Journal of Climate Change Research 2019, Vol. 10, No. 1, pp. 71~78
DOI: https://doi.org/10.15531/KSCCR.2019.10.1.71

ORCID 이지웅 0000-0003-2592-9492
유종민 0000-0001-9996-734X

한국 배출권거래제 1차 계획기간 중 배출권 차입한도 효과 분석

유종민[*] · 이지웅[**†]

[*]홍익대학교 경제학부 조교수, [**]부경대학교 경제학부 조교수

The Effects of a Borrowing Limit Policy during the First Compliance Period of the Korean ETS

Yu, Jongmin[*] and Lee, Jiwoong[†]**

[*]Assistant Professor, Department of Economics, Hongik University, Seoul, Korea
[**]Assistant Professor, Department of Economics, Pukyong National University, Pusan, Korea

ABSTRACT

South Korea launched an emissions trading scheme (ETS) to reduce greenhouse gas (GHG) emissions in 2015, and the first compliance period ended in 2017. During this period, the government relaxed the limit of permit borrowing from upcoming compliance years to mitigate market participant concerns regarding volatile permit prices. In this paper, we analyzed the effects of the borrowing limit policy on GHG reductions and permit prices using a nonlinear firm analytical model. We conclude that a policy altering borrowing limits can temporarily suppress market prices, but eventually leads to the price being more volatile across the period.

Key words: *Emissions Trading Scheme, Borrowing limit, Climate change*

1. 서 론

우리나라는 온실감축을 위한 핵심 정책으로 2015년 온실가스 배출권거래제를 도입하였으며, 현재 1차 계획기간 (2015-2017)을 지나 2차 계획기간 (2018-2020)에 있다. 배출권거래제의 실효성에 대한 의문은 여전히 제기되지만, 우리나라 배출권거래제는 1차 계획기간 동안 발견된 여러 시행착오를 수정해가며 점차 정착되어가는 단계라고 평가할 수 있다. 하지만 배출권 가격의 급등락 가능성 때문에 산업계에서는 장기적 사업계획 수립의 어려움을 호소하는 등 배출권 거래시장의 불안정에 따른 부작용에 대한 우려는 지속적으로 제기되고 있다. 이에 정부는 시장안정화를 위한 시장 개입의 법적 근거 (온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률 제23조, 시행령 30조)를 바탕으로 배출권거래제 시행 초기부터 시장안정화 조치를 마련하였고, 실제 일부 조치는 지난 1차 계획기간 동안 시행되기도 하였다.

이에 본고는 안정화 정책 중 중요한 요소 중 하나인 배출권 차입제도를 살펴본다. 배출권 차입 (borrowing)은 할당업체가 배출권이 부족하다고 판단되면 계획기간 내 다음 이행연도 배출권 일부 차입하는 것으로, 법 제28조제3항에 따른 t기 계획년도의 차입량의 한도는 법 제27조제1항에 따라 해당 할당대상업체가 주무관청에 제출하여야 하는 배출권의 100분의 10으로 한다. 그러나 1차 계획기간 중에 예외적으로 차입량을 20%로 확대하였는데, 이에 대해 할당업체들의 부담을 줄여주기 위한 "아랫돌 빼서 윗돌 괴기" 식의 임시방편일 뿐이라는 비판을 받아왔다.

배출권 시장 안정화와 관련해서는 크게 EU-ETS의 Market Stability Reserve (이하 MSR)와 같은 양적조절 방식 및 가격상하한제도 운영에 대한 연구가 중점적으로 이루어져 왔다 (Godby et al., 1997; Pizer, 2002; Jacoby and Ellerman, 2004; Murray et al., 2009; Fell et al., 2012; Hahn, 2014). Richstein et al. (2015)은 최근 EU ETS에서 논의된 백로딩 (Back-

† **Corresponding author:** j.lee@pknu.ac.kr (Pukyong National University, Yongso-ro 45, Nam-gu, Busan 48513, S. Korea. Tel: +82-51-629-5321)
Received February 9, 2019 / Revised March 8, 2019 / Accepted March 18, 2019

loading)과 MSR의 효과를 전력시장에 대입한 결과 백로딩의 단기적인 배출권가격지지 효과를 지적하였고, Taschini et al. (2014)은 MSR과 같이 유통물량과 관련된 준칙으로 시장에 투명하게 개입할 경우를 상정하여 개입방식별로 배출권 가격 수준을 시뮬레이션하였다. Schopp et al. (2015)은 이론적 모형을 통해 배출권가격이 낮은 수준으로 유지될 경우 동태적 사회적 효율성, 배출권 가격의 안정성과 신뢰성 등에서의 사회적 효용 감소로 안정화 정책의 필요성을 지적하였다. Cho and Kim (2016), Kim (2016)은 국내 법령 상 개입 가능한 배출권 규모 등을 감안하여 실제 규정 내용과 법상 명시된 조치들의 실행 시 장단점을 논의하고 있다. 그 외에 가격에 대한 안정화 정책과는 별도로 이월 차입과 관련된 여러 분석들이 있어 왔다 (Helm et al, 2003; Cason and Gangadharan, 2006; Grosjean et al., 2014). 국내 시장을 대상으로도 배출권시장 유연성 확보 방안으로 차입완화를 언급한 여러 연구가 있었다. (Jeong and Kim, 2015; Lee et al., 2015; Chae and Park, 2016; Hong, 2016; Hong et al. 2016)

그러나 국내외 배출권시장을 대상으로 한 기존 연구 중 차입정책의 변화가 가격에 미치는 영향을 직접 분석한 연구는 아직 없다. 해외연구 중 가장 분석이 많이 이뤄진 EU-ETS에서는 할당대상업체가 원한다면 다음 기 배출권을 모두 차입할 수 있도록 허용하고 있기 때문에 이에 대한 연구가 없었던 것으로 보이며, 국내에서는 2차 계획기간에 들어선지 얼마 안되었기 때문으로 판단된다. 본고에서는 특히 2015년에 실시된 일시적 차입완화 정책이 전체 계획기간에 미치는 영향에 대해 동태적 비선형 수리 모형을 구축하고 배출권의 시장가격 및 온실가스 감축에 미치는 영향을 최적화 과정을 통해 정책적 시사점을 얻는 것을 목적으로 한다.

2. 모형

본고는 Kim and Yu (2018)과 같은 대표 기업 가정을 사용하였으나, 한 기의 계획기간 전체를 고려한 추상적인 닫힌 해를 도출하는 방식이 아닌 계획기간 내의 매 이행년도 각각에 대해 동태적 최적화를 통한 수리분석을 시도하였다.

2.1 동태적 모형 구조

1차 계획기간 ($t=2015,2016,2017$)을 분석의 대상으로 한다. 매 이행년도 동안 배출권거래제에 참여한 할당업체들은 정부로부터 배출권 $L(t)$ 을 할당받으며 그 이상으로 온실가스를 배출할 경우 단위 당 특정 과징금 (penalty rate)을 부과받게 된다. 할당업체는 이를 막기 위해서 매기 온실가스를 $u(t)$ 만큼 저감하게 되며, 규제가 없는 경우 - BAU (Business as usual) - 배출량 $y(t)$에서 차감되어 실제 방출이 정의된다. 이행연도 t기에 사용 가능한 순 차입량 $b(t)$ 은 지난 기 $t-1$에서 넘어온 총 이월량이다. 만약 값이 양 (+)인 경우에는 추가로 사용할 수 있는 배출권이 있다는 의미이나, 음 (-)인 경우에는 지난 기에 배출권을 지나치게 많이 사용하여 이번 기에서 추가로 차입하여 배출권이 줄어든 상태를 의미한다. 본고에서는 1차 계획기간 전체의 규제순응비용을 최소로 하는 최적 저감 및 순차입량을 구한다. 그 외에 순 이월량을 결정하고 목적함수에 사용될 수 있는 독립변수로는 배출권 순매매량이 될 수 있는데, 대표 기업 가정 시 배출권의 순 매수량은 0이기 때문에 배출량 차입량에 배출권 순 매수는 영향을 미치지 않는다. 만약 저감 및 순차입으로도 실배출량이 배출한도보다 많을 경우에는 과징금을 납부해야 한다. 따라서 목적함수는 아래와 같이 총 저감비용 (TAC: Total Abatement Cost)과 과징금 납부총액 $B(\bullet)$ 으로 정의된다.

$$(1)\ \ Min_{u(t),b(t)}\sum_{t=1}^{3}\underbrace{TAC(u(t))}_{\text{총 저감비용}}+\underbrace{B(u(t),b(t))}_{\text{초과배출에 따른 과징금}}$$

과징금 결정 방식은 초과 배출량에 대해 단위당 과징금율을 곱한 액수를 과징금 총액으로 정의하는 한국 시장의 방식을 따른다. 즉 단위당 과징율은 시장가격의 3배로 정의되며 그 한도는 10만원이다.

$$(2)\ \ B(u(t))=F\bullet Max[y(t)-L(t)-u(t)-b(t),0]$$

$$(3)\ \ F=Min[\text{배출권 가격의 3배},100]$$

식 (1)과 (2)를 저감수준 u에 대해 미분하여, 아래와 같이 시장가격을 정의하여

$$(4)\ \ 0=\frac{\partial TAC(u)}{\partial u}+P\bullet\frac{\partial Max[y-L-u-b,0])}{\partial u}$$
$$=MAC(u)-MB(u\mid b)$$

$$(5)\ \ P=MAC(u^{*})=MB(u^{*}\mid b),$$

식 (3)의 배출권 가격에 이를 대입한다.

다음 이행년도에 사용 가능한 순 차입량 $b(t)$ 은 아무런 감축활동이 없었을 경우의 BAU에서 감축활동 후에 발생한 순 배출량 $y(t)$ 을 할당량 혹은 배출허용량과 지난 기에서의 순 이월량의 합 $b(t-1)$ 에서 차감한 수치이다.

(6) $-b(t) \equiv u(t)+l(t)-b(t-1)-y(t)$

위 동태적 차입량 항등식은 다음과 같은 제약식을 사용된다.

(6a) $b(2017) \leq 0$

계획기간 간 차입은 금지되어 있기 때문에 2017년도의 차입량은 0가 되어야 하고, 하지만 계획기간 간 이월량은 무제한이기 때문에 식 (6a)과 같이 2017년의 순차입물량은 0보다 작거나 같다.

(6b) $b(2015) \geq 0$

조기감축실적에 따라 2015년도 순이월량 (차입량)이 양수(음수)일 수는 있으나, 실적이 그리 크지 않고 2015년도에 그 양이 확정되지 않아 1차 계획년도 초반에 할당기업의 의사결정에 영향을 미쳤을 가능성이 거의 없어서 식 (6b)와 같이 순차입은 0 이상으로 가정한다 (실제 차입수요가 많았다는 현실적 가정이 있을 경우, 본 가정은 시뮬레이션 결과에 영향 미치지 않는다).

한편, 모든 t에 대하여 다음의 식을 만족시킨다.

(6c) $b(t) \leq 0.2^{*} L(t)$

법 제28조제3항에 따른 t기 계획년도의 차입량의 한도는 법 제27조제1항에 따라 해당 할당대상업체가 주무관청에 제출하여야 하는 배출권의 100분의 10으로 하였으나, 1차 계획년도의 경우 예외적으로 차입량을 20%로 확대시킨 바 있다.

2.2 데이터 및 모형의 가정

본 수리분석 모형에는 계수값이 가정되는데, BAU 및 저감목표을 감안한 비할당부문까지 포함한 배출권 공급 총량과 대표기업의 한계비용저감비용 함수의 계수이다. 1) BAU 및 저감목표의 수치는 정부에서 발표한 수치를 따라 1차 계획년도 간 국가 전체 온실가스 감축 로드맵을 따르고 있고, 2) 한계저감비용 함수 계수와 같이 알려져 있지 않은 정보는 실제로 최근 시장에서 구현된 탄소배출권 가격과 유사한 수준을 구현하는 계수값을 선택하여 사용하였다. 한국 온실가스 정책과 관련해서는 명시적으로 공개된 한계저감비용곡선 (MAC: marginal abatement cost curve) 이 없기 때문에 어림잡은 수치를 한계저감비용 2차 함수의 계수로 가정한 후 최적화 과정을 거쳐서 유일한 독립변수라고 할 수 있는 대표 기

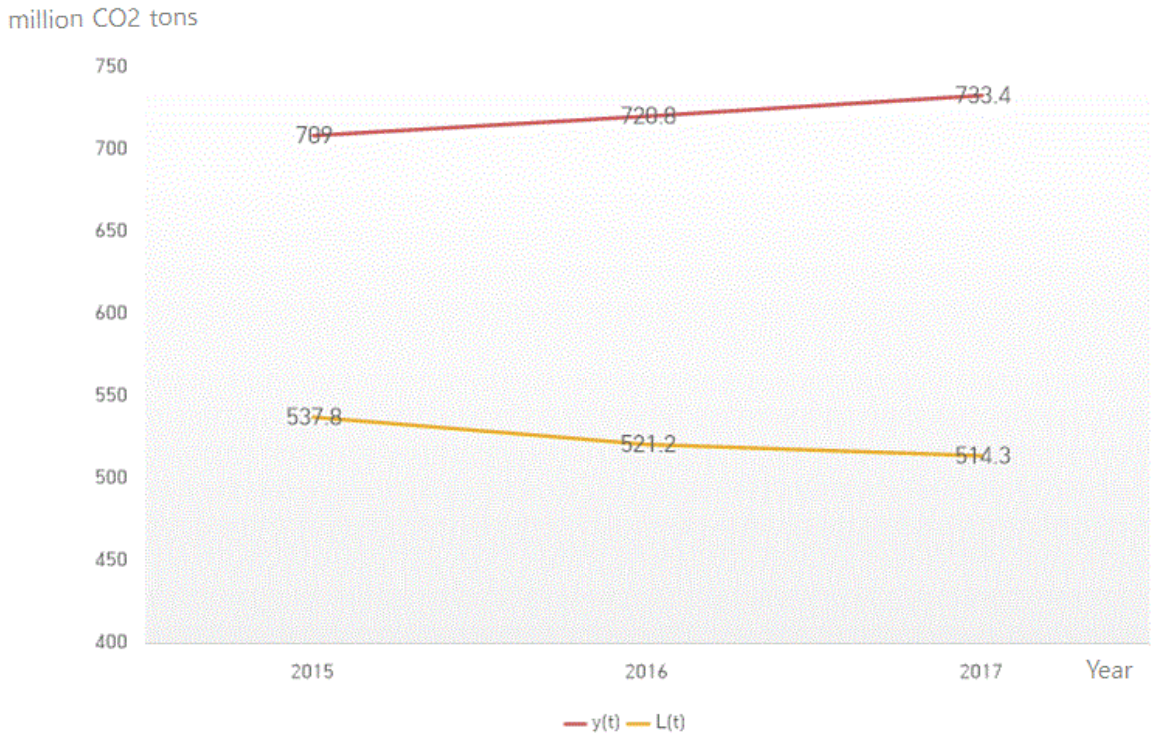

Fig. 1. BAU emissions and Emissions Allowances.

업의 저감수준을 도출한다. 도출된 저감수준에 해당되는 대표 한계저감비용이 배출권의 시장 가격이므로 시행착오 방식을 거쳐 시뮬레이션 된 가격수준이 실제 1차 계획기간 중 배출권 연간 가격의 흐름과 유사하게 도출될 수 있도록 한계저감비용곡선 계수에 대한 가정을 확정한다.[1] 수리최적화 분석을 위해 GAMS 의 CPLEX 패키지 중 비선형 방식이 활용되었다. Fig. 1은 t 이행년도의 BAU, y (t),와 배출허용치, L (t), 를 보이고 있다.

3. 수치분석 결과

Fig. 2는 최적화를 통해 도출된 결과로서, 차입한도가 10% 수준으로 유지되었을 수준과 비교해 20%로 차입수준을 완화시킴으로 인하여 어떠한 가격의 변화가 있었는지를 묘사하고 있다. 파라미터의 가정과는 관계없이, 차입한도가 제출수량의 10%로 유지되었을 때의 가격수준 Price10 (t)이 20%로 완화되었을 때의 가격수준 Price20 (t)보다 계획기간 초에는 가격이 더 높고 그 이후에는 가격이 낮아진다. 또한 일관되게 마지막 이행년도에는 항상 차입한도 안정화정책 실행 이전보다 가격균형은 항상 더 높은 수준에 도달한다. 이는 차입 완화로 인해 기업의 단시야적인 차입행태로 미래의 배출권을 미리 당겨 사용함으로 인해, 최종 이행년도에는 오히려 배출권이 부족해지는 탓이라 해석할 수 있다. 차후 2차 계획기간(2018-2020)에서 배출권을 차입할 수 없다는 법상 규제로 인해 총량의 변화는 없다.

그렇다면 MAC 함수의 계수 가정과는 관계없이 왜 이러한 일관된 결과가 나올지는 차입완화정책의 성격으로부터 정책적 시사점을 찾을 수 있다. 차입은 현재의 배출권 제출수요로 인해 미래의 배출권을 현재로 가져와 앞당겨 사용하는 것에 불과하다. 따라서 차입완화가 있을 경우, 본 정책이 시행되는 첫해에는 예외없이 배출권의 공급은 증가할 수밖에 없고 수요가 변하지 않았다는 가정 하에 배출권의 가격은 하락하게 된다. 따라서 1차 계획기간 중 배출권 가격의 급등을 우려했던 정책당국의 정책수단으로서 차입완화책은 일시적으로 효과적이라고 생각될 수 있다. 그러나 이후 마지막 이행년도에서는 정책효과의 향방이 충분히 다를 수 있다. Fig. 2에서는 차입완화 정책으로 인해 배출권의 가격이 오히려 상승하였고 이 역시 MAC 함수의 계수 가정과 관계없이 일관된 결과를

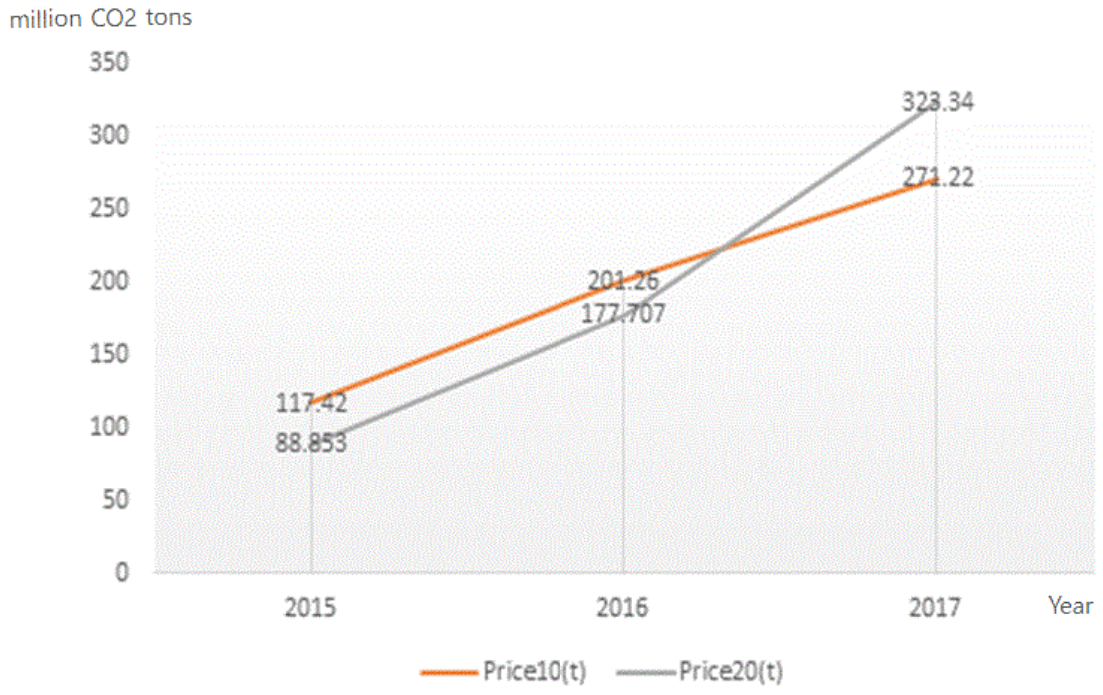

Fig. 2. Price Simulation by Borrowing Limit (Unit: 1000KRW).

1) 배출권거래제에서 제외된 비할당군이라 하더라도 상쇄배출권 발행을 통해 간접적으로 배출권을 공급하며 시장가격에 영향을 미치기 때문에 1차 계획년도 국가 전체 로드맵에 사용된 가정 수치 및 저감목표를 사용하여 배출허용량 수치를 사용한다.

보여준다. 이는 Fig. 1에서 보듯 배출허용량의 전반적 추세가 하락하는 상황에서 이전년도의 더 많은 배출허용량 기준에서 추가로 10%를 더 사용하지 못하기 때문에, 다음 이행년도에서 차입할 수 있는 배출권량도 10% 늘어난다 하더라도 일관되게 전체 가용 배출허용량 (혹은 배출권 공급량)이 줄어들기 때문이다.

결국 차입한도의 완화는 미래의 자원을 당겨 사용하는 것에 불과하여, 기업의 장기적인 의사결정의 장애를 가져오고 오히려 가격의 변동성을 증폭시키는 역할만을 한다. 초기 배출권의 높은 가격에 부담을 느낀 할당업체들의 요구로 차입한도를 완화하고 배출권 가격 상승을 억제하더라도, 이후 계획년도에 부족량을 메꿔야 하기 때문에 어차피 가격은 다시 오르기 마련이기 때문이다.

Fig. 3은 1차 계획기간 전체의 순응비용을 최소화 시킬 수 있는 연도별 순차입량을 정책별로 시뮬레이션으로 나타낸 결과이다. 차입한도가 10%일 때의 최적 순차입량 (b (t)_10)와 20%일 때의 최적 순차입량 (b (t)_20), 그리고 해당기간에 주어진 배출한도에서 정의된 차입한도가 10%일 때의 차입한도 (b (t)_10bl) 와 20%일 때의 차입한도 (b (t)_20bl)의 추이를 보여준다. 2017년도에는 차입한도도 0 이기 때문에 차입량도 0 이다.

2015년은 10% 정책의 경우 매년 실제 차입량이 차입한도에 도달하여 차입제한이라는 정책이 실제 차입을 억제하고 있는 상태 (binding)이다. 그러나 차입한도 20% 정책의 경우 2015년은 일시적 정책완화로 인해 실제 차입이 차입한도에 도달하지 못한 (non-binding) 결과를 보여주고, 2016년은 실제 차입량이 차입한도에 도달하게 된다. 즉 최소한 초년도인 2015년은 차입완화 효과 있었다고 알 수 있다. 2016년은 매년 할당량의 상대적 크기에 따라서 차입량 제한의 효과여부를 가늠할 수 있는데, 그림 1에서 볼 수 있듯이 할당량은 계속 감소하는 추세이므로, 2015년으로 이전된 배출한도 보다 2017년에서 받은 배출한도가 더욱 작을 것이다. 이 경우 1차 계획기간에 일률적으로 적용된 차입한도 완화 정책은, 2016년의 순 차입한도 변화는 오히려 감소했다고 볼 수 있다. 하지만, Fig. 2에서 볼 수 있듯이 2016년의 가격도 정책이 실행되지 않았을 경우와 비교해서는 낮기 때문에, 할당기업들에게 불리하다고는 볼 수 없다.

그러나 앞선 결과는 다른 변수의 가정, 특히 기간간 할인율에 의해 크게 영향을 받는다. 여기서 할인율은 미래의 현금흐름 (여기서는 배출권거래제 등 규제 순응 비용) 을 현재가치로 할인하는 도구로서, 할당기업들이 미래의 규제비용을 중시할 경우 할인율은 낮게 유지될 수 있다. 특히 본고에 주

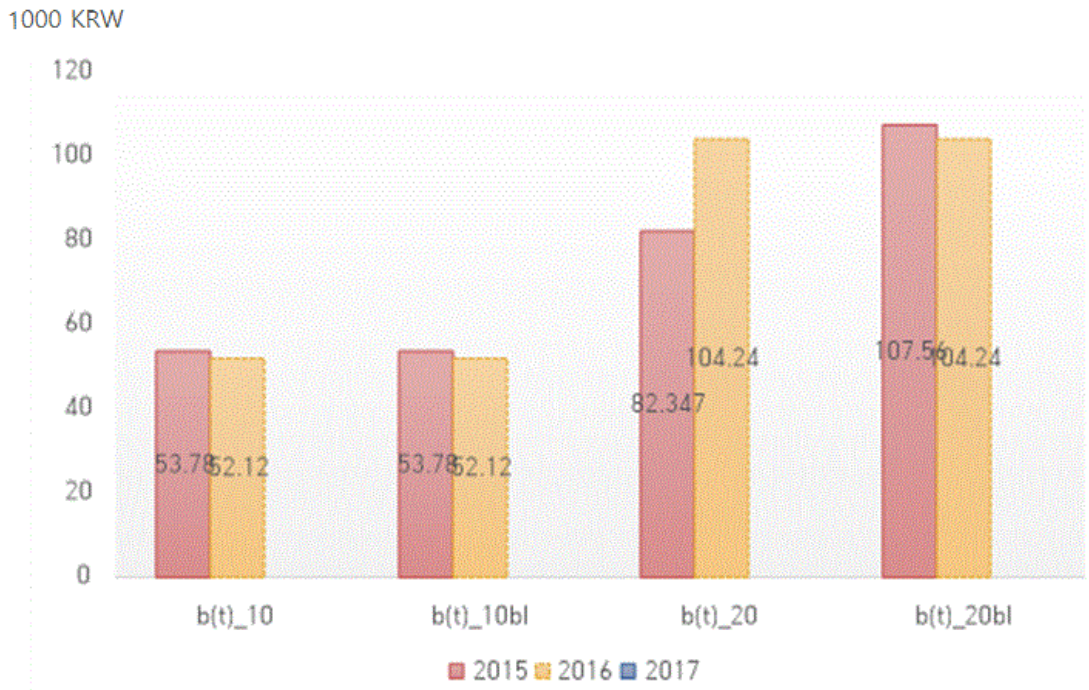

Fig. 3. Simulation of carry-over/borrowing volume and limit (Unit: 1 million tons).

목하고 있는 순차입은 기간 간 부담을 이전할 수 있는 규제순응 수단이기 때문에 특히나 할인율은 중요하게 인식된다. 따라서 할인율에 따른 규제순응 행태의 민감도 분석 (sensitivity analysis)이 필요하다.

Fig. 4는 실제 정책 (차입한도 20%)를 가정으로 할인율 시뮬레이션 결과에 대한 저감수준의 민감도 분석 결과이다. 할인율이 높아질수록 초년도인 2015년도의 온실가스 저감수준은 감소하고 마지막 해인 2017년도에 몰아서 하는 경향을 관찰할 수 있다. 이는 저감에 따른 비용을 줄이고 미래에 발생할 수 있는 과징금 부담을 경시하는, 즉 현재의 현금흐름을 중시하는 할인율 가정을 그대로 반영한다. 반면 중간년도인 2016년도에는 할인율이 증가할수록 오히려 저감수준이 감소하다가, 너무 높은 할인율이 적용될 때에는 저감수준이 증가하는 경향을 보인다. 이는 저감수준을 늘렸을 때 발생할 수 있는 저감비용 및 과징금 기대납부액의 상대적 차이에 기인하는 것으로 보이며, 근시안적으로 될수록 (할인율이 높아질수록) 당장의 저감비용을 줄이기 위해서 저감수준이 감소하지만, 할인율이 너무 높을 때라도 과징금 납부 가능성이 지나치게 높아질 경우 오히려 저감수준이 증가하는 경향을 보인다.

Fig. 5는 현재 이행기간 사용을 위해 다음 년도 이행기간에서 배출권을 빌려오는 순 차입량 (=차입량-이월량)의 시뮬레이션된 결과가 할인율에 따라 어떻게 바뀔 수 있는지를 보인다. 점선은 각 이행년도의 차입량 한도를 표현하는데, 이는 할인율과는 관계없이 각 해의 배출한도의 20%로 일률적으로 결정된다. 시뮬레이션 결과에서 보듯 할인율이 낮을수록 순차입량은 차입한도에 제약을 받을 (binding) 가능성이 많다는 점을 볼 수 있다.

4. 결론 및 정책적 시사점

본고는 배출권 시장 안정화 정책으로서 차입한도가 활용될 경우 온실가스 저감 및 가격 등에 미치는 영향을 분석하였다. 배출권거래제와 같은 규제시장은 필연적으로 정책수단의 시장 영향력이 매우 클 수밖에 없는데, 임의적인 차입한도 설정 전에 본고와 같은 모델을 사용해 시장의 가격 반응 테스트가 가능하다는 점에서 본고의 의의가 있다. 2차 계획기간 중 불가피하게 차입제도 운영 규칙을 변경하되 시장의 영향을 시험하는 목적 혹은 향후 3차 계획기간을 디자인하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 본고에서 다루고 있는 1차 계획기간과는 다른 규칙이 운영되고 있는 만큼 이에 대한 추가연구가 조만간 가능하다.

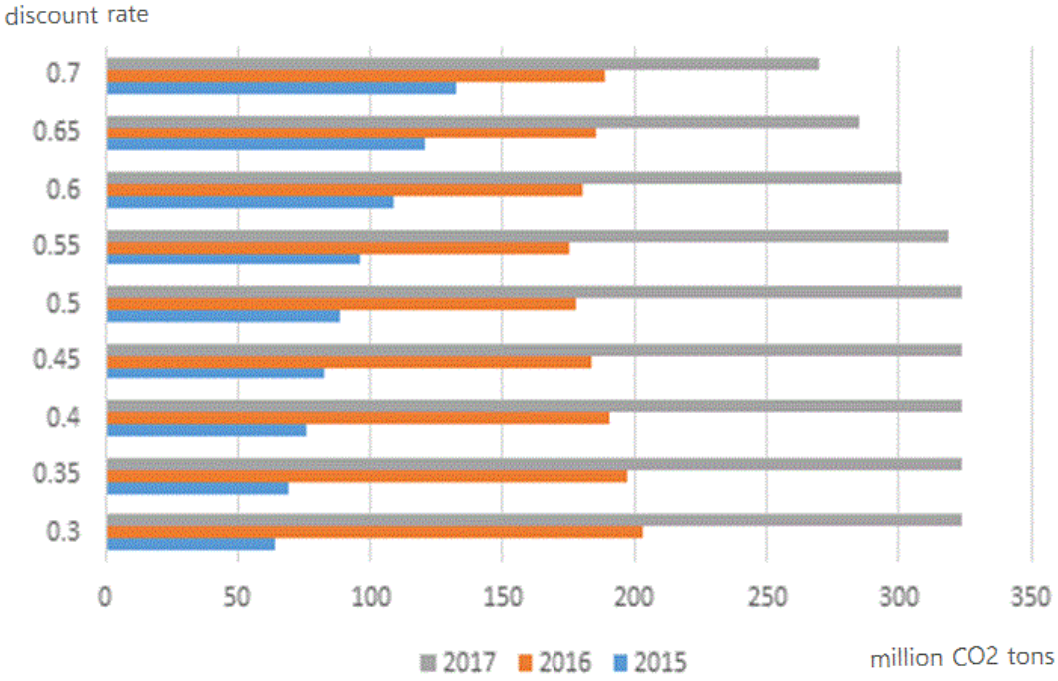

Fig. 4. Sensitivity analysis by the discount rate (Unit: 1 million tons).

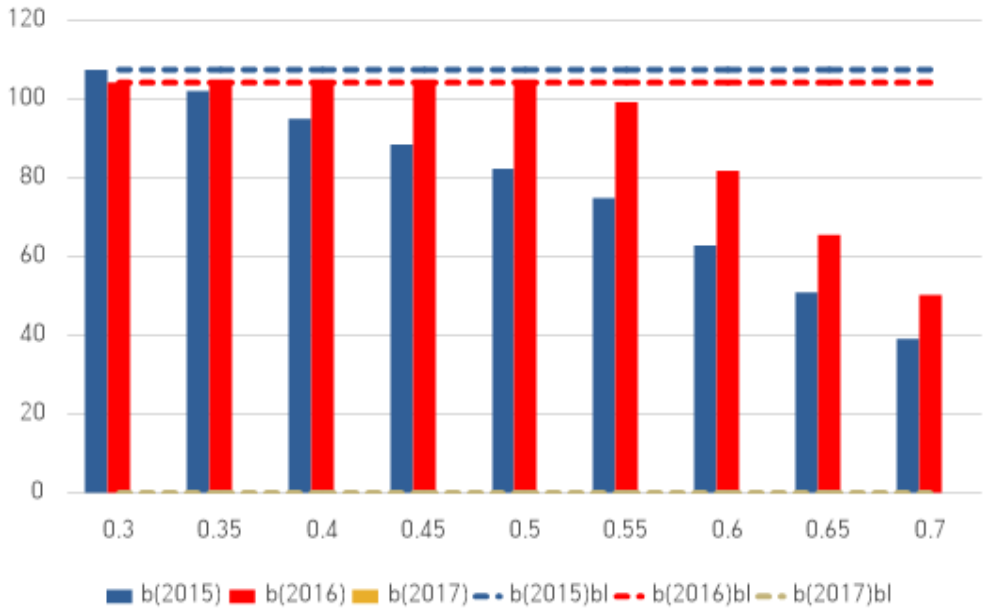

Fig. 5. Sensitivity of borrowings by the discount rate (Unit: 1 million tons).

분석 결과 1차 계획년도 초반의 가격 억제 기능은 실제로 존재했음을 알 수 있고, 또한 일종의 풍선효과로서 후반기로 갈수록 오히려 가격은 정책 실현 이전보다 더 상승할 수 있음을 보였다. 본 가격 안정화 정책의 목표가 배출권거래제 도입 초반 할당기업들의 반발을 무마하고 안정적인 제도 안착을 위해 활용되었다는 측면에서는 절반의 성공을 거두었다고 자평할 수 있으나, 계획기간 내 가격의 변동폭을 증가시킴으로서 저감사업의 사업성을 예측하기 어렵게 한 자충수가 있었음은 부인할 수 없다.

본고의 한계로서, 실제 가격 형성은 전체 배출량 총량과 관계없는 주무부처의 구두 개입 및 실제 시장 유동성 조절에 크게 영향을 받는다. 또한 기업들의 매수매도 심리에 따라 비이성적 가격 쏠림 현상도 발생하는 경우도 있어 이러한 정성적 요소를 배제하고 기본적인 시장의 수급요소에만 의존한 본고의 가격 시뮬레이션 결과와는 다를 수 있다.

사 사

이 논문 또는 저서는 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017S1A5A2A03067468).

REFERENCES

Cason, T. N., and L. Gangadharan. 2006. Emissions variability in tradable permit markets with imperfect enforcement and banking. J Econ Behavior Organization 61 (2): 199-216.

Chae JO, Park SK. 2016. Status of Korea ETS and Strategies to improve in One Year After Launching, J Climate Change Research 7 (1). 41-48.

Cho HJ, Kim HN. 2016. A Legal and Political Study on Market Stabilization in Emissions Trading System. Environ Law Research 38 (1). p. 279-304.

Fell H, Burtraw D, Morgenstern RD, Palmer KL. 2012. Soft and hard price collars in a cap-and-trade system: A comparative analysis. J Environ Econ Mgment 64: 183-198.

Grosjean G, Acworth W, Flachsland C, Marschinski R. 2014. After monetary policy. climate policy: is delegation the key to EU ETS reform. Climate Policy 16: 1-25.

Godby RW, Mestelman S, Muller R, Welland J. 1997. Emissions Trading with Shares and Coupons when Control over Discharges Is Uncertain. J Environ Econ Mgment 32: 359-381.

Han HO. 2014. Emission Trading Scheme and Market

Stability Measures. Women Econ Research 11 (1). 271-293.

Helm D. 2003. Credible Carbon Policy. Oxford Rev Econ Policy 19: 438-450.

Hong LS, Oh HN, Hong JH. 2016. The Effect of Allowance Oversupply on Carbon Pricing in the EU Emissions Trading System. Econ Research 64 (3). 91-123.

Hong WK. 2016. Study on the Improvement of the Korean Emission Trading System. J Climate Change Research 7 (2). 121-135.

Jacoby HD, Ellerman A. 2004. The safety valve and climate policy. Energy Policy 32: 481-491.

Jeong KH, Sim SH. 2015. Environment R&D Incentives with Emission Banking and Borrowing in a Cournot Model. Environ Policy Research 14 (4). 63-101.

Kim GL, Yu JM, Kim JT. 2016. Challenges to Stabilizing Market Prices in Korean Emissions Trading and Policy Directions. Environ Policy 24 (2). 189-210.

Kim W, Yu J. 2018. The effect of the penalty system on market prices in the Korea ETS. Carbon Mgement 9: 145-154.

Lee JE, Jo YS, Lee SC. 2015. A Comparative Study of EU and Japan ETS for Activation in Korean GHG Emission Trading System. J Climate Change Research 6 (1): 11-19.

Murray B, Newell R, Pizer W. 2009. Balancing Cost and Emissions Certainty: An Allowance Reserve for Cap-and-Trade. Rev Environ Econ Policy 3 (1): 84-103.

Pizer WA. 2002. Combining price and quantity controls to mitigate global climate change. J Pub Econ 85: 409-434.

Richstein, J. C., É. J. Chappin, and L. J. de Vries. 2015. The market (in-) stability reserve for EU carbon emission trading: Why it might fail and how to improve it. Utilities Policy 35: 1-18.

Schopp, A., W. Acworth, D. Huppmann, and K. Neuhoff. 2015. Modelling a Market Stability Reserve in Carbon Markets. (Discussion Papers 1483). Berlin: Deutsches Institutfür Wirtschaftsforschung.

Taschini, L., K. Sascha, and C. Duffy. 2014. System responsiveness and the European Union emissions trading system. (Policy Paper Jan 2014). London: The Centre for Climate Change Economics and Policy.