

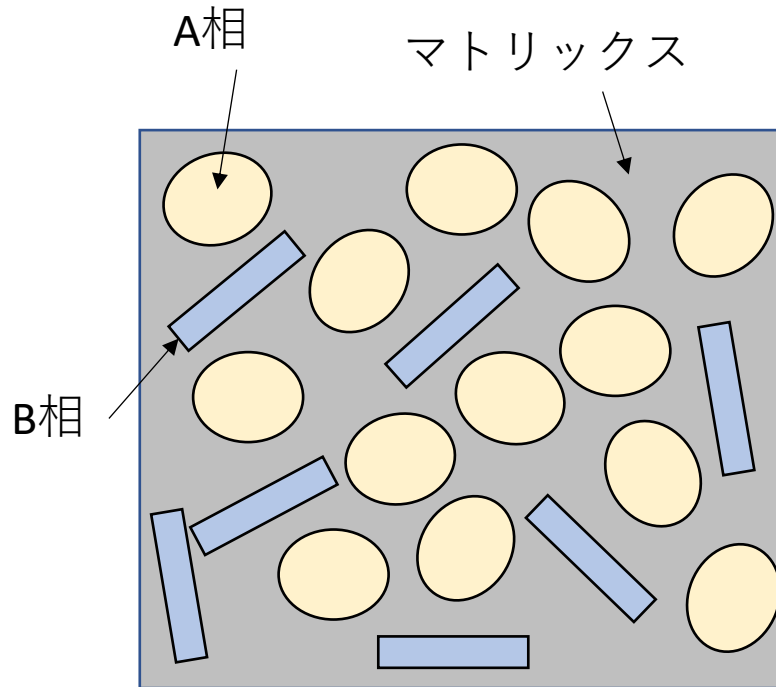
無機材料学

Inorganic Materials Science and Engineering

講義計画

1. **無機材料とは** セラミックスの歴史とオールドセラミックスを説明できる
2. **無機材料とは** 近代セラミックスの発展が理解できている
3. **結合と構造の考え方** SiO_2 の構造と性質を説明できる
4. **結合と構造の考え方** セラミックスの結合とイオン半径について説明できる
5. **結合と構造の考え方** 最密充填構造とその隙間構造について説明できる
6. **結合と構造の考え方** 臨界イオン半径と配位構造の関係を説明できる
7. **状態図と相変化** 状態図とは何かを説明できる
8. **状態図と相変化** 無機材料の理解に状態図を活用できる
9. **状態図と相変化** 原子の拡散について理解できている
10. **状態図と相変化** セラミックス作製のプロセスと相変化の関係が理解できている
11. **無機材料のキャラクタリゼーション** 光学顕微鏡、電子顕微鏡の原理が理解できている
12. **無機材料のキャラクタリゼーション** X線回折の原理が理解できている
13. **無機材料のキャラクタリゼーション** X線イメージングの基礎が理解できている
14. **無機材料のキャラクタリゼーション** 赤外分光、ラマン分光の基礎が理解できている
15. 到達度評価

材料の物性は何によって決まるか？



- ✓ 重い、軽い
- ✓ 堅い、柔らかい
- ✓ 化学的に安定、不安定
- ✓ 熱に強い、弱い
- ✓ 電気が流れる、流れない
- ✓ 光が通る、発光する
- etc.

各相の化学組成、原子の並び（構造）、形態（大きさ、分布）、体積分率、分散性、界面、・・・様々な要素が全て材料の物性に影響する

- **化学組成**
(chemical composition)
- **構造**
(structure)
- **組織**
(microstructure)

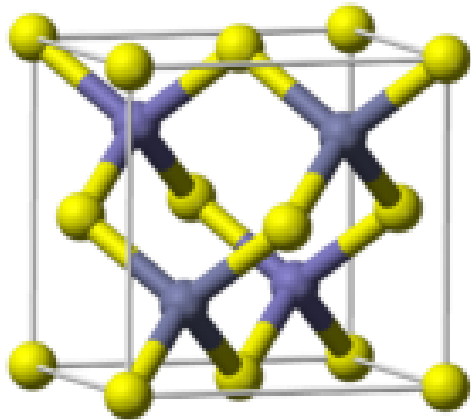
材料物性を理解するアプローチ

- ✓ 重い、軽い
- ✓ 堅い、柔らかい
- ✓ 化学的に安定、不安定
- ✓ 熱に強い、弱い

- ✓ 電気が流れる、流れない
- ✓ 光の吸収、発光
(バンド理論)



結合と構造の考え方



状態図と相変化

Gibbsの自由エネルギー

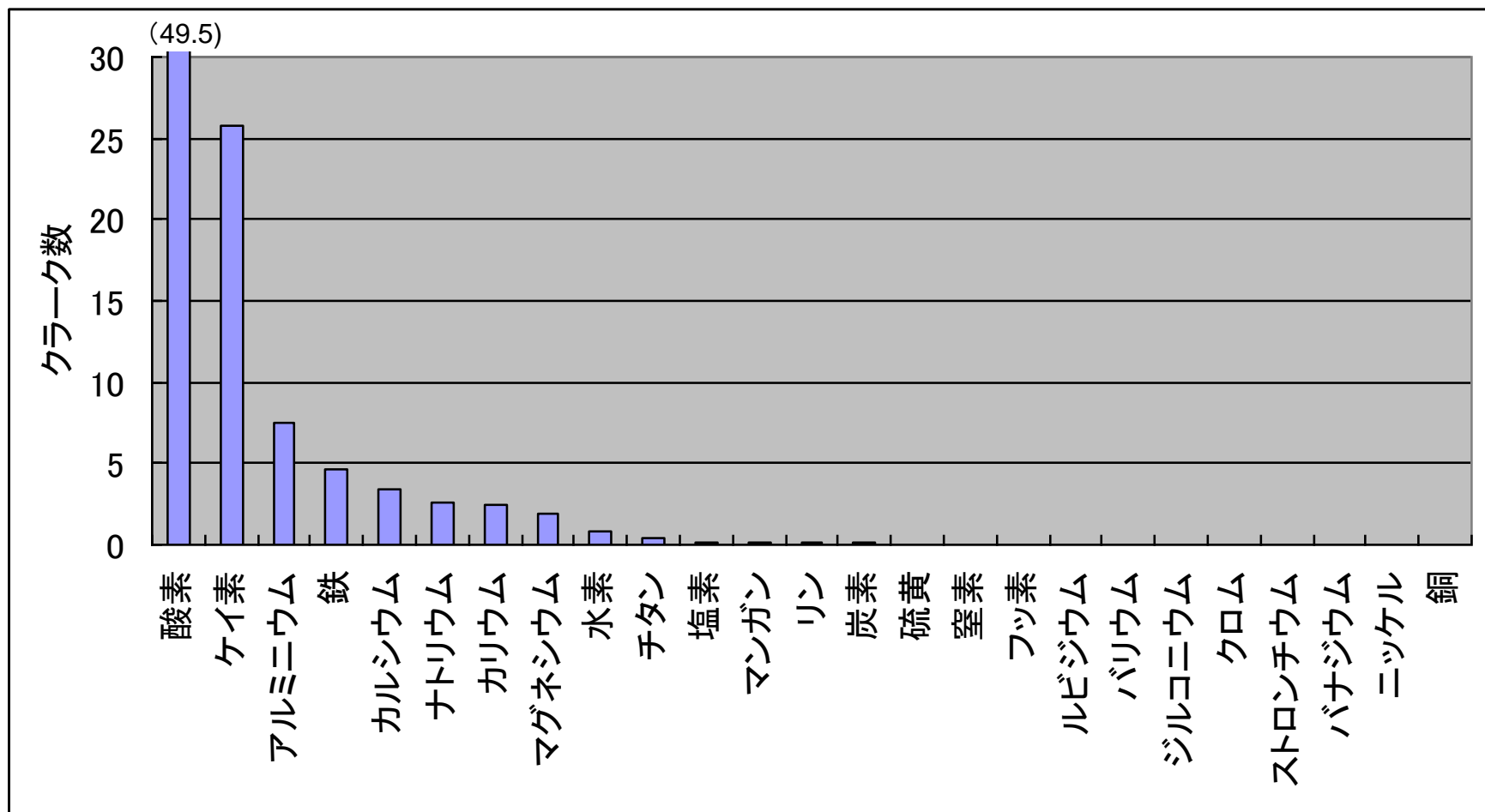
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

無機材料の結合と構造を考える上で、最低知っておきたいこと

- ✓ イオン化エネルギー
- ✓ 電子親和力
- ✓ 電気陰性度
- ✓ 酸化数と原子価
- ✓ 原子半径とイオン半径
- ✓ 結合エネルギー
- ✓ 最密充填構造
- ✓ 配位数とイオン半径比
- ✓ 面心立方格子と体心立方格子

クラーク数

クラーク数とは地球上の地表付近に存在する元素の割合を重量パーセントで表したものである。



地球上に最も豊富に存在する無機物質



シリカ

クォーツ

二酸化珪素

珪砂

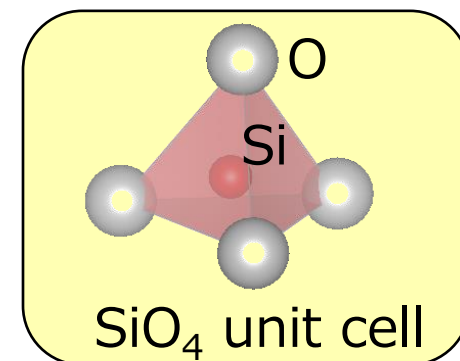


	電気陰性度	イオン半径
Si	1.90	0.40 Å (4配位)
O	3.44	1.26 Å

イオン結合性 45～50%

Si-O単結合
強度

452 kJ/mol



SiO₂の構造イメージ図

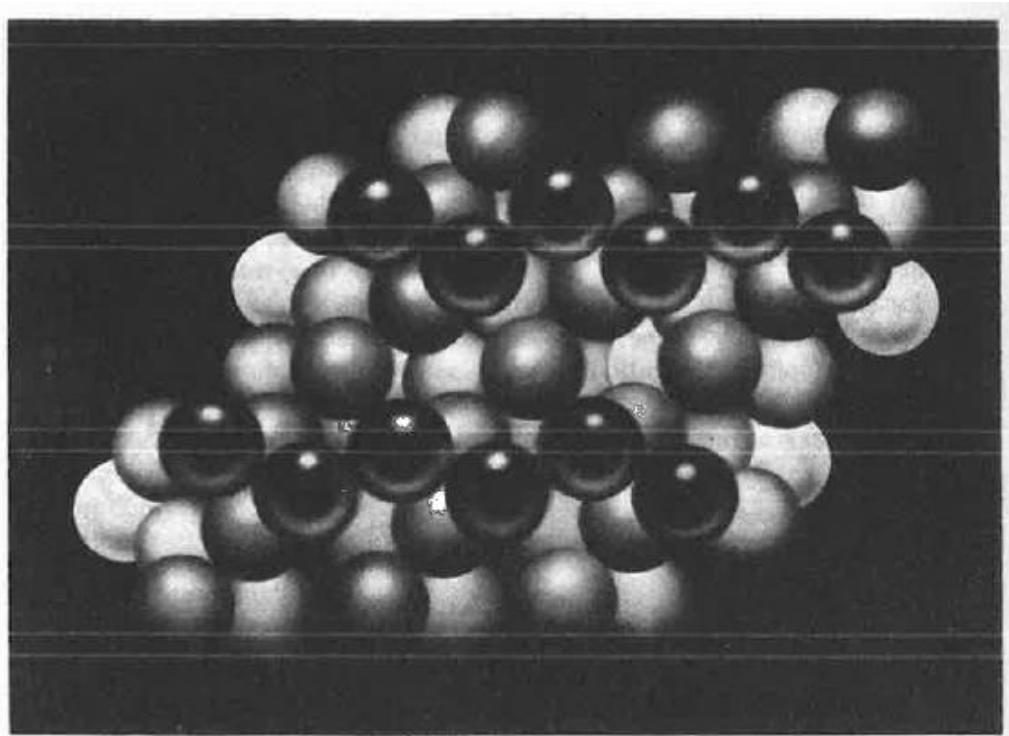


Fig. 2.30. Structure of high quartz, looking down on basal plane.

無機材料の構造は陰イオンの充填構造をイメージすると
捉えやすい

SiO₂ Minerals

W.A. Deer, R.A. Howie, J. Zussman,
An Introduction to the Rock-forming
Minerals, second ed., Longman,
London, 1992.

	α -Quartz	α -Tridymite	α -Cristobalite
	<i>Trigonal</i>	<i>Orthorhombic</i>	<i>Tetragonal</i>
	ω 1.544	α 1.469- 1.479	ϵ 1.484
	ϵ 1.553	β 1.470- 1.480	ω 1.487
		γ 1.473- 1.483	
	δ 0.009	δ 0.002 ₅ - 0.004	δ 0.003
D	2.65	2.26	2.33
H	7	7	6- 7
Colour	Colourless, white or variable , black, purple, green, etc. ; colourless in thin section	Colourless or white; colourless in thin section	Colourless, white or yellowish; colourless in thin section
Special features	Insoluble in acids except HF; soluble in molten Na ₂ CO ₃		



一般社団法人

日本鉱物科学会

Japan Association of Mineralogical Sciences



「ひすい」を我が国の「国石」として選定

2016.11.07 update

一般社団法人日本鉱物科学会

会長 土山 明

本件問合せ先→

日本鉱物科学会は社団法人化の記念事業の一環として、日本の石すなわち「国石」の選定事業を進めてきましたが、2016年9月24日の総会で「ひすい（ひすい輝石およびひすい輝石岩）」を国石として選定しました。

日本で広く知られて、国内でも産する美しい石であり、鉱物科学のみならず様々な分野でも重要性を持つものを、「国石」として選定することにより、私たち日本人が立っている大地を構成する石について、自然科学の観点のみならず社会科学や文化・芸術の観点からもその重要性を認識するとともに、その知識を広く共有したいと考えました。

「岩石」と「鉱物」は学術的に明確に定義され区別されますが^(注1)、一般的に「石」と親しまれるこれら地質の基本となる物質についてあえて区別せず、日本人として分かりやすく呼びやすい「国石」を定めることとしました。

このために、国石の条件として以下の項目を設定しました。

- (1)日本で広く知られている、国産の美しい石であること。
- (2)鉱物科学や地球科学の分野はもちろん、他の分野でも世界的な重要性を持つこと。また、必須ではないが、望ましい項目として、以下を設定しました。
- (3)長い時間、広い範囲にわたって日本人の生活に関わり、利用されていること。
- (4)その石の産出が現在まで継続し、野外で見学できること。
- (5)野外での見学が、法律による保護などによって持続可能であること。

(1次候補) 花崗岩、輝安鉱、自然金、水晶、翡翠

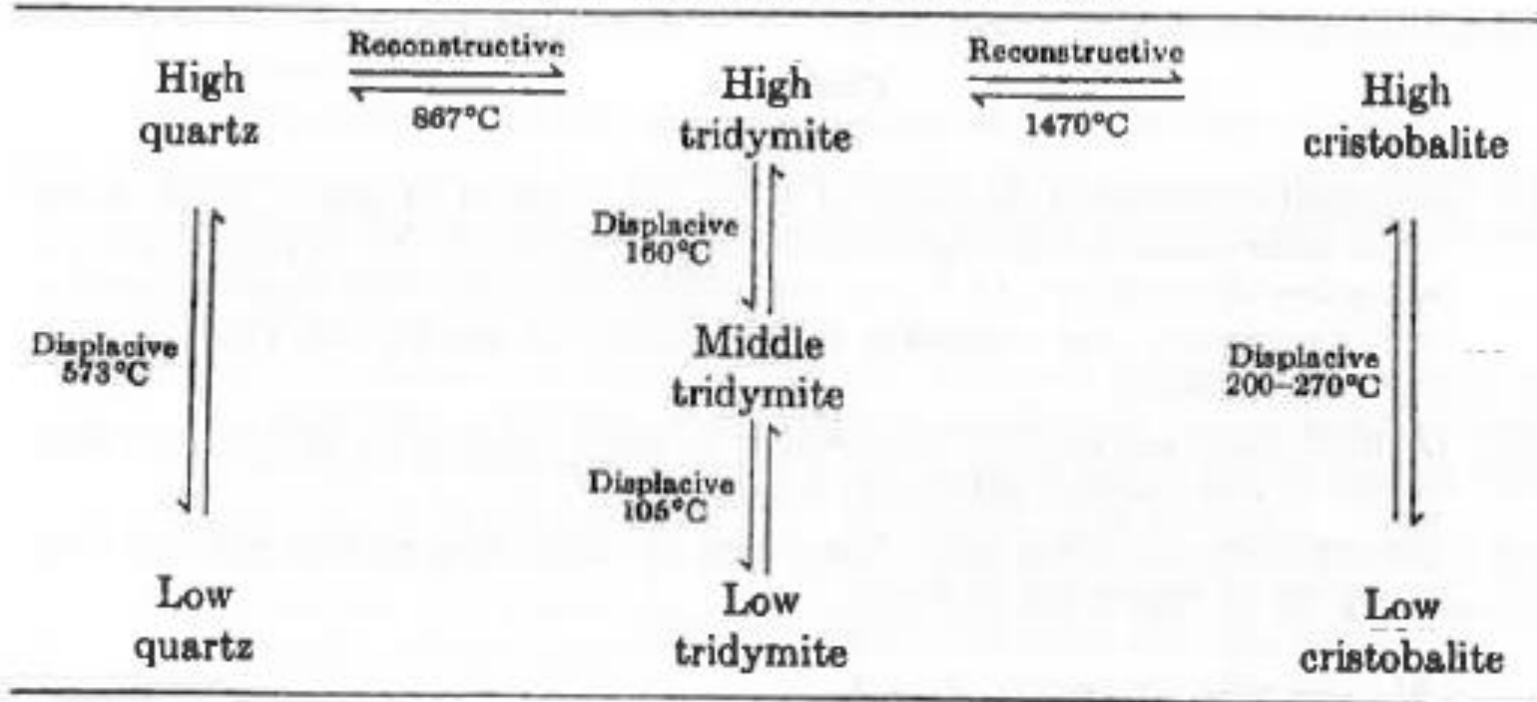
水晶と翡翠で決選投票



翡翠

Polymorphous (多形)

Table 2.7. Polymorphic Forms of Silica



SiO₂の相図

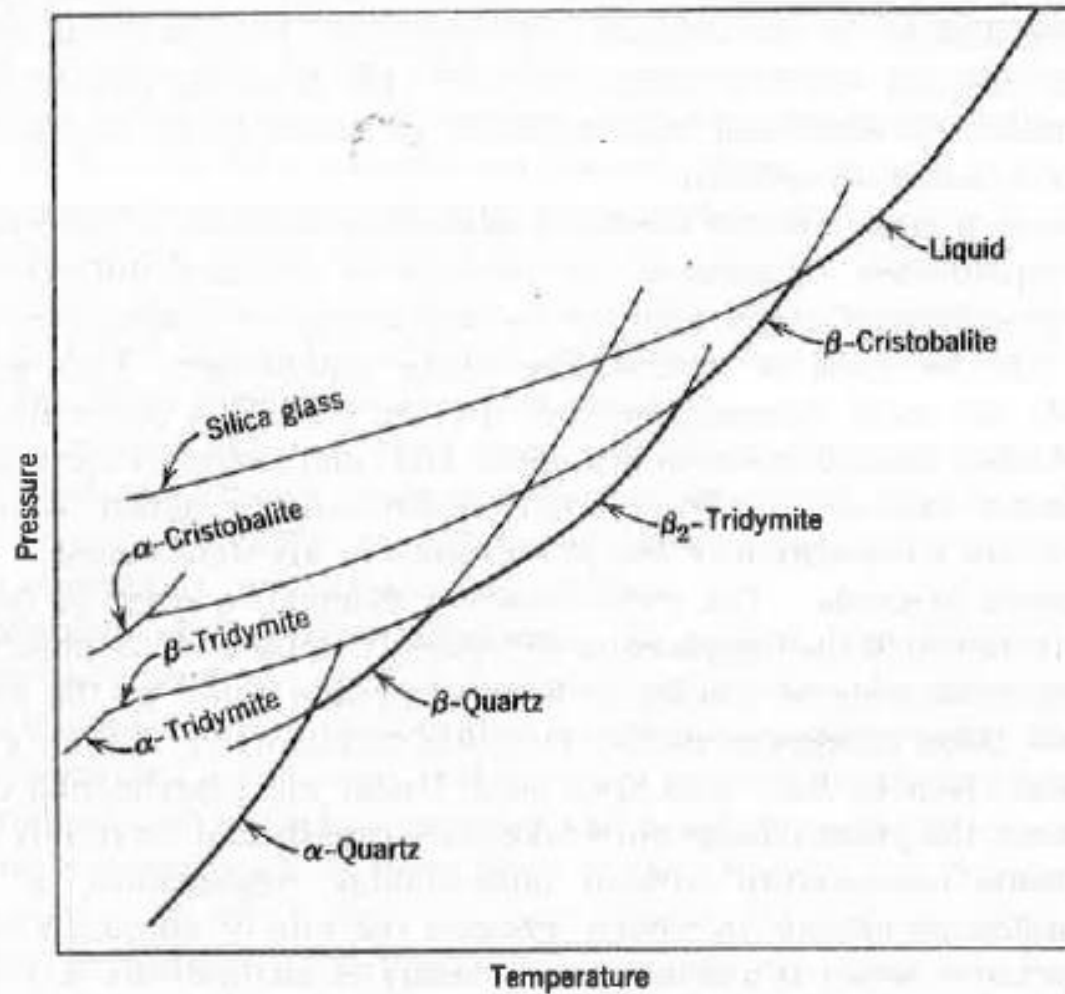


Fig. 7.5. Diagram including metastable phases occurring in the system SiO₂.

$\alpha \rightarrow \beta$ 転移

β 型 (高温型)

α 型 (低温型)

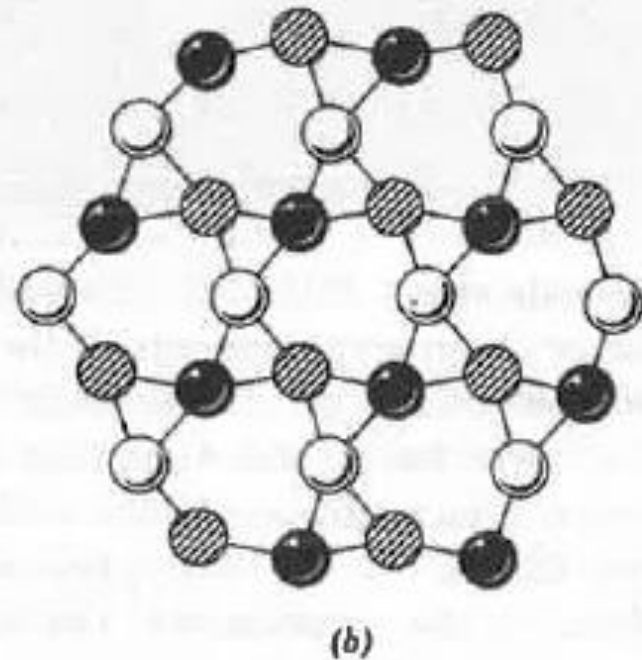
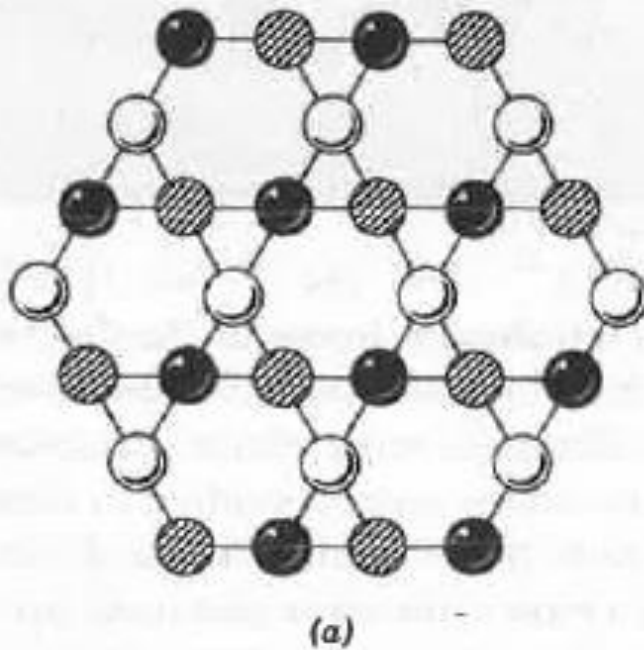


Fig. 2.32. Schematic illustration of relationship between (a) high-temperature and (b) low-temperature forms of quartz.

(参考)

現代人の結晶構造の調べ方、書き方

■ cifファイル(Crystallographic Information File)

■ 結晶構造描画ソフト VESTA

石英結晶の熱膨張

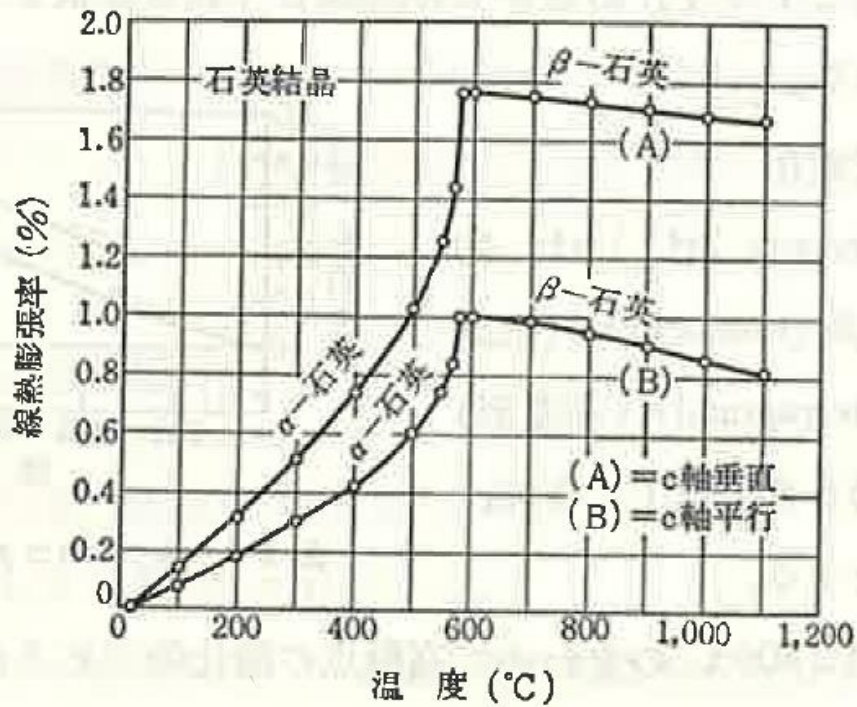


図 8-6 石英結晶の変態熱膨張曲線

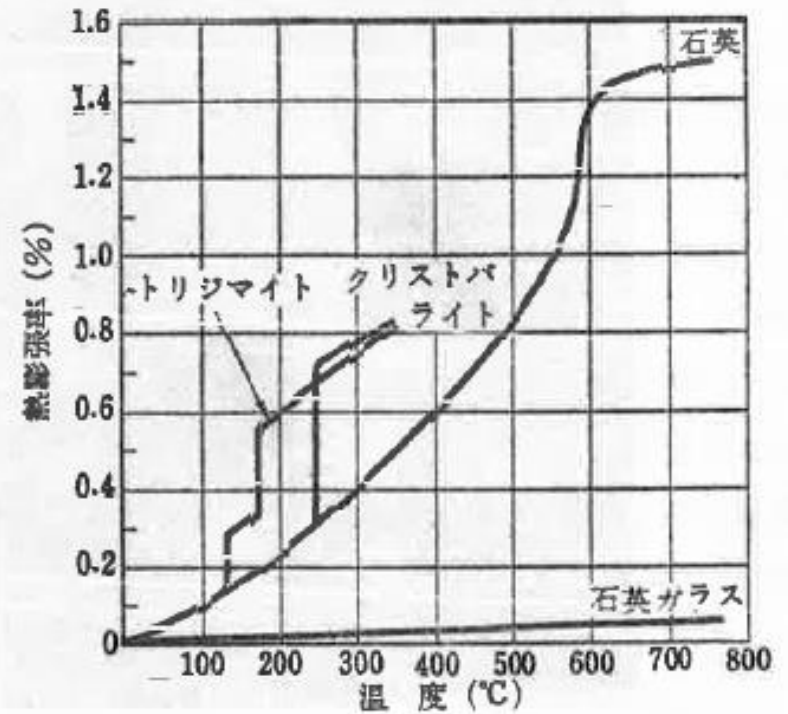


図 3-45 SiO_2 の熱膨張率

窯業操作（日本セラムックス協会）より抜粋

$\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系結晶化ガラス

析出結晶： β -石英固溶体 ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$)、 β -スポジューメン ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$)

特徴：非常に低膨張(ほぼゼロ)



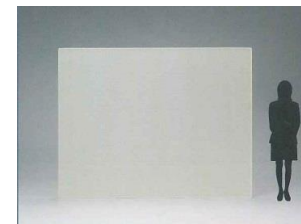
調理器用トッププレート



食器



防火窓



電子部品用セッター



リフレクタ



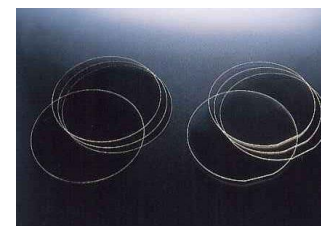
ヒーターカバー



電子レンジ用棚板

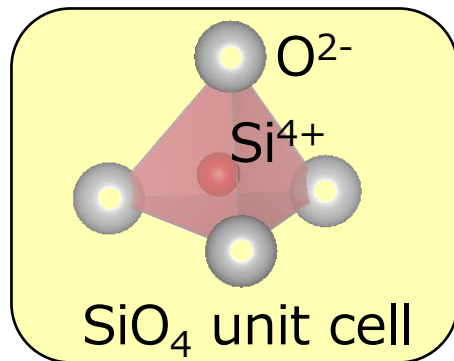


光通信用部品

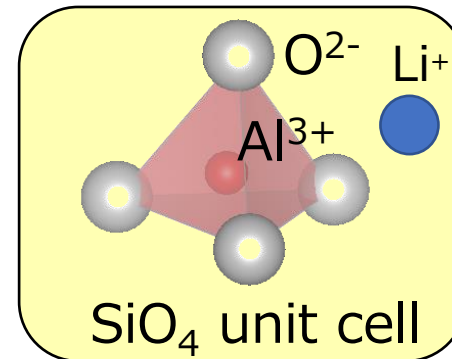


電子部品用基板

β-石英固溶体



SiをAlで置換



電荷補償

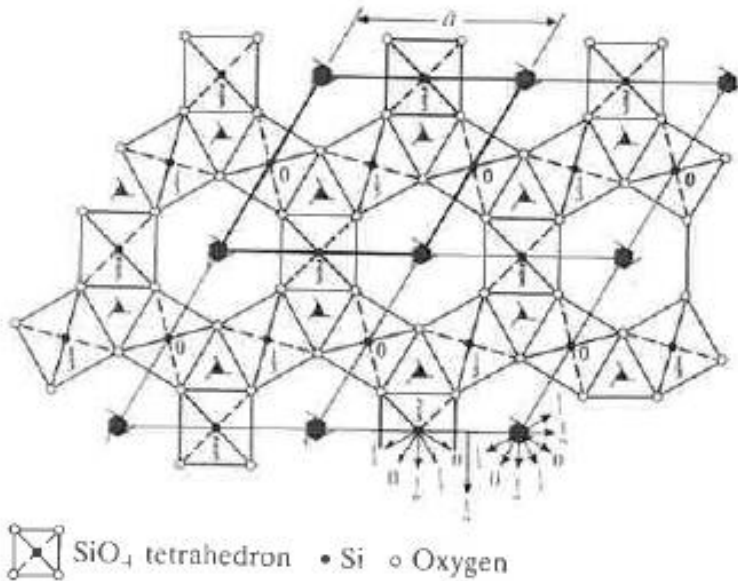


Fig. 165 Structure of β-quartz projected on (0001).

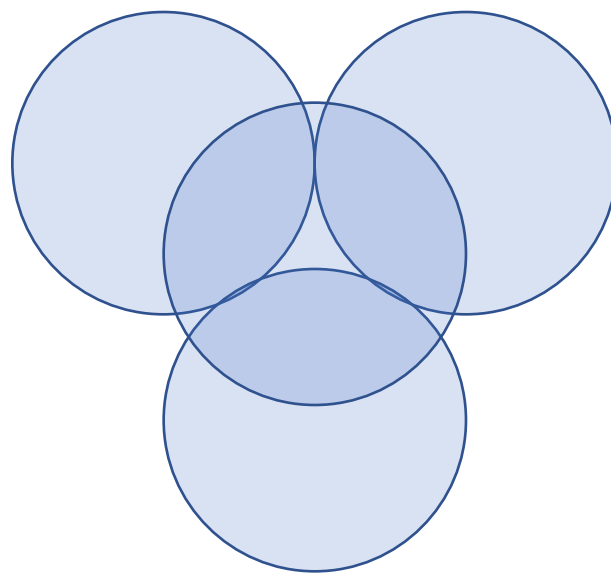
石英構造の隙間にLiイオンが詰め込まれる
(Stuffed β-quartz)



β-石英構造が室温でも安定に存在できる（マイナス膨張の実現）

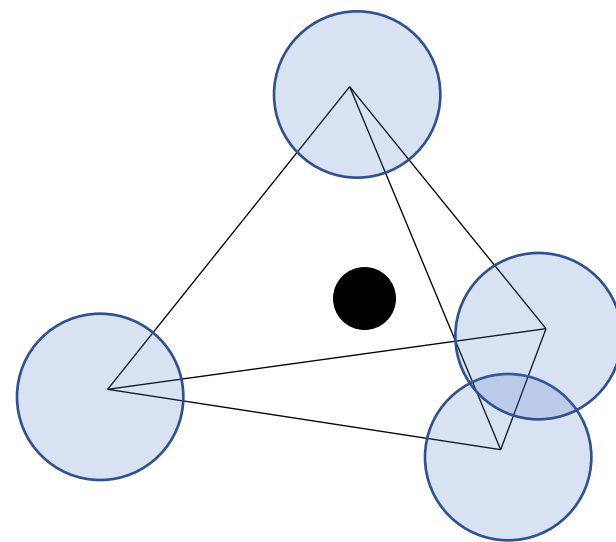
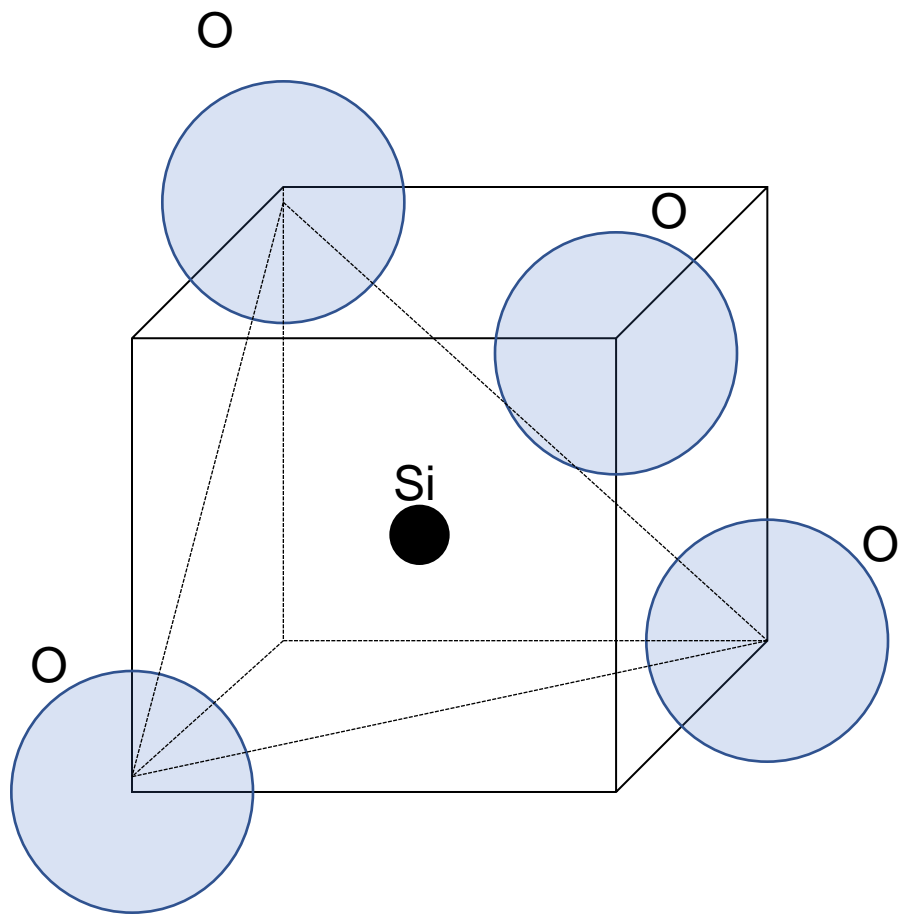
問題1

酸素を剛体球として4つ積み上げた時、中心の空間に入る最大の球の半径はいくらになるか？
剛体球の半径を1として求めなさい。(小数第3位まで)



$$\sqrt{2} = 1.4142$$
$$\sqrt{3} = 1.7321$$

SiO_4 四面体



Siの周りにOが
4配位している