

令和2年度第1次募集（令和元年10月入学含む）
新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程入学者選抜試験問題

一般入試

材料生産システム専攻
機能材料科学コース 開発系

B2

専門科目 [材料科学（開発系）]

注意事項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、表紙を含めて全部で5ページある。
- 3 専門科目の問題は、次のⅠ～Ⅳに示す4科目である。あらかじめ届け出た選択科目1科目を選択し、解答する問題番号を解答用紙の指定された箇所に記入すること。
 - Ⅰ 電気化学・物理化学
 - Ⅱ 高分子化学・高分子材料工学
 - Ⅲ 生物化学工学・生物材料工学
 - Ⅳ 材料評価学・機能材料力学／組織学
- 4 それぞれの選択科目は3問出題されている。全問解答せよ。
- 5 解答は、出題科目に対応する解答用紙に記入すること。解答スペースが足りない場合は、「(裏面に続く)」と明記した上で、その用紙の裏に続けて解答してよい。ただし、別の問題の解答用紙に記入した場合は無効となる。
- 6 受験番号は、各解答用紙の指定された箇所に必ず記入すること。
- 7 解答時間は、120分である。
- 8 下書きは、問題冊子の余白を使用すること。

専門科目（電気化学・物理化学）

I 次の I - (1) から I - (3) の設問に答えよ。

I - (1) 以下の問①～⑤に答えよ。ただし、必要であれば、気体定数 ($8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) およびファラデー定数 (96500 C mol^{-1}) を用い、 $\ln x = 2.30 \log x$ とせよ。

- ① 過酸化水素イオン (O_2^{2-}) の分子軌道のエネルギー準位と電子配置を示せ。
- ② 過酸化水素の O-O 結合距離は、酸素分子のそれと比べて長い、短い、か答えよ。また、その理由を説明せよ。
- ③ 標準状態において、過酸化水素は水の 2 電子酸化で生成する。右表の標準生成 Gibbs エネルギー (ΔG_f°) を用いて、水から過酸化水素への酸化電位を算出せよ。
- ④ 標準状態において、水から過酸化水素への酸化電位と pH の関係式を示せ。
- ⑤ pH = 7.0 における水から過酸化水素への酸化電位は、Ag/AgCl 電極および可逆水素電極 (RHE) に対して、それぞれ何 V か答えよ。ただし、Ag/AgCl 電極の電位は、0.199 V vs. 標準水素電極 (SHE) とする。

化学種	$\Delta G_f^\circ (\text{kJ mol}^{-1})$
$\text{H}_2\text{O} (\text{l})$	-237.13
$\text{H}_2\text{O}_2 (\text{l})$	-120.35

I - (2) 以下の問①～④に答えよ。

- ① 光吸収に伴い励起状態となった分子は、時間の経過とともに基底状態へと失活する。励起直後および時間 t における励起状態の濃度を、それぞれ $[A^*]_0$ および $[A^*]_t$ としたとき、 $[A^*]_t$ を時間の関数として記載せよ。このとき、失活速度定数 k または寿命 τ を用いた場合の関数をそれぞれ書け。
- ② 問①において、 $t = \tau$ および 3τ における、 $[A^*]_0$ に対して失活した分子の比率を有効数字 1 桁の百分率 (%) で記載せよ。なお、自然対数の底 $e = 3$ と近似する。
- ③ アセトンおよび 1-プロパノールの分子構造を記載せよ。 $^1\text{H NMR}$ を用いて両者を判別する方法またはスペクトルの相違を説明せよ。
- ④ ヘキサアンミンコバルト(III)塩化物の分子構造を記載せよ。この錯体を陽イオンが検出可能な質量分析計で質量を測定した場合、最大強度として観測される質量電荷比を整数質量として予測せよ。原子量は $\text{H} = 1.0$, $\text{N} = 14$, $\text{Co} = 59$ であり、原子量と原子質量単位 (amu) は相違ないとする。

I - (3) 白金を電極触媒とする水素・酸素燃料電池について、以下の問①～④に答えよ。

- ① 白金が属する周期表の族と周期をそれぞれ答えよ。また、基底状態の電子配置を例にならって答えよ (例: Li の場合, $[\text{He}]2s^1$)。
- ② カソードで起こる化学反応式を示せ。また、本電池のカソードは、正極もしくは負極のいずれかを答えよ。
- ③ 反応速度、平衡、および化学変化の観点から、触媒の定義を答えよ。
- ④ 白金系電極触媒の燃料電池では、用いる燃料の種類によっては触媒毒への対策を立てる必要がある。触媒毒とは何か答えよ。

専門科目（高分子化学・高分子材料工学）

II 次のII-（1）からII-（3）の設問に答えよ。

II-（1）以下の問①～③に答えよ。

- ① 連鎖重合と逐次重合について、それぞれの重合における反応時間と分子量との関連性を説明せよ。
- ② デンドリマーと呼ばれる高分子の特徴を説明せよ。
- ③ ポリ（*p*-フェニレンテレフタルアミド）の構造式を書き、その高分子の特徴を説明せよ。

II-（2）以下の問①～③に答えよ。

- ① 結晶性高分子の熱的特性について、以下の語句を用いて説明せよ。
非晶領域、ガラス転移点、融点
- ② ポリスチレンのアイソタクチック構造とシンジオタクチック構造を書き、その違いについて説明せよ。
- ③ スチレンを M_1 、酢酸ビニルを M_2 としたときのラジカル単独重合において、成長反応の速度定数は、それぞれ $k_{11} = 341 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ および $k_{22} = 3,700 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。また、 M_1 と M_2 でラジカル共重合をおこなうと、モノマー反応性比は、それぞれ $r_1 = 55$ および $r_2 = 0.010$ となった。このときの M_1 と M_2 の交互成長反応における速度定数 k_{12} および k_{21} を求めよ。

II-（3）以下の問①～③に答えよ。

- ① 高分子ゲルの架橋の様式について説明せよ。
- ② 生体高分子であるヘモグロビンについて、以下の語句を用いて説明せよ。
赤血球、ヘム、酸素
- ③ 酵素固定化方法のひとつであるイオン結合法について、長所と短所を説明せよ。

専門科目（生物化学工学・生物材料工学）

Ⅲ 次のⅢ－（1）からⅢ－（3）の設問に答えよ。

Ⅲ－（1）以下の問①と②に答えよ。

- ① a) 光と二酸化炭素を利用する能力と b) 酸素を利用する能力によって、それぞれ微生物を分類するとともに、各微生物の特徴について説明せよ。
- ② 酵素反応に関して、a) Lineweaver-Burk プロット、b) 拮抗阻害があるときの Dixon プロット、および c) Arrhenius プロットを、それぞれ図示するとともに、各プロットの特徴について説明せよ。

Ⅲ－（2）以下の問①～③に答えよ。

- ① セルロースとアミロースは、どちらもグルコースからなる多糖である。その構造上の違いを答えよ。また、グルコースは還元性を示すが、セルロースとアミロースは、ほとんど還元性を示さない。その理由を説明せよ。
- ② ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）において、DNA 断片が増幅されるメカニズムを説明せよ。また、PCR には一般的に好熱性細菌由来の酵素が用いられる。その理由を説明せよ。
- ③ mRNA に含まれる塩基の種類は4種類であり、タンパク質の成分であるアミノ酸の種類は20種類である。セントラルドグマの翻訳過程において、どのような方法で20種類のアミノ酸が指定されているかを説明せよ。

Ⅲ－（3）以下の問①と②に答えよ。

- ① ポリメチルメタクリレート（PMMA）の分子構造を記し、その性質と医用材料としての応用について説明せよ。
- ② 内径 10 mm 以上の人工血管について、主として用いられる合成高分子の名称と分子構造を答え、さらに構造上の特徴を説明せよ。

専門科目（材料評価学・機能材料力学／組織学）

IV 次のIV-（1）からIV-（3）の設問に答えよ。

IV-（1）長さ $l=500.0$ mm，幅 $b=15.0$ mm，高さ $h=20.0$ mm の片持ちはり全体にわたって，垂直方向等分布荷重 $w=2.00$ N/mm が作用する場合について，以下の問①～③に答えよ。ただし，自由端からの距離を x とする。

- ① せん断力 F の分布式を導出し，せん断力線図を作成せよ。
- ② 曲げモーメント M の分布式を導出し，曲げモーメント線図を作成せよ。
- ③ 発生する最大曲げ応力 σ_{\max} [MPa] を算出せよ。

IV-（2）以下の問①～③に答えよ。

- ① 材料強度の一つの指標である「耐力」について，応力-ひずみ線図の模式図を用いて，その意味と決定法を説明せよ。
- ② 引張負荷を受ける試験片の塑性変形領域における真応力 σ_t は，試験片にくびれが生じない限り，公称応力 σ_n および公称ひずみ ϵ_n を用いて表すことができる。その関係式を，体積不変の法則に基づき導出せよ。
- ③ 以下の文章は，引張負荷を受ける材料が塑性変形領域において示す挙動について述べている。空欄 (a) ～ (d) に当てはまる語句または式を答えよ。

一般的な多結晶延性金属において，塑性変形開始以降の変形応力は上昇を続け，材料が示す最大の応力である (a) に至る。この現象を (b) と呼ぶ。(b) を生じる塑性変形開始～(a) までの範囲における真応力 σ_t と真ひずみ ϵ_t の関係は，塑性係数 K および (b) 指数 n を含む (c) という関係式で表される。(a) 以降は，くびれ発生 (= (d) の局部的減少) による荷重負担能力の急減が生じ，最終的に破断に至る。

IV-（3）以下の問①～③に答えよ。

- ① ビッカース硬さ試験の利点と欠点を説明せよ。
- ② ビッカース圧子の幾何学形状（対面角 $\theta=136^\circ$ の正四角錐），圧痕の対角線長さの平均 d ，および試験荷重 W から，ビッカース硬さ HV の定義式を導出せよ。ただし， $\sin(136^\circ/2)=0.927$ とする。
- ③ ある炭素鋼試験片に対して，試験荷重 $W=3.00$ kgf でビッカース硬さ試験を行ったところ，圧痕の対角線長さ $d_1=198$ μm ， $d_2=202$ μm という測定結果が得られた。これらの結果から，まずビッカース硬さ HV を算出した上で，引張強さ σ_B [MPa] に換算せよ。