

# 惑星地球科学2 (第5回目)

## 地球温暖化

東京大学総合文化研究科：

小宮 剛 准教授

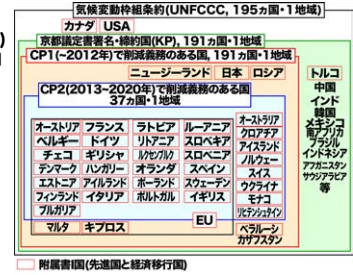
2017/11/1

komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp

http://www43.tok2.com/home/isua/

### 地球温暖化問題

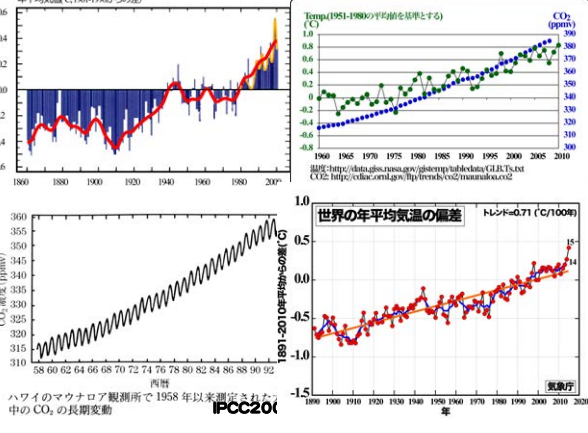
京都議定書(1997年12月11日)  
発効: 2005年2月16日



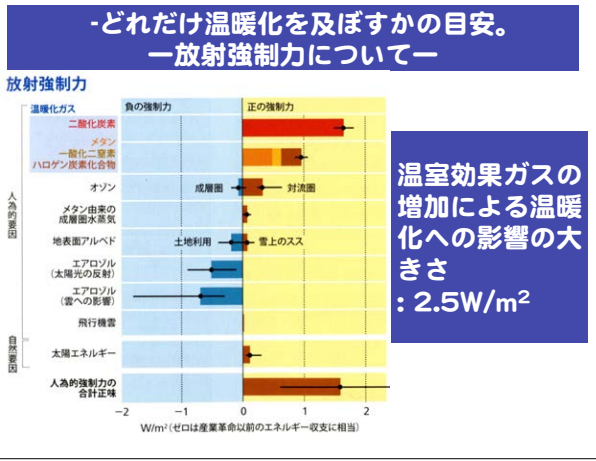
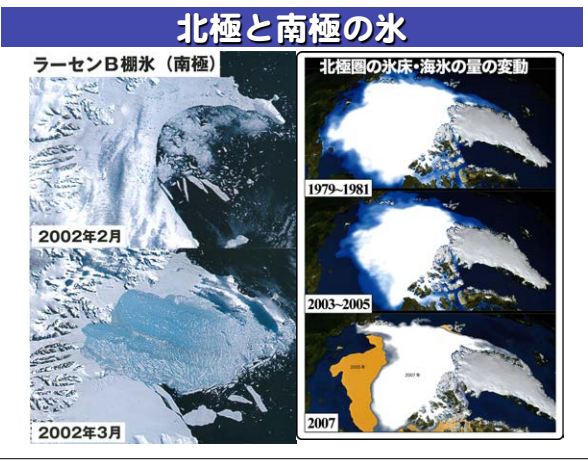
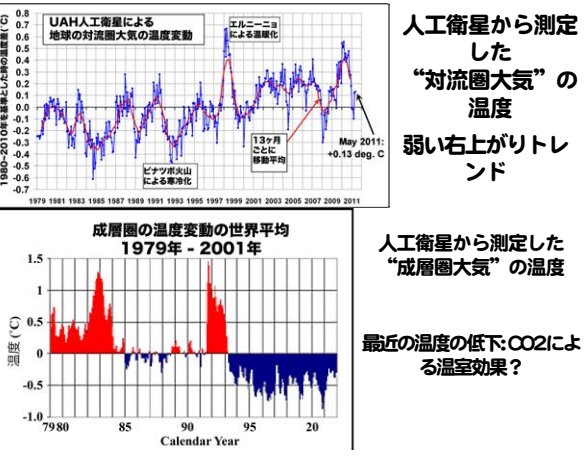
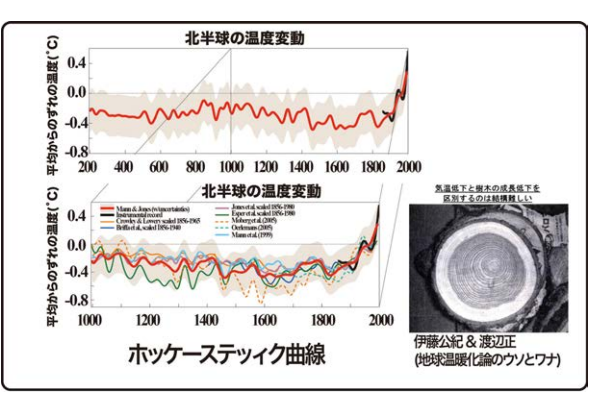
パリ協定 (2015年12月12日)  
発効: 2016年11月4日

- (1) CO<sub>2</sub>排出量の削減の目標と評価(発展途上国も)
- (2) 平均気温上昇を2°C未満(1.5°Cを目指す)
- (3) 途上国支援

### 地球は温暖化しているのか?

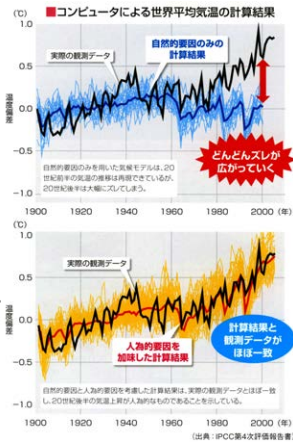


### 気温の変動ホッケースティック曲線

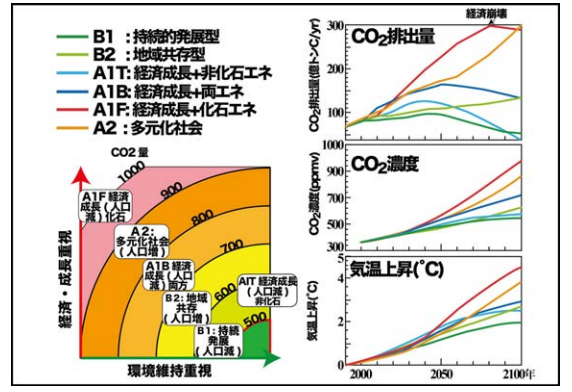


# コンピュータによる平均気温の計算

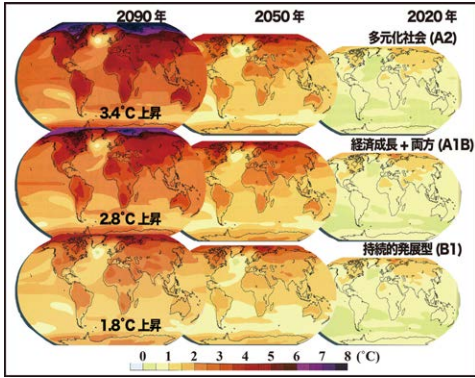
- ① CO<sub>2</sub>の効果をいれるとよく合う
- ② CO<sub>2</sub>の効果をいれないと現在は寒冷化のはず
- ↓
- コンピュータシミュレーションは予言可能!
- ↓
- CO<sub>2</sub>量を変えて、100年後の地球を予言!



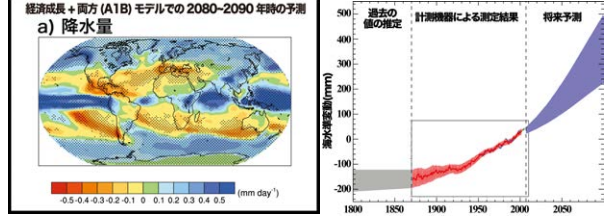
# コンピュータが未来の環境を予測??



# 100年後地球の気温は??

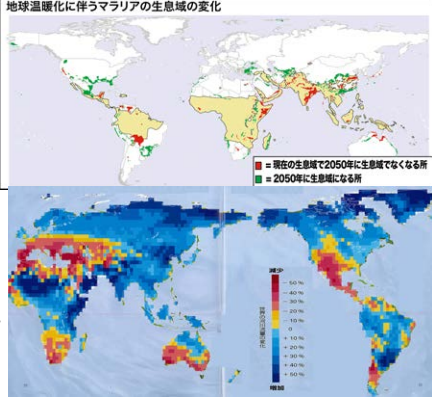


# このまま地球が温暖化したら??

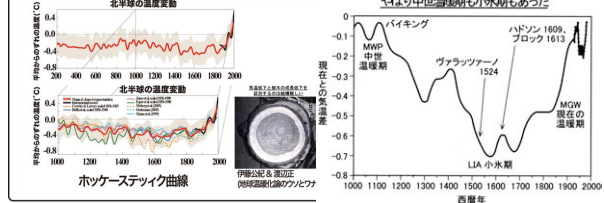


# このまま地球が温暖化したら??

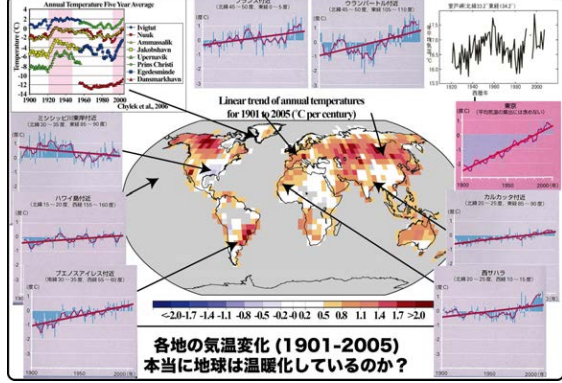
- マラリアがアメリカでも生息?
- 河川流量の減少
- ↓
- ヨーロッパ、アメリカで水不足?



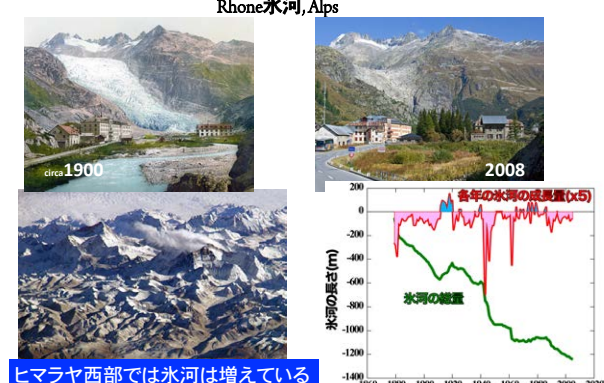
# 気温の変動(ホッケースティック曲線)



# 地球(全体)は温暖化しているのか?



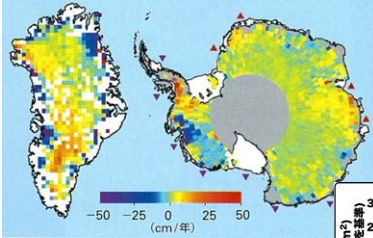
# 氷河の後退??



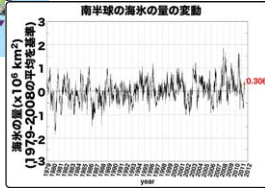


# 北極と南極の氷は本当に減ってる？

グリーンランド(左)と南極大陸(右)における氷床の高さの変化

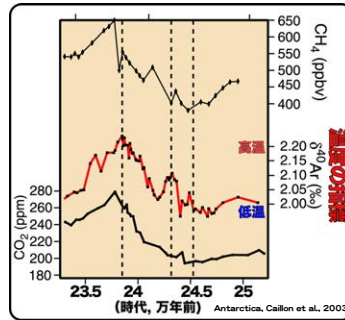


南半球の氷床の量の変動

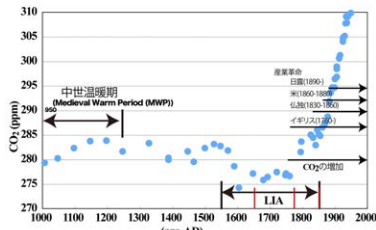


# 温室効果ガス原因説と矛盾する証拠

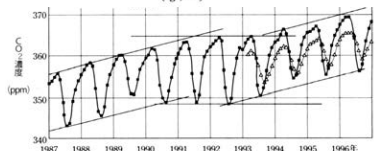
(1)古気候から読む。  
温暖化とCO<sub>2</sub>量の増加の関係。



温度の方が先に  
変化している。

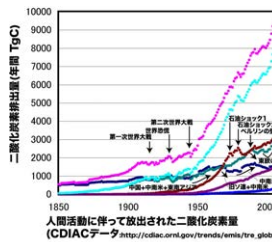


CO<sub>2</sub>濃度の変化：西暦  
1000年以降

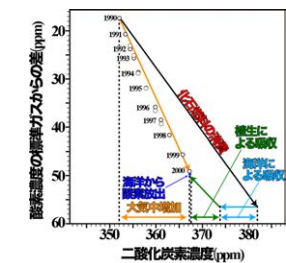


CO<sub>2</sub>濃度とピナツボ  
火山  
(化石燃料の消費ペースは変化していない  
はずなのに、CO<sub>2</sub>量  
が増加していない)

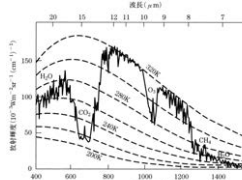
図表 2-4 CO<sub>2</sub>濃度とピナツボ火山の噴火(横田 毅「新石油文明論」P41)  
1987年から97年までの日本の観測(若手前)と南鳥島(東京都)におけるCO<sub>2</sub>濃度の測定値である。91年から93年まで濃度は増えていることが分かる。



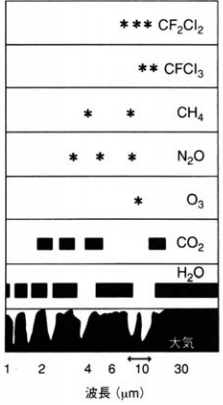
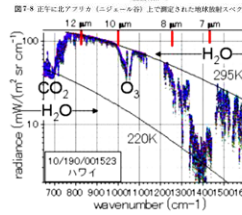
人間活動に伴って放出された二酸化炭素量 (CDIACデータ [http://cdiac.ornl.gov/trends/ems/tre\\_glob.html](http://cdiac.ornl.gov/trends/ems/tre_glob.html))



# (1) 地球の大気構造(対流圏と成層圏下部)

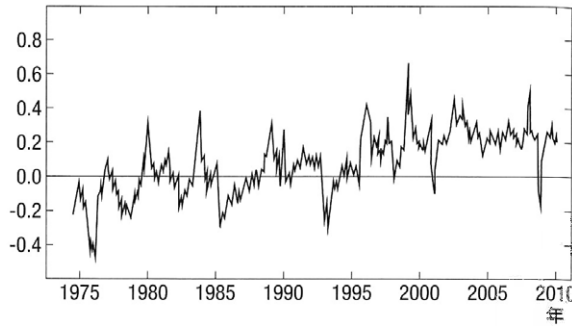


CO<sub>2</sub>は対  
流圏の上部  
まで十分に  
存在。  
Fullに、温  
室効果をして  
しまっている。

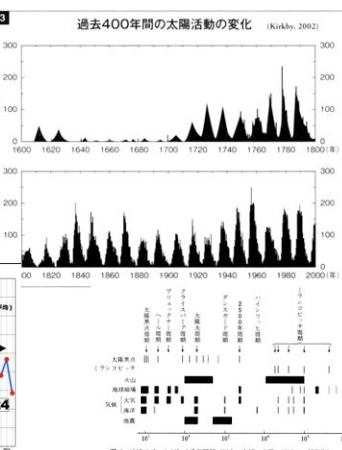
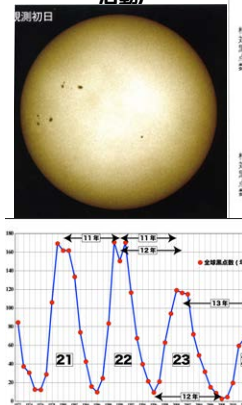


# 最近の気温変動：高止まり傾向？

気温の偏差 (1961~90年の平均からの) [単位: °C]



# 環境(気候)の周期(太陽活動)



# 太陽の活動度

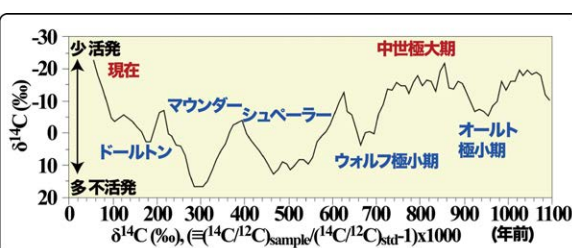
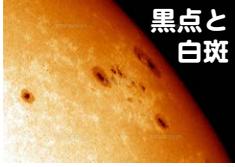
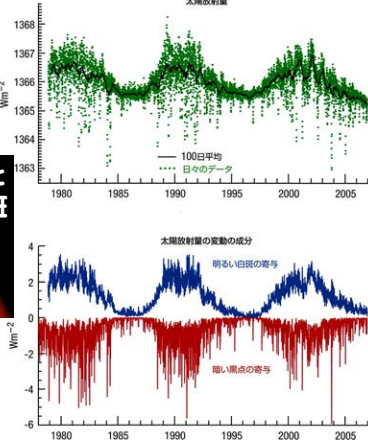


図 1 地球の気候の10^4~10^5年規模 (上)と、太陽、1962-1963年 (一部改訂)

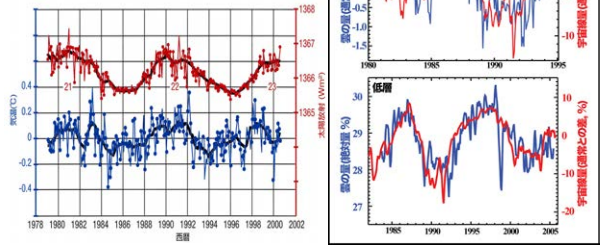
## 黒点周期と太陽の活動



黒点と白斑



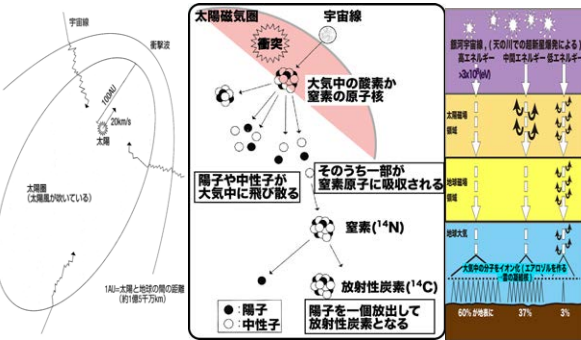
## 太陽放射量と気温(火山等の影響、全体的な温度上昇を除く)



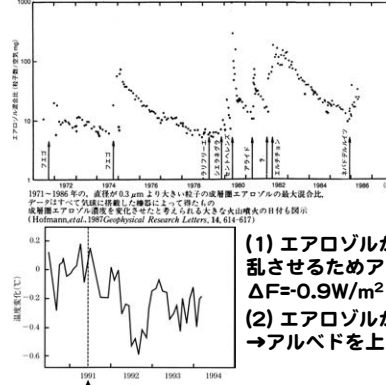
(1) 黒点周期(太陽放射量と良い相関) ただし、絶対量が合わない。0.1%→0.06℃の変動。(実際は0.12℃変動)

## 地球の温度を支配する要因：太陽

太陽が活発→太陽圏(太陽風が吹いている領域)が強くなり宇宙線が侵入しにくくなる→ $^{14}\text{C}$ が減少



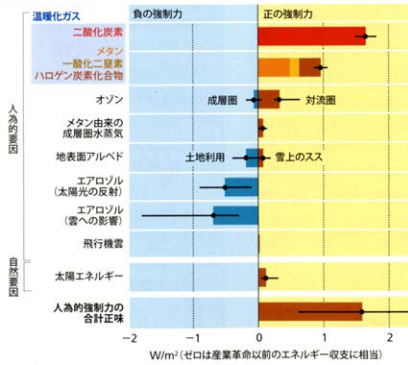
## 火山噴火とエアロゾルと寒冷化



(1) エアロゾルが増えると入射光を散乱させるためアルベドが増える。 $\Delta F = -0.9 \text{ W/m}^2$   
(2) エアロゾルが増えると雲が増える→アルベドを上げる。

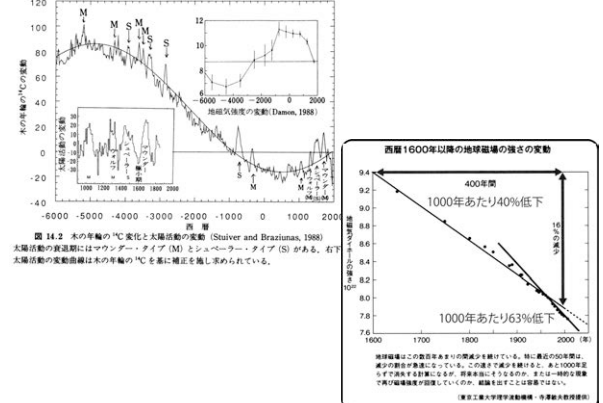
## 温室効果ガス原因説と矛盾する証拠

放射強制力— 網引き勝負は一方向的

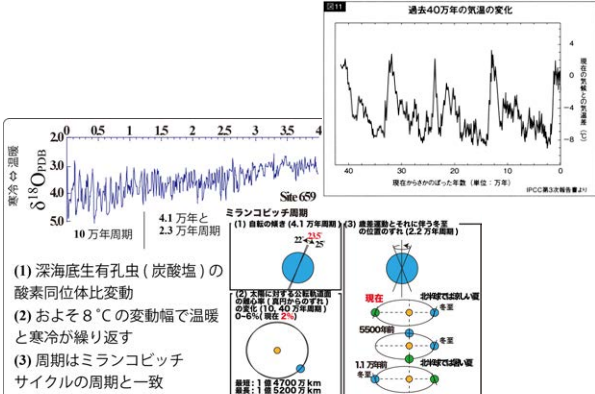


① 宇宙線量の変動による、雲の影響は含まれていない  
② 大規模火山などによるエアロゾル：負(一時的、含まれていない)  
③ 太陽はそんなに小さいのか?

## 環境(気候)の周期(地球磁場の変動)



## 地球表面温度とミランコビッチサイクル



## ⑤-2 地球の気温の変化

地球は決して一定ではなく、いくつもの階層で変動し続けている

