



ATMO Summit

Business Case for
Natural Refrigerants

27/06/2022 — Tokyo
28/06/2022 — Online

自然冷媒を用いた冷凍空調機器の 動向と今後の展望について

2022年6月27日

早稲田大学

リサーチイノベーションセンター

松田 憲兒

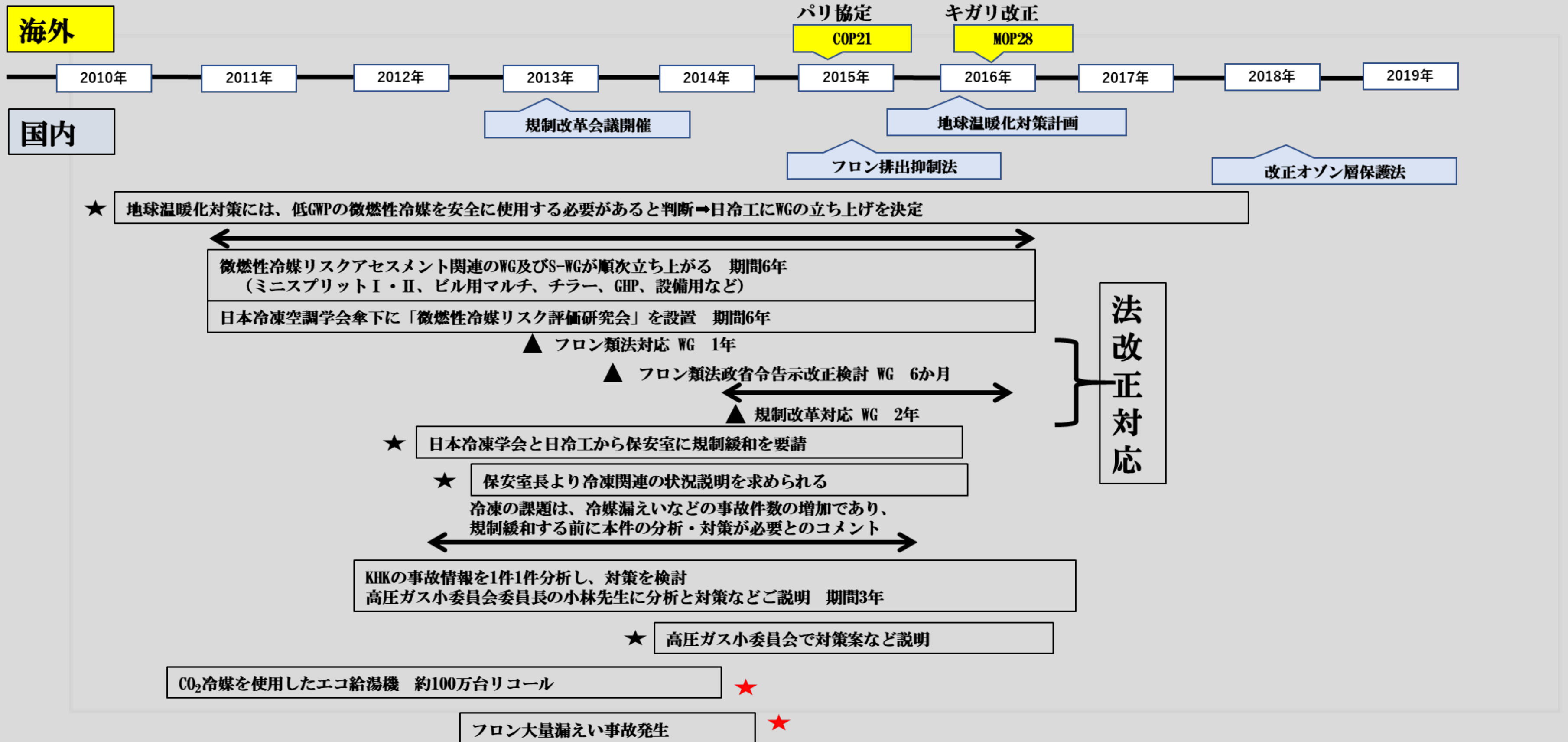
0. 目次

1. **2014年**の講演概要
2. 冷媒の規制の歴史
3. 冷媒用途マップ
4. 製品別冷媒転換の流れ
5. 自然冷媒の製造法
6. **2050年CN**のために必要なこととは？

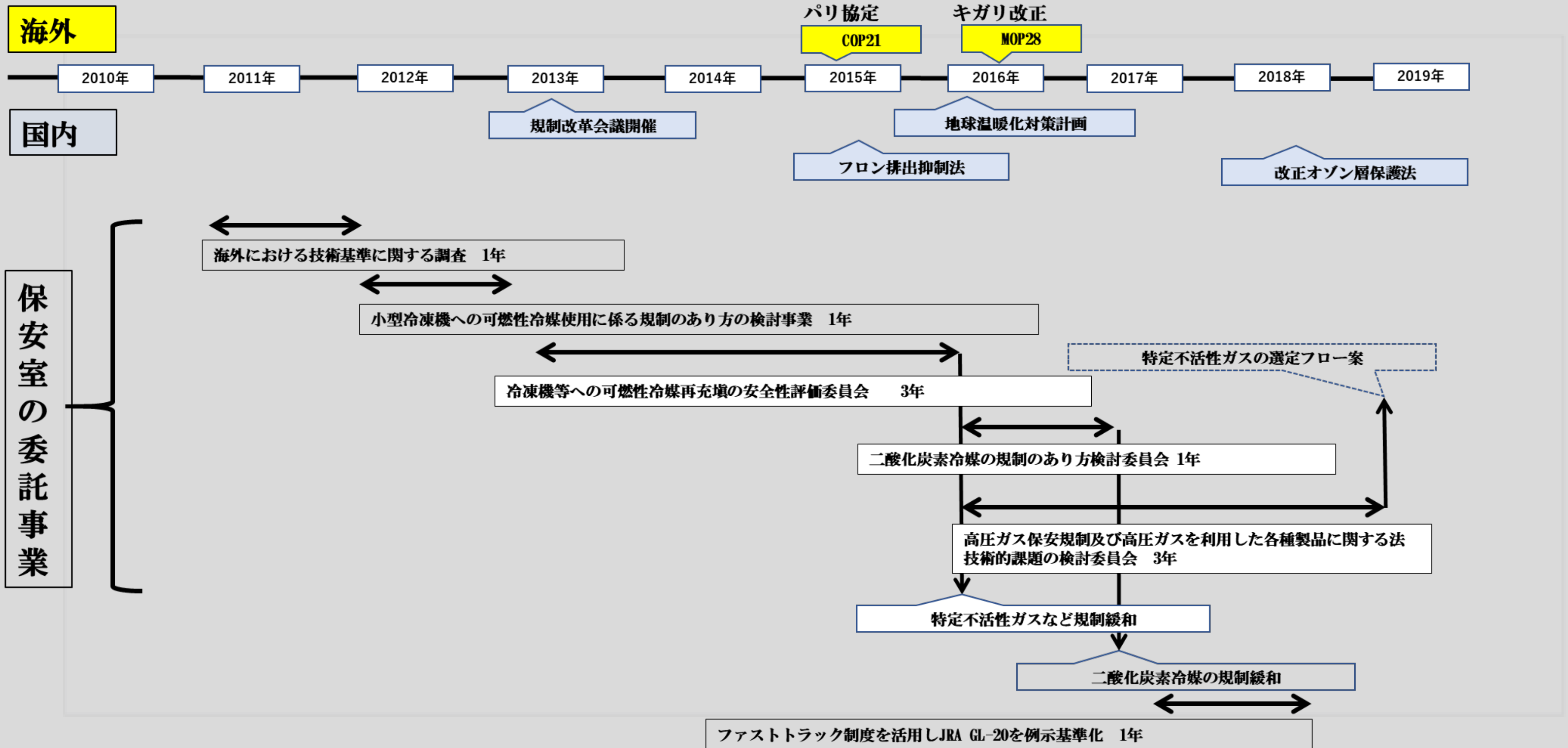
1. 前回2014年2月の講演の概要

1. 日本企業のシェアは**30%**前後あり、日本企業の動向は世界的にも影響力が大。
 2. トップランナー制度のもと、日本企業は高性能・高効率の冷凍空調機器を市場投入。
日本冷凍空調工業会の検定制度により、機器の高性能化・高効率化を保証。
 3. 日本企業は**S + 3 E**の基本コンセプトで冷媒を選定。
S = Safety
3 E = Environment Performance, Energy Efficient, Economic Feasibility
 4. **CFC**→**HCFC**→**HFC**の冷媒転換の際に、自然冷媒に関し多く研究がされた。
2000年頃の自然冷媒に関する特許件数はフロンに関する特許件数を上回った。
 5. 自然冷媒を使用した製品も徐々に上市されてきた。
 6. オールマイティの冷媒は無い。
自然冷媒の特性のメリットとデメリットを理解し、適材適所で冷媒を選定すべき。
- ➡製品別に適正な冷媒選定が行われることで、市場で使われる冷媒の多様化が進む。
性能向上や安全確保のため、機器やシステムは機能の多様化と複雑化が増す。

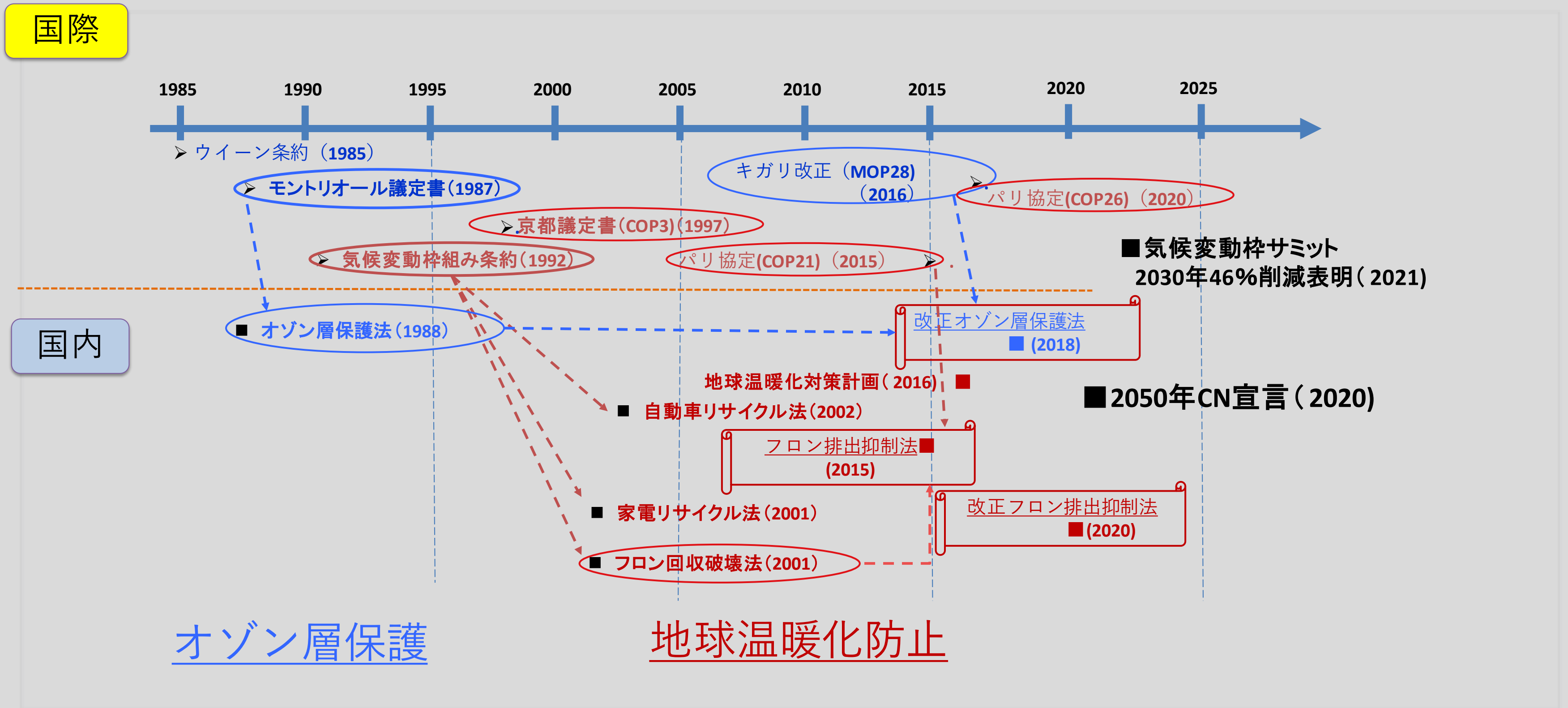
2. 冷媒の規制の歴史（規制緩和に向けた流れ1/2）



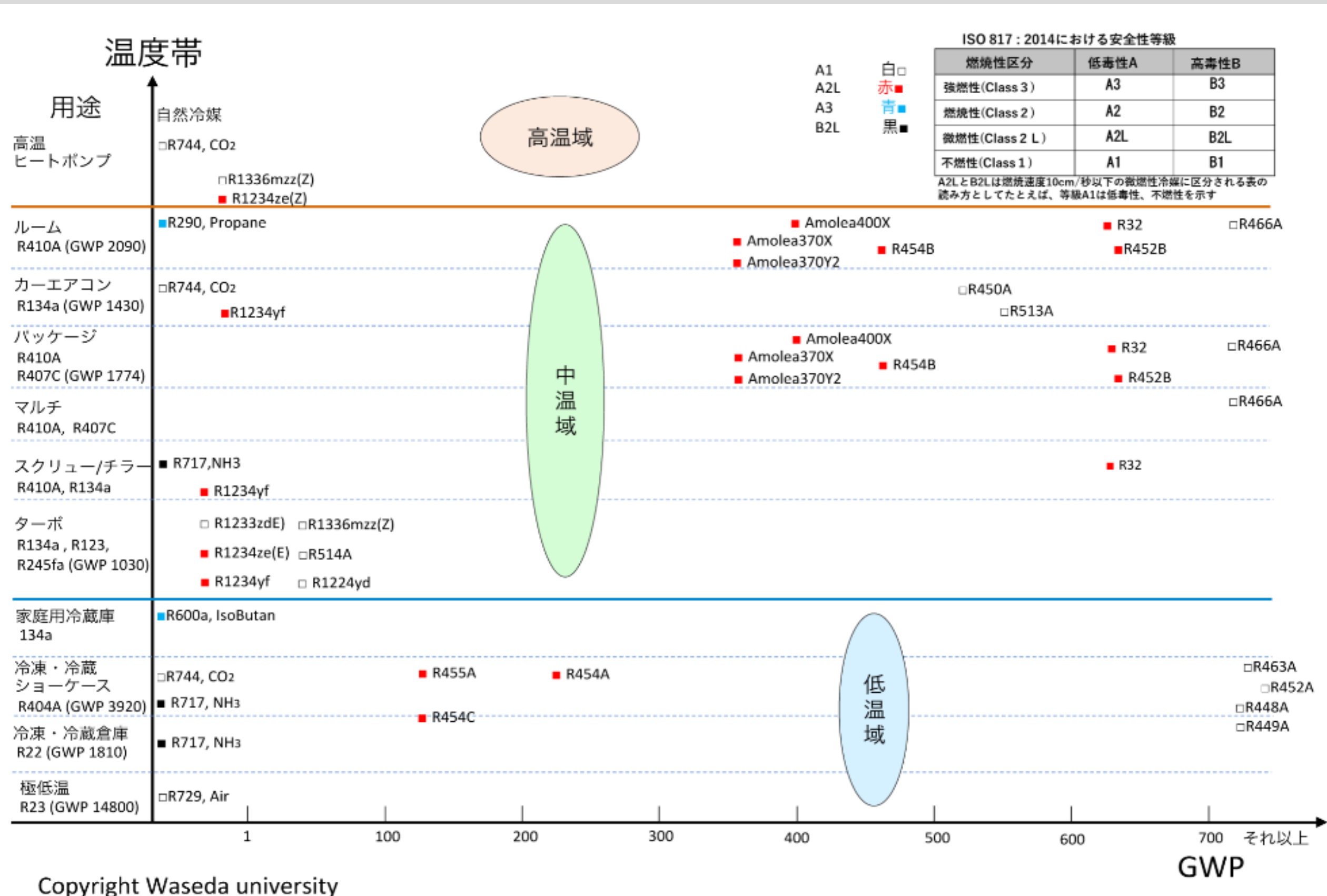
2. 冷媒の規制の歴史（規制緩和に向けた流れ2/2）



2. 冷媒の規制の歴史（国際条約・協定等と国内法）



3. 冷媒用途マップ



出典URL: W-refrigeration.com
https://w-refrigerant.com/tech_documents/%e5%86%b7%e5%aa%92%e7%94%a8%e9%80%94%e3%83%9e%e3%83%83%e3%83%97/



4. 製品別の冷媒転換の流れ

注意：
 () GWP値 参考値
 IPCC4次基本に試算

製品	冷媒転換の流れ（推定） 2022年7月現在
ビル用マルチエアコン (GHP, 業務用エアコンなど含む)	R410A (2088) ⇒ (R32 (675) ,R466A (733) ??) ⇒ (??)
店舗用エアコン	R410A (2088) ⇒ (R32 (675)) ⇒ (??)
ルームエアコン	R410A (2088) ⇒ R32 (675) ⇒ (R454C (148) ,HC系冷媒??)
チラーエアコン	R410A (2088) ,R407C (1774) ,R404A (3922) ,R134a (1430) ⇒ ((R32 (675) ,R466A (733) ??) ⇒ (??)
輸送用冷凍冷蔵ユニット	R404A (3922) ⇒ (R452A (2140)) ⇒ (??) R134a (1430) ⇒ (??)
産業用冷凍冷蔵機器	R404A (3922) , R410A (2088) , R134a (1430) ⇒ (CO ₂ 、 NH ₃ 、 CO ₂ /NH ₃ 、 空気??)
別置型業務用冷凍冷蔵ユニット	R404A (3922) ⇒R410A (2088) ⇒ (R448A (1387) ,R449A (1396) ,R407H (1495) ,R463A (1494) ?) ⇒ (??)
コンデンシングユニット	CO ₂ (1)
一体型業務用冷凍冷蔵機器	R404A (3922) , R410A (2088) , R134a (1430) ⇒ (HF0系冷媒,HC系冷媒??) R600a (3) ,CO ₂ (1)
業務用給湯機	R410A (2088) ⇒ (R454C (148)) ⇒ (??) CO ₂ (1) , (HC系冷媒??)
家庭用給湯機	R32 (675) / CO ₂ (1) , (HC系冷媒??)
ターボ冷凍機	低圧 R245fa (1030) ⇒ (R1233zd (E) (5)) ,R1224yd (Z) (1) ,R514A (7)) 高圧 R134a (1430) ⇒ (R1234ze (E) (6) ,R1234yf (4))
カーエアコン	R134a (1430) ⇒ (R1234yf (4)) ⇒ (CO ₂ (1) ,HC系冷媒) ,D1V-140??)
自動販売機	R404A (3922) ,R134a (1430) ⇒R600a (3) ,CO ₂ (1) , R1234yf (4)
家庭用冷蔵庫	R600a (3)

4. 製品別の冷媒転換の流れ（各社の使用する自然冷媒）

	CO ₂	NH3	HC系	空気	H ₂ O
パナソニック	○				
前川製作所	○	○	○	○	○
三菱重工冷熱 及び 三菱重工サーマルシステムズ	○	○		○ (N ₂)	
日本熱源システム	○	○	(○)		
長谷川鉄工	○	○			
ダイキン工業 及び ダイキンアプライドシステム	○		○		
川崎重工					○
三菱電機冷熱応用システム及び 三菱電機	○		○		

（○）：日本熱源システムはHC系冷媒を使用したFreor（フレオ）社の冷凍機内蔵型プラグインショーケースの製品を輸入販売。

4. 製品別の冷媒転換の流れ（高性能化技術の一例）

二酸化炭素（含むアンモニア）

- ・ 2段圧縮
 - ・ ・ 三菱重工サーマルシステムズのスクロータリー圧縮機
 - ・ ・ パナソニックのロータリー二段圧縮機
- ・ 二酸化炭素を熱輸送媒体として活用
 - ・ ・ 三菱重工冷熱のCO₂/NH₃二次冷媒自然循環システム
 - ・ ・ 前川製作所のNH₃/CO₂ブライン冷凍システム
- ・ インジェクションの利用
 - ・ ・ 三菱重工サーマルシステムズのCO₂冷凍冷蔵コンデンシングユニット
- ・ 圧縮機の耐久性・信頼性確保
 - ・ ・ 三菱重工サーマルシステムズの複数圧縮機 機間の均油制御
- ・ 高外気温対策
 - ・ ・ 日本熱源システムのガスクーラコイルへの水噴霧

空気

- ・ 膨張機で発生する断熱膨張仕事をモータを介し圧縮機の補助動力として回収。
 - ・ ・ 前川製作所の空気冷凍システム（膨張機一体型ターボ圧縮機）
 - ・ ・ 三菱重工冷熱の空気冷媒（N₂）大容量型ブライン冷凍機（磁器軸受採用）

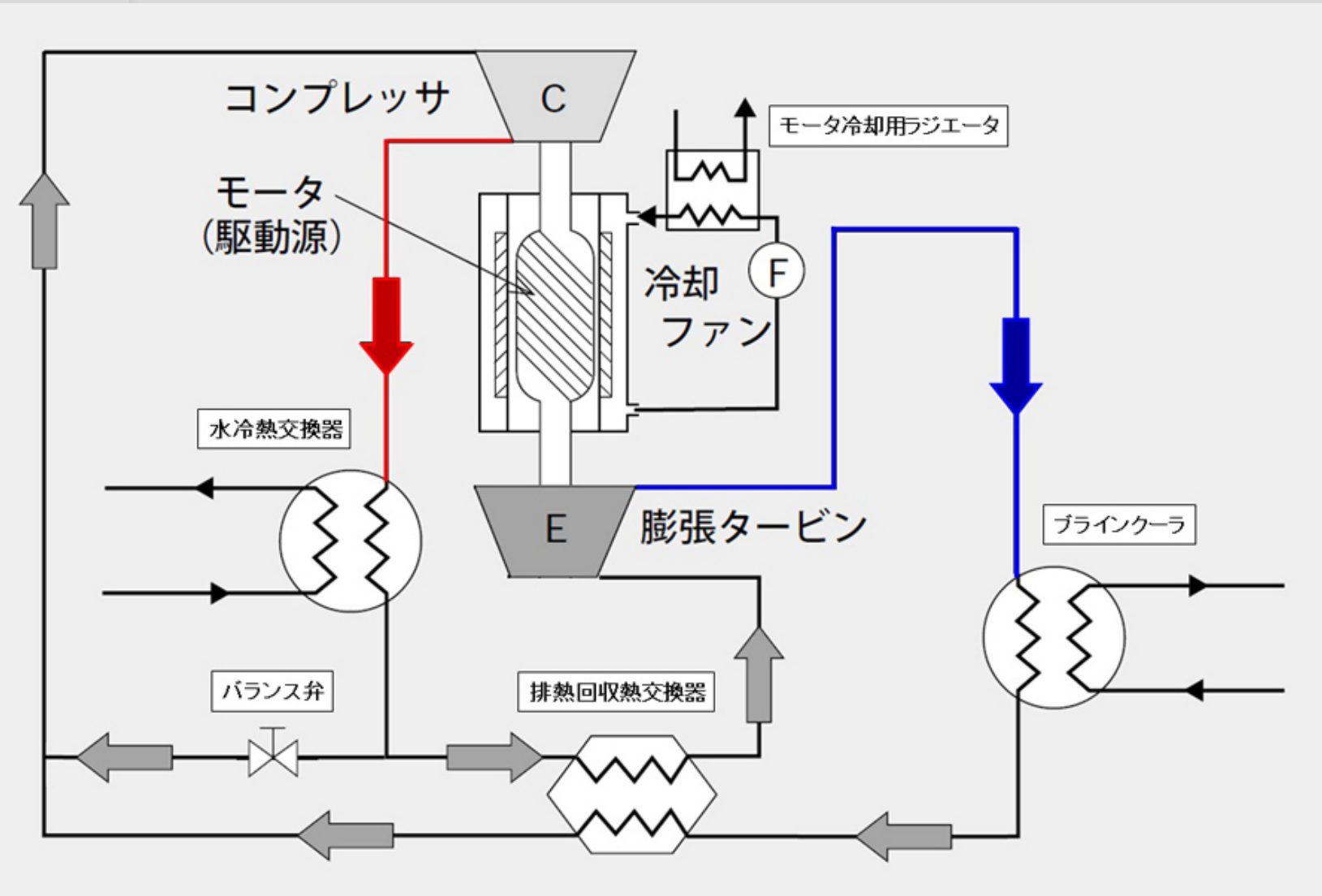
水

- ・ 蒸発器の圧力を約100分の1気圧に下げて冷媒の水を6℃で蒸発しパイプの中の水を7℃まで冷却。
この冷水で作られた冷風を、冷房として活用。
蒸発した冷媒は圧縮機で20分の1気圧まで昇圧され、凝縮器内で30℃の冷却水で凝縮されて液体に戻る。
 - ・ ・ 川崎重工の水冷媒ターボ冷凍機

4. 製品別の冷媒転換の流れ（N₂ブライン冷凍機の一例）

三菱重工冷熱、窒素（N₂）冷媒採用の極低温対応・大容量型ブライン冷凍機を開発
ケミカルプロセス分野に納入、極低温市場の環境負荷低減に寄与

- ◆ 独自技術を用いた空気冷媒サイクルにより、業界トップクラスの極低温（マイナス45℃～マイナス100℃）を実現
- ◆ 環境や人体に安全なノンフロン冷媒（窒素N₂）の採用で地球温暖化を抑制、フロン排出抑制法の義務点検も不要に
- ◆ 膨張エネルギーの動力利用やインバーターの採用で低ランニングコストを実現



特徴：

- ・ 空気が膨張冷却する際のエネルギーを回収し動力に活用。
- ・ インバーター制御による省エネ化と運転の安定化も実現。
- ・ 圧縮・膨張機は、磁気軸受の採用で潤滑油が不要。かつ寿命が半永久的。保守・運用の面での負荷軽減。

空気冷媒（N₂）大容量型ブライン冷凍機 ユニット内システムフロー図

4. 製品別の冷媒転換の流れ (R290ショーケースの一例)



2021年6月14日

幅広い低温機器で店舗ソリューション事業の強化とコールドチェーン全体での価値提供をめざす
省エネ性・環境性に優れた冷凍プラグインショーケースを国内で販売開始

冷凍プラグインショーケースを、
2021年6月15日より順次国内で販売。



- 特徴：
- ・スライドガラス扉の装備、インバータ圧縮機を採用し、年間消費電力量低減。
 - ・冷凍ユニット内蔵のプラグイン型で、排水を自然蒸発させる構造。
冷媒・ドレン配管工事が不要。
短期間で設置可能で自由なレイアウト変更も実現。

出典：ダイキン工業株式会社 ニュースリリースより

R290 対応多用途冷却装置用凝縮器ユニット (MJA 形)
三菱電機冷熱応用システム株式会社
三菱電機株式会社

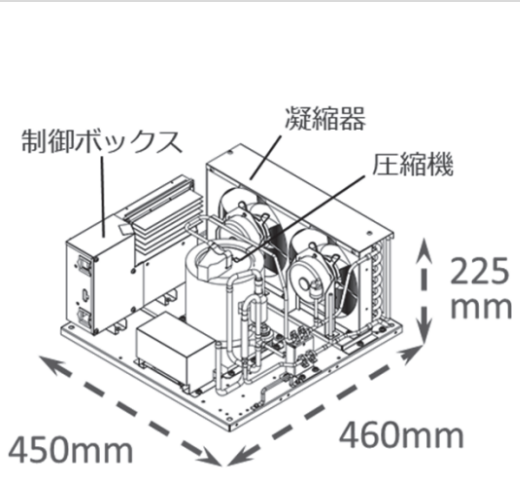


図1 凝縮器ユニット (MJA 形)

表1 凝縮器ユニット (MJA 形) 仕様表

形名	MJA-E04形	MJA-E06形
用途	産業用冷凍・冷蔵機器凝縮器ユニット	
呼称出力	400W	550W
冷媒	R290 (ユニット搭載時上限冷媒量150g)	
電源	1Φ-100V 50/60Hz	
据付条件	屋内設置、周囲温度 5~30℃	
圧縮機	CPB 形 DC インバータ ツインロータリー圧縮機	
運転周波数	30~75(Hz)	
冷凍能力(注1)	1041W	1234W
入力(注1)	574W	723W
COP(注1)	1.81	1.71
冷凍機油	ポリアルキレングリコール油	
凝縮器熱交換器	プレートフィンチューブ	
凝縮器送風機形式	DCインバータ	
製品外形寸法	(奥行×巾×高さ) 450×460×225(mm)	
製品質量	18kg	

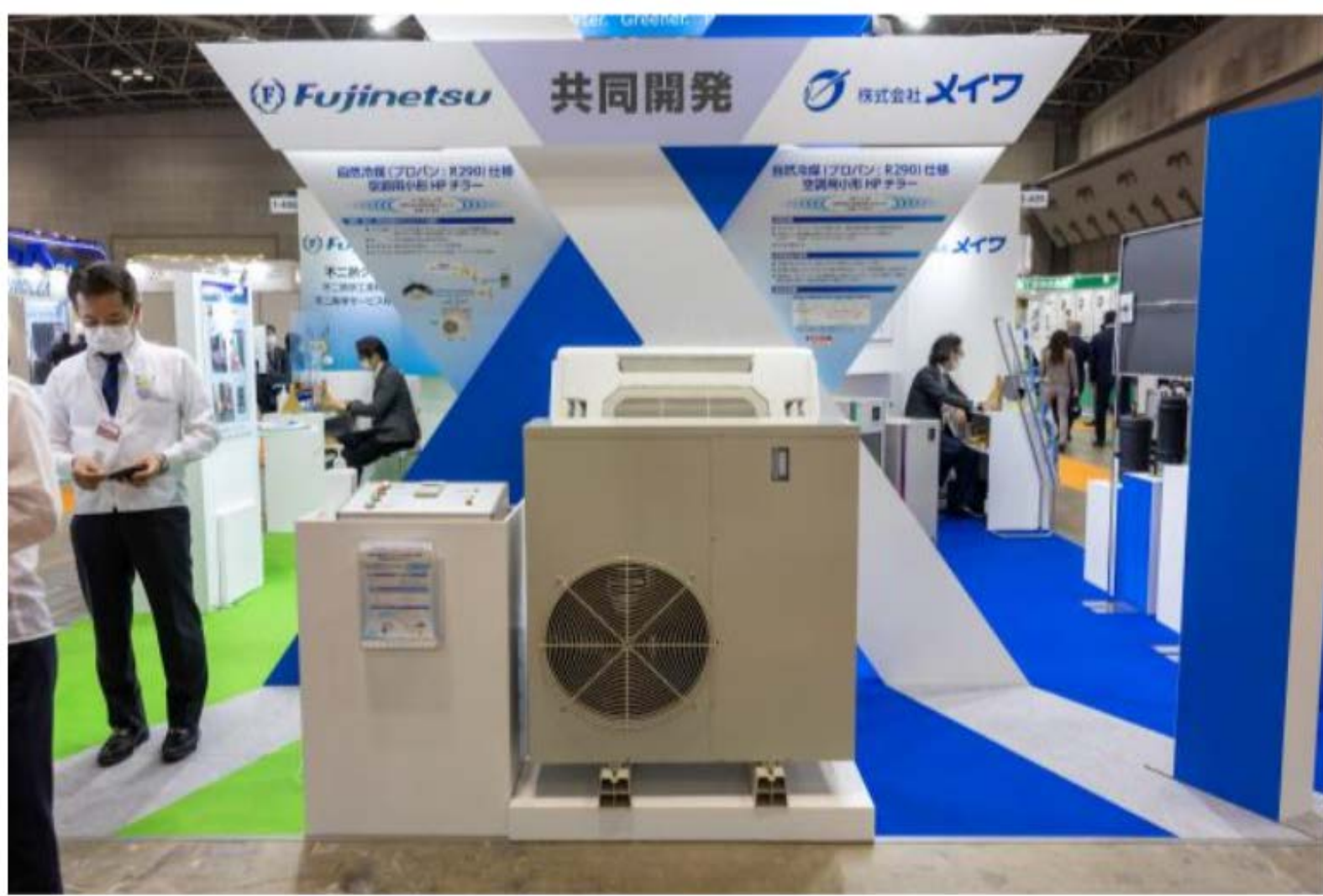
表2 省エネ比較 (当社従来機 (CO₂) 比較)

内蔵ショーケース形名	BC-AF2014RGV	BC-AF3014RGV	BC-AF2014RF	BC-AF3014RF
冷却器内容積(L)	189	265	189	265
製品巾寸法(mm)	650	900	650	900
搭載凝縮器ユニット	MJA-E06形		専用機	
冷媒	R290 (プロパン)		R744 (CO ₂)	
年間消費電力量 (kWh/年) 注1	3659 (区分2A)	3690 (区分2A)	8912 (区分2A)	13361 (区分2A)
消費電力削減率 注2	59%	72%	-	-
CO ₂ 削減量(kg-CO ₂ /年) 注3	2427	4468	-	-

出典：三菱電機株式会社 ニュースリリースより

4. 製品別の冷媒転換の流れ（R290空調用チラーの一例）

「HVAC&R JAPAN 2022」にて不二熱学グループと株式会社メイワが
R290採用の空調用小形HPチラー（冷房**4.5kW**、暖房能力**5.0kW**）を展示



2024年4月発売を目標。
制御テストやフィールドテストを実施予定。

今後の課題：

- ・ COPの向上
- ・ 負荷変動及びデフロスト運転への対応
- ・ 冷媒漏えい時の安全装置の動作確認
- ・ コスト低減
- ・ 施工、保守点検を行える運用体制の整備

出典：ACCELERATE JAPAN 2022より

5. 自然冷媒の製造方法

・プロパン

(1) 気体の天然ガスから融点の差を利用してプロパンとブタンを分離。

(2) 石油精製過程にてガソリンや灯油の副生成物として得る。

日本はプロパン消費量の約4分の3をサウジアラビアなどの中東地域を中心に輸入。

国産プロパンは主に石油の分留で得ている。

・アンモニア

(1) ほとんどがハーバー・ボッシュ法（HB法）で製造。

窒素と水素を、高温（400～650度）、高圧（200～400気圧）で酸化鉄触媒とともに反応。

大量のエネルギーが必要で水素を化石燃料から作る際に大量の温室効果ガス（二酸化炭素）を出す。

(注目) 2019年4月25日プレス発表：東京大学の西林教授率いるチームは、原料に化石燃料由来の水素を使わず、水と窒素からアンモニアを合成する方法を開発。大量生産までにはまだ課題が残っているが、このような研究開発をしていくことが重要になる。（2021年～2028年の8年間のNEDO研究開始）

・二酸化炭素

(1) 工業原料に利用される炭酸ガスは、石油化学プラントなどから排出されたものを回収し、洗浄・精製を繰り返すことで生産。

(2) アンモニアを製造する際の副産物として得る。

(3) 実験室レベル：石灰石に薄い塩酸を加えるか、炭酸水素ナトリウムを加熱することで発生。

なお、清涼飲料水で使用する炭酸ガスも石油由来のものを回収して使用。

冷媒の製造時にもカーボンニュートラルを意識した研究開発など必要になる！！

6. 2050年CNのために必要なこと？

- ➡ 1. 冷媒漏えいを起こさない起こさせない仕組みづくり
(Society5.0の実践：AIやIOTのフル活用で機器の長寿命化や省エネにも繋がる。)
 - 製造・施工・メンテナンス・点検・分解再利用・廃棄までの機器・冷媒の一元管理
 - 使用時漏えい防止のための常時監視（遠隔監視など）の高度化
(機器異常の事前予知や機器状態連携管理など)
 - 工場一貫製造による現地冷媒配管接続などの施工不要や漏えい防止構造
(一体型やチラータイプ、フレアレス化)
- ➡ 2. サーキュラーエコノミーによる冷媒だけでなく金属やプラスチック素材の有効活用
- ➡ 3. 1. 2. によるコスト・経費の増加だけでなく、可燃性冷媒や毒性冷媒及び高圧作動の冷媒など自然冷媒でも安全対策とその維持管理は、機器のコストアップと必要経費の増大が大きな課題になる。
普及促進のための新たなビジネスモデルの構築
 - 初期投資の低減と日々の機器・冷媒管理の充実のための機器のレンタル・リース契約やサブスクなど



ATMO Summit

Business Case for
Natural Refrigerants

27/06/2022 — Tokyo
28/06/2022 — Online

ご清聴ありがとうございました。

