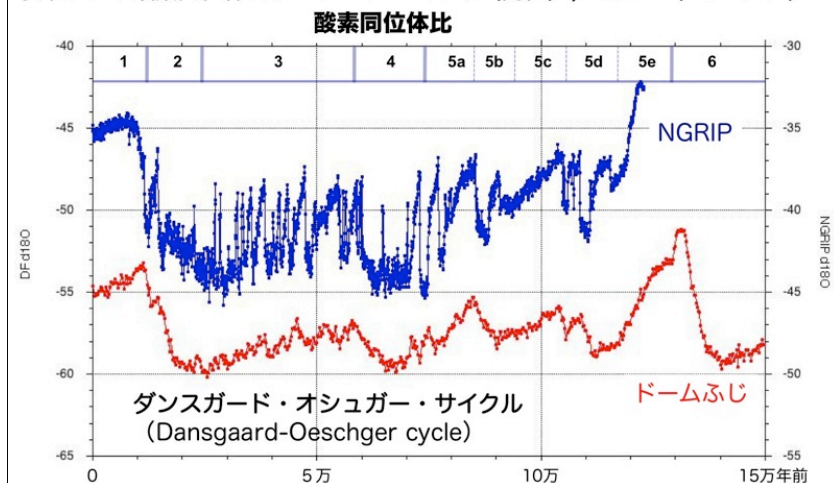


過去300万年間の気候変動：最終氷期～現在

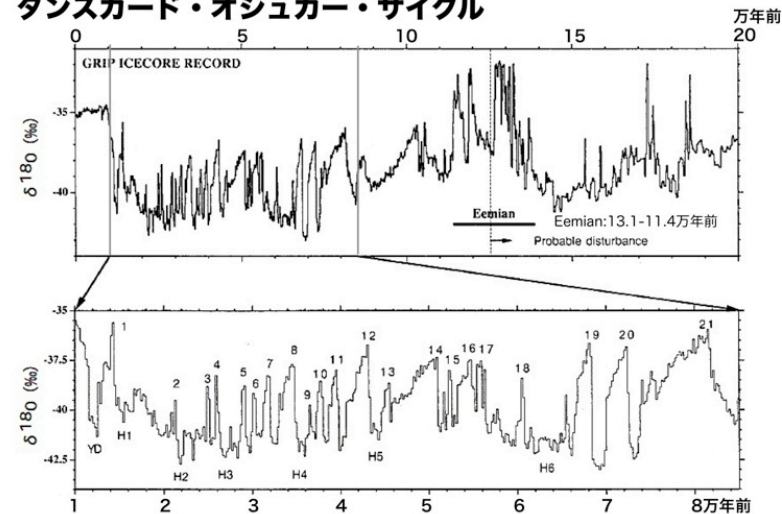
氷床からの酸素同位体比データ：ドームふじ（南極），NGRIP（グリーンランド）



約8～2万年前の氷期における、20数回の寒暖の大きな変動
約1500～2500年周期の変動で、数年から10年で約10度気温が上昇する

氷床からの酸素同位体比データ：GRIP（グリーンランド）

ダンスガード・オシュガー・サイクル

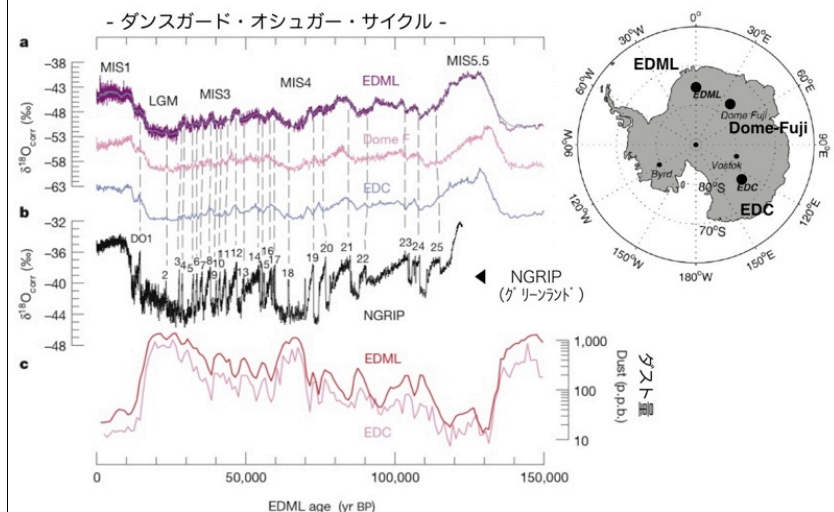


*H：ハインリッヒ・イベント（Heinrich events）：北大西洋海底-IRDの堆積

氷床からの酸素同位体比データ

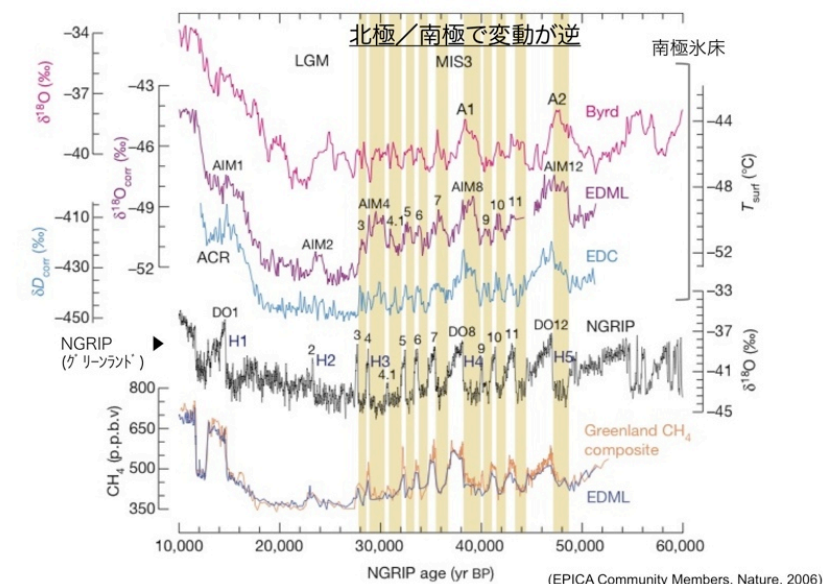
南極：EDML, EDC, Dome-F（ふじ）

グリーンランド：NGRIP

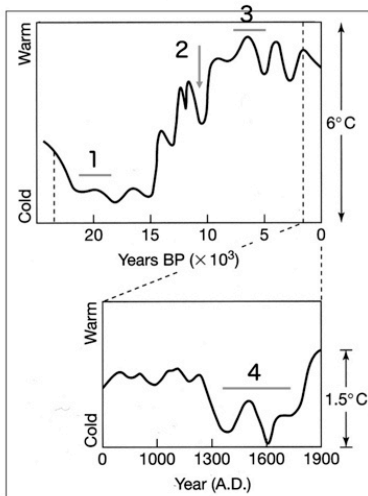


(EPICA Community Members, 2006.Nature : EPICA : the European Project for Ice Coring in Antarctica)

ダンスガード・オシュガー・サイクル：“bipolar seesaw”



最終氷期以降の気候変動



1. 最終氷期極大期 (LGM)
2.1-1.8 万年前
2. ヤンガー・ドライアス イベント
(Younger Dryas event)
1.2万年前-前後約1000年間
3. 気候最適期 (Climate Optimum)
(ヒプシサーマル hypsithermal)
7000~5000年前
[9,500~5,500 yrBP (Marcott et al., 2013)]
・縄文海進-約6000年前
4. 小氷期 (Little Ice Age)
16世紀~19世紀中頃
[500~100 yrBP (Marcott et al., 2013)]

BP: 1950年以前

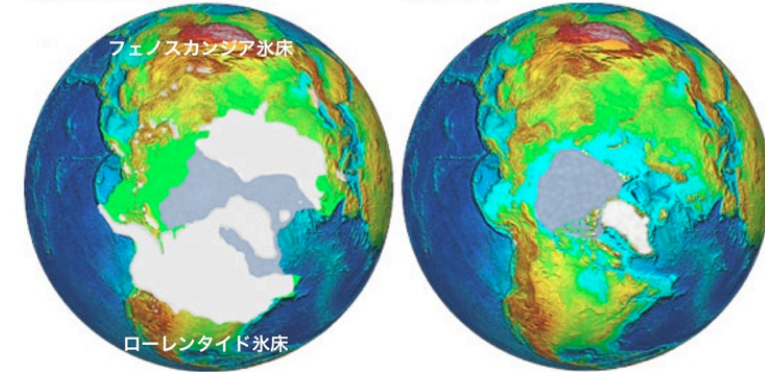
★数百年～数十年オーダーの気候変動
原因: 太陽活動, 火山活動

最終氷期極大期 (2.1~1.8万年前)

- ・北半球の氷床:
北米-ローレンタイド氷床
欧州-フェノスカンジア氷床
- ・平均海面水温 2.3°C低い
・海水準 約110m低い

Pleistocene (18,000 Years Ago)

Modern Day



□ Glacial ice ■ Sea ice

[http://earthobservatory.nasa.gov/Features/BorealMigration/boreal_migration2.php]



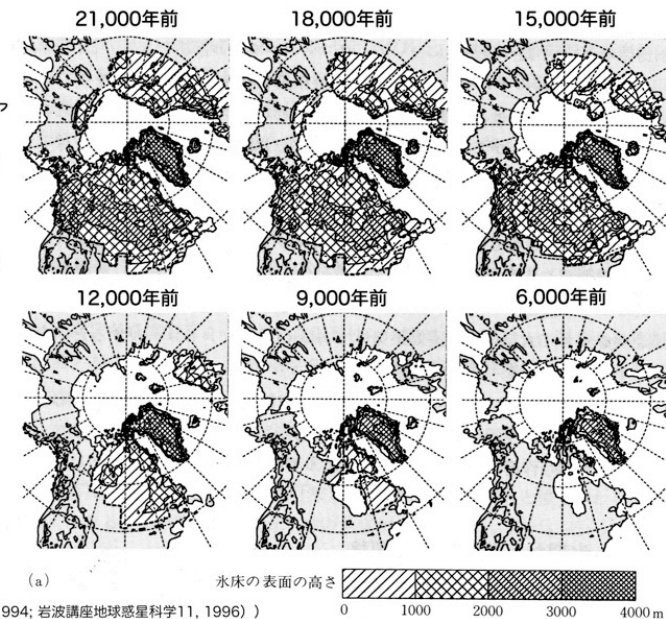
最終氷期極大期 (LGM) 2.1-1.8万年前

- ◆気温の低下
7-8°C減
- ◆海水準の低下
~130m
- ◆雪線の低下
(雪線: 降雪量 > 融雪量)
日本アルプス: 2900-2600m
(1300m減)
日高山脈: 1600m
(1600m減)
* 山岳氷床の形成
(カール, U字谷)
- ◆森林限界・植生帯の低下
1500m減

LGM以降 氷床の縮小

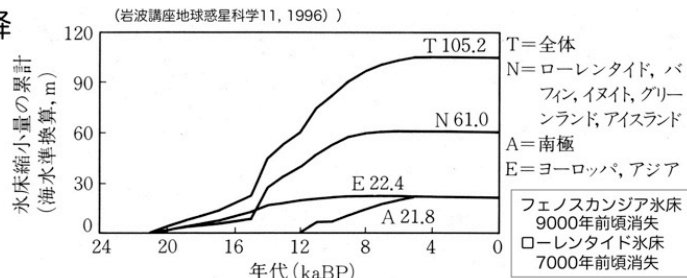
フェノスカンジア
氷床 (欧州)
9000年前頃消失

ローレンタイド
氷床 (北米)
7000年前頃消失

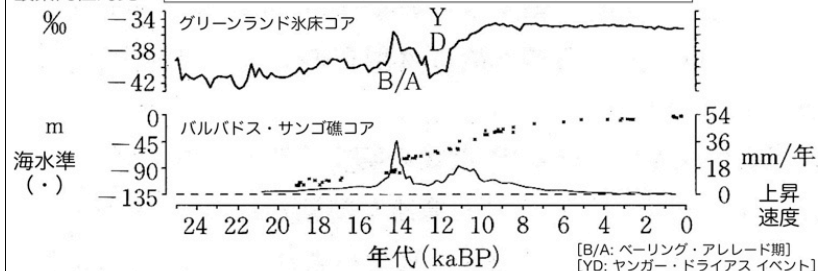


LGM以降

氷床の縮小



酸素同位対比

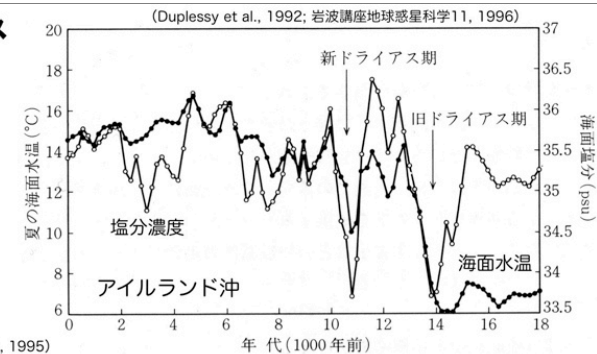


ヤンガー・ドライアス イベント

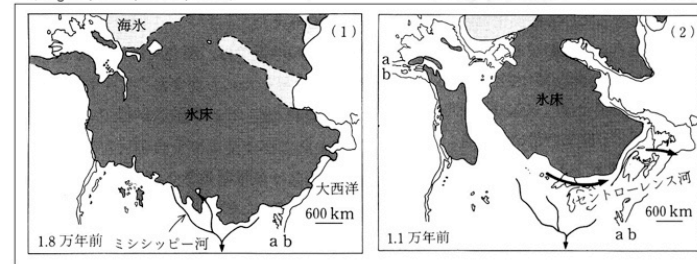
北大西洋の
塩分濃度の減少

淡水の流入による
(氷床の融水)

ローレンタイド氷床の
融水が北大西洋に流れ
込むようになった



(Hughes, 1987; 山中他, 1995)



最終氷期以降の気候変動

Marcott et al. (2013)

過去11,000年間の気温変化の復元

- ・1961-1990年の機器観測のデータの平均値からの偏差
- ・'BP': 1950年以前

温暖期

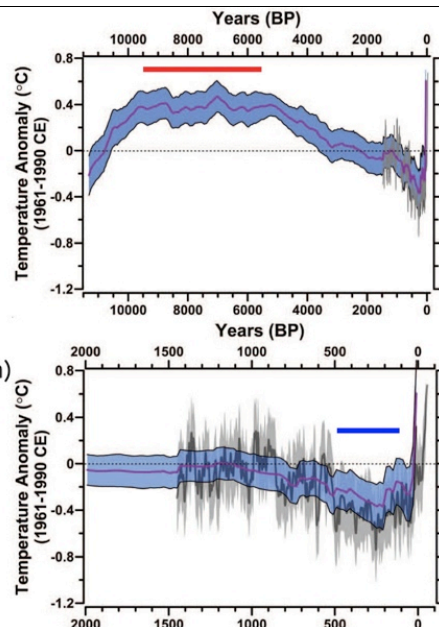
9,500~5,500 yrBP

- ・気候最適期 (Climate Optimum)
- (ヒブシサーマル hypsithermal)

寒冷期

500~100 yrBP

- (15世紀中頃~19世紀中頃)
- ・小氷期 (Little Ice Age)



最終氷期以降の気候変動

温暖期

9,500~5,500 yrBP

- ・気候最適期 (Climate Optimum)
- (ヒブシサーマル hypsithermal)

寒冷期

500~100 yrBP

- (15世紀中頃~19世紀中頃)
- ・小氷期 (Little Ice Age)

花粉分析：尾瀬

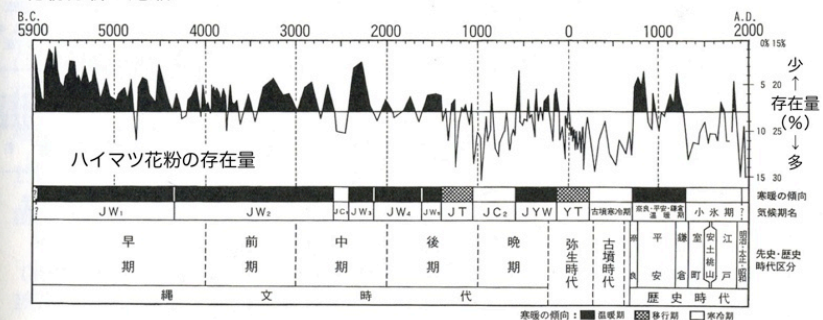
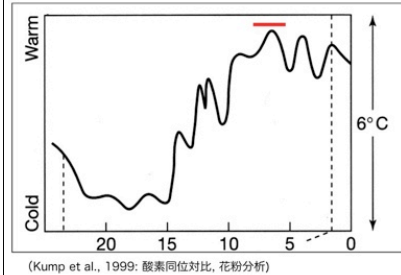


図 12 尾瀬ヶ原の堆積物(P73 コア)の花粉分析結果から推定した縄文時代以降の古気温曲線 (阪口 1993 を改変・簡略化)

最終氷期以降の気候変動



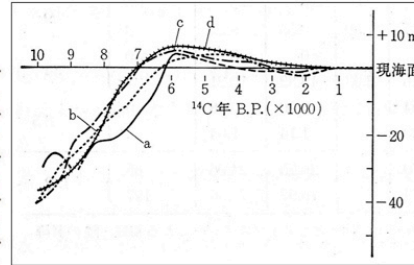
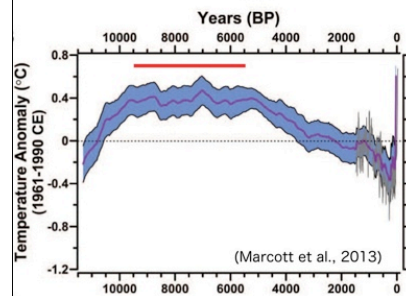
気候最適期 (Climate Optimum) (ヒブシサーマル hypsithermal)

9,500~5,500 yrBP

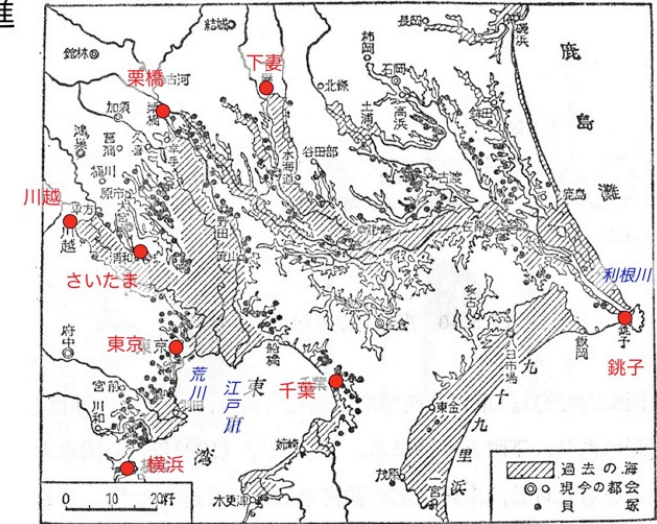
(Marcott et al., 2013)

平均地表気温：現在より2°C高
サハラ砂漠・緑化

● 縄文海進-約6000年前：3-5 m 高



縄文海進



(貝塚, 1968; 横山, 1980)

縄文海進

約7000~6000年前



最終氷期以降の気候変動

Marcott et al. (2013)

過去11,000年間の気温変化の復元

- ・ 1961-1990年の機器観測のデータの平均値からの偏差
- ・ ‘BP’: 1950年以前

◆ 寒冷期

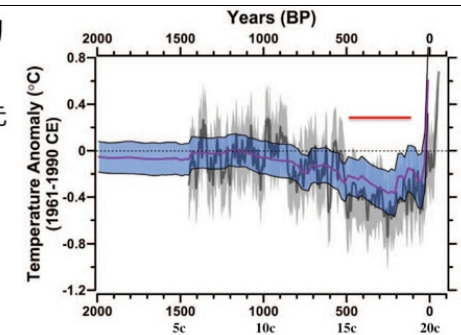
500~100 yrBP

(15世紀中頃~19世紀中頃)

小氷期 (Little Ice Age)

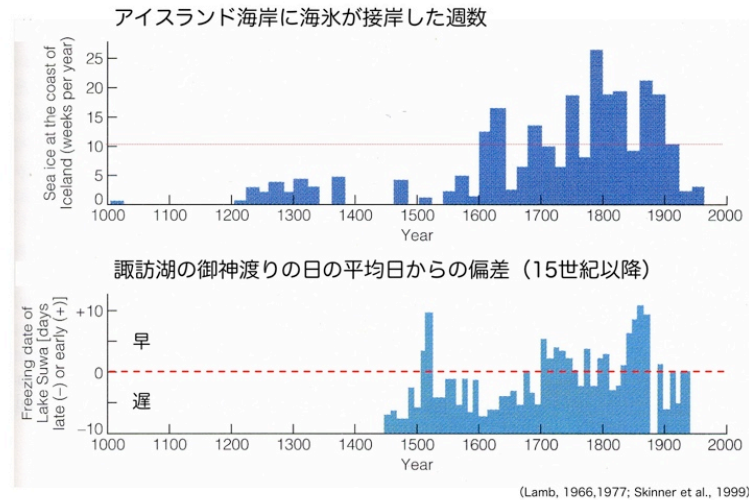
* 数百年~数十年オーダーの変動

- 〔原因〕
- ・ 太陽活動
 - ・ 火山活動
 - 日射量の変動
 - 気候変動



- ◆ 9~13世紀
比較的温暖な時期「中世温暖期」
- ◆ 14世紀~
寒冷化
- ◆ 16~19世紀
寒冷期「小氷期」：平均気温1°C低
天明の大飢饉 (1782-1788年)
天保の大飢饉 (1833-1839年)
- ◆ 19世紀~
温暖化

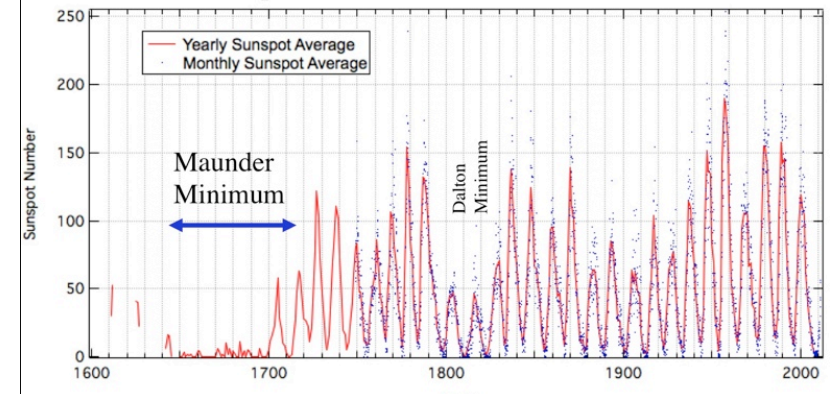
小氷期 [歴史資料]



太陽活動

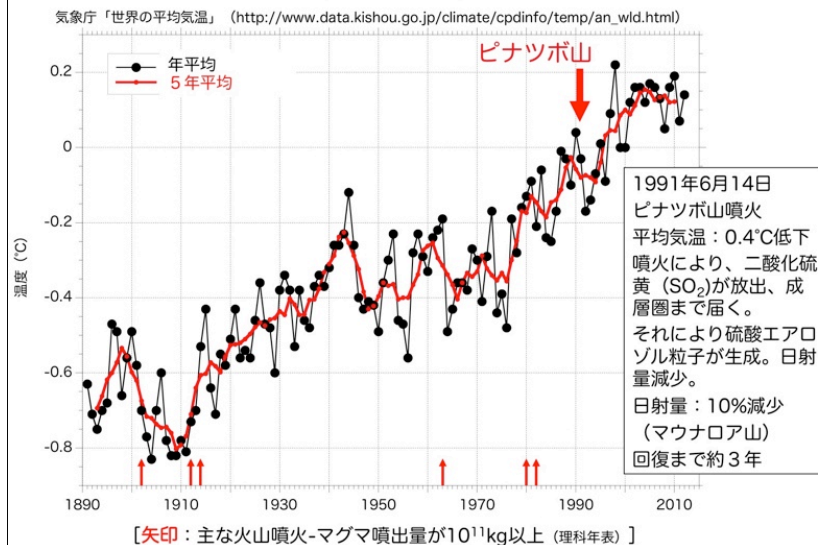
太陽活動の不活発期 (黒点数減少)
マウンダー極小期 1645-1715年 ⇒ 寒冷化
日射量 0.22~0.55%減

Annual Mean Sunspot Numbers 1700-2006 [http://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar/ssn.html]

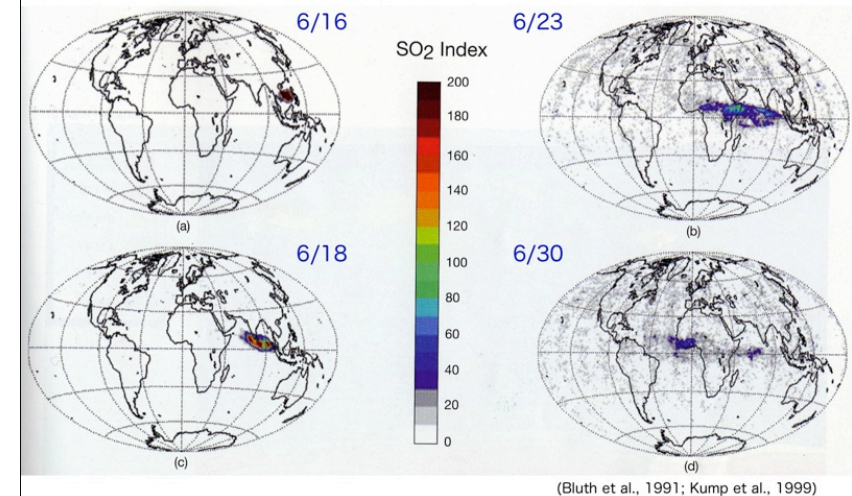


火山活動と地表温度変化

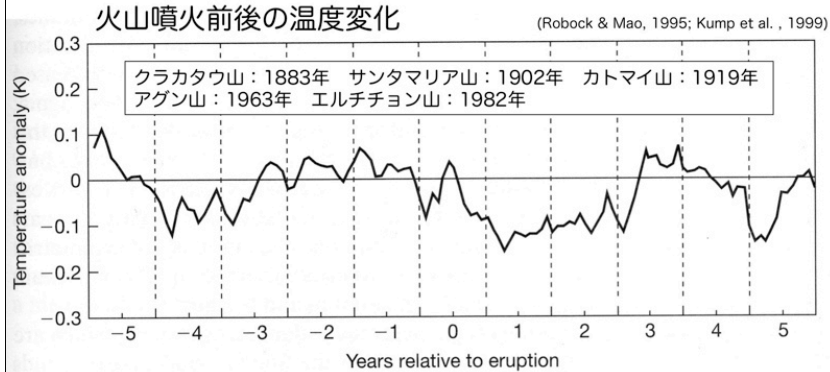
世界の平均気温の変動 [平均(1981-2010)からの偏差]



ピナツボ火山噴火後のSO₂量の時間的・空間的变化
(噴火: 1991, 6, 14)



火山活動と地表温度変化



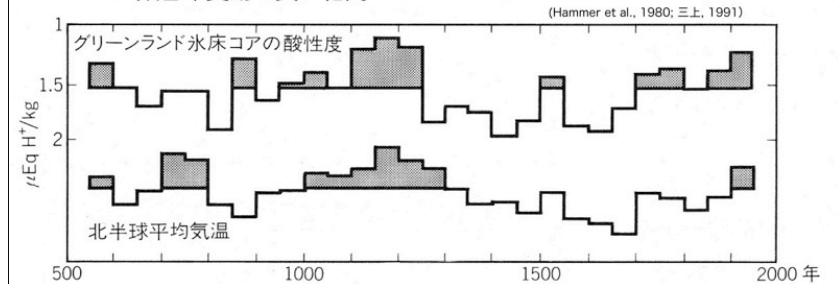
小氷期に関する火山活動

1673年インドネシア・ガンマクノラ山
1752年インドネシア・タンボラ山
1783年アイスランド・ラキ山, 浅間山
1815年インドネシア・タンボラ山
1833年グアテマラ・アティトラン山, ニカラグア・コセグイア山

火山活動と地表温度変化

グリーンランド氷床コアの酸性度と北半球平均気温の変動 (50年平均値)

* 数百年変動の良い相関

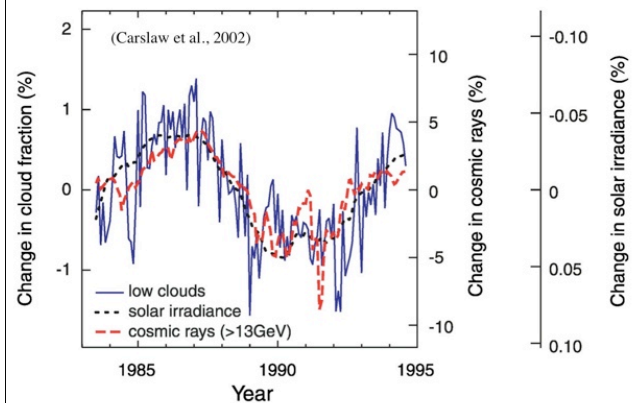


小氷期に関する火山活動

1673年インドネシア・ガンマクノラ山
1752年インドネシア・タンボラ山
1783年アイスランド・ラキ山, 浅間山
1815年インドネシア・タンボラ山
1833年グアテマラ・アティトラン山, ニカラグア・コセグイア山

太陽活動：宇宙線量，雲量（惑星アルベド）

太陽放射量，下層雲の雲量，銀河宇宙線の変動の相関性



銀河宇宙線

- ・雲形成（凝結核の生成）
- ・太陽磁場による侵入の遮蔽

太陽活動 弱

- 宇宙線の遮蔽効果 弱
- 雲量 増加 → 気温 下降