

# 탄소중립은 지속가능한 경제성장과 양립하는가?

박호정\*

2021년

한국경제학회 특별세션 발표

\* 고려대학교 식품자원경제학과 교수, email: [hjeongpark@korea.ac.kr](mailto:hjeongpark@korea.ac.kr)

---

## 1. 서론

최근 우리 정부는 탄소중립을 선언하였다. 이보다 앞서 중국은 2060년을 목표로 탄소중립을 선언하였으며 일본도 2050년 목표로 탄소중립을 선언하였다. 조 바이든 행정부의 미국 정부 역시 2050년을 목표로 탄소중립 목표를 택하고 있으며, 우리나라 역시 2050년 목표로 탄소중립을 이루겠다는 목표를 천명하였다.

이와 같은 주요국의 탄소중립 선언은 기후변화 이슈에 적극 대응하겠다는 의지가 담겨있다. 미국 항공우주국(NASA) 발표에 의하면 지난 136년 동안 가장 뜨거웠던 해가 18번 있었는데, 그 중 17번의 해가 모두 2001년 이후 발생하였다. 최근 1월 NASA 고다드 우주연구소는 2020년 지구온도가 2016년보다 약간 더 높아 역사적으로 최고 수준을 기록하였다고 발표하였는데, 이는 지난 7년 연속으로 150년 기록을 갱신하여 장기적인 추세로 접어들었음을 의미한다.<sup>1)</sup> 지구 온도 상승은 갈수록 악화되고 있기에 이미 기후변화가 티핑포인트를 넘어섰기에 이른 바 심화적응(deep adaptation)을 준비해야 한다는 목소리도 높아가고 있다.<sup>2)</sup> 어느덧 기후변화는 미래세대 뿐만 아니라 현 세대의 도전적 과제로 다가왔기에 주요국에서 재생에너지의 확대와 온실가스 감축사업 활성화 등은 이미 대세로 자리 잡았다.

그럼에도 불구하고 탄소중립에 관한 연구는 아직 국내외에서 많지 않다. 특히, 경제성장 관점에서의 탄소중립에 관한 논의가 제대로 이루어지지 않고 있다. 탄소중립은 온실가스를 배출하는 만큼 흡수하거나 또는 온실가스 고배출 에너지를 재생에너지와 같은 저배출 내지 무배출 에너지로 전환하는 과정을 포함하지만, 탄소중립은 문자 그대로 온실가스의 실질적인 배출량을 0으로 만든다는 이른 바 넷제로(net zero) 정책으로서 보다 더 거시적인 관점에서 바라볼 필요가 있다. 즉, 탄소중립 기술은 탄소배출이 제로인 기술을 의미하는 것을 넘어서서, 경제성장 관점에서 살펴봐야 할 주제이다. 에너지전환, 저탄소 사회, RE100, 그린뉴딜

---

1) <https://www.nytimes.com/interactive/2021/01/14/climate/hottest-year-2020-global-map.html?action=click&module=Well&pgtype=Homepage&section=Climate%20and%20Environment>

2) 심화적응은 Jem Bendell이 2018년 제기한 개념으로서, 이미 기후변화는 비가역적 단계에 돌입하여 사회적 붕괴가 필연적이기 때문에 훨씬 더 강력한 수준의 적응 노력이 국가, 지역, 시민, 개인 단위에서 필요하다고 지적한다 (Bendell, 2018).

등과는 결이 다른 정책이 탄소중립 정책임을 명심해야 하는데, 본 연구의 출발점은 바로 여기에 있다.

각국이 탄소중립을 선언하는 데에는 기후변화에 적극 대응한다는 목표 이상의 의미가 담겨 있다. 이는 탄소중립이 비단 최근에 이슈화된 것이 아니고 십여 년 전부터 선언된 배경을 보면 알 수 있다. 2009년 이후 몇 개국에서 탄소중립이 선언되었는데, 여기에는 몰디브와 같이 기후변화에 생태적으로 취약한 국가도 있으며 또한 당시 고유가로 인해 탈화석연료의 필요성도 높아진 것도 한 몫을 하였다. 당시 원자력 르네상스 역시 유사한 배경에서 형성된 것이다.

최근 주요국의 탄소중립 선언 역시 기후변화 대응뿐만 아니라 국가 경제성장 전략 차원에서 제기되었음에 주목해야 한다. 미국, 중국, 일본 어느 나라 할 것 없이 기후변화 이슈에 적극 동참하되 경제성장도 도모하겠다는 의지가 전략적 배경을 갖고 있다. 그럼 탄소중립과 관련한 우리나라의 전략은 무엇인가? 본 연구에서 이 질문에 대한 포괄적이고도 구체적인 해법을 제시하는 것은 아니지만, 적어도 경제성장 측면에서 고민해야 하는 주제를 담고자 한다.

온실가스의 넷제로 배출증가율은 정상상태(steady-state)를 의미한다. 온실가스 배출 증가율뿐만 아니라 인구증가율과 경제성장률도 거의 0로 성장에 이르게 되면 경제는 정상상태 균형(steady-state equilibrium)에 도달하게 된다. 경제성장 모형에 따르면 이 균형 상태에 너무 일찍 이르게 되면 자본축적이 낮은 상태에서 그 경제가 고착될 수 있다. 즉, 자본축적 관점에서 저개발 상태의 덫에 고착화될 수 있다는 경고를 내포하고 있다.

[그림 1]은 우리나라의 1인당 GDP와 1인당 CO<sub>2</sub>배출량을 탄소중립을 선언한 타 국가와 비교하여 보여준다. 우리나라가 국제 사회에서 온실가스 감축의무를 지금보다 훨씬 더 강력하게 이행해야 한다는 주장이 있을 때에 주로 활용되는 지표들이다. 한편 [그림 2]는 우리나라의 자본스톡 규모와 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교하고 있는데, 탄소중립을 선언한 주요국에 비해 자본의 형성이 현저히 낮은 수준임을 알 수 있다.

본 연구는 지속가능한 경제성장을 위한 자본축적의 관점에서 탄소중립 정책의 효과를 살펴보고자 한다. 이를 위해 유용한 개념이 하트윅 규칙(Hartwick rule)이다 (Hartwick, 1977). 하트윅 규칙에 의하면 생산요소로 쓰이는 한 자원에서의 자원지대(resource rent)를 다른 자원의 축적에 이용할 경우 경제성장을 지속할

수 있다는 개념을 제시하는데, 사실 이는 아래에서 논의하는 바와 같이 정의론에 관한 존 롤스의 이른 바 Maxmin의 철학을 기저에 깔고 있다 (Rawls, 1972).

그림 1. 탄소중립 선언 주요국의 1인당 GDP와 1인당 CO2 배출량

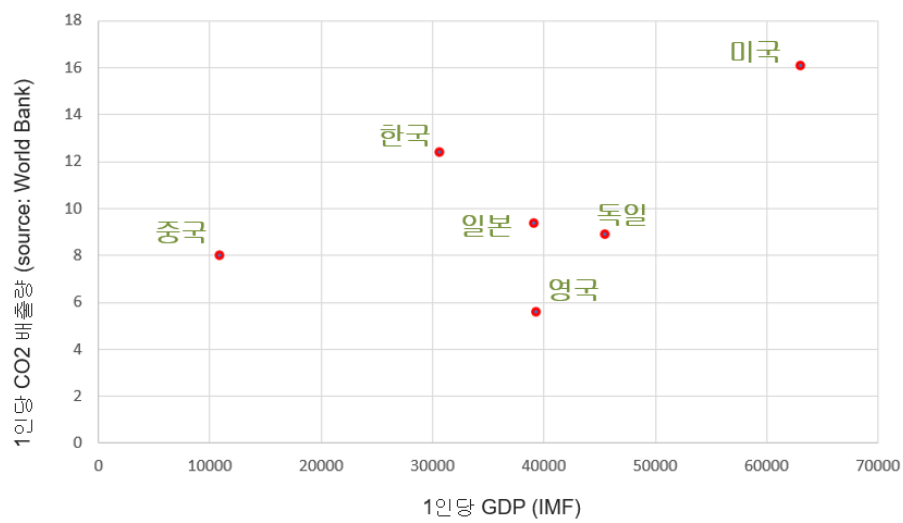
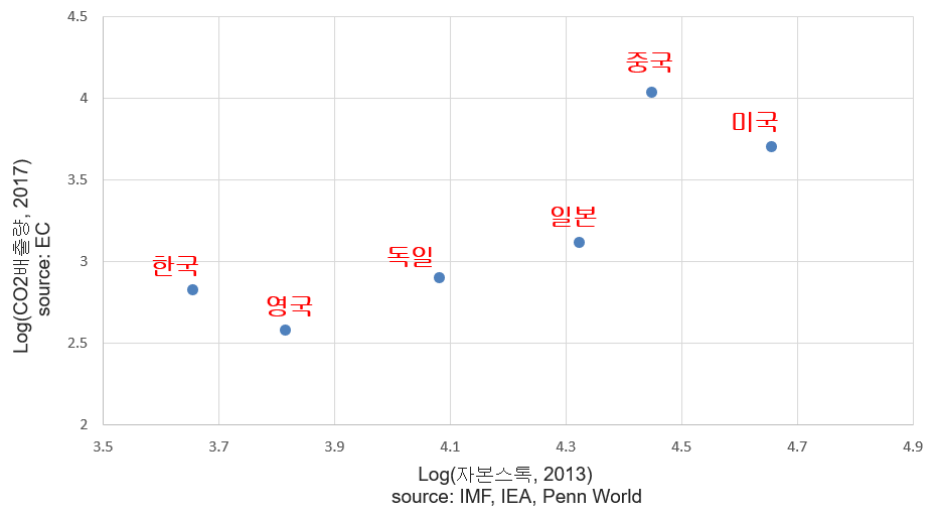


그림 2. 탄소중립 선언 주요국의 자본스톡과 CO2 배출량



지속가능한 경제성장 모형은 석유와 같은 화석연료 중심으로 Dasgupta-Heal-Solow-Stiglitz (Dasgupta and Heal, 1974; Stiglitz, 1974)에서 제기하였는데, 당시 이 연구가 촉발된 계기는 1970년대의 고유가였다. 이어서 내생적 성장모형을 활용하여 기술진보와 R&D 투자를 지속가능 경제성장의 주요 수단으로 접근하기도 하였다.

본 논문에서는 램지 경제성장 모형을 기본 구조로 삼되, 지속가능한 경제성장을 유지하기 위한 이른 바 하트윅 규칙에다가 탄소중립 조건을 추가하는 방식으로 살펴보았다. 앞서 말한 바와 같이 탄소중립은 에너지전환 정책이나 그린뉴딜 정책보다도 훨씬 더 포괄적이며 또한 강력한 조건의 충족을 필요로 한다. 이를 경제성장 모형 관점에서 논의한다면 다음과 같다. 온실가스 감축을 목적으로 하는 에너지 전환 등은 특정 부문의 온실가스 감축을 줄이는 형태로 수리모형화하겠지만, 넷제로의 탄소중립은 문자 그대로 경제 전체에서 탄소 순배출을 0으로 만드는 형태로 모형화가 되어야 한다. 이 경우 본문에서 보겠지만, 훨씬 더 강력한 형태의 자본전환 규칙이 필요하다.

## 2. 탄소중립이 포함된 성장모형

### 1) 모형

지속가능성에 관한 1987년의 브룬트란드 보고서 (Brundtland Commission Report)는 “지속가능 개발은 미래세대의 필요를 충족시킬 수 있는 능력을 저해시키지 않으면서 현 세대의 필요를 충족하는 상태”라고 고전적인 정의를 내리고 있다. 이

경제는 CARA 효용함수를 극대화하되 자본제약식에 영향을 받는다. 매 기간 당 자본스톡이  $\dot{K}_t$ 만큼 증가하는데 이는 생산  $Y_t = F(K_t, e_t, R_t)$ 에서 소비  $c_t$ 를 제외한 규모에 해당된다. 생산함수는  $Y_t = F(K_t, e_t, R_t) = AK_t^\alpha e_t^\beta R_t^{1-\alpha-\beta}$ 의 콥-더글라스 함수를 가정하였으며, 여기서  $K_t$ 는 자본스톡,  $e_t$ 는 화석연료기반 에너지투입량,  $R_t$ 는 재생에너지스톡을 의미한다.  $A$ 는 기술진보 파라미터를 나타내며 아

래에서 표기 편의상  $m = 1 - \alpha - \beta$ 로 표현하도록 한다.  $t$ 기에 존재하는 화석연료 에너지의 스톡이  $E_t$ 라고 할 때에  $\dot{E}_t = -e_t$ 로 매 기간 화석연료에너지스톡이 변하게 된다고 본다. 재생에너지스톡인  $R_t$ 는 에너지기본계획이나 신재생기본계획 등 정부 정책에 의해 매 기간  $\gamma$ 의 증가율로 증가한다고 가정하여  $\dot{R}_t = \gamma R_t$ 로 나타낸다. 이 경우 경제의 최적화 문제는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\max \int_0^{\infty} \frac{u(c_t, E_t)^{1-1/\sigma}}{1-1/\sigma} e^{-\rho t} dt \quad (1)$$

s.t.

$$\dot{K}_t = F(K_t, e_t, R_t) - c_t \quad (2)$$

$$\dot{E}_t = -e_t \quad (3)$$

$$\dot{R}_t = \gamma R_t \quad (4)$$

해밀토니안  $H = U(c, E) + \lambda(F(K, e, R) - c) - \delta e + \mu\gamma R$ 에서  $\lambda$ ,  $\delta$ ,  $\mu$ 는 자본, 화석연료기반에너지스톡, 재생에너지스톡의 잠재가격을 나타내는 상태변수(co-state variable)이다. 극대원칙(Maximum Principle)에 의해 구한 1계 조건을 정리하면 다음과 같다.

$$\lambda = (cE^{-\epsilon})^{-1/\sigma} E^{-\epsilon} \quad (5)$$

$$\delta e = \lambda\beta Y \quad (6)$$

$$\dot{\lambda} = \lambda(\rho - \alpha Y/K) \quad (7)$$

$$\dot{\delta} = -(cE^{-\epsilon})^{-1/\sigma} (-\epsilon c E^{-\epsilon-1}) + \rho\delta \quad (8)$$

$$\dot{\mu} = -\lambda m Y/R - \mu\gamma + \rho\mu \quad (9)$$

위에서  $m = 1 - \alpha - \beta$ 를 나타낸다.  $p = \delta/\lambda$ 는 화석연료에너지스톡을 자본가격으로 나눈 화석연료에너지스톡의 상대잠재가격을 나타낸다. 이와 유사하게 재생에너지스톡의 상대잠재가격을  $q = \mu/\lambda$ 로 표시하도록 한다. 식 (8)과 (9)를 이용해서  $p$ 와  $q$ 의 시간도함수를 구하면 다음과 같다.

$$\dot{p} = -\frac{(cE^{-\epsilon})^{-1/\sigma}(-\epsilon cE^{-\epsilon-1})}{(cE^{-\epsilon})^{-1/\sigma}E^{-\epsilon}} + p\frac{\alpha Y}{K} = \frac{\epsilon c}{E} + p\frac{\alpha Y}{K} \quad (10)$$

$$\dot{q} = q\left(\frac{\alpha Y}{K} - \gamma\right) - \frac{mY}{R} \quad (11)$$

하트윅 규칙에 의하면  $\lambda\dot{K} + \delta\dot{E} + \mu\dot{R} = 0$  또는  $\dot{K} + p\dot{E} + q\dot{R} = 0$ 이 성립해야 한다.  $\dot{E} = -e$ 와  $\dot{R} = \gamma R$ 이므로  $\dot{K} = pe - q\gamma R$ 임을 알 수 있다. 여기서  $p = F_e$ 이므로  $\dot{K}$ 의 자본축적식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{K} = \beta Y - q\gamma R \quad (12)$$

또한  $\dot{K} = F(.) - c$ 에서  $c = F(.) - \dot{K} = Y - \beta Y + q\gamma R$ 이므로 이를 다시  $Y$ 에 대해 정리하면  $Y = (uE^\epsilon - q\gamma R)/(1 - \beta)$ 가 된다.

탄소중립의 넷제로가 실현된다는 것은 온실가스를 배출하는 화석연료 이용이 그에 상응하는 수준만큼의 재생에너지로 대체된다는 것을 의미한다고 볼 때에  $-\theta\dot{E} = \dot{R}$ 임을 의미한다. 생산함수에서  $\dot{E} = -Y^{1/\beta}K^{-\alpha/\beta}R^{-m/\beta}$ 이므로 탄소중립 조건식에 대입하면  $R^{(1-\alpha)/\beta} = (\theta/\gamma)Y^{1/\beta}K^{-\alpha/\beta}$ 의 관계를 얻게 되고 이를  $Y$ 에 대해 자세히 풀어서 식 (13)과 같이 나타내도록 한다.

$$R^{(1-\alpha)/\beta} = \frac{\theta K^{-\alpha/\beta}}{\gamma} \left[ \frac{uE^\epsilon - q\gamma R}{1 - \beta} \right]^{1/\beta} \quad (13)$$

비선형방정식 (14)을 만족하는 해를  $R^* = R(K, E)$ 로 표시한다. 이를  $\dot{K}$ 에 대한 식 (12)와  $\dot{E}$ 에 대입하면 자본스톡과 화석연료에너지스톡의 축적식을 다음과 같이 구할 수 있게 된다.

$$\dot{K} = \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) (uE^\epsilon - q\gamma R^*(K, E)) - q\gamma R^*(K, E) \quad (14)$$

$$\dot{E} = - \left( \frac{uE^\epsilon - q\gamma R^*(K, E)}{1 - \beta} \right)^{1/\beta} R^*(K, E)^{-m/\beta} K^{-\alpha/\beta} \quad (15)$$

식 (14)와 (15)는  $K$ 와  $E$ 에 대한 비선형연립미분방정식으로서 두 스톡변수의 최적경로를 계산하기 위해서는 수치해석적인 방법을 필요로 한다. 하지만 두 식을 이용하여 화석연료에너지스톡에 대한 자본스톡의 증감효과를  $dK/dE < 0$ 에서 알 수 있는데, 즉 화석연료에너지스톡이 감소하면 자본스톡  $K$ 가 증가해야 함을 알 수 있다. 이는 모형 전개 과정에서 생산요소 대체의 하트윅 규칙이 적용되었기 때문에 당연하게 귀결되는 조건이다. 화석연료에너지스톡이 감소하는 경우에 경제성장을 지속가능하도록 달성하기 위해서는 자본스톡이 증가해야 하며 만일 자본스톡의 확충이 실패할 경우에는 지속가능한 경제성장이 이루어지지 않음을 의미한다. 자본스톡의 초기 규모에 대한 비교효과를 살펴보기 위해  $K_0' > K_0''$ 에 대해 재생에너지스톡이  $R(K_0', E) > R(K_0'', E)$ 인 성질을 이용하면  $d\dot{K}/dR < 0$ 임을 알 수 있다.

## 2) 탄소중립 경로가 자본축적에 미치는 영향

다음 식 (14)와 (15)를 이용해서 정상상태에서의 위상궤도 분석을 하면 다음과 같다.  $\dot{K}=0$ 과  $\dot{E}=0$ 의 정상상태 균형을 알아보기 위해  $\Omega = \beta u E^\epsilon - q\gamma R^*(K, E)$ 에 대해 전미분하면 아래와 같다.

$$\frac{\partial E}{\partial K} = \frac{q\gamma R_K^*}{\epsilon\beta u E^{\epsilon-1} - q\gamma R_E^*} > 0, \quad \frac{\partial E}{\partial K} = \frac{q\gamma R_K^*}{\epsilon u E^{\epsilon-1} - q\gamma R_E^*} > 0 \quad (16)$$

여기서  $\partial E/\partial K|_{\dot{K}=0} > \partial E/\partial K|_{\dot{E}=0}$ 이므로 [그림 3]의 위상궤도를 구할 수 있다. I분면에서부터 IV분면에 이르기까지 모두 정상상태균형  $SS_0$ 로 안정적으로 도달하는 경로를 가진다. I분면의 경우 자본과 화석연료에너지스톡이 고도로 발달한 시스템으로 이해할 수 있는데 여기서 탄소중립과 하트윅 규칙이 적용될 경우 두 상태변수 모두 감소하되 대신에 재생에너지스톡이 증가하여야 한다. II분면의 경우 자본축적 규모에 비해 화석연료 의존도가 과다하게 높은 시스템으로 볼 수 있으며, 이 경우 탄소중립을 위해서는 화석연료스톡이 감소하되 자본과 재생에너지스



특이 동시에 증가하여야 한다.

III분면은 자본축적과 에너지스톡 규모 모두 낮은 상태, 즉 자본축적 관점에서 볼 때에 경제성장 단계가 낮은 시스템인데 이 경우 두 상태변수 모두 증가하는 경로를 따를 때에  $SS_0$  균형에 도달할 수 있음을 알 수 있다. 만일 재생에너지스톡의 보급속도를 정책적으로 증가시킨다면 이는  $\gamma$ 의 증가로 나타낼 수 있는데, 이 경우  $\dot{K}=0$ 의 정상상태 경로가 이동하게 된다. [그림 4]에서 이는  $\dot{K}=0$  ( $\Delta\gamma > 0$ )로 표현되었다.  $\gamma$ 의 증가로 화석연료에너지스톡의 정상상태 경로 역시 이동하는데 이는  $\dot{E}=0$  ( $\Delta\gamma > 0$ )로 나타내었다. 만일 초기 상태가 III분면의 시스템에 있을 경우에 [그림 4]에서 보는 바와 같이 자본스톡과 화석연료에너지스톡이 증가하는 경로에서 후퇴하여 저규모의 자본스톡 수준에 해당되는  $SS_1$ 에 이를 수 있게 된다 (경로A 참조). 이는 저자본 축적의 상태로 고착되는 것을 의미한다.

그림 3.  $K$ 와  $E$ 에 대한 정상상태 위상궤도

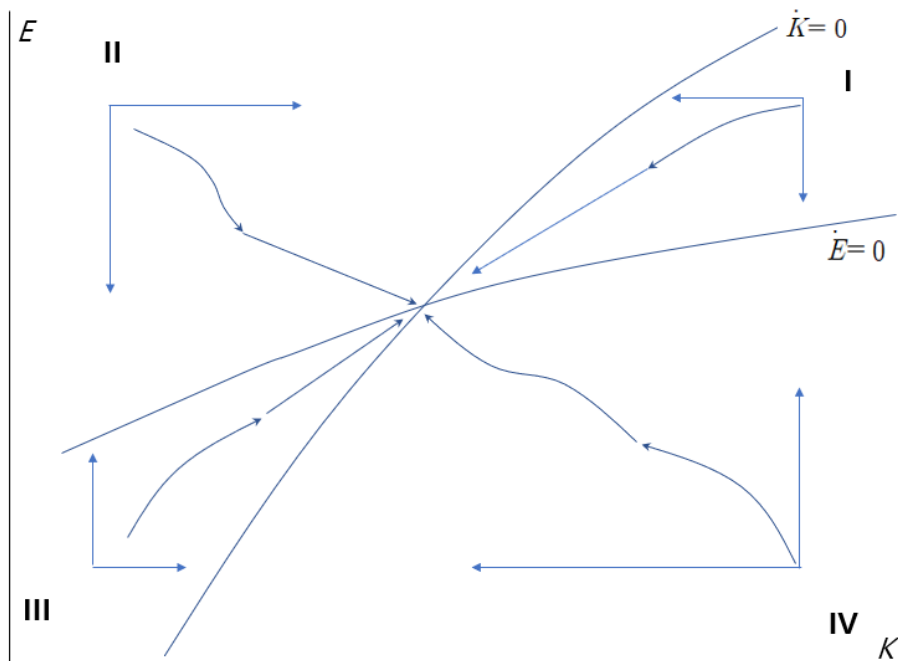
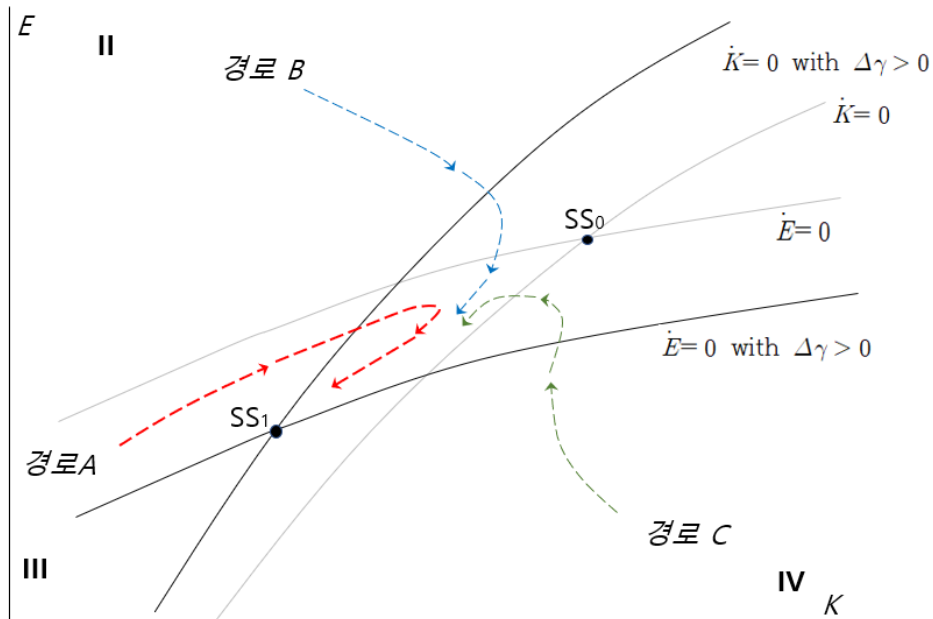


그림 4. 재생에너지 확대에 따른 정상상태 균형의 이동과 자본축적 감소



### 3) 지대추구가 결합된 형태

에너지 전환 경로에서 경제주체들의 경쟁적인 지대추구 행위가 개입되면 자본축적이 더욱 느려질 수 있다. 이는 Lane and Tornell (1996)과 Tornell and Lane (1999)이 정의하는 이른바 탐욕효과(voracity effect)로도 설명할 수 있다. 그들이 정의하는 탐욕효과는 어느 국가에서의 자본축적이 권력집단의 지대추구 행위에 의해 정상적인 규모로 이루어지지 못할 때에 발생한다. 이때의 권력집단은 사회의 다른 구성원으로부터 자원을 뽑아내는(extract) 권력을 가진 이들의 연합체(coalition)로서, 정치적 권력체도 포함한다. 지대추구를 하는 이와 같은 탐욕효과는 Vahabi (2004)가 묘사한 바와 같이 경제체제에 손상을 입히는 파괴적 권력(destructive power)이 된다.

자본축적에 쓰여야 하는 자원이 권력집단의 사적 이익에 쓰이게 되면서 경제성장이 저해되는데, Land and Tornell은 베네수엘라나 멕시코를 예로 들었다. 막대한 석유자원을 통해 벌어들인 오일머니가 자본축적을 쓰이기보다는 특정 집단의

부를 축적하는 데 이용됨으로써 국가적으로 경제성장에 실패하였다는 것이다. 반면 이들은 경제개발 단계에서 탐욕효과를 극복하고 경제성장을 도모한 대표적인 국가로 한국을 소개하였다.

지대추구에 관한 탐욕효과는 Lane and Tornell (1996)이나 van der Ploeg (2010)과 유사하게 아래와 같이 모형에 반영할 수 있는데, 자세한 전개과정은 생략하고 소개하도록 한다.  $i = 1, \dots, N$ 의 권력집단으로서의 경기자가 있으며, 이들은 사회자본을 사적인 이유로 수취하는 전용(appropriation) 행위를 행한다고 하자. 그룹  $i$ 의 마아코브 전략은 매 기간 당 소비  $c_i(t)$ 가 되는데, 상태변수인  $K$ 뿐만 아니라  $E$ 와  $R$ 에 의해 영향을 받는다.

$N$ 개의 마아코브 전략인  $\{c_i^*(K, E, R)\}_{i=1}^N$ 은 다음의 조건을 만족할 경우에는 마아코프 완벽균형(Markov perfect equilibrium)이 된다.

$$W(c_i^*(t), c_{-i}^*(t); K(t), E(t), R(t)) \geq W(c_i(t), c_{-i}^*(t); K(t), E(t), R(t)) \text{ for all } i, t \quad (17)$$

해밀토니안 함수를 구축한 후 극대원칙을 적용하는 이후의 방법은 앞 절의 절차를 거의 그대로 따른다. 그룹  $i$ 의 해밀토니안 함수는 다음과 같다.

$$H_i = \frac{(c_i E)^{1-1/\sigma}}{1-1/\sigma} + \lambda_i (F(K, e, R) - c_i - \sum_{j \neq i} c_j(K)) - \delta e + \mu \gamma R \quad (18)$$

$\dot{c}/c = \dot{K}/K$ 이므로 극대원칙 1계조건에 의해 구한 식들을 대입하여 정리하면 아래 결과를 얻을 수 있다. 만일  $E'/E = y$ 라고 가정한다면,  $k_i^*$ 의 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$k_i^* = \left( \frac{\alpha A + \sigma}{\alpha \sigma} \right) F_K - \sum_{j \neq i} k_j^* \left( \frac{1 + \sigma}{\sigma} \right) + \epsilon(\sigma - 1)y \quad (19)$$

대칭적인 모든 그룹 경기자  $N$ 에 대해 성립하므로  $N-1$ 개의 그룹에 대해 재정리 하면 마야코브 균형해는 아래의 구조를 갖게 되는 것을 알 수 있다.

$$k^* = \left[ \left( \frac{\alpha A + \sigma}{\alpha \sigma} \right) F_K + \epsilon(\sigma - 1)y \right] \left( \frac{\sigma + 1}{\sigma} n - \frac{1}{\sigma} \right)^{-1} \quad (20)$$

위 식은 아직 상태변수를 포함하고 있으므로 완전한 해는 아니지만 기술진보  $s$ 에 따른 지대추구의 방향을 판별하는 것까지는 가능하다. 그 결과는 아래와 같다.

$$\frac{\partial k^*}{\partial A} > 0 \quad \text{if} \quad n > \frac{1}{\sigma + 1} \quad (21)$$

$$\frac{\partial k^*}{\partial A} < 0 \quad \text{if} \quad n < \frac{1}{\sigma + 1} \quad (22)$$

위 결과가 의미하는 바는, 권력집단의 수가  $1/(\sigma + 1)$ 보다 많아지게 되면 지대추구가 과열됨에 따라 (즉,  $k^*$ 가 증가함에 따라) 자본축적 규모가 낮아진다는 것이다. 이는 탐욕효과에 관한 Lane and Turnell (1999)와 동일한 결과다.

따라서 지속가능한 경제성장을 위한 하트윅 규칙과 함께 탄소중립 조건을 충족하는 과정에서 저규모 자본축적의 경로를 따르게 되는데, 이때에 권력집단의 지대추구 행위가 결합되면 자본축적 과정이 더욱 악화됨을 알 수 있다.

## 참고문헌

- Bendell, J., Deep adaptation: a map for navigating climate tragedy, IFLAS Occasional Paper 2. 2018.
- Cairns, R.D., and Long, N.V., Maximin: a direct approach to sustainability, Environment and Development Economics 11, pp.

275-300, 2006.

Dasgupta, P, and Heal, G.M., The optimal depletion of exhaustible resources, *Review of Economic Studies* 41, pp.3-28. 1974.

Hartwick, J., Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources, *American Economic Review* 66. pp.972-974. 1977.

Lane, P.R., and Tornell, A., Power, growth and the voracity effect, *Journal of Economic Growth* 1, pp.213-41. 1996.

Tornell, A., and Lane, P.R, Voracity effect, *American Economic Review* 89(1), pp.22-46. 1999.

Rawls, J., *A Theory of Justice*, Clarendon Press, Oxford. 1972.

Stiglitz, J. Growth with exhaustible natural resources: efficeint and optimal growth paths. *Review of Economic Studies* 41, pp.123-137.

van der Ploeg, F., Voracious transformation of a common natural resource into productive capital, *International Economic Review* 51(2), pp.355-381. 2010.

Vahabi, M., *The Political Economy of Destructive Power*, Edward Elgar. 2004.