

# EU의 냉매가스 규제 강화와 탄소중립에의 시사점<sup>†</sup>

김동구\*

**요약** : 본 연구는 지구온난화잠재력(GWP)이 매우 큰 냉매가스에 대한 EU의 최신 규제 강화 동향을 살펴보고 탄소중립에의 시사점을 도출하였다. EU집행위는 최근 F-가스 규정(Regulation)을 대폭 강화하는 개정안을 공개하였다. 본 연구는 개정안의 냉매 관련 주요 내용의 의미를 현행 규정과 비교해 제시하였다. 개정안의 주요 내용은 시장출시 허용 HFC 최대량 대폭 축소, HFC 할당 관련 규정 강화, 고GWP 냉매 사용 제품 및 장비의 시장출시 금지 대상 추가, 규제 대상 F-가스 추가 및 기존 가스의 GWP 업데이트, 그 외에도 보다 촘촘해지고 강화된 규제설계 등이다. EU의 이러한 움직임은 미국, 일본 등 선진국의 정책기조에 영향을 미칠 것이며, 우리나라의 정책도 더욱 강화될 것이다. 따라서 관련 산업계에서는 차세대 냉매가스로의 변경이 불가피한 상황이 될 것이다. 한편, 본 연구는 기존의 냉매 및 F-가스 관련 연구에서는 주목하지 않았던 과불화화합물(PFAS) 규제와 관련된 최신 정책 동향에 대해서도 분석하였다. 유럽 5개국의 추진하고 있는 PFAS의 REACH(EU의 화학물질 등록, 평가, 승인 및 제한 제도) 제한물질 등록이 이뤄지게 된다면, 냉매가스와 관련해서는 산업계에 매우 큰 파장을 불러일으킬 것이다. 또한, 냉매를 비롯한 F-가스 물질과 관련된 각국의 온실가스 감축 전략도 전면 재검토가 불가피해질 것이다.

**주제어** : 냉매, F-가스, 온실가스, 탄소중립, 기후변화

**JEL 분류** : Q54, Q56, L61

접수일(2022년 11월 18일), 수정일(2022년 12월 12일), 게재확정일(2022년 12월 12일)

<sup>†</sup> 이 논문은 2022학년도 한국해양대학교 신진교수 정착연구지원사업 연구비의 지원을 받아 수행된 연구임.

\* 한국해양대학교 해양경영경제학부 경제전공 조교수, 교신저자(e-mail: eastnine09@gmail.com)

# Reinforcement of Refrigerant Gas Regulations in EU and Implications for Carbon Neutrality<sup>†</sup>

Dong Koo Kim\*

**ABSTRACT :** This study examined the latest EU regulatory strengthening trends for refrigerant gases with very large global warming potential (GWP) and derived implications for carbon neutrality. The European Commission recently unveiled an amendment that significantly strengthens the F-gas Regulation. This study presented the meaning of the main contents related to refrigerants in the amendment by comparing them with the current regulations. The main contents of the amendment include drastically reducing the maximum amount of HFCs that can be placed on the market, strengthening regulations related to HFCs allocation, adding products and equipment that use high GWP refrigerants, adding regulated F-gas and updating the GWP of existing gases, and other stricter regulatory designs. This movement of the EU will affect the policy stance of advanced countries such as the United States and Japan, and Korea's policy will also be further strengthened. Therefore, it will be inevitable for related industries to change to next-generation refrigerant gas. Meanwhile, this study also analyzed the latest policy trends related to per- and polyfluoralkyl substances (PFAS) regulation, which were not noted in previous studies on refrigerants and F-gas. If PFAS's registration of REACH restricted substances, which are being promoted by five European countries, is made, it will have a very big impact on the industry regarding refrigerant gas. In addition, it will be inevitable to thoroughly review each country's greenhouse gas reduction strategies related to F-gas materials, including refrigerants.

**Keywords :** Refrigerant, F-gas, Greenhouse gas, Carbon neutrality, Climate change

---

Received: November 18, 2022. Revised: December 12, 2022. Accepted: December 12, 2022.

<sup>†</sup>This work was supported by the Korea Maritime And Ocean University Research Fund in 2022.

\* Assistant Professor, Major in Economics, Division of Maritime Management and Economics, National Korea Maritime & Ocean University, Corresponding author (e-mail: eastnine09@gmail.com)

## 1. 서론

과학적 근거의 축적과 기상이변의 심화로 이제는 대다수가 상식으로 받아들여지게 된 것이 인류 활동에 의한 기후변화이다. 그간 IPCC<sup>1)</sup> 등 국제기구와 과학자들의 노력으로 이산화탄소 등 온실가스의 무분별한 배출이 전 지구적인 기후변화를 초래한다는 사실이 밝혀지게 된 것이다. 세계 각국 정부도 이에 호응하여 1992년에는 유엔기후변화협약(UNFCCC)을 통해 기후변화 대응을 위한 국제적인 기틀을 마련했고 1997년에는 교토의정서(Kyoto Protocol)에 합의해 구체적인 실행 지침을 작성하였다. 그러나 선진국 중심의 온실가스 감축의무를 규정한 교토의정서만으로는 기후 위기에 대응하기에 한계가 있다고 판단한 국제사회는 개도국까지 포괄한 신기후체제를 모색하게 되었다. 이에 2015년에는 파리협정(Paris Agreement)이 채택되어 선진국과 개도국의 구분 없이 전 세계가 기후변화에 대응하기 위한 노력에 동참하게 되었다. 또한, 2018년 파리협정 이행 지침의 채택으로 모든 당사국은 지구 평균기온 상승 폭을 산업혁명 이전보다 최대 2°C, 나아가 1.5°C 이내로 제한하기 위해 각국의 감축목표를 실제 이행해야 하는 의무를 지게 되었다. IPCC는 이러한 파리협정 채택에 따라 2018년에 1.5°C 특별보고서를 발간했다. 해당 보고서는 지구온난화를 산업혁명 대비 1.5°C 이내로 제한하기 위해서는 2050년까지 전 세계적으로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 순배출량이 0(탄소중립)이 되어야 하며, 냉매 등 F-가스<sup>2)</sup>의 배출량도 2010년 대비 2050년에 90% 이상 감소시켜야 한다고 제시하였다(IPCC, 2018).

사실 그간 냉매 등 F-가스는 기후변화의 관점에서가 아니라, 오존층 보존의 관점에서 주로 논의되어 왔다. 널리 알려진 바와 같이 냉매 등 F-가스는 지구의 오존층을 파괴하는 대표적인 물질로 지목되었으며, 각국 정부는 1987년 몬트리올의정서 채택에 합의해 오존층 파괴물질의 생산과 소비에 대한 단계적 폐지를 추진해 왔다. 특히, 2016년 르완다 키갈리에서 개최된 몬트리올의정서 제28차 당사국총회에서는 지구온난화잠재력(GWP)<sup>3)</sup>이 높은 수소불화탄소(HFC)의 생산과 소비를 <표 1>에 제시된 바와 같이 최대

1) 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change)

2) Fluorinated gas의 줄임말로 불화가스로 번역되기도 하나 본 연구에서는 F-가스로 표기함.

3) Global Warming Potentials를 의미하며, 특정 온실가스 1톤이 대기 중으로 방출되었을 때의 온난화 효과가 이산화탄소톤(tCO<sub>2</sub>) 기준으로 얼마나 되는지 알려주는 지표임. 주로 100년간의 온난화 효과를 의미하는 GWP100을 사용하며, 대표적인 온실가스인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 GWP가 1임.

〈표 1〉 키갈리개정서에 따른 HFC 감축 목표

구분	A5국 그룹1	A5국 그룹2	A2국	
적용대상	그룹2 외의 한국 포함 모든 A5국	GCC, 인도, 이란, 이라크, 파키스탄	우측에 포함된 국가 외의 모든 A2국	벨라루스, 러시아, 카자흐스탄, 타지키스탄, 우즈베키스탄
기준수량	2020~2022년 HFC 평균 생산소비량 + HCFC 기준수량의 65%	2024~2026년 HFC 평균 생산소비량 + HCFC 기준수량의 65%	2011~2013년 HFC 평균 생산소비량 + HCFC 기준수량의 15%	2011~2013년 HFC 평균 생산소비량 + HCFC 기준수량의 25%
감축일정	2024년 동결 2029년 Δ 10% 2035년 Δ 30% 2040년 Δ 50% 2045년 Δ 80%	2028년 동결 2032년 Δ 10% 2037년 Δ 20% 2042년 Δ 30% 2047년 Δ 85%	2019년 Δ 10% 2024년 Δ 40% 2029년 Δ 70% 2034년 Δ 80% 2036년 Δ 85%	2020년 Δ 5% 2025년 Δ 35% 2029년 Δ 70% 2034년 Δ 80% 2036년 Δ 85%

자료: UNEP(2019).

주: GCC(Gulf Cooperation Council, 걸프협력회의)는 바레인, 사우디아라비아, 오만, 카타르, 쿠웨이트, UAE가 회원국(GCC, 2022).

80%까지 감축하는 내용의 단계적 규제를 도입하는 키갈리개정서를 채택하였다(UNEP, 2019). 그러나 IPCC는 1.5°C 특별보고서에서 이러한 키갈리개정서를 포함해 몬트리올 의정서가 완전히 이행되더라도 지구온난화 1.5°C 경로 달성에는 미흡하다고 평가하였다(IPCC, 2018). 이와 같은 평가 이후, 유럽연합(EU), 한국 등 각국은 2050년 탄소중립 달성을 법제화하고 온실가스 감축목표를 상향 중이며, GWP가 높은 냉매가스를 대체하기 위한 규제도 EU 등 선진국을 중심으로 강화되는 실정이다.

점차 심각해지는 기후변화에 대한 적응 측면에서도, 그리고 온실가스 감축수단의 일환으로써도 냉매가스에 대한 수요는 점차 커질 것이다. 즉, 여름철 냉방수요가 점차 커지고 있고, 겨울철 난방에는 기존의 화석연료 기반의 보일러가 아니라 히트펌프의 중요성이 부각되고 있다. 따라서 냉동/냉장기기, 공조장치(에어컨), 히트펌프 등에 필수로 사용되는 냉매가스는 장치 그 사용량이 더욱 증가할 수밖에 없다. 일례로 영국 정부는 건물 부문의 탄소중립 달성을 위한 핵심수단으로 히트펌프를 제시하였으며, 이를 위해 6천만 파운드 규모의 신규 히트펌프준비프로그램(Heat Pump Ready programme)을 추진해

2028년까지 연간 60만 대의 히트펌프 설치를 지원할 계획이다(HM Government, 2021). 최근 한국 정부도 한국형 탄소중립 100대 핵심기술(안)에서 에너지통합시스템 분야의 첫 번째 기술로 히트펌프 기술을 선정하 바 있다(2050 탄소중립녹색성장위원회, 2022).

이처럼 냉매가스에 대한 수요는 향후 점차 증가할 것이나, 기존 냉매가스에 대한 EU 등 선진국의 규제는 더욱 강화되는 추세다. 특히, EU는 유럽을 세계 최초로 기후중립 대륙으로 만들겠다고 천명하는 등(EC, 2019) 기후변화 대응에 있어 전 세계를 선도하고 있다. 따라서 본 논문은 기후변화 대응을 위한 노력의 일환으로 지구온난화잠재력이 높은 냉매가스에 대한 EU의 규제 강화 최신 동향을 점검하고 탄소중립에의 시사점을 도출하고자 하였다. 본 논문의 구조는 다음과 같다. 우선, 제2장에서는 냉매가스의 주요 특성 및 선택 요인에 대해 살펴보았다. 제3장에서는 관련 선행연구를 점검해보았다. 다음으로 제4장에서는 EU의 F-가스 규정(Regulation) 개정 추진에 대해 규정 강화 배경과 EU 집행위 개정안의 주요 내용을 살펴보았다. 이어서 제5장에서는 EU의 과불화화합물(PFAS) 규제와 냉매가스에의 영향을 과불화화합물(PFAS)의 특성과 EU의 현행 규제, PFAS의 REACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals: EU의 화학물질 등록, 평가, 승인 및 제한 제도) 제한물질 등록 제안과 시사점, 유럽불화탄소기술위원회(EFCTC)의 반박의 순서로 점검하였다. 마지막으로 제6장에서는 결론 및 시사점으로 끝맺음하였다.

## II. 냉매가스의 주요 특성 및 선택 요인<sup>4)</sup>

냉매(冷媒, refrigerant)란 냉장/냉동기기, 공조장치, 히트펌프 등 냉동 사이클에서 사용되는 증발하기 쉬운 유체로서 저온부의 열을 빼앗아 고온부로 열을 운반해 주는 매체를 지칭하며, 대표적인 냉매로는 할로겐화합물, 탄화수소, 암모니아, 이산화탄소 등이 있다. 냉동/냉장기기, 공조장치 등에 적합한 냉매 선택에는 통상적으로 장비의 기술적 특성, 열전달 성능, 화학적 안정성, 인체독성, 환경성, 가격 등 다양한 요소가 종합적으로 고려된다. 이러한 특성들 중에서 종래에는 냉매효율, 안정성, 가격 등이 주요 고려 사항

4) 본 장의 주요 내용은 Calm and Hourahan (2001), Calm (2008), Narute et al. (2021) 등을 참고해 저자가 재정리한 것임.

이었으나, 최근에는 각종 환경규제로 인해 오존층파괴지수(ODP)<sup>5)</sup>가 영(0)이어야 하며, 지구온난화지수(GWP)가 충분히 낮아야 한다는 것이 냉매 선택의 핵심 고려 사항이 되었다. 냉매에도 기술과 규제환경의 변화에 따라 세대별 구분을 지을 수 있으며, 그 특징은 <표 2>에 제시된 것과 같다.

〈표 2〉 세대별 냉매의 특성

구분	냉매명	대표 물질	ODP	GWP	관련 국제협약
1세대	초기냉매	암모니아(NH <sub>3</sub> )	0	0	
2세대	CFC	CFC-11	1	4,660	몬트리올의정서(ODS 감축)
2.5세대	HCFC	HCFC-22	0.04	1,760	몬트리올의정서(ODS 감축)
3세대	HFC	HFC-134a	0	1,430	교토의정서 및 파리협정 (온실가스 감축)
4세대	HFO	HFO-1234yf	0	0.501	

자료: Narute et al.(2021), EPA(2022), EC(2022)를 참고해 저자가 재정리.

먼저, 제1세대 냉매로 초기에 사용되던 암모니아, 이산화황, 프로판, 이산화탄소 등은 효율이 낮거나 독성과 인화성이 있어 널리 사용되기에는 한계가 있었다. 이로 인해 고효율, 무독성, 안정성을 가진 냉매의 개발이 필요해졌다. CFC(염화불화탄소) 화합물로 1928년 개발되어 R-12(상품명: 프레온가스)로 명명된 화합물은 열효율, 안정성, 무독성, 난연성 등 냉매로 완벽한 듯 보였다. 그러나 이후 CFC 화합물은 오존층 파괴의 주범으로 지목되면서 1987년 몬트리올의정서의 채택으로 그 사용이 단계적으로 금지되었다. 성층권에 있는 오존층은 CFC, HCFC(수소화염화불화탄소) 등에 포함된 염소 원자로 인해 빠르게 파괴된다는 사실이 확인됨에 따라 몬트리올의정서 채택으로 이어지게 된 것이다. 이후에는 오존층파괴지수(ODP)가 낮은 대체물질이 친환경 냉매로 각광받기 시작했다. 대표적으로 1990년대부터는 염소를 함유하지 않는 HFC(수소불화탄소) 화합물인 R-134a, R-410a 등이 신냉매로 부각되며 널리 사용되게 된 것이다. 이들 물질은 오존층파괴지수가 0으로 현재까지도 차량용 공조장치, 가정/상업용 공조장치 등에 폭넓게

5) 오존층파괴지수(ODP, Ozone Depletion Potential)는 특정 물질이 오존을 파괴하는 정도를 나타내는 지표로 대표적인 오존층파괴물질(ODS, Ozone Depleting Substance)인 CFC-11의 ODP가 1임.

사용되고 있다. 그러나 이후 이들 신냉매의 지구온난화잠재력(GWP)이 이산화탄소 대비 수천 배 큰 것으로 평가되어 기후변화 대응을 위한 각국의 정책 강화의 주요 대상이 되었다. 따라서 최근에는 파리협정 등 기후변화대응을 위한 국제협약과 각국의 탄소중립정책 강화로 인해 GWP가 매우 낮은 수소불화올레핀(HFO),<sup>6)</sup> 탄화수소냉매(이소부탄 등), 자연냉매(이산화탄소 등)에 대한 관심이 고조되고 냉매 대체작업이 단계적으로 진행되고 있다. 대표적으로 승용차용 공조장치에는 종래에 R-134a가 사용되었으나, 최근에는 차세대 냉매로 HFO-1234yf가 사용되고 있다.

### III. 선행연구

그동안 냉매에 관한 선행연구는 주로 기술적인 측면과 국내외 냉매관리제도를 중심으로 진행되었다. 박창용(2015)은 수산물 냉동·냉장창고를 중심으로 프레온 냉매 사용에 대한 조사 결과를 제시하며 대기환경보전법 등 관련 제도 마련에의 시사점을 제시하였다. 고영환 외(2019)는 HFC 신냉매 개발 현황을 살펴보고 한국, 유럽, 북미, 일본의 냉매 관련 규제 현황을 점검한 뒤 냉동공조업계의 관점에서 대처방안을 제시하였다. 박진식 외(2017)도 미국, 유럽의 HFC냉매 규제동향을 점검하고 일본의 대응 현황을 참고해 한국의 관련 업계, 협회 및 정부 간 컨소시엄 구성을 통해 공동대응을 제안하였다. 한편, 기후변화 대응의 관점에서는 박연화 외(2016)가 교토의정서에 따른 CDM 제도 및 캘리포니아주의 상쇄제도를 중심으로 냉매부문 온실가스 감축을 위한 외부감축사업 활용에 대해 조사한 결과를 제시하였다. 그러나 이상의 선행연구들은 단편적인 정보를 제시하는 데 그친다는 한계가 있다.

보다 종합적인 관점에서 냉매 관련 연구를 시도한 명소영 외(2015a)는 EU, 미국, 일본을 중심으로 해외 냉매관리 법적규제 및 감축정책을 비교분석하며 제시하였다. 또한, 명소영 외(2015b)는 국내 냉매관리 현황을 조사 및 분석하였으며, 해외사례를 고려해 냉매

6) 본 연구에서 4세대 냉매로 HFO(수소불화올레핀)로 표기한 냉매에 대해 EU집행위 등에서는 여전히 HFC(수소불화탄소)로 표기함. 이는 HFO가 HFC와 마찬가지로 기본적으로 수소(H), 불소(F), 탄소(C)로 구성되며, 단지 불포화 상태라는 것만이 차이점이기 때문임. 따라서 본 연구에서도 자료의 출처와 문맥상 의미 등에 따라 HFO와 HFC를 혼용하였음. 대표적인 차세대 냉매로 언급한 HFO-1234yf는 EC(2022)에서는 HFC-1234yf로 표기하였는데, 사실 두 물질은 동일 물질임.

생산-사용-폐기 단계별로 국내의 제도 개선방안을 모색하였다. 그러나 앞의 두 연구는 이미 그 수행시기가 오래되어 현시점에서 정책적 시의성이 낮다고 판단된다.

상대적으로 최근의 연구로 한택환·임동순(2018)은 F-가스 규제에 관한 EU와 한국의 법적·제도적 구조를 비교 분석하였으며 우리나라 관련 법체계 정비를 위한 정책적 시사점을 제시하였다. 또한, 차준원(2019)은 국내외 냉매 관리 관련 법률과 제도를 다양하게 소개하고 있으며 냉매의 전 과정을 통합 관리해야 함을 강조하였다. 또한, 문미라·김민철(2021)은 비교법학 방법론을 이용해 EU의 불소계 온실가스 규칙을 소개하고 국내에도 관련 법규의 정비를 통해 냉매관리에 있어서 통합관리의 중요성을 주장하였다. 동 연구는 구체적으로 2014년에 개정된 EU의 현행 F-가스 규정을 소개하고 그 특징을 분석해 우리나라의 냉매관리 문제점 개선을 위한 시사점 도출에 활용하였다. 문미라 외(2021)는 국내외 냉매 관리 현황과 정책을 점검하고, 불소계 온실가스 감축 목표달성을 위한 냉매 관리 개선방안을 제안하였다. 이러한 연구들은 상대적으로 최근의 연구이며 종합적인 관점에서 정책 시사점을 제시하였다는 특징이 있으나, 2022년 이후 EU의 최신 정책 동향에 대해서는 다루지 못하였다는 한계가 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 선행연구에서도 선진국에서 시행 중인 냉매관리 제도 사례를 분석하고 우리나라에의 적용 가능성을 검토한 연구는 다수 확인된다. 그러나 그 분석 시기가 오래된 것이 대부분이며, 2022년 이후 최근 EU를 중심으로 추진 중인 냉매가스 규제 강화 동향과 그 시사점에 대한 분석은 전무하다. 또한 기존의 연구는 대체로 몬트리올의정서나 키갈리개정서의 관점에서 즉, 오존층 보호의 측면에서 냉매가스에 대한 접근을 시도하였다. 따라서 탄소중립이나 기후변화 대응의 관점에서 해당 주제를 분석한 연구는 미흡하다. 이에 본 연구는 탄소중립 추진 관점에서 최근 EU의 냉매를 중심으로 한 F-가스 규제 강화 동향을 점검하고 우리나라에의 시사점을 도출하고자 하였다. 최신의 EU 규제 동향에 대한 분석을 기후변화 관점에서 시도하였다는 점에서 본 연구는 선행연구와의 차별성이 있다.

## IV. EU의 F-가스 규정(Regulation) 개정 추진<sup>7)</sup>

### 1. EU의 F-가스 규정 강화 배경

2019년 12월 EU집행위는 2050년까지 유럽을 최초의 기후중립대륙으로 만들겠다는 유럽 그린딜(European Green Deal)을 천명하였다(EC, 2019). 이어 2021년 7월에 EU는 유럽기후법(European Climate Law)을 통해 2030년 순 온실가스 감축목표를 1990년 대비 최소 55%로 설정하고, 늦어도 2050년까지 EU의 기후중립 달성을 법제화하였다(OJ, 2021).

한편, EU내 냉매 등 F-가스 배출량은 온실가스 총배출량의 2.5%이나, 1990~2014년 배출량이 감소한 다른 온실가스와 달리 F-가스는 배출량이 두 배로 증가하였는데, 이는 몬트리올의정서에 따라 EU에서 사용이 금지된 CFC 등 오존층파괴물질을 대체하기 위해 과거에 F-가스가 널리 사용되었기 때문이다(EC, 2022). 따라서 EU는 2006년 채택한 특정 불화 온실가스 규정과 이를 대체하며 2014년 채택된 F-가스 규정(F-gas Regulation)<sup>8)</sup>을 통해 F-가스 배출량 증가를 억제하려고 노력해왔으며, 이러한 노력에 힘입어 2015년부터는 F-가스 배출량이 전년대비 하락세로 반전해 매년 감소 중이다. HFC의 EU 시장 공급량은 2015~2019년 기간 미터톤 단위로 37% 감소했고 CO<sub>2</sub>e톤 단위로는 47% 감소했으나, EU집행위는 2030년까지 예상되는 배출량 절감을 현행 규정으로는 달성하지 못할 것으로 평가하였다. 또한 현행 F-가스 규정은 키갈리 개정서보다 이전에 채택되었으므로 키갈리 개정서에 명시된 모든 의무(특히 2030년 이후)의 준수를 보장하기 힘들다고 평가하였다.

이러한 배경 하에 2022년 4월 5일 EU집행위는 F-가스 규정 개정안을 공개하였으며, 그 목표는 (1) 추가 F-가스 배출 방지로 EU의 기후목표에 기여함과 (2) HFC 의무와 관련해 몬트리올의정서 준수를 보장함으로 설정되었다. F-가스 규정 개정안의 정식 명칭은 “지침(EU) 2019/1937을 개정하고 규정(EU) 57/2014를 폐지하는 불화 온실가스에 대

7) 본 장의 주요 내용은 EC(2022)를 참고해 저자가 재정리한 것임.

8) EU 내에서 법의 형태로 제정되지만, 규정(Regulation)은 별도의 개별입법 없이 EU에서 통과되는 즉시 모든 회원국에 발효되고, 지침(Directive)은 EU 통과 이후 회원국에서 입법 등 구체적인 시행방안을 별도로 마련해야 함(김민주·김동구, 2021. p.5).

한 유럽의회 및 이사회의 규정에 대한 제안”이다. 여기에서 지침(EU) 2019/1937은 EU 법률 위반 신고자 보호 지침으로 내부고발자에 대한 보복 금지, 신원 보호, 신고 방안 제공 등의 내용이 포함된다. EU 집행위가 공개한 F-가스 규정 개정안에서는 “제37조 지침(EU) 2019/1937에 대한 개정”이 포함되는데, 해당 내용은 동 지침의 신고자 보호 대상으로 F-가스 규정 개정안이 포함되는 것을 규정한다. 또한, 규정(EU) 57/2014는 2006년 채택되었던 특정 불화 온실가스 규정을 대체하여 2014년 채택된 현행 F-가스 규정(F-gas Regulation)으로, 이번 개정안의 핵심내용이 현행 F-가스 규정의 개정이라고 하겠다.

## 2. EU집행위의 F-가스 규정 개정안 주요 내용

EU 집행위는 F-가스 규정 개정안을 통해 현행 규정에서 예상했던 감축량을 넘어 2030년까지 F-가스 배출량 4,000만 CO<sub>2</sub>e톤을 감축하고, 2050년까지 총 3억 1,000만 CO<sub>2</sub>e톤을 추가 감축하는 효과를 기대한다고 밝혔다(EC, 2022). 특히, EU 집행위는 개정안을 통해 (1) 더 높은 의욕 제시, (2) 강화된 집행 및 이행, (3) 보다 포괄적인 모니터링, (4) 몬트리올의정서 준수 보장을 달성할 수 있을 것으로 예상하였다.

“(1) 더 높은 의욕 제시”는 2015년에서 2050년 사이에 EU 시장에 출시되는 신규 HFC의 잠재적 기후영향을 98%까지 줄이면서 HFC에 대한 할당제를 강화하는 즉, HFC의 단계적 축소가 대표적인 내용이다. 또한 F-가스는 적절한 대안이 없는 신규 장비에만 사용되도록 신규 제한이 도입되는데, 예를 들어, 가장 강력한 온실가스인 SF<sub>6</sub>는 2031년까지 모든 신규 송전장비(개폐장치, switchgear)에서 단계적으로 폐기될 것이다. “(2) 강화된 집행 및 이행”은 세관과 감시 당국이 불법 F-가스 및 장비 거래를 엄중단속하면서 수출입을 통제하는 것을 보다 용이하게 할 것이다. 또한, 벌칙은 더 엄격해지고 표준화될 것인데, 구체적으로 할당제는 등록규칙 강화와 고정할당가격(CO<sub>2</sub>e톤당 3유로) 도입을 통해 진짜 가스거래자로 제한되게 될 것이다. 나아가 EU 회원국이 F-가스 사용을 대체하거나 줄이기 위해 기후친화적 기술을 다룰 수 있도록 인증 및 훈련 프로그램을 확대해야 하므로 유럽에서 기후친화적 장비를 다룰 자격이 있는 엔지니어의 수는 증가할 것이다. “(3) 보다 포괄적인 모니터링”을 위해서 보다 광범위한 물질 및 활동이 다뤄지고 데이터

보고 및 검증 절차가 개선될 것이다. “(4) 몬트리올의정서 준수 보장”을 위해 특정 면제를 폐지하고 EU의 HFC 단계적 축소를 몬트리올의정서에 완전히 부합하도록 만들 것이다.

이러한 목표를 위해 마련된 개정안은 전문(前文)과 총 9장 38조로 구성된 본문에 더해 10개의 부속서로 구성된다. 전문과 총 6장 27조로 구성된 본문에 이어 8개의 부속서로 구성된 현행 규정에 비해 개정안은 그 범위와 규제 강도가 한층 강화되었다. 아래에서는 개정안의 주요 내용을 상세히 살펴보았다.

우선, 가장 핵심적인 개정 내용으로 시장출시 허용 HFC 최대량 대폭 축소를 들 수 있다. 이는 GWP를 고려해 환산된 CO<sub>2</sub>e톤 단위의 HFC 허용 총량에 대한 규제를 강화하는 내용이다. 개정안은 특정 연도에 EU 시장에 출시되도록 허용되는 HFC의 최대량을 부속서 VII에 현행 규정보다 한층 강화된 형태로 제시하였다. 구체적으로는 <표 3>에 제시된 바와 같이 최대량에 대한 기본값은 2015년 배출량인 1억 7,670만 CO<sub>2</sub>e톤을 기준으로 삼고 있다. 현행 규정에서는 최대량이 2021-23년에 2015년 대비 45%로 줄이도록 명시되어 있다(OJ, 2014). 이어서 현행 규정에서는 이후에 2024-26년에 2015년 대비 31%,

<표 3> 현행 및 개정안에 제시된 HFC 최대량

현행		개정안		
연도	비율	연도	최대량(CO <sub>2</sub> e톤)	비율
2015	100%	2015	176,700,479	100%
2016-17	93%			
2018-20	63%			
2021-23	45%			
2024-26	31%			
2027-29	24%	2027-29	17,688,360	10%
2030	21%	2030-32	9,132,097	5%
		2033-35	8,445,713	5%
		2036-38	6,782,265	4%
		2039-41	6,136,732	3%
		2042-44	5,491,199	3%
		2045-47	4,845,666	3%
		2048 이후	4,200,133	2%

자료: OJ(2014) ANNEX V 및 EC(2022) ANNEX VII를 참고해 저자 작성.

2027-29년에 24%, 2030년에 21% 순으로 다소 완만하게 감축하는 형태로 제시된다(OJ, 2014). 그러나, 개정안에서는 2024-26년에 2015년 대비 24%, 2027-29년에 10%, 2030년에 5%, 이후 2048년 이후 2%까지로 시장출시가 허용되는 HFC 최대량이 대폭 축소되었다(EC, 2022).

이와 같은 개정안의 HFC 최대허용량 규제 강화는 키갈리개정서의 준수는 물론이며, IPCC의 권고에 따른 2050년까지의 탄소중립까지도 고려한 HFC 시장출시 허용량 제한 강화라고 평가할 수 있다. 따라서 향후에는 GWP가 높은 HFC는 더욱 사용하기가 어려워질 전망이다.

이렇게 HFC 총량에 대한 제한이 강화되면서, 개정안에는 시장출시를 위한 할당량에 각 기업이 고정가격을 지불한 이후에 정식으로 할당받을 수 있도록 규정하였다. 각 사업자는 할당될 양의 CO<sub>2</sub>e톤당 3유로에 해당하는 금액을 지불해야 하며, 일부만 지불할 경우 지불액에 상응하는 할당량만 할당받게 된다. 이와 같은 CO<sub>2</sub>e톤당 3유로라는 EU 차원의 명시적인 비용 부과는 현행 규정에는 수록되지 않은 내용이다. 이러한 비용이 납부되지 않은 할당량은, 각 사업자의 총 할당량에 대한 지불액을 완납한 이후 예비량 추가 할당을 신청한 사업자에게만 사업자 수에 비례해 무상으로 동일하게 배분된다. 이렇게 배정받은 할당량은 1회에 한해 다른 사업자에게 이전될 수 있다. 또한, 할당에 따른 수익은 규정의 이행 및 의정서 준수 보장을 위한 할당량 할당, IT서비스 및 면허시스템 관리 등 행정비용 충당에 주로 사용되도록 규정되었다.

냉매가스와 관련해 다음으로 주목할 필요가 있는 것은 시장출시 금지 대상 제품 및 장비 추가이다. 해당 규정은 특정 GWP를 초과하는 F-가스를 사용하는 제품 및 장비에 대해서는 EU 시장에서의 출시 자체를 금지하는 매우 강한 내용이다. 개정안은 현행 규정에서 설정된 제품 및 장비에 대한 시장출시 금지 일정은 그대로 유지하되, 신규로 금지 대상이 되는 제품 및 장비 관련 항목을 13건 부속서 IV에 추가하였다. 그 중에서 특히 주목해야 할 것은 냉장·냉동장비 관련 3건, 공조장비 관련 3건이다(<표 4> 참조). 고GWP 냉매를 사용한 냉장·냉동장비는 2024-2025년부터, 고GWP 냉매를 사용한 자급식 및 고정형 공조장비와 히트펌프 장비는 2025~2027년부터 추가로 EU로의 수입이 금지되도록 설정되었다. 현재 가정 및 상업용으로 많이 사용되는 에어컨이 부속서 IV의 (18) 항목(고정식 분할 공조장비)에 해당하며, 해당 장비에는 현재 GWP가 1,430인 HFC-134a,

GWP가 1,920인 R-410a 등이 냉매로 주로 사용된다. 따라서 냉동/냉장기기, 공조장치, 히트펌프 등에 사용되는 냉매를 저GWP 물질로 대체하지 않는 경우, EU시장으로 수출이 불가능해지게 되는 것이다. 따라서 우리나라 산업계 및 기업들은 관련 제품에 대해 대체냉매를 적용하는 데에 있어 기술적으로나 경제적으로 문제가 없는지를 면밀히 검토하고, 대응책을 수립할 필요가 있다.

〈표 4〉 시장출시 금지 대상으로 추가된 공조장비 관련 내용

제품 및 장비	금지 일자
관련 있는 경우, 제3조 제1항에서 정해진대로 부속서 VI에 따라 계산되어야 하는 불소화 온실가스를 포함한 혼합물의 GWP	
(11) 상업용 냉장고 및 냉동고(자급식 장비(self-contained equipment))	
[신규] GWP가 2,500 이상인 기타 불화 온실가스를 포함하는 것.	2024년 1월 1일
[신규] GWP가 150 이상인 불화 온실가스를 포함하는 모든 자급식 냉장장비.	2025년 1월 1일
[신규] (14) GWP가 2,500 이상인 불화 온실가스를 포함하거나 그 기능이 의존하는 고정식 냉장장비 (제품을 -50°C 미만의 온도로 냉각하도록 설계된 장비는 제외).	2024년 1월 1일
[신규] (17) GWP가 150 이상인 불소화 온실가스를 포함하는 플러그인 실내 및 기타 자급식 공조 및 히트펌프 장비.	2025년 1월 1일
(18) 고정식 분할(split) 공조 및 분할 히트펌프 장비:	
[신규] (b) GWP가 150 이상인 불소화 온실가스를 포함하거나 그 기능에 의존하는, 정격용량이 12kW 이하인 분할시스템 (안전표준 충족을 위해 필요한 경우는 제외).	2027년 1월 1일
[신규] (c) GWP가 750 이상인 불소화 온실가스를 포함하거나 그 기능에 의존하는, 정격용량이 12kW 초과인 분할시스템 (안전표준 충족을 위해 필요한 경우는 제외).	2027년 1월 1일

자료: EC(2022) ANNEX IV 를 참고해 저자 작성.

한편, 개정안은 현행 규정보다 규제 대상이 되는 F-가스를 18종 추가하였고 기존 온실가스의 GWP를 최신 자료를 이용해 업데이트하였다. 그 중에서 냉매와 관련된 부속서 II [제2조 제1항에 언급된 기타 불화 온실물질]에는 현행보다 불포화 수소(염화)불화탄소 3종과 흡입마취제로 사용되는 불화물질 2종, 기타 불화물질 1종, 총 6종이 추가되었다

(<표 5> 참조). 또한, 부속서Ⅱ에서 일부 가스의 GWP가 IPCC 6차 평가보고서에 기반해 업데이트되었다(<표 5> 참조). 예를 들어, 차세대 냉매로 부상하고 있는 HFC-1234yf의 GWP가 현행 4에서 0.501으로 하향 조정되었다. 이는 IPCC의 최신 평가보고서인 제6차 평가보고서(AR6)에 수록된 GWP 값을 반영한 변화라고 설명되어 있다. 사실, 저GWP 냉매로의 교체에 있어서 가장 큰 장벽은 냉매 대체의 기술적 용이성과 비용 문제이다. 그러나 HFC-1234yf와 같은 냉매는 기존의 냉매와 비교해서 기술적으로 큰 어려움 없이 대체가 가능해 산업계로부터도 큰 거부감 없이 차세대 냉매로 받아들여지고 있다. 실제로 이미 국내 완성차업체에서는 선진국의 이동용 에어컨 냉매에 대한 규제 강화에 대응해 기존의 고GWP 냉매를 HFC-1234yf와 같은 저GWP 냉매로 대부분 교체한 상태이다. 여기에 더해 차세대 냉매의 GWP가 이산화탄소보다도 낮아지는 등의 변화로 인해 냉매 등 F-가스에 대한 규제 강화와 더불어 차세대 냉매로의 전환은 더욱 가속화될 전망이다.

이 외에도 F-가스 규정 개정안에는 냉매 등 F-가스를 수입이나 취급하는 사업자가 EU 행정당국에 보고해야 하는 데이터가 더욱 정교해졌고, 배출방지 및 누출점검 의무도 강화되었으며, 규정 위반에 따른 벌칙도 대폭 강화되었다. 즉, 냉매 등을 취급하는 사업자가 실수로 또는 고의로 F-가스를 누출시키는 일이 없도록, 규제설계가 보다 촘촘하고 강화되었다는 것이 특징이다.

〈표 5〉 F-가스 규정 개정안의 대상 F-가스 추가 및 GWP 업데이트 일부 사례

명칭	현행 GWP	개정 GWP	비고
PFC-9-1-18	신규	7,480	부속서 I
PFC-4-1-14	신규	7,370	
PFC-14	7,390	7,380	
HFC-1132	신규	0.005	부속서 II
HFC-1132a	신규	0.052	
HFC-1234yf	4	0.501	
n-HFE-7100	신규	544	부속서 III
i-HFE-7100	신규	437	
HFE-125	14,900	14,300	

자료: EC(2022) ANNEX I, II, III를 참고해 저자 작성.

## V. EU의 과불화화합물(PFAS) 규제와 냉매

### 1. PFAS의 REACH 제한물질 등록 제안과 시사점

앞에서 살펴본 바와 같이, EU는 냉매 등 F-가스에 대한 규제 강화를 추진 중이며, 동시에 IPCC의 평가보고서에 차세대 냉매 중 일부의 GWP가 낮아진 것으로 평가됨에 따라 이를 반영해 규정 개정을 추진 중이다. 따라서 향후 저GWP 냉매로의 전환은 더욱 가속화될 것으로 전망된다. 그러나 이러한 전환에 예상치 못한 큰 난관이 부상하고 있다. 그것은 바로 EU의 과불화화합물(PFAS)에 대한 규제 강화 움직임이다.

과불화화합물(Per- and Polyfluoralkyl Substances, PFAS)은 탄화수소( $C_nH_{2n+2}$ )의 기본골격에서 수소(H)가 불소(F)로 치환된 물질군을 말한다.<sup>9)</sup> 이로 인해 PFAS는 탄소(C)와 불소(F) 간의 강한 공유결합이 특징이며 하나 이상의  $CF_2-$ ,  $CF_3-$ 를 포함하는 화합물을 지칭한다. 이러한 PFAS는 화학적 안정성이 매우 뛰어나 코팅제, 소방용품, 냉매, 반도체 절연, 포장용기 등 상업적으로 널리 사용된다. 문제는 그 강한 결합성과 화학적 안전성으로 인해 자연분해가 쉽지 않아 환경이나 생물에 장기간 축적되며, 일각에서는 발암 가능성, 생식독성 등의 문제를 제기하고 있다. 이러한 화학적 특성으로 인해 EU는 2004년 인간 건강과 환경보호를 목적으로 EU POPs(Persistent Organic Pollutants, 잔류성 유기오염물질 규제)를 시행해, 잔류성 유기 오염물질의 금지, 단계적 생산 제한 및 폐지를 추진하였다(OJ, 2004). 2022년 7월을 기준으로 EU POPs에 따라 지정된 30개 규제 대상물질에는 일부 PFAS 물질도 포함되어 있다(ECHA, 2022a).

한편, EU가 2006년 채택해 2007년 6월부터 발효된 REACH(Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals: 화학물질 등록, 평가, 허가 및 제한 제도)는 EU에서 연간 1톤 이상 제조되거나 수입되는 물질에 대해 EU내 제조사나 수입자가 위해성 정보 등을 등록하도록 의무화하였고, 유럽화학물질청(ECHA, European Chemicals Agency)과 EU 회원국은 이에 대한 서류검토와 함께 물질의 위해성을 평가하도록 규정하였다(OJ, 2006; ECHA, 2022b). 이러한 평가에 따라 물질이 위해성이 있는 것으로 판단되면 허가 및 제한이라는 엄격한 규제를 받게 되고, 궁극적으로 대체물질을 개발해야 한다.

9) PFAS 특성과 현행 규제는 국가기술표준원 한국전자정보통신산업진흥회(2021)을 참고해 저자가 재정리하였음.

<표 6> PFAS 관련 RMOA 결론 문서의 주요 내용

구분	주요 내용
물질명	과불화화합물(Per- and polyfluoroalkyl substances, PFAS)
당국	독일, 네덜란드, 스웨덴, 노르웨이, 덴마크
일자	2021년 6월
결론	EU 차원의 후속 규제 조치 필요: REACH에 따른 제한
물질 정보	이 RMOA 범위에 포함되는 PFAS는 다음과 같은 구조식을 가짐. n이 1 및 X보다 크고 X'은 H가 아닌 X-(-CF <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -X'(따라서 X-CF <sub>3</sub> 포함). 즉, 포화 및 완전히 불소화된 하나 이상의 지방족 탄소 원자를 포함하는 불화물질, 즉 분지형 플루오로알킬을 포함하여 하나 이상의 퍼플루오르화 메틸 그룹(-CF <sub>3</sub> ) 또는 하나 이상의 퍼플루오르화 메틸렌 그룹(-CF <sub>2</sub> -)을 갖는 모든 화학물질을 의미함
REACH 하의 제한	그룹으로써 모든 PFAS를 포괄하는 REACH에 따른 광범위한 제한: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 실제로 가능한 한 많은 (비필수) 사용을 제한하기 위해 선호되는 옵션이 될 것임. 이는 PFAS에 대한 인간 및 환경 노출을 최소화하는 데 가장 큰 영향을 미칠 것임.</li> <li>• 현재 알려지지 않은 PFAS 및 용도도 포함할 것임.</li> <li>• 다른 PFAS에 의한 제한된 PFAS의 유감스런 대체를 방지할 것임.</li> </ul>

자료: ECHA(2021).

이러한 상황에서 2020년 독일, 네덜란드, 스웨덴, 노르웨이, 덴마크 5개국은 광범위한 PFAS의 제조 및 사용에 대한 REACH 제한물질 등재 제안(restriction proposal)을 진행하는 것에 동의하였다(ECHA, 2021).<sup>10)</sup> 2021년 7월에는 공개협의를 시작해 제한물질 등재제안서 및 PFAS 규제관리조치분석(RMOA, Regulatory Management Option Analysis)을 제출하였으며, PFAS와 같이 광범위하고 복잡한 물질군을 관리하는 가장 효과적이고 효율적인 방안은 ‘제한(restriction)’이라고 결론 내렸다(<표 6> 참조). 문제는, 정의에 따라 대상 PFAS는 5,000~10,000개가 될 수 있으며, 작업 중 대상 PFAS의 정의가 변경될 수 있으므로 최종 제안에 포함될 HFC 및 HFO는 아직 불분명한 상태이다. 그러나 현재 작업 중인 정의에 따르면, PFAS는 수소, 염소, 브롬 또는 요오드 원자에 직접 부착되지 않은 적어도 하나의 완전히 불소화된 메틸(CF<sub>3</sub>) 또는 메틸렌(CF<sub>2</sub>) 그룹을 포함하는 모

10) 유럽 5개국의 PFAS 관련 REACH 등재 제안 관련 주요 내용은 ECHA(2021)을 참고하였음.

든 물질이며, 이 정의에는 고GWP 냉매 HFC-134a와 저GWP 냉매 HFO-1234yf가 모두 포함되는 것으로 해석된다.

〈표 7〉 PFAS의 REACH 제한물질 등록 제안 관련 일정

행동	일정
증거 요청	2020년 5월 11일
제한서류 작성의향 등록을 ECHA에 제출(REACH의 부속서 XVII)	2021년 7월 15일
ECHA에 제한 제안서 제출	2022년 7월 → 2023년 1월 13일로 연기됨
ECHA의 위험평가위원회(RAC)와 사회경제분석위원회(SEAC)에서의 공개협의와 토론, 그리고 EC에 대한 최종의견 처리	2023년
유럽의회 및 이사회와 함께 REACH의 부속서 XVII 및 REACH위원회를 개정하기 위한 EU집행위 초안 제안	2024년
부속서 XVII 개정을 위한 제안 채택	2025년

자료: CECE(2022). 한국에너지기기산업진흥회(2022)에서 재인용.

이러한 ECHA에 제한 제안서 제출은 당초 2022년 7월까지로 그 기한이 설정되었으나, 다음의 세 가지 이유를 들어 2023년 1월 13일까지로 연기되었다(〈표 7〉 참조). (1) 제한 제안을 위해 고려 중인 매우 다양한 물질 그룹을 고려할 때 서류의 복잡성, (2) 두 번의 증거 요청 중 받은 정보의 양과 모든 답변을 검토하는 데 필요한 시간, (3) ECHA 과학위원회의 평가를 용이하게 하기 위해 강력한 서류를 ECHA에 제출하는 것에 집중한다는 것이 그 이유이다.

2023년 1월까지로 예고된 제한 제안서 제출 이후에도 2023년에는 ECHA의 위험평가위원회(RAC)와 사회경제분석위원회(SEAC)에서의 공개협의와 토론, 그리고 EC에 대한 최종의견 처리가 진행될 예정이다. 또한, 이후에 2024년에는 유럽의회 및 이사회와 함께 REACH의 부속서 XVII 및 REACH위원회를 개정하기 위한 EU집행위 초안 제안이 계획되어 있고, 2025년에서야 부속서 XVII 개정을 위한 제안 채택이 계획되어 있다. 최악의 경우, ECHA에 제한 제안서 제출이 6개월 연기된 것과 같이 향후 일정에 따라서

는 EU F-가스 지침의 고정식 분할(split) 공조장비용 냉매에 대한 제한일정인 2025년 이후에 차세대 냉매인 HFO-1234yf 등이 REACH 제한물질로 등록될 가능성도 배제하기 어려운 상황이다.

관련 업계의 인터뷰를 통해 파악해본 바로는 EU, 미국 등 선진국으로 냉동/냉장기기, 공조장치 등을 수출하는 업계는 키갈리개정서, EU의 F-가스 규정 등에 대비해 2025년부터는 차세대 냉매에 대한 구매계약을 맺어놓은 상태이다. 또한, 완성차업계는 이미 HFO-1234yf 등의 차세대 냉매를 사용하고 있는 상황이다. 이러한 상황에서, PFAS의 REACH 제한물질 등록 관련해 차세대 냉매가 제한물질로 등록된다면, 현재 탄소중립을 위해 산업계가 준비하고 있는 차세대 냉매로의 전환계획은 큰 혼돈에 빠지게 될 것이다.

## 2. 유럽불화탄소기술위원회(EFCTC)의 반박

냉매 등이 포함된 PFAS의 REACH 제한물질 등록과 관련해 상황이 심상치 않게 전개되자 이를 추진하려고 하는 유럽 5개국의 환경청과 유럽불화탄소기술위원회(EFCTC)<sup>11)</sup> 등 민간산업단체 간의 논쟁도 격화되고 있다. 2022년 3월 30일, PFAS 제한 제안을 이끄는 노르웨이환경청(Norwegian Environment Agency, NEA)은 PFAS 제한 제안 및 F-가스 관련 업데이트를 제공하는 온라인 브리핑(virtual briefing)을 실시하였다(NEA, 2022). 동 브리핑에서 NEA는 PFAS 및 제한 제안에 대한 설명, F-가스 - PFAS 및 몇몇 우려에 대한 간략한 검토, 제한 제안 절차를 제시하였다(NEA, 2022).

이러한 NEA의 브리핑에 대해, 관련 민간산업체인 유럽불화탄소기술위원회(EFCTC)는 HFO-1234ze(E) 분해로 인한 TFA<sup>12)</sup>의 발생량(yield)과 HFO-1234yf에 따른 TFA가 환경에 미치는 영향 측면에서 반박하였다(EFCTC, 2022). 즉, NEA 브리핑은 독일환경청(UBA) 보고서를 인용하며 HFO-1234ze(E) 분해 시 약 10%의 TFA 발생량을 가진다고 제시했으나, EFCTC가 분석한 최신 논문들에 따르면 10% 발생량은 매우 과대 평가된 것이라고 지적한 것이다(EFCTC, 2022). 또한, EFCTC는 NEA 브리핑이 HFO-1234yf

11) 유럽불화탄소기술위원회(EFCTC, European FluoroCarbons Technical Committee)는 HFC, HFO 등을 생산 및 공급하는 기업들이 결성한 단체임.

12) TFA(트리플루오로아세트산: Trifluoroacetic acid)는 심각한 피부 화상 및 눈에 손상을 일으키며 흡입 시 기도에 유해한 유독성 물질임.

분해에 따른 TFA 농도 증가가 환경에 미칠 영향을 논의하지 않았다고 지적하며, 관련 논문들에서는 “HFO가 현재 인간의 건강이나 환경에 위험을 주지 않는 것으로 판단된다”는 결론을 내렸다고 반박하였다(EFCTC, 2022).

이러한 논쟁에서 확인되듯이, PFAS의 REACH 제한물질 등록과 관련해 유럽 5개국 환경청의 의도대로 광범위한 제한이 결정되더라도 향후 상당한 논란과 치열한 법적·기술적 다툼이 예상된다. 이러한 불확실성은 탄소중립 달성을 위해 저GWP 냉매를 이룬 시기에 합리적인 가격 수준으로 안정적으로 확보해야 하는 관련 산업계에는 큰 혼란을 초래할 것이다. 또한, 이러한 논쟁은 향후 우리나라의 탄소중립 및 화학물질 관련 정책에도 상당한 영향을 미칠 수밖에 없다.

## VI. 결론 및 시사점

본 연구는 이산화탄소에 비해 배출량은 적지만 지구온난화잠재력(GWP)이 매우 높아 지구온난화에 미치는 영향이 큰 냉매가스에 대한 EU의 최신 규제 강화 동향을 살펴보고 탄소중립에의 시사점을 도출하였다. 이를 위해 먼저, 본 연구는 냉매가스의 주요 특성과 선택 요인을 살펴보았다. 이어서 EU 집행위가 마련한 F-가스 규정 개정안의 주요 내용을 냉매 중심으로 살펴보았고, 그 의미를 현행 규정과 비교해 제시하였다. 개정안의 주요 내용은 시장출시 허용 HFC 최대량 대폭 축소, HFC 할당 관련 규정 강화, 고GWP 냉매를 사용한 제품 및 장비의 시장출시 금지 대상 추가, 규제 대상 F-가스 추가 및 기존 가스의 GWP 업데이트, 그 외에도 보다 촘촘해지고 강화된 규제설계 등이었음을 알 수 있었다. 기후변화에 대한 전 세계적인 대응 노력을 선도하고 있는 EU의 냉매 등 F-가스 규제 강화 움직임은 미국, 일본 등 선진국의 정책기조에 영향을 미칠 것이며, 향후 우리나라의 정책도 더욱 강화될 것이다. 이는 기후변화 대응에 있어 그간 EU가 세계 각국보다 한발 앞서 관련 규제를 강화해왔던 추이를 살펴볼 때, 자연스러운 변화의 흐름일 것이다. 또한, 규제 강화로 인해 관련 산업계에서는 차세대 냉매가스로의 변경이 불가피한 상황이 될 것이다. 이는 차세대 냉매가스로 전환하지 않는 기업은 더 이상 EU 등 선진국 시장에 관련 제품을 수출하지 못하게 되기 때문이다. 이와 관련해 우리 기업들은 차세대 냉매의 기술적 적용 가능성, 안정적인 수급, 관련 제품의 글로벌 경쟁력 등 다양한 측면

에서 대응책을 마련해야 할 것이다.

한편, 본 연구는 기존의 냉매 및 F-가스 관련 연구에서는 주목하지 않았던 과불화화합물(PFAS) 규제와 관련된 최신 동향에 대해서도 분석하였다. 유럽 5개국이 추진하고 있는 PFAS의 REACH 제한물질 등록이 이뤄지게 된다면, 냉매가스와 관련해서는 관련 산업계에 매우 큰 파장을 불러일으킬 것이다. 또한, 냉매를 비롯한 F-가스 물질과 관련된 각국의 온실가스 감축 전략도 전면 재검토가 불가피해질 것이다. 이는 PFAS가 온실가스 감축 측면에서 F-가스 저감을 위한 산업부문의 주요 수단으로 고려되었으나, REACH 제한물질로 등재될 경우 그 활용이 극도로 제한될 수 있기 때문이다.

점차 심각해지는 기후변화에 대한 적응 측면에서도, 그리고 온실가스 감축수단의 일환으로써도 냉매가스에 대한 미래 수요는 점차 커질 것이다. 또한 우리나라는 EU, 미국 등에 냉동/냉장기기, 공조장치, 자동차, 비도로장비 및 중장비(농기계, 건설기계 등)의 수출이 많은 관계로 냉매가스에 대한 정책연구는 필수이다. 따라서 냉매가스와 관련된 선진국의 규제강화 동향에 보다 촉각을 곤두세우고 대응전략을 마련할 필요가 있다. 이러한 측면에서 본 연구가 우리나라의 탄소중립 달성, 관련 학계의 연구, 산업계의 대응 전략 수립에 도움이 될 수 있기를 기대한다. 특히, 관련 선행연구에서는 2022년 이후 최근 EU를 중심으로 추진 중인 냉매가스 관련 규제 강화 동향과 그 시사점에 대한 분석은 전무하다는 점에서 본 연구는 선구적이라고 평가할 수 있다.

## [References]

- 2050 탄소중립녹색성장위원회, “윤 정부, 탄소중립·녹색성장 비전과 추진전략 발표”, 보도자료 2022.10.26., 2022.
- 고영환·오세기·김병순, “신냉매 개발 현황 및 규격 동향”, 대한설비공학회 2019 하계학술발표대회 논문집, 2019, pp. 677~681.
- 국가기술표준원·한국전자정보통신산업진흥회, “EU 과불화화합물 규제”, 무역기술장벽(TBT) 규제동향 보고서, 2021.
- 김민주·김동구, “EU ‘Fit for 55’ 패키지 초안의 주요 내용”, 세계 에너지시장 인사이트, 제

- 21-15호, 2021.7.26., 에너지경제연구원, 2021.
- 명소영·장완복·유시리·엄태인, “국내 냉매관리제도 개선방안 연구 -해외 냉매관리 법적규제 및 감축정책을 중심으로-”, 「한국폐기물자원순환학회지」, 제32권 제2호, 2015a, pp. 191~199.
- 명소영·장완복·유시리·엄태인, “국내 냉매관리제도 개선방안 연구 -냉매 생산·사용·폐기 단계별 분석을 중심으로-”, 「한국폐기물자원순환학회지」, 제32권 제4호, 2015b, pp. 368~377.
- 문미라·김민철, “불소계 온실가스 감축을 위한 냉매관리 개선방안 연구”, 「인문사회21」, 제12권 제2호, 2021, pp.1127~1136.
- 문미라·김요섭·윤영·김민철, “불소계 온실가스 감축을 위한 국내외 냉매 관리 동향”, GTC BRIEF, 2021년 1호, 녹색기술센터, 2021.
- 박연화·인은정·김홍록, “냉매부문 온실가스 감축을 위한 외부감축사업 활용에 관한 조사 연구 -CDM, 캘리포니아 상쇄제도를 중심으로-”, 「한국기후변화학회지」, 제7권 제3호, 2016, pp. 283~288.
- 박진식·김병순·오세기, “국제 HFC냉매 규제동향과 대응활동 제안”, 대한설비공학회 2017 동계학술발표대회 논문집, 2017, pp. 53~57.
- 박창용, “대기환경보전법의 HFC 냉매 규제방향”, 대한설비공학회 2015 하계학술발표대회 논문집, 2015, pp. 115~117.
- 차준원, “국내·외 냉매관리 관련 법률 및 제도”, 국내IP 환경동향보고, 환경부·한국환경산업기술원, 2019.
- 한국에너지기기산업진흥회, “F-GAS 현황 및 ISSUE”, 건설기계 분야 품목별 협의회 비공개 회의자료, 2022.
- 한택환·임동순, “A Comparative Study on the F-Gas Control Laws and Systems of EU and Korea”, 「환경법연구」, 제40권 제3호, 2018, pp. 377~410.
- CECE, *CECE Technical Bulletin*, March 21st 2022, Committee for European Construction Equipment, 2022.
- EC, *A European Green Deal*, European Commission, 2019, Accessed 2022.11.10., [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- EC, *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on fluorinated greenhouse gases, amending Directive (EU) 2019/1937 and*

- repealing Regulation (EU) No 517/2014*, COM(2022) 150 final, April 5th 2022. European Commission, 2022.
- ECHA, *Regulatory Management Option Analysis Conclusion Document*, European Chemicals Agency, 2021, Accessed 2022.11.10.  
<https://echa.europa.eu/documents/10162/a59647fb-fcc5-869b-10d4-c14258bbe1d>
- ECHA, *List of substances subject to POPs Regulation*, European Chemicals Agency, 2022a, Accessed 2022.7.29., <https://echa.europa.eu/list-of-substances-subject-to-pops-regulation>
- ECHA, *Understanding REACH*, European Chemicals Agency, 2022b, Accessed 2022.11.10., <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>
- EFCTC, *Update on the PFAS restriction proposal and F-gases by the Norwegian Environment Agency*, European FluoroCarbons Technical Committee, 10 May 2022, Accessed 2022.7.30., <https://www.fluorocarbons.org/news/update-on-the-pfas-restriction-proposal-and-f-gases-by-the-norwegian-environment-agency/>
- EPA, *Ozone-Depleting Substances*, Environmental Protection Agency, 2022, Accessed 2022.11.10., <https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/ozone-depleting-substances>
- GCC, *Member States*, Gulf Cooperation Council, 2022, Accessed 2022.11.10., <https://www.gcc-sg.org/en-us/AboutGCC/MemberStates/Pages/Home.aspx>
- HM Government, *Net Zero Strategy: Build Back Greener*, October 2021, Government of the United Kingdom officially Her Majesty's Government, 2021.
- IPCC, *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)], Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.
- NEA, *The universal PFAS restriction proposal and F-gases*, Norwegian Environment Agency, 2022, Accessed 2022.7.29., <https://www.environmentagency.no/news/2022/the-universal-pfas-restriction-proposal-and-f-gases/>
- OJ, *Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April*

- 2004 on persistent organic pollutants and amending Directive 79/117/EEC, OJ L 158, April 30th 2004, Official Journal of the European Union, 2004, pp. 7~49.
- OJ, *REGULATION (EC) No 1907/2006 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC*, OJ L 396, December 30th 2006, Official Journal of the European Union, 2006, pp. 1~849.
- OJ, *REGULATION (EU) No 517/2014 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006*, OJ L 150, May 20th 2014, Official Journal of the European Union, 2014, pp. 195~230.
- OJ, *REGULATION (EU) 2021/1119 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC)No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')*, OJ L 243, July 9th 2021, Official Journal of the European Union, 2021, pp. 1~17.
- UNEP, *Decision XXVIII/1: Further Amendment of the Montreal Protocol*, United Nations Environment Programme, 2019, Accessed 2022.10.10., [https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/Original\\_depository\\_notification\\_english\\_version\\_with\\_corrections.pdf](https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/Original_depository_notification_english_version_with_corrections.pdf)