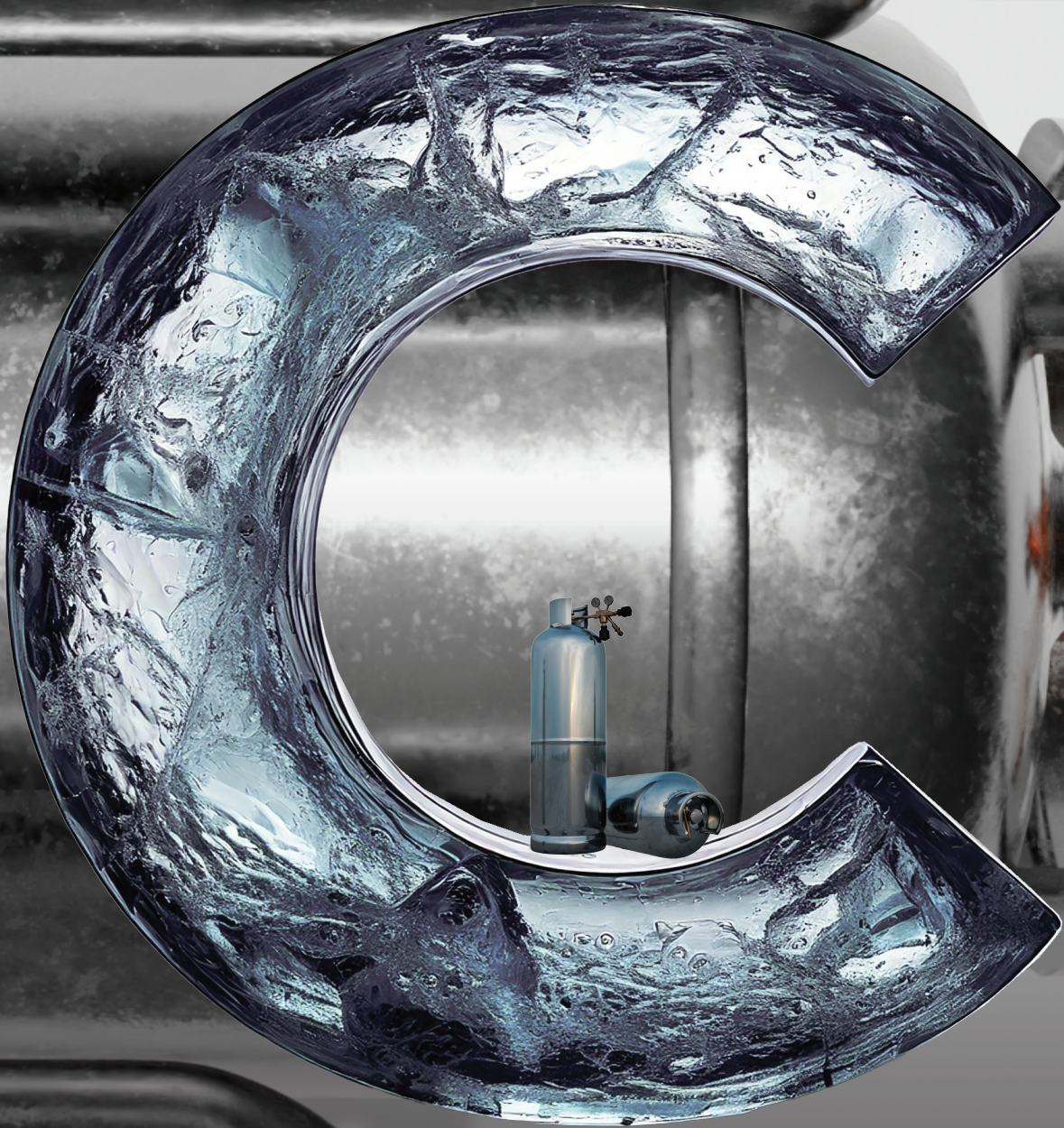




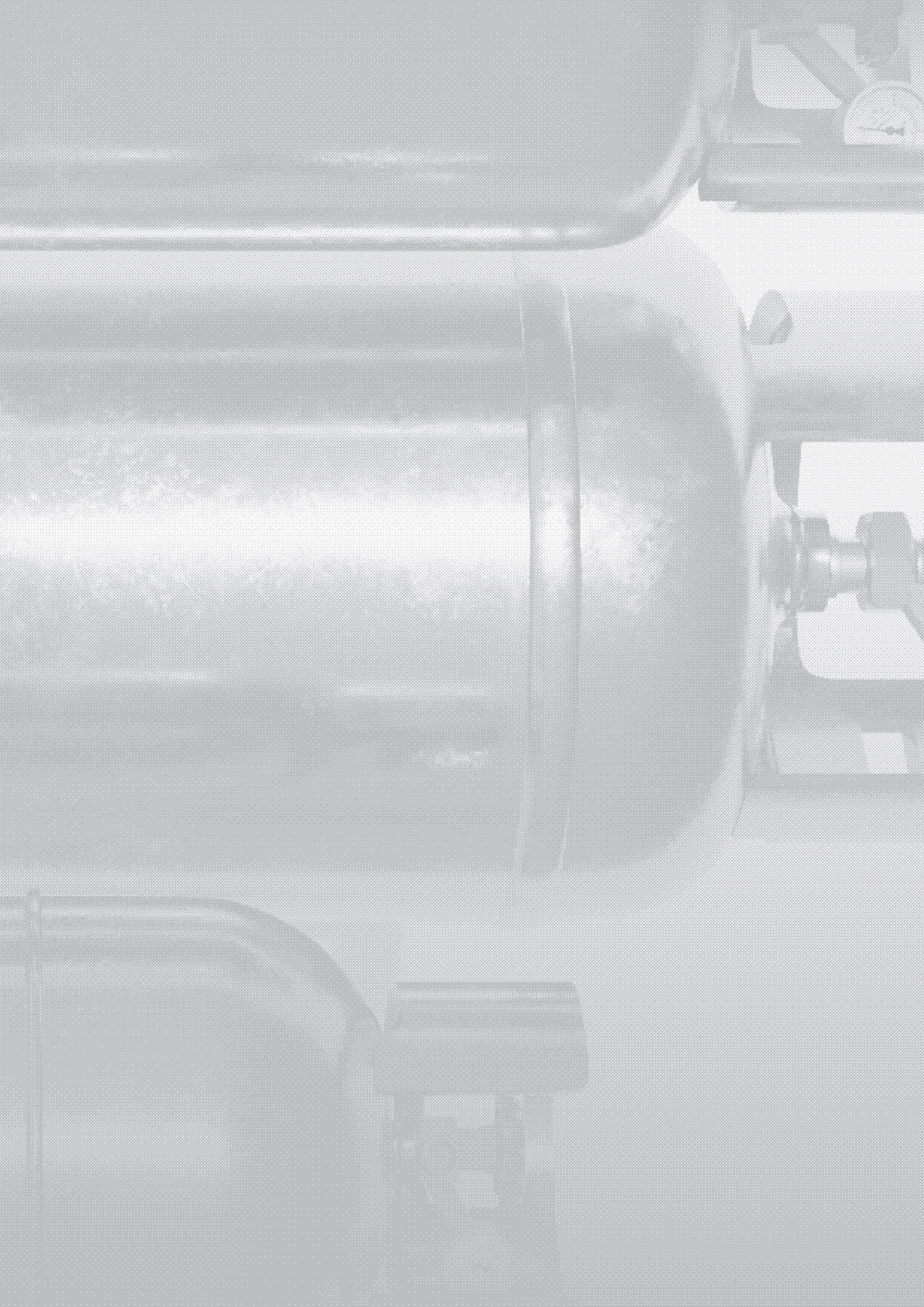
사람은 식히고, 지구는 달군다?
인공냉매 HFCs가 불러온 기후위기의 역설



기후솔루션은 전 세계 온실가스 감축 및 올바른 에너지 전환을 위해 활동하는 비영리법인입니다.
리서치, 대외협력, 커뮤니케이션 등의 폭 넓은 방법으로 기후위기를 해결할 실질적 솔루션을 발굴하고,
실질적인 변화를 위한 움직임을 만들어 나갑니다.

발간월	2025년 3월
저자	기후솔루션 박범철 HFCs 연구원 (bumcheul.park@forourclimate.org)
디자인	기후솔루션 최예진 디자이너, 네이처리듬

사람은 식히고,지구는 달군다?
인공냉매 HFCs가 불러온 기후위기의 역설



목차

들어가며: 기후위기 문제의 숨은 복병 - 수소불화탄소(HFCs)	7
I. 수소불화탄소(HFCs), AI등 산업의 냉매이자 국제감축 대상	8
II. 주요국가들이 서둘러 HFCs 감축제도를 마련할 때, 대한민국은 무엇을 하였나?	11
III. “수소불화탄소 관리제도 개선방안”에 관한 몇 가지 논점	17
IV. 수소불화탄소의 효과적인 감축 목표 달성을 위한 정책 제언	21
정부 추진 과제 1 지구온난화지수(GWP)가 낮은 제품으로 전환 촉진	
정책 제언: HFOs가 아닌 자연냉매(Natural Refrigerant)로 전환을 유도하여야 한다	21
정부 추진 과제 2 냉매의 수주기 관리체계 마련	
정책 제언: 생산자, 사용자, 회수업자, 처리자의 책임전이 없는 선순환구조 협력 제도를 도입하자	22
정부 추진 과제 3 제도적 기반 확충	
정책 제언: 불소계 온실가스(F-gases)를 총체적으로 관리할 통합법 제정을 검토하자	23
추가 정부 추진 과제 HFCs 국가 온실가스 통계 고도화	
정책 제언: HFCs 온실가스 배출량을 하위용도별 세분화, 전과정 단계별로 산정하자	23
마치면서: ‘오존층 파괴물질’ 체제에서 ‘온실가스’ 체제로, ‘오존층 보호’에서 ‘기후위기 대응’ 체제로의 전환의 필요성	24
부록: HFCs 분류 체계에 따른 물질별 화학식 및 지구온난화지수(GWP)	25
참고 문헌	26

그림 목차

그림

[그림 1] 키갈리 개정서에 따른 국가별 감축 그룹 분류	11
[그림 2] 몬트리올 의정서의 Annex F에 따른 HFCs 생산/소비 동결 및 축소 일정	12
[그림 3] 유럽연합의 연간 HFCs 소비량 (2007-2023)	12
[그림 4] 미국의 연간 HFCs 생산량 & 소비량 (2019-2023)	13
[그림 5] 국내 HFCs와 산업부문 산정 범주당 온실가스 배출량 비교 (2007-2022년)	14
[그림 6] “수소불화탄소 관리제도 개선방안” 추진 과제별 사업 구분 및 내용	16
[그림 7] 물질별 냉매 등급 및 인화성, 유독성 지표	17
[그림 8] 국내 에어컨 관련 화재 발생 건수 추이	18
[그림 9] 국내 HFCs 실제배출량과 잠재배출량 비교 (2019-2022)	19
[그림 10] 국내 냉매 제조 및 수입량과 냉매 회수율 비교 (2017-2019)	20
[그림 11] 냉매의 전주기 흐름도 및 온실가스 배출 시점	22

표

[표 1] 국내 HFCs 및 냉매에 대한 법적 관리 체계	15
[표 2] 현재 상용되고 있는 자연냉매 종류 및 종류별 적용부문	21

Box

[Box 1] HFCs의 정의 및 용도	9
[Box 2] HFCs 관련 국제협약 타임라인	10

주요 약어 목록

ASHRAE	미국공조냉동공학회
BTR	격년투명성보고서
CFCs	염화불화탄소
COP	당사국총회 (유엔기후변화협약 등)
EPR	생산자책임재활용제도
F-gas	불소계 온실가스
GHG	온실가스
GWP	지구온난화지수
HCFCs	수소염화불화탄소
HFCs	수소불화탄소
HFOs	수소불화올레핀
HVACR	난방, 환기, 공조, 냉장
IPCC	기후변화에 관한 정부 간 협의체
LRM	전주기 냉매관리 체계
MOE	대한민국 환경부
MOTIE	대한민국 산업통상자원부
NDC	국가 온실가스 감축목표
NFA	대한민국 소방청
NIR	국가 온실가스 인벤토리
ODP	오존층파괴지수
ODS	오존층 파괴물질
OECD	경제협력개발기구
PFAS	과불화화합물
PFCs	과불화탄소
RT	냉동톤
TEAP	기술경제평가위원회 (몬트리올 의정서)
TFA	삼불화아세트산

요약

- 수소불화탄소(HFCs) 규제는 가장 성공적인 환경조약으로 평가받는 몬트리올 의정서(Montreal Protocol)와 관련이 깊다. 1987년 몬트리올 의정서는 오존층 파괴의 주범으로 평가받는 프레온 가스를 전면 사용 금지하고 대체물질 사용을 독려했다. 몬트리올 의정서는 2016년 이산화탄소에 비해 최대 1만2400배에 달하는 지구 온난화지수를 가지고 있는 HFCs를 규제 물질 대상에 추가하였다. 우리나라를 포함한 서명국은 1987년 프레온 가스를 감축하였듯이, 온실가스인 HFCs도 감축해야 할 책임을 진다.
- 에어컨 냉매에 주로 사용되는 HFCs 배출량은 전 세계적인 수요 증가로 7대 온실가스 중 가장 빠르게 증가하고 있는 것으로 파악된다. 냉매는 에어컨 외에도 인공지능(AI)에 필요한 데이터센터의 열을 식히는 냉각시스템에 쓰임으로써, HFCs 배출 산업의 성장을 견인하고 있기 때문이다.
- 대한민국은 세계 5위 냉동공조기기 생산국이며, 현재까지 전체 냉매 제품 중 95% 이상이 HFC 계열 제품이거나, 그 이전 단계인 수소염화불화탄소(HCFC) 계열 제품이다. 우리나라는 2020-2022년 평균 소비량 대비 HFCs 80% 감축 목표를 2045년까지 달성해야 한다. 하지만 HFCs로 인한 국가 온실가스 배출량은 매년 증가세를 보여왔고, 최근 국가 배출량 증가의 주 원인이 되기까지 이르렀다.
- 국내 HFCs 감축 목표 달성을 위해 대체물질로의 전환과 함께 냉매의 회수 및 폐기단계에서의 배출을 효과적으로 관리할 시스템과 통계 체계가 조속히 실행되어야 한다. 우리 정부는 자연냉매로의 업계 전환을 유도하고, 냉매 관리 사각지대와 책임 전이를 방지할 제도를 선제적으로 도입할 필요가 있다.
- HFCs 를 감축 및 관리하기 위한 국내 현행 법률 및 규제는 제품별로 분산되어 적용되고 있어, HFCs 책임 부처의 산발적 대응을 야기할 수 있다. 정부는 냉동공조기기 제품군별·사용 단계별 배출량 통계를 마련하고, 불소계 온실가스(F-gases)를 총체적으로 관리할 수 있는 통합법 제정을 검토할 필요가 있다.

들어가며: 기후위기 문제의 숨은 복병 - 수소불화탄소(HFCs)

기후위기 저지선인 1.5도 온도 상승을 막기 위해 지구온난화지수¹(Global Warming Potential, GWP)가 높은 비(非) 이산화탄소(Non-CO₂) 온실가스가 주목받고 있다. 이 중 불소계 온실가스(F-gas) 중 하나인 수소불화탄소(Hydrofluorocarbons, HFCs)는 에어컨 냉매, 그리고 최근 들어서는 AI산업의 핵심인 데이터 센터 가동 등에 쓰이며, 이산화탄소 대비 최대 1만 2400배의 온난화지수를 가졌다.

하지만, HFCs는 국내에서 미약한 인지도와 더불어 기후변화정책 결정자들의 철저한 외면을 받아왔다. 우리나라는 키갈리 개정서에 가입해 2045년까지 HFCs 배출량을 80% 감축해야 하나 현재까지 배출량은 매년 늘어만 가고 있다. 또한 우리나라 HFCs 관련 규제는 제품별로 분리되어 산발적으로 적용되고 있어 통합적 관리의 어려움이 있다. 이는 일본, 중국 등 동아시아 권 국가보다 국내 감축이 늦어지는 결과를 초래할 수 있다.

본 보고서는 HFCs에 대한 전반적인 이해도를 높이고자 국내 HFCs 관련 정책 현황을 분석하였다. HFCs 관련 국제협약, 국내 배출 현황 및 관리제도와 최근 정부가 발표한 “수소불화탄소 관리제도 개선방안”에 대해 알아보고, HFCs 감축 및 관리체계를 포함한 불소계 온실가스 감축 정책을 제언하고자 한다.

1 GWP (Global Warming Potential, 지구온난화지수): 온실가스별로 지구 온난화에 영향을 미치는 정도를 나타낸 수치. 이산화탄소 1kg과 비교할 때 특정 기체 1kg이 지구 온난화에 얼마나 영향을 미치는지 측정하는 지수로, 이산화탄소 1을 기준으로 메탄 28, 아산화질소 310, 수소불화탄소 116~12,400 등이다 (정보통신용어사전, 2025).

I. 수소불화탄소(HFCs), AI 등 산업의 냉매이자 국제감축 대상

7대 온실가스 중 가장 빠르게 증가하고 있는 수소불화탄소(HFCs)

수소불화탄소(HFCs)는 교토의정서에 명시된 6대² 온실가스 중 하나로, 불소계 온실가스 (F-gas) 이다. 불소계 온실가스는 자연적 생성이 아닌 100% 인공적으로 생산된다. 불소계 온실가스는 이산화탄소에 비해 덜 알려져 있지만, 이산화탄소 대비 최대 1만 2400배의 지구온난화 효과가 있다 (부록). 현재 전세계 온실가스배출량의 4%가 HFCs 등 인공 냉매가 주입된 냉동 공조기기 사용에 비롯된 것이며, 이는 항공 산업 배출량의 두 배에 달하는 수치이다 (Woods et al., 2022). 이에 더해, 기후변화로 인한 아열대성 기후 속 Cooling 제품 수요상승 등으로 HFCs 사용량은 연평균 10%-15%가량 늘어나며, 7대 온실가스 중 가장 빠르게 증가하고 있다 (Shah, N., Wei, M., Letschert, V., & Phadke, A., 2019)

냉동공조업계에 사용되는 냉매(refrigerant)가 HFCs 배출량의 가장 큰 비중을 차지한다. 주요 배출 경로는 냉매가 주입된 냉동공조장비의 장기간 사용으로 인한 냉매 누출과 제품 수명 종료 (폐기) 단계에서의 고의적 또는 의도치 않은 대기로의 누출을 꼽을 수 있다. 국내 수소불화탄소의 사용 용도는 주로 냉동/냉장용 냉매(71.3%), 건축용 단열재의 발포제(18.4%), 소화기용 약제(7.4%), 그리고 각종 용매(2.5%) 등이다 (관계부처 합동, 2024) (Box 1).

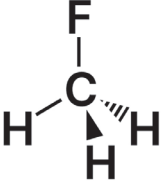
AI 등 차세대 산업 발전에 꼭 필요한 냉매, HFCs가 주 재료로 쓰여왔다

HFCs가 주 원료인 냉매(refrigerant)는 1차, 2차, 3차, 그리고 4차산업까지 총체적으로 영향을 미치는 21세기 국가경제에 꼭 필요한 물질이다. 냉동냉장 부문은 1차 산업인 농업에서 식품 보존, 유통 및 유지를 담당하여 필수 불가결한 요소이다. 냉매는 2차 산업인 제조업계에서도 화학업계, 식품제조업, 그리고 공조기기가 쓰이는 자동차 업계와 전자제품 업계에서도 필요한 핵심 요소이다. 무수히 많은 서비스 기업으로 구성된 3차 산업에서도 냉매가 들어간 공조기기는 물론, 최근 들어서는 4차산업, 인공지능(AI) 기술의 연구와 개발의 근간이 되는 데이터센터(data center)의 열을 식히는 냉각시스템에 쓰일 수 있다. (냉동공조저널, 2024).

특히, 냉동공조 부문이 데이터센터 에너지 사용의 약 30~50%를 차지한다는 사실을 주목할 필요가 있다 (CCAC, 2024). 그 간 데이터센터는 암호화폐인 비트코인 채굴부터 시작하여, 5G시대를 거쳐 인공지능 AI 산업 발전과 함께 그 수요가 급격히 증가하고 있다. 전세계 데이터센터 수요는 2022년-2026년까지 연 평균 16% 증가할 것으로 전망되는 가운데, 2027년 국내 데이터센터 용량도 2023년 대비 3배 이상인 1,850 MV까지 증가할 것으로 예상된다 (CBRE, 2024). AI 산업이 빠르게 성장하기 위해서는 AI의 인프라가 되는 데이터센터에 달려있기 때문이다.

하지만 대한민국은 세계 5위 냉동공조기기 생산국임에도 불구하고, 현재까지 산업에 사용되어온 전체 냉매 제품 중 95% 이상이 국제 규제 대상인 HFC 계열 제품이거나, 그 이전 단계인 HCFC 계열 제품이다 (KTC, 2024). 국내 HVACR (냉동공조 및 냉장) 제조업 및 장치 수입은 업계를 구성하는 200여개사 중 186개(93%)사가 중소기업으로 구성된 구조를 가지고 있다 ('23년 매출액 기준).

2 2012년에 도하 개정서 (Doha Amendment) 채택으로 제7번째 온실가스인 삼불화질소(NF₃)가 추가되었다.

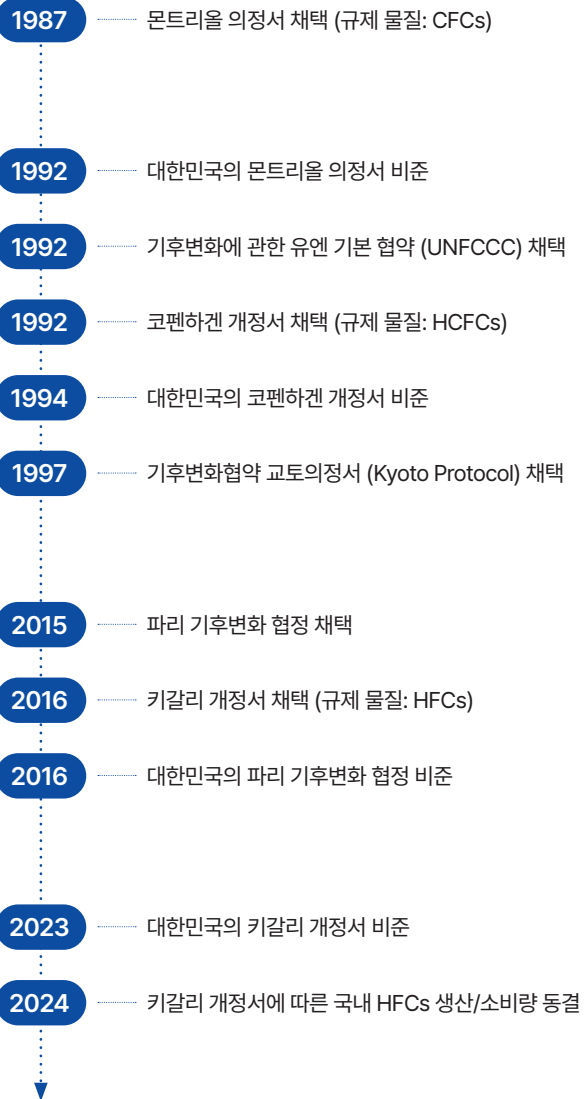
[Box 1] HFCs의 정의 및 용도	
화학식 및 구조	수소불화탄소 (Hydrofluorocarbons)
	
주요 사용처 ('20~'22년 국내 평균 소비량 중 차지하는 비중)	냉동/냉장용 냉매(71.3%), 발포제(18.4%), 소화약제(7.4%), 용매(2.5%), 기타(0.4%)
교토의정서에서 명시된 7대 온실가스 중 하나	7대 온실가스: 이산화탄소 (CO ₂), 메탄(CH ₄), 아산화질소(N ₂ O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF ₆), 삼불화질소(NF ₃)
이산화탄소 대비 지구온난화 지수 (GWP)	CO ₂ : HFCs (물질별 상이함) 1: 116~12,400
흔히 쓰이는 HFCs 종류와 물질별 지구온난화 지수 (GWP)	HFC-134a (1,430); HFC-143a (4,470); HFC-32 (675); HFC-125 (3,500); HFC-227ea (3,220)
냉매 (Refrigerant) 표기에 쓰는 "R" 표기법	냉매 제품은 한 개 이상의 HFCs 종류를 섞어서 사용하는 경우가 많으므로, 고유의 "R" 표기법을 씀. 예: R-404A는 HFCs 125, 134a, 143a를 혼합한 제품이고, R-407A는 HFCs 32, 125, 134a를 혼합한 제품임

지구 오존층 파괴를 막았던 성공적인 국제환경협약이 HFCs 감축 열쇠가 된다

HFCs 논의의 역사는 파리협정(Paris Agreement)이 체결되기 28년 전으로 거슬러 올라간다. 1987년 체결된 몬트리올 의정서(Montreal Protocol)는 오존층파괴물질(ozone-depleting substances, ODS)에 대응하기 위해 체결된 역사상 처음으로 지구상 전 국가들의 보편적 기준을 이루어 낸 첫 다자환경협약(Multilateral Environmental Agreement)이다. HFCs는 몬트리올 의정서가 체결되기 전 대기권 오존층파괴의 주범이었던 염화불화탄소 (CFCs, "1세대 냉매")를 대신할 목적으로 개발된 수소염화불화탄소 (HCFCs, "2세대 냉매")를 다시 한번 대체하기 위한 물질로 생산되었다.

HFCs는 오존층파괴지수(ODP, ozone-depleting potential)가 0임으로, 상대적으로 HCFCs 보다 더 효과적으로 오존층을 보호할 수 있는 것으로 여겨졌다. 하지만 HFCs가 이산화탄소보다 많게는 12,400배의 지구온난화지수(GWP)를 가지고 있다는 것이 알려지면서, 국제사회는 HFCs 생산 및 사용을 전면 규제하기로 합의하는 2016년 키갈리 개정서(Kigali Amendment)를 체결하였다 (Box 2). 현재까지 163개 국가들이 비준한 키갈리 개정서는 향후 30년 (2020-2050년)동안 전세계 HFCs 생산과 소비를 80% 이상 감축하는 것을 목표로 하는데, 이는 2050년까지 국제적으로 약 700억 톤 CO₂eq의 온실가스 감축과 맞먹는 수치이다. 세기말까지 약 0.4°C가량의 지구 온난화를 막을 수 있어 HFCs 감축은 1.5°C 이상의 온도상승이 야기할 치명적인 기후변화 티핑 포인트(tipping point)를 방지할 핵심 열쇠이다 (Ozone Secretariat, 2016) (CCAC, 2025).

[Box 2] HFCs 관련 국제협약 타임라인



II. 주요국가들이 서둘러 HFCs 감축제도를 마련할 때, 대한민국은 무엇을 하였나?

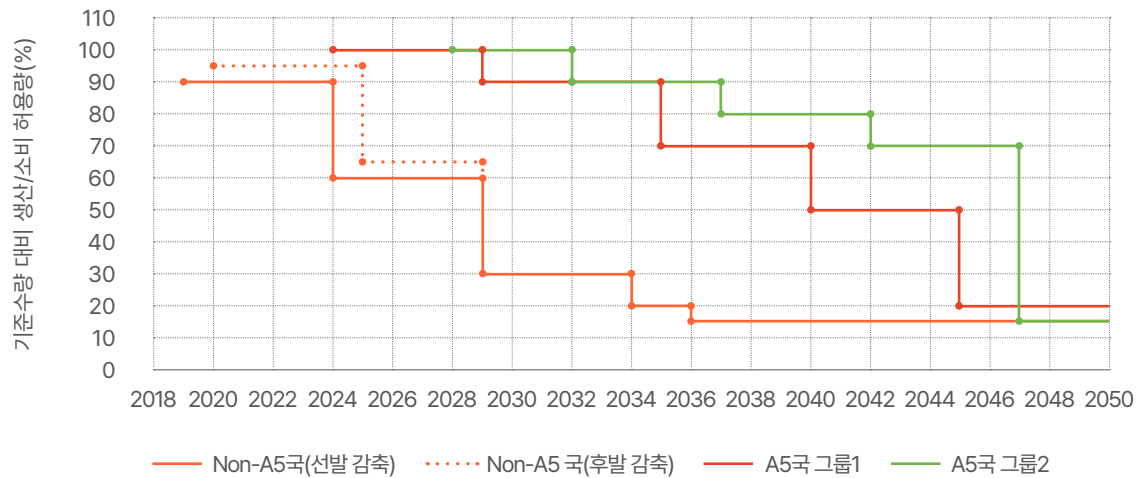
동아시아권 중 꼴찌, OECD국가 중 최하위권: 우리나라 국회의 더딘 키갈리 개정서 비준

우리나라는 몬트리올 의정서의 Article 5(A5, “개발도상국 반열”)에 속해 있어, Non-Article 5 “선진국 반열” 국가들보다 훨씬 더 “관대한” HFCs 감면 일정이 적용된다 (Ozone Secretariat, 2016). 그럼에도 불구하고, 대한민국은 Article 5 Group 1의 키갈리 개정서에 따른 의무 시작 1년 전인 2023년이 되어서야 키갈리 개정서를 비준하였다 (Ozone Secretariat, 2025). 동아시아권 국가들과 비교하였을 때, 일본은 선진국 반열인 Non-Article 5 소속으로 우리나라보다 5년가량 빠른 2018년에 비준하였고, 우리나라와 같은 Article 5 소속인 중국은 2021년에 키갈리 개정서를 비준하였다 (Zhang et al., 2024). 우리나라의 비준시기는 38개국 OECD 회원국 중 36위를 기록하여 경제 수준과 위상에 비해 때늦은 대응이었다. 우리 정부는 키갈리 감축 일정에 맞추어 2022-22년 간 HFCs 국내 평균 생산 및 소비량과 HCFCs 기준수량 65%의 합을 기준 수량으로 HFCs 생산 및 소비를 2024년에 동결하고, 2029년(10%), 2035년(30%), 2040년(50%), 2045년까지 80% 감축을 달성해야 한다 (그림 1-2). 보도된 바에 따른 국내 소비량 기준 HFCs 배출량은 약 8,220만톤CO₂eq이다 (산업통상자원부, 2024).

[그림 1] 키갈리 개정서에 따른 국가별 감축 그룹 분류

Non-A5국 (선발감축)	• 적용대상: 아래 국가 외 모든 국가 (선진국 위주 45개국) • 기준수량: 2011~2013년 HFCs 평균 생산·소비량 + HCFCs 기준수량의 15%
Non-A5국 (후발감축)	• 적용대상: 벨라루스, 러시아, 카자흐스탄, 타지키스탄, 우즈베키스탄 (5개국) • 기준수량: 2011~2013년 HFCs 평균 생산·소비량 + HCFCs 기준수량의 25%
A5국 그룹 1 (대한민국 포함)	• 적용대상: Non-A5국 외 모든 A5국 (개발도상국 위주 138개국) • 기준수량: 2020~2022년 HFCs 평균 생산·소비량 + HCFCs 기준수량의 65%
A5국 그룹2	• 적용대상: 걸프협력회의(GCC) 6개국, 인도, 이란, 이라크, 파키스탄 • 기준수량: 2024~2026년 HFCs 평균 생산·소비량 + HCFCs 기준수량의 65%

[그림 2] 몬트리올 의정서의 Annex F에 따른 HFCs 생산/소비 동결 및 축소 일정

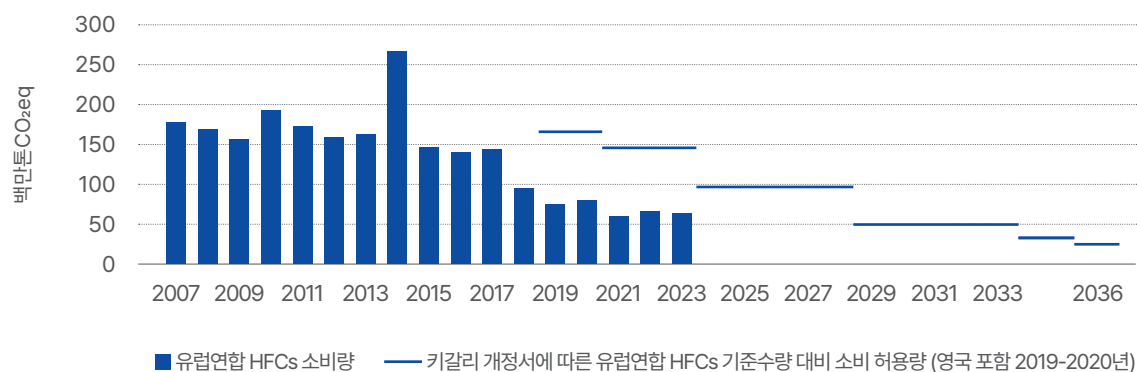


* 대한민국은 A5국 Group 1 (빨간 줄)에 해당함
출처: (Ozone Secretariat, 2016)을 바탕으로 번역

선진국들이 HFCs 감축 정책을 실행할 때, 우리나라 HFCs 소비량은 꾸준히 증가하였다

키갈리 개정서 비준 후 OECD 국가들은 HFCs에 대한 생산 및 소비량 동결이 시작되는 2019년 전까지 서둘러 F-gases 및 HFCs 대체 법령을 제정하고 규제를 실시하였다. 유럽연합은 키갈리 개정서가 비준되기 10년 전부터 불소계 온실가스 규정 (F-gas Regulation (EC) No. 842/2006)을 제정하고 F-gases 누출 방지 교육 및 인증 시스템을 설립했다 (European Union, 2025). 이와 같은 발 빠른 조치에 힘입어 유럽의 연간 HFCs 소비량은 2009년부터 지속적인 하락세를 보였다 (그림 3).

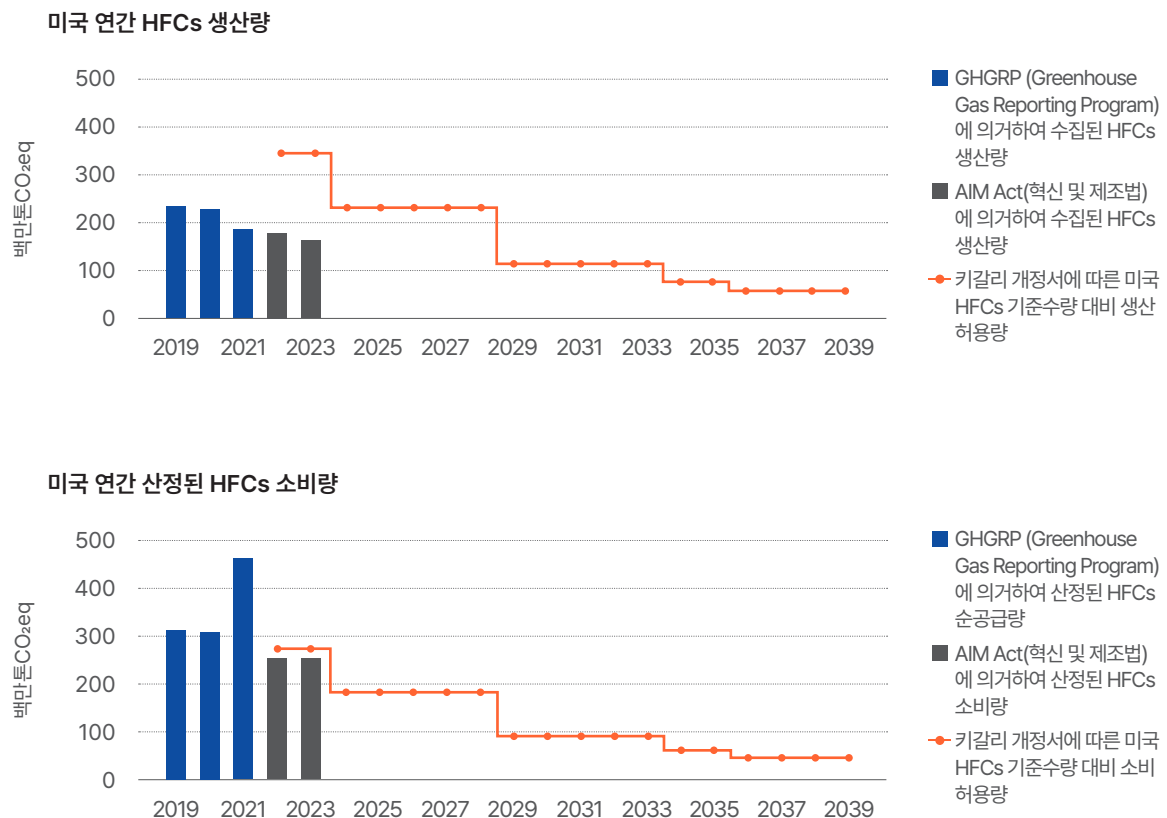
[그림 3] 유럽연합의 연간 HFCs 소비량 (2007-2023)



출처: (European Environment Agency, 2024)

미국은 키갈리 개정서를 2022년에 비준하였지만, 이미 2020년부터 미국혁신제조법(American Innovation and Manufacturing Act)를 통해 1987년 몬트리올 의정서의 규제를 받는 화학물질의 버금가는 규제와 관리체계를 HFCs에 적용할 수 있었다 (US EPA, 2025). 이로써 미국도 HFCs 생산과 소비를 키갈리 개정서 감축에 맞게 사전 감축을 진행할 수 있었다 (그림 4).

[그림 4] 미국의 연간 HFCs 생산량 & 소비량 (2019-2023)



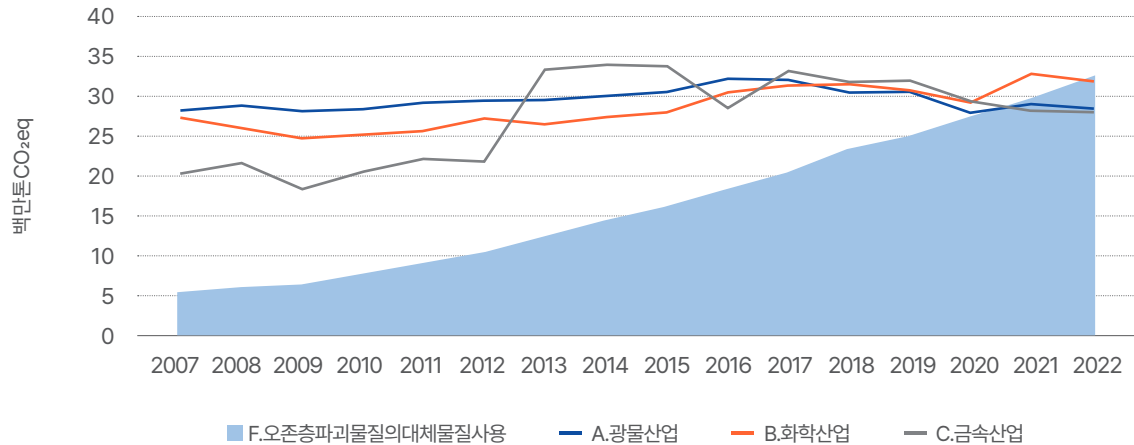
출처: (US EPA, 2024)

반면, 우리나라의 HFCs 배출량은 Article 5 Group 1의 생산 및 소비 동결이 되는 2024년 전까지 꾸준한 증가세를 보였다. 2022년 기준 국가 온실가스 인벤토리에 따르면, 2021-2022년 온실가스 증가량 중 HFCs가 속해 있는 '오존층파괴물질의 대체물질 사용' 모든 배출원 중 가장 큰 비중을 차지하였다 (온실가스종합정보센터, 2025). 2022년 HFCs는 국가 온실가스 배출량의 4.4%를 담당한 것이다 (온실가스종합정보센터, 2025). 그 동안 다른 산업분야 온실가스 대비 HFCs 배출량은 꾸준히 늘어나 2007-2022년 연간 평균 13%의 증가율을 보였고, 2022년 기준 HFCs 배출량은 3,294만 톤 CO₂eq.을 기록했다. 국가 온실가스 감축목표(NDC) 기준연도인 2018년 배출 정점 대비 국가 온실가스 총배출량이 7.6% 감소할 때 HFCs는 39.3% 증가한 것이다 (온실가스종합정보센터, 2025) (그림 5).

HFCs는 대한민국 NDC 목표 달성을 결정짓는 온실가스가 될 수 있다. 국가 온실가스 인벤토리에 대한 산정기준 변경으로 국가 배출량이 2021년 총 4,470만 톤 CO₂eq.가 증가하였는데, 이 중 절반(약 2,230만 톤 CO₂eq.)이 HFCs에 기인한 것이었

다 (관계부처 합동, 2024). “오존층파괴물질의 대체물질 사용”이 새로운 산정 범주에 포함이 되었고, 이전에는 HFCs 2종(할로카본 및 육불화황 생산과 소비)에 불과했던 물질종이 29종(냉장 및 냉방, 발포제, 소화기, 에어로졸, 용매 등 포함)으로 확대되었기 때문이다 (온실가스종합정보센터, 2025).

[그림 5] 국내 HFCs와 산업부문 산정 범주당 온실가스 배출량 비교 (2007-2022년)



출처: (온실가스종합정보센터, 2025)

지난 십수 년간 HFCs 관리를 왜 안 하였나?

우리나라는 2023년까지 1996 IPCC 가이드라인 Tier1 잠재배출량 산정방법을 적용하여 수출입무역통계를 기반으로 HFCs 배출량을 산정해왔다. 국내 수입·유통되고 있는 HFCs 29종 중 HFCs 물질별 HS코드가 부여된 HFC-152a, HFC-134a 단 2종만 배출량 산정 대상에 포함되었다. HFCs 중 사용량이 가장 많은 R-410A와 지구온난화지수가 이산화탄소 대비 12,400 배 높은 HFC-23 등 HFCs 27종이 배출량 산정대상에서 제외된 것이다 (콜드체인뉴스, 2023). HFCs 물질별 수·출입량을 알아야 물질별 각기 다른 지구온난화지수를 적용하여 배출량을 산정할 수 있는데, 여러 물질이 단일코드로 묶여 있어 수·출입량을 확인할 수 없었기 때문이다.

즉, 그동안 왜곡된 통계로 HFCs 배출량의 규모와 가파른 증가추세를 제대로 파악할 수 없었던 것이 HFCs 감축정책 및 관리체계 부실의 원인이었다. 만약 오늘까지도 기존 통계 산정방식을 유지했다더라면, 우리는 아직도 2022년 HFCs 배출량을 2018년 대비 19% 감소한 753만 톤 CO₂eq.로 알고, 범정부 감축대책 또한 마련되지 않았을 것이다.

국내 HFCs 현행 규제는 '냉매'가 들어간 제품별로 분산되어 적용되고 있다

키갈리 개정서 비준 후, 정부는 2023년 HFCs를 1세대(CFC)와 2세대(HCFC) 냉매를 규제하는 “오존층 보호법” 아래 ‘제2종 특정물질’로 규정하고, 특정물질 감축 목표 및 키갈리와 연동된 감축 일정을 제정했다. 하지만 “오존층 보호법”에서는 HFCs의 수입, 제조 단계 이외의 폐기 등을 규제할 규정은 없고, 냉매 사용량에 대한 신고, 사용 후 회수, 처리, 보고 의무 같은 사항은 HFCs 물질별이 아닌 ‘냉매’로 통합되어 “대기환경보전법”과 “전자제품등자원순환법”에 의해서 냉매제품별로 별도로 관리되고 있다. (표 1).

[표 1] 국내 HFCs 및 냉매에 대한 법적 관리 체계

규제 물질	시행 법률		
	생산/수출/수입/판매	사용/재사용	회수/폐기
수소불화탄소 (HFCs)	오존층보호법	-	오존층보호법 (HFCs 파괴확인)

규제 제품	시행 법률		
	생산/수출/수입	사용/유지/보수	회수/폐기
20RT ³ 이상 냉매사용기기 (건축물 냉난방용, 식품 냉동, 그 밖에 산업용)	대기환경보전법	대기환경보전법, 고압가스안전관리법 (특정 냉매에 한해서)	대기환경보전법, 폐기물관리법
냉매가 들어간 전자제품, 자동차	-	-	전자제품등자원순환법, 폐기물관리법
냉매 외에 HFCs 가 포함된 제품 (에어로졸, 용매, 소화약제 등)	화학물질등록평가법	-	-

출처: 더불어민주당 이학영 의원실 자료를 바탕으로 수정

3 RT (Refrigeration Ton, 냉동톤): 0°C의 물 1톤을 24시간 동안 0°C의 얼음으로 만드는 냉동능력을 수치화한 단위. RT가 높을수록 냉동능력이 높다.

2024년 말 발표된 “수소불화탄소 관리제도 개선방안”에서는 무엇이 명시 되어있나

정부 관계부처(환경부, 산업통상자원부, 소방청 등)은 2024년 12월 “수소불화탄소 관리제도 개선방안”을 발표하였다 (관계부처 합동, 2024). 기갈리 개정서 감축 스케줄과 연동을 위해 HFCs 소비량을 점진적 감축하여 2035년 HFCs 배출량 약 2천만 톤 CO₂eq. 감축을 목표로 하는 이 방안은 1) GWP가 낮은 제품으로 전환 촉진; 2) 냉매의 전주기 관리체계 마련; 3) 제도적 기반 확충이 주 추진 과제이다. 여기서 과제별 추진 사업의 수는 1)이 3개의 대분류로, 2) 와 3) 이 각각 2개 대분류로 나누어져 있다 (그림 6).

[그림 6] “수소불화탄소 관리제도 개선방안” 추진 과제별 사업 구분 및 내용



출처: (관계부처 합동, 2024)

관계부처는 구체적인 제품군별 물질전환일정 마련을 위해 협의체를 구성하여 냉매 관련 업계 논의를 2024년에 30회가량 진행하였다고 밝혔다. (관계부처 합동, 2024). 하지만, 특정물질공급업체협의체의 반발이 뒤따랐다. 이유는 안전성 및 경제성을 동시에 보장할 수 있는 마땅한 대체 물질이 부족한 가운데, 아직 공급안정화가 이루어지지 않은 특허물질을 쓰게 함으로써 생산원가 상승을 야기한다는 이유에서였다 (콜드체인뉴스, 2025). 뿐만 아니라 이 문서에서 냉매 회수 및 재활용업, 폐기업 등 다수의 이해관계자와 냉매의 전주기 관리체계 마련 과제에 대한 논의가 진행되었는지 여부는 명시되어있지 않다 (관계부처 합동, 2024).

III. “수소불화탄소 관리제도 개선방안”에 관한 몇 가지 논점

대체물질 후보인 HFOs는 가연성, PFAS의 배출 가능성 등 이유로 곧 국제적 규제대상이 될 전망이다

“수소불화탄소 관리제도 개선방안”의 전환일정을 따르면 국내 냉동공조업계는 HFCs를 대체할 후보로 거론되는 수소불화올레핀(Hydrofluoroolefins, HFOs) 계열 제품을 사용하게 될 가능성이 높다. HFOs는 지구온난화지수가 HFCs의 평균 1/100 수준으로 낮음에도 불구하고, 가연성을 띠는 성질, 그리고 대기로 배출될 경우 유독성 물질로 바뀔 수 있는 성질이 있다. (그림 7). (콜드체인뉴스, 2025). HFOs는 대기에서 분해돼 삼불화아세트산(Trifluoroacetic acid, TFA)이 되어 비와 함께 지상으로 내려 식수를 오염시킬 수 있다는 연구결과가 보도된 바 있다. (냉동공조저널, 2020), 국내보다 먼저 HFOs가 도입했던 유럽에서는 2015년부터 대기에서 검출된 HFOs 계열 물질이 점차 늘어나 보다 더 철저한 관리체계의 필요성을 시사했다 (Vollmer MK, Reimann S, Hill M, Brunner D, 2015).

[그림 7] 물질별 냉매 등급 및 인화성, 유독성 지표



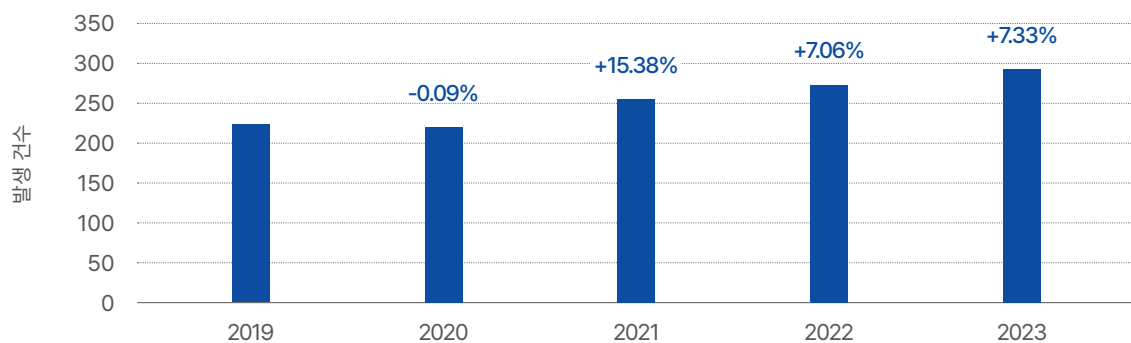
출처: (Danfoss, 2025) 제공 정보를 바탕으로 번역

특히 앞서 거론된 TFA는 소위 ‘영원한 화학물질’(Forever chemicals)로 불리며 국제적인 규제를 받고 있는 PFAS(과불화화합물)의 일종으로, 발암물질로 분류되어 선진국들의 고강도 규제를 받고 있는 물질이다. 유럽의 주요국들은 PFAS가 포함된 총 10,000가지가 넘는 물질들을 일괄적으로 제한하고자 유럽의 신화학물질관리제도 REACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical) 규정에 HFOs를 HFCs와 함께 포함시키는 방안을 2023년부터 논의 중이다 (European Chemicals Agency, 2023). 미국 역시 PFAS 관련 규제가 활발히 진행중에 있어, 앞으로 HFOs 계열 물질의 주류화는 점차 불확실하다 (US EPA, 2025).

전주기 관리체계의 신속 수립은 재난방지, 안전보장과도 연계된다

HFOs와 더불어 차세대 냉매로 거론되는 프로판(Propane)은 가연성 물질로, 관리가 미흡할 시 전선의 피복이나 주변 가연물의 착화로 인해 큰 화재로 번질 수 있다. 에어컨 화재의 대부분은 차세대 가연성을 띤 냉매의 도입과 연관이 있다는 보도가 있었고 (MBC뉴스, 2024), 누출관리와 회수, 폐기가 포함된 전주기 관리체계의 공백이 지속될 시, 앞으로 에어컨 등 냉동공조기기로부터는 화재가 일어날 가능성이 있다 (그림 8). 장기적인 저GWP 대체 냉매 후보가 불확실한 상태에서, 현재 소비되고 있는 냉매의 누출방지과 제품 폐기단계에서의 대기 누출을 최소화하기 위해 전주기 냉매관리체계의 확립에 초점이 맞추어져야 할 필요가 있다.

[그림 8] 국내 에어컨 관련 화재 발생 건수 추이 (막대 위 %: 전년 대비 건수 증가율)



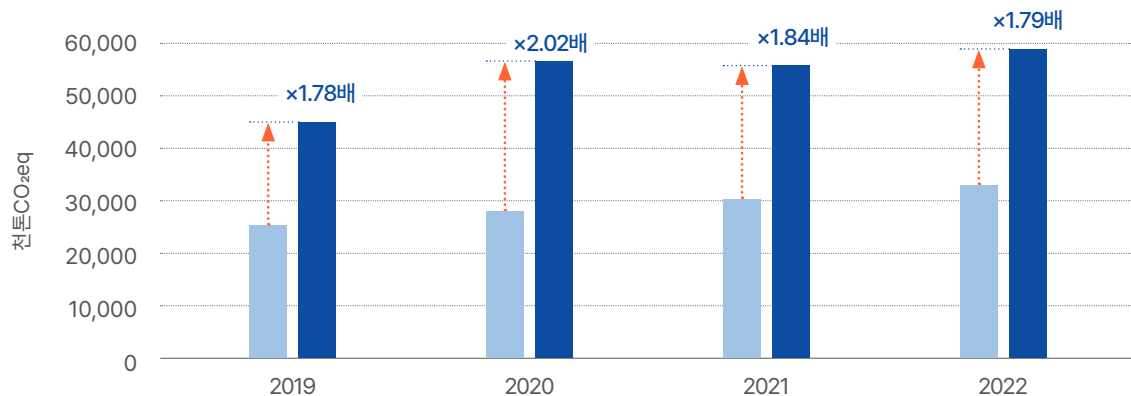
출처: (국가화재정보시스템, 2025)

냉동공조기기에서 사용되고 있는 HFCs의 "잠재배출량"을 관리할 수 있는 체계가 필요하다.

미국과 유럽에 수출되고 있는 (주로 대기업 생산) 제품을 제외하고는 현재 국내에서 제조, 판매가 되고 있는 냉동공조기기의 사용된 냉매는 95%가 HFCs 혹은 이전 세대 냉매인 HCFC 계열 냉매이다 (냉동공조업계 세미나, 2025). 향후 히트펌프 설비, 국내 데이터센터의 냉매 수요 증가로 인해 HFCs 소비는 앞으로도 증가할 전망이다 (냉동공조업계 세미나, 2025).

냉동공조설비제품의 노후로 인해 냉매 누출이 시작되는 특징이 있으므로, 당장 배출량에 산정이 되지 않더라도 해당 시스템 속에 존재하는 '잠재배출량'을 고려할 필요가 있다. 국내 온실가스 통계는 이 '잠재배출량'과 '실제배출량'의 차이를 보여주고 있으며, HFCs '잠재배출량'은 매년 일정량의 배출계수를 적용한 '실제배출량'보다 약 두 배 많음을 보여준다 (그림 9). 이러한 잠재배출량을 고려하면, 냉매 누출관리를 소홀히 할 경우 향후 HFCs가 국가 온실가스 배출에 차지할 비중은 지속 증가할 수 밖에 없다. 이는 현재 사용이 되고 있는 HFCs 냉동공조설비의 냉매 손실을 최소화하고, 회수와 폐기 단계에서의 대기 누출을 막을 수 있는 방안이 절실한 이유가 될 수 있다.

[그림 9] 국내 HFCs 실제배출량⁴과 잠재배출량⁵ 비교 (2019-2022)



출처: (이학영 의원실 요구자료, 2025) (온실가스종합정보센터, 2025)

냉동공조기기 정상가동을 위해 지속적인 냉매 충전 필요성도 HFCs 연간 사용량이 줄어들지 않는 이유 중 하나가 될 수 있다. 2014년 수산물 냉동냉장창고를 중심으로 현장 방문 조사한 연구에 따르면 전체 충전량의 약 20%-40%에 육박하는 냉매가 연간 방출되고 있는 것으로 파악되었다 (박창용, 2014). 주요 누출 원인으로는 1) 정밀하지 못한 장비의 설치로 인한 일시적 방출, 2) 온도 변화, 압력 변화, 진동 변화에 따른 방출, 3) 부품 조립 시 실수 및 제품의 밀봉 미 철저, 4) 유지(냉매충전) 및 보수(냉매회수 없이 시스템 개방)기간 동안 냉매 취급 시 방출, 5) 사고에 따른 손실 (자연재해, 화재, 폭발 등), 6) 제품 폐기 시 냉매 회수 전에 대기 중 방출이다. 냉매 사용 단계에서 관리가 소홀할 시 이 모든 원인이 다량의 “잠재배출량”의 실배출로 이어질 수 있다.

저조한 국내 폐냉매 회수 실적 및 냉매 전주기 통계 시스템의 부재는 국가 NDC 달성에 큰 걸림돌이 될 수 있다

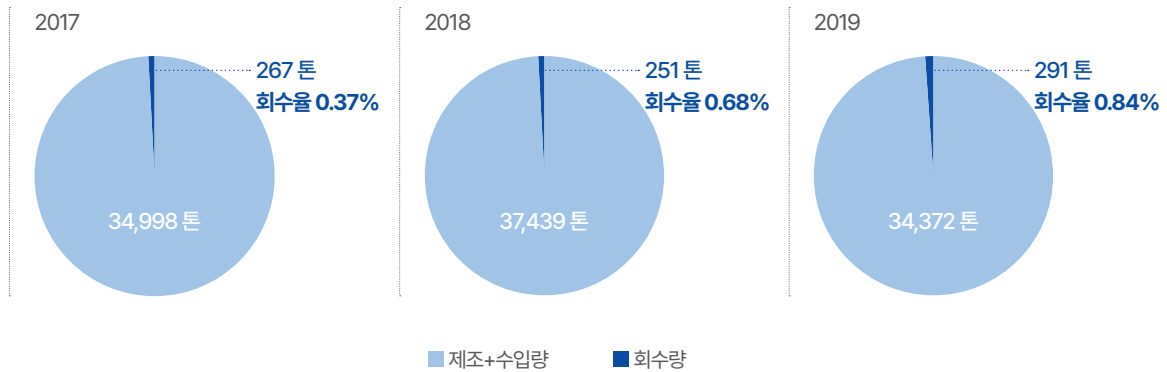
충전용으로 쓰이는 냉매는 주로 일회용기에 주입되어 사용되고, 냉매 충전 후 용기에 남는 잔가스가 2-10%에 육박하는 것으로 보고가 되었다 (가스신문, 2024). 일회용기 잔가스는 사용 후 모두 대기로 방출되어, 일회용기에서 방출되는 HFCs 배출량만 연간 1백만 톤에 달하는 상황이다 (국회 토론회, 2025). 또한 사용 후 폐 냉동공조기기에서 방치된 채 대기로 방출되는 냉매도 현 국내 HFCs 배출량의 상당수를 차지할 것으로 유추된다. 현재 국내에서 성공적으로 회수 및 폐기가 이루어지고 있는 냉매의 비율은 전체 유통량의 극히 일각에 지나지 않으며 (그림 10), 관리대상에 포함되는 제품 역시 “20RT 이상의 냉매사용 기기,” 그리고 “전자제품 및 자동차” 로 분류가 되어 위 두 분류 이외의 제품에 대해서는 어떠한 통계도 없기에 통계 및 관리의 사각지대에 방치되어 있다.

4 실제배출량 산정방법: 제품에 주입된 냉매(HFCs)가 제품수명(life cycle) 동안 일정 비율로 배출됨 (= [(n년 HFCs 순소비량 + n-1년 HFCs 축적량(bank)] x 배출계수 x GWP)

5 잠재배출량 산정방법: 당해 소비된 HFCs가 당해 전부 배출됨 (= HFCs 순소비량 x GWP)

불소계 온실가스(F-gases)는 2007~2022년 사이 IPCC 가이드라인에 따라 산정된 국내 온실가스 배출량 중 가장 빠른 증가율을 보이고 있고, 국가 배출량 증가의 상당 부분이 HFCs에 기인한 것이다 (대한민국 정부, 2025). 이산화탄소에 비해 지구온난화지수가 많게는 만 배 가량 높고, 지속적으로 증가하고 있는 HFCs의 “숨은 배출량”으로 인해 국가 NDC 달성이 차질이 빚어지고, 탄소중립 달성에 제동이 걸릴 수 있다.

[그림 10] 국내 냉매 제조 및 수입량과 냉매 회수율 비교 (2017-2019)



출처: (가스신문, 2022)

IV. 수소불화탄소의 효과적인 감축 목표 달성을 위한 정책 제언

정부 추진 과제 1 | 지구온난화지수(GWP)가 낮은 제품으로 전환 촉진

정책 제언: HFOs가 아닌 자연냉매(Natural Refrigerant)로 전환을 유도하여야 한다

관계부처에서 합동 발표한 “수소불화탄소 관리체계 개선방안”은 “저(低) GWP 물질로 단계적 전환”이 명시돼 있을 뿐, 어떤 종류의 저(低) GWP 물질을 사용해야 할 지에 대해서는 별도로 언급이 없다 (관계부처 합동, 2024). 앞서 밝힌 것처럼 HFOs 계열 물질은 향후 PFAS가 환경에 미치는 영향 등을 고려해서 지속가능한 솔루션이 될 수 없다. 하지만, 자연냉매(Natural Refrigerant)는 환경에 악영향이 없을 뿐더러, HFCs에 비해 저렴한 생산비를 가지고 있고 에너지 효율성 또한 높다. 미국냉난방공조기술자학회(ASHRAE)는 “자연냉매는 인간의 개입 없이 자연의 생물학적, 화학적 순환 과정에서 발생하는 물질”로 정의하고 있다 (ASHRAE, 2011).

현재 냉동, 공조, 히트펌프, 데이터 센터에 걸쳐 냉매가 사용되는 모든 분야에 여러가지 자연냉매가 도입이 되고 있다 (그림 11). 2023년 출간된 업계 보고서에 따르면 자연냉매 시장은 2032년까지 27억 달러 규모로 성장할 전망이다 (냉동공조저널, 2023). 정부는 HFCs에서 바로 자연냉매로의 전환을 유도해 키갈리 개정서 감축 일정 이행에 차질이 없도록 하고, 대다수 중소기업으로 이루어진 국내 HVACR (냉동공조 및 냉장) 업계의 물질 전환 연착륙을 도울 지원 방안도 함께 모색할 필요가 있다.

[표 2] 현재 상용되고 있는 자연냉매 종류 및 종류별 적용부문

✓ = 해외 혹은 국내 사용 사례 있음

자연냉매 종류 (비포괄적)	적용부문								
	냉동			공조			히트펌프		데이터 센터
	상업용	주거용	수송	상업용	주거용	수송	상업용	주거용	
암모니아(R717)	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓
물(R718)	✓			✓	✓		✓		✓
프로판(R290)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
이소부탄(R600a)	✓	✓		✓				✓	
이산화탄소(R744)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓

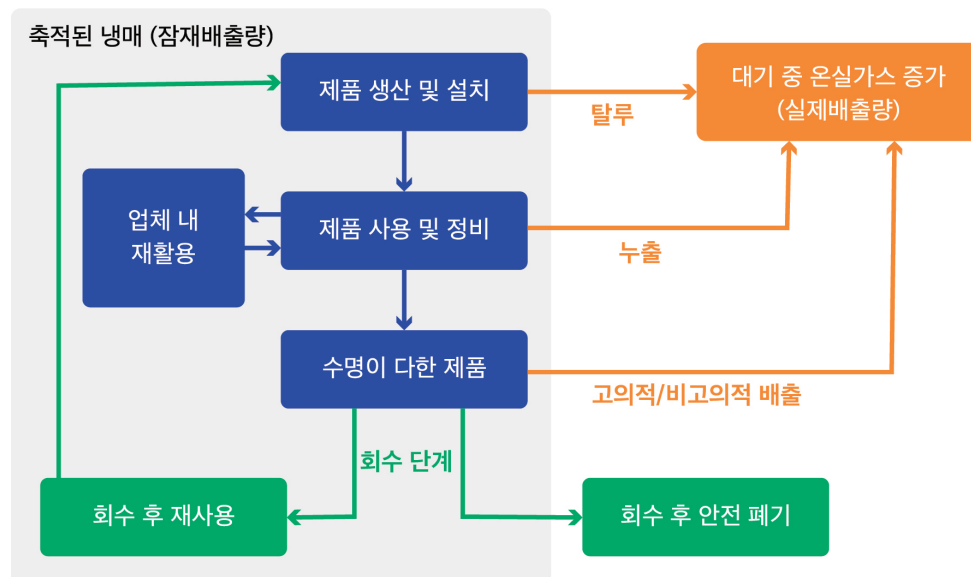
출처: (Cool Technologies, 2025)에서 제공된 정보로 제작

정부 추진 과제 2 | 냉매의 순주기 관리체계 마련

정책 제언: 생산자, 사용자, 회수업자, 처리자의 책임전이 없는 선순환구조 협력 제도를 도입하자

“전주기 냉매관리 체계” (Lifecycle Refrigerant Management, LRM) 도입을 통해 냉매로 인한 온실가스를 효과적으로 감축할 수 있다는 사실은 이미 국제적으로 입증되었다. 몬트리올 의정서 당사국들에게 최신 기술 및 경제 정보를 제공하는 Technology and Economic Assessment Panel (TEAP) 보고서에 따르면, 전주기 냉매관리 체계의 도입은 2050년까지 전세계적으로 약 390억 톤 CO₂eq.에 달하는 온실가스 감축을 이룩할 수 있다 (TEAP, 2024). 이는 키갈리 개정서 성공 이행이 가져올 700억 톤 CO₂eq. 감축과는 별도로 이룰 수 있는 추가적인 감축일 수 있어, 지구 온도 1.5도 상승을 막기 위해 절대 놓쳐서는 안 될 기회이다. HFCs는 냉매의 생산과정으로 인한 탈루, 사용과정에서의 누출, 폐기단계에서의 고의 배출 등 모든 단계에서 냉매 관리를 강화할 필요가 있다. 관리 사각지대와 책임 전가 현상이 발생하지 않도록 생산자, 사용자, 회수업자 및 처리자가 선순환 구조로 협력하는 정책이 선제 도입되어야 한다 (그림 12).

[그림 11] 냉매의 전주기 흐름도 및 온실가스 배출 시점



출처: (Yale Carbon Containment Lab, 2023) 제공 정보를 바탕으로 번역

현재까지 냉매회수자만이 지고 있는 재활용의 책임과 비용 부담을 생산자 측에서 부담할 수 있도록 **생산자책임재활용제도 (Extended Producer Responsibility, EPR)**가 적용되는 제품군에 냉매를 포함시키는 방안을 추진할 필요가 있다.

정부 추진 과제 3 | 제도적 기반 확충

정책 제언: 불소계 온실가스(F-gases)를 총체적으로 관리할 통합법 제정을 검토하자

현존하는 법률 체계 아래 냉매 사용기기 법적 관리 대상을 20RT(냉동톤, Refrigeration Ton)에서 10RT로 확대한다고는 하나, 이는 아직 상업, 산업용 기기의 약 34%에 불과함으로 전주기 냉매관리 체계 수립의 걸림돌이 된다. 현재 'RT'라는 기준을 기반으로 한 법률 체계를 개편하여, 냉매가 들어간 모든 기기를 예외 없이 관리대상으로 할 수 있는 법적 근거 수립이 절실하다. 더 나아가 HFCs가 속해 있는 불소계 온실가스(F-gases)는 화학, 전력 및 반도체 공정까지 다방면으로 쓰인다. 앞으로도 수요가 지속 증가할 이 물질들을 총체적으로 관리할 통합법을 제정함으로써 (가칭 "불소계 온실가스 통합 관리법") 향후 국제 규제 물질이 될 수 있을 이 물질들의 배출량을 산정하고, 필요시 신속하게 감축할 수 있는 체계를 마련해야 한다.

추가 정부 추진 과제 | HFCs 국가 온실가스 통계 고도화

정책 제언: HFCs 온실가스 배출량을 하위용도별 세분화, 전과정 단계별로 산정하자

2024년 9월 정부는 파리협정의 세부이행지침에 따라 2006 IPCC 가이드라인을 적용하여 국가 온실가스 통계를 개편했다(환경부, 2024). 국가 온실가스 통계 산정방법 변경으로 HFCs 배출량 산정대상 물질은 기존 2종에서 29종으로 변경되고, 잠재배출량이 아닌 실제배출량을 산정하게 되었다. 하지만 우리나라가 적용하고 있는 Tier1 산정방식은 국내 냉매 배출 특성이 반영되지 않는 기본 배출계수를 적용하고 산업용·가정용·상업용·수송용 등 하위용도별 배출량을 확인할 수 없다. 오직 냉매사용에 따른 온실가스 배출 총량만 알 수 있다. 선진국들이 Tier2 방법론을 적용하여 냉매가 사용되는 제품군별, 제조·사용·폐기 냉매 사용 전주기 단계별 배출량 통계를 산정하고 있는 것과 대조적이다.

HFCs는 2022년 기준 국가 온실가스 배출량의 4.4%를 차지하는 주요 배출원으로서 2034년까지 지속적인 배출량 증가가 예상된다(환경부, 2024). 올바른 감축정책 마련과 다양한 감축수단별 이행결과를 평가하기 위해서는 보다 세밀한 통계가 요구된다. HFCs 온실가스 통계는 HFCs 감축정책의 나침반으로서 2006 IPCC 가이드라인 Tier2 방법론을 적용하여 냉매사용기기 세부 용도별, 제조·설치·사용·폐기 단계별 배출량을 산정하는 방식으로 고도화되어야 한다.

마치면서: ‘오존층 파괴물질’ 체제에서 ‘온실가스’ 체제로, ‘오존층 보호’에서 ‘기후위기 대응’ 체제로의 전환의 필요성

몬트리올 의정서를 이행하기 위해 대한민국에서 제정된 “오존층보호법”은 그동안 1세대 냉매인 CFCs와 2세대 냉매인 HCFCs를 관리 및 감축하기 위한 법률 체제였다. 하지만 3세대 냉매인 HFCs부터는 2016 키갈리 개정서로부터 감축의 근거를 얻고, 더 이상 ‘오존층 파괴물질’이 아닌 ‘온실가스’라는 점에서 유엔기후변화협약 및 파리협정과도 밀접하게 관련이 있다. ‘오존층 파괴물질’ 관리 체제와 ‘온실가스’ 관리 체제가 다른 점은 ‘오존층 파괴물질’은 모두 인위적으로 합성되어 생산되는 물질이기에 그에 따라 “물질” 위주의 관리를 하여 생산을 멈추고 타 물질로 대체를 하는 게 용이한 체제인 반면, 지구상 ‘온실가스’의 대부분은 인간 활동에 의해 자연 발생하는 것임으로 전자와 같이 특정물질을 지구상에서 완전히 제거하는 게 불가능하다는 것이다.

따라서 온실가스는 “물질”이 아닌 “배출량” 감축을 위주로 특화된 관리체계가 필요하다. HFCs는 인위적 합성물질이나, HFCs가 속한 ‘온실가스’는 이런 “배출량” 위주 감축을 필요로 하기에, HFCs의 전주기 관리체계 및 배출량 통계 체계 구축은 역시 필수불가결한 요소이다. 달리 말하면, 전주기 관리체계 부실 및 통계 시스템의 부재는 추후 HFCs 뿐만이 아닌 전체 온실가스의 효과적 관리에도 악영향을 미칠 수 있다는 것이다. 더 나아가서 파리협정 아래 ‘온실가스’ 체제는 ‘오존층 파괴물질’ 체제와 달리 주기적으로 국제사회에 국가 배출량을 보고하고 (e.g. 국가 인벤토리 보고서, National Inventory Report) 당사국 총회의 주도하에 재고 조사 (i.e. 글로벌 재고 조사, Global Stocktake)를 거친 뒤 그에 맞춘 수정된 배출량 관리 목표를 수립하는 과정이 반복되기에 (i.e. 국가 결정 기여, Nationally Determined Contribution, NDC) 특정물질 배출량을 보다 정밀하게 측정할 수 있는 전주기 관리 및 통계 시스템이 더욱 중요해지는 이유다.

몬트리올 의정서 이행을 위한 국내 핵심 법률인 “오존층보호법”은 특정물질의 생산 및 소비량을 제한하여 점차 대체물질로의 전환을 유도하는 체제이다. 그러나 지금 몬트리올 의정서 사무국에서는 전 세계적으로 특정물질을 대체하는 것만이 아닌, Upstream (수입, 제조)에 더불어서 Downstream (사용, 회수, 재활용, 폐기) 관리까지 동시에 중점을 두는 생애주기관리체계 (Lifecycle Refrigerant Management)로 체제 전환이 온실가스를 훨씬 더 급격하게 효과적으로 줄일 수 있는 장기적 수단이란 사실을 알리고 있다 (TEAP, 2024). 총체적 배출량 관리를 위한 전주기 관리체계의 수립은 효율적이고 꾸준한 민간-정부-시민사회 협업을 필요로 한다.

최근 몇 년 간 HFCs 배출량이 그간 온실가스 통계에서 “숨은 복병”으로 꾸준히 증가하고 있었다는 게 수면 위로 떠올랐다. 통계 산정방법의 차이로 그 동안 모르고 지나쳐온 약 2000만 톤 CO₂eq.이 발견된 것이다. 정확한 국가 온실가스 통계의 중요성을 다시 한 번 일깨워주는 대목이다. 정부는 점진적으로 HFCs를 자연냉매(Natural refrigerant)로 대체할 산업 전환 로드맵과 지원 정책을 제시하는 한편, 심각히 저조한 냉매 회수율과 재활용률, 폐기를 우선시하여 그간 축적된 냉매 잠재배출량이 추가되는 상황을 막아야 한다. 우리나라는 불소계 가스 통계 체계를 구축하여 총체적으로 “배출량”을 관리할 수 있는 체제, 즉 완전한 “기후위기 대응” 체제로의 전환을 도모하여 책임 있는 국제사회 일원으로 거듭나야 한다.

부록: HFCs 분류 체계에 따른 물질별 화학식 및 지구온난화지수(GWP)

그룹	해당 물질	지구온난화지수 (100년 기준)	
		키갈리개정서에 따른 HFCs 생산량, 소비량 산정기준 (특정물질 2종(HFC) 생산량, 소비량 통계)	파리협정에 따른 HFCs 온실가스 배출량 산정기준 (국가격년투명성보고서, 국가인벤토리통계)
1 그룹			
CHF ₂ CHF ₂	HFC-134	1,100	1,120
CH ₂ FCF ₃	HFC-134a	1,430	1,300
CH ₂ FCHF ₂	HFC-143	353	328
CHF ₂ CH ₂ CF ₃	HFC-245fa	1,030	858
CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃	HFC-365mfc	794	804
CF ₃ CHFCF ₃	HFC-227ea	3,220	3,350
CH ₂ FCF ₂ CF ₃	HFC-236cb	1,340	1,210
CHF ₂ CHFCF ₃	HFC-236ea	1,370	1,330
CF ₃ CH ₂ CF ₃	HFC-236fa	9,810	8,060
CH ₂ FCF ₂ CHF ₂	HFC-245ca	693	716
CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	HFC-43-10mee	1,640	1,650
CH ₂ F ₂	HFC-32	675	677
CHF ₂ CF ₃	HFC-125	3,500	3,170
CH ₃ CF ₃	HFC-143a	4,470	4,800
CH ₃ F	HFC-41	92	116
CH ₂ FCH ₂ F	HFC-152	53	16
CH ₃ CHF ₂	HFC-152a	124	138
2 그룹			
CHF ₃	HFC-23	14,800	12,400

출처: (Ozone Secretariat, 2016), (대한민국 정부, 2025)

참고 문헌

- ASHRAE. (2011). "ASHRAE Position Document on Natural Refrigerants." Atlanta, GA, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/ASHRAE_PD_Natural_Refrigerants_2011.pdf에서 검색됨
- CBRE. (2024). "데이터센터: 클라우드에서 AI로 2차 호황기 진입". (삼성증권, 제작자) 데이터센터에너지효율센터: https://www.samsungpop.com/common.do?cmd=down&contentType=application%2Fpdf&inlineYn=Y&saveKey=research.pdf&fileName=2020%2F2024040815412145K_02_05.pdf에서 검색된 날짜: 2025년 3월
- CCAC. (2025). "About SLCs | Hydrofluorocarbons (HFCs)". Climate & Clean Air Coalition: <https://www.ccacoalition.org/short-lived-climate-pollutants/hydrofluorocarbons-hfcs>에서 검색된 날짜: 2025년 1월
- CCAC. (2025). "Lifecycle Refrigerant Management". Climate & Clean Air Coalition: <https://www.ccacoalition.org/content/lifecycle-refrigerant-management-lrm>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- Cool Technologies. (2025). "Sustainable Cooling Database". EIA, Greenpeace: <https://cooltechnologies.org/>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- Danfoss. (2025). "Refrigerants with low GWP". Danfoss: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/cooling/refrigerants-and-energy-efficiency/refrigerants-for-lowering-the-gwp/>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- European Chemicals Agency. (2023). "ECHA publishes PFAS restriction proposal". ECHA | European Chemicals Agency: <https://echa.europa.eu/-/echa-publishes-pfas-restriction-proposal>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- European Environment Agency. (2024). "Hydrofluorocarbon phase-down in Europe". European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/hydrofluorocarbon-phase-down-in-europe>에서 검색됨
- European Union. (2025). "Regulation (EC) No 842/2006 of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on certain fluorinated greenhouse gases (Text with EEA relevance)". EUR-Lex | Access to European Union Law: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/842/oj/eng>에서 검색됨
- Kharn. (2023). "'온실가스 HFC' 감축 로드맵 초안 공유". 칸(냉난방공조 신재생 녹색건축 전문저널): <https://www.kharn.kr/news/article.html?no=23160>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- KTC. (2024년 9월). "KTC, 2024 국제 신냉매 신기술 정책 심포지움 개최...HFC 감축 대응". 한국기계전기전자시험연구원 : https://ktrc.re.kr/web_united/board/view_season_02.asp?pagen=590&sno=3239에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- MBC뉴스. (2024). "늘어나는 에어컨 화재..냉매 새면 더 큰불". MBC뉴스: https://imnews.imbc.com/replay/2024/nwtoday/article/6607770_36523.html에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- Ozone Secretariat. (2016). "Text of the Kigali Amendment to the Montreal Protocol." <https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol/amendments/kigali-amendment-2016-amendment-montreal-protocol-agreed>에서 검색됨
- Ozone Secretariat. (2025). "All ratifications, Kigali Amendment". <https://ozone.unep.org/all-ratifications>에서 검색됨
- Ozone Secretariat. (2025). "Timeline of the Montreal Protocol". Ozone Secretariat: <https://ozone.unep.org/ozone-timeline>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- Shah, N., Wei, M., Letschert, V., & Phadke, A. (2019). Benefits of Energy Efficient and Low-Global Warming Potential Refrigerant Cooling Equipment. "Lawrence Berkeley National Laboratory", Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/98k072wv>. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/98k072wv>에서 검색됨
- TEAP. (2024). Decision XXXV/11 Task Force Report on Life Cycle Refrigerant Management. "Report of the Technology and Economic Assessment Panel", UNEP Ozone Secretariat. doi:<https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-May2024-DecXXXV-11-TF-Report.pdf>
- UNEP. (2020). "Cooling Emissions and Policy Synthesis Report." UNEP, Nairobi and Paris: United Nations Environment Programme and International Energy Agency. https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources//Full_Cooling%20Synthesis%20Report%20%282%29.pdf에서 검색됨

- US EPA. (2024). "HFC Data Hub". United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/climate-hfcs-reduction/hfc-data-hub-0>에서 검색됨
- US EPA. (2025). "Background on HFCs and the AIM Act". United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/climate-hfcs-reduction/background-hfcs-and-aim-act>에서 검색됨
- US EPA. (2025). "EPA Adds Nine Additional PFAS to the Toxics Release Inventory". United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-adds-nine-additional-pfas-toxics-release-inventory>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- Vollmer MK, Reimann S, Hill M, Brunner D. (2015). First observations of the fourth generation synthetic halocarbons HFC-1234yf, HFC-1234ze(E), and HCFC-1233zd(E) in the atmosphere. "Environ Sci Technol". doi:10.1021/es505123x
- Woods et al. (2022). Humidity's impact on greenhouse gas emissions from air conditioning. "Joule", Volume 6, Issue 4p726-741. doi:10.1016/j.joule.2022.02.013
- Yale Carbon Containment Lab. (2023). *Lifecycle Refrigerant Management: Maximizing the Atmospheric and Economic Benefits of the Montreal Protocol*. Yale Carbon Containment Lab: <https://carboncontainmentlab.org/documents/yale-cc-lab-lrm-background-paper-%28updated-for-mop-35%29.pdf> 에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- Zhang et al. (2024). Atmospheric observation and emission estimation of HFC-125 and HFC-32 in China from four representative cities. "Science of the Total Environment". doi:10.1016/j.scitotenv.2024.175575
- 가스신문. (2022). "연재-냉매가스 처리현황과 문제점". 가스신문: <https://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=103146> 에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- 가스신문. (2024). "안전과 환경을 위한 잔가스 회수·처리업 확대와 당면과제". 가스신문: <https://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=117221>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- 관계부처 합동. (2024). "온실가스 감축을 위한 수소불화탄소 관리제도 개선방안." 관계부처 합동. <https://eiec.kdi.re.kr/policy/materialView.do?num=261337&pg=&pp=&topic=P>에서 검색됨
- 국가화재정보시스템. (2025). 화재통계: <https://www.nfds.go.kr/stat/general.do#>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- 국회 토론회. (2025). "'탄소중립 실현, HFCs 냉매전환 방향은'". 현장 참여: <https://www.youtube.com/watch?v=2vINisBvYU&list=PL4jIPsVtbd5A-gOS2cocOmxKq7v8OEDVI&index=1>에서 검색됨
- 냉동공조업계 세미나. (2025). "시공 우수사례로 본 CO₂ 활성화세미나 / CO₂ 냉매 적용 냉동, 냉장설비의 국내,외 시공사례 바탕 활성화 방안 찾기". 현장 참여: <https://www.youtube.com/watch?v=XOHuVoX8Ef8>에서 검색됨
- 냉동공조저널. (2020). "자연냉매, 왜 HFO 냉매보다 나은가?" 냉동공조저널: <https://www.hvacrj.co.kr/news/articleView.html?idxno=20076>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- 냉동공조저널. (2023). "자연냉매 시장, 2032년 27억 달러 규모로 성장". 냉동공조저널: <https://www.hvacrj.co.kr/news/articleView.html?idxno=22108>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- 냉동공조저널. (2024년 9월). "데이터센터의 액체냉각 시스템... 서버 전력 절감에 가장 적합한 액체냉각". 냉동공조저널: <https://www.hvacrj.co.kr/news/articleView.html?idxno=22756>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- 대한민국 정부. (2025). "제 1차 격년투명성보고서 및 제 5차 국가보고서." 온실가스종합정보센터. https://www.gir.go.kr/home/board/read.do?sessionId=uuraJQ0gWwhOL99Vjlmn6vYbv09WTytGlqx3PBQW4jJKaX1Tv5uaWaua1W64biWt.og_was1_servlet_engine1?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=20&boardId=116&boardMasterId=9&board에서 검색됨
- 박창용. (2014). 국내 저온창고 냉매누출, 회수, 재활용 및 재충전 분석. "설비저널", 43(7), 42-48.
- 산업통상자원부. (2024). "2023년도 특정물질의 생산량·소비량·수출량 및 수입량 산정치의 실적공고(산업통상자원부공고 제2024-862호)." 산업통상자원부.
- 온실가스종합정보센터. (2024). "[보도자료] 2023년 온실가스 배출량 6억 2,420만톤...전년 대비 4.4% 감소, 2년 연속 감속 추세". 공지사항: https://www.gir.go.kr/home/board/read.do?sessionId=ga2oCFVDCJtnqO5XrAWZYmOOIsFYix5mCN3TWfSHtszyUgJpzwGQvTraWq87isAu.og_was1_servlet_engine1?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10&boardMasterId=4&boardId=185에서 검색된 날짜: 2025년 2월

- 온실가스종합정보센터. (2025). "2024년 국가 온실가스 인벤토리(1990-2022) 공표 ('06, '96 IPCC 지침)". 국가통계: <https://www.gir.go.kr/home/board/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=36&boardId=79&boardMasterId=2&boardCategoryId=>에서 검색된 날짜: 2025년 1월
- 이학영 의원실 요구자료. (2024).
- 정보통신용어사전. (2025). "지구 온난화 지수". 한국정보통신기술협회: https://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=044499-1에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- 콜드체인뉴스. (2023). "F-gases 없는 온실가스 인벤토리 탄소중립 전략 '사상누각'". 콜드체인뉴스: <https://coldchainnews.kr/news/article.html?no=25819>에서 검색된 날짜: 2025년 2월
- 콜드체인뉴스. (2025). "특정물질협약체, High GWP규제 강화 '반발'". 콜드체인뉴스: <https://www.coldchainnews.kr/news/article.html?no=27109>에서 검색된 날짜: 2025년 2월



사람은 식히고, 지구는 달군다?

인공냉매 HFCs가 불러온 기후위기의 역설

발간일 2025년 3월

저자 기후솔루션 박범철 HFCs 연구원 (bumcheul.park@forourclimate.org)

디자인 기후솔루션 최예진 디자이너, 네이처리듬

기후솔루션은 전 세계 온실가스 감축 및 올바른 에너지 전환을 위해 활동하는 비영리법인입니다. 리서치, 법률, 대외 협력, 커뮤니케이션 등의 폭넓은 방법으로 기후위기를 해결할 실질적 솔루션을 발굴하고, 근본적인 변화를 위한 움직임을 만들어 나갑니다.