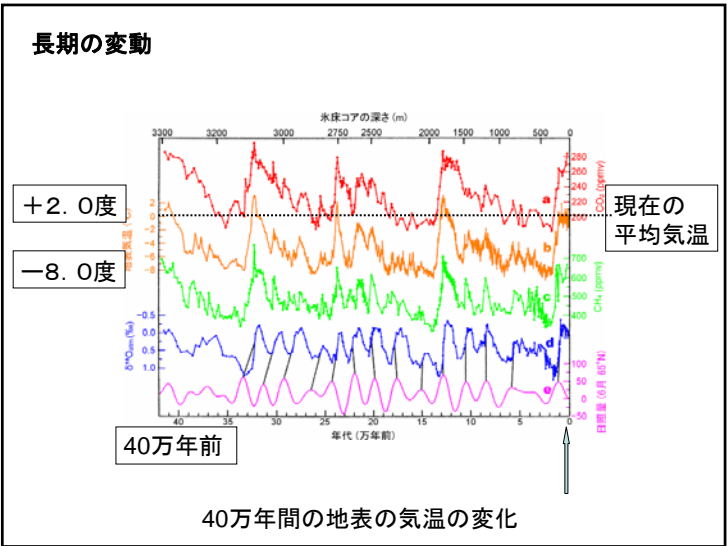
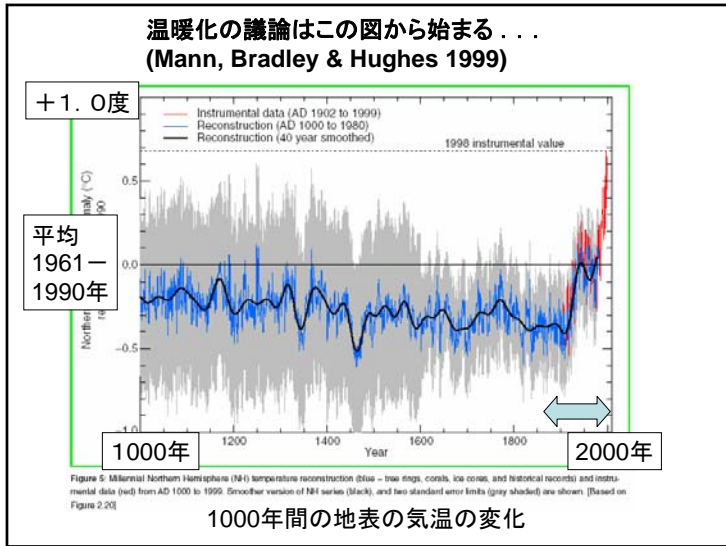


駒場冬学期総合科目  
エネルギー・地球環境問題を考える

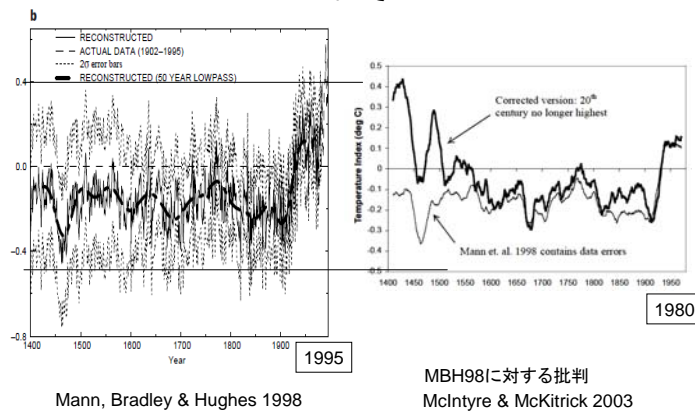
第5回 地球温暖化は本当に起こっているのか

早稲田卓爾  
工学部システム創生学科 環境・エネルギーコース  
大学院工学系研究科 環境海洋工学専攻  
<http://waseda2.t.u-tokyo.ac.jp/~waseda>  
waseda@naoe.t.u-tokyo.ac.jp





## Proxyデータの解析手法の問題、推定誤差について



Mann, Bradley & Hughes 1998

MBH98に対する批判  
McIntyre & McKittrick 2003

仮に、M&M2003が正しいとしても、1990年代の直接測定による気温(赤線)は急激に上昇していることは確かそうだ

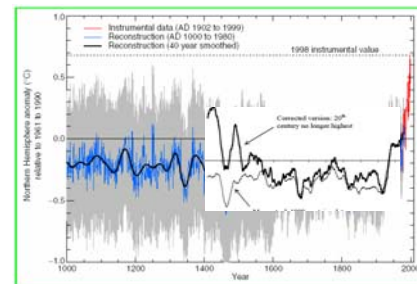


Figure 2. Millennial Northern Hemisphere (NH) temperature reconstruction. Blue - tree rings, corals, ice cores, and historical records; and instrumental data (red) from AD 1902 to 1999. Smoother version of NH series (black), and ten standard error bands (grey shaded) are shown. (Based on Figure 2.25)

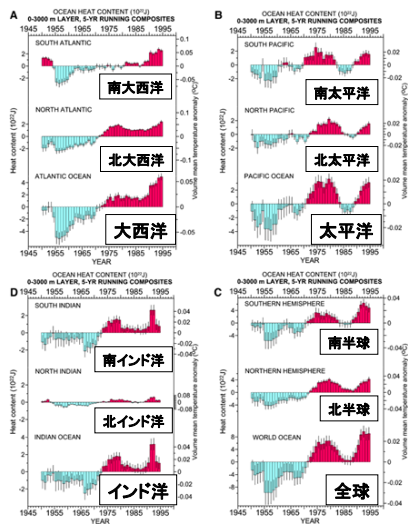
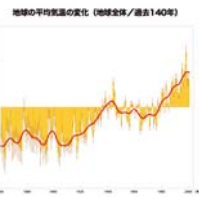
しかし、懐疑論者はここで都市気候問題(ヒートアイランド現象)を持ち出す

はたして、地表付近の温度が上昇していることは確かか？

## 海洋の温暖化 —海水温も上昇している

XBT、CTDなどの測定による温度を用いて推定した、水深3000mまでの海洋の総熱量

海水：熱容量(大気の1000倍)  
大気の総熱量が海洋表層1mに貯蔵されている



## 推定誤差と科学的なあいまいさ

- 科学者の大半は地表付近の気温および海水温が上昇していると考えている
- 気温や水温を全球にわたって連続に測定することは不可能であるため、限られた観測点における不連続なデータから推定する
- その際、推定値の統計的代表性を誤差として示す
- それを科学的なあいまいさと考えるのは正しいだろうか

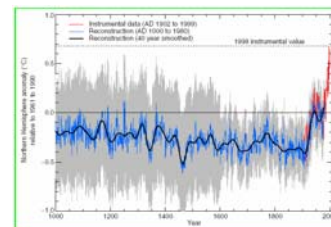


Figure 5. Millennial Southern Hemisphere (SH) temperature reconstruction. Blue - tree rings, corals, ice cores, and historical records; and instrumental data (red) from AD 1912 to 1999. Smoother version of SH series (black), and ten standard error bands (grey shaded) are shown. (Based on Figure 5.25)

では、仮に地球が温暖化していることが事実であるとしても、それが人為的要因によるものか確かか



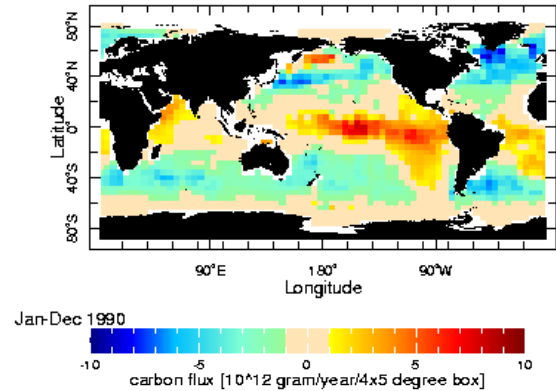


### 海洋への吸収

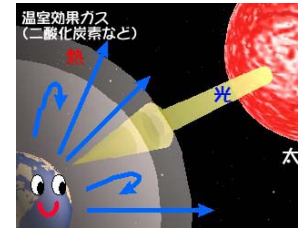
通年(1990)のCO<sub>2</sub>フラックス - 全球で約1.7PgC(大気から海)

赤: 海洋から大気へ

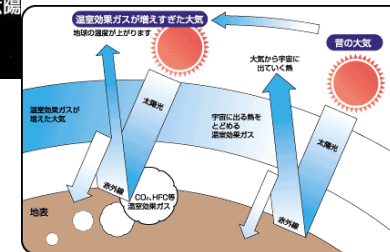
青: 大気から海洋へ



### 太陽の放射(放射バランス)

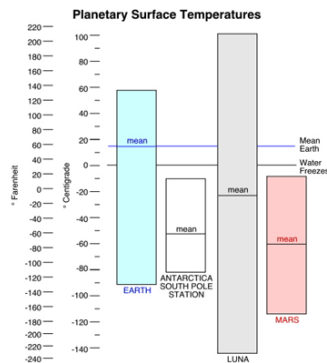


地球の大気があるおかげで、地球の温度は一定に保たれている。



大気の組成が変わると、例えば、二酸化炭素が増えると、地球の温度は上昇する。

### 太陽系のなかの地球



月面の温度: 平均 -23度C  
-193度C から 111度C  
→ 300度の幅

地球の温度: 平均 15度C  
-88度C から 58度C  
→ 150度の幅

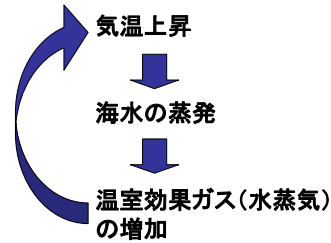
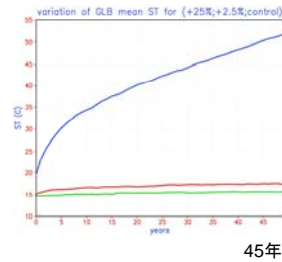
### 温室効果ガスについて

Table 1.2. The greenhouse gases

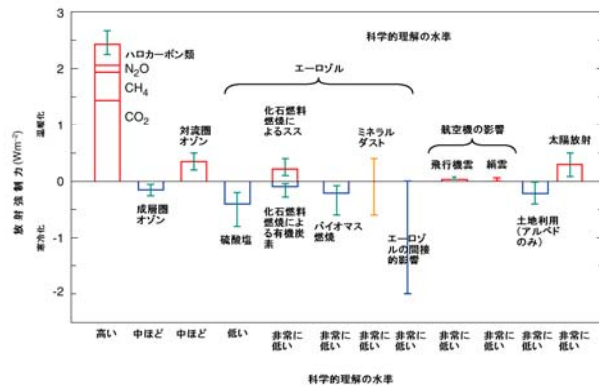
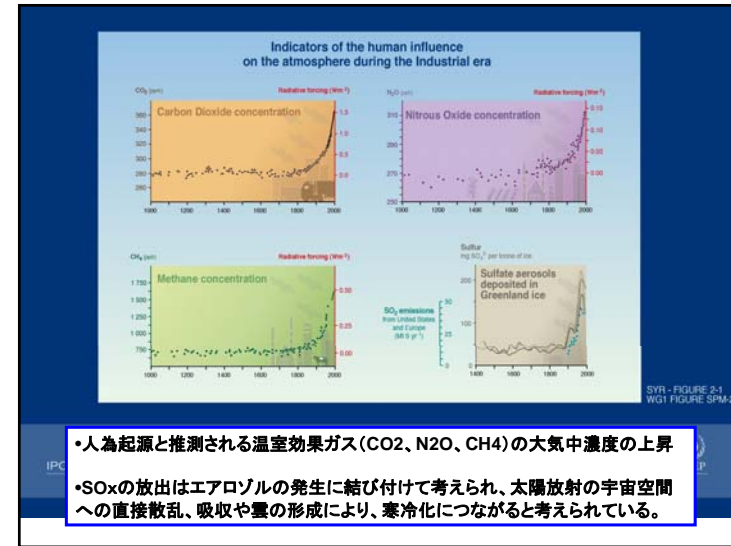
Gas	Basic absorption wavelengths (μm)	Contribution
Water vapour (H <sub>2</sub> O)	2.66, 2.74, 6.27	55-70%
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	4.26, 7.52, 14.99	25%
Chlorofluorocarbons (CFCs)	typical bonds: 9.52, 13.8, 15.4	11%
Methane (CH <sub>4</sub> )	3.43, 6.85, 7.27	5%
Nitrous oxide (N <sub>2</sub> O)	4.50, 7.78, 16.98	2%
Ozone (O <sub>3</sub> ), sulphur dioxide (SO <sub>2</sub> ), other oxides of nitrogen, carbon monoxide (CO), etc.		<1% each

大気組成が急激に変わると何が怖いか  
 —暴走温室効果—  
 —Runaway Greenhouse Effect—

ある数値実験

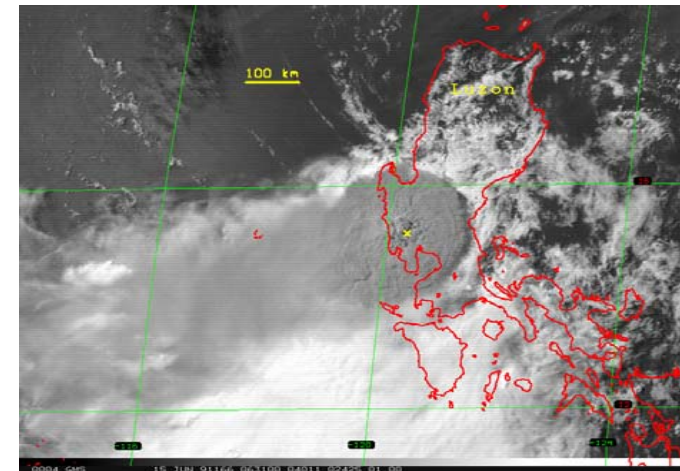


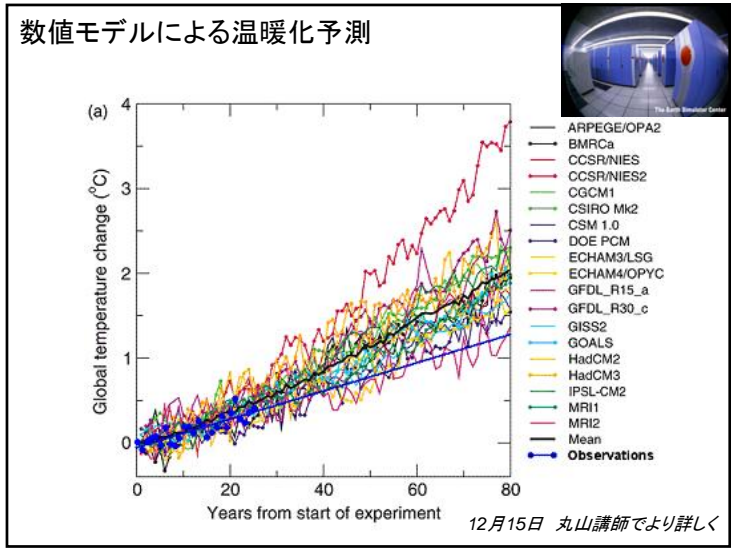
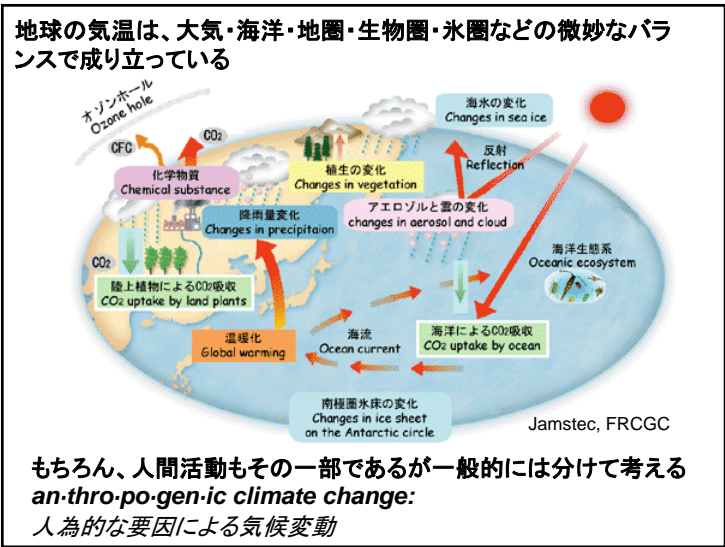
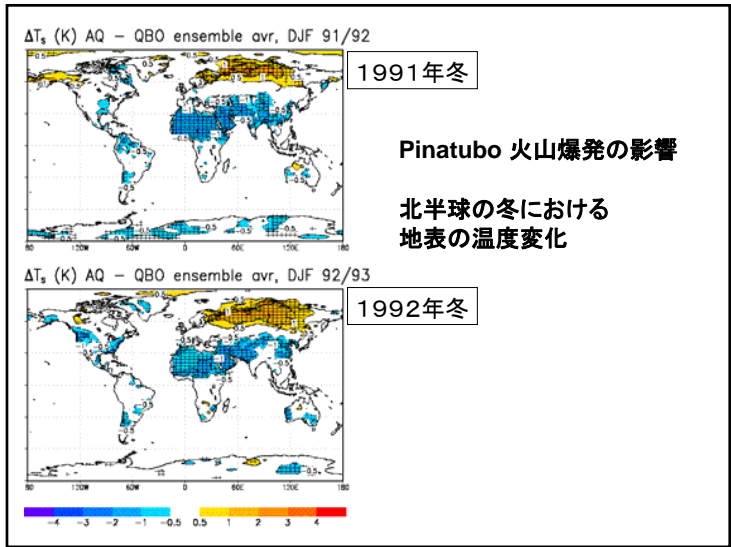
...どんどん気温が上昇して、止まらない



Radiative Forcing (Wm<sup>-2</sup>)  
 「放射強制力」とは、ある因子が地球—大気システムに出入りするエネルギーのバランスを変化させる影響力の尺度であり、気候を変化させる可能性の大きさを示す。放射強制力は、1平方メートル当たりのワット数 (Wm<sup>-2</sup>) で表される。

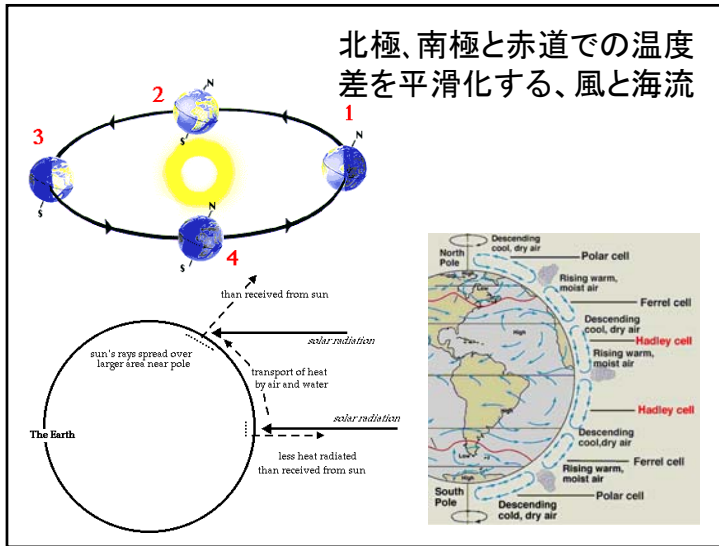
火山活動 – Mt. Pinatuboの爆発 1991年6月



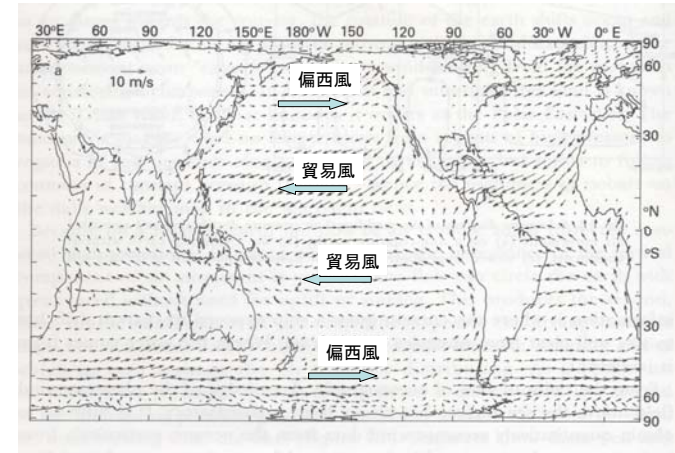


平均的な地球

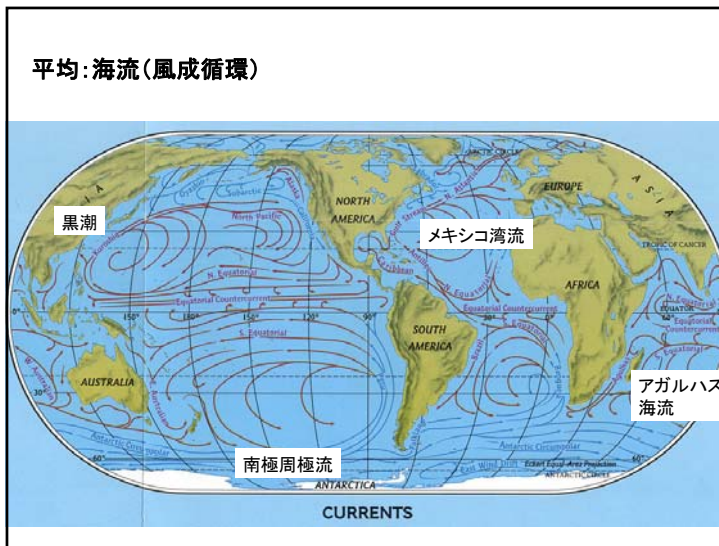
北極、南極と赤道での温度差を平滑化する、風と海流



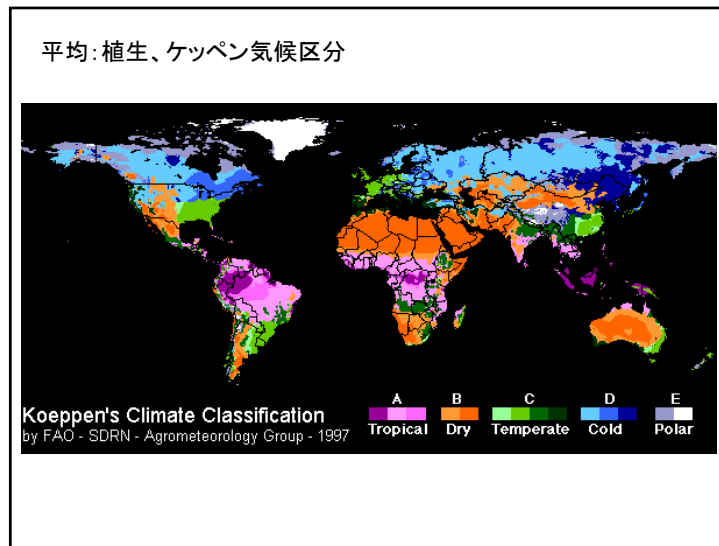
平均: 風 (海面高さ)



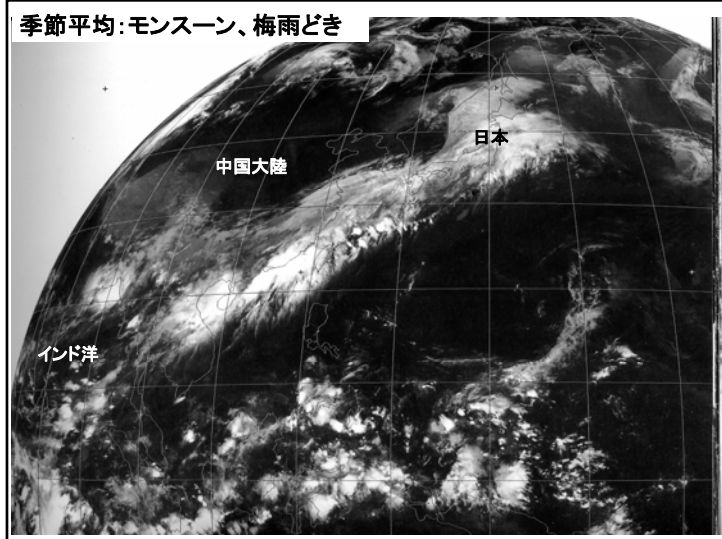
平均: 海流 (風成循環)



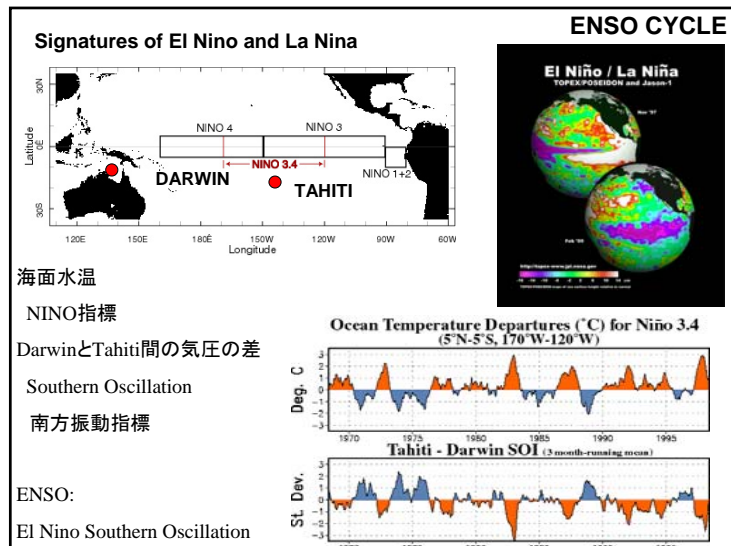
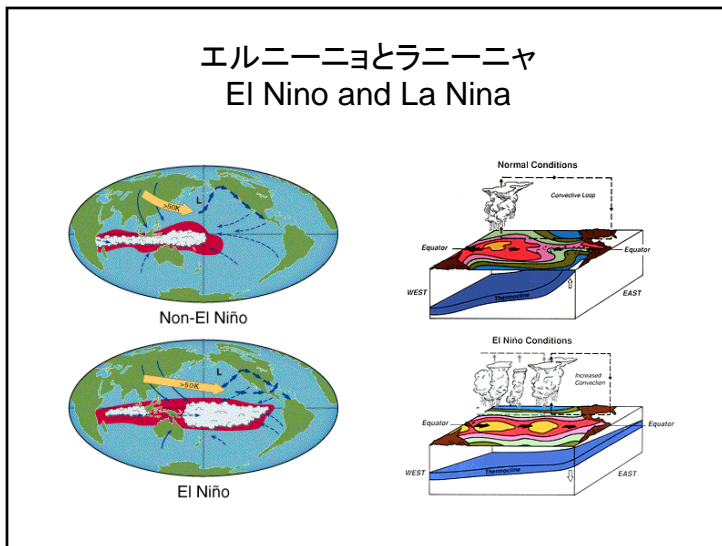
平均: 植生、ケッペン気候区分



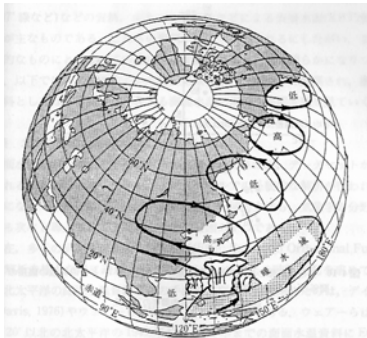




変動する地球環境



Teleconnection テレコネクション — 大陸、海をつなぐ大気の橋



西太平洋で対流活動の活性化



平均より低い大気圧



ロスビー波として伝播

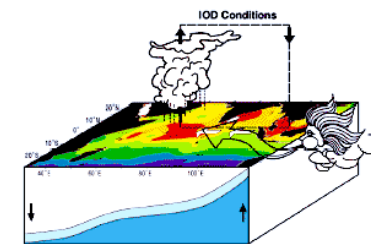
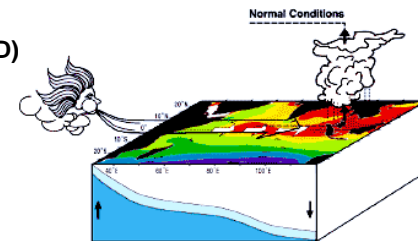
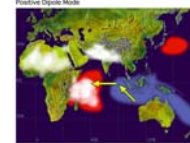
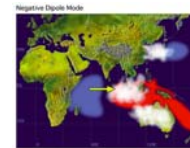


日本上空で高気圧  
暑くて、乾燥した夏

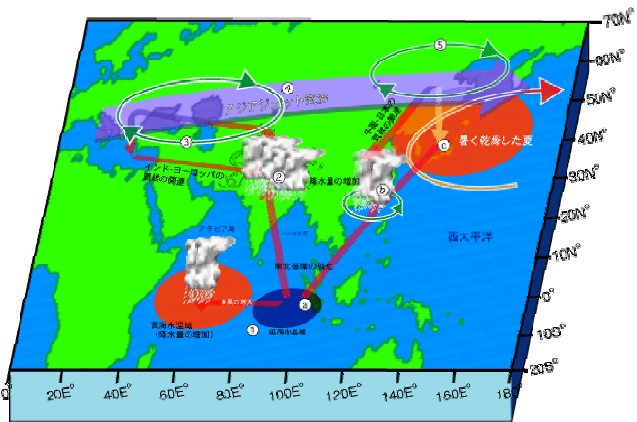
図4-15 P] テレコネクションパターンの模式図(Niwa, 1987)  
西太平洋で海面水温が高く、対流活動が活発な、いわゆるラ・ニーニャ期間中の夏季に出現しやすいパターン。

La Nina 期の大気圧の典型的なパターン  
El Nino期は逆→暖冬・冷夏

インド洋ダイポール  
Indian Ocean Dipole (IOD)



Teleconnection テレコネクション — 大陸、海をつなぐ大気の橋

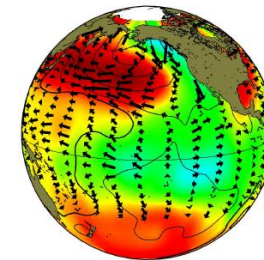
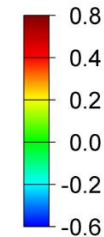
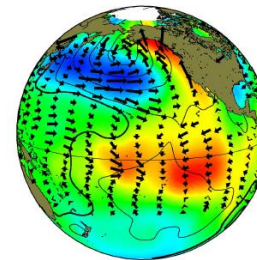


10年規模変動(ゆっくりとした変動): 海洋の役割  
— 太平洋10年変動

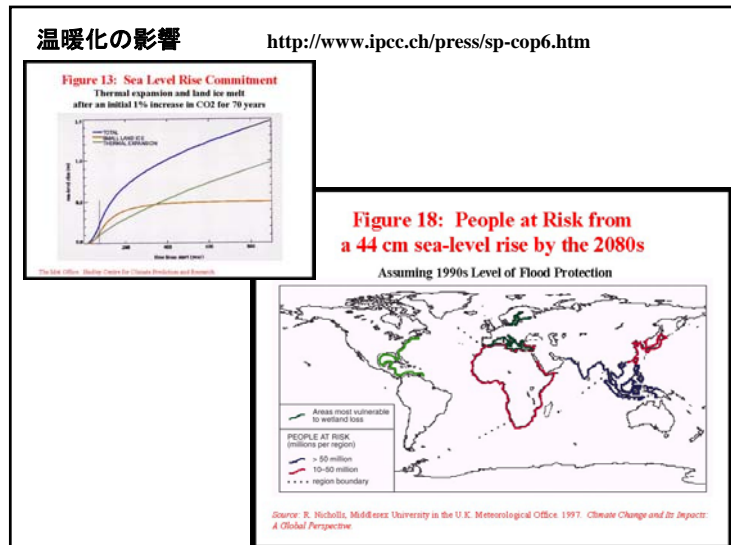
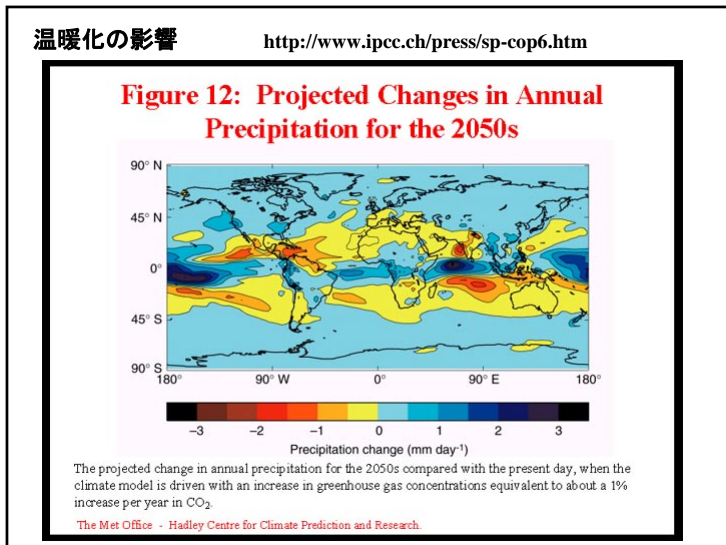
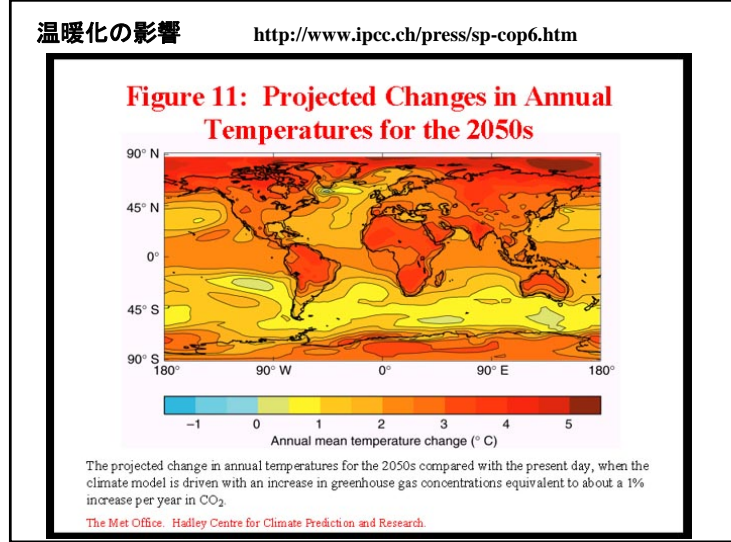
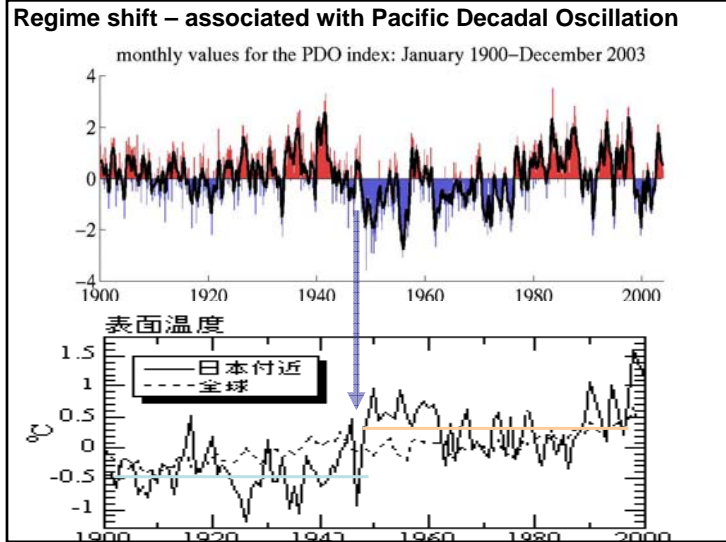
Pacific Decadal Oscillation

positive phase

negative phase



Color: SST; Contour: sea level pressure; Arrow: wind



## 温暖化の影響

<http://www.ipcc.ch/press/sp-cop6.htm>

**Figure 17: Vector (insect)-borne Diseases**

Disease	Vector	Population at risk (millions)	Present distribution	Likelihood of altered distribution with warming
Malaria	mosquito	2,100	(sub)tropics	✓✓
Schistosomiasis	water snail	600	(sub)tropics	✓✓
Filariasis	mosquito	900	(sub)tropics	✓
Onchocerciasis (river blindness)	black fly	90	Africa/Latin America	✓
African trypanosomiasis (sleeping sickness)	tsetse fly	50	tropical Africa	✓
Dengue	mosquito	unavailable	tropics	✓✓
Yellow fever	mosquito	unavailable	tropical South America & Africa	✓

Likely ✓  
Very likely ✓✓

Source: Modified WHO, as cited in Stone (1995).

## まとめ

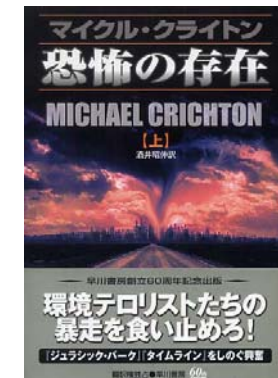
- 地球温暖化の科学的根拠は確かなものとなりつつあるが、確たる証拠を示すのは難しい
- 観測精度の問題、予測精度の問題、自然変動の可能性など、不確定要素がある
- このような、科学的な不確かさを“あいまいさ”と解釈し、温暖化に懐疑的な立場をとることもできる
- しかし、人為起源の大気中二酸化炭素濃度の上昇は確かなものと思われる
- 温暖化の事実を示すデータ解析や数値予測に改善の余地はあるだろう

## 参考図書・文献

- 過去500—1000年の地球の気温再現
  - Mann, Bradley & Hughes, 1988, Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries, *Nature*, 392
  - Mann, Bradley & Hughes, 1999, Northern Hemisphere Temperature During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations, *Geophys. Res. Letters*, 26 (6), 759-762
- 反温暖化論
  - McIntyre and McKittrick, 2003, Corrections to the Mann et al. (1998) proxy data base and northern hemispheric average temperatures series, *Energy & Environment*, 14 (6)
  - McIntyre and McKittrick, 2005, Hockey sticks, principal components, and spurious significance, *Geophys. Res. Letters*, 32
  - McKittrick, 2005, What is the 'Hockey Stick' Debate About?, APEC Study Group <http://www.climatechangeissues.com/files/PDF/conf05mckittrick.pdf>
- 一般向け図書
  - 科学的根拠について
    - 地球温暖化の真実 住明正
  - 温暖化対策について
    - 地球温暖化に答える 小宮山宏
  - 政策・政治問題など
    - 京都議定書と地球の再生 松浦隆治
  - フィクション
    - 恐怖の存在(State of Fear) マイケル・クライトン

地球変動には、温暖化に寄与するもの、寒冷化に寄与するものなど、様々な要因があり、また、気候変動の影響も、様々な、時間スケール、局所性を持って現れる。そのような点を無視し、温暖化懐疑論を前面に打ち出したフィクション。。。

所詮ただの小説であるが、突きつけられた、「地球の温度はほんとうに上昇しているのか、温暖化の影響は何か」、といった疑問には答えたい





## レポート課題

- 地球温暖化と気候変動のメカニズムは、解明されつつある。しかしながら、現状では予測モデル間の相違はかなり大きく、温暖化後の気象・気候などの変化についても、まだ十分に理解できていない。このことで、気候変動研究や対策技術研究の成果を否定するのは誤りであるが、根強い懐疑論が存在するのも事実である。レポートでは、講義で紹介する参考文献をもとに、温暖化懐疑論に対する反論もしくは賛同意見をまとめること。レポートの採点は自分の考えを明確に打ち出せているかに重点を置くが、根拠となる事実は参考資料を明記すること。

## レポートの書き方

- やってはいけないこと
    - 他人のレポートのコピー(0点もしくは不可)
    - ウェブからの切り貼り(0点もしくは不可)
    - 参考文献の引用なし(0点もしくは大きく減点)
  - 自分の言葉で書く
    - ウェブや図書を参考にすることはかまわないが、文章をそのまま写すのは、学術的論文では許されない
    - どうするか
      - (1) 内容を吟味し自分の言葉で書く、その場合は参考にした文献を引用  
例：地球は太陽の周りを回っている(ガリレオ1630)
      - (2) 文章をそのまま引用する場合は、「…」で引用であることを明記  
例：「それでも地球は動く!」(ガリレオ1630)
- 参考文献  
ガリレオ 1630 天文対話