

# 空調・冷凍業界に於ける 次世代低GWP・ノンフロン冷媒動向

2017年4月



環境エネルギーネットワーク21  
理事長 岸本哲郎

本資料中のデータ等に関しては正確を期していますが、  
そのすべてを保証するものではありません

# 内容

- 1 冷凍空調と冷媒の歴史
- 2 フロン対策の経緯
- 3 低GWP冷媒、ノンフロン冷媒の開発
- 4 高圧ガス保安法の改正とフロン排出抑制法
- 5 次世代冷媒の動向
- 6 地球環境を守るために

# 冷凍・空調と冷媒の歴史

年代	世界の出来事	空調の歴史	業界の出来事
古代		天然氷 天然雪 水の蒸発潜熱利用	
1607年		ガリレオ アルコール温度計	
1724年		ファーレンハイト華氏温度計	
1765年	蒸気機関の発明		
1776年	アメリカ独立宣言		
1777年		ジェラルド・ネーアン 濃硫酸の水吸収を発見	
1789年	フランス革命		
1792年		セルシウス 摂氏温度計	
1824年		カルノー冷凍理論 (仏)	
1834年		パーキンス エチルアルコール圧縮式冷凍機(英) ペルチェ 熱電冷却発見(仏)	
1842年		マイヤーとプレスコット熱力学第2法則発見	
1852年		トムソン(ケルビン卿) ヒートポンプ原理発見(英)	
1856年		ハリソン エーテル式冷凍機発明(豪)	
1860年		カレ アンモニア吸収式冷凍機 (仏)	
1866年		ローエ CO <sub>2</sub> 冷凍機(米)	
1867年	明治維新		
1872年		デビッドボイル NH <sub>3</sub> 圧縮冷凍機開発(米)	
1874年		リンデ アンモニア冷凍機(独)	
1902年		キャリア 冷却減湿法発見(米)	



サディ・カルノー

1904年	日露戦争	モリエール線図発表(独)
1911年		空気線図発表
1914年	第一次世界大戦	
1919年		長谷川鉄工、山陽鉄工所 NH3冷凍機開発
1921年		ターボ冷凍機開発(米)
1922年		ムンターズNH <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> 吸収式家庭用冷蔵庫開発(典)
1923年	関東大地震	
1929年	世界恐慌	
1930年		
1932年		
1934年		兵庫県朝日新聞社社主村山邸の住宅に、アンモニア冷凍機により日本で最初のヒートポンプによる冷暖房設備が完成 冷凍機の開発開始 南満州鉄道の特急[あじあ]号に冷暖房装置を設置
1935年		<b>ダイキン工業 フロン生産開始</b>
1936年		東洋キャリア パッケージエアコン開発
1937年		世界最大規模で最初のヒートポンプ式全館冷暖房装置が京都電燈本社(現関西電力京都支店)に設置
1939年	第2次世界大戦	
1941年		荏原製作所と日立製作所が戦艦大和、武蔵に150,000kcal/hのターボ冷凍機を各4台納入。
1942年		<b>日本でのフロンの本格製造開始</b>
1945年	太平洋戦争終結	キャリア LiBr吸収冷凍機開発
1949年		日本冷凍機製造協会設立
1951年		PACエアコン生産開始
1955年		第1回国産冷凍機展開催
1958年		ヒートポンプ商品化
1966年		自動車製造 2重効用吸収式開発
1967年	EC結成	
1968年		前川製作所 スクリュー冷凍機開発
1969年		(社)日本冷凍空調工業会改称



京都電燈本社ビル  
写真提供(株)銭高組



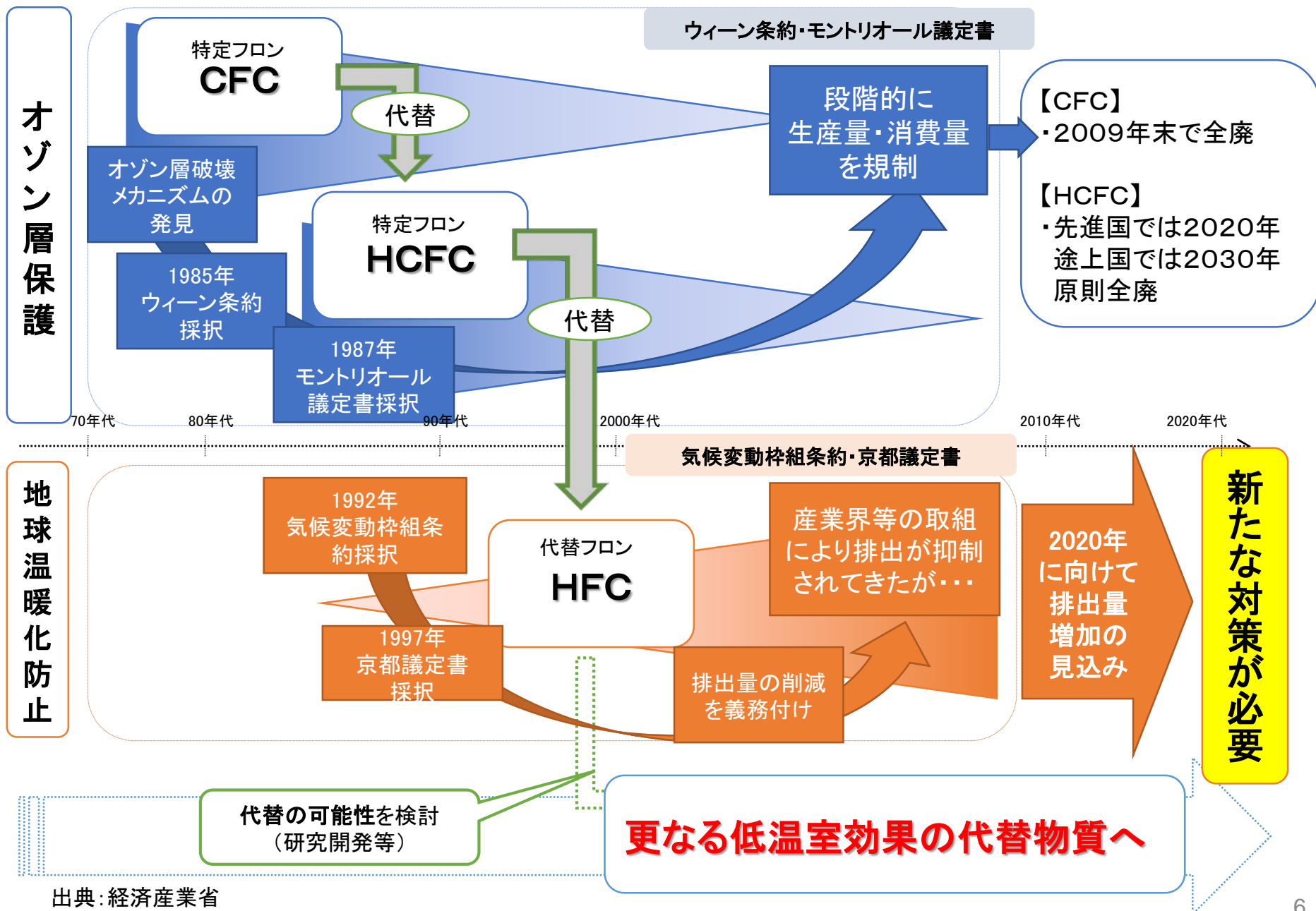
あじあ号



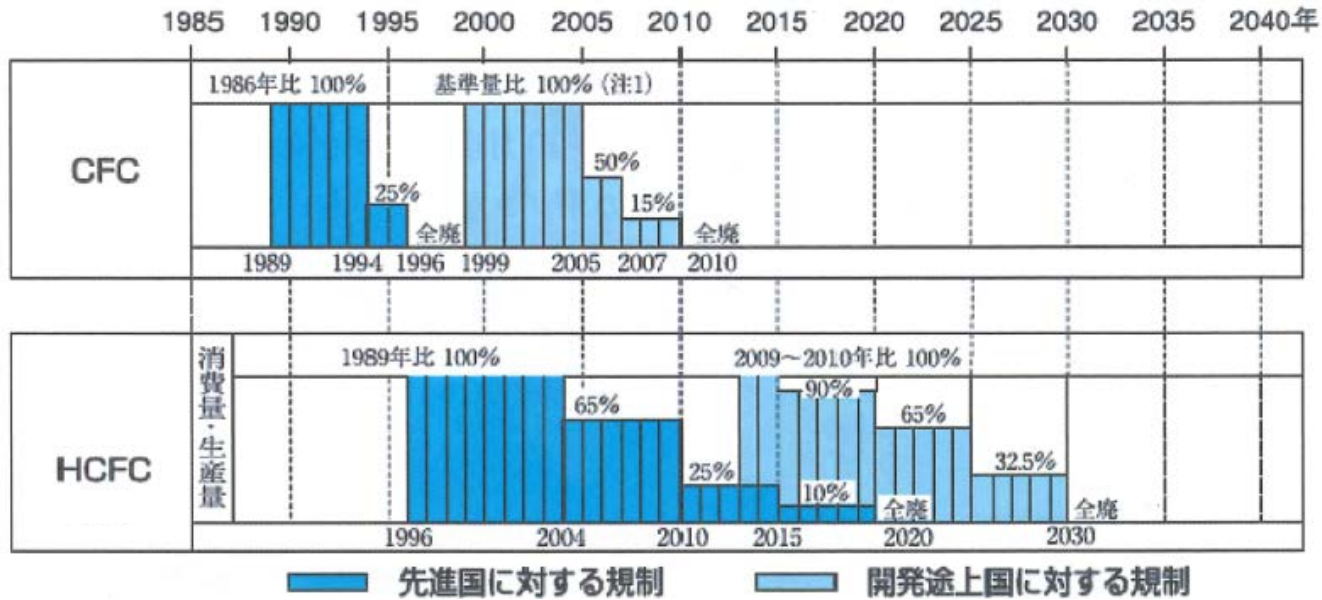
戦艦大和

1970年			大阪万博開催 初の地域冷房
1971年	ニクソン・ドル防衛政策		
1972年	日中国交正常化		
1974年		フロンによるオゾン層破壊説 (カリフォルニア大学ローランド教授/モリーナ博士)	
1973年	第1次石油危機		
1978年	第2次石油危機		機器性能検定所開設(試験センター) 省エネルギー技術開発推進
1980年	イラン・イラク戦争	東芝 インバータ・エアコン開発	
1981年			生産金額 1兆3000億円に 小型ガス冷房技術研究組合発足
1982年		ダイキン ビル用マルチ・エアコン開発	
1985年		ガスエンジンヒートポンプ開発 オゾン層保護に関するウィーン条約	
1987年	N・Y株式暴落		
1990年	日本バブル経済崩壊	モントリオール議定書	
1991年	ソ連邦崩壊	HFC冷媒へ転換開始	
1993年			冷媒フロン再生センター設立
1994年			第1回神戸シンポジウム開催
1995年		先進国でのCFC生産全廃	生産金額 2兆7000億円に
1997年		COP3 京都議定書	
1998年		省エネルギー法改正、地球温暖化推進法	省エネ機器開発競争
2001年			
2007年		フロン回収破壊法 CO2冷媒給湯器発売	工業会欧州事務所設立
2008年	国際的な金融危機		
2009年			工業会創立60周年
2013年		フロン排出抑制法	
2016年		モントリオール議定書 キガリ合意	

# これまでのフロン対策の経緯

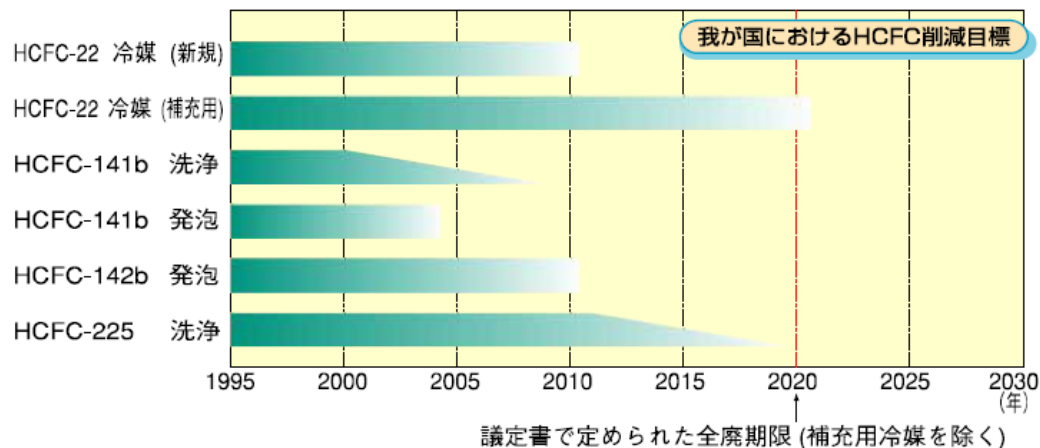


# モントリオール議定書の規制スケジュール



**CFC:1996年全廃**

## 日本におけるモントリオール議定書に基づく規制スケジュール



(出典) 今後のオゾン層保護対策の在り方について(中間報告) 平成8年3月14日化学品審議会オゾン層保護対策部会

# 議定書の対象物質ガスの比較

モントリオール議定書対象物質  
(生産量・消費量規制)

京都議定書対象物質  
(排出削減)

オゾン層破壊物質

臭化メチル

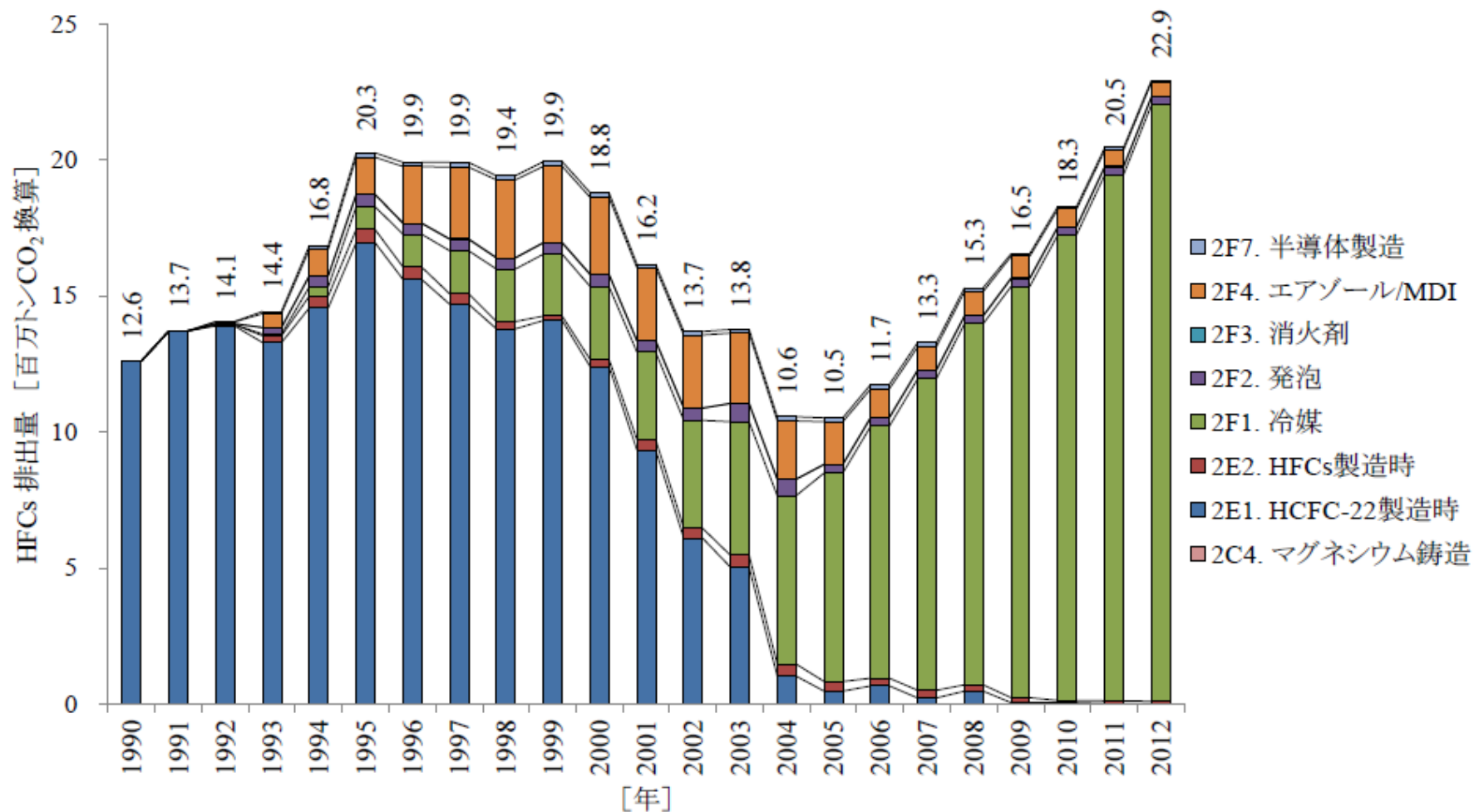
CFC  
(R11, R12, R502など)  
HCFC  
(R22, R123, R134, R141bなど)  
ハロン  
四塩化炭素  
1.1.1-トリクロロエタン

HFC  
(R23, R32, R125, R404A, R407C,  
R410A, R404A,R134aなど)  
CO<sub>2</sub>  
メタン  
N<sub>2</sub>O  
PFC  
SF6  
NF3(追加)

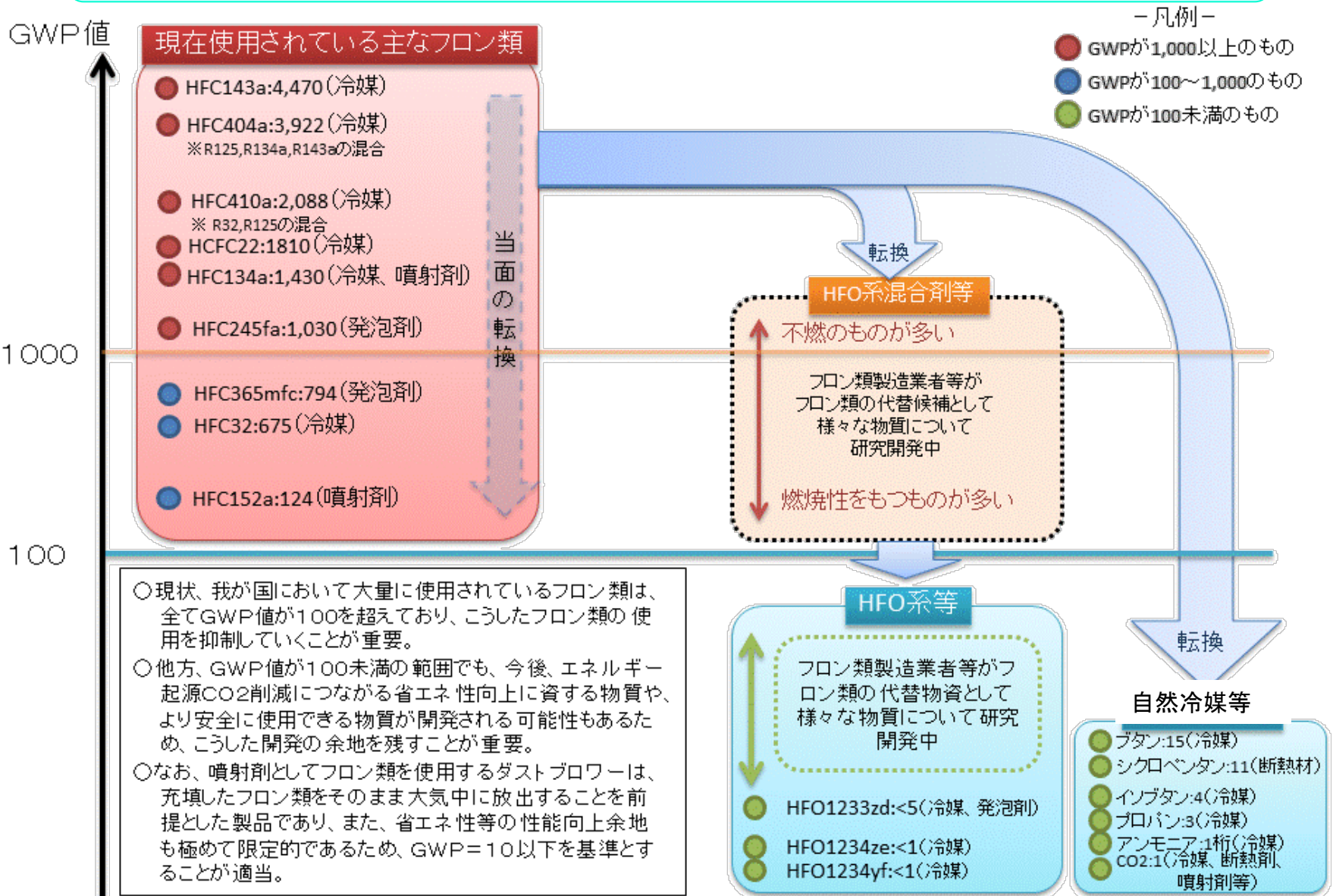
温室効果ガス



# HFC排出量の推移



# フロン類使用製品が最終的に目指すべきGWP値について



※ GWP値は基本的に全てIPCC Fourth Assessment Report (AR4)の値を採用している。ただし、HFO系物質はAR4にGWP値の掲載がないため、IPCC Fifth Assessment Report (AR5)の値を採用している。

# フロン類使用見通しについて

○指定製品判断基準で指定対象(第1弾)となった製品について、指定製品判断基準で定める目標値・目標年度・対象範囲を前提とした転換が進んだ場合の

- ① 製品メーカーによる新規製品向け使用量削減効果  
(冷媒を充填せずに出荷する冷凍空調機器等における、現場初期充填量の削減効果を含む。)
- ② 製品転換によるHFC機器の市場ストック量減少を通じたサービス用途(冷媒補充)使用量削減効果及び、
- ③ 管理者の判断基準に基づく対策(定期点検等)による使用時排出抑制を通じたサービス用途(冷媒補充)使用量削減効果を元に、将来のフロン類使用見通しを算定。



## <2020年度 使用見通し(暫定※)>

4300万CO<sub>2</sub>トン → BAU出荷相当量より40%程度減

## <2025年度 使用見通し(暫定※)>

3600万CO<sub>2</sub>トン → BAU出荷相当量より50%程度減

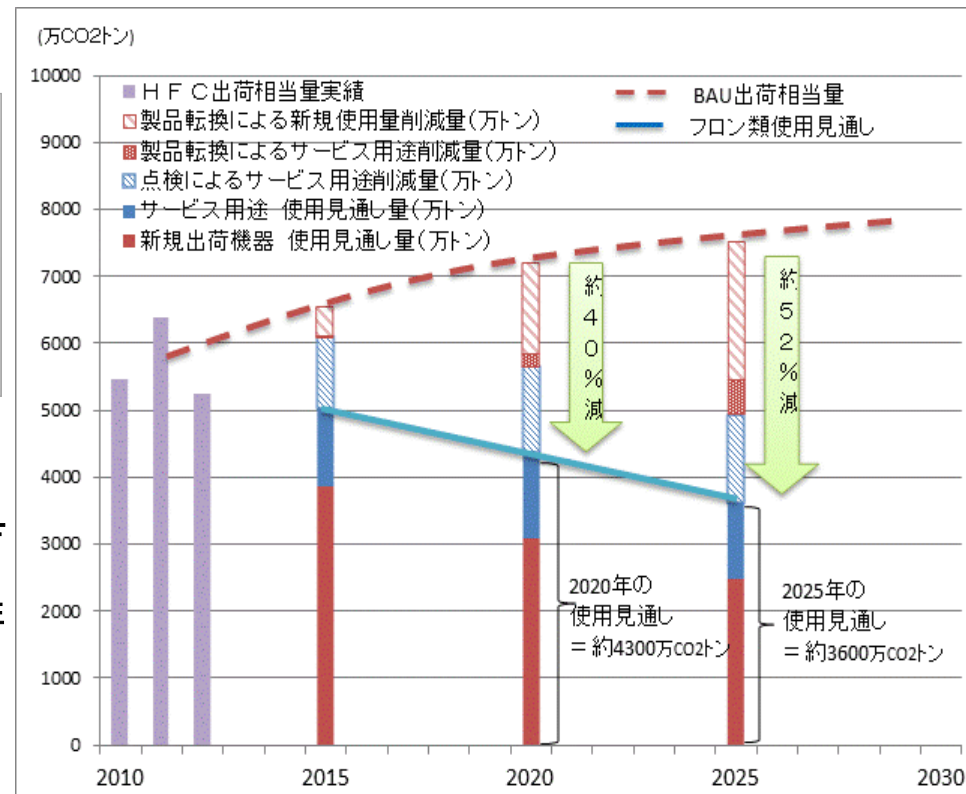
(BAU: Business As Usual

現状対策維持した場合の推計値を指す。)

### (留意事項)

※マクロフレーム(特に経済成長率)は、「今後のフロン類等対策の方向性について(平成25年3月)」の対策効果試算におけるHFCからHFCへの転換効果及び経済成長率を引用しているが、今後の温室効果ガス対策全体の議論の進展により見直しの可能性があるため、「フロン類使用見通し」は暫定値であることに留意が必要。

※「フロン類使用見通し」は、第2弾以降の指定製品判断基準の策定状況を踏まえ、必要に応じて改定。



## 2015年 国連気候変動枠組条約締約国会議 (COP21)パリ協定の合意

- 法的拘束力のある強い協定として合意
- 世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して2度C未満に抑えるという目標を掲げた
- 最終的には温暖化ガス排出量を実質的にゼロにすることを目標にする
- 2020年以降5年ごとに目標の見直しを行う

## 2016年 キガリ合意におけるHFC生産・消費量の削減スケジュール

ト	開発途上国 <sup>⓪</sup> 第1グループ <sup>⓪</sup>	開発途上国 <sup>⓪</sup> 第2グループ <sup>⓪</sup>	先進国（非5条国） <sup>⓪</sup>
基準年 <sup>⓪</sup>	2020-2022年 <sup>⓪</sup>	2024-2026年 <sup>⓪</sup>	2011-2013年 <sup>⓪</sup>
基準値 <sup>⓪</sup> (CO2換算値とする) <sup>⓪</sup>	各年のHFC量の平均 <sup>⓪</sup> +HCFCの基準値の65% <sup>⓪</sup>	各年のHFC量の平均 <sup>⓪</sup> +HCFCの基準値の65% <sup>⓪</sup>	各年のHFC量の平均 <sup>⓪</sup> +HCFCの基準値の15% <sup>⓪</sup>
凍結年 <sup>⓪</sup>	2024年 <sup>⓪</sup>	2028年 <sup>⓪</sup>	なし <sup>⓪</sup>
第1段階 <sup>⓪</sup>	2029年 ▲10% <sup>⓪</sup>	2032年 ▲10% <sup>⓪</sup>	2019年 ▲10% <sup>⓪</sup>
第2段階 <sup>⓪</sup>	2035年 ▲30% <sup>⓪</sup>	2037年 ▲20% <sup>⓪</sup>	2024年 ▲40% <sup>⓪</sup>
第3段階 <sup>⓪</sup>	2040年 ▲50% <sup>⓪</sup>	2042年 ▲30% <sup>⓪</sup>	2029年 ▲70% <sup>⓪</sup>
第4段階 <sup>⓪</sup>	<sup>⓪</sup>	<sup>⓪</sup>	2034年 ▲80% <sup>⓪</sup>
最終削減 <sup>⓪</sup>	2045年 ▲80% <sup>⓪</sup>	2047年 ▲85% <sup>⓪</sup>	2036年 ▲85% <sup>⓪</sup>

# 次世代冷媒に要求される条件

## 安全性

- ・毒性が低い
- ・可燃性リスクが少ない

## 環境性

- ・オゾン層破壊係数=0
- ・温暖化係数極めて低い

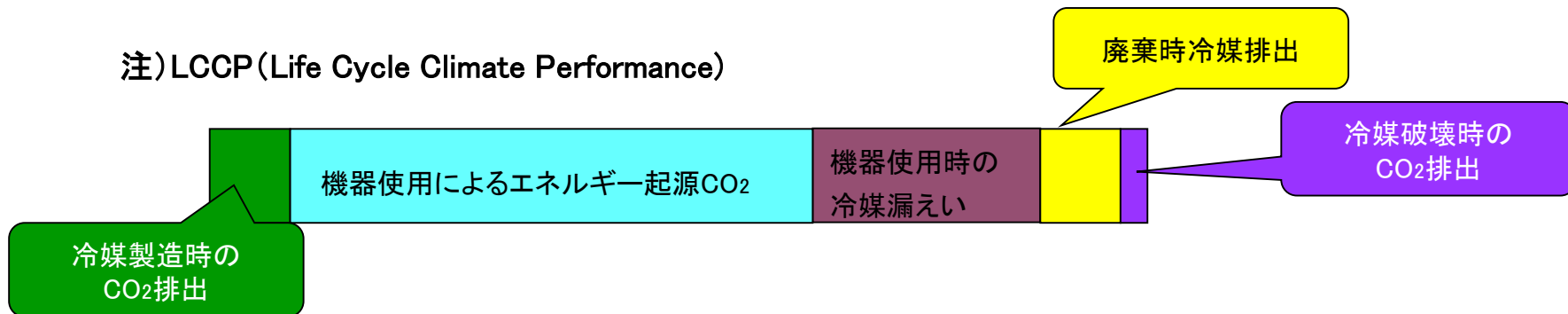
## 性能

- ・LCCPが優れている 注)
- ・冷房時性能が同等程度

## 経済性

- ・妥当なコスト
- ・新興国でも許容できること

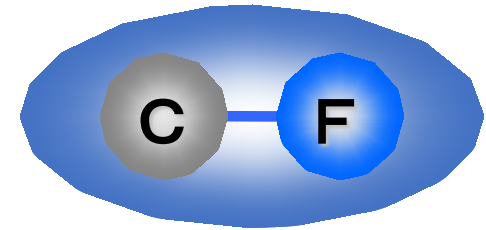
注) LCCP (Life Cycle Climate Performance)



# フッ素とは

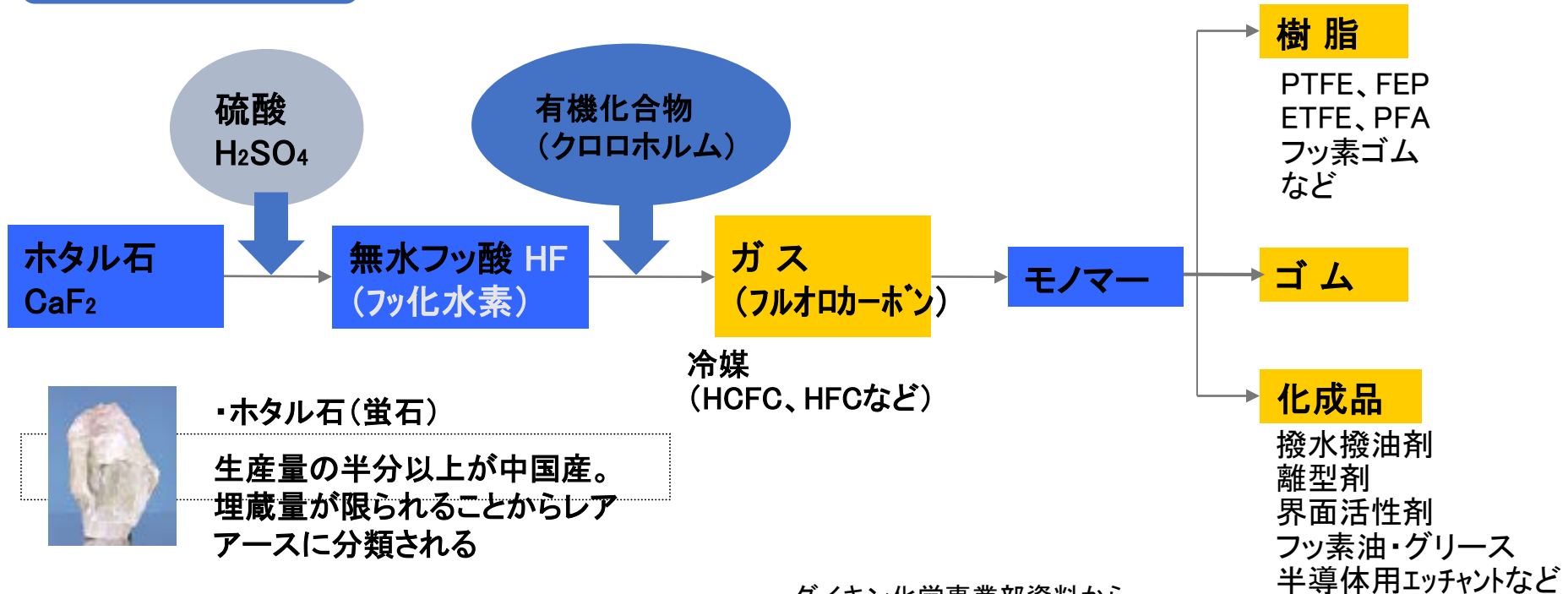
## フッ素原子(F)

- ◆F<sub>2</sub>分子は原子同士が反発しあうため、周りの物質を酸化してしまう強力なガスとして有名
- ◆逆に炭素との結合は非常に強く、この結合を有する化合物は優れた耐熱性、耐薬品性、耐酸化性、耐候性を示す



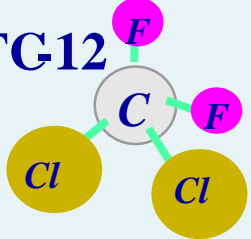
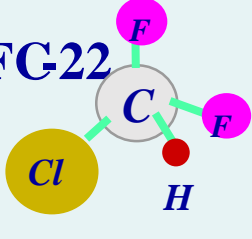
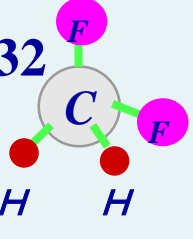
C-F結合

## フッ素の製造過程



ダイキン化学事業部資料から

# Molecular architecture & Refrigerants characteristics

	R12	R22	R32
molecular architecture	<b>CFG12</b> 	<b>HCFG22</b> 	<b>HFG32</b> 
ODP	×	×	○
GWP	×	×	△
	10900	1810	675
Flammability	○	○	△

CL(塩素)分子はオゾン層を破壊

H(水素)分子が増えると燃焼性が高くなるがGWPは低くなる

F(フッ素)分子が増えると安定化しGWPは大きくなる

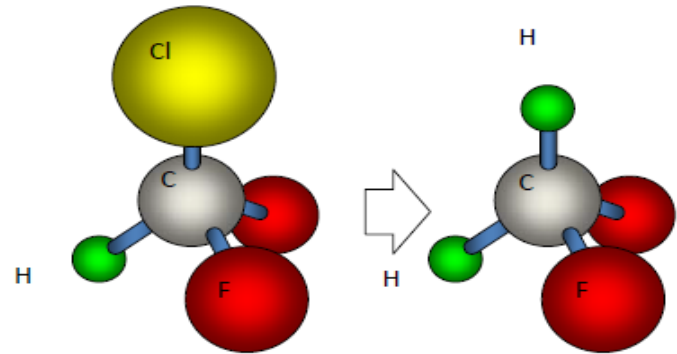


# 冷媒の分子構造

冷媒として構成できる元素は  
H C N O F の5種類

冷媒として構成できる元素

- ・ 金属のように固体では無いこと
- ・ 毒性が無いこと
- ・ 液体になりやすいもの
- ・ 希少な物質ではないこと



R22

R32

1	H 水素																2	He ヘリウム
2	3 Li リチウム	4 Be ベリリウム	周期律表										5 B ホウ素	6 C 炭素	7 N 窒素	8 O 酸素	9 F フッ素	10 Ne ネオン
3	11 Na ナトリウム	12 Mg マグネシウム											13 Al アルミニウム	14 Si ケイ素	15 P リン	16 S 硫黄	17 Cl 塩素	18 Ar アルゴン
4	19 K カリウム	20 Ca カルシウム	21 Sc スカンジウム	22 Ti チタン	23 V バナジウム	24 Cr クロム	25 Mn マンガン	26 Fe 鉄	27 Co コバルト	28 Ni ニッケル	29 Cu 銅	30 Zn 亜鉛	31 Ga ガリウム	32 Ge ゲルマニウム	33 As ヒ素	34 Se セレン	35 Br 臭素	36 Kr クリプトン
5	37 Rb ルビジウム	38 Sr ストロンチウム	39 Y イットリウム	40 Zr ジルコニウム	41 Nb ニオブ	42 Mo モリブデン	43 Tc テクネチウム	44 Ru ルテチウム	45 Rh ロジウム	46 Pd パラジウム	47 Ag 銀	48 Cd カドミウム	49 In インジウム	50 Sn スズ	51 Sb アンチモン	52 Te テルル	53 I ヨウ素	54 Xe キセノン
6	55 Cs セシウム	56 Ba バリウム	57-71 ランタノイド	72 Hf ハフニウム	73 Ta タンタル	74 W タングステン	75 Re レニウム	76 Os オスマチウム	77 Ir イリジウム	78 Pt 白金	79 Au 金	80 Hg 水銀	81 Tl タリウム	82 Pb 鉛	83 Bi ビスマス	84 Po ポロニウム	85 At アスタチン	86 Rn ラドン
7	87 Fr フランシウム	88 Ra ラジウム	89-103 アクチノイド	104 Rf ラザフォードウム	105 Db ドブニウム	106 Sg シーボーギウム	107 Bh ボヘリウム	108 Hs ハッシウム	109 Mt マイتنネリウム									

# 空調用機器の冷媒の候補一例

## 候補冷媒と特性

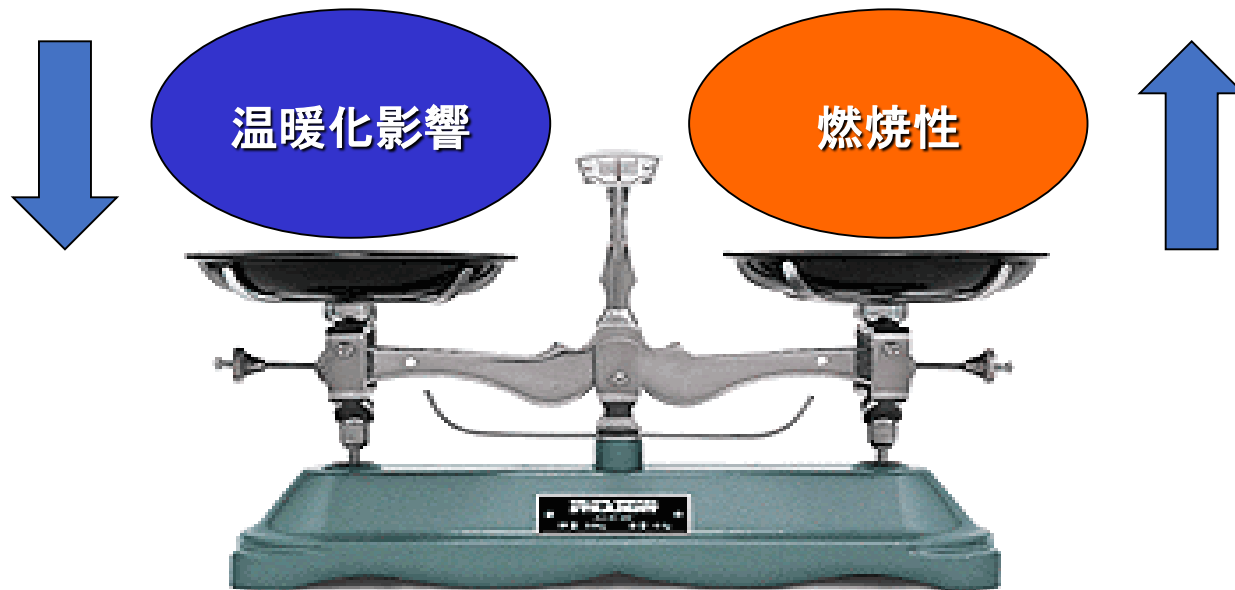
冷 媒		冷媒物性					
		温暖化係数 GWP	理論効率 (R22比)	オゾン 破壊	燃焼性 ASHRAE	毒性	凝縮 圧力 MPa
HCFC	R22	1810	100	0.05	A1	低	1.73
HFC	R407C	1770	99	0	A1	低	1.86
	R410A	2090	92	0	A1	低	2.72
	R32	675	97	0	A2L	低	2.80
	R1234yf	4	90	0	A2L	低	1.16
	R1234yf混合	?	冷媒メーカーから数種提案あり		A2L	低	?
	その他冷媒	アンモニア (R717)	0	106	0	A2L	高
	プロパン (R290)	3以下	98	0	A3	低	1.53
	CO <sub>2</sub> (R744)	1	41	0	A1	低	10.00

早期に温暖化対策を推進するには、  
微燃性の冷媒も賢く使用せざるを得ないのではないか

# 次世代冷媒の特性と課題

## 冷媒の温暖化影響と燃焼性

現状の冷媒の多くは温暖化影響と燃焼性は相反する関係にあり、冷媒の温暖化影響を低減するためには微燃性を採用せざるをえない



# 冷媒の安全性基準の改訂動向例 (ASHRAE34など)

- ①ASHRAE34では新区分2L区分を設置。ASHRAE15では施設基準を審議中。
- ②並行してIEC60335、ISO5149, 817で同様の改正が進んでいる

## 新区分(2L)に期待する事項

- 1. 着火困難
- 2. 継続して火炎伝播しない
- 3. 燃焼しても被害が小さい

## ASHRAE34の従来区分と2L

区分	基準
強燃 3	濃度下限 $\leq 0.1\text{kg}/\text{m}^3$ または 燃焼熱 $\geq 19\text{MJ}/\text{Kg}$
弱燃 2	濃度下限 $> 0.1\text{kg}/\text{m}^3$ 及び 燃焼熱 $< 19\text{MJ}/\text{Kg}$
副区分2L	+ 燃焼速度 $\leq 10\text{cm}/\text{s}$
不燃 1	火炎伝播無し

新しく燃焼しても危害が  
少ない区分として2Lを  
設置

## 日本の一般高圧ガス基準

区分	基準
燃焼性あり	濃度下限 $< 10\%$ あるいは 濃度の 下限と上限差 $> 20\%$
燃焼性なし	濃度下限 $> 10\%$ かつ 下限と上限差 $< 20\%$
不活性 (冷凍則)	フロン冷媒で不燃性のもの (ただし掲名冷媒)

# 新たな指標について (IPCC 5次報告書より GTP)

**IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change  
気候変動に関する政府間パネル

**GTP:** Global Temperature Change Potential  
地球温度変化係数

省エネ性, 安全性, 経済性など総合的な評価指標が必要

GWP, GTP, LCCPなど現在出てきている指標を  
駆使できないか！！

# IPCC第5次評価報告書

IPCC第5次評価レポート WG1:2013年9月30日に発表

- ・第8章でHFCなどの人工的なガスについて議論  
気候変動影響の新たな指標として  
“地球温度変化係数  
GTP: Global Temperature Change Potential”を提示
- ・GWP は 赤外線を吸収する能力の相対値
- ・GTP は、世界平均気温を上げる能力の相対値
- ・地球の温度変化は、赤外線吸収と比例関係になく、  
特に短寿命物質では、GTP 値とGWP値は 大きく異なる。

# IPCC第5次評価報告書(AR5)におけるGTPの説明

- GTPは、**気候の応答性や大気と海洋の熱交換を考慮**することにより、GWPに比べより深い物理的なプロセスを考慮したものになっている。また、GTPは(深)海のゆっくりした応答を考慮に入れることにより、排出された温暖化物質の大気中濃度の寿命による減衰時間の範囲を越えた長期にわたっての温暖化影響を考慮するものである。従って**GTPは対象とする化学物質の大気中での適応時間と気候システムの応答時間の双方を含んだものである**。
- 海洋の応答をGTPの中に取り込むことはGTPの値に非常に大きな影響を与えるので、その特性をどのように評価の中で想定するかも、評価の単純さと得られる結果の精度との間のトレードオフ関係を表すものとなる。

# AR5におけるGWP と GTPの値

	寿命 (年)	GWP100	GTP100
CO <sub>2</sub>	交錯している	1	1
R23	222	12400	12700
R32	5.2	677	94
R134a	13.4	1300	201
R125	28.2	3170	967
R143a	47.1	4800	2500
R1234yf	10.5 days	(0)	0
R1234ze	16.4 days	(1)	0
HCFC22	11.9	1760	262
CFC12	100	10200	8450
PFC14	50000	6630	8040
SF6	3200	23500	28200



# フロンに関する課題と対策

## 課題等

### 1. HFCの排出量の急増見込み

- ・冷凍空調機器の冷媒に使用されるHFC（代替フロン）の排出急増。
- ・2020年には現在の2倍以上に増加する見込み。

### 2. 回収率の低迷

- ・機器廃棄時等の冷媒回収率は3割程度で低迷。

### 3. 使用時漏えいの判明

- ・2009年の経済産業省調査で、機器使用中の大規模漏洩が判明。  
例：業務用冷凍冷蔵機器は年間13～17%漏洩)

### 4. 低GWP・ノンフロン製品の技術開発・商業化の動き

### 5. 世界的な高GWPを巡る規制強化の動き

- ・欧州F-gas規制、モントリオール議定書・HFC・phase-down北米提案

## 具体的な対策

現行法のフロン回収・破壊に加え、フロン製造から廃棄までのライフサイクル全体にわたる包括的な対策が必要

### 1. フロン類の実質的フェーズダウン(ガスメーカーによる取組)

- ・ガスメーカーの取組みに関する判断基準の設定。

### 2. フロン類使用製品の低GWP・ノンフロン化促進(機器・製品メーカーによる転換)

- ・特定のフロン類使用製品の指定、低GWP・ノンフロン化推進に関する判断基準の設定。

### 3. 業務用冷凍空調機器使用時におけるフロン類の漏えい防止(ユーザーによる冷媒管理)

- ・ユーザーによる適切な機器管理(定期点検等)の取組みに関する判断基準の設定、冷媒漏えい量報告

### 4. 登録業者による充填、許可業者による再生

- ・充填回収業者による充填に関する基準の策定。

等

「フロン排出抑制法」の公布(2013年6月)

# フロン排出抑制法の指定製品

フロン類使用製品の製造・輸入業者に課せられた判断基準

指定製品	目標加重平均GWP値	参考冷媒 (GWP)	目標年度
家庭用エアコン (床置き以外のシングル)	750	R32(675)	2018年
店舗・オフィス用エアコン (床置き以外の3冷凍トン未満のシングル)	750	R32(675)	2020年
コンデンシングユニット及び定置型冷凍冷蔵ユニット (蒸発温度-45℃未満/圧縮機の出力1.5kW以下を除く)	1500	R410A(2090) CO <sub>2</sub> (1)	2025年
中央方式冷凍冷蔵機器 (有効容積が5万立方メートル以上の冷凍冷蔵倉庫の新築、改築又は増築に伴って当該倉庫向けに出荷されるものに限る。)	100	NH <sub>3</sub> (0)	2019年
自動車用空調機器 (乗用自動車に限り、乗員定員が11人以上のものを除く)	150	R1234yf(4)	2023年
硬質ウレタンフォーム(現場発泡のうち専ら住宅用建築材料として用いられるものに限る)	100	CO <sub>2</sub> /R1233zd	2020年
専ら噴射剤のみを充填する噴霧機	10	CO <sub>2</sub> /DME	2019年

# 新冷媒の普及に向けた保安法の改正

## HFC32、HFO1234Yf、HFO1234ze を使用する 設備の規制緩和

地球温暖化防止の観点から温暖化係数が低いが若干の燃焼性を有する上記の冷媒を不活性ガス扱いにし、設備の技術基準を緩和した

第2グループの不活性以外のフルオロカーボンから第1グループの不活性のフルオロカーボンに分類された

	現状(可燃性ガス)	改正後(不活性ガス)
冷凍設備の適用除外となる 冷凍能力	～3冷凍トン	～5冷凍トン
冷凍設備の届出が必要ない 冷凍能力の範囲	～5冷凍トン	～20冷凍トン

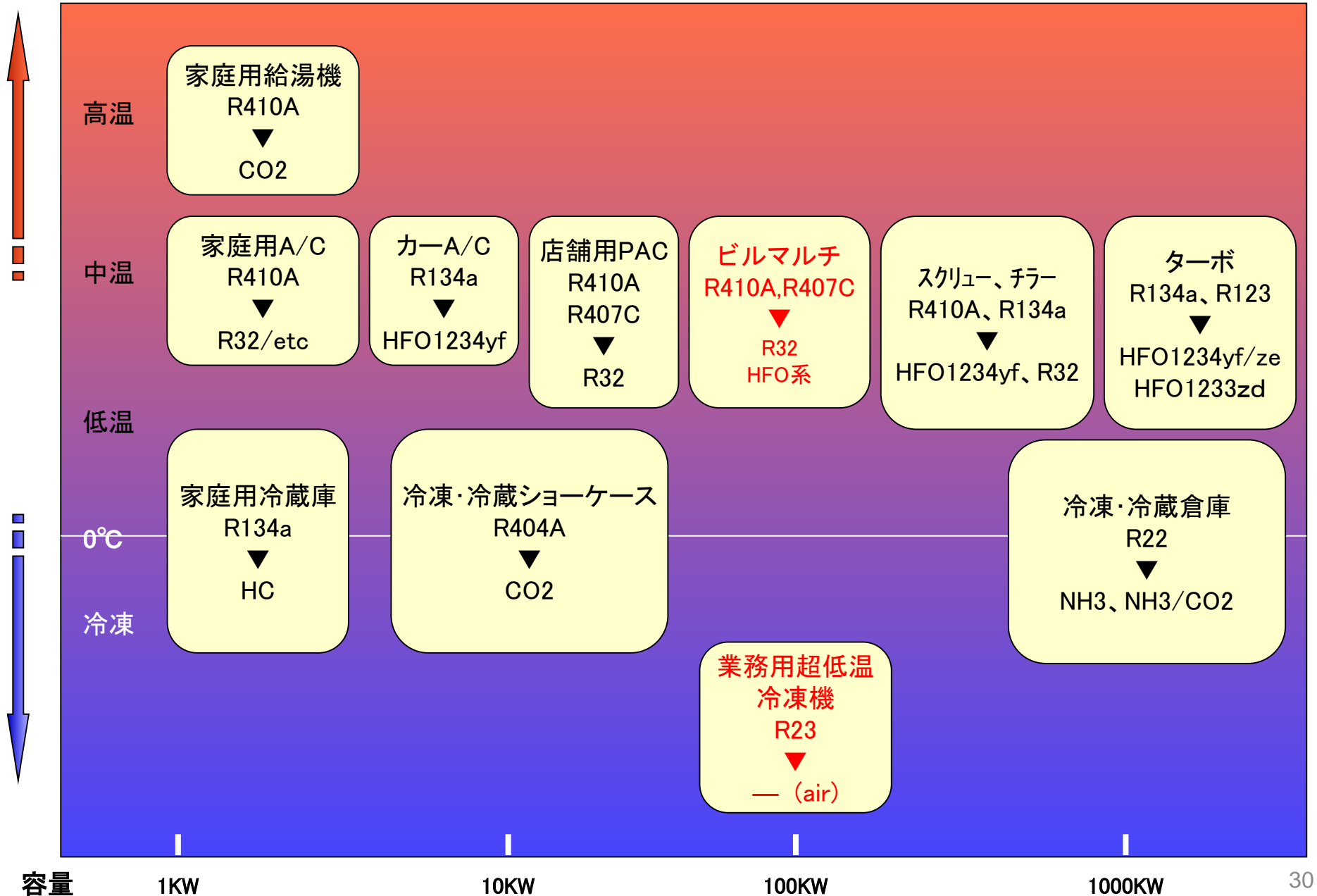
# 高圧ガス保安法の法定能力の分類

法定 トン	第1グループ			第2グループ			第3グループ(その他のガス)		
	不活性のフルオロカーボン			不活性以外のフルオロカーボン			ヘリウム、プロパン、CO2等		
	許可	冷凍保安責任者		許可	冷凍保安責任者		許可	冷凍保安責任者	
	届出等	通常	ユニット型	届出等	通常	ユニット型	届出等	通常	ユニット型
300トン	許可申請			許可申請		/	許可申請		/
	第1種	必要		第1種	必要			第1種	
60トン	製造者			製造者			製造者		
50トン									
	届出			届出					
	第2種	不要	不要	第2種		不要			不要
20トン	製造者			製造者					
	申請届出						届出		
5トン	不要				不要		第2種	不要	
				申請届出			製造者		
3トン		適用除外		不要					
				適用除外			適用除外		

# 次世代冷媒

- 次世代の冷媒の開発は混沌とした状況である
- 各社から様々なものが提案されている
- 今後は用途や機能ごとに異なる冷媒になると考えられる
- 現在の状況ではHFO系の混合冷媒が有力
- 微燃性冷媒を安全に使う技術

# 現在の用途別次世代冷媒候補



# 代表的な次世代冷媒候補の提案例

GWP:IPCC AR4

現状冷媒		不燃性 Class1		微燃性 Class2L		強燃性 Class3	その他 others
冷媒名	GWP	冷媒名	GWP	冷媒名	GWP	冷媒名	冷媒名
R404A	3922	R448A(N40)	1387	R457	139	R290	R744
		R449A(XP40)	1397	R454C(DR3)	148	R600A	
		R452A(XP44)	2140	R454A(DR7)	239		
		R452C	2220	R455A(L40X)	145		
R410A	2088			R452B(DR55)	698	R290	
				R32	675		
				L41	490		
HFC22	1810	R448A(N40)	1387	R457A	139	R290	
		R449A(XP40)	1397	R454C	148		
HFC123	77	HFO1233zd	5				
		R514A(XP30)	7				
R134a	1430	HFO1336mzz	9	HFO1234yf	4	R600a	
		R513A(XP10)	631	HFO1234ze	6		

# 自然冷媒の可能性

いわゆる自然冷媒と呼ばれているもの  
NH<sub>3</sub>(アンモニア)、HC(プロパンやブタン)、空気、水、CO<sub>2</sub>(炭酸ガス) 等

## 自然冷媒の課題

- 1 HC系は燃焼性が高く、引火すると爆発の危険性があり  
小型の密閉機器以外は危険
- 2 NH<sub>3</sub>は毒性がある
- 3 CO<sub>2</sub>は圧力が高く、しかも使用可能な温度領域が限られる  
冷凍機器や給湯機器には使用可能
- 4 空気や水は冷凍効率が悪く、消費電力も増加

自然冷媒の使用を拡大すべきだが、特別な用途の機器に限られてしまう

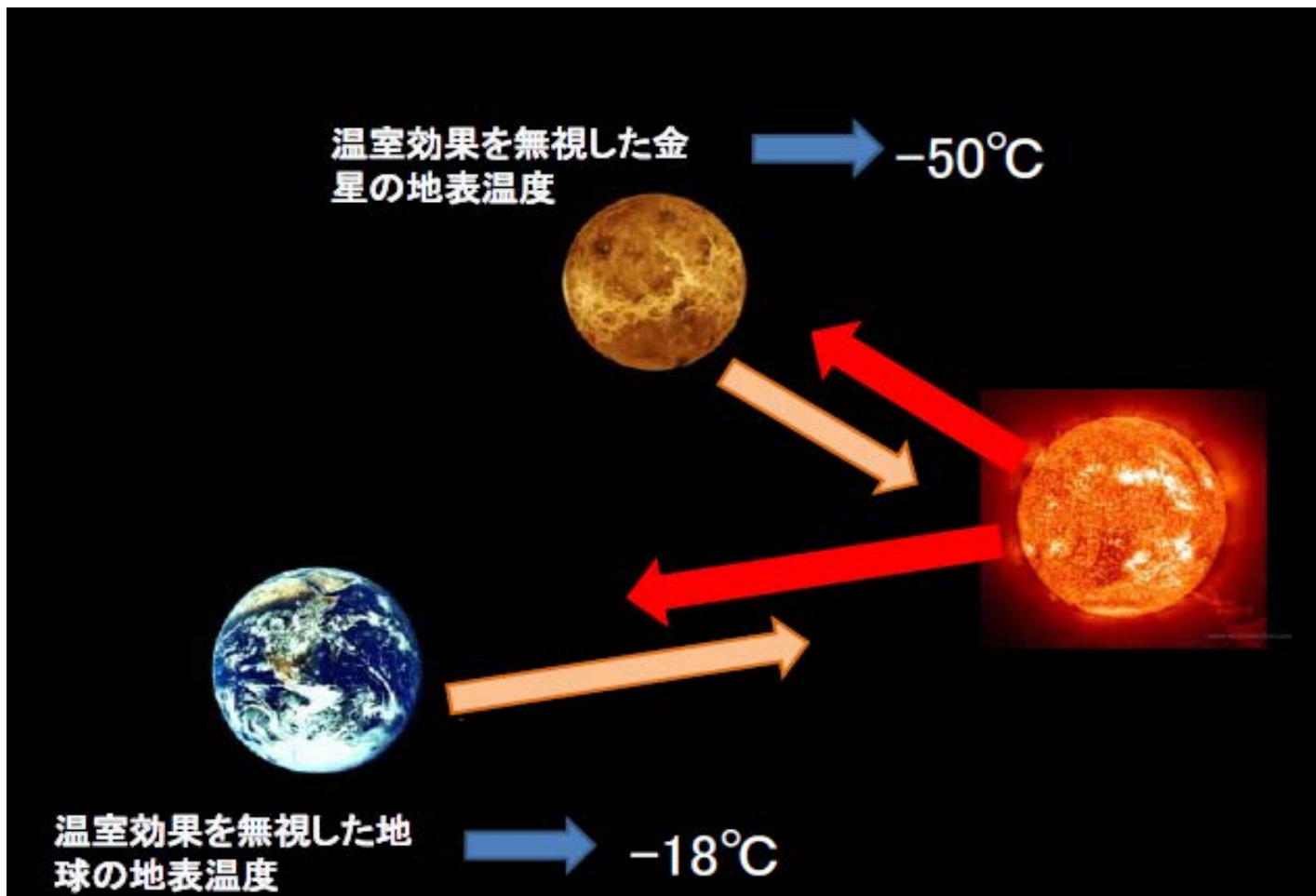


A pair of hands, one from the left and one from the right, are shown holding a small, realistic globe of the Earth. The hands are positioned as if cradling the globe, with fingers gently gripping it. The globe shows the Americas, with North and South America visible in green and yellow, surrounded by blue oceans and white clouds. The background is a solid black, making the hands and the globe stand out prominently. The lighting is soft, highlighting the texture of the skin and the details of the globe.

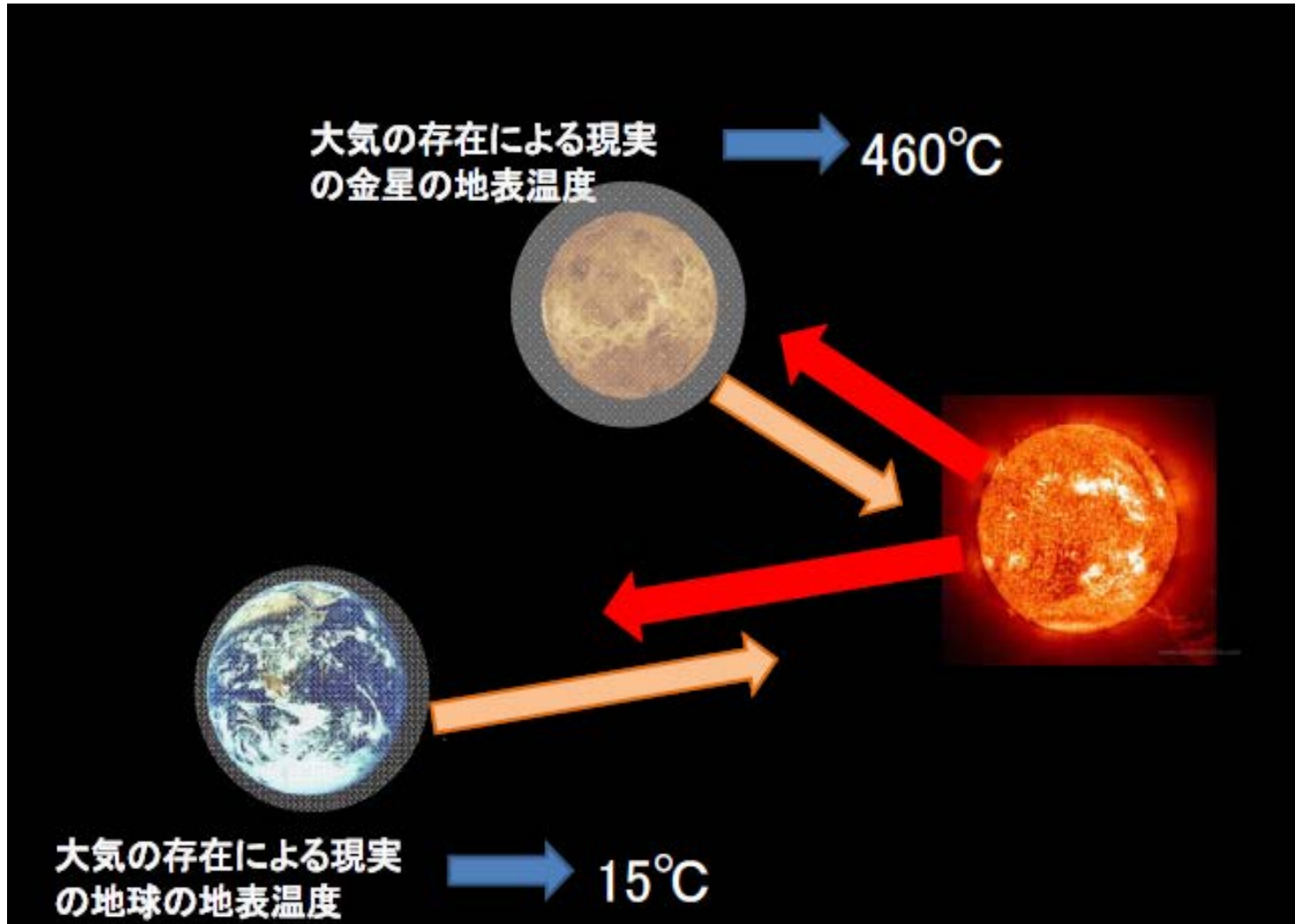
# 奇跡の惑星…地球

# 地球環境問題

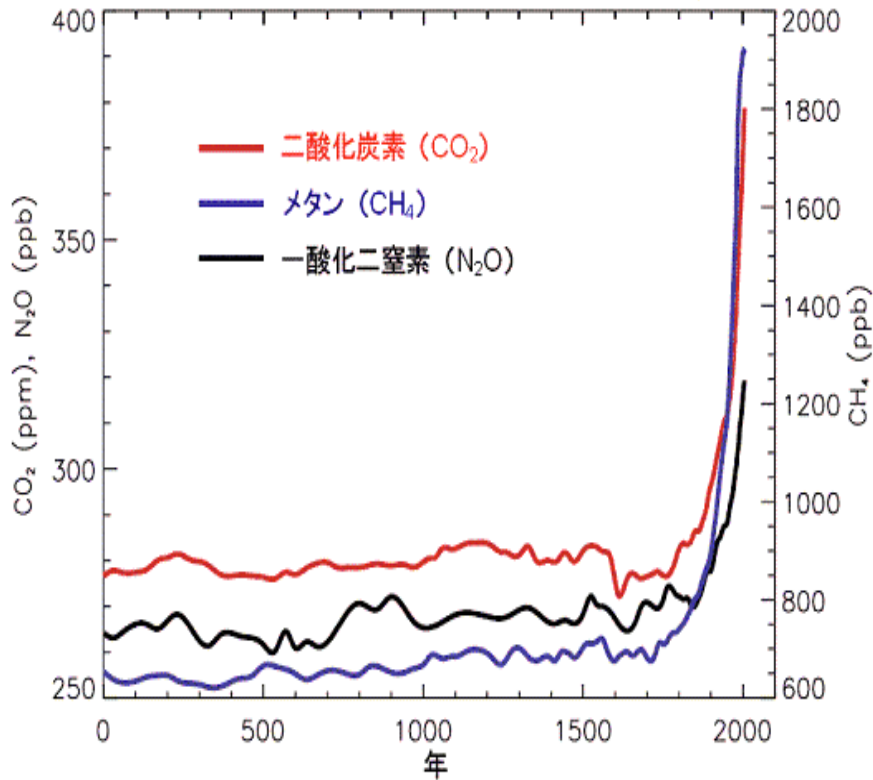
## 地球の温度のバランス 1/2



## 地球の温度のバランス 2/2

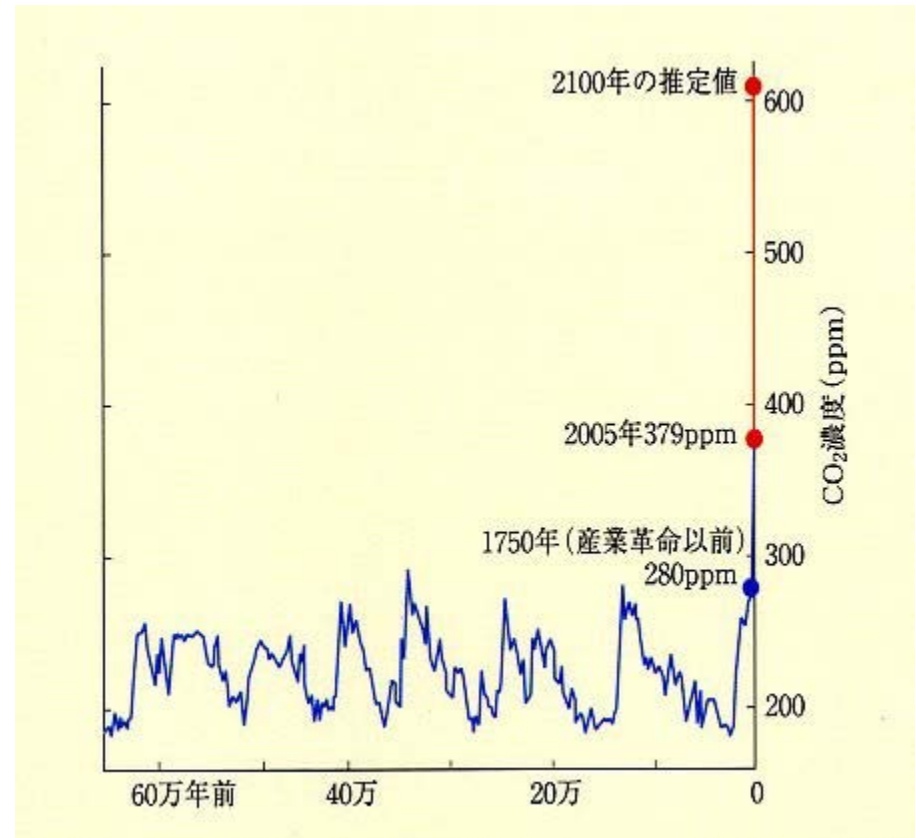


# 大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度の変化



IPPC4次報告書から

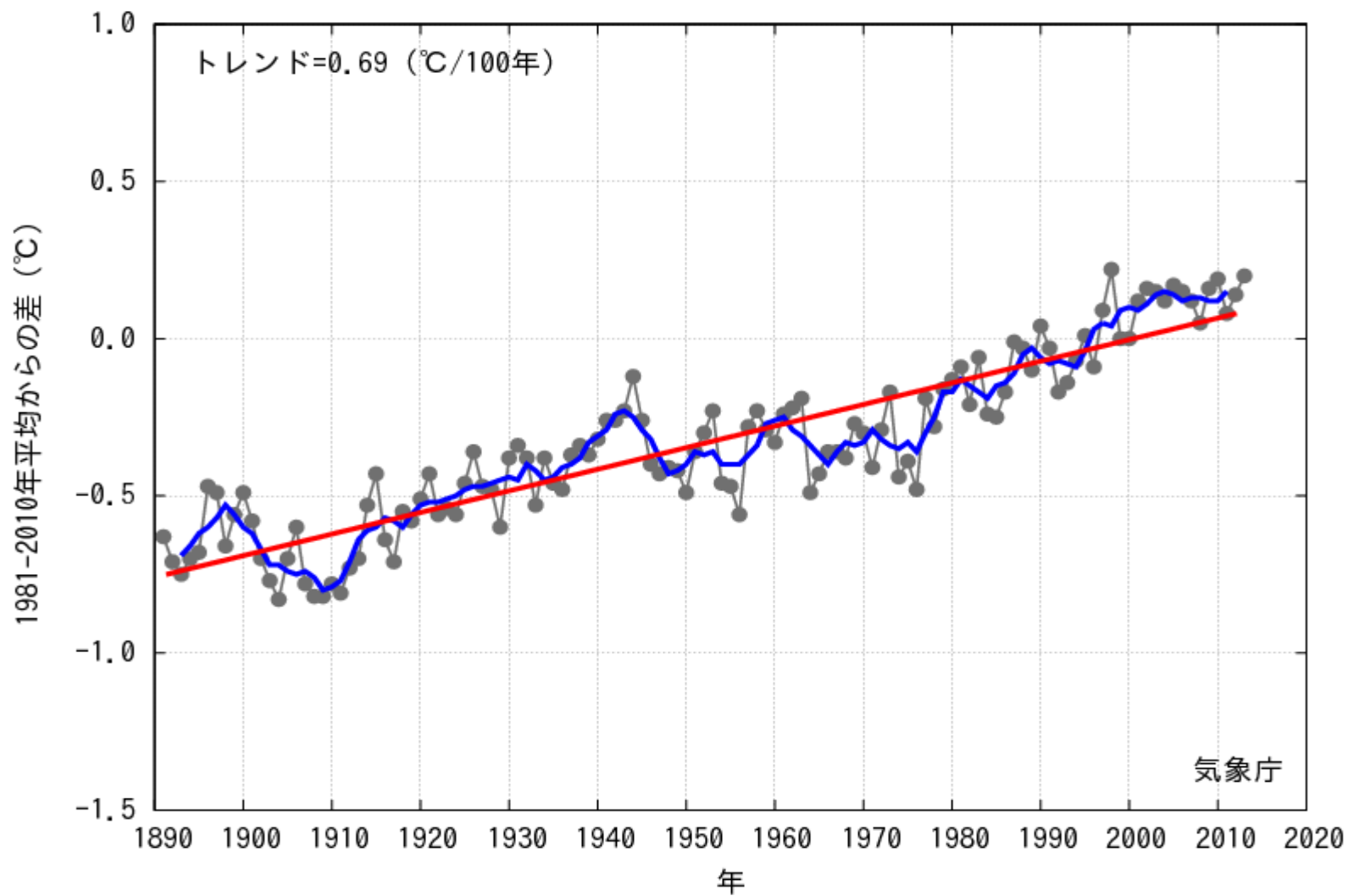
大気中濃度の400ppmとは0.04%という量です



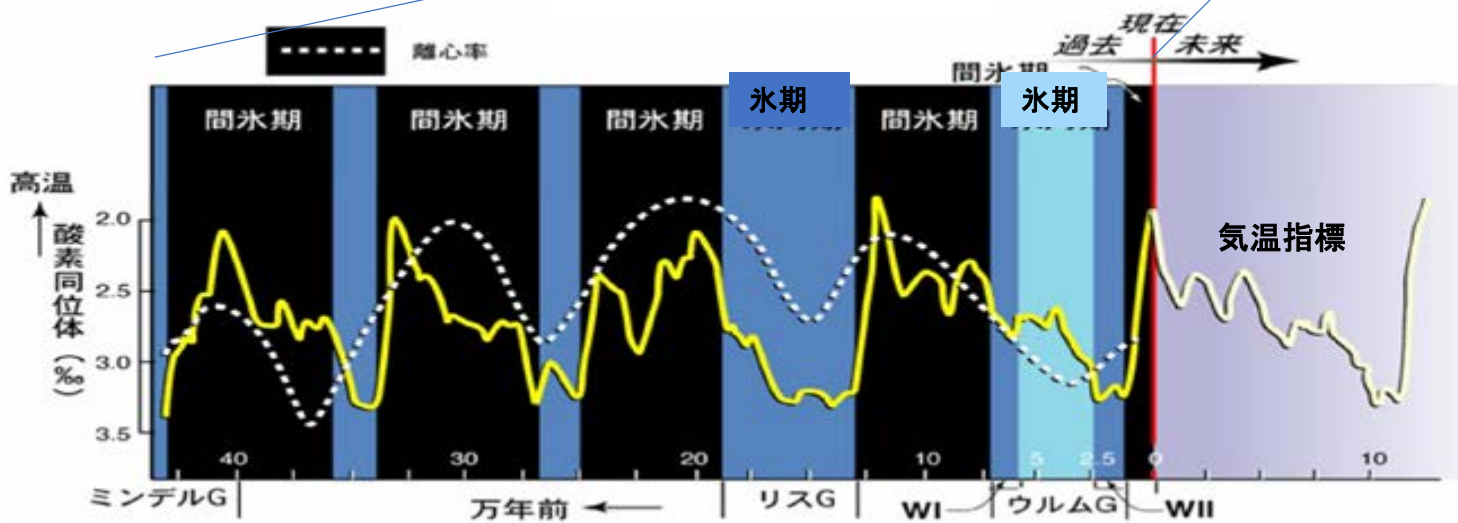
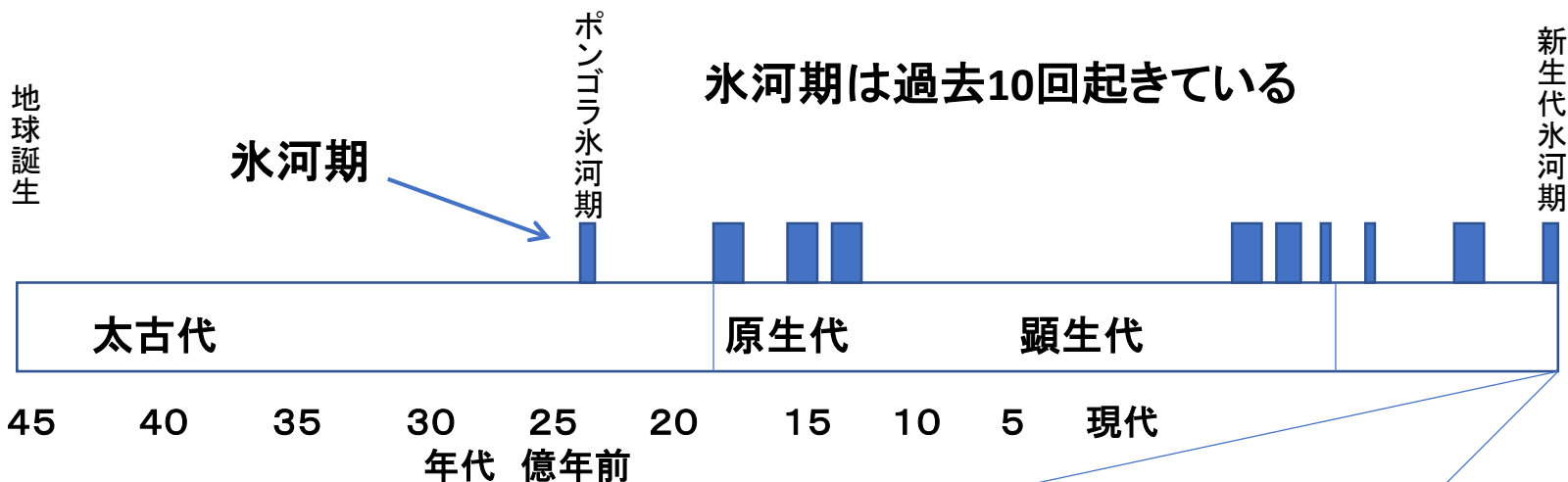
(日本第四紀学会編、「地球史が語る近未来の環境」  
近藤昭彦 から

# 世界の平均気温の変化

世界の年平均気温偏差



# 地球の歴史

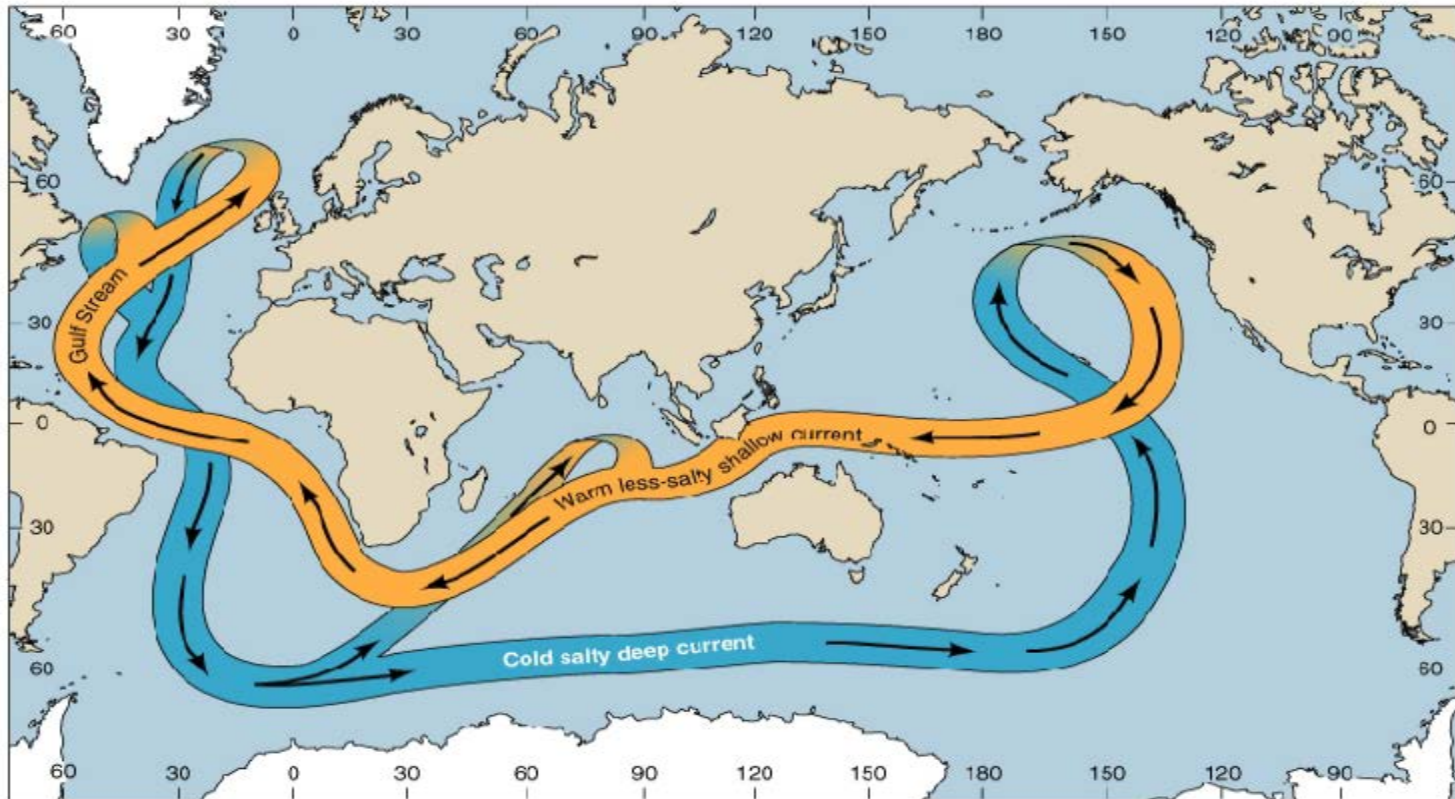


# 温暖化が進むとどうなるか

- ・怖いメタンの大気放出  
氷の下や海底等に閉じ込められていたメタンが地上に吹き出す
- ・一時的には局地的な寒冷化が起こる
- ・海水温が上昇し大形の台風やハリケーンが多発する
- ・海水の膨張や氷河の融解により海面が上昇
- ・北極等の氷が解けると海流循環が停止する虞れもある
- ・温暖化の暴走  
温暖化はさらに加速し 最終的には気温は50°C以上になり、殆どの生物は絶滅する
- ・地球は現在氷河期のなかの間氷期にあり、近い内に氷期に突入すると言われているが、温暖化により氷期にならない可能性がある

# 海洋コンベアベルト

地球の海水は2000年から3000年かけて流れている大循環システムがある  
これにより地球の環境は保たれているが、極端な温暖化が進むとこのメカニズム  
が壊れるのではないかとされている



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

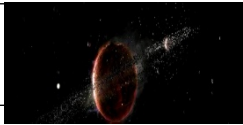

「海洋コンベアベルトの変動」



海洋研究開発機構 むつ研究所 地球観測研究センター 深澤理郎 の資料から

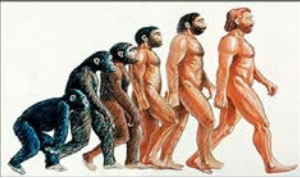



# 地球時計

## 地球誕生から現在までを1年とした場合

月	日時	現在からの時間	地球の歴史
1月	1月 1日 0:00:00	46億年前	地球の誕生 
	1月10日	45億年前	月の誕生 
2月	2月8日	41億年前	地球に海が出来始める 
	2月15日	40億年前	原始生命の誕生
3月			
4月			
5月			
	5月31日	27億年前	シアノバクテリアの誕生、光合成により酸素が放出される
6月			
7月			
8月	8月3日	19億年前	超大陸の誕生
9月			

10月				
11月	11月14日	6億年前	オゾン層が形成され始める	
	11月17日		ゴンドワナ大陸が形成	
	11月18日		カンブリア大爆発	
	11月27日		生物の大量絶滅	
12月	12月11日		パンゲア大陸が形成	
	12月12日		生物の大量絶滅	
	12月24日		恐竜の繁栄	
	12月25日		恐竜の絶滅	

12月 31日				
	23:26:00		ネアンデルタール人	
	23:57:00		ホモサピエンス誕生	
	23:59:25		古代文明(メソポタミヤ)誕生	
	23:59:46		キリストの誕生	
	23:59:58		産業革命	
	23:59:59		明治維新	
	24:00:00		現在	

1月	1日 0:00:??		環境激変により人類絶滅?
----	------------	--	--------------

<http://4.bp.blogspot.com/-人J>

9M1r6hjkHsM/TZW\_2935vII/AAAAAAAAA6g/bX9aF-qNQ54/s1600/4%25E5%258E%259F%25E4%25BA%25BA\_500.jpg

Earth, Ocean, and Life <http://blogs.yahoo.co.jp/edy7oceans/3924101.html>

**地球時計の1秒が約146年に相当する**