

토론 : 기후변화 리스크 평가와 적응

성균관대학교 보험계리학 교수 이항석

Discussion Agenda

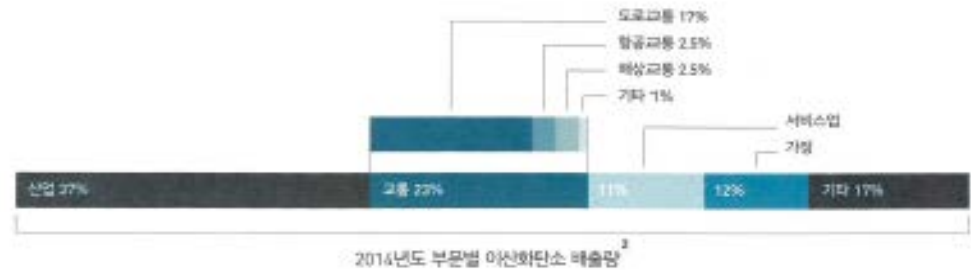
- **Presentation Summary**
- **온실가스(CO2) 배출과 순환 및 기후변화 ABC**
- **Shared Socioeconomic Pathways (SSP)**
- **기후변화와 리스크관리에 대한 경제적 의사결정 (RICE model)**
- **Dilemma of noncooperation vs cooperation**
- **기후의 힘 : Apocalypse Never**
- **References**

Carbon Dioxide Emissions: $E(t) = (1 - \mu(t))\sigma(t)Q(t)$

기후변화 ABC 참고

- 2014년도 이산화탄소 배출량
 - 산업 37%, 교통 23%, 서비스업 11%, 가정 12%, 기타 17%
- 화석연료 연소시 이산화탄소는 석탄 44%, 석유 35%, 천연가스 21%의 비중을 차지

기후변화의 원인
이산화탄소배출



$$E(t) = (1 - \mu(t))\sigma(t) \cdot Q(t)$$

Emissions

화석연료 연소 시 배출되는 이산화탄소에서 석탄, 석유, 가스가 차지하는 비중¹



CO₂ Concentration: $M(t) = \beta E(t) + (1 - \delta_M)M(t-1)$

- 바다, 토양, 식생은 대기 중으로 CO₂를 배출하고 대기 중의 CO₂를 흡수하면서 순환.
 - 2007~2016년 매년 CO₂ 토양, 식생, 대양, 대기의 흡수량
 - 대기 잔류 44%, 토양과 식생 28%, 바다 22%, 나머지 6%는 정확하게 알 수 없음.

기후변화의 원인
탄소순환

바다, 토양, 식생은 대기 중으로 CO₂를 배출하고 대기 중의 CO₂를 흡수하면서 순환된다. 이것은 자연 발생적 탄소순환의 일부다.^{1,2}

지난 10년 동안 인간 활동으로 배출된 이산화탄소(CO₂)는 평균 390억 톤이다. 그중 약 28%는 토양과 식생에 저장되었고, 약 22%는 바다에 흡수되었으며, 나머지 44%는 대기에 잔류한다.³ 인간이 아주 짧은 시간 내에 석탄, 천연가스, 석유에 저장되어 있던 이산화탄소를 배출시키면서 탄소순환에 이상이 생기기 시작했다.⁴ 바다는 이산화탄소를 흡수하면서 산성화되었고(2페이지 참조), 대기 중 이산화탄소 농도는 지난 80만 년 동안 나타났던 자연 변동성의 범위를 훨씬 초과했다(36페이지 참조).^{5,6}

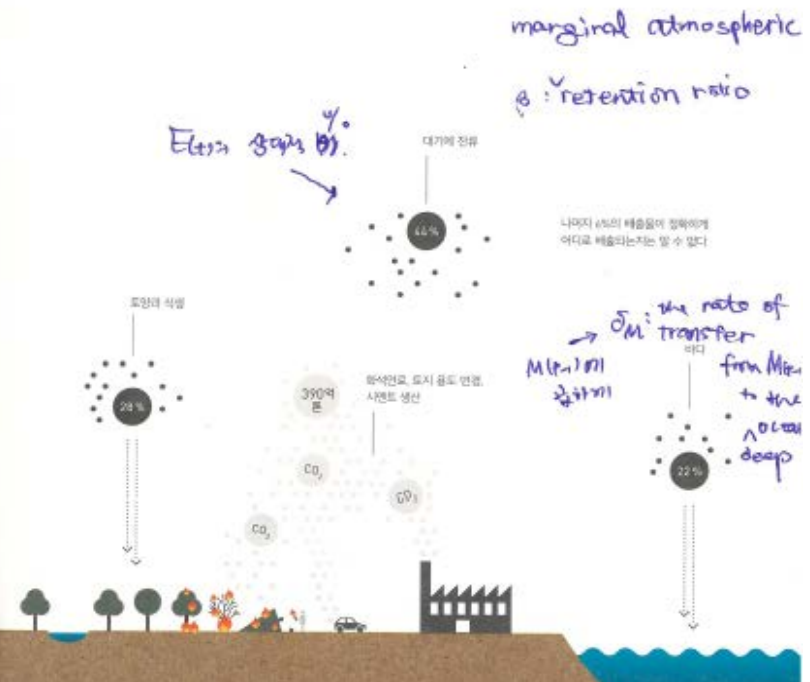
Emission control rate
 $E(t) = [1 - \beta(t)] Q(t) \cdot Q(t)$

uncontrolled GHG emissions
 $M(t) = \beta E(t) + (1 - \delta_M) M(t-1)$

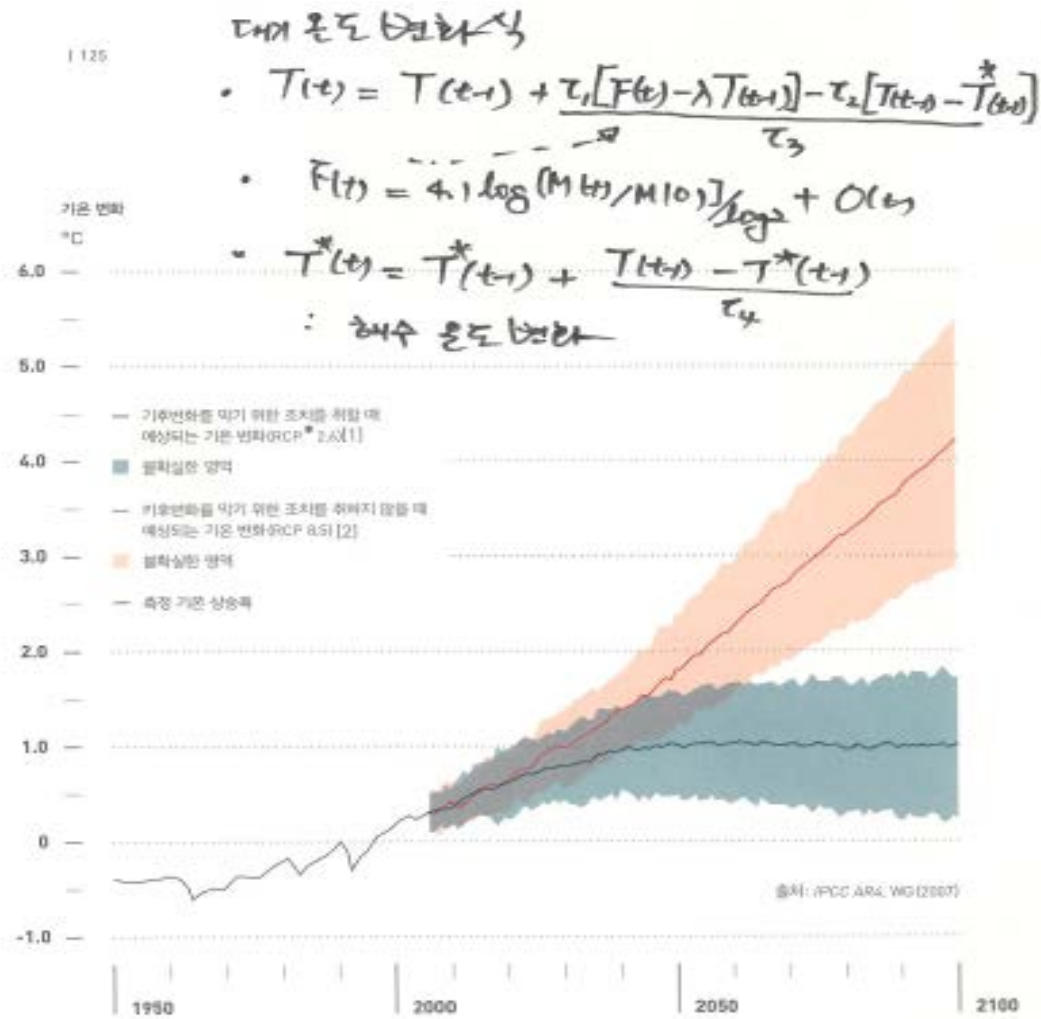
output
 GHG emissions

CO₂ concentrations relative to preindustrial times

2007~2016년 매년 인간이 만든 CO₂ 평균 배출량과 토양, 식생, 대양, 대기의 흡수량³



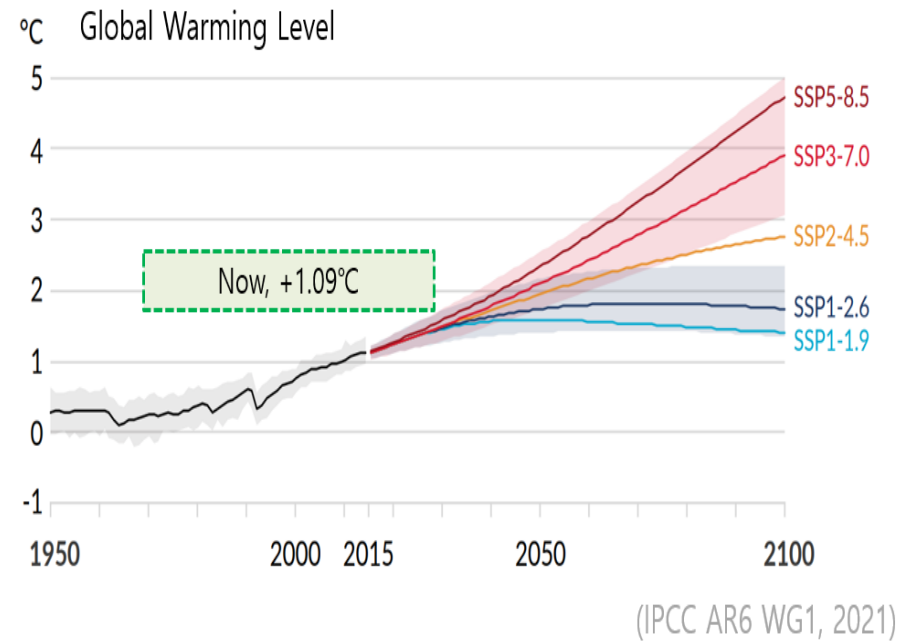
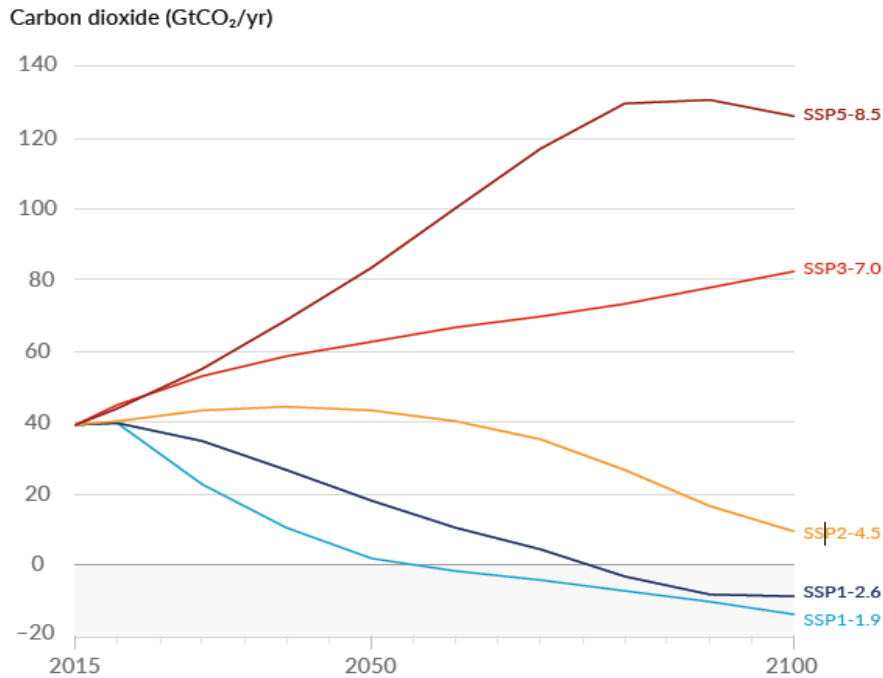
Climate Change



* 대표농도경로(RCP: Representative Concentration Pathway): 한 후세로 온실가스 배출되는 경우 온실가스 농도에 따라 예상되는 기후변화 사나리움을 뜻한다.

Scientific Knowledge and Integrity in Decision-Making?

- Shared Socioeconomic Pathways (SSP)
 - Scientism
 - Alternatives?



기후변화와 리스크관리 및 경제적 의사결정

▪ 기후변화와 리스크 관리에 대한 연구

- 이동근·남상욱(2022)은 기후와 보험의 관계를 체계적으로 다룸
- Haegeli (2021)은 기후변화와 자연재해로 인한 보험시장의 기회와 위기를 다룸
- EIOPA (2021)은 기후변화 시나리오에 따른 Solvency2에 기반한 유럽보험사의 리스크 증가를 평가

→ 기후변화에 대한 시나리오 분석을 통한 리스크 관리 대응방안의 수립에 초점

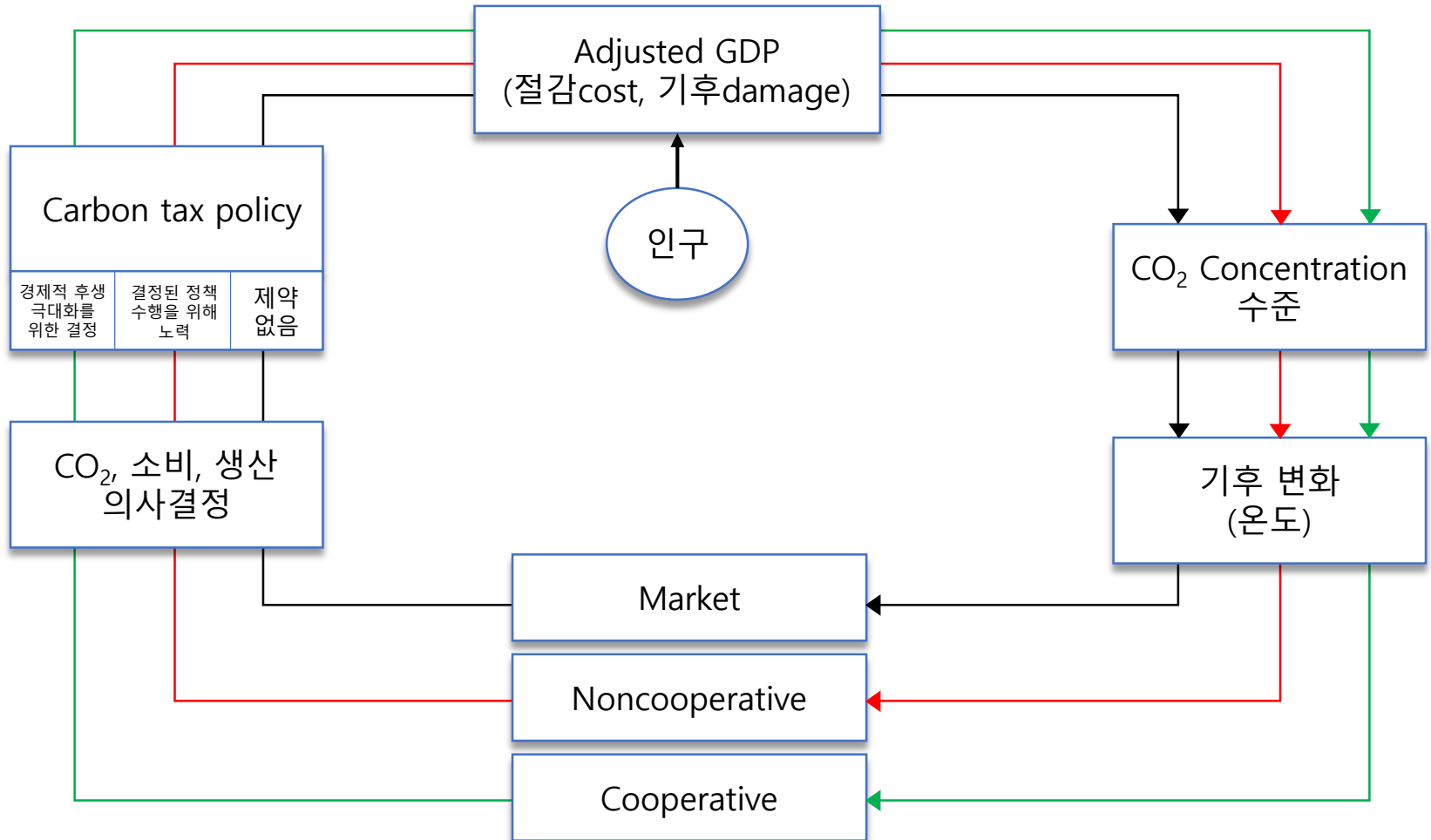
▪ 기후변화와 경제적 의사결정의 상호 작용에 대한 동역학(dynamics)적 논의가 필요

- 사회경제적 의사결정과 기후변화의 대응에 대한 경제학적 연구: Nordhaus and Yang(1996: 2018년 노벨경제학상의 seminal paper)
 - 기후변화를 통제하기 위한 균형을 유도

RICE Model

- Nordhaus (1996 AER + 1992 Science)

- Regional Integrated model of Climate and the Economy



Predictions via policy

■ RICE Model

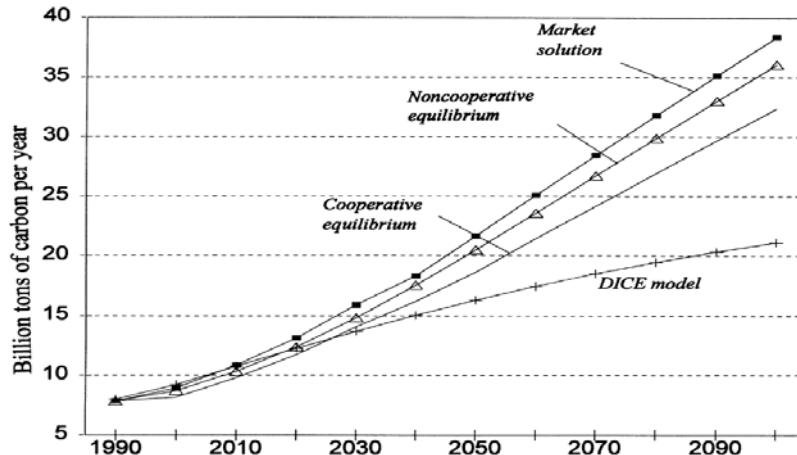


FIGURE 2. CO₂ EMISSIONS: DIFFERENT APPROACHES

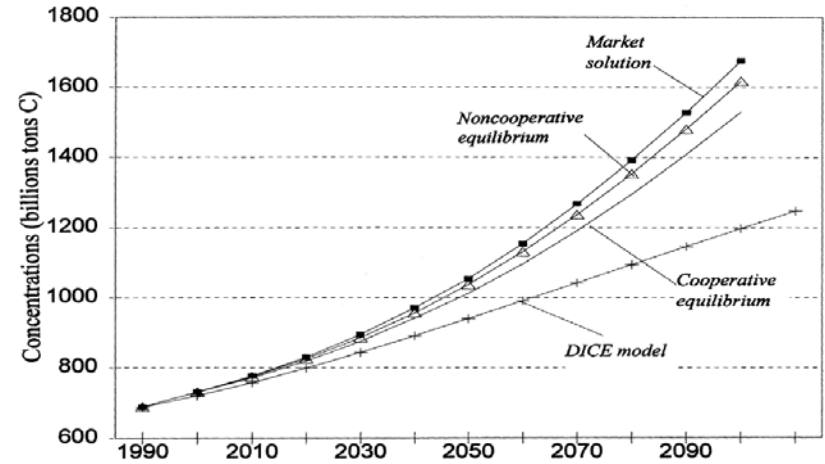


FIGURE 3. CO₂ CONCENTRATIONS

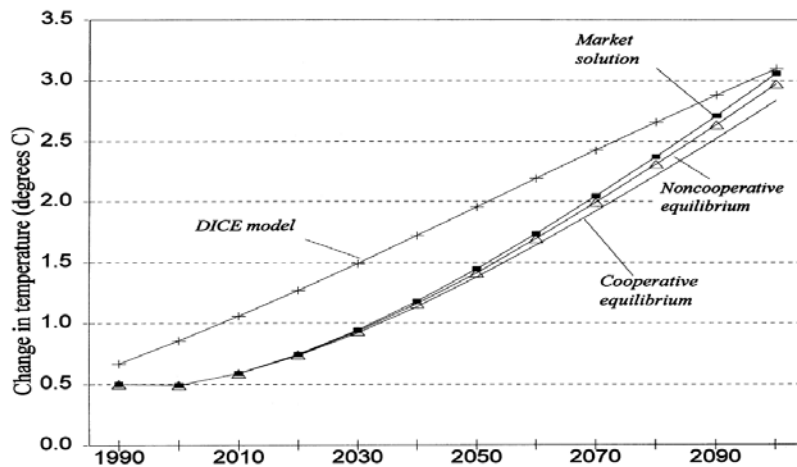


FIGURE 4. TEMPERATURE CHANGE

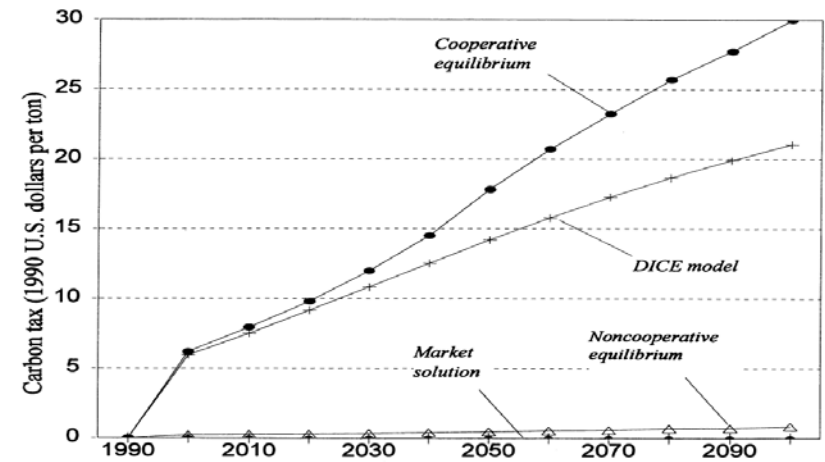
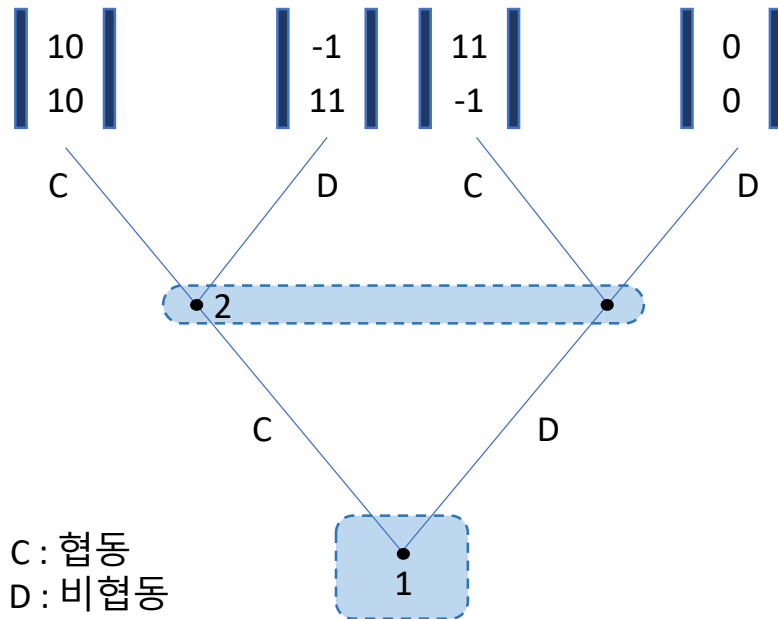


FIGURE 6. AVERAGE CARBON TAXES

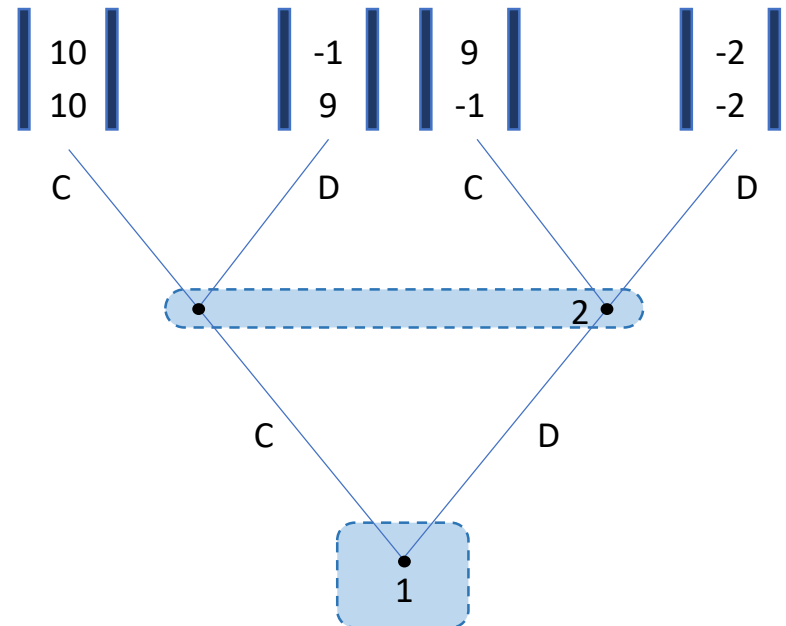
Dilemma: cooperate or not

Equilibrium : noncooperation



Player1 \ Player2	C	D
C	(10, 10)	(-1, 11)
D	(11, -1)	(0, 0)

Equilibrium : cooperation



Player1 \ Player2`	C	D
C	(10, 10)	(-1, 9)
D	(9, -1)	(-2, -2)

기후의 힘 : Apocalypse Never

- 기후의 힘

1부 빙하기와 인간

2부 변화와 교란

3부 기후 변동과 인간의 대응

4부 기후 변화와 미래

- **Apocalypse Never**

1. It's Not the End of the World
2. Earth's Lungs Aren't Burning
3. Enough with the Plastic Straws
4. The Sixth Extinction Is Canceled
5. Sweatshops Save the Planet
6. Greed Saved the Whales, Not Greenpeace
7. Have Your Steak and Eat It, Too
8. Saving Nature Is Bomb
9. Destroying the Environment to Save It
10. All About the Green
11. The Denial of Power
12. False Gods for Lost Souls

References

- 박정재. (2021). 「기후의 힘」. 바다출판사.
- 이동근·남상욱. (2022). 「보험, 기후위기를 묻다 – 기후위기와 리스크 관리」. 보문당.
- 황인창. (2015). 기후경제통합-지역평가모형 비교분석 및 국내 모형개발을 위한 기초연구. 한국환경정책. 평가연구원.
- Agrawala, et al. (2010). Plan or react? Analysis of adaptation costs and benefits using integrated assessment models.
- EIOPA. (2021). On the Supervision of the Use of Climate Change Risk Scenarios in ORSA. EIOPA-BoS-21-127.
- Haegeli, J. (2021). The Economics of Climate Change. Swiss Re.
- Nelles, D., & Serrer, C. (2018). Kleine Gase–große Wirkung. *Der Klimawandel. Friedrichshafen: Eigenverlag.* (번역서 : 기후변화 ABC)
- Nordhaus, W.D., Yang, Z. (1996). A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies. *American Economic Review*, 86(4): 741-765.

References

- O'Neill, B. C., et al (2014). A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic change*, 122(3), 387-400.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.
- Shellenberger, M. (2020). *Apocalypse never: why environmental alarmism hurts us all*. HarperCollins. (번역서 : 지구를 위한다는 착각: 종말론적 환경주의는 어떻게 지구를 망치는가)
- Van Vuuren, D. P., et al (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 109(1), 5-31.
- Wang, Z., et al (2017). *Integrated assessment models of climate change economics*. Springer Singapore.