



HFCs 감축에 따른 온실가스 감축량 산정방법론 연구 - 발포산업을 중심으로 -

최지원^{*†} · 김정만^{**} · 안준관^{***}

^{*}(주)로엔컨설팅 기후변화사업본부 연구원, ^{**}(주)로엔컨설팅 기후변화사업본부 팀장, ^{***}(주)로엔컨설팅 기후변화사업본부 상무

A Study on the Methodology of Calculating Greenhouse Gas Emission Reduction by HFCs Reduction - Focusing on the Foam Industry -

Choi, Ji Won^{*†}, Kim, Jung Man^{**} and Ahn, Jun Kwan^{***}

^{*}Researcher, Roen Consulting Co., Ltd., Seoul, Korea

^{**}Team Leader, Roen Consulting Co., Ltd., Seoul, Korea

^{***}Managing Director, Roen Consulting Co., Ltd., Seoul, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study is to propose a methodology for estimating greenhouse gas emission reduction through HFCs used in the foam industry. This study investigated characteristics of HFCs and greenhouse gas emissions from production processes in the foam industry, which uses HFCs as a blowing agent. Also, we investigated fluorinated gas removal technology to determine a proper technology for the foam industry. And we confirmed the criteria and characteristics of External Project for methodology development. According to criteria of External Project and foam industrial process emission, a methodology for calculating the amount of greenhouse gas emission reduction in foam industry was developed. Lastly, we analyzed the amount of greenhouse gas emission reduction and KOC (Korea Of Offset) in the foam industry based on the domestic government's plan to reduce HCFCs and imported amount of HFCs used as a blowing agent.

The results of this study demonstrate that linking greenhouse gas reduction in the foam industry and the domestic greenhouse gas reduction system can contribute to achieve the domestic greenhouse gas reduction goal.

Key words: Methodology, External Project, HFCs, HCFCs, Blowing Agent, Foam Industry, Greenhouse Gas

1. 서 론

유엔 기후변화협약 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)에서는 기후변화 문제의 근원적 해결을 위해서 선진국 중심의 교토의정서 (Kyoto Protocol) 체계의 한계성을 인식하고, 2020년 이후부터 모든 당사국이 참여하는 파리협정 (Paris Agreement) 체계로의 전환에 합의하였다. 우리나라는 국제 사회의 온실가스 감축노력에 동참하고자 2030년 온실가스배출전망치 (Business

as Usual, BAU) 대비 37%의 자발적 감축목표를 포함하고 있는 자발적 국가감축목표 (Intended Nationally Determined Contribution, INDC)를 기후변화협약 사무국에 제출하였다. 국가 온실가스 감축목표 이행을 위한 정책으로 저탄소 녹색성장기본법에 근거하여 2010년부터 온실가스-에너지 목표관리제와 2015년부터 온실가스 배출권거래제를 도입하여 운영 중이다. 제도내에서 관리하는 온실가스란 이산화탄소 (CO₂), 메탄 (CH₄), 아산화질소 (N₂O), 수소불화탄소 (HFCs), 과불화탄소 (PFCs), 육불화황 (SF₆) 및 그 밖에 대통령령으로 정하는

[†] Corresponding author: spxl863@roenconsulting.com (070-5099-0295, Gasan digital 1-ro, Geumcheon-gu, Seoul, Korea)

Received November 9, 2018 / Revised November 25, 2018 1st, December 3, 2018 2nd / Accepted December 10, 2018

것으로 적외선 복사열을 흡수하거나 재방출하여 온실효과를 유발하는 대기 중의 가스 상태의 물질을 말한다. Non-CO₂ 온실가스에는 지구온난화지수 (Global Warming Potential, GWP)가 높은 특성이 있다. 이 중 HFCs는 제품에 사용되는 것 외에 냉매, 발포제, 소화기, 에어로졸, 용매 부문에서 오존 파괴물질 (Ozone Depleting Substances, ODS)로 규정하고 있는 CFC 또는 HCFCs의 대체물질로 사용되고 있다. 특히 발포제는 기존에 대부분 CFCs를 사용해 왔으나 몬트리올 의정서에 의해 CFCs가 규제된 이후 HCFCs로 대체되었다가 현재는 규제 강화로 인해 대체물질로 HFCs가 함께 사용되고 있다.

몬트리올 의정서의 대상물질인 CFCs 및 HCFCs 규제의 국내 시행을 위하여 ‘오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률’ (이하 오존층보호법)이 제정되었다. 위 법률의 제3조에 따른 특정물질 (HCFCs) 생산량 및 소비량 기준년도 지침에서는 생산·소비량의 단계적 기준년도를 토대로 HCFCs의 단계적 폐지를 추진하고 있다.

최근 몬트리올 의정서 제28차 당사국회의에서 HFCs의 소비량을 단계적으로 줄이는 것으로 197개국이 의정서 개정 합의가 진행되었다. 한국에서는 '24년에 HFCs 소비를 동결하며, '45년까지 '24년 대비 80%까지 감축 의무 시행을 준비하고 있다.

HCFCs 기준년도의 단계적 감축은 대체되는 HFCs 사용 전환을 발생시키며, 이는 곧 국가 온실가스 배출량의 증가와 맞물려 기후변화협약에서의 국가 온실가스 감축 목표 달성 노력에 상충하게 된다.

발포산업에서 제품 생산 공정 단계에서 사용되는 발포제 물질의 배출은 별도 법적 규제의 영향을 받지 않고 있으며, 불화가스 발포제를 사용하는 기업의 대부분은 배출권거래제 할당대상업체에 포함되지 않는다.

온실가스 배출권거래제는 할당대상업체의 경계 외부에서 감축활동 (외부사업)이 발생할 경우 실적의 계량화를 통해 외부사업 인증실적 (Korea Offset Credit, KOC)를 발급받을 수 있는 상쇄제도를 인정하고 있다.

상쇄제도를 통해 비할당대상 업체의 온실가스 감축 노력이 KOC로 연계 및 추가적인 경제적 가치 발생이 가능하다. 때문에 법적 규제가 적용받는 시점까지 발포제 사용 업체의 자발적인 온실가스 감축을 유도하기 위해서 외부사업으로 연계하는 방안이 대한 검토가 필요하다.

본 연구에서는 발포산업에서의 발포제 사용으로 인한 온실가스 배출 및 제조공정 후 발생하는 HFCs 감축 유형 조사를 통하여 국내 외부사업 적용 가능성에 대해 검토하고자 한

다. 이를 바탕으로 감축사업에 적용 및 KOC 발행을 위한 감축량산정 방법론을 제시하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구는 발포제 사용으로 인한 온실가스 배출 특성 및 감축논리 적용을 통해 국내 온실가스 감축사업으로 활용 가능한 감축량 산정 방법론을 제시하는 것이 주된 목적으로 연구 방법론 Fig. 1.과 같다.

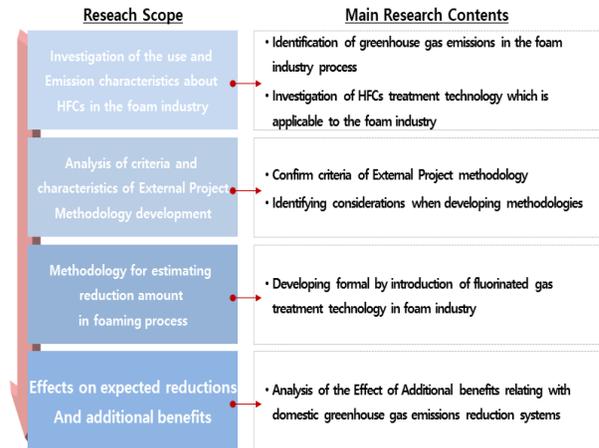


Fig. 1. Research Methodology Flowchart.

첫째, 발포산업의 HFCs 사용 공정 확인을 통해 배출 특성 및 적용 가능한 감축 수단을 분석하였다.

둘째, 국내 온실가스 감축 규제 및 상쇄제도에서 인정하는 외부사업의 감축량 산정 방법론 기준을 검토하여 해당 감축 기술의 적용 기준을 도출하였다.

셋째, 발포산업에서의 HFCs 배출 특성 및 감축 수단을 외부사업 기준에 부합하는 방법론 개발 (안)을 도출하였다.

마지막으로 국가 ODS 물질 규제로 인한 발포산업의 예상 온실가스 배출량 및 감축사업 연계 추진시 가능한 감축잠재량을 추정하였으며 배출권 단가를 고려한 추가 수익에 대한 효과를 분석하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 발포산업에서의 HFCs 사용 및 배출특성 조사

발포산업에서의 불소계 발포제를 사용하여 발포체 (Form)를 생산하는 공정은 원료입고 → 혼합/용융 → 발포/성형 →

냉각 → 절단 → 포장 → 출고 형태로 제품이 생산된다. 불소계 발포제들은 단열재의 단열성능을 유지하기 위해 낮은 비점 (Boiling point)과 큰 분자량을 가지고 있는 것이 특징이다. F-gas는 압출기를 통해 형성된 기공 (Cell)에 갇히고 단열성능을 강화시키는 역할을 한다. 발포체 제조 공정 중 HFCs 가스로 인한 온실가스 배출은 발포체 형성과정에서 제품에 갇히지 못하고 압출기 (Extruder) 후단에서 배출되며, 성형 공정에서 압출기에서 갇혀 있던 발포체 중 일부가 대기로 배출된다. 발포체 제조공정 중 대기로 배출되는 양은 제조업체 대상 조사 결과 약 50% 이상으로 추정된다. 발포제에서 가장 많이 사용해 오던 CFCs와 HCFCs 물질은 규제로 인해 사용량이 감소되고 있다. HFCs는 CFCs와 HCFCs의 대체물로 사용이 가능하며, 친환경 대체물질이 개발되지 않는 한 HFCs 사용량이 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

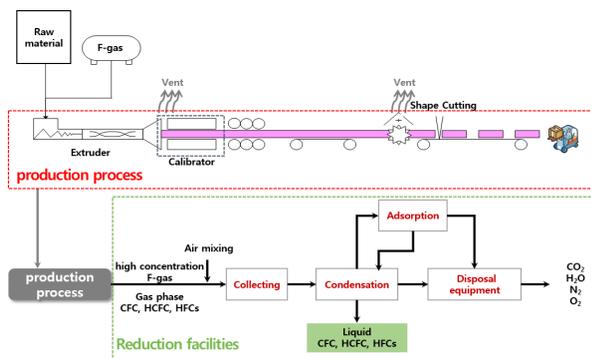


Fig. 2. Foam Production Process and Reduction Technology.

발포공정과 같이 오존층 파괴물질과 온난화지수가 높은 온실가스가 다량 사용됨에도 불구하고 별도 법적 규제가 없기 때문에 관련 산업 공정에서는 처리에 관한 연구가 전무하다. 발포산업에 적용 가능한 처리기술 도출을 위해 불화가스를 제조 공정에 사용하는 전기전자 산업 및 화학 산업 등에서의 불화가스 처리 기술을 조사하였다.

불화가스의 제품 제조 공정에서 배출을 감축하는 기술로는 회수 및 재사용, 제거기술등이 있다.

불화가스의 회수 및 재사용은 가스회수장치를 통하여 가스를 회수하여 액화시켜 재사용하는 기술이며 현재 일본 및 독일에서 적용하고 있다. 국내에서는 SF₆ 생산시설에서 누출되는 SF₆ 가스를 포집하여 다시 생산 공정에 주입하는 기술이 검토되고 있다.

제거기술로는 고온열분해, 흡착법, 촉매분해법 등이 있다.

고온열분해는 약 1,200℃에서 불화가스를 직접연소를 통해 열적으로 분해하는 기술이고 흡착법은 가스를 회수하여 대기로 배출되지 못하게 하는 기술이다. 촉매분해법은 촉매를 이용하여 고온열분해보다 낮은 500~700℃의 온도에서 처리하는 방법이다.

발포산업의 산업공정에 가장 경제적인 기술은 회수 및 재사용 기술이다. 기존 제품에 투입 후 대기로 배출되던 불화가스를 회수하여 재사용함으로써 재사용되는 양만큼 HFCs 가스구입비를 절감할 수 있다. 또한 고온열분해 및 촉매분해 기술과 같이 불화가스 처리를 위해 높은 열을 생산하지 않아도 되므로 많은 전력 및 화석연료가 요구되지 않아 경제적이라 할 수 있다. 하지만 현재 회수기술로는 제품에 투입 후 대기로 배출되는 HFCs 전량 회수가 불가하므로 후단에 처리기술을 같이 사용하는 것이 온실가스 감축에 실용적이다.

3.2 외부사업 방법론 개발 기준 및 특성 분석

방법론이란 감축활동을 통해 달성 할 수 있는 온실가스 감축량 산정을 위해 구체적인 방법을 제시한 문서이다. 배출권 거래제 외부사업 방법론에서는 온실가스 감축량 또는 흡수량을 계산 및 모니터링 할 수 있게 기준, 가정, 계산방법 및 절차 등을 제시해 주어야 한다. 방법론은 정량적으로 계산할 수 있는 논리와 절차를 전개한 베이스라인 방법론 (Baseline Methodology), 감축활동의 성과를 확인할 수 있는 구체적인 방법을 제시한 모니터링 방법론 (Monitoring Methodology)으로 구성되어 있으며 Fig. 3.과 같이 구성된다.

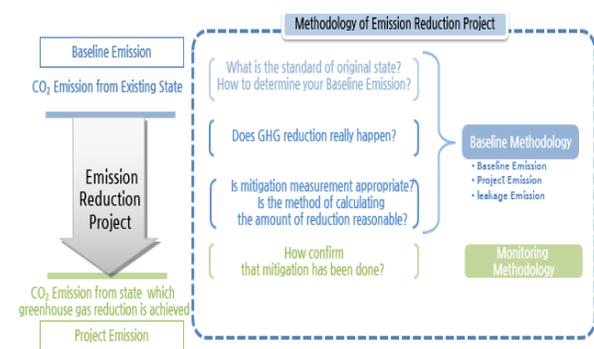


Fig. 3. Offset Methodology Conceptual Diagram.

베이스라인 방법론이란 감축사업이 수행되지 않았을 경우 기준 시나리오 (BAU)에서 발생했을 가상의 온실가스 배출량을 뜻하며 보수성 원칙을 고려한 산정 방법을 제시하여야 한

다. 이는 온실가스 감축사업이 일반적으로 시행될 때 채택되는 기술 수준을 함께 평가하여 감축량 산정에 객관성이 부여될 수 있는 보편타당한 기준을 설정하기 위함이다.

사업 배출량이란 사업자의 감축사업 수혜 결과에 따른 측정 가능한 배출량을 뜻하며, 사업 경계 밖에서 사업 활동에 기인한 예측 가능한 인위적인 온실가스 배출에 대해서는 누출 배출량으로 산정하며 Fig. 4와 같이 구성된다.

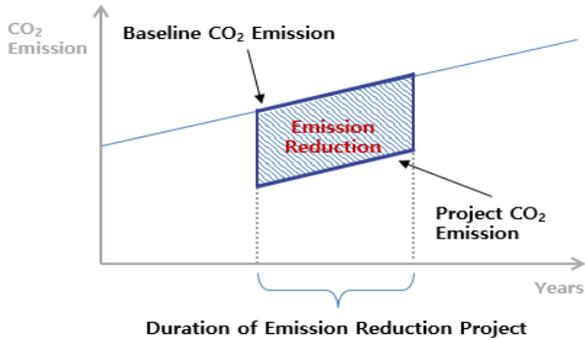


Fig. 4. Baseline Methodology (Emission Reduction).

온실가스 감축량은 가장 발생 가능성이 높은 베이스라인 시나리오에 대한 배출량에서 사업 배출량 및 누출 배출량을 제외한 값으로 산정한다.

3.3 발포공정의 HFCs 발포제 처리에 따른 감축량 산정 방법론 (안)

발포산업의 감축사업 활동을 온실가스 배출권거래제 상쇄 제도 내에서 인정받기 위해서는 감축활동의 정량화된 방법론 개발이 선행되어야 한다. 본 연구를 통해 제시하는 감축량 정량화 방법은 제품 투입 후 대기로 배출되던 HFCs 가스를 회수 (정제) 및 재이용, 제거에 따른 감축활동을 기준으로 감축량을 정량화하는 방법이다.

외부사업 방법론은 적용하고자 하는 사업활동을 명확히 규정함으로써 감축량 산정 방법이 결정된다. 본 연구에서 가정되는 적용 조건은 다음과 같다. 먼저 사업 이전 제품 제조 공정에 사용되는 발포제가 회수 및 처리 없이 대기중으로 방출되어야 한다. 두 번째, 사업 후에 회수·정제된 HFCs는 제조 공정에 재사용 또는 처리하는 사업이어야 한다. 세 번째, 사업 후 회수·정제된 HFCs 재사용 실적 및 처리 실적을 입증할 수 있는 사업으로 규정하였다. 마지막으로는 사업 전·후 제조 공정상의 변화가 없어야 한다. 기존 오존 파괴물질들

(CFCs, HCFCs) 사용하던 공정에서 발포제 물질 변경 시 HFCs를 사용은 가능하지만 타 발포제 가스 (CO₂, H₂O, 탄화수소 등)로 대체하기 위해서는 공정상의 변경이 필요하다. 이는 감축량 정량화 산정방법에 반영되기 때문에 본 연구에서는 사업활동의 기준을 공정변경이 없는 상태로 설정하였다.

본 연구에서 제시하는 베이스라인 시나리오는 HFCs 발포 가스 사용 후 사업장에서 특별한 처리 없이 대기로 배출하는 것이다. 베이스라인 배출량 (BE_y)은 회수 및 정제 후 재사용 시설에 유입되는 발포제 물질 회수량과 처리시설에 유입된 HFCs의 양을 산정 및 측정된 값이 포함된다. 식은 (1)~(3)와 같이 제시될 수 있다.

외부사업 베이스라인 방법론은 제측 기반의 정확한 감축량 산정을 원칙으로 하고 있으며, 인위적으로 증가되는 온실가스 감축량에 대해 방지할 수 있는 조치가 필요하다. 아래 산정식 (1)에서는 발포제 물질 회수량 및 처리되는 양을 기준으로 베이스라인 배출량을 산정토록 하였으며 제품 생산량을 기반으로 인위적인 배출량 증가에 대한 보수적 기준을 제시하였다.

$$BE_y = (BE_{EA,y} + BE_{dec,y}) \times \frac{Q_{BL,y}}{Q_{PI,y}} \times 0.001 \quad (1)$$

BE _y	y년도 베이스라인 배출량	tCO ₂ eq/yr
BE _{EA,y}	y년도 발포제 회수 (정제) 및 재이용을 통한 온실가스 배출량	tCO ₂ eq/yr
BE _{dec,y}	y년도 발포제 처리에 따른 온실가스 배출량	tCO ₂ eq/yr
Q _{BL,y}	y년도 과거 제품 생산량	제품 생산량 단위/년
Q _{PI,y}	y년도 사업 활동 후 제품 생산량	제품 생산량 단위/년
0.001	단위 환산	-

$$BE_{EA,y} = \sum_i CA_y \times CO_{HFCs,i} \times GWP_{HFCs,i} \quad (2)$$

단, Q_{BL} ÷ Q_{PI,y} ≤ 1 (Q_{BL} > Q_{PI,y}일 경우 1을 적용)

BE _{EA,y}	y년도 발포제 회수 (정제) 및 재이용을 통한 온실가스 배출량	tCO ₂ eq/yr
CA _y	y년도 발포제 물질 회수량	kg/yr
CO _{HFCs,i}	y년도 HFCs 물질별 i의 농도	kg _{HFC,i} /kg _{CA}
GWP _{HFCs,i}	y년도 회수된 HFCs 물질 i의 지구온난화 지수	-

$$BE_{dec,y} = \sum_i Q_{HFCs,dec,inlet,i,y} \times GWP_{HFCs,i} \quad (3)$$

BE _{dec,y}	y년도 발포제 처리에 따른 온실가스 배출량	tCO ₂ eq/yr
Q _{HFCs,dec,inlet,i,y}	y년도 처리시설에 유입된 HFCs의 양	tCO ₂ eq/yr
GWP _{HFCs,i}	y년도 HFCs의 지구온난화 지수	tCO ₂ eq/yr

사업 활동은 처리 장치를 통해 발포가스 회수 (정제) 및 재이용, 처리를 함에 따라 발생하는 온실가스 배출이다. 사업 활동으로 고려해야 하는 배출인자는 불완전 처리로 인해 발생한 HFCs의 양, HFCs 처리시설의 전력 사용에 따른 온실가스 배출량, HFCs 처리로 인한 CO₂ 배출량 등이 되며 식 (4) ~ (6)와 같이 제시될 수 있다.

$$PE_y = PE_{HFCs,y} + PE_{EC,y} + PE_{CO_2,y} \quad (4)$$

PE _y	y년도 사업배출량	tCO ₂ eq/yr
PE _{HFCs,y}	y년도 불완전 처리로 인한 HFCs 배출량	tCO ₂ eq/yr
PE _{EC,y}	y년도 전력 사용에 따른 온실가스 배출량	tCO ₂ eq/yr
PE _{CO₂,y}	y년도 HFCs 처리로 인한 CO ₂ 배출량	tCO ₂ eq/yr

$$PE_{HFCs,y} = Q_{HFCs,dec,outlet,i,y} \times GWP_{HFCs} \quad (5)$$

PE _{HFCs,y}	y년도 불완전 처리로 인한 HFCs 배출량	tCO ₂ eq/yr
Q _{HFCs,dec,outlet,i,y}	y년도 처리시설 후단의 불완전 처리로 인한 HFCs의 배출량	tCO ₂ eq/yr
GWP _{HFCs}	HFCs의 지구온난화 지수	-

$$PE_{EC,y} = EC_{PI,y} \times EF_{grid} \quad (6)$$

PE _{EC,y}	y년도 전력 사용에 따른 온실가스 배출량	tCO ₂ eq/yr
EC _{PI,y}	y년도 설비사용에 따른 전력사용량	MWh/ (일, 월, 년)
EF _{grid}	전력 배출계수	tCO ₂ eq/MWh

HFCs 처리로 인한 CO₂ 배출 (PE_{CO₂,y})의 경우 직접 측정 또는 물질수지법 (HFCs + 3/2O₂ + H₂O → 4HF + 2CO₂)을 활용하여 산정 가능하다.

모니터링 방법론은 감축활동 동안 온실가스 배출과 관련된 직·간접 데이터를 지속적으로 수집 및 관리하는 활동이다. 온실가스 감축량 산정을 위한 모니터링 방법론은 일관성, 재현성, 투명성 및 정확성을 수반해야 한다. 불확도를 최소화 할 수 있는 방식으로 측정해야하며 감축량 산정에 필요한 데이터 추정 시에는 보수적인 값을 적용해야 한다. 본 연구에서 제안하는 발포공정 감축량 산정방법의 모니터링 인자는 Table 1과 같이 제시될 수 있다.

Table 1. Data and parameters monitored

Parameters	Description	Source of data
CA _y	Foaming agent material recovery	Estimated/ Calculated
CO _{HFCs,i}	Concentration of HFCs per substance	Estimated
Q _{PI,y}	Present Product Output	Estimated
Q _{HFCs,dec,inlet,i,y}	Amount of HFCs entering the treatment facility	Estimated/ Calculated
Q _{HFCs,dec,outlet,i,y}	Emission of HFCs due to incomplete treatment	Estimated/ Calculated
EC _{PI,y}	Power usage by facility use	Estimated

3.4 예상 감축량 및 추가수익에 대한 분석

Table 3은 발포산업에서 HCFCs 물질의 국내 규제에 따른 HFCs 대체 사용으로 인해 예상되는 온실가스 배출량 및 처리기술 적용 시 본 방법론 개발 (안)을 적용한 감축 잠재량, 외부사업으로 연계시 발생 가능한 추가수익 분석 결과이다.

HFCs 대체 사용으로 인한 온실가스 배출량을 산정하기 위해 국내 HCFCs 감축 규제 및 정책에 따른 HCFCs 감축수준을 반영하였으며, 국내 수출입 통계에서 수지발포제로 사용되는 HFCs의 물질별 비율을 Table 2와 같이 산정 및 적용하였다.

Table 2. The ratio of resin foam agent to material and GWP

Substance	Percentage of resin blowing agent	GWP
HFC-134a	7%	1,000
HFC-152a	35%	140
HFC-227ea	2%	2,900
HFC-245fa	31%	560
HFC-365mfc	25%	794

Table 3. Analysis of GHG reductions and KOC on the estimation of HFCs usage in foam agent

Year	Consumption of foaming agent HCFCs (ton/yr)	Percent consumption limit of HCFCs (%)	HFCs replacement amount (ton/yr)	Emissions of HFCs (ton/yr)	HFCs (ton)					GHG Emissions (tCO ₂ eq/yr)	Offset Credit (million won)
					134a	152a	227a	245fa	365 mfc		
2013	11,536	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-
2014	10,944	5.1%	593	296	21	104	6	92	74	162,681	3,516,684
2015	10,382	5.1%	1,155	577	40	202	12	179	144	317,063	6,853.9
2016	9,729	6.3%	1,808	904	63	316	18	280	226	496,344	10,729,475
2017	9,112	6.3%	2,425	1,212	85	424	24	376	303	665,666	14,389.7
2108	8,537	6.3%	2,999	1,499	105	525	30	465	375	823,367	17,798.7
2019	7,999	6.3%	3,537	1,769	124	619	35	548	442	971,108	20,992.5
2020	7,497	6.3%	4,039	2,019	141	707	40	626	505	1,108,890	23,970.9
2021	6,524	13%	5,012	2,506	175	877	50	777	627	1,376,152	29,748.3
2022	5,677	13%	5,859	2,929	205	1,025	59	908	732	1,608,554	34,772.1
2023	4,940	13%	6,597	3,298	231	1,154	66	1,022	825	1,811,076	39,150
2024	4,305	13%	7,231	3,616	253	1,265	72	1,121	904	1,985,377	42,917.9
2025	3,749	13%	7,788	3,894	273	1,363	78	1,207	973	2,138,099	46,219.3
2026	2,177	42%	9,360	4,680	328	1,638	94	1,451	1,170	2,569,702	55,549.3
2027	1,276	41.4%	10,261	5,130	359	1,796	103	1,590	1,283	2,817,045	60,896
2028	756	40.8%	10,781	5,390	377	1,887	108	1,671	1,348	2,959,806	63,982.1
2029	460	39.2%	11,077	5,538	388	1,938	111	1,717	1,385	3,041,147	65,740.5
2030	0	100.0%	11,536	5,768	404	2,019	115	1,788	1,442	3,167,308	68,467.7
Total	105,599		102,056	51,028	3,572	17,860	1,021	15,819	12,757	28,019,384	605,695

2012년 국내 HCFCs 소비량은 총 26,219 ton/yr로 이 중 단열재 발포제로 44%가 사용되었으며 단열재 발포제에서 소비된 HCFCs 값에 국내 HCFCs 감축 규제·정책에 따른 감축비용을 적용하여 연도별 발포제로 사용되는 HCFCs의 소비량을 구하였다.

HFCs의 예상 사용량은 2014년 296 ton/yr이 도출되었으며 2030년까지는 11,536 ton/yr까지 증가될 것으로 분석된다. 제품 생산공정에서 사용 후 대기로 배출되는 양은 보수적으로 50%를 적용하여 296 ton/yr ~ 5,769 ton/yr이 도출되었다.

HFCs 물질별 비율 및 지구온난화 지수를 반영한 발포산업에서 감축된 온실가스 배출량은 2014년 162,681 tCO₂eq/yr이다. 2015년에는 317,063 tCO₂eq/yr로 시간이 지날수록 점차 감축량이 늘어남을 알 수 있다. 2030년에는 감축량이 3,167,308 tCO₂eq/yr까지 증가될 것으로 분석되었다.

추가 수익은 한국거래소 2017년 배출권시장 동향보고서에서 제시하는 상쇄배출권 평균단가 (21,617원/KOC)를 반영하였으며, 대기로 배출되는 배출량이 처리시스템을 통해 전량

감축으로 전환되었음을 가정하여 분석하였다. 위 배출량이 전량 감축활동으로 연계 및 상쇄배출권으로 확보가 가능할 경우 예상되는 수익은 약 35억원에서 2030년에는 684억원 규모로 평가 될 수 있다.

4. 결론 및 고찰

오존파괴물질 (ODS)의 규제로 인해 기존 사용되고 있는 CFC 또는 HCFCs의 대체물질로 HFCs의 사용량이 증가하고 있다.

발포제 제조 공정 중 발포제 대체 물질로 사용되는 HFCs의 경우 발포제 형성과정에서 투입량의 50% 이상이 대기로 배출되는 것으로 추정된다. 불화가스의 제품 제조 공정에서 배출을 감축하는 기술로는 회수 및 재사용, 제거기술 등이 있으며 감축기술을 반영한 국내 온실가스 배출권거래제 상쇄제도로의 연계를 통해 상쇄배출권 확보 및 국내 온실가스 감축 목표 달성에 기여가 가능하다.

외부사업 적용기준을 반영한 감축량 산정방법으로는 회수량과 처리량의 모니터링을 기반으로 한 베이스라인 배출량과 처리시스템의 추가 에너지 사용에 따른 사업 활동 배출량으로 제시 될 수 있다.

발포산업에서 제조공정에서 발포제 HFCs 대체 사용으로 인해 대기로 배출되는 양 및 온실가스 배출량과 추가적인 수익을 2013년~2030년을 기준으로 분석한 결과, 대기로 배출되는 HFCs는 296~5,769 ton/yr, 온실가스 배출량은 162,681~3,167,308 tCO₂eq/yr, 예상되는 수익은 약 35억원~684억원 규모로 도출되었다. 국내 2016년 전체 온실가스 배출량에서 산업공정 온실가스 배출량은 51,500,000 tCO₂eq/yr정도로 약 7.4%수준이다. 2030년 기준 전체 발포산업에서 감축 가능한 온실가스 배출량은 3,167,308 tCO₂eq/yr이며, 2016년 산업 공정 온실가스 배출량 기준 대비 6.15%의 감축률을 갖는다.

본 연구의 한계는 발포공정 온실가스 배출 특성에 대한 감축기술을 반영한 방법론 개발(안)의 제시 및 감축효과의 잠재적 추정치에 그친 것으로 실제 사업 활동에 대한 구체적인 적용성 평가 및 대체되는 물질을 HFCs로 한정짓고 전체량을 기준으로 배출량과 경제적 효과로 판단한 점에 대해서는 추가적인 검토가 필요하다. 본 연구의 의의는 ODS 대체물질 사용으로 추가적인 배출활동에 대한 감축노력의 상쇄제도 연계를 위한 방법론 및 외부사업 등록을 통한 경제적 가치 창출 등 제도 내 활용이 가능할 것으로 사료되며, 국내 제도와 맞물려 지속적인 Non-CO₂ 관련 감축사업의 활성화를 통한 국가 온실가스 감축목표 달성에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 환경부 글로벌 환경기술개발사업 중 Non-CO₂ 온실가스저감기술개발 사업단 (2017002400003)에서 지원받았습니다.

REFERENCES

Government 24, 2018.7.24. 2030 Amendment to the GHG Reduction Roadmap and the Plan for Allocation of Emission from 2018 to 2020; <https://www.gov.kr/portal/ntnadmNews/1540853>.

State Planning and Coordination Office (Green Growth Support Team), 2018.3.20. Low Carbon Green Growth

Basic Law (Act No. 15489).

Ministry of Knowledge Economy, 2012.10.31. Limit Based on Production and Consumption of Certain Substance (HCFC Currents).

Korea Environment Corporation, 2018.2.2. Hydrogen Fluoride (HFCs) Regulation.

Ministry of Trade, Industry&Energy, 2017.7.26. Act on the Allocation and Trading of Greenhouse-Gas Emission Permits (Act No. 14839).

Ministry of Trade, Industry&Energy, 2018.5.2. Guidance on Reporting and Certifying Emissions of Greenhouse Gas Emissions Trading (Act No. 2018-78).

Non-CO₂ GHG Reduction Technology Development Project. Non-CO₂ Trends and Prospects of Greenhouse Gas Technology Development.

Ministry of Trade, Industry&Energy, 2018.6.28. Guidance on External Project Feasibility Assessment and Reduction Certification.

Deajeon Sejong Researcher, 2018.3. Survey of External Project Condition for Greenhouse Gas Reduction in Daejeon.

Offset Registry System, Methodology of External Project Unutilized Heat Energy Recovery and Utilization. - 03A-001-Ver01

Offset Registry System, Methodology of SF₆ Reduction Project Through the Recovery, Control and Reuse of SF₆ for Gas Insulation. - 11B-001-Ver01

UNFCCC, CDM Methodologies AMS-III.N.: Avoidance of HFC Emissions in Rigid Poly Urethane Foam (PUF) Manufacturing. - Version 3.0

Ministry of Trade, Industry and Energy, 2017.12.12. Measure Act.

Ministry of Trade, Industry&Energy, 2014.7.22. Act on the Control, etc, of Manufacture of Specific Substances for the Protection of the Ozone Layer.

Korea Energy Agency, 2016. Production, import and export information by HFCs gas use.

IPCC, 2014 (AR5) IPCC Fifth Assessment Report.

Ministry of Trade, Industry&Energy, 2014.1. Budget and Fund Management Plan for 2014 (specific substance use rationalization fund).

Korea Exchange, 2018.2.1. Emission market trends in 2017.

Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2018. Summary of Country Inventory in 2018 (1990-2016).

Korea Environment Corporation, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 1.

Korea Environment Corporation, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory Volume 3.