



주간 건강과 질병

PHWR

Public Health Weekly Report

Vol. 17, No. 27, July 11, 2024

Content

리뷰와 전망

- 1173 감염병 팬데믹 대응을 위한 초기 사례 조사 및 역학 지표 소개
- 1186 코로나바이러스감염증-19 발생 이후 국가병원체자원은행
병원체자원 분양 현황(2020-2023년)

질병 통계

- 1213 청소년 현재 음주율 추이, 2014-2023년

Supplements

- 주요 감염병 통계



KDCA

Korea Disease Control and
Prevention Agency

Aims and Scope

주간 건강과 질병(Public Health Weekly Report) (약어명: Public Health Wkly Rep, PHWR)은 질병관리청의 공식 학술지이다. 주간 건강과 질병은 질병관리청의 조사·감시·연구 결과에 대한 근거 기반의 과학적 정보를 국민과 국내·외 보건의료인 등에게 신속하고 정확하게 제공하는 것을 목적으로 발간된다. 주간 건강과 질병은 감염병과 만성병, 환경기인성 질환, 손상과 중독, 건강증진 등과 관련된 연구 논문, 유행 보고, 조사/감시 보고, 현장 보고, 리뷰와 전망, 정책 보고 등의 원고를 게재한다. 주간 건강과 질병은 전문가 심사를 거쳐 매주 목요일(연 50주) 발행되는 개방형 정보열람(Open Access) 학술지로서 별도의 투고료와 이용료가 부과되지 않는다.

저자는 원고 투고 규정에 따라 원고를 작성하여야 하며, 이 규정에 적시하지 않은 내용은 국제의학학술지편집인협의회(International Committee of Medical Journal Editors, ICMJE)의 Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals (<https://www.icmje.org/>) 또는 편집위원회의 결정에 따른다.

About the Journal

주간 건강과 질병(eISSN 2586-0860)은 2008년 4월 4일 창간된 질병관리청의 공식 학술지이며 국문/영문으로 매주 목요일에 발행된다. 질병관리청에서 시행되는 조사사업을 통해 생성된 감시 및 연구 자료를 기반으로 근거중심의 건강 및 질병관련 정보를 제공하고자 최선을 다할 것이며, 제공되는 정보는 질병관리청의 특정 의사와는 무관함을 알린다. 본 학술지의 전문은 주간 건강과 질병 홈페이지(<https://www.phwr.org/>)에서 추가비용 없이 자유롭게 열람할 수 있다. 학술지가 더 이상 출판되지 않을 경우 국립중앙도서관(<http://nl.go.kr>)에 보관함으로써 학술지 내용에 대한 전자적 자료 보관 및 접근을 제공한다. 주간 건강과 질병은 오픈 액세스(Open Access) 학술지로, 저작물 이용 약관(Creative Commons Attribution Non-Commercial License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)에 따라 비상업적 목적으로 사용, 재생산, 유포할 수 있으나 상업적 목적으로 사용할 경우 편집위원회의 허가를 받아야 한다.

Submission and Subscription Information

주간 건강과 질병의 모든 논문의 접수는 온라인 투고시스템(<https://www.phwr.org/submission>)을 통해서 가능하며 논문투고 시 필요한 모든 내용은 원고 투고 규정을 참고한다. 주간 건강과 질병은 주간 단위로 홈페이지를 통해 게시되고 있으며, 정기 구독을 원하시는 분은 이메일(phwrcdc@korea.kr)로 성명, 소속, 이메일 주소를 기재하여 신청할 수 있다.

기타 모든 문의는 전화(+82-43-719-7557, 7552, 7562), 팩스(+82-43-719-7569) 또는 이메일(phwrcdc@korea.kr)을 통해 가능하다.

발행일: 2024년 7월 11일

발행인: 지영미

발행처: 질병관리청

편집사무국: 질병관리청 질병감시전략담당관
(28159) 충북 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명2로 187 오송보건의료행정타운
전화. +82-43-719-7557, 7552, 7562, 팩스. +82-43-719-7569
이메일. phwrcdc@korea.kr
홈페이지. www.phwr.org

편집제작: ㈜메드랑
(04521) 서울시 중구 무교로 32, 효령빌딩 2층
전화. +82-2-325-2093, 팩스. +82-2-325-2095
이메일. info@medrang.co.kr
홈페이지. <http://www.medrang.co.kr>

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

편집위원장

최보울

한양대학교 의과대학

부편집위원장

류소연

조선대학교 의과대학

염준섭

연세대학교 의과대학

박지혁

동국대학교 의과대학

유석현

가톨릭대학교 의과대학

손현진

동아대학교 의과대학

하미나

단국대학교 의과대학

편집위원

고현선

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원

곽진

전북대학교 의과대학

권동혁

질병관리청

김동현

한림대학교 의과대학

김수영

한림대학교 의과대학

김원호

질병관리청 국립보건연구원

김윤희

인하대학교 의과대학

김은진

질병관리청

김중곤

서울의료원

김호

서울대학교 보건대학원

박영준

질병관리청

송경준

서울대학교병원운영 서울특별시보라매병원

신다연

인하대학교 자연과학대학

안정훈

이화여자대학교 신산업융합대학

엄중식

가천대학교 의과대학

오경원

질병관리청

오주환

서울대학교 의과대학

유영

고려대학교 의과대학

유효순

질병관리청

이경주

국립재활원

이선희

부산대학교 의과대학

이윤환

아주대학교 의과대학

이재갑

한림대학교 의과대학

이혁민

연세대학교 의과대학

전경만

삼성서울병원

정은옥

건국대학교 의과대학

정재훈

가천대학교 의과대학

최선화

국가수리과학연구소

최원석

고려대학교 의과대학

최은화

서울대학교어린이병원

허미나

건국대학교 의과대학

사무국

박희빈

질병관리청

이은영

질병관리청

이희재

질병관리청

원고편집인

하현주

(주)메드랑

감염병 팬데믹 대응을 위한 초기 사례 조사 및 역학 지표 소개

김희경¹, 이상은², 김영만¹, 유미¹, 이진¹, 전진환², 권동혁^{1,2*}

¹질병관리청 위기대응분석관 역학조사분석담당관, ²질병관리청 중앙방역대책본부 역학조사팀

초 록

신종 감염병 발생 시 신속한 방역 대응을 위해서는 환자를 대상으로 신속한 초기 사례 조사를 통해 역학 지표를 분석하여 역학적 특성을 규명하는 것이 필요하다. 초기 사례 조사의 목적은 새로운 병원체의 초기 실험실 확진자와 접촉자의 제한적 숫자에서 역학적·임상적·바이러스학적 정보에 대한 이해를 얻기 위해 정보를 수집하고 실제 전파양상을 파악하기 위한 것이다. 초기 사례 조사를 통해 수집된 역학적·임상적·바이러스학적 특징들로 감염병의 전파력(transmissibility)과 중증도(severity)를 파악할 수 있는 역학 지표(epidemiological parameters)를 산출할 수 있다. 이러한 지표는 감염병의 양상을 파악하고 이해함으로써 신속한 방역 대응 전략을 수립하고 시행하는 데 유용한 과학적 근거로 제시될 수 있다.

주요 검색어: 초기 사례 조사; 역학 지표; 잠복기; 연쇄 발병 간격

서 론

2019년 중국 우한에서 코로나바이러스감염증-19(코로나19)가 발생한 이후 전 세계로 전파되어 코로나19 팬데믹을 유발하였으며, 2024년 3월 17일을 기준으로 확진자 774,954,393명, 사망자 7,040,264명이 발생하였다[1]. 특히 팬데믹이 장기화됨에 따라 초기 우한주 바이러스에서 알파, 델타, 오미크론 등 다양한 형태의 변이 바이러스가 보고되었고, 이는 감염병 대응에 있어서 중요한 고려 사항인 전파력과 중증도에 대한 인식에 큰 변화를 초래하였다[2].

감염병 유행을 올바르게 이해하기 위해서는 감염병 유행의 특성을 나타낼 수 있는 역학 지표(epidemiological parameters)에 대한 이해가 선행되어야 한다[3]. 코로나19 발생 초기에 이미 많은 국가에서 신속하게 잠복기와 세대기를 추정하여 방역 정책 수립에 활용해 왔다. 그러나 역학 지표 산출을 위한 명확한 시점(발병일, 접촉일, 확진일 등)이 혼용되어 사용되거나, 우리나라가 아닌 타국에서 추정한 역학 지표를 사용해왔다[4].

국내 코로나19 발생 초기, 여러 수리 역학 연구들은 국외 역학 지표를 이용하여 추정하고 예측에 활용하였다. 그러나 역

Received May 7, 2024 Revised May 28, 2024 Accepted May 29, 2024

*Corresponding author: 권동혁, Tel: +82-43-719-7977, E-mail: vethyok@korea.kr

김희경, 이상은, 김영만, 유미, 이진, 전진환 현재 소속: 질병관리청 질병데이터과학분석관 질병관리역량개발담당관

권동혁 현재 소속: 질병관리청

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



KDCA

Korea Disease Control and Prevention Agency

핵심요약**① 이전에 알려진 내용은?**

감염병 대응을 위해 역학적·임상적·바이러스학적 특성을 파악하는 것은 중요하다.

② 새로이 알게 된 내용은?

감염병 확산을 막기 위한 초기 사례 조사 및 역학 지표의 의미와 중요성에 대해 이해한다.

③ 시사점은?

감염병 대응을 위해 초기 사례 조사 및 역학 지표에 대한 이해는 중요하다. 이를 위해 역학 지표에 대한 교육이 시행되었다. 이는 새로운 감염병 발생 시 측정된 역학 지표에 기반하여 보다 국내 현황에 맞는 정책을 수립하는 데 활용될 수 있을 것으로 보인다.

학 지표는 국가의 유행 대응 수준에 따라 다를 수 있어 잘못된 역학 지표를 사용하면 잘못된 예측 결과를 가져올 수 있다[5]. 다시 말해서, 방역 정책의 효과를 추정하기 위해서는 해당 국가에 맞는 역학 지표를 통한 계량적 예측 결과 산출이 중요하다.

이러한 역학 지표 산출을 위해서는 감염병 병원체의 초기 사례 조사(The First Few X cases and contacts investigation) 및 분석을 통한 역학적·임상적·바이러스학적 특성에 대한 이해가 필요하다[6]. 초기 사례 조사를 통해 환자와 병원체의 역학적 특성을 분석하는 것은 공중보건 가이드와 감시를 위한 권고 수준의 조정이나, 새로운 정보를 업데이트하기 위한 근거를 제시하는 데 매우 유용하다. 특히 병원체의 역학적 전파 특성과 지역적 전파, 중증도, 지역사회 내 영향, 비약물적 중재와 같은 방역 대책 수립과 시행을 위한 모형을 구축하는 데 근거가 된다[7].

코로나19 팬데믹을 계기로 방역 대응을 위한 과학적 근거 마련을 위해 초기 사례 조사와 역학 지표분석의 중요성이 어

느 때보다 대두되었다. 이에 본 논문의 목적은 신종 감염병에 의한 다음 팬데믹을 대비하고자 초기 사례 조사와 역학 지표 분석을 소개하고 이와 관련하여 2023년 질병관리청이 도입한 내용을 소개하고자 한다.

초기 사례 조사

초기 사례 조사의 목적은 새로운 병원체의 초기 실험실 확진자와 제한된 접촉자를 조사함으로써 병원체의 역학적·임상적·바이러스학적 정보에 대한 이해를 얻기 위해 정보를 수집하고 실제 전파양상을 파악하기 위한 것이다[7,8]. 역학 지표는 크게 전파력과 중증도의 두 가지 관점으로 구분하여 측정할 수 있다(표 1). 감염병의 전파력¹⁾은 유·무증상 비율, 2차 발병률, 2차 감염률, 잠복기, 연쇄 발병 간격, 기초감염재생산수 등으로 산출할 수 있으며 중증도를 측정하기 위해서는 감염-입원율, 입원-치명률을 산출한다.

2023년 세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 호흡기 병원체의 초기 사례 조사 프로토콜에 따르면 다음과 같은 형태로 조사가 이루어진다[7]. 병원체 X의 초기 확진자와 접촉자를 조사 대상으로 초기 사례 조사를 진행하는 경우, 이들을 통해 성별과 나이 등 인구학적 특성에 따른 2차 감염률, 2차 발병률, 임상증상, 합병증, 증상 유무 등을 산출한다. 또한 초기 감염자들 간의 연관성 등을 파악해 전파 동선을 파악하고 추가 확진자와의 관계 확인을 통해 잠복기와 연쇄 발병 간격을 산출할 수 있다. 확진자의 병원체 분석을 통해 특이점을 분석하면서 백신과 치료제 개발에 주요한 정보를 확보할 수 있다(표 2).

초기 사례 조사의 예시

2009년 4월 멕시코, 미국에서 신종 인플루엔자(H1N1)

1) 전파력: 감염병이 얼마나 쉽게 전파되는지를 말함, 홍역의 경우 기초감염재생산수=15-17로 감염자 1명이 감염시킬 수 있는 사람 수가 15-17명임

표 1. 초기 사례 조사 시 측정 가능 역학 지표

구분	지표 정의
전파력	① 유·무증상 비율 조사 기간 내 모든 확진자 중 병원체 X의 유·무증상감염 비율 ② 2차 발병률 조사 기간 내 접촉자 중 증상 발생 비율 ③ 2차 감염률 조사 기간 내 지표환자의 접촉자 중 새로운 감염 비율 ④ 잠복기 감염자의 노출일과 증상발생일 사이의 차이 ⑤ 연쇄 발병 간격 감염원과 감염자의 증상발생일의 차이 ⑥ 기초감염재생산수 감염자가 없는 인구집단에서 감염자 1명이 감염시킬 수 있는 감염자 수
증증도	⑦ 감염-입원을 입원한 사람 중 실험실 진단으로 확진된 사람의 비율 ⑧ 감염-치명률 감염의 결과로 사망한 실험실 진단으로 확진된 사람 비율

Data from World Health Organization [7].

표 2. 잠재적 대규모 발생 가능 호흡기 감염병 초기 사례 조사 및 연구를 위한 항목별 세부 내용

구분	내용
조사 대상	병원체 X의 확진자 및 접촉자
잠재적 결과 및 분석	초기 사례의 전파양상, 증증도, 임상적 특성 파악 ^{a)} 1단계 성별, 나이 같은 요인에 따라 2차 감염률과 2차 발병률 측정 임상증상 및 관련 질환의 경과 사례 중 유증상과 무증상의 비율 2단계 연쇄 발병 간격 바이러스 배출 기간(가능하다면) 동물-인간 전파를 포함한 전파 가능 동선 전파 또는 증증 질환 관련 위험과 예방적 요인 이후 기초감염재생산수 잠복기
조사 시기	국내 병원체 X의 확인 당일부터 시행
조사 기간	조사 대상 선정으로부터 지표사례와 모든 밀접 접촉자는 28일 동안 감시
최소 필요 자료 및 검체	역학적·임상적·바이러스학적·혈청학적 자료는 초기 조사와 28일째 조사, 2-28일까지 증상일지를 포함하여 여러 차례 대상자들로부터 수집될 수 있음

Data from World Health Organization [7]. ^{a)} 모든 분석은 유행 상황에 따라 유동적으로 시행.

가 발생하였으며, 유럽 국가 중 가장 먼저 영향을 받은 국가 중 하나가 영국이었다. 지표환자는 2009년 4월 말 멕시코로부터 입국한 스코틀랜드 커플이었다. 지표환자 확인 이후 감시 및 조사가 시작되었으며, 총 조사 기간은 2009년 4월 27일부터 2009년 6월 14일이었다. 조사 방법은 인플루엔자에 맞춰 초기 사례 프로토콜(영국의 경우, the first few hundred [FF100²⁾]) 및 자료 수집 설문지를 변경하여 온라인 데이터베이스를 사용해 조사하였다. 역학조사는 양성진단 시점(또는 가능한 바로)에 1회, 14일 후 1회로 총 2회 실시되었다. 또한 확진자, 부모, 보건의료인을 인터뷰하였으며, 접촉자는 지속해서 감시하였다. 역학조사는 FF100을 통해 임상적·역학적 정보(증상발생일, 증상, 중증도, 과거력, 기저질환, 인플루엔자 백신 접종력)를 수집하였다. 추가 정보는 의학적 합병증의 발생과 결과(사망이나 회복)의 확인, 항바이러스제 및 항생제 사용을 결정하기 위해 수집되었다[9-11]. 수집된 내용에 기반한 분석 결과는 발생 초기 2009년 5월부터 7월까지 3회에 걸쳐 논문의 형태로 보고되었다(표 3).

역학 지표

초기 사례 조사를 통해 수집된 역학적·임상학적·바이러스학적 특성을 기반으로 감염병의 전파력과 중증도를 파악할

수 있는 역학 지표를 산출할 수 있다. 기본적으로 사용되는 역학 지표로는 잠복기, 연쇄 발병 간격 등이 있다. 이러한 지표는 감염병의 양상을 파악하여 추후 방역전략을 수립하는 데 유용한 근거로 제시된다(그림 1) [7,12].

2009년 영국의 인플루엔자 A 발생 조사 시, 초기 사례 조사를 통해 2009년 4월 27일-5월 11일까지는 유입 여부, 증상 종류 및 증상 비율, 성인과 소아의 증상 및 비율 등을 조사하였고, 이후 추가 조사된 사례를 통해 2차 발병률, 감염장소, 확진자 증상분포, 성별, 연령 분포를 산출하였다. 산출된 지표에 따라 2009년 4월 말에서 7월 1일까지 의사 환자 모두 바이러스 검사를 시행하고, 모든 확진자 및 밀접 접촉자에게 항바이러스제를 투여하였다. 2009년 7월 1일 이후 바이러스 진단은 임상적으로 필요할 때 진행하고, 모든 사례는 임상 기준에 따라 치료할 때 항바이러스제를 투여하는 것으로 대응 전략을 수정하였다[9-11].

코로나19 팬데믹 기간 동안 방역 대응의 과학적 근거가 되었던 코로나19의 전파력과 중증도의 중요성이 어느 때보다 강조되었다. 이에 WHO에서는 2020년 발표되었던 초기 사례 조사 프로토콜을 호흡기 감염병으로 확대하여 2023년 ‘잠재적 팬데믹을 일으킬 수 있는 호흡기 감염병에 대한 초기 사례 조사 프로토콜’이라는 제목으로 발표하였다[7]. 이에 질병관리청은 새로운 감염병 발생 시 초기 사례 조사 방법을 도입

표 3. 2009년 인플루엔자 A 발생 시 초기 사례 조사 및 분석 사례

자료원	조사 기간	확진 사례	수집 및 분석된 역학적 특성
McLean et al. [9]	2009. 4. 27.-2009. 6. 14.	총 1,009 사례 중 369 사례가 초기 사례	지역, 성별, 연령별 발생 분포, 감염원, 임상증상 분포, 해외 유입 분포, 집단발생의 분포 및 특성, 조사 기간 내 총 사례 및 초기 사례, 기저질환 분포
Health Protection Agency [10]	2009. 4. 27.-2009. 5. 31	총 252 사례	성별 및 연령 분포, 해외 여행력, 감염장소(학교, 가정, 직장), 확진자 증상분포
Health Protection Agency and Health Protection Scotland New Influenza A (H1N1) Investigation Teams [11]	2009. 4. 27.-2009. 5. 11.	총 65 사례	유입 여부, 지역 분포, 증상 종류 및 비율, 성인과 비교하여 소아의 증상 및 비율, 성별에 따른 증상 비율

2) FF100: 영국에서 사용하는 용어로, The First Few X cases and contacts와 같은 의미

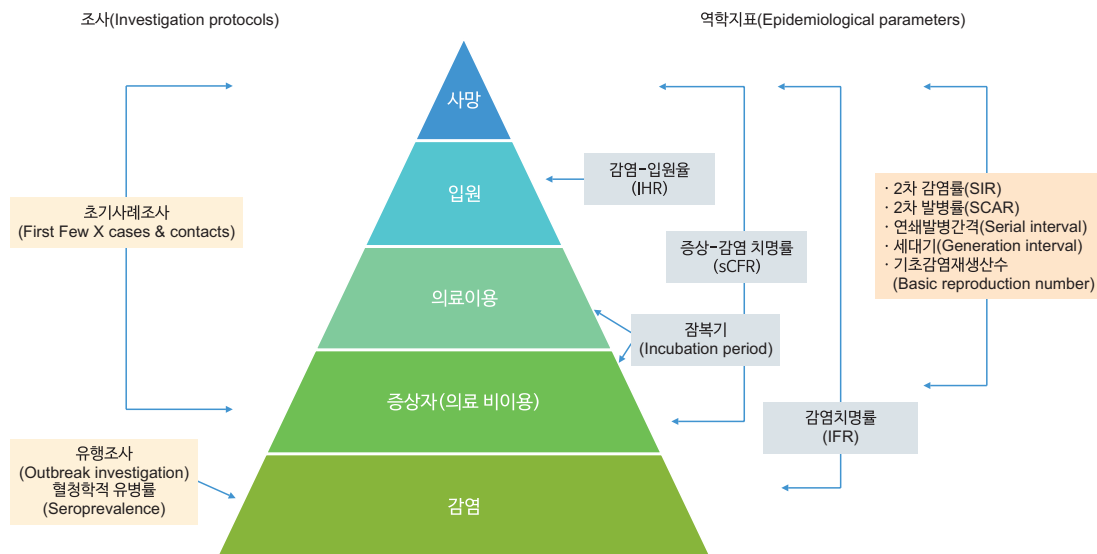


그림 1. 질병 피라미드 내 초기 사례 조사를 통해 측정 가능한 관련 역학 지표

Data from World Health Organization [7]. IHR=infection hospitalization ratio; sCFR=symptomatic cases infection fatality rate; IFR=infection fatality rate; SIR=secondary infection rate; SCAR=secondary clinical attack rate.

표 4. 2023년 중앙역학조사반 대상 역학 지표분석을 위한 교육내용

내용	비고
1 감염역학 전파의 특성 및 지표 이해	이론 및 실습
2 잠복기/연쇄 발병 간격의 이해 및 추정 방법	
3 R 프로그램을 이용한 지표분석 실습(잠복기/연쇄 발병 간격)	
4 기초감염재생산수의 이해	
5 R 프로그램을 이용한 지표분석 실습(기초감염재생산수)	
6 개인별 분석과제 발표 및 피드백	

하고 신속히 역학 지표를 산출하기 위해 2023년 ‘역학 지표 산출 및 분석 도구 개발’ 관련 정책연구용역과제를 발주하여, 중앙 역학조사관을 대상으로 다음과 같이 교육을 진행하였다.

교육의 목적은 역학 지표 특이, 잠복기, 연쇄 발병 간격, 기초감염재생산수에 대한 이론적 배경과 측정 방법을 습득하여 감염병 유행 확산의 특징을 계량적으로 기술할 수 있도록 하는 것이었다. 2023년 상·하반기 총 27명의 중앙역학조사반 역학조사관을 대상으로 교육이 시행되었으며, 1회는 이론 및 실습, 2회는 제출한 과제에 대한 피드백으로 2회씩으로 구성되었다. 이론교육은 준비된 강의자료를 통해 이루어졌으며, 실습은 R 프로그램을 기반으로 수행되었다(표 4).

결론

새로운 호흡기 감염병 발생 시 감염병의 전파 특성을 신속하게 파악하고, 방역 대응을 위해 초기 사례 조사를 통한 역학 지표 산출 및 역학적 특성 분석은 필수적이다. 이 논문에서는 초기 사례 조사의 의미와 이를 통해 수집된 자료를 통해 산출된 역학 지표의 중요성을 살펴보았다. 산출된 지표는 격리, 사회적 거리두기, 백신접종 등과 같이 감염병의 전파를 예방 및 차단하기 위해 과학적 근거에 기반한 방역 대응 전략 수립 및 시행을 결정하는 데 활용될 수 있다.

초기 사례 조사와 역학 지표분석은 감염병 대비·대응을 위한 방역전략 계획을 수립하고 시행하여 감염병 확산을 조기

에 종식하기 위한 중요한 활동이다. 그러나 국내 신종 감염병 대응에 있어 이러한 초기 사례 조사의 개념 및 절차가 미흡하여 국내 코로나19 환자의 역학적 특성을 파악하는 데 제한이 있었다. 이에 질병관리청은 역학 지표분석 도구를 개발하였고 정기적인 교육과 실습의 확대를 통해 향후 신종 감염병 발생을 대비한 역학조사관의 초기 대응 역량을 향상시키는 데 기여할 것으로 기대된다.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: HKK, YMK. Resources: HKK, JL, JHJ. Writing – original draft: HKK. Writing – review & editing: HKK, YMK, MY, SEL, DK.

References

1. WHO COVID-19 Dashboard [Internet]. World Health Organization; 2024 [cited 2024 Apr 3]. Available from: <https://data.who.int/dashboards/covid19/cases?n=c/>
2. Perez-Guzman PN, Knock E, Imai N, et al. Epidemiological drivers of transmissibility and severity of SARS-CoV-2 in England. *Nat Commun* 2023;14:4279.
3. Kraemer MUG, Pybus OG, Fraser C, Cauchemez S, Rambaut A, Cowling BJ. Monitoring key epidemiological parameters of SARS-CoV-2 transmission. *Nat Med* 2021;27:1854-5.
4. Jeon J, Han C, Kim T, Lee S. Evolution of responses to COVID-19 and epidemiological characteristics in South Korea. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19:4056.
5. Ryu S, Ali ST, Lim JS, Chun BC. Estimation of the excess COVID-19 cases in Seoul, South Korea by the students arriving from China. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:3113.
6. Lako RLL, Meagher N, Wamala JF, et al. Transmissibility and severity of COVID-19 in a humanitarian setting: first few X investigation of cases and contacts in Juba, South Sudan, 2020. *Influenza Other Respir Viruses* 2023;17:e13200.
7. World Health Organization (WHO). The First Few X cases and contacts (FFX) investigation template protocol for respiratory pathogens with pandemic potential. WHO; 2023.
8. World Health Organization (WHO). The First Few X cases and contacts (FFX) investigation protocol for coronavirus diseases 2019 (COVID-19). WHO; 2020.
9. McLean E, Pebody RG, Campbell C, et al. Pandemic (H1N1) 2009 influenza in the UK: clinical and epidemiological findings from the first few hundred (FF100) cases. *Epidemiol Infect* 2010;138:1531-41.
10. Health Protection Agency; Health Protection Scotland; National Public Health Service for Wales; HPA Northern Ireland Swine influenza investigation teams. Epidemiology of new influenza A (H1N1) virus infection, United Kingdom, April-June 2009. *Euro Surveill* 2009;14:19232.
11. Health Protection Agency and Health Protection Scotland New Influenza A (H1N1) Investigation Teams. Epidemiology of new influenza A (H1N1) in the United Kingdom, April-May 2009. *Euro Surveill* 2009;14:19213.
12. Ryu S, Chun JY, Lee S, et al. Epidemiology and transmission dynamics of infectious diseases and control measures. *Viruses* 2022;14:2510.

Introduction of Epidemiological Parameters and the First Few X Cases and Contacts Investigation for Infectious Diseases with Pandemic Potential

Hee Kyoung Kim¹, Sang-Eun Lee², Young-Man Kim¹, Mi Yu¹, Jin Lee¹, Jin-Hwan Jeon², Donghyok Kwon^{1,2*}

¹Division of Epidemiological Investigation Analysis, Bureau of Public Health Emergency Preparedness, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea, ²Epidemiological Investigation Team, Central Disease Control Headquarters for COVID-19, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

ABSTRACT

It is crucial to ascertain the epidemiological characteristics of emerging infectious diseases with pandemic potential through the investigation of the First Few X (FFX) cases and contacts, coupled with the estimation of epidemiological parameters. The primary objective of FFX investigations is to gather epidemiological, clinical, and virological data from a limited initial pool of laboratory-confirmed cases and contacts, aiming to delineate the actual transmission dynamics of a novel pathogen. These identified characteristics from FFX investigations can yield epidemiological parameters indicative of the transmissibility and severity of infectious diseases. Moreover, they can inform the development of targeted strategies for disease prevention.

Key words: The First Few X cases and contacts; Epidemiological parameters; Incubation period; Serial interval

***Corresponding author:** Donghyok Kwon, Tel: +82-43-719-7977, E-mail: vethyok@korea.kr

Hee Kyoung Kim, Sang-Eun Lee, Young-Man Kim, Mi Yu, Jin Lee, Jin-Hwan Jeon's current affiliation: Division of Disease Control Capacity Building, Department of Data Science, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

Donghyok Kwon's current affiliation: Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

Introduction

Since the outbreak of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in Wuhan, China, it has spread worldwide, leading to a pandemic, with 774,954,393 confirmed cases and 7,040,264 deaths as of March 17, 2024 [1]. Throughout the pandemic, different variants of the original Wuhan strain, including alpha, delta, and omicron, have emerged, significantly impacting the perceptions of its transmissibility and severity, which are important considerations for infectious disease response [2].

A comprehensive understanding of infectious disease outbreaks requires a thorough grasp of the epidemiological parameters that characterize them [3]. Many countries have quickly estimated the incubation and generation periods early in the COVID-19 outbreak and have used these estimates to develop disease control policies. However, the time points for calculating epidemiologic indicators (date of onset, date of contact, date of diagnosis, etc.) have been inconsistent, and the epidemiological parameters estimated in countries other than the Republic of Korea (ROK) have been used [4].

Key messages

① What is known previously?

Understanding the epidemiological, clinical, and viral characteristics is pivotal for preventing infectious diseases.

② What new information is presented?

Recognizing the significance of the First Few X cases and contacts investigations and epidemiological parameters is essential in curbing the spread of infectious diseases.

③ What are implications?

Training initiatives focusing on epidemiological parameters have been instituted. This data can inform the development of tailored policies better suited to the national context when confronted with emerging infectious diseases.

In the early days of the COVID-19 outbreak in the ROK, several mathematical epidemiology studies used international epidemiological parameters for estimation and prediction. However, these parameters can vary depending on the country's pandemic response level, and the use of inappropriate epidemiological parameters can lead to incorrect predictions [5]. Therefore, producing quantitative predictions using country-specific epidemiological parameters is essential for accurately estimating the effectiveness of disease control policies.

Calculating these epidemiological parameters requires understanding the epidemiological, clinical, and virological characteristics of infectious disease pathogens through the investigation and analysis of the First Few X cases and contacts (FFX) [6]. Analyzing the epidemiological characteristics of patients and pathogens through FFX investigations is invaluable for adjusting and updating public health guidance and surveillance

recommendations. Most importantly, it provides a basis for developing the models of the epidemiological transmission characteristics of pathogens, their local transmission, severity, and community impact, and designing and implementing disease control measures such as non-pharmaceutical interventions [7].

Because of the COVID-19 pandemic, the importance of FFX investigations and the analysis of epidemiological parameters has been highlighted in order to provide a scientific basis for disease control responses. Therefore, this study aimed to introduce FFX investigations and epidemiological parameter analysis to prepare for future pandemics caused by new infectious diseases and highlight the establishment of the Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA) in 2023.

The First Few X Cases and Contacts Investigation

FFX investigations are carried out to collect epidemiological, clinical, and virological data by initially investigating individuals with laboratory-confirmed infections and their contacts to determine the transmission modes [7,8]. Epidemiological parameters can be measured from two perspectives: transmissibility and severity (Table 1). The transmissibility¹⁾ of infectious diseases can be determined by assessing the asymptomatic-to-symptomatic ratio, secondary clinical attack rate, secondary infection rate, incubation period, serial interval, and basic reproduction number. The severity can be determined by measuring the infection hospitalization rate and hospitalization fatality rate.

According to the World Health Organization (WHO)'s

1) Transmissibility denotes the ease with which an infectious disease spreads; for example, an basic reproduction number of 15–17 for measles indicates that one infected person can spread the disease to 15–17 people

Table 1. Definitions for key epidemiological terms in First Few X cases and contact investigation

Category	Definition
Transmissibility	① Symptomatic/Asymptomatic proportion of cases The frequency of symptomatic/asymptomatic infections of pathogen X among all confirmed cases in a defined period of time
	② Secondary clinical attack rate The frequency of new symptomatic persons among contacts in a defined period of time
	③ Secondary infection rate The frequency of new infections of pathogen X among contacts of confirmed primary cases in a defined period of time
	④ Incubation period The period of time between an exposure resulting in pathogen X infection and the onset of the first clinical symptoms of the disease in a secondary case
	⑤ Serial interval The period of time from the onset of symptoms in the primary case to the onset of symptoms in a secondary case
	⑥ Basic reproduction number The number of infections produced, on average, by an infected individual in the early stages of the epidemic, when virtually all contacts are susceptible
Severity	⑦ Infection-hospitalization ratio The proportion of persons with a laboratory confirmed pathogen X infection who are admitted to hospital for clinical management or treatment
	⑧ Infection-fatality ratio The proportion of persons with a laboratory confirmed pathogen X infection who die as a direct or indirect consequence of their infection

Data from World Health Organization [7].

FFX investigation protocol for respiratory pathogens in 2023, investigations involve several key steps [7]. When conducting FFX investigations among the initial confirmed cases and contacts of pathogen X, the data collected are used to evaluate the secondary infection rates, secondary clinical attack rates, clinical symptoms, complications, and the presence of symptoms by gender and age. It can also assist in determining the possible modes of transmission by examining the connections among initial confirmed cases and in calculating incubation periods and serial intervals by investigating their relationships to additional cases. Analyzing the pathogen in a confirmed case allows for determining its specificity, which can provide key

information for the development of vaccines and therapeutics (Table 2).

Examples of the First Few X Cases and Contacts Investigation

In April 2009, a novel influenza (H1N1) outbreak occurred in Mexico and the United States, with the United Kingdom among the first European countries affected. The index patients were a Scottish couple who arrived from Mexico in late April 2009. Surveillance and investigation began after identifying these index patients, which spanned from

2) FF100 is a term used in the United Kingdom that refers to the First Few X cases and contacts.

Table 2. Details of the First Few X cases and contacts investigation and studies for respiratory pathogens with pandemic potential

Category	Contents
Population	The FFX cases of pathogen X and their close contacts
Potential output and analysis	<p>To identify transmission dynamics, severity and clinical spectrum in the population of initial cases of pathogen X^{a)}:</p> <p>Primarily:</p> <ul style="list-style-type: none"> The secondary infection rate and secondary clinical attack rate by key factors such as age and sex The clinical presentation and course of associated disease The symptomatic and asymptomatic proportions of cases <p>Secondarily:</p> <ul style="list-style-type: none"> The serial interval Duration of viral shedding (if possible) Possible routes of transmission including possible animal-human transmission Risk or protective factors for transmission of severe disease <p>Advanced related objectives:</p> <ul style="list-style-type: none"> The basic reproduction number The incubation period
Timing of the investigation	Immediate investigation following the confirmation of a case of pathogen X in the domestic
Duration	Recruitment and follow-up of index cases and all close contacts for 28 days from recruitment
Minimum data and specimens to be obtained from participants	Epidemiological, clinical, virological and serological data will be collected from each participant at multiple times during the study

Data from World Health Organization [7]. ^{a)}Contents of analysis can be flexible by outbreak situation. FFX=the First Few X cases and contacts.

April 27, 2009 to June 14, 2009. The investigation was conducted using online databases along with the FFX investigation protocol (termed the first few hundred [FF100²⁾] in the United Kingdom) and a questionnaire adapted for influenza. Epidemiological investigations were conducted twice: initially at the time of diagnosis (or as soon as possible) and 14 days later. The patients with confirmed cases, parents, and healthcare providers were interviewed, with continuous surveillance of contacts. During the epidemiological investigation, clinical and epidemiological data (date of onset, symptoms, severity, past medical history, comorbidities, and influenza vaccination history) were obtained using the FF100. Additional information was collected to determine the occurrence of medical complications, outcomes (death or recovery), and the use of antivirals

and antibiotics [9-11]. The results of the analysis based on the collected data were documented in three studies published between May and July 2009, marking the onset of the outbreak (Table 3).

Epidemiological Parameters

Based on the epidemiological, clinical, and virological characteristics collected through FFX investigations, the epidemiological parameters can be calculated to determine the transmissibility and severity of infectious diseases. These parameters typically include the incubation period, the serial interval, and others. These parameters provide a useful basis for understanding the dynamics of the epidemic and devising future disease

Table 3. Cases investigation and analysis at the early stage of Influenza A in 2009

Source	Period	Confirmed cases	Collection and analysis
McLean et al. [9]	2009. 4. 27.–2009. 6. 14.	369 cases by FFX investigation of total 1,009 confirmed cases	Demographic characteristics of cases (distribution of region, sex, and age), source of infection, clinical features (distribution of symptoms by age group), FFX cases of total confirmed cases underlying risk factors
Health Protection Agency [10]	2009. 4. 27.–2009. 5. 31.	Total 252 cases	Frequency of cases by sex and age, travel history, setting/source of acquisition, clinical presentation of confirmed cases
Health Protection Agency and Health Protection Scotland New Influenza A (H1N1) Investigation Teams [11]	2009. 4. 27.–2009. 5. 11.	Total 65 cases	Travel history, regional distribution of confirmed cases, type and frequency of symptoms, children's symptoms, symptoms by sex

FFX=the First Few X cases and contacts.

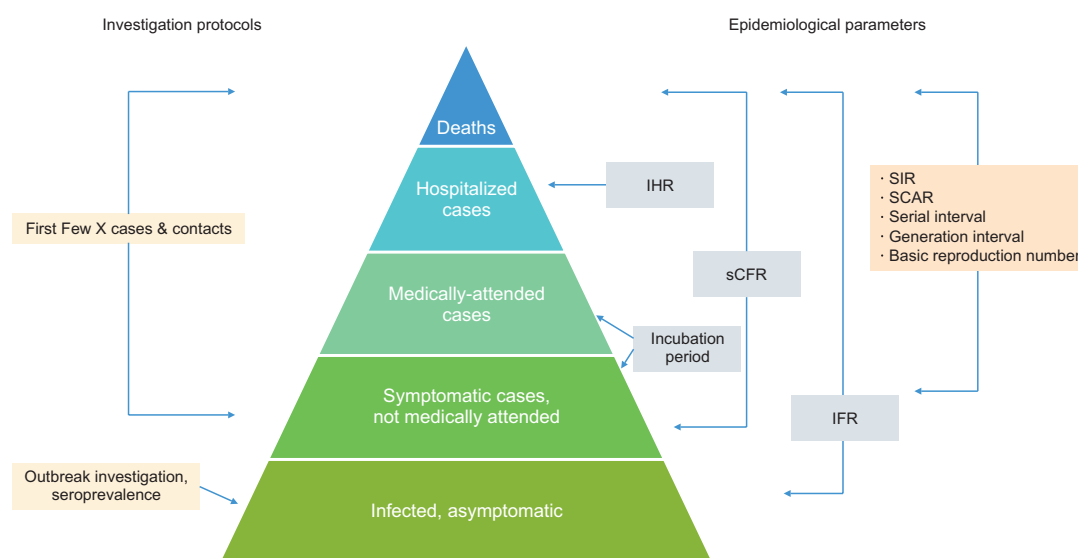


Figure 1. Disease pyramid with associated epidemiological parameters to be estimated through First Few X cases and contacts investigation

Data from World Health Organization [7]. IHR=infection hospitalization ratio; sCFR=symptomatic cases infection fatality rate; IFR=infection fatality rate; SIR=secondary infection rate; SCAR=secondary clinical attack rate.

control strategies (Figure 1) [7,12].

During the investigation of the 2009 influenza A (H1N1) outbreak in the United Kingdom, FFX investigations were conducted from April 27 to May 11, 2009, to determine the initial cases, the type and incidence of symptoms, and the distribution

of symptoms among adults and children. Subsequent investigations further explored the secondary clinical attack rate, location of infection, distribution of symptoms, and gender and age distribution of confirmed cases. Based on these findings, from late April to July 1, 2009, all suspected cases were initially

tested for the virus, and all confirmed cases and close contacts were administered antiviral drugs. Since July 1, 2009, the response strategy has been modified to include viral diagnosis when clinically indicated, treating all patients according to the clinical criteria and administering antivirals when needed [9-11].

During the COVID-19 pandemic, the significance of understanding the transmissibility and severity of COVID-19 as the scientific basis for developing disease control responses has been emphasized. In response, the WHO expanded the FFX investigation protocol published in 2020 to include respiratory infectious diseases. The updated protocol was released in 2023 under the title, “The First Few X cases and contacts (FFX) investigation template protocol for respiratory pathogens with pandemic potential” [7]. To facilitate the rapid implementation of the FFX investigation method in the event of a new infectious disease outbreak and enable prompt calculation of epidemiological parameters, the KDCA initiated a policy research project in 2023 focused on the “training in the analysis of epidemiological parameters and the development of tools for calculating epidemiological parameters” and provided training for central epidemiological investigators to support these efforts.

The training was aimed at acquiring theoretical background and measurement methods for epidemiological

parameters, particularly the incubation periods, serial intervals, and basic reproduction numbers, to quantitatively characterize the transmission dynamics of infectious disease epidemics. In the first and second half of 2023, 27 epidemiological investigators from the Central Epidemiological Investigation Team underwent two sets of training sessions. The first session included both theoretical instruction and practical exercises, while the second session involved feedback on submitted tasks. Theoretical training utilized prepared lecture materials, while practical training utilized the R program (Table 4).

Conclusion

During an outbreak of a new respiratory infectious disease, the rapid understanding of its transmission characteristics, calculation of epidemiological parameters, and analysis of epidemiological characteristics through FFX investigations are crucial for effective disease control response. This article explored the implications of FFX investigations and underscored the importance of the epidemiologic parameters derived from the data collected through these investigations. These parameters are instrumental in developing and implementing evidence-based disease control response strategies aimed at preventing and halting the transmission of infectious diseases, including

Table 4. Training contents for the estimation of epidemiological parameters for central epidemiological investigation officers in 2023

	Contents	Remarks
1	Understanding of characteristics of infectious disease epidemiology and epidemiological parameters	Lecture & practice
2	Understanding of incubation period and serial interval	
3	Practice: Incubation period and serial interval by R program	
4	Understanding of R_0	
5	Practice: R_0 by R program	
6	Presentation of individual assignment and feedback	

R_0 =basic reproduction number.

measures like isolation, social distancing, and vaccination.

FFX investigations and the analysis of epidemiological parameters are critical for effectively planning and implementing disease control strategies, ensuring preparedness and timely response to terminate the transmission of infectious diseases at an early stage. However, the concept and procedures for conducting FFX investigations have been insufficient in response to emerging infectious diseases in the ROK, limiting the understanding of the epidemiological characteristics of COVID-19 patients in the ROK. Therefore, KDCA has developed a tool for analyzing epidemiological parameters. This initiative is expected to contribute to improving the initial response capabilities of epidemiological investigators by expanding regular training and practice, thereby better preparing them for future outbreaks of new infectious diseases.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: HKK, YMK. Resources: HKK, JL, JHJ. Writing – original draft: HKK. Writing – review & editing: HKK, YMK, MY, SEL, DK.

References

1. WHO COVID-19 Dashboard [Internet]. World Health Organization; 2024 [cited 2024 Apr 3]. Available from: <https://data.who.int/dashboards/covid19/cases?n=c/>
2. Perez-Guzman PN, Knock E, Imai N, et al. Epidemiological drivers of transmissibility and severity of SARS-CoV-2 in England. *Nat Commun* 2023;14:4279.
3. Kraemer MUG, Pybus OG, Fraser C, Cauchemez S, Rambaut A, Cowling BJ. Monitoring key epidemiological parameters of SARS-CoV-2 transmission. *Nat Med* 2021;27:1854-5.
4. Jeon J, Han C, Kim T, Lee S. Evolution of responses to COVID-19 and epidemiological characteristics in South Korea. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19:4056.
5. Ryu S, Ali ST, Lim JS, Chun BC. Estimation of the excess COVID-19 cases in Seoul, South Korea by the students arriving from China. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:3113.
6. Lako RLL, Meagher N, Wamala JF, et al. Transmissibility and severity of COVID-19 in a humanitarian setting: first few X investigation of cases and contacts in Juba, South Sudan, 2020. *Influenza Other Respir Viruses* 2023;17:e13200.
7. World Health Organization (WHO). The First Few X cases and contacts (FFX) investigation template protocol for respiratory pathogens with pandemic potential. WHO; 2023.
8. World Health Organization (WHO). The First Few X cases and contacts (FFX) investigation protocol for coronavirus diseases 2019 (COVID-19). WHO; 2020.
9. McLean E, Pebody RG, Campbell C, et al. Pandemic (H1N1) 2009 influenza in the UK: clinical and epidemiological findings from the first few hundred (FF100) cases. *Epidemiol Infect* 2010;138:1531-41.
10. Health Protection Agency; Health Protection Scotland; National Public Health Service for Wales; HPA Northern Ireland Swine influenza investigation teams. Epidemiology of new influenza A (H1N1) virus infection, United Kingdom, April-June 2009. *Euro Surveill* 2009;14:19232.
11. Health Protection Agency and Health Protection Scotland New Influenza A (H1N1) Investigation Teams. Epidemiology of new influenza A (H1N1) in the United Kingdom, April-May 2009. *Euro Surveill* 2009;14:19213.
12. Ryu S, Chun JY, Lee S, et al. Epidemiology and transmission dynamics of infectious diseases and control measures. *Viruses* 2022;14:2510.

코로나바이러스감염증-19 발생 이후 국가병원체자원은행 병원체자원 분양 현황(2020-2023년)

김수연*, 방형원, 김혜린, 강병학

질병관리청 국립보건연구원 공공백신개발지원센터 병원체자원관리과

초 록

2017년 「병원체자원의 수집·관리 및 활용촉진에 관한 법」이 시행되고, 2020년 9월 질병관리청은 개청되면서 청은 이 법의 주관부처가 되었고, 국가병원체자원은행은 병원체자원의 책임기관 및 기탁등록보존기관으로서 역할을 수행하고 있다. 해마다 유용 병원체자원을 확보하여 관리하며 보건 의료 연구 및 산업분야에 다양한 목적으로 분양하고 있다. 최근 4년간 국가병원체자원은행에서 분양된 병원체자원은 2020년에 3,047건, 2021년에 3,988건, 2022년에 4,925건, 2023년에 3,352건이었다. 월별로는 3월과 4월에 많이 분양되었고, 기관별로는 국·공립연구기관(2,676건)과 대학 및 비영리기관(3,625건)보다 민간영리기관(9,011건)에서의 신청이 많았다. 분양 목적 별로는 백신·치료제 연구용(2,509건)과 진단기술 연구용(10,591건)이 정도관리용(674건)과 교육용(1,074건) 목적에 비해 매우 많이 분양된 것으로 나타났다. 2020년에서 2023년에 걸친 코로나바이러스감염증-19 유행 상황으로 인해 동기간 중 이 감염증 원인 바이러스인 severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2)가 많이 분양(31.3%)되었고 파생물질도 진단제 개발 목적의 SARS-CoV-2 핵산 형태로의 분양이 57.5%나 차지하였다. 이 글에서는 2020년부터 2023년까지 병원체자원의 분양 현황을 소개하고 신변종 등 감염병 발생 대응 원천물질 및 식의약품 개발의 표준주로서 공중보건 분야에서 국내 자원이 널리 활용될 수 있도록 정보를 제공하고자 한다.

주요 검색어: 국가병원체자원은행; 병원체자원; 분양; 코로나바이러스감염증-19

서 론

2017년 「병원체자원의 수집·관리 및 활용촉진에 관한 법률(이하 ‘병원체자원법’)」과 2018년 「유전자원의 접근·이용 및 이익 공유에 관한 법률(이하 ‘유전자원법’)」이 전면 시행되고 국내에도 나고야의정서가 발효(2017. 8.)되면서 병원

체자원에 대한 국산 균주 확보, 국외 수출·입 및 활용 등에 대한 관리 체계를 마련하게 되었다[1].

2020년 1월 이후 전 세계적으로 관심이 집중된 코로나바이러스감염증-19(코로나19) 발생으로 신변종 감염병에 대한 공포와 감염병에 대한 인식이 높아지면서 우리나라도 코로나19 국내 유입 직후 국가병원체자원은행(National Culture

Received March 28, 2024 Revised June 3, 2024 Accepted June 3, 2024

*Corresponding author: 김수연, Tel: +82-43-913-4251, E-mail: tenksy@korea.kr

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



KDCA

Korea Disease Control and Prevention Agency

핵심요약

① 이전에 알려진 내용은?

국가병원체자원은행은 질병관리청 국립보건연구원 병원체자원관리과에서 담당하며 병원체자원법에 의거 책임기관 및 기탁등록보존기관으로서의 역할 수행을 위해 병원체자원 수집, 수탁 및 분양과 생명연구자원 협력망 구축 및 분야별 병원체자원전문은행 운영 업무를 수행하고 있다.

② 새로이 알게 된 내용은?

2023년 12월 말 기준, 국가병원체자원은행에 등재된 자원은 7,944건(주)이며 이 중 분양가능한 자원은 3,197건(주)으로 대학, 연구기관, 식품 및 제약업체에서 예방·치료와 진단기술 연구에 활용되었다. 2023년까지 연평균 약 3,800건(주)이 분양되었다. 2022년까지는 진단기술 연구 목적으로 SARS-CoV-2가 다수 분양되었고 2023년 이후 코로나 19 유행 종료와 더불어 감소되었다.

③ 시사점은?

코로나19 팬데믹 이후 병원체자원 분양 현황을 소개함으로써 보건 의료 분야에 이용 현황과 동기간 감염병 발생과의 연관성을 파악할 수 있었으며, 2020년 2월 SARS-CoV-2를 확보하여 진단 및 백신·치료제 개발을 위해 즉각적으로 제공하였고 표준화된 국가병원체자원은행 운영으로 책임기관으로서 신뢰도를 향상시켰다.

Collection for Pathogens, NCCP)에서 국내 분리 severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) 균주를 신속하게 확보하여 분양을 개시하였다. 또한, 국제 협력을 통해 미래 신종감염병 발생 대비를 위한 다양한 병원체자원을 확보하고자 노력하고 관련법과 제도를 구체화하여 병원체자원 사 용에 대한 편의성을 제공하였다.

2020년 9월 질병관리청이 개청되어 국가병원체자원은행을 운영하는 병원체자원관리과(구, 병원체자원관리팀)가 직제화되면서 이 은행 운영과 병원체자원법 이행을 위해 제1차 병원체자원관리종합계획(2021-2025)을 마련하였고 체계적으로 병원체자원에 대한 국가 책임기관 및 수집·기탁·등록·보존 기관으로서 병원성 미생물자원 관리의 중추적 역할을 수

행하고 있다[2]. 국가병원체자원은행은 2023년 말 기준, 병원체자원 총 32,182주를 보유하고 이 가운데 7,944주가 병원체자원 관리 목록에 등재되었으며 3,194주가 자원화되어 분양되고 있다. 자원화된 자원들은 감염병 연구기관, 교육기관, 보건 의료·식품 및 바이오의약품 관련 산업체에 백신·치료제 개발 연구, 진단 개발 연구, 정도관리 및 제품 개발, 감염병 관련 교육 등에 활용되도록 분양되고 있다. 이외에도 병원체자원에 대한 분석·평가 결과 및 특성 정보 제공, 분야별 병원체자원전문은행 운영 사업을 지원하고 있다.

코로나19 발생 이후인 2020년부터 2023년 사이에는 인플루엔자를 포함한 다른 호흡기 감염병 발생현황이 매우 저조한 상황에서 의료기관에서는 인플루엔자바이러스가 거의 분리되지 않았고, messenger RNA 백신 플랫폼이 대두되고 신속진단 검사가 절실한 상황에서 SARS-CoV-2 병원체자원의 분양 요청이 두드러지게 많았다.

이외에도 국가병원체자원은행에 등재된 병원체자원들은 호흡기 감염병 예방 및 치료제 연구, 진단제 개발을 위한 특이도 분석 연구 및 교차 확인을 위한 대조 물질, 다제내성 의료 감염 관련 감염병 등의 감염 경로, 원인 병원체 특성, 발병 기작 연구에 이용하기 위해 주로 분양되었다.

최근 분양신청자들은 병원체자원의 실물뿐 아니라 유전체 등 다양한 특성 정보를 요구하기 때문에 국가병원체자원은행은 보유 병원체자원의 고부가가치화와 고품질 자원 관리를 위해 매년 품질경영시스템(ISO 9001)을 운영하여 체계적인 보존·관리 업무를 수행하고 있다. 2022년에는 한국인정기구 공인 생물자원은행 국제표준(ISO 20387)에 적격하다는 인정을 획득하여 생명연구자원의 표준화된 체계에 따라 운영되고 병원체자원의 품질확인서는 시스템에 등록하여 온라인으로 확인이 가능하도록 하고 있다. 이 글에서는 코로나19 발생 이후 최근 4년간 국가병원체자원은행에서 분양된 병원체자원의 현황을 상세히 소개하고 과거 2019년까지의 병원체자원 현황과 비교하여 국내 자원의 종류별, 활용 분야와 활용 목적 등의

정보를 제공하며 국내 분리균주 보유현황 등 국가병원체자원 은행의 활동을 소개함으로써 코로나19 등 감염병 발생 대응에 기여와 공중보건학 분야에서 국내 균주 확보와 활용의 중요성을 강조하고자 한다.

방 법

2020년부터 2023년까지 국가병원체자원은행 누리집, 온라인분양창구 및 질병보건통합관리시스템을 통해 분양된 병원체자원 번호를 기반으로 분석하였다. 연도별, 월별 분양 현황 및 활용목적별 분양기관과 분양 현황을 분석하였고 분양된 병원체자원을 종류별로 분석하였다. 또한 동 기간의 질병관리청 감염병별 발생 감시 보고 자료를 분석하여 연도별 감염병 발생과 분양된 병원체자원 가운데 감염병을 일으키는 원인 병원체의 활용 목적 및 관련성을 분석하였다.

결 과

1. 연도(분기별) 및 자원종류별 분양 현황

2020년부터 2023년까지 분양된 병원체자원은 총 15,312건(주)으로 각 연도별로 2020년 130종 3,047건(주), 2021년 161종 3,988건(주), 2022년 187종 4,925건(주), 2023년 177종 3,352건(주)으로 연평균 약 3,800건이 분양되었다. 분기별 분양 건수는 연도별로 약간의 차이는 있으나 2022년을 제외하고는 대체로 2분기에 많이 분양(약 30.5%)되었고, 월별로는 3월(1,841건)과 4월(1,507건)에 주로 분양되었다. 2020년부터 2023년까지 세균은 6,581주, 진균은 290주, 바이러스는 3,235주, 파생물질은 5,206건이 분양되었다. 자원 종류별 분양 현황 분석 결과 바이러스와 파생물질은 2020년부터 2022년까지 코로나19 발생 이전 과거 5년(2015-2019)에 비해 바이러스는 554주, 917주, 1,038주, 파생물질은 1,366주, 1,421건, 1,698건으로 뚜렷하게 분양

이 증가되었고 2023년에는 바이러스는 726주, 파생물질은 721건으로 전년대비 감소(각각 30.1%와 57.7%)하였다. 세균 자원은 총 260종 6,581주가 분양되었는데, 과거 5년 분양 건(5,128건)보다 약 28.3% 증가되었다. 자원별로 연평균 분양 건수는 세균 약 1,645주, 진균 약 72주, 바이러스 약 809주, 파생물질 약 1,300건이었다(표 1).

2. 분양신청 활용 목적 및 기관별 분양 현황

병원체자원 활용계획의 목적별 분양 현황을 분석한 결과, 진단기술 연구와 백신·치료제 연구 목적이 각각 10,591건(69.2%)과 2,509건(16.4%)으로 가장 높은 것으로 나타났다. 목적별 연평균 분양 건수는 백신·치료제 연구(629건), 진단기술 연구(2,647건), 정도관리(161건), 교육용(268건), 기타(122건)로 분석되었다. 백신·치료제 연구 목적의 분양은 2020년에 전년도 대비 162.3% (191건→501건)나 증가하였고, 2023년까지 지속적으로 증가 추세를 보였다. 진단기술 연구를 위한 분양도 2019년에 비해 2020년에 153.3% (786건→1,991건) 증가하였고 2022년에는 3,816건으로 2020년 대비 109.1%로 대폭 증가된 것으로 분석되었다. 식품미생물 검사 및 품질관리 등 정도관리 목적으로 647건(14.5%)이 분양되었는데 2020년부터 계속 감소하였고 2023년에는 연평균 대비 24.6%나 감소한 것으로 나타났다. 또한, 교육용으로 분양된 자원들 대부분은 보건소의 감염병 검사 담당자 교육과 의과대학 등 미생물 기초실습 교육의 참조균주로 이용할 목적으로 요청되었으며 코로나19 발생 이전 과거 5년 평균 분양 건(497건)에 비해 코로나19 발생 이후 감소한 것으로 나타났다. 국·공립연구기관은 교육과 백신·치료제 연구 목적의 활용이, 대학 및 비영리기관에서는 진단기술 연구와 백신·치료제 연구 목적의 활용이, 민간영리기관에서는 진단기술 연구 목적의 활용이 많은 것으로 나타났다(표 2).

분양신청 기관별로 국·공립연구기관은 2,676건(17.5%), 대학 및 비영리기관은 3,625건(23.7%), 산업계 및 민간영리

표 1. 최근 4년간 연도(분기별) 및 자원종류별 분양 현황

연도	분기	분양(건/주)	세균(종/주)	진균(종/주)	바이러스(종/주)	파생물질(건)
2020년	1분기	51/480	38/158	1/5	12/100	217
	2분기	79/1,022	51/498	12/19	16/137	368
	3분기	82/758	54/226	13/20	15/155	357
	4분기	73/787	51/187	7/14	15/162	424
	소계	130/3,047	93/1,069	20/58	17/554	1,366
2021년	1분기	113/969	97/340	1/8	15/328	293
	2분기	74/1,065	45/398	14/18	15/220	429
	3분기	96/1,239	82/546	5/9	9/220	464
	4분기	74/715	53/313	7/18	14/149	235
	소계	161/3,988	125/1,597	17/53	19/917	1,421
2022년	1분기	104/1,769	81/663	10/13	13/330	763
	2분기	93/984	63/487	15/48	15/136	313
	3분기	112/1,272	84/535	11/19	17/313	405
	4분기	119/900	98/395	5/29	16/259	217
	소계	187/4,925	143/2,080	24/109	20/1,038	1,698
2023년	1분기	91/908	74/460	4/6	13/280	162
	2분기	115/1,046	89/646	15/27	11/110	263
	3분기	102/726	75/327	15/23	12/192	184
	4분기	112/672	89/402	11/14	12/144	112
	소계	177/3,352	138/1,835	20/70	19/726	721
총계		322/15,312	260/6,581	37/290	25/3,235	5,206

기관은 9,011건(58.8%)의 분양이 이루어졌다. 국·공립연구기관에는 연평균 약 669건이 분양되었는데 2020년 이후 지속적으로 분양이 증가하여 2022년에는 연평균 대비 41.8%가 증가(1,150건/669건)된 것으로 나타났고 대학 및 비영리기관에는 연평균 약 906건이 분양되었고 2022년까지 꾸준히 증가하다가 2023년에는 전년대비 크게 감소(2,931건→1,998건)하였다(표 3).

3. 자원 종류별 분양 및 활용 목적

가장 많이 분양된 세균 자원은 *Escherichia coli* (1,539주)와 *Salmonella enterica* (666주)로 항생제 개발 및 평가, 교육용 및 진단키트 개발과 먹는 물 수질공정 또는 식품공전 시험법 표준균주로 활용할 목적으로 분양되었다. 또한, *Staphylococcus aureus* (362주), *Pseudomonas aeruginosa* (290주), *Streptococcus pneumoniae* (265주), *Klebsiella*

pneumoniae (246주), *Acinetobacter baumannii* (163주) 종들이 분양되었는데, 대부분 4급 법정감염병을 일으키는 의료관련감염병 원인균이었다. 이들은 식·의약품 분석기관의 정도관리와 진단기술 연구 목적, 항생제내성균 분자진단 시약 개발 시 교차반응과 펩타이드 항생제 개발 등의 항균력 효능 분석에 활용할 목적으로 분양되었다(보충 표 1; available online).

진균 자원 분양은 총 37종 290주로 과거 5년간(2015-2019) 분양된 건(45종 369주)보다 적은 것으로 나타났다. *Candida* 속 분양 166주 가운데 *Candida albicans*가 79주로 가장 많이 분양(47.6%)되었으며, *Candida auris*가 36주, *Candida glabrata*가 18주 순으로 분양되었다. *Cryptococcus neoformans*가 34주, *Aspergillus fumigatus*가 16주로 분양되었고 이외 다른 종들은 대부분 10주 내외로 분양되었다. 분양 자원들은 진단제 및 검사 제품의 성능 평가를 위한 진단기술

표 2. 최근 4년간 분양신청 활용 목적 및 기관별 분양 현황

활용 목적	기관 구분	2020년	2021년	2022년	2023년	소계
백신·치료제 연구	국·공립연구기관	34	96	214	144	488
	대학 및 비영리기관	65	274	319	343	1,001
	민간영리기관	402	406	113	99	1,020
	소계	501	776	646	586	2,509
진단기술 연구	국·공립연구기관	1,610	2,084	694	94	4,482
	대학 및 비영리기관	78	127	416	345	966
	민간영리기관	303	324	2,706	1,810	5,143
	소계	1,991	2,535	3,816	2,249	10,591
정도관리	국·공립연구기관	79	59	38	22	198
	대학 및 비영리기관	34	49	32	11	126
	민간영리기관	38	89	107	89	323
	소계	151	197	177	122	647
교육(의과학, 보건소)	국·공립연구기관	-	-	199	266	465
	대학 및 비영리기관	188	136	52	100	476
	민간영리기관	48	85	-	-	133
	소계	236	221	251	366	1,074
기타 ^{a)}	국·공립연구기관	83	37	5	12	137
	대학 및 비영리기관	22	15	25	17	79
	민간영리기관	63	207	5	-	275
	소계	168	259	35	29	491
총계		3,047	3,988	4,925	3,352	15,312

단위: 주 또는 건. ^{a)}항균제 효능 분석, 바이오필름 형성 및 저해능 측정, 신변종 감염병 융합 연구, 살균소독제 이용 불활성 성능 연구 등.

표 3. 최근 4년간 분양신청 기관별 분양 현황

연도	국·공립연구기관	대학 및 비영리기관	민간영리기관	계
2020년	28/387	86/854	110/1,806	130/3,047
2021년	38/601	86/1,111	142/2,276	161/3,988
2022년	49/1,150	99/844	163/2,931	187/4,925
2023년	33/538	74/816	168/1,998	177/3,352
총계	70/2,676	159/3,625	232/9,011	322/15,312

단위: 종/건(주).

연구에 활용할 목적이 대부분이었다(61.4%). 2022년에는 백신·치료제 연구 목적 분양이 많았는데(33주) 이들은 항진균제 치료제 개발 연구 및 신약개발 위한 *in vitro* 유효성 평가에 이용할 목적 분양이었다(보충 표 2; available online).

바이러스 자원 대부분은 백신·치료제 연구와 진단기술 연구 목적으로 분양되었다. 총 25종 3,235주 가운데 SARS-CoV-2, Influenza A virus, Dengue virus 자원 순으로 분양

되었다. 2020년에 일시적으로 Human coronavirus NL63 분양이 증가되었다가 점차 감소되었고 2023년에는 한 건도 분양되지 않았다. 2023년에는 국가병원체자원은행에 수탁되어 있던 Hantaan orthohantavirus의 품질확인 및 자원화가 완료되어 분양이 개시되었으며 동물 등 매개체전파 감염병을 일으키는 병원체인 Japanese encephalitis virus 및 Zika virus는 해마다 분양 건수가 증가되는 것으로 나타났다(보충 표 3;

available online).

미생물 병원체에서 유래된 파생물질은 총 5,206건이 분양되었는데, 대부분 핵산 형태(RNA, DNA)의 분양이었고 바이러스는 31종의 RNA 또는 DNA가 4,461건, 세균은 47종의 DNA가 649건 분양되었다(종 목록 생략). 이 가운데 SARS-CoV-2 RNA가 2,992건 분양되어 67% 정도 차지하였고, 다음으로 Influenza A virus, Influenza B virus, Dengue virus, Adenovirus 종의 RNA 또는 DNA도 분양되었다. 세균은 *S. pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *P. aeruginosa* 종의 DNA 분양이 많았고 그 밖에 항혈청, 재조합 물질 등으로 96건이 분양되었다(표 4).

2020년 1월, 국내에서 처음 SARS-CoV-2가 분리되어 국가병원체자원은행은 당해 2월 17일부터 국내 분리 균주 분양을 개시하였다. 국가병원체자원은행에서 보유하고 있는 국내 분리 SARS-CoV-2 67주 가운데 NCCP 43326 (A 계통), NCCP 43381 (B.1.1.7 계통), NCCP 43390 (B.1.617.2 계통), NCCP 43408 (BA.1 계통)는 100주 이상 분양되었다. 2020년 바이러스 실험자원 및 핵산 형태의 파생물질로 720건이 분양되었고 2021년에는 1,682건이 분양되어 133.6%가 증가되었다. 이후 서서히 감소 추세를 보이며 2023년에는 706건으로 병원체 분리 최초 보고한 해의 분양 수준을 유지하였다. SARS-CoV-2 자원은 주로 백신·치료제 연구와 진단기술 연구 목적으로 분양되었다. 백신·치료제 연구에 활용할 목적 분양은 2021년에 전년대비 183.7% (179건→508건)가 증가되었다가 2022년 이후 감소하였다. 진단기술 연구 목

적 분양은 2022년까지 계속 증가되다가 2023년에는 전년 대비 218.7% (1,345건→422건)로 크게 감소되었다. 기타 활용 목적으로 신변종바이러스 감염병 대응 융합연구 및 살균소독제 이용 불활성 성능 연구 등이 있었다.

2020년부터 2023년까지 SARS-CoV-2의 기관별 분양활용 목적을 분석한 결과 보건 의료 산업체인 민간영리기관에서 진단기술 연구 목적 활용 분양 건이 48.9% (2,341건/4,785건)로 가장 많았다. 1,034주(건)를 분양 신청한 국·공립연구기관과 대학 및 비영리기관은 주로 백신·치료제 연구 목적 활용 비중이 높았다. 정도관리 목적으로는 SARS-CoV-2의 확인 진단 제품 개발 단계에서 제품 성능에 대한 분석실험용 물질과 표준물질로 활용하고자 분양되었다(표 5).

4. 국가병원체자원은행 보유 및 분양자원 주요 활용 성과

2020년부터 2023년 사이에 국가병원체자원은행에서 분양된 병원체자원들을 활용한 성과로 특히, 코로나19 백신·치료제 개발을 위해 SARS-CoV-2를 이용한 다수의 연구논문과 특허 성과들이 발표되었다[3]. 이 가운데 SARS-CoV-2 NCCP 43326 균주를 활용하여 2020년부터 2022년까지 항바이러스 조성물 개발, 코로나19 예방 및 치료용 조성물 개발 등의 활용 성과가 보고되었고 민간산업체에서 발명된 백신 후보물질의 비임상 효과에 대한 분석 평가결과가 발표된 바 있다.

또한, 2020년에 식중독균 동시검출용 조성물 및 방법 발명 특허에 *E. coli* NCCP 15656 등 3주가, 2021년에 결핵균

표 4. 핵산 등 파생물질 종류별 분양 현황

자원구분	2020년	2021년	2022년	2023년	계
바이러스 RNA 또는 DNA	1,036	1,276	1,555	594	4,461
세균 DNA	286	136	129	98	649
기타 ^{a)}	44	9	14	29	96
총계	1,366	1,421	1,698	721	5,206

단위: 건. HIV=human immunodeficiency virus. ^{a)}기타(n=96): *Mycobacterium tuberculosis*, *Orientia tsutsugamushi* 및 Rotavirus 등 재조합 벡터(n=30), Influenza A와 B 항혈청(9), *O. tsutsugamushi* 항혈청(n=43), HIV 항혈청(n=10), Vaccinia virus 등 재조합(n=4).

표 5. 최근 4년간 코로나바이러스감염증-19 원인 바이러스 자원 활용 목적과 기관별 분양 현황

활용 목적	기관 구분	2020년	2021년	2022년	2023년	소계
백신·치료제 연구	국·공립연구기관	42	215	119	99	475
	대학 및 비영리기관	132	251	181	146	710
	민간영리기관	5	42	23	33	103
	소계	179	508	323	278	1,288
진단기술 연구	국·공립연구기관	15	49	417	44	525
	대학 및 비영리기관	93	194	163	117	567
	민간영리기관	412	903	765	261	2,341
	소계	520	1,146	1,345	422	3,433
정도관리	국·공립연구기관	-	6	-	-	6
	대학 및 비영리기관	5	-	-	-	5
	민간영리기관	5	-	3	-	8
	소계	10	6	3	-	19
기타 ^{a)}	국·공립연구기관	5	14	4	5	28
	대학 및 비영리기관	6	8	2	1	17
	소계	11	22	6	6	45
총계		720	1,682	1,677	706	4,785

단위: 주 또는 건. ^{a)}신변종 감염병 융합 연구, 살균소독제 이용 불활성 성능 연구 등.

및 비결핵항산균 검출 진단방법 및 키트 발명 특허에 *Mycobacterium* spp. NCCP 15725 등 5주가 활용 등재되었다. 이외에 2020년 수산물 위해 미생물 신속검출법 개발 및 신기술 적용 시스템 구축 연구에 *Clostridium perfringens* NCCP 15911 1주, *Vibrio cholerae* NCCP 14552 1주, *E. coli* NCCP 14039 등 3주, Norovirus 합성 RNA NCCP 76066 등 2건이 이용되어 식중독균 5주 동시진단법 및 식중독바이러스 3주의 동시진단키트 개발이 진행된 바 있다.

국산 균주를 국가인증시험서의 참조균주로 적용하기 위해 정도관리를 목적으로 다수가 분양되었는데, 한국산업표준(Korean Industrial Standards) 규격 시험의 국외 미생물 시험균주를 대체한 한국형 균주 발굴에 활용할 목적으로 분양된 황색포도알균(*S. aureus* NCCP 12311)이 2023년 12월 한국산업표준 시험용 균주로서 플라스틱 및 기타 비다공성 표면에서 항균활성측정 표준(KS M ISO 22196)에 적용 가능하도록 확정 고시된 바 있다.

제1차 병원체자원관리종합계획(2021-2025)의 일환으로 추진된 질병별 패널 병원체자원 개발 연구를 통해서 국가병원

체자원은행 보유 수막염 유발 세균들의 분자생화학적, 유전학적 분석이 수행되었으며 총 4종 29주(*Neisseria meningitidis* NCCP 13748 등 2주, *Listeria monocytogenes* NCCP 14396 등 5주, *Streptococcus pyogenes* NCCP 11614 등 15주, *S. aureus* NCCP 10826 등 7주)가 해당질환의 패널자원으로 선정되어 국가병원체자원은행 누리집에 특성 정보와 함께 게시되었다.

이외에도 2022년 식품의약품안전평가원에서는 SARS-CoV-2 NCCP 43381 등 5주를 이용하여 「코로나19 치료제 *in vitro* 효력시험법」 안내서를 제정하였고, 2023년도에는 한국균학회에서 곰팡이에 대해 우리말 이름짓기를 기획하여 「한국 곰팡이 100」을 출간하면서 *C. albicans* NCCP 32700, *C. glabrata* NCCP 32705, *Epidermophyton floccosum* NCCP 22457를 우리말 이름과 함께 등재하였다.

결 론

2020년 1월은 전 세계적으로 코로나19의 국제적 공중보

건 비상사태가 선포되면서 어려움의 연대를 맞은 해였다. 원인 바이러스인 SARS-CoV-2는 세계 각국을 강타하며 사회경제적, 건강, 교육활동 및 문화생활 등 여러 분야에 큰 영향을 끼쳤다. 2023년 3월 WHO의 공식적인 비상사태가 종식되면서 우리는 거의 3년 4개월간 이 질환의 환경에서 새로운 삶의 방식으로 변화되어 적응하였고 감염병 대응을 위해서는 전 분야에서 국내외 공동체의 협력이 필요하다는 것을 절실히 깨달았다[4].

코로나19를 겪으면서 신종감염병에 대한 미래대응을 위해 감염병 신속 진단과 백신개발의 시장이 확대되어 이 개발의 원천물질로 이용되는 병원체자원의 활용이 증대되었으며 생명자원이 국가 자산으로써 중요한 가치가 있는 것으로 인식되었다.

본 글은 2020년부터 2023년까지 최근 4년간 국가병원체 자원은행에서 분양된 병원체자원을 연도별, 자원 종류별, 분양 목적별, 분양 기관별로 분석하여 이 자원들이 백신·치료제 개발 연구, 진단제·진단키트 개발 연구, 식·의약품 분석 기관의 정도관리 등의 대조물질 및 교차분석용 물질 등으로 활용된 현황을 코로나19 이전 과거 분양 현황(2015~2019)과 비교하여 알아보려고 하였다.

총 분양 15,312건 중 2020년에는 3,047건이 분양되었는데 이는 전년대비 78.6% 증가(2019년, 1,706건)된 것으로 나타났고, 이후 2022년까지 꾸준히 증가하다가 2023년에 약간 감소하였다. 월별로는 2021년을 제외하고 모두 3월과 4월에 특히 분양 건이 높은 것은 과거 3월과 10월에 분양 건이 높았던 것과 달리 10월 분양 건이 다른 월에 비해 줄어든 것으로 나타났다. 이는 2020년 발생한 코로나19 영향으로 감염병 신속진단 및 백신연구 등의 산업체 및 연구기관에서 활용이 코로나19 방역으로 비대면 활동이 많았던 대학 등 교육기관에서의 활용보다 높았기 때문이라고 생각한다.

자원 종류별 분양 현황 분석 결과, 세균이 260종 6,581주, 진균이 37종 290주, 바이러스가 25종 3,235주, 파생물질

이 5,206건 분양되었는데, 파생물질과 바이러스가 과거 5년 평균 203주와 257건 분양된 것에 비해 각각 298.5% (809주)와 405.8% (1,300건)로 대폭 증가하였고 세균과 진균의 분양은 예년 수준을 유지하였다[5].

총 15,312건 중 분양기관별로는 민간영리기관의 분양(9,011건)이 국·공립연구기관(2,676건)과 대학 및 비영리기관(3,625건)에 비해 매우 높았고, 총 분양 건의 58.8%를 차지했다. 자원의 주요 활용 목적과 기관별 분양을 살펴보면 감염병 관련 병인기작, 항생제 내성 및 특성 분석 기초연구에 활용할 목적인 백신·치료제 연구용으로는 2,509건(16.4%)이, 감염병 진단제·검사키트 개발 연구용으로는 10,591건(69.2%)이, 식·의약품 품질 및 장내세균 검사 시 유효성 평가, 대조물질 및 참조균주로 활용하는 정도관리 목적으로는 647건(4.2%)이 분양되었다. 신변종 감염병 발생으로 바이오의약품 산업 분야에 투자와 관심이 높아져 관련 제품 개발과 상용화에 가장 많이 활용된 것으로 생각한다.

자원별 분양 현황 분석 결과, 4년 동안 꾸준히 분양된 세균 자원은 2급과 4급 감염병을 일으키는 병원체들로서 대부분 장관감염증 유발 병원체인 *E. coli*, *S. enterica* serotypes (Enteritidis, Typhimurium), *Bacillus cereus*, *L. monocytogenes* 종이 주를 이루었고, *V. cholerae*, *Campylobacter jejuni*, *C. perfringens* 종도 100주 내외로 예년과 비슷하게 분양되었는데, *E. coli* 종은 과거 5년의 연도별 분양 건에 비해 2020년부터 2023년까지 더 많은 건수가 분양되었고 세균성이질을 일으키는 *Shigella* 속에 속하는 종류들의 분양은 다소 감소되었다. 또한, 장티푸스와 파라티푸스 질환 원인 병원체인 *Salmonella* Typhi (87건)와, Paratyphi A (62건)와 B (48건)의 분양도 예년보다 약간 감소하였다. 이 병원체들에 의한 장티푸스, 파라티푸스, 세균성이질의 발생 신고 현황을 보면 각각 2020년에는 39건, 58건, 29건이, 2021년에는 61건, 29건, 18건이, 2022년에는 38건, 31건, 31건이, 2023년에는 19건, 22건, 37건이 보고되어 과거 5년에 비해 다소 감소한

것으로 나타났다[6-8].

그러나 최근 4년간 꾸준히 분양이 증가된 *E. coli*에 의한 장출혈성대장균 감염증(*E. coli*, 독소형 *stx 1*, *stx 2* 보유)의 과거 10년 환자발생 보고는 2020년에 가장 높았고 이후에도 계속 증가하는 것으로 나타났다[6]. 이외에 표본감시대상 4급 감염병 가운데 살모넬라균 감염증과 캄필로박터균 감염증에 대한 발생도 높은 것으로 보고 되었는데, 특히 장병원성대장균(*enteropathogenic E. coli*) 감염증은 2020년부터 2022년에 비해 2023년에 급격하게 환자 보고가 많았고(110건→360건→920건→1,963건), 클로스트리듐 퍼프린젠스 감염증은 급격하게 줄어들었다(3,146건→3,151건→1,890건→423건)[8].

이 감염병에 대한 원인 병원체들은 수인성 질환 진단키트 개발과 식품공전 일반미생물 실험 시 양성 대조균, 식품매개 감염병을 일으키는 미생물 시험균주로써 식품분석 기관의 주기적인 정도관리 평가를 위한 목적과 미생물 배지 적합성 성능평가 및 보건기관 감염병 검사 교육에 활용할 목적으로 꾸준히 분양된 것으로 나타났다.

세균 자원 가운데 폐렴과 수막염 증상을 유발하는 2급 감염병 폐렴구균 감염증 원인균인 *S. pneumoniae*는 과거 5년 전 평균 분양 건보다 170.4% (98건→265건) 증가하였다. 질병관리청 감염병 감시연보에 따르면 *S. pneumoniae*에 의한 폐렴구균 환자도 2015년부터 2019년까지 계속 증가하는 추세였는데(2014년 36명, 2015년 228명, 2016년 441명, 2017년 523명, 2018년 670명, 2019년 526명), 2020년부터 감소하다가 2023년에 소폭 증가한 것으로 나타났다(2020년 345명, 2021년 269명, 2022년 339명, 2023년 428명). 그러나, 이 감염병의 원인 병원체자원 분양은 2018년도와 2023년도에만 예외적으로 감소하였고 2022년까지는 지속적으로 분양되었다. 주로 해당 병원체 항원 검출 키트 개발, 폐렴구균 생화학적 및 유전체 정보 분석을 통한 백신효과 검증 등에 이용할 목적과 진단기술 연구 목적 가운데 코로나19 등

다른 병원체에 의한 원인 호흡기질환 진단검사 제품 개발의 특이도 분석을 위한 음성 대조시험균주로의 활용도 많은 것으로 나타났다.

세균성 호흡기 감염병인 성홍열 환자는 2018년과 2019년에 감소 경향을 보였는데 2020년 2,300건, 2021년 678건, 2022년 505건, 2023년 803건으로 보고되면서 증가 경향을 보였다. 최근 4년 *S. pyogenes* 자원 분양은 과거 5년 평균 건수(48건)와 비슷하게(49건) 꾸준히 분양된 것으로 나타났다. 또한, 백일해 환자 발생은 2016년부터 2018년까지 계속 증가되다가 2019년에 대폭 감소한 것으로 나타났는데(2016년 129건, 2017년 318건, 2018년 980건, 2019년 496건), 최근 4년 동안에도 과거에 비해 크게 감소한 것으로(2020년 123건, 2021년 21건, 2022년 31건, 2023년 292건) 확인되었다[7]. 이 감염병의 원인 병원체 *Bordetella pertussis* 종은 과거에 연 4건 내외로 분양된 것에 비하면 2020년에는 18건, 2021년에는 9건, 2022년에는 13건, 2023년에는 34건으로 분양 건이 증가한 것으로 나타났다. 이는 환자 발생 보고 감소와 상관없이 코로나19 발생으로 진단제 개발 등 특이도 시험의 음성대조균주로 활용할 목적으로 분양된 것과 세균성 호흡기 감염병에 대한 관심도 높아진 것에 대한 영향으로 생각된다.

국가병원체자원은행은 항생제 및 의료관련감염질환 관련 유용 병원체자원 수집 강화를 위해 2020년 3월과 4월에 항생제내성균 전문은행과 다제내성균 전문은행을 지정하여 협력망을 확대하였고 항생제 내성기전 연구 등 국가연구개발사업 및 원헬스 사업 실태조사를 통해 확보된 의료관련감염증 유발 항생제 내성균주로 methicillin resistant *S. aureus* (MRSA), *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *A. baumannii* 종을 기탁받아 현재 약 730주가 등재되어 있고 이들은 다분양되는 자원에 해당된다.

2020년부터 2023년까지 2급감염병으로 지정된 반코마이신내성황색포도알균(*vancomycin-resistant S. aureus*, VRSA)

감염증을 일으키는 VRSA는 17주가, 4급감염병으로 지정된 MRSA감염증을 일으키는 MRSA는 50주가 분양되었다. 이외 표본감시 대상 카바페넴내성장내세균속균종(carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, CRE) 감염증을 일으키는 대표적인 균주 *K. pneumoniae*는 246주, *Enterobacter spp.*는 91주가 다제내성아시네토박터바우마니균(multidrug-resistant *A. baumannii*) 감염증을 일으키는 *A. baumannii*는 163주가, 다제내성녹농균(multidrug-resistant *P. aeruginosa*) 감염증을 일으키는 *P. aeruginosa*는 290주가 분양되었는데 모두 2020년(27주), 2021년(33주), 2022년(79주)에 비해 2023년에 많이(151주) 분양되었다.

이들은 신규 항생제 유효물질 개발 및 내성기작 연구, 항생제 검사 키트 패널 균주 및 성능평가와 미생물 분석기 및 수질공정시험법 등 국제공인시험기관 운용위한 정도관리 표준균주로 활용되고 코로나19 분석용 의료기기 허가를 위해 교차반응 특이도 실험에 활용할 목적으로도 분양되었다. 지속적인 의료관련감염 원인 병원체자원 활용은 2017년부터 CRE가 2급 법정감염병으로 지정고시 되면서 해마다 증가하는 환자(2020년 18,113건, 2021년 23,311건, 2022년 30,548건, 2023년 38,393건) 대한 전수 감시 대상 감염병으로의 변화와 환자 의료관련감염 국가 종합대책과 감시체계 확대 강화의 영향으로 판단되며, 향후 진단제 및 치료제 개발 등 자원 활용의 성과를 확인하여 국민들에게 정보를 제공할 필요가 있다고 생각한다.

2020년부터 분양된 SARS-CoV-2는 생물안전밀폐 3등급 수준의 시설이 있는 기관에만 분양이 가능했기 때문에 해당 시설을 갖추지 못한 민간영리기관에서 분자 유전학적 진단제 개발과 음성과 양성 대조 시험균주로 활용하기 위해서는 RNA 형태로의 분양 요청이 많았다. 총 분양 건의 31.3%를 차지할 정도로 병원체자원 한 종류로는 많은 비중을 차지하여 2022년까지 지속적으로 증가하다가 2023년 코로나19 종식과 함께 분양이 감소한 것으로 나타났다. 이 기간 동안의 당연

한 분양 현황 결과이며 SARS-CoV-2 자원 분양은 진단기술 연구 목적(71.7%)으로 민간영리기관에서 가장 많이 분양된 것으로(48.9%) 나타났다.

코로나19가 발생하면서 인플루엔자 발생 보고는 예년과 크게 달랐다. 인플루엔자 환자 감시를 위한 절기별 인플루엔자 바이러스 병원체 검출 감시 현황을 살펴보면 2019-2020 절기에 A형은 1,122건, B형은 49건이 2020-2021 절기에는 미검출, 2021-2022 절기에는 A형만 38건으로 보고되다가, 2022-2023 절기에는 A형이 1,296건, B형이 45건으로 다시 증가하기 시작했다[9]. 2020-2021 절기와 2021-2022 절기에 인플루엔자 유행이 없었던 것은 코로나19 유행으로 인해 정부 방역 강화, 예방접종 및 철저한 개인위생 관리의 영향으로 생각된다.

2022-2023 절기에 검출된 병원체는 아형별로 A (H3N2) 형이 1,085건, A (H1N1 pdm09) 형이 211건, B형이 45건 순으로 확인되었다. 원인 병원체인 Influenza A와 B virus 자원은 코로나19 발생 이전 시기와 비슷하게 분양되었는데, 2022년에 가장 많이 분양되었고(142주), 인플루엔자 천연물 백신 개발 연구, 항바이러스 효능평가 및 동시 진단제품 개발 성능 검증뿐 아니라 두 아형 모두 코로나19 진단용 특이도 검사 시험균주로 활용할 목적의 분양이 가장 높은 것으로 나타났다.

대표적인 매개체 전파 감염질환 원인 병원체인 Dengue virus, Japanese encephalitis virus, severe fever with thrombocytopenia syndrome (SFTS) virus, Zika virus가 관련 감염질환 검사의 교차반응 분석 시 양성 대조균주와 플라비바이러스 백신 후보물질 개발 및 항바이러스제 개발 등의 활용 목적으로 각각 251주, 69주, 130주, 56주가 분양되었는데, 코로나19로 해외유입 및 방역이 강화된 이유인지 환자발생은 크게 감소한 것으로 나타났다. 뎅기열 환자는 2020년 43명, 2021년 3명, 2022년 103명, 2023년 205명이, 일본뇌염 환자는 2020년 7명, 2021년 23명, 2022년 11명, 2023년 16

명이, 중증열성혈소판감소증후군(SFTS) 환자는 2020년 243명, 2021년 172명, 2022년 193명, 2023년 198명이 신고되었다[8].

코로나19 대유행을 겪으면서 전 세계적으로 기후변화에 따른 미래발생 신종감염병으로 인수공통감염병을 경고하고 있고 이 감염병에 대한 대비가 핵심 대응영역으로 인식되고 있다.

질병관리청은 신종감염병 대유행 대비 중장기 계획(2023-2027)을 마련하여 신종감염병 대비 100/200일 초고속 백신·치료제 개발 체계 구축의 일환으로 국내외에서 우선 순위 발생 대비 감염병(9종)을 선정하였다[10]. 이 가운데 신증후군출혈열이 포함되어 국가병원체자원은행에서도 수집된 신증후군출혈열 원인 병원체인 한탄바이러스(Hantaan orthohantavirus)에 대해 자원화와 품질확인을 통해 2023년에 처음으로 분양을 개시하였다. 최근 4년 이 병원체에 의한 감염병 환자도 2020년 270건, 2021년 310건, 2022년 302건, 2023년 447건으로 꾸준히 증가하는 경향을 보여 더 많은 자원을 확보하여 감염병 대응 중장기 계획 실천과 보건의료 산업 및 연구개발에 국내 자원이 잘 활용될 수 있도록 하여야 할 것이다[8].

파생물질은 최근 4년간 총 5,206건이 분양되었는데 2020년부터 2022년까지 1,366건, 1,421건, 1,698건으로 꾸준히 증가되다가 2023년에 721건으로 감소되었다. 분양된 파생물질 종류는 재조합 물질 37건, 다클론항체 65건, 핵산물질 5,104건이고, 대부분 SARS-CoV-2의 RNA 핵산 형태로 많이 분양되었다(57.5%, 2,992건). 이 경향도 코로나19 발생으로 백신·치료제 개발과 호흡기 질환 등 진단제 개발에 이용하기 위해 SARS-CoV-2를 바이러스 형태로 취급할 생물안전 연구 시설(biosafety level 3)을 보유하지 못한 산업체 및 연구기관에서 핵산 형태로 요청하는 경우가 많았기 때문이었다.

코로나19 유행 이후 2021년에 국가병원체자원은행 독립 건물이 완공되었고, 2022년에는 국가병원체자원은행이 국제

공인 생물자원은행(ISO 20387)으로서 국내 최초로 인정받았다. 병원체자원 분양 활성화와 제도 마련을 위해 2021년 분양수수료 근거 조항이 병원체자원법에 신설되었고, 2022년에는 병원체자원은행 운영에 관한 고시가 제정되었으며 2020년부터 2023년까지 매년 분양 신청자들과 자원관리자들의 편의를 위해 병원체자원 기탁과 분양 정보시스템의 자원 입·반출 관리, 전자서명 및 서식 등의 기능이 개선되었다. 신종감염병 발생 등 미래 질병에 대비하기 위해 2022년부터 2023년까지 국내 분리 SFTS virus와 Respiratory syncytial virus자원을 확보하였고 미국항생제내성균주은행(Antimicrobial Resistance Isolate Bank)과 독일생물자원센터(Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen)를 통해서도 원헬스 및 항생제내성균감염질환 관련 표준균주를 제공받았다. 또한, 필리핀, 베트남, 페루 및 세네갈 등과 교류하면서 Dengue virus 및 Zika virus 등을 확보하기 위해 노력하고 있다.

나고야의정서 국내 발효(2017년 8월)로 전 세계적으로 자국의 유전자원(생물자원, 병원체자원 및 정보 등)을 보호하고 활용 시 이익을 공정하고 공평하게 공유해야 하는 것이 규제화되면서 감염병 대응과 예방의 연구개발에 이용되는 원천물질로서의 병원체자원도 확보와 활용에서 경쟁 심화 및 경제적 부담이 가중되었다. 이 글을 통해 2020년 코로나19 팬데믹으로 국내에서도 신변종 감염병 대응 및 호흡기 또는 기후변화 관련 질환에서 다양한 목적으로 분양된 병원체자원의 활용 현황이 소개됨으로써 코로나19 유행의 영향을 확인하고 국가병원체자원은행의 운영을 알리며 다양한 유전자원 이용자들이 의료 및 연구 현장에서 발굴한 미생물 병원체자원이 어떤 목적으로 활용되었는지 공유하여 국가병원체자원은행이 병원체자원 기탁등록보존기관이라는 인지도가 높아져 국내 분리 균주의 분양이 활성화 될 수 있을 것으로 생각한다.

향후에도 국가병원체자원은행은 병원체자원법에 따라 국내 병원성 미생물 자원에 대한 활용을 촉진하고자 국가 책임기관으로서 국내외 관계기관 협력과 지원강화 및 사용자 편의

를 위한 시스템 고도화로 신뢰도를 높이며 기탁등록보존기관으로 병원체자원의 고부가가치화를 위해 고품질 자원생산과 다양한 정보를 확보하여 보건의료 연구 및 관련 산업분야에서 국산 자원이 더 많이 활용되도록 하고자 한다.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: SYK. Formal analysis: SYK, HWB. Data curation: SYK, HWB. Writing-original draft: SYK. Investigation: HWB, HRK. Methodology: HWB, HRK. Supervision: SYK, BHK. Writing - review & editing: SYK, HWB, HRK, BHK.

Supplementary Materials

Supplementary data are available online.

References

1. Korea Disease Control and Prevention Agency. The act on the promotion of collection, management, and utilization of pathogen resources (Act No. 18614, Dec. 21, 2021). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021.
2. Korea Disease Control and Prevention Agency. The 1st comprehensive plan for pathogen resource management (2021~2025). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021.
3. National Culture Collection for Pathogens. Annual report of national culture collection for pathogens. National Institute of Health; 2023.
4. Cho HJ. Evaluation and policy implications of COVID-19 pandemic crisis response. Asan Inst Policy stud Issue Brief 2023;7:1-17.
5. Kim SY, Bang HW, Choi YS. Distribution status for pathogen resources in the National Culture Collection for Pathogens (NCCP, Korea) from 2015 to 2019. Public Health Wkly Rep 2020;13:2596-623.
6. Korea Disease Control and Prevention Agency. 2023 guidelines for infectious diseases management initiatives. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023.
7. Korea Disease Control and Prevention Agency. Infectious diseases surveillance year book (2020-2022). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021-2023.
8. Infectious Diseases Incidence Statistics [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2024 [cited 2024 Mar 7]. Available from: <https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20601010100&bid=0024>
9. Korea Disease Control and Prevention Agency. Influenza management guidelines (seasonal changes). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2019-2023.
10. Korea Disease Control and Prevention Agency. The 2nd national action plan for prevention and control of health-care-associated infection (2023-2027). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023.

Distribution Status of National Culture Collection for Pathogens Pathogen Resources following Coronavirus Disease 2019 Occurrence from 2020 to 2023

Su Yeon Kim*, HyeongWon Bang, Hyerin Kim, Byeong-Hak Kang

Division of Pathogen Resource Management, Center for Vaccine Research, National Institute of Health, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

ABSTRACT

Since the enforcement of the “Act on the Collection, Management, and Promotion of Utilization of Biological Resources” in 2017 and the establishment of the Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA) in September 2020, the KDCA has assumed supervisory authority over this law. The National Culture Collection for Pathogens (NCCP) serves as the depository responsible for pathogen resources. It secures and manages valuable pathogen resources on an annual basis, and distributes them for various purposes in the healthcare research and industry field. From 2020 to 2023, the NCCP has distributed a total of 15,312 samples: 3,047 in 2020; 3,988 in 2021; 4,925 in 2022; and 3,352 in 2023. Distribution was notably higher in March and April compared to other months. Private for-profit organizations requested significantly more responses (9,011) than national public research institutes (2,676) or university/nonprofit organizations (3,625). Samples for vaccine/therapeutics (2,509) and diagnostic technology research (10,591) were more prevalent than those for education (1,074) and quality control (674). The coronavirus disease 2019 pandemic, which began in 2020 and has persisted for an extended period, led to a sustained increase in the distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) (31.3%) to support various healthcare industries and research fields until the end of 2023. Among the distributed derivatives, nucleic acid forms used for diagnostic purposes accounted for 57.5%. This study provides information on the distribution status of pathogen resources from 2020 to 2023. It demonstrates that domestic resources are widely utilized in the public health field as source materials to respond to emerging infectious diseases and as standard strains for food and pharmaceuticals.

Key words: The National Culture Collection for Pathogens; Pathogen resource; Distribution; Coronavirus disease 2019

*Corresponding author: Su Yeon Kim, Tel: +82-43-913-4251, E-mail: tenksy@korea.kr

Introduction

With the full implementation of the “Act on the Promotion of Collection, Management, and Utilization of Pathogen

Resources” (hereinafter, referred to as the “Pathogen Resources Act”) in 2017 and the “Act on Access to and Utilization of Genetic Resources and Benefit-sharing” (hereinafter, referred to as the “Genetic Resources Act”) in 2018, the Nagoya

Key messages

① What is known previously?

The National Culture Collection for Pathogens (NCCP) is responsible for collecting and distributing resources under this Act. It operates several networks and supports specialized banks.

② What new information is presented?

By the end of 2023, the NCCP had registered 7,944 resources, which were distributed to research institutions and healthcare companies for prevention, treatment, and diagnostic development. A considerable number of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) samples were distributed for diagnostic research, with distribution decreasing as the COVID-19 pandemic subsided.

③ What are implications?

This study assessed resource utilization since the COVID-19 pandemic. The immediate provision of SARS-CoV-2 for the development of diagnosis, vaccine, and treatments, along with the standardized operations of the NCCP, enhanced trust in the institution as a responsible entity.

Protocol came into effect in Korea in August 2017, leading to the establishment of a management system for obtaining domestic strains and importing, exporting, and using pathogen resources [1].

Since January 2020, with the global focus on coronavirus disease 2019 (COVID-19), there has been an increased concern regarding new variants of infectious diseases and heightened awareness of infectious diseases. Korea responded swiftly by obtaining and distributing domestically isolated severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) strains through the National Culture Collection for Pathogens (NCCP) immediately after COVID-19 was introduced into the country.

Furthermore, Korea has made efforts to acquire diverse pathogen resources through international cooperation in preparation for future outbreaks of emerging infectious diseases. This proactive approach includes the establishment of relevant laws and systems to ensure convenient access to pathogen resources when needed.

In September 2020, the Korea Centers for Disease Control and Prevention was expanded into the Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA), and the Division of Pathogen Resource Management (formerly known as the Pathogen Resource Management Task Force) responsible for operating the NCCP was established, leading to the development of the first comprehensive plan for pathogen resource management (2021–2025) for operation of the NCCP and implementation of the Pathogen Resources Act. As the competent national authority and agency responsible for systematically collecting, depositing, registering, and preserving pathogen resources, the NCCP plays a central role in the management of pathogen resources [2]. As of the end of 2023, the NCCP held a total of 32,182 strains of pathogen resources, of which 7,944 strains had been added to the pathogen resource management list and 3,194 strains had been converted into resources for distribution. These resources are being distributed to infectious disease research institutions, educational institutions, and healthcare, food, and biopharmaceutical industries for use in research and development of vaccines/therapeutics, diagnostics, quality control, product development, and infectious disease-related education. In addition, the NCCP also provides information about analysis/evaluation results and characterization of pathogen resources and supports programs for operation of specialized pathogen resource banks.

Between 2020 (when the COVID-19 pandemic began)

and 2023, the incidence of other respiratory infectious diseases, such as influenza, was low. Accordingly, influenza viruses were rarely isolated in medical institutions, while requests for the distribution of SARS-CoV-2 pathogen resources increased significantly, given the emergence of messenger RNA vaccine platforms and the urgent need for rapid diagnostic testing.

Furthermore, pathogen resources registered in the NCCP are predominantly distributed for research purposes such as prevention and therapeutic research on respiratory infectious diseases, specificity analysis for diagnostic development, and investigations into control measures. This includes cross-checking for routes of infection, particularly concerning multidrug-resistant healthcare-associated infections, as well as characterizing causative pathogens and understanding their pathogenesis.

In recent years, applicants requesting the distribution of pathogen resources have increasingly sought not only the resources themselves but also comprehensive characterization data, including genomic information. In response, the NCCP has implemented systematic preservation and management of pathogen resources, supported by an annual quality management system (ISO 9001), ensuring the high value and quality of its inventory. In 2022, the NCCP was recognized by the Korea Laboratory Accreditation Scheme for meeting international standards outlined in ISO 20387 for biobanking. This milestone enables the NCCP to operate under a standardized system for biological research resources. As a result, quality certificates for pathogen resources can now be registered through this system and accessed online.

This report provides a comprehensive overview of pathogen resource distribution by the NCCP during the four years following the COVID-19 outbreak, comparing it with the

pre-2019 status. Its primary goal is to provide insights into the fields and purposes for which different types of domestic pathogen resources are utilized. Additionally, the report highlights the activities of the NCCP, emphasizing the significance of acquiring and utilizing domestic isolates to enhance public health responses and effectively manage infectious disease outbreaks such as COVID-19.

Methods

Analysis was performed using the NCCP numbers from pathogen resources distributed via the NCCP website, online distribution portal, and integrated disease health management system within KDCA from 2020 to 2023. Distribution data were examined across years and months, considering distributing institutions, purposes of use, and types of pathogen resources. Furthermore, infectious disease outbreak surveillance reports from the KDCA for the same period were reviewed to evaluate yearly trends in infectious disease outbreaks, the purposes for which pathogen resources were used, and the association of causative pathogens of these diseases among the distributed resources.

Results

1. Distribution Status by Year (Quarter) and Resource Type

Between 2020 and 2023, a total of 15,312 cases (strains) of pathogen resources were distributed as follows: 130 species in 3,047 cases in 2020, 161 species in 3,988 cases in 2021, 187 species in 4,925 cases in 2022, and 177 species in 3,352 cases in 2023, averaging approximately 3,800 cases per year.

While there were slight variations in distribution numbers across years, it typically showed highest proportion (approximately 30.5%) of cases in second quarter each year, except for 2022. By month, March (1,841 cases) and April (1,507 cases) had the highest distribution rates. During this period between 2020 and 2023, the distribution included 6,581 bacterial strains, 290 fungal strains, 3,235 viral strains, and 5,206 derivatives. Analysis by resource type indicated a notable increase in viral and derivative distributions from 2020 to 2022 (554, 917, and 1,038 for viruses; 1,366, 1,421, and 1,698 for derivatives, respectively), compared to that in the period from 2015 to 2019 (prior to the COVID-19 outbreak). However, distributions decreased in 2023 to 726 viral strains and 721 derivatives (a decrease of 30.1% and 57.7%, respectively, from

the previous year). Regarding bacterial resources, a total of 260 species (6,581 strains) were distributed, marking an increase of approximately 28.3% compared to the previous five years (5,128 cases in 2015–2019). On average per year, distributions by resource type were approximately 1,645 bacterial strains, 72 fungal strains, 809 viral strains, and 1,300 derivatives (Table 1).

2. Distribution Status by Purpose of Use and Institution that Made the Distribution Request

An analysis of pathogen resource distribution by purpose revealed that the highest number of distribution cases were used for diagnostic technology research (n=10,591, 69.2%) and vaccine and therapeutic development research (n=2,509,

Table 1. Distribution status by annual quarterly and pathogen resources from 2020 to 2023

Yrs (quarterly)		Distribution	Bacteria	Fungi	Virus	Derivatives
2020	1	51/480	38/158	1/5	12/100	217
	2	79/1,022	51/498	12/19	16/137	368
	3	82/758	54/226	13/20	15/155	357
	4	73/787	51/187	7/14	15/162	424
	Subtotal	130/3,047	93/1,069	20/58	17/554	1,366
2021	1	113/969	97/340	1/8	15/328	293
	2	74/1,065	45/398	14/18	15/220	429
	3	96/1,239	82/546	5/9	9/220	464
	4	74/715	53/313	7/18	14/149	235
	Subtotal	161/3,988	125/1,597	17/53	19/917	1,421
2022	1	104/1,769	81/663	10/13	13/330	763
	2	93/984	63/487	15/48	15/136	313
	3	112/1,272	84/535	11/19	17/313	405
	4	119/900	98/395	5/29	16/259	217
	Subtotal	187/4,925	143/2,080	24/109	20/1,038	1,698
2023	1	91/908	74/460	4/6	13/280	162
	2	115/1,046	89/646	15/27	11/110	263
	3	102/726	75/327	15/23	12/192	184
	4	112/672	89/402	11/14	12/144	112
	Subtotal	177/3,352	138/1,835	20/70	19/726	721
Total		322/15,312	260/6,581	37/290	25/3,235	5,206

Unit: species/strain, case.

16.4%). Annual average distributions were categorized as follows: vaccine and therapeutic research (n=629), diagnostic technology research (n=2,647), quality control (n=161), educational use (n=268), and other purposes (n=122). Distribution for vaccine and therapeutic development research increased by 162.3% in 2020 compared to that in the previous year (from 191 to 501 cases) and continued to increase through 2023. Similarly, distribution for diagnostic technology research rose by 153.3% in 2020 (from 786 to 1,991 cases) and further climbed to 3,816 cases in 2022, marking a 109.1% increase compared to 2020. Resources allocated for quality control purposes accounted for 647 cases (14.5%), primarily for applications such as food microbiology testing and product quality control. However, these numbers declined by 24.6% in

2023 compared to the annual average. In addition, resources used for educational purposes were predominantly requested as reference strains for basic microbiology training in medical schools and for training personnel in infectious disease testing at public health centers. The number of these cases decreased after COVID-19 outbreak compared to the annual average of 497 cases in the five years prior to 2019. Overall, pathogen resources were extensively utilized for training, vaccine and therapeutic development research in national and public research institutions, diagnostic technology research and vaccine development in universities and non-profit organizations, and diagnostic technology research in private profit organizations (Table 2).

Regarding the organizations requesting distribution, there

Table 2. Distribution status for utilization purpose and request agencies from 2020 to 2023

Main purpose of use	Agencies	2020	2021	2022	2023	Subtotal
Vaccine and therapeutics development research	National · public research institutions	34	96	214	144	488
	University/Nonprofit organizations	65	274	319	343	1,001
	Private profit organizations	402	406	113	99	1,020
	Subtotal	501	776	646	586	2,509
Diagnostic technology research	National · public research institutions	1,610	2,084	694	94	4,482
	University/Nonprofit organizations	78	127	416	345	966
	Private profit organizations	303	324	2,706	1,810	5,143
	Subtotal	1,991	2,535	3,816	2,249	10,591
Quality control	National · public research institutions	79	59	38	22	198
	University/Nonprofit organizations	34	49	32	11	126
	Private profit organizations	38	89	107	89	323
	Subtotal	151	197	177	122	647
Medical science education	National · public research institutions	-	-	199	266	465
	University/Nonprofit organizations	188	136	52	100	476
	Private profit organizations	48	85	-	-	133
	Subtotal	236	221	251	366	1,074
Others ^{a)}	National · public research institutions	83	37	5	12	137
	University/Nonprofit organizations	22	15	25	17	79
	Private profit organizations	63	207	5	-	275
	Subtotal	168	259	35	29	491
Total		3,047	3,988	4,925	3,352	15,312

Unit: strain, case. ^{a)}Antimicrobial efficacy analysis, biofilm formation capability and inhibition measurement, convergent research on emerging infectious diseases, research on the inactivation performance of disinfectants, etc.

were 2,676 cases (17.5%) involving national and public research institutions, 3,625 cases (23.7%) involving universities and non-profit organizations, and 9,011 cases (58.8%) involving industries and private profit organizations. The annual average number of distribution cases among national and public research institutions was approximately 669 cases. Since 2020, there has been a continuous increase, with a rise of 41.8% in 2022 compared to the annual average (1,150 cases versus 669 cases). Meanwhile, universities and non-profit organizations received an average of approximately 906 cases annually. The number of cases steadily increased until 2022 but experienced a sharp decline in 2023 compared to that in the previous year (from 2,931 cases to 1,998 cases) (Table 3).

3. Distribution and Purpose of Use by Resource

Type

The most distributed bacterial resources included *Escherichia coli* (1,539 strains) and *Salmonella enterica* (666 strains), utilized primarily for antibiotic development and evaluation, educational purposes, development of diagnostic kits, and as reference strains for testing drinking water quality and food safety standards. Other distributed species included *Staphylococcus aureus* (362 strains), *Pseudomonas aeruginosa* (290 strains), *Streptococcus pneumoniae* (265 strains), *Klebsiella pneumoniae* (246 strains), and *Acinetobacter*

baumannii (163 strains). Many of these are pathogens responsible for healthcare-associated infections classified as class 4 nationally notifiable infectious diseases. These strains were distributed for purposes such as quality control in food and drug analysis institutions, diagnostic technology research, and analysis of antimicrobial efficacy, including cross-reactivity during the development of molecular diagnostic reagents for antibiotic-resistant bacteria and antimicrobial peptides (Supplementary Table 1; available online).

The fungal resources distributed included a total of 37 species and 290 strains, fewer than the 45 species and 369 strains distributed in the previous five years (2015–2019). Among the 166 strains belonging to the genus *Candida*, *Candida albicans* was the most distributed with 79 strains (47.6%), followed by *C. auris* with 36 strains and *Candida glabrata* with 18 strains. Additionally, 34 strains of *Cryptococcus neoformans* and 16 strains of *Aspergillus fumigatus* were distributed, with most other species having fewer than 10 strains distributed. These resources were primarily distributed for use in diagnostic technology research, specifically for evaluating the performance of diagnostic and testing products (61.4%). In 2022, a notable number of resources (33 strains) were distributed for vaccine and therapeutic research, aimed at therapeutic development and in vitro efficacy evaluations for new drug development (Supplementary Table 2; available online).

Table 3. Distribution request agencies from 2020 to 2023

Yrs	National · public research institutions	University/Nonprofit organizations	Private profit organizations	Total
2020	28/387	86/854	110/1,806	130/3,047
2021	38/601	86/1,111	142/2,276	161/3,988
2022	49/1,150	99/844	163/2,931	187/4,925
2023	33/538	74/816	168/1,998	177/3,352
Total	70/2,676	159/3,625	232/9,011	322/15,312

Unit: species/strain, case.

Most viral resources were distributed primarily for vaccine and therapeutic development research and diagnostic technology research. Among a total of 25 species and 3,235 strains, the most distributed resources were SARS-CoV-2, Influenza A virus, and Dengue virus. A temporary increase was observed in the distribution of the Human coronavirus NL63 strain in 2020 but has gradually decreased since then, with no distribution cases reported in 2023. In 2023, distribution of the Hantaan orthohantavirus deposited at the NCCP resumed following completion of quality checks and resourcing. Meanwhile, distribution cases increased annually for pathogens causing vector-borne (e.g., animal-borne) infectious diseases, such as Japanese encephalitis virus and Zika virus (Supplementary Table 3; available online).

Derivatives from microbial pathogens were distributed in a total of 5,206 cases, primarily consisting of nucleic acids (i.e., RNA, DNA). This included 4,461 cases of RNA or DNA from 31 viral strains and 649 cases of DNA from 47 bacterial species (list of species omitted). Specifically, SARS-CoV-2 RNA accounted for 2,992 cases (67%), along with RNA or DNA from Influenza A virus, Influenza B virus, Dengue virus, and Adenovirus species. Among bacteria, DNA from *S. pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, and *P. aeruginosa* species were distributed in a significant number of cases. Additionally, antiserum, recombinant materials, and other derivatives were

distributed in 96 cases (Table 4).

In January 2020, SARS-CoV-2 was isolated for the first time in Korea, and starting from February 17 of the same year, the NCCP began distributing domestically isolated strains of SARS-CoV-2. Among the 67 domestically isolated SARS-CoV-2 strains held at the NCCP, over 100 strains, including NCCP 43326 (A lineage), NCCP 43381 (B.1.1.7 lineage), NCCP 43390 (B.1.617.2 lineage), and NCCP 43408 (BA.1 lineage), were distributed. In 2020, 720 cases of actual viral resources and derivatives in nucleic acid form were distributed, which increased by 133.6% to 1,682 cases in 2021. Subsequently, the number of cases gradually decreased to 706 in 2023, maintaining a distribution level similar to the year when isolation of the pathogen was first reported. SARS-CoV-2 resources were distributed mostly for intended use in vaccine and therapeutic development research and diagnostic technology research. Distribution for use in vaccine and therapeutic development research increased in 2021, by 183.7% from the previous year (from 179 to 508 cases), but decreased after 2022. Distribution for use in diagnostic technology research continued to increase until 2022, followed by a significant decrease in 2023, by 218.7% from the previous year (from 1,345 to 422 cases). Other purposes of use included convergence research in response to infectious diseases caused by new and variant viruses and research on disinfection efficacy of

Table 4. Distribution status by type of derivatives

Resources	2020	2021	2022	2023	Total
Virus RNA or DNA	1,036	1,276	1,555	594	4,461
Bacteria DNA	286	136	129	98	649
Others ^{a)}	44	9	14	29	96
Total	1,366	1,421	1,698	721	5,206

Unit: case. HIV=human immunodeficiency virus. ^{a)}Others (n=96): *Mycobacterium tuberculosis*, *Orientia tsutsugamushi* and Rotavirus etc. recombinant vectors (n=30), Influenza A and B ferret/rabbit antiserum (n=9), *O. tsutsugamushi* mouse antiserum (n=43), HIV mouse antiserum (n=10), Vaccinia virus recombinant (n=4).

antimicrobial agents.

Analysis of the institutional distribution purposes of SARS-CoV-2 from 2020 to 2023 showed that the highest utilization for diagnostic technology research purposes was by private profit institutions in the healthcare industry, accounting for 48.9% (2,341 cases out of 4,785 cases). National and public research institutions, universities, and non-profit organizations, which distributed 1,034 cases, primarily focused on vaccine and therapeutic development research. For quality control purposes, materials were distributed for use as analytical experimental substances and standard materials in the development phase of diagnostic products for SARS-CoV-2 (Table 5).

4. Major Achievements from Using Resources Distributed

Between 2020 and 2023, significant research papers and patent achievements utilizing pathogen resources distributed by the NCCP Bank have been published, particularly for the

development of COVID-19 vaccines and therapeutics using SARS-CoV-2 [3]. Notably, the utilization of SARS-CoV-2 strain NCCP 43326 has led to the development of antiviral compositions and formulations for COVID-19 prevention and treatment from 2020 to 2022. Analytical evaluations of non-clinical effects of vaccine candidates developed by private industries have also been reported.

Furthermore, patents have been included for inventions such as compositions and methods for simultaneous detection of food-borne pathogens (2020), utilizing three strains such as *E. coli* NCCP 15656, and methods and kits for detecting tuberculosis and non-tuberculous mycobacteria (2021), involving five strains such as *Mycobacterium* spp. NCCP 15725. In addition, one strain of *Clostridium perfringens* NCCP 15911, one strain of *Vibrio cholerae* NCCP 14552, three strains such as *E. coli* NCCP 14039, and two cases such as Norovirus synthetic RNA NCCP 76066 were used in the study on the development of rapid detection of microorganisms harmful to

Table 5. Distribution status of SARS-CoV-2 by utilization purpose and request agencies from 2020 to 2023

Main purpose of use	Agencies	2020	2021	2022	2023	Subtotal
Vaccine and therapeutics development research	National · public research institutions	42	215	119	99	475
	University/Nonprofit organizations	132	251	181	146	710
	Private profit organizations	5	42	23	33	103
	Subtotal	179	508	323	278	1,288
Diagnostic technology research	National · public research institutions	15	49	417	44	525
	University/Nonprofit organizations	93	194	163	117	567
	Private profit organizations	412	903	765	261	2,341
	Subtotal	520	1,146	1,345	422	3,433
Quality control	National · public research institutions	-	6	-	-	6
	University/Nonprofit organizations	5	-	-	-	5
	Private profit organizations	5	-	3	-	8
	Subtotal	10	6	3	-	19
Others ^{a)}	National · public research institutions	5	14	4	5	28
	University/Nonprofit organizations	6	8	2	1	17
	Subtotal	11	22	6	6	45
Total		720	1,682	1,677	706	4,785

Unit: strain, case. ^{a)}Convergent research on emerging infectious diseases, research on the inactivation performance of disinfectants, etc.

seafood and establishment of a new technology application system, which led to the development of simultaneous diagnostic method to detect five strains of food-borne bacteria and simultaneous diagnostic kit for three strains of food-borne viruses.

Many domestically certified strains have been distributed for quality control purposes to serve as reference strains in national certification tests. Notably, *S. aureus* NCCP 12311, distributed for the purpose of developing a standard for measuring antimicrobial activity on plastics and other non-porous surfaces (KS M ISO 22196), was officially designated in December 2023 as a Korean Industrial Standards test strain, replacing foreign microbial strains in industrial standard tests.

Meanwhile, as part of the first comprehensive plan for pathogen resource management (2021–2025), molecular biochemical and genetic analyses were conducted on meningitis-causing bacteria stored at the NCCP. This study aimed to develop pathogen resources for each disease panel. As a result, a total of four species and 29 strains were selected as panel resources for their respective diseases. These included two strains such as *Neisseria meningitidis* NCCP 13748, five strains such as *Listeria monocytogenes* NCCP 14396, 15 strains such as *Streptococcus pyogenes* NCCP 11614, and seven strains such as *S. aureus* NCCP 10826. They were subsequently posted on the NCCP website along with their characterization data.

Additionally, in 2022, the National Institute of Food and Drug Safety Evaluation utilized five strains such as SARS-CoV-2 NCCP 43381 to establish guidelines for the “In Vitro Efficacy Testing Method for COVID-19 Therapeutics.” In 2023, the Korean Society of Mycology published “Korean Fungi 100,” assigning Korean names to fungi. This publication included *C. albicans* NCCP 32700, *C. glabrata* NCCP 32705, and *Epidermophyton floccosum* NCCP 22457, each listed

with their respective Korean names.

Conclusions

In January 2020, COVID-19 was declared an international public health emergency, and it became a year of many challenges. SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19, struck all countries worldwide with a significant impact on various sectors, including socioeconomic, health, educational, and cultural sectors. When the state of emergency declared by the World Health Organization officially came to an end in March 2023, people had spent nearly three years and four months adjusting to a new way of life during this pandemic. Importantly, it was realized that there was a desperate need for cooperation between national and international communities from all sectors for responding to infectious diseases [4].

Throughout the COVID-19 pandemic, the market for developing rapid diagnostics and vaccines for infectious diseases expanded in preparation for future responses to emerging pathogens. This led to increased utilization of pathogen resources as foundational materials for such development efforts, highlighting the growing recognition of bioresources as valuable national assets.

This study aimed to analyze the pathogen resources distributed by the NCCP over the past four years (2020–2023) by year, resource type, purpose of use, and institution, and compare the distribution status of these resources for use in vaccine/therapeutic development research, diagnostics/diagnostic kit development research, and control materials for vaccine/therapeutic development research compared with that in the pre-COVID-19 years (2015–2019).

A total of 15,312 distribution cases were recorded. In

2020, there were 3,047 distribution cases, marking a 78.6% increase compared to that in the previous year (1,706 cases in 2019). Subsequently, distribution cases steadily rose until 2022, with a slight decrease in 2023. Monthly trends showed particularly high distribution in March and April across all years except 2021. In previous years, high distribution cases were typically observed in March and October. The decline in October distribution can be attributed to the impact of COVID-19 in 2020, where industries and research institutions prioritized rapid diagnostic and vaccine research over educational institutions like universities, which relied more on non-face-to-face activities due to COVID-19 quarantine measures.

Analysis of the distribution status by resource type revealed the distribution of 260 species comprising 6,581 strains of bacteria, 37 species with 290 strains of fungi, 25 species totaling 3,235 strains of viruses, and 5,206 derivatives. There was a notable increase in virus distributions and derivatives by 298.5% (809 strains) and 405.8% (1,300 cases), respectively, compared to the annual averages of 203 strains and 257 cases over the previous five years. Conversely, distributions of bacteria and fungi remained consistent with previous years [5].

The distribution status by institution revealed that out of a total of 15,312 cases, private profit organizations accounted for 9,011 cases, constituting 58.8% of all distributions, which was significantly higher than those of national and public research institutions (2,676 cases) and universities and non-profit organizations (3,625 cases). Regarding the primary purpose of distribution by institution, resources were allocated as follows: 2,509 cases (16.4%) for vaccine and therapeutic development research, focusing on basic research into infectious disease pathogenesis, antibiotic resistance, and characterization; 10,591 cases (69.2%) for the development of diagnostic and

test kits for infectious diseases; and 647 cases (4.2%) for quality control purposes, including food and drug quality testing, efficacy evaluations for intestinal bacteria testing, and use as control and reference strains. With increasing investments and interest in the biopharmaceutical industry due to outbreaks of new and variant infectious diseases, pathogens were predominantly utilized for the development and commercialization of related products.

Analysis of the distribution status by resource type revealed that over the past four years, bacterial resources consistently distributed included pathogens responsible for class 2 or class 4 infectious diseases, predominantly enteric pathogens such as *E. coli*, *S. enterica* serotypes (Enteritidis, Typhimurium), *Bacillus cereus*, and *L. monocytogenes*. Approximately 100 strains of *V. cholerae*, *Campylobacter jejuni*, and *C. perfringens* were also distributed at similar levels to previous years. Distribution of *E. coli* notably increased from 2020 to 2023 compared to the average annual distribution over the preceding five years, whereas distribution of *Shigella* spp., causing shigellosis, saw a slight decrease. Furthermore, distribution of *Salmonella* Typhi (87 cases) and Paratyphi A (62 cases) and B (48 cases), pathogens causing typhoid and paratyphoid fevers, also declined slightly compared with that in previous years. Reported cases of typhoid, paratyphoid, and shigellosis attributed to these pathogens numbered 39, 58, and 29 cases in 2020; 61, 29, and 18 cases in 2021; 38, 31, and 31 cases in 2022; and 19, 22, and 37 cases in 2023, respectively, indicating a slight decrease compared to that in the previous five years [6-8].

Regarding the 10-year incidence of enterohemorrhagic *E. coli* infection (*E. coli* producing toxins *stx 1* and *stx 2*), which has consistently shown increased distribution over the past four years, the highest number of cases was reported in 2020

and has continued to rise [6]. Additionally, among class 4 infectious diseases under sentinel surveillance, a high number of Salmonellosis and Campylobacteriosis were reported. Notably, there was a sharp increase in cases of enteropathogenic *E. coli* infection in 2023 compared to that in 2020–2022 (110→360→920→1,963 cases), while cases of *C. perfringens* infection sharply decreased (3,146→3,151→1,890→423 cases) [8].

The causative pathogens of these infectious diseases were consistently distributed for use in the development of diagnostic kits for water-borne diseases, as positive controls during food code general microbiological testing, for regular quality control evaluation at food analysis institutions as test strains for microorganisms causing food-borne infectious diseases, for evaluation of microbial media suitability (performance), and education on infectious disease testing at health institutions.

Among the bacterial resources, the distribution of *S. pneumoniae*, which is the causative pathogen of pneumococcal infection (class 2 infectious disease) manifesting as pneumonia and meningitis, increased by 170.4%, as compared to the annual average for the previous five years (from 98 to 265 cases). According to the Infectious Diseases Surveillance Yearbook published by KDCA, the number of patients with pneumococcal infection caused by *S. pneumoniae* continued to increase from 2015 to 2019 (36, 228, 441, 523, 670, and 526 in 2014–2019, respectively), followed by decrease starting from 2020 and slight increase in 2023 (345, 269, 339, and 428 in 2020–2023, respectively). However, the distribution of the causative pathogen of this infectious disease decreased exceptionally only in 2018 and 2023, and it continued to be distributed till 2022. The resources were primarily used for the development of antigen detection kits for this pathogen; verification

of vaccine efficacy through biochemical and genomic analyses of pneumococcus; and as negative controls for analysis of specificity of diagnostic test products for other pathogens that cause respiratory diseases, such as COVID-19.

The number of Scarlet fever cases, a bacterial respiratory infectious disease, showed a decreasing trend in 2018 and 2019, followed by an increase to 2,300, 678, 505, and 803 cases between 2020 and 2023, respectively. Over the past four years, the distribution of *S. pyogenes* remained consistent at 49 cases per year, similar to the annual average of the previous five years (48 cases). Furthermore, the number of Pertussis cases increased from 2016 to 2018, followed by a significant decrease in 2019 (129, 318, 980, and 496 cases in 2016–2019, respectively). In the past four years, the number of cases also decreased compared to that in previous years (123, 21, 31, and 292 cases in 2020–2023, respectively) [7]. *Bordetella pertussis*, the causative pathogen of this infectious disease, was distributed in approximately four cases in previous years, whereas the number of distribution cases increased to 18, 9, 13, and 34 cases in 2020–2023, respectively. This increase is believed to be influenced by its distribution for use as negative controls in specificity tests during the development of diagnostics in response to COVID-19, despite the overall decrease in reported cases and gradually increased interest in bacterial respiratory infectious diseases.

To strengthen the collection of useful pathogen resources related to antibiotics and healthcare-associated infectious diseases, the NCCP expanded its partner network by establishing an antibiotic-resistant bacterial specialized pathogen resource bank and multidrug-resistant bacterial specialized pathogen resource bank in March and April 2020, respectively, where antibiotic-resistant strains of methicillin resistant *S. aureus*

(MRSA), *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, and *A. baumannii* that cause healthcare-associated infections based on the One Health related survey projects and national research and development projects, such as antibiotic-resistance mechanism research, were deposited. Accordingly, approximately 730 strains have been listed and are considered multi-distribution resources.

Between 2020 and 2023, 17 strains of *S. aureus* causing vancomycin-intermediate *S. aureus* or vancomycin-resistant *S. aureus* infection and 50 strains of *S. aureus* causing MRSA infection, which have been designated as class 2 and 4 infectious diseases, respectively, were distributed. In addition, 246 strains of *K. pneumoniae* and 91 strains of *Enterobacter* spp. causing carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) infection subject to sentinel surveillance, 163 strains of *A. baumannii* causing multidrug-resistant *A. baumannii* infection, and 290 strains of *P. aeruginosa* causing multidrug-resistant *P. aeruginosa* infection were distributed; all of which were distributed more in 2023 (151 strains) than in 2020 (27 strains), 2021 (33 strains), and 2022 (79 strains).

These resources were also distributed for various purposes, including the development of novel antibiotics, research on resistance mechanisms, creation of antibiotic test kit panels and their performance evaluation, provision of reference strains for quality control in internationally accredited testing laboratories such as microbiological analyzers and water process test methods, and conducting specificity tests for the approval of medical devices used in COVID-19 analysis. The continued utilization of pathogen resources causing healthcare-associated infections is believed to be influenced by CRE being designated as a nationally notifiable infectious disease of class 2, subject to mandatory surveillance since 2017. The number of cases has increased annually (18,113; 23,311; 30,548; and 38,393

cases in 2020–2023, respectively), alongside the expansion and reinforcement of surveillance systems and a comprehensive national plan for healthcare-associated infections. It is also important to assess the benefits derived from using such resources, including advancements in diagnostics and therapeutics, and make this information accessible to the public.

SARS-CoV-2, whose distribution was started from 2020, can only be distributed to institutions with biosafety level 3 facilities; therefore, private profit organizations that do not have such facilities often requested SARS-CoV-2 distribution in RNA form for development of molecular genetic diagnostics and as negative and positive control test strains. As a single type of pathogen resource, it accounted for a high proportion (31.3%) of all distributed cases, and distribution continued to increase up to 2022, followed by a decrease with the end of the COVID-19 pandemic in 2023. These results reflect an obvious distribution pattern during this period and SARS-CoV-2 resources were distributed mostly to private profit organizations (48.9%) for the purpose of diagnostic technology research (71.7%).

Following the COVID-19 outbreak, reporting of influenza was significantly different from that in previous years. With respect to seasonal influenza virus pathogen detection and surveillance of patients with influenza, there were 1,122 cases of type A and 42 cases of type B during the 2019–2020 season; none detected during the 2020–2021 season; and only 38 cases of type A detected during the 2021–2022 season. During the 2022–2023 season, the number of cases increased to 1,296 cases of type A and 45 cases of type B [9]. The lack of influenza outbreaks during the 2020–2021 and 2021–2022 seasons could be attributed to the influence of stronger government quarantine, vaccinations, and strict personal hygiene due to the

COVID-19 pandemic.

The pathogenic subtypes detected during the 2022–2023 season were influenza type A (H3N2) with 1,085 cases, type A (H1N1 pdm09) with 211 cases, and type B with 45 cases. Influenza A and B viruses were distributed at a level similar to the pre-COVID-19 outbreak. The highest number of cases (142 strains) was distributed in 2022, mostly for the purpose of research on the development of an influenza vaccine, anti-virus efficacy evaluation, and simultaneous diagnosis product development and performance testing, and both subtypes were used as test strains for specificity tests for COVID-19 diagnosis.

The Dengue virus (251 strains), Japanese encephalitis virus (69 strains), Severe fever with thrombocytopenia syndrome (SFTS) virus (130 strains), and Zika virus (56 strains), which are typical causative pathogens of vector-borne infectious diseases, were distributed for use as positive control strains for cross-reaction analysis in related infectious disease testing, development of flavivirus vaccine candidates, and development of antiviral agents, but the number of cases of these diseases decreased significantly due to COVID-19, for reasons such as decreased import from overseas and strengthened quarantine. There were 43, 3, 103, and 205 cases of Dengue fever; 7, 23, 11, and 16 cases of Japanese encephalitis; and 243, 172, 193, and 198 cases of SFTS in 2020, 2021, 2022, and 2023, respectively [8].

Based on the experience of the COVID-19 pandemic, there is a growing concern that zoonotic infectious diseases could emerge worldwide in the future as a result of climate change. Therefore, preparedness against zoonotic infectious diseases has been acknowledged as a critical area for response.

The KDCA established a mid- to long-term plan for

emerging infectious disease epidemic preparedness (2023–2027) and selected nine priority infectious diseases, domestically and internationally, as part of an effort to establish a 100/200-day ultra-fast vaccine/therapeutic development system for emerging infectious diseases [10]. With the inclusion of Hantavirus hemorrhagic fever with renal syndrome among these infectious diseases, the NCCP began distributing Hantaan orthohantavirus, the causative pathogen of Hantavirus hemorrhagic fever with renal syndrome, in 2023 after resourcization and quality assurance. In the past four years, the number of cases of infections caused by this pathogen increased steadily from 270 cases in 2020 to 310 cases in 2021, 302 cases in 2022, and 447 cases in 2023. Accordingly, it is necessary to acquire more resources to execute the mid- to long-term plan for emerging infectious disease preparedness and ensure that domestic resources are well utilized in the healthcare industry and for research and development [8].

Derivatives were distributed in a total of 5,206 cases over the past four years, with the number of cases steadily increasing in 2020–2022 (1,366, 1,421, and 1,698 cases, respectively), but decreasing to 721 cases in 2023. The types of derivatives that were distributed included recombinant materials (37 cases), polyclonal antibodies (65 cases), and nucleic acids (5,104 cases), with the RNA form of SARS-CoV-2 (57.5%, 2,992 cases) being the most distributed derivative. This trend could be attributed to the high demand for the nucleic acid form of SARS-CoV-2 in industries and laboratories that do not have BL3 facilities for safely handling SARS-CoV-2 in the virus form for use in the development of vaccines, therapeutics, and diagnostics for respiratory diseases caused by SARS-CoV-2.

In 2021, after the outbreak of COVID-19, the NCCP completed the construction of its own building, and in 2022, it

received firstly recognition as international standard, accredited biobank (KS J ISO 20387) in Korea. For the promotion of pathogen resource distribution and establishment of a distribution system, provisions for establishing the basis article for the distribution fees were newly created in the Pathogen Resources Act in 2021, while the Public Notice on Operation of Pathogen Resource Bank was enacted in 2022. Between 2020 and 2023, resource deposit/withdrawal management, electronic signature, and format functions of pathogen resource depositing and distribution information system were upgraded for the convenience of distribution applicants and resource managers. For preparedness against future diseases, including emerging infectious disease outbreaks, domestically isolated SFTS virus and respiratory syncytial virus resources were acquired from 2022 to 2023, and reference strains related to One Health and antibiotic-resistant bacterial infectious diseases were obtained from the Antimicrobial Resistance Isolate Bank of USA and Leibniz Institute Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (DSMZ) of Germany. Furthermore, efforts are being made to acquire Dengue and Zika virus resources through exchanges with the Philippines, Vietnam, Peru, and Senegal.

With the Nagoya Protocol taking effect in Korea in August 2017, regulations were implemented to protect each country's genetic resources (such as bioresources, pathogen resources, and information) and ensure fair and equitable sharing of benefits derived from their use. This led to heightened competition and increased economic burdens in acquiring and utilizing pathogen resources as source materials for research and development aimed at responding to infectious diseases. This study highlights the utilization status of pathogen resources distributed in Korea for various purposes in response to new

and variant infectious diseases, as well as respiratory or climate change-related diseases, during the COVID-19 pandemic in 2020. By elucidating the impact of the pandemic, introducing the operations of the NCCP, and sharing insights into how genetic resource users utilized microbial pathogen resources in medical and research domains, it aims to foster greater awareness of the NCCP as an institution for depositing, registering, and preserving pathogen resources. This increased awareness is expected to promote the distribution of domestically isolated strains in Korea.

Moving forward, the NCCP will continue to promote the utilization of domestic pathogenic microbial resources in alignment with the Pathogen Resources Act. As a competent national authority, it aims to enhance cooperation and support from relevant domestic and international agencies, while also improving system reliability for user convenience. Moreover, as a biological research center entrusted with the deposit, registration, and preservation of pathogen resources, the NCCP will prioritize the production of high-quality resources to add value. It will also focus on acquiring diverse information to facilitate increased utilization of domestic resources in healthcare research development fields and related industries.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: SYK. Formal analysis: SYK, HWB. Data curation: SYK, HWB. Writing

– original draft: SYK. Investigation: HWB, HRK. Methodology: HWB, HRK. Supervision: SYK, BHK. Writing – review & editing: SYK, HWB, HRK, BHK.

Supplementary Materials

Supplementary data are available online.

References

1. Korea Disease Control and Prevention Agency. The act on the promotion of collection, management, and utilization of pathogen resources (Act No. 18614, Dec. 21, 2021). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021.
2. Korea Disease Control and Prevention Agency. The 1st comprehensive plan for pathogen resource management (2021~2025). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021.
3. National Culture Collection for Pathogens. Annual report of national culture collection for pathogens. National Institute of Health; 2023.
4. Cho HJ. Evaluation and policy implications of COVID-19 pandemic crisis response. Asan Inst Policy stud Issue Brief 2023;7:1-17.
5. Kim SY, Bang HW, Choi YS. Distribution status for pathogen resources in the National Culture Collection for Pathogens (NCCP, Korea) from 2015 to 2019. Public Health Wkly Rep 2020;13:2596-623.
6. Korea Disease Control and Prevention Agency. 2023 guidelines for infectious diseases management initiatives. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023.
7. Korea Disease Control and Prevention Agency. Infectious diseases surveillance year book (2020-2022). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021-2023.
8. Infectious Diseases Incidence Statistics [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2024 [cited 2024 Mar 7]. Available from: <https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20601010100&bid=0024>
9. Korea Disease Control and Prevention Agency. Influenza management guidelines (seasonal changes). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2019-2023.
10. Korea Disease Control and Prevention Agency. The 2nd national action plan for prevention and control of health-care-associated infection (2023-2027). Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023.

청소년 현재 음주율 추이, 2014-2023년

최근 30일 동안 1잔 이상 술을 마신 청소년은 최근 10년간 남녀 학생 모두 감소하였으며 남학생(7.5%p)이 여학생(3.6%p)보다 감소폭이 크게 나타났다. 2023년 현재 음주율은 남학생 13.0%, 여학생 9.0%로 남학생이 여학생보다 더 높았고, 고등학생(16.5%)이 중학생(5.9%)보다 약 3배 정도 높은 음주율을 보였다(그림 1, 2).

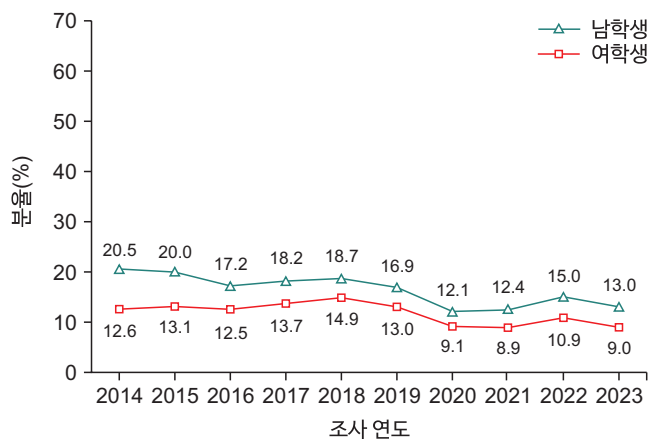


그림 1. 청소년 성별 현재 음주율 추이, 2014-2023년

*현재 음주율: 최근 30일 동안 1잔 이상 술을 마신 적이 있는 사람의 비율

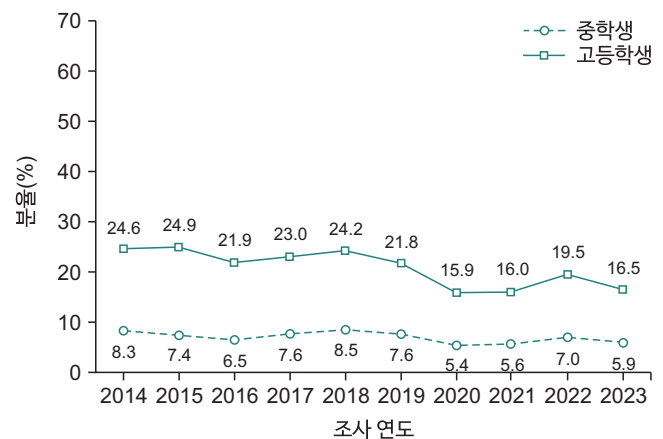


그림 2. 청소년 학교급별 현재 음주율 추이, 2014-2023년

출처: 제19차(2023년) 청소년건강행태조사 통계, <http://www.kdca.go.kr/yhs/>

작성부서: 질병관리청 만성질환관리국 건강영양조사분석과

QuickStats

Trends in the Prevalence of Current Drinking among Korean Adolescents, 2014–2023

The prevalence of adolescents who drank 1 glass or more of alcohol for the recent 30 days among adolescents has decreased for both boys and girls over the past 10 years, and the rate for boys (7.5%p) has decreased more than for girls (3.6%p). The prevalence of current drinking rate among boys (13.0%) was higher than that of girls (9.0%), and the high school students (16.5%) was three times higher than that of middle school students (5.9%) in 2023 (Figure 1, 2).

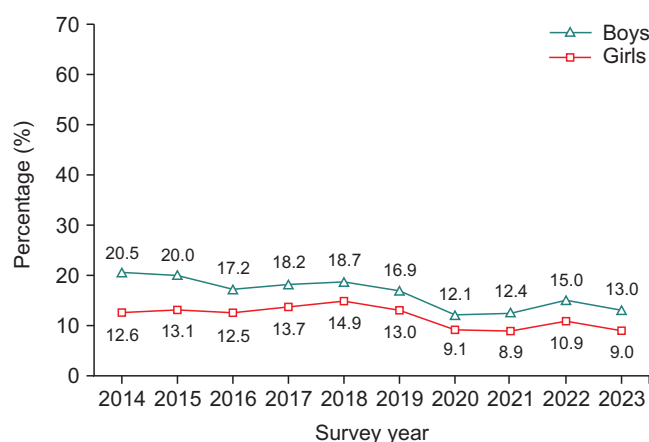


Figure 1. Trends in prevalence of current drinking by sex, 2014–2023

*Prevalence of current drinking: proportion of people who drank 1 glass or more of alcohol for the recent 30 days.

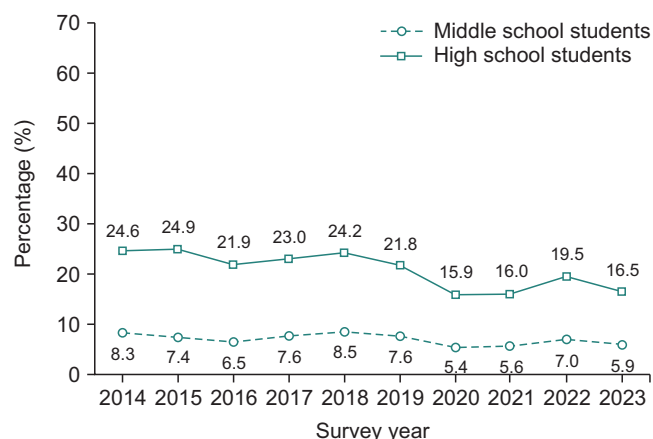


Figure 2. Trends in prevalence of current drinking by school levels, 2014–2023

Source: The Korea Youth Risk Behavior Survey (KYRBS), <http://www.kdca.go.kr/yhs/>

Reported by: Division of Health and Nutrition Survey and Analysis, Department of Chronic Disease Prevention and Control, Korea Disease Control and Prevention Agency