

기간구조에 따른 국내 배출권의 이행연도별 가격 분화*

홍원경¹⁾ · 박호정^{2)**}

Diversification of Spot Price of the Korean Allowance Unit
based on the Term Structure

Wonkyung Hong¹⁾, Hojeong Park^{2)**}

1) 고려대학교 식품자원경제학과 박사과정(Dept. of Food and Resource Economics, Korea University),

KU-KIST 그린스쿨 연구원

2) 고려대학교 식품자원경제학과 교수(Dept. of Food and Resource Economics, Korea University)

제출: 2015년 4월 27일 수정: 2015년 6월 18일 승인: 2015년 8월 27일

국문요약

온실가스의 국가감축목표 달성을 위한 시장 메커니즘의 핵심수단으로서 2015년 1월부터 국내에서도 배출권거래제가 시행되고 있다. 배출권 거래의 초기 거래실적은 해외사례에서도 높지 않은 편이지만, 성공적인 정책으로 발전되도록 배출권 시장이 보다 활성화될 필요가 있다. 이를 위해서는 현재 제1차 계획기간의 3개 이행연도별로 세분화되어 있지 않은 배출권 가격에 대해 적절한 가격 시그널이 마련되어야 한다. 이자율의 기간구조 개념과 선물가격 산정 방법인 보유비용 모델을 이용해 이행연도별 배출권 가격 산정 방법을 제시함으로써, 가격발견기능에 관한 시장 참여자의 합리적 기대 형성과 거래시장 활성화에 기여하고자 한다.

■ 주제어 ■ 배출권, 기간구조, 이행연도, 편의수익, 현물가격, 선물가격

Abstract

The Korea Emissions Trading System that was launched in Jan. 2015 is expected to be a crucial policy measure to abate domestic CO₂ emission. For accomplishing its purpose, prior information on the price discovery process needs to be presented in order to facilitate the trading of spot allowances with different vintages. We develop a customized pricing method for Korean ETS using the concept of term structure and the cost of carry model.

■ Keywords ■ Allowance, Term Structure, Vintage, Convenience Yield, Spot Price, Futures Price

* 이 논문은 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2015, 특화전문대학원 연계 학연 협력지원사업)

** 교신저자: hjeongpark@korea.ac.kr

I. 서론

수 년 간의 준비과정을 거쳐 2015년 1월부터 국내에서도 배출권거래제가 시작되었다. 지난 2008년에 저탄소 녹색성장을 위한 비전을 제시한 이래로 저탄소 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획, 저탄소 녹색성장 기본법, 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률(이하 '배출권거래법' 또는 '거래법')과 동법 시행령 및 세부 고시 등을 차례로 마련하여 배출권거래제 시행을 준비하여 온 결과다. 2014년 1월에는 배출권거래제 기본계획을, 2014년 9월에는 국가 배출권 할당계획을 수립하였고, 배출권 거래를 위한 거래소로 한국거래소(KRX)를 2014년초에 선정하였다. 관련 법령에 의하면, 할당계획이 수립되고(6월말), 할당대상업체를 선정하고(7월말), 할당대상업체는 할당신청서를 주무관청에 제출하면(8월말), 주무관청은 공동작업반을 구성해 업체별 할당량을 산정해 10월말까지 업체별로 통보하도록 하는 등의 배출권거래제 시행을 위한 절차를 정하고 있다. 2014년 9월 확정된 할당계획에서 이행연도별 배출권 총수량과 예비분을 제한 사전할당량의 수량이 정해졌고 이에 근거해 525개 할당대상업체별로 제1차 계획기간 전체에 대해 15억 9천8백만 KAU(Korea Allowance Unit)의 배출권이 할당되었다. 그런데 할당대상업체 중 46.3%에 해당하는 243개 업체가 할당에 대해 이의신청을 하여 배출권거래제 시행에 따른 업체들의 이해관계가 첨예함을 드러내고 있다. 배출권거래소는 2015년 1월 12일부터 거래를 시작하였는데 첫날 종가는 8,640원으로 이는 비슷한 시기의 유럽의 탄소배출권인 EUA의 거래 가격(6.7유로, 한화 약 8,625원)과 비슷한 수준이다¹⁾. 최초 거래를 위한 기준가격은 이행연도별로 구분 없이 7,500원 단일 가격으로 제시되었다²⁾. 첫날 거래에서는 KAU 15가 1,190톤 거래된 반면, KAU 16과 KAU 17은 거래량 없이 7,860원으로 동일하게 장을 마감했다.

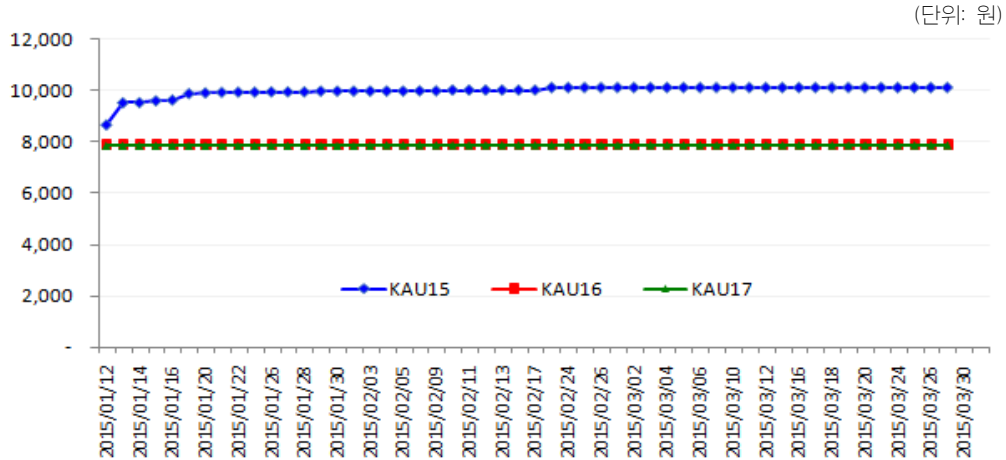
배출권거래소에는 할당대상업체들이 할당받은 제1차 계획기간 전체의 배출권인 KAU 15, KAU 16, 그리고 KAU 17이 모두 상장되어 거래가 가능하나 거래소 개장 후 3개월이 지난 분석일 현재까지 KAU 16과 KAU 17의 거래는 발생하지 않고 있으며 <그림 1>과 같이 KAU 16과 KAU 17의 가격은 동일하게 KAU 15에 비해 약 2천 원 정도 낮게 형성되어 있다.³⁾

1) 한국거래소 2015년 1월 12일 보도자료 '온실가스 배출권시장 개장일 거래현황' 참고

2) 한국거래소 배출권거래시장 웹사이트(<http://ets.krx.co.kr/>)에서 공지사항 참고

3) 배출권 현물의 종가는 매매가 없을 경우에는 기세를 최종 가격으로 하므로 거래가 없어도 종가는 시장 상황을 반영하여 변동된다.

그림 1 공동의장이 제안한 INDC 순환적 구조



자료: KRX 배출권거래시장, <http://ets.krx.co.kr/index.jsp>.

배출권의 장내 거래를 위해 제시한 기준가격이 이행연도별로 차별을 두지 않고 동일했음에도 불구하고 KAU 15와 KAU 16, KAU 17 간에 가격 차이가 발생하는 모습을 보이고 있다. 여기서 몇 가지 의문이 생긴다. 먼저 이행연도가 다른 배출권 현물의 최초 시장 거래를 위해 동일한 기준가격을 제시하는 것이 적절한 것인지, 그리고 이행연도별로 배출권의 가격이 다른 추이를 보이는 이유는 무엇인지, 마지막으로 KAU 16과 KAU 17 사이에는 가격 분화가 발생하지 않는 이유와 차이가 없는 것이 적절한 것인지에 대한 것이다.

배출권의 가격 결정에 관한 메커니즘을 파악하기 위해 국내 배출권거래제의 제도적 특징에 대해 먼저 이해할 필요가 있다. 우리 배출권거래제에서의 가장 큰 특징은 계획기간 내 전체 이행연도에 대한 할당량 전부를 계획기간 전에 할당대상업체들에게 할당하면서, 배출권을 이행연도별로 구분을 하고 이행연도 이후의 배출권은 의무이행을 위한 제출에 사용할 수 없게 제한을 두고 있으며, 유연성 메커니즘으로 이월뿐만 아니라 차입을 허용하고 있다는 점이다. 즉, 할당대상업체는 1차 계획기간이 시작되기 전에 KAU 15, KAU 16 및 KAU 17을 할당받아 자신의 거래계정에 보유한다. 그러나 비록 할당대상업체가 이행연도별로 배출권을 할당받아 자신의 계정에 보유하고 있더라도 2015년에 대한 의무이행을 위한 배출권 제출 시에는 KAU 15와 일부 차입된 KAU 16만을 사용할 수 있을 뿐, 나머지 KAU 16과 KAU 17은 제출할 수 없다⁴⁾. 따라서 배출

권에 부여된 이행연도에 따라 배출권의 의무이행 가능 여부에 차이가 생기고 이는 배출권의 가격에도 어떤 식으로든 영향을 미칠 것으로 예상되는데, 이를 배출권의 이행연도에 따른 기간구조(term structure)라고 할 수 있다. 배출권의 이행연도에 따른 기간구조와 관련된 연구로는 Paoella, Taschini(2006)과 Bailey(1998) 등이 있다.

Bailey(1998)는 산성비 프로그램(Acid Rain Program)을 대상으로 서로 다른 이행기별 배출권 가격간의 기간 구조에 대해 편의수익(convenience yield) 개념을 이용해 설명하고 있다. 즉, 장래 이행연도 배출권을 선도계약과 유사한 것으로 보고 현 이행연도 배출권과의 관계를 편의수익을 이용해 설명한다. 그리고 실제 SO₂ 배출권 시장자료를 이용해 현재와 장래 이행연도 배출권의 가격이 양(+)의 편의수익을 가져 백워드이션(Backwardation) 기간구조를 가지고 있음을 보여주고 있다.

Paoella, Taschini(2006)에 의하면, 이론적으로는 편의수익이 현물과 선물의 가격에 영향을 미쳐 백워드이션(Backwardation)⁴⁾ 구조를 보일 것으로 기대되나 실제 EU-ETS의 가격 데이터를 살펴 본 결과, 선물가격이 현물가격에 비해 높은 콘탱고(Contango) 구조를 가지는 것으로 나타났는데, 그 원인으로 정치적 불확실성을 지적하고 있다.

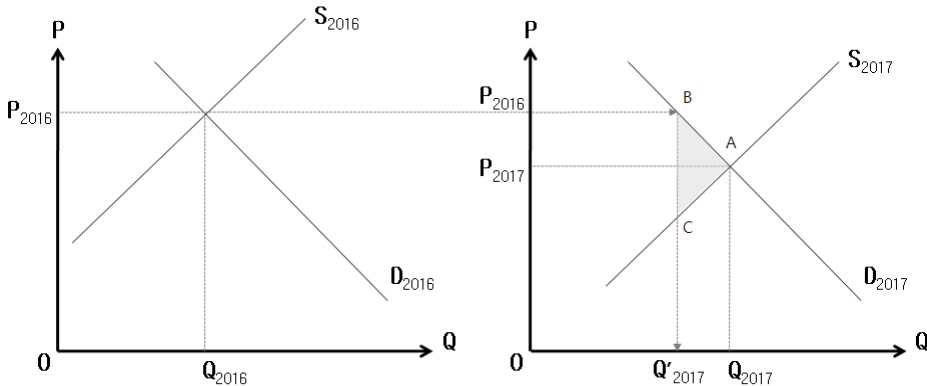
그 밖에 Trück, Hardle, Weron(2014)은 EU-ETS의 배출권시장에서의 현물과 선물간의 관계에 대해 실증연구를 했는데, EU-ETS 1기(2005년-2007년)에서는 초기에는 백워드이션(Backwardation)의 모습을 보이다가 배출권이 초과공급되었음이 알려진 후에는 편의수익이 감소하였으며, 2기에서는 콘탱고(Contango) 구조를 나타내는 것을 확인했다. 유럽의 낮은 금리, 배출권 가격 상승에 대한 헤지를 위해 시장참여자가 선물 매수 시 추가 프리미엄을 지불할 용의가 있는 점과 잉여 배출권의 증가와 이월 가능성을 1기의 백워드이션(Backwardation) 구조에서 2기의 콘탱고(Contango) 구조로 바뀐 원인으로 제시하고 있다.

4) 차입에 관해 좀 더 살펴보면, 이월은 다음 이행연도 또는 다음 계획기간의 최초 이행연도로 이월할 수 있게 법과 시행령에 일관되게 명시되어 있는 반면, 차입에 대해서는 법 제28조제2항과 할당계획에서 제출해야 할 배출권의 수량보다 보유 배출권의 수량이 부족한 경우에 한해 “주무관청의 승인을 받아 계획기간 내의 **다른** 이행연도에 할당된 배출권의 일부를 차입” 할 수 있게 되어 있어 마치 다음 이행연도가 아닌 다다음 이행연도에 할당된 배출권에서도 차입할 수 있는 것처럼 보이나, 동법 시행령 제35조제4항에서는 “배출권 제출은 ~ **다음** 이행연도에서 차입한 배출권 ~으로만 제출” 할 수 있도록 정하고 있어 논란이 예상된다. 그러나 제출할 수 있는 배출권이 다음 이행연도에서 차입한 배출권으로 제한되므로 실질적으로 차입은 다음 이행연도의 배출권에서만 가능할 것으로 판단된다. 하위법령의 상위법을 저촉이 문제될 수 있으므로 이를 해소하는 방향으로 법령의 개정이 필요하다. 다만, 제도 시행 초기인 점을 고려하면, 계획기간 내 이행연도를 선택해 차입할 수 있게 하는 것보다 다음 이행연도로부터만 차입할 수 있게 제한하는 것이 제도를 단순화해 혼란을 방지할 것으로 기대되며, 향후 차입 연도의 다변화 필요성이 제기될 경우 그 때 도입하여도 늦지 않을 것이라 판단된다. 본 연구에서는 이런 점을 반영하여 배출권의 차입은 **다음** 이행연도로부터만 가능한 것으로 보고 논의를 진행한다.

5) $F_t < E(S_T)$ 인 경우, 즉 선물가격이 미래현물가격의 기대치보다 낮은 경우를 정상 백워드이션(Normal Backwardation), 반대인 경우를 콘탱고(Contango)라고 한다.

만일 배출권 현물의 가격이 백워드이션(Backwardation)의 기간구조를 갖는데도 이를 고려하지 않고 동일한 가격으로 거래한다면(예, $P_{2016} = P_{2017}$) 장래 이행연도의 배출권 현물은 균형가격보다 높은 가격에 거래되는 결과, 사회 전체적으로 후생손실이 발생한다. <그림 2>에서 2017년을 이행연도로 하는 배출권의 경우, 제반 여건을 반영한 균형 공급량과 균형가격은 Q_{2017} 과 P_{2017} 에서 결정될 것이다. 그런데 현물가격을 2016년 배출권 가격(P_{2016})으로 동일하게 적용한다면, 기존 균형거래량보다 적은 Q'_{2017} 가 새로운 거래량이 될 것이고 생산자잉여와 소비자잉여가 감소하여 $\triangle ABC$ 만큼의 사회적 후생손실이 발생한다.

그림 2 배출권 가격 미분화로 인한 사회적 후생의 변화



그리고 시장이 콘탱고(Contango)라서 낮은 KAU 16의 가격을 KAU 17에 적용하더라도 역시 사회적 후생손실이 발생한다.⁶⁾ 따라서 세분화된 가격에 의해 배출권 현물이 거래된다면 단일 현물가격에 의한 거래로 발생하는 사회적 후생손실을 피할 수 있을 것이다. 배출권 현물 가격의 분화를 초래하는 국내 배출권거래제의 제도적 원인을 분석하여 그런 제도적 특징을 반영한 배출권 가격 산정 방법을 도출하는 것은 배출권 가격의 미세분화로 인한 사회적 후생손실의 회피 외에도 이행연도별 배출권의 적정 가격을 제시해 거래 활성화에도 기여할 수 있으리라 기대된다.

논문의 구성은 다음과 같다. 배출권 현물 가격에 영향을 미치는 국내 배출권거래제의 특징에 대해 제2장에서 살펴보고, 이를 반영하여 이행연도별로 세분화된 배출권 현물의

6) 사회적 후생손실 발생에 대한 보다 자세한 설명은 부록 II의 설명을 참고하기 바란다.

가격결정 방법 및 서로 다른 이행연도를 갖는 배출권을 기초자산으로 하는 선물의 가격 결정 방법을 제3장에서 제시하고 실제 데이터를 이용해 시뮬레이션을 한다. 제4장에서는 주요 결과를 요약하고 결론을 도출한다.

II. 국내 배출권 가격 결정에 영향을 미치는 제도적 요인

일반적으로 배출권거래제라 함은 오염물질에 대한 감축목표를 설정하여 각 참여자에게 분배하고 목표 대비 초과 감축분의 거래를 허용하여 비용 효과적으로 감축목표를 달성하게 하는 제도를 말한다. 즉 배출권거래제는 환경문제와 같은 외부불경제를 해결하기 위해 시장 메커니즘을 도입한 환경정책으로 거래를 통해 최소비용으로 온실가스 감축이라는 정책 목표를 달성하게 해준다(박호정, 2012). 좀 더 자세히 배출권거래제가 작동하는 모습을 살펴보면, 먼저 온실가스 감축목표가 설정되면 이를 참여자별로 감축 목표를 분배하게 되는데, 이는 감축목표를 달성하기 위한 배출량에 해당하는 수량만큼의 배출권을 참여자별로 할당하는 과정을 통해 이루어진다. 각 참여자는 일정 기간 동안 배출한 온실가스량에 상응하는 배출권을 의무이행 기간 종료 후에 의무이행을 위해 제출한다. 그 과정에서 할당받은 감축목표보다 더 감축한 참여자는 잉여 배출권을 판매할 수 있다. 반대로 감축목표를 달성하지 못한 참여자는 배출권 부족분을 매입해 의무이행을 위해 제출할 수 있을 것이다. 이처럼 배출권은 할당을 통해 감축목표를 부여하는 역할 뿐만 아니라 온실가스 배출량에 상응하는 배출권을 제출함으로써 의무이행을 하는 기능도 한다. 따라서 배출권은 배출권거래제를 운영하기 위한 필수 요소이며 의무이행 기능은 핵심기능이라고 하겠다. 이런 배출권의 핵심기능에 대한 가치는 배출권의 가격에 반영될 것이고 이 의무이행을 위한 제출기능에 제한이 있으면 배출권의 가격 결정에 영향을 미칠 것이다. 국내 배출권거래제의 경우, 계획기간 전체(3년 또는 5년)에 해당하는 양의 배출권을 계획기간 전에 일시에 할당을 하며, 의무이행을 위한 배출권 제출 시에는 해당 이행연도에 할당된 배출권 등으로만 제출할 수 있도록 제한을 두고 있다. 따라서 동일한 현물 배출권 간에도 이행연도별로 세분화되어 현물이지만 이행연도가 다른 배출권이 등장한다. 2015년을 이행연도로 하는 배출권, 2016년을 이행연도로 하는 배출권, 그리고 2017년을 이행연도로 하는 배출권으로 세분화되고 배출권의 핵심적 기능인 의무이행을 위한 제출이 이행연도별로 차이가 발생함에 따라 배출권의 현물 가격에도 이행연도별로 차이가 발생할 것이다.

미국의 산성비프로그램과 캘리포니아 배출권거래제의 선행경매(Advance Auction)에서 이와 비슷한 예를 찾을 수 있다. 1990년 「수정청정대기법(Title IV of the 1990 Clean Air Act Amendments, CAAA)」에 의해 1995년부터 시작된 산성비프로그램은 산성비 문제를 해결하기 위해 황산화물의 주요 배출원인 발전사들로 하여금 1980년 수준의 절반으로 SO₂ 배출을 줄이는 것을 목표로 하고 있다. 동 프로그램은 의무준수에 사용될 수 있는 배출권(allowance)을 여러 방식으로 할당하는데, 연간 할당량의 약 2.8%를 경매를 통해서 공급한다. 이때 50%는 현물로 경매를 하지만 나머지 50%는 선행 경매를 통해 7년 후의 배출권을 미리 경매한다. 선행경매에서 매입한 배출권은 이행연도가 7년 후인 배출권으로 당해 연도 의무이행에는 사용할 수 없고, 7년 후에 배출권의 이행 연도가 도래하면 의무이행에 사용할 수 있다. 그러나 거래는 자유로이 할 수 있다. 그래서 Bailey(1998)는 이렇게 선행경매로 취득하는 '7년 후를 이행연도로 갖는 배출권'을 해당 이행연도를 만기로 하는 선도계약과 같다고 보고 배출권 가격의 기간구조를 편익수익의 개념을 이용해 설명하였다. 즉, 양(+의 편익수익을 가져 배출권 가격은 최근 이행연도의 배출권의 가격이 먼 장래를 이행연도로 하는 배출권의 가격보다 높은 백워드이션(Backwardation) 구조를 갖는다고 한다. 이는 현 이행연도의 배출권이 당해 연도 의무이행에 쓰일 수 있는 반면, 장래 이행연도 배출권은 해당 연도가 되기 전에는 의무이행에 사용할 수 없기 때문이라 판단된다. 국내 배출권거래제의 경우도 이행연도별로 배출권이 구분되고 의무이행도 해당 이행연도의 배출권으로만 할 수 있으므로 배출권 현물의 가격 산정에도 적용할 수 있을 것이다. 반면, EU-ETS의 경우에는 매년 배출권을 할당하고, 의무이행을 위해 매년 배출권을 제출하며, 그 의무이행을 위한 배출권의 이행 연도에 대한 제한도 없으므로 의무이행을 위한 배출권의 제출기능에 이행연도별로 차이가 없으며, 따라서 가격에도 영향을 미치지 않는다.

배출권의 경우에도 배출권 시장이 효율적이란 가정하에 일물일가의 법칙은 적용될 것이다. 즉 동일한 배출권이라면 비록 서로 다른 두 시장에서 거래되더라도 두 시장 간 거래비용의 차이를 감안하면 동일한 가격을 가져야 한다는 것이다(모정운, 양승룡, 조용성, 2005). 그렇지 못할 경우 이는 차익거래의 기회가 된다. 따라서 국내 배출권거래제에서 이행연도별 배출권 현물은 현물 배출권이란 점에서는 동일하지만 이행기별로 의무이행 기능에 차이가 발생하므로 일물일가 법칙에서 말하는 일물로 보기에 는 무리가 있으며, 서로 다른 이행연도를 갖는 배출권 현물 간의 가격 차이는 차익거래(arbitrage)의 원인이 되지 않는다고 하겠다.

국내 배출권거래제는 2015년부터 3년 기간으로 제1차 및 제2차 계획기간을 추진하며, 2021년부터 시작하는 제3차 계획기간부터는 5년 단위로 진행될 예정이다. 제1차 계획기간에 배출권은 각 해당 이행연도 다음 해의 6월말까지 거래가 가능하다⁷⁾. 해당 이행연도의 의무이행 기한말까지 거래할 수 있음을 의미한다. <표 1>을 보면, KAU 15는 2016년 6월말까지, KAU 16은 2017년 6월말까지, 그리고 KAU 17은 2018년 6월말까지 거래가 가능하고, 그 기간 이후에는 해당 배출권은 상장 폐지된다.

표 1 이행연도별 할당배출권 거래기간

거래 종목	1차 계획기간						2차 계획기간	
	2015년 이행연도		2016년 이행연도		2017년 이행연도		2018년 이행연도	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
15년 배출권	거래가능			상장폐지				
16년 배출권	거래가능				상장폐지			
17년 배출권	거래가능						상장폐지	

자료: 한국거래소, 배출권 거래시장 제도 확정, 2014.12.9 보도자료.

국내 배출권거래제의 제도적 특징인 배출권의 할당방식, 의무이행을 위한 배출권의 제출방식, 그리고 유연성 체제의 하나인 차입제도에 대해 현재 운영 중인 해외 배출권 거래제와 비교를 통해 차이점을 살펴본 후 다음 장에서 국내 배출권 현물의 가격 결정 방법에 대해 설명한다.

해외 배출권거래제도 중에서 가장 대표적인 유럽 배출권거래제(EU-ETS)와 현재 운영 중인 캘리포니아 배출권거래제를 중심으로 국내 제도와 비교한다. 국내 배출권거래제의 특징 중 하나가 배출권의 할당방식이다. EU-ETS에서는 매년 2월 28일에 해당 연도의 배출권을 할당하며⁸⁾, 의무이행을 위한 제출에 사용되는 배출권을 해당 이행연도의 배출권으로 제한을 두지 않고 있다. 따라서 EU-ETS에서 거래되는 배출권인 EUA(EU Allowance)는 이행연도별로 구분하지 않고 거래된다. 차입은 따로 인정하지 않고 있으나, 할당을 매년 2월28일까지 실시하고, 그 이후인 4월 30일까지 의무이행을 위한 배출권을

7) 한국거래소 보도자료(2014. 12. 9) 및 배출권 거래시장 운영규정 참조

8) Article 11(National implementation measures), DIRECTIVE 2003/87/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC

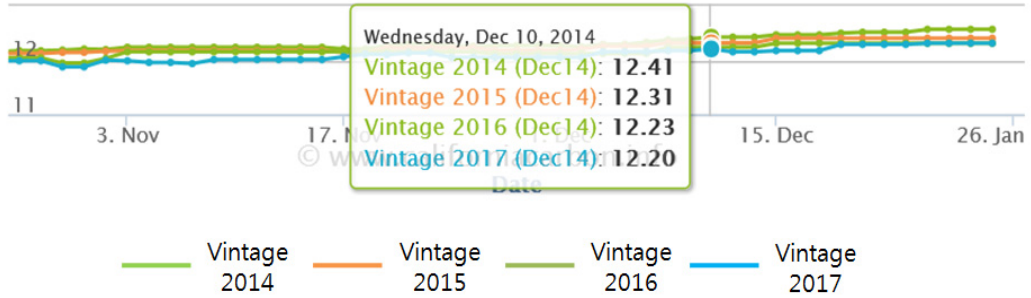
제출하도록 되어 있어 전년도 의무이행을 위해 올해 할당받은 배출권을 사용할 수 있어 실질적으로 차입과 같은 효과를 거두고 있다.

그런데 국내 배출권거래제에서는 주무관청이 계획기간마다 할당계획에 따라 할당대상 업체에 해당 계획기간의 총배출권과 이행연도별 배출권을 할당하고 있다(법12조). 할당은 계획기간 전에 한 차례 실시되는데, 이 때 해당 계획기간 전체에 대한 총배출권이 일시에 할당되며, 할당되는 배출권은 이행연도가 표시가 되어 있어 구분된다. 이렇게 배출권을 이행연도별로 구분하는 이유는 의무이행으로 제출할 수 있는 배출권에 제한이 있기 때문이다. 법 제27조에 따르면, 할당대상업체는 이행연도 종료일로부터 6개월 이내에 인증 받은 온실가스 배출량에 상응하는 배출권(종료된 이행연도의 배출권을 말한다)을 주무관청에 제출하도록 정하고 있다. 이월 또는 차입된 배출권은 각각 그 해당 이행연도에 할당된 것으로 보고 있어(법28) 의무이행에 사용할 수 있다. 그리고 시행령에서 제출 가능한 배출권의 범위를 배출권 제출의무를 지는 온실가스 배출이 이루어진 이행연도 분으로 할당된 배출권, 이전 이행연도에서 이월된 배출권 또는 '다음'9) 이행연도에서 차입한 배출권과 상쇄배출권으로 제한하고 있다.

캘리포니아 배출권거래제의 경우는 할당을 몇 가지 유형으로 구분해 실시하고 있는데, 일부 업종을 위한 무상할당, 해당 이행연도 분의 경매, 선행 경매(Advance Auction) 등이 있다. 그 중 선행 경매는 3년 후의 할당량의 10%를 1년 동안 분기별로 나누어 경매를 하는데, 이를 통해 매입한 배출권은 장래 이행연도의 배출권이므로 전년도 의무이행에는 사용하지 못한다. 즉, 제출의무를 이행해야 하는 연도와 그 이전에 발행된 배출권으로만 의무이행을 위해 제출할 수 있다. 예를 들면, 2014년도 배출에 대한 제출의무를 2015년 11월 1일에 이행할 때 사용할 수 있는 것은 2013년과 2014년에 발행된(vintage) 배출권이다. 이런 이유로 캘리포니아 배출권거래제의 배출권인 CCA (California Carbon Allowance)는 이행연도(vintage)별로 다른 가격으로 거래될 것으로 기대된다. <그림 3>은 서로 다른 이행연도의 캘리포니아 배출권을 기초자산으로 한 2014년 12월 만기 선물 가격의 2014년 10월 말부터 2015년 1월 말까지의 가격 추이를 보여 주는데, 이행연도가 빠른 배출권을 기초자산으로 한 선물의 가격이 이행연도가 보다 늦은 배출권을 기초 자산으로 한 선물가격보다 높은 구조(Backwardation)를 보이고 있다.

9) 각주 4) 참조.

그림 3 캘리포니아 배출권(CCA) Vintage별 동일 만기 선물 가격



자료: <http://californiacarbon.info/cca/>, 2015.1.27 캡처.

<표 2>는 배출권 가격 결정에 영향을 미칠 것으로 예상되는 할당방식, 의무이행 방식 및 차입제도에 대해 국내 배출권거래제와 해외 배출권거래제를 비교하였다.

표 2 한국, 유럽, 캘리포니아 배출권거래제의 주요 내용 비교

구분	한국	유럽	캘리포니아
개요			
1차 계획기간	2015 - 2017	2005 - 2007	2013 - 2014
2차 계획기간	2018 - 2020	2008 - 2012	2015 - 2017
3차 계획기간	2021 - 2025	2013 - 2020	2018 - 2020
- 감축목표	- 2020년까지 BAU 대비 30% 감축	- 2020년까지 2005년 대비 21% 감축	- 2020년까지 1990년 수준으로 감축
- 참여대상	- 23개 업종의 525개 업체	- 28개 회원국 및 기타 37개국의 발전 및 제조업의 11,000여 개 시설 및 항공부문	- 350여 개 기업의 600여 개 사업장
- 대상온실가스	- CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , HFCs, PFCs	- CO ₂ , N ₂ O, PFCs	- CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , HFCs, PFCs, NF ₃ , 기타 fluorinated gas
할당방식	- 계획기간 전 계획기간 전체에 대해 할당 - 배출권에 할당되는 이행연도 표시(영17.2)	- 매 이행연도 2월28일까지 해당 이행연도분 할당 - 3기부터는 경매가 주요 할당 방식으로 2027년까지 무상할당 축소 후 폐지	- 발전을 제외한 전력산업과 산업시설에 대한 무상할당 (점차 감소)과 경매(분기별)

기간구조에 따른 국내 배출권의 이행연도별 가격 분화

구분	한국	유럽	캘리포니아
제출방식	- 매 이행연도 다음 해 6월말 까지 제출 - 해당 이행연도분으로 할당된 배출권, 이월된 배출권, 다음 이행연도에서 차입한 배출권 및 상쇄배출권으로만 제출	- 매 이행연도 다음 해 4월 30일까지 제출 - 할당 배출권(EUA)과 상쇄 배출권	- 계획기간 내: 전년도 배출량 (보고 데이터 기준) 대비 30% - 계획기간 후 2015, 2018, 2021에 잔여분(검증 데이터 기준) - 할당 배출권과 상쇄배출권 (사전 경매 배출권 제외)
차입방식	- 제출해야 하는 배출권의 10%를 다음 이행연도의 배출권으로 부터 차입	- 불허 - 전년도 제출의무 전에 할당을 하므로 차입과 같은 효과 발생	- 불허 - 제출의무를 이분하고 Advance 경매를 실시하여 차입과 같은 효과 발생

표 3 산성비 프로그램의 경매 결과

(단위: US\$)

연도	Current Auction	7 year Advance Auction	연도	Current Auction	7 year Advance Auction	연도	Current Auction	7 year Advance Auction
1993	131.00	122.00	2001	173.57	105.72	2009	62.00	6.63
1994	150.00	140.00	2002	160.50	68.00	2010	36.20	1.69
1995	130.00	126.00	2003	171.80	80.00	2011	2.00	0.16
1996	66.05	63.01	2004	260.00	128.00	2012	0.56	0.12
1997	106.75	102.15	2005	690.00	260.00	2013	0.17	0.04
1998	115.01	108.30	2006	860.07	241.67	2014	0.35	0.04
1999	200.55	167.55	2007	433.25	176.00			
2000	126.00	55.27	2008	380.01	131.50			

자료: <http://www.epa.gov/>.

그 밖에 산성비의 주요 원인인 이산화황(SO₂)의 배출을 감축하기 위해 미국에서 1995년에 도입된 시장 메커니즘인 산성비 프로그램에서도 캘리포니아 배출권거래제와 같이 선행경매(Advance Auction)제도를 채택하고 있다. 매년 현물 경매(Current Auction)와 선행경매를 한 차례 실시하는데, 선행경매에서는 7년 후를 이행연도로 하는 배출권을 판매한다. 이때 선행경매에서 판매된 배출권은 해당 이행연도가 도래할 때까지 의무이행에는 사용할 수 없으나 거래는 가능하다. 장래 이행연도의 배출권을 미리 거래할 수 있지만 의무이행에는 사용할 수 없다는 점은 국내 배출권의 경우와 같다.

<표 3>은 삼성비 프로그램의 연도별 경매 낙찰가격을 보여주는데 현물 경매에서의 낙찰 가격이 선행경매의 경우 보다 높은 것을 알 수 있다.

이상과 같은 사례는 배출권을 이행연도별로 구분하고 의무이행을 위한 제출 시에도 이행 연도별로 제한을 두고 있는 국내 배출권거래제에 시사하는 바가 크다. 다음 장에서 국내 배출권거래제도의 특성을 고려한 이행연도별 배출권의 가격 산정 방법에 대해 살펴본다.

III. 배출권 현물 및 선물의 가격 산정 방법

1. 방법론

일반적으로 선물가격과 현물가격 간의 관계를 설명하기 위해 보유비용(cost of carry) 모델을 사용한다. 보유비용은 보관비용과 자본조달에 드는 이자비용의 합에서 해당 자산으로부터 발생하는 수익을 차감한 것으로 표현된다. 따라서 이행연도가 특정된 배출권의 특성상 장래 이행연도의 배출권과 현재 이행연도의 배출권의 관계가 선물과 현물의 관계와 비슷하므로 보유비용 모델을 이용해 이행연도별 배출권의 가격 간의 관계를 설명한다. 배출권의 경우, 저장비용이 거의 들지 않으므로 보유비용(cost of carry) 모델을 이용해 현선물간의 관계를 편의수익을 고려하여 다음과 같이 나타낼 수 있다(Chevallier, 2009; Chang, 2013).

$$F_T = S_t e^{(r-cy)(T-t)}$$

위 식으로부터 편의수익 cy 를 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$cy = r - \ln(F_T/S_t)/(T-t)$$

편의수익은 또한 다음과 같이 계산할 수 있다. 배출권 현물을 보유하고 선물을 매도하는 경우의 수익은 동일한 현물을 팔아 무위험자산에 투자했을 경우의 수익과 같아야 하므로 다음과 같이 나타낼 수 있다(Bailey, 1998; Pindyck, 2001).

$$F_T - S_t + cy = r S_t$$

F_T 는 만기 T 의 선물가격, S_t 는 t 시점의 현물가격, cy 는 편익수익, r 은 무위험 이자율을 의미한다. 편익수익은 현물가격에 무위험 수익을 더한 값에서 선물가격 빼 것과 같다. 다시 말해, 기대현물가격과 선물가격의 차이가 편익수익에 해당한다고 하겠다.

$$cy = S_t + rS_t - F_T = (1+r)S_t - F_T$$

이는 이산적인 경우고 연속적인 경우에는 $cy = S_t e^{r(T-t)} - F_T$ 과 같이 나타낼 수 있다(Trück, Hardle, Weron, 2014).

앞서 살펴본 캘리포니아 배출권거래제, 산성비프로그램, 그리고 국내 배출권거래제에서는 t 연도의 의무이행을 위해서는 이행연도가 t 인 배출권을 보유하고 있어야 하며, 비록 이후 연도($t+\alpha$)를 이행연도로 하는 배출권을 보유하고 있다고 하더라도 의무이행에는 사용할 수 없다. 이와 같이 현재 이행연도의 배출권을 보유함으로써 갖는 편익을 편익수익으로 볼 수 있으며, 이를 반영하여 선물가격을 구하는 방법인 보유비용 모델을 이용해 이행연도별 배출권 가격을 산정할 수 있다. 이 편익수익이 충분히 크다면 이행연도가 최근인 배출권 현물의 가격이 늦은 이행연도를 가진 배출권 현물에 비해 높을 것으로 예상된다. 즉, 최근 이행연도일수록 의무이행에 대한 제약이 감소하므로 배출권의 가격은 상승할 것이다. 예를 들면, 2015년 이행연도에 대한 의무이행 기한인 2016년 6월말까지는 2015년을 이행연도로 하는 배출권만이 의무이행에 제공될 수 있으므로 2015년 배출권의 가격이 2016년이나 2017년을 이행연도로 하는 배출권의 가격보다 높을 것이다. 그러나 2016년 6월말 이후에는 2015년을 이행연도로 하는 잔여 배출권은 이월되어 2016년을 이행연도로 하는 배출권으로 간주되므로 둘의 가격에 차이가 없으나, 2017년을 이행연도로 하는 배출권의 가격보다는 높을 것이다. 동일 분석시점에서 이행연도가 다른 배출권 현물가격 간의 관계를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$S_i > S_j \quad \text{단, } i < j \quad (1)$$

S 는 현물(spot)을 나타내며, 하첨자 중 i 와 j 는 이행연도(vintage)를 의미하므로 식 (1)은 이행연도가 빠른 현물이 이행연도가 늦은 현물보다 가격이 높음을 의미한다. 즉 $S_{15} > S_{16} > S_{17}$ 와 같은 모습을 보일 것이다.

배출권을 기초자산으로 하는 선물 가격에 대해 살펴본다. F는 선물(futures)을 의미하며, 하첨자는 선물의 만기를 나타내며 괄호 안은 기초자산을 의미한다. 즉 $F_{15}(S_{16})$ 는 이행연도가 2016년인 배출권을 기초자산으로 한 2015년 12월이 만기인 배출권 선물을 의미한다. 배출권 선물의 가격이 콘탱고(Contango)일 경우에는 원월물이 근월물에 비해 가격이 높을 것이며, 만기가 동일할 경우에는 기초자산의 가격이 선물가격에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} F_m(S_i) &< F_n(S_i) && \text{단, } m < n \\ F_m(S_i) &> F_m(S_j) && \text{단, } i < j \end{aligned} \quad (2)$$

마찬가지로 선물가격이 백워드이션(Backwardation)이라면 다음과 같을 것이다.

$$\begin{aligned} F_m(S_i) &> F_n(S_i) && \text{단, } m < n \\ F_m(S_i) &> F_m(S_j) && \text{단, } i < j \end{aligned} \quad (2.1)$$

그런데 서로 다른 이행연도를 가진 배출권을 기초자산으로 하는 서로 다른 만기를 가진 선물가격 간의 관계는 기초자산의 가격과 선물가격에 영향을 미치는 편의수익에 따라 달라 지므로 일률적으로 말할 수 없다.

이행연도가 다른 배출권 현물들 간의 관계에 대해 살펴본다. 이행연도가 같다면 배출권 현물들 간에 가격 차이가 발생하지 않는다. 다음 연도를 이행연도로 하는 배출권 현물은 해당 연도가 되면 의무이행을 위한 제출에 제한이 없어진다. 그리고 다음 이행연도에서 이번 이행연도로 차입된 배출권은 이번 연도 의무이행에 사용될 수 있으므로 이번 이행 연도의 배출권 현물과 동일하게 취급되며, 이는 거래법 제28조제4항¹⁰⁾에서도 확인할 수 있다. 따라서 차입한 배출권은 이번 이행연도의 배출권 현물과 동일한 가격으로 거래 될 것이다. 그리고 차입되지 않고 남은 나머지 배출권의 가격은 보유비용 모델에 의해 결정된다. 그런데 실제 차입이 이루어지기 전까지는 차입될 배출권의 수량을 알 수 없다¹¹⁾. 다만 이행연도의 의무이행을 위해 제출할 배출권의 10%를 한도로 차입할 수 있으므로

10) ~ 이월 또는 차입된 배출권은 각각 그 해당 이행연도에 제12조에 따라 할당된 것으로 본다.

11) 거래법령에 의하면, 이행연도 종료일로부터 6개월 이내에 배출권을 제출해야 하며, 온실가스 배출량 인증은 이행연도 종료 일로부터 5개월 이내에 통지하는데, 이때부터 10일 이내에 차입 신청서를 제출하면 배출권 제출기간 10일 전까지 승인여부가 결정된다. 이렇게 차입이 승인되면, 주무관청이 차입된 배출권을 해당 할당대상업체의 거래계정으로부터 배출권 제출을 위한 계정으로 이전해 폐기한다. 따라서 이행연도 종료 직전에야 정확한 차입 배출권 수량을 알 수 있을 것이다.

그 최대치를 예상할 수 있을 것이다. 그러나 이런 예측도 실제 온실가스 배출량의 인증 결과에 따라 달라지므로 정확한 값은 아니다. 따라서 분석을 위해서 예상 차입량에 대한 추정 내지 가정이 필요하다.

Bailey(1998)와 Helfand, Moore, Liu(2007)에 의하면, 장래 이행연도의 배출권은 일종의 선도계약과 같으므로 그 가격은 현재 이행연도 배출권 현물의 가격에서 편의 수익(convenience yield)을 제한 것과 같다고 한다. 일반적으로 상품선물가격 내지 선도가격을 구할 때, 현물가격에 보유비용을 더해서 구하는데, 이때 보유비용은 투자 비용에서 투자수익을 빼서 구한다. 여기서 편의수익을 투자수익으로 보고, 이 투자 수익이 투자비용보다 크다고 보게 되면 Bailey(1998)와 Helfand, Moore, Liu(2007)과 같은 결과를 얻을 수 있다. 배출권의 경우 보관비용이 거의 들지 않으므로 이자율과 편의수익(convenience yield)만을 고려한다.

분석시점이 2015년일 때 이행연도가 2016년인 배출권 현물가격을 구하는 경우를 예로 살펴본다. 2016년을 이행연도로 하는 배출권은 2015년 의무이행에는 사용할 수 없으므로 2015년을 이행연도로 하는 배출권은 2016년을 이행연도로 하는 배출권에 비해 보유편익을 갖고 있다. 즉 장래 이행연도에 비해 현 이행연도의 배출권이 보유 편익을 갖고 있고 이로 인해 장래 이행연도의 배출권의 현물가격보다 현 이행연도의 배출권 현물가격이 높게 형성된다. 먼저 차입이 없는 경우에는 2016년을 이행연도로 하는 배출권의 가격은 2015년이 이행연도인 배출권에 이자율과 보유편익인 편의수익을 고려하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_{16} = S_{15} e^{(r - \delta_1)(T - t)}$$

r 은 무위험이자율, δ_1 는 편의수익을 나타낸다. 편의수익이 무위험 이자율보다 클 경우에는 $r - \delta_1$ 가 음의 값을 가져 할인의 효과가 생기고, 이자율이 더 클 경우에는 양의 값을 가져 할증한 효과를 갖는다. 일반적으로 공급이 충분하지 못하거나 불안정할 경우에는 보유편익이 상당히 커 $r - \delta_1$ 는 음의 값을 가질 것이다. 편의수익은 직접 측정할 수는 없고, 이자율조정베이스(interest adjusted basis)나 옵션가치(option pricing)로 근사치를 구할 수 있으며(김수현, 김지효, 허은영, 2014), 옵션가치에 의한 국제 배출권 시장에서의 편의수익은 현선물 가격 스프레드 및 그 변동성과 강한 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다(Chang, 2014).

다음으로 국내 배출권거래제는 차입을 허용하고 있으므로 이를 고려하면, 2016년 할당량 중 2015년 의무이행을 위해 차입된 배출권은 2015년 현물가격과 동일할 것이며 나머지 배출권은 보유비용 모델에 의해 구할 수 있으므로 이행연도가 2016년인 배출권 현물의 가격은 2015년 배출권 현물가격과 2015년 배출권 현물가격을 적절히 조정한 가격의 조합이 될 것이다.

$$S_{16} = bS_{15} + (1-b)S_{15}e^{(r-\delta_1)(T-t)}$$

S 는 현물가격, b 는 차입대상 연도의 할당량에서 차입량이 차지하는 비중을 표시하며, 이 식을 일반화하면 식 (3)과 같다. 즉 분석대상 배출권(S_j)이 분석일이 속한 이행연도의 의무이행을 위해 차입할 수 있다면, 그 차입되는 부분(b)은 분석일이 속한 연도의 의무이행을 위해 사용할 수 있는 배출권의 현물가격(S_i)과 같을 것이며, 차입되는 부분을 제외($1-b$)한 분석대상 배출권의 가격은 할인율(r)과 편익수익(δ_1)을 고려한 선물가격과 같을 것이다. 따라서 장래 이행연도의 배출권 현물가격은 의무이행에 제약이 없는 배출권 현물가격과 선물가격을 차입률에 의해 가중 평균한 가격으로 나타낼 수 있다.

$$S_j = bS_i + (1-b)S_i e^{(r-\delta_1)(T-t)} \quad (3)$$

단, $j-i > 1$ 이면, $b=0$

j 는 분석대상 배출권의 이행연도, i 는 분석일(t) 현재 의무이행에 제약 없이 사용할 수 있는 배출권의 이행연도, T 는 분석대상 배출권의 직전 이행연도 배출권의 거래 가능 기한¹²⁾, S_j 는 분석시점 t 에서 이행연도가 j 인 배출권 현물의 가격을 의미하며 S_i 는 분석시점에서 의무이행에 제약이 없는 배출권 현물의 가격을 나타낸다.

차입대상 연도의 할당량에서 차입량이 차지하는 비중을 나타내는 b 는 아래 식 (4)와 같이 계산할 수 있다. 이때 Q_i 는 i 연도의 할당량이며, a 는 차입가능 수량으로 $a = (Q_i + \alpha) \times 10\%$ 에 의해 계산되는데, α 는 의무이행연도의 추가 배출량 또는 감축량으로 $Q_i + \alpha$ 는 실제 배출량을 의미하며 10%는 차입한도를 나타낸다.

12) 분석대상 배출권이 실질적인 현물로서 현물가격을 적용받기 직전 시점으로 선물계약의 만기와 같은 역할을 한다. 예를 들면, KAU 16은 2016년 6월말 이후가 되면 의무이행에 제약이 없어진다.

표 4 거래가능 구간별 이행연도별 배출권 가격 산정 방법

구간	구체적 예시	
구간 I	S_{15}	S_{15} 는 현물가격
	S_{16}	$S_{16} = bS_{15} + (1-b)S_{15}e^{(r-\delta_1)(T-t)}$, $T= 2016. 6. 30$, $t = \text{분석일}$
	S_{17}	$S_{17} = S_{15}e^{(r-\delta_1)(T-t)}$, $T= 2017. 6. 30$, $t = \text{분석일}$
구간 II	S_{15}	S_{15} 는 이월되어 S_{16} 에 포함
	S_{16}	S_{16} 은 현물가격
	S_{17}	$S_{17} = bS_{16} + (1-b)S_{16}e^{(r-\delta_1)(T-t)}$, $T= 2017. 6. 30$, $t = \text{분석일}$
구간 III	S_{16}	S_{16} 는 이월되어 S_{17} 에 포함
	S_{17}	S_{17} 은 현물가격

다음으로는 서로 다른 이행연도를 갖는 배출권을 기초자산으로 하는 선물의 가격결정 방법에 대해 살펴본다. 일반적으로 상품을 기초자산으로 하는 선물가격은 현물가격에 보유비용을 합한 것으로 나타낼 수 있는데 이를 보유비용모델이라 한다. F_m 는 분석시점(t)에서의 만기 m 의 선물가격, S_t 는 분석시점(t)의 기초자산의 현물가격이고 차입 및 대출이자율이 무위험이자율인 r 과 동일하며 편익수익은 앞서 살펴본 이행연도별 배출권 현물가격 산정 시 사용한 편익수익 δ_1 과 구분하기 위해 δ_2 라고 하면, 이론적 선물가격은 다음과 같다(김석진 외, 2008).

$$F_m = S_t e^{(r-\delta_2)(m-t)}$$

이는 만기가 가까운 근월물과 만기가 보다 먼 원월물 사이에서도 성립하며, 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{m'} = F_T e^{(r-\delta_2)(m'-T)}$$

일반적인 선물가격 결정 모형을 이용해 각기 다른 이행연도를 가진 배출권 현물을 기초자산으로 하는 배출권 선물의 가격을 구할 수 있다. 기초자산의 현물가격은 앞서 구한 이행연도별 배출권 현물가격을 이용한다. 분석시점(t)에서 이행기가 j 인 배출권 현물을 기초자산으로 하는 만기 m 인 선물 F 의 가격은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_m(S_j) = S_j e^{(r-\delta_2)(m-t)} \quad (5)$$

단, $i \leq j$, $i, j = '15, '16, '17$

예를 들면, 분석시점이 2015년일 경우 KAU 16을 기초자산으로 하는 2015년 12월 만기 선물 가격은 KAU 16 현물가격을 이용해 다음과 같이 구할 수 있다¹³⁾.

$$S_{16} = bS_{15} + (1-b)S_{15} e^{(r-\delta_1)(T-t)}$$

$$F_{15}(S_{16}) = S_{16} e^{(r-\delta_2)(m-t)}$$

$$= bF_{15}(S_{15}) + (1-b)F_{15}(S_{15}) e^{(r-\delta_1)(T-t)}$$

배출권을 기초자산으로 하는 선물가격을 계산하는 구체적인 방법은 선물의 만기와 기초자산의 이행연도에 따라 달라진다. 선물의 만기와 기초자산인 배출권의 이행연도 간의 관계에 대해 살펴보면, 선물의 만기보다 이행연도가 빠른 경우에는 해당 만기가 도래하면 기초자산인 배출권은 만기가 속한 이행연도로 이월되므로 선물의 만기보다 빠른 이행연도를 갖는 배출권을 기초자산으로 하는 선물은 현실적으로 만들 수가 없다. 예를 들어, 이행연도가 2015년인 KAU 15를 기초자산으로 해서 만기가 2017년 12월인 선물을 만들면, KAU 15는 2016년 6월말 이후에는 KAU 16으로 이월되고, 2017년 6월말 이후에는 KAU 17로 이월되기 때문에 선물 만기일에 실물인도를 한다고 하면 인도되는 배출권은 KAU 17이 될 것이다. 따라서 현실적으로 $F_{17}(S_{15})$, $F_{17}(S_{16})$, $F_{16}(S_{15})$ 는 $F_{17}(S_{17})$, $F_{16}(S_{16})$ 과 같다. 그러나 옵션의 경우, 특히 행사를 언제든지 할 수 있는 아메리칸 옵션의 경우에는 선물의 경우와 다를 것이다. 비록 옵션의 만기가 정해져 있지만 그 기간 내에 언제든지 옵션을 행사할 수 있으므로 행사시점에 해당 기초자산이 존재한다면 해당 기초자산으로 이행을 하면 되기 때문이다. 다만 기초자산이 이월된 경우에는 이월된 기초자산으로 이행을 하면 된다. 그러므로 선물에서는 의미가 없었던 만기일보다 빠른 이행연도를 갖는 배출권을 기초자산으로 하는 아메리칸 옵션이 가능하다고 하겠다. 이에 대한 논의는 다음 연구과제로 남겨둔다.

이상에서 국내 배출권 거래제도상의 특징을 반영한 배출권 현물의 가격결정 방법과 그 배출권 현물을 기초자산으로 하는 선물의 가격결정 방법에 대해 살펴보았다. 다음

13) 한국거래소는 배출권 선물 상장을 추진하겠다는 계획을 발표하였다.
(http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2015/01/05/2015010502754.html)

장에서는 배출권 가격 데이터를 이용해 이행연도에 따라 배출권 가격이 어떻게 세분화 되는지 시뮬레이션 한다.

2. 시뮬레이션

국내 배출권거래제는 2015년부터 도입되어 같은 해 1월 12일부터 배출권 거래소가 개장하였으나 분석시점까지 거래기간이 짧아 앞서 만든 모델을 이용해 분석하기에는 데이터가 충분히 축적되어 있지 않다. 따라서 현재 가장 큰 배출권 거래시장인 EU-ETS의 거래 데이터를 이용해 이행연도별 배출권 가격에 대해 시뮬레이션 한다. 배출권 데이터는 포인트카본이 제공하는 2010년 1월 4일부터 2012년 12월 21일까지의 EUA 현물 가격의 일별자료를 이용하였으며, 이를 2014년 평균환율인 1,398.82원/유로로 환산하여 사용하였다. 이렇게 환산된 EUA 현물가격은 KAU 15(이행연도가 2015년인 할당배출권)의 현물가격을 나타내는 것으로 보고 이를 기준으로 다른 이행연도의 배출권 가격을 산정한다. 다음으로 필요한 것은 차입량 비중(b)을 계산하기 위한 실제 배출량과 차입량에 대한 데이터이다. 그런데 이들 데이터는 실제 이행연도를 지나야 정확한 수치를 파악할 수 있으므로 분석을 위해 다음과 같은 가정이 필요하다. <표 5>에서 보는 바와 같이 이행연도(t)별로 예비분을 제한 사전 할당량만큼을 기본 배출량으로 하고 거기에 추가적으로 배출 또는 감축이 발생한다고 가정하여 이를 고려해 이행연도별 배출량을 산정한다.

표 5 제1차 계획기간 배출권 총수량 및 할당량

(단위: KAU)

구분	이행연도			계획기간 총수량
	2015년	2016년	2017년	
배출권 총수량	573,460,132	562,183,138	550,906,142	1,686,549,412
사전 할당량	543,227,433	532,575,917	521,924,398	1,597,727,748
예비분	88,821,664			

자료 : 환경부, 2014.

이렇게 구한 이행연도별 배출량에 해당하는 수량만큼의 배출권을 의무이행으로 제출해야 하는데, 이 제출해야 할 배출권 수량의 10%를 한도로 다음 이행연도($t+1$)로부터 차입할 수 있다. 따라서 이 차입한도만큼 차입이 발생한다고 가정하고, 차입량을 산정한다.

후 다음 이행연도의 할당량으로 나눠 차입량 비중(b)을 구한다. 동일한 과정을 거쳐 다음 연도($t+2$) 차입량 비중을 구할 수 있다. 이때 상쇄배출권을 고려할 수 있는데, 상쇄 배출권을 고려하기 위해서는 할당배출권보다 상쇄배출권의 가격이 낮다는 것이 전제가 되어야 한다. 이로 인해 배출권 부족분을 먼저 상쇄배출권으로 충당한 후 그래도 부족분이 있을 경우에 차입하므로 상쇄를 고려치 않았을 때보다 차입량은 감소하나, 이행연도별로 배출권의 가격이 세분화됨을 보여주는 데 큰 영향을 주지 않으므로¹⁴⁾ 논의의 전개를 간략히 하기 위해 상쇄배출권을 고려하지 않기로 한다.

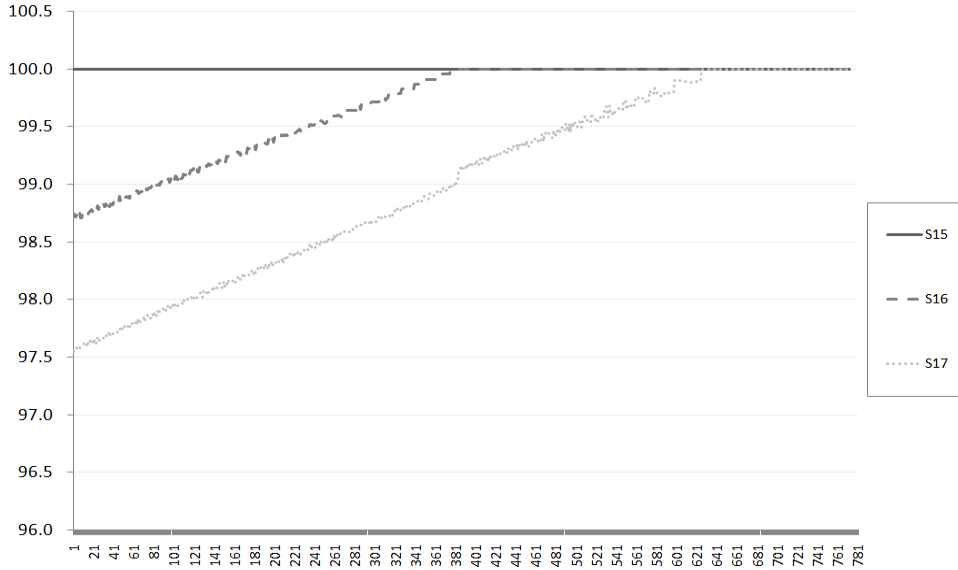
사전 할당량에 비해 약 15%정도 추가 배출이 발생한다고 보면, 차입량 비중은 약 11.73%이다. 2016년 추가 배출율도 2015년과 동일한 것으로 가정한다. 무위험이자율은 2%, 편의수익률은 3%를 기본 시나리오¹⁵⁾로 두고 분석하였으며, 편의수익률과 추가 배출(감축)율의 변동에 따른 배출권의 가격 변화도 함께 살펴본다. 이행연도별 배출권은 다음 이행연도 6월말까지 거래되는 것으로 보았다. 앞서 생성한 KAU 15의 현물가격을 식 (3)에 대입해 KAU 16과 KAU 17의 현물가격을 구한다. <그림 5>, <그림 6>, 그리고 <그림 7>은 이행연도별 배출권 현물의 가격, 각 현물가격 간의 스프레드와 이행연도별 배출권 현물을 기초자산으로 하는 선물가격의 추이를 나타낸다.

<그림 5>는 이행연도별 배출권 현물가격 중 KAU 15의 가격을 100으로 봤을 때, 즉 분석시점별 현물가격을 100으로 두고 환산한 가격을 이용해 분석한 결과를 보여주고 있다. 분석에 사용한 배출권 가격 데이터가 국내 배출권 가격의 실제 데이터가 아니고, KAU 15의 가격을 기준으로 환산한 상대적 가격을 사용하더라도 이행연도별로 배출권 현물가격 간에 차이가 발생함을 보이는 데 무리가 없어 상대적 가격을 사용하였다. 실제 가격 대신 상대적 가격으로 나타냈을 때 가격 수준의 영향을 제거한 스프레드의 크기를 파악할 수 있는 이점이 있다. 이행연도별 배출권 현물가격 그래프인 <그림 5>에 의하면, 의무이행에 사용할 수 없는 배출권의 가격이 의무이행을 위한 제출기한에 가까워짐에 따라 의무이행에 제한이 없는 배출권의 현물가격에 접근하고 있으며, 그 제출기한이 지나면 제한이 없는 배출권 현물과 무차별하게 됨을 알 수 있다.

14) 의무이행을 위한 배출권의 부족분을 상쇄배출권으로 얼마나 충당하는가에 따라 차입률은 영향을 받는다. 상쇄배출권으로 충당하는 양이 늘면, 차입률은 감소하고 이를 이용해 산정한 장래 이행연도의 배출권 현물가격과 의무이행에 제약이 없는 배출권 현물가격 간의 스프레드는 확대될 것이다. 따라서 상쇄배출권의 사용 여부는 장래 이행연도 배출권 현물가격과 의무이행에 제약이 없는 배출권 현물가격간의 스프레드를 축소하거나 확대하는 데 영향을 줄 뿐 이행연도별로 배출권 현물가격 간에 차이가 발생하는 것을 보이는 데는 영향이 없다.

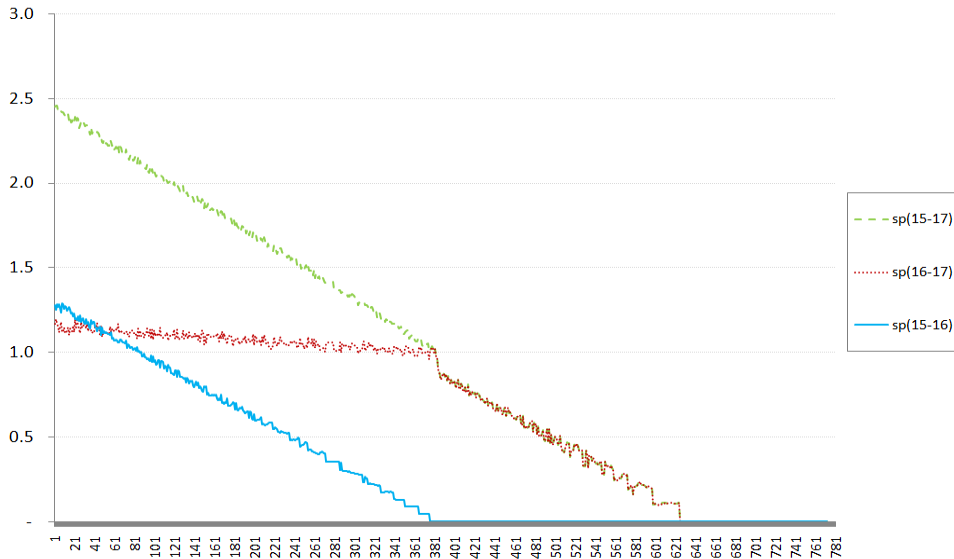
15) 분석 당시 국고채 수익률을 참고하여 무위험이자율은 2%, 편의수익률은 EU-ETS 1기 초반의 편의수익률을 참고하여 3%를 기본 시나리오로 설정함

그림 5 이행연도별 배출권 현물 가격($S_{15} = 100$)



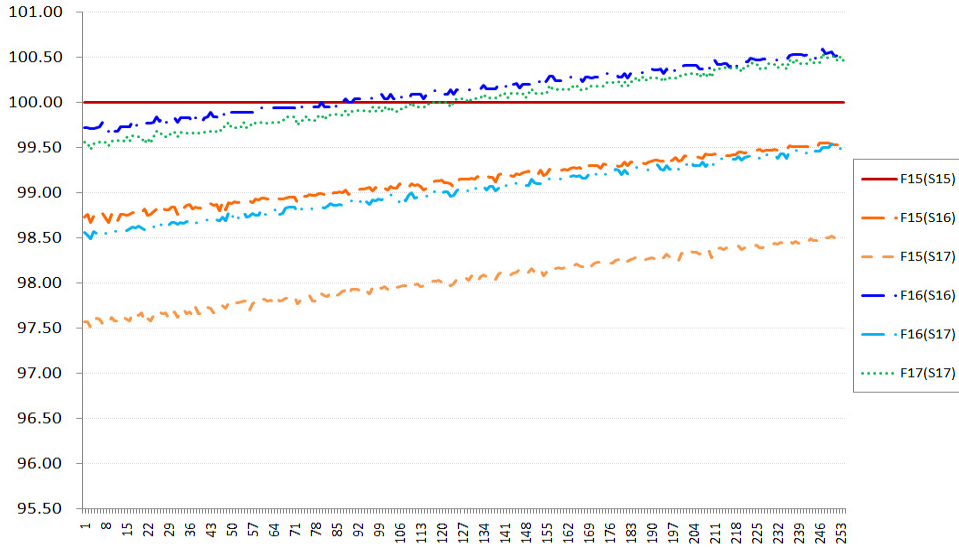
주) 거래일을 기준으로 $r=2\%$, $\delta_1=3\%$, 추가 배출률=15%인 경우에 대해 작성하였으며, 100.0을 지나는 직선은 분석시점별 현물가격($S_{15}=KAU 15$)을 의미한다.

그림 6 이행연도별 배출권 현물 가격 간 스프레드($S_{15} = 100$)



주) 거래일을 기준으로 $r=2\%$, $\delta_1=3\%$, 추가 배출률=15%인 경우에 대해 작성하였으며, sp(15-17)은 2015년 이행연도 배출권 현물가격에서 2017년 이행연도 배출권 현물가격을 뺀 스프레드를 의미한다.

그림 7 이행연도별 배출권을 기초자산으로 한 선물 가격($F_{15}(S_{15}) = 100$)

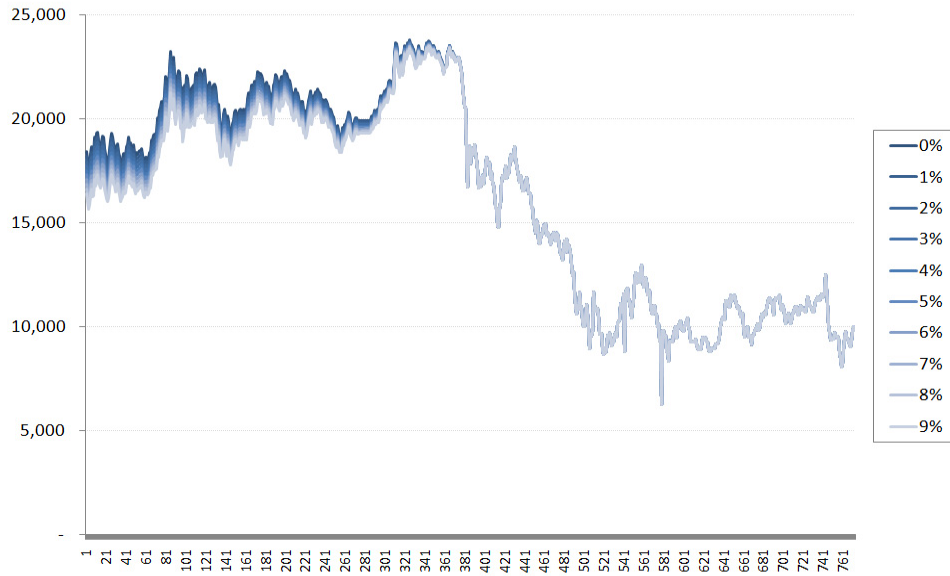


주) 거래일을 기준으로 $r=2\%$, $\delta_1=3\%$, 추가 배출률=15%, 그리고 $\delta_2=1\%$ 인 경우에 대해 작성하였으며, 100.0을 지나는 직선은 2015년 이행연도 배출권을 기초자산으로 하며 2015년말을 만기로 갖는 선물의 가격을 나타낸다.

2015년에 대한 의무이행 기한인 2016년 6월말까지는 KAU 15(=S₁₅)만이 제한이 없는 배출권이며, 2016년 6월말이 다가옴에 따라 KAU 15와 KAU 16 및 KAU 17 간의 스프레드가 축소되다가 2016년 6월말 이후부터는 KAU 16도 의무이행에 제한이 없는 상태가 되어 스프레드는 사라지고 실질적인 현물로 거래되는 것을 <그림 6>에서 확인할 수 있다. 2017년 6월말 이후의 KAU 17의 경우에도 동일한 설명이 가능하다.

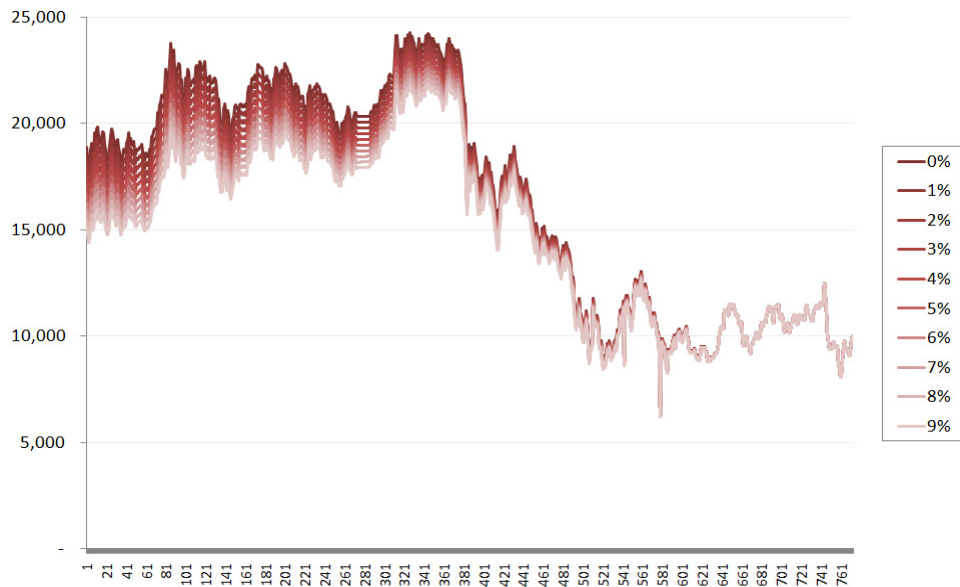
<그림 8>과 <그림 9>는 편익수익(δ_1)이 변함에 따른 2016년과 2017년을 이행연도로 하는 배출권의 가격 변화를 보여주고 있는데, 편익수익이 증가함에 따라 배출권 현물의 가격이 낮아지고 있으며, 특히 이행연도가 더 늦은 배출권(S₁₇)의 경우에는 편익수익의 변동에 따른 배출권 가격의 변화폭이 더 큰 것을 볼 수 있는데, 이는 차입효과로 인한 것이다.

그림 8 편의수익(δ_1) 변동에 따른 S_{16} 가격 변화($r=2\%$, 배출률=15%)



주) S_{16} 은 KAU 16을 의미한다.

그림 9 편의수익(δ_1) 변동에 따른 S_{17} 가격 변화($r=2\%$, 배출률=15%)

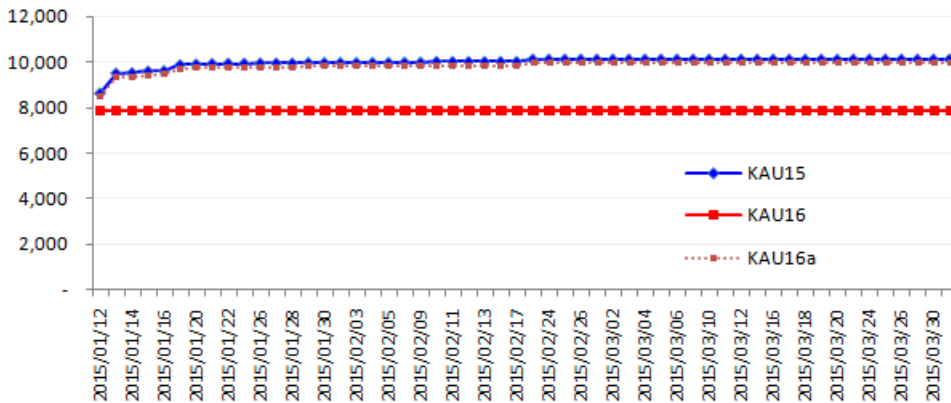


주) S_{17} 은 KAU 17을 의미한다.

배출권 선물가격은 식 (3)을 이용해 구한 이행연도별 배출권 현물가격과 식 (5)를 이용해 산정한다. 무위험이자율은 2%로 동일하게 적용하며, 선물가격 산정 시 사용되는 편익수익(δ_2)은 1%로 콘탱고(Contango)의 기간구조를 가정했다. 이는 이미 이행연도별 배출권의 가격을 산정할 때 편익수익(δ_1)이 고려되기도 했고, 배출권 현물을 보유함에 따른 편익 중 가장 큰 부분인 의무이행을 위한 제출은 특정 시기에만 한정된 것으로 선물가격에는 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단했기 때문이다. <그림 7>에서 동일 기초자산의 경우에는 만기가 다른 선물 간에는 콘탱고(Contango) 구조가 유지되면서도, 동일 만기의 선물들 간에는 기초자산의 이행연도에 영향을 받아 백워드이션(Backwardation) 구조를 갖는 것을 볼 수 있다.

아직 국내 배출권 시장 가격 데이터가 분석하기에는 충분하지는 않으나 앞서 살펴본 배출권 가격 결정방식을 적용한 가격과 실제 시장가격을 비교해 보면, <그림 10>과 같이 가격 간에 괴리가 있음을 알 수 있다. 초기에는 6백 원대의 차이를 보였으나 3개월이 지난 시점에는 2천 원이 넘는 가격 차이를 보이고 있다. 비록 KAU 16의 거래물량이 아직 없기는 하나 이론가격보다 상당히 낮게 시세가 형성되어 있음을 알 수 있으며, 시장이 효율적으로 작동되면 지금의 가격차는 해소될 것으로 기대된다.

그림 10 KAU 16의 시장가격 vs. 이론가격



주) KAU 16a는 식 (3)에 의해 계산된 가격이다.

이상에서 이행연도별로 세분화된 배출권의 가격을 산정하는 방법과 실제 적용에 대해 살펴보았다. 서론에서 제기한 이행연도가 다름에도 동일한 가격으로 배출권이 거래되는 것에 대한 질문에 대해, 이행연도가 다르면 그 기능에도 차이가 생기므로 동일하게 다를 수 없으며 가격도 또한 그에 맞게 결정되어야 할 것으로 사료된다. 실제 추가 배출물이 어떻게 될지 불분명하고, 편익수익의 크기를 어떻게 가정하느냐에 따라 가격이 영향을 받지만 큰 틀에서 배출권의 가격이 세분화될 필요성이 있고 그에 대한 방법론을 제공한다라는 점에서 본 연구의 의의를 찾을 수 있다. 그리고 기존 연구에서는 찾아볼 수 없는 차입률을 이용한 배출권 가격 산정 방법은 본 연구의 가장 큰 특징 중 하나라 할 수 있다.

시장에서 배출권 거래가 활발하지 않은 것은 아직 시장이 초기인 탓도 있지만 배출권의 가격에 대한 정보가 부족하기 때문이기도 하다. 따라서 제시된 방법에 의해 이행연도별로 가격을 산출하면 배출권 현물 시장 및 향후 개설하게 될 선물시장에도 보다 세분화된 가격 정보를 줄 수 있어 거래 활성화에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 단일 현물가격에 의할 경우에 발생하는 사회적 후생손실을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 결론

이상에서 국내 배출권거래제의 할당과 의무이행 방식이 어떻게 배출권 가격에 영향을 미치는지 살펴보았다. 국내 배출권거래제는 계획기간 전에 계획기간 전체의 할당량을 일시에 할당할 뿐만 아니라 할당되는 배출권에 이행연도를 부여하여 의무이행을 위한 제출 시에 해당 이행연도 분으로 할당된 배출권만을 사용할 수 있게 제한을 두고 있으며 유연성 메커니즘으로 이월뿐만 아니라 차입을 허용하고 있다. 따라서 배출권의 주요 기능 중 하나인 의무이행 기능에 있어서 이행연도별로 차이가 발생된다. 이는 배출권의 가격에도 영향을 미쳐 같은 현물이지만 이행연도별로 가격이 달라지는 기간구조를 보일 것이라는 전제하에 이행연도별 배출권 가격 산정 방식을 모형화하였다. 할당과 배출권별 이행연도 구분, 의무이행을 위한 배출권 제출 시 배출권에 대한 제한 여부 및 차입 허용 여부가 제도마다 다른데, EU-ETS의 경우에는 매년 할당을 하며, 배출권 제출 시 이행연도에 대한 제한이 없어 EUA 가격이 분화되는 현상을 보이지 않는 반면, 캘리포니아 배출권거래제 및 산성비 프로그램에서는 선행경매(Advance Auction)에서 매입한 장래

이행연도의 배출권을 해당 이행연도 도래 전에는 의무이행에 사용할 수 없게 하고 있어 배출권 가격이 이행연도(vintage)별로 분화되는 모습을 해외 사례를 통해 확인할 수 있었다.

본 연구는 국내 제도의 특징에 기인한 배출권 가격의 분화를 모형화하여 장래 이행연도의 배출권 현물가격을 분석시점에 의무이행에 대한 제한이 없는 현물가격을 이용해 산정할 수 있는 모형을 개발하였으며, 이렇게 계산된 현물가격을 이용해 이행연도가 다른 배출권을 기초자산으로 한 배출권 선물가격을 구하는 방법을 제시하였다. 국내 배출권 가격 데이터가 부족하여 EUA의 가격 데이터를 이용해 시뮬레이션 한 결과, 각 이행연도별 배출권 현물가격이 분화되는 모습을 가시적으로 관찰할 수 있었다. 배출권을 의무이행에 사용할 수 있는 편익을 편의수익으로 보고 무위험 이자율보다 높은 편의수익을 가정할 경우, 최근 이행연도 일수록 배출권 가격이 높은 백워드이션(Backwardation) 구조를 보이며, 각 이행연도간의 스프레드는 의무이행 제약이 해소되는 최종 거래일에 접근함에 따라 축소되는 것을 볼 수 있었다. 이와 같은 배출권 현물가격의 분화 현상은 배출권을 기초자산으로 하는 배출권 선물가격에도 영향을 미치며, 편의수익 및 배출율에 따른 차입률의 변동에 따라 선물가격이 변하는 모습을 확인할 수 있었다.

배출권거래제가 그동안의 준비와 노력 끝에 2015년부터 국내에서 시작되었다. 시행 초기부터 46%에 달하는 할당대상업체가 할당에 대해 이의신청을 하였으며, 비록 배출권 거래소가 지정되어 배출권거래시장이 개장하였으나 시행 초기에는 거래가 활발하지 않을 것으로 전문가들이 예상하는 등의 애로를 겪고 있다. 비록 제도 시행 초기여서 거래가 활성화되지 않고 있으나, 제1차 계획기간에 대해 사전 할당된 약 1,598백만 KAU는 언제든지 거래할 수 있는 상태에 있다. 그리고 거래소가 선물 상품을 상장하게 되면 배출권을 기초자산으로 한 파생상품의 거래도 시작될 것이다. 그러나 이행연도가 다른 배출권들 간에 가격 차이가 없이 동일한 가격으로 거래된다면, 이행연도가 도래해 의무이행에 대한 제약이 해소될 때까지 장래 이행연도의 배출권을 거래할 유인이 낮아 보다 더 얇은 시장(thin market)이 될 것이다. 따라서 제도의 특징을 반영한 적절한 가격 신호를 시장에 줄 수 있는 가격결정 체계의 마련이 필요하다. 본 연구가 제시한 국내 배출권거래제도의 특징을 반영한 배출권 가격 산정 방법은 시장에 적절한 가격 신호를 제공하는 데 기여할 것으로 기대된다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 한계를 지니고 있다. 차입률을 사전에 예측하는 것은 쉽지 않은 작업일 것이다. 차입률을 예측하기 위해서는 감축기술, 거시경제 지표, 개별 할당대상업체별 생산활동 및 배출권 관련 경영의사 결정 등 다양한 요인들에 대한 분석과 전망을 필요로 하기 때문이다. 또한, 분석에서는 제외한 상쇄배출권의 공급량은 차입률을 통해 이행연도별 가격분화의 크기에 간접적으로 영향을 미칠 것이므로 실제 적용 시에는 상쇄배출권에 대한 고려가 포함되어야 할 것이다. 그리고 국내 배출권거래시장의 데이터가 충분히 축적되지 않아 국내 시장 데이터를 이용한 모형 검증이 이루어지지 않았는데, 이는 추후 국내 배출권거래시장 데이터가 충분히 확보되면 검증작업이 수행될 예정이며 모형의 핵심 요소 중 하나인 편익수익에 대한 계측 방법에 대해서도 추가적인 연구가 필요하다.

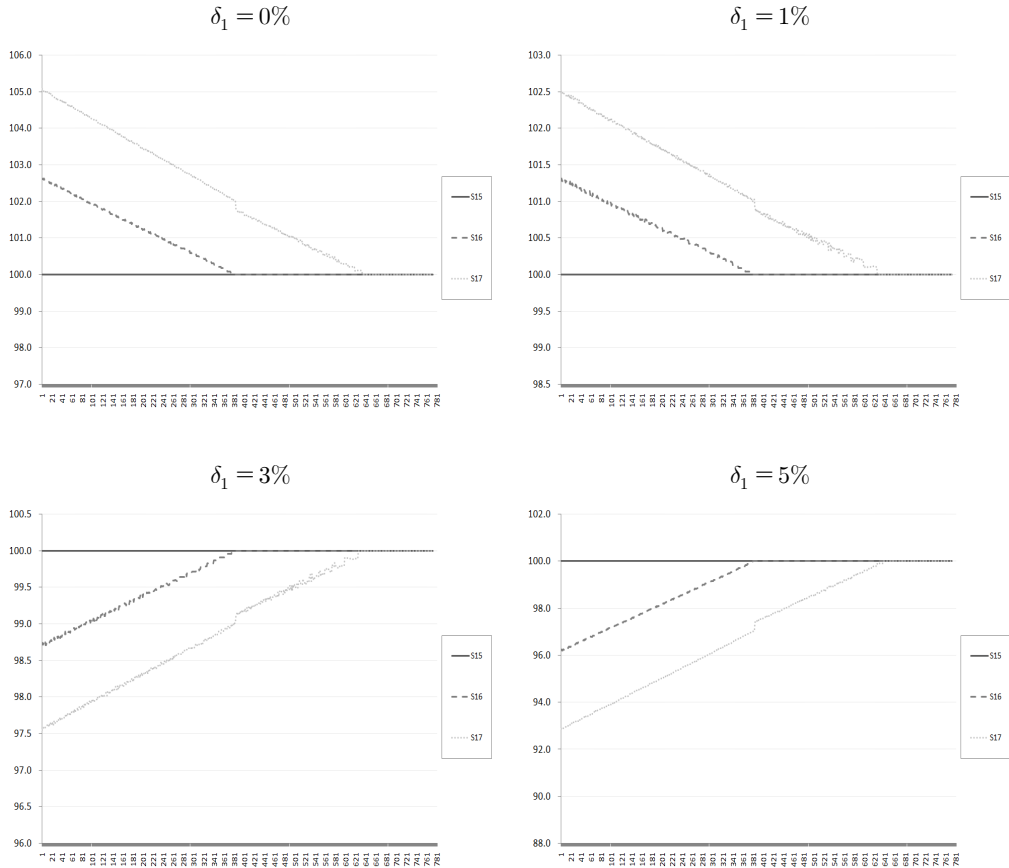
참고문헌

- 김석진, 김태혁, 차명준, 정성창, 김민호, 김희호. 2008. 「글로벌시대 파생상품의 이해」. 청람, pp.105-109.
- 김수현, 김지효, 허은녕. 2004. “국제 에너지 시장의 편의수익 연구”, 『에너지경제연구』 13(2): 71-101.
- 모정윤, 양승룡, 조용성. 2005. “국제 탄소배출권 가격의 일물일가 검정 및 동태적 분석”. 『자원·환경 경제연구』 14(3): 569-593.
- 박호정. 2012. “효과적인 온실가스 감축을 위한 배출권거래제와 탄소세의 비교분석”. 『한국경제의 분석』 18(2): 137-193.
- 한국거래소. 2014. 「배출권 거래시장 제도 확정」. 2014. 12. 9. 보도자료.
- 환경부. 2014. 「국가 배출권 할당계획」.
- Bailey, E. 1998. *Intertemporal pricing of sulfur dioxide allowances*. Working paper, MIT Center for Energy and Environmental Policy Research. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/45080> [2015, Feb. 3].
- Chang, K., and S. S. Wang and K. Peng. 2013. “Mean reversion of stochastic convenience yields for CO₂ emissions allowances: Empirical evidence from the EU ETS” . *The Spanish Review of Financial Economics*, 11(1): 39-45.
- Chang, K. 2014. “Convenience Yield Value of International Emission Allowance Based on Call Options” . *Journal of Computational Environmental Sciences*, 2014.
- Chevallier, J. 2010. *Modelling the convenience yield in carbon prices using daily and realized measures*. halshs-00463921v2. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00463921/en/>[2015, March 30].
- Helfand, G. E., M. R. Moore and Y. Liu. 2007. *The intertemporal market for sulfur dioxide allowances*. Ann Arbor: School of Natural Resources and Environment, University of Michigan. http://sitemaker.umich.edu/micmoore/files/so2_11_27_07.pdf. [2015, Feb. 6].
- Montero, J., A. Ellerman. 1998. *Explaining low sulfur dioxide allowance prices: the effect of expectation errors and irreversibility*. Technical document, Center for Energy and Environmental Policy Research CEEPR – MIT. <http://18.7.29.232/handle/1721.1/45085> [2015, Feb. 3].

- Paoletta, M.,L. Taschini. 2006. *An econometric analysis of emission trading allowances*. Working Paper No. 341. http://www.nccr-finrisk.uzh.ch/media/pdf/wp/WP341_10.pdf. [2015, Feb. 3].
- Pindyck, R. S. 2001. "The dynamics of commodity spot and futures markets: a primer". *The Energy Journal*, 22(3): 1-29.
- Trück, S., W. Hardle and R. Weron. 2014. *The relationship between spot and futures CO₂ emission allowance prices in the EU-ETS*. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2137346 [2015, March 24].

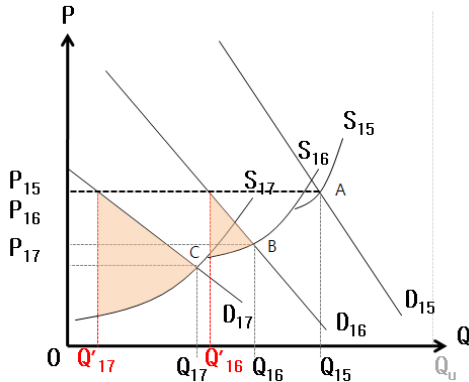
부록 I. 민감도 분석

편의수익(δ_1) 변동에 따른 가격 변화($r=2\%$, 추가 배출률=15%, $\delta_2=1\%$, $S_{15}=100$)

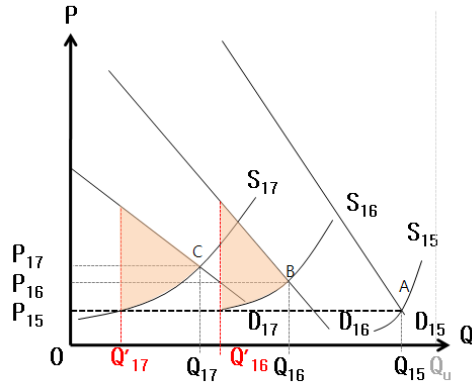


부록 II. 사회적 후생손실

〈그림 II-1〉 백워데이션



〈그림 II-2〉 콘탱고



〈백워데이션의 경우〉

배출권에 대한 수요는 의무이행연도에 해당하는 배출권(KAU15)에 대한 수요가 가장 많을 것이고, 가격 탄력성도 제일 작을 것이다. 다음으로 차입할 수 있는 차년도 배출권(KAU16)에 대한 수요가 클 것이며, 가격 탄력성은 보다 커질 것이다. 마지막 이행연도의 경우에는 차입을 할 수 없다고 본다면 수요는 더 작을 것이며, 가격 탄력성도 또한 더 커질 것으로 예상된다.

공급량은 해당 계획기간의 총할당량(Q_u)의 범위 내일 것이다. 계획기간 내 이행연도 별로 비슷한 수준으로 할당이 이루어지고 감축기술의 급속한 발전으로 해당 계획기간 내에 획기적 감축이 발생하는 것이 아니라면, 이행연도별 배출권의 공급곡선은 비슷한 궤적을 그릴 것으로 예상할 수 있다. 이를 고려한 각 이행연도별 배출권의 수요-공급 곡선은 <그림 II-1>과 같고, 최근 이행연도의 배출권 가격이 높은 백워데이션 구조를 보일 것이다. 이행연도별 배출권의 수요-공급곡선이 이와 같이 백워데이션 구조를 갖는다고 봤을 때, 2015년 배출권의 가격을 단일 현물가격으로 적용한다면, 각 이행연도별 균형가격으로 거래하는 경우에 비해 해당 이행연도의 배출권 거래량이 감소하고 이로 인해 기존의 생산자잉여와 소비자잉여가 감소하여 사중손실(dead weight loss)이 발생해 사회 전체적으로 편익이 감소된다. 그때 감소하는 편익의 전체 크기는 색칠한 부분에 해당한다.

〈콘탱고의 경우〉

경기 불황으로 생산활동이 위축되거나 감축기술의 획기적 발전으로 감축량이 대폭 증가하여 이행연도별 배출권이 충분히 공급될 수 있으면, 보유에 따른 편익이 감소하여 편의수익률이 이자율보다 낮아질 수 있다. 이런 경우 최근 이행연도의 배출권 가격이 먼 이행연도의 배출권 가격보다 낮아지는 콘탱고 구조를 보일 것이다. 이 경우에도 2015년 배출권의 가격을 단일가격으로 적용한다면 백워데이션의 경우처럼 사중 손실이 발생하여 사회적 후생이 감소하게 될 것으로 예상되며, 그 크기는 역시 색깔한 부분에 해당한다.