



주간 건강과 질병

PHWR

Public Health Weekly Report

Vol. 19, No. 20, May 28, 2026

Content

조사/감시 보고

- 839 2025년 국내 일본뇌염 매개모기 감시 결과
- 859 2024년 충청권 카바페넴내성장내세균목 감염증 신고 현황

정책 보고

- 870 2025년 신종·재출현 감염병 위기관리 대응훈련 실시 결과

질병 통계

- 881 매일 흡연율 국제비교(2023년, OECD 가입국가 기준)
- 883 직접흡연으로 인한 사망자 수 및 사회경제적 비용 추이, 2019-2023년



KDCA

Korea Disease Control and
Prevention Agency

Aims and Scope

Public Health Weekly Report (Abbreviation: *Public Health Wkly Rep*, PHWR)는 질병관리청의 공식 학술지이다.

PHWR은 국가 공중보건 관련 조사·감시·연구 결과에 대한 근거 기반의 실용적이며 권위있는 정보를 보건의료인, 공중보건 종사자, 역학자, 국민 등에게 신속하고 정확하게 제공하는 목적으로 발행된다.

PHWR은 신속한 전문가 심사를 거쳐 감염병과 비감염성 질병, 손상과 중독, 건강증진 등과 관련된 조사/감시 보고, 집단발병 보고, 현장 보고, 연구 논문, 리뷰와 전망, 권고 보고와 정책 보고 등의 원고를 게재한다. PHWR은 주로 국내의 공중보건 관련 정보를 제공하지만 전 세계 연구자들의 투고를 환영한다.

About the Journal

PHWR (eISSN: 3092-491X)은 질병관리청에서 발간하는 학술지이다.

PHWR은 연간 50호의 주간 발간 학술지로 매주 목요일에 발행되며, 신속한 전문가 심사 과정을 통해 정보를 적시에 공유한다. 또한, PHWR은 오픈 액세스(Open Access) 학술지로, 저작물 이용 약관(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)에 따라 원본이 적절히 인용되는 조건하에 제한없이 사용이 가능하다.

Submission and Subscription Information

PHWR에 투고하고자 하는 모든 논문의 접수는 온라인 투고시스템(<https://www.phwr.org/submission>)을 통해서 가능하며 논문투고 시 필요한 모든 내용은 원고 투고 규정과 보고 지침을 참고한다. PHWR은 학술지 홈페이지(<https://phwr.org> 또는 <https://eng.phwr.org>)를 통해 주간 단위로 게시되고 있으며, 무료로 구독 가능하다. 정기적 구독을 원하시는 분은 이메일(phwrcdc@korea.kr)로 신청할 수 있다.

기타 모든 문의는 전화(+82-43-719-7557, 7552, 7561, 7562), 팩스(+82-43-719-7569) 또는 이메일(phwrcdc@korea.kr)을 통해 가능하다.

발행일: 2026년 5월 28일

발행인: 임승관

발행처: 질병관리청

편집사무국: 질병관리청 질병감시전략담당관
(28159) 충북 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명2로 187 오송보건의료행정타운
전화. +82-43-719-7557, 7552, 7561, 7562, 팩스. +82-43-719-7569
이메일. phwrcdc@korea.kr
홈페이지. (국문) <https://phwr.org> (영문) <https://eng.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 journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits unrestricted distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

편집위원장

최보울

한양대학교 의과대학

부편집인

곽진

전북대학교 의과대학

손현진

동아대학교 의과대학

류소연

조선대학교 의과대학

염준섭

연세대학교 의과대학

박지혁

동국대학교 의과대학

하미나

단국대학교 의과대학

편집위원

고현선

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원

권윤형

질병관리청

김동현

한림대학교 의과대학

김성순

질병관리청

김수영

한림대학교 의과대학

김용우

질병관리청 국립보건연구원

김윤희

인하대학교 의과대학

김은진

질병관리청

김중곤

서울의료원

김호

서울대학교 보건대학원

박영준

질병관리청

백선경

질병관리청

송경준

서울대학교병원운영 서울특별시보라매병원

송진수

서울대학교 의과대학

신다연

인하대학교 자연과학대학

안정훈

이화여자대학교 신산업융합대학

엄중식

가천대학교 의과대학

오경원

질병관리청

오주환

서울대학교 의과대학

유석현

가톨릭대학교 의과대학

유영

고려대학교 의과대학

유효순

질병관리청

이경주

동작구 건강관리청

이선희

부산대학교 의과대학

이윤환

아주대학교 의과대학

이재갑

한림대학교 의과대학

이혁민

연세대학교 의과대학

이형민

질병관리청

전경만

삼성서울병원

정은옥

건국대학교 이과대학

정재훈

고려대학교 보건대학원

최선화

국가수리과학연구소

최원석

고려대학교 의과대학

최은화

서울대학교어린이병원

허미나

건국대학교 의과대학

사무국

권정민

질병관리청

김시우

질병관리청

김재홍

질병관리청

박희빈

질병관리청

이희재

질병관리청

원고편집인

이문주

(주)메드랑

2025년 국내 일본뇌염 매개모기 감시 결과

오현석 , 서진성 , 주정원 , 이희일*

질병관리청 진단분석국 매개체분석과

초 록

목적: 일본뇌염은 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus*)를 주요 매개체로 하는 바이러스 감염병으로, 국내에서는 매년 10~20명 내외의 환자 발생이 보고된다. 질병관리청 매개체분석과에서는 일본뇌염 감염 예방을 위해 매년 매개모기의 발생 시기와 추세를 파악하고 있다. 본 연구는 2025년 국내 일본뇌염 매개모기 감시 결과를 분석하여 매개모기의 계절적 발생 특성과 지역별 분포 양상을 평가하고자 하였다.

방법: 2025년 일본뇌염 매개모기 감시는 전국 64개 지역에서 수행하였고, 이번 분석은 장기감시자료를 보유한 12개 시·도 보건환경연구원원이 측사에서 채집한 모기 감시 결과를 중심으로 진행하였다. 모기는 유문등을 이용하여 채집하였으며, 비교분석을 위해 모기 지수(채집 개체수/채집기 수/채집일)를 산출하였다. 또한 작은빨간집모기의 월별 발생 양상을 분석하여 계절별 출현 시기 및 지역 간 차이를 비교하였다. 일본뇌염 바이러스 검출을 위해 유전자 분석을 수행하였다.

결과: 2025년 감시 결과, 총 8속 22종의 모기가 채집되었고 전체 모기 지수는 251.2마리이며, 작은빨간집모기 지수는 67.4마리로 나타났다. 작은빨간집모기의 발생은 7~9월에 집중되었고, 36주차에 최대 발생량을 기록하였다. 남부 지역은 조기 출현 및 높은 밀도, 북부 지역은 지연된 발생과 낮은 밀도를 보였다. 채집된 모기에서 일본뇌염유전자바이러스 검사 결과, 9개의 시료에서 양성이 확인되었다.

결론: 2025년 작은빨간집모기 지수는 전년 대비 34.8%, 평년 대비 9.1% 감소한 수준을 보였다. 이는 평년보다 2.0℃ 높았던 여름철 평균 기온(25.7℃)과 7월 중순의 집중호우(200~700 mm)가 작은빨간집모기의 생존과 번식 환경에 영향을 준 것으로 보인다. 기후 변화로 인해 매개모기의 출현 시기가 앞당겨지고 있는 만큼, 향후 일본뇌염의 효과적인 예방을 위해서는 이러한 변화를 반영한 지속적이고 정밀한 감시체계가 요구된다.

주요 검색어: 일본뇌염; 매개모기; 작은빨간집모기; 감시

서 론

일본뇌염은 모기를 매개로 전파되는 바이러스성 질환으로, 1871년 일본에서 최초의 임상 사례가 보고된 이후 남아

시아와 서태평양 지역을 중심으로 풍토병 형태로 발생해 왔다 [1]. 현재 일본뇌염은 아시아 및 서태평양 지역 24개국 이상에서 유행하고 있으며, 전 세계적으로 매년 약 6~7만 명의 환자가 발생하는 것으로 추산된다[2]. 일본뇌염 바이러스는 플

Received March 24, 2026 Revised April 24, 2026 Accepted April 24, 2026

*Corresponding author: 이희일, Tel: +82-43-719-8560, E-mail: isak66kr@gmail.com

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits unrestricted distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

핵심요약**① 이전에 알려진 내용은?**

일본뇌염은 작은빨간집모기가 주요 매개체이며, 모기의 발생 시기와 밀도는 기온과 강수량 등 기후 요인의 영향을 받는다. 국내에서는 8-10월 사이에 환자가 집중적으로 발생하며, 평균 기온 상승은 매개모기의 활동 기간을 연장시킬 수 있다.

② 새로이 알게 된 내용은?

2025년 작은빨간집모기 지수는 67.4마리로, 전년(103.4마리) 대비 34.8%, 평년(74.2마리) 대비 9.1% 감소하였다.

③ 시사점은?

기후 온난화의 영향으로 일본뇌염 매개모기의 출현 시기가 점차 앞당겨지고 있으며, 지역별 발생 양상에도 변화가 나타나고 있다. 이에 따라 다양한 환경 요인이 모기 발생에 미치는 영향을 분석할 수 있도록 지속적인 감시 자료의 축적과 분석이 필요하다.

라비바이러스과(*Flaviviridae*)의 플라비바이러스(*Flavivirus*)에 속하는 단일가닥 RNA 바이러스로, 감염된 모기가 사람을 흡혈하는 과정에서 전파된다[3]. 대부분의 감염자는 무증상이거나 경미한 발열과 두통 등 경증에 그치지만 일부에서는 중추신경계를 침범하는 중증 뇌염으로 진행하여 약 20-30%의 치명률과 발작, 감각 이상, 운동 마비 등 신경학적 후유증을 동반할 수 있다[4].

일본뇌염의 주요 매개모기는 집모기속(*Culex* spp.)에 속하는 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus*)로 알려져 있으며, 아시아 지역을 중심으로 전 세계 약 40여 개국 이상에 분포하는 것으로 알려져 있다[5]. 이 종은 논과 축사 주변의 고인 물에서 번식하고 야간 흡혈 활동을 하는 특성을 지니며, 농촌 및 축산 환경과 밀접한 발생 양상을 보인다. 이외 동양집모기(*Culex orientalis*)와 빨간집모기군(*Culex pipiens* complex) 등 일부 종에서도 일본뇌염 바이러스의 매개 가능성이 보고되고 있다[6].

최근에는 기후와 환경 변화에 따라 일본뇌염 매개모기의 발생 시기와 분포 양상에도 변화가 관찰되고 있다. 평균 기온 상승은 매개모기의 출현 시기를 앞당기고 활동 기간을 연장시키는 요인으로 작용할 수 있으며 이에 따라 일본뇌염 주의보 발령 시기 또한 점차 빨라지는 경향을 보이고 있다[7]. 우리나라의 경우 일본뇌염 환자 발생은 백신 도입 이후 크게 감소하였음에도 불구하고 2010년 이후 매년 평균 10-20명 내외의 환자가 지속적으로 보고되고 있다[6]. 또한 국내 환자는 모기 밀도가 증가하는 8-11월에 집중 발생하는 경향을 보여 매개모기의 계절적 발생 특성과 밀접한 관련성을 시사한다.

질병관리청은 일본뇌염 매개모기의 밀도와 분포를 감시하여 발생 시기와 추세를 신속히 파악하고 이를 바탕으로 일본뇌염 주의보 및 경보를 발령해 예방 활동에 활용하고 있다. 이 논문에서는 2025년 전국 일본뇌염 매개모기 감시 결과를 분석하여 작은빨간집모기의 계절별 발생 특성을 분석하고, 병원체 검출 및 유전형 분석을 통해 향후 효과적인 일본뇌염 예방과 관리를 위한 과학적 근거를 마련하고자 하였다.

방 법**1. 매개모기 채집**

일본뇌염 매개모기 감시는 전국 12개 시·도 보건환경연구원, 16개 기후변화 거점센터, 5개 질병대응센터, 4개 국방부 기관과 협력하여 총 64개 지역에서 수행되었다. 매개모기 밀도 변화에 대한 조사는 감시 지점별 채집 환경(축사, 도심, 향만 등) 및 조사 주기의 차이에 따른 데이터 편향을 최소화하기 위해 작은빨간집모기의 주요 발생원인 축사를 대상으로 수행한 경우로 제한하였다. 12개 시·도 보건환경연구원 14개(강원특별자치도 춘천시, 강릉시, 횡성군, 경상남도 진주시, 경상북도 영천시, 대구광역시 동구, 부산광역시 기장군, 세종특별자치시 장군면, 울산광역시 울주군, 전라남도 함평군, 전북특별자치도 전주시, 제주특별자치도 제주시, 충청

남도 예산군, 충청북도 청주시)의 채집 지점을 선정하여 매개 모기 밀도를 분석하였다. 조사 기간은 2025년 3월 31일부터 10월 31일까지(14-44주)였으며, 일본뇌염 매개모기의 조기 발생 가능성을 고려하여 경상남도, 부산광역시, 전라남도, 제주특별자치도는 13주(3월 24일)부터 조사를 수행하였다. 모기 채집은 유문등(black light trap)을 이용하여 주 2회(회당 1일) 실시하였으며, 매회 일몰 전 설치하여 익일 일출 전 수거하는 방식으로 하룻밤 동안 가동하였다. 설치 위치는 축사 내 지붕이 있는 장소의 벽면 또는 비닐, 벧집 문치 등 모기가 휴식할 수 있는 지점 인근으로 지상에서 약 1.5 m 높이에 설치하였다. 채집된 모기는 각 기관에서 중 동정을 시행하였고 질병관리청 방역통합정보시스템 내 감염병 매개체 종합감시망(VectorNet)을 통해 결과를 취합하였다.

2. 병원체 분석

일본뇌염 바이러스 검출은 기후변화 거점센터, 질병대응센터, 국방부, 일부 시·도 보건환경연구원(강원특별자치도, 경기도, 경상북도, 대구광역시, 울산광역시, 전라북도, 충청북도)에서 1차적으로 병원체 검사를 실시하였으며, 양성 의심 검체가 확인될 경우 질병관리청 매개체분석과로 해당 검체의 RNA 및 유제액을 송부하여 2차 확인 검사 및 유전형 분석을 진행하였다. 채집된 모기 중 얼룩날개모기류(*Anopheles* spp.)를 제외한 전수를 대상으로 종별 최대 30마리씩 풀링(pooling)하여 분석에 사용하였다. 시료는 Precellys® Evolution Homogenizer (Bertin Technologies)를 이용해 7,500 rpm에서 30초간 2회 균질화하였으며, 13,000 rpm에서 1분간 원심분리한 상층액에서 Clear-S™ Total RNA Extraction Kit (Invirustech)를 사용하여 RNA를 추출하였다[8]. 추출된 RNA는 Clear-MD® DENV/ZIKA/CHIKV/JEV/WNV/YFV Multiplex Real-Time RT-PCR Detection Kit (Invirustech)를 이용하여 제조사의 지침에 따라 real-time reverse-transcription polymerase chain reaction (RT-PCR)을 수행하였으

며, 증폭 및 판독은 QuantStudio™ 5 Real-Time PCR System (Thermo Fisher Scientific)을 사용하였다[8].

위의 실험 결과에서 양성으로 확인된 검체에 대해서는 일본뇌염 바이러스의 NS3-NS4b 유전자 영역을 표적으로 Clear-MD® DENV, YFV, CHIKV, JEV, WNV, ZIKA RT-Nested PCR Kit (Invirustech)를 사용하여 염기서열 분석을 수행하였다. 해당 분석은 키트 제조사에서 제공하는 지침을 준수하여 수행되었으며 세부 과정은 다음과 같다. Nested-PCR의 1차 반응은 양성 검체 RNA 5 µl에 1차 PCR premix 15 µl를 첨가하여 총 20 µl 반응액으로 수행하였다. 반응 조건은 역전사(50℃, 20분), 효소 활성화(95℃, 1분) 이후, 변성(95℃, 15초), 결합(59℃, 30초), 신장(72℃, 40초) 과정을 40회 반복하였다. 2차 반응은 1차 PCR 산물 1 µl를 주형으로 사용하여 2차 PCR premix 19 µl를 첨가한 총 20 µl 반응액으로 수행하였다. 반응 조건은 효소 활성화(95℃, 5분) 이후, 변성(95℃, 20초), 결합(61℃, 20초), 신장(72℃, 30초) 과정을 35회 반복하였다.

이후 증폭 산물은 전기영동을 통해 일본 뇌염바이러스 특이 밴드(535 bp)를 확인하였고, M13 forward primer (TGTAACACGACGGCCAGT)와 M13 reverse primer (CAGGAACAGCTATGAC)를 사용하여 염기서열 분석을 수행하였다. 확보된 염기서열은 기존에 보고된 일본뇌염 바이러스 유전자와 비교하여 바이러스 감염 여부를 확인하고, 유전형(genotype)을 분석하였다.

3. 데이터 분석

모기 발생 밀도 분석을 위해 조사지점별 채집 결과를 바탕으로 모기 지수(trap index, TI) (채집 개체수/채집기 수/채집일)를 산출하였으며, 2025년 발생 밀도를 평가하기 위해 과거 3년(2022-2024년)의 동일 기간 채집 결과를 비교 분석에 활용하였다. 모기 분포도는 산출된 TI를 기반으로 ArcGIS 9.0 (Environmental Systems Research Institute, Inc.)의

interpolation에서 Inverse Distance Weighted, Spatial Analyst Tool을 이용하여 지역별 모기 분포 양상을 시각화하였다.

결 과

1. 모기 감시 결과

2025년 12개 보건환경연구원(총 14개 채집지점)에서 채집된 전체 모기를 종별로 분류한 결과, 총 8속 22종이 확인되었다(표 1). 2025년 전체 TI는 251.2마리였으며, 작은빨간집모기 지수는 67.4마리로 확인되었다(그림 1). 지역별 작은빨간집모기 발생 시기를 분석한 결과, 제주특별자치도에서 13주차에 최초 발생이 확인되었다. 이후 부산광역시(15주차), 경상남도(17주차), 전라남도(20주차), 울산광역시(21주차), 대구광역시(23주차), 강원특별자치도 및 충청북도 지역(26주차) 순으로 발생하여 남부지방에서 북부지방으로 확대되는 양상을 확인하였다(표 2, 그림 2). 7월 이후에는 분포 범위가 전국적으로 확대되었고, 8월과 9월에는 경상남도 및 경상북도

4. 일본뇌염 주의보/경보

감시 사업을 통해 얻어진 데이터를 기반으로 질병관리청의 '2025년도 바이러스성 모기매개감염병 관리지침'에 근거한 주의보 및 경보 발령 기준을 적용하였다[9]. 일본뇌염 주의보는 당해 연도에 주 매개종인 작은빨간집모기가 최초로 채집되었을 때 발령된다. 일본뇌염 경보는 주 2회 채집된 모기의 1일 평균 개체수 중 작은빨간집모기가 500마리 이상이면서 전체 모기 밀도의 50% 이상을 차지할 때, 채집된 모기에서 일본뇌염 바이러스가 분리되거나 유전자가 검출되었을 때, 또는 국내 일본뇌염 환자가 발생했을 때 발령된다.

표 1. 2025년 채집 종별 모기 지수

속명	국명	학명	모기 지수 ^{a)}	비율(%)
숲모기속	에조숲모기	<i>Aedes esoensis</i>	0.1	<0.1
	흰뺨등숲모기	<i>Aedes alboscuteallatus</i>	0.0	<0.1
	금빛숲모기	<i>Aedes vexans</i>	102.0	40.6
	금빛어깨숲모기	<i>Aedes lineatopennis</i>	0.0	<0.1
	흰줄숲모기	<i>Aedes albopictus</i>	0.5	0.2
얼룩날개모기속	얼룩날개모기속	<i>Anopheles spp.</i>	58.4	23.3
들모기속	큰검정들모기	<i>Armigeres subalbatus</i>	2.0	0.8
노랑늪모기속	노랑늪모기	<i>Coquillettidia ochracea</i>	0.0	<0.1
집모기속	이나토미집모기	<i>Culex inatomii</i>	0.0	<0.1
	동양집모기	<i>Culex orientalis</i>	0.4	0.2
	빨간집모기	<i>Culex pipiens</i>	14.5	5.8
	작은빨간집모기	<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	67.4	26.8
	줄다리집모기	<i>Culex vagans</i>	0.0	<0.1
	에조집모기	<i>Culex rubensis</i>	0.0	<0.1
	반점날개집모기	<i>Culex bitaeniorhynchus</i>	0.4	0.1
	식충집모기	<i>Culex halifaxii</i>	0.0	<0.1
늪모기속	반점날개늪모기	<i>Mansonia uniformis</i>	2.2	0.9
가시숲모기속	등줄숲모기	<i>Ochlerotatus dorsalis</i>	0.1	<0.1
	하토리숲모기	<i>Ochlerotatus hatorii</i>	0.2	<0.1
	한국숲모기	<i>Ochlerotatus koreicus</i>	1.8	0.7
	흰어깨숲모기	<i>Ochlerotatus nipponicus</i>	0.2	<0.1
	토고숲모기	<i>Ochlerotatus togoi</i>	1.0	0.4

^{a)} 모기 지수: 채집 개체수/채집기 수/채집일.

지역에서 상대적으로 높은 TI가 관찰되었다. 이후 기온이 낮아짐에 따라 10월에는 전반적인 TI가 감소하는 양상을 보였다.

주차별 전체 TI를 분석한 결과, 2025년 전체 TI는 9월 초(36주차)에 최정점을 기록한 후 37주차부터 감소하는 양상을 보였다(그림 3). 전년 대비 TI가 상대적으로 높게 나타난 기간은 28주, 36주, 38-41주차로 확인되었으며, 전년 대비 여름

철(6-8월) TI는 감소한 반면, 가을철(9-10월)에는 상대적으로 증가하는 경향이 나타났다. 주차별 작은빨간집모기 지수를 분석한 결과, 29주차부터 개체수가 증가하기 시작하여 36주차에 최대 지수를 기록한 후, 37주차부터 감소하는 양상이 확인되었다. 최대 발생 시기는 전년도와 동일하게 36주차로 나타났다(그림 3).

2. 일본뇌염 주의보/경보 발령

2025년 일본뇌염 주의보는 매개모기 감시가 시작된 직후인 3월 26일(13주차)에 제주특별자치도 제주시와 전라남도 완도군에서 채집된 모기 중 작은빨간집모기가 최초로 확인됨에 따라, 3월 27일 전국에 발령되었다. 이후 일본뇌염 경보는 7월 30일(31주차) 전라남도 완도군에서 채집된 모기 중 작은빨간집모기가 전체 모기의 60.1% (633마리/1,053마리)를 차지한 것으로 확인되어, 8월 1일부로 전국에 발령되었다.

3. 일본뇌염 양성 검체 보고

2025년 1개 기후변화 거점센터(광주광역시)와 3개 보건환경연구원(강원특별자치도, 경기도, 경상북도)에서 9건의

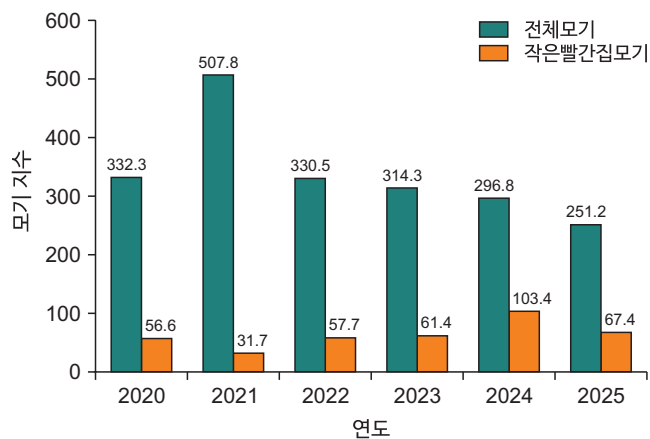


그림 1. 전체 채집 모기와 작은빨간집모기의 모기 지수(2020-2025년)

모기 지수: 채집 개체수/채집기 수/채집일.

표 2. 지역별 작은빨간집모기 첫 채집 주차(2021-2025년)

채집지역		첫 채집 주차				
		2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
제주특별자치도	제주시	14주	16주	14주	13주	13주
부산광역시	기장군	14주	15주	13주	14주	15주
경상남도	진주시	25주	17주	16주	16주	17주
전라남도	함평군	23주	26주	28주	16주	20주
울산광역시	울주군	-	-	-	24주	21주
대구광역시	동구	-	-	-	24주	23주
충청북도	청주시	30주	30주	28주	25주	26주
경상북도	영천시	32주	27주	27주	25주	27주
전북특별자치도	완주군	23주	30주	29주	26주	28주
세종특별자치시	장군면	-	-	-	-	28주
충청남도	예산군	34주	32주	30주	28주	34주
강원특별자치도	강릉시	-	29주	31주	24주	32주
	춘천시	35주	31주	28주	24주	26주
	횡성군	-	32주	24주	26주	30주

“-” 채집 미실시.

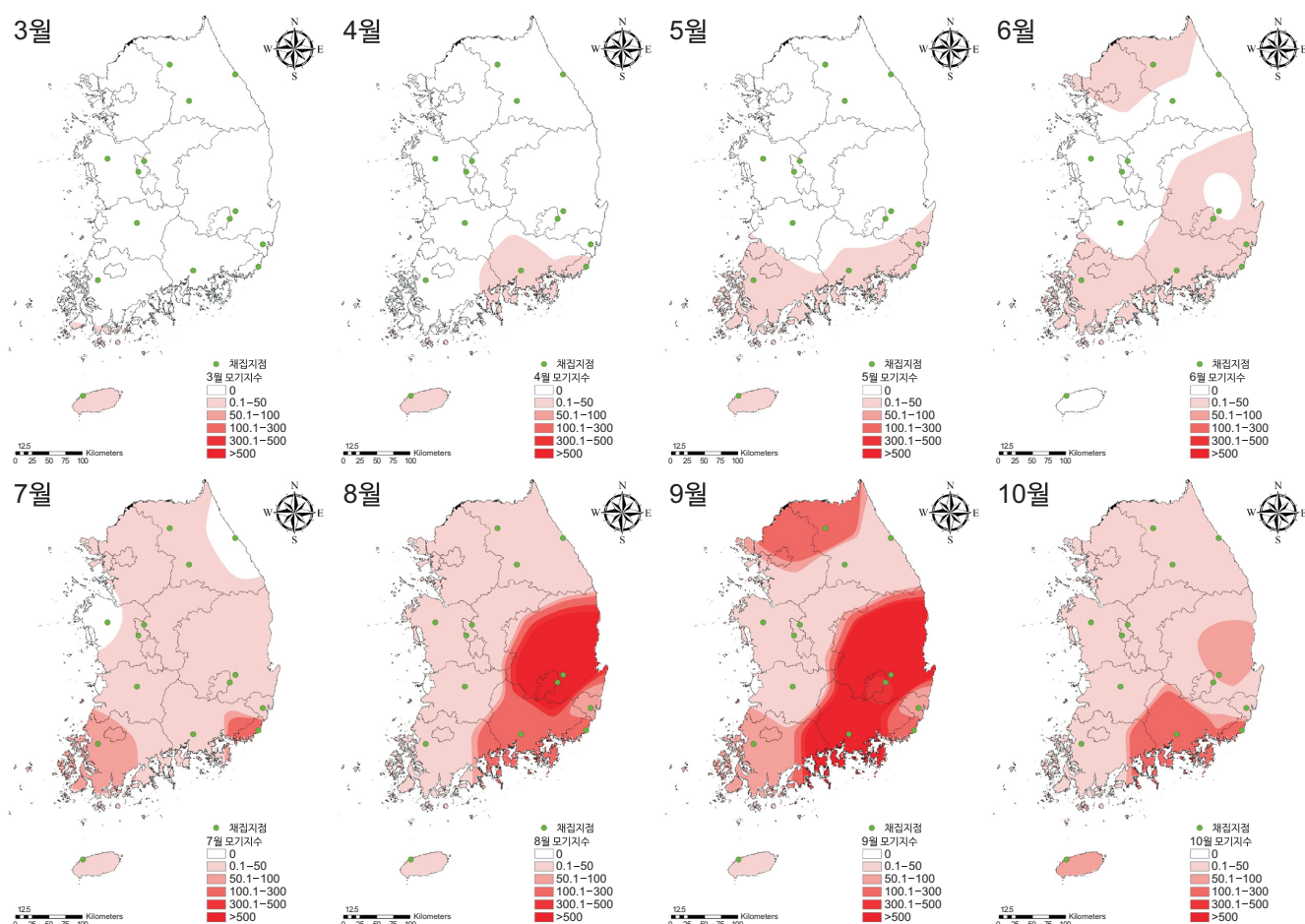


그림 2. 2025년 작은빨간집모기의 월별 및 지역별 모기 지수 분포

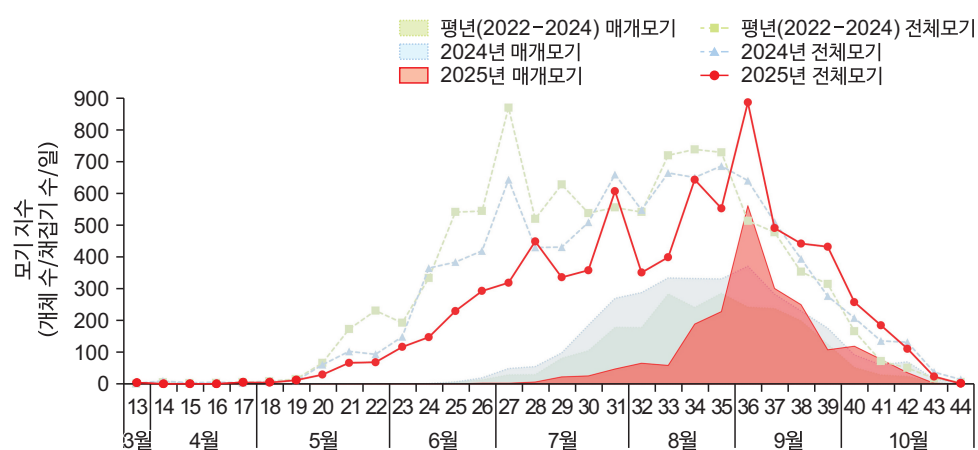


그림 3. 2025년 주별 전체모기 및 작은빨간집모기 지수

일본뇌염 바이러스 양성을 확인하였다. 유전형 분석 결과 일본뇌염 바이러스 유전형 I (genotype I, GI) 3건과 유전형 V (genotype V, GV) 6건으로 나타났으며, 작은빨간집모기에서

는 GI 3건과 GV 3건, 빨간집모기에서 GV 2건, 그리고 동양집모기에서 GV 1건이 확인되었다(표 3).

표 3. 2025년 일본뇌염 바이러스 양성 검체 보고 사례

채집지역	채집시기	환경	모기종	유전형
강원도 춘천시	43주차	축사	작은빨간집모기	GI
경기도 화성시	34주차	도심	동양집모기	GV
	34주차	도심	빨간집모기군	GV
	40주차	도심	작은빨간집모기	GV
경기도 수원시	40주차	도심	작은빨간집모기	GI
	40주차	도심	작은빨간집모기	GI
경북 영천시	34주차	축사	작은빨간집모기	GV
	43주차	축사	빨간집모기군	GV
광주시 서구	34주차	도심	작은빨간집모기	GV

논 의

2025년 전국 14개 감시지점에서 채집된 모기 발생 양상을 분석한 결과, 전체 TI는 전년(296.8마리) 대비 15.4%, 평년(2022-2024년 평균 313.9마리) 대비 20.0% 감소하였다. 작은빨간집모기 지수는 전년(103.4마리) 대비 34.8%, 평년(74.2마리) 대비 9.1% 감소한 수준을 보였다. 발생 시기는 7-9월에 집중되었으며 특히 8월에 남부 지역에서 높은 발생량이 관찰되었다. 일부 경상북도 및 대구광역시 등 내륙 지방에서는 TI가 500을 넘는 고밀도 구간이 확인되었으며 9월에도 남부의 높은 밀도가 유지되었다. 반면 강원특별자치도 및 충청남·북도, 전라북도 등 일부 지역은 발생 시기가 상대적으로 늦고 밀도도 낮았다.

이러한 변화는 2025년 여름철 이례적인 기상 양상과 밀접한 연관이 있는 것으로 보인다. 2025년 여름철(6-8월) 전국 평균기온은 25.7℃로 관측 사상 최고치를 기록하였으며(평년 대비 +2.0℃), 6월 말부터 이른 폭염이 시작되어 8월 말까지 장기간 지속되었다[10]. 반면, 강수량은 전국 평균 619.7 mm로 평년(727.3 mm)의 약 85% 수준으로 낮았지만 7월 중순에는 전국적으로 200-700 mm의 집중호우가 관측되었고, 8월 상순에는 충청남도, 전라남도 및 수도권 일부 지역을 중심으로 시간당 100 mm를 초과하는 국지성 집중호우가 여러 차례 발생하였다[10]. 이와 같은 극단적인 고온과 집중호우가

반복된 기상 조건이 일본뇌염 매개모기 밀도 감소에 영향을 줄 수 있다. 일반적으로 기온 상승은 모기의 성장과 번식 속도를 증가시키는 것으로 알려져 있지만 지속적인 고온은 성충 생존율을 저하시키고 야간 활동성을 감소시키는 등 번식에 부정적인 영향을 미칠 수 있다[11,12]. 한편, 강수량도 모기 밀도에 중요한 영향을 미친다. 적당한 강우는 논과 웅덩이 등에 산란지를 제공하지만 하루 누적 강우량이 90 mm를 초과할 경우 유충과 알의 유실로 이어질 수 있다[13]. 2025년 여름철 단기간에 집중된 국지성 강수 패턴은 일부 지역에서 유충 서식지를 소실시켰을 가능성이 있으며, 이는 지역 간 모기 밀도 감소에 영향을 준 요인 중 하나로 작용했을 것으로 추정된다.

최근 국내에서는 연평균 기온 상승과 강수 양상의 변화로 인해 일본뇌염 주의보 및 경보 발령 시점이 점차 앞당겨지고 있는 추세이며, 최근 10년간 주의보 발령일이 평균 0.7일 빨라진 것에 이어 2020년 이후에는 발령 시기가 3월까지 앞당겨지는 사례가 반복되고 있다[7]. 이러한 발령 시점의 변화는 봄철 제주와 일부 남부 지역에서 나타나는 작은빨간집모기의 간헐적 발생 양상과 밀접한 관련이 있다. 이는 휴면기 상태로 월동한 성충 개체들이 봄철 기온 상승에 반응하여 일시적으로 활동한 뒤 폐사하는 현상으로 해석되며[14], 이처럼 매개모기의 활동 시점이 빨라짐에 따라 발령 체계의 시작점도 앞당겨지고 있는 것으로 추정된다. 매개모기의 출현 시기뿐만 아니라 지역별 발생 밀도 측면에서도 기존과는 다른 특이적인 동

향이 관찰되고 있다. 2025년도 질병관리청 매개체분석과에서 수행 중인 AI 기반 실시간 모기 감시(Artificial Intelligence-Digital Mosquito Monitoring System, AI-DMS) 자료(미발표 자료, 질병관리청 매개체분석과)에 따르면, 주로 남부 지역에 우점하던 작은빨간집모기가 북부 지역인 경기도 파주시에서 타 지역(순천시, 부산광역시, 청주시, 화성특례시)보다 높은 발생량을 기록하는 사례가 확인되었다. 물론 이는 단일 연도의 결과로 기상 요인 등에 의한 일시적인 현상일 가능성을 배제할 수 없으나 북부 지역에서도 작은빨간집모기의 고밀도 발생이 가능함을 시사한다. 따라서 향후 감시사업 운영 시, 감시 시작 시점의 조정뿐만 아니라 북부 지역에 대한 감시망 보완과 분석을 통해 지역별 밀도 변동 양상을 지속적으로 추적할 필요가 있다.

2025년 국내 일본뇌염 환자는 총 7명으로 9월부터 11월까지 발생하였으며, 특히 9월에 가장 많은 환자가 보고되었다[15]. 작은빨간집모기 지수는 8월에 100마리 이상으로 급증하였으며 첫 환자 발생은 이로부터 약 5주 후에 관찰되었다. 이는 모기 내 바이러스 증식(2주), 일본뇌염 평균 잠복기(2주) 등을 고려할 때 매개모기 밀도 증가가 환자 발생 시점에 선행한다는 것을 시사하며, 향후 모기 밀도 감시 자료가 환자 발생 예측에 있어 유용한 지표로 활용될 수 있음을 보여준다.

매개모기 내 바이러스 검출 검사 결과에 따르면, 2025년 한 해 동안 강원특별자치도, 경기도, 경상북도, 광주광역시에서 총 9건의 일본뇌염 바이러스 양성 검체가 확인되었으며, 특히 기존에 알려진 주요 매개종인 작은빨간집모기 외에도 빨간집모기와 동양집모기에서 양성이 확인된 점은 주목할 만하다. 이는 최근 보고된 실험실 감염 모델을 통해 제시되었던 빨간집모기 등의 매개 가능성을 현장에서 확인한 것에 의의가 있다[16]. 또한 양성이 확인된 일본뇌염 바이러스 중 3건은 2018년 이후 국내에서 확인되지 않았던 GI 유전형이었다. GI 유전형은 기존에 전라남도 및 전북특별자치도에서 제한적으로 검출되던 유형으로[17], 북부 지역(강원특별자치도, 경

기도)에서의 검출은 이례적인 사례로 평가된다. 이는 매개모기뿐만 아니라 일본뇌염 바이러스의 유전형 분포가 지역적으로 확산되고 있을 가능성을 시사하며, 향후 바이러스 유전형의 변화 양상에 대한 상시 감시 및 정기적인 유전형 분석이 병행될 필요가 있다.

이 연구는 2025년 전국 단위의 매개모기 감시 자료를 바탕으로 일본뇌염 발생 양상을 체계적으로 분석하였으나 몇 가지 제한점을 지니고 있다. 첫째, 분석 대상을 전국 14개 지점의 측사 환경으로 한정하였기에 도심지나 항만, 철새 도래지 등 다양한 생태적 환경을 포함하는 전체 감시 자료에 비해 지역적 대표성에 한계가 있을 수 있다. 둘째, 병원체 분석의 경우 다양한 감시 사업의 데이터를 통합 분석하였고, 전수 조사가 아닌 채집 모기의 일부(pooling 시료)를 대상으로 수행되었기에 양성 검체의 누락 가능성을 완전히 배제하기 어려우며, 정량적인 감염률 산출에 한계가 있었다. 셋째, 모기 밀도 변화에 영향을 미치는 기상 요인을 기온과 강수량 위주로 분석하였으나 풍속, 습도, 일조시간 등 발생 밀도에 개입할 수 있는 다양한 환경 변수에 대한 심층적인 분석은 이루어지지 못했다.

이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 2025년 일본뇌염 매개모기의 조기 출현과 유전형 분포의 지역적 확산을 명확히 확인하였다는 점에서 의의가 있다. 앞서 언급한 한계들을 극복하기 위해서는 향후 감시 지점 및 기간의 확장과 더불어 AI-DMS와 같은 실시간 감시 기술을 통합하여 감시 자료의 대표성과 정밀도를 동시에 높여야 한다. 특히 기존 매개종 외의 종에서 바이러스가 검출되는 등 발생 위험이 가변적인 양상을 보이므로 다양한 환경 변수를 반영한 예측 모델의 고도화를 통해 주의보 및 경보 발령의 적시성을 확보할 필요가 있다.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: We appreciate the 12 Institutes of Health and Environment for help with mosquito collection and surveillance.

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

Author Contributions: Conceptualization: HIL. Data curation: JSS, HSO. Formal analysis: JSS, HSO. Investigation: JSS, HSO. Project administration: HIL, JWJ. Resources: JSS, HSO. Supervision: HIL. Visualization: HSO. Writing – original draft: HSO. Writing – review & editing: HIL.

References

1. Erlanger TE, Weiss S, Keiser J, Utzinger J, Wiedenmayer K. Past, present, and future of Japanese encephalitis. *Emerg Infect Dis* 2009;15:1-7.
2. Zhang W, Yin Q, Wang H, Liang G. The reemerging and outbreak of genotypes 4 and 5 of Japanese encephalitis virus. *Front Cell Infect Microbiol* 2023;13:1292693.
3. Gould E, Pettersson J, Higgs S, Charrel R, de Lamballerie X. Emerging arboviruses: why today? *One Health* 2017;4: 1-13.
4. Halstead SB, Jacobson J, Dubischar-Kastner K. Japanese encephalitis vaccines. In: Plotkin SA, Orenstein WA, Offit PA, editors. *Vaccines*. 6th ed. Elsevier; 2013. p.312-51.
5. Tong Y, Jiang H, Xu N, et al. Global distribution of *Culex tritaeniorhynchus* and impact factors. *Int J Environ Res Public Health* 2023;20:4701.
6. Bae W, Kim JH, Kim J, Lee J, Hwang ES. Changes of epidemiological characteristics of Japanese encephalitis viral infection and birds as a potential viral transmitter in Korea. *J Korean Med Sci* 2018;33:e70.
7. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). Nationwide Japanese encephalitis warning issued [Internet]. KDCA; 2025 [cited 2026 Jan 29]. Available from: <https://www.kdca.go.kr/kdca/2848/subview.do?enc=Zm5jdDF8QEB8JTJGYmJzJTJGa2RjYSUyRjQyJTJGMjE1MzUwJTJGYXJ0Y2xWaWV3LmRvJTNG>
8. Kwon JY, Yun BR, Kim GH, et al. Identification of *Culex quinquefasciatus* highlights the need for strengthened vector mosquito surveillance in the Republic of Korea. *Public Health Wkly Rep* 2025;18:1779-89.
9. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). 2025 Guidelines for the management of viral mosquito-borne infectious diseases [Internet]. KDCA; 2025 [cited 2026 Jan 29]. Available from: <https://www.kdca.go.kr/kdca/2861/subview.do?enc=Zm5jdDF8QEB8JTJGYmJzJTJGa2RjYSUyRjU1JTJGMjI4MjgyJTJGYXJ0Y2xWaWV3LmRvJTNG>
10. Korea Meteorological Administration (KMA). Summer characterized by repeated heat waves and heavy rainfall, and pronounced regional polarization between torrential rainfall and drought [Internet]. KMA; 2025 [cited 2026 Jan 29]. Available from: <https://www.kma.go.kr/kma/news/press.jsp?bid=press&mode=view&num=1194521&page=1&&from=2025-06-14&to=2025-09-14>
11. Murty US, Rao MS, Arunachalam N. The effects of climatic factors on the distribution and abundance of Japanese encephalitis vectors in Kurnool district of Andhra Pradesh, India. *J Vector Borne Dis* 2010;47:26-32.
12. Lee DS, Park YS. Effects of cumulative temperature and precipitation patterns on mosquito abundance in urban Seoul, South Korea. *Sci Rep* 2025;15:32790.
13. Soh S, Aik J. The abundance of *Culex* mosquito vectors for West Nile Virus and other flaviviruses: a time-series analysis of rainfall and temperature dependence in Singapore. *Sci Total Environ* 2021;754:142420.
14. Reisen WK. Landscape epidemiology of vector-borne diseases. *Annu Rev Entomol* 2010;55:461-83.
15. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). Infectious disease portal: infectious disease statistics [Internet]. KDCA; 2026 [cited 2026 Jan 29]. Available from: <https://dportal.kdca.go.kr/pot/is/inftnsdsEDW.do>
16. Kwon JY, Jung HH, Lee HI, Yun BR. Evaluation of vector competence of *Culex tritaeniorhynchus* and *Culex pipiens pallens* for Japanese encephalitis virus genotype III and V. *Parasit Vectors* 2025;19:18.
17. Yun BR, Kwon JY, Noh BE, Cho S, Kwak D, Lee HI. Genetic shifts of Japanese encephalitis virus (JEV) in mosquitoes in the Republic of Korea, 2017-2022. *PLoS Negl Trop Dis* 2025;19:e0013258.

Surveillance Report

Surveillance Results of Japanese Encephalitis Vector Mosquitoes in the Republic of Korea in 2025

Hyeon-Seok Oh , Jinsung Seo , Jung-Won Ju , Hee-Il Lee* 

Division of Vectors and Parasitic Diseases, Department of Laboratory Diagnosis and analysis, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

ABSTRACT

Objectives: Japanese encephalitis (JE) is a viral infectious disease primarily transmitted by *Culex tritaeniorhynchus*, with approximately 10–20 human cases reported annually in the Republic of Korea (ROK). The Korea Disease Control and Prevention Agency conducts annual surveillance to monitor vector mosquito occurrence and trends. This study aimed to evaluate the seasonal occurrence and regional distribution patterns of JE vector mosquitoes based on 2025 surveillance data.

Methods: In 2025, JE vector surveillance was conducted across 64 regions in the ROK. This study analyzed data from 12 provincial Health and Environment Institutes, where black light traps were installed at cattle barns. The trap index (individuals/traps/days) was calculated to compare seasonal patterns and regional differences in *Cx. tritaeniorhynchus* abundance. In addition, genetic analysis was performed to detect the JE virus in mosquito samples.

Results: A total of 22 mosquito species belonging to 8 genera were identified. The overall trap index was 251.2, with a *Cx. tritaeniorhynchus* trap index of 67.4. Seasonal occurrence of *Cx. tritaeniorhynchus* was concentrated between July and September, with a peak in the 36th week. Southern regions showed earlier emergence and higher densities, whereas northern regions showed delayed emergence and lower densities.

Conclusions: In 2025, the trap index for *Cx. tritaeniorhynchus* decreased by 34.8% compared to the previous year and by 9.1% relative to the 2022–2024 average year. This reduction was likely associated with climatic conditions, including a higher-than-normal summer mean temperature (25.7°C; +2.0°C above normal) and heavy rainfall in mid-July (200–700 mm), which may have affected mosquito survival and breeding. Continuous and high-resolution surveillance is essential for effective JE prevention, particularly in the context of climate change.

Key words: Japanese encephalitis; Vector mosquito; *Culex tritaeniorhynchus*; Surveillance

*Corresponding author: Hee-Il Lee, Tel: +82-43-719-8560, E-mail: isak66kr@gmail.com

Introduction

Japanese encephalitis (JE) is a mosquito-borne viral disease. Since the first clinical case was reported in Japan in 1871,

JE has occurred endemically, mainly in South Asia and the Western Pacific region [1]. JE is currently endemic in more than 24 countries across Asia and the Western Pacific region, and approximately 60,000–70,000 cases are estimated

Key messages

① What was known previously?

Japanese encephalitis is primarily transmitted by *Culex tritaeniorhynchus*, and its occurrence and density are strongly influenced by climatic factors such as temperature and precipitation. In the Republic of Korea, most human cases occur between August and October, and rising mean temperatures may extend the mosquito activity period.

② What new information is presented?

In 2025, the average trap index for *Cx. tritaeniorhynchus* was 67.4, representing a 34.8% decrease from 2024 (103.4) and a 9.1% decrease from the 2022–2024 average (74.2).

③ What are the implications?

Ongoing climate change appears to influence mosquito emergence and regional distribution patterns. These findings underscore the need for continuous surveillance to better understand environmental impacts on vector ecology.

to occur worldwide each year [2]. Japanese encephalitis virus (JEV) belongs to the genus *Flavivirus* of the family *Flaviviridae*. It is a single-stranded RNA virus that is transmitted when infected mosquitoes feed on humans [3]. Most infected individuals are asymptomatic or experience only mild symptoms, such as fever and headache. However, some cases progress to severe encephalitis involving the central nervous system, with a case fatality rate of approximately 20–30% and possible neurological sequelae, including seizures, sensory abnormalities, and motor paralysis [4].

The primary JE vector mosquito is known to be *Culex tritaeniorhynchus*, a species of the genus *Culex* (*Culex* spp.), and is distributed across more than 40 countries worldwide,

particularly in Asia [5]. This species breeds in standing water around rice paddies and livestock farms and is characterized by nocturnal blood-feeding activity, showing occurrence patterns closely associated with rural and livestock environments. Other species, including *Culex orientalis* and the *Culex pipiens* complex, also exhibit the potential to transmit JEV [6].

Recently, the timing of occurrence and distribution patterns of JE vector mosquitoes have been found to change with respect to climate and environmental change. Rising mean temperatures might contribute to earlier emergence of vector mosquitoes and an extended activity period, and accordingly, the issuance of JE advisories has also tended to occur earlier [7]. In the Republic of Korea (ROK), although the incidence of JE has declined substantially since vaccine introduction, an average of approximately 10–20 cases have continued to be reported annually since 2010 [6]. In addition, cases in the ROK tend to be concentrated between August and November, when mosquito density increases, suggesting a close association with the seasonal occurrence patterns of vector mosquitoes.

Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA) monitors the density and distribution of JE vector mosquitoes to rapidly identify the timing and trends of occurrence and uses these findings to issue JE advisories and warnings for prevention activities. This study analyzed the 2025 nationwide JE vector mosquito surveillance results to examine the seasonal occurrence characteristics of *Cx. tritaeniorhynchus* and to provide scientific evidence for effective future JE prevention and control through pathogen detection and genotype analysis.

Methods

1. Vector Mosquito Collection

JE vector mosquito surveillance was conducted in cooperation with 12 provincial Institutes of Health and Environment, 16 Regional Centers for Vector Surveillance against Climate Change, five Regional Centers for Disease Control, and four Agencies under Ministry of National Defense, covering a total of 64 collection sites. To minimize data bias arising from differences in collection environments by surveillance site (livestock farms, urban areas, ports, etc.) and from differences in survey frequency, the analysis of changes in vector mosquito density was limited to collections conducted at livestock farms, which are the major breeding sites of *Cx. tritaeniorhynchus*. A total of 14 collection sites were selected by the 12 provincial Institutes of Health and Environment for JE vector mosquito density analysis (Chuncheon-si, Gangneung-si, and Hoengseong-gun in Gangwon-do; Jinju-si in Gyeongsangnam-do; Yeongcheon-si in Gyeongsangbuk-do; Dong-gu in Daegu Metropolitan City; Gijang-gun in Busan Metropolitan City; Janggun-myeon in Sejong Special Self-Governing City; Ulju-gun in Ulsan Metropolitan City; Hampyeong-gun in Jeollanam-do; Jeonju-si in Jeonbuk-do; Jeju-si in Jeju-do; Yesan-gun in Chungcheongnam-do; and Cheongju-si in Chungcheongbuk-do). The survey period extended from March 31 to October 31, 2025 (weeks 14–44). Considering the possibility of early emergence of JE vector mosquitoes, surveillance in Gyeongsangnam-do, Busan Metropolitan City, Jeollanam-do, and Jeju-do began in March 24 (week 13). Mosquitoes were collected twice per week (one day per collection) using black light traps. For each collection, the traps were installed before sunset and retrieved before sunrise the following day, operating

overnight. Traps were installed approximately 1.5 m above the ground on walls under covered areas within livestock farms or near locations where mosquitoes could rest, such as agricultural film or bundles of rice straw. The species of the collected mosquitoes were identified by each institution, and the results were compiled through the Infectious Disease Vector Surveillance Network (VectorNet) within KDCA's Integrated Disease and Health Control System.

2. Pathogen Analysis

For JEV detection, primary pathogen testing was conducted by the Regional Centers for Vector Surveillance against Climate Change, Centers for Disease Control, the Agencies under Ministry of National Defense, and selected provincial Institutes of Health and Environment (Gangwon-do, Gyeonggi-do, Gyeongsangbuk-do, Daegu Metropolitan City, Ulsan Metropolitan City, Jeollabuk-do, and Chungcheongbuk-do). When suspected positive specimens were identified, RNA and homogenates of the specimens were sent to the Division of Vector and Parasitic Diseases (DVPD) of KDCA for secondary confirmatory testing and genotype analysis. Among the collected mosquitoes, all individuals except *Anopheles* spp. were pooled by species, with up to 30 individuals per pool, and used for analysis. The samples were homogenized twice for 30 seconds at 7,500 rpm using a Precellys® Evolution Homogenizer (Bertin Technologies). RNA was extracted from the supernatant obtained after centrifugation at 13,000 rpm for 1 minute using the Clear-S™ Total RNA Extraction Kit (Invirustech) [8]. Real-time reverse-transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) was performed using the extracted RNA with the Clear-MD® DENV/ZIKA/CHIKV/JEV/WNV/YFV Multiplex Real-Time RT-PCR Detection Kit (Invirustech), following the

manufacturer's instructions. Amplification and interpretation were performed using the QuantStudio™ 5 Real-Time PCR System (Thermo Fisher Scientific) [8].

Specimens confirmed as positive in the PCR assays were subjected to sequencing analysis, which was performed using the Clear-MD® DENV, YFV, CHIKV, JEV, WNV, ZIKA RT-Nested PCR Kit (Invirustech), targeting the NS3–NS4b gene region of JEV. The analysis was conducted according to the instructions provided by the kit's manufacturer. Briefly, the first round of nested PCR was performed in a total reaction volume of 20 µl, consisting of 5 µl of RNA from the positive specimen and 15 µl of primary PCR premix. The reaction protocol was as follows: reverse transcription at 50°C for 20 minutes and enzyme activation at 95°C for 1 minute, followed by 40 cycles of denaturation (95°C, 15 seconds), annealing (59°C, 30 seconds), and extension (72°C, 40 seconds). The second round was performed in a total reaction volume of 20 µl, consisting of 1 µl of the first-round PCR product as the template and 19 µl of secondary PCR premix. The reaction protocol was as follows: enzyme activation at 95°C for 5 minutes, followed by 35 cycles of denaturation (95°C, 20 seconds), annealing (61°C, 20 seconds), and extension (72°C, 30 seconds).

Subsequently, the amplified products were subjected to electrophoresis to confirm the JEV-specific band (535 bp), and sequencing analysis was performed using the M13 forward (TGTAACGACGGCCAGT) and reverse primers (CAGGAAACAGCTATGAC). The obtained sequences were compared with previously reported JEV sequences to confirm viral infection and analyze the genotype.

3. Data Analysis

To analyze mosquito occurrence density, the trap index (TI)

(number of collected individuals/number of traps/collection days) was calculated based on the collection results from each survey site. To evaluate occurrence density in 2025, collection results from the same period over the previous three years (2022–2024) were used for comparative analysis. Mosquito distribution maps were generated to visualize regional mosquito distribution patterns based on the calculated TI using the Inverse Distance Weighted method with the Spatial Analyst Tool in ArcGIS 9.0 (Environmental Systems Research Institute, Inc.).

4. JE Advisory and Warning

Based on the data obtained through the surveillance project, the criteria for issuing advisories and warnings were applied in accordance with KDCA's 2025 Guidelines for the Management of Viral Mosquito-Borne Infectious Diseases [9]. A JE advisory is issued when the main vector species, *Cx. tritaeniorhynchus*, is collected for the first time in the relevant year. A JE warning is issued when *Cx. tritaeniorhynchus* accounts for at least 50% of the total mosquito density and the daily average number of *Cx. tritaeniorhynchus* among mosquitoes collected twice per week is 500 or more, when JEV is isolated or its genetic material is detected among the collected mosquitoes, or when a JE case occurs in the ROK.

Results

1. Mosquito Surveillance Results

A total of 22 species belonging to eight genera were identified based on species classification of all mosquitoes collected in 2025 by 12 Institutes of Health and Environment (a total of 14 collection sites) (Table 1). In 2025, the total TI was

Table 1. Mosquito species composition and indices collected in 2025

Genus	Species	Trap index ^{a)}	%
<i>Aedes</i>	<i>Aedes esoensis</i>	0.1	<0.1
	<i>Aedes alboscuteallatus</i>	0.0	<0.1
	<i>Aedes vexans</i>	102.0	40.6
	<i>Aedes lineatopennis</i>	0.0	<0.1
	<i>Aedes albopictus</i>	0.5	0.2
<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles</i> spp.	58.4	23.3
<i>Armigeres</i>	<i>Armigeres subalbatus</i>	2.0	0.8
<i>Coquillettidea</i>	<i>Coquillettidea ochracea</i>	0.0	<0.1
<i>Culex</i>	<i>Culex inatomii</i>	0.0	<0.1
	<i>Culex orientalis</i>	0.4	0.2
	<i>Culex pipiens</i>	14.5	5.8
	<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	67.4	26.8
	<i>Culex vagans</i>	0.0	<0.1
	<i>Culex rubensis</i>	0.0	<0.1
	<i>Culex bitaeniorhynchus</i>	0.4	0.1
	<i>Culex halifaxii</i>	0.0	<0.1
<i>Lutzia</i>	<i>Culex halifaxii</i>	0.0	<0.1
<i>Mansonia</i>	<i>Mansonia uniformis</i>	2.2	0.9
<i>Ochlerotatus</i>	<i>Ochlerotatus dorsalis</i>	0.1	<0.1
	<i>Ochlerotatus hatorii</i>	0.2	<0.1
	<i>Ochlerotatus koreicus</i>	1.8	0.7
	<i>Ochlerotatus nipponicus</i>	0.2	<0.1
	<i>Ochlerotatus togoi</i>	1.0	0.4

^{a)}Trap index: individuals/traps/days.

251.2, and the TI for *Cx. tritaeniorhynchus* was 67.4 (Figure 1). Analysis of the regional occurrence timing of *Cx. tritaeniorhynchus* showed that the first occurrence was confirmed in Jeju-do in week 13. Thereafter, occurrence was observed in Busan Metropolitan City (week 15), Gyeongsangnam-do (week 17), Jeollanam-do (week 20), Ulsan Metropolitan City (week 21), Daegu Metropolitan City (week 23), and Gangwon-do and Chungcheongbuk-do (week 26), indicating a pattern of expansion from southern to northern regions (Table 2, Figure 2). After July, the distribution range expanded nationwide. In August and September, relatively high TI was observed in the regions of Gyeongsangnam-do and Gyeongsangbuk-do. Subsequently, as temperatures declined, the overall TI

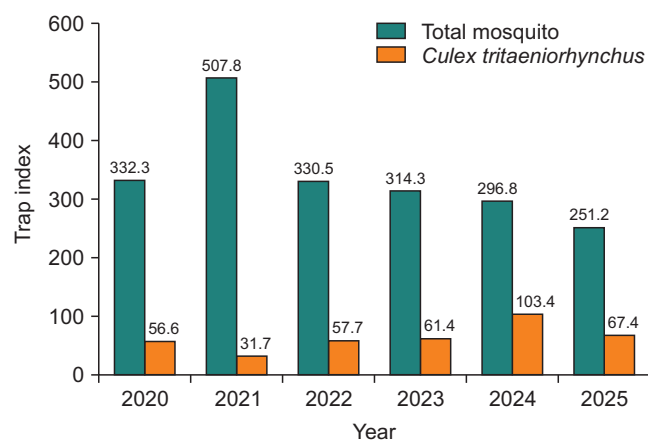


Figure 1. Trap index of total mosquito and *Culex tritaeniorhynchus* (2020–2025)

Trap index: individuals/traps/days.

Table 2. First collected week of *Culex tritaeniorhynchus* by region (2021–2025)

Region		First collection week				
		2021	2022	2023	2024	2025
Jeju Island	Jeju-si	14	16	14	13	13
Busan Metropolitan City	Gijang-gun	14	15	13	14	15
Gyeongsangnam-do	Jinju-si	25	17	16	16	17
Jeollanam-do	Hampyeong-gun	23	26	28	16	20
Ulsan Metropolitan City	Ulju-gun	-	-	-	24	21
Daegu Metropolitan City	Dong-gu	-	-	-	24	23
Chungcheongbuk-do	Cheongju-si	30	30	28	25	26
Gyeongsangbuk-do	Yeongcheon-si	32	27	27	25	27
Jeonbuk State	Wanju-gun	23	30	29	26	28
Sejong-si	Janggun-myeon	-	-	-	-	28
Chungcheongnam-do	Yesan-gun	34	32	30	28	34
Gangwon state	Gangneung-si	-	29	31	24	32
	Chuncheon-si	35	31	28	24	26
	Hoengseong-gun	-	32	24	26	30

“-” indicates that surveillance was not conducted.

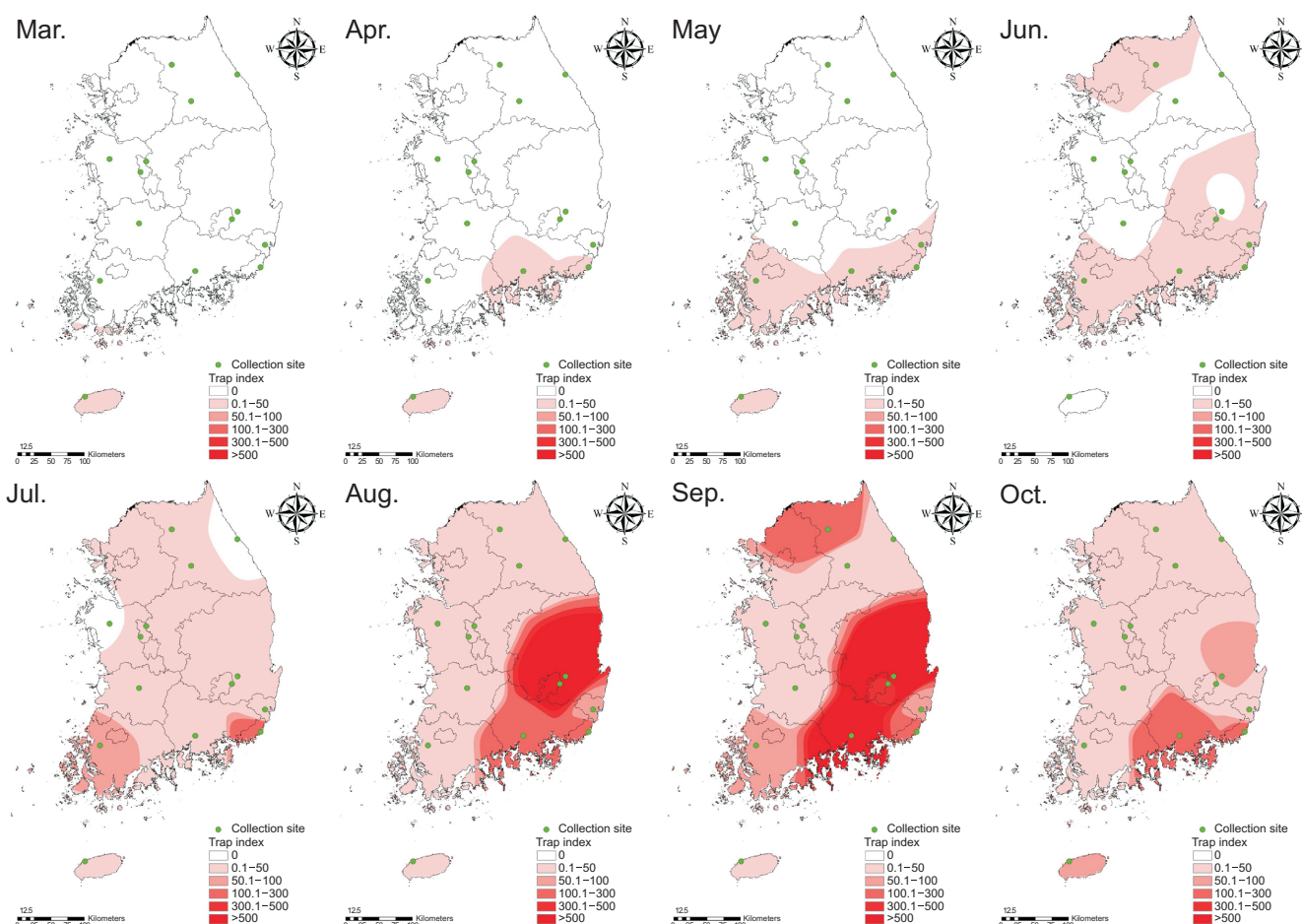


Figure 2. Monthly and regional distribution of the *Culex tritaeniorhynchus* trap index in 2025

decreased in October.

Analysis of the weekly total TI showed that the total TI in 2025 peaked in early September (week 36) and subsequently decreased from week 37 (Figure 3). The periods during which the TI was relatively higher than in the previous year were weeks 28, 36, and 38–41. Compared with the previous year, the TI decreased during summer (June–August) but showed a relatively increasing trend in autumn (September–October). Weekly analysis of the *Cx. tritaeniorhynchus* TI showed that the number of individuals began to increase from week 29, peaking in week 36, and then decreasing from week 37. Thus, the peak occurrence period was the same as in the previous year (Figure 3).

2. Issuance of JE Advisories and Warnings

In 2025, the JE advisory was issued nationwide on March 27, after *Cx. tritaeniorhynchus* was first identified among mosquitoes collected from Jeju-si, Jeju-do, and Wando-gun in Jeollanam-do on March 26 (week 13), immediately after the start of vector mosquito surveillance. Subsequently, the JE warning was issued nationwide as of August 1, after *Cx. tritaeniorhynchus* accounted for 60.1% (633/1,053) of all mosquitoes collected from Wando-gun in Jeollanam-do on July 30

(week 31).

3. Reports of JE-Positive Specimens

In 2025, nine JEV-positive specimens were confirmed by one Regional Center for Vector Surveillance against Climate Change (Gwangju Metropolitan City) and three Institutes of Health and Environment (Gangwon-do, Gyeonggi-do, and Gyeongsangbuk-do). Genotype analysis identified three cases of JEV genotype I (GI) and six cases of genotype V (GV). Among *Cx. tritaeniorhynchus*, three cases of GI and three cases of GV were identified; two GV cases were identified in the *Cx. pipiens* complex, and one GV case was identified in *Cx. orientalis* (Table 3).

Discussion

Analysis of mosquito occurrence patterns based on mosquitoes collected at 14 surveillance sites nationwide in 2025 showed that the total TI decreased by 15.4% compared with the previous year (296.8) and by 20.0% compared with the average for 2022–2024 (313.9). *Cx. tritaeniorhynchus* TI decreased by 34.8% and 9.1% compared with the previous year (103.4) and the 2022–2024 average (74.2),

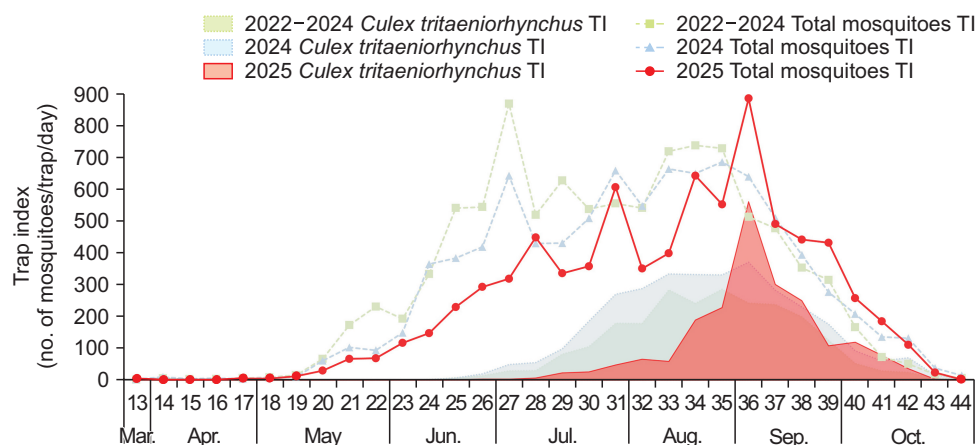


Figure 3. Weekly trap index (TI) of total mosquitoes and *Culex tritaeniorhynchus* in 2025

Table 3. Reported cases of Japanese encephalitis virus-positive mosquito pools in 2025

Region	Collection week	Environment	Mosquito species	Genotype
Chuncheon-si, Gangwon state	43	Livestock	<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	GI
Hwaseong-si, Gyeonggi-do	34	Urban	<i>Culex orientalis</i>	GV
	34	Urban	<i>Culex pipiens</i> complex	GV
	40	Urban	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	GV
Suwon-si, Gyeonggi-do	40	Urban	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	GI
	40	Urban	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	GI
Yeongcheon-si, Gyeongsangbuk-do	34	Livestock	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	GV
	43	Livestock	<i>Cx. pipiens</i> complex	GV
Seo-gu, Gwangju Metropolitan City	34	Urban	<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	GV

respectively. Occurrence was concentrated between July and September, with particularly high occurrence observed in southern regions in August. In some inland areas, including parts of Gyeongsangbuk-do and Daegu Metropolitan City, high-density regions with a TI exceeding 500 were identified, and high density in southern regions was maintained in September. In contrast, some regions, including Gangwon-do, Chungcheongnam-do, Chungcheongbuk-do, and Jeollabuk-do, showed relatively later occurrence timing and lower density.

These changes appear to be closely associated with the unusual weather patterns observed during the summer of 2025. During the summer of 2025 (June–August), the national mean temperature was 25.7°C, the highest on record (+2.0°C above normal). An early heatwave began in late June and persisted for an extended period until late August [10]. In contrast, the national mean precipitation was 619.7 mm, approximately 85% of the normal level (727.3 mm). However, heavy rainfall of 200–700 mm was observed nationwide in mid-July, and multiple episodes of localized torrential rainfall exceeding 100 mm per hour occurred in early August, mainly in Chungcheongnam-do, Jeollanam-do, and parts of the Seoul metropolitan area [10]. These weather conditions,

characterized by repeated extreme high temperatures and heavy rainfall, may have contributed to a decrease in JE vector mosquito density. In general, rising temperatures are known to increase mosquito growth and reproduction rates; however, sustained high temperatures might negatively affect reproduction by reducing adult survival rates and decreasing nocturnal activity [11,12]. Meanwhile, precipitation also has an important influence on mosquito density. Moderate rainfall provides oviposition sites in rice paddies and puddles, but when daily cumulative rainfall exceeds 90 mm, it might lead to the loss of larvae and eggs [13]. The localized rainfall pattern concentrated over short periods during the summer of 2025 may have led to the loss of larval habitats in some regions, which might have contributed to the regional decreases in mosquito density.

In recent years, the issuance timing of JE advisories and warnings in the ROK has gradually advanced due to rising annual mean temperatures and changes in precipitation patterns. Following an average advancement of 0.7 days in JE advisory issuance dates over the past 10 years, there have been repeated cases since 2020 wherein the issuance timing has advanced to March [7]. This change in issuance timing is closely related to the intermittent occurrence of *Cx. tritaeniorhynchus* in Jeju-do and some southern regions during spring. It reflects a

phenomenon wherein overwintered adult mosquito individuals in a dormant state temporarily become active in response to rising spring temperatures and then die [14]. In this way, as the activity timing of vector mosquitoes advances, the starting point of the advisory system is also presumed to shift earlier. Distinctive trends that differ from previous patterns have been observed not only in the emergence timing of vector mosquitoes but also in regional occurrence density. Among the data from the Artificial Intelligence-Digital Mosquito Monitoring System (AI-DMS) conducted by the DVPD of KDCA in 2025 (unpublished data, DVPD, KDCA), a higher occurrence of *Cx. tritaeniorhynchus*, which had been dominant in southern regions, has been more recorded in Paju-si of Gyeonggi-do, a northern region, than in other regions (Suncheon-si, Busan Metropolitan City, Cheongju-si, and Hwaseong-si). Although this finding is based on data from a single-year, and the possibility of a temporary phenomenon influenced by meteorological factors cannot be ruled out, it suggests that high-density occurrence of *Cx. tritaeniorhynchus* may also be possible in northern regions. Therefore, in future surveillance operations, it will be necessary not only to adjust the timing of surveillance initiation but also to continuously track regional density variation patterns through strengthening and analysis of the surveillance network in northern regions.

In 2025, a total of seven JE cases occurred in the ROK between September and November, with the highest number of cases reported in September [15]. The TI for *Cx. tritaeniorhynchus* increased sharply to more than 100 in August, and the first human case was observed approximately 5 weeks later. Considering viral replication in mosquitoes (approximately 2 weeks) and the average incubation period of JE (approximately 2 weeks), this finding suggests that increases in vector

mosquito density precede the timing of human case occurrence. It also indicates that mosquito density surveillance data may be used as a useful indicator for predicting future occurrences of the disease.

According to the results of viral detection testing in vector mosquitoes, a total of nine JEV-positive specimens were confirmed in Gangwon-do, Gyeonggi-do, Gyeongsangbuk-do, and Gwangju Metropolitan City in 2025. It is particularly noteworthy that positive cases were confirmed not only in *Cx. tritaeniorhynchus*, the previously known primary vector species, but also in the *Cx. pipiens* complex and *Cx. orientalis*. This finding is significant in that it confirms the vector competence of species such as the *Cx. pipiens* complex in the field, which has been suggested through recently reported laboratory infection models [16]. In addition, three confirmed JEV-positive cases were GI, which had not been detected in the ROK since 2018. GI had previously been detected only to a limited extent in Jeollanam-do and Jeollabuk-do [17], and its detection in northern regions (Gangwon-do and Gyeonggi-do) is considered unusual. This finding suggests that not only vector mosquitoes but also the genotype distribution of JEV may be expanding geographically, and that in the future, there is a need to conduct ongoing surveillance and regular genotype analysis of the patterns of change in viral genotypes in parallel.

This study systematically analyzed JE occurrence patterns based on nationwide vector mosquito surveillance data from 2025; however, it has several limitations. First, because the analysis was limited to livestock farm environments at 14 sites nationwide, there may be limitations in regional representativeness compared with the overall surveillance data that include diverse ecological environments, such as urban areas, ports, and migratory bird habitats. Second, for pathogen

analysis, data from multiple surveillance projects were integrated and analyzed, and because the analysis was conducted on a subset of collected mosquitoes (pooled samples) rather than a complete survey of all collected mosquitoes, the possibility of missing positive cases cannot be completely excluded, and there were limitations in estimating quantitative infection rates. Third, although meteorological factors affecting changes in mosquito density were analyzed mainly in terms of temperature and precipitation, an in-depth analysis of other environmental variables that might influence occurrence density, such as wind speed, humidity, and sunshine duration, was not conducted.

Despite these limitations, this study is meaningful in that it clearly confirmed the early emergence of JE vector mosquitoes and the regional expansion of genotype distribution in 2025. To overcome the aforementioned limitations, it is necessary to expand surveillance sites and periods and to integrate real-time surveillance technologies, such as the AI-DMS, to improve both the representativeness and precision of surveillance data. In particular, as the detection of viruses in species other than the known vector species indicates variability in occurrence risk, there is a need to ensure the timeliness of issuing advisories and warnings through the advancement of predictive models incorporating various environmental variables.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: We appreciate the 12 Institutes of Health and Environment for help with mosquito collection and surveillance.

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

Author Contributions: Conceptualization: HIL. Data curation: JSS, HSO. Formal analysis: JSS, HSO. Investigation: JSS, HSO. Project administration: HIL, JWJ. Resources: JSS, HSO. Supervision: HIL. Visualization: HSO. Writing – original draft: HSO. Writing – review & editing: HIL.

References

1. Erlanger TE, Weiss S, Keiser J, Utzinger J, Wiedenmayer K. Past, present, and future of Japanese encephalitis. *Emerg Infect Dis* 2009;15:1-7.
2. Zhang W, Yin Q, Wang H, Liang G. The reemerging and outbreak of genotypes 4 and 5 of Japanese encephalitis virus. *Front Cell Infect Microbiol* 2023;13:1292693.
3. Gould E, Pettersson J, Higgs S, Charrel R, de Lamballerie X. Emerging arboviruses: why today? *One Health* 2017;4: 1-13.
4. Halstead SB, Jacobson J, Dubischar-Kastner K. Japanese encephalitis vaccines. In: Plotkin SA, Orenstein WA, Offit PA, editors. *Vaccines*. 6th ed. Elsevier; 2013. p.312-51.
5. Tong Y, Jiang H, Xu N, et al. Global distribution of *Culex tritaeniorhynchus* and impact factors. *Int J Environ Res Public Health* 2023;20:4701.
6. Bae W, Kim JH, Kim J, Lee J, Hwang ES. Changes of epidemiological characteristics of Japanese encephalitis viral infection and birds as a potential viral transmitter in Korea. *J Korean Med Sci* 2018;33:e70.
7. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). Nationwide Japanese encephalitis warning issued [Internet]. KDCA; 2025 [cited 2026 Jan 29]. Available from: <https://www.kdca.go.kr/kdca/2848/subview.do?enc=Zm5jdDF8QEB8JTJGYmJzJTJGa2RjYSUyRjQyJTJGMjE1MzUwJTJGYXJ0Y2xWaWV3LmRvJTNG>
8. Kwon JY, Yun BR, Kim GH, et al. Identification of *Culex quinquefasciatus* highlights the need for strengthened vector mosquito surveillance in the Republic of Korea. *Public Health Wkly Rep* 2025;18:1779-89.
9. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). 2025 Guidelines for the management of viral mosquito-

- borne infectious diseases [Internet]. KDCA; 2025 [cited 2026 Jan 29]. Available from: <https://www.kdca.go.kr/kdca/2861/subview.do?enc=Zm5jdDF8QEB8JTJGYmJzJTJGa2RjYSUyRjU1JTJGMjl4MjgyJTJGYXJ0Y2xWaWV3Lm-RvJTNG>
10. Korea Meteorological Administration (KMA). Summer characterized by repeated heat waves and heavy rainfall, and pronounced regional polarization between torrential rainfall and drought [Internet]. KMA; 2025 [cited 2026 Jan 29]. Available from: <https://www.kma.go.kr/kma/news/press.jsp?bid=press&mode=view&num=1194521&page=1&&from=2025-06-14&to=2025-09-14>
11. Murty US, Rao MS, Arunachalam N. The effects of climatic factors on the distribution and abundance of Japanese encephalitis vectors in Kurnool district of Andhra Pradesh, India. *J Vector Borne Dis* 2010;47:26-32.
12. Lee DS, Park YS. Effects of cumulative temperature and precipitation patterns on mosquito abundance in urban Seoul, South Korea. *Sci Rep* 2025;15:32790.
13. Soh S, Aik J. The abundance of Culex mosquito vectors for West Nile Virus and other flaviviruses: a time-series analysis of rainfall and temperature dependence in Singapore. *Sci Total Environ* 2021;754:142420.
14. Reisen WK. Landscape epidemiology of vector-borne diseases. *Annu Rev Entomol* 2010;55:461-83.
15. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). Infectious disease portal: infectious disease statistics [Internet]. KDCA; 2026 [cited 2026 Jan 29]. Available from: <https://dportal.kdca.go.kr/pot/is/inftnsdsEDW.do>
16. Kwon JY, Jung HH, Lee HI, Yun BR. Evaluation of vector competence of Culex tritaeniorhynchus and Culex pipiens pallens for Japanese encephalitis virus genotype III and V. *Parasit Vectors* 2025;19:18.
17. Yun BR, Kwon JY, Noh BE, Cho S, Kwak D, Lee HI. Genetic shifts of Japanese encephalitis virus (JEV) in mosquitoes in the Republic of Korea, 2017-2022. *PLoS Negl Trop Dis* 2025;19:e0013258.

2024년 충청권 카바페넴내성장내세균목 감염증 신고 현황

박점마^{ID}, 이소담^{ID}, 김윤아*^{ID}

질병관리청 충청권질병대응센터 감염병대응과

초 록

목적: 항생제 내성은 전 세계적으로 증가하고 있으며, 특히 항생제 치료에 제한적인 카바페넴내성장내세균목(Carbapenem-resistant *Enterobacterales*, CRE) 감염증의 발생 증가는 공중보건에서 중요한 위협 요인으로 확인되고 있다. 본 보고서에서는 2024년 충청권 CRE 감염증 신고 현황 및 특성을 분석하여 공중보건학적 의미를 제시하고자 하였다.

방법: 2020년부터 2024년까지 질병관리청 방역통합정보시스템을 통해 신고된 CRE 감염증 자료를 기반으로 일반적 특성, 병원체 특성 등에 대해 기술 분석하였다.

결과: 2024년 충청권 CRE 감염증은 2,454건 신고되었다. 70세 이상 연령은 2020년 62.7% (459건)에서 2024년 69.4% (1,702건)로 매년 증가 추세이다. 의료기관 종별 신고 현황은 종합병원 신고가 51.7% (1,269건)로 가장 많았으며, 요양병원은 16.1% (394건)로 2024년에 처음으로 확인되었다. CRE 감염증 분리균은 *Klebsiella pneumoniae* 66.4% (1,630건)로 가장 많이 검출되었으며, 카바페넴 분해효소 유전자형은 *Klebsiella Pneumoniae* Carbapenemase 78.7% (1,403건)로 가장 많이 검출되었다.

결론: 충청권 CRE 감염증은 2017년 전수감시체제로 변경된 이후 신고건이 매년 증가하고 있으며, 카바페넴분해효소를 생성하는 장내세균목(Carbapenemase-producing CRE) 감염증 발생 비율도 증가하고 있다. 특히 요양병원에서 처음 신고 건이 확인됨에 따라 요양병원의 감염관리 중요성이 확인되었다. 향후 CRE 감염증 감시를 위해 의료기관, 지자체, 정부의 적극적인 협력 및 다각적 노력이 필요하다.

주요 검색어: 항생제 내성; 카바페넴내성장내세균목 감염증; 카바페넴분해효소생성장내세균목; 의료관련감염병

서 론

항생제 내성과 확산은 전 세계적으로 가속화되고 있으며, 감염병 치료의 효과를 저하시키는 인류 보건에 중대한 위협으로 더 이상 특정 국가나 의료환경에 국한된 문제가 아닌 세계적인 공중보건 문제로 인식되고 있다[1]. 특히 카바페넴내성

장내세균목(Carbapenem-resistant *Enterobacterales*, CRE)은 요로감염, 혈류 감염 등 다양한 부위에 감염을 유발하며, 다양한 항생제에 내성을 보여 치료 과정이 제한되어 있고, 중증 환자가 감염되는 경우 예후를 악화시켜 사망률을 증가하게 한다[2]. 주로 환자와 환자 주변의 오염된 환경을 접촉한 후 오염된 손을 통해 전파되므로 손 위생, 환경 소독, 침습적 기구 최

Received January 13, 2026 Revised April 14, 2026 Accepted May 6, 2026

*Corresponding author: 김윤아, Tel: +82-42-229-1520, E-mail: yunaghim@korea.kr

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits unrestricted 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?**

국내 카바페넴내성장내세균목(Carbapenem-resistant *Enterobacterales*, CRE) 감염증 신고 건은 전수감시체계로 전환된 이후 매년 증가하는 추세이다.

② 새로이 알게 된 내용은?

2024년 충청권 CRE 감염증은 2,454건이었으며, 종합병원 신고가 51.7%로 가장 높았다. 카바페넴분해효소를 생성하는 장내세균목 감염증 비율은 72.6%로 전국과 유사한 수준이었다.

③ 시사점은?

충청권 CRE 감염증 발생 현황과 역학적 특성을 통해 효과적인 감염 예방 및 관리 전략 수립을 위한 자료로 제시하였다.

감시체계로 운영하였으며, 2017년 6월에 전수감시체계로 변경되었다[3]. 항생제 감수성 판단 기준에 따라 환자의 임상검체에서 CRE가 분리된 경우 임상 증상 유무와 상관 없이 24시간 이내에 법정 감염병으로 신고하여야 한다[3]. 국내 CRE 감염증 신고 건은 매년 증가하고 있음에 따라[4], 본 보고서에서는 2024년 충청권 CRE 감염증 신고 현황을 분석하였다.

방 법

2020년부터 2024년까지 질병관리청 방역통합정보시스템을 통해 신고된 CRE 감염증 발생 신고서, CRE 감염증 병원체 신고서, CRE 감염증 사례조사서, 카바페넴분해효소를 생성하는 장내세균목(Carbapenemase-producing CRE, CP-CRE) 감염증 신고서를 기반으로 충청권 발생 현황을 분석하였다. 분석 자료는 의료기관에서 감염병 발생 신고일 기준으로 산출하였다.

소화 등의 중재 활동이 필요하다[3].

국내에서는 2010년부터 법정 감염병으로 지정되어 표본

표 1. 2020-2024년 충청권 CRE 감염증 신고 현황

구분	2020	2021	2022	2023	2024
계	732 (100.0)	1,083 (100.0)	1,852 (100.0)	2,387 (100.0)	2,454 (100.0)
성별					
남성	418 (57.1)	624 (57.6)	1,072 (57.1)	1,335 (55.9)	1,380 (56.2)
여성	314 (42.9)	459 (42.4)	780 (42.9)	1,052 (44.1)	1,074 (43.8)
연령(세)					
0-19	13 (1.8)	16 (1.5)	18 (1.0)	28 (1.2)	31 (1.3)
20-39	26 (3.6)	22 (2.0)	34 (1.8)	55 (2.3)	48 (2.0)
40-49	32 (4.4)	39 (3.6)	71 (3.8)	85 (3.6)	77 (3.1)
50-59	77 (10.4)	103 (9.5)	169 (9.1)	215 (9.0)	201 (8.2)
60-69	125 (17.0)	212 (19.6)	289 (15.6)	417 (17.5)	395 (16.1)
70-79	210 (28.7)	295 (27.2)	507 (27.3)	616 (25.8)	627 (25.6)
80-89	209 (28.6)	339 (31.3)	632 (34.1)	815 (34.1)	840 (34.2)
≥90	40 (5.5)	57 (5.3)	132 (7.1)	156 (6.5)	235 (9.5)
의료기관 종별					
상급종합병원	142 (19.4)	197 (18.2)	528 (28.5)	697 (29.2)	590 (24.0)
종합병원	467 (63.8)	734 (67.8)	1,058 (57.2)	1,251 (52.4)	1,269 (51.7)
병원	115 (15.7)	146 (13.5)	254 (13.7)	414 (17.3)	157 (6.3)
요양병원	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	394 (16.1)
의원	8 (1.1)	6 (0.5)	11 (0.6)	25 (1.1)	44 (1.8)

단위: 건(%). CRE=Carbapenem-resistant *Enterobacterales*.

결 과

1. Carbapenem-resistant *Enterobacterales* 감염증 신고 현황

2024년 충청권 CRE 감염증은 2,454건 신고되었고, 2020년 732건, 2021년 1,083건, 2022년 1,852건, 2023년 2,387건으로 매년 신고 건수는 증가하는 추세이며, 이는 전국 신고 추세와 동일하게 나타난다. 2024년 CRE 감염증의 일반적 특성에서 성별은 남성 56.2% (1,380건)로 여성 43.8% (1,074건)보다 많았다. 연령은 평균 74.0세로 80-89세 34.2% (840건), 70-79세 25.6% (627건), 60-69세 16.1% (395건) 순이었다. 특히 70세 이상 연령 비중은 2020년 62.7% (459건)에서 2024년 69.4% (1,702건)로 매년 증가하는 추세이다. 의료기관 종별 신고 현황은 종합병원에서 51.7% (1,269건)로 가장 많았으며, 요양병원은 16.1% (394건)로 2024년에 처음으로 확인되었다(표 1).

CRE 감염증 분리균은 *Klebsiella pneumoniae* 66.4%

(1,630건), *Escherichia coli* 19.7% (483건), *Enterobacter* spp. 6.1% (150건) 순으로, 최근 5년간 충청권역 분포 순위와 동일하게 확인되었다. 특히, *K. pneumoniae*는 충청권역에서 60% 이상 발생하고 있다(보충 표 1; available online).

2. Carbapenemase-producing Carbapenem-resistant *Enterobacterales* 감염증 신고 현황

2024년 CRE 감염증 신고는 총 2,454건으로 이 중 CP-CRE 감염증의 비율은 72.6% (1,782건)로 확인되었다. 2020년 62.3% (456건), 2021년 63.5% (688건), 2022년 71.8% (1,329건), 2023년 71.6% (1,710건), 2024년 72.6% (1,782건)로 CP-CRE 감염증 비율은 증가 추세를 보이고 있다(표 2). 이는 전국 2024년 CP-CRE 감염증 비율 78.3%보다는 적은 것으로 확인되었다[4].

카바페넴분해효소는 *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC) 78.7% (1,403건), New Delhi metallo- β -lactamase (NDM) 15.4% (275건) 순으로, 최근 5년간 충청

표 2. 2020-2024년 충청권 CRE 및 CP-CRE 감염증 연도별 신고 현황

구분	2020	2021	2022	2023	2024
CRE 감염증(건)	732	1,083	1,852	2,387	2,454
CP-CRE 감염증(건)	456	688	1,329	1,710	1,782
CP-CRE/CRE 발생비율(%)	62.3	63.5	71.8	71.6	72.6

CRE=Carbapenem-resistant *Enterobacterales*; CP-CRE=Carbapenem-producing CRE.

표 3. 2020-2024년 충청권 CP-CRE 감염증 카바페넴분해효소 분포 현황(중복 검출 가능)

구분	2020	2021	2022	2023	2024
계	456 (100.0)	688 (100.0)	1,329 (100.0)	1,710 (100.0)	1,782 (100.0)
KPC	321 (70.4)	549 (79.8)	1,065 (80.1)	1,353 (79.1)	1,403 (78.7)
NDM	129 (28.3)	135 (19.6)	232 (17.5)	290 (17.0)	275 (15.4)
OXA	1 (0.2)	7 (1.0)	36 (2.7)	97 (5.7)	103 (5.8)
IMP	6 (1.3)	1 (0.1)	3 (0.2)	6 (0.4)	4 (0.2)
VIM	2 (0.4)	0 (0.0)	2 (0.2)	4 (0.2)	0 (0.0)
GES	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.2)	1 (0.1)	0 (0.0)

단위: 건(%). CP-CRE=Carbapenemase-producing Carbapenem-resistant *Enterobacterales*; KPC=*Klebsiella pneumoniae* carbapenemase; NDM=New Delhi metallo- β -lactamase; OXA=oxacillinase; IMP=imipenemase; VIM=Verona integron-encoded metallo- β -lactamase; GES=Guiana extended spectrum β -lactamase.

권에서 다수 분포하는 유전자형이다. 특히 NDM은 2020년 28.3% (129건), 2021년 19.6% (135건), 2022년 17.5% (232건), 2023년 17.0% (290건), 2024년 15.4% (275건)로 분포 비율이 지속적으로 감소하였다(표 3).

논 의

충청권역 CRE 감염증 신고 건수는 2020년 코로나바이러스감염증-19(코로나19) 팬데믹 상황에서도 지속적으로 증가하는 추세이다. 이는 미국 질병통제예방센터에서 의료기관 내 CRE 감염증 발생이 증가하고, 2022년에 팬데믹 이전 수준 이상을 유지하고 있다는 발표 내용과 유사한 경향을 나타낸다[2]. 특히 CP-CRE 감염증의 발생 비율이 2024년 72.6%로 매년 증가하고 있음에 따라, 의료기관에서 전파 차단을 위해서 다각적이고 포괄적인 접근을 통한 접촉자 관리, 선별검사, 환경 관리, 개인보호구 착용 감시 등 감염관리 활동이 중요하다.

요양병원의 경우 충청권에서 2024년 처음 신고되기 시작하였다. 이는 요양병원 대상 감염예방·관리로 신설 이후 충청권 내 요양병원에서 적극적인 선별검사를 통해 CRE 감염증 환자를 선제적으로 확인하기 시작함에 따라 종합병원 전원 전 요양병원에서 신고된 것으로 추정된다. 특히 요양병원은 노인 성질환자, 만성질환자, 외과적 수술 후 또는 상해 후 회복기간에 있는 자가 입원하는 의료기관으로[5], 오랜 기간 집단 생활을 하는 특성을 보인다. 또한 급성기병원 중환자실의 CRE 집락화는 3.3%이나 장기요양시설의 CRE 집락화는 30.4%로 매우 높게 나타난다[6]. 그러므로 요양병원은 입원 환자들의 임상적 특성이나 기관의 구조적 특성 면에서 CRE 감염 발생이나 감염 전파의 위험이 높음을 확인할 수 있다. 현재 국가에서는 2021년 「의료법」 개정과 「의료관련감염 예방 관리 종합대책(2018-2022)」을 통해 감염관리 인력 기준과 조직 체계를 구축하였으며, 코로나19 이후 병상 규모별 감염관리 전담 인

력 배치 의무화 정책을 강화하였다[7,8]. 「의료관련감염 예방 관리 종합대책(2023-2027)」에서는 지역의료기관 네트워크 확대를 통해 요양병원의 감염관리 질 향상을 추진할 예정이며, 요양시설 종사자 및 의료기관 내 비의료인 대상 감염관리 교육 방안을 마련할 예정이다[9].

CP-CRE 감염증 발생 비율은 점차 증가하고 있으며, 카바페넴분해효소 유전자형은 KPC가 78.7%로 많이 발생하고 있다. 국외에서도 KPC는 미국, 중국, 유럽 및 라틴아메리카에서 주로 검출되며 국내와 비슷한 양상으로 발생하고 있다[10]. 전 세계적으로 카바페넴분해효소가 폭발적으로 증가하고 있으므로 항생제 내성균에 대처하기 위한 감염 예방 활동, 통제 대책 마련, 새로운 추세 감시 등 국제적인 노력이 필요하다[11]. 다만, 의료기관감염병은 의료기관 소재지 기준으로 집계됨에 따라 전국과 충청권 신고 건을 단순히 비교하는 것은 제한이 있으며, 충청권 의료기관 분포 현황, 의료기관의 감염관리 실 설치일 등을 추가적으로 고려해야 한다.

본 보고서는 CRE 감염증 발생 신고서 및 사례조사서를 기반으로 감염병의 발생 분포 현황을 파악하였다. 충청권 CRE 감염증 신고 건은 전국과 유사하게 매년 증가하고 있으며, 2024년부터 요양병원에서도 신고가 됨에 따라 요양병원 현장 맞춤형 감염관리 교육, 대응 방안 등 다양한 방향으로 지원이 필요할 것이다. 또한 의료기관, 지자체, 정부의 협력 체계를 구축하여 CRE 감염증 확산을 막기 위한 지속적인 노력이 필요할 것이다.

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: JMP. Data curation: JMP. Formal analysis: JMP. Investigation: JMP. Methodology: JMP, SDL. Project administration: SDL, YAK. Software: JMP. Validation: JMP. Supervision: YAK. Visualization: JMP. Writing – original draft: JMP. Writing – review & editing: SDL, YAK.

Supplementary Materials

Supplementary data are available online.

References

1. World Health Organization (WHO). Health and economic impacts of antimicrobial resistance in the Western Pacific Region, 2020–2030 [Internet]. WHO; 2023 [cited 2024 Oct 30]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789290620112>
2. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). COVID-19 : U.S. impact on antimicrobial resistance, special report 2022 [Internet]. CDC; 2022 [cited 2024 Oct 30]. Available from: <https://dx.doi.org/10.15620/cdc:117915>
3. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). 2025 Guidelines for control of healthcare-associated infection. KDCA; 2024.
4. Jeong H, Ahn Y, Lee SJ. Characteristics of notified carbapenem-resistant Enterobacterales cases in the Republic of Korea, 2024. *Public Health Wkly Rep* 2025;18:2063–79.
5. Korean Law Information Center. Enforcement rule of the medical service act, article 36 [Internet]. Ministry of Health and Welfare; 2026 [cited 2026 Mar 4]. Available from: <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9%EC%9D%98%EB%A3%8C%EB%B2%95%EC%8B%9C%ED%96%89%EA%B7%9C%EC%B9%99/%EC%A0%9C36%EC%A1%B0>
6. Lin MY, Lyles-Banks RD, Lolans K, et al.; Centers for Disease Control and Prevention Epicenters Program. The importance of long-term acute care hospitals in the regional epidemiology of *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. *Clin Infect Dis* 2013;57:1246–52.
7. Korean Law Information Center. Enforcement rule of the medical service act, appendix 8-2 [Internet]. Ministry of Health and Welfare; 2026 [cited 2026 Mar 4]. Available from: <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9%EB%B3%84%ED%91%9C%EC%84%9C%EC%8B%9D/%EC%9D%98%EB%A3%8C%EB%B2%95%20%EC%8B%9C%ED%96%89%EA%B7%9C%EC%B9%99,20260304,%EB%B3%84%ED%91%9C8%EC%9D%982>
8. Ministry of Health and Welfare Press Release (June 28 2018). “Designation of Infection control managers in all medical institutions, strengthening infection control activities”: announcement of the “comprehensive measures for the prevention and control of healthcare-associated infections (2018–2022)”. [cited 2018 Jun 28]. Available from: https://www.mohw.go.kr/board.es?mid=a10503010100&bid=0027&act=view&list_no=345237
9. Cho H, Woo YH, Park SK. The 2nd national action plan for prevention and control of healthcare-associated infections (2023–2027). *Public Health Wkly Rep* 2024;17:521–31.
10. Baek YH, Shin KS. Carbapenemase-producing Enterobacterales: epidemiology, detection, and treatment. *Biomed Sci Letters* 2023;29:109–20.
11. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Multidrug-resistant organisms (MDRO) management guidelines [Internet]. CDC; 2006 [cited 2022 Dec 5]. Available from: https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/mdro-management/?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/mdro/index.html

Surveillance Report

Characteristics of Carbapenem-Resistant *Enterobacterales* in the Chungcheong Region of Republic of Korea, 2024

Jemma Park , Sodam Lee , Yuna Kim* 

Division of Infectious Disease Response, Chungcheong Regional Center for Disease Control and Prevention, Korea Disease Control and Prevention Agency, Daejeon, Korea

ABSTRACT

Objectives: Antimicrobial resistance is increasing worldwide. In particular, the rising incidence of infections caused by Carbapenem-resistant *Enterobacterales* (CRE), which have limited treatment options, has been identified as an important public health threat. This report aimed to analyze the characteristics of CRE infections in the Chungcheong region in 2024 and discuss their public health implications.

Methods: This analysis was based on CRE infection cases reported through the Korea Disease Control and Prevention Agency's integrated infectious disease surveillance system from 2020 to 2024.

Results: In 2024, a total of 2,454 CRE infection cases were reported in the Chungcheong region. The proportion of individuals aged 70 years and older showed a yearly increasing trend, rising from 62.7% (459 cases) in 2020 to 69.4% (1,702 cases) in 2024. By type of healthcare institution, general hospitals accounted for the largest proportion of reported cases at 51.7% (1,269 cases), while long-term care hospitals accounted for 16.1% (394 cases), which were identified for the first time in 2024. Among Carbapenemase-producing CRE (CP-CRE) infections, *Klebsiella pneumoniae* was the most frequently detected species, accounting for 66.4% of cases, and the most commonly identified carbapenemase gene type was *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase, accounting for 78.7% of cases.

Conclusions: Since CRE infections were designated as a nationally notifiable infectious disease in the Republic of Korea in 2017, the number of reported cases in the Chungcheong region has increased annually, and the proportion of CP-CRE infections has also risen. In particular, the initially reported cases in long-term care hospitals highlight the importance of infection prevention and control in these facilities. Active cooperation among medical institutions, local governments, and the central government is required to strengthen CRE infection surveillance and response.

Key words: Antimicrobial resistance; Carbapenem-resistant *Enterobacterales*; Carbapenemase-producing *Enterobacterales*; Healthcare-associated infections

*Corresponding author: Yuna Kim, Tel: +82-42-229-1520, E-mail: yunaghim@korea.kr

Introduction

Antimicrobial resistance and its spread are accelerating

worldwide, undermining the effectiveness of infectious disease treatment and posing a major threat to human health. It is now recognized as a global public health issue that is no longer

Key messages

① What is known previously?

Since the Republic of Korea transitioned to a complete enumeration surveillance system, the number of reported cases of Carbapenem-resistant *Enterobacterales* (CRE) infections has increased annually.

② What new information is presented?

Among the 2,454 CRE infection cases reported in the Chungcheong region in 2024, general hospitals accounted for the highest proportion of cases 51.7%. Carbapenemase-producing CRE infections accounted for 72.6% of all CRE infection cases, which was similar to the national average.

③ What are implications?

By examining the occurrence status and epidemiological characteristics of CRE infections in the Chungcheong region, this report provides data to support the establishment of effective infection prevention and control strategies.

limited to any specific country or healthcare setting [1]. In particular, Carbapenem-resistant *Enterobacterales* (CRE) can cause infections at various sites, including the urinary tract and bloodstream, and exhibit resistance to multiple antibiotics, limiting treatment options. When severely ill patients are infected, CRE can worsen prognosis and increase mortality [2]. CRE is primarily transmitted via contaminated hands after contact with patients or contaminated environments surrounding patients; therefore, intervention measures such as hand hygiene, environmental disinfection, and minimization of invasive devices are required [3].

In the Republic of Korea (ROK), it was designated as a nationally notifiable infectious disease in 2010 and operated under a sentinel surveillance system. In June 2017, the system

was changed to an all-case surveillance system [3]. When CRE are isolated from a patient's clinical specimen according to antimicrobial susceptibility criteria, the case must be reported as a case of a nationally notifiable infectious disease within 24 hours, regardless of the presence or absence of clinical symptoms [3]. As the number of reported CRE infection cases in the ROK has increased annually [4], this report analyzed the status of reported CRE infections in the Chungcheong region in 2024.

Methods

The CRE occurrence status in the Chungcheong region from 2020 to 2024 was analyzed based on CRE infection occurrence report forms, CRE infection pathogen report forms, CRE infection case investigation forms, and Carbapenemase-producing CRE (CP-CRE) infection report forms reported to the Infectious Disease Information System of the Korea Disease Control and Prevention Agency. The data were analyzed based on the infectious disease notification date reported by medical institutions.

Results

1. Status of Reported Carbapenem-resistant *Enterobacterales* Infections

In 2024, a total of 2,454 CRE infection cases were reported in the Chungcheong region. The number of reported cases has shown an increasing trend annually, with 732, 1,083, 1,852, and 2,387 cases in 2020, 2021, 2022, and 2023, respectively. This trend was consistent with the national reporting trend. Regarding the general characteristics of CRE infections

in 2024, males accounted for 56.2% of cases (1,380 cases), which was higher than the proportion of females at 43.8% (1,074 cases). The mean age of the overall cohort was 74.0 years, with those aged 80–89 years accounting for 34.2% of cases (840 cases), followed by those aged 70–79 (25.6%, 627 cases) and 60–69 years (16.1%, 395 cases). In particular, the proportion of individuals aged 70 years or older showed an increasing trend annually, rising from 62.7% (459 cases) in 2020 to 69.4% (1,702 cases) in 2024. The reporting status by type of healthcare institution showed that general hospitals accounted for the largest proportion of cases at 51.7% (1,269 cases), while reports from long-term care hospitals accounted for 16.1% (394 cases), which were identified for the first time in 2024 (Table 1).

The isolates from CRE infections were most commonly *Klebsiella pneumoniae* (66.4%, 1,630 cases), followed by

Escherichia coli (19.7%, 483 cases) and *Enterobacter* spp. (6.1%, 150 cases). This distribution ranking was confirmed to be the same as that observed in the Chungcheong region over the past five years. In particular, *K. pneumoniae* accounted for more than 60% of cases in the Chungcheong region (Supplementary Table 1; available online).

2. Status of Reported Carbapenemase-producing Carbapenem-resistant *Enterobacterales* Infections

In 2024, a total of 2,454 CRE infection cases were reported, and CP-CRE infections accounted for 72.6% of these cases (1,782 cases). The proportion of CP-CRE infections has shown an increasing trend, from 62.3% (456 cases) in 2020 to 63.5% (688 cases), 71.8% (1,329 cases), 71.6% (1,710 cases), and 72.6% (1,782 cases) in 2021, 2022, 2023, and 2024,

Table 1. Characteristics of CRE in the Chungcheong region, 2020–2024

Category	2020	2021	2022	2023	2024
Total	732 (100.0)	1,083 (100.0)	1,852 (100.0)	2,387 (100.0)	2,454 (100.0)
Sex					
Male	418 (57.1)	624 (57.6)	1,072 (57.1)	1,335 (55.9)	1,380 (56.2)
Female	314 (42.9)	459 (42.4)	780 (42.9)	1,052 (44.1)	1,074 (43.8)
Age group (yr)					
0–19	13 (1.8)	16 (1.5)	18 (1.0)	28 (1.2)	31 (1.3)
20–39	26 (3.6)	22 (2.0)	34 (1.8)	55 (2.3)	48 (2.0)
40–49	32 (4.4)	39 (3.6)	71 (3.8)	85 (3.6)	77 (3.1)
50–59	77 (10.4)	103 (9.5)	169 (9.1)	215 (9.0)	201 (8.2)
60–69	125 (17.0)	212 (19.6)	289 (15.6)	417 (17.5)	395 (16.1)
70–79	210 (28.7)	295 (27.2)	507 (27.3)	616 (25.8)	627 (25.6)
80–89	209 (28.6)	339 (31.3)	632 (34.1)	815 (34.1)	840 (34.2)
≥90	40 (5.5)	57 (5.3)	132 (7.1)	156 (6.5)	235 (9.5)
Healthcare facility type					
Advanced general hospital	142 (19.4)	197 (18.2)	528 (28.5)	697 (29.2)	590 (24.0)
General hospital	467 (63.8)	734 (67.8)	1,058 (57.2)	1,251 (52.4)	1,269 (51.7)
Hospital	115 (15.7)	146 (13.5)	254 (13.7)	414 (17.3)	157 (6.3)
Long-term care hospital	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	394 (16.1)
Clinic	8 (1.1)	6 (0.5)	11 (0.6)	25 (1.1)	44 (1.8)

Unit: case (%). CRE=Carbapenem-resistant *Enterobacterales*.

Table 2. Number of CRE and CP-CRE cases designated in the Chungcheong region, 2020–2024

Category	2020	2021	2022	2023	2024
CRE infection (no. of cases)	732	1,083	1,852	2,387	2,454
CP-CRE infection (no. of cases)	456	688	1,329	1,710	1,782
CP-CRE/CRE ratio (%)	62.3	63.5	71.8	71.6	72.6

CRE=Carbapenem-resistant *Enterobacterales*; CP-CRE=Carbapenem-producing CRE.

Table 3. Characteristics of CP-CRE by carbapenemase genotype in the Chungcheong region, 2020–2024 (availability of duplicate detection)

Category	2020	2021	2022	2023	2024
Total	456 (100.0)	688 (100.0)	1,329 (100.0)	1,710 (100.0)	1,782 (100.0)
KPC	321 (70.4)	549 (79.8)	1,065 (80.1)	1,353 (79.1)	1,403 (78.7)
NDM	129 (28.3)	135 (19.6)	232 (17.5)	290 (17.0)	275 (15.4)
OXA	1 (0.2)	7 (1.0)	36 (2.7)	97 (5.7)	103 (5.8)
IMP	6 (1.3)	1 (0.1)	3 (0.2)	6 (0.4)	4 (0.2)
VIM	2 (0.4)	0 (0.0)	2 (0.2)	4 (0.2)	0 (0.0)
GES	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.2)	1 (0.1)	0 (0.0)

Unit: case (%). CP-CRE=Carbapenemase-producing Carbapenem-resistant *Enterobacterales*; KPC=*Klebsiella pneumoniae* carbapenemase; NDM=New Delhi metallo- β -lactamase; OXA=oxacillinase; IMP=imipenemase; VIM=Verona integron-encoded metallo- β -lactamase; GES=Guiana extended spectrum β -lactamase.

respectively (Table 2). However, these proportions were still lower than the national proportion of CP-CRE infections in 2024, which was 78.3% [4].

Klebsiella pneumoniae carbapenemase (KPC) (78.7%, 1,403 cases) and New Delhi metallo- β -lactamase (NDM) (15.4%, 275 cases) were the predominant carbapenemase genotypes distributed in the Chungcheong region over the past five years. In particular, the distribution proportion of NDM continuously decreased from 28.3% (129 cases) in 2020 to 19.6% (135 cases), 17.5% (232 cases), 17.0% (290 cases), and 15.4% (275 cases) in 2021, 2022, 2023, and 2024, respectively (Table 3).

Discussion

The number of reported CRE infection cases in the

Chungcheong region has continuously increased since 2020 during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. This trend was similar to the report by the Centers for Disease Control and Prevention that CRE infections in healthcare institutions increased and remained above pre-pandemic levels in 2022 [2]. In particular, as the proportion of CP-CRE infections has increased annually, reaching 72.6% in 2024, infection control activities in medical institutions are important to prevent transmission, including contact management, screening, environmental management, and monitoring of personal protective equipment use through a multifaceted and comprehensive approach.

In the case of long-term care hospitals, reporting began in the Chungcheong region for the first time in 2024. Following the introduction of infection prevention and control fees for long-term care hospitals, long-term care hospitals in the

Chungcheong region began proactively identifying patients with CRE infections through active screening, leading to reports being made by long-term care hospitals before patient transfer to general hospitals. In particular, long-term care hospitals are medical institutions where patients with geriatric diseases, chronic diseases, and those in recovery after surgery or injury are admitted [5], and they are characterized by long-term communal living. In addition, the rate of CRE colonization is 3.3% in intensive care units of acute care hospitals, but 30.4% in long-term care facilities [6]. Therefore, long-term care hospitals have a high risk of CRE infection occurrence and transmission in terms of the clinical characteristics of inpatients and the structural characteristics of the institutions. Currently, at the national level, infection control workforce standards and organizational systems have been established through the 2021 revision of the Medical Service Act and the Comprehensive Plan for the Prevention and Control of Healthcare-Associated Infections (2018–2022), and policies mandating the assignment of dedicated infection control personnel according to hospital bed size have been strengthened since COVID-19 [7,8]. The Comprehensive Plan for the Prevention and Control of Healthcare-Associated Infections (2023–2027) plans to promote improvements in the quality of infection control in long-term care hospitals through the expansion of regional medical institution networks and to establish infection control education measures for long-term care facility workers and non-medical personnel within medical institutions [9].

The proportion of CP-CRE infections is gradually increasing, and KPC is the most common carbapenemase genotype, accounting for 78.7% of cases. Globally, KPC is mainly detected in the United States, China, Europe, and Latin America,

showing a pattern similar to that observed in the ROK [10]. As carbapenemases are increasing dramatically worldwide, international efforts are needed to address antimicrobial-resistant bacteria, including infection prevention activities, establishment of control measures, and surveillance of emerging trends [11]. However, because healthcare-associated infectious diseases are counted based on the location of the medical institution, there are limitations in simply comparing reported cases nationwide and in the Chungcheong region. Additional factors should be considered, including the distribution of medical institutions in the Chungcheong region and the dates when infection control offices were established in medical institutions.

This report identified the distribution status of infectious disease occurrence based on CRE infection occurrence report forms and case investigation forms. Similar to the national trend, the number of reported CRE infection cases in the Chungcheong region has increased annually. As reporting from long-term care hospitals began in 2024, support will be needed in various areas, including site-specific infection control education and response measures tailored to long-term care hospitals. Moreover, continuous efforts will be required to prevent the spread of CRE infections by establishing a cooperative system among medical institutions, local governments, and the government.

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: JMP. Data curation: JMP. Formal analysis: JMP. Investigation: JMP. Methodology: JMP, SDL. Project administration: SDL, YAK. Software: JMP. Validation: JMP. Supervision: YAK. Visualization: JMP. Writing – original draft: JMP. Writing – review & editing: SDL, YAK.

Supplementary Materials

Supplementary data are available online.

References

1. World Health Organization (WHO). Health and economic impacts of antimicrobial resistance in the Western Pacific Region, 2020–2030 [Internet]. WHO; 2023 [cited 2024 Oct 30]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789290620112>
2. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). COVID-19 : U.S. impact on antimicrobial resistance, special report 2022 [Internet]. CDC; 2022 [cited 2024 Oct 30]. Available from: <https://dx.doi.org/10.15620/cdc:117915>
3. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). 2025 Guidelines for control of healthcare-associated infection. KDCA; 2024.
4. Jeong H, Ahn Y, Lee SJ. Characteristics of notified carbapenem-resistant Enterobacterales cases in the Republic of Korea, 2024. *Public Health Wkly Rep* 2025;18:2063–79.
5. Korean Law Information Center. Enforcement rule of the medical service act, article 36 [Internet]. Ministry of Health and Welfare; 2026 [cited 2026 Mar 4]. Available from: <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9%EC%9D%98%EB%A3%8C%EB%B2%95%EC%8B%9C%ED%96%89%EA%B7%9C%EC%B9%99/%EC%A0%9C36%EC%A1%B0>
6. Lin MY, Lyles-Banks RD, Lolans K, et al.; Centers for Disease Control and Prevention Epicenters Program. The importance of long-term acute care hospitals in the regional epidemiology of *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. *Clin Infect Dis* 2013;57:1246–52.
7. Korean Law Information Center. Enforcement rule of the medical service act, appendix 8-2 [Internet]. Ministry of Health and Welfare; 2026 [cited 2026 Mar 4]. Available from: <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9%EB%B3%84%ED%91%9C%EC%84%9C%EC%8B%9D/%EC%9D%98%EB%A3%8C%EB%B2%95%20%EC%8B%9C%ED%96%89%EA%B7%9C%EC%B9%99,20260304,%EB%B3%84%ED%91%9C8%EC%9D%982>
8. Ministry of Health and Welfare Press Release (June 28 2018). “Designation of Infection control managers in all medical institutions, strengthening infection control activities”: announcement of the “comprehensive measures for the prevention and control of healthcare-associated infections (2018–2022)”. [cited 2018 Jun 28]. Available from: https://www.mohw.go.kr/board.es?mid=a10503010100&bid=0027&act=view&list_no=345237
9. Cho H, Woo YH, Park SK. The 2nd national action plan for prevention and control of healthcare-associated infections (2023–2027). *Public Health Wkly Rep* 2024;17:521–31.
10. Baek YH, Shin KS. Carbapenemase-producing Enterobacterales: epidemiology, detection, and treatment. *Biomed Sci Letters* 2023;29:109–20.
11. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Multidrug-resistant organisms (MDRO) management guidelines [Internet]. CDC; 2006 [cited 2022 Dec 5]. Available from: https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/mdro-management/?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/mdro/index.html

2025년 신종·재출현 감염병 위기관리 대응훈련 실시 결과

박은미 , 김영만 , 김인호 , 민유정*

질병관리청 감염병위기관리국 신종감염병대응과

초 록

목적: 질병관리청은 신종·재출현 감염병 발생 시 신속하고 효과적으로 대응하기 위해 지방자치단체(광역·기초, [지자체]), 유관기관 간 협력체계를 점검하는 대응훈련을 실시하고 있다. 본 연구는 2025년에 실시된 신종·재출현 감염병 대응훈련의 운영 결과를 분석하고 향후 훈련 개선 방향을 제시하고자 하였다.

방법: 2025년 대응훈련은 전국 17개 시·도에서 실시되었으며, 감염병 이론 교육, 실행기반훈련, 토론기반훈련, 개인보호구 실습으로 구성되었다. 훈련 평가는 시·도별 기관 평가, 훈련 참여자 개인 평가 및 만족도 조사로 구분하여 수행하였다.

결과: 총 531개 기관에서 1,043명이 훈련에 참여하였다. 훈련 참여자의 감염병 대응 절차에 대한 이해도는 훈련 이후 향상된 것으로 나타났다. 기관 간 협력체계를 점검하는 효과가 확인되었다. 만족도 조사에서도 전반적으로 긍정적인 결과가 도출되었다.

결론: 신종·재출현 감염병 대응훈련은 지자체의 현장 대응 역량을 강화하고 기관 간 협력체계를 점검하는 데 중요한 역할을 해왔다. 향후 훈련은 예산지원, 시나리오 다양화 등을 통해 지속적으로 지자체의 신종감염병 대응역량을 강화해 나갈 예정이다.

주요 검색어: 신종감염병; 재출현감염병; 지자체 훈련; 위기관리 대응훈련

서 론

신종·재출현 감염병은 국가 간 이동 증가, 기후변화, 생태환경 변화 등의 영향으로 지속적으로 발생하고 있으며 국가 공중보건에 중대한 위협 요인으로 인식되고 있다. 이러한 감염병은 발생 초기 대응이 확산 규모와 피해 수준을 결정하는 주요 요인으로 작용한다. 효과적인 대응을 위해서는 지방자치단체(광역·기초, [지자체]), 의료기관 및 유관기관 간 협력체

계를 사전에 구축하고 이를 지속적으로 점검할 필요가 있다. 질병관리청은 지자체와 관련 기관의 공중보건 위기 대응 역량을 강화하기 위해 2010년부터 신종·재출현 감염병 위기관리 대응훈련을 실시하고 있다. 해당 훈련은 가상의 감염병 발생 상황을 설정하여 대응 절차를 점검하는 모의훈련 형태로 운영되며, 지자체의 위기관리 체계 점검과 초동 대응요원의 대응 역량 강화를 주요 목적으로 한다. 본 연구는 2025년에 실시된 대응훈련의 운영 결과를 종합적으로 분석하고 향후 훈련의 개

Received April 3, 2026 Revised April 24, 2026 Accepted April 28, 2026

*Corresponding author: 민유정, Tel: +82-43-719-9100, E-mail: ujeong85@korea.kr

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits unrestricted 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?

질병관리청은 지자체의 공중보건 위기 대응 역량 강화를 위해 2010년부터 신종·재출현 감염병 위기관리 대응훈련을 지속적으로 운영해 왔다.

② 새로이 알게 된 내용은?

2025년도 훈련에는 전국 17개 시·도에서 총 531개 기관, 1,043명이 참여하였다. 훈련 평가 결과, 훈련 참여자의 감염병 대응 관련 지식 수준이 전반적으로 향상된 것으로 확인되었으며 훈련 만족도 역시 높은 수준으로 나타났다.

③ 시사점은?

본 훈련은 지자체의 신종·재출현 감염병 대응 역량 강화에 중요한 역할을 담당하고 있으며 국내 신종감염병 대응체계의 기반을 형성하는 핵심 훈련으로 자리 잡고 있다.

선 방향을 제시하고자 한다[1].

방 법

1. 훈련 참여기관 및 역할

질병관리청은 훈련 사업을 총괄하며 훈련 운영 안내서, 실행기반훈련 및 토론기반훈련 시나리오, 평가지표를 개발하여 시·도에 배포하였다. 권역별 질병대응센터는 시·도 훈련 운영에 대한 평가 등 기술 지원을 수행하였다. 각 시·도는 훈련 계획을 수립하여 훈련을 운영하고 결과를 질병관리청에 보고하였다. 시·도 감염병관리지원단은 훈련 준비 및 운영 과정에서 실무와 인력 지원을 담당하였다. 시·군·구 보건소와 유관기관은 훈련 참여기관으로 참여하였다[2].

2. 훈련 주제

질병관리청은 신종·재출현 감염병 중에 발생 가능성과 파급력을 고려하여 훈련 매뉴얼과 시나리오를 개발하였다. 훈련 대상 감염병은 1급 감염병에 해당되는 중증호흡기증후

군(Middle East Respiratory Syndrome), 조류인플루엔자 인체감염증(Avian Influenza), 에볼라바이러스병(Ebola Virus Disease)이었다. 질병관리청은 사전에 제시한 3종의 훈련 시나리오 중에서 각 시·도가 자체적으로 한가지를 선택하고 지역별 대응 여건을 고려하여 훈련 계획을 수립·실시하도록 지원하였다.

3. 훈련 구성

훈련은 감염병 관련 이론 교육, 실행기반훈련, 토론기반훈련, 개인보호구 착·탈의 실습, 총평 및 폐회 순으로 진행되었다. 이론 교육에서는 훈련 주제 감염병의 역학적 특성과 관련 지침을 설명하였다. 실행기반훈련에서는 의심환자 발생 상황을 가정하여 위험국가 입국자 신고 및 대응, 역학조사 수행, 의사환자 조치, 접촉자 관리 등의 대응 절차를 중심으로 훈련을 진행하였다. 또한 O/X 퀴즈와 역할 수행 방식의 활동을 활용하여 대응 절차에 대한 이해도와 적용 역량을 평가하였다. 토론기반훈련에서는 환자 발생 상황, 추가 확진자 발생 상황, 상황 종료 이후 조치 사항 등을 주제로 기관 간 협력 기반 대응 방안을 논의하였다. 개인보호구 실습훈련에서는 개인보호구(Level C 또는 Level D)에 대한 이론 교육과 착·탈의 시연 및 실습을 병행하였다.

4. 훈련 평가

훈련 평가는 시·도별 기관 평가, 훈련 참여자 개인 평가 및 만족도 조사로 구성하였다. 기관 평가는 훈련 기획·설계의 적정성, 훈련 실시 수준, 평가 및 환류 체계를 중심으로 수행하였다. 개인 평가는 훈련 전·후 동일 문항 설문을 통해 지식 수준과 대응 인식 변화를 확인하였다. 만족도 조사는 훈련 내용과 운영 전반에 대한 인식을 파악하기 위해 실시하였다.

결 과

1. 훈련 실시 현황

2025년도 신종·재출현 감염병 위기관리 대응훈련은 2025년 5월 14일부터 9월 26일까지 전국 17개 시·도에서 각 시·도의 자체 일정에 따라 실시되었다. 훈련 주제 감염병은 조류인플루엔자 인체감염증(9개 시·도), 중동호흡기증후군(6개 시·도), 에볼라바이러스병(2개 시·도) 순으로 훈련을 실시하였다.

2. 훈련 참여기관 및 훈련 참여자 구성

이번 훈련에는 총 531개 기관에서 1,043명이 참여하였다. 참여 기관은 시·도 및 시·군·구 보건소, 시·도 감염병 관리지원단, 검역소, 보건환경연구원, 소방, 경찰, 군, 법무부, 교육청, 의료기관 등 다양한 감염병 대응 관련 기관으로 구성

되었다. 사전·사후 설문조사를 모두 완료한 훈련 참여자는 1,025명이었다. 성별 분포는 여성 798명(77.9%), 남성 227명(22.1%)이었다. 연령별로는 30대가 385명(37.6%)으로 가장 많았고, 다음은 40대(31.4%), 50대(19.0%) 순이었다. 직종별로는 시·도 및 시·군·구 감염병 대응 담당자가 570명(55.6%)으로 가장 높은 비율을 차지하였다. 그 다음은 의료기관 종사자 17.8%, 재난부서 담당자 5.7%, 소방 5.3% 순이었다(표 1). 기관 근무 경력은 3-5년이 225명(24.9%)으로 가장 많았고, 6-10년 198명(19.3%), 21년 이상 168명(16.3%) 순이었다. 감염병 관련 근무 경력은 3-5년 272명(26.5%), 1년 이하 234명(22.8%), 경험 없음 167명(16.3%) 순이었으며, 10년 이상은 47명(4.6%)이었다. 훈련 참여 횟수는 이번 훈련이 처음이라고 응답한 경우가 542명(52.9%)으로 가장 많았다(표 2).

표 1. 2025년도 훈련생의 일반적 특성(n=1,025)

구분	명(%)
성별	
남	227 (22.1)
여	798 (77.9)
연령(세)	
20-29	115 (11.2)
30-39	385 (37.6)
40-49	322 (31.4)
50-59	195 (19.0)
60+	6 (0.6)
미기재	2 (0.2)
직종	
감염병 대응(시·도, 시·군·구)	570 (55.6)
의료기관	182 (17.8)
재난부서(시·도, 시·군·구)	58 (5.7)
소방	54 (5.3)
경찰	40 (3.9)
교육청	37 (3.6)
검역	22 (2.1)
진단	22 (2.1)
기타 ^{a)}	40 (3.9)

^{a)} 군, 감염병관리지원단, 세관, 동물방역부서 동물위생시험소 등.

표 2. 2025년도 훈련생의 업무경력(n=1,025)

구분	명(%)
현기관 업무경력(년)	
<1	143 (14.0)
1-2	91 (8.9)
3-5	255 (24.9)
6-10	198 (19.3)
11-15	92 (9.0)
16-20	78 (7.6)
21+	168 (16.3)
감염병 근무경력(년)	
없음	167 (16.3)
<1	234 (22.8)
1-2	197 (19.2)
3-5	272 (26.5)
6-10	108 (10.5)
11-15	22 (2.1)
16-20	11 (1.1)
21+	14 (1.4)
훈련 참여 횟수(회)	
없음	542 (52.9)
1	245 (23.9)
2-3	172 (16.8)
4-5	24 (2.3)
6+	42 (4.1)

50세 이상 훈련 참여자는 약 20%, 기관 근무 경력 15년 이상은 약 24%를 차지하였으나, 감염병 관련 근무 경력은 이에 상응하는 수준으로 나타나지 않았다.

3. 훈련 참여자 지식 향상 평가

훈련 참여자의 지식 향상 여부를 확인하기 위해 훈련 전·후에 동일한 설문 문항으로 평가를 실시하였으며 설문 에 모두 응답한 인원은 867명이었다. 평가 문항은 감염병 지식과 대응 절차에 관한 5지 선다형 문제 10문항으로 구성 하였다. 지식 향상률은 $((\text{사후 평균점수} - \text{사전 평균점수}) / \text{사전 평균점수}) \times 100$ 의 방식으로 산출하였다. 그 결과 전체 훈련 참여자의 평균 점수는 훈련 전후를 비교하여 14.1% 향상 된 것으로 나타났다. 감염병별 향상률은 중증호흡기증후군 16.4%, 조류인플루엔자 인체감염증 10.5%, 에볼라바이러스 병 26.5%였다. 이는 훈련 이후 각 감염병 주제에 대한 지식 수준이 향상되었음을 보여준다(표 3).

4. 훈련 참여자 만족도 평가

훈련 참여자를 대상으로 실시한 만족도 조사 결과, 전체 만족도는 5점 척도 기준 평균 4.6점이었다. 훈련 참여자들은 감염병 대응 절차에 대한 이해 증진, 기관 간 협력 필요성에 대한 인식, 개인보호구 착·탈의 실습 등이 실제 업무 수행에 도움이 되었다고 응답하였다.

5. 훈련 개선 의견

훈련 참여자들은 훈련 일정 확대, 훈련 예산 지원, 유관기관 대상 시나리오 개발, 감염병 대응 경험 공유 시간 편성 등이 필요하다는 의견을 제시하였다. 훈련 평가자들은 토론훈련 시간 확대, 설문조사 참여율 제고 방안 마련, 조별 진행자의 역량 강화, 유관기관 이해도 향상을 위한 강의 및 시나리오 재 구성, 지속적인 시·도 역량 강화가 필요하다는 의견을 제시 하였다.

논 의

2025년도 훈련은 중앙 예산 지원 없이 시·도를 중심으로 운영 되었음에도 전국적으로 실시하였다. 훈련 참여자 특성 분석 결과, 감염병 관련 근무 경력이 짧거나 해당 훈련에 처음 참여한 인원의 비율이 높은 것으로 나타났다. 이는 감염병 대응 업무 담당자의 잦은 인사이동과 업무 순환 체계를 반영하는 결과로 해석된다. 또한 다양한 기관이 참여하는 협력 기반 대응체계를 실제 상황과 유사하게 점검할 수 있다는 점에서 대응훈련의 중요성이 확인되었다.

기존 훈련 시나리오는 중증호흡기증후군, 조류인플루엔자 인체감염증, 에볼라바이러스병을 바탕으로 구성되어 왔다. 2025년 9월 니파바이러스감염증이 제1급 감염병으로 지정됨에 따라 이에 대한 훈련 시나리오를 개발하고 2025년 11월에 권역별 질병대응센터, 시·도 감염병관리지원단을 대상으로 시범 훈련을 시행한 바 있다. 2026년부터는 기존 훈련 시나리

표 3. 2025년도 훈련생의 지식 향상률 평가

구분	계(명)	평균점수 ^{a)}		향상률(%) ^{b)}	p-값
		사전	사후		
전체	867	7.34±2.08	8.37±1.67	14.1	<0.001
중증호흡기증후군	309	7.25±1.98	8.43±1.57	16.4	<0.001
조류인플루엔자 인체감염증	444	8.02±2.08	8.86±1.67	10.5	<0.001
에볼라바이러스병	114	4.97±2.14	6.29±1.79	26.5	<0.001

^{a)}평균 점수(mean)±표준편차(standard deviation), ^{b)}향상률(%): $[(\text{사후} - \text{사전}) / \text{사전 평균점수}] \times 100$.

오 3종에 니파바이러스감염증이 추가하여 운영될 예정이다.

신종감염병 대응훈련의 특성상 보건소에서의 조치사항을 중심으로 훈련이 운영되다보니 상대적으로 소방, 경찰, 의료기관 등 유관기관에서 참석한 참석자들이 훈련에서의 역할이 많지 않았다. 이에 따라 2025년에는 훈련에 참석한 유관기관을 소개하는 시간을 훈련에 포함하도록 하였으며, 2026년에는 유관기관의 감염병 대응 인적, 물적 현황을 체계적으로 소개하도록 할 예정이다. 이에 더해 특히 의료기관 내 환자 발생 시 어떠한 조치들이 이루어지는지, 이와 관련하여 지자체에서 어떠한 지원이 필요한지 등 내용을 포함하여 의료기관에서 참석한 훈련 참여자의 역할을 강화하고자 한다.

훈련의 질적 수준을 높이기 위해서는 평가지표와 평가체계를 보다 정교하게 마련할 필요가 있다. 우선 훈련 기획 단계에서 권역별 질병대응센터의 사전 컨설팅을 강화하여 지역별 감염병 발생 위험요인과 대응 여건을 반영한 맞춤형 훈련이 이루어지도록 지원할 예정이며, 또한 평가 결과의 객관성과 신뢰성을 확보하기 위해 내부 평가위원을 기존 1인에서 2인 이상으로 확대할 계획이다. 이를 통해 평가 결과를 바탕으로 차년도 훈련 예산 배정 등 훈련의 참여도를 높이기 위해 지속적인 노력을 할 계획이다.

신종·재출현 감염병은 발생 시 다기관 간 긴밀한 협력과 신속한 대응을 요구하기에 신종·재출현 감염병 위기관리 대응훈련은 지자체의 공중보건 위기 대응 역량을 유지·강화하는 데 중요한 수단으로 운영되어왔다. 2025년도 훈련은 중앙예산 지원 없이 전국적으로 시행되었으며, 다양한 기관이 참여한 가운데 대응체계 점검과 역량 강화라는 측면에서 의미 있는 성과를 보였다. 또한 훈련을 통해 대응 절차에 대한 이해도 향상과 기관 간 협력체계 점검이 이루어진 것으로 확인되

었다. 2026년부터는 훈련 지원 예산을 확보하게 됨에 따라 안정적인 훈련 운영의 기반이 될 것으로 기대된다. 질병관리청은 앞으로도 훈련 과정에서 확인된 개선 의견을 체계적으로 반영하여 훈련의 질적 수준을 높이고 이를 통해 지자체의 신종감염병 대응 역량을 지속적으로 강화할 수 있도록 노력할 계획이다.

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: EMP, BIK. Data curation: EMP. Formal analysis: EMP. Investigation: EMP. Project administration: EMP, BIK, YJM. Supervision: BIK, YJM. Validation: EMP, YMK, BIK. Writing – original draft: EMP, BIK, YMK. Writing – review & editing: EMP, YMK, BIK, YJM.

References

1. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). Results of the 2025 emerging and re-emerging infectious disease crisis management response training: results report. Cheongju: KDCA; 2025 Dec.
2. Park EM, Hur H, Kim BI, Yeo SG. Results of the 2024 emerging and re-emerging infectious disease crisis management response training. Public Health Wkly Rep 2025;18:545-59.

Policy Note

Results of the 2025 Emerging and Re-Emerging Infectious Disease Crisis Management Response Training Program

Eun-Mi Park , Young-Man Kim , Bryan Inho Kim , Yu-Jeong Min* 

Division of Emergency Infectious Disease Response, Department of Infectious Disease Emergency Preparedness and Response, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

ABSTRACT

Objectives: The Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA) conducts response training to evaluate collaboration among local governments (metropolitan and local), and related agencies for the rapid and effective management of emerging and re-emerging infectious diseases. This study aims to analyze the operational outcomes of the 2025 response training, and propose strategies for improvement.

Methods: Conducted across 17 metropolitan and provincial governments nationwide, the training program included four key areas: theoretical education on infectious diseases, functional exercises, tabletop exercises, and personal protective equipment training. Program effectiveness was evaluated through institutional assessments, individual participant-level evaluations and post-training satisfaction surveys.

Results: A total of 1,043 participants from 531 institutions participated in the training. Post-training evaluation demonstrated an enhanced understanding of response procedures and confirmed the effectiveness of interagency collaboration was confirmed. Overall, satisfaction survey results were positive.

Conclusions: Response training for emerging and re-emerging infectious diseases is crucial for strengthening local governments' field response capacity and assessing interagency collaboration. KDCA is going to strengthen response capacity of the local government by supporting training budget and by providing new scenarios.

Key words: Emerging infectious diseases; Re-emerging infectious diseases; Local government training; Crisis management response training

*Corresponding author: Yu-Jeong Min, Tel: +82-43-719-9100, E-mail: ujeong85@korea.kr

Introduction

Emerging and re-emerging infectious diseases remain significant threats to national public health, driven by increased global mobility, climate change, and ecological disruption.

Early response to such diseases is a key determinant of the scale of transmission and broader societal impact. Effective response requires well-defined and continuously evaluated collaborative systems among local governments, healthcare institutions, and related agencies. The Korea Disease Control and Prevention

Key messages

① What is already known?

Since 2010, the Korea Disease Control and Prevention Agency has consistently strengthened public health emergency preparedness at the local government level by implementing response training for emerging and re-emerging infectious disease crises.

② What is new?

In 2025, the training involved 1,043 participants from 531 institutions across 17 metropolitan and provincial governments. Evaluations showed high participant satisfaction and marked improvements in understanding of infectious disease response.

③ What are the implications?

This training plays an important role in strengthening local government capacity to respond to emerging and re-emerging infectious diseases and become a cornerstone of the national preparedness system.

Agency (KDCA) has conducted crisis response training since 2010 using hypothetical outbreak scenarios to assess response procedures and strengthen local public health emergency preparedness. Its primary objectives are to evaluate local government crisis management frameworks and enhance frontline personnel operational capacity. This study provides a systematic evaluation of the operational outcomes of the 2025 response training and identifies strategies for improvement [1].

Methods

1. Participating Institutions and Roles

The KDCA oversaw the training program, developing and distributing operational guidelines, functional and table-top exercise scenarios, and evaluation indicators to metropolitan

and provincial governments. The Regional Centers for Disease Control and Prevention offered technical support and assessed the training implementation. Each metropolitan and provincial government established and executed its own training plan, subsequently reporting the results to the KDCA. Provincial infectious disease control and prevention support groups assisted with training preparation and implementation by providing technical and personnel support. Public health centers at city, county, and district levels, along with related agencies, participated as training institutions [2].

2. Training Topics

The KDCA developed training manuals and scenarios for emerging and re-emerging infectious diseases, focusing on epidemiological likelihood and public health impact. Middle East Respiratory Syndrome, Avian Influenza in humans, and Ebola Virus Disease are the target diseases, classified as Group 1 nationally notifiable diseases. Each metropolitan and provincial government selected one scenario and developed and implemented a training plan to local response conditions.

3. Training Components

The training program comprised theoretical education, functional exercises, table-top exercises, personal protective equipment (PPE) training, and a final debriefing session. Theoretical education covered epidemiological characteristics and guidelines for the selected diseases. Functional exercises used simulated scenarios to focus on key response procedures, including reporting of travelers from high-risk countries, conducting epidemiological investigations, managing cases, and tracing contacts. Interactive activities, including quizzes and role-based tasks, were used to assess participants'

understanding and practical application. Tabletop exercises emphasized interagency coordination during initial case detection, subsequent confirmed cases, and post-event response, with a focus on inter-agency coordination. PPE training integrated theoretical instruction with hands-on practice in the donning and doffing of Level C or D equipment.

4. Evaluation

Training evaluation included institutional assessments, individual participant evaluations, and satisfaction surveys. Institutional assessments examined the appropriateness of training design and planning, the implementation quality, and evaluation and feedback mechanisms. Individual evaluations used pre- and post-training questionnaires to assess changes in understanding and response awareness. Satisfaction surveys assessed participants' perceptions of the training content and overall operation.

Results

1. Implementation Status

From May 14 to September 26, 2025, the KDCA conducted the 2025 response training for emerging and re-emerging infectious disease crises across 17 metropolitan and provincial governments, according to their respective schedules. Training topics included Avian Influenza in humans in 9 regions, Middle East Respiratory Syndrome in 6 regions, and Ebola Virus Disease in 2 regions.

2. Participating Institutions and Participant

Characteristics

A total of 1,043 individuals from 531 institutions

participated in the training. Participating institutions including local governments, infectious disease control and prevention support groups, quarantine stations, public health and environmental research institutes, fire departments, police, the military, the Ministry of Justice, education offices, and healthcare institutions. Among participants, 1,025 completed both pre- and post-training surveys. Of all participants, 77.9% female (n=798) and 22.1% male (n=227). The largest age group was individuals in their 30s (37.6%) formed the largest group, followed by those in their 40s (31.4%) and 50s (19.0%). By occupation, staff from metropolitan/provincial government and municipal/district infectious disease control officials accounted

Table 1. General characteristics of 2025 trainees (n=1,025)

Category	n (%)
Sex	
Male	227 (22.1)
Female	798 (77.9)
Age (yr)	
20–29	115 (11.2)
30–39	385 (37.6)
40–49	322 (31.4)
50–59	195 (19.0)
60+	6 (0.6)
Not reported	2 (0.2)
Occupation	
Infectious disease response (city/province, health center)	570 (55.6)
Healthcare institution	182 (17.8)
Disaster management department (provincial and municipal)	58 (5.7)
Fire department	54 (5.3)
Police	40 (3.9)
Education office	37 (3.6)
Quarantine	22 (2.1)
Diagnostic laboratory	22 (2.1)
Others ^{a)}	40 (3.9)

^{a)}Military, infectious disease control support unit, customs, animal quarantine department, veterinary research institute.

for the largest proportion, with 570 participants (55.6%), This was followed by healthcare workers (17.8%), disaster management personnel (5.7%), and firefighters (5.3%) (Table 1). Regarding general work experience, the largest proportion had 3–5 years of experience (24.9%), followed by 6–10 years (19.3%) and ≥ 21 years (16.3%). In contrast, infectious disease-related work experience was generally shorter: 26.5% had 3–5 years of experience, 22.8% had ≤ 1 year, and 16.3% had no prior experience (the most common category). Only 4.6% had ≥ 10 years of relevant experience. Furthermore, 52.9% were first-time training participants (Table 2).

Approximately 20% of participants were aged ≥ 50 years

and 24% had ≥ 15 years of general work experience, their infectious disease-related experience did not correspond proportionally to their overall work experience.

3. Knowledge Improvement

Participants' knowledge was assessed using identical ten multiple-choice questions on infectious disease knowledge and response procedures administered pre- and post-training. A total of 867 participants completed both the pre-and post-training surveys. The knowledge improvement rate was calculated as $\{(\text{post-training mean score} - \text{pre-training mean score}) / \text{pre-training mean score}\} \times 100$. The overall mean score increased by 14.1% increase following the training. By disease, the improvement rates were 16.4% for Middle East Respiratory Syndrome, 10.5% for Avian Influenza in humans, and 26.5% for Ebola Virus Disease (Table 3).

4. Satisfaction

The training achieved an overall satisfaction score of 4.6 on a 5-point Likert scale. Participants reported improved response procedure comprehension, increased awareness of the need for interagency collaboration, and provided practical benefits, particularly from hands-on PPE training.

5. Suggestions for Improvement

Participants suggested expanding training duration, increasing budget support, developing scenarios involving a wider range of related agencies, and incorporating sessions for sharing response experiences. Evaluators recommended extending tabletop exercise duration, improving survey response rates, strengthening facilitator capacity, revising lectures and scenarios to enhance interagency understanding, and

Table 2. Work experience of 2025 trainees (n=1,025)

Category	n (%)
Work experience at current institution (yr)	
<1	143 (14.0)
1–2	91 (8.9)
3–5	255 (24.9)
6–10	198 (19.3)
11–15	92 (9.0)
16–20	78 (7.6)
21+	168 (16.3)
Experience in infectious disease-related work (yr)	
None	167 (16.3)
<1	234 (22.8)
1–2	197 (19.2)
3–5	272 (26.5)
6–10	108 (10.5)
11–15	22 (2.1)
16–20	11 (1.1)
21+	14 (1.4)
No. of training participations	
None	542 (52.9)
1	245 (23.9)
2–3	172 (16.8)
4–5	24 (2.3)
6+	42 (4.1)

Table 3. Knowledge improvement rate assessment of 2025 trainees

Category	Total (n)	Average ^{a)}		Improvement rate (%) ^{b)}	p-value
		Pre-training	Post-training		
Overall	867	7.34±2.08	8.37±1.67	14.1	<0.001
Middle East Respiratory Syndrome	309	7.25±1.98	8.43±1.57	16.4	<0.001
Avian Influenza	444	8.02±2.08	8.86±1.67	10.5	<0.001
Ebola Virus Disease	114	4.97±2.14	6.29±1.79	26.5	<0.001

^{a)}Mean score±standard deviation, ^{b)}improvement rate (%): [(post-training score-pre-training score)/pre-training score]×100.

continuing to strengthen local-level capacity.

Discussion

The 2025 nationwide response training was implemented under the leadership of metropolitan and provincial government leadership, even without central budget support. Participant characteristics indicated that a substantial proportion had limited experience in infectious disease-related work or were participating in the training for the first time. This finding likely reflects frequent personnel rotation and job re-assignment within infectious disease response systems at the local-level. Furthermore, the training provided an opportunity to assess inter-agency collaboration in a setting that closely simulated real-world conditions, underscoring its importance in strengthening coordinated response capacity.

Previous training scenarios centered on Middle East Respiratory Syndrome, Avian Influenza in humans, and Ebola Virus Disease. However, the designation of Nipah virus as a Group 1 nationally notifiable infectious disease in September 2025 led to a corresponding training scenario and a pilot exercise conducted in November 2025 for local government response personnel. Beginning in 2026, Nipah virus will be incorporated into the core curriculum.

Because the training primarily focused on response

measures at public health centers, other interagency partners (e.g., fire departments, police, and healthcare institutions) have played relatively limited roles. The 2025 sessions expanded the role of participating agencies within the training program, and 2026 will implement a more structured approach to document the infectious disease response-related human and material resources of these agencies. In addition, the program will strengthen the role of healthcare institutions by addressing response measures for in-hospital cases and identifying areas where support from local governments is required.

Improving the training quality requires more refined evaluation indicators and systems. The Regional Centers for Disease Control and Prevention's pre-training consultation will be strengthened to support the development of tailored training programs that reflect regional risk factors and response capacities. To enhance evaluation objectivity and reliability, the number of internal evaluators will be increased to at least two. These initiatives are expected to support evidence-based improvements, including training budget allocation and strategies to increase participation in subsequent training cycles.

Response training for emerging and re-emerging infectious disease crises serves as a key strategy for maintaining and strengthening local public health emergency preparedness, given the need for rapid response and close interagency collaboration during outbreaks. The 2025 nationwide

training, conducted even without central budget support, demonstrated meaningful outcomes in assessing response systems and strengthening capacity across multiple institutions. Improvements in participants' response procedure comprehension and interagency collaboration effectiveness were also observed. With the anticipated dedicated funding allocation beginning in 2026, training implementation is expected to become more stable. The KDCA will continue to systematically incorporate training feedback to enhance quality and further strengthen local capacity to respond to emerging 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: EMP, BIK. Data curation: EMP. Formal analysis: EMP. Investigation: EMP. Project administration: EMP, BIK, YJM. Supervision: BIK, YJM. Validation: EMP, YMK, BIK. Writing – original draft: EMP, BIK, YMK. Writing – review & editing: EMP, YMK, BIK, YJM.

References

1. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). Results of the 2025 emerging and re-emerging infectious disease crisis management response training: results report. Cheongju: KDCA; 2025 Dec.
2. Park EM, Hur H, Kim BI, Yeo SG. Results of the 2024 emerging and re-emerging infectious disease crisis management response training. Public Health Wkly Rep 2025;18:545-59.

매일 흡연을 국제비교(2023년, OECD 가입국가 기준)

2023년 기준 경제협력개발기구(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 매일 흡연율을 비교한 결과, 우리나라는 15.3%로 OECD 평균(13.2%)보다 2.1%p 높았다. 성별 비교 시 남자는 26.8%로 OECD 평균보다 10.4%p 높은 반면 여자는 3.8%로 OECD 평균보다 6.4%p 낮았다(그림 1).

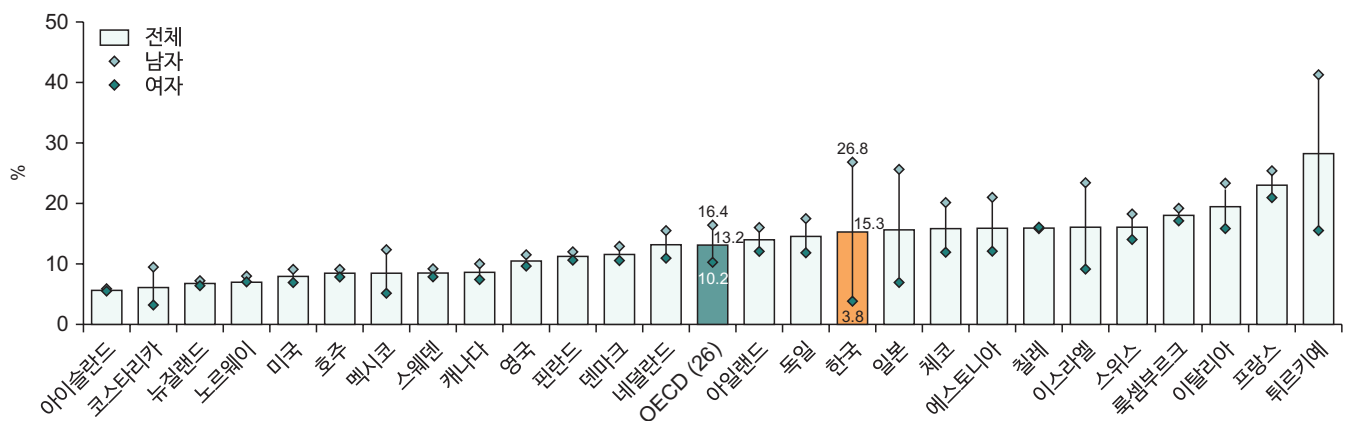


그림 1. 매일 흡연을 국제비교 - OECD 26개 회원국

*매일 흡연율: 15세 이상 인구 중 매일 담배(일반담배(필러))를 피우는 인구의 비율

† OECD (26): 2023년(혹은 인접 과거 연도) 통계가 있는 26개국의 평균

출처: 경제협력개발기구(OECD) 건강통계, 2025

작성자: 질병관리청 만성질환관리국 건강영양조사분석과 김도연

QuickStats

International Comparison of Daily Smoking Rates among OECD Countries (2023)

According to Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) data on daily smoking rates as of 2023, the rate in Republic of Korea was 15.3%, which is 2.1%p higher than OECD average (13.2%). The daily smoking rate for men was 26.8%, which is 10.4%p higher than the OECD average, while the rate for women was 3.8%, which is 6.4%p lower than the OECD average (Figure 1).

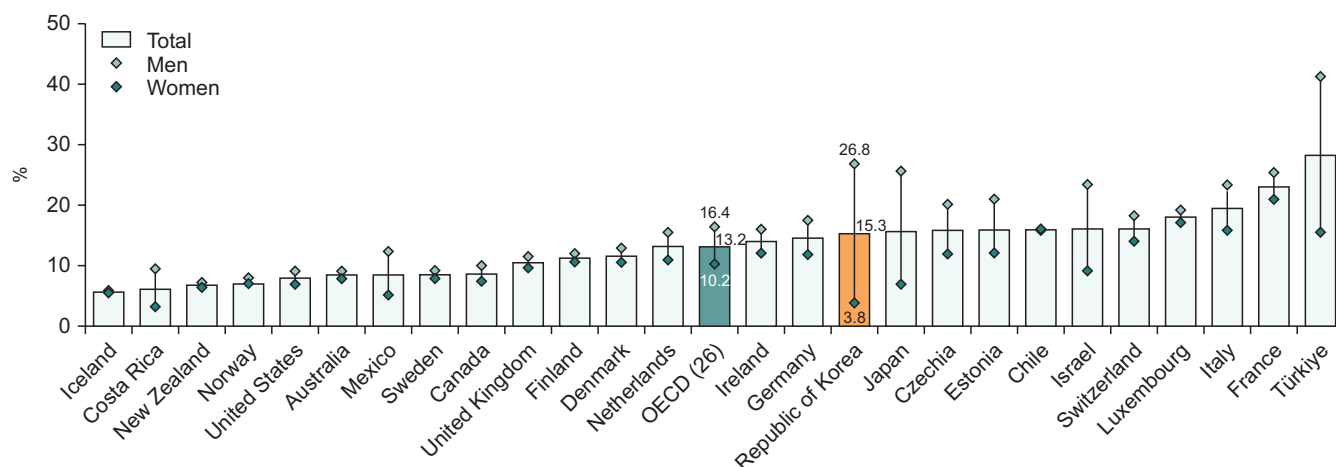


Figure 1. Proportions of daily smokers, compared with 26 OECD countries

*The proportion of daily smokers is defined as the percentage of the population aged 15 years and over who report smoking tobacco everyday.

†OECD (26): average for 26 OECD countries with 2023 (or nearest year) statistics.

Source: OECD Health Statistics, 2025

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

직접흡연으로 인한 사망자 수 및 사회경제적 비용 추이, 2019-2023년

30세 이상 성인의 직접흡연으로 인한 사망자 수는 2023년 기준으로 68,536명(남자 60,216명, 여자 8,320명)이었다(그림 1). 직접흡연으로 인한 사회경제적 비용은 2023년 14조 9,517억 원으로, 최근 5년간 지속적으로 증가하여 2019년 대비 2조 7,604억 원 늘었다(그림 2).

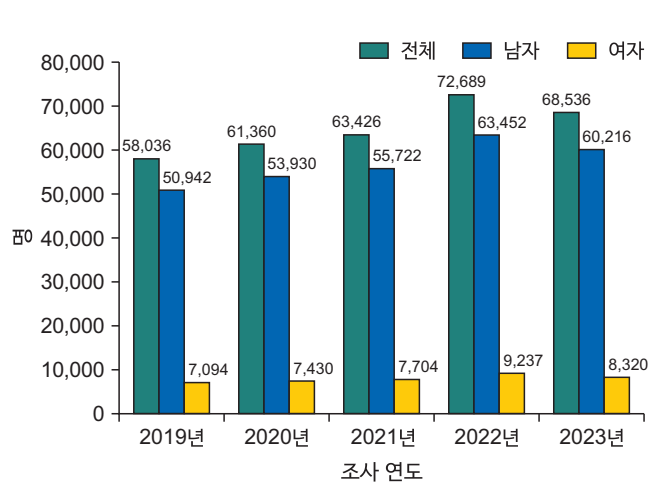


그림 1. 2019-2023년 직접흡연 기인 사망자 수

*사회경제적 비용은 질병으로 인해 발생하는 의료비, 교통비 등 '직접비'와 조기사망 및 의료이용으로 인한 생산성 손실과 같은 '간접비'를 합한 것

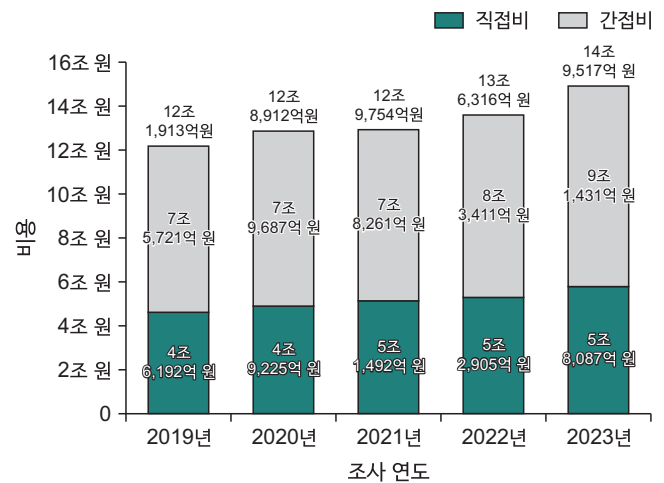


그림 2. 2019-2023년 직접흡연 기인 사회경제적 비용

출처: 흡연 기인 사망 및 사회경제적 부담 산출 연구

작성자: 질병관리청 건강위해대응관 기후보건 · 건강위해대비과 박성희

QuickStats

Trends in Deaths and Socioeconomic Costs Attributable to Direct Smoking in the Republic of Korea, 2019–2023

The estimated number of deaths attributable to direct smoking among adults aged 30 years and older was 68,536 (60,216 men and 8,320 women) in 2023 (Figure 1). The socioeconomic costs attributable to direct smoking increased to 14.9517 trillion KRW in 2023 as compared to 2.7604 trillion KRW in 2019, reflecting a steady increase over the past 5 years (Figure 2).

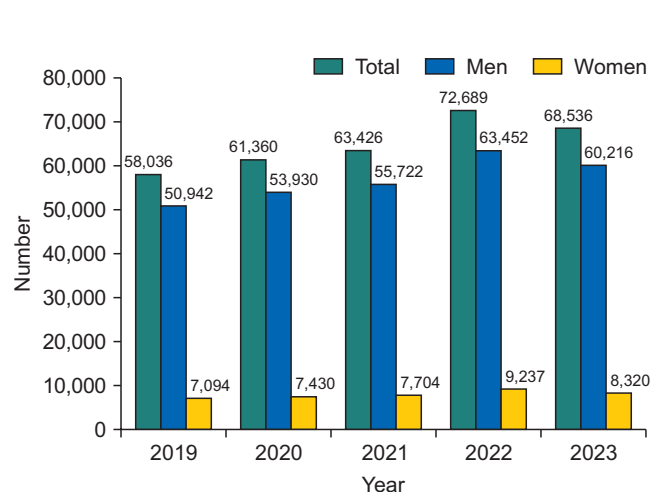


Figure 1. Deaths attributable to direct smoking, 2019–2023

*Socioeconomic costs are the sum of “direct costs,” such as medical and transportation expenses, and “indirect costs,” such as productivity losses due to premature death and medical utilization caused by smoking-related disease.

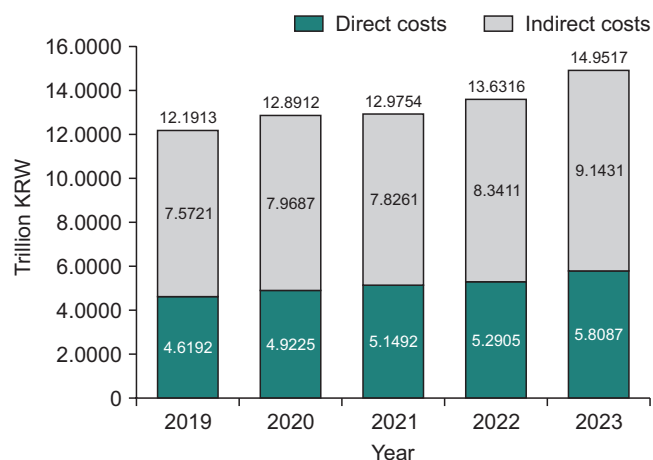


Figure 2. Socioeconomic costs attributable to direct smoking, 2019–2023

Source: Estimating Smoking–Attributable Mortality and Socioeconomic Burden in South Korea

Reported by: Seonghee Park , Division of Climate Change and Health, Department of Health Hazard Response, Korea Disease Control and Prevention Agency