

수소불화탄소 관리제도 추가 개선 제언

자연냉매와 재생냉매를 중심으로

2025. 11. 03. (월)

기후솔루션 박범철 HFCs 연구원

목차

1. 수소불화탄소(HFCs) 감축의 근거
2. 국내 현황
3. 관리제도 개선 방향 제언

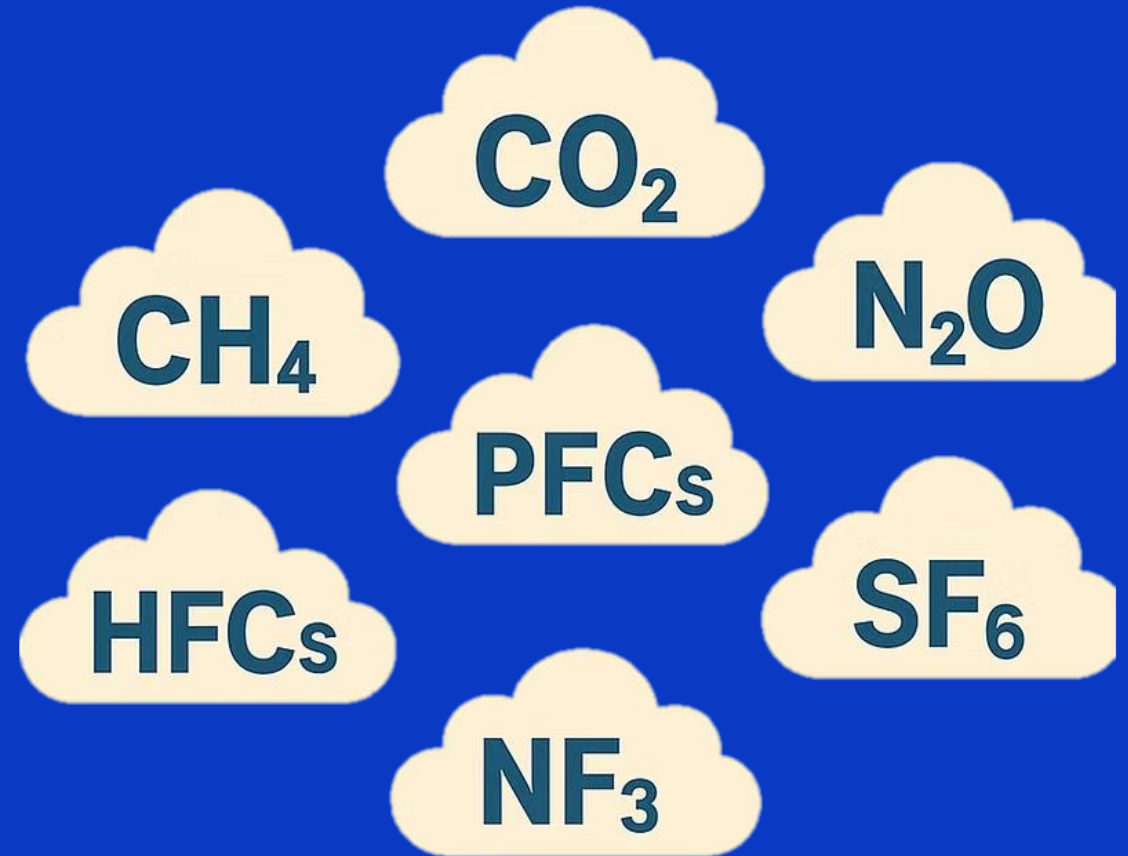
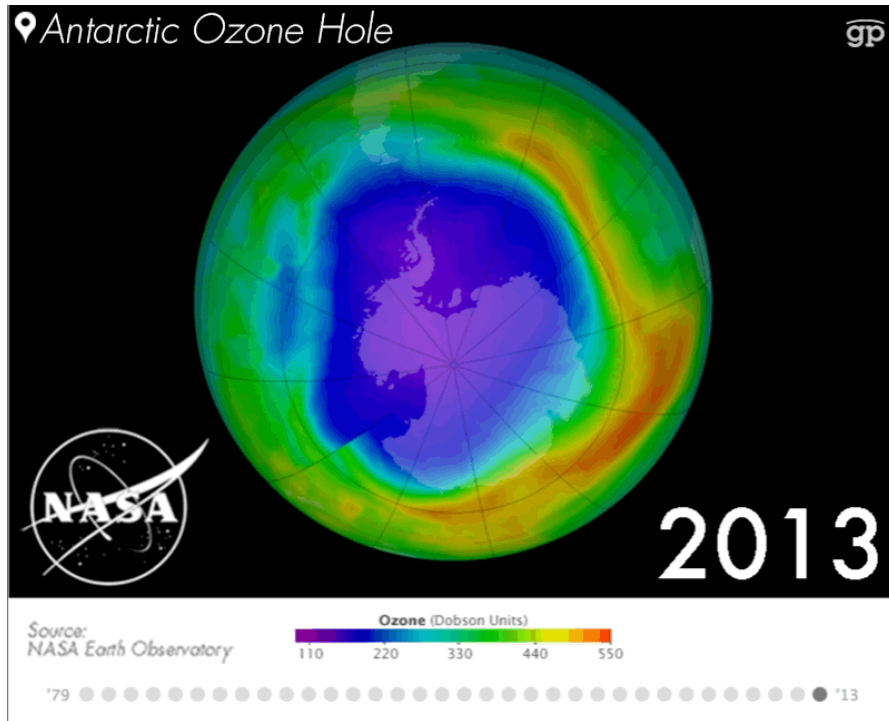


그림: 기후변화협약(UNFCCC) 상 명시된 7대 온실가스

1 수소불화탄소(HFCs) 감축의 국제법 상 근거: 몬트리올 의정서 (Montreal Protocol) SFO°C

오존층 파괴물질 대응에서 기후위기 대응으로 오기까지



“몬트리올 의정서 하에서 수소불화탄소(HFCs)를 관리하겠다는 약속은 거대한 환경적 성과로, 기후위기 대응의 가장 큰 성과 중 하나가 될 수 있다.”

- 반기문 전 유엔(UN) 사무총장

코펜하겐 개정서 (1992년)

규제물질: 브롬화메틸, HBFCs, 수소염화불화탄소(HCFCs)

몬트리올 의정서 (1987년)

규제물질: 염화불화탄소(CFCs/프레온가스), 할론, 사염화탄소, 메틸클로로포름

몬트리올 개정서 (1997년)

규제물질: 브롬화메틸

베이징 개정서 (1999년)

규제물질: 브로모클로로메탄

키갈리 개정서 (2016년)

규제물질: 수소불화탄소(HFCs)

1 수소불화탄소(HFCs) 감축의 국제법 상 근거: 몬트리올 의정서 (Montreal Protocol) SFO°C

몬트리올 의정서 및 키갈리 개정서의 기후위기 대응 성과와 향후 과제

몬트리올 의정서 상 규제물질인 CFCs, HCFCs 등은 오존층 파괴물질임과 동시에 강력한 온실가스임 -> **배출 억제**



몬트리올 의정서가 체결됨으로 인해 막아낼 수 있었던 온실가스 배출량: **1350억 톤CO2e**



2050년 까지 **0.5°C ~ 1°C** 회피된 배출 (Avoided Emissions) 효과를 가짐 (출처: 몬트리올 의정서 사무국)

키갈리 개정서 상 규제물질인 HFCs는 오존층 파괴물질은 아니나 CO₂보다 최대 수만 배 이상 강력한 온실가스임 -> **배출 억제**



키갈리 개정서가 100% 이행될 경우 막아낼 수 있는 온실가스 배출량: **1050억 톤CO2e**



2100년 까지 **0.3°C ~ 0.5°C** 배출 억제 (Prevented Emissions) 효과를 가짐 (출처: 몬트리올 의정서 사무국)

***2024년 5월 몬트리올 의정서 제35차 당사국 총회 결의안 (Decision XXXV/11) 하에 공식화된 개념 -> 냉매 전주기 관리체계 (Lifecycle Refrigerant Management)**



키갈리 개정서 상 명시된 감축 일정과는 별개로 이미 유통된 (축적된) HCFCs 및 HFCs 의 누출 방지 및 효과적 회수로 감축할 수 있는 보완적/추가적인 감축 수단으로 명시되어 있음

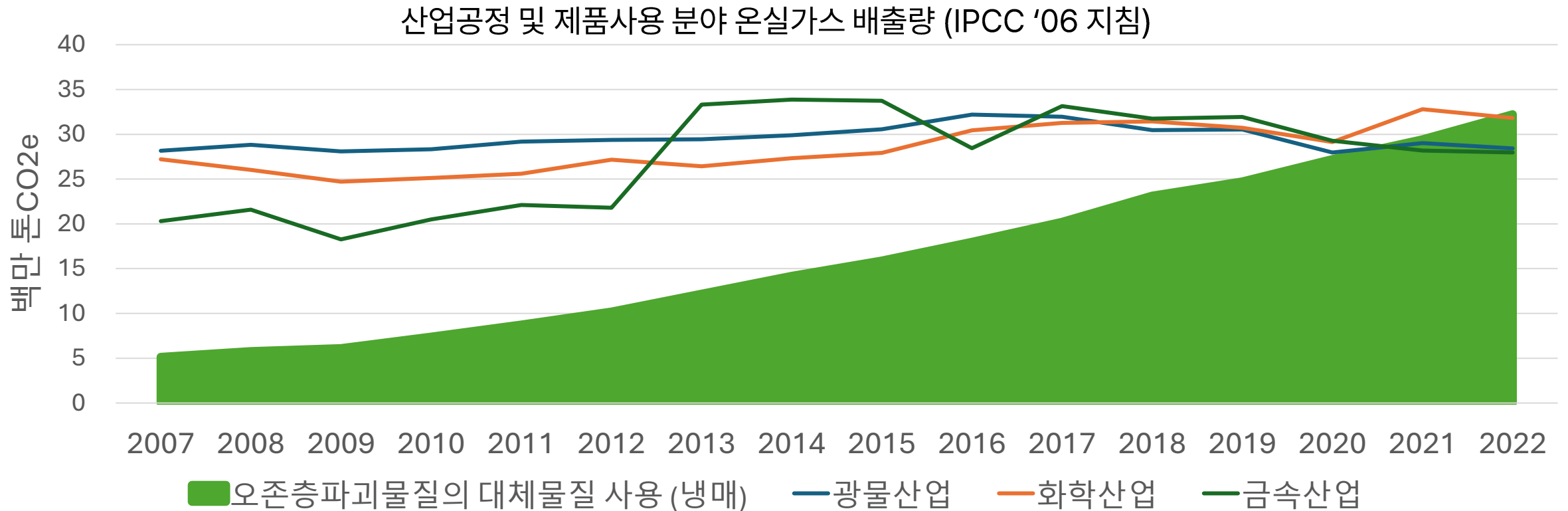


2050년 까지 약 **390억 톤CO2e** 배출 억제 (Prevented Emissions) 효과를 가질 것으로 전망 (출처: 몬트리올 의정서 사무국)

2 국내 현황: 지속 증가하고 있는 수소불화탄소(HFCs) 배출량

HFCs 배출량으로 인해 국가 온실가스 감축목표 이행에 차질을 빚을 수 있음

- HFCs 배출량은 전년 대비 **4.8% 증가**하여 **3500만 톤CO₂e**를 기록
- 현재 HFCs가 국가 배출량에 차지하는 비중은 **4.5%**로, 7대 온실가스 중 세번째로 큼
- 온실가스 배출량 산정기준 변경 시 (IPCC '96 -> '06 지침) **국가 배출량 증가의 주요 요인**이 되기도 하였음

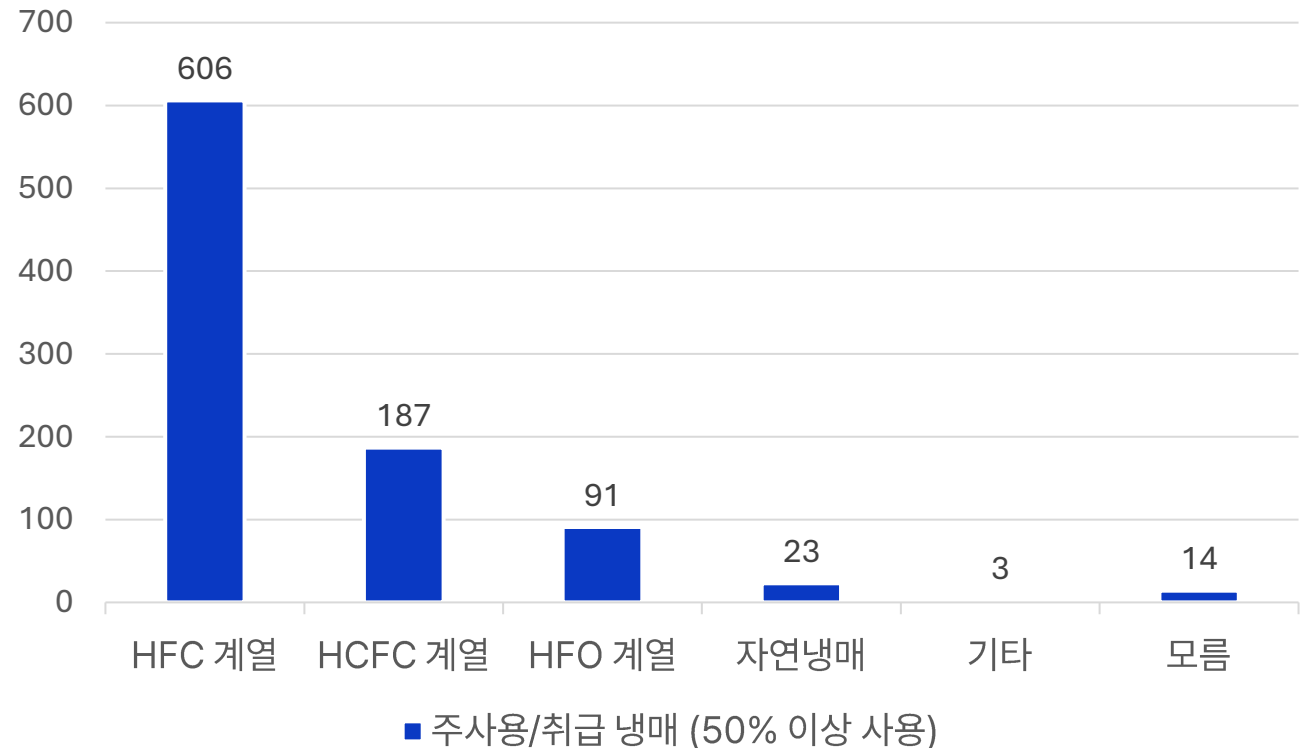


2 국내 현황: HFCs 냉매 위주의 냉동공조산업, 低GWP 대체냉매 시장에서 뒤쳐질 위험 SFO°C

기후위기 대응과 산업 경쟁력 제고를 동시에 이루어야 함

- 지구온난화지수 '0'에 가까운 **자연냉매**가 유럽, 북미, 일본 등 선진국 시장 위주로 개발 및 도입되는 추세
- 전세계 자연냉매 시장은 2024년 약 **3조 7천억 원** (26억 1,000만 달러)에서 2032년까지 **7조 4천억 원** (52억 달러)으로 성장하여 **연평균 성장률(CAGR) 약 8.98%**에 이를 것으로 전망
- 국내 냉동공조업계가 취급하는 냉매 중 자연냉매의 비중은 현저히 낮아 보이고, 아직까지 **대다수가 HFCs 계열 냉매를 관성적으로 사용하고 있는 것으로 파악됨**

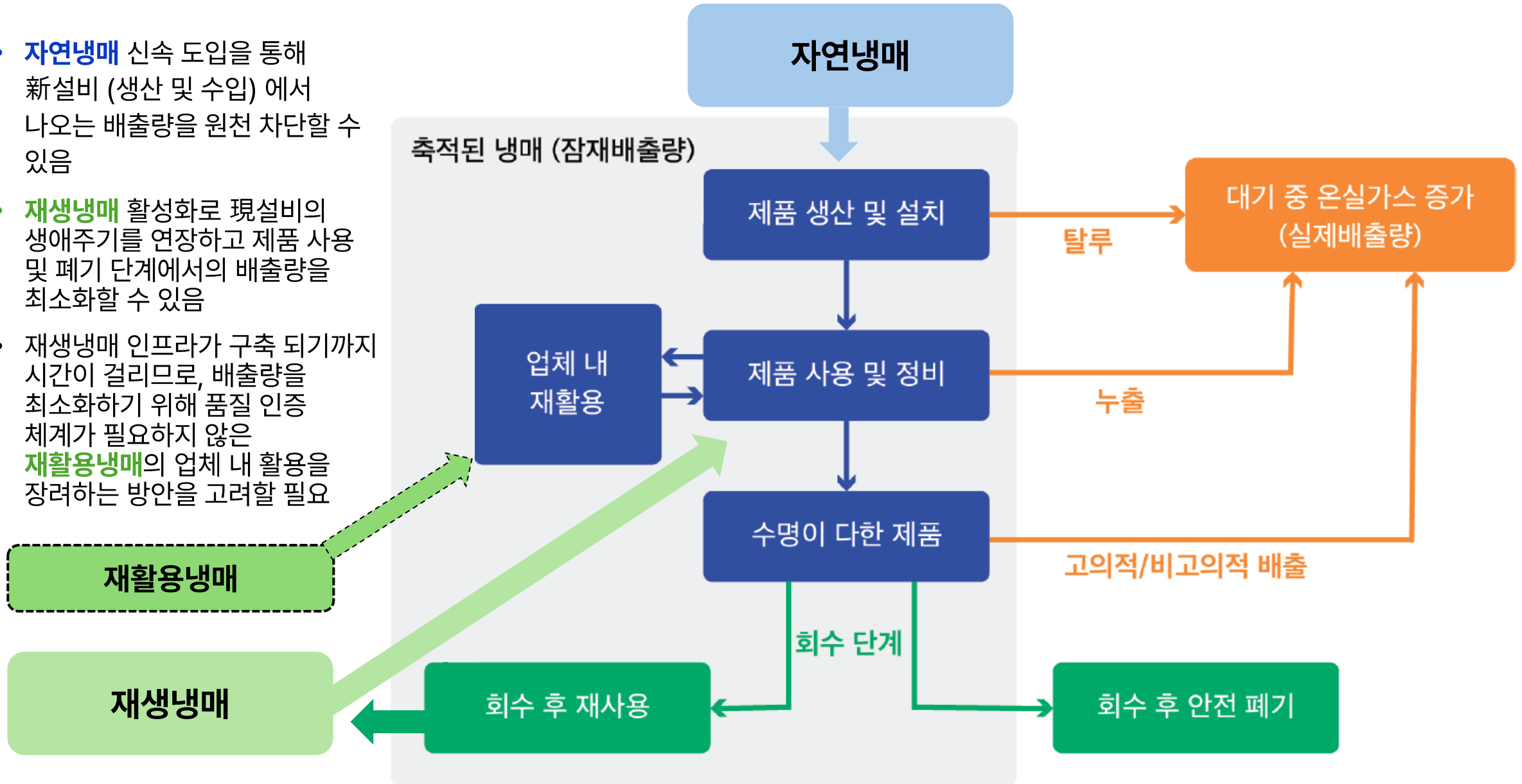
Q: 귀사에서 주로 사용하는 냉매는 무엇입니까?



출처: '냉동공조업계 친환경 냉매 전환에 관한 설문조사' 칸/콜드체인뉴스·기후솔루션 공동 실시 (2025년 5~6월)

3 '순주기' 관리의 확장 해석, HVAC업계 탄소중립을 향해

- **자연냉매** 신속 도입을 통해 新설비 (생산 및 수입) 에서 나오는 배출량을 원천 차단할 수 있음
- **재생냉매** 활성화로 現설비의 생애주기를 연장하고 제품 사용 및 폐기 단계에서의 배출량을 최소화할 수 있음
- 재생냉매 인프라가 구축 되기까지 시간이 걸리므로, 배출량을 최소화하기 위해 품질 인증 체계가 필요하지 않은 **재활용냉매**의 업체 내 활용을 장려하는 방안을 고려할 필요



3 「수소불화탄소 관리제도」 추가 개선 방향

1) 新설비 도입 시 → 자연냉매

2) 現설비 유지보수 시 → 재생냉매

자연냉매

재생냉매

프로판, 이산화탄소, 암모니아 등

물질 종류

주로 HFCs, 또는 이전 세대 HCFCs 물질

전환일정에 따른 新설비 도입 시

제안 용도

전환하기 전 現설비 유지보수 시

Upstream (생산/수입 부터)

생애주기 단계

Downstream (유지보수)

3 新설비 도입 시 ➡ 자연냉매

‘순주기’ 관리의 확장 해석, HVAC업계 탄소중립을 향해

자연냉매란? “인간의 개입 없이 자연의 생물학적 및 화학적 순환 과정에서 [만들어지는 물질]. 물질 종류는 암모니아, 이산화탄소, 천연 탄화수소, 물 및 공기 등이 있음.” – ASHRAE (미국공조냉동공학회)

- 지구온난화지수 ‘0’에 가까운 물질로 현재 전세계 어느 지역에서도 **기후환경 관련 규제의 제약을 받지 않음** (예: 유럽연합 F-gas regulation 상 5톤CO₂eq 이하 설비에 대해서는 누출 확인 의무 없음)
- 자연냉매 시장의 빠른 성장이 예상되는 가운데, 현재 **냉동공조/히트펌프/데이터센터 등 모든 부문에서 적용 가능**한 자연냉매 물질이 존재함
- 향후 키갈리 개정서의 지속 이행으로 HFCs 물질의 전지구적 감축이 예고된 가운데, 빠른 시일 내에 GWP가 현저히 낮은 자연냉매로 전환하는 것이 국내 **HVAC업계의 중장기 경쟁력 제고에 필요**한 전략

[표] 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)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓

3 新설비 도입 시 ➡ 자연냉매

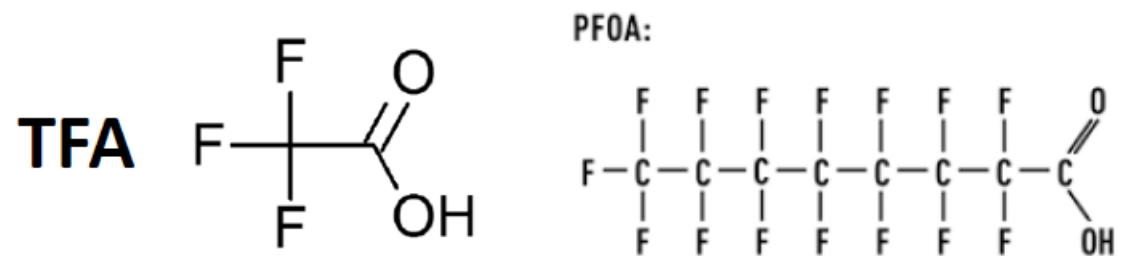
‘순주기’ 관리의 확장 해석, HVAC업계 탄소중립을 향해

HFO 계열 냉매는 왜 고려 대상에서 제외되었나?

- R-1234yf 등 HFOs 냉매는 지구온난화지수가 낮으나, **PFAS (과불화화합물) 배출의 우려가 큼**
- HFOs 냉매가 대기로 방출될 시, 대기권에서 **TFA (트리플루오로아세트산)** 이라는 물질이 생성되어 식수와 토양을 오염시킴
- TFA는 **OECD가 정한 PFAS 표준 정의에 부합함.**



- 현재 유럽연합 REACH Regulation Annex XVII에 따라 PFAS 추가 제한조치 제출, 이를 바탕으로 EU 집행위원회가 **2026~27년 중으로 제한안을 채택할 가능성**
- 불소화 가스 (HFCs, HFOs)는 PFAS의 **하위 범주로**, PFAS 규제는 모든 불소 함유 냉매에 영향을 미칠 것



3 現설비 유지보수 시 ➡ 재생냉매

‘순주기’ 관리의 확장 해석, HVAC업계 탄소중립을 향해

재생냉매란? “회수된 규제 물질을 여과, 건조, 증류 및 화학적 처리 등의 과정을 통해 재가공 하여 해당 물질을 지정된 품질 기준으로 복원하는 것을 의미한다.” – 몬트리올 의정서 사무국 (Ozone Secretariat)

- 재생냉매를 포함한 **“3R” 프레임워크**를 감안하여 순주기 관리체계 수립 및 보완 제안
- “3R” 프레임워크는 **Recovery (회수)**, **Recycling (재활용)**, **Reclamation (재생)**으로 구성됨
- 재생냉매 품질 인증 체계가 수립되는 동안 활용할 수 있는 방법으로 **재활용냉매(Recycled Refrigerant)**가 있음
- 재생냉매와 달리, **재활용냉매는 현장 회수를 거친 후 불순물, 수분 및 오염 물질만을 제거하는 기본 세척 공정을 거쳐 업체 내에 동일한 설비에 한하여 재충전되는 냉매**. 시장에서 거래되는 재생냉매와 달리, 재활용 냉매는 판매를 하지 않고 업체 내에서만 쓰임



1R: Recovery (회수)

2R: Recycling (재활용)

3R: Reclamation (재생)

3 기타 제언 – 누출 관리

현재 사용하는 법정 관리대상 통계 단위 “RT”를 “ton CO₂e” 로 바꾸는 것으로 제언

- 現 누출관리 법적관리대상 범위는 20RT 이상 -> 10RT 이상으로 확대 예정
- 하지만 “RT”는 냉동능력을 수치화한 것으로, “RT” 만으로는 설비에 어떤 종류의 냉매가 들어가 있는지 알기 어려움
- “RT”가 낮아도 高GWP 냉매가 사용될 수 있고, “RT”가 높아도 자연냉매가 쓰이면 대기 누출 시 지구온난화 영향이 없음
- EU는 모든 F-gas 누출관리 측정에 CO₂e 를 사용하고 있고, 현재 >5톤CO₂e 냉동공조 설비에 한하여 누출 점검을 의무화함 (5톤CO₂e 미만은 누출 점검 불필요)
- 일본 같은 경우도 CO₂e 로 환산하여 매년 1000톤CO₂e 이상의 냉매가 누출될 경우 의무적으로 정부에 보고를 하게 되어 있음
- 히트펌프 등 차세대 설비 도입으로 보다 일관성 있는 “배출량 측정” 단위가 필요함

- **全주기 관리체계의 확장 해석**

- Downstream (사용/회수/폐기) 뿐만이 아닌 Upstream (생산/수입) 단계에서 부터 배출량을 최소화해야 함

- **新설비 도입 시: 자연냉매**

- 국내 자연냉매 시장을 활성화하여 K-자연냉매 기술 개발 R&D 및 설비 도입 인센티브 제공

- **現설비 유지보수 시: 재생냉매 및 재활용냉매**

- 재생냉매 활성화로 現설비의 생애주기를 연장하고 제품 사용 및 폐기 단계에서의 배출량을 최소화함

- 업체 내에서 정제 Capa를 보유하고 있을 시, 업체 내에서만 쓰일 재활용냉매 사용을 장려하는 것도 고려

- **누출관리 대상 범위 통계 단위를 "RT"에서 "ton CO₂e"로 바꿈**

- RT만으로 냉매 종류를 판단하기 어렵고, 냉동공조 제품 다변화로 인해 보다 일관성 있는 통계 단위가 필요

감사합니다