

ナノチューブ状アルミニウムケイ酸塩 (イモゴライト)の性質と応用

産業技術総合研究所

鈴木正哉

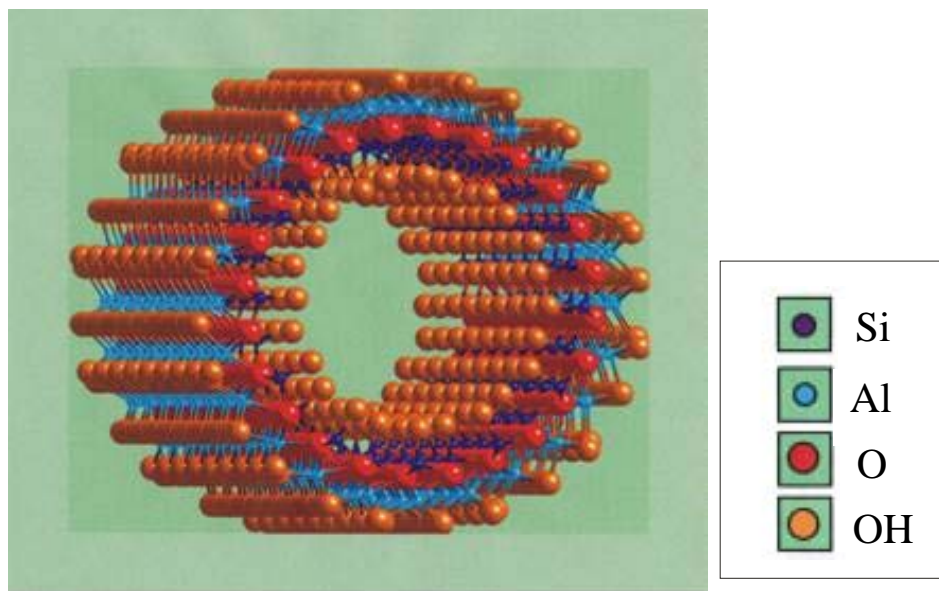
[イモゴライト]

形態

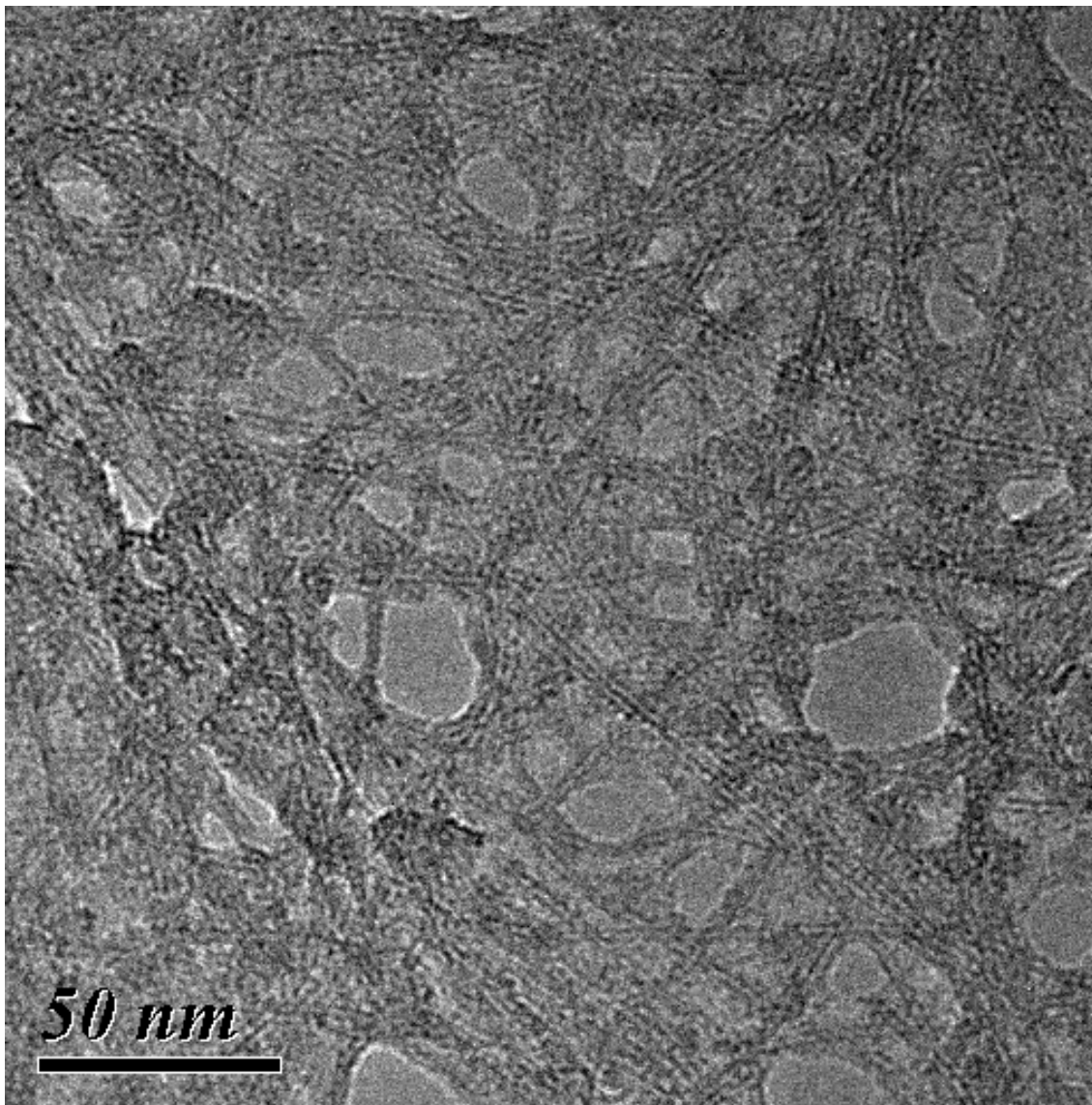
- チューブ状のアルミニウムシリケート
- 外径 2.5nm 内径 1.0nm
- 長さ 数十 nm ~ 数 μ m

化学組成

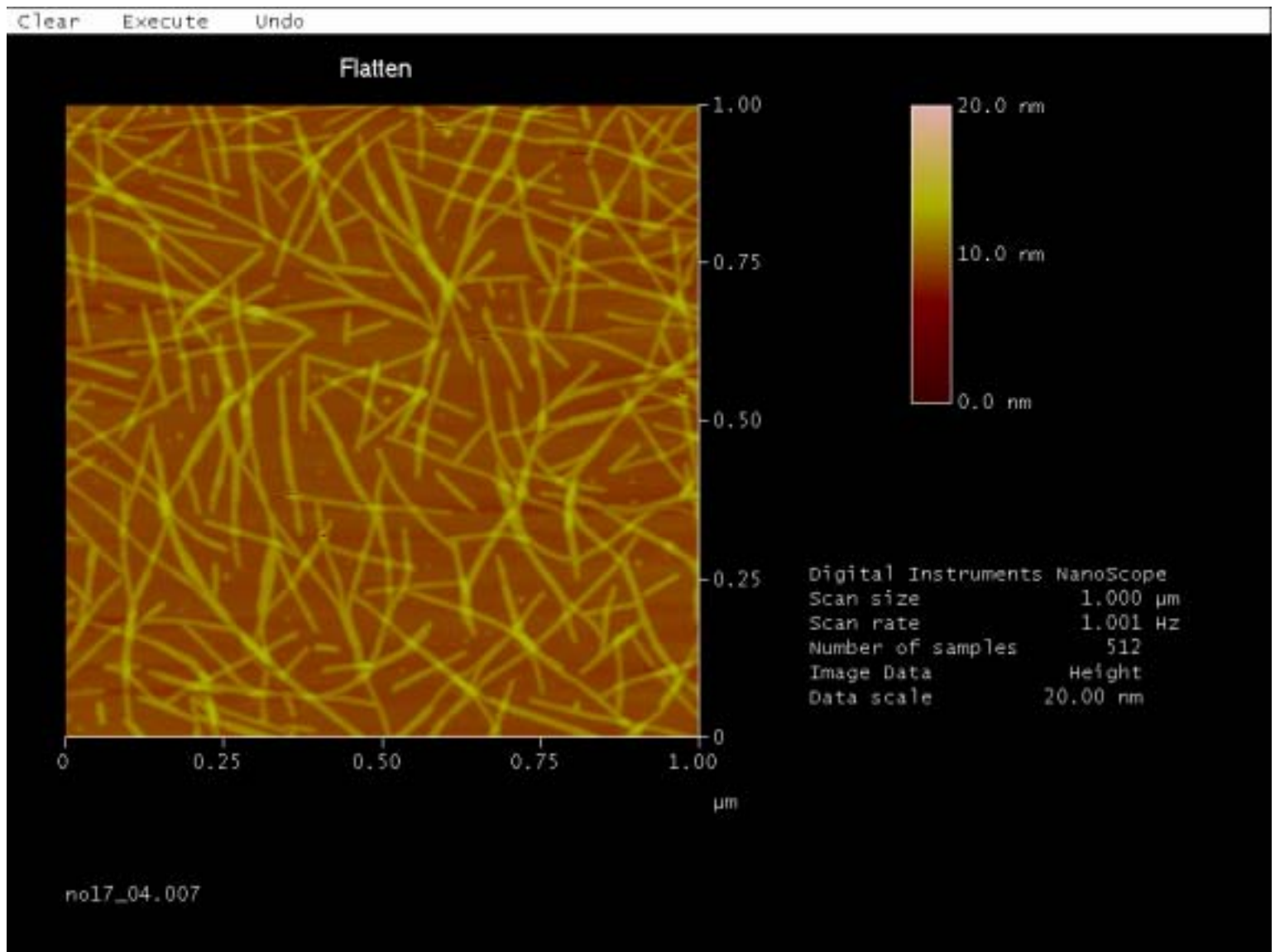
- $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
($(\text{OH})_3\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiOH}$)



イモゴライトの構造モデル



合成イモゴライトのTEM写真



合成イモゴライトのAFM画像

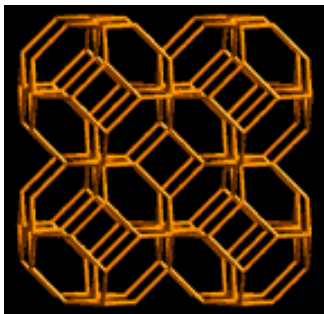
[1次元結晶の利点と欠点]

イモゴライトの最大の特徴



1次元結晶であること!

3次元結晶 (例: ゼオライト)

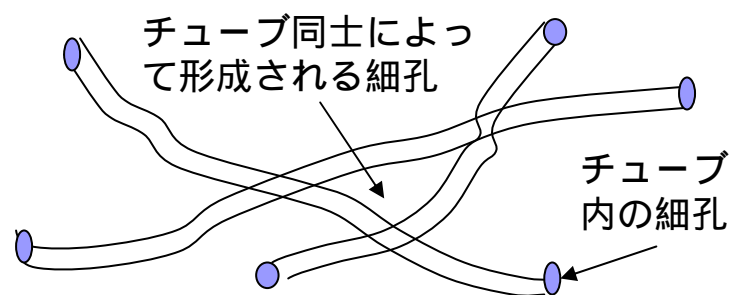


SOD

3次元的に構造が制御されている

- 規則的配列
- 細孔も規則的に制御 (制御しやすい)
- 自由度はない

1次元結晶 (イモゴライト)



1次元的にしか構造は制御されない

- 通常規則的な配列はなされない
- 細孔制御が困難
- 自由度は大きい (複合的用途が可)

イモゴライトの応用

急速乾燥

燃焼炉宁蔵媒体

細孔

吸着機能

ヒートポンプ熱交換材

フィラー・バインダー

ナノチューブ

自律的湿度材料

有害汚染物質吸着剤

高比表面積

イオン交換

結露防止剤

人工バリア材(産廃)

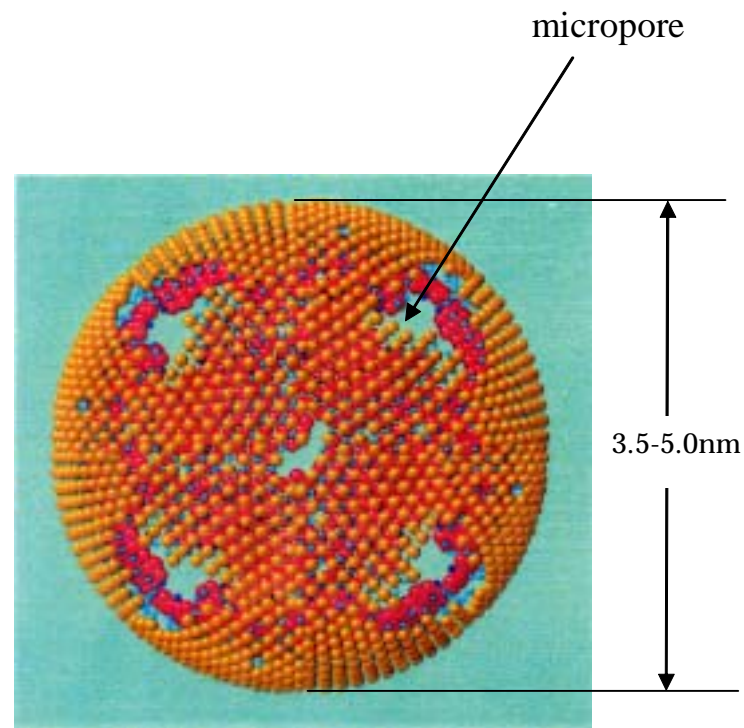
[アロフェン]

形態

- 中空球状のアルミニウムシリケート
- 直径 3.5 ~ 5.0nm
- 外壁の厚さ 0.7 ~ 0.8nm
- 外壁には 0.3 ~ 0.4nm の孔を有する

化学組成

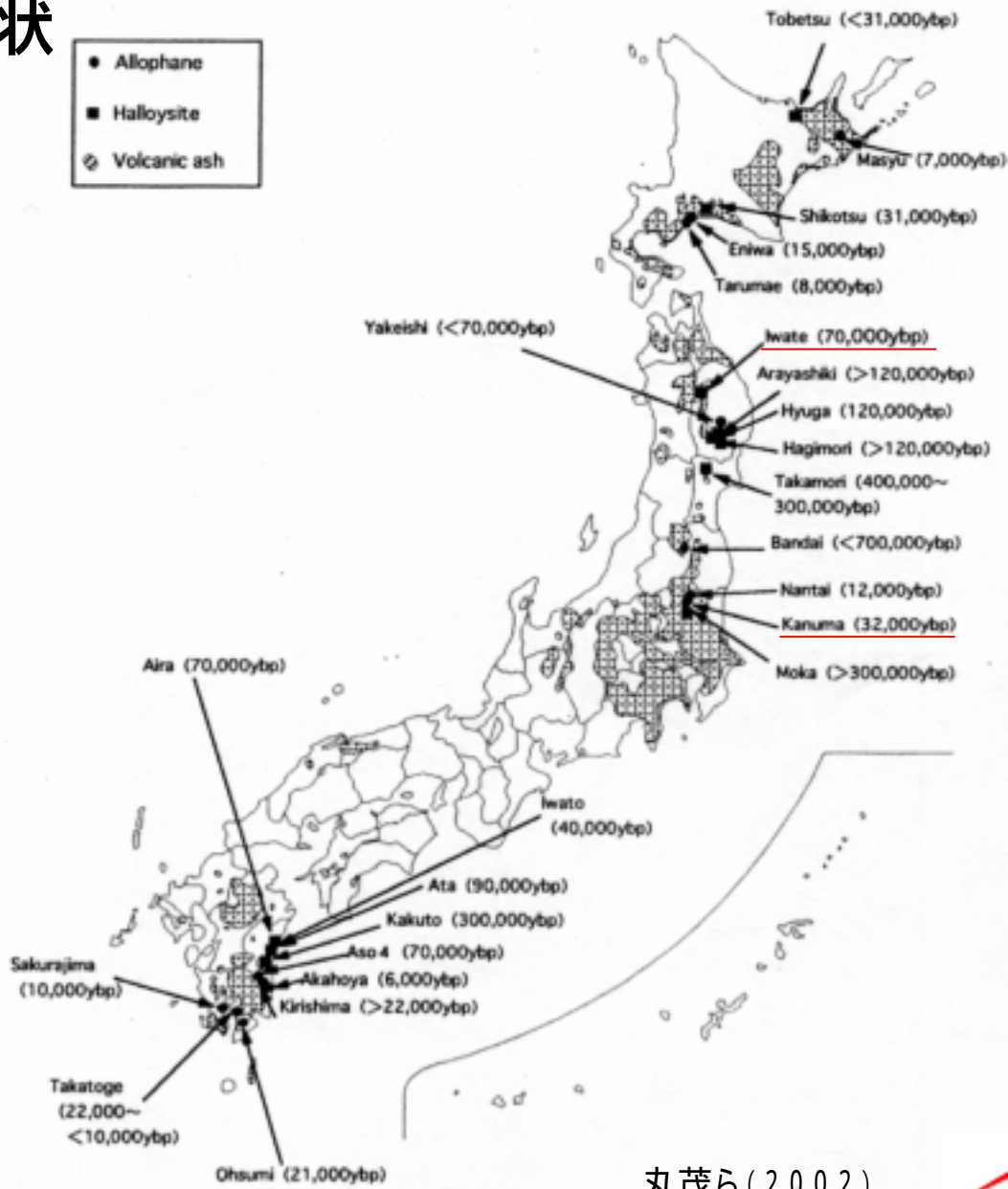
- $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比 1 ~ 2
(Si/Al 比 0.5 ~ 1.0)



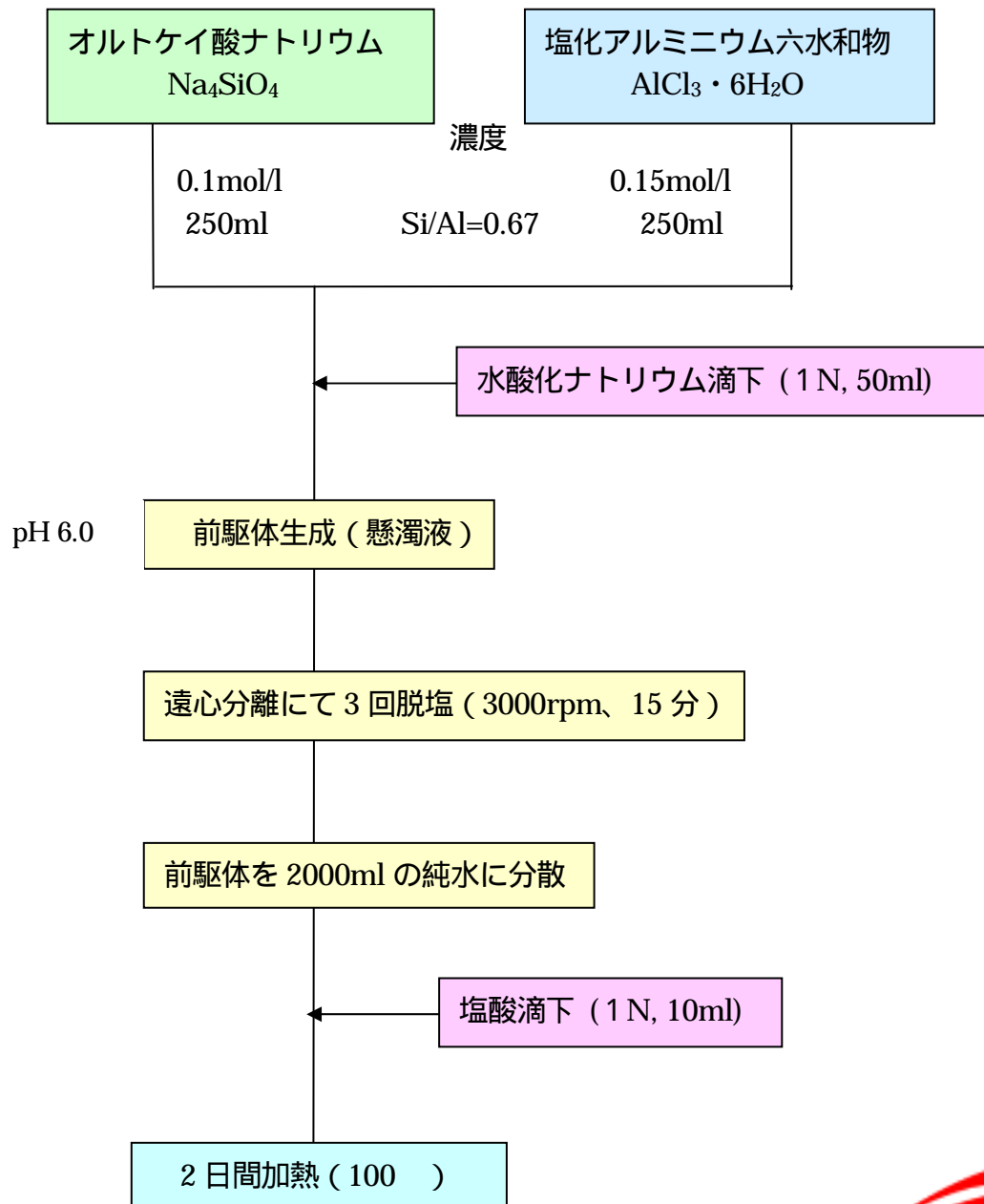
アロフェンの構造モデル

イモゴライトの産状

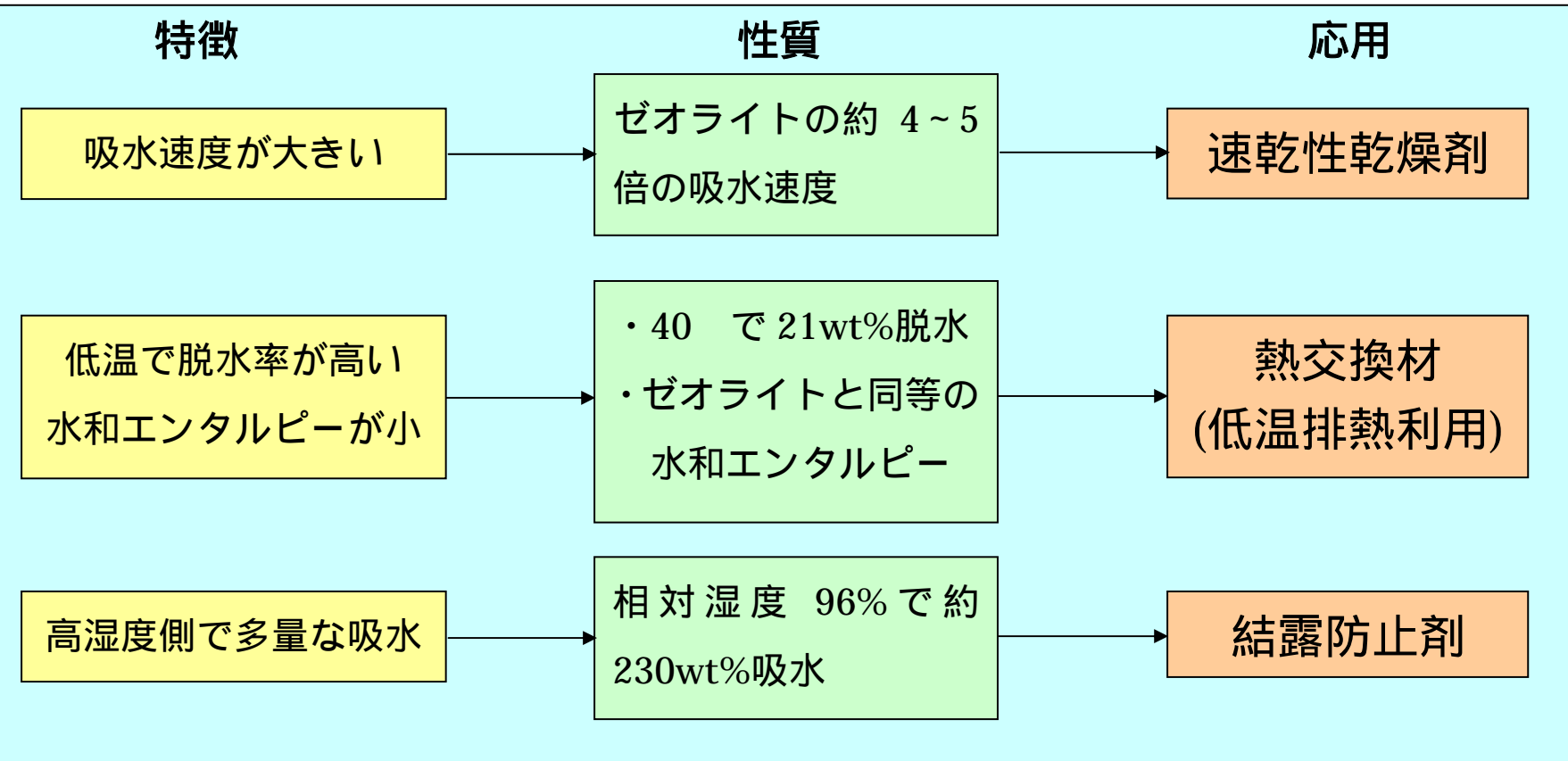
- Allophane
- Halloysite
- ⊗ Volcanic ash



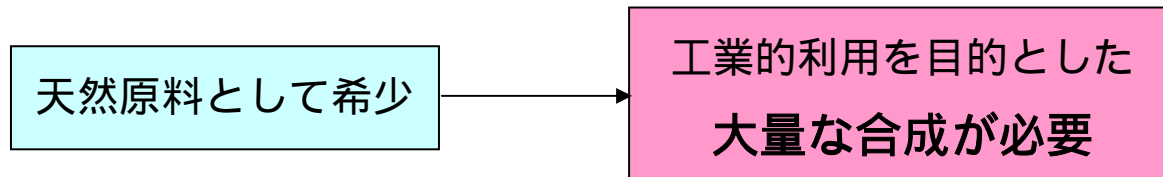
イモゴライトの合成



イモゴライトの性質とその応用]



[問題点]



[大量合成のポイント]

大量合成の問題点

- ・ 共存イオン濃度（特に陰イオン濃度）を低くすることが必要。
しかし加熱開始時のpHを弱酸性にするため酸の添加が必要。
（加熱過程における溶液中の Cl⁻濃度が 25mmol/l 以下であることが条件）
- ・ 一度の加熱における溶液中に分散させた前駆体濃度に上限がある。
（モノケイ酸水溶液の濃度が 35mmol/l 以下であることが条件）

イモゴライト合成時の性質

- ・ 加熱過程前後でpHは低下（例：加熱前pH 4.87 加熱後pH 3.78）

合成のポイント：

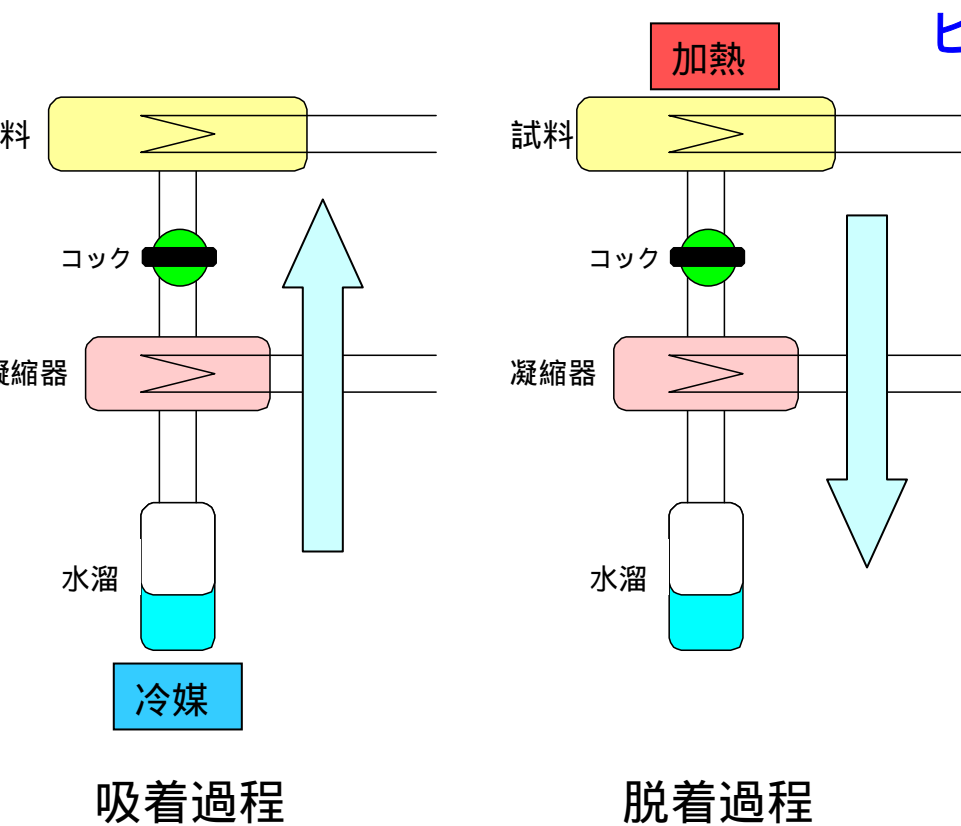
加熱前に加える塩酸の量と
溶液中の前駆体濃度 を抑制して合成

合成法 1：前駆体連続添加法

合成法 2：バッチ式段階的前駆体添加法

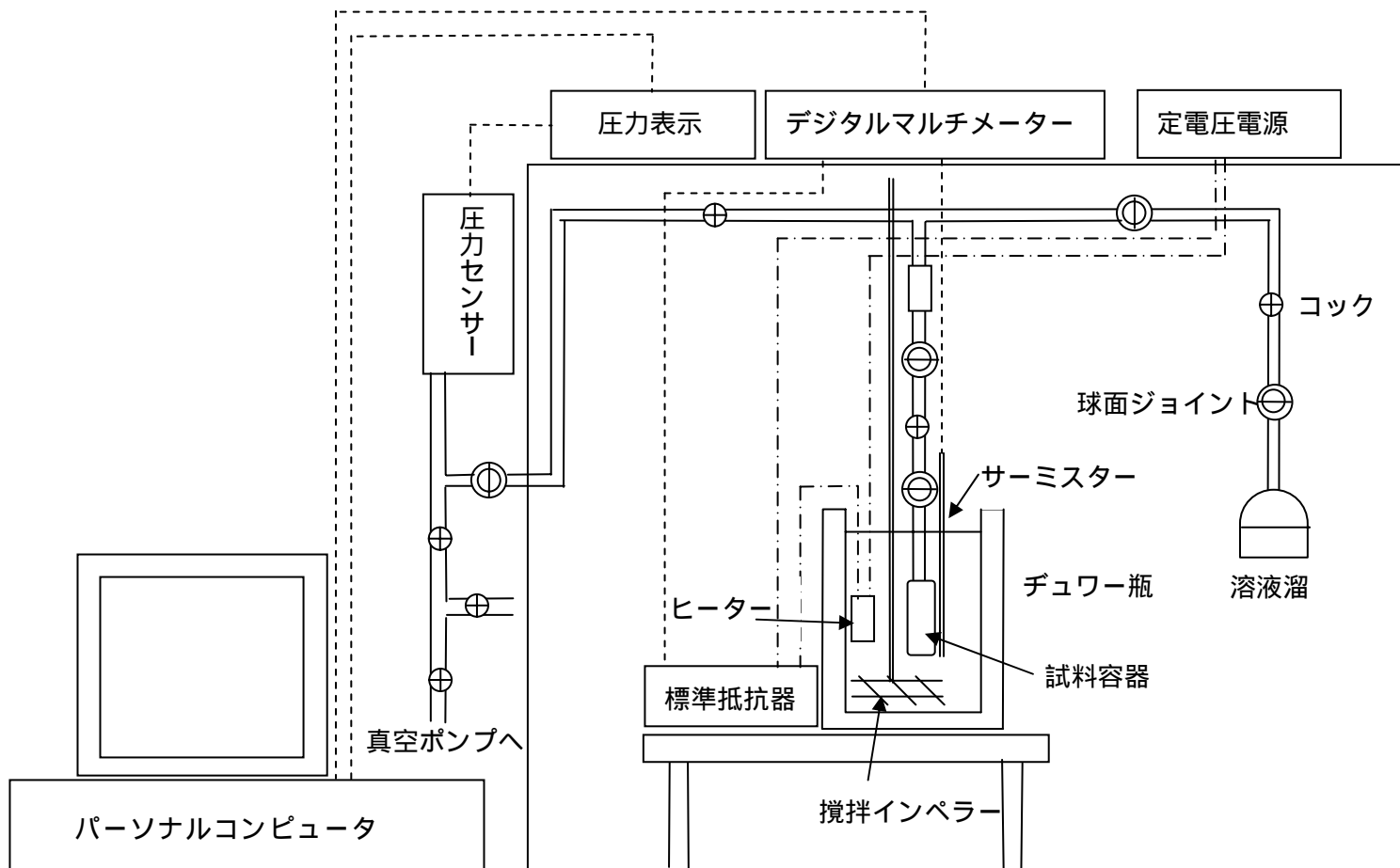
イモゴライトの応用(1)

～ 低温排熱利用熱交換剤 ～

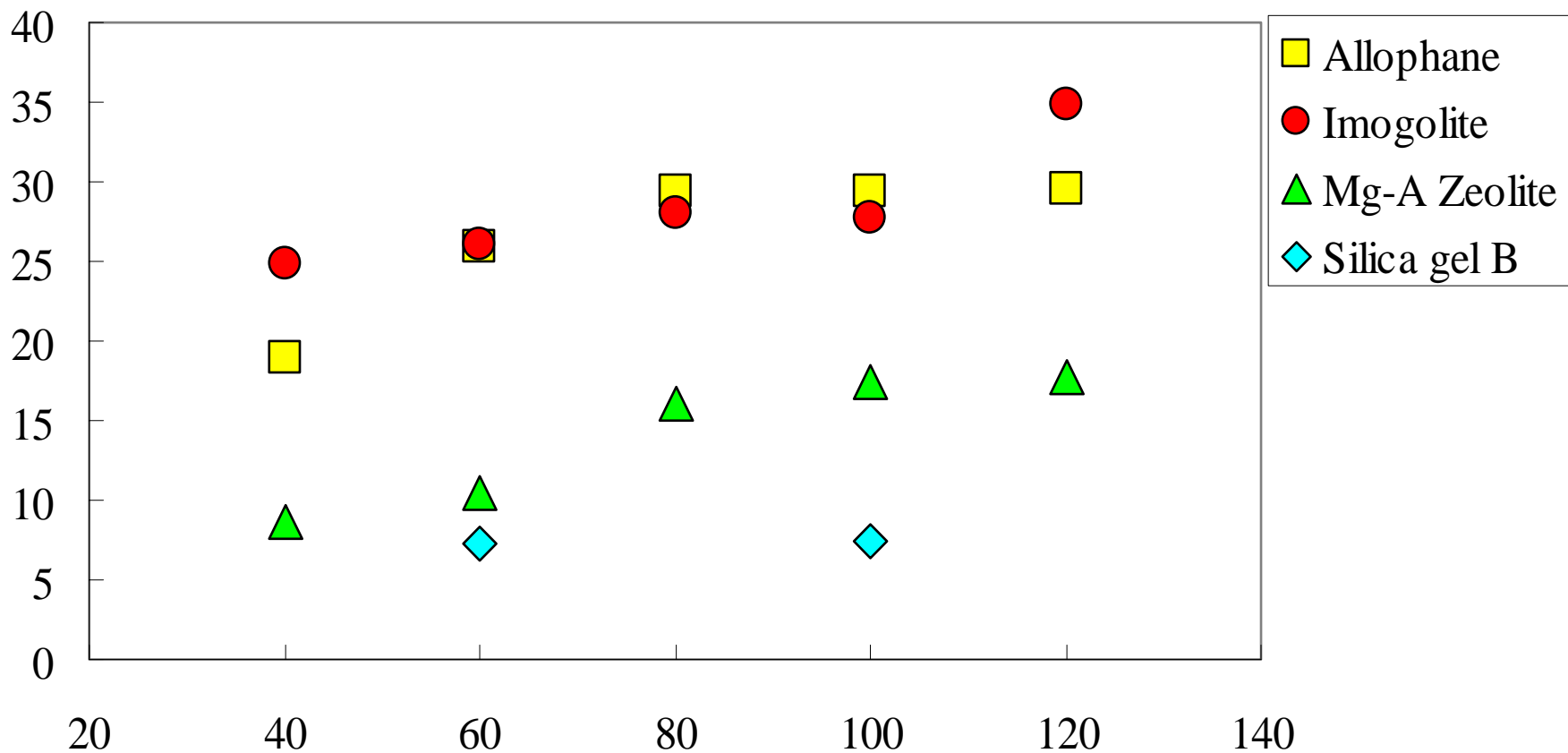


ヒートポンプ熱交換材として適した性質

- (1) 含水量が多い
 - (2) 使用熱源温度領域で脱水量が多い
 - (3) 脱水・吸水過程で構造が壊れない
 - (4) 水和温度領域で水蒸気圧が低い
- (水和エンタルピーの絶対値が大きい)

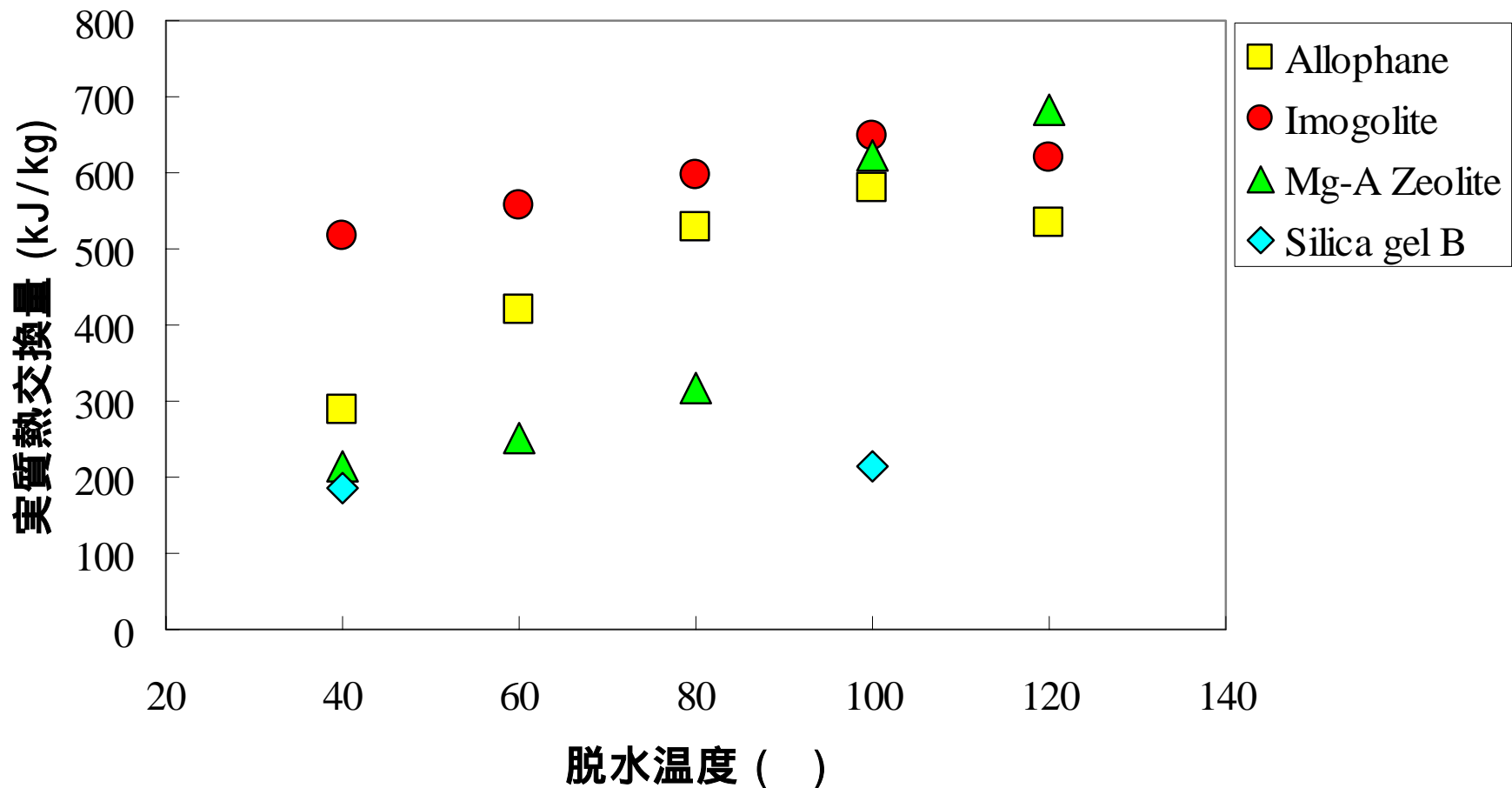


断熱型吸着熱測定装置概略図



脱水温度 ()

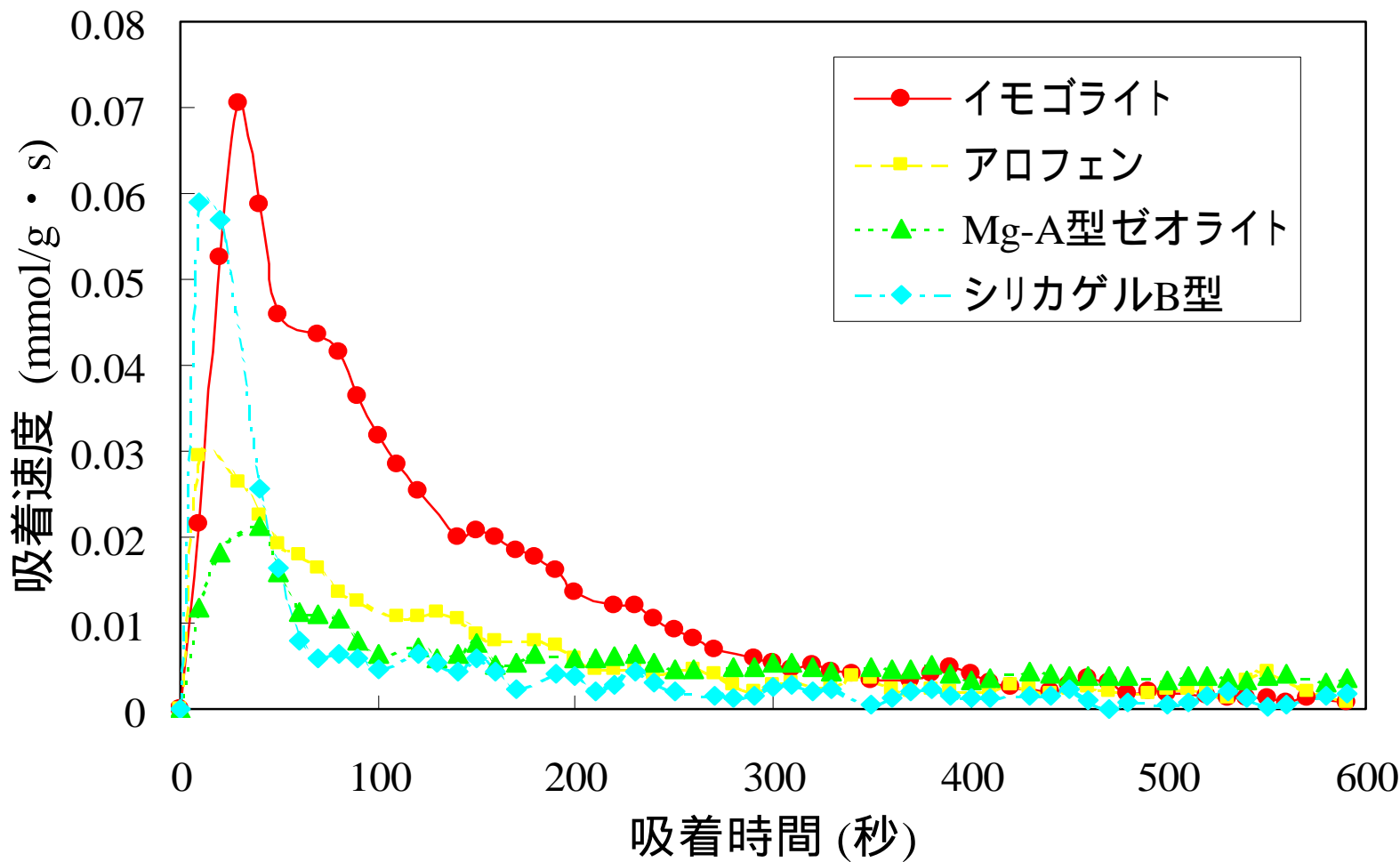
脱水温度と脱水率の関係



脱水温度と実質熱交換量の関係

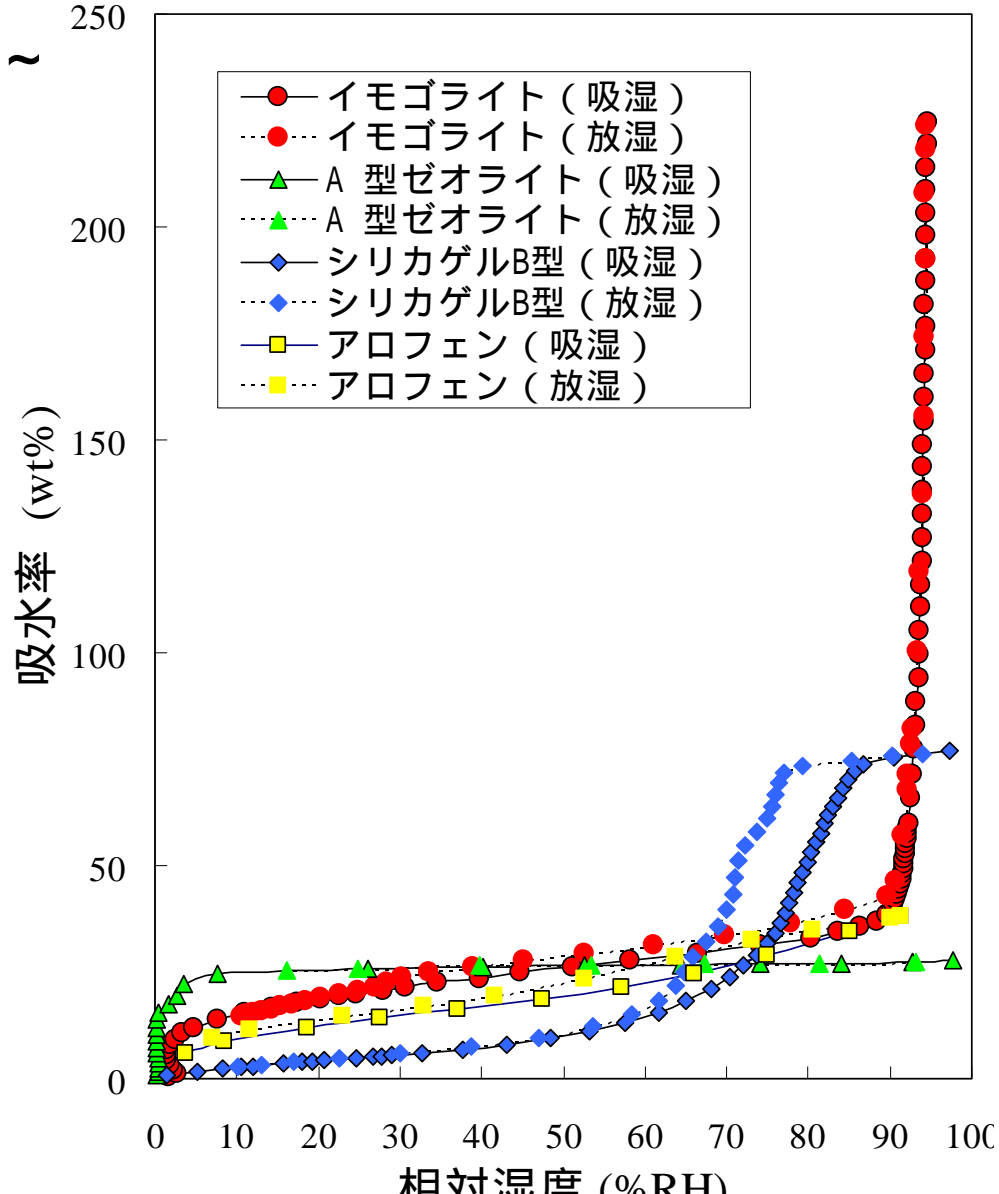
イモゴライトの応用(2)

～ 急速乾燥～



イモゴライトの応用(3)

～ 結露防止剤 ～

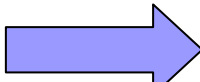


イモゴライトの合成 …… 量産困難！

天然に存在するナノチューブ

ノンテンプレートで合成できるポラス材料

吸着特性に非常に優れている

多様なニーズ  制御の必要性(目的に最適な材料設計)

例えば

・ヒートポンプ熱交換剤	チューブ内の細孔を利用	短いチューブ
・結露防止剤	チューブ同士の細孔を利用	長いチューブ

長さの制御

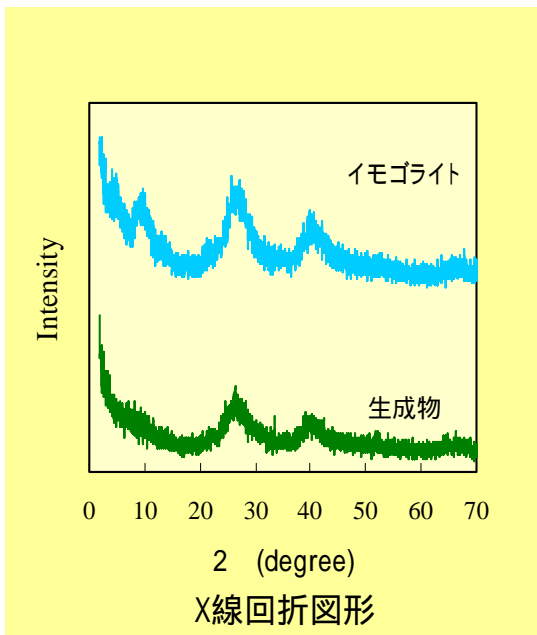
加熱時間・前駆体濃度・陰イオン濃度

細孔の制御

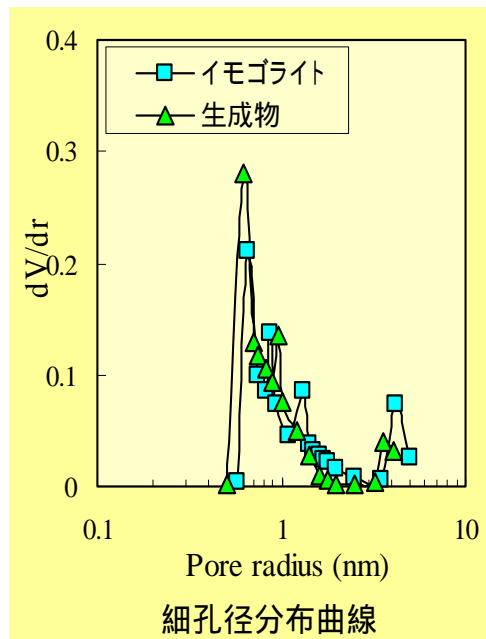
温度・元素の置換、乾燥方法

制御の可能性を示す一例(非晶質イモゴライト)

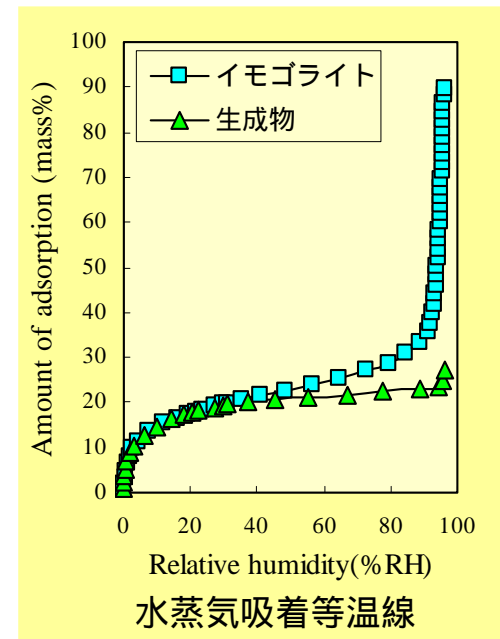
イモゴライトが生成される条件よりも、塩酸を多く加えて合成すると...



X線的に非晶質

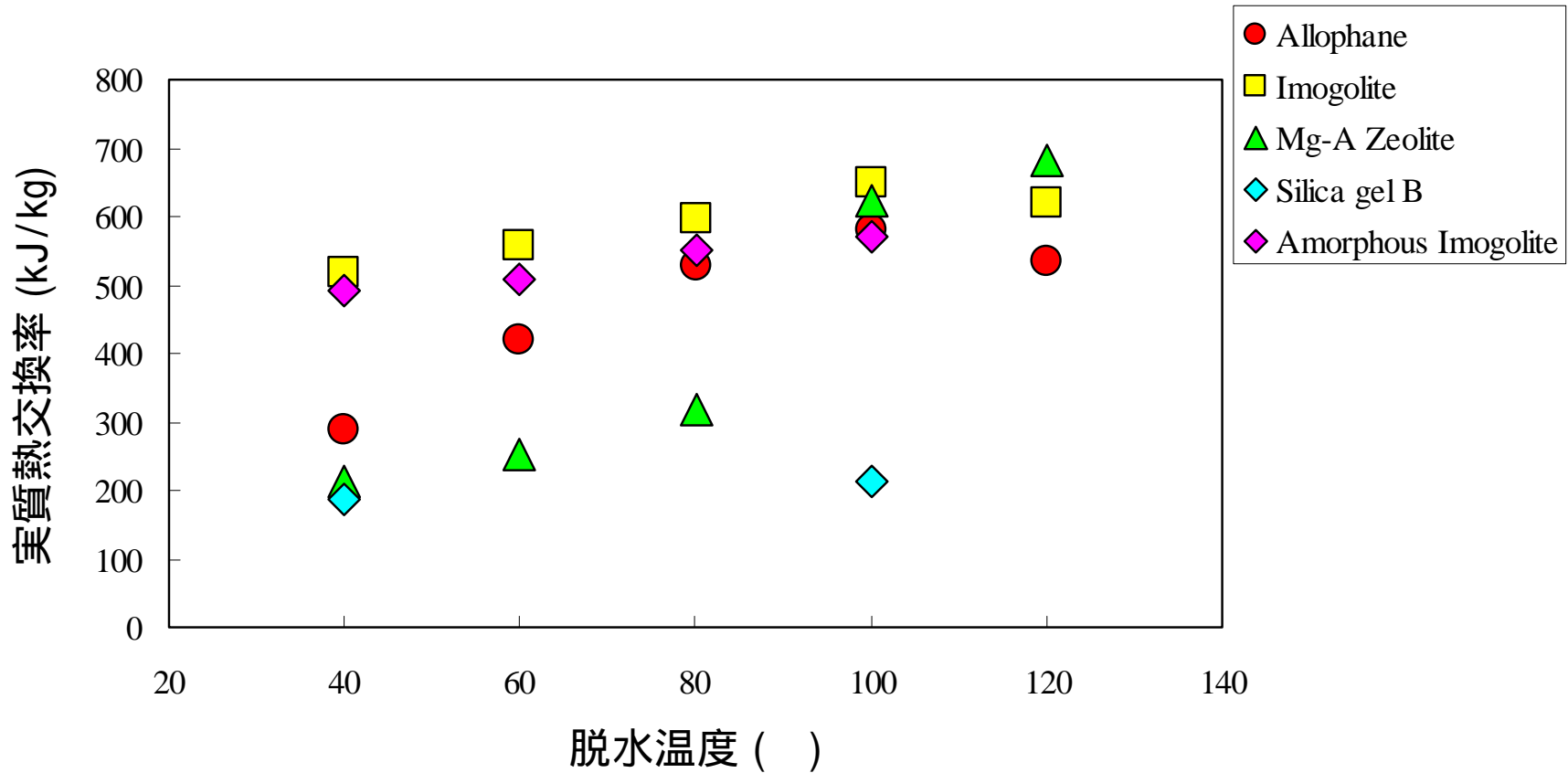


イモゴライトと同じ
サイズの孔を持つ



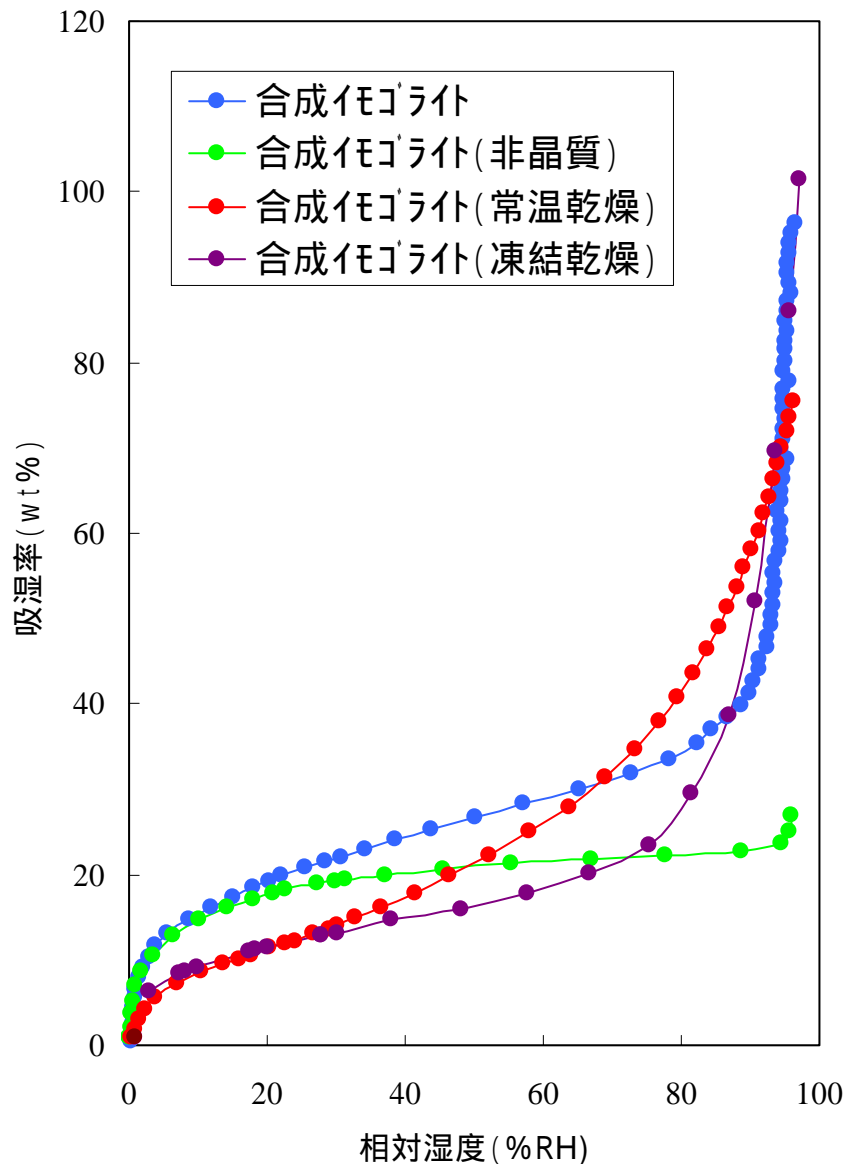
チューブによる隙間は
形成されていない

陰イオン濃度によりチューブの長さの制御を行える可能性がある



脱水温度と実質熱交換量の関係

イモゴライトの 多様性の一例



イモゴライトの水蒸気吸着等温線

イモゴライトの別の特徴

アルカリを添加するとゲルになる

