

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8（2026）年度  
【一般入試第2次】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

$$dU = TdS - pdV$$

を導出しなさい。ただし、 $U$ 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) 上記(1)で導出した式を用いて、熱力学的な断熱過程について説明しなさい。
- (3) 上記(2)で説明した過程について実際の現象の例を挙げ、それについて説明しなさい。

問2【専門基礎】(25点) 高分子の粘弾性に関連する以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 高分子溶液の粘弾性特性について、ゴム状平坦部の弾性率は濃度とどのような関係にあるか。架橋点間分子量にも言及しながら説明しなさい。
- (2) 上記(1)は、ゴム弾性理論に基づいている。ゴム弾性について説明しなさい。
- (3) 弾性には上記(2)のゴム弾性のほか、金属などが示す弾性もある。これについてゴム弾性と対比させて説明しなさい。

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) 生物材料の特徴を、生成過程の観点から述べなさい。
- (2) 生物材料の特徴を、構造的観点から述べなさい。
- (3) 生物材料の特徴を、物性の観点から述べなさい。

問4【専門】(25点) 合成高分子あるいは天然高分子からなる材料について以下の問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 合成高分子および天然高分子についてそれぞれ具体的な高分子物質を一つずつ例に挙げ、それらの一次構造の特徴について説明しなさい。
- (2) 上記(1)で挙げた高分子から材料を成形することにする。それぞれの材料の成形プロセスについて説明しなさい。
- (3) 上記(2)で説明したプロセスをエネルギー的観点から考察し、それぞれの特徴について述べなさい。

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8（2026）年度  
【一般入試第2次】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

(裏面に記入してもよい)

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8（2026）年度  
【一般入試第2次】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) 熱力学第一法則 (微分形)

$$dU = dq + dw$$

ここで、エントロピーの定義より

$$dq = TdS$$

膨張仕事においては、

$$dw = -pdV$$

よって、

$$dU = TdS - pdV$$

- (2) 断熱過程では  $dq = 0$ 、つまり  $dS = 0$  より  $pdV = -dU$ 。すなわち、断熱過程での仕事は内部エネルギーが減少した分のエネルギーに相当する。したがって、これにより断熱膨張の際は系の温度が下がる。逆に、断熱圧縮の場合は系の温度が上がる。
- (3) ドライアイスは、圧縮した二酸化炭素を大気開放することによって調製される。すなわち、二酸化炭素の断熱膨張を利用した温度低下により二酸化炭素が凝華する。

(裏面に記入してもよい)

問 2

- (1) ゴム状平坦部弾性率  $G_N$  は架橋点密度  $\nu$  および絶対温度  $T$  に比例し、

$$G_N = \nu kT$$

と書ける。 $k$  はボルツマン定数である。ここで、アボガドロ定数を  $N_A$ 、高分子の濃度を  $c$ 、架橋点間分子量を  $M_e$  とすると、

$$\nu = N_A c / M_e$$

であることから、

$$G_N = cRT/M_e$$

と書ける。つまり、 $G_N$  は  $c$  および  $T$  に比例する。

- (2) ゴム弾性は、高分子鎖のエントロピー変化に基づく。すなわち、高分子鎖はランダムコイル状に存在し、外力を加えると鎖の配向が変化してエントロピーが減少する。すると、系はエントロピーを最大化しようとするため、元のランダム状態に戻ろうとする「復元力」が働く。この復元力が「ゴム弾性」と呼ばれる。
- (3) 金属が示す弾性の起源は、原子間の結合距離の微小変化（ポテンシャルエネルギーの変化）であり、エネルギー弾性と呼ばれる。

(裏面に記入してもよい)

問3

- (1) 生物材料は、人工の材料ほどには生成にエネルギーをかけることができない。なぜなら、高分子が溶融するような高温では生物体自身が生きられないからである。
  
- (2) 上記(1)のため、生物材料は多段階で生成される結果、生成プロセスにおいて自己組織化あるいは凝集などを生じ、階層的な構造を自発的に生成することが多い。
  
- (3) 上記(2)の階層構造が、生物材料の物性に大きく影響を与える。たとえば、木材を例にとると、セルロース分子は自己組織化して結晶(ミクロフィブリルと呼ばれる)を形成し、これが束(バンドル)になることで細胞壁を構成している。一方、ミクロフィブリルを人工的に取り出したものをセルロースナノファイバーと呼んでいるが、これは懸濁液中で凝集を生じやすい。成分や密度の相違もあり一概に比較はできないが、前者は精緻なバンドルを形成して細胞壁の強度を担っている一方、後者はランダムな凝集体であり、強度的にはもろくくずれやすい。

(裏面に記入してもよい)

## 問4

- (1) 合成高分子：低密度ポリエチレン、天然高分子：セルロース  
低密度ポリエチレンは、炭素および水素のみから成る。一方、セルロースは、多数のOH基を持つ、など。
- (2) 低密度ポリエチレンは、材料形成の際に原料を溶融して成形するプロセス（成形加工）を伴う。一方、セルロースは生物においてセルロース合成酵素から紡ぎだされ、基本的に繊維形態で得られる、など。
- (3) 低密度ポリエチレンの成形加工の場合は、ポリエチレンの溶融温度以上に系を加熱し、成形後に冷却するプロセスを経る。熱力学的にみれば、エネルギー（溶融エンタルピー）ギャップが大きい。一方、セルロースは大気圧、常温下において繊維形成される。すなわち、エネルギー授受の際のひとつのギャップは合成高分子の溶融に比べると大きくはなり得ない。そこで、エネルギーの観点からすると、未来の材料は天然高分子をより積極的に利用することが求められる、など。

※問3と似た内容も含まれるが、それぞれの観点で書かれていれば一部重複した解答があっても問題はないものとする。

（裏面に記入してもよい）

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8（2026）年度  
【一般入試第2次】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)

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 高分子材料学分野で研究するために必要な、基礎的な物理化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に関する知識を包括的に問い、成形加工についての理解力を問う。