

温暖化におけるCO₂の役割および 最新の科学的知見について

地球温暖化に関する討論会

2006年2月18日 高千穂大学 東京

東北大学 東北アジア研究センター 明日香壽川

気象研究所 吉村純

内容紹介

第1部 温暖化のサイエンス

1. 現在、温暖化は起きているのか？
2. 自然変動ではないのか？
3. 自然変動でないとするれば何が原因か？
4. モデルは信頼できるのか？
5. 科学者の間で合意はあるのか？

内容紹介

第2部 温暖化対策

1. 予防原則
2. 公平性
3. 技術
4. コスト

内容紹介

第3部 総合討論： 科学と政策との関係

1. 温暖化問題は社会的産物か？
2. 原子力推進派の陰謀か？
3. 科学者みんなが間違っている？
4. 科学に基づいた政策とは？

内容紹介 番外編

1. いわゆる「懐疑派」の方々の分類
2. 世界の動向
3. マスコミの問題



第1部 温暖化のサイエンス

結論

20世紀後半の温暖化が人為的排出
CO₂によるという「CO₂温暖化説」
は、ほぼ矛盾なく過去および現実の
事象を説明できている。

結論

一方、「CO₂温暖化説」否定説は、

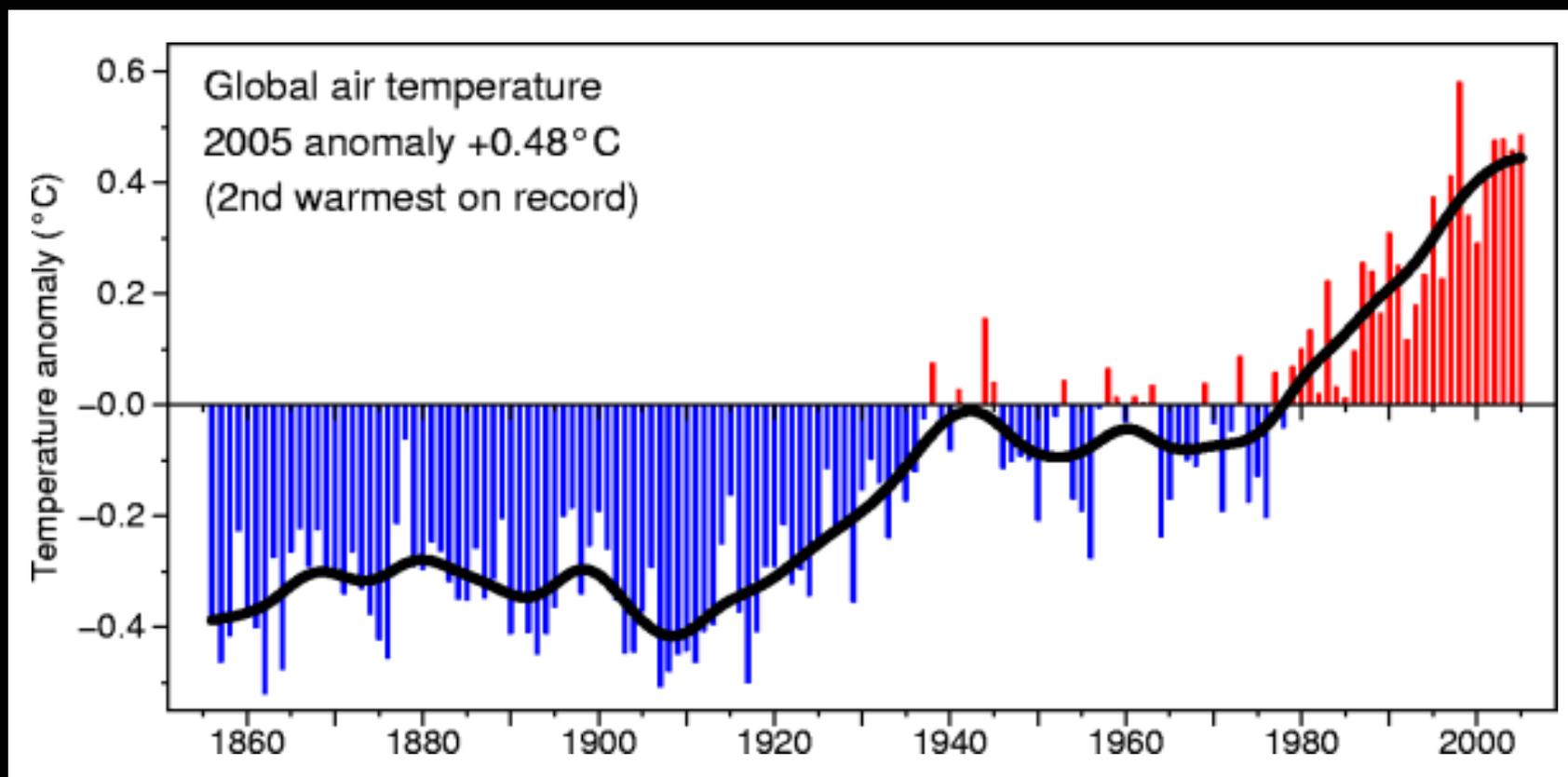
1. CO₂温暖化説の「論理的矛盾」を示せていない
2. CO₂温暖化説の「定量的な証拠」を理解（勉強）していない
3. 否定説の「定量的な証拠」を示せていない
4. 現実の事象を説明できていない



1. 現在、温暖化は起きているのか？

第1部 温暖化のサイエンス 1. 現在、温暖化は起きているのか？

起きている 地表でも



起きている ほとんどの地域で

ある地域で温度が下がっている
ことを示して地球全体の温暖化
を否定するのは全くおかしい

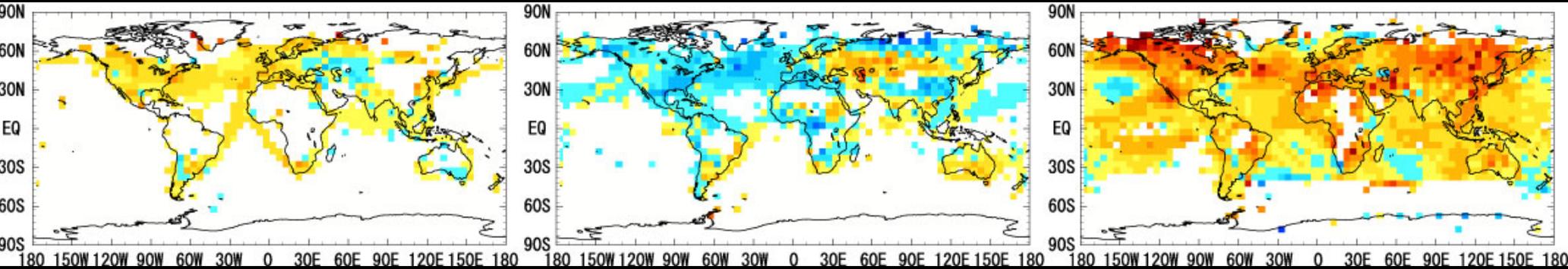
温度上昇の地域パターン

観測結果

1901 - 1950

1941 - 1980

1971 - 2000

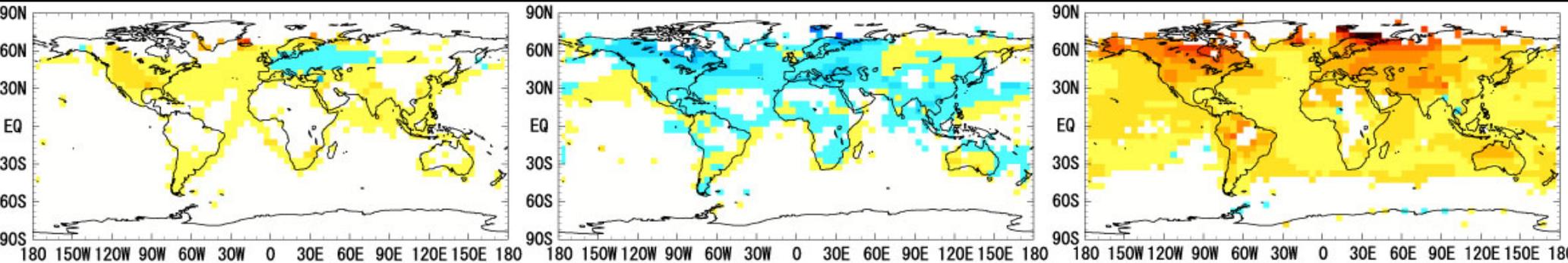


モデルによる計算結果

1901 - 1950

1941 - 1980

1971 - 2000

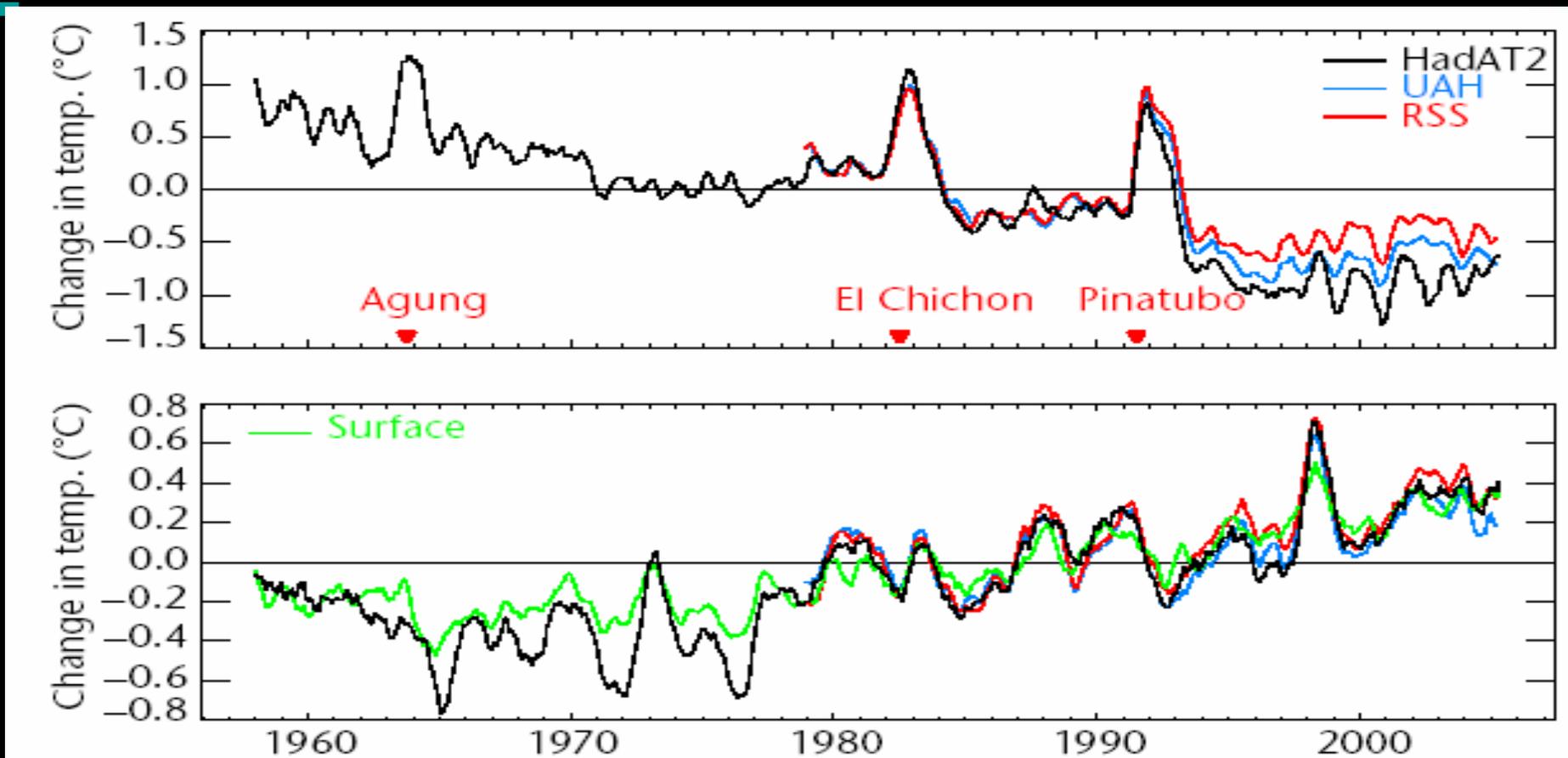


-1 -0.8 -0.6 -0.4 -0.2 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 [°C/10年]

第1部 温暖化のサイエンス 1.現在、温暖化は起きているのか？

起きている 対流圏でも

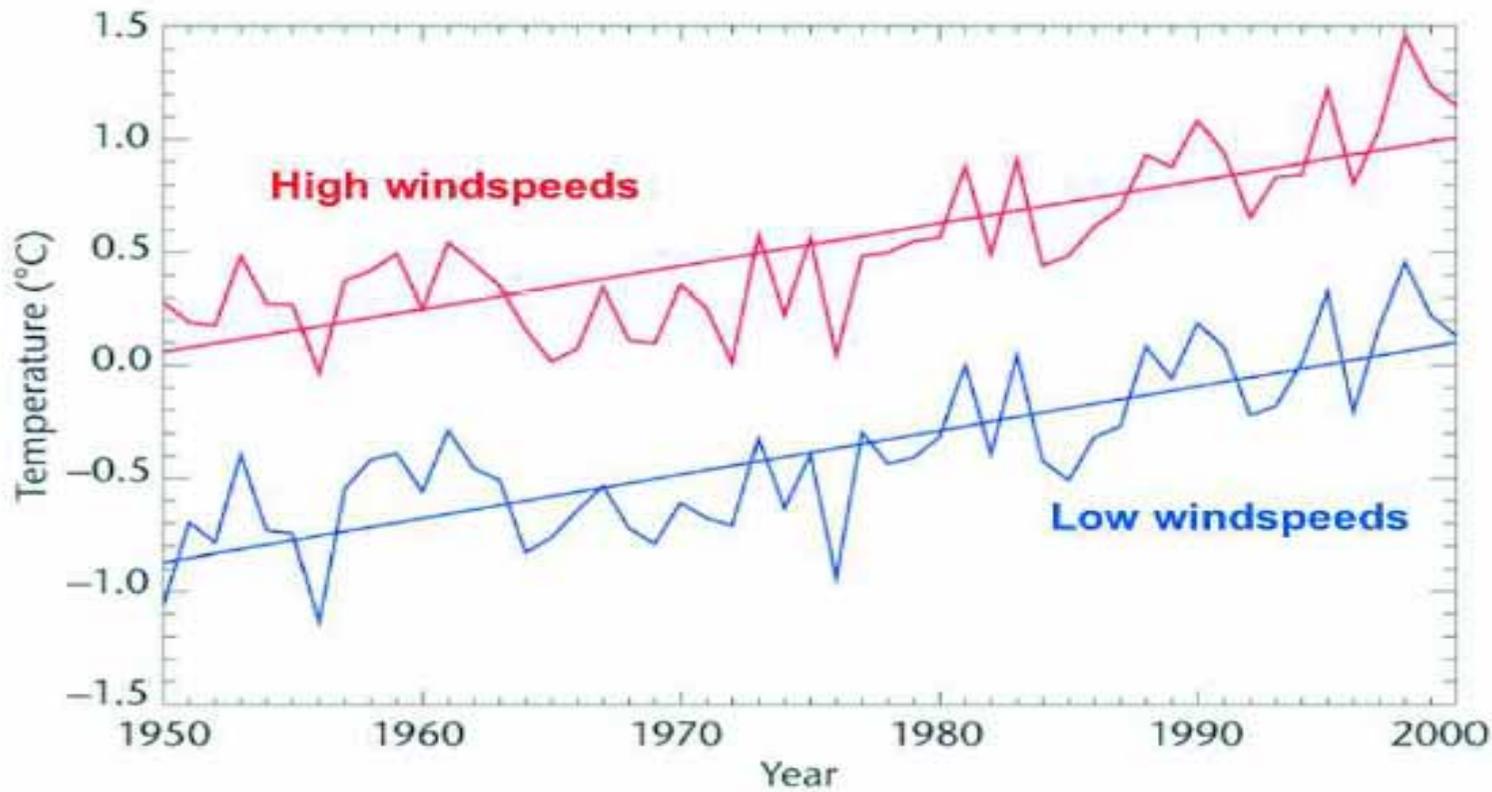
(CO₂原因説の予想通り成層圏では温度低下)



Source: Hadley Centre (2005)

第1部 温暖化のサイエンス 1.現在、温暖化は起きているのか？

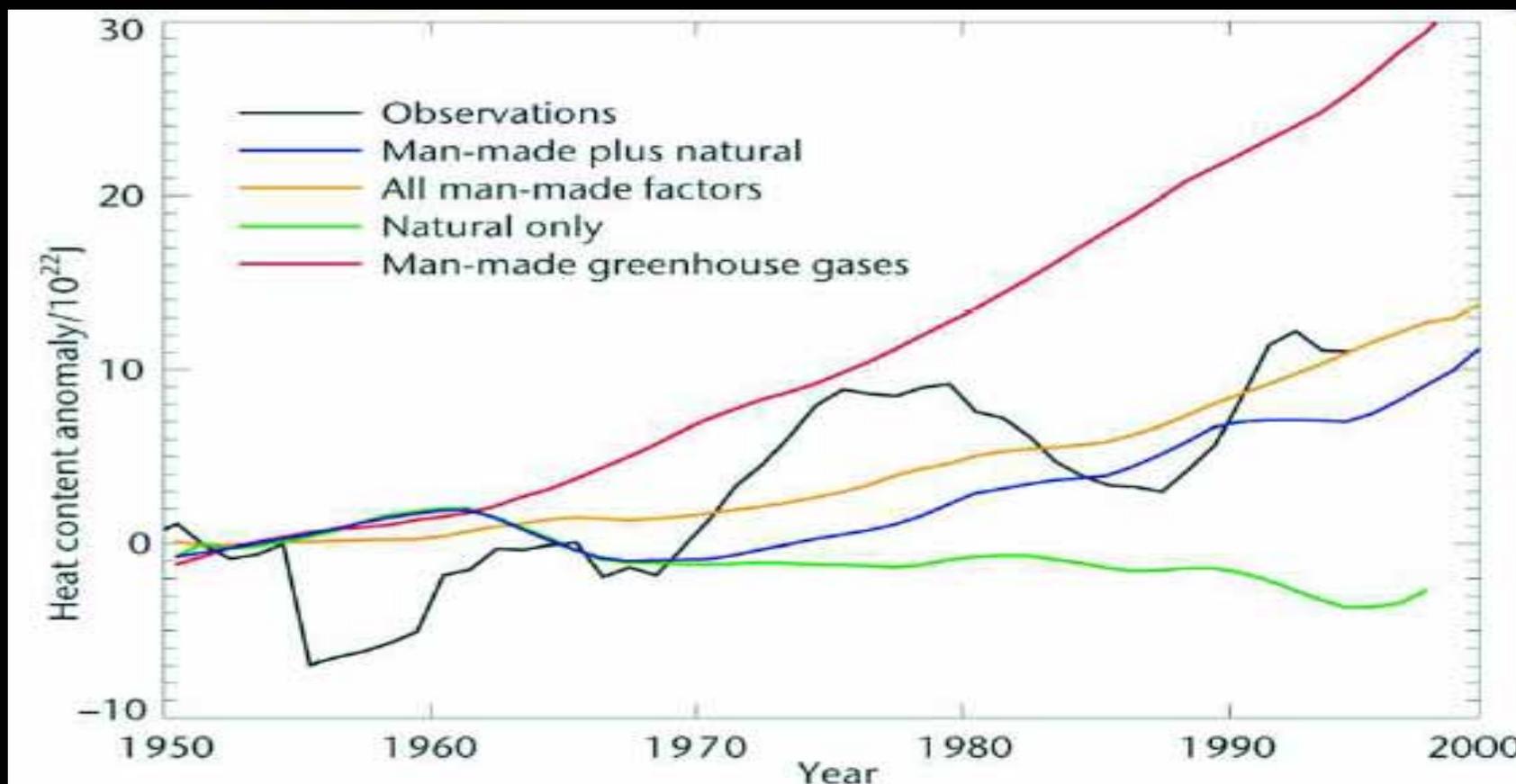
起きている ヒートアイランドと
関係なく：風の強い夜も弱い夜も



Source: Hadley Centre (2005)

第1部 温暖化のサイエンス 1.現在、温暖化は起きているのか？

起きている ヒートアイランドと 関係なく：海洋熱蓄積でも



Source: Hadley Centre (2005)

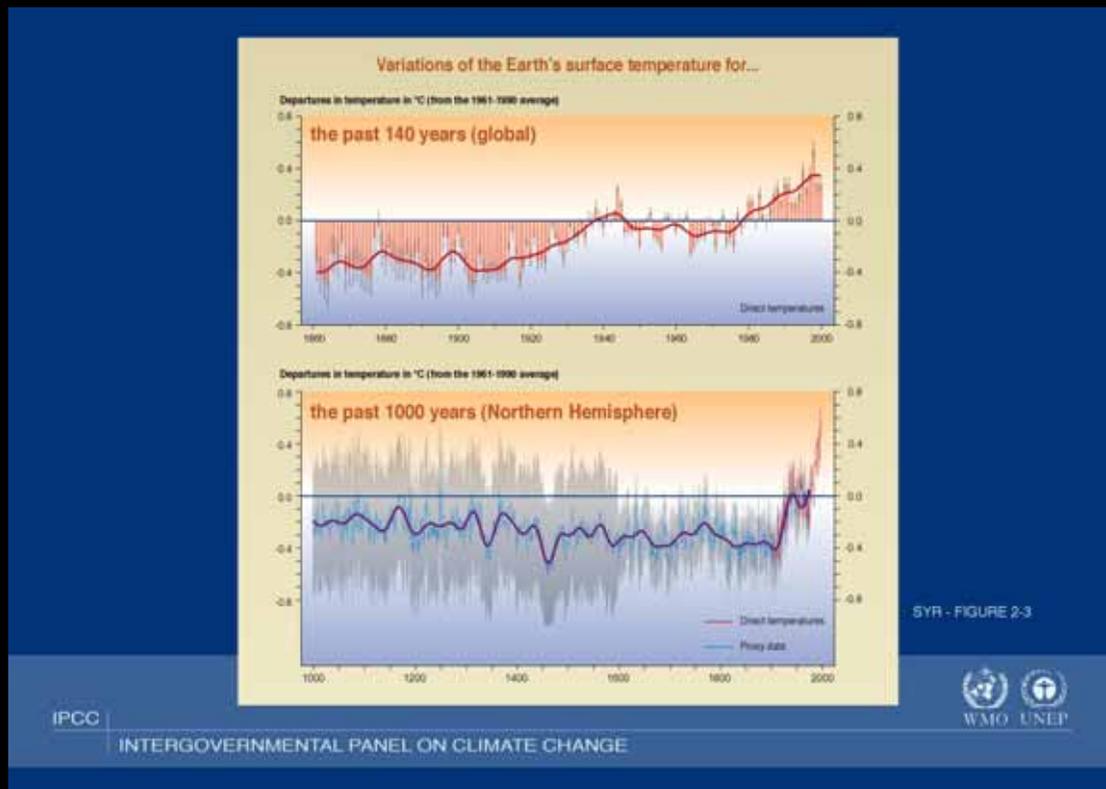


2. 自然変動ではないのか？

第1部 温暖化のサイエンス 2. 自然変動ではないのか？

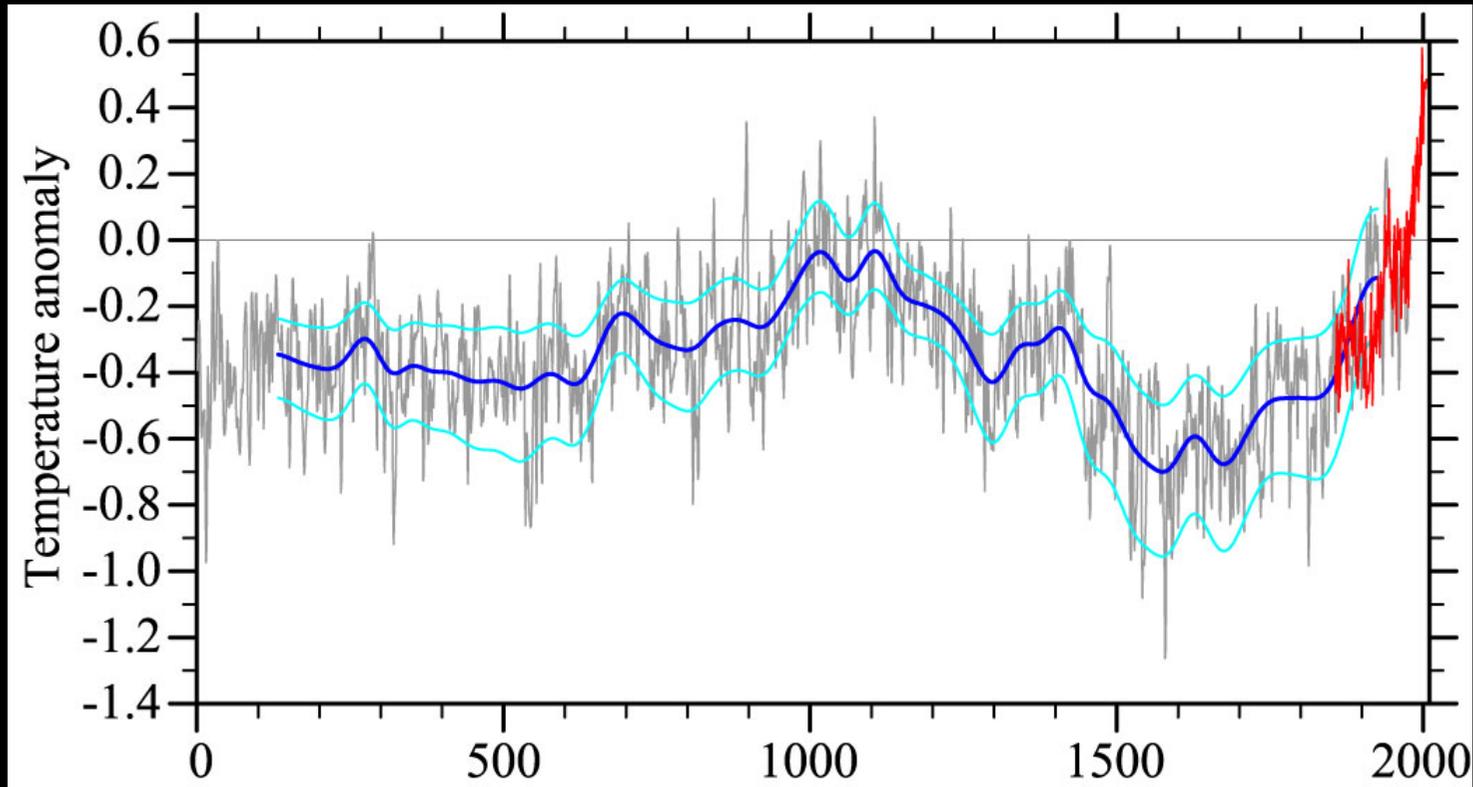
現在の温暖化は自然変動とは考えにくい(1)

過去140年と過去1000年の温度変化(世界)



現在の温暖化は自然変動とは考えにくい(2)

過去2000年の温度変化(世界)



現在の温暖化は自然変動とは考えにくい(4)

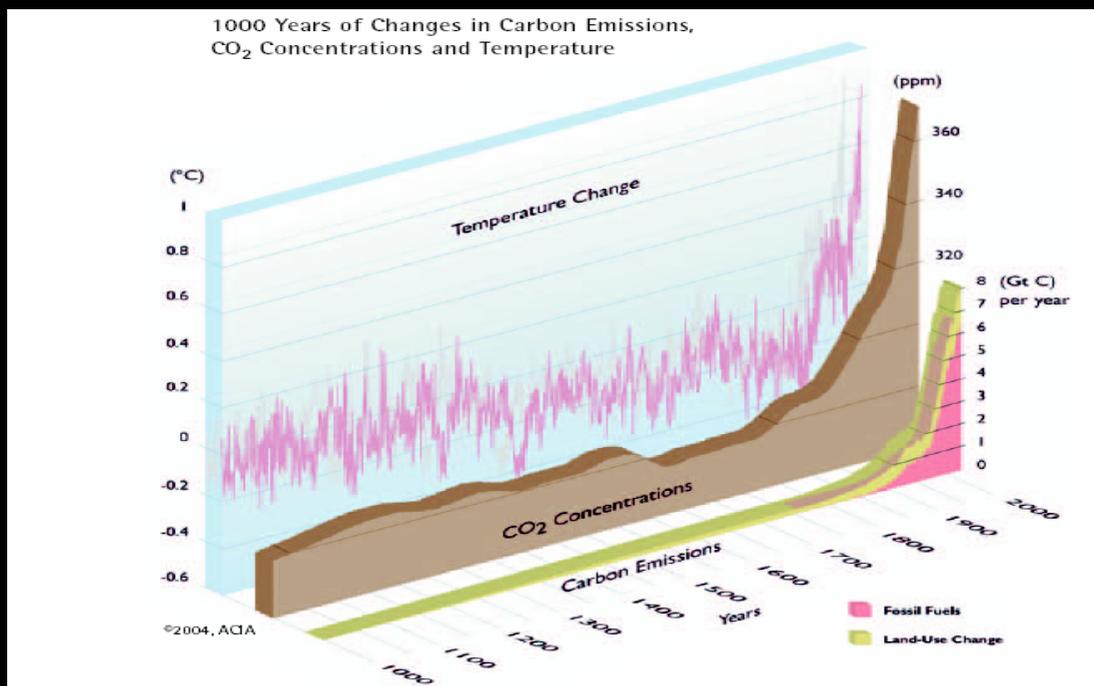
傍証1：温度上昇の速度が過去に例をみない

現在の温暖化は自然変動とは考えにくい(5)

傍証2： 産業革命以降、CO₂濃度は280ppmから368ppmまで急激に増加。現在の濃度は過去65万年にはなかったもので、上昇速度も過去2万年にはないもの

現在の温暖化は自然変動とは考えにくい(6)

温度もCO₂濃度も20世紀後半になって急激に増加

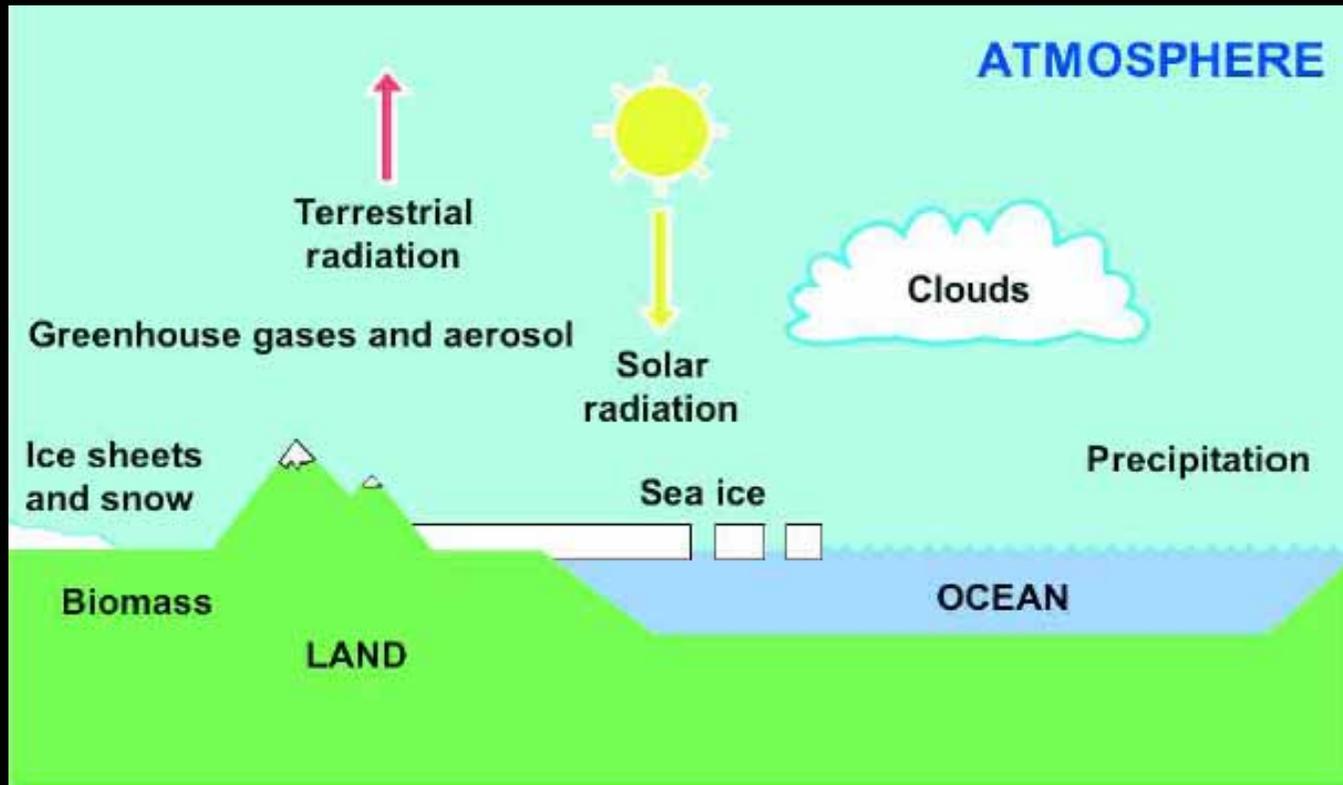




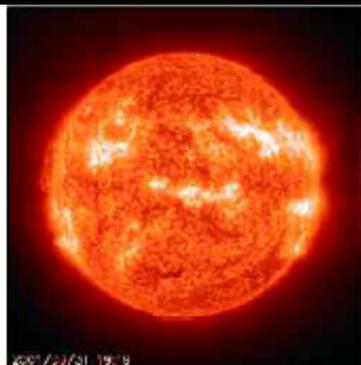
3. 自然変動でないとするれば 何が原因か？

原因として主に議論されているのは、
太陽活動、水蒸気、CO₂

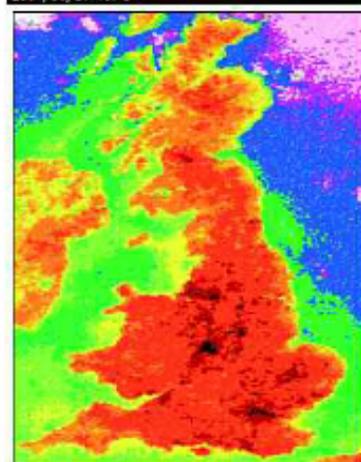
気候系の主な構成要素



温度は太陽放射と地球放射との バランスで決定される



- Energy coming into the Earth from the Sun — SOLAR radiation



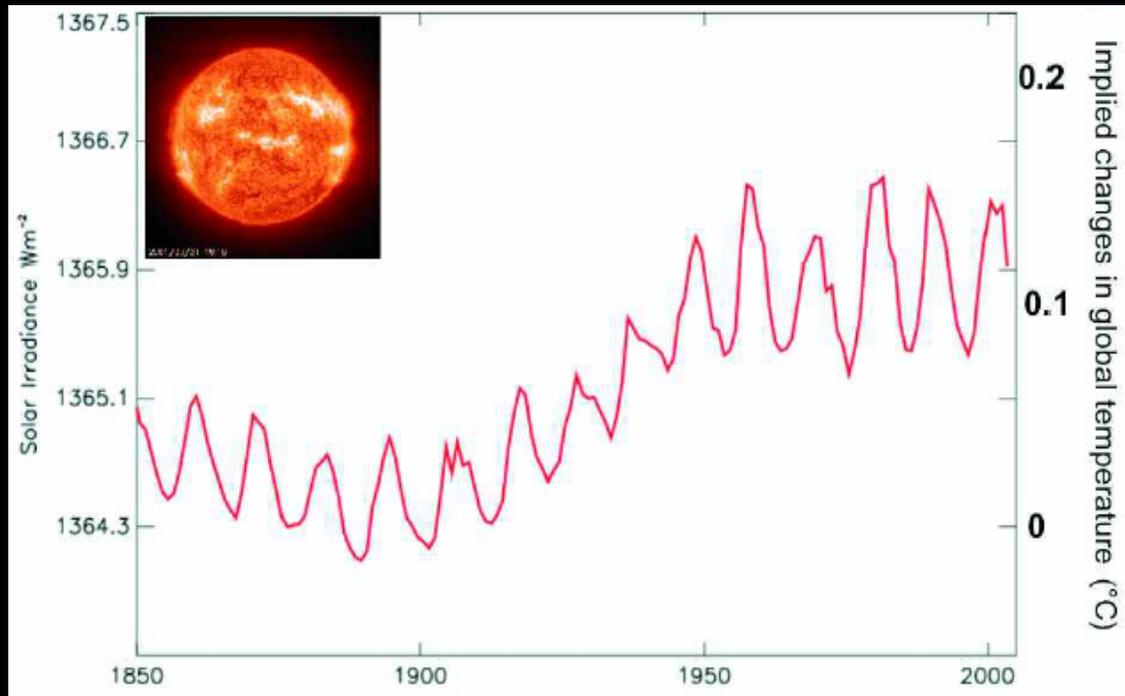
- Energy leaving the Earth to outer Space — INVISIBLE INFRARED radiation

The temperature of the Earth results from the balance between these two

太陽活動の影響ではない(1)

20世紀後半の活動は安定

太陽放射量の推移



Source: Lean (2000), Hadley Center (2005)

太陽活動の影響ではない (2)

宇宙線と温度との相関関係

宇宙線と雲と温度上昇との関係は、1) 理論的な証明なし、2) 長期的なトレンドなし、3) 論文の計算自体に問題あり、などの指摘があり、現時点では一つの仮説にすぎない。

水蒸気の影響ではない(1)

確かに、地球の地表温度がマイナス18度でなくプラス15度で安定しているのに貢献しているのは水蒸気と雲（IPCC90では、水蒸気だけで60-70%、雲と合計で80-90%）

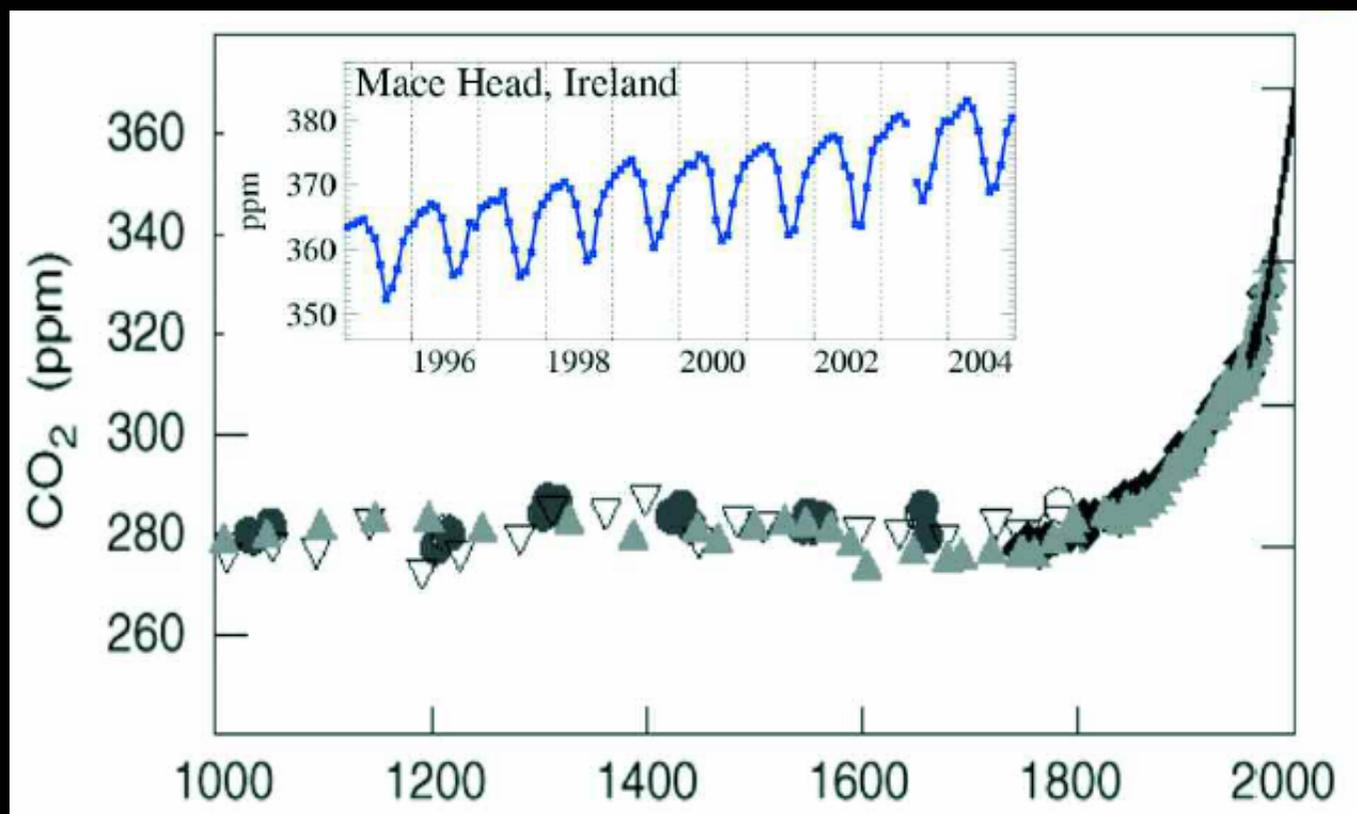
水蒸気の影響ではない(2)

しかし、それと、20世紀後半の急激な温度上昇を招いているCO₂の効果とは全く別の話。大気中水蒸気量を決めるのは蒸発・降水であり、大気中の平均滞在時間も10日と短い

水蒸気の影響ではない(3)

したがって、現時点で進行している温暖化において、水蒸気は直接の原因となる放射強制力とはならず、受動的にフィードバックの結果として温暖化に影響する

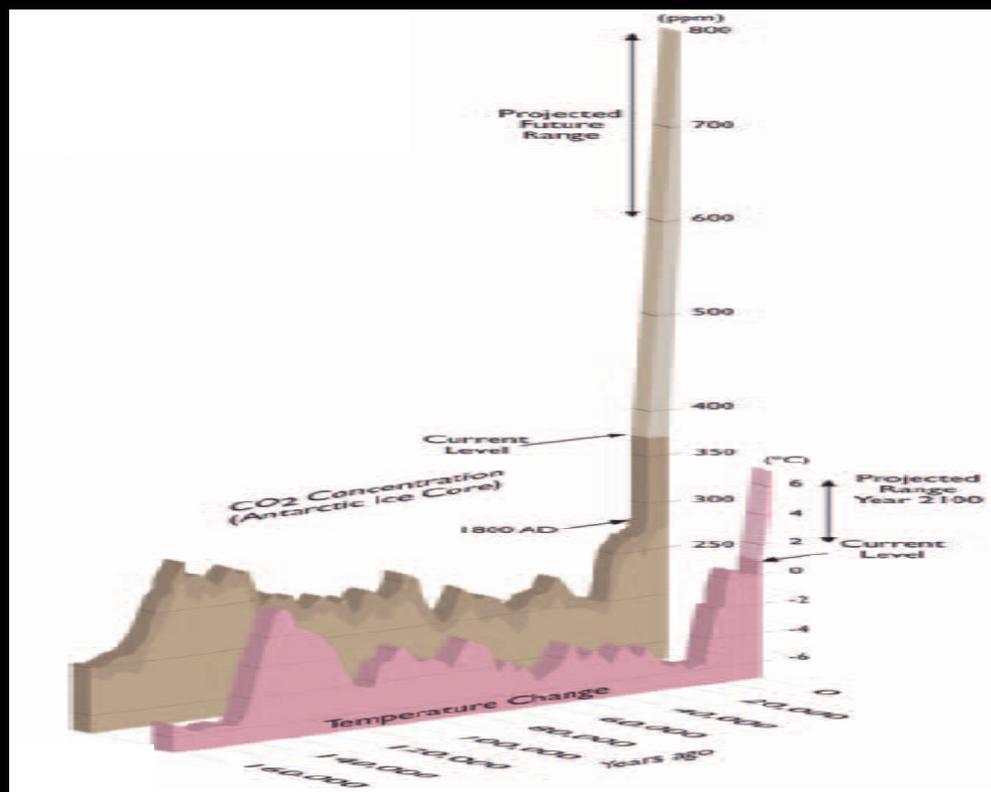
原因は二酸化炭素ではないか？ (1)



Source: IPCC第三次報告書 (2001)

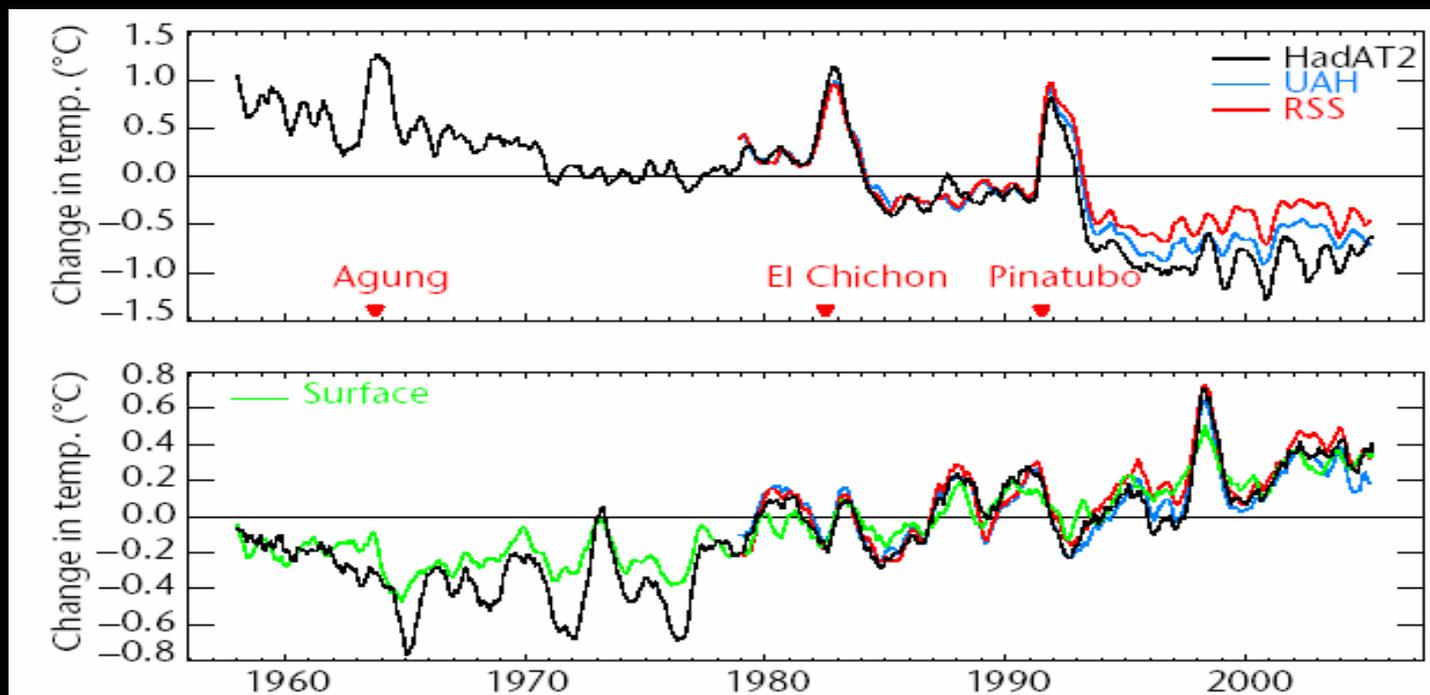
原因は二酸化炭素ではないか？ (2)

過去65万年間で現在のCO₂濃度は最大



原因は二酸化炭素ではないか？ (3)

温度変化が二酸化炭素濃度上昇で
予想されるパターンと一致 (1)



原因は二酸化炭素ではないか？（4）

温度変化が二酸化炭素濃度上昇で
予想されるパターンと一致（2）

1. 地球全域の温度が上昇
2. 温度上昇の幅は冬季の北極で最大

原因は二酸化炭素ではないか？（5）

CO₂温暖化説：20世紀に観測されている二酸化炭素濃度上昇は人為排出が原因ではないだろうか

傍証：

1. 急速な伸びが説明不能
2. 否定すると非常に無理な仮定が必要
3. 北半球と南半球の濃度差は人為的

排出由来を示唆

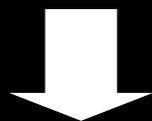
「CO₂温暖化説」否定説には三つの 中心的議論がある（1）

「CO₂温暖化説」を否定するために、
しばしばこの三つが使われる（三種の
神器のようなもの、特に日本で）

「CO₂温暖化説」否定説には三つの 中心的議論がある(2)

議論 No.1

人為起源のCO₂排出量は大気、陸、海
の間の炭素循環量に比較すれば小さい

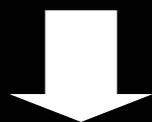


人為起源のCO₂排出量の役割は小さい

「CO₂温暖化説」否定説には三つの 中心的議論がある(3)

議論 No.2

温度上昇が原因でCO₂濃度上昇は結果

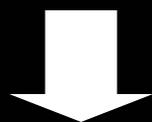


CO₂は海面温度上昇によって海洋から放出

「CO₂温暖化説」否定説には三つの 中心的議論がある(4)

議論 No.3

地球放射の波長15 μm の部分の
CO₂による吸収はすでに飽和



CO₂は増加しても温暖化しない

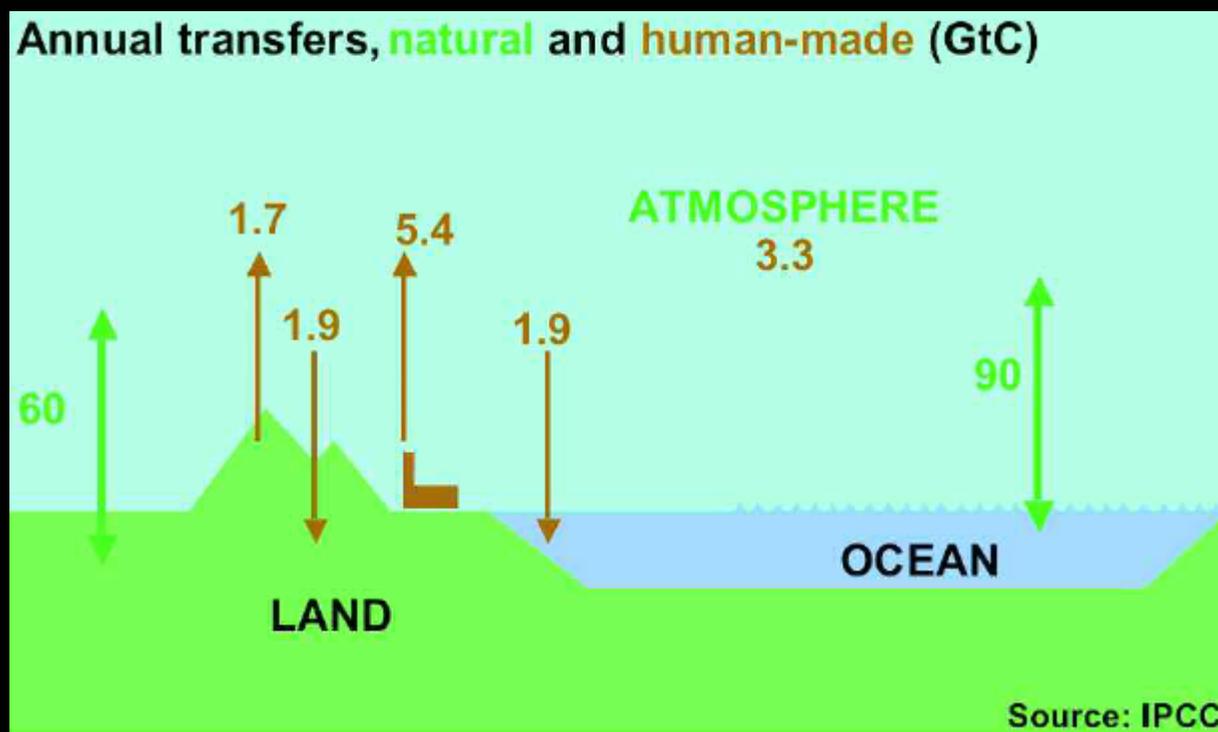
「CO₂温暖化説」否定論の3つの 中心的議論 No.1

No.1.人為起源のCO₂排出量は大気、陸、
海の間 の炭素循環量に比較すれば
小さい

決定的な誤解！

海、陸、人為排出の大きさの比較 は注意が必要（1）

グロスとネットは違う！



海、陸、人為排出の大きさの比較は 注意が必要（2）

たとえば言えば、陸と海と大気とのCO₂のやりとりは、年度末の合計（大気中CO₂濃度）は変化ないもののもの（プラスマイナスでゼロ）、出し入れが大きく激しい貯金口座のようなもの。その中で、人為的CO₂排出は利子と考えられる（累計で350Gt）。

海、陸、人為排出の大きさの比較は 注意が必要（3）

この累計で350Gtというのは、産業革命以前の大気中CO₂存在量の約7割であり、自然界の炭素循環過程での変動では吸収不能な量。

「CO₂温暖化説」否定論の3つの 中心的議論 No.2

No.2. 温度上昇が原因でCO₂濃度上昇は
結果（CO₂濃度上昇の原因は海水温
度上昇の結果としての海洋からの放
出であって人為起源ではない）

少なくとも20世紀後半は違う！

「CO₂温暖化説」否定論の3つの 中心的議論 No.2

CO₂温暖化説の主張

CO₂濃度上昇は結果にも原因にもなる。しかし、20世紀後半の温度上昇は人為的排出によるCO₂濃度上昇が主原因

「CO₂温暖化説」否定論の3つの 中心的議論 No.2

これを証明し、否定論No.2を否定する
ためには、現在のCO₂濃度上昇が海洋
からの放出でないことを示せばよい

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(1)

証明1

仮に、CO₂濃度上昇が人為的な排出由来でないとすると、何十万年も変化がなかった状況から、何らかの原因で海洋から人為的な排出と同じ量のCO₂がいきなり放出され、それと同時に全く同量の人為的排出によるCO₂が海と陸に吸収されなくてはならない

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(2)

証明2

ヘンリーの法則によって人為起源CO₂が海洋にすべて吸収されると説明するのは困難

ヘンリーの法則：溶解度の小さい気体では、温度が一定ならば、一定量の溶媒にとける気体の質量は、その気体の分圧に比例する

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(3)

ヘンリーの法則では説明できない

もし人為起源CO₂が全て海洋に吸収されたとするれば、その分海洋中のCO₂の質量は大きくなり、平衡する大気中のCO₂分圧もそれに比例して大きくなる。しかし、人為起源CO₂は大気中には残っていないので分圧の上がりようがない。したがって、実際には、人為起源のCO₂の一部が大気中に残り、「海洋中のCO₂量増加に対応するCO₂分圧上昇」と「大気に残ったCO₂によりもたらされる実際のCO₂分圧上昇」が等しくなるところで平衡が保たれるはず。

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(4)

証明3

海面水温上昇による海洋からのCO₂放出は、多く見積もってもCO₂濃度上昇分の数分の一に過ぎない

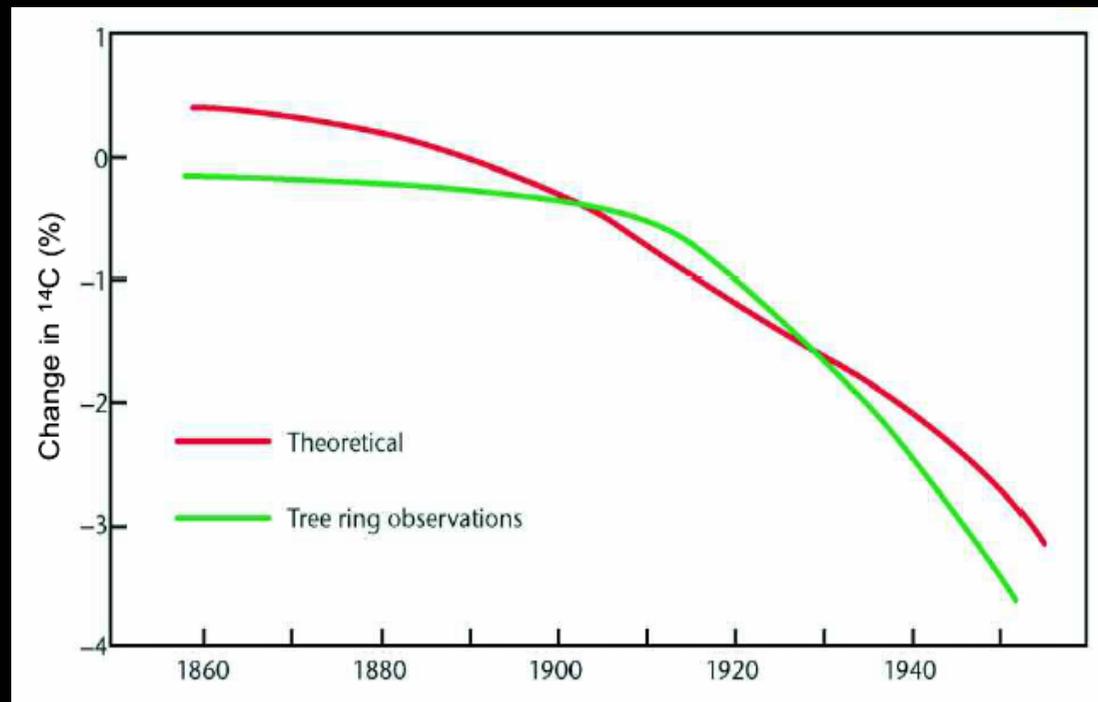
大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(5)

証明4

化石燃料由来の人為的排出によるCO₂は、C¹⁴含有量が小さい。したがって、大気中のCO₂に含まれるC¹⁴の濃度変化を見れば、大気中CO₂濃度上昇が化石燃料由来の人為的排出によるか否かがわかる

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(6)

C¹⁴の濃度変化(1860-)

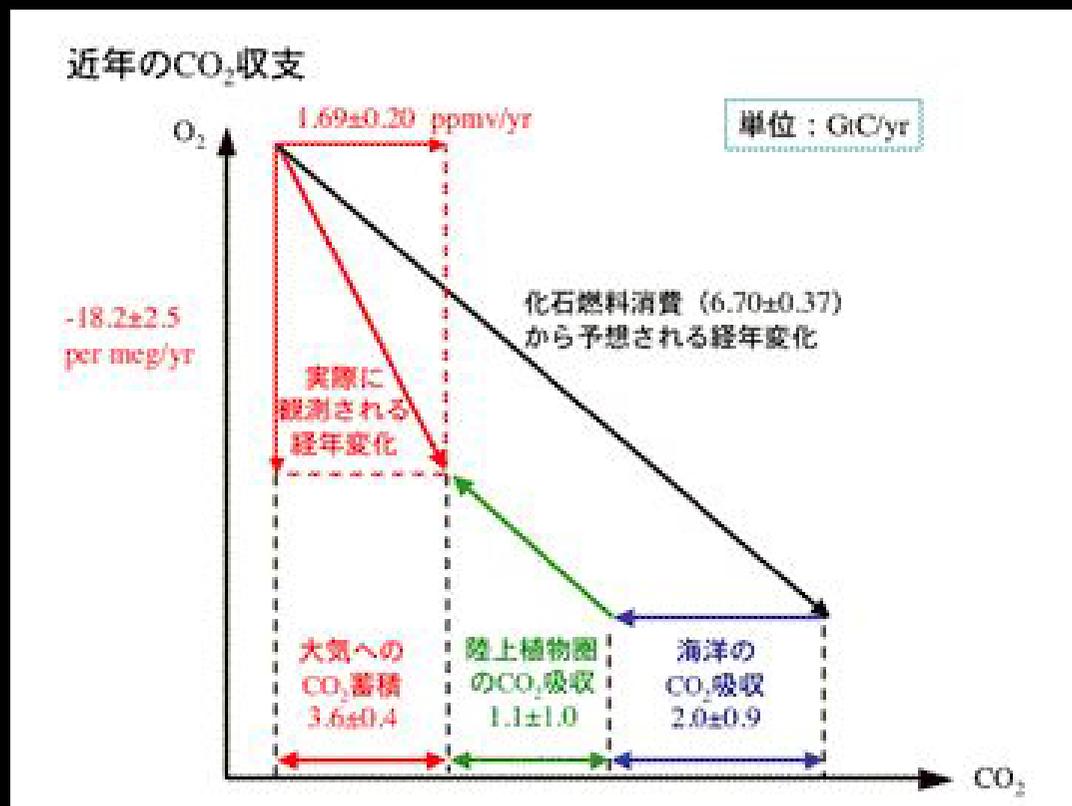


大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(7)

証明5

化石燃料由来の人為的排出によって大気中の酸素(O₂)の濃度が変化する。したがって、大気中の酸素濃度の変化を見れば、大気中CO₂濃度上昇が化石燃料由来の人為的排出によるか否かがわかる。

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(8)



Source: 東北大学 大気海洋変動観測研究センター

<http://caos-a.geophys.tohoku.ac.jp/bujunkan/archives/000037.html>

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(9)

証明6-1

大気とCO₂をやり取りするのは海洋と陸域生物圏の2つだけ。大気中のCO₂の一部でもが海洋なり陸域から排出されたものなのであれば、これらの二つが貯蔵する炭素量の減少が計測されるはず。

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(10)

証明6-2

海洋中炭素に関して：

減少を示す観測の報告数：ゼロ

増加を示す観測の報告数：6つの独立

した手法を用いた20以上の研究文献あり

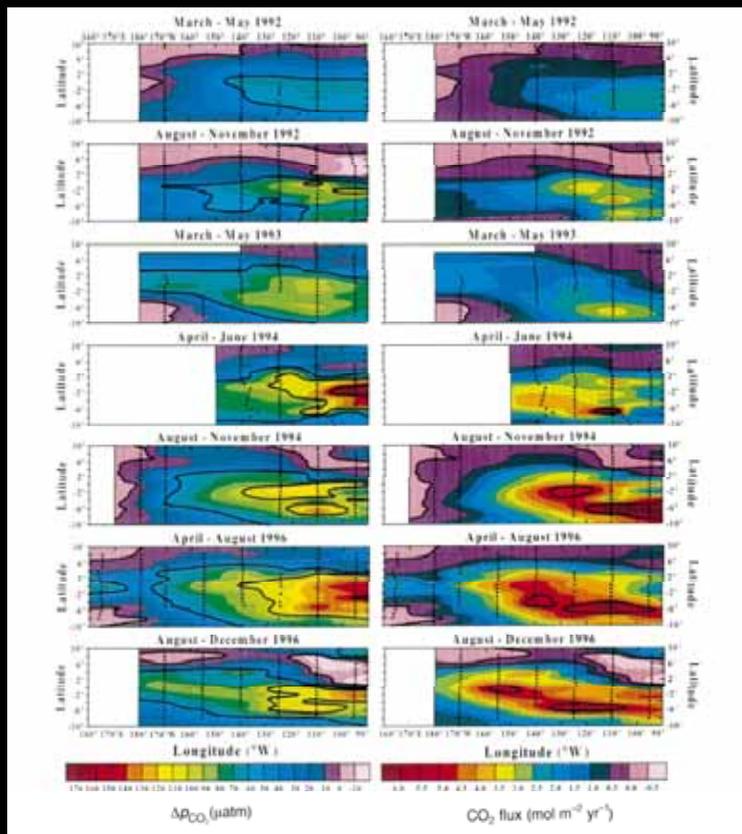
大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(11)

証明6-3 6つの独立した手法

- (1) 海洋表面のCO₂分圧の直接観測 (Takahashi et al. 2002)
- (2) 異なる海域への炭素の出入り量を示す、CO₂の大気中の空間分布観測 (Bousquet et al. 2000)
- (3) 生体プロセス影響を排除するためのCFCと炭素、酸素、養分の総合観測 (Sabine et al. 2004)
- (4) CFCsによる水の年齢推定と組み合わせた炭素とアルカリ性の二回の観測 (McNeil et al. 2002)
- (5) 大気中CO₂増加と酸素減少の同時観測 (Keeling et al. 1996)
- (6) 大気中CO₂増加と炭素13減少の同時観測 (Ciais et al. 1995)

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(12)

証明7 エルニーニョでは放出されない

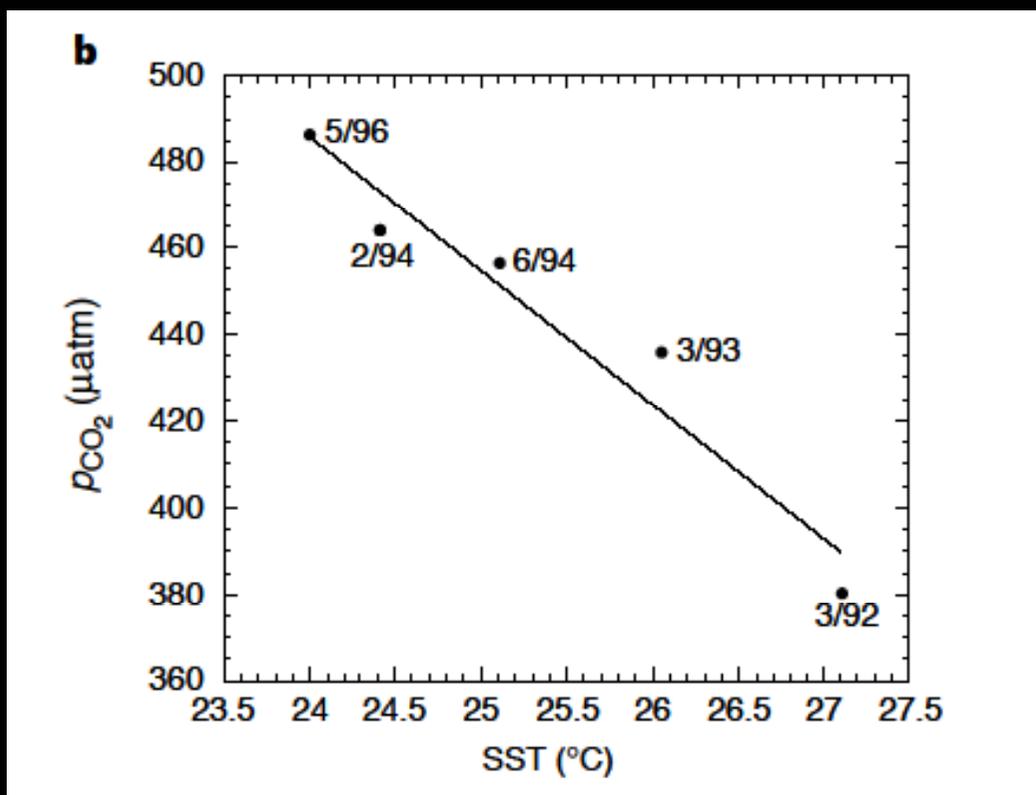


エルニーニョとCO₂大気
海洋交換の関係図

Source: Feely et al. (1999)
Nature, vol.398, 597-.

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(13)

証明7 エルニーニョでは放出されない



海面水温とCO₂分圧
(海の吸収のしやすさ)との相関関係

Source: Feely et al. (1999)

大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない(14)

証明のまとめ

1. 直感的におかしい(近年の伸びが説明不可)
2. ヘンリーの法則や海水温上昇では説明不可
3. 人為的排出CO₂と大気中CO₂とのやりとりの定量的分析(2つの独立した手法)
4. 人為的排出CO₂と海洋中CO₂とのやりとりの定量的分析(6つの独立した手法)

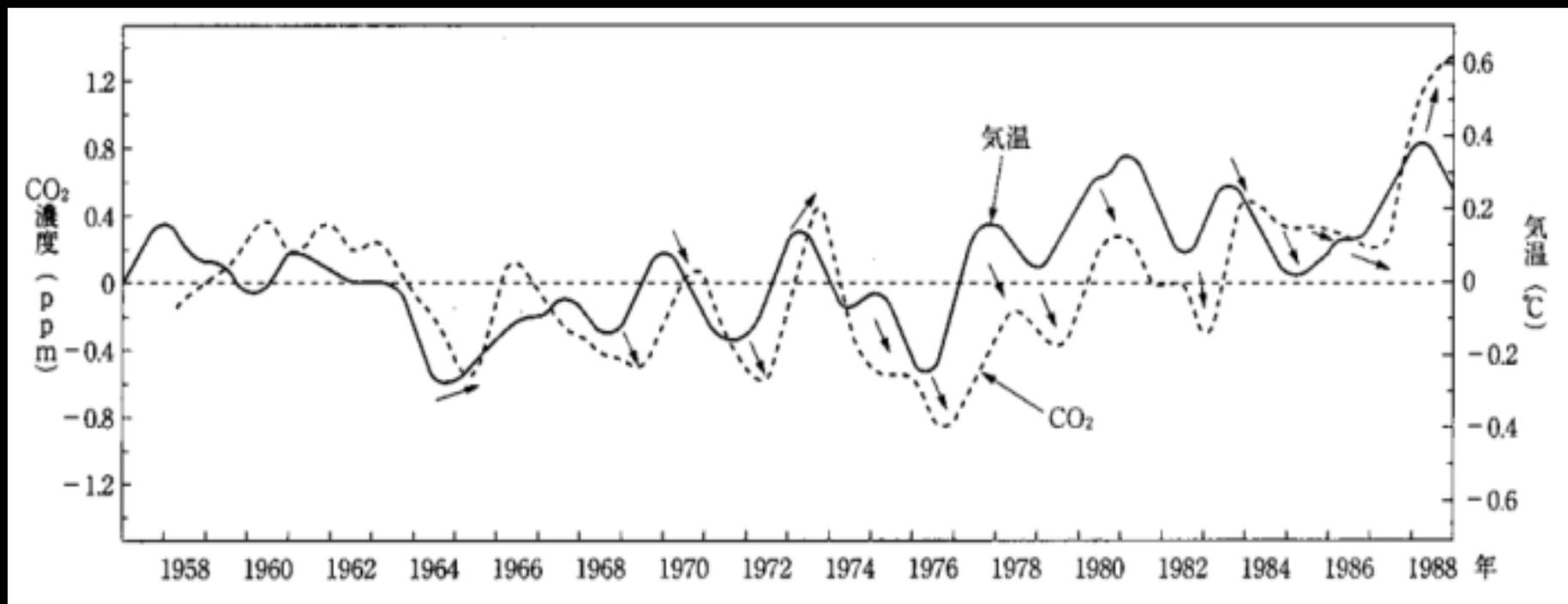
大気中のCO₂濃度上昇は、海洋からの放出によるものではない（15）

結論：二酸化濃度の上昇（0.4%/年）

の70-90%が化石燃料などによる人為的排出が原因であり、少なくとも20世紀後半においては温度 二酸化炭素ではない

因果関係の考え方 (1)

観測値から長期的な上昇傾向と季節変化を取り除いたCO₂濃度変動と気温変動の関係

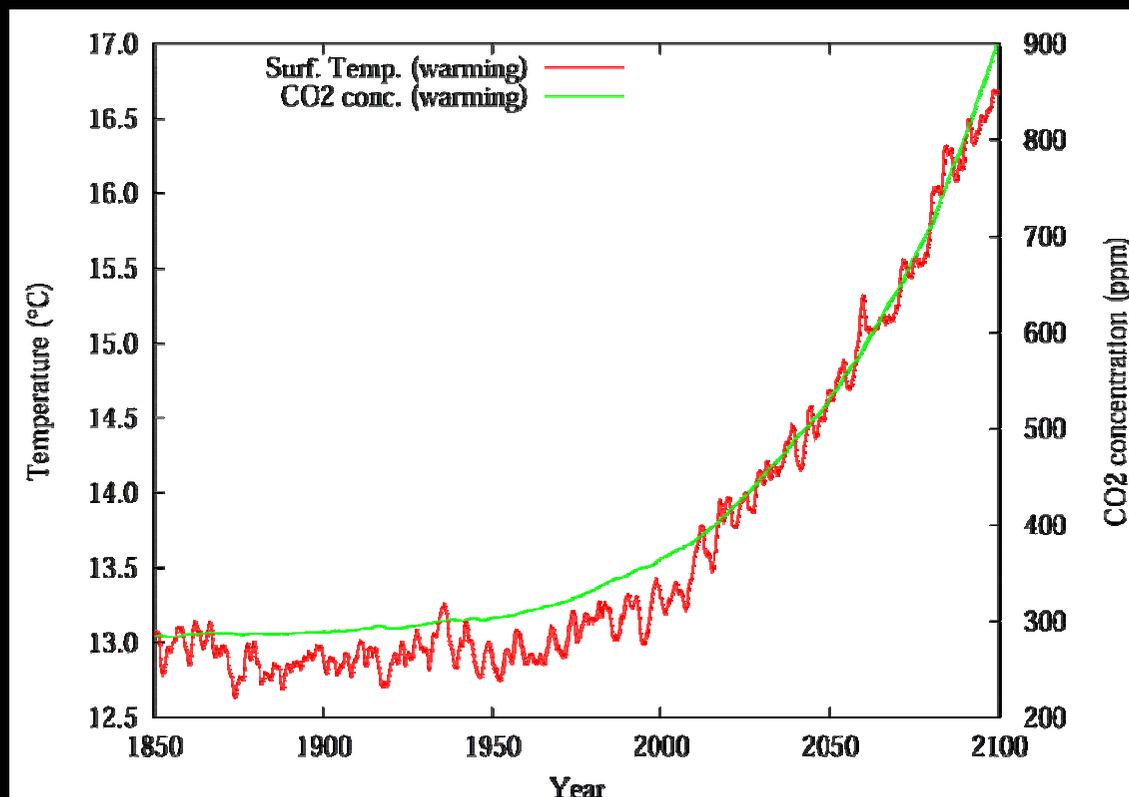


因果関係の考え方（2）

根本先生が引用したキーリングの図は、現在進行中のCO₂による温暖化の証明にも反証にもなっていない（関係ない）。単に、エルニーニョの影響や陸域生態系が関わるCO₂濃度と温度との様々なフィードバック関係を示しているにすぎない。

因果関係の考え方 (3)

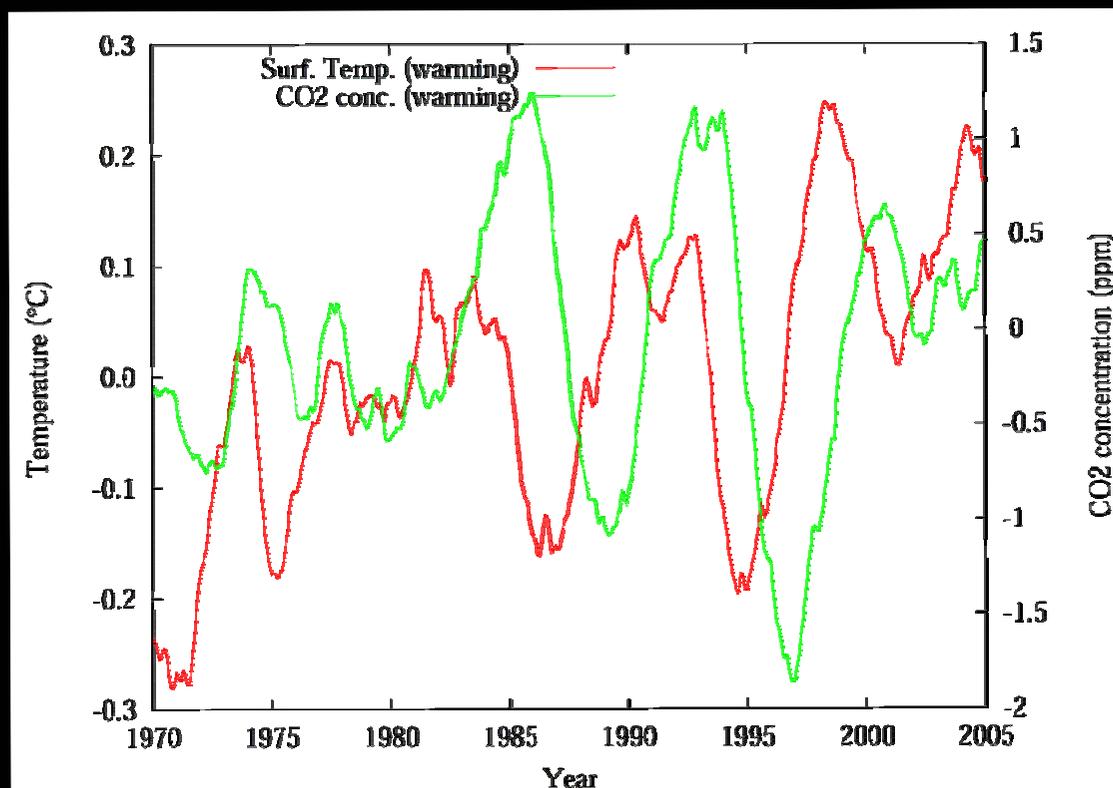
1850年から2100年までのモデル実験結果



Source:河宮未知生

因果関係の考え方（4）

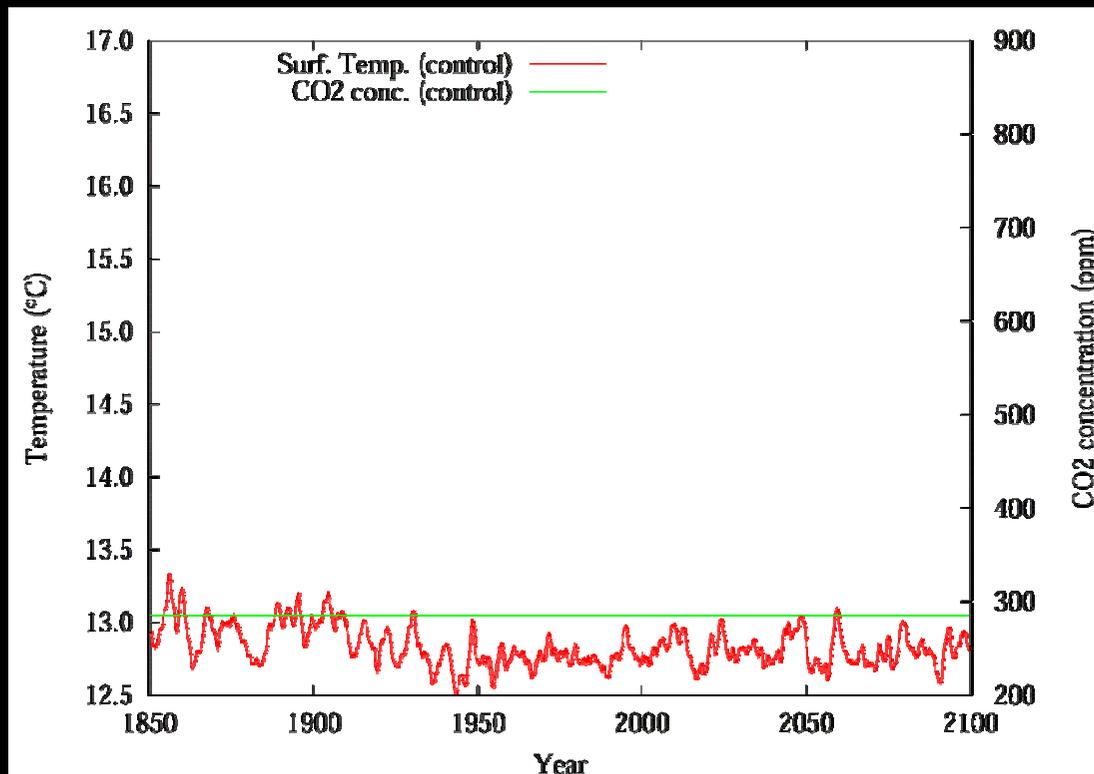
CO₂濃度の長期上昇傾向をとり除いたもの



Source:河宮未知生

因果関係の考え方 (5)

CO₂濃度を固定した場合の温度変化 (モデル計算)



Source:河宮未知生

「CO₂温暖化説」否定論の3つの 中心的議論 No.3

No.3. CO₂は地球放射の赤外線をこれ以上
吸収しない（飽和状態にある）

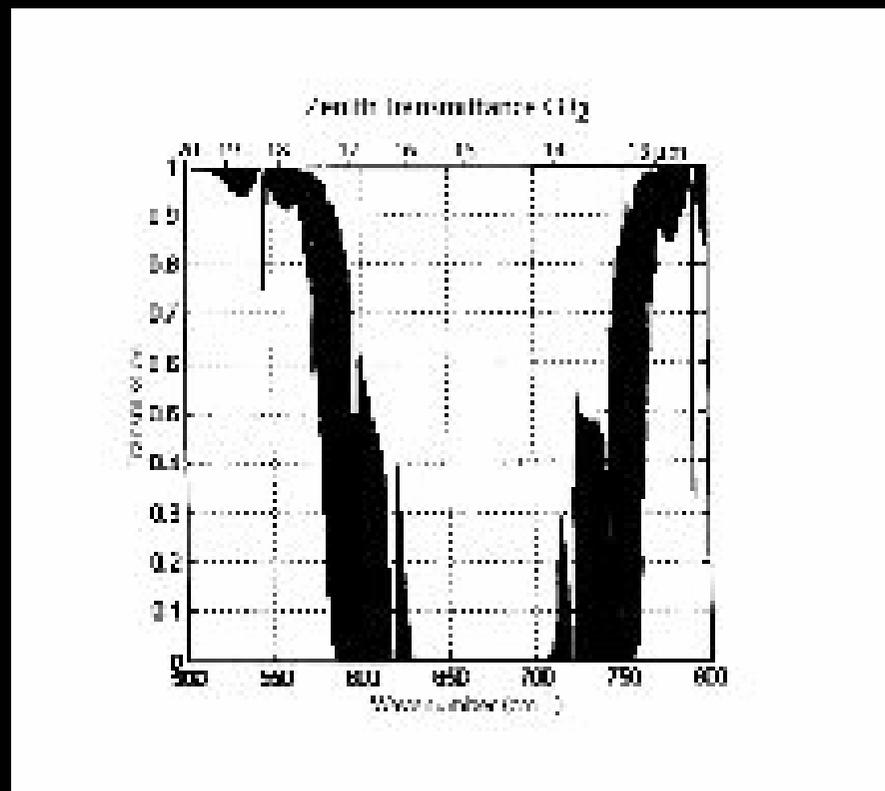
単純に違う！

大気中のCO₂は、まだ遠赤外線を吸収する

- ・飽和に近いものの、さらなる吸収は可能
- ・気圧の高い地上付近では飽和していても、気圧の低い成層圏では未飽和

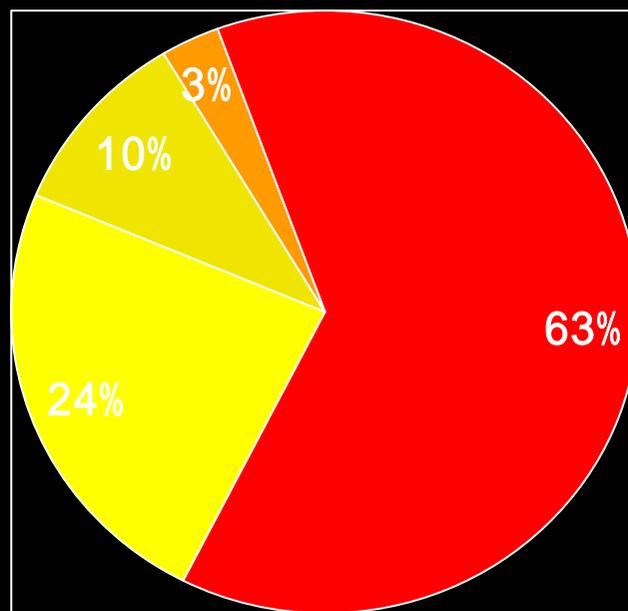
大気中のCO₂は、まだ遠赤外線 を吸収する

CO₂による放射透過率



Source: Petty (2004)

**結論：20世紀後半および21世紀に
予想される温暖化の主要因はCO₂**



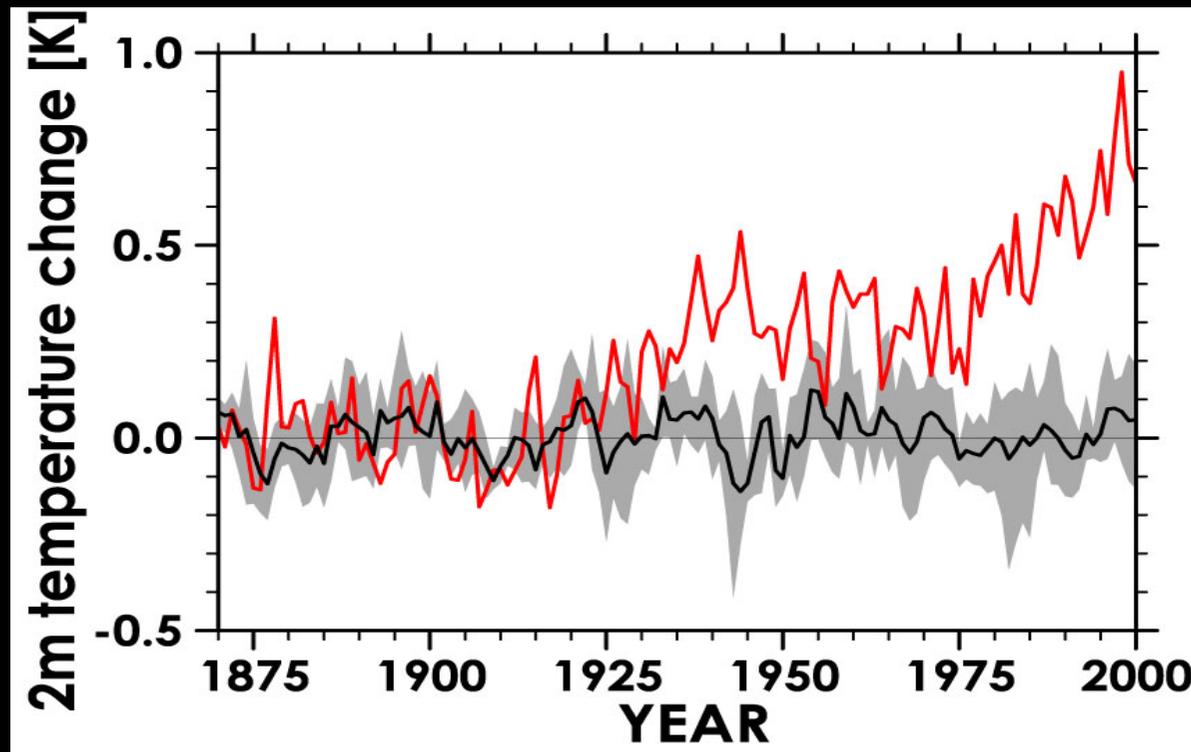
■ Carbon dioxide ■ Methane ■ Nitrous oxide ■ others



4. モデルは信頼できるのか？

モデルは過去を再現することによって検証される(1)

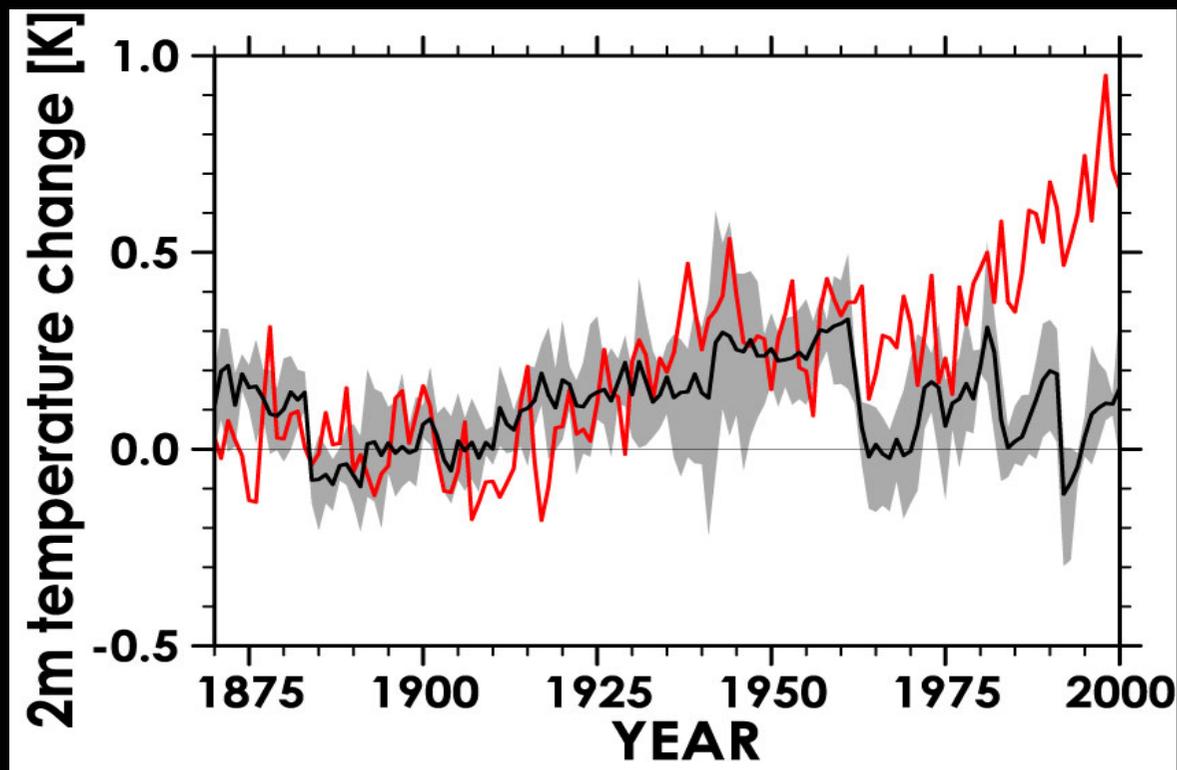
何の外的影響も考慮しなかった場合



Source:野沢他(2004)

モデルは過去を再現することによって検証される(2)

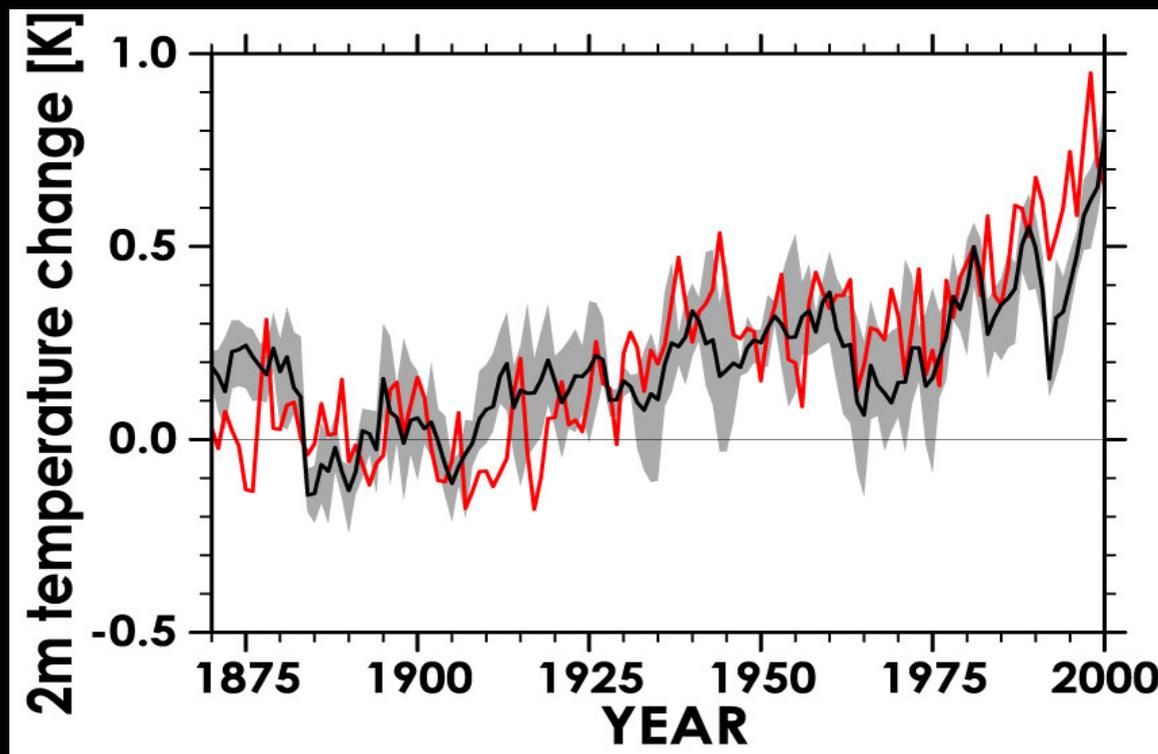
自然影響のみ考慮した場合



Source:野沢他(2004)

モデルは過去を再現することによって検証される (3)

自然影響と人為影響を考慮した場合



Source:野沢他 (2004)

第1部 温暖化のサイエンス 4. モデルは信頼できるのか？

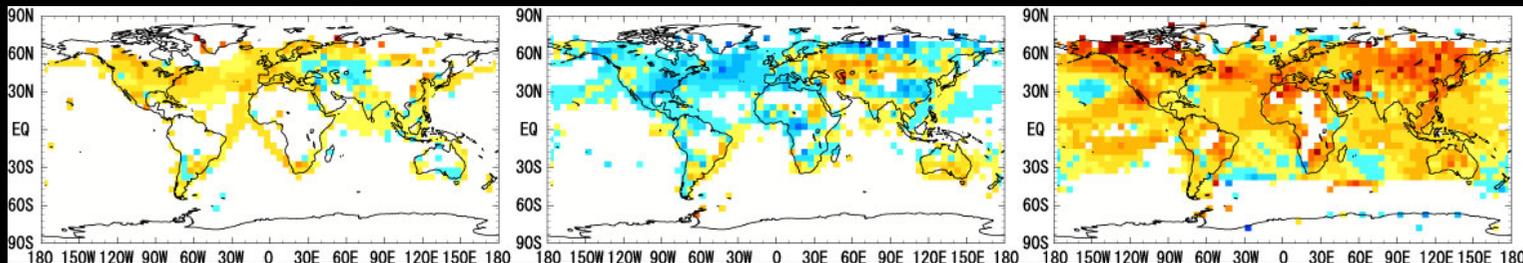
モデルは温度上昇の地域差などを再現することによっても検証される

観測結果

1901 - 1950

1941 - 1980

1971 - 2000

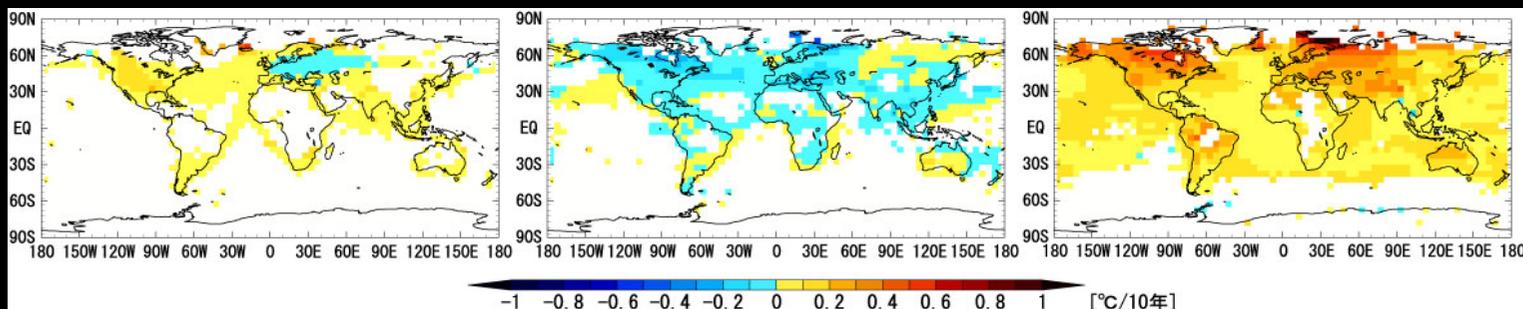


モデルによる計算結果

1901 - 1950

1941 - 1980

1971 - 2000



Source: 国立環境研究所

モデルは現実との差異や将来の予測でも検証されている！

- ・ 衛星による温度観測データの誤りを正確に指摘
- ・ ピナツボ火山噴火後の温度低下を正確に予測



科学者の間で合意はあるのか？

科学者の間での合意はある

“Global Climate Change”というキーワードで1993年から2003年までに発表され、ISIデータベースに登録されている査読付きペーパー（全928件）の中で温暖化に対する人為的な貢献の存在を否定しているものは一つもなし



第2部：温暖化対策

第2部 温暖化対策

1. 予防原則

2. 公平性

3. 技術

4. コスト

被害が見えたらでは遅い！

不確実性があったら？

不可逆性は？

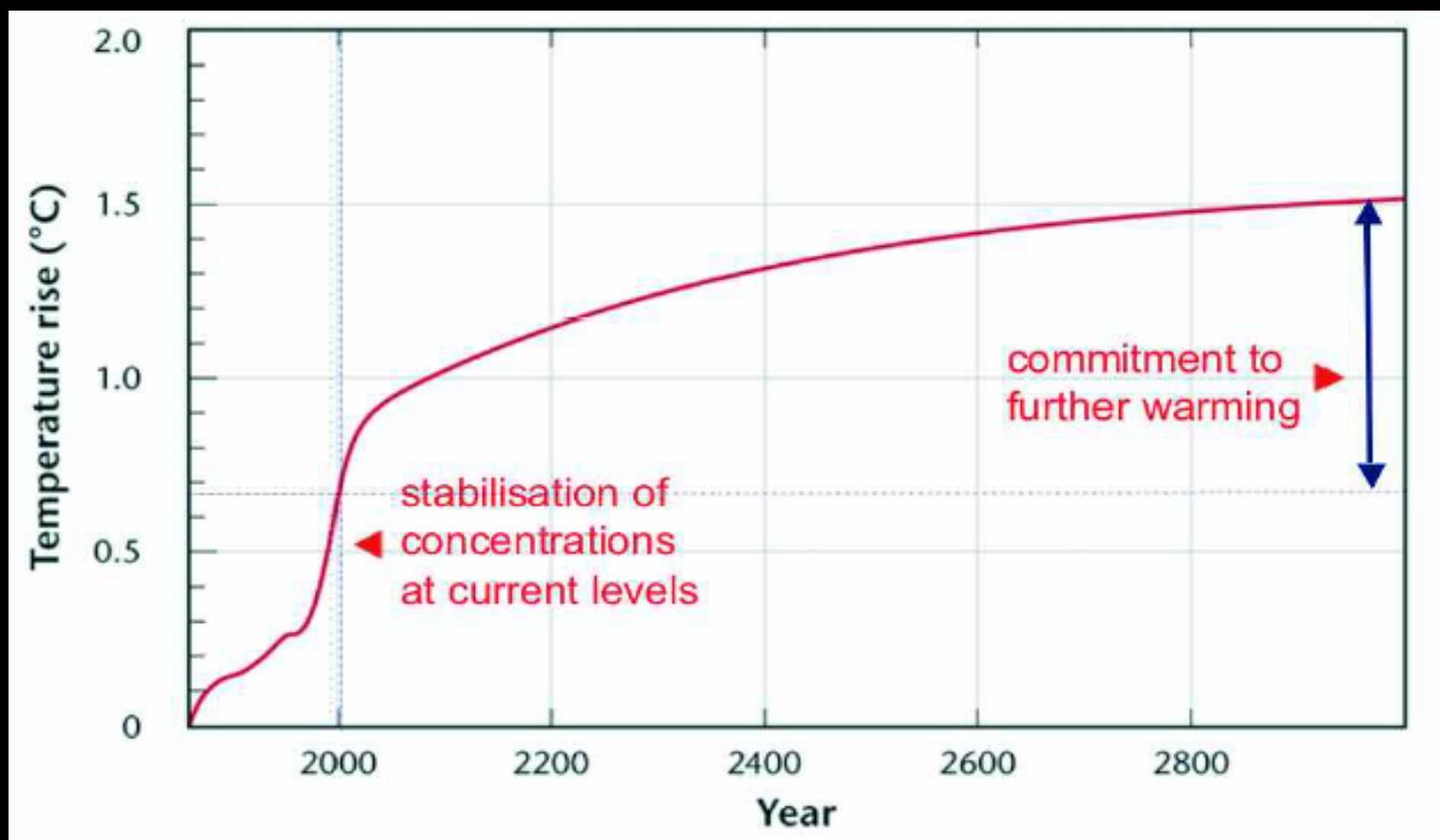
タイムラグは？

技術のロックインは？

先延ばしによるコスト上昇は？

第2部 温暖化対策 1. 予防原則

被害が見えたらでは遅い！



Source: Hadley Centre (2005)

温暖化の被害者は経済的に貧しい人々と将来世代！

- **Climate change is likely to impact disproportionately upon the poorest countries and the poorest persons within countries, and thereby exacerbate inequities in health status and access to adequate food, clean water and other resources.**

前IPCC議長 ボブ・ワトソンの言葉

革新的技術はどの程度必要か？

1. 既存技術の利用拡大である程度は対応可能
(Pacala and Socolow, 2004)
2. そもそも革新的技術とは？

コスト試算1

450 ppm: 1-4.1%

550 ppm: 0.1-1.7%

CO₂ 濃度安定化シナリオでの2050年の世界のGDP変化
(IPCC第三次報告書 第三作業部会)

コスト試算2

EU諸国が2020年までに 1990 比30%削減 する場合のGDP
変化（CO₂ のみ, 2030年に一人あたり排出量を収束）

国/地域	GNI 変化 (% by 2020)
EU25	-0.6 to -1.8
ロシア	-1.4 to -1.8
中東	-1.3 to +5.7
アフリカ・アジア途上国	+0.8 to +0.2

コスト試算3

温暖化対策の実施によって2100年時点でGDPに対する影響がマイナス3%だとしても、毎年の成長率を3%とすれば、温暖化対策によるGDPへの影響は、2100年に達成できたGDPの大きさが2101年の達成になるだけ。すなわち、1年間遅れるだけ（Azar and Schneider, 2002）

コスト試算4

550ppmシナリオを達成するためのエネルギー設備関連投資の総コストは、950ppmシナリオの場合の総コストの半分。長期的には、省エネは、エネルギー価格の低減をもたらすことによってPay offする（Roeharl and Riahi, 2000）



第3部 総合討論：科学と政策

第3部 科学と政策

1. 温暖化問題は社会的産物か？
2. 原子力推進派の陰謀か？
3. 科学者みんなが間違っている？
4. 科学に基づいた政策とは？

温暖化問題は社会的産物か？

そうだけど、でっちあげではない

原子力推進派の陰謀か？

そうかもしれないけど・・・
やっぱり違う！

科学者みんなが間違っている？（1）

批判的な研究者は仲間はずれに

なって、論文がpublishされない？

そんなことはない！

科学者みんなが間違っている？（2）

研究者の意見が一方的に偏るのは
おかしい（よくない）！

人為的温暖化説は、もともとは
少数派！

科学に基づいた政策とは？

予防原則に基づいた

政策的判断による

リスク管理

番外編

1. いわゆる「懐疑派」の方々の分類
2. 世界の動向
3. マスコミの問題

様々なタイプがあり、個人の背景などによって異なる（1）

1. 「温暖化起きていない」グループ
2. 「温室効果」グループ
3. 「炭素循環」グループ
4. 「悟り」グループ

様々なタイプがあり、個人の背景などによって異なる（2）

5. 「温暖化歓迎」グループ
6. 「すべて陰謀」グループ
7. 「京都議定書は意味無い」グループ
8. 「温暖化よりも大事なことがある」グループ
9. 「対策はコストがかかる（収入が減る）」
グループ

Source : 伊勢武史氏の分類を一部改変

(<http://www.people.fas.harvard.edu/~ise/>)

米国での議論が先行して、おくれ て英国や日本

米国

懐疑：<http://www.globalclimate.org/>

懐疑：<http://john-daly.com/>

反懐疑：<http://www.realclimate.org/>

日本

懐疑：<http://www1.bbiq.jp/climate/>

反懐疑：<http://www.janjanblog.jp/user/stopglobalwarming/stopglobalwarming/>

反懐疑：<http://www.people.fas.harvard.edu/~ise/>

英国

反懐疑：<http://www.royalsoc.ac.uk/page.asp?id=2986>

影響力が大きいからこそ・・・

- 両論並記問題
- 言説に振り回されている（「乾いたタオル」「参加」「実効性」「中国のエネルギー浪費」「みんなが参加できる」など）

参考文献1

- Azar Christian and Schneider H Stephen (2002) “Are the economic costs of stabilizing the atmosphere prohibitive”, *Ecological Economics*, 42, p.73-80.
- Baxter, M.S. and Walton, A. (1970) “A theoretical approach to the Suess effect”, *Proc. Roy. Soc. London* , A318, 213–230.
- Bousquet et al. (2000) ,“Regional changes of CO₂ fluxes over land and oceans since 1980”, *Science*, Vol 290, 1342-1346.
- Ciais et al. (1995) “A Large Northern Hemisphere Terrestrial CO₂ Sink Indicated by the ¹³C/¹²C Ratio of atmospheric CO₂”, *Science*, Vol 269, pp.1098-1102.
- Council and the International Arctic Science Committee (2005) “Arctic Climate Change and Impacts: Impacts of warming Arctic
<http://amap.no/acia/GraphicsSet1.pdf#page=3>
- Damon, Paul.E and Laut Peter (2004) “Pattern of Strange Errors Pagues Solar Activity and Terrestrial Climate Data, *Eos*, Vol.85, No.39, 28 September 2004.

参考文献2

- Feely, Richard A.; Wanninkhof, Rik; Takahashi, Taro; Tans, Pieter. (1999) “Influence of El Nino on the equatorial Pacific contribution to atmospheric CO2 accumulation”, *Nature*, 4/15/99, Vol. 398 Issue 6728, p597
- Hadley Centre (2005) “ Climate change and the greenhouse effect, A briefing from the Hadley Centre, December 2005.
<http://www.metoffice.com/research/hadleycentre/pubs/brochures/>
- Keeling, C.D. *et al.* (1989) “Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas”, ed. Peterson, D.H, pp165-236, (*Geophys. Monogr. 55*, Am. Geophys. Union, Washington DC, 1989)
- Keeling, Piper and Heimann (1996) “Global and hemispheric CO2 sinks deduced from changes in atmospheric O2 concentration”, *Nature*, Vol 381, 218-221.

参考文献3

- Lean, J. (2000) “Evolution of the Sun’s spectral irradiance since the Maunder Minimum”, *Geophys. Res. Lett.*, 27 (16) , 2425-2428.
<http://www.agu.org/pubs/crossref/2000/2000GL000043.shtml>
- McNeil et al. (2003) “ Anthropogenic CO2 uptake by the ocean based on the global chlorofluorocarbon data set”, *Science*, Vol 299, 235-239.
- 野沢他 (2004) 「 数値気候モデルによる20世紀の気候再現実験について 」
報道発表 資料, 平成16年11月5日.
<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2004/20041105/20041105-2.html>
- 根本順吉 (1994) 『超異常気象』中公新書.
- Oreskes Naomi (2004) “The Scientific Consensus on Climate Change”,
Nature, 3 December 2004, vol. 306.
- Pacala S. and Socolow R. (2004) “ Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies ”, *Science*, Vol.305, 13 August 2004, p.968-972.

参考文献4

- Parker, D.E. (2004) “Large scale warming is not urban”, *Nature*, 432, 290.
- Roehrl, R.A. and Riahi, K. (2000) “Technology dynamics and Greenhouse gas emissions mitigation; a cost assessment”, *Technological Forecasting and Social Change* 63, p.231-261.
- Takahashi et al. (2002) “Global sea-air CO₂ flux based on climatological surface ocean pCO₂, and seasonal biological and temperature effects”, *Deep Sea Research*, Vol 49, 1601-1622.