



北海道大学 低温科学研究所 本堂 武夫

A satellite image of Antarctica, showing the continent's ice-covered terrain in shades of white and blue against a dark blue background of the ocean.

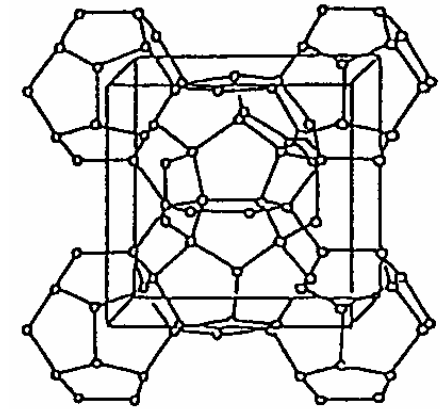
南極氷床100万年の記録を読み解く鍵：
Nanoglaciology

nm

- nm = nanometer = 10^{-9} m
 - A wide variety of molecules
 - A wide variety of materials
 - A wide variety of phenomena

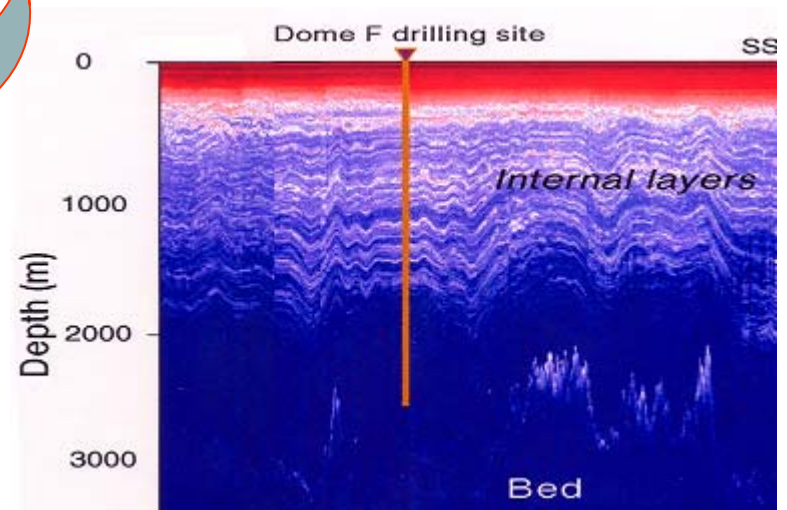
Nanoglaciology

- nm = nautical mile
= 1.852×10^3 m



1.2 nm

1.2 nm



1. アイスコア

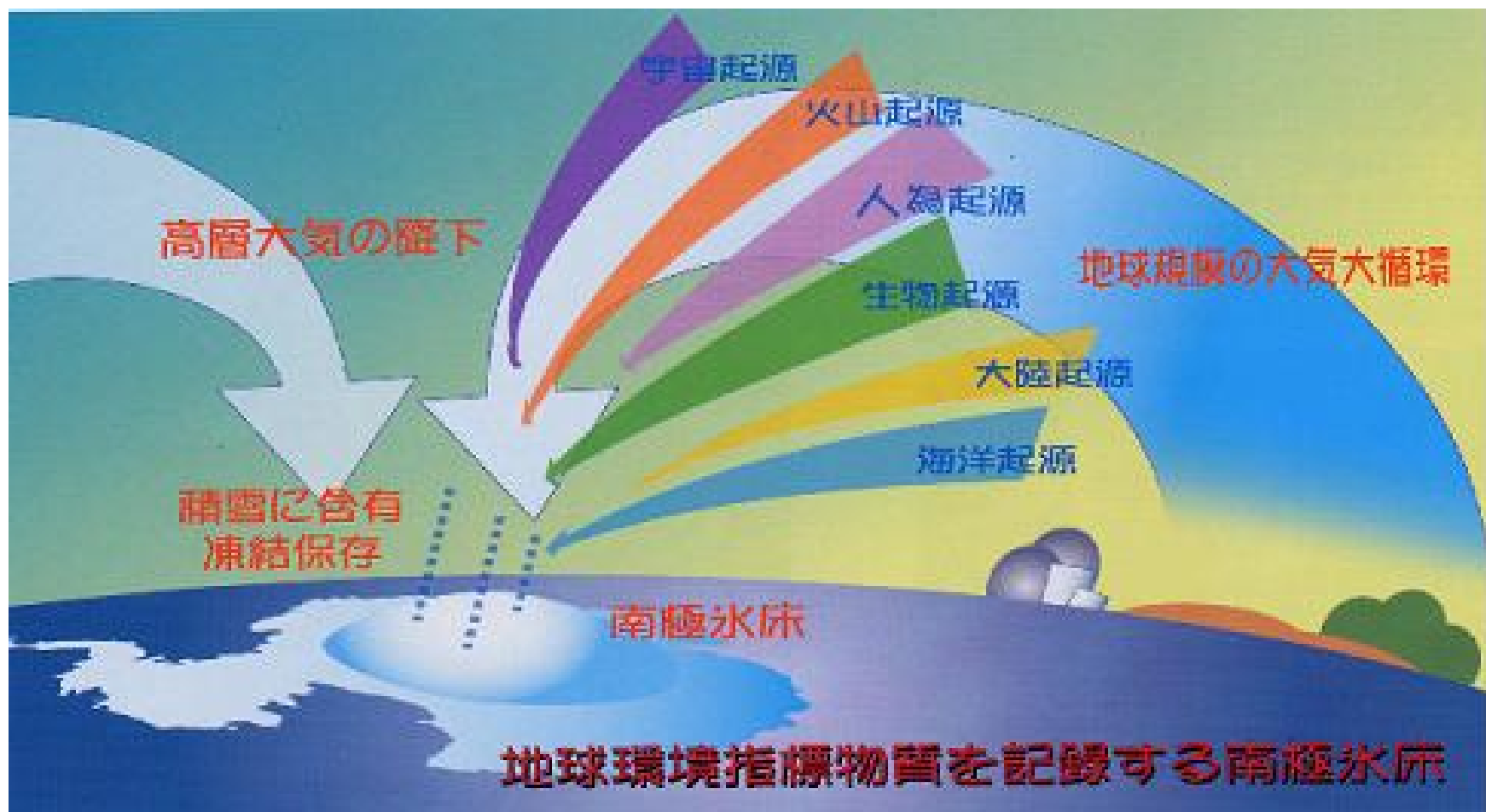
- 地球環境のタイムカプセル(過去数十万年の気候・環境)
- シグナルを記録している媒体?
⇒ 物理過程に基づく解析と解釈

2. レーダーエコーサウンディング

- アイスコア情報を広域に拡大
- 流動モデルとの対比
⇒ 氷の誘電特性を利用するレーダーシステム

3. 氷床流動:地球システムの動的な要素

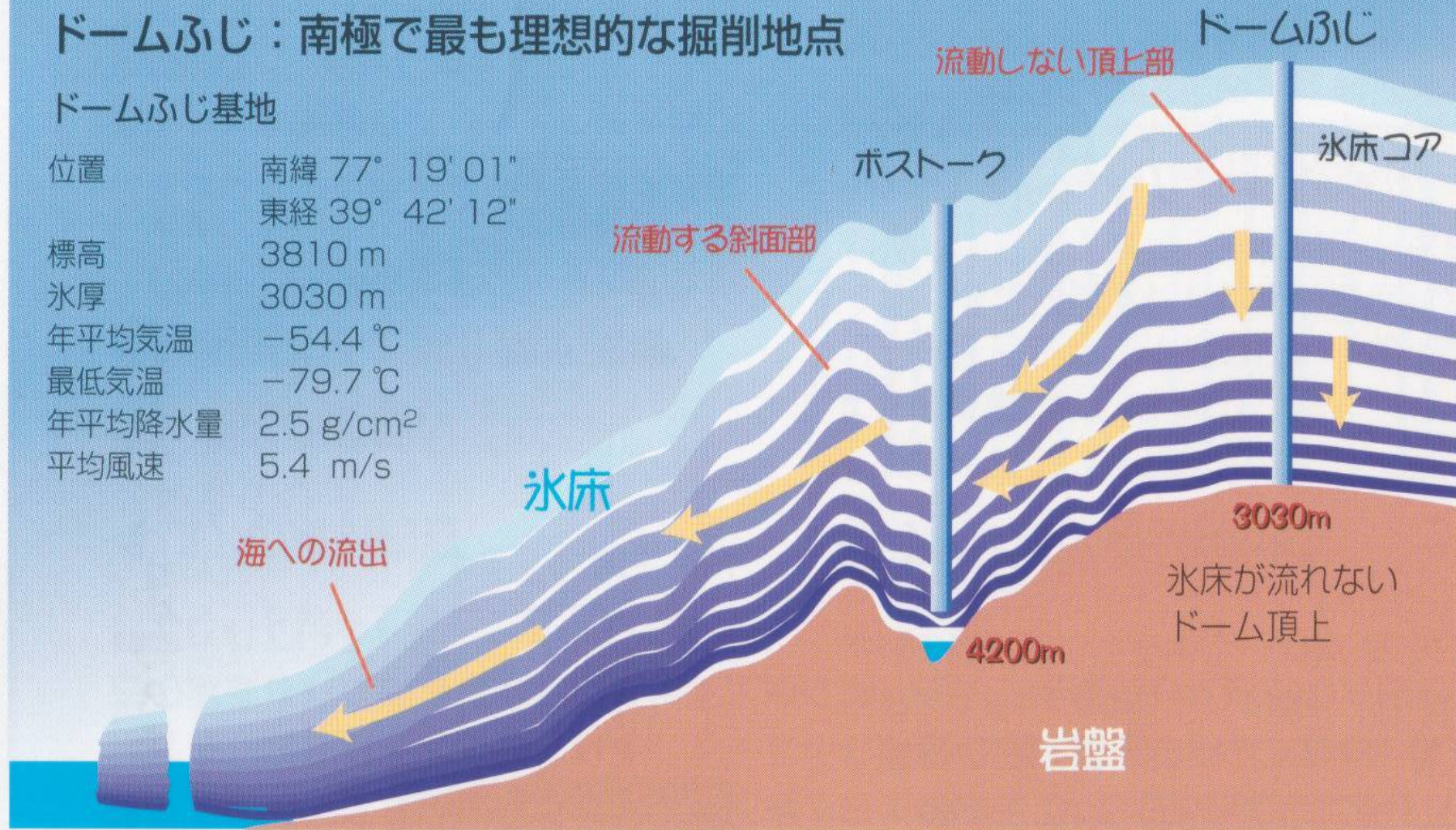
- 流動モデル:等方的塑性体を仮定
- 氷の塑性:きわめて強い異方性
- 氷床中の氷結晶方位分布:特徴的な分布
⇒ 結晶方位分布を取り入れた流動モデル



ドームふじ：南極で最も理想的な掘削地点

ドームふじ基地

| | |
|--------|----------------------------------|
| 位置 | 南緯 77° 19' 01" 東経 39° 42' 12" |
| 標高 | 3810 m |
| 氷厚 | 3030 m |
| 年平均気温 | -54.4 °C |
| 最低気温 | -79.7 °C |
| 年平均降水量 | 2.5 g/cm ² |
| 平均風速 | 5.4 m/s |



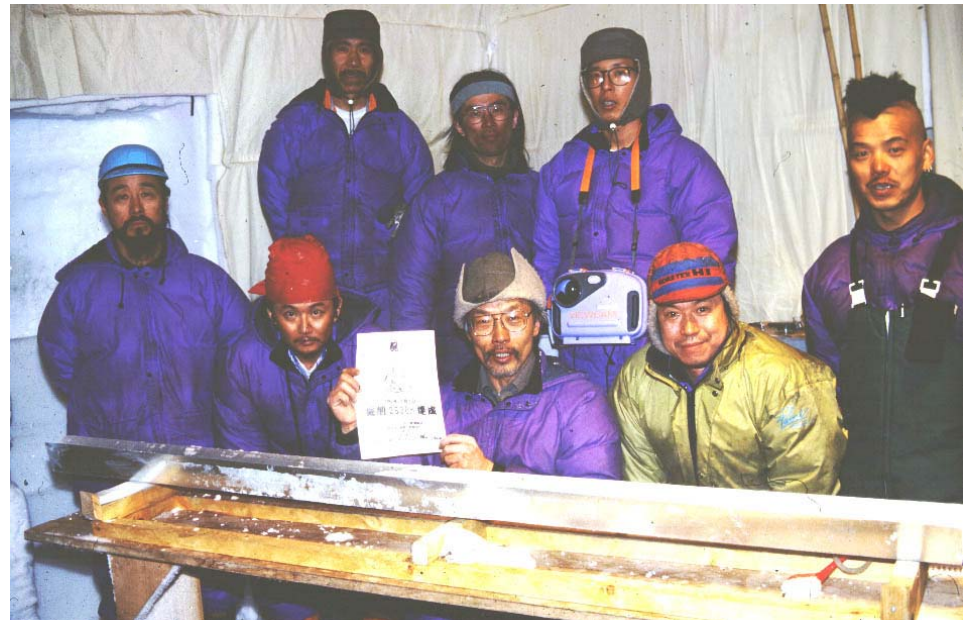
南極氷床は自分の重さで歪み、ゆっくりと海に流れだす。しかし、横方向へ押される力が働かない氷床ドームの中心は、太古からの積雪が流れ出さず積み重なっている。

Drilling

34万年

第一期深層掘削 1993~1996年

1996年12月 2503.52 m



第二期深層掘削 2003~2006年

2006年1月19日 3028.52 m

Trace Molecules in Ice Sheets

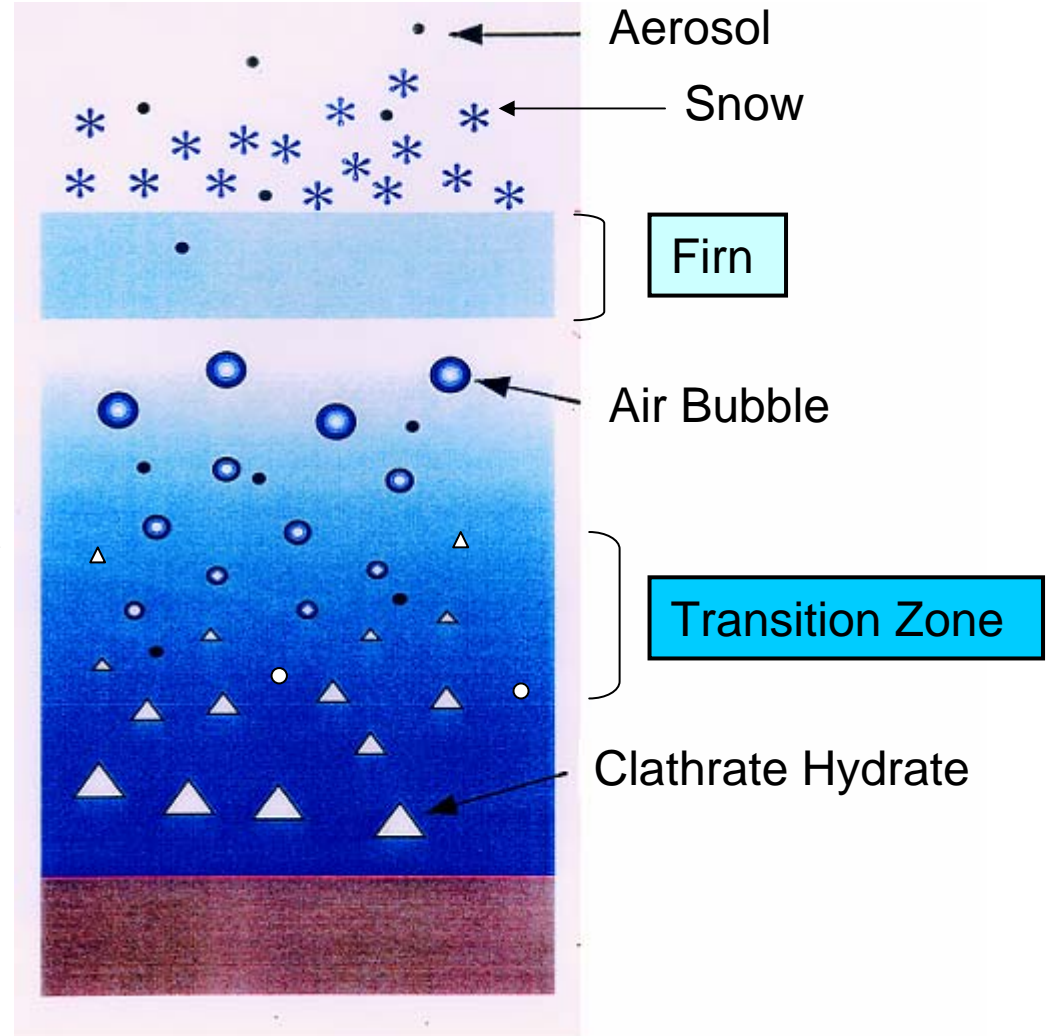
Particulates

F^- , CH_3COO^- , MSA^- , Cl^- ,
 NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , ...

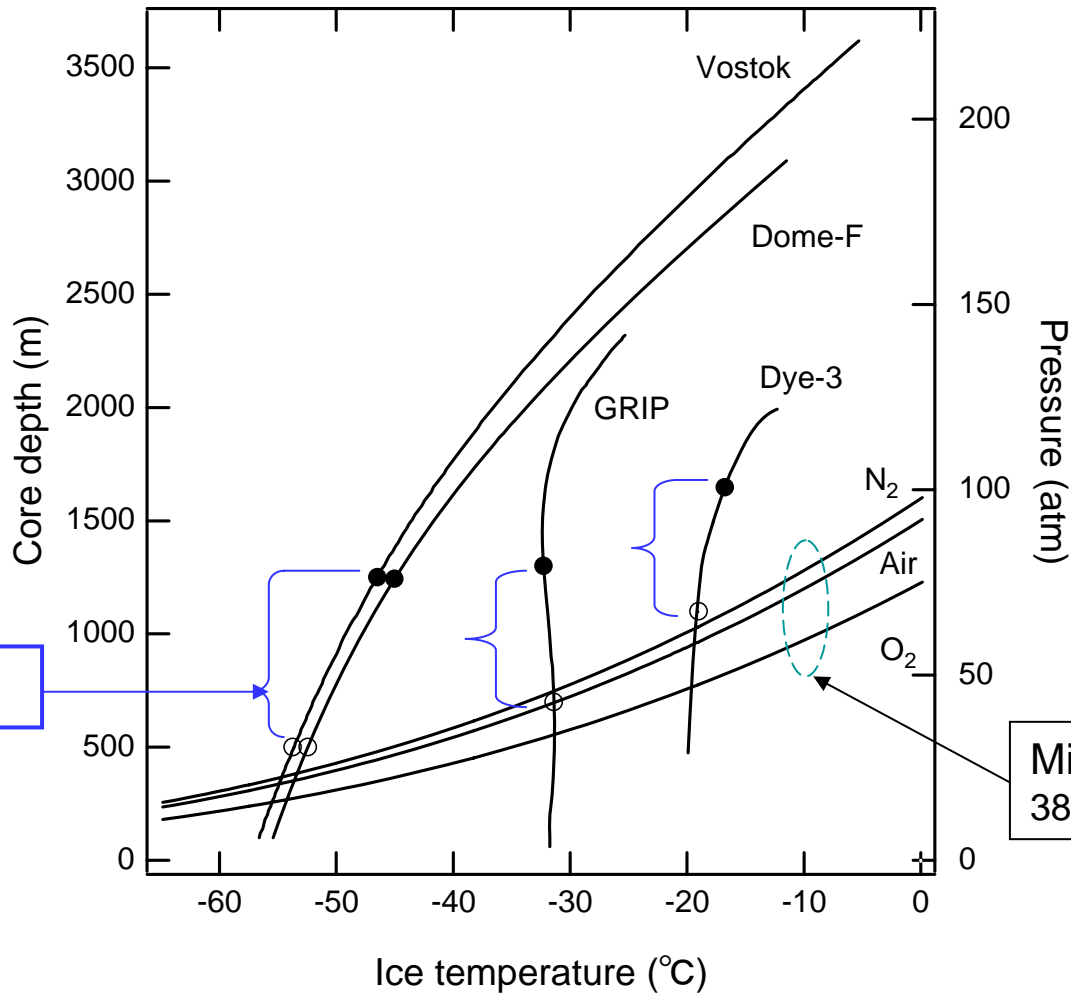
Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^+ ,
 Ca^+ ,

N_2 , O_2 , CO_2 , CH_4 , ...

HDO , $H_2^{18}O$,



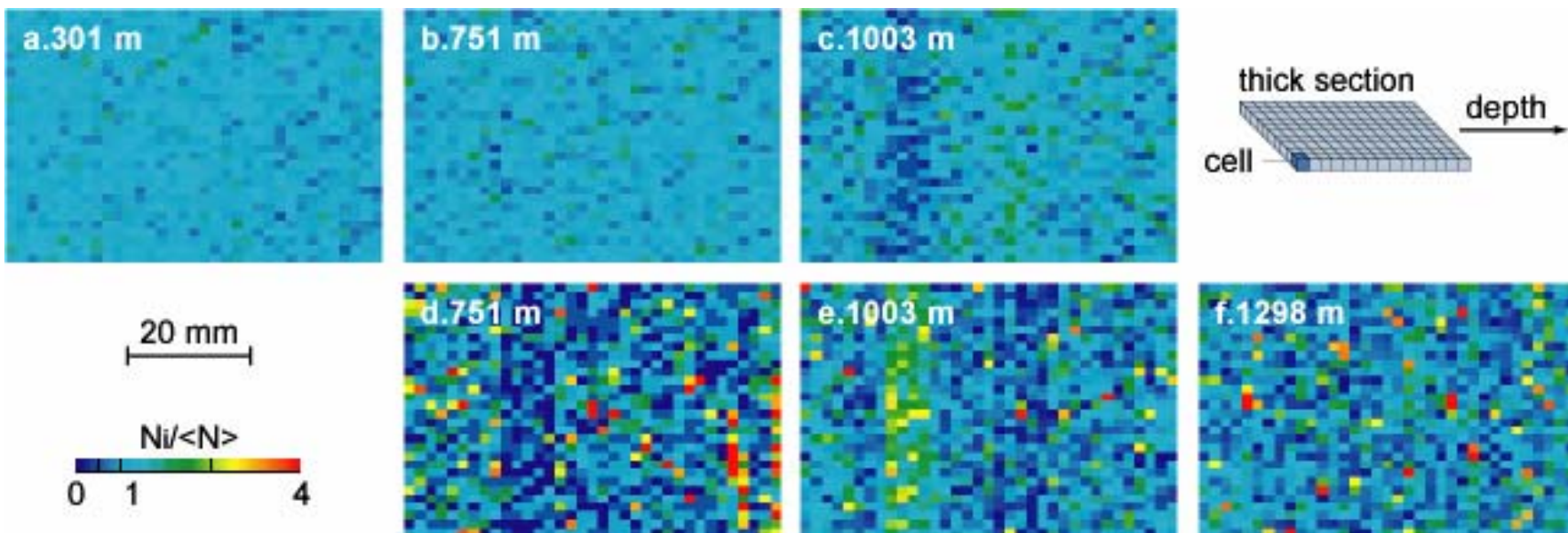
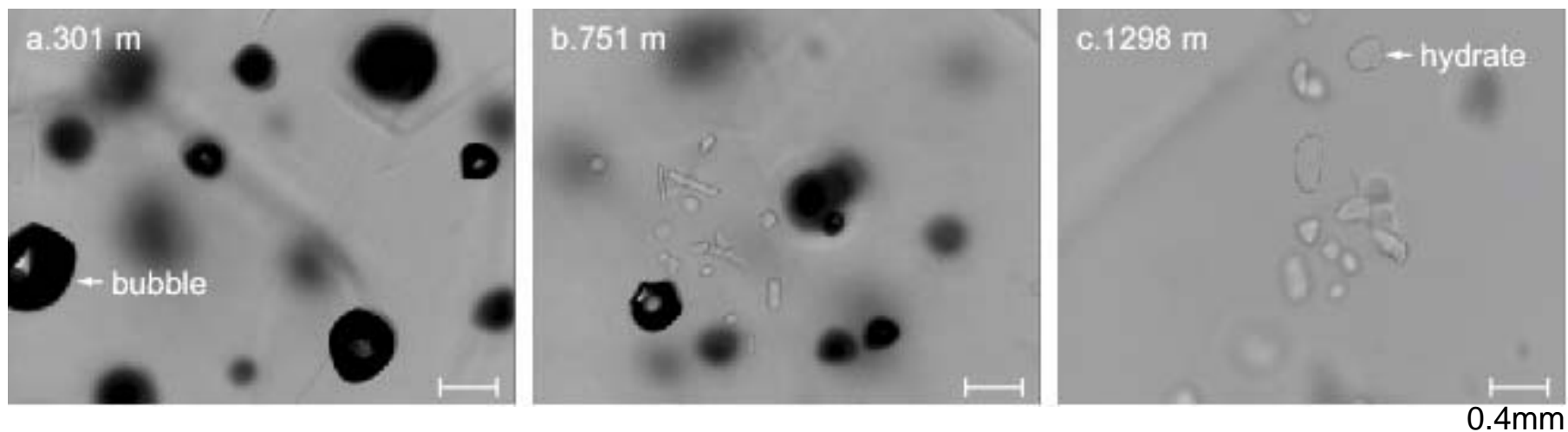
Bubble to Hydrate transition in Ice Sheets



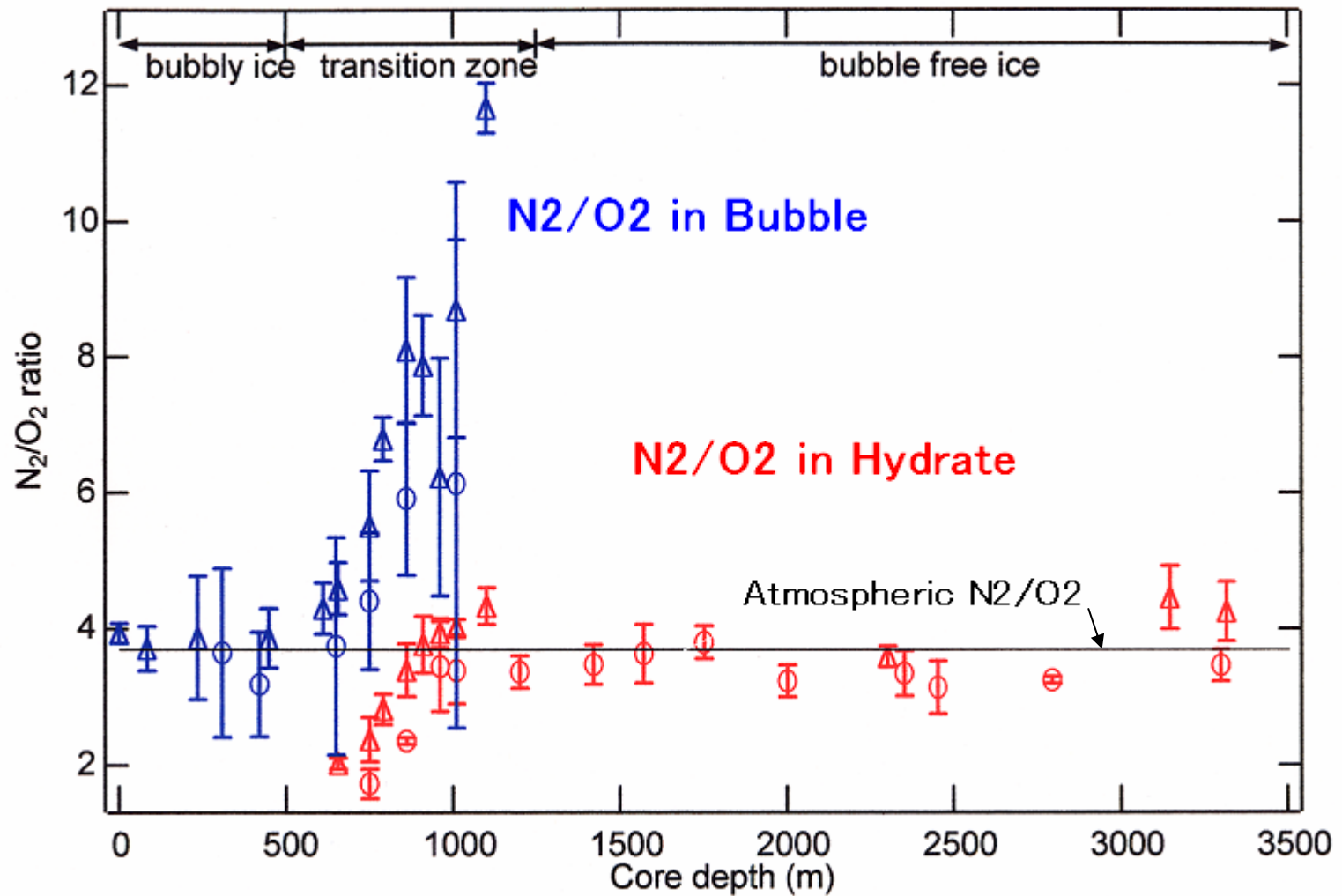
Miller, S. L.: Science, 165, 3892, 489-490 (1969)

Distribution of air bubbles and hydrates

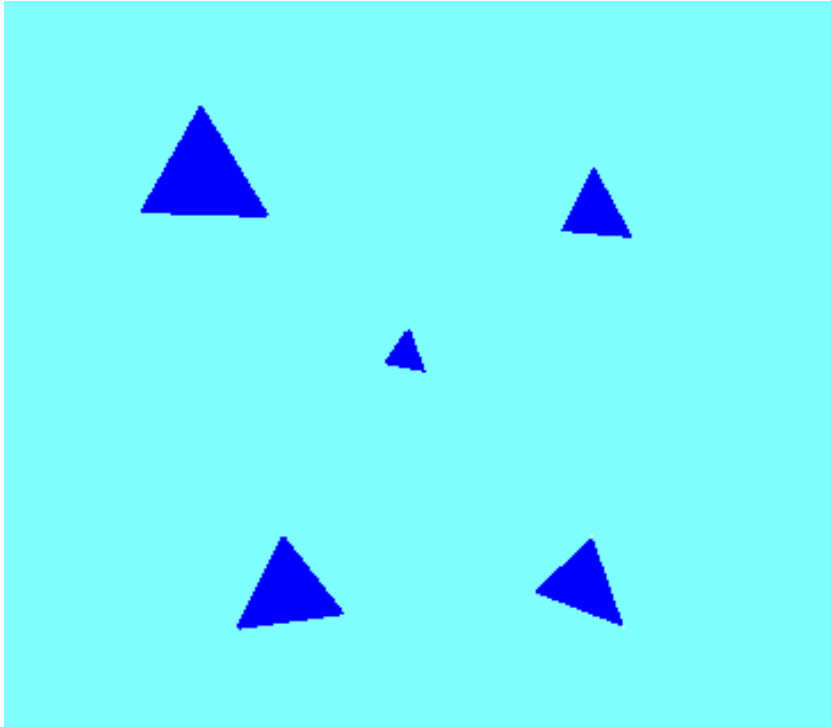
Ohno et al., Geophys. Res. Lett., 31, L21401 (2004)



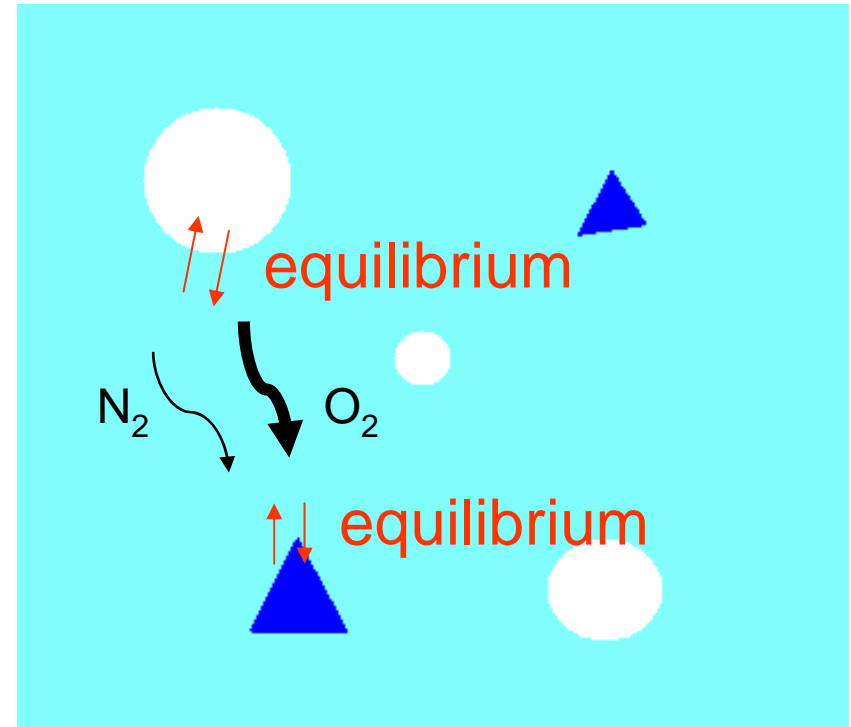
Gas fractionation



Why fractionation?

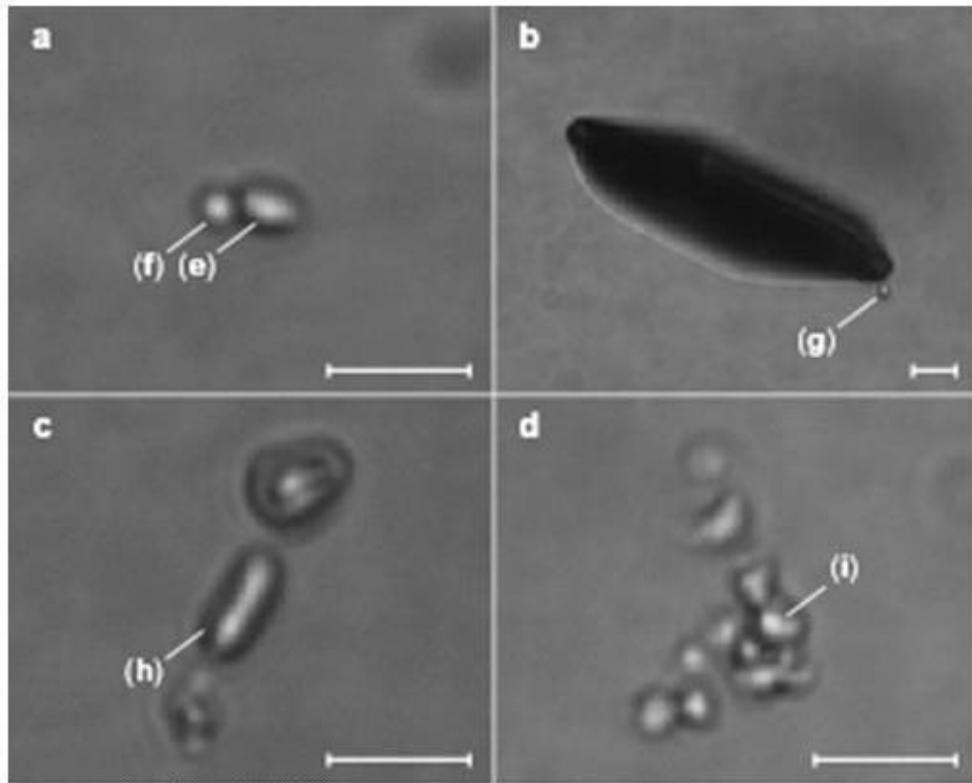


If individual transformations are isolated, no fractionation is expected.



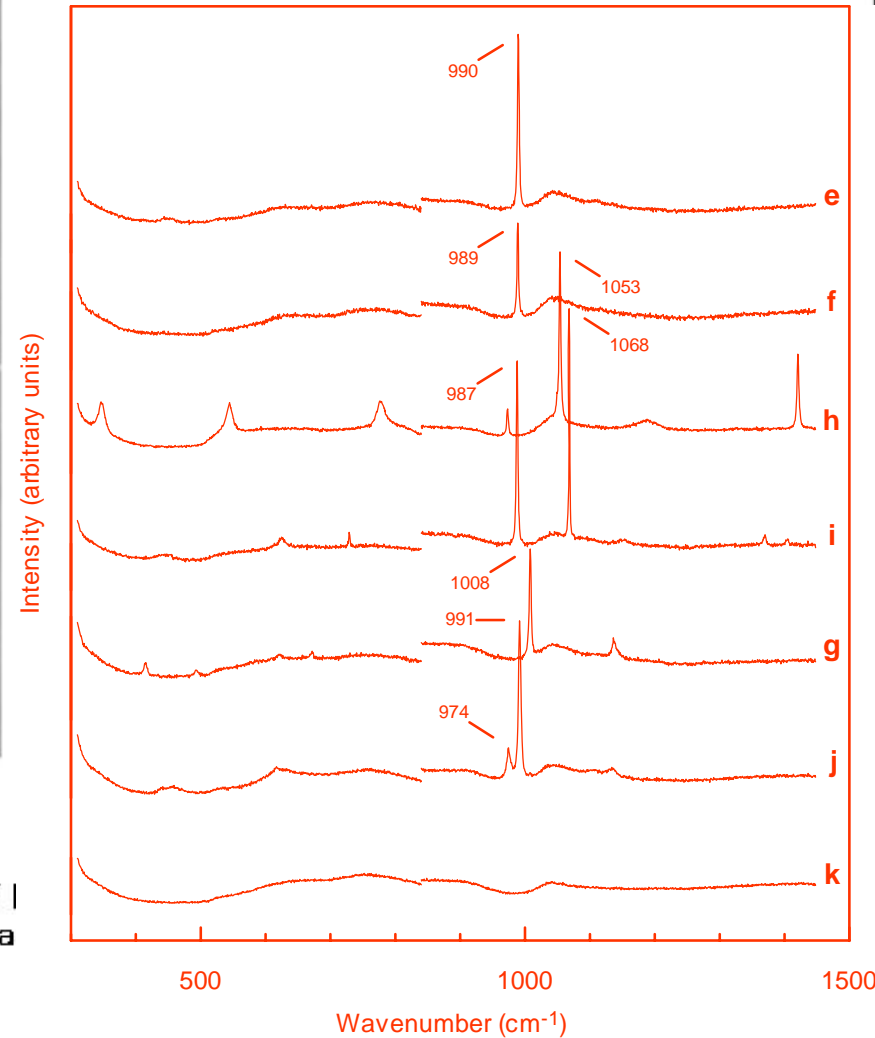
If gasses dissolved in ice are **in local equilibrium** with bubbles and hydrates, mass fluxes from bubbles to hydrate causes fractionation of gasses.

Microparticles found in Ice Cores



Optical Microscope (scale in 10μm)

(e), (f) and (g): Sulfate Salts of I
(h): Mixture of Sulfate and Nitra
(i) : Methan Sulphonate Salt



Nanoglaciology

1. アイスコア

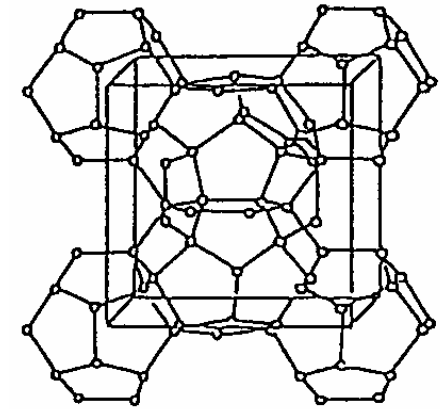
- エアロゾルから氷床深部に至る trace molecules の挙動 → Paleoenvironment
- 大気から気泡、ハイドレート遷移に至る微物理過程 (気体分別) → Paleoatmosphere

2. レーダーエコーサウンディング

- 誘電率の周波数依存性 → 多周波レーダシステム → 反射層の同定、等年代層の分布、氷床変動史
- 誘電率の異方性 → 偏波レーダシステム → 流動場解析、流動モデル検証

3. 氷床流動

- 氷の塑性異方性を取込んだ流動モデル
- 氷の塑性 (変形実験)、結晶方位分布 (アイスコア) → 氷床変動・流動の精密な解析・予測、Global change



1.2 nm

