

## 演習問題 1

内容を振り返るために、以下に示した文章例の中から適切な記述のものを複数選んでください。

(1) 「固体と液体の応答」についての、正しい言葉はどれでしょうか？

- (a) 固体のモデルでは応力は加えたひずみに反比例します。
- (b) 液体のモデルでは応力はひずみ速度に比例します。
- (c) 固体でも液体でも、力の釣り合いを考えれば十分です。
- (d) 液体では時間の因子が重要になります。
- (e) 実際の物質では、粘性と弾性を併せ持ったものが多く存在します。

解答

(正しい選択肢)

(b), (d), (e)

(解説)

固体のモデルでは応力は加えた「ひずみ」に比例し、液体は「ひずみ速度」に比例することに注意してください。

液体では、力の釣り合いだけでなく時間の因子が重要になります。

実際の物質は、両方の性質を兼ね備えた粘弾性体として振る舞うことが多く見られます。

(2) マックスウェルモデルについての、正しい言葉はどれでしょうか？

- (a) 粘弾性体の力学的な応答は、マックスウェルモデルで表すことができます。
- (b) マックスウェルモデルは、バネとダッシュポットが並列に横に並んだモデルです。
- (c) マックスウェルモデルでは、応力はバネとダッシュポットで異なる値となります。
- (d) マックスウェルモデルでは、ひずみがバネとダッシュポットに分割されます。
- (e) バネが応力の弾性的挙動を、ダッシュポットが流動の粘性的挙動を表します。

解答

(正しい選択肢)

(a), (d), (e)

(解説)

マックスウェルモデルは、バネとダッシュポットが直列に連結したモデルです。

このモデルでは、応力がバネとダッシュポットに共通になり、ひずみがそれぞれに分割されます。

(3) 応力緩和についての、正しい言葉はどれでしょうか？

- (a) 応力緩和とは、物質に力を加えて保持し、変形ひずみが減少する過程を測定します。
- (b) マックスウェルモデルは、応力緩和を記述できます。
- (c) 応力緩和とは、粒子が居心地を改善していく過程と考えることができます。
- (d) 粒子が居心地を改善する過程が、バネの弾性的な応答に対応します。
- (e) 粒子が居心地を改善する過程に伴い、局所的な応力が消失します。

解答

(正しい選択肢)

(b), (c), (e)

(解説)

応力緩和とは、物質にひずみを加えて「保持」することで応力が減少する過程を測定するものであり、マックスウェルモデルで記述されます。

粒子が居心地を改善する過程が粘性ベースの流動であり、これは局所的な応力が消失することに対応します。

(4) 緩和時間についての、正しい言葉はどれでしょうか？

- (a) マックスウェルの方程式は、応力緩和を記述できる微分方程式です。
- (b) 応力緩和現象では、時間が経過すると応力が指数関数的に増加します。
- (c) 緩和時間とは、応力が初期値の半分になる時間です。
- (d) 緩和時間とは粘度と弾性率の比であり、どちらが支配的であるかを表します。
- (e) 緩和時間は弾性率に反比例するので、弾性的であれば短くなります。

解答

(正しい選択肢)

(a), (d), (e)

(解説)

応力緩和は、マックスウェルモデルから導出されるマックスウェルの方程式で記述されます。

応力緩和現象では、時間が経過すると応力が指数関数的に減少します。その時、緩和時間だけ経過すると応力は  $\frac{1}{e}$  になります。

緩和時間とは、固体的な振る舞いを表す弾性率と流動に関わる粘度との比であり、どちらが支配的であるかを表します。固体的な性質が強い物質の緩和時間は短くなります。

(5) 一般化マックスウェルモデルについての、正しい言葉はどれでしょうか？

- (a) 実際の物質は、複雑な緩和挙動を示します。
- (b) それぞれの緩和時間ごとに、一つ以上のマックスウェルモデルを対応させることができます。
- (c) 一般化マックスウェルモデルとは、複数のマックスウェルモデルを縦に直列に連結したものです。
- (d) 一般化マックスウェルモデルを用いても単純な緩和挙動しか記述できません。
- (e) 粘弾性的に見た固体とは、長時間放置しても緩和しない応力成分が残存するものと考えられます。

解答

(正しい選択肢)

(a), (b), (e)

(解説)

実際の物質は、複雑な緩和挙動を示しますから、それを記述するためには複数のマックスウェルモデルが必要です。

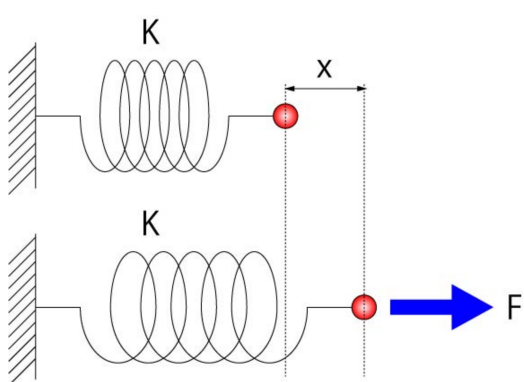
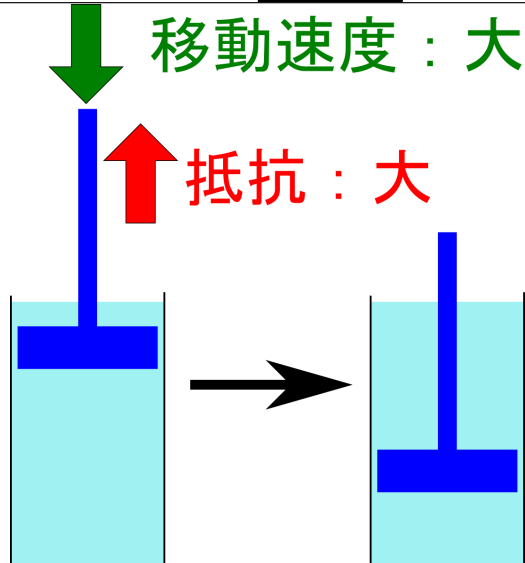
一般化マックスウェルモデルとは、複数のマックスウェルモデルを並列に連結したものであり、複雑な緩和現象もモデル化できます。

## 演習問題 2

内容を振り返るために、テキストで用いた言葉を使って簡単な穴埋めを行ってください。

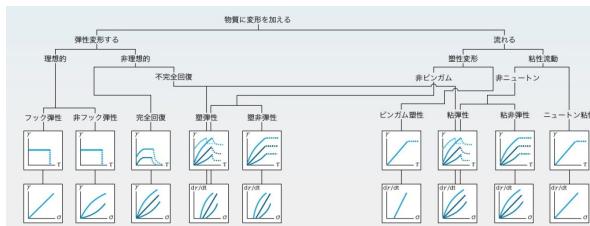
- (1) 「粘性と弾性についての再確認」について、 から  までのカッコを埋めてください。

(a) 「固体と液体の応答」について

固体のモデル	液体のモデル
応力は <input type="text" value="(a)"/> に比例	応力は <input type="text" value="(b)"/> に比例
比例定数が <input type="text" value="(c)"/>	比例定数が <input type="text" value="(d)"/>
	
力の <input type="text" value="(e)"/>	<input type="text" value="(f)"/> の因子が重要

(b) 複雑な実事象について

- ビンガム氏の分類によれば、弾性変形という (g) な応答を示すグループと、流れるという (h) な応答を示すグループに分けられています。
- 結局、我々の身の回りにある物質の力学的な応答は、固体と液体と言うように単純に二分されるわけでもなく、(i) と (j) を併せ持ったものが多く存在することがわかります。



#### 選択肢

- 粘性
- 粘度
- ひずみ
- 固体的
- 弾性率
- 弾性
- ひずみ速度
- 釣り合い
- 液体的
- 時間

#### 解答

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)
3	7	5	2	8	10	4	9	6	1

(2) 「粘弾性のモデル化」について、(k) から (s) までのカッコを埋めてください。

(a) マックスウェルモデルとは

マックスウェルモデルの数式

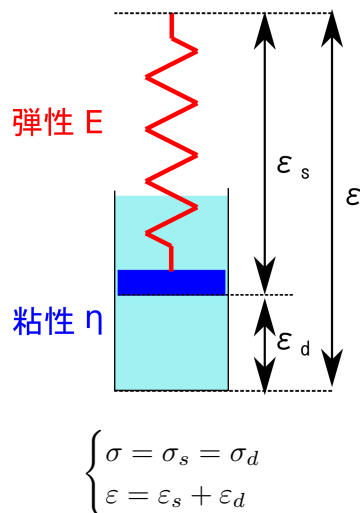
- (k) モデル

$$\sigma_s(t) = E \varepsilon_s(t)$$

- (l) モデル

$$\sigma_d(t) = \eta \frac{d}{dt} \varepsilon_d(t)$$

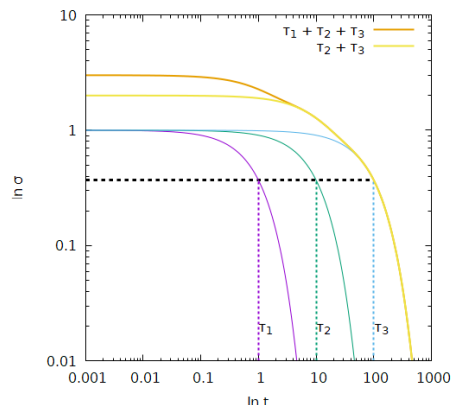
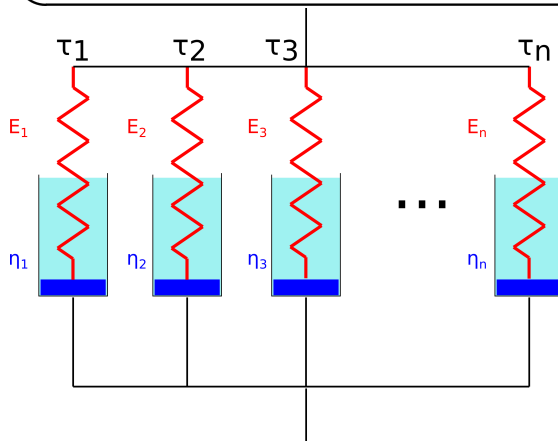
- (m) に連結だから、
  - － 応力は (n)
  - － ひずみは (o)



(b) 一般化マックスウェルモデルでの緩和

### 一般化マックスウェルモデルの緩和挙動

- 個々のマックスウェルモデルの (p) の (q) の形で記述され、
- 仮に緩和強度が同一とすると、右図のように単純な和となり、
- (r) に従って、緩和時間の (s) ものから順次緩和していく。



### 選択肢

- 緩和挙動
- 弾性
- 時間
- 短い
- 共通
- それぞれの和
- 粘性
- 和
- 直列

### 解答

(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	(p)	(q)	(r)	(s)
2	7	9	5	6	1	8	3	4

## 演習問題 3

説明文中の言葉を使って数行程度の簡単な記述で構いませんので、以下の自由記述問題を考えてみてください。

- (1) この章では、レオロジーの主たる対象である粘性と弾性を併せ持った粘弾性性質について、マックスウェルモデルという弾性を表すバネと粘性を表すダッシュポットを直列に連結したモデルを用いて、変形時に物質中で生じた応力が緩和するというイメージの説明を行いました。

文中の言葉をそのまま使って結構ですから、ご自分なりの「粘弾性体が緩和するとはどういう現象なのか」ということを書いてみてください。

### 解答例

一般に、我々の身の回りの材料の多くは、粘性と弾性を併せ持った粘弾性という性質を有している。このような物質に、マクロなひずみという刺激を与えた場合、粘性的な挙動として時間経過に伴い不可逆な変形が生じ、初期に生じていた応力が減少することが知られている。

このように、初期に与えた状態が次第に失われていく挙動を、緩和現象と呼ぶことができる。