

수도권 지역 코로나바이러스감염증-19 발생 시기별 감염경로 다이나믹스

이진희^{1*} | 박민숙² | 이상원³

¹ 국토연구원

² 위스콘신-밀워키 대학교

³ 연세대학교

* 교신저자: 이진희 (jhlee@krihs.re.kr)

초 록

코로나19와 관련하여 지난 일 년 동안 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다. 하지만 바이러스의 빠른 전파력으로 인해 매일 수백 명의 신규 확진자가 발생하는 상황에서, 코로나19 바이러스 전파의 시간적·공간적 특징을 확인하기란 어려운 일이기 때문에 주요 감염경로 및 집단감염에 대한 연구는 상대적으로 미흡하다. 코로나19 주요 감염경로나 집단감염의 시·공간적 특성에 대한 이해는 개인 및 정부의 방역 정책과 직결되는 문제이기 때문에 매우 중요하다. 본 연구의 목적은 코로나19 확진자 현황 자료를 토대로 실제 대규모 감염이 발생하는 시설, 즉 주요 감염경로를 구분하고, 감염 패턴에 시기별 차이와 집단감염 특성, 정부 방역 정책의 효과를 탐색하는 데에 있다. 기존 연구와 달리 코로나19 주요 감염경로를 유행 시기별로 구분하여 파악하였으며, 특히 정부의 방역 기간과 수준에 따라 개별 감염경로에서의 확진자 발생에 차이가 있는가를 살펴보고 있다. 또한 감염병로별 집단감염 특성을 분석하였다.

그 결과 코로나19 전파에는 계절적 요인 보다는 밀폐된 실내에서의 활동 수준의 영향이 크며, 1, 2, 3차 유행 시기에 따라 주요 감염경로가 변하고 있고, 이용제한과 같은 강력한 방역조치가 일부 감염경로에서는 확진자 저감에 효과가 있었던 것으로 나타났다. 또한 시설별로 발생하는 집단감염 규모 등의 특성에 차이가 있었다. 이는 고위험시설로 알려진 일부 시설에서는 집합금지과 같은 정부의 방역 조치가 코로나19 전파 차단에 어느 정도 효과가 있으나 각 시설의 특성에 따라 상이한 방역조치가 이루어져야 함을 알려준다.

주요 용어: 코로나19, 집단감염, 전파, 핫스팟

알기 쉬운 요약

이 연구는 왜 했을까? 코로나19 사태가 장기화되면서 사회적 거리두기 등에 대한 피로도가 높아지고 있다. 이에 실제로 어느 공간에서 코로나19 감염이 많이 일어났는지, 시기나 방역 수준에 따라 그에 차이가 있었는지를 밝히고, 이를 통해 정부 정책에 도움이 되는 근거를 마련하고자 하였다.

새롭게 밝혀진 내용은? 밀폐된 실내에서의 활동 수준이 코로나19 바이러스 전파에 가장 큰 영향을 미치며, 특히 1, 2, 3차 유행 시기에 따라 주요 감염경로가 변하고 있다. 또한 사회적 거리두기의 일환인 집합금지 등의 강력한 방역조치가 유흥시설이나 종교시설, 방문 판매시설 등의 일부 감염경로에서는 확진자 감소에 효과 있었다. 이 외에도 주요 감염경로인 시설 유형별로 발생하는 집단감염 규모 등의 특성에 차이가 있음을 알게 되었다.

앞으로 무엇을 해야 하나? 주요 감염경로의 특성에 따라 코로나19 발생 수준과 방역의 효과에 차이가 있는 것이 확인된 만큼, 시설 및 공간 특성에 맞춘 차별적이며 실효성 있는 방역조치가 이루어져 일상생활로의 복귀를 조금이라도 앞당길 수 있도록 노력하는 것이 필요하다.

■ 투고일: 2021. 04. 30.

■ 수정일: 2021. 06. 14.

■ 게재확정일: 2021. 06. 22.

I. 서론

감염병이란 사람이나 동물 등의 생물체에 해를 입히는 병원체가 여러 경로로 전파되어 새로운 생물체에 정착한 후 증식과 감염을 일으키는 질환을 의미한다(강영희, 2014). 인류 역사상 다양한 종류의 감염병이 창궐했었고, 짧은 시간 동안 집단적으로 유행하면서 막대한 인적·사회경제적 피해를 야기하였다. 세계은행에 따르면 중증호흡기증후군(SARS, 이하 사스)이나 신종 인플루엔자(H1N1, 이하 신종플루), 중증호흡기증후군(MERS, 이하 메르스)과 같이 지난 20년간 발생한 신종 및 변이 감염병으로 인한 전체 사회경제적 손실이 약 916조에 달한다고 알려져 있다(김주원, 홍미영, 2018; 이진희, 박정호, 이경주, 2020, p.3에서 재인용). 최근 전 세계적으로 문제가 되고 있는 호흡기 감염질환인 코로나바이러스감염증-19(COVID-19, 이하 코로나19)는 2019년 12월 중국 후베이성 우한에서 처음 발견된 이후 지금까지 약 1년 4개월이 지나면서 약 300만 명의 사망자를 기록하고 있다(WHO COVID-19 dashboard¹⁾). 국내의 경우 2020년 1월 20일 첫 코로나19 확진자가 확인되었고, 2021년 3월 31일 기준 1,731명이 사망하였으며, 10만 3,080명 이상이 코로나19에 양성반응을 보인 것으로 보고된다.

코로나19가 전례 없는 빠른 확산을 보이는 것은 비말과 직간접적인 접촉을 통한 사람 간 바이러스 전파력이 높고 증상 발현 이전에 이미 감염이 진행되기 때문인 것으로 알려져 있다(Lai et al., 2020). 이러한 이유로 대부분 국가에서는 백신이 도입되기 이전에는 사회적 거리두기나 마스크 착용과 같이 비말의 전파를 차단할 수 있는 비약물적 개입을 통하여 코로나19에 대응하는 것을 우선시하였다(Bourassa et al., 2020; Gössling et al., 2020; Sebhatu et al., 2020). 국내에서도 중앙정부와 지방자치단체 모두 사회적 거리두기의 일환으로 여행 제한이나 재택근무 권고와 같은 낮은 수준의 조치부터 학교 및 직장 폐쇄나 격리, 집합금지와 같은 높은 수준의 규제까지 여러 방역 조치를 적용 중이다. 특히 다중이용시설의 경우 두 차례의 사회적 거리두기 단계별 방역 기준을 도입하면서 코로나19 유행 단계에 따라 집단감염 위험성이 높은 특정 시설에 대한 강도 높은 방역인 집합금지나 운영제한과 같은 규제가 이루어지고 있다. 코로나19 확산세가 진정되지 않고 다양한

통로로 확산되고 있는 상황에서 효과적인 방역 방침 설정에 도움을 주고자 다음과 같이 세 가지 질문을 생각하였다. 1) 코로나19 유행 시기에 따라 주요 감염경로별 감염 확산 정도가 변하는가? 2) 정부의 방역 조치가 주요 감염경로에서의 감염 발생 저감에 효과를 보였는가? 3) 개별 감염경로에서의 집단감염 발생에 차이가 있는가? 이러한 질문을 바탕으로 본 연구에서는 코로나19 발생 현황 자료를 토대로 감염 발생 패턴을 시기와 감염경로별로 살펴보았다. 또한 개별 감염경로에서 발생한 집단감염을 그 규모와 건수 측면에서 조사하였다. 이를 위해 먼저 코로나19 바이러스의 전파 특성 등에 대한 선행 연구를 검토하였고, 코로나19 확진 현황 자료를 구축하여 발생 추이에 대한 분석을 진행하였다. 본 연구는 2020년 1월 20일부터 2021년 3월 31일까지 수도권에서 발생한 코로나19 발생 현황 자료를 토대로 그 패턴을 단순 분석하여 결과를 탐색하는 연구(exploratory analysis)이다. 하지만 수도권은 전체 코로나19 확진자 60% 이상이 거주하고 있는 공간이며, 코로나19 사태가 장기화되는 상황에서 발생 추이와 그에 영향을 미치는 요인을 보다 정밀하게 분석하는 시도가 아직 이루어지지 않았다는 점에서 그 의의가 있다. 또한 특정 감염경로와 시기에 따라 코로나19 감염 발생 패턴을 확인하는 것은 개인의 방역 활동과 함께 정부의 코로나19 방역 지침에 대한 방향성을 마련하는 토대가 될 것이다.

II. 이론적 배경 및 선행연구

1. 코로나19 바이러스 전파

감염병의 전파란 감염증을 야기하는 병원체(pathogen)가 병원체를 포함하고 있던 생물, 즉 병원소에서 탈출하여 새로운 숙주로 옮겨가는 과정을 말한다. 병원체의 주요 동인은 미생물로, 일반적으로 균류와 원생동물, 박테리아, 바이러스의 네 가지 유형으로 구분된다(Sabel et al., 2010, p.112). 코로나19의 경우 SARS-CoV-2(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2)라 명명된 바이러스(이하 코로나19 바이러스)가 감염증을 일으키는 병원체로, 특히 폐렴과 급성 호흡곤란 증후군 및 사망의 원인이 된다(박수은, 2020, p.2). 감염병의

1) <https://covid19.who.int/info/> 2021년 4월 24일 접속

전파 방법은 매우 다양한데, Sabel et al.(2010, pp.114-115)은 일반적인 병원체 전파 방식을 공기(Airborne), 물 또는 음식물(water- and food- borne), 매개체(Vector - borne), 직·간접적 물리적 접촉(Direct and indirect physical contact)의 네 가지로 구분하고 있다. 코로나19 바이러스는 다른 호흡기 바이러스와 마찬가지로 감염자에게서 나온 비말이나 감염자와의 직·간접적 접촉을 통하여 전파되는 것으로 알려져 있다(허중연, 2020, p.68). 비말을 통한 전파는 공기를 통한 전파를 의미하는데, 비말에 포함된 바이러스가 호흡이나 기침, 재채기 과정에서 병원소, 즉 감염자로부터 탈출하여 공기 중에 일정 시간 머물다가 새로운 숙주의 호흡기를 통하여 몸속으로 침입하게 되는 방식이다(Sabel et al., 2010, p.114; 이진희, 박정호, 이경주, 2020, p.18에서 재인용). 또한 직·간접적 물리적 접촉이란 감염자와의 직접적인 신체 접촉이나 감염자가 만진 물건을 통하여 바이러스가 전파되는 방식으로, 간접적인 접촉의 경우 무생물이 매개 역할을 하는 경우가 대부분이다(Sabel et al., 2010, p.114; 이진희, 박정호, 이경주, 2020, p.18에서 재인용).

코로나19가 앞선 코로나 계열 바이러스인 사스나 메르스와 달리 대규모 집단감염으로 확산되고 있는 이유는 주요 증상이 발현되기 전부터 바이러스가 다량 배출되는 역학적 특성을 가지고 있기 때문이다. 사스나 메르스 바이러스는 임상 증상 발생 수일 후에 전파가 일어나며, 특히 증상이 발생한 지 10일 경에 가장 많은 바이러스 양이 호흡기에서 발견되는 것으로 알려져 있다(박수은, 2020, p.5). 반면에 코로나19 바이러스의 경우 앞선 두 바이러스보다 빠르고 강한 전파력을 보이고 있는데, 중국 광저우 질병관리본부는 예비 조사에서 코로나19 바이러스 배출을 상기도에서 증상 발생 1-2일 전부터 확인하였다(허중연, 2020, p.68). 따라서 코로나19 바이러스는 무증상기 전파가 가능하며, 무증상 감염 역시 보고되고 있다(박수은, 2020, p.6). 코로나19 바이러스의 평균 잠복기는 5일 정도로(Lauer et al., 2020, p.3), 바이러스 배출은 중증증 환자의 경우 7일에서 12일 정도 지속되며, 중증 환자는 최대 2주까지 가능하다(허중연, 2020, p.68). 따라서 코로나19는 기존 호흡기 감염병의 성격을 가지고 있으나 확산 규모가 크고 속도 역시 빠르므로 타 감염병과 전파 추이가 상이할 수 있다.

2. 코로나19 주요 감염경로 및 전파에 영향을 미치는 요인

앞선 내용에서 코로나19 바이러스의 전파 방식과 특성을 알아보았다. 코로나19 바이러스는 공기 중 비말이나 감염자와의 직·간접적 접촉을 통하여 전파되므로 감염자와의 물리적인 거리가 전파의 가장 중요한 요소이다. 따라서 사람들이 밀집하는 실내의 경우 코로나19 바이러스 전파 위험성이 높고, 그로 인하여 집단감염이 발생할 가능성 역시 높다. 그러므로 코로나19 바이러스가 전파되어 집단감염으로 확대될 수 있는 주요 공간의 유형과 특성을 이해하는 것은 바이러스의 재확산을 막는 동시에 사회적 거리두기와 같은 방역 조치를 성공적으로 해제하는데 중요한 근거이다(Endo, 2020; Leclerc et al., 2020). 이와 함께 코로나19 발생에 영향을 미치는 주요 요인을 알면 보다 효과적인 방역이 가능하다.

가. 코로나19 주요 감염경로

기존 코로나19 바이러스 전파에 대한 문헌연구 결과, 유흥시설, 빌딩, 요양시설, 병원, 종교, 교육시설 등 21개 공간에서 100건 이상의 감염사례가 발생한 것으로 파악되었다(Leclerc et al., 2020). 이 중 특히 교회, 공장 기숙사, 교정시설, 학교, 쇼핑, 병원, 요양시설 등 특히 실내 공간에서 대규모 집단감염이 발생하여 밀폐된 실내에서 다수의 사람들이 활동하게 되는 공간적 특성이 바이러스의 전파 정도에 영향을 미치는 것으로 확인되었다(Leclerc et al., 2020). 이러한 이유로 미국 연방정부 질병통제센터(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)는 코로나19 대응을 위한 연방정부 차원의 가이드라인에서 사람 간 최소 6피트 이상의 거리를 유지하지 않는 음식점이나 주점의 경우 코로나19 바이러스 위험도가 가장 높다고 경고하였다²⁾. 또한 Blocken et al.(2020, p.2)은 코로나19 팬데믹 기간 네덜란드 실내 체육관과 헬스장 재개방에 대한 안전성 검증에 있어 실내체육시설은 1인당 최소 1초에 6.5의 큐빅데시미터(Cubic Decimeter) 공조 시스템을 갖추지 않으면 위험하다고 주장하였다. 이 외에도 Kiaghadi et al.(2020, p.6)은 코로나19 위험성 분석을 위한 연구에서 가공육 시설의 경우 밀집한 실내에서 장시간 노동을 해야 하

2) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/organizations/business-employers/bars-restaurants.html>

는 환경이 코로나19 전파에 위험함을 지적하였고, Steinberg et al.(2020) 역시 미국 사우스 다코타 지역의 육가공업체 노동자의 25.6%, 접촉자의 8.7%가 코로나19에 확진된 것을 확인하여 모여서 작업하는 환경이 코로나19 바이러스 전파를 촉진시킴을 밝혔다.

국내 연구에서도 코로나19 첫 확진자가 발생한 2020년 1월 20일부터 일 년 동안 코로나19 주요 집단발생 특징을 분석한 연구에서 종교 및 요양, 직장, 가족·지인모임, 의료기관, 체육·여가시설, 교육시설, 교정시설 및 군부대, 일반음식점 및 카페, 방문판매모임 등이 집단감염의 주요 경로로 확인되었다(장진화 외, 2021). 실제 발생 사례를 통하여 코로나19 위험 시설로 밝혀지지 않은 경우라도 사람들은 다중이용시설과 같이 다수의 사람들이 실내에서 이용하는 환경이 코로나19 대응에 취약한 것으로 인식하고 있는 것으로 나타났다. Benzell et al.(2020, p.14, 643)이 미국의 13가지 주요 집합시설에 대한 소비자의 코로나19 확산 위험도 인식을 조사한 결과, 많은 사람들이 카페, 옷가게, 실내체육시설, 대형점포, 슈퍼마켓, 종교시설 등에서의 코로나19 바이러스 전파 위험도를 높게 인식한 반면, 차량정비소, 은행, 대학교, 치과, 전자제품 상점 등의 위험도는 낮게 평가하였다.

이 외에도 여러 연구에서 폐쇄된 환경과 거주자의 생물학적 열악함으로 요양 관련 시설이 코로나19 전파뿐만 아니라 대응에도 취약함을 확인하였다(McMichael et al., 2020; Lopez et al., 2020; Bagchi, et al., 2021). 미국의 경우 워싱턴 주에서 2020년 1월 말에 첫 확진자 발병 이후, 1차 유행 시기에는 양로원 및 장기요양기관에서 시작된 집단감염이 유행 시기 내내 촉매작용을 한 것으로 나타났다. 이후 노인원호 생활 시설, 장기요양소, 요양시설 등 집합시설을 통해 빠르게 확대되면서 한 달여 만에 미전역으로 퍼져나갔다(Solis et al., 2020). 그 과정에서 특히 가족 및 의료진의 방문, 음식, 그룹 모임 등이 위와 같은 집합시설에 코로나19 바이러스 전파의 주요 원인이 되었으며, 이후 만성 기저질환을 보유하고 있으면서 면역력이 약화된 거주자들 사이에서 급속히 확산된 것으로 파악되었다(Koff & Williams, 2020; Alpert et al., 2019). 장진화 외(2021, p.490)도 국내 요양병원과 요양시설 관련 확진자의 치명률은 12.0%로 2021년 1월 국내 기준 치명률(1.75%)의 약 7배가 되는 등 요양 관련 감염의 위험성을 지적하였다.

나. 코로나19 전파에 영향을 미치는 요인

코로나19 사태 초기, 전 세계의 팬데믹 상황에 대한 예측을 위해 코로나19 바이러스 전파에 영향을 미치는 요인에 대한 다수의 연구가 진행되었다. 그 중 기온과의 관계에 대한 연구가 많았는데, 호흡기 바이러스인 코로나19 바이러스는 계절적 영향, 특히 기온에 따라 전파 속도가 달라지는 것으로 밝혀졌다. Notari(2021, p.6)는 기온이 높을수록 코로나19 바이러스 전파가 느리며, 특히 섭씨 25도인 사례와 비교할 때, 섭씨 5도 일 경우 더블링 기간(일일 확진환자 수가 2배로 증가하는 경우가 1주일 이내에 2회 이상 발생)이 40~50% 더 길어지는 사실을 확인하였다. Lotfi, Hamblin, & Rezaei(2020, p.263) 역시 평균 기온과 습도가 코로나19 바이러스 전파에 영향을 미친다는 사실을 밝히면서, 특히 평균 기온이 높을수록 코로나19 바이러스 전파가 약화된다고 주장하였다. 기온 외에도 코로나19 바이러스가 비말이나 접촉에 의해 전파되는 것이 확인된 만큼 사람들의 외부활동, 특히 이동과 전파력의 관계에 대한 연구가 진행되었다. Nouvellet et al.(2021, p.6)은 코로나19와 같이 전파 과정에 있어 감염자와의 거리가 중요한 경우에는 이동량을 줄이면 바이러스 전파가 차단된다는 전제 하에 52개국의 인구 이동과 바이러스 전파에 대한 자료를 분석, 이동과 바이러스 전파의 상관관계는 시간이 지날수록 변화하지만 이동을 줄이는 경우 다른 사회적 거리두기 조치를 통하여 대유행을 조절할 수 있음을 확인하였다. 이러한 선행 연구 결과를 토대로 코로나19 감염 발생이 여름에 완화되었다 겨울에 증가하며, 이동을 제한하는 강력한 방역 조치가 이루어질 경우 감소할 것임을 예측할 수 있다. 또한 코로나19 바이러스의 전파는 호흡기 바이러스 자체의 특성에 따라 기온 변화 등 자연적 특성과 더불어 방역 조치 및 이에 대한 시민들의 피로도와 같은 사회적인 요소에도 영향을 받은 것으로 나타났다(Seong et al., 2021; Peterson et al., 2020; Rypdal et al., 2020). 1차 보다 상대적으로 감염 규모가 컸던 2차 및 3차 유행은 대체로 방역 조치(Seong et al., 2021)의 영향이 컸으며, 이에 대한 시민들의 피로도(Rypdal et al., 2020)의 영향도 받은 것으로 보고되었다. 이탈리아의 경우 방역 조치의 신속성과 강도가 인근 지역으로의 바이러스 확산을 막은 것으로 분석되었다(Giuliani et al., 2020).

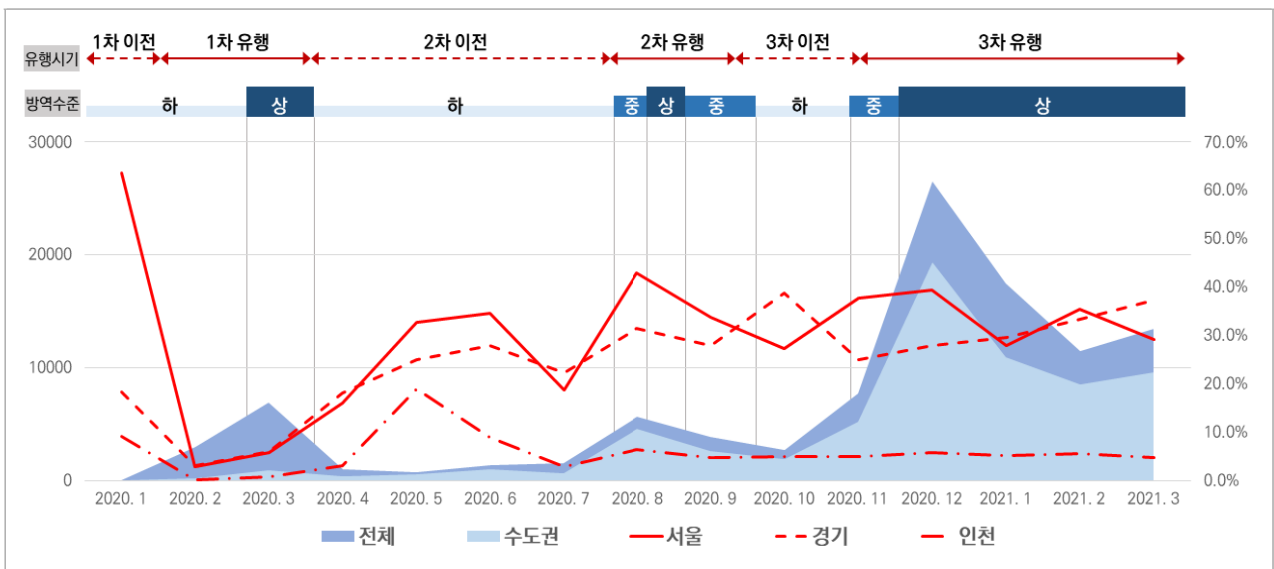
III. 연구방법

1. 자료 측정 및 분석 방법

본 연구의 목적은 국내에서 코로나19 확진자가 처음 발생한 2020년 1월 20일부터 2021년 3월 31일까지 약 1년 3개월 동안 수도권에서 발생한 코로나19 확진 현황을 토대로 시기별, 방역 수준에 따라 주요 감염경로와 집단감염 발생 추이를 분석하는 것이다. 수도권은 코로나19 사태 초기 신천지발 집단감염 지역이었던 대구·경북지역을 제외하고 가장 높은 코로나19 확진률을 보인 지역으로, 2021년 1사분기까지 전체 확진자의 64%가 발생하였다. 시기별로 살펴보면 코로나19 발생 초기인 2020년 4월까지의 전체 확진자에서 차지하는 비중이 작다가(2020년 3월 12.5%, 4월 37.0%), 5월부터 증가하기 시작하여, 2020년 8월에는 전체 확진자의 약 80.5%를 차지하는 등 비중이 점차 증가하고 있다(그림 1) 참고). 또한 정부의 방역 조치 역시 수도권에 집중되어 있으며, 서울특별시나 경기도의 경우 자체적인 방역 조치를 시행하고 있어 주요 감염경로 확인과 방역의 효과를 파악하는데 적합한 사례지역이다.

연구에서 사용한 자료는 서울특별시³⁾, 경기도⁴⁾, 인천광역시⁵⁾에서 인터넷상에 공개한 코로나19 확진자 발생 현황이다. 질병관리청에서도 개별 지방자치단체에서 제공하는 자료를 취합·재분류하여 사용하고 있기 때문에 본 연구에서 사용한 자료 역시 정확도 측면에서 질병관리청의 자료와 큰 차이가 없으며, 오히려 접촉력에 대한 구체적인 정보를 포함하고 있어 실제 발생 현황이나 집단감염의 규모 등을 파악하는데 적절한 자료라 할 수 있다. 다만 속도가 빠르고 대규모로 확산되는 코로나19 바이러스 전파 특성에 따라 감염경로가 확인되지 않은 경우나 역학조사가 완료되지 않은 사례의 경우 실제 현황과 약간의 차이가 발생할 수 있으나, 이러한 문제는 질병관리청에서 제공하는 코로나19 발생 현황을 포함, 감염병 관련 연구가 내포하고 있는 한계라 할 수 있다. 분석의 주된 기준인 감염경로는 질병관리청 분류 기준을 토대로 <표 1>과 같이 구분하였다. 분석 기간 동안 세 곳의 지방자치단체에서 제공한 확진자 자료는 총 66,048명이며(서울특별시 32,230명, 경기도 28,727명, 인천광역시 5,091명), 이 중 감염경로가 확인된 사례는 51,660명으로 전체의 78.22%에 해당한다.

그림 1. 수도권 코로나19 확진 비중 변화



자료: 저자 작성

3) 서울특별시 코로나19 확진자 현황 (<https://www.seoul.go.kr/coronaV/coronaStatus.do>)
 4) 경기도 코로나19 확진자 현황 (https://gnews.gg.go.kr/briefing/brief_covid19.do)
 5) 인천광역시 코로나19 확진자 현황 (<https://www.incheon.go.kr/health/HE020409>)

표 1. 코로나19 감염경로 구분

감염경로	설명	감염경로	설명
요양관련	요양병원 및 데이케어센터 등 관련	노래연습장	노래방 및 노래연습장 관련
의료기관	병의원 관련	유흥시설	클럽, 유흥업소, 주점, 와인바 등 관련
도심집회	8.15 도심집회 관련	일반음식점·카페	음식점 및 카페 관련
종교관련	교회나 사찰 등 종교시설 관련	기타다중이용시설	미용업, 복지센터, 소매점 등 분류되지 않은 다중이용시설 관련
교육시설	학교 및 학원 관련	군부대관련	군부대 내 전파 관련
가족지인모임	가족 및 지인 모임 관련	교정시설	구치소 등 관련
사업장	사무실 및 작업장 등 관련	신천지	신천지 관련
체육시설	실내외 체육시설 및 연습실 등 관련	해외유입	-
다단계·방문판매	다단계, 방문판매, 설명회 등 관련	확진자접촉	-
목욕탕·사우나	목욕탕 및 사우나 관련	미분류	-

자료: 저자 작성

시기별 코로나19 주요 감염경로 파악을 위해 본 연구에서는 개별 확진자 자료의 확진일을 코로나 유행 기간별로 분류한 후(<표 2> 참고), 각 시기별로 확진자 발생 건수를 합산, 해당 시기의 총 합으로 나누어 시기별 코로나19 주요 감염경로의 비중을 산출하였다. 또한 주요 감염경로에서의 코로나19 발생 패턴 확인을 위해 확진 현황과 정부 방역 정책을 기준으로 방역 기간을 유형화한 후, 개별 확진자 자료를 연계하여 주요 감염경로에서의 코로나19 전파 변화를 살펴보았다.

집단감염이란 질병이 시간적·공간적으로 연관되어 집단 발생하는 경우를 의미한다(질병관리본부, 2019). 따라서 코로나19와 같이 선행 확진자에서 추가 전파되는 경우 집단감염의 조건을 충족하고 있으나, 여기에서 집단을 분류하는 기준은 명확하지 않다. 장진화 외(2021, p.483)의 경우 최소 5인 이상이 집단 발생한 경우를 집단감염으로 전제하였다. 이에 본 연구에서도 연속된 기간 동안 특정 감염경로(예를 들어 ○○병원 등)를 통하여 코로나19에 감염된 사례가 5인 이상인 경우를 집단감염으로 정의하였다. 따라서 감염경로별 집단감염 발생 특성을 확인하기 위하여 주요 감염경로로 확인된 시설에

대하여 동일한 경로를 통해서 연속으로 5인 이상의 확진자가 발생한 경우의 규모와 사례 건수를 개별 시설별로 조사하였다.

2. 코로나19 유행 시기 및 방역 기간 구분

가. 코로나19 유행 시기 구분

전 세계적으로 코로나19는 크게 세 차례의 유행이 발생한 것으로 알려져 있다. 1차 유행은 2020년 3~4월 미국과 유럽을 중심으로 한 확산세이며, 2차는 2020년 여름 남미와 남아메리카 중심, 3차는 2020년 10월부터 미국과 유럽을 중심으로 한 유행으로 이전 유행 시기보다 확산세가 강하게 나타난다(우영진, 2020, p.1). 국내에서도 현재까지 총 세 차례의 유행이 발생한 것으로 논의되는데, 정확한 날짜는 연구자에 따라 상이하다. 장진화 외(2021, p.483)는 1차 유행을 2020년 2월 18일에서 5월 5일까지, 2차 유행을 8월 12일부터 11월 12일까지, 3차 유행은 2차 유행 바로 다음으로 2021년 1월

표 2. 코로나19 유행 시기 구분

구분	시기	시점	중점
1차 유행	20. 2. 18 ~ 4. 20	신천지 관련 확진자 발생	완화된 사회적 거리두기 적용
2차 유행	20. 8. 16 ~ 9. 28	8.15 도심집회 관련 확진자 발생	전국 거리두기 2단계 조정
3차 유행	20. 11. 23 ~ 21. 3. 31	주 평균 국내발생 일일확진자 수 전국 400명* 이상, 전국 유행단계	현재까지 지속

주: 중앙재난안전대책본부에서 제공한 5단계 사회적 거리두기 기준에서는 주 평균 일일 400명 이상 확진 시 전국적 유행이 본격화된 것으로 간주함 (보건복지부, 2020. 11. 1)

자료: 저자 작성

19일 현재 진행 중인 것으로 보았다. 본 연구에서는 주(week) 평균 일일확진자 수와 정부의 방역 조치를 기준으로 코로나19 유행 기간을 <표 2>와 같이 조작적으로 구분하였다.

나. 코로나19 방역 기간 구분

정부는 2020년 1월 20일 국내 첫 코로나19 확진자가 발생한 후인 1월 23일 감염병 위기경보를 ‘주의’단계로 격상하였고, 2월 4일 처음으로 ‘신종 코로나바이러스감염증 유행대비 집단시설·다중이용시설 대응지침’을 배포하였다. 본 지침에서는 감염 예방을 위한 위생 관리 방안 등이 제시되어 있다. 2월 23일 감염병 위기경보가 ‘심각’으로 격상되면서 다음날부터

전국 유·초·중·고 개학이 연기되었고, 1차 유행이 발생한 이후 3월 23일 강력한 사회적 거리두기가 추진되면서 서울특별시는 영업 중인 422개 유흥업소(룸살롱, 클럽, 콜라텍 등)에 대한 집합금지 명령을 시행하는 등 강도 높은 방역 조치를 적용하였다. 이후 일일 확진자 발생이 감소하면서 완화된 ‘사회적 거리두기’, ‘생활 속 거리두기’로 전환되었으나 서울특별시와 경기도에서는 유흥시설을 중심으로 강력한 방역 활동은 계속되었다.

2020년 6월 28일부터는 3단계 사회적 거리두기 기준이 도입되면서 다중이용시설별 방역 기준이 마련되었다. 3단계 기준에서 고위험시설로 지정된 다중이용시설은 11개⁶⁾이다. 11월 1일부터는 보다 세분화된 5단계 사회적 거리두기 기준이

표 3. 코로나19 방역 기간 구분

구분	시기	방역 수준*	주요 방역 지침
단계 구분 없음	20. 1. 20 ~ 3. 22	하	• 만남 자제, 개인 위생 수칙 준수 독려
강력한 사회적 거리두기	20. 3. 23 ~ 4. 19	상	• 영업 중인 유흥업소 집합금지 • 외출 자제 요청, 국립 다중이용시설 운영 중지
완화된 사회적 거리두기	20. 4. 20 ~ 5. 5	하	• 공공시설 단계적 운영 재개
생활 속 거리두기	20. 5. 6 ~ 8. 15	하	• 영업 중인 유흥시설 집합금지
3단계 기준 2단계	20. 8. 16 ~ 8. 29	중	• 어린이집 휴원 • 고위험시설 집합제한 및 방역수칙 준수 명령
3단계 기준 강화된 2단계	20. 8. 30 ~ 9. 13	상	• 음식점 등 밤 9시 이후 영업 금지 • 프랜차이즈형 커피 전문점 포장 및 배달만 허용 • 학원 비대면 수업만 허용, 실내체육시설 집합금지 • 편의점 밤 9시 이후 취식 금지, 한강공원 인근 출입 통제
3단계 기준 2단계	20. 9. 14 ~ 10. 11	중	• 프랜차이즈형 카페 이용 인원 제한 • PC방 내 취식 제한
3단계 기준 1단계	20. 10. 12 ~ 11. 18	하	• 고위험시설 일부 집합제한으로 전환 • 공공시설 운영 재개
5단계 기준 1.5단계	20. 11. 19 ~ 11. 23	중	• 모임, 약속 취소 및 연기 권고 • 다중이용시설 내 고위험활동 금지
5단계 기준 2단계	20. 11. 24 ~ 12. 07	중	• 유흥시설 5종 집합금지 • 음식점 9시 이후 포장 및 배달만 허용 • 카페 포장 및 배달만 허용
5단계 기준 2.5단계	20. 12. 8 ~	상	• 노래연습장, 실내체육시설, 학원 일부 집합금지 • 5인 이상 사적 모임 금지 • 패스트푸드점 내 식사 이외 포장 및 배달만 허용

주: 상, 중, 하 중 가장 높은 수준의 방역은 ‘상’으로 다수 시설에 대한 집합금지와 운영제한 등이 적용됨
 자료: 보건복지부 보도자료; 이진희(2021, p.17)를 토대로 저자 작성

6) 클럽 등 유흥주점, 단란주점, 감성주점, 헌팅포차, 스탠딩 공연장, 노래연습장, 실내 집단운동시설, 유통물류센터, 300인 이상 대형학원, 방문판매 등 직접판매홍보관, 뷔페

적용되면서 고위험시설대신 9종의 중점관리시설⁷⁾, 11종 일반관리시설⁸⁾을 중심으로 방역이 이루어지고 있다. 이 외에도 서울특별시와 경기도는 자체적인 집합금지 또는 영업제한 명령을 통하여 강력한 방역 활동을 이어가고 있다. 본 연구에서는 방역 기간 동안 이루어진 주요 방역 지침을 토대로 방역 수준을 <표 3>과 같이 상, 중, 하로 구분하였다.

IV. 연구결과

1. 시기별 코로나19 주요 감염경로 변화

유행 기간 전체에 걸쳐 확진자 접촉을 통한 코로나19 전파가 전체 확진 사례의 40.3%(n=26,586)로 가장 높은 비중을 차지했으며 확진 사례 수도 꾸준히 늘어난 것으로 나타났다. 뚜렷한 감염경로를 알 수 없거나 역학조사가 진행 중인 미분류 사례 역시 전체의 21.8%(n=14,388)를 차지하여, 구체적인 감염 원인을 알 수 없는 경우도 상당한 비중을 차지한 것으로 확인되었다. 기타 사업장(6.1%, n=4,009)을 통한 감염이나 종교시설 및 의료기관, 다중이용시설을 통한 감염도 상대적으로 주요한 감염경로로 파악 되었으나, 전체 확진 사례의 약 6% 혹은 그 이하를 차지하여 확진자 접촉 및 미분류 경우에 비해 상대적으로 낮은 비중을 보였다(<표 4> 참조).

기간별로 살펴보면 1차 유행이 시작되기 이전에는 확진자 접촉, 미분류, 해외유입으로 인한 감염은 각각 12, 6, 8건으로 사례 수 자체는 미미하나, 그 중 해외유입과 확진자 접촉이 각각 46.2% 및 30.8%로 미분류 사례에 비해 상대적으로 높은 비중을 차지하였다. 1차 유행 시기에는 이전에 세 종류였던 주요 감염경로가 15개로 늘어나면서 다양해지고 감염 건수도 대폭 증가했다. 해외유입(n = 418, 31.1%)의 경우 1차 유행 이전과 비교할 때 약 52배로 대폭 늘어났으며, 확진자 접촉(n = 249, 18.5%) 및 미분류(n = 131, 9.8%) 감염 사례도 약 20배가량 증가했다. 그러나 그 비중을 보면 확진자 접촉 및 미분류 감염의 경우 1차 유행 이전에 비해 절반 이하로 감소했다. 반면 사업장(n = 196, 14.6%), 종교관련(n = 143,

10.6%), 의료기관(n=116, 8.6%) 등이 새로운 감염경로로 나타났다. 또한, 기타 유흥시설(n=21, 1.6%) 등과 비교할 때 차지하는 비중도 상대적으로 높았다.

2차 유행 이전에는 1차 유행과 비교할 때 각 감염경로를 통한 감염 사례 수가 다소 늘어나는 추세를 보였으며, 특히 종교와 다단계·방문판매, 유흥시설, 가족·지인모임 관련 감염 사례 수가 같은 기간의 기타 감염 통로에 비해 대폭 늘어났다. 종교 관련 감염의 경우 1차 유행 시기의 143건에서 2차 유행 이전 678건으로 약 4.7배 증가하였고, 같은 기간 동안 다단계·방문 판매를 통한 감염은 4건(0.3%)에서 308건(9.8%)으로 77배, 유흥시설 관련 감염은 21건에서 203건으로 약 9.7배, 가족·지인모임 관련 감염은 10건(0.7%)에서 224건(7.2%)으로 22배가량 증가했다. 기타 도심집회, 노래연습장, 목욕탕·사우나 관련 감염은 사례 건수는 미미하나 2차 유행 이전과 달리 새로운 감염경로로 등장했다. 해당 기간의 감염 비중으로만 보면, 종교 관련 감염이 21.7%로 감염 사례 수뿐만 아니라 비중도 약 두 배 가량 증가했다. 해외유입을 통한 감염은 1차 유행에 비해 감염 사례 수의 증가는 64건(1차 유행 418건, 2차 유행 이전 482건)으로 큰 폭으로 증가하지는 않았으나, 그 비중은 15.4%로 다른 감염 통로에 비해 여전히 높았다.

2차 유행 시기에는 해외유입 및 다단계·방문판매를 통한 전파 외에는 전반적으로 2차 유행 이전에 나타난 감염경로를 통한 전파가 확산되는 추세를 보였다. 도심집회를 통한 감염이 2차 유행 이전 23건에서 10배가량 증가한 234건으로 늘어났으며, 확진자 접촉 및 미분류 감염 사례 수도 각각 346건에서 1,726건, 261건에서 1,199건으로 4.9 및 4.5배가량 늘어났다. 이에 비해 종교 관련 감염 사례는 678건에서 1,163건으로 약 1.7배 증가에 그쳤다. 해외유입, 다단계·방문판매, 군부대 관련 감염 사례 수는 2차 유행 이전에 비해 감소한 것으로 나타났다. 2차 유행 기간 동안 각 감염경로를 통한 전파 비율을 보면 여전히 확진자 접촉(28.5%), 미분류(19.8%), 종교 관련(19.2%) 감염이 다른 경로(4.8%)에 비해 상대적으로 큰 비중을 차지한 것으로 나타났다.

3차 유행 이전에는 2차 유행 시기에 비해 감염 사례가 오히려

7) 유흥시설 5종(클럽·룸살롱 등 유흥주점, 단란주점, 감성주점, 콜라텍, 헌팅포차), 노래연습장, 실내 스탠딩공연장, 방문판매 등 직접판매홍보관, 식당·카페 (일반음식점, 휴게음식점, 제과점영업)
8) PC방, 결혼식장, 장례식장, 학원(교습소 포함), 직업훈련기관, 목욕장업, 공연장, 영화관, 놀이공원·워터파크, 오락실·멀티방 등, 실내체육시설, 이·미용업, 상점·마트·백화점, 독서실·스터디카페

려 감소하거나 증가하는 감염경로가 혼재하여 나타났으며, 특히 감염 사례 수가 줄어든 경로의 경우에는 그 감소폭이 컸다. 8개 감염경로(확진자 접촉, 미분류, 사업장, 종교관련, 의료기관, 다중이용시설, 일반음식점·카페, 유흥시설)에서 2차 유행 기간에 비해 감염 사례 수는 오히려 줄어들었으며, 특히 종교

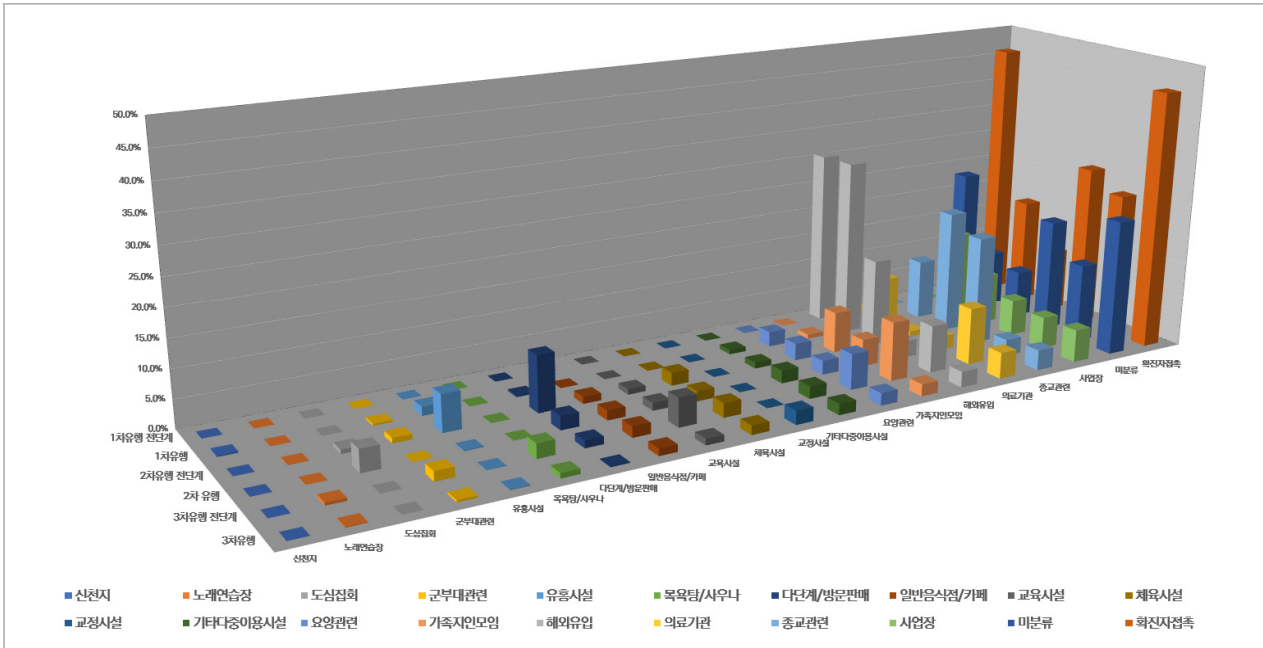
관련 감염 사례는 2차 유행 기간 1,163건에서 3차 유행 이전 143건으로 약 1/8수준으로 가장 크게 감소하였다. 또한 미분류 사례는 1,199건에서 686건으로 약 510건 감소했으며, 확진자 접촉을 통한 감염도 473건 감소하여 다른 감염경로에 비해 전파가 크게 완화된 모습을 보였다. 이에 비해 9개 감염

표 4. 유행 시기별 코로나19 감염경로 변화

		(단위: 명, %)										
시기	원인	사업장	종교 관련	의료 기관	요양 관련	기타다중 이용시설	교정 시설	체육 시설	교육 시설	일반음식점·카페	다단계 방문판매	목욕탕 사우나
1차 유행전		0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
1차 유행		196 (14.6)	143 (10.6)	116 (8.6)	35 (2.6)	11 (0.8)	0 (0.0)	1 (0.1)	0 (0.0)	1 (0.1)	4 (0.3)	0 (0.0)
소계		196 (14.3)	143 (10.4)	116 (8.5)	35 (2.6)	11 (0.8)	0 (0.0)	1 (0.1)	0 (0.0)	1 (0.1)	4 (0.3)	0 (0.0)
2차 유행전		279 (8.9)	678 (21.7)	30 (1.0)	93 (3.0)	33 (1.1)	0 (0.0)	70 (2.2)	30 (1.0)	38 (1.2)	308 (9.8)	1 (0.0)
2차 유행		392 (6.5)	1,163 (19.2)	145 (2.4)	148 (2.4)	136 (2.2)	0 (0.0)	107 (1.8)	81 (1.3)	101 (1.7)	146 (2.4)	2 (0.0)
소계		671 (7.3)	1,841 (20.1)	175 (1.9)	241 (2.6)	169 (1.8)	0 (0.0)	177 (1.9)	111 (1.2)	139 (1.5)	454 (4.9)	3 (0.0)
3차 유행전		273 (5.5)	143 (2.9)	487 (9.9)	306 (6.2)	107 (2.2)	0 (0.0)	122 (2.5)	246 (5.0)	92 (1.9)	64 (1.3)	124 (2.5)
3차 유행		2,869 (5.7)	1,783 (3.5)	2,307 (4.6)	1,087 (2.1)	975 (1.9)	1,205 (2.4)	804 (1.6)	554 (1.1)	637 (1.3)	86 (0.2)	441 (0.9)
소계		3,142 (5.7)	1,926 (3.5)	2,794 (5.0)	1,393 (2.5)	1,082 (1.9)	1,205 (2.2)	926 (1.7)	800 (1.4)	729 (1.3)	150 (0.3)	565 (1.0)
총합		4,009 (6.1)	3,910 (5.9)	3,085 (4.7)	1,669 (2.5)	1,262 (1.9)	1,205 (1.8)	1,104 (1.7)	911 (1.4)	869 (1.3)	608 (0.9)	568 (0.9)
시기	원인	유흥 시설	군부대 관련	노래 연습장	확진자 접촉	가족 지인모임	도심 집회	신천지	해외 유입	미분류	총합	
1차 유행전		0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	12 (46.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	8 (30.8)	6 (23.1)	26 (100.0)	
1차 유행		21 (1.6)	4 (0.3)	0 (0.0)	249 (18.5)	10 (0.7)	0 (0.0)	3 (0.2)	418 (31.1)	131 (9.8)	1,343 (100.0)	
소계		21 (1.5)	4 (0.3)	0 (0.0)	261 (19.1)	10 (0.7)	0 (0.0)	3 (0.2)	426 (31.1)	137 (10.0)	1,369 (100.0)	
2차 유행전		203 (6.5)	28 (0.9)	2 (0.0)	346 (11.1)	224 (7.2)	23 (0.7)	0 (0.0)	482 (15.4)	261 (8.3)	3,129 (100.0)	
2차 유행		8 (0.1)	1 (0.0)	0 (0.0)	1,726 (28.5)	288 (4.8)	234 (3.9)	0 (0.0)	176 (2.9)	1,199 (19.8)	6,053 (100.0)	
소계		211 (2.3)	29 (0.3)	2 (0.0)	2,072 (22.6)	512 (5.6)	257 (2.8)	0 (0.0)	658 (7.2)	1,460 (15.9)	9,182 (100.0)	
3차 유행전		3 (0.1)	81 (1.6)	23 (0.5)	1,253 (25.5)	506 (10.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	405 (8.2)	686 (13.9)	4,921 (100.0)	
3차 유행		51 (0.1)	167 (0.3)	59 (0.1)	23,000 (45.5)	1,062 (2.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	1,384 (2.7)	12,105 (23.9)	50,576 (100.0)	
소계		54 (0.1)	248 (0.4)	82 (0.1)	24,253 (43.7)	1,568 (2.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	1,789 (3.2)	12,791 (23.0)	55,497 (100.0)	
총합		286 (0.4)	281 (0.4)	84 (0.1)	26,586 (40.3)	2,090 (3.2)	257 (0.4)	3 (0.0)	2,873 (4.3)	14,388 (21.8)	66,048 (100.0)	

자료: 저자 작성

그림 2. 유행 시기별 감염경로 비중

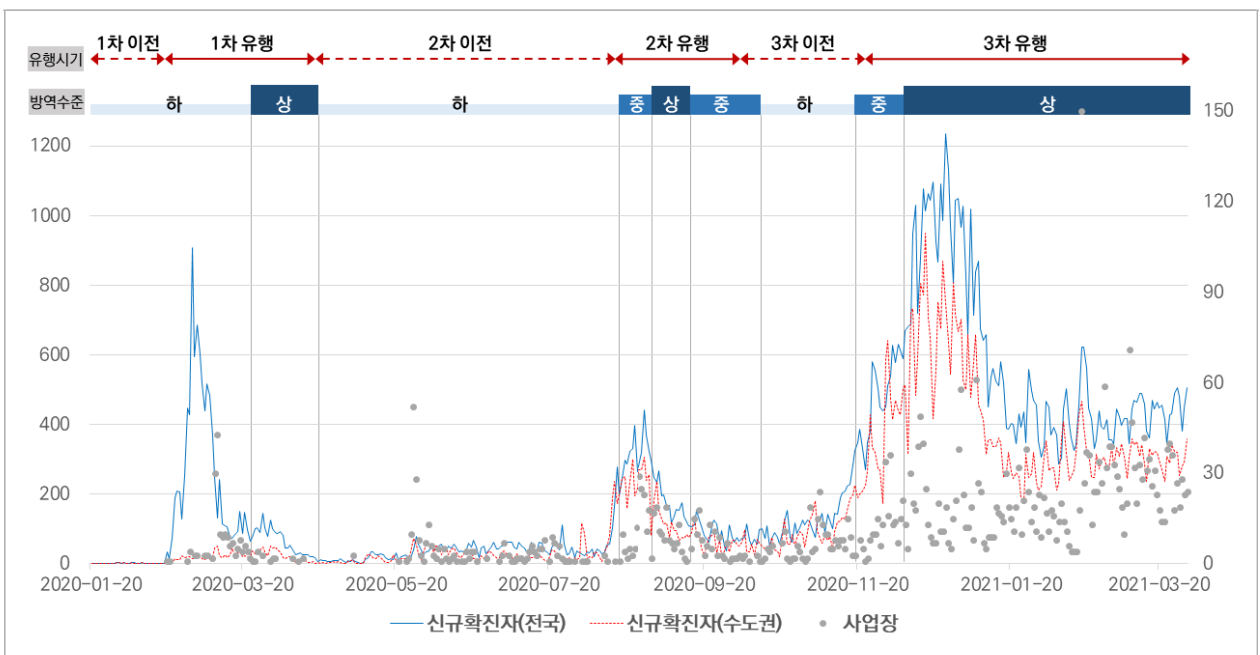


자료: 저자 작성

경로(의료기관, 해외유입, 가족·지인모임, 요양관련, 교육시설, 체육시설, 목욕탕·사우나, 군부대, 노래연습장) 관련 감염 사례는 오히려 증가했으나 각각의 증가 수 자체는 감소 사례에 비해 상대적으로 작았다.

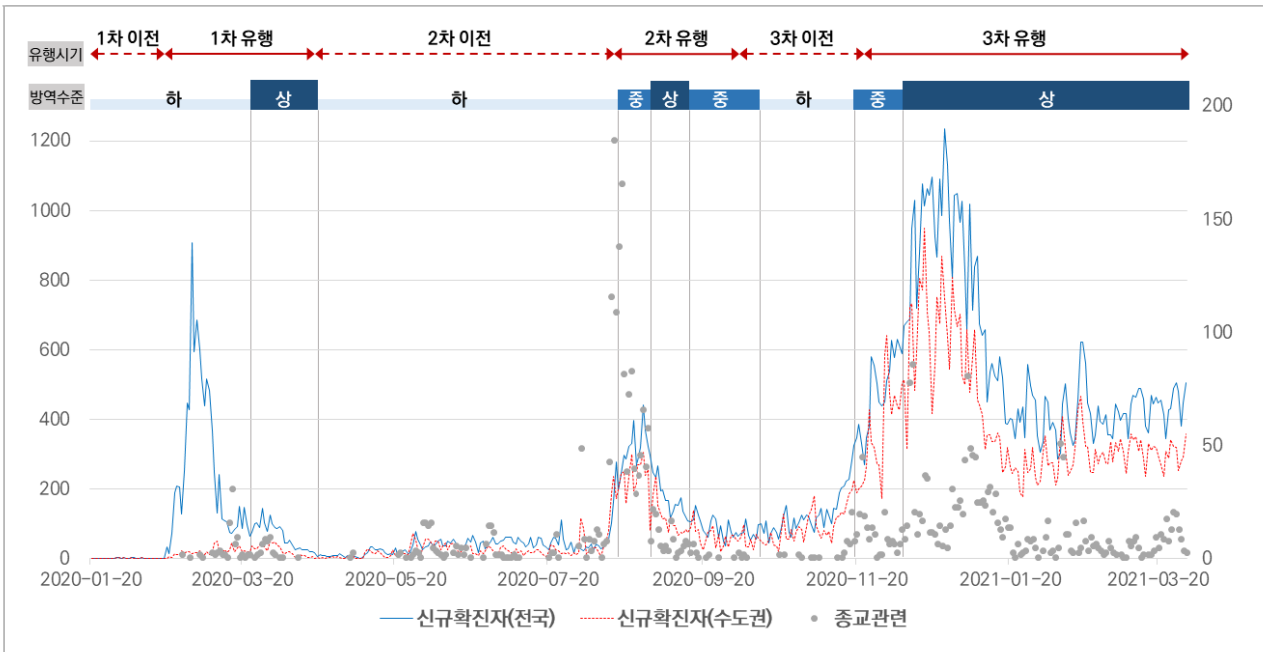
3차 유행 기간에는 모든 감염경로에서 사례 수가 증가했으며, 특히 확진자 접촉을 통한 감염 및 미분류 사례가 폭발적으로 증가한 것으로 나타났다. 확진자 접촉을 통한 감염의 경우 3차 유행 이전 1,253건에서 23,000건으로 18배 이상 늘어났

그림 3. 사업장 관련 감염 발생 패턴



자료: 저자 작성

그림 4. 종교시설 관련 감염 발생 패턴

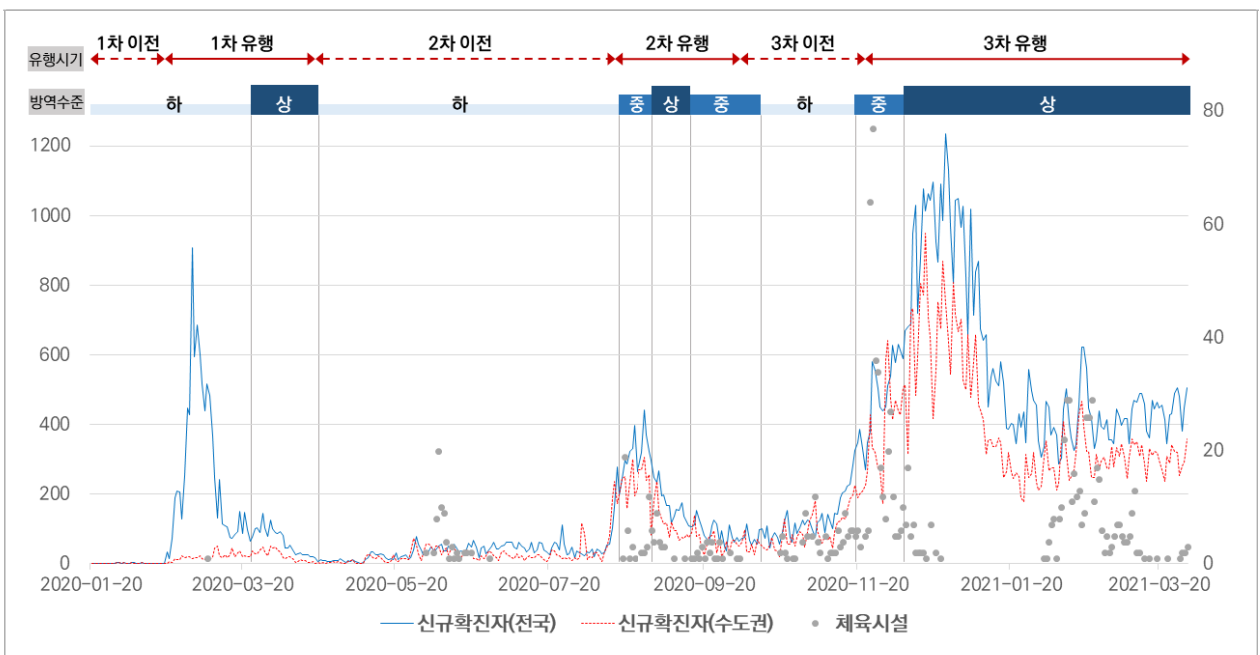


자료: 저자 작성

으며, 그 비중 역시 25.5%(3차 유행 이전)에서 45.5%로 크게 증가했다. 미분류 감염 역시 같은 기간 중 686건에서 12,105건으로 17배 넘게 증가하였다. 비중도 13.9%에서 23.9%로 늘어나 확진자 접촉과 더불어 3차 유행 기간 동안 가장 주요

한 감염경로인 것으로 확인되었다. 사업장 및 종교 관련 감염은 확진자접촉에 의한 사례의 각각 1/8 및 1/12 정도였으나, 증가 비율이 매우 큰 경로를 확인되었다. 사업장 관련 감염의 경우 3차 유행 이전 273명으로 줄어들었던 감염 사례가 다시

그림 5. 체육시설 관련 감염 발생 패턴



자료: 저자 작성

2,869건으로 증가하였고, 종교관련 감염 사례는 143건에서 1,783건으로 증가하면서 모두 약 12배가량 늘어났다.

2. 주요 감염경로별 발생 추이

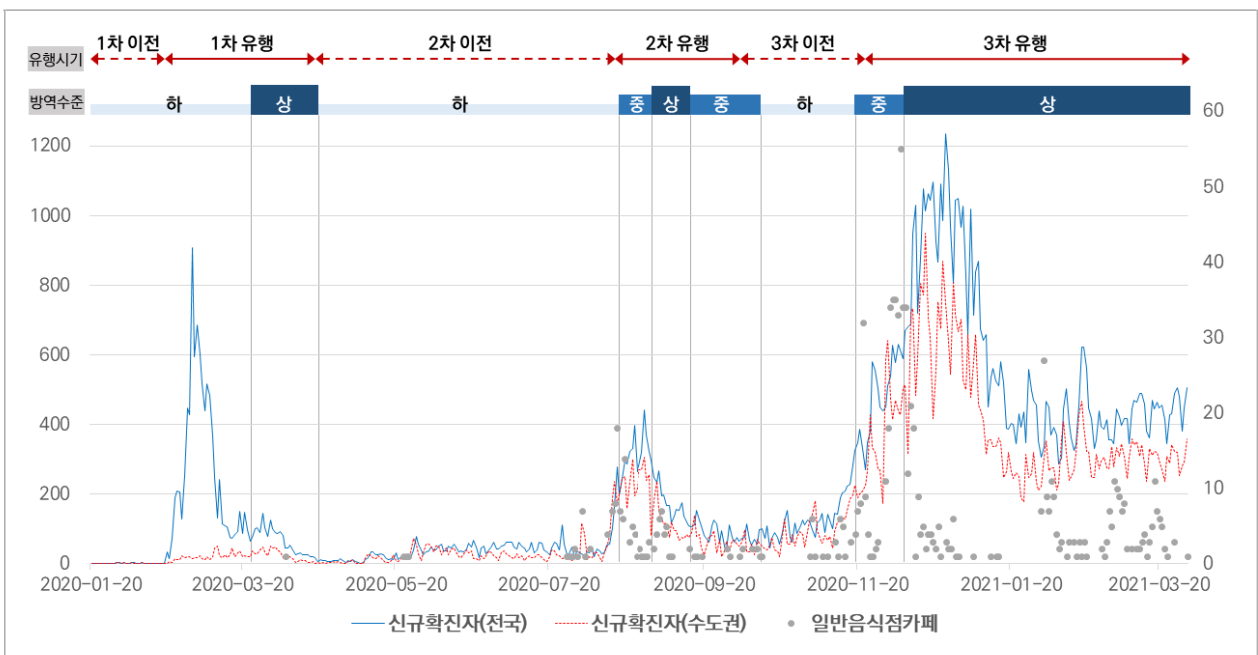
정부의 방역 조치 효과를 알아보기 위해 유행 시기 전반에 걸쳐 주요 감염경로별 확진 추이를 살펴보았다. 개별 시설 관련 감염사례 중 가장 큰 비중을 차지하는 사업장의 경우 수도권 내 확진자 추이와 상당히 유사한 모습을 보이고 있으며, 특히 2차 유행 시기까지는 수도권 내 확진자 추이를 넘어서는 모습이 나타났다(그림 3) 참조). 2차 유행 이후로는 수도권 전체 확진 추이보다 완화된 모습을 보였지만, 절대적인 감염 사례가 증가하고 있어 3차 유행 패턴을 보이는 동시에 방역 효과가 상대적으로 낮았던 것으로 보인다. 개별 시설별로 공장이나 물류센터 등 작업장에서 발생하는 집단감염은 점차 증가하고 있는 추세이며, 특히 2020년 말부터 지속적으로 확진 사례가 늘어나고 있어 전국적으로 코로나19 전파가 확산되고 있는 상황에서 상대적으로 낮은 방역 조치가 이루어지고 있는 사업장에서의 감염병 대응이 어려운 것으로 판단된다.

사업장 다음으로 많은 감염이 발생한 종교시설에서의 코로나19 확진 패턴을 살펴보면, 2차 유행 시기동안 감염 발생

빈도가 매우 높고, 그 이후 전반적으로 전파가 약화된 모습을 보인다(그림 4 참조). 2차 유행의 경우 8.15 도심집회가 종교기관과 연계된 만큼, 해당 시기의 높은 감염 발생률이 이해된다. 하지만 그 이후 종교시설을 중심으로 집단감염 발생 빈도가 증가하면서 자발적인 활동 금지나 강제적 집합금지, 인원수 제한과 같은 강력한 방역 지침이 적용되면서 전반적인 추세가 약화된 것으로 보인다.

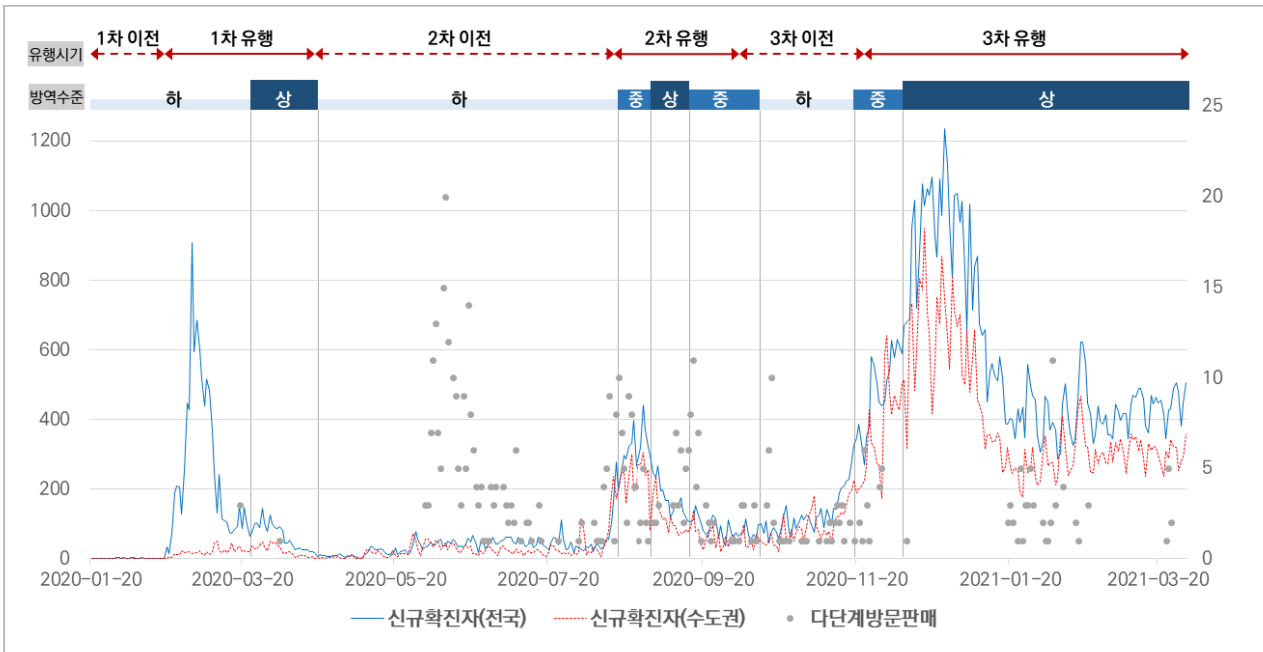
다중이용시설 중 체육시설에서의 감염 발생은 1차 유행 시기 이전까지는 크게 확인되지 않았으나, 2차 유행 이전에 대규모 감염이 발생한 것으로 나타났고, 특히 3차 유행 이전부터 크게 증가했다(그림 5 참조). 2차 유행 이전은 기온이 상승하는 시기로 기온이 올라가면 코로나19와 같은 호흡기 감염병 바이러스 전파가 둔화될 것이라는 선행연구와 달리 계절적 요인이 감염병 발생에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 방역 수준이 낮았던 2·3차 유행 이전에는 연속적으로 일정 규모 이상의 감염 사례가 확인되었으며, 3차 유행 시기 중 방역수준이 중간이었던 2020년 말 동안 확진자가 급증하였다가 2021년 1월 초 급감한 다음 2월부터 다시 증가세로 전환되는 추이를 보인다. 실내체육시설은 3단계와 5단계 사회적 거리두기 조치에서 모두 중간 정도의 위험도를 가지고 있는 시설로 분류되었으며, 이에 따라 집합금지와 같은 강력한

그림 6. 일반음식점·카페 관련 감염 발생 패턴



자료: 저자 작성

그림 7. 다단계·방문판매 관련 감염 발생 패턴



자료: 저자 작성

조치보다는 실내 마스크 의무화와 같은 다소 소극적인 조치가 주로 적용되었기 때문에 이에 대한 전파 제한 효과가 미비했던 것으로 보인다.

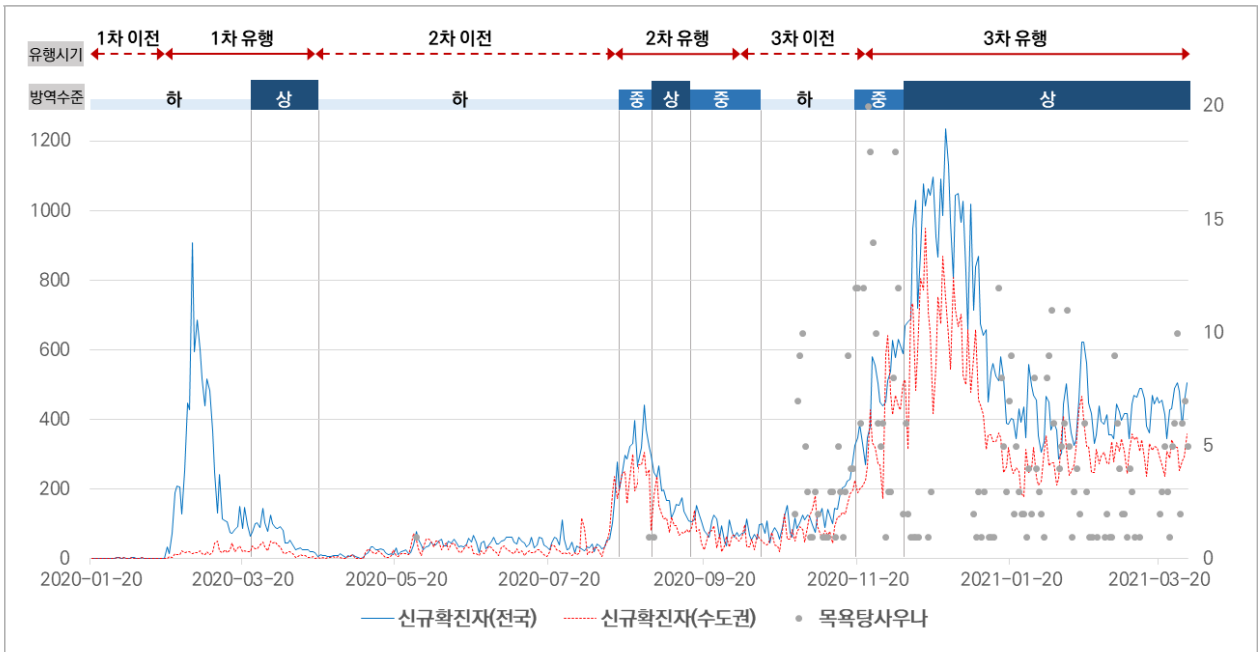
가장 대표적인 다중이용시설이자 정부의 사회적 거리두기 조치의 영향을 많이 받았던 음식점 및 카페 관련 감염의 경우 2차 유행 이전까지는 대규모 감염 사례가 확인되지 않았으며, 2차 유행 초반과 3차 유행 초반 상대적으로 방역 수준이 낮았던 시기에 확진자가 급증했다(그림 6 참조). 음식점 및 카페에서의 감염 사례가 증가하기 시작한 2020년 8월의 경우 도심집회로 인한 2차 유행이 일어난 시기이며, 이후 방역수준이 강화되면서 확진 추이가 완화되었다. 2차 유행 이전에 음식점 및 카페 관련 감염 사례가 집중되었다는 사실은 계절적 요인이 코로나19 발생 패턴에 큰 영향을 미치지 않았다는 것을 반증한다고 볼 수 있다. 오히려 2020년 11월 초 3단계 거리두기 기준 중 1단계가 적용되어 약한 수준의 방역이 이루어진 시기에 다시 음식점 및 카페 관련 감염 사례가 증가하였다는 사실은 계절적 요인 보다는 활동을 규제하여 이동량을 줄이는 방역 조치가 코로나19 발생에 더 큰 영향을 미쳤다고 해석될 수 있다. 특히 음식점 및 카페의 경우 전국적 유행과 산발적 소규모 집단감염이 증가한 3차 유행 이전에는 다중이용시설에 대한 강력한 방역 조치가 어느 정도 효과를 보았다고 판단

된다. 3차 유행 기간부터는 음식점 및 카페 내에서의 식사 인원 제한이나, 포장 및 배달 제한과 같은 높은 수준의 방역 조치가 이루어졌으나 방역 조치가 길어지면서 일정 규모 이상의 산발적인 감염 발생이 지속되고 있다.

다단계·방문판매 시설의 경우 1차 유행시기까지는 확진자가 나오지 않았으나, 방역 수준이 가장 낮았던 2차 유행 이전 동안 대규모의 확진 패턴이 확인되었다(그림 7 참조). 2020년 5월의 경우 신규 확진자 감소로 생활 속 거리두기가 시행된 기간이며, 2차 유행기간 동안에도 대규모 감염 발생은 지속되었다. 하지만 2020년 11월 5단계 사회적 거리두기로 전환되면서 2.5단계부터 다단계·방문판매 시설에 대한 집합금지가 이루어지면서 해당 시설에서의 대규모 감염 사례는 완화되는 모습이 보인다. 이는 집합금지와 같이 사람 간 접촉 자체를 규제하는 강력한 방역조치가 실제 확진 예방에 효과를 보이고 있는 것으로 해석된다. 다단계·방문판매 관련 감염 발생 패턴에서도 계절적 요인의 영향은 확인되지 않았다.

다중이용시설 중 별다른 방역 조치가 이루어지지 않았던 목욕탕·사우나의 경우 2차 유행 시기까지는 확진자가 거의 발생하지 않았으나, 전반적으로 방역 수준이 낮았던 3차 유행 이전시기부터 확진자가 급증하였으며, 강력한 방역 조치가 이루어진 3차 유행 시기에도 확진자가 꾸준히 발생하고 있는 것

그림 8. 목욕탕·사우나 관련 감염 발생 패턴

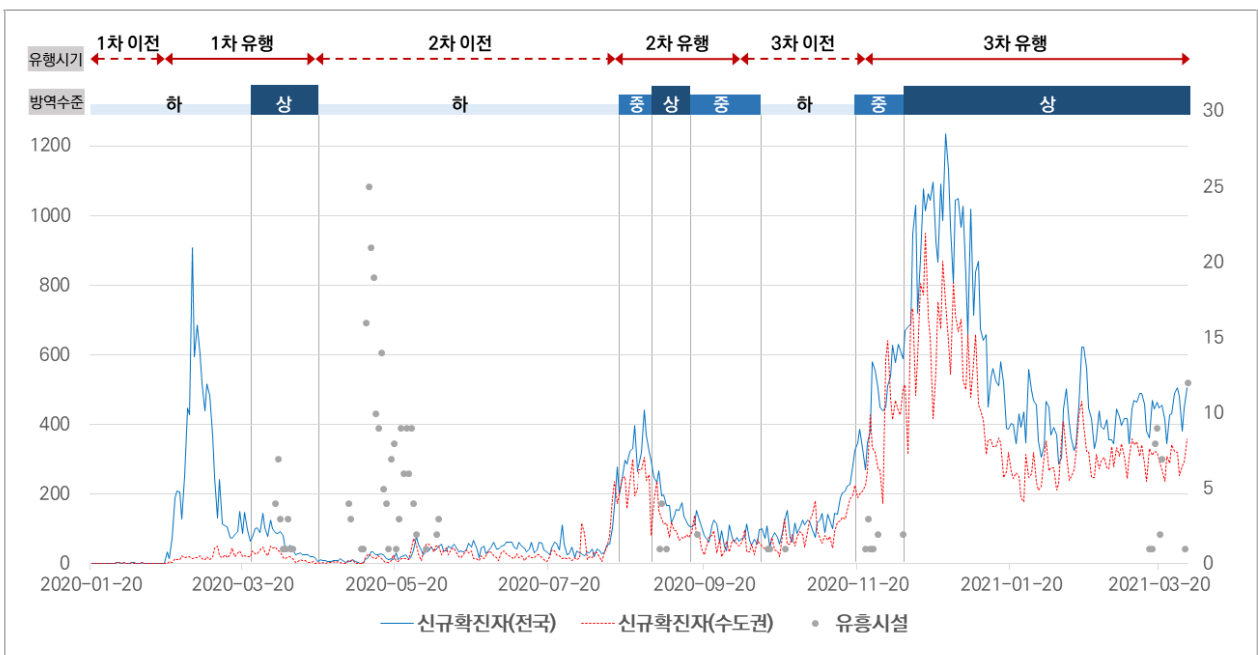


자료: 저자 작성

으로 나타났다(그림 8 참조). 3차 유행 시기에는 다중이용시설에 대한 강력한 방역 조치가 이루어졌으나, 목욕탕 및 사우나의 경우 집합금지보다는 시설 내에서의 마스크 이용 의무화와 같은 개인 방역에 초점이 맞춰져 있어 이에 대한 효과가 크지 않았던 것으로 보인다.

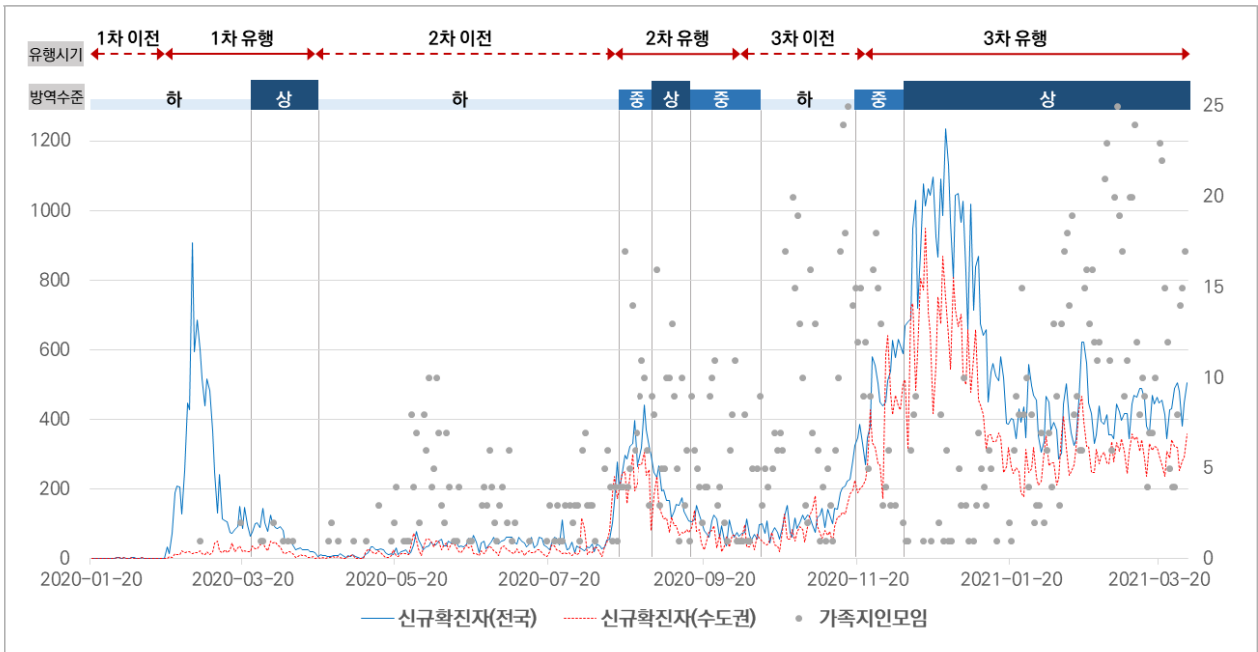
중앙 정부의 사회적 거리두기 이외에도 서울시나 경기도 등 지방자치단체에서 집합금지 행정명령과 같은 강력한 방역 조치가 이루어진 유흥시설의 경우 방역 수준이 낮았던 2차 유행 이전에만 대규모 감염이 확인되었고, 그 이외 기간에는 소규모의 산발적인 감염만이 발생한 것으로 나타났다. 특히 작

그림 9. 유흥시설 관련 감염 발생 패턴



자료: 저자 작성

그림 10. 가족·지인모임 관련 감염 발생 패턴



자료: 저자 작성

년 5월에 발생한 유흥시설 내에서의 집단감염인 이태원발 사례를 제외하면 매우 미미한 수준이다.

개별 시설에서의 감염은 아니지만 주요 감염경로로 큰 비중을 차지하는 가족·지인모임 관련 코로나19 감염 발생 추이를 살펴보면, 계절적 차이는 거의 확인되지 않았고, 방역 수준이 낮았던 2차 유행 이전과 3차 유행 이전에 확진자 발생이 집중되어 있는 것으로 나타났다(그림 10) 참조). 특히 2차 유행 이전에는 개별 시설에 대한 방역 조치 역시 이루어지지 않았으며, 3차 유행 이전 역시 3단계 사회적 거리두기 기준 중 1단계가 적용되어 일상생활에 제약이 없었던 시기이다. 3차 유행 시기에는 초반에는 대규모 감염이 완화되는 모습이 보인다 후반부에서는 다시 증가하여, 5인 이상 모임 금지라는 강력한 방역에도 불구하고 사람 간 접촉 빈도가 증가하고 있다는 것으로 이해된다. 특히 해당 시기는 연말·연초로 모임이나 명절과 같은 행사가 증가하는 기간이기 때문에 일정 규모 이상의 감염이 지속되고 있다는 사실은 모임 금지와 같이 강제가 떨어지는 방역 조치가 실효성이 낮았던 것으로 해석된다. 가족과 관련된 감염과 모임을 통한 감염을 구분하여 살펴보면, 모임을 통한 감염의 경우 비교적 높은 수준의 방역 조치가 이루어진 2020년 10월부터 연말까지 확진 사례가 증가하였으며, 연말과 연초에 잠깐 낮아졌다 2021년 2월부터 다시

증가하는 추세를 보였다. 가족에 의한 감염 역시 연말에 잠깐 사례가 감소하였으나 다시 증가 추세를 보인다.

3. 감염경로별 집단감염 발생 특성

주요 감염경로로 밝혀진 사업장, 종교 관련 시설, 체육시설, 음식점 및 카페, 다단계 및 방문판매 시설, 목욕탕 및 사우나, 유흥시설에서 발생한 집단감염을 규모와 사례 수 측면에서 살펴보았다. 대부분의 경로에서 90% 이상이 집단감염으로 발생한 것으로 나타났고, 특히 체육시설 관련 감염은 98% 이상이 집단감염인 것으로 확인되었다(<표 5> 참고). 건수로는 사업장 내에서의 집단감염 발생이 가장 많았고, 그 다음으로 종교 관련, 체육시설인 것으로 나타났다. 사업장과 종교 관련 감염이 각각 전체 확진자의 6% 정도를 차지하고 있는 것을 볼 때, 사업장과 종교 관련 집단감염 건수가 많은 것이 이해된다. 집단감염을 규모 측면에서 살펴보면 평균 발생 규모가 가장 큰 경로는 유흥시설로, 발생 건수는 6개 사례에 불과하나 최대 집단감염 규모(198명)가 크기 때문에 평균 규모도 큰 것으로 나타났다. 사업장 내에서의 집단감염의 평균 규모는 약 18명 정도로, 발생 건수와 비교할 때 상대적으로 작은 규모로 산발적인 집단감염이 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 집단감염

표 5. 주요 감염경로별 집단감염 발생 특성

감염경로	전체 확진자	집단감염				10인 이하 집단감염			집단감염 규모 (명)		
		건수	규모		건수 (%)	규모		평균	최소	최대	
			명	%		명	%				
사업장	4,009	215	3,755	(93.7) ¹⁾	86 (40.0) ²⁾	637	(17.0) ³⁾	17.5	5	171	
종교관련	3,910	92	3,770	(96.4)	26 (28.3)	197	(5.2)	40.5	5	1,012	
체육시설	1,104	29	1,083	(98.1)	5 (17.2)	37	(3.4)	37.3	5	254	
일반음식점·카페	869	19	847	(97.5)	5 (26.3)	37	(4.4)	44.6	5	326	
다단계·방문판매	608	20	588	(96.7)	10 (50.0)	72	(12.2)	28	5	177	
목욕탕·사우나	568	19	552	(97.2)	3 (15.8)	27	(4.9)	29.1	8	86	
유흥시설	286	6	273	(95.5)	2 (33.3)	18	(6.6)	45.5	8	198	

주 1) 해당 감염경로의 전체 확진자(명) 대비 집단감염 발생(명) 비율
 2) 해당 감염경로의 집단감염 발생 사례(건) 대비 10인 이하 집단감염 발생 사례(건) 비율
 3) 해당 감염경로의 집단감염 발생 규모(명) 대비 10인 이하 집단감염 발생 규모(명) 비율

자료: 저자 작성

발생 규모가 가장 컸던 사례는 종교 관련 집단감염이며, 10인 이하의 집단감염의 경우 사업장과 다단계·방문판매 관련 감염에서만 전체 집단감염 중 10% 이상을 차지하고 있었고, 그 외에는 5% 내외로 작은 비중을 차지한다. 사업장 내에서의 집단감염의 경우 제조업 공장에서 발생 규모가 큰 반면, 사무실 등에서의 발생 규모는 상대적으로 작았다.

V. 결론

1. 연구의 의의 및 정책적 함의

본 연구는 시간 및 공간적으로 연관되어 집단 발생하는 감염병의 특성에 기반하여, 코로나19의 주요 감염경로를 유행 시기와 방역 수준별로 분석하였고, 주요 집단감염 발생 특성을 파악하였다. 이러한 감염병 전파에 대한 이해는 현재 코로나19 대응과 함께 이후 코로나19와 유사한 감염병이 재발생하는 경우, 확산 통로 및 패턴을 이해함으로써 시공간적 특성에 가장 적합한 방역 정책 설정에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 직·간접적 접촉을 통해 전파되는 코로나19와 같은 호흡기 감염병의 특성상 공간의 종류에 따라 밀집 정도와 거주 및 이용목적, 이용자들의 특성 등이 감염 위험성 및 감염 속도 등에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

확진 현황 분석 결과 모두 세 차례의 유행이 나타났으며, 1, 2, 3차의 유행 기간 중 가장 많은 확진자가 발생한 시기는

3차 유행이었고, 2차 유행 기간 동안 발생한 확진자 수가 가장 작았다. 각 유행 기간 별로 주요 감염경로의 종류와 비중에는 큰 차이가 있었으며, 특히 개별 감염경로에서의 코로나19 발생에는 정부의 방역조치가 일정 부분 영향을 미친 것으로 확인되었다. 집합금지라는 강력한 행정명령이 이루어졌던 종교 시설이나 다단계·방문판매, 유흥시설의 경우 방역 수준이 강화되면서 감염 발생이 둔화되는 모습을 보인 반면, 행정적 규제가 어려웠던 사업장이나 마스크 의무화와 같이 상대적으로 낮은 수준의 방역 조치가 적용되었던 목욕탕·사우나의 경우 방역 수준에 따른 확진자 발생 변화가 두드러지게 확인되지 않았다. 이는 시설 운영제한이라는 이동이나 활동을 강제화하는 조치가 실제 확진자 감소에 효과적일 수 있음을 반증한다. 다만 3차 유행 기간부터는 매우 강력한 방역에도 불구하고 뚜렷한 확진자 감소가 파악되지 않아 코로나19 발생이 전국적으로 확대되면서 방역에 의한 효과가 약화되고 있는 것으로 판단된다. 이와 함께 앞서 선행연구에서 호흡기 감염병인 코로나19의 경우 감염병의 전파에 있어 계절적 요인이 크게 작용하며, 특히 평균 기온과 습도가 높은 여름 동안에는 코로나19 바이러스 전파가 약화될 것이라는 예측이 있었으나, 개별 감염경로에 따른 발생 패턴 분석에서는 계절적 영향이 크게 발견되지 않았다. 확진자 발생이 가장 둔화되었던 2차 유행 이전 기간이 기온과 습도가 올라가는 시기였고, 2차 유행의 경우 도심집회라는 이벤트가 유행의 원인이 되었기 때문에 코로나19 감염 패턴에 있어서도 계절적 차이가 있다고 해석될 수 있으나, 주요 감염경로별 발생 추이에 따르면 해당 기간에

다단계·방문판매나 유흥시설, 가족·지인모임 관련 감염이 집중되어 있는 것으로 보아 계절적 요인은 확인되지 않았다. 이는 코로나19 대응에 있어 계절적 요인보다는 밀집한 실내에서의 활동이나 사람 간 접촉을 직접적으로 제한하는 것이 필요함으로 해석된다.

감염경로별 집단감염 발생 특성을 분석한 결과, 감염경로별 집단감염 규모나 사례에 차이가 있었으며, 특히 해당 시설의 규모나 주요 활동 내용에 따라 달라진다는 것을 알 수 있었다. 사업장과 같이 매일 동일한 사람들이 밀폐된 실내에서 활동하는 경우에는 상대적으로 집단감염 발생 규모가 작은 반면, 종교시설과 같이 대다수의 사람들이 동시에 활동하는 경우나 음식점, 유흥시설과 같이 일회적인 활동에서는 발생 규모가 상대적으로 큰 것이 확인되었다. 또한 실내공간에서의 감염의 경우 대부분이 집단감염으로 확대될 수 있으며, 방역 조치가 미흡할 경우 대규모 감염 사태로 변질 위험이 있으므로 선제적인 대응이 요구된다.

국내의 경우 코로나19 확산 패턴은 지난 1년이 넘는 시간 동안 시행된 체계적인 방역 조치에도 불구하고 세 차례에 걸친 유행 패턴이 타 국가와 비슷한 양상인 것으로 보였으나, 실제 감염경로나 집단감염 발생은 개별 시설별로 상이한 추이를 보였다. 또한 가족·지인모임이나 확진자 접촉과 같은 개별적인 접촉에 의한 코로나19 바이러스 전파는 방역의 효과가 미미하며, 시간이 갈수록 외부 환경적 요인보다는 개인의 방역 조치가 중요한 요소임을 시사한다. 하지만 본 연구에서 밝힌 바와 같이 특정 공간의 특성에 맞는 선제적인 방역 조치가 일정 정도 효과를 발휘하고 있으며, 특히 고위험시설로 알려진 일부 시설에서는 집합금지와 같은 강력한 방역 조치 기간에 확진자 발생률이 낮은 사실은 위험시설에 대한 정부의 방역 조치가 코로나19 전파 차단에 실제적인 효과가 있었음을 시사한다.

2. 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구는 코로나19 주요 감염경로와 집단감염 발생을 시·공간적으로 파악하는 것을 목적으로 하고 있으며, 이를 위해 수도권을 중심으로 지난 1년 3개월 동안의 확진자 발생 자료

를 활용하였다. 하지만 앞서 언급한 것과 같이 코로나19 발생에 대한 자료는 역학 조사 완료 여부에 따라 변동 가능하며 실제 현황과 다를 수 있다. 특히 코로나19 현황 자료에서 공간적 요소는 거주지, 신고지, 발생지의 세 가지 측면이 존재하는데, 이 중 거주지와 신고지는 명확하게 확인이 가능하나, 무증상 전파가 가능한 코로나19 바이러스 특성 상 실제 어떤 공간에서 확진자와 접촉하였는가를 정확하게 확인하는 것은 한계가 있다. 또한 제공되는 정보에서 공간적 감염 원인을 재정리하였기 때문에 해석에 세심한 주의가 필요하다. 이 외에도 본 연구에서는 코로나19 감염 대응을 위한 정부의 방역 효과를 단순히 탐색적인 방법을 통하여 확인하였기 때문에 결과를 이해하는데 한계가 있다.

자료 구득 및 분석의 한계에도 불구하고, 코로나19의 주요 감염경로를 시·공간적으로 확인하는 연구는 향후 개인 및 정부의 방역에 매우 중요하다. 따라서 공간적 차원에서 코로나19 집단감염 발생을 보다 구체적으로 추적·분석하는 추가적인 연구는 지속되어야 한다. 특히 본 연구에서는 구득 및 활용 가능성에 따라 2021년 3월까지의 자료만을 사용하였으나, 코로나19 사태가 장기화되고 더욱 심각해지고 있는 만큼, 추가적인 자료 구축을 통하여 집단감염 발생을 확인이 필요하다. 또한 개별 공간에서 발생한 집단감염은 2차, 3차 감염으로 연결될 수 있기 때문에, 보다 효과적인 방역을 위해서는 감염자 간 접촉 경로에 대한 연구나 지역적 상황에 대한 심도 있는 고찰이 요구된다.

이진희는 미국 Florida State University에서 도시 및 지역계획학 박사학위를 받았으며, 현재 국토연구원에서 부연구위원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 도시빈곤, 젠트리피케이션, 건강 격차이며, 현재 감염병 대응 도시정책 등을 연구하고 있다.

(E-mail: jhlee@krihs.re.kr)

박민숙은 Florida State University에서 정보학 박사 취득 후, 현재 위스콘신-밀워키 대학에서 조교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 건강정보이용 행태, 메디컬 온톨로지 및 ICT를 활용한 건강정보 활용이다.

(E-mail: minsook@uwm.edu)

이상원은 연세대학교에서 도시공학 석사과정에 재학 중이다. 주요 관심분야는 도시공간구조, 도시경제, 주택이며, 현재 도시공간구조에 관해 연구하고 있다.

(E-mail: alaks123@yonsei.ac.kr)

참고문헌

- 강영희. (2014). *생명과학대사전* (개정판 2014). 서울: 도서출판 여초
- 김주원, 홍미영. (2018). 신종 감염병에 대한 과학기술적 대응 방안. *충북: 한국과학기술기획평가원*
- 박수은. (2020). 코로나바이러스감염증-19의 바이러스 (SARS-CoV-2) 특징, 전파 및 임상 양상. *Pediatric Infection & Vaccine*, 27(1), pp.1-10.
- 보건복지부. (2020). *코로나바이러스감염증-19 중앙재난안전대책본부 정례브리핑*. 보도참고자료(2020. 11. 1).
- 우영진. (2020). 코로나19 재확산에 따른 해외 봉쇄정책 현황과 시사점. NABO 포커스 제27호. 서울: 국회예산정책처.
- 이진희. (2021). 코로나19 유행 1년 간의 서울시 상권 변화와 시사점. *세종: 국토연구원*
- 이진희, 박정호, 이경주. (2020). 감염병 대응을 위한 공간정책 과제. *세종: 국토연구원*.
- 질병관리본부. (2019). *원인 불명 질병 집단감염 대응지침*. *충북: 질병관리본부*
- 질병관리청. (2021). *코로나바이러스감염증-19 국내 발생 현황 (정례브리핑)*. *보도참고자료*(2021. 1. 1).
- 장진화, 김영화, 김유연, 염한솔, 황인섭, 박광숙, 박영준, 이상원, 권동혁. (2021). 코로나바이러스감염증-19 국내 주요 집단발생 1년간 특징, 주간 건강과 질병, 14(9), pp.482-495
- 허중연. (2020). 코로나바이러스감염증-19 초기 유행의 임상 역학적 특성. *대한내과학회지*, 95(2), pp.67-73.
- Alpert, A., Pickman, Y., Leipold, M., Rosenberg-Hasson, Y., Ji, X., Gaujoux, R., ... & Shen-Orr, S. S. (2019). A clinically meaningful metric of immune age derived from high-dimensional longitudinal monitoring. *Nature Medicine*, 25(3), pp.487-495.
- Bagchi, S., Mak, J., Li, Q., Sheriff, E., Mungai, E., Anttila, A., ... & Bell, J. M. (2021). Rates of COVID-19 among residents and staff members in nursing homes—United States, May 25 - November 22, 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 70(2), p.52.
- Benzell, S. G., Collis, A., & Nicolaidis, C. (2020). Rationing social contact during the COVID-19 pandemic: Transmission risk and social benefits of US locations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(26), pp.14642-14644.
- Blocken, B., van Druenen, T., van Hooff, T., Verstappen, P. A., Marchal, T., & Marr, L. C. (2020). Can indoor sports centers be allowed to re-open during the COVID-19 pandemic based on a certificate of equivalence? *Building and Environment*, 180, 107022.
- Bourassa, K. J., Sbarra, D. A., Caspi, A., & Moffitt, T. E. (2020). Social distancing as a health behavior: County-level movement in the United States during the COVID-19 pandemic is associated with conventional health behaviors. *Annals of Behavioral Medicine*, 54(8), pp.548-556.
- Endo, A. (2020). Estimating the overdispersion in COVID-19 transmission using outbreak sizes outside China. *Wellcome Open Research*, 5.
- Giuliani, D., Dickson, M. M., Espa, G., & Santi, F. (2020). Modelling and predicting the spatio-temporal spread of COVID-19 in Italy. *BMC Infectious Diseases*, 20(1), pp.1-10.
- Gössling, S., Scott, D., & Hall, C. M. (2020). Pandemics, tourism and global change: a rapid assessment of COVID-19. *Journal of Sustainable Tourism*, 29(1), pp.1-20.
- Kiaghadi, A., Rifai, H. S., & Liaw, W. (2020). Assessing COVID-19 risk, vulnerability and infection prevalence in communities. *Plos One*, 15(10), e0241166.
- Koff, W. C., & Williams, M. A. (2020). Covid-19 and immunity in aging populations—a new research agenda. *New England Journal of Medicine*, 383(9), pp.804-805.
- Lai, C. C., Shih, T. P., Ko, W. C., Tang, H. J., & Hsueh, P. R. (2020). Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 55(3), 105924.
- Lauer, S. A., Grantz, K. H., Bi, Q., Jones, F. K., Zheng, Q., Meredith, H. R., ... & Lessler, J. (2020). The incubation period of coronavirus disease 2019 (COVID-19) from publicly reported confirmed cases: estimation and application. *Annals of Internal Medicine*, 172(9), pp.577-582.
- Leclerc, Q. J., Fuller, N. M., Knight, L. E., Funk, S., Knight, G. M., & CMMID COVID-19 Working Group. (2020). What settings have been linked to SARS-CoV-2 transmission clusters?. *Wellcome Open Research*, 5.
- Lopez, A. S., Hill, M., Antezano, J., Vilven, D., Rutner, T., Bogdanow, L., ... & Tran, C. H. (2020). Transmission dynamics of COVID-19 outbreaks associated with child

- care facilities - Salt Lake City, Utah, April - July 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 69(37), 1319.
- Lotfi, M., Hamblin, M. R., & Rezaei, N. (2020). COVID-19: Transmission, prevention, and potential therapeutic opportunities. *Clinica Chimica Acta*, 508. doi: 10.1016/j.cca.2020.05.044
- McMichael, T. M., Currie, D. W., Clark, S., Pogosjans, S., Kay, M., Schwartz, N. G., ... & Duchin, J. S. (2020). Epidemiology of Covid-19 in a long-term care facility in King County, Washington. *New England Journal of Medicine*, 382(21), 2005-2011.
- Notari, A. (2021). Temperature dependence of COVID-19 transmission. *Science of The Total Environment*, 763, 144390.
- Nouvellet, P., Bhatia, S., Cori, A., Ainslie, K. E., Baguelin, M., Bhatt, S., ... & Donnelly, C. A. (2021). Reduction in mobility and COVID-19 transmission. *Nature Communications*, 12(1), pp.1-9.
- Petersen E, Koopmans M, Go U, Hamer DH, Petrosillo N, Castelli F, et al. Comparing SARS-CoV-2 with SARS-CoV and influenza pandemics. *Lancet Infect Dis* 2020; 20, e238-44.
- Rypdal K, Bianchi FM, Rypdal M. (2020). Intervention fatigue is the primary cause of strong secondary waves in the COVID-19 pandemic. *Int J Environ Res Public Health*, 17(24), pp.9592.
- Sabel, C. E., Pringle, D., & Schærström, A. (2010). Infectious disease diffusion. *A Companion to Health and Medical Geography*, 111-132.
- Sebhatu, A., Wennberg, K., Arora-Jonsson, S., & Lindberg, S. I. (2020). Explaining the homogeneous diffusion of COVID-19 nonpharmaceutical interventions across heterogeneous countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(35), 21201-21208.
- Seong, H., Hyun, H. J., Yun, J. G., Noh, J. Y., Cheong, H. J., Kim, W. J., & Song, J. Y. (2021). Comparison of the second and third waves of the COVID-19 pandemic in South Korea: Importance of early public health intervention. *International Journal of Infectious Diseases*, 104, pp.742-745.
- Solis, J., Franco-Paredes, C., Henao-Martínez, A. F., Krsak, M., & Zimmer, S. M. (2020). Structural vulnerability in the US revealed in three waves of COVID-19. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(1), pp.25-27.
- Steinberg, J., Kennedy, E. D., Basler, C., Grant, M. P., Jacobs, J. R., Ortbahn, D., ... & Clayton, J. L. (2020). COVID-19 outbreak among employees at a meat processing facility—South Dakota, March - April 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 69(31), 1015.
- 경기도 코로나19 확진자 현황(https://gnews.gg.go.kr/briefing/brief_covid19.do)
- 서울특별시 코로나19 확진자 현황(<https://www.seoul.go.kr/coronaV/coronaStatus.do>)
- 인천광역시 코로나19 확진자 현황(<https://www.incheon.go.kr/health/HE020409>)
- Centers for Disease Control and Prevention (<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/organizations/business-employers/bars-restaurants.html>)
- WHO COVID-19 dashboard (<https://covid19.who.int/info/>)

The Transmission Dynamics of SARS-CoV-2 by Setting in Three Waves in the Seoul Metropolitan Area in South Korea

Lee, Jin Hui¹ | Park, Min Sook² | Lee, Sangwon³

¹ Korea Research Institute for Human Settlements

² University of Wisconsin-Milwaukee

³ Yonsei University

Abstract

This study explored the COVID-19 spread pattern by setting in the Seoul Metropolitan Area in South Korea. A total of 66,048 reported cases were analyzed by setting where transmission of SARS-CoV-2 was reported to occur and result in clusters of cases in each of the three waves. This analysis was to compare and understand the pattern of COVID-19 transmission from January 2020 to March 2021. Personal contact and unknown were the two main routes of transmission. Particular settings, such as religious venues, offices, bars, and conglomerate settings, were found to have triggered waves. When examining indicators of clustering, trajectories, and intensity of cases under individual triggering settings, it was found that the implementation of prompt, coordinated, and tailored responses mitigated the spread in those settings. Identifying settings that result in transmission clusters enables us to establish prompt and efficient surveillance and/or preventive measures for these in case we have other similar epidemic events in the future.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, Clustering, Transmission, Hotspot