

# 「シン・二酸化炭素」

～勘違いや誤解されやすい  
二酸化炭素の解説～

2024年2月

愛知県地球温暖化防止活動推進センター

# 本日の内容

- 序章 「CO<sub>2</sub>がなければ世界の平均気温は▲19°C」は間違い！
- 第1章 温室効果ガスは7種類？
- 第2章 CO<sub>2</sub>の濃度と気温、CO<sub>2</sub>の重さ・体積
- 第3章 温暖化のメカニズム（CO<sub>2</sub>は太陽からの熱をなぜ吸収しない？）
- 第4章 カーボンニュートラルの定義（CO<sub>2</sub>排出をゼロ？）
- 第5章 CO<sub>2</sub>に関する、いい実験よくない実験

# 序章

「現在地球の平均気温は $14^{\circ}\text{C}$ 前後ですが、もし $\text{CO}_2$ がなければ地球の平均気温は▲ $19^{\circ}\text{C}$ くらいになります。」

は間違い！

×間違い

CO<sub>2</sub>がなければ地球の平均気温は▲19℃

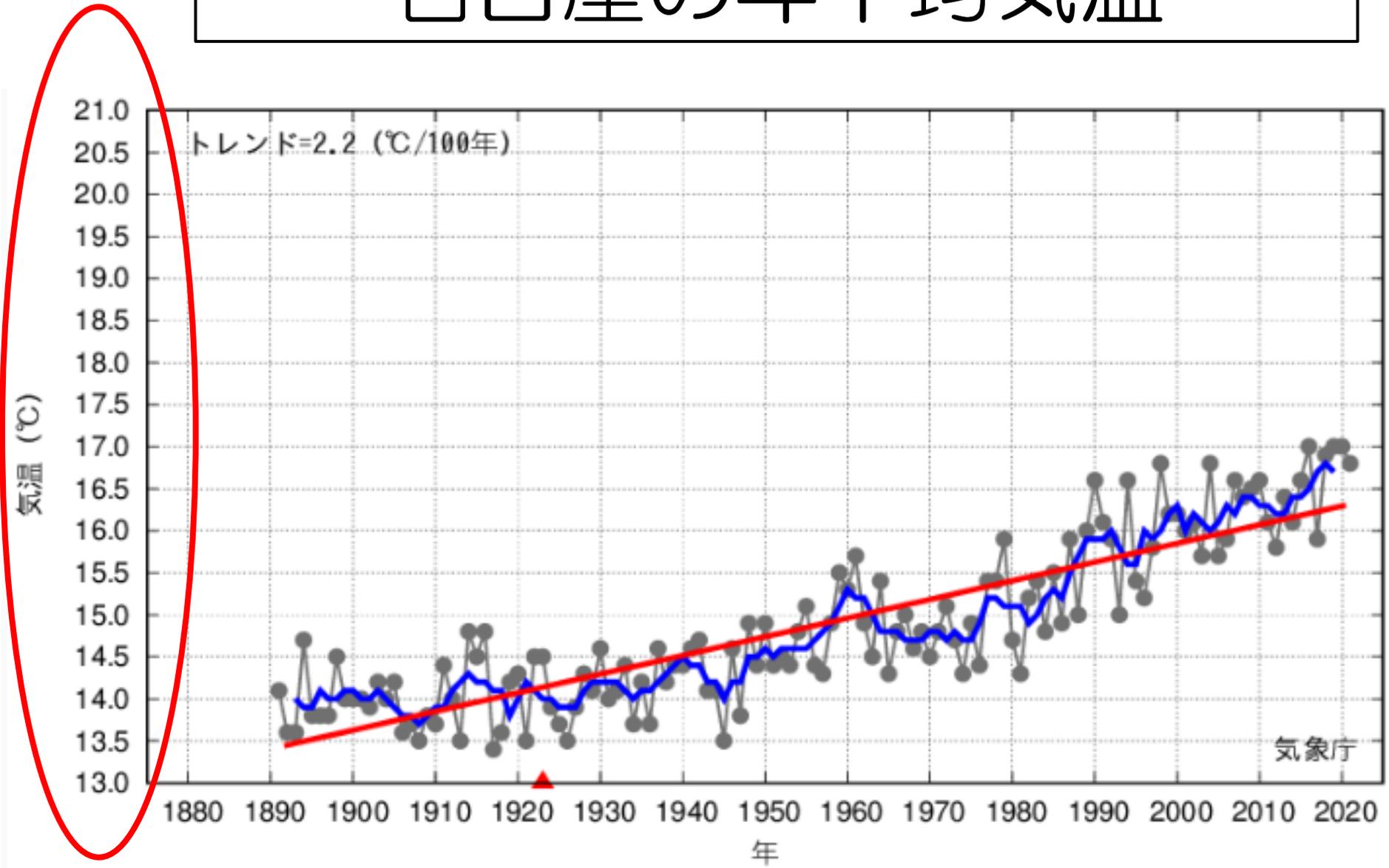
○正解

温室効果ガスがなければ地球の平均気温は▲19℃

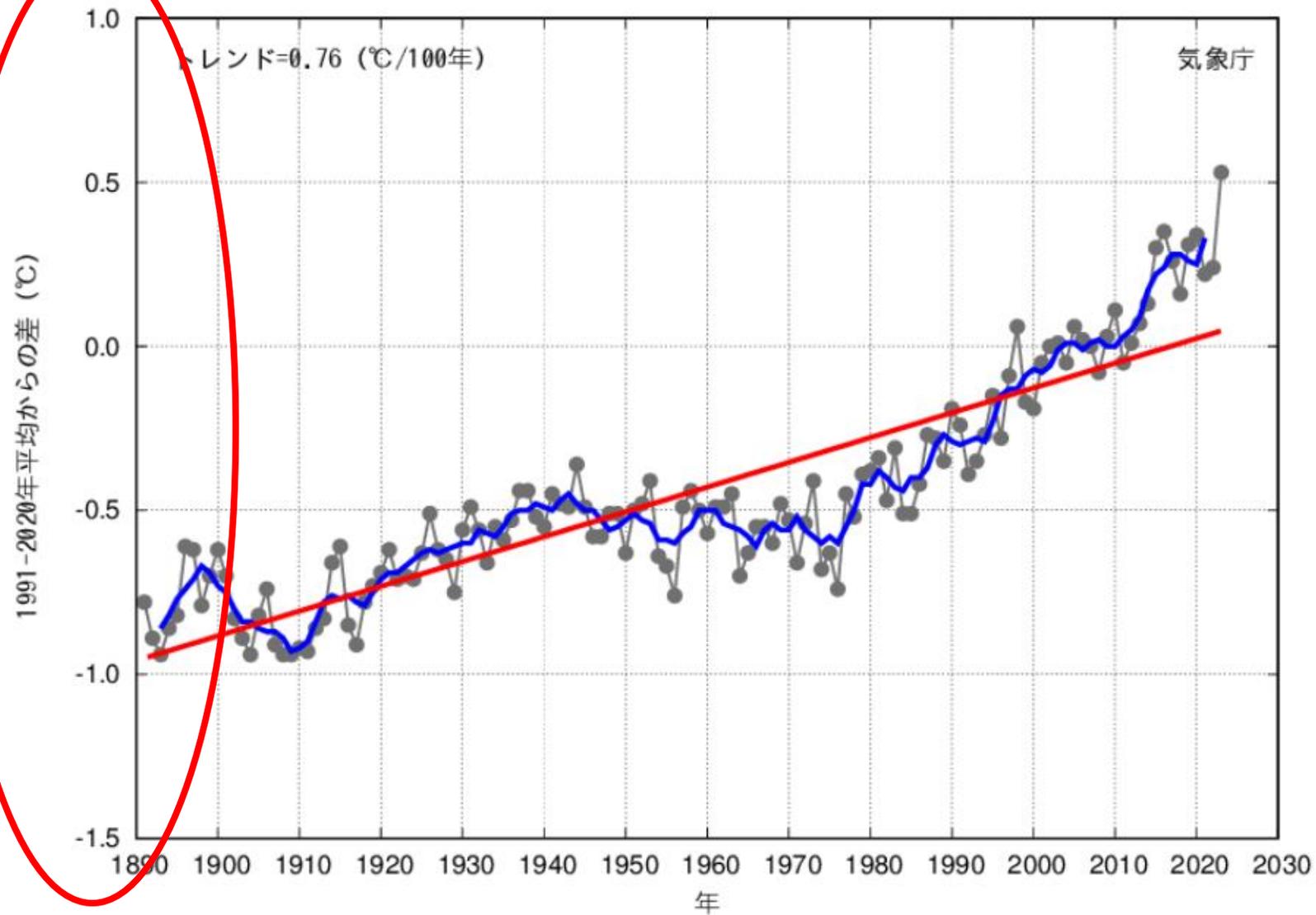
ちなみに

CO<sub>2</sub>がなければ地球の平均気温は8℃

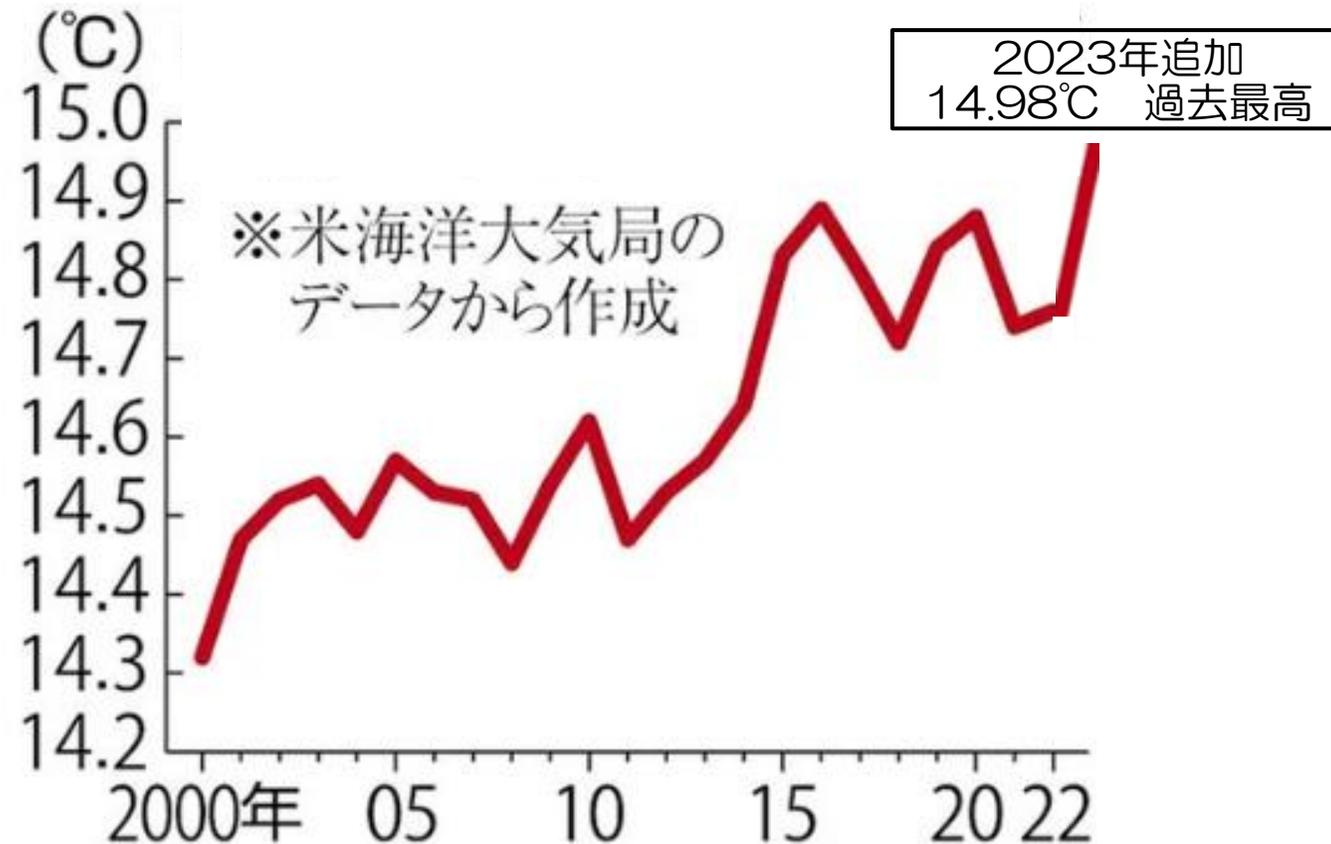
# 名古屋の年平均気温



# 世界の年平均気温偏差



# 世界の年平均気温



(個人的見解)

地球の平均気温は $15^{\circ}\text{C}$ ですが、  
温室効果ガスがなかったら▲ $19^{\circ}\text{C}$ になります。

1 温室効果ガスは7種類？

# 温室効果ガスの特徴

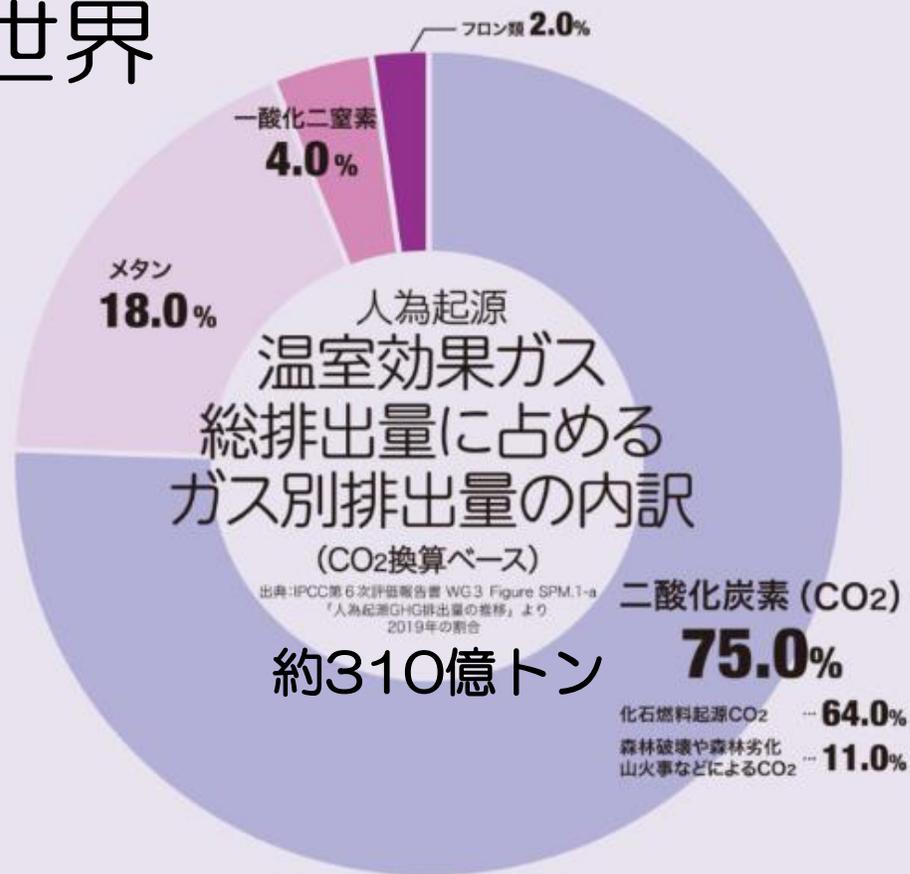
国連気候変動枠組条約と京都議定書で取り扱われる温室効果ガス

温室効果ガス	地球温暖化係数*	性質	用途・排出源
<b>CO<sub>2</sub></b> 二酸化炭素	1	代表的な温室効果ガス。	化石燃料の燃焼など。
<b>CH<sub>4</sub></b> メタン	25	天然ガスの主成分で、常温で気体。よく燃える。	稲作、家畜の腸内発酵、廃棄物の埋め立てなど。
<b>N<sub>2</sub>O</b> 一酸化二窒素	298	数ある窒素酸化物の中で最も安定した物質。他の窒素酸化物（例えば二酸化窒素）などのような害はない。	燃料の燃焼、工業プロセスなど。
<b>HFCs</b> ハイドロフルオロカーボン類	1,430など	塩素がなく、オゾン層を破壊しないフロン。強力な温室効果ガス。	スプレー、エアコンや冷蔵庫などの冷媒、化学物質の製造プロセス、建物の断熱材など。
<b>PFCs</b> パーフルオロカーボン類	7,390など	炭素とフッ素だけからなるフロン。強力な温室効果ガス。	半導体の製造プロセスなど。
<b>SF<sub>6</sub></b> 六フッ化硫黄	22,800	硫黄の六フッ化物。強力な温室効果ガス。	電気の絶縁体など。
<b>NF<sub>3</sub></b> 三フッ化窒素	17,200	窒素とフッ素からなる無機化合物。強力な温室効果ガス。	半導体の製造プロセスなど。

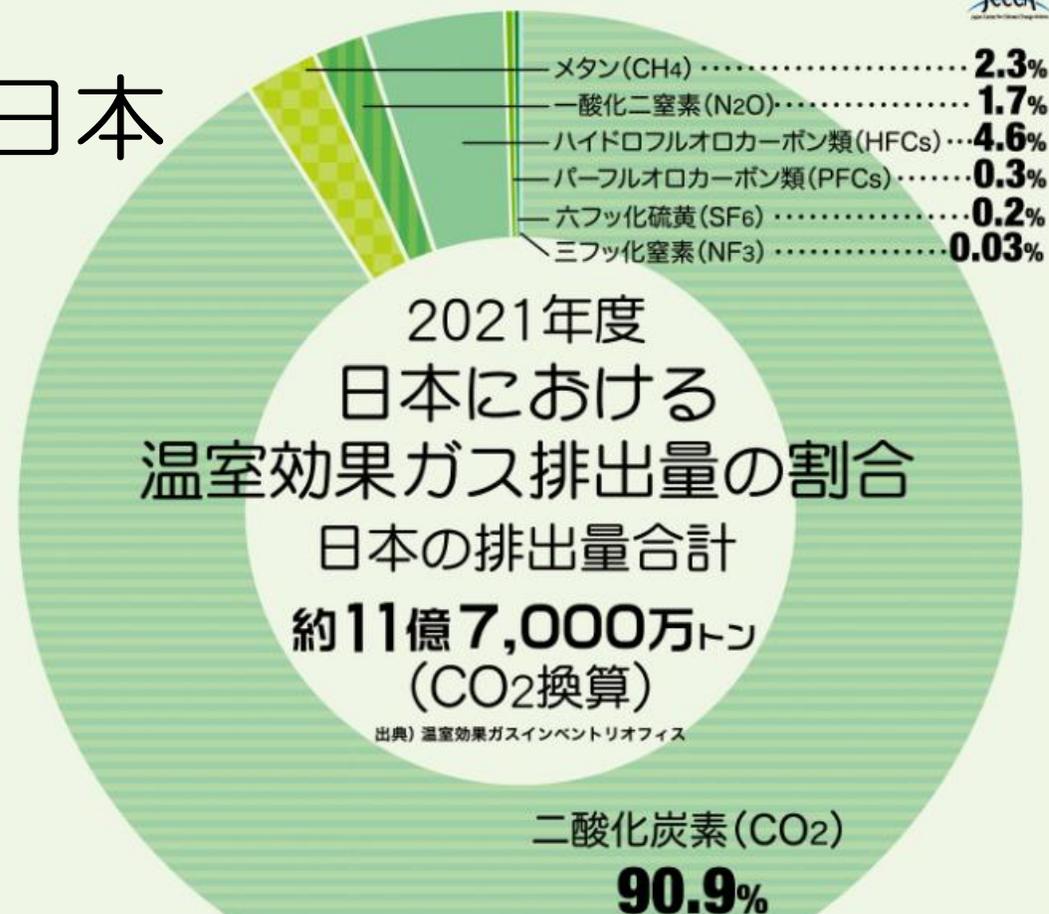
\*京都議定書第二約束期間における値

参考文献：3R・低炭素社会検定公式テキスト第2版、温室効果ガスインベントリオフィス

# 世界



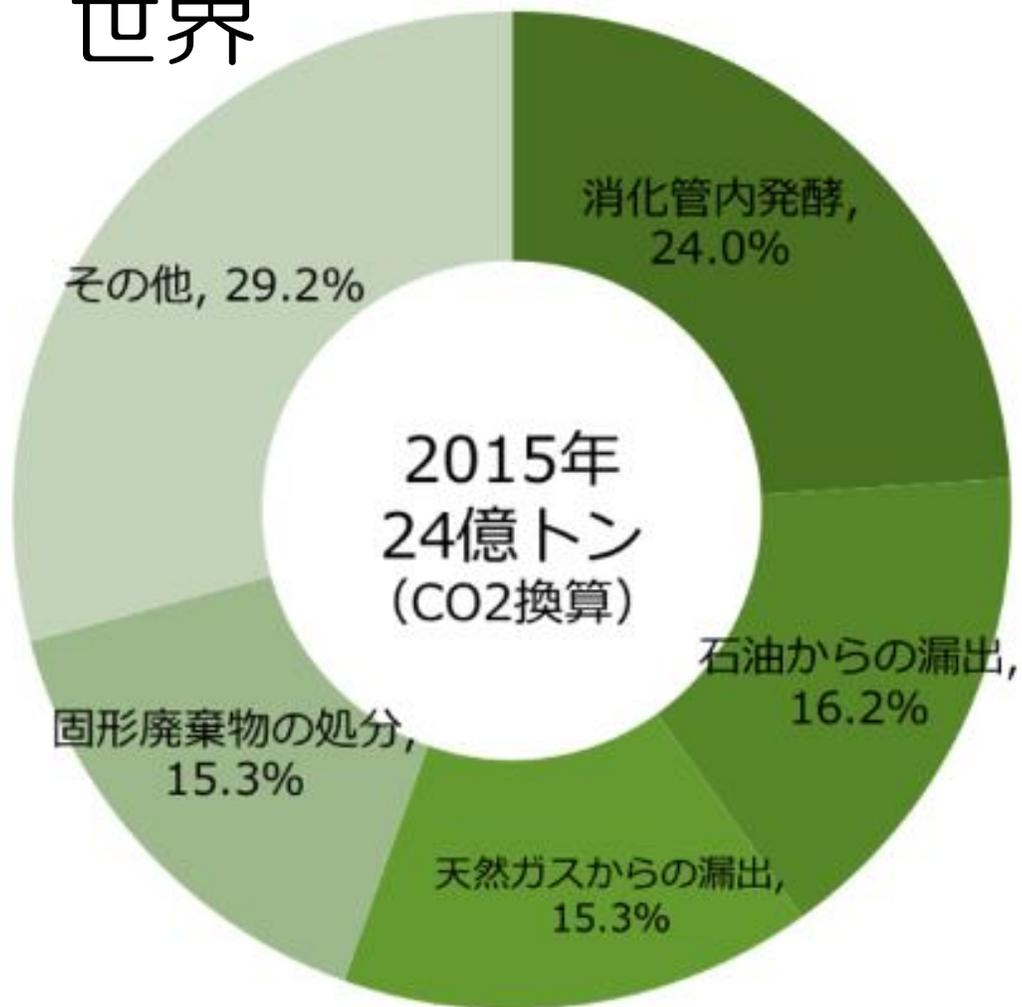
# 日本



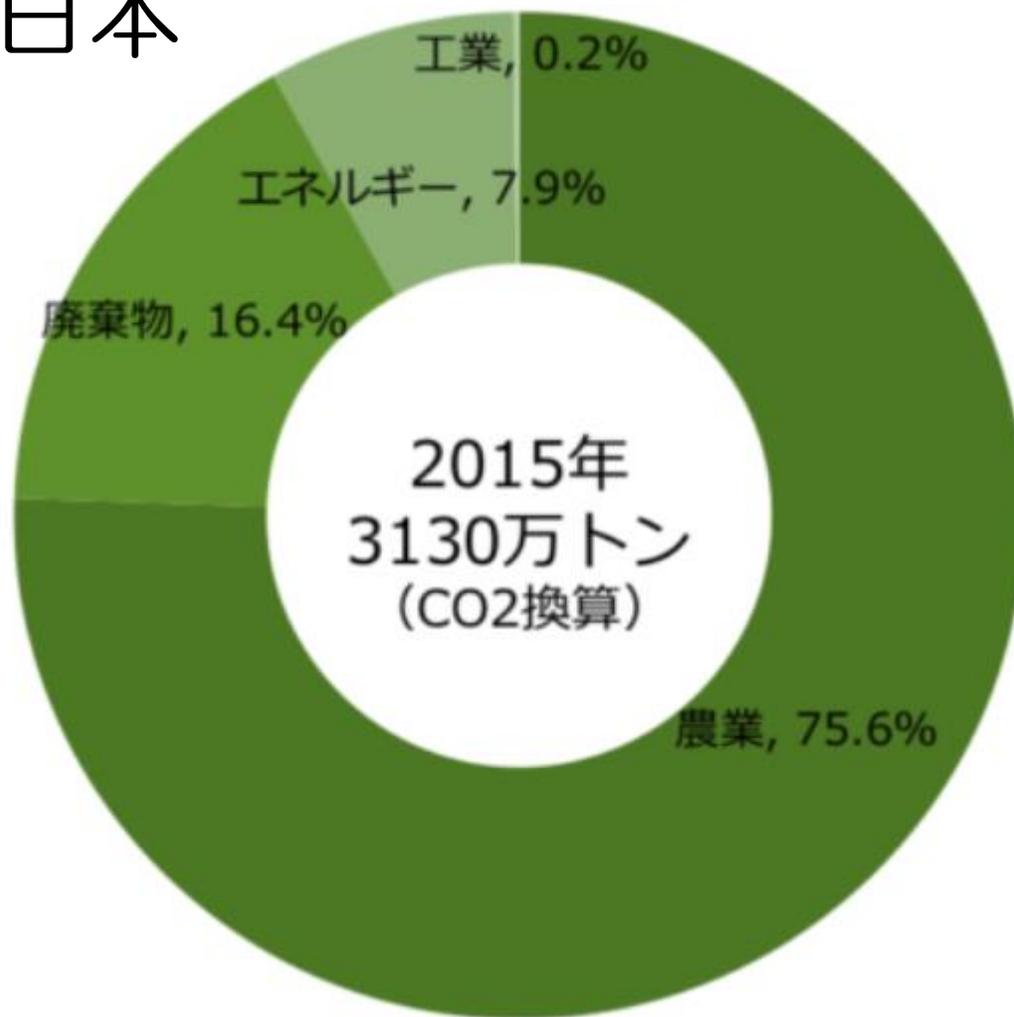
出所) IPCC第6次評価報告書「人為起源GHG排出量の推移」より作成

# メタン排出源内訳

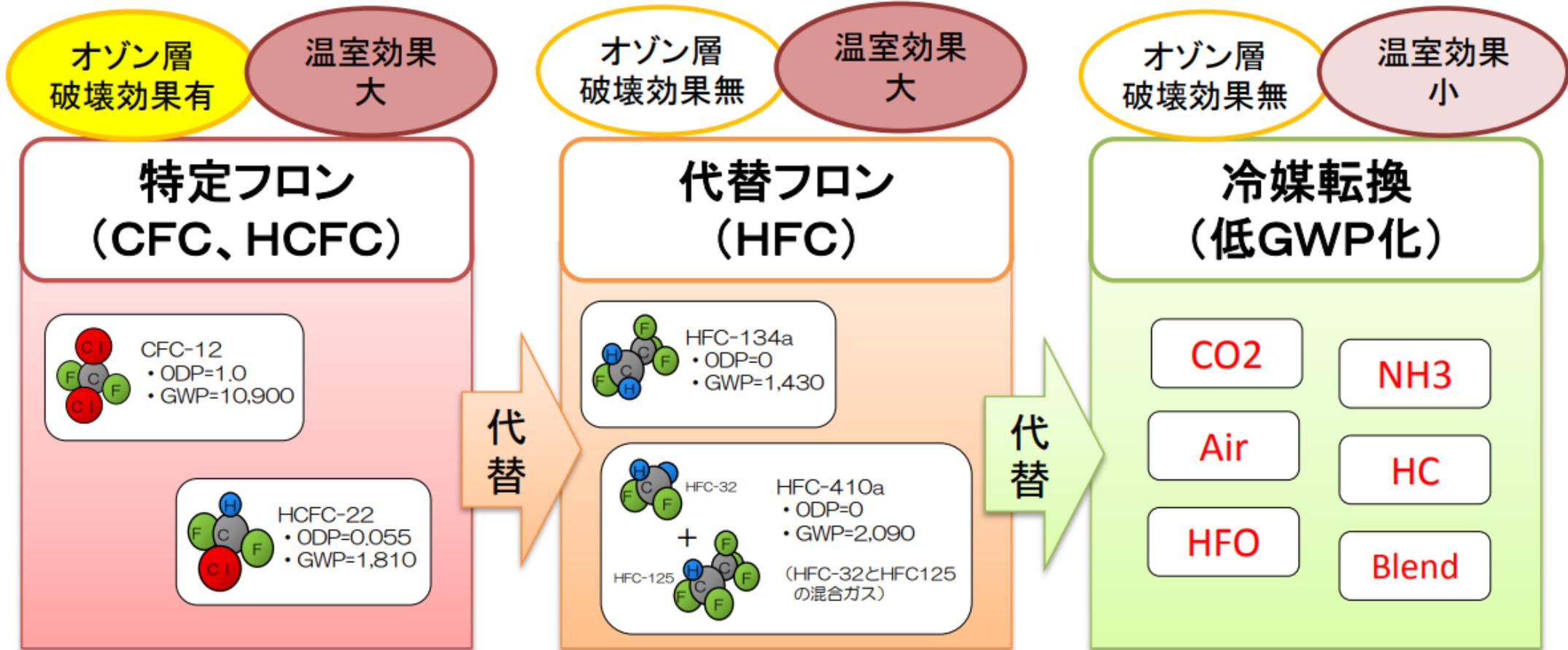
## 世界



## 日本



# 特定フロンも温室効果ガス



※ODP:オゾン層破壊係数(CFC-11を1とした場合のオゾン層に与える破壊効果の強さを表す値)  
**GWP:地球温暖化係数(CO<sub>2</sub>を1とした場合の温暖化影響の強さを表す値)**

# フロン対策の全体像

## ○オゾン層保護法

モントリオール議定書に基づく特定フロン（CFC・HCFC）及び代替フロン（HFC）の生産量・消費量削減のため、**フロンの製造及び輸入の規制**。

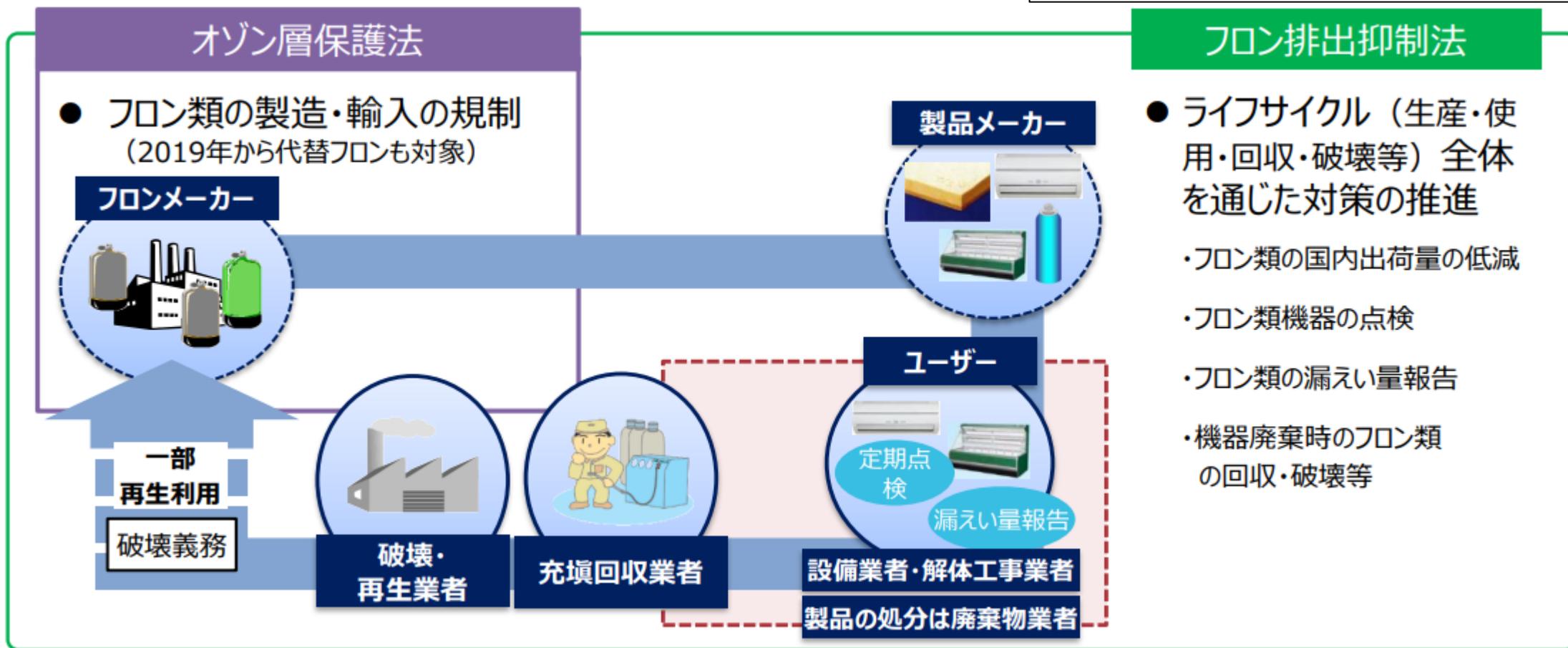
\*代替フロン（HFC）は2016年の議定書の改正（キガリ改正）を受け、2019年から規制対象に追加。

## ○フロン排出抑制法

フロン類の排出抑制を目的として、業務用冷凍空調機器の使用時の管理適正化や廃棄時のフロン回収義務など、フロン類のライフサイクル全般にわたる**排出抑制対策を規制**。

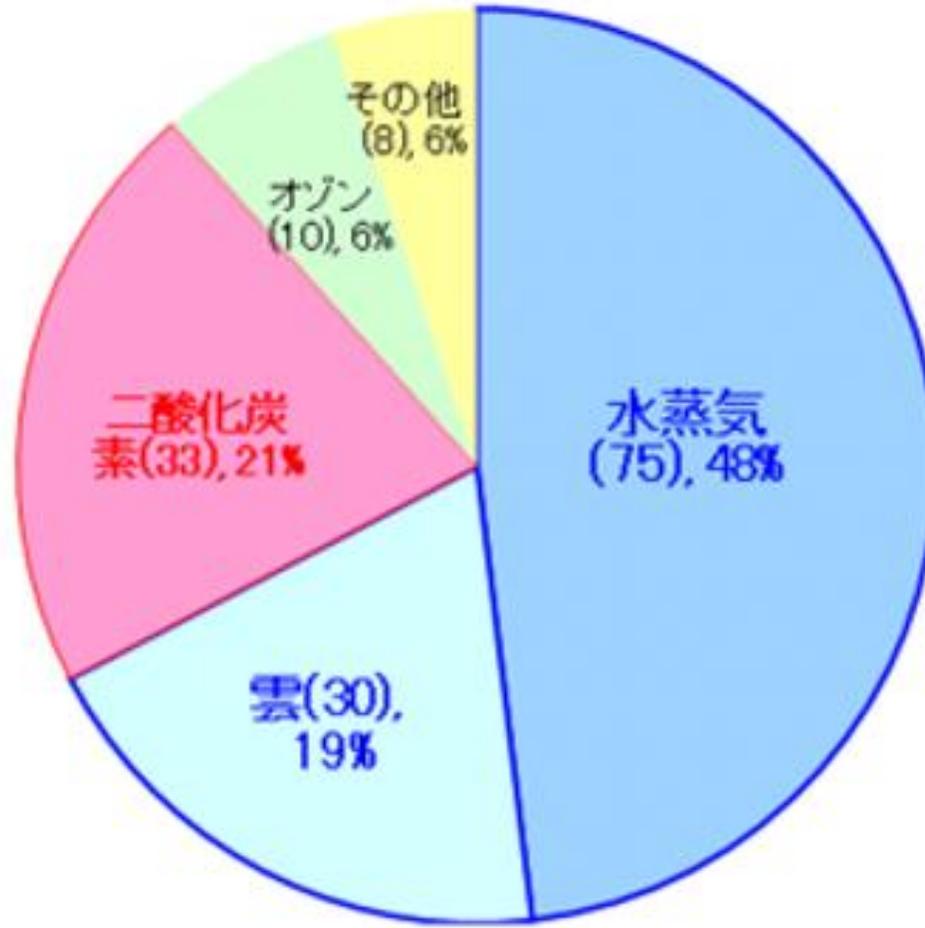
# フロン対策の全体像

2013年 旧フロン回収・破壊法から改正



# 自然界を含む温室効果ガスの種類と影響

温室効果物質の寄与(W/m<sup>2</sup>)



自然界を含む温室効果ガス全体で

$15^{\circ}\text{C} - \blacktriangle 19^{\circ}\text{C} = 34^{\circ}\text{C}$  地球は温められている

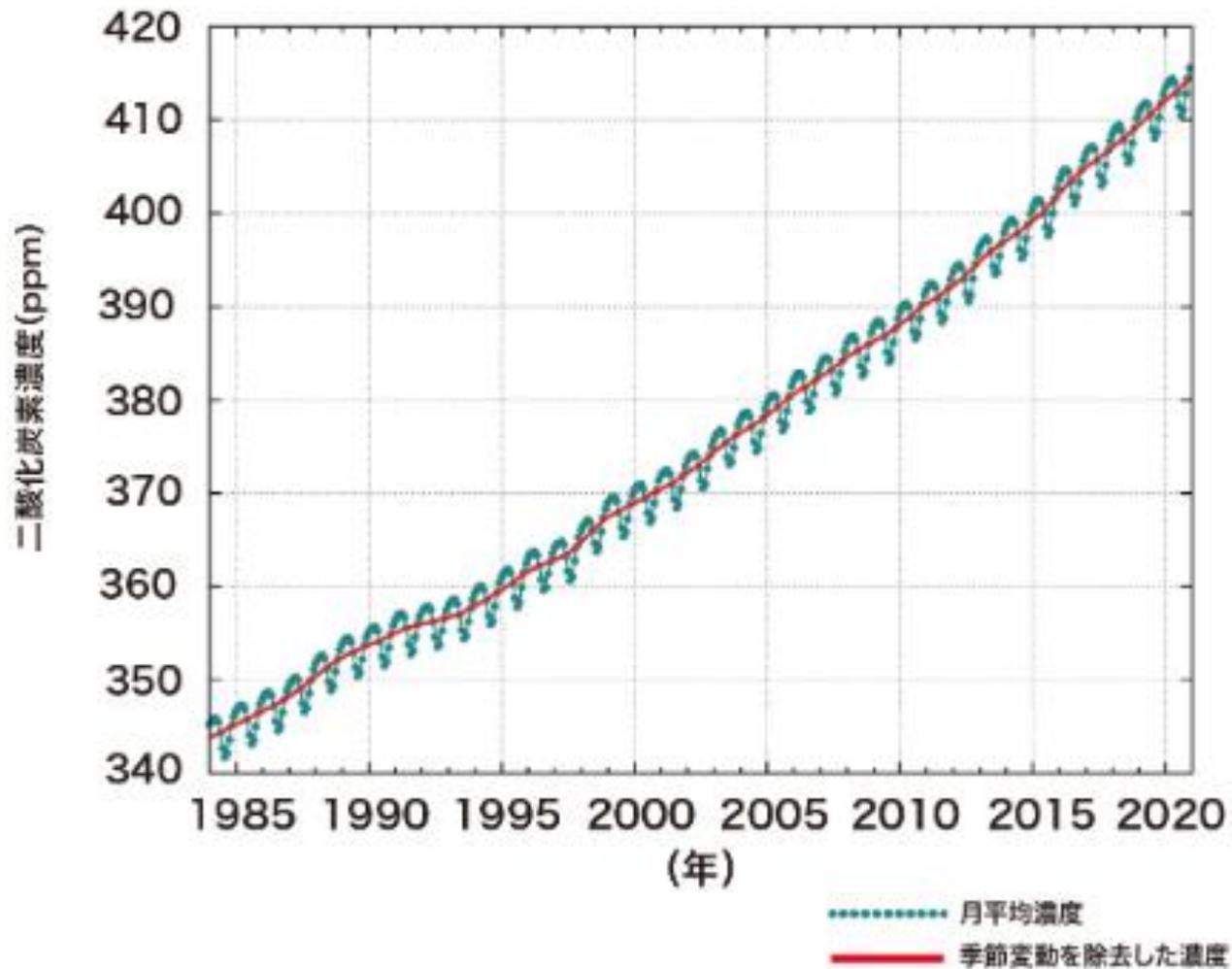
そのうちCO<sub>2</sub>の寄与は21%

したがって、 $34^{\circ}\text{C} \times 21\% \div 7^{\circ}\text{C}$

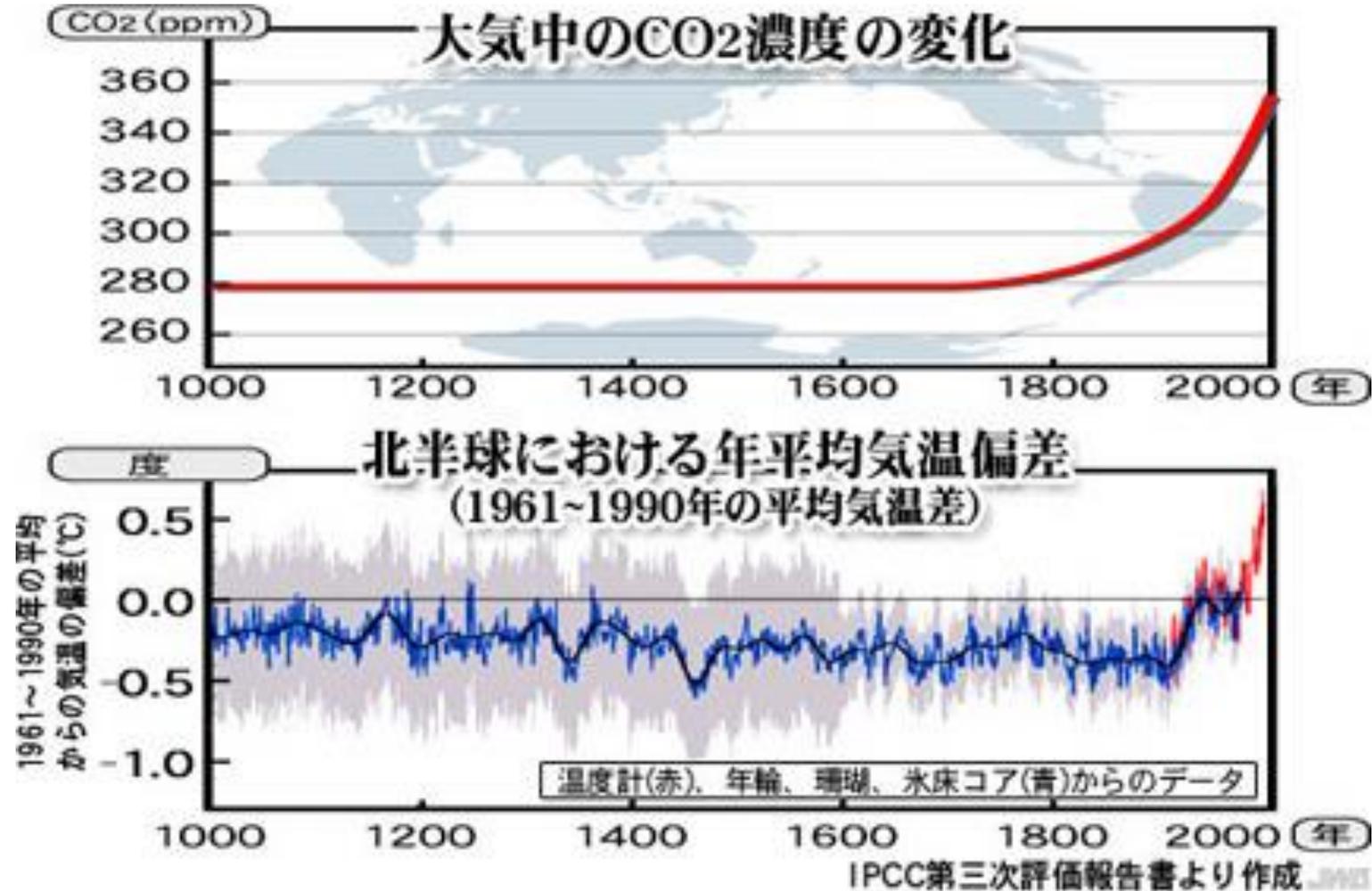
(CO<sub>2</sub>がなければ地球は $15^{\circ}\text{C} - 7^{\circ}\text{C} = 8^{\circ}\text{C}$ )

## 第2章 CO<sub>2</sub>の濃度と気温、CO<sub>2</sub>の重さ・体積

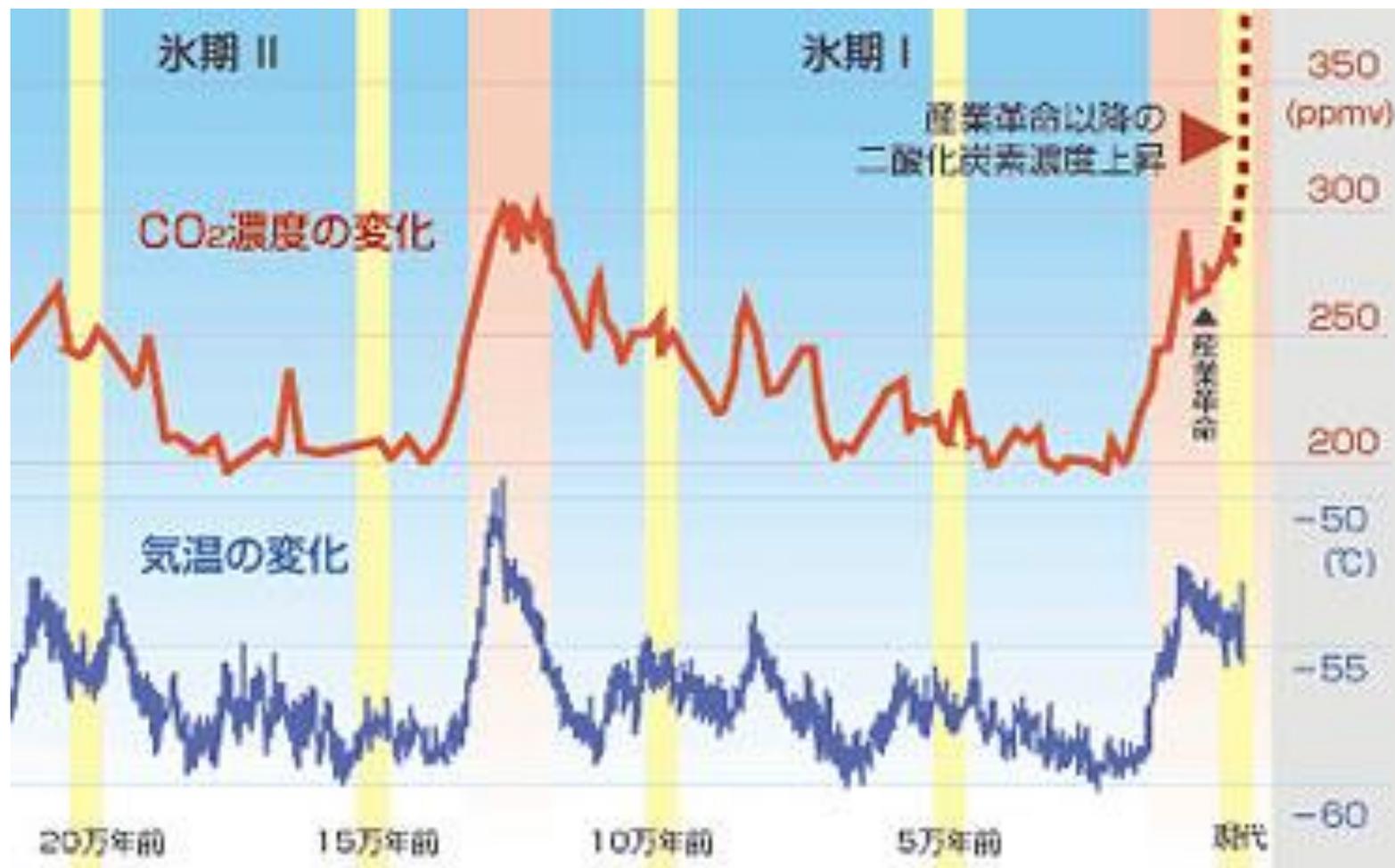
## 2-1.1 CO<sub>2</sub>濃度 過去からの推移



## 2-1.2 過去1000年のCO<sub>2</sub>濃度と平均気温



## 2-1.3 過去20万年のCO<sub>2</sub>濃度と平均気温（南極）



# 過去のCO2濃度の測定方法

ココ  
知り!! 氷床コアとは



- 南極やグリーンランドの内陸において、夏になっても溶けない雪は自分の重さで圧縮されて、やがて氷になる。
- 氷の隙間にあった空気は閉じこめられてしまう。
- 氷は下へ行くほど古くなる。

氷の中の**気泡**を取りだして分析すれば、**昔の空気成分**を知ることができる。

# 過去の気温の測定方法

## ①年輪測定法

樹木の年輪の成長幅によって気温情報を読み取る

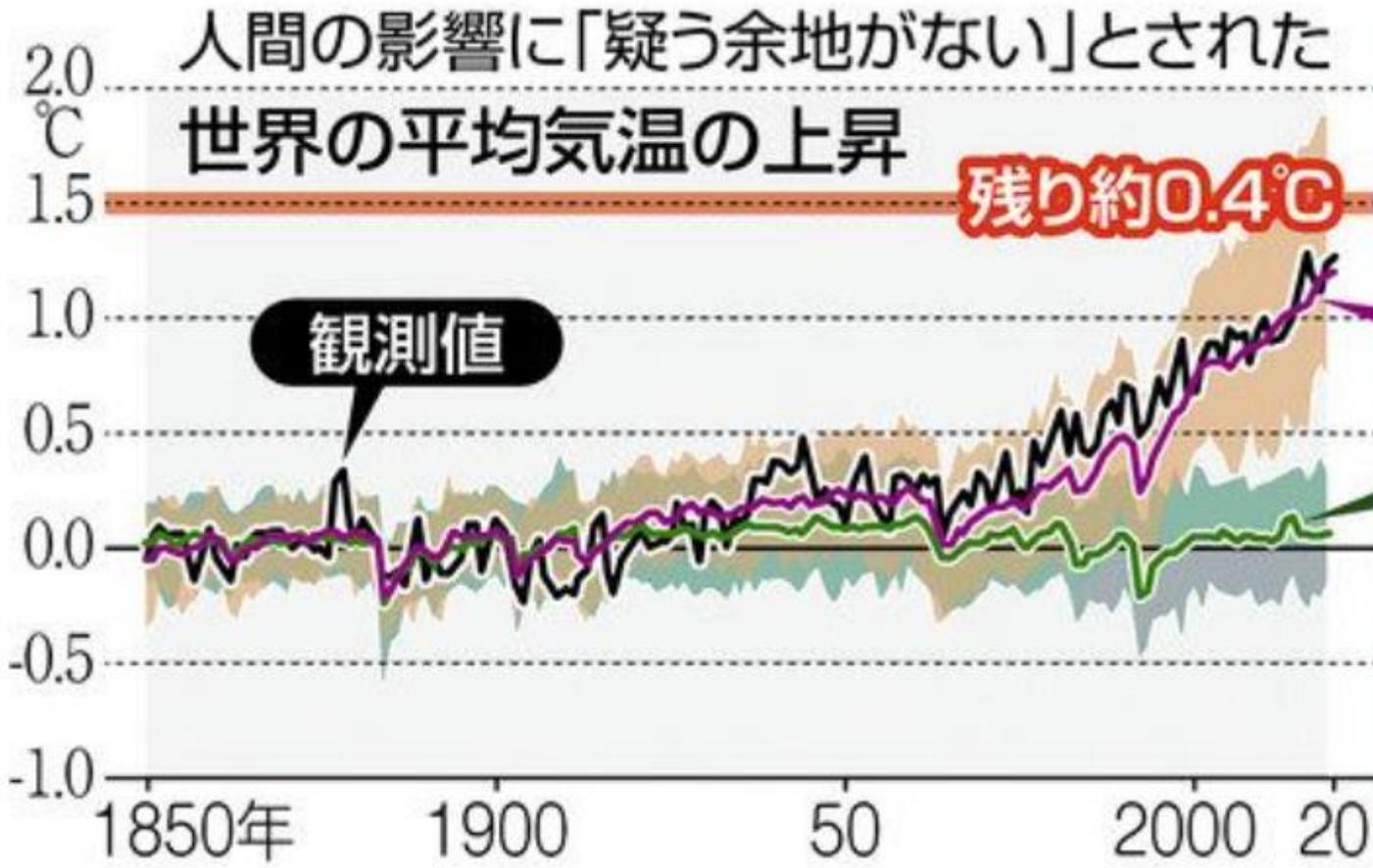
## ②酸素同位体比測定法

質量が重いため蒸発しにくい酸素18と酸素16の比率「酸素安定」が温度の関数となることから、サンプル（氷床、有孔虫、サンゴ等）に含まれる酸素安定同位体比を測定

## 2-1.4 産業革命っていつ？

2013年から2014年にかけて公表された、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第5次評価報告書によれば、

「世界の平均気温は、産業革命以降の約130年間で  
0.85°C上昇しました。」



人間の影響がある場合のシミュレーションの結果

人間の影響がない場合のシミュレーションの結果

国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第6次評価報告書を基に作成



産業革命は1770年代から1830年代に起こった



世界気象機関（WMO）やIPCC

産業革命前の気温を1850年-1900年の平均を基準と定義

## 2-2 CO<sub>2</sub>の重さと体積

CO<sub>2</sub> 1モル44g=22.4ℓ (0℃、1気圧)

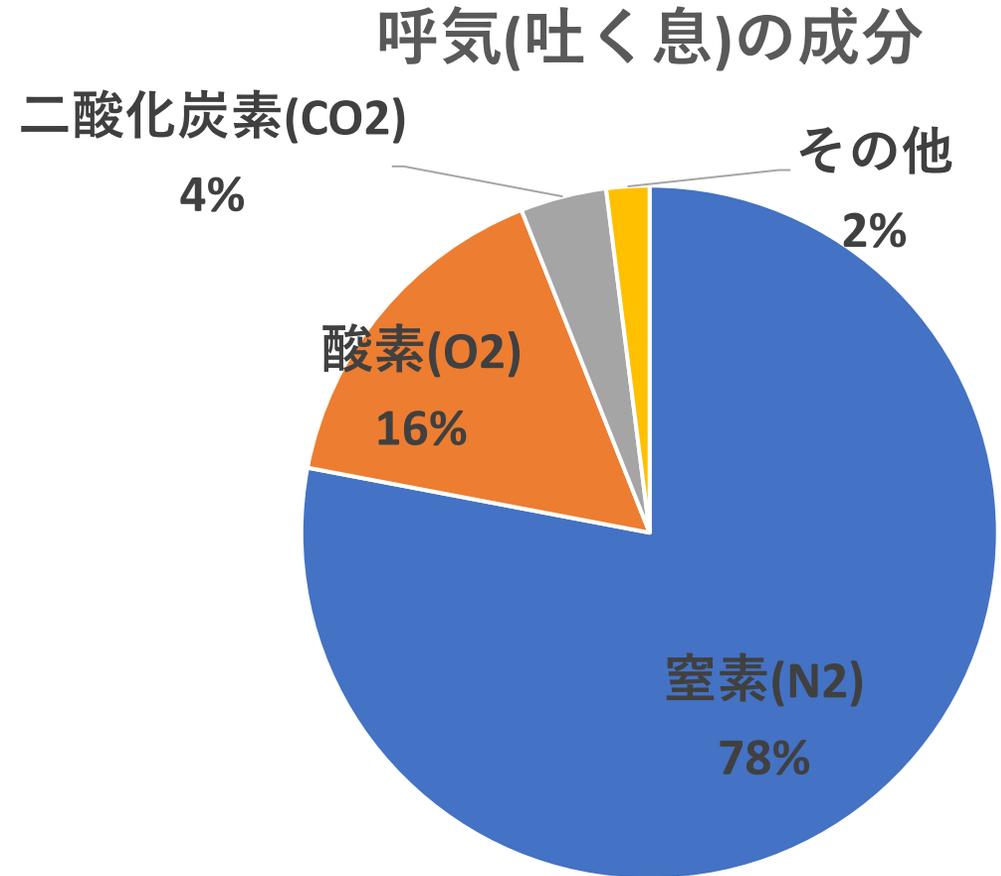
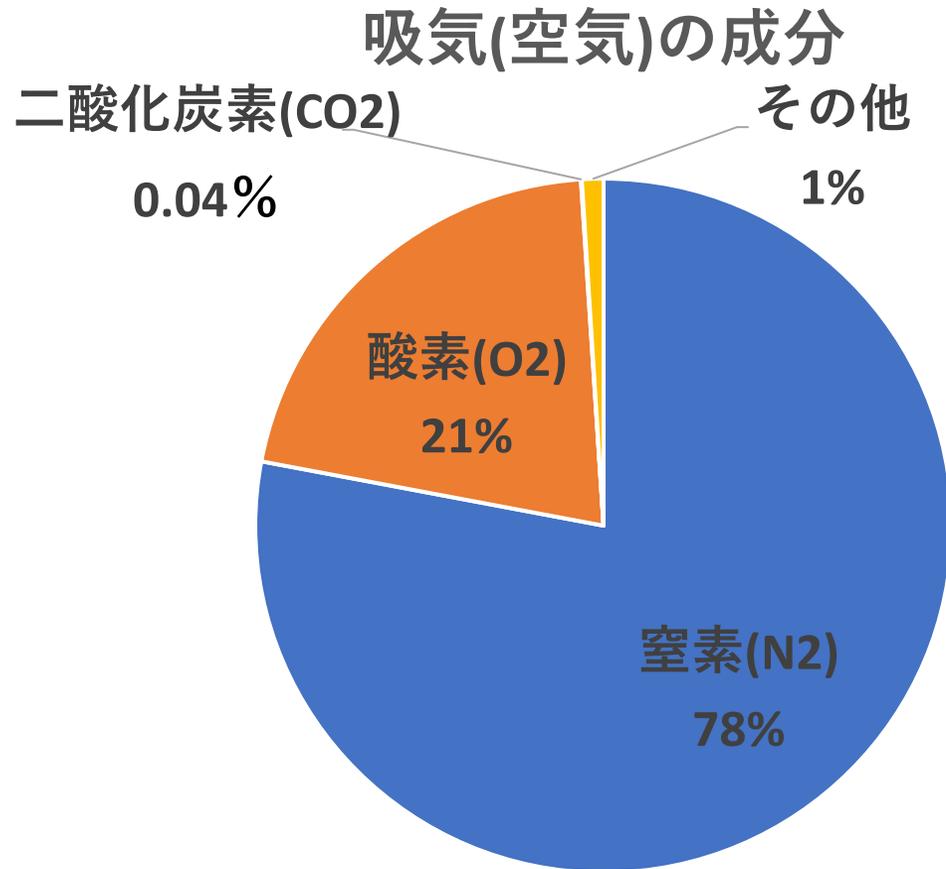
→1g=500cc

→1kg=500ℓ (冷蔵庫程度)

→1トン=500m<sup>3</sup> (半径約5mの球or水深2mの25mプール)

杉の木が1年間で吸収するCO<sub>2</sub>の量は14kg (林野庁)

## 2-3 呼吸のO<sub>2</sub>・CO<sub>2</sub>濃度



## 2-3 呼吸のO<sub>2</sub>・CO<sub>2</sub>濃度

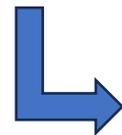
成人が一回の呼吸で吸う空気の量は0.5 ℓ 程度

1年間の呼吸量

$$0.5 \text{ ℓ} \times 20 \text{ 回/分} \times 60 \text{ 分} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ 日} = 5256 \text{ m}^3$$

1年間のCO<sub>2</sub>排出量

$$5256 \text{ m}^3 \times 4\% = 210 \text{ m}^3 = 420 \text{ kg} \quad (\text{消費電力量} 1000 \text{ kwh} \text{ に相当})$$



ただしカーボンニュートラル  
安心してください

## 2-4 燃烧した時のO<sub>2</sub>・CO<sub>2</sub>濃度



O<sub>2</sub> : 21%  
CO<sub>2</sub> : 0.04%

O<sub>2</sub> : 17%  
CO<sub>2</sub> : 4%

## 2-5 400PPMのイメージ

CO<sub>2</sub> 400PPMとは濃度0.04%のこと

◇8畳の部屋で

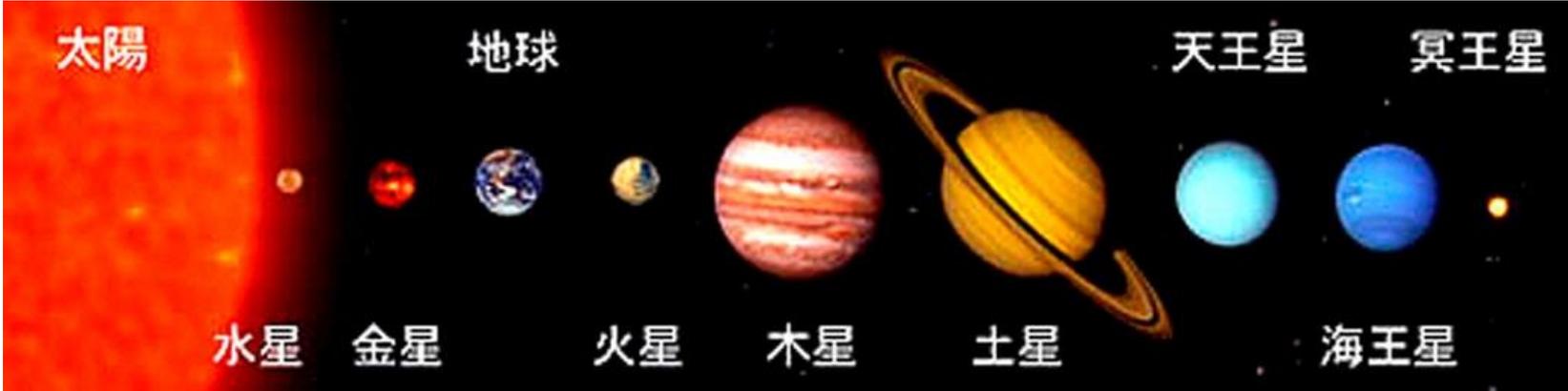
1PPM=30ccの水の量に相当

400PPM=12,000cc (1ℓのペットボトル12本分)

◇教室 (7m×9m×3m) で

400PPM=75,600cc (50cm×50cm×30cmの箱に相当)

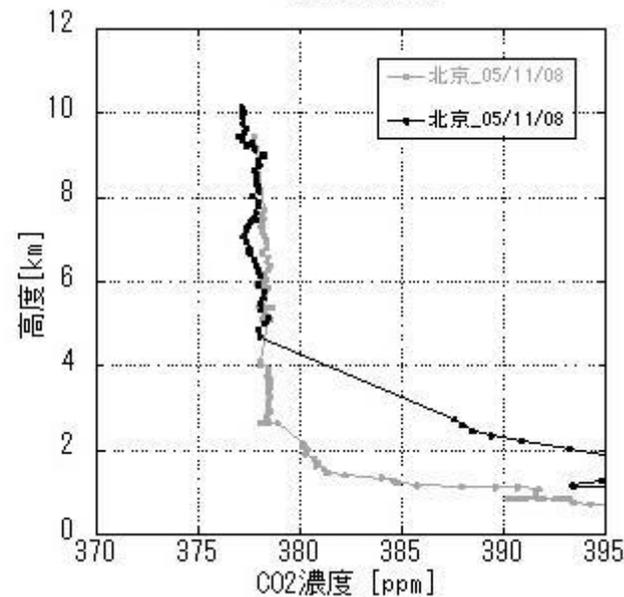
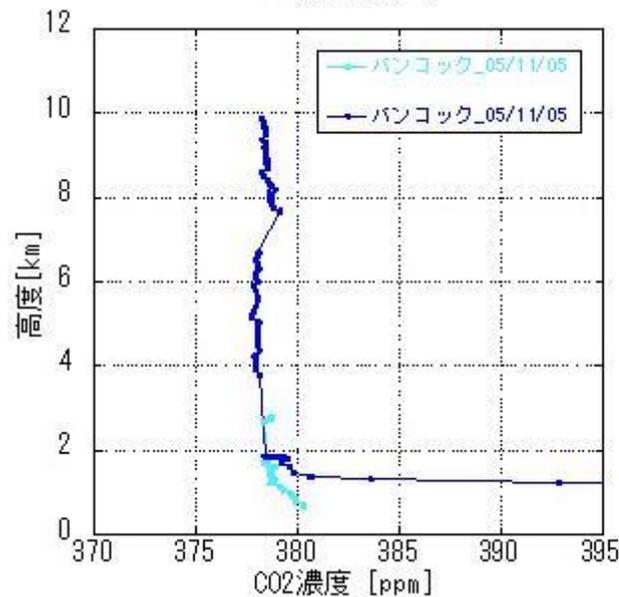
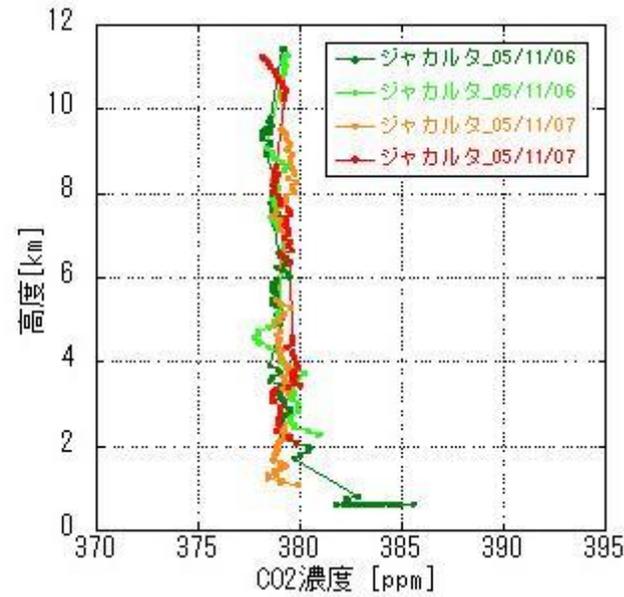
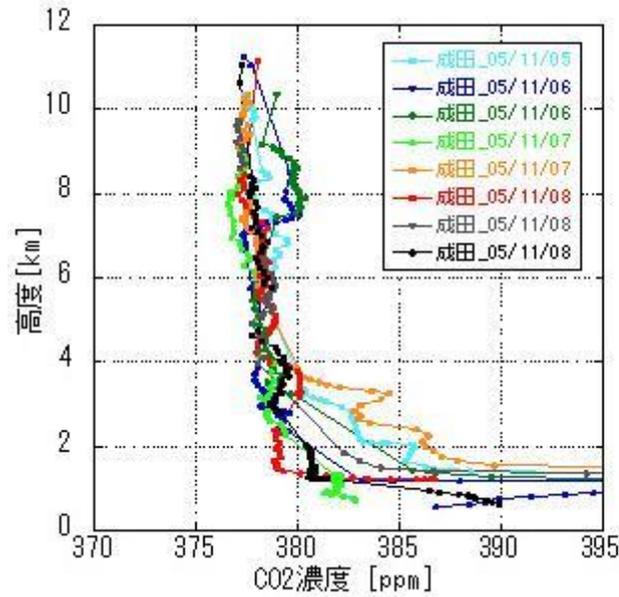
# 2-6 火星・金星との比較



	表面気圧 (気圧)	主な温室効果ガス	温室効果ガスがない 場合の地表気温	観測される 地表気温	温室効果
金星	90	90 % 以上の CO <sub>2</sub>	-46°C	477°C	523°C
地球	1	約 0.04 % の CO <sub>2</sub> 約 1 % の H <sub>2</sub> O	-18°C	15°C	33°C
火星	0.007	80 % 以上の CO <sub>2</sub>	-57°C	-47°C	10°C

出典： IPCC (1990)；気象庁訳

# 2-7 CO<sub>2</sub>は重いけれど～CO<sub>2</sub>濃度の垂直分布～



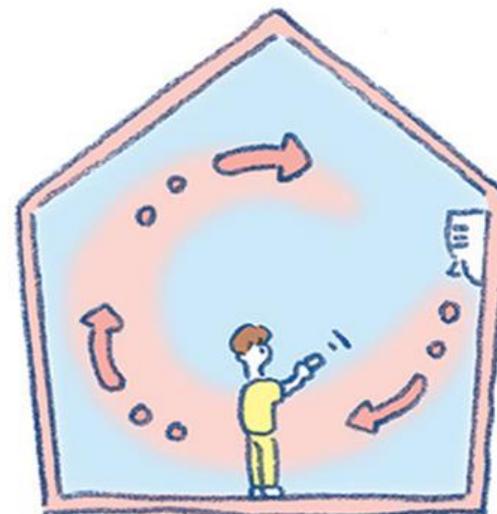
## 第3章 温暖化のメカニズム

～CO<sub>2</sub>は地球からの熱は吸収するのに、  
太陽からの熱はなぜ吸収しないの？～

# 3-1 熱の3つの伝わり方



放射(輻射)



対流



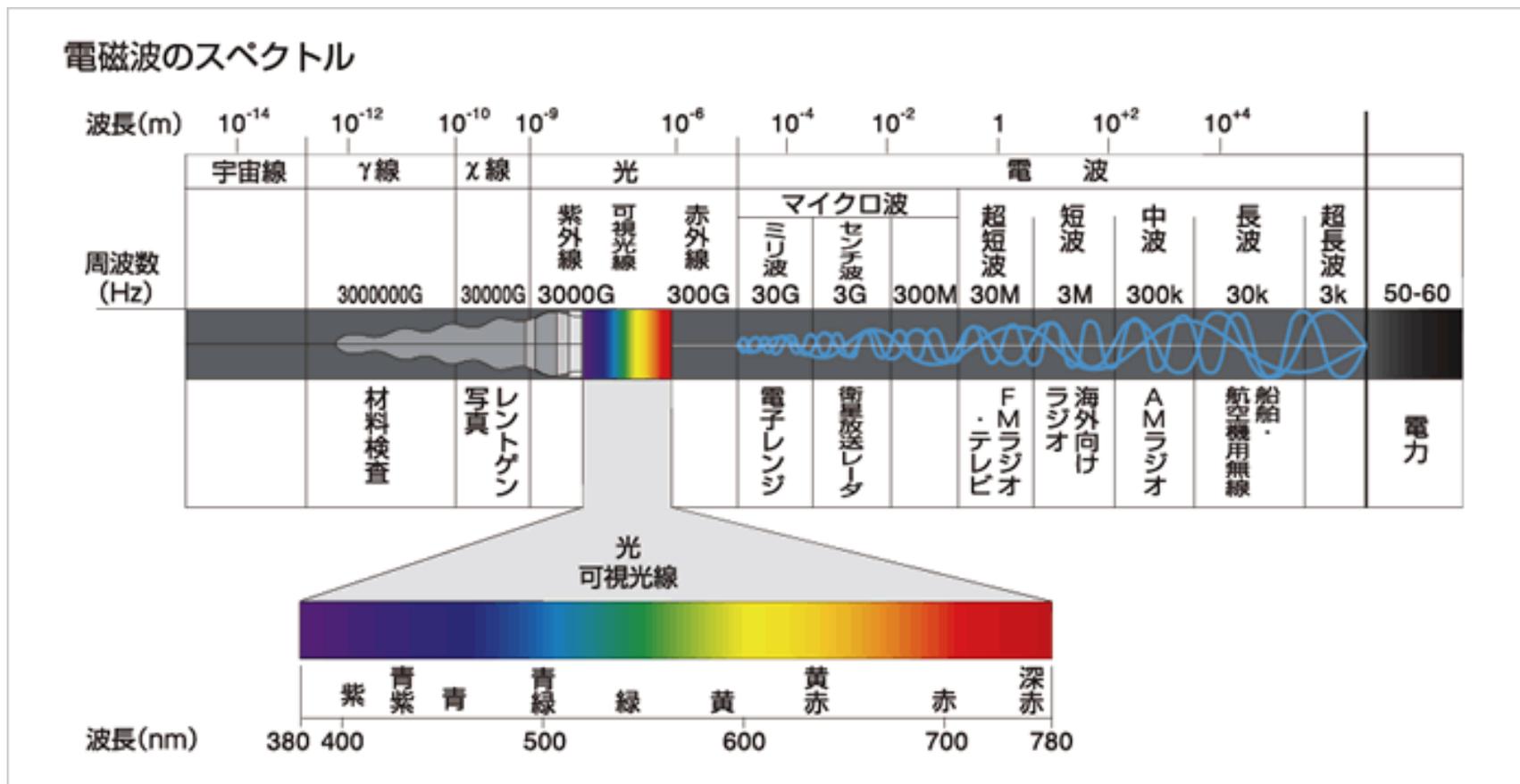
伝導

## 3-2 放射の特徴

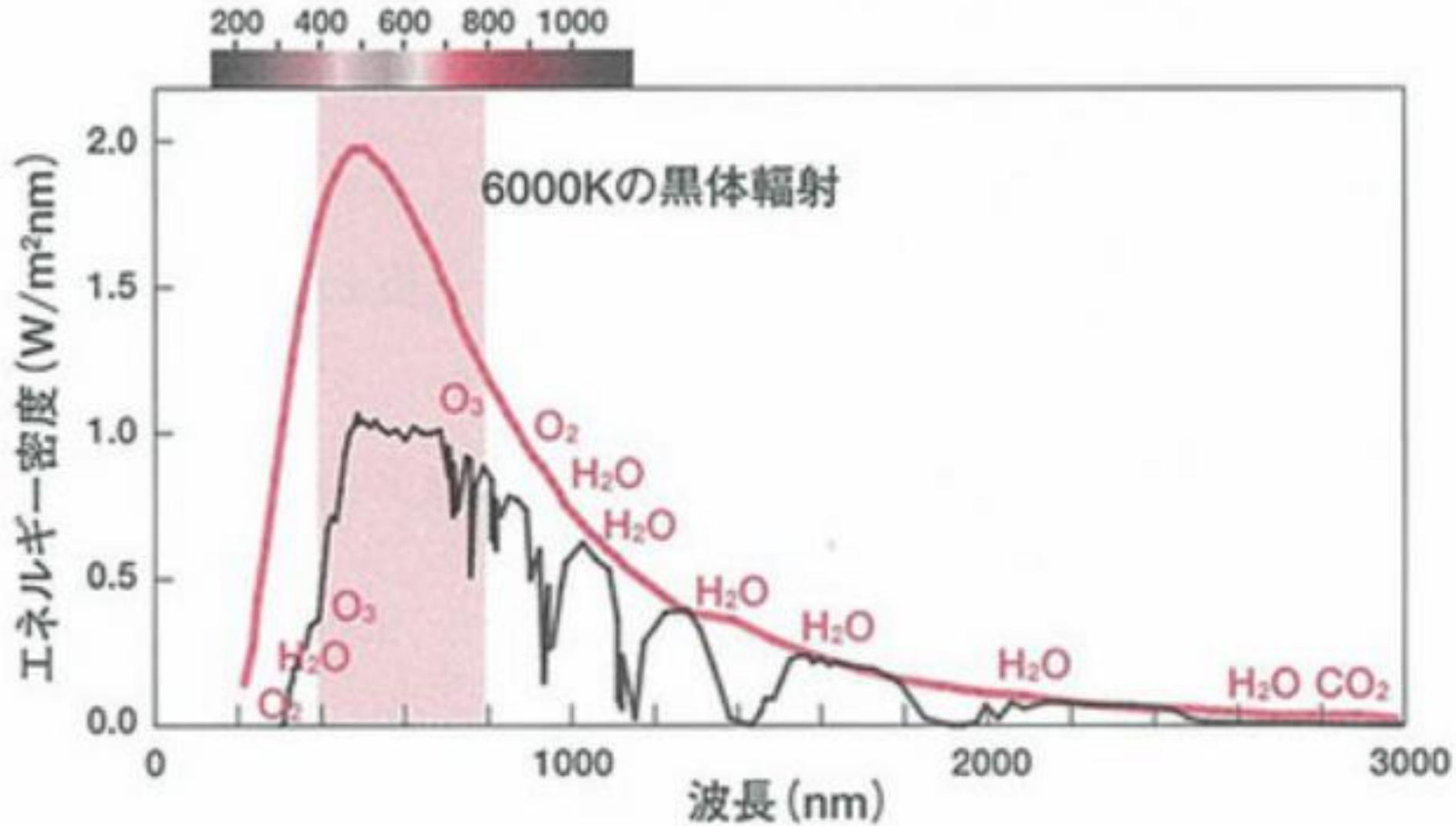
- 熱のある物体からは電磁波が出る。
- 熱の温度によって出る電磁波の種類が違い、物体の温度が高いほど、電磁波の量が増し、波長は短くなる。
- 電磁波のため、間に何も無い真空でも伝わる。
- 電磁波を吸収するとその物質は暖まる。
- 物質にはそれぞれ吸収しやすい電磁波の波長がある。
  - 紫外線はオゾンに吸収される
  - 赤外線は水蒸気やCO<sub>2</sub>に吸収
  - 可視光線は吸収されることなく地表に届く

# 3-3 太陽から熱が伝わるしくみ

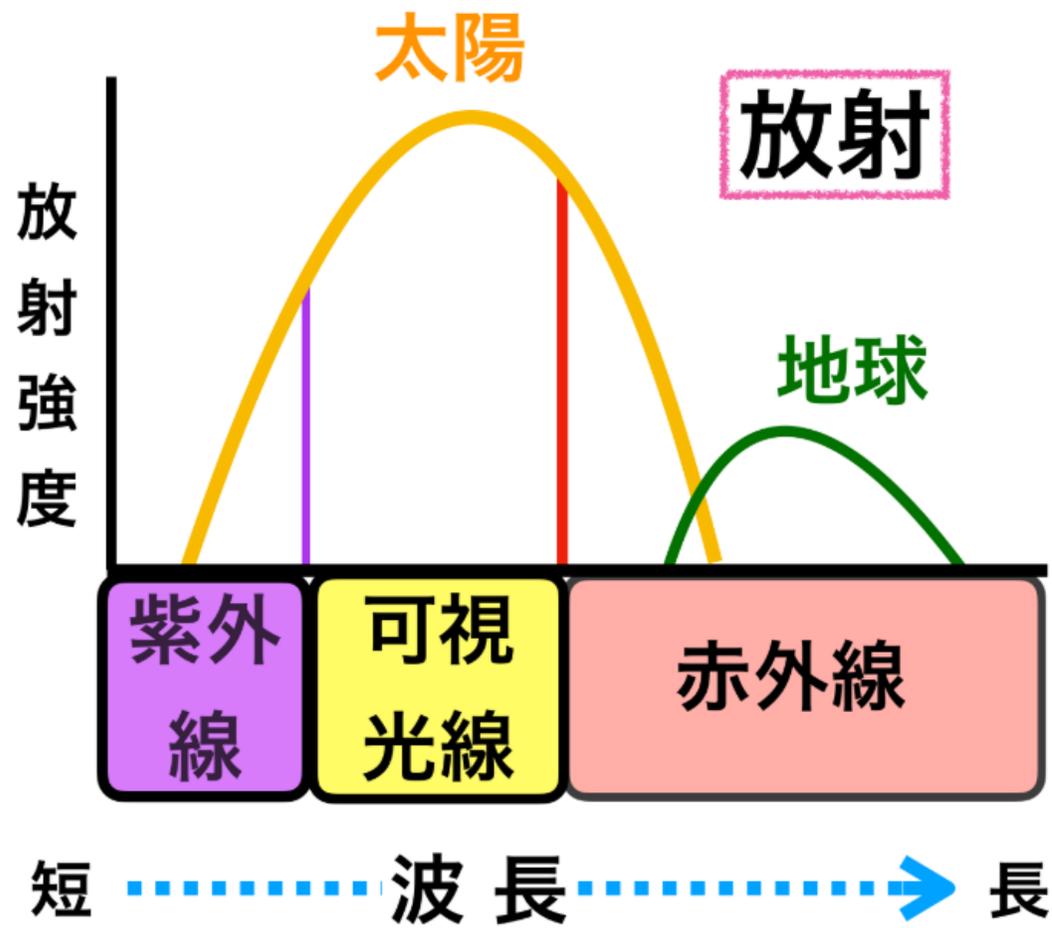
太陽の表面温度6000°Cから出る放射（電磁波）



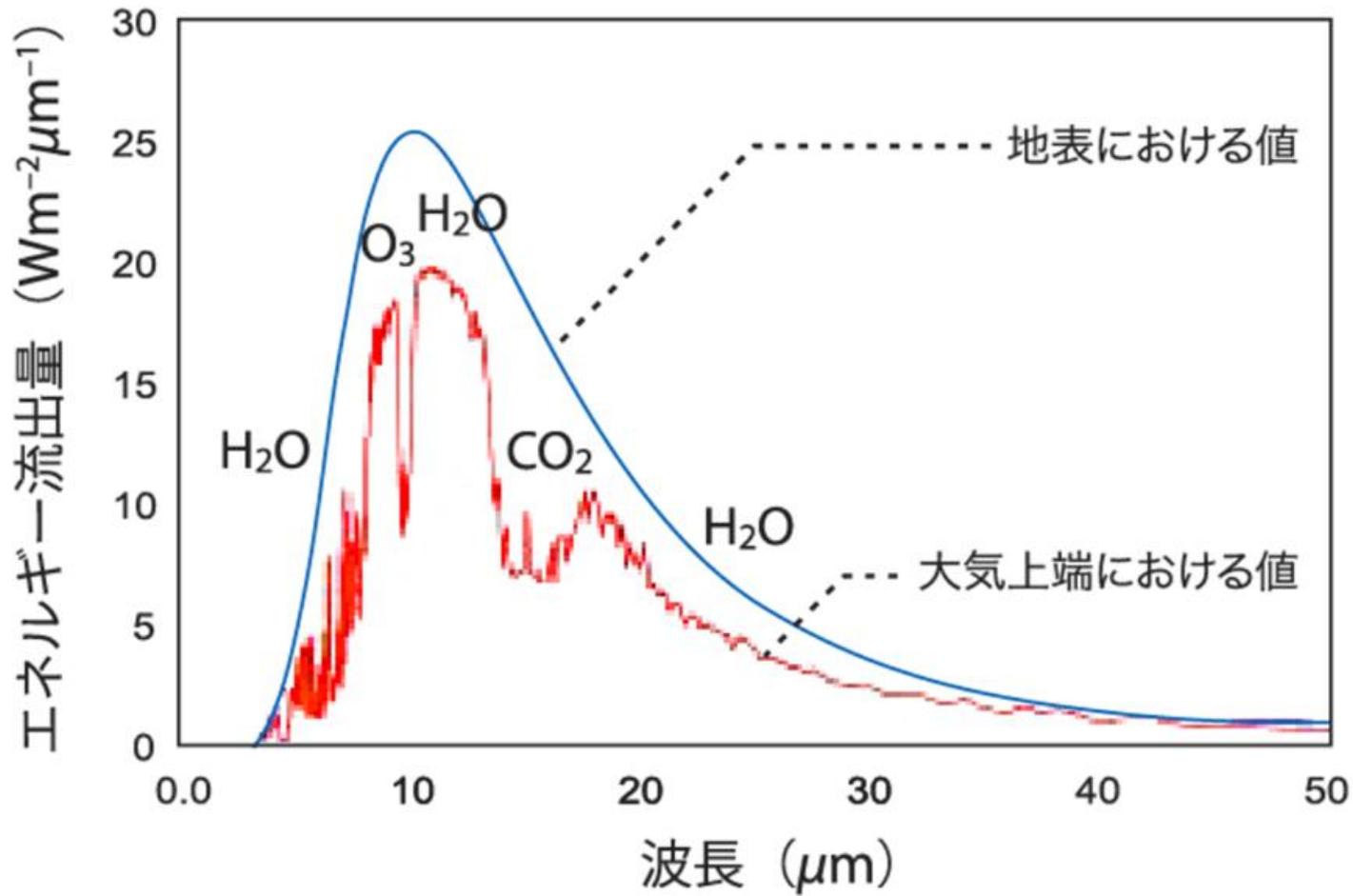
# 3-4 太陽光スペクトル



# 3-5 地球放射



# 3-6 地球放射と温室効果

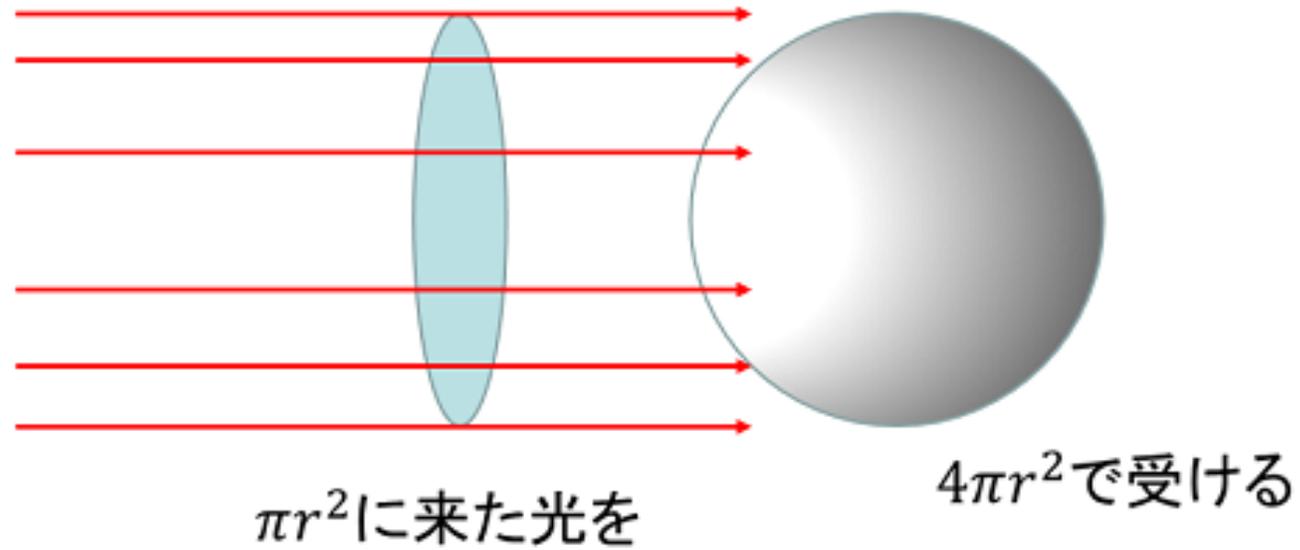


### 各温室効果物質の寄与

水蒸気	48% (75 Wm <sup>-2</sup> )
二酸化炭素	21% (33 Wm <sup>-2</sup> )
雲	19% (30 Wm <sup>-2</sup> )
オゾン	6% (10 Wm <sup>-2</sup> )
その他	5% (8 Wm <sup>-2</sup> )

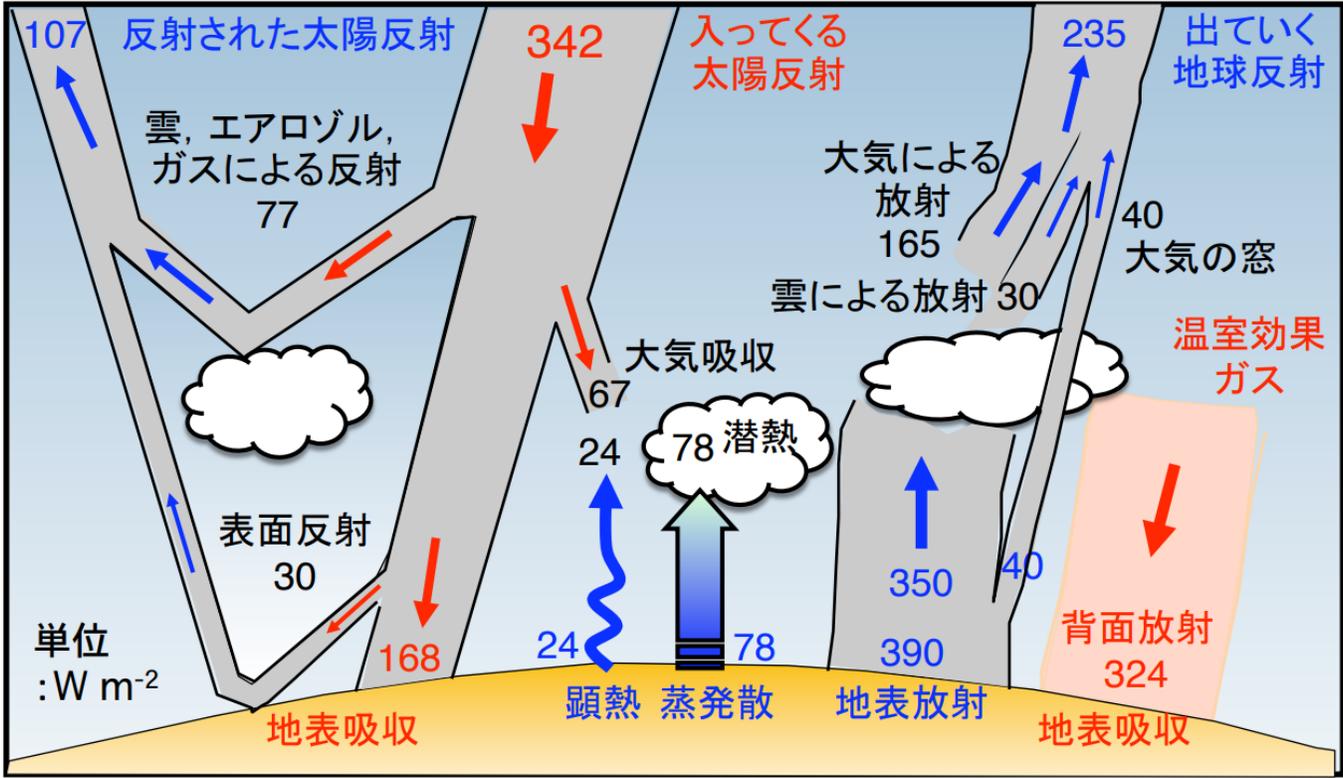
# 参考 太陽定数

太陽定数 =  $1367 \text{ W/m}^2$



太陽光線のエネルギーの平均は太陽定数の $1/4$ になる  
 $= 342 \text{ W/m}^2$

# 3-6 地球の熱収支



宇宙 入力=342 出力=107+235=342

地表 入力=168+324=492 出力=24+78+390=492

光の吸収 温室効果 顕熱 潜熱 熱放射

# 第4章 カーボンニュートラルとは

## 4-1 カーボンニュートラル宣言

2020年10月 菅元首相臨時国会所信表明にて

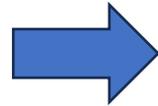
「我が国は、2050年までに、**温室効果ガス**の排出を**全体としてゼロ**にする、すなわち2050年**カーボンニュートラル**、**脱炭素**社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします」

## 4-2.1 カーボンニュートラルの定義

- カーボンニュートラル 直訳すれば「炭素中立」
- よく勘違いされる内容1

×

「カーボン」だから  
二酸化炭素が対象で  
他の温室効果ガスは対象外



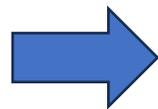
○

温室効果ガス全体

## 4-2.2 カーボンニュートラルの定義

- よく勘違いされる内容2

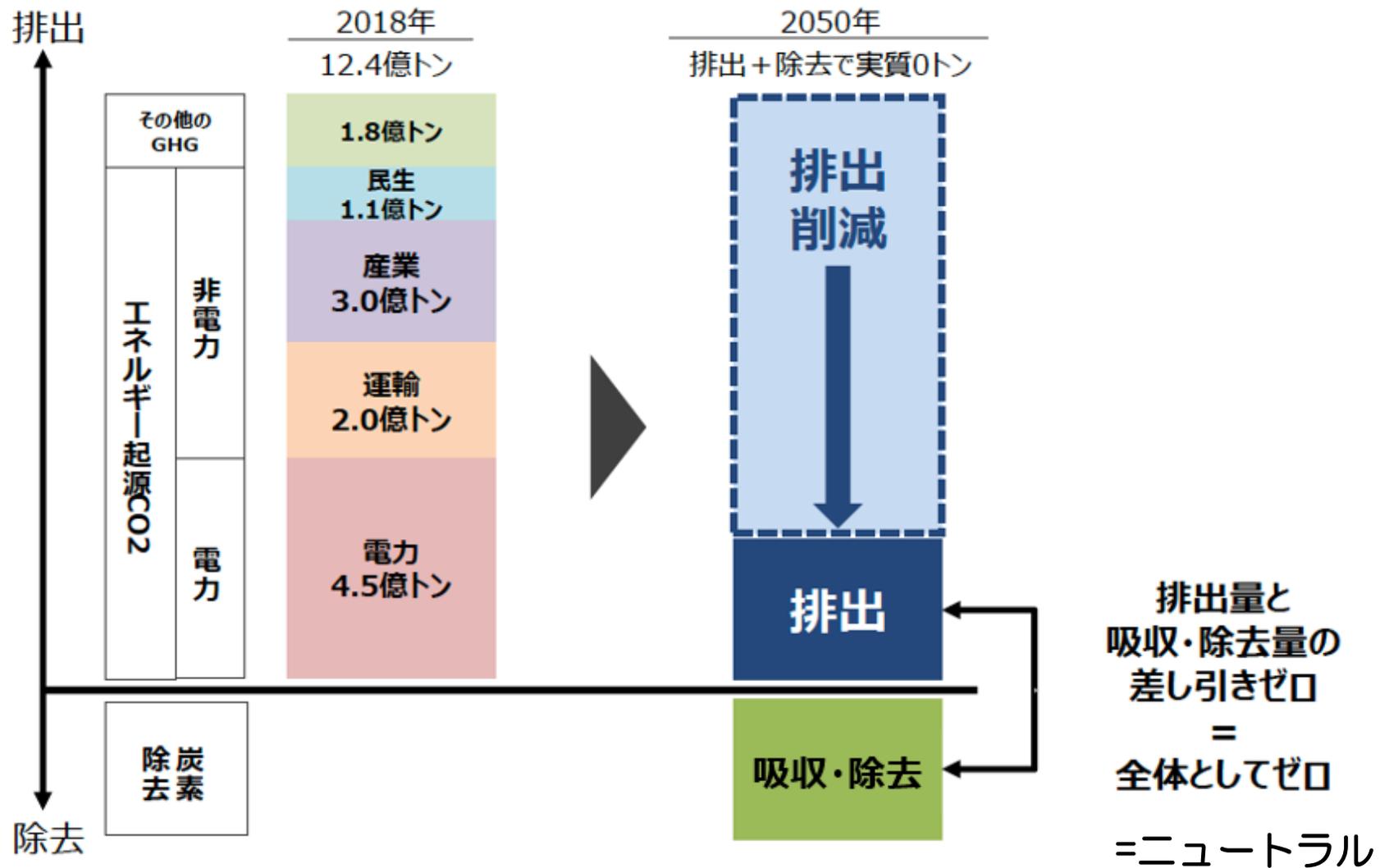
×  
排出量をゼロにする



○  
排出量から森林吸収分や貯蔵・  
除去分を差し引いて**実質ゼロ**  
にする  
(実質ゼロ=正味ゼロ=ネットゼロ)

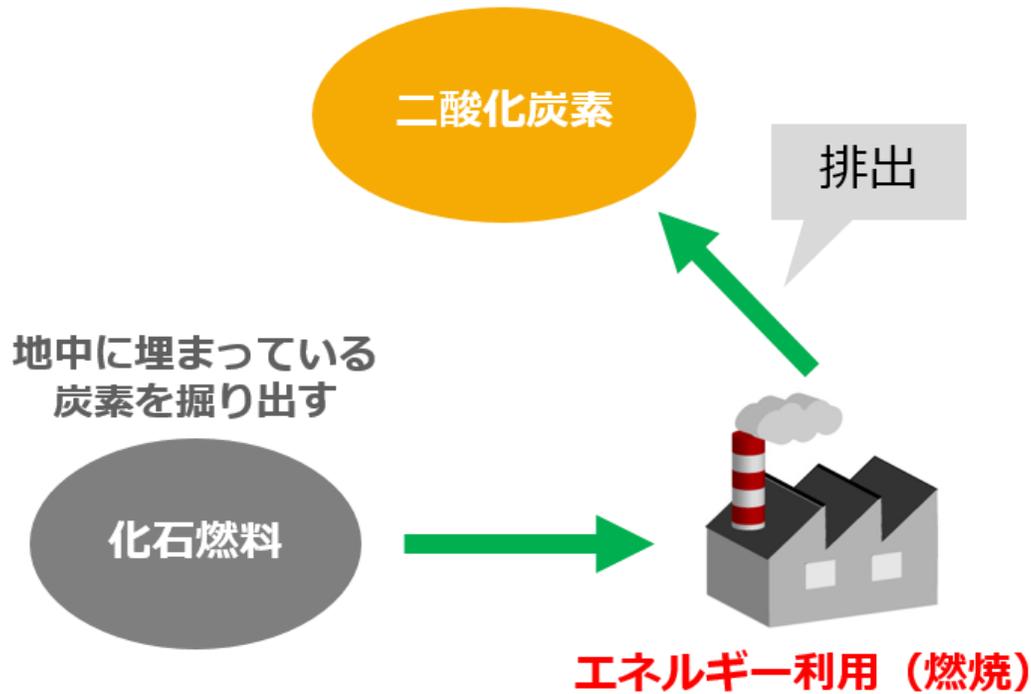
ニュートラル=中立

# 4-3 カーボンニュートラルのイメージ図

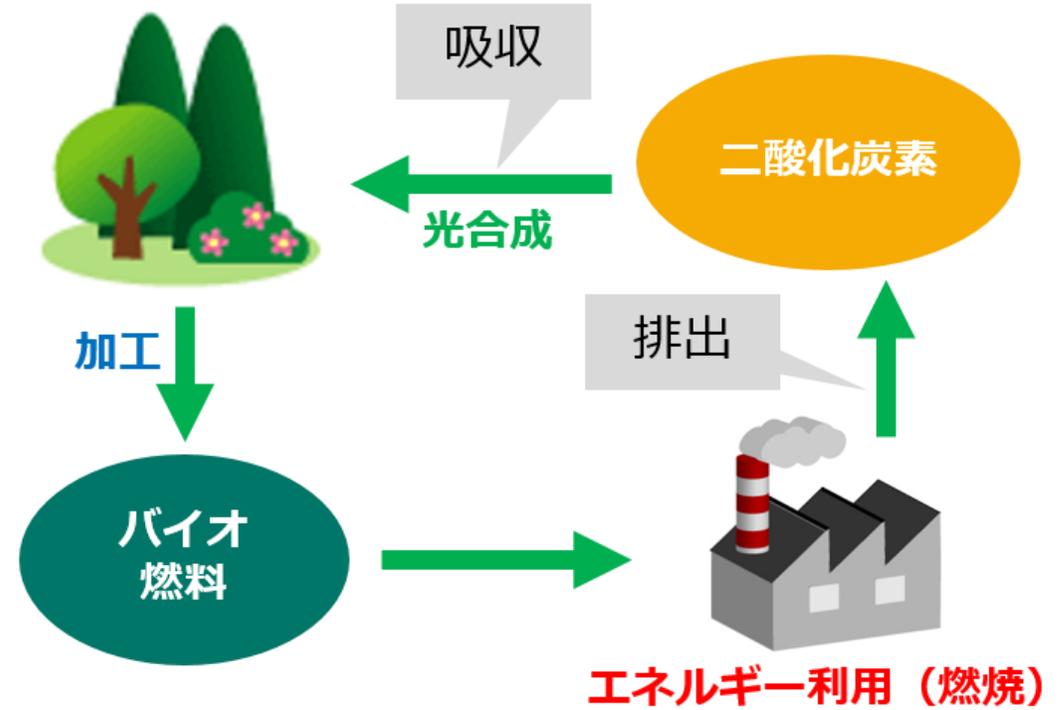


# 4-4 もともとのカーボンニュートラル

## 化石燃料

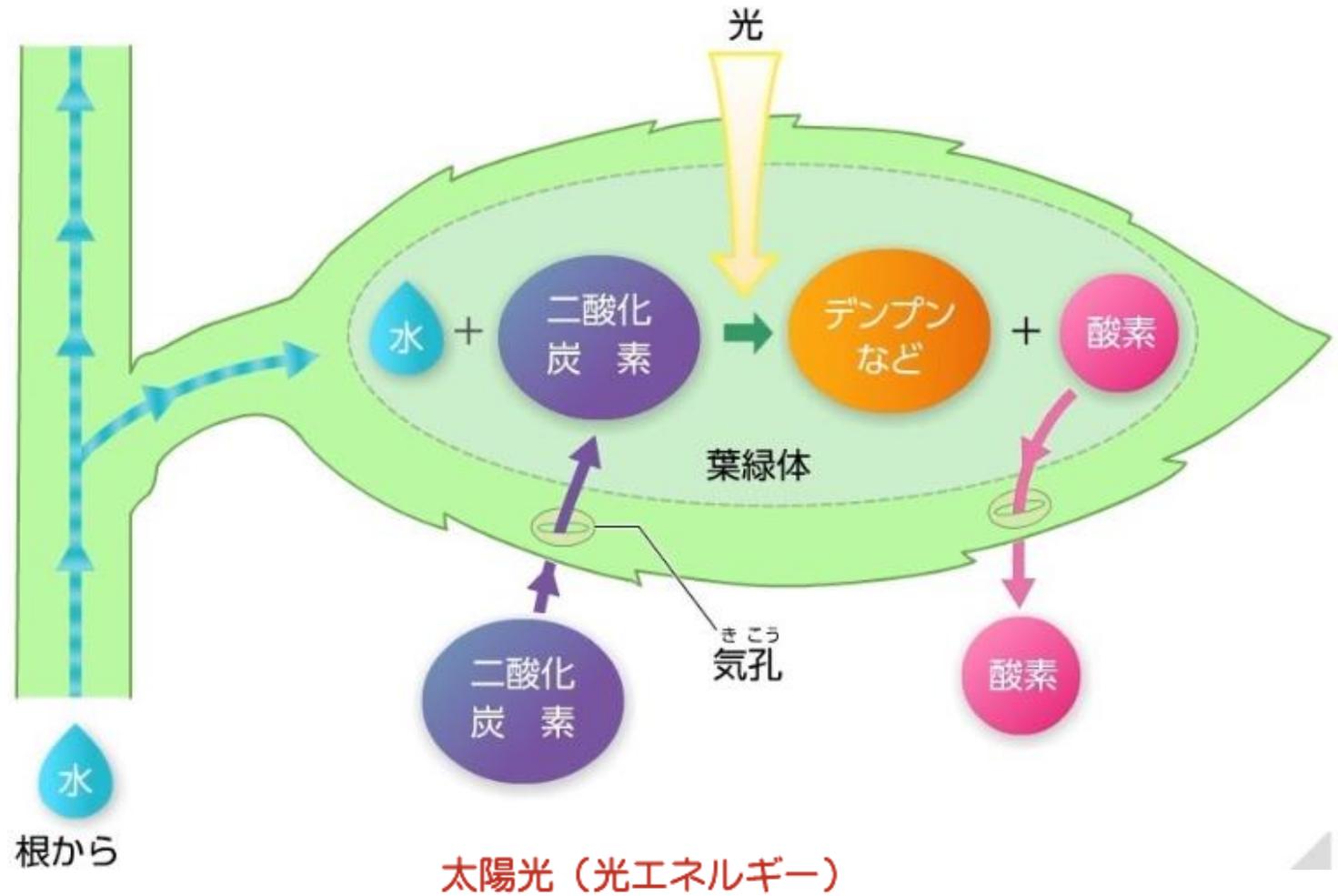


## バイオ燃料



元々のカーボンニュートラル  
「出しても出さないことにする」

# 4-5 光合成について



## 4-5 光合成について

動物は呼吸で酸素を吸い二酸化炭素を出す

○ 植物は光合成で二酸化炭素を吸収し酸素を出す

◎ 植物は光合成で二酸化炭素を吸収し酸素を出す  
とともに  
植物は呼吸で酸素を吸い二酸化炭素を出す

## 4-5 光合成について

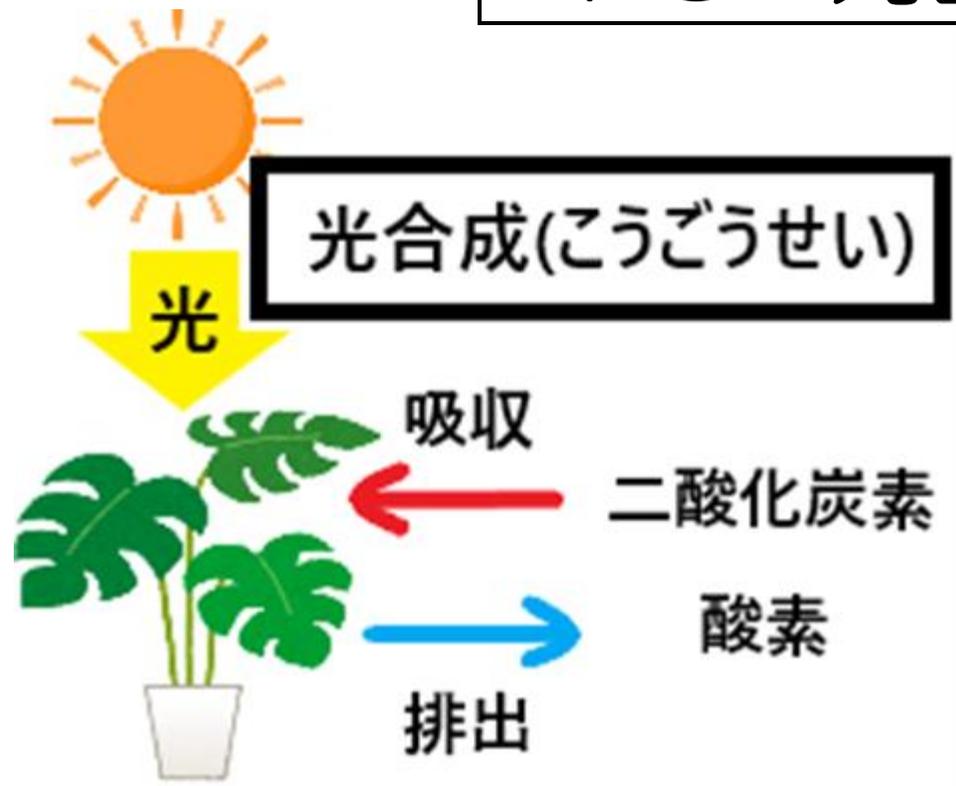
×

植物は昼に光合成で二酸化炭素を吸収し酸素を出す  
一方  
夜に呼吸で酸素を吸い二酸化炭素を出す

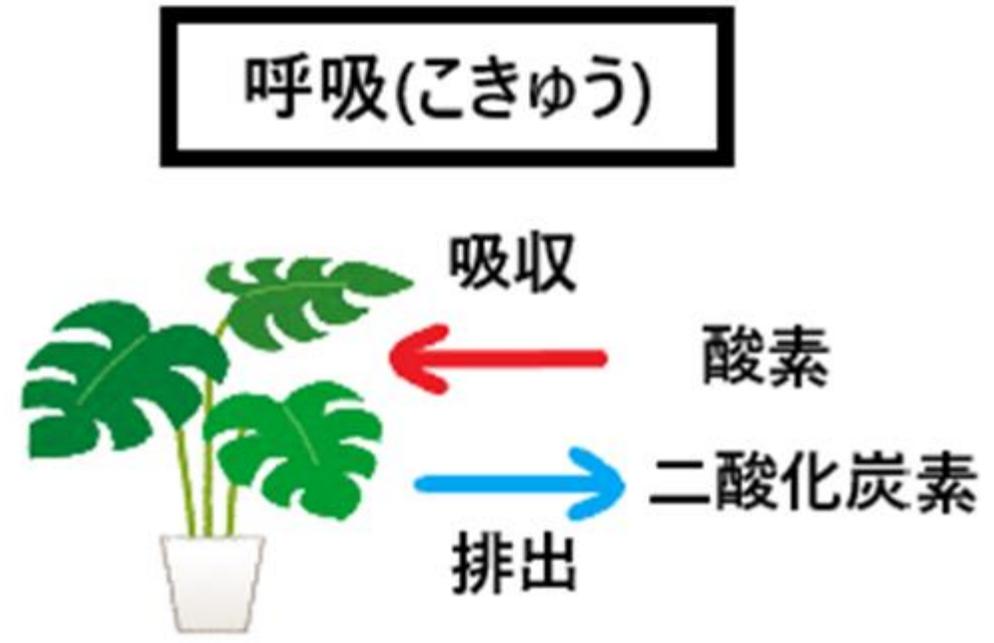
◎

植物は昼に光合成で二酸化炭素を吸収し酸素を出す  
とともに呼吸で酸素を吸い二酸化炭素を出す  
一方  
夜に呼吸で酸素を吸い二酸化炭素を出す

# 4-5 光合成について



⇒ 光があるときのみ行われる



⇒ 昼・夜に関係なく行われる

## 4-6 緑のカーテンはCO<sub>2</sub>を吸収する？

○

効果1

部屋の温度を下げる

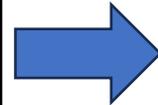
→ エアコンの電力消費量を減らす

→ CO<sub>2</sub>排出量を削減（10%程度）

×

効果2

育つときに光合成で  
CO<sub>2</sub>を吸収



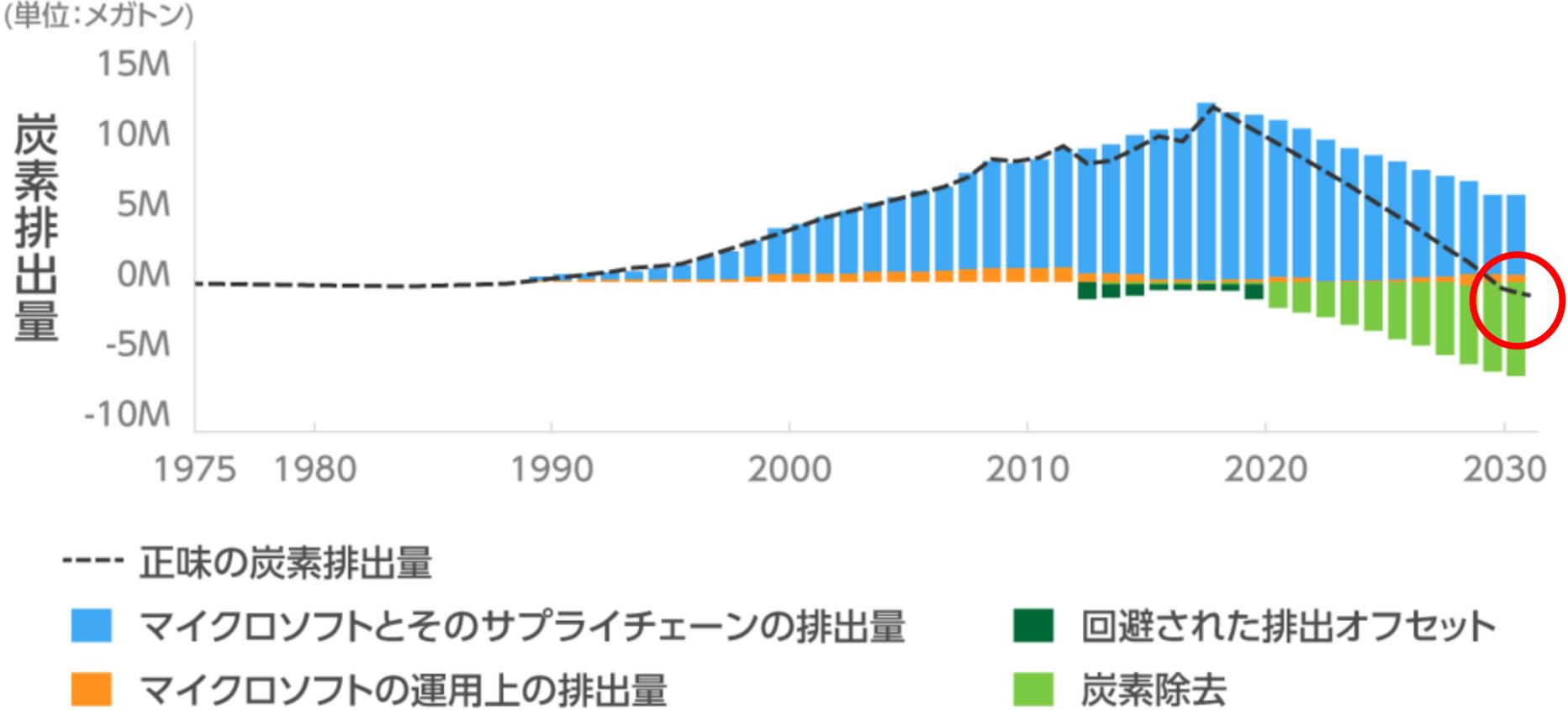
つる草類は、秋になるとすべて枯れてしまい、土の中の微生物によって発酵されメタンとなって放出されるため、1年間のサイクルで考えるとプラマイゼロ

## 4-7.1 カーボンネガティブ

- カーボンニュートラルをさらに進め、森林などによるCO<sub>2</sub>吸収量よりも排出するCO<sub>2</sub>が少ない状態を目指す。
- Microsoftは2030年までにカーボンネガティブとなることを宣言。
- 海外では他にApple、MercedesBenzなど、日本では花王などがカーボンネガティブを宣言。
- 「ネガティブ」という言葉の印象に配慮して、同じ意味で「カーボンポジティブ」とか、そのままズバリ「カーボンマイナス」という言葉を使っている企業等もある。

# 4-7.2 カーボンネガティブ

2030年までにマイクロソフトが「カーボンネガティブ」に移行するまでの道のり



第5章 CO<sub>2</sub>に関する、  
いい実験よくない実験

## 5-1 実験の考え方

### <実験の目的>

- 「言葉」で説明する代わりに「実証する」こと

### <どんな実験をするか>

- 実験のねらいを明確に
- 学校の二一ズ確認
- 児童がやる場合は、簡単な実験
- 準備も簡単、持ち運びも便利 ○ 見た目も大切

## 5-2.1 CO<sub>2</sub>の実験

### <地球温暖化に関係のある実験>

- CO<sub>2</sub>は温室効果がある
- CO<sub>2</sub>は水によく溶ける（海水酸性化）
- 燃やすとCO<sub>2</sub>が出る
- △ 呼気からもCO<sub>2</sub>が出る
- 光合成でCO<sub>2</sub>が減る

## 5-2.2 CO<sub>2</sub>の実験

### <地球温暖化に関係のない実験>

- × 空気より重い
  - × 無味、無臭
  - × 石灰水で白濁する
- CO<sub>2</sub>缶を使って、これだけを実証する実験は、手品にすぎない

↳ CO<sub>2</sub>が発生したことを確かめる



# 5-3.1 温室効果再現実験



# 5-3.2 <簡易型>ペットボトルを使った温室効果実験 ～村瀬政彦 推進員制作～



	きらいな地球	CO <sub>2</sub> の地球
① 9:35	20.0度	21.5度
②	31.7度	42.2度
②-①=	11.7	20.7

# 5-3.3 レインコートを着て温室効果体験 ～相川良美 推進員～



# 5-3.4 地球儀を使った温暖化のしくみ説明 ～伊藤健一 推進員～



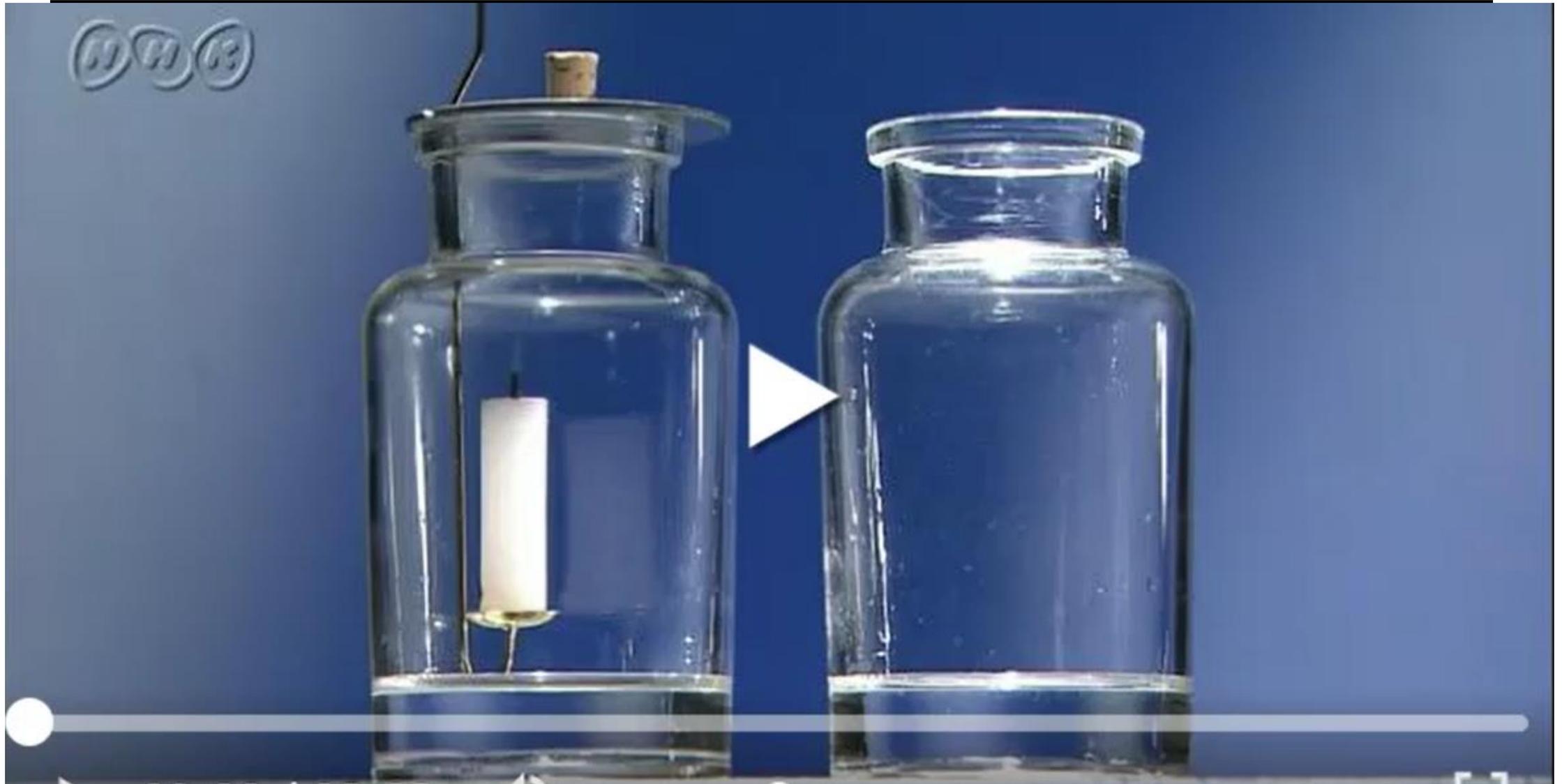
洗濯ネットにCO<sub>2</sub>に見立てた「綿」を詰め込んでいく

# 5-4 CO<sub>2</sub>が水に溶ける実験（海水酸性化）

貸



## 5-5 燃えると二酸化炭素が出る実験



# 5-6.1 呼気(吐息)からCO<sub>2</sub>が出る(石灰水白濁)実験 ～池本寿罔 推進員～



# 5-6.2 吐息からCO<sub>2</sub>が出る (BTB溶液黄色変色) 実験

～藤岡和俊 推進員～



## 5-7 光合成の実験



# 5-8.1 CO<sub>2</sub>と空気の天秤実験(重さ比べ)

＜web写真例紹介＞



## 5-8.2 シャボン玉がCO<sub>2</sub>の容器の中で浮く実験 (CO<sub>2</sub>は空気より重い)



# 5-8.3 ローソクが消える順番



# 5-9 「いびき」による全球CO2濃度地球儀 ～小池貴司 推進員～



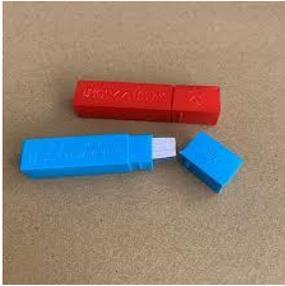
# 5-9 CO2実験に関する センターからの貸し出し機器



温室効果再現実験セット



CO2濃度測定器



リトマス紙



温度センサー



CO2缶

ご清聴ありがとうございました