

多結晶体の育成—固体の焼結

焼結とは、原料粉体を融点よりも低い温度で加熱し、粉体同士を凝着・凝集させること。

多結晶体は熔融法と焼結法によりつくられる。

熔融法は、高融点物質や融点で分解する物質には適用できない。このような場合、融点より低い温度で操作できる焼結法が適している。

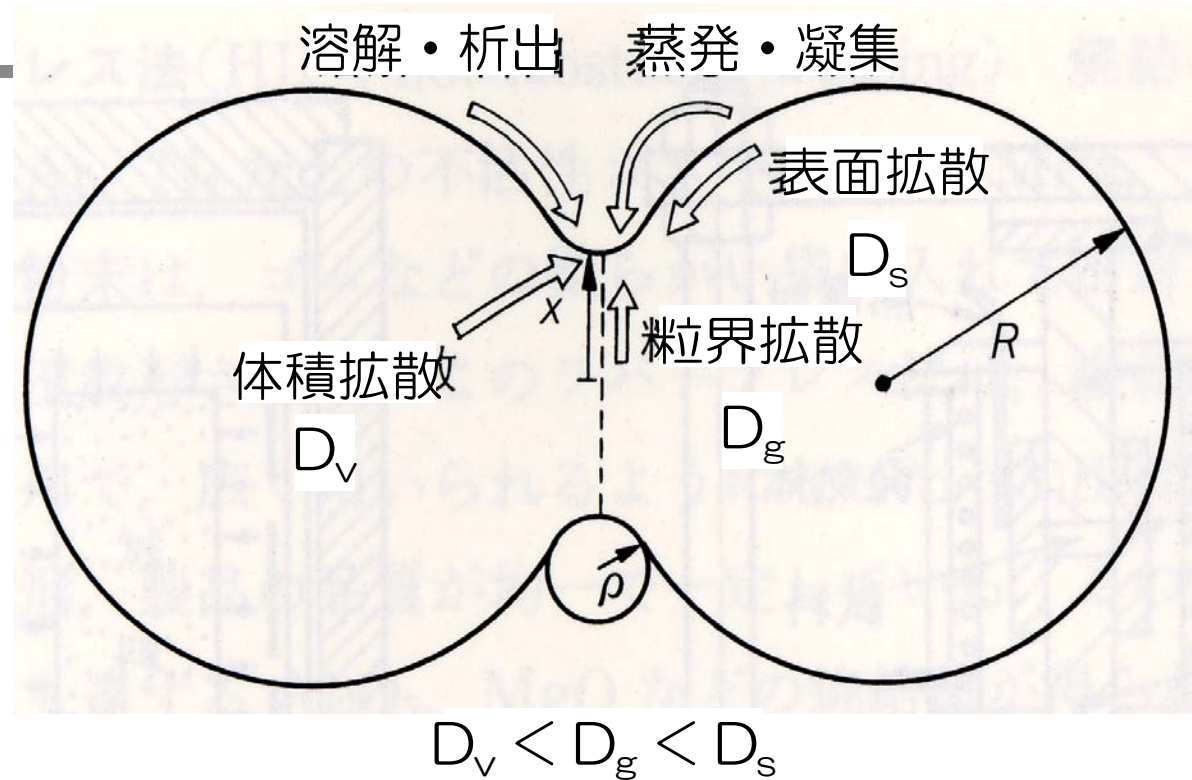
焼結体の物性は、空孔量と粒子の大きさに強く影響される。

焼結体は緻密で空孔量が少なく均一であることが要求される。原料粉体は、できるだけ微細・球形で均一な粒子が要求される。

焼結現象

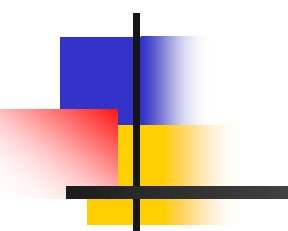
表面積を小さく
する方向へ物質移動
が起こる。

粒子径が小さい
ほど、表面積が増
し、物質移動が速
くなる。



焼結プロセス

- ① 接触部分の凝着・結合
- ② 接触部分への物質移動、
結合部の面積増大・頸部の成長
- ③ 気孔の消失・緻密化



焼結法

1) 常圧焼結法

大型・複雑な形状の焼結体の作製が容易。
製品コストが安く、量産に適している。

2) 加圧焼結法

焼結温度、緻密化温度の低下、焼結時間の短縮。
難焼結体（炭化物、窒化物）の焼結が可能。

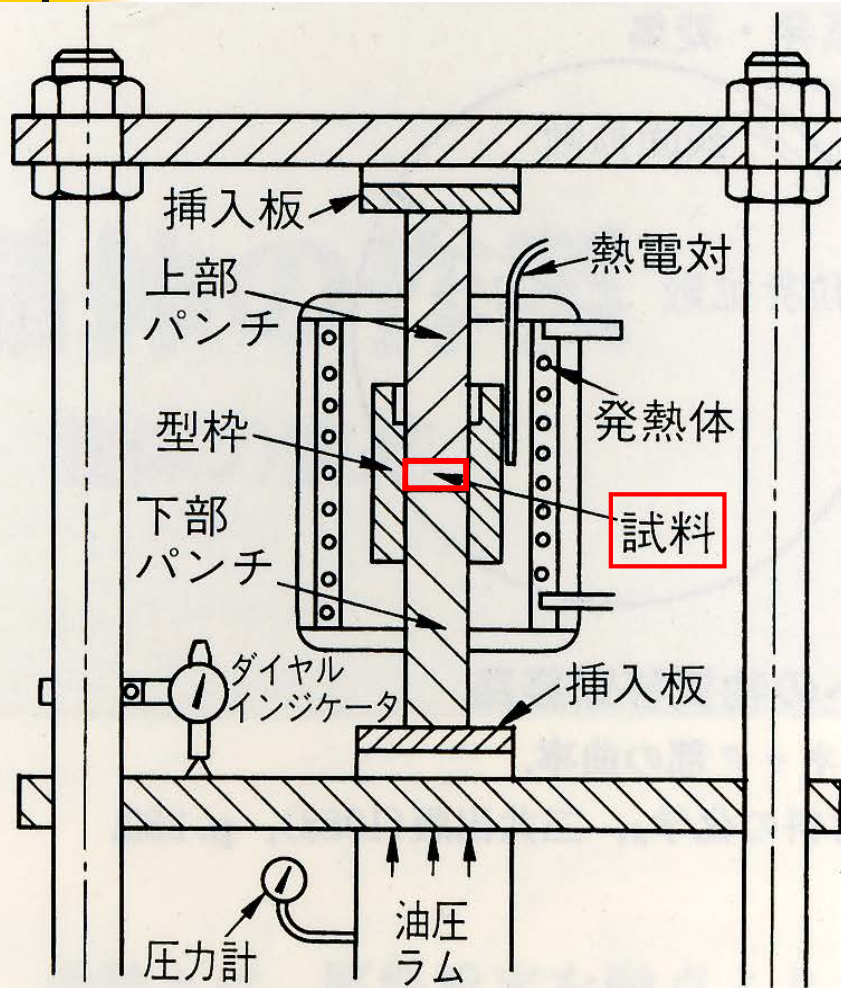
①ホットプレス法

加圧が大きいほど、密度が増大する。

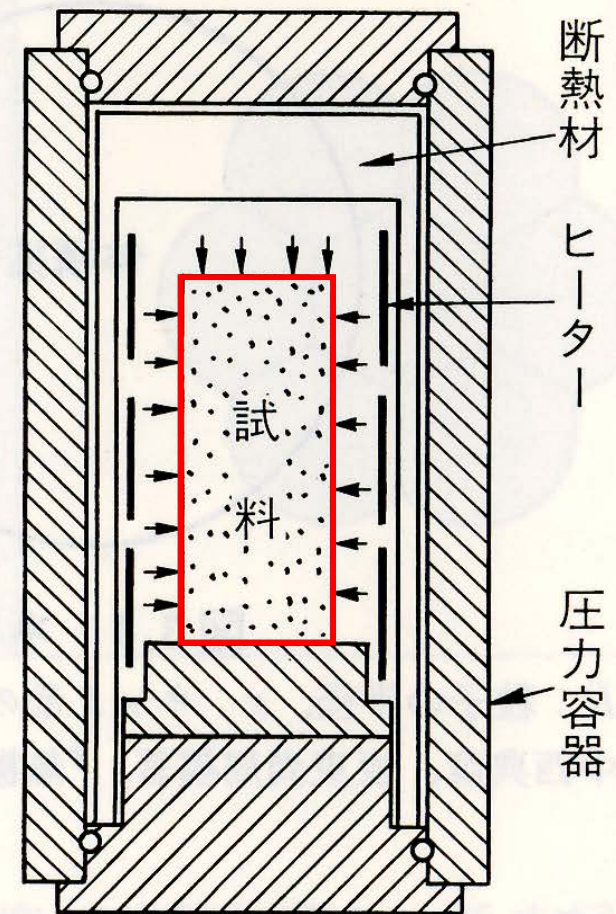
②液体圧縮法

耐圧容器内に試料を入れ、ArやN₂などの不活性ガスを充填し～300MPa、～1200度で、ゴムなどの柔らかい袋に原料粉体を入れて、液体で均一に加工成形される。

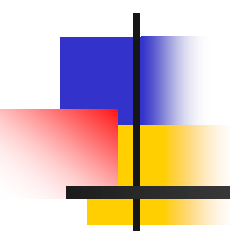
焼結法の事例



(a) ホットプレス装置の例



(b) 熱間静水圧加圧法 (HIP) 装置の例



焼結法（前からの続き）

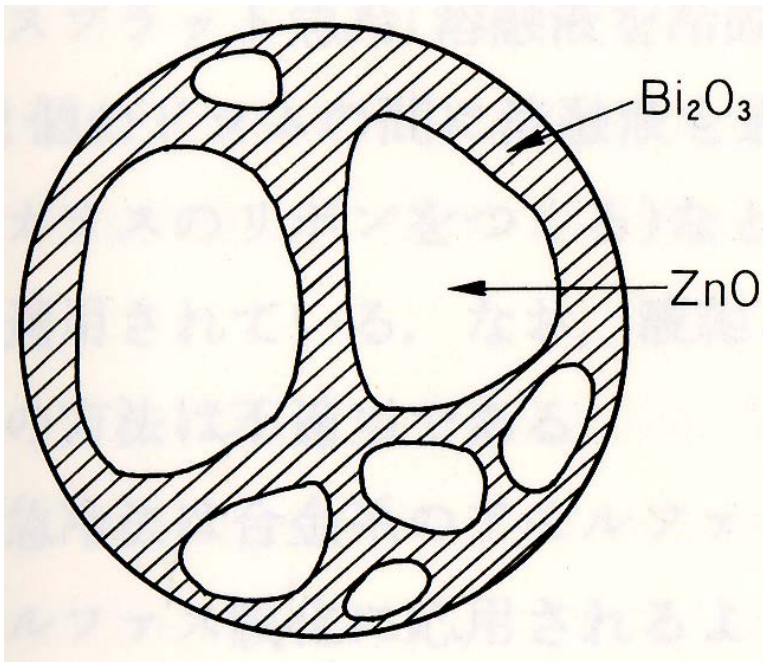
3) 反応焼結法

反応を利用して、焼結体を得る。
短時間の焼結と自動化・連続化が可能。

4) 複合焼結法

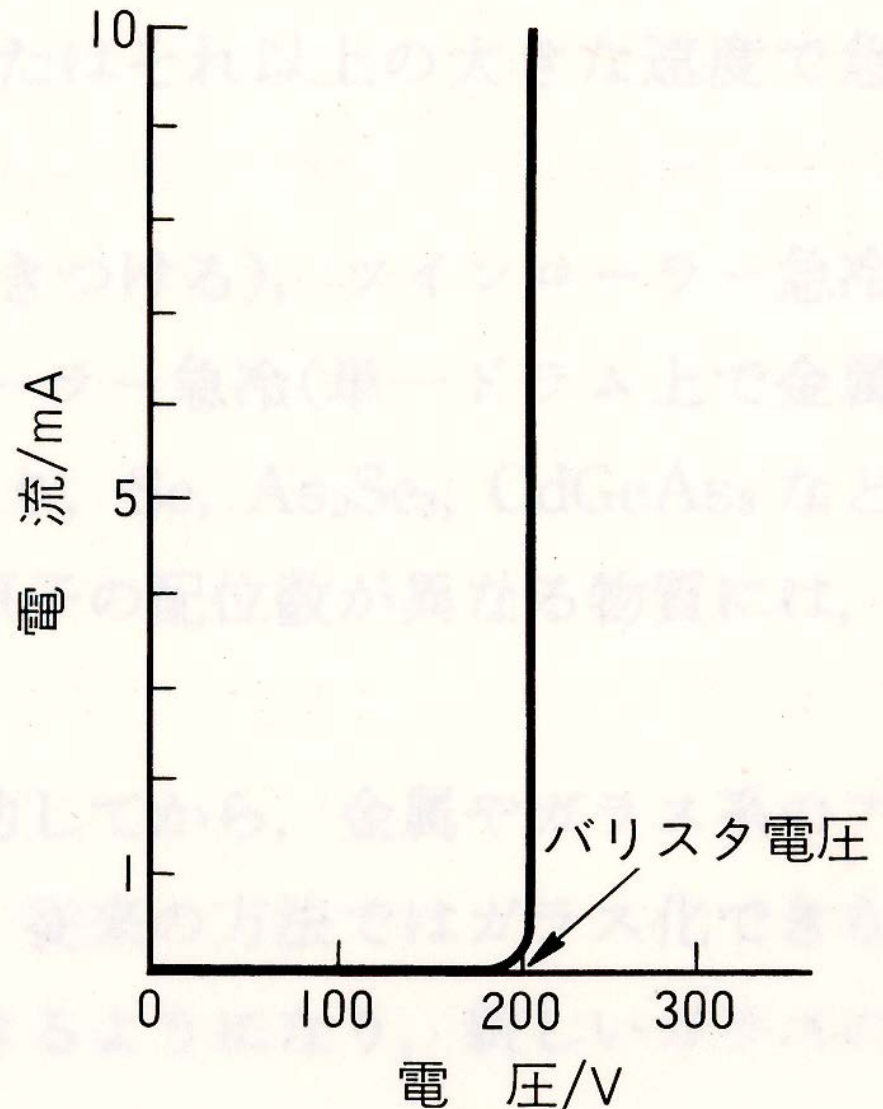
異なる材料の複合物をつくりながら焼結する。
構成物と異なる物性を持つ材料が得られる。

焼結法（続き）



複合焼結法の例

$\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ 系バリスタ



バリスタ：保護回路や高電圧安定回路などに用いられる。

アモルファスの作製

単結晶は、原子・分子の配列がどこまでも規則正しい。

アモルフォスは、短距離的には原子・分子の配列が規則正しいが、長距離的にはその規則正しさが欠如している。

アモルフォスの育成法

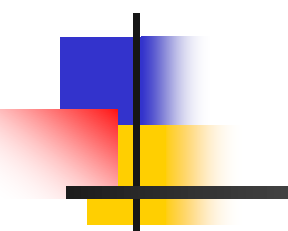
気相法

PVD法

CVD法

急冷法

ゾルゲル法

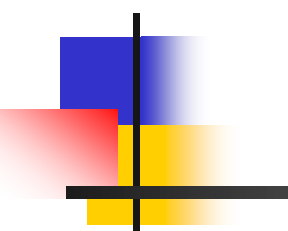


アモルフォスの製法

- ①結晶粒界がなく、原子配列や組成の欠落による異方性がない。
- ②界面における格子不整合の影響がない。
- ③規則性が不要で、構成原子・組成比の選択に自由度あるので、物性特性を変化できる。
- ④大面積化、薄膜化が容易で、加工性がよい。
- ⑤機械的強度、耐食性に優れる。
- ⑥熱力学的に非平衡で、結晶化が起こることがある。



簡単な工程で大面積化・薄膜化が容易であり、単結晶より安価に製造できることから、広い分野に用途が拡大されている。



アモルファスの作製法

①気相からの作製—PVD法、CVD法（別に説明）

②急冷法

熔融液を $10^4 \sim 10^6 \text{ Ks}^{-1}$ 以上の速度で急冷する超急速冷却法が用いられる。金属やガラス系の膜化に応用される。

スプラット急冷：熔融液を冷却固体へ叩きつける。

ツインローラー急冷：2個のドラム間に熔融液を流す。

単ローラー急冷：単一ドラム上にリボンをつくる。

③ゾルゲル法

ゾル→ゲル→ガラスの過程を経て作製される。

出発原料はコロイド状シリカや金属アルコキシドが用いられる。

ゾルゲル法

液体中にコロイド粒子（1～100nm）を懸濁した状態のゾルから、熟成により粒子が凝集し流動性を失ったゲルを経てガラスや無機物の微粉末を製造する。

