

持続可能な冷媒管理の実現に向けて — マスバランス解析に基づく課題整理と 回収率向上・費用確保の制度設計 —

2026年1月

早稲田大学／日本冷凍空調学会

香川 澄

背景と目的

背景：冷媒管理を取り巻く国際的潮流

- キガリ改正：HFC 85%削減義務 → 低GWP化・自然冷媒化の加速
- 漏えい低減・回収率／再生率向上の重要性（循環型冷媒社会）

課題：制度・技術・運用のギャップが顕在化

- 回収費用の不透明さ 現行制度のままでは回収率・再生率の伸び悩みが続く
- 再生冷媒の活用をさらに活性化するための制度的後押しが不足
- 冷媒および冷媒容器の管理・トレーサビリティの不足

目的：冷媒管理の現状を俯瞰し、改善に向けた論点を明確化

- 冷媒マスフロー／マスバランスの可視化
- 欧米の制度比較（再生冷媒の配合率基準など）
- 冷媒別の回収率・再生率の現状整理（K-Plot）

日本の循環モデルは制度的な後押しが弱い

回収・再生の促進と新しい仕組みづくりの方向性の提示：

回収率を確実に高めるための「費用確保の仕組み」と
再生冷媒の活用を促す制度設計の提案

日本の冷媒管理の現状

HFC消費量は順調に減少

2024年は3,200万 t-CO₂(目標4,300万 t-CO₂を達成)で、2036年の最終目標は1,100万 t-CO₂。ただし 2029年の2,100万 t-CO₂目標は厳しい水準

回収率は40%台で停滞

費用不足 → 時間不足 → 回収作業の簡略化 → 回収率停滞

業務用冷凍空調機器の廃棄時回収率は44%(2022年度)。フロン排出抑制法の厳罰化により回収量は増加しているが、漏えい・大気放出が依然多い

再生冷媒の活用は増加傾向

品質基準の不在 → 再生冷媒の市場価値が形成されない → 再生率が伸びない

2023年のHFC再生量は3,577 t(前年比+20%)。一方で、市場価値や品質保証(配合率含む)の仕組みが十分に整備されていない

排出量は依然高水準

HFC排出量(全分野): 3,101万 t-CO₂(2023年) → 前年比で減少した(130万 t-CO₂)が、依然高水準

課題の本質

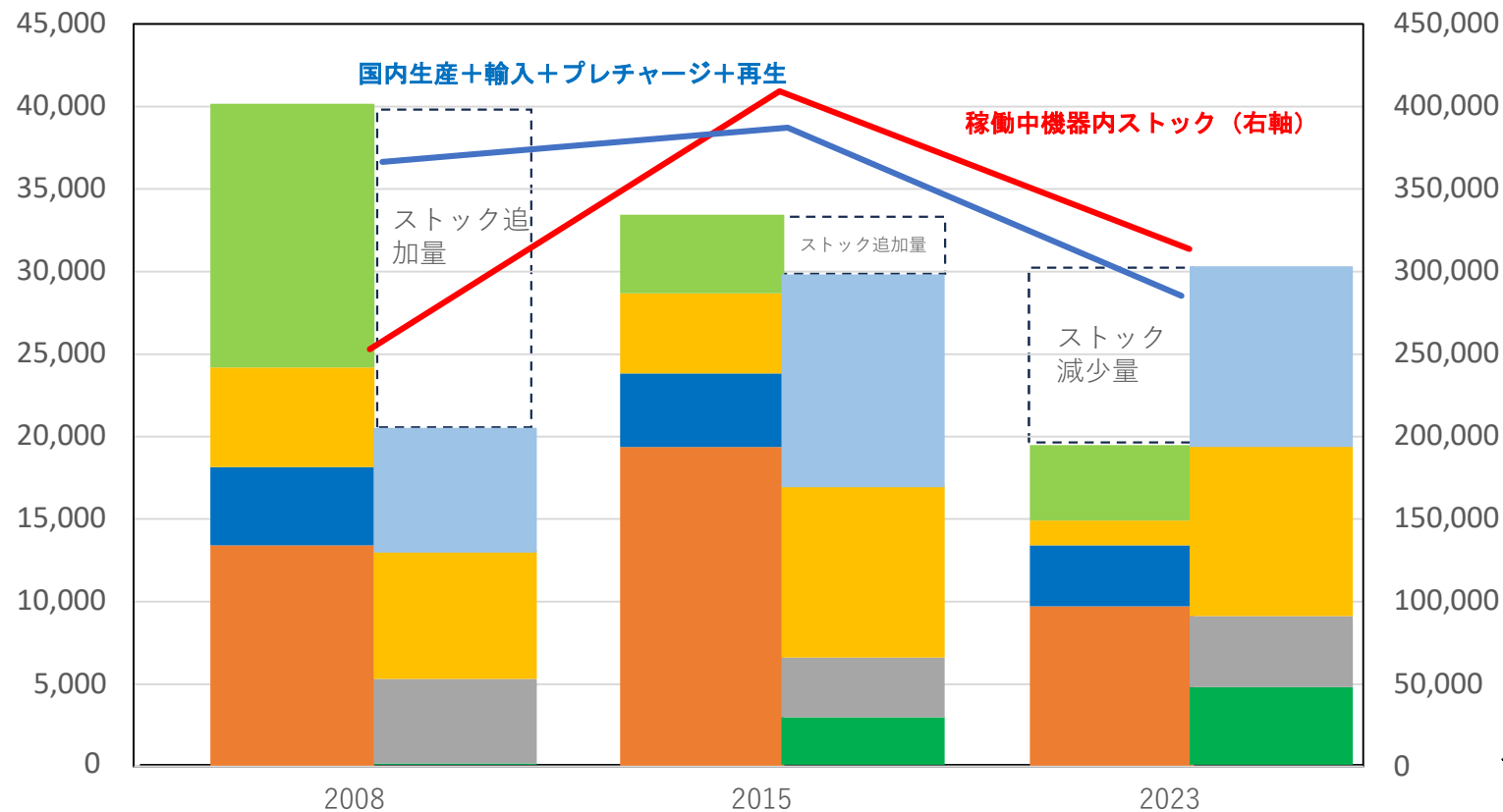
- 回収作業に必要な費用が十分に確保されていない
- 再生冷媒の 品質基準・市場インセンティブが弱い
- 容器および冷媒容器の管理・トレーサビリティが不十分

★ 結果として、回収率・再生率が伸び悩む構造が続いている

冷媒質量、全フロン

冷媒の流れ / ton

稼働中機器内ストック / ton



上流側

- 工場出荷時充填量
- 現場設置時充填量
- プレチャージ輸入品充填量
- メンテナンス時の充填量
- 稼働中機器内のストック (右軸)

中・下流側

- 再生量
- 破壊量
- 機器使用時の大気放出
- 機器廃棄時の漏洩量

フロンの供給量は約2万トン。そのうち再生冷媒は1/4を占める。漏洩量と大気放出用はそれぞれ約1万トン

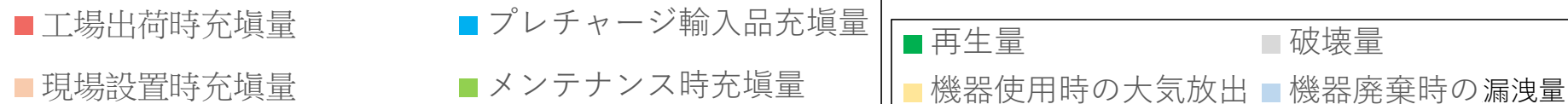
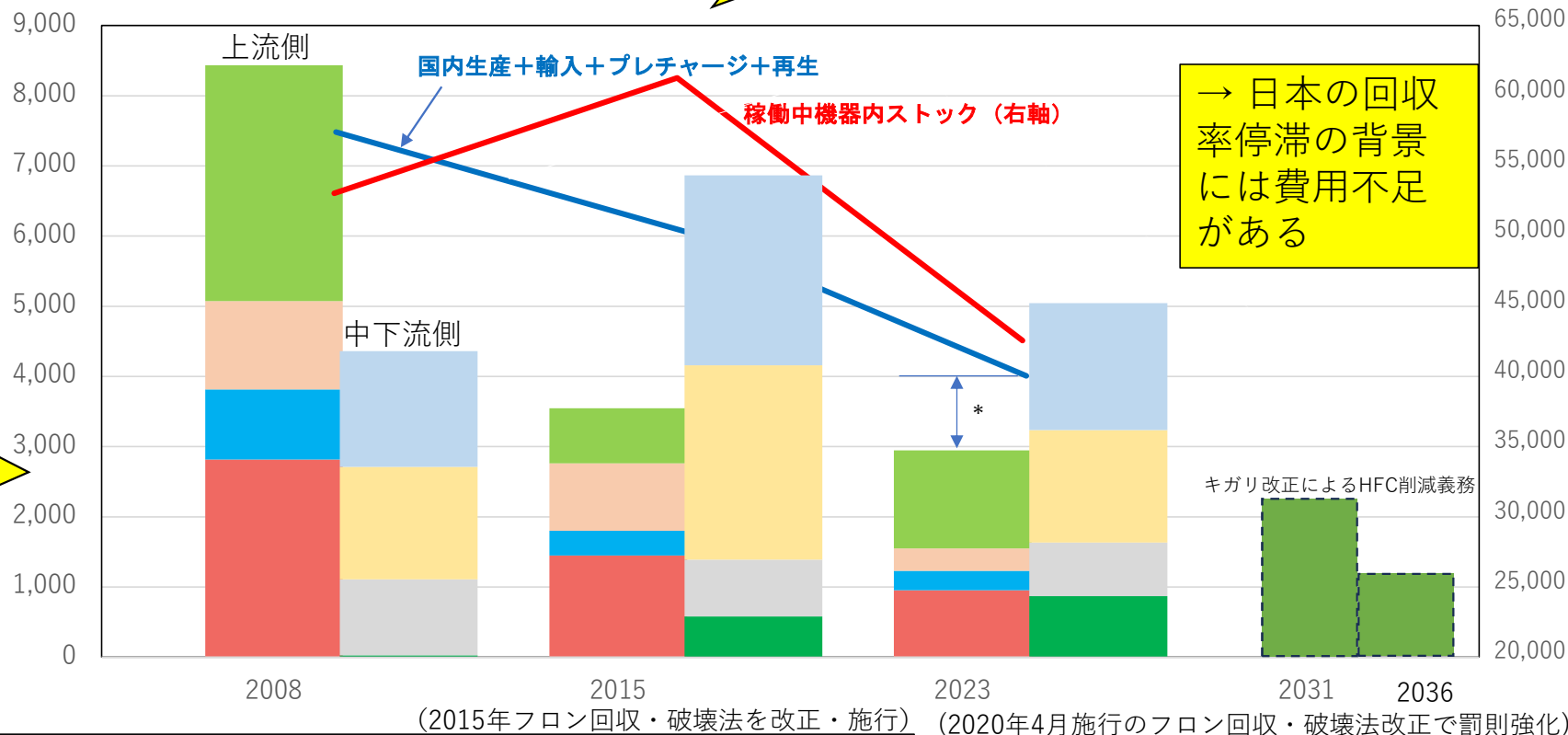
家電リサイクルからの再生量2.4千トン

フルオロカーボンのマスフローとキガリ改正目標値

対策の効果は一定程度見られるが、回収量、漏洩量、大気放出量の割合は依然として高い

冷媒の流れ / $10^4 \text{ t-CO}_2\text{eq}$

稼働中機器内ストック / $10^4 \text{ t-CO}_2\text{eq}$



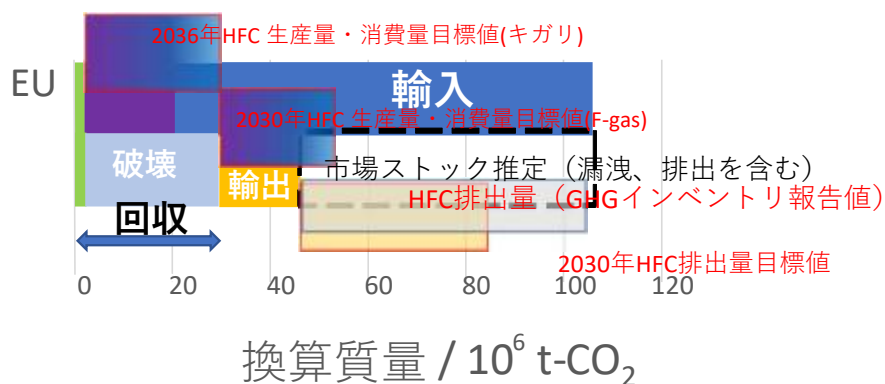
*マスフローにおける上流側の総量と供給量（マスバランスにおける上流側-再生量）との差は出荷先の貯蔵等と思われる

日本、米国、EUのマスバランス（換算質量, 2023）



各国の冷媒対策は進んできているものの冷媒供給量に対する回収量の割合は少ない

↓
新しい仕組みづくりの必要性



棒グラフ上段：HFC系冷媒の生産量・消費量（供給側）
下段：消費・処理の形態。

欧州：再生冷媒を軸にした“循環型”モデルへの転換(F-gas規制)

F-gas規制の強化と消費量の大幅削減

- 総量規制：2023年 6,230万 t-CO₂ → 2024年 3,730万 t-CO₂ (▲40%)
- 低GWP冷媒・自然冷媒機器の普及も進み、HFC消費量の削減を後押し

再生冷媒の使用を保守用の中心に位置づけ

- 再生冷媒のサービス・保守用途での使用を承認・奨励
- 再生量：931 t (2023年) → 2,083 t (2024年) - (2.2倍)
→ 再生冷媒の使用が市場の標準に

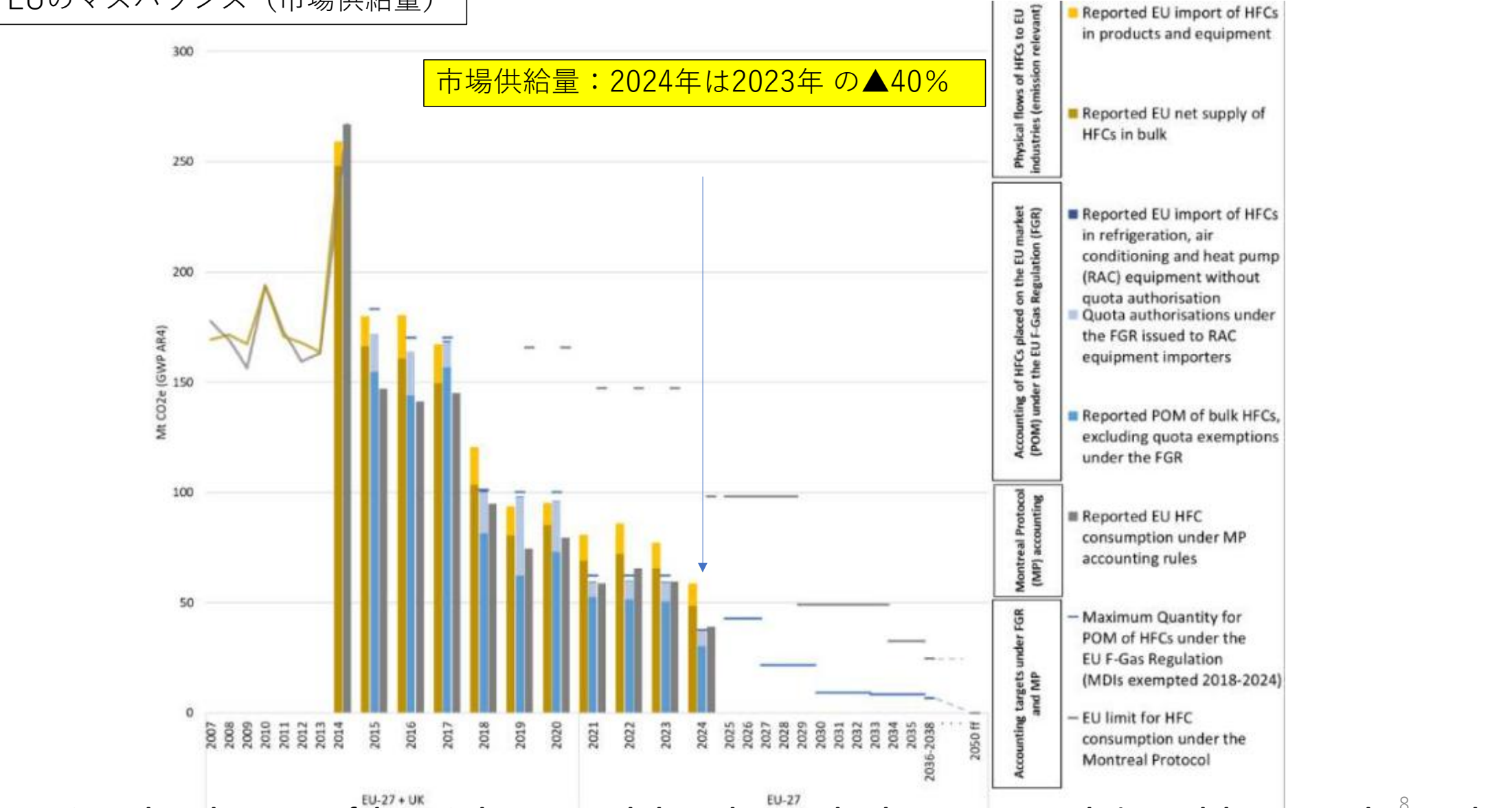
回収・破壊の動向

- 破壊量は2024年に約▲41%
- 回収量は3,600 t → 3,800 tに増加 → 「破壊より再生」へのシフトが進行

EUの特徴

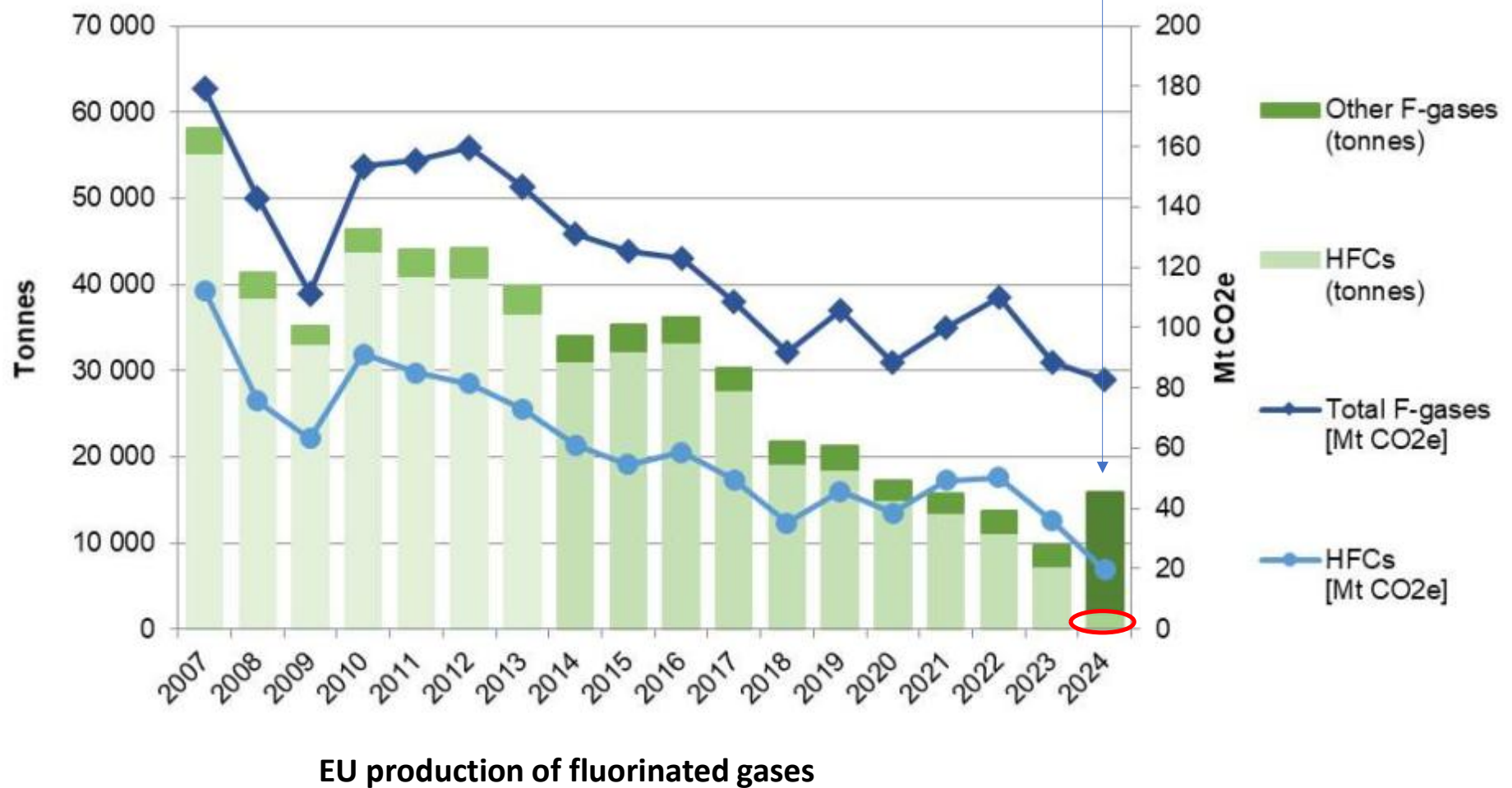
- 制度により「再生優先」への市場構造を形成
- 制度＋技術転換（低GWP化・自然冷媒化）が同時に進む循環モデル

EUのマスバランス（市場供給量）

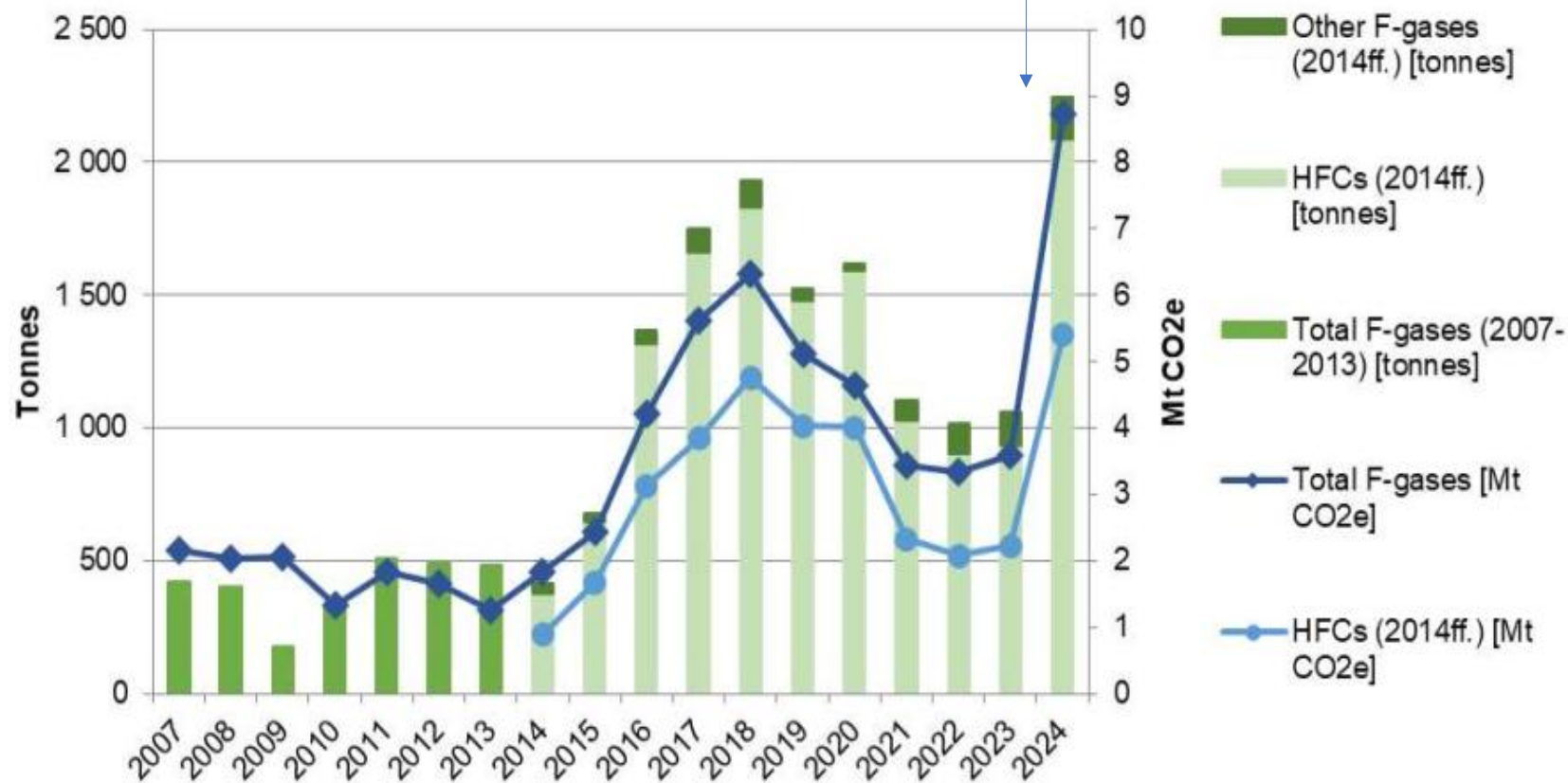


EU HFC supply and progress of the HFC phase out and phase-down under the EU F-gas Regulation and the Montreal Protocol

低GWP冷媒（HFO）・自然冷媒機器の普及も進み、**HFC生産量の削減**を後押し



再生量：2024年は2023年の**2.2倍**（2,083 t）



EU reclamation of fluorinated gases

回収量は3,600 t → 3,800 tに増加

再生冷媒のサービス・保守用途での使用承認・奨励により、再生量が急増し、EUでは“破壊より再生”が市場標準に

米国：再生冷媒を組み込んだ“循環型”モデルの制度化（AIM法）

AIM法によるHFC削減と低GWP化の加速

- 2024年から段階的削減を開始し、2036年までにHFC生産・消費量を85%削減
- 2024年のHFC消費量：255.3 → 171.8 MMTCO₂(▲33%) → 基準年比(302.5 MMTCO₂)の60%以下を達成
- 低GWP化の移行期限(空調・HP: 2025年1月までにGWP700未満、スーパーマーケット: 2027年1月までにGWP150未満)

再生冷媒の使用義務化(特定用途で再生冷媒の使用を義務化)

- 品質基準あり(未使用HFCの混入制限、配合率85%以上)
- 再生量は2022年: 3,450 t, 2023年: 4,108 t(+20%), 2024年: 5,027 t(2年で約45%増) → 再生冷媒の利用が急速拡大

回収・漏洩対策の強化

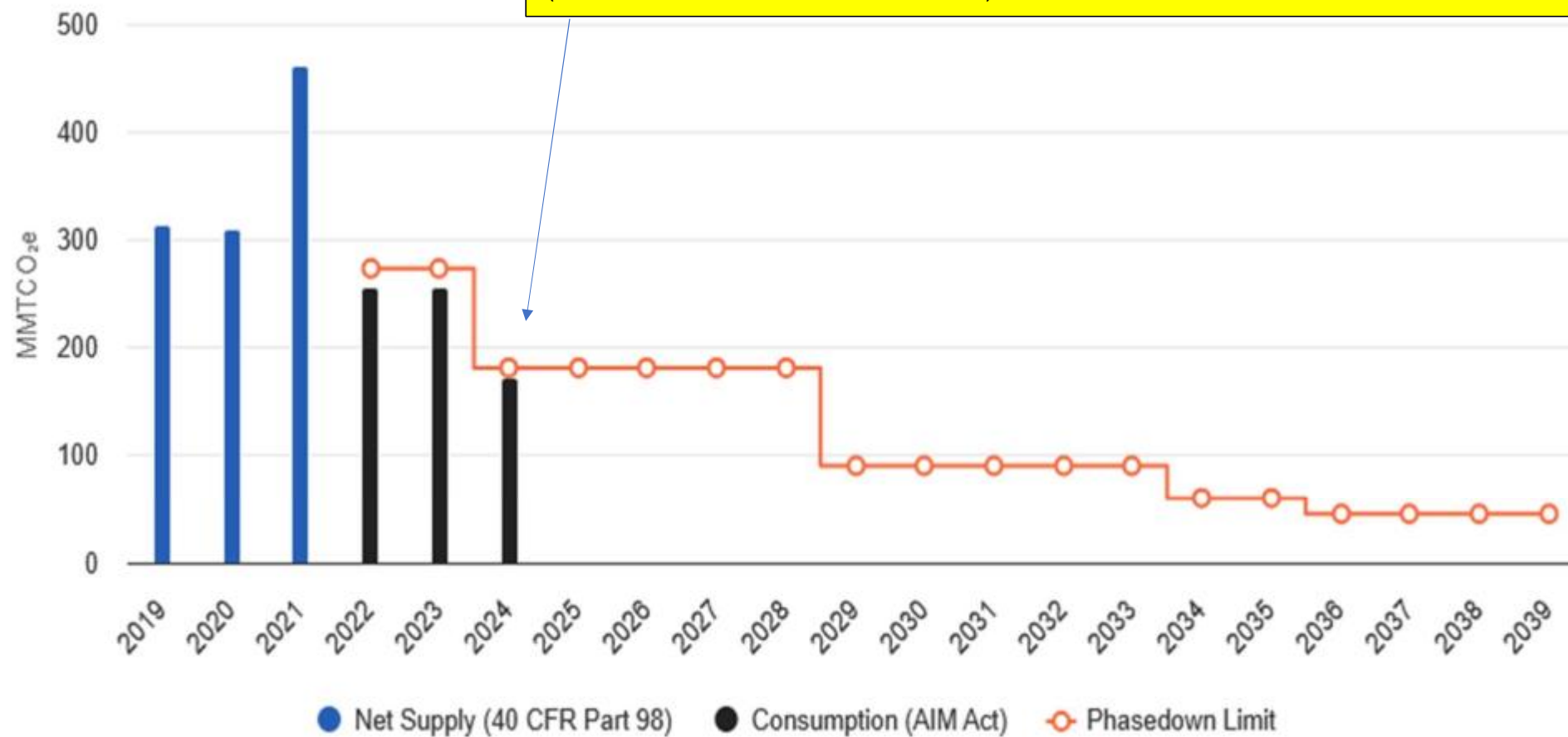
- 2024年の回収量：5,176 t → 5,978 t(+25%)
- 大型冷凍装置の自動漏洩検知の義務化
- 廃棄時の冷媒容器からのHFC回収を義務化
- 既存機器のHFC管理・再使用規制により EPAは排出量を大幅に削減と推計

米国の特徴

- 回収 → 再生 → 使用の循環を制度として組み込み
- 再生冷媒の義務化と漏洩検知のセットで“循環型管理”を強制
- 低GWP化（技術転換）と再生冷媒利用（制度転換）が同時に進むモデル

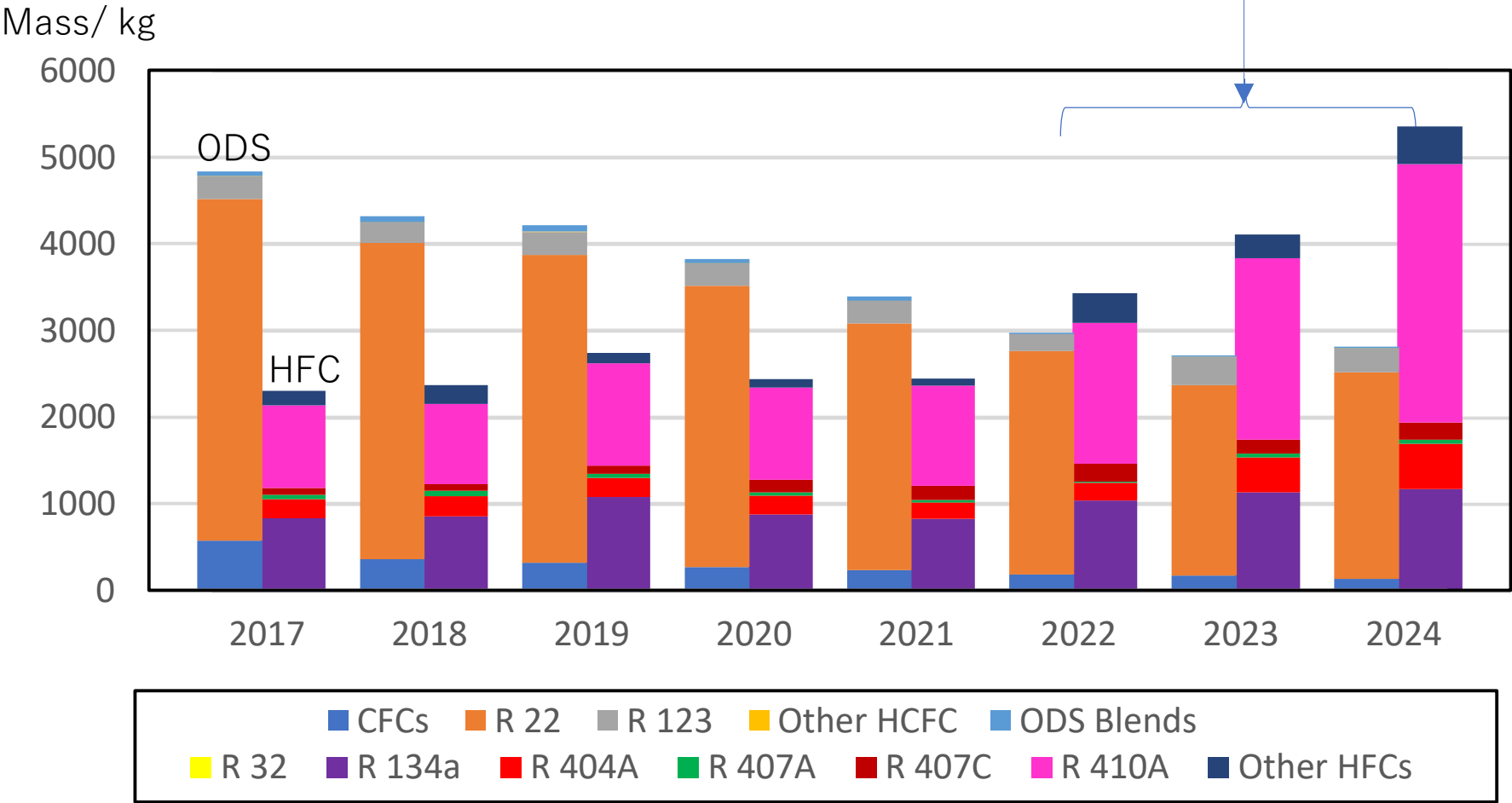
Annual HFC Consumption

2024年のHFC消費量：▲33%、基準年比60%以下を達成
(255.3 → 171.8 MMTCO₂e)



米国の再生冷媒量の推移

再生量は2022年: 3,450 t, 2023年: 4,108 t(+20%),
2024年: 5,027 t(2年で約45%増) →
再生冷媒の利用が急速拡大

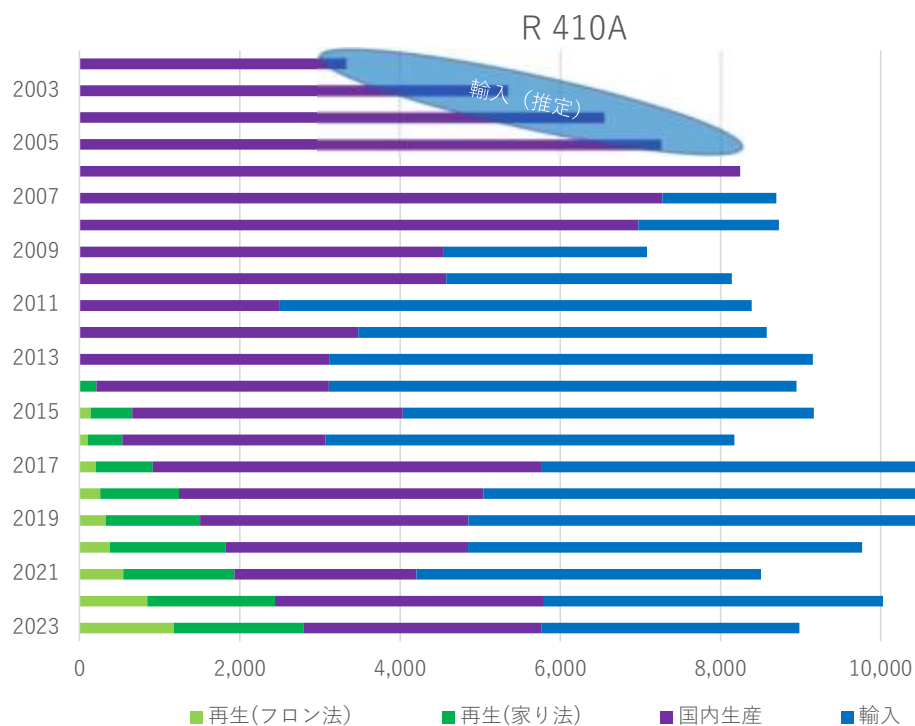


UNEPも回収
冷媒を再生す
ることによる
冷媒管理
(LRM) を推奨

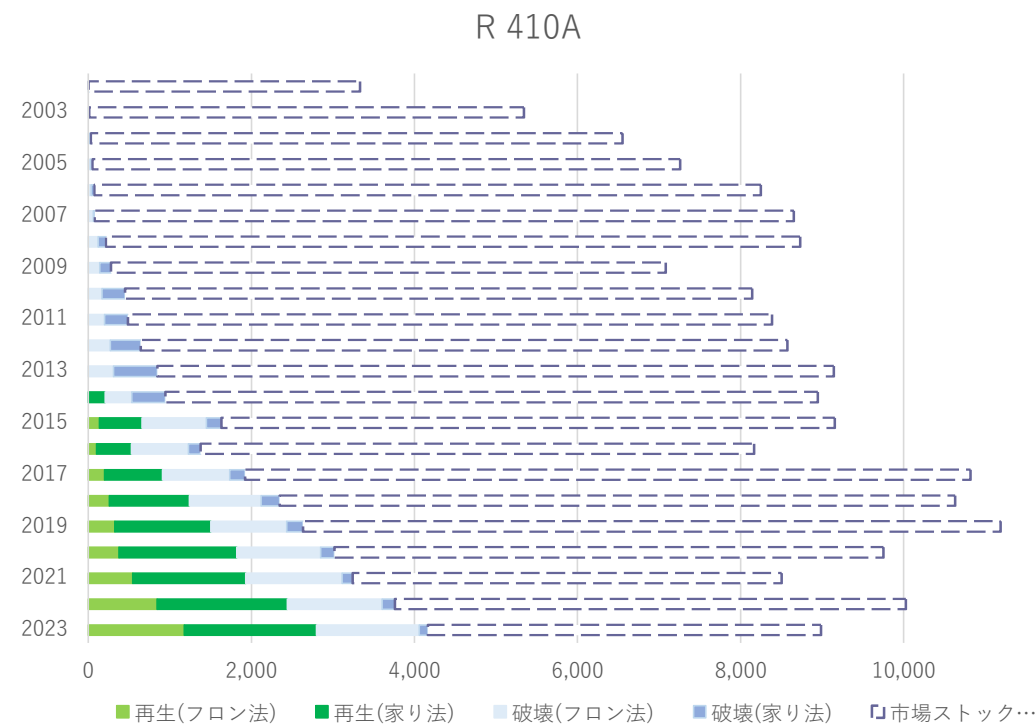
日本のマスバランス解析の例 (R 410A)

上流側：再生（フロン排出抑制法、家電リサイクル）、国産、輸入

下流側：再生（フロン排出抑制法、家電リサイクル）、破壊フロン排出抑制法、家電リサイクル）、市場ストック＋大気放出他



総量規制開始



2006年以前のR 410Aの供給量に関する情報が一部ない

日本の主なフルオロカーボンの回収率と再生率の関係

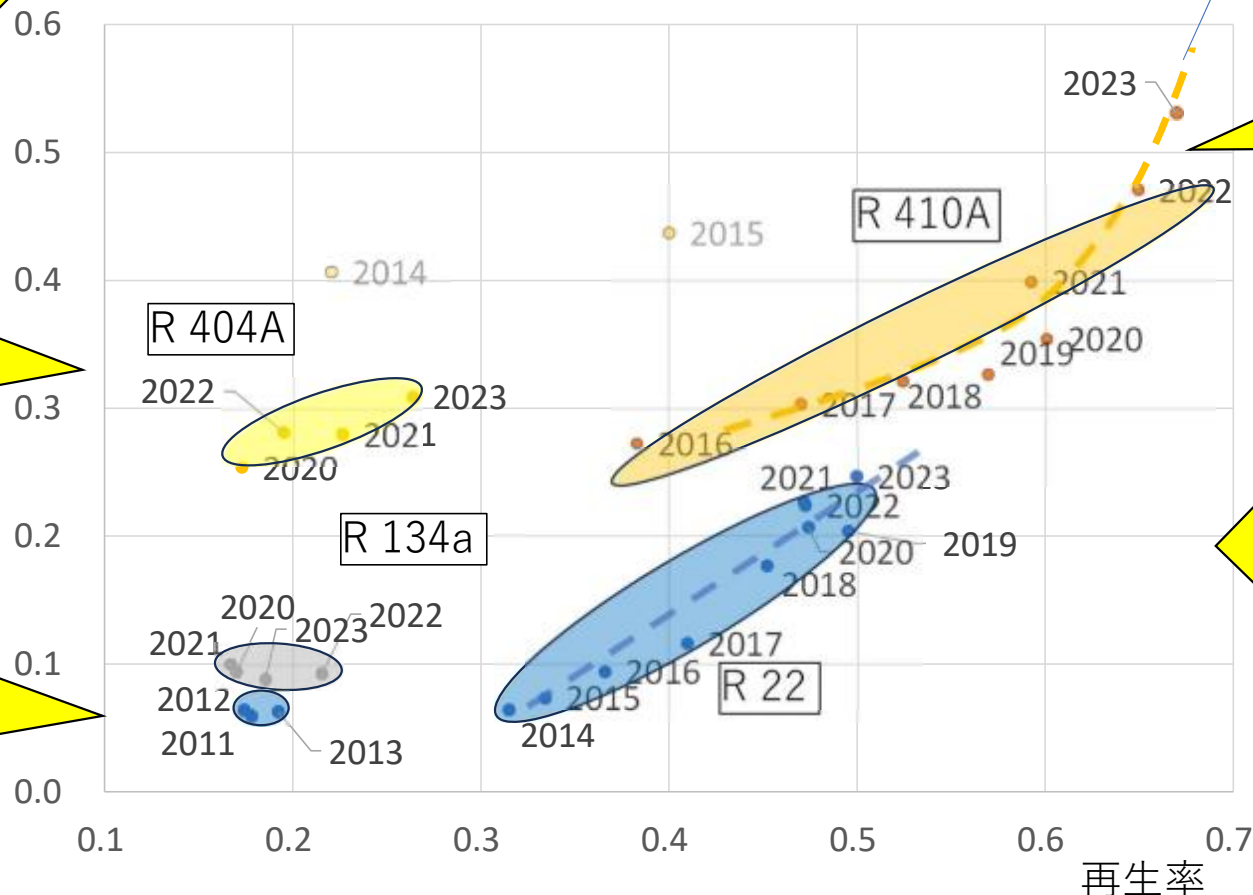
K-Plot (再生率-回収率)

回収率 (13年後[3年平均値]回収)

回収率は各冷媒の供給全量（業務用以外も含めた推定値）に基づき算出しているため参考値として扱う必要があります

R 134a, R 404A, R 410Aは各々2015, 2013, 2006年以前の供給量算出に必要な情報がないので、一部推算値使用

2014年より家電リサイクル法で回収したR 22, R 410Aを再生(業務用R 22は2003年以前から再生)



全HFCs供給質量に占める割合(2023年、[]内青字はCO₂換算量)：

R 32(プレチャージ含む)=36 [17] %, R 410A=32 [43] %, R 134a=19 [17] %, R 404A=4 [11] %

適切な回収料金と十分な回収時間の確保のための仕組み

●課金方式の選択肢(既存制度の応用が可能)

① デPOSIT方式（保証金制度）

- ・供給時に課税 → 回収時に還付（ex. オーストラリアのフロン課税）
- ・回収を行うほど還付が増え、回収インセンティブが強い ←デPOSITの認識が薄れやすい

② 購入時の回収料金徴収

- ・自動車リサイクル法（リサイクル預託金）やPCリサイクル法（マーク有無で料金体系が異なる） → 機器購入時に回収費用を確保

③ 廃棄時の回収料金徴収

- ・家電リサイクル法 → 廃棄時に確実に回収費用を負担させる仕組み

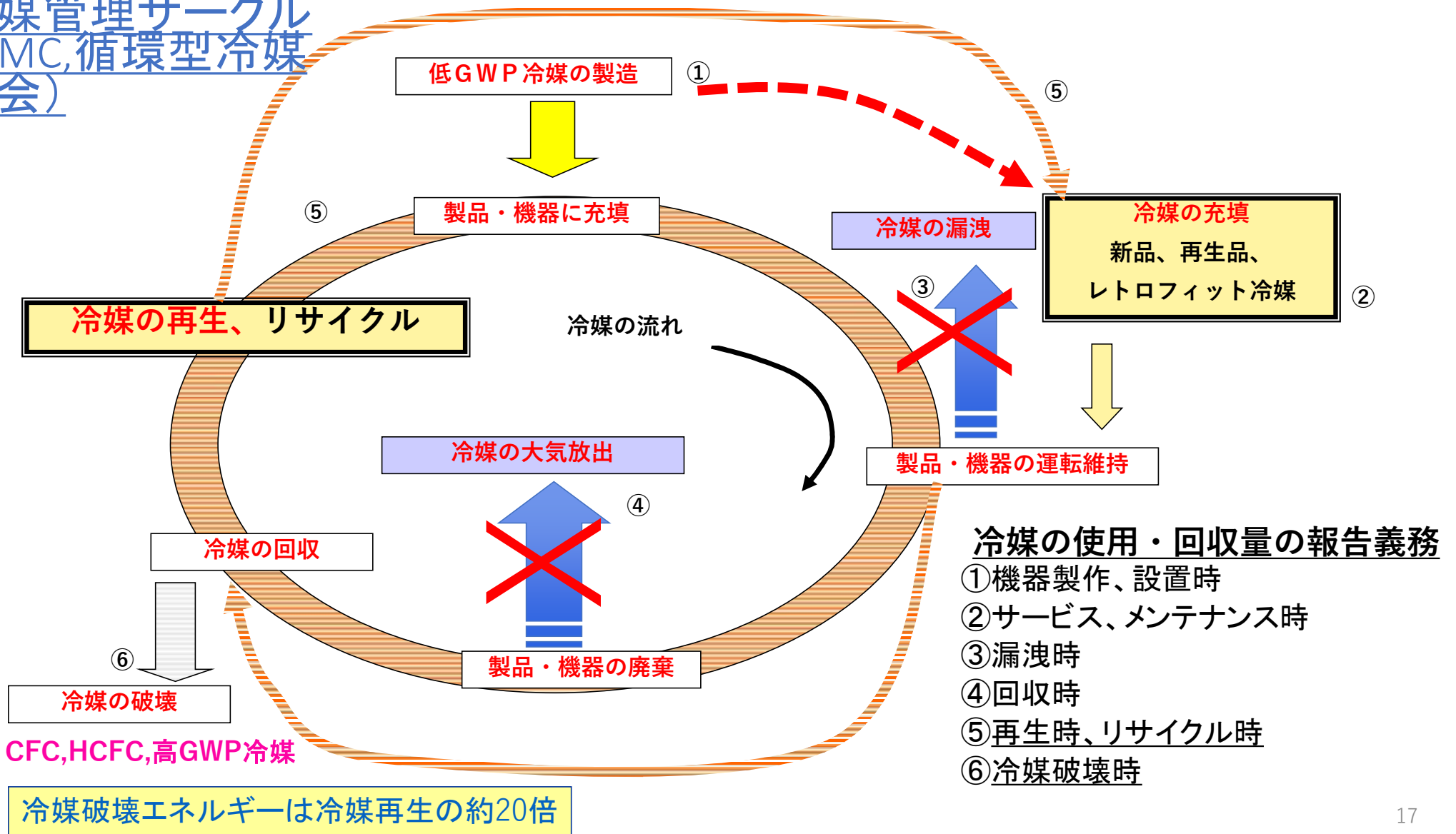
④ 事業系廃棄物の従量課金

- ・フロン排出抑制法（契約・見積もり方式） → 十分な回収費用負担で適正処理を促す

●課金方式の役割

- ・ごみの減量やリサイクルを促進する「**経済的インセンティブ**」として機能
- ・回収作業に必要な費用と時間を確保し、**回収率向上につながる**

冷媒管理サークル (RMC, 循環型冷媒 社会)



冷媒の回収率向上および回収費用の対策

● 冷媒管理のデータ化（1台ごとの情報管理、RaMS等の電子管理システム）

- ・ 製造時・設置時：機器ごとの冷媒種類・充填量を報告
- ・ 既設機器：既存設備についても同様に種類・充填量を報告
→ 冷媒の“入口”を正確に把握し、回収量の基準を明確化

● 漏えい対策の強化（IoT・AI監視システム←機器メーカー、メンテナンス会社）

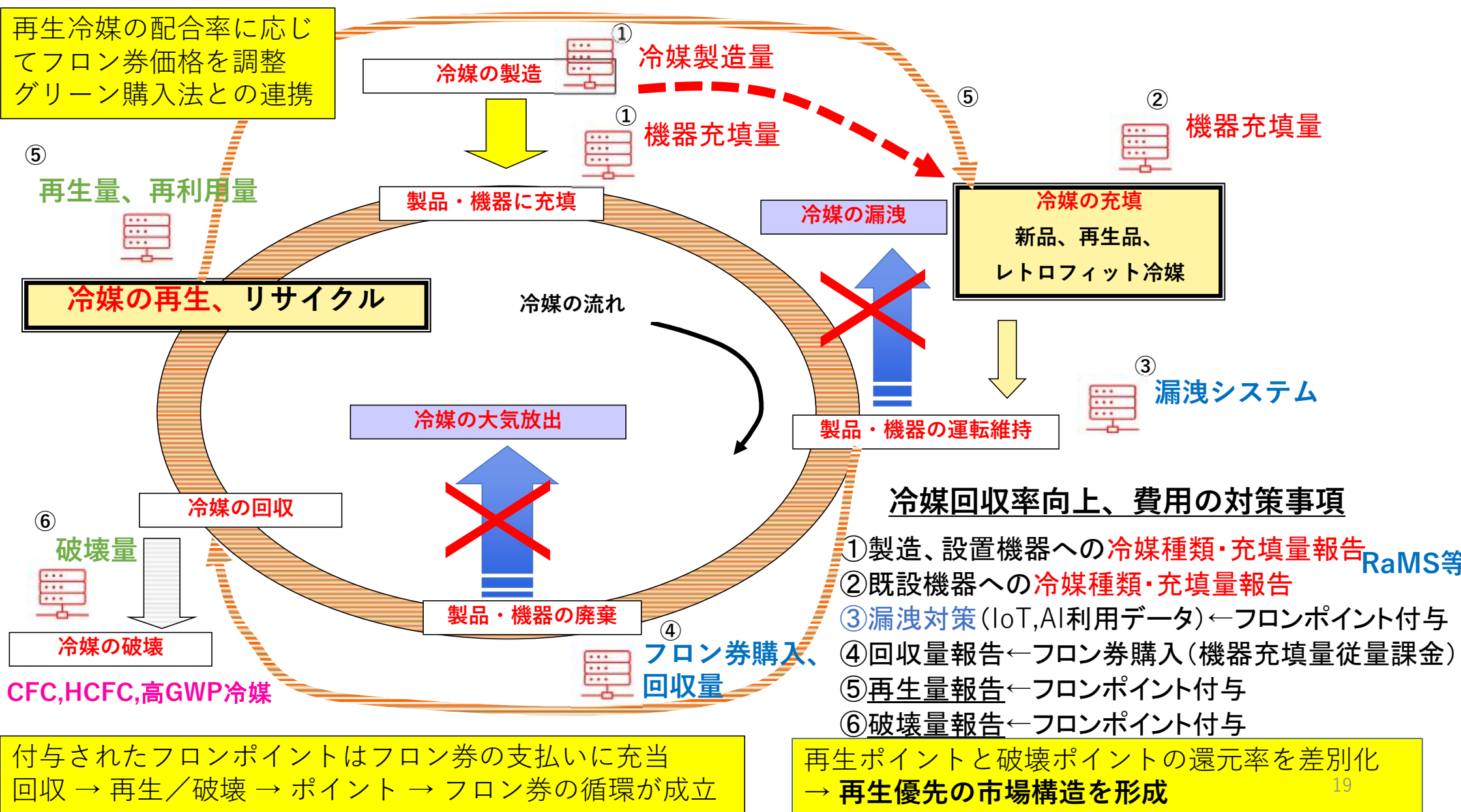
- ・ IoT／AIによる漏えい監視システムを導入
- ・ 漏えい対策の実施状況・効果をデータ化
- ・ 漏えい削減効果に応じてフロンポイント付与
→ 漏えい防止を“行動インセンティブ”として促進

● 回収量の報告と費用確保

- ・ 回収時に回収量を報告
- ・ 機器廃棄時、または報告時まで フロン券を購入（充填量に応じた従量課金）
→ 回収費用を確実に確保し、回収作業の持続性を担保

● 再生量・破壊量の報告とインセンティブ

- ・ 再生量の報告：再生量に応じてフロンポイント付与
- ・ 破壊量の報告：破壊量に応じてフロンポイント付与
→ 回収後の処理（再生・破壊）を“見える化”し、適正処理を促進



フロン券とフロンポイントの役割とメリット

● フロン券（費用確保の仕組み）

- 機器に充填された冷媒量（設置・サービス・メンテナンス時を含む）や再生冷媒の配合率等の品質（グリーン購入法と連携）に応じて価格を設定
→ 家電リサイクル法の預託金方式を参考
- フロン券で徴収した料金は、回収・再生・破壊の費用に充当可能
→ 自動車リサイクル法の仕組みと同様
- 回収費用を確実に確保し、回収作業の持続性を担保

● フロンポイント（行動インセンティブの仕組み）

- 再生量に応じてポイント付与
 - 再生量が多いほどポイント増（再利用（簡易再生）も対象）
- 破壊量に応じてポイント付与
 - フロンの種類（GWP）
 - 破壊方法（環境負荷の低い方法を優遇）
 - 破壊後のリサイクル実施
- 再生ポイントと破壊ポイントの還元率を差別化
→ 再生を優先する市場構造を形成

フロン券とフロンポイントのメリット

● フロン券 × フロンポイントの連動

- 付与されたフロンポイントは、フロン券の支払いに充当可能
→ 回収・再生・破壊を適切に行うほど、次の回収費用が軽減
- 回収 → 再生／破壊 → ポイント → フロン券
という循環型インセンティブが成立 ← 家庭用エアコンやカーエアコンにも適用でき回収率向上やみだり放出の削減可能

● メリット（制度全体の効果）

- 回収費用の確保（フロン券）
- 回収・再生・破壊の促進（フロンポイント）
- 再生優先の市場形成（ポイント還元率の差別化）
- 漏えい対策・適正処理の強化（ポイント付与条件）
- 冷媒循環の可視化とデータ管理の強化（報告制度と連動）
- 容器管理(RefCyl他)によって回収・再生された冷媒もポイント化しやすい²¹

まとめ：回収量・再生量を同時に高める“循環型冷媒管理モデル”

● 日本の課題

- ・回収率が伸びない（費用不足・時間不足・インセンティブ不足）
- ・再生冷媒の市場価値が十分に形成されない
- ・冷媒・容器・作業のデータが分断され、循環が見えない

● 提案する新しい仕組み（制度 × データ × インセンティブ）

- ・フロン券（費用確保）
 - ・充填量・品質に応じた従量課金
 - ・回収・再生・破壊費用に充当
- ・フロンポイント（行動インセンティブ）
 - ・回収・再生・破壊・漏えい対策に応じて付与
 - ・フロン券支払いに充当可能
- ・データ管理（RaMS, RefCyl等）
- ・充填 → 使用 → 回収 → 再生／破壊 の一元管理
- ・トレーサビリティ強化と循環の可視化

まとめ：回収量・再生量を同時に高める“循環型冷媒管理モデル”

● 期待される効果

- 回収費用の安定確保
- 回収・再生の大幅な増加
- 漏えい削減と適正処理の促進
- 再生冷媒の市場価値向上（再生優先の市場構造）
- 循環型モデルの確立（欧米と同等レベル）

- ① 費用確保（フロン券）
- ② 行動インセンティブ（フロンポイント）
- ③ データ管理（RaMS・RefCyl）

● 結論：制度とインセンティブで“循環”をつくる

- フロン券（費用）
- フロンポイント（動機）
- データ管理（可視化）