

모기매개 감염병 대응 협력체계 강화를 위한 국가연구개발 정보 종합분석 프레임워크 개발

이지은¹, 류충민¹, 김근환², 이도연^{2*}

¹한국생명공학연구원 감염병연구센터, ²한국과학기술정보연구원 데이터분석본부

R&D Information Analysis Framework to Strengthen Collaborative Ecosystem in Response to Mosquito-Borne Infectious Diseases

Jieun Lee¹, Choong-Min Ryu¹, Keunhwan Kim², Doyeon Lee^{2*}

¹Infectious Disease Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology

²Division of Data Analysis, Korea Institute of Science and Technology Information

요약 세계보건기구는 코로나바이러스감염증-19(코로나19) 국제 공중보건위기상황을 해제하였지만, 최근 기후변화의 가속화로 신변종 감염병의 발생이 빈번해지고 피해 규모가 증가함에 따라 미래 감염병 대응 역량을 강화할 필요성이 확대되고 있다. 본 연구의 목적은 국가 차원의 감염병 대응 역량을 강화하기 위한 연구협력 활성화 방안을 제안하기 위하여 국가연구개발 투자방향 및 연구 협력체계 구축을 지원하는 연구과제 정보 종합분석 프레임워크를 개발하였다. 특히, 본 연구에서는 감염병 중에서 기후변화로 급증하고 있는 주요 모기매개 감염병인 지카열, 뎅기열, 말라리아, 치쿤구냐열에 초점을 두었다. 코로나19 발생 전후, 2017년부터 2022년까지 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 모기매개 감염병 국가연구개발사업 관련 291개 데이터를 대상으로 분석하였다. 모기매개 감염병 연구개발과제 수행현황을 핵심기술 영역별로 분석하여 미래 모기매개 감염병 대비를 위한 국가연구개발 투자 방향성을 도출하였다. 추가로, 산학연간 연구협력 생태계의 고도화를 위하여 모기매개 감염병의 기술 영역별 연구기관 현황을 분석하고, 연구결과의 모기매개 감염병 위기대응 기술상용화 연계를 위하여 연구기관 특성 분석 결과 및 수행주체 정보를 제시하였다. 따라서, 본 연구는 기존 논문 및 특허의 한정된 정보분석 연구에서 확인되지 못했던 연구개발 투자를 포함한 종합분석을 실시하고 모기매개 감염병 대비를 위한 국가연구개발사업 투자 전략의 방향성을 도출함으로써, 모기매개 감염병 대응 협력체계 강화 정책 현안에 대한 시의성 있는 정보를 제공하였다는 데 의의가 있다.

Abstract WHO declared an end to the COVID-19 public health emergency last year. However, as the risk of viral diseases with worldwide impacts is expected to accelerate due to climate change, the South Korean government must enhance its capabilities and preparedness to meet the challenges of future infectious disease outbreaks. This study presents a framework for the comprehensive analysis of national research and development (R&D) project information to support the direction of national R&D investment and to establish a collaborative research framework. In particular, this study focuses on major mosquito-borne infectious diseases (MBDs), including Zika fever, dengue fever, malaria, and chikungunya fever. Details of 291 nationally funded MBD-related projects between 2017 and 2022 were collected from the National Science and Technology Knowledge Information Service (NTIS). The statuses and trends of governmental investment in nationally funded research projects were investigated with respect to four MBDs and technologies utilized. The devised framework might be used to determine which research organizations crucially contributed to technologies and understanding MBDs. This study provides useful information facilitating linkages between current knowledge, R&D investment, and the MBD ecosystem.

Keywords : Infectious Disease, Mosquito-borne, R&D, Information Analysis Framework, Collaboration

본 논문은 2023년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단 바이오·의료기술개발사업의 지원(NRF-2020M3A9H5095686, NRF-2023M3A9H5091716), KRIBB 기관고유사업의 연구비 지원(KGM9942421), 2024년도 한국과학기술정보연구원(KISTI) 기본사업(K24L3M3C5)으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Doyeon Lee(Korea Institute of Science and Technology Information)

email: dylee@kisti.re.kr

Received February 26, 2024

Revised March 27, 2024

Accepted April 5, 2024

Published April 30, 2024

1. 서론

세계보건기구(WHO: World Health Organization, 이하 WHO)는 2023년 5월 5일, 약 3년 4개월간 유지하던 코로나바이러스감염증-19(코로나19) 국제공중보건위 기상황(PHEIC: Public Health Emergency of International Concern, 이하 PHEIC) 선포를 해제한다고 발표하였다 [1]. 대한민국 정부도 2023년 5월 11일 공식적으로 코로나 엔데믹(Endemic, 풍토병화)을 선포하면서, 「신종감염병 대유행 대비 중장기 계획(23.5.11)」 5개 분야 10대 핵심과제를 발표하였다. 이 중에서 글로벌 보건안보를 선도하기 위해 해외 주요국과의 기술지원 및 정보수집을 위한 연구협력체계 구축과 백신·치료제 개발 가속화를 위한 연구개발(R&D: Research & Development, 이하 R&D) 지원체계 구축을 강조하고 있다[2].

한편, 지난 8월 WHO는 특별한 백신과 치료제도 없는 뎅기(Dengue) 바이러스가 동남아시아 중심에서 중동, 중남미 등 세계적으로 확산하면서 사망자 수가 최대치를 기록하고 있다고 보고하였다[3]. 비슷한 시기에 우리나라 질병관리청에 따르면, 지난해 동남아시아에서 모기매개 감염병 발생이 증가하는 상황에서 코로나 엔데믹 이후 해당 지역으로 여행하는 국민의 수가 증가하면서 해외유입 모기매개 감염병으로 신고된 환자 수는(23.8.5일 기준) 2022년 동 기간 발생한 건수 대비 약 3배 증가하였으며, 구체적으로 뎅기열(90명), 말라리아(45명), 치쿤구니아열(8명), 지카열(1명) 순으로 나타났다[4]. 이처럼 국제적인 인구 이동, 신종감염병 피해 규모는 계속 확산 추세에 따라 감염병 대응 능력을 강화해야 할 필요성은 더욱 증가하고 있다[5].

신변종 감염병에 대응하기 위한 국가 차원의 R&D 정책을 수립하는 과정에서 의제 설정(agenda setting)에 따른 정책 형성(policy formulations) 단계에서는 R&D 전략기획(strategy planning)을 위한 현황분석이 요구되고 있지만[6], 특히 모기매개 감염병이 확산하고 있는 상황에서 이에 관한 국가 연구개발예산의 투자 전략 및 생태계 구축을 위한 정보 분석 프레임은 부재한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 국가 차원에서 모기매개 감염병 발생 대응을 위한역량 강화 및 연구협력체계 구축을 위한 분석 프레임을 제안하고자 한다.

2. 본론

2.1 정부 감염병 R&D 전략

대한민국 정부는 국가 감염병 위기에 대응하고 보건 안보를 강화하기 위해 지속적으로 연구과제 전략을 수립하고 있다[2,7,8]. 코로나19 세계적유행(Pandemic, 팬데믹) 시기 이전에도 감시·예측을 통하여 감염병 대비 시스템을 강화하고 국내 백신 자급화를 위한 백신 개발 지원을 위한 전략안이 제시되었으며, 코로나19 발생 초기인 2020년에는 ‘방역·예방 → 진단·검사 → 치료’ 감염병 대응 3대 분야의 과학기술 경쟁력 강화를 위한 「감염병 대응 산업 육성 방안 (‘20.5.14.)」을 발표하였다.

코로나19 위기 상황이 해제된 이후, 정부는 「신종감염병 대유행 대비 중장기계획 (23.5.11)」을 수립하고 미래 감염병 및 신규 팬데믹을 대비하기 위한 백신·치료제 개발을 가속화를 위하여 정부출연연구기관과 민간연구기관 간의 협력을 강조하였으며 임무 중심의 감염병 연구과제를 기획하고, 신속한 대응이 가능한 R&D 지원체계를 설계하고 강화하였다[7]. 감염병 백신·치료제 개발 가속화를 위해 감염병 발생 시점에 따라 ‘대비-대응-평가’ 단계별 R&D 지원전략을 세분화하였으며, 세계보건기구(WHO), 감염병혁신연합(CEPI) 등 국제기구에서 발표된 자료를 바탕으로 코로나19와 같은 호흡기 바이러스를 비롯한 모기매개 바이러스를 통한 감염병(뎅기열, 치쿤구니아열)을 R&D 투자 우선순위로 선정하였다. 이후, 「제3차 감염병 예방관리 기본계획(23.6.8)」에서는 향후 5년간(2023년~2027년) 추진할 16개 핵심과제 및 55개 세부과제를 구성하여, 감염병 연구 및 기술혁신을 주도하고, 감염병 대응에 필요한 인프라를 강화하는 전략을 제시하였다[8].

종합적으로 정부의 감염병 R&D 전략은 과거 수행하였던 감염병 R&D 현황을 분석한 증거 기반의 연구기획을 토대로 산학연 감염병 연구 협력 생태계를 강화하는 방향으로 발전하고 있다. 이를 통해 국가적인 감염병 위기에 대응하기 위한 감시·진단·치료 관련 핵심 기술을 선제적으로 확보하고, 미래 감염병 대응에서 글로벌 중추 국가의 역할을 선도해 나가는 것을 목표로 하고 있다.

2.2 미래 감염병 위기 대응을 위한 연구 협력의 중요성

연구 협력은 자원 부담을 최소화하면서 연구 효율성을 향상할 수 있는 유일한 방법으로 전 세계에 영향을 끼친 감염병들을 근본적으로 신속하게 해결할 수 있는 핵심 수단으로 활용된다[9]. 특히 감염병 분야의 연구 협력은 코로나19 팬데믹 극복을 통해 중요한 수단으로 그 가치가 재 확인되었으며, 미래감염병 위기 대응을 위한 중장기적인 연구개발 수행을 위해서는 국내 연구 주체 간의

협력을 국제 협력으로 확대하여 국가적 역량이 결집되고 국제대응 리더십을 행사하는 것이 필요하다. 지속해서 감염병 연구 협력을 강조하는 이유는 다음과 같이 세 가지로 정리될 수 있다[10]. 첫째, 폐쇄적인 국가보다 협력을 추진한 국가들은 경제·사회적 비용을 공동으로 부담하기 때문에 비용 및 시간 측면에서 감염병 대응이 효율적이다. 둘째, 연구와 경험에 기반한 지식이 공유되면 학습이 가속화되고 신속한 감염병 대응을 위한 과학기술발전이 촉진된다. 셋째, 국내외 연구협력은 정보의 비교가능성을 향상하고, 공통의 이해와 상호신뢰를 기반으로 감염병 대응을 위한 국제사회 규약 및 과학기술 표준 마련이 가능하다.

일부 선행연구에서 보고된 바와 같이 감염병 대응을 신속하고 효율적으로 하기 위해서는 연구 주체 간 지속적인 협력을 통한 공동 대응 방안 마련을 공동으로 강조하고 있다. 2002년 11월, 전 세계 평균 10 % 이상 높은 치사율의 중증급성호흡기증후군(SARS) 대유행을 겪으면서 기존의 국가 주도의 문제 해결 방식을 국제사회의 협의체제로 전환하면서 1년 이내 대유행 종식을 이룰 수 있다는 가능성을 확인하였다[11]. 또한, 2015년 5월에는 국내에서 중증호흡기증후군(메르스, MERS)이 발생하면서, 이에 미흡했던 감염병 긴급대응체계를 개선하기 위해서는 국제기구 및 인접 국가 간의 감염병 협력 네트워크 구축해야 한다는 필요성이 확인되었다[12].

코로나19 팬데믹 기간에도 공동대응 협력체계 구축을 위한 프레임워크(framework) 연구가 일부 수행되었다. 코로나19 발생한 직후, 2012년부터 2018년까지 수행된 코로나바이러스 연구현황을 분석하는 프레임워크를 즉시 수행하여 코로나19 대응을 위한 연구투자 방향성 및 국내외 연구협력 대상기관 정보를 제공하는 기반이 마련되었다[13]. 후속 연구에서는 코로나바이러스를 비롯한 연구과제 분야를 감염병 전반으로 확대하여 한국, 미국, 유럽, 일본 간 연구과제 정보를 비교할 수 있도록 공통의 감염병연구 7개 기술 분류체계를 제시하고 연구협력 대상기관 정보를 도출함으로써, 인공지능(AI) 기반 감염병 분류모델 개발 및 이종 분류체계의 연계구조 분석프레임 개발의 초석이 되었다[14].

최근까지 감염병 연구과제 현황분석 프레임워크를 개발하는 노력이 있었지만, 감염병 발생 후 효율적인 위기관리를 중점으로 연구가 진행되었기 때문에, '포스트 코로나' 시대의 기후변화로 인한 감염병 위협을 선제적으로 대비하기 위한 활용에는 한계가 있으며, 신·변종 감염병 연구협력 체계를 고도화하고 감염병 대응력을 강화하기 위한

다각적인 접근의 국가연구개발 사업체계 현황을 종합적으로 분석하는 프레임워크는 부재한 상황이다.

2.3 모기매개 감염병 발생 및 연구 현황

현재 세계사회는 급변하는 기후변화로 인한 신·변종 감염병 발병에 대비하기 위한 전략을 마련하고 있으며, 코로나19 팬데믹 발생 3년만인 2023년, 전 세계적으로 코로나19 엔데믹(endemic, 감염병 일상적 유행)을 선언하였지만[1], 기후변화로 인한 모기매개 감염병(지카열, 뎅기열, 말라리아, 치쿤구니아열, 황열, 웨스트나일열 등) 발생이 급증하고 있다. 2023년 6월, 미국 남부 지역에서 20년 만에 말라리아 감염 사례가 발생하였으며, 8월에는 뎅기 바이러스가 동남아시아 중심에서 중동, 중남미 등 세계적 확산으로 뎅기열로 인한 사망자 수는 역대 최다치를 기록하였고[15], 10월에는 아프리카 차드에서도 뎅기열 사망자가 확인되었다. 지구 온난화 등 기후변화는 지구 남반구 지역의 '감염병 벨트(Epidemic belt)'를 북반구로 점차 확대하고 있다. 이와 같은 변화에 따라 전문가들은 2070년 전 세계 인구의 약 45 %가 모기매개 감염병에 걸리거나 미래 팬데믹이 발생할 것으로 예상하며[16], 신종감염병 발생주기 단축에 따른 피해 규모가 확대될 것이기 때문에 감염병 신속 대응력을 강화하는 것은 필수적이라고 주장한다[17].

지카열은 약 5 % 치사율을 가진 질병으로 동남아시아 지역에서 엔데믹으로 유행하다가 2015년 4월부터 브라질을 중심으로 중남미 지역에서 대유행이 시작되면서[18], WHO는 2016년 '지카열 PHEIC'를 선언한 바 있지만 현재까지 지카열 예방백신은 존재하지 않는다[19]. 뎅기열 발생의 경우 WHO 보고에 따르면 2020~2022년 코로나19 팬데믹과 낮은 보고율로 인해 사례가 소폭 감소한 후, 2023년 초부터 계속되는 전염으로 전 세계적으로 뎅기열 사례가 급증하고 있으며 전체 환자 중 약 1 %는 중증 뎅기(severe dengue) 감염증으로 진행되고 있지만[20], 현재 뎅기열 예방백신은 황열병 기반으로 개발된 미국의 생약독화 백신 1종이 유일하며 항바이러스제는 아직 개발단계로 뎅기열 확산에 대한 근본적인 대응은 어려운 상황이다[21]. 우리나라의 경우 코로나19 팬데믹 종식 후 해외여행객이 급증하여 해외유입 모기매개 감염병 사례가 점차 증가함에 따라 국내 모기매개 감염병 엔데믹 유행이 발생하지 않도록 대비하기 위한 노력이 시급하다[22].

서지 분석을 활용하여 코로나19, 지카열을 포함한 신종감염병 대응 백신 6종에 대한 2002~2018년 연구 현

황을 확인한 결과, 중동호흡기증후군(메르스, MERS) 대응은 우리나라가 직접적 피해를 겪은 2015년 이후 학술 논문을 지속 발간하여 미국, 중국에 이은 연구경쟁력 세계 7위 상위권을 유지하지만 지카열 대응은 세계 14위로 2위인 브라질에 비하여 연구경쟁력은 매우 낮은 수준에 있으며[23], 이 결과는 지카열 위기상황의 잠재성을 인식하지 못하고 연구수행이 소극적이라는 것을 의미하기도 한다. 국제사회에서도 기후변화에 따른 모기매개 감염병 문제가 대두되면서, 감염병 대응을 위한 적극적인 연구 활동을 위해서는 범국가적인 재정적·조직적 협력이 요구되고 있는 상황이지만[24], 구체적인 협력방식을 제시한 프레임워크 연구는 부재하다.

앞서 살펴보았듯이, 선제적인 모기매개 감염병 대응 목표를 달성하기 위해서는 연구협력체계를 세부적으로 실행할 방안을 마련하고 수행하기 위한 전략기획이 필수적이다. 또한 감염병 공동 대응을 통한 경제·사회적 손실 최소화를 위해서는 기초에서 응용개발 단계까지 전 주기적인 산학연 연구기관 및 다자간 R&D 협력체계 구축하고 민간의 참여를 통한 정부 지원 정책이 우선으로 마련되어야 한다.

본 연구에서는 이전 선행연구를 종합하여 도출된 다음의 연구 질문(RQ: Research Question, 이하 RQ)을 기반으로 국가연구개발 정보 종합분석 프레임워크를 개발하여, 미래 기후 환경 변화에 따른 주요 모기매개 감염병 국가 대응 협력체계를 강화하고 효과적인 지원 전략마련을 위한 종합정보를 제시하고자 한다.

- RQ 1: 국내 주요 모기매개 감염병(지카열, 뎅기열, 말라리아, 치쿤구니아열; 이하 ‘모기매개 감염병’) 연구개발(R&D) 현황은 어떠한가?
- RQ 2: 국내 감염병 연구 8개 기술 영역에 따른 모기매개 감염병 R&D 현황은 어떠한가?
- RQ 3: 감염병과 관련된 기술 영역에 따른 모기매개 감염병 R&D 수행 주체 현황은 어떠한가?

3. 연구 방법 및 자료

3.1 데이터 수집

선제적인 모기매개 감염병 대응을 위한 연구협력체계 구축 및 실행 전략 수립을 위해서는, 기존 모기매개 감염병 R&D 기술영역별 혁신 주체의 현황을 파악하는 과정이 필수적이다. 이를 위해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 제공하는 국가연구과제 데이터를 활용하였

다. 코로나19 전후 기간에 해당하는 2017년부터 2022년까지의 국가연구개발 데이터베이스에서 ‘국문과제명’, ‘과제한글키워드’, ‘연구내용요약’, ‘영문과제명’, ‘과제_영문키워드’ 필드명 및 국문 ‘연구내용요약’을 영문으로 번역한 ‘연구내용요약_영문’ 6개 범주를 대상으로 Table 1의 검색식을 활용하여 364개의 데이터를 추출 후, Table 3부터 Table 8까지의 모든 데이터는 최종 구성된 291개의 데이터셋을 기반으로 분석하였다.

Table 1. Overview of national R&D project data set

Category	Contents
Database	National Science & Technology Information Service (NTIS, www.ntis.go.kr)
Target period	2017~2022
Data fields	Korean project title, Project_Korean keywords, research content summary, English project title, Project_English keywords, research content summary_English
Keywords	"infectious disease" OR zika OR dengue OR malaria OR chikungunya OR "mosquito-borne"
Collected data	364
Final data	291

3.2 데이터 분석 방법

본 연구에서는 선행연구 활용된 감염병 기술분류체계 [7,8,14]를 Table 2와 같이 모기매개 감염병 R&D 기술 분석 영역으로 활용하였으며, 감염병 연구분야 전문가 2인의 검토를 통해 앞서 추출된 데이터셋의 291개 결과값에 대한 질병명 및 기술영역을 분류하였다. 추가로 ‘연구책임자’, ‘과제수행기관명’, ‘연구비합계’, ‘총연구기간시작일’, ‘총연구기간종료일’, ‘연구수행주체’ 6개 범주를 기준으로 모기매개 감염병 R&D 영역별 연구주체 현황을 분석하였다.

Table 2. Infectious disease technology classification system

Technology Category	Sub-technology category
Basic/ Mechanism	Collection, isolation and analysis of pathogens
	Understanding and securing pathogen characteristics
	Infection and transmission
	Mutation prediction and characterization
Prevention/ Vaccine	Vaccine development and immune defense mechanisms

	Mechanisms and regulation of immune responses to vaccines
	Inactivated Vaccine Platform
	Live vaccine platform (attenuated vaccine)
	Nucleic acid-based (DNA, RNA) vaccine platforms
	Recombinant protein-based vaccine platform
	Virus-like particle vaccine platform
	Vector-based vaccine platform
	Antigen design
	Development of immune adjuvants
	Vaccine toxicity and safety analysis
	Vaccine efficacy analysis
	Plant-based vaccines
	Conjugate vaccines (Bacterial vaccines)
Treatment/Therapy	Mechanisms of infection for therapeutic development
	Target discovery
	Mechanisms of resistance
	Identification of active substances
	Lead compound discovery
	Preliminary evaluation of therapeutic candidates for infectious diseases
	Optimization of lead compounds and candidate substances discovery
	Pharmacokinetic evaluation
	Early toxicity studies
	Diagnosis
Development of biocontents	
Development of molecular diagnostic platforms	
Development of immunodiagnostic platforms	
Development of other diagnostic platforms	
Performance evaluation of diagnostic techniques	
Surveillance/Prediction	Processing of infectious disease big data
	Research on infectious disease prediction techniques
	Research on infectious disease monitoring techniques
	Economic analysis
	Infectious disease big data sharing platform
	Infectious disease monitoring automation platform
	Infectious disease prediction simulation platform
	Portable data collection and prediction platform
Clinical/Epidemiology	Clinical research
	Epidemiological research

Infrastructure	Efficacy evaluation
	Safety evaluation
	Infectious disease response measurement reliability infrastructure
	Standard material production infrastructure
Others	Others not applicable to the above

4. 연구 결과

4.1 모기매개 감염병 국가 연구개발(R&D) 과제 현황

2017년부터 2022년까지, 최근 6년간 수행된 모기매개 감염병과 관련된 국가 R&D 과제 수는 총 291건으로 확인되었다. 확인된 291건 중 Table 3에서 보는 바와 같이, 지카열(Zika) 관련 R&D 과제가 117건으로 가장 많이 수행되었으며, 그 다음으로는 뎅기열(Dengue, 86건), 말라리아(Malaria, 82건), 치쿤구니아열(Chikungunya, 6건) 순으로 나타났다. Table 4의 정부연구개발예산 현황분석에서도 연구개발 총 투자 대비 209억 9,600만 원으로 지카열에 대한 가장 큰 규모가 확인되었다. 이어서, 연구과제 수 결과와 동일한 순으로 뎅기열(209억 2,000만 원), 말라리아(92억 2,400만 원), 치쿤구니아열(10억 6,000만 원) 차례로 투자되었으며, 모기매개 감염병별 연구과제 수와 정부연구개발예산 비율을 Fig. 1로 나타내었다. Table 3과 Table 4 결과를 종합하면, 최근 6년간 모기매개 감염병 국가 연구개발투자 대부분인 80% 이상이 지카열과 뎅기열로 집중되었으며, 이 결과는 지카와 뎅기 바이러스 확산 위험 증가에 의한 PHEIC을 대비하기 위하여 국가차원에서 추진된 감염병 위기 대응 전략에 반영된 것으로 판단된다[2].

본 연구에서는 향후 모기매개 감염병 연구체계 고도화 추진을 위한 전략적 방향을 다음과 같이 제시하고자 한다. 첫째, 지카열과 뎅기열에 대한 연구는 계속해서 강화하면서 말라리아, 치쿤구니아열을 포함한 신변종 감염병 대비위한 R&D 투자가 필요하다. 둘째, 각 질병에 대한 투자 비중을 고려하고, 질병의 특성과 발생추세에 따라 예방·진단·치료 등 다양한 R&D 영역의 전략균형이 필요하다. 본 모기매개 감염병 국가 R&D 과제 정보분석 프레임워크는 데이터 기반의 실제적 감염병 대응을 위한 연구개발투자의 전략적 방향을 제시하고, 정책의사결정을 지원하는데 의의가 있다.

Table 3. Number of R&D projects in 2017-2022 by mosquito-borne infectious diseases

(Unit: Number of R&D projects)

Year	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Zika	17	25	23	20	21	11	117
Dengue	18	18	18	12	10	10	86
Malaria	14	15	14	12	12	15	82
Chikungunya	3	-	-	1	1	1	6
Total	2,066	2,076	2,074	2,064	2,064	2,058	12,402

Table 4. Amount of R&D funding in 2017-2022 by mosquito-borne infectious diseases

(Unit: Million KRW, %)

Year	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Zika	3,022 (34.3)	4,194 (41.9)	4,546 (47.1)	3,138 (42.5)	3,490 (43.0)	2,607 (31.7)	20,996 (40.2)
Dengue	3,763 (42.7)	4,100 (41.0)	3,586 (37.2)	2,657 (36.0)	3,197 (39.4)	3,617 (44.0)	20,920 (40.1)
Malaria	1,555 (17.6)	1,715 (17.1)	1,520 (15.7)	1,489 (20.2)	1,237 (15.2)	1,708 (20.8)	9,224 (17.7)
Chikungunya	480 (5.4)	-	-	100 (1.4)	200 (2.5)	280 (3.4)	1,060 (2.0)
Total	8,820 (100.0)	10,009 (100.0)	9,652 (100.0)	7,383 (100.0)	8,124 (100.0)	8,212 (100.0)	52,200 (100.0)

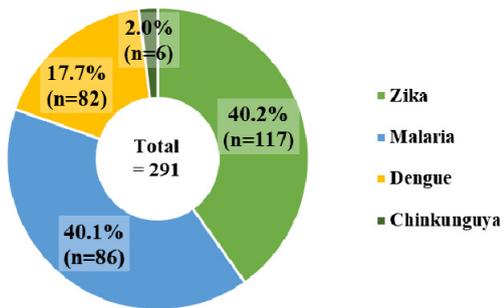


Fig. 1. Funding rate (%) and number of R&D projects (n) by mosquito-borne infectious disease

4.2 감염병분야 기술 영역별 모기매개 국가 R&D 과제 현황

지카열, 뎅기열, 말라리아, 치쿤구니아열에 대한 국가 R&D 투자 현황을 8개 기술영역 분류체계 기준으로 분석된 Table 5의 연구과제 수와 Table 6의 정부 R&D 예산을 확인하면, 지카열과 뎅기열은 다른 기술영역에 비해 ‘예방/백신(Prevention/Vaccine)’, ‘치료(Treatment/Therapy)’, ‘진단(Diagnosis)’ 영역에 많은 투자가 이루어

어졌다. 이 분석 결과는 기존 국가 감염병대응 전략적 방향과 일맥상통 한다고 볼 수 있다[8].

구체적으로 지카열은 ‘예방/백신’, 뎅기열은 ‘진단’ 영역에 집중 투자되었다. 이 결과는 2015년부터 2016년까지 중남미 및 아메리카 대륙의 지카열 대유행 직후 백신 개발을 위한 연구가 강조되었으며, 뎅기열은 코로나19 팬데믹 이전부터 현재까지 동남아시아 지역으로부터 해외 유입 환자가 지속적으로 증가함에 따라 초고속 윈스텝 실시간 진단에 대한 수요가 함께 증가하여, 질병별 핵심기술 연구수행이 다르게 반영된 것을 알 수 있다. 특히, 지카 바이러스 및 뎅기 바이러스 모두 오르토프라비 바이러스속(genus *Orthoflavivirus*)에 속하므로, 혈청학적 진단 외에도 분자진단 검사가 중요하다. 따라서, 이러한 공통된 특성을 바탕으로 한 핵심기술 고도화를 위한 연구수행은 모기매개 감염병 대응력을 향상시키고 국가 경쟁력을 강화하는데 필요한 R&D 투자 성과로 이어질 것으로 기대된다. 한편, 말라리아는 내성 및 부작용이 없으면서 저가의 대량생산 치료제 필요성 따라 ‘치료’ 영역을 중심으로 활발한 연구가 수행된 것으로 추정된다. 치쿤구니아열의 경우에는 ‘예방/백신’, ‘진단’ 등 모든 영역에서 R&D 활동이 다른 질병에 비해 상대적으로 미미한 수준임이 확인되었다. 종합적으로 보면, 우리나라는 모기매개 감염병 분야에서 ‘진단’ 영역에 주력하여 R&D를 수행했으며, ‘기초/기전(Basic/Mechanism)’ 연구를 토대로 ‘예방/백신’과 ‘치료’ 영역에서도 R&D 역량을 강화하고 관련 기술을 고도화하려는 노력이 이어지고 있다. 한편, ‘인프라(Infrastructure)’, ‘감시/예측(Surveillance/Prediction)’, ‘임상/역학(Clinical/Epidemiology)’ 영역은 다른 영역과 비교했을 때 상대적으로 경쟁 열위에 있는 것으로 나타났다.

본 연구결과를 기반으로 향후 모기매개 감염병 R&D 투자를 위한 전략적 방향을 다음과 같이 제시한다. 지카, 뎅기, 치쿤구니아 바이러스 전파 매개체는 이집트숲모기 (*Aedes aegypti*) 또는 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*)으로 공통점을 가진다. 따라서 숲 모기의 전파 경로 규명 및 전염 기전 연구를 통해 숲 모기 특성, 서식지 연구, 개체수 추적 및 통제와 같은 ‘인프라’ 관리 체계를 구축하고, ‘감시/예측’ 기술 개발을 통해 숲 모기의 서식지와 활동 패턴을 조기에 감지하고 개체의 확산과 바이러스 전파에 대해 예측하여 실시간 감시 시스템을 구축하는 대응 체계를 마련하는 연구가 필요하다. 추가로, 치료·예방에 필요한 모기의 생태학적 특성과 바이러스 유전체 연구를 비롯한 ‘임상/역학’ 연구에도 더 많은 투자가 필요

하다. 이러한 R&D 전략적 방향을 통해 모기매개 감염병 대응력을 향상시키고, 향후 모기매개 전파의 위험을 감소시키는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Table 5. Comparison of number of R&D projects by technology areas for mosquito-borne infectious diseases

(Unit: Number of projects)

Technology areas	Diseases			
	Zika	Dengue	Malaria	Chikungunya
Basic/Mechanism	15	14	12	-
Prevention/Vaccine	44	12	14	2
Treatment/Therapy	24	18	21	-
Diagnosis	26	29	18	2
Surveillance/Prediction	4	5	-	2
Clinical/Epidemiology	-	3	9	-
Infrastructure	-	1	-	-
Others	4	4	8	-
Total	113	82	74	6

Table 6. Comparison of amount of R&D funding by technology areas for mosquito-borne infectious diseases

(Unit: Million KRW, %)

Technology areas	Diseases			
	Zika	Dengue	Malaria	Chikungunya
Basic/Mechanism	1,324 (6.3)	877 (4.2)	849 (9.2)	-
Prevention/Vaccine	8,527 (40.6)	2,691 (12.9)	1,428 (15.5)	460 (43.4)
Treatment/Therapy	6,865 (32.7)	3,977 (19.0)	2,737 (29.7)	-
Diagnosis	3,780 (18.0)	12,241 (58.5)	3,134 (34.0)	300 (28.3)
Surveillance/Prediction	140 (0.7)	515 (2.5)	-	-
Clinical/Epidemiology	-	75 (0.4)	510 (5.5)	300 (28.3)
Infrastructure	-	357 (1.7)	-	-
Others	360 (1.7)	188 (0.9)	567 (6.1)	-
Total	20,996 (100.0)	20,920 (100.0)	9,224 (100.0)	1,060 (100.0)

4.3 감염병분야 기술 영역별 모기매개 감염병 국가 R&D 과제 수행주체 현황

지금까지 우리나라의 모기매개 감염병에 대한 R&D 활동과 기술영역별 투자 현황 분석을 바탕으로 질병별 R&D 투자 비율과 기술 경쟁력이 강화된 투자 영역 및

핵심기술 영역을 확인하였다. 본 국가 R&D 투자 및 수행 현황에 대한 분석 프레임워크 개발은 모기매개 감염병에 대응하기 위한 연구개발 및 상용화 방안을 수립하기 위한 근거를 제시하며, 산학연(산업계(Industry), 학계(Academia), 연구계(Research Institutes); 이하 ‘산학연’) R&D 협력 생태계를 강화하고 고도화하기 위한 질병별 기술영역의 잠재적 연구기관 및 수행주체를 확인할 수 있다.

지카열, 뎅기열, 말라리아, 치쿤구니아열에 대한 산학연 연구 수행기관을 기준으로 분석된 Table 7의 연구과제 수와 Table 8의 정부 R&D 예산을 확인하면, 지카열과 뎅기열은 연구계, 산업계, 학계 연구기관 순으로 R&D 활동이 활발하게 수행되었고, 말라리아는 학계, 산업계, 연구계 연구기관 순으로 나타났으며, 치쿤구니아는 주로 학계에서 수행되었다. 정부 연구개발예산의 경우 Fig. 2에서 같이, 연구과제 수와 비례하지는 않으며, 지카열, 뎅기열, 말라리아 모두 학계 연구기관으로 가장 많은 정부 R&D 투자가 이루어졌으며, 그 다음으로는 산업계, 연구계 연구기관 순으로 투자되었다.

모기매개 감염병 질병과 기술영역별로 연구기관, 연구수행주체에 대한 구체적인 현황은 Table 9에서 보는바와 같이, 지카열 4곳, 뎅기열 3곳, 말라리아 4곳, 치쿤구니아열 2곳이다. 본 프레임워크 개발 결과는 R&D 지원 의사결정자와 산학연 연구자 및 기술개발자들에게 연구협력 생태계를 구성하는 정보로 활용되며, 학계·연구계 모기매개 감염병 ‘진단’, ‘예방/백신’, ‘치료’ 원천기술을 상용화 할수 있도록 산업계로 연결하는 매개체 역할을 한다. 또한, 기술의 활용·확산을 통한 경제적 성과를 위해서는 기술상용화 실시율을 예측하고 기초·원천 R&D 투자에 반영하는 R&D 전주기 지원전략이 필요하다.

Table 7. Number of R&D projects by organization and mosquito-borne infectious diseases

(Unit: Number of R&D projects)

Organizations	Diseases			
	Zika	Dengue	Malaria	Chikungunya
Industry	21	21	10	-
Academia	20	52	65	5
Research Institutes	70	10	6	1
Others	6	3	1	-
Total	111	83	81	6

Table 8. Comparison of amount of R&D funding by organization and mosquito-borne infectious diseases

(Unit: Million KRW, %)				
Diseases	Zika	Dengue	Malaria	Chikungunya
Organizations				
Industry	4,212 (20.1)	8,187 (39.1)	2,702 (29.3)	-
Academia	8,334 (39.7)	10,155 (48.5)	5,722 (62.0)	780 (73.6)
Research Institutes	3,780 (18.0)	1,127 (5.4)	770 (8.3)	280 (26.4)
Others	4,670 (22.0)	1,452 (6.9)	30 (0.3)	-
Total	16,326 (100.0)	19,469 (100.0)	9,194 (100.0)	1,060 (100.0)

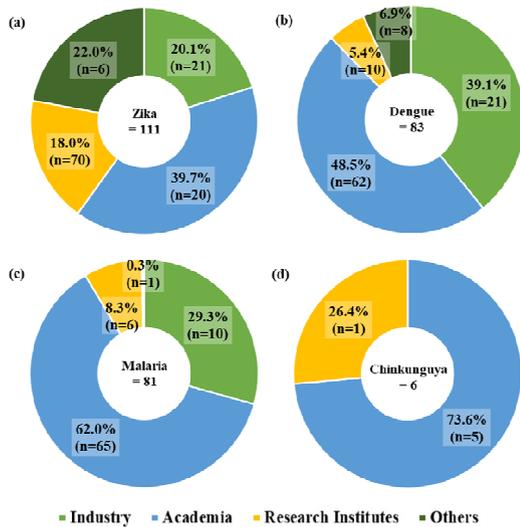


Fig. 2. Funding rate (%) and number of R&D projects (n) by organization and mosquito-borne infectious disease (a) Zika (b) Dengue (c) Malaria (d) Chikungunya

Table 9. Research organizations by technology area for mosquito-borne infectious diseases

Diseases	Technology areas	Research title	Organizations	Principal Investigator
Zika	Prevention/Vaccine	Rapid development of Zika vaccine candidate using various vaccine platform	Korea Disease Control and Prevention Agency	Kim Y-J
	Prevention/Vaccine	Development and commercialization of envelope-modified	KR Biotech Co., Ltd.	Kim Y-B

		Baculovirus-based zika vaccine		
	Basic/Mechanism	Regulation of Zika virus propagation by tRNA and viral genome-derived small RNAs	Yonsei University	Oh J-W
	Diagnosis	Development of surface-enhanced Raman scattering (SERS)-based microdevices for highly sensitive multiple biomarker detection	Chung-Ang University	Joo J-B
	Prevention/Vaccine	Development of next-generation dengue fever vaccine in response to climate change	Eulji University	Lee M-S
Dengue	Prevention/Vaccine	Rapid Diagnostic Kit Development of Dengue Fever and Dengue Hemorrhagic Fever	ImmuneMed, Inc.	Kim Y-J
	Basic/Mechanism	Study on macrophages-mediated immune mechanism that causes dengue hemorrhagic fever to regulate dengue hemorrhagic fever	Seoul National University Medicine	Kwon J-W
Malaria	Prevention/Vaccine	Development of novel vaccine antigen candidates to differentiate cytotoxic CD8 T cell activity to control malaria liver-stage infection as well as helper CD4 T cell subset for malaria blood-stage infectious disease	Seoul National University	Yeo S-J
	Diagnosis	Global Clinical Trials and Certifications of All Mobile Malaria Diagnostic System based on Lab-on-a-chip	Noul Co., Ltd.	Lee D-Y
	Basic/Mechanism	Malaria Infection Intervention Research Laboratory	Kangwon National University	Han ET
Chikungunya	Prevention/Vaccine	Development of Chikungunyavirus vaccine using various platforms	Korea National Institute of Health	Lim H-J
	Diagnosis	Development of highly sensitive molecular and multi-immunologic diagnosis for Chikungunya fever	Yonsei University	Jeon B-Y

5. 결론

최근 전 세계적으로 극심한 기후변화에 따른 모기 서식지 확대에 의해 모기매개 감염병이 급증하고 있다. 이에 따라 국내 유입 환자도 증가하고 있어 모기매개 감염병에 관한 관심이 증대되고 있다. 국내에서도 제주도나 남해안 일대에서 지카, 뎅기, 치쿤구니야 바이러스 감염병을 매개할 수 있는 모기종이 발견되고 있고, 최근 해외 유입 모기매개 감염병으로 신고된 환자 수도 증가하고 있어 각별한 주의와 지속적인 관심이 필요한 상황이다. 이에 대응하기 위해 정부에서는 국가적 차원의 대응 전략 수립이 필요하며, 국가 정책의 효율적인 수행을 위해 모기매개 감염병 관련 기술영역별 R&D 투자 현황 및 생태계 구축을 위한 종합적인 정보분석 프레임이 절실히 요구되는 상황이다.

본 연구는 이러한 수요에 대응하여 국가 차원에서 모기매개 감염병 발생 대응을 위한 역량 강화 및 연구협력 체계 구축을 위한 분석 프레임워크를 개발하고 분석 결과를 제공함으로써, 정책적 활용 가능성을 제고하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 감염병의 분류체계 [7,8,14]를 기반으로 주요 모기매개 감염병인 지카, 뎅기열, 말라리아, 치쿤구니야열을 대상으로 국가 R&D 과제 데이터를 이용하여 연구개발예산 투자 규모 및 비중에 대한 분석 결과를 제시하였으며, PHEIC에 대응하기 위해 국가차원에서 추진한 감염병 위기 대응 전략인 「감염병 대응 산업 육성 방안」(20.5.14), 신종감염병 대유행 대비 중장기계획(‘23.5.11.), 제3차 감염병 예방관리 기본계획(‘23.6.8)의 연구개발예산 투자 현황을 구체적으로 파악할 수 있었다. 또한 산학연별 연구개발 수행 주체의 연구개발예산 현황 및 구체적인 연구개발 내용을 질병별·기술영역별로 정보를 분류하여 잠재적인 연구기관 및 인력을 확인할 수 있게 제시하였다. 이를 통해 모기매개 감염병의 기술상용화로 연계될 수 있도록 정보의 활용 가능성을 높이고자 하였다.

본 연구는 학술적인 측면에서 기존 연구문헌[11,12,23-27]을 검토하여 확인된 한계점을 극복하기 위해, 모기매개 감염병에 대한 R&D 역량 강화 및 기술개발 협력을 위한 구체적인 방안의 부재를 보완하고자 하였다. 이전 연구문헌에서는 모기매개 감염병에 대한 연구개발예산 조율 및 생태계 조성의 필요성을 선언적으로 주장하는데 그치지지만, 본 연구는 각 질병 및 핵심 기술별로 정책 의사결정자들에게 효과적인 투자 방향성을 고려하는데 필요한 유용한 국가 R&D 투자 현황 및 협력 생태계 정보를 구체적으로 제공하는 정보분석 프레임에 제안하

였다. 또한 기존에 주로 활용되던 논문 또는 특허 데이터 접근 방식의 연구[23,25]는 후행적인 속성을 갖추고 있어 R&D 수행 이후에 발생하는 파생적인 결과물에 의존하여 신규성의 문제를 내포하고 있다. 반면, 본 연구에서는 정부의 실질적인 재원이 투입된 R&D 과제 데이터를 활용함으로써 이러한 신규성 문제를 보완하였다. 더불어, 특정 연구 영역의 현황을 분석하는 과정에서 기존 논문 및 특허 데이터가 갖고 있지 못하는 재정적인 측면까지도 통합적으로 고려할 수 있는 유용한 정보분석 프레임워크를 개발하였다.

본 연구는 산업 정책적인 측면에서 기존 코로나19 중심의 감염병 협력체계 구축을 위한 프레임워크 연구 [13,14]와 더불어 포스트 코로나 시대의 차세대 대유행으로 지목하고 있는 모기매개 감염병을 중심으로 정보분석 프레임워크를 개발하고 실증하였다. 이로써, 모기매개 감염병을 중심으로 산업 정책을 수립하는데 필요한 시의성 있는 기초 정보를 제공하고 있다. 또한 본 연구는 기존의 특정 질병(예, 지카열) 또는 특정 기술(예, 진단)에 초점을 맞춘 연구들[23,25]보다는 4대 주요 모기매개 감염병인 지카열, 뎅기열, 말라리아, 치쿤구니야열의 기술영역별 R&D 연구개발예산 현황 분석과 산학연 협력 생태계의 연구주체에 대한 분석결과를 통해 포괄적이면서도 구체적인 정보를 제공하여 기존의 감염병 정책의 추진 전략의 방향성을 검토하는데 필요한 정보를 제공하고 있다. 또한 모기매개 감염병의 핵심 기술영역 도출하고 우선 순위를 선정하기 위해 필요한 해당 질병 또는 기술별 전문가 그룹의 인력 풀(pool)을 체계적으로 제시하고 있다. 이를 통해 산학연 간의 협력 생태계를 구축하고 고도화하는 데 필요한 중요정보를 제공한다.

이상의 중요한 학술적 및 정책적 시사점에도 불구하고, 다른 선진국(미국, EU, 영국, 일본 등)과의 R&D 규모를 비교하고 분석하여 우리나라의 기술 경쟁력을 평가하고, 해당 분야의 선도 기관과의 공동 연구 또는 협력 연계를 통해 기술적 강점과 약점을 극복할 수 있는 정보를 제시하지 못한 것은 본 연구의 한계점으로 볼 수 있다. 따라서 향후 연구는 주요 선진국의 모기매개 감염병 R&D 투자 현황을 분석하여 본 연구의 한계점을 극복하고자 한다. 또한 우리나라와 지리적으로 근접한 동남아시아 지역의 모기매개 감염병 연구자와 국내의 모기매개 산학연 연구자들이 공동으로 연구를 추진하거나, 국내 기술의 이전 또는 기술 상용화를 촉진할 수 있는 전략을 수립하기 위해 해당 모기매개 감염병 발생 지역의 연구자 현황을 분석하는 연구도 필요하다.

References

- [1] M. Lenharo, "WHO declares end to COVID-19's emergency phase", *Nature*, Vol.11, pp.558, Jul. 2023. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(23\)00217-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(23)00217-5)
- [2] Central Disaster and Safety Countermeasures Headquarters, Escape from the COVID-19 crisis and promote recovery of daily life [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency, 2023 [cited 2024 February 26], Available From: https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20501010000&bid=0015&list_no=722503&cg_code=&act=view&nPage=50 (accessed Mar. 25, 2024)
- [3] As Temperatures Rise, Dengue Fever Spreads and Cases Rise [Internet]. Yale School of the Environment, 2023 [cited 2024 April 1], Available From: <https://e360.yale.edu/features/dengue-fever-climate-change> (accessed Apr. 1, 2024)
- [4] Division of Zoonotic Infectious Disease Control, Be careful of mosquito-borne infectious diseases when traveling abroad [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency, 2023 [cited 2024 February 26], Available From: https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20501010000&bid=0015&list_no=723241&cg_code=&act=view&nPage=35 (accessed Mar. 25, 2024)
- [5] P. Olliaro, E. Torreale, "Global challenges in preparedness and response to epidemic infectious diseases", *Molecular Therapy*, Vol.30, pp.1801-1809, Feb. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2022.02.022>
- [6] D. Lee, K. Kim, "Information Analysis Framework for Supporting Evidence-based Research and Development Policy: Practical Considerations for Rationality in the Policy Process", *Informatization Policy*, Vol.28, pp.77-93, Jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.22693/NIAIP.2021.28.1.077>
- [7] Ministry of Science and ICT, An advancement plan of mid-/long-term infectious disease R&D ecosystem [Internet]. Presidential Advisory Council on Science and Technology, Republic of Korea, 2022 [cited 2024 February 26], Available From: https://www.pacst.go.kr/jsp/council/councilArchiveView.jsp?archive_id=492&cpage=10 (accessed Mar. 25, 2024)
- [8] Bureau of Infectious Disease Policy, The 3rd Master Plan for Infectious Disease Prevention and Control [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency, 2023 [cited 2024 February 26], Available From: <https://www.kdca.go.kr/contents.es?mid=a20512000000> (accessed Mar. 25, 2024)
- [9] J. P. Fanning, S. Murthy, N. G. Obonyo, J. K. Baillie, S. Webb, H. J. Dalton, J. F. Fraser, "Global infectious disease research collaborations in crises: building capacity and inclusivity through cooperation" *Globalization and Health*, Vol.17, pp.84, Jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12992-021-00731-2>
- [10] J. B. Bump, P. Friberg, D. R. Harper, "International collaboration and covid-19: what are we doing and where are we going?", *British Medical Journal*, Vol.372 pp.n180, Jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n180>
- [11] B.W. Min, K.I. Jin, "Global Health Governance and the Dynamics of International Cooperation: A Case Study on the Revision of the International Health Regulations", *International Area Studies Review*, Vol.23, No.4, pp.103-138, 2014.
- [12] S-S. Byun, W.R. Shin, S. Cho, "Building a Emergency Response System for the Infectious Diseases Crisis Management", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.8, pp.484-494, Jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2018.18.07.484>
- [13] D. Lee, Y. Heo, K. Kim, "A Strategy for International Cooperation in the COVID-19 Pandemic Era: Focusing on National Scientific Funding Data", *Healthcare* Vol.8, pp.204, Jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare8030204>
- [14] D. Lee, J-S. Lee, S-P. Jun, K-H. Kim. "The Classification System and Information Service for Establishing a National Collaborative R&D Strategy in Infectious Diseases: Focusing on the Classification Model for Overseas Coronavirus R&D Projects", *Journal of Intelligent Information Systems*, Vol.26, pp.127-147, Sep. 2020 DOI: <https://doi.org/10.13088/jiis.2020.26.3.127>
- [15] M. Lenharo, Dengue is breaking records in the Americas - what's behind the surge? [Internet]. Nature, 2023 [cited 2024 February 26] Available from: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-02423-w> (accessed Mar. 25, 2024)
- [16] F. J. Colón-González, M. O. Sewe, A. M. Tompkins, H. Sjödin, A. Casallas, J. Rocklöv, C. Caminade, R. Lowe, "Projecting the risk of mosquito-borne diseases in a warmer and more populated world: a multi-model, multi-scenario intercomparison modelling study", *Lancet Planetary Health*, Vol.5, pp.e404-e414, Jul. 2021. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00132-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00132-7)
- [17] P. Olliaro, E. Torreale, "Global challenges in preparedness and response to epidemic infectious diseases", *Molecular Therapy*, Vol.30, pp.1801-1809, Feb. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2022.02.022>
- [18] O. Faye, M. de L. Monteiro, B. Vrancken, M. Prot, S. Lequime, M. Diarra, O. Ndiaye, T. Valdez, S. Tavares, J. Ramos, S. da V. Leal, C. Pires, A. Moreira, M. F. Tavares, L. Fernandes, J. N. Barreto, M. do C. Teixeira, M. da L. de L. Mendonça, C. C. da S. L. Gomes, M. S. Castellon, L. Ma, F. Lemoine, F. Gámbaro-Roglia, D. Delaune, G. Fall, I. S. Fall, M. Diop, A. Sakuntabhai, C. Loucoubar, P. Lemey, E. C. Holmes, O. Faye, A. A. Sall, E. Simon-Loriere, "Genomic epidemiology of 2015-2016 Zika virus outbreak in Cape Verde", *Emerging infectious diseases*, Vol.26, pp.1084-1090, Jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2606.190928>
- [19] H-S. Oh, J.W. Yoon, S. Lee, S-O. Kim, S.P. Hong, "A purified inactivated vaccine derived from Vero cell-adapted zika virus elicits protection in mice",

Virology, Vol.560, pp.124-130, Aug. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2021.05.003>

- [20] Disease Outbreak News: Dengue - Global situation [Internet]. World Health Organization, 2023 [cited 2024 February 26], Available From: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON498> (accessed Mar. 25, 2024)
- [21] M. Lenharo, "Dengue is spreading. Can new vaccines and antivirals halt its rise?", *Nature*, Vol.623, Issue.7987, pp.470, Nov. 2023.
DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-023-03453-0>
- [22] J.S. Yeom, "Current status and outlook of mosquito-borne diseases in Korea", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol.50, No.6, pp.468-474, Jun. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5124/jkma.2017.60.6.468>
- [23] E. Son, Data-based analysis research to develop vaccines against re-/emerging infectious diseases, Korea Institute of Science and Technology Information Data Insight, Korea, pp.1-56.
- [24] Z. P. Hashim, J. Aguilera-Cruz, A. Luke-Currier, K. Airapetian, L. A. Silaghi, I. Alsamara, "On Urgently Tackling the Mosquito-Borne Diseases in the European Union", *South Eastern European Journal of Public Health*, Vol.1, pp.56-78, Apr. 2023.
DOI: <https://doi.org/10.56801/seejph.vi.370>
- [25] I. Um, B. Kim, "A Study on the Technology Competitiveness of Korean Infectious Disease Diagnosis Using U.S. Patent Grants", *Science and Technology Policy*, pp.5-42.
- [26] S. Y. Lee, "UN's Sustainable Development Goals: Strategies for Health", Korea Institute for Health and Social Affairs, Korea, pp. 96-114.
- [27] G. Sung, Y. Kim, "A Study on the Promotion of Public-Private Partnership to Respond to Infectious Diseases", *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol.22, No.6, pp.101-112, Dec. 2022.
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2022.22.6.101>

이 지 은(Jieun Lee)

[정회원]



- 2012년 2월 : 한동대학교일반대학원 생명과학 (이학석사)
- 2015년 10월 ~ 2017년 6월 : 한국연구재단 월드프렌즈코리아-개도국기술지원단
- 2017년 11월 ~ 2020년 10월 : 한국여성과학기술인 경력복귀사업 수행
- 2021년 4월 ~ 현재 : 한국생명공학연구원 연구원

<관심분야>

생명과학, 정보분석, 국제협력

류 총 민(Choong-Min Ryu)

[정회원]



- 1998년 2월 : 경상대학교 농생물학 (식물병리학석사)
- 2002년 12월 : Auburn University (식물병리학박사)
- 2004년 9월 ~ 현재 : 한국생명공학연구원 책임연구원
- 2006년 3월 ~ 현재 : University of Science and Technology 교수

<관심분야>

생명과학, 국제협력

김 근 환(Keunhwan Kim)

[정회원]



- 2003년 8월 : 한국외국어대학교 (무역학 석사)
- 2005년 8월 : University of Wisconsin (Milwaukee) (MBA)
- 2013년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 (응용정보과학 박사)

• 2021년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 겸임교수 (데이터 및 HPC과학)

• 2014년 12월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 책임연구원

<관심분야>

정보분석, 정보경영, 데이터 기반 의사결정 지원, 중소기업 혁신역량 제고, 산학연 협력 생태계

이 도 연(Doyeon Lee)

[정회원]



- 2002년 8월 : 중앙대학교 자연과학대학 (생명과학 학사)
- 2004년 8월 : 중앙대학교 의학과 (해부학 석사)
- 2010년 8월 : 중앙대학교 의학과 (해부학 박사)
- 2014년 11월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 책임연구원

<관심분야>

생명과학, 바이오-의학, 정보분석, 데이터 기반 의사결정 지원, 중소기업 혁신역량 제고, 산학연 협력 생태계