

材料に関する以下の文を読んで(1)~(6)の問いに答えよ。

固体の材料は、それを形成する物質の種類により金属材料、無機材料、有機材料と、それらの複合体である複合材料に大別できる。金属材料は複数の元素からなる合金を含み、無機材料は非金属元素の単体やセラミックスの代表である酸化物など無機化合物からなる。有機材料の多くは高分子材料であり、その代表はプラスチックとして知られる。①これらの3種の材料は、それを構成する原子の種類や原子間の結合（化学結合）の特徴が異なるため、その性質、製造法や加工法にそれぞれ特徴を有する。②セラミックスに代表される無機材料は、高温での強度や硬度、耐摩耗性に優れるものが多いが、変形しにくいいため加工が難しい。③金属材料は塑性変形することを利用して、圧延加工により様々な形状を作ることができる。プラスチックの中にも④加熱することで容易に塑性変形するものがある。金属材料の製造過程では、例えば鋳造のように⑤熔融状態からの凝固や、熱処理による組織の制御が行われる。⑥金属材料は導電体であるが、有機材料はその多くが絶縁体であり、無機材料には半導体の性質を示すものが多いことも、それらの化学結合の特徴に由来している。

- (1) 下線部①に関連して、化学結合は金属結合、イオン結合、共有結合、ファン・デル・ワールス結合に大別される。鉄、酸化マグネシウム ( $\text{MgO}$ )、シリコン、ポリエチレン中の化学結合の名称を答えよ。ただし、ポリエチレンについては分子内と分子間の結合をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部②に関連して以下の問いに答えよ。
  - (2-1)  $\alpha$ -アルミナ ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) 結晶中では、O 原子は六方最密充填しており、Al 原子の酸素配位数 (Al 原子の直近の周りにおける O 原子の数) は 6 である。Al 原子の酸素配位数に基づくと、O 原子のアルミニウム配位数 (O 原子の直近の周りにおける Al 原子の数) はいくつか。計算の過程とともに答えよ。
  - (2-2)  $\text{MgO}$  は立方晶の結晶で、 $\text{MgO}$  結晶中の O 原子は立方最密充填している。また、格子定数  $a$  は  $0.4217 \text{ nm}$  である。 $\text{MgO}$  の(111)面の面間隔を答えよ。また、波長  $0.1542 \text{ nm}$  の X 線を用いた粉末 X 線回折で、(111)面による回折線の現れる角度  $2\theta$  を答えよ。いずれも有効数字を 4 桁とする。
- (3) 全ての原子が規則的に並んだ完全結晶に対して、実在する結晶は様々な欠陥を含む。下線部③に関連した以下の問いに答えよ。
  - (3-1) 金属材料の塑性変形は転位と呼ばれる線欠陥の運動（移動）により生じる。基本的な転位の名称を 2 種類答えよ。
  - (3-2) 針金を繰り返し曲げると、曲げた部分が固くなる。この現象の名称を答えよ。また、この現象が生じる理由を説明せよ。
- (4) 下線部④の性質を有するプラスチックの名称を答えよ。また、このような変形の機構を、分子内の結合と、分子間の結合に注目して説明せよ。

(5) 下線部⑤に関連して、Al-Ni系状態図（図1）に関する以下の問いに答えよ。

(5-1) 以下の文章の空欄（ア）～（オ）に最も適切な数値または化学式を答えよ。

純Niの融点は、（ア）℃であるが、Alを添加すると液相線温度は徐々に低下する。固体NiはAlを最大で約（イ）at%固溶することができる。点XのNi固溶体を矢印に沿ってゆっくり冷却すると過飽和となった（ウ）が析出する。この状態図が示すようにAl-Ni系には5つの金属間化合物が存在し、融点が高いものは（エ）であり、400℃から加熱していくと2つの金属間化合物に分解するものは（オ）である。

(5-2) 点Yの液相を矢印に沿ってゆっくり冷却したときに生じる試料の温度変化の概略を表すグラフを、横軸を時間として描け。

(5-3) 点Zの液相を矢印に沿ってゆっくり冷却し、液相線温度に達したときに晶出する相を答えよ。

(5-4) 点Zの液相を矢印に沿ってゆっくり冷却し、854℃に達したとき、(A)どのような反応が起こるか。また、(B)この反応は何と呼ばれるか答えよ。(C)一定圧力下で、この反応が生じている間の自由度はいくつか答えよ。

(5-5) 点Zの液相を矢印に沿ってゆっくり冷却し、639.9℃に達したとき、(A)どのような反応が起こるか。また、(B)この反応は何と呼ばれるか答えよ。(C)一定圧力下で、この反応が生じている間の自由度はいくつか答えよ。

(5-6) 点Zの液相を矢印に沿ってゆっくり冷却し、550℃まで冷却したときに得られる相を答えよ。

(6) 物質の電子伝導性に関する下線部⑥に関連して、金属結合、イオン結合、共有結合を価電子の非局在性（価電子が複数の原子に広がる性質）が大きい順に並べよ。

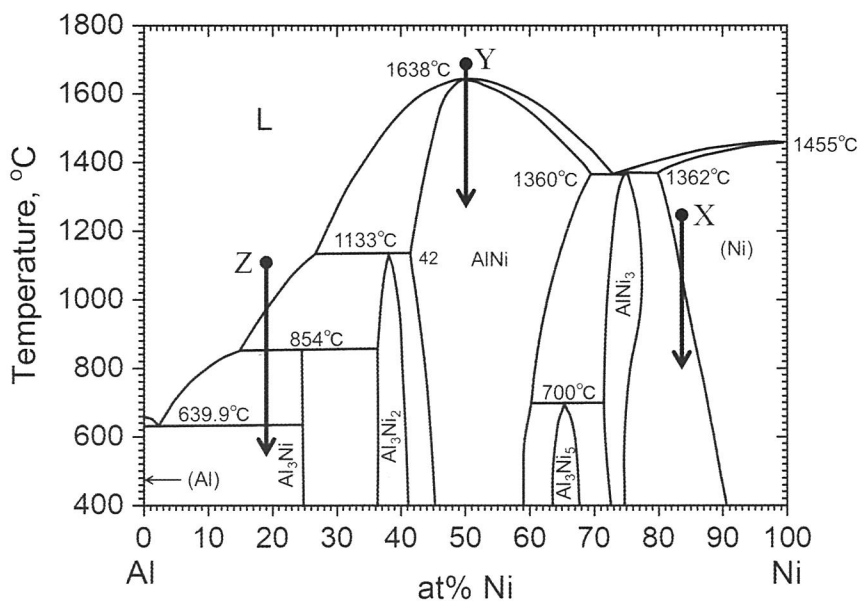


図1