



海友フォーラム懇談会

平成22年4月23日 於川重パトリア会館

CO₂削減と地球温暖化 PART1 地球温暖化について

須藤 邦彦

<目次>

PART1 地球温暖化について

1. 環境問題の現状と課題
2. 地球温暖化について
3. 地球温暖化防止への対応
4. 地球温暖化と海洋の関係
(IPCC第4次評価報告書より抜粋)
5. 私たちの取り組むべき具体的活動

1. 環境問題の現状と課題

環境問題の発生要因と推移

環境とは？

- ・ ISO14001の定義；大気、水質、土地、天然資源、植物、動物、人及びそれらの相互関係を含む、組織の活動を取りまくもの。
- ・ 人間の活動を軸にして視た環境の機能；
①生命の維持 ②資源の供給 ③廃棄物の吸収・同化 ④アメニティの供給

環境問題はなぜ発生するのか？

- ・ 人間の経済活動が量的拡大や質的变化により環境に対して、その自浄能力を超えた過度の負荷をかけた結果、**環境の劣化・破壊**が生じること。

環境問題発生の変因

(1) 世界人口の増加；(1998-10国連人口部発表)

1999年 60億人突破

2050年 89億人

- ①平和問題 ②食糧問題 ③エネルギー問題 ④資源問題

(2) 大量生産・大量消費・大量廃棄の社会経済システムの進展

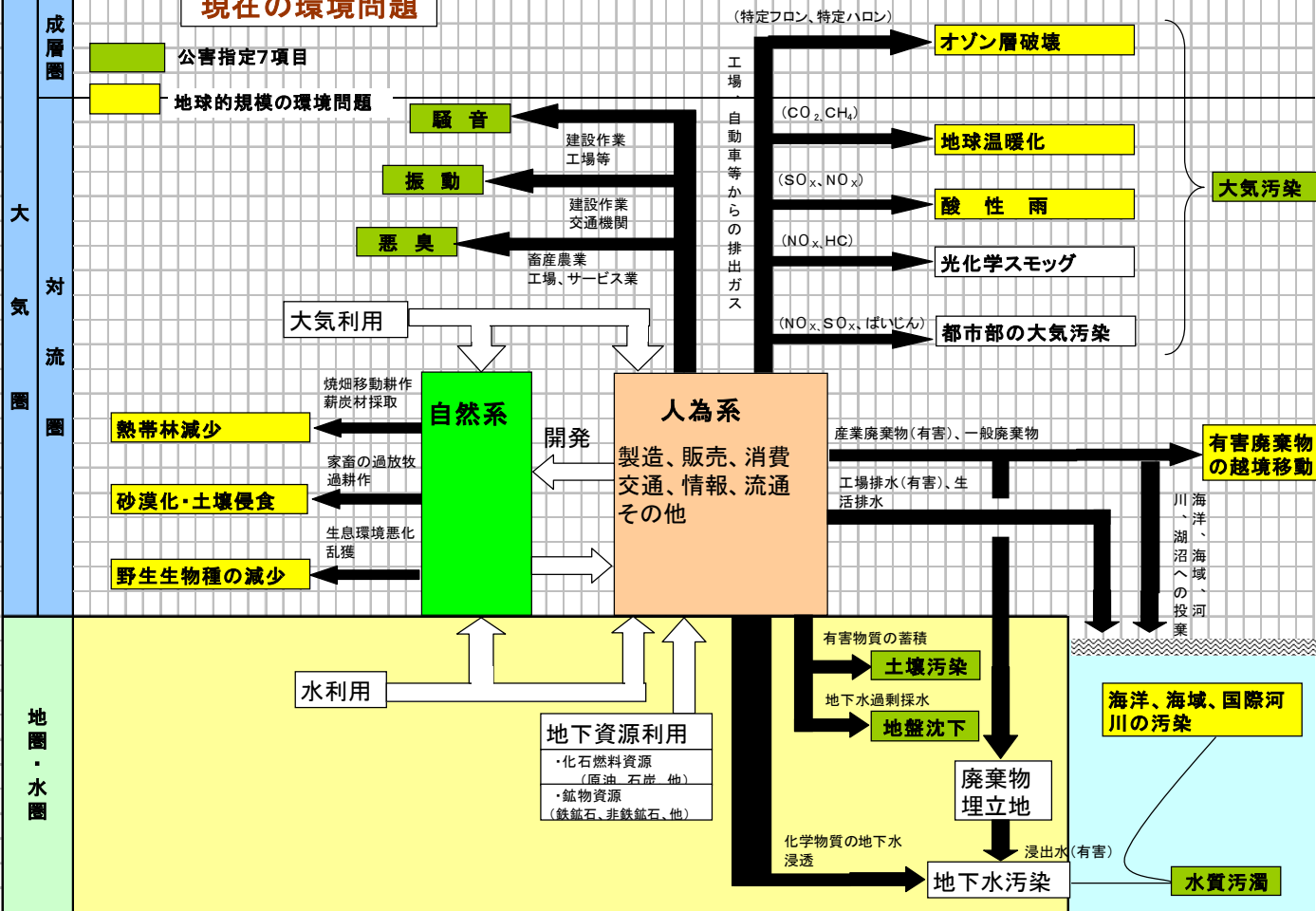
限りなき物質的豊かさ追求の加速

”Sustainable Development”(持続可能な開発)という概念の導入

< 環境保護と経済成長の両立をはかること >

<無断転載禁止>

現在の環境問題



注: 地球的規模の環境問題には上記の他に「開発途上国の環境問題」「国際的に価値の高い環境の保護」がある。

環境問題に関する課題と対応

・世界人口の急激な増加;

1. 食糧問題 2. エネルギー問題 3. 資源問題 4. 平和問題

・大量生産・大量消費・大量廃棄の社会経済システムの進展;

	(種類)	(排出者責任)	(対応法規)	(対応策)
第1の環境危機				公害防止対策(対症療法的対応)
産業公害	典型7公害 (4大公害)	排出物による汚染 (事業所等)	公害対策基本法	生産方式の見直し、 汚染排出物防止対策
第2の環境危機				社会経済システムの見直し・変更
都市・生活型 環境問題	車の排出ガス 生活排水 車の騒音、振動 廃棄物	被害者=加害者 (都市住民・事業者)	都市部における 規制強化 (条例・上乘せ基準)	行政・企業・国民が一体となった対応 (将来に向かって 3つの道 がある。 国民の選択にゆだねられている)
地球的規模の 環境問題	10の地球環境 問題	時間的・空間的 広がり。 Only Oneで代替不可 (国民、事業者すべて)	環境基本法	

3つの道

- ①**従前のパターンを続行するケース**；現状の社会経済システムを続けていく(現在の環境問題を惹起してきた)場合 その結果は？
- ②**過去の社会経済システムに回帰するケース**；現在社会のあり方を否定。人間活動が環境に大きな影響を与えていなかった時代の社会経済システムに戻ることになる。
生活の質の顕著な低下や社会の変動をもたらす可能性が大。 受け入れられるか？
- ③**持続可能な社会の構築を目指すケース**；行動に制約発生。到達できる物質的な豊かさの減少。世代を通じた生活の質を高め、将来世代と環境の恩恵を分かち合う道。 多くの困難に直面しても、すべての知恵と努力を傾けて環境との間に健全な関係を果たして築いていけるのか？

持続可能な社会の構築

《 環境基本法 》

||

<環境基本計画>

(循環)

- 1. 健全な水環境
- 2. 廃棄物・リサイクル
- 3. 地球環境保全対策
- 4. その他

(循環型社会の形成)

(共生)

- 1. 自然環境の保全
- 2. 種の保全対策
- 循環型社会形成推進基本法

(参加)

- 1. 個人
- 2. NGO
- 3. 行政
- 4. 企業 →

(国際的取組)

< 3つのシナリオ >

<環境への負荷の低減対策>

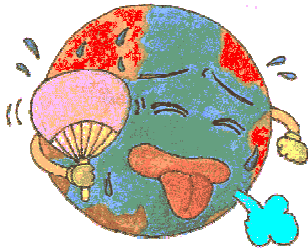
- ・ISO14001認証取得
- ・エコアクション21(EA21)の認証・登録

2. 地球温暖化について

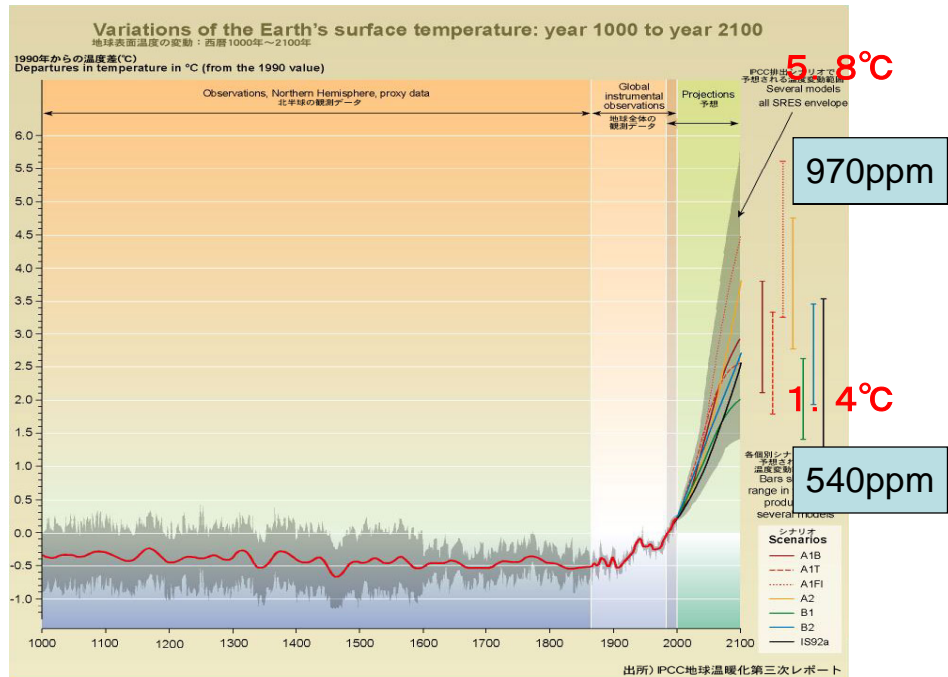
地球はあたたかくなっているの？



地球の平均気温の変化と予測



+2°C

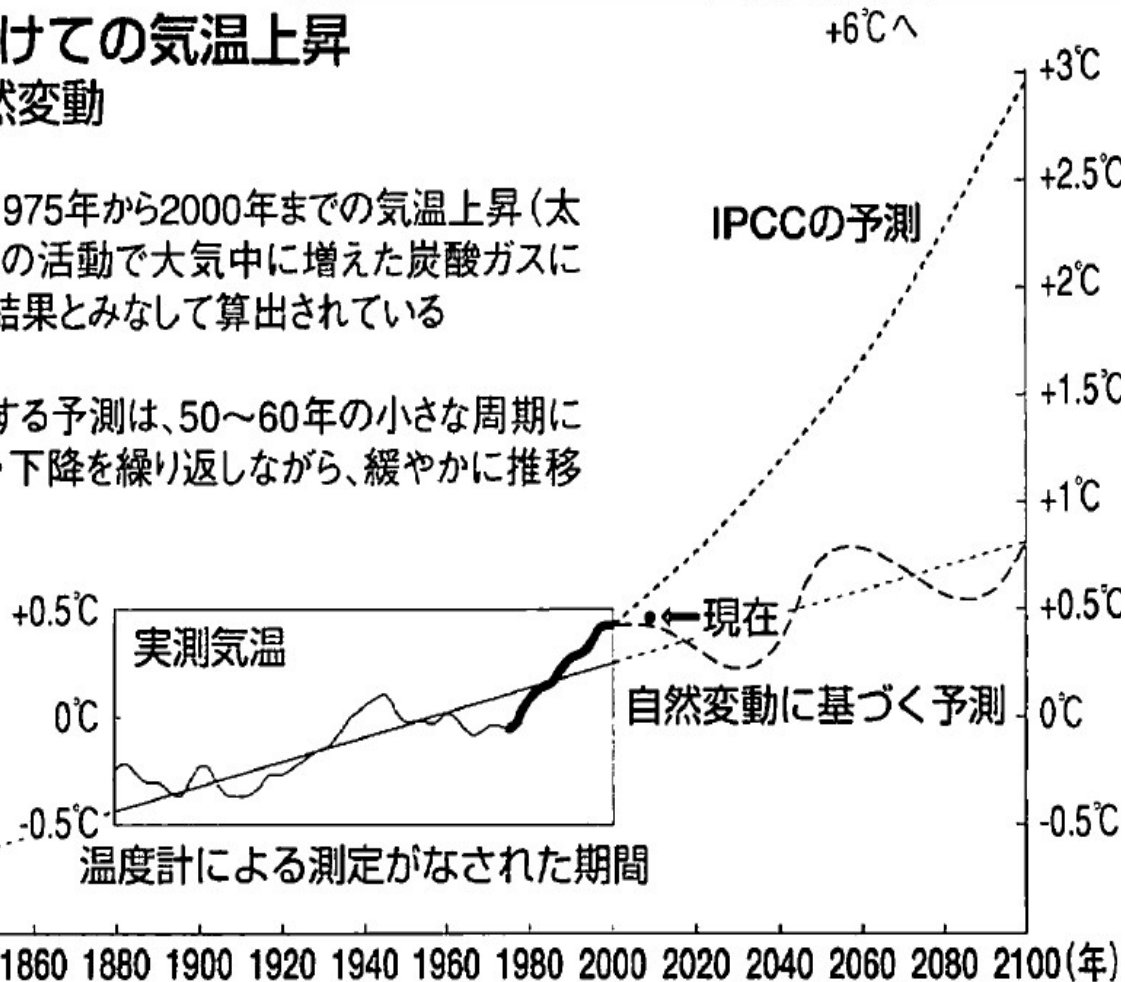


IPCC第三次評価報告書

2100年に向けての気温上昇

IPCC vs 自然変動

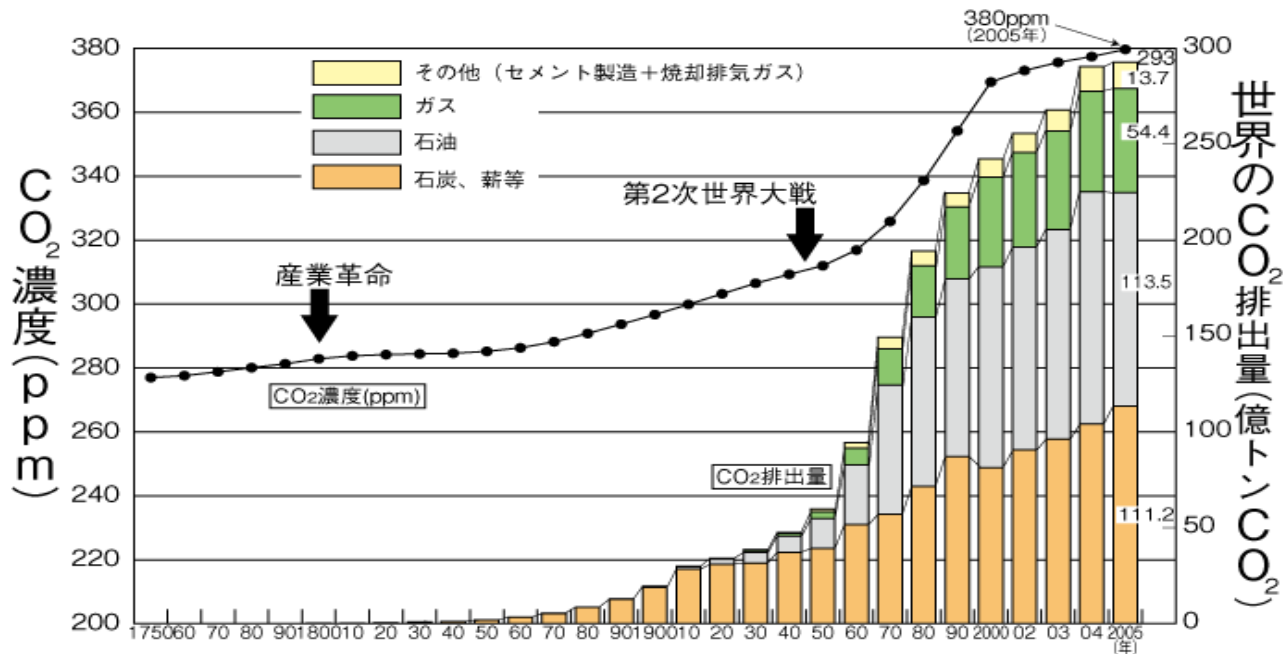
- ・IPCCの予測は、1975年から2000年までの気温上昇(太線部分)を、人類の活動で大気中に増えた炭酸ガスによる温室効果の結果とみなして算出されている
- ・自然変動を重視する予測は、50~60年の小さな周期による気温の上昇・下降を繰り返しながら、緩やかに推移していくとみなす



※右側目盛りの温度のプラスとマイナスは、過去約100年のデータを基準にしての高低

化石燃料等からのCO2排出量と 大気中のCO2濃度の変化

化石燃料等からのCO₂排出量と大気中のCO₂濃度の変化



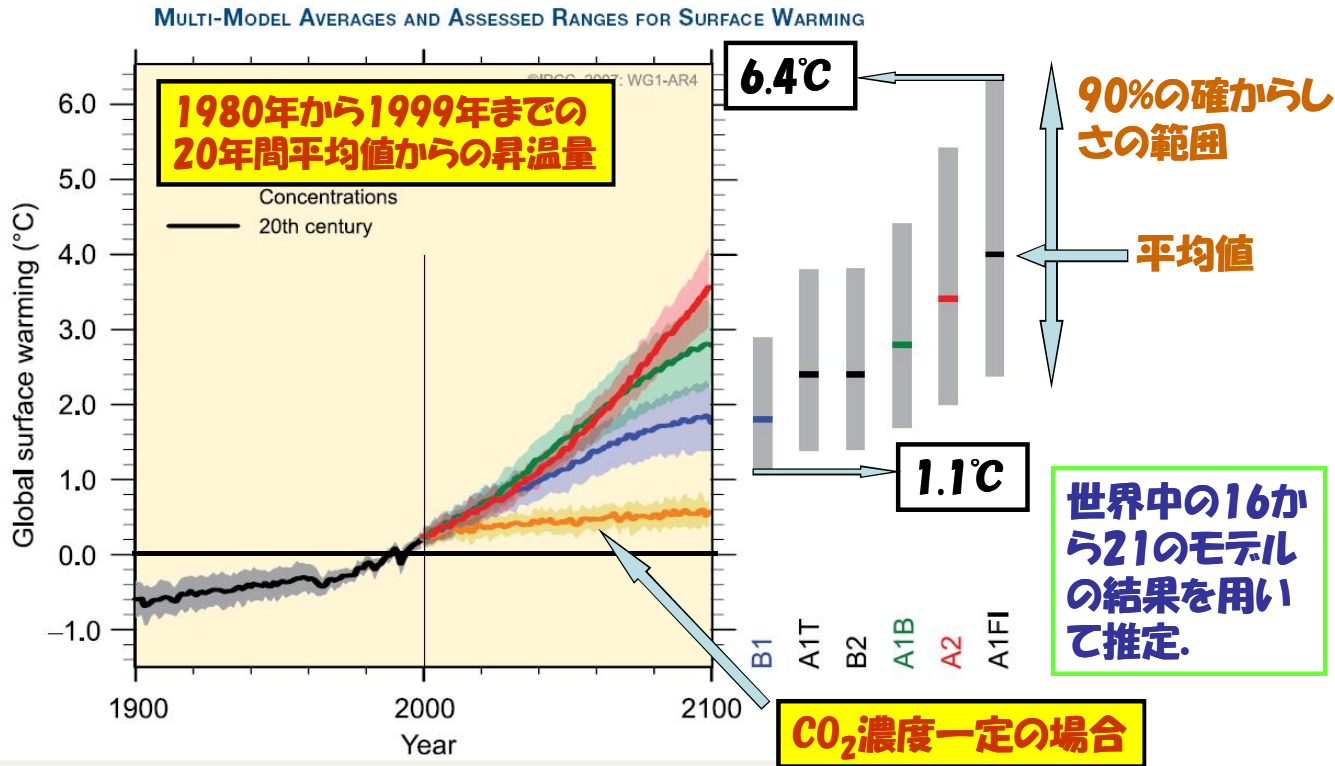
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。

出典:「原子力・エネルギー」図面集2009 2-3

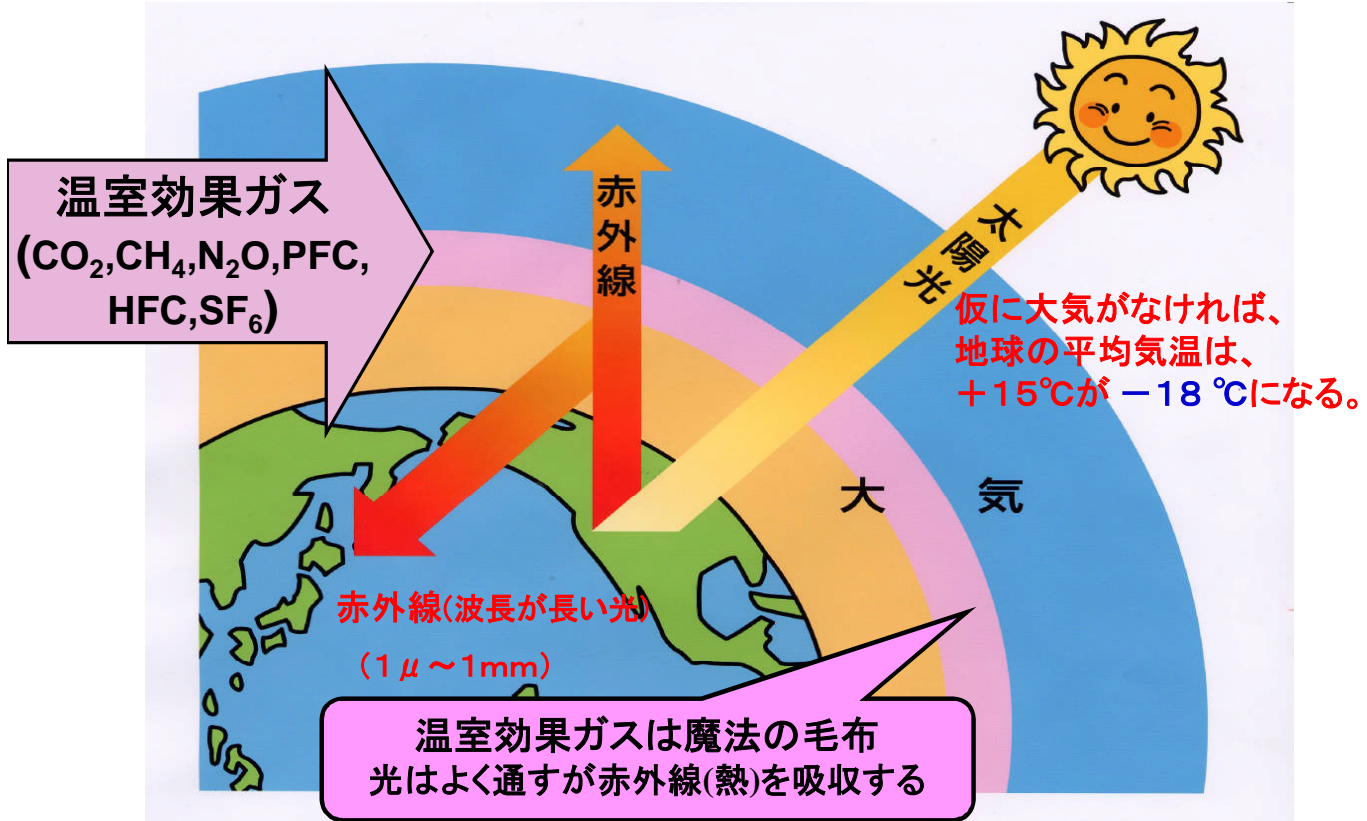
産業革命以降、人類は膨大な量の化石燃料を燃やしてきたため、近年は大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度が急増しています。

気象に関する現状分析と将来予測-気温

[将来予測] 気温上昇は、どのようなシナリオでも、今後20年間は、10年あたり約 0.2°C 程度の昇温が予測される。(2000年に固定したら 0.1°C 程度)



地球温暖化のしくみ



温室効果気体 (greenhouse gas) とは？

・ <大気の組成>

・ 窒素 (N₂, 78%), 酸素 (O₂, 21%), アルゴン (Ar, 1%). 以上で, 大気の99.9% を占める. 二酸化炭素は, 0.038%程度 (第4位). (水蒸気 0.1~2%)

・ <温室効果気体>

・ 大気中に含まれ, 地表から放射された赤外線の一部吸収することにより, 温室効果をもたらす気体の総称.

・ 水蒸気 (H₂O), 二酸化炭素 (CO₂), メタン (CH₄), 一酸化二窒素 (N₂O), 各種フロンガス, 対流圏オゾン (O₃), などが該当する.

・ このなかで, 最も温室効果をもたらしているのは**水蒸気**であるが, 人為的に大気中の水蒸気量を制御するのは困難なため, 京都議定書では削減対象とはなっていない.

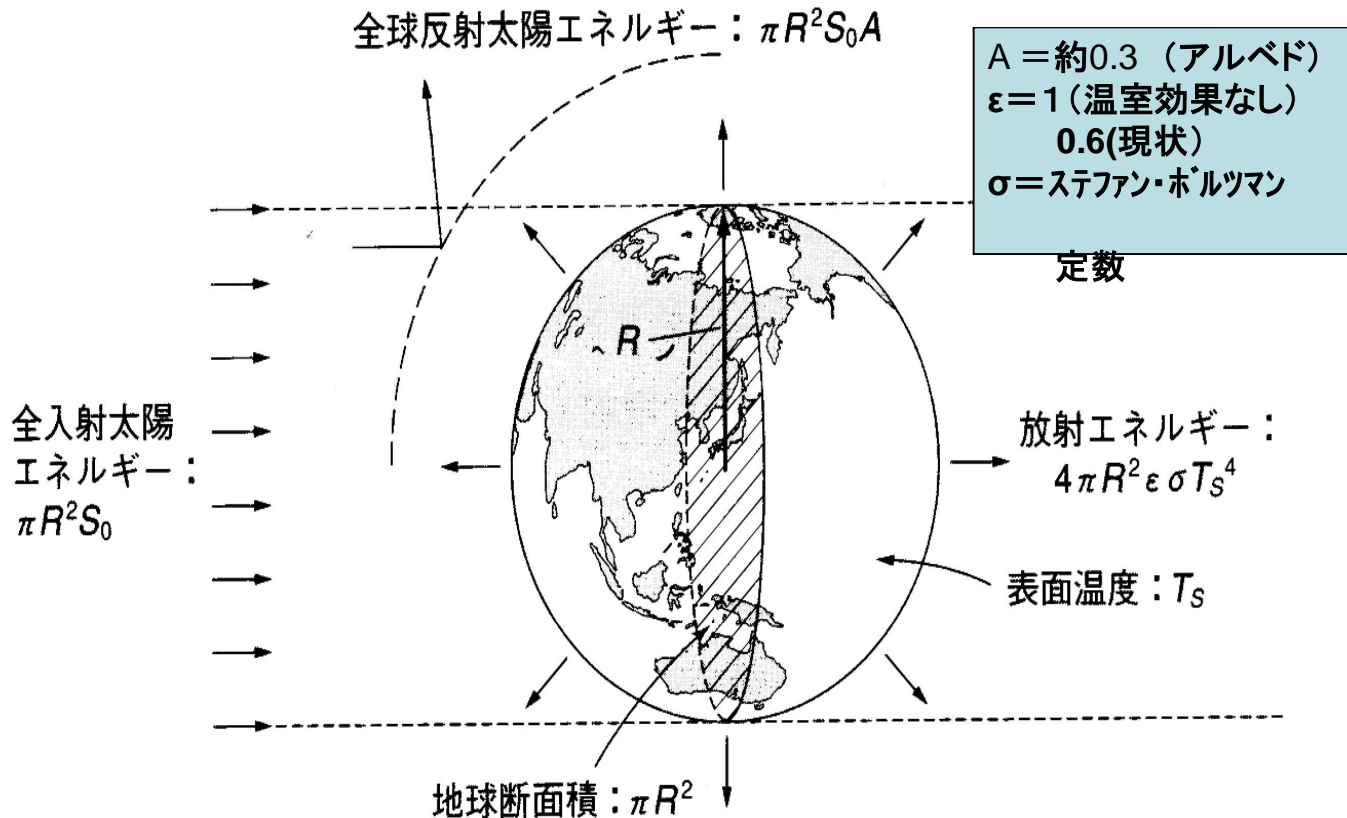
・ <温室効果もたらす強さ>

・ 二酸化炭素 (1) < メタン (21) < 一酸化二窒素 (310)

・ < 各種フロンガス (数百倍から数千倍) < 六フッ化硫黄 (数万倍)

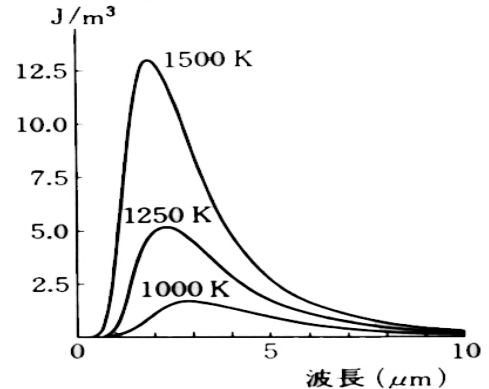
・ 二酸化炭素が特に問題にされるのは, 他の気体に対して圧倒的に量が多いことによる. 温室効果気体の中で, 二酸化炭素は, 半分の効果を担っている.

地球のヒートバランス



表面温度と電磁波の放射

- あらゆる物体は表面温度に比例した電磁波を放射: 「**プランクの放射法則**」
- 電磁波の放射エネルギーは絶対温度の4乗に比例: 「**ステファン・ボルツマンの法則**」



$I = \sigma T^4$: **ステファン・ボルツマンの法則**

I: 放射エネルギー (W/m^2)

σ : ステファン・ボルツマン定数 = 5.67×10^{-8} ($\text{W/K}^4\text{m}^2$)

T: 絶対温度 (K)

- 表面温度が高いほど放射される電磁波の波長は短い。

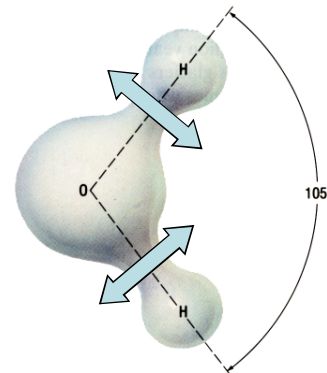
$L \sim 3000/T$: **ウィーンの変位則**

L: 放射量が最大となる波長 (μm)

- 太陽の表面温度: 6000K: 太陽放射: 短波放射: 可視光線 $\sim 0.5 \mu\text{m}$
- 地球の表面温度: 300K: 地球放射: 長波放射: 赤外線 $\sim 10 \mu\text{m}$

赤外線による分子運動の励起

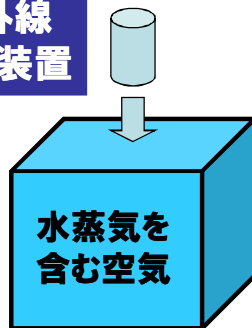
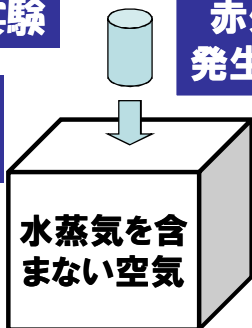
- 分子に電磁波が作用すると、分子運動が激しくなることがある。分子運動が激しくなることは温度が上がること。
- 例えば、水分子は、赤外線領域で分子運動が激しくなる。一方、窒素分子や酸素分子は赤外線に反応しない。



思考実験

赤外線発生装置

サーモグラフィ



サーモグラフィ



二つの箱を用意し、一方には水蒸気を含まない空気を、一方には多量の水蒸気を含む空気を封入する。これに赤外線を照射すると、どちらの箱の空気の温度が高くなるだろうか？

3. 地球温暖化防止への対応

地球温暖化対策への世界の主要な動き

1. 「気候変動枠組条約第3回締約国会議(地球温暖化防止京都会議、COP3)」(1992-12)に於ける「京都議定書」の合意

・京都議定書の限界

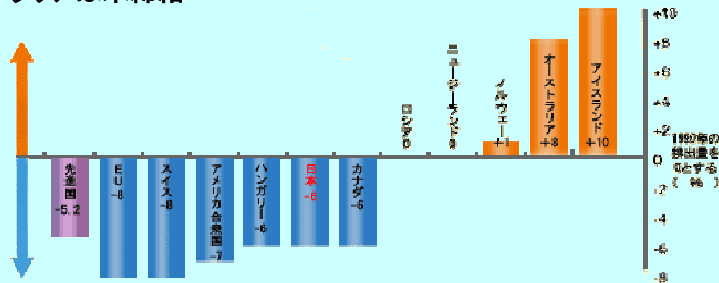
- (1) 1990年CO₂総排出量(エネルギー起源); 210億トン
1990年先進工業国(附属書 I 国)の排出量合計は65%
(含USA、オーストラリア)
- (2) 2007年CO₂総排出量(エネルギー起源); 290億トン
2007年京都議定書削減義務国の排出量合計は28%
<USA20%(22)、中国21%(11)、インド5%(3)、韓国2%(1)、
ブラジル1%(1)等は不含>

京都議定書の概要

- 1997年12月京都で「気候変動枠組条約第3回締約国会議（地球温暖化防止京都会議、COP3）」が開催され、温室効果ガスの具体的削減数値目標、達成方法等を定めた「**京都議定書**」が合意され、**2005年2月16日に発効**。
- 対象ガス（6ガス）；**二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、HFCs、PFCs、SF6**
- 削減基準年；1990年（HFCs、PFCs、SF6については、1995年としてもよい）
- 目標達成期間；2008年から2012年
（-6%の場合の考え方：削減基準年の排出量X5年X0.94>2008年～2012年の排出量の合計）
- 削減目標；先進国全体で5.2%削減（各国の目標は以下のとおり）

<主要国の温室ガス排出削減目標>（2008年～2012年の期間目標）

* アメリカ合衆国とオーストラリアは未締結



<削減目標の達成方法など>

- 化石燃料から非化石燃料への転換及び新エネルギーの活用
- 省エネルギー対策
- 森林の炭素排出量と吸収量（吸収源）の算入
- 京都メカニズム（共同実施、クリーン開発メカニズム、排出量取引）の利用

<京都メカニズム>

- 共同実施 (JI: Joint Implementation)**；先進国が共同で温暖化対策事業を行う。その事業によって生まれた排出削減量を先進国の削減目標の達成に算入できる制度。
- クリーン開発メカニズム (CDM: Clean Development Mechanism)**；先進国が技術や資金を提供し、開発途上国で自国の持続可能な発展を助ける温暖化対策事業を行う。その事業により生まれた排出削減量を先進国の削減目標の達成に算入できる制度。
- 排出量取引 (ET: Emission Trading)**；先進国間で、排出割当量の一部を取引することができる制度。

地球温暖化対策への世界の主要な動き

2. COP15(コペンハーゲン2009-12-7)合意

- ・削減目標につき先進国・途上国の認識に乖離あり
- ・1月末迄に先進国は排出削減目標、途上国は排出削減行動を登録
- ・長期的な排出削減の指針 温度上昇2°C以内
- ・COP16(メキシコ 2010-11)で再協議

<2050年迄に世界で50%、先進国全体で60~80%削減という認識を先進国は共有(G8サミット等)>

考えよう！

1. 京都議定書の発効⇒2005年2月16日

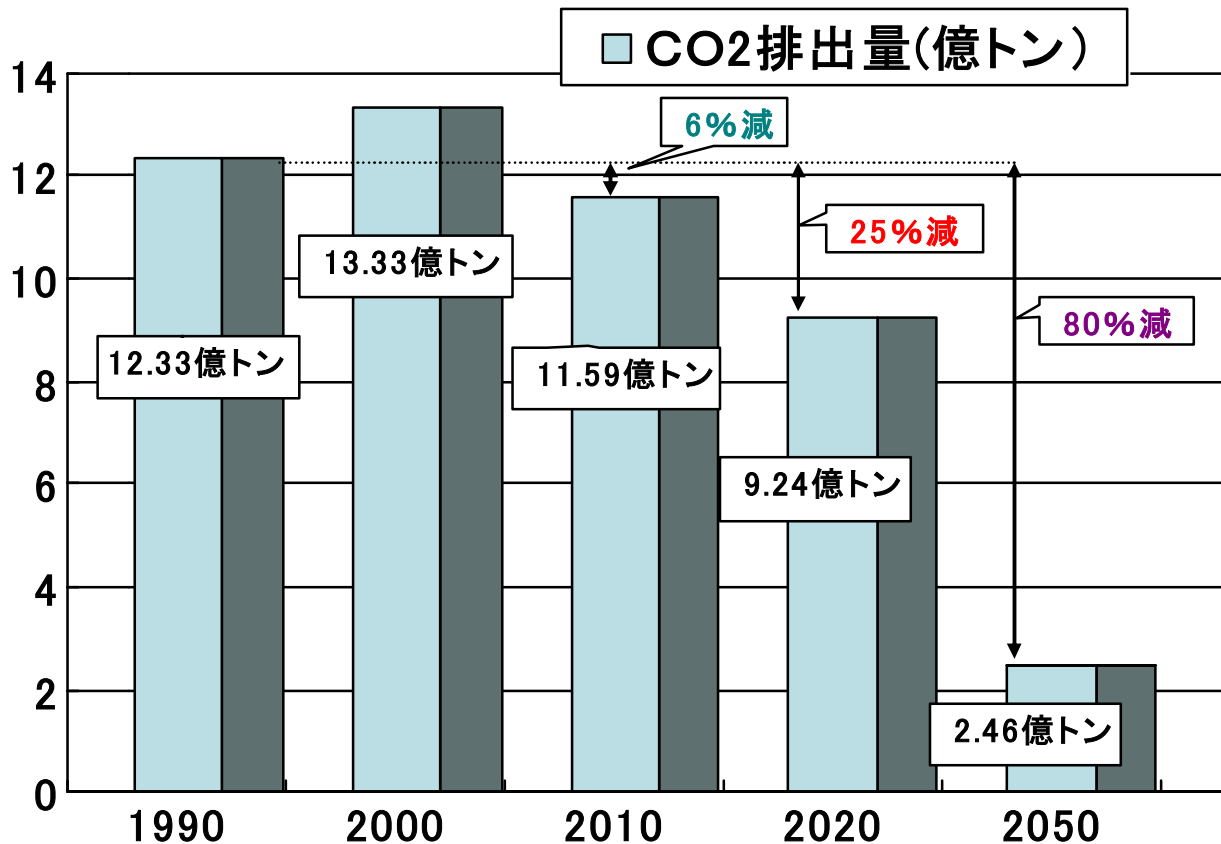
日本 1990年比2020年までに25%削減
(全主要国の公平且つ実効性ある参加合意が前提)

2050年までに80%削減

どうするか？

2. 対応時間はどれだけあるのか？

日本の温室効果ガス総排出量削減目標



2°C危機説

気温

石油掘削量のピーク

2°C(分岐点)

生態系消失、食料不足、水不足、
海面上昇による難民化、マラリア
リスク

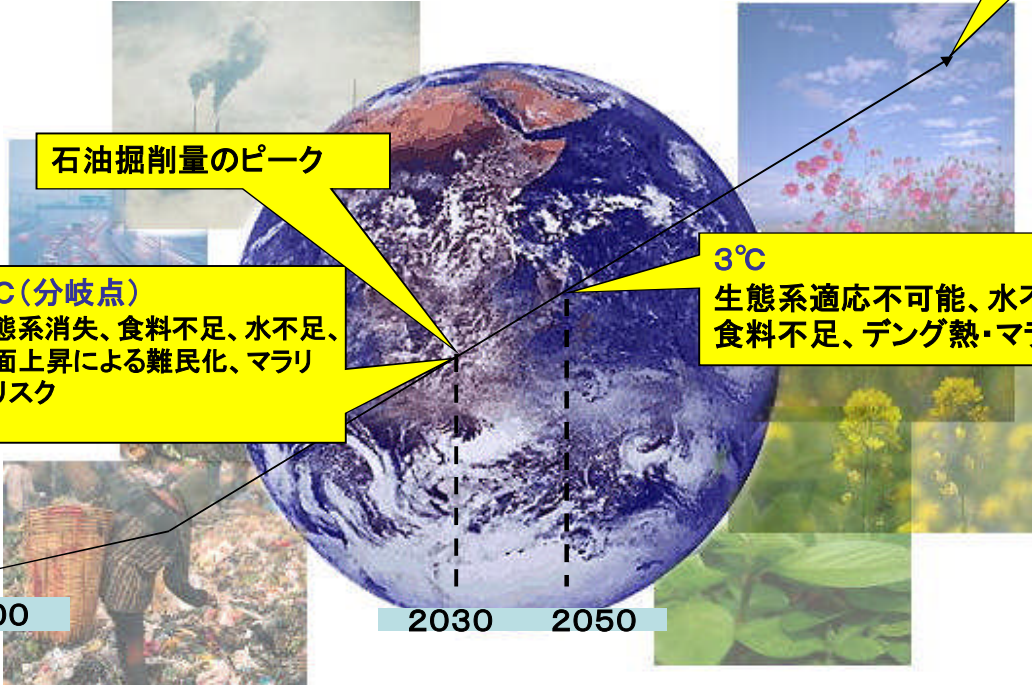
3°C

生態系適応不可能、水不足、
食料不足、デング熱・マラリア

1900

2030

2050



平均気温2°C上昇目標(2°C危機説)の合理性

(學士会No881「25%削減目標を考える」茅陽一氏より)

- ・IPCC第4次報告書温室効果ガス(GHG)排出の将来シナリオ(安定化温室効果ガス濃度450ppm)に略合致(最終的に平均気温が略2°C上昇し、2020年の先進国GHG排出量が1990年比25~40%となるシナリオ)
- ・非可逆的影響の代表例であるグリーンランド氷床融解について、気温が1.9~4.6°C上昇しその状況が数千年維持されるなら、氷床は完全に融解し、世界の海面位は7m上昇するだろうとの報告あり(2°Cはグリーンランド融解を防ぐ限界の温度;破滅的リスク回避点)
- ・IPCC報告書の中で実現が最も厳しいシナリオ

温暖化防止対応への基本的考え方

即実現
可能

省エネルギーの推進
(需要エネルギー)

時間と
コスト
がかかる

水力・原子力発電などの推進
(非化石エネルギー)

太陽光・風力・地熱発電の推進
(自然エネルギー)

燃料転換
(化石燃料⇒非化石燃料)

即実現
可能

森林の保護・植林の推進
(CO₂ガスの吸収)

現在の国の政策動向

(H22-2現在)

1. 対象期間 ; 2010年～2020年
2. 政府の方針; 削減目標は1990年比25%削減
(全ての主要国による意欲的な目標の合意が前提)
3. 法整備 ; 地球温暖化対策基本法の制定
(現 温対法一部改正を含む)
4. 行程表 ; 25%削減に向けて
 - ①産業部門 17～24%の削減
 - ②運輸部門(エコカーの導入、など) 14～25%の削減
 - ③家庭・業務部門 32～43%の削減
(省エネエアコン、太陽光発電(1000万世帯)の導入、など)

地球温暖化防止対策

- (1) 規制的手法
- (2) 経済的手法
- (3) 倫理的手法
- (4) 手続き的手法
(管理体制の整備による対応)
- (5) 科学的・技術的手法
- (6) 情報的手法

4. 地球温暖化と海洋の関係

(IPCC第4次評価報告書より抜粋)

東北大学 大学院理学研究科

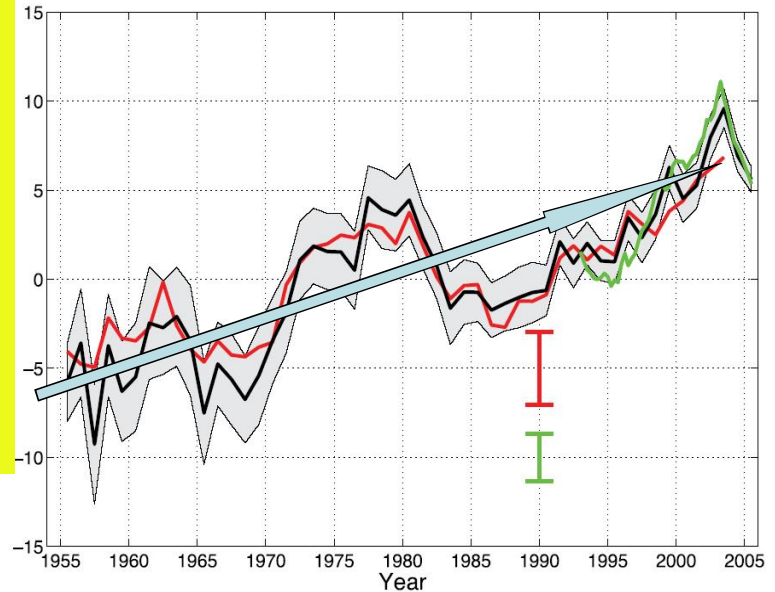
花輪 公雄氏資料より引用

海洋に関する現状分析と将来予測-貯熱量

<水温と塩分>

[現状分析]

- ・ 少なくとも水深3000m深までの全海洋の平均水温は上昇している。
- ・ 地球がこの間貯えた熱の80%は海洋が吸収している。
- ・ 塩分は、中・高緯度において減少し、低緯度において上昇している。



海面から700M深までの貯熱量の変化

将来予測は述べられていないが次のような影響が懸念

- ・ 海洋生態系の変化
- ・ 水位の上昇（後述）
- ・ CO₂ 吸い込み量の減少
- ・ 深層循環の弱化（後述）

海面から3000m深さまで平均した水温の上昇量は、**0.037℃**。仮に、増加した貯熱量で大気を暖めると、**約 21℃** も上昇する。

海洋に関する現状分析と 将来予測-水位

<水位>

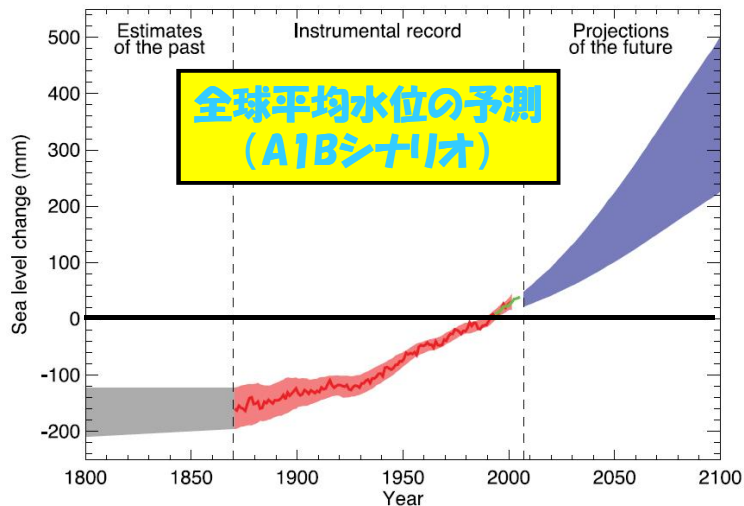
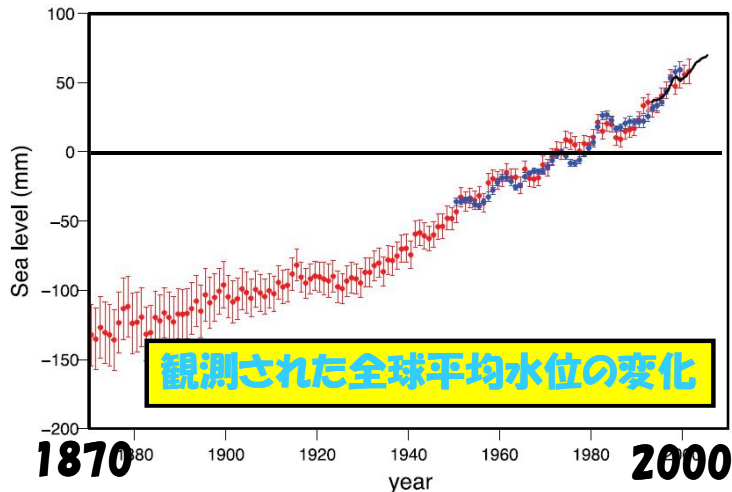
[現状分析]

- ・ 20世紀期間中に水位は、全球平均で17cm上昇。
- ・ 過去50年間の平均上昇率は1.8mm/年、ここ10年間では、3.1mm/年であった。

[将来予測]

- ・ 6つのシナリオに対し、今後100年間で、18 cmから 64 cm、上昇すると予測される。

(注): 急速な氷床の海洋流出に関する知見が不十分ということで、各シナリオに対して、範囲を示すに留まっている。なお、現在は熱膨張が主、淡水の加入は従の効果である。



海洋に関する現状分析と将来予測-酸性化

<海洋の酸性化>

[現状分析]

- ・海洋による CO_2 の取り込みのため、産業革命以前の海水の pH よりも現在の海水は、0.1 pH が低下した。

[将来予測]

- ・大気中の CO_2 濃度の増加により、海水の酸性化は進行する。21世紀中、0.14 から 0.35 減少すると予測される。

この影響は、

1. 海洋による CO_2 の取り込みの減少をもたらす。
2. 海水の酸性化が進むと、炭酸カルシウムなどの「殻」を持った生物（フランクトンやサンゴ）の生存が脅かされることになる。
3. ひいては、魚なども含め、海洋生態系が大きく変化することが懸念される。

地球温暖化における海の役割

1. 大きな海の熱容量

(海) 水は温まりにくく、冷めにくい。

海が大半の南半球の温暖化は、北半球に比べ遅れる。

→ 熱を吸収して、地球温暖化を遅らせている。

→ **しかし**、熱を吸収すると膨張し、水位は上昇する。

2. 温室効果気体の取り込み (海は何でも融かし込んでしまう)

海は CO_2 を吸収している (約30%)

→ CO_2 を吸収して、地球温暖化を遅らせている。

→ **しかし**、吸収にも限度がある (当面は、吸い続けると予測)。

3. 生物の存在 (多様な生物の宝庫)

「生物ポンプ」により、炭素を深海に急速に落とす。

→ 海の浅い層の CO_2 を急速に除去し、大気中の CO_2 の吸収を促進する。

→ **しかし**、温暖化による生態系の破壊が懸念され、将来も生物ポンプが働くかどうかは不明である。

●

5. 私たちの取り組むべき 具体的活動

温暖化防止策について

温暖化防止：「化石燃料」起源（消費）の温室効果気体排出の抑制

☞ ボトムアップとトップダウン

ボトムアップとは、私たち一人ひとりが努力すること。トップダウンとは社会の仕組みそのものを、脱「化石燃料」依存社会へと変えること。

☞ 木材は「再生可能な（循環可能な）」エネルギー源！

木材の燃焼による温室効果気体の放出は、木材の生育により吸収される。正味、温室効果気体を増やす効果を持っているわけではない。ただし、伐採後は木を再生すること（木材利用と森林保全）。

☞ 私たちの意識を変えるために、もっと世界に目を、事実を知ること！

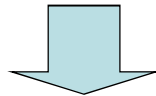
温暖化問題は加害者と被害者が同じ、と共に、極めて南北問題（富裕な国と貧困な国間の問題）であるとの見方あり。例えば、ツバルの人たちは、国土の水没の危機にさらされているが、彼らがその原因を作ったのだろうか。

みんなで変えよう！

＜ 世界に約束した目標 ＞

☆二酸化炭素の排出量を1990年に比べて
2008～2012年までに6%減

☆二酸化炭素の排出量を1990年に比べて
2020年までに25%減らそう



私たちの「ライフスタイル」を見直そう。
まずは、身の回りのことから

グリーンコンシューマー10原則

1. 必要なものを必要な量だけ買う
2. 使い捨て商品ではなく、長く使えるものを選ぶ
3. 包装はないものを最優先し、次に最小限のもの、容器は再使用できるものを選ぶ
4. 作るとき、使うとき、捨てるとき、資源とエネルギー消費の少ないものを選ぶ
5. 化学物質による環境汚染と健康への影響の少ないものを選ぶ
6. 自然と生物多様性を損なわないものを選ぶ
7. 近くで生産・製造されたものを選ぶ
8. 作る人に公正な分配が保証されるものを選ぶ
9. リサイクルされたもの、リサイクルシステムのあるものを選ぶ
10. 環境問題に熱心に取り組み、環境情報を公開しているメーカーや店を選ぶ

出典；グリーンコンシューマー全国ネットワーク著「グリーンコンシューマーになる買物ガイド」より、なお「環境白書12・14年版」に記載あり

(参考) グリーンコンシューマーとは緑（環境保全・環境調和）を守る消費者のことで、環境保全・環境調和に配慮しながら生活する人のこと。エネルギーを節約して作った製品やリサイクル（再生利用）やリユース（再使用）できる製品を選んで買う消費者のこと。

日本に伝わる 「環境の心」とは、

環境を大切にし、敬う心です。

「草木国土悉皆成仏」の考え； 自然への畏敬の念

「もったいない」と日本の心

「もったいない」＜広辞苑より＞；「物の本体を失する」こと

- ① そのものの値打ちが生かされず無駄になるのが惜しい
- ② 神仏、貴人などに対して不都合である、不届きである
- ③ 恐れ多い、かたじけない、ありがたい

日本人は「環境の心」を持ちながら、壮麗さよりも簡素で繊細な美を極め、物量よりも風雅な趣を楽しむ生活を貴んできました。「もったいない」は自然を敬う日々の中で暮らしてきた、古の日本人の子孫として、美しい環境を後の世代に伝える上から、大切にしたい言葉です。