림 3-8] 바이오파운드리 베타 개요

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

□ 바이오 연구개발 속도 향상 이외에 성과목표로 제시한 바이오부품 대량 발굴, 바이오파운드리 활용 촉진 등은 바이오파운드리를 운영함에 따라 산출되는 과정지표로 바이오 연구·혁신의 가속화라는 전략목표와의 연관성, 사업목표 달성 여부를 평가할 수 있는 성과로서의 대표성 및 핵심성이 부족

○ 제시된 성과목표로는 발굴된 바이오부품의 성능 기준, 연구 및 산업에서의 활용 정도 및 성능 만족도 등 바이오파운드리 구축에 따른 관련 연구개발 및 산업 혁신 기여도를 평가할 수 없는 한계 존재

- DBTL 핵심기반기술, 장비개발 등 '바이오파운드리 기반기술'을 내용으로 하는 2내역사업은 도출된 성과물의 바이오파운드리을 주요 목적으로 하나, 제시된 성과목표로는 이에 대한 평가가 어려워 성과목표의 핵심성 부족

○ 바이오파운드리 활용 촉진은 구축된 인프라의 성공적 운영을 평가하는 목표는 적정하나, 성과지표가 동 사업을 통해 지원된 과제의 바이오파운드리 활용 건수로

제시되어 연구 및 산업 수요에 대응한 공공 서비스를 통한 사업목표 달성 여부를 평가하기 위한 성과목표로는 불충분

3. 성과지표의 적절성

□ 주관부처가 제시한 성과목표 및 성과지표의 적절성을 사업목적, 사업목표와의 연계성 중심으로 분석

□ 주관부처가 제시한 성과지표인 인당 월 500건의 균주 제작, 누적 바이오부품 10,000건 발굴, 바이오파운드리 활용 연간 50건 달성 등은 사업목표 및 성과목표 달성 여부를 평가할 수 있는 핵심지표로서의 충분성, 성과 우수성 및 사업 파급효과 등을 객관적으로 평가할 수 있는 질적 성과지표로의 적절성 측면에서 미흡

○ 동 사업을 통해 구축되는 바이오파운드리는 산학연, 특히 민간 수요에 대응한 서비스를 주된 목적으로 하나, 생산되는 균주 등 성과물의 질 관리(Quality Control) 방안, 민간 시장에서 중요하게 요구되는 재현성을 고려한 성과관리 방안 등이 제시되지 않음

○ 제시된 성과지표는 대부분 사업을 수행함에 따라 도출되는 단순 과정 및 양적 산출지표로 동 성과지표로 성과가 관리될 경우 민간 참여, 민간 활동 등의 장애요인으로 작용 가능

○ 균주 제작 500건/인/월[27] 성과지표는 전술한 'DBTL 사이클 속도'를 평가할 수 있는 성과지표로의 적절성은 별론으로 하더라도, 단순 건수 중심 목표치이며,[28] 제작된 균주의 성능 기준 부재, 질적 평가 기준 등이 충분히 제시되지 않아 성과지표의 적절성 부족

- 주관부처는 2차 추가제출자료에서 균주개발 성능 및 소요 기간 예시 표(<표 3-5> 참고)와 함께 국내에 별도의 공인기관이 존재하지 않으므로, 제작된 균주의 성능 목표치 달성 여부는 논문 및 외부 전문가 위원회의 검증을 통해 판단한다고 제시
- 그러나, 1차 점검회의 후 소명자료에서는 제작된 균주의 성능은 별도로 검증하지 않으며, 균주제작 속도는 Build 단계의 효율 측정지표이며, 제작된 균주의 성능은

27) 주관부처는 1차 추가제출자료를 통해 기존 500건/월의 성과지표를 500건/인/월로 수정 제시하고 동 지표가 질적인 의미의 지표라고 답변(2차 대면설명회)

28) '국가연구개발사업 표준성과지표(과학기술정보통신부)'는 산출지표와 결과지표 중에서 성과의 질을 측정할 수 있는 질적 산출지표와 결과지표를 '질적 성과지표'로 정하고 이를 활용토록 권고

Test 단계에서 측정하는 기준으로, '균주제작 성능'은 바이오파운드리 통합 플랫폼 내에 있는 균주 제작 작업 기록을 기준으로 측정한다는 의견을 제시

<표 3-5> 균주제작 성과지표 예시

균주개발성능	단계별 소요기간(단위:주)				사이클	시간 효율	예측 향상 (Learn)	연구 효율 향상
	D	B	T	L	DBTL			
기존방식 (10개 구축/인/월)	1	6	2	1	10주	1	1	1
바이오파운드리 (500개 구축/인/월)	1	< 1※	2	1	< 4주	2.5배	2배	5배

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 사업 2차 추가제출자료

※ 바이오파운드리 스테이션당 (3명 운영) DBTL 1회 1500개 이상 균주 제작 가능

- 제작된 균주(유전체 합성 균주, library용 균주, 플랫폼 균주 등)에 대한 성능 기준 없이 1인당 매월 500건으로 총 3명이 1,500건의 균주개발 건수는 바이오파운드리 운영에 따라 산출되는 정량적(定量的) 산출지표에 해당
- 매월 1,500건의 제작 균주를 산학연 전문가 평가를 통해 평가하는 것은 현실성이 부족하고, 제작된 균주의 질 평가, 성능 기준에 따른 양질의 균주 생산을 위한 질적 지표 개발이 필요
- 균주제작 속도(500건/인/월)는 바이오파운드리의 DBTL 단계 중 일부 DB단계의 효율성 지표로는 유의미하나, DBTL 전체를 대표하는 성과지표로는 한계가 있음
- 동 사업이 바이오파운드리의 산업적 서비스를 통한 바이오산업 혁신을 목적으로 한다는 점에서 DB단계의 속도뿐 아니라 제작된 균주의 산업적 가치 및 활용 가능성을 성과지표를 발굴하고, 바이오파운드리 인프라 운영 효율성과 성과물의 질적 가치를 관리할 수 있는 성과지표 발굴이 필요
- 1차 점검회의 후 추가제출자료에서 바이오파운드리 이용자 대상 서비스 품질 조사를 통해 바이오파운드리 운영 성과를 측정한다는 추가의견을 제시[29)]

29) '바이오파운드리 사용자 평가지수'는 바이오파운드리를 활용한 외부 연구자 대상 서비스 품질에 대해 조사하고 조사 결과를 지수화하여 매년 8.0이상 달성을 목표로 제시(10점 만점 기준).

○ 두 번째 성과지표로 제시한 '바이오부품 10,000건'은 성과목표치 산출 근거가 명확하지 않으며, 우리나라 및 연구주관기관의 기술수준 및 바이오파운드리 운영 역량 등을 고려할 때 도전적인 목표로 달성 가능성에 대한 검토 필요

- 주관부처는 2차 추가제출자료에 바이오파운드리를 활용하여 서열과 기능 규명이 완료되어, 세포 제작에 활용될 수 있는 바이오부품을 '유용 바이오부품'으로 판단하고 이를 바이오부품 뱅크 DB 등록하고 이를 성과 건수로 산정 계획
- 1내역사업에서 선행사업 등을 통해 旣 개발된 바이오부품을 수집하여 2,000건을 확보하고, 2내역사업을 통해 8,000건을 신규 발굴하여 총 10,000건 발굴한다는 목표를 제시
- 세부적으로는 DNA 부품 6,500건, 단백질 부품 2,500건, 균주 부품 1,000건 확보를 제시

<표 3-6> 바이오부품 유용성 판단 기준

바이오부품		정의 / 기능	유용성 판단 기준
DNA 부품	전사촉진인자	DNA에서 RNA를 합성하는 전사 단계의 시작에 관여하는 유전자의 상류 DNA 부위	서열정보에 따른 전사 세기
	리보솜 결합 부위	단백질을 합성하는 번역 단계에 관여하는 리보솜이 결합하는 DNA 부위	리보솜 결합 서열정보/코돈과의 상대적 위치정보에 따른 번역 효율
	전사종결인자	전사를 종결시키는 DNA 부위	서열정보에 따른 종결 정도
	유전자	단백질을 코딩하는 DNA서열 부위	서열정보에 따른 기능 특성화
	유전체	세포가 갖고 있는 전체 DNA 정보 서열	전체 DNA 서열정보 및 기능 특성화 정보
단백질 부품	유전자회로	전사인자를 포함하는 DNA 부품의 조합으로, 외부신호 감지-세포 반응 기능을 부여한 디바이스	감지 가능한 외부 신호 종류 및 세포 반응 정도
	대사회로	세포 내에서 타겟 물질을 생산 시 관여하는 단백질, 효소 집합체	목적 생산 타겟 물질
	제어회로	외부신호를 인식하여 대사회로를 조절하는 기능을 수행하는 유전자 회로와 대사회로의 조합	타겟 물질의 생산량, 생산성, 생산효율 등
균주 부품	단일 미생물	서로 다른 기능성을 기반으로 분류한 단일 미생물 자원	미생물의 기능 특성화
	미생물 군집	단일 미생물이 수행할 수 없는 복잡하고, 정교한 고도화된 기능을 수행할 수 있는 단일 미생물 조합	미생물 군집의 기능성

- 동 사업 성과목표의 설정 근거를 BioBrick에서 20년간 20,000건 등록된 사례를 비교하여 설정한 것으로 제시하였고, 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 해외에서 진행되고 있는 바이오파운드리 기반기술 개발 및 활용 연구과제 사례와 함께, 바이오부품 10,000개(DNA 부품 6,500개, 단백질 부품 2,500개, 균주 부품 1,000개)는 연구비 1억 원당 5.87개에 해당하여 도전적인 목표치라는 의견을 제시
- 기존 연구성과에서 수집하는 2,000개를 제외한 바이오부품 8,000개는 28개 세부기술과제로 구성된 2내역사업을 통해 달성한다는 계획이며 세부과제별 달성 계획을 제시
- 그러나 세부기술과제별 기술개요서 및 기술개발계획에는 해당 내용이 제시되지 않았으며, 7인으로 구성된 동 사업 기획위원회 분과위원회에서 연도별 달성 계획을 수립한 것으로, 목표 수립의 객관성, 정확성, 달성 가능성을 확인하는데 한계 존재
- BioBrick 사례(20년간 20,000건), 소명자료에서 제시한 Agile 바이오파운드리 사례(1억원 당 2.14개 부품 확보)[30], 우리나라의 관련 기술 수준 및 연구주관기관의 바이오파운드리 운영 경험 및 전문성 등을 고려할 때 제시한 성과지표 8년간 8,000개 부품, 1억 원 당 5.87개의 부품 확보는 매우 도전적 목표치로 달성 가능성에 대한 검토 필요

○ 성과목표 및 성과지표 중 '바이오인프라 활용 연간 50건'은 3내역사업의 바이오소재 고도화 등을 위한 과제 지원에 따른 활용 실적을 성과지표로 설정한 것으로, 과제 지원에 따라 도출되는 과정지표[31]에 해당하여 적절성이 부족하며, 산학연 수요에 대응하는 바이오파운드리 서비스라는 동 사업의 목적에 부합하고, 달성가능성을 평가할 수 있는 성과지표 설정이 필요

- 주관부처는 3내역사업 지원 과제수인 최대 48개를 통해 48건의 활용 건수를 확보하고 외부 산학연 연구자 대상으로 서비스 횟수 2건을 목표치를 포함한다고 제시[32] 하고, 2028년 이전은 모두 동 사업 과제에 의한 서비스 활용 건수로 제시
- 3내역사업의 지원 과제는 '바이오파운드리 활용성'을 우선순위 평가 기준으로 선정

30) 미국 Agile Biofoundry의 'DBTL cycle을 통한 바이오화학소재 생산 산업용 미생물 균주 개발' 과제 사례(4년 동안(16~19년), 7 연구팀, 총 예산 $9.5M(약 120억)으로 210개 DNA 바이오부품 및 47개 균주 부품을 확보하여 연구비 1억원당 약 2.14개 부품을 확보), 중국 Wuhan University 포함 3개 연구기관의 '고속-자동화 바이오파운드리 워크플로우를 개발하여 테르펜계 의약용 소재 생산' 사례(39개 DNA 부품을 이용·재설계하여 총 208개 균주 부품 개발)

31) 과정지표는 연구개발과정에 초점을 맞추는 지표로서 진행과정에서 나타나는 산출물의 양을 확인하기 위한 것(국가연구개발사업 표준성과지표)

32) 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료

되었으며, 과제선정시에도 인프라 활용계획을 평가하도록 되어 있어, 과제를 선정하여 지원하면 당연히 달성되는 인프라 활용 실적을 성과지표로 설정하는 것은 부적절

- 3내역사업은 '바이오 소재 고도화', '수요맞춤형 활용지원' 등 기술개발을 지원하는 과제로 기술적 성과목표를 명확히 해야 함에도 불구하고, 바이오파운드리 활용 실적을 대표 성과지표로 관리하는 것은 타당성이 부족
- 공공 파운드리 구축의 목적은 산학연의 수요를 충족시키기 위한 서비스에 있으나, 동 사업 지원 과제 이외 수요에 대한 활용 건수는 연간 2-3 건으로 한정하는 것은 공공성을 주된 내용으로 하는 동 사업의 성격에 맞지 않는 것으로 부적절
- 바이오파운드리 활용 건수는 1내역사업의 바이오파운드리 인프라 구축 및 운영에 따른 성과로 볼 수 있으므로, 3내역사업의 성과목표 및 성과지표는 대내외 서비스 실적 및 질 중심으로 변경 필요

<표 3-7> 주관부처가 제시한 3내역사업 수행과제 수와 성과지표 목표치

(단위 : 건)

연도		1단계			2단계			3단계	
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
중점과제1		2	4	7	12	12	12	9	7
중점과제2	유형I			2	3	6	8	8	8
	유형II			2	5	9	14	16	8
	유형III				7	14	14	14	7
총 추진과제 수		2	4	11	27	41	48	47	30
동 사업 성과지표 목표치		-	-	10	20	35	50	50	50

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 1차 추가제출자료

○ 바이오파운드리의 운영에 따른 정량적 산출(results 또는 output) 중심으로 성과목표 및 성과지표가 제시되었으나, 일부 사업내용과 관련한 성과목표 및 성과지표 등은 제시되지 않아, 사업내용에 기반한 성과관리에 한계가 있어 사업목표 대비 핵심 성과지표로의 적절성이 부족

- 계획된 인프라에 창업지원 기능이 포함되어 있고, 주관기관 선정 시 창업·보육 역량을 주요 항목으로 평가하는 등 중요하게 고려하였으나 관련 성과 목표 및 성과지표 미설정

- 바이오파운드리 장비개발이 2내역사업을 통해 추진되나, 국산화 정도 및 바이오파운드리 적용 등의 장비개발 관련 성과 목표 및 성과지표도 미설정

○ 사업목적이 '연구개발 및 사업화 속도를 제고하고 국내 기업 혁신을 견인'하는 것임에도 불구하고 사업화 성과, 국내 바이오 기업 혁신 기여 정도 등을 평가할 수 있는 성과목표 및 지표를 설정이 미흡

- 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 기술이전건수, 고용창출효과 등의 성과지표를 추가로 반영하는 등 경제성 성과지표를 보완하였으나, 동 사업을 통한 경제적 성과의 질을 파악하기 위한 성과 목표로는 충분치 않은 것으로 평가

- 바이오소재 고도화 개발 지원의 기술적 성과, 경제적 성과와 바이오파운드리 활용에 따른 성과 등이 관리될 수 있는 성과지표 발굴 필요

4. 수혜자 표적화의 적절성

□ 예비타당성조사에서 수혜자는 사업목적 및 목표에 따라 사업을 수행하여 도출되는 성과의 최종적인 혜택, 또는 경제적 편익을 받는 주체를 의미

□ 주관부처는 동 사업의 수혜자를 '바이오분야 산학연 연구자'로 제시하였으나, 전략목표인 '바이오 연구·혁신의 가속화', 사업목적인 '국내 기업의 혁신 견인' 등과 세부활동, 경제성 분석 시 편익 주체 등을 종합적으로 고려할 때 '합성생물학 분야 기업'으로 표적화하는 것이 타당

○ '바이오분야 산학연 연구자'를 최종 수혜자로 유지할 경우 동 사업에 따른 바이오파운드리는 '합성생물학 연구지원을 위한 인프라'로 정의하고, 이에 맞게 사업규모, 사업내용 구성, 추진체계 및 전략 등의 사업계획 조정이 필요

○ 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 동 사업의 수혜자를 '산학연 연구자'에서 '합성생물학 분야 기업'으로 수정하겠다는 의견을 제시하였으나, 조사 과정에서 수혜자 변경은 사업계획 전반에 영향을 미치므로 적정한 의견이나 본 조사에서는 미반영

제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성

1. 세부활동과 사업목표의 연관성

□ 동 사업은 바이오파운드리 인프라 구축·운영, 바이오파운드리 핵심기술개발, 바이오파운드리 활용기술개발 등 3개 내역사업과 12개 중점과제로 구성

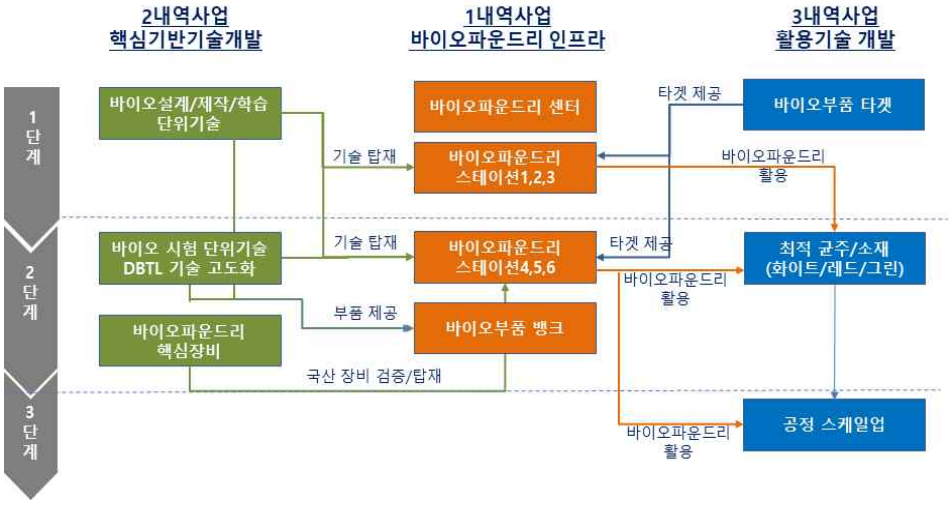
<표 3-8> 내역사업 및 중점과제 구성

내역사업 (중점과제 수)	중점과제 (세부기술 수)	예산 (억 원)	세부기술(억 원)
[1] 바이오파운드리 인프라 구축·운영(5)	[1-1] 바이오파운드리 센터건립(1)	1,065	바이오파운드리 자동화 하드웨어 및 소프트웨어를 구축하고 서비스를 운영할 수 있는 물리적 건물 설립(800) ※ 바이오파운드리 사업단 운영관리(265)
	[1-2] DBTL 단계별 핵심장비 도입 및 운영시스템 구축(4)	874	수요기반 DBTL 워크플로 설계 및 핵심장비 도출 자동화 장비 도입 및 연계를 통한 스테이션 구축 스테이션 및 워크플로 효율 검증 스테이션 운영 시스템 구축
	[1-3] DBTL 통합 플랫폼 기술 개발(4)	247	통합플랫폼 아키텍쳐 디자인 통합플랫폼 데이터베이스 구축 스테이션, 워크플로, 자원, AI, 커뮤니케이션 등 통합플랫폼 모듈 개발 통합플랫폼 사용자 매뉴얼 개발
	[1-4] 바이오부품 뱅크 구축(3)	217	바이오부품 정보 표준화 및 어셈블리 프로토콜 확립 모듈별 바이오부품의 정량적 정보 저장 및 관리 모듈별 바이오부품의 정보 제공 및 사용자 피드백 반영
	[1-5] 합성생물학 수용성 제고 연구(3)	200	바이오파운드리 사회적 수용성 확보를 위한 사회과학적·제도적 기반 연구(82) 바이오파운드리 경제적 효용성 제고 및 시장성 확대에 관한 연구(54) 바이오파운드리 통합정보 플랫폼 구축 및 혁신정책 연구(64)
[2] 바이오파운드리 핵심기술 개발(5)	[2-1] 바이오 복잡성 극복 설계기술 개발(5)	254	빅데이터·AI 기반 고기능 핵산 디자인 기술(48) 빅데이터·AI 기반 고기능 단백질/효소 디자인 기술(48) BioCAD 기반 유전자 논리회로 설계 기술(60) 다차원 바이오 네트워크 모델 디자인 기술(50) 표준화 DNA 디자인 소프트웨어 개발(48)
	[2-2] 상향성 바이오제작기술 개발 (7)	613	차세대 DNA 합성기술 개발(75) 바이오분자 초고속 인공 유도진화 시스템 개발(120) 비천연 바이오분자 조립형 합성 플랫폼 기술(50) 고효율 생체회로의 모듈화 기반 고속 제작 기술(72) 신규 플랫폼 섀시 제작 합성생물학 도구 개발 기술(96) 최소유전체 섀시 고속·연속 제작을 위한 자동화 기술개발(120) 인공 미생물군집 제어 및 제작 기술(80)

내역사업 (중점과제 수)	중점과제 (세부기술 수)	예산 (억 원)	세부기술(억 원)
	[2-3] 초병렬 초고속 바이오시험 기술 개발(5)	320	대량신속처리 NGS 기반 균주 특성 분석 자동화 기술(40) 바이오모듈의 고효율·초고속 평가를 위한 바이오센서 기반 스크리닝 기술(120) 소량 미세유체 기반 효소 활성 실시간·고속 탐지 기술(48) 미세유체 기반 초병렬 고속 세포 스크리닝 기술(40) 무세포 시스템 제조혁신을 통한 초병렬 바이오시험 기술(72)
	[2-4] 빅데이터/AI 기반 바이오학습 기술 개발(3)	176	빅데이터 및 머신러닝 기반 유전자 발현 예측 및 최적화 방법론 개발((48) 빅데이터 및 머신러닝 기반 단백질 활성 예측 및 최적화 방법론 개발(48) 다차원 바이오 빅데이터 통합 분석 기술(80)
	[2-5] 바이오파운드리 핵심장비 개발 (8)	726	플라스미드 전자동 병렬 추출장비 개발(30) 차세대 염기서열 분석기 개발(160) 차세대 HCS 분석기 개발(160) 초고성능 유세포 분리기 개발(60) 초소형 멀티플레이트 세포 배양 장치 개발(160) 멀티 병렬형(Multi-parallel) 고성능 벤치탑 배양기 개발(60) 초고속 콜로니 Picker 개발(48) 중형 자동화 리퀴드 핸들러 개발(48)
[3] 바이오파운드리 활용기술 개발(2)	[3-1] 바이오파운드리 기반 바이오 소재 고도화 (12)	1,586	신규 생합성/생분해 경로 구현(486) 소재 활성 극대화(500) 소재 생산성 고도화(600)
	[3-2] 산학연 수요 맞춤형 바이오파운드리 활용 지원 (67)	996	산학연 수요자 기반 바이오분야 전반 자유 과제 지원(996)

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 재구성

○ 3단계로 구분되어 추진되며, 1내역사업을 통해 바이오파운드리 센터 및 바이오부품 뱅크 구축, 2내역사업에 파운드리 관련 DBTL 핵심기술과 장비를 개발하여 성과물을 바이오파운드리 센터에 탑재, 3내역사업에서는 구축된 바이오파운드리를 활용하는 바이오 소재 고도화 및 수요자 서비스 지원을 한다는 계획



[그림 3-9] 내역사업간 성과 연계도

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 재구성

□ 동 사업은 1, 2내역사업을 통해 바이오파운드리 인프라를 구축하고 구축된 인프라에 적용할 수 있는 기반기술을 확보한 후 3내역사업을 통해 구축된 인프라를 활용하는 R&D 과제를 지원하는 것으로 구성되었으나, 내역사업별 중점과제의 구성, 사업추진 단계별 로드맵 등을 분석한 결과 내역사업간 연계성이 부족하고, 일부 내역사업 또는 중점과제는 같은 사업 내에서 추진해야 할 당위성이 부족

○ 1, 2내역사업은 중점과제 선정시 학계 중심의 합성생물학 연구 수요를 중심으로 선정되어, 민간기업 등 산업계 수요가 충분히 반영되지 못하여 전략목표로 제시한 '연구·혁신 가속화'에 실질적으로 기여하는데 한계 우려

- 1내역사업에서 바이오파운드리 센터 건설, 해외 장비 도입 등을 통한 6개 스테이션 구축 등을 추진하고, 2내역사업에서 DBTL 관련 핵심기반기술을 개발하여 1내역사업에서 구축된 바이오파운드리에 적용하는 계획으로, 3내역사업을 통한 R&D과제 지원 이외의 연구 및 산업계 서비스 계획이 제시되지 않아 사업기간 내 바이오 분야 연구·혁신 가속화 기여에 한계 우려

- 예산기준 전체 사업규모의 63%가 바이오파운드리 센터 건립 등 인프라 구축, DBTL 기반기술개발 등 바이오파운드리 인프라 구축에 투입될 계획으로, 바이오 분야 연구 및 산업 수요에 대응을 위한 재원 배분 부족

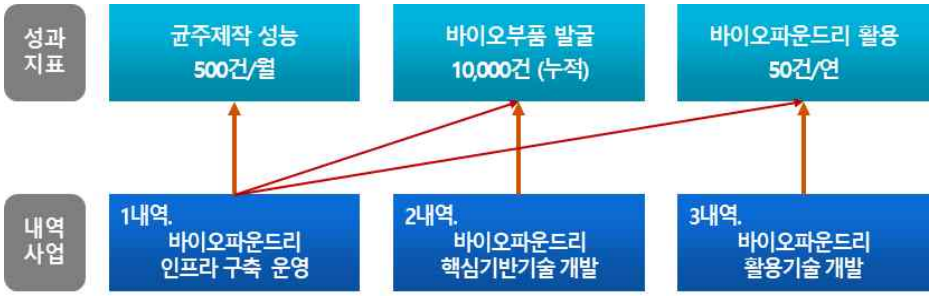
○ 3내역사업은 '바이오 소재 고도화'와 그 외의 수요에 대응하기 위한 '수요맞춤형 활용지원'으로 구성되나, '바이오소재 고도화' 중점과제에서 지원하는 12개 과제는

바이오파운드리의 구축 여부와는 별개로 연구개발 추진이 가능하고, 해당 내역사업을 통해 지원되는 연구개발과제의 기술적, 경제적 성과가 동 사업의 성과목표 및 성과지표에 반영되지 않는 등 동 사업의 내역사업으로 추진 필요성이 부족

- 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 3내역사업은 바이오파운드리의 산업적 가치 실현을 검증하는 Test-bed라는 의견을 제시
- '바이오소재 고도화' 중점과제의 추진단계 중 1단계는 인프라 활용을 위한 사전 준비로 바이오파운드리 활용 프로토콜 개발 및 바이오부품 후보 풀 확보, 2단계 이후 연 1회씩 인프라를 활용하여 DBTL 시스템을 활용한 연구개발을 수행하고 과제 종료년도에는 성과물의 자체 검증을 통해 TRL을 향상시킨다는 로드맵을 제시
- 주관부처의 추가의견에도 불구하고 '바이오소재 고도화' 중점과제의 과제들은 바이오파운드리가 구축되는 2단계 3년 동안만 바이오파운드리를 활용할 계획이므로, 1, 2내역사업과의 사업추진상 연계가 부족함
- 동 사업과 별도로 추진하더라도 공공 서비스를 목적으로 하는 동 사업에 의해 구축된 바이오파운드리의 활용이 제한되지 않기 때문에 동 사업 내내역사업으로 추진하는 것이 필수적이라고 볼 수 없음
- 동 사업 내 추진의 타당성을 인정한다고 하더라도, 1, 2내역사업에 의한 인프라 구축이 완료된 이후에 활용이 가능하므로, 1, 2내역사업과 3내역사업을 동일한 시기에 착수해야 할 당위성 부족
- 합성생물학을 통한 바이오소재 고도화의 시급한 추진이 필요하다면, 동 사업에 의한 바이오파운드리 인프라 구축과 연계하여 과제를 수행하는 것은 오히려 바이오파운드리 구축 지연의 경우 기술개발도 지연될 수 있어 효과적인 추진전략이 아닐 수 있음
- '바이오소재 고도화' 중점과제는 의약품, 대체육, 플라스틱 소재 등을 개발하는 기술개발 과제로 각각의 기술적 목표 성과가 있음에도 불구하고 3내역사업의 성과목표 및 성과지표를 '바이오파운드리 활용 건수'로 제시하고, 이를 통해 성과가 관리되는 것은 부적절

※ 3내역사업의 세부성과지표로 논문, 특허, 기술이전, 시제품 등이 제시되었으나, R&D 성격 내역사업의 핵심 성과지표가 세부 성과지표로 관리됨에 따른 비효율 고려 필요

- 바이오파운드리 활용 건수는 1내역의 바이오파운드리 기반 구축의 성과지표로 설정하고, 해당 인프라의 대내외 서비스 실적으로 성과관리를 하는 것이 타당



[그림 3-10] 사업 핵심성과지표와 내역사업간 연계성

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업

<표 3-9> 3내역사업 바이오파운드리 활용기술 개발 (88개 과제)

(단위 : 억 원)

중점과제	세부기술	예산
3-1 바이오 소재 고도화	빅데이터.AI 및 바이오파운드리 기반 플라스틱 분해 효소 개발과 플라스틱 바이오 분해공정 및 활용 기술 연구개발	129
	바이오파운드리 기반 천연물 유래 고성능 항생제 생산시스템 개발	143
	BigData/AI 기반 공기중 CO2 전환 가능한 초고친화형 효소 개발 및 중간체 이용 생분해플라스틱 생산 기술 개발	143
	바이오파운드리 기반 대체육 품질개선 소재 생산 기술개발	71
	바이오파운드리 활용 고기능 치료물질 전달체용 무정형 인공 단백질 소재 개발	143
	위치 특이적 결합화학 기반 항체 약물 결합체 개발	107
	차세대 현장 진단소재 및 진단시스템 개발	143
	바이오파운드리 활용 올레오케미컬 유도체 생물 전환 시스템 개발	129
	바이오파운드리기반 터펜계 천연 향장소재 바이오생산기술 개발	129
	바이오파운드리 활용 C4-C8 플라스틱 모노머 생산 고도화 기술 개발	236
	바이오파운드리 기반 바이오비타민 소재 생산기술 개발	107
	바이오파운드리 기반 미생물 작물보호제 약효 극대화 기술개발	107
3-2 산학연 수요 기반 바이오파운드리 활용 지원	유형 I	35
	유형 II	27
	유형 III	14

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료 재구성

<표 3-10> 3내역사업 산학연 수요 기반 바이오파운드리 활용지원 중점과제 지원유형

유형	지원내용	연구기간	과제당 연구비(정부)
유형Ⅰ	DBTL중 한 개 단계 또는 단일 워크플로 수행 지원	1년 이내	4억원 이내
유형Ⅱ	DBTL 중 2개 단계 이상 또는 복합 워크플로 수행 지원	2년	8억원 (연4억원)
유형Ⅲ	DBTL 2개 단계이상 또는 복합 워크플로 수행 지원	4년	32억원 (연간 8억원)

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료

2. 세부활동 도출의 적절성

가. 세부활동 도출의 적절성

(1) 1내역사업 : 바이오파운드리 인프라 구축·운영

□ 1내역사업의 1중점과제인 '바이오파운드리 센터'의 입지 선정 절차 및 과정, 3중점과제인 '통합플랫폼 구축'의 세부과제 선정의 적정성이 부족하고, 5중점과제인 '합성생물학 사회적 수용성 및 경제성 제고 연구' 중점과제의 동 사업 내 추진 필요성 및 규모 적정성 부족

○ '바이오파운드리 센터'의 입지를 대전광역시 소재 한국생명공학연구원으로 선정하였으나, 공공 서비스가 가능성을 고려하여 '출연연구기관'으로 대상기관을 한정한 타당성이 부족

- 바이오파운드리의 공공성을 고려하여 대학을 제외하였으나, 국립대학 등 대학에 구축할 경우 인프라의 공공성에 제한이 있을 것이라는 논거가 부족하고, 특히 해외 다수의 공공 바이오파운드리가 대학에 구축되어 운영되고 있는 점을 고려할 때 적정성이 부족

○ 입지 및 연구주관기관 선정 대상 5개 기관에 대한 선정평가시 해당 기관에 해당 내용이 공식 통보 및 공개되지 않았고, 입지선정용역을 해당 기관에서 제출한 자료가 아닌 간접적으로 수집한 자료에 기반하여 수행하고, 소수의 선정평가위원에 의해 선정되는 등 절차적 정당성이 부족

- 입지선정 관련 용역 및 선정절차를 비공개로 추진한 이유, 5개 대상기관에 공식적인 자료 제출을 요구하지 않은 이유 등이 불분명

- 입지선정용역 및 연구주관기관 선정 시 대학을 배제하였음에도 불구하고, 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 한국과학기술원(KAIST)을 협력기관, 공동연구기관으로 참여하도록 하고, 바이오파운드리 센터의 일부를 해당 기관 소유로 건립한다는 계획을 제출하여 부적절

○ 입지선정시 선정평가시 입지여건 분석에 합성생물학 관련 특화된 여건이 고려되지 않아 구축되는 바이오파운드리의 전국적 활용 가능성에 대한 검토 부족

- 입지는 입지여건(35점), 전문성(40점), 공공성(40점) 등의 평가항목으로 선정되었음
- 입지여건 평가시 합성생물학 관련 연구자, 수요 기업의 지리적 위치 및 접근성 등을 평가하지 않고 이공계대학 및 연구기관 집적도, 교통편의성(고속도로, 철도 등) 등 일반적 입지현황만을 평가에 반영

○ 3중점과제인 'DBTL 통합플랫폼 기술개발'의 통합플랫폼 구축 세부과제의 경우 AI 기반 자동화, 정보화 전문인력 확보, 민간기업 위탁 및 오픈소스 활용 전략에 따른 보안, 데이터 표준화 등에 대한 전략 마련 필요

- 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 클라우드 기반의 시스템 운영 민간기업 위탁을 통해 전문성을 강화하고, 통합플랫폼의 워크플로와 자원관리, 커뮤니케이션 등의 모듈은 오픈소스 전략으로 데이터 표준화 및 효율성을 강화한다는 계획을 제시
- 바이오파운드리에서 AI기반 자동화, 정보화 부문의 중요성을 고려할 때 주관연구기관의 관련한 역량 부족과 이에 대한 해결방안, 데이터 보안 관련 민간기업의 우려해 대책, 다수의 이종(異種) 장비에서 생산되는 데이터의 표준화 전략 등 ICT 융합 관련 종합대책 부족

○ 5중점과제의 경우 합성생물학에 대한 사회적, 윤리적 수용성 문제가 해소되지 않은 점을 고려할 때 관련 정책연구의 전문성과 함께 공정성도 중요하므로, 동 사업 내 추진시 공정성 확보에 우려가 제기되며, 객관적인 사업비 산출 근거를 제시하지 않아 사업 규모의 적정성도 부족

- 합성생물학은 생물체를 다루기 때문에 결과물에 대한 예측이 불가능하고 잠재적인 위험이 있을 수 있다는 우려가 있어 관련 규제가 논의되고, 사회적 수용성 문제가 제기
- 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 동 중점과제는 합성생물학 생태계 조성방안의 일환으로서 동 사업 내 타 세부활동과 밀접한 연계 하에 체계적으로 추진되어야 하며, 별도 사업으로 추진할 경우 체계적인 일관된 연구에 한계가 있

다는 의견과 함께, 객관성과 공정성 확보를 위해 당초 계획과는 달리 한국산업기술평가관리원에서 담당하도록 한다는 의견을 제시[33)]

- 합성생물학 관련 윤리적 논란 해소, 사회적 수용성 제고, 합성생물학 관련 연구의 적절한 관리 및 규제 등은 객관성, 중립성이 중요하며, 주관부처가 제시한 '체계적이고 일관된 연구'의 판단 주체는 합성생물학 연구 주체가 아닌 사회 또는 국민이어야 하므로, 고도의 객관성, 중립성, 전문성을 확보할 수 있는 대안 마련 필요

[그림 3-11] 주관부처가 제시한 합성생물학의 사회적 수용성 제고 모델

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발

(2) 2내역사업 : 바이오파운드리 핵심기술개발

□ 1~4중점과제를 통해 개발된 DBTL 핵심기술의 旣 구축된 바이오파운드리 탑재 가능성 및 기존 사업과의 중복 가능성, 5중점과제인 '바이오파운드리 핵심장비 개발'을 통해 개발된 장비의 旣 구축된 DBTL 워크스테이션 적용 가능성, 개발 후 시장성 등이 세부활동 도출 및 세부과제 우선순위 설정과정에서 충분히 고려되지 못함

33) 아울러 세부과제의 우선순위를 재선정하여 일부과제를 제외하고 전체 예산을 200억 원에서 118억 원으로 감액 조정한다는 수정의견을 제시

○ 1-4중점과제인 DBTL 핵심기반기술은 공개경쟁 과제로 지원될 계획이어서 개발된 성과물의 1내역사업을 통해 구축된 바이오파운드리에 탑재할 경우 연구책임자와 협의를 통한 IP 활용이 전제되어야 하나, 이에 대한 대안 미흡

- 한편, 글로벌프론티어사업, 차세대바이오그린 21사업 등 기존 사업을 통해 개발된 합성생물학 관련 기술의 적용 가능성, 성과 연계방안 등에 대한 검토 미흡

○ 5중점과제를 통해 개발할 핵심장비는 국내 바이오파운드리 구현가능성, 글로벌 경쟁 확보 가능성, 기존 과제와의 차별성 등을 평가하여 선정하고, 기업의 참여의향서가 제출되었으나, 참여기업의 수익 보장을 위해 개발된 장비를 旣 구축된 DBTL 워크플로에 무리하게 적용할 경우 서비스 질 유지, 해외 기업의 AS 거부 등의 위험요인 존재

- 한편, 1단계에 구축할 스테이션의 경우 해외에서 상용화된 워크스테이션을 도입할 계획이므로 국내 개발장비의 해당 스테이션 대체 가능성도 낮음

- 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 개발되는 자동화장비는 바이오파운드리 외에 일반실험실에서도 수요가 증가하고 있어 시장 확대 예상되며, 핵심장비는 국내 개별 실험실 상황에 맞춘 주문제작도 가능할 것이라는 의견을 제시하였으나, 개발 장비 선정시 평가항목에 '일반실험실 장비 시장 가능성'이 평가되지 않았고, 범용 연구장비 개발을 동 사업 내에서 추진하는 것은 타당성 또한 미흡[34)]

○ 합성생물학 관련 국내 기술수준이 상대적으로 낮고, 바이오파운드리 구축·운영 경험이 부족한 점을 고려할 때, 바이오파운드리 구축과 DBTL 핵심기반기술 개발을 병행하고, 장비 국산화를 위한 중점과제도 동시 추진할 수 있는 주관기관의 역량 등을 고려할 때 사업의 성공 가능성 측면에서 종합적인 검토 필요

(3) 3내역사업 : 바이오파운드리 활용기술개발

□ 3내역사업의 1중점과제인 '바이오소재 고도화'를 위한 12개 세부과제 선정과 관련하여, 수요 기업 현황 및 수요조사 결과와 상이하게 선정된 이유 및 근거가 불충분

○ 기술수요조사에서 조사된 258건 중 레드(144건), 화이트(53건), 그린(61건) 분야간 과제 분포와 1차 추가제출자료에서 제출한 잠재적 수요기업 수인 1,027개의 레드(422개), 화이트(170개), 그린(270개) 분야 기업 비중을 고려할 때 동 사업계획에서 제시한 화이트 분야(6개 과제)가 레드(4개 과제), 그린(2개 과제) 분야 과제 선정의 적정성이 부족하고 수요조사 결과 등과 상이하게 선정된 사유가 불충분

34) 1차 점검회의 후 소명자료에서 글로벌 경쟁가능성을 재평가하여 2개 과제를 제외한다는 수정의견을 제시

- 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 바이오파운드리 활용 가능성 및 기대효과, 주관부처 소관 분야를 고려하였고, 초기 탐색단계 기간 단축의 사업화 가속화에 대한 기여 정도가 레드 분야보다 화이트/그린 분야가 더 크고, 산업통상자원부의 소관 분야인 화이트 분야의 비중을 높게 선정하였다는 의견을 제시[35)]
- 원안의 바이오소재 고도화 과제 우선순위는 ①바이오파운드리 활용성, ②시장성, ③상용화가능성을 기준으로 설정한 것으로 제시하였고, '부처 소관 분야'는 이 기준에 미포함되지 않은 점을 고려할 때, 부처 소관 분야를 고려하여 지원 분야를 조정한 것은 타당성이 부족
- 레드 분야가 바이오파운드리의 기여도가 상대적으로 낮다는 객관적인 근거가 불충분하며, 주관부처는 동 사업에 활용기여도가 낮은 레드 분야의 mRNA백신 개발 성공사례를 동 사업추진의 필요성을 주장하는 근거로 제시하였고, 바이오파운드리 활용기여도 및 기술 수요도 높았던 그린 분야 과제가 가장 적게 선정된 것의 타당성 부족

나. 연구개발 수요조사의 적절성

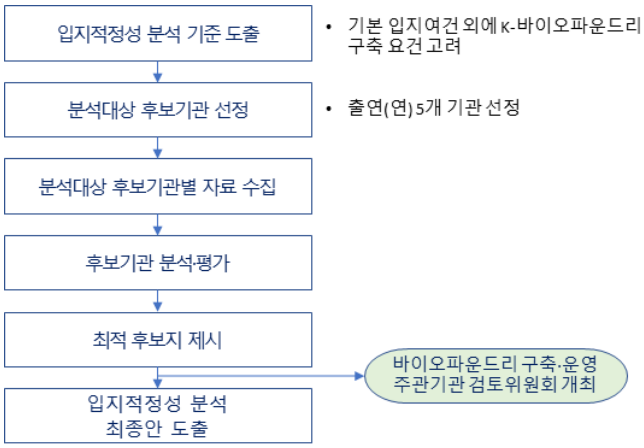
(1) 바이오파운드리 입지 및 주관기관 선정의 적절성

□ 동 사업은 전국 단위 연구개발 및 산업 수요에 대응하기 위한 공공 인프라를 구축하는 사업임으로, 인프라의 입지 및 주관기관 선정은 사업 성패의 핵심적 요인이나, 입지선정 과정이 다소 부적절하고, 연구개발 및 사업 수요가 입지 및 주관기관 선정 시 충분히 반영되지 않음

○ 주관부처는 입지적정성 분석 용역('21.7), 바이오파운드리 구축·운영 주관기관 검토회의(2회, '21.8) 등의 절차를 거쳐 바이오파운드리 인프라의 입지 및 주관기관을 '한국생명공학연구원'으로 선정

- 제15차 혁신성장 BIG 추진회의에 '합성생물학 생태계 조성방안'을 통해 보고

35) 1차 점검회의 후 소명자료에서 인프라 규모 재절성 및 사업 로드맵 수정에 따라 '바이오소재 고도화' 중점과제의 지원 규모를 화이트 5개, 레드 2개, 그린 1개 과제 등 총 8개 과제 추진으로 수정 제시



[그림 3-12] 바이오파운드리 입지적정성 분석 절차

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업

- 입지적정성 분석 용역은 입지분석조사 기준을 먼저 설정하고, 5개 출연연구기관을 후보기관으로 선정한 후 기관별 자료를 수집하고, 후보기관 분석평가를 통해 최적 후보기관을 제시하는 절차로 진행

※ 후보기관 : 한국생명공학연구원, 한국화학연구원, 한국과학기술연구원, 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원

<표 3-11> 입지적정성 평가항목 및 세부 평가요소

항목	세부 평가 요소	세부 평가 요소 설명
입지 여건	지리적 여건	(정주여건) 쾌적한 정주 여건 및 입지에 적합한 환경 종합 평가 (교통환경) 주변 편의시설 및 교통 여건이 갖추어져 있는지 평가
	지역발전계획	향후 대상 지역의 발전 가능성 및 지역 발전 계획을 종합적으로 평가
	산업집적도	산업이 발달할 수 있는 집적지 여건 분석 및 평가
	주변 유사인프라 연계 또는 중복성	주변에 바이오파운드리 관련 유사 인프라 및 연계 가능성 평가
공공성	역할 적합성	관련 연구 이행에 관한 기관 역할 적합성 검토 및 평가
	산학연 인프라 적합성	주변 연계 발전 인프라 및 적합도 평가
전문성	조직	바이오파운드리 구축을 위한 합성생물학 관련 사전 경험이 있는 조직인지 평가
	연구경험	합성생물학 관련 연구 경험 여부 평가
	네트워킹	국내 산학연 간 역량결집을 위한 네트워킹 활동 평가
	기업지원성과	기업 지원 및 창업 지원에 대한 노하우 및 전략 평가
	논문 및 특허 성과	바이오 파운드리의 지속적 연구성과 창출을 위한 평가

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

<표 3-12> 입지적정성 분석 결과 종합

대상 후보지	입지여건		공공성		전문성		종합평가 결과
한국생명공학연구원	◎	-한국생명공학연구원과 한국화학연구원이 존재하는 대덕연구단지는 지역발전계획과 정합성이 높으며, 산업집적도가 높음	◎	-한국생명공학연구원은 R&R에서 생물학 기반 혁신소재 기술 개발이 명시 -한국생명공학연구원은 바이오 관련 산학연 연계 및 서비스 실적 높음	◎	-한국생명공학연구원은 합성생물학 연구조직이 있으며 논문/특허성과 다수 -한국생명공학연구원은 소규모 바이오파운드리 구축 중	◎
한국화학연구원	◎		◎		△		○
한국과학기술연구원	○		○		△		△
한국생산기술연구원	△		○		△		△
한국에너지기술연구원	△		○		△		△

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

- 주관부처는 사업 기획총괄위원회 내에 '주관기관 선정 TF'를 5인의 전문가로 구성하고, 입지적정성 분석 용역 결과 바탕으로 입지 여건, 전문성, 공정성 등의 평가항목을 기준으로 2차례 선정평가를 거쳐 연구 주관기관을 선정

<표 3-13> 주관기관 선정평가 항목

구분	평가항목	평가기준
입지 여건 (35)	접근성 및 편의성 (15)	○ 인프라 수요자 시설 접근성 및 편의성 - 이공계대학 및 과학기술분야 연구기관(기업부설(연), 정부출연(연), 전문생산기술(연)), 산업계의 이용자 접근성 - 교통 편의성(고속도로, 철도 등)
	발전 가능성 (20)	○ 현 자원의 활용가능성 - 연구성과의 공유·확산 및 연구개발 등을 위한 연계자원(대학, 연구기관 등) 확보 정도 - 바이오파운드리 활용 산학연 집적 및 연관산업 형성 정도 ○ 미래 자원의 확장가능성 - 주관기관 인근 관련 연구시설, 교육기관, 기업 등의 참여 및 전문인력 확보 가능성
전문성 (40)	연구역량 및 네트워크 (20)	○ 바이오파운드리 및 합성생물학 분야 연구 역량 수준 - 주관기관의 국가 전략기술 선점할 수 있는 연구 수월성 보유 및 성과 창출 여부 ○ 국내외 바이오파운드리/합성생물학 네트워크 구축 역량 및 기여가능성
	전문인력 (10)	○ 바이오파운드리/합성생물학 인프라 운용 전문인력 보유여부
	인프라 (10)	○ 바이오파운드리 인프라 및 그와 연계할 수 있는 합성생물학 분야 인프라(소재, 데이터, 연구장비 등) 보유여부
공공성 (25)	역할 적합성 (15)	○ 사업목적상 주관기관의 공공 인프라 운영 적합성 - 산학연 수요 기반 연구개발 지원 서비스 수행 적합성 - 유사 국가 인프라 운영 경험 보유여부 등
	안정적 운영 (10)	○ 인프라의 안정적인 운영을 위한 인력 및 예산 운영 가능성 - 인프라 운영 인력 및 예산 국가적 지원 법적근거 존재여부 - 사업 종료 후 공공인프라로서의 지속적 운영 가능성

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료

○ 주관부처에서 제시한 입지 및 주관기관 선정은 분석대상기관 출연(연) 한정, 피평가기관의 참여 기회 미부여, 분석항목에서 연구개발 및 산업적 수요 반영 미흡, 입지 분석 및 선정평가 기간 부족, 입지적정성 분석 용역과 선정평가의 미분리 등 선정 절차 및 내용 측면에서 일부 부적절[36]

- 주관부처는 바이오파운드리의 연구 및 산업 서비스를 안정적으로 제공하기 위해 공공성이 담보되는 출연연구기관으로 대상 기관을 한정하였으나, 대학 및 공공연구기관이 공공 서비스에 한계가 있다는 논리가 부족하고, 해외 구축 사례를 고려할 때 타당성이 부족[37]

※ 미국, 영국, 독일 등 해외의 공공 바이오파운드리는 대학 구축되어 성공적으로 운영되고 있으며 KAIST, 성균관대 등에서 관련 연구 및 인프라를 구축하고 있다는 점 등을 고려할 때 타당성이 부족

- 공공성 확보를 위해 입지 및 주관기관 선정 대상을 출연연구기관으로 한정한 것이 적정하다고 하더라도, 분석 및 평가 대상기관에게 관련 사실의 통보 및 참여의향 확인, 분석 및 평가를 위한 공식적인 자료 제출 없이 용역기관이 수집한 자료에 근거하여 주관기관을 선정한 것은 절차적 정당성이 부족

- 분석 및 평가항목 중 '지리적 여건'은 일반적인 정주여건과 교통환경을, '산업집적도 평가'는 전문, 과학 및 기술 서비스업과 산업단지 분포 등을 활용하여, 합성생물학 분야와 관련한 연구기반, 수요 기업의 지리적 분포 등은 고려하지 않아 적절성이 부족

※ 주관부처가 제출한 동 사업의 참여의향기업(64개)의 소재지 분포 : 서울 20개, 경기 14개, 대전 12개, 충북 5개 순

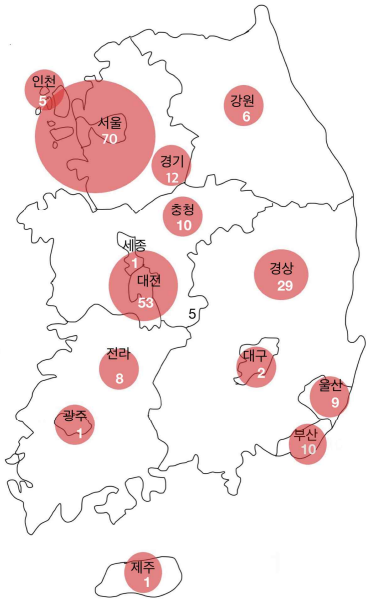
※ 최근 5년간 합성생물학 관련 국가연구개발과제(227개, NTIS 기준 연구진 자체 키워드 검색)의 주관연구기관 소재지 분포 : 서울 30.8%(70개), 대전 23.4%(53개), 경상 12.9%(29개) 순

※ 한국특허청(KIPO)의 동 사업 관련 특허(8,611건, 특허청/한국특허전략개발원/KISTEP 연구진 분석)의 출원인 소속기관 상위 5%의 전체 대비 비중 : KAIST 9.1%, 생명연 8.3%, 서울대 5.7%, 고려대 4.5%, 농진청 3.8% 순

---

36) 예비타당성조사를 위한 사업기획 총괄위원회 하위 TF에서 주관기관 선정을 총괄하고, 그 결과를 예비타당성조사 이전에 '혁신성장 BIG 추진회의'에 보고하여 정부 정책 방향으로 확정되었으나, 본 조사의 공정성과 동 파운드리의 공공 서비스 가능성 등을 확인하기 위하여 입지 및 주관선정 과정 및 절차를 검토함

37) 대학이 선정대상에서 제외되었음에도 불구하고, 입지 선정 및 등에 포함되지 않은 한국과학기술원(KAIST)이 협력기관, 공동연구기관으로 참여하고, 바이오파운드리 센터의 일부 소유한다는 동 사업계획은 근거가 부족



[그림 3-13] 합성생물학 관련 주요 연구기관의 지역 분포

출처 : NTIS 합성생물학 관련 연구진 키워드 분석(2016-2020)

- 분석 및 평가항목 중 '공공성(25점)'을 '유사 인프라 운영 경험', '인프라 운영 및 예산의 지원 근거' 등의 기준으로 평가하였으나, 이는 '전문성(40점)' 항목과 차별화되지 않아, 전문성 기반한 평가가 65점으로 차지하여 선정평가 항목 구성의 적정성이 부족

※ 공공성 평가항목에 대한 평가의견이 '기관 R&R에 생물학 기반 혁신 소재 기술이 명시, 바이오 관련 산학연 연계 서비스 실적이 높음' 등으로 전문성 평가항목과 유사

- 주관부처에서 제출한 입지선정 추진 일정에 따르면 약 2개월 동안('21.7월-8월) 입지적적성 분석 용역과 주관기관선정평가 및 확정이 이루어져 동 사업 규모 및 중요성에 비해 단기간에 걸쳐 진행

- 주관부처에서 제출한 선정 절차와 관련하여 '주관기관 선정 TF'에서 주관기관 선정평가를 수행한 것으로 제시되었으나, 입지적정성 분석보고서에는 '주관기관 검토위원회'로 표현되어 입지적정성 용역과 선정평가가 절차상 통합적으로 수행된 것인지, 별도 절차로 수행된 것인지 불분명

(2) 바이오파운드리 센터 규모의 적정성

□ 동 사업의 인프라 시설은 지상 5층, 지하 1층 규모 2개동(인프라동, 연구동)으로 계획되었는데, 인프라 시설의 장기간 운용, 향후 연구 및 산업 수요 확대 등 확장 가능성을 고려한다고 할지라도 제시된 인프라 시설의 규모, 용도 공간 등을 산출한 현재 또는 미래 수요, 기술 및 산업적 수요 등 수요 근거가 충분히 제시되지 않음

○ 인프라동의 경우 동 사업의 핵심시설인 6개 스테이션 공간이 전체의 24.3%를 차지하므로 스테이션 수가 구축될 사업의 내용 및 규모를 정하는 핵심적인 요인임에도 불구하고 6개 스테이션을 구축해야 하는 기술, 산업 관점에서의 수요 근거와 각 스테이션별 규모를 산출한 국내외 유사사례 등 근거가 제시되지 않음

- 인프라동에 구축할 계획인 교육 및 커뮤니케이션 공간 1,091.2㎡, 내·외부 연구지원 공간 1,339.2㎡ 등의 용도 공간도 별도 건축되는 연구동에 유사 공간이 약 2.6배 규모로 설치되는 점을 고려할 때, 이용 수요 등의 객관적인 근거가 없는 한 적정성 부족

○ 연구동의 경우 교육 및 커뮤니케이션 공간이 1,984㎡로 연구동 전체 면적의 18.7%를 차지하고, 내·외부 연구지원 용도 공간이 4,144.4㎡로 41.5%를 차지함에도 불구하고 예상 수요, 인력당 적정공간 등의 근거가 명확히 제시되지 않음

- 창업지원 및 입주 공간, 방문연구원실, 개방형 연구실, open-lab 등은 사업 내용 대비 구축의 필요성이 낮으며, 규모의 적절성을 판단할 객관적인 근거가 부족하고, 주관기관 내 구축된 기존 시설 활용 방안 등에 대한 검토 필요

- 주관부처는 open-lab, 개방형 연구실, 방문연구원실 등은 2, 3내역사업의 산학연 연구자가 사용할 계획으로 추가자료를 제출했으나, 전국단위 공개경쟁과제를 수행하는 연구자를 위한 공간만으로는 적정성 부족

- 창업기업 육성 및 지원 공간은 기업 입주공간 12개, 기업당 3~5명 근무를 기준으로 산출한 것으로 자료를 제출했으나, 동 사업의 내용에 창업지원이 명시적으로 포함되어 있지 않고, 관련한 수요도 조사되지 않음

○ 1차 점검회의 후 소명자료에서 레드바이오 분야의 비중을 줄이고 해당 분야 특화장비를 제외하여 스테이션을 5개로 축소하고, 바이오파운드리 센터 규모를 지상 4층, 지하 1층으로 축소한다는 의견을 제시하였으나, 스테이션, 각 공간 등의 수요에 근거한 산출근거, 규모 산정 근거 등은 미제시

<표 3-14> 바이오파운드리 인프라동 상세 개요

층구분	인프라동			연구동		
	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항
지하1	주차장	1,821.7	주차장	주차장	1,821.7	주차장
	공조/기계/전기실		운영관리	공조/기계/전기실		운영관리
	소계	1,821.7		소계	1,821.7	
지상1	바이오파운드리 홀	396.8	교육 및 커뮤니케이션	SynBio 홀	396.8	교육 및 커뮤니케이션
	디자인실 (전산실)	297.6	장비 구축/ 서비스 지원	K-GEM 홀	297.6	교육 및 커뮤니케이션
	운영사무실	297.6	운영관리	편의시설	297.6	
	메인 홀 (로비)	656	교육 및 커뮤니케이션	메인 홀 (로비)	656	교육 및 커뮤니케이션
	계단, 화장실, 엘리베이터 등	168.9		계단, 화장실, 엘리베이터 등	168.9	
	소계	1,816.9		소계	1,816.9	
지상2	스테이션1	396.8	장비 구축/ 서비스 지원	Open Lab (산)	793.6	외부 연구개발
	스테이션2	297.6	장비 구축/ 서비스 지원	강의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션
	스테이션3	595.2	장비 구축/ 서비스 지원	원격회의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션
	혐기배양실	99.2	장비 구축/ 서비스 지원	방문연구원실	148.8	교육 및 커뮤니케이션
	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	개방형 연구실	148.8	외부 연구개발
	복도	160		복도	160	
	계단, 화장실, 엘리베이터	94.4		계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4	
	소계	1,742.4		소계	1,742.4	
지상3	스테이션4	396.8	장비 구축/ 서비스 지원	Open Lab (학,연)	793.6	외부 연구개발
	스테이션5	297.6	장비 구축/ 서비스 지원	강의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션
	스테이션6	595.2	장비 구축/ 서비스 지원	원격회의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션
	저온실험실	99.2	장비 구축/ 서비스 지원	방문연구원실	148.8	교육 및 커뮤니케이션
	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	개방형 연구실	148.8	외부 연구개발
	복도	160		복도	160	
	계단, 화장실, 엘리베이터	94.4		계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4	
	소계	1,742.4		소계	1,742.4	
지상4	Bank	595.2	장비 구축/ 서비스 지원	창업기업 입주공간 12실	1,190.4	외부 연구개발
	통합실험준비실	297.6	장비 구축/ 서비스 지원			
	살균실	99.2	장비 구축/ 서비스 지원			
	저온보관실	99.2	장비 구축/ 서비스 지원			

층구분	인프라동			연구동		
	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항
	중회의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션			
	소회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	기초장비실	198.4	장비 구축/서비스 지원
	세미나실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션
	복도	160		복도	160	
	계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4		계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4	
	소계	1,742.4		소계	1,742.4	
지상5	바이오파운드리 통합 고도화 연구실	793.6	내부 연구개발	합성생물학 고도화 연구실	793.6	내부 연구개발
	개방형 연구실	347.2	외부 연구개발	개방형 연구실	347.2	외부 연구개발
	연구원실	198.4		연구원실	198.4	
	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션
	휴게실	49.6		휴게실	49.6	
	복도	160		복도	160	
	계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4		계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4	
	소계	1,742.4		소계	1,742.4	
건물 총계		10,632.2		10,632.2		

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업

(3) 연구개발 장비 구축계획의 적절성

□ 동 사업의 총 23종 329점, 57,194백만 원 규모 장비 구축계획을 전문기관인 한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)를 통해 사업과의 부합성, 기존 장비와의 중복성, 도입 타당성, 사양 및 수량 적합성, 비용 적정성 등을 종합분석[38]한 결과 제시된 구축 비용의 1.6%를 감액한 56,263백만 원으로 조정

○ 23종의 장비 중 21종이 기반장비 또는 단독 활용 장비에 해당하여 중복이라도 구축해야 하는 '중복예외' 장비에 해당하고, 2종은 '중복없음'에 해당

- 계획된 장비 대부분이 단독 활용 장비에 해당되나 별도 구축의 필요성이 인정되는 '중복예외'로 평가되는 점을 고려할 때, 연구 및 산업 수요에 대응한 공공 서비스를 목적으로 동 사업의 목적으로 고려하여 장비의 구축·활용 계획 수립 시 신중한 검토 필요

38) NFEC은 연구장비의 구축타당성 및 제반 사항들을 Conformity(부합성), Suitability(적합성), Redundancy(중복성), Appropriateness(적정성)의 4가지 측면에서 평가 분석

○ 주관부처는 주요 장비를 워크플로의 세부 유닛 프로세스를 정의하고 필요 장비를 도출하였다고 제시하였으나, 도입 및 구축될 장비를 활용할 기술개발계획에 장비 운영인력, 장비구축 장소 등이 상세하게 포함되지 않고, 가격 산정 근거 등도 부실하여 장비 타당성조사에 한계를 초래

- 바이오파운드리는 각 유닛 장비들을 자동화 프로세스를 통해 유기적으로 연계하여 효율을 높이는 시설인 점을 고려할 때 장비 관련 전문인력 확보 계획, 사업 종료 후 유지관리 계획 등에 대한 구체적인 계획이 필요[39]

<표 3-15> 연구개발 장비 비용 분석 결과(NFEC)

연번	심의번호 (장비번호)	장비명	부합성	중복성	도입 타당성	적합성		비용 적정성	적정금액 (백만원)
						사양	수량		
1	세부1-001	전자동 멀티분주 시스템	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	4,356
2	세부1-002	전자동 대량 염기서열 분석 시료 제작 시스템	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	부적정	2,250
3	세부1-003	나노 액체 분주기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	3,416
4	세부1-004	콜로니 선별기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	부적정	5,040
5	세부1-005	자동 플레이트 핸들링 로봇암	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	4,500
6	세부1-006	전자동 PCR 장비	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	2,024
7	세부1-007	유전자 분석용 겔 전기영동 시스템	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	1,463
8	세부1-008	고성능 액체크로마토그라피	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	3,575
9	세부1-009	LC-MS 고성능 액체크로마토그라피	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	1,050
10	세부1-010	기체 크로마토그래피	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	1,725
11	세부1-011	기체 크로마토그래피-질량분석기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	부적정	630
12	세부1-012	올리고 합성기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	954
13	세부1-013	다기능 마이크로플레이트 리더	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	880
14	세부1-014	전자동 플레이트 밀봉 장치	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	1,050
15	세부1-015	전자동 튜브 봉합 및 제거기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	1,770
16	세부1-016	DNA/Cell 저장고	부합	중복없음	도입타당	적합	적합	적정	2,490
17	세부1-017	자동세포배양기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	6,435

39) 장비운영·관리기술자는 바이오파운드리의 핵심인력이며(Building a biofoundry, 2020), CJ제일제당 방문시 다양한 브랜드 장비의 물리적 연계 및 데이터 표준화, 이에 따른 해외 장비 업체의 맞춤 제작 등의 수요가 중요함을 확인

연번	심의번호 (장비번호)	장비명	부합성	중복성	도입 타당성	적합성		비용 적정성	적정금액 (백만원)
						사양	수량		
18	세부1-018	병렬 미생물 배양 시스템	부합	중복없음	도입타당	적합	적합	적정	3,496
19	세부1-019	소용량 발효기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	4,200
20	세부1-020	밀도에 따른 혼합물 분리기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	1,275
21	세부1-021	유체 기반 고속 세포 분류기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	1,104
22	세부1-022	차세대염기서열분석기	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	2,442
23	세부1-023	세포 이미징 촬영 장비	부합	중복예외	도입타당	적합	적합	적정	138
총 계									56,263

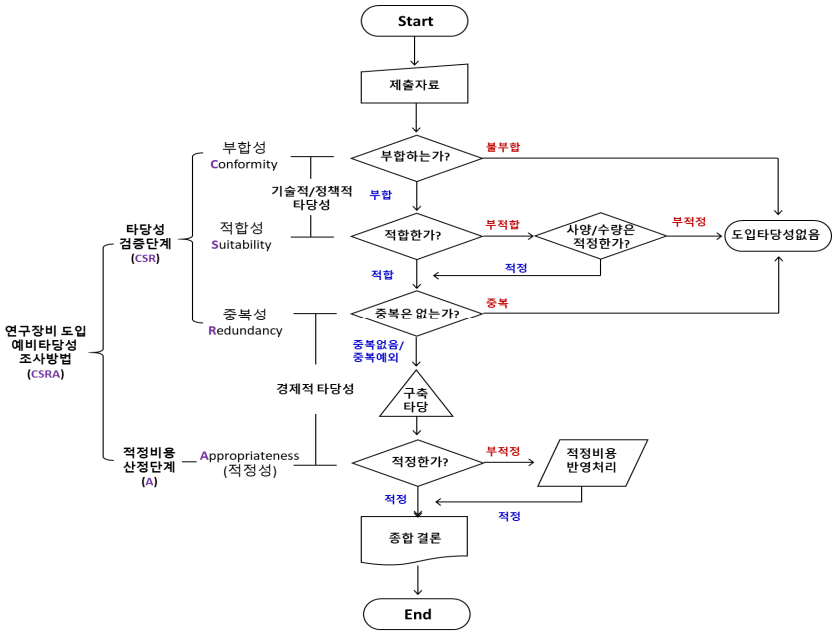
※ 중복예외 : 중복성 예외 인정, 기반장비 또는 단독활용장비에 해당하여 중복이라도 구축해야 하는 장비

<표 3-16> 장비별 수량 및 비용 조정 결과

연번	심의번호 (장비번호)	장비명	수량적정성 (점)		비용(단가) 적정성(백만원)		신청금 (백만원)	최종 확정금액 (백만원)
			신청	조정	신청	조정		
1	세부1-001	전자동 멀티분주 시스템	33	33	132	132	4,356	4,356
2	세부1-002	전자동 대량 염기서열 분석 시료 제작 시스템	15	15	162	150	2,430	2,250
3	세부1-003	나노 액체 분주기	7	7	488	488	3,416	3,416
4	세부1-004	콜로니 선별기	18	18	319	280	5,742	5,040
5	세부1-005	자동 플레이트 핸들링 로봇암	15	15	300	300	4,500	4,500
6	세부1-006	전자동 PCR 장비	44	44	46	46	2,024	2,024
7	세부1-007	유전자 분석용 겔 전기영동 시스템	7	7	209	209	1,463	1,463
8	세부1-008	고성능 액체크로마토그라피	25	25	143	143	3,575	3,575
9	세부1-009	LC-MS 고성능 액체크로마토그라피	7	7	150	150	1,050	1,050
10	세부1-010	기체 크로마토그래피	25	25	69	69	1,725	1,725
11	세부1-011	기체 크로마토그래피-질량분석기	7	7	97	90	679	630
12	세부1-012	올리고 합성기	3	3	318	318	954	954
13	세부1-013	다기능 마이크로플레이트 리더	8	8	110	110	880	880
14	세부1-014	전자동 플레이트 밀봉 장치	15	15	70	70	1,050	1,050
15	세부1-015	전자동 튜브 봉합 및 제거기	15	15	118	118	1,770	1,770
16	세부1-016	DNA/Cell 저장고	5	5	498	498	2,490	2,490
17	세부1-017	자동세포배양기	39	39	165	165	6,435	6,435
18	세부1-018	병렬 미생물 배양 시스템	2	2	1,748	1,748	3,496	3,496
19	세부1-019	소용량 발효기	14	14	300	300	4,200	4,200
20	세부1-020	밀도에 따른 혼합물 분리기	15	15	85	85	1,275	1,275
21	세부1-021	유체 기반 고속 세포 분류기	3	3	368	368	1,104	1,104
22	세부1-022	차세대염기서열분석기	6	6	407	407	2,442	2,442
23	세부1-023	세포 이미징 촬영 장비	1	1	138	138	138	138
총 계			329	329	6,440	6,382	57,194	56,263

<표 3-17> NFEC 연구장비 예비타당성조사 개요

○ NFEC 연구장비 예비타당성조사는 다음의 흐름으로 진행



- 부합성 항목별 조사결과는 100점 만점으로 채점되고 항목별 가중치를 적용해 합산된 최종점수를 계산
- 부합성 점수가 60점 이상이면 장비가 사업에 부합한다고 판단하고, 60점 미만이면 부합하지 않는 것으로 판단
- 장비가 사업에 부합하지 않는 것으로 판단되면 도입하지 않는 것을 권고
- 장비가 사업에 부합하면 중복성을 조사. 중복성이 있으면 도입 타당성이 없는 것으로 판단하고, 중복성이 없거나 중복 예외사유가 인정되면 해당 장비의 도입 타당성이 인정
- 적합성 조사결과는 단일 사양과 수량으로 결정해 제시
- 적합성 조사에서 결정된 사양과 수량은 조사에 참여하지 않은 해당 분야의 다른 전문가가 납득할 수 있는 수준의 구체적이고 객관적인 근거를 포함하여 제시되어야 함
- 적합성 조사결과가 원안과 다를 경우 사업 기획 주체의 의견을 수렴. 조정안을 수용하면 조정된 안으로 다음 조사를 진행하되, 반대시 참여 전문가가 반대 의견의 근거에 동의하지 않는다면 대상 장비는 부적합으로 판단
- 중복성은 장비 도입의 경제적 타당성에 대한 내용으로 기구축 장비와의 중복성, 사업 내 장비와의 중복성, 중복 예외성으로 구분하여 조사. 중복 예외성은 기반장비 및 단독활용 판단기준에 따라 해당여부를 판단함
- 중복성이 없거나 중복성이 있더라도 중복 예외성이 있는 장비는 도입 타당성 있는 장비로 판단하고, 중복성이 있다고 판단된 장비는 도입하지 않고 공동활용 장비를 사용하여 사업을 수행할 것을 권고
- 적정성은 도입비용을 조사하는 항목으로 임대와 구입으로 구분, 임대시 임대비용을, 구입시 적정가격을 제시
- 적정가격은 NFEC DB를 통하여 자동으로 산출
- 기구축 장비정보가 없거나 신뢰성이 낮은 경우 NFEC DB를 이용한 적정가격 산출이 불가능하여 전문가와 제조업체 조사를 통하여 적정가격을 조사

(4) 연구개발 수요조사의 적절성

□ 주관부처는 동 사업을 기획하는 과정에서 총 3회의 수요조사를 통해 399건의 수요가 제출되었으며[40], 부처가 제출한 수요조사 원시자료를 분석한 결과 학계(기반기술 69.8%, 활용기술 67.7%)[41]에서 수요의 대부분을 제시한 것으로 나타나, 산업계의 수요가 충분히 반영되지 못함

○ 2내역사업을 통해 지원할 계획인 DBTL 기반 세부기술 20건은 수요조사의 분야별 건수 비중을 고려할 때 적정하게 선정되었으나, 대부분 학계에서 제출된 수요(69.8%)

- 다만, 2내역사업의 5중점과제인 '바이오파운드리 핵심장비 개발'의 경우, 수요조사 원시자료 기준 3건, 에서 제출된 수요조사 14건의 수요가 조사되었으나, 최종 선정 건수는 8건이 선정되었으며, 그 과정이 분명하게 제시되지 않음

<표 3-18> 2내역사업 기술수요조사 대비 최종 세부기술 선정 현황

* (괄호) : 수요조사 시 분과위원회 위원이 제안한 건수임

구 분	부처제출 원시자료		수요조사 결과 종합		최종 세부기술	
	건수	비중	건수	비중	건수	비중
설계기술	41	24.3%	34	22.8%	5	25.0%
제작기술	53	31.4%	48	32.2%	7	35.0%
시험기술	47	27.8%	45 (3)*	30.2%	5	25.0%
학습기술	25	14.8%	22 (5)	14.8%	3	15.0%
기타	3	1.8%	1	0.0%	0	0.0%
DBTL 합계	169	100.0%	149	100.0%	20	100.0%
장비개발	3	-	14	-	8	-
총합계	172	-	163	-	28	-

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서, 2차 추가제출자료, 부처제출 원시자료로 연구진 재구성

40) 사업계획서(기반 128건, 활용 333건), 요약본(기반 102건, 활용 286건), 기술수요조사 원시자료(기반 172건, 활용 263건) 등 상이하여, 2차 추가제출한 '우선순위 도출과정'의 수치를 적용

41) 주관부처에서 2차 추가 제출한 기술수요조사 결과 정리 원시자료(엑셀파일) 기준

<표 3-19> 2내역사업 분야별 산학연 기술수요조사 결과(부처제출 원시자료 기준)

(단위 : 건, %)

구 분	산 (대기업)	산 (중견기업)	산 (중소기업)	학	연	총합계 (비중)
설계기술	1	1	2	30	7	41(23.8)
제작기술	2	1	1	37	12	53(30.8)
시험기술			7	34	6	47(27.3)
학습기술			3	18	4	25(14.5)
기타 (DBTL 기술)	1		1	1		3(1.7)
장비개발			2		1	3(1.7)
총합계(비중)	4(2.3)	2(1.2)	16(9.3)	120(69.8)	30(17.4)	172(100.0)

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서, 2차 추가제출자료 분석

○ 3내역사업은 수요조사 결과와는 상이하게 화이트 바이오 분야 과제가 다수 선정되었으며, 바이오파운드리를 활용하는 내역사업임에도 불구하고 대부분 학계(67.7%)에서 제시한 수요로 수요 대비 적정성이 미흡

<표 3-20> 3내역사업 기술수요조사 대비 최종 세부기술 선정 현황

구 분	부처제출 원시자료		수요조사 결과 종합		최종 세부기술	
	건수	비중	건수	비중	건수	비중
레드 바이오	148	56.3%	144	55.8%	4	33.3%
화이트 바이오	53	20.2%	53	20.5%	6	50.0%
그린 바이오	62	23.6%	61	23.6%	2	16.7%
합계	263	100.0%	258	100.0%	12	100.0%

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서 , 2차 추가제출자료, 부처제출 원시자료로 연구진 재구성

<표 3-21> 3내역사업 분야별 산학연 기술수요조사 결과(부처제출 원시자료 기준)

(단위 : 건, %)

구 분	산 (대기업)	산 (중견기업)	산 (중소기업)	학	연	총합계
레드 바이오	1	0	26	102	19	148(56.3)
화이트 바이오	2	0	3	35	13	53(20.2)
그린 바이오	1	4	7	41	9	62(23.6)
합계	4(1.5)	4(1.5)	36(13.7)	178(67.7)	41(15.6)	263(100.0)

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 2차 추가제출자료 분석

다. 우선순위 설정 과정의 적절성

(1) 1내역사업 우선순위 설정 과정의 적절성

□ 주관부처는 전문가 수요조사, 전문가회의를 통해 바이오파운드리에 구축할 워크플로와 스테이션 수 및 우선순위를 정하였다고 제시하였으나, 우선 선정된 4개 워크플로의 선정 근거, 스테이션 수가 6개로 정해진 근거 및 이유가 불명확

- 워크플로, 스테이션 수는 인프라 규모 및 동 사업의 총사업비 규모와 직결되나, 구체적인 근거가 없이 사업 규모 등을 정한 것은 타당성이 부족

※ 워크플로(workflow): 최종 산출물을 만들기 위해 필요한 유닛 프로세스들이 논리적, 순차적으로 연결된 논리 프로세스

※ 스테이션(station): 워크플로를 구현하도록 개별 장비들 또는 워크스테이션이 자동화 시스템으로 연결되어 구축된 물리적인 공간

○ 바이오파운드리 센터에 구현할 워크플로는 수요조사를 통해 34종 서비스가 조사되었으며, 이 중 전문가회의를 통해 우선 구현할 워크플로를 '범용 및 화이트 분야 4개 워크플로'로 정하고, 사업 후반기 추가 수요 및 그린, 레드분야 지원을 위한 4개 워크플로를 추가 개발한다는 계획을 제시

※ 4개 워크플로 : 장쇄 DNA 합성, 생체촉매 유도진화, 인공미생물 개량 및 제작, 발효 최적화

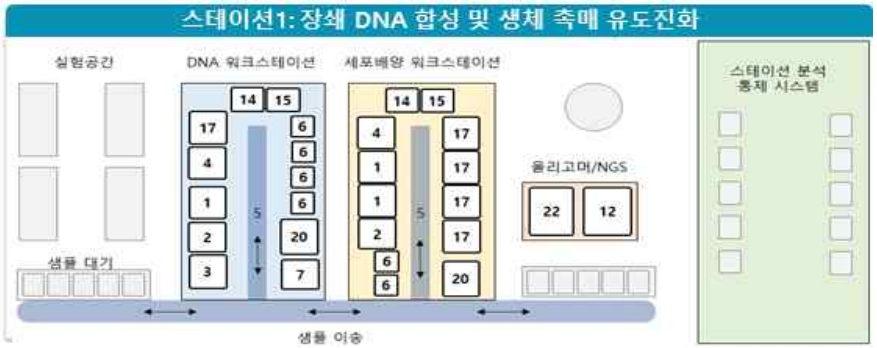
- 1차 년도에 범용 워크플로를 우선 구축하는 것은 기술수준 등을 고려할 때 적정한 전략
- 다만, 분야별 우선순위 설정의 근거가 분명히 제시되지 않았고, 워크플로 우선순위가 동 센터의 핵심기능에 해당한다는 중요도를 고려할 때 1회('21. 8. 9.), 7인의 전문가 회의만으로 결정한 것은 절차적 타당성 부족
- 참여한 전문가(7인)는 모두 학, 연 소속이며, 한국생명공학연구원 소속 전문가 3인 포함된 점을 고려할 때, 산학연 전문가 참여 비중, 전문가의 분야별(레드/화이트/그린 분야) 분포 등을 고려할 때 적정성 의문 제기

○ 주관부처는 레드, 화이트, 그린 분야별 각각 2개, 총 6개 스테이션을 구축하는 점, 장비 및 소프트웨어 개발 속도 등을 고려하여 1, 2단계로 나누어 각각 3개씩 구축한다는 계획을 제시

- 스테이션 수는 동 사업을 추진해야 하는 문제/이슈의 해결 가능성, 구축될 센터의 활용 수요, 센터의 물리적 규모 등을 규정하는 핵심적인 사안임에도 불구하고, 6개

스테이션를 구축해야 하는 이유 및 산출 근거, 각 스테이션에서 구현할 워크플로를 정하는 과정 및 근거자료 미제시

- 주관부처에서 제시한 자료에 따르면 스테이션 수와 분야별 배분 등을 객관적인 평가에 의하지 아니하고, 기획위원의 제안[42]에 의해 정해져 절차의 적절성도 부족
- 아울러 23개 유닛 프로세스별 208종 장비 조사 결과에 대한 전문가 선호도 평가 결과[43]와 동 사업의 장비구축 계획과의 관계, 장비 평가 기준 및 방법 등이 불분명



[그림 3-14] 스테이션의 장비 구성 예시

* 번호는 장비 번호를 의미

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 2차 추가제출자료

(2) 2, 3내역사업 우선순위 설정 과정의 적절성

□ 기술수요조사, 분과위원회 제안을 통해 후보 세부기술을 도출하고, 분과위원회의 우선순위 평가를 거쳐 내역사업별 세부기술을 선정하였으나, 2내역사업의 경우 '핵심장비개발 중점과제(2-5)'의 도출과정이 불분명하고, 3내역사업의 '산학연 수요 맞춤형 중점과제(3-2)'도 자유공모형 과제를 이유로 수요조사 미시행

---

42) '바이오파운드리 인프라 구축 및 활용기술개발사업 예타 기획 스테이션 구축 논의(21.8.16)' 회의록에 의한 '스테이션 도입 계획'에 따르면 '구축할 스테이션 수 : 6개 정도가 적당. 활용기술 3가지 분야가 있으므로 각 분야별 2가지 스테이션 정도가 적당할 듯함', '반은 1단계에서 나머지는 1단계에서 파악한 문제가 개선된 좀 더 고도화된 장비들로 2단계에 구축' 등의 정성적인 논의를 통해 결정(2차 추가제출자료 : 1내역사업 분과회의록 발췌)

43) 해당 선호도 평가 회의자료(2차 추가제출자료)에는 '장비 심의, 입찰, 기종 업그레이드에 따른 변경 가능, 참고자료로써만 활용'이라고 제시

○ 2내역사업은 기술 수요조사와 분과위원회 제안으로 149건의 후보 세부기술을 도출하고 최종적으로 20건의 세부 기술과제를 선정

- 이는 2내역사업의 1~4중점과제에 해당하는 것으로, 5중점과제인 '바이오파운드리 핵심장비개발' 중점과제는 별도의 수요조사를 진행하지 않고, 국내 구현 가능하고 업계 수요가 확인된 기술 중 선정한 것으로 제출하였으나 구체적인 선정과정은 불분명

○ 3내역사업은 기술 수요조사와 분과위원회 제안으로 258건의 후보 세부기술을 도출하고 최종적으로 12건의 세부 기술과제를 선정

- 다만, 이는 3내역사업 중 1중점과제에 해당하는 것으로 2중점과제 '산학연 수요 맞춤형 바이오파운드리 활용지원' 중점과제는 이와 같은 도출 과정에서 미실시

<표 3-22> 2/3내역사업 세부기술의 우선순위 도출 과정

세부기술 도출 과정	2내역사업	3내역사업
기술수요 발굴 (기술수요조사 + 분과위원회 제안)	149건 (수요조사: 설계 34건, 제작 48건, 시험 42건, 학습 17건) (분과위원회: 시험 3건, 학습 5건)	258건 (레드 144건, 화이트 53건, 그린 61건)
⇓		
후보기술 도출 (수요기술 통합/조정)	31건 (설계 8건, 제작 10건, 시험 8건, 학습 5건)	24건 (신규생합성경로 발굴 8건, 바이오소재 활성 극대화 8건, 소재 생산성 고도화 8건)
⇓		
우선순위 평가 (분과위원회)	①바이오파운드리 구현 가능성, ②글로벌 경쟁 확보 가능성, ③기존 과제와의 차별성 (가중치 동일)	①바이오파운드리 활용성, ②시장성, ③상용화가능성 (가중치 동일)
⇓		
세부기술 선정	세부기술 20건	세부기술 12건

자료 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1·2차 추가제출자료 재구성

(3) 내역사업 및 중점과제 도출의 적절성

□ 1, 2, 3 내역사업의 중점과제 우선순위 도출과정이 불분명하고, 일부 과제는 기술수요조사 등을 수행하지 않아, 동 사업을 통해 해결해야 할 문제/이슈와 사업목표, 내역사업 및 중점과제와의 관련성 등을 충분히 입증하고 있지 못함[44]

44) 주관부처는 2차 추가제출자료에서 '내역사업별 중점과제 구성은 분과기획위원회 논의를 통하여 도출하였으며, 우선순위 평가 과정을 거치지 않았음'이라고 답변

○ 내역사업과 중점과제 연계성이 부족하며, 내역사업별 사업관리 주체 및 체계가 상이한 점을 고려할 때 사업의 성공적 수행의 위험요인으로 작용할 것이 우려

○ 1내역사업의 5중점과제 '합성생물학 수용성제고 연구'의 경우 규제개선 및 법안 제정, 영향평가 및 윤리 원칙안 개발, Biz모델 적용 및 확산을 세부내용을 설정하고 있으나, 1내역사업 내 다른 중점과제의 연구개발 내용과의 연관성이 낮고, 연구의 필요성을 인정하더라도 연구의 객관성, 공정성 등을 고려할 때 별도 사업, 별도 추진 체계로 추진하는 것이 타당

- 연구내용이 합성생물학과 관련한 정부 정책 결정을 지원하는 것으로 합성생물학 분야의 사회적 윤리적 논란 등을 고려할 때 객관적이고 공정하도록 제3의 주체에 의해 별도 사업으로 추진하는 것이 타당
- 사업계획서에 동 중점과제의 세부기술(연구주제)의 수요, 우선순위 도출과정, 개요서(RFP) 등이 제출되지 않아 수요 및 우선순위 설정 과정이 불분명
- 정책연구 성격의 중점과제에 10년간 200억 원의 연구비 편성하고 있으나, 산출근거가 제시되지 않았으며, 유사 성격의 과제 규모 등을 고려하여 적정 규모 재산정 필요[45]

○ 2내역사업 DBTL 핵심기반기술개발을 위한 1~4중점과제의 20개 세부기술은 5명의 전문가가 3개 평가항목으로 선정하였으나, 위원별 총점 이외에 평가항목별 평가 점수를 제출하지 않아 선정의 적정성 평가 불가

※ 평가항목 : 바이오파운드리 구현 가능성, 글로벌 경쟁 확보 가능성, 기존 과제와의 차별성

- 이는 3내역사업의 1중점과제 세부기술을 10명의 전문가가 3개 평가항목에 대한 평가를 통해 도출하고, 위원별 항목별 배점이 제출된 것과 대조적

※ 평가항목 : 바이오파운드리 활용성, 시장성, 상용화 가능성

- 2, 3내역사업의 각 중점과제별 세부기술 선정시 평가항목의 가중치를 동일하게 적용한 근거가 부족하고, 선정평가시 활용한 후보 과제별 분석 및 평가자료 등도 불분명

○ 사업계획서, 1·2차 추가제출자료 등을 통해 중점과제, 세부기술과제 우선순위 도출 과정 등을 분석하였으나, 자료 간 일치성이 부족하여 우선순위 설정 과정의 적정성 및 타당성 분석에 한계 존재

---

45) 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 5중점과제의 동 사업내 추진 이유, 세부과제 우선순위 재선정 및 일부 과제를 제외하여 예산 규모를 118억 원으로 조정하고, 선정관리를 한국산업기술평가관리원이 담당하도록 변경한다는 의견을 제시

- 2내역사업 1~4 중점과제 20개 세부기술의 경우 기술수요조사에 근거한 과제와 기획위원이 제시한 과제 간 평가 및 최종 선정 비중을 파악하는 데 한계
- 3내역사업 1중점과제 12개 세부기술의 경우 기술수요조사에 근거한 과제와 기획위원이 제시한 과제 간 평가 및 최종 선정 비중을 파악하는데 한계

라. 사업 기획 및 우선순위 도출 참여 전문가 구성의 적절성

□ 동 사업 기획위원회 48명은 총괄기획위원회 16명과 분과기획위원회 36명으로 구성되었으며 위원회별 역할은 다음과 같음

※ 기획위원회 간 중복인원 배제

○ 총괄위원회(16명 : 학7, 연3, 산6)는 거시적 관점에서 동 사업의 기획 방향 제시, 세부계획 결과(안)을 검토·조정하고 종합계획 수립

○ 분과기획위원회(36명: 학22, 연7, 산7)는 사업 추진분야를 고려하여 인프라 구축, 핵심기반기술, 활용기반기술 등 3개 분과로 구성

- 인프라분과 : 10명(학4, 연2, 산4)으로 구성, 바이오파운드리 DBTL 인프라 구축·운영 및 자립화 기반 확보를 위해 필요한 기술 검토·논의
- 핵심기반기술 분과 : 9명(학5, 연3, 산1)으로 구성, 인프라의 효율적 작동·운영을 위한 DBTL 핵심요소 기술 및 핵심장비 개발에 필요한 기술 검토·논의
- 활용기반기술 분과 : 17명(학13, 연2, 산2)으로 구성, 인프라를 활용한 레드, 화이트, 그린바이오 등 주요 응용분야별 합성생물학 연구에 필요한 기술 검토·논의

□ 사업목적 등을 고려할 때 기획위원회 구성, 기술수요조사 등에서 산업 수요 및 의견수렴이 전반적으로 미흡한 것으로 평가

○ 동 사업은 과학기술정보통신부, 산업통상자원부가 공동 주관하고 TRL 7단계까지 지원할 계획으로 산업계 수요 및 의견 수렴 필요

○ 2, 3내역사업은 바이오파운드리 구축 이후 산업계와의 연계를 통한 성과 창출을 계획하고 있어 산업계 수요 및 의견수렴이 중요

- 그러나 산업계 분과위원은 핵심기반기술 분과(2내역사업) 1명(11.1%), 활용기반기술 분과(3내역 분과) 2명(11.8%)에 불과

<표 3-23> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 기획위원 구성

(단위 : 명)

구분		소속	분류
총괄기획위원회 (16)		경상대(1), 고려대(1), 바이오니아(1), 바이오협회(1), 서울대(1), 생명연(3), 제노포커스(1) 카이스트(2), 한양대(1), 홍익대(1), CJ제일제당(1), GS칼텍스(1), SPC(1)	학(7), 연(3), 산(5), 협(1)
분과 (내역) 기획 위원회 (36)	1분과(1내역) (10)	삼성바이오로직스(1), 서강대(1), 생명연(2), 셀레믹스(1) 유니스트(1), 제노포커스(1), 충남대(1), 카이스트(1), CJ제일제당(1)	학(4), 연(2), 산(4),
	2분과(2내역) (9)	바이오니아(1), 서울대(1), 생명연(2), 유니스트(1), 카이스트(2), 포항공대(1), 화학연(1)	학(5), 연(3), 산(1),
	3분과(3내역) (17)	가톨릭대(1), 건국대(1), 경북대(2), 경상대(1), 국민대(1), 생명연(1), 아주대(1), 연세대(1), 이화여대(1), 에이피테크놀러지(1), 중앙대(1), 충남대(1), 키스트(1), 포항공대(1), 홍익대(1), GS칼텍스(1)	학(13), 연(2),산(2)
합계* (48)		가톨릭대(1), 건국대(1), 경북대(2), 경상대(1), 고려대(1), 국민대(1), 에이피테크놀로지(1), 바이오니아(2), 바이오협회(1), 삼성바이오로직스(1), 서강대(1), 서울대(2), 생명연(7), 셀레믹스(1), 아주대(1), 연세대(1), 유니스트(2), 이화여대(1), 중앙대(1), 제노포커스(2), 충남대(2), 카이스트(4), 키스트(1), 포항공대(2), 한양대(1), 홍익대(1), 화학연(1), CJ제일제당(2), GS칼텍스(2), SPC(1)	학(26), 연(9), 산(12), 협(1)

* 위원회 간 중복인원 배제

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 기획위원명단 재구성

3. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

□ 동 사업은 3단계(3년+3년+2년)로 기획되었으며, 1단계('23~'25) 동안 바이오파운드리 센터 등 인프라 구축, DBTL 핵심기술 및 장비 개발, 활용 과제 타겟발굴, 2단계('26~'28)에 3개 스테이션 추가 설치, DBTL 핵심기술 및 장비 개발 적용, 소재 고도화를 위해 파운드리 활용, 3단계('26~'28) 인프라 고도화, DBTL 핵심기술 및 장비 최적화, 바이오 소재 최적화 및 스케일업을 추진하는 계획

□ 사업추진 단계를 3단계 8년을 계획한 근거 및 이유는 구체적으로 제시되지 않았으며, 주관기관의 바이오파운드리 관련 경험 및 전문성, 사업 계획 준비 정도, 합성생물학에 대한 사회적 수용성, 일부 중점과제의 연계성 부족 등을 고려할 때 위험요인이 존재

○ 2, 3내역사업의 모든 과제는 바이오파운드리 인프라 구축 이후에 추진 가능하나 바이오파운드리 구축 및 운영 경험 등 전문역량, 센터 건축 기간, 고가 해외 장비의 적기 구입 및 워크스테이션 구축 가능성, AI, 로봇 등 통합 플랫폼 및 자동화 등 바이오·인재 확보, 합성생물학의 사회적 수용성 등을 고려할 때 인프라 구축 지연 가능성 등 위험요인 존재

- 주관기관은 현재 바이오파운드리 베타 사업으로 DBTL 전체 사이클 중 DB 프로세스와 관련한 파운드리를 구축하고 있어, 바이오파운드리 전체 사이클 또는 동 사업을 통해 구축하고자 하는 워크플로, 스테이션 구축 및 시스템 운용 등과 관련한 기관 차원의 표준화된 프로세스를 보유하거나 경험 및 전문성은 검증되지 않음
- 1단계의 바이오파운드리 센터 구축이 지연되면 사업 전체가 순연 되는 구조이므로, 주관기관의 바이오파운드리 구축 경험 및 전문성 미검증은 4개 워크플로 설계, 3개 스테이션 구축 등 인프라 구축·운영의 적시 추진의 위험 요인
- 주관부처는 1차 점검회의 후 센터 건립이 연장될 가능성에 대비하여 2024년까지 센터 건립 후 2025년부터 바이오파운드리 장비를 순차적으로 도입하는 것으로 일정으로 변경하여 센터 건립이 다소 지연되더라도 1단계 3차 년도의 스테이션 1기 구축에는 영향을 미치지 않을 것이라는 의견을 제시하였으나, 장비도입 일정의 일부 변경만으로 제시한 위험요인이 해소되지 못함
- 또한 1내역사업의 5 중점과제인 '사회적 수용성 및 경제성 제고' 등에서 추진 예정인 사회·윤리적 문제, 법·제도적 문제 등은 사업 추진에 막대한 영향이 있을 수 있어 별도 추진체계를 통해 조속한 해결 필요

○ 2내역사업에서 1단계에 'DBTL 핵심기술 및 장비개발'를 개발하여 2단계부터 1내역사업에서 구축한 인프라에 적용 또는 대체한다는 계획이나, 해외 도입 장비, 특히 상용 워크스테이션에 검증 또는 인증 없이 국내 개발 장비 적용이 가능한지, 해외 장비 업체의 유지보수 회피 요인으로 작용 가능성 등 위험 요인 존재

○ 3내역사업은 1단계에 타겟을 발굴하고, 2단계에 파운드리를 활용하고, 3단계에 개발된 소재, 균주의 제품화, 스케일업을 계획하고 있어, 실질적으로 2단계에만 1내역사업을 통해 구축된 인프라를 활용하고, 그 외 단계에서는 별도로 추진되므로 동 사업 내 추진 필요성이 다소 부족

- 바이오 소재 고도화 연구는 타 국가연구개발사업에도 진행 중이며, 소재 고도화가 시급하다면 동 인프라 구축 이전이라고 기존 연구방식을 이용해 과제를 추진하고 동 센터가 구축되면 이용하는 것도 고려 가능

[그림 3-15] 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 총괄 로드맵

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

4. 추진 전략의 적절성

가. 연구개발 특성을 고려한 추진전략의 적절성

□ 주관부처는 동 사업을 기획하는 과정에서 해외의 주요 바이오파운드리 관계자와 인터뷰를 진행하고, 주요 내용을 사업에 반영하고 그 내용을 요약하여 제시

○ 인터뷰에서 공공 파운드리 성공을 위한 요건으로 ①정부 지원 중단을 고려한 자체 비즈니스모델 개발, ②바이오파운드리의 설립 기능에 집중, ③기업과의 협력 시 IP 소유 문제 및 투명성 등의 중요성을 강조

해외 바이오파운드리 인터뷰 일부 발췌

- 정부가 공공 바이오파운드리를 오랫동안 계속해서 지원해주지 않을 가능성이 높으며 따라서 자체 비즈니스모델을 개발
- 전략적으로 바이오파운드리의 가장 필요하고 가치있는 기능에 집중
- 아이디어나 IP에 대한 소유 문제는 중요하며 협력하는 회사와는 투명한 정책과 정보 보안, 생물보안 등에 투자해야 하며 담당하는 회사마다 다른 인력을 배치하는 등의 고려

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

□ 동 사업은 레드, 화이트, 그린 바이오 등 범용 파운드리를 지향하고, 응용 및 타겟 분야를 특정하지 않았으며, 민간기업 등에서 중요하게 고려하는 IP 관련 문제는 사업 추진 과정에서 방안을 마련하고, 사업 종료 후 자립화 계획이 충분하게 수립되지 못한 점 등을 고려할 때 바이오파운드리의 성공적 운영을 위한 추진전략이 일부 미흡

○ 주관부처는 사업 종료 후 파운드리 이용에 따른 수수료 수입을 운영경비로 활용할 계획이나, 합성생물학 관련 산업의 미성숙으로[46] 추가 정부연구개발사업 등을 통해 재원 확보를 계획하고 있어, 사업 추진 후 자립화 방안은 미흡

○ 동 사업에 의한 바이오파운드리는 공공성을 중심으로 활용 분야를 특정하지 않고 범용으로 구축하고, 동 사업을 통해 합성생물학 연구역량 및 산업이 형성되면 분야별로 거점화하여 파운드리를 구축한다는 계획을 제시하고 있으나, 이는 주요국 공공 파운드리가 거점별로 응용 및 타겟분야를 명확히하여 구축·운영되고 있는 사례 등을 고려할 때 적정성이 낮음

- 미국 영국 등 해외 주요국은 10-15년의 합성생물학 육성 기반을 활용하여 주요 거점지역에 응용타켓 분야 및 지원 대상을 특성화하여 공공 파운드리를 구축하고 이들 간 네트워크 방식으로 구축·운영
- 전문역량을 갖춘 연구주체(대학, 연구기관 등)를 중심으로 거점별로 복수의 인프라를 구축한 선진국(미국, 영국 등) 사례를 고려할 때, 특정 지역, 기관에 대규모 단일 인프라를 구축하는 사업추진전략의 적절성에 대하여 전반적인 재검토가 필요

※ 미국 4개(연구기관 2, 대학 3), 영국 5개(연구기관 1, 대학 4), 캐나다 3개(대학 3) 등(GBA 기관 기준)

○ 바이오파운드리 인프라의 연구 및 산업 수요에 대응하는 서비스를 위해서는 생성되는 데이터, 지식재산권의 소유 문제가 중요하나 이에 대한 대책 수립이 사업시행 이후로 미루어져 부적절

- 사업기획을 위한 2차 사업참여 및 기술수요조사 시 바이오파운드리 인프라 이용시 우려사항으로 '기술/아이디어 보호'가 2번째로 높은 우려사항으로 조사
- 해외 사례에서도 아이디어 및 IP 소유 문제가 중요하게 강조
- 사업 추진 후 1내역사업 5중점과제를 통해 '바이오파운드리 이익 공유 방안을 연구하여 표준지침'을 마련한다는 계획을 제시

46) 기술개발의 불확실성이 높은 단계를 지원하기 때문에 바이오산업 생태계가 취약한 국내 환경에서는 민간서비스 시장 형성이 어려울 것으로 예상(1차 추가제출자료)

- 기타 법 제도적 규제 등의 위험요인에 대응방안도 동 중점과제에서 추진할 예정으로 적정성이 부족
- 주관부처는 1차 점검회의 후 지적재산권은 주관연구기관 소유 원칙이며, 2내역사업에서는 IP는 바이오파운드리 운영기관이 우선실시권을 가지고, 3내역사업은 주관연구기관이 소유하되, 과제 종료 후 추가 발생하는 IP의 관리·확산을 바이오파운드리 운영기관이 담당한다는 의견을 제시
- 참여기업 우려 등을 고려하여 민간기업의 바이오파운드리 서비스 활용 촉진을 위한 아이디어, 데이터 보호 및 IP 활용과 관련한 정교한 대책 미흡

<표 3-24> 주관부처가 바이오파운드리 인프라를 통해 생산하고자 하는 성과물

활용 목적	세부 과제명	분야	연구 성과물(개발 제품)
신규 생합성 경로 구현	빅데이터.AI 및 바이오파운드리 기반 플라스틱 분해 효소 개발과 플라스틱 바이오 분해공정 및 활용 기술 연구개발	화이트	플라스틱 분해 효소 생물학적 분해 공정 기술
	BigData/AI 기반 공기중 CO_2 전환 가능한 초고친화형 효소 개발 및 중간체 이용 생분해플라스틱 생산 기술 개발	화이트	CO_2 효소 재설계 기술 생분해플라스틱 생산 균주 및 생산시스템
	바이오파운드리 기반 천연물 유래 고성능 항생제 생산시스템 개발	레드	항생제 대량생산 세포공장 및 시스템·공정
	바이오파운드리 기반 대체육 품질개선 소재 생산 기술개발	그린	고농도 생산 효모 균주 구축 및 생산 공정 대체육 시제품
소재 활성 극대화	위치 특이적 결합화학 기반 항체 약물 결합체 개발	레드	암유형별 항체 약물 결합체 디자인 데이터베이스 확보 항체 약물 결합체 합성공정
	차세대 현장 진단소재 및 진단시스템 개발	레드	생체인식 분자 기반 현장 활용 차세대 진단시스템
	바이오파운드리 활용 고기능 치료물질 전달체용 무정형 인공 단백질 소재 개발	레드	무정형 인공단백질 소재
	바이오파운드리 기반 미생물 작물보호제 약효 극대화 기술 개발	화이트	미생물 기반 작물보호제 시제품
소재 생산성 고도화	바이오파운드리 활용 C_4-C_8 플라스틱 모노머 생산 고도화 기술 개발	화이트	C_4-C_8 모노머를 이용한 다양한 바이오플라스틱 제품
	바이오파운드리 활용 올레오케미컬 유도체 생물 전환 시스템 개발	화이트	올레오케미컬 유도체 다이아민을 생산하는 핵심기술
	바이오파운드리 기반 바이오비타민 소재 생산기술 개발	화이트	미생물로부터 바이오비타민 소재를 생물공학적으로 생산하는 기술
	바이오파운드리기반 터펜계 천연 향장소재 바이오생산기술 개발	그린	알파-비사보롤/산탈롤 분리정제방법 및 시제품

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료

나. 사업 추진체계의 적절성

□ 과학기술정보통신부, 산업통상자원부가 공동으로 주관하고, 바이오파운드리 연구단을 구성하여 인프라 구축·운영을 담당하며, 2, 3내역사업은 한국연구재단, 한국산업기술평가관리원이 담당하는 것으로 계획하고 있으며 주체별 역할은 다음과 같음

○ 주관부처 : 최종 의사결정 및 사업 중·장기 계획 수립, 사업 추진위원회, 바이오파운드리 운영위원회 구성 및 의결사항 심의, 연구단장 위임 및 해임 등 연구단 운영 제반 등에 대한 감사 역할

○ 사업 추진위원회 : 두 부처 국장급 공무원과 산학연 전문가로 구성되며, 바이오파운드리 구축·운영 및 과제 간 연계 필요사항 관련 주요사항 심의 및 의결, 예산변경 승인 및 사업계획(과제) 확정

○ 바이오파운드리 운영위원회 : 연구단장, 2, 3내역 과제책임자 각 1명, 산학연 전문가 등으로 구성되며, 바이오파운드리 구축·운영, 사업 단계평가 및 성과관리 등 사업 운영 관련 총괄 관리를 담당

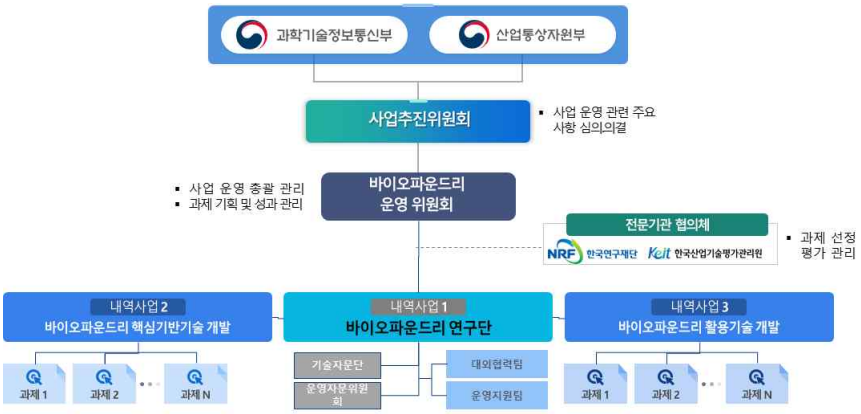
○ 전문기관 협의체 : 2내역사업과 3내역사업 운영을 위해 구성하며, 연구개발 과제 선정·평가 및 관리, 정산을 담당하고 연구단장 선정, 연구단 운영 평가·관리 역할

○ 사업 수행 주체 : 바이오파운드리 연구단, 산학연 연구기관 담당

- 바이오파운드리 연구단 : 바이오파운드리 시설·장비 도입 선정 및 평가, 관리업무 등 인프라 구축 전반에 대한 총괄 안정적 운영, 인프라 구축 성과에 대한 평가·관리

※연구단장 외 구성 인원은 사업 초기 총 6명, 사업 3년차 이후 12명 확대 예정

- 산학연 연구기관 : 과제 성격에 따라 산학연 컨소시엄 형태 또는 단독과제 형태로 기술개발 수행



[그림 3-16] 주관부처가 1차 추가제출자료에서 제시한 동 사업 추진체계

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료

□ 동 사업은 내역사업별로 별도 관리체계로 운영을 계획하고 있어, 내역사업간 효율적 연계를 위해서는 '운영위원회'과 '연구단장'의 역할이 중요하나, 연구단장의 임명 주체, 주무부처와 주관기관 내 위상, 집중된 권한을 원활히 수행할 공정하고 전문적인 적임자 선정 문제 등 우려 존재

○ 연구단장은 운영위원회 위원장으로 동 사업 운영 전체를 지휘하며, 1내역사업의 인프라 구축 및 운영을 책임지고, 2, 3내역의 과제 선정평가위원회에도 참여하여, 연구단장의 역량이 사업 성공 여부에 중요한 영향을 미침

- 연구단장은 5년 임기로 3년 차에 단계평가를 통해 2년 연장 여부를 결정하고, 공개경쟁을 통한 선정하고, 한국생명공학연구원장이 임명
- 연구단장 역할을 고려할 때 우수 전문가 유치를 위해 위상 및 처우 조건, 연구주관기관 내에서의 독립적 권한 부여 등의 규정 마련 필요

□ 바이오파운드리 연구단을 한국생명공학연구원 내부조직으로 운영할 경우, 연구단의 독립성, 인력의 안정적 확보 및 종료 후 인건비 확보, 사업 종료 후 바이오파운드리 운영계획 등과 관련한 추가적인 고려 요소가 존재

○ 기관의 시스템을 활용하고 공공성 확보에 유리하여 연구단을 별도 법인화하지 않고 한국생명공학연구원 내부조직으로 운영하고[47], 연구단의 독립적 운영을 위해 별도 운영지침을 마련할 계획

47) 바이오파운드리는 국가 인프라로서 지속적인 운영이 필요하여, 사업기간이 정해진 독립법인 형태보다는 기관 내 별도 조직 형태가 적합(바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서)

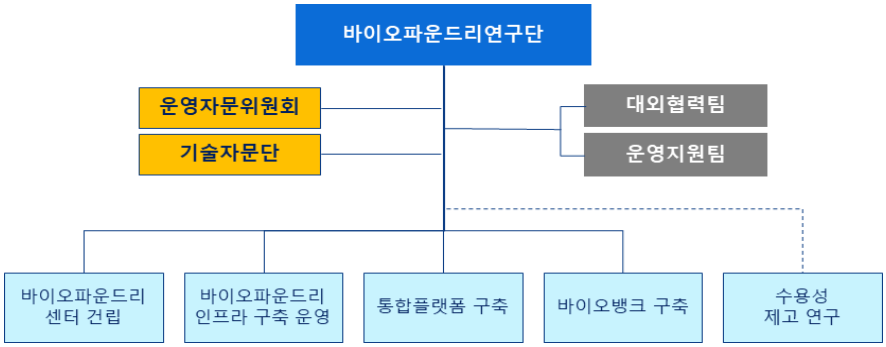
- 한국생명공학연구원은 합성생물학 분야의 연구를 가장 많이 수행하는 기관으로, 연구원의 내부 수요가 높을 것으로 예상되므로, 대외 수요와의 서비스 우선순위 설정 시 공정성을 유지할 수 있도록 기관 내 독립적 위상 부여 필요
- 출연(연)의 인력 정원은 기획재정부에서 관리받기 때문에 사업 예산 확보 여부와는 별개로 연구단 인력 확보가 어려울 수 있으며, 사업 종료 후 주관기관에서 해당 인력을 계속 확보해야 하는 부담이 존재
- 주관부처는 인건비 등 운영비를 별도 국가연구개발사업을 통해 조달할 계획[48]이나, 글로벌 바이오파운드리 플랫폼 기업의 성장 등을 고려할 때 사업 종료 후 서비스 수요 성숙 여부, 추가 국가연구개발사업 추진의 불확실성 등을 고려할 때 위험요인으로 존재

<표 3-25> 주관부처가 제시한 독립법인형태와 출연(연) 내부조직 간 차이

구분		독립법인 형태 (H-Guard 사례)	출연(연) 내 부처사업 조직 (KOBIC 사례)
운영방식	절차	독립법인 설립 신청, 주관부처 허가, 설립 등기신청	-
	주요규정	독립법인 별도 정관 신설 재단설립 관련 규정 필요(이사회 구성 등)	신규 인프라 센터 운영지침 마련
	센터장 독립성	단장 임기 보장으로 독립성 확보	임기제 센터장으로 제한적 독립성 확보
	예산/인력 확보	독립적 예산·조직운영·인력 확보	기관전체의 예산·인력T/O로 관리
	운영방식	독자적 예산, 과제관리, 회계, 인사, 구매 시스템 및 제도 운영	기관의 시스템활용 및 기관 운영 절차 활용하여 운영 효율성 높음
장단점	자율성	이사회를 통해 결정 독립법인 이사회 운영을 통한 자율성 확보	운영위원회를 통해 결정 위원회 운영 방식에 따라 자율성 확보 가능
	공공성	공공성 부족 (민간기관)	공공성 확보 (출연연 운영조직)
	효율성	자체적인 시스템 구축 및 별도 절차 진행으로 인한 비효율 * 예산, 사업관리, 회계, 인사, 구매 등	기관의 시스템 활용 및 기관 운영 절차 활용하여 운영 효율성 높음

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료

48) 주관부처는 사업 종료 후 운영은 국가연구개발사업 및 연구과제 수주, 인프라 장비 활용 수수료, 기체 공동연구 수탁 등으로 추가 제시(2차 추가제출자료)



[그림 3-17] 바이오파운드리 연구단 조직체계도

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 사업계획서

□ 동 사업의 바이오파운드리 인프라 구축 및 운영 주관기관은 입지적정성 용역 및 운영 주관기관 선정평가 등을 통해 '한국생명공학연구원(KRIBB)'이 선정되었으며, '한국과학기술원(KAIST)'의 동 사업 내 공동연구기관 참여 등은 근거가 없어 부적절

○ 사업계획서에서는 한국과학기술원은 바이오파운드리 센터 부지의 일부를 제공, 정규직 인력 확보 시 협력하는 등 'KAIST도 바이오파운드리 관련 인력 및 시설 확보에 협력하기로 협의'로만 제시

○ 1차 점검회의 후 소명자료에는 한국과학기술원은 '협력기관으로 부지 제공, 건물 증축 및 인프라 구축에 협력'하고, '공동연구기관으로 참여하여 인프라 구축 및 운영을 공동 추진하며, 건축 성과물은 해당 토지 소유기관의 소유'로 한다는 의견과 함께 다음과 같은 내용을 제출

- 한국생명공학연구원은 총괄기관으로서 건설 및 인프라 전반을 책임 운영하며, 한국과학기술원은 협력기관으로 자체 전담 조직을 갖추고 연구동의 고유 기능을 운영·발전시킬 수 있도록 함

- 본 사업에서 구축되는 바이오파운드리 시설은 소유권 관계없이 사업 종료 후에도 중장기적으로 합성생물학 분야 국가 인프라로 활용되도록 함

- 한편, 소명자료 제출 후 '바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 유지를 위한 업무협약서(22.7.6)'를 추가 제출[49]

49) 협력 범위 : ① 동 사업을 위한 주관기관(한국생명공학연구원), 공동연구기관(KAIST)을 참여하여 계획 수립 및 정보교환 협력, ② 부지 제공, 건물 증축 및 인프라 구축 협력, ③ 한국생명공학연구원은 주관기관으로 연구단 업무를 총괄 관리, KAIST는 공동연구기관으로 인프라 구축 및 운영 관련 협력, 공동 사업관리위원회 운영, ④ 바이오파운드리의 원활한 운영을 위한 각각 운영지원팀 구성, ⑤ 바이오파운드리의 안정적 운

○ 동 사업의 운영 주관기관은 입지적정성 용역 및 선정평가를 통해 '한국생명공학연구원'으로 선정되었으며, 선정과정에서 한국과학기술원 등 대학은 공공성을 이유로 대상기관 후보에서 제외된 점을 고려할 때 해당 기관이 동 사업의 추진 주체로 참여할 근거 부족

- 한국과학기술원은 입지적정성 용역 및 주관기관 선정 대상기관에 불포함
- 주관부처가 제시한 사업계획서의 추진체계 등에도 한국과학기술원의 역할 및 사업 참여는 포함되지 않음
- 추가 제출한 '바이오파운드리 유치를 위한 업무협약서'는 운영주관기관 선정 평가 시 고려될 수는 있으나, 선정평가 이후 체결된 협약서를 기준으로 공동연구기관의 지위 부여는 부적절
- 바이오파운드리 센터 건물의 절반 규모인 연구동을 KAIST 부지에 KAIST 소유로 건축해야 하는 타당한 근거 확인 불가
- 동 사업을 통해 구축되는 바이오파운드리는 전국 범위의 연구 및 산업 서비스, 과제 공모를 통한 연구개발 지원하는 사업이므로, 적정한 절차 및 근거 없이 특정 기관이 참여하는 것은 공정성 등은 문제 발생도 우려

다. 과제선정 기준 및 절차, 성과관리 방안 등 연구개발 추진방안의 적절성

□ 과제선정 기준 및 절차, 성과관리는 1내역사업은 별도 운영규정을 마련하여 추진하고, 2, 3내역사업은 한국연구재단, 한국산업기술평가관리원의 '전문기관 협의체'를 통해 추진 예정

<표 3-26> 과제 선정, 관리, 평가 체계

구분	주요 내용
사업시행계획 수립	과학기술정보통신부, 산업통상자원부 공동 → 사업 운영위원회 심의·확정
총괄 협약 및 사업비 지급	총괄협약 : 과학기술정보통신부, 산업통상자원부 ↔ 전문기관 사업비 지급 과학기술정보통신부, 산업통상자원부 → 전문기관
연구개발과제 기획	바이오파운드리 연구단, 바이오파운드리 운영위원회 → 사업 운영위원회 심의·확정
사업 공고	과학기술정보통신부(한국연구재단), 산업통상자원부(한국산업기술평가관리원) ※ 연구개발과제 공모, 필요 시 과제제안요구서(RFP) 포함

영 및 국가적 활용 제고 방안 협력

구분	주요 내용
연구개발과제 선정	한국연구재단, 한국산업기술평가관리원 : 2·3내역사업 연구개발과제 접수 및 평가계획 수립, 선정평가 실시 → 사업 운영위원회 심의·확정
연구개발과제 협약 체결	1내역사업 1차 협약 : 한국연구재단, 한국산업기술평가관리원 ↔ 바이오파운드리 연구단 2차 협약 : 연구단 ↔ 연구단 내 주관연구개발기관, 주관연구개발기관 ↔ 공동, 위탁연구개발기관 및 참여기업 2, 3내역사업 1차 협약 : 한국연구재단/한국산업기술평가관리원 ↔ 주관연구개발기관 주관연구개발기관 ↔ 공동, 위탁연구개발기관 및 참여기업
단계평가 등	1내역사업 - 연구단에서 자문위원회를 통해 1내역사업 과제의 계획 및 실적을 평가·자문받고, 연차점검·단계·최종평가 및 현장실사 등을 담당 2, 3내역사업 - 한국연구재단, 한국산업기술평가관리원 : 2·3내역사업 내 연구개발과제 단계보고서, 차단계 연구개발계획서 및 최종보고서 평가 → 단계, 최종평가 결과는 사업 운영위원회 심의 및 확정
성과활용·관리	과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 연구단 및 전문기관 공동 : 필요 시 연구개발사업(과제)에서 발생한 연구성과에 대해 종료 후 지속적인 관리 및 활용 현황 조사

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 2차 추가제출자료 기준[50]

□ 1내역사업은 별도 연구단 운영규정을 마련하고, 이를 근거로 연구단에서 5개 중점과제의 과제를 선정하고, 연차점검·단계·최종 평가를 자문위원회를 구성하여 진행하는 체계이나, 사업초기 1단계의 업무량 및 범위, 연구단의 파운드리 구축 관련 경험 및 전문성, 바이오파운드리 운영의 공정성 확보를 위한 외부평가체계 부재 등 사업관리체계 차원에서 일부 미흡

○ 인프라 구축 및 중점과제 착수 지연 가능성이 존재하며, 인프라 구축의 지연은 사업기간 연장, 2, 3내역사업의 지연에 따른 사업 성공 여부에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 사안

- 사업초기에 센터 구축 등과 연구단장 선임, 연구단 운영 규정, 중점과제별 과제선정 등을 병행 추진해야 하나, '23년 연구단 인력은 6명에 불과(박사, 석사, 학사급 각 2명)
- 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 장비구매, 인프라(H/W, S/W) 구축 및 운영은 중점과제 2, 3, 4의 참여인력과 연구단 인력과의 협력하에 추진한다는 의견을 제시하였으나, 1단계 추진 업무 및 난이도를 고려할 때 핵심인력 및 전담 인력 부족에 따른 위험요인은 여전히 존재

50) 주관부처는 사업계획서에서 제출한 선정관리평가체계를 일부 수정하여 2차 추가제출자료에 제시

<표 3-27> 바이오파운드리 연구단 인력 계획

(단위: 명)

구분	’23	’24	’25	’26	’27	’28	’29	’30
박사급 (대외협력팀/운영지원팀)	2 (1/1)	2 (1/1)	3 (2/1)	3 (2/1)	3 (2/1)	3 (2/1)	3 (2/1)	3 (2/1)
석사급 (대외협력팀/운영지원팀)	2 (1/1)	2 (1/1)	3 (1/2)	3 (1/2)	3 (1/2)	3 (1/2)	3 (1/2)	3 (1/2)
학사원 (대외협력팀/운영지원팀)	2 (1/1)	4 (2/2)	6 (3/3)	6 (3/3)	6 (3/3)	6 (3/3)	6 (3/3)	6 (3/3)
합계	6 (3/3)	8 (4/4)	12 (6/6)	12 (6/6)	12 (6/6)	12 (6/6)	12 (6/6)	12 (6/6)

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 2차 추가제출자료 기준

- 바이오파운드리 베타 시설을 구축하고 있는 등 일부 전문성을 축적하고 있으나, 베타 시설구축과 동 사업 기간의 일부가 중복되고, 1단계에 구축할 것으로 계획 중인 4개 워크플로에 대한 글로벌 표준, 주관기관 자체 표준 프로세스 등이 없는 상황에서 한정된 소수 인력이 등 1내역사업 전체를 운영하는 것은 위험요인

※ 해외자료에 의하면, 소규모 바이오파운드리를 구축하는데 5-10명의 인력이 필요하고, 대규모 바이오파운드리는 더 많은 인력이 소요되며, 핵심인력으로는 바이오파운드리 구축·운영 총괄을 위한 고급 전문가, 로보틱스 전문가, 소프트웨어 엔지니어링 전문가, 데이터 과학자, 장비운영·관리기술자, 하드웨어·소프트웨어 통합 관리자, 해당분야 연구자 등이 필요(Building a biofoundry, 2020)

- 센터 구축 이외의 중점과제의 경우 연구단 자체 수행, 외부 용역, 연구과제선정 등 다양한 형태로 추진될 예정이므로, 중점과제별 고도의 전문성과 차별화된 진도 관리가 요구되어, 이를 연구단 중심으로 추진할 경우 전문성과 객관성 우려가 있으므로 외부평가 체계 구축 필요

□ 연구과제 평가 및 성과관리를 1내역사업은 연구단이 담당하고, 2·3내역사업은 한국연구재단과 한국산업기술평가관리원 간의 ‘전문기관 협의회’가 담당하는 등 내역사업간 관리체계가 상이하여, 사업의 효율적 관리, 일관된 사업 추진 등을 위한 대응 방안 마련 필요

○ ‘운영위원회’가 사업 단계평가 및 성과관리 등 사업 운영을 총괄하므로, 운영위원회의 구성 및 역할, 운영위원회 위원장인 연구단장의 권한 및 역할 등을 내역사업간 효율적 연계 추진 관점에서 명확화 필요

○ 주관부처는 1차 점검회의 소명자료를 통해 1내역사업의 5중점과제인 ‘수용성 및 경제성 제고 연구’의 관리를 공정성 및 전문성 확보를 위해 한국산업기술평가관리원에서 담당하도록 하겠다는 소명의견을 제시하였으며, 이는 적정성 여부와는 별개로 사업관리체계의 복잡성을 높일 수 있는 것으로 판단

제 4 장 정책적 타당성 분석

제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제

1. 상위계획과의 부합성

가. 개요

□ 동 사업의 추진내용 및 목표 등이 국가 상위계획과 부합하는지 여부와 중장기 계획 등에 명시된 부처 간 역할 분담체계를 따르는지 등을 점검

○ 과학기술 분야 최상위 법정계획인「제4차 과학기술기본계획('18~'22)」을 필수계획으로,「제3차 생명공학육성 기본계획('17~'26)」,「제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획」,「바이오 연구개발 고도화 전략」,「화이트바이오 산업 활성화 전략」「제3차 국가생명자원 관리·활용 기본계획('20~'25)」을 선택군 계획으로 선정하여 부합성 검토[51]

□ 동 사업이 법정계획, 보건·의료, 생명, 바이오 분야의 주요 상위계획과의 일관성 하에 추진될 수 있는지 검토한 결과, 상위계획과의 부합성은 '대체로 적절'한 것으로 판단

<표 4-1> 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	계획명	부합도		
		낮음	보통	높음
필수계획	제4차 과학기술기본계획('18~'22)		∨	
선택군계획	제3차 생명공학육성 기본계획('17~'26)		∨	
	제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획			∨
	바이오 연구개발 고도화 전략			∨
	화이트바이오 산업 활성화 전략		∨	

51) 동 사업은 '23년 이후 시행되는 사업이나, 과학기술 제4차 과학기술기본계획('18~'22), 제2차 보건의료기술육성 기본계획('18~'22), 4차 산업혁명 대응계획('17~'22)의 후속 계획은 수립 이전 상태인 관계로 현시점(2022.6.) 계획을 대상으로 부합성 평가

○ 상위계획과의 부합성 검토의 쟁점은 '합성생물학'과 '바이오파운드리'의 기술적 정의이며, 연구진은 '합성생물학'은 학문 및 기술 범주로, '바이오파운드리'는 합성생물학에 AI, 로봇 기술 등을 적용하는 학문 및 기술 범주로, '바이오파운드리 인프라'는 합성생물학 학문 및 기술 촉진을 위한 물리적 수단으로 정의하고 부합성을 검토

※ 합성생물학 : 유전자 설계·제작에 부품·모듈 기반의 표준화를 접목하여 생명체 기능과 특성을 맞춤형으로 설계·제작하는 기술

※ 바이오파운드리 : 합성생물학의 설계(Design)-Build(제작)-Test(시험)-Learn(학습) 사이클에 인공지능, 로봇 기술을 도입하여 바이오 연구를 고속화·고효율화하는 플랫폼 기술

○ 「제4차 과학기술기본계획」, 「제3차 생명공학육성 기본계획('17~'26)」등 주요 상위계획은 '합성생물학'을 중요 기술로 포함하고 있으나, 미래를 대비한 창의적 선도적 기술개발을 위한 R&D 지원 중심으로 언급

- 「바이오 연구개발 고도화 전략」,「제3차 국가생명자원 관리·활용 기본계획('20~'25)」은 새로운 바이오 생산시스템, 합성생물학 기술 실증, 바이오파운드리 조기 구축 등이 포함

○ 합성생물학에 대한 정부 지원의 필요성이 모든 상위계획에 포함되어 있으며, 최근 발표된 선택군 계획에서 '바이오파운드리 구축'의 필요성을 언급하기 시작

- 다만, 국가 차원에서의 합성생물학 발전전략 등은 수립되지 않았으며, 동 사업과 같이 대규모 범용 공공 바이오파운드리 구축의 필요성을 직접적으로 명시한 계획은 없음

- 2021년 혁신성장 BIG3 추진회의에서 '바이오 제조혁신을 위한 합성생물학 생태계 조성 방안'이 보고·확정된 바 있으나, 법적 근거, 수립 경과, 계획의 실행 점검 체계 등이 구체적이지 않아, '국가 차원의 합성생물학 발전전략'으로의 위상에 대한 의문이 제기

<표 4-2> 상위계획과의 부합성 평점 결과

필수계획 / 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	**대체로 적절**	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

나. 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)

□ 제4차 과학기술기본계획의 생명·보건의료 분야 중점과학기술 중 '시스템생물학 및 합성생물학 분석·활용기술'을 중점기술로 선정하여 합성생물학에 대한 지원 필요성을 포함하고 있으나, 바아이오파운드리 등 합성생물학 기반구축 필요성에 대한 내용은 포함되지 않음

○ 과학기술기본계획은 과학기술기본법 제7조에 따라 수립되는 과학기술분야 최상위계획으로, 미래사회 변화 방향과 과학기술 정책수요를 분석하여 '과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여'라는 비전과 4대 전략, 19개 중점 추진과제, 120개 중점과학기술을 제시

[그림 4-1] 제4차 과학기술기본계획의 추진체계

출처 : 「과학기술기본계획」, 과학기술정보통신부('18.2)

다. 제3차 생명공학 육성 기본계획(2017~2026)

□ 제3차 생명공학 육성 기본계획은 '합성생물학'을 바이오 R&D 혁신을 위한 30대 전략기술 중 '창의적 R&D' 분야로 선정하였으며, 민간 주도 바이오경제 구현을 위해 합성생물학 등 범용 유망기술의 육성 및 관리 체계 마련 등 '합성생물학'에 대한 지원 필요성을 포함하고 있으나 '바이오파운드리 등 인프라 구축' 등은 미포함

○ 제3차 생명공학 육성 기본계획은 '바이오경제를 주도하는 글로벌 바이오 강국 실현'을 위해 ①바이오R&D혁신, ②바이오경제 창출, ③국가 생태계 기반조성 등 3대 전략을 수립하고, 바이오R&D혁신을 위한 30대 전략기술을 설정

○ 생명공학육성법 제4조 2항에 따라 과학기술정보통신부 등 8개 관계부처가 공동으로 수립하는 생명공학분야 R&D 최상위 법정계획으로, 생명공학분야의 육성·발전을 위해 '바이오경제를 주도하는 글로벌 바이오 강국 실현'이라는 비전과 함께 3대 전략, 9개의 중점과제를 제시

[그림 4-2] 제3차 생명공학 육성 기본계획('17~'26)

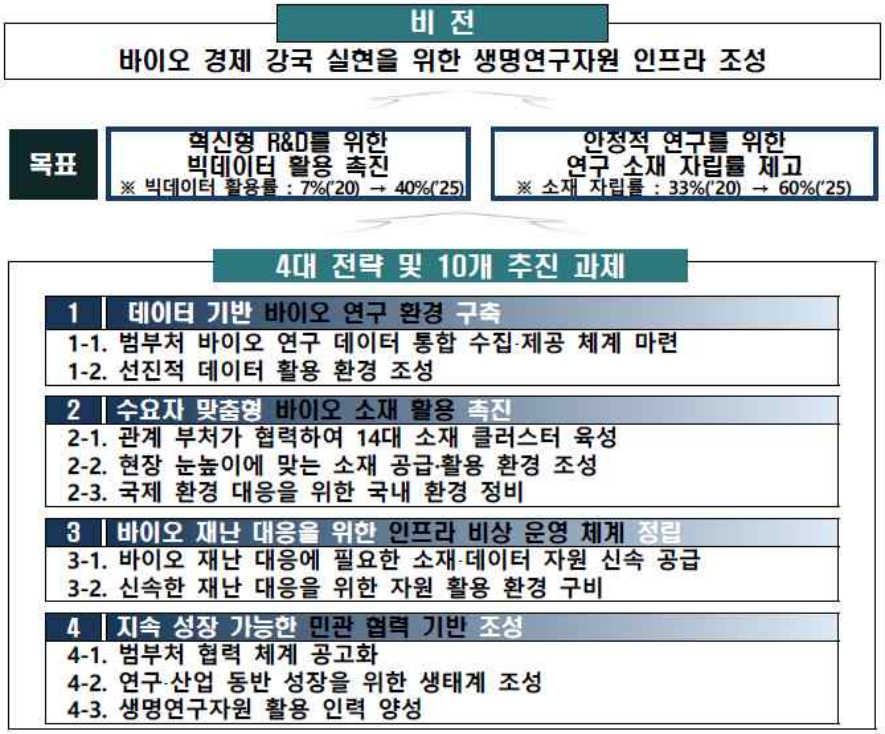
출처 :「제3차 생명공학 육성 기본계획」,과학기술정보통신부('17.9)

라. 제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획(2020~2025)

□ 동 계획은 수요자 맞춤형 바이오 소재 활용 촉진을 위한 '합성생물학 기반으로 바이오촉매, 미생물세포 고속 제작 등을 위한 바이오파운드리 조기 구축 추진('21년 예타 추진)'을 포함되어 있어, 동 사업 추진 내용과 부합

○ 동 계획은 '생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률' 에 근거한 법정계획으로 '바이오 경제 강국 실현을 위한 생명연구자원 인프라 조성'이라는 비전과 함께 4대 전략 및 10개 추진 과제를 제시

- '추진과제 2-2. 현장 눈높이에 맞는 소재 공급·활용 환경 조성'에서는 합성미생물 등 신소재의 개발·확보·보급, 소재별 일반·특성 정보 및 특수 시설기반 활용 지원 서비스 등의 내용 제시



[그림 4-3] 제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획('20~'25)

출처 : 「제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획」, 과학기술정보통신부 외('20.5)

마. 바이오 연구개발 고도화 전략

□ 바이오 연구개발 고도화를 통한 바이오산업 견인을 기본 방향으로 제시한 동 전략은 유전자 설계·제조 기술을 활용한 대량화·자동화 가능한 바이오 생산시스템 개발, 합성생물학 기술을 활용한 천연화합물 생산 실증 등 동 사업과 같이 바이오파운드리 인프라 구축 내용을 포함하고 있어 대체로 부합

○ 동 전략은 바이오 기술의 융합 확대를 통한 신기술·신산업 창출을 활성화하고 바이오 핵심기술의 선제적 확보를 통해 기술 경쟁력을 제고하며 이를 가속하기 위해 바이오 연구혁신 인프라 고도화를 추진하고자 함

- '전략1. 추진과제 1-1. 4대 핵심분야에 바이오기술 접목→핵심분야 고부가가치화'를 살펴보면, 합성생물학 및 미생물의 생산 공정에 바이오기술을 접목하여 화학, 의약 등 다양한 분야의 제조 혁신모델을 창출을 지향
- '전략1. 추진과제 1-4. 바이오 기술 융합 실증프로젝트 추진'에서는 바이오가 융합된 기술의 조기 상용화를 위해 기술 실증, 시작품 제작, 유효성 등을 현장 검증하는 선도형 실증 프로젝트를 추진
- '전략2. 추진과제 2-1. 중점지원 대상 공통핵심기술 선정'에서 합성생물학, 차세대 유전자 편집, 바이오 빅데이터 등을 선정

바. 화이트바이오 산업 활성화 전략

□ 화이트바이오 산업 활성화로 합성생물학 등 바이오 신기술에 대한 R&D 지원을 강화하여 균주 및 제품고도화, 신소재개발 등을 추진과제 수립하고 있으며, 합성생물학 R&D지원과 지역별 특성을 고려한 소재 고도화 등 상용화 기반 구축을 제안하고 있어, 범용 공동 바이오파운드리 구축에 대한 내용은 포함되지 않음

○ 동 전략은 '화이트바이오 초기 시장 창출 및 핵심기술 확보로 글로벌 경쟁력 제고' 비전과 화이트바이오산업에 대한 투자 확대를 위한 3대 추진과제 10개 과제를 제시

- '추진전략 2-1. 유망품목 발굴 + 다양한 R&D지원 강화'는 합성생물학 등 바이오신기술에 대한 R&D지원 강화를 포함
- '추진과제 3-3. 상용화 지원 인프라 구축 및 사업화 지원'을 살펴보면, 지역별 특성을 반영하여 소재 고도화, 시제품 생산, 시험·평가 등 상용화 기반 구축을 통해 기업 지원을 강화를 포함

2. 사업추진체제 및 추진의지

가. 기존사업과의 차별성

□ 동 사업은 인프라 구축·운영, DBTL 기반기술 및 장비개발, 파운드리를 활용한 바이오소재 고도화 등 내역사업 간 사업내용이 구분되어 기존 사업과의 차별성도 내역사업을 기준으로 검토

○ 중복가능성은 사업 간 사업목표, 내용, 지원 분야 등이 전부 또는 부분적으로 일치 또는 유사한 상태로 인해 재원의 효율적 투자 관점에서 정부 재원의 신규 투자가 우려되는 수준인지에 대한 정보를 제공

○ 국가연구개발사업과 관련한 종합적인 정보를 제공하는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 정보와 모든 사업이 매년 작성하는 예산요구서를 기본 자료로 동 사업과의 중복가능성과 차별성을 분석

<표 4-3> 동 사업의 유사사업과의 차별성 조사 대상 사업

부처	사업명	사업기간 (년)	총 사업비 (백만 원)	'22년 예산확정액 (백만 원)	유사도	
					사업 목적	사업 내용
과기정통부	글로벌프론티어사업	'11~'20	83,300	종료	○	○
	바이오·의료기술개발 사업	'04~계속	-	243,837	◉	◉
	한국생명공학연구원 주요사업 -유전체 설계 기반 합성생물학 플랫폼 기술 구축 및 활용	'19~'24	12,400	1906	●	●
농촌진흥청	바이오그린연계농생명혁신기술 개발사업	'14~'30	44,000	21,270	◉	◉
산업통상자원부	바이오산업기술개발사업	'20~'28	-	123,623	○	○

유사도 : ●(상), ◉(중), ○(하)

(1) 글로벌프론티어 사업

□ 과학기술정보통신부의 '지능형 바이오시스템 설계 및 합성 연구단'과 동 사업의 DBTL 핵심기반기술개발, 워크플로 설계, 바이오 뱅크 구축 등은 중복 가능성 존재하여, 성과 연계 등 중복 회비 노력 필요

○ 과학기술정보통신부 '글로벌프론티어사업'의 '지능형 바이오시스템 설계 및 합성

연구단'은 고기능 바이오부품 및 지능형 바이오시스템 기반 타겟물질 대량생산 및 사업화를 목표로 연구를 추진

○ 연구단의 연구내용은 창의적 세포 설계 및 유전체 합성을 통하여 세포공장 기술 구현을 목적으로 추진되었으며, 동 사업의 1내역사업의 사업내용인 바이오파운드리 센터의 스테이션 구축, 바이오부품 뱅크 구축 등의 중점과제, 2내역사업 1~4 중점과제의 DBTL 기반기술과 연구대상과 기술 측면에서 유사

- 동 연구단은 '바이오 부품/회로 설계 및 제작 기술', '세포공장 설계 및 합성 기술', '고부가 바이오제품 생산 기술을 위한 세포공장 활용' 등을 추진

○ 동 사업은 DBTL 전과정의 포괄하고 있어 연구단과 사업 범위의 차이가 있어, 중복 가능성보다 성과연계 활용이 중요하나, 기존 사업의 성과 및 한계에 대한 분석, 성과연계 방안 등은 구체적으로 제시되지 않음

<표 4-4> 글로벌프론티어사업 개요

사업명	글로벌프론티어		
사업기간	2010 ~ 2023	사업유형	기초연구
사업규모	총 1,191,000백만 원(기투자액: 811,276백만 원)		
사업목적	• 미래를 선도하는 핵심 융합기술 분야의 세계 최고수준의 원천기술 확보		
사업내용	• (지능형 바이오시스템 설계 및 합성연구단) 창의적 세포 설계 및 유전체 합성을 통하여 세포공장 기술 구현		
주관부처	과학기술정보통신부		
수행기관	(연구관리전문기관) 한국연구재단 (주관기관) 각 연구단 (참여기관) 산, 학, 연 등		
지원조건	출연, 국고 100%		

출처: 2022 예산요구서

(2) 바이오·의료기술개발사업

□ 과학기술정보통신부의 '바이오·의료기술개발사업'은 바이오 분야 핵심원천기술 확보를 위한 사업으로 합성생물학 기술을 위한 다수의 과제를 지원하고 있으며, 한국생명공학연구원에 장쇄 DNA, 단백질의 DB단계 워크플로인 '바이오파운드리 베타'를 구축하고 있어 사업내용, 기술범위 등의 중복성이 존재

○ 합성생물학 관련 연구과제는 DNA 설계(Design), 제작(Build) 워크플로 시스템 구축, 바이오부품 및 소재개발 등 바이오뱅크 등을 연구내용을 추진하고 있으며, 동 사업의 1내역사업 인프라 구축, 2내역사업의 DBTL 기반구축 중 DB단계에서 중복 가능성이 존재

- 해당 사업은 '설계-제작 플랫폼 구축을 통한 합성생물학 고도화 핵심기술 개발('21~'25, 8.5억 원/년, 한국생명공학연구원 주관)', '인공유전체 기반 미생물 컨소시엄 제어 합성생물학 기술개발('18~'26, 7.5억 원/년, 한국생명공학연구원 주관), '유해선충제어 바이오소재 생산 세포공장 고도화 기술 개발('21~'25, 4.5억 원/년, 한국과학기술원 주관) 등의 합성생물학 관련 과제를 지원

<표 4-5> 바이오의료기술개발사업 개요

사업명	바이오의료기술개발		
사업기간	2004 ~ 계속	사업유형	응용연구
사업규모	예산확정액: 243,837백만 원		
사업목적	신약, 줄기세포 등 국민 생명과 건강에 직결된 바이오 및 첨단의료 분야 핵심원천기술 확보 및 산업화 지원		
사업내용	• (첨단GW바이오) 천연물·장내미생물·바이오에너지 등 향후 빠른 성장이 예상되는 그린·화이트바이오 분야에 선제적 투자 추진 • (차세대바이오) 생명현상 발현 관련 질환 제어 및 시스템 생물학적 생체정보 해석 등 국민 삶의 질 향상을 위한 미래유망 차세대 바이오기술 개발		
주관부처	과학기술정보통신부		
수행기관	(연구관리전문기관) 한국연구재단, 한국산업기술평가관리원, 한국보건산업진흥원 (주관기관) 과제별 상이 (참여기관) 과제별 상이		
지원조건	출연, 과제별 상이		

출처: 2022 예산요구서

(3) 한국생명공학연구원 주요사업

□ 한국생명공학연구원은 기관 주요사업으로 합성생물학 플랫폼 구축 및 활용사업을 추진 중이며, '21년부터 'DNA 설계/합성 기반 합성생물학 바이오파운드리 구축 및 활용' 과제를 신규 추진하여 장쇄 DNA 바이오파운드리를 구축 중으로, 동 사업과 사업 내용, 일부 핵심기술, 주관기관 등의 중복성이 존재

○ 한국생명공학연구원, 한국과학기술원은 한국생명공학연구원 주요사업과 과학기술정보통신부 '바이오의료기술개발사업' 3개 과제를 통해 'DNA 설계/합성 기반 바이오파운드리를 구축하고 있어, 동 사업의 4개 범용 워크플로의 DBTL 중 일부 DB단계의 중복가능성 존재

- 한국생명공학연구원에 구축 중인 '바이오파운드리 베타'는 연구자 중심으로 바이오파운드리 실증을 위해 구축 중이며, 22년 구축되는 DNA 어셈블리 성공도가 높지 않고, 소요시간이 길며, 다수 사용자가 활용 가능한 서비스 수준의 완성도가 높지 않아 동 사업의 2내역사업에서 연계 추진할 예정이라는 의견을 제지
- 동 사업과 주관기관이 동일하고, 사업기간이 겹치며('23, '24년), 균주 제작 성과목표도 인당 월 500건으로 동일 하고, 사업 내용에 장쇄 DNA 워크플로가 포함되어 있는 점 등을 고려할 때 동 사업 중복 부분이 존재
- 주관부처는 동 사업이 추진되면, 바이오파운드리 구축과 관련된 과제는 주관기관의 협의에 따라 편입 가능하다는 의견을 제시[52]하였으나, 별도 연구개발사업에서 수탁하여 추진되는 사업을 임의로 편입하여 추진 가능한지 검토 필요

<표 4-6> 주관부처가 제시한 바이오파운드리 베타와 동 사업간 비교

구분	바이오파운드리 베타	동 사업
목적	바이오산업 혁신을 이끌 합성생물학(DNA 설계/합성) 기반의 바이오파운드리 구축을 통해 바이오헬스 융합소재를 개발하고 세포공장 기술 산업화	바이오파운드리 인프라 구축,활용을 통해 바이오 연구개발 및 사업화 속도를 제고하고 국내 기업 혁신을 견인
관련과제	기관주요사업 (유전체 설계 기반 합성생물학 플랫폼 기술 구축 및 활용, '19~'24년, 22억/년) 연구재단수탁사업 (설계-제작 플랫폼 구축을 통한 합성생물학 고도화 핵심기술 개발, '21~'25년, 8.5억/년)	-
구축기간	'21~'24년	'23~'30년
장비/SW 예산	장비 25억, SW 3억	장비 510억, SW 226억 (클라우드포함)
구축장비수량	17점	270점
DBTL 주기 (과제) 처리용량	연간 2~5건	연간 50건 이상
주요개발 워크플로	- 장쇄 DNA 어셈블리 (Design-Build) - 단백질 개량 (Design-Build)	- 장쇄 DNA 어셈블리 (DBTL) - 생체촉매 유도진화 (DBTL) - 균주 개량 및 합성 (DBTL) - 발효 최적화 (DBTL) - 추가 4종 (2단계)
연구진 현황	핵심 구축/개발 인력 4인 (정규직2, 계약직2)	각 기능별 48인 (책임급 10, 원급 18, 보조원급 20)
신규배출인력	'21년 시작된 사업으로 아직 신규 배출 인력은 없으며 '22년 석사 졸업 1명 예정	-
추진 현황	- '22년 장비 8점 구축, SW 2건 완성 - '22년 DNA 어셈블리 워크플로 완성 - '24년까지 인공미생물 유전체 합성	-

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 1차 추가제출자료

52) 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 사업 2차 추가제출자료

○ 동 과제는 '20년 예산 증액 요구에 따라 재정당국의 심의를 거쳐 예산이 반영되었으며, 동 사업의 사전기획이 '20년 4월에 시작[53]되어 시기적으로 중첩이 됨에도 불구하고, 동 과제 예산 요구자료에 신규사업을 위한 사전기획 연구가 추진 중임이 포함되지 않음

- 동 과제의 예산요구자료에는 기대효과를 '바이오소재 산업화에 필요한 비용과 시간을 획기적으로 줄여 바이오산업의 패러다임 변화 주도'라고 되어 있으나, 과제가 진행 중인 시점인 현재 '어셈블리 성공도가 높지 않고, 소요시간이 길어, 다수 사용자에게 활용한 서비스 수준에 미치지 못한다'고 평가는 사업 시행 1년 차의 객관적인 평가 결과로 볼 수 없음

<표 4-7> 한국생명공학연구원 주요사업의 개요

사업명	한국생명공학연구원 주요사업		
사업기간	2020 ~ 계속	사업유형	기초·응용·개발연구
사업규모	예산확정액: 95,208백만 원		
사업목적	• 생명현상에 대한 원천연구로 건강하고 안전한 국민의 삶과 국가 바이오 경제 발전에 기여 • 기관 R&R(Role&Responsibility) 중점 투자 분야*에 대한 투자 강화 *바이오의약 및 국민생활 문제 해결 분야의 기초·원천 R&D • BT 분야 사회현안(고령화, 감염병, 미세먼지 등)해결을 위한 연구역량 축적 및 중소기업 혁신역량 지원을 통한 국가 인프라로서의 기여도 제고		
사업내용	• 바이오의약 원천기술개발 -유전자교정, 바이오인공장기/인체모사 대체조직, 줄기세포 재생의료 등 바이오의약분야 미래혁신기술 경쟁력 확보 -신규 나노포어 기반 단분자 센싱 기술 개발 및 고효율 신약발굴 플랫폼 구축 • 바이오 융합·소재 개발 -바이오센서 기술 및 바이오나노 혁신소재 기반 진단/치료 복합소재 개발 -메가유전체 합성생물학 파운드리 구축을 통해 혁신소재 생산 세포공장 기술 개발 • 국민생활문제 해결 바이오 핵심기술 개발 -바이러스 기초·기전연구, 차세대 바이러스 범용 검출·제어 기술개발 및 슈퍼박테리아 해결을 위한 핵심 기술 개발 -혈액 내 노화조절 인자 발굴을 통한 역노화 바이올로직스 개발, 뇌질환 영장류 동물모델 개발 기반 뇌질환 치료제 유효성 평가 플랫폼 구축 -기후·환경 변화 대응을 위한 기후변화 적응 식물 개량 원천기술 및 미세먼지에 의한 다중장기 손상 방어 기술 개발 • 바이오 인프라 선진화 -생명연구자원정보의 확보·관리·활용을 위한 관리체계 구축 및 대용량 바이오 빅데이터 분석을 위한 인프라 확보 -기업수요 맞춤형 공동연구(R&BD) 확대 및 R&D기반 창업촉진과 기업 지원, 선진기관 협력을 통한 기술사업화 전문인력 양성		
주관부처	과학기술정보통신부		

출처: 2022 예산요구서

53) 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 사업 사업계획서

(4) 바이오그린 연계 농생명혁신 기술개발사업

□ 농촌진흥청의 '바이오그린연계 농생명혁신 기술개발사업'은 합성생물학 기반 구축 및 시스템 합성대사를 활용한 농생명체 부품, 모듈 개발을 지원하고 있어, 동 사업 3내역 사업의 그린바이오 분야와의 중복 가능성이 존재

○ 해당 사업은 바이오 부품, 모듈 등의 개발로 바이오소재, 의약품 생산에 활용하는 연구를 추진하여 합성생물학 기반 구축 및 시스템 합성대사를 활용한 농생명체 부품, 모듈 등의 개발 지원이 포함

- 해당 사업은 차세대바이오그린21사업의 후속사업으로 '시스템 합성 농생명공학 사업단('11~20)'의 시스템/합성생물학 기술을 적용하여 기능성 인공 농생명체를 개발하기 위한 바이오 부품 및 회로 재설계 연구의 성과 연계 사업을 추진 중
- 동 사업의 3내역사업에는 그린바이오 소재 고도화도 포함되어 있으므로, 해당 사업의 기존 성과와의 연계 및 차별성을 고려할 필요가 있음

○ 동 사업은 범용 바이오파운드리 구축을 통해 레드, 화이트, 그린 분야를 모두 지원할 계획으로, 그린바이오 분야 합성생물학 연구를 꾸준히 수행하고 있는 농촌진흥청 등 관련 부처와 연구 및 지원 범위 등의 협의가 필요

<표 4-8> 바이오그린 연계 농생명 혁신기술개발의 개요

사업명	바이오그린 연계 농생명 혁신기술 개발		
사업기간	2021 ~ 2022('22년 완료)	사업유형	응용연구
사업규모	총 사업비: 440억 원(기투자액: 213억 원)		
사업목적	• 첨단 농생명 핵심기술의 매몰방지 및 성과확산을 통한 국가 농업생명 공학 R&D 역량 강화 및 농업의 성장 잠재력 확보 - 그린바이오 분야 단기 집중 투자를 통한 국가 농업생명공학 R&D 역량 제고 및 성과 연계 확대		
사업내용	• 차세대바이오그린21사업 성과연계 후속 브릿지 사업 • (시스템합성농생명공학) 시스템합성생물학 기술 고도화 및 활용기반 구축을 통해 고부가 농생명 바이오소재 생산을 위한 경쟁력 강화 등 계속과제 추진		
주관부처	농촌진흥청		
수행기관	(주관기관) 농촌진흥청 (연구관리전문기관) 농촌진흥청 연구정책국 (참여기관) 국공립연구소, 대학, 사업체, 출연기관 등		
지원조건	직접 수행 국고 100%		

출처: 2022 예산요구서

(5) 바이오산업기술개발사업

□ 산업통상자원부의 '바이오산업기술개발사업'은 의약·화학·융합바이오를 선택과 집중 전략으로 지원하며 바이오매스를 원료로 화학제품, 바이오 기능성 신소재 생산 및 스케일업 연구를 진행하고 있어, 동 사업의 3내역사업 '바이오소재 고도화' 중점과제와 연계 추진시 효율적일 것으로 판단

○ 해당 사업의 내역사업인 '바이오핵심기술개발사업'은 바이오의약·화학·융합 분야의 응용 및 개발 단계를 지원하고 있으며, 식물 등 바이오매스를 원료로 화학제품 또는 바이오 기능성 신소재 생산 및 스케일업 연구를 지원

- 해당 사업은 기업을 지원 대상으로 하여, 동 사업과 지원대상 및 조건 등에서 차별성이 존재하나, 동 사업의 3내역사업 지원대상에도 기업이 포함되고, 화이트바이오 분야도 지원분야에 포함되므로, 연계추진이 바람직

<표 4-9> 바이오산업기술개발사업의 개요

사업명	바이오산업기술개발		
사업기간	2009 ~ 계속	사업유형	응용연구
사업규모	총사업비 - (기투자액: 361,652억 원)		
사업목적	• 세계 최고 수준의 바이오 핵심 원천기술 개발 및 글로벌 사업화 지원을 통해 미래 신산업 육성 및 글로벌 신시장 창출		
사업내용	• (바이오핵심기술개발) 세계 최고 수준의 핵심 원천 기술 개발 및 글로벌 사업화 제품 출시, 국내 바이오산업 활성화 등을 위하여 의약·화학·융합바이오 선택·집중 지원 - 바이오의약, 바이오화학, 바이오융합 분야 응용·개발 단계 지원 - 건강증진, 질병의 예방 치료, 노화 지연 등에 활용되는 의약품에 대한 전임상 및 글로벌 임상(1상/2상) 지원 - 의약품 개발에 필수적인 평가기반기술, IP기반, 플랫폼 기술 등 지원 - 식물 등 바이오매스를 원료로 화학제품 또는 바이오 기능성 신소재 생산 및 스케일업 연구 지원 - 생물체 관련 검출·분석 기술로 IT, NT 등이 융합되어 다양한 분야로 확대되는 응용 연구 및 사업화 연구 지원		
주관부처	산업통상자원부		
수행기관	(연구관리전문기관) 한국산업기술평가관리원 (수행기관) 기업, 대학, 연구소 등		
지원조건	출연- 민간매칭		

출처: 2022 예산요구서

(2) 관련부처 간 연계·협력 방안

□ 동 사업의 추진에 영향이 미칠 것으로 예상되는 「유전자변형생물체법」개정이 추진 중이지만 관련 부처와의 구체적인 연계·협력 방안은 제시되지 않음

○ 「유전자변형생물체법」 개정 시 병원성이 없는 미생물을 변형할 경우에도 질병관리청장에게 매번 승인을 받아야 할 수 있어 국내 연구용·산업용 미생물 개발 및 활용에 제약 가능성 존재

○ 주관부처는 사업계획서에 이를 주요한 위험요인으로 보고, 질병관리청과 지속적으로 협의한다는 대응방안을 제시하였으나, 질병관리청 등과의 협의 여부, 미협의시 대응방안 등은 확인 불가

□ 동 사업의 3내역사업에는 구축될 바이오파운드리 활용을 전제로 레드, 화이트, 그린 등 모든 바이오 분야에서 타겟 발굴에서 제품화 스케일업을 모두 지원할 계획이므로, 해당 분야와 관련된 부처(농림식품부, 농촌진흥청, 보건복지부, 환경부 등) 등과 합성생물학 관련 연무 및 인프라 구축 등과 관련한 역할분담 및 협조 관련 사전 협의가 중요함에도 불구하고 관련 실적은 미제시

(3) 사업 추진의지 및 선호도

□ 동 사업은 과학기술정보통신부와 산업통상자원부 공동 사업으로, 정부 회의에 관련한 내용을 상정하는 등 주관부처의 사업 추진의지가 높은 것으로 평가되나, 사업계획서 등 제출자료의 완성도가 낮아 추진 의지가 희석할 우려 존재

○ 과학기술정보통신부 중심으로 합성생물학 분야 기초연구에 꾸준히 R&D지원을 하였으며, 합성생물학 기술의 중요성이 대두되면서, 미래 시장 선점을 위해 산업통상자원부가 참여하여 동 사업을 공동 기획한 것은 바람직한 것으로 판단

- 다만, 3내역사업인 바이오파운드리 활용 내역사업과 타 내역사업과의 연계성이 다소 부족하고, 서로 다른 전문기관이 별도 관리하는 체계로 공동 추진에 따른 시너지 효과에 의문 제기

○ 주관부처는 혁신성장 BIG3 추진회의에 합성생물학 생태계 조성을 위한 각종 정책 방향과 동 인프라 구축과 관련 '바이오 제조혁신을 위한 합성생물학 생태계 조성 방안'을 보고

○ 예타 조사를 위해 제출한 사업계획서, 조사과정에서 추가적으로 제출한 각종 자료의 완성도 등은 주관부처의 추진의지를 희석

- 사업목표, 총사업비 등 사업규모에 직접적인 영향을 미치는 스테이션 수 등 세부 활동의 도출 근거 및 절차, 일부 세부기술요약서 등이 누락
- 바이오 연구개발 및 사업화 속도 제고, 기업혁신, 인프라 자립 등을 추구하는 사업임에도 불구하고 국내 산업 현황 및 민간 수요 분석, 민간 참여 전략, 기획과정에서 도출된 위험요인 대응방안 등이 일반적인 수준으로 제시
- 인프라 운영비, 장비구축 및 비용 내역, 우선순위 설정 과정 등의 계속 수정, 시설 산출 근거, 근거 없는 추진체계 변경 등

제 2 절 사업 추진상의 위험요인

1. 재원조달 가능성

가. 국고

□ 정부 연구개발예산은 지속적으로 상승하고 있으나, 대내외 환경 변화에 따른 증가 추세 둔화 가능성, 대규모 시설구축사업의 재정운용 부담, 바이오 분야 대규모 인프라 예산 투입에 따른 전체 바이오 분야 예산 포트폴리오에의 영향 등을 고려하여 안정적 재원조달을 위해서는 중기재정운영계획 등 중장기 투자전략에 반영되어야 하나, 산업통상자원부는 아직 미반영

○ 주관부처에서 제시한 바와 같이 과학기술정보통신부와 산업통상자원부의 R&D예산 증가 추세를 유지하고 기존 사업 종료에 따른 예산을 활용할 수 있어 재원 조달의 문제점은 없을 것으로 추정

- 국가연구개발예산은 2019년 20조 원을 넘어선 이후 2020년 23.9조 원, 2021년 27.4조 원, 2022년 29.7조 원으로 꾸준히 증가

○ 과학기술정보통신부는 중기재정운용계획에 동 사업의 예산을 반영하였으나, 산업통상자원부는 미반영된 것으로 확인[54)]

<표 4-10> 최근 4년간 정부 및 주관부처 연구개발비용 추이

(단위 : 억 원)

구분	2017	2018	2019	2020	연평균 증가율
정부	193,927	197,759	206,254	238,803	7.2%
과학기술 정보통신부	67,342	66,779	69,851	77,137	4.6%
산업통상 자원부	30,875	31,059	32,339	40,113	9.1%

자료 : 국가과학기술지식정보(www.ntis.go.kr)

54) 산업통상자원부는 동 사업에 대한 예타대상선정 과정이 진행중이어서 중기재정계획에 반영하지 못하였으나 향후 10년간 신규 R&D 가용 예산 규모 이하 수준으로 재원조달이 가능하다고 제시

나. 민간부담금

□ 주관부처는 3내역사업의 민간부담금을 '중견기업'으로 산정하였으나, 관련 산업 및 기업 현황에 근거하지 못한 점, 동 사업 참여의향기업의 투자의향 규모가 계획된 민간부담금을 상회하나 대부분 현물투자인 점은 민간부담금 조달시 고려 사항

○ 3내역사업의 민간참여 비중은 '중견기업'을 기준으로 30%로 산정하고, '중소기업' 참여로 부담 비중이 줄면 과제연구비를 하향 조정한다는 계획이나 3내역사업을 중견기업 참여로 산정한 근거가 불분명

- 주관부처는 1차 추가제출자료에 과제의 규모와 범위를 고려하여 중견기업 참여를 예상하였다는 의견을 제시하였으나, 관련 산업 및 기업 현황 등의 근거 미제시

○ 1차 추가제출자료에서 제출한 동 사업 참여의향기업(66개)의 투자의향 규모는 1,033억 원 수준으로, 사업계획서에서 제시한 민간부담금 849억 원을 상회하는 규모

- 다만, 투자의향규모의 82.3%인 917.95억 원은 현물투자의향을 제시

<표 4-11> 사업참여의향 기업의 투자의향규모

내역사업	현금	현물	합계
2 내역사업	17.3	130.7	148
2, 3 내역사업	78.85	617.15	696
3 내역사업	18.9	170.1	189
합계	115.05	917.95	1,033

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료 재구성

<표 4-12> 중점과제별 국고, 민간 부담 비중

내역사업	중점과제		국고 비중 (%)	민간 비중 (%)
바이오파운드리 인프라 구축 및 운영	바이오파운드리 센터 건립		100	-
	핵심장비 도입 및 구축		100	-
	통합플랫폼 구축		100	-
	바이오부품 뱅크 구축		100	-
	사회적 수용성 제고 연구		100	-
바이오파운드리 핵심기반기술 개발	바이오 복잡성 극복 설계(Design) 기술개발		100	-
	상향식 바이오제작(Build) 기술개발		100	-
	초병렬, 초고속 바이오시험 (Test) 기술개발		100	-
	빅데이터·AI 기반 바이오학습 (Learn) 기술개발		100	-
	바이오파운드리 핵심장비 개발		75	25
바이오파운드리 활용기술 개발	바이오소재 고도화		70	30
	바이오파운드리 활용 지원	유형 I (TRL4이하)	100	0
		유형 II (TRL4이하)	100	0
		유형 III (TRL4이상)	70	30

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료

다. 지방비

□ 바이오파운드리 센터의 입지가 대전광역시 소재 한국생명공학연구원인 점을 고려할 때 기획재정부 예산편성 지침상 '기반구축형 연구개발사업'에 동 사업의 포함 여부에 따라 논란 가능성이 존재

○ 동 사업의 재원은 정부출연금과 민자로 구성되어 있으나, 정부재원이 대부분이며, 지방비는 포함되지 않음

- 기획재정부 '2022년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침'을 고려할 때, 기반구축형 연구개발사업은 건축비는 국비 지원이 불가하며 장비비 및 R&D 비용은 국비 인정 기준으로 50% 상한이 제시되어 있어 동 사업이 해당 지침 상 기반구축형 연구개발사업에 포함될 경우 국비 인정 기준을 충족하지 못함

<표 4-13> 기반구축형 연구개발사업 국비지원 인정기준

구분	내용	국비인정기준	
		非예타	예타
건축비	부지매입, 건축조성, 리모델링, 설계/감리비	불인정	불인정
장비비	[장비구축비] ▪ 장비구입, 시설·설비 구축(테스트베드 등) ▪ 사업참여인력 인건비(장비도입 기획 등) ※ 센터홍보 및 DB정보 제공 등을 위한 정보시스템 구축은 제외	70% 상한	50% 상한
	[장비운영비] ▪ 장비운영비(재료비, 소모품, 전기료 등) ▪ 장비운영 및 시험·성능평가 기술개발(방법론 개발 등) ▪ 장비운영·사업수행 교육(재료비, 강사료 등) ▪ 사업참여인력 인건비(장비관리·운영, 기술상담·자문·지도 등)	70% 상한	50% 상한
R&D	▪ '장비운영 및 시험·성능평가 기술개발'을 제외한 연구개발비	불인정	50% 상한

출처: 기획재정부, '2022년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침', 2021.5.

○ 주관부처는 전국 단위 연구개발 및 산업 수요에 기반한 인프라로 특정지역의 산업 지원을 위한 기반구축형 사업이 아니라는 의견이지만, 예타 지침과 기획재정부 지침상 기반구축형 사업의 정의가 다르므로 위험요인으로 존재 가능함

라. 바이오파운드리 인프라 운영비

□ 주관부처는 구축되는 바이오파운드리 및 연구단 운영비를 사업기간 중, 사업종료 후로 구분하여 제시하였으나, 사업 종료 후 운영비의 일부를 별도 국가연구개발사업에서

충당할 계획과 도입 장비 관련 상당한 재투자비, 유지보수비, 소모품비 등이 예상되어 재원조달 및 자립화 계획의 타당성 부족

○ 주관부처는 1차 추가제출자료에서 사업 종료 후 인프라 운영비 중 직접비 20%와 인건비 80%를 별도 국가연구개발사업 신설을 통해 확보할 계획을 제시하여 주관부처의 자립화 의지가 부족하며, 추가 국가연구개발사업의 신설을 전제로 종료 후 운영비 조달 계획은 지속적인 정부재원 부담 우려

- 주관부처는 국내 바이오 산학연 기관의 여건 상 바이오파운드리의 효용성이 크더라도 운영비 전액을 수수료로 부담하는 것은 어려울 것으로 예상
- 또한 바이오파운드리는 아이디어를 제품화하는 단계에서의 효율을 극대화할 수 있는 인프라로, 기술개발의 불확실성이 높은 단계를 지원하기 때문에 바이오산업 생태계가 취약한 국내 환경에서는 민간서비스 시장 형성이 어려울 것으로 예상되어 사업 종료 후 인프라의 원활한 운영이 우려됨
- 자립화를 통한 인프라 운영·관리비용 조달 가능성이 불투명하다는 것은 동 인프라 규모를 수요에 기반하지 않거나 과대 추정하여 산정되었을 가능성을 방증

○ 동 바이오파운드리는 23종, 57,194백만 원 규모의 장비를 도입할 계획이고, 이들 장비의 내용 연수를 10년 기준으로 할 때, 사업 종료 후 장비 재투자가 필요하고, 고가의 유지보수비, R&D 속도 향상에 따른 상당한 소모품 경비, 고가 장비 등의 보험 유지비 등이 예상되어 사업 종료 후 운영비 조달 가능성에 부정적 영향요인으로 작용

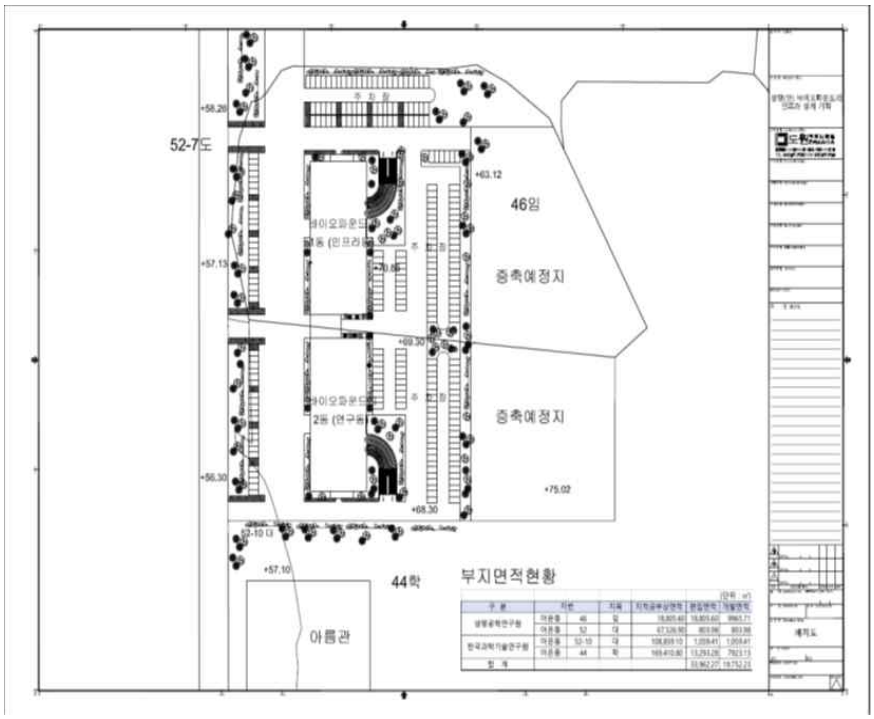
- 해외자료에 의하면, 바이오파운드리를 구축할 때 장기간의 장비 유지관리비, 성능 업그레이드 비, 다량의 소모품비, 고가의 장비구축비 등을 고려하여 재원 확보 계획을 수립해야 하고, 비용 문제가 바이오파운드리의 안정적 유지를 핵심적인 사안이라고 지적[55]
- 주관부처는 바이오파운드리 유지보수비를 구체적인 산출 근거 없이 장비 도입후 1년 유지보수비로 장비가격의 3-5%를 일괄 제시하여 바이오파운드리 특유의 고가 장비 유지관리비 등의 반영 여부가 불명확

□ 주관부처에서 제출한 인프라 구축 관련 계획 중 시설규모 및 각 공간의 산출근거, 시설 소유 및 운영 관련 사전협의, 짧은 센터 건립 기간 등은 사업의 지연 또는 추가적인 재원 투입 등의 위험요인으로 존재

55) Building a biofoundry(2020)

○ 인프라동, 연구동 등 시설물 개요, 층별 시설면적 등의 산출근거가 제시되지 않음

- 지상층 규모(5층) 산정의 기준, 인프라동 각 스테이션의 단위면적 산출 기준, 4개 스테이션 및 6개 실의 산출근거 등이 미제시
- 지하층의 기반시설 산출 근거, 예를 들면 기계실 면적이 112㎡ (56㎡×2)로 제시되었으나, 일반적인 기준에 따라 센터의 지상층 면적이 17,573㎡ 4%로 산정하면[56] 약 702.92㎡로 제시된 112㎡는 부족
- 제시된 주차대수 237대(지하 48대, 지상 189대)로 연구시설인 교육연구시설의 법정 주차대수는 200㎡/대를 적용할 경우 88대가 적정하여(연면적 17,573㎡÷200㎡=88) 법정 기준 대비 2.69배 계획되었고, 제시된 설계도의 배치도는 지하램프가 있으나 지하층 평면도에는 없는 것으로 제시되어, 계획도면의 신뢰성 부족



[그림 4-4] 바이오파운드리 인프라 구축예정부지 현황

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 2차 추가제출자료

56) 일반적으로 건축물 계획에는 연면적의 대비 3%~5%, 평균 4%를 적용

- 바이오파운드리 인프라 구축 비용을 연구시설인 인프라동과 일반시설인 연구동을 동일하게 연구시설 기준으로 산정하여 사업비 과다 계상 가능
- 사업계획안은 바이오파운드리 센터 구축 일정을 설계 기간 12개월, 공사 기간 12개월로 계획하고 있으나, 시설 공사에 일반적으로 최소 18개월에서 24개월 소요되는 것으로 판단되어 센터 구축 지연에 따른 사업 수행 일정 및 추가 재원 투입 우려 존재

2. 법·제도적 위험요인

□ 주관부처는 사업추진 상 4가지 범주의 위험요인을 도출하고, 대응방안을 제시하였으나 일부 요인에 대한 구체적인 대응 방안이 없어 사업 목표 달성 및 사업 추진에 위험요인으로 작동 가능

○ ①「유전자변형생물체법」에 따른 연구·산업용 미생물 개발 및 활용의 제약, ② 파운드리 이용과정 생성되는 데이터, 수요자의 기술 및 아이디어 보안 문제, ③ 데이터의 소유 등에 관한 지적재산권 문제, ④ 바이오파운드리 서비스 비용

○「유전자변형생물체법」 개정[57] 에 따른 위험요인은 사업목표 달성 및 사업 기간 등에 영향을 미칠 가능성이 크나, 부처 간 '협의 추진'이라는 일반적인 대응방안 만을 제시하고 협의 과정 등의 실적은 미제시

○ 지식재산권의 소유 문제는 동 인프라의 활용성에 중요한 영향을 미치고, 해외 파운드리 인터뷰에서 중요성을 강조하였으나, 동 사업의 1내역사업 중 5중점과제에서 이익 공유 방안 연구를 실시하고 표준지침을 마련할 예정

○ 주관부처는 동 사업은 '생물작용제'를 대상으로 하지 않아, 「생명윤리 및 안전에 관한 법률」, 「생화학무기법」등의 위험 요인은 없다고 제시하였으나, 지속적인 모니터링이 필요

□ 동 사업을 통해 구축되는 바이오파운드리 시설에 대한 소유 및 운영과 관련하여 관계기관 간 역할 정립 및 협의가 불충분으로 사업 추진상의 위험요인 존재

○ 한국과학기술원 부지에 연구동을 건립하고 해당 기관의 소유로 하되, 사업 종료 후에도 합성생물학 분야 국가 인프라로 활용토록 한다는 의견을 제시하였으나, 해당 기관에 연구동을 건립할 근거가 불충분하고, 주관부처 및 관계 기관 사이에 해당 인프라의 소유, 운영, 기타 제반 사항에 대한 사전 협의가 미흡

57) 병원성이 없는 미생물 변형 시에도 질병관리청장의 승인이 필요할 수 있어 동 사업의 연구개발활동에 제약 가능성 존재

- 한국과학기술원에 동 사업에 의한 인프라를 구축할 근거, 동 사업에 의한 사업비로 한국과학기술원 소유의 연구동을 건축할 근거 부족
- 한국과학기술원에 바이오파운드리의 일부인 연구동을 구축할 경우, 해당 건물의 이용와 관련한 주관기관인 한국생명공학연구원과의 책임 및 권한, 이용 조건, 운영 및 유지관리 조건 등은 미제시
- 1차 점검회의 후 제출한 양 기관 간 '업무협약서(22.7.6)'는 사업 유치를 위한 협력, 건물 증축 및 인프라 구축 협력, 공동 사업위원회 구성 등을 포함하고 있어 시설물 분리 소유 등에 따른 위험요인은 미해소[58]

□ 주관부처는 동 사업은 국제무역기구(WTO) 보조금 협정의 보조금 성립요건에 해당하나 특정기업 및 산업에 차별적으로 지급하지 않아 '특정성(Specificity)'에 해당하지 않는다고 분석하였으나, 바이오소재 고도화 등 타겟이 명확한 분야에서는 관련 규정을 명확히 파악하여 과제를 추진할 필요가 있음

○ 또한, '산업적 연구[59]'의 경우 보조금이 75%를 초과하지 않는 한도에서 기업 혹은 기업과 계약을 체결한 고등교육기관, 연구기관이 행하는 연구 활동에 대한 지원이 허용되는 '허용 보조금'의 수준이 넘지 않도록 유의 필요

3. 기타 위험요인

□ 바이오파운드리는 합성생물학 기술에 로봇, AI 등 첨단 IT기술을 융합하는 인프라로 바이오파운드리의 성공적 구축 및 운영을 위해서는 합성생물학 전문인력 외에도 바이오·IT 융합 인력, IT 인력의 확보가 중요하나 관련 계획이 불충분

○ 주관부처는 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 동 사업에서 요구되는 인력은 바이오파운드리 통합플랫폼 구축(1내역사업 3중점과제와 설계(Design), 학습(Learn) 단계에서의 바이오파운드리 활용지원 인력으로, 연구단 인력, 외부용역, 유관기관 협력을 통해 인력을 충당한다는 계획을 제출

58) 업무협약서는 협약 내용이 별도 합의가 없을 경우 협약기관을 법적으로 구속하지 않는다고 규정(협약서 제7조)하고 있어 협약서를 근거로 사업 추진 상 위험요인을 해소한 것으로 판단하는데는 한계 존재

59) 새로운 지식이 신상품, 공정 또는 서비스를 개발하거나 기존 상품, 공정 또는 서비스를 현저하게 개선하는데 유용할 수 있을 것이라는 목적으로 새로운 지식의 발견을 위한 계획적인 탐구 또는 중요한 조사 의미(외교부 홈페이지)

- 통합플랫폼 구축을 위한 사업 초기 인력 5명 중 책임급 1명, 보조원급 2명이 기 확보되어 있고, 원급 2명은 생명연의 KOBIC 소속 인력을 겸임 발령하여 일부 업무 지원에 활용할 예정
- IT 관련 기관과의 협력을 위해 1단계에 연간 26.5억원(사업기간 중 총 124.0억 원)의 외부용역 예산을 활용할 예정
- IT관련 협력을 위하여 ETRI, KISTI, 기계연 등 정부 출연(연) 및 KT 등 IT 대기업과 협의 중
- 설계(Design)/학습(Learn) 단계 전문인력의 경우, 1내역사업 2중점과제의 일부 인력을 ICT인력으로 채용하고, 동 사업의 2내역사업 참여연구자들을 연구단 기술자문단에 초빙하여 바이오파운드리 활용을 지원할 수 있도록 할 예정

○ 바이오파운드리의 핵심 인력으로 로보틱스 전문가, 소프트웨어 엔지니어링 전문가, 데이터 과학자, 장비운영·관리기술자, 하드웨어·소프트웨어 통합관리자 등이 핵심 인력으로 요구되고[60], 바이오 분야에서 AI·IT 융복합 분야 전문인력 부족[61] 등을 고려할 때 ICT 인력 확보 및 관련 대응 방안 미흡은 사업추진의 위험요인으로 작용 예상

- 관련 인력을 외부용역, ETRI, KISTI, 기계연 등 유관 기관의 협력 등 비정규적인 방식에 의한 해결은 자동화 및 통합, 데이터 축적 및 활용, 데이터 보안 등의 관점에서도 위험요인으로 대두될 가능성 존재

□ 바이오파운드리 센터 구축을 위해 센터 건립과 장비도입 및 스테이션 구축 등의 수행기간이 중복되어 바이오파운드리 센터 등 인프라 구축의 지연 가능

○ 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 장비 도입을 센터 건립 이후 인 2025년부터 순차적으로 도입하고, 1개 스테이션을 구축하는 것으로 로드맵 변경을 제안하였으나, 장비 구입 및 도입, 장비 간 연계시스템 구축 지연 등의 상황을 고려하여 보다 상세한 장비도입 및 스테이션 구축계획 수립 필요

60) Building a biofoundry, 2020. 참고. 예타조사 과정에서 수행한 CJ제일제당 바이오파운드리 현장 방문시 해당 담당자는 ICT 관련 인력 및 예산 투자 규모가 전체 투자의 50% 정도 차지한다는 의견을 밝힘.

61) '미래 먹거리' 제약바이오 R&D, 인력 부족에 거북이걸음, MBN 뉴스, 2022.6.28.

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 1 절 비용 추정

1. 총사업비 개요

□ 동 사업은 총사업비 7,434억 원을 국비 6,585억 원, 민자 849억 원 규모로 추진계획

○ 바이오파운드리 시설구축 및 장비도입(내역1, 2,603억 원), 바이오파운드리 핵심기술개발(내역2, 2,089억 원), 바이오파운드리 활용기술개발(내역3, 2,582억 원)으로 구성

- 바이오파운드리 사업단 운영관리* 265억 원(내역1 포함, 총사업비의 3.6%), 기획평가관리비 161억 원(총사업비의 2.2%)

○ 1차 점검회의 후 소명자료를 통해 인프라 규모 축소, 일부 중점과제의 세부과제 축소, 기획관리비 삭제 등을 통해 총사업비를 당초 7,434억 원(국고 6,586억 원, 민간 850억 원)에서 5,784억 원(국고 5,258억 원, 민간 525억 원)으로 조정한다는 의견을 제시

- 사업 내용, 사업 규모 등의 수요 및 근거 제시가 부족하고, 세부활동 및 로드맵, 예산 및 인력 계획 등 연동된 전반의 사업계획 수정이 없어 원안으로 비용을 추정

<표 5-1> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예산 요약

내역사업 (중점과제 수)	중점과제 (세부기술 수)	총 예산 (억원)	평균 과제비(억원)
바이오파운드리 인프라 구축·운영 (5)	[1-1] 바이오파운드리 센터 건립(1)	800	800
	[1-2] DBTL 단계별 핵심장비 도입 및 운영시스템 구축(4)	874	218.5
	[1-3] DBTL 통합플랫폼 기술개발(4)	247	61.8
	[1-4] 바이오부품 뱅크구축(3)	217	72.3
	[1-5] 합성생물학 수용성 제고 연구(3)	200	66.7
	· 바이오파운드리 사업단 운영 관리	265	-
바이오파운드리 핵심기술개발(5)	[2-1] 바이오복잡성 극복 설계기술개발(5)	254	50.8
	[2-2] 상향성 바이오제작기술개발(7)	613	87.6
	[2-3] 초병렬 초고속 바이오시험 기술개발(5)	320	64
	[2-4] 빅데이터/AI 기반 바이오학습 기술개발(3)	176	58.7
	[2-5] 바이오파운드리 핵심장비 개발(8)	726	90.75
바이오파운드리 활용기술개발(2)	[3-1] 바이오파운드리 기반 바이오소재 고도화(12)	1,586	132.2
	[3-1] 산학연 수요맞춤형 바이오파운드리 활용지원(66)	996	14.9
기획평가관리비	· 과제 선정 및 평가비용 등	161	-

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 사업계획서 재구성

가. 정부-민간부담금 산정 비율 적정성

□ 공공 바이오파운드리 구축 사업으로 2내역사업의 장비개발 중점과제, 3내역사업에서 규정에 부합하도록 민간부담금을 산정하였으나, 3내역사업은 중견기업 기준으로 30%로 산정하여 중소기업 참여시 민간부담금 하향 가능

○ 동 사업의 민간부담금 비율은 11.4% 수준(7,434억 원 중 849억 원)이며 민간부담금은 2내역사업 5중점과제에서 182억 원(중소기업 기준 25% 적용), 3내역사업은 668억 원(중견기업 기준 30% 적용)

- 「국가연구개발 혁신법 시행령」은 기업의 규모에 따라 25%~50% 수준으로 제시하고 있으며, 중소기업, 중견기업은 각각 25%, 30% 수준을 기준으로 제시

○ 2내역사업 5중점과제는 참여의향기업 조사 결과를 볼 때 중소기업이 타당하나, 3내역사업을 중견기업으로 산정한 것은 기업 및 산업 현황 근거 등의 근거가 부족

- 주관부처는 중소기업 참여시 과제별 연구비 총액을 하향 조정하여 대응한다는 의견을 제시

<표 5-2> 국가연구개발 혁신법 시행령

「국가연구개발 혁신법 시행령」

정부지원연구개발비의 지원기준 및 기관부담연구개발비의 부담기준(제19조제3항 관련)
1. 정부지원연구개발비의 지원기준

구분	지원기준
가. 제19조제1항제1호*에 해당하는 연구개발기관	연구개발비의 100분의 75 이하
나. 제19조제1항제2호**에 해당하는 연구개발기관	연구개발비의 100분의 70 이하
다. 제19조제1항제3호*** 또는 제4호****에 해당하는 연구개발기관	연구개발비의 100분의 50 이하

*「중소기업기본법」 제2조에 따른 중소기업(이하 “중소기업”이라 한다)
**「중견기업 성장촉진 및 경쟁력 강화에 관한 특별법」 제2조제1호에 따른 중견기업
***「공공기관의 운영에 관한 법률」 제5조제4항제1호에 따른 공기업 및 「지방공기업법」에 따른 지방직영기업·지방공사·지방공단
**** 제1호부터 제3호까지의 기업에 해당하지 않는 기업

표 2 출처 :「국가연구개발 혁신법 시행령」 재구성

나. 사업계획서의 비용 검토

(1) 시설비용 검토

□ 인프라 시설 구축계획서를 관련 법률, 예비타당성조사 표준지침 등의 건축비 산정 기준 및 요율로 검토한 결과, 주관부처가 제시한 사업비에서 일부 증액 요인이 발생하였으며, 일부 시설의 개요 및 면적 등의 근거자료가 미흡해 비용 산정에 한계 발생

<표 5-3> 바이오파운드리 센터 시설개요(사업계획안)

시설명	바이오파운드리 센터	사업명	바이오파운드리 구축 및 활용기술 개발 사업
시설구축 총사업비	800억 원	전체사업비	7,434억 원
시설구축 사업기간	2023년~2024년(총 2년)	전체사업기간	2023년~2030년 (총 8년)
부지위치(주소)	대전광역시 유성구 어은동 46, 44, 52, 52-10 번지		
지역/지구	자연녹지지역 / 국가산업단지 / 교육·연구 및 사업화시설구역 / 연구개발특구		
시설용도	교육연구시설 (연구실 및 실험실)		
층수(지하, 지상)	지하 1층, 지상 5층, 2개동		
부지면적	33,962.3m^2		
건축면적	3,643.4m^2		
연면적	21,264.4m^2		
주차대수	237대(지하 48대, 지상 189대)		

[그림 5-1] 바이오파운드리 센터 시설배치 현황도(사업계획안)

□ 사업시설 구축부지는 한국생명공학연구원과 한국과학기술원 두 기관에 걸쳐 지적공부상 면적이 364,602.40㎡이고, 편입 면적이 33,962.27㎡이며, 각 연구원의 증축에 따른 용도지역의 건폐율, 용적률 기준[62]에 부합

○ 주관부처가 제출한 부지 현황에 따르면 편입면적과 개발면적으로 구분되어 표기되어있으나, 편입면적이 사업계획서의 부지면적으로 제시되어 있으므로 개발 면적에 대한 사항은 제외하고 편입 면적 33,962.27㎡을 본 사업의 면적으로 적용

<표 5-4> 바이오파운드리 센터 부지현황(사업계획안)

구분	지번	지목	지적공부상면적(m²)	편입면적(m²)	개발면적(m²)
KRIBB	어은동 46	임	18,805.60	18,805.60	9,965.71
	어은동 52	대	67,526.90	803.98	803.98
KAIST	어은동 52-10	대	108,859.10	1,059.41	1,059.41
	어은동 44	학	169,410.80	13,293.28	7,923.13
계			364,602.40	33,962.27	19,752.23

<표 5-5> 바이오파운드리 센터 건폐율, 용적률 검토

	인프라동 부지	KRIBB	연구동 부지	KAIST
주 소	대전시 유성구 어은동	52, 53, 46번지	유성구 구성동	23외10필지
대지 면적 (㎡)	전체 합계 부지면적	119,783.70	전체 합계 부지면적	1,140,690.8
	금회 부지46번지(원형지)	18,805.60	금회 어은동44번지	169,410.80
건축 면적 (㎡)	기존	18,030.65	기존	170,406.559
	변경(추가 금번 증축)	1821.7	변경(추가 금번 증축)	1821.7
	소계	19,852.345	소계	172,228.259
연면적 (㎡)	기존 용적률산정	51,246.06	기존 용적률산정	529,804.19
	변경 용적률산정	7,718.50	변경 용적률산정	7,718.50
	소계	58,964.555	소계	537,522.694
건폐율 (%)	기존	17.86	기존	14.94
	센터 증축시 변경사항	1.52	센터 증축시 변경사항	0.16
	소계	19.381	소계	15.099
용적률 (%)	기존	50.75	기존	46.45
	센터 증축시 변경사항	6.44	센터 증축시 변경사항	0.68
	소계	57.194	소계	47.127

62) 국토의 계획 및 이용에 대한 법률 기준 (건폐율 20% 이하, 용적률 100% 이하), 대전광역시 도시계획 조례의 기준 (건폐율 30% 이하, 용적률 150% 이하)

□ 주관부처는 바이오파운드리 센터를 시설 규모를 원안 사업계획서에 인프라동, 연구동 각각 지하 1층, 지하 5층으로 제출하고, 1차 점검회의 소명자료에는 각각 지하 1층, 지상 4층으로 수정 제시하였으나, 스테이션수 등 동 인프라의 핵심 시설의 규모 축소는 동 사업계획 전반의 수정으로 볼 수 있어 이를 수용하지 않고, 원안 사업계획서에서 제시한 규모를 기준으로 비용 검토

○ 일반적으로 시설 규모는 동 사업의 수요에 근거하여 산출된 전용면적과 이에 따른 공용면적(전용면적 대비 약 25~30%), 기계전기실(연면적의 약 3~5%), 지하주차장(연구시설 200㎡/대) 등을 더하여 시설의 연면적을 산정

<표 5-6> 바이오파운드리 센터 시설물 개요(사업계획안)

시설물명	인프라동	연구동	0합계
부지위치	대전광역시 유성구 어은동 46, 44, 52, 52-10 번지		
층수(지하,지상)	지하1,지상5	지하1,지상5	
부지면적(㎡)	169,581.15㎡	169,581.15㎡	33,962.3㎡
건축면적(㎡)	1821.7㎡	1821.7㎡	3,643.4㎡
연면적(㎡)	10,632.2㎡	10,632.2㎡	21,264.4㎡
건폐율(%)	10.73%	10.73%	10.73%
용적률(%)	51.88%	51.88%	51.88%
구조/마감	RC구조	RC구조	
주차대수(대)	119	118	237

○ 주관부처는 연구시설보다는 업무시설에 가까운 평면을 기준으로 각 실의 면적을 산정하여 면적 산출의 적정성 검토가 어려우며, 이와 관련한 1차 점검회의의 지적에 대한 소명자료에도 각 스테이션의 면적만을 제시하여 면적 산출의 적절성 검토에 한계가 있으나, 주관부처에서 제출한 계획안을 기준으로 비용을 산정

<표 5-7> 바이오파운드리 센터 층별 개요(사업계획안)

층구분	인프라동			연구동		
	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항
지하1	주차장	1821.7	주차장	주차장	1821.7	주차장
	공조/기계/전기실		운영관리	공조/기계/전기실		운영관리
	소계	1821.7		소계	1821.7	
지상1	바이오 파운드리 홀	396.8	교육 및 커뮤니케이션	SynBio 홀	396.8	교육 및 커뮤니케이션
	디자인실 (전산실)	297.6	장비 구축/ 서비스 지원	K-GEM 홀	297.6	교육 및 커뮤니케이션
	운영사무실	297.6	운영관리	편의시설	297.6	

층구분	인프라동			연구동		
	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항
	메인 홀 (로비)	656	교육 및 커뮤니케이션	메인 홀 (로비)	656	교육 및 커뮤니케이션
	계단, 화장실, 엘리베이터 등	168.9		계단, 화장실, 엘리베이터	168.9	
	소계	1816.9		소계	1816.9	
지상2	스테이션1	396.8	장비 구축/ 서비스 지원	Open Lab (산)	793.6	외부 연구개발
	스테이션2	297.6	장비 구축/ 서비스 지원	강의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션
	스테이션3	595.2	장비 구축/ 서비스 지원	원격회의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션
	혐기배양실	99.2	장비 구축/ 서비스 지원	방문연구원실	148.8	교육 및 커뮤니케이션
	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	개방형 연구실	148.8	외부 연구개발
	복도	160		복도	160	
	계단, 화장실, 엘리베이터	94.4		계단, 화장실, 엘리베이터	94.4	
	소계	1742.4		소계	1742.4	
지상3	스테이션4	396.8	장비 구축/ 서비스 지원	Open Lab (학,연)	793.6	외부 연구개발
	스테이션5	297.6	장비 구축/ 서비스 지원	강의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션
	스테이션6	595.2	장비 구축/ 서비스 지원	원격회의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션
	저온실험실	99.2	장비 구축/ 서비스 지원	방문연구원실	148.8	교육 및 커뮤니케이션
	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	개방형 연구실	148.8	외부 연구개발
	복도	160		복도	160	
	계단, 화장실, 엘리베이터	94.4		계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4	
	소계	1742.4		소계	1742.4	
지상4	Bank	595.2	장비 구축/ 서비스 지원	창업기업 입주공간 12실	1,190.4	외부 연구개발
	통합실험준비실	297.6	장비 구축/ 서비스 지원			
	살균실	99.2	장비 구축/ 서비스 지원			
	저온보관실	99.2	장비 구축/ 서비스 지원			
	중회의실	198.4	교육 및 커뮤니케이션			
	소회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	기초장비실	198.4	장비 구축/ 서비스 지원

층구분	인프라동			연구동		
	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항	실명	면적(㎡)	용도 및 특이사항
	세미나실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션
	복도	160		복도	160	
	계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4		계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4	
	소계	1742.4		소계	1742.4	
지상5	바이오파운드리 통합 고도화 연구실	793.6	내부 연구개발	합성생물학 고도화 연구실	793.6	내부 연구개발
	개방형 연구실	347.2	외부 연구개발	개방형 연구실	347.2	외부 연구개발
	연구원실	198.4		연구원실	198.4	
	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션	회의실	99.2	교육 및 커뮤니케이션
	휴게실	49.6		휴게실	49.6	
	복도	160		복도	160	
	계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4		계단, 화장실, 엘리베이터 등	94.4	
	소계	1742.4		소계	1742.4	
건물 총계		10,632.2		10,632.2		

<표 5-8> 바이오파운드리 주요 시설의 면적 (추가 소명자료)

건물	층수	구성	면적(평)
KRIBB	2	스테이션1 (DNA 합성, 효소개량)	100
	2	스테이션2 (균주개량 및 합성)	100
	2	스테이션3 (생산 발효 최적화)	200
	3	스테이션4 (DNA 합성, 단백질개량)	100
	3	스테이션6 (수요기반 발효 최적화)	200
	4	부품탱크1	200
	4	배지준비실	100
	4	DB고도화	200
KAIST	2	Openlab1(기업분야)	200
	3	Openlab2(학연분야)	200
	4	IT 융합 기술 개발	100
	4	기초장비실	100
	5	TL고도화	200

<표 5-9> 바이오파운드리 센터 시설물 개요(사업계획안)

구분	인프라동(㎡)	연구동(㎡)	계(㎡)
지하1층	1,821.7	1,821.7	3,643.4
지하층 계	1,821.7	1,821.7	3,643.4
지상1층	1,816.9	1,816.9	3,633.8
지상2층	1,742.4	1,742.4	3,484.8
지상3층	1,742.4	1,742.4	3,484.8
지상4층	1,742.4	1,742.4	3,484.8
지상5층	1,742.4	1,742.4	3,484.8
지상층 계	8,786.5	8,786.5	17,573
총계	10,608.2	10,608.2	21,264.4

□ 전술한 한계에도 불구하고, 제출된 계획서를 기준으로 시설 사업비를 검토한 결과, 부가가치세를 제외한 사업계획안 78,184백만 원 대비 15,062백만 원 증가한 93,246백만 원으로 검토

○ 증가 이유가 용지보상비를 사업계획안에서는 산정하지 않았으나 검토 안에서는 부지 이용에 따른 기회비용을 지침에 의거하여 반영한 결과[63]

○ 용지보상비 및 용지보상비 예비비를 제외한 순수한 건설 관련 사업비는 78,184백만 원 대비 17,447백만 원 감소한 69,045백만 원으로 검토

63) 국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침 제14조(총사업비의 정의)
② 총사업비에는 융자사업비(국가 재정지원 규모 산정 시에는 제외), 기존 국유지를 활용하거나 지방자치단체가 부담하는 부지 관련 비용도 포함되며 국가 부담분, 지방자치단체 부담분, 공공기관 부담분 및 민간 부담분 등을 포함한다.
④ 2. 연구시설·장비구축사업 : 연구시설 및 장비의 구축, 건설공사 등에 소요되는 모든 경비로서 공사비, 보상비, 시설부대경비, 장비 구축·구입비 등으로 구성(시설 건설 이후의 연구비·운영비 등은 총사업비에서 제외)

<표 5-10> 바이오파운드리 센터 건설 사업비(사업계획안)

구분			금액(천 원)	산정방식
총사업비	용지보상비	용지구입비	-	한국생명공학연구원 및 카이스트 부지 제공
		지장물보상비	-	
		소계	-	
	공사비	부지조성공사비	2,001,900	
		토목공사비	2,701,400	조달청 공사비 정보광장 KAIST 연구시설 공종별 분석자료 참조
		건축공사비	30,264,100	
		기계/전기/통신/소방	26,827,600	
		조경공사비	1,512,200	
		부가가치세	6,330,720	
		소계	69,637,920	
	시설부대경비	설계비	2,507,000	'공공발주사업에 대한 건축사의 업무 범위와 대가기준' 공사비의 4%
		감리비	4,691,000	건설기술진흥법 따른 건설기술용역 대가 등에 관한 기준 (건설사업관리 대가산정)
		조사 및 측량비	380,600	
		각종 영향평가비	190,300	
		부가가치세	802,260	
		소계	8,824,860	
	예비비(10%)		1,569,300	
	총 계		80,032,080	

<표 5-11> 바이오파운드리 센터 건설 사업비(비용검토안)

단위 : 백만 원

구 분	사업계획안(A)	검토안(B)	증감(B-A)
용지보상비	-	22,001	22,001
공사비	63,308	56,647	-6,661
설계비	2,507	2,683	176
책임감리비	4,691	2,551	-2,140
조사 및 측량비	380	567	187
시설부대비용	-	130	130
각종영향평가	190	190	-
계	71,076	84,769	13,693
예비비	7,108	8,477	1,369
계	78,184	93,246	15,062

○ 용지보상비 추정 : 사업계획안에서는 부지 무상제공으로 용지보상비를 사업비에서 제외하였으나 용지의 기회비용 검토를 위해 기획재정부 기준[64]을 사용하여 3단계 시도 용도지역 및 이용상황의 보상배율 평균값을 적용하여 추정

64) 한국개발연구원「용지보상비 산정방법 및 Q&A (2018.7.)」

- 편입면적의 개별공시지가 금액인 13,837백만 원에 대전광역시 전체보상배율인 1.59를 곱한 금액인 22,001백만 원으로 추정

<표 5-12> 시도 전체 용도지역 및 이용상황별 보상배율

구분	전체	용도지역(4개 지역)				이용상황(5개 이용상황)				
		주거/상업/공업	녹지개체	관리	농림지보	주거용 공업용	상업용 주상용	전답	임야	공공기타
대전	1.59	1.59	1.83	2.0	3.0	1.59	1.57	1.60	2.59	3.81

<표 5-13> 부지별 개별공시지가

구분	지번	지목	편입면적(m2)	개별공시지가 (원/m2)	편입면적 비용(원)
KRIBB	어은동46	임	18,805.60	224,000	4,212,454,400
	어은동52	대	803.98	231,000	185,719,380
KAIST	어은동52-10	대	1,059.41	231,000	244,723,710
	어은동44	학	13,293.28	691,700	9,194,961,776
계			33,962.27		13,837,859,266

○ 공사비 추정 : 사업계획서에서 제시한 공사비 63,308백만 원을 건물의 성격에 따른 공사비 단가 차등 적용, 부가가치세 제외, 구조보강비 등을 제외하면 56,647백만 원이 적정한 것으로 검토

<표 5-14> 계획안 대비 검토안 공사비 비교(부가세 별도)

단위 : 백만원

구 분	사업계획안(A)	검토안(B)	증감(B-A)
인프라동	31,654	29,850	-1,804
연구동	31,654	26,797	-4,857
계	63,308	56,647	-6,661

- 계획서의 비용계획에서 공사비 산정기준을 조달청 「공공건축물 유형별 공사비 분석」연구소 공사비 단가의 평균가로 제시하였으나, 제시한 사업계획서는 조달청공사비 정보 광장 「KAIST 연구시설 공종별 분석자료」를 참조하여 제시
- 동 비용추정에서는 사업계획안 세부자료로 제시한 조달청 단위 공사비 산출근거를 근거로 비용을 추정

- 다만, 제시된 단위공사비는 부가가치세 포함 금액으로 경제성분석의 비용자료로 사용할 경우 부가가치세를 제외

<표 5-15> 단위 공사비 산출근거

구분	세부내용	단위공사비(원) (부가세포함)	단위공사비(원) (부가세별도)
1	전체평균금액	2,697,720	2,452,473
2	첨단연구시설 + 실험용연구시설 평균(15개시설)	2,793,033	2,539,120
3	바이오와 관련시설 평균 (12개 시설)	3,005,140	2,731,946

- 사업계획서에는 인프라동, 연구동 모두 단위 공사비를 '바이오와 관련시설 평균의 단위공사비'를 사용하였으나, 연구동은 바이오 분야 관련 특화된 연구시설이 들어서지 않으므로 '연구소 전체평균 단위공사비'로 차등 적용하는 것이 타당
- 단위공사비는 부가세 별도 금액을 적용하고, 사업계획안의 건설공사비 상승분 3%는 인정되나, 구조시스템 보강비용 10%는 적용 이유가 없다고 판단하여 제외

<표 5-16> 공사비 산출 내역 (검토안)

구분	산출 내용			공사비 (백만 원)
	연면적 (㎡)	단위공사비(원)	건설공사 상승분	
인프라동	10,608.2	2,731,946	3%	29,850
연구동	10,608.2	2,452,473	3%	26,797
계				56,647

○ 시설부대경비 추정 : 사업계획안은 시설부대경비를 7,768백만 원으로 제시하였으나, 각종 기준으로 재산정한 결과 1,647백만 원이 감소 조정된 6,121백만 원으로 검토

<표 5-17> 계획안 대비 검토안 시설부대경비 비교

단위 : 백만원

구 분	사업계획안(A)	검토안(B)	증감(B-A)
설계비	2,507	2,683	176
책임감리비	4,691	2,551	-2,140
조사 및 측량비	380	567	187
시설부대비용	-	130	130
각종영향평가	190	190	-
계	7,768	6,121	-1,647

- 설계비 산정 : 설계비는 추정 공사비에 따른 직선보간법으로 산정하는 것이 일반적이나 계획서에서는 공사비의 4%로 적용하였으며, '2021년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침'을 기준을 적용 2,683백만 원으로 산정

<표 5-18> 설계비 산정_직선보간법 (검토안)

$$4.77 - \frac{(56{,}647 - 50{,}000) \times (4.77 - 4.68)^{*}}{100{,}000 - 50{,}000} = 4.7366$$

공사비 56,647 백만원 × 4.7366% = 2,683 백만원

* 건축부문 설계비 요율 및 건축공사의 종별 구분 기준 : 2종보통(상급) 500억 원까지 4.77, 1,000억 원까지 4.68 적용

- 전면책임감리비 산정 : 본 사업은 건설 공사비가 567억 원으로 전면책임대상[65]으로 산정하며 산정기준은 '2021년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(기획재정부)'를 기준을 적용 2,551백만 원을 산정

<표 5-19> 책임감리비 산정_직선보간법 (검토안)

$$4.77 - \frac{(56{,}647 - 50{,}000) \times (4.94 - 4.47)^{*}}{70{,}000 - 50{,}000} = 4.5040$$

공사비 56,647백만 원 × 4.5040% = 2,551백만 원

* 요율 기준 : 보통의 공종 기준 500억 원 4.94, 700억 원 4.47 적용

- 조사 및 측량비 산정 : 기획재정부 '예비타당성 지침'에 의거하여 공사비의 1%로 산정하여 공사비 56,647백만 원의 1%인 567백만 원으로 산정
- 시설부대비용 산정 : 사업계획안은 산정하지 않았으나 공사비의 0.23%를 적용하여 130백만 원으로 산정
- 영향평가비용 산정 : 영향평가는 교통영향평가 등의 비용으로 설계비에 포함되지 않는 발주처 업무로서 사업계획안의 190백만 원을 적용

65) 공사비 200억원 이상은 전면책임감리 대상, 산정기준은 '2021년 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(기획재정부)' 활용

<표 5-20> 시설부대경비 산출 (검토안)

구 분	검토안(백만 원)	비고
설계비	2,683	
책임감리비	2,551	
조사 및 측량비	567	
시설부대비용	130	
각종영향평가	190	
계	6,121	

○ 예비비 산정 : 예비비는 사업비의 10%를 산정하여 사업비 84,769백만 원의 10%인 8,477백만 원으로 반영

○ 잔존가치 처리 : 건물의 내용연수 30년을 고려하여 편익 기간이 종료되는 2044년에 잔존가치를 비용에서 차감하고, 토지는 내용연수와 무관하여 감가상각에 제외되어 용지보상비 전액을 잔존가치로 비용에서 차감

(2) 시설 운영비 검토

□ 바이오파운드리 시설의 사업기간 동안 운영비는 106,221백만 원으로 추정되며, 사업 종료 후 건축물의 사용연수(시설구축 후 30년)을 고려하여 2054년까지의 운영비는 217,360백만 원으로 추정

○ 사업기간 내 운영비는 주관부처가 제시한 118,717백만 원에서 12,496백만 원이 감액되었으며 이는 연구시설 운영관리비 산정기준의 변화를 고려한 감액분

○ 사업 종료 후 운영비는 센터 건축 완료(2024년) 이후 건축물의 사용연수(30년)를 반영하여 2054년까지의 운영비를 반영하되, 연구시설 운영관리비 산정기준 변화에 따른 감액분 반영

□ 주관부처는 바이오파운드리 인프라 운영비로 인프라 운영유지비, 연구시설 운영관리비, 연구단 운영관리비 등을 구분하여 사업기간 중 118,717백만 원을 제출하고, 사업종료 후 매년 19,611백만 원이 소요된다는 계획을 제출

○ 바이오파운드리 인프라 운영유지비, 연구단 운영관리비는 각 중점과제의 소요 예산 내역에 포함되어 사업계획서에 제출

- 바이오파운드리 센터 운영관리비는 한국생명공학연구원의 경상비 산정기준을 산출근거를 제시하였으나 주관부처가 제출한 사업계획서 예산내역에 포함 여부가 불분명하나, 제시한 비용을 반영하되[66], 총사업비에는 미반영

<표 5-21> 바이오파운드리 인프라 총 운영비 검토

(단위: 백만원)

구분			사업기간 중 ('23~'30)		사업종료 이후 (매년)	
			사업계획	검토안	사업계획	검토안
바이오 파운드리 인프라 운영 유지 비용	중점과제 2 DBTL핵심장비도입및운영시스템구축	인건비 (계약직)	1,597	1,597	240	240
		바이오파운드리 유지보수비	1,807	1,807	499	499
		바이오파운드리 소모품 및 재료비	42,692	42,692	7,596	7,596
	중점과제 3 DBTL통합플랫폼기술개발	인건비 (계약직)	1,198	1,198	160	160
		클라우드 및 스토리지 사용료	5,690	5,690	1,194	1,194
	중점과제 4 바이오부품뱅크구축	인건비 (계약직)	1,078	1,078	160	160
		클라우드 사용료	6,625	6,625	1,059	1,059
		바이오부품 뱅크 재료비	5,230	5,230	813	813
연구시설(바이오파운드리 센터) 운영관리비		경상비	26,352	13,855	4,392	2,771
연구단 운영관리비		인건비	6,305	6,305	852	852
		직접비	17,739	17,739	2,329	2,329
		간접비	2,405	2,405	318	318
합계			118,717	103,816	19,611	17,673

○ 주관부처는 바이오파운드리 센터 운영관리비를 한국생명공학연구원 대전 본원의 경상비 산정기준을 준용한 것으로 당초 제시하였으나, 1차 점검회의 소명자료에는 대전 본원과 오창 분원의 관련 운영비 단가의 평균값을 제시하여 일반운영비 2,068백만 원, 특수시설 운영비 703백만 원의 합인 연 2,771백만 원을 반영

- 운영관리비는 소요인력 비례성 운영비와 시설면적 비례성 운영비로 구분 가능하나, 인력 비례성 운영비는 각 중점과제 소요 예산에 반영하여 시설면적 비례성 운영비로 일반운영비와 특수시설 운영비를 추정
- 일반운영비 추정 : 대전 본원과 오창 분원 실소요 운영비 단가를 적용한 한국생명공학연구원의 실제 경상비 산정 기준을 반영하여, 2,068백만 원 반영

※ 평균 생명(연) 실제 경상비 소요 기준 : 2,067,728천원(97.2천원*×21,264m^2)

66) 주관부처는 사업계획서 제출 이후 운영비 상세 내용을 수정하였고, 2차 추가제출자료에서 산출근거를 제시한 후 1차 점검회의 소명자료로 운영관리비 소요 내역을 수정하고 사업단 운영비에 시설 운영관리비를 포함하는 것으로 제출

<표 5-22> 바이오파운드리 센터 일반운영비 산출 내역

- 대전본원 실제경상비 소요 기준

항목	내용	예산(천원)
시설관리비	공공요금(전기,수도,연료)	2,319,317
	시설장비유지보수	573,632
위탁용역비	청소/경비/시설용역	2,412,205
소계(a)		5,305,154

·대전본원 연면적(m^2)(b) : 61,479 ·면적당 단가(c=a/b) : 86.3

·바이오파운드리 연면적(m^2)(d) : 21,264

·바이오파운드리 운영비(e=c×d) : 1,834,916

- 오창본원 실제경상비 소요 기준

항목	내용	예산(천원)
시설관리비	공공요금(전기,수도,연료)	2,210,433
	시설장비유지보수	260,552
위탁용역비	청소/경비/시설용역	2,035,320
소계(a)		4,506,305

·오창분원 연면적(m^2)(b) : 41,652 ·면적당 단가(c=a/b) : 108.2

·바이오파운드리 연면적(m^2)(d) : 21,264

·바이오파운드리 운영비(e=c×d) : 2,300,539

- 대전본원, 오창분원 평균 기준

·기준단가 평균 : 97.2

·바이오파운드리 연면적(m^2)(d) : 21,264

·바이오파운드리 운영비(e=c×d) : 2,067,728

출처 : 1차 점검회의 소명자료

- 특수시설 운영비 추정 : 바이오파운드리 전체 연면적의 50%를 특수시설로 고려하여 한국생명공학연구원의 특수시설(전산동) 기준을 반영하여 703백만 원 반영

※ 특이소요 반영 특수시설 운영에 따른 추가소요(천원) : 702,775천원(66.1천원*×10,632m^2)

<표 5-23> 바이오파운드리 센터 특수시설 운영비

* 특수시설 규모는 바이오파운드리 전체 연면적의 50% 기준으로 산출

구분	요금(천 원)	면적(m^3)	면적당 단가
특수시설(전산동 등, A)	297,671	3,123	95.3
본원 일반시설(B)	1,568,457	53,804	29.2
차액분(A-B)	-	-	66.1

- 단가 66.1천원 x 10,632m^2(바이오파운드리 연면적의 50%) = 702,775천 원

(3) 장비비용 검토

□ 주관부처는 57,194백만 원 규모로 23종의 장비 329점[67]을 4년에 걸쳐 도입할 계획을 제시하였으며 한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)을 통해 사업과의 부합성, 기존 장비와의 중복성, 도입 타당성, 사양 및 수량 적합성, 비용 적성성 등을 종합 분석한 결과 도입계획은 적정하며, 구축비용만 1.6% 감액한 56,263백만 원으로 조정

○ 장비 1점 당 평균도입단가는 280백만 원으로 조사되었으며, 최소단가는 46백만 원(PCR장비), 최대단가는 1,748백만 원(병렬 미생물 배양시스템)이고, 대부분 2년차에 도입을 계획(105/270, 38.8%)

○ 23종의 장비 중 21종이 기반 또는 단독활용 장비에 해당되어 중복이라도 구축해야 하는 '중복예외' 장비에 해당하고, 2종은 '중복없음'으로 평가

<표 5-24> 바이오파운드리 장비구축 비용(사업계획안)

(단위 : 백만 원)

최소단가	최대단가	평균단가	수량	총 규모	비고
46	1,748	288	329	57,194	○ 23종, 329점

자료 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 장비구축계획서 재구성

67) 1차 추가제출자료 이후 재제출('22.4.21)

<표 5-25> 장비별 수량 및 비용 조정 결과

연번	심의번호 (장비번호)	장비명	수량적정성 (점)		비용(단가) 적정성(백만원)		신청금 (백만원)	최종 확정금액 (백만원)
			신청	조정	신청	조정		
1	세부1-001	전자동 멀티분주 시스템	33	33	132	132	4,356	4,356
2	세부1-002	전자동 대량 염기서열 분석 시료 제작 시스템	15	15	162	150	2,430	2,250
3	세부1-003	나노 액체 분주기	7	7	488	488	3,416	3,416
4	세부1-004	콜로니 선별기	18	18	319	280	5,742	5,040
5	세부1-005	자동 플레이트 핸들링 로봇암	15	15	300	300	4,500	4,500
6	세부1-006	전자동 PCR 장비	44	44	46	46	2,024	2,024
7	세부1-007	유전자 분석용 겔 전기영동 시스템	7	7	209	209	1,463	1,463
8	세부1-008	고성능 액체크로마토그라피	25	25	143	143	3,575	3,575
9	세부1-009	LC-MS 고성능 액체크로마토그라피	7	7	150	150	1,050	1,050
10	세부1-010	기체 크로마토그래피	25	25	69	69	1,725	1,725
11	세부1-011	기체 크로마토그래피-질량분석기	7	7	97	90	679	630
12	세부1-012	올리고 합성기	3	3	318	318	954	954
13	세부1-013	다기능 마이크로플레이트 리더	8	8	110	110	880	880
14	세부1-014	전자동 플레이트 밀봉 장치	15	15	70	70	1,050	1,050
15	세부1-015	전자동 튜브 봉합 및 제거기	15	15	118	118	1,770	1,770
16	세부1-016	DNA/Cell 저장고	5	5	498	498	2,490	2,490
17	세부1-017	자동세포배양기	39	39	165	165	6,435	6,435
18	세부1-018	병렬 미생물 배양 시스템	2	2	1,748	1,748	3,496	3,496
19	세부1-019	소용량 발효기	14	14	300	300	4,200	4,200
20	세부1-020	밀도에 따른 혼합물 분리기	15	15	85	85	1,275	1,275
21	세부1-021	유체 기반 고속 세포 분류기	3	3	368	368	1,104	1,104
22	세부1-022	차세대염기서열분석기	6	6	407	407	2,442	2,442
23	세부1-023	세포 이미징 촬영 장비	1	1	138	138	138	138
총 계			329	329	6,440	6,382	57,194	56,263

□ 장비 검토 비용에서 부가가치세를 제외한 511억 원을 전체 장비의 내용연수를 10년 기준으로 하여 장비재투자비를 반영

○ 예타표준지침 상 연구장비 운영유지비 요율에 따른 상세 내역이 필요[68]하나, 바이오파운드리 유지보수비를 장비 도입후 1년 유지보수비로 장비가격의 3-5%를 적용

○ 편익기간 11년을 고려하여 장비 재투자 후 2044년 이후 잔존가치는 최종연도 비용에서 차감 처리

68) 예타 표준지침 상 장비 운영유지비는 장비 유지보수비, 운영비의 합으로 산출하며, 주관부처는 유지보수는 제출하였으나, 운영비 중 장비운영관련 운영비를 세분하여 제출하지 않음

(4) 연구개발비 검토

□ 주관부처에서 제시한 중점과제 및 세부과제별 연구개발비를 적용

○ 1내역사업은 인프라 구축 및 운영을 내용으로 하기때문에 일반적인 국가연구개발과제 규모와 비교하여 적정성을 판단하는 것은 바람직하지 않으나, 세부기술개요서가 제출되지 않아 세부기술별 과제비용은 확인이 어렵다는 한계 하에서 시설구축 및 운영비를 제외하고 주관부처가 제시한 내용을 반영

○ 연구개발과제로 구성된 2·3내역사업의 규모를 동 사업과 유사한 국가연구개발과제의 규모와 비교하여 적정성을 분석한 결과, 동 사업 세부기술과제 예산은 다소 높게 계상된 것으로 추정

- 유사과제군의 1년 평균 예산은 4.94억 원이고, 동 사업의 세부기술과제의 예산규모는 40.67억 원으로 동 사업의 세부기술과제의 과제 기간이 2~5년 내외로 계획된 점을 고려해도 과제당 규모는 크게 산정

<표 5-26> 유사과제군과 동 사업 2·3내역의 연구비 규모 비교

(단위: 억 원)

내역사업	유사과제군 과제당 1년 평균 예산(A)	동 사업		비율(B/A)
		세부기술 수	세부기술과제 평균 예산(B)	
2,3 내역사업	4.94	94	40.67	8.23

○ 기획평가관리비는 센터 구축 및 운영비를 제외한 연구개발비의 약 3.1% 수준으로 제시하여 반영

- 다만, 총사업비는 7,434억 원에서 연구단 운영비(3.6%), 기획평가관리비(2.2%) 차지하여 유사사례[69]에 비해 다소 높게 책정되었으나 산출 근거 등을 불충분

69) 국가신약개발사업의 경우 사업단운영비와 기획평가관리비 합산규모가 예비타당성조사 대안의 5%이내임

제 2 절 편익 추정

1. 주관부처의 편익 개요

□ 주관부처는 동 사업의 편익항목을 바이오파운드리 활용을 통한 연구개발 성과물의 신속한 시장진입 및 시장점유율 향상에 따른 매출액 증대로 가정하고 동 사업의 비용-편익 비율(B/C)을 1.21로 제시[70]함

<표 5-27> 주관부처가 제시한 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 편익 추정 방안

구분	추정식
부가가치 증대 편익	수혜기업 평균 매출액 x 매출액 상승률 x 사업수혜 기업 수 x R&D 기여율 x 사업화 성공률 x 부가가치율

출처 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발 사업계획서 재구성

※ 1,129개 기업 매출 평균액(한국바이오산업정보서비스), 매출상승률 25.0%(설문), R&D 기여율 35.4%(예타 세부지침), 사업화성공률 40%(설문), 부가가치율 28.9%(한국은행 산업연관표), 편익발생기간 9년(인용특허수명지수), 편익회임기간 3년, 사회적할인율 5.5%

□ 주관부처는 한국바이오협회에서 조사하는「바이오산업실태조사」에 속한 8개 산업군, 총 1,129개 기업의 최근 4년간 기업당 평균매출액을 산정

○ 이후 기업당 평균매출액에 연도별 편차 보정 목적으로 소비자 물가상승률인 1.48%를 적용하여 편익발생기간인 42년까지 평균 매출액으로 활용

<표 5-28> 주관부처가 적용한 매출발생산업군의 기업수 및 매출액

(단위 : 백만 원)

매출발생 산업구분	2016		2017		2018		2019		2020	
	기업수	매출액	기업수	매출액	기업수	매출액	기업수	매출액	기업수	매출액
바이오의약	207	33,576	202	35,044	187	35,101	199	42,246	191	50,629
바이오화학·에너지	159	13,335	166	15,945	236	17,916	269	18,561	265	21,124
바이오식품	174	29,192	185	31,241	257	31,015	281	39,903	271	42,146
바이오환경	33	295	34	462	53	577	58	557	61	986
바이오의료기기	86	7,477	93	7,771	131	8,482	150	10,438	151	38,795
바이오장비 및 기기	33	1,199	32	1,130	53	889	57	1,105	76	1,936
바이오자원	15	1,691	15	1,711	19	1,785	19	1,257	17	1,211
바이오서비스	75	5,848	80	8,153	128	10,302	154	12,519	164	18,099
합계	782	92,611	807	101,457	1064	106,067	1,187	126,586	1,196	174,923

자료 : 동 사업 경제성 분석자료 재구성, 원자료 (한국바이오산업정보서비스)

70) 1차 추가제출자료에서 원안 B/C는 인프라 운영비가 포함되지 않아 1.15로 재산정

□ 매출액 상승률(증가율)과 사업화 성공률은 동 사업 기획을 위한 기술수요조사 설문조사 결과를 참고하여 보수적으로 설정하였다고 제시

○ 주관부처는 바이오파운드리 활용 시 기업 매출이 30~50% 상승할 것으로 예상하는 응답이 10건(39.0%), 13명(31.7%)으로 10~30%의 증대 효과가 있다고 응답한 것을 토대로 매출액 상승률을 25%로 설정

○ 22건(53.7%)의 응답에서, 본 사업에 참여하여 바이오파운드리를 활용함으로써 연구개발속도가 5배 향상 될 경우 기존 활용하지 않을 때보다 제품(기술)의 사업화 성공률이 40% 이상 증가할 것이라고 응답한 것을 토대로 사업화 성공률을 30%로 설정

□ 사업수혜기업 수는 동 사업에서 지원하고자 하는 총 기업 수(50개)[71]를 반영

□ R&D기여율은 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」에서 제시하는 35.4%를 활용

□ 부가가치율은 한국은행 산업연관표 상 '화학물질 및 화학제품제조업'의 부가가치율 28.9% 적용

□ 편익기간은 인용특허수명(Cited-patent Life Time, CLT)를 근거로 9년을 적용하였으며 사회적 할인율은 5.5% 적용

○ 편익회임기간는 3내역사업 지원과제의 종료년도를 고려하여 과제별로 3년의 편익회임기간을 설정

○ 2021년도 산업통상자원부 「기술평가 실무가이드」에 제시된 바이오 기술 관련 4개 분야의 인용특허수명지수를 활용하여 9년 편익 기간 적용

<표 5-29> 주관부처가 활용한 동 사업의 편익기간 산출 근거

IPC 코드	내용	CLT수명 (평균)	0CLT 수명추정
G01	식품용 단백질 조성물; 식품용 혼합(working-up) 단백질; 식품용인지질 조성물	8.89	9년
A61K	의약용, 치과용 또는 치료용 제제	9.75	
C07H	당류; 그 유도체; 뉴클레오시드; 뉴클레오티드; 핵산	8.92	
C12N	미생물 또는 효소; 그 조성물; 미생물의 증식, 보존 또는 유지; 돌연변이 또는 유전자공학; 배지	8.32	

자료 : 동 사업 사업계획서 재구성, (원자료) 산업통상자원부 「기술평가실무가이드」

71) 동 사업 성과지표인 바이오파운드리 인프라활용 50건/연 목표치를 차용한 것으로 판단

<표 5-30> 주관부처 제시 편익 추정 요약

구 분	주관부처
편익 산출식	(부가가치 증대편익) 수혜기업 평균 매출액 x 매출액 상승률 x 사업수혜 기업 수 x R&D 기여율 x 사업화 성공률 x 부가가치율
수혜기업 평균매출액	한국바이오협회「바이오산업실태조사」8개 산업군 평균매출액 ※ 2016-2020
매출액 상승률	25% ※ 기술수요조사 설문조사
수혜기업수	50
부가가치율	‘화학물질 및 화학제품제조업’ 28.9% ※ 한국은행 산업연관표 부가가치율
편익 발생 기간	9년 ※ CLT 기준
편익 회임 기간	3년
사업화 성공률	43.0%
R&D 기여율	35.4%
사업기여율	-
사회적 할인율	5.5%

2. 주관부처 편익 추정 검토

□ 8개 매출 발생 산업군 및 1,129개 기업과 동 사업 성과지표 간의 연관성이 구체적으로 제시되었다고 보기 어려움

○ 제시한 8개 산업군은 국내 바이오산업 실태조사의 모든 분야를 포괄하는 것으로 타당하지 않으며, 동 사업의 목적, 지원 대상, 성과목표 등과의 연계성이 부족

- 바이오 기술의 특성상 탐색연구 및 타겟발굴을 지원하는 바이오파운드리가 국내 모든 바이오기업의 매출액에 직접적으로 기여할 것으로 보는 것은 과대 계상 우려

○ 8개 매출 발생 산업군 1,129개 기업의 매출액을 일괄적으로 산출하여 기업의 수가 적지만 매출이 큰 분야가 존재할 경우 전체 매출액이 과대 계상될 가능성이 존재

<표 5-31> 바이오산업 실태조사 산업분류 기준

산업분류	세부 산업	
바이오 의약산업	바이오항생제 바이오저분자량의약품 백신 호르몬제 치료용항체 및 사이토카인제제 혈액제제	세포기반치료제 유전자의약품 바이오진단의약품 효소 및 생균의약품 바이오소재 의약품 동물용 바이오의약품 기타 바이오의약품
바이오 화학·에너지 산업	바이오고분자제품 산업용 효소 및 시약류 연구·실험용 효소 및 시약류	바이오화장품 및 생활화학제품 바이오농약 및 비료 바이오연료 기타 바이오화학·에너지제품
바이오 식품산업	건강기능식품 식품용 미생물 및 효소 식품첨가물	발효식품 사료첨가제 기타 바이오식품
바이오 환경산업	환경처리용 생물제제 및 시스템 생물 고정화 소재 및 설비	환경처리, 자원재활용 제제 및 시스템 환경오염 측정기구 및 진단, 서비스 기타 바이오환경제품 및 서비스
바이오 의료기기산업	바이오센서 체외진단	바이오센서/마커 장착 의료기기 기타 바이오의료기기
바이오장비 및 기기산업	유전자/단백질/펩타이드 분석·합성·생산 기기 세포 분석·배양 장비	다기능 및 기타 분석기기 연구 및 생산장비 공정용 부품 기타 바이오장비 및 기기
바이오 자원산업	종자 및 묘목 유전자변형 생물체	실험동물 기타 바이오자원
바이오 서비스산업	바이오 위탁생산·대행 서비스 바이오 분석·진단 서비스 임상·비임상 연구개발 서비스	기타 연구개발 서비스 가공 및 처리·보관 서비스 기타 바이오서비스업

출처 : 2020 국내 바이오산업실태조사 결과 보고서, 산업통상자원부/한국바이오협회, 2021

□ 매출액 증가율을 설문조사의 결과를 활용하여, 수치의 객관성과 신뢰성을 확인할 수 없으며, 편익 추정 산식에 반영할 경우 편익이 이중 산정되는 오류 발생

○ 기업당 매출액 규모에 매출액 증가율을 연도별로 일괄 적용하여 가산할 경우, 동 사업의 편익을 적용된 매출액 증가액만을 편익으로 보는 것이 타당

□ 주관부처의 편익추정에는 바이오파운드리의 연간 운영비용이 제외되고 기업 평균매출액 수치도 수정된 문제점이 존재함

○ 사업계획서 편익추정 원안에서는 최근 4년간('16~'19) 기업 평균매출액을 반영하였으나 1차 추가제출자료에서는 최근 5년간('16~'20) 기업 평균매출액을 반영함

<표 5-32> 주관부처가 추정한 8개 매출발생 산업분야 1개 기업당 평균 매출액

(단위 : 백만 원)

연도	2016	2017	2018	2019	2020
총 매출액	9,261,139	10,145,669	10,606,665	12,658,553	17,492,347
기업수	782	807	1,064	1,187	1,196
평균매출액	11,843	12,572	9,969	10,664	14,626

자료 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료 재구성

□ 주관부처 경제성 분석자료 검토결과 사업종료후 3년은 개별과제별로 편익회임기간을 개별적으로 적용하여, 예타 지침에 따른 적용 검토 필요

○ 동 사업 회임기간 3년, 편익기간 9년을 적용하고, 과제별 종료년도를 기준으로 사업종료 전 종료된 과제의 경우 3년의 회임기간을 고려하여 사업 종료 후 3년 내에 발생하는 편익을 편입하여 산정

○ 주관부처는 동 사업 내 내역사업이 상호 연계되어 있다고 주장하므로, 사업종료 후 3년으로 일괄 적용이 타당

<표 5-33> 주관부처의 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 편익추정 결과 요약

(단위 : 백만 원)

2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	합계
종료	회임기간 (3년)			편익발생기간 (9년, CLT 적용)									
9,451	16,364	29,732	42,057	35,600	77,826	74,860	72,008	69,264	66,625	64,086	61,644	59,295	678,810

자료 : 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 1차 추가제출자료 재구성

□ 주관부처 편익 산출식에 사업기여율이 반영되지 않아 동 사업 편익이 과대 추정되었을 가능성이 존재함

○ 주관부처가 제시한 그간의 정부투자 및 민간투자 동향 등을 감안하였을 때 우리나라 합성생물학/바이오파운드리분야 연구개발이 동 사업으로만 온전히 수행된다고 볼 수 없으므로 사업기여율 미반영은 부적절

□ 사회적 할인율을 예비타당성조사 수행 총괄지침에 근거하여 5.5%를 적용하였다고 하였지만, 「예비타당성조사 수행 총괄지침」과 차이[72]가 있는 것으로 조사됨

72) 제50조(사회적 할인율) ① 예비타당성조사에서 사회적 할인율은 4.5%를 적용한다. 다만 분석기간이 30년 이상인 철도와 수자원 사업은 운영 30년 동안은 4.5%를 적용하고 이후는 3.5%의 할인율을 적용한다.

3. 예비타당성조사 연구진의 편익추정방향

□ 사업 추진에 따른 부편익은 주관부처의 경제성 분석시 활용한 자료 및 방법론을 준용하여, 동 사업을 통해 직접적인 수혜를 받는 기업(50개 기업)의 편익기간 동안의 매출액 증가에 동 사업 기여분을 예타 세부지침의 부가가치 창출편익 방법론에 따라 추정

○ 한국바이오협회 「국내 바이오산업실태조사」의 산업군 중 동 바이오파운드리의 활용과 관련성이 높은 5개 산업군의 최근 7년간 기업당 매출액 규모를 선형 추정하여 기업당 평균매출액 규모 산정

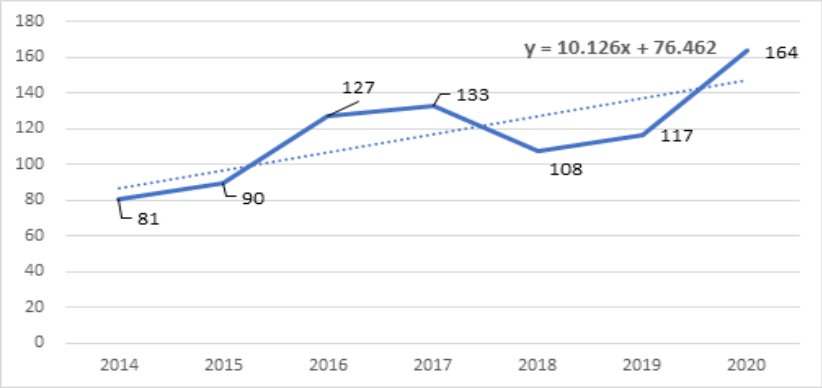
<표 5-34> 바이오파운드리 인프라 관련 매출 발생 산업군 기업 수 및 매출액

(단위 : 억 원)

구분	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	기업수	매출액	기업수	매출액	기업수	매출액	기업수	매출액	기업수	매출액	기업수	매출액	기업수	매출액
바이오 의약	322	28,709	330	34,639	207	33,576	202	35,044	187	35,101	199	42,246	191	50,629
바이오 화학·에너지	204	5,484	206	5,737	159	13,335	166	15,945	236	17,916	269	18,561	265	21,124
바이오 식품	197	30,392	197	32,174	174	29,192	185	31,241	257	31,015	281	39,903	271	42,146
바이오 환경	76	306	76	306	33	295	34	462	53	577	58	557	61	986
바이오 의료기기	24	1,543	22	1,602	86	7,477	93	7,771	131	8,482	150	10,438	151	38,735
합계	823	66,434	831	74,458	659	83,875	680	90,463	864	93,091	957	111,705	939	153,680

자료 : 한국바이오협회 「바이오산업실태조사」 재구성

※ 2016-2020년 기업수는 매출 발생 기업 기준



[그림 5-2] 매출발생산업군의 기업당 평균매출액 추이

- 기업당 평균매출액을 최근 7년간 매출액을 기준으로 선형 추정하였으므로 중복, 과대 추정 회피를 위해 주관부처에서 고려한 매출액 증가율, 소비자 물가상승률은 미반영

○ 지원 기업 수는 바이오파운드리 활용 목표 건수인 50개 기업으로 설정

○ 편익 발생기간은 본 조사를 위해 실시된 특허분석의 기술수명주기(TCT, Technology Cycle Tme)값인 11.16을 고려하여 11년 적용

○ R&D사업화성공률은 한국산업기술진흥원(KIAT) 「2019 산업기술혁신사업 성과활용 조사 종합분석보고서」 바이오의료분야 사업화 성공률 55.1%를 반영

○ R&D기여율은 예타 세부지침에 근거하여 35.4% 적용

○ 부가가치율은 한국은행 산업연관표의 '화학물질 및 화학제품제조업'의 28.9%를 적용

○ 주관부처는 사업기여율을 적용하지 않았으나, 예타 지침에 따라 동 사업과 유사한 정부연구개발과제의 정부·민간 투자 비중을 근거로 동 사업의 기여분을 산정

- 연구개발활동조사 기준 생명과학 분야 정부/민간 투자 비중(37:63)을 적용한 관련 분야 국내 연구개발투자에서 동 사업의 기여율 45.8% 적용

$$= \frac{\text{조사 대상사업 연간 연구개발비}}{\text{조사 대상사업 연구개발비} + \text{해당 기술 분야 연간 정부재원 연구개발비}(1 + \text{민간/정부 비율})}$$

[수식] 사업기여율 도출 수식

○ 사회적 할인율은 「예비타당성조사 수행 총괄지침」을 준용하여 4.5%로 하고, 본 조사의 착수 시점이 2022년 1월인 점으로 고려하여 2021년 기준을 기준으로 적용

<표 5-35> 편익 추정 기본방향 및 변수 정의

편익 추정 방법	가치창출 편익	
편익 산출식	수혜기업 평균 매출액 x 사업수혜 기업 수 x R&D 기여율 x 사업화 성공률 x 사업 기여율(R&D) x 부가가치율	
구성 요소 및 근거	수혜기업 평균매출액	「바이오산업실태조사」 5개 산업군의 최근 7년간 기업당 평균매출액 선형추정(2015-2020)
	수혜기업	50개
	부가가치율	28.9% ※ 한국은행 산업연관표 '화학물질 및 화학제품제조업'기준
	R&D기여율	35.4%
	R&D 사업화성공률	55.1% ※ 2019 산업기술혁신사업 성과활용 종합보고서, 한국산업기술진흥원(2020)
	사업기여율 (R&D투자)	45.8% ※ 생명과학분야 정부:민간 = 37:63 적용 ※ NTIS 유사과제정연구비 규모(연구진 재검색) 적용
	편익 회임기간	3년
	편익기간	11년 ※ TCT 기준
	사회적 할인율	2018년도 기준 4.5%

제 3 절 경제성 분석

□ 동 사업의 총편익의 명목가치는 4,824.2억 원이며, 2021년을 기준으로 사회적 할인율 4.5%를 적용한 현재가치는 2,176.8억 원으로 추정됨

<표 5-36> 연도별 총비용 및 총편익 추정 결과(안)

(단위:억 원)

연도	총비용		총편익	
	명목가치	현재가치	명목가치	현재가치
2023년	781.0	715.2		
2024년	1,512.4	1,325.3		
2025년	788.3	661.0		
2026년	948.6	761.2		
2027년	1,039.0	797.8		
2028년	990.7	728.0		
2029년	763.2	536.7		
2030년	600.2	403.9		
2031년	179.9	115.8		
2032년	179.9	110.9		
2033년	179.9	106.1		
2034년	381.6	215.3	373.2	210.6
2035년	308.5	166.6	386.3	208.6
2036년	280.8	145.1	399.3	206.4
2037년	260.2	128.6	412.4	203.9
2038년	179.9	85.1	425.5	201.3
2039년	179.9	81.5	438.6	198.6
2040년	179.9	78.0	451.6	195.7
2041년	179.9	74.6	464.7	192.7
2042년	179.9	71.4	477.8	189.6
2043년	179.9	68.3	490.8	186.4
2044년	-280.3	-101.8	503.9	183.1
합계	9993.5	7,247.6	4,824.2	2,176.8

□ 분석된 사업계획 원안에 대한 비용편익(B/C) 비율은 0.30으로 산출되어, 경제성을 확보하지 못한 것으로 분석

<표 5-37> 비용편익 분석결과(안)

(단위:억 원)

총비용 현재가치	총편익 현재가치	비용편익(B/C) 비율	순현재가치(NPV)
7,247.6	2,176.8	0.30	-5,070.8

제 6 장 종합분석 및 결론

제 1 절 AHP를 이용한 종합분석

1. AHP 기법을 활용한 종합분석의 개요

가. 다기준 분석의 필요성

□ 국가연구개발사업 예비타당성조사의 최종 단계는 과학기술적·정책적·경제적 타당성의 분석 결과를 종합하여 사업 시행의 타당성 정도를 종합적으로 판단함

○ 각각의 타당성 분석 결과를 종합하는 과정에 있어 정량적 분석 결과와 정성적 분석 결과의 통합, 평가의 일관성과 사업의 특수성을 동시에 반영해야 하는 점, 평가에 참여하는 여러 사람의 의견을 통합에 있어서의 어려움이 존재함

○ 따라서 다수의 속성(multi-attributes)들을 고려하고 다수의 목적(multi-objectives)들을 포함하는 의사결정을 최적화하는 대표적인 기법으로 분석적 계층화법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 활용[73]하여 타당성 여부를 판단함

나. AHP 기법의 개요

□ AHP는 의사결정 목표 및 평가기준이 다수이며, 개별 평가기준에 대해 서로 다른 선호도를 가진 대안들을 체계적으로 평가할 수 있도록 지원하는 의사결정기법

○ 문제를 구성하는 다양한 평가요소들을 주요 요소와 세부 요소들로 나누어 계층화하고, 계층별 요소들에 대한 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 요소들의 상대적 중요도를 도출함

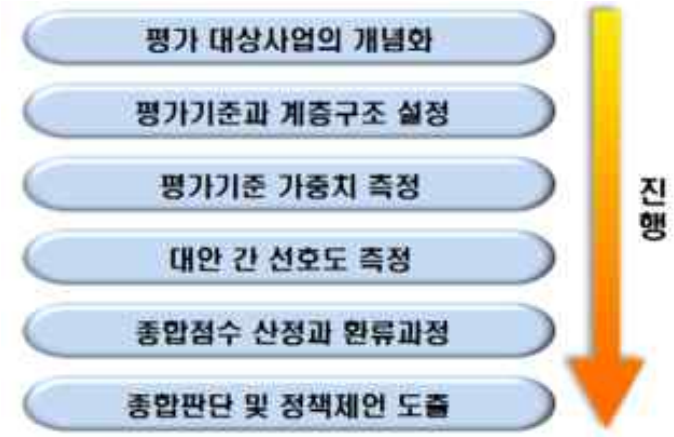
○ 인간의 사고와 유사한 방법으로 문제를 분해하고 구조화하고, 평가요소 간의 상대적 중요도와 대안들의 선호도를 비율척도로 측정하여 정량적 형태로 결과를 도출함

- 척도 선정, 가중치 산정절차, 민감도 분석 등에 사용되는 각종 기법이 실증분석과 엄밀한 수리적 검증과정을 거쳐 채택된 방법들을 활용함

---

73) 과학기술정보통신부,「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침」

○ 예비타당성조사에서 사용되는 AHP의 절차는 평가대상사업의 개념화, 평가기준과 계층구조의 설정, 평가기준 가중치 측정, 대안 간 선호도 측정, 종합점수 산정, 환류 과정 등으로 이루어짐



[그림 6-1] 분석적 계층화법(AHP)을 이용한 평가절차

출처 : 한국과학기술기획평가원(2020)

2. 종합평가 결과

가. 조사 대상 집단

□ 「국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침」에 따라[74] 국가연구개발사업평가 총괄위원회가 구성한 동 사업의 종합평가위원회 평가자 11인을 대상으로 AHP를 실시함

○ 국가연구개발사업평가 총괄위원회는 사업 특성을 고려하여 분과위원회에 사업을 배정하며, 해당 분과위원회의 분과위원장과 분과부위원장, 분과위원장이 위촉한 분과위원 및 PM을 포함한 예비타당성조사 연구진 등으로 종합평가위원회가 구성됨

□ AHP에 참여한 11인의 평가자 중 종합점수 기준으로 최댓값 및 최솟값 평가자를 제외한 총 9인의 항목별 평가점수를 종합하여 평가결과를 도출함

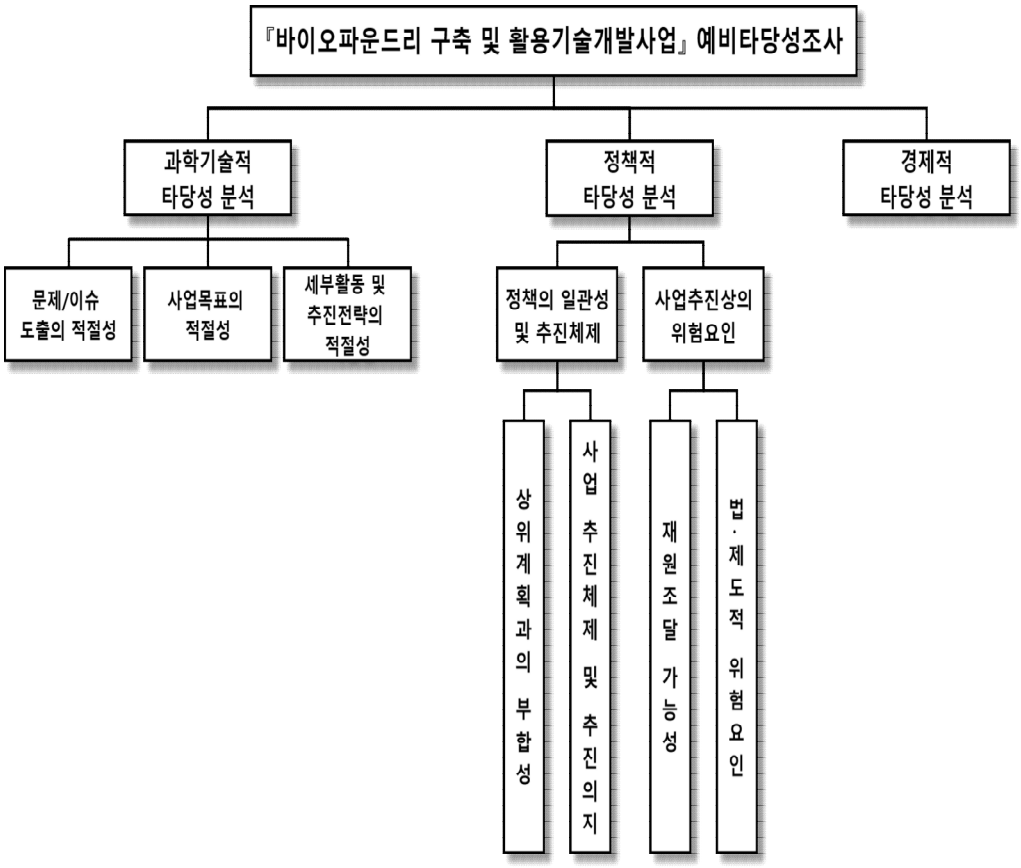
○ 최댓값과 최솟값을 제외함으로써 평가자의 개인별 선호를 가능한 한 배제하고 객관성을 유지하고자 하였으며, 전체 평가자의 개별 응답을 검토한 결과 모두 일관성[75]을 지닌 것으로 확인됨

74) [시행 2020. 8. 3.] [과학기술정보통신부훈령 제123호, 2020. 8. 3., 일부개정]

나. AHP 구조 및 평가항목

□ 의사결정을 위한 AHP 계층구조는 크게 과학기술적, 정책적, 경제적 타당성 분석의 세 개의 대항목으로 분류되며, 그 하위에 2계층, 3계층 평가항목으로 구성됨

○ 동 사업의 의사결정 계층구조는 [그림 6-2]와 같고, 평가항목별 세부 평가내용 및 평가 기준은 <표 6-1>과 같음



[그림 6-2] 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 예비타당성조사 의사결정 계층구조

75) 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침」은 비일관성 비율의 최대 허용치를 0.15로 설정하고 있으며, 비일관성 비율이 0.15를 초과하는 응답자에 대하서는 환류과정(feedback)을 거칠 수 있다고 명시하고 있음. 동 사업의 비일관성 비율은 0.15 이하로 확인되었음

<표 6-1>「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」예비타당성조사 AHP 평가항목

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가항목 (3계층)	평가내용	비고
과학기술적 타당성 분석	문제/이슈 도출의 적절성	-	• 문제/이슈의 식별 과정·결과의 적절성	• 식별과정이 합리적이고, 도출된 문제/이슈가 국가적 차원에서 대응이 시급하고 필요성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	사업 목표의 적절성	-	• 목표 설정의 적절성	• 설정된 목표가 식별된 문제/이슈의 해결과 연관성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	세부활동 및 추진 전략의 적절성	-	• 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 • 추진체계 및 추진전략을 통한 세부활동 간의 연계성을 구체화 정도	• 세부활동이 사업목표와 연계성이 높고, 추진체계 및 전략을 통해 세부활동의 유기적 관계를 구체화할수록 사업 시행 점수가 높음
정책적 타당성 분석	정책의 일관성 및 추진체제	상위계획과의 부합성	• 정부에서 공식적으로 발표한 중장기계획과의 부합 정도	• 정부 계획과의 부합성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
		사업 추진 체제 및 추진의지	• 선택군 계획과 관련된 사업들 간의 차별성 및 연계 방안 • 사업 거버넌스	• 사업의 임무·역할이 분명히 차별화되어 있으며, 관련 사업들과의 연계방안이 구체적일수록 사업 시행 점수가 높음 • 사업 거버넌스 구축방안이 적절할수록 사업 시행 점수가 높음
	사업 추진상의 위험요인	재원조달 가능성	• 사업의 원활한 추진을 위한 재원 부담주체의 재원 조달 가능성 여부	• 재원조달 가능성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음(시행과 미시행의 중립이 최대 평점)
		법·제도적 위험요인	• 사업 추진을 위한 법·제도적 제한 여부 • WTO 보조금협정 차원에서 통상 분쟁의 가능성 및 대응 방안	• 법·제도적 위험 정도가 낮고 구체적인 대응방안이 마련될 경우 사업 시행 점수가 높음(시행과 미시행의 중립이 최대 평점)
경제적 타당성 분석	경제성	-	• 사업비 및 비용 추정 • 편익 추정 • 비용편익 분석	• 연차별 투입계획 및 총사업비 규모 추정이 구체적이고, 비용편익(B/C) 비율이 높을수록 사업 시행 점수가 높음

다. AHP 항목별 가중치 산정

□ 연구개발부문 예비타당성조사는 AHP 평가항목별로 가중치를 설정하는데, 가중치는 평가항목간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대비교를 수행하여 설정함

○ 최상위 계층인 과학기술적·정책적·경제적 타당성 항목의 가중치는 평가자가 직접 비중을 부여하며, 하위 항목의 가중치는 쌍대비교를 통해 설정됨

○ 쌍대비교 질의시의 척도(Scale)로는 Saaty가 제안한 9점 척도를 적용함

□ 평가항목의 1계층인 과학기술적·정책적·경제적 타당성의 가중치는 각각 0.459, 0.373, 0.168로 계산되어 평가자들은 과학기술적 타당성 항목을 상대적으로 가장 중요한 것으로 판단하고 있음을 알 수 있음

○ 이어서 정책적 타당성, 경제적 타당성의 가중치 순으로 나타났으며, 이들 가중치의 총합은 1이 됨을 확인함

○ 과학기술적 타당성 항목의 2계층인 '문제/이슈 도출의 적절성', '사업목표의 적절성', '세부활동 및 추진전략의 적절성'의 가중치는 각각 0.115, 0.149, 0.195로 나타남

- '세부활동 및 추진전략의 적절성' 항목의 중요성이 가장 높게 나타나 평가자들은 세부활동 및 추진전략이 적절한지가 문제/이슈 도출의 적절성이나 사업목표의 적절성보다 중요한 판단요소로 생각하고 있음을 알 수 있음
- 또한 '문제/이슈 도출의 적절성' 항목 보다 '사업목표의 적절성'에 대해서 중요성을 높게 인식하고 있었는데, 문제/이슈 도출의 적절성과 사업목표의 적절성의 중요도는 0.034의 차이가 나는 수준이었음

○ 정책적 타당성 항목의 2계층인 '정책의 일관성 및 추진체제', '사업추진상의 위험요인' 항목은 각각 0.143, 0.230으로 조사되어 '사업추진상의 위험요인'의 중요성이 '정책의 일관성 및 추진체제'보다 높은 것으로 나타남

- 평가항목의 3계층인 '상위계획과의 부합성', '사업 추진체제 및 추진의지' 항목은 각각 0.053, 0.090으로 나타나 평가자들이 사업 추진체제 및 추진의지를 상위계획과의 부합성보다 중요하게 인식하는 것을 알 수 있음
- '재원조달 가능성', '법·제도적 위험요인' 항목은 각각 0.108, 0.122로 나타나 평가자들은 '법·제도적 위험요인'을 '재원조달 가능성'보다 중요하게 인식하는 것을 알 수 있음

<표 6-2> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예비타당성조사 AHP 평가항목별 가중치

평가항목		세부 종합	평가자									종합
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
과학 기술적 타당성	문제/이슈 도출의 적절성	0.115	0.053	0.036	0.229	0.306	0.093	0.096	0.083	0.071	0.035	0.459
	사업목표의 적절성	0.149	0.080	0.291	0.114	0.046	0.039	0.351	0.083	0.143	0.129	
	세부활동 및 추진 전략의 적절성	0.195	0.367	0.073	0.057	0.048	0.368	0.053	0.333	0.286	0.235	
정책적 타당성	정책의 일관성 및 추진체제	0.143	0.080	0.067	0.267	0.067	0.225	0.100	0.150	0.240	0.064	0.373
	상위계획과의 부합성	0.053	0.016	0.008	0.178	0.050	0.056	0.075	0.075	0.048	0.009	
	사업 추진체제 및 추진의지	0.090	0.064	0.058	0.089	0.017	0.169	0.025	0.075	0.192	0.055	
	사업 추진상의 위험요인	0.230	0.320	0.333	0.133	0.333	0.075	0.300	0.150	0.060	0.386	
	재원조달 가능성	0.108	0.053	0.083	0.089	0.250	0.009	0.060	0.075	0.048	0.331	
	법·제도적 위험요인	0.122	0.267	0.250	0.044	0.083	0.066	0.240	0.075	0.012	0.055	
경제적 타당성	경제성	0.168	0.100	0.200	0.200	0.200	0.200	0.100	0.200	0.200	0.150	0.168

* I Make It 기준 AHP 평가항목별 가중치 분석 결과임

라. 사업계획에 대한 AHP 평가 결과

□ 동 사업 계획에 대한 시행·미시행 점수를 예비타당성조사 평가항목별로 분석한 결과, AHP 종합평점은 '사업 시행'이 0.233, '사업 미시행'이 0.767로 도출되어 사업 미시행에 대한 선호도가 높게 나타남

○ 평가자별 동 사업의 시행 또는 미시행에 대한 종합결론을 분석한 결과, 과학기술적·정책적·경제적 타당성 모든 측면에서 '미시행'으로 평가한 의견이 다수를 차지

- 과학기술적 타당성은 사업 시행에 대한 종합평점이 0.213으로, 평가자 9명 모두 미시행에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났음
- 정책적 타당성은 사업 시행에 대한 종합평점이 0.282로, 평가자 9명 모두 미시행에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났음
- 경제적 타당성은 사업 시행에 대한 종합평점이 0.164로, 평가자 9명 모두 미시행에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났음

○ 과학기술적·정책적·경제적 항목을 종합한 결과, 동 사업은 AHP 평점이 '시행' 기준 0.233으로 나타나 최종적으로 '미시행'에 대한 선호도가 높은 것으로 도출됨

<표 6-3> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예비타당성조사 평가자별 AHP 평가결과

평가자	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
1	0.154	0.846	0.120	0.880	0.201	0.799	0.125	0.875
2	0.152	0.848	0.165	0.835	0.153	0.847	0.125	0.875
3	0.316	0.684	0.288	0.712	0.333	0.667	0.333	0.667
4	0.158	0.842	0.136	0.864	0.204	0.796	0.100	0.900
5	0.186	0.814	0.139	0.861	0.309	0.691	0.100	0.900
6	0.205	0.795	0.210	0.790	0.200	0.800	0.200	0.800
7	0.360	0.640	0.333	0.667	0.467	0.533	0.200	0.800
8	0.178	0.822	0.176	0.824	0.203	0.797	0.143	0.857
9	0.259	0.741	0.267	0.733	0.255	0.745	0.250	0.750
종합평점	0.233	0.767	0.213	0.787	0.282	0.718	0.164	0.836
평가자 수	-	9	-	9	-	9	-	9

* I Make It 기준 AHP 분석 결과임

제 2 절 결론 및 정책제언

1. 결론

□ 바이오 기술개발의 장기, 고비용 구조 극복, 합성생물학 기술경쟁력 제고 등 동 사업 추진을 위해 제시된 문제/이슈는 바이오파운드리 인프라 구축과 직접적 관련이 낮아 동 사업을 통한 해결 기여도가 제한적

○ 바이오파운드리는 바이오 제품화 단계 중 초기단계인 타겟발굴 및 탐색연구에 주로 활용되는 인프라로, 레드·화이트·그린 등 바이오 분야에 따라 다소 차이가 있을 수 있으나, 초기단계 속도 향상이 전체 바이오 제품화 및 사업화 속도 향상에 대한 기여가 크지 않을 것으로 예상되며, 기여 정도 등에 대한 객관적이고 구체적인 근거 미제시

※ 레드 분야(신약개발R&D) 제품화 단계: 기초/탐색(5년)→비임상(1.5년)→임상(6년)→허가검토/승인(2년)(식품안전처)

○ 바이오파운드리는 합성생물학의 효율적 추진을 위한 인프라의 일부이나, 문제/이슈 도출, 각종 현황 분석의 대부분이 합성생물학 분야를 대상으로 수행하여 동 사업의 핵심적인 내용인 바이오파운드리 인프라 구축으로 표적화하지 못함

□ 국내 바이오 관련 기업의 바이오파운드리 서비스 수요, 합성생물학 분야 연구 수요 등의 분석이 미흡하고, 인프라 구축 규모 및 계획을 수요에 기반하여 제시하지 못함

○ 국내 합성생물학 시장은 태동기로 향후 확대가 전망되나, 국내 합성생물학 시장 분석, 민간기업의 바이오파운드리 서비스 수요 분석이 미흡하여 산업계 수요 대비 사업 필요성을 충분히 증명하지 못함

○ 국내 산학연 연구자의 바이오파운드리에 대한 인식이 낮고, 합성생물학 연구 규모도 크지 않아 연구 수요 대비 사업 및 인프라 규모의 적정성 낮음

- 2020년 사업기획 초기에 실시한 인식조사에서 기업 응답자의 57.4%, 바이오 연구자의 37%가 바이오파운드리를 모른다고 응답
- 최근 5년간 합성생물학 관련 정부 R&D 투자(1,373억 원)의 4.7배 규모에 달하는 재원을 단일 인프라 구축에 투자할 연구 수요 및 시급성에 대한 근거 제시 미흡

○ 사업의 핵심내용인 DBTL 워크플로(8개), 인프라 활용 과제(12개) 등이 동 사업 기획 단계에서 실시된 수요조사와 상이하게 도출되고, 사업 총사업비에 가장 큰 영향을 미치는 스테이션(6개), 센터 건축 규모(6개층, 2개동) 등의 산출 근거 미제시

- 기술수요조사, 잠재 수혜기업 등의 분야별 분포는 레드, 그린, 화이트 순이나, 사업계획에는 화이트, 레드, 그린 순으로 상이하게 설정하였으나 근거 제시는 미흡

□ 국내 합성생물학 관련 낮은 기술 수준 및 연구역량, 연구주관기관의 경험 및 전문성 부족 등을 고려할 때 계획된 규모의 바이오파운드리 적시 구축 및 안정적 운영이 불투명

○ 최고 기술보유국 대비 75% 수준의 낮은 기술 수준과 합성생물학 PI급 250명 내외, AI 등 ICT융합 인력 부족 등 전문인력 부족 등은 제안된 대규모 인프라의 적기 구축 및 운영 장애요인임에도 불구하고, 대응방안이 미흡

○ 연구주관기관인 생명(연)에 DB단계 소규모 바이오파운드리가 아직 구축 중에 있고, DBTL 전체 단계는 구축, 운영 경험이 없어 8개 워크플로 설계, 6개 DBTL 워크스테이션 구축 등 대규모 인프라를 구축·운영할 수 있는 전문성 미확보

- 응용분야별 워크플로 설계, 장비연계 및 통합 등 고도의 전문성 및 know-how가 요구되나 주관기관은 필요한 전문성의 일부만을 보유

□ 합성생물학 관련 국가 전략 수립 이전에 전 분야(레드, 화이트, 그린)를 대상으로 하는 범용 대규모 인프라 구축은 해외 구축 사례와도 부합하지 않고, 향후 국가 전략 수립에 따른 계획 변경 우려, 기 구축 중인 시설과의 중복 우려 등 존재

○ 미국 영국 등 해외 주요국은 10-15년의 합성생물학 육성 기반을 활용하여 주요 거점 지역에 응용타켓 분야 및 지원 대상을 특성화하여 공공 파운드리를 구축하고 이들 간 네트워크 방식으로 구축·운영

※ 미국 4개(연구기관 2, 대학 3), 영국 5개(연구기관 1, 대학 4), 캐나다 3개(대학 3) 등(GBA 기관 기준)

○ 전문역량을 갖춘 연구주체(대학, 연구기관 등)를 중심으로 거점별로 복수의 인프라를 구축한 기술 선도국(미국, 영국 등) 사례를 고려할 때, 특정 지역 및 기관에 대규모 단일 인프라를 구축하는 추진전략의 적절성에 대하여 전반적인 검토 필요

○ 응용분야별로 특성과 수요가 다양하고, 부처별로 관련 R&D 투자가 진행되고 있어, 국가전략 수립 전 대규모 범용 인프라 구축은 국가 전략의 범위 제한, 국가 전략에 따른 사업 계획 변경 가능성, 관련 부처 신규 투자 장애 등 비효율이 우려됨

○ 한국생명공학연구원과 KAIST가 공동으로 구축 중인 바이오파운드리 베타 등 정부 지원 인프라와의 연계 활용 등의 대안 검토 미흡

□ 대규모 인프라의 구축이 동 사업의 핵심내용임에도 불구하고 사업계획의 구체성이 부족하고, 위험관리, 성과관리 방안 등도 미흡

○ 인프라 구축이 1단계(23-25)에 집중*되어 있으나, 소수 인원(연구단 12명, 기타 소요 인력 확보계획 미제시)으로 계획대로 추진의 어려움이 예상되며, 1내역사업 지연시 2내역사업, 3내역사업 등 사업 전체의 지연으로 이어질 위험성 존재

* 1단계에 센터 건립, 워크플로 4종 개발, 장비 도입 및 스테이션 3개 구축, 통합플랫폼 구축 등을 단기간 동시 추진은 일반적인 시설 사업, 선행 바이오파운드리 구축 사례 등과 비교 할 때 위험성 존재

○ 부족한 합성생물학 및 AI·IT 융합인력의 확보, 시설의 소유 및 운영 관련 참여기관간 사전협의 등 위험요인에 대한 분석 및 대응 방안도 부족

○ 사업 전체의 성과를 대변하지 못하는 양 중심의 성과목표 및 성과지표, 내역사업간 상호연관성 부족, 시설구축계획의 미흡 등 사업계획의 충실성 부족

※ 성과지표 : 월 인당 500개 균주 개발, 바이오부품 10,000개 발굴, 바이오파운드리 활용 50건

○ 고가의 상용 워크스테이션 도입으로 구축된 스테이션에 국내 개발 DBTL 기반기술 및 장비의 탑재 또는 대체시 위험요인 대응방안 미제시, '바이오소재 고도화'(3내역사업)의 기술적 시기적 연계 부족, '바이오파운드리 사회적 수용성 제도' 중점과제(1내역사업)의 동 사업 내 추진 필요성 미흡

- 국내에서 개발한 기술 및 장비를 해외 도입 상용 워크스테이션에 적용할 경우 기존 워크플로 성능 유지 가능성, 해외 장비업체의 유지보수 회피 가능성, 제품 해외 수출시 신뢰성 문제 등 검토 미흡
- 3내역사업의 '바이오소재 고도화(12개 과제)'의 경우 전체 3단계 중 2단계를 제외한 1단계(타겟발굴), 3단계(제품화, 스케일업)는 동 사업을 통해 구축될 바이오파운드리 인프라와의 실질적 연계성 부족

○ 종료 후 추가 국가R&D사업으로 운영비 충당을 계획하는 등 자립화 방안이 미흡하고, 종료 후에도 지속적인 정부 재원(인건비, 운영비 등) 투입 우려

□ 전국적 연구 및 산업 서비스 지원을 위한 공공 인프라 구축으로 목적으로 하나, 주관기관 선정 과정, 센터구축 계획 등은 이와 부합성이 낮음

○ 주관기관 및 입지 선정과정에서 공개적인 의견수렴과 합성생물학 관련 연구 및 기업 수요가 충분히 반영되지 못하여, 전국 단위 활용 가능성에 한계

- 입지선정용역 및 주관기관 선정을 구분하지 아니하고, 입지선정 분석자료, 주관기관 선정평가항목의 일부의 적정성 부족

○ 합성생물학 관련 NTIS 연구자, 관련 특허의 주요 출원인, 참여희망기업 등이 수도권, 대전권, 경상권 등 전국에 고루 분포하고 있어, 대전지역을 합성생물학 관련 연구 및 산업 집적지로 볼 근거가 불충분

※ 참여의향기업(64개)의 소재지 : 서울 20개, 경기 14개, 대전 12개, 충북 5개 순

※ 최근 5년 합성생물학 관련 정부과제 주관연구기관 소재지 : 서울 30.8%(70개), 대전 23.4%(53개), 경상 12.9%(29개) 순

○ 입지선정 과정에서 공공성을 고려하여 대학이 원천 배제하였고, 사업계획서의 추진체계에 포함되지 않은 특정 대학이 협력기관 또는 공동연구기관으로 참여하고, 바이오파운드리 센터 시설의 50%에 해당하는 연구동의 동 대학 소유로 건설할 관련 근거가 없어 부적절

※ 양 기관간 바이오파운드리 구축 및 운영 관련 업무협약서(22.7.6)을 제출하였으나, 일반적인 공동협력 수준으로 소유 및 운영 관련 세부사항은 미포함

□ 연구진의 편익 산출 방향 및 주관부처 소명 등을 고려하여 사업계획 원안에 대한 비용편익을 분석한 결과, 경제성이 부족한 것으로 판단됨

○ 주관부처가 수행한 경제성분석의 오류를 수정하고, 전문기관의 시설 및 장비 구축 비용 검토 내용 등을 반영하여 비용 및 편익을 재산정

○ 사업계획 원안대로 추진한다는 가정 하에 편익을 분석한 결과, 비용편익(B/C) 비율은 0.30로 분석

□ 동 사업 계획에 대한 AHP 평가 결과, 평가자 9명 모두 '사업 미시행'에 대한 선호도가 높은 것으로 나타나 '사업 미시행'으로 최종 결론을 도출

○ 평가항목의 1계층인 과학기술적·정책적·경제적 타당성의 가중치는 각 0.459, 0.373, 0.168로 계산되어 평가자들은 과학기술적 타당성 항목을 상대적으로 가장 중요한 것으로 판단

○ 과학기술적·정책적·경제적 항목을 종합한 결과, 동 사업의 AHP 종합평점은 '사업 시행'이 0.233, '사업 미시행'이 0.767로 도출되어 사업 미시행에 대한 선호도가 높음

<표 6-4> 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 예비타당성조사 AHP 평가결과

평가자	종합		과학기술적 타당성		정책적 타당성		경제적 타당성	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
종합평점	0.233	0.767	0.213	0.787	0.282	0.718	0.164	0.836
평가자 수	0	9	0	9	0	9	0	9
가중치	1.000		0.459		0.373		0.168	

2. 정책제언

□ 합성생물학 등 차세대 바이오 기술의 국가 전략적 중요성이 확대되고 있어, 기술 수준 향상 및 경쟁력 제고를 위한 정부 지원 확대 필요성 높음

○ 미국, 중국 등 주요국의 투자 확대 동향, 민간 합성생물학 플랫폼 시장 성장, 바이오파운드리를 통한 바이오 산업 혁신 사례 창출 등을 고려할 때 정부의 전략적 R&D 투자 필요

○ 합성생물학 관련 인프라인 바이오파운드리 구축은 정부의 전략적 R&D지원 전략과 산업발전 전략을 종합적으로 고려하여 추진 필요

- 구축계획 수립 시 기술 선진국의 구축 경험, 합성생물학 및 AI, 자동화 등 ICT 기술 역량, 연구 및 산업 수요에 대한 종합적인 분석 필요
- 국내 합성생물학 기술 역량 제고를 위한 '연구개발 수요 대응'과 바이오 산업 혁신을 위한 '산업 수요 대응'이 구분될 수 있도록 수립할 것을 권고

□ 합성생물학 기술의 진보에 따라 새로운 바이오 산업이 창출되고, 해외에서는 바이오파운드리 플랫폼 기업이 성장하는 등 글로벌 시장이 빠르게 변화하고 있어 적극적인 대응이 필요

○ 합성생물학 관련 기술수준 및 연구역량은 지속적인 R&D 투자로 일정 수준 상승하고 있으나, 관련 산업생태계는 아직 미약한 수준인 점을 고려할 때 합성생물학 산업 발전 전략의 신속한 수립 필요

- 합성생물학 관련 전문인력 부족이 예상되므로, 대학의 합성생물학 인력양성, 경력자 재교육, 대학·민간 전문인력 교류 등의 종합적인 인력양성 계획 포함 필요

○ 최근 미국 바이든 정부의 '국가 생명공학 및 바이오제조 이니셔티브'[76] 등으로 글로벌 바이오 경제에서의 기술패권 경쟁이 가속화되고 있는 점을 고려하여 국가 차원의 합성생물학 기반 바이오산업 발전 전략 수립 필요

○ 합성생물학 산업 발전전략의 일환으로 바이오파운드리 구축 계획이 수립되어야 하며, 바이오 분야별 산업 수요, 기업 규모 및 성장단계별 수요, 기업 참여 유인책 등을 종합적으로 고려할 것을 권고

□ 바이오 또는 합성생물학 시장 변화 등을 고려할 때 합성생물학 기술 수준 제고 및 바이오파운드리 관련 역량 확보가 시급하므로, 바이오파운드리 구축을 위한 신규 국가연구개발사업 추진이 지연될 경우 기존 시설의 확장 및 조속한 운영을 위한 지원 확대 검토 필요

○ 한국생명공학연구원에 기 구축 중인 DB단계의 바이오파운드리 베타 시설의 조속한 구축, DBTL 통합시스템으로의 확대 등 검토 필요

□ 바이오파운드리 등 합성생물학 인프라 구축 전략 수립 시 다음과 같은 사항을 고려하도록 제안

○ 인프라 규모, 워크플로 및 스테이션 구축 계획, 세부활동간 우선순위 등은 수요에 근거하여 수립이 필요

○ 법·제도적 변화에 따른 위험요인, 기술수준 및 핵심인력 등 인프라 구축 및 운영 역량 부족에 따른 위험요인, 사회적 수용성 문제 등 위험요인에 대한 종합적인 분석 및 대응방안 마련 필요

○ 공공 바이오파운드리에 대한 민간 기업의 이용 촉진을 위한 IP 및 Data 관리 방안 구체화 필요

○ 참여 부처, 관리기관, 주관기관 등 주체 간 역할 및 기능, 구축된 인프라 운영 및 관리 방안, 서비스 제공 전략, 센터 자립화 방안 등의 구체화 필요

○ 사업목적, 전략목표, 성과목표 등을 구체화하고 바이오파운드리 구축 및 활용 성과를 객관적으로 평가할 수 있는 특성화된 성과지표의 개발 및 적용 필요

76) National biotechnology and biomanufacturing initiative, 2022.9.12.

참 고 문 헌

김종란·김주원, ‘美,「국가 생명공학 및 바이오제조 이니셔티브」 행정명령 주요 내용 및 시사점’, KISTEP 브리프 33, 한국과학기술기획평가원, 2022. 09

‘합성생물학 기반 바이오파운드리 기술개발 현황’, Issue report, 농림식품기술기획평가원, 2022

한국과학기술기획평가원,「2020년 기술수준평가」, 2021. 04

임일권 외, ‘합성생물학 플랫폼의 시장현황 및 전망’, BioINdustry 163호, 생명공학정책연구센터, 2021. 09

이혜원, (디지털 바이오) 합성생물학과 화이트바이오, BioINpro 88호, 생명공학정책연구센터, 2021. 03

정일영, ‘합성생물학은 판도라의 상자를 열었는가?’, Future Horizon, 과학기술정책연구원, 2019.

과학기술정책연구원,「과학기술 기반 미래연구사업 XI - 제2권 과학기술의 미래전망: 합성생물학」, 2019.

최동희 외, ‘바이오파운드리 국제 동향’, BioINpro 69호, 생명공학정책연구센터, 2019. 11

김하성, ‘바이오파운드리 동향’, BioINpro 69호, 생명공학정책연구센터, 2019. 11

연구개발특구진흥재단, ‘합성생물학 시장’, 글로벌 시장동향보고서, 2021. 10

「합성생물학 월간동향」, 국가생명공학정책연구센터, 각 월호

과학기술전략연구소,「그린·화이트바이오 기술개발 전략 수립 및 기획 연구」, 2019. 07

관계부처 합동, ‘바이오 제조혁신을 위한 합성생물학 생태계 조성 방안’, 혁신성장 BIG3 추진회의, 2021. 10

조병관, ‘바이오의 미래 – 합성생물학과 바이오파운드리’, 합성생물학 기술영향평가 발표자료, 2022. 07

Panda, Binay., Dhar, Pawan K., Building Biofoundry India: challenges and path forward, Synthetic Biology, Vol 6, Issue 1, 2021

Farzaneh, Tabasum., Freemont, Paul S., Biofoundries are a nucleating hub for industrial translation, Synthetic Biology, Vol 6, Issue 1, 2021

Carbonell, Pablo et al., In silico design and automated learning to boost next-generation smart biomanufacturing, Synthetic Biology, Vol 6, Issue 1, 2021

Holowko, Maciej B et al., Building a biofoundry, Synthetic biology, Vol. 6, No. 1, 2020

Hillson, Nathan et al., Building a global alliance of biofoundries, NATURE COMMUNICATIONS, 2019

의약품안전나라 의약품통합정보시스템 (https://nedrug.mfds.go.kr/index)

Global Biofoundries Alliance 홈페이지 (https://biofoundries.org/)

국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 홈페이지 (https://www.ntis.go.kr/)

K-Biofoundry 홈페이지 (https://kbiofoundry.org/index.html)

성균관대 바이오파운드리연구센터(BFRC) 홈페이지 (https://swb.skku.edu/BioFoundryRC/index.do)

CSIRO Biofoundry 홈페이지 (https://www.csiro.au/en/work-with-us/use-our-labs-facilities/biofoundry)

Agile BioFoundry 홈페이지 (https://agilebiofoundry.org/)

London Biofoundry(Engineering Biology Facilities) 홈페이지 (https://www. londonbiofoundry.org/)

부 록

1. 종합평가를 위한 AHP 설문지

부록. 종합평가를 위한 AHP 설문지

「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 AHP 평가를 위한 전문가 설문

[전문가 설문 개요]

본 설문은 **「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」**의 타당성을 종합적으로 평가하기 위한 것입니다. 설문은 평가항목 간 상대적 중요도를 결정하는 것과 평가항목별로 사업시행의 타당성 정도(**사업 추진, 사업 미추진**)를 결정하는 것으로 구성되어 있습니다. 응답의 일관성이 낮은 경우 환류과정을 거치게 되오니 전문가의 관점에서 공정하고, 신중하게 응답하여 주시기 바랍니다.

※ **AHP(Analytic Hierarchy Process : 계층화 분석법)**는 의사결정시 고려할 평가항목들을 계층화하여 의사결정 기준이 되는 항목의 중요성과 의사결정 대상이 되는 대안 간 비교를 종합적으로 수행하는 의사결정 기법입니다.

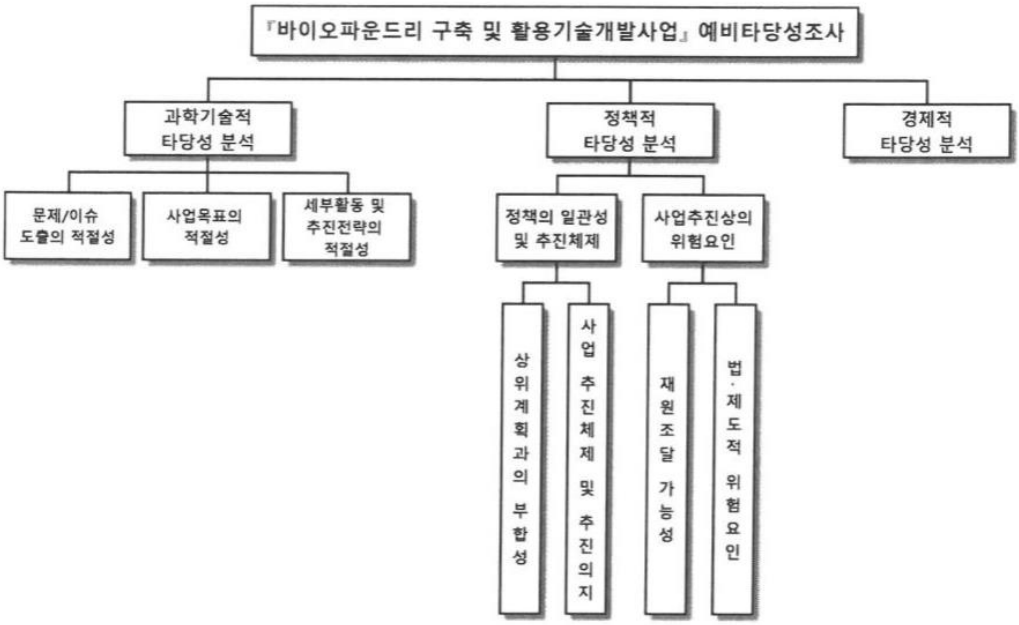
□ 응답자 정보

성명	(서명)	연락처	
소속		전화	
직위		E-mail	

□ 설문지 작성안내

○ 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 타당성 평가를 위한 의사결정 계층구조와 평가항목별 평가내용, 평가기준은 각각 [그림 1], <표 1>과 같습니다.

○ 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 과학기술적, 정책적, 경제적 측면에서의 타당성조사 세부내용은 회의자료를 참고하시기 바랍니다.



[그림 1] 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 예비타당성조사 의사결정 계층구조

<표 1> 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 AHP 평가항목

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가항목 (3계층)	평가내용	비고
과학기술적 타당성 분석	문제/이슈 도출의 적절성	-	• 문제/이슈의 식별 과정·결과의 적절성	식별과정이 합리적이고, 도출된 문제/이슈가 국가적 차원에서 대응이 시급하고 필요성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	사업목표의 적절성	-	• 목표 설정의 적절성	설정된 목표가 식별된 문제/이슈의 해결과 연관성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
	세부활동 및 추진전략의 적절성	-	• 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 • 추진체계 및 추진전략을 통한 세부활동 간의 연계성을 구체화 정도	세부활동이 사업목표와 연계성이 높고, 추진체계 및 전략을 통해 세부활동의 유기적 관계를 구체화할수록 사업 시행 점수가 높음
정책적 타당성 분석	정책의 일관성 및 추진체제	상위계획과의 부합성	• 정부에서 공식적으로 발표한 중장기계획과의 부합 정도	정부 계획과의 부합성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
		사업 추진체제 및 추진의지	• 선택군 계획과 관련된 사업들 간의 차별성 및 연계방안 • 사업 거버넌스	사업의 임무·역할이 분명히 차별화되어 있으며, 관련 사업들과의 연계방안이 구체적일수록 사업 시행 점수가 높음. 사업 거버넌스 구축방안이 적절할수록 사업 시행 점수가 높음
	사업 추진상의 위험요인	재원조달 가능성	• 사업의 원활한 추진을 위한 재원 부담주체의 재원조달 가능성 여부	재원조달 가능성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음 **(시행과 미시행의 동등이 최대 평점)**
		법·제도적 위험요인	• 사업 추진을 위한 법·제도적 제한 여부 • WTO 보조금협정 상의 위험요인 및 대응 방안	법·제도적 위험 정도가 낮고 구체적인 대응방안이 마련될 경우 사업 시행 점수가 높음 **(시행과 미시행의 동등이 최대 평점)**
	사업특수 평가항목	(예시) 지역균형발전	• (예시)지역낙후도	(예시) 국내에서 상대적으로 낙후된 지역일수록 사업 시행 점수가 높음
경제적 타당성 분석	경제성	-	• 사업비 및 비용 추정 • 비용편익 분석 / 비용효과 분석	연차별 투입계획 및 총사업비 규모 추정이 구체적이고, 비용편익(B/C) 비율이 높을수록 사업 시행 점수가 높음. 비용 대비 효과의 값이 비교 대안에 비해 클수록 사업 시행 점수가 높음

□ 설문지 작성 및 유의사항

1. 설문지 작성 예

○ 예를 들어, 두 가지 평가요소 '항목 A'과 '항목 B'를 비교할 때, '항목 B'가 '항목 A'에 비해 매우 중요하다고 판단하시는 경우 아래 표에서 보시는 바와 같이 척도 '7' 란에 V 표시를 하시면 됩니다.

평가 항목	절대 중요 (9)	(8)	매우 중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간 중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간 중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우 중요 (7)	(8)	절대 중요 (9)	평가 항목
항목 A															V			항목 B

<설문에서 사용되는 상대적 중요도에 대한 평가척도>

척도	1	3	5	7	9
용어	'동등'	'약간 중요'	'중요'	'매우 중요'	'절대 중요'
설명	동등하게 중요 (equal)	약간 더 중요 (weak)	더욱 더 중요 (strong)	대단히 더 중요 (very strong)	절대적으로 중요 (absolute)

(주) 2, 4, 6, 8은 근접해 있는 두개의 척도들 사이의 중간정도의 중요도를 나타냄

2. 응답 일관도

○ AHP 분석에서는 분석의 자료로 비일관성지수가 생성되며 응답결과의 신뢰성 판단에 대한 기준으로 적용됩니다. **비일관성 지수가 0.15이상일 경우에 응답결과를 신뢰할 수 없다고 판단하므로 재설문을 수행**하게 됩니다.

○ 평가항목이 3개 이상인 경우, 아래와 같은 일관성 결여가 발생하면 비일관성 지수가 높게 나오므로 설문시 유의하시기 바랍니다.

1. 우선순위 일관성 결여
   - A가 B보다 중요하고 C가 A보다 중요하다고 응답하였으나, B가 C보다 중요하다고 응답하였을 경우

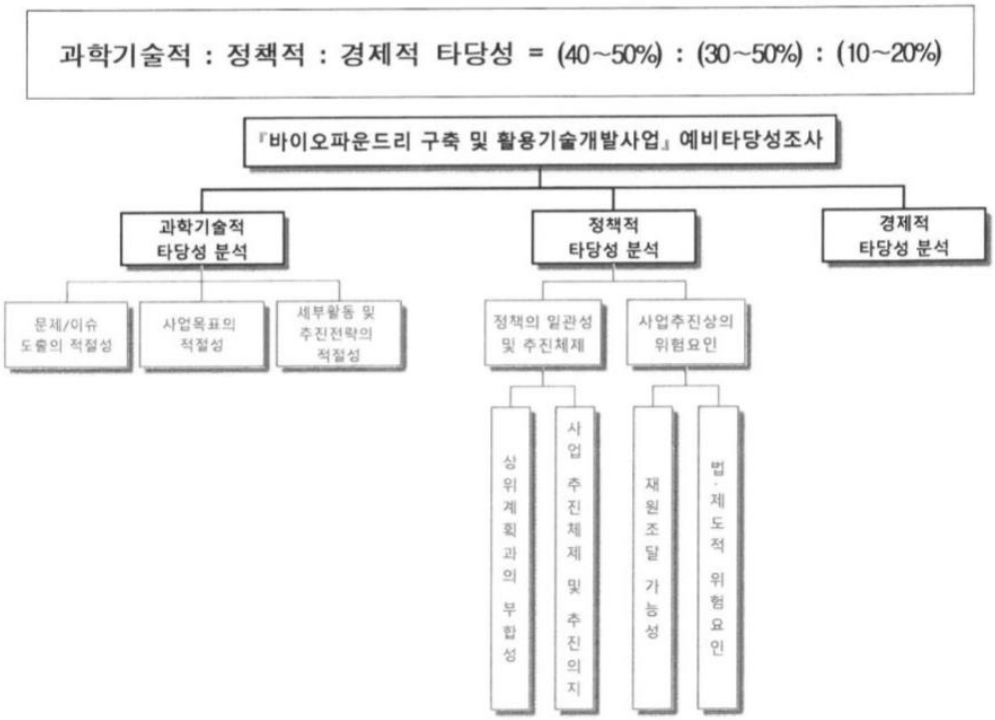
     ※ A > B 이고 C > A 라고 한다면, C > B라고 응답하여야 함
2. 쌍대비교 일관성 결여
   - A가 B보다 2배 중요하고 C가 A보다 4배 중요하다고 응답하였을 경우, C가 B보다 8배 중요함을 의미함. 그럼에도 불구하고 2배 중요하다고 응답하였을 경우

[설문 1] 평가항목 간 상대적 중요도 설정

[설문 1.1과 1.2]는 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 타당성을 평가하는데 있어 과학기술적, 정책적, 경제적 타당성 분석의 상대적 중요도와 평가항목별 상대적 중요도를 판단하기 위한 것입니다. 「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의 경우, 어느 평가항목이 상대적으로 얼마만큼 더 중요하다고 생각하시는지 신중히 판단하여 응답해 주십시오.

1.1 사업에 대한 의사결정에 있어서 과학기술적 타당성 분석, 정책적 타당성 분석, 경제적 타당성 분석 간의 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까?

※ 100점 만점으로 응답하여 주십시오. 사업유형별로 각 항목별 가중치 제시범위는 아래와 같습니다.

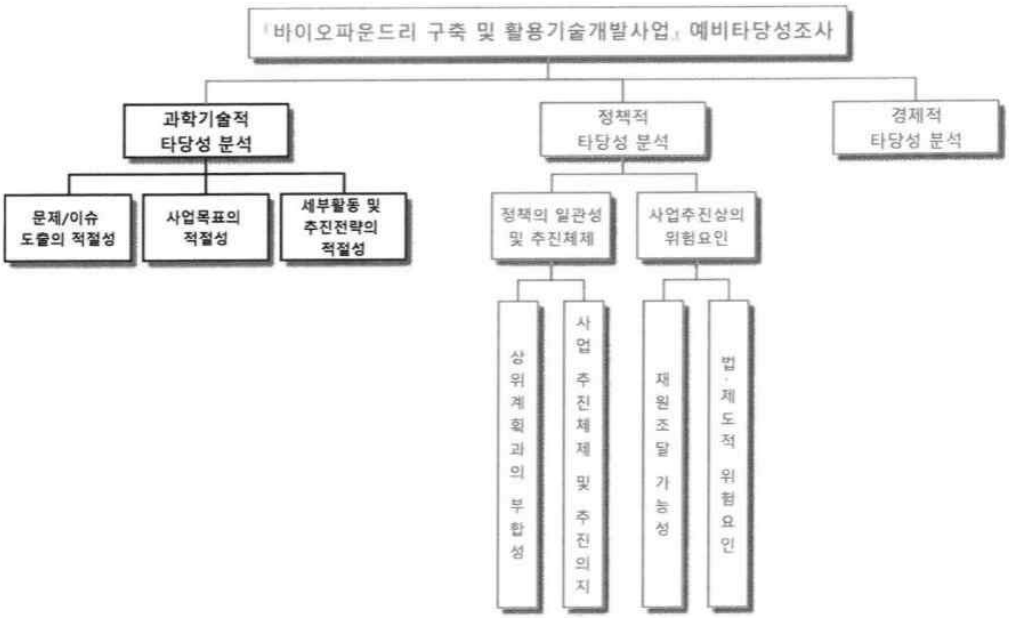


[그림 2] 제1계층 중요도 평가

1.2 과학기술적 타당성 분석, 정책적 타당성 분석, 그리고 경제적 타당성 분석의 세부 평가항목별로 좌측에 기재된 평가항목이 우측에 기재된 평가항목에 비해 상대적으로 얼마나 중요한지를 해당하는 숫자에 V표 하십시오.

1.2.1 과학기술적 타당성 분석의 제2계층

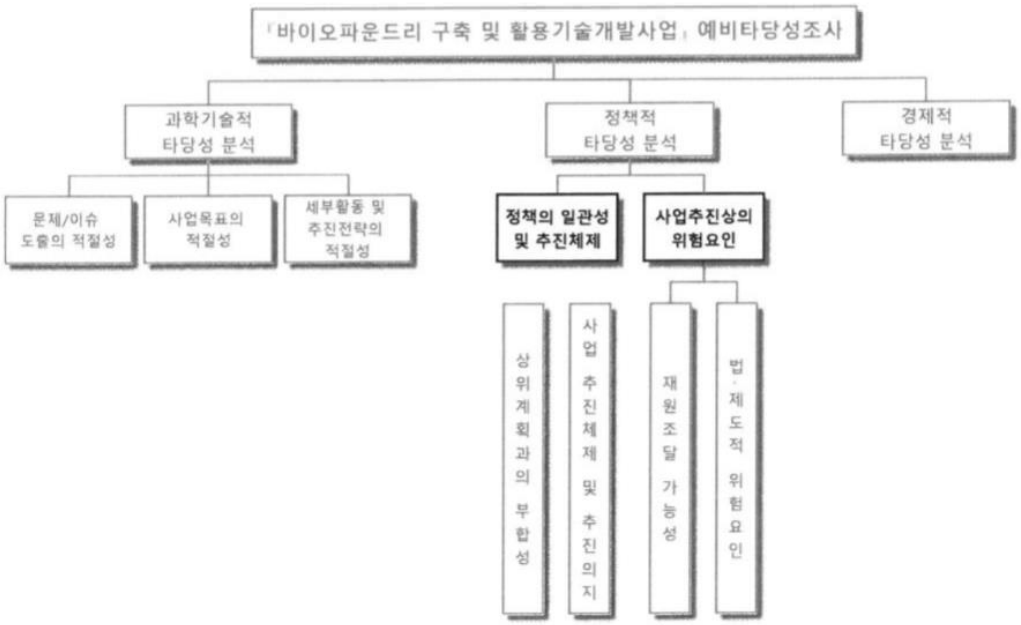
세부 평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	세부 평가항목
문제/이슈 도출의 적절성																		사업목표의 적절성
문제/이슈 도출의 적절성																		세부활동 및 추진전략의 적절성
사업목표의 적절성																		세부활동 및 추진전략의 적절성



[그림 3] 과학기술적 타당성 제2계층 중요도 평가

1.2.2 정책적 타당성 분석의 제2계층

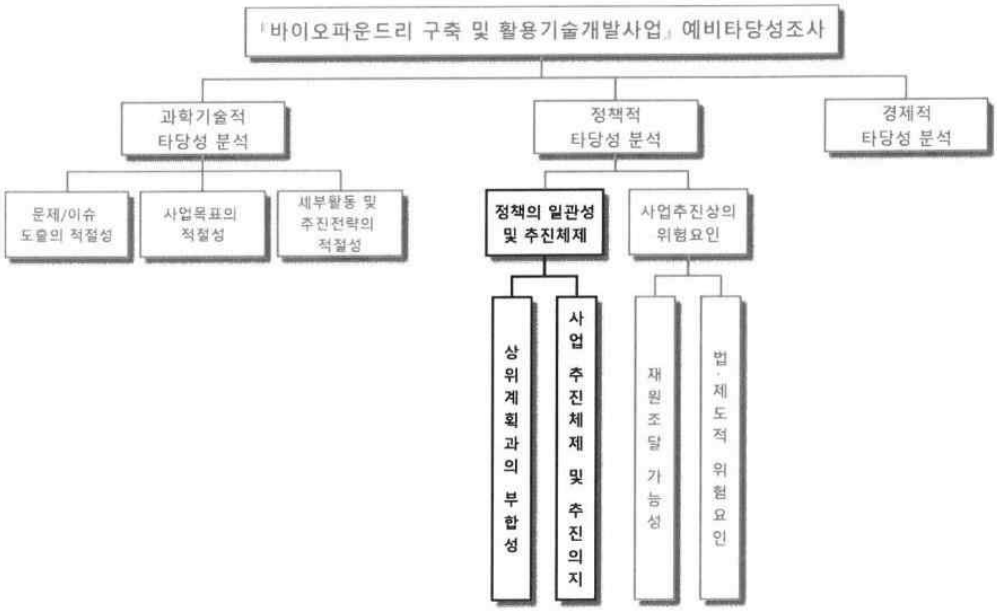
세부 평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	세부 평가항목
정책의 일관성 및 추진체제																		사업추진상의 위험요인
정책의 일관성 및 추진체제																		사업특수 평가항목
사업추진상의 위험요인																		사업특수 평가항목



[그림 4] 정책적 타당성 제2계층 중요도 평가

1.2.3 정책적 타당성 분석의 제3계층 : 정책의 일관성 및 추진체제 하위항목

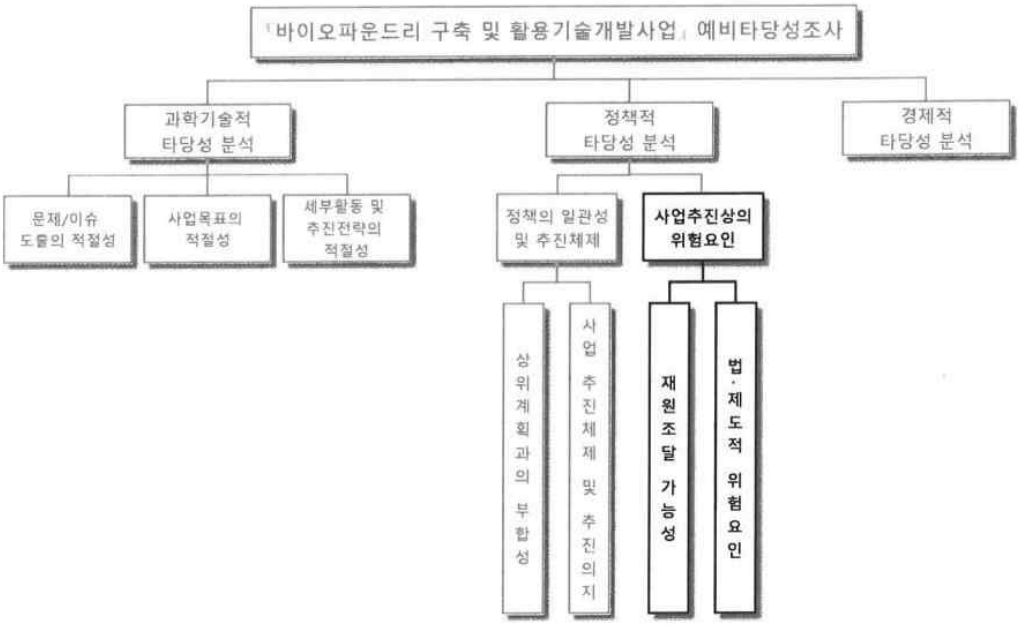
세부 평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	세부 평가항목
상위 계획과의 부합성																		사업 추진체제 및 추진의지



[그림 5] 정책적 타당성 제3계층의 중요도 평가 : 정책의 일관성 및 추진체제 하위 항목

1.2.4 정책적 타당성 분석의 제3계층 : 사업 추진상의 위험요인 하위 항목

세부 평가항목	절대중요 (9)	(8)	매우중요 (7)	(6)	중요 (5)	(4)	약간중요 (3)	(2)	동등 (1)	(2)	약간중요 (3)	(4)	중요 (5)	(6)	매우중요 (7)	(8)	절대중요 (9)	세부 평가항목
재원조달 가능성																		법·제도적 위험요인



[그림 6] 정책적 타당성 제3계층의 중요도 평가 : 사업 추진상의 위험요인 하위 항목

[설문 2] 평가항목별 시행/미시행 대안의 평점 부여

[설문 2]는 **「바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업」의** 시행과 미시행 여부를 판단하기 위한 것입니다. 조사 결과를 참고하시어 사업을 시행하는 대안(사업 시행)과 시행하지 않는 대안(사업 미시행) 중 어느 대안이 상대적으로 더 적절하다고 생각하시는지 평가항목을 기준으로 해당하는 숫자에 V표 하십시오.

평가항목	대안	절대적절 (9)	(8)	매우적절 (7)	(6)	적절 (5)	(4)	약간적절 (3)	(2)	중립 (1)	(2)	약간적절 (3)	(4)	적절 (5)	(6)	매우적절 (7)	(8)	절대적절 (9)	대안
문제/이슈 도출의 적절성	사업 시행																		사업 미시행
사업목표의 적절성	사업 시행																		사업 미시행
세부활동 및 추진전략의 적절성	사업 시행																		사업 미시행
상위계획과의 부합성	사업 시행																		사업 미시행
사업 추진체제 및 추진의지	사업 시행																		사업 미시행
재원조달 가능성	사업 시행	위험요인이 없을 경우 동등, 문제가 있을 경우는 미시행 방향으로 평점 부여																	사업 미시행
법·제도적 위험요인	사업 시행																		사업 미시행
사업특수 평가항목 (지역균형발전)	사업 시행	지역낙후도지수 표준점수 전환식 활용																	사업 미시행
경제성	사업 시행																		사업 미시행

- 감사합니다 -