

九州大学大学院生物資源環境科学府
環境農学専攻
修士課程
令和7（2025）年度
【一般入試】入学試験問題

専門科目

サステイナブル資源科学教育コース
高分子材料学

注意事項)

問題用紙は表紙（本紙）を含め3枚あります。問題用紙には解答を
記入しないこと。

問1【専門基礎】(25点) 熱力学に関連する以下の問(1)～(3)に答えなさい。

(1) 熱力学第一法則および第二法則を含む次式(1)

$$dU = TdS - pdV \quad \dots(1)$$

の左辺に化学反応による仕事 dw_c を加えることで、この仕事は等温定圧条件ではギブズ自由エネルギー dG の符号を変えたものに等しいことを示しなさい。ただし、式(1)は微量で成立するために微分形式(各熱力学的パラメータに微分演算子 d を付す。 d を含まないパラメータ T および p は一定であることを示す)で表記している。なお、 U は内部エネルギー、 T は絶対温度、 S はエントロピー、 p は圧力、 V は体積である。

- (2) (1) で導出した式を用いて、ギブズ自由エネルギーの特徴について説明しなさい。なお、「自発的」という言葉を必ず用いること。
- (3) ギブズ自由エネルギーを用いて、化学ポテンシャルについて説明しなさい。

問2【専門基礎】(25点) 高分子科学に関連する以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 結晶性高分子の構造的特徴について、具体的な高分子物質をひとつ例に挙げて説明しなさい。
- (2) 高分子の結晶構造を測定する手法をひとつ挙げ、それについて説明しなさい。
- (3) 結晶性高分子を材料として用いる場合の、メリットおよびデメリットをそれぞれ述べなさい。

問3【専門】(25点) 生物材料に関する以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 生物材料の構造的特徴を、具体例をひとつ挙げて説明しなさい。
- (2) 生物材料の機能的特徴を、上記(1)で挙げた例を踏まえて説明しなさい。
- (3) 生物材料についての研究を推進するうえで、高分子科学という学問分野が担うべき役割について、あなたの考えを論じなさい。なお、論点の中に天然高分子と合成高分子の比較を必ず含めること。

問4【専門】(25点) 物質の変形と流動に関する以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) グラフの縦軸に応力、横軸にひずみ速度をとり、ニュートン流動、準粘性流動、ダイラタント流動、ビンガム流動、擬塑性流動の流動曲線の概略をそれぞれ記入しなさい。また、それぞれの流動の特徴を述べなさい。なお、グラフはフリーハンドでかまわない。
- (2) セルロースナノファイバー／水 分散液を、上記(1)と同様に流動曲線を描いた場合、どのようなグラフが得られると考えられるか。想定されるグラフを図示するとともに、そのようなグラフが得られる理由を述べなさい。ただし、セルロースナノファイバーの調製法および分散液の濃度については解答者が自由に設定してよい。
- (3) 上記(2)で答えたセルロースナノファイバーに化学修飾を施した場合、(2)のグラフはどのように変化すると考えられるか。想定されるグラフを図示するとともに、そのようなグラフが得られる理由を述べなさい。なお、化学修飾(例えば、アセチル化など)については、解答者が自由に設定してよいが、どのような化学修飾を想定したかを明記すること。

九州大学大学院生物資源環境科学府
環境農学専攻
修士課程
令和7（2025）年度
【一般入試】入学試験問題

専門科目
サスティナブル資源科学教育コース
高分子材料学
解答用紙

注意事項)

1. 解答用紙は表紙（本紙）を含め5枚あります。全ての解答用紙に受験番号を記入すること。
2. 本表紙（裏面も含む）には解答を記述しないこと。
3. 解答用紙が不足する場合は、解答用紙の裏面を用いても良い。

受験番号 _____

問 1

(裏面に記入してもよい)

受験番号

問 2

(裏面に記入してもよい)

受験番号 _____

問 3

(裏面に記入してもよい)

受験番号

問 4

九州大学大学院生物資源環境科学府
環境農学専攻
修士課程
令和7（2025）年度
【一般入試】入学試験問題

専門科目

サステイナブル資源科学教育コース

高分子材料学

解答例

注意事項)

1. 解答用紙は表紙（本紙）を含め5枚あります。全ての解答用紙に受験番号を記入すること。
2. 本表紙（裏面も含む）には解答を記述しないこと。
3. 解答用紙が不足する場合は、解答用紙の裏面を用いても良い。

問 1

(1) 題意および式(1)より、

$$\begin{aligned} dU + dw_c &= TdS - pdV \\ dw_c &= -dU + TdS - pdV \\ &= -d(U + pV - TS) \\ &= -d(H - TS) \\ &= -dG \end{aligned}$$

(2)

(1) より、ギブズ自由エネルギーは等温定圧過程において系が外界に対して成し得る最大の化学的仕事である。この値が負であるということは、

$$dH - TdS < 0$$

両辺を $-T$ で割ると、

$$-dH/T + dS > 0$$

得られた不等式の左辺第 1 項は、外界のエントロピー増加を表し、また第 2 項は系のエントロピー増加を表す。すなわち、 $-dG$ はエントロピー増大を意味し (熱力学第二法則)、したがってこの過程は自発的に進行する。

(3)

化学ポテンシャルは、注目する系におけるギブズ自由エネルギーの部分モル量のことである。すなわち、化学ポテンシャルを μ_i とすると、これはギブズ自由エネルギー G および成分 i の物質量 n_i を用いて

$$\mu_i = \frac{\partial G}{\partial n_i}$$

と表現できる。

(裏面に記入してもよい)

問 2

(1)

ポリエチレン：分子鎖が折り畳まれたラメラ状の結晶を形成し、ラメラが放射状に集合することで球晶を形成する、など。
他に、ポリプロピレン、セルロースなど。

(2)

X線回折の原理などが書かれていれば OK。

(3)

結晶であることは強度の面でメリットがあるが、また脆性破壊を起こしやすいなどのデメリットもある。

(裏面に記入してもよい)

問3

(1)

木材や骨材などを例に挙げ、階層構造について述べていればOK。

(2)

構造的不均一性・異方性などに由来する機能創発について述べていればOK。

(3)

合成高分子：原料にも成形加工にも化石資源を用いる。均一で大量生産可能だが、成形加工時には高分子の融点以上の熱エネルギーが必要。

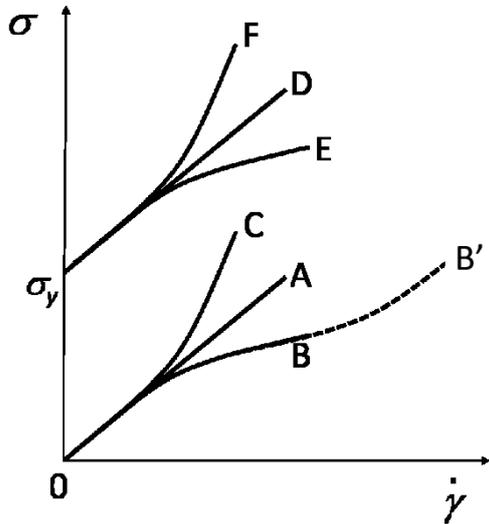
天然高分子：光合成産物をオリジンとする。生物による合成なので、基本的には室温～体温の範囲で合成が行われる。生成には時間がかかる。異方性・階層構造を有する。

以上のような観点を踏まえ、環境問題なども引用したうえで、高分子科学が担うべき役割について論じられていればOK。

(裏面に記入してもよい)

問 4

(1)



応力を σ 、ひずみ速度を $\dot{\gamma}$ とし、上記のようなグラフが描けていれば OK。なお、A: ニュートン流動、B: 準粘性流動、C: ダイラタント流動、D: ビンガム流動、E: 擬塑性流動

(2)

上図の B' で示されるような曲線が一例。 σ に平坦部を示した後、高 $\dot{\gamma}$ 領域においては再び σ が $\dot{\gamma}$ に伴って増加する、など。

(3)

化学修飾によって、CNF と水あるいは CNF 同士の相互作用が変化する。導入された官能基の性質に依存して上述の相互作用が変化することが予想される。たとえば、CNF の凝集により流動曲線にピークを生じるとか、ネットワーク強度の向上により平坦部の応力値が上昇するなど、官能基の性質に対して理にかなった説明がなされていれば OK。

九州大学大学院生物資源環境科学府
環境農学専攻
修士課程
令和7（2025）年度
【一般入試】入学試験問題

専門科目

サステイナブル資源科学教育コース

高分子材料学

出題意図

注意事項)

問題用紙は表紙（本紙）を含め3枚あります。問題用紙には解答を記入しないこと。

- 問 1 高分子材料学分野で研究するために必要な、基礎的な熱力学に関する知識を問う。
- 問 2 高分子材料学分野で研究するために必要な、基礎的な高分子科学に関する知識を問う。
- 問 3 高分子材料学分野で研究するために必要な、専門的な生物材料に関する知識を問い、この分野の将来展望について自分の考えをまとめる力を問う。
- 問 4 高分子材料学分野で研究するために必要な、専門的な高分子材料および天然高分子物性に関する知識を包括的に問い、問題設定能力とそれを解くための力を問う。