

배출권거래제 유상할당 증대에 따른 경제적 파급효과 분석

건국대학교 오인하 inhaoh@konkuk.ac.kr

HIGHLIGHTS

- 본 연구는 연산가능일반균형(Computable General Equilibrium, CGE) 모형을 사용하여, 한국이 2030년 감축목표를 달성하면서, K-ETS에서 유상할당의 비중을 늘릴 때, 어떠한 경제적 파급효과가 있을지 분석했다. 유상할당은 발전 부문만을 대상으로 하는 경우와 전체 산업에 대해 하는 경우로 나누어 분석하였다. 파급효과는 GDP, 고용 및 업종별 생산량 등 다양한 지표를 사용하여 나타내었다.
- 분석을 통해 다음과 같은 결과를 도출했다. 첫째, 유상할당 비율의 증가를 통해 GDP 측면의 양의 효과를 얻을 수 있다. 그러나 이러한 효과는 전체 산업에 대해 유상할당 비율을 증가시킬 때 두드러지며 발전 부문만을 대상으로 할 때에는 관찰하기 어려웠다. 둘째, 같은 대상 연도에 대해서 유상할당 비율을 높이면 탄소가격은 감소한다. 셋째, 유상할당 비율의 증가와 배출권 수익의 노동세 감소를 위한 환원은 경제 전체적인 실업률을 낮추는 효과를 가져온다. 넷째, 같은 대상연도에 대해서 유상할당 비율을 높이면 탄소가격이 하락해 발전 부문의 석탄 소비가 늘어나게 되는데 이는 정책의 의도치 않은 효과로 유의할 필요가 있다. 다섯째, 유상할당의 비율의 증가는 온실가스 다배출 산업 생산량의 상대적인 감소를 초래하는 것으로 보인다.

KEY WORDS

배출권거래제, 유상할당, CGE 모형, 경제적 파급효과

1. 서론

1.1. 배경 및 현황

- 한국의 온실가스 총배출량은 2020 년 COVID-19 가 번지면서 654.4MtCO₂eq.로 전년보다 감소했다가 2021 년 676.6 MtCO₂eq.로 다시 증가했다(온실가스종합정보센터, 2024). 이는 총배출량 기준 세계 11 위에 해당한다(Climata Watch, 2024). 한국은 2030 년까지 국내 온실가스 배출을 474.1 MtCO₂eq.까지 줄이고, 해외에서 추가로 37.5 MtCO₂eq.을 감축하여 전체적으로 2018 년 대비 2030 년 배출을 40% 줄이는 국가감축목표(NDC)를 가지고 있다(Kim et al., 2023). 이러한 감축목표 달성을 위해 2015 년부터 배출권거래제(Korea Emissions Trading Scheme, K-ETS)를 시행하고 있다. K-ETS 는 2020 년 전체 국가 배출의 74%를 대상으로 하는 만큼¹ 한국의 NDC 달성을 위한 주요 정책 도구라 할 수 있다(ICAP, 2023).
- 세계 각국의 ETS 는 경제 구조에 따라 서로 다른 형태로 설계되어 있다. K-ETS 의 경우에도 높은 커버리지 외에 다른 특이한 요소를 가지고 있다. 먼저, 배출권의 유상할당 비율이 2023 년 3%로 낮은 편으로² 대부분의 배출권이 무상할당 되고 있다(ICAP, 2023). 이렇게 낮은 유상할당 비율은 EITE(Energy Intensive Trade Exposed) 산업의 경쟁력을 유지하고 탄소누출을 막기 위해서지만, 오염자 부담 원칙에 위배되며 ETS 의 효율적 작동을 저해할 수 있으며(Sijm et al., 2008), 정부의 배출권 판매에 따른 수익을 낮게 만드는 문제가 있다. 따라서 정부는 향후 무상할당되는 배출권을 줄이고 유상할당 비율을 증대시킬 계획을 가지고 있다(ICAP, 2023; Joo et al., 2023; 관계부처 합동, 2023; 더불어민주당, 2024). 한편, 유상할당 비율을 늘릴 때, 논의가 되는 점은 어떤 산업부터 늘릴 것인지에 대한 선택에 관한 사항이다. EU-ETS 의 경우 3 기(2013-2020)에서 발전 부문에 가장 먼저 100% 유상할당을 시행한 바 있는데(ICAP, 2023), 이는 일단 발전 부문의 배출이 많고 적용 가능한 저감 기술이 많으며(IEA, 2020), 국제 경쟁에 노출되어 있지 않기 때문에 탄소누출의 위험이 적기 때문이다(Joltreau and Sommerfeld, 2018). 또한 EU-ETS 의 1 기 및 2 기에서 발전 부문의 무상할당에 의한 횡재이윤에 대한 비판도 발전 부문에 대한 배출권을 우선적으로 유상할당 하게 되는 원인이 되었다(Hobbie et al., 2019). 비슷한 이유로, 한국에서도 유상할당 대상 업종을 선택할 때 발전 부문이 먼저 선택될 가능성이 크다(더불어민주당, 2024).

¹ 이는 국가 단위 ETS 중 가장 높은 커버리지이다. EU-ETS 의 경우 2021 년 총 배출의 38%를 커버한다.

² 정부는 3 차 계획기간 중 유상할당 비율을 10%로 정하였으나, 실제 할당량은 이보다 낮아 2023 년 유상할당 비율은 약 3%에 정도였다(ICAP, 2023). 한편, EU-ETS 의 경우 유상할당 비율이 57%.

- 추가적인 K-ETS 의 설계상 특이한 점은 다음과 같다. K-ETS 는 직접배출 뿐만 아니라, 전력 사용에 따른 간접배출 또한 규제하고 있다.³ 이러한 ETS 디자인은 전력 생산과 소비 상황에서 모두 배출권을 필요로 하는 이중 계산(double counting) 문제를 불러일으키게 된다. 이러한 문제에도 불구하고 ETS 에서 간접배출을 같이 규제하는 이유는 먼저, 한국의 전기요금이 정부의 물가관리 체계 하에서 충분한 원가반영을 하지 못하고 있기 때문이다.⁴ 발전산업의 탄소비용이 상승해도 전기요금에 이를 제 때 반영시키기 어렵기 때문에 간접배출을 ETS 에서 규제하여 기업이 전력을 소비할 때 배출에 따른 비용을 부담하게 하는 것이다. 한국의 대규모 에너지사용자들(전자 부품 및 제품 제조기업 등)은 직접배출보다는 간접배출의 비중이 큰 경우가 많은데, 전기요금에 탄소비용의 전가가 어려운 상황을 별도로 관리하지 않을 경우 이러한 기업들은 온실가스 배출에 따른 부담을 크게 지지 않게 되며 이는 형평성 관점에서 바람직하지 않을 수 있다(IETA, 2013).⁵
- 한편, K-ETS 는 2026 년부터 제 4 차 배출권거래제(2026-2030)를 실시할 예정이며 그에 따른 설계 옵션 변화를 앞두고 있다. EU-ETS 의 설계방식을 벤치마킹해 배출권거래제의 효율성을 높이는 방안이 주로 논의된다(최창민, 2023; 김현경, 2023; 더불어민주당, 2024).

1.2. 연구 목적

- 이러한 배경 하에 본 연구는 연산가능일반균형(Computable General Equilibrium, CGE) 모형을 사용하여, 한국이 2030 년 감축목표를 달성하면서, K-ETS 에서 유상할당의 비중을 증대시킬 때, 어떠한 경제적 파급효과를 가져올지를 분석하고자 한다. 유상할당의 경우 발전 부문만을 대상으로 하는 경우와 전체 산업에 대해 유상할당을 하는 경우를 나누어 분석하였다. 시나리오에 따른 파급효과는 GDP, 고용 및 업종별 생산량 등 다양한 지표를 사용하여 나타내었다.

³ 즉 K-ETS 하에 있는 기업에서 전력을 사용하는 경우 발전부문의 배출계수에 비례하는 양의 배출권이 필요하게 된다.

⁴ 한국의 발전 산업은 완전하게 민영화되어 있지 않으며, 전기요금은 정부의 규제 하에 있다. 발전 비용이 상승하는 경우에도 전기요금의 상승은 국민적 반대에 의해 정치권에서 잘 이루어 내지 못하며, 결국 공기업인 KEPCO 는 2022년 32.6 조원의 영업손실을 본 바 있다(변상근, 2023).

⁵ 비슷한 이유로 일본의 지역별 ETS와 중국의 ETS도 간접배출을 동시에 규제하고 있다. 간접배출 규제의 또다른 이유는 배출권거래제 규제 지역 외부에서 전력을 수입하는 경우를 들 수 있다.

2. 모형 및 분석 시나리오

2.1 구축된 CGE 모형의 구조 및 특징

- CGE 모형은 기준이 되는 경제가 대표적인 생산자 및 소비자로 이루어져 있으며 이들이 이윤과 효용을 극대화한다고 가정한다. 경제구조는 기준연도에 생산자와 소비자가 최적의 선택을 하고 있다는 가정하에 기준연도의 데이터를 바탕으로 설정된다. 이렇게 만들어진 일반균형의 경제체제는 다양한 충격실험을 가능하게 하는데, 즉, 어떠한 규제나 정책 등 외부적 충격이 있을 때, 모형이 새롭게 찾는 균형상태와 기존의 균형상태를 비교하고 이를 통해 충격의 효과를 알 수 있게 된다. 특정 충격이 경제 전체의 다양한 분야에 미치는 효과를 관찰할 수 있는 장점 때문에 CGE 모형은 정책의 효과, 특히 탄소저감 정책의 효과를 관찰하는데 많이 사용되어왔다.
- 본 연구에서 사용한 CGE 모형은 다음과 같은 특징이 있다. 첫째, 본 연구는 정책이 노동의 수요와 공급에 미치는 효과를 좀 더 현실적으로 모사하기 위해, 노동 계층을 고숙련 노동과 저숙련 노동의 두 계층으로 나누고 임금곡선에 따른 실업의 발생을 가정하였다. 둘째, 전체 경제를 에너지다소비 산업을 중심으로 총 18 개 업종으로 분류하였다. 셋째, 전체 발전 부문을 발전 기술별(석탄, 석유, 가스, 원자력, 수력, 재생에너지)로 세분화하였다. 추가로, 이 연구에서는 모형에 사용된 탄력성 계수를 한국 자료를 기반으로 추정된 최근 연구(권오상 외, 2018)의 값을 반영했으며, 한국은행(2024)이 발표한 2020 년 산업연관표를 사용해 가장 최신 시점인 2020 년을 모형 기준연도로 삼은 점이 주요 개선점으로 꼽힌다.
- 본 연구에서 사용한 CGE 모형은 한국을 대상으로 하는 소국개방경제 기반의 모형으로, 한국 경제 전체를 모사하는 economy-wide 모형이며, 주요 경제주체로는 산업부문, 가정부문 및 정부부문이 있다. 모형의 기준연도는 2020 년이며 기준연도 경제는 한국은행(2024)의 데이터를 사용하여 구축하였다. 또한 추가적 DB⁶를 통해 기준연도의 업종별·원별 에너지사용량, 온실가스배출량 및 대기오염물질 배출량 등을 나타내었다.
- 모형을 통해 2030 년의 ETS 효과를 관찰하기 위해, Business-As-Usual(BAU) 시나리오에 따라서 기준연도 경제를 2030 년까지 확장했다.⁷ BAU 시나리오는 DOE/EIA 의 2023 년 International Energy Outlook 에서

⁶ 에너지경제연구원(2021), 온실가스종합정보센터(2022), 국가미세먼지정보센터(2023) 등의 자료를 통해 구축하였으며 구축된 DB는 업종별 온실가스 및 대기오염물질 공정배출을 포함한다.

⁷ 즉 repeated cross-section 모형이라 할 수 있다. 이러한 경우, 모형은 2030 년의 경제에서 정책효과(탄소저감 정책 등)가 완전히 구현된 후 새롭게 찾아진 균형과 BAU 상태를 비교하여 정책효과를 관찰하게 된다.

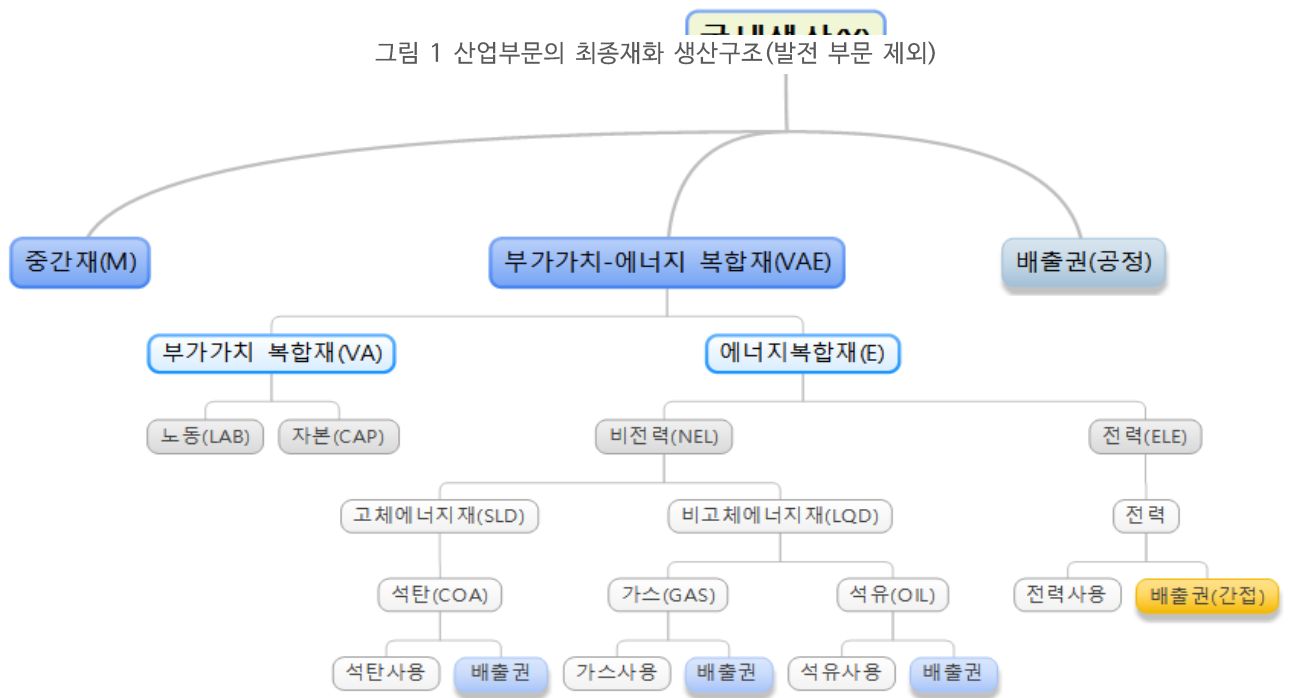
한국의 기준 수요전망을 사용하여 구축하였으며(EIA, 2023), BAU 시나리오의 GDP 전망 및 주요 에너지원(석탄, 석유, 가스, 전력)의 수요전망과 모형의 미래 수요를 일치시키기 위해 업종별·원별 미래 수요를 조정했다.

- 산업부문은 표 1 과 같이 에너지다소비 산업을 중심으로 총 18 개의 업종으로 분류했으며, 이 중 발전 부문은 발전기술별로 석탄, 석유, 가스, 원자력, 수력, 재생에너지로 세분류했다.

표 1. CGE 모형의 산업분류 및 정의

Label	산업정의	Label	산업정의
COA	석탄	CHE	석유화학
OIL	석유	NMP	비금속
GAS	가스	IRO	철강
ELE	발전	MAC	기계
AFF	농림어업	ECT	전기전자
MIN	광업	AUT	자동차
FOO	음식	CON	건설
CLO	섬유의복	TRN	수송
PPP	제지목재출판	SER	상업공공

CGE 모형의 생산구조는 다음 그림 1 과 같다. 모형 내 고려된 산업별 생산함수에서 투입요소는 노동, 자본, 에너지 복합재 및 중간재로 나뉜다. 산업별 생산함수는 서로 대체 가능한 재화 간 묶음(nesting)을 통한 복합재의 형성을



가정하여, 중첩된 CES(Constant Elasticity of Substitution) 함수를 사용해 나타낼 수 있다. 모형 내에서 CES 함수를 캘리브레이션 하기 위한 탄력성 계수는 권오상 외(2018)에서 추정된 값을 사용했다.

생산구조는 에너지원간 대체관계가 자세히 묘사된 형태이다. 배출권거래제가 있는 경우, 각 산업부문은 화석연료(석탄, 석유, 가스)의 사용에 따른 배출량에 비례해 배출권을 필요로 하게 된다. 또한 K-ETS 는 간접배출을 규제하기 때문에 전력사용에 의한 배출량에 해당하는 배출권도 구매해야 한다(그림 1에서 배출권(간접)으로 표시됨). 공정배출의 경우 각 산업별 생산량과 배출권 수요가 비례한다고 가정하였다(그림 1에서 배출권(공정)으로 표시됨).

본 연구에서 사용한 CGE 모형은 전력 산업을 세부적으로 분류하여 상세히 묘사하고 있다(그림 2). 발전 부문은 석탄, 석유, 가스, 원자력, 수력, 재생에너지의 발전기술별로 나뉘어 있으며, 이들 발전기술은 동일한 재화인 전력을 생산한다.⁸

그림 2 발전 부문의 발전기술별 생산구조



개별 발전기술별로 특화된 고정요소(발전기술 특유 자본)가 다른 부가가치 및 중간재와 결합하여 전력을 생산하게 된다. 이때 사용되는 CES 함수의 탄력성(부가가치-중간재 복합재와 발전기술 특유 자본 간)은 외생적으로 주어진 공급의 가격탄력성에 따라서 캘리브레이션 된다. 공급탄력성이 크다는 것은 해당 발전기술이 전력의 상대가격 변화에 빠르게 대응해 생산량을 변동시킬 수 있다는 것을 뜻하며 작다는 것은 그 반대를 뜻한다. 공급탄력성이 0인 경우에는

⁸ 모형에서 전력 산업에 대한 묘사는 Böhringer et al. (2012), Böhringer et al. (2013) 및 Böhringer et al. (2017)의 연구 등에 기반을 두고 있다.

전력 가격과 상관없이 계획에 따른 현재의 생산량이 해당 발전기술이 공급할 수 있는 상한선이 된다. 본 연구에서는 분산전원의 형태를 가지고 있으며 비교적 설치 기간이 짧은 재생에너지에 대해서는 높은 공급탄력성 값을 설정하고, 가변적으로 발전량을 조절하는 것이 용이한 가스발전에는 공급탄력성을 1로 설정하였으며, 발전 용량 확대에 한계가 있거나 용량이 외부적으로 정해지는 석탄, 석유, 수력 및 원자력 발전에 대해서는 낮은 공급탄력성 값을 설정하였다.

- 모형에서 산업부문은 중간재, 노동, 자본 투입을 통한 생산활동을 하며, 가정부문은 노동 및 자본 등 생산요소 판매를 통한 수입과 소비, 조세부담 등을 담당한다. 정부부문은 세입과 공공서비스의 제공 및 남는 재원의 가계 이전 등을 담당하게 된다.

2.2 ETS 등 탄소규제 정책의 모사

- ETS 하에 산업은 화석연료를 사용할 때마다 배출량에 따른 배출권을 수요하게 되며, 정부는 연도별 배출 허용량에 따른 배출권을 가지고 있으며 이를 공급하며 그에 따른 수익을 얻고 사용하게 된다. 모형 내에서 산업 부문의 배출권 수요와 정부로부터의 공급이 균형을 이루는 지점에서 배출권 가격이 도출된다.
- ETS 에서 유상할당은 정부가 배출권 경매를 실시하는 상황을 가정하였으며, 무상할당은 해당 산업에서 거둔 배출권 수익을 다시 그 산업에 리베이트하는 방식으로 모형화했다.⁹ 또, 정부는 유상할당으로 얻은 수익만큼 노동세(labor tax)를 일괄적으로 낮춰 세수중립을 달성해 배출권 수익을 환원(revenue recycle)한다고 가정했다.¹⁰
- 본 연구에서는 산업 부문 중 상업공공, 정부 및 가정을 제외한 전 부문이 ETS 하에 있음을 가정했다. 한편, ETS 에 포함되지 않은 부문의 경우에는 탄소세를 적용하였으며(직접배출 및 공정배출에만 적용), 탄소세는 5만원으로¹¹ 하였다.

⁹ 이는 European Union(2021), Hübler et al.(2014), Wu et al.(2016), Fan et al.(2016) 등에서 사용한 가정과 같다.

¹⁰ 배출권 수익의 환원 방식은 R&D 지원, 재생에너지 지원, 가계이전, 자본세 감소 등 다양한 방안이 있을 수 있으나 본 연구에서는 노동세 감소를 사용하였다. European Union(2021)에서도 시나리오별 비교의 기준이 되는 환원 방식으로 노동세 감소를 사용한 바 있다.

¹¹ 박종욱(2024) 참조.

- 모형의 ETS 가 직접배출과 간접배출을 동시에 규제하기 때문에, 발전 부문 배출의 이중계산을 고려하여 배출권 총량이 증대되었으며, 시나리오별로 다른 발전 부문의 배출계수 및 배출권 총량은 모형 내에서 iteration 을 통해 계산하였다.¹²

2.3 BAU 시나리오

- 아래의 표 2 는 International Energy Outlook 2023 의 기준전망을 사용한 우리나라 경제의 BAU 시나리오에서의 2030년 값을 보여주고 있다. 2030년 BAU 배출량은 약 662MtCO₂eq.에 달할 것으로 보인다. BAU 시나리오에서 GDP 가 약 1.23 배 증가하였음에도 석탄수요의 감소 등으로 인해 2030년 배출량은 2% 증가에 그치는 디커플링이 발생할 것으로 전망되었다. 관계부처합동(2023)에 의하면 2030년 국내 배출량 목표는 474.1 MtCO₂eq.이며 이를 달성하기 위해서는 2030년 BAU 대비 약 28.3%의 감축이 필요하게 된다.

표 2. BAU 시나리오 주요지표의 2030년 값(2020=1)

지표	2030년 값
GDP 수준	1.23
석탄 수요	0.82
석유 수요	1.22
가스 수요	1.10
전력 수요	1.13
온실가스 배출	1.02

2.4 분석 시나리오

- 본 연구에서는 2030 NDC 달성을 목표로 ETS 세부 설계를 달리할 때 경제적 파급효과가 어떻게 변화하는지 관찰하기 위한 시나리오를 구축하였다. 모든 시나리오는 상호 비교 가능하도록 다음과 같은 상황을 동일하게 적용했다. 먼저, 2030년 전체 배출량을 NDC의 국내 배출량 목표치인 474.1 MtCO₂eq. 까지 감축한다. 둘째, 모든 시나리오에서 정부의 공공서비스 제공 수준, 투자 및 무역수지는 BAU 시나리오와 같은 수준으로 고정하였다.
- 분석에 활용한 시나리오는 표 3 과 같다.

표 3. 분석 시나리오

¹² 모형 내 일부 부문에 탄소세를 적용한 것도 시나리오별 배출권 총량을 조정하게 되는 이유가 된다. 탄소세의 경우 감축량이 확실히 정해지지 않기 때문에, 경제 전체의 배출량을 특정 값으로 맞추기 위해서는 배출권거래제에서 배출권 총량을 조정하여야 한다.

시나리오명	시나리오 개요
BAU	- Business-as-usual 시나리오
ELE/X	- ETS 및 탄소세를 통해 2030 감축목표 달성 - ETS에서 직접배출 및 간접배출 동시 규제 - 발전 부문을 제외한 ETS 규제하 전체 산업에 무상할당하며, 발전 부문은 유상할당 비율을 X%로 함
ALL/X	- ELE/X 시나리오와 같으나, - 발전 부문에 대해서만 유상할당 비율을 늘리는 것이 아니라 ETS 규제하 전체 산업에 대해 유상할당 비율을 X%로 함

- 현재 K-ETS 는 직접 및 간접배출을 동시에 규제하면서 배출권 거의 대부분을 무상할당한다(ELE/0 또는 ALL/0). 한편 4 기 K-ETS 설계관련 최창민(2023) 및 더불어민주당(2024)은 발전 부문에 우선적으로 유상할당을 증대시킬 것을 제안한 바 있다. 이러한 주장에 따라 ELE/X 시나리오는 발전 부문에만 우선 유상할당을 X%로 증대하는 경우라 할 수 있다. 또한 ALL/X 는 ETS 하에 있는 모든 산업에 유상할당을 X%로 증대시키는 경우이다.

3. 분석결과

3.1 경제적 효과

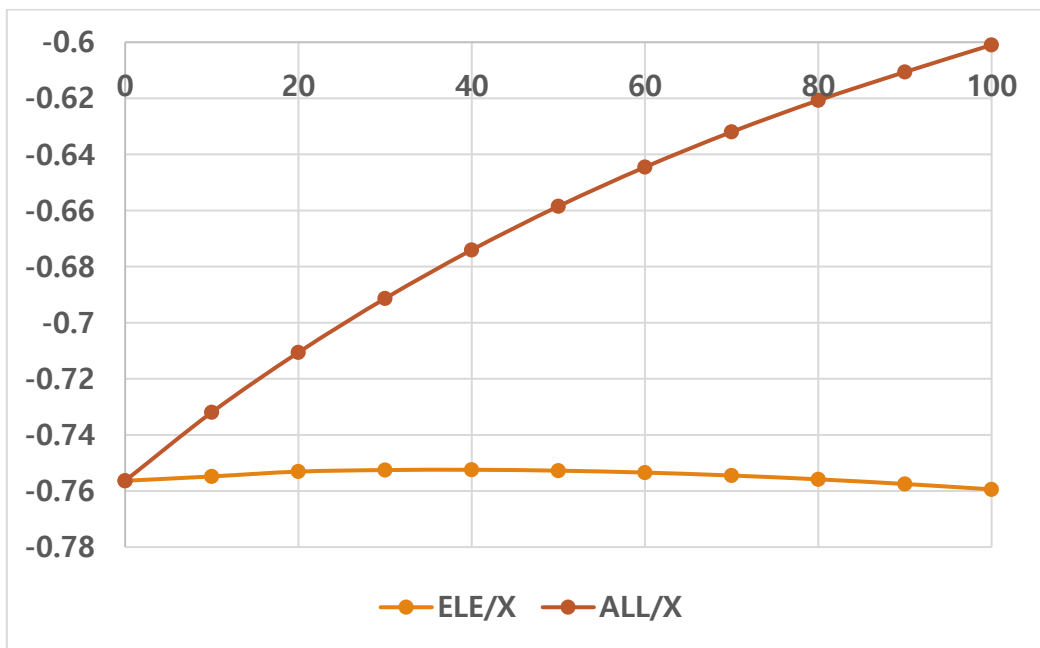
- 유상할당 증대는 GDP 등 거시변수에 양방향(+/-)의 영향을 미치게 되고 총합적인 영향은 경제 구조 및 ETS 의 설계방식 등에 따라 서로 다르게 나타나게 된다. 무상할당에 따른 산업의 생산량 유지와 낮은 전력가격 상승 등은 GDP 에 양의 방향으로 작용하나 상대적으로 높은 탄소가격은¹³ 반대방향으로 작용하게 된다. 유상할당의 경우 낮은 탄소가격 및 배출권 수익을 통한 노동세의 감소는 GDP 에 양의 방향으로 작용하나 에너지다소비 산업의 생산량이 줄어드는 것은 GDP 에 음의 방향으로 작용하게 된다. 이러한 영향의 크기와 방향은 배출권 수익을 환원하는 방식에 따라서도 영향을 받게 된다.
- 각국을 대상으로 CGE 모형을 사용해 유상할당의 효과를 모사한 선행연구에서도 서로 다른 방향의 효과가 관찰된다. 일본을 대상으로 한 Takeda et al.(2014), 중국을 대상으로 한 Hübler et al.(2014) 에서는

¹³ 배출권의 무상할당을 받은 EITE 산업은 ETS 하에서 생산량을 유지하게 되며, 이는 경제전체적인 배출권 수요 증대로 이어져 배출 총량이 제한된 상황에서 배출권 가격의 상승을 유발한다.

유상할당 증대가 GDP 에 양의 방향으로 작용했지만, 중국을 대상으로 한 Wu et al.(2016)는 유상할당 증대가 GDP 수준에 음의 방향의 효과를 보인다고 예측했다.

- 그림 3 은 본 연구에서 시나리오별 2030 년 GDP 수준에 미치는 효과를 BAU 시나리오와 비교하여 보여주고 있다. 먼저 탄소 규제는 경제에 부담으로 작용해 모든 시나리오에서 BAU 대비 GDP 수준은 약 0.6~0.8% 감소하는 모습을 보이고 있다.
- 한편, 전체 산업에 대한 유상할당이 늘어나면 감축에 의한 GDP 감소폭이 줄어드는 모습을 보인다(ALL/X). 유상할당 비율의 증대가 감축잠재량이 많고 한계감축비용이 낮은 에너지다소비 산업의 감축을 촉진함으로써 경제 전체적인 효율적 감축과 함께 배출권 수요와 가격을 낮추게 되며, 유상할당에 의한 배출권 수익 환원을 통해 노동세를 줄이는 것 등이 GDP 에 양의 방향으로 작용하게 되기 때문으로 보인다. 그러나 발전 부문에 대해서만 유상할당 비율을 늘리는 ELE/X 의 경우 유상할당 비율의 증가는 GDP 수준의 증가로 이어지지 않는 것으로 보인다. 이는 발전 부문에만 집중된 유상할당이 전력 가격의 과도한 상승을 불러일으키기 때문으로 보인다.

그림 3 시나리오별 2030 년 GDP 수준에 미치는 효과



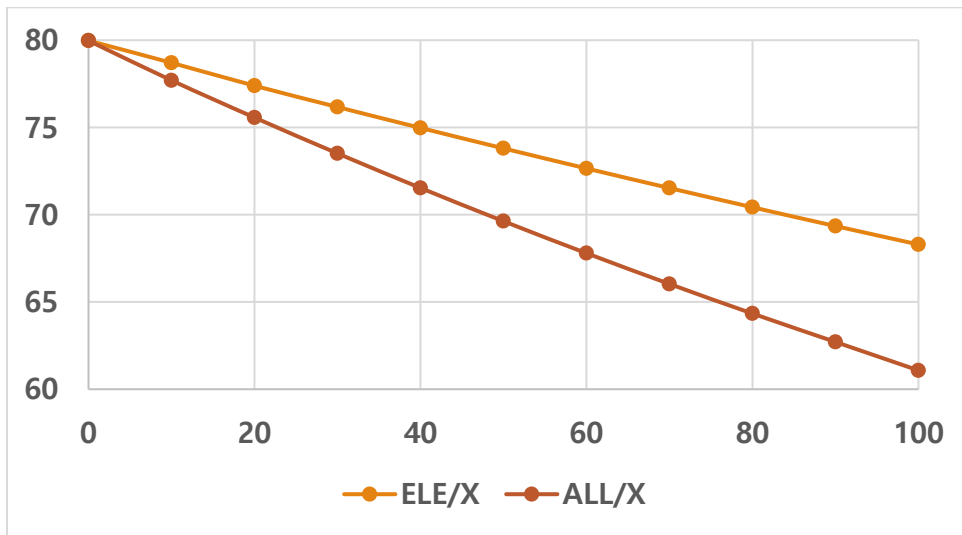
주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

- 그림 4 는 시나리오별 2030 년 탄소가격에 미치는 효과를 보여주고 있다. 유상할당이 확대되면 에너지다소비 산업에서의 감축이 강화되어 경제 전체 배출권 수요가 감소하고 그에 따라 배출권 가격이 하락하게 되는 모습을

보여주고 있다. 유상할당 증대에 따른 배출권 가격의 하락세는 전체 산업에 대해 유상할당할 때(ALL/X)가 발전 부문에 대해서만 유상할당 할 때(ELE/X)보다 더 큰 것으로 나타났다.

- 한편, K-ETS 에서는 전력의 생산과 소비에서 배출권이 이중계산 되기 때문에 이를 고려하면 같은 배출을 할 때 배출권이 더 많이 필요하게 된다. 즉, 1tCO₂eq.을 배출하는 권리로써 배출권 가격을 생각하면, 배출권 가격이 그림 4 에 표시된 가격보다 할증되어야 함을 뜻한다. 1tCO₂eq.를 배출하는 권리로써 배출권 가격이 조정되었을 때, ALL/0 시나리오에서의 배출권 가격은 약 93 천원으로 증가하며 ALL/100 및 ELE/100 시나리오에서도 배출권 가격을 같은 방식으로 조정하면 각각 약 72 천원, 79 천원에 이르게 된다.

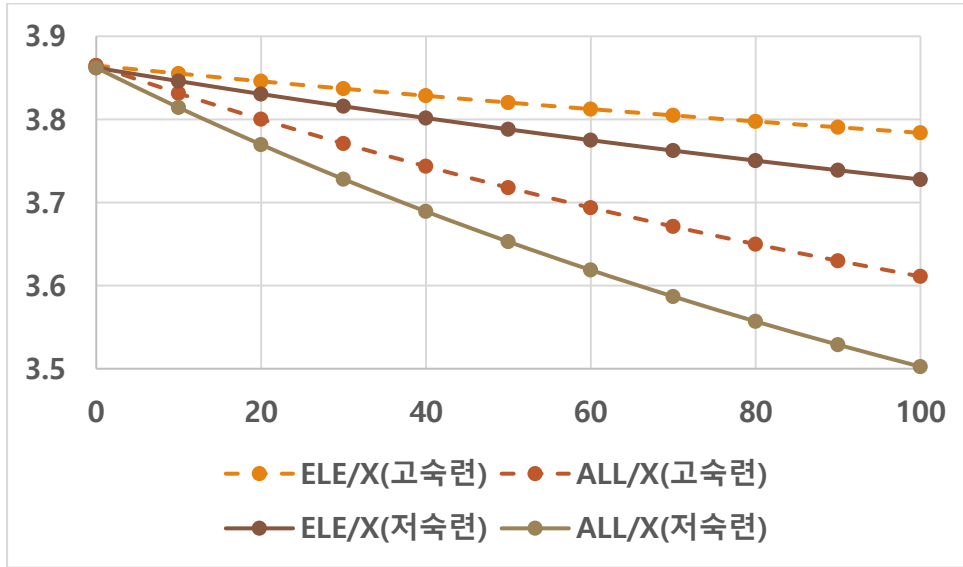
• 그림 4 시나리오별 2030년 탄소가격에 미치는 효과



주: y 축은 배출권가격(천원), x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

- 그림 5 는 시나리오별 실업률을 보여준다. 유상할당이 늘어나면, GDP 감소폭이 줄어드는 효과와 유상할당으로 마련한 재원을 노동세 감소에 사용하는 효과가 더해져서 실업률은 감소한다. 이러한 감소세는 발전 부문에만 유상할당을 할 경우보다 전체 산업에 대해 유상할당을 할 때 더 큰 것으로 분석되었다. 유상할당이 증대됨에 따라 실업률이 개선되는 폭은 저숙련 노동자에게서 더 크게 나타난다. 이는 유상할당 증가에 따라 생산량이 줄어들게 되는 에너지다소비 산업군에서 고숙련 노동의 비중이 상대적으로 크기 때문인 것으로 보인다.

그림 5 시나리오별 2030년 실업률에 미치는 효과

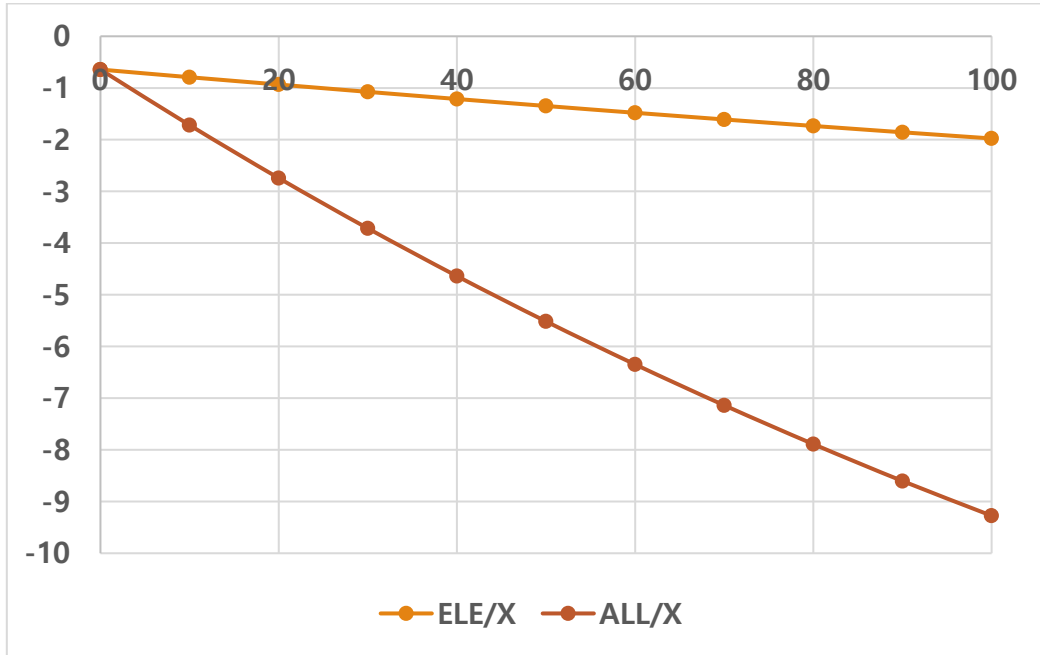


주: y 축은 실업률(%), x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

3.2 업종별 영향

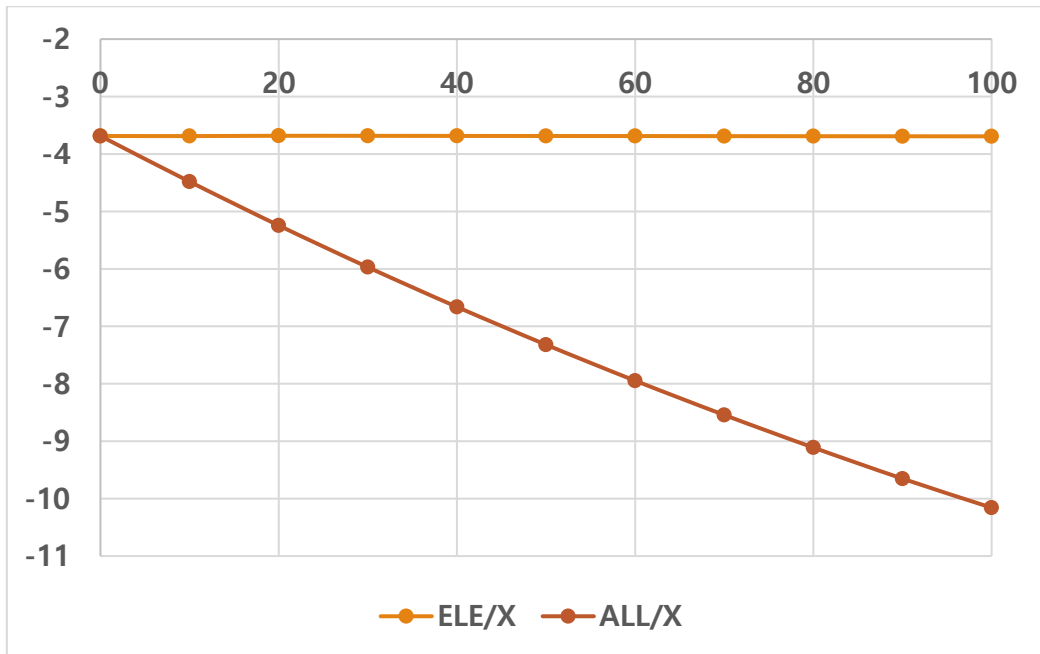
- 그림 6 은 대표적인 에너지다소비 산업인 철강산업 생산량의 변화를 시나리오별로 보여주고 있다. 유상할당 증대는 온실가스 다배출 산업에 부담으로 작용해 생산량이 감소하게 된다. ALL/0 시나리오에서는 철강 생산량의 변화가 거의 없었으나 ALL/100 시나리오에서 철강생산량은 약 9% 감소하는 것으로 나타났다. 온실가스 다배출 산업을 포함한 전체산업에 대해 유상할당을 하는 ALL/X 시나리오의 경우 생산량의 감소폭이 컸으며 발전 부문에만 유상할당을 하는 ELE/X 시나리오에서는 온실가스 다배출 산업의 생산량 감소폭이 크지 않았다. 이러한 추세는 비금속광물 및 석유화학 업종 등 다른 에너지다소비 산업에서도 비슷하게 나타난다(그림 7, 그림 8).

그림 6 시나리오별 2030년 철강산업 생산량에 미치는 효과



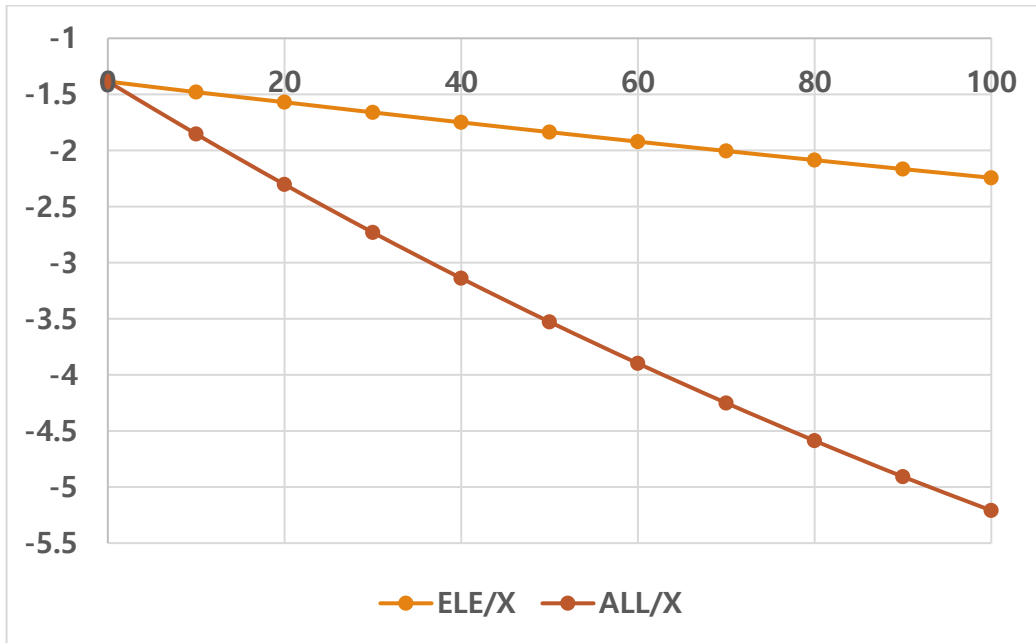
주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

그림 7 시나리오별 2030년 비금속산업 생산량에 미치는 효과



주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

그림 8 시나리오별 2030년 석유화학산업 생산량에 미치는 효과

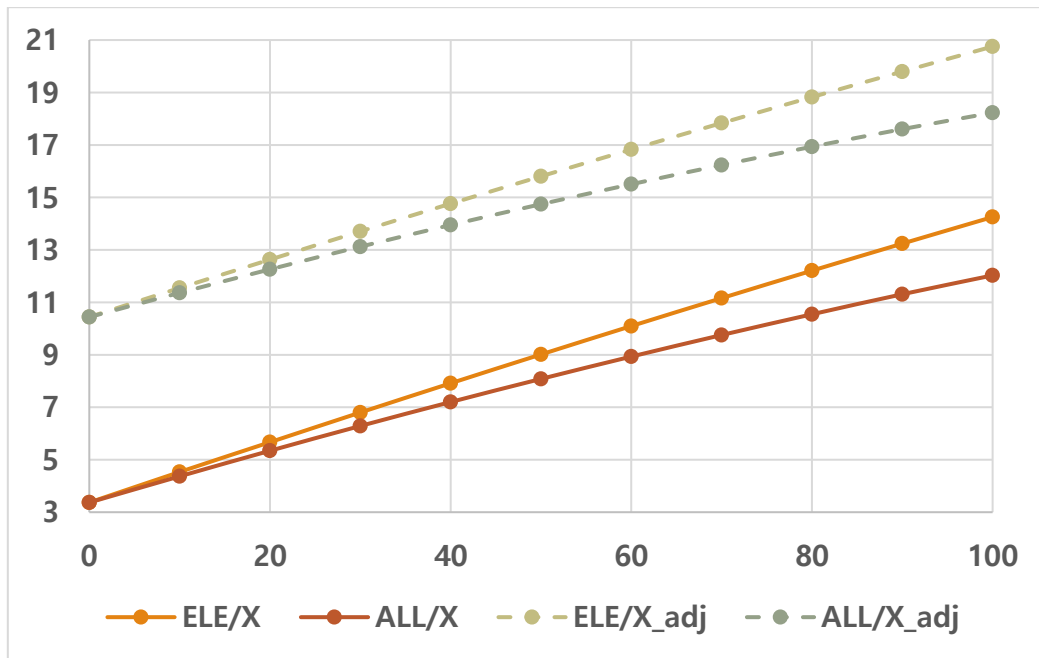


주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

3.3 발전산업에 미치는 효과

- 그림 9 는 시나리오별 전력가격에 미치는 효과를 보여주고 있다. K-ETS 에서는 전력을 소비할 때도 배출권을 사야하기 때문에 ETS 내의 전력 소비자 입장에서 전력가격은 더 높게 느껴지게 된다. 그림 9 의 ELE/X_adj 및 ALL/X_adj 로 표시된 곡선은 ETS 에서 간접배출을 동시에 규제할 때, 전력 사용시 단위당 필요한 배출권 가격까지 합산하여 나타낸 전력 가격이다. ELE/X_adj 와 ALL/X_adj 에서 전력 가격은 10~20% 상승하며, 유상할당 비율이 늘면 늘수록 비싸진다¹⁴.

그림 9 시나리오별 2030 년 전력가격에 미치는 효과

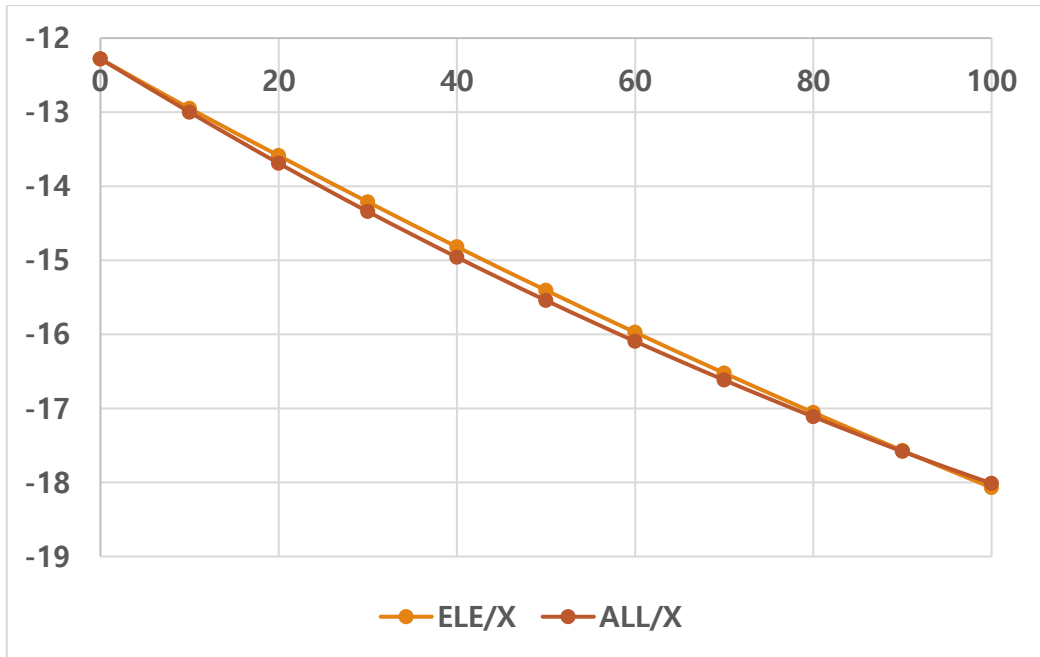


주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

- 그림 10 은 시나리오별로 2030 년 발전량에 미치는 효과를 보여주고 있다. 발전량은 크게 감소하는 모습을 보인다. ELE/X 시나리오와 ALL/X 시나리오의 경우 발전량 감소의 큰 차이가 없는데, 이는 모든 경우에 발전 부문은 유상할당의 대상이 되기 때문이다. 유상할당 비율을 늘리면 전력 가격이 상승하면서 전력 생산량이 감소하게 된다. 한편, 전체를 무상할당 하는 경우에도(ALL/0 또는 ELE/0) 발전량은 상당히 감소하는데, 이는 전력 사용시에도 배출권을 요구하게 되기 때문으로 보인다.

¹⁴ 전체 산업에 대해 유상할당 비율을 늘리거나 발전 부문에 대해서만 유상할당 비율을 늘릴 때 큰 차이는 없는데, 이는 모든 경우에서 발전 부문은 유상할당 증대의 대상 산업이 되기 때문이다.

그림 10 시나리오별 2030년 전력 생산량에 미치는 효과

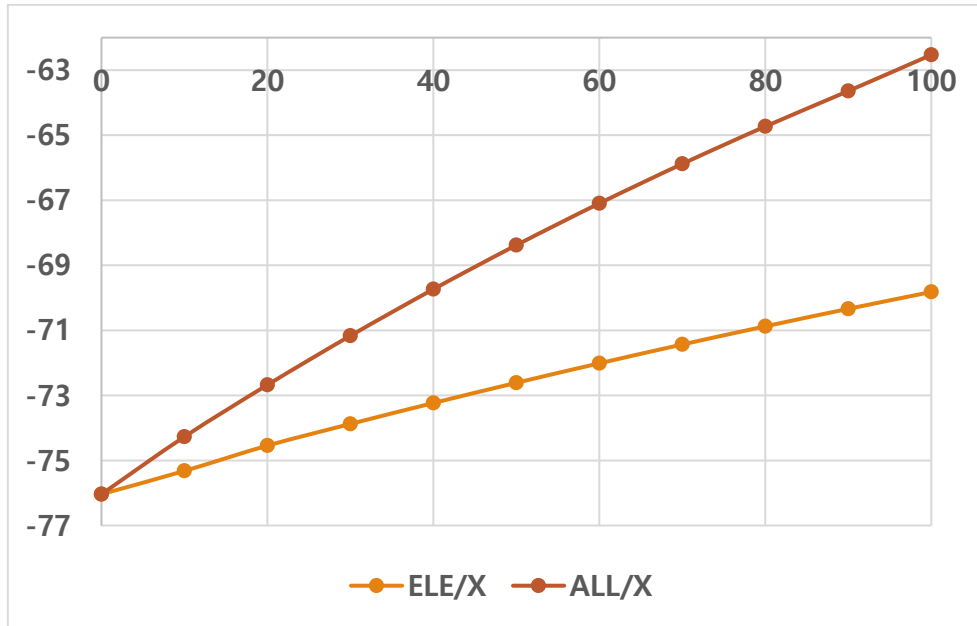


주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

- 그림 11, 그림 12, 그림 13 은 각각 시나리오별로 2030년 석탄, 가스 및 재생에너지 발전량에 미치는 효과를 보여준다¹⁵. 그림 11 을 보면 탄소규제를 통해 석탄 발전량은 60% 이상 감소하는 등 큰 폭의 변화를 가져오게 된다. 한편 재생에너지 발전량은(그림 13) 35%에서 75%까지 증대하게 된다. 한편, 유상할당량이 증가하면 석탄 발전량이 늘어나게(즉, 감소폭이 줄어들게) 되는데 이는 배출권 가격이 하락하면서 배출량이 많은 석탄발전이 반사이익을 얻기 때문인 것으로 보인다. 이러한 추세는 전체 산업에 대해 유상할당 할 때(ALL/X) 더 두드러지게 나타난다.
- 한편, 그림 12 와 그림 13 에서 보듯이, 유상할당 비중이 증가하면 상대적으로 저탄소 전원인 가스발전과 무탄소 전원인 재생에너지 발전의 비중이 줄어드는데 이는 유상할당 증대로 탄소가격이 하락하기 때문으로 보인다.

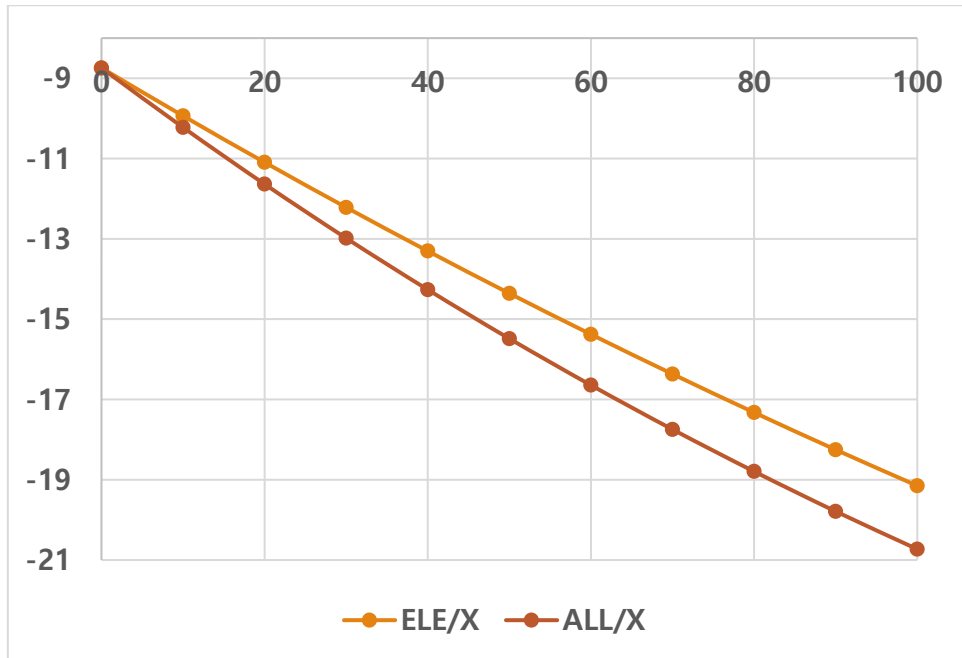
¹⁵ 여기서 추정된 발전기술별 발전량은 전력시장에서의 경제급전 등을 고려한 것은 아니며 2030년 경제에서 시나리오별 탄소 규제가 완전히 구현된 후의 균형 상태의 발전량을 나타낸다.

• 그림 11 시나리오별 2030년 석탄 발전량에 미치는 효과



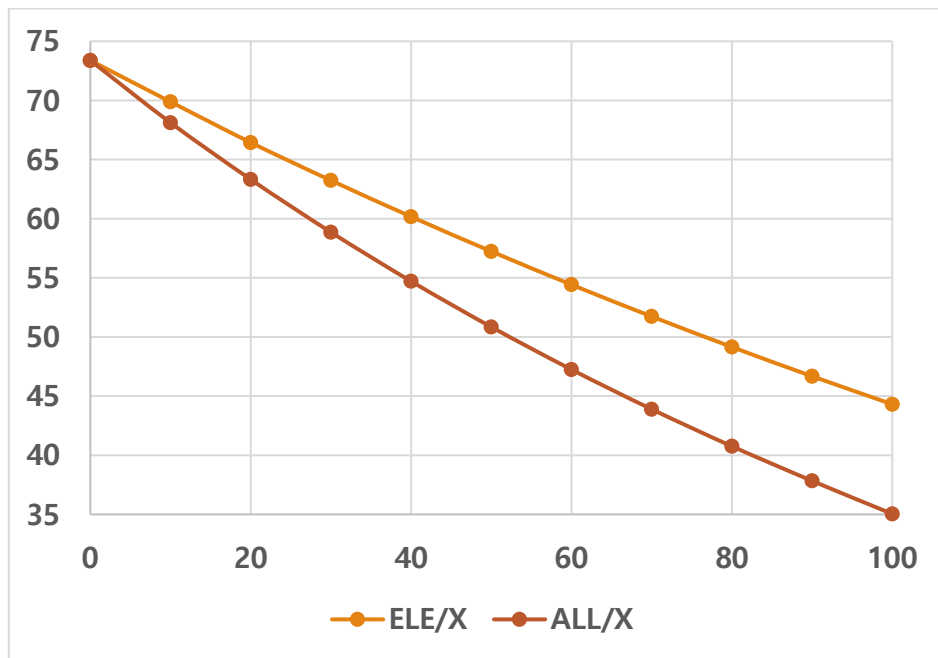
주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

그림 12 시나리오별 2030년 가스 발전량에 미치는 효과



주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

그림 13 시나리오별 2030년 재생에너지 발전량에 미치는 효과



주: y 축은 BAU 시나리오와 비교한 % change, x 축은 유상할당 비율(0%~100%)을 뜻함

4. 결론 및 시사점

- 본 연구는 CGE 모델링을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 유상할당 비율의 증가로 GDP 측면에서 양의 효과가 존재할 수 있다. 유상할당 비율이 늘면 에너지다소비 산업 축소로 배출권 수요가 줄어 배출권 가격이 떨어지고, 유상할당으로 거둔 배출권 수익을 사회에 환원해 노동세를 줄여 GDP에 양의 방향으로 작용하기 때문으로 보인다. 그러나 이러한 효과는 전체 산업에 대해 유상할당 비율을 증가시킬 때 두드러지며 발전 부문만을 대상으로 할 때에는 관찰하기 어려웠다. 둘째, 동일한 대상연도에 대해 유상할당 비율을 증가시키면 탄소가격이 감소하는 경향을 보인다. 셋째, 유상할당 비율의 증가와 배출권 수익의 노동세 감소를 위한 환원은 경제 전체적인 실업률을 낮추는 효과를 가져온다. 넷째, ETS 규제는 발전 부문에서 석탄 소비를 줄여줄게 하나 전체 산업에 대한 유상할당 비율이 늘어나면 석탄 소비가 다시 소폭 늘어나게 되는데, 이는 탄소가격의 감소 때문인 것으로 보인다. 석탄 소비의 증가는 정책에서 의도치 않은 효과로 유의할 필요가 있다. 다섯째, 무상할당의 증가는 온실가스 다배출 산업의 생산을 유지시키는데 도움이 되는 것으로 보인다.
- 이를 통해 얻을 수 있는 시사점은 다음과 같다. 첫째, K-ETS는 향후 유상할당 비율을 증대시킬 필요가 있으나 이는 발전 부문에만 국한될 것이 아니라 에너지다소비 산업에 대해서도 증대시키는 것이 바람직할 것으로 보인다. 왜냐하면 모형에서 발전 부문에만 국한하여 유상할당 비율을 증대시킬 때에는 GDP 측면의 양의 효과가 거의 없는 것으로 나타났기 때문이다. 둘째, 유상할당이 증가하는 경우, 직접배출과 간접배출을 동시에 규제하는 것은 전력 소비에 있어서 부담을 크게 하는 단점이 있을 수 있다. 셋째, 유상할당 비중을 증가시키면 온실가스 다배출 산업의 생산활동이 줄어들게 되며, 이는 산업구조의 변화와 실직 등 다양한 문제를 발생시킬 수 있다. 실직된 인력을 타 산업으로 이동시키기 위한 교육훈련 등의 제도가 필요할 수 있다.
- 본 연구는 또한 다양한 향후 연구방향을 제안하고 있다. 먼저 다양한 배출권 수익의 환원 방식(조세부담의 완화(노동세, 자본세, 부가가치세 등), 재생에너지 확대를 위한 재정으로 사용, 탄소저감 기술개발을 위한 R&D 비용으로 사용 등)을 모형화하고 비교하는 것은 의미 있는 연구가 될 수 있다. 둘째, 본 연구는 비교적 가까운 미래를 대상으로 분석하고 있기 때문에 기술진보를 고려하지 않았다. 그러나 재생에너지 부문 등 빠른 기술진보가 예측되는 분야의 경우 이를 모형 안에 내재화할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

관계부처 합동. (2023). 탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획.

국가미세먼지정보센터. (2023). 대기오염물질 배출량 2020 및 과거연도(2016~2019) 재산정 배출량.

- 권오상, 한미진, 반경훈, 윤지원. (2018). 한국 경제의 KLEM DB 구축과 중첩 CES 생산함수 추정. *자원·환경경제연구*, 27(1), 29-66.
- 김현경. (2023, 10 월 25 일). 환경부, "EU 식 탄소배출권 예비분제도 마련하겠다". ESG 경제. <https://www.esgeconomy.com/news/articleView.html?idxno=5262>.
- 더불어민주당. (2024). 제 22 대 국회의원선거 더불어민주당 정책공약집. 더불어민주당 정책위원회.
- 박종욱. (2024). 탄소세 도입의 지역별 및 산업별 영향 분석: 에너지 연소 온실가스 배출량을 중심으로. *자원환경경제연구*, 33(1), 87-112.
- 변상근. (2023, 2 월 24 일). 한전, 지난해 영업손실 32.6 조원...역대 최악 실적. 전자신문. <https://www.etnews.com/20230224000129>.
- 온실가스종합정보센터. (2022). 2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서.
- 온실가스종합정보센터. (2024). 2023 국가 온실가스 인벤토리 보고서.
- 에너지경제연구원. (2021). 에너지통계연보.
- 최창민. (2023, 11 월 24 일). 온실가스 감축 활성화를 위한 제 4 차 기본계획의 핵심 방향. 정책세미나(제 4 차 배출권거래제 기본계획의 주요 쟁점과 개선 방안), 국회의원회관. https://ampos.nanet.go.kr:7443/materialSeminarDetail.do?control_no=PAMP10000000074295.
- 한국은행. (2024). 「2020 년 기준년 산업연관표」 작성 결과. 한국은행 경제통계국. <https://www.bok.or.kr/portal/bbs/P0000559/view.do?nttlId=10083834&menuNo=200690&pageIndex=1>.
- Böhringer, C., Keller, A., & Van der Werf, E. (2013). Are green hopes too rosy? Employment and welfare impacts of renewable energy promotion. *Energy Economics*, 36, 277-285.
- Böhringer, C., Landis, F., & Reanos, M. A. T. (2017). Economic impacts of renewable energy production in Germany. *The Energy Journal*, 38, 189-209.
- Böhringer, C., Rivers, N. J., Rutherford, T. F., & Wigle, R. (2012). Green jobs and renewable electricity policies: employment impacts of Ontario's feed-in tariff. *The BE Journal of Economic Analysis & Policy*, 12(1), 1-40.

- Caron, J., Cohen, S. M., Brown, M., & Reilly, J. M. (2018). Exploring the impacts of a national US CO₂ tax and revenue recycling options with a coupled electricity–economy model. *Climate Change Economics*, 9(1), 1840015.
- Climate Watch. (2024). Washington, D.C.: World Resources Institute. Available online at: www.climatewatchdata.org.
- European Union. (2021). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT REPORT Accompanying the document Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a carbon border adjustment mechanism. SWD(2021)643. Directorate-General for Taxation and Customs Union.
- Hobbie, H., Schmidt, M., & Möst, D. (2019). Windfall profits in the power sector during phase III of the EU ETS: Interplay and effects of renewables and carbon prices. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118066. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118066>.
- Hübler, M., Voigt, S., & Löschel, A. (2014). Designing an emissions trading scheme for China—An up-to-date climate policy assessment. *Energy Policy*, 75, 57–72.
- ICAP. (2023). Emissions trading worldwide: Status report 2023. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- IEA. (2020). Implementing effective emissions trading systems: Lessons from international experiences. Paris: OECD Publishing.
- IETA. (2013). Industry-to-industry dialogue on emissions trading & market readiness: Workbook from the IETA Business Partnership for Market Readiness (B-PMR) Mission in Seoul. Washington, DC: IETA.
- Joltreau, E., & Sommerfeld, K. (2018). Why does emissions trading under the EU Emissions Trading System (ETS) not affect firms' competitiveness? Empirical findings from the literature. *Climate Policy*, 19(4), 453 - 471. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1502145>.
- Joo, J., Paavola, J., & Van Alstine, J. (2023). The divergence of South Korea's Emissions Trading Scheme (ETS) from the EU ETS: An institutional complementarity view. *Politics & Policy*, 51(6), 1155 - 1173. <https://doi.org/10.1111/polp.12566>.

- KDI 공공투자관리센터. (2023). 〈2023년 제 3차〉 공기업-준정부기관 사업 예비타당성조사 착수회의자료 - 국내사업-. KDI 공공투자관리센터. https://pimac.kdi.re.kr/guide/guideline_list.jsp
- Kim, Y.-G., Moon, J., & Kim, J. (2023). Evaluating the economic impacts of Korea's NDC (nationally determined contributions) implementation via carbon pricing: A global multiregional computable general equilibrium analysis. *Journal of Climate Change Research*, 14(3), 253-275.
- Lee, J. H., & Woo, J. (2020). Green new deal policy of South Korea: Policy innovation for a sustainability transition. *Sustainability*, 12(23), 10191.
- Oh, I., & Kim, K. (2024). Impact of renewable energy expansion policies on the economy, income distribution, and air pollution reduction. *Energy & Environment*, 0(0).
<https://doi.org/10.1177/0958305X241241031>.
- OECD. (2024). Air quality and health: Exposure to PM2.5 fine particles – countries and regions. OECD Environment Statistics (database). <https://doi.org/10.1787/96171c76-en>.
- Sijm, J. P. M., Hers, J. S., & Lise, W. (2008). The implications of free allocation versus auctioning of EU ETS allowances for the power sector in the Netherlands. Energy Research Centre of the Netherlands.
<http://re.indiaenvironmentportal.org.in/files/e08056.pdf> (accessed 22 June 2024).
- Takeda, S., Arimura, T. H., Tamechika, H., et al. (2014). Output-based allocation of emissions permits for mitigating the leakage and competitiveness issues for the Japanese economy. *Environmental Economics and Policy Studies*, 16, 89 - 110. <https://doi.org/10.1007/s10018-013-0072-8>.
- Tran, T. M., Siriwardana, M., Meng, S., & Nong, D. (2019). Impact of an emissions trading scheme on Australian households: A computable general equilibrium analysis. *Journal of Cleaner Production*, 221, 439-456.
- van Ruijven, B. J., O'Neill, B. C., & Chateau, J. (2015). Methods for including income distribution in global CGE models for long-term climate change research. *Energy Economics*, 51, 530-543.
- Wu, J., Fan, Y., & Xia, Y. (2016). The economic effects of initial quota allocations on carbon emissions trading in China. *The Energy Journal*, 37, 129 - 151.