令和３年度長崎大学大学院工学研究科

博士前期課程　総合工学専攻一般入試

化学・物質工学コース　専門科目Ｂ

金属材料学

□ この分野の問題を選択する場合は左の枠内に○を付け，選択しない場合は×を付けること。

受験番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

※用紙の２枚目以降には決して受験番号を記入しないこと。

この線の下には受験者は何も記入しないこと。

整理番号＿＿＿＿＿＿

問１．図 1-A および図 1-B に Fe-0.28 wt%C 炭素鋼の光学顕微鏡組織写真を示す。以下の問に答えよ。

1) 図 1-A 中の白地の相の名称を答えよ。
2) 図 1-A 中の縞状の黒味掛かった組織の名称を答えよ。
3) 図 1-B 中の針状組織の名称を答えよ。
4) 図 1-A のような組織を得るための熱処理工程を説明せよ。
5) 図 1-B のような組織を得るための熱処理工程を説明せよ。
6) 焼割れは図 1-A または図 1-B のどちらの組織で発生するか。また，その理由も説明せよ。
7) 焼割れを回避する手法を説明せよ。

解答欄

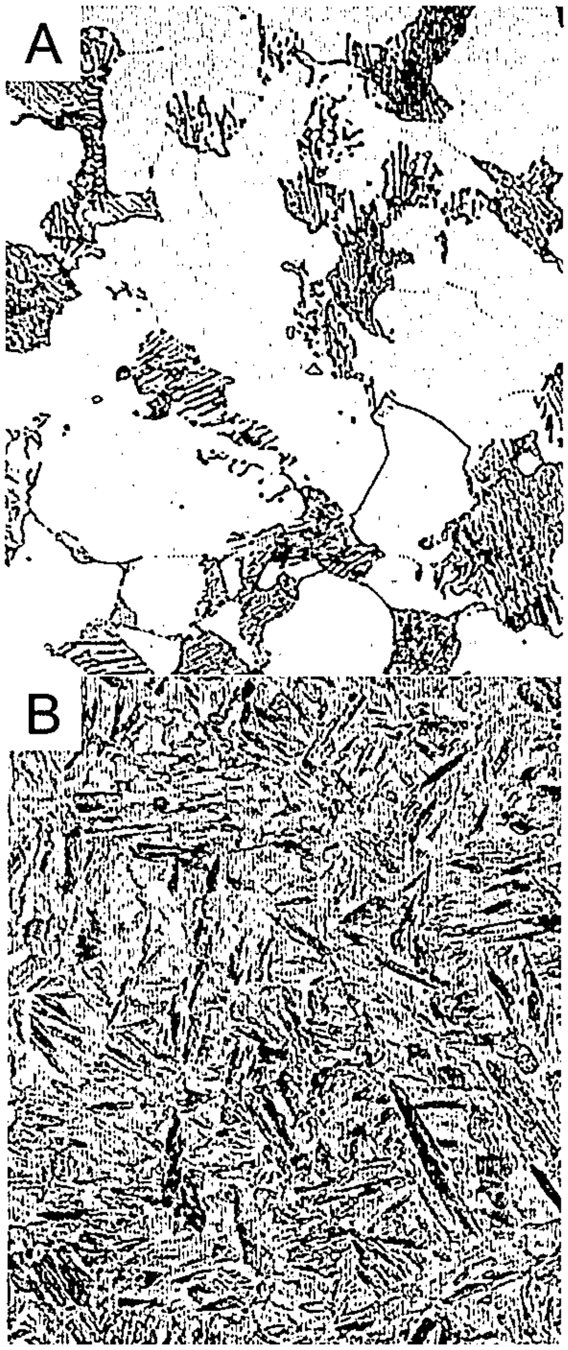

図 1. Fe-0.28 wt%C 炭素鋼の光学顕微鏡組織写真

※裏面も使用可

問２．以下の問に答えよ。

1) Fe と bcc 構造の金属 X との２元系状態図には，図２のように fcc 構造の γ 相が，狭い温度と組成範囲にだけ出現することが多く，この種の状態図は γ ループ型状態図と命名されている。室温で bcc 構造となる金属を Al, Cu, Zn, Cr, Mn, Ni, Co, Mo の中から２つ挙げよ。

2) 温度 T_1 における液相（L 相）と α 相の自由エネルギー・組成曲線を描き，共通接線の法則を利用して，各相の平衡組成 x^{L}（$=0.01x_{\mathrm{A}}$）および x^{α}（$=0.01x_{\mathrm{B}}$）を図示せよ。また，平衡組成における各相中の X の化学ポテンシャル $\mu_{\mathrm{X}}{}^{\mathrm{L}}$ および $\mu_{\mathrm{X}}{}^{\alpha}$ を図示せよ。

3) 温度 T_2 における L 相と α 相の自由エネルギー・組成曲線を描け。

4) 温度 T_3 における γ 相と α 相の自由エネルギー・組成曲線を描き，各相の平衡組成 x^{γ}（$= 0.01x_{\mathrm{M}}$）および x^{α}（$= 0.01x_{\mathrm{N}}$）を図示せよ。また，平衡組成における各相中の Fe の化学ポテンシャル $\mu_{\mathrm{Fe}}{}^{\gamma}$ および $\mu_{\mathrm{Fe}}{}^{\alpha}$ を図示せよ。

5) $\mu_{\mathrm{Fe}}{}^{\gamma}$ を $G^{\gamma}, x^{\gamma}, \partial G^{\gamma}/\partial x^{\gamma}$ で表記せよ。同様に，$\mu_{\mathrm{Fe}}{}^{\alpha}$ を $G^{\alpha}, x^{\alpha}, \partial G^{\alpha}/\partial x^{\alpha}$ で表記せよ。

6) G^{γ} を $G_{\mathrm{Fe}}{}^{\gamma}, G_{\mathrm{X}}{}^{\gamma}, x^{\gamma}, \Omega_{\mathrm{Fe\text{-}X}}{}^{\gamma}, R$ および T_3 で表記せよ。同様に，G^{α} を $G_{\mathrm{Fe}}{}^{\alpha}, G_{\mathrm{X}}{}^{\alpha}, x^{\alpha}, \Omega_{\mathrm{Fe\text{-}X}}{}^{\alpha}, R$ および T_3 で表記せよ。

7) $\mu_{\mathrm{Fe}}{}^{\gamma}$ を $G_{\mathrm{Fe}}{}^{\gamma}, x^{\gamma}, \Omega_{\mathrm{Fe\text{-}X}}{}^{\gamma}, R$ および T_3 で表記せよ。同様に，$\mu_{\mathrm{Fe}}{}^{\alpha}$ を $G_{\mathrm{Fe}}{}^{\alpha}, x^{\alpha}, \Omega_{\mathrm{Fe\text{-}X}}{}^{\alpha}, R$ および T_3 で表記せよ。

8) $\mu_{\mathrm{Fe}}{}^{\gamma}=\mu_{\mathrm{Fe}}{}^{\alpha}$ と仮定し，x^{γ} や x^{α} の２次の微小項を無視し，$\ln x \fallingdotseq x-1$ と近似すると，この γ ループの幅[MN]は，合金元素 X の種類に関係なく，次式によって近似し得ることを証明せよ。ここで，$G_{\mathrm{Fe}}{}^{\alpha}$ および $G_{\mathrm{Fe}}{}^{\gamma}$ は，温度 T_3 において，純鉄が α 相および γ 相となった時の自由エネルギーである。また，R は気体定数，$[\mathrm{MN}] = (x_{\mathrm{N}}-x_{\mathrm{M}})/100$ である。

$$[\mathrm{MN}] = \frac{(G_{\mathrm{Fe}}^{\alpha} - G_{\mathrm{Fe}}^{\gamma})}{RT_3}$$

解答欄

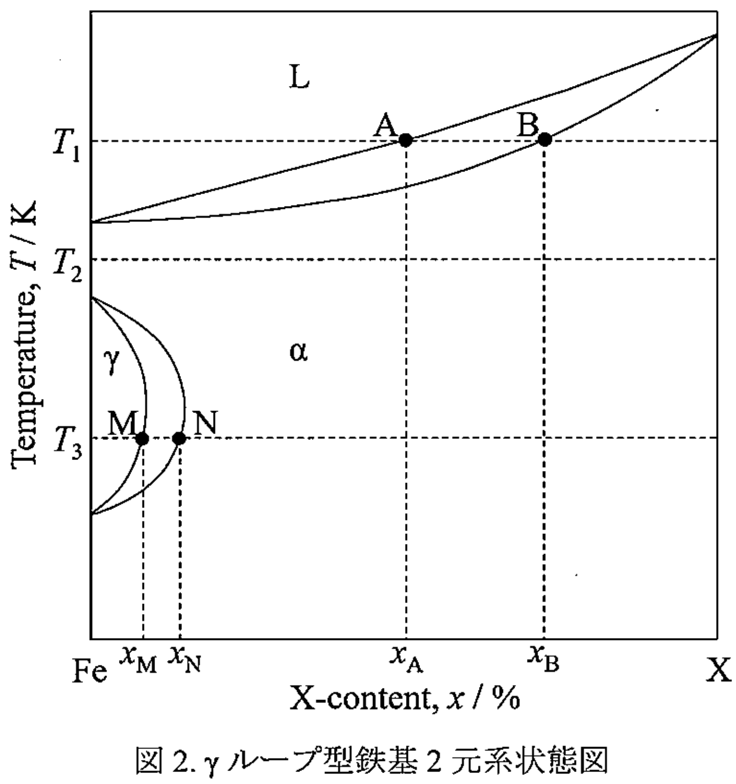

図 2. γ ループ型鉄基 2 元系状態図

※裏面も使用可

問３．以下の問に答えよ。

1) 単結晶金属のすべり面上の分解せん断応力 τ を，引張応力 σ，すべり面法線方向と引張応力方向とのなす角 θ，すべり方向と引張応力方向とのなす角 λ で表記し，図示せよ。
2) すべり面法線方向を[111]，引張応力方向を[001]とした場合，$\cos^2\theta = 1/3$ となることをベクトルの内積の公式を利用して証明せよ。
3) $\cos^2\theta = 1/3$ の条件下で，すべり面におけるすべり方向と最大傾斜方向とのなす角 η が 0 の場合（$\theta + \lambda = \pi/2$），分解せん断応力 τ は σ の半分以下になることを証明せよ。
4) 結晶粒が球形であると仮定し，単位体積の多結晶中（結晶粒径 r）の粒界（界面張力 γ）に蓄えられた過剰自由エネルギー ΔG_B を，r および γ で表記せよ。
5) 結晶粒成長速度 dr/dt が ΔG_B に比例すると仮定して微分方程式を記述し，これを解いて $r = Kt^n$（ただし，K は比例定数，$n = 1/2$）となることを証明せよ。また，実用材料では $n < 1/2$ となる理由を説明せよ。

解答欄

※裏面も使用可