

以下の(1)~(4)の問いに答えよ。

(1) Fe-C系の状態図(図1)に関する以下の問いに答えよ。

- (1-1) (a) 純鉄の融点, (b) 純鉄の同素体 α 鉄と γ 鉄の相変態温度, (c) γ 鉄に固溶する炭素の最大量 (mass%) とそのときの温度をそれぞれ答えよ。
- (1-2) 大気圧下におけるFe-C系の自由度の数(F)を, 相の数(P)を用いて表せ。
- (1-3) 問(1-2)において, 自由度Fがゼロになる点を不変点という。図1には, 3つの不変点が存在する。この3つの不変点を温度と組成で表し, 不変点で生じる反応式と反応の名称をそれぞれ答えよ。
- (1-4) 炭素を2.0 mass%含む鉄を1500 °Cで完全に融解した後, ゆっくり冷却して1300 °Cに保持した。このとき晶出した固相および液相に含まれる炭素の量 (mass%) をそれぞれ答えよ。
- (1-5) 問(1-4)において, 晶出した固相と液相の質量割合を答えよ。
- (1-6) 問(1-4)において, 晶出した固相中の炭素および液相中の炭素の活量の大小を, 理由とともに答えよ。

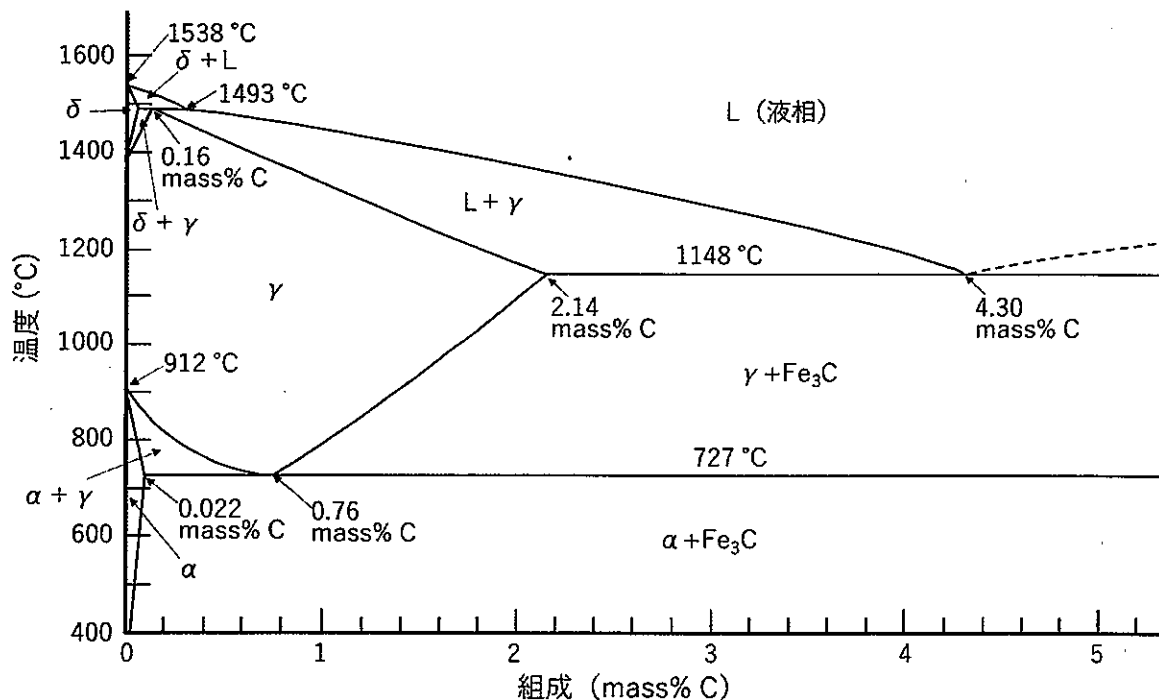


図1 Fe-C系状態図

(2) 合金に関する以下の問いに答えよ。

(2-1) 大電力の送電線の材料には銅が一般的に使用されるが、アルミニウム合金の利用も進みつつある。その理由を「電気伝導度」、「比重」および「価格」を用いて説明せよ。

(2-2) 炭素工具鋼は 0.6 ~ 1.5 mass% の炭素が添加された鋼である。じん性を大きくするには、また、耐摩耗性を大きくするには、炭素量を増やす、もしくは、減らすのいずれが良いか。それぞれ答えよ。

(3) MgAl_2O_4 はスピネル（尖晶石）という鉱物名で知られ、立方晶のスピネル型構造を有する。その格子定数は $a = 0.8085 \text{ nm}$ であり単位格子中に組成式 8 個分の原子が含まれる。また、 MgGa_2O_4 もスピネル型構造を有し、その格子定数は $a = 0.8278 \text{ nm}$ であり、 MgAl_2O_4 と MgGa_2O_4 は全率固溶体を形成する。ある組成の固溶体の粉末 X 線回折を波長 0.15418 nm の $\text{Cu K}\alpha$ 線を用いて測定したところ、022 回折線が $2\theta = 31.06^\circ$ に現れた。以下の問いに答えよ。ただし、有効数字は 3 桁とする。

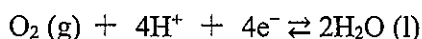
(3-1) スピネル型構造の MgAl_2O_4 の密度を求めよ。ただし、Mg, Al, O の原子量はそれぞれ 24.3, 27.0, 16.0, アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とし、密度の単位は g cm^{-3} とする。

(3-2) 固溶体の 022 回折線の面間隔を求めよ。

(3-3) 固溶体の格子定数 a を求めよ。

(3-4) 固溶体の組成を $x\text{MgGa}_2\text{O}_4 \cdot (1-x)\text{MgAl}_2\text{O}_4$ で表したとき、 x の値を推測せよ。

(4) 電位 - pH 図は pH を横軸、電位を縦軸として、金属、化合物、イオンがどの領域で安定に存在するかを図示したものである。水溶液中で起きる反応を考えるには、水が安定な電位 - pH 領域を知っておく必要がある。水の酸化は、次の半反応式で表される。



25 °C において、この反応が平衡する電位 E を pH の関数として表せ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ の圧力 1 bar、温度 25 °C における標準生成 Gibbs エネルギーは $\Delta G^\circ = -237 \text{ kJ mol}^{-1}$ であり、平衡する $\text{O}_2(\text{g})$ は 1 bar とする。なお、ファラデー定数 $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$ 、気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とし、有効数字は 3 桁とする。