

연구노트

코로나바이러스 모델링의 사회학:

영국의 수학적 모델은 왜 초기방역에 실패했는가?*

김기흥

[국문 요약]

지난해 12월에 발생한 신종감염병인 코로나-19는 엄청난 확산력으로 초유의 팬데믹으로 이어졌다. 특히 서유럽 국가들의 경우 초기방역에 실패하면서 국가의 활동을 중단하는 전면적 봉쇄정책으로 이어졌다. 유럽의 봉쇄정책은 한 국가가 진행했던 “봉쇄없는 억제정책”과는 매우 다른 질병관리체계에 근거했다. 특히 영국의 질병관리정책은 지금까지 교과서적인 수준의 정교하고 치밀한 방역정책에 근거하여 성공해왔다. 하지만 이번 신종 코로나바이러스의 확산과정에서 영국의 방역정책은 완전한 실패로 이어졌다. 영국의 방역정책은 근본적으로 두 가지 원칙에 근거했다: 수학적 모델에 기초한 예측과 독감모델에 근거한 전략이다. 본 논문은 영국 방역정책의 기반이 된 수학적 모델이 기반한 예측 방법이 어떻게 전례 없는 실패로 이어졌는가를 분석하게 될 것이다. 수학적 모델에 기반한 질병의 확산예측모델의 효용은 이미 1990년대 광우병 확산과 2001년 구제역 확산과정에서 이미 그 기술적 신뢰를 얻었으며 방역정책에 기본적인 자원으로 사용되었다. 2020년 코로나-19의 확산에 대한 방역정책을 준비하는 과정에서 임페리얼 컬리지 연구팀이 제시한 수학적 모델은 전국적인 봉쇄정책을 결정하는 데 결정적인 역할을 했다. 하지만 수많은 확진자와 사상자를 낸 방역정책의 실패에 대해 일부 학자들은 “한 세기에 한 번 일어날 수 있는 증거 부족으로 인한 정책의 실패”로 규정하면서 수학적 모델링의 신뢰성

김기흥 포스텍 인문사회학부

* 본 논문은 2019년 교육부와 연구재단 일반공동연구지원사업(NRF-2019S1A5A2A03047987)의 지원을 받아 수행된 연구임.

이 논문을 집필하는 과정에서 귀중한 의견을 주신 인간-동물네트워크 연구그룹의 선생님들과 최은경 선생님 그리고 두 분의 심사위원 선생님께 감사드립니다.

에 문제를 제기했다. 본 논문은 임페리얼 컬리지 연구팀의 수학적 모델링에 기반한 코로나-19 확산 모델의 형성과 유용성을 둘러싼 논쟁을 분석할 것이다. 또한, 충분한 실제 질병데이터에 기반하지 않은 모델의 유용성을 둘러싼 논쟁을 분석하면서 코로나-19 팬데믹의 상황에서 유럽 및 미국의 방역정책에서 질병모델이 어떤 맥락에서 사용되었는가에 대해 분석할 것이다. 이러한 방역전략을 분석함에 있어서 몇 가지 설명요인으로 환원하여 설명하는 접근은 전체적인 질병 거버넌스를 이해하는데 한계가 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 과학기술학에서 제기하는 “과학실천스타일”이라는 개념을 적용하여 수학적 역학모델이 어떻게 방역전략과 결합되었는가를 설명할 것이다. 본 연구는 한국의 코로나-19 방역정책의 특이성을 이해하는데 있어서 중요한 비교대상으로서 유럽국가의 방역체계와의 비교를 위한 기초가 될 것이다.

주요 단어: 수학적 역학모델, 임상역학모델, 독감, 코로나-19, 과학실천스타일

I. 들어가는 말

지난해 12월에 발생한 신종감염병인 코로나-19는 엄청난 확산력으로 초유의 팬데믹으로 이어졌다. 특히 서유럽 국가들의 경우 초기방역에 실패하면서 국가의 활동을 중단하는 전면적 봉쇄정책으로 이어졌다. 유럽의 봉쇄정책은 한국이 진행했던 “봉쇄없는 억제정책”과는 매우 다른 질병관리체계를 보여준다. 특히 영국의 질병관리정책은 지금까지 교과서적인 수준의 정교하고 치밀한 방역정책으로 성공해왔다. 하지만 이번 신종 코로나바이러스의 확산과정에서 영국의 방역정책은 완전한 실패로 평가된다(Horton, 2020a; 2020b; McTague, 2020; Priestley, 2020). 영국의 방역정책은 근본적으로 두 가지 원칙에 기반한다; ‘수학모델’에 기초한 예측과 ‘독감모델’에 근거한 전략이다. 본 논문은 영국 방역정책의 기반이 된 수학모델이 기반한 예측방법이 어떻게 전례 없는 방역 혼란으로 이어졌는가를 분석하게 될 것이다. 수학모델에 기반한

질병의 확산예측모델의 효용은 이미 1990년대 광우병 확산과 2001년 구제역 확산과정에서 기술적 신뢰를 얻었으며 방역정책에 기본적인 자료원으로 사용되었다. 2020년 코로나-19의 확산에 대한 방역정책을 준비하면서 임페리얼 컬리지 연구팀이 제시한 수학적모델은 전국적인 봉쇄정책결정에 결정적 역할을 했다. 하지만 수많은 확진자와 사상자를 낸 방역정책의 실패에 대해 일부 학자들은 “한 세기에 한 번 일어날 수 있는 증거부족으로 인한 정책의 실패”(Ioannidis, 2020b)로 규정하면서 수학적 모델링의 신뢰성에 문제를 제기했다. 본 논문은 임페리얼 컬리지 연구팀의 수학 모델링에 기반한 코로나-19 확산모델의 형성과 유용성을 둘러싼 논쟁을 분석할 것이다. 또한, 충분한 실제 질병 데이터에 기반하지 않은 모델의 유용성을 둘러싼 논쟁을 분석하면서 코로나-19 팬데믹의 상황에서 유럽 및 미국의 방역정책에서 질병모델이 어떤 맥락에서 사용되었는가에 대해 분석할 것이다. 이러한 방역전략을 분석함에 있어서 몇 가지 설명요인으로 환원하여 설명하는 접근은 전체적인 질병 거버넌스를 이해하는 데 한계가 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 과학기술학에서 사용하는 이론적 개념인 “과학실천스타일”을 적용하여 수학적 역학모델이 어떻게 방역전략과 결합되었는가를 설명할 것이다. 본 연구는 한국의 코로나-19 방역정책의 특이성을 이해하는 데 있어서 중요한 비교대상으로 유럽국가의 방역체계와의 비교를 위한 기초가 될 것이다.

II. 과학실천의 스타일로서 수학적 모델

감염병의 확산과 사회에 미칠 영향의 예측은 단순히 추론이나 수학적 행위로 제한되는 것이 아닌 사회적 행위이다. 특히 수학적모델은 사회적 행위를 수학적모델로 추상화하고 수학적으로 재현하는 과정이기도 하

다. 즉, 특정 사회적 맥락과 제도 그리고 관계로 형성된 사회적 삶의 형태를 숫자의 형태로 전환하며 객관성을 구성하기도 한다(Porter, 1995). 모델은 숫자나 도형으로 표현되는 재현방식이지만 대부분 모델에 관한 관심은 이론적 모델과 관련된다(Giere, 1988; Hopwood and Chadarevian, 2004). 수학모델이나 시뮬레이션은 ‘이론’과 ‘실험’이나 ‘추상’과 ‘구체’ 또는 ‘순수’와 ‘응용’과학 사이에서 불안정한 위치에 놓이기도 한다. 하지만 이론이 참과 거짓을 구분하는 데 사용할 수 있는 방식이라면 모델이나 시뮬레이션은 좀 더 실용적이라 할 수 있다(Sismondo, 1999: 247). 이러한 이유로 수학적 모델이나 시뮬레이션은 공공정책이나 전략에 사용되기도 한다.

수학모델을 사용한 질병확산 예측은 감염병의 확산을 예방하고 통제할 수 있는 관리방식으로 일상적으로 사용된다(Adams, Murphy and Clarke, 2009; Bauer, 2013; Rhodes and Lancaster, 2020a). 방역당국은 감염확산을 억제하기 위해 수학모델로부터 만들어진 예측치를 신종감염병 대응을 위한 정책결정의 기본자료로 사용하고 있다(Glasser, Hupert, McCauley and Hatchett, 2011; Kucharski, 2020). 수학적 모델링은 질병 거버넌스의 표준도구로 자리 잡고 있으며 이 접근법에 대해 문제 삼거나 의구심을 제기하는 경우는 거의 없다.

그럼에도 불구하고 수학적 모델링에 근거한 질병 거버넌스는 실제 ‘증거’ 또는 경험 데이터에 기반한 접근법과는 확연히 구분된다. 특히 수학에 기반한 질병예측 모델은 경험증거가 부재한 상황이거나 불확실성이 높은 상황에서 추상적 수준의 예측을 통해 정책결정을 돕는 ‘교량’ 역할을 한다. 수학모델은 결국 ‘알 수 없는 영역’을 ‘관리 가능한 영역’으로 전환한다(Rhodes and Lancaster, 2020a). 공중보건 영역에서 방역을 위해 수학적 역학(mathematical epidemiology) 분야로 확립되었으며 그 영향력을 확장하고 있다. 하지만 수학적 역학 또는 수학모델이 현실을

이해하고 설명하는 방식과 임상역학자나 공중보건학자들이 현상을 이해하는 방식은 상이하다. 역학분야의 하위분과에서 나타나는 차이는 인식론적 차이뿐 아니라 이론이나 사용하는 도구, 기술 그리고 연구의 대상을 구성하는 방식에서 구체적으로 드러난다. 이런 차이를 몇 가지 설명요소로 환원하는 것은 전체적인 지식구성과정을 조망하는 데 한계를 보인다. 이런 이유로 인해 지식구성과정에서 나타나는 맥락 의존적인 지식구성을 전체적으로 이해하기 위해 “과학실천의 스타일 (Styles of Scientific Practice)”의 개념이 제안된다. 이미 과학기술학은 방법론이나 이론 또는 실험실 연구까지 지식생산과정에서 드러나는 다양한 요소들의 결합과 행위자들 사이의 연관성에 대한 논의를 중요한 주제로 다루어왔다. 예를 들어 고전적인 사례로 루드빅 플렉(Ludwik Fleck)이 1935년에 발표한 매독 진단방법인 바서만 테스트(Wassermann test)에 대한 연구에서 어떻게 이 질병이 과학적 사실(scientific fact)로 구성되는가의 과정을 분석했다(Fleck, 1935). 플렉은 특정 질병에 대한 정의는 지식과 개념 그리고 실천방식을 공유하는 사회그룹 안에서만 유효하다는 결론에 이른다. 그리고 ‘사고 스타일(thought style)’과 ‘사고공유집단(thought collectives)’이라는 유명한 개념을 제안한다(Fleck, 1935; Löwy, 1986; 2020). 플렉의 개념은 의학지식의 사회구성주의를 최초로 정식화한 고전적 사례로 평가되기도 한다(Löwy, 1988). 하지만 플렉의 연구는 인식론적 측면을 과도하게 강조하면서 실제 과학행위에서 나타나는 다양한 행위자들과 실험도구나 대상과의 관계를 제대로 보여주지 못하면서 관념론적인 편향을 드러낸다고 비판받기도 했다(Barnes, Bloor and Henry, 2000; Bloor, 1986; 1996).

플렉의 개념에서 드러나는 과도한 인식론 중심의 접근이 보여주는 한계를 극복하려는 시도는 “과학실천 스타일”이라는 개념으로 발전된다. 과학사학자인 조나단 하우드(Jonathan Harwood)는 독일 바이마르

공화국시기의 유전학 발전에서 사회, 교육적 그리고 제도적인 배경이 특정 과학적 사고 스타일(styles of scientific thought)을 형성하는 과정을 분석했다(Harwood, 1993; Kim, 2005). 또한, 과학기술학자인 조안 후지무라(Joan Fujimura)와 대니 초우(Danny Chou)는 에이즈를 일으키는 HIV 바이러스 연구자의 두 가지 상반된 접근방식을 분석하면서 “과학실천 스타일”을 더욱 확장한다. 이들은 과학실천 스타일이 “역사적 맥락에 기반한 집합적으로 생산되는 연구과정으로 그 방법이나 이론의 평가방식을 결정하는 것”으로 규정한다(Fujimura and Chou, 2002: 1002). 에이즈를 일으키는 HIV 바이러스에 대한 연구접근법에 있어 실험데이터와 장비 그리고 이론을 평가할 때 레트로바이러스 학자들이 주로 접근하는 ‘실험실 중심 스타일(laboratory style)’과 다양한 학제의 이론과 장비와 데이터를 기반으로 접근하는 ‘역학 스타일(epidemiological style)’의 상반되는 접근법으로 인한 논쟁을 분석했다. 즉, 단순히 학제에 기반한 접근법에 따라 HIV바이러스를 인식하는 방식보다 좀더 광범위한 요소들의 결합과 학제간 관계에 의해 ‘객관성’과 ‘좋은 과학(good science)’에 대한 기준이 형성되는 과정을 과학실천 스타일로 정의한다(Bickerstaff and Simmons, 2004: 395).

과학실천 스타일은 과학지식 생산과 정책결정과 같은 지식실천행위를 설명하는 데 있어 유용한 개념이다. 과학지식의 생산과 적용이 단순히 몇 가지 요소를 이용하여 설명할 경우 과도한 일반화 또는 환원적 설명의 한계가 존재한다. 특히, 코로나-19와 같은 신종감염병 확산과 관련된 연구를 환원론적으로 설명하는 것은 현재 코로나-19에 대한 지식과 방역전략의 한 단편만을 볼 수밖에 없다. 신종감염병은 마치 “우리가 전혀 모르는 대상(unknowns)을 마치 알고 있는 것처럼 대응하는 것”으로 무지의 영역을 앎의 영역으로 전환하는 데 개입되는 다양한 기제와 요인들에 대한 포괄적 설명이 필요하다(Smith, 2020). 이러한 한계를

극복하기 위해 좀더 포괄적이고 종합적인 개념적 접근이 필요하며 코로나-19에 대한 대응, 특히 대부분 공중보건영역에서 다양하게 활용되고 있는 수학적 예측모델이 보여주는 특성은 과학실천스타일의 개념을 이용하여 설명할 필요가 있다.

III. 영국에서의 초기방역전략과 수학모델의 역할

1. 코로나바이러스 행동계획과 독감모델

코로나-19의 확산은 전례 없는 사태이다. 신종감염병으로서 코로나바이러스의 확산에 관한 경험을 이해할 수 있는 체계적인 데이터 자체의 부재상황에서 이 병원체의 갑작스런 확산은 방역당국과 대중들을 공포로 몰아넣기에 충분했다. 경험데이터의 부재한 상황에서 “미지의 질병(unknown disease)”에 대한 반응은 항상 일상적인 상상력을 요구한다기 보다는 “뚜렷이 구분되는 상상(distinct imaginary)”이 동원된다. 공중보건학자인 앤 켈리(Ann H. Kelly)는 신종감염병의 확산이라는 전례 없는 대응이 요구되는 상황에서는 “전례 없는 사태에 대한 상상(the imaginary of an unprecedented)”이 요구된다고 주장했다(Kelly, 2020). 코로나-19가 전 세계적으로 빠르게 확산하면서 각 정부는 이 전례 없는 사태에 대해 다양한 형태의 ‘상상’에 기반한 방역전략을 실행했다. 한국의 경우, 이 전례없는 사태에 대한 상상은 구체적인 과거의 감염병 확산의 경험에 근거한다. 특히 2000년대 이래 반복적으로 발생해온 인간-동물 감염병으로 인해 사회전체에 상당한 피해를 줬다. 예를 들어, 2003년 한국으로 확산한 중증 호흡기질환인 사스(SARS)와 2010년 11월에 경북 지역에서 발생하여 빠르게 전국으로 확산하면서 약 15만 마리의 소와 330만 마리의 돼지를 살처분할 수밖에 없었던 구제역(Foot-and-Mouth

Disease)의 경험은 감염병 거버넌스의 기본인 공간중심의 고립과 억제 정책의 형성으로 이어졌다(김기홍, 2015; 김석호 · 주윤정 · 조하영, 2017; 김선경 · 김지은 · 백도명, 2011; 전은희 · 천명선, 2012). 이러한 원칙은 고병원성 조류독감과 지난해 접경지역에서 발생했던 아프리카 돼지열병까지 적용되었다(김준수, 2019). 또한, 2015년 한국사회에 엄청난 충격을 일으킨 중동호흡기증후군(메르스, MERS)는 37명이 목숨을 잃는 사태로 이어진다. 메르스의 충격은 감염병에 관한 제도를 근본적으로 개편하는 질병경험의 제도화(Institutionalisation of disease experience)로 이어졌다(유익준, 2018; 정운진 · 최선, 2017). 2020년 1월부터 한국에서 확산하기 시작한 코로나-19에 관한 방역전략은 반복적인 구체적 질병경험에 근거한 ‘공간중심’의 중앙집중적인 억제-격리 전략으로 구체화되었다.¹⁾

영국은 한국과 비슷한 시기인 2020년 1월 31일에 첫 번째 코로나-19 감염자가 발생했으며, 영국정부는 긴급하게 과학자와 전문가를 중심으로 하는 자문위원회(비상상황 대처 과학자 자문회의, Scientific Advisory Group for Emergencies, SAGE)를 조직하여 코로나-19의 확산에 대응하는 전문가의 의견을 정책에 반영한다. 영국의 방역전략은 한국의 사례와는 상당히 구분된다. 위에서 논의한 것처럼, 한국의 방역전략이 질병경험의 제도화를 통한 구체적 경험에 근거한 전략(경험적 전략)으로 설명할 수 있다. 반면에 영국의 방역전략은 오랜 질병방역의 전통에 따라 마련된 교과서적 접근법이었다. 이미 19세기 말 콜레라에 대한 근대적 방역의 경험은 위생법으로 제도화되었으며 이후 100여 년의 시간이 지

1) 물론 한국의 이른바 K-방역은 공격적인 진단검사법의 사용과 발전된 추적기술의 사용으로 구성된 이른바 ‘진단검사-추적-치료(test-trace-treat)’의 3T 전략은 여타 국가들과 비교하여 상대적인 성공을 거둔 것으로 평가된다(권순만, 2020; 유현미, 2020; 이재갑 · 강양구, 2020). 하지만 좀더 근본적인 측면을 고려할 경우 코로나-19에 대한 방역전략은 ‘공간방역’과 ‘인간-동물 감염병’의 질병경험에 근거한 제도화가 중요한 기반이 되었다고 평가할 수 있다(김기홍 2020; 2021).

나면서 감염병에 대처하는 정책은 견고하게 제도화되었다(바이넨, 2017; 웨이조, 2012; Hardy, 2001; Lawrence, 1994). 이러한 전통에서 영국의 방역정책은 매우 견고하게 잘 짜인 시나리오에 따라 코로나바이러스의 확산에 대비했다. 초기 전략의 핵심은 이른바 ‘4단계 방역전략’으로 구성된다: 억제(containment), 지연(delay), 연구(research) 그리고 완화(mitigate)가 그것이다(DHSC, 2020). 이 시나리오는 바이러스의 확산 정도에 따라 단계적으로 질병확산에 대처하는 전략을 담고 있다. 이 교과서적 대응전략은 미지의 신종바이러스가 활동성이 겨울철에 가장 높다는 가정에 근거한다. 바이러스의 활동성이 가장 높은 겨울철을 피해 그 확산 정도를 억제하여 온도가 올라가는 봄과 여름철로 확산시기를 지연시킨다면 경제적인 피해를 효과적으로 최소화하면서 질병을 억제하고 통제할 수 있다는 아이디어에 근거하고 있다. 감염자의 발생 숫자를 현재 가용한 의료자원 안에서 관리하기 위해 감염확산속도를 늦추는 것을 목적으로 하는 이른바 ‘곡선평탄화(Flattening the Curve)’의 원칙의 전형이다(오철우, 2020: 185). 우선 확진자가 적게 나타나는 단계에 신속하게 확진자를 격리 및 치료하는 억제전략을 사용한다. 하지만 확진자의 숫자가 하루 평균 300명을 넘어서는 순간 방역 시나리오는 억제전략을 포기하고 지연전략의 두 번째 단계로 이행한다. 국립보건서비스(National Health Service, NHS)의 수용능력 안에서 환자들을 치료하기 위한 지연전략은 학교폐쇄, 대규모 집회의 중지 그리고 재택근무의 조치와 같은 ‘사회적 거리두기’를 통해 바이러스의 확산고리를 끊어 여름까지 바이러스 확산을 지연하는 방법이다. 동시에 세 번째 전략인 연구를 통해 백신과 치료제 개발을 가능하게 하는 방식이다. 그럼에도 확산을 막지 못하는 경우에 마지막 단계인 ‘완화’단계로 이어지며 정부는 국립건강서비스와 지방정부 그리고 경찰등의 인력을 동원하여 시민의 이동을 통제하면서도 경제활동을 유지하여 국가 경제에 피해를

최소화하게 된다(Freedman, 2020; Pollock, Roderick and Cheng, 2020; Scally, Jacobson and Abbasi, 2020).

영국의 방역당국이 준비한 행동계획이 시나리오에 따라 제대로 진행되었다면 이후 일어날 수 있는 최악의 방역혼란과 전국적인 봉쇄로 이어지지 않았을 것이다. 방역당국이 준비해온 방역전략인 ‘행동계획’은 특정한 형태의 ‘전례없는 사태에 대한 상상’을 동원하고 있다(Kelly, 2020). 영국의 방역정책을 이해하기 위해서는 영국 방역당국이 준비해온 질병확산모델을 살펴볼 필요가 있다. 영국은 2016년 10월에 이미 가상의 전세계적인 독감 팬데믹에 대비한 정부와 방역당국의 행동계획인 “시그너스 훈련(Exercise Cygnus)”을 시행했다(Horton, 2020a; Scally, Jacobson and Abbasi, 2020; Dyer, 2020)²⁾. 하지만 이 방역훈련의 결과는 아직까지 공식적으로 발표되지 않았다. 하지만 이 훈련에 참여했던 영국의 수석과학자였던 이언 보이드(Ian Boyd)를 포함한 관련자들의 증언에 의하면 영국은 “제대로 팬데믹에 준비되지 않았으며...심각한 팬데믹 상황에서 요구되는 극단적인 조건에 제대로 대처하지 못했다”고 주장하고 있다(Horton, 2020a: 25; Iacobucci, 2020; Smyth, 2016). 이 훈련의 문제는 훈련의 전제와 대상이 ‘독감 팬데믹’에 대한 대응이라는 점이다. 영국의 방역전략의 기저에는 ‘독감모델’이 자리잡고 있다. 영국 방역전략을 구성하는데 있어 주요 고려대상은 지난 100년 동안 주기적으로 발생해온 독감 대유행이다. 물론 1919년 스페인 독감이나 1968년

2) 영국의 시그너스 훈련과 유사한 방식의 신종감염병에 대한 훈련이 한국에서도 실행되었다. 중국 우한에서 최초의 코로나-19 환자가 공식적으로 발표되기 직전인 2019년 12월 17일 질병관리본부는 “원인불명 감염병 진단분석 태스크포스”를 조직했다. 이 태스크포스는 중국에서 코로나바이러스가 발생해 국내로 유입된다는 시나리오를 가지고 도상훈련을 실시했다. 가상의 바이러스 중에서 코로나바이러스를 지목한 것은 2015년 코로나바이러스에 의해 발생한 메르스에 대한 방역실패의 기억 때문이었다. 그 결과 의심환자의 검체에서 코로나바이러스와 일치하는 유전 정보를 얻을 수 있는 “팬코로나 검사법”을 개발할 수 있었다(이재갑·강양구, 2020: 19; 변태섭, 2020; 전치형, 2020).

대 확산된 홍콩독감의 경험이 엄청난 영향을 미쳤지만 2000년이 지나면서 영국은 사스(SARS)나 지카(Zika)바이러스와 같은 다양한 감염병의 확산을 경험한다. 사스(2003년)의 확산경험은 영국이 독감경험 중심의 방역모델에서 벗어날 좋은 기회였지만 다행스럽게 사스는 영국에 큰 피해를 주지 않았다. 그 결과 영국정부는 ‘전통적인 공중보건과 감염병 방역조치로도 충분히 신종감염병을 막아낼 수 있다는 자신감을 갖게 되었다’(Cabinet Office, 2008). 대신 2009년에 세 차례에 걸쳐 닥쳐온 H1N1형 신종플루의 확산은 영국의 감염병 방역정책에 좀 더 큰 영향을 미쳤다. 당시 전세계적인 유행으로 이어지면서 확산에 대비하기 위해 독감백신과 치료제인 타미플루를 과도하게 보유하면서 감염병 방역전략을 수정한다(Goodle, 2010). 신종감염병이 확산될 경우에 ‘최악의 경우에 대비한 시나리오(worst case scenario)’를 준비해온 당국은 영국에 신종감염병이 일으킬 피해는 크지 않을 것이라는 결론에 도달하게 된다. 이러한 결론은 2010년에 발생했던 독감의 확산에서 예상보다 적은 피해를입히고 종식된 경험을 통해 기존 방역체계에 자신감을 얻는다(House of Commons Science and Technology Committee, 2011; DH, 2011). 독감모델에 근거한 수정된 감염병 대응전략은 이후 발생한 지카 바이러스와 메르스의 확산이 영국에 도달하지 못하면서 더욱 강화된다. 또한 ‘최악의 경우에 대비한 시나리오’에서 ‘적당한 수준의 최악의 상황에 대비한 시나리오(reasonable worst case scenario)’로 개념을 전환하면서 질병확산에 대한 준비정도를 약화시키는 결과로 이어진다(Freedman, 2020). 영국 보건부(Department of Health and Social Care)가 준비한 코로나바이러스 행동계획은 명시적으로 독감바이러스의 발생에 대비한 시나리오에 기반하여 만들어졌음을 언급하고 있다(DHSC, 2020; DH, 2011). 즉, 영국의 ‘4단계 전략’으로 알려진 행동계획의 근본 전제는 ‘알 수 없는’ 신종감염병이 아닌 ‘독감’에 근거하고 있다. 예를

들어, 자연단계에서 사회적 거리두기나 여타 다른 방식을 통해 감염의 확산을 지연시키는 방식의 전제는 겨울에 발생한 코로나바이러스가 봄과 여름을 거쳐 기온이 올라가게 되면 자연스럽게 감염력이 약화될 것이라는 전제로부터 출발한다. 즉, 이것은 독감바이러스의 행동에 근거한 예측일 뿐이었다.

이처럼 독감확산의 상황을 전제로 한 방역전략은 정부가 2020년 3월 중순에 보여준 정책적 혼란을 통해 그 한계를 명확히 노출한다. 영국정부가 계획했던 방역전략은 3월 12일을 기점으로 새로운 국면에 들어선다. 이미 하루에 300명 이상의 사망자가 발생하고 더 이상 ‘억제’정책이 아무런 효과를 보이지 않으면서 기본적인 4단계 전략의 근본원칙이 무너진다. 당시 많은 과학자는 빠른 봉쇄정책의 실행과 함께 테스트-추적-격리 정책을 실행할 것을 요구했지만 정부는 과학자들의 권고안을 거부한다(MacDonald, 2020; Ward, 2020). 3월 10일부터 나흘 동안 15만 명의 군중이 몰린 첼튼햄 페스티벌(Cheltenham Festival, 영국의 주요 경마경주행사)과 3월 11일에 리버풀에서 열렸던 리버풀과 아틀레티코 마드리드의 축구경기가 아무런 제약없이 진행되면서 코로나바이러스의 확산은 통제범위를 넘어서게 된다(McGree and Krever, 2020; O’Carroll, 2020). 또한 임페리얼 컬리지의 역학 모델을 전공한 수학자이면서 정부의 질병방역정책에 큰 영향을 미친 닐 퍼거슨(Neil Ferguson)이 정부가 아무런 개입을 하지 않는다면 코로나바이러스로 인해 50만 명 이상의 사람들이 목숨을 잃을 것이라는 충격적인 역학모델 결과를 발표하면서 정부는 초기에 계획했던 이른바 “보호적 공동체 면역전략(protective community immunity)”에 근거한 ‘4단계 방역전략’을 완전히 포기한다(Adam, 2020; Ferguson et al., 2020). 대신 보호적 봉쇄정책(protective lockdown) 정책으로 급선회하게 된다(Rhodes and Lancaster, 2020a). 3월 11일에서 3월 13일 사이에 일어난 급격한 상황변

화는 영국 정부의 정책적 혼란으로 이어지면서 매우 중요한 조치를 위한 타이밍을 놓치게 된다. 더구나 3월 14일에 영국정부의 수석과학자인 패트릭 발랜스(Patrick Vallance)의 발언은 더욱 혼란을 가중시킨다. 수석과학자로서 SAGE 위원회의 의장역할을 맡았던 발랜스는 코로나바이러스의 확산을 막기 위해서는 영국인구 중에서 4,000만 명 정도가 감염되어야 한다는 이른바 집단면역정책(herd immunity)의 가능성을 발표한다(Parker, Pickard and Hughes, 2020; Stewart and Busby, 2020; Hanage, 2020). 비록 발랜스는 이 집단면역정책이 정부의 공식적인 견해가 아니라고 발언 수위를 조절하려고 했지만 많은 전문가들은 정부가 심각하게 집단면역정책을 고려하면서 전국적인 봉쇄정책을 피하려 했다고 보고 있다.³⁾

영국정부의 방역전략의 혼란이 가져온 결과는 치명적이었다. 영국 수상인 보리스 존슨은 3월 23일 2차 세계대전 이후 처음 이루어진 긴급 텔레비전 방송을 통해 영국전체의 사회적 이동을 제한하는 봉쇄정책을 발표했다. 10월 말까지 영국 전체 확진자는 100만 명에 이르고 있으며 사망자 숫자만 58,925명에 이르면서 전세계에서 가장 높은 사망률을 보여주고 있다. 영국의 코로나바이러스 대응은 세계적으로 가장 실패한 사례 중에 하나로 꼽힌다. 영국의 ‘4단계 방역모델’이나 역학모델 그리고 일시적으로 제안되었던 집단면역까지 모든 질병 거버넌스의 이면에

3) 집단면역정책과 관련된 정책적 고려는 지금까지 끊임없이 논쟁의 대상이 되고 있다. 특히 최근 다시 젊은이들을 중심으로 코로나19가 확산하면서 대학생들에 대한 “표적 집단면역(targetted herd immunity)”정책의 가능성을 제기하기도 했다. 또한, 옥스퍼드 대학의 역학자인 수네트라 곱타(Sunetra gupta)와 하버드 의대의 마틴 쿨도프(Martin Kulldorff) 그리고 스탠포드 의대의 제이 바타차르야(Jay Bhattacharya)가 주축이 되어 봉쇄정책에 반대하면서 인구전체에 대한 면역력을 강화시키기 위한 집단면역의 필요성을 강조하는 “그레이트 배링턴 선언”(Great Barrington Declaration)을 발표하면서 논쟁은 재점화되었다(Conn and Lewis, 2020; Parker, Pickard and Hughes, 2020; Kermani, 2020; Sample, 2020; BBC News, 2020; Sodha, 2020).

는 중요한 원칙이 존재한다. 그것은 수학적 질병 모델에 대한 높은 신뢰이다. 영국의 의료사회학자인 카를로 카더프(Carlo Caduff)에 의하면, 코로나바이러스가 확산하는 과정에서 대중은 실제 무슨 일이 일어나는가에 대해 분명히 인식하고 있었다. 대부분 대중매체는 실시간으로 코로나바이러스의 확산과정과 그 피해를 중계했다. 전 세계적으로 일어나는 상황에 대한 인식이 분명했지만 한 국가의 인구수준에서 무슨 일이 일어나는가에 대해 알 수 없는 역설적 상황이 발생했다. 그 이유는 분명하다. 유일하게 질병의 확산과정을 알 수 있는 방법은 감염자에 대한 테스트를 통해서만 알아낼 수 있다(Caduff, 2020). 하지만 정확하고 체계적인 테스트가 이루어지지 않는 상황에서 실제 상황을 유추하는 방법은 추상적 질병 모델을 이용한 해석방식이다(Boseley, 2020). 엄격한 방법을 통해 수집된 경험데이터가 부재한 상황에서 수학적 역학모델은 최선의 대안이 되었고 유일한 정책 결정의 근거가 된다.

2. 추상적 질병경험모델로서 수학모델

위에서 살펴본 것처럼, 영국의 방역 당국은 두 가지 중요한 원칙에 의존하고 있었다. 아무런 경험 데이터가 존재하지 않는 ‘알 수 없는’ 신종감염병에 대한 대응의 기반은 “독감경험”이었다. 1919년 전 세계적으로 5,000만 명의 생명을 앗아간 스페인독감으로부터 1957년과 1968년에 확산한 독감 팬데믹의 경험 그리고 1990년 통계적으로 26,000명의 초과사망자(excessive death)를 낸 계절성 독감까지 영국에서 제도화된 감염병 경험의 중심에는 독감이 자리 잡고 있다. 독감모델에 근거한 방역전략의 구성은 전혀 다른 성격을 보이는 코로나바이러스에는 전혀 효과가 없었다(호닉스바움, 2020; Cookson, 2020; Horton, 2020b). 이러한 독감모델과 함께 영국방역정책의 또 다른 원칙이 바로 “수학모델”이

다. 2000년대 이후 영국의 감염병 경험은 주로 독감의 확산에 대응하기 위해 마련된 전략이었다. 독감의 확산과 피해를 예측하기 위해 영국 정부가 주로 사용한 것이 바로 수학 모델링이었다. 수학모델이 본격적으로 영향력을 확대한 것은 1980년대와 90년대에 영국을 충격에 몰아넣었던 광우병(BSE)의 확산과 인간광우병(vCJD)의 확산에서 시작된다. 인간광우병인 변종 크로이츠펔트-야콥병으로 인해 137명의 사망자가 발생하면서 이 질병이 어느 정도까지 확산될 것인가에 대한 역학모델을 구성하면서 당시 왕립학회와 옥스퍼드대학의 수학적 역학팀은 그 명성을 얻게 된다⁴⁾(Dealler, 1998; Donnelly and Ferguson, 1999; Ghandi, Donnelly, Ferguson and Anderson, 2002; Ferguson, Donnelly, Woolhouse and Anderson, 1999).

광우병의 확산을 막기 위해 수의학분야의 역학자들과 수학적 역학자들은 광우병을 통제하기 위한 살처분 방식에 대해 상이한 의견을 갖고 있었다. 당시 많은 수의학자는 중앙정부가 추진하고 있었던 반경 3킬로미터 안의 농장에서 키우던 소를 살처분하는 결정에 대해 비판적이었다. 수의학 역학자들은 살처분을 추진하기 위해 그 지역의 상황과 지리적 특성을 고려하여 질병의 확산정도에 따라 살처분 여부를 결정해야 한다고 주장했다. 그리고 수학적 역학 모델을 근거로 결정된 살처분 방식은 결정론적 수학모델(deterministic mathematical model)이라 비판했다. 대신, 수의학자들의 접근방식은 수학적 역학자들과 다르게 확률론에 근거한 모델을 통해 농장과 농장 사이의 구체적인 전파경로를 파악하는 방식을 제안했다(Keeling and Woolhouse, 2001). 이러한 수학모델에 대한 임상역학자와 수의학자의 비판적 입장은 2001년 영국을 강타했던 구제역의 확산과정에서도 동일하게 반복된다. 비커스태프와 시몬

4) 당시 수학모델을 연구한 왕립학회와 옥스퍼드의 연구자들은 대부분 이후 임페리얼 컬리지에 자리잡게 되면서 수학모델에 근거한 역학연구를 진행한다.

스가 분석한 것처럼 수학모델을 이용하여 방역정책을 구상한 그룹과 임상역학자와 수의학자들은 구제역이 발생한 지역에 대한 살처분 정책에 관해 전혀 다른 생각을 보였다(Bickerstaff and Simmons, 2004). 에딘버러와 캠브리지 대학의 수의학과 임상역학그룹은 당시 수학적 역학모델을 강조한 임페리얼 연구팀의 추상적이고 과도하게 수학적으로 결정된 모델을 강하게 비판했다. 광우병 확산과 유사하게 임페리얼의 수학적 모델 연구팀은 구제역에 감염되는 동물종의 차이나 확산율에 대한 고려 없이 매우 균질적인 동물군(homogenous animal population)을 상정하여 근접예방살처분 정책을 주장한다(Bickerstaff and Simmons, 2004: 402). 하지만 임상역학자와 수의학자들은 농장 사이의 거리와 지리적 특성 그리고 감염의 확산패턴에서 보여지는 특성을 고려한 확률론적 모델을 제시한다. 이들의 시뮬레이션에 근거한 모델은 동물군의 이질성을 고려하면서 좀 더 많은 변수를 이용한 모델이었다.

하지만 이처럼 상반된 접근방식으로부터 캠브리지와 에딘버러 그리고 수의학실험연구소(Veterinary Laboratory Agency, VLA)의 연구팀은 임페리얼 수학모델 연구팀의 접근이 개별적 농장과 지역적 특성을 무시하고 실제 세계를 단순화한 수학적 추상성에 근거함으로써 그 한계를 보인다고 주장했다(Morris, Wilesmith, Stern, Sanson and Stevenson 2001). 당시 로이 앤더슨(Roy Anderson)과 닐 퍼거슨(Neil Ferguson)으로 대표되는 임페리얼 수학적 모델 연구팀은 수의학자들의 근접예방적 살처분에 대한 비판적 입장은 과학적 판단이기보다 현지 상황과 감정적으로 과도하게 연결된 개인적 믿음에 의존하고 있다고 평가했다. 그리고 살처분의 실행을 위한 냉철한 과학적 판단을 하기 위해 “외부자”로서의 거리두기와 “과학적 객관성”을 강조했다(BBC News, 2001). 결국, 이 논쟁에서 수학적 역학모델은 객관적이고 냉철한 과학이 되었으며 임상역학과 수의학적 접근법은 내재적으로 “주관적” 과학이라는 평가

로 이어지면서 영국의 질병방역정책에서 수학적 역학의 입지가 확고해진다(Bickerstaff and Simmons, 2004).

객관적 과학으로서 수학적 역학모델은 2009년 H1N1 신종플루의 확산과정에서도 중요한 정책결정의 기본모델을 제공한다. 임페리얼의 닐 퍼거슨은 의회 과학기술위원회에서 신종독감의 확산으로 인해 전체 인구의 2%가 피해를 보아 사망하게 된다고 예측했다. 즉, 최악의 경우 잠재적인 사망자 숫자는 65,000명에 이를 것이라고 주장했다. 그러나 이후 이 모델에 관한 수정이 이루어지고 사망자 숫자는 0.4% 정도가 될 것으로 예상했다. 결국 실제 사망률은 0.1%에 불과했다(House of Commons Science and Technology Committee, 2011)⁵⁾. 2020년 영국에서 코로나바이러스가 확산하면서 다시 임페리얼의 수학모델팀은 정책결정에서 핵심적 역할을 하게 된다. 우한에서 원인불명의 신종감염병이 발생하면서 영국정부는 수학과학자인 패트릭 발랜스(Patrick Vallance)를 의장으로 하는 〈비상상황 대처 과학자 자문위원회, SAGE〉를 통해 정부의 방역정책에 과학적 자문을 하게 된다. 이 자문위원회의는 세 개의 하위그룹으로 구성되어 있으며 이 중 하나가 과학적 팬데믹 독감모델링그룹(Scientific Pandemic Influenza Group on Modelling, SPI-M)으로 맨체스터 대학과 워릭대학 그리고 임페리얼 컬리지의 수학적 역학팀이 주축이 되었다(SAGE, 2020).⁶⁾

5) 객관적 과학으로서 수학적 역학모델의 영향력은 신종독감의 확산에서도 확인된다. 하지만 퍼거슨 연구팀의 과도한 예측과 수정은 이 모델의 신뢰도를 떨어뜨린다. 앞에서 논의한 것처럼 신종독감에 대한 과도한 대응과 사망률 예측으로부터 '최악의 시나리오'에서 '적당한 수준의 최악의 시나리오'로 방역 원칙을 완화한다.

6) 〈비상상황을 위한 과학자 자문위원회, SAGE〉는 신종플루인 H1N1이 확산하던 2009년 정부의 방역정책을 결정하는 데 전문가들의 의견이 반영되도록 만든 위원회이다. 이 위원회는 영국의 20개 대학과 연구소의 전문가들이 참여하고 있으며 다섯 개의 하위그룹으로 운영된다; 〈신종호흡기바이러스 위협에 대한 자문그룹(New and Emerging Respiratory Virus Threats Advisory Group, NERVTAG)〉, 〈과학적 팬데믹 독감 모델링 그룹(Scientific Pandemic Influenza Group on Modelling,

임페리얼 연구팀은 확산 초기부터 중국에서 영국으로의 바이러스 유입가능성을 조사하면서 알려진 정보를 토대로 런던위생 및 열대의대(London School of Hygiene & Tropical Medicine)의 연구진과 국립보건서비스의 전문가들이 모여 바이러스의 확산재생산지수(R_0)가 영국에서는 2.3에 이르고 있으며 전인구의 80%가 감염될 위험을 경고하기도 했다(Davies, Kucharski, Eggo, Gimma, and Edmunds, 2020).⁷⁾ 하지만 수학적 역학모델의 영향력이 확인된 것은 3월 11일 임페리얼의 닐 퍼거슨이 발표한 모델링 예측자료였다. 이 보고서는 독감 팬데믹에 관한 수학적 모델을 근거로(Ferguson et al. 2006) 영국 보건부와 의회과학기술 상임위원회가 정책을 결정하는 데 중요한 역할을 한다(Ferguson et al. 2020). 이 보고서는 정부가 아무런 방역정책상의 개입을 하지 않을 경우, 코로나바이러스로 인해 영국에서 약 50만 명 이상의 사망자가 나올 것이라는 충격적인 예측모델을 제시하면서 긴급하게 전국적인 봉쇄정책을 촉구한다(Adam, 2020; Ferguson et al. 2020). 임페리얼의 확산모델은 전례없는 사회적 영향력을 발휘하게 된다. 이 보고서는 리뷰를 거치지 않고 직접 온라인을 통해 발표하면서 언론의 관심을 받게 되었으며 국가 정책결정에 있어서 대중커뮤니케이션의 주요 정보의 진원지가 되

SPI-M)), 〈행동에 대한 독립과학 팬데믹 독감그룹(Independent Scientific Pandemic Influenza Group on Behaviours, SPI-B)), 〈코로나-19 유전체연구그룹(Covid-19 Genomics UK, COG-UK)), 그리고 〈보건데이터 연구그룹(Health Data Research UK, HDR UK)〉. 하지만 초기 확산과정에서 이 자문위원회 참여자에 대한 명단공개가 이루어지지 않고 정부의 방역정책에서 나타나는 불투명성에 관한 비판이 제기되었다. 결국 정부는 이 위원회에 참여하는 과학자들과 그 구성을 공개하게 되었다(Carrell, 2020). 그리고 이러한 폐쇄성과 불투명성에 반발한 과학자들은 독립적인 자문위원회를 정부의 조직으로 〈비상상황을 위한 독립적 과학자 자문위원회, Independent SAGE〉를 조직하여 정부가 발표하는 자료를 비판적으로 평가하고 자문사항을 발표하고 있다(Independent SAGE, 2020).

- 7) 코로나19의 재생산지수 (2.3)와 비교해서 계절성 독감의 재생산지수는 1.3이며 과거 2009년 있었던 H1N1 신종플루의 재생산지수는 1.5였으며 1919년 스페인독감은 1.8이었다(Freedman, 2020: 40).

었다(Rhodes and Lancaster, 2020a: 182). 이 모델에서 방역당국이 아무런 조치를 취하지 않을 경우, 사망자 숫자는 51만 명이 될 것으로 예측했으며, ‘완화’정책을 실행할 경우, 사망자는 25만 명, 그리고 ‘억제’정책을 취할 경우 희생자 숫자는 2만 명으로 줄게 된다고 예측했다. 이 예측 모델은 당시 혼란을 일으키고 있었던 4단계 방역전략의 종언을 가져왔으며 3월 25일 발표된 전국적 봉쇄령으로 이어진다.

이처럼 수학적 역학모델이 영국의 방역정책에서 갖는 위치는 결정적이다. 과거 광우병과 구제역 살처분과 관련된 논란에서 본 것처럼 많은 임상역학자와 수의학자들 그리고 공중보건전문가는 이 수학적 역학모델에 근거한 전략구성에 대해 비판적이었다. 여기에는 간과할 수 없는 요인이 존재한다. 우선, 이 수학적 역학모델은 실제상황을 매우 명료하고 간단하게 숫자로 전환하여 재현하는 방식이다. 구제역과 광우병의 사례에서 본 것처럼 그 대상인 동물을 이질적인 생물종이 모여 있는 집합으로 취급하지 않고 매우 균질적인 집합으로 표현하다. 이 과정에서 생물종의 특성과 상호작용에서 보여주는 특이성은 사라진다. 이러한 특성은 코로나-19에서도 발견할 수 있다. 행위자들 사이의 상호작용의 다양성과 차이를 고려하지 않고 균질적인 행동방식으로 수치화하면서 그 복잡성은 사라지게 된다. 무엇보다 더 중요한 문제는 코로나-19와 같은 신종감염병에 대한 경험적 자료가 거의 존재하지 않는 상태에서 수학적 모델로 전환하는 것은 매우 추상적 수준의 작업이라는 사실이다. 여기에서 중요한 역할을 하는 것이 바로 ‘독감모델’이다. 위에서 상술했던 것처럼, 영국방역정책에서 독감모델에 대한 의존성은 매우 크다. 이러한 경향은 수학적 역학모델에서 여실히 드러난다. 영국정부의 ‘4단계 전략’의 지연단계에서 중요하게 다루어지는 사회적 거리두기나 행동변화의 유도를 통해 확산정도를 지연시키는 방법은 중요한 가정하에서 전개된다. 즉, 겨울에 발생한 코로나바이러스가 봄과 여름이 되면 높은

온도로 인해 자연스럽게 감염력이 약화될 것이라는 믿음이다. 하지만 이러한 전제는 코로나바이러스의 특성이라기 보다는 ‘독감’의 특성이다. 코로나-19는 한 여름을 거치면서 전혀 감염력이 약화되지 않았으며 강한 감염력을 유지하거나 오히려 강화되는 사실이 관찰되기도 했다. 결국, 독감모델에 근거한 수학적 역학모델은 코로나-19의 특성을 제대로 예측할 수 없었다. 수학적 역학모델링을 주도하고 있는 임페리얼 컬리지의 퍼거슨 연구팀의 수학적 모델의 전제는 2005년 태국에서 확산한 H5N1 조류독감의 변종가능성을 염두에 둔 모델이 그 바탕이 되었다(Ferguson et al. 2005). 독감확산이나 팬데믹에 대한 수학적 역학모델은 더욱 확대되어 전 세계적인 팬데믹 상황을 상정한 연구로 이어졌다(Ferguson, 2006).

수학적 역학모델의 핵심은 ‘추상성’이다. 현실의 복잡성과 다양한 요인이 결합되어 있는 상황을 최대한 단순화하는 동시에 추상화하는 방식을 채택한다. 단지 역학모델이 상상의 영역과 구분되는 것은 기존 질병경험과 데이터를 이용하여 유추하고 추론하게 된다. 즉, 일종의 외삽방식(extrapolate)을 채택한다. 위에서 논의한 것처럼 영국의 수학적 역학모델 연구자들이 사용한 질병경험은 ‘독감’의 경험이었다. 독감기반 모델의 문제는 독감과 코로나바이러스는 완전히 다른 병원체에 의해 발생한 질병이라는 것이다. 추상화의 과정에서 독감을 외삽의 시작점으로 선택했을 때 그 실체가 알려지지 않은 미지의 신종감염병을 제대로 재현해 낼 수 없다는 문제와 마주할 수 있다. 위에서 논의한 것처럼, 영국의 방역당국과 전문가 그룹은 독감을 기준으로 설정한 후 모델을 구성하면서 정책으로 구체화했다. 퍼거슨의 임페리얼 컬리지 연구팀은 2009년 신종플루의 확산과 코로나-19 확산에서 과도하고 극단적 형태의 예측값을 발표하면서 대중들에게 오히려 극단적인 공포심을 갖게 하는 결과를 가져왔으며 이것은 전국적인 봉쇄조치로 이어졌다. 대중

매체는 그를 “봉쇄 교수(professor lockdown)”라 불렀고 전국적 봉쇄 조치를 결정하는 데 결정적인 역할을 한 것으로 평가하고 있다(Boyd, 2020; Slawson, 2020).

IV. 수학적 역학모델과 추상적 과학실천스타일

앞에서 논의한 것처럼 영국의 코로나-19 방역전략에서 두 가지 모델, 즉 독감모델과 수학적 역학모델은 매우 중요한 역할을 했다. 특히 역학모델의 역할은 1차 봉쇄정책과 2차 봉쇄정책결정⁸⁾에 결정적 역할을 했다. 또한 복잡하지만 그래프와 수량화된 역학모델이 언론을 매개로 대중들에게 확산하면서 질병확산과 관련된 현실을 인식하는데 중요한 지표가 되었다. 수학적 역학모델의 역할증대와 확산은 신종감염병이라는 실체에 대한 경험적 증거가 부재한 상황에서 예측이라는 모델링을 통해 불확실성을 흡수하여 과학적 증거로 전환시키는 역할을 한다. 과학적 증거는 단순한 관찰뿐 아니라 추상적 과정을 통해 만들어진다는 것을 인류학자인 마리아 푸이 드 라 벨라카사(Maria Puig de la Bellacasa)는 지적한 바 있다(Puig de la Bellacasa, 2017). 수학적 역학모델이 갖는 영향력과 대중의 신뢰에도 불구하고 이러한 역학모델은 ‘자의적으로 정한 분석자(self-appointed analyst)’나 ‘안락의자 역학자(armchair epidemiologist)’라는 비판을 받으면서 임상역학자가 발견한 지역적 불

8) 영국에서 제1차 전국적 봉쇄정책이 진행된 이후 코로나-19의 확산속도는 느려지는 것처럼 보였다. 하지만 10월에 접어들면서 (1) 대학의 새학기가 시작되면서 젊은이들을 중심으로 감염병의 확산이 빠르게 증가했으며, (2) 대규모 진단검사 및 추적이 제대로 작동하지 않으면서 (3) 지역별 상황에 맞춤형의 억제정책의 실행내용에서 혼선으로 확진자 숫자가 하루에 2만 명을 넘어가는 최악의 상황이 발생했다. 수학적 역학모델에 근거하여 더 이상 지연이나 완화정책의 효과가 없다고 판단한 정부는 11월 5일부터 12월 2일까지 4주 동안 전국적 봉쇄령을 발표했다(Blackall, 2020).

확실성이 문제해결에 훨씬 도움이 될 것이라고 지적했다(Bloomberg, 2020).

오랫동안 수학적 역학자와 임상역학자 사이의 관점 차이가 존재해왔다. 임상역학자는 질병, 특히 신종감염병의 확산은 환자들 사이의 확산 형태와 증상, 잠복기간과 같은 실제 경험증거에 기반하여 대응전략을 마련해야 한다고 강조한다. 앞에서 논의한 것처럼 광우병과 구제역의 확산과 예방적 살처분 방식을 둘러싼 논쟁에서 임상역학자와 수의사 그룹은 수학적 역학모델이 과도한 일반화를 통해 실제 질병이 발생하는 장소의 특수성과 맥락성을 무시한다고 비판한 바 있다. 이처럼 감염병 역학자를 포함한 임상역학의 전문가들은 수학적모델이 실제 세계를 해석한다기보다 가상의 세계를 만들고 가상의 세계에서 가상의 바이러스가 가상의 인구를 대상으로 확산하는 모습을 탐구하고 있다고 본다. 하지만 가상의 공간에서 구성된 시뮬레이션 결과는 방역정책에 엄청난 영향을 주는 힘을 가지고 있다(Fuller, 2020). 감염병 통제정책을 마련하는 데 있어 수학적모델의 영향력 증대를 비판해온 스탠포드 대학의 임상역학자인 존 이오니다스(John Ioannidis)는 현재 서구국가에서 사용하고 있는 엄격한 봉쇄조치는 구체적이고 적합한 경험 데이터에 근거해야 한다고 주장했다. 현재 팬데믹에 대해 빌 게이츠는 “한 세기에 한 번 일어날 대유행(Once-in-a-century-pandemic)”이라고 평가한 바 있다(Gates, 2020). 그러나 이오니다스는 현재 팬데믹은 “한 세기에 한 번 일어날 증거실패(Once-in-a-century-data fiasco)”이라고 규정했다(Ioannidis, 2020b).

그럼에도 불구하고 수학적모델이 하나의 방법론으로서 신뢰를 구축한 것은 꽤 오래된 일이다. 이미 1920년대와 30년대에 걸쳐 이른바 커맥-맥켄드릭 이론(Kermack-McKendrick theory)에 기반하여 인구를 세 개의 그룹으로 나누어 수학적 역학이론을 개발한다: 미래에 감염감수성

(susceptibility)이 높은 사람들 (S), 현재 감염된 사람들 (I) 그리고 감염 후 회복 또는 사망으로 인해 감염에서 벗어난 사람들 (R)로 나눈다. 이렇게 구분된 인구그룹을 대상으로 한 모델을 이른바 “SIR 모델”로 개념화되었으며 아직도 수학적 모델의 기본적인 토대를 제공하고 있다 (Kermack and McKendrick, 1927). SIR 모델이 공중보건영역에서 영향력을 얻게 된 것은 1950년대와 60년대 진행된 ‘흡연과 폐암’ 사이의 역학적 분석에 사용되면서부터이다(Fuller, 2020). SIR모델과 이후 발전된 다양한 수학적 임상모델은 신종감염병과 같은 질병이 발생하는 초기에 확산속도와 범위 그리고 피해 정도를 예측하는 데 주로 사용된다.

하지만 아직도 문제는 이 모델이 실재를 정확하게 반영하고 있는지에 대한 불확실성이 존재한다는 점이다. 주로 수학적 역학모델이 ‘미래를 예측’하는 데 사용되기 때문에 그 정확성이 현재 수집된 데이터에 기반하고 있지 않음으로써 문제가 발생한다. 임페리얼 컬리지의 닐 퍼거슨이 인정한 것처럼 “역학모델은 실재에 대한 단순화된 재현 (simplified representations)”이다(Adam, 2020). 반면에 임상역학자들은 수집된 증거의 질과 수집방법을 매우 중요하게 여긴다. 임상역학은 수학적 임상모델과 다르게 현재 벌어지고 있는 증상과 얻어진 증거를 중요시한다. 이들은 추상적인 형태의 이론적 접근에 대해서는 비판적이다. 좋은 질의 증거를 확보하기 위해 엄격한 무작위 표본방식의 방법론으로 증거를 수집해야 하며 단순히 추론적인 모델링(speculative modelling)으로는 충분치 않다는 것이 임상역학자들이 질병에 대한 역학적 대응을 구성하는 방식이다. 이른바 증거기반의학(Evidence-based Medicine)에 속하는 학자들을 포함한 임상역학자의 주장에 대해 수학적 역학모델을 중시하는 연구자들은 임상역학에서 주장하는 국지적이고 맥락-의존적인 증거수집의 강조는 궁극적으로 정책결정의 실용주의적 접근을 방해하는 요소가 된다고 반론을 주장한다(Lipsitch, 2020).

수학모델을 둘러싼 극단적인 평가는 현재 확산하고 있는 신종감염병에 대한 대응의 시급성과 중요성을 역설적으로 드러낸다. 그렇다면 수학적 역학모델을 어떻게 보아야 하는가? 앞에서 소개한 것처럼, 과학자들의 실천은 단순히 몇 개의 설명요소로 환원하여 이해할 수 없다. 과학실천 스타일이라는 개념이 유용성은 이러한 환원론의 극복과 총체적 이해라는 측면에서 주목할 수 있다. 수학모델은 여타 임상의학이나 임상역학과는 다른 방법론과 철학적 배경 그리고 접근법을 가지고 있음은 앞의 논의에서 충분히 논의하였다. 수학적 역학모델이 보여주는 추상성과 단순화한 재현방식은 실제사회에 존재하는 질병에 관한 기존 데이터를 외삽(extrapolate)하는 방식을 보인다. 이미 언급한 것처럼 구체적인 데이터가 부재한 상황에서 긴급하게 신종감염병의 확산속도와 규모를 예측하기 위해서는 동일한 질병이 아닌 유사한 병원체의 경험 데이터를 기반으로 외삽하는 방법 외에 대안이 없다. 외삽하는 방식으로 추상적 확산예측모델을 구성하는 수학적 역학모델링의 과학실천방식은 임상학과 임상역학자들에게는 주요한 비판의 대상이었다. 수학적 역학모델에 대해 가장 비판적인 존 이오니디스는 아무리 상황이 급박하다고 하더라도 그 맥락과 상황 안에서 수집할 수 있는 데이터에 기반한 모델의 구성과 대응책으로 전환이 가장 중요하다고 주장한다 (Ioannidis, 2020a). 긴급상황에서 임페리얼 컬리지의 수학모델 그룹이 제안한 전국적 봉쇄정책에 동의하지만 그 이후 다음 단계에 실행할 수 있는 조치를 위해 체계적인 데이터 수집의 중요성을 강조한다. 수학모델의 반대편에 서 있는 임상역학자는 추상 수준의 논의보다는 구체적 맥락과 질병에 대한 자료수집에 우선성을 부여한다. 이러한 측면에서 본다면 비커스태프와 시몬스가 제안했던 “거리두기 스타일(Distanced Style of Scientific Practice)”라는 분류방식은 코로나-19를 분석하는 데 있어서도 유의미하다(Bickerstaff and Simmons, 2004).

만일 거리두기 스타일이라는 개념을 수학적 역학모델에 적용한다면 외삽을 통한 추론형식은 쉽게 설명할 수 있다. 임페리얼의 모델 연구자들은 구제역 통제를 위한 예방적 살처분에 대한 모델을 제시하면서 ‘객관적’이고 ‘훌륭한’ 과학이 되기 위해 “외부자로서의 문화적 거리두기”를 통해 그 상황에서 발생할 수 있는 주관적이고 감정적인 문제를 제거할 수 있다고 주장한 바 있다. 이것은 당시 현장의 경험과 맥락을 강조하는 수의학자와 임상역학자에 대한 비판의 무기로 성공적으로 동원되었다. 즉, 수학적 역학모델의 객관성을 강조하기 위해 임상역학을 ‘주관적’이고 ‘믿을 수 없는’ 과학으로 대비시키는데 성공했다(Bickerstaff and Simmons, 2004; NFMG, 2002). 수학적 역학모델은 현장에서 수집된 경험적 데이터를 수집하고 해석하는 것보다는 좀 더 추상화하는 방식을 선호한다. 외삽을 통한 추상화 과정에서 근거가 되는 데이터의 동원은 기존 팬데믹을 일으킨 독감 바이러스를 기본데이터로 사용할 수밖에 없다. 지금까지 독감 바이러스 이외에 팬데믹을 일으킨 병원체를 찾아 보기 쉽지 않다. 수학모델이 보여주는 특징은 크게 세 가지 면으로 논의할 수 있다. 우선, 공식적인 수준에서의 재현은 항상 추상적이다 (abstraction). 그리고 이 과정은 단순화과정으로 실제상황의 복잡성을 추적하기 쉽도록 단순하게 환원시킨다 (simplification). 세 번째 특징은 실제상황에서 무엇을 사용하고 무엇을 버릴 것인가를 결정하는 선택과정이다 (selection). 결국 과학기술학자인 수잔 리 스타(Susan Leigh Starr)가 지적한 것처럼 이러한 실천스타일은 모두 정치적이고 사회적 행위이다(Star, 1989: 147).

그럼에도 불구하고 독감 바이러스와 코로나바이러스는 근본적인 속성의 차이로 인해 발생하는 불확실성을 완전히 제거할 수 없다. 여기에서 존 이오니디스가 사용한 비유는 유의미할 수 있다:

한 사람이 길거리에 쓰러져 있는 것을 발견했다고 하자. 그렇다면 무엇을 먼저 하겠는가? [...] 그리고 어떻게 할 것인가? 먼저 우리는 이 상황에서 가용한 데이터를 얻을 것이다. 쓰러진 사람이 맥박이 있는지, 숨을 쉬고 있는지, 말 소리에 반응하는지 조사할 것이다. 만일 반응이 없다면 심정지를 의심할 것이고 PCR을 시작할 것이다 [...] 하지만 무작정 압박 소생술을 한다고 하자. 그러면 갈비뼈가 부러질 것이고 생명을 위협하는 상황으로 이어질 것이다. 우리의 선한 의도에도 불구하고 행위를 바꾸지 않으면 환자는 죽을 수도 있다(Ioannidis, 2020a).

이오니다스가 강조하는 것처럼 무작정 상황이 급박하다고 그리고 아는 것이 없는 전례없는 사태에 직면해 있다고 하더라도 무조건 독감모델을 사용하는 것은 무모한 일이 될 것이다. 실체현상의 데이터 수집을 중요시하는 임상역학의 실천스타일은 “경험적 또는 근접 스타일 (empirical or proximate style)”로 분류할 수 있다(Bickerstaff and Simmons, 2004: 408). 근접스타일을 공유하는 임상역학자는 맥락적이고 경험적 공간실천을 우선시한다. 구체역이 창궐하면서 수학적 역학자들의 모델이 살처분의 반경을 결정하게 되면서, 영국 왕립학회의 조사위원회의를 이끌었던 수석 수의학자(Chief Veterinary Officer)인 존 스쿠더모어(John Scudamore)는 이 살처분 모델을 “미가공상태”로 실제상황을 반영하는 데 실패했다고 비판하면서 생물종에 대한 구분과 차이점을 고려하지도 않았으며 지리적 양상을 반영하지도 않았다고 수학적 역학모델을 강하게 비난했다(The Royal Society, 2001:2).

이처럼 실제상황에 대한 근접성과 거리두기 스타일을 통해 수학모델과 임상역학자들의 입장에서 나타나는 차이점을 명확하게 구분할 수 있다. 또한, 각기 다른 실천스타일을 통해 신종감염병에 대한 방역전략에 있어서 상당히 다른 견해를 밝힐 수밖에 없다. 그렇다면 영국의 코로나-19 방역정책에서 중요한 역할을 했던 수학적 역학모델이 초기방역

실패에 어떤 영향을 주었는가에 대한 질문에 답을 찾아야 한다.

V. 결론을 대신하여: 영국의 수학적 방역모델은 초기방역에 실패했는가?

영국의 방역정책은 19세기 콜레라에 대한 역학적 연구전통과 위생법의 제정으로 이어지는 근대적 방역을 구축했다. 또한, 반복적으로 발생했던 독감에 대해 “추상적 수학모델”에 기반하여 질병 거버넌스의 제도화에 성공을 거두었다. 시간이 지나면서 질병방역의 오랜 전통이 굳건하고 변화되기 힘든 융통성 없고 견고한(rigid and sturdy) 형태로 구축되었다. 결국, 신종감염병의 확산에 대처하기 위해 방역전략이나 제도의 유연한 대처의 가능성은 상대적으로 낮아진다. 대신 이미 확립된 제도나 방역원칙을 유지하면서 질병 거버넌스를 추진해야 하는 일종의 역설적인 상황과 마주하게 된다. 이러한 상황은 초기 질병확산을 막기 위한 영국 정부의 슬로건에서도 잘 나타난다. 코로나19의 확산초기부터 영국정부는 시민들의 자발적 방역참여를 위해 “집에 머물기, NHS보호하기 그리고 생명을 구하기(Stay Home, Protect the NHS, Save Lives)”라는 슬로건을 집중적으로 사용했다(Hattenstone, 2020; Hope, 2020; Miles, Stedman and Heald, 2020; Salmon, 2020). 즉, 행위자의 행동변화를 촉구하고 (집안에 머무르기) 이미 구축된 보건체계의 효과적 유지와 보호 (국립보건서비스의 보호) 그리고 시민의 생명을 살리는 것 (생명을 구하기)의 순으로 배치되었다. 이처럼 영국의 방역정책이 보여주는 원칙은 기존 사회질서의 유지를 위한 질병 거버넌스로 설명된다.

하지만 방역전략의 기반이 된 “독감모델”에 입각한 수학적 역학모델은 한편으로는 긴급한 전국적 봉쇄정책을 추동하는 긍정적 기능을 했지만, 동시에 “코로나바이러스”라는 독감과 전혀 다른 특성을 가진

병원체에 대한 실제 질병경험에서 얻어질 수 있는 자료수집과 변수로 사용하는 데 실패함으로써 병원체의 확산과 감염경로에 대한 예측을 제대로 수행할 수 없었다. 즉, 독감모델에 기반한 모델은 봄과 여름을 지나면서 예측을 빗나가는 결과로 이어졌다. 이러한 측면에서 존 이오니다스가 지적한 것처럼 실제 임상역학적 모델과 추상적 수학적 역학 모델은 이분법적으로 분리될 수 없으며 서로 상호결합을 통해 질병 거버넌스의 구축으로 이어져야 한다(Ioannidis, 2020a). 하지만 닐 퍼거슨으로 대표되는 수학적 역학모델은 유연성과 탄력성을 잃은 영국의 방역제도의 틀 안에서 제대로 작동할 수 없었다. 국립보건서비스(NHS)로 대표되는 영국의 보건제도는 긴 기간에 걸쳐 전통으로 경화되면서 변화의 충격을 중화시킴으로써 시공간의 변화와 흐름의 유연성을 약화시키는 결과를 가져왔다(최은경, 2020).

영국의 수학적 방역모델의 실천스타일적인 특성은 한국이 코로나-19에 대한 장기적 방역모델을 구축하는 데 있어서도 참고할 만한 부분이 존재한다. 한국의 방역전략에서 보여주는 제도의 유연성은 신종감염병의 확산에 대해서 좀 더 유연한 대처를 가능하게 했다. 한국의 경우 제도화의 짧은 역사적 경험으로 인해 신종감염병에 대해 빠르게 법과 제도를 정비하고 개정하는 일종의 “패치워크”방식의 대응을 보여주었다. 실제 2000년대 이후 반복적으로 발생해온 인간-동물감염병, 예를 들어 사스, 구제역, 신종플루, 메르스와 아프리카돼지열병까지 다양한 질병 경험으로 인해 20년 사이에 질병 거버넌스의 제도화를 이루었으며 그 유연성은 강화되었다. 코로나-19의 확산초기 한국이 보여준 “진단검사-추적기술-치료(Test-Trace-Treat)”의 방역전략은 영국의 추상적 방역모델이 보여준 거리두기 스타일이라기보다는 좀 더 질병경험에 근거한 근접스타일에 가깝다(김기홍, 2020). 하지만 질병발생과 확산에 대한 근접적 대응은 많은 비용과 중앙집중적 동원방식의 노력이 투입될 수

밖에 없다. 만일 백신이 개발될 때까지 장기적인 대응으로 전략을 전환해야 할 필요가 제기될 때 질병 거버넌스의 기본적 원칙도 변화될 필요가 있다. 전략의 변화가 요구되는 시점에서 반드시 고려해야 할 부분이 바로 영국의 방역전략에서 나타난 강점과 약점일 것이다.

참고문헌

- Adam, David. 2020. "Special report: The simulations driving the world's response to Covid-19", *Nature* 580 (2020. 4. 16.): 316-318.
- Adams, Vincanne, Michelle Murphy and Adele E. Clarke. 2009. "Anticipation: Technoscience, life, affect, temporality", *Subjectivity* 28: 246-265.
- Barnes, Barry, David Bloor and John Henry. 2000. *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis*, London: Bloomsbury.
- Bauer, Susanne. 2013. "Modeling population health", *Medical Anthropology Quarterly* 27 (4): 510-530.
- BBC News. 2001. "Cull delay 'worsened epidemic'", *BBC News* (2001. 10. 4).
- BBC News. 2020. "Coronavirus: Health experts join global anti-lockdown movement", *BBC News* (2020. 10. 7.)
- Bickerstaff, Karen and Peter Simmons. 2004. "The right tool for the job? Modeling, spatial relationships and styles of scientific practice in the UK foot and mouth crisis", *Environment and Planning D: Society and Space* 22: 393-412.
- Blackall, Molly. 2020. "Boris Johnson announces four-week national Covid lockdown in England", *The Guardian* (2020. 10. 31).
- Bloomberg. 2020. "Will the armchair coronavirus experts please sit down", *Bloomberg* (2020. 3. 30).
- Bloor, David. 1986. "Some determinants of cognitive style in science", pp. 387-298

- in *Cognition and Fact: Materials on Ludwik Fleck*, edited by Robert S. Cohen and Thomas Schnelle, Dordrecht: Reidel Publishing.
- Bloor, David. 1996. "Idealism and the sociology of knowledge", *Social Studies of Science* 26 (4): 839-856.
- Boseley, Sarah. 2020. "'Absolutely wrong': how UK's coronavirus test strategy unravelled", *The Guardian* (2020. 4. 1.)
- Boyd, Connor. 2020. "Professor Lockdown, Neil Ferguson tells people to 'hesitate' against 'headlong rush to get everyone back into offices' in warning tougher restrictions could come if deaths start to surge again", *Daily Mail* (2020. 9. 10)
- Cabinet Office. 2008. *National Risk Register*. The Cabinet Office, UK.
- Caduff, Carlo. 2020. "What went wrong: Corona and the world after the full stop", *Medical Anthropology Quarterly*. doi.org/10.1111/maq.12599
- Carrell, Severin. 2020. "Reveled: Cumming is on secret scientific advisory group for Covid-19", *The Guardian* (2020. 4. 24).
- Conn, David & Paul Lewis. 2020. "Documents contradict UK government stance on Covid-19 herd immunity", *The Guardian* (2020. 4. 13.)
- Cookson, Richard. 2020. "Was the scientific advice for lockdown flawed?", *BBC News* (2020. 11.19.)
- Davies, N.G., A.J. Kucharski, R.M. Eggo, A. Gimma, and J. Edmunds. 2020. "Effects of non-pharmaceutical interventions on Covid-19 cases, deaths, and demand for hospital services in the UK: a modelling study", *The Lancet Public Health* 5 (5): e375-e385.
- Dealler, Steven. 1998. "Can the spread of BSE and CJD be predicted?", in Scott C. Ratzan (ed.) *The Mad Cow Crisis - Health and the Public Good*. London: UCL Press: 35-50.
- DH. 2011. *UK Influenza Pandemic Preparedness Strategy 2011*. Department of Health.
- DHSC. 2020. *Coronavirus Action Plan: A Guide to What You Can Expect Across the UK*. Department of Health and Social Care.
- Donnelley, Christl A. and Neil M. Ferguson. 1999. *Statistical Aspects of BSE and vCJD*:

- Models for Epidemics*. London: Chapman & Hall/CRC.
- Dyer, Clare. 2020. "Pandemic preparedness: doctor leads campaign for UK government to release report", *British Medical Journal* 369, doi.org/10.1136/bmj.m1732: m1732.
- Ferguson, Neil M., C. A. Donnelly, M. E. J. Woolhouse and R. M. Anderson. 1999. "The epidemiology of BSE in cattle herds in Great Britain II – Model construction and analysis of transmission dynamics", *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences* 352 (1355): 803-838.
- Ferguson, Neil M., D. A. T. Cummings, S. Cauchemez, C. Fraser, S. Riley, A. Meeyai, S. Iamsrithaworn and D. S. Burke. 2005. "Strategies for containing an emerging influenza pandemic in Southeast Asia", *Nature* 427 (2005. 9. 8): 209-214.
- Ferguson, Neil M. 2006. "Strategies for mitigating an influenza pandemic", *Nature* 442 (2006. 7. 7): 448-452.
- Ferguson, Neil M., M., D. Laydon, G. Nedjati Gilani, K. Ainslie, M. Baguelin, S. Bhatia, A. Boonyasiri, Z. Cucunuba Perez, G. Cuomo-Dannenburg, A. Dighe, I. Dorigatti, H. Fu, K. Gaythorpe, W. Green, A. Hamlet, W. Hinsley, L. Okell, S. van Elsland, H. Thompson, R. Verity, E. Volz, H. Wang, Y. Wang, P. Walker, C. Walters, P. Winskill, C. Whittaker, C. Donnelly, S. Riley and A. Ghani. 2020. *Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce Covid-19 mortality and healthcare demand* (Spiral: Covid-19 Publications of Imperial College London, 2020. 3. 16.)
- Fleck, Ludwik. 1935 [1981]. *Genesis and Development of a Scientific Fact*, Chicago: University of Chicago Press.
- Freedman, Lawrence. 2020. "Strategy for a pandemic: the UK and Covid-19", *Survival* 62 (3):25-76
- Fujimura Joan H. and Danny Y. Chou. 2002. "Dissent in science: styles of scientific practice and the controversy over the cause of AIDS", *Social Science & Medicine* 38 (8): 1017-1036.
- Fuller, Jonathan. 2020. "Models v. Evidence", *Boston Review* (2020. 5. 5.)

- Gates, Bill. 2020. "Responding to Covid-19 – A Once-in-a-century pandemic?", *New England Journal of Medicine* 382: 1677-1679.
- Ghandi, Azra C., Christl A. Donnelly, Neil M. Ferguson and Roy M. Anderson. 2002. "The transmission dynamics of BSE and vCJD", *Comptes Rendus Biologies* 325 (1): 37-47.
- Giere, Ronald N. 1988. *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Glasser, John W., Nathaniel Hupert, Mary M. McCauley and Richard Hatchett. 2011. "Modeling and public health emergency responses: Lessons from SARS", *Epidemics* 3: 32-37.
- Goodle, Fiona. 2010. "Conflicts of interest and pandemic flu", *British Medical Journal* 340 (7759): 1256-1257.
- Hanage, William. 2020. "I'm an epidemiologist. When I heard about Britain's herd immunity coronavirus plan, I thought it was satire", *The Guardian* (2020. 3. 15.)
- Hardy, Ann. 2001. *Health and Medicine in Britain since 1860*, London: Palgrave MacMillan.
- Harwood, Jonathan. 1993. *Styles of Scientific Thought: The German Genetics Community 1900-1933*, Chicago: University of Chicago Press
- Hattenstone, Simon. 2020. "The Tories' call to 'protech the NHS' is a disgraceful hypocrisy", *The Guardian* (2020. 4. 4).
- Hope, Christopher. 2020 "Retired doctors urged to remain on Covid duty to help solve NHS backlog", *The Telegraph* (2020. 8. 16.)
- Hopwood, Nick and Soraya de Chadarevian. 2004. "Dimensions of modelling", pp. 1-15 in *Models: The Third Dimension of Science*, edited by Soraya de Chadarevian and Nick Hopwood. Stanford: Stanford University Press.
- Horton, Richard. 2020a. *The Covid-19 Catastrophe: What's Gone Wrong and How to Stop it Happening Again*, Cambridge: Polity.
- Horton, Richard. 2020b. "Offline: Covid-19 and the NHS – a national scandal", *The Lancet* 395 (28 March, 2020): 1022.

- House of Commons Science and Technology Committee. 2011. *Scientific Advice and Evidence in Emergencies: 3rd Report* (2011. 2. 14), London: Stationery Office.
- Iacobucci, Gareth. 2020. "Pandemic preparedness: government must release 2016 report, says information commissioner", *British Medical Journal* 371, doi.org/10.1136/bmj.m3953: m3953.
- Independent SAGE. 2020. "What is Independent SAGE?", *Independent SAGE* (www.independentsage.org)
- Ioannidis, John P.A. 2020a. "The totality of the evidence", *Boston Review* (2020. 5. 26.)
- Ioannidis, John P.A. 2020b. "A fiasco in the making? As the coronavirus pandemic takes hold, we are making decisions without reliable data", *STAT* (2020. 3. 17).
- Keeling, M.J. and M.E.J. Woolhouse. 2001. "Dynamics of the 2001 UK foot and mouth epidemic: stochastic dispersal in a heterogeneous landscape", *Science* 294: 813-817.
- Kelly, Ann H. 2020. "Ebola vaccines, evidentiary charisma and the rise of global health emergency research", *Economy and Society* 47 (1): 135-161.
- Kermani, Secunder. 2020. "Coronavirus: Whitty and Vallance faced herd immunity backlash, emails show", *BBC News* (2020. 9. 23.)
- Kermack, William O. and A.G. McKendrick. 1927. "A contribution to the mathematical theory of epidemics", *Proceedings of the Royal Society A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 115 (772): 700-721.
- Kim, Kiheung. 2005. "Styles of scientific practice and the prion controversy", pp. 38-72 in *Infectious Processes: Knowledge, Discourse and the Politics of Prions*, edited by Eve Seguin, London: Palgrave MacMillan.
- Kucharski, Adam. 2020. *Rules of Contagion: Why Things Spread and Why They Stop*. London: Profile Books.
- Lawrence, Christopher. 1994. *Medicine in the Making of Modern Britain, 1700-1920*, London: Routledge.
- Lipsitch, Marc. 2020. "Good science is good science", *Boston Review* (2020. 5. 12.)

- Löwy, Ilana. 1986. "The epistemology of the science of an epistemologist of the sciences: Ludwik Fleck's professional outlook and its relationship to his philosophical works", pp. 421-442 in *Cognition and Fact: Materials on Ludwik Fleck*, edited by Robert S. Cohen and Thomas Schnelle, Dordrecht: Reidel Publishing.
- Löwy, Ilana. 1988. "Ludwik Fleck on the social construction of medical knowledge", *Sociology of Health & Illness* 10 (2): 133-155.
- Löwy, Ilana. 2020. "Ludwik Fleck where are you now that we need you? Covid-19 and the genesis of epidemiological facts", *Somatosphere: Science, Medicine and Anthropology* (2020. 10. 16).
- MacDonald, Victoria. 2020. "Exclusive: UK government was advised to have lockdown two weeks earlier", *Channel 4 News* (2020. 6. 10.)
- McGee, Luke and Mick Krever. 2020. "Where did it go wrong for the UK on coronavirus?", *CNN* (2020. 5. 1.)
- McTague, Tom. 2020. "How the pandemic revealed Britain's national illness", *The Atlantic* (12 August 2020).
- Miles, D.K., M. Stedman, and A.H. Heald. 2020. "'Stay at home, protect the National Health Service, save lives': a cost benefit analysis of the lockdown in the United Kingdom", *International Journal of Clinical Practice* e13674: 1-14.
- Morris, R.S., J.W. Wilesmith, M.W. Stern, R.L. Sanson and M.A. Stevenson. 2001. "Predictive spatial modeling of alternative control strategies for the foot and mouth disease epidemic in Great Britain, 2001", *Veterinary Record* 149: 137-144.
- NFMG. 2002. "Submission to the Royal Society of Edinburgh Inquiry into Foot and Mouth Disease in Scotland", *The National Foot and Mouth Group and Vets for Vaccination*. Edinburgh: The Royal Society of Edinburgh.
- O'Carroll, Lisa. 2020. "Officials to investigate potential Covid-19 link with Liverpool match", *The Guardian* (2020. 4. 24.)
- Parker, George, Jim Pickard and Laura Hughes. 2020. "UK's chief scientific adviser

- defends “herd immunity” strategy for coronavirus“, *Financial Times* (2020. 3. 14.)
- Pollock, Allyson M., Peter Roderick and KK Cheng. 2020. “Covid-19: Why is the UK government ignoring WHO’s advice?”, *British Medical Journal* 368, doi: 10.1136/bmj.m1284: m1284.
- Porter, Theodore M. 1995. *Trust in Numbers*. Princeton: Princeton University Press.
- Priestley, Rebecca. 2020. “How the UK failed on Covid-19: the international view”, *New Statesman* (2 July, 2020).
- Puig de la Bellacasa, Maria. 2017. *Matters of Care*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Rhodes, Tim and Kari Lancaster. 2020a. “Mathematical model as public troubles in Covid-19 infection control: following the numbers”, *Health Sociology Review* 29 (2): 177-194.
- Rhodes, Tim and Kari Lancaster. 2020b. “How to think with models and targets: Hepatitis C elimination as a numbering performance”, *International Journal of Drug Policy*, doi:10.1016/j.drugpo.2020.102694.
- SAGE. 2020. *List of Participants of SAGE and related sub-groups*. Scientific Advisory Group for Emergencies.
- Salmon, Roland. 2020. “Rapid response: Moving on from ‘Stay home. Protect the NHS. Save lives’”, *British Medical Journal* 369 (2020. 5. 12.): m1917.
- Sample, Ian. 2020. “Scientists call for Covid herd immunity strategy for young people”, *The Guardian* (2020. 10. 6.)
- Scally, Gabriel, Boddie Jacobson and Kamran Abbasi. 2020. “The UK’s public health response to covid-19”, *British Medical Journal* 369. doi: 10.1136/bmj.m1932; m1932.
- Sismondo, Sergio. 1999. “Models, simulations and their objects”, *Science in Context* 12: 247-260.
- Slawson, Nicola. 2020. “England-wide Covid lockdown needed ‘sooner rather than later’, says former adviser”, *The Guardian* (2020. 9. 19).
- Smith, Robert D. 2020. “What type of governmentality is this? Or, how do we

- govern unknowns”, *Somatosphere: Science, Medicine and Anthropology* (2020. 5. 26).
- Smyth, Chris. 2016. “NHS fails to cope with bodies in flu pandemic test”, *The Times* (2016. 12. 27)
- Sodha, Sonia. 2020. “The anti-lockdown scientists’ cause would be more persuasive if it weren’t so half-baked”, *The Guardian* (2020. 10. 11.)
- Star, Susan Leigh. 1989. “Layered space, formal representations and long-distance control: the politics of information”, *Fundamenta Scientae* 10 (2): 125-154.
- Stewart, Heather & Mattha Busby. 2020. “Coronavirus: science chief defends UK plan from criticism”, *The Guardian* (2020. 3. 13.)
- The Royal Society. 2001. “The Royal Society enquiry into infectious diseases in livestock: not of meeting with Jim Scudamore, Chief Veterinary Officer”, *Department of Environment, Food and Rural Affairs* (2001. 11. 23).
- Ward, Helen. 2020. “We scientists said lock down. But UK politicians refused to listen”, *The Guardian* (2020. 4. 15).
- 권순만. 2020. “COVID-19와 보건정책 - 성과와 한계”, 송호근 외 지음. 『코로나 ing - 우리는 어떤 뉴딜이 필요한가?』, 나남. pp. 65-98.
- 김기흥. 2015. “병원체의 다중적 구성: 백서를 통해 재구성된 구제역과 과학기술정치”, 『환경사회학연구 ECO』 19 (1): 133-171.
- 김기흥. 2020. “Covid-19의 내러티브: 진단기술에 담긴 의미”, 『신종 감염병 시대의 생명윤리와 법 - 2020 한국생명윤리학회 & 한국의료법학회 공동학술대회 자료집』 (2020. 10. 23): 88-103.
- 김기흥. 2021 “한국 질병관리체제와 인간-동물질병의 공동구성”, 인간-동물 연구네트워크 (편) 『관계와 경계 - 포스트코로나 시대의 인간과 동물』, 포도밭.
- 김석호 · 주윤정 · 조하영. 2017. “살처분 위험관리와 축산네트워크/지역공동체에 대한 영향”, 『한국사회학회 사회학대회 논문집』 (2017.12): 879-879.
- 김선경 · 김지은 · 백도명. 2011. “2010-2011 구제역 살처분 사태의 문제점”,

- 『한국환경보건학회지』 37(2) : 165-169.
- 김준수. 2019. “돼지전염: 아프리카돼지열병을 통해 바라본 인간너머의 영토성”, 『문화역사지리』 31 (3): 41-60.
- 바이넘, 윌리엄. 2017. 『서양의학사』. 박승만 역, 교유서가 [Bynum, William. 2008. *The History of Medicine: A Very Short Introduction*, Oxford: Oxford University Press].
- 변태섭. 2020. “당국, 첫 확진자 나오기 한달 전 대책 세워왔다...감염병 유입 도상훈련까지”, 『한국일보』 (2020년 3월 30일).
- 오철우. 2020. “코로나19 충격, 무엇을 보았나, 무엇을 이야기했나”, 『에피 12호』, 이음: 179-187.
- 유익준. 2018. “인수공통감염병 예방 및 관리의 법적문제 - 메르스 사례로 본 인수공통감염병 관리의 한계와 대안”, 『법과 정책연구』 18 (3): 99-122.
- 유현미. 2020. ““K-방역”과 두려움의 역설”, 추지현 역음 『마스크가 말해주는 것들-코로나19와 일상의 사회학』, 돌베개: 41-68.
- 이재갑 · 강양구. 2020. 『우리는 바이러스와 살아간다』, 생각의 힘.
- 전은희 · 천명선. 2012. “구제역 관련자들의 체험과 그 의미에 대한 질적 연구: 2010년-2011년 Y시의 경우를 중심으로”, 『농촌사회』 22(2): 175-232.
- 전치형. 2020. “코로나19 시대의 전문가”, 『한겨레』 (2020년 4월 9일).
- 정윤진 · 최선. 2017. “정부의 안보인식과 위기관리시스템: 사스와 메르스 사태를 중심으로”, 『국제정치연구』 20 (2): 133-157.
- 최은경. 2020. “한국생명윤리학회 2020 추계학술대회 토론문”, 『신종 감염병 시대의 생명윤리와 법 - 2020 한국생명윤리학회 & 한국의료법학회 공동학술대회 자료집』 (2020. 10. 23):130-133.
- 퀘이조, 존. 2012. 『콜레라는 어떻게 문명을 구했나』. 황상의 역, 메디치미디어 [Queijo, Jon. 2010. *Breakthrough*, Upper Saddle River, NJ: Pearson Education]
- 호닉스바움, 마크. 2020. 『대유행병의 시대: 스페인독감부터 코로나19까지, 전세계 전염병의 역사』. 제효행 역, Connecting [Honigsbaum, Mark.

2020. *The Pandemic Century: A History of Global Contagion from the Spanish Flu to Covid-19*, London: Penguin].

[Abstract]

Sociological Study of the Covid-19 Modelling:

Why the Mathematical Model Failed to Implement Infection Control
during the Early Stage of the Covid-19 Pandemic in Britain?

Kim, Kibeung, Postech

Since the mysterious pneumonic disease was reported in Wuhan, China in December 2019, the novel infectious disease has made an enormous social and economical impact on every corner of the world. As Covid-19 becomes the pandemic case, European countries failed to control the spread of disease and implemented the total national lockdown, while Korea has undertaken quite a different strategy of disease control without lockdown. In particular, this paper focuses on the case of the British strategy for controlling Covid-19, which turned out to be a total failure. The British way of governing the disease is based on two main principles: the mathematical epidemiological model and flu-based model. This study examines the disease control policies that is based on the mathematical epidemiological model, which leads to unprecedented failure. In Britain, the mathematical epidemiology has a long history since the BSE and FMD in the late 1990s and early 2000s. Since then, the mathematical epidemiology plays a significant role in predicting the spread of infectious diseases and making crucial decisions in the level of government. During the early stage of the Covid-19 pandemic, mathematical epidemiologists in Imperial College London become prominent figures when the Conservative government decided to shut down the whole nation. This study explores how the mathematical

model becomes an important tool for controlling Covid-19. Also, the controversy between the mathematical epidemiologists and clinical epidemiologists on the effectiveness and credibility of the mathematical models for predicting and controlling disease without collecting empirical data would be discussed. To analyse the controversy, the concept, styles of scientific practice in the field of science and technology studies is to be introduced and mobilised to explain the difference between the two positions. This study would be a useful case for establishing long-term strategies for governing Covid-19 in Korea.

Key Words: Mathematical epidemiological model, clinical epidemiology, flu-based model, Covid-19, Styles of scientific practice

김기홍은 서강대학교 사회학과를 졸업하고 영국 에딘버러 대학 (University of Edinburgh)의 과학학연구소 (Science Studies Unit)에서 광우병의 병원체의 사회적 구성에 관한 연구로 박사학위를 받았다. 현재 포스텍 인문사회학부에서 과학기술학을 가르치고 있다. 그의 저서로서 *Social Construction of Disease* (Routledge, 2007), 『광우병 논쟁』(해나무, 2009), 『포항지진 그 후, 재난거버넌스와 재난시티즌십』(공저, 나남, 2020) 등이 있다. E-mail: edinkim@postech.ac.kr

[2020. 11. 04. 접수; 2020. 11. 20. 수정; 2020. 11. 30. 게재확정]