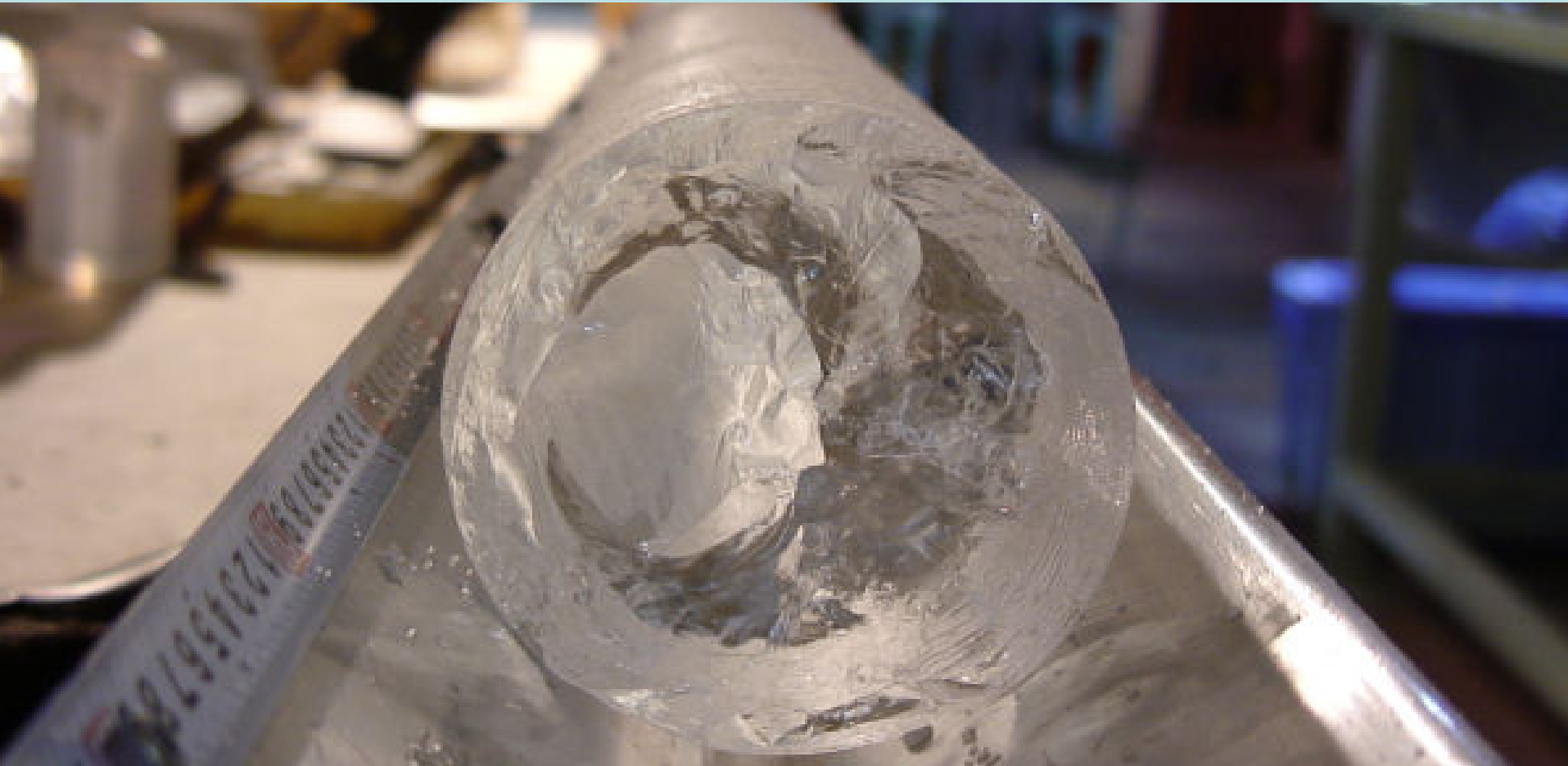


マイナス70度での南極観測フロンティア —氷床から過去数十万年の地球環境を探る—



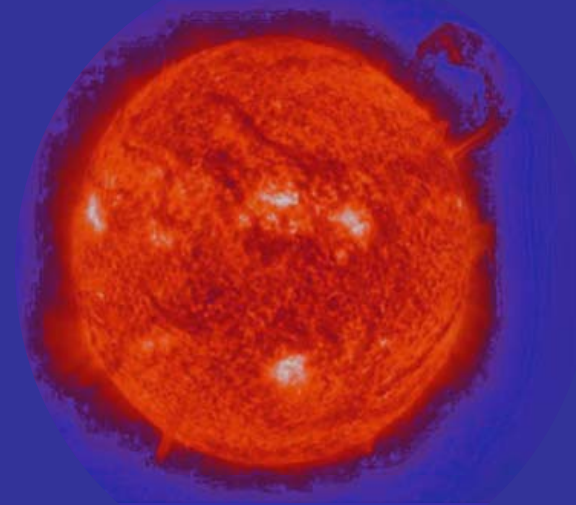
藤井理行

国立極地研究所

地球：奇跡の水の惑星

太陽系惑星では、地球のみ微妙な熱収支により水が三態（水蒸気、水、氷）で存在する。

太陽



6000 °C

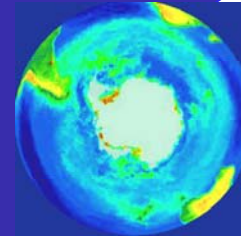
水星



金星



地球



火星



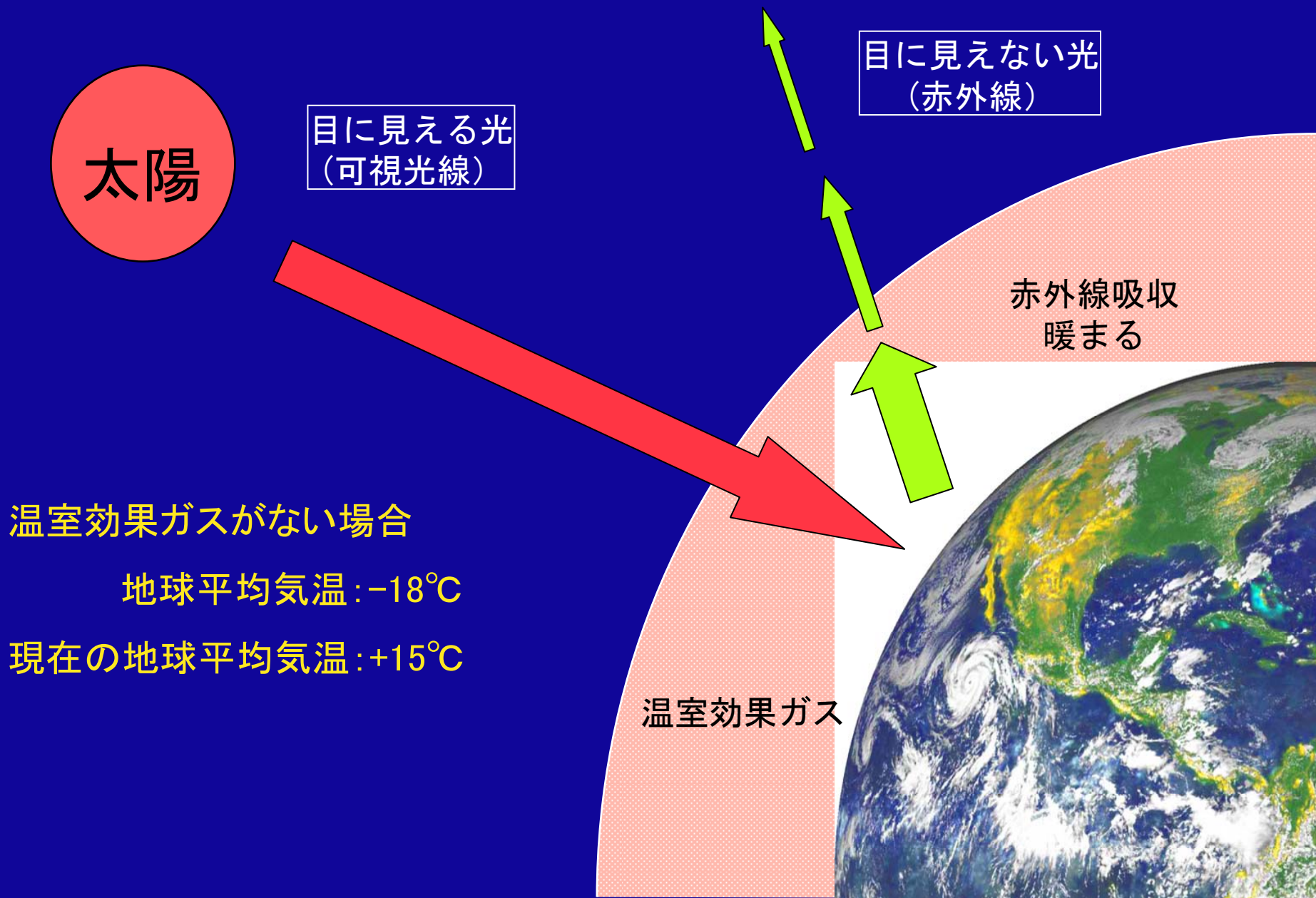
500 °C

15 °C

マイナス60 °C



温室効果



太陽

目に見える光
(可視光線)

目に見えない光
(赤外線)

赤外線吸収
暖まる

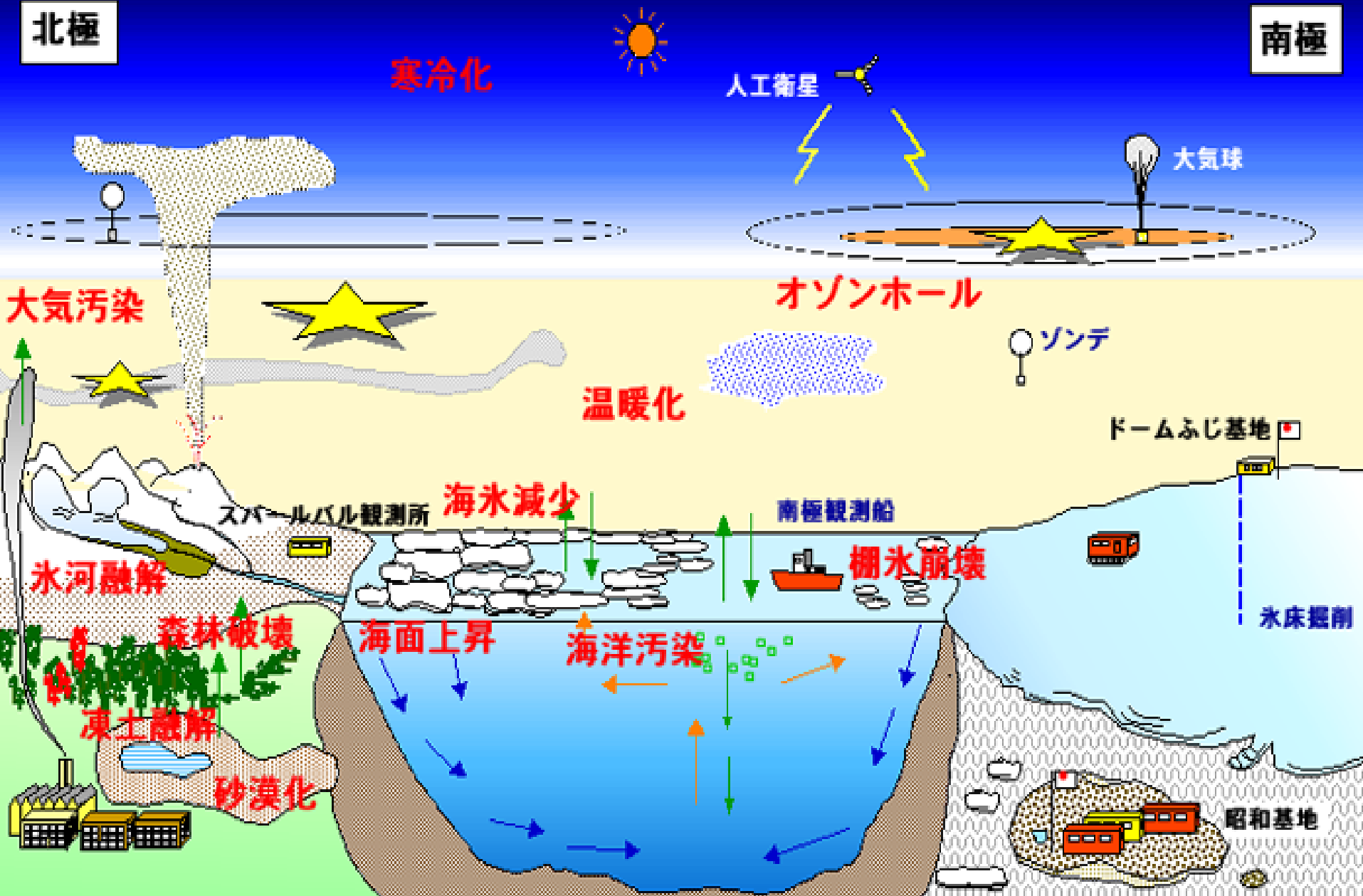
温室効果ガスがない場合

地球平均気温: -18°C

現在の地球平均気温: $+15^{\circ}\text{C}$

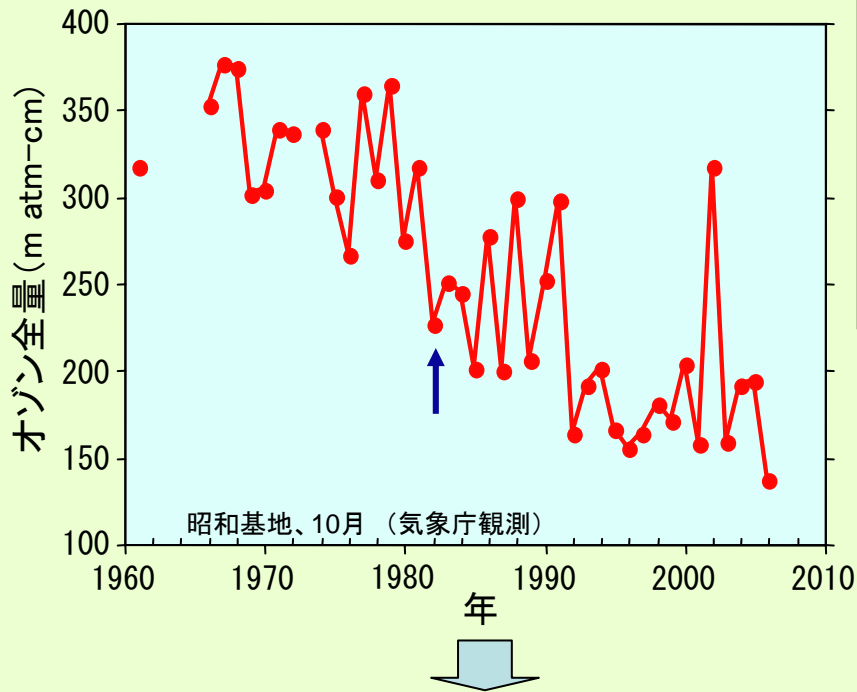
温室効果ガス

人間活動が脅かす地球環境



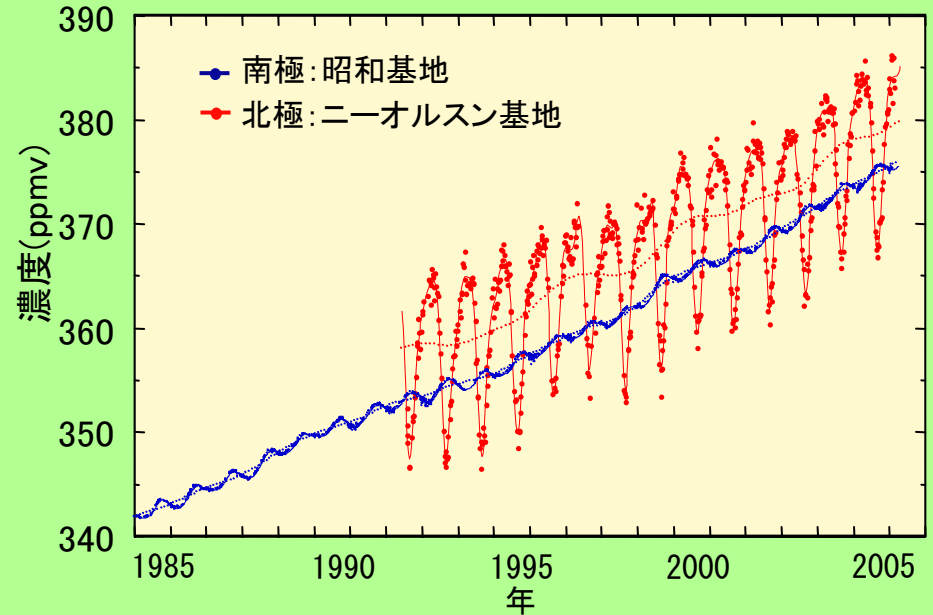
南極＝地球環境のセンサー

減少するオゾン全量



1985年「オゾン層の保護のためのウィーン条約」
1987年「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」

増加する二酸化炭素濃度





南極地域観測



50周年記念

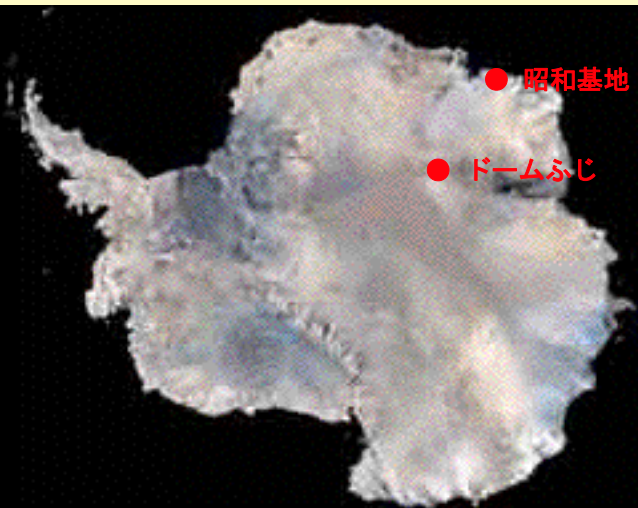
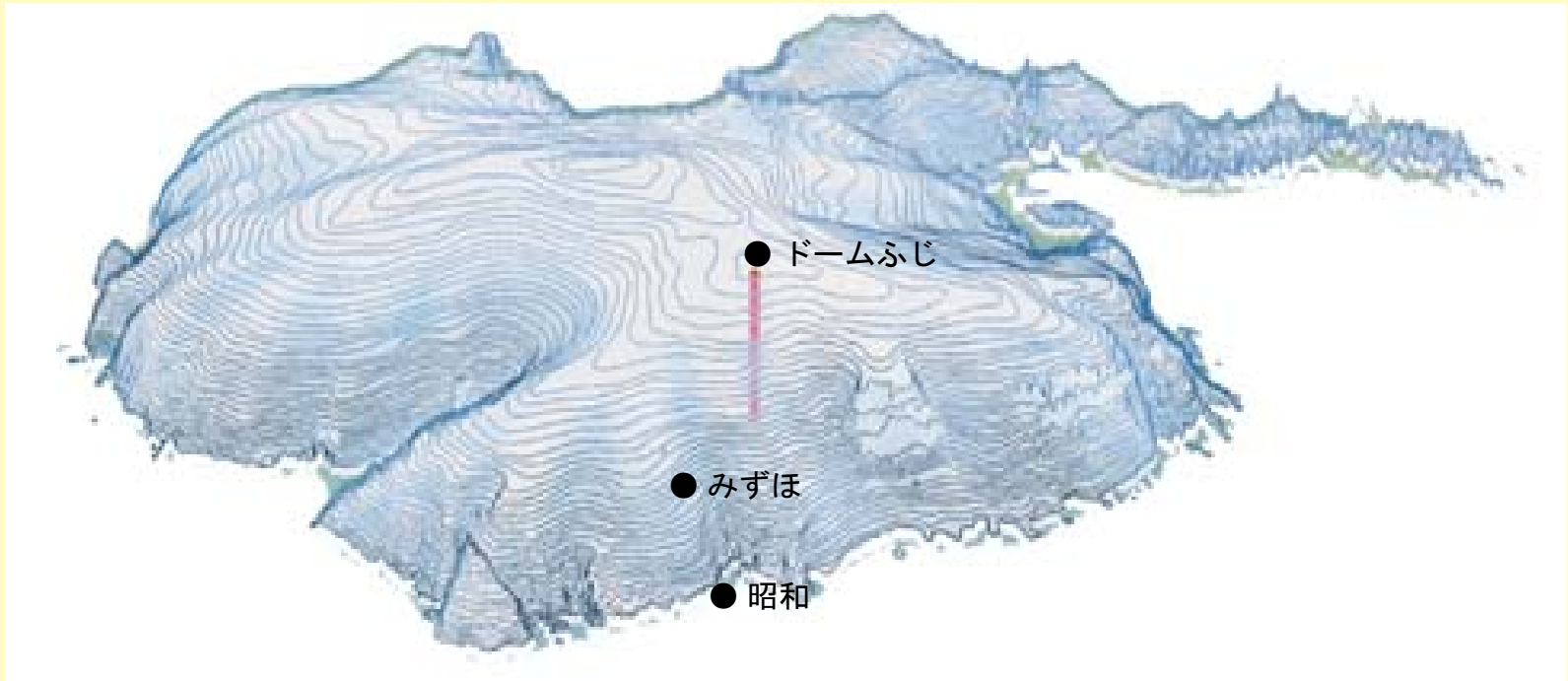
1956-2007



昭和基地＝地球環境観測の最前線



ドームふじ：氷の大陸の頂上

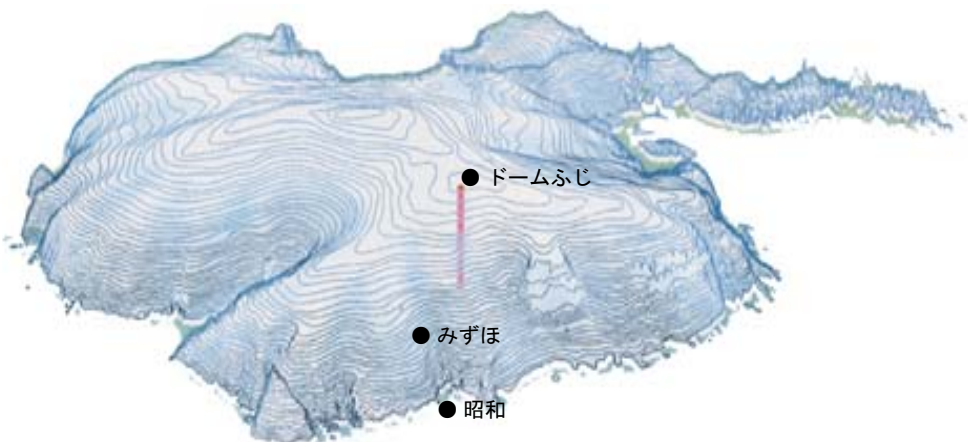


面積	-----	1386
km ²		
高さ	-----	1856 m
体積	-----	2540
km ³		

海面上昇寄与 --- 57 m

ドームふじ基地:南極観測のフロンティア

QuickTimey C2
TIFFAialekC>CuA! eLiEevEçEOEaEÁ
Ç™Ç+ÇÁEsENE' EÉÇ%a@ÇEÇzÇ%Ç...ÇÖiKovÇ-ÇIAB



昭和基地から1000 km
標高 3810 m

基地の生活



食事

氷床深層掘削

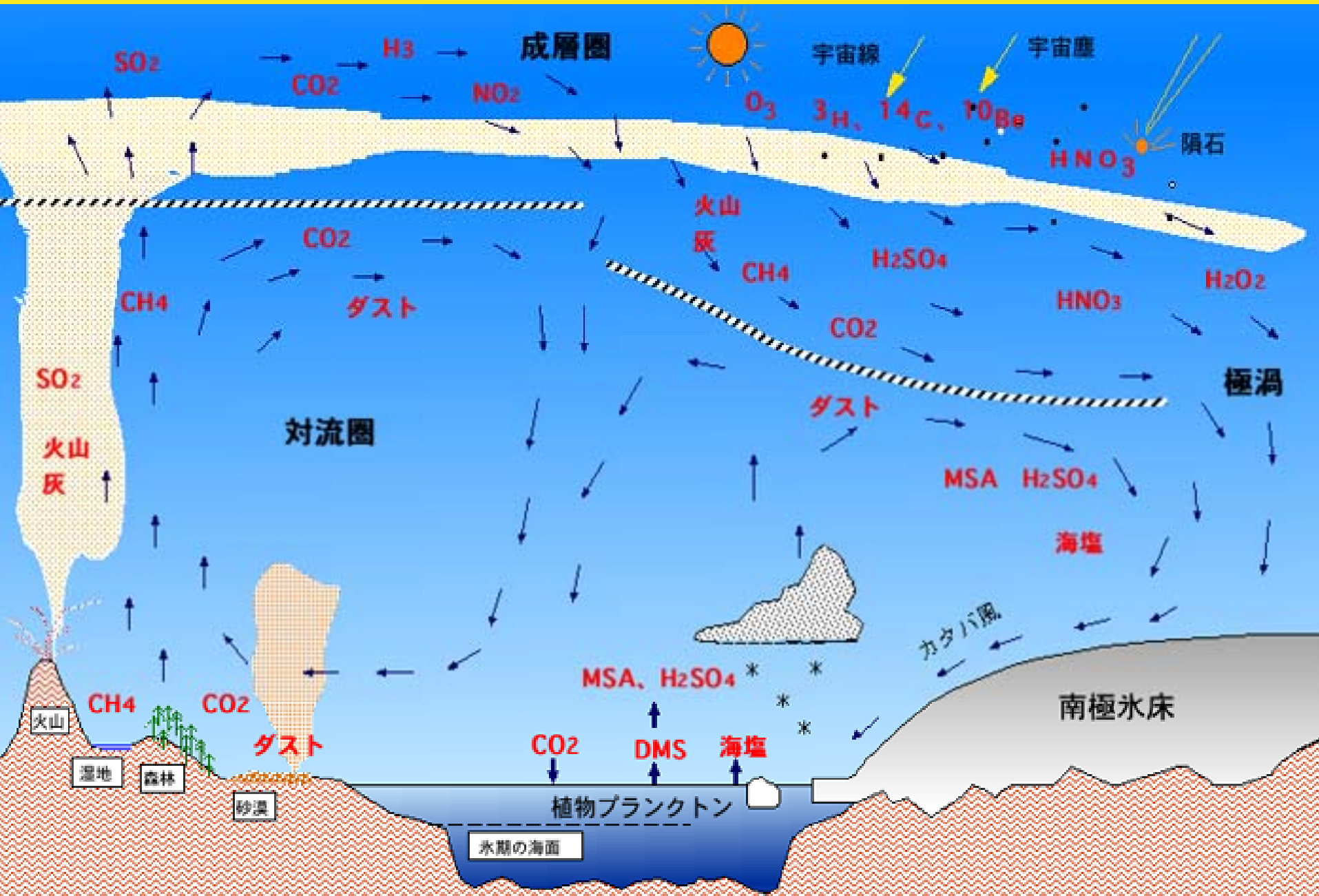
逆さ野菜栽培

ゴミの分別回収

気象観測

氷：地球環境のタイムカプセル

南極へ輸送される環境指標物質



過去の空気を含む南極の氷（偏光写真）



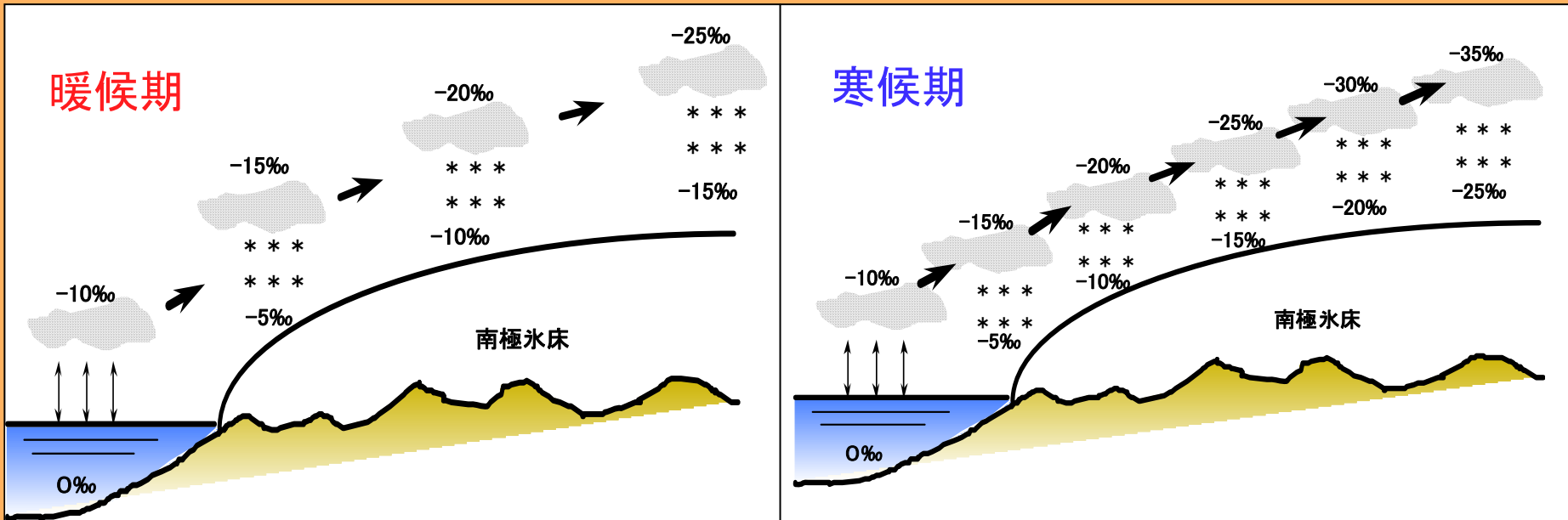
氷に閉じ込められた
空気から、過去の大気
成分を調べる。

氷から過去の気温を復元する

海水中の主要な同位体組成
酸素同位体の分別

$$H_2^{16}O : HD^{16}O : H_2^{18}O = 0.9977 : 0.0003 : 0.0020$$

$$(H_2^{18}O/H_2^{16}O)_{\text{液体}} : (H_2^{18}O/H_2^{16}O)_{\text{水蒸気}} = 1.010 : 1 \quad (0^\circ\text{C})$$



気温と δ¹⁸O の関係例

グリーンランド : $\delta^{18}O = 0.67T - 13.7$

南極みずほ高原 : $\delta^{18}O = 0.91T - 6.3$

コア解析



低温室でのコア処理



クリーンルームでのコア融解



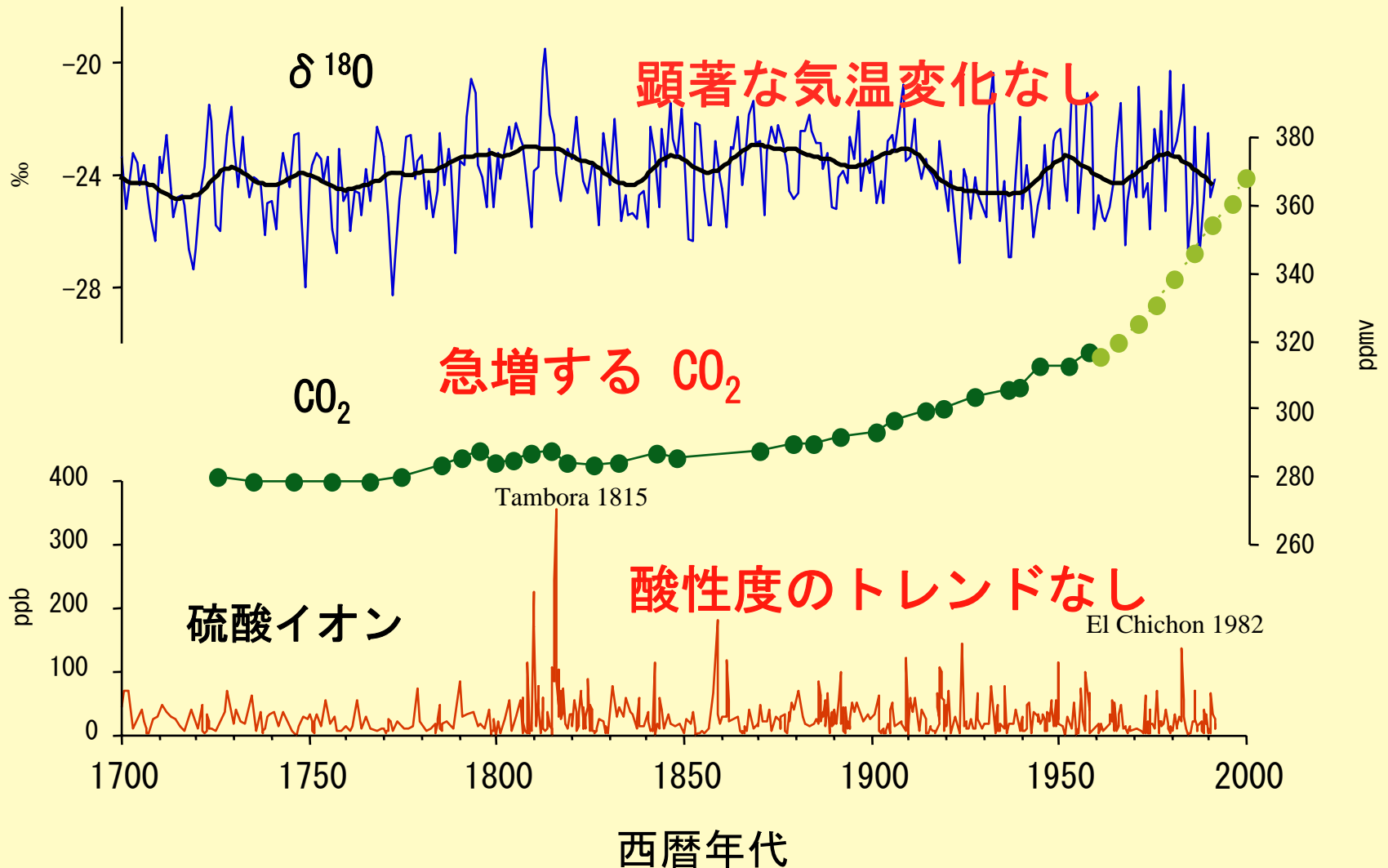
質量分析計による同位体分析



パーティクルカウンタによるダスト分析

アイスコアに記録された 過去300年の気候と環境の変化

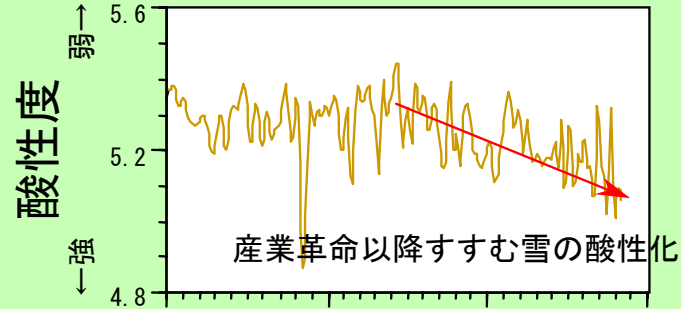
南極氷床浅層コアに記録された 過去300年の気温、CO₂、降水の酸性度



過去300年の大気環境汚染の両極比較

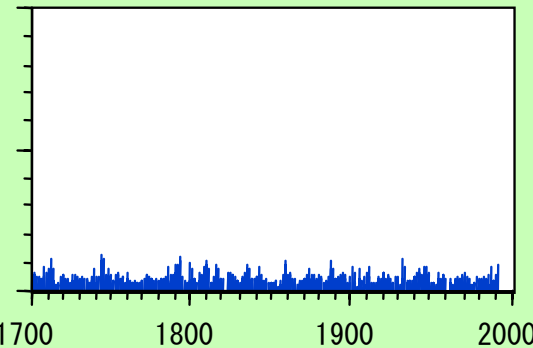
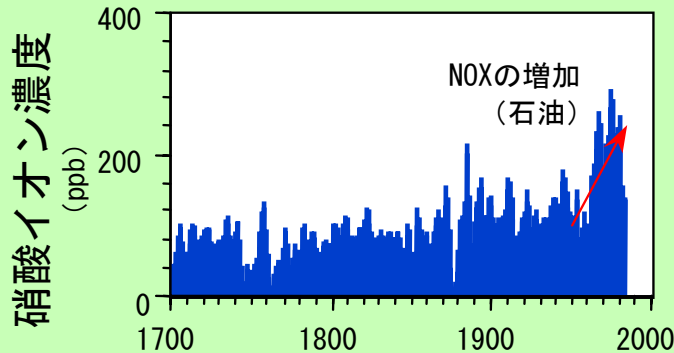
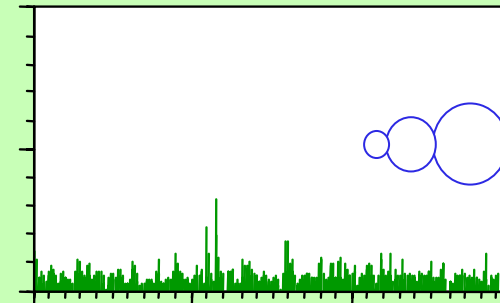
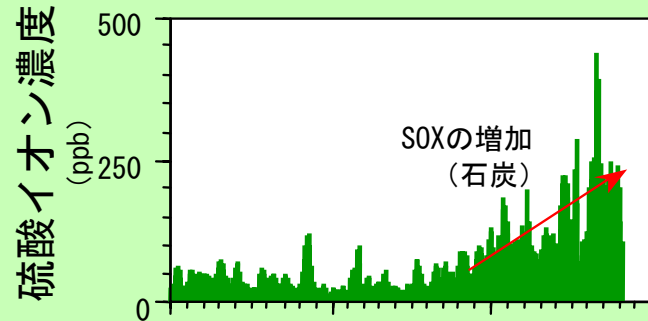
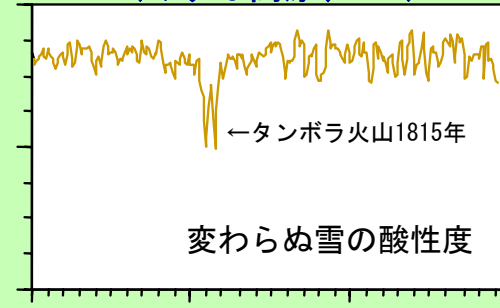
北極

(グリーンランド、Site-J)



南極

(みずほ高原、H15)



年代 (西暦)

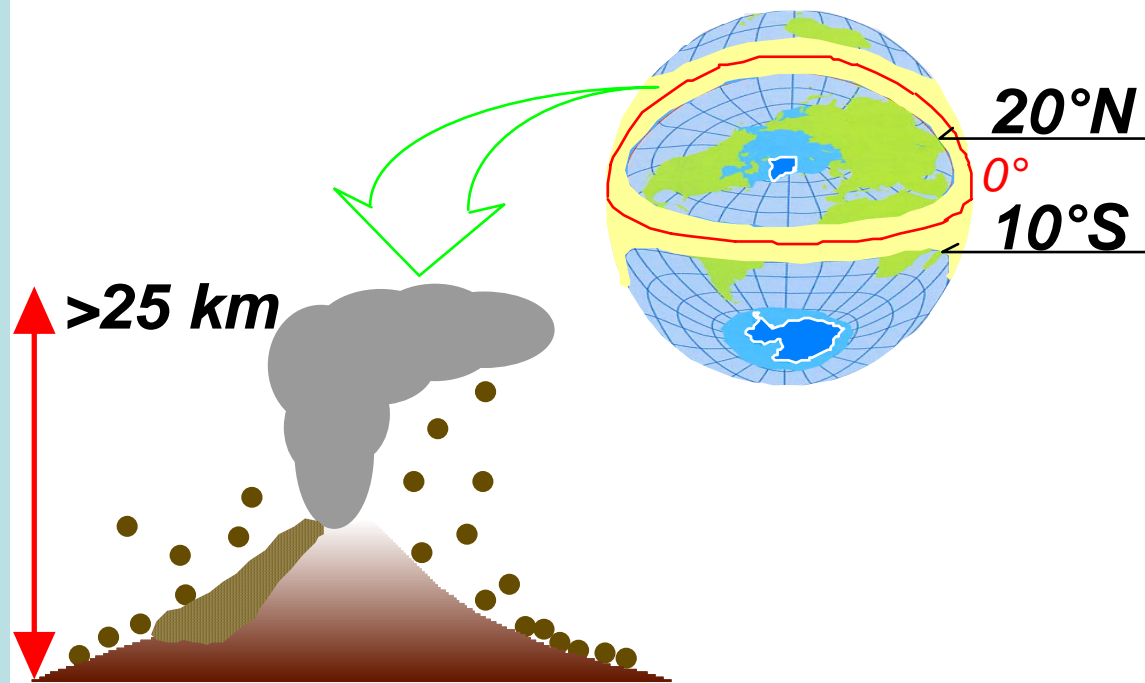
年代 (西暦)

北極では、産業革命以降の大気汚染の進行が顕著であるのに対し、南極ではほとんど進行していない。

浅層コアに記録された大規模火山噴火

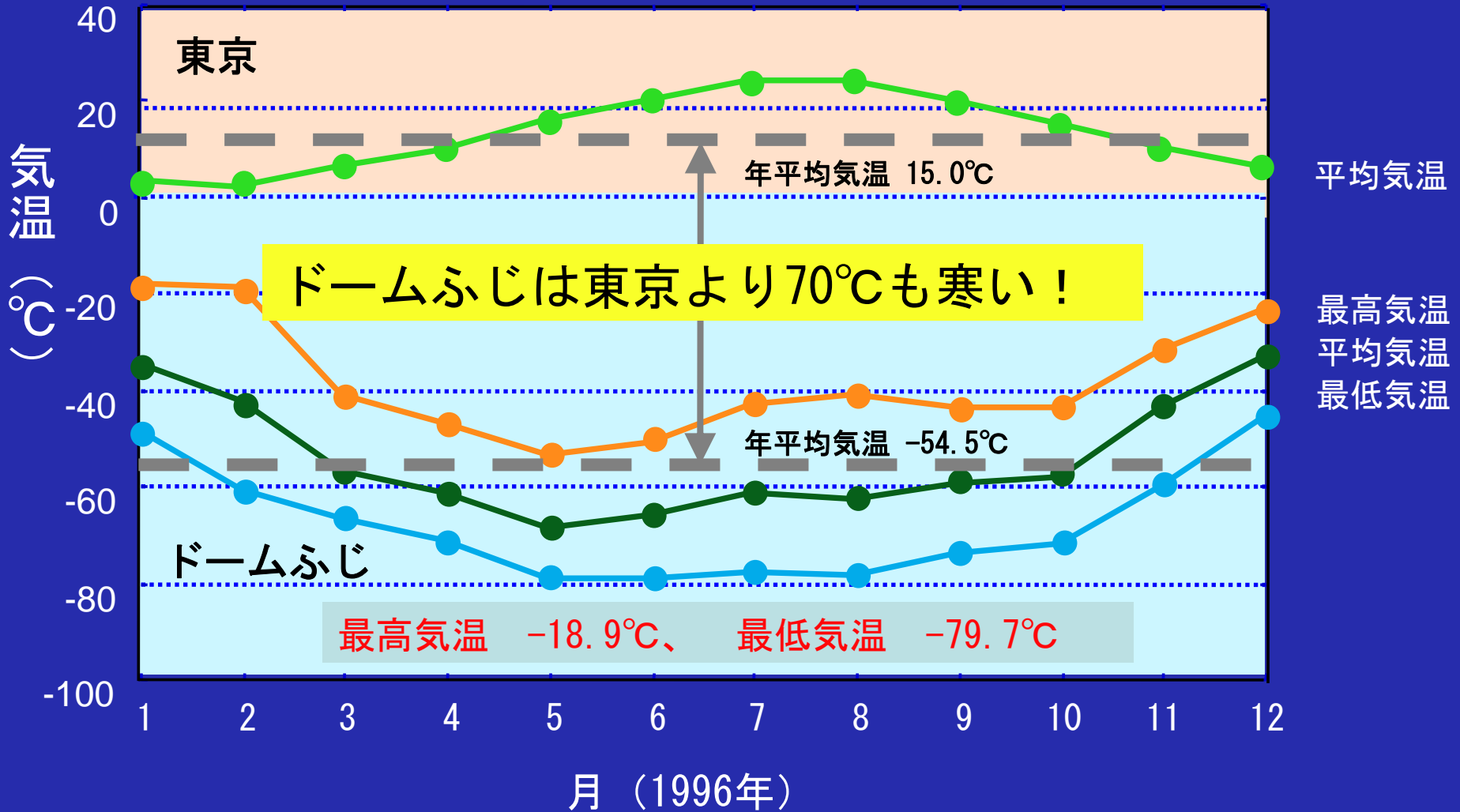
地球全体に影響を与えた火山活動

- * 噴煙が25km以上に達する噴火
- * 赤道付近の噴火



マイナス70度の世界

南極で最も寒い基地



凍るお湯

QuickTimey Ç² TIFFÅiàlèkÇ»ÇμÅj êLí£ÉvÉçÉÓÉáÉÄ Ç™Ç±ÇÃÉsÉNE`ÉÉÇ%ã©ÇÈÇzÇ½Ç...ÇÕiKónÇ-ÇlÅB

凍る顔



凍る息



8月23日13:26

1分後

吐息が**氷霧**に



「ポー」

「ポー」



8月23日13:27

マイナス55°Cの雪のトンネル

白夜と極夜の境

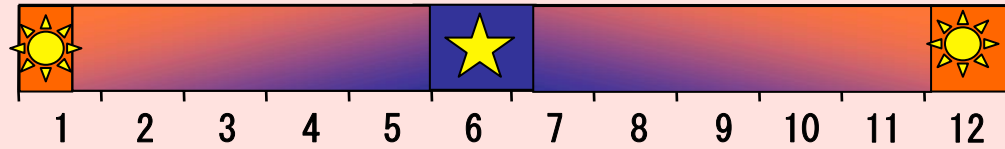


沈まぬ太陽

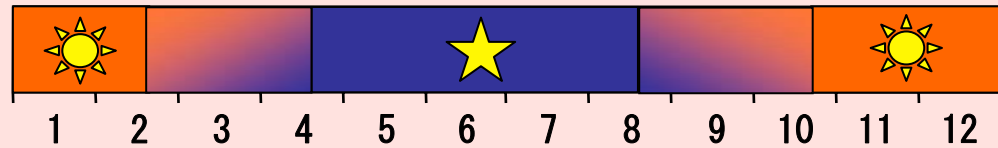
転がる太陽

白夜と極夜

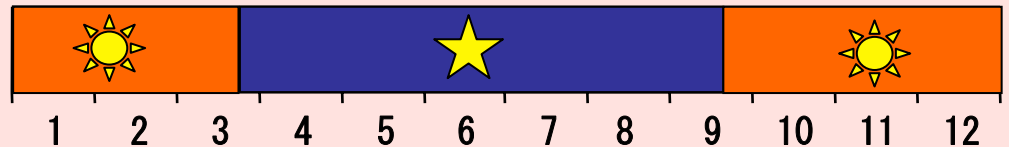
昭和基地（南緯69度）：白夜と極夜 1.5か月づつ



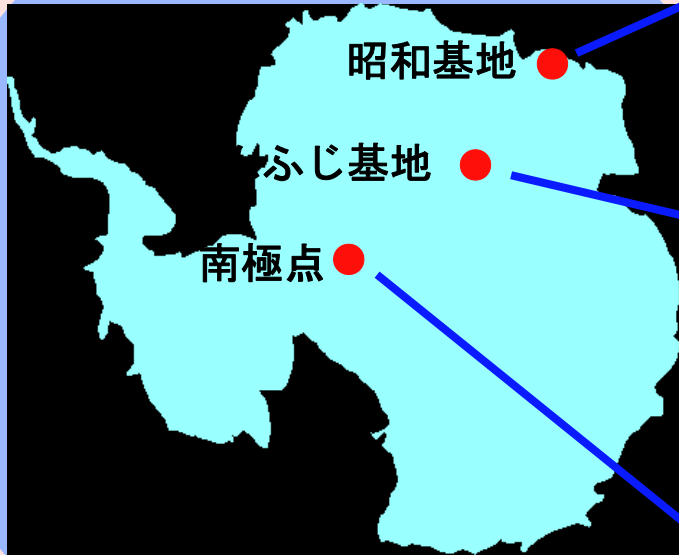
ドームふじ基地（南緯77度）：白夜と極夜 4か月づつ



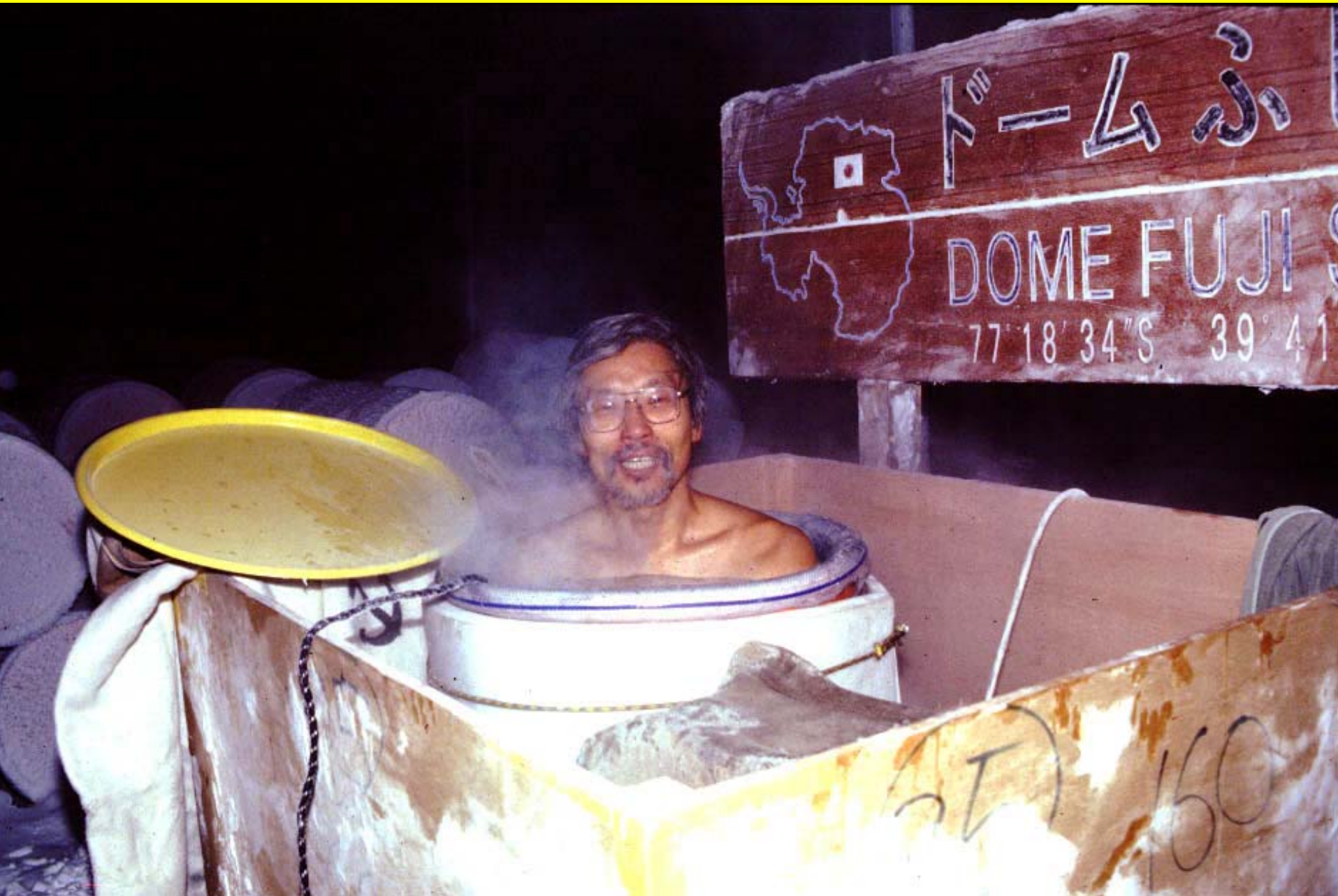
南極点（南緯90度）：白夜と極夜 6か月づつ



月



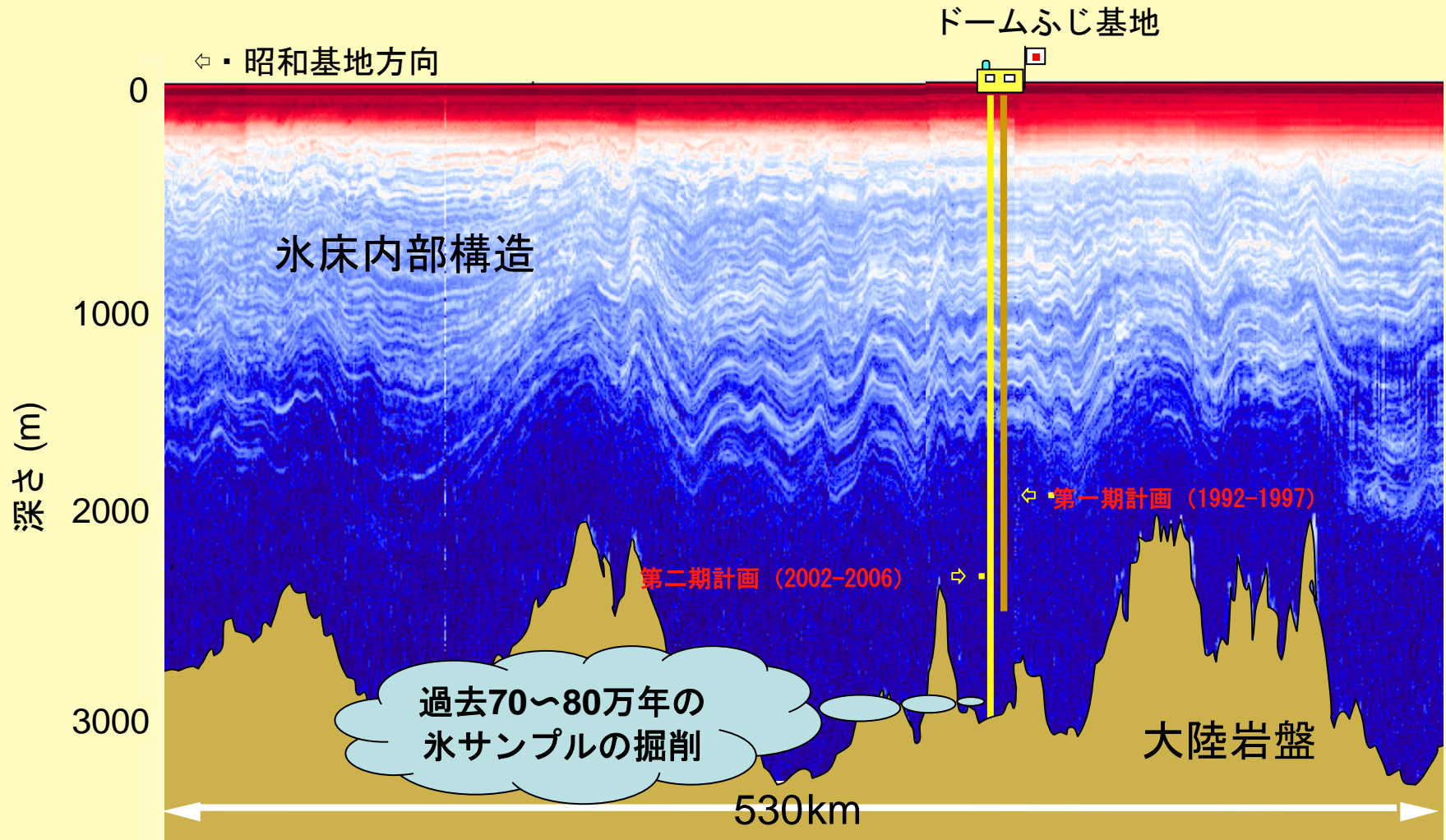
-70度の露天風呂



温故知新

ドーム計画

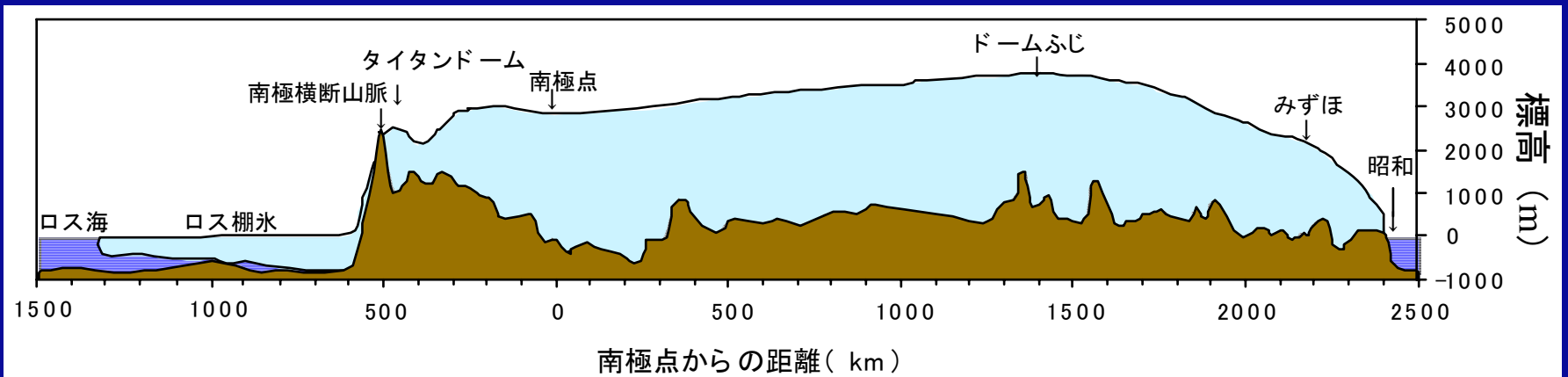
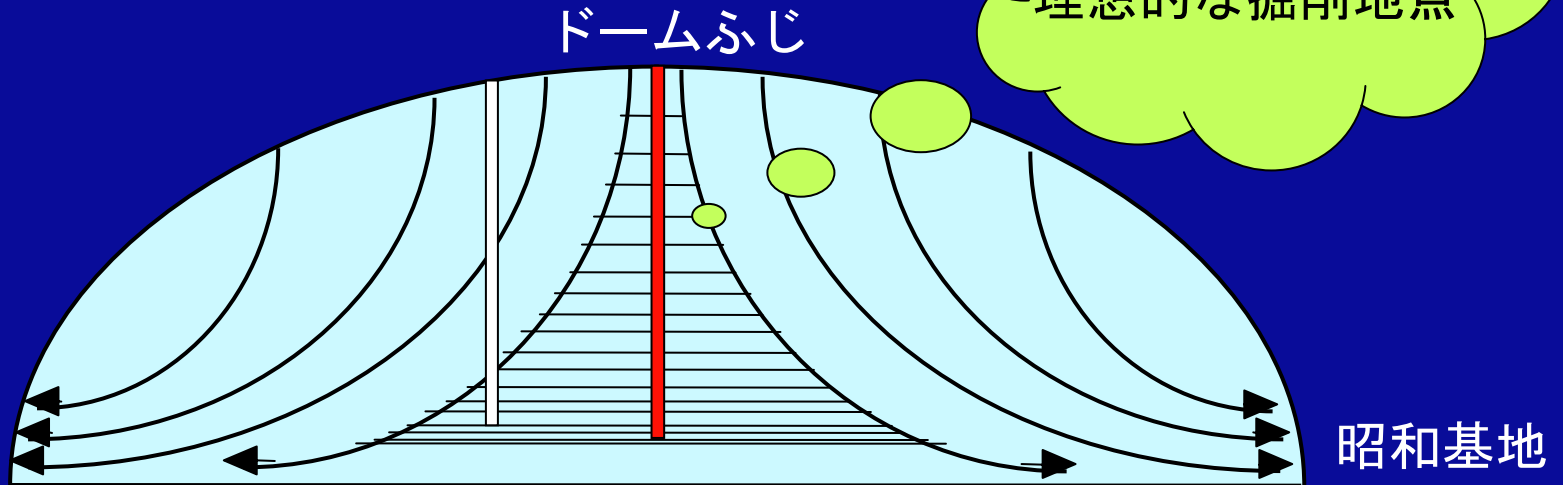
アイスレーダによる氷床の内部構造と基盤地形



ドームふじ: 理想的な掘削地点

南極氷床は、大陸規模の氷河である。降り積もった雪は自重で氷になり、ゆっくりと海に向かって流れる。

流動の影響がない
理想的な掘削地点



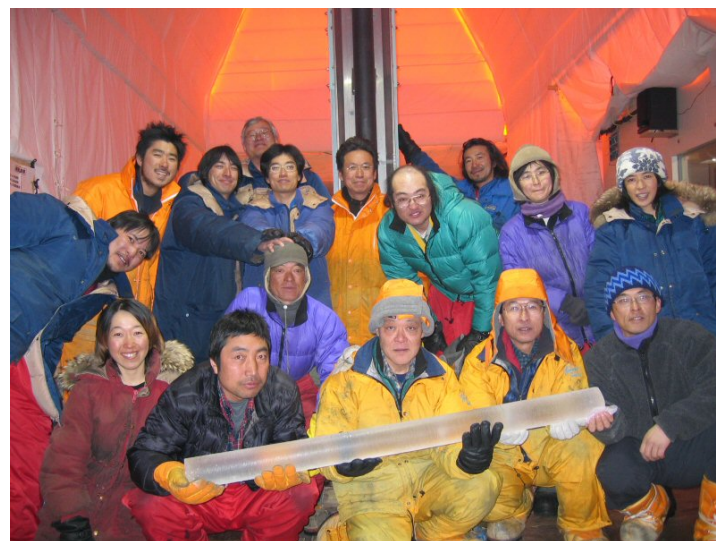
掘削の状況

第1期計画

- 1982 ドーム計画構想
- 1988 ドリル開発開始
- 1992 物資集積開始
- 1994 基地建設
- 1995 越冬、掘削 612m深
- 1996 越冬、掘削 2503m深
- 1997 越冬、コア解析

第2期計画

- 2001 ドリルの改良開発開始
- 2001/2002 パイロット孔掘削と掘削孔ケーシング
- 2002/2003 新掘削場の建設
- 2003/2004 深層コア掘削／コア現場解析 362m深
- 2004/2005 深層コア掘削／コア現場解析 1850m深
- 2005/2006 深層コア掘削／コア現場解析 3029m深
- * 世界最速の掘削(180m／週)を実現
- 2006/2007 深層コア掘削／コア現場解析 3035m深

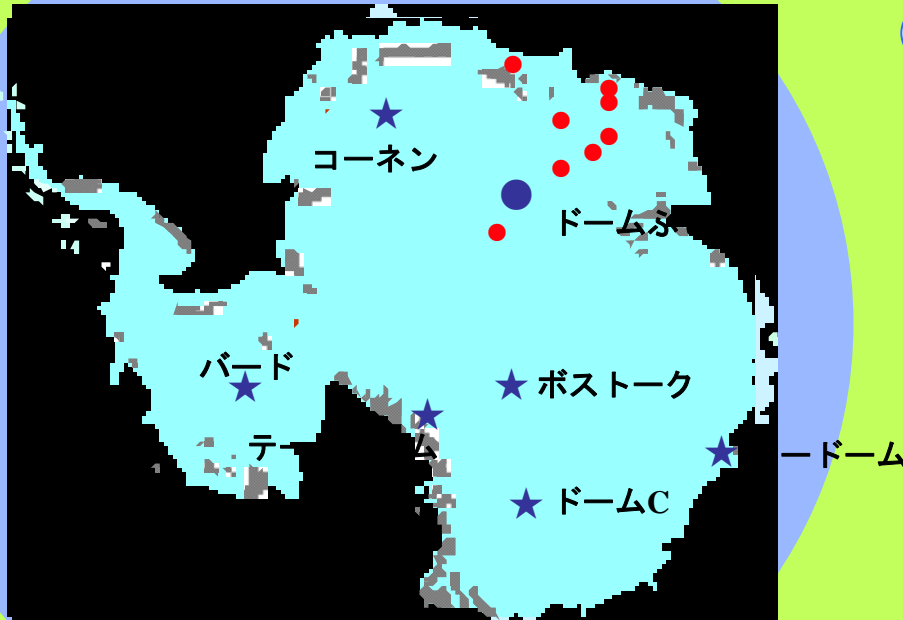


深層コア掘削

QuickTimeý Ç²
TIFFÄâ&KÇ»ÇuÄj 6LIEÉvEçEOÉâÉÁ
Ç™Ç±ÇÄEsENE EEC%â@ÇÇÇZÇ%Ç...ÇÖKöVÇÇIAB

掘削地点と世界最新鋭のドリル

● 浅層掘削（日本） ● 深層掘削（日本） ★ 深層掘削（外国）



極域氷床でのコア掘削は、各国が力を入れて推進している。日本が開発した世界標準ドリル。



深層掘削ドリル
(極地研開発)



1) 斬新なアイデア

* 日本発の世界標準となる数々のメカニズム

2) 優秀な技術

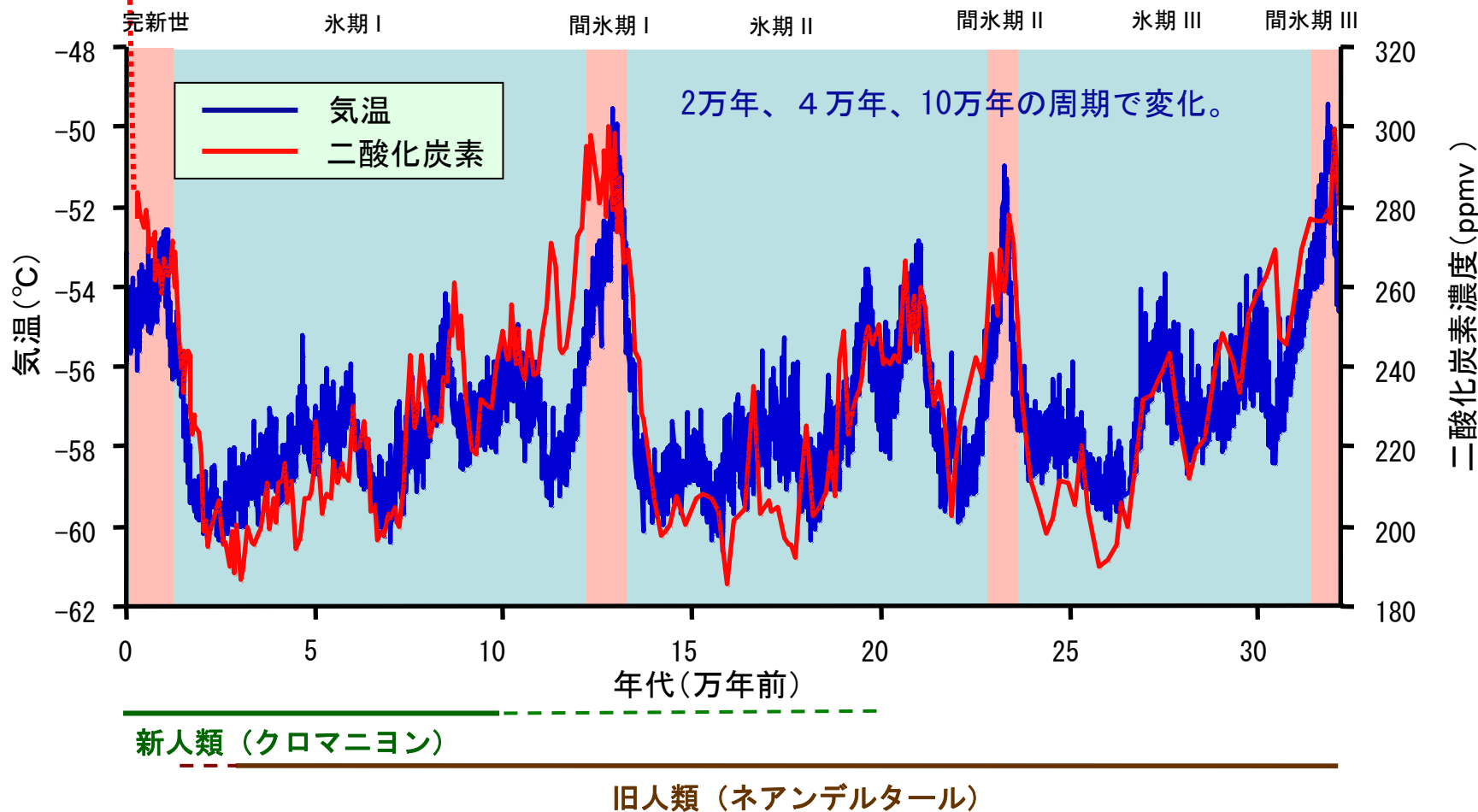
* 中小企業の高い心意気と技術力

3) 国内外での掘削実験

* 多数の研究者等の協力

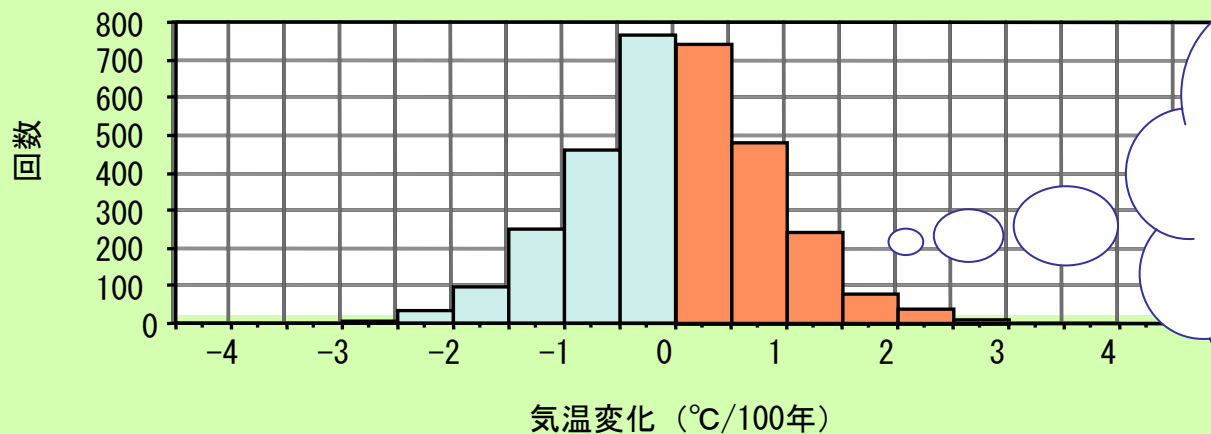
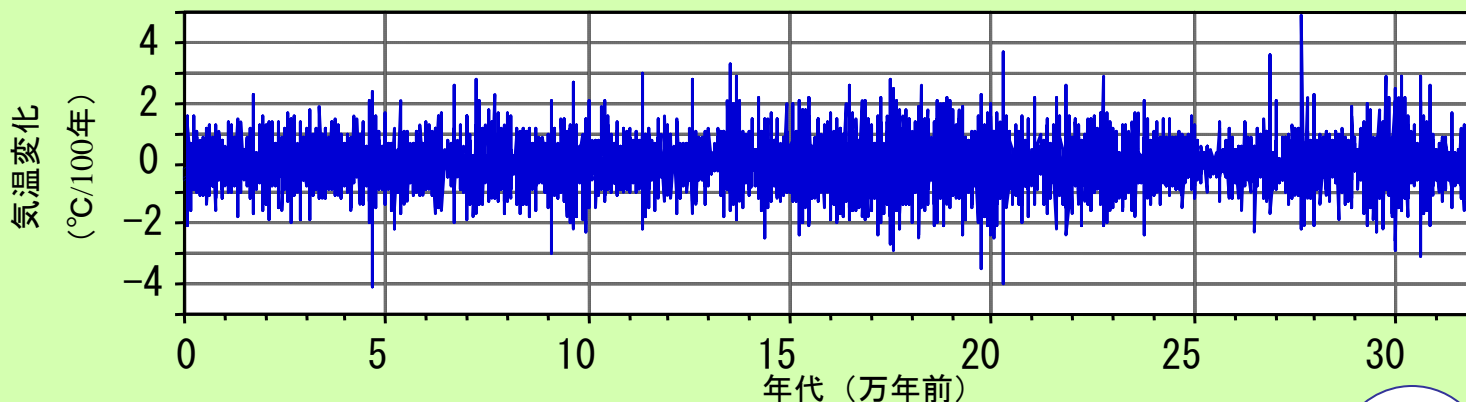
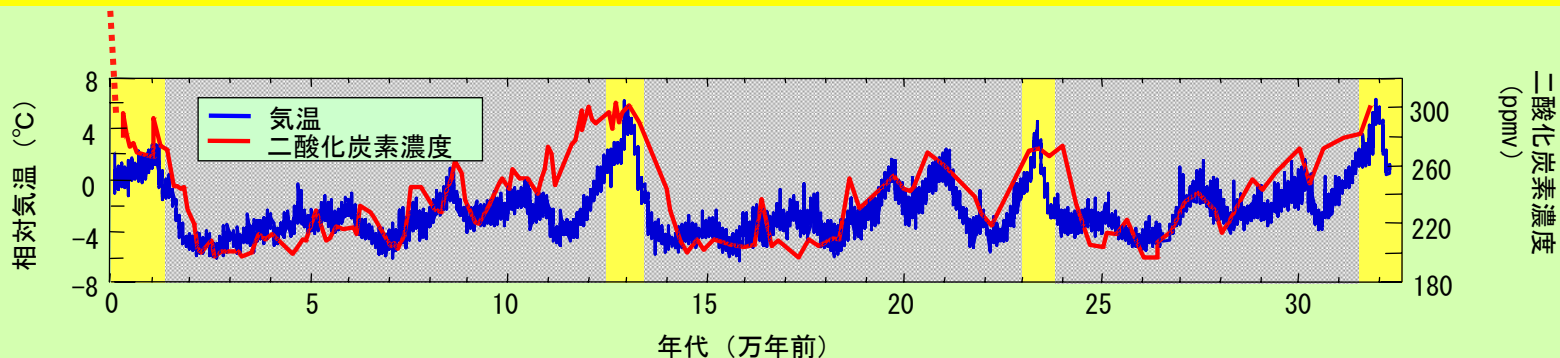
過去32万年の気温と二酸化炭素濃度

← 過去32万年で例を見ない高濃度。人間活動(化石燃料の消費)による増加



地球は、氷期に向かうのか、二酸化炭素で温暖化するのか？

過去32万年間の気温変化速度



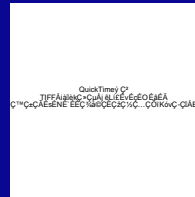
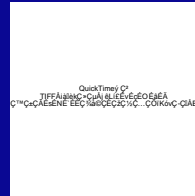
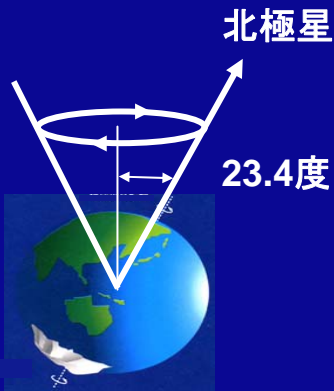
今後100年に予想される温暖化 (2°C〜) は、過去には2%の期間しか起らなかった異常な温暖化である。

ミランコビッチ・サイクル

陸半球/海半球

自転軸の歳差

(1.9万年、2.3万年周期)



自転軸の傾斜角

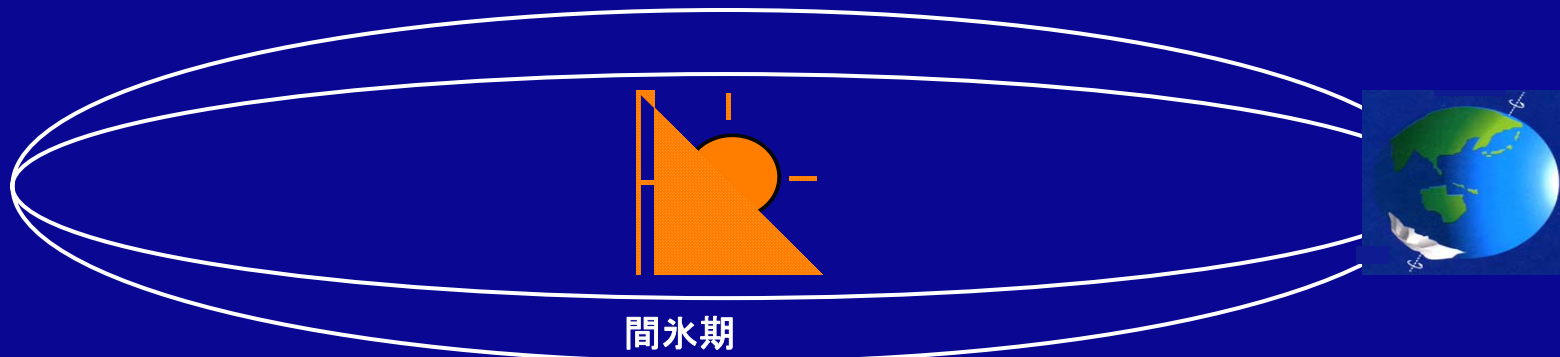
(4.1万年周期)

21.8~24.5度

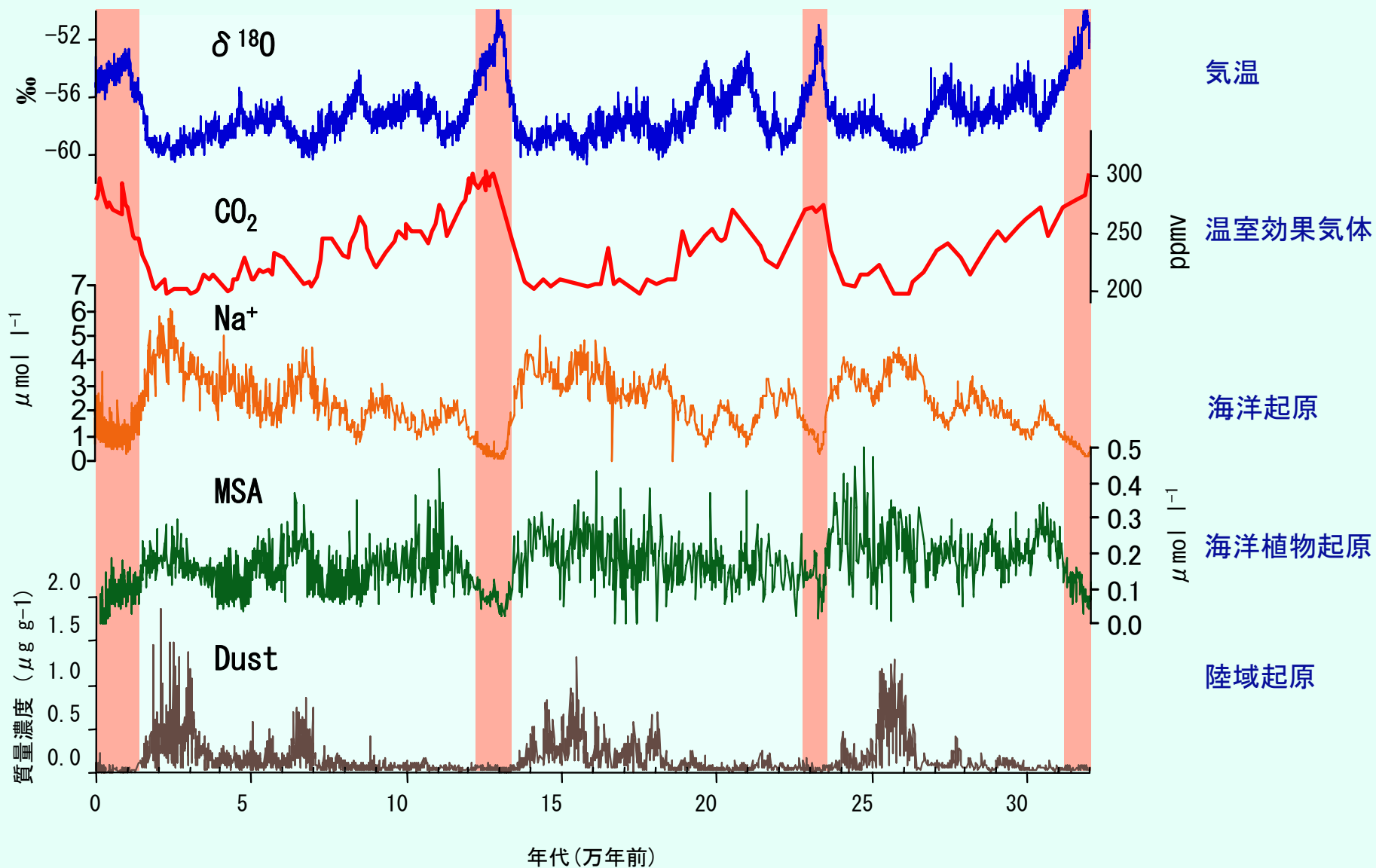


公転軌道の離心率

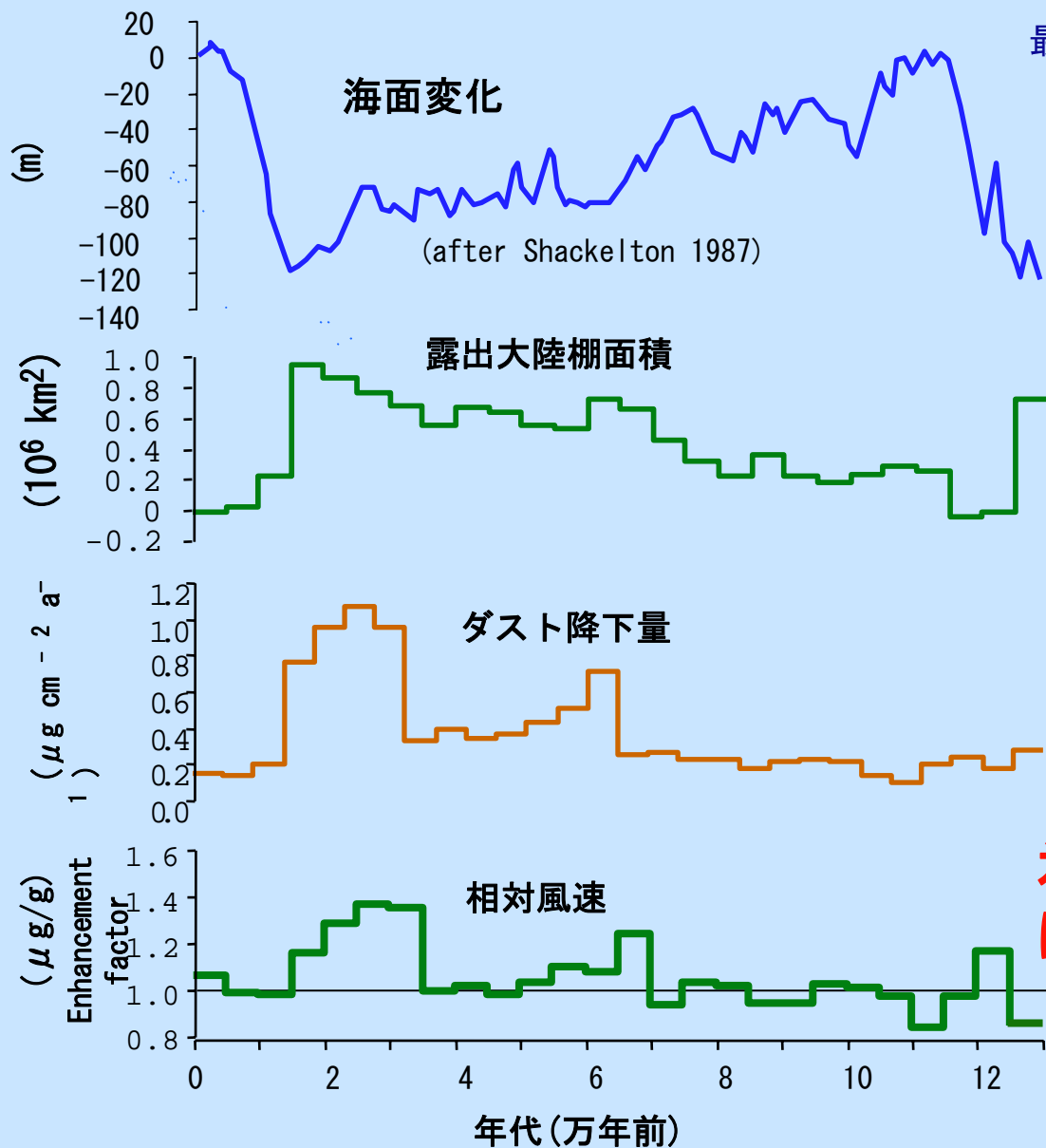
(10万年、40万年周期)



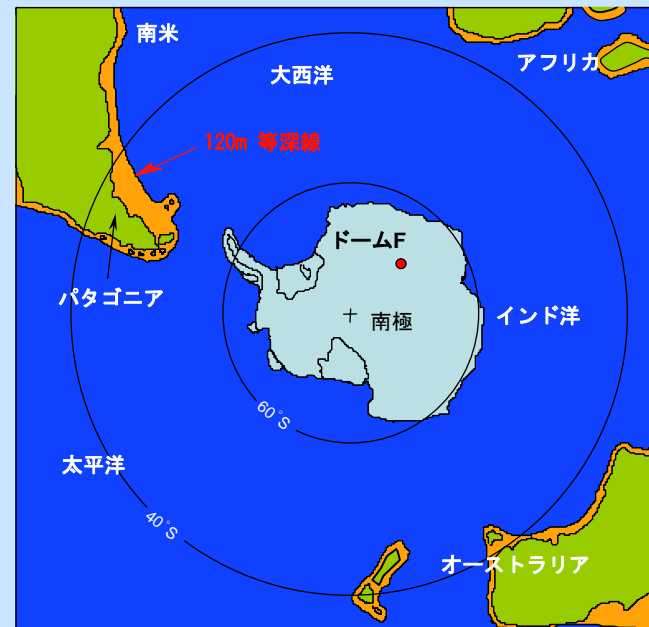
氷期サイクルにおける陸海域起原物質の変化



過去13万年間のダスト濃度、海面変動から風速の復元

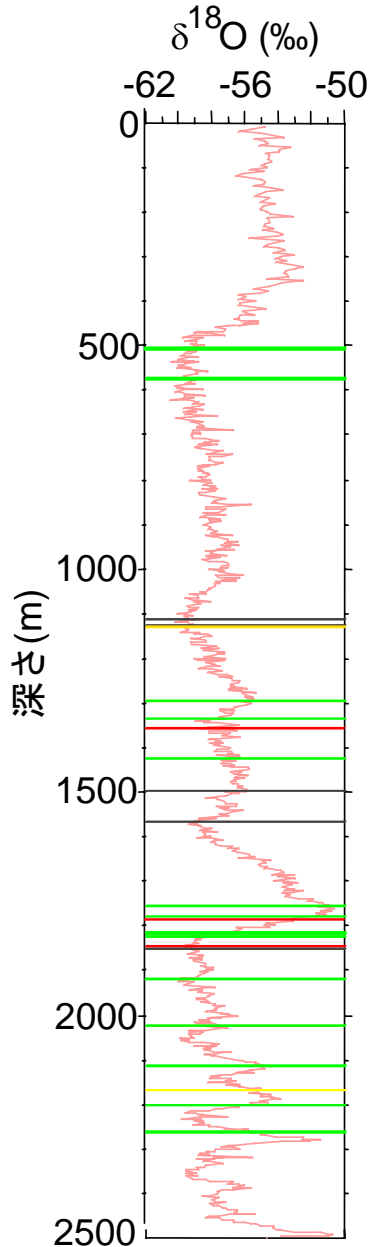


最終氷期の最寒冷期における陸域分布↓

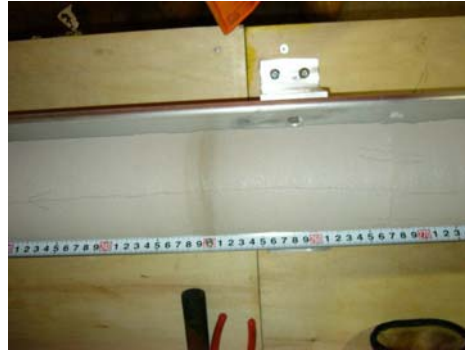


氷期の寒冷期には、風速は1.4倍も強かった。

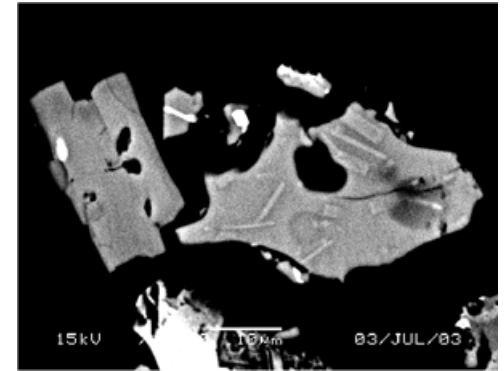
ドームふじコアの火山灰とその起源



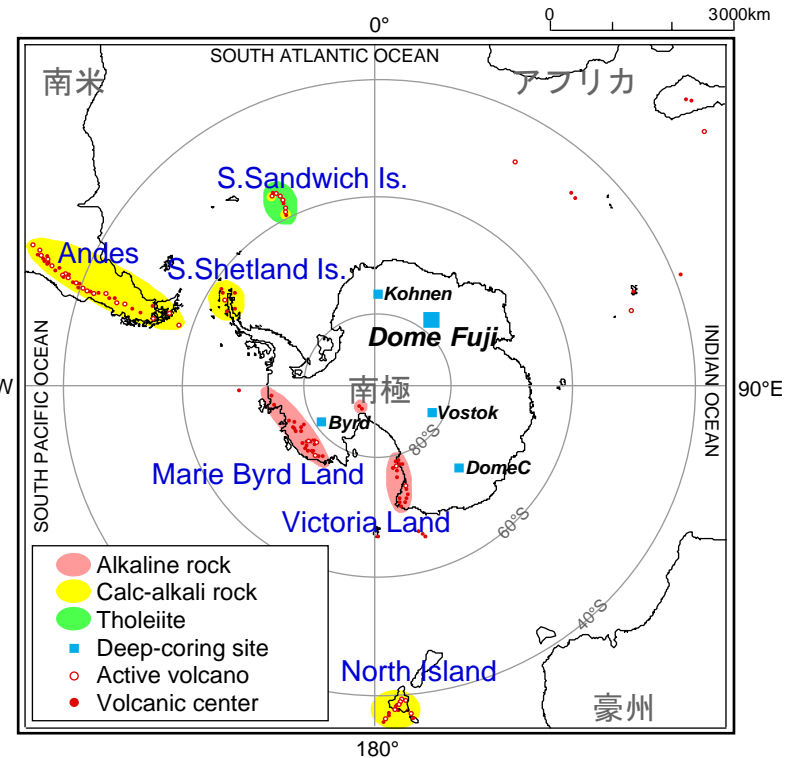
アイスコアの火山灰



火山灰の電子顕微鏡写真



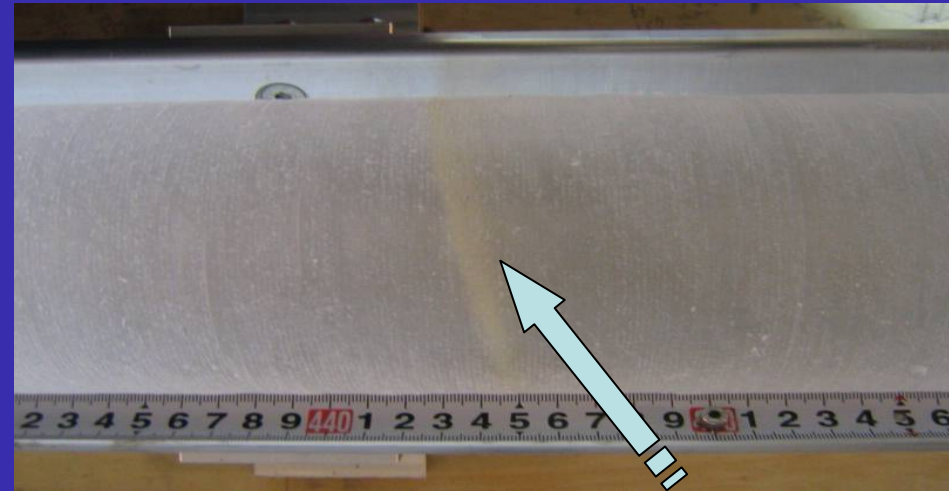
25の火山灰層は、南極とその周辺の火山の噴火により氷床に堆積した。



第二期ドーム計画で掘削されたコア



1回の掘削で得られる長さ3.8mの氷床コア



2646m深（約40万年前）の火山灰



深さ3029mの氷床コア



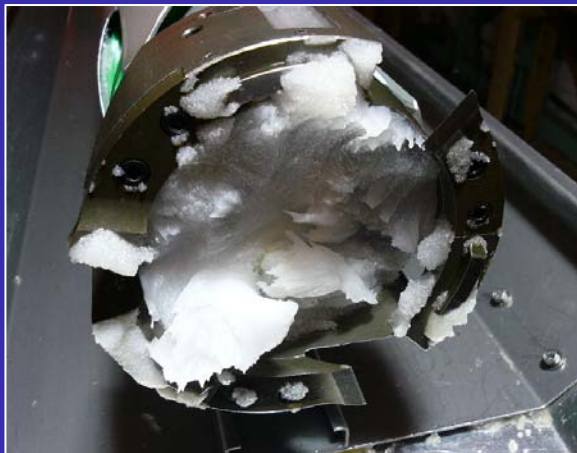
氷床コアの現場解析

氷床最深部の氷、水、岩石

深さ3035m
72万年前の氷

氷床下の未知なる環境を探る手がかり

2007年1月採取

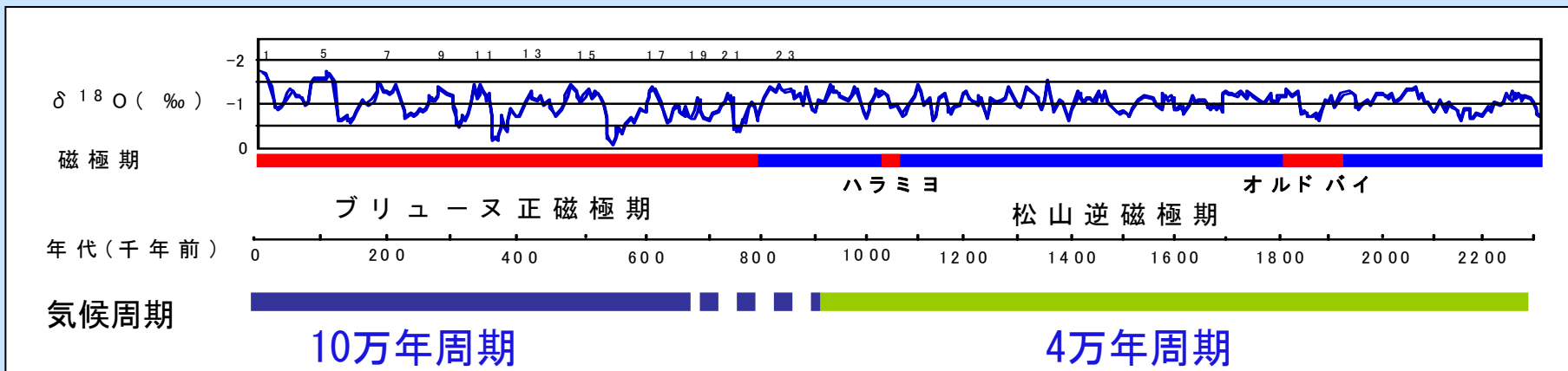


水(凍結)

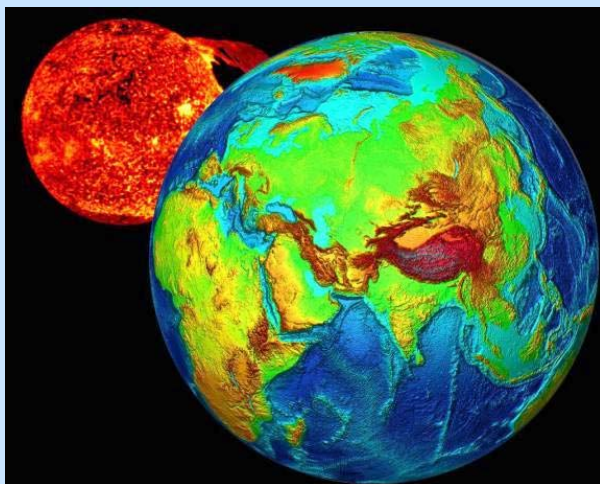


岩盤の破片

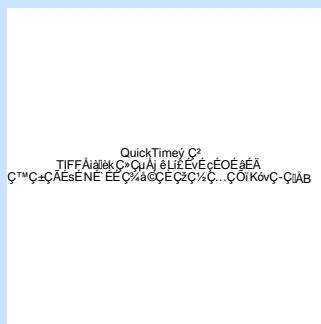
未知の世界を探る



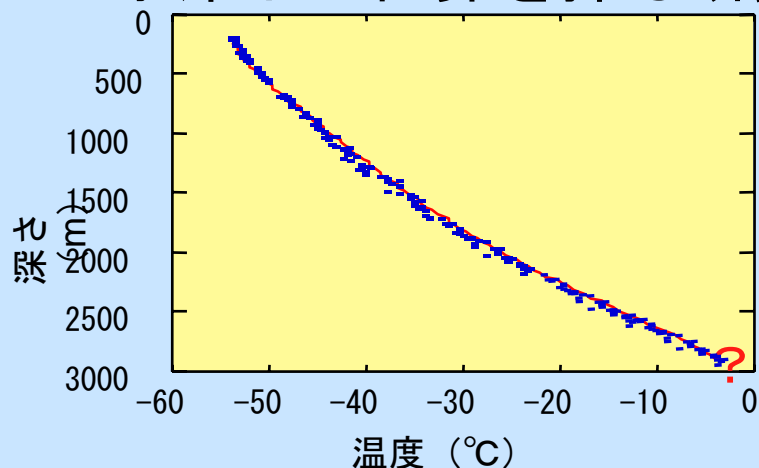
太陽活動と地球の気候との関連の研究



微生物の進化と環境変化の研究



氷床下の世界を探る研究



太陽とダイヤモンドダストによる光の芸術

おわり

