

ISSN 1738-8716(Print)

ISSN 2287-8130(Online)

Particle and Aerosol Research

Part. Aerosol Res. Vol. 15, No. 4: December 2019 pp. 159-171

<http://dx.doi.org/10.11629/jpaar.2019.15.4.159>

수도권 대기오염물질 배출권거래제에 대한 고찰 및 총량제 확대 시행을 위한 제언

박민하¹⁾ · 김용표^{1),*}

¹⁾이화여자대학교 화학신소재공학과

(2019년 11월 11일 투고, 2019년 12월 17일 수정, 2019년 12월 23일 게재확정)

Study of the cap-and-trade system against the air pollutants in the Seoul Metropolitan Area and suggestion for its enforcement throughout South Korea

Min Ha Park¹⁾ · Yong Pyo Kim^{1),*}

¹⁾Department of Chemical Engineering & Materials Science, Ewha Womans University

(Received 11 Nov 2019; Revised 17 Dec 2019; Accepted 23 Dec 2019)

Abstract

The cap-and-trade system against the air pollutants in the Seoul Metropolitan Area (SMA), Korea has been implemented since 2008 and will be implemented other areas in Korea on 2020. In this study, to identify the outcome and effectiveness of the cap-and-trade system in the SMA, (1) the rate of change for NO_x and SO_x emissions, (2) differences between the real emission and allocated amount, and (3) the status of trading are reviewed. It was found that the NO_x and SO_x emissions from the sources under the cap-and-trade system decreased in the SMA but the reduction was mainly due to the reduction of fuel usage not related to the system. It was found that the average percentage of annual emission in the SMA to the allocated amount between 2008 and 2018 was 66.9% for NO_x and 69.3% for SO_x, respectively. It suggests that there was over allocation of the emission amounts. The average trading prices in the SMA were 0.193 \$/kg for NO_x and 0.128 \$/kg for SO_x, far lower than those in RECLAIM, 131.942 \$/kg and 81.677 \$/kg, respectively. It was suggested that (1) the cap system for NO_x and SO_x emissions should be implemented only for the area with high emission ratio from large point sources, (2) the trade system is not suitable for the effective implementation of the cap system, and (3) Korean government should not allow over allocation in order to ensure sound market function without delaying the introduction of technology.

Keywords: cap-and-trade, emission management, the oxides of nitrogen, sulfur oxide, Seoul Metropolitan Area.

* Corresponding author.

Tel : +82-(0)2-3277-2832, Fax: +82-(0)2-3277-3275

E-mail : yong@ewha.ac.kr

1. 서론

우리나라는 수도권 대기환경개선에 관한 특별법 시행에 따라 2008년부터 대기오염물질 배출원 관리의 일환으로 사업장 오염물질 총량관리를 위하여 대기오염물질 배출권거래제를 시행하고 있다(MOE, 2017). 사업장 총량관리제는 기존 배출농도 관리와 다르게 배출총량을 기준으로 대기오염물질을 관리하는 사전 예방적 관리체도로 오염물질별 목표 대기질 달성을 위한 배출허용총량을 산정하고 사업장별로 배출량을 할당하여 그 범위 내에서 오염물질을 배출하도록 규제하는 제도이다(MOE, 2018). 배출권거래제는 사업장이 정부로부터 할당받은 배출허용량 범위 내에서 생산활동 및 배출감축을 하되, 사업장에서 발생하는 초과감축량 또는 초과배출량을 배출권의 형태로 상호거래할 수 있도록 허용하는 제도이다(MOEF, 2014). 우리나라는 사업장 총량관리제 시행 초기 질소산화물(NOx)과 황산화물(SOx)을 대상으로 운영되어오다가 2018년부터 먼지(TSP)를 배출권거래제 대상에 포함하였다. 또한 2019년 4월 대기관리권역법 제정에 따라 2020년부터는 전국 오염우려지역으로 사업장 대기오염물질 배출권거래제가 확대 시행될 예정이다.

우리나라는 대기오염물질 외에도 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률에 따라 2015년부터 온실가스 배출권거래제도를 시행하고 있다. 이 제도는 2011년에 시행된 온실가스·에너지 목표관리제도에 기업 간 배출권 거래라는 시장 기능이 추가된 제도라고 볼 수 있다. 온실가스 배출권거래제는 대기오염물질 배출권 거래와는 별개로 운영되고 있으며 각 제도별 배출권은 상호 거래되지 않는다. 대기오염물질과 온실가스 간 배출권 상호 거래에 관해서는 Yeo and Kim(2012)에서도 일부 논의된 바 있으나, 제도 주관기관이 다르고 거래물질간 배출권 전환을 산정이 쉽지 않기 때문에 실제 상호거래에 대한 실현 가능성은 매우 낮을 것으로 예상된다. 제도 주관기관이 동일한 NOx와 SOx도 상호거래에 대한 논의는 없었다.

대기오염물질 배출권 거래는 미국, 네덜란드에서도 시행되었는데 네덜란드의 NOx 배출권 거래는 2005년에 시작하여 2014년에 전면 폐지되었다. 네덜란드 배출권거래제는 온실가스와 대기오염물질을

통합하여 거래제를 시행하다가 중단하였다(GIR, 2013).

우리나라보다 앞서 1993년부터 배출권거래제를 시행한 캘리포니아 남부대기환경청(SCAQMD, South Coast Air Quality Management District)은 대기질관리 계획(AQMP, Air Quality Management Plan)에 따라 RECLAIM(Regional Clean Air Incentives Market) 제도를 NOx와 SOx를 대상으로 현재까지 시행하고 있으나, 2017년 3월 RECLAIM의 단계적 폐지 및 직접 규제(C&C, Command & Control) 방식으로 관리정책의 전환을 선포하였다.

이에 본 연구에서는 우리나라 수도권의 사업장 대기오염물질 총량제 및 배출권거래제 성과와 RECLAIM의 운영성과를 살펴보고 두 제도의 각기 다른 전환 방향에 대하여 논의하면서 우리나라 사업장 대기오염물질 총량제의 전국적 확대 시행과 관련하여 효과적인 배출원 관리를 위한 운영 방안을 제안하고자 한다.

2. 연구자료 및 연구방법

2.1 연구자료

우리나라 수도권 총량관리제 배출허용총량의 할당 등은 환경부에서 전담하며 배출허용총량의 이전 및 이에 대한 관리장부 작성 등 총량관리사업장의 배출권 거래에 대한 세부적인 운영은 수도권대기환경청에서 담당하고 있다. 배출권 거래량과 배출권 가격동향은 수도권대기환경청에서 운영하는 사업장 대기오염물질관리시스템(MOE, <https://www.stacknsky.or.kr/stacknsky/main.jsp>)에서 공개하고 있다. 이 시스템에서는 배출권 거래량은 이행년도 기준으로 2009년부터 현재까지 지역별(시군구 단위) 및 오염물질별(NOx/SOx/TSP), 거래종류별(무상/유상) 거래건수(건)와 거래량(kg)으로 공개하고 있으며, 거래가격은 유상거래의 최고가, 최저가, 평균가(원/kg)로 공개하고 있다. 다만, 거래가격 부분에서 일부 평균가가 최고가보다 높은 오류가 발견되어 이 시스템에서 제공하는 거래가격 정보는 본 연구에서 활용하지 않았다. 또한 해당 시스템에서는 2019년 8월 조회기준으로 시행 첫해인 2008년의 거래건수와 거래량, 거래가격을 확인할 수 없고, 월별 거래현황 등 세부 내역은 총량관리사업장과 지자체에게만 공개하고

있는 등 자료를 활용하기에 한계가 있다.

사업장 총량관리사업장에 대한 배출량 및 할당량 자료는 상기 거래량과 같이 온라인 시스템을 통하여 공개하고 있지는 않아 관련 논문(Kwon, 2011)를 비롯하여 제2차 수도권 대기환경관리 기본계획(MOE, 2013), 대기환경분야 워크숍 자료집(MOE, 2019), 미세먼지 대응사업 분석 보고서(NABO, 2019)을 통하여 확인하였다.

Kwon(2011)에서는 2008년과 2009년 사이 대상 사업장의 연도별 배출량 및 할당량을 확인하였다. 환경부(MOE, 2019) 자료에서는 2007~2017년 연도별 배출량을 확인하였다. 이 자료는 1차 할당기간부터 총량관리제를 시행하고 있는 사업장(NOx 80개, SOx 21개)자료이며, 앞선 논문(Kwon, 2011)의 배출량과 비교하면 연도별 배출량의 83.7~94.3%에 해당한다. 이 자료에서 이행연도 기준으로 2008년부터 2018년까지 배출권거래건수와 거래량을 확인하였는데 이는 앞서 살펴본 수도권대기환경정의 사업장 대기오염물질관리시스템에서 공개하고 있는 거래현황(2008년 제외)과 일치한다. 국회예산정책처(NABO, 2019) 자료에서는 2008~2018년 연도별 배출량 및 할당량을 확인하였다. 이 자료는 1차 할당기간부터 총량관리제를 시행하고 있는 사업장(NOx 86개, SOx 21개) 자료로 환경부(MOE, 2019)자료와 사업장 개수에 차이가 있다. 두 자료에서 사업장 개수에 차이가 없는 SOx 배출량은 연도별로 동일하며, NOx 배출량(2008~2017년)은 사업장 개수가 작은 환경부 자료(MOE, 2019)의 배출량이 국회예산정책처 자료(NABO, 2019)의 97.8~98.5%에 해당한다. 본 연구에서는 배출량 자료로 연도별 할당량과 함께 제시하여 상호 비교가능한 국회예산정책처(NABO, 2019) 자료를 활용하고, 거래량과 거래단가 자료는 환경부(MOE, 2019) 자료를 활용하였다.

총량관리대상 사업장 자료 외에 지역별 대기오염물질 총 배출량 자료는 국립환경과학원에서 제공하는 국가 대기오염물질 배출량 서비스(NIER, <http://airemiss.nier.go.kr/mbshome/mbs/airemiss/index.do>)를 이용하였다. 해당 시스템에서는 시군구 단위까지만 조회가 가능하여 경기도 3개군(가평군, 양평군, 연천군)과 인천광역시 옹진군을 제외한 후에 인천광역시 옹진군 영흥면 석탄화력발전소 배출량을 포함시키기 위하여 옹진군 배출량 중에서 에너지산업연소 부분의

공공발전시설 중 1~3종 보일러 배출량 자료를 포함시켰다.

SCAQMD은 연간 RECLAIM 보고서를 통해 배출량 감축률, 대상사업장 이행률, 연평균 거래가격 및 RTC(RECLAIM Trading Credit) 가용물량, 고용영향, 대기질 및 공중보건 영향 등을 공개하고 있으며, 이 보고서로부터 해당 자료들을 이용하였다. 이로부터 1994년부터 2017년까지 연평균 배출량(Audited Annual Emission, tons)과 1994년 대비 연도별 배출량 변화율(Audited Audited Annual Emissions Change from 1994, %), 연도별 총 RTCs(Total RTCs)를 확인하였다. 연도별 총 RTCs는 할당된 RTCs(Allocated RTCs)와 ERC(Emission Reduction Credit) 전환으로부터의 RTCs(RTCs from ERC conversion)의 합으로 표기되는데 본 연구에서는 이행연도별로 이 값을 사용가능한 배출권으로 판단하여 연도별 할당량으로 간주하고자 한다. 또한 RECLAIM 거래량은 Swap을 제외한 IYB(Infinite Year Block) 값을 기준으로 선택하였다.

2.2 연구방법

제도 시행 초기 대규모 사업장 또는 소수업종을 대상으로 제도를 시행하다가 점차 대상사업장 또는 대상업종을 확대하는 정책대안의 논거는 기존 연구에서 찾아볼 수 있다. Kwon(2011)에서도 제도 시행 초기에는 거래비용이 비교적 높은 수준을 유지하다가 제도에 대한 학습효과가 충분히 나타나거나 굴뚝자동측정기(TMS) 보급이 증가함에 따라 거래비용이 전반적으로 하락하고 적정 참여기업 수도 증가한다고 하였다. 그러나 우리나라에서 2020년부터 시행하는 사업장 총량제 확대는 거래활성화를 위하여 일반적으로 구상하는 참여자 확대 방식이 아닌 것으로 보인다. 이것은 동일한 제도가 적용될 지역의 확장에 해당하므로 배출권 거래활성화를 위한 정책결정이라고 볼 수 없다. 따라서 본 논문은 배출권거래 활성화 측면의 논의가 아닌 기존 수도권 지역의 총량관리 운영성과 평가와 관련된 논의에 초점을 맞추고자 한다. 이번 대기관리권역 확대 시행은 특정 지역에서 약 10년간 운영된 제도를 동일 국가 내 다른 지역에서 시행하기 위함이므로 해당 제도의 성과 및 실효성을 입증하는 것이 중요하다는 취지이다.

이에 본 연구에서는 대상사업장의 대기오염물질별 배출량을 시작연도 배출량 대비 연도별 배출량 변화율(%)로 계산하여 제도 시행으로 인한 오염물질 배출량 감축성과를 제시한환경부 자료의 내용을 살펴보고, 이것이 과연 제도 시행으로 인한 성과인지를 구분하기 위하여 지역별 배출량 자료를 부문별로 살펴보았다. 그리고 할당량과 비교가능한 배출량 자료를 활용하여 실제 배출량과 할당량의 차이 값을 통하여 배출허용총량에 대한 할당의 적정성을 확인하였다. 마지막으로 연도별 오염물질 거래량과 거래단가 추이를 통해 배출량 추가감축의 유인이 있었는지를 간접적으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 배출량 변화율

환경부는 대기환경분야 워크숍 자료집(MOE, 2019)을 통해서 총량관리대상 사업장에 대하여 NOx는 2007년 30,444톤이었던 배출량이 2012년 27,521톤, 2017년 15,795톤으로 약 48% 감축되었고, SOx는 2007년 11,873톤이었던 배출량이 2012년 10,751톤, 2017년 7,926톤으로 약 33% 감축되었음을 전체 할당기간의 성과로 보고하였다. 이 보고서에서 TMS 부차대상을 기준으로, 총량관리제를 시행한 수도권 지역과 농도규제만 시행한 비수도권 지역의 배출량 저감추이를 비교하였는데, NOx 배출량은 수도권 지역의 연간 감소추세가 뚜렷(2007년 대비 2017년 Δ 29%)하나 비수도권 지역은 2017년도에만 감소(2007년 대비 2017년 Δ 6%)한 것으로 보고하였다. SOx의 경우에는 두 지역간 배출량 감소율 차이가 크지 않았다(수도권지역 : 2007년 대비 2017년 Δ 8%, 비수도권 지역 : 2007년 대비 2017년 Δ 7%). 이에 대해 환경부에서는 수도권 지역의 SOx 배출량은 2009년 영흥화력 3~4호기 가동과 2015~2016년 영흥화력 5~6호기 가동 및 저유가로 인한 평택발전 가동률 증가를 원인으로 지적하였다.

환경부가 제2차 수도권 대기환경관리 기본계획(MOE, 2013)을 통해 1차 할당기간의 성과를 제시할 때는 특정 연도의 배출량 또는 전망치만 제시되었다. 그러나 2019년에 공개된 위의 자료에서는 해당기간의 연도별 사업장 배출량을 공개하고 비수도권

지역의 사업장 배출량 저감율과 비교하는 등 관련 자료 공개 범위가 확대되었다. 이는 총량관리제의 전국적 확대 기반을 마련하기 위해 해당 제도의 시행 성과를 보여주기 위함으로 보인다. 그러나 비수도권 지역에 비해 수도권 지역의 TMS 사업장 NOx 배출량 감소율이 상대적으로 크지만, SOx의 경우에는 지역별 저감률 차이가 뚜렷하지 않아 제시된 자료에만 국한하여 수도권 총량제 성과를 해석하는 것은 유의해야 할 필요가 있다. 또한 이러한 대상사업장에서의 NOx 배출량 감소가 실제 수도권 NOx 배출 저감에 얼마나 기여하였는지, 이 감소가 배출권거래제의 효과인지 확인할 필요가 있다.

국립환경과학원(NIER, 2019)에서 제공하는 시군구별 배출량 자료를 살펴보면, 총량관리대상지역의 NOx 배출량은 2007년 354,437톤에서 2016년 320,515톤으로 약 9.6% 감소하였다. 이는 앞서 환경부 자료에서 총량제 시행 전후 대상 사업장 배출량 감소율과는 차이가 있다.

이와 같이 NOx 배출량이 수도권에서 9.6% 감소한 것은 총 배출량의 76.1%(2006년 기준)를 차지하고 있는 이동오염원 부문에서 도로이동오염원과 비도로이동오염원 각각 8%, 4% 감소한 영향이 가장 크다. 생물성 연소부문은 2015년부터 산정하기 시작하여 과거 배출량과 비교가 불가하며, 통제불가능한 부문으로 볼 수 있는 기타 면오염원 배출량(산불 및 화재)은 배출비중이 0.02%로 극히 낮다. 사업장 관리와 관련되는 부문을 살펴보면 발전소와 같은 대형사업장이 포함되는 에너지산업연소 부문의 배출비중은 2016년 기준으로 5.8%이고, 해당 부문에서 2007년 대비 2016년 배출량은 30% 감소하였다. 배출비중이 각각 2.8%, 1.2%, 0.96%인 제조업연소, 생산공정, 폐기물처리 부문 배출량은 각각 41.1%, 38.7%, 47.5% 감소하였고, 배출비중이 12.9%인 비산업연소 부문 배출량은 7.1% 증가하였다. 주로 이동오염원 배출비중이 큰 NOx 배출량은 총량사업장 관리와 구분하여 배출량 변화율을 확인할 필요가 있다. 에너지산업연소 부문의 배출량 감소율을 통해 대형사업장의 NOx 배출량이 감소는 뚜렷하다고 볼 수 있지만, 도로이동오염원 부문의 배출비중이 큰 NOx의 경우에는 총량대상사업장 관리를 통한 전체 배출량 감소 효과를 기대하기에 충분하지 않다. 실제로 도로도 환경부(MOE, 2019)에서 공개한 총량대상사업

장 배출량과 비교해보면 2007~2016년 해당 지역의 NOx 배출량 대비 총량대상사업장의 평균 배출비중이 8.5%(2016년 기준 5.5%)에 불과하다.

총량관리대상 지역의 NOx 배출량 중에서 에너지산업연소 부문의 전년대비 배출량 변화가 가장 큰 2014년 배출량은 2013년 대비 25.8%가 감소(△6,295톤)한 것으로 확인되는데, 경기지역 공공발전시설의 배출량 변화가 주된 원인이고, 이 중에서도 LNG를 사용하는 발전시설의 배출량 감소가 가장 크다. 국립환경과학원(NIER, 2017)에 따르면 전국 발전용 도시가스 공급량이 2013년 대비 2014년 16% 감소하였음을 확인할 수 있는데, 이를 통해 복합화력발전시설의 LNG사용량 감소가 배출량 감소에 영향을 주었을 것으로 보인다. 실제로 한국전력통계의 발전소별 연료사용량 통계에 따르면 전국 발전소 중 LNG 사용량 중 수도권 발전소의 LNG사용량은 57.3%(2013~2014년 평균)이다. 동 기간(2013~2014년)의 수도권 발전소에서 사용하는 LNG 사용량은 전년대비 34.3% 감소하였으나, 수도권 외 지역의 발전소에서 사용하는 LNG사용량은 전년대비 14.5% 감소한 것으로 확인되었다(KEPCO, 2014; KEPCO, 2013). 이 시기에 시설개선이나 제어설비 도입 등의 다른 외부요인이 없다면, 수도권 대형사업장의 NOx 배출량 감소는 총량관리제의 성과가 아닌 사용연료 감소에 따른 결과로 보는 것이 더 타당하다.

총량관리지역의 SOx 배출량을 확인해보면, 2007년 51,052톤에서 2016년 31,528톤으로 약 38.2% 감소하였다. SOx 배출량 중 총량대상사업장 배출량 비율이 31.8%(2016년 기준)으로 NOx에 비해서는 전체 배출량 관리에서 사업장 관리가 차지하는 비율이 크고, SOx 배출량은 전 부문에서 감소율이 나타났다. 배출량이 가장 많이 감소한 부문은 배출비중이 각각 20.8%, 15%, 13.8%(2016년 기준)를 차지하는 미산업연소, 제조업연소, 비도로이동오염원 부문으로 해당 기간 배출량이 각각 54.1%, 55.1%, 45% 감소하였다. 배출비중이 29.1% 및 18.3%를 차지하는 에너지산업연소와 생산공정 부문 배출량이 2007년 대비 2016년 배출량이 각각 10.9%, 7.5% 감소하였다. SOx 배출량에서 비도로이동오염원 부문 배출량 감소율이 상당하나, 이는 2014년부터 배출량 산정시 해상선박부문 산정방법 개선에 따른 유중현실화 등에 따라 해당 부문 배출량이 적게 산정된(NIER,

2016) 영향이 있었을 것으로 보인다.

NOx와 마찬가지로 해당 지역의 SOx 부문별 배출량 변화를 보면 2014년 에너지산업연소 부문 배출량 합계가 2013년 대비 31.7% 감소(△3,515톤)한 것으로 확인되는데, 인천지역 민간발전시설 중 가스터빈시설의 배출량이 2013년 2,943톤에서 2014년 641톤으로 감소한 것이 주요하다. 이는 앞서와 같이, 발전용 도시가스 공급량 감소에 따른 영향으로 추정된다.

이에 비하여 RECLAIM의 1994년 대비 배출량 변화율(%)을 보면, NOx 배출량은 제도 시행 직후인 1995년에 약 5% 증가하였다가 이후 급격하게 감소하였고 2009년 이후로는 연간 배출량이 7,121톤에서 7,691톤으로 변화율이 70~72% 수준이다(그림1). SOx 배출량은 1995년에 약 18% 증가한 후 감소하다가 2006년 배출량이 1994년 배출량의 약 50%가 되었고 2013년 이후로는 연간 배출량이 2,024톤에서 2,176톤으로 변화율이 70~72% 수준이다(그림2).

3.2 할당량과 실제 배출량 간의 비교 결과

배출권거래제 도입 초기에 발표된 Kwon(2011)에 따르면 2008~2009년 NOx과 SOx 할당량은 실제 배출량보다 최소 1.87배에서 최대 2.33배에 이르는 것으로 나타났다. 이 논문에서는 2006~2007년에 이루어진 저감장치 투자에 대해 언급하면서도 사업장 배출량 정보의 왜곡에 대해서도 지적한 바 있다. 우리나라의 경우 사업장 배출량 보고시 TMS 미부착시 자가측정을 통하여 배출량을 산정·보고할 수 있기 때문으로 보인다. 2017년 기준으로 1종 및 2종 2,434개 사업장의 45,923개 배출구 중에서 3.4%에 해당하는 1,607개 배출구만 TMS가 부착되어 있다(NABO, 2019). 총량관리 대상 사업장만의 TMS 부착률 정보가 알 수 있다면 산정과정에서의 배출량 정보 왜곡에 대한 가능성도 확인해볼 수 있을 것이다.

우리나라 뿐만 아니라, RECLAIM에서도 할당 초기에는 할당량과 배출량 간의 상당한 차이가 있음을 확인할 수 있다(SCAQMD, 2019). 특히, 제도 초기에는 과거 배출량을 기반으로 배출권을 할당하는 구조이므로 피규제자는 과거 배출량이 많다고 평가 받아야만 보다 많은 할당을 받기 때문에 고의적으로 배출량 왜곡을 시도할 가능성이 높다. 이런 경우를 회피하기 위해서 규제자는 배출량 검증에 대한

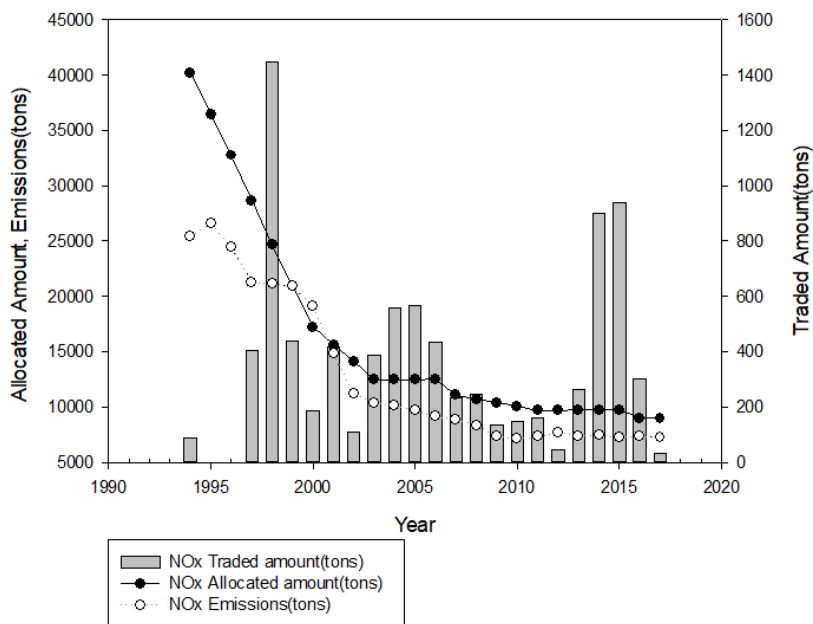


Figure 1. Variation of NOx Emission, allocated amount, traded volume in RECLAIM(Raw data : SCAQMD, 2019).

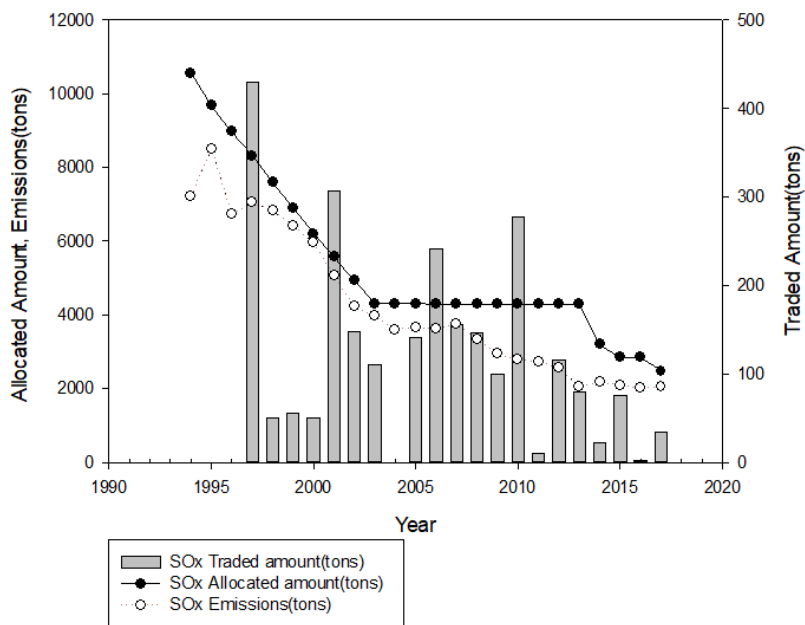


Figure 2. Variation of SOx Emission, allocated amount, traded volume in RECLAIM(Raw data : SCAQMD, 2019).

요구사항이 많아져서 할당 준비기간이 길어지기도 한다. 만약 피규제자인 총량대상 사업장에서 할당량 산정시 사용되는 과거 배출량을 정확히 보고하였다면, 감축목표나 할당량 산정방식에 대한 문제를 살펴보아야 할 것이다.

국회예산정책처(NABO, 2019)로부터 수집한 2008년부터 2018년까지 연도별 배출량 및 할당량 분석 자료를 기반으로 환경부 워크샵 자료(MOE, 2019)에서 수집된 오염물질별 배출권 거래량과 함께 비교하였다(그림3,4). 여기서 배출량과 할당량 자료는 제한적인 사업장 자료(NOx 86개, SOx 21개)이지만, 거래량 자료는 별도로 언급되어 있지 않아 전체 사업장 자료로 판단된다. 2008년부터 2018년까지 연간 할당량에 대한 배출량 비율의 평균은 NOx와 SOx 각각 66.9%, 69.3%이다. 배출량과 할당량 간의 차이가 가장 작았던 해는 2013년으로 할당량에 대한 배출량 비율이 NOx와 SOx 각각 91.0%, 98.8%이며, 기간 중 해당 연도의 배출권 거래량이 두 오염물질 모두 가장 많았다. 할당량만 보면, 1차 할당기간(2008~2012년)의 할당량 감소율은 2차 할당기간(2013~2017년)의 할당량 감소율에 비해 상대적으로 높다. 할당량 수치만으로 평가한다면 정부의 감축목표가 2차 할당기간에는 상대적으로 유연해진 것으로도 볼 수 있다. 이는 수도권 대기환경관리 기본계획에서 대형사업장 총량관리 부문에 대한 삭감계획, 즉 총량제 시행을 통한 감축목표 비율이 감소한 것으로도 확인할 수 있다. NOx의 경우에는 2009년 기준 배출시설 관리부문 삭감량 14,393톤 중 74.8%에 해당하는 10,769톤을 총량관리제 시행을 통해 삭감하기로 계획하였으나, 2019년 기준 삭감계획에서는 19,113톤 중 66.2%에 해당하는 12,660톤을 삭감하기로 계획하였다. SOx의 경우에는 2009년 기준 배출시설 관리부문 삭감량 11,516톤 중 59.8%에 해당하는 6,882톤을 총량제 시행을 통해 삭감하기로 계획하였으나, 2019년 기준 삭감계획에서는 10,027톤 중 19.6%에 해당하는 1,968톤을 사업장 총량관리를 통해 삭감하기로 계획하였다.

RECLAIM에서는 2000년 캘리포니아 에너지 위기 당시 NOx 배출량이 할당량을 초과하였고 2017년 NOx 배출량은 할당량보다 약 19% 적었다. NOx와 마찬가지로 할당량 값과 비교하면, SOx 배출량은 할당량을 초과한 해는 없었고, 2017년 SOx 배출량

이 할당량보다 약 17% 적었다(SCAQMD, 2019). 우리나라와 동일하게 연간 할당량에 대한 배출량 비율의 평균으로 보면, NOx와 SOx 각각 79.7%, 78.5%이다(그림5,6). RECLAIM의 경우에도 우리나라와 마찬가지로 할당량보다 실제 배출량이 작으나, 배출량과 할당량의 차이가 우리나라보다는 적은 편이다. SCAQMD에서 연간 배출량이 할당량보다 5% 이상 많아지는 경우 RECLAIM 개정을 고려하도록 설계되어 있으나, 이와 반대인 할당량이 배출량보다 많은 경우에 적정한 할당량을 고려하도록 설계되어 있지는 않고 이는 우리나라 대기오염물질 배출권거래제에서도 고려하고 있지 않다. 배출권거래제에서 적정한 할당량을 정하기 위해서는 감축하고자 하는 목표의 정도, 현재 도입가능한 기술의 수준, 해당 사업장의 경제성 등을 고려하여야 하므로 그에 대한 기준을 정하기는 쉽지 않다.

3.3 오염물질별 배출권 거래 추이

환경부(MOE, 2013)는 1차 할당기간 동안 배출권 거래건수는 최초 2008년 18건에서 2012년 105건으로 증가하고, 거래량은 NOx은 2008년 894톤에서 2012년 1,868톤으로, SOx은 2008년 115톤에서 2012년 1,401톤으로 각각 증가하였다고 보고하였다. 또한 제도도입 초기 과다할당, 운영 미흡 등 제도의 실효성 부족으로 배출권 거래량은 총 배출량의 4.4%에 그쳐 배출권 거래 활성화가 미흡하다고 총평하였다. 그러나 이 자료를 통해서서는 1차 할당기간의 연도별 배출량이나 할당량, 거래량을 세부적으로 확인할 수 없었다.

연도별 할당량 대비 거래량은 NOx의 경우 평균 3.8%, SOx의 경우 평균 5.3%이다(그림3,4). 이를 우리나라 전체 NOx 및 SOx 배출량 대비 거래량 비율로 보면, 각각 평균 0.1%, 0.2%이다. 여기서 할당량은 일부 사업장만의 자료이고 거래량은 전체 사업장의 자료이므로 일부 오차를 고려해야 하지만 거래량이 할당량의 10%도 되지 않다는 것은 실제 배출량이 할당량보다 작아 거래가 불필요하였다는 것으로 해석할 수 있다. 물론 이는 할당량을 산정하기 위한 배출량 예측이 어긋났거나 감축목표가 강하지 않았다고 해석할 수도 있다. 거래량을 해석하기 위해서는 예측의 정확성, 감축의지의 정도, 감축비용, 거래비용 등이 모두 함께 고려되어야 한다.

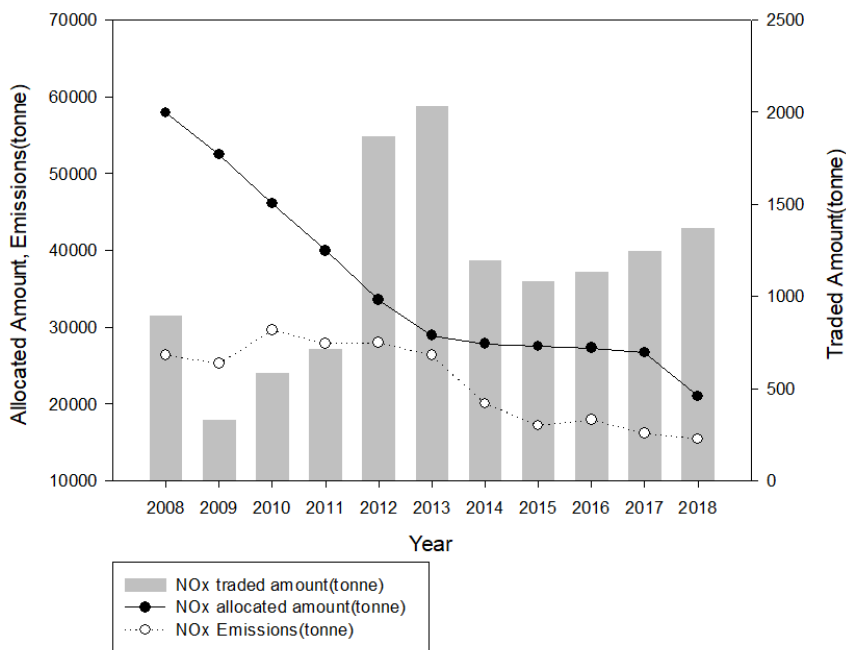


Figure 3. Variation of NOx Emission, allocated amount, traded amount for cap-and-trade system in the Seoul Metropolitan Area(Raw data : MOE, 2019; NABO, 2019).

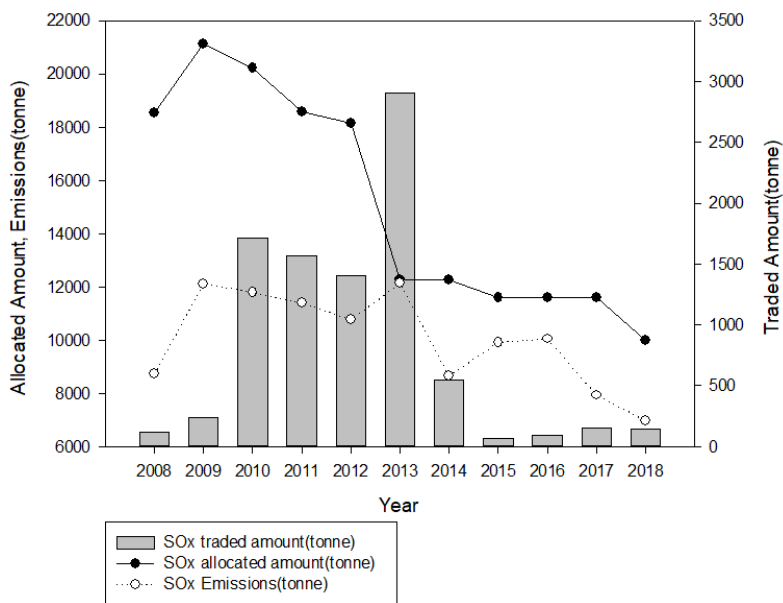


Figure 4. Variation of SOx Emission, allocated amount, traded amount for cap-and-trade system in the Seoul Metropolitan Area(Raw data : MOE, 2019; NABO, 2019).

거래연도별 거래량과 거래단가를 함께 살펴보면, NOx의 경우 거래량은 2013년에 가장 많았는데, 거래단가는 이보다 1년 뒤인 2014년이 가장 높은 0.324\$/kg로 나타났다. 연도별 NOx 거래단가의 평균은 0.193\$/kg이다. SOx의 경우에는 NOx와 동일하게 2013년에 거래량이 가장 많았다. 거래단가는 거래 시작연도인 2008년에 0.269\$/kg으로 가장 높았다. 이를 제외하고는 2014년 거래단가가 0.227\$/kg으로 높다. 연도별 SOx 거래단가의 평균은 0.128\$/kg이다. 다만, 이 거래량에 무상거래까지 포함되어 있어 해석에 주의가 필요하긴 하나, RECLAIM 거래단가(IYB기준, Swap 제외)의 동일기간 평균단가가 NOx, SOx 각각 131.942\$/kg, 81.677\$/kg에 비하면 우리나라 오염물질 배출권 거래단가는 600배 이상 낮은 편이다(표1). 우리나라 먼지 배출권의 최초연도인 2018년 거래단가인 2.223\$/kg(MOE, 2019)인 것에 비해서도 우리나라 NOx 및 SOx 배출권 거래단가는 매우 낮은 수준이다.

배출권거래제는 총량관리의 한 가지 수단으로, 추가적인 감축을 촉진했다고 평가하기 위해서 간접적으로나마 거래단가 확인이 필요하다. 제도가 시행되지 않았다면 발생하지 않았을 추가감축이 일어나기 위해서는, 감축여력을 가진 사업장이 실제로 더 감축해야 가능하며, 배출권 판매수익이 감축투자비용보다 높다면 이러한 시나리오가 가능할 것이다. 만약 과거 배출량에 기반한 할당원칙만 적용된다면, 총량대상 사업장이 할당량을 충족하고도 더 많은 감축을 하는 경우에는 차기 배출권 할당시 배출권을 적게 받게 되므로 단기간 감축투자를 회피할 수 있다. 또한 배출권 시장에서 투자비용보다 저렴하게 구매할 수 있는 배출권이 많다면 사업장들은 자체적인 투자를 통한 배출량 감축을 시도하지 않을 것이다. 특히, 수도권 대기오염물질 배출권거래제와 같이 배출권 거래단가가 낮은 상황에서는 판매수익을 기대할 수 없으므로 배출권거래제를 통한 추가감축은 기대하기 어렵다.

RECLAIM의 직접적인 폐지 원인은 2016 AQMP Control Measure CMB-05 및 캘리포니아 법안 등에 따라 배출량 삭감조치가 강화된 것으로 보인다. 앞서 살펴본 것과 같이 RECLAIM 시행된 후에 NOx과 SOx의 절대적 배출량은 획기적으로 감소하였으나 2011~2013년 이후에는 배출량 변화가 거의 없었다.

이는 현행 방식으로는 추가적인 배출감축 효과를 기대할 수 없다고 볼 수 있다. 그간 SCAQMD에서 발행된 RECLAIM 관련 보고서를 보면, 다수 사업장에서 기대되는 제어수준을 달성하지 못하였고(SCAQMD, 2017) 대상 사업장의 절반 이상이 BARCT(Best Available Retrofit Control Technology) 수준에 미달되었음이 보고되었다(SCAQMD, 2018). 수년간 배출량이 정체된 상태를 보이는 NOx 및 SOx 배출량을 감축할 수 있는 것은 더 이상 RECLAIM의 역할이 아니며, 더 많은 감축을 하기 위해서 RECLAIM이 아닌 기존의 직접규제(Command-and-control) 방식의 감축 수단을 채택한 것으로 보인다. 그러나 RECLAIM 도입된 이후에 배출량에 비해 작기는 하지만 지속적인 거래량을 보여왔고 거래단가가 현재까지도 우리나라에 비해 높게 유지되고 있다는 점에서는 SCAQMD의 RECLAIM은 배출량 감축을 위한 유연성 확보의 수단으로 성공적으로 작용하였다고 평가할 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 오염물질 총량관리제 시행지역 확대를 앞두고 기존의 수도권 대기오염물질 총량관리제 시행성과를 평가해보고자 관련 자료를 수집하여 살펴보았다. 그 결과, 제도 시행 전과 비교하여 총량관리대상 사업장의 절대적인 배출량은 감소되었지만(수도권 지역의 사업장 NOx 및 SOx 배출량은 2007년 대비 2017년 각각 29%, 6% 감소), 주로 연료사용량 감소에 따른 배출량 감소가 확인된다. 총량관리지역의 전체 배출량 중 대상사업장의 배출량 비율이 작아(2007~2016년 평균 NOx 8.5%, SOx 28.0%) 총량관리제가 수도권 지역의 배출량 저감에 효과적이었다고 평가할 수 없다.

배출량과 할당량 간의 비교를 통해 총량관리제의 할당량이 실제 배출량에 비해 과다할당된 것으로 추정되었다. 2008년부터 2018년까지 연간 할당량에 대한 배출량 비율의 평균이 NOx, SOx의 경우에 각각 66.9%, 69.3%이다. RECLAIM에서는 연간 할당량 대비 배출량의 평균이 각각 79.7%, 78.5%인 것에 비해 약 10% 이상 할당량이 많다.

Table 1. Comparison of average trading price in the Seoul Metropolitan Area and in RECLAIM(1ton = 907.1847 kg, 1\$=1,186.60KRW).

Year	NOx		SOx	
	SMA(\$/kg)	RECLAIM(\$/kg)	SMA(\$/kg)	RECLAIM(\$/kg)
1994	-	17.221	-	-
1995	-	-	-	-
1996	-	-	-	-
1997	-	21.608	-	30.576
1998	-	25.942	-	21.341
1999	-	46.779	-	16.475
2000	-	54.388	-	29.793
2001	-	90.404	-	36.694
2002	-	55.872	-	49.982
2003	-	40.562	-	6.261
2004	-	24.781	-	-
2005	-	83.993	-	8.167
2006	-	166.080	-	16.077
2007	-	214.255	-	26.288
2008	0.211	223.110	0.269	24.779
2009	0.186	137.322	0.081	40.289
2010	0.158	105.558	0.049	120.393
2011	0.150	62.510	0.045	112.839
2012	0.070	53.072	0.078	138.737
2013	0.240	50.612	0.152	200.238
2014	0.324	121.815	0.227	88.674
2015	0.223	220.115	0.118	59.156
2016	0.190	418.941	0.166	55.116
2017	0.193	43.732	0.105	25.155
2018	0.174	14.576	0.118	33.069
Average(2008-2018)	0.193	131.942	0.128	81.677

할당의 적정성을 간접적으로 평가하기 위해서 배출권 거래물량과 거래단가를 살펴본 결과, NO_x, SO_x 배출권 거래량은 전체기간 중 연도별 할당량 대비 거래량 비율이 각각 평균 3.8%, 5.3%였다. RECLAIM에서는 그 값이 각각 3.4%, 2.9%였다. 수도권 대기오염물질 배출권 거래가 도입된 이후 2008~2018년까지 우리나라 오염물질 배출권 거래단가의 평균은 NO_x, SO_x의 경우 각각 0.193\$/kg, 0.128\$/kg으로, RECLAIM 거래단가(IYB기준, Swap 제외)의 평균이 각각 131.942\$/kg, 81.677\$/kg에 비하여 600배 이상 낮은 수준이다. 두 제도에서 거래량은 모두 작았으나, 거래단가에서는 큰 차이를 보인다. 두 제도에서 거래량이 적은 사실만으로는 앞서 확인한 과다할당에 대한 직접적 영향으로 평가할 수 있지만, 거래단가에 대한 차이를 보면 RECLAIM이 수도권 대기오염물질 배출권거래제보다는 할당의 적정성 면에서는 우수하게 평가될 수 있다.

요약하면 사업장 총량관리제는 수도권 전체 배출량 관리에 지배적이지 않고, 과다할당과 그에 따른 거래의 비활성화와 낮은 거래단가 등으로 제도가 제대로 작용하지 않았을 가능성이 높다. 총량관리제에서 할당량이 증가하면 감축에 대한 유인이 사라지기 때문에 추가적인 감축을 유도할 수 없다. 국회 예산정책처(NABO, 2019)에서도 실제 배출량에 비하여 할당량이 많아지면 대상지역 확대에도 불구하고 감축효과가 발생하지 않을 가능성이 있으므로 적정 수준의 할당량을 설정하여 대기오염물질 배출량 감축 효과가 실효성 있게 발현될 수 있도록 관리할 필요가 있다고 언급한 바 있다. 감사원(BAI, 2019)에서도 환경부가 배출허용총량 과다산정하여 총량관리제도의 실효성을 저하시켰음을 확인하였다. 실제로 RECLAIM 운영과정에서 배출권 과잉공급으로 일부 사업장에서 최고 수준의 제어기술 도입이 지연되는 등의 문제가 발생하기도 하였다(SCAQMD, 2017).

따라서 본 연구에서는 사업장 대기오염물질 총량관리제의 전국적 확대 시행을 앞두고 국내 미세먼지 감축을 위한 배출권 관리에 있어서, 부문별 배출비중을 고려하여 이동오염원 배출비중이 큰 지역과 사업장 배출비중이 큰 지역으로 구분할 것을 제안하고자 한다. 수도권과 같이 NO_x 배출량 중 사업장 배출비중보다 이동오염원 배출비중이 높은 지역에

는 사업장 총량제 또는 거래제 성과가 미치는 영향이 적어 이 제도의 성과가 나타나더라도 전체 배출량 저감에는 효과가 미미하다. 즉, 수도권 지역은 총량대상사업장을 규제하는 관리보다는 이동오염원 위주의 배출원 관리정책이 필요한 지역이므로 차별적인 사업장 총량제 시행이 필요하다. 따라서 발전·산업부문 배출량이 많은 지역을 명확하게 구분하고 대형사업장 위주로 과다할당이 없도록 대기오염물질 사업장 총량관리제를 시행한다면 지역별 대기오염물질 배출원 관리에 대한 직접적인 효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 RECLAIM의 사례와 우리나라 거래가격의 현실성을 고려하여, 대기관리권역 내 대기오염물질에 대한 배출권거래제 도입은 한시적으로 또는 부득이한 경우에 한해 극히 제한적으로 시행하거나 도입하지 않을 것을 제안한다. 과거 온실가스 목표관리제와 같이 배출권 거래없이도 배출량 감축 성과는 충분히 나타날 것이다.

추가적으로 지역 구분없이 관리대상을 지정하는 온실가스 배출권거래제와 달리, 대기오염물질 총량관리제는 대기질 관리를 위한 지역을 대기관리권역으로 지정하고 이 권역 내에서만 관리대상으로 지정하고 있다. 2019년 5월, 대기관리권역 예정지역이 발표된 직후에 전국 배출량의 상위 20% 이내에 드는 시멘트 공장이 위치한 제천과 단양이 제외된 것에 대한 문제가 제기된 바 있다. 새로운 규제를 회피하고자 하는 기업의 공장이전 가능성도 배제할 수 없다. 정부는 대기관리권역 지정에 대한 명확한 설명과 기준을 제시하여 제도의 신뢰성을 높일 필요가 있다.

또한 감사원(BAI, 2019)에 따르면 광투과방식의 먼지 굴뚝자동측정기기(TMS, Tele-Monitoring system)를 통한 먼지 농도 산출시 과소산정의 가능성이 발견되었다. 굴뚝자동측정기기 측정자료의 신뢰도 관리 체계를 전면 정비하는 등 TMS를 통한 먼지 측정과 관련된 문제를 해결한 이후에 먼지 총량제를 확대 시행할 필요가 있다.

SCAQMD과 비교하여 제도 담당기관의 권한이나 예산 등에 차이가 있지만(Kim and Kim, 2017), 정책 수립시 단계적 과정을 공개하고 관련 이해관계자들이 의견을 개진할 수 있는 공식적인 절차를 마련한다면 규제자와 피규제자의 정보 불균형으로 인한 문제점도 해소될 수 있을 것이다.

본 연구를 통해 우리나라 총량관리 배출권거래제 성과를 확인하고자 하는 과정에서 총량관리 사업장 데이터를 수집하기가 쉽지 않았고 공개된 자료 간에도 수치적 불일치가 발견되는 등 자료 선택과 해석에 한계가 있었다. 정부 차원에서 온실가스 배출권거래제에 대한 성과 연구는 활발하게 진행된 반면에 대기오염물질 배출권거래제에 대해서는 성과 보고와 분석이 상대적으로 부족하다. 정부 차원에서 RECLAIM 제도의 수준으로 데이터 공개범위가 확대된다면 사업장 총량관리제와 관련된 자료 해석이나 관련 연구가 활발히 이루어질 것으로 기대한다. 또한 본 연구결과와 함께 NOx 및 SOx가 미세먼지 생성에 기여하는 정도가 수치적으로 규명된다면 대기오염물질 총량관리제의 필요성 및 성과를 평가하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

감사의 글

이 성과는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(2019M1A2A2103953).

References

- BAI (The Board of Audit and Inspection of Korea) (2019). Audit Report on the Management of Air Pollutant Emissions from Industrial Facilities (in Korean).
- GIR (Greenhouse Gas Inventory and Research Center) (2013). Comparative Analysis of Trading System of Greenhouse Gas, Air Pollutant, and Renewable Energy for GHG Emission Trading System in Korea, 2013 Greenhouse Gas Reduction Expert Forum Final Workbook (in Korean).
- KEEI (Korea Energy Economics Institute) (2017). Diagnosis and Improvements for Greenhouse Gases Emission Trading System in Korea, Occasional Research Report 17-04 (in Korean with English abstract).
- KEPCO (Korea Electric Power Corporation) (2014). Statistics of Electric Power in KOREA (in Korean).
- KEPCO (Korea Electric Power Corporation) (2013). Statistics of Electric Power in KOREA (in Korean).
- Kim, Y.J. and Kim, Y.P. (2017). Direction for the management of air pollutants based on health risk in Korea, Particle and Aerosol Research, 13(2), 43-52 (in Korean with English abstract).
- Kwon, T.H. (2011). Evaluation of Tradable Emission Permits via Transaction Cost Theory: Focusing on Seoul Metropolitan Air Quality Management, Korean Journal of Public Administration, 49(1), 167-187 (in Korean).
- NABO (National Assembly Budget Office) (2019). Analysis of corresponding business to Fine Particle, 48-63 (in Korean).
- NIER (National Institute of Environmental Research) (2016). 2014 National Air Pollutants Emission (in Korean).
- NIER (National Institute of Environmental Research) (2017). Standard Procedure on constructing basis data for national air pollutant emissions as of 2014 (in Korean).
- NIER (National Institute of Environmental Research), National Air Pollutants Emission Service, <http://airemiss.nier.go.kr/mbs/home/mbs/air-emiss/index.do> (accessed on Oct. 03, 2019).
- MOE (Ministry of Environment) (2005). Master Plan of air quality management in the Seoul Metropolitan Area (in Korean).
- MOE (Ministry of Environment) (2013). 2nd Master Plan of air quality management in the Seoul Metropolitan Area (in Korean).
- MOE (Ministry of Environment) (2017). Special Act on the Improvement of Air Quality in Seoul Metropolitan Area, Act No. 15274 (in Korean).
- MOE (Ministry of Environment) (2018). Manual of Air Pollutant Emission Management System in the Seoul Metropolitan Area (in Korean).
- MOE (Ministry of Environment) (2019). Main Contents of Air Quality Management Act and Emission Management System for Facilities, Atmospheric

- Environment Workshop, Vol. 6. (in Korean).
- MOE (Ministry of Environment), Air Pollutants Management System for facilities, <https://www.stacknsky.or.kr/stacknsky/main.jsp> (accessed on Aug. 08, 2019).
- MOEF (Ministry of Economy and Finance) (2014). Master Plan of Emission trading system for Greenhouse Gases (in Korean).
- SCAQMD (South Coast Air Quality Management District) (2019). 2017 Annual RECLAIM Audit Report.
- SCAQMD (South Coast Air Quality Management District) (2017). Final 2016 Air Quality Management Plan.
- SCAQMD (South Coast Air Quality Management District) (2017). Supplemental RACM/RACT Analysis for the NO_x RECLAIM Program.
- Yeo, M.J. and Kim, Y.P. (2012). Flexible operation of the Cap-and-Trade System for the air pollutants in the Seoul Metropolitan area, *Journal of Environmental Management*, 105, 138-143.