

「地球温暖化防止に向けて」

(要約)

IGES 関西研究センター 所長
鈴木 胖

1. 現状認識

(1) 地球温暖化

地球に入ってきた太陽光は、最終的に熱エネルギーに変わる。大気には、この熱を吸収する成分（炭酸ガスやメタン等）が含まれていること、すなわち温室効果により気温が維持されており、人類も含めた地表に住む生物はすべてこの効果に恩恵を受けている。

この200年間で地球の平均気温は上昇しており、近年の上昇率は加速している。地球に入ってくる光エネルギーと、地球から宇宙に放出される熱エネルギーは変わっていないため、地球が温まっているのではなく、生物が住む地表と大気下層（対流圏）の温度が上昇しているのであり、正確には気候温暖化というべきである。大気上層部（成層圏）はむしろ温度が下がっている現象がみられる。

温暖化の主因は、化石燃料の大量消費による大気中の炭酸ガス（CO₂）の増加である。国際調査機関 IPCC の報告でも、人間活動が現在の温暖化を引き起こしていることは、ほぼ確実とされている。

(2) 転機は、産業革命

産業革命までの人類社会の発展は、基本的に地球上の自然循環に依存していたが、産業革命以降、人類は石炭・石油等の化石燃料に全面的に依存し、地球上に蓄積された天然資源の大量消費を行い、人類は自然循環とは別の人口システムを構築して発展してきた。

産業革命からわずか200年で、化石燃料の大量消費、大気中のCO₂濃度の上昇、温室効果の増大により気候温暖化を招き、現在の行動様式を続ければ、人類は破滅に向かっていると見える。

(3) CO₂の排出と大気への蓄積および濃度

産業革命以降のCO₂総排出量は2兆トンであり、その60%を森林等の植生や海洋が吸収し、残りの8000億トンが大気に蓄積している。

これにより、CO₂濃度は産業革命前の280ppmから現在（2005年）の380ppm（メタン等の温室効果ガスを含めたCO₂換算濃度は440ppm）まで100ppm増加した。CO₂の大気への蓄積量80億トンあたり1ppm増加したことになる。

(4) 世界のエネルギー需要とCO₂排出の展望

国際エネルギー機関（IEA）の世界エネルギー展望2006によると、2030年までに世界エネルギー需要は、50%以上増加する（年率平均1.6%増）。需要増の70%は開発途上国であり、中国だけで30%を占める。原因は、エネルギー多消費産業の鉄鋼やセメント製造の増大や自動車の普及等である。

CO₂排出量は、電力化の進行や石炭火力発電の増加により55%増加し（年率平均1.7%増）、2004年の260億トンから、2030年には400億トンまで増加すると予想されている。

2. 温室効果ガスの増加をどこで止めればよいか

CO₂換算濃度を産業革命前の約2倍のレベル、550ppmに保った場合の地表平均温度の上昇（平衡気候感度）は、気候モデルの実験上では2～4.5℃、最良推定値は3℃とみられている。気温上昇を2℃までに抑えれば、大きな悪影響は避けられると考えられており、CO₂換算濃度を550ppm以下のできるだけ低いレベルに抑えることが必要である。

3. 地球温暖化防止対策

省エネルギーや省資源（再利用、リサイクル含む）、CO₂排出の少ない化石燃料へのシフト（石炭（CO₂排出を1とする）→石油（0.8）→天然ガス（0.6））が重要であるが、化石燃料を使う限りCO₂濃度は増加していく。

CO₂の回収・隔離技術の開発に加え、CO₂排出の少ない再生可能エネルギー（太陽・風力・水力、バイオマ



ス、地熱等）の利用促進が不可欠である。しかし、自然が精製した高品質エネルギーである化石燃料と違い、不安定で貯蔵できない再生可能エネルギーを広く普及させるには、両者のハンディキャップを解消するために、高い利用目標の設定と優遇買取価格や投資減税等の経済的なインセンティブを付与する政策が必要である。

さらに、再生可能資源（バイオマス、とくに木質系）の利用促進、原子力の安全な利用、革新的エネルギー技術の研究開発・応用なども対策案としてあげることができる。

4. スターン・レビュー（Stern Review）「気候変動の経済学」

2006年10月に英国首相と英国財務大臣へ報告されたこのレビューは、経済担当政府特別顧問のニコラス・スターン博士がまとめたものである。

報告書では、気候変動によってすべての国々が影響を受けるが、真っ先に最大の影響を受けるのは最貧国であり、国の収支、歴史的責任、1人あたりのCO₂排出量などを勘案すると、経済的に豊かな国は、2050年までに1990年レベルから排出を60～80%削減する責任がある、としている。

対応しなかった場合のリスクや影響を考慮すると、その損失額は少なくとも世界の年間GDPの20%に達する可能性があるが、気候変動の最大要因である、温室効果ガスの排出量を削減するなどの対策を講じた場合の費用は、世界の年間GDPの約1%程度に抑えられる可能性があることが示された。

地球温暖化防止に向けて

2008年2月14日

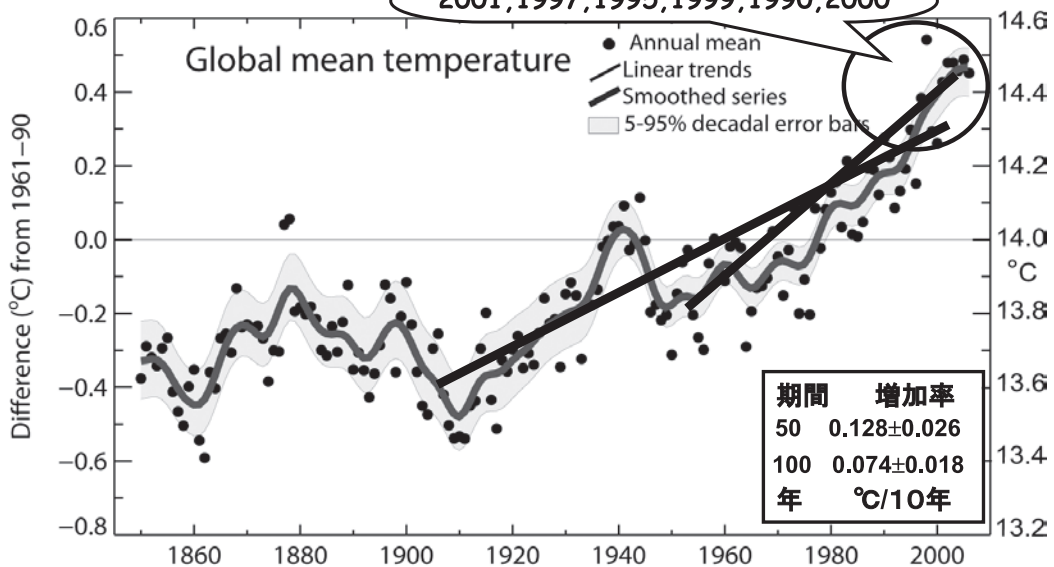
(財)地球環境戦略研究機関(IGES)関西研究センター
鈴木 胖

1

地球平均気温の上昇率は加速している

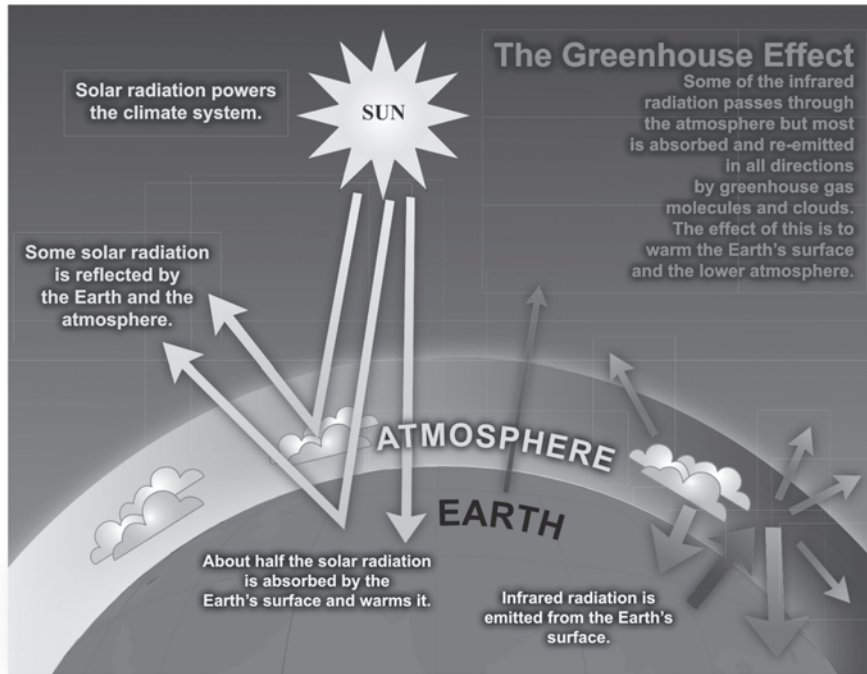
最も暖かい 12 の年:

1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006,
2001, 1997, 1995, 1999, 1990, 2000



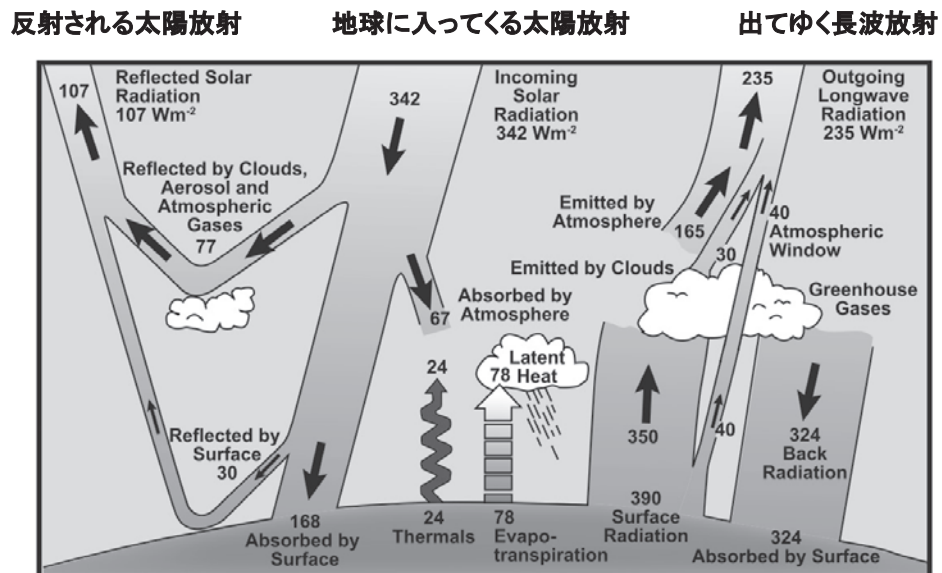
2

大気の温室効果



3

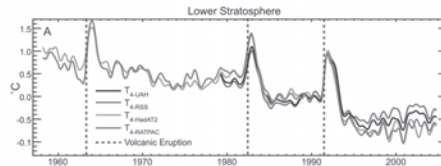
地球のエネルギーバランス



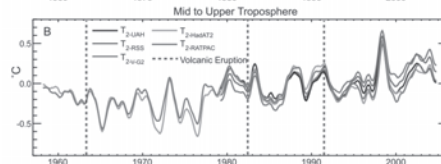
4

地表および大気下層部(対流圏)の平均気温上昇

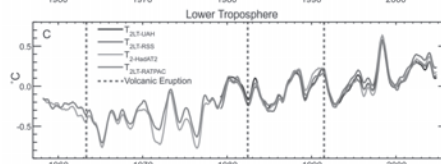
成層圏下層



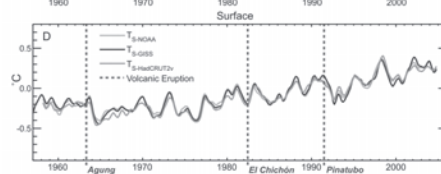
対流圏中上層



対流圏下層



地表



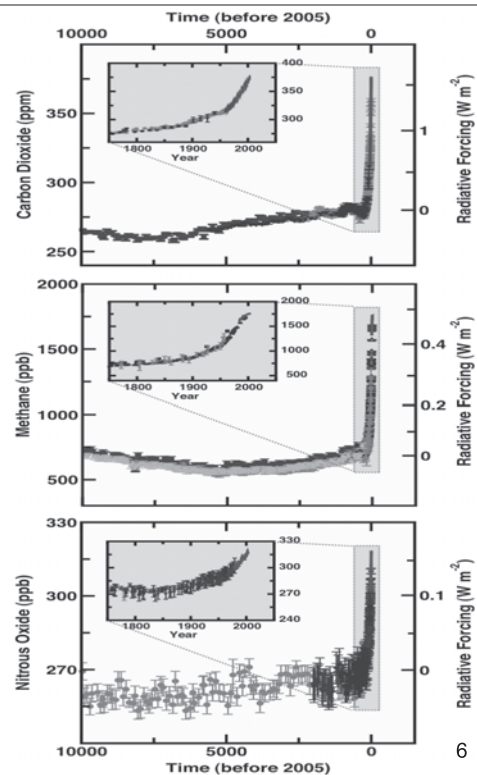
5

気候変化を惹き起こす 人間と自然の要因

CO₂, CH₄ 及び N₂O 濃度

- 産業革命前の値をはるかに超える
- 人間活動により1750以降顕著に増加

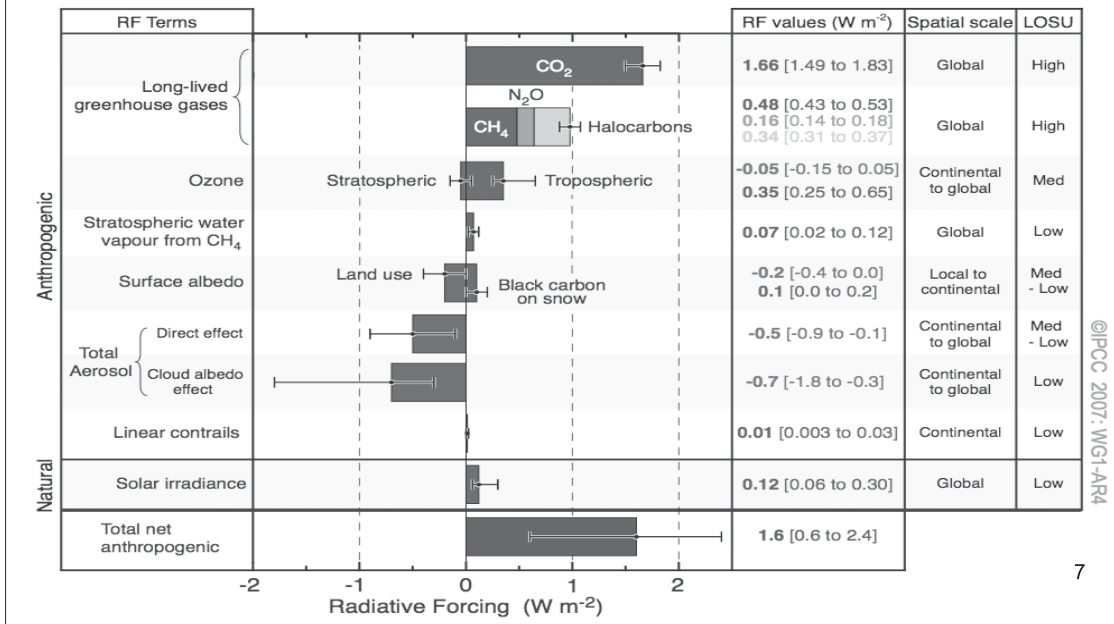
産業革命前は相対的に小さな変化



6

地球平均放射強制力 最良推定値と可能性の高い範囲

Radiative Forcing Components



7

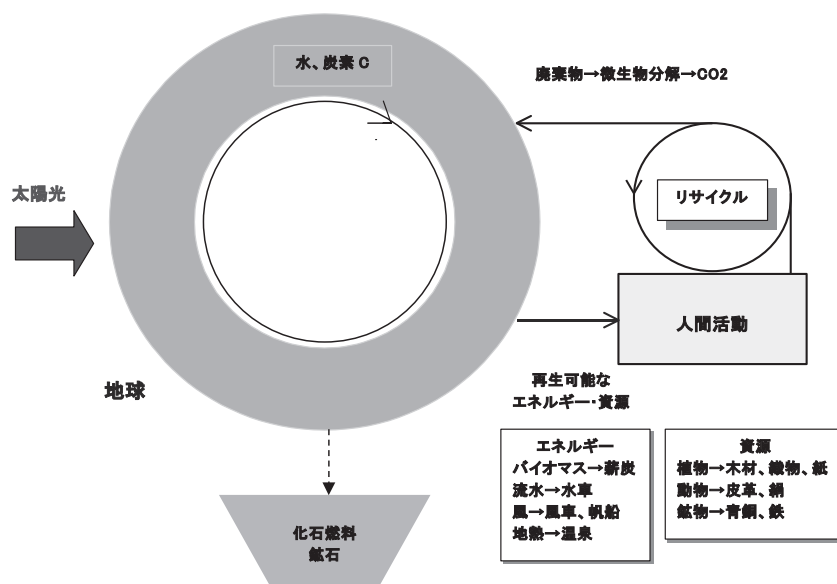
人為および自然起源の気候変化要因

人為起源の温暖化と寒冷化が気候に及ぼす影響についての理解は第3次評価報告書(TAR)からさらに進展した。

1750年以降の人間活動の正味の地球平均影響は温暖化であり、放射強制力の増加は $+1.6 [+0.6 \text{ to } +2.4] W m^{-2}$ であるとの結論の信頼性はかなり高い。

8

産業革命(18世紀)以前



鈴木 胖 作成 9

エネルギー・物質循環を中心に 人類の行動様式を振り返る

人間活動の転機

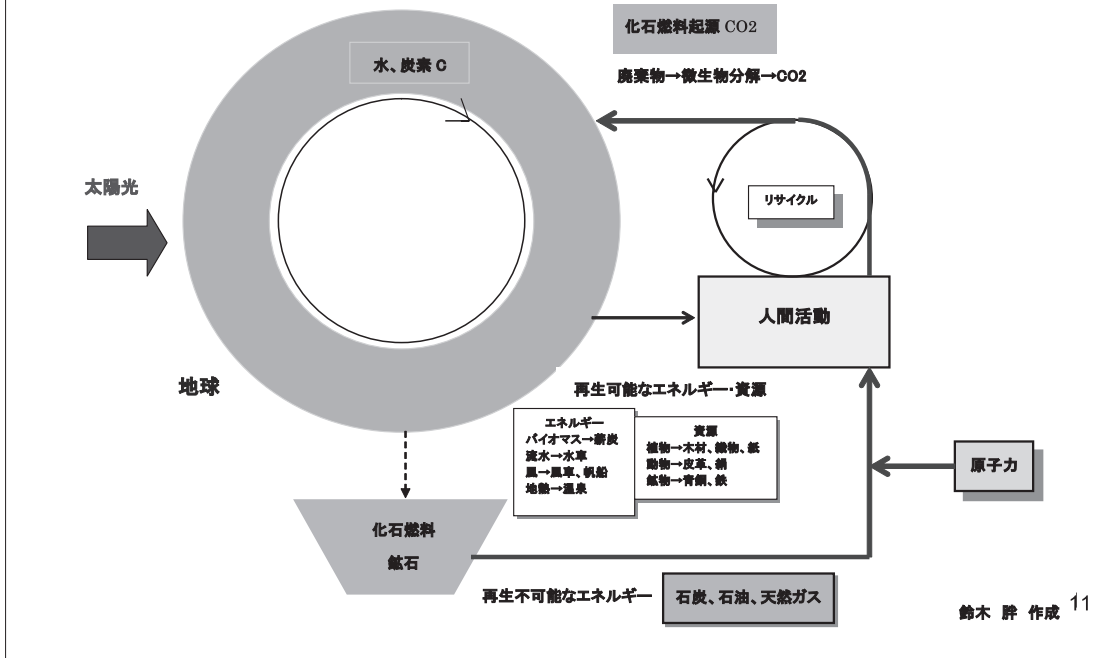
産業革命

18 世紀後半のイギリス、19 世紀のフランス、アメリカ、
後にはドイツ、日本

- | | | |
|--------|---------|------------------|
| 1711 年 | ニューコメン | 蒸気力による大気機関を発明 |
| 1769 年 | ワット | 高効率蒸気機関を開発、石炭の利用 |
| 1804 年 | トレヴィシック | 蒸気機関車を発明 |
| 1814 年 | スチーブンソン | 近代蒸気機関車を開発 |

10

産業革命(19世紀)以降



人類の行動様式を地球と人間の関係から見る (1)

産業革命まで

- ・ 人類社会の発展は基本的に地球上の自然循環に依存

産業革命から現在まで

- ・ 化石燃料に全面的に依存
- ・ 地球上に蓄積された天然資源の大量消費
- ・ 人類は自然循環システムとは別の人工システムを構築して発展

人類の行動様式を地球と人間の関係から見る (2)

産業革命からわずか200年後の現在の状況

- ・ 化石燃料の大量消費→大気中のCO₂濃度の増大→温室効果の増大→気候温暖化
→人類の危機(海面上昇、農業システムの崩壊)
- ・ 現在の行動様式を続けるならば人類社会は破滅する

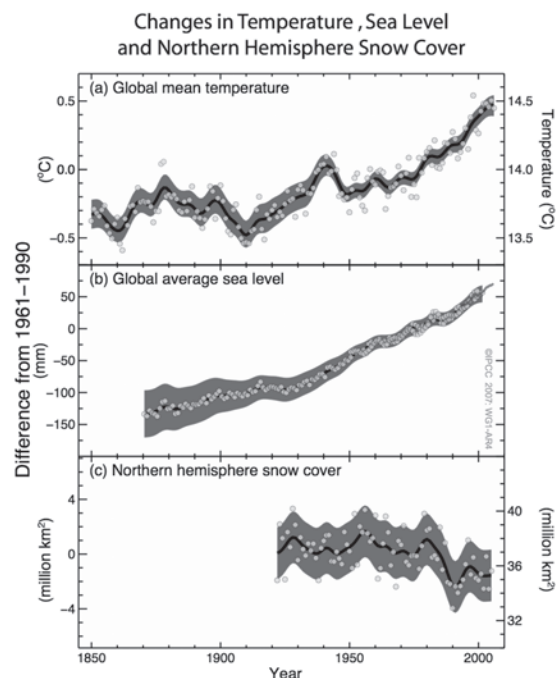
13

最近の気候変化の直接観測結果

地球平均気温

地球平均
海面上昇

北半球の
雪に覆われた面積



14

CO2の排出と大気への蓄積および濃度

- 2005年 CO2濃度 380ppm
他の温室効果ガスを含めたCO2換算濃度
440ppm
- 産業革命以降200余年間のCO2総排出量 2兆トン
 - ・その60%を植生と海洋が吸収
 - ・残り8000億トンが大気に蓄積
 - ・産業革命前の280ppmから現在の380ppmまで100ppmの増加
- CO2の大気への蓄積80億トン=1ppmの増加
- 現在、排出されたCO2の約半分が大気に蓄積

15

世界エネルギー需要とCO2排出の展望 IEA「世界エネルギー展望2006」

- 世界エネルギー需要
 - ・2030年までに50%以上増加(年率平均1.6%増)
 - ・需要増の70%は開発途上国、中国だけで30%
 - ・エネルギー多消費産業(鉄鋼、セメント)のシェア増大
自動車の普及
- CO2排出量
 - ・2030年までに55%増加(年率平均1.7%増)
電力化の進行、石炭火力の増加
 - ・2004年260億トン → 2030年400億トン
 - ・中国は2010年までに米国を抜く

16

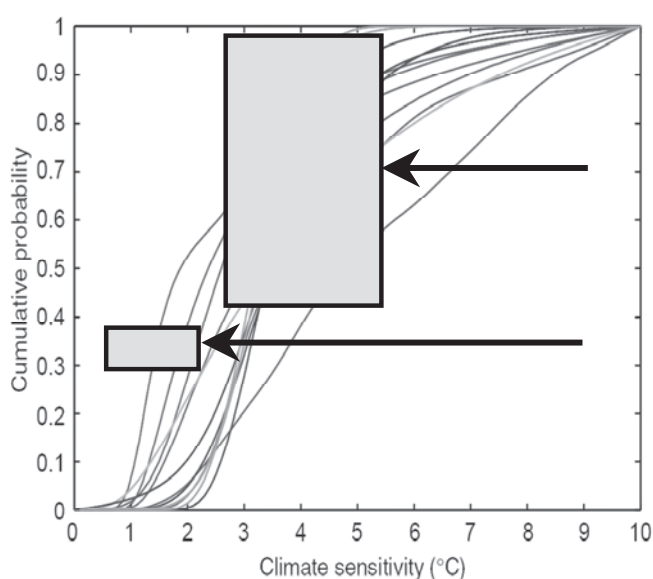
温室効果ガス濃度の増加を どこで止めればよいか

- 放射強制力を産業革命前の2倍のレベル550ppmに保ったときの地表平均気温がどれだけ上がるか (気候モデル上の実験) = 平衡気候感度
- 平衡気候感度
 - ・最良推定値 約3°C、
 - ・可能性が高い 2~4.5°C
- 気温上昇が2°Cまでなら大きな悪影響は回避できるのではないか
- CO2換算濃度を550ppm以下、できるだけ低いレベルに抑える

17

平衡気候感度

CO2濃度を2倍に保ったときの地表温度の上昇



最良推定値 3°C;
可能性が高い 2-4.5°C;

可能性がかなり低い
1.5°C以下;

より高い値も除外できない

18

地球温暖化防止対策

- ・省エネルギー、省資源(再利用、リサイクルを含む)
- ・CO₂排出の少ない化石燃料へのシフト
石炭(1)→石油(0.8)→天然ガス(0.6)
- ・CO₂の回収・隔離(CCS)
煙突や自動車から排出されるCO₂は、健康に直接有害ではないが、さまざまなプロセスを経て人類の存続を危うくしかねない、新しいタイプの有害廃棄物である

21

地球温暖化防止対策(続き)

“CO₂排出の主因である化石燃料依存から脱却”

- ・CO₂排出のない再生可能エネルギー(太陽・風力・水力、バイオマス、地熱等)の利用促進
- ・再生可能資源(バイオマス、とくに木質系)の利用
- ・原子力の安全な利用
- ・革新的エネルギー技術の研究開発とその応用

22

再生可能エネルギーを普及させるには 優遇策が必要

- 化石燃料は自然が精製した高品質エネルギー、不安定で貯蔵ができない再生可能エネルギーはコスト面で対等に競争できない
例外～利用に有利な条件が自然に備わっている所
水力発電(地形)、風力発電(風況)、地熱(地下構造)
- 高い利用目標の設定と経済的インセンティブ(優遇買取価格、投資減税、低利融資等)の付与
- CO2排出量取引制度等の実効ある政策の導入
- 再生可能エネルギー利用の義務付け
RPS法、建築基準、街づくり・地域づくり条例、輸送用燃料

23

スターン・レビュー(Stern Review) 「気候変動の経済学」 2006年10月 英国首相と英国財務大臣へ報告

国の収支、歴史的責任、1人あたりのCO2排出量などを勘案すると、経済的に豊かな国は2050年までに1990年レベルから排出を60～80%削減する責任がある。

24