

今日の話題

横浜国立大学・大学院環境情報研究院 伊藤公紀

1. 地球温暖化問題にまつわる最近の事件

- ・過去気温データの破綻

- ・IPCC報告書と利害関係

2. 「本当の」気温変化 ・データ、原因、気候感度

3. 気候変動と要因 ・海洋と太陽、エアロゾルなど

4. 対策とエネルギー ・原子力、バイオ燃料、石炭

1. 地球温暖化問題にまつわる最近の事件

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)報告書を基にしてCO₂削減が叫ばれているが、その土台となる情報に疑問も生じている。これは、科学のあり方を考える上でも参考になると思われる。いくつかの例を紹介したい。

これらの例は、科学のプロセスが、いかに研究者の動機によって歪められるかを示す。

水産学者の警告

R. Hilborn, Faith-based Fisheries, Fisheries 31, 554 (2006)

I suggest the fisheries community needs to look at itself and question whether there is not within our own field a strong movement of faith-based acceptance of ideas, and a search for data that support these ideas, rather than critical and skeptical analysis of the evidence.

水産学の学界は自らを振り返って見て欲しい。我々自身の分野において、**信念だけで学説を受け入れたり、都合の良いデータを探したりする傾向**が強くはないか。本当に必要なのは、むしろ**批判的で懐疑的な分析**ではないのか。

他山の石に

1. 地球温暖化問題にまつわる最近の事件

1.1 過去気温データの破綻

- ・ホッケースティック(HS)曲線事件の顛末

1.2 IPCC報告書とステークホルダー(利害関係)

- ・グレーシャーゲート事件

1. 地球温暖化問題にまつわる最近の事件

1.1 過去気温データの破綻

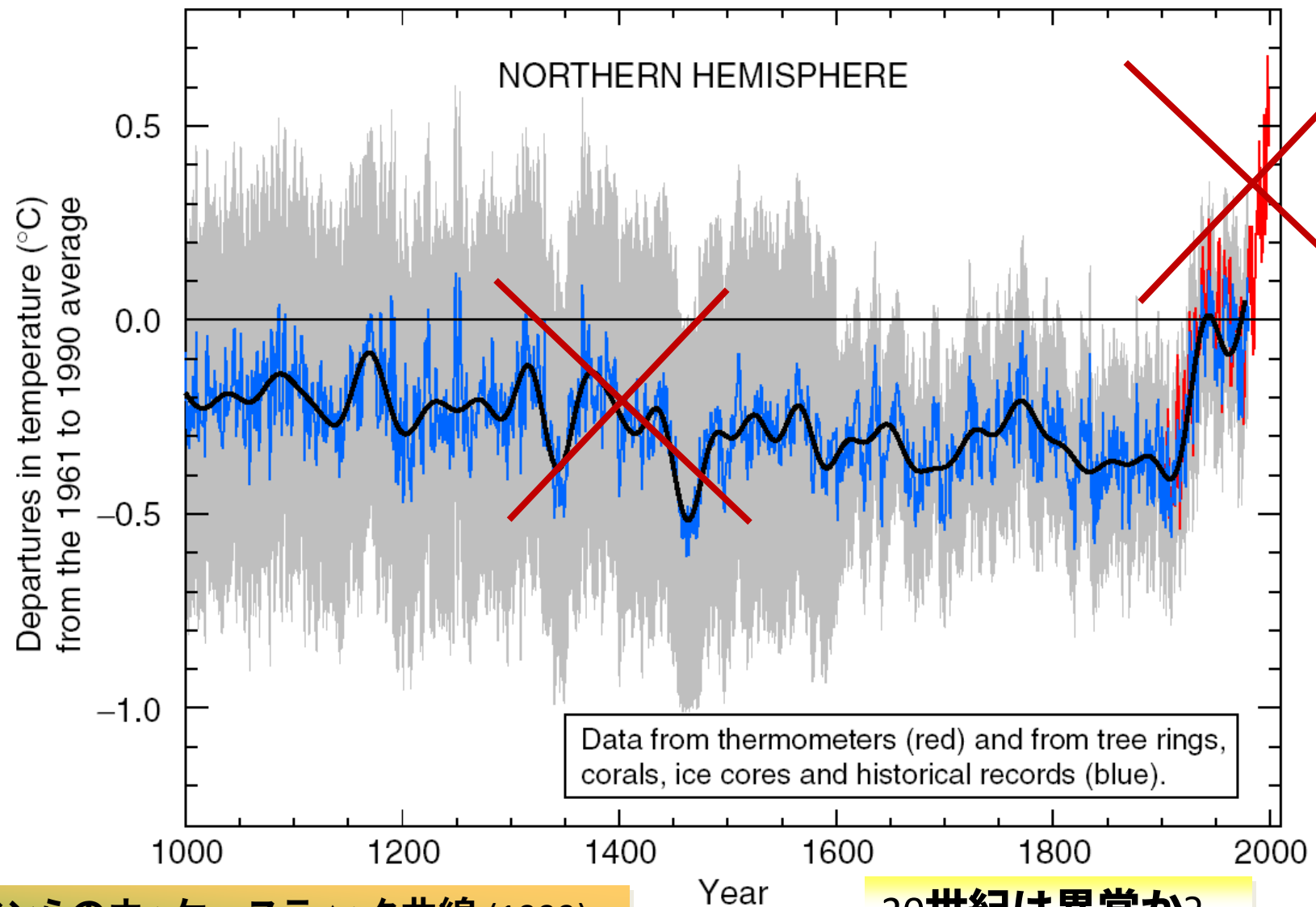
- ・ホッケースティック(HS)曲線事件の顛末

1.2 IPCC報告書とステークホルダー(利害関係)

- ・グレーシャーゲート事件

過去気温の推定

ホッケースティック(HS)曲線



M. マンらのホッケースティック曲線 (1999)

20世紀は異常か?

年輪の例

高気温、多雨で年輪幅大 – 気候の指標に使える

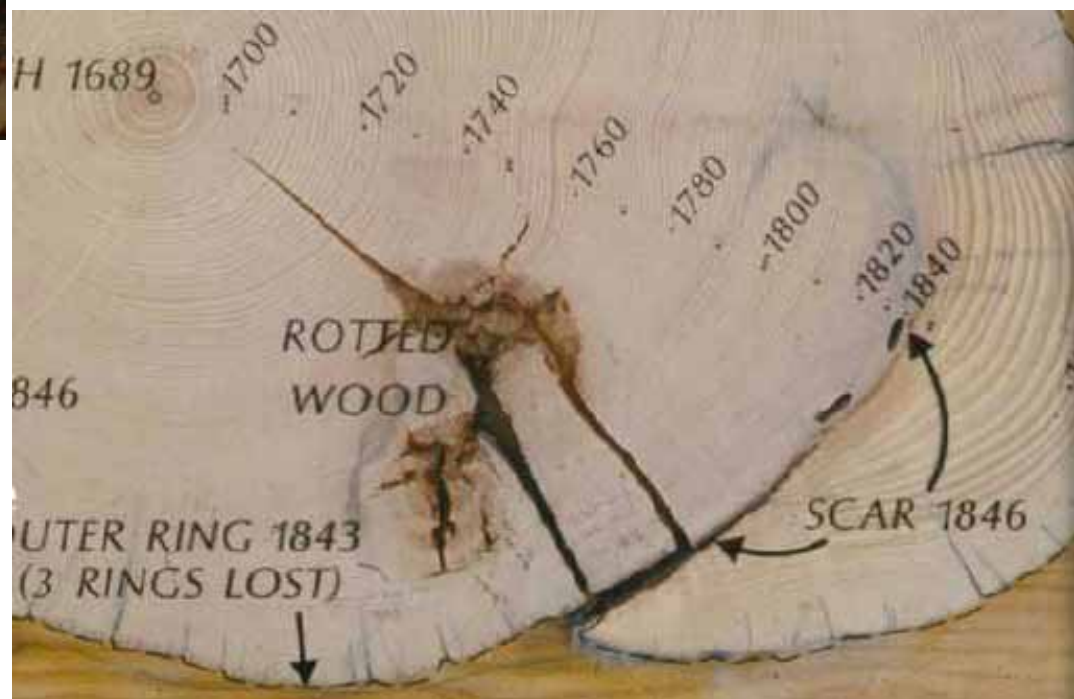


金子信博氏提供

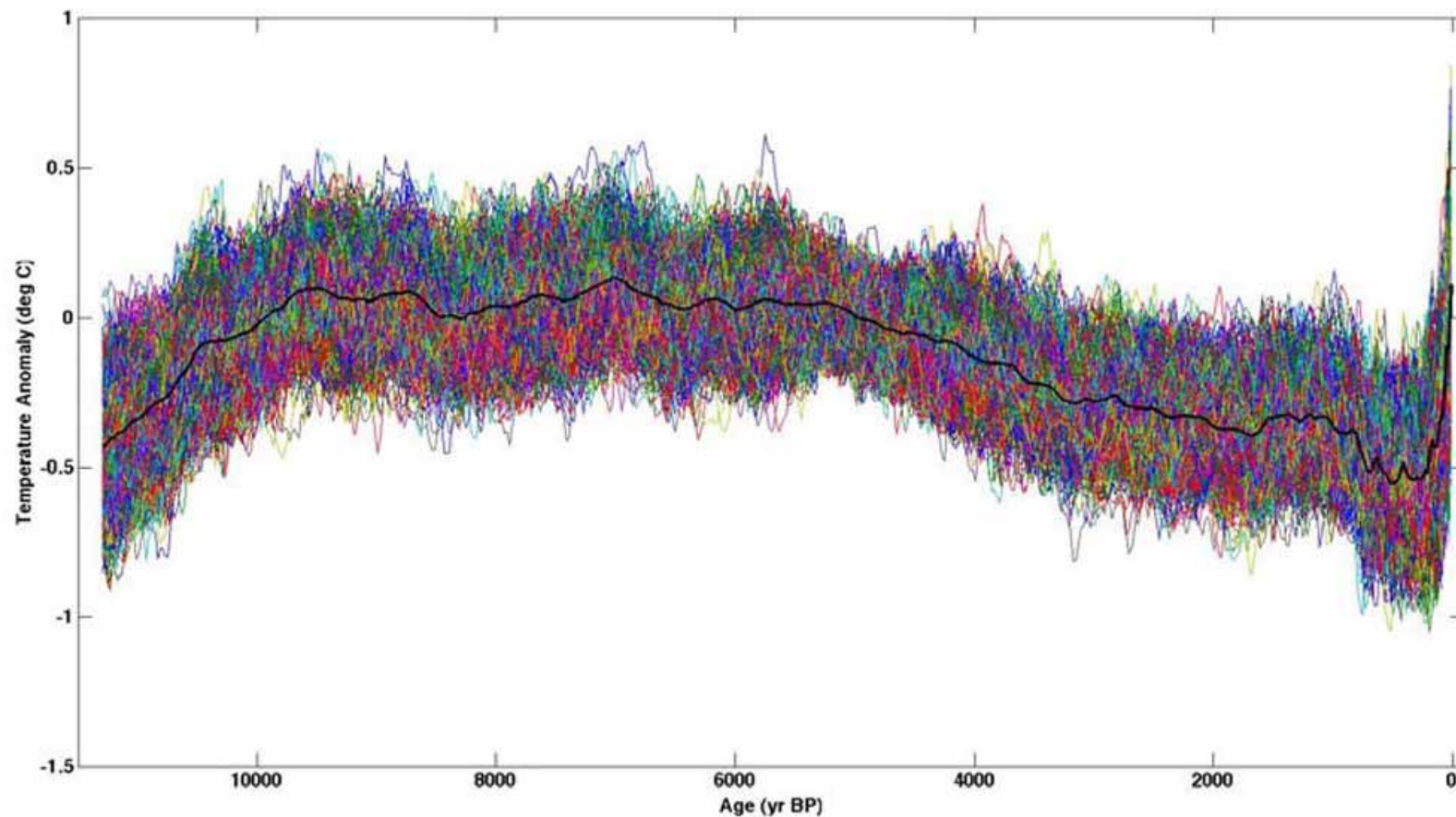
気温の指標になるとは限らない

各樹木の履歴が重要

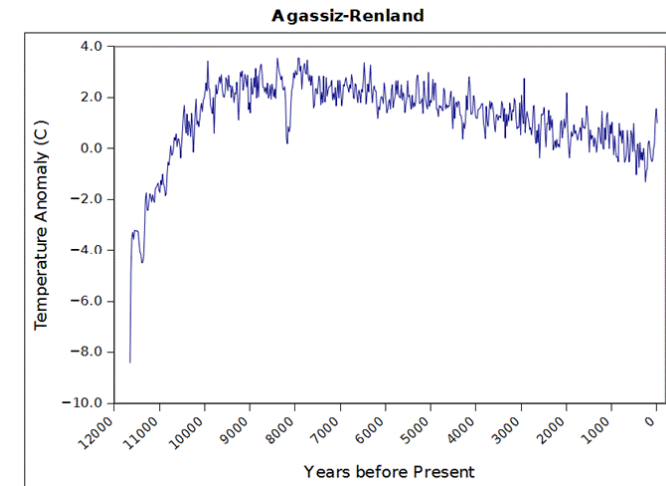
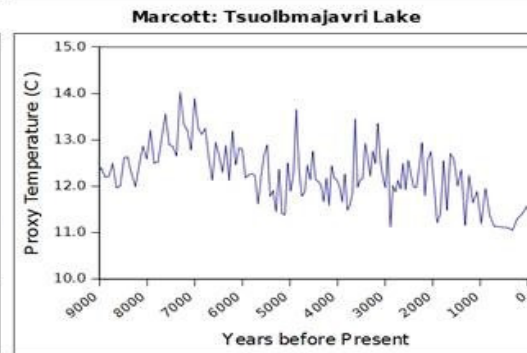
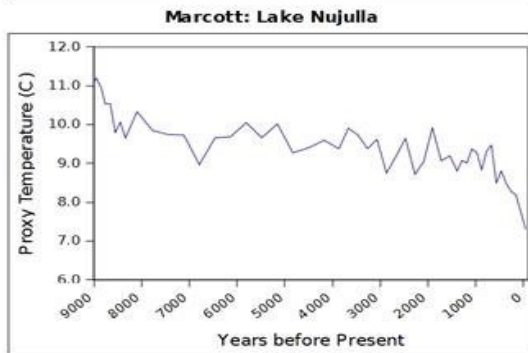
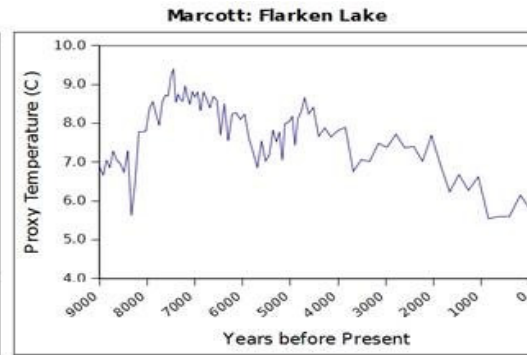
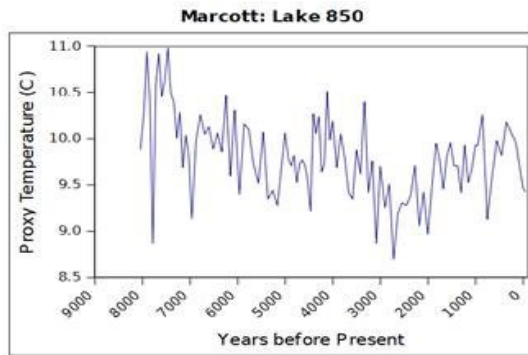
(右の試料では、氷河に引きずられてできた傷の箇所から、成長が速くなった)



「第二」 ホッケースティック曲線 (Marcott et al., A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years, Science, 3月8日、2013年)

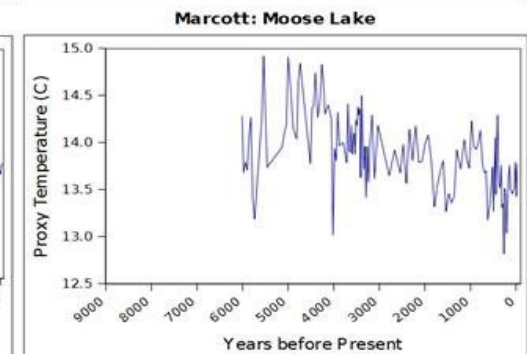
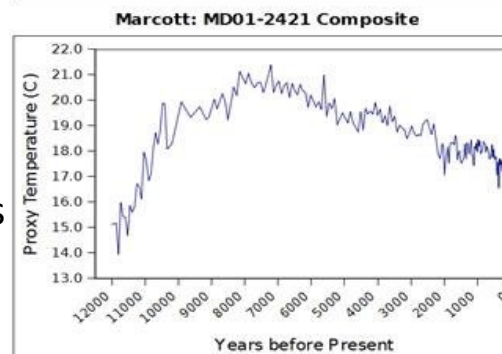
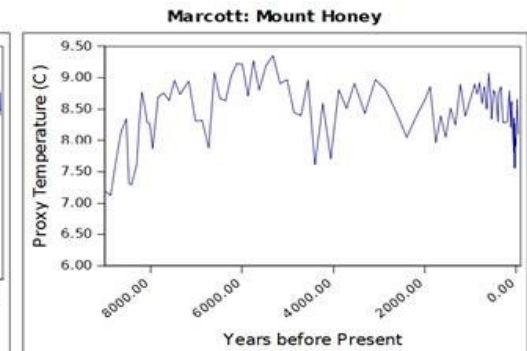
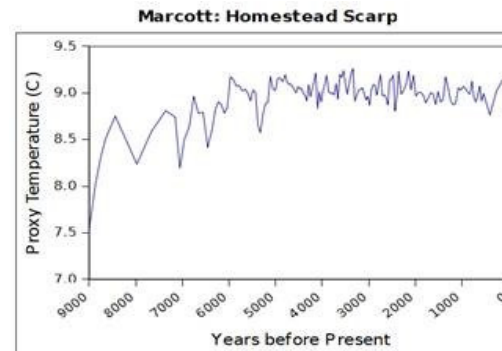


http://www.newscientist.com/data/images/ns/cms/dn23247/dn23247-1_1200.jpg

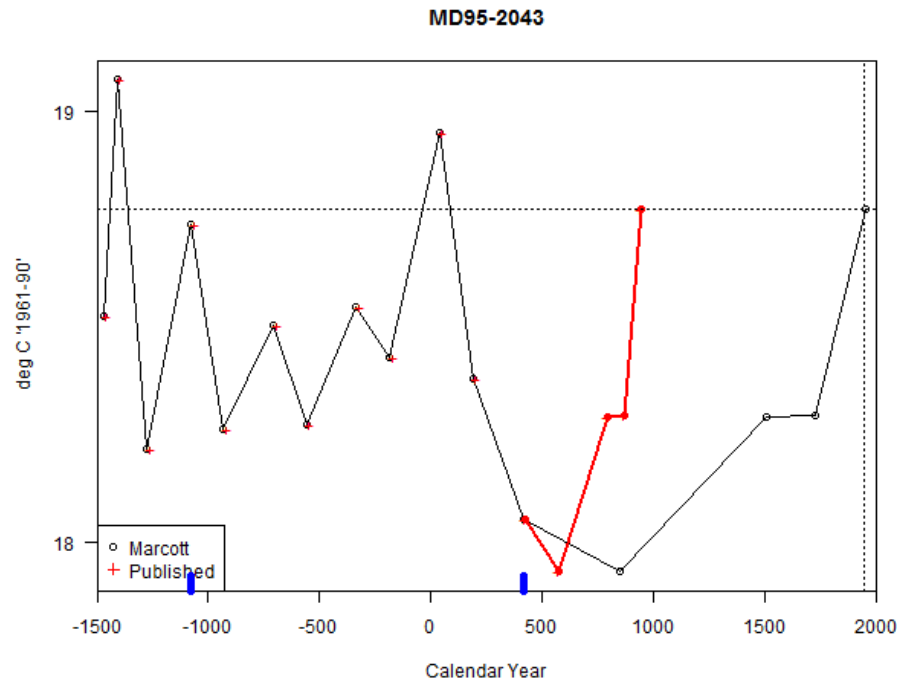


1900～1960に気温上昇

・コア上端の年代が2000年近くまでである試料では、20世紀の気温急上昇を示すものはない
 ・IPCCの結論では、20世紀前半は自然変動、人為的な影響は1970年以降

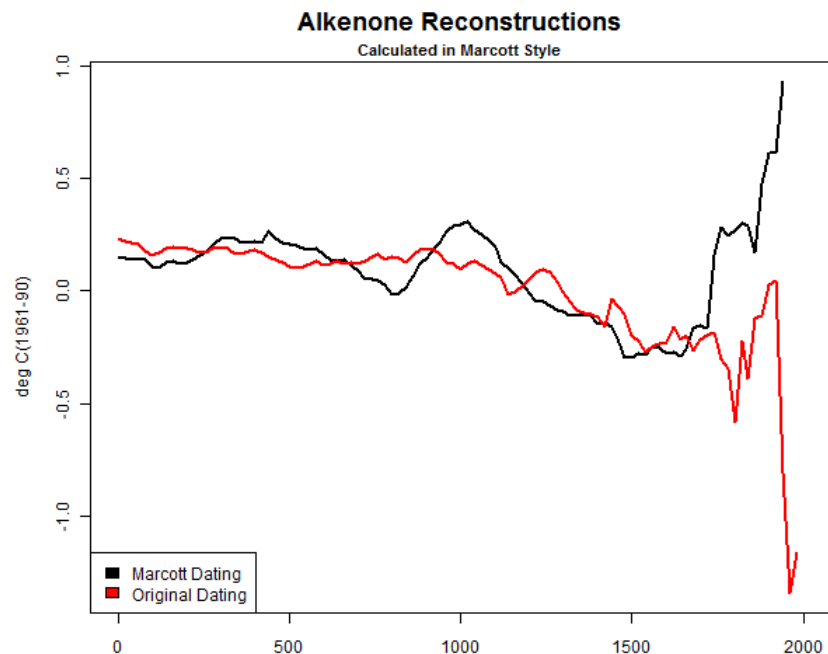


<http://wattsupwiththat.com/2013/03/26/wheres-the-hockey-stick-the-marcott-9-show-no-warming-past-1950/#more-82849>



- ・海底コアなどの年代決定に大きな問題が発覚 (S. MacIntyre)
- ・左の例では、コア上端が945年なのに、1950年に変更
- ・その結果、左下のように20世紀の気温上昇が出現

<http://climateaudit.files.wordpress.com/2013/03/md95-2043-recent.png>



“It is taking all my will power not to make an obvious comment at this point.” S. McIntyre
この時点で、明明白白なコメントをしないようにするには、意志の力全てが必要だ。

<http://climateaudit.org/2013/03/16/the-marcott-shakun-dating-service/>

1. 地球温暖化問題にまつわる最近の事件

1.1 過去気温データの破綻

- ・ホッケースティック(HS)曲線事件の顛末

1.2 IPCC報告書とステークホルダー(利害関係)

- ・グレーシャーゲート事件 (一例として)

グレーシャーゲート事件 – IPCC報告書におけるヒマラヤ氷河についての記述は、根拠がなく、気候変動のインパクトを強調するために誇張された。

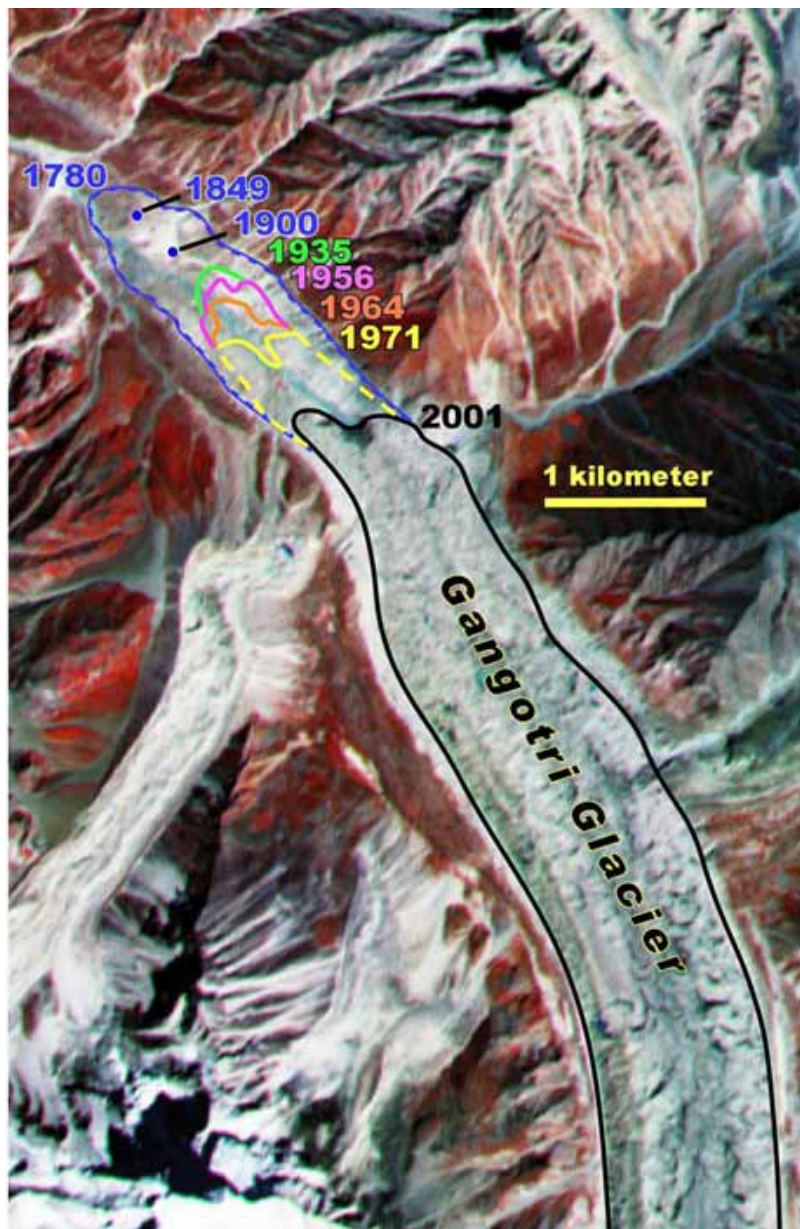
IPCC AR4, WGII, 10.6.2 The Himalayan glaciers

Glaciers in the Himalaya are receding faster than in any other part of the world (see Table 10.9) and, if the present rate continues, the likelihood of them disappearing by the year 2035 and perhaps sooner is very high if the Earth keeps warming at the current rate. Its total area will likely shrink from the present 500,000 to 100,000 km² by the year 2035 (WWF, 2005).

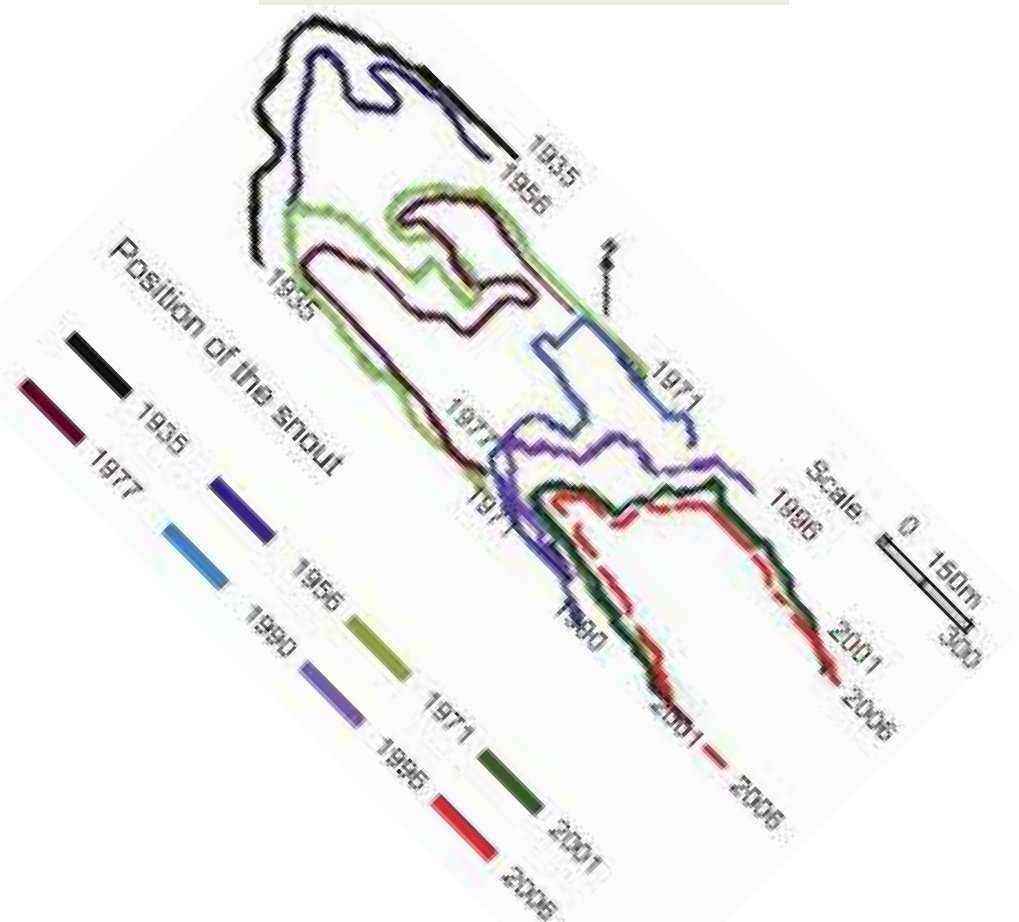
WWF (World Wildlife Fund), 2005: An overview of glaciers, glacier retreat, and subsequent impacts in Nepal, India and China. World Wildlife Fund, Nepal Programme, 79 pp.

ヒマラヤ氷河は世界の氷河の中で最も速く後退しており、現在の速度が継続すれば2035年までに消失する可能性が高い。また、地球の温暖化速度が維持すれば、さらに早くなる。全面積は現在の50万km²から10万km²に収縮するだろう(WWF, 2005)。

**査読論文誌では
ない報告書**



ヒマラヤ氷河の実際



*1971-2001年に約700m後退

*以降は後退速度低下

Gangotri氷河: 長さ30

V. K. Raina, <http://www.earthtimes.org/articles/show/304455,indian-technology-minister-ramesh-says-i-was-right-on-glaciers-melting.html>

情報の流れ(情報ロンダリングはどのようにして起きたか)

1. ニューサイエンティスト誌の記者がインドの氷河研究者S. ハスネインにインタビューを行った。「ヒマラヤの氷河は数十年でなくなる」という大げさな発言を、記者が「2035年には消失」とした。
2. ニューサイエンティストの記事をWWF報告書が引用。
3. IPCC責任著者のM. ラルがWGII報告書の6章(アジア)にWWF報告書を引用。ラルは後に、「間違いは知っていた」と発言。
4. WGII報告書のレビュー過程では的確な指摘なし。
5. 氷河の専門家ケイザー(WGI著者)が問題点を指摘したが、訂正なし。

専門家が書いたのではない。また専門家のチェックがない(無視?)。

2. 「本当の」気温変化

2-1 データの信頼性

- ・地表気温測定の問題点(観測点の劣化、都市化)
- ・信頼性の高いデータ(衛星測定など)

2-2 変化の原因

- ・最近の研究を例に(海表面温度変化は自然変動)

2-3 気候感度 (CO₂二倍で気温は何度上がるか)

- ・モデルと観測の乖離(IPCCの見積もりは過大評価)

2. 「本当の」気温変化

2-1 データの信頼性

- ・地表気温測定の問題点(観測点の劣化、都市化)
- ・信頼性の高いデータ(衛星測定など)

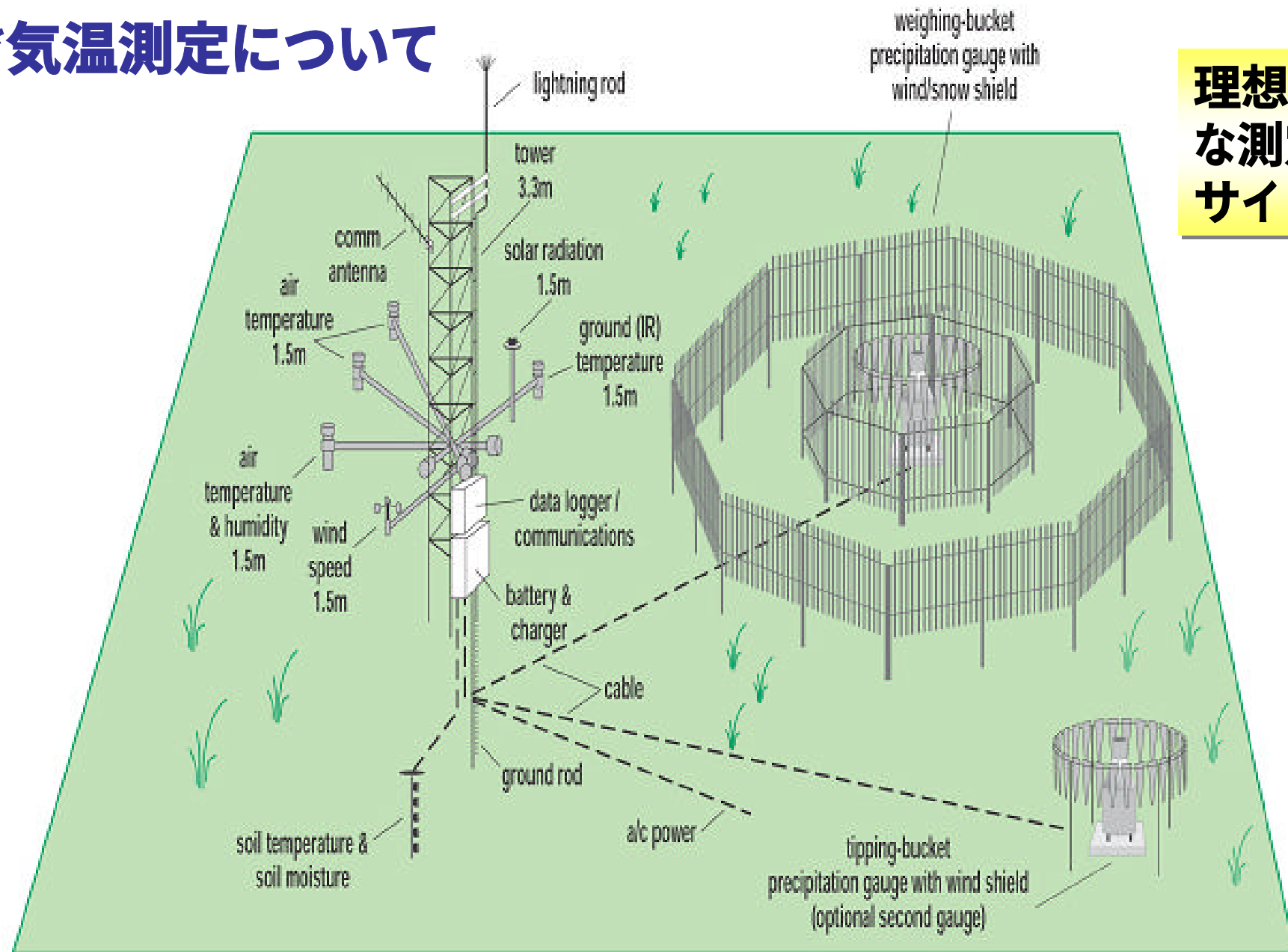
2-2 変化の原因

- ・最近の研究を例に(海表面温度変化は自然変動)

2-3 気候感度 (CO₂二倍で気温は何度上がるか)

- ・モデルと観測の乖離(IPCCの見積もりは過大評価)

*気温測定について

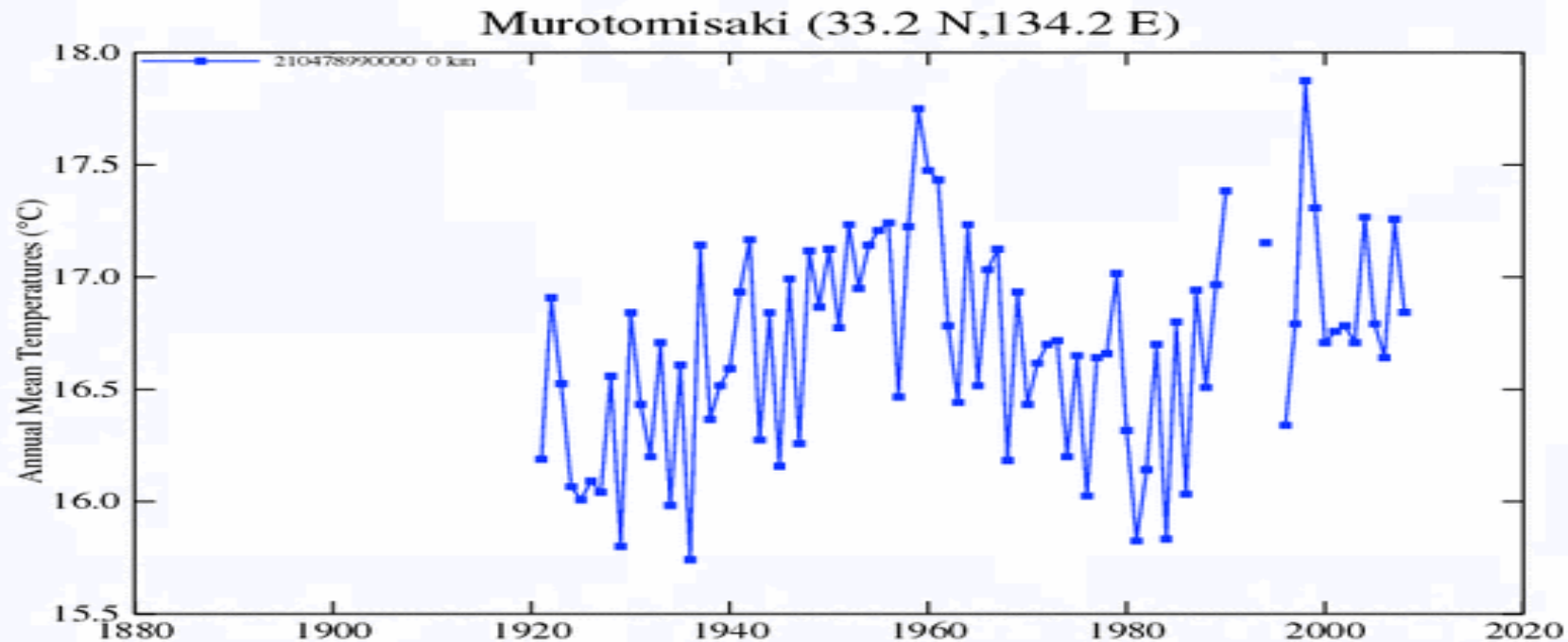


理想的
な測定
サイト

NOAAの標準気象ステーション

<http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/uscrn/documentation/program/X030FullDocumentD0.pdf>

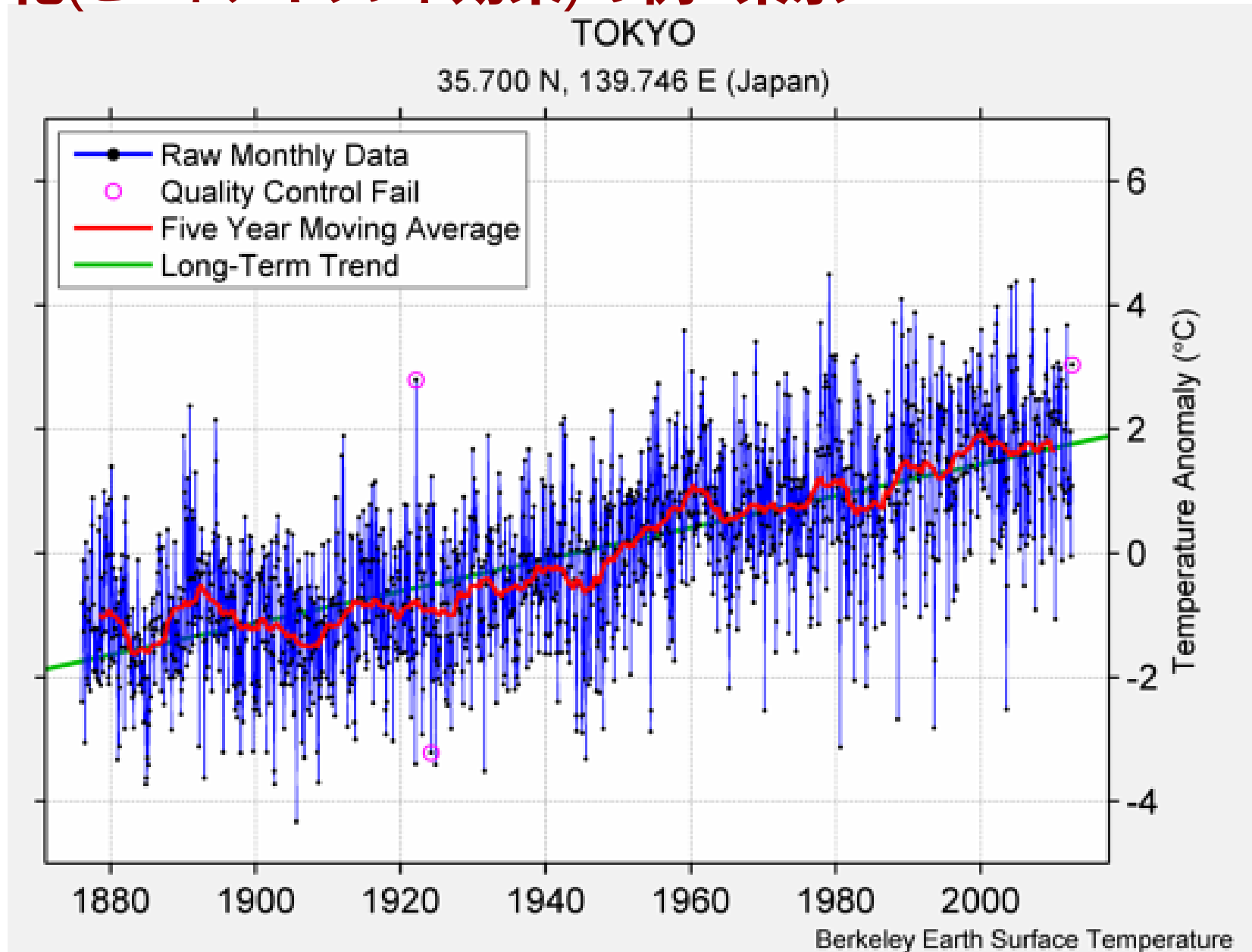
室戸岬の気温変化データ (NASAのサイトより)



*3箇所(寿都、宮古、室戸岬)しかない日本の適正サイト

*他のサイトでは、「陽だまり効果」による温暖化バイアス
(近藤純正・東北大名誉教授)

都市化(ヒートアイランド効果)の例 東京



<http://berkeleearth.lbl.gov/stations/156164>

誤差の要因3

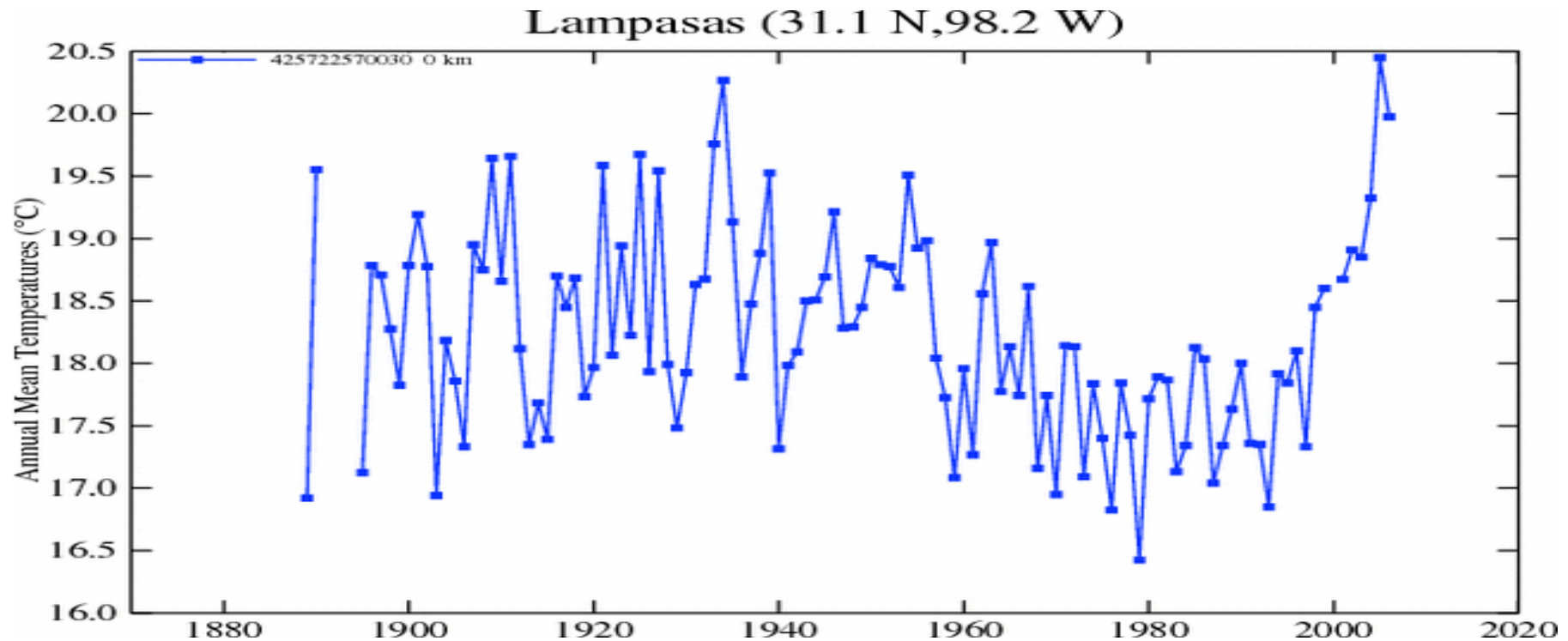
サイトの劣化

テキサス州ランパサスでの気温測定



<http://gallery.surfacestations.org/watts-NYC-2008/page68.html>

テキサス州ランパサスでの気温測定



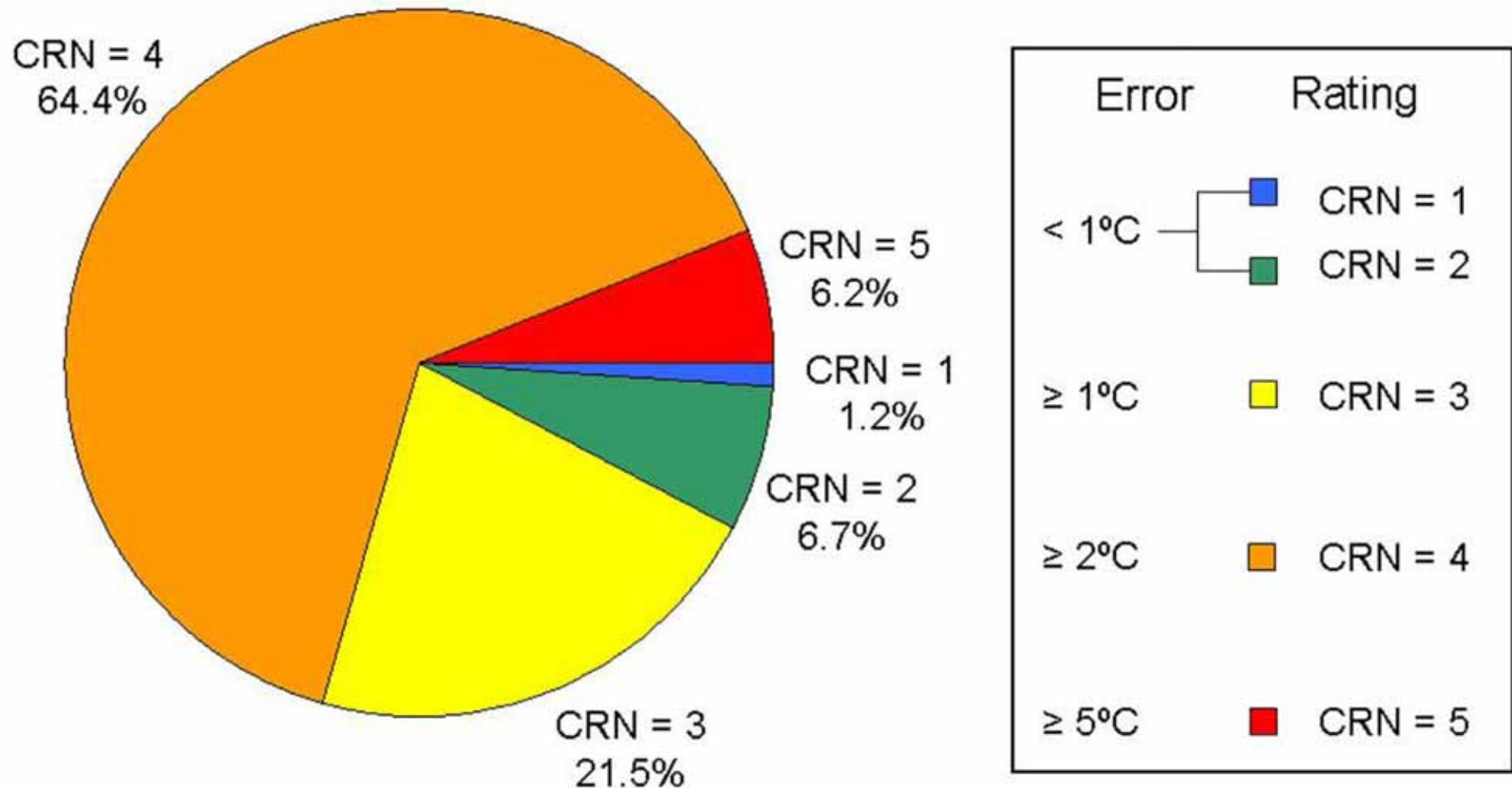
*ミクロな都市化

現場を見ないと判らない

*ヒートアイランド現象とは別

観測サイトの移動





Surface stations project reaches 82.5 % of the network surveyed. 1007 of 1221 stations have been examined in the USHCN network. The Google Earth map below shows current coverage.

<http://www.surfacestations.org/>

2. 「本当の」気温変化

2-1 データの信頼性

- ・地表気温測定の問題点(観測点の劣化、都市化)
- ・信頼性の高いデータ(衛星測定など)

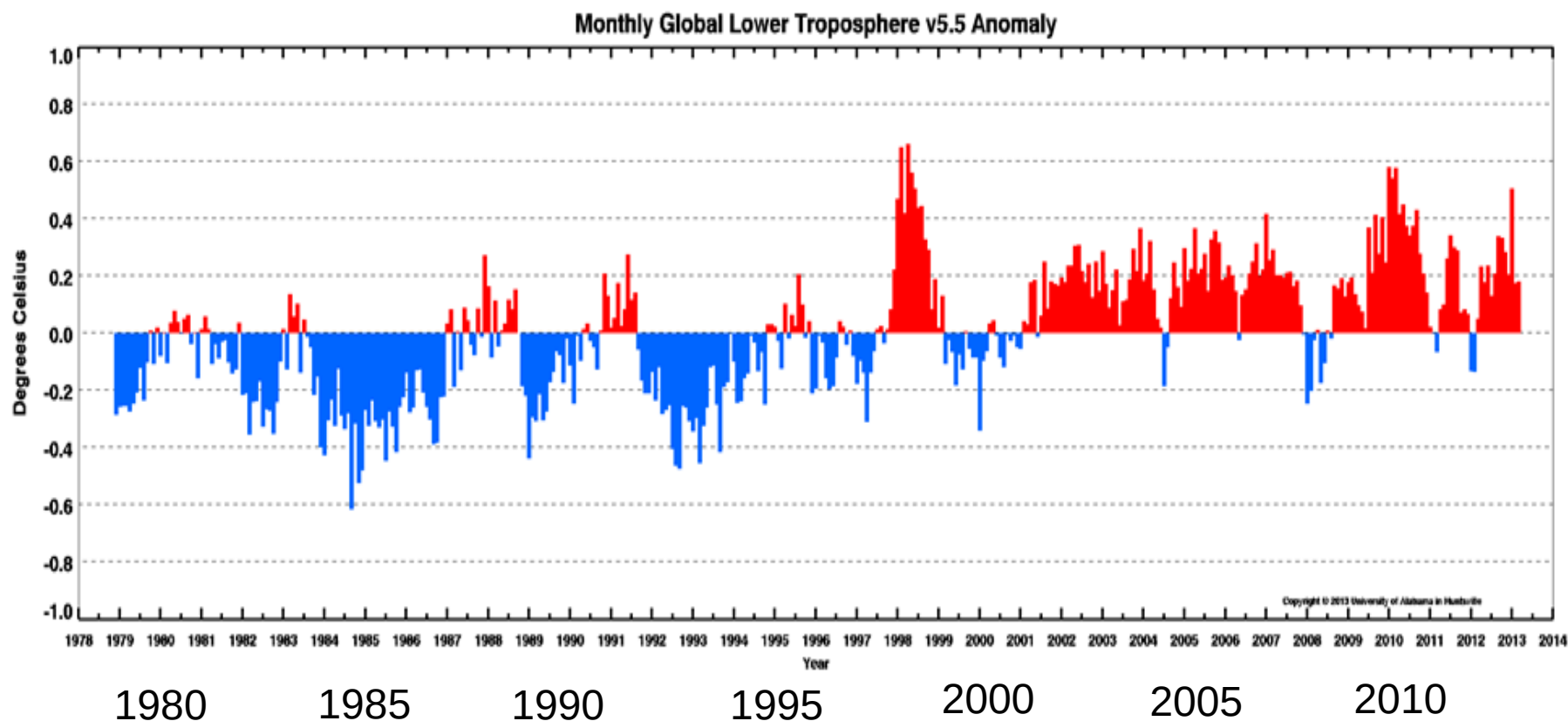
2-2 変化の原因

- ・最近の研究を例に(海表面温度変化は自然変動)

2-3 気候感度 (CO₂二倍で気温は何度上がるか)

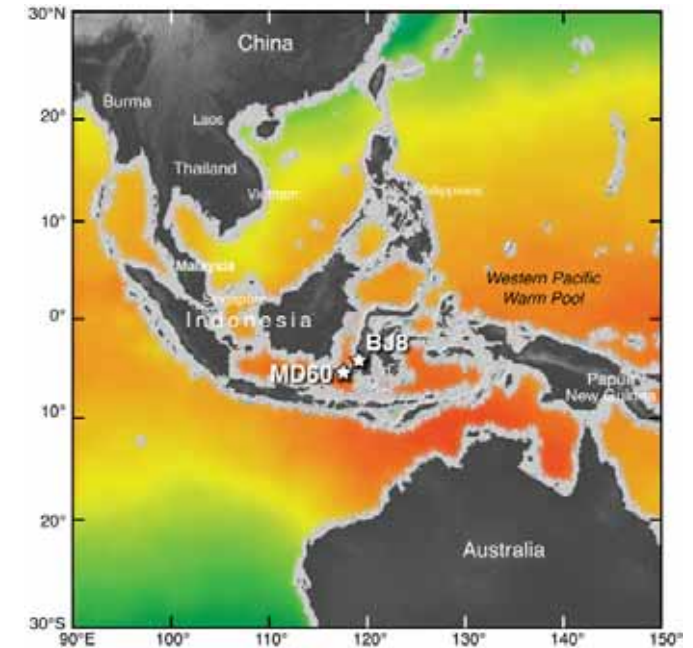
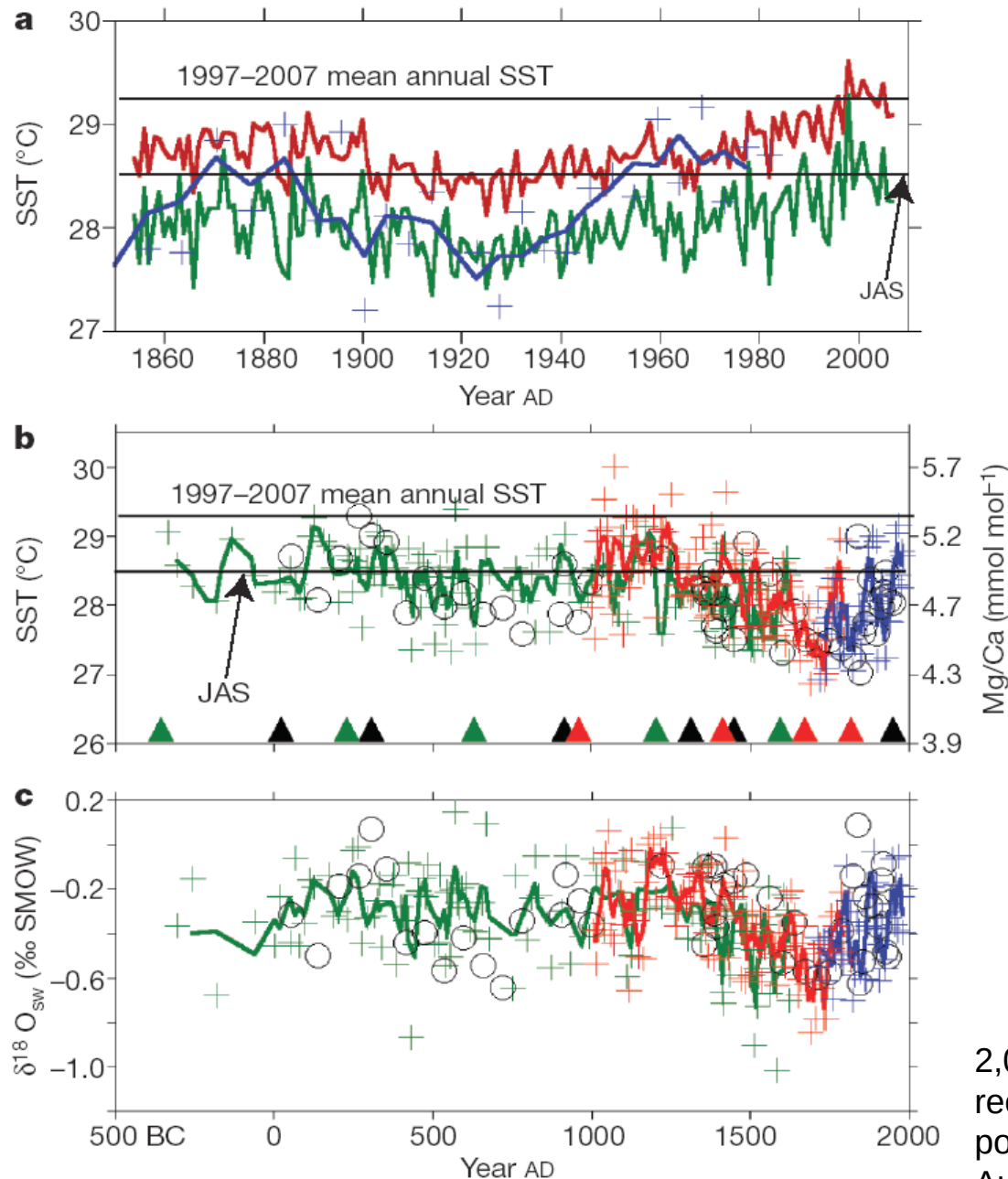
- ・モデルと観測の乖離(IPCCの見積もりは過大評価)

対流圏下部 衛星測定気温データ



1980-2000に0.3-0.4°C上昇、ここ約15年は上昇なし

最近の論文より



**海底コアの分析
全期間に同じ手法を適用**

中世温暖期の海表面温度は、現在と同じくらいだったようだ。

2,000-year-long temperature and hydrology reconstructions from the Indo-Pacific warm pool, D. W. Oppo et al., Nature, Vol 460 (27 August 2009) 1113-1116

2. 「本当の」気温変化

2-1 データの信頼性

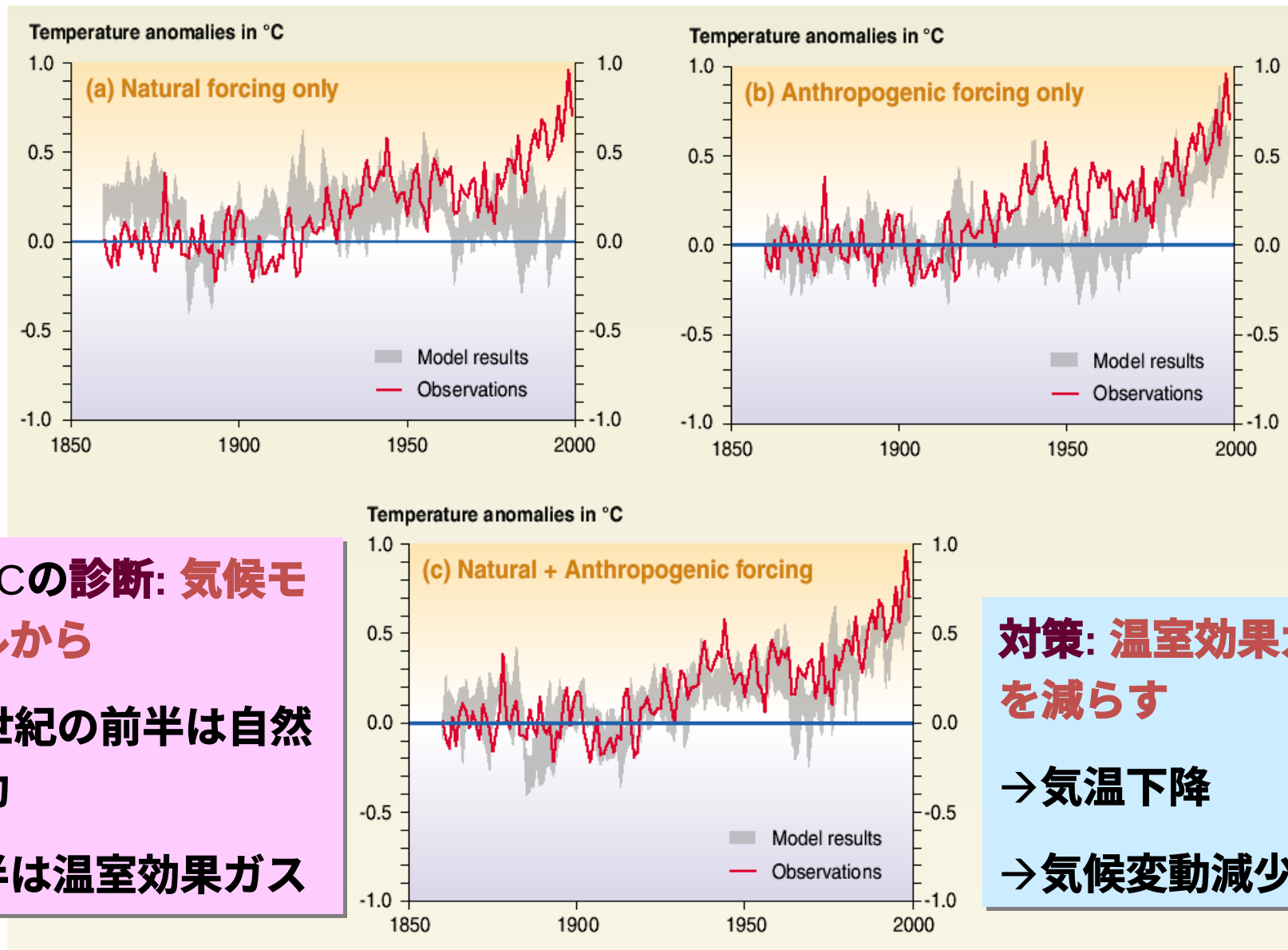
- ・地表気温測定の問題点(観測点の劣化、都市化)
- ・信頼性の高いデータ(衛星測定など)

2-2 変化の原因

- ・最近の研究を例に(海表面温度変化は自然変動)

2-3 気候感度 (CO₂二倍で気温は何度上がるか)

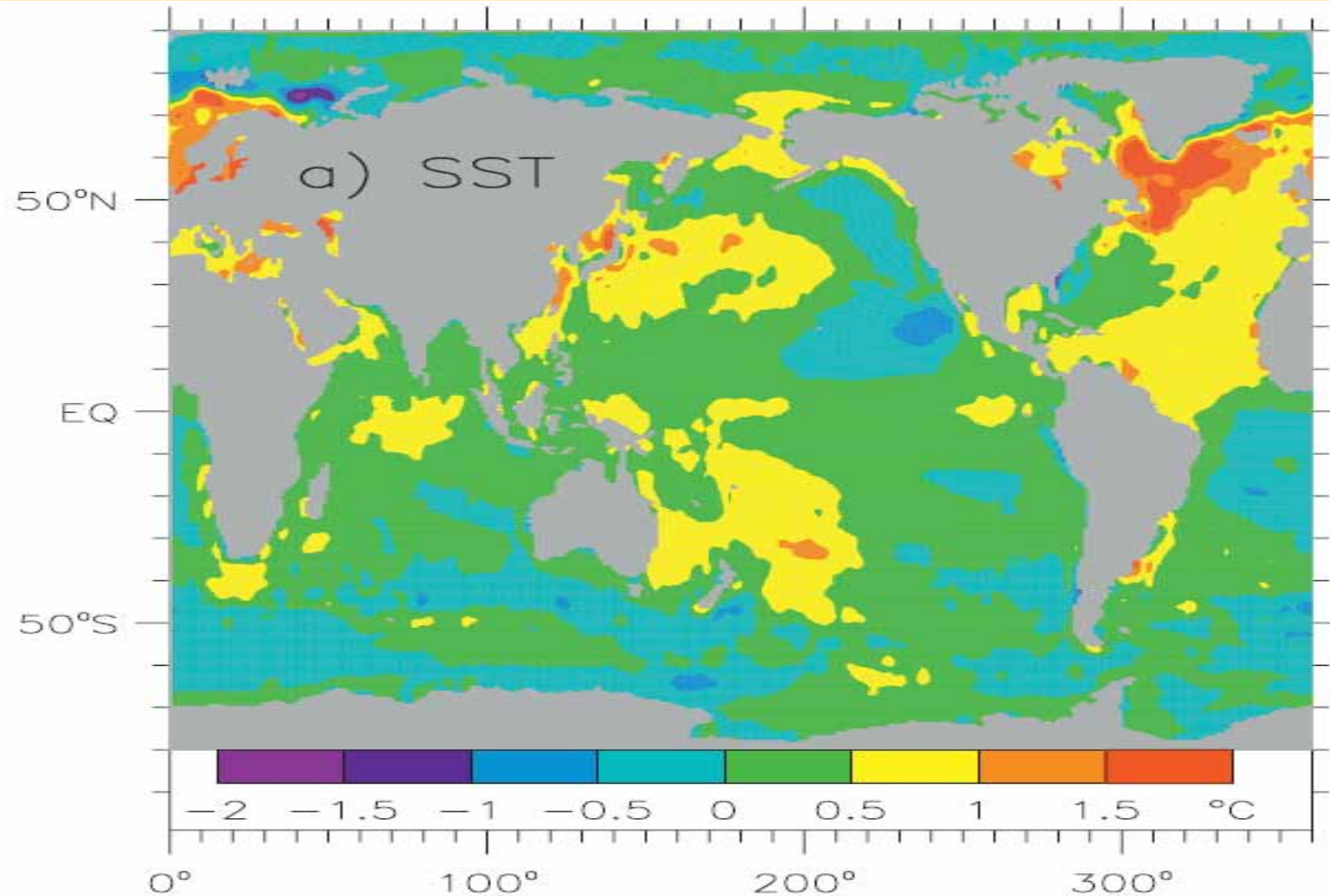
- ・モデルと観測の乖離(IPCCの見積もりは過大評価)



IPCCの診断: 気候モデルから
20世紀の前半は自然変動
後半は温室効果ガス

対策: 温室効果ガスを減らす
→ 気温下降
→ 気候変動減少

1984年-2006年のSST (Sea Surface Temperature、海表面温度) 上昇は自然変動



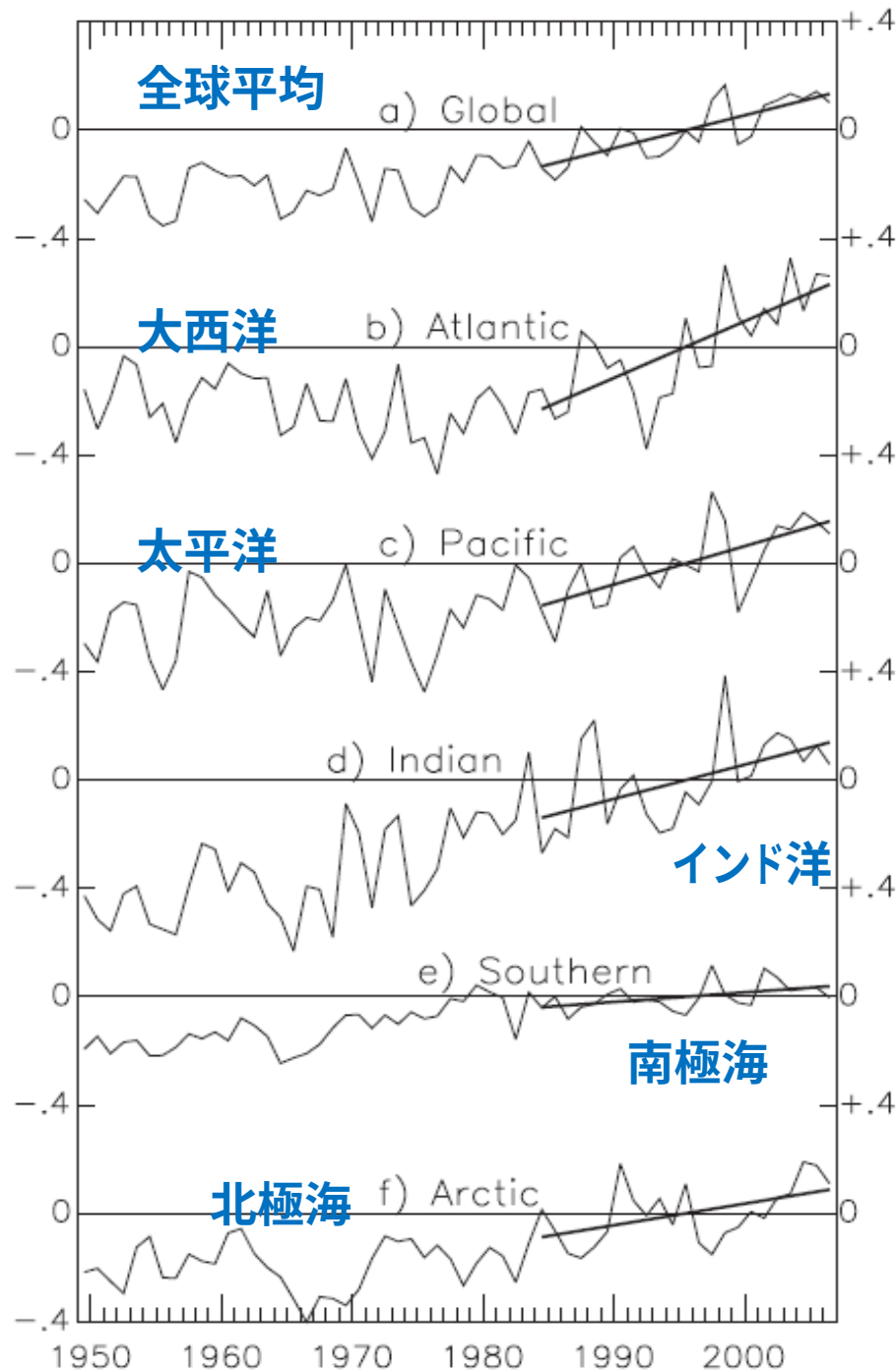
W. G. Large and S. G. Yeager, On the Observed Trends and Changes in Global Sea Surface Temperature and Air–Sea Heat Fluxes (1984–2006), J. Climate, 25, 6123–6135 (2012.)

「観測に基づく、地球規模の海表面温度と大気-海洋熱流の傾向と変化」

***太平洋、インド洋など、各海盆で海表面温度が上昇**

***北極海、南極海は上昇小**

***北大西洋での上昇は、北大西洋振動 (NAO)の影響 – 暖流の流れ込みによる**



各海盆におけるSST (Sea Surface Temperature、海表面温度) の変化

1984年-2006年において、海表面温度は、どの海盆でも上昇。平均値0.28℃。

ただし、1984年-2006年は、衛星測定による熱移動データが良好な期間

W. G. Large and S. G. Yeager, On the Observed Trends and Changes in Global Sea Surface Temperature and Air–Sea Heat Fluxes (1984–2006), J. Climate, 25, 6123–6135 (2012.)

Large & Yeagerの結論

- *1983年-2006年の期間に、海表面温度は世界平均で0.28°C上昇した。
- *温室効果ガスの増加で説明されることが多いが、大気と海洋の熱移動の測定から否定。
- *垂直方向の海水移動の関与（エルニーニョ類似か）
- *海洋内部の自然変動による。

2. 「本当の」気温変化

2-1 データの信頼性

- ・地表気温測定の問題点(観測点の劣化、都市化)
- ・信頼性の高いデータ(衛星測定など)

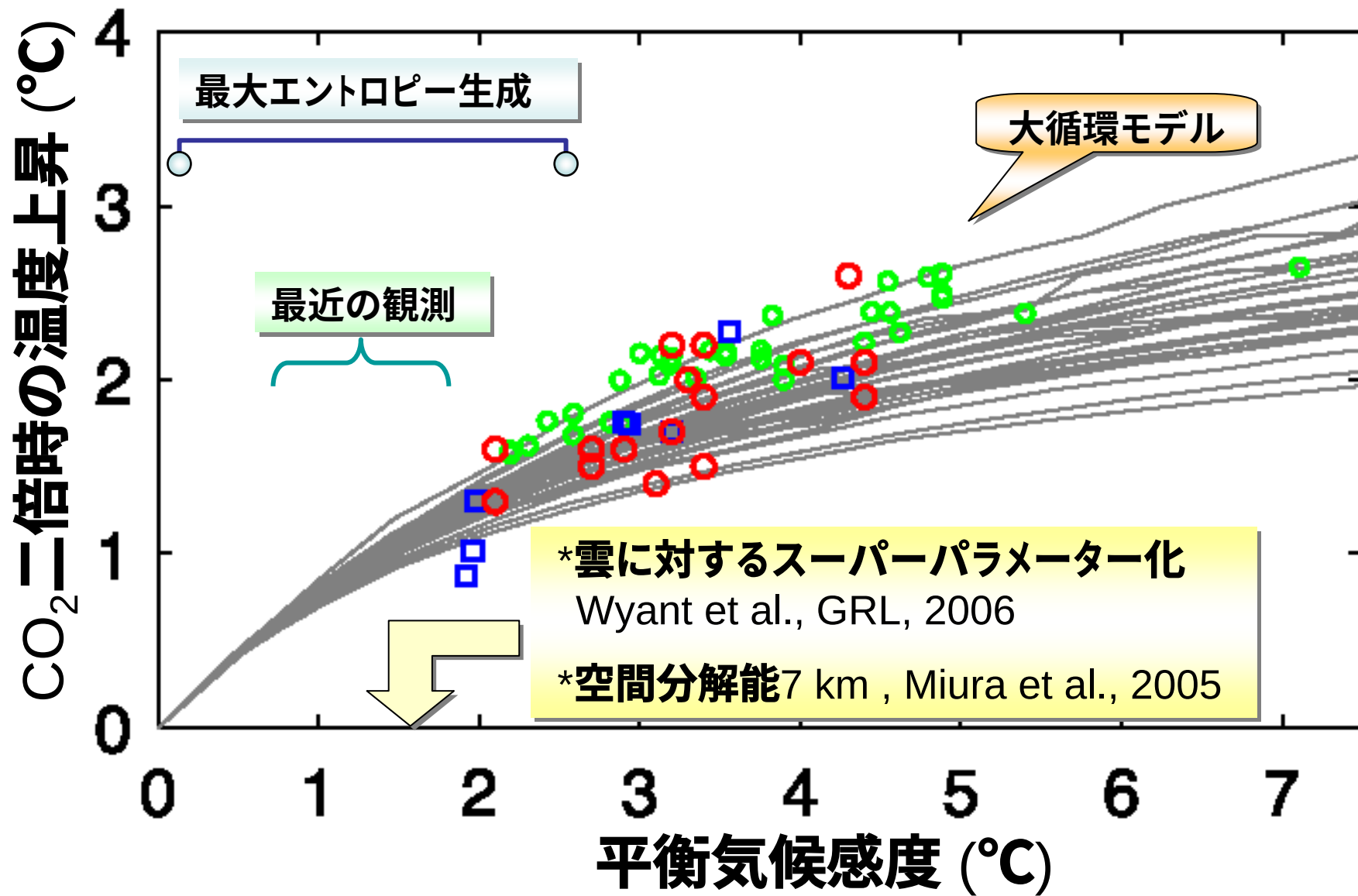
2-2 変化の原因

- ・最近の研究を例に(海表面温度変化は自然変動)

2-3 気候感度 (CO₂二倍で気温は何度上がるか)

- ・モデルと観測の乖離(IPCCの見積もりは過大評価)

大循環モデルと観測は近づいている？



IPCC AR4, Fig. 10.25. Equilibrium climate sensitivity and transient response.

3. 気候変動と要因の診断

3-1 診断と誤診断

- ・北極圏(永久凍土の上の建物など)、ハリケーン、ツバル、マラリア

3-2 自然要因

- ・海洋、太陽、火山

3-3 人為的要因

- ・エアロゾル、土地利用

3. 気候変動と要因の診断

3-1 診断と誤診断

- ・北極圏(永久凍土の上の建物など)、ハリケーン、ツバル、マラリア

3-2 自然要因

- ・海洋、太陽、火山

3-3 人為的要因

- ・エアロゾル、土地利用



北極圏の北方の陸地は、1年のほとんどの間は凍っている。この年中凍ったままの地は、「永久凍土」と呼ばれる。しかし、温暖化によって、広大な範囲の永久凍土が溶け始めている。

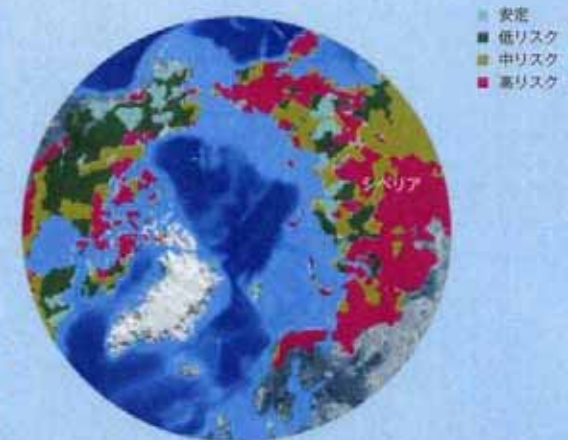
左上の写真のシベリアの建物が崩れ落ちかけているのは、そのためだ。永久凍土の上に建てたのに、その永久凍土が今や消えつつあるからだ。

左下は、アラスカにある家屋の写真だが、この家の持ち主も同じ理由で、家を捨てるしかなかった。

永久凍土の融解による家屋の崩壊

永久凍土が溶けることで、2050年までにリスクに瀕するインフラ

気候評議会は、「北半球の凍ったツンドラが溶けることで、どのようなインフラストラクチャー関連の被害が予測されるか」に関する研究を終えたところである。ピンク色の地域は、最も深刻な被害が予測されている場所である。シベリアの広大な地域が影響を受けることに注目してほしい。最後の氷河期以来凍っているおよそ100万平方キロメートルの土地だ。科学者によると、このツンドラ地域には、700億トンの炭素がため込まれており、永久凍土が溶けるにつれてこの炭素が不安定になりつつあるという。シベリア土壌中には、人為的に排出される年間排出量の10倍もの炭素がある。この分野を専門とするロシアの科学者の中でも第一人者であるトムスク州立大学のセルゲイ・キルポーテンは、永久凍土の融解は「環境の崩壊であり、それは気候の温暖化に関連している」と、深刻な警告を発している。



永久凍土の融解

ACIA: Arctic Climate Impact Assessment (2004), p. 929

16.3.2. Buildings



図6.8 永久凍土の上に直接建てたシベリアのアパートが崩壊した例（ACIAレポート）。

赤祖父俊一『正しく知る地球温暖化』、
(誠文堂新光社、2008年)より

家屋等の建設予定地の下に永久凍土があるときには、**建物の暖房の熱が伝わって永久凍土が融けることがないように基礎を作る必要がある。**このために、**建物を杭などの上に据えて地面から離すことが多い。**

手抜き工事の例

アラスカ、カナダ、スカンジナビア、シベリアの永久凍土帯では、現在、**何千もの建築物が杭を使った基礎の上に作られている。**



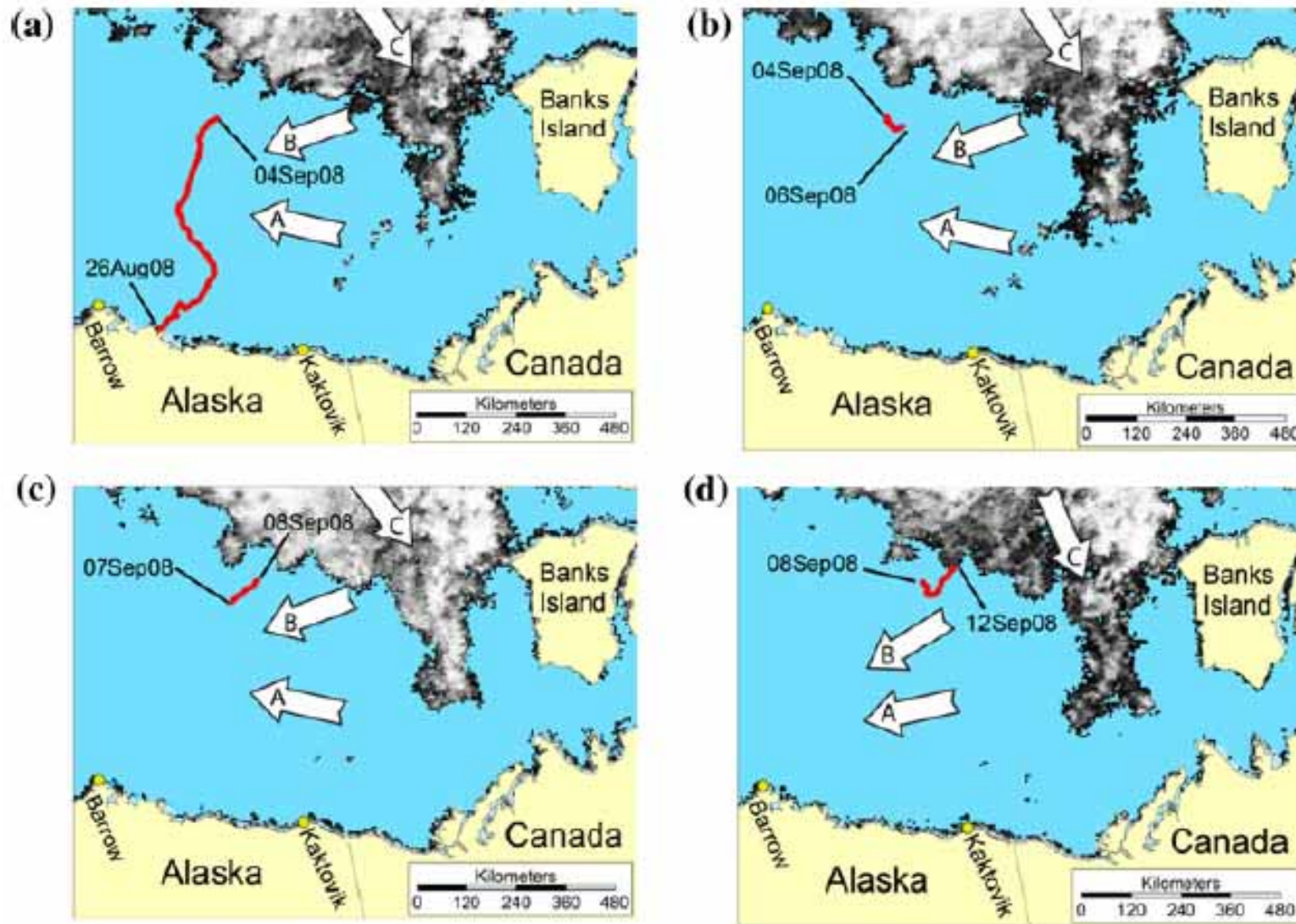
行き過ぎた シロクマの アイコン(聖像)化

Scienceの記事の
写真は合成だった

Science 7 May 2010: vol. 328.
no. 5979, pp. 689 - 690

Correction

Due to an editorial error, the original image associated with this Letter was not a photograph **but a collage**. The image was selected by the editors, and it was a mistake to have used it. The original image has been replaced in the online HTML and PDF versions of the article with an unaltered photograph from National Geographic.



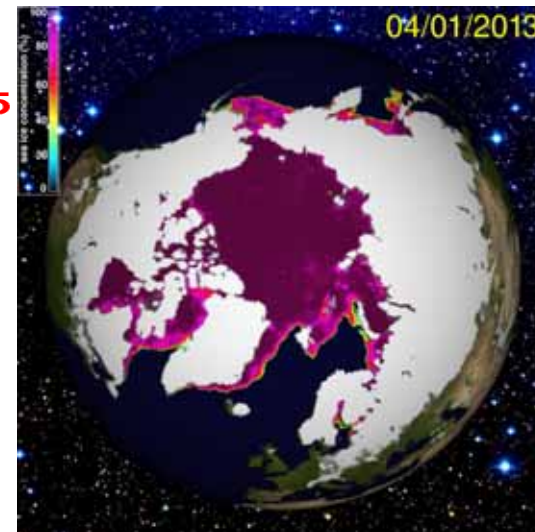
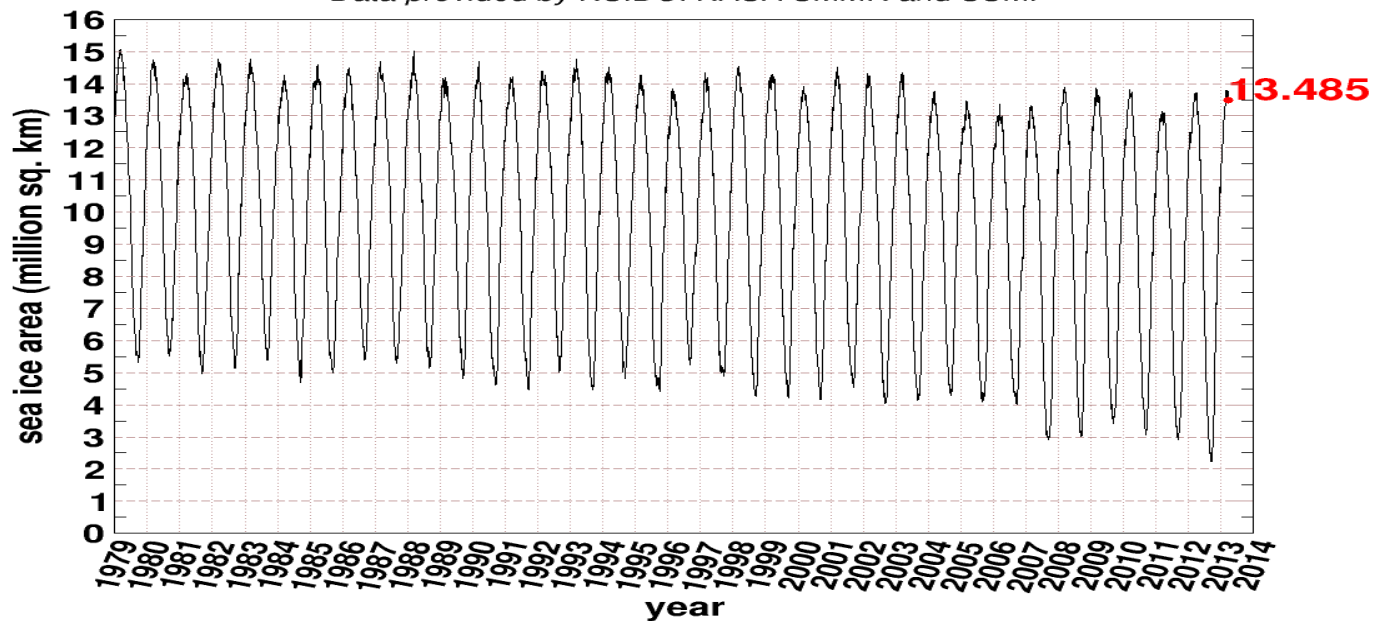
子グマを連れたメスのホッキョクグマが、9日で連続687 km泳いでアラスカ沖を移動。その後1800 km移動し、体重は22%減少。 学名 *Ursus maritimus* 海のクマ

G. M. Durner et al., Consequences of long-distance swimming and travel over deep-water pack ice for a female polar bear during a year of extreme sea ice retreat, Polar Biology, published online 14 January 2011.³⁸

海水面積

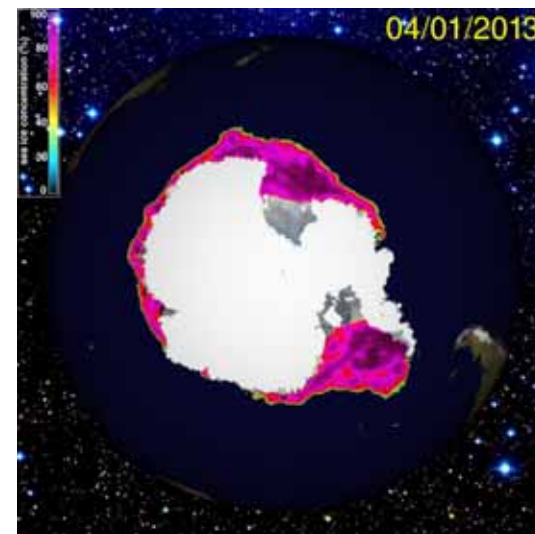
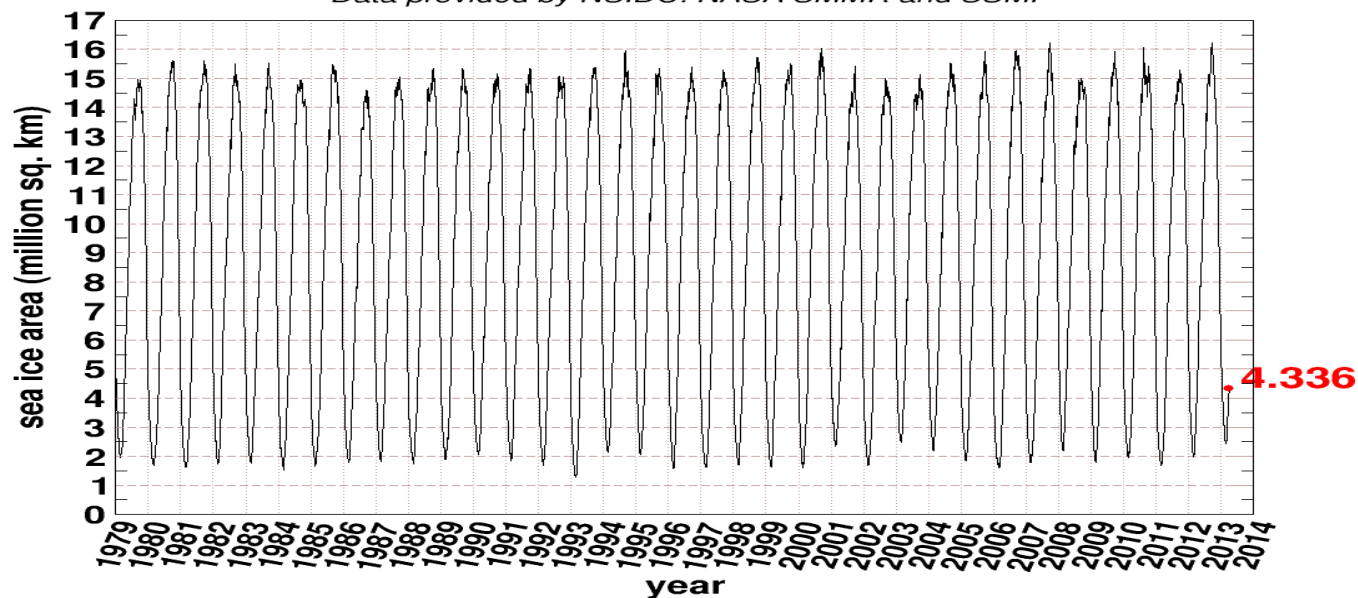
Northern Hemisphere Sea Ice Area

Data provided by NSIDC: NASA SMMR and SSMI



Southern Hemisphere Sea Ice Area

Data provided by NSIDC: NASA SMMR and SSMI



<http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/>

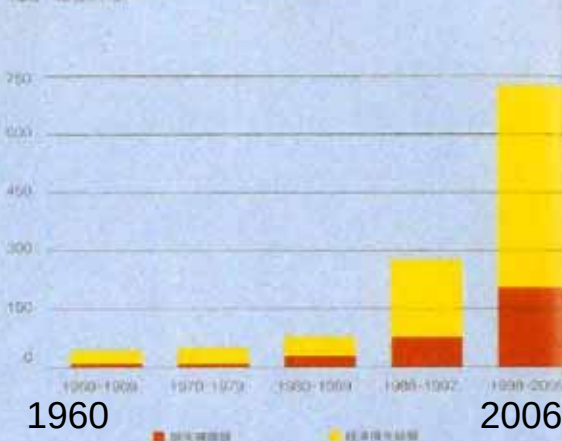
経済損失の増加

保険業界は、地球温暖化のまき散るような経済的影響を、すでに感じている業界の1つである。この30年間、保険会社は、異常気象の被災者への保険支払額が15倍にはねあがるのを目の当たりにしてきたのだ。ハリケーン、洪水、干ばつ、竜巻、山火事などの自然災害が、こういった損害をもたらしている。その多くは、温暖化が悪化させている要因に影響を受けていると考えられている。このような自然災害は、個人だけでなく経済をも破壊させてしまう可能性がある。ハリケーン・カトリーナだけでも、損失補償額は推定600億ドルに達するのだ。

最近、リスクマネジメント業界の一部の企業は、この傾向を認識し、気候変動が自分たちのビジネスにどのような影響を及ぼすかを分析する特別部会を組織した。今後この業界の財務的な健全性が危うくなるか、掛け金が払えなくなる米国人がたかさん出るかもしれないという恐れがあるだけではない。その波及的な影響は、保険の元帳をはるかに超えることは間違いないだろう。多くの年金基金や投資信託が、そのポートフォリオに保険会社を組み込んでいる。そういったところも影響を受けるだろう。

保険会社は、予測できない事象のリスクを計算する力に基づいて、災害から自分の家を守るために支払う保険料の額を定めている。異常気象が、予測可能なこれまでのパターンから外れてしまうと——すでにそうなりつつあるようだが——、保険会社はもはや、リスクを正確に見積もることができなくなる。そうなると、自社の損失補償額が予測しにくくなる。そのような状況で確率せずにやっていくためには、すべての保険加入者の

異常気象と洪水関連の災害による経済損失額
(単位: 10 億ドル)



出典: スタンパイン・ベーク、"スキャンダル" (2008年) | 2008年9月-2013年12月2010年時点の累積額

保険料を値上げするしかない。または、毎夏ますます破壊力が増す天候に直面しているフロリダやメキシコ沿岸地域といった、特にリスクの高い地域の保険は引き受けられないようにするしかない。

ある企業のリーダーが言ったように、保険会社は「天候による損失の増大、地球の気温上昇、そして被害を受けやすい状況で暮らしている米国人の数がこれまでにないという完全無欠の嵐」に直面している。

カトリーナからたった3週間後に、別のハリケーンがカテゴリー5の強度まで大きくなった。ハリケーン・リタが、カトリーナの上陸地点から西のそれほど遠くない米国沿岸地帯を襲ったのだ。リタが上陸したのは、それほど人口が密集していない地域だった。とはいえ、損害と苦しみはやはり悲惨なものだった。

そしてリタから2、3週間もしないうちに、ハリケーン・ウィルマが——まだ海上にあるうちに——観測史上最大のハリケーンとなった。

ウィルマは、メキシコのユカタン半島から東方向へ戻って南フロリダに上陸し、ばく大な損害をもたらした。何千人もの人々が数週間にわたって、水も電気もない生活を強いられることになった。

そしてウィルマが姿を消す前に、これまでにない事態が生じた。名前が足りなくなってしまったのである。史上初めて、世界気象機関は、12月になっても——2005年のハリケーン・シーズンが終わったずっとあとまで——まだ発生し続けるハリケーンや熱帯性低気圧に名前をつけるために、今度はギリシャ・アルファベット文字を使わざるをえなくなったのだった。

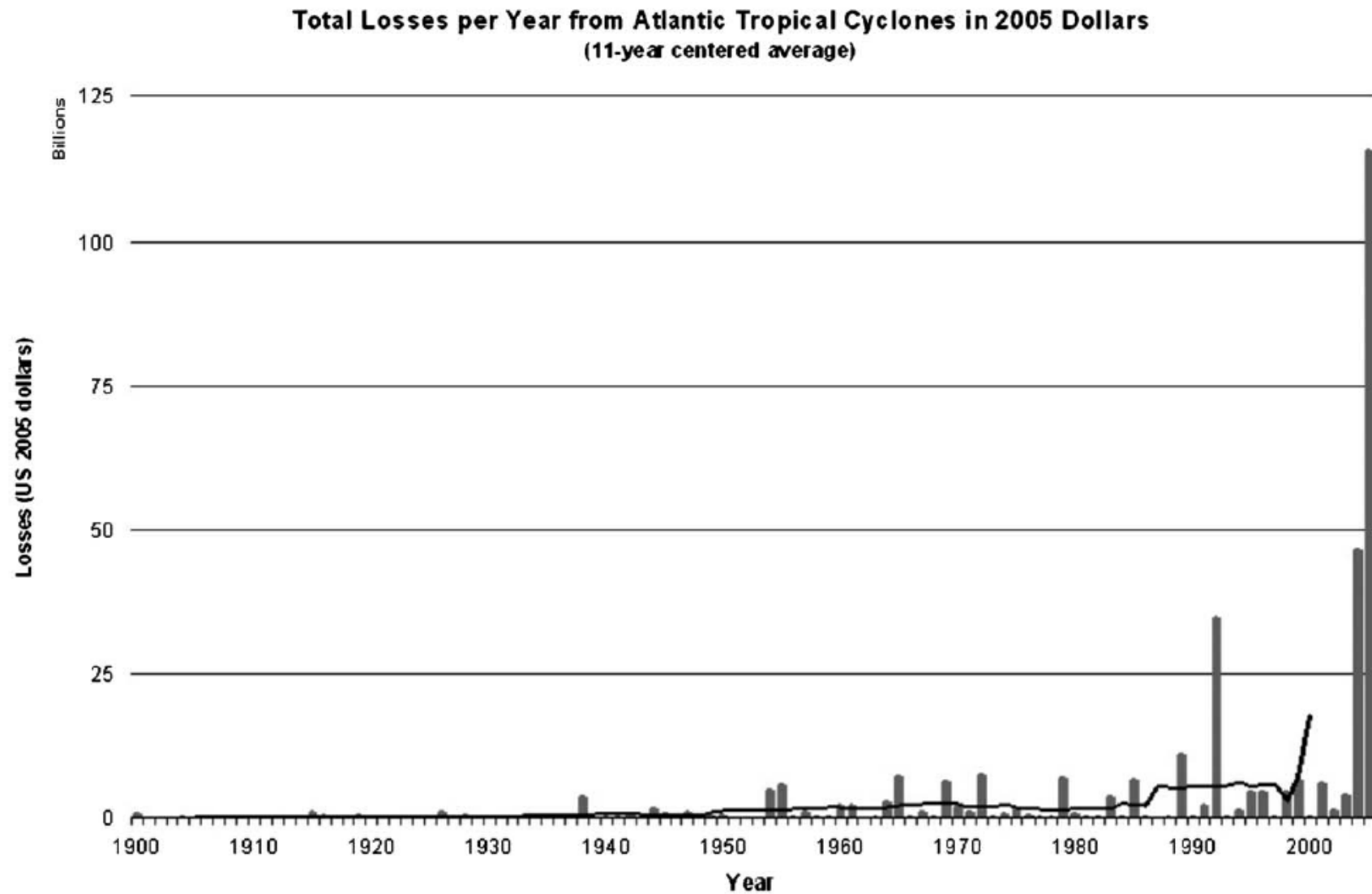
ハリケーン・リタによる被害
ルイジアナ州キャメロン 2005年9月



社会の脆弱性の増加による

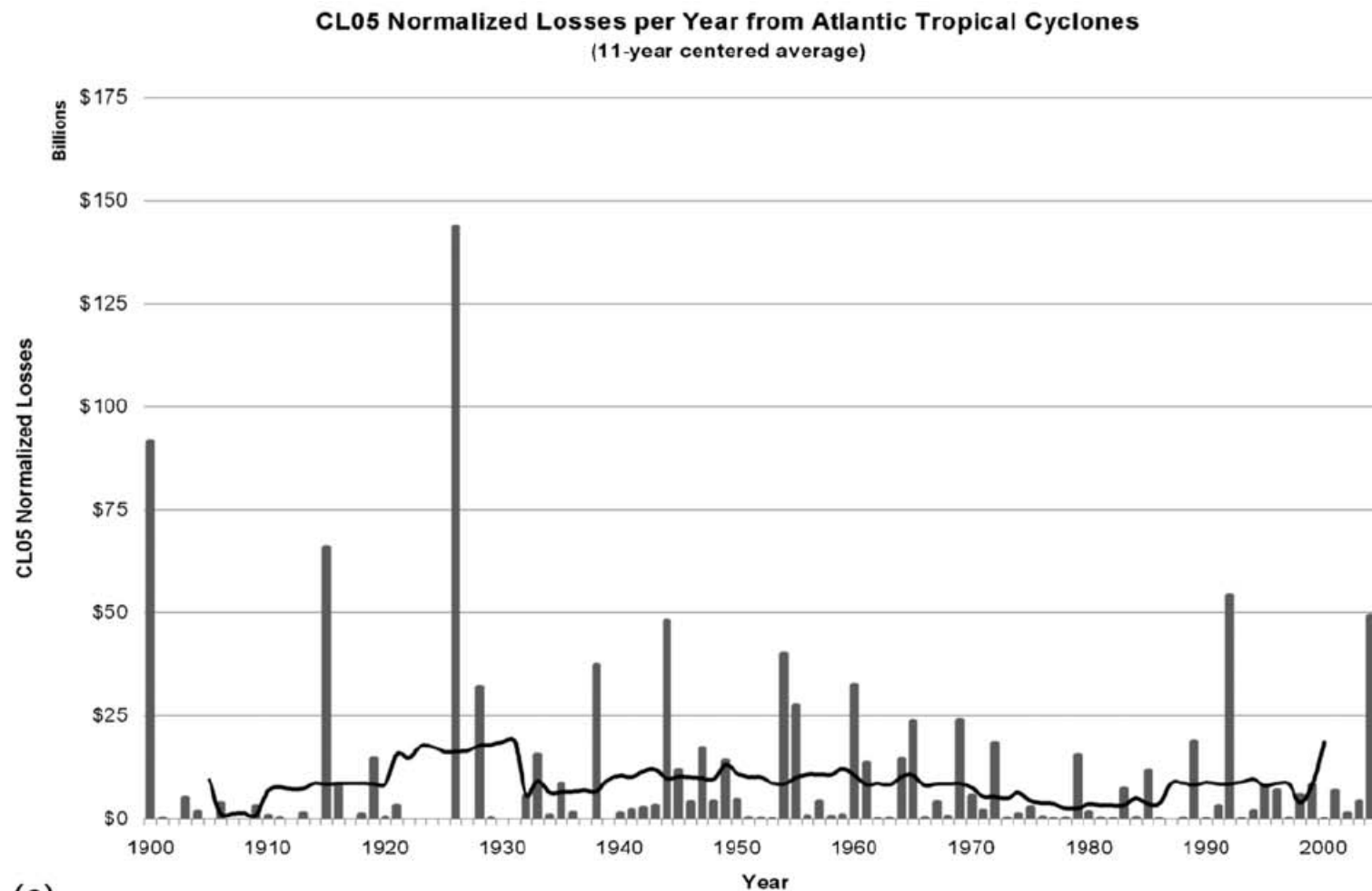
『不都合な真実』 p.102-103より

ハリケーンによる被害は最近になって増えた。その理由は？



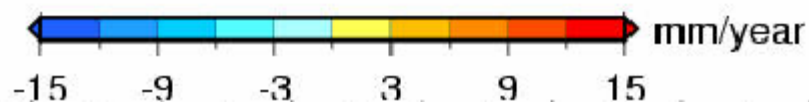
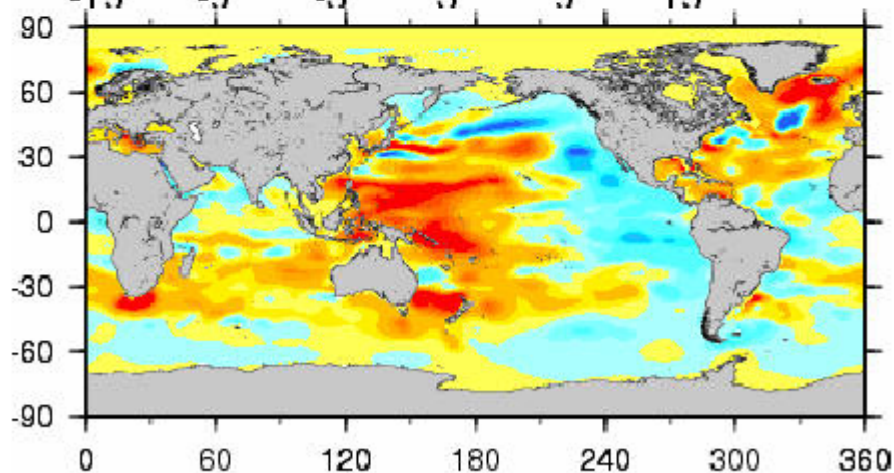
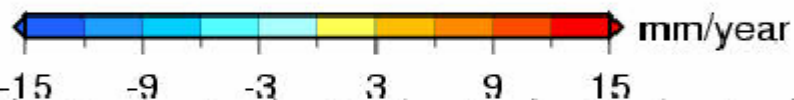
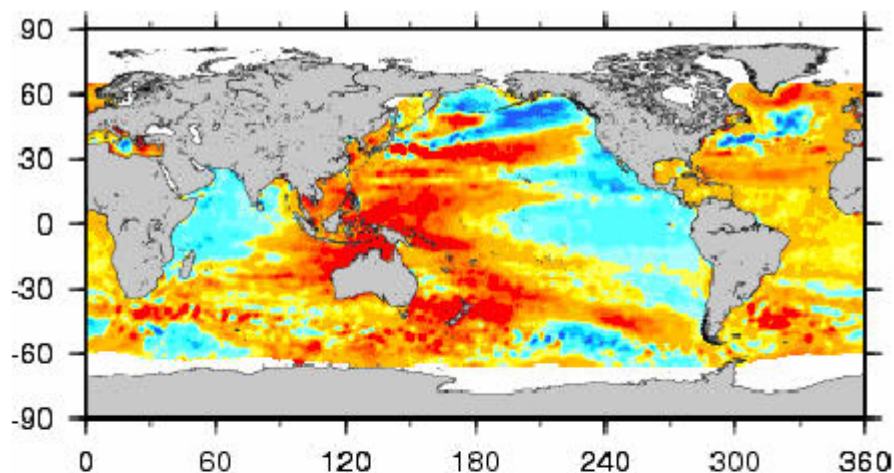
R. Pielke Jr., C. Landsea et al., Nat. Hazards Rev., Feb. 2008, 29-42.

補正をすると、ハリケーンの被害は昔も大きかった



(c)

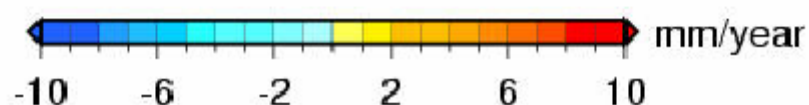
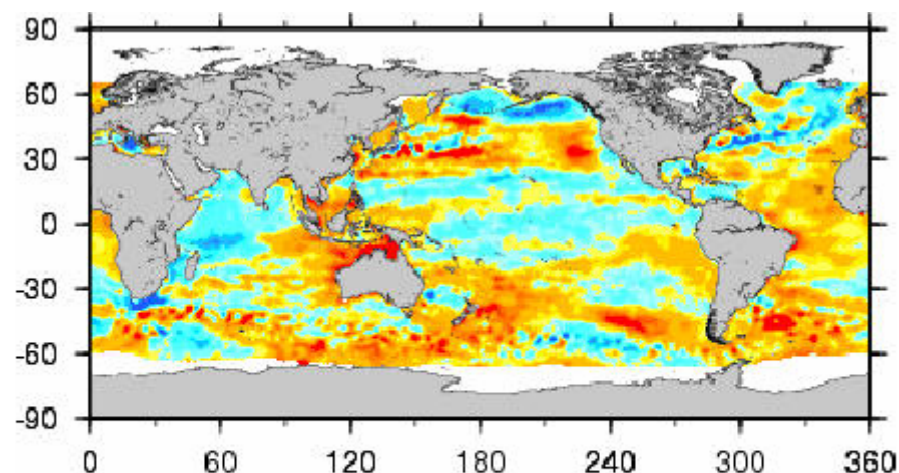
海面上昇1993-2003



海面上昇－膨張分

IPCC

海水の熱膨張による分



衛星からの高度測定

原因: 海水の熱膨張(50%)、陸氷の融解(アラスカ氷河など、40%)、**地下水の流入30%?**

場所(と時期)による違いが大: **対策**

潮汐による潮位変化は数m

気圧変化で数十cm

フナフチで測定される潮位は季節により上下し、高い時と低い時で 20～30cm 程度の差があります。また、潮汐による干満の差は大きい時では 2m を越します。よって、潮位が高くなる春先の満潮時には、標高が低い地域では海水面より低くなってしまいうところも出てきます。サンゴ礁の上に砂が堆積して出来た島ですので、満潮時に海水面以下になる地域では、地盤（サンゴ礁）の穴を通じて水が滲み出てきます。島のあちこちで海水が地面から湧き出す現象は以前からも観測されてきたもので、温暖化により初めて生じるようになった訳ではありません。

—洪水被害の深刻化の原因は？

ツバルにおける海水の湧き出しによる洪水の深刻化は、潮位だけでなく、島の地形、土地利用、地下水、降水、波力など複数の要因が関わって生ずる現象であると考えられますが、その全体のメカニズムは十分に解明されていません。しかしながら、原因と疑わしきものをいくつか挙げる事が出来ます。

国立環境研・高橋潔氏の記事より

さらに、20 世紀に続いた人口増加にともない、1970 年代以降に、沼沢地を埋め立てて出来た低地にまで居住地が拡大されてきたことが分かってきました。それらの地域の中には、春先の高潮時に海水面以下となるところもあり、海面上昇に対して脆弱な地域への居住者が増えたこととなります。そのような社会的条件の変化も、高潮時の洪水被害増加に関わりがあると考えられています。

**いろいろな因子
特に社会的要因
の重要性**

マラリア感染域の拡大・縮小

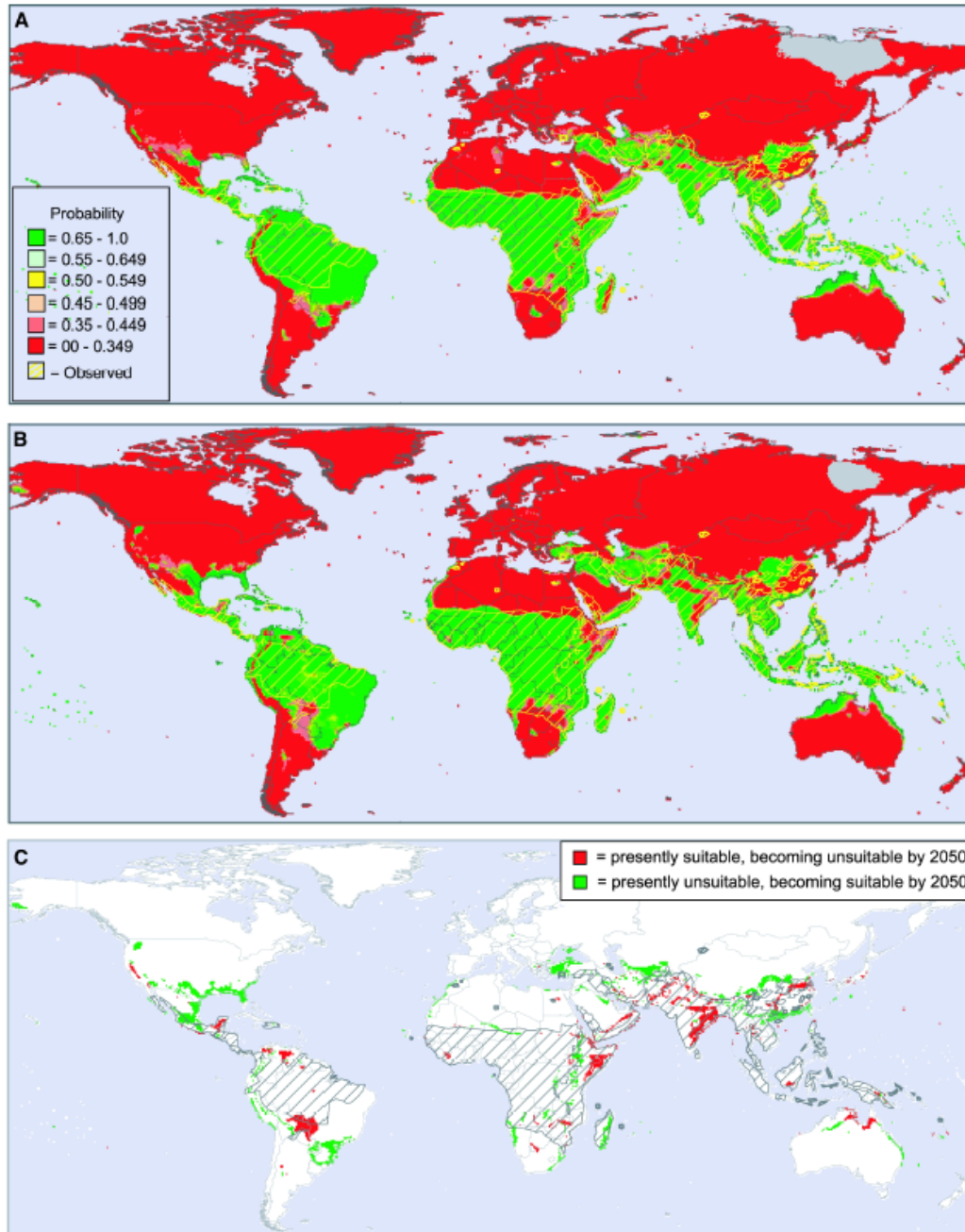
2050年までに気温 $\sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 上昇
というモデルでの予想

2000年
現在

モデルにより、
+2300万人(増加)、
-2500万人(減少)

2050年

差



D. J. Rogers & S. E. Randolph, The Global Spread of Malaria in a Future, Warmer World, Science, 289, 1763-1766 (2000); erratum 19 Jan. (2001)

3. 気候変動と要因の診断

3-1 診断と誤診断

- ・北極圏(永久凍土の上の建物など)、ハリケーン、ツバル、マラリア

3-2 自然要因

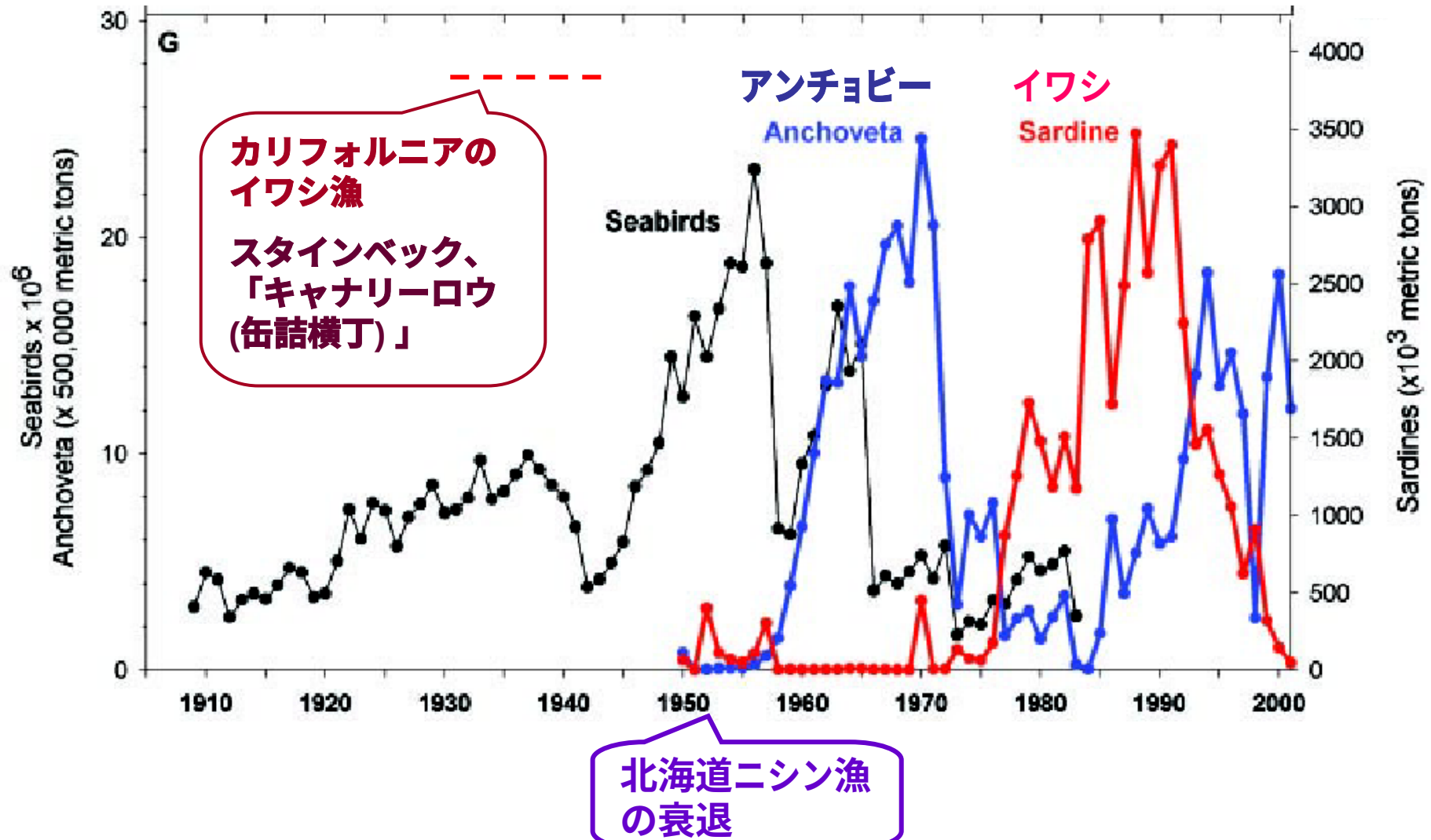
- ・海洋、太陽、火山

3-3 人為的要因

- ・エアロゾル、土地利用

漁業への影響 & 自然変動

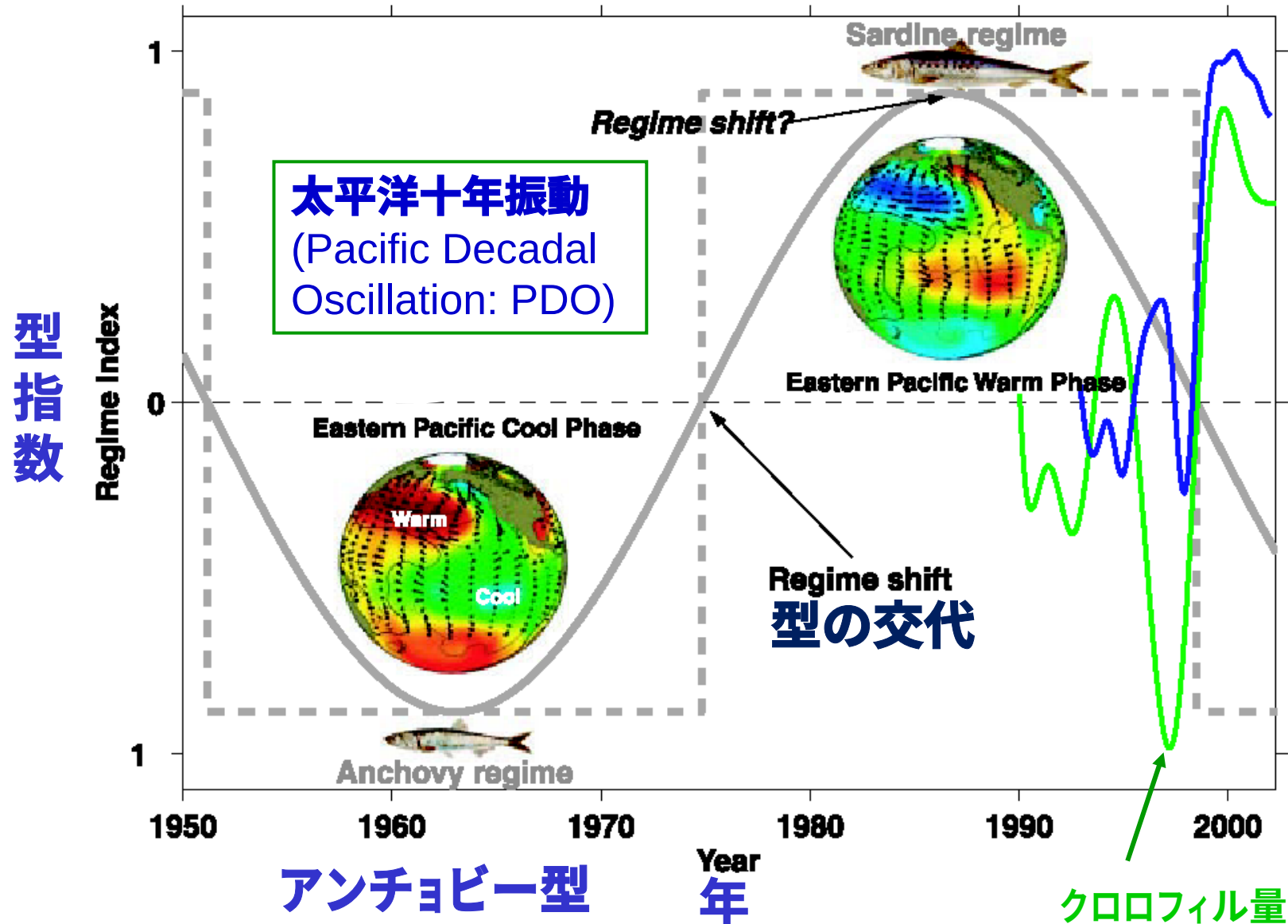
ペルー沖での漁獲高



F. P. Chavez et al., "From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean," *Science*, 299, 217-221 (2003)

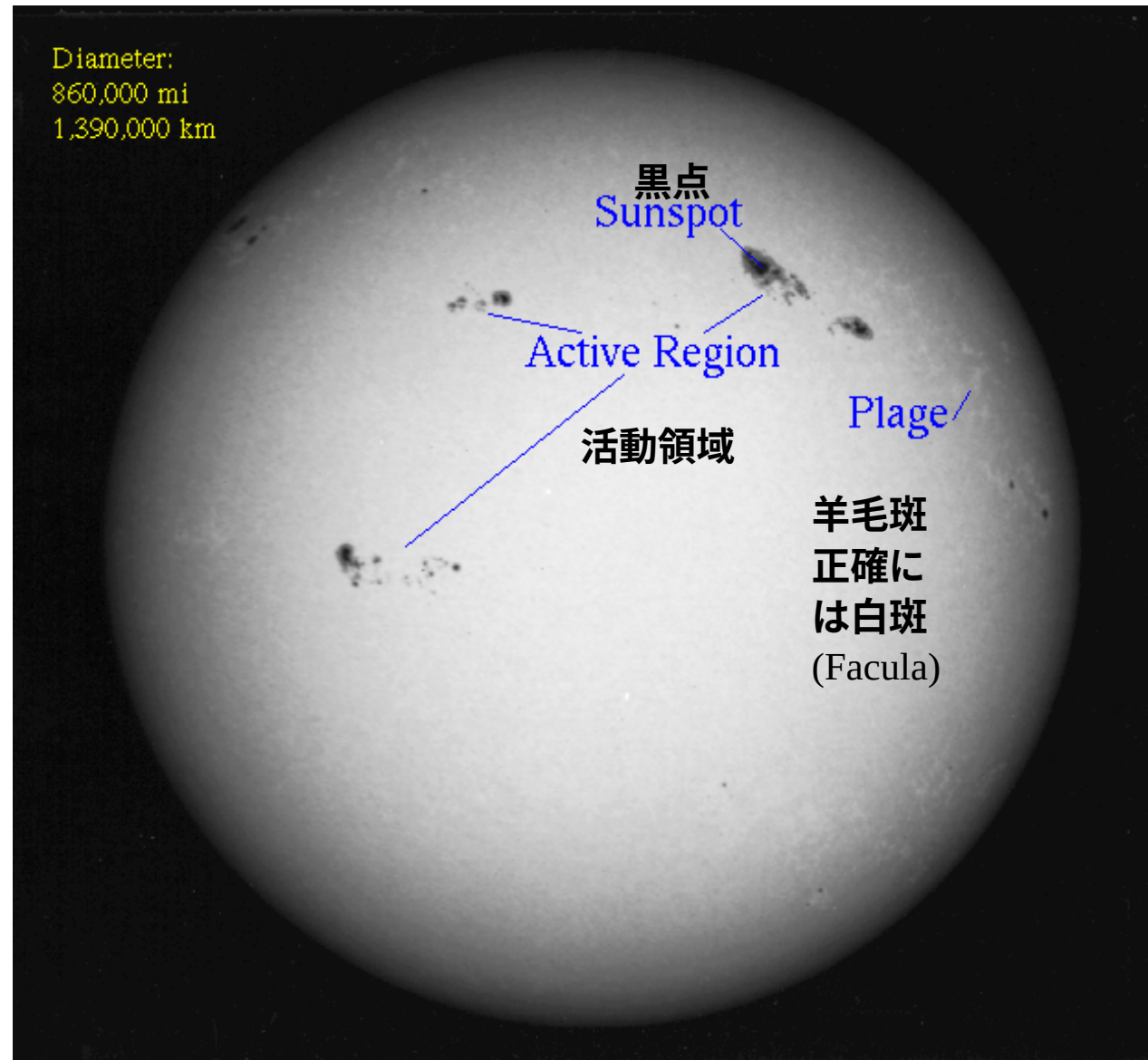
海温分布の特徴

イワシ型



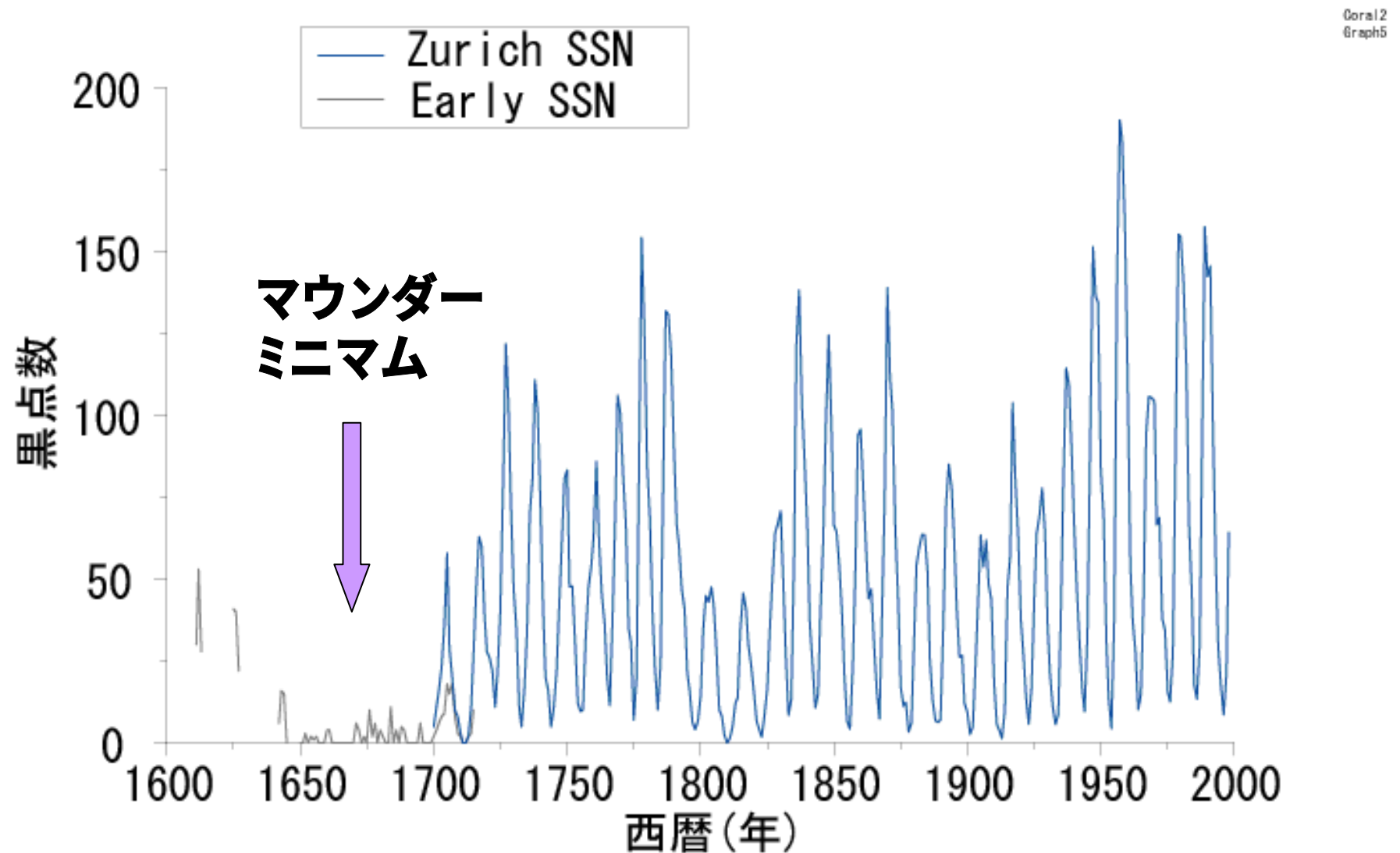
F. P. Chavez et al., "From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean," Science, 299, 217-221 (2003)

太陽



<http://www.sunspot.noao.edu/PR/wlZoo.html>
National Solar Observatory, Sacramento Peak

3.5 黒点数



細い実線は黒点数 (<ftp://ncardata.ucar.edu/datasets/ds834.0/>)。太い灰線は初期の黒点データ (ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/ANCIENT_DATA/)

水資源が豊かなときに繁栄

太陽活動大 → 旱魃(降水量小)

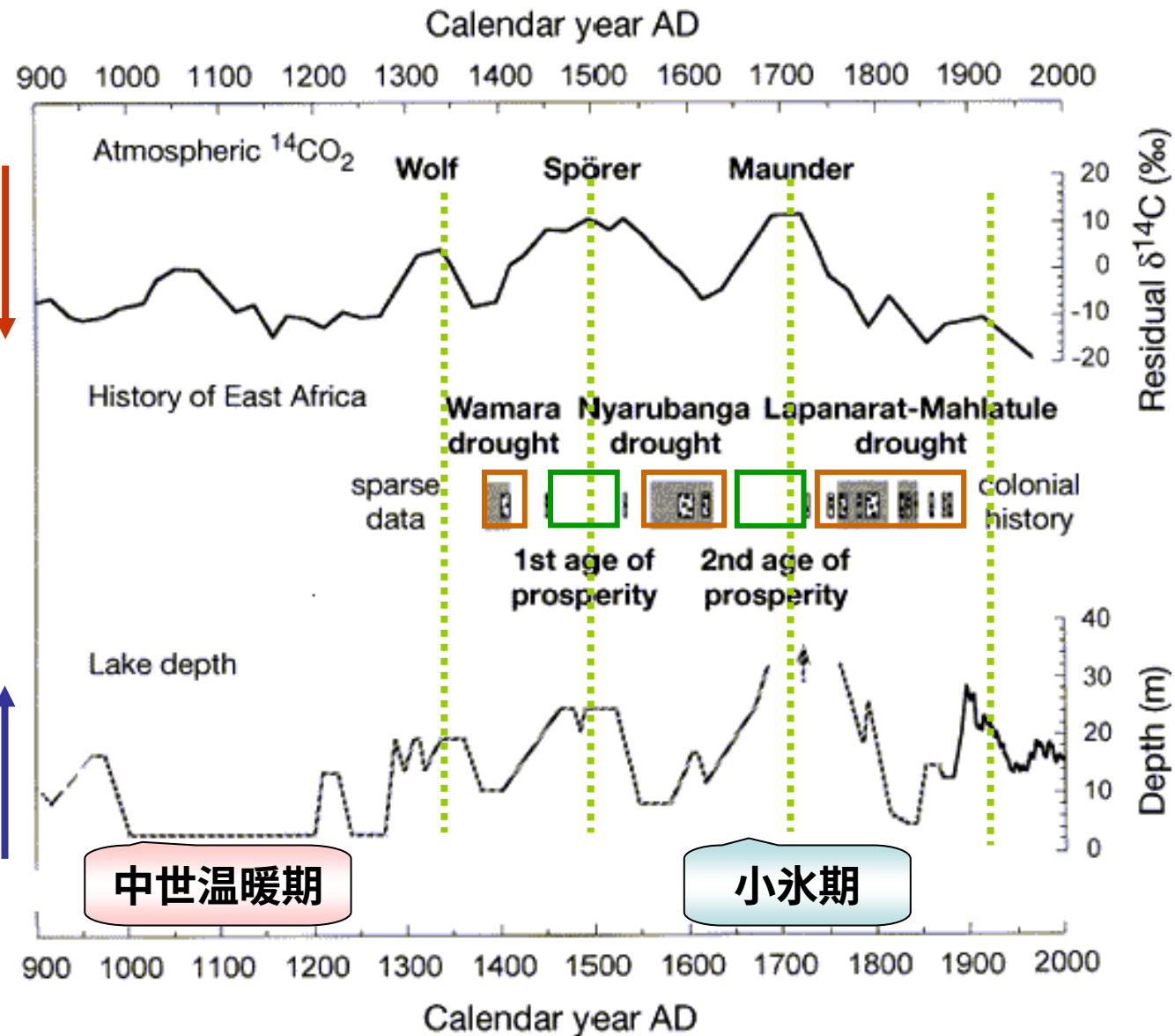
太陽活動

集落の歴史

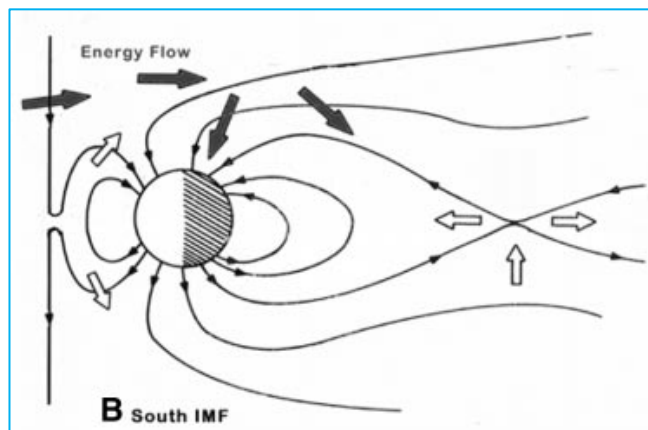
繁栄、旱魃

湖の深さ

アフリカ
の湖

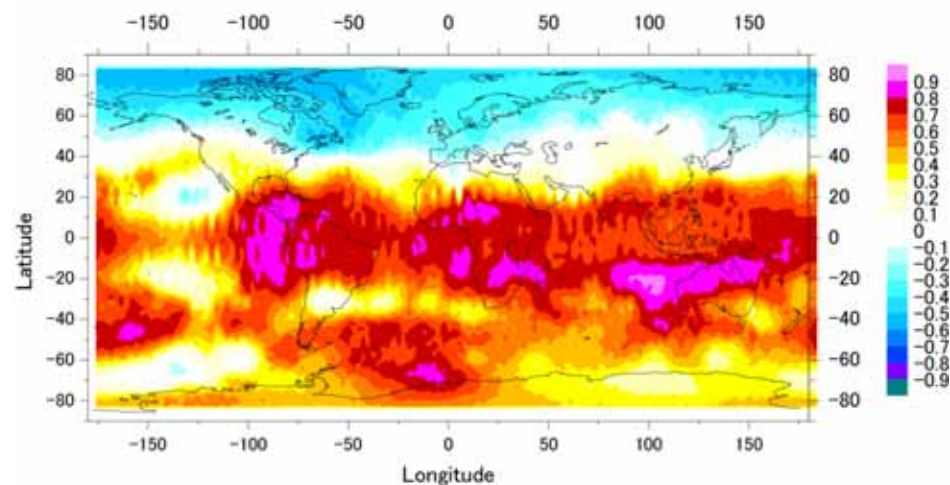


太陽風と磁気圏の相互作用



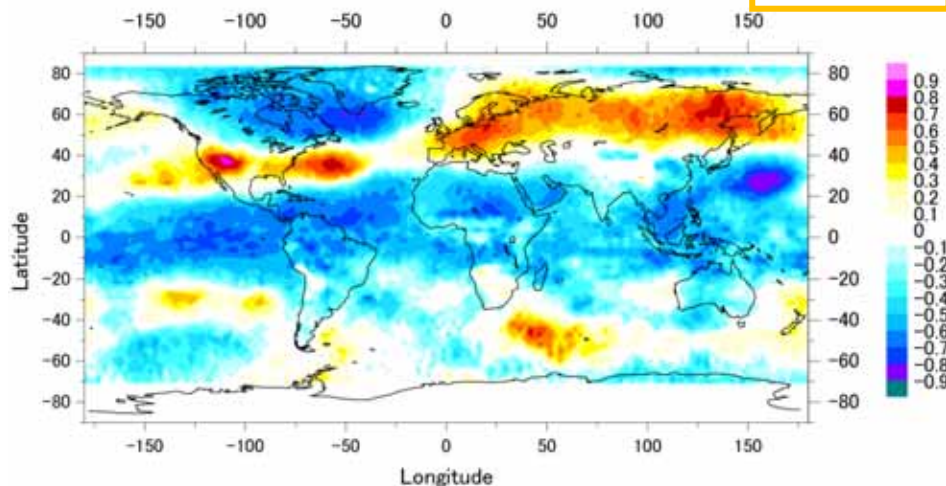
aa指数 太陽風エネルギーに比例

成層圏



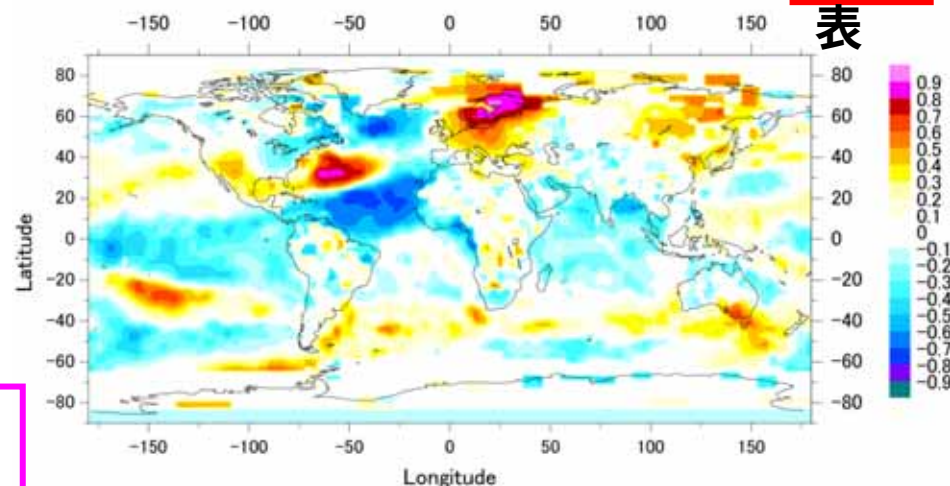
成層圏T(Jan) vs $P\alpha$ (Jan) QBO-W, 1979-2010

対流圏



3月対流圏下部T vs aa, QBO-E, 1979-2010

地表



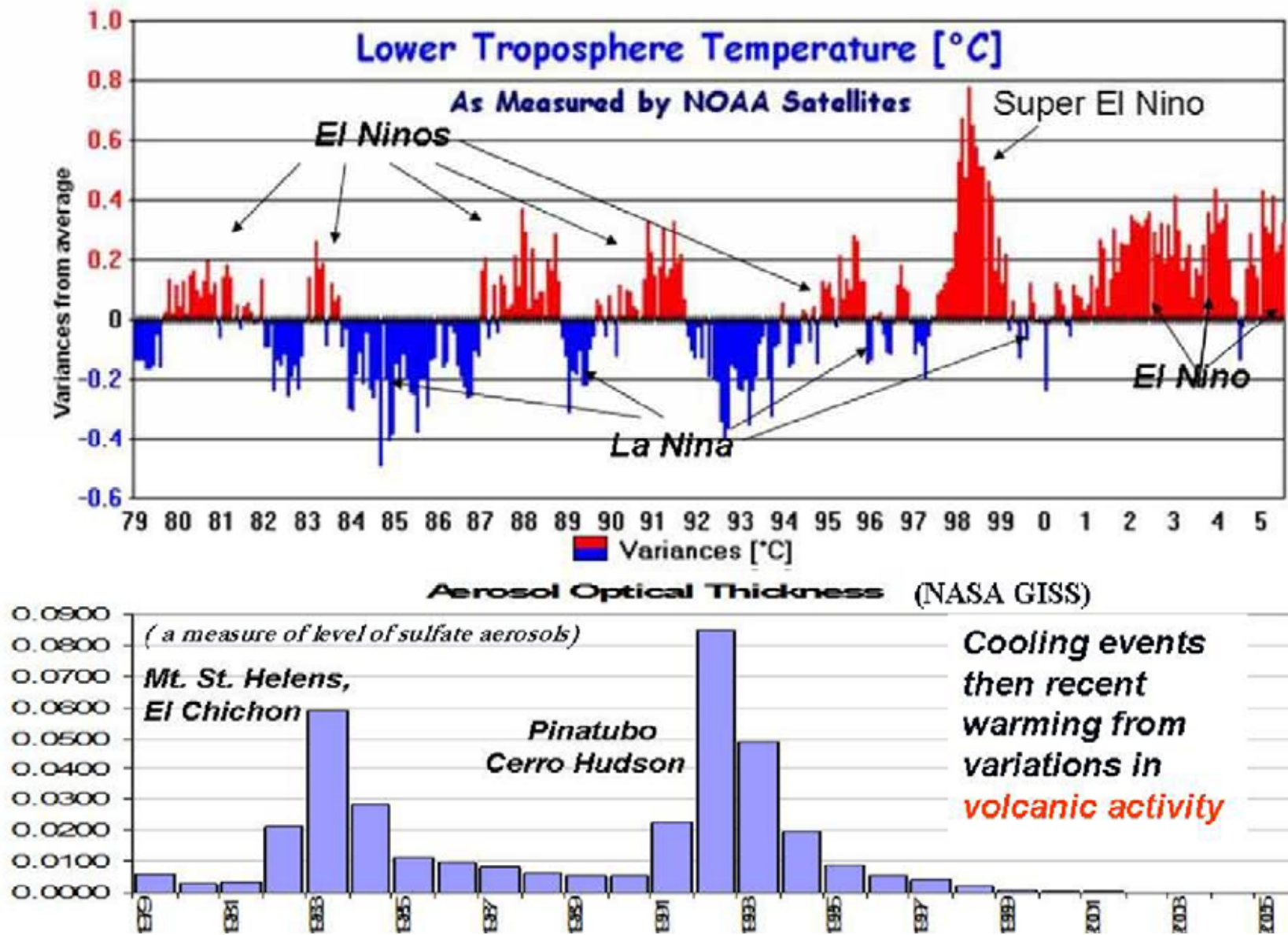
春地表T vs aa (Jan), QBO-E (Mar), 1960-2001

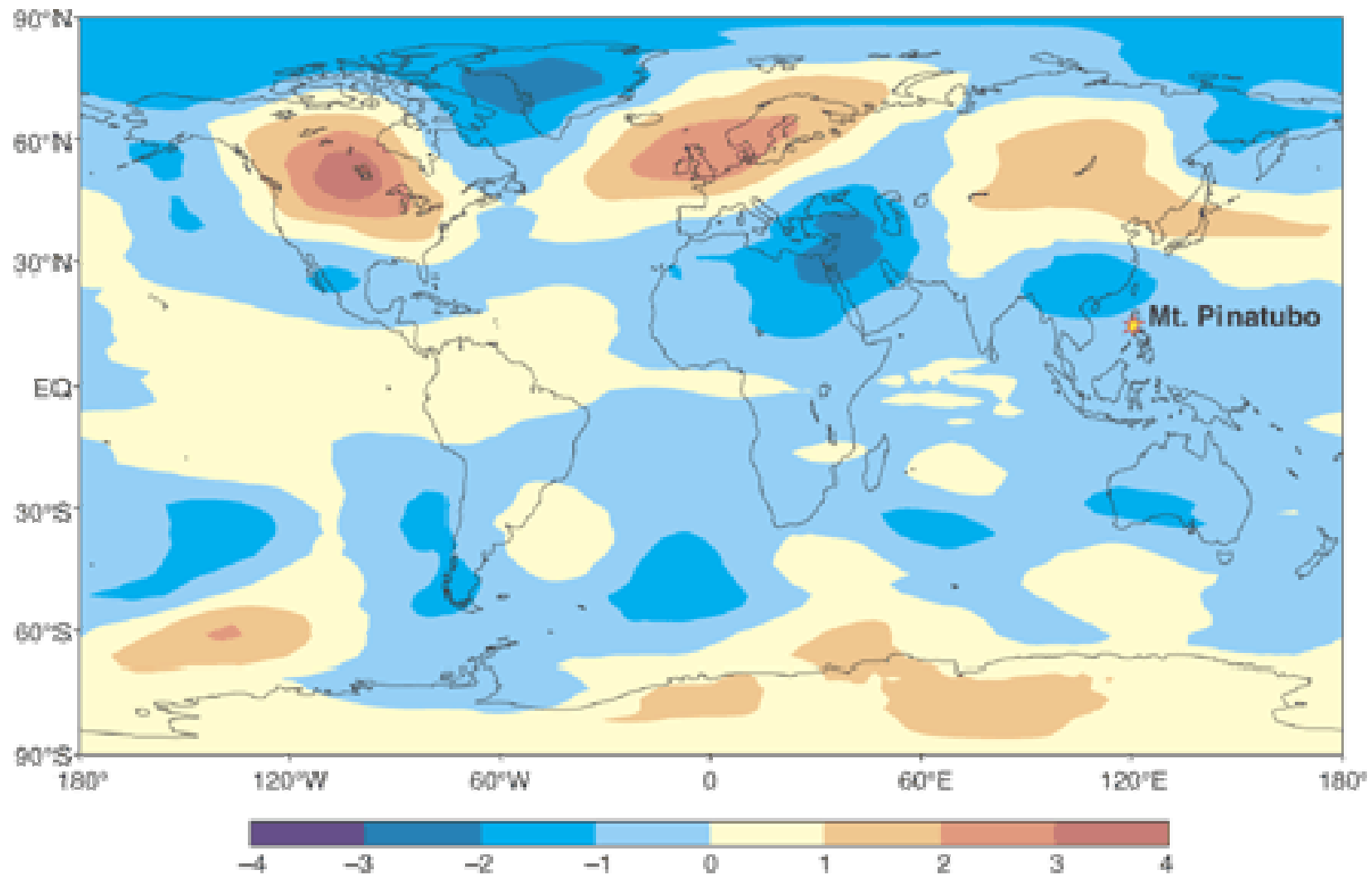
・宇宙気象学・宇宙気候学のミッシングリンク
太陽風→磁気圏→熱圏→中間圏→成層圏
→対流圏→地表
・成層圏オゾンが関与か？

伊藤、地球惑星科学連合大会'08-'13

自然変動の影響の例

火山(硫酸エアロゾル)





フィリピンのピナツボ山が噴火した後に観測された気温変化の様子(模式図)。
元データは、Alan Robock Volume 295, Science, 2002年2月15日号、1242-1244頁。

火山噴火と東北地方の凶作

近藤純正、「地表面に近い大気の科学」p.281

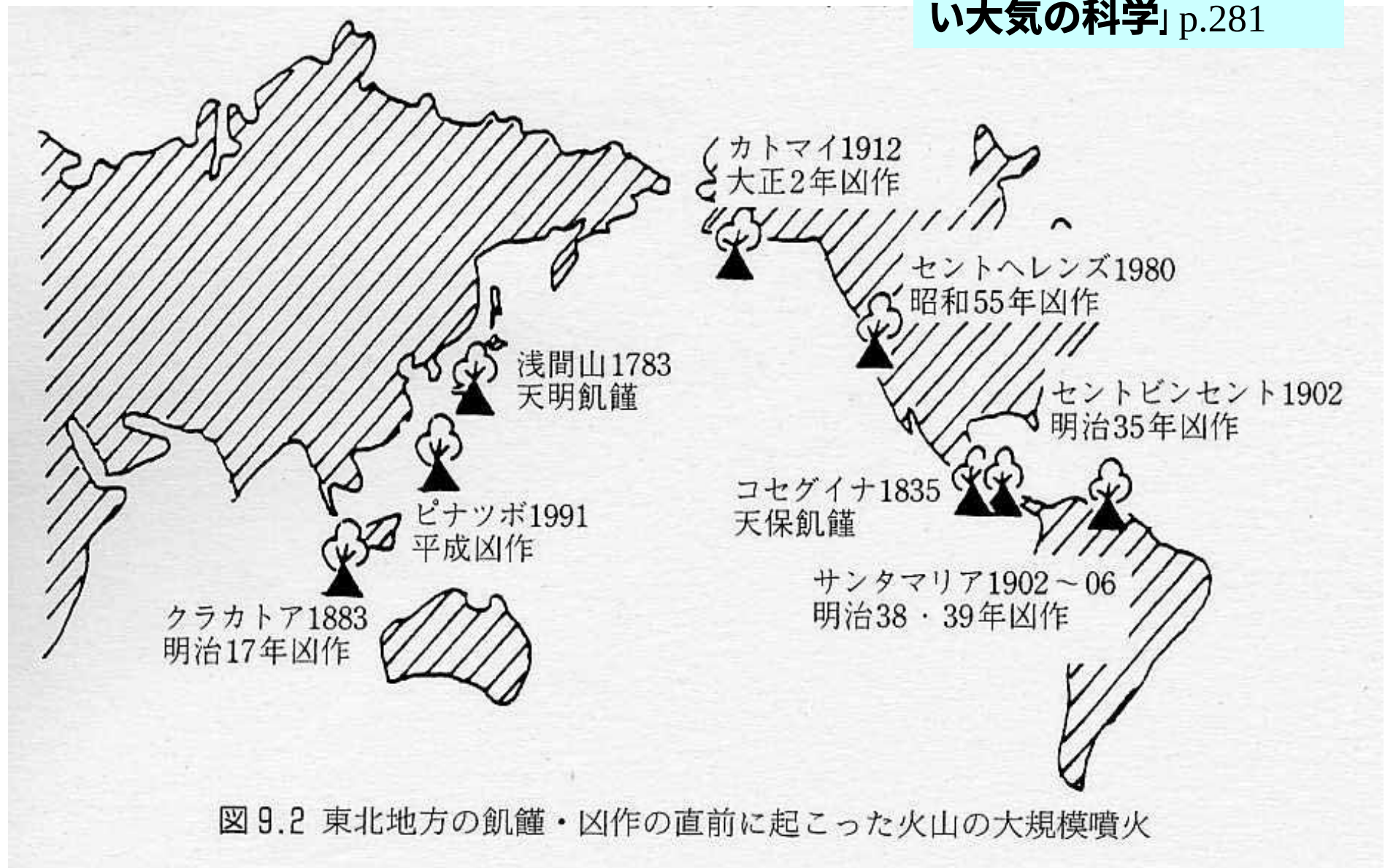
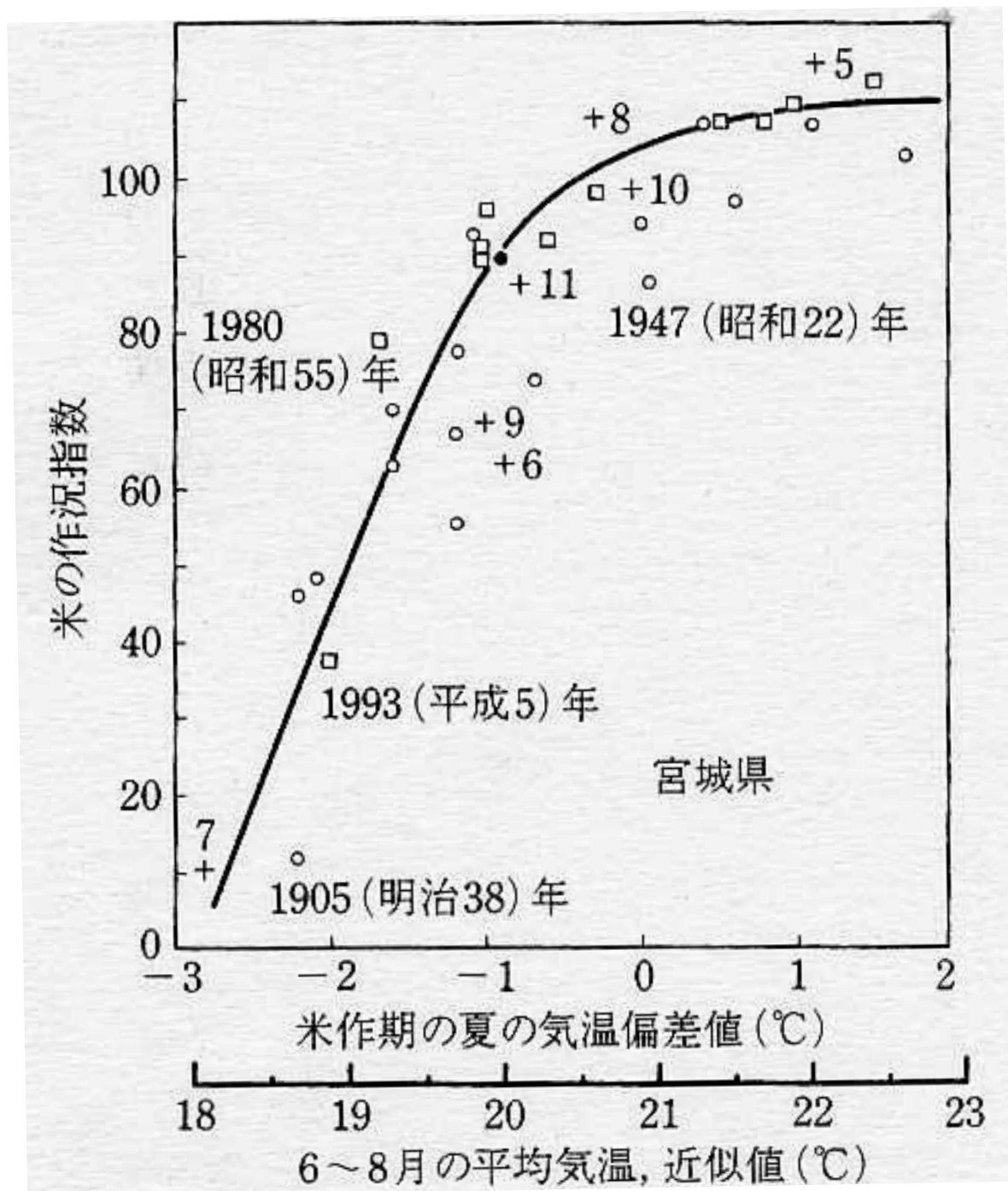


図 9.2 東北地方の飢饉・凶作の直前に起こった火山の大規模噴火



6-8月の平均気温 と米の作況指数

常に、リスクの高い土地に
進出してきた、という指摘

近藤純正、「地表面に近い
大気の科学」p.279

3.気候変動と要因の診断

3-1診断と誤診断

- ・北極圏(永久凍土の上の建物など)、ハリケーン、ツバル、マラリア

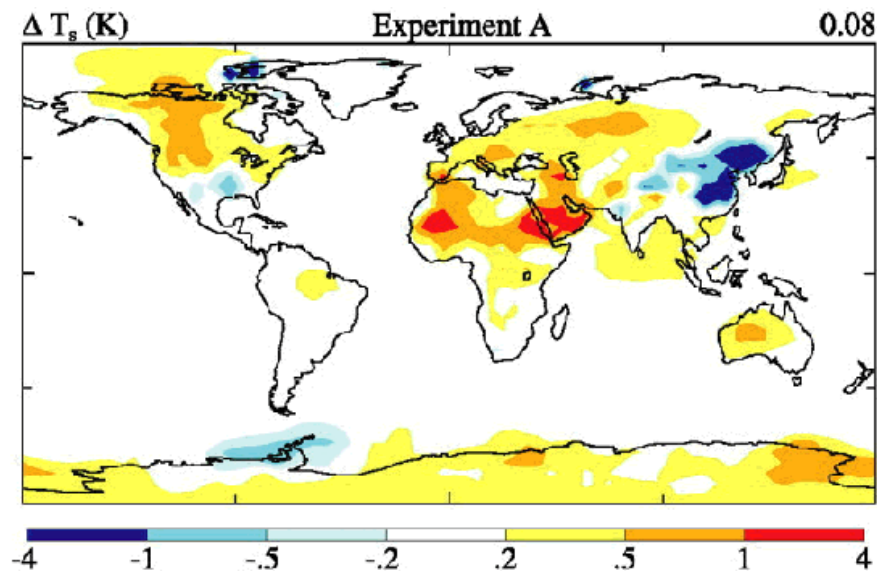
3-2 自然要因

- ・海洋、太陽、火山

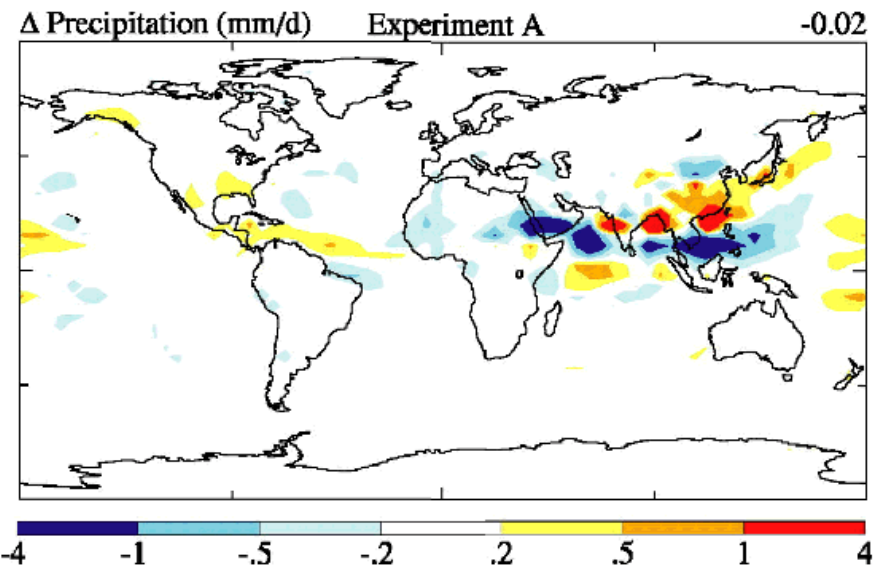
3-3 人為的要因

- ・エアロゾル、土地利用

気温変化



降水量変化



中国やインドから排出されるススによる気候影響のシミュレーション

サハラ砂漠の高温や中国南部の洪水が説明できる可能性がある

(ハンセンのグループの計算結果、Science, 2002年9月27日号、2250ページより)

パキスタンの洪水[過度の灌漑]
バングラデシュの動く島[マングローブ伐採]



4. 対策とエネルギー

4.1. 気候変動の全体像

- ・西洋的視点と東洋的視点

4.2 原発の問題点

- ・具体的問題点—技術的、経済的、社会的

4.3 エネルギー政策と技術

- ・自動車、バイオ燃料、石炭、潮汐力、太陽

4. 対策とエネルギー

4.1. 気候変動の全体像

- ・西洋的視点と東洋的視点

4.2 原発の問題点

- ・具体的問題点—技術的、経済的、社会的

4.3 エネルギー政策と技術

- ・自動車、バイオ燃料、石炭、潮汐力、太陽

地球温暖化(気候変動)

さまざまな要因

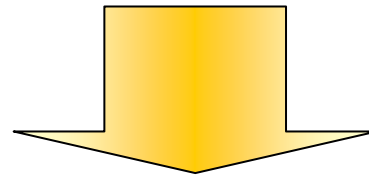
原因

人為的要素

温室効果ガス、エアロゾル、土地改変

自然変動

太陽活動、火山、大気、海洋



いろいろな影響

影響

地球的 地域的 局所的

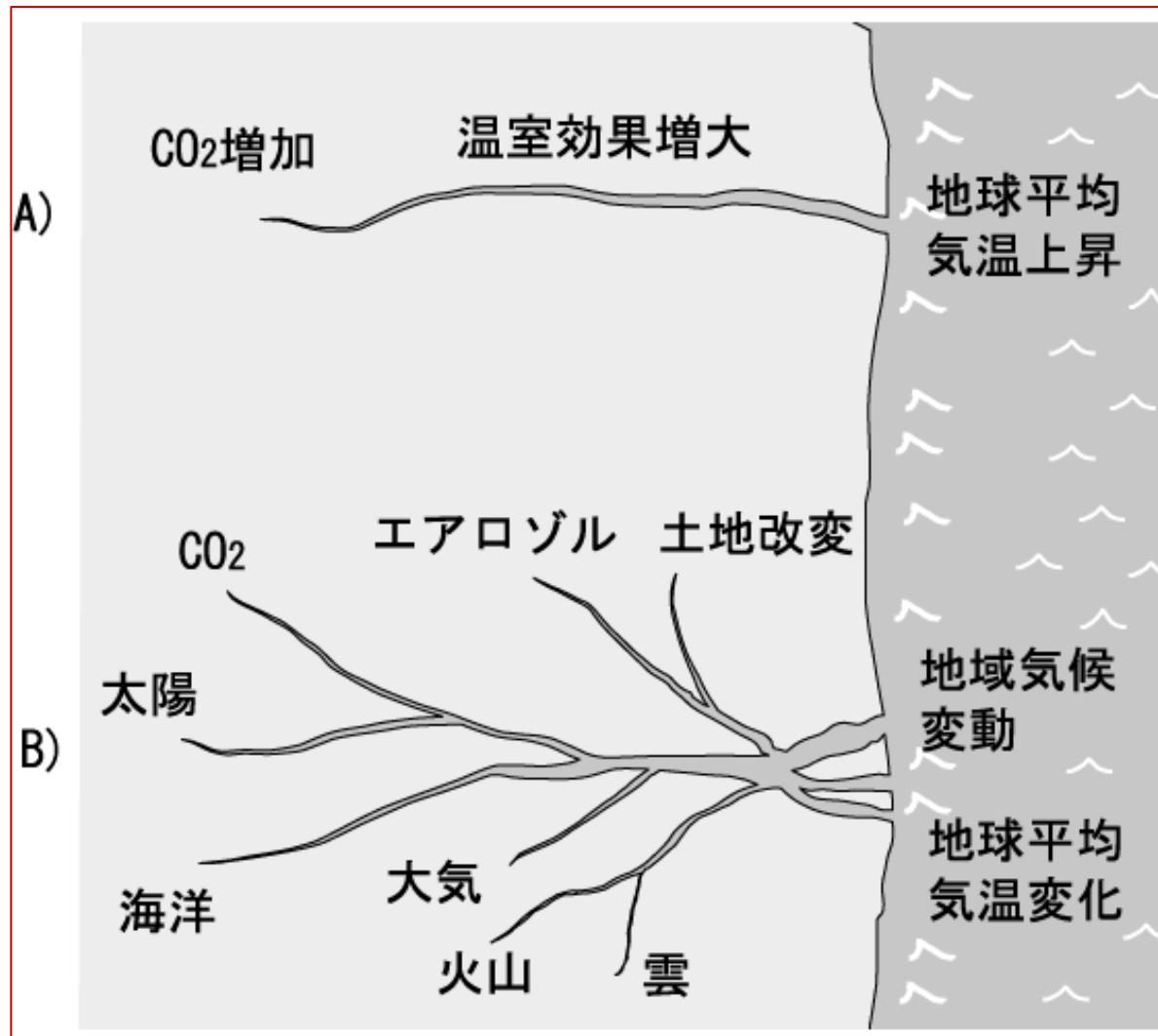
対策

地球的 地域的 局所的

平均的 ← → 個別的

適当な対策

単純化の利点と弊害



単純化:

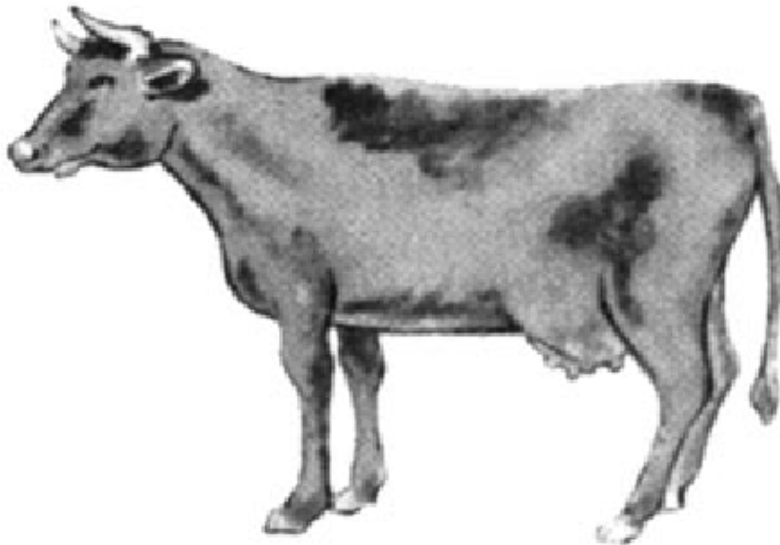
- 西洋的感性
- 科学に適する
- 現実と乖離の傾向
- 対策に不向き

伊藤公紀、「地球温暖化の心理学」、パリティ、2012年1月号
ニスベッ『木を見る西洋人、森を見る東洋人』ダイヤモンド社

最近の社会認知論・心理学の成果



どの2つを一緒に
するか?



西洋：性質に注目

東洋：関係に注目

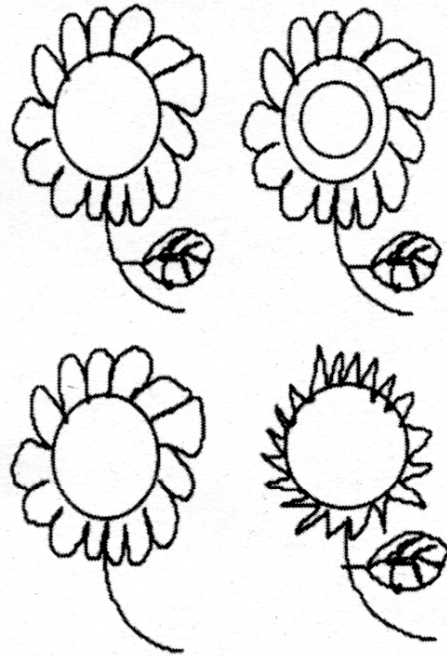
観点の多様性

Fig. 1. "Which two go together?" Item from Chiu (28) test.

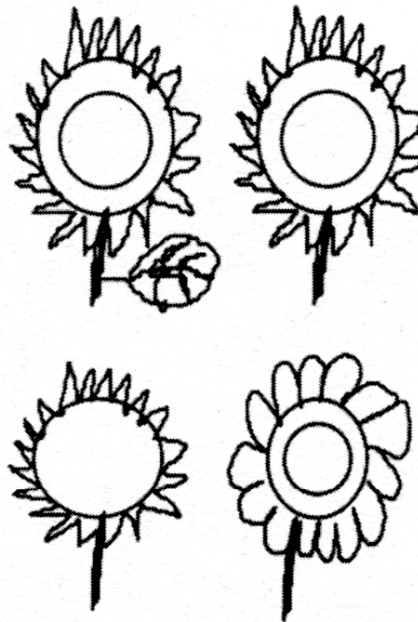
R. E. Nisbett and T. Masuda, Proc. Nat. Acad. Sci., 100 (2003) 11163-11170.

R. ニスベット『木を見る西洋人、森を見る東洋人』(ダイヤモンド社)

グループ1



グループ2



「ターゲット」の花をどちら
のグループに入れるか



「家族的類似性(東洋
的)と規則(西洋的)のど
ちらにもとづいて類似
性が判断されるか」

ターゲット



R. E. ニスベツト 「木を見る西洋人、
森を見る東洋人」 p. 161

西洋的なものの見方、考え方の特徴

分析的、理想化、単純化、狭い、好奇心、文脈無視

→ 科学に向く [特に純粋科学]

東洋的なものの見方、考え方の特徴

総合的、現実的、複雑、広い、訳知り顔、文脈重視

→ 実務・対策に向く [環境学、医学]

	健康的	病的
非合理	混沌、一体、 東洋医学	混乱、停滞
合理	整然、調和、 西洋科学	合理的愚か者

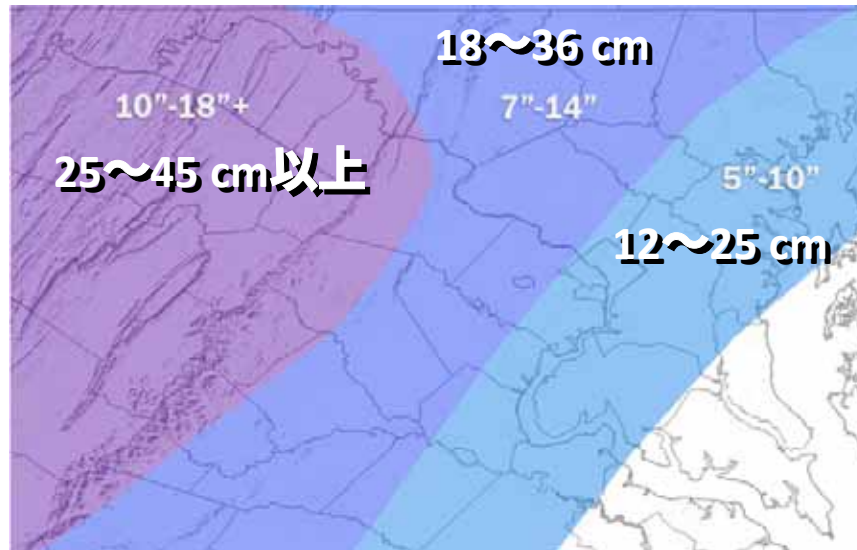
東西メンタリティの整理例(伊藤、『パリティ』、2012年1月号)

つい先日の例 (アメリカ東海岸の積雪予報)

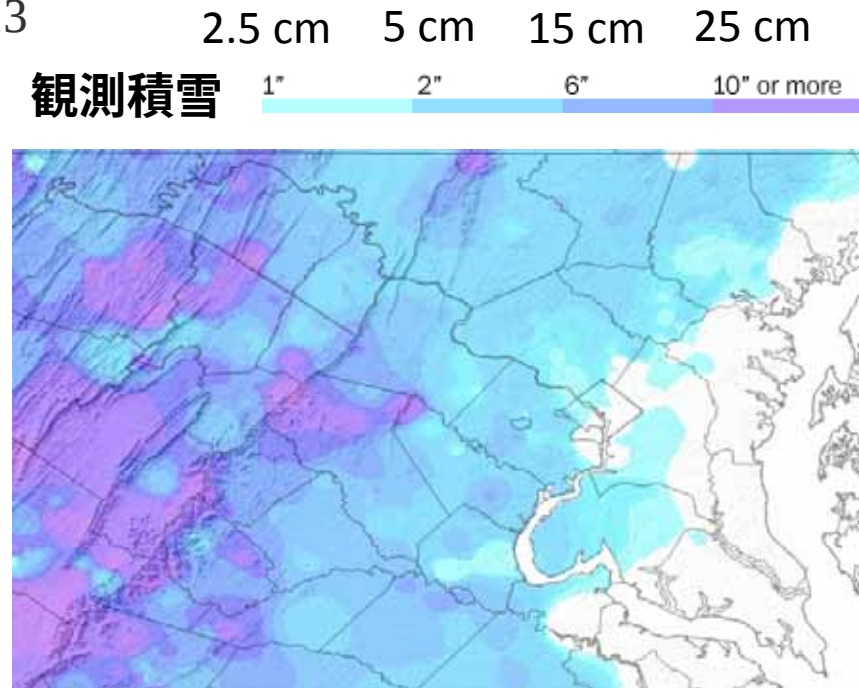
Forecasts and probabilities

Posted by Joel Achenbach on March 7, 2013

予報積雪



観測積雪



「モデル予報は大雪だったが、雪はあまり降らなかった。」
「しかし、コンピューターモデルを責めるよりも、私は嵐を責めたい。モデルは良かった。自然のせいで台無しになったのだ。」 J. アシェンバッハ (レポーター、ワシントンポスト紙)

<http://www.washingtonpost.com/blogs/achenblog/wp/2013/03/07/forecasts-and-probabilities/>

対策・政策

科学は西洋的視点で
対策は東洋的視点で

分析的・理想主義
VS
総括的・現実主義

参考: R. ニスベット『木を見る
西洋人、森を見る東洋人』(ダ
イヤモンド社)

原因除去
VS
回復力強化

*脆弱性・回復性に着目→持続性

*文脈を重視→エネルギー形態等、適材適所

4. 対策とエネルギー

4.1. 気候変動の全体像

- ・西洋的視点と東洋的視点

4.2 原発の問題点

- ・具体的問題点—技術的、経済的、社会的

4.3 エネルギー政策と技術

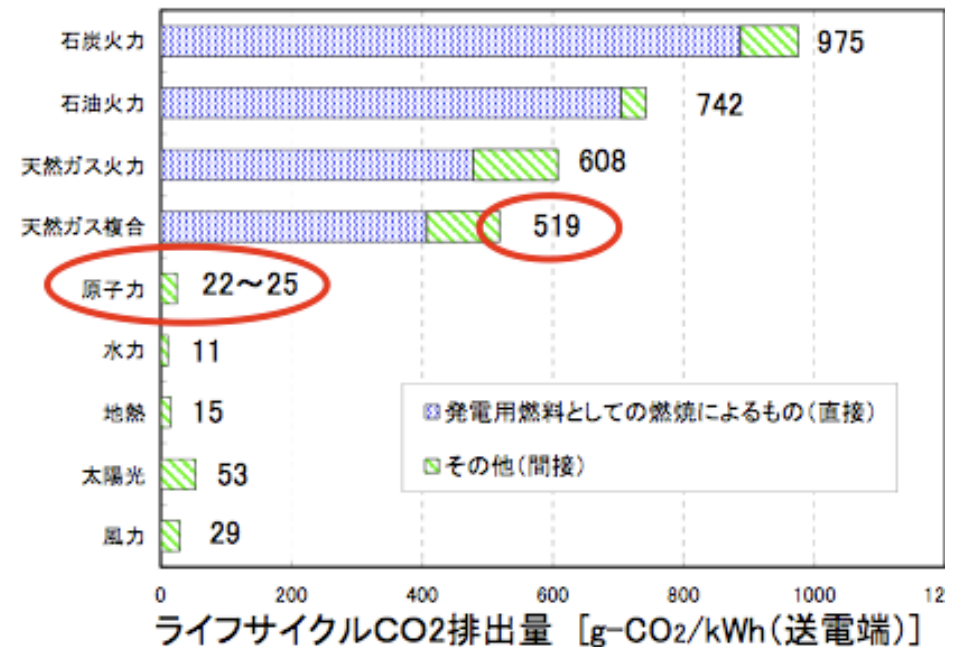
- ・自動車、バイオ燃料、石炭、潮汐力、太陽

原発の問題点

日本が原子力を推進する理由

- ・温暖化対策
- ・エネルギー密度
- ・エネルギー安全保障
- ・日本の技術力
- ・発電コストの安さ
- ・核武装の可能性

各種電源の発電量当たりのCO₂排出量(メタンを含む)



原子力発電所

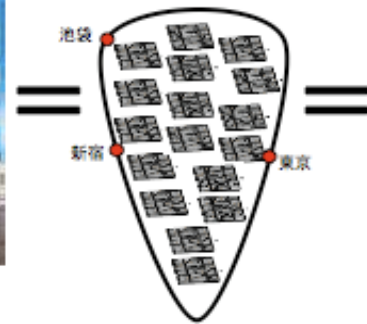
100万kW級一基
(3000億円)



※現在55基稼働

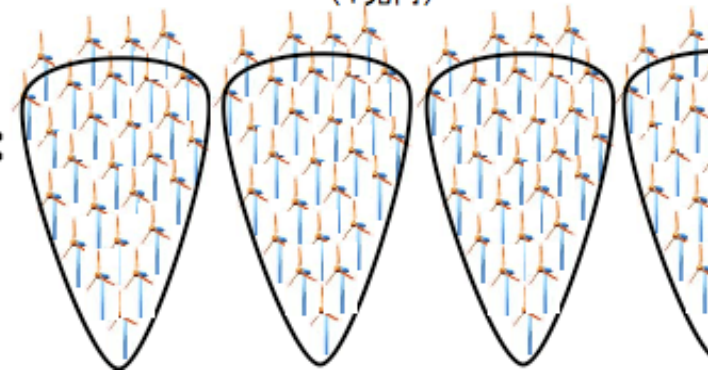
太陽光発電

山手線一杯の面積(約67km²)
(6~7兆円)



風力発電

山手線の3.5倍の面積(約246km²)
(1兆円)



参考:
「事故時30 km
圏内」の面積
= 706.5 km²

図:「原子力立国計画」資源エネルギー庁(2006年)

環境情報谷生研・出脇氏協力

原発の問題点

技術面

安全対策－事故の**リスク評価**と安全神話

放射性廃棄物処理－技術未完成・処分場未定

高速増殖炉－冷却用溶融ナトリウム漏れ

経済面

ウラン資源－埋蔵量は70年分程度

コスト－従来値は問題大(揚水発電分を除外etc.)

社会面

労働問題－放射能被曝と使い捨て(「原発ジプシー」)

格差問題－補助金依存と地域格差

安全保障問題－プルトニウム蓄積と核拡散

原発事故の確率

種々の報告における原子炉大事故の確率（ここで「年」は原子炉の運転年数）

報告	発表年	大事故確率
アメリカ原子力委員会, 1975年 ラスムッセン報告		炉心溶融・放射線漏 1万年に1回 洩なし
		炉心溶融・放射線漏 10万年に1回 洩あり
		壊滅的事故 10億年に1回
M.B. Sattison	2004年 (総説)	深刻な炉心損傷 435年に1回 (1969-1979年につい ての前駆事象解析)
		同 (1980-1981年に 6250年に1回 についての解析)

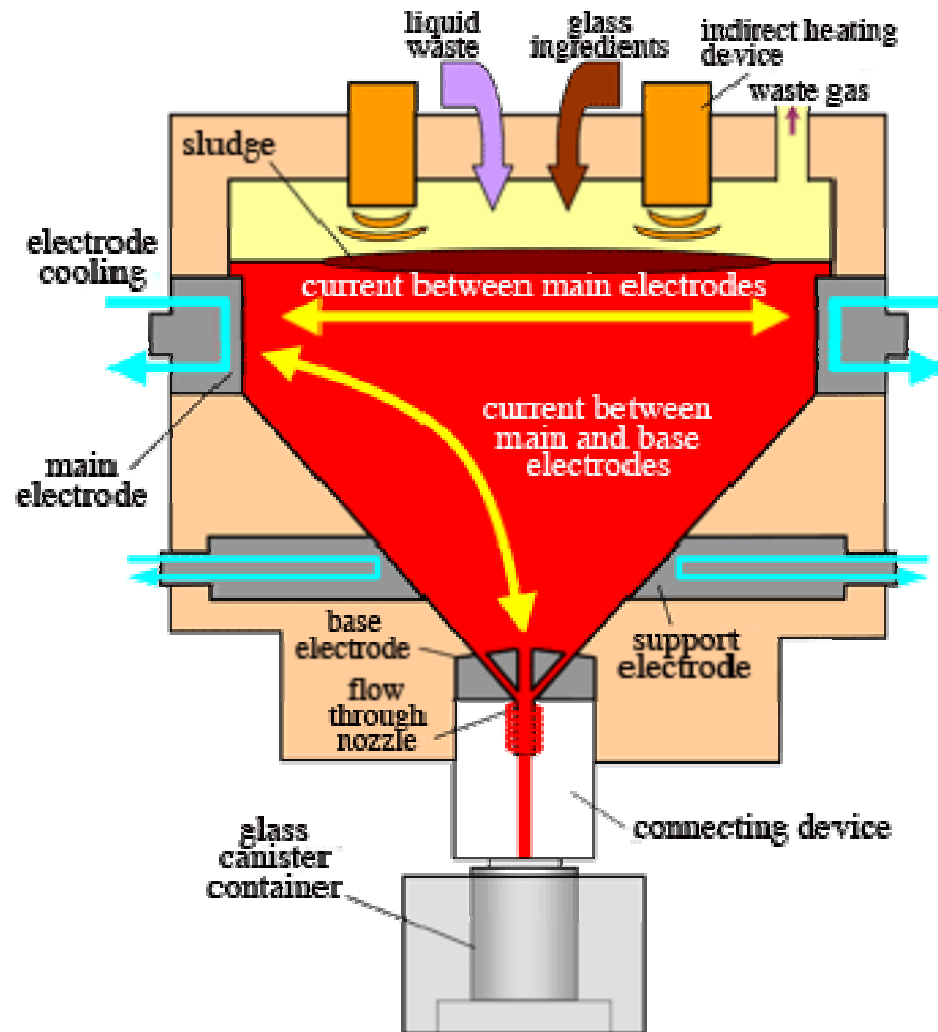
全世界で430基の原発

6250炉年/430炉 = 約15年に一度の大事故

→ スリーマイル島、チェルノブイリ、福島(40年で3回)

伊藤公紀『これだけ
知っていれば安心! 放
射能と原発の疑問50』
日本評論社, p.3

高レベル放射性廃棄物処理ーガラス固化体



High Active Liquid Waste Vitrification Equipment Outline
(Glass Melting Furnace)

“Liquid Fed Ceramic Melter”
(LFCM)

液体供給セラミクス溶融炉

*炉材の寿命～5年

*大型化可能 (3m×3m×3m)

*炉下部に白金族元素が蓄積、
溶融ガラスの降下を妨害

*炉温度の1200℃保持不能

フランス式:

放射性廃棄物の「乾燥・酸化物
化」と「ガラス固化」の二段型

*インコネル(Ni主成分合金)製
溶融炉の寿命、6ヶ月～1年

*誘導加熱、スケールアップ困難

ガラス固化体の最終処分に適した場所の条件

- 1) 岩盤の厚さと大きさが十分で、十分な深さにある。
- 2) 地下水の条件が単純で良くわかっていて、周囲が水を通しにくい。
- 3) 地質学的に長い安定な歴史を持ち、活断層がなく、地震が頻発しない。
- 4) 熱伝導率が適当である。
- 5) 化学的条件が適切である。イオンの吸着量や交換量が大きく、熱的に安定である。
- 6) 開発をしたくなるような資源の埋蔵がない。
- 7) 資源開発が行われたことがない。
- 8) 処分場の建設や操業に適していて、埋め戻しと密閉ができる。

イギリスでは、この条件を満たす地点が
国内に100か所、国土の面積の約16%
日本は？

伊藤公紀『これだけ知っていれば安心! 放射能と原発の疑問50』日本評論社, p.9

4. 対策とエネルギー

4.1. 気候変動の全体像

- ・西洋的視点と東洋的視点

4.2 原発の問題点

- ・具体的問題点ー技術的、経済的、社会的

4.3 エネルギー政策と技術

- ・自動車、バイオ燃料、石炭、潮汐力、太陽

電気自動車のCO₂排出評価(Life Cycle Analysis)

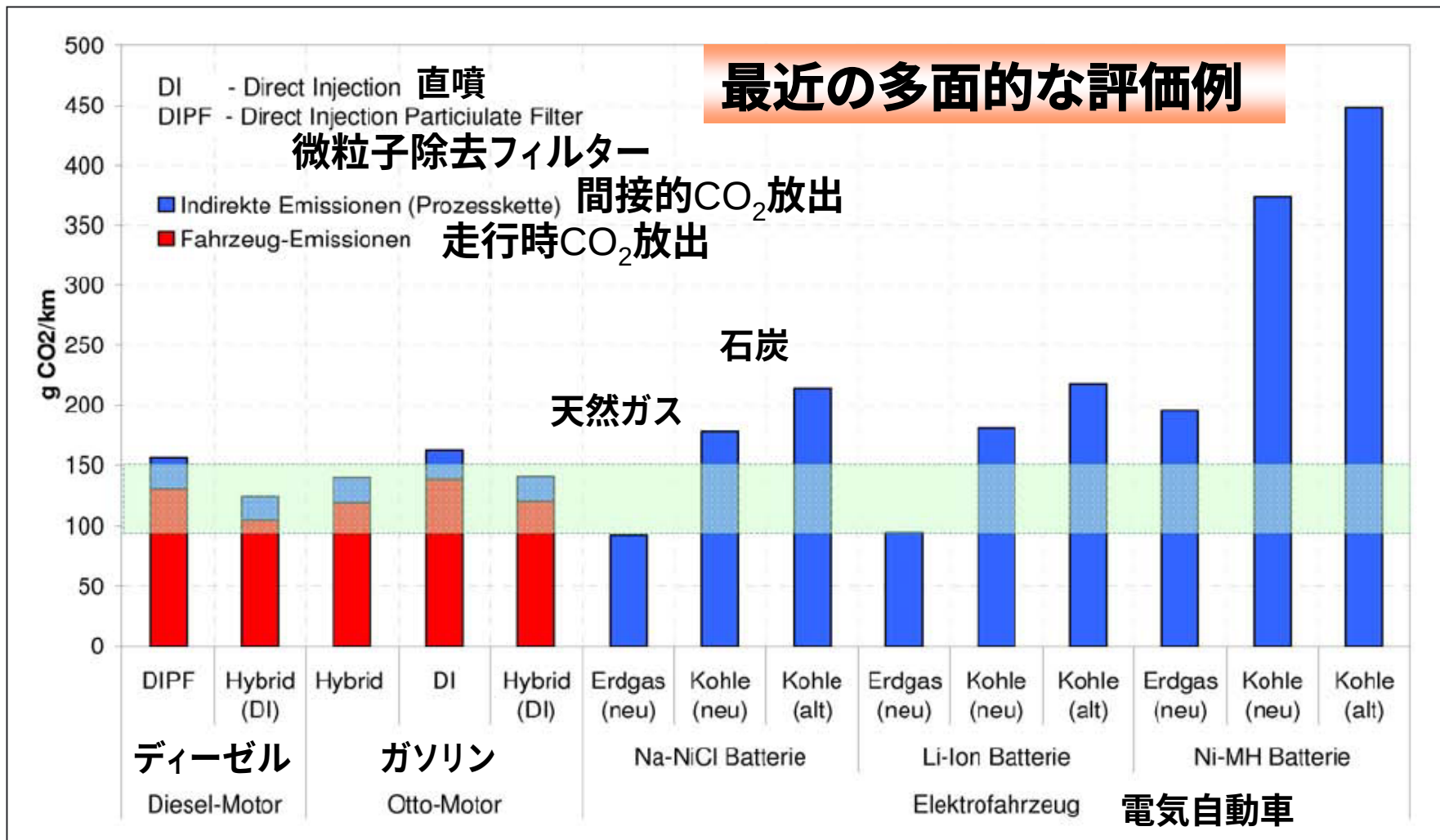


Abbildung 5-2: Spezifische Emissionen verschiedener Fahrzeugantriebe und Prozessketten der Energiebereitstellung sowie zum Vergleich die Emissionen (grüner Korridor) bei einer heutigen nicht ausschlaggebenden „Kleinflotte“ und heutigem Kraftwerksmix

World Wildlife Foundation (WWF) + IZES, a German institute for future energy systems

<http://www.wwf.de/downloads/publikationsdatenbank/ddds/30496/>

空気自動車・圧縮空気車



圧縮空気車って何？

圧縮空気車 (compressed air car) は、圧縮空気を内燃機関の動力とする自動車のこと。走行中に空気以外の排気ガスを出さない。タタ・モーターズ (インド)、MDI (フランス) を含む複数の企業で、試作車の開発が推進されている。

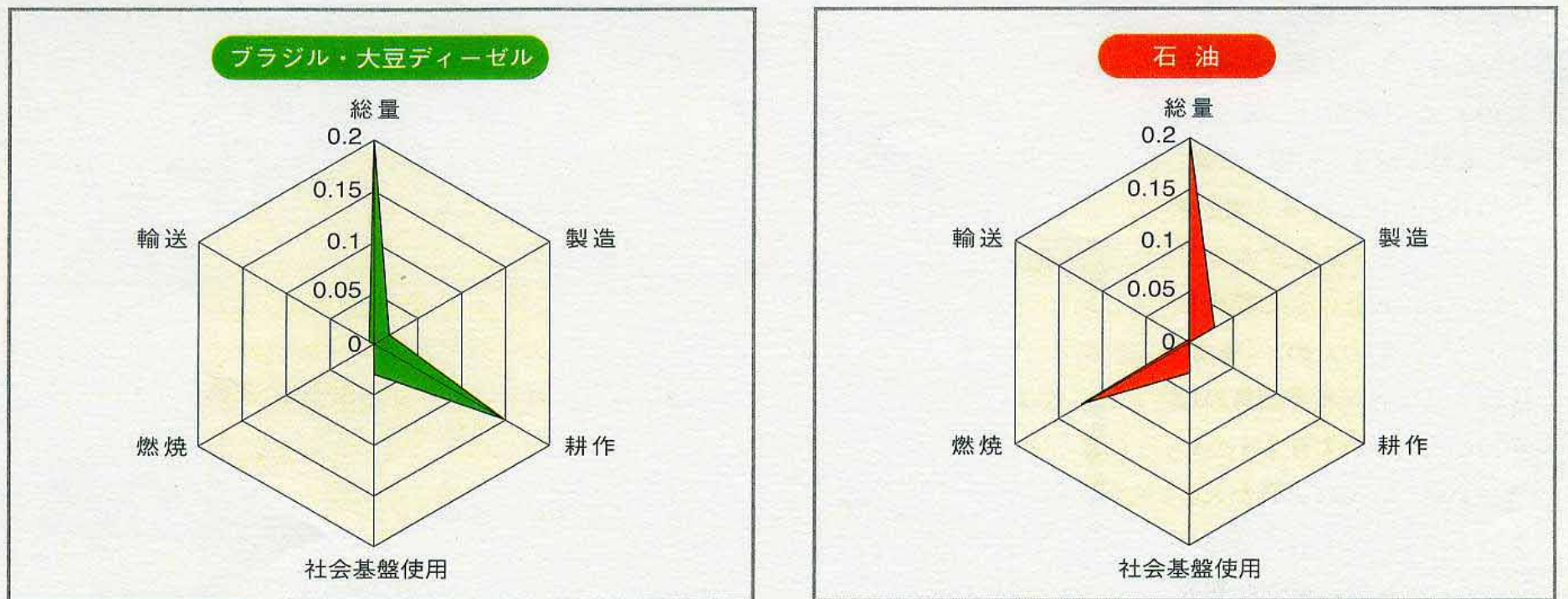
- ・車体を軽くできる (少ないエネルギーで車体を動かせる)。
- ・高価な素材をほとんど使わない。
- ・走行時のCO₂、NO_x排出量がゼロ。
- ・製造コストが安い。



インドのタタ、圧縮空気で動くクルマ発売

発生馬力こそ15／22馬力となっているが、最高速度は時速90／110km。シャシー内にカーボンファイバー製のタンクを搭載し、ちょうど3分という短時間で圧縮空気の補充が完了。圧縮空気だけで移動して4時間の走行が可能だという。さらにガソリンエンジンコンプレッサーを搭載することで、走行距離の延長を図ることも可能で、加えて長距離旅行などの場合には多種の液体燃料を使用できるバーナーで空気を暖めることで圧縮空気の圧力を高め、800kmの走行もできるようになるという。その場合でも、約66km／L、約59km／Lの燃料消費率だということから驚き。

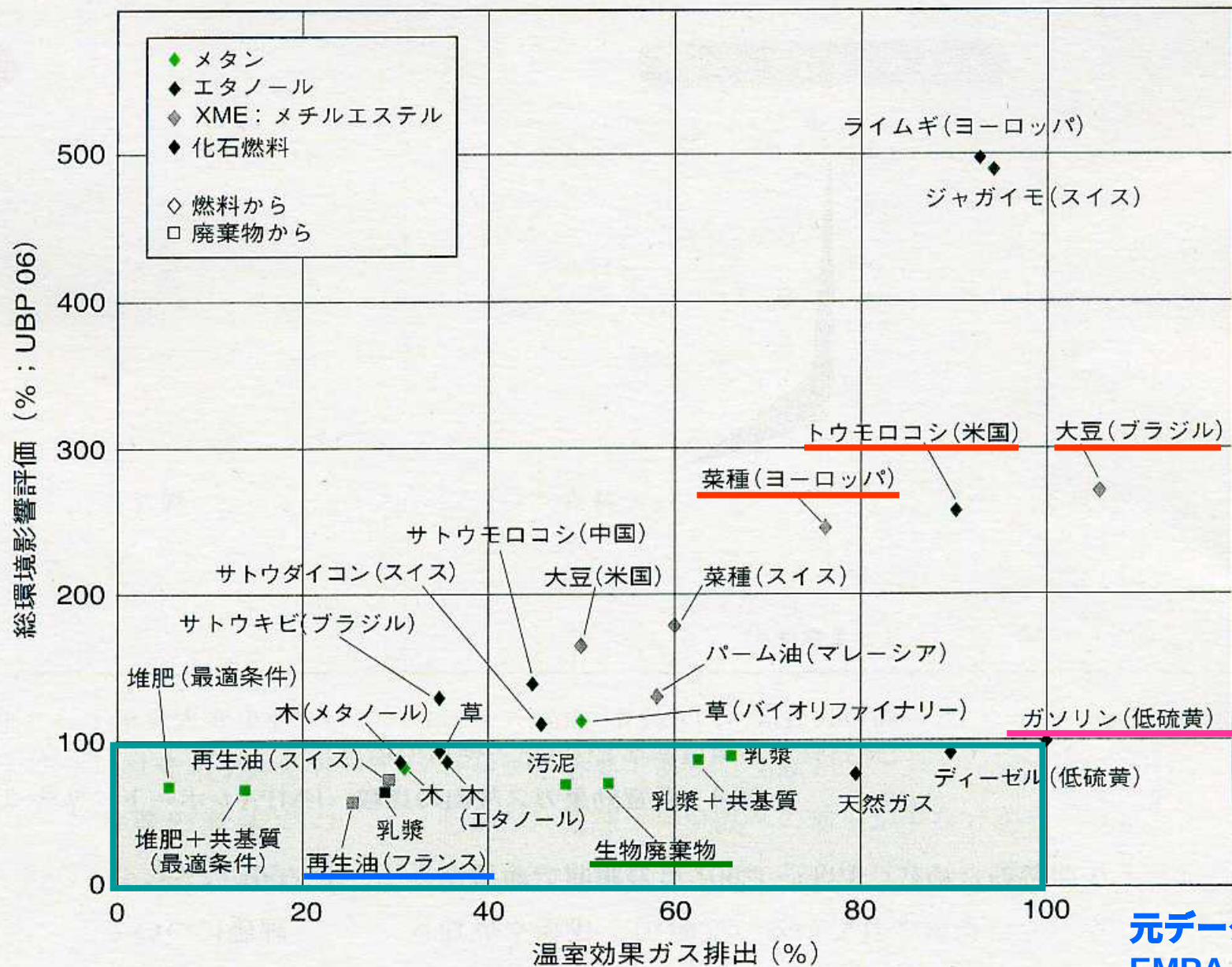
バイオ燃料はカーボンニュートラル？



軸の数値は、CO₂換算 [kg/人・km]。左はブラジル大豆ディーゼル、右は石油（ヨーロッパ環境基準EURO3で使用の場合）。

図4 温室効果ガス放出の比較（EMPAレポートに基づく）

伊藤・本藤、「バイオ燃料の可能性とリスク」、現代化学、2007年10月号、52-58
元データはZah et al., EMPA report, 2007



元データはZah et al.,
EMPA report, 2007

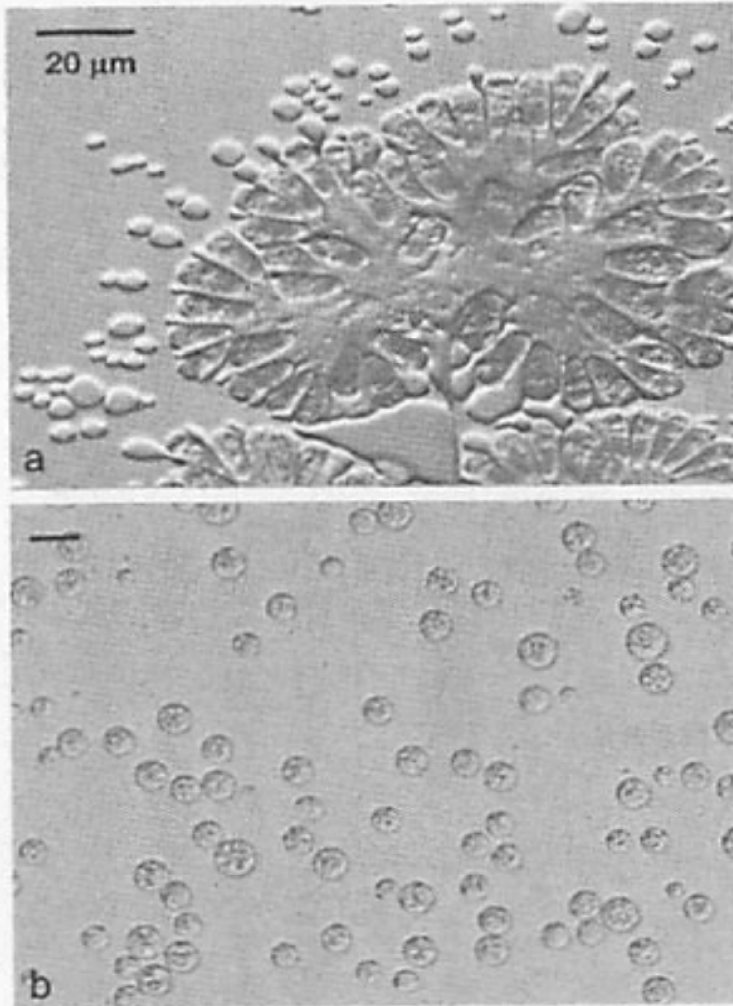
色の領域にあるものは、ガソリンよりもCO₂放出量を制限でき、環境影響も低いもの。

図3 各燃料に対する温室効果ガス放出と環境影響の評価値 (EMPAレポートより)

伊藤・本藤、「バイオ燃料の可能性とリスク」、現代化学、2007年10月号、52-58

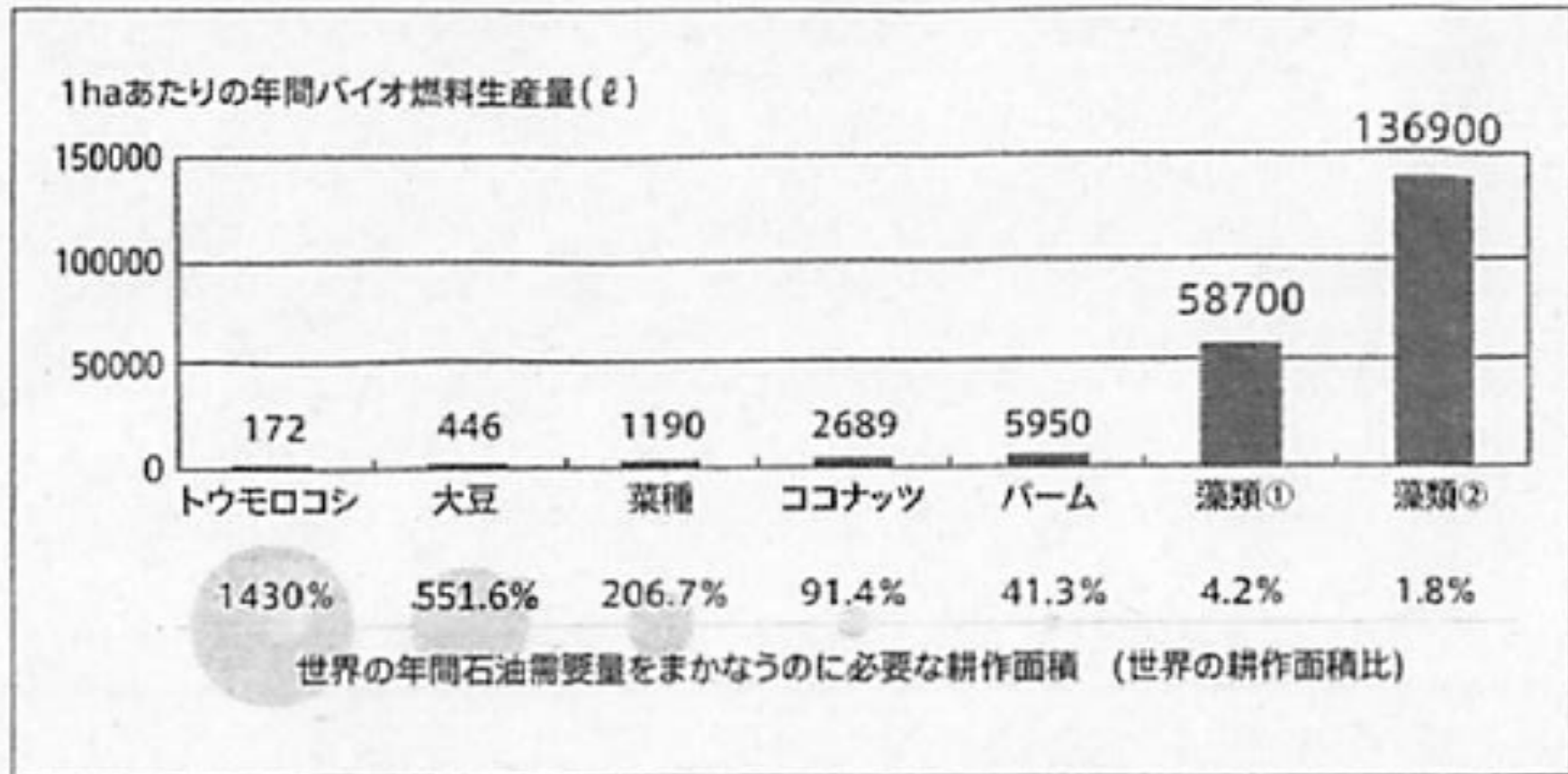
石油生成藻類

図2 ポトリオコッカス(a)と
オーランチオキトリウム(b)



- ・ B重油(残渣油+軽油)相当の性質
- ・ 既存の石油精製システムを利用可能
- ・ 乾燥重量の20-80%のオイルを蓄積
- ・ ボトリオコッカスはオイルパームの3-6倍の生産効率、オーランチオキトリウムはその10倍
- ・ 活性汚泥の代わりに使用可能

図1 油脂植物と藻類のオイル生産効率の比較

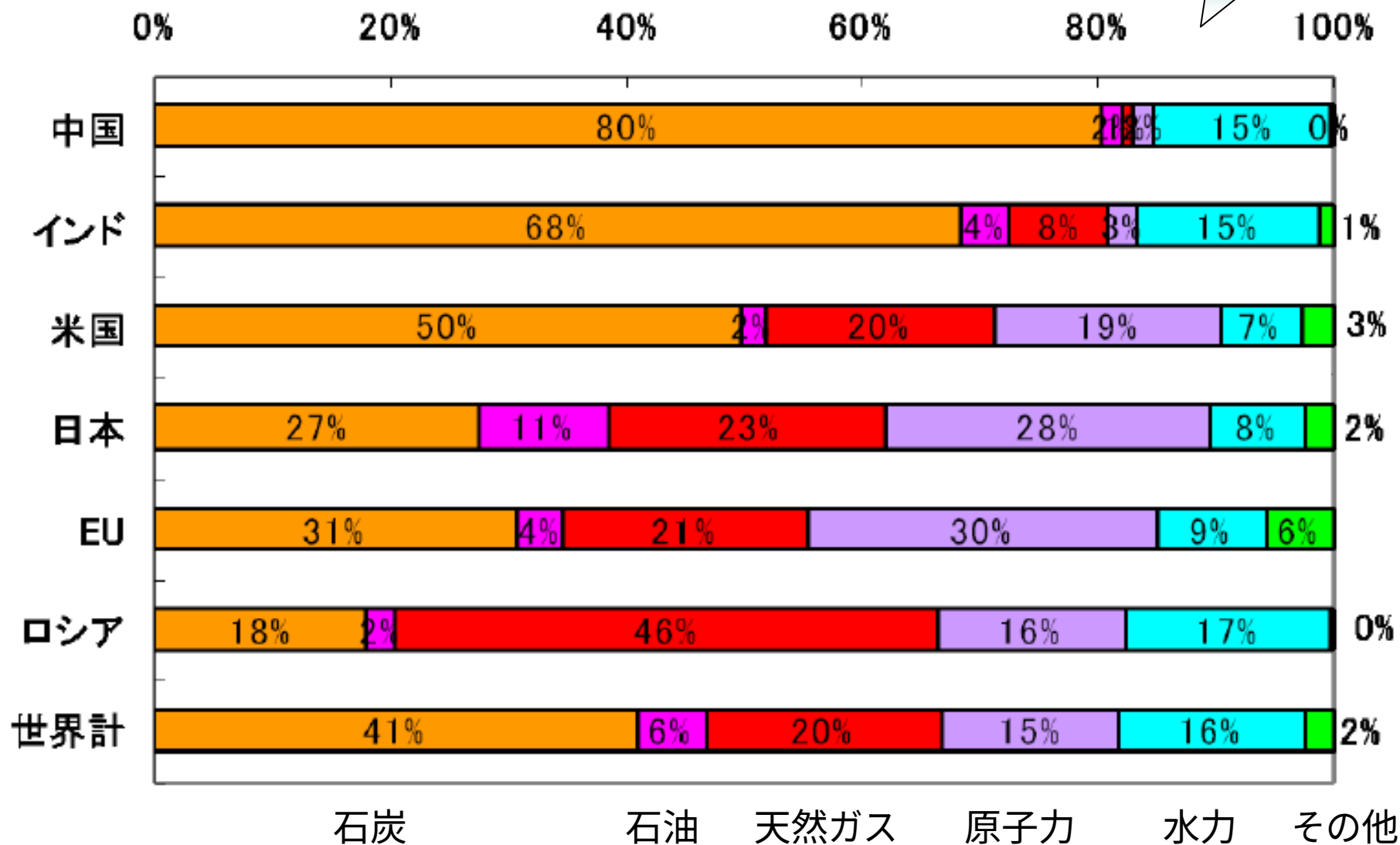


世界の石油需要量、約50億トン

渡邊信「石油精製藻類を利用した新エネルギー開発」、
『学会会報』No.899 (2013-II), pp.53-56

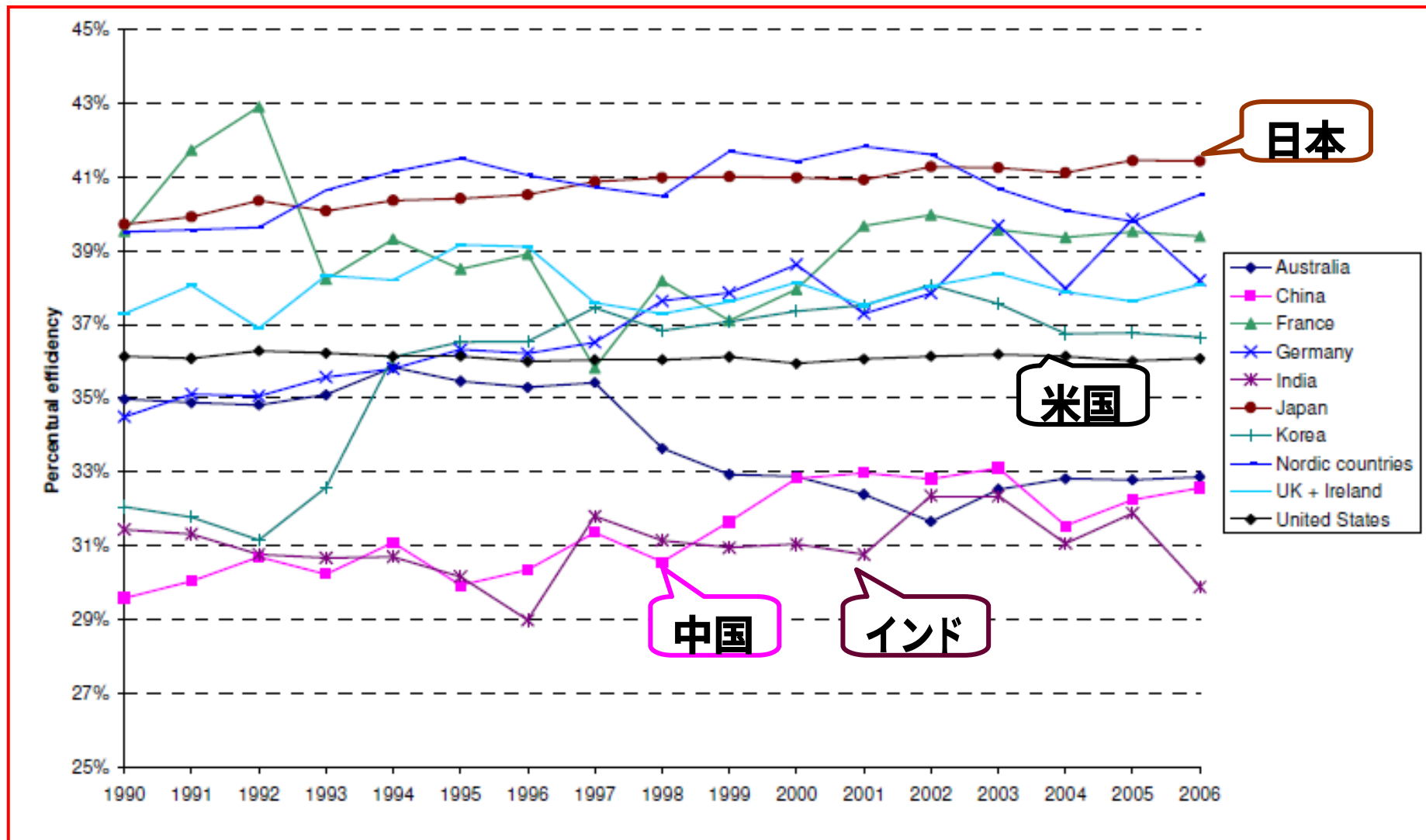
石炭火力発電の重要性

発電内訳



中垣喜彦(電源開発)

www.brain-c-jcoal.info/news_images/cleancaolbukai_02_nakagaki.pdf

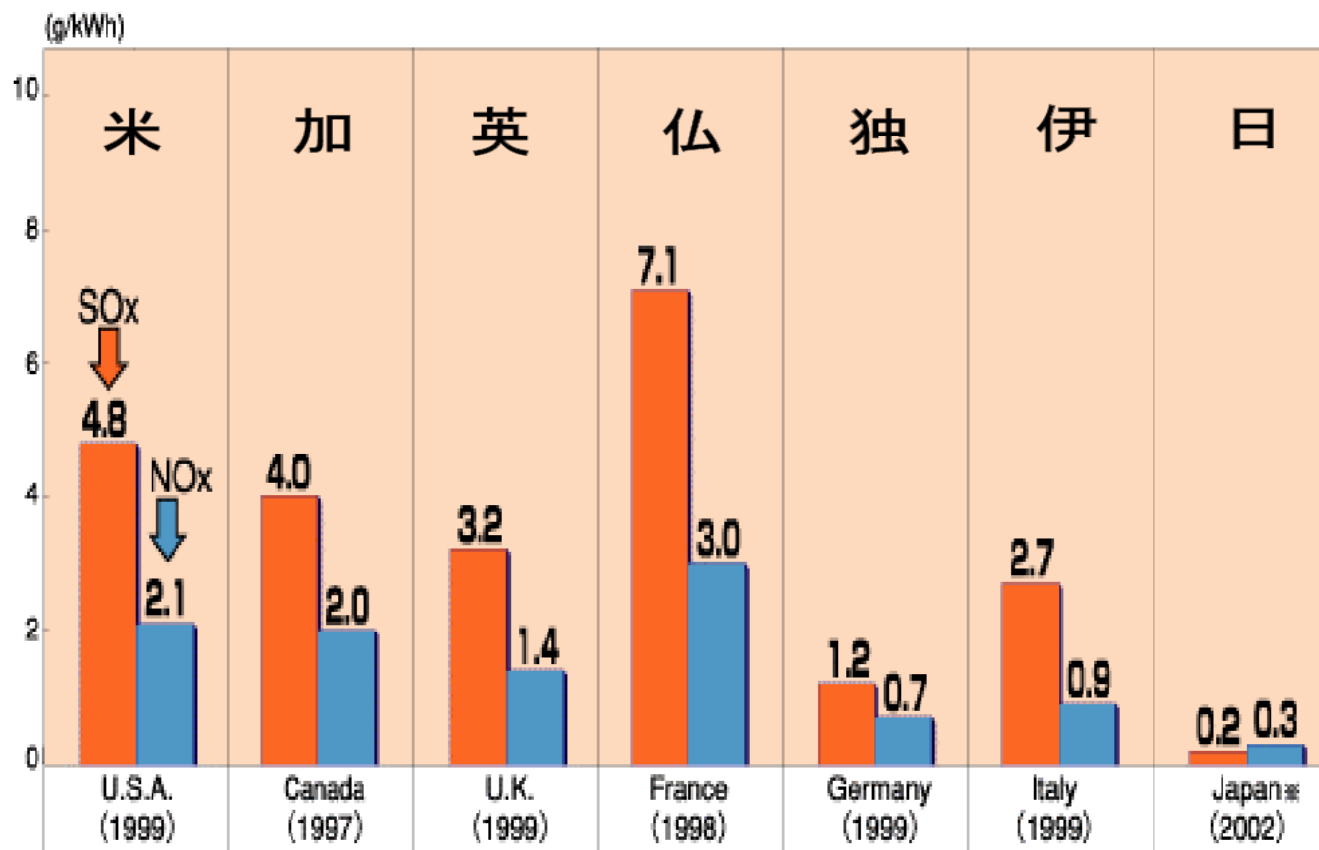


石炭火力発電の効率(国別)

Wina Graus (w.graus@ecofys.com), Ecofys Netherlands bv Project number: PECSNL084467, November 2009

日本の技術について

SOx and NOx Emissions per Unit of Electricity Generated by Thermal Power in Each Country



※(10 electric power companies and Electric Power Development CO.,LTD)

Sources: OECD Environmental Data compendium 2002
 ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 1996-97, 1997-98, 1998-99, 1999-2000.
 JAPAN: The Federation of Electric Power Companies.
 NOx value in Canada is that in 1986.

火力発電における
 SOx, NOx発生量
 の各国比較
 (g/kWh)

谷明人(資源エネルギー庁)
eneken.iecej.or.jp/data/pdf/1428.pdf

アメリカでも健康
 被害あり

死亡23,600/年

損失労働時間
 3,186,000 h

有効利用すべき

http://earthpolicy.org/Updates/2008/Update70_data.htm

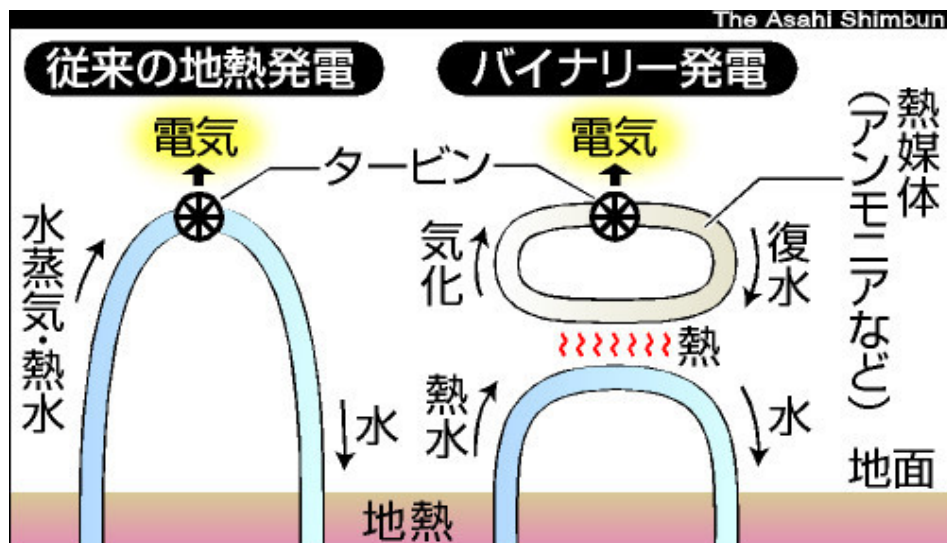


地熱バイナリー発電

温泉発電広がるか 60度でOK、設備も小型

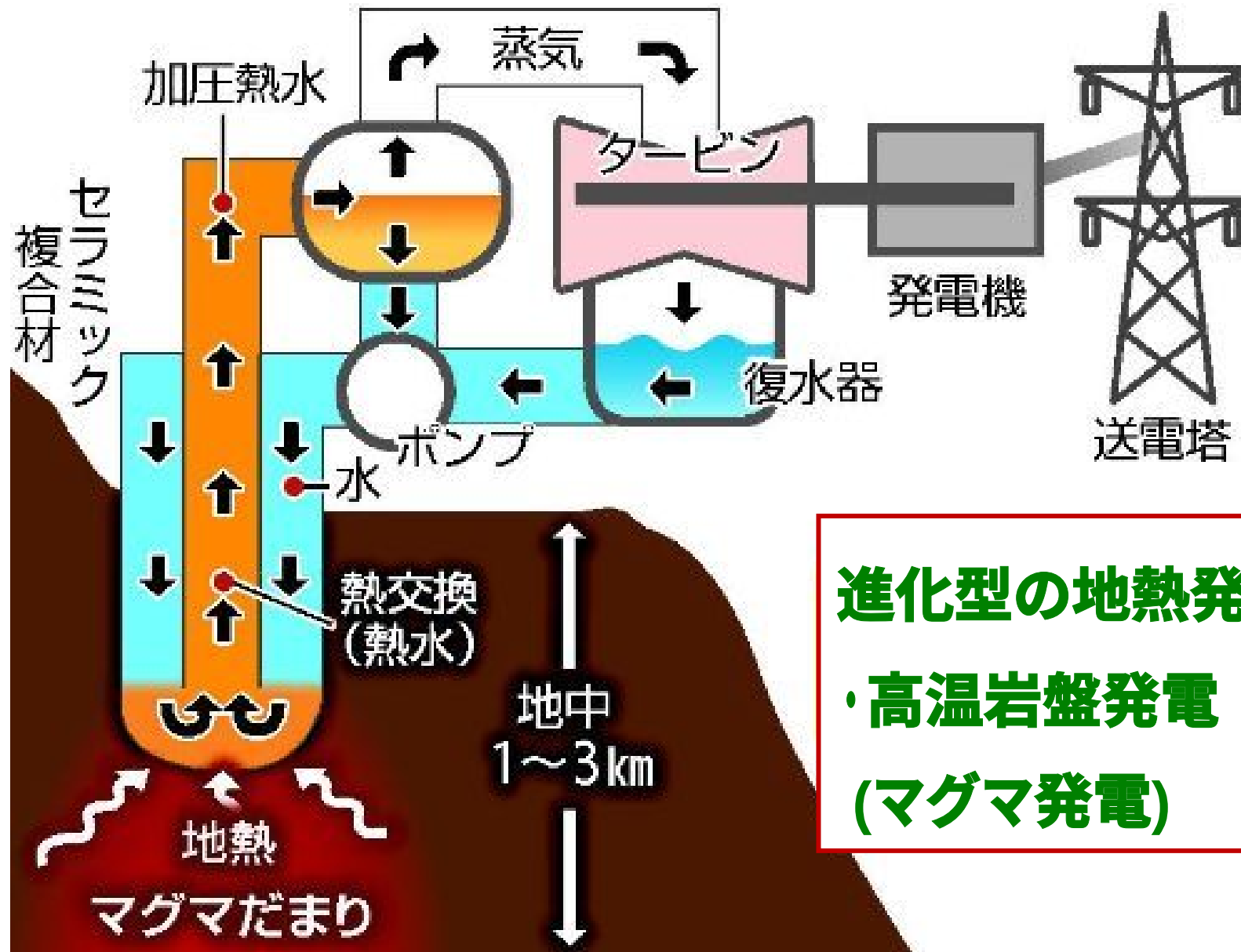
九州電力・八丁原 (はっちょうばる) 地熱発電所
出力11万kW

バイナリー発電施設は2千kW (沸点36°Cのペンタン使用), 発電単価6~7円前後/kWh



バイナリー発電に有望な53~120°Cの地熱資源が合計833万キロワット分あるとの推計。現在稼働している地熱発電設備の合計53万キロワットの約16倍、**中型の原発約8基分**にあたる。**通常**の地熱発電の有望資源と合わせると1,258万キロワットに上る。

通常の地熱発電は160°C以上必要



進化型の地熱発電
・ **高温岩盤発電**
(マグマ発電)

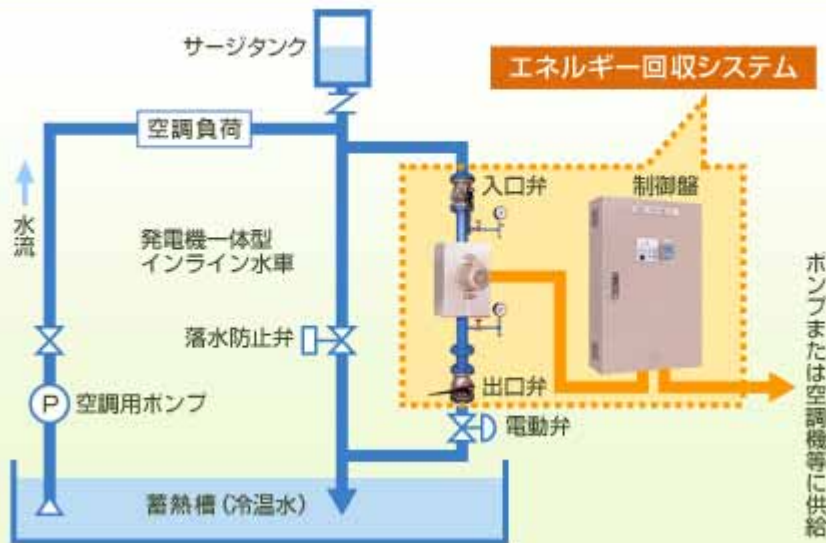
エネルギー回収システム(マイクロ水力発電)

9kWマイクロ水車発電機



オフィスビルやホテル、病院、工場の空調設備、工業用水の配管設備などには、冷却水や循環水といった、これまで見逃されていた未利用の水力エネルギーがあります。日立産機システムは、これを利用して10kW以下のマイクロ水力発電を行う「エネルギー回収システム」を提案しています。

3kW機種インライン設置例



富士ゼロックス岩槻事業所(埼玉県)の例。

空調設備の冷水を利用して発電を行うエネルギー回収システムを採用。システム第一号機として稼働を始めた2003年以降、年間約4万2,000kWhの電力を発電し、廊下やエレベーターの照明用などに利用。

Si太陽電池の工夫

Sliver cell

短冊形太陽電池

価格現状例

35.3V、4.76A。Wあたりの単価が500円ちょっとのもっともコストパフォーマンスが高い太陽電池です。

http://www.greenpost.jp/02_ne/pv/004_pvtable.html

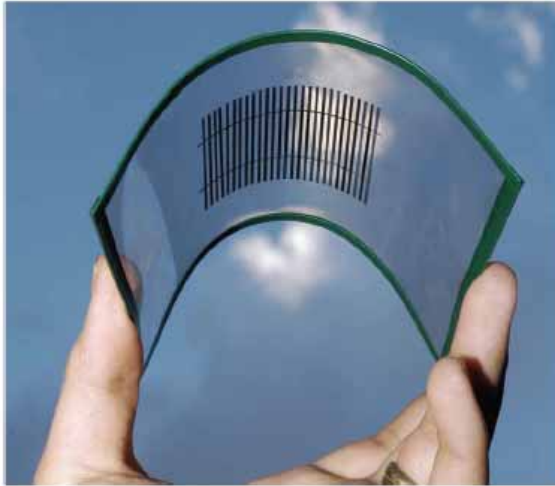


PROFILE: ANDREW BLAKERS AND KLAUS WEBER

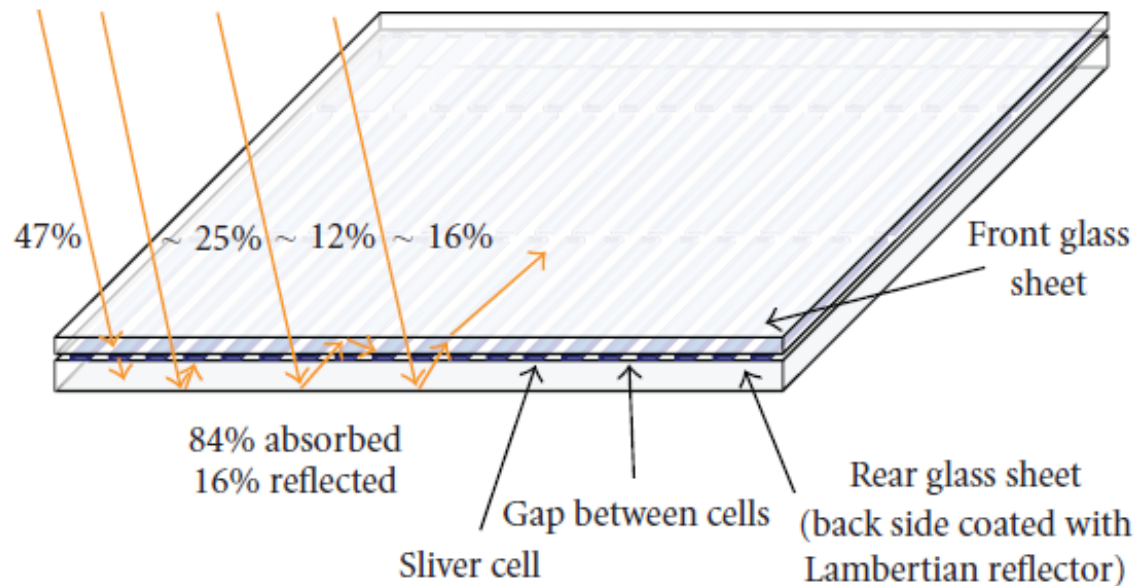
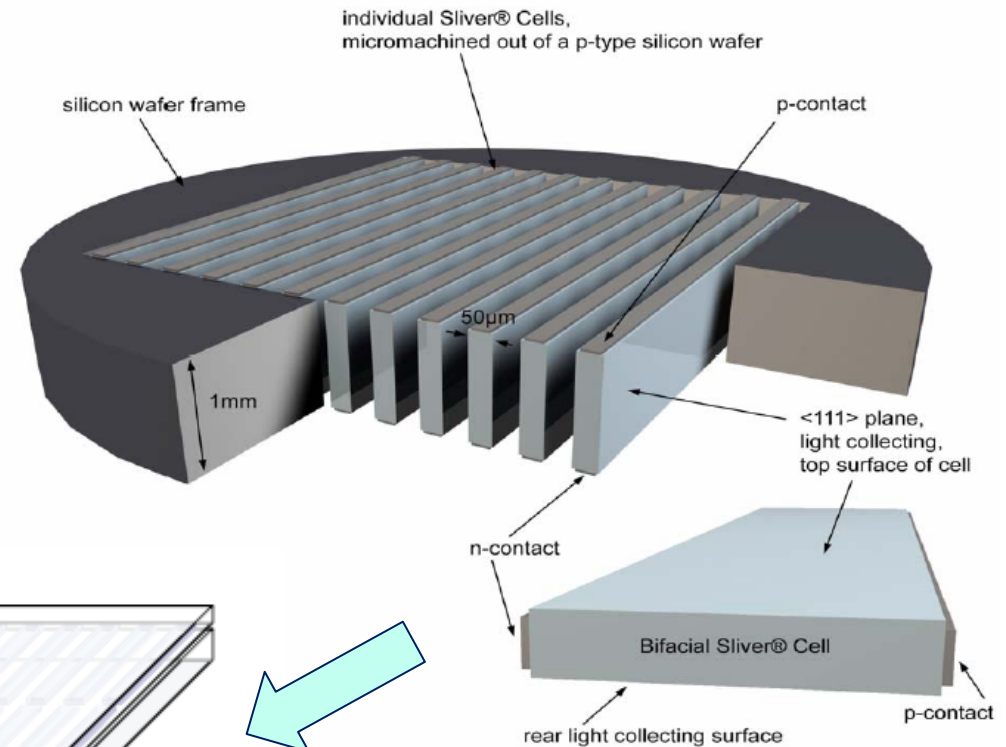
Eureka Moment Puts Sliced Solar Cells on Track

シリコンウェハー(厚さ～1mm)を厚さ数十ミクロンにスライス、コストを数分の1に (4.5ドル/W → 1ドル/W)

SCIENCE, VOL 315, 9 FEBRUARY 2007, p. 785



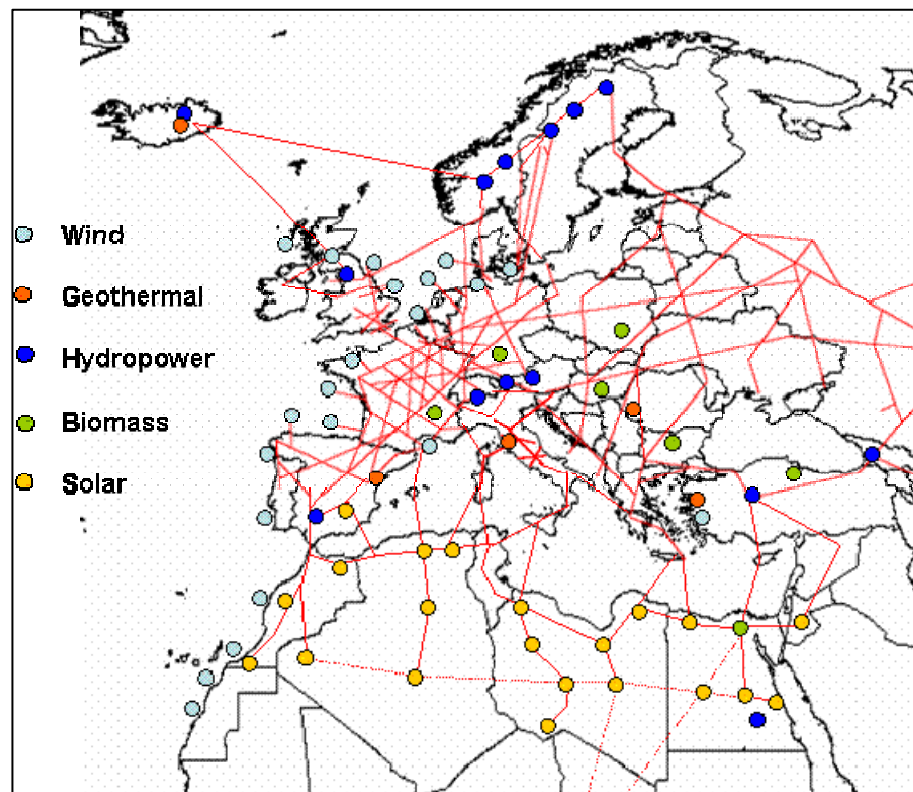
フレキシブル
にもできる



短冊形に切って並べる

E. Franklin, V. Everett, A. Blakers, and K. Weber, "Sliver Solar Cells: High-Efficiency, Low-Cost PV Technology," *Advances in Opto Electronics*, (Hindawi Publishing Corporation), Volume 2007, Article ID 35383, 9 pages, doi:10.1155/2007/35383

ヨーロッパとアフリカを 結ぶ電力網の計画

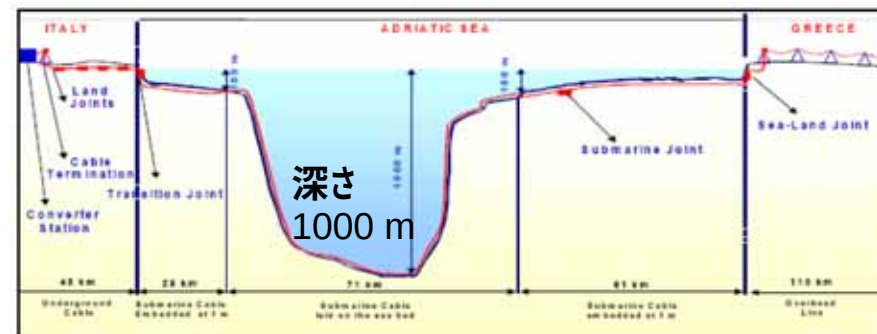


アフリカでの太陽エネルギー変換

イタリア

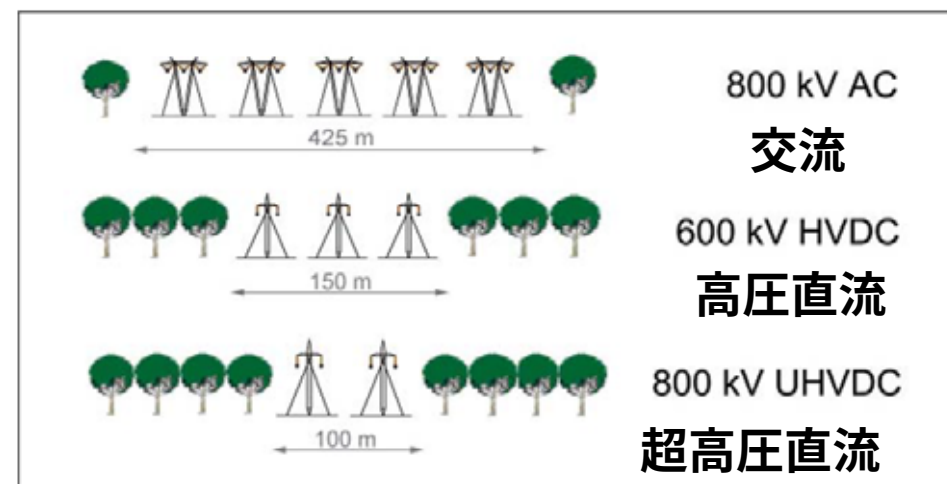
アドリア海(160 km)

ギリシャ



海底ケーブル(直流)の利用

既設例



・10 GW (1,000万kW)の電力を送るための送電線システムの比較
・直流の方がコンパクトになる

結び—どのように考えるか

*温暖化・気候変動の科学は、やっと本格的になったところ(政策に使うのは無理)

*気候変動の要因は多い(自然変動大)

*CO₂だけ見ると「合理的な愚か者」に!

*後悔しない(どっちに転んでも良い)政策、脆弱性・回復力に着目した政策を

*気候変動対策とエネルギー政策を分ける!

*「合格点」のエネルギー源の使用・開発を

- *損失と後悔度を算出して比較する
- *「どちらに転んでも良い」対策をしておくのが最善

例

- ***都市のヒートアイランド現象**
コストがかからない/マイナスになる政策も
- ***「アジア褐色雲」**
地域環境に大きな影響を与えていることが判明
- ***「植生回復」**—潜在植生に基づく宮脇方式など
自然に学ぶ植生管理法の活用

広い視点と多様な戦略から、より良い選択を!