

# 시나리오 별 서울, 경기 지역 코로나 확진자 수 및 위중증 환자 수 예측

이윤정<sup>1</sup>     석정주<sup>2</sup>     이지현<sup>2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 수학계산학부 (계산과학공학과)

<sup>2</sup>연세대학교 수학계산학부 (수학과)

November 2, 2021

# 데이터

1. 서울, 경기 일일 발생 확진자 수
2. 백신
  - ▶ 연령별 백신 접종량
  - ▶  $\alpha$  변이  $\rightarrow \delta$  변이에 따른 백신 효과
3. 사용 중인 위중증 병상 수

# 데이터

## 일일 백신 접종량 (전 연령)

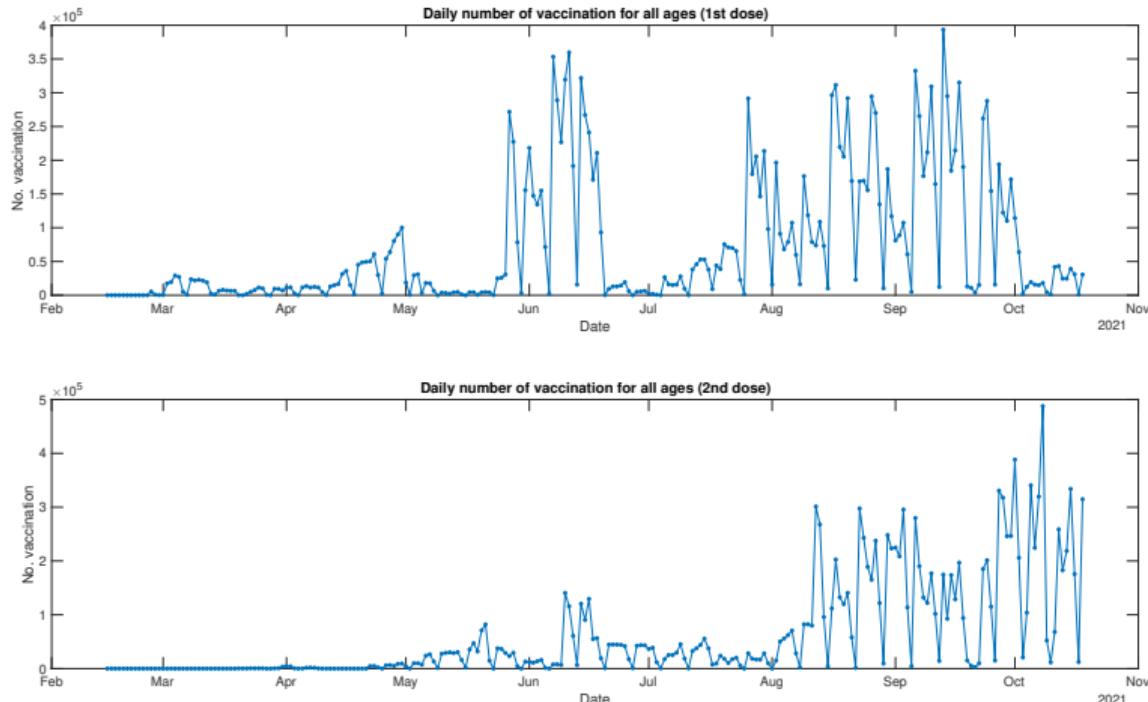


Figure 1: 2021/02/15-2021/10/21의 1차, 2차 백신 접종량.

# 데이터

## 연령별 일일 1차 백신 접종량

- ▶ 연령별 백신 접종량은 전국의 연령별 백신 접종 비율로부터 추산
- ▶ 연령별 백신 비율은 질병관리청의 보도자료를 이용

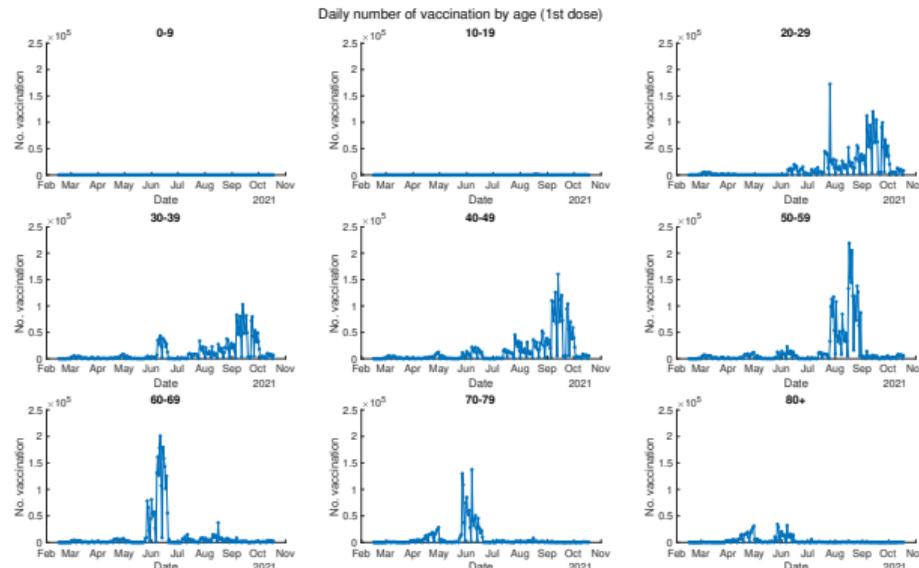


Figure 2: 2021/02/15-2021/10/18의 연령별 일일 1차 백신 접종량.

# 데이터

## 연령별 일일 2차 백신 접종량

- ▶ 연령별 백신 접종량은 전국의 연령별 백신 접종 비율로부터 추산
- ▶ 연령별 백신 비율은 질병관리청의 보도자료를 이용

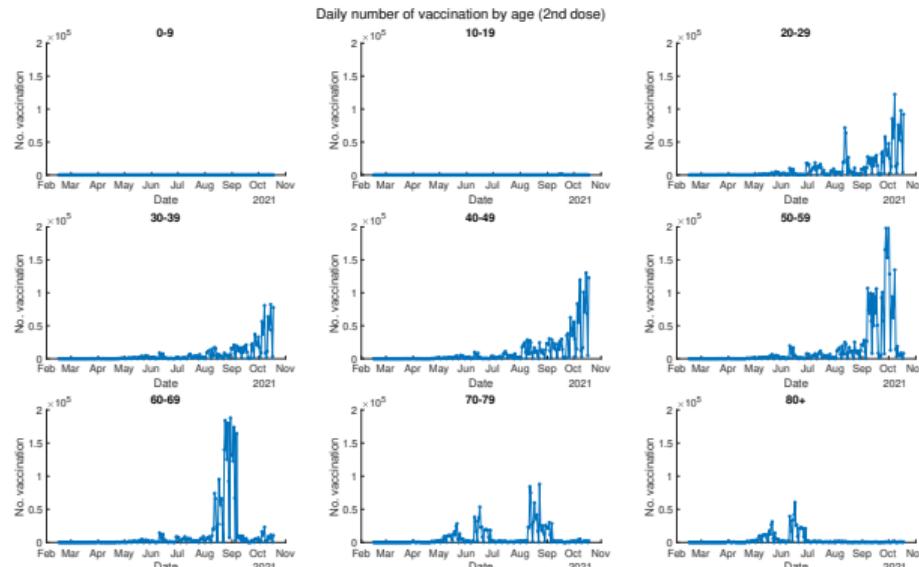


Figure 3: 2021/02/15-2021/10/18의 연령별 일일 2차 백신 접종량.

# 데이터

## 백신 효과

- ▶  $\alpha$  변이와  $\delta$  변이에 대한 백신 효과는 서로 다름.<sup>1</sup>

	Dose	Astrazeneca	Pfizer
$\alpha$ variant	<b>1st dose</b>	48.7%	47.5%
	<b>2nd dose</b>	74.5%	93.7%
$\delta$ variant	<b>1st dose</b>	30.0%	35.6%
	<b>2nd dose</b>	67%	88%

Table 1: 백신 종류, 변이 바이러스 및 백신 차수에 따른 백신 효과.

---

<sup>1</sup> Jamie Lopez Bernal et al. (2021). “Effectiveness of Covid-19 vaccines against the B. 1.617. 2 (Delta) variant”. In: *New England Journal of Medicine*

# 데이터

## 백신 효과

- ▶  $\delta$  변이의 비율을 보도자료로부터 추정하고 weighted sum을 이용하여 백신 효과를 추정.

Date	$\delta$ proportion (%)
6월 1주차	2.4
6월 2주차	1.4
6월 3주차	2.5
6월 4주차	3.3
6월 5주차	9.9
7월 1주차	23.3
7월 2주차	33.9
7월 3주차	48.0
7월 4주차	61.5
8월 1주차	73.1
8월 2주차	85.3
8월 3주차	89.6
8월 4주차	94.3
9월 1주차	97.0

Table 2: 질병관리청에서 보도된  
검출된 델타 변이 비율

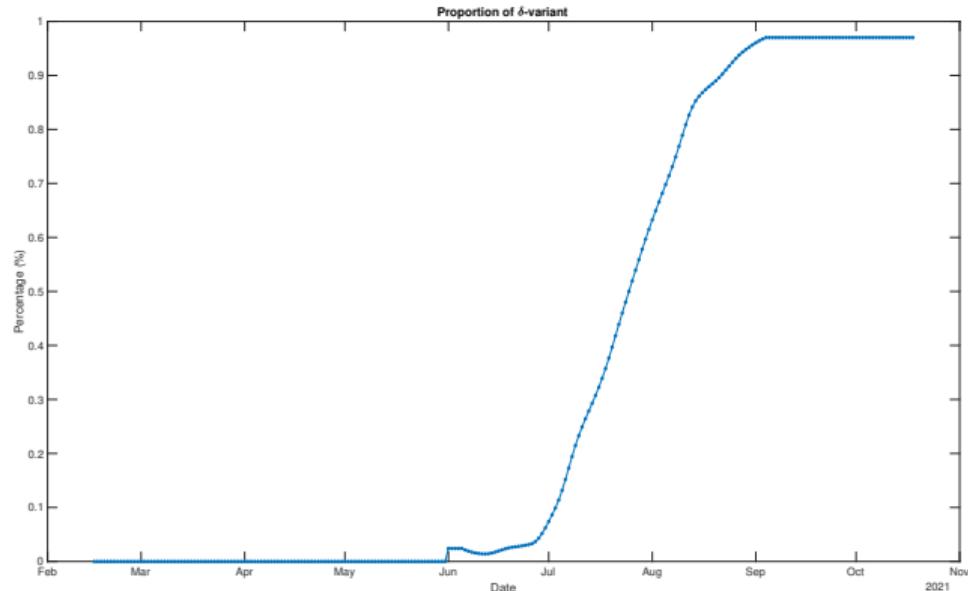


Figure 4: 추정한  $\delta$  변이 비율

# 데이터

## 백신 효과

- ▶  $\delta$  변이의 비율을 보도자료로부터 추정하고 weighted sum을 이용하여 백신 효과를 추정.

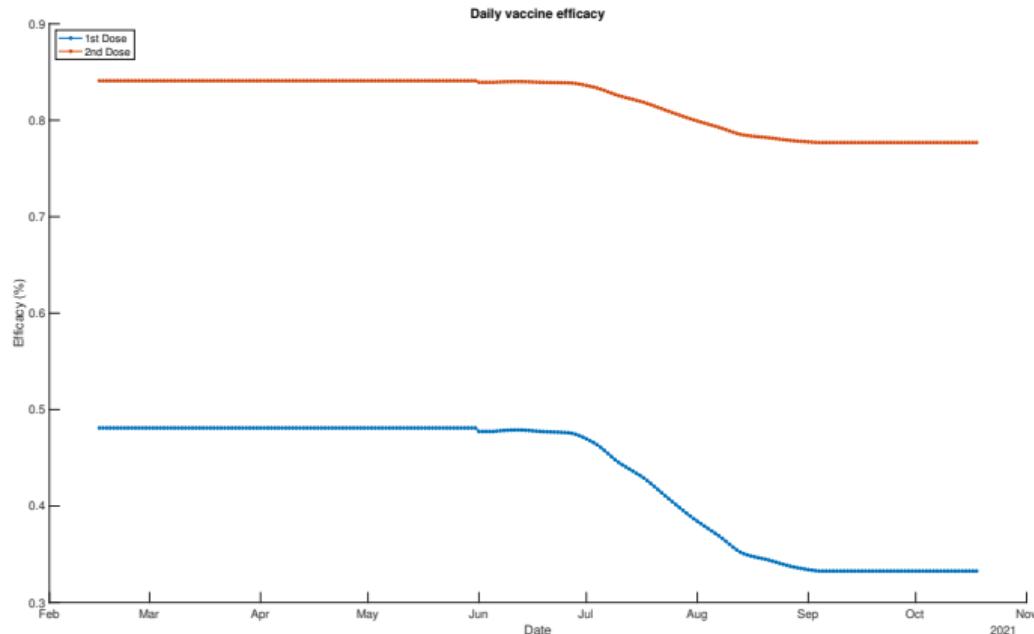


Figure 5: 추정된 1차, 2차 백신의 일일 효과.

## 백신 효과

백신 위중증 예방 효과		백신의 사망 예방 효과	
1차	75% <sup>2</sup>	1차	85% <sup>3</sup>
2차	94% <sup>2</sup>	2차	96.1% <sup>4</sup>

Table 3: 백신 차수별 위중증 (왼쪽) 및 사망 (오른쪽) 예방 효과

<sup>2</sup>Charlotte Gower Eileen Gallagher Lara Utsi Ruth Simmons Simon Thelwall Elise Tessier Natalie Groves Gavin Dabrera Richard Myers Colin Campbell Gayatri Amirthalingam Matt Edmunds Maria Zambon Kevin Brown Susan Hopkins Meera Chand Mary Ramsay Jamie Lopez Bernal Julia Stowe Nick Andrews (2021). “Effectiveness of COVID-19 vaccines against hospital admission with the Delta (B.1.617.2) variant”. In: *MedRxiv*

<sup>3</sup>Jamie Lopez Bernal et al. (2021). “Effectiveness of Covid-19 vaccines against the B. 1.617. 2 (Delta) variant”. In: *New England Journal of Medicine*

<sup>4</sup>김류경 이선주 박영준 염한솔 김성순 김지아 김유연 (2021). “2021년 5월-7월 기간 동안 코로나19 백신의 중증 및 사망예방효과”. In: 주간 건강과 질병. Korea Disease Control and Prevention Agency

# 데이터

## 사용 중인 위중증 병상 수

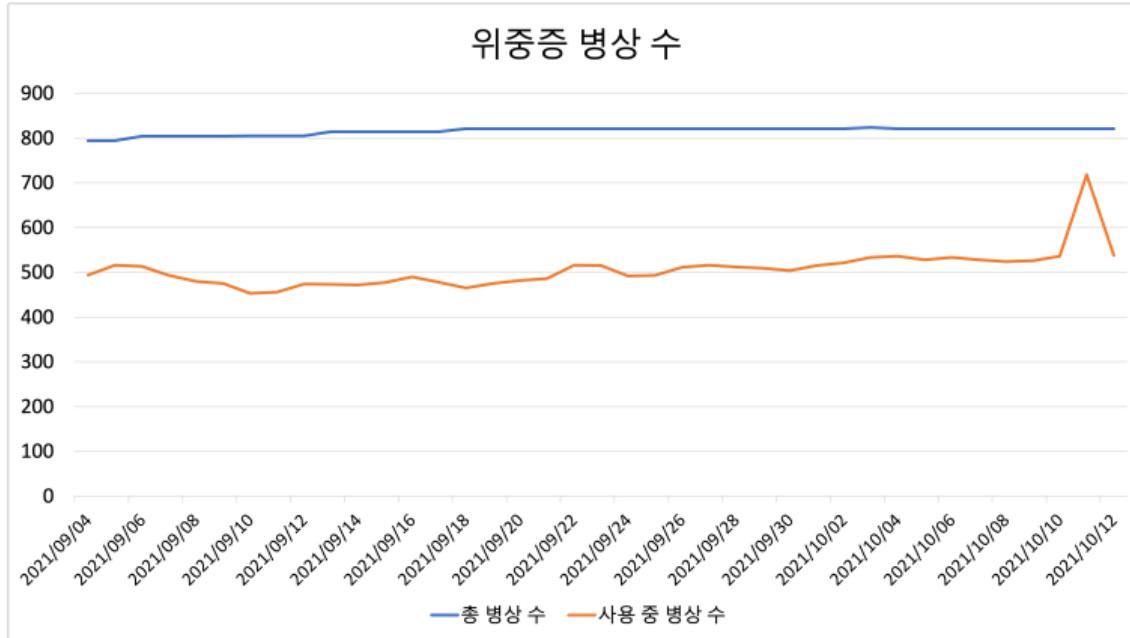


Figure 6: 사용 중인 위중증 병상 수

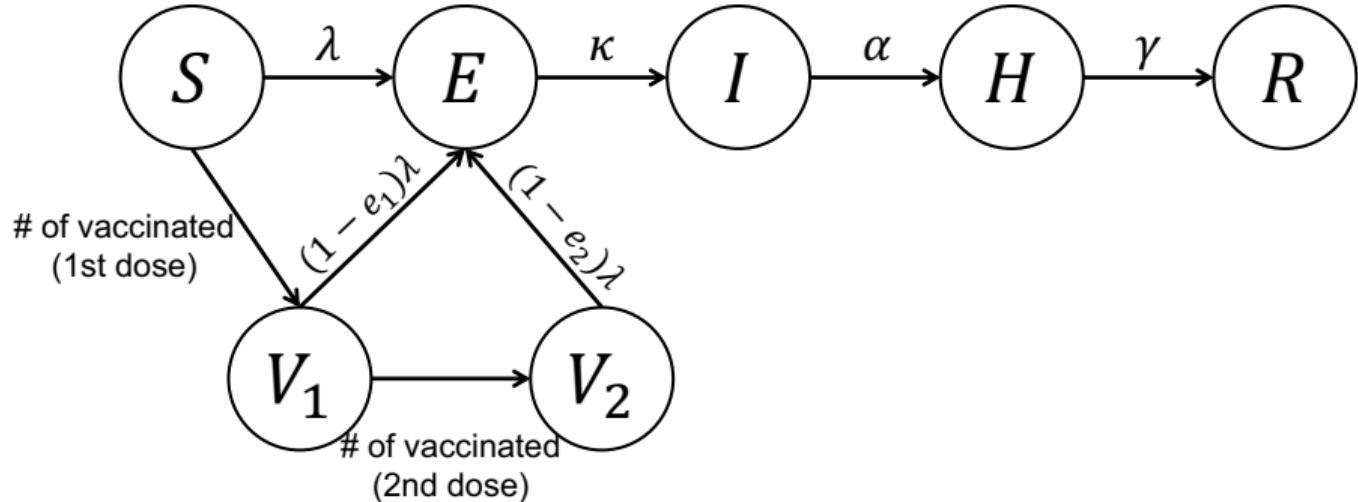


Figure 7: Diagram of age-structured model for SARS-CoV-2.

Notation	Interpretation
$S$	Susceptibles
$E$	Exposed
$I$	Infectious
$H$	Hospitalized
$R$	Removed (or recovered)
$V_1$	Vaccinated (1st dose)
$V_2$	Vaccinated (2nd dose)
$\lambda$	Force of infection
$\kappa$	Latent period
$\alpha$	Infectious period
$\gamma$	Hospitalization period
$e_1$	Vaccine efficacy for 1st dose
$e_2$	Vaccine efficacy for 2nd dose

Table 4: Definition of states and parameters.

## 모델 가정

### 사회적 거리두기

- ▶ 1단계 (구 0.5단계) 감소: transmission rate 전단계 대비 40% 증가
- ▶ 1단계 (구 0.5단계) 증가: transmission rate 전단계 대비 32% 감소

	날짜	사회적 거리두기 단계	transmission rate 변화
고정	2021/02/15-2021/06/30	현 2단계 (구 2단계)	
	2021/07/01-2021/07/11	현 1단계 (구 1.5단계)	$\beta \times 1.4$
가정	2021/07/12-2021/10/31	현 2단계 (구 2단계)	$\beta \times 1.4 \times 0.68$
		현 3단계 (구 2.5단계)	$\beta \times 1.4 \times 0.68^2$
		현 4단계 (구 3단계)	$\beta \times 1.4 \times 0.68^3$

Table 5: 2021/02/15-2021/10/31 간의 사회적 거리두기와 transmission rate 변화, 모델의 가정.

# 시나리오

## 사회적 거리두기 (11월 이후)

- ▶ 현 상태 유지
- ▶ 1단계 완화
- ▶ 2단계 완화
- ▶ 11/1부터 1단계 완화, 12/13부터 2단계 완화

## 등교 수준

- ▶ 현 상태 유지
- ▶ 현 1단계 수준 완화
- ▶ 현 2단계 수준 완화
- ▶ 전면 등교 및 마스크 미착용

## 관찰 기간

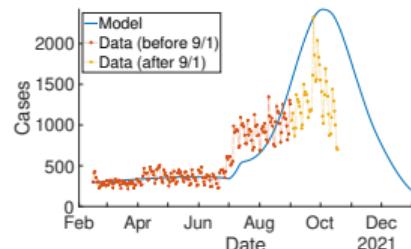
- ▶ 2021/02/15-2021/12/31

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 same단계, 등교 완화 수준 same단계

### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

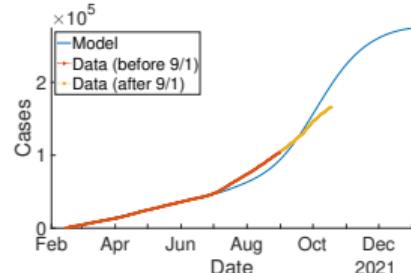
2단계

발생



3단계

누적



4단계

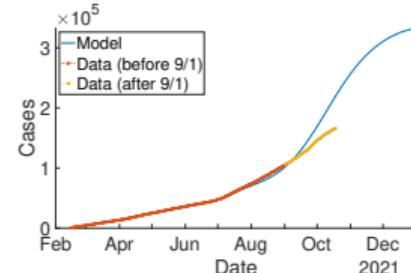
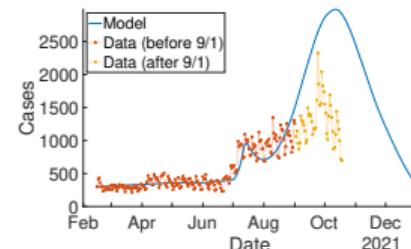


Table 6: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 same단계, 등교 완화 수준 same단계

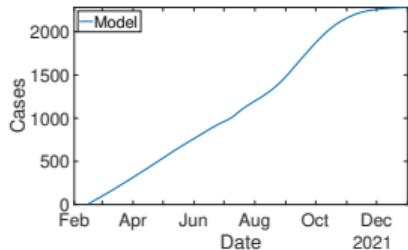
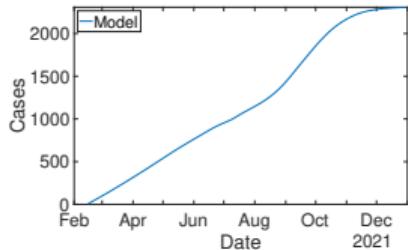
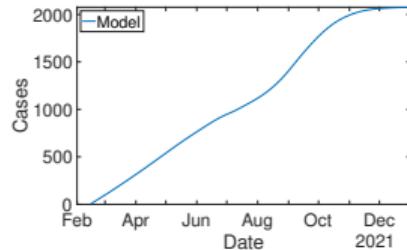
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

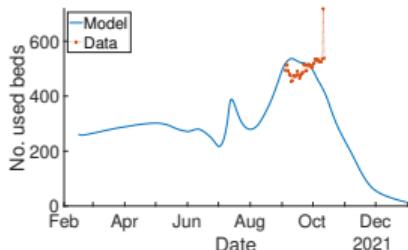
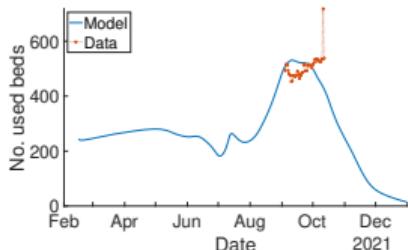
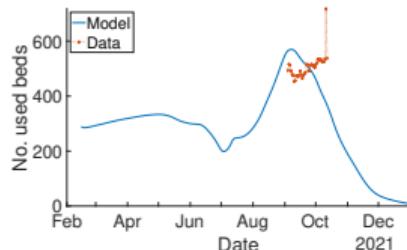


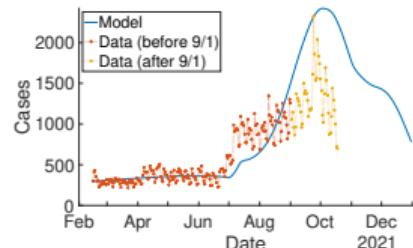
Table 7: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 same단계, 등교 완화 수준 1단계

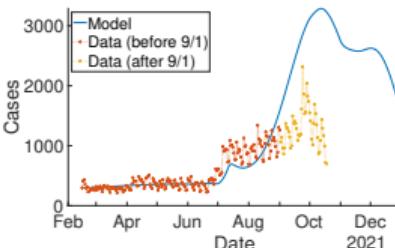
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

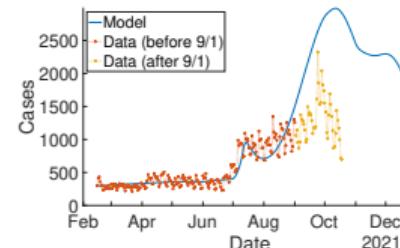
발생



3단계



4단계



누적

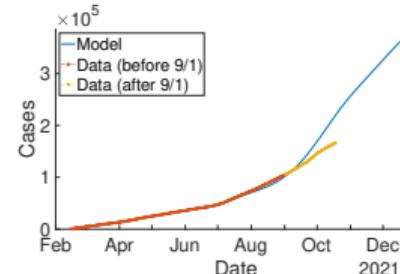
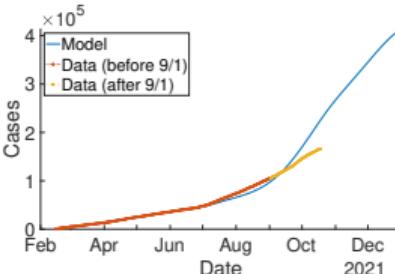
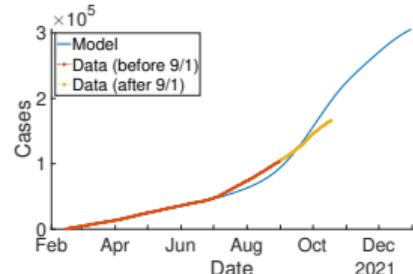


Table 8: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 same단계, 등교 완화 수준 1단계

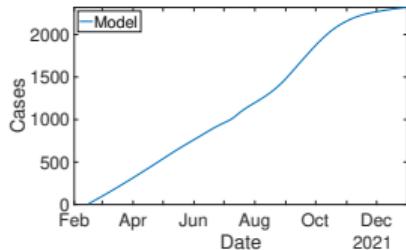
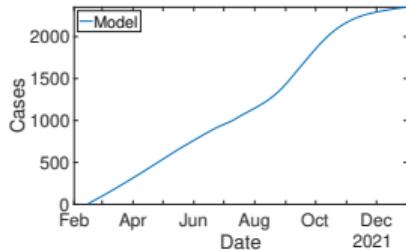
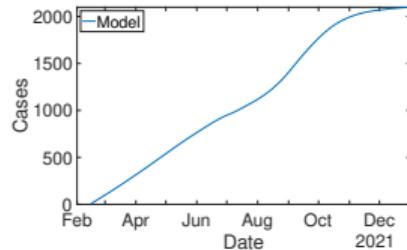
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

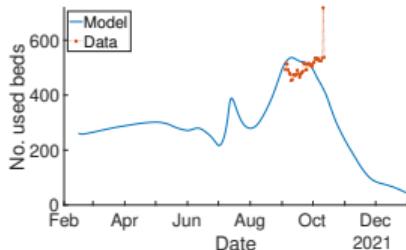
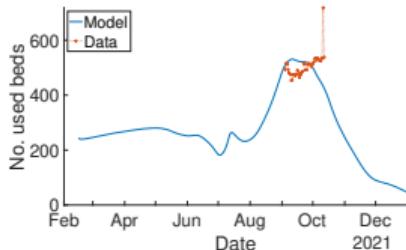
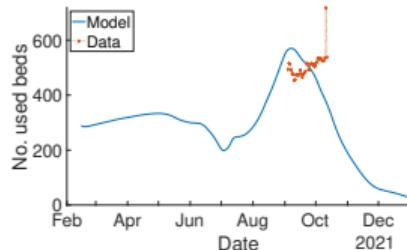


Table 9: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 same단계, 등교 완화 수준 2단계

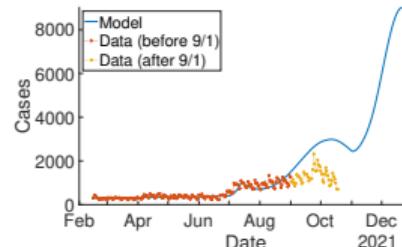
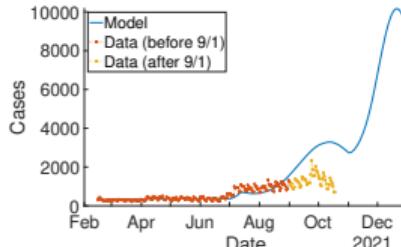
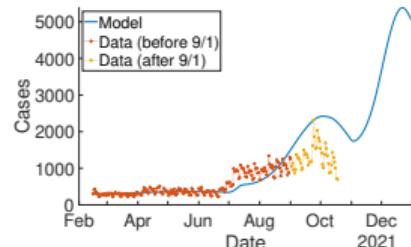
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

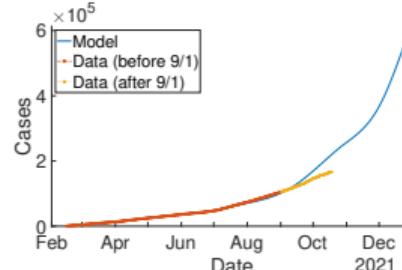
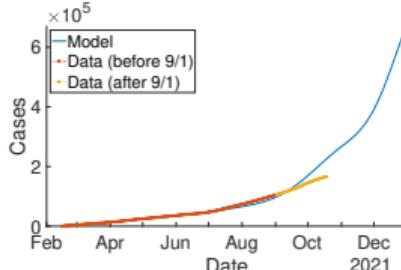
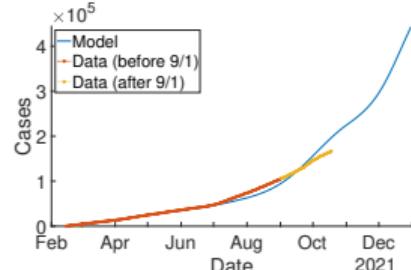


Table 10: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 same단계, 등교 완화 수준 2단계

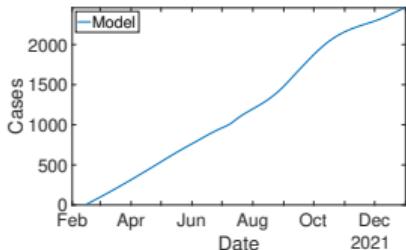
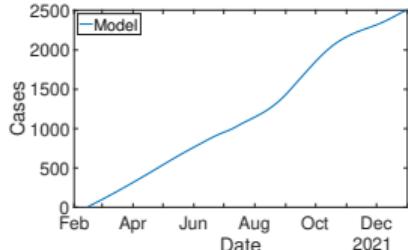
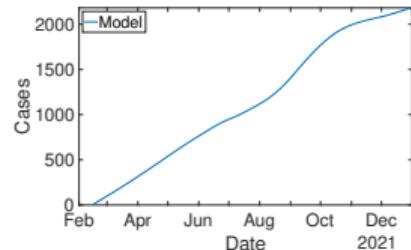
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

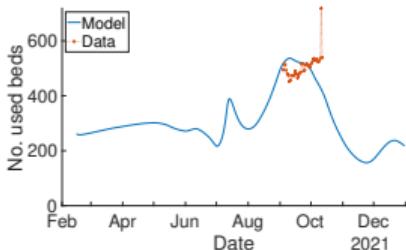
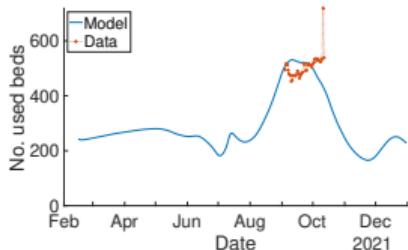
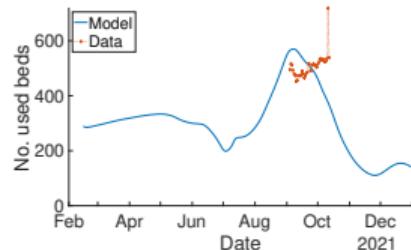


Table 11: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 same단계, 등교 완화 수준 max단계

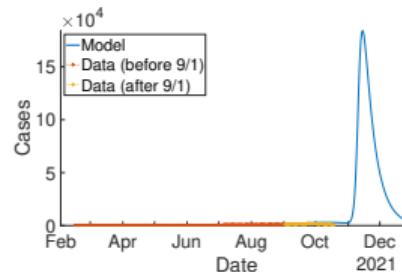
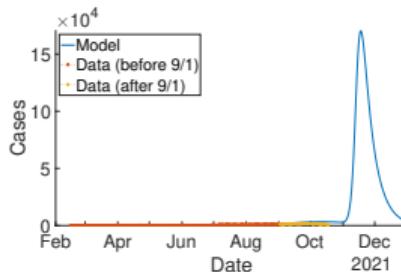
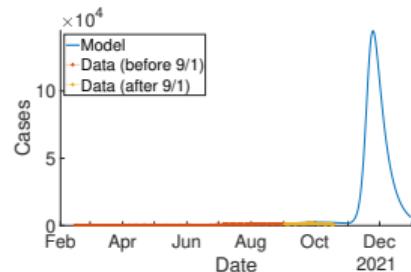
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

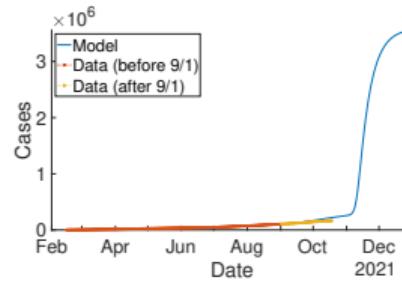
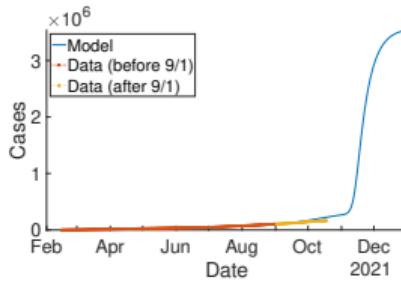
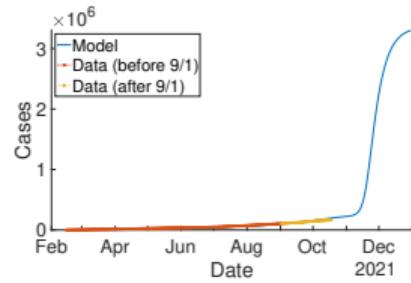


Table 12: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 same단계, 등교 완화 수준 max단계

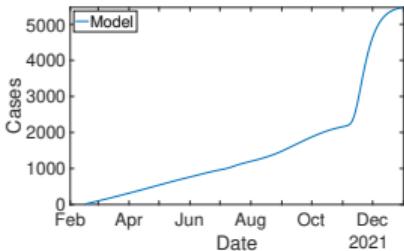
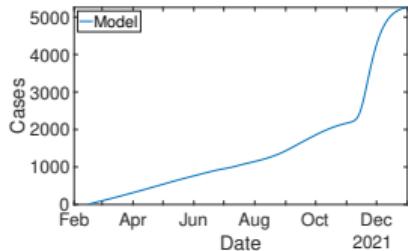
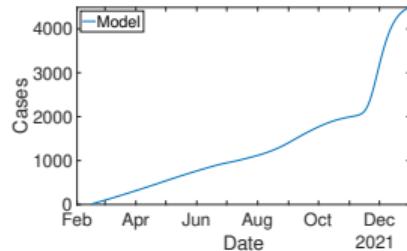
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

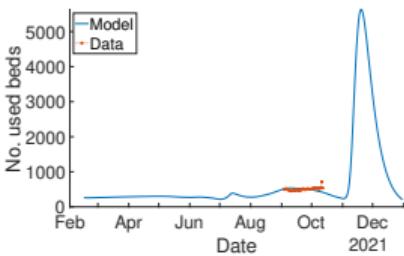
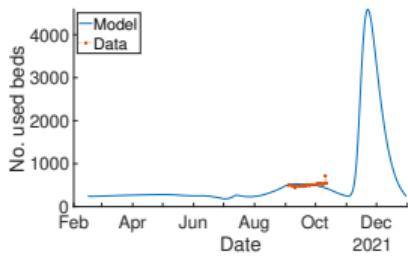
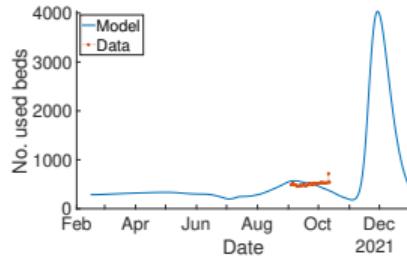


Table 13: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 1단계, 등교 완화 수준 same단계

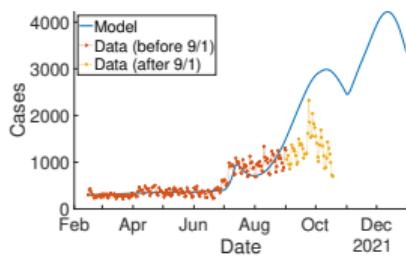
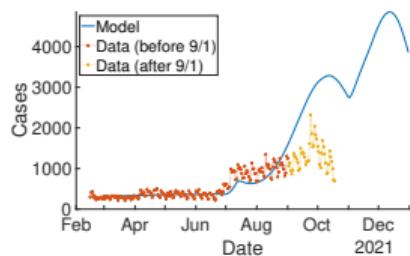
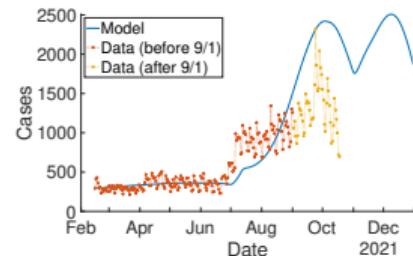
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

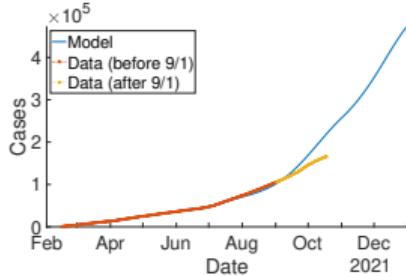
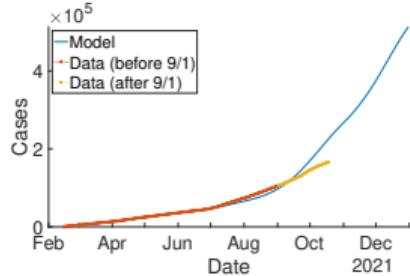
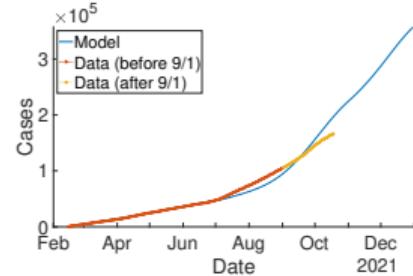


Table 14: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 1단계, 등교 완화 수준 same단계

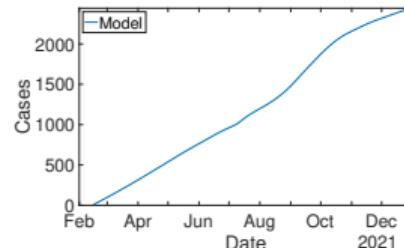
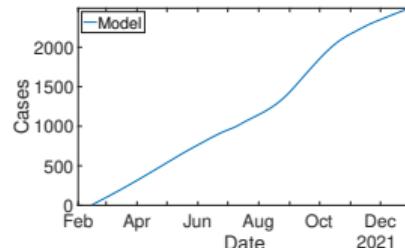
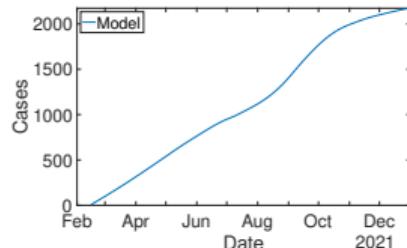
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

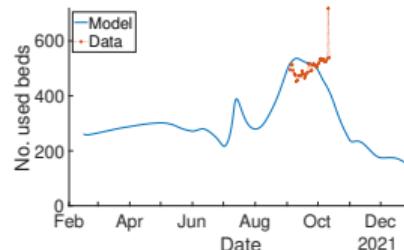
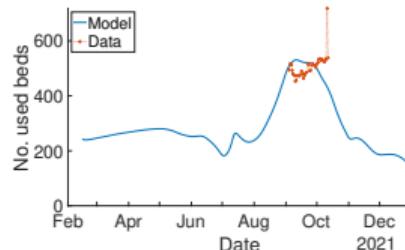
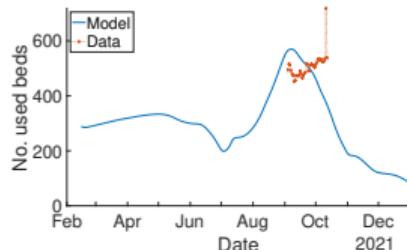


Table 15: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

# 시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 1단계, 등교 완화 수준 1단계

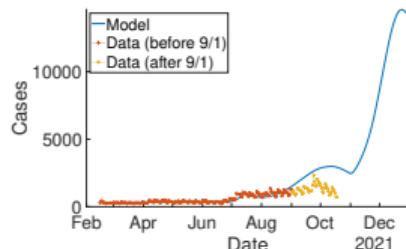
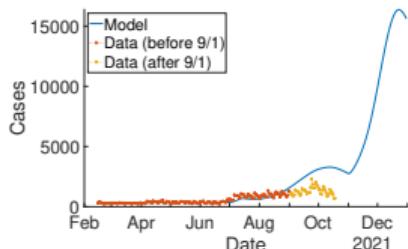
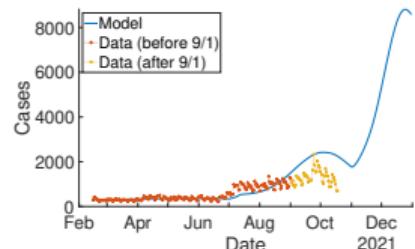
## 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

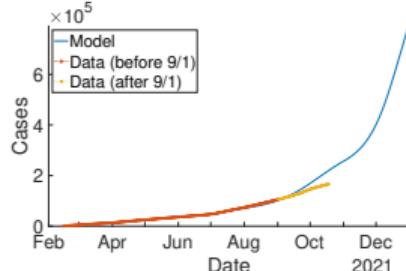
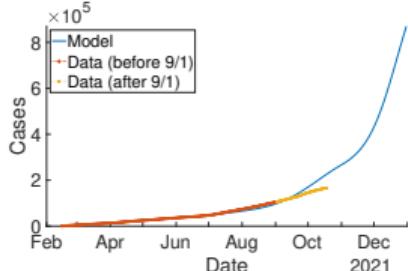
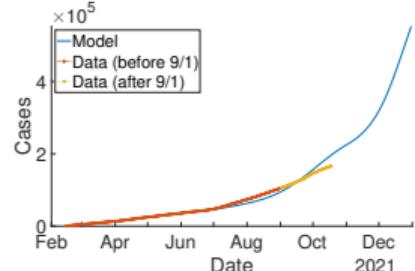


Table 16: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 1단계, 등교 완화 수준 1단계

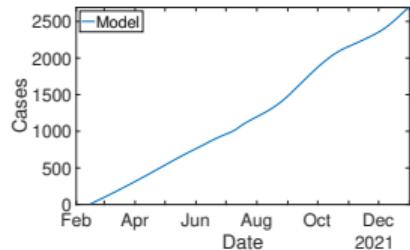
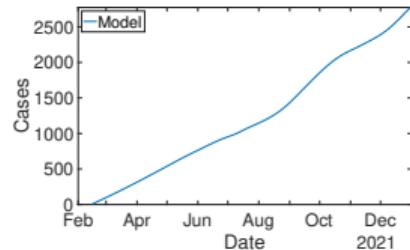
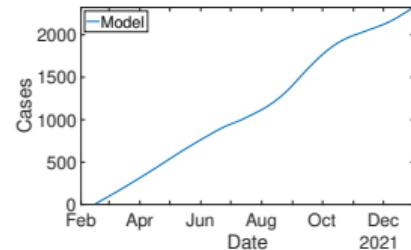
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

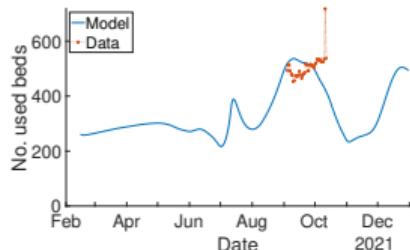
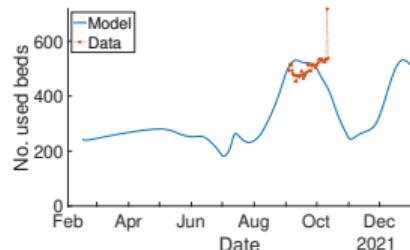
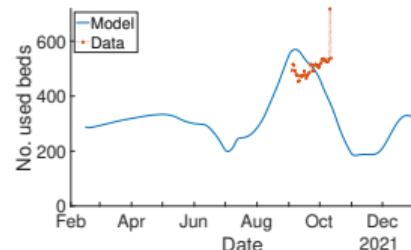


Table 17: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 1단계, 등교 완화 수준 2단계

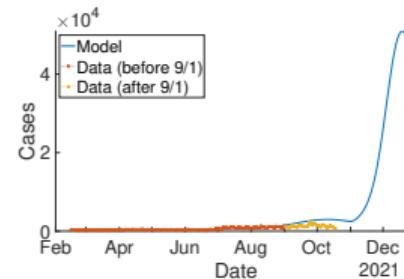
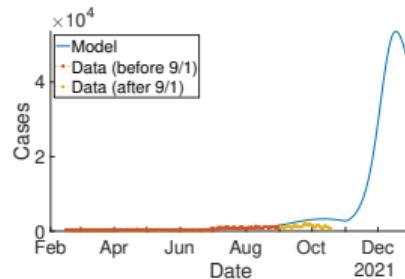
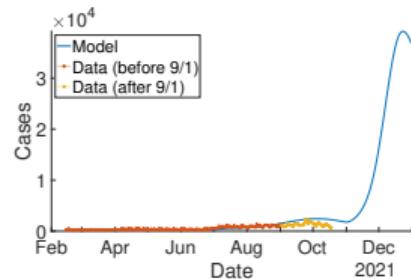
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

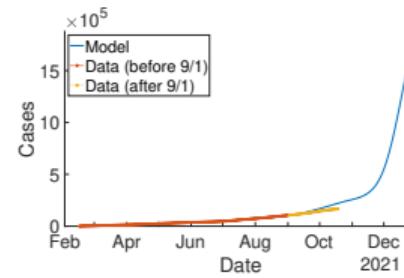
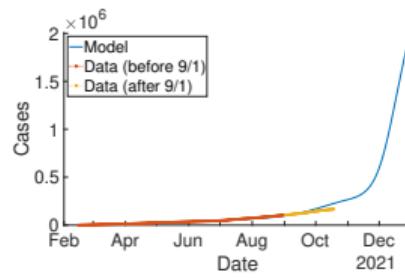
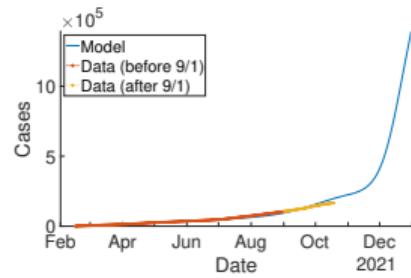


Table 18: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 1단계, 등교 완화 수준 2단계

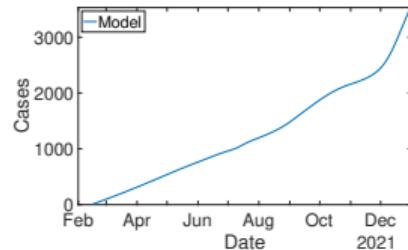
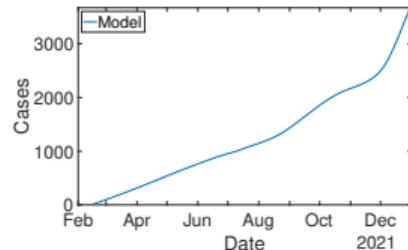
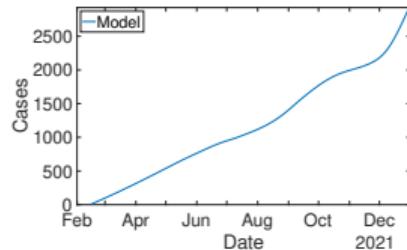
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

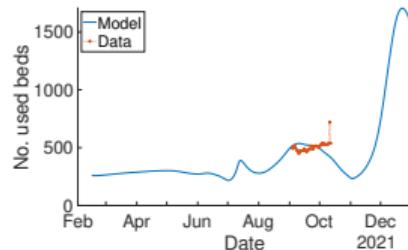
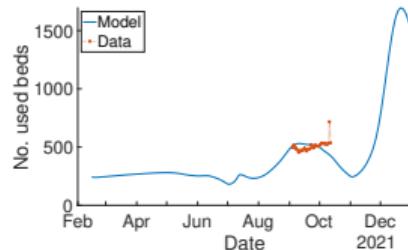
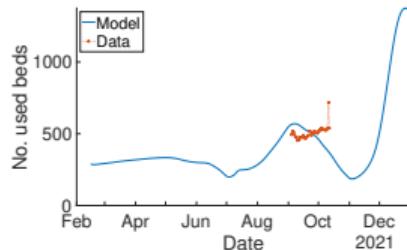


Table 19: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 1단계, 등교 완화 수준 max단계

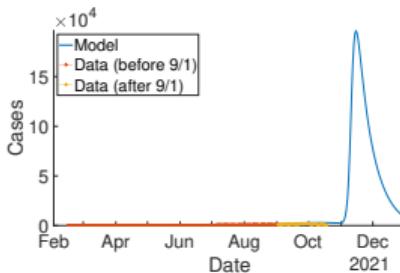
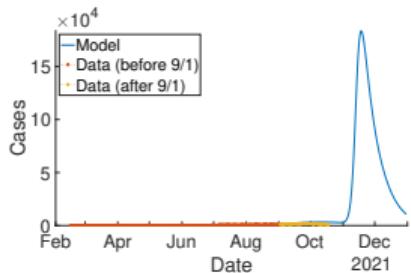
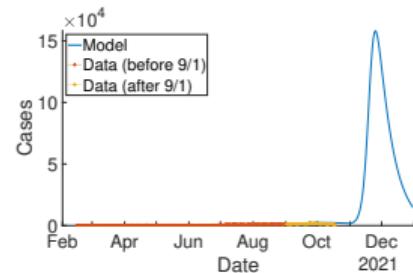
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

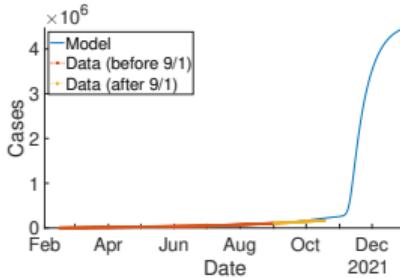
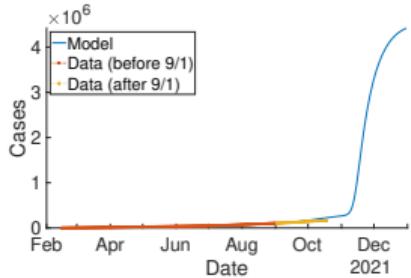
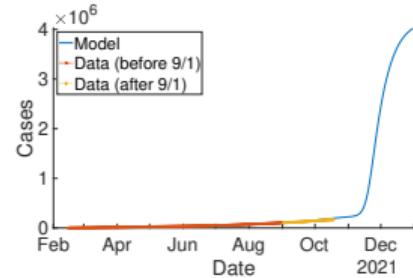


Table 20: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 1단계, 등교 완화 수준 max단계

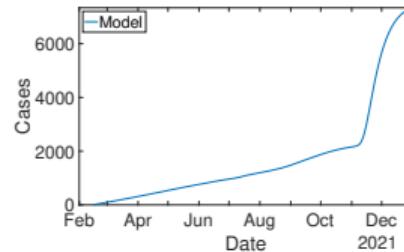
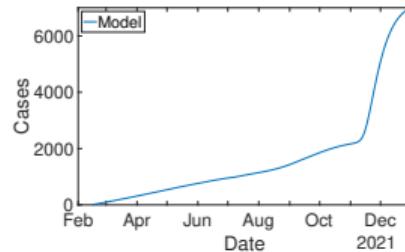
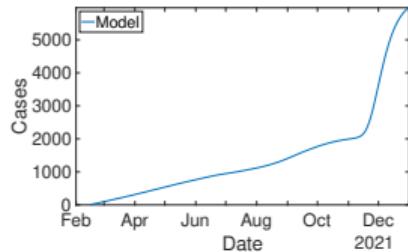
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

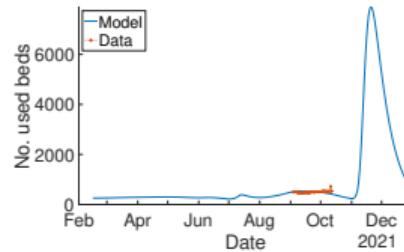
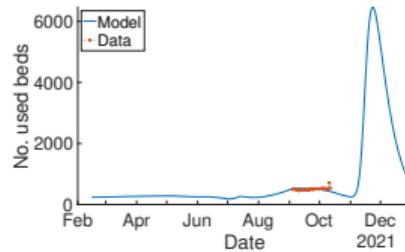
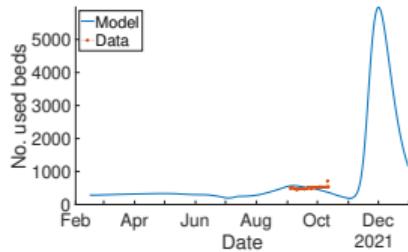


Table 21: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 2단계, 등교 완화 수준 same단계

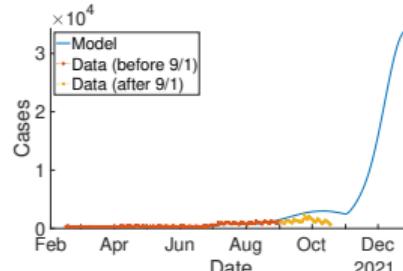
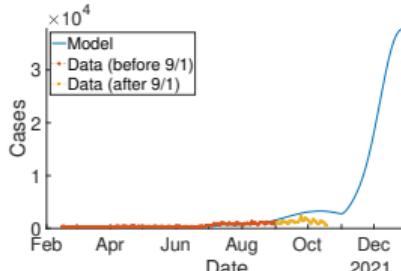
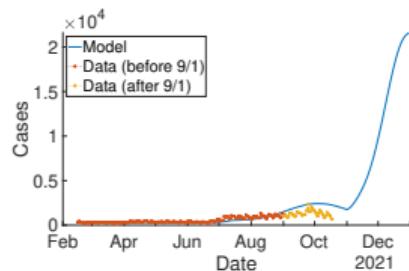
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

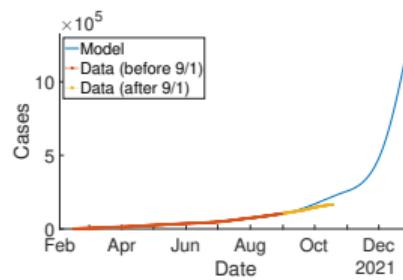
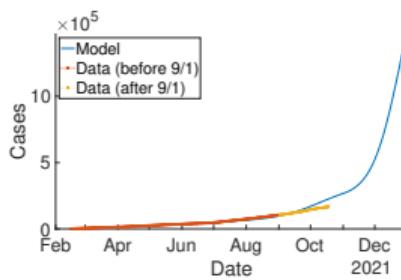
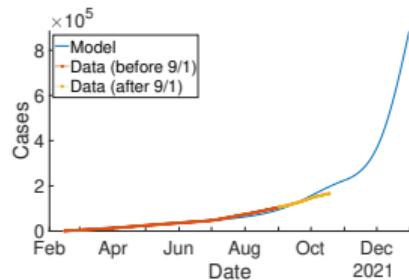


Table 22: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 2단계, 등교 완화 수준 same단계

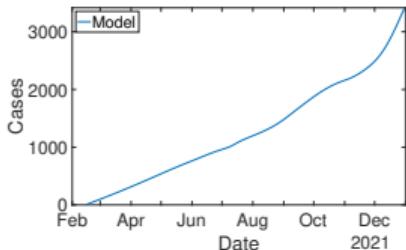
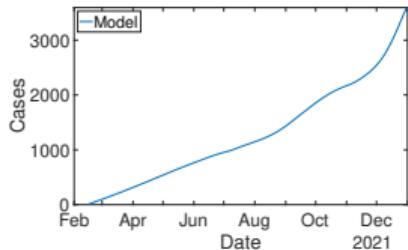
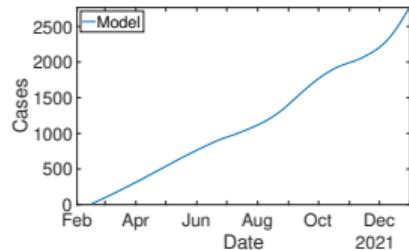
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

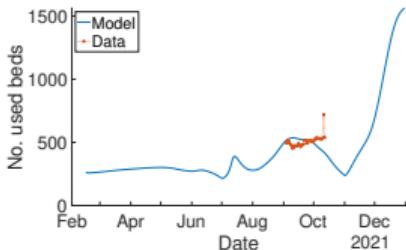
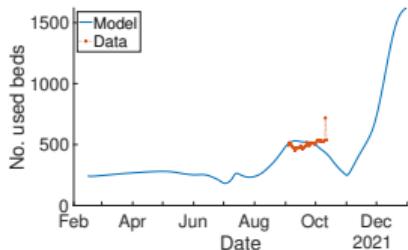
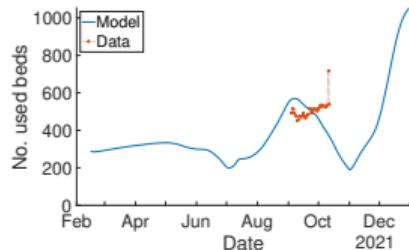


Table 23: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

## 시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 2단계, 등교 완화 수준 1단계

7/12-10/31 거리두기 단계 효과

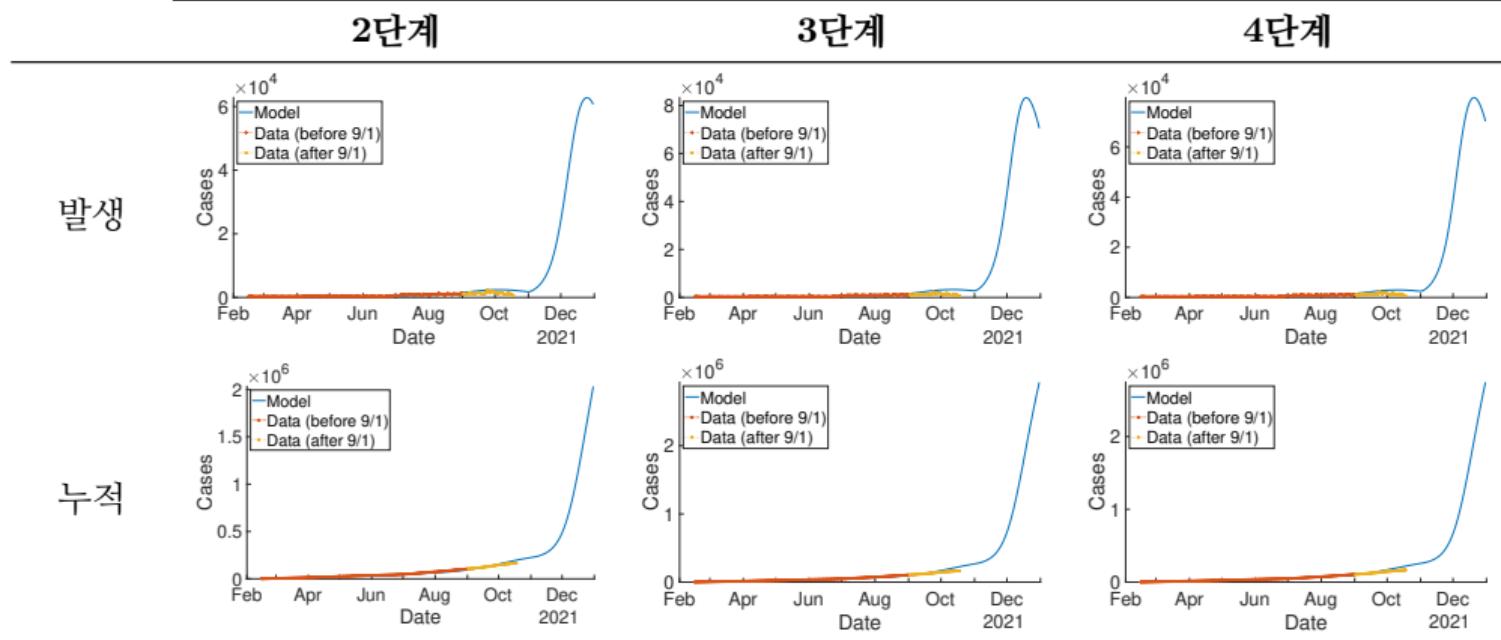


Table 24: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 2단계, 등교 완화 수준 1단계

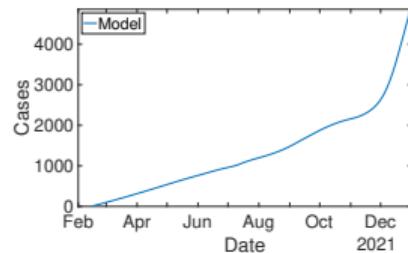
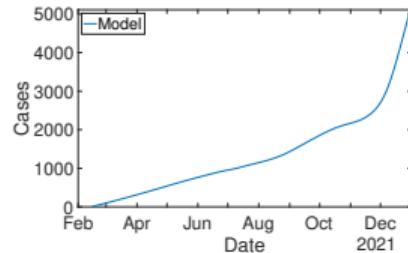
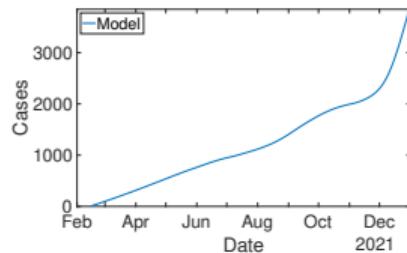
7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

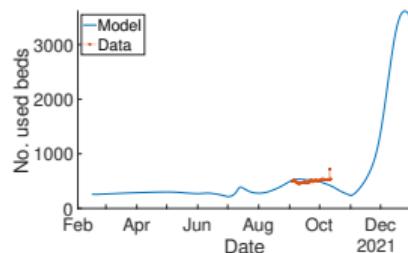
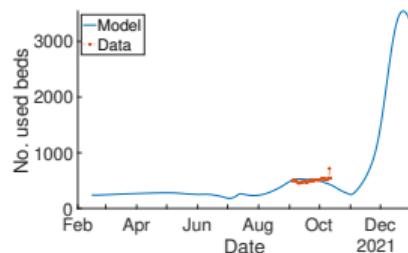
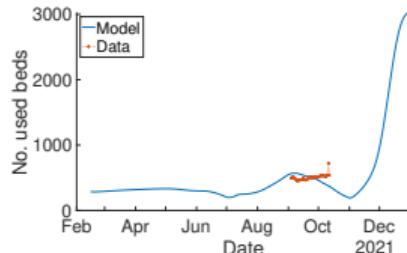


Table 25: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

## 시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 2단계, 등교 완화 수준 2단계

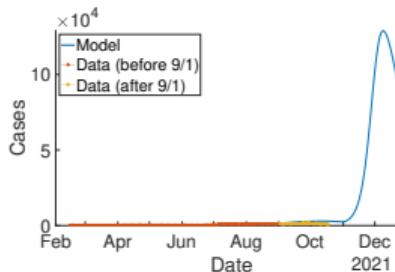
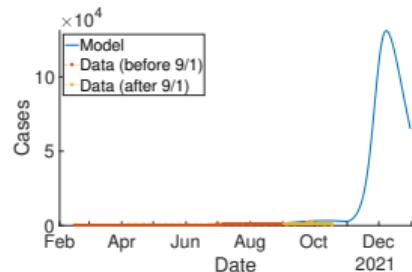
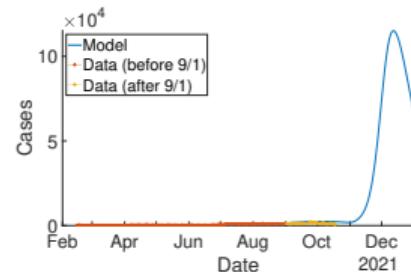
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

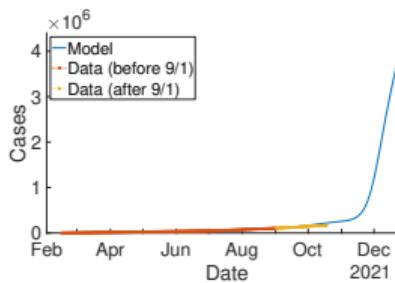
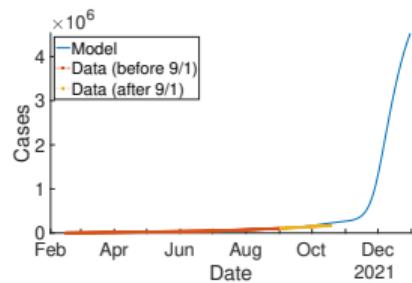
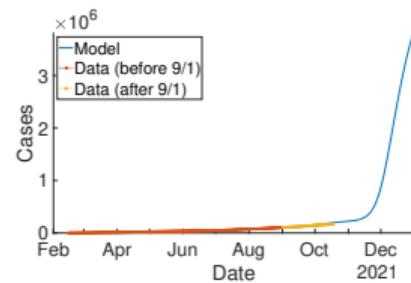


Table 26: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 2단계, 등교 완화 수준 2단계

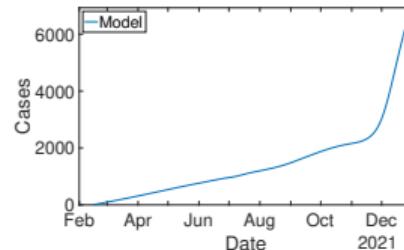
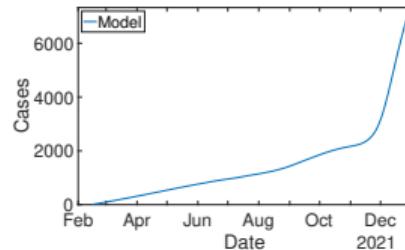
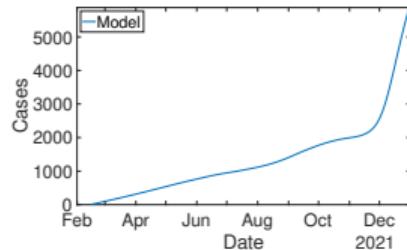
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

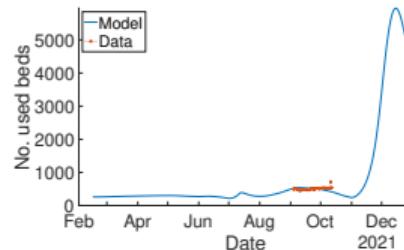
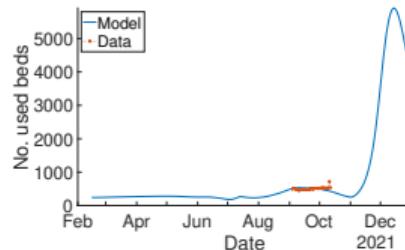
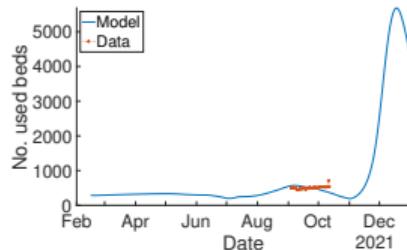
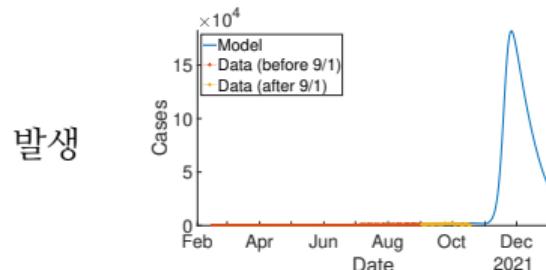


Table 27: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

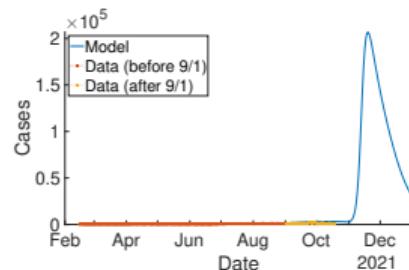
시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 2단계, 등교 완화 수준 max단계

### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

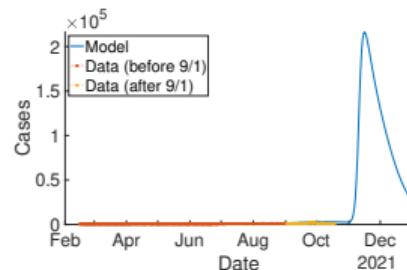
#### 2단계



#### 3단계



#### 4단계



#### 누적

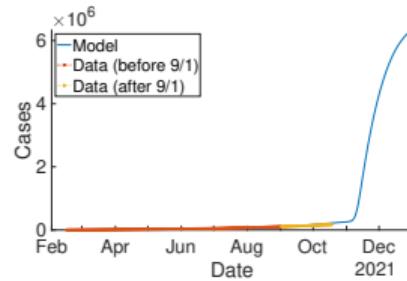
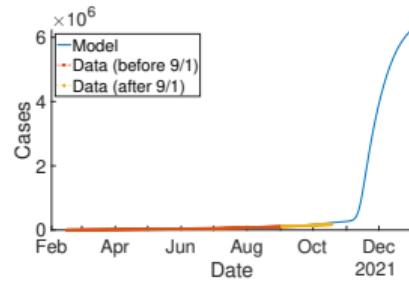
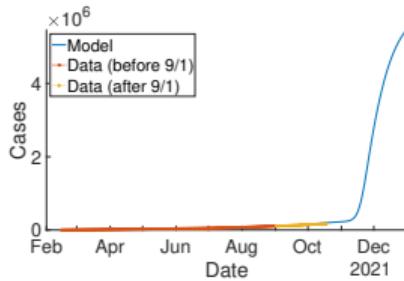


Table 28: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11월 이후 사회적 거리두기 완화 수준 2단계, 등교 완화 수준 max단계

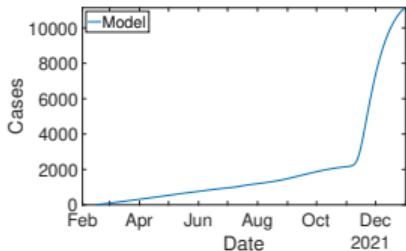
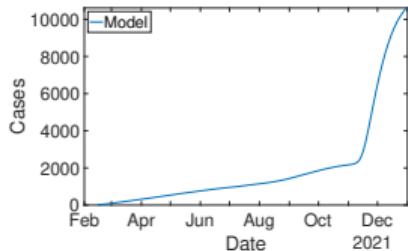
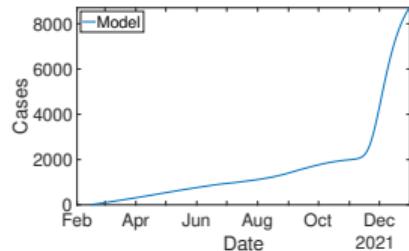
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

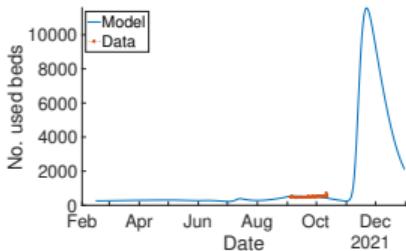
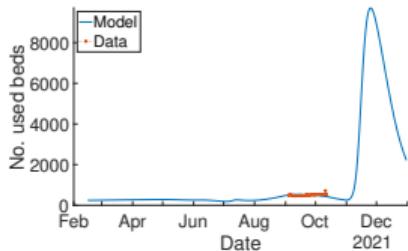
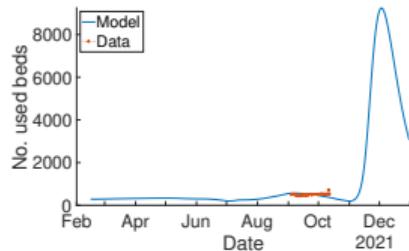
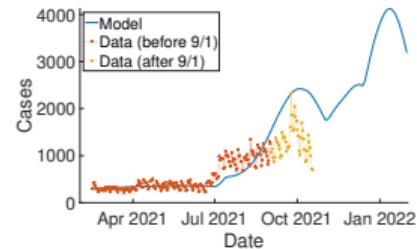


Table 29: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

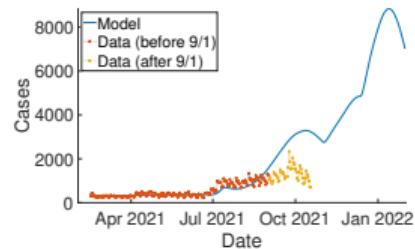
시나리오: 11/1 1단계 완화 후 12/13 2단계 완화, 등교 완화 수준 same단계

### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

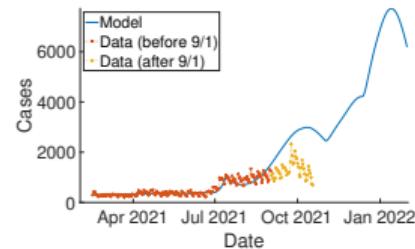
2단계



3단계



4단계



누적

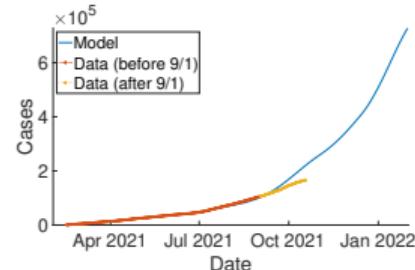
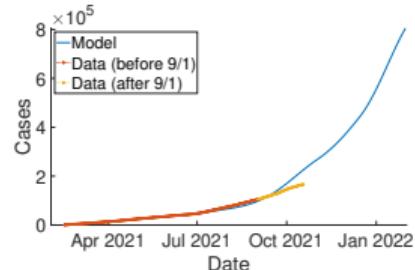
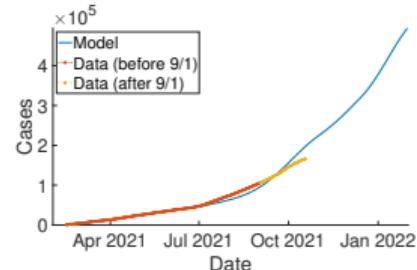


Table 30: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11/1 1단계 완화 후 12/13 2단계 완화, 등교 완화 수준 same단계

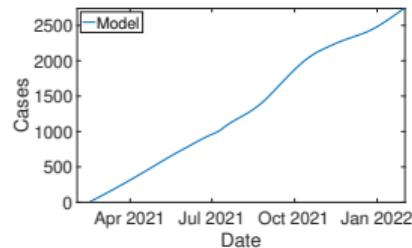
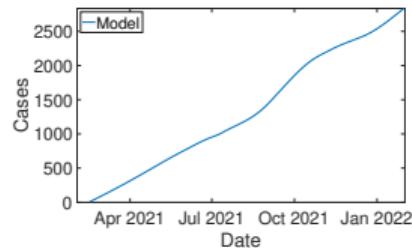
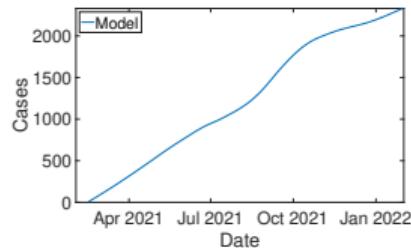
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

위증증



병상

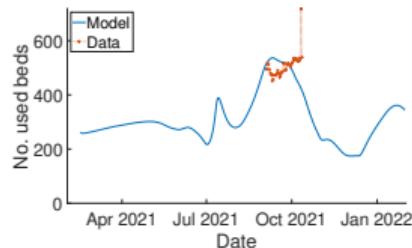
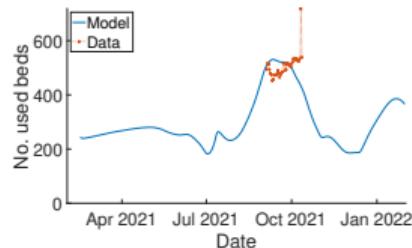
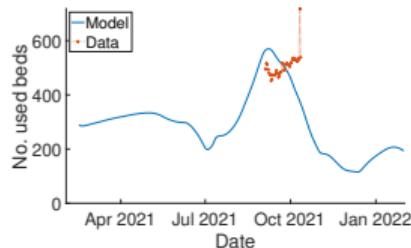


Table 31: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11/1 1단계 완화 후 12/13 2단계 완화, 등교 완화 수준 1단계

### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

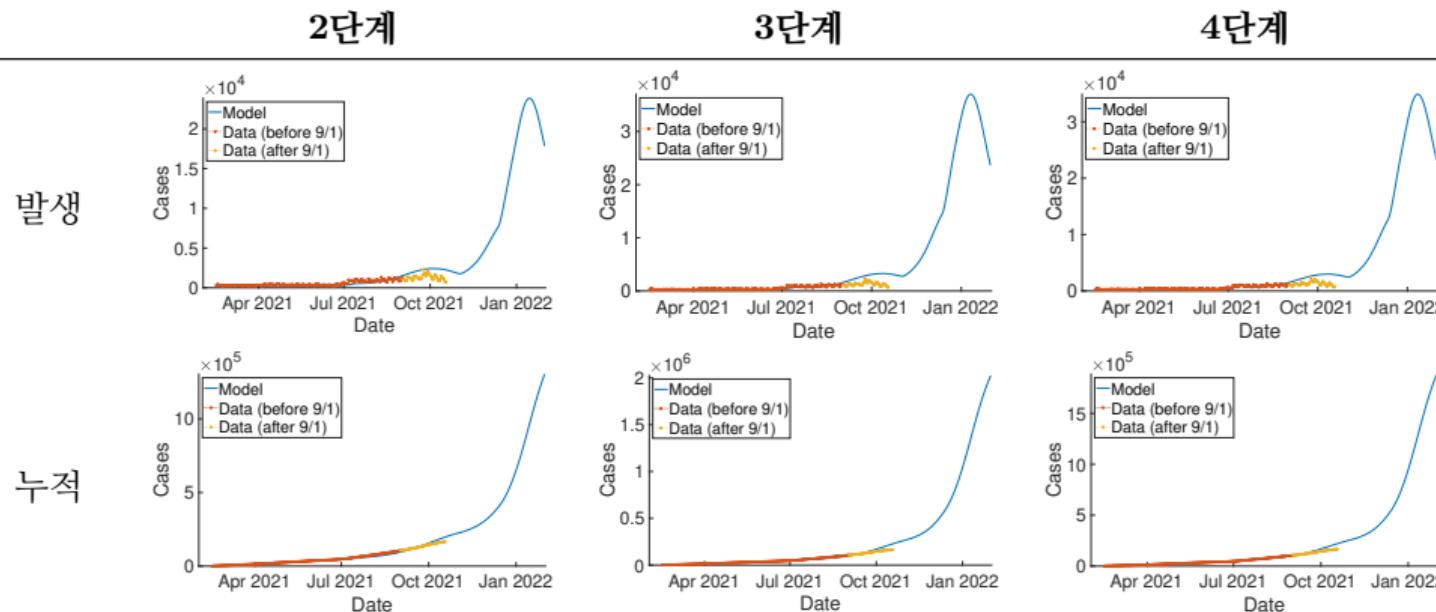


Table 32: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11/1 1단계 완화 후 12/13 2단계 완화, 등교 완화 수준 1단계

### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

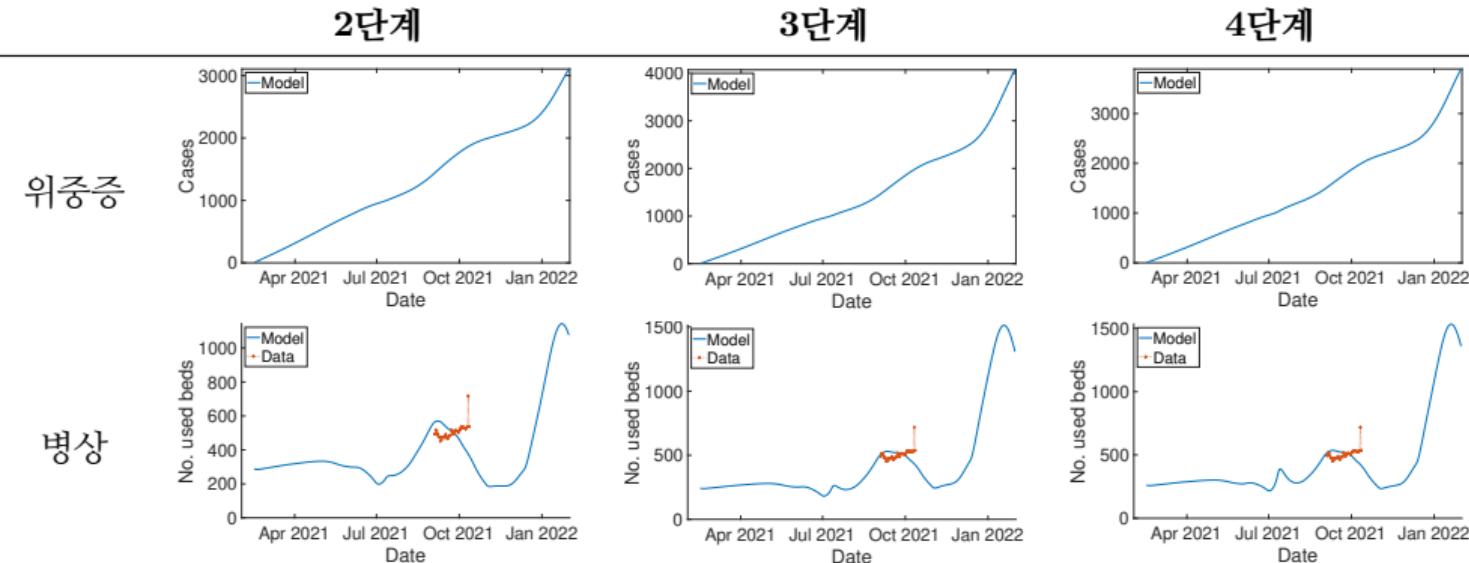


Table 33: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11/1 1단계 완화 후 12/13 2단계 완화, 등교 완화 수준 2단계

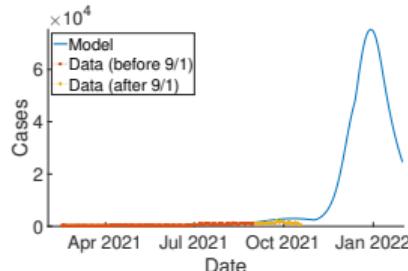
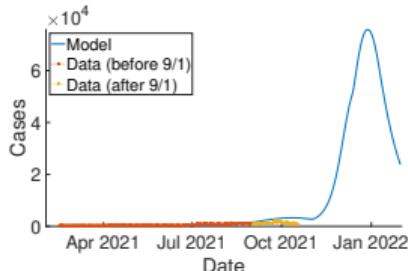
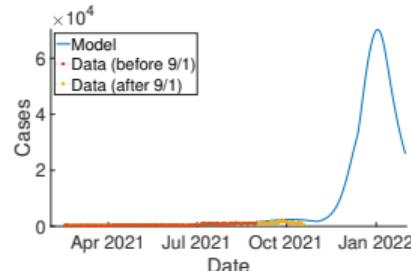
### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

2단계

3단계

4단계

발생



누적

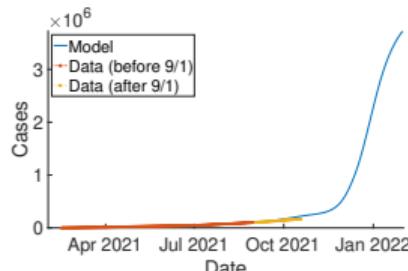
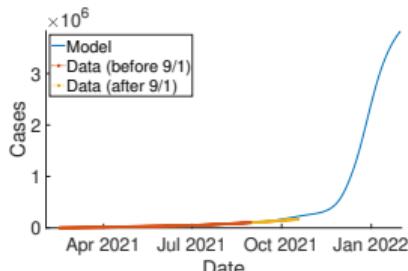
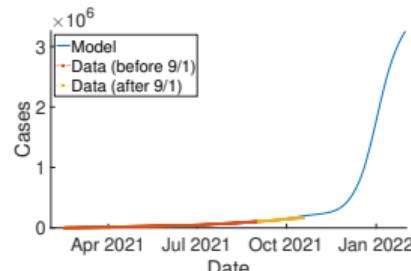


Table 34: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11/1 1단계 완화 후 12/13 2단계 완화, 등교 완화 수준 2단계

### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

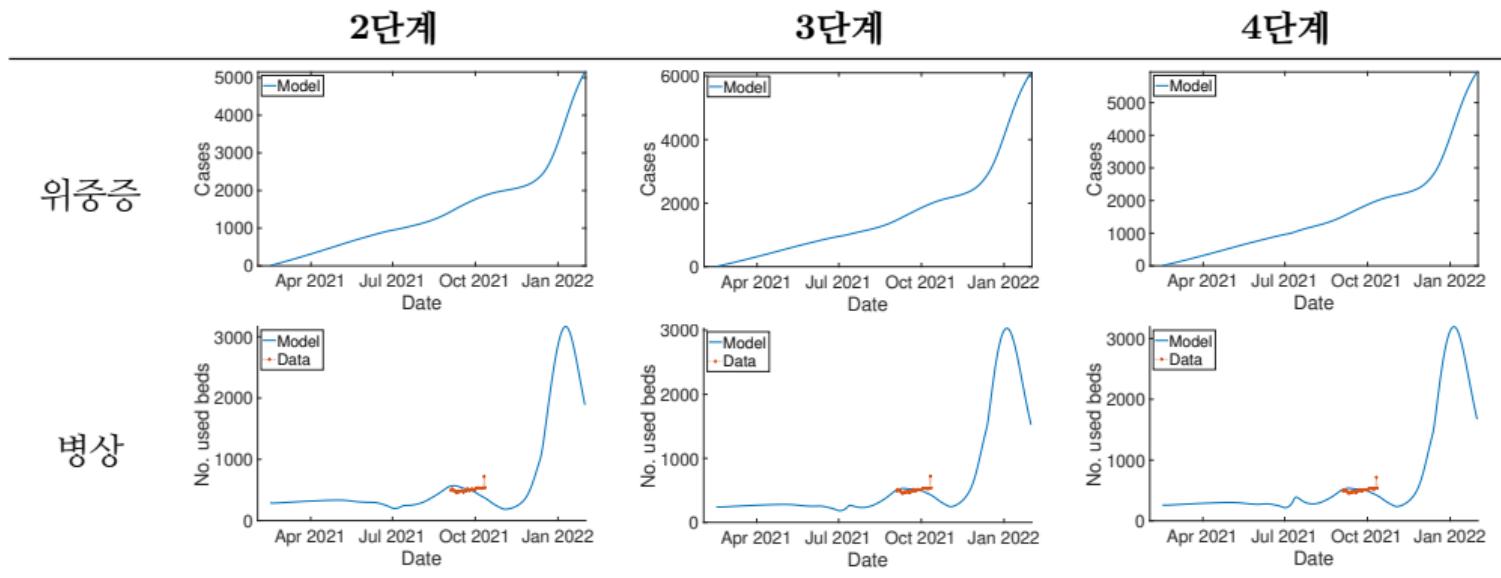


Table 35: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수

시나리오: 11/1 1단계 완화 후 12/13 2단계 완화, 등교 완화 수준 max단계

### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

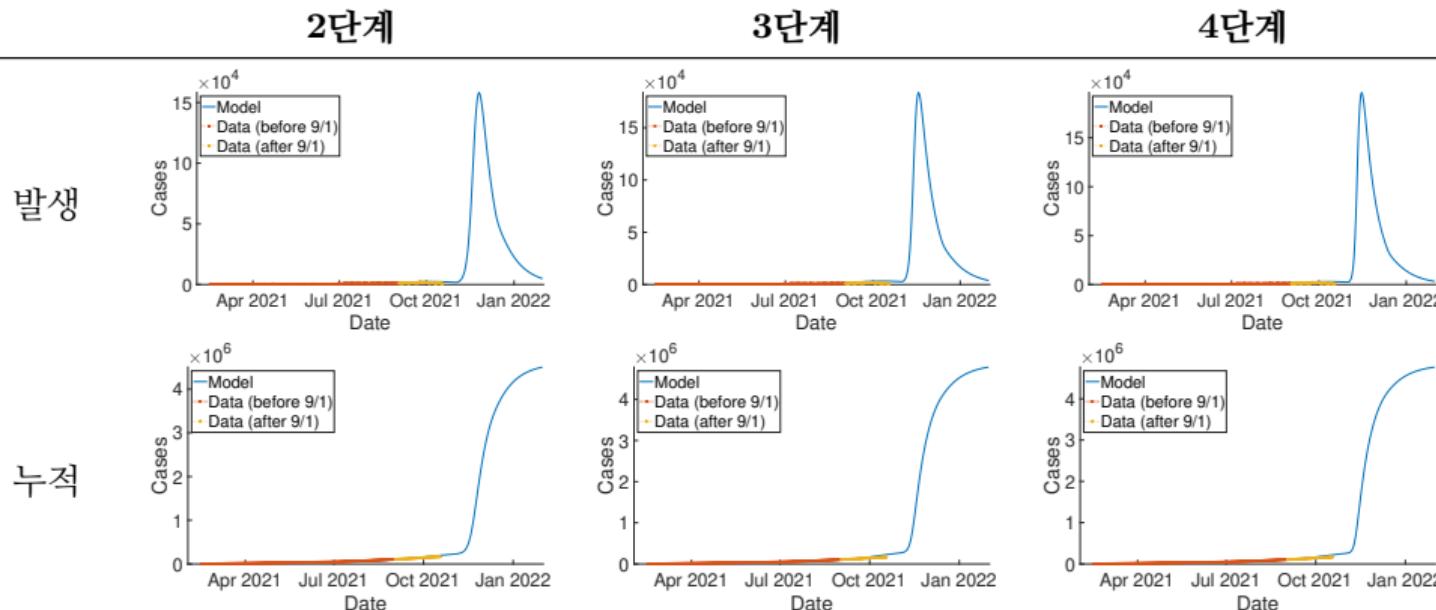


Table 36: 모델 가정에 따른 일일 발생 확진자 수 및 누적 확진자 수

시나리오: 11/1 1단계 완화 후 12/13 2단계 완화, 등교 완화 수준 max단계

### 7/12-10/31 거리두기 단계 효과

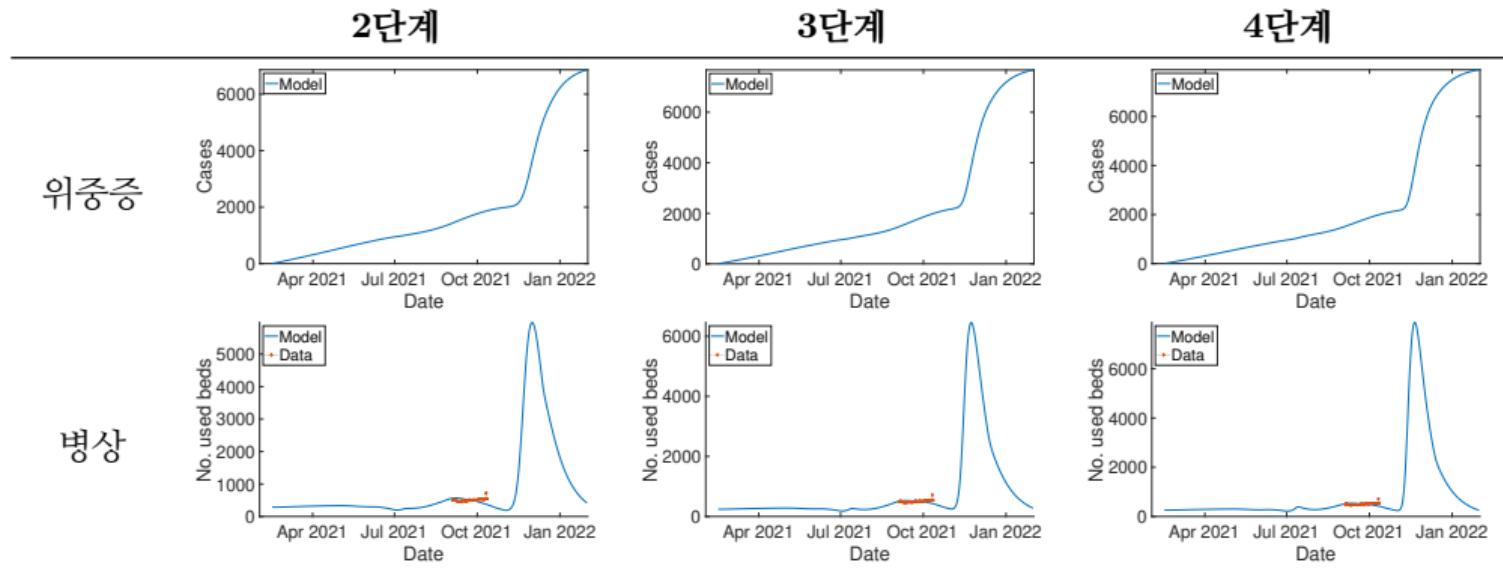


Table 37: 모델 가정에 따른 일일 누적 위증증 환자 수 및 필요 병상 수