

北海道大学 低温科学研究所 本堂 武夫

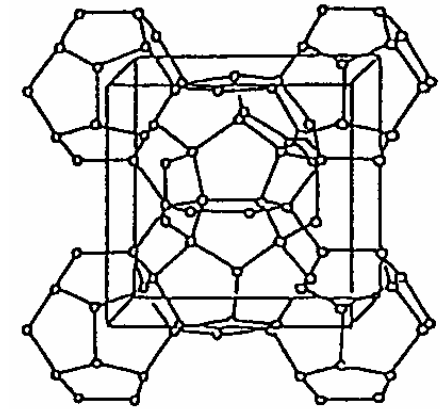
南極氷床100万年の記録を読み解く鍵：  
Nanoglaciology

# nm

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

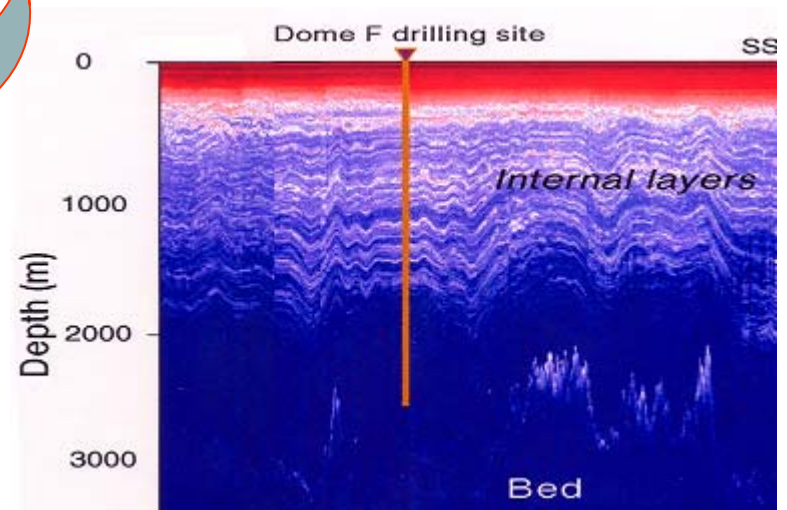
## Nanoglaciology

- nm = nautical mile  
=  $1.852 \times 10^3$  m



1.2 nm

1.2 nm



# 1. アイスコア

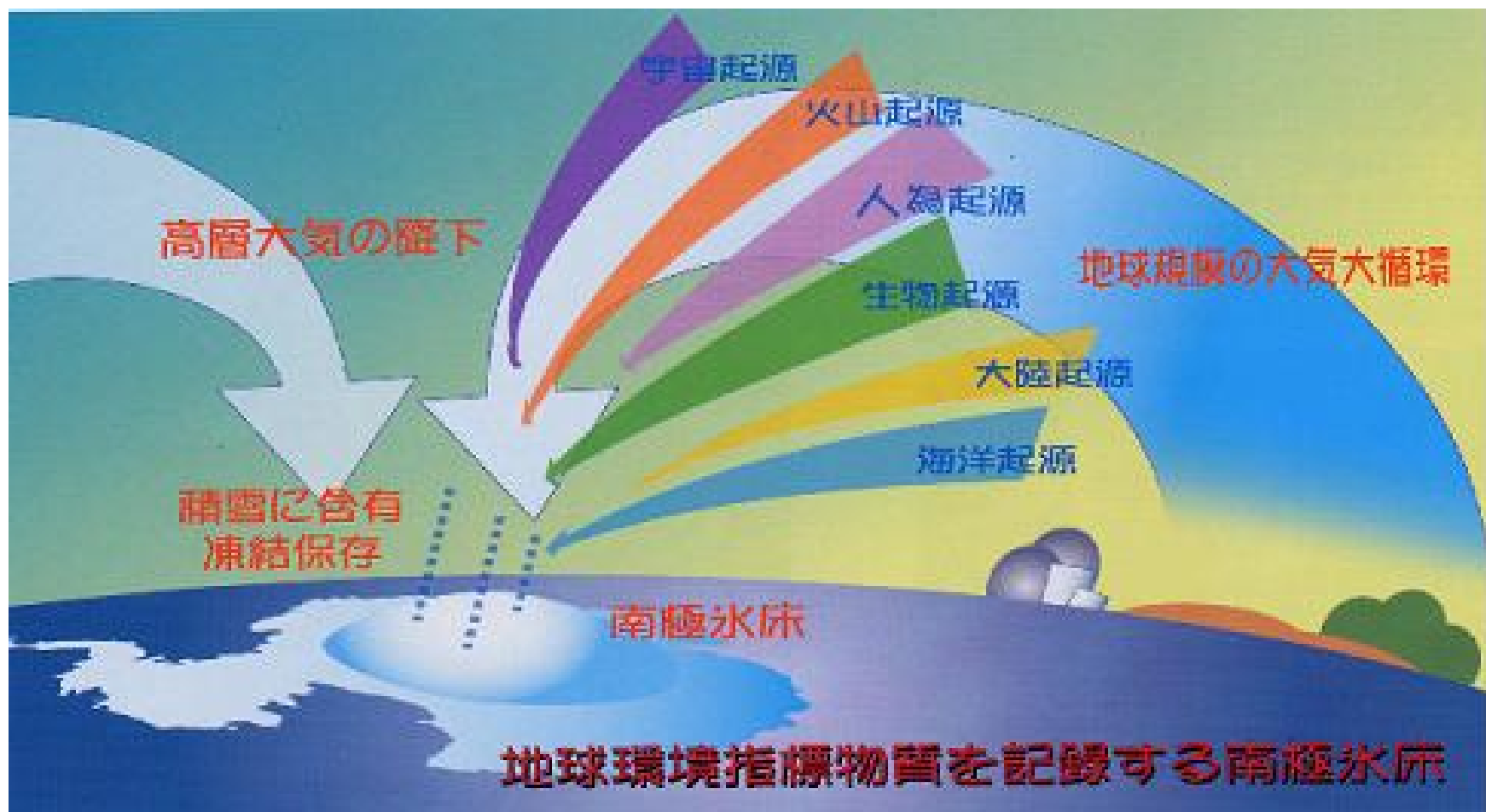
- 地球環境のタイムカプセル(過去数十万年の気候・環境)
- シグナルを記録している媒体?  
⇒ 物理過程に基づく解析と解釈

# 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

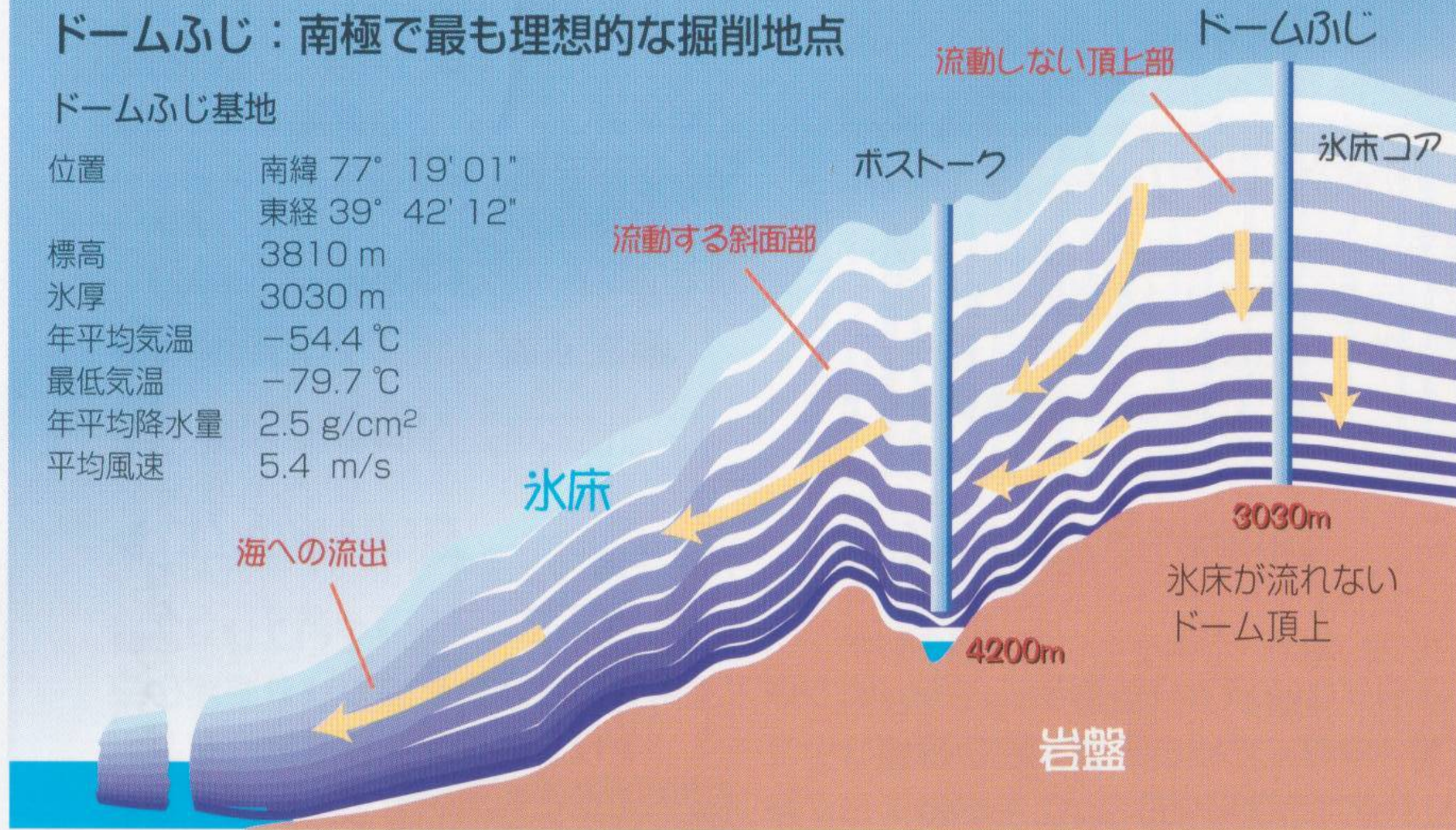
- 流動モデル:等方的塑性体を仮定
- 氷の塑性:きわめて強い異方性
- 氷床中の氷結晶方位分布:特徴的な分布  
⇒ 結晶方位分布を取り入れた流動モデル



# 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 <sup>2</sup>
平均風速	5.4 m/s



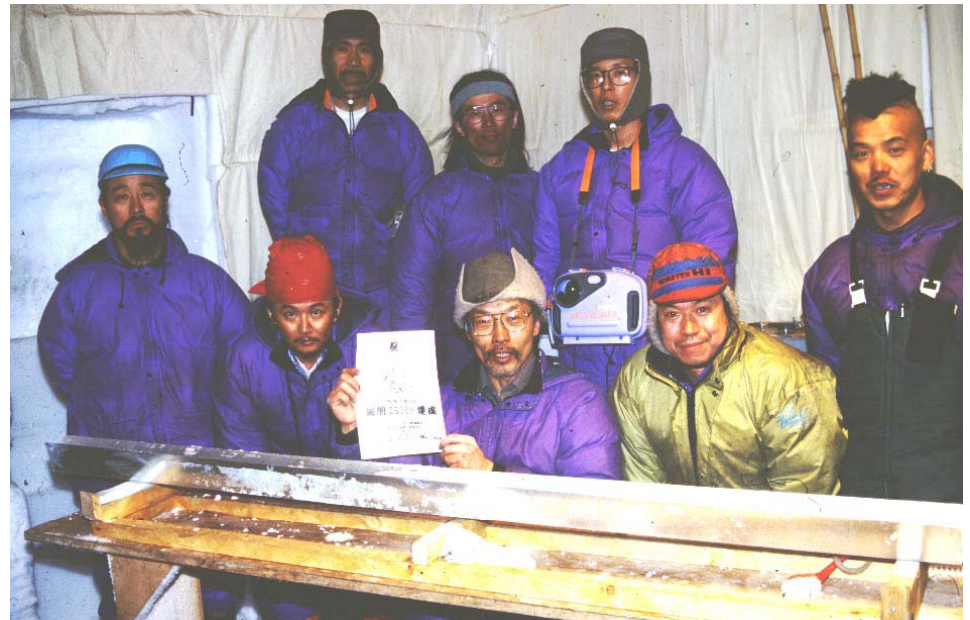
南極氷床は自分の重さで歪み、ゆっくりと海に流れだす。しかし、横方向へ押される力が働かない氷床ドームの中心は、太古からの積雪が流れ出さず積み重なっている。

# 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

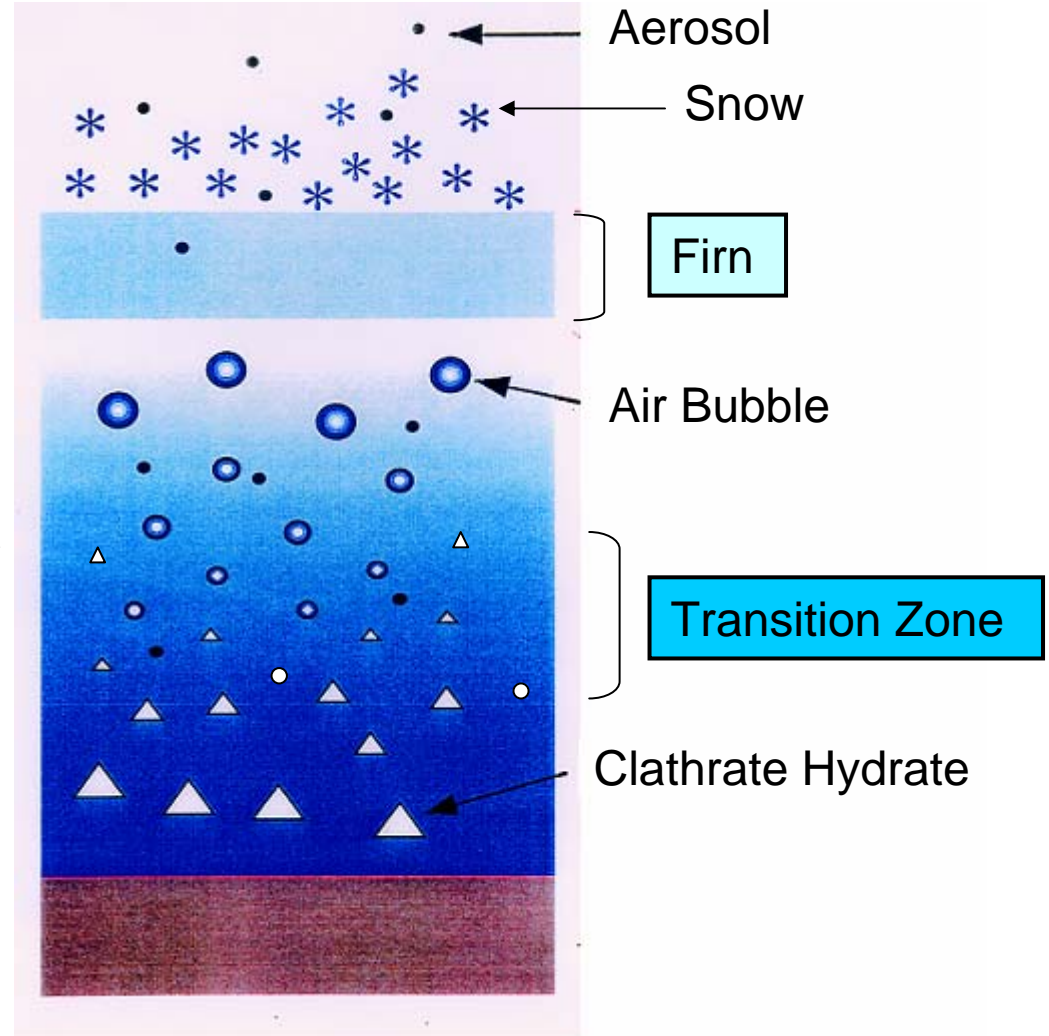
Particulates

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

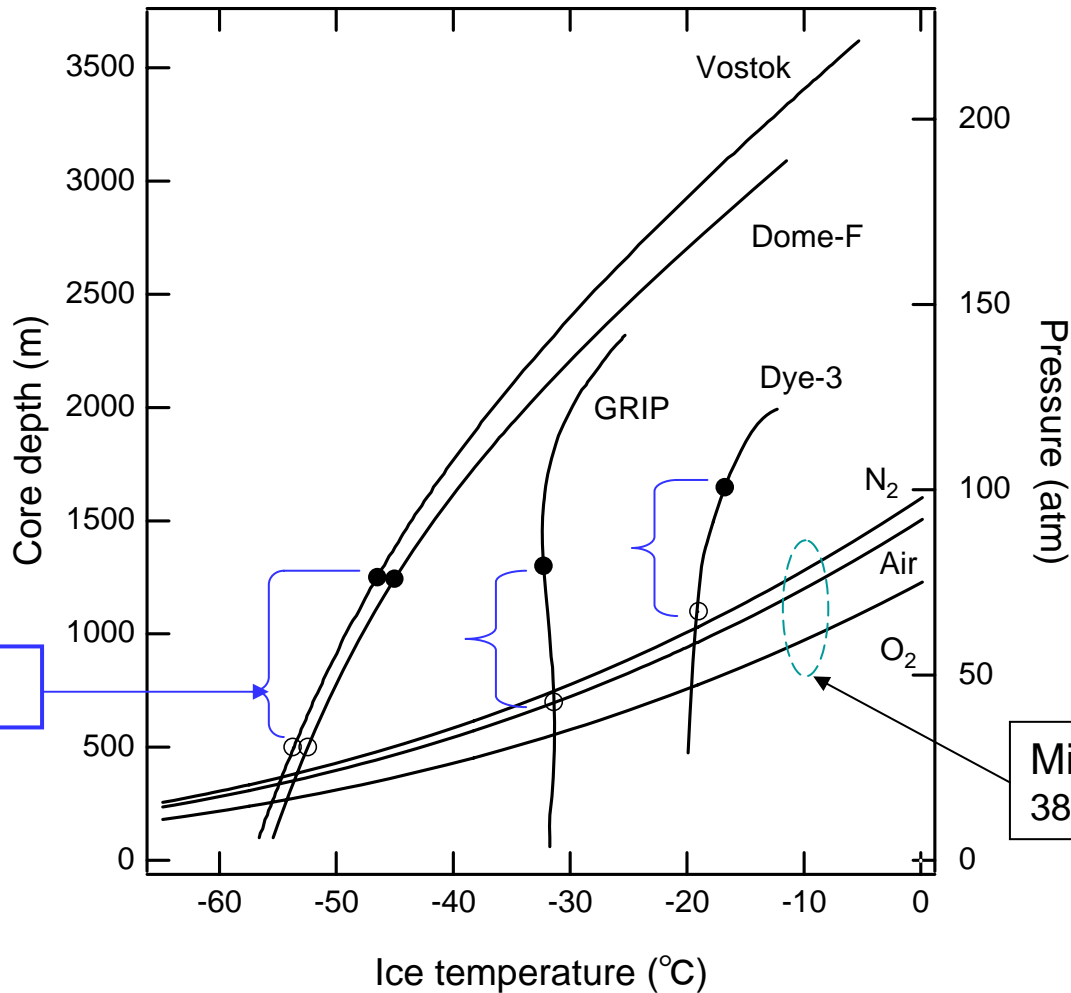
$Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^+$ ,  
 $Ca^+$ , .....

$N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ , ...

$HDO$ ,  $H_2^{18}O$ , .....



# Bubble to Hydrate transition in Ice Sheets

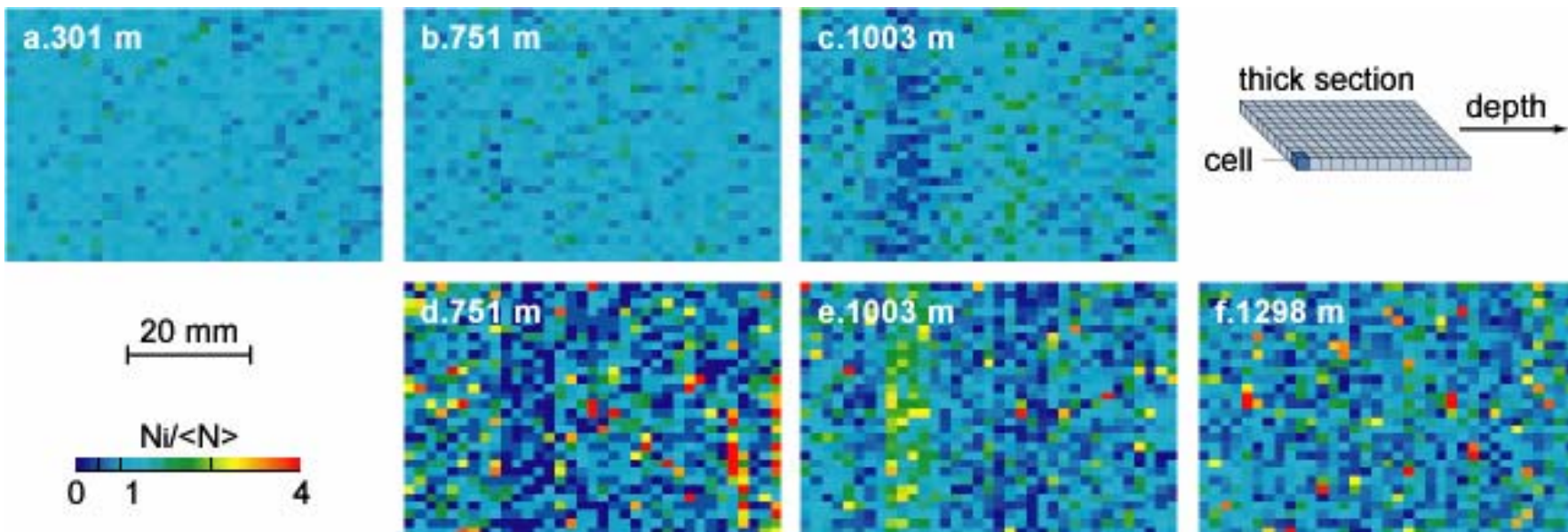
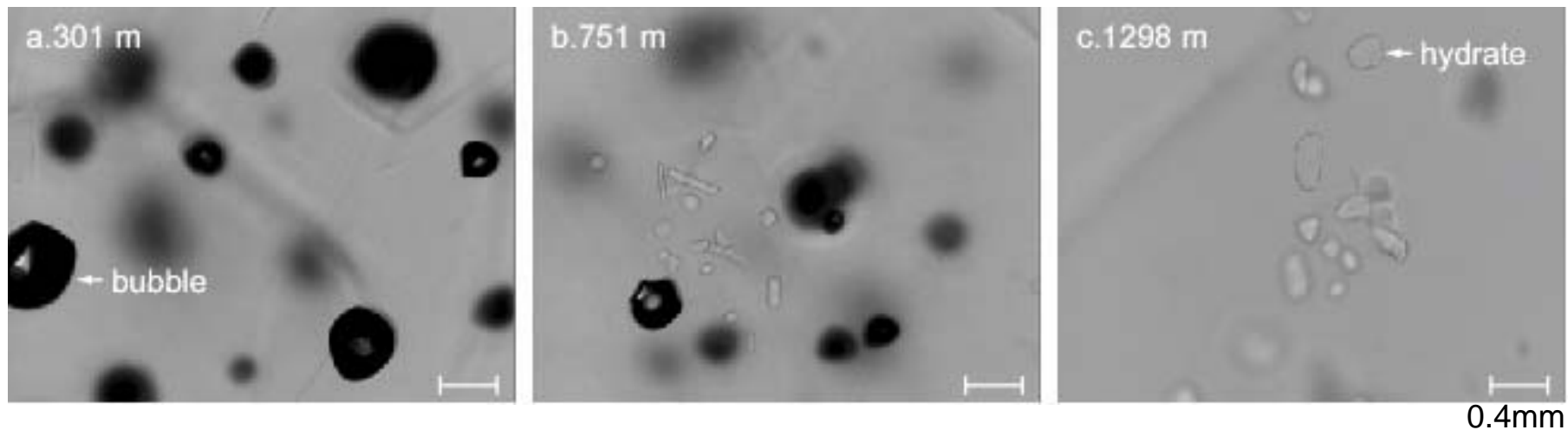


Miller, S. L.: Science, 165, 3892, 489-490 (1969)

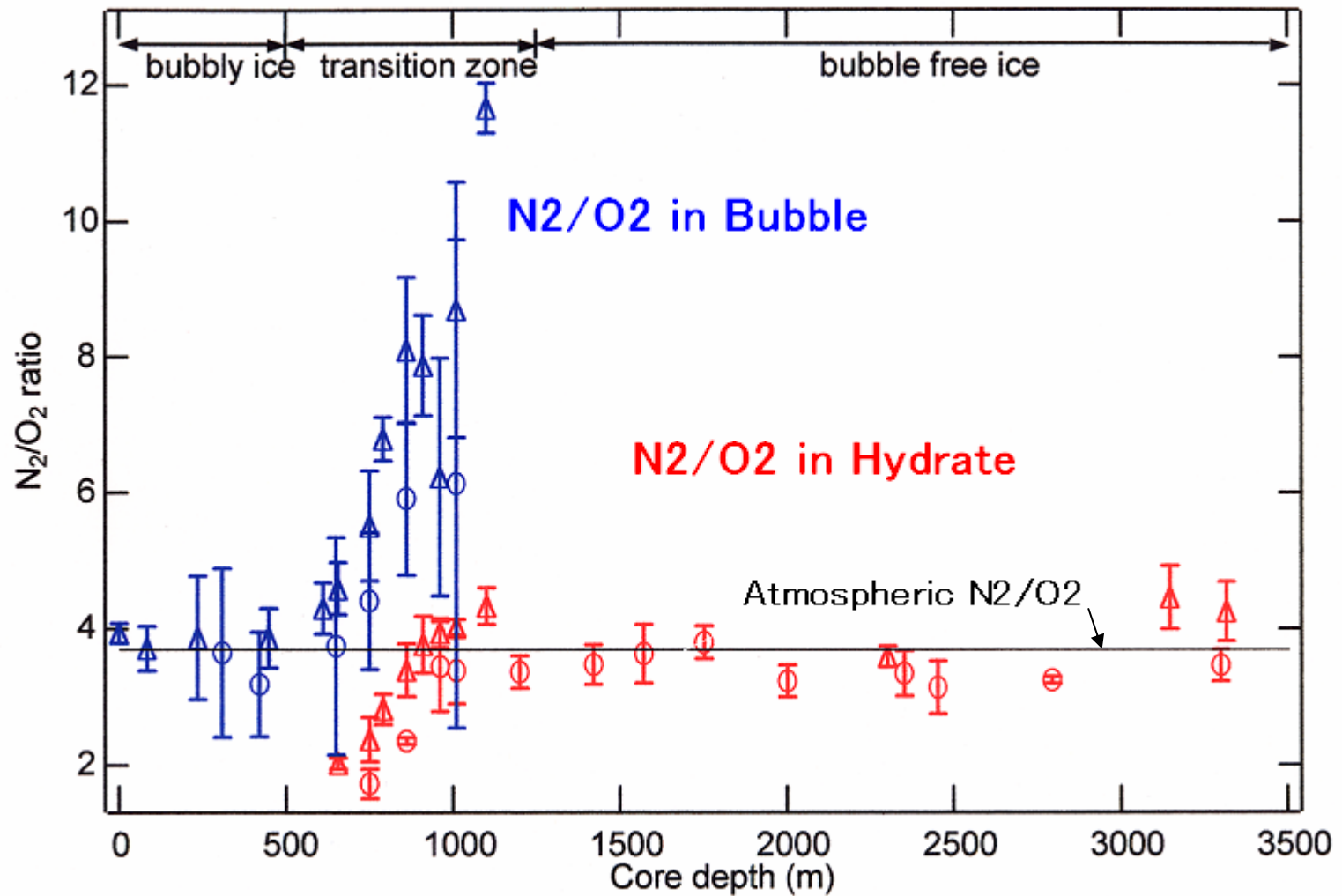


# Distribution of air bubbles and hydrates

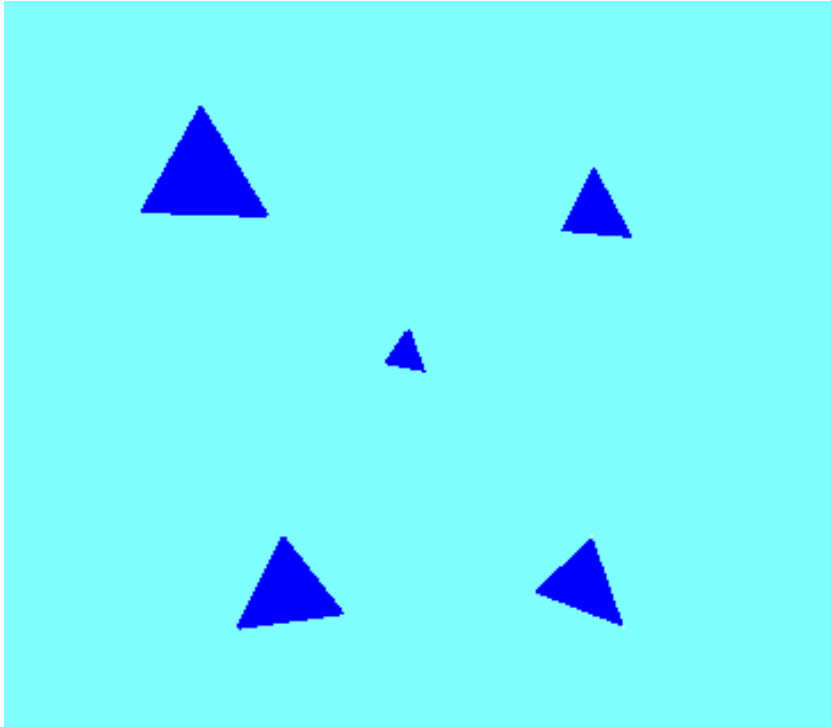
Ohno et al., Geophys. Res. Lett., 31, L21401 (2004)



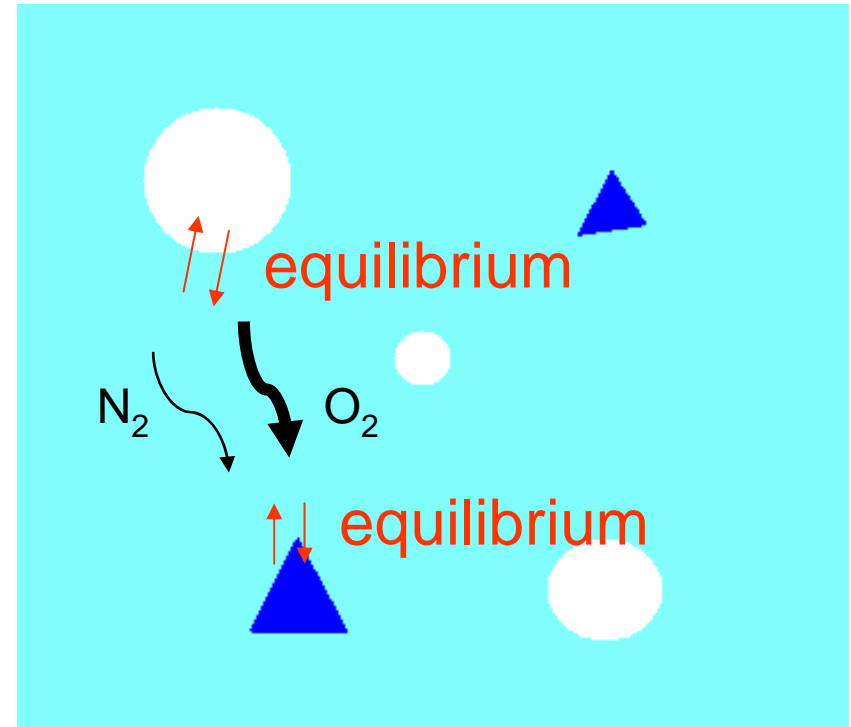
# Gas fractionation



# Why fractionation?

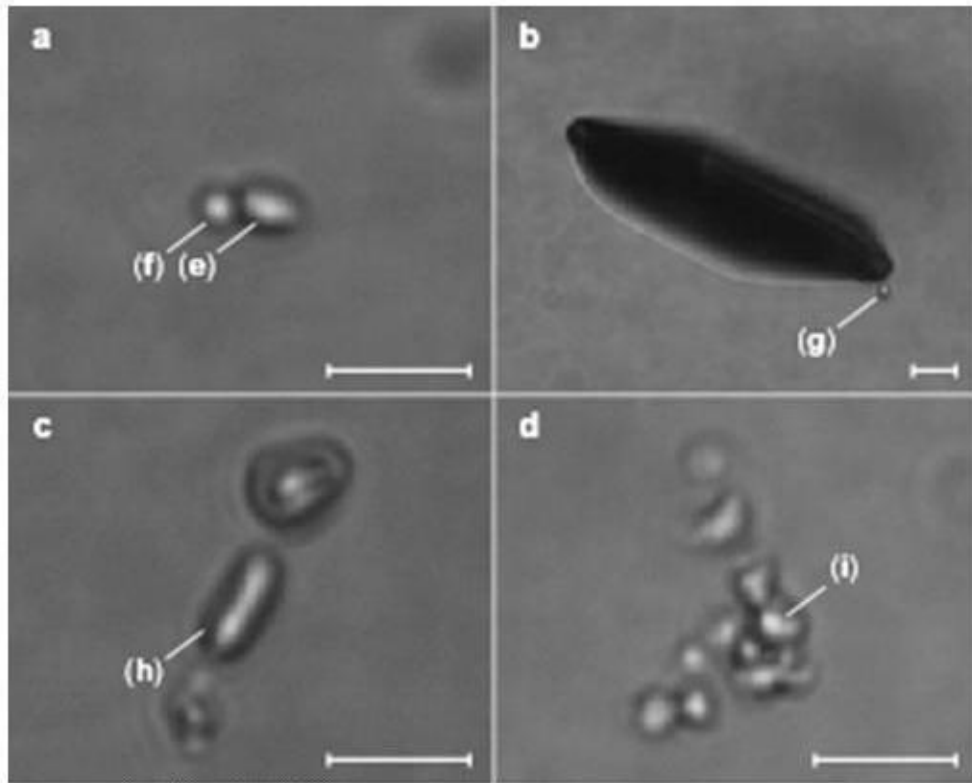


If individual transformations are isolated, no fractionation is expected.



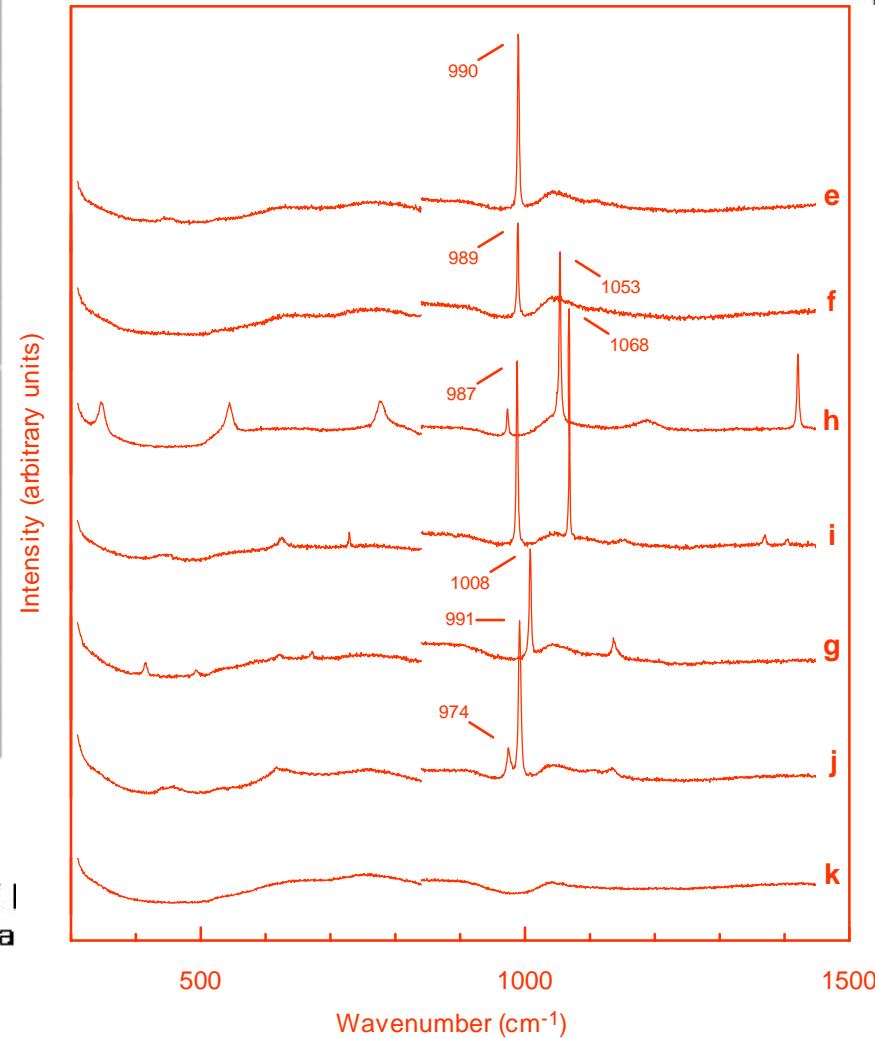
If gasses dissolved in ice are **in local equilibrium** with bubbles and hydrates, mass fluxes from bubbles to hydrate causes fractionation of gasses.

# 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

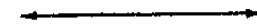
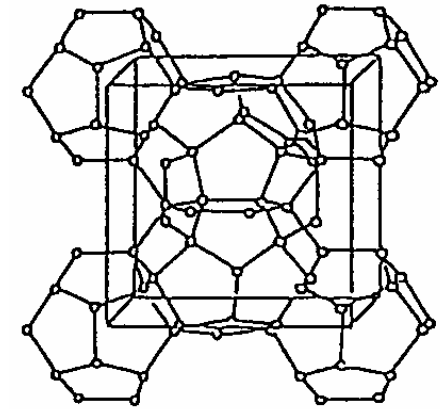
- エアロゾルから氷床深部に至る trace molecules の挙動 → Paleoenvironment
- 大気から気泡、ハイドレート遷移に至る微物理過程 (気体分別) → Paleoatmosphere

## 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

