

융복합 집단연구 활성화 방안

(A plan to revitalize multidisciplinary research
via organized research units)

연구기관 : 과학기술정책연구원

연구책임자 : 양 현 채

2022. 1. 28

과 학 기 술 정 보 통 신 부

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견
해가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 임 혜 숙

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “ 융복합 집단연구 활성화 방안에 관한 연구 ”의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 1. 28.

연구기관명 : 과학기술정책연구원

연구책임자 : 양 현 채

연 구 원 : 박 기 범

연 구 원 : 엄 미 정

목 차

요약문	i
1. 서론	3
1.1. 연구의 배경 및 목적	3
1.2. 연구의 내용	7
2. 집단연구의 개념 및 환경변화	11
2.1. 집단연구의 필요성 및 개념	13
2.2. 집단연구에 관한 연구 동향	28
2.3. 집단연구를 둘러싼 최근의 변화	32
2.4. 소결 및 시사점	42
3. 외국 집단연구의 현황	51
3.1. 외국의 집단연구 개괄	51
3.2. 주요국의 집단연구 지원 사업	58
3.2.1. 일본 미래사회창조사업(未來社會創造事業, MIRAI R&D PROGRAM)	58
3.2.2. 독일 인공지능 연구센터(German Research Center for AI)	63
3.2.3. 영국의 친환경 항공우주 기술 프로젝트(Aerospace Technology Projects to Power a Green Aviation Revolution)	68
3.2.4. 영국의 난방용 수소 시연 프로그램(Hydrogen for	

Heating Demonstration Programme: Hy4Heat)	71
3.3. 최근 집단연구 지원의 새로운 움직임	75
3.4. 소결 및 시사점	83
4. 우리나라의 집단연구 현황	91
4.1. 국가연구개발 사업	92
4.1.1. 국가연구개발과제 전체	93
4.1.2. 대학 및 출연연구소의 집단연구	98
4.2. 주요 사업의 협력 네트워크	108
4.2.1. 개인연구	110
4.2.2. 자유공모형 집단연구 지원	111
4.2.3. 대형 집단연구 지원	113
4.3. 집단연구를 통한 논문 성과	114
4.4. 소결 및 시사점	119
5. 요약 및 정책 시사점	127
참고문헌	137

표 목 차

<표 2-1> 집단연구가 필요한 상황	17
<표 2-2> 집단연구의 주요 속성	20
<표 2-3> 연구집단에 관한 다양한 접근	21
<표 2-4> 집단연구와 관련된 개념 정리	23
<표 2-5> 집단연구의 주요 연구 분야	29
<표 2-6> 인터뷰 대상자 및 내용 요약	32
<표 2-7> 최근의 임무지향형 혁신정책과 기존의 혁신정책의 비교	37
<표 2-8> 집단연구를 둘러싼 환경 변화	44
<표 2-9> 국내외 집단연구의 목적에 따른 유형 구분 및 유형별 특징 요약	47
<표 3-1> 일본 미래사회창조사업, Small-start Type의 연구영역 및 중점연구 주제	62
<표 3-2> 독일 인공지능 연구 센터의 주요 연구주제	63
<표 3-3> 독일 인공지능 연구 센터의 주요 역량센터	65
<표 3-4> 독일 인공지능 연구 센터의 주요 리빙랩	66
<표 3-5> 영국 정부의 녹색 산업혁명을 위한 10대 계획	68
<표 3-6> 영국 Hy4Heat 프로그램의 작업 패키지 구성	73
<표 3-7> 주요국의 집단연구 지원 사업 요약	84
<표 3-8> 집단연구 지원과 관련한 새로운 움직임	85
<표 4-1> NTIS의 집단연구 과제 수	92
<표 4-2> 주요 구간별 집단연구 과제 특성(2020년 기준)	98
<표 4-3> 대학 및 출연연구소의 집단연구 과제 수	99
<표 4-4> 주요 구간별 대학 집단연구 과제 특성(2020년 기준)	104
<표 4-5> 주요 구간별 출연연구소 집단연구 과제 특성(2020년 기준)	105
<표 4-6> IBS 연구단의 공동연구 유형	113
<표 4-7> 주요국의 논문 공저 유형 비교(2018~2021)	114
<표 4-8> 융복합 분야 주요 학술지 출판 현황(2018~2021)	116
<표 4-9> 융복합 분야 주요 학술지의 공동연구 구분(2018~2021)	116
<표 4-10> 융복합 분야 주요 학술지의 공동연구 상위 10개 국가 (2018~2021)	117
<표 5-1> 사업 관리자에게 필요한 역량의 예	135

그림 목 차

[그림 1-1] 연구수행 방식의 진화	3
[그림 1-2] 디지털 전환을 반영한 R&D 방식의 진화	5
[그림 1-3] 우수 연구집단 설계 시 고려할 요소의 예	6
[그림 1-4] 연구추진 절차	8
[그림 2-1] 집단연구 관련 개념 도식화	15
[그림 2-2] 과학기술분야 연구진 규모에 따른 논문 수 추이(1960~2013)	18
[그림 2-3] 연구집단의 조직화 수준에 따른 집단연구	20
[그림 2-4] 집단연구 구분의 예	22
[그림 2-5] 초학제적 연구 프로젝트의 개념모델	24
[그림 2-6] 지식의 통합수준 및 이해관계자 관여도에 따른 집단연구 구분의 예 ...	25
[그림 2-7] 협력준비 수준의 개념	27
[그림 2-8] 집단연구 저자키워드 네트워크 분석 결과	30
[그림 2-9] 집단연구 저자키워드 시기별 네트워크 분석 결과	31
[그림 2-10] 전세계 연구혁신 정책의 변화	33
[그림 2-11] 임무지향형 혁신의 개념	36
[그림 2-12] 학술연구의 발전	41
[그림 3-1] 국가별 우수연구집단 정책 등록 현황(3건 이상 등록 국가)	53
[그림 3-2] 지원기간별 우수연구집단 지원 정책 현황	54
[그림 3-3] 연간 예산별 우수연구집단 지원 정책 현황	55
[그림 3-4] 일본 미래사회창조사업의 Small-start Type 추진체계	60
[그림 3-5] 일본 미래사회창조사업의 Large-scale Type 추진체계	60
[그림 3-6] 일본 미래사회창조사업의 연구개발 추진체계	61
[그림 3-7] 영국의 미래 항공 비전 타임라인	70
[그림 3-8] 영국 Hy4Heat 프로그램 개요	72
[그림 3-9] 영국 Hy4Heat 프로그램의 주요 내용	73
[그림 3-10] 일본 「프로그램 매니저(PM)의 육성·활약 추진 프로그램」에서 추구하는 인재상	80
[그림 3-11] 일본 「프로그램 매니저(PM)의 육성·활약 추진 프로그램」의 구성	81
[그림 3-12] 디지털 전환으로 인한 연구개발 프로세스 변화	87
[그림 4-1] 연도별 박사급 참여연구원 및 연구원 변화	93
[그림 4-2] 연도별 박사급 참여연구원 수 및 비중 변화	94

[그림 4-3] 연도별 연구비 및 비중 변화	95
[그림 4-4] 집단연구의 연구진 및 연구비 규모 변화	96
[그림 4-5] 집단연구의 연구진 및 연구비 규모 변화 - 최댓값 표시	96
[그림 4-6] 연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 집단연구 영역 - 국가연구개발 사업 전체	97
[그림 4-7] 대학 및 출연연구소의 연도별 박사급 참여연구원 및 연구원 변화	100
[그림 4-8] 대학 및 출연연구소의 연도별 박사급 참여연구원 수 및 비중 변화	101
[그림 4-9] 대학 및 출연연구소의 연도별 연구비 및 비중 변화	102
[그림 4-10] 대학 및 출연연구소 집단연구의 연구진 및 연구비 규모 변화	103
[그림 4-11] 대학 및 출연연구소의 연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 집단연구 영역	104
[그림 4-12] 주요사업의 연구단계 및 기간 분류	107
[그림 4-13] 논문 한 편의 공저자 네트워크 구성 방법	108
[그림 4-14] 대형 집단연구 협력의 발전 예상	109
[그림 4-15] 창의연구의 공저자 네트워크의 발전	110
[그림 4-16] SRC 공저자 네트워크의 발전	112
[그림 4-17] ERC 공저자 네트워크의 발전	112
[그림 4-18] 융복합 분야 주요 학술지의 공저자 수(2018~2021)	118
[그림 4-19] 학제간 연구를 증진하기 위한 실천적 행동	122
[그림 4-20] 집단연구사업 선도연구센터의 연구진 연령 분포	123

요 약 문

1. 연구의 배경 및 목적

■ 연구의 배경 및 필요성

- 집단연구는 다수의 연구자의 전문성을 기반으로 이루어지는 연구 활동으로 개인이나 단일 기관 수준에서는 해결하기 어려운 원천·대형 기술개발에 주요한 역할을 해 옴
 - 집단연구는 실험실, 팀, 센터, 거점과 같은 독립적인 조직 혹은 가상의 공간에서 특정 분야의 학문, 기술, 비즈니스 등 전문성을 기반으로 이루어지는 연구 활동을 의미
 - 집단연구는 보편적 연구방식으로 자리매김 했으며, 특히 단일 기업과 대학 수준에서 수행하지 못하는 원천·대형 기술개발에 주요한 역할
- 최근 융복합화가 심화되는 과학기술계 내부의 현상, 사회문제 해결에 과학기술적 해법을 기대하는 수요가 증가함에 따라 집단연구에 대한 중요성은 더욱 강조되고 있음
 - 연구 규모의 확장, 기술·학문 간 융복합 현상의 심화로 과학기술 분야 내부에서 집단연구의 중요성은 더욱 강조
 - 디지털전환, 지역혁신 대두 등 혁신환경이 변화함에 따라 사회문제 해결에 과학기술적 해법을 요구하며 복잡한 문제해결하기 위한 수단으로 집단연구에 대한 관심 증대
- 국내외 혁신환경 변화를 반영하여 집단연구의 활성화 방안을 모색할 필요

■ 연구의 목표

- 개인연구와 차별화된 연구수행방식으로서 집단연구의 현황 및 특징을 파악하고, 이를 토대로 융복합 집단연구의 활성화 방안을 모색
 - 국내외에서 이루어지는 융복합 집단연구가 어떠한 방식으로 수행되고 정책적으로

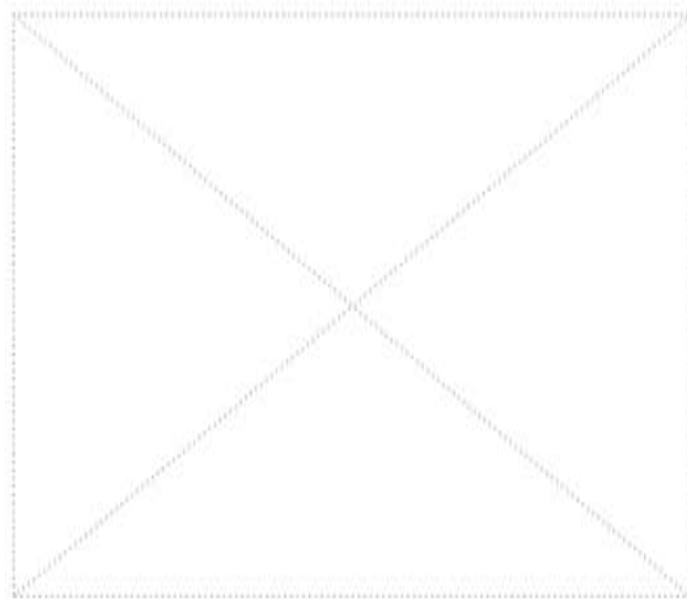
지원되는지 파악

- 융복합 집단연구의 특성을 도출하고, 향후의 변화 양상을 전망하여 융복합 집단연구의 활성화를 위한 정책적 시사점 모색

■ 연구내용 및 추진절차

- 융복합 집단연구에 대한 개념 및 구성요소 도출
 - 연구개발활동에서 집단연구의 의미 파악
 - 집단연구 육성을 위해 추진된 국내외 주요 사례 분석
 - 혁신 및 연구 환경 변화가 집단연구 수행에 있어 초래할 변화 예상
- 국내외 집단연구 수행 및 지원 현황 파악
 - 국내외에서 수행 및 지원하는 집단연구의 현황 파악 및 사례 분석
- 정책적 시사점 도출

<연구추진 절차>



2. 집단연구의 개념 및 환경변화

■ 집단연구는 다수의 연구자들이 상호작용하여 혁신적인 결과물을 창조하는 과정

- 다수의 연구자들이 공통의 목적을 달성하기 위해 네트워크를 구성하여 자원과 정보를 공유하며, 지식과 이론을 공동으로 창조
- 기존의 학문과 기술이 상호작용하는 융합의 정도에 따라 집단연구가 구분되기도 함
 - 학문의 통합 정도에 따라 다학제(multi-disciplinary) 연구, 학제간(inter-disciplinary) 연구, 초학제(trans-disciplinary) 연구로 구분

■ 집단연구를 통해 높은 연구 생산성, 지식의 축적을 기대

- (연구 생산성) 대체로 개인연구에 비해 높은 연구 생산성을 보임
 - 집단연구는 지식생성 및 확산을 촉진하여 양적·질적 측면에서 혁신적으로 연구성과를 향상하는 활동으로 알려짐
- (지식의 축적) 집단 내에 지식의 축적 및 새로운 지식의 생산이 활발하게 이루어지며, 대외적으로는 전문가 풀(pool)을 제공
 - 연구자들의 상호작용을 통해 새로운 아이디어를 발굴하고, 연구결과로서 지식이 축적되는 선순환 고리가 형성될 수 있음
 - 공공 및 산업계 등 집단 외부의 수요에 신속하게 대응할 인력의 모임으로 집단연구가 기능함

■ 집단연구를 둘러싼 환경 변화

과 거	⇒	현 재
소형 중심	규모	대형 연구 증가
학제간 연구	융합	초학제 연구
연구집단의 형성	관심	연구집단의 연속성
과학기술 진보	연구목적	사회문제 해결
연구자	참여	사용자 및 이해관계자 포함

- (집단연구 규모) 연구집단의 규모가 점차 확대되어 최근에는 1,000명 이상의 초대형 집단연구도 증가
- (학문의 융합 정도) 최근 등장하는 복잡한 현상을 해결하는데 기존 학문의 범주로는 어려움이 있어 초학제 연구의 필요성이 대두
- (집단연구 관심) 과거에는 집단연구의 ‘형성’ 자체에 관심이 있었다면, 최근에는 이 집단을 조직화하여 연속성을 확보하는데 관심
- (집단연구의 목적) 최근의 집단연구는 사회적 문제를 해결하는데 적용할 수 있는 새로운 과학적 지식생성으로까지 목적을 확대
- (참여주체) 연구개발만으로 해결이 불가능한 문제가 주어져 연구자들 외에 다양한 학문적·비학문적 배경을 지닌 이해관계자들이 집단연구에 참여

■ 집단연구의 유형

- 집단연구의 목적을 기준으로 4개 유형으로 구분할 수 있으며, 규모 및 조직화(통합) 수준이 반영되어 세부 속성이 구체화됨

	학술진흥	기술획득	경제사회문제 해결	연구 및 혁신 인프라 제공
내용	<ul style="list-style-type: none"> 과학기술분야 연구 안정성 혹은 수월성을 목표 인력양성의 목적이 포함되기도 함 	<ul style="list-style-type: none"> 기술 개발 및 획득을 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 경제사회 문제를 다루기 위한 목표지향적인 연구로 구체적인 목표가 제시됨 	<ul style="list-style-type: none"> 연구성과의 활용 확산, 혁신 성과의 테스트 시설 등 연구 및 혁신을 지원하는 인프라 제공
연구 범위	<ul style="list-style-type: none"> 학술영역 내에서 연구가 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> 기술 분야를 중심으로 연구가 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> 학술영역뿐 아니라 제도개선, 시장확보 등 비(非)학술 영역까지 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 연구 수행보다는 연구기반 조성 혹은 성과 확산과 같은 서비스 제공의 성격이 강함
사업 규모	<ul style="list-style-type: none"> 소형~대형 다양한 규모 지원 대상 및 학문의 수에 따라 규모가 영향 	<ul style="list-style-type: none"> 소형~대형 다양한 규모 기술 범위 혹은 성숙도가 규모에 영향 	<ul style="list-style-type: none"> 소형~대형 다양한 규모 문제의 복잡도, 시범/본격적인 연구인지에 따라 규모 결정 	<ul style="list-style-type: none"> 대규모의 시설·장비 구축
사업 기간	<ul style="list-style-type: none"> 목표의 달성여부 보다는 자금 지원기간(사업추진기간)에 따라 연구기간이 결정 연구 기간이 종료된 이후 후속 지원의 존재 여부에 따라 연구의 연속성이 영향을 받음 	<ul style="list-style-type: none"> 기간의 제한 없이 기술력 향상을 위해 추진되기도 하지만 대개 특정 기간 동안 달성해야 할 기술성숙도와 같은 목표가 주어짐 	<ul style="list-style-type: none"> 대개 제한된 기간 내에 주어진 목표를 달성해야 함 	<ul style="list-style-type: none"> 구축된 인프라를 장기적으로 제공 민간의 지원과 밀접한 집단연구일 경우 지원기간 동안 집단의 경제적 자생력 확보가 중요
세부 과제 간 통합	<ul style="list-style-type: none"> 대개 집단연구를 구성하는 다수의 세부 과제 각각이 별도의 목적을 지니고, 병렬적으로 진행됨 개별 과제에서 창출된 성과의 합이 전체 사업의 성과 	<ul style="list-style-type: none"> 집단연구를 구성하는 각각의 세부 과제는 기술 모듈 혹은 컴포넌트로서 기능 개별 과제에서의 성과를 종합하여 사업의 목표 실현 	<ul style="list-style-type: none"> 집단연구는 전체 사업 목적 달성에 기여하는 다수의 작은 규모의 과제로 구성 개별 과제에서의 성과를 종합하여 전체 사업의 목표 실현 	<ul style="list-style-type: none"> 사전에 지정된 서비스를 정례적으로 제공하며, 지식의 통합 보다는 다양한 활용과 성과의 확산에 초점
연구 단계	<ul style="list-style-type: none"> 대체로 기초연구에 해당 	<ul style="list-style-type: none"> 대체로 응용 및 개발 단계에 해당 	<ul style="list-style-type: none"> 기초연구~응용/실증연구 전주기 포함 	<p>-</p>
참여자	<ul style="list-style-type: none"> 대개 관련 분야에 전문성이 있는 연구자로 구성 	<ul style="list-style-type: none"> 대개 관련 분야에 전문성이 있는 연구자/개발자로 구성 	<ul style="list-style-type: none"> 연구자뿐만 아니라 현장전문가, 이해관계자, 사용자까지 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 성과 및 사업 관리 인력 혹은 기술자 중심

3. 외국 집단연구의 현황

■ 과학기술혁신정책 수단 가운데 우수연구집단(Center of Excellence: CoE)을 적용하는 주요 이니셔티브를 대상으로 외국의 집단연구 지원현황 파악

- (목적) 우수연구집단을 주요 정책수단으로 하는 이니셔티브를 분석함으로써 국내외에서 집단연구를 정책수단으로 활용하는 주요 목적과 전반적인 경향성을 파악
- (분석대상) OECD의 STIP Compass 상에서 현재 추진되고 있는 우수연구집단(Center of Excellence: CoE) 지원 정책 및 사업
 - STIP Compass는 OECD와 유럽 위원회(EC) 공동으로 지난 2018년부터 각국의 과학기술혁신정책 이니셔티브(initiative) 및 관련 정책 자료를 수집하고 있음
- 우수연구집단 지원과 관련한 사업 혹은 정책은 45개국에서 127건이 추진
 - 러시아연방에서 등록된 정책·사업의 수가 가장 많고, 한국과 일본은 각 2건이 등록
- 우수연구집단은 5년 이상의 장기지원이 다수이며 연간 5억 유로 이상의 대형 집단연구도 전체의 7.8%
 - 우수연구집단 지원은 5년 이상 혹은 지원기간을 명시하지 않은 장기 지원이 다수이며, 종료기간이 명시된 28건의 이니셔티브는 평균 7.8년의 기간
 - 5만~20만 유로(한화 약 67억~270억원) 구간의 이니셔티브가 가장 많고, 연간 5억 유로(한화 약 6,700억 원) 이상의 대형 우수연구집단도 7건
- 우수연구집단은 대개 학술진흥의 목적으로 지원되며 최근 구체적인 경제사회적 목적 달성에 대한 임무가 부여된 집단연구에 주목
 - 새로운 지식의 창출과 연구의 수월성을 달성하기 위한 전통적인 학술연구 진흥, 기술획득의 목적이 다수
 - 인공지능의 활용, 지속가능한 성장과 같이 경제사회적 목표(임무)가 명확하게 제시된 집단연구가 최근 추진
 - 일부 집단연구는 연구장비, 연구성과의 활용 및 확산을 위한 인프라 구축과 이를

융복합 집단연구 활성화 방안

제공하기 위한 목적에서 추진

■ 주요국의 집단연구 사례 분석결과, 미션중심의 집단연구 추진을 확인

- (목적) 외국에서 지원되는 집단연구의 구체적인 사례분석을 통해 국내 집단연구 지원에 효과성 향상을 위해 반영할 수 있는 시사점을 도출
- (분석대상) OECD STIP Compass의 집단연구지원 가운데 주요국 사례 선별·분석
- (분석결과) 미션 중심의 집단연구가 추진되고 있으며, 이러한 사업의 추진에 있어 몇 가지 시사점을 도출

	일본 미래사회창조사업	독일 인공지능 연구센터	영국 친환경 항공우주 기술 프로젝트	영국 난방용 수소 시연 프로그램
목적	경제·사회에 바람직한 영향을 미치게 될 도전적 연구 수행	<ul style="list-style-type: none"> • 사회적 영향력과 학문적 수월성이 큰 인공지능 연구 수행 • ‘인간 중심의 인공지능’ 연구 추구 	2030년까지 배기가스 배출 제로 항공 서비스 제공	2030년까지 저탄소 수소 생산능력 5GW 확보 및 탄소 7% 저감
사업기간	2017~	1988~	2021~2025	2017~
집단연구 유형	<ul style="list-style-type: none"> • 경제사회적 영향력 강조 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제사회적 영향력 강조 • 실증시설을 구축하여 혁신 인프라 병행제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제사회적 영향력 강조 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제사회적 영향력 강조 • 실증시설을 구축하여 혁신 인프라 병행제공
임무 설정	대국민 대상의 선호미래 조사결과를 실현하고자 백캐스팅(backcasting) 기법 적용	공공민간 수요에 대응한 기초~응용연구를 수행하나 ‘인간중심 인공지능’연구의 원칙 준수	영국정부의 녹색 산업혁명 10대 기술, 미래항공 연구개발 로드맵에 따른 임무	영국정부의 녹색 산업혁명 10대 기술의 일환
세부 과제 구성	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 기술 타당성 탐색을 위한 소규모 과제와 본격적인 실증연구를 지원하는 대규모 과제, 2-track으로 구성 • 개별 세부과제는 병렬 추진 	안정적인 기관운영비 없이 외부의 연구 수요에 탄력적 대응	<ul style="list-style-type: none"> • 다수의 대형과제로 구성되며, 과제규모는 연구 내용에 따라 차이 • 개별 세부과제는 병렬적 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 10개의 세부과제로 구성되며 과제 규모는 연구 내용에 따라 차이 • 개별 세부과제의 연구결과를 조합하여 전체 사업의 목적이 달성
연구 단계	원천기술개발~실증	기초연구~응용/실증	응용/실증	응용/실증
특이 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 단계평가를 통해 연구의 지속(확대)/종료 여부 결정 • 기술타당성의 확인을 기준으로 소규모/대규모 과제로 전환하는 하이브리드형 	<ul style="list-style-type: none"> • ‘인간 중심의 인공지능’ 연구를 실현하기 위한 별도의 윤리팀 구성 • 분야별 연구팀과 특정 주제에 대한 범기관 차원의 가상 연구팀으로 구성된 매트릭스형 조직 구조 	<ul style="list-style-type: none"> • 영국은 2050년까지 넷제로 달성에 대한 목표가 법적 구속력을 지닌 국가 • 영국이 선도하는 항공기술을 응용하여 넷제로를 달성하고, 일자리 창출 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업조정을 위해 관련 공공·민간 단체 참여 • 사업자문으로 산·학·실무 전문가 참여 • 사업 성과로 논문/특허가 아닌 안전성평가 규정, 수소 생산능력이 제시

- 미션을 설정하는 방식은 입법, 미래연구, 로드맵 수립 등 국가 마다 차이가 있으나 국가의 장기 비전을 실현하기 위한 수단으로 집단연구 중심의 사업을 추진
- 미션 중심의 사업은 세부과제 간, 참여 주체 간의 유기적인 연계가 중요하며 이는 중간·고위급 프로젝트를 관리자의 역량이 사업의 성패에 중요하게 작용함을 의미
- 대개 연구개발과 실증이 함께 이루어지므로 실증 시설 구축·활용을 위한 중대형 규모의 사업으로 추진되어 대규모 낭비를 방지하기 위한 조치가 마련될 필요

- 사업의 추진과정에서 미션의 달성가능성과 진도를 상시 검토할 필요

■ 새롭게 시도되는 실험적 지원 사례를 분석하여 효과적 집단연구 수행에 대한 가능성 모색

- (목적) 최근 새롭게 등장하는 외국 집단연구의 지원 및 수행 방식에 대한 사례를 소개함으로써 기존 지원의 한계를 보완하기 위한 가능성을 모색
- (분석결과) 안정적 연구환경 조성·프로그램 매니저 역량강화와 복잡한 의사결정을 보완할 신속한 지원방식이 새로이 시도

	Fast Grant	미국 아크(Arc)	영국 BBC의 데이터 중심 연구 파트너십	일본 PM 육성·활약 추진 프로그램
배경	기존에 느린 연구비 결정 프로세스는 위급상황(COVID-19)에 신속한 대응이 어려움	연구자들이 경쟁 방식의 연구비 수주에 너무 많은 시간을 할애	영국 내 데이터 과학자 부족 문제를 해결하고, 새로운 정보를 제공하여 보다 개인 맞춤형 BBC를 만들기 위함	연구개발 수행 과정에서 다양한 연구수행주체 간 연계 역량의 중요성 인식
지원 주체	민간재단 이머전트 벤처스	캘리포니아 지역 대학 연합	영국 공영 방송사 BBC	과학기술진흥기구(JST)
내용	<ul style="list-style-type: none"> • 14일 이내에 연구비 지원 여부 결정 • 최근 6개월 이내 COVID-19 연구를 진행하고, 이의 완료에 추가자금이 필요한 연구자 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 장기(8년) 연구비를 지원하여 자유로운 연구 수행 장려 • 연구자들이 추가 연구비 수주에 시간을 할애하지 않도록 안정적 연구비 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 8개 대학과 파트너십을 형성하여 데이터 과학 중심의 과제, 조직 지원 • 미디어 산업 현장의 문제를 해결하고자 BBC에서 제공하는 데이터 활용 	<ul style="list-style-type: none"> • 팀 방식의 연구를 효과적으로 추진할 수 있도록 PM 육성 • 연수프로그램, 멘토로 부터 PM 활동 지원
시작 연도	2021	2021	2017	2015
시사 점	연구 단절을 방지하기 위한 신속한 연구비 지원절차 수립	주어진 연구에 몰두할 수 있도록 다른 과제 수행에 대한 부담을 줄이는 안정적 연구 환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 중심의 산학 집단연구를 지원 • 다양한 주체들 간의 파트너십을 관리하기 위한 전담 조직 구성 	문제 및 이해관계자의 복잡도가 높아지는 집단연구를 효과적으로 수행할 수 있는 매니저급 인력의 양성

- 집단연구에 주어진 임무를 달성하기 위해서는 연구자들의 연구 몰입도가 필수적이기에 안정적으로 연구비를 제공하여 도전이 활발하게 이루어지는 연구환경을 조성할 필요가 있음

- 일반 연구자 외에 프로그램 관리자로서의 역량을 정의하고, 이를 함양도록 지원함

으로써 프로젝트 관리의 기준선(baseline)을 확보할 필요가 있음

- 대형 집단연구는 대규모 자원이 투입되는 관계로 의사결정에 걸리는 시간이 길어지는 한계가 있어 이를 보완할 수 있는 신속한 지원 방식을 고려할 필요가 있음
- 연구 환경에도 디지털화가 진행되면서 집단연구 프로세스의 설계 및 진행에도 변화가 필요

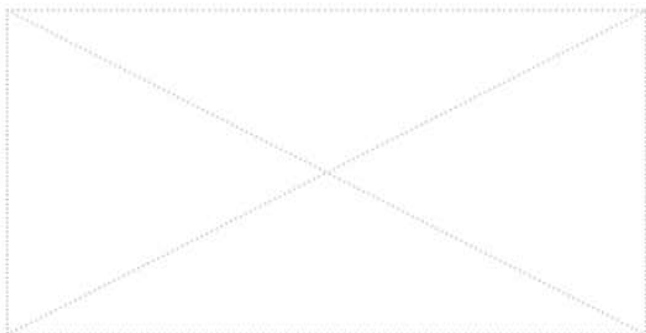
4. 우리나라의 집단연구 현황

■ 국가연구개발사업 분석을 통해 우리나라 집단연구의 전반적인 현황 파악

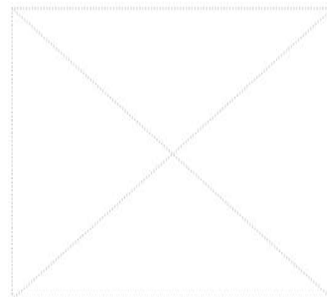
- (목적) 집단연구를 수행하는 국가연구개발과제의 현황을 파악하고, 전반적인 수준에서 과제별 연구비와 연구진의 규모를 분석하기 위함
- (분석대상) 2011, 2015, 2020년도 NTIS 데이터에서 박사급 연구자로 참여연구진을 한정하여 공동연구의 규모 파악
 - 연구비와 집단연구에 참여하는 연구자의 수를 중심으로 분석
 - 주요 연구수행주체인 대학과 출연연구소에서의 집단연구를 구분
- (국가연구개발사업 전체) 7명 미만이 참여하는 소형 집단연구가 가장 흔하게 수행되는 방식
 - 최근 '2인 이상~4인 미만'의 소규모 집단연구의 비중이 확대되고 있으며, 집단연구를 수행하는 연구과제는 5천만원 이상 ~ 2억원 미만이 다수
 - (소형) 대체로 2명 이상~8명 미만의 연구진, 연구비 10억 미만인 과제에서의 협력으로 가장 흔하게 수행되는 집단연구 형태
 - (중형) 6명 이상~ 20명 미만이 협력하며 5억원 이상 ~ 30억원 미만 내에서 연구비 형성(소형 집단연구와 일부 영역 중첩)
 - (대형) 20명 이상의 연구진이 협력하고, 30억 이상인 과제가 다수
 - 소형 집단연구는 과제 기획 및 수행 방식 중 '자유공모형'이 다수를 차지하는 반면, 중대형 집단연구는 '품목지정형'의 비중이 큼

<연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 집단연구 영역 - 국가연구개발사업 전체>

<연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 구간 표시>



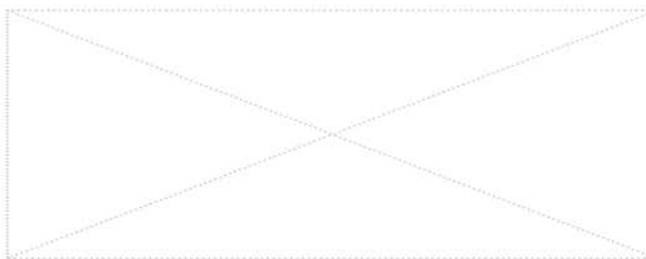
<연구비 및 연구진 규모에 따른 집단연구>



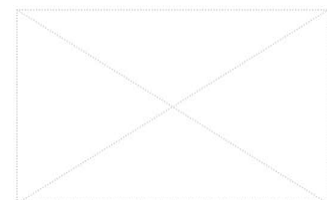
- (대학)소형 및 중형 집단연구 간의 경계는 명확하게 드러나나 대형 집단연구는 식별이 어려움
 - ‘2명 이상~4명 미만’의 소규모 집단연구 방식이 뚜렷하게 확대되고, 집단연구가 주로 수행되는 연구비도 ‘1억원 이상~2억원 미만’으로 증액
 - (소형·중형)참여연구진 6명, 연구비 5억 내외에서 소형과 중형의 집단연구의 경계가 드러남
 - (대형)20억원 이상의 대규모 자원이 투입된 집단연구는 수도 적을 뿐 아니라 연구진 구성에서도 경향을 파악하기 어려움
 - 집단연구의 규모에 관계없이 ‘자유공모형’이 다수

<연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 집단연구 영역 - 대학>

<연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 구간 표시>



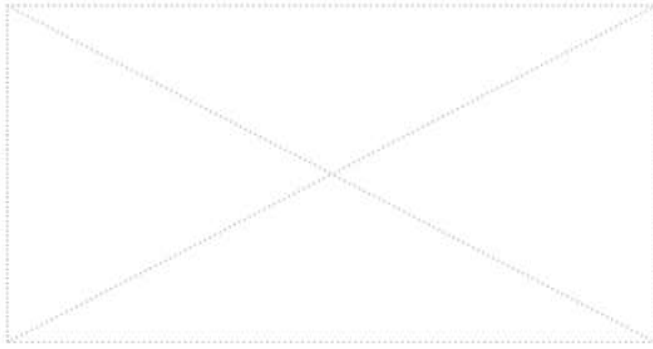
<연구비 및 연구진 규모에 따른 집단연구>



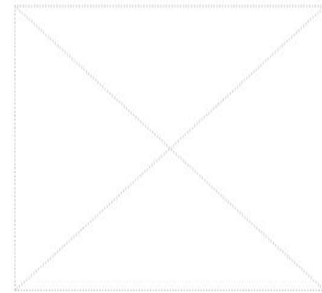
- (출연연구소)집단연구의 규모에 관계없이 다른 연구수행주체에 비해 하향식 혹은 품목지정형 집단연구의 비중이 큼

<연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 집단연구 영역 - 출연연구소>

<연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 구간 표시>



<연구비 및 연구진 규모에 따른 집단연구>



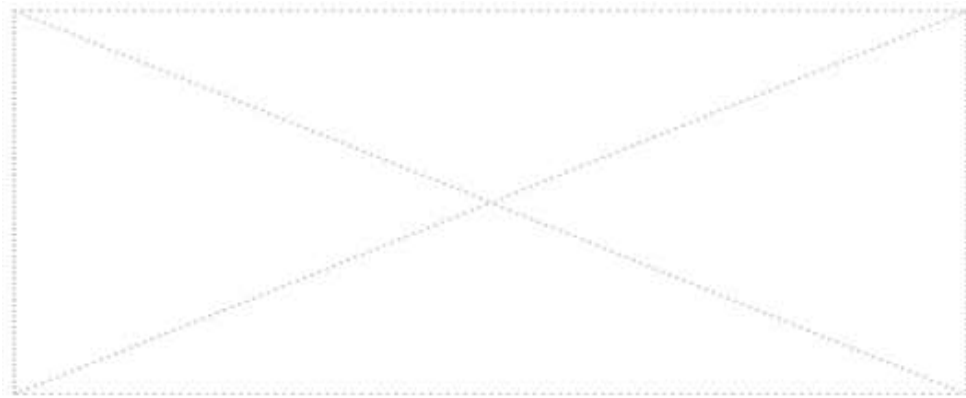
- 8명 미만의 집단연구 과제가 감소하는 한편, 8명 이상의 집단연구 과제는 소폭 상승
- 최근 '10억원 이상~20억원 미만'의 과제 비중이 감소하는 한편, '1억원 이상~2억원 미만', '5억원 이상~10억원 미만'의 과제 비중 상승
- (소형·중형)대학의 집단연구와 같이 6명, 5억원을 기준으로 소형 및 중형의 집단연구의 경계가 드러남
- (대형)20명 이상이 참여하고, 30억원 이상의 정부지원이 이루어지는 대형 집단연구 수행
- 집단연구의 규모에 관계없이 다른 연구수행주체에 비해 하향식 집단연구의 비중이 크고, 중·대형 집단연구에서의 품목지정형 과제가 다수 수행
- 대학, 출연연구소 등 연구수행주체에 따라 집단연구의 효율적 운영 방식에도 차이가 있을 것으로 예상
- 자유공모형 집단연구가 중심인 대학과 하향식 혹은 품목지정형 집단연구가 주류인 출연연구소는 내부의 집단연구 수행방식에서도 차이가 있을 것이라 예상됨

■ 주요 국가연구개발사업의 논문 성과 분석을 통해 본 우리나라 집단연구의 조직화 수준 가늠

- (목적) 주요 집단연구 지원사업의 연구과제별 공저자 네트워크 분석을 통해 연구진 혹은 그밖의 공동 연구자 간의 상호작용을 구조적으로 분석하기 위함

- (분석대상) 집단연구를 지원하는 대표적인 사업(S/ERC, IBS)을 대상으로 기존의 분석 결과를 요약하고 개인연구를 지원하는 창의연구 사업과 비교
- (분석방법) 사업에서 배출된 논문 성과에서 공저자 네트워크를 구성하여 조직화된 협력 네트워크가 구축되었는지를 진단
 - 다수의 하위 연구팀 혹은 그룹을 포함하는 대형 집단연구는 연구 그룹 간 공동연구의 발전을 살펴볼 수 있음

<대형 집단연구 협력의 발전 예상>



■ 집단연구를 통해 발표된 논문 성과를 통해 한국 집단연구의 특징을 도출

- Scopus 데이터베이스에서 최근 4년(2018-2021)간 국제 학술지에 발표된 논문의 공저자를 수집·분석하여 한국과 주요국(미국, 일본, 독일, 영국 프랑스)을 비교
- 한국은 협업을 통해 생산된 논문이 다른 국가에 비해 높은 수준이며 특히 같은 기관에 속한 연구자들 간의 협업이 가장 큰 비중을 차지함
 - 한국은 다른 나라에 비해 국제협업을 통해 출판된 논문의 비중은 낮은 편
 - 국내 협업 가운데 다른 기관에 속한 연구자들과의 협업 보다 동일 기관 내에서의 협업 비중이 다소 큼
- 산학협력을 통해 발표된 논문은 다른 주요국에 비해 낮은 수준

- 융복합(Multidisciplinary) 분야에 주요 학술지의 공저자를 분석한 결과 국제협업이 두드러지며, 한국인 저자가 참여한 논문은 평균 39.7명이 참여하는 대규모 집단연구의 경향이 있음

■ 글로벌 집단연구와 국내 집단연구의 현황을 비교하여 시사점 도출

- 국가연구개발사업으로 인해 집단연구가 추진되었으나 사업이 종료되면 집단이 해체되는 경향이 있어 연구의 연속성에 대한 고민이 필요
- 집단연구를 지원하는 다수의 사업이 존재하나 집단 내에서 구성원이 긴밀하게 상호작용하고, 지식이 체계적으로 통합되는 과정에 대한 관심은 부족
- 한정적 대상 간의 협력으로 집단연구의 낮은 다양성이 지적되곤 함

5. 정책 시사점

■ 국내외 집단연구 현황 및 발전 방향을 토대로 국내 집단연구 활성화를 위한 시사점을 정리

■ 집단연구의 지원 목적 및 대상을 다양화하고 특성에 따른 지원 제공

- 집단연구의 목적을 세분화하여 목적에 따른 지원 방안을 설계할 필요
 - 학술진흥, 기술획득, 연구 및 혁신 인프라 제공, 경제·사회문제 해결 등으로 구분한 집단연구의 목적을 더욱 세분화
 - 학문적 수월성 혹은 지역산업 밀착형 등 세분화한 집단연구의 목적에 따라 연구진의 구성, 지원방식을 차별화
 - 대규모 자원이 투입되는 대형·장기 집단연구를 지원하기에 앞서 연구의 실현가능성을 타진하기 위한 실험 성격의 단기 집단연구를 시도
- 다양한 연령대의 연구자, 특히 신진연구자가 집단연구에 참여할 수 있도록 기회를 제공

- 신진연구자가 집단연구의 책임으로서 경험을 쌓을 수 있도록 과제선정 시 가산점을 부여하는 등 인센티브 제공
- 박사후연구원과 같이 교육(training) 기간에 있는 신진연구자가 참여하는 집단연구일 경우 지식 전수에 대한 구체적인 계획이 선정과정에서 제시되어야 할 필요가 있음

■ 우수하거나 잠재성이 높은 소규모 집단연구가 대형 집단연구로 성장할 수 있도록 체계적 지원 방안 마련

- 다수의 소규모 집단연구 가운데 잠재성과 우수성이 높은 일부를 선별하여 대규모 연구로 발돋움할 수 있도록 지속적 지원
 - 연구자 개인 수준이 아닌 연구팀이 발표한 연구의 영향을 파악·예측하는 등 집단연구의 영향력과 잠재성을 가늠할 수 있는 지표를 마련
- 집단연구의 명맥을 이어갈 수 있도록 지원의 공백을 방지하고, 조직(연구실, 연구센터 등)을 운영하기 위한 지원이 필요
 - 사회적으로 시급하게 해결을 요하는 문제에 있어 지원의 공백으로 인한 연구의 단절을 방지하기 위해 1년 미만으로 단기 지원하는 신속 지원 트랙(fast-track) 신설
 - 연구개발에 대한 지원에서 나아가 집단의 운영에 있어 필요한 최소한의 운영비에 대한 지원이 이루어진다면, 집단연구의 해체 위험을 줄일 수 있음
- 연구개발에서부터 사업화까지 수행되는 집단연구는 실증을 위한 별도의 예산 배정과 다양한 이해관계자의 참여 등 법·제도의 완화를 요구
 - 실증이 요구되는 집단연구는 다양한 이해관계자가 연구에 참여할 수 있도록 제도를 마련하고, 실증·인증을 위한 별도의 예산 배정이 필요
 - 지역 주력 산업에 한정·지정된 규제자유특구를 집단연구에서 개발하는 기술, 이를 수행하는 기관 혹은 집단연구가 이루어지는 공간 단위로 지정하여 규제를 완화

■ 도전적인 연구를 수행하는 장기·대형 집단연구일수록 내·외부 변화에 대응하기 위한 관리역량을 확보할 필요

- 관리의 대상은 성과와 환경으로 구분하고, 주기적으로 모니터링을 수행하여 결과에 따라 연구팀 자체적으로 자원 조달 및 배분, 연구계획을 수정할 수 있어야 함
 - 연구팀은 자체적으로 성과 및 환경 모니터링을 수행하여 결과에 따라 필요한 자원을 탄력적으로 조달 혹은 배분하거나 연구 단계별 마일스톤을 변경할 수 있어야 함
- 연구 책임자의 연구관리 역량은 도전적으로 설정한 집단연구 목표의 달성 여부에 크게 영향을 미치므로 교육을 통해 연구관리 역량을 향상하기 위한 노력이 필요
 - 연구 책임자의 자율성을 존중하되 연구의 운영 및 관리에 있어서 최소한의 기준선(baseline)을 확보할 수 있도록 책임자에 대한 교육이 보완될 필요도 있음
 - 연구 책임자 선정 시 소양교육을 필수로 이수하도록 규정하거나 소정의 교육을 이수한 책임자는 선정 시 가산점을 부여하는 등의 방식을 취함으로써 인력양성 사업과 대형 집단연구 사업을 연계·추진할 수도 있음

■ 개인연구와 차별화된 집단연구의 평가지표가 개발·적용될 필요

- 집단연구 선정과정에서 연구 자체의 혁신성과 도전성을 평가하고, 나아가 제시한 연구 목표를 달성하기 위해 연구팀이 적절하게 구성되었는지도 검토할 필요가 있음
 - 연구진의 전문성과 함께 연구진 간의 협업 경험 혹은 이를 통해 이루었던 업적과 같은 요소를 반영하여 연구진 간 협업이 잘 수행될 수 있을지에 대한 검토가 필요
- 집단연구 책임자의 선정 과정에서 관리자로서의 능력을 검증하기 위한 지표를 보완할 필요가 있음
 - 집단연구 책임자는 관리자이기도 하므로 우수한 연구자로서의 능력과는 다른 차원에서 역량을 정의하고, 책임자 선정에 활용될 필요가 있음
 - 대형 집단연구를 이끌어본 경험도 관리자로서의 능력을 살펴볼 수 있는 중요한 지표가 될 수 있음
- 데이터를 비롯하여 연구팀에서 만들어진 성과를 축적할 방법, 연구 추진 과정에서

수집된 데이터가 높은 품질을 유지할 수 있도록 관리할 방법이 제시될 필요가 있음

○ 연구 종료 시에는 단순 양적 성과에 불과한 논문 편수 같은 성과 보다 실제로 집단연구를 통해 거둔 성과인지 혹은 지식통합이 잘 이루어졌는지를 검토할 필요가 있음

- 공저자 네트워크와 같은 수단을 활용하여 집단연구 과정에서 지식의 통합 혹은 조직화 정도를 살펴볼 수 있음

- 집단연구 종료 후에도 공동연구가 지속되는지를 살펴보아 집단연구의 연속성을 평가에 반영할 수도 있음

■ 집단 내 상호작용을 개선하기 위한 실천적 지침서 혹은 툴킷(toolkit)의 개발·배포

○ 집단연구가 이루어지는 현장의 애로사항을 수렴하고, 집단연구 운영에 경험이 많은 연구자들에게서 효과적인 집단연구의 관리 및 운영에 대한 노하우를 수집

○ 연구현장에서 집단연구를 운영하면서 직면할 수 있는 많은 크고 작은 문제를 다루는 실천적 지침서 혹은 툴킷(toolkit)을 개발하여 일선 연구자들이 집단연구 설계·수행 시 지침으로 활용할 수 있도록 함

1

서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

1.2. 연구의 내용

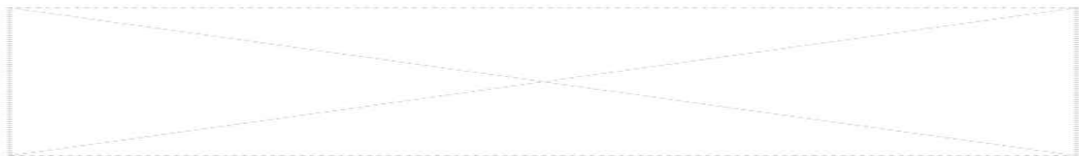
1. 서론

1.1. | 연구의 배경 및 목적

□ 연구의 필요성

- 집단연구는 실험실, 팀, 센터, 거점과 같은 독립적인 조직 수준에서 특정 분야의 학문, 기술, 비즈니스 등 전문성을 기반으로 이루어지는 연구 활동을 의미
 - 집단연구는 규모에 따라 연구자 개인 수준에서 시작하여 연구조직에 이르기까지 연구조직 규모에 따른 연구수행방식의 진화과정 상에서 설명되기도 함
 - 집단연구는 연구수행주체들의 전문성을 기반으로 이루어지는 협동 연구수행 방식임과 동시에 연구자금 및 인프라를 공유하는 관계 혹은 조직 환경을 내포
 - 최근의 집단연구는 물리적 공간을 공유하는 연구 활동을 넘어서 가상의 공간 상에서 이루어지는 활동으로 개념이 확대

[그림 1-1] 연구수행 방식의 진화



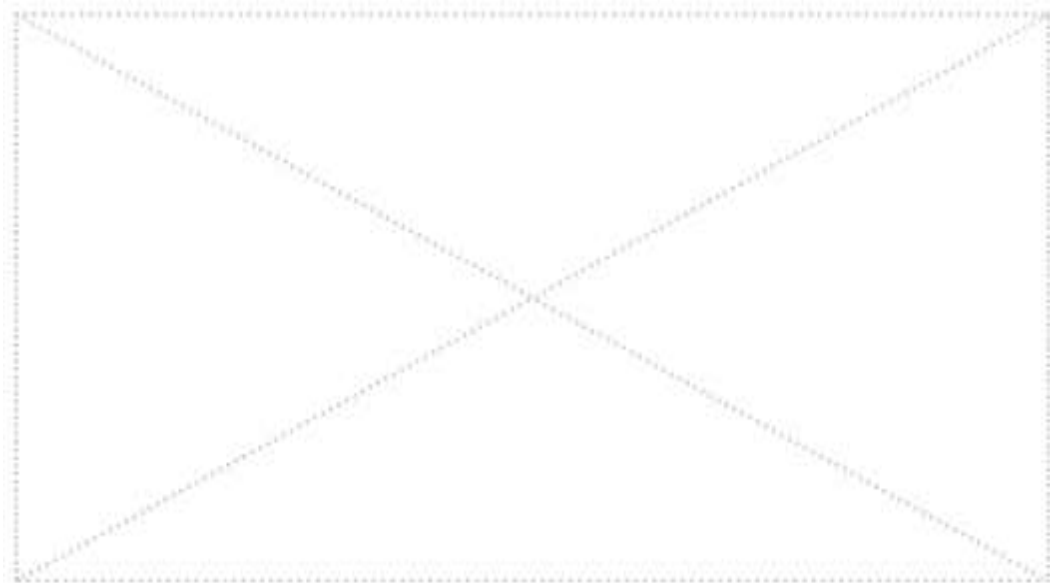
자료: 박기범 외(2017: 104)

- 집단연구는 보편적 연구방식의 하나로 공공부문 연구수행주체(대학 및 출연(연)) 내부에서도 다양한 방식으로 자리 잡아 옴
 - 「제3차 융합연구개발 활성화 기본계획('18~'27)」의 수립과정에서 설문을 통해 현황을 조사한 결과 응답자 3,873명 가운데 1,826명(47.1%)이 집단연구를 활용한 융합연구를 경험했다고 답함(과학기술정보통신부, 2018a)
 - 국가연구개발시스템 상에서 출연(연)은 기업과 대학이 수행하지 못하는 원천-대형 기술개발을 주된 목적으로 하며, 이를 달성하기 위해 팀 단위 연구 활동이 주요
 - 한편, (구)과학기술처는 1990년부터 '우수연구집단육성사업'을 통해 대학 내에

과학연구센터(Science Research Center: SRC)와 공학연구센터(Engineering Research Center: ERC)를 육성해 옴

- 최근 연구 규모가 확장되고, 기술·학문간 융복합 현상이 심화되면서 집단연구의 중요성은 더욱 강조되고 있음(박기범 외, 2017)
 - 연구 수행을 위해 산학연 등 연구수행주체 간 협력뿐 아니라 기관 내부에서 학문간 다양성을 확보하기 위해 연구자들간의 협력, 즉 집단연구에 대한 수요 증대
 - 「제3차 융합연구개발 활성화 기본계획('18~'27)」 수립과정에서 연구자 인식을 조사한 결과 전체 응답자 3,873명 가운데 1,399명(36.5%)이 새로운 문제해결 방식을 탐색하기 위해 융합적 집단연구가 필요하다고 응답
 - 「제3차 융합연구개발 활성화 기본계획('18~'27)」에 따르면 대학 및 출연(연)의 집단연구 과제를 2배로 확대할 예정
 - 출연(연)에서는 2014년부터 국가 및 산업계 현안에 대응하기 위해 2개 이상의 출연(연)이 참여하는 융합연구 사업을 추진해 오고 있음
 - 지질연, 에너지연, 기계연 등 출연(연)은 최근 개인평가의 비중은 감소하고, 조직평가의 비중을 늘리거나 팀 단위의 인사평가 체계를 개편하는 등 내부 쇄신 추진
- 한편, 디지털전환, 지역혁신 대두 등 혁신환경이 변화함에 따라 집단연구에도 과거와는 다른 양상이 전개될 것으로 예상
 - 디지털 전환이 본격화되며 R&D 수행방식 전반에 변화가 일어 데이터를 중심으로 협력이 일어나는 등 집단연구 방식에도 변화의 가능성이 제기
 - 출연(연) 및 대학 내부에서의 집단연구뿐 아니라 기업, 지자체 등과의 협력을 기초로 융합연구를 모색

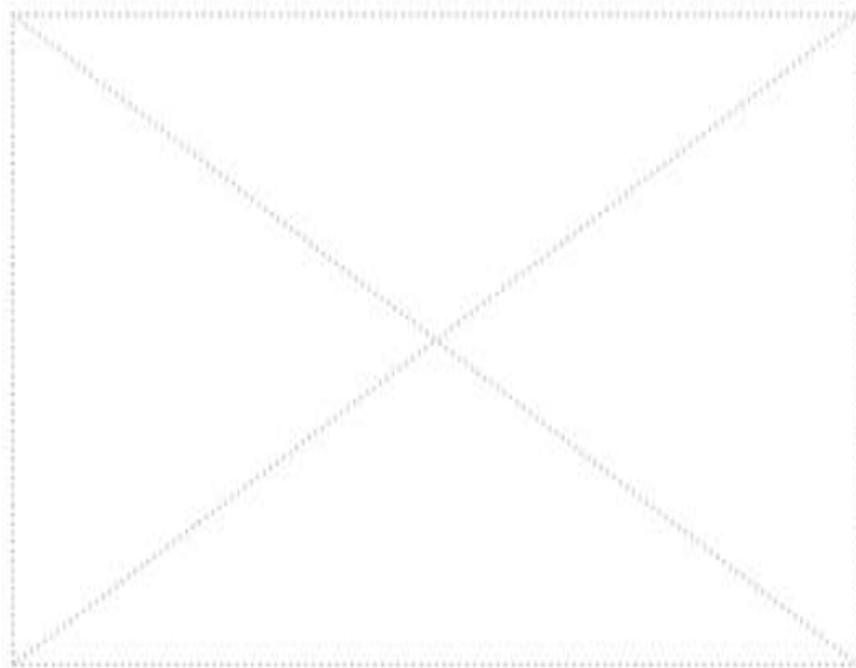
[그림 1-2] 디지털 전환을 반영한 R&D 방식의 진화



자료: Ulbrich et al.(2018: 2)

- 이렇듯 융복합 집단연구가 오랜 시간 수행되어 왔음에도 국내 집단연구의 특성을 축적하여 이를 기초로 융복합 집단연구를 활성화하려는 정책적 시도는 부족한 수준
 - Goyal and Kejriwal(2020.1.5., 최종접속일 2021.6.5.)은 선도적인 연구집단을 육성하기 위해서 우수한 인재를 영입할 수 있고, 효율적으로 연구를 수행할 수 있는 연구조직의 입지적 요인을 주요하게 지적
 - Ross(2019.3.8., 최종접속일 2021.6.5.)는 조직을 기반으로 한 집단연구에 대해 미션 및 비전, 조직 구조 및 R&R, 거버넌스, 기술, 연구수행방식, 구성원의 역량 및 문화로 우수한 연구조직의 모형을 설명
 - 국내에서는 이세준·목은지(2019)에서 집단의 비전, 목표, 연구그룹 구성, 운영체계, 인센티브 시스템의 측면에서 선도적인 연구성과를 창출하는 출연(연) 연구조직을 분석한 바 있음
 - 그러나 국내에서 이루어지는 실제 집단연구의 상황을 토대로 집단연구의 육성, 융합연구의 촉진을 위한 정책을 수립하기에는 선행연구가 축적되지 않은 상황

[그림 1-3] 우수 연구집단 설계 시 고려할 요소의 예



자료: Goyal and Kejriwal(2020.1.5. 최종접속일 2021.6.5.)

■ 연구목표

- 개인연구와 차별화된 연구수행방식으로서 집단연구의 현황 및 특징을 파악하고, 이를 토대로 융복합 집단연구의 활성화 방안을 모색
 - 국내외에서 이루어지는 융복합 집단연구가 어떠한 방식으로 수행되고 정책적으로 지원되는지 파악
 - 융복합 집단연구의 특성을 도출하고, 향후의 변화 양상을 전망하여 융복합 집단연구의 활성화를 위한 정책적 시사점 모색

1.2. | 연구의 내용

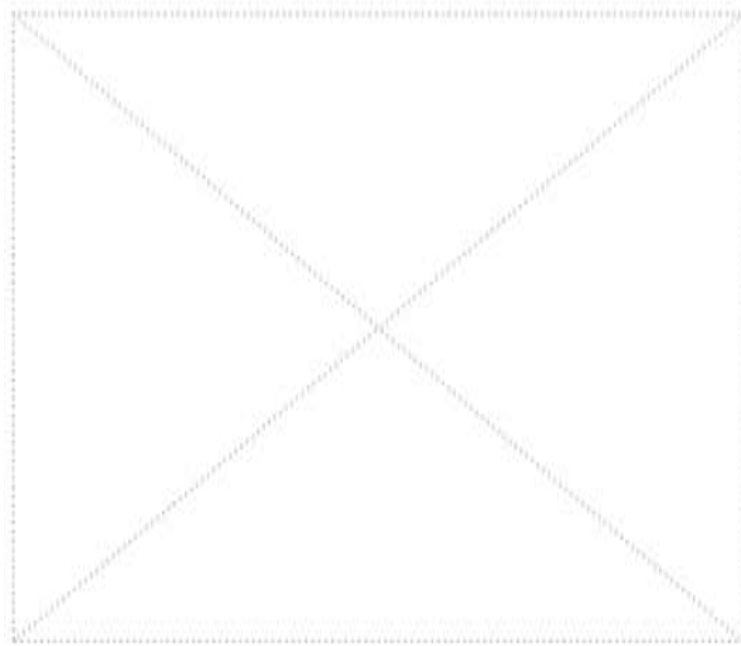
■ 연구내용

- 융복합 집단연구에 대한 개념 및 구성요소 도출
 - 연구개발활동에서 융복합 집단연구의 의미
 - 융복합 집단연구의 구성요소 분석
- 국내외 집단연구 수행 및 지원 현황 파악
 - 국내외에서 수행되는 집단연구의 현황 분석
 - 국내외 집단연구 지원 사례 조사
- 향후 집단연구 수행 방식의 변화 양상 전망
 - 혁신 및 연구 환경 변화가 집단연구 수행에 있어 초래할 변화 예상
- 집단연구 활성화를 위한 정책적 시사점 도출
 - 국외 선도적 집단연구 수행 및 지원방식의 국내 적용 방안
 - 미래 환경변화에 대응할 집단연구의 변화 방향성 모색

■ 추진전략 및 방법

- 선행연구 분석을 통한 집단연구에 대한 개념 정립
 - 연구개발활동에서 집단연구의 의미 파악
 - 집단연구 육성을 위해 추진된 국내외 주요 사례 분석
 - 선도적 집단연구를 위한 구성요소 도출
- 전문가의 의견을 수렴하여 정책적 시사점 도출
 - 국내외 집단연구 수행 및 지원 방식을 비교하여 국내 집단연구 문제를 도출하고, 이의 해결방안 모색
 - 미래 환경변화에 대응하기 위한 집단연구 수행방식의 변화 방향성 모색
- 체계적 과제 수행을 위해 다음의 절차에 따라 연구를 추진할 계획임

[그림 1-4] 연구추진 절차



자료: 연구진 작성

■ 기대성과 및 활용방안

- 우리나라 연구조직의 현황 및 문제점에 대한 심층적인 이해와 향후의 변화 가능성을 토대로 선도적 연구조직 육성을 위한 정책적 시사점 도출
 - 집단연구의 현황과 미래의 발전방향을 토대로 연구집단에 대한 개념을 재설정
 - 향후 선도적 연구조직 육성을 위한 정책수립에 기초자료 제공

2

집단연구의 개념 및 환경변화

2.1 집단연구의 필요성 및 개념

2.2. 집단연구에 관한 연구 동향

2.3. 집단연구를 둘러싼 최근의 변화

2.4. 소결 및 시사점

2. 집단연구의 개념 및 환경변화

- 과학기술 분야에서 집단연구는 주요 연구 방법의 하나로 과학적으로 해결이 불가능하다고 여겨왔던 문제에서 발전을 이끌어 옴
 - 진공관을 대체한 트랜지스터, 증기기관차를 대체한 디젤, 범선을 대체한 증기선과 같은 제품대체, 열을 대체하여 촉매를 이용한 원유정제와 같은 공정대체 등 과거에 이룬 다양한 혁신이 집단연구에 의한 성과임(Corrocher et al., 2003)
 - 이 밖에 최근의 트랜지스터 효과의 발견, 에이즈 치료를 위한 항레트로바이러스제 (antiretroviral) 개발, 암흑물질의 존재에 이르기까지 다양한 집단연구의 성과를 꼽을 수 있음
 - 최근 연구의 규모가 확대됨에 따라 연구질문에 답을 찾기 위한 과학적 전문성이 더욱 고도화되고, 연구 도구도 한층 발전하고 있음
- 기존의 접근 방식에 비해 집단연구의 복잡성과 투입 자원에 대한 요구가 더 크긴 하나 다학제 집단연구가 단일학제 연구보다 더 많은 부가가치를 창출할 수 있음(Krott, 2002; Allen-Schott et al., 2015; Deutsch et al., 2021)
 - 전통 과학의 범위를 넘어서는 복잡한 문제 혹은 단일 전문 영역에서의 개별 연구자가 해결할 수 없는 문제들을 해결할 수 있음
 - 문제를 해결하는데 필요한 지식이 불확실하고 문제 자체의 구체적인 특성에 대해서 논란의 여지가 있을 때 용이한 연구방식임
 - 서로 다른 우선순위와 사고방식을 갖고 있는 연구자들 사이에서 갈등을 해결하는 과정을 통해 새로운 질문의 출현을 촉진할 수 있으며, 과학적 통찰을 통하여 광범위한 사회적 혜택을 제공할 수도 있음
 - 다양한 이해관계자들의 통합을 촉진함으로써, 사회적 수용성과 다양한 사회적 지식을 개발할 수 있음¹⁾
 - 반면, 연구집단 초기 구성 시 거래비용이 들고, 공동연구의 규모가 커짐에 따라 복잡성이 증가하면서 연구진 간의 의사소통과 작업 조정에 드는 노력이 더욱 많이

1) 다수의 프로젝트를 통합함으로써 개별 프로젝트에 비해 더 오래 지속되고, 다양한 이익을 창출하는 관계, 도구, 관리구조 및 메커니즘을 개발할 수 있으며, 개인과 기관, 학계와 비학계, 공공영역과 산업 영역 간 상호작용을 통해 이해관계자들의 역량강화의 도구로도 활용될 수 있음

소요

- 이에 미국 국립과학재단(National Science Foundation: NSF)과 국립보건원(National Institutes of Health: NIH)은 ‘팀 사이언스(team science)’라는 이름으로 연구자들의 학제 간, 기관 간, 국가 간 협력을 독려해 옴(Baker, 2015)
- 이렇듯 과학기술적 진보를 불러오는 주요 수단으로써 집단연구의 중요성이 강조되는 가운데, 본 장에서는 등장배경과 배경, 학술 연구 동향을 살펴본 후 집단연구를 둘러싼 새로운 변화의 방향을 살펴봄

2.1. | 집단연구의 필요성 및 개념

■ 연구성과를 극대화하기 위해 다양한 분야의 지식을 결합하는 집단연구 강조

- 새로운 기술의 발전은 기존 지식의 조합과 공동연구, 기술의 융합으로 설명할 수 있음(Tushman and Anderson, 1986)
 - 기술 변화는 주요한 발전, 즉 기술적 업적이 이어지는 누적의 과정이며, 기존 기술 역량과 지식이 결합 및 통합함으로써 혁신적 기술이 등장하게 됨(Kodama, 1992; Mahdi and Pavitt, 1997)
- 최근에는 연구의 유용성과 연구 성과의 적용을 확대하고자 여러 연구 분야의 지식을 통합하고 결합하려는 요구가 증가(van den Besselaar and Heimeriks, 2001)
 - 동일 범주의 기술이 다양한 요소 기술과 융합하여 비행기, 자동차, 컴퓨터 등 새로운 제품이 탄생한 것을 예로 들 수 있음
- 과학적 연구성과를 극대화하기 위해 많은 연구자들은 집단연구를 통해 책임과 위험을 공유하고, 보완자원에 대한 접근성을 향상시키고자 함
 - 학술자본을 축적하고, 지식과 경험의 교환을 가속화하여 혁신적인 연구결과를 향상시키기 위하여 많은 학자들은 점점 더 집단연구에 관심(Chen, et al., 2020; Gomes-Casseres, Hagedoorn, and Jaffe, 2006)
 - 집단연구는 연구자들 간에 협업 네트워크를 구성하여 자원과 정보를 공유함으로써 공동의 목표를 달성하기 위한 노력의 과정으로 지식생성 및 확산, 기술이전을 촉진(Kagan, 1991, Li, Liao, and Yen, 2013; Hara, et al., 2003)
 - 집단연구가 확대되면서 연구 생산성의 향상을 불러오기도 함(Bozeman and Youtie, 2017)

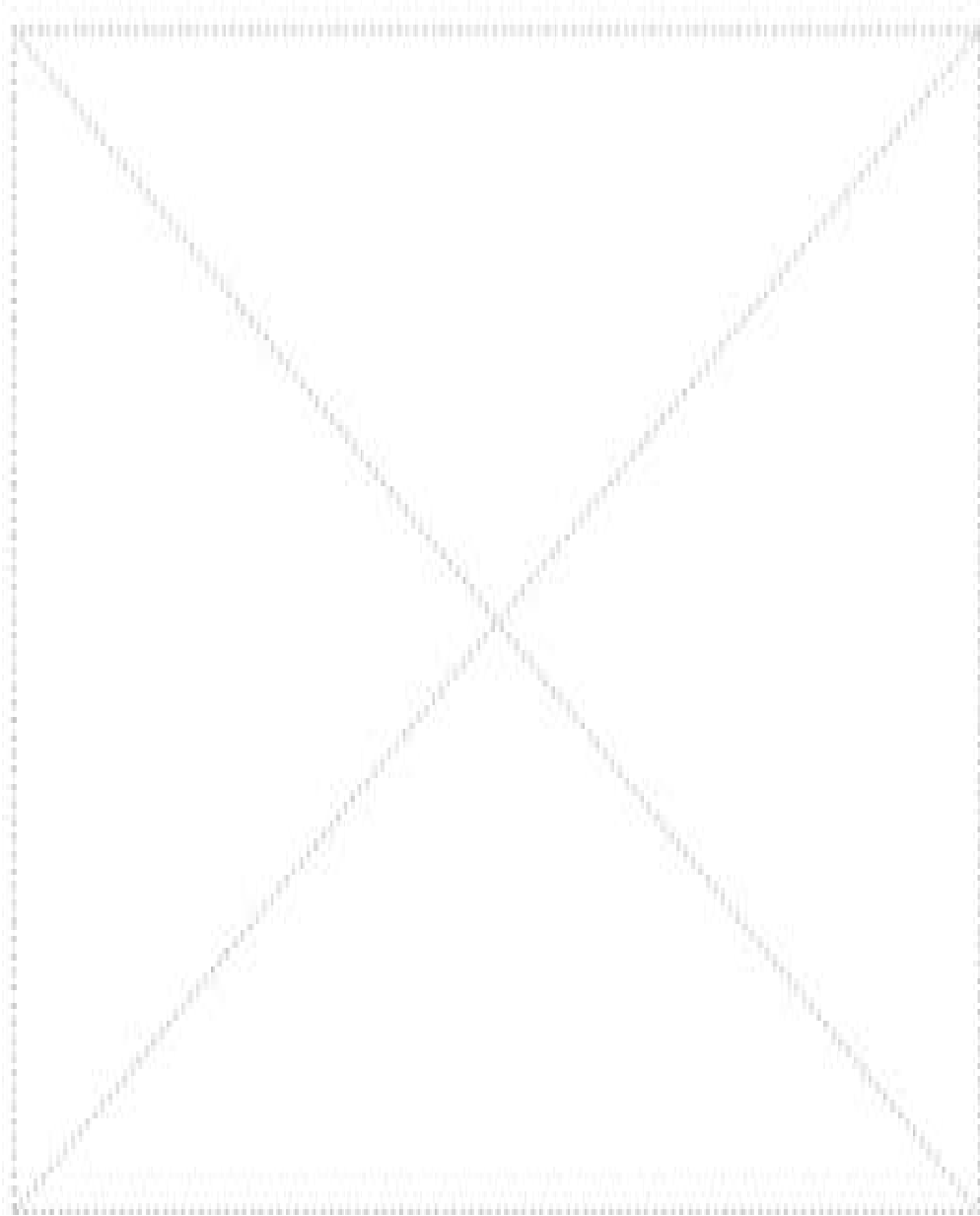
■ 집단연구에 대한 개념에 혼선은 있으나 학문 간 상호작용과 융합으로 설명

- 집단연구에 대한 개념은 분야별, 학자별로 다양한 해석이 있으나 기존의 학문과

기술이 상호작용하여 혁신적인 결과물을 창조하는 과정이라는 공통 견해를 보임

- 집단연구의 정의와 해석은 과학기술 및 인문사회과학 등 학문의 분야에 따라, 과학, 기술, 응용, 사업화, 산업융합 등 R&D 단계에 따라 조금씩 차이가 있음(Karvonen and Kässi, 2013)
 - 융합수준, 이종·동종 기술간 융합적용, 집단연구 수행방법, 융합수준의 측정지표 등 집단연구의 정의와 연구수행 방식에 관한 견해는 일치하는 부분도 있음
 - OECD(1998)는 기존의 많은 집단연구에 대한 견해들에 대해 분석하면서, 학문 간의 상호작용과 융합의 정도에 따라 최초로 집단연구를 구분하여 정의
- 집단연구는 과학적 접근을 통해 복잡한 문제를 해결하는 다학제 연구, 학제간 연구, 초학제 연구를 포함하는 개념
- 집단연구가 보유한 목표를 달성하기 위해 다른 분야의 전문 지식을 포함하거나 통합하는 정도에 따라 다학제(multi-disciplinary), 학제간(inter-disciplinary), 초학제(trans-disciplinary) 연구로 구분
 - 단일분야 연구(uni-disciplinary research)는 주로 단일 학문 분야에서의 방법, 개념, 접근방식에 따라 연구를 수행
 - 다학제 연구(multi-disciplinary research)는 각각의 학문 분야가 각자의 방식으로 연구 목표를 달성하기 위해 기여함
 - 학제간 연구(inter-disciplinary research)는 문제 해결이나 이해 증진을 위해 둘 이상의 분야에서 정보, 데이터, 도구, 개념 및 이론 등을 통합
 - 초학제 연구(trans-disciplinary research)는 개별 학문분야에서의 접근을 통합할 뿐 아니라 이를 통해 기존의 학문적 경계를 초월하는 새로운 개념 모형, 가설, 연구 전략을 창출

[그림 2-1] 집단연구 관련 개념 도식화



자료: Tress, Tress, and Fry.(2005: 484)

■ 집단연구는 조직학습(organizational learning)과 연구 생산성의 측면에서 장점

- 집단연구는 개인연구에 비해 높은 연구 생산성을 보임(Wuchty *et al*, 2007)
 - 집단연구는 팀 내부 상호작용 과정에서 일어나는 건설적인 갈등을 시너지 삼아 질적 측면에서 우수한 즉, 인용 빈도가 높은 연구를 생산하며 이러한 장점은 시간이 지날수록 더욱 강화됨
 - 복잡한 문제 해결, 수상실적, 고인용 연구 등의 측면에서 소규모의 연구에 비해 대형 연구팀의 성과가 더 우수한 경향이 있음
- 집단연구가 조직을 두고 수행되기도 하며, 조직을 보유했을 때 내부적으로는 지식의 축적이 용이하고, 집단 외부에는 인력의 풀(pool)을 제공하는 창구로서의 역할을 함
 - 연구조직(예, 센터)을 통해 연구자들이 새로운 관계를 형성하고, 아이디어를 발굴하며, 연구비 획득의 기회 제공(Sa, 2008; Kumar, 2017)
 - 전문가들이 모여 최신의 지식을 습득하므로 공공 및 산업계 등 집단 외부의 수요에 신속하게 대응할 인력을 운용할 수 있음(엄미정 외, 2009)

■ 최근 학문 분야의 경계를 초월한 문제해결의 상황에 직면하며 집단연구에 대한 수요가 늘어났고, 이를 효과적으로 수행하기 위한 팀 사이언스가 주목을 받음

- 단일 학문 분야의 연구는 과거 많은 사회적·과학적 문제를 성공적으로 해결해왔지만, 최근에 제기되는 과제는 학문 분야의 경계를 초월하는 복잡성과 불확실성이 높은 특징이 있음
- 주어진 문제를 해결하는데 기존의 접근 방식으로 필요한 해결을 모색할 수 없는 경우, 다양한 학문적·비학문적 이해관계자들이 문제 해결 과정에 필수적으로 참여해야할 경우에 집단연구가 필요함

<표 2-1> 집단연구가 필요한 상황

항 목	세부내용
협 력	통합 시스템을 이해하고 관리하기 위해 다양한 이해관계자 간의 협력이 필요한 경우
변 화	체계적이고 급속한 기술, 환경 및 사회적 변화, 즉 사회적 전환과 관련된 상황 및 연구
사회적 영향	특정 장소나 지역과 관련된 새로운 기술이나 정책개입 또는 그러한 개입에 대한 사회적 영향 및 또는 최상의 구현 전략을 평가할 때
다양한 영역의 교차	직면한 문제가 근본적으로 학문·기술 및 비학문·사회 영역의 교차를 포함하는 경우
윤리적 규범 관련	윤리적 규범 또는 가치 판단이 문제 해결에 포함되어야 하는 과학·기술 문제 혹은 해결책이 이해관계자에게 실제 또는 인지된 영향을 미치는 경우

자료: OECD(2020) 내용 재구성

- 특히 최근 미국에서는 효과적으로 다학제 연구를 수행하는 방법을 모색하는 팀 사이언스(team science)가 각광을 받고 있음
- 팀 사이언스란 다학제적인 협력연구 수행과 관련한 인문·사회적인 분석을 수행하는 연구분야로 대규모 협업연구, 교육의 효과성을 결정하는 요인을 탐색하고, 협력 연구를 촉진·방해하는 환경을 관리하기 위한 연구를 수행(Börner, *et al.*, 2010)
- 바이오 분야에서 특히 다학제 연구가 보편화됨에 따라 NIH에서는 2003년 발표한 NIH 로드맵(Roadmap)에 집단연구를 중점 영역으로 제시했고, 이후 집단연구를 효과적으로 운영하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음

**<참고> NIH 로드맵(Roadmap)에서의
집단연구**

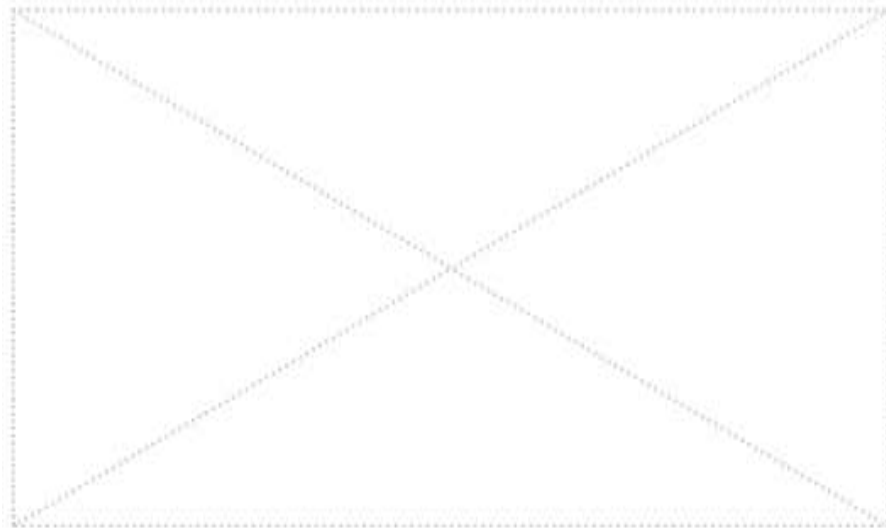
- NIH 로드맵은 국가의 바이오분야 연구 역량을 개선하기 위해 2004년 9월부터 미국 연방정부의 바이오의료 분야 연구비 지원 지침으로 활용되어 옴
- NIH 로드맵은 세 가지 주요 테마로 구성되어 있으며 그 중의 하나가 미래의 연구팀(research teams of the future)이며, 이는 집단연구를 강조하는 내용
- ‘미래의 연구팀’에서는 연구자들과 연구기관이 다양한 협업 모델을 테스트하도록 독려
- 바이오의료 분야의 도전 과제를 혁신적으로 접근하는 연구자를 지원하는 고위험 연구(High-Risk Research) 추진, 학제간 연구 지원(Interdisciplinary Research)에서는 단일 연구책임이 아닌 다수의 연구책임을 인정하도록 제도 개선, 연구자, 정부, 민간 부분의 파트너십을 촉진하는 공공-민간 파트너십(Public-Private Partnerships)을 제안

자료: Kantor(2008) 내용 요약

■ 집단연구는 연구진 구성 및 규모, 조직의 유연성, 조직화 수준 등 다양한 관점에서 특성이 설명

- 집단연구는 세부적으로 1개 이상의 협업팀으로 이루어져 서로의 조직과 구성원들이 적응해가며 협업, 융합하는 과정에서 다양한 특성으로 설명되곤 함
- 우선, 규모는 집단연구의 특성을 설명하는 대표적인 속성이며 특히 최근에는 연구집단의 규모가 확대되는 경향이 있음
 - 논문 공저자를 통해 지난 60여 년 동안 연구집단의 규모를 분석했을 때, 1960년 이후로 단독 저자의 논문의 수는 정체된 반면, 공동저자의 규모는 증가하는 추세
 - 특히 2000년 이후 6~10명의 저자로 구성된 집단연구가 가장 흔한 형태이고, 1,000명 이상의 저자로 구성된 대규모 연구진 역시 증가
 - 2013년 노벨물리학상을 수상한 힉스 입자 연구진이 발표한 최근 논문은 5,000명 이상의 연구자가 참여한 것이었음(Castelvecchi, 2015)

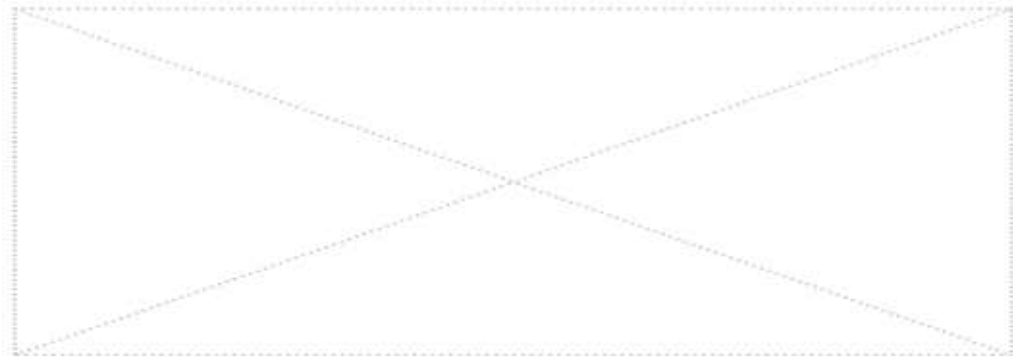
[그림 2-2] 과학기술분야 연구진 규모에 따른 논문 수 추이(1960~2013)



자료: National Research Council(2015: 32)

- 연구집단이 대형화되며 종종 하위에 다수의 연구팀을 포함하는데, 개별 연구팀의 목표가 집단 전체의 목표에 어느 정도 부합하는지에 따라 연구조직의 특성이 드러남
 - 기본적으로 집단연구 자체가 연구의 상호의존도성을 전제하고는 있으나, 개별 하위 연구팀 수준에서 과제의 상호의존적인 정도에는 차이가 있음
 - National Research Council(2015)에서는 일반적으로 집단연구라 하면 10명 이하의 연구자를 포함한 소규모 팀을 중심으로 다루어왔으며, 연구센터와 같은 대규모 연구그룹은 여러 개의 연구팀으로 구성된다고 보았음
 - 집단연구의 규모가 커지면 방대한 문제 혹은 복잡한 문제를 효과적으로 해결할 수 있어 집단의 규모가 연구 성과와 관련은 있으나 어느 정도의 규모가 집단연구 수행에 적절한지에 대한 문제는 의견이 분분함
 - 집단의 규모가 확대되면 연구의 생산성은 향상될 수 있지만, 연구자들 간에 작업을 전달하고 조정하는 부담 또한 증가하기 때문임
 - 만약 하위 연구팀의 목표가 전체 집단연구의 목표와 일치하지 않을 경우 마찰이 발생할 수 있으므로 연구팀에 대한 세심한 관리가 필요
- 연구 목표를 달성하기 위해 구성원들이 보유한 지식과 기술을 적용·통합하여 연구문제를 해결해야 하는데, 이 때 필요한 지식의 통합의 정도에 따라 집단연구의 특성을 설명
 - 개별 연구자의 전문 분야를 넘어 다른 분야의 지식을 공유·통합하는 것은 어려운 일이며, 지식의 통합 문제는 학제간 혹은 초학제 연구를 수행하는 집단에서 더욱 중요하게 여겨짐
 - 지식의 통합 수준이 높아질수록 연구자들은 자신의 학문적 정체성 상실에 직면할 수 있어 모든 구성원이 높은 수준의 지식 통합에 참여할 의사가 있는 것은 아니므로 집단연구에 대한 관리가 중요

[그림 2-3] 연구집단의 조직화 수준에 따른 집단연구



자료: Bettent, Gadlin, and Levine-Finley(2010: 2)

- 단발적 공동연구가 아닌 많은 장기적 집단연구는 연구조직을 구성하며, 연구조직은 일정 규모 이상의 구성원으로 구성된 조직을 의미(엄미정 외, 2009)
 - 연구조직은 1)조직의 목표가 있고, 2)목표의 달성을 위한 연구비를 기관 내부 또는 외부로부터 일정기간 확보하여, 3)자체적인 자원 배분의 원칙 하에 연구활동을 수행하는 특징이 있음
 - 연구조직은 규모와 독립적인 지위에 따라 실험실, 연구센터, 연구소 등의 다양한 형태로 존재할 수 있으나 학과 혹은 학부와 구별되는 하나의 단위(unit)로서 비공식적인 교류나 협업을 넘어 일정 수준 이상의 조직화 요구

<표 2-2> 집단연구의 주요 속성

속 성	세부내용
목표지향적	몇 개의 협업 팀이 전체 프로젝트의 목표 및 결과물, 성과 등을 달성하기 위해 노력함
학제간 구성요소	특정 분야 및 학제간 그룹에 대하여, 깊은 전문지식을 갖춘 하위 학제연구팀(disciplinary)을 보유함
연결 메커니즘	의사소통이 용이하도록 다양한 가상(가상회의)·대면(토론 및 포럼 등) 네트워크 기능을 사용함
모니터링 및 적응 프로세스	효율성을 모니터링 하고, 그에 따라 구조(architecture)를 조정 또는 조정하기 위한 메커니즘을 보유함
유연하게 정의된 경계	프로젝트 비전과 목표를 유지하면서, 창의성과 혁신을 장려하는 열린 환경 및 문화 조성
통합 프로젝트 구조에 대한 인식	자체조직 및 피드백 채널, 통합조직에의 적응을 촉진하기 위하여 집단연구에 대한 프로젝트 전반의 긍정적 인식을 장려함

2. 집단연구의 개념 및 환경변화

자료: Morton, Eigenbrode, and Martin.(2015) 내용 재구성

- 이밖에 집단연구에 참여하는 연구자의 다양성(연령, 성별, 문화) 등 집단연구의 특성을 설명하는 다양한 접근이 존재(National Research Council, 2015)
 - 전공, 연령, 성별, 문화 등 연구자들의 다양성이 높아지고, 최근에는 연구결과를 실제 현장에 적용하기 위해 지역사회 혹은 산업 관계자가 집단연구에 참여하기도 하므로 연구에 참여하는 구성원이 집단연구의 특성을 설명하기도 함
 - 시간의 흐름에 따라 연구집단의 목표가 변화하면서 집단의 구성에도 영향을 미칠 가능성이 있어 집단의 유연성이 특성이 되기도 하는데, 연구가 진전되면서 특정 유형의 전문지식을 필요로 하는 단계로 진입하면 연구집단의 구성에도 영향을 미칠 뿐 아니라 집단 내에서의 상호작용에 관한 문제를 불러오기 때문임

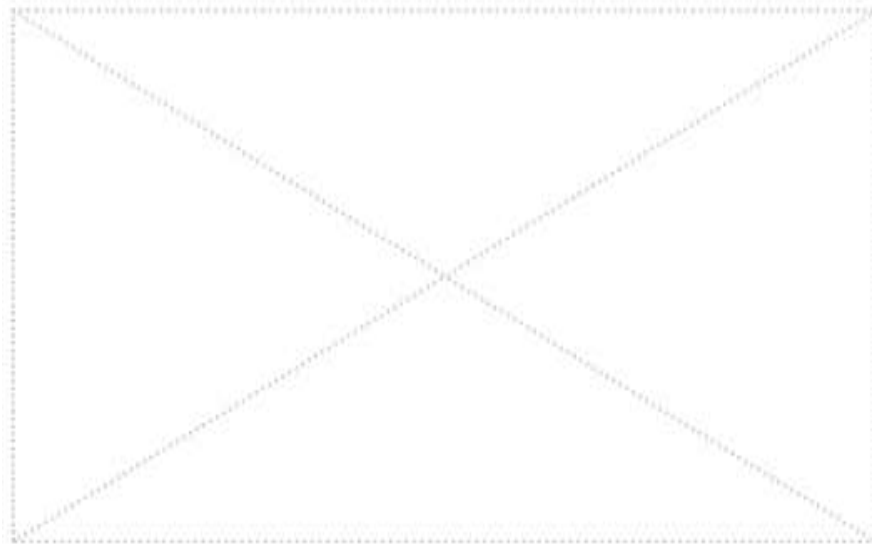
<표 2-3> 연구집단에 관한 다양한 접근

관 점	범 위	
	동질적	이질적
연구팀 혹은 그룹 구성원의 다양성	동질적	이질적
학문적 통합 수준	단일학문	초학제
연구팀 혹은 그룹의 규모	소규모 (2)	거대규모 (1000s)
연구팀 간 목표 조정	조정됨	다양하거나 조정이 되지 않음
연구 팀 및 조직 경계의 유연성	안정적	유동적
연구팀 혹은 그룹 구성원 간의 지리적 근접성	동일 장소에 위치함	전세계에 분산됨
과업 독립성	낮음	높음

자료: National Research Council(2015: 26)

- 대규모 집단연구의 구성원들은 대학 혹은 연구기관에 소속되어 종종 지리적으로 분산되어 있기도 하므로 디지털 의사소통 수단을 구비해야 필요성과 다양한 업무 스타일, 근무 시간대의 차이로 집단 내부에서 업무를 조율하기 어려울 가능성도 있음

[그림 2-4] 집단연구 구분의 예



자료: Stokols(2006: 66)

- 최근의 집단연구는 단순 R&D 공동 수행을 넘어 초학제 연구의 중요성 확인, 이해관계자 포함 및 사회혁신이 강조되며 개념이 확장
- 집단연구는 기본적으로 공통 목표를 달성하기 위해 다른 연구분야의 연구자들이 새로운 지식과 이론을 공동으로 창조하는 통합적 연구활동임(Morton, Eigenbrode, and Martin, 2015)

<표 2-4> 집단연구와 관련된 개념 정리

용 어	설 명
협동연구 (집단연구)	<ul style="list-style-type: none"> • 연구자들이 공동으로 과학기술 지식을 생산하기 위해 인적·물적 자원을 배치하는 사회적 프로세스 • 연구집단의 조직화 관점에서는 낮은 수준으로 볼 수 있으며, 개별 참여연구원은 보유한 전문지식을 활용하여 각자의 연구를 진행하고, 연구를 수행한 후에 결과를 통합
사이언스 팀 (Team Science)	<ul style="list-style-type: none"> • 과학기술 분야에서의 협업으로 둘 이상의 개인이 상호의존적인 방식으로 수행하는 연구를 의미 • 대부분의 팀은 2~10명의 연구원으로 구성되며, 대규모 연구그룹은 여러 개의 소규모 팀이 참여
팀(team)	서로 다른 역할과 책임을 보유한 둘 이상의 개인으로, 업무를 수행하고 공동의 목표를 달성하기 위해 조직 시스템 내에서 상호작용을 함
융복합 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 다른 분야의 전문 지식을 포함하거나 통합하는 정도에 따라 단일, 다학제, 학제간 초학제 연구로 구분 • 집단연구에 주어진 목표를 달성하는 과정에서 종종 융복합 연구가 수행되며, 다학제, 학제간, 초학제 연구를 포하는 집단연구를 융복합 집단연구라 함
단일학제 연구 (uni-disciplinary research)	<ul style="list-style-type: none"> • 한 분야에서의 방법, 개념, 접근방식에 따라 연구 수행 • 연구팀의 관점에서는 연구진이 모두 단일 분야의 전문가로 구성
다학제 연구 (multi-disciplinary research)	<ul style="list-style-type: none"> • 각각의 학문 분야가 각자의 방식으로 연구 목표 달성에 기여 • 연구팀의 관점에서는 연구진이 서로 다른 분야의 전문가이며 각자가 독립적으로 연구에 기여
학제간 연구 (inter-disciplinary research)	<ul style="list-style-type: none"> • 문제 해결이나 이해 증진을 위해 둘 이상의 분야에서 정보, 데이터, 도구, 개념 및 이론 등을 통합 • 연구팀의 관점에서 연구진은 다른 분야의 전문가로서 정보, 데이터, 기법, 도구 등을 통합하여 연구를 수행
초학제 연구 (trans-disciplinary research)	<ul style="list-style-type: none"> • 개별 학문분야에서의 접근을 통합할 뿐 아니라 기존의 학문적 경계를 초월하는 새로운 개념 모형, 가설, 연구전략을 창출 • 연구팀은 기존의 학문적 접근을 통합·초월하여 새로운 이해를 도출
공저자(coauthorship)	학술지, 학회논문, 서적과 같은 지식 산출물을 생산하는데 기재된 저자명의 목록

자료: National Research Council(2015) 등을 참고하여 연구진 작성

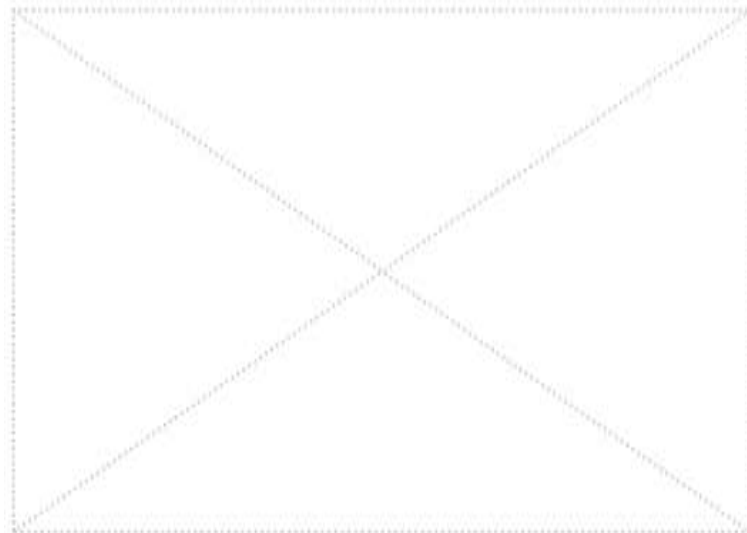
○ 특히 최근 등장하는 과학 및 사회의 복잡한 문제를 해결하는데 기존의 학문의 범주에서는 해결이 어려워 최근 초학제 연구의 필요성이 대두

- 초학제 연구는 50년 전 학제간 연구 및 교육에 관한 OECD 국제회의(OECD

International Conference on Interdisciplinary Research and Education)에서 사회적 가치를 실현하기 위하여 정부, 산업, 대학의 주체 간 협업의 필요성이 제기되면서 처음 소개된 개념(Jantsch, 1972)

- 초학제적 연구는 기존에 집단연구를 둘러싼 융합연구(convergence research), 팀 사이언스, 시민과학(citizen science), 시스템 접근(systems approaches)과 같은 다양한 관련 개념이 융합되어 있음(OECD, 2020)
- 과학지식이 급증하면서 거의 모든 과학의 영역에서 연구의 파편화와 전문화가 이루어지면서, 복잡하고 새로운 현상(문제)이 기존 학술 영역 내에서 이해(해결)되지 못하는 일이 발생하여 초학제적 연구의 필요성이 강조되고 있음

[그림 2-5] 초학제적 연구 프로젝트의 개념모델



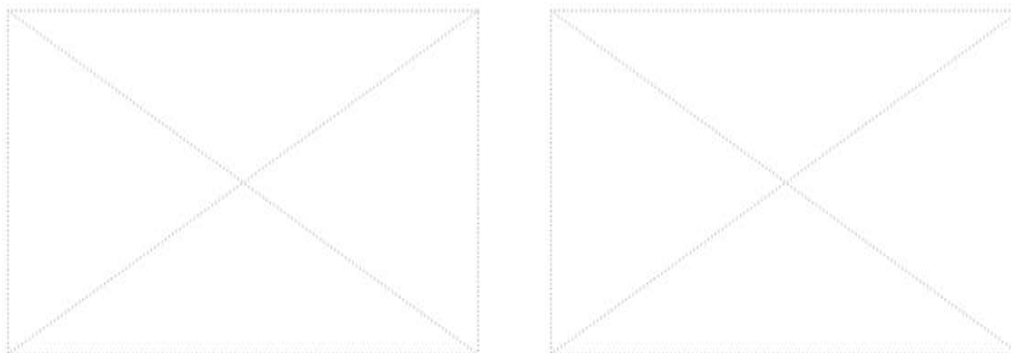
자료: OECD(2020: 18)

- 최근의 집단연구는 연구의 한 방식으로써, 사회적 문제를 해결하는데 적용할 수 있는 새로운 과학지식의 생성을 목표로 함(Zhu, Liu, and Yang, 2021; Stokols, 2006)
- 학문의 경계를 초월하는 혁신적인 연구개발과 복잡한 사회적 과제를 해결하기 위한 수단으로서 집단연구는 더욱 확산되어 가는 추세임
- 집단연구의 성공적인 목표달성을 위해서는 개별 과학 분야의 전통적 경계를 넘어, 실제로 기업 및 정부, 비정부 기관, 대학 및 연구기관 등 다양한 관련 이해관계자들

의 합리적인 통합이 기반이 되어야 함

**<예시> 감염병 확산을 모니터링하기 위한
시민의 참여**

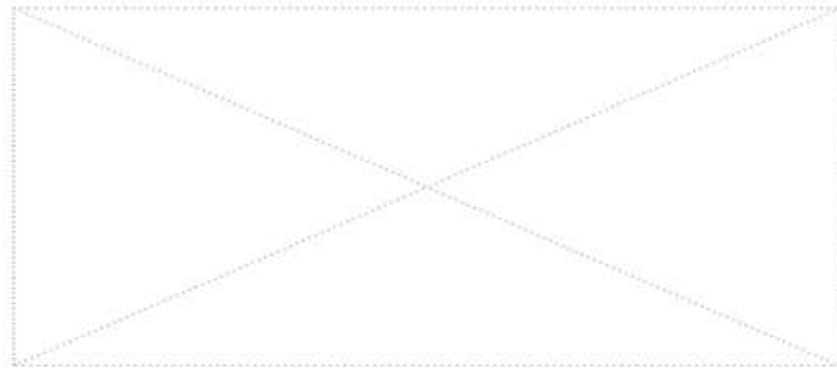
- 유니버시티 칼리지 런던(University College London: UCL)의 위생 및 열대 의학 대학과 영국 BBC는 인류의 전염병이 확산되는 모형을 개발하기 위해 시민과학 실험을 진행함
- 모바일 앱을 설치한 3만명에 가까운 참가자들이 사이에서 접촉을 통한 감염 경로를 추적하고, 이를 바탕으로 바이러스 전염 모델을 개발함



자료: UCL News(2017.9.27., 최종접속일 2021.11.22.), BBC Media Center(2018.3.22., 최종접속일 2021.11.22.)

- 팀 사이언스 및 융합연구 등 다른 분야와의 통합을 특징으로 학계 외부 이해관계자들과 학제간 협력연구를 포함하여, 설계·운영·생산 및 연구개발을 공동으로 수행하는 융합연구를 집단연구라고 정의하기도 함(OECD, 2020)
 - 가장 흡사한 개념은 초학제간 연구로써, 집단연구의 가장 발전된 형태라 할 수 있음
 - 사회적 참여와 책임 있는 연구, 개방형 혁신을 강조하고, 다양한 이해관계자들의 참여를 강조하는 미션 중심 연구로써의 접근방식에 대한 필요성이 강조되고 있음

[그림 2-6] 지식의 통합수준 및 이해관계자 관여도에 따른 집단연구 구분의 예



자료: Tress, Tress, and Fry.(2005: 484)

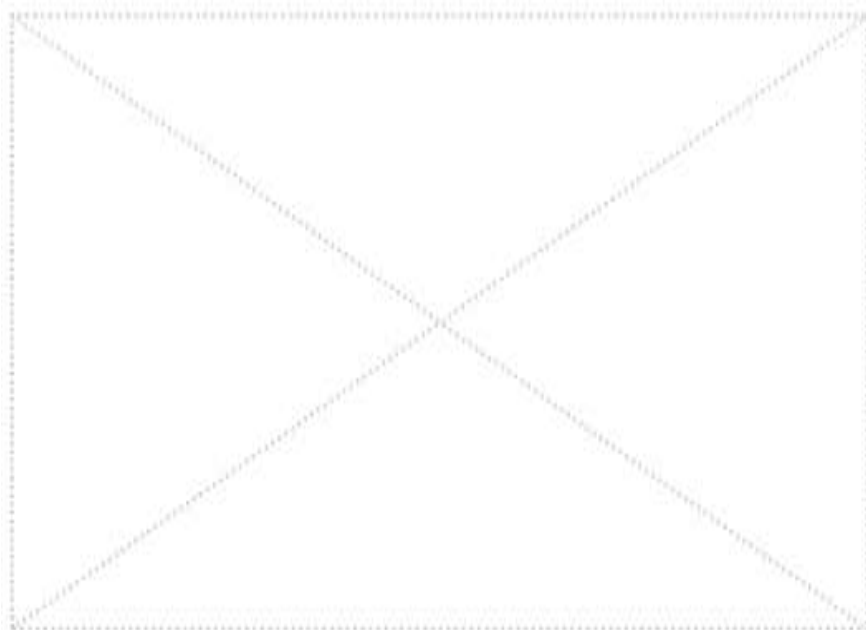
■ 집단연구를 지속적·체계적으로 추진하기 위한 실천적 지침이 제시되고 있음

- 집단연구를 수행하기 위해 서로 다른 학문을 융합할 시 직면하는 다양한 장애요인을 해소할 필요가 있어 실천적 측면에서의 집단연구에 대한 관심이 증가(van Noorden, 2015)
 - 이론적 개념부터 접근방식, 집단연구의 발전을 위한 방법과 실천, 제도와 환경, 연구비 지원, 논문출판 및 인용, 교육 및 훈련, 데이터 통합 및 글로벌 조직환경의 변화 등 다양한 문제가 해결되어야 함
- 특히 집단연구 확대 및 연구집단의 규모의 성장으로 연구 산출물도 증가하는 한편, 저자 기여도 배분에 발생하는 분쟁이 집단연구의 장애요인으로 지목되기도 함
 - 협동연구의 규모가 확대되어 연구에 기여한 사람도 많아져 연구 산출물에서 공저자의 수도 늘어나고 있음
 - 학술계에서는 대체로 연구에 기여한 정도가 반영되는 저자의 순서가 연구자들의 승진, 채용, 테뉴어에 영향을 미치게 되므로 집단연구에 참여하는 연구자들에게는 저자 기여도가 민감한 문제로 작용
- 또한 전공, 연령, 성별, 문화 등 연구자들의 다양성이 높아지고, 연구결과의 실제 현장에서의 적용을 위해 지역사회 혹은 산업 관계자가 연구에 참여하면서

문제가 발생하고 있음

- 집단연구의 개념이 다양한 이해관계자를 연구에 참여시키고, 이를 위하여 참여자들의 인식 및 기대, 우선순위를 파악하여 경험적·맥락적 지식을 효과적으로 활용하는 것으로 확대되는 경향과 맞닿아 있음
 - 연구집단의 학문적 배경이 다양해질수록 연구진 간에 공통적으로 활용하는 어휘도 줄어들게 되므로 연구목표를 달성하기 위해 효과적으로 의사소통하거나 협력방식을 결정하는데 어려움을 겪을 수 있음
 - 구성원의 다양성은 집단 내에서의 의사결정, 갈등관리와 같은 그룹 내부 프로세스에도 영향을 미치게 됨
- 효과적인 협력연구를 위해 연구 초기에 연구 팀 혹은 센터에서의 협력연구 프로세스를 점검하는 협력준비 수준(collaboration readiness)이 제안되기도 함
- 협력준비 수준은 3개의 요소로 구성되며, 맥락적-환경적 조건, 개인적 조건, 대인관계의 조건으로 구분

[그림 2-7] 협력준비 수준의 개념



자료: Hall et al.(2008: 163) 연구진 일부 수정

- 맥락적-환경적 조건은 기관 자원의 이용가능성, 부서 간 협력에 대한 지원 혹은 장애 수준, 협력 연구에 참여하는 연구자들 간의 지리적 근접성 또는 전자 장비를 활용한 연결성 등을 포함함
 - 개인적 조건은 연구자 개인의 협력 연구에 대한 태도, 리더십 수준 등을 의미함
 - 대인관계 조건은 연구 팀의 규모, 대표 연구 분야 혹은 범위, 이전 프로젝트(연구)에서 연구자의의 협업 이력과 같은 특성이 포함됨
- 개인연구에 대비되는 집단연구를 평가하는 독자적인 방법도 제시될 필요가 있음(van Noorden, 2015)
- 집단연구가 제안하고 수행하는 연구개발이 목표로 한 결과를 산출할 가능성이 있는지 평가하기 위한 기준을 정립해야 함
 - 기존 연구를 흐름을 이어서 수행함과 동시에, 융합적 연구로서의 지속가능성을 평가해야 함
 - 집단연구 원칙의 지속적인 적용을 보장하는 지표와 실용적·과학적 표준이 추가로 반영될 필요가 있음
 - 윤리적인 방식으로 완료된 연구의 가치를 평가해야 함

2.2. | 집단연구에 관한 연구 동향

■ 논문 분석을 통해 집단연구에 관한 동향을 살펴봄

- 집단연구에 대한 선행연구 내용분석에 이어 집단연구를 둘러싼 선행연구의 서지정보 분석을 통해 앞서 제시된 최근 집단연구의 경향을 뒷받침하기 위함
- 집단연구에 관한 논문의 서지분석을 통해 연구주제로서 융복합 집단연구에 대한 지식구조와 핵심 주제를 분석함
 - 논문 서지정보는 대표적인 학술데이터베이스인 Clarivate Analytics사의 Web of Science를 활용하여 수집함(최종접속일 2021.10.10.)
 - ※ Web of Science는 광범위한 사회 과학, 인문학, 자연 과학, 공학 및 의학을 다루는 학술 서지정보 데이터베이스이므로 서지분석에서 가장 활발하게 사용되는 자료원 중 하나
 - 집단연구와 관련한 단어로 검색식을 설정하고, 키워드 검색(주제)을 통해 논문 서지정보를 수집함

TS=("science of team science*" OR "team science*" OR "organized research unit*" OR "organized research*")

- 검색범위는 SCIE(Science Citation Index Expanded), SSCI(Social Sciences Citation Index), AHCI(Arts & Humanities Citation Index)에 색인된 학술지의 논문으로 한정함
- 논문의 언어는 영어, 문서유형은 Article(학술지 논문), 논문의 출판 기간은 1970-2020까지로 설정하여 검색을 실시함
- 검색결과 총 394편의 기사(article)가 검색됨
- 분석 방법은 서지정보에 기재된 주요 키워드의 동시출현 네트워크를 활용
 - 논문 서지정보는 Web of Science의 학문분류 기준을 활용하여 분야별 추이를 살펴봄
 - 시각화 도구로 VOSviewer 소프트웨어를 사용하여 저자가 기재한 키워드 간의 연결 관계를 도식화 및 군집화(clustering) 작업을 수행함

■ 집단연구에 관한 연구는 주로 의학 및 보건, 건강 등 헬스케어 분야에서 주로 추진

- 집단연구와 관련한 논문의 분야별 출판 현황을 살펴보면, 공공환경산업보건 분야(Public Environmental Occupational Health)에서 논문이 가장 많이 발표됨
 - 의학 연구 실험(Medicine Research Experimental)이 두 번째로 논문 생산이 많으며, 건강관리 과학서비스(Health Care Sciences Services), 의학 일반 내과(Medicine General Internal)가 그 뒤를 이음
 - 생물 및 의학 분야에서의 집단연구에 대한 논문이 많은 이유는 이 분야의 주된 연구 방식이 집단연구이므로 미국 NIH와 같은 지원기관에서 팀 사이언스에 관심을 가져왔기 때문임
- 반면, 집단연구 자체를 연구하는 분야로 추정되는 정보과학, 심리학, 교육과학, 경영, 정책, 교육연구, 과학사, 심리학 등에서는 집단연구에 대한 연구가 많이 이루어져 있지 않은 실정임
 - 융합적·혁신적인 연구와 밀접한 연관이 있는 집단연구 활성화를 위해 사회과학적인 접근이 이루어져 집단연구의 발전을 위한 촉진요인, 집단연구 수행의 저해요인, 환경적 요인, 집단연구의 성과 등이 밝혀질 필요가 있음

<표 2-5> 집단연구의 주요 연구 분야

순위	연구분야	논문수	비율(%)
1.	Public Environmental Occupational Health	59	14.98
2.	Medicine Research Experimental	32	8.12
3.	Health Care Sciences Services	29	7.36
4.	Medicine General Internal	28	7.11
5.	Information Science Library Science	24	6.09
6.	Psychology Multidisciplinary	23	5.84
7.	Multidisciplinary Sciences	22	5.58
8.	Nursing	20	5.08
9.	Computer Science Interdisciplinary Applications	19	4.82
10.	Oncology	19	4.82
11.	Education Scientific Disciplines	17	4.32

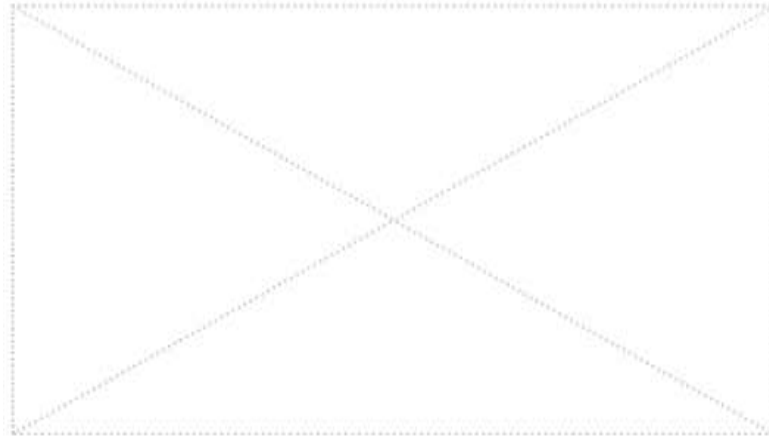
순위	연구분야	논문수	비율(%)
12.	Management	16	4.06
13.	Environmental Sciences	14	3.55
14.	Health Policy Services	14	3.55
15.	Education Educational Research	12	3.05
16.	Ecology	10	2.54
17.	Computer Science Information Systems	9	2.28
18.	Medical Informatics	9	2.28
19.	Social Sciences Interdisciplinary	9	2.28
20.	Environmental Studies	8	2.03
21.	History Philosophy Of Science	8	2.03
22.	Psychology Applied	8	2.03
23.	Social Work	8	2.03
24.	Psychiatry	6	1.52
25.	Psychology Clinical	6	1.52

자료: Web of Science 검색 결과를 토대로 연구진 작성

■ 집단연구의 주제는 학제간 연구에서 초학제간 연구로 이동하고 있으며, 보건 분야와 같은 특정 분야에서의 집단연구로 심화

○ 저자 키워드를 중심으로 수행한 네트워크 분석에 의하면 집단연구의 키워드는 크게 (1)team science, (2)health, (3)trans-disciplinary research로 유형화할 수 있음

[그림 2-8] 집단연구 저자키워드 네트워크 분석 결과

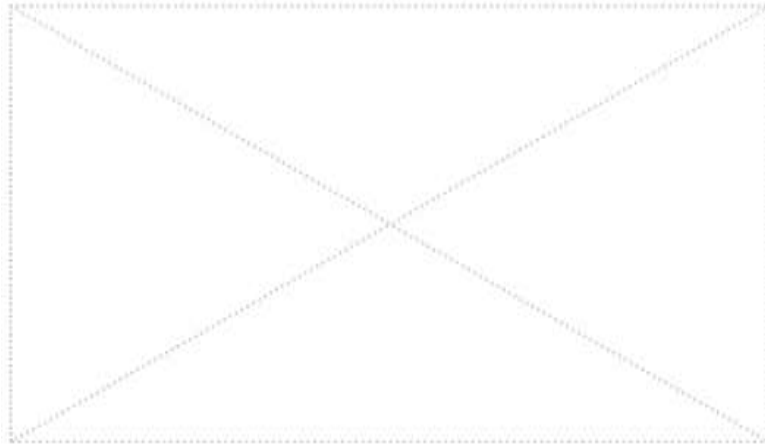


자료: 연구진 작성

- 첫 번째 그룹에는 팀 사이언스(team science)가 대표 키워드로, 하위 키워드로는 다학제(multi-disciplinary), 전략성(strategies), 변형(translation), 혁신(innovation), 평가(evaluation)임
 - 두 번째 그룹에는 보건(health)이 대표 키워드로 부속 키워드로는 협동(collaboration), 케어(care), 교육(education), 팀 사이언스 연구(science of team science), 학제간 연구(interdisciplinary research), 도전과제(challenges) 등이 있음
 - 세 번째 그룹은 초학제 연구(trans-disciplinary research)가 대표 키워드로, 하위 키워드로는 학제간(inter-disciplinary), 센터(center) 등이 있음
- 상기 저자 키워드의 등장 시기를 반영하여 네트워크 분석을 수행한 결과, 3개의 구간으로 구분이 가능
- 첫 번째 시기는 2012년 이전에 해당하며, 학제간 연구(interdisciplinary research), 학제간(interdisciplinary), 도전과제(challenges), 센터(center), 과학(science)등의 단어가 주요하게 등장
 - 두 번째 시기는 2013~2015년에 해당하는 기간으로 초학제 연구(trnas-disciplinary research), 초학제(trans-disciplinary), 변형(translation), 혁신(innovation), 평가(evaluation) 등이 주요함
 - 세 번째 시기는 2015년 이후로, 팀 사이언스(team science)가 중심을 이루고 있고, 보건(health), 교육(education), 케어(care), 협동(collaboration), 팀 사이언스 연구

구(science of team science) 등이 등장

[그림 2-9] 집단연구 저자키워드 시기별 네트워크 분석 결과



자료: 연구진 작성

2.3. | 집단연구를 둘러싼 최근의 변화

■ 문헌연구 및 전문가 인터뷰를 통해 집단연구를 중심으로 향후의 변화를 도출

- 향후 집단연구의 추진 목적 및 방식의 변화와 이를 야기할 거시적인 혁신환경의 흐름을 설명함
- 전문가 인터뷰를 통해 집단연구를 둘러싼 변화의 흐름을 확인하고, 구체화함
 - 인터뷰 대상은 현재 집단연구 사업을 수행하는 연구책임자 및 참여 연구진, 사업을 관리하는 연구관리전문기관의 담당자, 정책 및 과학기술 분야 연구자로 구성함
 - 인터뷰 내용은 대상에 따라 연구 목적의 변화 및 설정 방법, 집단연구 추진상의 애로 요인 개선 방향 등으로 차별화함
 - COVID-19 상황으로 인하여 인터뷰는 개별적으로 진행하였고, 정부의 거리두기 지침에 따라 화상회의의 방식이 병행됨

<표 2-6> 인터뷰 대상자 및 내용 요약

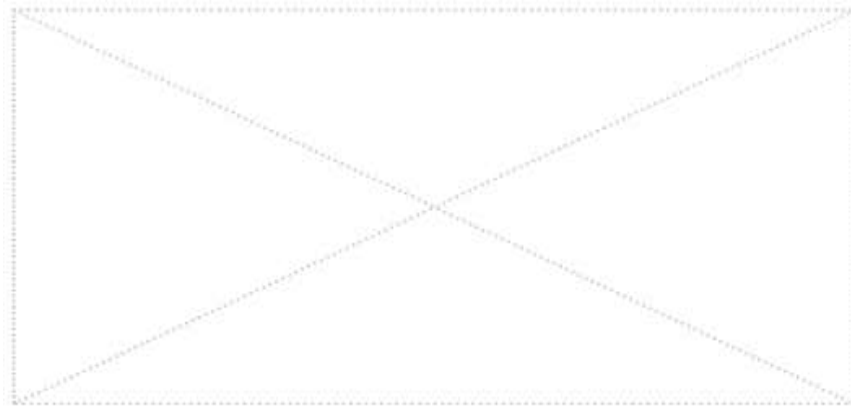
성명	소속	인터뷰 내용
000	국회미래연구원	• 집단연구의 목적의 변화, 목적(임무)의 설정 방법
000	국가수리과학연구소	• 국내외 집단연구 수행 방식의 변화 및 최근의 동향
000	한국연구재단	• 국내외 집단연구 수행 방식의 변화 및 최근의 동향
000	한국로봇융합연구원	• 국내외 집단연구 수행 방식의 변화 및 최근의 동향
000	한국과학기술정보연구원	• 국내외 집단연구 수행 방식의 변화 및 최근의 동향
000	경북대학교	• 현장에서의 집단연구 수행 방식 변화 및 애로사항 개선
000	계명대학교	• 현장에서의 집단연구 수행 방식 변화 및 애로사항 개선

자료: 연구진 작성

■ 최근 혁신을 통한 사회적 문제해결로 연구 및 혁신 정책의 패러다임이 전환되어 집단연구 내용에도 변화 야기

- 정부가 연구 및 혁신 정책을 추진하는 기본적 접근과 그 근거는 시대에 따라 변화를 거듭해 옴
- 제2차 세계대전 이후 정부의 연구 및 혁신 정책의 주요한 목적은 ‘경제 성장 및 국가 경쟁력 향상’에 있었으며, 이는 곧 정부 주도의 정책 추진을 정당화하는 근거가 됨
 - 지식은 공공재의 속성을 지녔으므로 무임 승차자의 문제가 발생할 소지가 있으며, 연구개발을 통해 생성된 지식이 혁신으로 연계되기까지 불확실성이 큰 특징이 있으므로 시장 작동에만 맡길 경우 지식생산에 대한 투자는 이루어지지 않을 것이기에 이를 보완할 목적에서 정부가 개입해야 한다는 논리임
 - 이러한 시장실패의 보완은 정부의 연구 및 혁신 정책 추진을 정당화하는 논리로 오랫동안 자리 잡아 왔음
 - 동시에 당시에는 연구개발을 통해 생성된 지식이 자연스럽게 전파되어 혁신으로 발전하는 선형모델이 혁신에 대한 주된 가정이었으므로 기초연구에 대한 투자가 강조되었음

[그림 2-10] 전세계 연구혁신 정책의 변화



자료: Breitinger *et al.*(2021: 25)

- 1970년대에는 핵심기술을 선정하여 이를 육성하기 위한 집중지원이 이루어짐
 - 기초연구 및 우선순위에 따른 소수의 핵심 기술을 통해 국제 경쟁력을 향상하고 이로 인해 간접적인 경제적 이익을 실현하기 위함
 - 정부 정책은 시장실패와 보완의 논리와 기술 우선순위 설정에 관심을 두었음
- 1990년대 초, 혁신정책은 국가혁신시스템(NIS)의 취약점을 검토·개선하려는 관점으로 발전하게 됨
 - 기존에 지배적 혁신 모형이었던 선형모델은 혁신주체들 간의 반복적 상호작용, 새로운 지식의 생성 및 기존 지식의 재조합을 통해 기술 활용·개발이 이루어지는 혁신 과정을 강조하는 비선형 모델로 대체되었음
 - 생성된 지식이 자동적으로 확산되어 혁신을 창출할 것이라는 기존의 혁신에 대한 가정에서 벗어나 혁신 주체들의 행동과 상호작용을 통해 효과적으로 혁신을 창출·확산하는 시스템(National Innovation System: NIS)의 형성이 필요함을 인식하게 되었음
 - 혁신체제 이론에서는 혁신의 창출과정에서 연구수행주체들 간의 상호작용뿐 아니라 공공 및 정치 부문과의 네트워크까지 포함하며, 혁신주체들의 행동은 법, 규제, 규범, 정례적 행동과 같은 제도와 시스템 구조에 영향을 받게 됨을 가정
 - 기업조직의 실패, 기업 간 네트워크의 실패 등 시스템 실패가 정부의 개입을 통해 해결해야 할 주요 대상이었음

- 혁신체제 이론에서는 혁신주체의 혁신창출 및 시장출시 역량을 향상하기 위한 교육훈련 프로그램, 혁신주체들 간의 상호작용을 지원하기 위한 네트워크 조성 및 협력 증진 프로그램이 주요 정책 수단으로 활용됨
- 당시 정부의 개입 근거가 혁신시스템의 강화 외에 기존 논리인 시장실패의 보완과 혼재되긴 하였으나 혁신의 목적은 경제성장과 국가경쟁력 강화라는 공통점을 지님
- 최근 들어 사회적 도전과제 해결에 대한 정부의 역할이 더욱 강조되어 기존의 혁신 패러다임과 공존을 모색하고 있음
- 사회적 불평등을 심화시키고, 지속가능한 식량 공급을 위협하는 기후변화, 전염병, 탄소배출, 물부족 등의 생존과 직결된 사회 문제가 전세계에 대두되며 ‘혁신을 통한 사회 문제 해결’을 목표로 한 새로운 패러다임이 등장함
- 정부가 해결해야할 사회문제를 ‘임무(mission)’라 칭하고, 이를 해결하기 위한 정책을 임무지향형혁신정책(Mission-Oriented Innovation Policy: MOIP)이라 함
- 기존에 지배적 관점이었던 경제적 편익 실현의 목적에서 나아가 혁신을 사회문제 해결의 수단으로 인식
- 기존의 시장실패 및 시스템 실패를 해결함과 동시에 신속하게 사회문제를 식별하고, 이를 해결하기 위한 목적에서 정부의 개입이 정당화됨
- 최근의 사회문제 해결에 대한 기대와 기존 연구 및 혁신 정책을 주도해 온 ‘기술 및 혁신 경쟁력 강화’는 그 목적뿐 아니라 정책을 추진하는 근거 및 수단 역시 상이한 접근을 요구하고 있음

■ 국내에서도 경제성장의 도구로 인식되었던 과학기술이 삶의 질의 향상을 위한 수단으로 변화

- 1960년대 외국 기술을 개량하는 수준에 머물러 있던 한국의 과학기술은 지난 50여 년간 발전을 거듭하여 연구개발시스템을 선도형으로 탈바꿈해야할 과제를 안고 있음
- 1960~70년대는 선진국의 기술을 개량하여 국내 산업현장의 애로기술을 해결하는데 집중
- 1980~90년대는 선진국을 따라가기 위한 기술 추격형 사업을 추진하여 경제성장과 산업발전을 이끌어 왔으며, 당시의 대표적인 사업으로 1990년 선도기술개발사

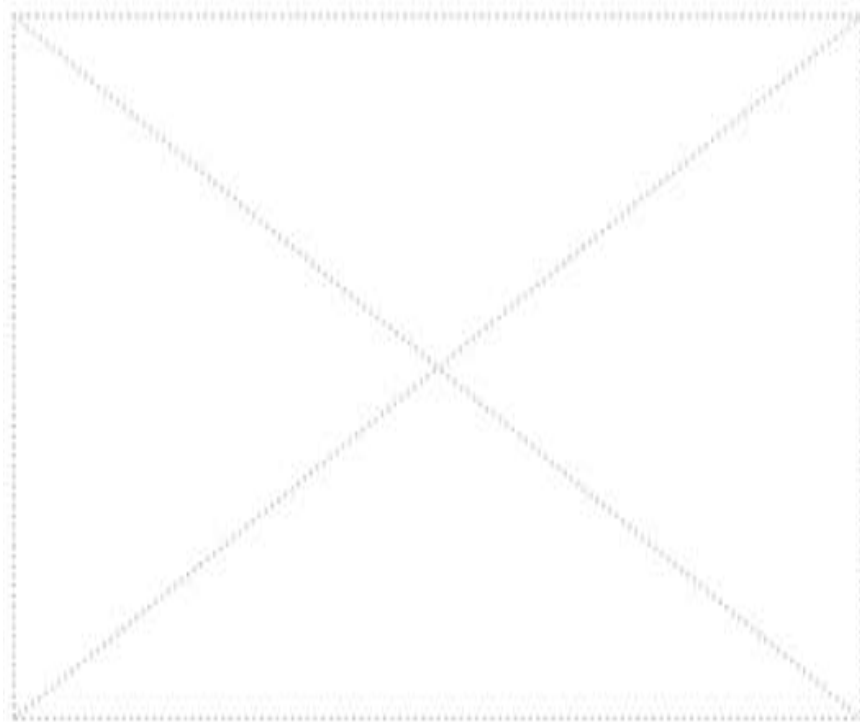
업(G7)을 들 수 있음

- 2000년대는 지식기반 사회로 진입함에 따라 추격형 과학기술에서 벗어나 선도형 과학기술 체계로 전환에 대한 인식이 확대된 한편, 전 세계적으로 국가경쟁력과 직결되는 핵심 수단으로 과학기술의 중요성이 강조
- 2010년대 과학기술정책은 단기간의 연구개발에서 나아가 안정적·장기적 연구환경을 조성하고, 연구개발 성과의 활용을 확대하면서 연구개발 시스템의 체질개선을 추진
- 더불어 최근에는 개인의 행복 및 삶의 질 향상, 사회문제 해결에 있어 정부의 역할이 주목을 받으며, 정부는 국가연구개발사업을 통해 사회문제에 과학기술적 해법을 모색
- 2010년대에 들어 전세계가 저성장 국면에 접어들면서 과학기술을 통한 경제활성화가 강조
- 「제4차 과학기술기본계획(2018~22)」에는 국민의 삶의 질을 높이고, 인류사회 발전에 기여하는 과학기술을 미래상으로 제시(과학기술정보통신부, 2018b)

■ 임무지향형 혁신정책에서의 집단연구는 기존의 과학기술의 고도화와 경제사회 문제 해결에 초점

- 임무지향형 등 최근의 혁신 정책은 기존의 경제적 성장을 넘어 사회적 문제 해결로 범위를 확대함
- 일선에서 연구개발을 수행하는 연구자들이 인식하는 임무(mission)에서는 그다지 큰 변화가 없을 수도 있음
- 다만, 혁신을 통해 해결해야 할 사회문제를 규명하고, 이를 효과적으로 해결하기 위한 정책을 설계한다는 점에서 기존의 혁신 정책과 차이가 있으므로 과제 기획자 혹은 관리자 등의 역할에는 변화가 예상됨
- 혁신을 통해 달성해야 할 임무의 범위에는 기존의 경제적 성장도 있으나 이 밖에 기후변화, 야생동물 멸종 등 문제 해결의 시급성, 혁신이 영향을 미치는 범위 등을 고려하여 임무가 설정될 수 있음

[그림 2-11] 임무지향형 혁신의 개념



자료: Larrue and Polt(2020: 4)

- 사회문제 해결을 위한 혁신정책은 새로운 지식 혹은 제품 생산을 위한 연구개발뿐 아니라 사람들의 행동 변화를 유도할 인센티브나 규제 설계, 공공기반시설의 설치 등 다양한 내용을 포함할 수 있음
- 따라서 미션을 달성하는데 있어 부문 간(cross-sectoral) 상호작용이 요구되면서 범부처 혹은 부처 전체 차원에서의 정책설계를 요구함
- 이처럼 혁신정책을 통해 달성해야 할 임무의 유형은 크게 두 가지로 구분되곤 함(Fisher *et al.*, 2018)
 - (좁은 범위의 임무) ‘인간을 달에 보내는 것’을 목표로 했던 아폴로 프로젝트처럼 명확하게 정의된 단일 목표를 달성하는 것으로 반드시 기술적 측면에서의 목적일 필요는 없음
 - (넓은 범위의 임무) 기후변화, 고령화와 같은 사회적 난제를 해결하기 위한 임무로 이를 해결하기 위해서는 시스템 전환이 요구되기도 함

<표 2-7> 최근의 임무지향형 혁신정책과 기존의 혁신정책의 비교

구 분	기존의 혁신정책	임무지향형 혁신정책
추진근거 및 주요내용	<ul style="list-style-type: none"> • 실질적 방향성은 부재하나 시스템 현대화를 목표로 개입 • 시장 및 시스템 실패 보완 • 기술 및 혁신주체에 집중 • 경제정책으로서의 혁신정책 	<ul style="list-style-type: none"> • 변혁을 목표로 한 개입 • 특정 문제해결에 중점을 둔 연구 및 혁신 활동(솔루션 공급)과 시장(수요) • 문제해결 정책으로서의 혁신정책
혁신정책의 목적	<ul style="list-style-type: none"> • 성능 위주의 혁신(더 많은 혁신을 통해 더 나은 성능을 달성) • 경제적 번영을 목적으로 성장, 경쟁력 향상, 수출 증대 	<ul style="list-style-type: none"> • 사회 문제에 대한 해결책 제공 • 임무 달성을 통한 사회적 진보
추진과정 상 주요 이슈	<ul style="list-style-type: none"> • R&D 조직, 경제 단체와의 협력 • 제도적 조정을 통해 혁신 시스템에 대한 신뢰성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 공공 및 민간의 연구개발 수행주체뿐 아니라 사회집단인 사용자 및 이해관계자까지 포함 • 혁신과 임무가 도출된 맥락에 대한 타당성 확보 요구
전문성 및 방법론적 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 기술 및 경제적 관점에서 사전·사후적 연구 및 혁신 정책 도구에 대한 평가 방법론 확립 	<ul style="list-style-type: none"> • 임무를 정의하고, 대중의 지지를 이끌어 낼 수 있는 능력 • 임무를 달성하기 위해 시스템 전반에 걸친 지식 • 미래예측 방법론과 같은 적절한 정책 도구의 활용 • 사회적 영향 분석, 임무 달성 정도를 평가하기 위한 도구

자료: Breitinger *et al.*(2021: 41)

- 기존 혁신정책과 비교했을 때, 최근의 임무는 달성하려는 목표가 기간과 함께 구체적으로 제시되는 점에서 차이(Fisher *et al.*, 2018)
 - 임무는 기술적 혹은 사회적 목적이 명확하게 정의
 - 예) ‘x% 감소’, ‘y% 증가’, ‘0000년까지 말라리아 퇴치’ 등
 - 통상 임무를 달성하기까지의 기간이 명시되며, 임무 달성에 까지 사전에 정의된 마일스톤에 따라 진행상황이 모니터링됨
 - 사회적 혹은 경제적 기대효과가 큰 임무는 대체로 대규모의 공공 혹은 민간의 투자와 인적·물적 자원의 투입이 요구
 - 지역 사회 문제를 포함한 각종 경제사회 문제가 지닌 복잡성으로 인해 이를 해결하기 위한 집단연구는 다학제적 연구가 불가피함

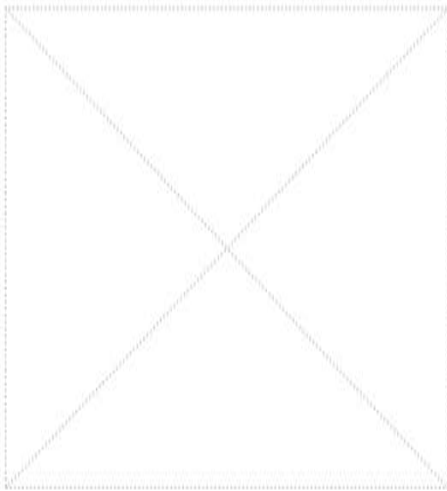
- 새로운 유형의 혁신정책은 실제 정책현장에 이제 막 적용되고 있어 유용한 정책 수단 혹은 거버넌스 패턴을 제시하기는 어렵지만, 공통적으로 프로젝트의 조정능력이 주요한 요인으로 제시됨
 - 미션을 달성하는 과정에서 이를 달성하는데 방해가 되는 요인을 제거하고, 다른 부문의 정책과 충돌을 해결하는 조정자로서의 역할이 요구되기 때문
 - 문제 해결 과정에 전문가들이 활발하게 참여토록 독려하는 촉진자로서의 역할도 요구됨

<참고> 유럽 연구 및 혁신

프로그램의 미션

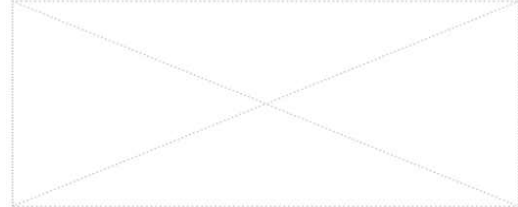
- EU는 2021-2027년까지 진행되는 Horizon Europe 연구 및 혁신 프로그램이 2030년까지 실현할 목표로 기후변화 대응, 암 극복, 스마트 도시 건설 등 5개의 미션을 제시함
- EU에서 제시된 미션은 대담하고, 사회에 널리 영향을 미치며, 주어진 시간 내에 측정가능한 목표를 달성해야 하는 등의 조건을 만족해야 함
- 개별 미션 달성을 위해 유럽연합은 연구개발 프로그램, 정책 및 규정 등을 지원하는 활동 포트폴리오인 실행 계획을 제시함

<기후 적응 미션의 실행계획 일부>



자료: European Commission(2021a: 26)

<암 극복 미션 관련 거버넌스>



자료: European Commission(2021b: 35)

자료: European Commission 홈페이지(최종접속일 2022.2.28.)

<참고> 한국의 임무지향형

혁신정책

OECD가 발표한 MOP 보고서에서는 한국의 임무지향형 혁신정책을 아래와 같이 소개함

- 한국의 임무지향형 혁신정책은 주로 중앙정부의 주도로 추진하고, 부처 간 조정 능력향상에 대한 과제가 제시되지만, 전략적 과학기술혁신정책에 대한 접근은 정권마다 차이가 큰 특징이 있음
- (전략지향) 한국의 과학기술혁신은 경제개발 5개년 계획이 제시된 1960년대 이래로 국가 경제개발 전략의 핵심 수단이었으며, 과학기술이 경제발전에만 종속되지 않는 사회적 과제를 해결하는 역할이 부각되며 최근 수립된 과학기술기본계획에 반영
- (정책조정) 국가연구개발사업이 개별 부처에서 단편적인 방식으로 진행되고 있어 정책 결정 과정에서 정책 조정은 한국의 약점으로 지목
- (정책이행) 한국의 알키미스트 프로젝트, 돌봄로봇 연구 및 서비스 모델 개발사업, 미세먼지 국가전략 프로젝트, 한국형 뉴딜 정책이 최근에 추진되는 임무지향형 혁신정책의 사례로 소개
- 특히 최근 한국 정부가 ‘포스트 코로나’ 시대를 대비하면서 접근하는 분산형 정책이 OECD 임무지향형 설계 원칙을 반영

자료: OECD(2021)

■ 4차 산업혁명이 진행되며 기존 학문분야가 결합하는 하이브리드 연구가 증가하여 집단연구 촉진

- 4차 산업혁명이 진행되며 기존의 물리적, 생물학적, 디지털 영역의 경계가 모호해지고 있음
 - 인공지능, 머신러닝, 로봇공학, 나노기술 등이 생명과학과 협력함으로써 하이브리드 분야를 창출하며 다학제적 연구에 대한 수요가 증가
- 이처럼 경제사회문화의 변화를 일으킬 정도로 파급력이 크고, 기술의 복잡도 및 융합도가 큰 신기술인 이른바 가능화 기술(enabling technology), 범용목적기술(general-purposed technology)이 주목을 받고 있음
 - 가능화 기술은 사용자 혹은 문화에 급격한 변화를 불러올 수 있는 기술을 의미하며 인터넷이 이러한 기술의 대표적인 예로 제시(Max, 2015.7.17., 최종접속일 2021.11.9.)
 - 범용목적기술은 국가 혹은 전 세계 경제성장의 토대가 되는 기술을 이르며 이 기술은 개인의 삶의 방식뿐 아니라 기업의 경영 방식에도 큰 변화를 불러오는 기술로 최근에는 인공지능, 3D 프린팅과 같은 기술이 범용 목적기술로 분류(김길선 외, 2009)

- 이 두 기술의 공통점은 R&D 집약도가 높은 지식기반 기술이며, 혁신 주기가 짧고, 다학제적인 특성이 있어 다른 기술과 융합·통합하는 속성이 있다는 것(SIP, 2016)
- 이러한 새로운 기술이 지닌 원 소스 멀티 유즈(One source multi-use: OSMU)의 특성이 집단연구 방식에도 새로운 변화를 예고
- 가령, 인공지능 분야에서 국제경쟁이 치열하게 전개되고, 관련 기술인력 부족이 심화됨에 따라 원천기술의 개발 및 인력 확보의 필요성을 인식하여 자발적 대학과 기업의 자발적 산학컨소시엄이 확대
- 4차 산업혁명으로 대표되는 새로운 시대에는 데이터 과학 등 각자의 전문성을 보유하고, 학제간 팀 내에서 협업할 수 있는 인재를 요구

■ **신흥국의 출현에 따라 네트워크형으로 협력 모델 변화**

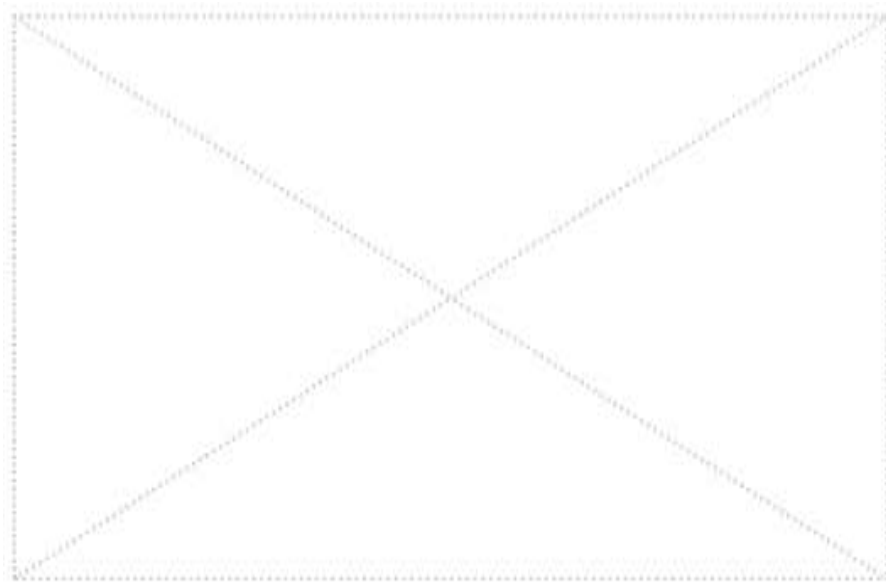
- 미국, 영국 등 전통 강대국을 중심으로 과학기술이 발전해왔지만 중국, 인도와 같은 신흥 강대국이 등장하며 연구 지형이 변화(Schemel, et al., 2020)
- 국제 과학기술 지형이 과거 미국, 영국, 독일 등을 중심으로 펼쳐진 피라미드 구조로 설명되었다면 지역적으로 분산된 다수의 우수 연구센터를 연결한 네트워크 모형으로 변화
- 개별 국가에 포진한 소규모 센터에서는 사회경제, 지정학, 환경 문제에 대한 지역적 해결을 모색
- 통신기술의 발전, 자본 및 노동의 자유로운 이동이 전 세계 연구지형의 변화를 촉진

■ **결국, 과학기술이 해결할 문제의 복잡성의 증가하면서 연구수행 방식으로 집단연구는 더욱 널리 활용될 전망**

- 집단연구 방식은 향후 과학기술이 대응해야할 연구 주제의 복잡성에 영향을 받게 될 것으로 예상(Schemel, et al., 2020)
- 향후의 과학기술은 인구증가, 도시화, 고령화, 만생질환의 발생, 기후변화, 자연재해, 자원고갈의 가속화, 환경오염 등 전세계가 관심을 갖고 있는 주제에 크게 영향을 받게 될 것임

- 이러한 과제를 해결하는데 요구되는 높은 수준의 복잡성으로 인해 과학기술은 기존에 비해 더욱 활발하게 지역적, 정치적, 조직적, 학술적 경계를 넘나들며 새로운 파트너십을 형성하게 될 전망(Schemel, *et al.*, 2020)

[그림 2-12] 학술연구의 발전



자료: Schemel, *et al.*(2020: 10)

2.4. | 소결 및 시사점

■ 집단연구는 다수의 연구자 혹은 이해관계자들이 상호작용하여 혁신적인 결과물을 창조하는 과정

- 구성원 측면에서 집단연구는 다수의 연구자 혹은 이해관계자들이 공통의 목적을 달성하기 위해 네트워크를 구성하여 자원과 정보를 공유하는 과정으로 설명할 수 있음
 - 서로 다른 전문성을 지닌 연구자들이 새로운 지식과 이론을 공동으로 창조하는 통합적인 연구 활동
 - 최근의 공공의 문제를 해결하기 위한 집단연구가 강조되면서 연구자 외에 정부, 비영리 기관, 현장 전문가의 참여도 이루어짐
- 지식의 통합의 측면에서 집단연구는 기존의 학문과 기술이 상호작용하여 혁신적인 결과물을 창조하는 과정임
 - 통상 학문 혹은 지식의 상호작용과 융합의 정도에 따라 집단연구를 구분함
 - 학문의 통합 정도에 따라 단일학제, 다학제(multi-disciplinary) 연구, 학제간(inter-disciplinary) 연구, 초학제(trans-disciplinary) 연구로 구분

■ 집단연구를 통해 높은 연구 생산성, 지식의 축적을 기대

- 집단연구 방식은 개인연구에 비해 높은 연구 생산성이 장점으로 알려짐
 - 집단연구는 지식생성과 확산을 촉진하여 양적·질적 측면에서 혁신적으로 연구성과를 향상하는 활동이기 때문에 해석됨
 - 또한 개인연구에 비해 복잡한 문제를 해결할 수 있고, 연구비 확보에 유리한 장점이 있음
 - 반면, 집단연구를 효과적으로 수행하려면 연구자들 간에 긴밀한 의사소통이 전제되어야 하므로 연구자 혹은 연구팀 간에 작업을 조정해야 하는 부담도 따름
- 특히 조직으로 구성된 집단연구는 조직 내에서 지식의 축적이나 새로운 지식의 생산이 활발하게 이루어지며, 대외적으로는 전문가 풀(pool)을 제공할 창구로서

의 역할도 수행함

- 연구자들의 상호작용을 통해 새로운 아이디어를 발굴하고, 연구 조직은 연구결과로서 지식이 축적되는 저장소의 역할을 수행할 수 있음
- 또한 집단연구 조직은 공공 및 산업계 등 집단 외부의 수요에 신속하게 대응할 전문가의 모임으로서 기능함

■ 혁신환경 및 혁신정책 패러다임 변화에 따라 집단연구 방식에도 영향

- 최근 다학제적 연구를 근간에 둔 이른바 가능화 기술(enabling technology), 범용목적기술(general-purposed technology)이 등장
 - 가능화 기술 혹은 범용목적 기술과 같이 신기술을 지칭하는 단어는 세부 정의에는 차이가 있으나 경제사회문화 전반에 변화를 일으킬 정도로 파급력이 크고, 기술의 복잡도 및 융합도가 큰 공통점이 있음
 - 새로운 기술이 지닌 원 소스 멀티 유즈(One source multi-use: OSMU)의 특성이 기본적으로 다학제적 연구를 지향하고 있어 핵심이 되는 공통 기술의 개발과 이 기술의 응용이라는 관점에서 집단연구 방식에도 새로운 변화를 예고
- 사회문제 해결에 과학기술의 기여가 강조되면서 집단연구가 추구하는 목적에 공공적 성격이 강화되고 있음
 - 사회적 도전과제 해결에 대한 정부의 역할이 더욱 강조되어 기존의 혁신정책 패러다임인 시장실패에 대한 보완 논리와 공존함
 - 정부가 해결해야 할 사회문제를 ‘임무(mission)’라 규정하고, 이를 해결하기 위한 일련의 정책인 임무지향형 혁신(mission-oriented innovation policy)에 대한 관심이 고조되고 있음

■ 혁신환경의 영향으로 규모, 지식의 통합 정도 등 집단연구의 특성에도 변화가 있음

- (집단연구 규모) 연구집단의 규모가 점차 확대되어 최근에는 1,000명 이상의 초대형 집단연구도 증가하는 경향
 - 방대한 문제 혹은 복잡한 문제에 대한 효과적 해결에 대한 기대로 연구집단의

규모가 점차 커지는 경향이 있음

- 하부에 1개 이상의 협업팀으로 이루어진 대형 집단연구가 출현하면서, 구성원들뿐만 아니라 협업 팀 간에 적응·협업·융합해야 하는 과제가 발생
- (지식의 융합 정도) 최근 등장하는 복잡한 현상을 해결하는데 기존 학문의 범주에서는 한계가 있어 다른 학문과 융합의 필요성이 대두됨
 - 학문 분야별로 과편화·전문화된 지식으로는 복잡한 새로운 현상을 해결하지 못하는 일이 발생하기 시작했기 때문
 - 학문의 통합 수준이 높은 학제간 연구 혹은 초학제 연구에 대한 수요가 증가
- (집단연구 관심) 과거에는 집단연구의 ‘형성’ 자체에 관심이 있었다면, 최근에는 이 집단을 조직화하여 연속성을 확보하는데 관심이
 - 최근에는 단발적 공동연구를 넘어서 지식을 축적하여 장기적 집단연구를 수행하기 위해 유기적인 연구조직을 구성하는데 관심이 커짐
- (집단연구의 목적) 최근의 집단연구는 사회적 문제를 해결하는데 적용할 수 있는 새로운 과학적 지식생성으로까지 목적을 확대
- (참여주체) 연구개발 만으로 해결이 불가능한 문제가 주어지, 연구자들 외에 다양한 학문적·비(非)학문적 배경을 지닌 이해관계자들이 집단연구에 참여하는 추세
 - 최근의 집단연구는 학계 외부의 이해관계자들과 협력하여, 연구개발 외에 연구결과를 현실 세계에 실제로 구현하기 위한 모델의 설계·운영·생산을 공동으로 수행하는 과정까지 포함
 - 이처럼 비(非)학문적 배경을 지닌 주체의 참여뿐 아니라 전공, 연령, 성별, 문화 등 연구자들의 다양성 또한 높아지는 경향이 있음

<표 2-8> 집단연구를 둘러싼 환경 변화

과 거	⇒	현 재
소형 중심	규모	대형 연구 증가
학제간 연구	지식통합	초학제 연구
연구집단의 형성	관심	연구집단의 연속성
과학기술 진보	연구목적	사회문제 해결
연구자	참여자	사용자 및 이해관계자 포함

자료: 연구진 작성

■ 향후 혁신환경 변화에 조응하여 집단연구는 연구개발 현장에서 더욱 다양한 방식으로 활용될 것으로 예상

- 경제사회문제 해결이라는 구체적인 목표를 설정하고, 연구개발을 통한 과학기술적 해법을 요하는 수요가 증가
 - 최근 국내외에서 주목을 받는 임무지향형혁신정책(MOIP) 기조가 이러한 경향을 반영
 - 과학기술을 경제성장의 도구로 여겼던 것에서 나아가 기후변화, 환경오염과 같은 사회문제 해결의 수단으로 인식하기 시작
 - 문제의 복잡성이 심화됨에 따라 이를 해결하기 위해서는 집단연구가 필수적이며, 다른 정책 부문과 이해관계자들 간 충돌을 효과적으로 관리하는 프로젝트 조정능력이 무엇보다 중요
- 4차 산업혁명으로 대표되는 미래 과학기술 및 혁신 변화의 흐름에서 이종 기술을 접목하여 기술이 가진 상호간의 보완과 상승을 이끌어내는 하이브리드 기술의 출현이 대표적인 특징
 - 가령, 인공지능, 로봇공학, 나노기술이 기존 학문인 생명과학과 협력하여 합성생물학, 생체로봇, 생체분자 진단과 같은 발전이 이루어지고 있음
 - 다른 기술과의 융합도가 높고, 경제사회적 파급력이 큰 기술을 일컬어 범용목적기술 또는 가능화 기술이라 함
 - 향후에는 이들 범용목적기술을 다른 기술과 접목한 응용연구의 추진, 경제사회적 파급력을 향상하기 위한 실증연구가 집단연구 방식으로 추진될 것
- 과거 과학기술 분야의 발전을 이끌어온 미국, 영국과 같은 주요 강대국 외에

신흥 국가가 출현함으로써 글로벌 연구 지형에도 변화를 예고

- 향후에는 한국과 주요국 간의 양자협력 혹은 삼각협력 모델이 중심이었다면 향후에는 여러 국가 혹은 지역을 연계하는 네트워크형 협력 모델이 부상할 가능성이 있음
- 지역적으로 분산된 여러 주체들 간의 협력 즉, 버추얼(virtual) 공간에서 이루어지는 집단연구의 방식이 보다 널리 활용되고, 이를 효과적으로 운영하기 위한 방법도 고민할 필요

- 집단연구는 지원 목적에 따라 학술연구진흥, 기술획득, 경제사회적 영향, 연구 및 혁신 인프라 제공으로 구분할 수 있음
 - 집단연구는 그 목적을 기준으로 유형화할 수 있으며, 규모 및 조직화(통합) 수준이 반영되어 집단연구의 세부적인 속성이 구체화됨
 - (학술연구 진흥) 과학기술 분야 학술 연구의 저변 안정화 및 다양성 확보에서 나아가 연구 수월성 향상을 목표로 연구자 집단을 지원
 - 대학원생이나 박사후연구원 등 인력양성의 성격을 지닌 지원과 미래세대 연구 인력의 풀(pool)로서의 연구조직 지원도 이 분류에 해당함
 - 여러 개의 세부과제로 구성된 집단연구라 하더라도 세부과제가 병렬적으로 진행되며 과제별 연구성과에 대한 통합 요구가 낮음
 - (기술획득) 기술을 중심으로 집중 지원하여 기술개발 및 기술력 향상을 목적으로 하는 기술 전문가 간의 집단연구로 추진
 - 보통 특정 기술 분야를 중심으로 집단연구가 이루어지며, 세부 과제(모듈) 간 높은 수준의 통합을 요구함

<표 2-9> 국내외 집단연구의 목적에 따른 유형 구분 및 유형별 특징 요약

	학술진흥	기술획득	경제사회문제 해결	연구 및 혁신 인프라 제공
내용	<ul style="list-style-type: none"> 과학기술분야 연구 안정성 혹은 수월성을 목표 인력양성의 목적이 포함되기도 함 	<ul style="list-style-type: none"> 기술 개발 및 획득을 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 경제사회 문제를 다루기 위한 목표지향적인 연구로 구체적인 목표가 제시됨 	<ul style="list-style-type: none"> 연구성과의 활용 확산, 혁신 성과의 테스트 시설 등 연구 및 혁신을 지원하는 인프라 제공
연구 범위	<ul style="list-style-type: none"> 학술영역 내에서 연구가 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> 기술 분야를 중심으로 연구가 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> 학술영역뿐 아니라 제도개선, 시장확보 등 비(非)학술 영역까지 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 연구 수행보다는 연구기반 조성 혹은 성과 확산과 같은 서비스 제공의 성격이 강함
사업 규모	<ul style="list-style-type: none"> 소형~대형 다양한 규모 지원 대상 및 학문의 수에 따라 규모가 영향 	<ul style="list-style-type: none"> 소형~대형 다양한 규모 기술 범위 혹은 성숙도가 규모에 영향 	<ul style="list-style-type: none"> 소형~대형 다양한 규모 문제의 복잡도, 시범/본격적인 연구인지에 따라 규모 결정 	<ul style="list-style-type: none"> 대규모의 시설·장비 구축
사업 기간	<ul style="list-style-type: none"> 목표의 달성여부 보다는 자금 지원기간(사업추진기간)에 따라 연구기간이 결정 연구 기간이 종료된 이후 후속 지원의 존재 여부에 따라 연구의 연속성이 영향을 받음 	<ul style="list-style-type: none"> 기간의 제한 없이 기술력 향상을 위해 추진되기도 하지만 대개 특정 기간 동안 달성해야 할 기술성숙도와 같은 목표가 주어짐 	<ul style="list-style-type: none"> 대개 제한된 기간 내에 주어진 목표를 달성해야 함 	<ul style="list-style-type: none"> 구축된 인프라를 장기적으로 제공 민간의 지원과 밀접한 집단연구일 경우 지원기간 동안 집단의 경제적 자생력 확보가 중요
세부 과제 간 통합	<ul style="list-style-type: none"> 대개 집단연구를 구성하는 다수의 세부 과제 각각이 별도의 목적을 지니고, 병렬적으로 진행됨 개별 과제에서 창출된 성과의 합이 전체 사업의 성과 	<ul style="list-style-type: none"> 집단연구를 구성하는 각각의 세부 과제는 기술 모듈 혹은 컴포넌트로서 기능 개별 과제에서의 성과를 종합하여 사업의 목표 실현 	<ul style="list-style-type: none"> 집단연구는 전체 사업 목적 달성에 기여하는 다수의 작은 규모의 과제로 구성 개별 과제에서의 성과를 종합하여 전체 사업의 목표 실현 	<ul style="list-style-type: none"> 사전에 지정된 서비스를 정례적으로 제공하며, 지식의 통합 보다는 다양한 활용과 성과의 확산에 초점
연구 단계	<ul style="list-style-type: none"> 대체로 기초연구에 해당 	<ul style="list-style-type: none"> 대체로 응용 및 개발 단계에 해당 	<ul style="list-style-type: none"> 기초연구~응용/실증연구 전주기 포함 	-
참여 자	<ul style="list-style-type: none"> 대개 관련 분야에 전문성이 있는 연구자로 구성 	<ul style="list-style-type: none"> 대개 관련 분야에 전문성이 있는 연구자/개발자로 구성 	<ul style="list-style-type: none"> 연구자뿐만 아니라 현장전문가, 이해관계자, 사용자까지 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 성과 및 사업 관리 인력 혹은 기술자 중심

자료: 연구진 작성

- (경제사회적 문제해결) 학술연구 진흥 외에 집단연구를 통해 달성해야할 경제사회적 목적이 주어져 있어 과학기술뿐만 아니라 임무 수행에 관련이 있는 분야 전문가와 융합 연구를 추진
 - 최근 경제사회적 문제를 다루기 위해 추진되는 집단연구가 늘어나는 경향
 - 구체적인 목표가 제시된 목표지향적 연구이며, 연구개발뿐 아니라 제도개선, 시장 진출과 같은 비(非) 연구개발 성격의 과제도 포함되어 이들 과제에서 얻은 결과를 조합함으로써 전체 사업의 목적을 달성
 - 앞서 학술연구 진흥과 기술획득을 목적으로 수행되는 집단연구가 주로 연구개발로 범위가 한정된 전통적 방식의 집단연구에 해당한다면, 경제사회 문제해결을 위한 집단연구는 연구개발과 문제해결을 위한 제반 정책까지 아울러 수행되는 점에서 차이
- (인프라 제공) 연구성과의 활용 확산, 혁신 성과의 테스트 시설 등 연구 및 혁신을 지원하는 인프라 제공
 - 최근에는 논문이나 특허 외에 화합물, 생명정보와 같은 다양한 형태의 연구 성과가 배출되고 있으며 효과적인 후속연구를 위해서 이러한 성과를 수집·확산하는 주체, 연구결과를 실증 테스트 할 수 있는 환경을 제공하는 주체들이 연구 인프라를 조성

3

외국 집단연구의 현황

3.1. 외국의 집단연구 개괄

3.2. 주요국의 집단연구 지원 사업

3.3. 최근 집단연구 지원의 새로운 움직임

3.4. 소결 및 시사점

3. 외국 집단연구의 현황

■ 본 절에서는 외국에서 지원되는 집단연구의 현황을 파악하기 위한 분석 수행

- 외국의 집단연구 지원은 여러 과학기술혁신정책 수단 가운데 우수연구집단 (Center of Excellence: CoE)을 적용하는 주요 이니셔티브를 대상으로 함
 - 본 절에서는 OECD Compass 통계자료를 통해 외국 집단연구 지원에 대한 전반적인 현황을 살펴보고, 주요 개별 사업의 내용은 제4절에서 다룸
- OECD STIP Compass에 등록된 집단연구지원 이니셔티브 가운데 주요국에서 추진되는 사례 선별·분석
 - 미국, 일본, 독일, 영국, 프랑스를 주요국으로 선정하고, 이들 국가에서 지원하는 주요 집단연구의 현황을 살펴봄
- 최근 새롭게 등장하는 외국 집단연구의 지원 및 수행 방식에 대한 사례 소개
 - 집단연구를 지원하는 내용이나 방식에 있어 기존 지원의 한계를 보완하고, 실험적인지만 새롭게 시도되는 외국의 사례 제시

3.1. | 외국의 집단연구 개괄

■ 외국의 집단연구는 OECD에서 수집하는 과학기술혁신의 정책수단 중 우수연구집단 육성을 대상으로 현황을 파악함

- OECD는 지난 2018년부터 세계 각 국에서 추진되고 있는 과학기술혁신정책 (Science Technology Innovation Policy: STIP)을 모니터링하는 플랫폼 Compass를 운영
 - STIP Compass는 경제협력개발기구(Organization for Economic Co-operation and Development: OECD)와 유럽 위원회(European Commission: EC) 공동으로 지난 2018년부터 각국의 과학기술혁신정책 이니셔티브(initiative) 및 관련 정책 자료를 수집하고 있음

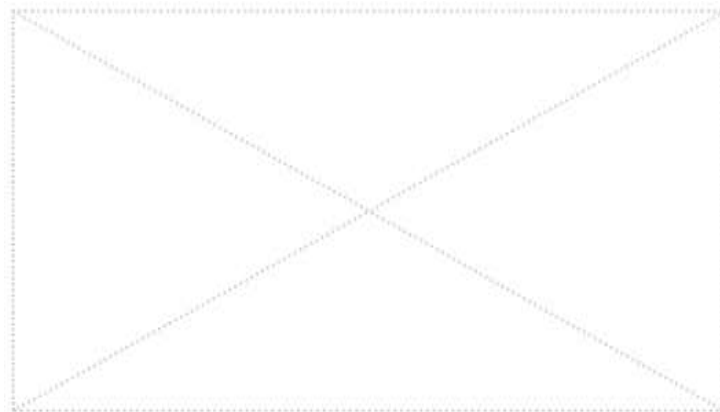
- 국가별 이니셔티브 현황은 각국의 담당 부처 혹은 과학기술혁신정책과 관련한 기관에서 입력하여 수집되므로, 각 국가에서 주력하는 주요 이니셔티브가 수록될 수는 있으나 전체 과학기술혁신정책을 포함하지는 못 하며, 데이터의 정확도 또한 담보할 수 없는 한계가 있음
- OECD에서는 각 국에서 입력한 이니셔티브 데이터에 대한 정제작업을 지속하고 있으며, 2022년 1월 현재 STIP Compass에는 70개국의 9천여 개 이니셔티브가 수집됨(EC-OECD STIP Compass, 최종접속일 2022.01.11.)
- 우수연구집단(Center of Excellence: CoE) 지원은 과학기술혁신정책 가운데 직접지원의 수단으로 꼽힘(EC-OECD, 2021)
 - OECD STIP Compass에서는 과학기술혁신 정책의 주요 수단을 크게 거버넌스, 직·간접지원, 협업 인프라 조성, 제도개선으로 구분
 - 우수연구집단 지원은 직접지원(direct financial support)의 수단에 속하며, 대학 및 공공연구기관의 핵심 과학기술 및 혁신 활동을 지원하고, 학술연구의 수월성을 목표로 하므로 대개 경쟁방식의 지원방식이 활용됨
 - 또한 우수연구집단의 지원은 일회성 지원에서부터 민관 파트너십 기반의 전략적 프로그램에 이르기까지 다양한 형식으로 추진되고 있음
- 본 연구에서 다루는 이니셔티브는 각 국의 우수연구집단(CoE) 지원 중 2022년 1월 현재 추진되고 있는 것으로 한정
- 우수연구집단을 주요 정책수단으로 하는 이니셔티브를 분석함으로써 국내외에서 집단연구를 정책수단으로 활용하는 주요 목적과 전반적인 경향성을 파악할 수 있음
 - OECD Compass는 국가별 과학기술혁신 정책 담당자가 입력한 자료를 수집·제공하므로 개별 국가의 전체 과학기술혁신정책이라 할 수는 없으나 전세계에서 최근 우수연구집단 지원 정책을 적용하는 목적이나 규모와 같은 전반적인 경향성을 파악할 수 있음
 - 국가별로 등록된 우수연구집단 지원 계획 혹은 정책의 건수, 주요 이니셔티브의 이름, 연구비 규모와 같은 통계적 수치 비교
 - 정책 수단인 우수연구집단 육성을 통해 달성하려는 정책 목적 즉, 이니셔티브의 목표에 대한 분석

3. 외국 집단연구의 현황

■ 우수연구집단(CoE) 지원은 국내외 45개국에서 폭넓게 추진하고 있는 과학기술혁신 정책 수단

- 우수연구집단(CoE) 지원과 관련한 사업 혹은 정책은 2022년 1월 현재 45개국에서 127건이 추진되고 있으며, 한국은 집단연구사업과 「데이터·AI경제 활성화 계획('19~'23)」 2건이 등록
 - 우수연구집단 지원 정책을 등록한 국가 가운데 러시아연방에서 등록한 정책·사업의 수가 가장 많았고, 룩셈부르크, 미국 등이 그 뒤를 이음
 - 한국, 캐나다, 일본을 비롯하여 12개 국가에서 우수연구집단 지원으로 2개의 이니셔티브를 제시했고, 중국, 프랑스 등 17개국이 1개의 이니셔티브를 제시

[그림 3-1] 국가별 우수연구집단 정책 등록 현황(3건 이상 등록 국가)



주: 벨기에는 브뤼셀과 플랑드르의 지역의 값을 합산함

자료: EC-OECD STIP Compass(최종접속일 2022.01.11.) 토대로 연구진 작성

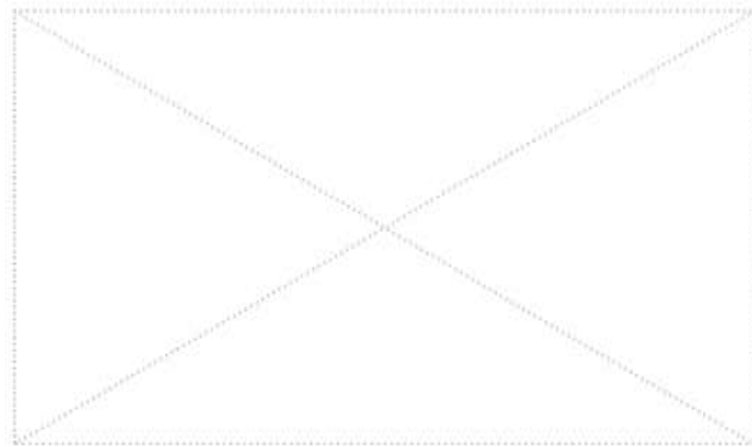
- 주요국에서 등록한 우수연구집단 지원을 살펴보면, 대개 연구개발 자금을 지원하는 형태의 사업이 등록되어 있으며 일부 중장기 계획이 포함되기도 함
 - 한국은 우수연구집단 지원 계획 및 사업으로 과학기술정보통신부에서 추진하는 집단연구사업과 「데이터·AI경제 활성화 계획('19~'23)」이 등록되었으며, 집단연구사업은 상향식(bottom-up) 기획 「데이터·AI경제 활성화 계획」은 국가 전략에 기초한 하향식(top-down) 기획이 주요

- 한편, 미국은 NSF에서 지원하는 IUCRC(Industry-University Cooperative Research Centers), 미국 질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention: CDC)에서 지원하는 예방연구센터(Prevention Research Centers) 등 7건의 계획과 사업이 등록됨
- 일본은 지난 2017년부터 국립연구개발법인 과학기술진흥기구(Japan Science and Technology Agency: JST)에서 추진하고 있는 미래사회창조사업(MIRAI R&D PROGRAM, 未来社会創造事業)과 그 세부 사업인 '저탄소 사회'와 같이 목적성을 지닌 프로그램이 등록됨
- 미국, 일본 등 주요국에서 추진되는 일부 집단연구 지원 사업의 구체적 내용은 제4장에서 다룸

■ 우수연구집단(CoE)은 5년 이상의 장기지원이 다수이며 연간 5억 유로 (한화 6,700억원) 이상의 대형 집단연구도 전체의 7.8%

- 우수연구집단 지원은 대개 5년 이상 혹은 지원기간을 명시하지 않은 장기 지원임
 - 시작 시기는 명시되어 있으나 종료 시기는 지정되어 있지 않은 사업이 99건으로 전체 이니셔티브의 78%를 차지하고 있으며, 이는 물리적 조직을 갖추어 수행되는 집단연구가 대부분이고, 우수연구집단 지원이 기간의 한정 없이 조직적·장기적으로 추진됨을 의미
 - 종료기간이 명시된 28건의 이니셔티브에 대해 지원기간을 분석하면, 평균 7.8년의 기간 동안 지원이 이루어지며, 5년 미만의 지원은 전체의 25%이고, 나머지 75%가 5년 이상의 장기 지원에 해당함

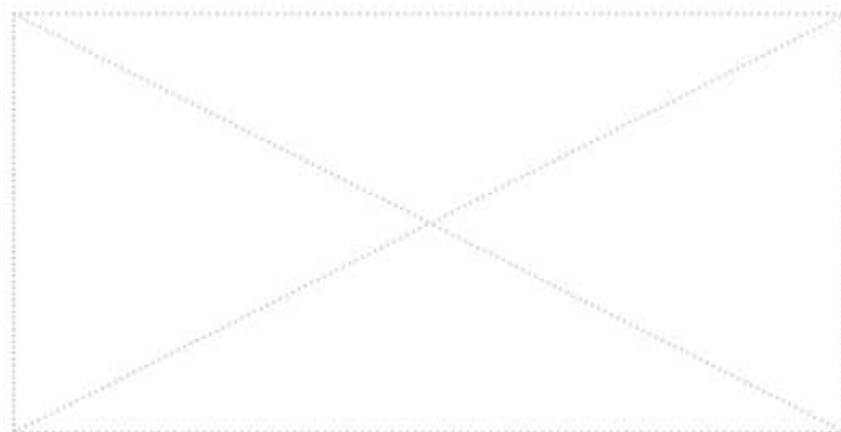
[그림 3-2] 지원기간별 우수연구집단 지원 정책 현황



자료: EC-OECD STIP Compass(최종접속일 2022.01.11.) 토대로 연구진 작성

- 예산을 기재한 이니셔티브 90건 가운데 연간 20만 유로(한화 약 270억원)를 중심으로 다수의 이니셔티브가 등록

[그림 3-3] 연간 예산별 우수연구집단 지원 정책 현황



자료: EC-OECD STIP Compass(최종접속일 2022.01.11.) 토대로 연구진 작성

- 연도별 예산 기준으로 5만~20만 유로(한화 약 67억~270억원) 구간의 이니셔티브가 23건으로 가장 많았으며, 이 구간에는 중장기 정책이 다수 포함되어 있어 예산 규모가 단일 사업에 비해 큰 편
- 연간 5억 유로(한화 약 6,700억 원) 이상의 대형 우수연구집단으로 추진되는 이니셔티브도 7건이 등록되었으며, 이는 한국의 집단연구사업 외에 독일 연방교육연구부

(Federal Ministry of Education and Research: BMBF)에서 추진하는 「Excellence Strategy」, 영국의 에너지·산업전략부(Department for Business, Energy and Industrial Strategy: BEIS)의 「Energy Innovation Programme」 등이 포함됨

- 이니셔티브 37건은 예산을 알 수 없거나 해당사항이 없음으로 답함

■ 우수연구집단은 대개 학술진흥 혹은 기술력 확보의 목적으로 지원되며 최근 구체적인 경제사회적 목적 달성에 대한 임무가 부여된 집단연구에 주목

○ 새로운 지식의 창출과 연구의 수월성을 달성하기 위한 전통적인 학술연구 진흥의 목적으로 집단연구가 추진됨

- 새로운 지식의 창출은 선도적인 연구 성과를 거두기 위해 연구그룹에 지원하는 정책을 이르며 대개 교육 및 공공 연구기관이 이러한 유형의 이니셔티브의 정책 대상

- 국가 간 상호협정에 의한 연구개발 협력, 일반적인 산학 협력을 지원하는 사업 또한 집단연구 지원의 방식을 활용

- 질병의 발생 기작에 대한 이해와 같이 특정 분야 내에서 이루어지는 기초연구 혹은 인력양성 또한 새로운 과학적 지식을 창출하는 유형에 포함. 사이버 보안 전문가 양성을 목적으로 오스트레일리아에서 추진되는 ACCSE(Academic Centres of Cyber Security Excellence)사업이 그 예

- 과학기술혁신 정책에서는 오랜 기간 동안 학술연구의 진흥을 위해 집단연구를 추진해 왔으며, 현재 진행되는 이니셔티브의 다수가 이 목적으로 수행됨

○ 기술획득의 목적으로 추진된 집단연구 역시 기존에 널리 활용되어온 방식임

- 특정 기술에 대한 기술력을 확보하고, 기술 기반의 서비스를 제공하기 위한 목적에서 추진되는 정책을 의미하며 대개 응용 및 개발 단계의 연구가 포함

- 룩셈부르크의 파킨슨병의 진단 및 진행 단계별 분자 바이오마커 개발을 목적으로 하는 국립연구파킨슨병 센터 지원사업, 아르헨티나 내에 전염병의 발생을 감지하는 데이터 사이언스 센터가 이러한 집단연구의 예

- 기술 전문가 집단 내에서 집단연구가 이루어지며, 기술력 향상을 위한 집단연구 역시 오래전부터 활용되어 온 방식

- 인공지능의 활용, 지속가능한 성장과 같이 경제사회적 목표(임무)가 명확하게 제시된 집단연구가 최근 추진
 - 연구 목적이 명확하게 제시되거나 학술 진흥의 목적을 넘어 경제사회의 발전에 대한 구체적인 목표를 지니고 대개 기초-응용-개발에 이르는 연구개발 전주기를 포함
 - 특히 범용목적기술의 속성을 지닌 인공지능 분야 연구의 발전과 사회의 적용을 목적으로 한국을 비롯하여 독일, 프랑스, 체코, 그리스 등의 국가에서 우수연구집단 육성 정책을 적용
 - 영국과 유럽연합을 중심으로 2030년까지 청정에너지 기술개발 및 기후변화 대응을 목표로 집단연구가 다수 추진
 - 이 밖에 신산업 창출 및 사회 개혁을 목표로 추진되는 일본 JST의 미래사회창조사업(MIRAI R&D PROGRAM)이 연구집단의 목표가 명확하게 주어진 유형의 예
 - 이 유형의 집단연구는 대부분 비교적 최근에 시작(5년 이내)됨
- 일부 집단연구는 연구장비, 연구성과의 활용 및 확산을 위한 인프라 구축과 이를 제공하기 위한 목적에서 추진
 - 바이오 뱅크(bio bank)와 같이 연구성과의 활용·확산을 위한 인프라를 집단연구 지원 사업을 통해 추진
 - 실증 테스트베드와 같이 기술 및 혁신 결과를 테스트하는 시설 혹은 환경도 포함
 - 룩셈부르크의 통합 아이오뱅크 사업, 혁신 성과에 대한 시험 및 검교정 등의 환경을 제공하는 태국의 EECi(Eastern Economic Corridor of Innovation)이 대표적인 예

3.2. | 주요국의 집단연구 지원 사업

3.2.1. 일본 미래사회창조사업(未來社會創造事業, MIRAI R&D PROGRAM)

- 경제·사회적으로 영향력이 큰 혁신적 기술개발을 위해 바람직한 미래를 구상하고, 이를 실현할 목적에서 집단연구지원 방식을 적용
 - 미래사회창조사업이 기획된 2010년대 말 일본은 사회와 산업에 영향력(impact)이 크고 혁신적인 기술에 대한 요구가 늘어나고 있었음
 - 이러한 배경에서 문부과학성(Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology: MEXT)은 2017년 기업, 단체, 대학, 일반인 등으로부터 연구개발 영역에서 「사회·산업이 바라는 새로운 가치」에 대한 공모했고, 1,000여건의 제안을 받은바 있음
 - 문부과학성은 제안된 내용을 토대로 외부 전문가와 논의를 통해 연구 주제를 결정하고, 과학기술진흥기구(JST)를 통해 「미래사회창조사업」을 추진하게 됨
- 명확한 목표를 설정하여 경제·사회에 바람직한 영향을 미치게 될 도전적인 연구를 수행하는데 사업의 목적이 있음
 - 새로운 실험을 과감하게 시도하고, 중요한 혁신을 불러올 고위험 및 영향력 있는 연구개발을 추진
 - 산업 및 사회의 요구(잠재적 요구 포함)를 고려하여 유익한 경제·사회적 영향을 생성·과급하도록 설계
 - 사회에 기술을 적용하기 위한 명확한 목표와 함께 기술적으로 도전적인 목표를 설정함

<참고> 미래사회창조사업의 기획 추진

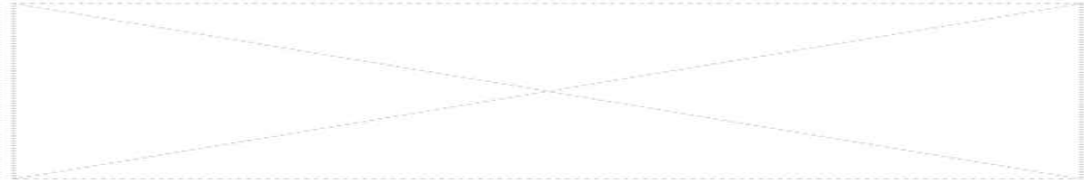
과정 요약

- 과학기술진흥기구(JST)는 사회와 산업이 추구하는 가치에 대한 조사에서 중점연구주제를 설정했고, 사회적 이슈 해결을 위해서는 자연과학자·공학자 뿐 아니라 인문·사회과학 분야 연구자들과도 연구협력이 필요하며 이를 수행할 수 있는 프로그램이 추진될 필요가 있음을 인식
- 이와 같은 연구협력을 추진하기 위해서는 연구제안서(Call for Proposal)에 명확한 임무(mission)를 제시할 필요가 있음
- 또한 연구주제를 설정하는 과정에서 일본 시민이 원하는 사회와 그런 사회를 이룰 수 있는 접근 방안을 고려하게 되었고, 이를 위해 'Backcasting'이라는 접근을 활용.
백캐스팅(Backcasting)은 바람직한 미래를 정의하는 것으로 시작하여 그 지정된 미래를 현재와 연결할 정책과 프로그램을 추진하는 연구기획 방법을 의미함
- 미래사회창조사업은 이러한 Backcasting 접근을 통해 사회를 변화·혁신하고 새로운 가치를 창조하는 연구개발을 추진했고, 프로그램을 구성하는 개별 연구과제는 도전적인 목표를 설정하고, 산업체는 그것을 실제 실행할 수 있는 개념검증(Proof of Concept: PoC)에 바탕을 둔 연구를 추진하게 됨
- 이 사업의 연구개발 관리자(PD·PO)는 각 연구영역 및 연구주제의 포트폴리오에 따라 연구과제의 계획과 진행을 관리하며, 이들은 전문가와 협력하여 High-Risk & High-Return 연구개발을 촉진하기 위해 연구과제의 영향력에 근거하여 Stage-Gate(SG) 평가를 실시하고, 연구과제 규모를 확대할지(scale-up), 연구를 지속할지 혹은 종료할지를 결정함

■ 미래사회창조사업은 Small-start type과 Large-scale type의 2개의 유형으로 구분하여 추진

- (Small-start Type) 상대적으로 적은 규모 예산(small start)으로 시작하여 후속 연구의 진행 여부를 결정하는 탐색가속형(探索加速型) 연구임
 - 소규모 예산으로 초기 타당성 연구(Feasibility study)를 수행한 후 Stage-gate(SG) 평가를 거쳐서 '연구계속'이라는 평가를 받으면 대규모 연구(Full R&D project)의 연구를 수행할 수 있음
 - 타당성 검토(Feasibility studies)연구는 보통 2.5~4.5년간 추진되며, 연구비는 ₩25M~₩120M(한화 약 2억5천만원~12억원)
 - 전주기 연구과제(Full-scale R&D project)에서는 이전 기간의 연구개발 성과를 기초로 사업화·실용화(Proof of Concept: PoC) 연구를 수행하며, 최대 5년까지 연구비는 ₩570M(한화 약 59억원)를 지원

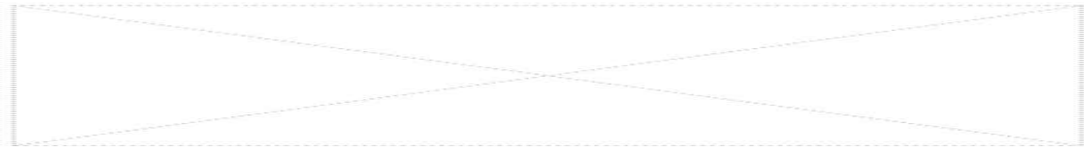
[그림 3-4] 일본 미래사회창조사업의 Small-start Type 추진체계



자료: JST(2022: 1)

- (Large-scale Type) 기존 기술 시스템을 변화시켜 미래의 플랫폼 기술이 될 수 있는 연구 주제에 대한 기술실증연구를 지원하는 대규모 프로젝트형 연구임
 - 문부과학성(MEXT)은 다양한 과학·기술·혁신정책에 기초한 기술 주제 (Technology theme)를 설정함
 - 대규모 프로젝트형 연구는 연구비 ¥2.7B(한화 약 280억), 최대 10년까지 지원함
 - 연구과정 중 필요할 경우 연구개발 운영회의의 관련 PO(Program Officer)는 Stage-gate(SG) 평가를 실시하고, 최종적으로 사업화·실용화(POC)를 위한 연구 개발을 실시

[그림 3-5] 일본 미래사회창조사업의 Large-scale Type 추진체계

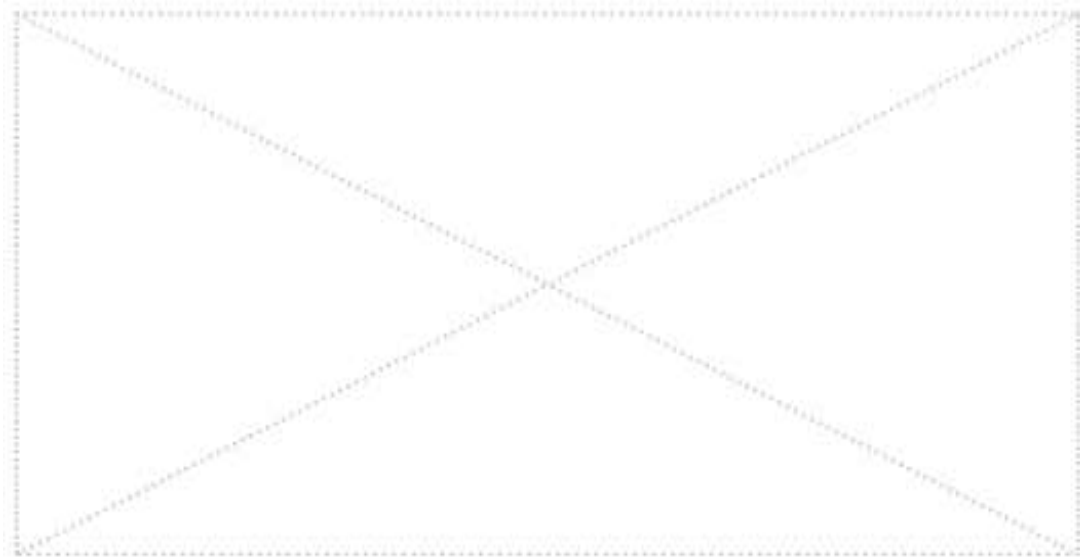


자료: JST(2022: 1)

- 신규과제의 선정율은 2019년 8.6%였고, 2020년 이후 10% 이상으로 증가
 - 2019년 신규과제는 40건(Small-Start type 39건, Large-scale type 1건)으로 선정율은 8.6%
 - 2020년에 선정된 과제는 총 37건(Small-Start type 36건, Large-scale type 1건), 선정비율은 13.3%이었으며, 2021년 선정과제는 47건(Small-Start type 46건, Large-scale type 1건) 선정율은 16.2%로 증가

- 2022년 1월 현재, 총 167건의 과제가 추진되고 있음(JST, 2022)
 - Small-start Type에서 타당성 검토(Feasibility studies)는 146개, 전주기 연구과제(Full-scale R&D project)는 12개가 추진 중
 - Large-scale Type은 9개 과제가 지원되고 있음

[그림 3-6] 일본 미래사회창조사업의 연구개발 추진체계



자료: JST(2022: 2)

■ 사회적 영향력을 극대화하기 위한 연구주제 선정과, Stage-Gate(SG) 평가가 이 사업의 특징

- 사회와 산업체가 추구하는 다양한 가치를 조사하여 사회적 영향력(impact)을 극대화하기 위한 연구주제를 설정함
 - 인문학과 과학을 포함한 다양한 학문분야에 걸쳐 다양한 기관과 연구자의 협력을 통해 연구를 수행

<표 3-1> 일본 미래사회창조사업, Small-start Type의 연구영역 및 중점연구주제

연구영역	우선순위 연구주제
Super Smart Society (Society 5.0)	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 구성 요소 간의 협력과 새로운 서비스 창출이 가능한 서비스 플랫폼 구축 • 사이버와 물리적 세계를 연결하는 모델링 및 AI • 사이버와 물리 세계의 정교한 통합을 위한 혁신적인 AI 기술 • 인간 중심의 사회를 위해 다양한 분야에서 AI와 시뮬레이션 기술을 최대한 활용
Sustainable Society	<ul style="list-style-type: none"> • 지속 가능한 자원 재활용의 새로운 공정을 위한 제조 혁신 • 사회구성원 모두가 사회적으로 활동적인 삶을 영위할 수 있도록 지(知)적 능력을 향상시켜 노동력 부족극복을 지원 • 미래 기후변화와 사회적 요구에 대응하는 혁신적 식품생산기술 개발 • 자원 효율적인 사회를 위한 제품 내구성 및 활용성 향상 • 지속가능한 사회를 위한 생물 생산의 번식 및 변형률 개선을 가속화하는 획기적인 기술
Safe and Secure Society	<ul style="list-style-type: none"> • 개인을 위한 위기 탐색기 개발 • 인간 서비스 산업의 창출 • 은닉 위험물질 없는 안심·안전하고 쾌적한 도시지역 실현 • 음식·운동·수면과 같은 일상행동의 메커니즘을 기반으로 한 자기 건강관리 • 객관적 방법으로 평가된 심리상태에 기초한 피드백에 의한 웰빙 실현
Low Carbon Society	<ul style="list-style-type: none"> • 판도를 바꾸는 기술을 통한 저탄소 사회 실현
Common Platform	<ul style="list-style-type: none"> • 혁신지식 및 제품을 창출하는 공통 플랫폼 기술과 시설·장비의 실현

자료: Imabayashi(2021.1.18.: 7-8)

- Stage-Gate(SG) 평가는 이 프로그램의 독특한 특징 중 하나로 이 관문을 통과하기 매우 어렵다고 알려짐
 - 학술적 영향 외에 연구목표, 필요한 기술 및 기타 연구 요소(윤리적, 법적 및 사회적 이슈, 표준화 등)에 대한 영향을 검증
 - 평가 과정에서 다른 분야로의 기술이전 혹은 다른 분야와의 협력에 대한 조언을 제공
 - Large-scale Type 프로젝트의 SG 평가에서는 실질적인 사업화를 내다보고 민간 부문의 참여를 촉진하여 지속적인 연구개발 활동을 추진하기 위한 민간자금(20% 이상)을 모색
 - SG 평가를 통해 과제(project) 규모를 확대할지(scale-up), 연구를 지속할지 혹은 종료할지를 결정하게 됨

3.2.2. 독일 인공지능 연구센터(German Research Center for AI)

■ 인공지능 분야의 응용연구를 중점적으로 수행하는 비영리 연구소

- 독일 인공지능 연구센터(Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz: DFKI)는 사회적 영향력과 학문적 수월성이 큰 인공지능 분야의 연구를 수행하기 위해 1988년에 설립된 비영리 연구소
 - 공공-민간 파트너십(public-private partnership: PPP)을 통해 설립
- ‘인간 중심의 인공지능(Human centric AI)’ 연구를 수행
 - 인공지능 분야의 기초연구를 상업적·사회적으로 응용하는 연구를 수행
 - 단, 연구결과의 상업적 이용이 연구센터의 주요 목표는 아니며, 협력 기업으로부터의 수탁연구, 기술지도, 컨설팅, 스핀오프 등을 통해 연구결과가 상업적으로 활용

■ 팀연구를 기반으로 연구분야별(종단적 조직), 주요 주제별 역량센터(횡단적 조직), 리빙랩이 운영

- 베를린을 비롯하여 지역별로 분산된 25개의 연구부서, 9개 역량센터, 8개 리빙랩에서 연구개발 프로젝트가 진행됨

<표 3-2> 독일 인공지능 연구 센터의 주요 연구주제

연구센터	연구내용
스마트 데이터 및 지식 서비스 (Smart Data & Knowledge Services)	<ul style="list-style-type: none"> • 의사결정 지원, 행동분석, 이상 징후 탐지, 예측, 프로세스 최적화를 위한 혼합모델 기반의 알고리즘 개발 • 딥러닝을 위한 역량센터(Deep Learning Competence Center: DLCC)를 출범하여 전체 연구부서에 걸친 수 백명의 딥러닝 전문가가 딥러닝 접근법의 개발과 응용을 수행
사이버 물리 시스템 (Cyber-Physical Systems)	<ul style="list-style-type: none"> • 시스템 복잡성이 증가함에 따라 안전, 보안, 정확성, 신뢰성에 대한 요구사항이 엄격해지며 이에 응답하기 위해 컴퓨터 과학자와 수학자로 구성된 연구팀이 시스템 설계 과정부터 참여 • 혁신기술을 테스트, 평가, 시연하는 리빙랩인 BALL(Bremen Asidental Response Lab)을 운영하면서 노약자 및 장애인을 위한 60㎡ 규모의 아파트에서 이동제한이 있는 사람들을 위한 이동보조시스템을 개발

연구센터	연구내용
의료 영상에서의 AI	<ul style="list-style-type: none"> • 의료진단과 치료를 지원하기 위한 학습 의료 이미지 처리방법 개발 • 질병 패턴, 병변, 바이오마커, 장기조직의 자동 분석과 인식을 위한 머신러닝 방법과 딥러닝 네트워크 개발
로봇 제어 (Plan-Based Robot Control)	<ul style="list-style-type: none"> • 환경에 대한 불완전한 제어와 불완전한 지식을 갖춘 자율형 모바일 로봇이 목표지향적 행동에 대한 지식수준 표현과 합리적 추론을 가능케 함 • 자율형 로봇에서부터 자동화 공정에서 인간을 보조하는 로봇기술에 이르기까지 다양한 분야에서 응용기술 개발 • 주요 응용 분야는 농업이며, 오스나브뤼크(Osnabrück) 지역을 중심으로 농기계와 식품 분야 기술이전이 활발하게 이루어지고 있음
인터랙티브 직물 (Interactive Textiles)	<ul style="list-style-type: none"> • 섬유와 전자제품을 새롭게 조합하는 쌍방향 섬유와 스마트 소재 개발 • 보건, 스포츠, 미래의 노동 분야의 웨어러블 응용에 사용
로봇혁신센터 (Robotics Innovation Center)	<ul style="list-style-type: none"> • 수중, 우주, 보안, 물류, 인지로봇, e-모빌리티, 재활 등의 분야에 지능형 로봇을 설계·구현 • 생물학자, 수학자, 컴퓨터 언어학자, 산업 디자이너, 전기 공학자, 물리학자, 심리학자와 학제간 협력
알고리즘 비즈니스 및 제품 (Algorithmic Business and Production)	<ul style="list-style-type: none"> • 기업 내 데이터와 알고리즘을 조합하여 예측-결정-행동의 사업 혹은 생산 과정에서 경쟁우위 확보
인지 보조 (Cognitive Assistants)	<ul style="list-style-type: none"> • 말, 몸짓, 표정 등의 신체적 상호작용을 대화 시스템과 결합한 멀티모드 휴먼-컴퓨터 상호작용에 대한 기초연구 수행 • 감정과 사회적 상호작용을 통합한 가상 캐릭터 개발 등 더욱 많은 유형의 장치와의 상호작용 기술이 요구
대용량 데이터 기반의 지능형 분석 (Intelligent Analytics for Massive Data)	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 수집 및 정보 추출, 정보 통합 및 스토리지, 클라우드 컴퓨팅 등 데이터 가치사슬에 따라 데이터 분석을 위한 방법, 기술, 도구에 대한 연구 수행 • 과학, 산업, 사회에 데이터 중심의 의사결정을 향상하기 위한 노력
생체신호 처리에서의 인공지능 (AI in Biomedical Signal Processing)	<ul style="list-style-type: none"> • 인간의 활동에서 측정된 바이오 신호의 분석, 보청기 등의 음향신호 분석 및 처리, 의료영상 등 새로운 의료기술 신호처리 방법을 개발 • 데이터의 해석뿐 아니라 왜곡과 불완전성에 대한 안정성 확보
교육기술연구실 (Educational Technology Lab)	<ul style="list-style-type: none"> • 인공지능과 소프트웨어 기술을 활용하여 학술적·전문적 자격·교육 과정 지원
혁신적인 공장 시스템 (Innovative Factory Systems)	<ul style="list-style-type: none"> • 인더스트리 4.0과 미래의 공장을 둘러싼 문제를 다룸 • 산업현장에 실제 적용하기 전, 과학적인 접근법과 새로운 개념을 개발
인터랙티브 머신러닝 (Interactive Machine Learning)	<ul style="list-style-type: none"> • 컴퓨터가 인간과 자연 언어로 상호작용함으로써 인간으로부터 학습할 수 있도록 인간과 기계 사이의 상호작용을 개선

연구센터	연구내용
증강 비전 (Augmented Vision)	<ul style="list-style-type: none"> 시각 정보의 학습기법을 통해 자율주행, 로봇공학, 지능형 제조 등의 분야에 적용되는 첨단 시스템을 만들기 위한 기초연구에서부터 시제품 검증까지 수행 증강현실(AR)의 주어진 맥락, 사용자의 행동, 상호작용, 의도를 이해하는 새로운 솔루션 개발
다국어 및 언어 기술 (Multilinguality and Language Technology)	<ul style="list-style-type: none"> 텍스트에서 수화로 변환, 사람과 로봇의 협업을 지원하기 위한 대화처리 등의 연구 수행
해양 인식 (Marine Perception)	<ul style="list-style-type: none"> 해양 혹은 수생환경에 적용되는 지능형 센서와 시스템 개발 해양 위협의 자동 감지, 해양조사 및 해양환경 보호 등에 응용

자료: German Research Center for Artificial Intelligence 홈페이지(최종접속일 2022.1.14.)

- 역량센터는 연구소 전체에 걸쳐져 있는 딥러닝, 자율주행과 같은 특정 주제에 맞는 역량을 결집하기 위한 횡단적 조직(가상 조직)으로 해당 주제에 관심이 있는 외부의 연구자 및 전문가들과 네트워킹을 추진함

<표 3-3> 독일 인공지능 연구 센터의 주요 역량센터

리빙랩	연구내용
일반생활 지원(DFKI Competence Center Ambient Assisted Living: CCAAL)	<ul style="list-style-type: none"> • AAL(Ambient Assisted Living) 영역에서 연구 및 개발을 조정 • 인지 보조, 사이버 물리 시스템, 에이전트 및 시뮬레이션 현실, 정보 시스템 연구소, 증강 비전, 스마트 데이터 및 지식 서비스, 로봇 공학 혁신 센터 등 AAL 내의 광범위한 영역에서 연구 수행 • 연구개발 대상은 기술, 사회 및 비즈니스 파트너, 사용자
딥러닝(Deep Learning Competence Center: DLCC)	<ul style="list-style-type: none"> • 인공지능 연구 센터 전체의 딥 러닝 역량을 연결 • 각자의 분야에서 딥 러닝 접근 방식의 개발 및 적용에 중점을 둔 수백 명의 전문가와 네트워킹 • 효율성, XAI, 견고성, 신뢰할 수 있는 인공지능, 소규모 데이터, 비지도/자가 지도 학습과 같은 현재 딥러닝 연구에 중점을 둠
비상대응 및 복구 관리(Emergency Response & Recovery Management)	<ul style="list-style-type: none"> • 재난 대응 관리를 지원하는 인공 지능 기반 솔루션 개발 • 로봇 시스템이 상황을 인지하여 위험한 환경에서 인간을 효율적으로 지원하는 방법을 고안 • 로봇과 인간이 어떻게 효율적으로 작업하고 의사소통해야 하는지, 어떤 정보를 수집해야 하는지, 어떻게 처리하고 사람에게 제공해야 하는지에 대한 연구
스마트 농업 기술(Competence Center Smart Agriculture Technologies: CC-SaAT)	<ul style="list-style-type: none"> • 인공지능 연구 센터에서 개발된 다양한 농업 기술을 결합 • 포괄적인 농업의 개념 하에 경작 및 축산, 원예, 임업, 포도 재배 및 어업을 포함한 광범위한 주제를 포함
웨어러블 AI(Competence Center Wearable AI: CCWA)	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 인공 지능 연구 센터에서에서 개발된 웨어러블 기술을 집중 • 부서 간 가상 조직 단위로서 모든 웨어러블 기술 관련 주제에 대한 커뮤니케이션 플랫폼 역할 • 인간과의 상호작용 및 웨어러블 시스템 설계, 데이터 분석 등을 연구

자료: German Research Center for Artificial Intelligence 홈페이지(최종접속일 2022.1.14.)

- 리빙랩은 기초연구의 응용과정에서 실제 조건 하에 기술을 시험·평가하기 위한 실증 플랫폼을 이르며, 스마트 시티, 스마트 팩토리, 스마트 오피스를 구현하기 위한 리빙랩 등이 운영되고 있음

<표 3-4> 독일 인공지능 연구 센터의 주요 리빙랩

리빙랩	연구내용
운전자 지원시스템 리빙랩 (Advanced Driver Assistance Systems Living Lab)	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 이동에 대한 개념과 차량 상호작용 시스템에 대한 연구개발 및 실증을 지원 • 주행 시뮬레이션 실험실, 테스트 차량, 시험 및 시연 코드 등으로 구성
브레멘 지역 인근 리빙랩 (Bremen Ambient Assisted Living Lab)	<ul style="list-style-type: none"> • 센서를 통해 개인의 선호도를 분석하여 교수-학습 과정을 모델링하고, 연령대별 학습 최적화 방안 마련 • 전기-광학 안경, 전자파 팔찌, 안구 추적기, 증강현실 안경과 같은 최신 센서 기술을 통해 피험자의 인지 상태에 따라 효과적인 학습조건에 대한 정보 제공
몰입식 학습을 위한 리빙랩 (Immersive Quantified Learning Lab)	<ul style="list-style-type: none"> • 의료진단과 치료를 지원하기 위한 학습 의료 이미지 처리방법 개발 • 질병 패턴, 병변, 바이오마커, 장기조직의 자동 분석과 인식을 위한 머신러닝 방법과 딥러닝 네트워크 개발
혁신적인 소매점 연구소 (Innovative Retail Laboratory)	<ul style="list-style-type: none"> • 미래 셀프 서비스 소매점을 구현하기 위한 환경을 제공 • 개인의 쇼핑 보조, 지능형 쇼핑 카트 등 지능적인 쇼핑 환경을 위한 인프라 제공
로보틱스 탐사 리빙랩 (Robotics Exploration Laboratory)	<ul style="list-style-type: none"> • 수중 및 해양 탐사를 위한 새로운 로봇기술 시험 • 대영 우주 탐사를 위한 시험환경 제공

자료: German Research Center for Artificial Intelligence 홈페이지(최종접속일 2022.1.14.)

- 대학에서 수행하는 기초연구를 응용연구로 발전시키는 과정에서 엔지니어, 기업과의 협력이 추진됨
- 팀 연구 중심의 연구를 수행하며, 연구자들이 국내외 대학으로 이동하여 인공지능 연구의 저변을 확장
- 65개국 이상의 다양한 국가 출신의 연구진이 팀 연구에 참여하며, 경영진 전체에 걸쳐 다양성을 강화하려는 목표가 있음
- 현재 이 연구 센터에는 800여 명의 연구자 및 관리자, 560명의 대학원생이 참여하고 있으며, 개원 이래 160명 이상의 직원이 독일과 외국의 대학에 교수로 임명

■ 이 연구 센터는 과제 수주 및 기술이전을 통해 기관이 운영되며 독자적인 윤리팀(Ethics Team)을 운영하는 특징

- 정부가 센터에 안정적으로 지원하는 기관운영비(institutional funding)가 부재한 가운데, 과제 수주, 기술 이전에서의 수입을 통해 기관을 운영함
 - 공공영역의 지원기관으로 유럽연합(EU), 연방교육연구부(BMBF), 연방경제기후행동(BMWi), 독일연방주, 독일연구재단(DFG) 등에서 지원하는 연구과제를 수행
 - 구글, 엔비디아, 마이크로소프트사를 비롯하여 33개 기업이 주주로 등록되어 있으며 다수의 산업 파트너의 지원으로 기관이 운영됨
- 독자적 부서로 윤리팀(ethics team)을 운영하면서 연구팀과 협력을 수행
 - ‘인간중심 인공지능’을 실현하는 기본 원리로 인공지능 연구가 사람들의 이익을 위해 봉사해야 할 것을 강조하고, 윤리적 관점에서 인공지능 시스템의 활용을 고려해야하기 때문임
 - 업무 일상 혹은 특정 프로젝트의 추진과정에서 직면하게 되는 윤리적 질문에 응답하는 조직
 - 연구 센터의 ‘인간중심 인공지능’에 대한 기본 원리에 따라 인공지능의 투명성과 신뢰성을 강조하고, 약-AI(weak AI)²⁾ 영역으로 인공지능 개발영역을 한정하여 인공지능을 인간의 보조도구로만 활용할 예정이며, 군사적 목적의 인공지능 활용은 제한하고 있음
 - 현재 센터의 연구 부서에 소속된 석·박사급 인력 5명과 이들을 지원하는 3명의 교수로 이 팀이 구성됨
 - 법률 혹은 심리학의 지식이 필요할 때 윤리 분야의 외부 전문가와 협력

2) 약 인공지능(weak AI)은 영상, 음성, 자연어 처리와 같은 제한된 목적에서만 활용되어 인간의 지능으로 수행되었던 작업의 일부를 인공지능이 대신하는 것을 의미. 따라서 호기심이나 스스로 목적을 설정하는 등 인간 수준의 지능이 요하는 작업은 처리할 수 없음

3.2.3. 영국의 친환경 항공우주 기술 프로젝트(Aerospace Technology Projects to Power a Green Aviation Revolution)

■ 영국의 녹색 산업혁명을 이끄는 계획의 일환으로 자국의 친환경 항공 기술을 확보하기 위해 이 사업이 추진

- 녹색 산업혁명을 위한 총리의 10대 계획(The ten point plan for a green industrial revolution)에 제트 제로 및 저탄소 항공이 친환경 정책의 핵심으로 포함됨(BEIS, 2020)

<표 3-5> 영국 정부의 녹색 산업혁명을 위한 10대 계획

계획 내용	계획 내용
<input type="checkbox"/> 계획 1. 해상 풍력의 발전	<input type="checkbox"/> 계획 6. 제트 제로와 친환경 선박
<input type="checkbox"/> 계획 2. 저탄소 수소의 성장을 촉진	<input type="checkbox"/> 계획 7. 친환경 빌딩
<input type="checkbox"/> 계획 3. 신형 및 첨단 원자력 발전을 제공	<input type="checkbox"/> 계획 8. 탄소 포집, 저장, 활용에 투자
<input type="checkbox"/> 계획 4. 배기가스 배출 제로 차량으로의 전환 가속화	<input type="checkbox"/> 계획 9. 자연환경 보호
<input type="checkbox"/> 계획 5. 친환경 대중교통, 자전거, 걷기	<input type="checkbox"/> 계획 10. 친환경 금융 및 혁신

자료: BEIS(2020: 7)

- 녹색 산업혁명을 위한 10대 계획에서는 넷 제로(Net-Zero)³⁾ 항공의 신기술 개발과 전파를 가속화하기 위한 분야별 파트너십, 제트제로협의회(Jet Zero Council)를 설립하여 장관과 이해관계자들이 모여 항공 배출량 감소를 위한 혁신 방안이 포함됨
- 2030년까지 배기가스 배출 제로 항공 서비스를 제공하기 위해, 이를 설계·개발하는 FlyZero 연구가 항공우주기술연구협회(Aerospace Technology Institute: ATI)를 통해 연간 1,500만 파운드 지원

3) 기후변화를 초래하는 온실가스의 배출과 흡수가 균형에 이른 상태를 의미하며, 이는 탄소발생의 감축, 제거, 상쇄를 통해 달성할 수 있음

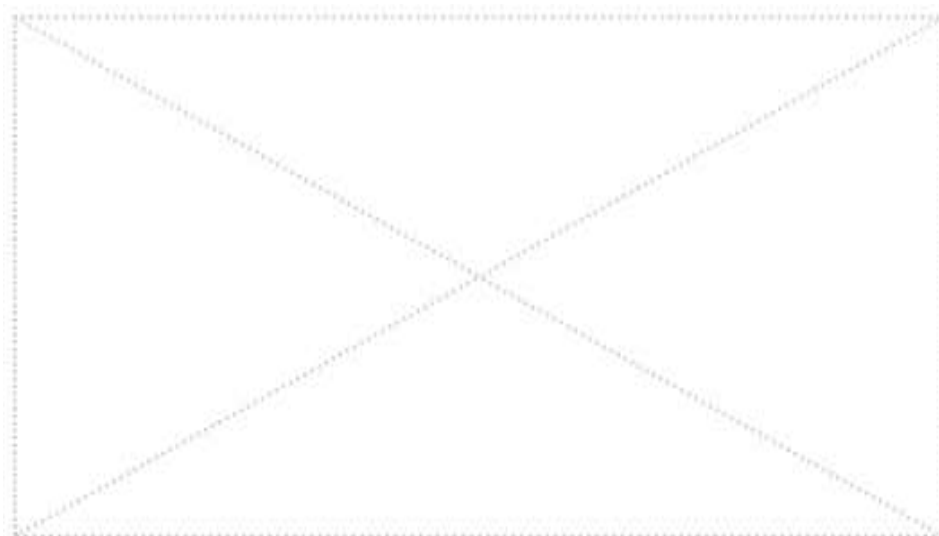
- 지속 가능한 항공 연료(Sustainable Aviation Fuels: SAF) 생산을 위해 1,500만 파운드(한화 약 234억원)의 연구비 지원함으로써 최대 5,200개의 일자리 창출 예상
- 영국 경제에 120억 파운드(한화 약 19조원)의 가치를 창출하고, 항공우주 분야의 글로벌 리더로서의 입지를 강화할 것으로 예상
- 지난해 11월, 영국 글래스고에서 열린 유엔기후변화협약 당사국총회(United Nations Climate Change Conference: COP26)를 기점으로 적극적인 탄소 배출량 감축 계획을 추진(GOV.UK, 2021.9.27.)
 - 영국은 지난 2020년, 2030년까지 영국의 온실가스 배출량은 1990년 수준의 68% 이상을 감축할 계획을 발표했으며, 이는 주요 경제국이 발표한 목표치 가운데 가장 높은 수준의 감축량에 해당
 - 또한 2019년 「넷제로 배출법(net zero emissions law)」이 제정되면서 영국은 2050년까지 넷제로(Net-Zero) 달성에 대한 목표가 법적 구속력을 지닌 최초의 국가가 됨
- 2023년 무공해 비행이 가시화가 예상되는 가운데 영국의 기술을 활용하여 친환경 항공 기술 확보에 대한 필요성 확인
 - 친환경 기술에 대한 영국의 혁신과 전문성을 활용하여 탄소 배출 제로를 위한 노력으로써 친환경 전력 기반의 비행을 구상할 필요가 있음
 - 과학기술 연구개발을 통한 지속가능한 일자리 창출, 공중 보건, 기후 변화 및 생물 다양성 훼손과 같은 긴급하게 해결을 요하는 환경문제에 대한 녹색회복의 일환임
- 친환경 항공기술의 이용 고객을 확대하고, 산업의 화석연료 의존도를 낮추기 위한 목적이 있음
 - 여행객들이 친환경적인 방식으로 해외여행을 즐기도록 하고, 미래에는 지역 택시 서비스와 유사하게 하늘 길을 운행하여 도로 네트워크의 혼잡을 줄여 더 많은 승객들이 더 많이 비행 서비스를 이용할 수 있도록 촉진하기 위함
 - 수소 또는 전기와 같은 대체 에너지를 사용하여 환경오염의 주원인인 화석 연료에 대한 산업계의 의존도를 줄이기 위함

■ 항공기술 연구개발에 대한 로드맵을 수립하고, 이를 기초로 민관이 공동

으로 연구개발에 투자(BEIS, 2021)

- 항공 관련 연구개발 로드맵을 기초로 영국의 미래 운송 시스템을 발전시키기 위한 3대 프로젝트를 중심으로 추진
 - 영국의 GKN Aerospace 사가 주도하는 H2GEAR 프로젝트는 지역 간 항공 운행을 위한 액체 수소 추진 시스템을 개발하는데 정부가 2,720만 파운드(한화 약 441억원)를 지원
 - 항공기 업체 ZeroAvia의 HyFlyer II는 1,230만 파운드(한화 약 199억원)의 정부 지원으로 배기가스 배출 제로 엔진을 19인승 항공기에 탑재·시연함으로써 이르면 2023년 말에 무공해 비행이 현실화될 가능성을 보임
 - 완전 전기화 추진 시스템을 개발하는 Blue Bear Systems 사의 InCEPTION은 소음이 적고 효율이 높아 도시 내 단거리를 이동하는 소형 항공기에 적합할 것으로 예상되며, 이 연구에 정부는 280만 파운드(한화 약 45억원)를 지원

[그림 3-7] 영국의 미래 항공 비전 타임라인



자료: UKRI(2021: 12)

- 3대 프로젝트는 영국 사업·에너지·산업전략부 (Department for Business, Energy and Industrial Strategy: BEIS)에서 선정하고, 연구개발비 절반인 8,460만 파운드(한화 약 1,372억원)를 정부가 투자하여 영국 내 4천여 개 신규 일자리

창출에 기여할 것으로 기대함

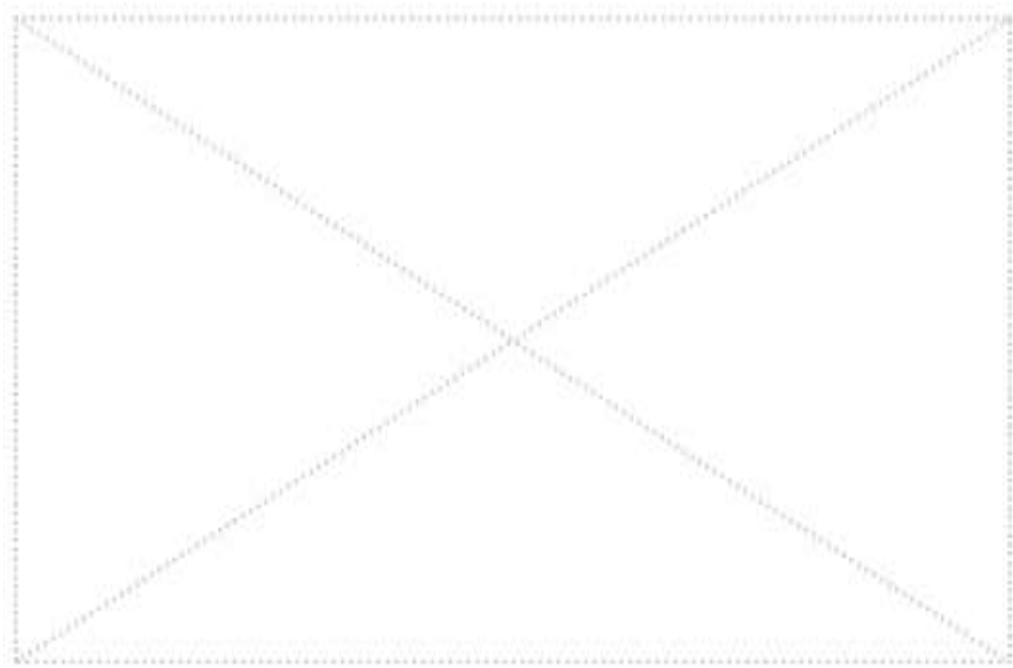
- 이 프로젝트는 2013년부터 2026년까지 정부와 산업계가 공동으로 투자하는 항공 우주기술연구협회(ATI)의 항공우주성장파트너십을 통해 조성한 투자금 39억 파운드(한화 약 6조 3,265억원)의 일부
- 정부의 연구개발 투자를 2024~2025년까지 연간 220억 파운드(한화 약 35조 6,833억원)로 늘리려는 계획을 세움
- 이 프로젝트는 설계, 엔지니어링, 제조업의 4,750개 일자리를 확보하는데 기여할 것으로 예상함
- 이밖에 정부는 미래 비행 챌린지(Future Flight Challenge)를 통해 항공우주 분야에 투자하고, 미래 항공 시스템과 자동차 기술에 투자하는 기업에 총 1억 2천 5백만 파운드(한화 약 2,026억원)를 투자
 - 전기 및 자율비행 기술을 활용하여 전기 항공기, 드론 운송과 같은 친환경 비행 기술을 개발하기 위한 투자
 - 산업부문에서의 1억 7천 5백만 파운드(한화 약 2,837억원)의 대응 투자 유치

3.2.4. 영국의 난방용 수소 시연 프로그램(Hydrogen for Heating Demonstration Programme: Hy4Heat)

- 2030년까지 저탄소 수소 생산능력 5GW 확보 및 탄소 7% 저감의 목표를 달성하려는 영국 정부의 의지를 실현하기 위한 실증 연구
- 영국의 가정과 기업의 난방에 수소 가스의 사용을 탐색하기 위해 2017년 말부터 시작된 기획 프로그램임
- 2020년 11월 영국 정부의 '녹색 산업혁명을 위한 10대 계획'에 화석연료를 수소로 대체하는 내용이 포함(BEIS, 2020)
 - 영국 정부는 열 발생과 같은 연료의 사용 시점에 탄소를 발생하지 않는 대체 에너지로 수소를 선택
 - 2030년까지 저탄소 수소 생산능력을 5GW까지 확보하고, 탄소 배출을 최대 7%까지 감소하려는 목표를 설정

- 주거용 및 상업용 난방에 사용되는 연료를 수소로 대체하기 위한 기술적 타당성, 안정성에 대한 탐색연구를 수행하고, 정부는 지역사회 실험의 진행 여부를 결정

[그림 3-8] 영국 Hy4Heat 프로그램 개요

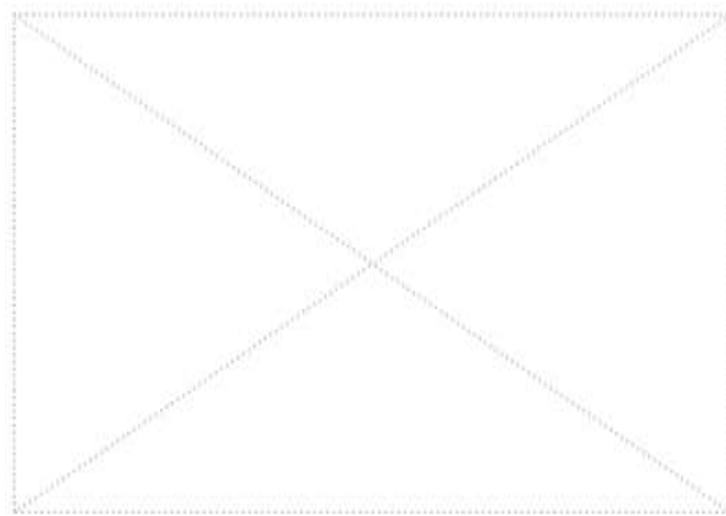


자료: Hy4Heat(2018:12-13)

- 주거용 및 상업용 건물과 가스 기기에 활용되는 천연가스(메탄)를 수소로 대체하는 것이 기술적으로 가능하고, 안전하며, 편리한지 확인
 - 수소 착색제, 쿨기 및 순도 연구, 수소 활용이 가능한 상업용 기기 및 산업용 기기 변환에 대한 이해, 국내 수소 산업 도입 절차, Hy4Heat 안전성 평가 수행
- 수소 품질, 기기 인증에서부터 수소 기술을 지역사회에 적용하여 실증·연계하는 범위까지 포함
- 영국 BEIS는 지난 2018년 에이럽(ARUP)사를 프로그램 매니저로 지정
 - 매니저는 전체 프로그램의 기술관리 및 감독, 커뮤니티 시험 준비 및 계획을 위한

- 작업을 진행
- 조정기구에 영국 가스 분배 업체, 가스 엔지니어 및 매니저 협회(Institution of Gas Engineers & Managers: Igem), 전력가스시장규제청(Office of Gas and Electricity Markets: Ofgem) 등이 참여
 - 산업 및 학계 전문가, Ofgem, 보건 및 안전 관리자, 가스 분배 업체 등이 자문 패널로 참여

[그림 3-9] 영국 Hy4Heat 프로그램의 주요 내용



자료: Hy4Heat 홈페이지(최종접속일 2022.1.14.)

- 10개의 작업 패키지(work package)를 통해 프로그램을 수행함
- BEIS는 작업 패키지 2~10을 수행할 책임자를 지정

<표 3-6> 영국 Hy4Heat 프로그램의 작업 패키지 구성

패키지	작업 내용
(WP1) 프로그램 및 기술관리	<ul style="list-style-type: none"> • 잠재적인 위험 식별, 기존 이해관계자 그룹 및 더 넓은 산업 관계자들과의 협력 수행 • 작업패키지 납품계약 관리 및 마일스톤 달성 점검
(WP2) 수소품질 기준	<ul style="list-style-type: none"> • 순도 및 착색제와 관련하여 수소사용에 적용할 수 있는 옵션을 평가 • 안전한 연소 및 사용자 수용성을 보장하기 위해 수소에 착색제를 추가해야 하는지 여부를 결정
(WP3) 수소기기 인증	<ul style="list-style-type: none"> • 수소 기기는 GAR(가스 기기 규정)에 따라 인증을 받아야하는데,

패키지	작업 내용
	<ul style="list-style-type: none"> 이와 관련하여 수소 기기의 개발 및 테스트에 대한 지침을 제공 수소 연료 장치의 표준화를 위한 기반 형성
(WP4) 국내 수소가스 기기 개발	<ul style="list-style-type: none"> 가정용 난방, 온수, 요리의 연료로 수소를 안전하게 사용하기 위한 가정용 수소 기기의 개발 수소 기기의 안전한 설치에 필요한 제어 밸브 및 초과 유량 밸브와 같은 보조 장비의 개발
(WP5) 상업용 기기 및 장비	<ul style="list-style-type: none"> 상업용 기기와 다양한 수소기기로의 전환 또는 교체 시 해결해야 할 문제에 대한 시장조사 연구
(WP6) 산업기기	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 산업용 기기와 수소 기기로의 전환 또는 교체 시 해결해야 하는 문제에 대한 시장조사 연구
(WP7) 안전성 평가	<ul style="list-style-type: none"> 특정 유형의 주택 및 건물에서 수소 가스의 안전한 사용을 평가
(WP8) 시연시설	<ul style="list-style-type: none"> 수소 가전제품을 사용한 주택 2채를 구입하여, 일반 대중에게 탄소제로를 경험할 수 있는 시설 제공
(WP9) 커뮤니티 시험준비	<ul style="list-style-type: none"> 수소를 사용한 잠재적인 지역사회 실험을 계획하고 준비 지역사회의 수소 실험의 설정과 관련된 잠재적인 문제에 대한 시장조사
(WP10) 산업기기	<ul style="list-style-type: none"> 초음파 측정기술을 통합하여 수소 스마트 미터 개발

자료: Hy4Heat 홈페이지(최종접속일 2022.1.14.)

- 이 프로그램의 일환으로 지난해 4월 영국 최초의 완전 수소 가열을 사용하는 실증 주택이 대중에게 공개됨
 - 이 주택은 향후 3년간 운영하면서 수소가 저탄소 가스의 대안으로의 역할을 수행할 수 있는지를 이해하는데 활용될 예정

3.3. | 최근 집단연구 지원의 새로운 움직임

- 제2차 세계대전 시 일주일 이내에 연구비를 지원했던 NDRC에서 영감을 받아 COVID-19 대응을 위한 과학기술분야 신속한 연구자금, Fast Grant 추진(Fast Grants, 최종접속일, 2022.1.15.)
- 통상의 연구개발비 조달 메커니즘은 너무 느린 문제가 있어 COVID-19와 같은 위급상황에서는 신속한 대응이 어려워 이를 보완하기 위해 2020년부터 과학기술 분야 민간 지원이 시작됨
 - Stripe 사 CEO인 Patrick Collison과 조지메이슨 대학 경제학자인 Tyler Cowen의 주도로 2020년 4월 Fast Grant가 시작되었고, 이후 15명의 후원자 혹은 후원기관이 기부에 참여하여 연구비가 마련됨
 - 대부분의 연구개발이 장기적인 연구 지원에 초점을 맞추고 있기 때문에 연구비의 지원여부를 결정하기까지 오랜 시간이 걸리므로 아이디어를 신속하게 개발·테스트할 수 있는 6개월 이내의 연구비 제공
 - COVID-19를 대응하는 과학기술 분야 연구비는 Fast Grants를 통해서, 비과학기술 분야 연구비는 기금의 운영을 맡고 있는 이머전트 벤처스(Emergent Ventures)를 통해 신청
- Fast Grant의 연구비지원 방식은 제2차 세계대전 당시 창설된 미국 국방연구위원회(National Defense Research Committee: NDRC)의 연구비 지원에서 영감을 얻음
 - NDRC는 전쟁에 사용할 무기개발을 위한 연구비 지원을 목적으로 설립되었고, 이 위원회의 지원으로 원자폭탄, 레이더 개발 같은 주요한 연구의 업적을 거둠
 - 또한 당시 NDRC의 연구비 지원 여부의 결정이 하룻밤 사이에 이루어질 정도로 신속하게 추진되었다고 알려짐
- Fast Grant는 연구비를 운영하는 이머전트 벤처스가 전문가 패널을 구성하여 14일 이내에 연구비 지원 여부를 결정하고, 연구비로 1만 달러~50만 달러(한화 약 1,190만~5억원)까지를 지원함
 - 이머전트 벤처스는 자발적으로 참여하는 20명의 바이오의학 분야 연구자들로 패널

을 구성하고, 이 패널이 연구 제안서를 검토함

- Fast Grant가 최초로 시작된 지난해 4월 당시에는 48시간 이내에 지원 여부를 결정하는데 목표를 두었고, 이 방식을 적용하여 130개 이상의 연구과제를 지원함. Fast Grant가 개설된 이후 신청이 폭주하여 시작한지 일주일도 채 지나지 않아 초기에 확보했던 연구비 1,200만 달러(한화 약 142억원)가 모두 소진되기도 함
- COVID-19 연구가 어느 정도 진전을 이루었고, 심도 있는 분석을 통해 지원여부를 결정할 수 있을 정도에 도달한 7월 이후부터는 14일 이내에 지원여부를 결정하고 있음

○ 최근 6개월 이내에 COVID-19관련 연구를 진행하고 있어 이를 완료하기 위해 추가자금이 필요한 연구자에게 지원 자격이 있고, 연구 성과물은 공개해야 하는 조건이 따름

- 학술 기관의 과제 책임자이고, 최근 6개월 이내에 COVID-19관련 연구를 진행하고 있으며, 이 연구를 완료하기 위해 추가 자금이 필요한 미국 지역 외부의 연구자들에게 지원자격이 있음
- 이 연구비를 지원받는 연구자들은 지원기간인 6개월 동안 월간 진행상황을 보고하고, 학술지에 연구결과를 투고할 때에는 사전출판 공개 플랫폼(bioRxiv, arXiv)에 원고를 등록해야 함

■ 호기심 중심의 안정적 장기 집단연구를 장려하기 위한 제도적 실험으로 설립된 연구조직, 아크(Arc)(Arc 홈페이지, 최종접속일 2022.1.16.)

- 아크(Arc)는 지난해 11월 설립된 바이오의학 분야의 과학기술을 발전시키기 위해 캘리포니아에 위치한 독립적인 비영리 연구조직
 - 캘리포니아 주 팔로 알토(Palo Alto)에 위치하며, 스탠퍼드대, 캘리포니아 대학교 샌프란시스코 캠퍼스(University of California, San Francisco: UCSF), UC 버클리가 공동으로 설립
 - 2021년 11월, 과학기술 분야의 하나인 바이오의학 분야에 더 나은 방식의 연구비 지원 모델을 실현하기 위해 설립
- 연구원들이 외부의 연구개발비를 수주할 필요가 없도록 다년간 연구비를 안정적으로 지원하고, 실험 및 분석도구 개발에 투자

- 통상의 연구개발 지원은 3년의 한시적 기간 동안 이루어지나 아크(Arc)에서는 8년간 연구자들이 원하는 어떤 것이든 자유롭게 수행할 수 있음
 - 연구자들이 연구비 수주에 너무 많은 시간을 할애하고 있는 문제를 인식하고, 아크(Arc)와 같은 제도적 실험을 추진하게 됨
 - 연구자들에게 연구에 있어 '열정과 자유'를 부여하고, 연구자는 실패할 수도 있는 프로젝트를 위험을 감수하고서라도 수행할 수 있게 됨을 의미함
 - 어떤 환경에서 우수한 과학적 성과가 배출될 수 있는지에 대한 실험이기도 함
- 학제 간 협업을 통해 호기심 중심의 탐색적 연구, 목표지향적 연구를 동시에 추진
- 연구소 설립 초기인 현재는 생물학적 메커니즘에 대한 규명이 필요한 신경퇴행, 암, 면역기능장애와 같은 복잡한 질병에 초점을 맞추어 예정이고 각 질병을 담당하는 연구그룹은 기술개발센터(Technology Development Centers)라는 이름으로 불림
 - 연구자들은 협력기관인 스탠퍼드대, UCSF, UC 버클리에서 교수직을 맡을 수 있고, 이들 대학의 학생들은 아크(Arc)에서 박사학위를 취득할 수 있음
 - 기술개발센터를 중심으로 바이오의학 분야의 문제를 해결하기 위해 생물학, 컴퓨터공학 등 다양한 분야의 전문성을 지닌 연구자들이 협업
 - 아크(Arc)는 2025년까지 점진적인 성장을 이를 계획이며, 1단계에서는 10~15명의 연구자를 고용하고, 개별 연구자들은 10~20명의 교육생, 연구자, 기술자를 고용할 수 있도록 할 예정이며, 5년 이내에 5개의 기술개발센터 각각이 약 150~350명의 과학기술인력으로 구성된 조직으로 성장할 것으로 내다 봄
- 미국 국립보건원(National Institutes of Health: NIH)나 국립과학재단(National Science Foundation: NSF)과 같은 공공부문 연구지원의 보완적인 모델
- NIH나 NSF의 기관은 과제 지원여부를 결정하기까지 오랜 시간이 소요되고, 경쟁을 통한 연구비 수주 방식으로 인해 연구자들은 지원서 작성에 많은 시간을 투입하고 있음
 - 아크(Arc) 모델은 NIH와 NSF의 연구비 지원 과정에서 문제를 삼는 것이 아니라 단순히 이들의 연구비 지원만이 연구자들이 선택할 수 있는 유일한 수단일 때 학술생태계의 건전성이 위협받을 수 있음을 경계하기 위해 제안
 - 아크(Arc)의 성공을 가늠하는 지표는 1) 연구자들이 자신들의 연구에 집중할 수

융복합 집단연구 활성화 방안

있는지, 2) 연구의 성과를 통해 도출한 새로운 발견이 세상을 더욱 이롭게 만드는 데 기여하는지에 있음

- 영국 최대의 공영 방송사 BBC는 산학 전문가들과 파트너십을 형성하여 미디어 산업 데이터를 활용 다양한 집단연구 추진(BBC 홈페이지, 최종접속일 2022.1.22.)
 - 영국 방송사 BBC는 미디어와 관련한 데이터를 활용하여 문화 및 경제 발전에 대한 잠재력을 발굴하기 위해 추진되는 5년간의 산학 파트너십을 추진
 - 영국 내 데이터 과학자 부족 문제를 해결하기 위해 브리스톨, 맨체스터, 에든버러 등 8개 대학과 파트너십을 형성하여 학생들이 실제 현장의 문제를 학습할 수 있는 기회를 제공
 - 이 파트너십은 미디어 산업에서 머신러닝의 선두를 점하고, 새로운 방식으로 정보를 제공함으로써 보다 개인화된 BBC를 만들어 가는데 기여하기 위한 목적에서 형성
 - 파트너십은 2017년부터 2022년까지 5년간 진행될 예정임
 - BBC의 데이터 중심 연구 파트너를 지원·관리하는 조직을 구성고, 이 조직을 통해 자체 혹은 정부 자원과 매칭하여 산학 연구자와 연구센터와 집단연구 지원
 - 영국 대학과 데이터 과학 및 머신러닝 분야 전문가들이 모여 데이터 과학 연구 파트너십(Data Science Research Partnership: DSRP) 구성함
 - DSRP는 BBC와 연구기관 협력 과제를 발굴·관리하며, 지금까지 40개 이상의 과제가 수행됨
 - 이 밖에 데이터 과학 분야의 박사과정을 지원하기 위해 퀸 메리 대학(Queen Mary, University of London)의 인공지능 및 음악 연구센터(Artificial Intelligence and Music: AIM), 데이터 중심 엔지니어링 센터(Data Centric Engineering: DCE), 유니버시티 칼리지 런던(University College London)의 데이터 사이언스 센터(data-intensive science)의 설립도 지원
 - 영국 연구혁신기구(UK Research and Innovation: UKRI) 산하 공학·물리학 연구회의(Engineering and Physical Sciences Research Council: EPSRC)와 연구비를 매칭하여 산학 협력 과제도 지원
 - DSRP에서 다루는 연구는 크게 4개의 주제로 구분하며, 이 파트너십에서 다루는 데이터셋은 BBC에서 생성한 것으로 제한함

- (시청자 이해) 데이터를 활용하여 시청자들이 BBC에게 무엇을 원하고, 왜 원하는지 파악하며, 이러한 프로그램이 시청자에게 어떤 영향을 미치는지 이해
- (콘텐츠 이해) 머신러닝이 BBC 프로그램과 서비스에 대해 주는 함의
- (큐레이션 및 개인화) 더욱 개인화된 BBC 프로그램을 설계하고, 프로그램 제작자들이 활용할 수 있는 편집 도구 및 알고리즘 개발
- (미래의 콘텐츠) 새롭고 혁신적인 시청자의 경험을 설계

■ 일본은 「프로그램 매니저(PM)의 육성·활약 추진 프로그램」을 통해 프로젝트 관리자를 양성(科学技術イノベーション人材育成プログラム 홈페이지, 최종접속일 2021.12.25.)

- 2015년부터 일본은 새로운 지식 생산을 통한 가치창출 과정에서 다양한 연구수행 주체 간의 연계 역량에 대한 중요성을 인식하여 프로그램 매니저(PM) 육성 사업을 추진
 - 일본의 과학기술진흥기구(JST)에서는 국내외 인재, 지식, 자금을 활용하여 새로운 가치창출 및 사회혁신을 가속화하기 위해서 대학, 공공기관, 기업을 연계·관리하는 프로그램 매니저(PM)에 대한 중요성을 인식
 - 이에 2015년부터 「프로그램 매니저(PM)의 육성·활약 추진 프로그램」을 추진하고 있으며, 2021년 수립된 「제6기 과학기술·이노베이션 기본계획」에서도 이와 관련한 내용이 핵심 과업에 포함됨
 - 혁신과정에서 프로그램 매니저가 중요하게 등장하여 다양한 이해관계자와 함께 융합 연구를 수행하는 사례는 2017년부터 추진된 「미래사회 창조사업」, 「Moon Shot형 연구개발사업」, 2020년부터 추진되는 「공창의 장 형성 지원 프로그램(COI-NEXT)」이 있음

<참고> 일본 「제6기 과학기술·이노베이션 기본계획」의

일부

일본의 「제6기 과학기술·이노베이션 기본계획」에서는 종합지식에 의한 사회변혁, 지식 및 인재에 대한 투자의 선순환을 형성하기 위해 아래의 정책을 추진

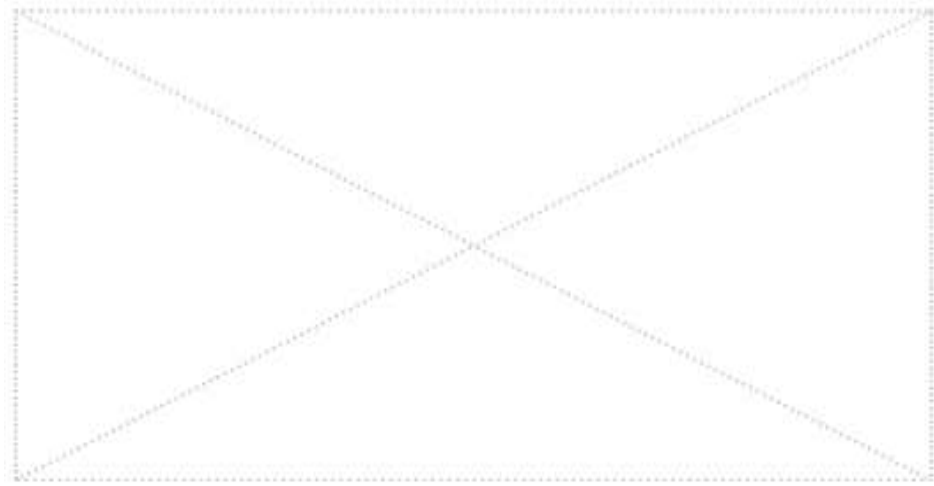
- 사회구조개혁: 지속적인 산학관 연계 프로젝트 추진, 사업의 고도화를 지원하는 관리체제의 구축, 다양한 이해관계자를 위한 가치 창조의 장이 되는 오픈 이노베이션 거점의 정비 등을 추진하고, 대학, 국립 연구개발법인, 연구기관, 기업 등의 연계를 지원
- 연구역량의 강화: URA(University Research Administrator) 등의 매니지먼트 인재, 엔지니어(대학 등에서 다양한 연구를 지원하는 기술 직원을 포함)의 고도의 전문직 인재가 하나가 된 팀 방식의 연구체제를 구축할 수 있도록 2021년 중에 전문직으로서의 질을 담보하고, 처우의 개선에 관한 제도를 실시. 이를 통해 박사 인재를 포함한 전문직 인재의 유동성, 캐리어 패스의 실현을 지원
- 새로운 사회를 지향하는 인재의 육성: 이노베이션 창출과 관련된 매니지먼트 인재를 비롯하여, 다양한 이노베이션 인재를 확보함과 동시에 인재의 유동성을 높여 질을 향상할 수 있도록 이노베이션 인재의 육성과 활약의 장을 창출

○ 이 프로그램은 강의, 연습, 매니지먼트 실천을 통해 연구개발을 주도하는 프로그램 매니저를 육성

- 이 프로그램이 추구하는 인재상은,

- 1) 실현하고자 하는 미래사회를 상상하면서 도전해야 할 사회 과제를 스스로 설정한 후에 연구 성과와 기술의 융합을 통해 경제·사회에 큰 혁신을 불러오는 목표를 실현하기 위해 도전적인 연구개발 프로그램을 기획할 수 있는 인재,
- 2) 조직의 경계를 넘어 뛰어난 연구자, 기술자와 협동하여 다수의 프로젝트를 실행·관리 할 수 있는 인재

[그림 3-10] 일본 「프로그램 매니저(PM)의 육성·활약 추진 프로그램」에서 추구하는 인재상



자료: 科学技術イノベーション人材育成プログラム 홈페이지(최종접속일 2021.12.25.)

- 이 프로그램에서는 연구 관리를 개인연구, 사업화, 중·대형 프로젝트의 3개 유형으로 구분,
 - 1) 연구 경력이 있는 PM: 자신의 연구 성과와 연구 분야에 대한 지식을 강점으로 활약하는 인재,
 - 2) 기업, 연구개발법인 등에서 개발·사업화 경험 등을 배경으로 한 PM: 자신의 사업화 경험으로 축적 된 전문 관리 지식과 네트워크를 강점으로 활약하는 인재,
 - 3) 연구개발 프로젝트의 관리자로서 경험을 살리는 PM: URA(University Research Administrator), 연구개발법인의 연구개발 관리 업무, 지원기관에서의 프로그램 운영을 통해 쌓인 전문적인 관리 역량을 강점으로 활약하는 인재
- 연수 과정이 종료된 후, 수료생 간에 네트워크 구축, 정보 교류를 통해 연구 관리자로서의 활동을 지원
- 이 프로그램은 멘토의 조언을 받으며 스스로 고안한 제안서를 작성(제1 스테이지)하고, 이를 실행(제2 스테이지)하는 과정까지로 구성
- (제1 스테이지, 1년) 약 20명의 연수생은 강의·연습을 통해 필요한 지식·스킬을 습득하고, JST가 위촉한 멘토의 조언을 받으며 필요에 따라 관련 연구를 수행하는 대학, 연구기관, 기업의 관계자를 대상으로 인터뷰 등 정보수집 활동을 실시. 스스

로가 구상하는 연구개발 프로그램의 제안서를 작성하고, 이 기간 동안 인적 네트워크를 구축하게 됨

- (제2 스테이지, 1~2년) 제 1스테이지에서 작성한 제안서를 위원회가 심사하여 약 7명이 제 2스테이지로 진입할 수 있음. 제 2스테이지에 참가하는 연수생은 멘토에게 조언을 받으면서 제안서의 실현가능성을 확인 활동을 통해 연구개발 시나리오를 고도화함과 동시에 PM에게 필요한 능력을 습득. 제 2스테이지의 과제 수행 비용은 JST가 1인당 5백만엔(한화 약 5,200만원)까지 지원

[그림 3-11] 일본 「프로그램 매니저(PM)의 육성·활약 추진 프로그램」의 구성



자료: 科学技術イノベーション人材育成プログラム 홈페이지(최종접속일 2021.12.25.)

<참고> 일본 「프로그램 매니저(PM)의 육성·활약 추진 프로그램」의 구성

- 제1 스테이지
 - (일정) 교육은 1년간 원칙적으로 매월 둘째, 넷째주 금요일 오후에 JST 도쿄 본부/별관에서 개최
 - (교육과정) 그룹워크를 중심으로 한 실천적인 강의 제공

구분	강의·연습내용	연수방식	교육시간	목적별 구분
I-1	사례 해석	강의·연습	4.5h	일반적인 능력
I-2	제안서 발표회	발표	24.0h	
II-1	시나리오 플래닝	강의·연습	4.5h	사회의 수요를 파악하는 능력
II-2	비즈니스모델 이노베이션	강의·연습	4.5h	
II-3	이노베이션 창출	강의	1.5h	
II-4	스타트업·벤처 개론	강의·연습	4.5h	
III-1	사고전개법	강의·연습	12.0h	새로운 가치를 창조하는 능력
III-2	프로그램 디자인	강의·연습	4.5h	
III-3	Logical Thinking	강의·연습	4.5h	
III-4	PM×Convergence	강의·연습	4.5h	
IV-1	미래 시나리오 세션	강의·연습	4.5h	프로그램을 추진하는 능력
IV-2	모티베이션 매니지먼트	강의·연습	3.0h	
IV-3	조직매니지먼트	강의·연습	4.5h	
V-1	지적전략	강의·연습	3.0h	프로그램을 관리하는 능력
V-2	매니지먼트 사례	강의·연습	3.0h	
V-3	연구논리	강의(온라인)	3.0h	

- (제안서) 교육과정에서 습득한 지식, 그룹활동에서 얻은 발상을 최대한 활용하여 스스로 기획한 주제에 대한 연구개발 사업의 제안서를 작성. 제안서의 주제를 설정하는데 필요한 정보를 획득하기 위해 개별적으로 전문가 인터뷰·기업 방문, 사회 활동 등을 통해서 조사·분석 실시
- 제2 스테이지
 - (대상) 제 1 스테이지 연수생으로서 제 2 스테이지의 연수를 희망하시는 자가운데 서류전형 및 면접을 통해 7명의 연수생을 선발
 - (기간) 제안서의 내용에 따라 기간은 상이하지만, 최장 2년으로 설정
 - (지원) 연수생의 소속기관과 JST 간에 위탁 계약을 체결한 후에 연수생에게 최대 5백만엔(한화 약 5,200만원) 정도의 경비를 지원
- 멘토의 역할
 - 연수생이 습득해야 할 지식, 스킬에 관한 조언
 - 연수생이 생각한 기획을 구체적인 제안서로 작성하기 위한 조언
 - 제2 스테이지의 활동에 필요한 조언
 - 경력경로 형성 및 연수에 필요한 조언

3.4. | 소결 및 시사점

■ 주요국은 최근 경제·사회적 문제를 해결하기 위한 미션 중심의 집단연구가 추진

- 미션을 설정하는 방식은 국가마다 차이가 있으나 국가의 장기 비전을 실현하기 위한 수단으로 집단연구 중심의 사업을 추진
 - 기술적 목표를 제시하는 것에서 나아가 국가가 직면한 현안이나 미래 사회의 변화를 이끌어낼 목적에서 임무가 설정됨
 - 디지털 전환이라는 비전을 달성하기 위한 인공지능 기술의 발전 및 응용, 탄소제로 사회를 이루기 위한 청정에너지 기술 개발 및 기후변화 대응을 목표로 둔 집단연구가 각국에서 추진
 - 일본은 대국민 조사를 통해 선호하는 미래 가치를 조사하고, 이를 달성하기 위한 단계적인 목표를 제시해 나가는 미래연구방법론을 적용함으로써 미션을 설정함
 - 영국 사례에서는 연구개발을 통해 이루고자 하는 국가 차원의 비전이 제시되고, 각 사업은 관련 기술 분야와 연계되어 비전을 실현하게 위해 달성해야 할 임무가 주어져 중장기적으로 추진됨을 알 수 있음
- 미션 중심의 사업은 세부과제 간, 참여 주체 간의 유기적인 연계가 중요하며 이는 중간·고위급 프로젝트 관리자의 역량이 사업의 성패에 중요하게 작용함을 의미
 - 연구자 외에 사용자 및 이해관계자까지 사업에 참여하므로 주체 간 조정이 사업 추진에 중요한 요인으로 등장
 - 사업에서 해결해야 할 문제의 복잡도가 높으므로 사업을 구성하는 세부과제(모듈)의 체계적인 설계와 결과물의 유기적인 통합이 중요함
- 연구개발과 실증이 함께 이루어는 경향이 있으며, 실증 시설 구축·활용을 위해 중대형 규모의 사업이 추진되므로 대규모 낭비를 방지하기 위한 조치가 마련될 필요
 - 연구 및 기술개발뿐 아니라 기술을 시장으로 연계하는 실증 시설 구축·활용이 모두 패키지로 단일 사업에 포함되므로 대규모 투자가 수반되는 경향이 있음

- 일본의 경우 본격적 실증연구에 앞서 대규모 낭비를 막는 안전장치로 단기간 동안 소규모의 기술적 타당성을 탐색하는 연구를 추진하여 신속한 실패(fast failure)를 가능케 함
- 사업의 추진과정에서 미션의 달성가능성과 진도를 상시 검토할 필요
 - 기술적 불확실성과 시장 및 혁신환경의 급격한 변화로 인해 미션을 달성할 수 있을지 여부를 사전에 쉽게 판단할 수 없는 도전적인 임무가 주어지므로 사업의 진도와 임무의 실현가능성을 상시로 검토할 필요가 있음
 - 일본은 이를 스테이지 게이트(SG) 평가를 도입하여 기술적 타당성을 검토하고, 사업의 진행 과정에서의 컨설팅을 제공하며, 최종적으로 과업의 진행여부를 결정함
 - 영국 수소시연 프로그램(Hy4Heat)에서는 감리를 담당하는 주체가 별도로 지정되어 있으며, 주무 부처에서는 주요 과업의 진행여부를 결정

<표 3-7> 주요국의 집단연구 지원 사업 요약

	일본 미래사회창조사업	독일 인공지능 연구센터	영국 친환경 항공우주 기술 프로젝트	영국 난방용 수소 시연 프로그램
목적	경제·사회에 바람직한 영향을 미치게 될 도전적 연구 수행	<ul style="list-style-type: none"> • 사회적 영향력과 학문적 수월성이 큰 인공지능 연구 수행 • ‘인간 중심의 인공지능’ 연구 추구 	2030년까지 배기가스 배출 제로 항공 서비스 제공	2030년까지 저탄소 수소 생산능력 5GW 확보 및 탄소 7% 저감
사업기간	2017~	1988~	2021~2025	2017~
집단연구 유형	<ul style="list-style-type: none"> • 경제사회적 영향력 강조 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제사회적 영향력 강조 • 실증시설을 구축하여 혁신 인프라 병행제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제사회적 영향력 강조 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제사회적 영향력 강조 • 실증시설을 구축하여 혁신 인프라 병행제공
임무 설정	대국민 대상의 선호미래 조사결과를 실현하고자 백캐스팅(backcasting) 기법 적용	공공민간 수요에 대응한 기초~응용연구를 수행하나 ‘인간중심 인공지능’ 연구의 원칙 준수	영국정부의 녹색 산업혁명 10대 기술, 미래항공 연구개발 로드맵에 따른 임무	영국정부의 녹색 산업혁명 10대 기술의 일환
세부과제 구성	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 기술 타당성 탐색을 위한 소규모 과제와 본격적인 실증연구를 지원하는 대규모 과제, 2-track으로 구성 • 개별 세부과제는 병렬 추진 	안정적인 기관운영비 없이 외부의 연구 수요에 탄력적 대응	<ul style="list-style-type: none"> • 다수의 대형과제로 구성되며, 과제규모는 연구 내용에 따라 차이 • 개별 세부과제는 병렬적 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 10개의 세부과제로 구성되며 과제 규모는 연구 내용에 따라 차이 • 개별 세부과제의 연구결과를 조합하여 전체 사업의 목적이 달성
연구 단계	원천기술개발~실증	기초연구~응용/실증	응용/실증	응용/실증
특이 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 단계평가를 통해 연구의 지속(확대)/종료 여부 결정 • 기술타당성의 확인을 기준으로 소규모/대규모 과제로 전환하는 하이브리드형 	<ul style="list-style-type: none"> • ‘인간 중심의 인공지능’ 연구를 실현하기 위한 별도의 윤리팀 구성 • 분야별 연구팀과 특정 주제에 대한 범기관 차원의 가상 연구팀으로 구성된 매트릭스형 조직 구조 	<ul style="list-style-type: none"> • 영국은 2050년까지 넷제로 달성에 대한 목표가 법적 구속력을 지닌 국가 • 영국이 선도하는 항공기술을 응용하여 넷제로를 달성하고, 일자리 창출 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업조정을 위해 관련 공공·민간 단체 참여 • 사업자문으로 산·학·실무 전문가 참여 • 사업 성과로 논문/특허가 아닌 안전성평가 규정, 수소 생산능력이 제시

자료: 연구진 작성

■ 집단연구에 요구되는 임무를 달성하기 위한 안정적 연구환경 조성, 프로그램 매니저 역량강화와 복잡한 의사결정을 보완할 신속한 지원방식이 새로이 시도

○ 집단연구에 주어진 도전적인 임무를 달성하기 위해서는 연구자들의 연구 몰입도가 필수적으로 요구

- 대형·장기 집단연구는 대개 해결해야 할 문제의 난이도가 높아 해당 연구에 대한 연구자들의 몰입도가 임무의 달성여부와 직결됨
 - 그러나 실제 연구자들은 인건비 확보, 연구의 연속성 등의 문제로 동시에 여러 개의 과제를 수행해야 하는 부담을 안고 있음
 - 연구자들이 사업에 집중할 수 있도록 안정적으로 연구비를 제공함으로써 도전이 활발하게 이루어지는 연구환경을 조성할 필요가 있음
- 프로그램 관리자로서의 역량을 정의하고, 이를 함양도록 지원할 필요가 있음
- 앞서 임무중심연구를 기존 연구개발과 비교했을 때, 그 차이를 여러 세부과제에서 창출한 연구성과를 조직화하는 프로그램 매니저의 역할이라 지적한 바 있음
 - 프로그램 매니저는 연구 역량뿐 아니라 협업 및 의사결정 능력, 리더십, 과제 설계 역량, 의사소통 능력, 책임감 등 다양한 역량을 요구
 - 하나의 집단연구가 다수의 단위 과제로 구성되어 과제 간 복잡한 위계를 갖는다고 가정할 때, 중간급·고위급 프로젝트 매니저의 역할과 역량을 규정하고 이를 확보하여 프로젝트 관리의 기준선(baseline)을 확보할 필요가 있음

<표 3-8> 집단연구 지원과 관련한 새로운 움직임

	Fast Grant	미국 아크(Arc)	영국 BBC의 데이터 중심 연구 파트너십	일본 PM 육성·활약 추진 프로그램
배경	기존에 느린 연구비 결정 프로세스는 위급상황(COVID-19)에 신속한 대응이 어려움	연구자들이 경쟁 방식의 연구비 수주에 너무 많은 시간을 할애	영국 내 데이터 과학자 부족 문제를 해결하고, 새로운 정보를 제공하여 보다 개인 맞춤형 BBC를 만들기 위함	연구개발 수행 과정에서 다양한 연구수행주체 간 연계 역량의 중요성 인식
지원 주체	민간재단 이머전트 벤처스	캘리포니아 지역 대학 연합	영국 공영 방송사 BBC	과학기술진흥기구(JST)


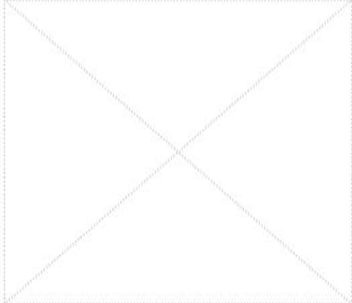
	Fast Grant	미국 아크(Arc)	영국 BBC의 데이터 중심 연구 파트너십	일본 PM 육성·활약 추진 프로그램
내용	<ul style="list-style-type: none"> • 14일 이내에 연구비 지원 여부 결정 • 최근 6개월 이내 COVID-19 연구를 진행하고, 이의 완료에 추가자금이 필요한 연구자 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 장기(8년) 연구비를 지원하여 자유로운 연구 수행 장려 • 연구자들이 추가 연구비 수주에 시간을 할애하지 않도록 안정적 연구비 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 8개 대학과 파트너십을 형성하여 데이터 과학 중심의 과제, 조직 지원 • 미디어 산업 현장의 문제를 해결하고자 BBC에서 제공하는 데이터 활용 	<ul style="list-style-type: none"> • 팀 방식의 연구를 효과적으로 추진할 수 있도록 PM 육성 • 연수프로그램, 멘토로부터 PM 활동 지원
시작년도	2021	2021	2017	2015
시사점	연구 단절을 방지하기 위한 신속한 연구비 지원절차 수립	주어진 연구에 몰두할 수 있도록 다른 과제 수행에 대한 부담을 줄이는 안정적 연구 환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 중심의 산학 집단연구를 지원 • 다양한 주제들 간의 파트너십을 관리하기 위한 전담 조직 구성 	문제 및 이해관계자의 복잡도가 높아지는 집단연구를 효과적으로 수행할 수 있는 매니저급 인력의 양성

자료: 연구진 작성

- 대형 집단연구는 대규모 자원이 투입되는 관계로 의사결정에 걸리는 시간이 길어지는 한계가 있어 이를 보완할 수 있는 신속한 지원 방식을 고려할 필요가 있음
 - 본격적인 자원이 투입되기 전에 앞서 시험적인 연구를 수행할 수 있도록 소규모 과제를 지원하고, 이 때 발빠르게 변화하는 혁신 환경에서 투자시기를 놓치지 않도록 신속한 지원 결정이 이루어져야 할 필요가 있음
- 연구 환경에도 디지털화가 진행되면서 집단연구 프로세스의 설계 및 진행에도 변화가 필요
 - 응용을 목표로 하는 집단연구는 대개 원천기술의 개발 이후 실증이 뒤따르게 되는데, 데이터 중심의 연구 환경에서는 빠른 속도로 실험이 이루어지고, 후속 단계와 유기적으로 진행될 수 있으므로 집단연구 설계에도 변화가 필요함
 - 이는 원천기술 개발에서부터 실증이 순차적으로 진행되는 것이 아니라 동시에 진행될 수 있으므로 연구 초반부터 실증을 위한 지원이 이루어질 가능성이 있음을 의미하기도 함
 - 또한 집단연구를 통해 생성되는 데이터 관리를 위한 절차가 마련되어야 할 것이며, 집단연구를 통해 만들어진 데이터를 중심으로 외부와의 추가적인 협력도 가능함을

시사함

[그림 3-12] 디지털 전환으로 인한 연구개발 프로세스 변화

기존 연구개발 프로세스	연구개발 프로세스 변화
	

자료: Tetradis-Meris(2019: 2, 19)

4

우리나라의 집단연구 현황

4.1. 국가연구개발 사업

4.2. 주요 사업의 협력 네트워크

4.3. 집단연구를 통한 논문 성과

4.4. 소결 및 시사점

4. 우리나라의 집단연구 현황

■ 우리나라 집단연구 현황에 대한 기초자료 부재

- 집단연구는 개인연구와 대비되는 주요 연구 수단으로 오랜 동안 추진되어 왔으나 구체적 수행 방식에 대한 정보는 부족
- 최근 집단연구는 단순하게 다수의 연구자가 모여 연구를 수행하는 것이 아니라 연구 내용을 구조화하여 복잡한 문제의 해결을 강조하고 있으므로 집단의 조직화 수준의 측면에서 집단연구를 조명할 필요
 - 단순히 집단연구의 중요성을 강조하는 것에서 나아가 최근에는 집단연구에 시간적 속성(temporality)을 추가하여 시간이 흐름에 따라 집단연구가 어떻게 성장해가고, 연구팀이 어떤 역동성을 보이는지에 대한 연구가 주목을 받음(Shuffler, Salas, and Rosen, 2020)
- 집단연구를 통해 생산된 논문 성과를 조명하여, 미국, 일본 등 국제 국가와의 협동연구 현황을 비교

■ 집단연구의 지원과 연구의 조직화의 관점에서 우리나라 집단연구 현황 파악하고, 외국 사례와 비교했을 때 국내에 적용할 수 있는 시사점 도출

- 집단연구를 수행하는 국가연구개발과제의 현황을 파악하고, 과제별 연구비와 연구진의 규모를 분석
 - 전반적인 수준에서 우리나라 집단연구의 주요 방식(대형/중형/소형)을 파악하기 위함
- 연구과제별 공저자 네트워크 분석을 통해 연구진 혹은 공동 연구자 간의 상호작용을 구조적으로 분석
 - 주요 집단연구 지원사업을 대상으로 집단연구의 조직화 수준을 가늠하기 위함
- 국내외 사례 분석 결과를 비교하여 국내 집단연구 사업의 효율적인 추진에 있어서 적용할 수 있는 시사점을 도출

- 논문 성과를 분석하여 전반적인 집단연구 현황 및 우수성과의 연구진 구성 파악

4.1. | 국가연구개발 사업

■ 국가연구개발과제 단위에서 우리나라 집단연구(공동연구)의 변화 파악

- NTIS에서 박사급 연구자로 참여연구진을 한정하여 공동연구의 규모 파악
 - 집단연구에 대한 명확한 정의는 없지만 NTIS 분석에서는 교육의 속성을 지닌 국가 연구개발과제를 제외하고자 독립적인 연구자 2인 이상이 참여하는 과제를 집단연구로 간주함
 - 과제별 참여연구진 분포에서 박사급 연구원 50명 이상으로 구성된 집단연구는 드물어 본 분석은 박사급 참여연구자가 2명 이상 ~ 50명 미만인 과제를 대상으로 수행함
- 시간의 흐름에 따른 집단연구의 변화를 살펴보기 위해 2011, 2015, 2020년도 NTIS 데이터를 활용함

<표 4-1> NTIS의 집단연구 과제 수

(단위: 건, %)

구 분		2011년	2015년	2020년
전체 과제 수		41,033	53,770	71,888
2명 이상의 박사급 연구자 참여	과제 수	8,250	13,784	18,307
	비중	20.1	25.6	25.5
50명 이상의 박사급 연구자 참여	과제 수	81	14	27
	비중	0.2	0.03	0
100명 이상의 박사급 연구자 참여	과제 수	21	3	4
	비중	0.05	0	0
박사급 연구원 2명 이상 ~ 50명 미만 참여 과제의 수		8,169	13,770	18,280

자료: 연구진 작성

- 집단연구의 특성을 설명하는 주요 속성은 규모이므로 연구비와 집단연구에 참여하는 연구자의 수에 대한 분석을 실시함
 - 연구진 규모는 8개 구간으로 구분
 - ①2명 이상~4명 미만, ②4명 이상~6명 미만, ③6명 이상~8명 미만, ④8명 이상~10명 미만, ⑤10명 이상~15명 미만, ⑥15명 이상~20명 미만, ⑦10명 이상~30명 미만, ⑧30명 이상
 - 연구비는 정부투자연구비를 기준으로 하며, 과제마다 연구비 규모가 상이하므로 연구비를 총 10개의 구간으로 구분하여 현황을 파악
 - ①3천만원 미만, ②3천만원 이상~5천만원 미만, ③5천만원 이상~1억원 미만, ④1억원 이상~2억원 미만, ⑤2억원 이상~3억원 미만, ⑥3억원 이상~5억원 미만, ⑦5억원 이상~10억원 미만, ⑧10억원 이상~20억원 미만, ⑨20억원 이상~30억원 미만, ⑩30억원 이상
- 주요 연구수행주체인 대학과 출연연구소에서의 집단연구를 선별하여 연구진과 연구비 규모를 분석
 - 주관연구기관을 기준으로 대학과 출연연구소의 연구를 구분

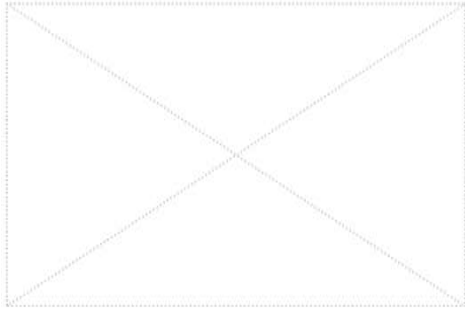
4.1.1. 국가연구개발과제 전체

■ 최근 2인 이상~4인 미만의 집단연구 증가

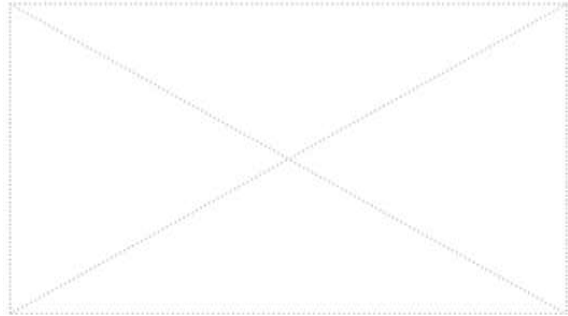
- 국가연구개발과제 기준, 2명 이상 50명 미만의 박사급 연구자가 참여하는 집단연구는 최근 평균 4억원 규모의 연구비로 수행되고, 5명의 박사급 연구자가 참여
 - 박사급 참여연구원 수를 파악했을 때, 평균적으로 2011년은 7.0명, 2015년 5.05명, 2020년 5.14명으로 구성
 - 연구비 평균은 2011년 5억 1천 9백만원, 2015년 3억 6천 2백만원, 2020년 4억 3천 8백만원

[그림 4-1] 연도별 박사급 참여연구원 및 연구원 변화

<연도별 박사급 참여연구원의 수>



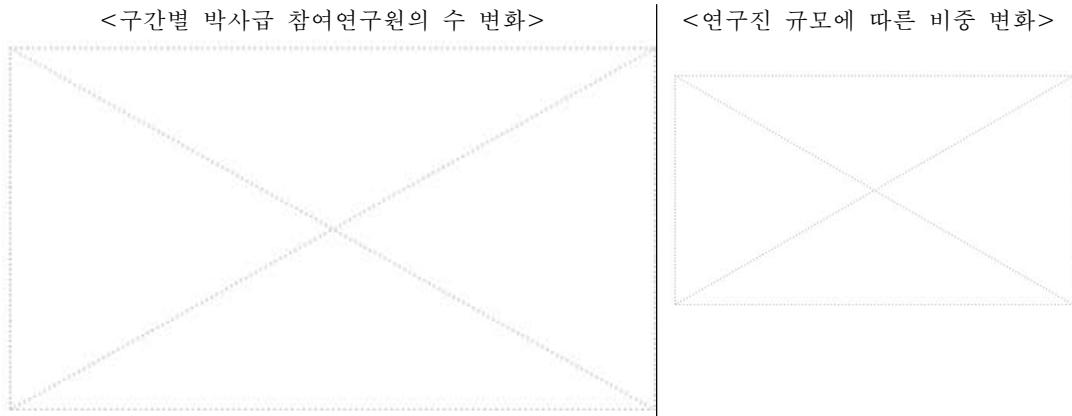
<연도별 박사급 참여연구원 및 연구비 규모>



자료: 연구진 작성

- 참여연구진의 수를 구간에 따라 구분했을 때, ‘2인 이상~4인 미만’의 소규모 집단연구의 비중이 확대되고 있음
 - 집단연구의 규모가 커질수록 전체 집단연구 과제에서는 비중이 감소하는데, 이는 집단연구의 규모가 커질수록 드물게 수행되는 연구 방식임을 의미
 - ‘2인 이상~4인 미만’의 소규모 집단연구는 2011년 전체 집단연구의 36.5%를 차지했고, 그 비중은 2020년에는 집단연구의 절반이 넘는 52.1%로 확대
 - 반면, 10인 미만의 집단연구의 비중은 2020년 들어 모두 감소
 - ‘30명 이상’이 참여하는 대형 집단연구의 비중은 2015년 이후 1% 미만에 불과

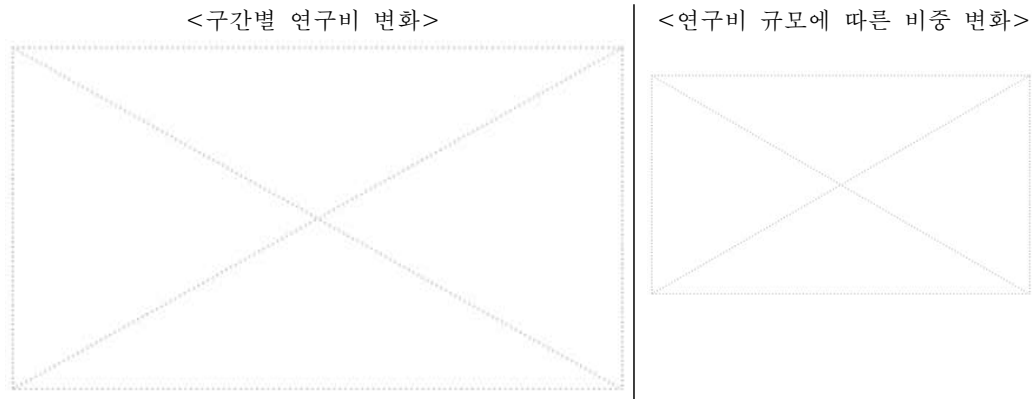
[그림 4-2] 연도별 박사급 참여연구원 수 및 비중 변화



자료: 연구진 작성

- 집단연구를 수행하는 연구과제는 5천만원 이상 ~ 2억원 미만이 다수

[그림 4-3] 연도별 연구비 및 비중 변화



자료: 연구진 작성

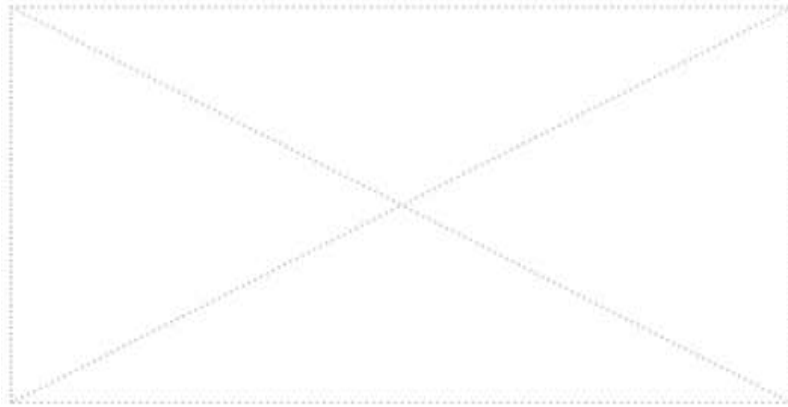
- 2011년과 2020년은 1억원 이상~2억원 미만의 과제의 비중이 각각 23%, 23.6%로 해당 년도에서 가장 컸으며, 2015년은 5천만원 이상~1억원 미만의 과제가 전체의 27.5%로 가장 큰 비중
- 최근 들어 '5억원 이상 ~ 10억원 미만'의 과제의 비중이 13.1%로 확대

■ 소형 집단연구는 8명 미만, 대형 집단연구에 20명 이상이 참여

○ 연구비와 연구진 규모가 교차하는 지점에 해당 과제 수를 표시

- 해당 지점의 과제 수가 많을수록 진한 색으로 나타나므로 2020년 기준 연구비 '1억원 이상~2억원 미만'에 '2명 이상~4명 미만'이 참여하는 구간이 가장 진하게 표시
- 지난 10년간 연구비 '5천만원 이상~2억원 미만'이며 '2명 이상~4명 미만'이 참여하는 과제가 가장 많음

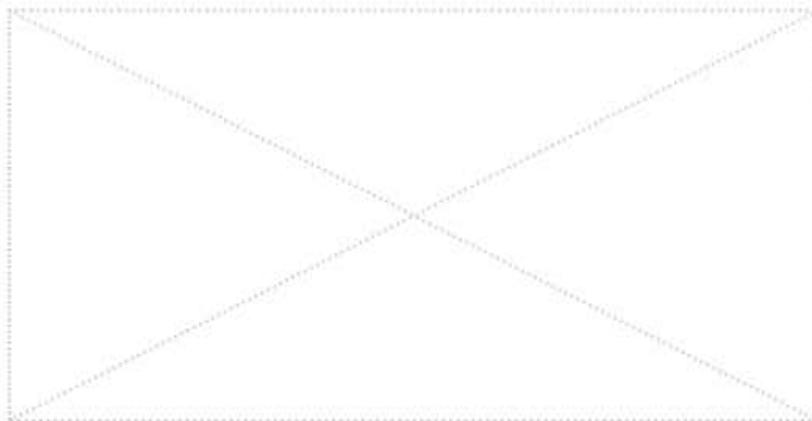
[그림 4-4] 집단연구의 연구진 및 연구비 규모 변화



자료: 연구진 작성

- 각 구간마다 최솟값을 표시한 결과, 10억과 30억을 기준으로 연구비에 따라 연구진의 규모가 바뀌는 경향
 - 특히, 10억 미만의 과제는 ‘2명 이상 ~ 4명 미만’의 연구자들 간에 협력, 10억원 이상 ~ 30억원 미만인 과제는 ‘10명 이상 ~ 15명 미만’인 연구자들 간 협력, 30억원 이상인 과제에서는 20명 이상의 연구자들 간의 협력이 다수

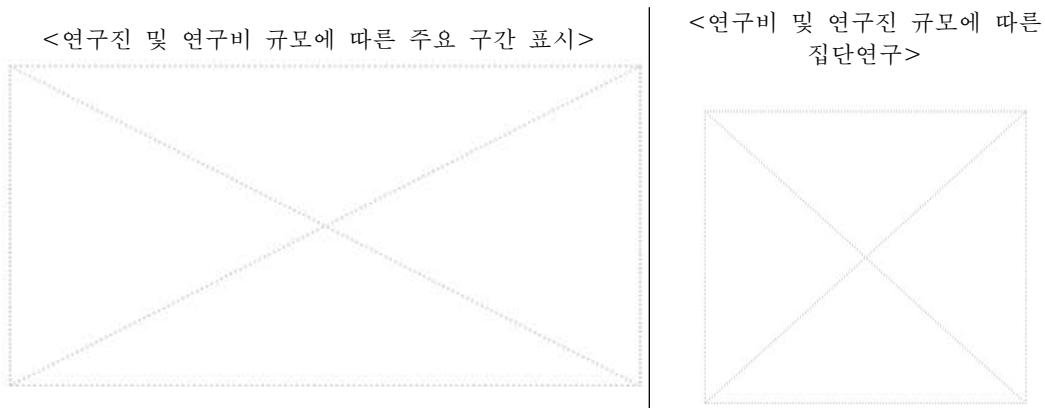
[그림 4-5] 집단연구의 연구진 및 연구비 규모 변화 - 최댓값 표시



자료: 연구진 작성

- 집단연구에 참여하는 연구자와 연구비에 대한 구간별 최솟값을 중심으로 그룹화 하면, 크게 대형, 중형 소형의 세 개 유형으로 구분할 수 있음
 - (대형)20명 이상의 연구진이 협력하고, 30억 이상인 과제가 다수
 - (중형)대형과 소형 집단연구의 중간으로 중형 집단연구의 영역이 명확히 구분되지는 않으나 6명 이상~ 20명 미만이 협력. 소형 집단연구와 일부 영역이 중첩되며 5억원 이상 ~ 30억원 미만 대에서 연구비 형성
 - (소형)대체로 2명 이상~8명 미만의 연구진, 연구비 10억 미만인 과제에서의 협력으로 가장 흔하게 수행되는 집단연구

[그림 4-6] 연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 집단연구 영역 - 국가연구개발사업 전체



자료: 연구진 작성

■ 소형 집단연구는 ‘자유공모형’ 과제, 중·대형 집단연구는 ‘품목지정형’이 큰 비중

- 2020년도 NTIS 데이터를 기준으로 구간별 주요 집단연구 과제를 살펴보면, 소형 집단연구는 과제 기획 및 수행 방식 중 ‘자유공모형’이 다수를 차지하는 반면, 중·대형 집단연구는 ‘품목지정형’의 비중이 큼⁴⁾
 - 소형 집단연구는 자유공모, 품목지정, 하향식의 과제가 고르게 구성되어 있으나 그 중에서도 자유공모형 과제가 가장 많음

4) 참고로 2020년도 NTIS의 71,888개의 전체 과제 가운데 자유공모형:품목지정형:하향식 과제의 비중은 0.68:0.14:0.18이며, 개인연구과제 즉, 박사급연구자가 1인으로 구성된 과제(41,717개)는 자유공모형:품목지정형:하향식의 비중이 0.84:0.06:0.1

- 중형 집단연구 과제는 품목지정형이 가장 많은 수를 차지
- 대형 집단연구 과제는 품목지정형 과제가 가장 큰 비중을 차지하며, 중형 집단연구에 비해 하향식 과제의 비중이 큼

<표 4-2> 주요 구간별 집단연구 과제 특성(2020년 기준)

(단위: 명, 진)

항 목		소 형	중 형	대 형
구분 기준	박사급 연구진 규모	2명 이상~6명 미만	6명 이상~20명 미만	20명 이상~50명 미만
	연구비 규모	10억 미만	10억 이상~30억 미만	20억 이상
특성	과제 수	12,832	2,449	86
	사업 수	555	369	56
	과제지원유형 비중 (자유공모형:품목지정형:하향식)	0.39 :0.24:0.37	0.21: 0.68 :0.11	0.14: 0.62 :0.24

자료: 연구진 작성

4.1.2. 대학 및 출연연구소의 집단연구

■ 주요 연구수행주체인 대학 및 출연연구소의 집단연구 분석

- 대학 및 출연연구소는 공공부문을 대표하는 주요 연구개발주체로서 과제 수 기준으로 전체 국가연구개발사업의 절반 정도를 수행
 - 개인 및 집단연구를 모두 포함하여 대학 및 출연연구소에서 수행한 연구과제는 전체 국가연구개발과제의 2011년 65.7%, 2015년 49.8%, 2020년 58.1%에 해당
 - 국가연구개발과제를 통해 수행된 전체 집단연구 가운데에서 대학 및 출연연구소에서 수행된 것은 2011년 50.1%, 2015년 44.9%, 2020년 42.5%
- 대학에서 집단연구로 수행된 과제는 대학에 수행된 전체 과제의 20% 내외 수준

4. 우리나라의 집단연구 현황

- 본 분석에서 대상으로 하는 2명 이상 ~ 50명 미만의 과제 비중은 대학에서 수행된 과제 전체의 2011년 11.3%, 2015년 20.7%, 2020년 14.9%에 해당
- 출연연구소에서는 연구과제의 40% 내외가 집단연구로 수행
 - 2명 이상 ~ 50명 미만의 과제는 2011년 전체 과제의 35.7%, 2015년 34.7%, 2020년 39.9%에 해당
 - 집단연구 방식이 주요한 출연연구소에서의 집단연구 과제의 비중이 50% 미만으로 낮은 이유는 기관운영비, 기관고유사업, 일반사업 등 출연연구소에서 진행되는 과제 대부분이 연구책임자만 참여연구원으로 기입되어 전체 연구진을 파악할 수 없기 때문
- 집단연구를 식별할 수 있는 과제를 대학과 출연연구소 간에 비교하면, 전체 과제 수에서 출연연구소:대학은 약 1:5 수준이나 집단연구만 대상으로 하면 1:2 비율
 - 출연연구소와 대학에서 수행된 전체 과제는 2011년 1:5.3, 2015년 1:4.7, 2020년 1:5.8 수준으로 대학의 연구과제가 출연연구소보다 약 5배 많은 수준
 - 집단연구만을 대상으로 하면 출연연구소와 대학의 과제 비율은 2011년 1:1.7, 2015년 1:2.8, 2020년 1:2.2로 대학에서의 집단연구가 2배 정도 많음

<표 4-3> 대학 및 출연연구소의 집단연구 과제 수

(단위: 건, %)

구 분	2011년		2015년		2020년	
	과제수	비중	과제수	비중	과제수	비중
대학	22,703	100.0	22,094	100.0	35,578	100.0
2명 이상의 박사급 연구자 참여	2,606	11.5	4,569	20.7	5,303	14.9
50명 이상의 박사급 연구자 참여	37	0.2	2	0	3	0
100명 이상의 박사급 연구자 참여	8	0	0	0	1	0
출연연구소	4,276	100.0	4,694	100.0	6,178	100.0
2명 이상의 박사급 연구자 참여	1,537	35.9	1,627	34.7	2,476	40.1
50명 이상의 박사급 연구자 참여	10	0.2	9	0.2	15	0.2
100명 이상의 박사급 연구자 참여	2	0	3	0.1	2	0
합계	26,979	100.0	26,788	100.0	41,756	100.0
2명 이상의 박사급 연구자 참여	4,143	15.4	6,196	23.1	7,779	18.6
50명 이상의 박사급 연구자 참여	47	0.2	11	0	18	0
100명 이상의 박사급 연구자 참여	10	0	3	0	3	0

자료: 연구진 작성

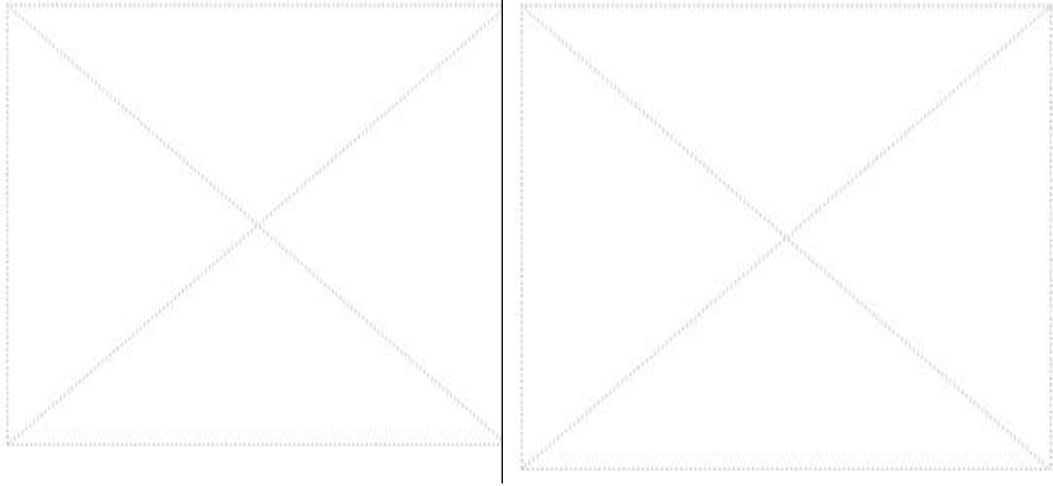
■ 대학의 연구진 규모가 출연연구소에 비해 적은 편이며, 최근 대학에 4명 미만 집단연구 증가

- 출연연구소의 평균 연구진과 연구비 규모가 대학에 비해 더 큰 편
 - 구간의 구분 없이 연구진의 분포만 고려하면, 대학의 연구진은 2015년 이후 과제당 약 4.5명으로 감소했으나 출연연구소의 연구진은 약 7~8명 정도의 일정 수준 유지
 - 대학의 연도별 평균 연구비는 2011년 1억 3천 9백만원, 2015년 1억 5천 6백만원, 2020년 1억 1천 7백만원
 - 출연연구소의 연도별 연구비 평균은 2011년 8억 4천 3백만원, 2015년 10억 9천만원, 2020년 8억 5천 2백만원

[그림 4-7] 대학 및 출연연구소의 연도별 박사급 참여연구원 및 연구원 변화

<연도별 박사급 참여연구원의 수>

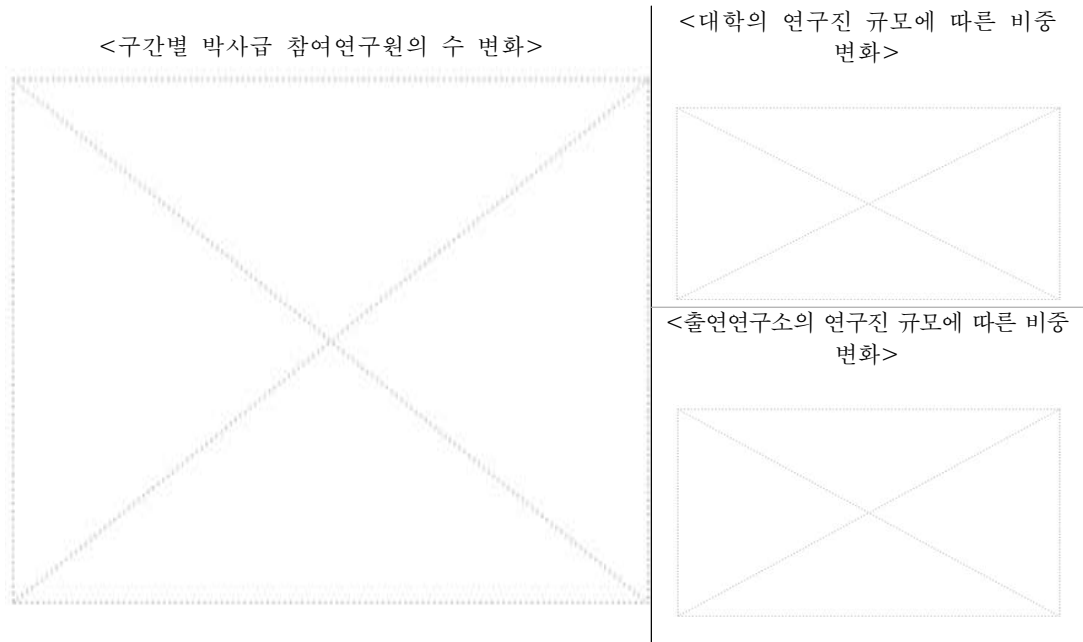
<연도별 박사급 참여연구원 및 연구비 규모>



자료: 연구진 작성

- 최근 ‘2명 이상~4명 미만’의 소규모 집단연구가 대학에서는 확대, 출연연구소에서는 감소되는 경향
 - 대학에서는 ‘2명 이상~4명 미만’의 소규모 집단연구 방식이 뚜렷하게 확대
 - 출연연구소에서는 8명 미만의 집단연구 과제가 감소하는 한편, 8명 이상의 집단연구 과제는 소폭 상승

[그림 4-8] 대학 및 출연연구소의 연도별 박사급 참여연구원 수 및 비중 변화

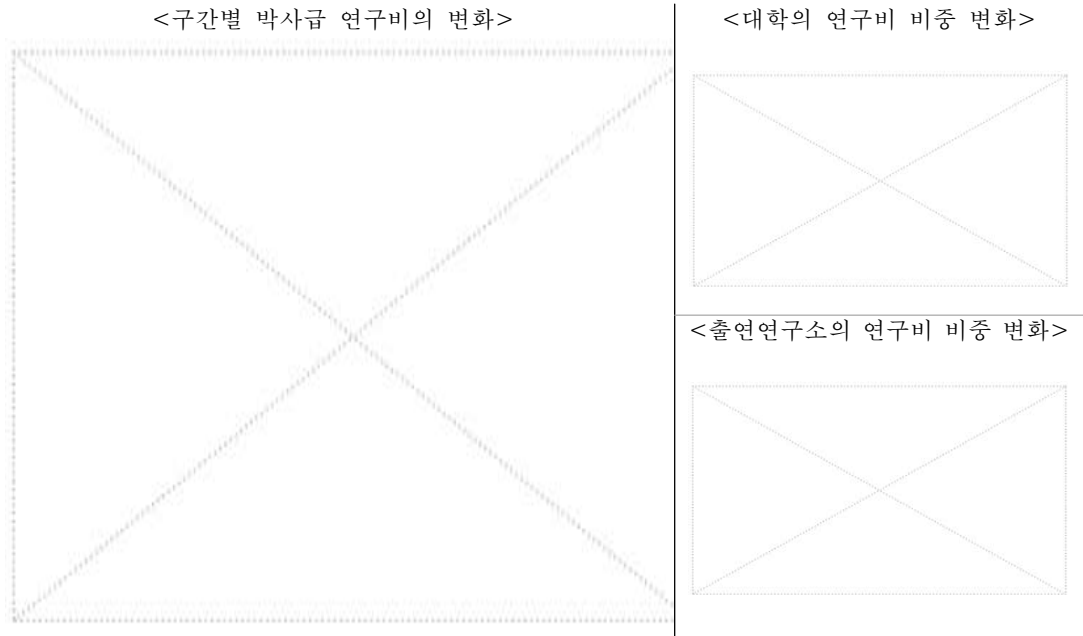


자료: 연구진 작성

■ 대학과 출연연구소 공통으로 1억 이상 ~ 2억 미만의 집단연구 지원 증가

- 대학과 출연연구소 공통적으로 집단연구를 수행하는 과제 가운데 ‘1억원 이상~2억원 미만’ 규모의 비중이 늘어나고 있으며, 비중도 가장 큼
 - 대학에서는 2015년까지 ‘5천만원 이상~1억원 미만의’ 과제의 비중이 가장 컸으나 2020년 들어 ‘1억원 이상~2억원 미만’ 과제의 비중이 가장 큼
 - 출연연구소에서는 2015년까지 ‘10억원 이상~20억원 미만’의 과제 비중이 가장 컸으나 2020년 들어 ‘1억원 이상~2억원 미만’, ‘5억원 이상~10억원 미만’의 과제 비중이 상승
 - 대학과 출연연구소 모두 집단연구를 수행하는 과제 가운데 5천 만원 미만의 비중은 낮음

[그림 4-9] 대학 및 출연연구소의 연도별 연구비 및 비중 변화

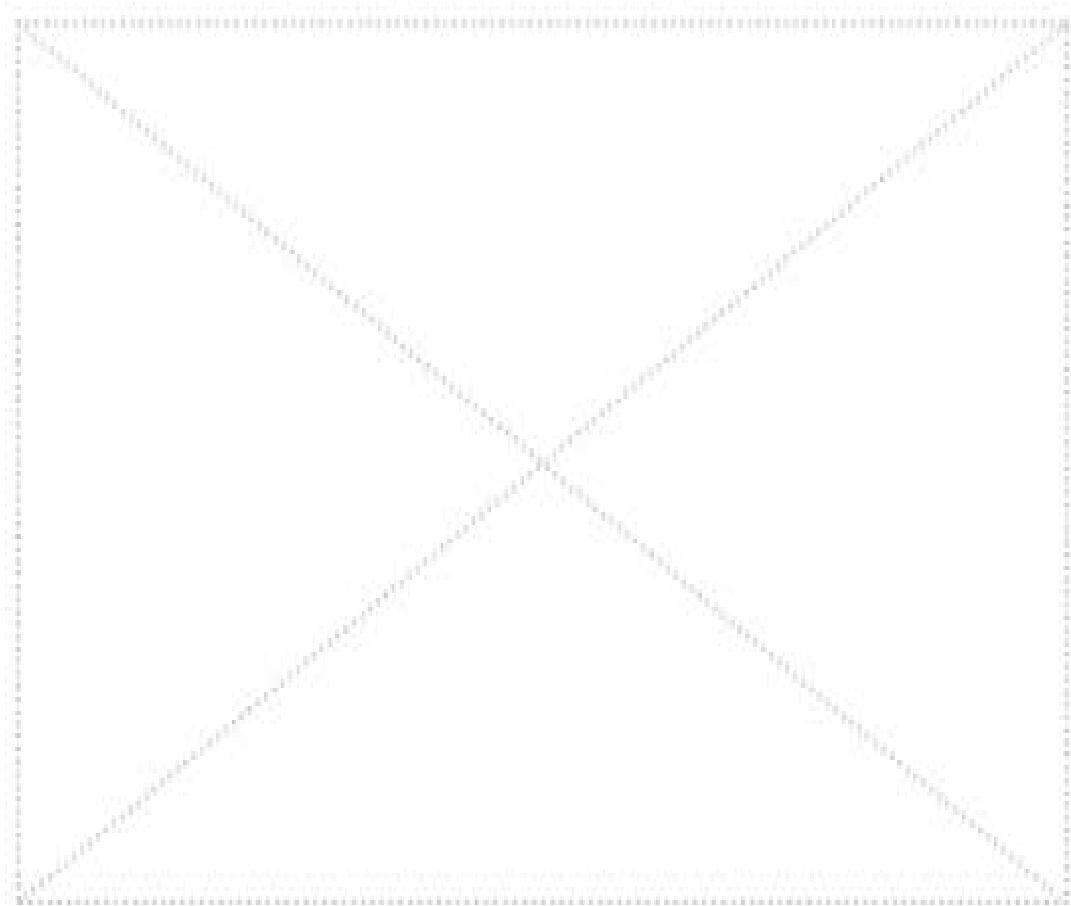


자료: 연구진 작성

■ 대학, 20명 이상이 참여하는 대형 집단연구의 비중은 매우 적음

- 대학과 출연연구소 모두 '2명 이상~4명 미만'의 소규모 집단연구가 가장 보편적이나 대학은 5억원 미만의 과제, 출연연구소는 3억원 미만의 과제에서 주로 수행
 - 최근에는 특히 '2명 이상~4명 미만'의 소규모 집단연구가 '1억원 이상~2억원 미만'에서 다수
- 대학은 20억원 이상의 대규모 자원이 투입된 집단연구는 수도 적을 뿐 아니라 연구진 구성에서도 경향을 파악하기 어려움

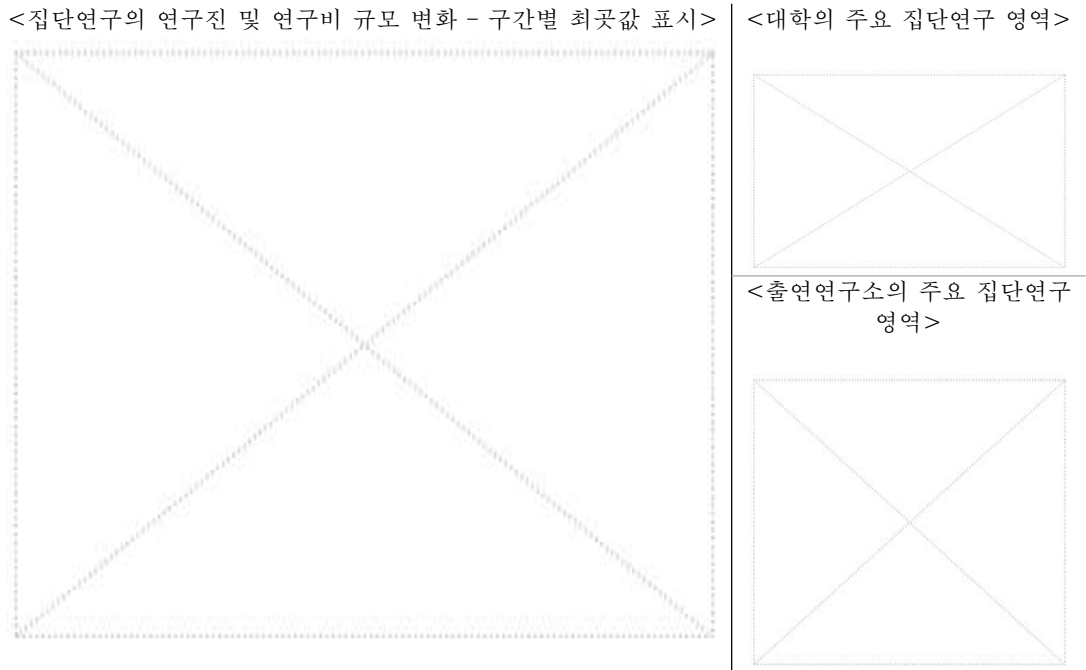
[그림 4-10] 대학 및 출연연구소 집단연구의 연구진 및 연구비 규모 변화



자료: 연구진 작성

- 연구진과 연구비 구간별 최솟값을 중심으로 표시하고, 대학은 소·중형, 출연연구소는 소·중·대형 집단연구로 구분
 - 대학은 전체 국가연구개발과제와 같이 소·중형 집단연구가 확인되나 20명 이상의 연구진으로 구성된 대형 집단연구는 명확히 드러나지는 않음
 - 출연연구소는 전체 국가연구개발과제와 같이 소·중·대형 집단연구로 구분되며 전체 국가연구개발과제와는 달리 소·중형 집단연구 영역 간 중첩은 적음

[그림 4-11] 대학 및 출연연구소의 연구진 및 연구비 규모에 따른 주요 집단연구 영역



자료: 연구진 작성

■ 대학은 상향식(bottom-up), 출연연구소는 하향식(top-down) 집단연구 다수

○ 대학에서 수행된 집단연구 과제는 규모에 관계없이 ‘자유공모형’이 다수⁵⁾

5) 2020년도 NTIS의 71,888개의 전체 과제 가운데 자유공모형:품목지정형:하향식 과제의 비중은 0.68:0.14:0.18이며, 대학에서 수행된 전체 37,283개의 과제(집단+개인) 중 자유공모형:품목지정형:하향식의 비중은 0.84:0.06:0.1, 이 가운데 박사급 참여연구원 1인이 포함된 개인연구과제 30,275개는 자유공모형:품목지정형:하향식의 비중이 0.93:0.03:0.05

<표 4-4> 주요 구간별 대학 집단연구 과제 특성(2020년 기준)

(단위: 명, 건)

항 목		소 형	중 형	대 형
구분 기준	박사급 연구진 규모	2명 이상~6명 미만	6명 이상~20명 미만	-
	연구비 규모	5억 미만	5억 이상~30억 미만	-
특성	과제 수	3,705	551	-
	사업 수	298	135	-
	과제지원유형 비중 (자유공모형:품목지정형:하향식)	0.38 :0.25:0.36	0.51 :0.4:0.09	-

자료: 연구진 작성

- 대학의 소형 집단연구는 자유공모 방식의 과제가 가장 큰 비중을 차지하며 하향식 과제의 비중이 크긴 하나 자유공모 방식 보다는 적음
- 대학의 중형 집단연구 역시 자유공모형이 가장 빈번하게 수행되며 품목지정형의 연구가 소형 집단연구에 비해 늘어난 특징
- 출연연구소의 구간별 주요 집단연구 과제는 규모에 관계없이 다른 연구수행주체에 비해 하향식 집단연구의 비중이 크고, 중대형 집단연구에서의 품목지정형이 다수6)
- 출연연구소의 소형 집단연구는 자유공모, 품목지정형, 하향식이 비슷한 비중으로 구성
- 출연연구소의 중형 집단연구는 품목지정형 방식이 주류
- 출연연구소 대형 집단연구 역시 품목지정형 방식이 다수이며, 중형에 비해 하향식의 비중이 늘어남
- 규모에 관계없이 하향식 집단연구가 2020년도 국가연구개발과제에서 도출한 전체 집단연구에 비해 더 큰 비중을 차지

6) 2020년도 NTIS의 71,888개의 전체 과제 가운데 자유공모형:품목지정형:하향식 과제의 비중은 **0.68**:0.14:0.18이며, 출연연구소에서 수행된 전체 7,456개의 과제(집단+개인) 중 자유공모형:품목지정형:하향식의 비중은 0.38:0.2:**0.43**, 이 가운데 박사급 참여연구원 1인이 포함된 개인과제 3,702개는 자유공모형:품목지정형:하향식의 비중이 **0.55**:0.07:0.38

<표 4-5> 주요 구간별 출연연구소 집단연구 과제 특성(2020년 기준)

(단위: 명, 건)

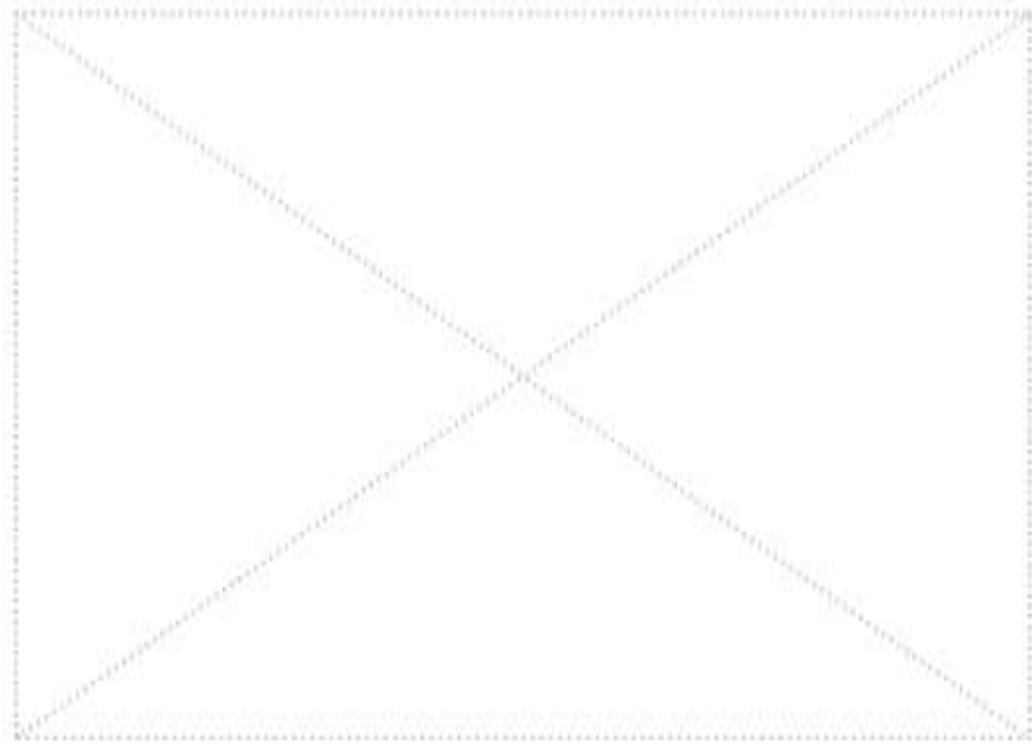
항 목		소 형	중 형	대 형
구분 기준	박사급 연구진 규모	2명 이상~6명 미만	6명 이상~20명 미만	20명 이상~50명 미만
	연구비 규모	5억 미만	5억 이상~30억 미만	30억 이상
특성	과제 수	1,004	615	49
	사업 수	230	20	29
	과제지원유형 비중 (자유공모형:품목지정형:하향 식)	0.32:0.34:0.34	0.12: 0.66 :0.22	0.16: 0.53 :0.31

자료: 연구진 작성

■ 원천기술개발/응용 및 상용화 사업의 단기지원에 공백, 시설 구축 및 활용을 병행한 실증사업 역시 드러나지 않음

- 주요 국가연구개발사업의 지원기간을 기준으로 단기와 장기로 구분하면, 집단연구 방식을 활용하여 수행되는 사업은 대개 장기지원에 해당
 - 개인연구자를 지원하는 학문후속세대지원, 여성과학자지원과 같은 사업은 대개 단기 지원
 - 글로벌프론티어, S/ERC와 같이 집단연구를 중심으로 추진되는 사업은 장기지원에 해당
- 한편, 기술개발단계별인 기초/원천기술/응용 및 상용화로 구분하면 여러 기술개발 단계를 아우르는 사업일수록 장기적으로 지원
 - 기초연구 영역에 해당하는 사업으로는 신진연구자지원, 국가과학자연구지원이 있음
 - 원천기술개발은 신기술융합형성장동력사업, 미래유망기술과이오니어사업이 이 영역에 해당됨
 - 여러 구간을 아우르는 사업도 있으며, 미래기반기술개발사업, 글로벌프론티어사업이 그 예
- 사업의 지원기간과 연구개발단계를 기준으로 사업을 구분하면, 공백영역이 확인됨
 - 원천기술 혹은 응용 및 상용화 기술개발을 목적으로 이루어지는 사업에서 단기지원의 성격의 사업은 공백
 - 연구기반구축은 연구정보 제공 외에 실증시설 구축 및 활용과 같은 내용도 포함되어 원천기술개발이나 응용 및 상용화 기술개발과 병행·추진될 수 있으나 연구기반구축과 원천기술과의 연계가 명확하게 드러나지는 않음

[그림 4-12] 주요사업의 연구단계 및 기간 분류



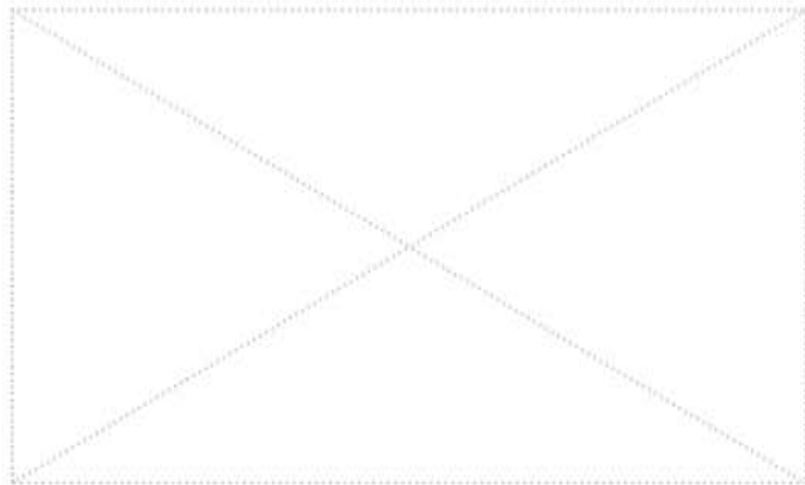
자료: 김현철(2022.1.21.: 4)

4.2. | 주요 사업의 협력 네트워크

■ 공저자 네트워크 분석을 통해 집단연구의 조직화 수준을 가늠

- 집단연구의 지원 목적은 연구진 간에 조직화된 연구를 추진하는데 있으므로 이를 확인하는 방법으로 사업에 참여한 연구자들을 중심으로 협력 네트워크 분석을 적용함
 - 사업 지원 기간 동안에 연구진들 간에 얼마나 조직화된 연구 네트워크를 구축했는지를 살펴볼 수 있음
- 집단연구를 지원하는 대표적인 사업을 대상으로 기존의 분석 결과를 요약하고 개인연구를 지원하는 사업과 비교
 - 대상 사업은 집단연구지원사업(S/ERC), 기초과학연구원(Institute for Basic Science: IBS)의 연구단
- 사업에서 배출된 성과에서 공저자 네트워크를 구성하여 협력 네트워크가 구축되었는지를 진단

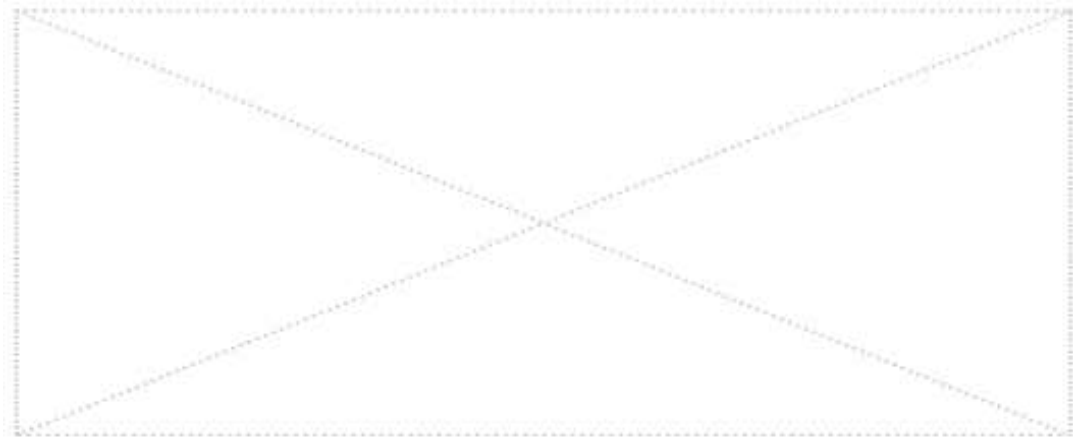
[그림 4-13] 논문 한 편의 공저자 네트워크 구성 방법



주: 논문 표지 자료는 SRC 연구센터의 성과물 중 일부를 차용
자료: 박기범 외(2016: 65)

- 사업에서 배출된 주요 성과인 논문 혹은 특허를 중심으로 공저자 네트워크를 구성
- 네트워크는 결점(node)과 하나 이상의 연결(link)의 집합을 의미하며, 공저자 네트워크에서 결점은 저자, 연결은 동일 논문의 저자로 참여한 공동연구의 관계를 의미
- 특히 다수의 하위 연구팀 혹은 그룹을 포함하는 대형 집단연구는 연구그룹 간 공동연구의 형성과 발전을 살펴볼 수 있음(박기범 외, 2017)
- 시간의 흐름에 따라 공저자 네트워크가 누적·확장되는 과정에서 전체 집단연구 내부에서 협력연구의 발전을 설명할 수 있음
- 연구팀에 대한 지원이 이루어지는 초반에는 협력 네트워크가 형성되기 시작하여 다수의 하위 연구그룹이 분산되어 있을 것이며, 시간이 흐르면서 협력이 이루어지는 연구그룹 간에 연결이 생성되면서 네트워크를 구성함
- 연구그룹 간에 협력이 미약하면 초기의 분산된 형태의 협력 네트워크는 시간이 지나더라도 큰 변화가 없이 분산된 상태를 유지할 것임
- 반면 연구그룹 간에 긴밀한 협력이 추진된다면 초기 분산된 협력 네트워크는 점차 긴밀한 연결을 형성하여 결점 즉, 연구그룹 간 거리를 좁혀가게 되므로 마치 네트워크 전체가 응축하는 것처럼 보일 것임
- 일부의 연구그룹 만이 협력을 활발하게 추진된다면 네트워크 내에서 협력에 참여하는 일부 결점 간의 거리만 점차 좁혀지게 될 것임

[그림 4-14] 대형 집단연구 협력의 발전 예상



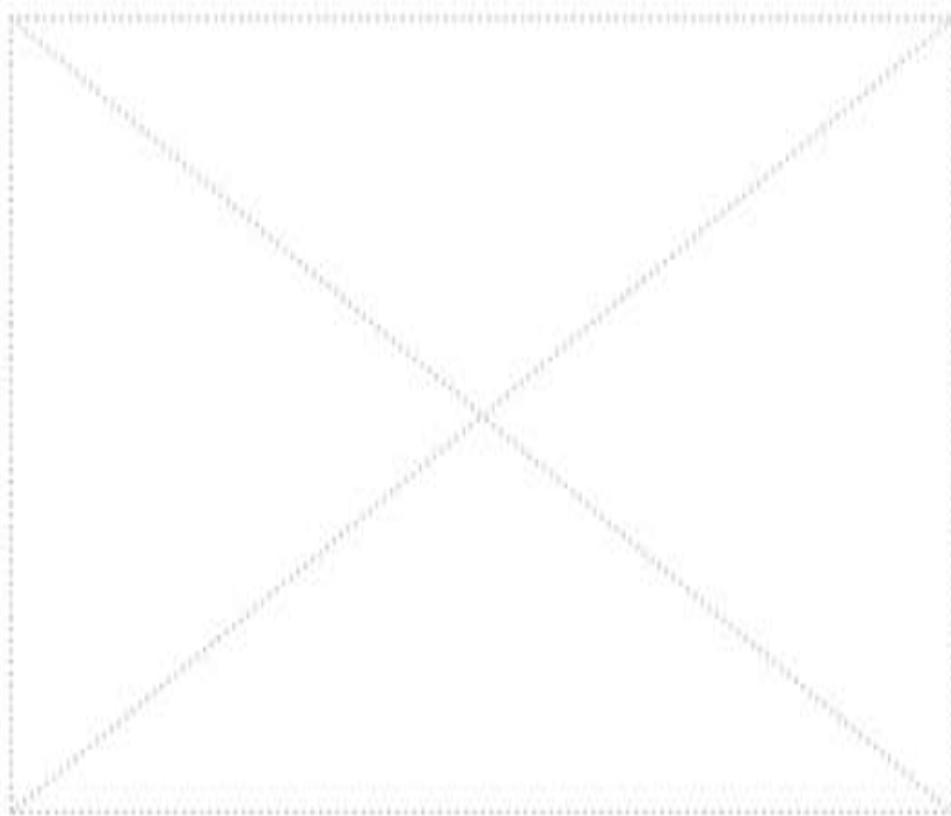
자료: 박기범 외(2017: 14)

4.2.1. 개인연구

■ 1인의 연구책임자가 강력한 허브(hub)로 등장(박기범 외, 2016)

- 집단연구와 비교를 위해 대표적인 개인연구인 창의연구의 공저자 네트워크 분석 결과를 포함함
- 개인연구의 공저자 네트워크는 연구책임자를 중심으로 협력 네트워크가 구성되며 시간이 지날수록 연구책임자에게 연결이 집중되는 경향이 강하게 나타남
 - 개인연구는 1인의 연구책임자가 이끄는 과제로 연구책임자에 해당하는 결점이 다른 결점에 비해 월등하게 많은 연결을 보유한 허브에 해당함
 - 연구책임자 1인이 과제 전체를 총괄하므로 협력연구 역시 연구책임자를 중심으로 형성되는 경향이 네트워크에 반영되었기 때문

[그림 4-15] 창의연구의 공저자 네트워크의 발전

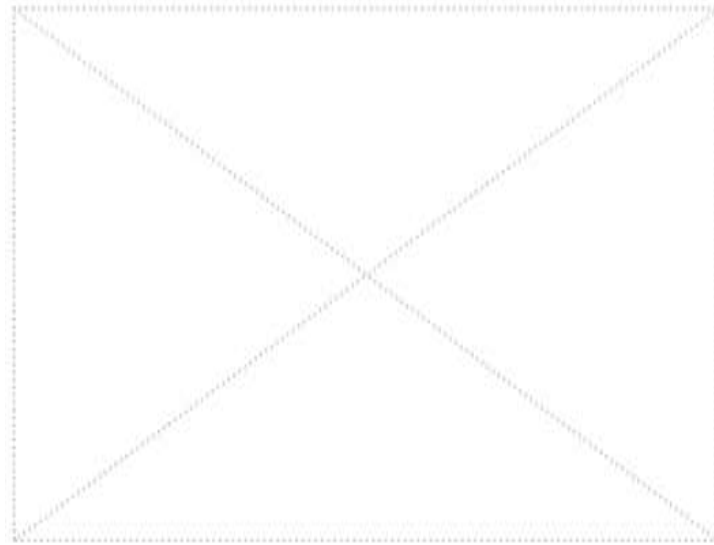


자료: 박기범 외(2016: 83)

4.2.2. 자유공모형 집단연구 지원

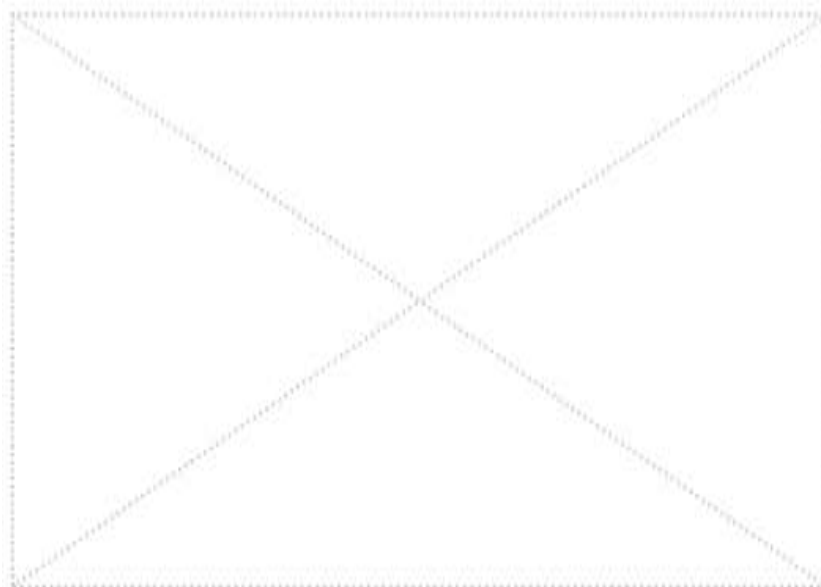
- S/ERC 센터는 집단 내에서 연구 조직화 경향이 관찰되나, 개인 연구자 수준에서의 집단연구라 할 수 있음(박기범 외, 2016)
- S/ERC는 대표적인 집단연구 지원사업이나 자유공모 방식으로 과제가 기획되며, 중·소형 연구 집단을 구성하는 특징이 있음
- 시간이 흐를수록 센터의 연구책임자와 세부과제 책임자를 중심으로 협력이 강화되는 경향이 있음
 - 각 센터의 연구책임자 및 세부과제 책임자들의 보유한 연결은 다른 결점에 비해 더 많음
 - 지원 초기에 공저자 네트워크에서 연구 책임자와 세부과제 책임자는 산발적으로 분포되어 있어 협력연구가 활발하게 수행되지는 않았음을 알 수 있음
 - 점차 시간이 흐를수록 협력이 강화되어 네트워크의 중심으로 모이는 경향이 강해 지는데, 이는 지원시간이 경과될수록 센터 내에서 연구 조직화가 진행되고 있음을 의미
- 일부 센터에서 하위 연구그룹이 형성되기는 하나 연구그룹 간의 협력 보다는 개인 연구자로서 연구책임자 및 세부과제 책임자 간의 협력이 두드러짐
 - 특히 SRC는 연구책임자 혹은 세부과제 책임자가 다수의 연결을 보유한 결점인 허브이며, 허브들 간의 연결이 강화되는 경향이 점차 강해짐

[그림 4-16] SRC 공저자 네트워크의 발전



자료: 박기범 외(2016: 77)

[그림 4-17] ERC 공저자 네트워크의 발전



자료: 박기범 외(2016: 78)

4.2.3. 대형 집단연구 지원

- 대형 집단연구인 IBS는 연구단 내에서 협력은 낮은 수준이나 조직화는 계속 진행되고 있음(박기범 외, 2017)
- IBS는 대형 집단연구의 성격을 지니지만 집단 내에서 연구의 조직화는 크게 요구하지 않는 사업이라 할 수 있음
- IBS 연구단 별로 발표된 논문을 기초로 공저자 네트워크를 분석하고 협력의 정도에 따라 공동연구를 3개의 유형으로 구분
 - 대부분의 연구단이 연구단장, 부연구단장(그룹리더)을 중심으로 하위 연구그룹이 구성되나, 하위 연구그룹 간의 협력은 크게 두드러지지 않음
 - 연구단의 운영방식이 반영되어 협력의 강도에 차이가 있으므로 대형 개인연구와 같은 네트워크가 등장하는 한편, 상대적으로 협력이 밀접한 연구단도 존재함
- 다만, 해당 분석은 IBS 연구단 출범 이후 5년 이내에 해당하므로 집단연구의 조직화가 이루어지고 있는 과정으로 볼 수 있어 협력 수준을 단정하기는 어려움

<표 4-6> IBS 연구단의 공동연구 유형

공동연구 유형		특 징
개인형		<ul style="list-style-type: none"> • 단일 연구단장이 이끌거나 부연구단장/그룹리더가 있다 하더라도 극소수의 협력연결 보유 • 연구단장은 다른 공저자에 비해 압도적으로 많은 연결을 보유 • 개인연구(창의)와 유사하며 IBS 5개 연구단이 해당
병렬형		<ul style="list-style-type: none"> • 시간이 흐름에 따라 전체 공저자 네트워크는 확장되나 연구단장, 부연구단장, 그룹리더를 중심으로 형성된 하위 그룹은 간격을 좁히지 못하고 일정 수준의 거리를 유지 • 하위 그룹 별로 독자적인 연구를 수행하고, 그룹 간의 협력은 상대적으로 저조한 결과 • IBS 6개 연구단이 해당
협력형		<ul style="list-style-type: none"> • 시간이 흐름에 따라 연구단장, 부연구단장, 그룹리더를 중심으로 형성된 하위 그룹의 전체 또는 일부가 간격을 좁혀가며 공동연구를 추진 • 하위 그룹 간에 협력연구가 강화된 결과로 해석 • SRC와 유사하며 IBS 2개 연구단이 해당

자료: 박기범 외(2017: 63) 일부 수정

4.3. | 집단연구를 통한 논문 성과

- 대표적인 연구개발 성과인 논문을 통해 국내외 집단연구 현황을 비교
 - 최근 4년 간(2018-2021) 국제 학술지에 발표된 논문 성과를 수집
 - 논문 성과는 Scopus 데이터베이스에서 수집
 - 논문의 공저자를 기준으로 협업을 판단하며, 저자의 소속국가를 기준으로 국내 혹은 국제 협업을 구분함
 - 한국과 주요국(미국, 일본, 독일, 영국, 프랑스)의 논문 공저 현황을 비교함

- 한국은 다른 주요국에 비해 같은 기관에 속한 연구자들 간 협업의 비중이 큼
 - 한국을 비롯한 주요국은 전체 국가(전세계)에 비해 협업을 통해 발표하는 논문의 비중이 큼
 - 특히 국가 간 협업을 통해 발표된 논문의 비중이 전세계 경향에 비해 커 선정된 주요국에서는 국제 협력이 활발하게 이루어짐을 알 수 있음

<표 4-7> 주요국의 논문 공저 유형 비교(2018~2021)

(단위: 건, 괄호 안 수치는 비중)

항 목		전세계	한 국	미 국	일 본	독 일	영 국	프랑스	
국 가 구 분	국가 간 협업	3,004,078 (21.4%)	113,494 (30%)	1,053,381 (36.6%)	172,459 (30.7%)	401,750 (51.5%)	526,619 (57.4%)	289,084 (57.3%)	
	국 내 협업	기관 간	4,689,905 (33.4%)	121,963 (32.2%)	786,308 (27.3%)	185,314 (33.0%)	141,717 (18.2%)	139,433 (15.2%)	146,937 (29.1%)
		동일 기관 내	4,486,770 (32.0%)	122,546 (32.4%)	674,716 (23.5%)	162,494 (28.9%)	160,483 (20.6%)	117,742 (12.8%)	22,576 (4.5%)
	단독 저자 (협업 없음)	1,863,749 (13.3%)	20,411 (5.4%)	363,221 (12.6%)	41,122 (7.3%)	75,836 (9.7%)	133,042 (14.5%)	46,187 (9.1%)	
소 계		14,044,502 (100%)	378,414 (100%)	2,877,626 (100%)	561,389 (100%)	779,786 (100%)	916,836 (100%)	504,784 (100%)	
산학 협업		369,364 (2.6%)	16,812 (4.4%)	134,677 (4.7%)	34,588 (6.2%)	50,644 (6.5%)	50,293 (5.5%)	31,685 (6.3%)	

자료: SciVal(최종접속일 2022.2.24.) 자료를 토대로 연구진 작성

- 한국은 단독저자의 논문의 비중이 비교국 가운데 가장 낮아 협업을 통해 생산된 논문이 대다수를 차지함
- 국가 간 협업의 측면에서 한국과 다른 주요국을 비교하면, 한국은 다른 나라에 비해 국제협업을 통한 연구의 비중이 낮은 편
 - 유럽 지역 국가 간의 협업이 활발한 독일, 영국, 프랑스의 국가 간 협업 연구의 비중은 50% 이상을 상회
 - 인접한 일본의 국가 간 협동 연구도 한국과 유사한 수준인 30% 초반을 기록하나 한국에 비하면 약간 높은 수준
- 한국은 국내 연구자들 간의 협업 중에서도 같은 기관에 속한 연구자들 간의 협업의 비중이 큼
 - 국제 협력의 수준이 비슷한 일본과 비교했을 때, 일본은 국내 협업 가운데서도 다른 기관에 속한 연구자들 간의 협업이 많으며 이는 한국에 비해서도 높은 수준
 - 한국은 기관 간 협업과 동일 기관에 속한 연구자들 간의 협업이 비슷한 비중을 차지하나 동일 기관 내에서의 협업의 비중이 다소 큼

- 산학 협력을 통해 발표된 논문의 측면에서 한국은 다른 나라에 비해 낮은 수준
 - 한국과 국제 및 국내 협업 패턴이 유사한 일본도 한국에 비해 산학 협력을 통한 논문의 비중이 큼

■ 융복합 분야 주요 학술지의 공저자를 분석한 결과 국제협업이 두드러지며, 한국은 특히 중대형 국제연구에 참여하는 경향

- 국가별 융합연구 분야에서의 주요 연구성과와 협동연구 유형을 분석함
 - Scopus에서 융복합(Multidisciplinary) 분야로 분류한 연구를 통해 융합연구에서의 집단연구 방식을 파악함
 - 융복합 분야에 포함되어 학술적 영향력이 큰 3개 주요 학술지 Nature, Science, PNAS(Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America)의 논문 공저 현황을 분석함
 - 주요 학술지에서 발표한 성과물 유형 가운데 기사(article)로 분석 대상을 한정함
- 융복합 분야에 속한 주요 학술지, PNAS, Nature, Science에 발표된 국가별 논문 현황은 아래와 같음

<표 4-8> 융복합 분야 주요 학술지 출판 현황(2018~2021)

(단위: 건)

학술지	한 국	미 국	일 본	독 일	영 국	프랑스
PNAS	340	11,862	888	1,735	1,925	1,032
NATURE	156	2,718	408	868	972	461
SCIENCE	106	2,264	279	628	648	358
합 계	602	16,844	1,575	3,231	3,545	1,851

자료: Scopus(최종접속일 2022.2.25.) 자료를 토대로 연구진 작성

- 융복합 분야 주요 학술지에 발표된 논문은 국가 간 공동연구의 비중이 큼
 - 미국을 제외한 대부분의 국가가 Nature, Science 등 주요 학술지에 발표된 연구의

4. 우리나라의 집단연구 현황

절반 이상이 국제 공동연구의 성과에 해당

- 앞서 살펴본 일반적인 논문과 비교했을 때에도 비교국 전반에서 융복합 분야 주요 학술지에 발표 시 국제 공동연구의 비중이 높아지는 공통점이 있음

<표 4-9> 융복합 분야 주요 학술지의 공동연구 구분(2018~2021)

(단위: 건, 괄호 안 수치는 비중)

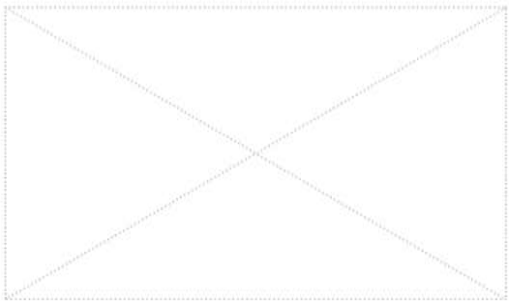
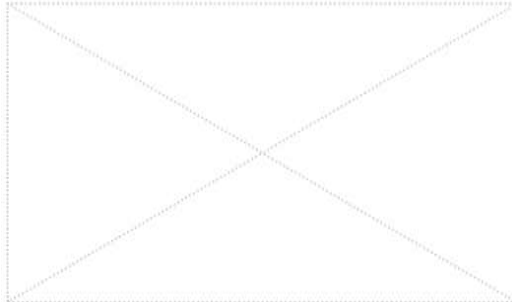
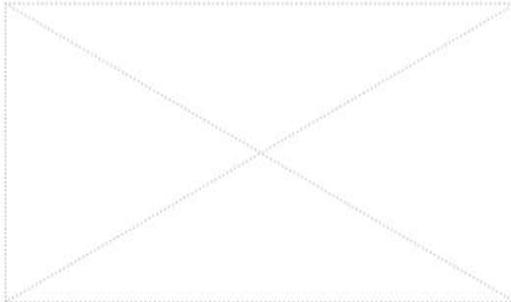
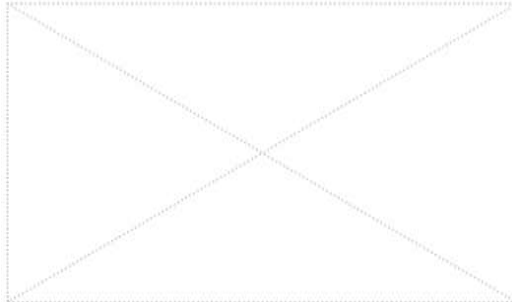
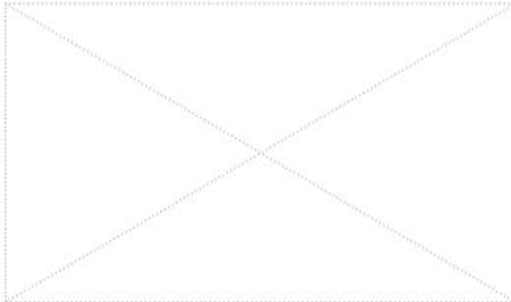
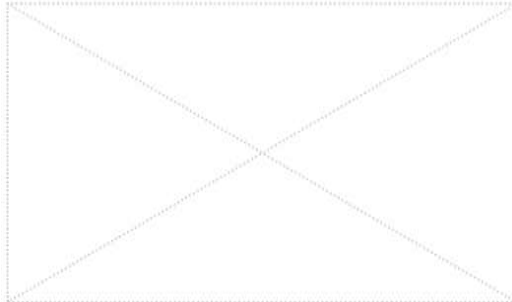
학술지	한 국	미 국	일 본	독 일	영 국	프 랑스
국내 공동연구	116 (19.3%)	7,366 (50.9%)	342 (21.7%)	327 (10.1%)	436 (12.3%)	198 (10.7%)
국제 공동연구	486 (80.7%)	7,111 (49.1%)	1,233 (78.3%)	2,904 (89.9%)	3,109 (87.7%)	1,653 (89.3%)
합 계	602	14,477	1,575	3,231	3,545	1,851

자료: Scopus(최종접속일 2022.2.25.) 자료를 토대로 연구진 작성

융복합 집단연구 활성화 방안

- 한국의 경우 국제 공동연구를 통해 발표된 연구가 전체의 30%를 차지했던 반면, Nature, Science와 같은 유명 학술지에 발표된 논문에서 국제 공동연구는 80% 이상으로 상승
- 대부분이 미국, 영국, 중국과 활발한 협력을 펼치는 가운데 특히 한국은 미국의 협동연구 비중이 큼

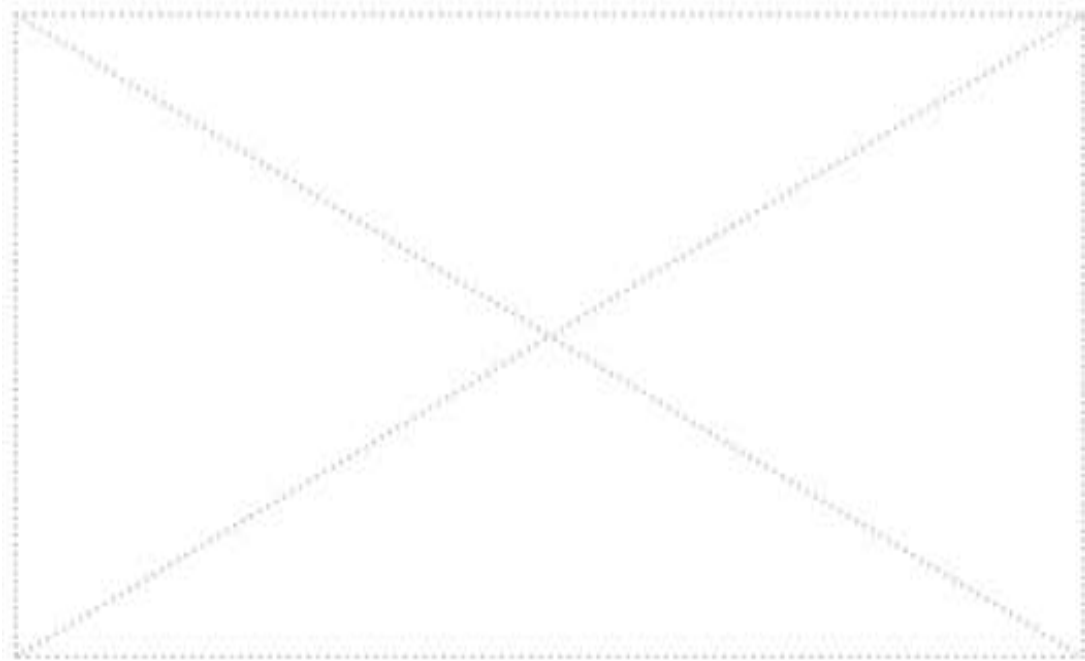
<표 4-10> 융복합 분야 주요 학술지의 공동연구 상위 10개 국가(2018~2021)

한 국	일 본
	
미 국	영 국
	
독 일	프 랑 스
	

자료: Scopus(최종접속일 2022.2.25.) 자료를 토대로 연구진 작성

- 한국, 일본, 독일은 미국, 영국, 중국과 주요하게 협력을 진행하고 있음
- 한국은 다른 국가에 비해 미국과의 협력이 두드러지는데, 융복합 분야 주요 논문의 60% 이상이 미국과의 협력으로 발표된 것임
- 10명 이상의 연구자가 참여한 중대형 규모의 연구가 융복합 분야 주요 학술지에 게재되고 있으며, 한국인이 참여한 융복합 분야 연구진의 대규모 현상이 두드러짐
- 국가별 평균 공저자 수는 일본 28.1명, 미국 12.6명, 영국 23.9명, 독일 23.1명, 프랑스 28.8명에 해당함
- 한국인 저자가 포함된 융복합 분야 주요 학술지 논문의 평균 공저자 수는 39.7명으로 다른 국가에 비해 큰 편

[그림 4-18] 융복합 분야 주요 학술지의 공저자 수(2018~2021)



주: 공저자 수 50명 미만인 연구를 대상으로 함
자료: Scopus(최종접속일 2022.2.25.) 자료를 토대로 연구진 작성

4.4. | 소결 및 시사점

- 연구개발 투입 관점의 지표인 집단연구의 규모를 통해 보편적으로 이루어지는 집단연구의 방식에 대한 현황을 파악
 - 우리나라는 참여연구진 2~7명으로 구성된 소형 집단연구가 가장 흔하게 수행되는 방식이라 할 수 있음
 - 미국의 팀 사이언스에서 '2~7명으로 구성된 팀'을 통상의 연구팀으로 규정하여 효율적인 팀 운영을 연구하고 있는데, 우리나라도 이와 유사한 규모의 집단연구가 가장 흔한 형태
 - 보편적으로 수행되는 집단연구 방식이자 대형 집단연구를 구성하는 하위 구성요소로서 소규모 연구팀의 효율적 운영 및 수행 방식에 대한 연구가 필요함
 - 중·대형 집단연구는 하부에 다수의 소형 집단연구를 포괄하는 구조로 볼 수 있으며, 소규모 집단연구에 비해 연구팀에서 만들어진 성과를 조직화하는 역량이 더욱 중요하게 작용
 - 앞서 복잡한 사회문제 해결을 목적으로 등장한 임무지향형 혁신정책에서 유사한 구조가 제시된 바 있음. 임무지향형 혁신은 대개 중대형 집단연구로 추진되어 하부에 여러 과제 즉, 연구팀을 보유하고 있으나 정작 연구팀에 참여하는 개별 연구수행 주체는 변화된 요구를 인지하지 못할 가능성이 있지만 개별 연구팀을 이끄는 관리자 및 그 윗선의 중간급 관리자 및 책임자들의 연구 조직화 역량이 주요함을 지적한 바 있음
 - 집단연구의 규모를 설명하는 참여연구진과 연구비는 관련성이 있는 지표라 할 수 있음
 - 국내 집단연구는 연구진의 수와 연구비 규모 각각을 연구의 특성으로 보고 NTIS 데이터를 활용하여 규모에 따른 분류를 시도함
 - 집단연구를 통해 해결해야 하는 복잡할수록 다양한 전문가가 참여하고, 이에 따라 연구비 규모도 영향을 받기 때문에 두 지표는 관련이 있음
 - 이밖에 연구수행주체의 특성이 반영되어 자유공모형 집단연구가 중심인 대학에 비해 하향식 혹은 품목지정형 집단연구가 주류인 출연연구소는 내부의 집단연구

수행방식에서도 차이가 있을 것으로 예상

- 대학은 집단연구가 전체의 20%에 불과하며, 참여연구진 20명 이상인 대규모 집단 연구의 존재가 모호한 가운데 자유공모형 집단연구가 주로 수행되고 있으므로 스스로 문제를 정의·해결하는 중·소규모 집단연구가 중심
 - 한편, 출연연구소는 하향식 혹은 품목지정형 집단연구의 비중이 커 임무지향형 집단연구를 주로 수행
 - 단, NTIS에 참여인력 입력의 기재가 불명확하여 출연연구소의 집단연구가 전체 연구의 40%에 불과한 것으로 집계되는 등의 한계가 있으므로 NTIS 분석은 해석 시 유의가 필요하고, 결과를 통해 전반적인 현황을 파악하는데 그쳐야 할 것임
- NTIS 분석은 혁신 시스템의 투입 요인에 해당하는 박사급 연구진과 연구비와 같은 규모를 기준으로 집단연구를 파악하여 조직화 수준이나 다양성과 같은 집단연구 추진 과정에서의 요인을 반영하지 못 하는 한계가 있음
- 주관연구기관을 기준으로 대학과 출연연구소의 집단연구를 구분하였으므로 주관 기관 외부와의 협동연구를 파악하기 어려움
 - 단순 국가연구개발과제를 대상으로 분석을 수행했으므로 단순 협동연구와 조직화 수준이 높은 연구집단, 참여연구진의 다양성, 융복합 수준을 구별해내기 어려움

■ 집단연구의 구조 및 조직화 수준은 연구개발 수행과정 혹은 성과창출 측면에서 집단연구의 특성을 설명

- 구체적인 경제사회적 목적 달성에 대한 임무가 부여된 연구가 집단연구로 추진되는 경향이 있음
 - NTIS 분석에서도 드러나듯 품목지정형이나 하향식 연구기획이 개인연구에 비해 집단연구에서 더 큰 비중을 차지한 것과 같이 집단연구를 통해 해결해야 할 구체적인 문제가 주어지는 경우가 다수
- 이렇듯 주어진 기간 동안에 구체적인 목표를 달성하기 위해서는 지식의 조직화가 집단연구의 성패를 결정하는 요인
 - 조직화는 참여 연구자들이 공동의 목표를 달성하기 위해 얼마나 각자의 전문성을 얼마나 잘 통합했는가에 대한 것으로 연구의 목표 달성 여부를 좌우하는 주요한 요소

- 모든 집단연구가 개인연구에 비해 유기적인 연구팀으로 발전한다고 볼 수는 없음
 - 집단연구지원은 단순히 연구책임자 중심으로 형성된 협력 네트워크를 확보하는데 목적이 있는 것이 아닌 연구팀을 구성하고 유기적인 연구팀을 운영해나가는 데 있음
 - 집단연구 연구책임자의 성향 및 운영방식, 연구분야에 따라 연구팀의 조직화 수준이 영향을 받기도 함
 - 공저자 네트워크 분석 결과로 집단연구의 조직화 수준을 비추어 보았을 때, 집단연구지원사업과 개인연구지원 모두 연구책임자는 일반 연구원에 비해 다양한 협력 파트너와 관계를 맺고 있어 활발한 협력 연구를 수행한다고 볼 수 있음

■ 우리의 집단연구의 한계로 정부 지원이 종료되면 연구가 중단되어 집단연구 연속성에 위협이 있음을 지적

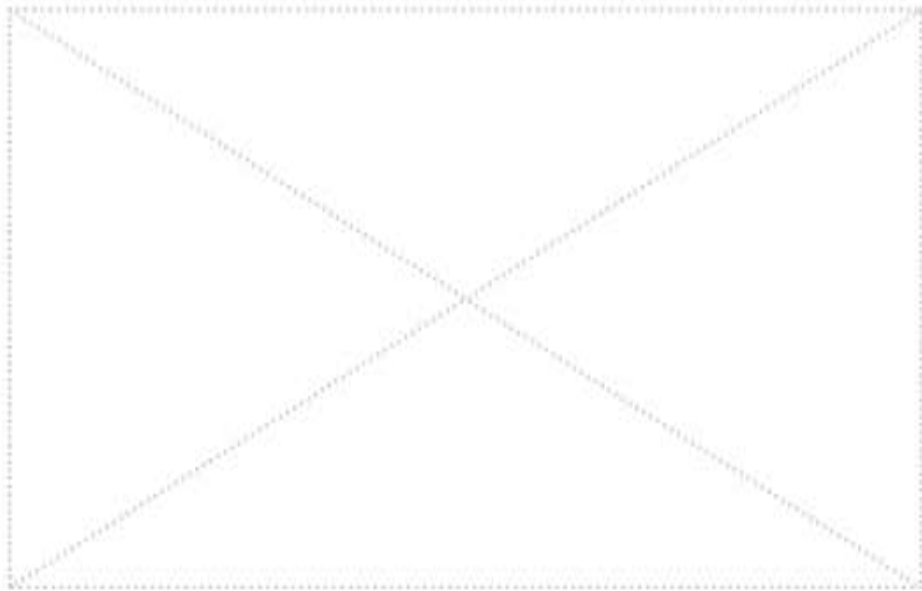
- 국가연구개발사업으로 인해 집단연구가 추진되긴 했으나 사업이 종료되면 집단연구도 중단되어 별개의 조직으로 구성된 집단연구 조차 해체되는 위기에 처하는 경우가 다수
 - 집단연구는 지식축적이 이루어질 수 있는 주요한 연구 방식이나 지원이 종료되면 연구를 추진할 동력을 상실하게 되어 새로운 지식을 산출할 수 있는 선순환 고리 또한 손실되는 현실
- 정부 지원에 대한 높은 의존도와 함께 지원 기간 동안에 자생력을 확보하지 못한 연구집단의 문제도 지적

□ 또한 집단연구의 낮은 조직화 수준이 지적되어 내실화에 대한 과제를 안고 있음

- 조직화 수준이 높은 연구집단은 정부의 지원이 종료된 이후에도 공식·비공식적 상호작용을 유지해 나갈 가능성이 있음
- 집단연구를 지원하는 다수의 사업이 존재하나 집단 내에서 구성원이 긴밀하게 상호작용하고, 지식이 체계적으로 통합되는 과정에 대한 관심은 부족
 - 앞서 공저자 네트워크 분석 결과에서도 드러나듯 집단연구이지만 단순히 연구책임자의 개인연구의 확장이거나 공동연구자 개별 연구의 나열에 그치는 경우도 있음

- 또한 집단연구의 성과로 논문 공저를 자주 다루고 있으나 융복합 분야 주요 학술지에 게재된 논문의 공저자 수를 다른 나라와 비교했을 때, 한국의 공저자 수가 많아 (평균 39.7명) 해당 논문이 실질적 집단연구를 통해 산출된 것인지 혹은 단순히 대규모 국제 공동연구에 참여로 인해 발생된 성과인지에 대한 의문이 제기되기도 함
- 집단 내부에서 연구비 즉, 자원 배분 방식에 있어서도 과업의 난이도 혹은 성과에 따른 차등 배분이 가능할 것이나 참여연구진 간에 균등 배분 방식이 적용되기도 함. 실제로 집단연구지원사업의 연구책임자 97명에게 설문한 결과, 응답자의 24%가 연구비 배분에 ‘참여자에 대한 거의 균등한 1/n 방식’ 적용을 응답(박기범 외, 2016: 92)
- 연구의 목적과는 상관없이 과제책임자(PI), 경제사회적 목적이 강조되는 연구에서는 프로젝트 책임자(PM)의 성향이 반영되어 연구 결과의 조직화 및 지식의 통합 정도가 결정이 되는 등 과제 및 프로젝트 책임자의 역할과 관리능력에 대한 기준선(baseline)이 부재
- 이에 반해 미국 NIH, NRF에서는 지난 10여 년간 팀 사이언스(science of team science)를 연구해 오면서 연구자들이 실제 집단연구를 수행하면서 겪는 문제를 현장에 적용할 수 있는 지침 제공

[그림 4-19] 학제간 연구를 증진하기 위한 실천적 행동



자료: Ding, Pulford, and Bates(2020: 10)

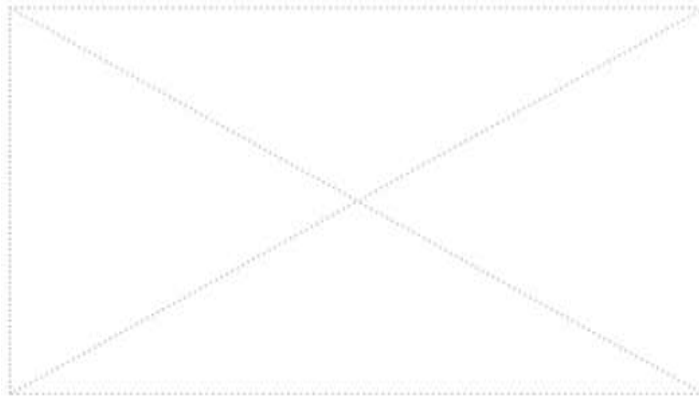
- 지침서 'Collaboration and Team Science: A Field Guide'에는 팀의 구성, 구성원 간에 신뢰 조성, 팀 내에서 갈등 해결 등에 대한 내용을 담고 있음(NIH, 2010)
- 팀 사이언스 툴킷(Team Science Toolkit)을 발표하여 집단연구를 수행하는 연구자, 이해관계자, 연구비 지원 기관이 온라인 상에서 연구 수행과 관련한 다양한 내용을 이용할 수 있도록 함으로써 집단연구의 효율을 향상시키려 함(Vogel, et al., 2013)

■ 외국의 사례에 비추었을 때 한정적 대상 간의 협력으로 집단연구의 다양성 부족에 대한 지적이 있음

- 동일한 연구수행주체 간의 협력으로 집단연구가 추진되는 경향이 있음
 - 논문 공저자를 분석했을 때, 한국은 주요국에 비해 같은 기관에 소속된 연구자들 간의 협력이 가장 큰 비중을 차지
 - 특히 대학에서 연구개발을 목적으로 수행하며, 박사급 연구자가 10명 이상 참여하는 국가연구개발과제(2020년 기준) 19건을 검토한 결과 대체로 같은 대학 소속 연구자들 간에 협력

- 평균 연령층이 높은 연구자들이 집단연구의 지원을 받는 경향
 - 대표적인 집단연구 지원인 선도연구센터별 연구진들의 평균 연령을 조사한 결과, 평균 50세 전후의 연구진으로 센터가 구성(박기범 외, 2016)
 - 평균 연령이 높은 연구진으로 구성된 팀은 장기 지원이 종료된 이후 연구 활동이 급격히 저하되어 연구의 연속성이 저해될 우려가 있음을 의미하기도 함

[그림 4-20] 집단연구사업 선도연구센터의 연구진 연령 분포



자료: 박기범 외(2016: 108)

- 사회문제 해결 및 특정 문제를 해결하기 위해 추진되는 집단연구는 연구자 외에 이해관계자 혹은 사용자의 참여를 요구하고 있어 다양한 배경의 참여연구자들과 연구를 수행해야 하는 상황에서 난관에 부딪힐 가능성이 있음
 - 논문 공저자 분석에서 한국은 다른 주요국에 비해 산학 협력을 통해 발표된 논문이 가장 낮은 비중을 차지했던 결과도 제한적인 협력대상에 대한 문제를 일부 설명

5

요약 및 정책 시사점

5.1. 연구의 요약

5.2. 정책 시사점

5. 요약 및 정책 시사점

제1절 연구의 요약

- 본 연구는 집단연구라는 연구수행 방식을 중심으로 최근의 국내외 연구개발 및 혁신 환경의 변화를 파악하고, 이를 토대로 융복합 집단연구의 활성화 방안을 모색
 - 집단연구는 다수의 연구자들이 모여 각자의 전문성을 바탕으로 이루어지는 연구활동으로 주로 개인 단위에서는 해결하기 어렵고, 복잡한 문제에 적용됨
 - 집단연구 방식은 개인연구에 비해 높은 연구 생산성이 높은 경향이 있고, 집단 내에서 지식의 축적이 이루어질 수 있는 장점이 있음
 - 한편, 효과적인 집단연구에는 개인연구에 비해 연구자 혹은 연구모듈 간에 조율·통합이 추가로 요구되어 관리 부담이 따름
 - 인공지능과 같이 융합도가 높은 기술의 출현, 집단연구를 통해 해결해야 할 문제의 복잡성이 심화됨에 따라 향후에도 집단연구는 더욱 널리 활용될 전망
 - 향후의 집단연구는 학술·지역·조직의 경계를 넘나들며 다양한 파트너들과 활발하게 이루어질 것으로 예상
 - 이렇듯 집단연구는 문제 해결을 위한 도구이며, 집단연구 자체가 목적은 아님
 - 기존에 집단연구는 학문의 융합 혹은 지식의 통합 정도에 따라 단일 학제에서부터 다학제, 학제간, 초학제 연구로 구분되어 왔음
 - 그러나 이러한 집단연구의 구분 방식은 문제 해결과정에서 활용된 지식과 이의 구조적 특성을 설명한 것일뿐 어떤 수준의 지식 통합을 이루어 낼 것인가가 집단연구의 목적이 될 수 없음
 - 국내외에서 현재 수행되는 집단연구의 사례 분석을 통해 현재 집단연구의 경향을 파악하고, 이를 토대로 국내 집단연구 활성화를 위한 시사점을 도출하는데 목적

■ 다양한 목적의 집단연구가 국내외에서 추진되고 있으며, 경제·사회 문제 해결을 위한 목표지향적 집단연구가 주목을 받아 지식 통합(조직화)에 대한 요구 증가

○ 국내외에서 추진되는 집단연구의 목적은 크게 학술진흥, 기술획득, 경제·사회문제 해결, 연구 및 혁신 인프라 활용으로 구분할 수 있음

- 연구 수월성 혹은 안정성을 확보하기 위해 다수의 연구자들을 지원하는 집단연구는 대개 학술영역 내에서 이루어지며, 상향식 연구기획 방식을 활용

- 기술력 확보를 위해 다수의 연구자 및 기술 전문가들을 지원하는 집단연구는 대개 하향식으로 기획되며, 과학기술 분야 연구개발의 범주에서 수행

- 경제사회문제를 다루기 위한 목표지향적 집단연구는 학술영역뿐 아니라 정부 관계자, 사용자, 이해관계자까지 포함하여 광범위한 형태로 이루어지며, 하향식 연구기획 방식이 주로 활용

- 기존의 연구성과를 활용 및 확산하거나 혁신을 지원하는 다양한 인프라를 제공하는 활동 역시 집단연구의 방식으로 수행

○ 국내외 집단연구의 동향을 살펴본 결과, 최근 경제·사회 문제 해결을 위한 목표지향적 집단연구의 추진이 두드러짐

- 우리나라에서 추진된 집단연구 역시 개인연구에 비해 하향식 및 품목지정형 과제 기획 방식이 다수였음

- 외국은 임무중심형 혁신정책이 주목을 받으며 탄소저감, 바람직한 미래사회 실현의 목적으로 집단연구에 주목

○ 복잡한 문제를 효과적으로 해결하기 위해서 집단연구가 대형화 되는 경향이 있음

○ 대형 집단연구는 다수의 소형과제로 구성되어 성과를 조직화하는 역량이 효과적인 집단연구 수행에 중요한 요소로 강조

■ 기존 활발하게 수행되었던 학술진흥, 기술획득 목적의 집단연구 외에 경

제·사회 문제해결과 같은 다양한 방식의 집단연구를 효과적으로 활용하려는 노력이 필요

- 국가 차원에서 해결해야 할 도전과제에서 향후 추구할 지향점으로서 비전이나 가치를 제시하고, 이를 기초로 미션을 설정하여 사업(프로그램)으로 실현하게 됨
 - 미래 지향점으로 제시된 비전을 임무와 정책수단으로 연계하는 과정에서 체계적 접근이 필요
 - 실제로 사례연구 대상이었던 국가 마다 각자의 방법을 활용하고 있었으며, 우리나라 고유의 임무지향혁신정책을 추진하는 방법을 확립할 필요도 있음
 - 일례로 영국은 「넷제로 배출법(net zero emissions law)」의 제정을 시작으로 탄소 배출을 감축하려는 다양한 시도가 추진되고 있음
- 통상 임무를 달성하기 위해서는 연구개발뿐 아니라 제도개선, 사회혁신이 수반되어야 하기 때문에 사업 구조가 복잡해져 사업설계 역량이 중요해짐
 - 외국의 경제·사회 문제 해결을 위한 집단연구는 원천기술개발과 응용 및 실증 패키지 지원되어 대규모 자원 투입이 요구됨
 - 우리의 경우 대개 원천기술개발 이후 실증연구가 이루어지나 외국의 사례에서는 사업 추진 초반부터 실증을 염두에 두고 사업이 진행되었음
 - 대규모 자원 투자가 이루어지기 전에 기술적 타당성을 확인하기 위한 소규모 탐색 연구가 진행되어 신속한 실패(fast failure)를 가능케 함
- 사업의 수행 과정에서 여러 세부과제, 참여연구진 간의 유기적인 연계를 담당할 과제 및 사업 관리자의 역할이 강조됨
 - 참여연구진 간의 의사소통을 유도하고, 갈등을 조율하며, 사업의 최소 단위인 과제에서 배출한 성과를 조화하는 사업 및 과제 책임자의 역량이 사업의 성패, 즉 미션의 달성여부를 결정하는 주요한 요인으로 지목됨
 - 과제 및 사업관리자를 양성하여 중대형 집단연구를 효율적으로 수행케 할 목적에서 정부가 연수 프로그램을 제공하기도 함
- 사업이 추구하는 목표, 즉 임무는 도전적으로 설정되었기 때문에 이의 달성가능성에 대한 불확실성 또한 커 사업의 진행과정을 상시로 모니터링할 필요가 있음

- 대개 산학연 연구자, 현장 전문가, 정부 관계자로 구성된 위원회에서 사업 진행을 모니터링함
- 전문가 집단은 사업의 진행상황을 검토할 뿐만 아니라 실용화나 기술이전 과정에서의 난관에 컨설팅을 제공하거나 사업의 진행에 대한 방향성을 제안하기도 함
- 그리고 사업에 계속 지원이 필요한지, 혹은 자원의 추가 투자가 필요한지를 결정하며, 임무의 달성가능성이 낮다면 과감하게 지원 중단의 결정을 내릴 수도 있음

제2절¹ 정책 시사점

■ 국내외 집단연구 현황 및 발전 방향을 토대로 국내 집단연구 활성화를 위한 시사점을 정리

- 국내에서 이루어지고 있는 집단연구가 효과적으로 수행될 수 있도록 연구 현장에 대한 심층적인 추가 연구가 필요
 - 미국에서는 지난 10여 년간 팀 사이언스라는 이름으로 집단연구의 보편적 형태 및 효과적 수행방식에 대한 정책 지식을 축적해옴으로써 실제 연구현장에서 이루어지는 집단연구를 중심으로 정책 개선방향을 모색해 옴
 - 한편 우리나라에서는 융합 및 집단연구의 중요성이 강조되어 왔음에도 실천적인 측면에서 효과적으로 집단연구를 수행하는 데에는 관심이 부족
 - 연구현장에서 이루어지는 집단연구를 면밀하게 모니터링하여 집단연구 수행방식을 이해하고, 이의 개선 방향을 제시해나갈 필요
 - 또한 집단연구를 처음 접하거나 집단연구 수행에 있어 어려움에 직면한 연구자들을 대상으로 집단연구의 노하우를 전수할 수 있는 채널이 필요
- 소규모이지만 우수한 집단연구를 발굴하고, 이를 대형 집단연구로 발전시켜 나가기 위한 장기적 육성 방안이 마련될 필요
 - 대개 국가연구개발사업을 통해 집단연구를 지원하고 있어 사업 혹은 과제가 종료 되면 집단연구의 연속성이 위협을 받으므로 집단연구가 지속될 수 있도록 제도적 지원이 필요
 - 우수한 집단연구를 발굴하여 연구팀의 성장을 지원할 수 있도록 집단연구의 수월성 혹은 잠재성을 판단할 수 있는 새로운 지표가 마련될 필요
 - 현재는 책임자 개인의 운영·관리 능력이 집단연구 성패에 주요하게 영향을 미치고 있으므로 이를 극복하기 위해 집단연구 전반에 연구팀의 운영·관리의 중요성을 환기하고, 이러한 능력을 함양하기 위한 추가적인 노력이 요구
- 실질적 집단연구를 이끌어내고, 이를 검증하기 위해 개인연구와는 차별화된 평가 지표가 적용될 필요가 있음
 - 유기적인 집단연구를 수행한 연구팀은 연구지원이 종료된 이후에도 공식 혹은

비공식적 상호작용을 이어갈 가능성이 있으며, 성공적인 협동연구의 경험은 후속 협력을 이끌어내는 계기가 됨

- 집단연구의 선정 과정에서 연구책임자 혹은 개별 연구자의 연구 역량 외에 연구진이 팀을 이루어 연구를 수행할 수 있는지에 대한 역량이 반영되어야 함
- 집단연구를 지원받았음에도 실제 연구를 수행하는 과정에서 지식의 통합을 이루기 보다 참여 연구진 개인에 연구비를 단순 배분하는 소위 ‘나누어 먹기 식’ 집단연구에 대한 비판이 제기되므로 지식의 통합에 대한 검증이 요구
- 집단연구의 성과로 논문, 특허와 같은 정량적 기준 외에 연구자들 간 상호작용이 충실하게 이루어졌는지에 대한 검토도 필요

○ 다양한 연령대의 연구자들이 집단연구에 참여할 수 있도록 기회를 확대할 필요

- 외국의 집단연구와 비교했을 때 한국은 국내외, 자국의 내·외부 기관, 산·학 등 연구진의 다양성 측면에서 한정된 대상과의 협력이 두드러짐
- 국내 연구 문화가 반영되어 협력 대상이 한정적인 이유도 있겠으나 대학이나 출연 연구소를 제외한 여타 연구수행주체의 연구역량이 확보되지 않아 협동연구가 제한적으로 이루어질 수밖에 없는 이유도 있어 단순히 협력 대상 다변화를 주장하기 어려운 실정
- 또한 비교적 높은 연령대의 연구자들 간에 협력이 주로 추진되는 경향이 있어 다양한 연령대 연구자에게 집단연구의 기회가 주어질 필요

■ 집단연구의 지원 목적 및 대상을 다양화하고 특성에 따른 지원 제공

- 집단연구는 활발한 지식 통합을 기초로 학술진흥, 기술획득, 연구 및 혁신 인프라 제공, 경제·사회문제 해결에 이르기까지 다양한 방식으로 활용되어 왔음
- 향후에는 집단연구의 목적을 더욱 세분화하여 목적에 따른 지원 방안을 설계할 필요가 있음
- 가령, 학문적 수월성을 추구하는 집단연구와 지역산업과 밀착한 집단연구는 참여 연구진의 구성뿐만 아니라 지원방식에도 차이가 있을 것. 학문적 수월성을 추구하는 집단연구는 연구진의 창의성이 장기적으로 발휘될 수 있도록 지원이 필요하고, 지역산업 밀착형은 지역의 수요 및 여건을 반영한 지원이 이루어져야

함

- 대규모 자원이 투입되는 대형·장기 집단연구를 지원하기에 앞서 연구의 실현가능성을 타진하기 위한 실험 성격의 단기 집단연구를 시도해볼 수도 있음

○ 다양한 연령대의 연구자, 특히 신진연구자가 집단연구에 참여할 수 있도록 기회를 제공

- 신진연구자가 집단연구의 책임으로서 경험을 쌓을 수 있도록 과제선정 시 가산점을 부여하는 등 인센티브 제공

- 박사후연구원과 같이 교육(training) 기간에 있는 신진연구자가 참여하는 집단연구일 경우 지식 전수에 대한 구체적인 계획이 선정과정에서 제시되어야 할 필요가 있음

■ 우수하거나 잠재성이 높은 소규모 집단연구가 대형 집단연구로 성장할 수 있도록 체계적 지원 방안 마련

○ 다수의 소규모 집단연구 가운데 잠재성과 우수성이 높은 일부를 선별하여 대규모 연구로 발돋움할 수 있도록 지속적 지원

- 연구자 개인 수준이 아닌 연구팀이 발표한 연구의 영향을 파악·예측하는 등 집단연구의 영향력과 잠재성을 가늠할 수 있는 지표를 마련

- 집단연구를 발전시켜가는 과정에서 연구팀이 장기적으로 추구할 도전적인 연구 목표를 설정하고, 이의 실현에 대한 구체적인 계획이 수립되며, 사업화와 같은 집단연구의 목적에 따라 재정자립에 대한 계획도 포함될 수 있음

- 우수성과 잠재성이 높은 소규모 집단연구를 발굴하여 기초·응용개발의 단계를 거쳐 발전하는 과정에서 담당 부처 간 이어달리기를 추진하여 집단연구에 대한 지원이 지속적으로 이루어지게 함

○ 집단연구의 명맥을 이어갈 수 있도록 지원의 공백을 방지하고, 조직(연구실, 연구센터 등)을 운영하기 위한 지원이 필요

- 전염병과 같이 사회적으로 시급하게 해결을 요하는 문제에 있어 지원의 공백으로 인한 연구의 단절을 방지하기 위해 1년 미만의 단기간 동안 집단연구를 지원하는

신속 지원 트랙(fast-track) 신설

- 대개 집단연구는 연구개발에 대한 지원만이 이루어지나 집단의 운영에 있어 필요한 최소한의 운영비에 대한 지원이 이루어진다면 연구조직으로 화한 집단연구의 해체 위험은 줄일 수 있음
- 연구개발에서부터 사업화까지 수행되는 집단연구는 실증을 위한 별도의 예산 배정과 다양한 이해관계자의 참여 등 법·제도의 완화를 요구
 - 실증이 요구되는 집단연구는 다양한 이해관계자가 연구에 참여할 수 있도록 제도를 마련해야 할 것이며, 실증인증을 위한 별도의 예산 배정이 필요
 - 대개 지역 주력 산업에 한정·지정된 규제자유특구를 집단연구를 통해 개발하는 기술로 대상을 변경하고, 공간적 범위도 집단연구를 수행하는 기관 혹은 집단연구가 이루어지는 공간 단위로 지정하여 규제를 완화

■ 도전적인 연구를 수행하는 장기·대형 집단연구일수록 내·외부 변화에 대응하기 위한 관리역량을 확보할 필요

- 관리의 대상은 성과와 환경으로 구분하고, 주기적으로 모니터링을 수행하여 결과에 따라 연구팀 자체적으로 자원 조달 및 배분, 연구계획을 수정할 수 있어야 함
 - 성과 모니터링 대상은 세부 과업별 당초 목표 대비 진척 상황, 재정 상황이 포함됨
 - 환경 모니터링 대상은 집단연구의 성패에 영향을 미치는 외부 환경을 일컫는 것으로 기술 환경 변화, 시장 수요 변화, 규제환경 변화 등을 포함
 - 연구팀은 자체적으로 성과 및 환경 모니터링을 수행하여 결과에 따라 필요한 자원을 탄력적으로 조달 혹은 배분하거나 연구 단계별 마일스톤을 변경할 수 있어야 함
- 연구팀 내에 연구 모니터링을 상시 추진하기 위한 별도의 조직을 갖출 필요도 있음
 - 대부분의 집단연구는 모니터링에 대한 중요성을 인지하지 못하거나, 모니터링이 특정 기간별(연례/분기별)로 추진되곤 함

- 그러나 목표 달성의 불확실성을 대비하기 위한 성과 관리, 급변하는 외부 환경에 기민하게 대응하기 위해서 모니터링은 상시 수행될 필요가 있음
- 연구팀 내부에 이러한 모니터링 업무를 담당할 별도의 조직을 구성하여 내·외부 변화에 대응력을 갖출 필요가 있음
- 연구 책임자의 연구관리 역량은 도전적으로 설정한 집단연구 목표의 달성 여부에 크게 영향을 미치게 되므로 교육을 통해 책임자의 연구관리 역량을 향상
 - 현재는 연구 책임자(연구단장, 사업단장)에게 집단연구 전체 운영에 대한 자율성이 주어져 세부과제 구성, 연구자 선정, 연구비 배분에 관한 권한이 있음
 - 또한 집단연구 책임자의 역량에 대한 인지도가 낮을 뿐 아니라 책임자 개인의 관리 성향이 강하게 반영되는 경향이 있어 집단연구 마다 판이한 방식으로 운영되고 있음
 - 집단연구의 책임자는 연구자이기도 하지만 전체 연구의 관리자임을 상기하고, 연구 책임자의 자율성을 존중하되 연구의 운영 및 관리에 있어서 최소한의 기준선(baseline)을 확보할 수 있도록 책임자에 대한 교육이 보완될 필요도 있음
- 대형 집단연구 책임자는 연구 관리자로서 필요한 기본 소양을 갖출 수 있도록 인력양성 사업과 대형 집단연구 사업을 연계·추진할 수도 있음
 - 연구 책임자 선정 시 소양교육을 필수로 이수하도록 규정하거나 소정의 교육을 이수한 책임자는 선정 시 가산점을 부여하는 등의 방식을 취할 수 있음

■ 개인연구와 차별화된 집단연구의 평가지표가 개발·적용될 필요

- 집단연구 선정과정에서 연구 자체의 혁신성과 도전성을 평가하고, 나아가 제시한 연구 목표를 달성하기 위해 연구팀이 적절하게 구성되었는지도 검토할 필요가 있음
 - 현재 대부분의 집단연구는 개인연구와 마찬가지로 연구의 탁월성을 중심으로 연구를 선정하고 있음
 - 그러나 집단연구는 참여연구진의 지식 통합이 중요한 요소이므로 연구진의 전문성과 함께 연구진 간의 협업 경험 혹은 이를 통해 이루었던 업적과 같은 요소를 반영하여 연구진 간 협업이 잘 수행될 수 있을지에 대한 검토가 필요함

- 또한 집단연구 책임자의 선정 과정에서 관리자로서의 능력에 비해 연구자로서의 능력을 강조하는 측면에 있어 선정지표에 대한 보완이 필요함
 - 대부분 과거의 연구실적이나 계획서 내용구성의 충실도 측면에서 책임자를 선정하고 있어, 대형 사업을 관리하는 관리자로서의 능력은 낮은 배점을 차지
 - 경영관리 능력을 평가하더라도 학술계 내에서 연구 책임자의 인지도가 반영되는 등 대형 연구집단을 이끌어 가기에 적합한 인물인지에 대한 검증은 부족한데, 이는 우수한 연구자가 사업의 추진 능력 또한 탁월할 것이라는 가정이 반영된 결과라 할 수 있음
 - 대형 집단연구를 이끌어본 경험도 관리자로서의 능력을 살펴볼 수 있는 중요한 지표가 될 수 있음
 - 집단연구 책임자로서의 능력은 우수한 연구자로서의 능력과는 다른 차원에서 역량이 정의되어 책임자 선정에 활용될 필요가 있음

<표 5-1> 사업 관리자에게 필요한 역량의 예

분 류	세부내용
협력 및 의사소통	<ul style="list-style-type: none"> • 명확하게 세부사업에 업무배분을 할 수 있고, 하위 과제에서 도출한 결과를 효과적으로 통합할 수 있음 • 대형 집단연구에 책임을 맡았던 경험이 있음
효과적 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 사업 전체의 목표를 명확하게 정의하고, 이를 달성하기 위한 세부 과업을 체계적으로 구성할 수 있음 • 효과적으로 사업을 수행할 방법을 모색하고, 합리적인 방법으로 최적의 대안에 대한 의사결정을 수행할 수 있음
사업 진도 및 관련 동향 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> • 사업 전체의 목표를 달성하기 위한 진도를 관리할 수 있음 • 외부환경(기술, 시장, 규제 등)의 변화에 따라 사업을 탄력적으로 운영할 수 있음
연구팀 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 세부과제 간 성과측정 및 자원배분 규칙/절차를 제시
지속가능성 및 책임감	<ul style="list-style-type: none"> • 집단연구가 지속될 수 있도록 미래 비전을 제시할 수 있음 • 사업 성패에 대한 강한 책임의식을 지님

자료: 연구진 작성

- 데이터를 비롯하여 연구팀에서 만들어진 결과를 축적할 방법, 연구 추진 과정에서 수집된 데이터가 높은 품질을 유지할 수 있도록 관리할 방법이 제시될 필요가 있음
 - 연구 과정에서 생성된 데이터는 가상 도구에 활용되거나 연구팀 내·외부와의 협력 혹은 후속연구로 연계되는 등 활용도가 높은 자원이므로 효과적으로 관리될 필요가

있음

- 연구팀 내부에서 데이터 공유에 관한 규정을 제정하고, 관련 인프라와 인력을 확충하는 등 데이터 관리·공유에 대한 계획이 요구됨
 - 지원기관은 필요시 데이터 형식 및 메타데이터 표준화, 데이터 시스템 관리, 개인정보보호 등에 관한 컨설팅을 제공할 수도 있음
- 연구 종료 시에는 단순 양적 성과에 불과한 논문 편수 같은 성과 보다 실제로 집단연구를 통해 거둔 성과인지 혹은 지식통합이 잘 이루어졌는지를 검토할 필요가 있음
- 공저자 네트워크와 같은 수단을 활용하여 집단연구 과정에서 지식의 통합 혹은 조직화 정도를 살펴볼 수 있음
 - 집단연구 종료 후에도 공동연구가 지속되는지를 살펴보아 집단연구의 연속성을 평가에 반영할 수도 있음

■ 집단 내 상호작용을 개선하기 위한 실천적 지침서 혹은 툴킷(toolkit)의 개발·배포

- 집단연구가 이루어지는 현장의 애로사항을 수렴하고, 집단연구 운영에 경험이 많은 연구자들에게서 효과적인 집단연구의 관리 및 운영에 대한 노하우를 수집
- 연구현장에서 집단연구를 운영하면서 직면할 수 있는 많은 크고 작은 문제를 다루는 실천적 지침서 혹은 툴킷(toolkit)을 개발하여 일선 연구자들이 집단연구 설계·수행 시 지침으로 활용할 수 있도록 함
 - 참여연구진들 간의 신뢰를 확보하고, 관리자로서 리더십을 발휘하는 방법에서부터 연구자들 간의 충돌을 중재하는 방법 등 집단연구 실무에서 활용할 수 있는 정보를 제공

참고문헌

- 과학기술정보통신부(2018a), 「제3차 융합연구개발 활성화 기본계획('18~'27)」.
- _____(2018b), 「과학기술기본계획(2018~2022)—2040년을 향상 국가과학기술 혁신과 도전」.
- 김길선 외(2009), 「범용기술 측정 및 구분을 통한 범용기술혁신 패턴과 방향성 연구」, 기초연구지원인문사회(일반연구)사업, 한국연구재단.
- 김현철(2022.1.21.), 「대형 국가연구개발사업에서 프로젝트 관리자의 역할 및 개선과제 (발표자료)」, 『R&D를 통한 인력양성 세미나』, 과학기술정책연구원, pp. 1-24.
- 박기범(2017), 「대학 연구개발 지원정책 현황과 문제점」, 『대학 특성을 고려한 정부 지원정책 방향』, 한국과학기술한림원.
- 박기범 외(2016), 「집단연구지원사업의 정성적 성과 분석을 통한 지원 필요성 및 개선방안 마련」, 한국연구재단.
- _____(2017), 「IBS의 중장기규모 및 운영시스템에 대한 기획 연구」, 기초과학연구원.
- 엄미정 외(2009), 「R&D 환경변화에 대응한 대학내 연구조직 지원정책 개선방안」, 과학기술정책연구원.
- 이세준·목은지(2019), 「글로벌 프론티어 과학기술혁신정책 조사 및 국내적용 방안 탐색 - 과학기술분야 출연(연)의 선도적 연구 혁신모형 탐색」, 과학기술정책연구원.
- Allen-Scott, L. K. *et al.*(2015). “Academic institutions and one health: building capacity for transdisciplinary research approaches to address complex health issues at the animal-human-ecosystem interface,” *Academic medicine*, 90(7), pp. 866-871.
- Baker, B.(2015), “The Science of Team Science—An Emerging field delves into the complexities of effective collaboration,” *BioScience*, 65(7), pp. 639-644.
- BEIS(2020), “The ten point plan for a green industrial revolution”.
- _____(2021), “£ 84 million boost for technology to power a green aviation revolution.”
- Bettent, L. M., Gadlin, H. and Levine-Finley, S.(2010), “Collaboration & Team

- Science: A Field Guide,” National Institutes of Health.
- Bozeman, B. and Youtie, J.(2017), “The Strength in Numbers: The new Science of Team Science,” Princeton University Press.
- Börner, K. et al., (2010), “A Multi-Level Systems Perspective for the Science of Team Science,” *Science Translational Medicine*, 2(49).
- Bracken, L. J., Bulkeley, H. A., and Whitman, G.(2015). “Transdisciplinary research: understanding the stakeholder perspective,” *Journal of environmental planning and management*, 58(7), pp.1291–1308.
- Breitinger et al.(2021), “Good practices in mission-oriented innovation strategies and their implementation,” Fraunhofer.
- Castelvecchi, D.(2015), “Physics paper sets record with more than 5,000 authors,” *Nature*, pp. 1–2.
- Chen, K., *et al.* (2020). “Do research institutes benefit from their network positions in research collaboration networks with industries or/and universities?,” *Technovation*, 94–95, 102002, pp. 1–20.
- Corrocher, N., Malerba, F., & Montobbio, F. (2003). “How do new technologies emerge? A patent-based analysis of ICT-related new industrial activities,” *Innovation*, 5(2–3), pp. 234–256.
- Deutsch, L., *et al.*(2021). “Leading inter- and transdisciplinary research: Lessons from applying theories of change to a strategic research program,” *Environmental Science & Policy*, 120, pp. 29–41.
- Ding, Y., Pulford, J., and Bates, I.(2020). “Practical actions for fostering cross-disciplinary global health research: lessons from a narrative literature review,” *BMJ Global Health*, 5, e002293, pp, 1–13.
- European Commission(2021a), “European Missions: Adaptation to Climate Change Support at least 150 European regions and communities to become climate resilient by 2030—Implementation Plan”.
- _____(2021b), “European Missions: Cancer Improving the lives of more than 3 million people by 2030 through prevention, cure and for those affected by cancer including their families, to live longer and better”.

- Fisher, R. *et al.*(2018), “Mission–Oriented Research Innovation: Inventory and characterisation of initiative(Fianl Report),” European Commission.
- Gomes–Casseres, B., Hagedoorn, J., and Jaffe, A. B.(2006). “Do alliances promote knowledge flows?,” *Journal of Financial Economics*, 80(1), pp. 5–33.
- GOV.UK(2021.9.27.), “The Road to COP26: The UK at pre–COP in Milan: a busy programme of events on climate and sustainability.”
- EC–OECD(2021), “STIP Compass Taxonomies describing STI policy data, edition 2021”. *European Journal of Social Work*, 14(1), pp. 53–70.
- Hall, L. K. *et al.*(2008), “The Collaboration Readiness of Transdisciplinary Research Teams and Centers: Findings from the National Cancer Institute’s TREC Year–One Evaluation Study,” *American Journal of Preventive Medicine*, 35(2), pp. 161–172.
- Hara, N., *et al.*,(2003). “An emerging view of scientific collaboration: Scientists' perspectives on collaboration and factors that impact collaboration,” *Journal of the American Society for Information science and Technology*, 54(10), pp. 952–965.
- Hy4Heat(2018), “Hy4Heat Progress Report – November 2018”.
- Imabayashi, F.(2021.1.18.), “Overview of the JST–Mirai Program,” *The JST–Mirai Program: Innovative R&D for the future*.
- Jantsch, E.(1972). “Inter–and transdisciplinary university: A systems approach to education and innovation,” *Higher education*, 1(1), pp. 7–37.
- JST(2022), “2021 JST–MIRAI PROGRAM”.
- Kantor, L.(2008), “NIH Roadmap for Medical Research,” *Alcohol Research & Health*, 31(1), pp. 12–13.
- Karvonen, M., and Kässi, T.(2013). “Patent citations as a tool for analysing the early stages of convergence,” *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), pp. 1094–1107.
- Kodama, F.(1992), “Technology Fusion and The New R&D”, *Harvard Business Review*, July–August, pp.70–78.
- Krott, M.(2002). “Evaluation of transdisciplinary research,” *Encyclopedia of life*

- support systems (EOLSS), 3.
- Kumar, V.(2017). “The role of university research centers in promoting research,” *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45, pp. 453–458.
- Larrue, P. and Polt, W.(2020), “Does science for mission undermine the mission of science?,” *EUROSCEINCE OPEN FORUM*.
- Li, E. Y., Liao, C. H., and Yen, H. R.(2013). “Co–authorship networks and research impact: A social capital perspective,” *Research Policy*, 42(9), pp. 1515–1530.
- Mahdi, S. and Pavitt, K.(1997), “Key National Factors in the Emergence of Computational Chemistry Firms,” *International Journal of Innovation Management*, 1(4), pp.355–386.
- Mausser, W., *et al.*(2013). “Transdisciplinary global change research: the co–creation of knowledge for sustainability,” *Current opinion in environmental sustainability*, 5(3–4), pp. 420–431.
- Morton, L. W., Eigenbrode, S. D., and Martin, T. A.(2015). “Architectures of adaptive integration in large collaborative projects,” *Ecology and Society*, 20(4), 5, pp. 1–11.
- National Research Council(2015), “Enhancing the Effectiveness of Team Science,” Washington, DC: The National Academies Press.
- NIH(2010). “Collaboration and Team Science: A Field Guide.”
- OECD(1998). “Interdisciplinarity in Science and Technology, Directorate for Science, Technology and Industry,” Paris: OECD.
- _____(2020). Directorate for Science, Technology and Innovation Committee for Scientific and Technological Policy: Addressing societal challenges using transdisciplinary research, OECD Global Science Forum.
- _____(2021), “The Design and Implementation of Mission–Oriented Innovation Policies: A New Systemic Policy Approach to Address Societal Challenges,” *POLICY PAPERS* 100.
- Reinalda, B., and Verbeek, B.(2011). “Policy autonomy of intergovernmental organizations: A challenge to international relations theory?,” In *International Organizations and the Idea of Autonomy* (pp. 105–121). Routledge.

- Roux, D. J., et al.(2010). “Framework for participative reflection on the accomplishment of transdisciplinary research programs,” *Environmental Science & Policy*, 13(8), pp. 733–741.
- Sá, C. M.(2008). “Interdisciplinary strategies’ in US research universities,” *Higher Education*, 55(5), pp. 537–552.
- Sa, C. M.(2008), “University–Based Research Centers: Characteristics, Organization, and Administrative Implications,” *Journal of Research Administration*, 39(1), pp. 32–40.
- Schemel, S. et al.(2020), “Future of Labs,” ARUP.
- SIP(Science Industry Partnership) (2016), “The Demand for Skills in the UK Science Economy”.
- Stokols, D.(2006). “Toward a science of transdisciplinary action research,” *American journal of community psychology*, 38(1), pp. 63–77.
- Shuffler, M. L., Salas, E., and Rosen, M. A.(2020), “The Evolution and Maturation of Teams in Organizations: Convergent Trends in the New Dynamics Science of Teams,” *Frontiers in Psychology*, 11, e2128, pp. 1–6.
- Tetradis–Meris, G.(2019), “R&D Digitalisation enables to increase speed to market,” 2nd European Forum on New Technologies – DIGITALISATION IN CHEMICAL ENGINEERING, European Federation of Chemical Engineering, pp. 1~22.
- Tress, G., Tress, B., and Fry, G.(2005). “Clarifying integrative research concepts in landscape ecology,” *Landscape Ecology*, 20(4), pp. 479–493.
- Tushman, M.L. and Anderson, P.(1986), “Technological Discontinuities and Organisational Environment,” *Administrative Science Quarterly*, 31, pp. 439–465.
- UKRI(2021), “Future Flight Vision and Roadmap August 2021 – Future Flight Challenge at UK Research and Innovation.”
- Ulbrich et al.(2018), “Digital Disruption in the LAB: the Case for R&D Digitalization in Chemicals,” *accenture*.
- van den Besselaar, P., and Heimeriks, G.(2001, July). “Disciplinary, multidisciplinary,

- interdisciplinary: Concepts and indicators,” In ISSI (pp. 705–716).
- Vogel, *et al.*(2013). “The Team Science Toolkit Enhancing Research Collaboration Through Online Knowledge Sharing,” *American Journal of Preventive Medicine*, 45(6), pp. 787–789.
- Wuchty, S., Jones, B. F., and Uzzi, B.(2007). “The increasing dominance of teams in production of knowledge,” *Science*, 316(5827), pp. 1036–1039.
- Zhu, N., Liu, C., and Yang, Z.(2021). Team Size, Research Variety, and Research Performance: Do Coauthors’ Coauthors Matter?. *Journal of Informetrics*, 15(4), 101205.

<웹 페이지>

- Arc, “<https://arcinstitute.org>”.
- BBC, “<https://www.bbc.co.uk/>”.
- BBC Media Center(2018.3.22.), “BBC Four experiment uses smart phone technology to investigate the spread of a fatal flu pandemic across the UK,” <https://www.bbc.co.uk/mediacentre/latestnews/2018/contagion>.
- EC–OECD STIP Compass, “<https://stip.oecd.org/stip/>”.
- European Commission, “<https://ec.europa.eu/>”.
- Fast Grants, “<https://fastgrants.org/>”.
- German Research Center for Artificial Intelligence, “<https://www.dfki.de/>”.
- Goyal and Kejriwal(2020.1.5.), “How To Build An Effective Center Of Excellence,” <https://zinnov.com/how-to-build-an-effective-center-of-excellence/>.
- Hy4Heat “<https://www.hy4heat.info/>”.
- Max(2015.7.17.), “What is Enabling Technology and how has it changed us?,” <http://www.enablingtechnology.eu/what-is-enabling-technology-and-how-has-it-changed-us/>.
- Ross(2019.3.8.), “The Five Things Your RPA Center of Excellence Must Do...,” <https://labs.sogeti.com/five-things-your-rpa-coe-must-do/>.
- SciVal, “<https://www.scival.com>”.
- Scopus, “<https://www.scopus.com>”.

융복합 집단연구 활성화 방안

SCORE, “www.cos.io/score”.

UCL News(2017.9.27.), “New app launched to monitor spread of infectious diseases,”
<https://www.ucl.ac.uk/news/2017/sep/new-app-launched-monitor-spread-infectious-diseases>.

Web of Science, “<http://www.webofknowledge.com>”.

科学技術イノベーション人材育成プログラム, “<https://www.jst.go.jp/innov-jinzai/>.”