

*Policy*

## 백신 접종 기피 현상의 분석과 집단면역의 달성을 위한 정책 제언 - 게임이론을 중심으로 -

노도현<sup>1</sup>, 이현성<sup>1</sup>, 정민서<sup>1</sup>, 강현욱<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>서울대학교 사회과학대학 정치외교학부

### Analysis of Vaccine Hesitancy through Game Theory and Policy Suggestion for Accomplishing Herd Immunity

Dohyun Roh<sup>1</sup>, HyunSung Lee<sup>1</sup>, Minseo Jung<sup>1</sup>, and HyunUk Kang<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>Department of Political Science and International Relations, Seoul National University

**Abstract**

The world has entered an unprecedented phase because of COVID-19. Many countries have implemented quarantine policies such as social distancing to prevent the spread of COVID-19. However, simply social distancing cannot solve the COVID-19 situation, so the formation of herd immunity through vaccination is needed. Each country intends to achieve herd immunity by vaccination policy, but it is facing difficulties due to the anti-vax movements. The Anti-vax movement is a type of social dilemma which is explained in the framework of game theory consisting of actors who are vaccinated and actors who avoid vaccination.

According to the models, from the standpoint of unvaccinated people, it is rational not to be vaccinated if they can avert the risk of side effects from vaccination through vaccination avoidance and bandwagon for herd immunity. In particular, as it approaches achieving herd immunity, social pressure on vaccine evaders decreases, increasing the incentive to avert vaccination. Therefore, it was confirmed that if the cumulative vaccination rate exceeded a certain level, the marginal vaccination rate was felt. To this social dilemma, this paper proposes mandatory vaccination and reviews domestic and foreign laws and precedents to check the legal logic of mandatory COVID-19 vaccination.

**keywords:** COVID-19, Vaccination, Game theory, Herd Immunity, Public Policy

**Introduction**

코로나바이러스 감염증-19(COVID-19, 이하 ‘코로나19’)의 세계적 유행 이후, 각 나라에서는 전염병 확산 방지를 위한 공중보건정책 수립이 중요한 과제로 떠올랐다. 우리나라 역시 2020년 1월 코로나19 확진자가 발생한 이래, 국무총리를 본부장으로 하는 중앙재난안전대책본부를 가동하고 ‘사회적 거리두기’를 중심으로 방역 대책을 마련했다.

장기화된 코로나19 팬데믹 상황에서 모임 제한 및 영업중단을 필두로 한 사회적 거리두기 정책은 감염병 확산 방지라는 본연의 목적을 달성하기 어려워졌다. 이러한 상황에서 코로나19

백신이 개발되어 세계적으로 접종이 시작되었다. 따라서 앞으로 공중보건정책의 방향은 기존 한계에 봉착했던 비약물적·물리적 조치 중심에서 백신 접종을 통한 집단면역 달성으로 순회할 필요성이 제기된다. 그런데 백신 접종에는 사회적 딜레마 상황이 존재할 수 있다. 먼저 사회적 딜레마(Social Dilemma)란 개인의 합리성에 기초한 개인의 행동이 모여 사회적 합리성을 가져오지 못하는 상황을 말한다. 백신 접종은 경우 일 개인은 접종 부작용에 대한 우려가 있는 한편, 집단면역의 혜택은 구성원 모두에게 동등하게 분배되어 백신을 기피할 유인이 발생한다. 이러한 이유로 많은 구성원이 백신 기피를 선택한다

면 사회는 집단면역을 달성하지 못해 개인적·사회적 측면에서 바람직하지 못한 결과가 초래된다.

따라서 본 논문에서는 백신 접종을 필두로 한 공중보건정책의 정책 수단을 모색한다. 우선 백신 기피 딜레마를 백신 기피의 유인 구조 및 집단면역의 공공재적 특성을 기준으로 구분지어 게임이론(game theory)과 사회적 딜레마 모델을 이용해 분석한다. 이를 바탕으로 백신 접종에 내재화된 기피 유인을 최소화하고 집단면역의 혜택을 백신 접종자 개인에게 개별화하는 방법을 고찰한다. 또 세계의 백신 접종률과 백신 접종 속도 등을 살펴봄에 실제 백신 기피 딜레마의 양상을 관찰 및 예측한다. 마지막으로 개인의 백신 접종률을 제고하고 집단면역을 달성하기 위해 어떠한 법적, 정책적 수단이 사용될 수 있으며, 그 한계는 무엇인지 알아본다.

## 1. 게임이론과 백신 기피 현상

백신 기피 현상은 무임승차자의 딜레마와 용의자의 딜레마의 모형을 통해 설명이 가능하다. 두 모형을 간략히 소개한 뒤 백신 기피 현상에 적용하여 각각에 대한 정책을 제안하고자 한다.

### 1) 무임승차자의 딜레마

#### (1) 공공재 생산 게임

공공재는 비배제성과 비경합성이라는 두 가지 특성을 가진 재화이다. 비배제성이란 개인 A가 공공재에 접근성을 가진다는 사실에도 불구하고 개인 B의 접근성이 여전히 존재함을 의미한다. 비경합성이란 개인 A가 공공재를 사용한다는 사실에도 불구하고 개인 B의 접근성이 여전히 줄어들지 않음을 의미한다. 공공재의 비배제성과 비경합성으로 인해 개인 A는 공공재 생산에 참여하지 않더라도 공공재에 대한 접근성과 사용권을 가진다.

공공재 생산을 위한 개인의 투입량과 전체 공공재 생산량 사이의 관계를 기준으로 공공재의 유형을 나누어볼 수 있다[1]. 첫 번째 유형에서는 개인의 투입량에 비례하여 공공재의 생산량이 증가한다.  $N$ 명의 구성원이 생산하는 공공재의 총량은  $G_N = c_1 + c_2 + \dots + c_N$ 의 식을 따른다. 두 번째 유형에서는 공공재 생산에 하한선이 존재하여 구성원 일부의 비용 투입이 전체되어야 비로소 공공재가 생산된다. 공공재 생산에  $k$ 명

의 참여가 필요하다고 가정하면, 공공재의 총량은  $G_{k-1} = 0$ ,  $G_k > 0$ 의 식을 따른다. 마지막 유형에서는 공공재 생산에 상한선이 존재하여 일정 규모 이상의 비용 투입은 공공재 총량에 영향을 미치지 못한다. 상한선 기준을  $k$ 명이라고 가정하면,  $N$ 명의 구성원으로 이루어진 사회에서 공공재 총량은  $G_k = G_N (k < N)$ 과 같다.

### (2) 백신 기피 현상의 분석

본 연구는 집단면역의 공공재적 특성에 주목하고자 한다. 일단 집단면역이 형성되면 개인 A는 백신 접종 여부에 관계하지 않고 이득을 얻을 수 있고, 개인 A가 집단면역을 통해 이득을 얻는다는 사실은 다른 사람에게 어떠한 영향도 미치지 않기 때문이다. 이때 개인은 백신을 기피하면서도 여타 사회 구성원에 의해 생산된 집단면역으로부터 혜택을 누릴 수 있다.

보다 구체적으로, 집단면역은 ‘하한선과 상한선이 병존하는 공공재’이다. 앞서 집단면역을 ‘집단 내에서 구성원 대부분이 특정 감염성 질환에 대한 면역력을 가진 상태’로 정의한 바 있다. 이때 공공재로서의 집단면역은 달성 여부가 투입 비용의 총합보다 중요한 판단 기준이 된다. 즉, 집단면역 달성을 위한 면역력 목표 수치는 공공재 생산의 하한선이자 상한선이 된다. 만일 전체 접종률이 공공재 생산의 하한선인 면역력 목표 수치를 상회하지 못한다면 다수의 접종에도 불구하고 집단면역은 생산되지 않는다. 한편, 집단면역이 일단 생산되었다면 더 많은 개인의 접종에도 불구하고 집단면역으로부터의 추가적인 이득은 발생하지 않는다.

한편, 공공재로서 집단면역의 생산은 ‘집단행동의 딜레마’와 결을 같이 한다. 집단면역 달성을 위한 개인의 선택은 ‘백신 접종’과 ‘백신 기피’로 제한된다. 때문에, 개인은 자신의 접종이 집단면역 달성에 미칠 확률을 고려한다[2].  $N$ 명으로 이루어진 사회에서  $n$ 명의 구성원이 백신을 접종했을 때 집단면역이 달성될 확률을  $\frac{n}{N}$ 으로 가정하면, 개인의 접종 이후 집단면역의 달성 확률은  $\frac{n+1}{N}$ 이다. 합리적 개인  $i$ 는 각 경우의 효용을 비교하여 접종과 기피 여부를 판단한다.

논의를 종합하여, 집단면역 달성을 위한 백신 기피 현상의 모형을 설계하고자 한다. 먼저, 집단면역 달성을 통해 얻을 수 있는 사회적 차원

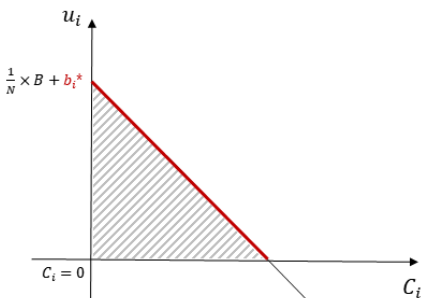
백신 접종 기피 현상의 분석과 집단면역의 달성을 위한 정책제언 - 게임이론을 중심으로-

의 이득은 개인의 투입비용 규모와 관계없이 상수  $B$ 로 나타낼 수 있다고 가정하자. 다만  $B$ 의 규모는 사회의 총구성원 수  $N$ 의 규모와 비례하여 결정된다. 두 번째로, 서로 다른 개인은 백신 접종의 비용을 상이하게 실감한다. 개인  $i$ 가 실감하는 비용을 개인 실감 비용  $C_i$ 라고 하겠다. 개인 실감 비용은 백신의 부작용에 대한 우려감, 개인적 거부감 등을 포함한다. 세 번째로, 개인  $i$ 는 백신 접종을 통해 사회적 차원의 이득 뿐 아니라 개인적 차원의 이익  $b_i$ 를 얻는다. 기본적으로는 백신 접종을 통한 면역력의 획득이  $b_i$ 에 해당한다. 이 외에도 평상시 코로나19에 취약한 구성원과 밀접하게 접촉할수록 개인적 차원의 이득은 증가한다.

개인이 백신을 접종했을 때 집단면역의 생산으로부터 직접 기대할 수 있는 효용은  $\frac{n+1}{N} \times B$ 이다. 이때,  $C_i$ 와  $b_i$ 을 고려한 총 기대효용은  $\frac{n+1}{N} \times B + b_i - C_i$ 와 같다. 한편, 개인  $i$ 가 백신을 기피한다면 백신 접종으로 인한 비용을 감수하지 않을 뿐 아니라 개인적 이익도 발생하지 않는다. 즉, 개인이 백신을 기피할 경우 개인에게 기대되는 효용은 집단면역에 무임승차함으로써 얻는 이득인  $\frac{n}{N} \times B$ 와 같다. 합리적 개인은 백신 접종의 기대효용( $\frac{n+1}{N} \times B + b_i - C_i$ )이 백신 기피의 기대효용( $\frac{n}{N} \times B$ )보다 클 경우에만 백신 접종을 선택한다. 백신 접종 여부를 결정하는 개인의 효용함수  $u_i$ 는 다음과 같다.

$$\frac{n+1}{N} \times B + b_i - C_i \geq \frac{n}{N} \times B$$

$$u_i = \frac{1}{N} \times B + b_i - C_i \geq 0$$



개인의 백신접종 효용함수 그래프

즉, 개인은  $\frac{1}{N} \times B + b_i \geq C_i$ 일 때 백신 접종을 통해 집단면역 달성에 참여한다.

백신접종 정책의 요지는 효용함수를 조정함으로써 개인이 중전에 비해 높은 비용에서도 백신

접종을 합리적인 선택지로 판단하도록 유도하는데 있다. 효용함수에서 구성원의 수  $N$ 과 사회적 차원의 이득  $B$ 로 구성된  $\frac{1}{N} \times B$ 는 모든 구성원에 동등하게 주어진 상수이다. 다만  $N$ 의 규모가 클수록  $B$ 가 상쇄되기 때문에 국가는 집단면역의 사회적 이득을 적극적으로 홍보하고 백신 접종을 독려해야 한다.

다만 실제 정책 도입에 있어서 가장 중점적으로 고려해야 할 변인은  $b_i$ 와  $C_i$ 이다. 집단면역 달성을 통해 발생하는 사회적 이득의 총량은 정부 정책으로 유연하게 조절할 수 없다. 반면 백신 접종에 대한 유인책과 제재책을 통해 정부는 비교적 쉽게 개인적 이득  $b_i$ 를 확대하고 개인 실감 비용  $C_i$ 를 축소할 수 있다.

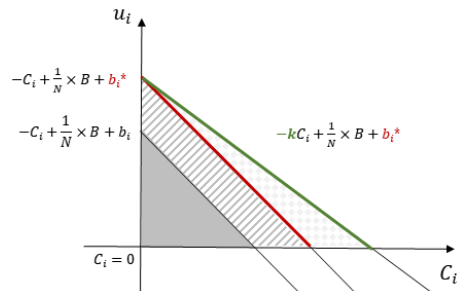


Figure 2. 정부의 유인책 제시 이후 개인의 백신 접종 효용함수 그래프

, 정부 정책은 백신 접종자에 대해  $b_i^* - b_i$ 만큼의 인센티브를 부여하고 개인 실감 비용을  $k(0 < k < 1)$ 배로 줄일 수 있는 방향성을 설정해야 한다.

2) 용의자의 딜레마

(1) 백신 기피 현상의 분석

백신 기피 현상은 용의자의 딜레마의 모형을 통해 설명이 가능하다. 용의자의 딜레마란, 두 용의자가 각자 격리된 상황에서 심문을 받을 때 나타나는 딜레마를 일컫는다[3]. 용의자의 딜레마 상황을 표로 나타내면 다음과 같다.

Table 1. 용의자의 딜레마

		용의자 B	
		혐의 부인	혐의 자백
용의자A	혐의 부인	(-3, -3)	(-7, -1)
	혐의 자백	(-1, -7)	(-5, -5)

위의 표의 상황에서, 용의자 A와 용의자 B의 게임의 해는 (혐의 자백, 혐의 자백)이 우월전략

균형으로 나타난다. 그러나, 해당 게임의 해에 따라 용의자 A와 용의자 B가 받게 될 보수는 (-5,-5)로 나타나는데, 이는 (협의를 부인, 협의의 부인)이 용의자 A와 용의자 B에게 가져올 보수인 (-3,-3)보다 낮다. 다시 말해, 용의자 A와 용의자 B가 격리되기 전 협의를 부인하기로 합의하더라도 각자 격리된 상황에서 심문을 받는다면 둘 모두 협의를 자백해 둘 모두가 협의를 부인했을 때의 결과보다 낮은 보수를 받게 되는 결과가 도출된다.

백신 기피 현상은 모두가 백신을 맞아 집단 면역을 형성하여 코로나19 사태를 극복한다면 최상의 결과를 도출할 수 있으나, 개인에게 백신 접종 여부를 결정하도록 한다면 기피하는 현상이 나타난다는 점에서 사회적 딜레마라고 볼 수 있다. 용의자의 딜레마 모형을 활용하여 백신 기피 현상을 분석하면 다음과 같다.

**Table 2. 백신 기피 현상과 용의자의 딜레마**

		사회	
		접종	기피
개인	접종	(90, 90)	(-10, 0)
	기피	(100, 90)	(0, 0)

위 표는 사회가 집단면역을 달성했을 때 개인이 얻는 효용을 100, 개인이 백신을 접종했을 때 감수하는 부작용의 크기를 -10이라고 가정한다. 개인과 사회가 모두 백신을 접종받았을 경우, 사회는 집단면역을 달성하고 개인은 백신 접종의 부작용을 감수하고 있으므로 개인과 사회의 효용은 90이 된다. 각 개인은 사회 구성원들이 백신을 접종하여 집단면역을 달성하는 것이 최적의 결과임을 알고 있다. 그러나, 개인의 입장에서 자신을 제외한 사회 구성원들이 백신을 접종하여 집단면역을 달성하고 자신은 백신 접종을 기피할 경우, 개인은 집단면역의 효용을 누리면서 접종의 부작용은 회피할 수 때문에 얻는 효용이 100으로 가장 크다. 따라서, 개인은 접종을 기피하는 것이 최적의 전략이다. 일정 규모 이상의 사회 구성원들이 최적 전략으로서 백신을 기피하는 백신 기피 현상이 나타날 경우, 사회의 집단면역 달성은 불가능해지며, 개인과 사회의 효용은 0이 된다.

**(2) 용의자의 딜레마와 백신 기피 현상의 극복**

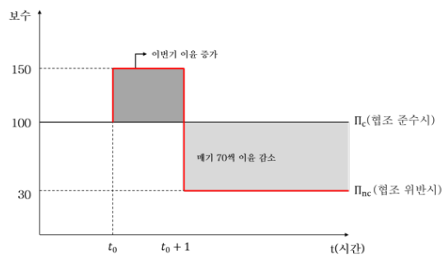
앞서 살펴본 용의자의 딜레마 현상은 게임이

반복될 경우 나타나지 않을 수 있다는 특징을 가진다[4]. 용의자 A와 용의자 B는 결국 상대 경기자가 자신을 배신했다는 사실을 알고, 게임이 종료된 후 상대 경기자에게 보복을 가할 수 있기 때문이다. 즉, 게임이 일회성 게임이 아닌 반복 게임일 때, 게임의 경기자들은 자신이 상대 경기자를 배신했 경우 다음 턴에서 상대가 자신에게 보복을 가할 수 있다는 점을 인식하고 행동하기 때문에 용의자의 딜레마 현상이 나타나지 않을 수 있다는 것이다. 단, 이때의 게임은 무한히 반복되는 무한반복게임이어야 한다. 만일 게임이 유한하게 반복될 경우, 매 회 게임의 해는 단지 1회 게임의 해가 반복되는 상황에 불과하기 때문이다. 그렇다면, 무한반복게임의 어떠한 조건 하에서 용의자의 딜레마가 나타나지 않는가? 이를 설명하기 위해, 아래의 표와 같은 게임의 상황을 가정하자.

**Table 3. 무한반복게임의 기본모형**

		경기자 B	
		협조(c)	배신(nc)
경기자A	협조(c)	(100, 100)	(20, 150)
	배신(nc)	(150, 20)	(30, 30)

이 게임에서 경기자 A가 경기자 B를 배신했 경우 누리게 될 이윤의 흐름을 그래프로 나타내면 다음과 같다.



**Figure 3. 용의자게임에서 A의 이윤의 흐름**

경기자 A가 경기자 B를 배신했 경우 누리 수 있는 당장의 이윤은 50이다. 그러나, 이후 경기자 B의 보복이 이루어짐에 따라, 경기자 A가 경기자 B를 배신했 경우 나타나는 이윤은 매 기 70씩 감소하며, 이를 현재가치로 환산하면  $\frac{70}{r}$ 이다. 즉, 경기자 A가 경기자 B를 배신했 경우 나타나는 당장의 이윤인 50과 이후 경기자 B의 보복에 따라 발생하는 이윤의 손실인  $\frac{70}{r}$ 을 비교할 때, 손실인  $\frac{70}{r}$ 이 더 크다면 경기자 A는 경기자 B를 배신하지 않을 것이다. 다시 말

백신 접종 기피 현상의 분석과 집단면역의 달성을 위한 정책제언 - 게임이론을 중심으로-

해,  $r < \frac{2}{5}$ 인 경우 각 경기자의 우월전략은 협조가 되며, 용의자의 딜레마 현상이 나타나지 않는다(Figure 3).

무한게임의 핵심은 어떤 개인도 ‘종료시점’을 알 수 없다는 사실에 있다. 집단면역(Herd Immunity)은 유행 예방을 위한 국가 또는 지역사회의 면역 비율로서, 첫 감염자가 평균적으로 감염시킬 수 있는 2차감염자 수를 의미하는 ‘기초감염재생산수( $R_0$ )’을 기반으로 예측된다. 질병관리청은 지역사회 내 전파 감소 등을 위하여 코로나19 백신 접종률의 목표를 전 국민의 70%로 두고 있다. 그러나, 코로나19 확산 상황에서 집단면역을 형성하기 위한 면역비율은 다양한 변수에 따라 변화한다. 정리하자면, 백신기피 현상의 종료 시점인 집단면역 달성의 기준은 접종률이 될 수 없고, 집단면역 달성의 기준이 될 수 있는 면역비용 또한 확정할 수 없기 때문에 백신 기피 현상은 종료 시점을 알 수 없는 무한반복게임의 성격을 가진다.

백신 기피 현상이 무한게임의 성격을 지닌다는 사실을 확인할 수 있다면, 1회 게임에서 나타난 백신 기피 현상이 나타나지 않을 수 있다는 결론이 도출된다.

Table 4. 무한반복게임에서의 백신기피현상

개인 A	집단 A		
		접종	기피
	접종	(90, 90)	(-10, 0)
기피	(100, 90)	(0, 0)	

위 표는 개인 A와 집단 A간 백신 접종과 기피의 선택 상황을 묘사한다. 2번 표와 마찬가지로 사회가 집단면역을 달성했을 때 개인이 얻는 효용을 100, 개인이 백신을 접종했을 때 감수하는 부작용의 크기를 10이라고 가정하자. 개인이 얻게 될 이윤의 흐름을 그래프로 나타내면 아래와 같다.

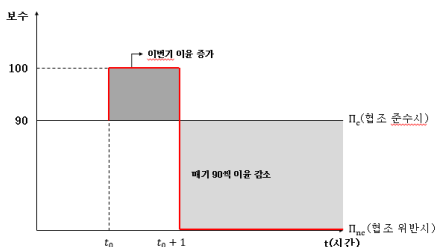


Figure 4. 백신접종에서 개인 A가 얻는 효용

개인 A만이 백신을 기피할 경우 개인 A가 누릴 수 있는 당장의 이윤은 10이다. 그러나, 이후 집단 A의 보복이 이루어짐에 따라, 개인 A가 백신을 기피할 경우 나타나는 이윤은 매 기 90씩 감소하며, 이를 현재가치로 환산하면  $\frac{90}{r}$ 이다. 즉, 개인 A의 당장의 이윤인 10과 개인 B의 보복에 따라 발생하는 이윤의 손실인  $\frac{90}{r}$ 을 비교할 때, 손실인  $\frac{90}{r}$ 이 더 크다면 개인 A는 백신을 기피하지 않는 선택을 할 것이다. 다시 말해,  $r < 9$ 인 경우 각 경기자의 우월전략은 백신 접종이 되며, 백신 기피 현상이라는 사회적 딜레마가 해소될 수 있다.

<표 4>에 대해, 다음과 같은 의문이 제기될 수 있다. 개인 A와 집단 A가 있다고 할 때, 개인 A는 백신을 기피하고 집단 A는 더 이상 게임에 참여하지 않는 것 아닌가? 집단 A가 백신을 접종받아 더 이상 게임에 참여하지 않는다고 해도, 집단 A와 똑같은 성격을 가진 집단 B가 등장하여 집단 B는 개인 A와 집단 A가 참여했던 게임과 동일한 게임에 참여하게 된다. 또한, 집단 B가 백신을 접종받아 더 이상 게임에 참여하지 않는다고 해도 집단 B와 똑같은 성격을 가진 집단 C가 등장하여 동일한 게임에 참여함으로써 개인 A는 반복게임에 참여하게 된다.

3) 정책 제언

앞서 살펴본 두 가지 게임이론 모형을 바탕으로 백신 접종률을 높일 수 있는 두 가지 정책을 제안한다. 첫 번째로, 조건화(Conditioning)를 통해 백신 접종 여부에 따라 학교 및 의료시설 등의 공공장소에 대한 접근성을 구별하여 설정할 수 있다. 본 연구에서는 현행 사회적 거리두기 정책을 응용하여, 백신 접종자와 미접종자에게 적용되는 거리두기 단계를 다르게 하는 방법을 제안한다.

현행 방역 수칙의 사회적 거리두기는 확진자 수를 기준으로 4단계로 나뉘어져 있으며, 각 단계별로 사적 모임 가능 인원 및 행사의 규모 등을 규정한다[5]. 접종자와 미접종자에게 같은 사회적 거리두기 단계를 적용할 때의 문제점은 다음과 같다. 미접종자가 감염되지 않았다는 가정 하에 접종자와 미접종자가 접촉한다면, 접종자는 백신의 부작용이라는 위험성을 감수하였기 때문에 미접종자가 접종자에 비해 이득을 얻는

상황이 된다. 이는 미접종자가 예방접종을 받을 유인을 더욱 떨어뜨리는 기제가 될 수 있다. 접종자와 미접종자 간 접촉률(interaction rate)을 낮출수록 가까운 미래에 백신 접종을 촉진할 가능성이 높다는 연구 결과도 존재한다[6].

백신 접종 여부에 따라 사회적 거리두기를 다르게 적용함으로써 크게 두 가지의 변화를 이끌어낼 수 있다. 사회적 거리두기의 차별적 적용은 백신 접종자 그룹에 더 유화적인 단계의 사회적 거리 두기 수칙을 적용함으로써 접촉률을 낮추는 것을 목표로 한다. 예를 들어, 백신 접종자에게는 2단계, 미접종자에게는 3단계의 수칙을 적용한다고 가정해보자. 2단계에서는 8인 이하의 사적 모임이, 3단계에서는 4인 이하의 사적 모임이 가능하다. 만일 사적 모임에 미접종자가 있으면 5인 이상의 모임이 불가능하기 때문에 미접종자와 접종자의 접촉률이 감소한다. 아울러 미접종자가 4명 이상의 접종자를 만나기 위해서는 자신도 백신을 접종할 수밖에 없어 지속적인 사회적 압박을 받게 된다.

접종자를 인원제한에서 단순히 제외하는 질병관리청의 초기계획이나, 접종자가 포함될 경우 미접종자까지도 사적 모임 인원 완화의 혜택을 같이 받을 수 있는 현행 인센티브 방식은 백신 접종자와 미접종자의 접촉률을 도리어 높하게 한다. 조건의 효과를 제대로 보기 위해서는, 접종자와 미접종자에게 방역 수칙을 다르게 적용해야 한다.

두 번째로, 백신 부작용에 대한 인과성의 기준의 재정비를 제안한다. 구체적으로 인과성의 기준을 보다 완화하고, 세부 조건을 가능한 한 사전에 구체화하여 백신 접종 희망자와 백신 접종자가 충분히 숙지할 수 있도록 한다. 백신의 부작용은 연령, 성별, 기저질환 여부 등에 따라 큰 개인차를 보인다. 만일 심각한 부작용에 시달릴 경우 국가는 예방접종 피해보상 규정에 따라 부작용 피해자에 보상할 의무를 진다.

대한민국의 경우 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률 제30조 및 제71조에 의거 예방접종피해조사단의 심의를 거쳐 인과성이 인정될 경우 대통령령이 정하는 기준에 따라 일시보상금을 지급하도록 한다. 질병관리청 코로나19 이상반응조사팀의 평가결과에 따르면, 7월 12일을 기준으로 예방접종 후 신고된 사망사례 373건 중 인과성이 인정된 사례는 한 건에 불과했다[7].

인과성의 무분별한 인정은 도리어 예방접종 피해보상의 취지를 퇴색하게 한다는 점은 분명

한 사실이다. 다만 코로나19의 상황적 특수성에 따라 가능한 한에서 기준을 완화함으로써 발생 가능한 위험에 대해 개인이 실감하는 비용을 축소하는 방향을 제안하는 바이다.

4) 정책적 한계와 그에 따른 대안 제시

조건화를 통한 정책 제안은 사회적 거리두기 단계를 차별적으로 적용함으로써 백신 접종자에게 명시적 혜택을 제공하고, 백신 미접종자에게 사회적 압박을 유도한다. 아울러 백신 부작용에 대한 인과성의 적극적 인정은 개인 실감 비용을 낮춰 부작용 우려감에 기인한 백신 기피 현상을 완화한다. 그러나 상기 정책 제안 내용은 무임승차의 딜레마 모델과 용의자의 딜레마 모델에서 각각 한계를 보인다.

우선, 무임승차의 딜레마 모형에서 개인적 이익  $b_i$ 와 개인 실감 비용  $C_i$ 는 정부의 정책 개입, 개인의 인식 변화 등 가변적 요인에 영향을 받는다. 이때 정책이 목표로 하는 인센티브의 규모와 실제 개인이 받아들이는 효용 증가분은 동일하지 않다. 인센티브 정책에 대한 개인의 민감도에 따라 개인이 실제로 느끼는 이익 증가분은 상이하다. 개인의 생활 방식과 근로 형태에 따라 정부 정책을 긍정적으로 수용하는 정도가 다양하기 때문이다.

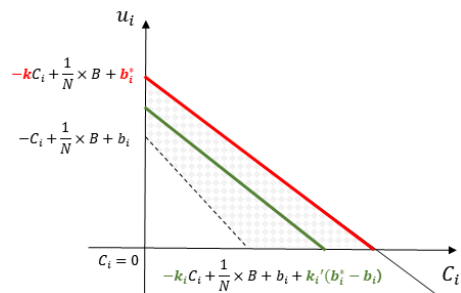


Figure 5. 개인의 인센티브 내재화

개인이 정책의 목표 인센티브  $b_i^* - b_i$ 를  $k_i'$  ( $0 < k_i' < 1$ )배만큼 인식한다고 하자. 정책 도입 이후 개인이 인식하는 이익의 증가분은  $k_i'(b_i^* - b_i)$ 이다. 개인은 정책이 목표로 한 인센티브를 부분적으로만 내재화한다. 마찬가지로 인과성의 인정을 통한 개인 실감 비용 축소 목표는 개인의 민감도  $k_i$  ( $0 < k_i < 1$ )의 크기에 따라 달성 정도에 차이를 보인다.

가령 기저질환이 있어 백신接种의 부작용이 클 것으로 우려되거나, 생계 유지 등을 목적으로

백신 접종 기피 현상의 분석과 집단면역의 달성을 위한 정책제언 - 게임이론을 중심으로-

로 조금의 부작용도 원치 않는 경우  $k_i$ 는 1에 수렴한다.  $k_i$  과  $k_i'$ 에 따른 효용함수는 다음과 같다. 정책이 도입되더라도 사회 구성원 다수에서  $k_i$ 가 1에,  $k_i'$ 가 0에 가까울수록 무임승차의 딜레마는 해결하기 어렵다.

다음으로, 용의자의 딜레마를 통한 백신 기피 현상의 분석을 통해, 백신 미접종자에 대한 사회적 압박을 통해 개인이 백신 기피가 아닌 접종을 선택하도록 할 수 있음을 확인하였다. 백신 미접종자에 대한 사회적 압박은 시간의 흐름에 따라 강도가 다르게 나타날 것이기 때문에 앞에서 제시했던 그래프를 현실에 맞게 수정할 필요가 있다. 현실에 맞게 수정된 개인의 이윤의 흐름을 그래프로 나타내면 다음과 같다.

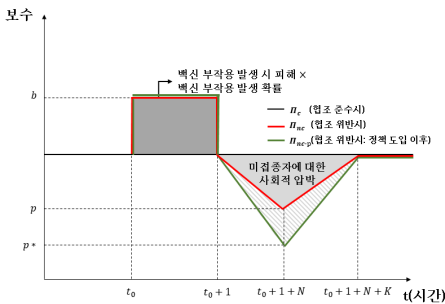


Figure 6. 백신 미접종자에 대한 사회적 압박을 고려한 효용함수 그래프

개인이 백신 접종 여부를 처음 선택한  $t_0$  기 이후, 사회 전체적으로 접종자의 비율이 증가함에 따라 미접종자에 가해지는 사회적 압박의 강도는 매기 증가한다. 백신 접종률이 일정한 수준에 도달해 신규 확진자 수가 안정화되는 시점을  $t_0 + 1 + N$ 기라고 하면, 미접종자에 대한 사회적 압박의 강도는  $t_0 + 1 + N$ 기를 기점으로 감소할 것이다. 또한, 사회가 집단 면역을 이룬 미래의 시점을  $t_0 + 1 + N + K$ 기라고 두면 해당 시점에 미접종자에 대한 사회적 압박의 강도는 0에 수렴한다.

조건화 정책의 핵심은  $t_0 + 1 + N$ 기 미접종자에 대한 사회적 압박의 강도를  $p^* - p$ 만큼 증가시킴으로써 사회적 압박의 강도를 높이는 데에 있다. 조건화 정책은 사회적 압박을 통해 백신 기피 현상을 극복할 수 있음을 보인다. 점에서 의의가 있으나, 다음과 같은 한계를 가진다. 먼저, 사회적 압박의 강도는 조절할 수 없으므로 조건화 정책의 효과는 기대와 다르게 나타날 수 있다. 또한, 백신 기피자가 체감하는 사회

적 압박의 강도는 개인별로 다르기 때문에 정책의 효과가 기대와 다르게 나타난다. 즉, 백신을 기피함으로써 얻는 이득이 크거나 사회적 압박을 통해 얻는 손실이 작다면 해당 개인에게 조건화 정책은 크게 실효성을 가지지 못한다.

위 두 모형에서는 백신 접종률이 일정 수준에 도달한 이후 백신 기피자에 대한 조건화 정책의 효과가 체감한다는 정책적 한계가 도출된다. 만약, 충분한 집단면역을 이루지 못한 상태에서 백신 접종률이 체감한다면 집단면역의 달성은 어려워진다. 이하에서는 정책의 한계를 보완하기 위한 대안으로 백신 접종 의무화를 제안하고자 한다. .

2. 실제 사례로의 적용과 백신 의무접종

앞서 제시한 백신 접종 딜레마를 해결하기 위한 방안이 적용 가능한지를 검토하기 위해서, 세계 국가들의 백신 접종 현황을 분석하여 백신 기피의 딜레마가 어떠한 형태로 나타나고 있는지를 분석할 필요가 있다. 이하에서는 백신 접종률(VR; Vaccination Rate)와 한계 백신 접종률(MVR; Marginal Vaccination Rate)의 개념을 제시하고, 해당 개념을 실제 국가의 사례에 적용하여 백신 기피 현상이 감소하다가 증가함을 보이고자 한다. 더 나아가, 백신 기피 현상이 지속적으로 감소하며 증가하지 않는 경향을 보이는 예외적인 국가들의 사례를 분석하고, 예외적인 형태가 나타나는 이유를 제시할 것이다.

1) 분석에 사용되는 개념 정의

누적 백신 접종률(CVR; Cumulative Vaccination Rate)이란, 전체 국민 대비 백신 접종자 수를 나타낸다.

$$\text{누적 백신 접종률: CVR} = \frac{\text{누적 백신 접종자 수}}{\text{전체 국민 수}}$$

미국의 누적 백신 접종률은 다음과 같은 형태로 나타난다[8].

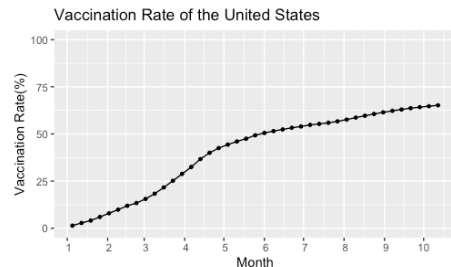


Figure 7. 미국의 누적 백신 접종률 (1차)

위 그래프는 한 주(week)를 단위로 하여 미국의 누적 백신 접종자 수와 접종률을 나타낸다. 그래프에서 이웃한 두 점 사이의 기울기는 주별 백신 접종률의 증가 속도를 나타내는데, 이하에서는 한 주를 기준으로 백신 접종률의 증가 속도를 한계 백신 접종률(MVR; Marginal Vaccination Rate per week)로 정의하겠다.

한계 백신 접종률:

$$\text{MVR per week} = \frac{\text{금주 백신 접종자 수}}{\text{전체국민수}}$$

미국의 한계 백신 접종률을 그래프로 나타내면 다음과 같다.

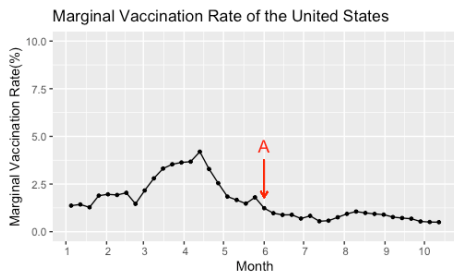


Figure 8. 미국의 한계 백신 접종률

A점을 주목하면, A점 이후부터는 한계 백신 접종률이 0에 수렴하는 형태로 나타난다. 이는 미국의 백신 접종률이 거의 증가하지 않고 있음을 의미한다. 또한, 이는 A점 이후 백신 기피 현상이 다시 증가하고 있음을 의미한다. 그 이유는 집단의 전체 접종률이 증가하고 집단 면역 달성에 가까워질수록 그에 편승하려는 유인이 커지기 때문이다.

2) 한국의 경우

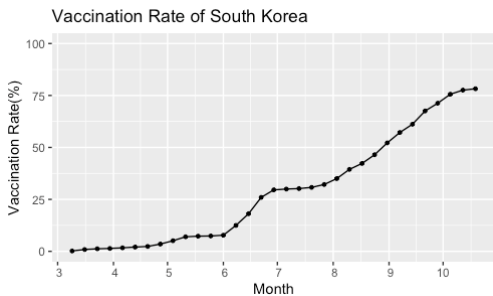


Figure 9. 한국의 누적 백신 접종률(1차)[9].

한국은 2021년 초에는 백신 물량의 미확보로 인해 초기 접종률이 저조했으나, 여름에 들어서 부터 꾸준한 상승을 보여주고 있다.

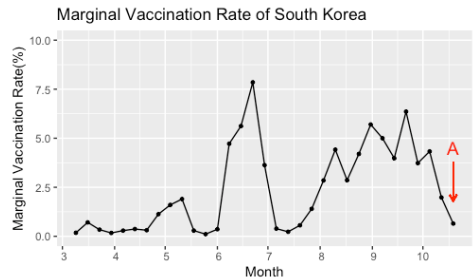


Figure 10. 한국의 한계 백신 접종률

한국은 미국과는 다르게 백신접종률이 60%를 넘긴 이후에도 한계백신접종률이 크게 떨어지는 않았다. 다만 10월 이후 80%에 가까워지면서 한계접종률이 떨어지는 A점을 보일 가능성이 높다.

3. 백신 접종 의무화에 대한 법적 검토

1) 백신접종 정책의 단계 및 기본권과의 충돌

세계 각국의 백신접종의 정책은 그 강제성 정도에 따라 크게 3가지 단계로 구분할 수 있다 [10]. 첫 단계는 국가가 예방접종과 관련하여 아무런 입법적 관여를 하지 않고 예방접종을 개인의 자율에 맡기는 방식이다. 두 번째 단계는 국가가 법률의 제정을 통해 예방접종의 이행을 권고하는 것이며, 약한 권고와 강한 권고로 나뉜다. 마지막 단계는 국가가 접종 의무를 직접적으로 부과하는 것으로, 의무 불이행 시 형사상, 행정상 제재를 받게 되며, 예외를 인정받거나 하는 경우 개인이 직접 사유를 증명해야 한다.

위의 3단계 구분에서 대부분의 국가는 2단계, 그 중에서도 강한 권고의 형태로 백신 정책을 시행하고 있다. 3단계를 택할 때 백신 접종률이 가장 높을 것이고, 이를 통해 집단 면역도 빠르고 효과적으로 달성할 수 있는 것은 자명하나, 3단계 정책을 시행하는 국가가 없는 것은 '강한 권고'를 훨씬 넘어서는 조치가 개인의 자유 및 권리와 충돌하는 지점이 많기 때문이다. 예방접종은 신체에 주사기를 꽂아 직접 백신을 주입하는 행위이므로, 이를 의무화하는 것은 헌법 제 12조에서 보장하는 신체의 자유와 헌법 제19조 및 제20조에서 보장하는 종교와 양심의 자유와도 충돌한다. 따라서 백신 접종 의무화를 위해서는, 먼저 접종을 통한 집단면역의 법익과 이 과정에서 제한되는 기본권의 법익을 철저히 비교 및 분석하여야 한다.



현행 우리나라 법제상으로는 필수예방접종에 대해서도 예방접종을 행하지 않았을 경우 부과되는 불이익이 없다는 점에서 예방접종의 법적 의무화가 아닌, '강한 권고'의 수준으로 시행되고 있음을 확인할 수 있다[10]. 그러나, 코로나 19는 한국에 전례 없는 확산세와 사회의 피해를 야기하는 만큼, 한국의 법제 이외에 해외에서 발생한 심각한 감염병과 관련된 백신 접종의 사례를 살펴보고 백신접종의 의무화를 검토할 필요성이 있다.

## 2) 해외 법적 논의 검토

미국의 경우 연방 차원에서는 백신 접종을 '권장'할 뿐, 연방법에서 필수 백신 접종 사항을 규정하고 있지는 않다. 실제로 예방접종 정책은 주 정부 차원에서 이루어지고 있다. 현재 미취학 아동이 학교에 입학하기 위해서 특정 종류의 백신을 접종받도록 규정하는 법이 50개 주에 각기 존재한다. 관련 법령 중 일부는 종종 공립 학교뿐만 아니라 사립학교 및 보육시설에도 적용되기도 한다.

이러한 백신 접종 의무화 정책의 법적 정당성은 1905년에 선고된 연방대법원 판례 *Jacobson v. Massachusetts*에 근거한다[11]. 당시 매사추세츠 주에서는 천연두가 유행했던 케임브리지 지역에서 21세 이상의 성인들에게 백신접종을 의무화하였고, 접종거부자에게는 벌금을 부과하였다. 이에 천연두 예방접종 부작용의 피해자였던 제이콥슨은 매사추세츠를 상대로 소송을 제기하였다. 다수의견을 작성한 연방대법원의 주심 할란(Harlan)은 사회계약론과 국가경찰론의 이론적 논의를 바탕으로 주 정부의 백신 접종 의무화의 헌법적 정당성을 논파하였다. 다수의견에 따르면, 헌법적 권리는 인민이 국가에 자발적으로 자유와 권리를 양도한 근본적인 "사회계약"에 근거하고, 전염병의 창궐이 심해 공공의 안전이 침해될 때에는 주의 권위가 개인의 권리에 우선할 수 있다는 것이다[11], [12]. 이후 1922년에 있었던 다른 판례(*Zucht v. King*)에서, 연방대법원은 백신 접종을 공립학교 등의 입학요건으로 설정한 주법이 헌법에 위배되지 않는다고 판시하면서, 예방접종 의무화의 합법성을 다시 한 번 확인하였다[13].

백신 접종 의무화에 대한 법적 논의가 이루어진 다른 사례로는 프랑스 국사원(Le Conseil

d'État)의 2019년 판결인 프랑스백신자유연맹 판례가 있다[14]. 2018년에, 프랑스 보건부장관은 기존에 존재하던 필수예방접종 백신 3종에 추가적으로 8종의 백신을 필수로 규정한 데크레(décree)를 발표하였다. 이에 프랑스백신자유연맹에서는 최고행정재판소인 프랑스 국사원에 해당 데크레의 취소를 청구하였다. 백신 접종의 의무화는 사생활과 사상 및 종교의 자유를 침해하기 때문에 '인권 및 기본적 자유의 보호에 관한 유럽협약 제8조와 제9조에 어긋난다는 것이다. 그러나 국사원은 필수 예방접종 백신 11종이 공중보건을 달성하기 위해 필요한 정도라고 판단하였다. 또한 추가된 8종의 예방접종 백신이 굉장히 효과적이고 부작용이 제한적이기에, 예방접종이 가져다주는 이익이 그 위험성을 상회한다고 보았다.

## 3) 현 사태에의 적용 및 소결

이렇게 미국과 프랑스의 법령과 판례를 통해, 해당 국가에 백신 접종 의무화에 대한 법적 근거가 있음을 확인하였다. 구체적으로는 미국 연방대법원 판례에서는 당시 전염병으로 인한 상황의 심각성에 따라서, 보다 적극적인 법적/행정적 제재가 법적으로 정당화될 수 있다는 것을 보여주었고, 프랑스 국사원 판례에서는 일반적인 상황에서, 필수접종 백신의 안전성과 효능을 강조한 측면이 있다.

이러한 법적 논의를 코로나19에 적용해볼 때, 큰 틀에 있어서 예방 접종의 의무화 자체는 충분히 법적 정당성을 가진다고 볼 수 있다. 코로나19로 인한 전세계적으로 유례없는 숫자의 감염 및 사망 사례, 지역경제 및 세계시장의 침체, 사회적 자원의 낭비 등을 고려하면 백신 접종 의무화를 통한 집단면역의 달성은 그 자체로도 충분히 개인의 권리를 불가피하게 제한할 수 있는 법적 조치라고 할 수 있다.

다만 해외의 판례와 법적 논리를 그대로 한국의 코로나 방역에 적용하기에는 몇 가지 예문제점을 해결할 필요성이 있다. 우선 한국에서 바로 형사 및 행정적 제재를 시행하기에는 한국적 현실에서의 백신 접종 의무화에 대한 학설과 판례 등의 법적 논의가 부족한 측면이 있다. 따라서 한국에서는 백신 접종 의무화에 대한 사회적 합의 과정이 부재하여 이에 대한 충분한 논의와 검토 없이 진행하였을 때 큰 반발에 부딪힐 수 있다.

또한, 코로나 백신 자체의 안전성에 대한 문제가 존재한다. 원칙적으로 백신 개발에서 최종 승인까지는 10여 년의 시간이 소요된다. 그러나 코로나19 백신의 경우 그 시급성이 인정되어, 세계보건기구(WHO)와 미국 식품의약청(FDA)에서 긴급사용승인을 받아 접종이 허용되었다. 앞서 분석한 프랑스 국사원의 관례에서는 백신의 검증된 안전성과 효과가 의무화 정당화의 주요 근거 중 하나로 작용했기 때문에, 코로나19 백신 의무화 도입 이전에 백신 접종의 안전성에 대한 의학적 검토가 선행될 필요가 있다.

## Conclusion

본 연구는 백신 기피 현상을 무임승차의 딜레마와 용의자의 딜레마라는 게임이론의 틀을 이용하여 설명하고, 백신 기피의 딜레마를 모델화하여 개인과 사회의 효용을 분석하였고, 이를 바탕으로 조건화 정책을 제안하여 정책의 실현 가능성 및 한계를 검토하였다. 또한 백신 접종률의 증가 속도를 나타내는 백신 한계접종률의 개념을 제시하고, 이를 실제 국가들의 백신 접종 사례에 적용하여 분석하였다. 이는 백신 접종 기피 현상을 이론적 틀과 모형으로 분석하고, 이를 실제 사례에 적용하여 문제 상황에 대응하는 적절한 해결 방안을 도출하였다는 의의를 가진다. 또한 백신 접종 의무화의 법적 효력을 비교법적으로 검토하였다는 의의 또한 가지고 있다.

다만 한편으로는 백신 의무화 정책 검토에서 선행되어야 하는 의학적 분석은 이루어지지 못했다. 앞서 살펴보았듯이, 백신 접종 의무화를 위해서는 코로나19 백신의 안전성이 어느 정도 보장되어야 한다. 코로나19 백신은 일반적인 다른 백신들과 비교할 때 상대적으로 짧은 기간 동안 개발되었고, 임상 시험의 절차도 단순화되었다. 또한 각국에서 사용 승인을 받을 때에도 긴급사용승인이라는, 보다 낮은 기준에 따라 검증되었다. 따라서 코로나19 백신 의무화 도입 이전에, 백신 접종의 안전성에 대한 의학적 검토가 선행될 필요가 있다. 구체적으로는, 백신 접종으로 인한 부작용 발생의 확률, 강도, 지속 기간, 감염 취약군 등을 분석하여 백신 접종으로 인한 불이익의 기댓값을 정확하게 계산하는 과정이 이루어져야 한다. 다만 이러한 일련의 과정은 코로나19 백신의 임상시험 분석, 실제

접종 사례 데이터에 대한 분석 등, 시간과 고도의 의학적 지식이 요구되는 복잡한 과정이기에, 관련 분야에서 후속 연구를 포함한 심도 있는 논의가 필요하다.

## Acknowledgement

본 논문은 서울대학교 보건대학원, 보건환경연구소, BK21 건강재난 통합대응을 위한 교육연구단, BK21 환경보건 인재양성 교육연구단이 2021년도에 주최한 “코로나 19 학생 공모전”에 응모한 원고를 수정 및 보강하여 제출하였습니다.

## References

1. Dennis C. Mueller, *Public choice III*, New York: Cambridge University Press 2003; 18.
2. Ethan Bueno de Mesquita, *Political Economy for Public Policy*, Princeton University Press 2016; 99-114.
3. 이준구. 미시경제학. 문우사; 2019. 440-455 쪽. (Korean)
4. Robert M. Axelrod, *The evolution of cooperation*, New York: Basic Books, Inc. 1984; 7-13.
5. Available from URL: <http://ncov.mohw.go.kr/socdisBoardView.do?brdId=6&brdGubun=1>
6. Yuting Wei, Yaosen Lin, Bin Wu. Vaccination dilemma on an evolving social network. *Journal of Theoretical Biology*. 2019;483.
7. 김동근 등. 코로나 19 예방접종 후 사망으로 신고된 사례 현황 및 특성. *주간 건강과 질병*. 2021; 14(32): 2285. (Korean)
8. Available from URL: <https://ourworldindata.org/coronavirus/country/united-states>
9. Available from URL: <https://ourworldindata.org/coronavirus/country/south-korea>
10. 김진곤. 예방접종과 기본권의 관계. *공법연구*. 2021; 49(3): 59-83. (Korean)
11. *Jacobson v. Massachusetts*, 197 U.S. 11
12. 박지영. *Jacobson v. Massachusetts* 판결의 역사적 의미. *미국헌법연구*. 2017; 28(1): 79-108. (Korean)
13. *Zucht v. King* 260 U.S. 174
14. CE 6 mai 2019, *Ligue nationale pour la liberté des*

백신 접종 기피 현상의 분석과 집단면역의 달성을 위한 정책제언 - 게임이론을 중심으로-  
vaccinations, n° 419242.