

材料科学B

力学的性質・熱的性質

鞠谷雄士

有機・高分子物質専攻

有機材料工学科

材料科学B

講義概要

I 材料科学Aに引き続き、材料の基本的性質を理解するのに必要な構造・状態と物質の諸性質との関連について述べる。

II 1. 力学的性質 2. 熱的性質

講義の目的

材料科学は、材料に現れる巨視的性質を内部構造などの微視的な視点を通じて解析し、その知識に基づいて新たな材料の開発や材料の最適な選択法を究明しようとする学問体系であり、材料を原子・分子のレベルから最終製品としての応用のレベルまで、幅広くかつ連続的な視点で捉えることを基本としている。

本講義では材料科学的な考え方の基礎を培うことを目的として、金属・有機・無機材料の力学的性質・熱的性質を微視的及び巨視的な視点から概説する。

講義計画

1.材料科学とは

2.材料の弾性の微視的取扱い—エネルギー弾性、エントロピー弾性、弾性率の異方性

3.材料の弾性の巨視的取扱い—引張弾性率、剪断弾性率、体積弾性率

4.材料の粘性の微視的取扱い—気体、液体の粘性

5.材料の粘性の巨視的取扱い—粘性流動

6.材料の粘弾性の微視的取扱い—擬弾性、熱弾性効果

7.材料の粘弾性の巨視的取扱い—マックスウェル模型、フォークト模型

8.材料の熱的性質—概論、比熱、熱膨張、熱伝導、潜熱と顕熱

9.さまざまな物質の熱的性質

10.熱伝導方程式

11.熱伝達、輻射

12.物質の熱的性質の利用

材料科学B(力学的性質・熱的性質)

材料科学(Materials Science)とは?
材料(Materials) = 何かの役に立つ
物質(Substance, Matter)

工学 材料を使って製品を作る.

製品: 特別・固有の性質を持つ, 安価に加工が可能(多くの場合)

材料の選択: 材料の限界性能に関する知識が必要

材料の加工: 内部構造の変化(原子, 分子, 結晶, 相, 微細構造, 組織)

加工 = 内部構造変化により性質を変化させる

ミクロな視点とマクロな視点(微視的, 巨視的)

本講義のテーマ:

材料の力学的性質 (弾性, 粘性, 粘弾性)

材料の熱的性質(比熱、熱膨張、熱伝導、熱伝達、輻射)について,
微視的視点, 巨視的視点で考える

高分子材料の特徴

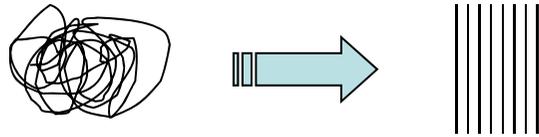
成形加工



高次構造



製品特性



高次構造の精密制御

同じ材料を用いても高次構造により性質が著しく変化する

Dyneema



強度 3 GPa

弾性率 100 GPa

ポリエチレン $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$



スーパーのふくろ

強度 0.2 GPa

弾性率 2 GPa



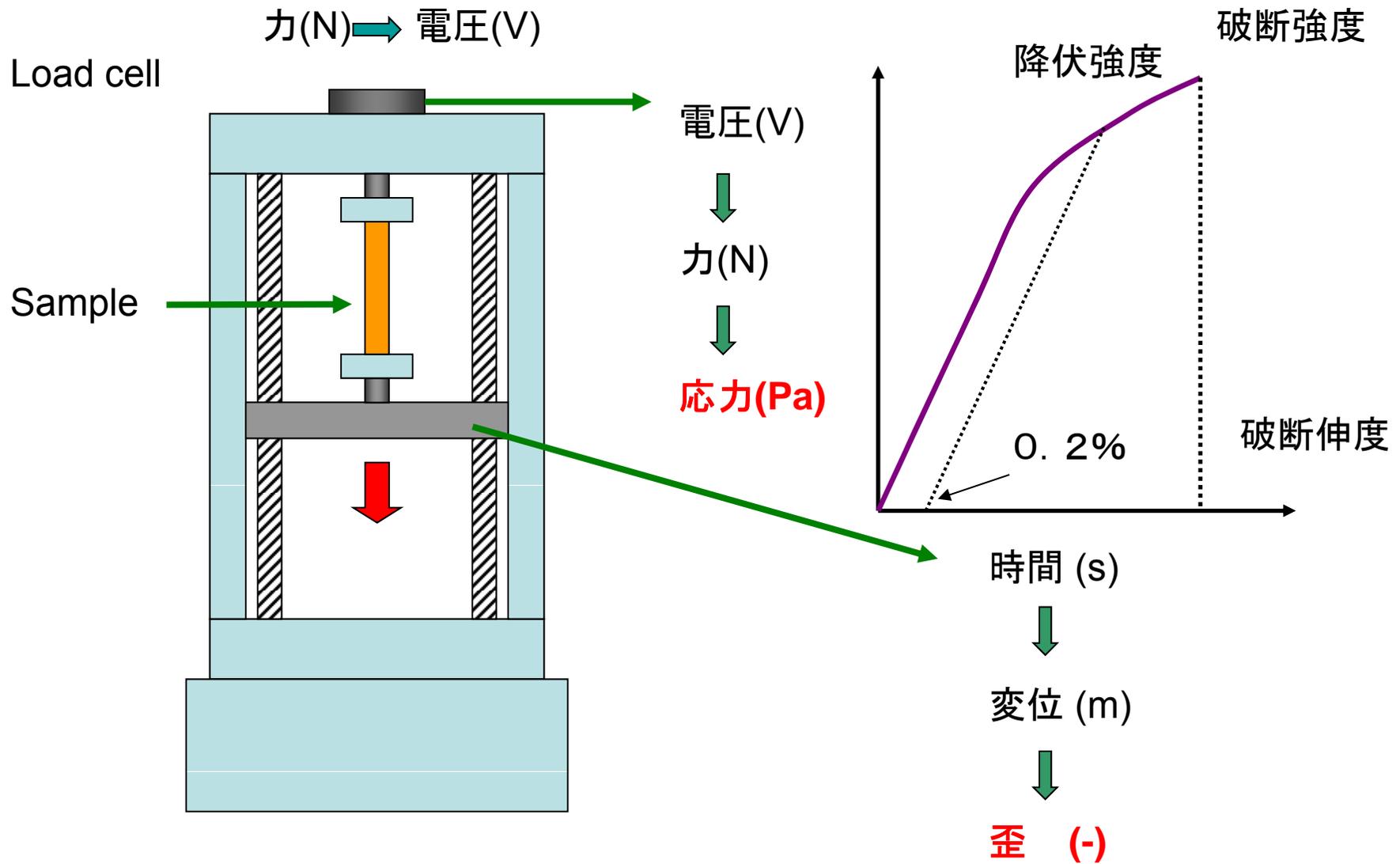
ごみふくろ

力学的性質

力学的性質に関する用語

用語	英語	定義	単位
応力	Stress	力／面積	Pa
ひずみ	Strain		無次元
弾性率	Elastic modulus	応力／歪	Pa
強度	Strength	破断応力	Pa
降伏強度	Yield strength	降伏応力	Pa
引張強度	Tensile strength	破断応力	Pa
延性	Ductility		
脆性	Brittleness		
伸度	Elongation	破断ひずみ	
硬度	Hardness		
靱性	Toughness	破壊エネルギー	N・m
粘度	Viscosity	応力／歪速度	Pa・s
緩和時間	Relaxation time	時間	s

引張試験



引張試験（見掛けの値と真の値）

- 引張変形に伴い、試料の長さ、断面積が変化

破断時の力を初期断面積で割る
見掛けの破断強度

(Nominal strength, Apparent strength, Engineering strength)

破断時の力を破断時の断面積で割る
真の破断強度 (True strength)

破断時の変位を初期長さで割る
見掛けの破断ひずみ

(Nominal strain, Apparent strain)

破断までの時々刻々のひずみを積分する
真の破断ひずみ (True strain)

単純そうに見える引張試験も、実は単純ではない・・・

真の値と見掛けの値

具体的には

- 真の破断強度(体積一定を仮定すると)

$$\sigma_{tr} = \sigma \frac{A_0}{A_f} = \sigma \frac{L_f}{L_0}$$

- 真の破断ひずみ

$$\varepsilon_{tr} = \int_{L_0}^{L_f} \frac{dL}{L} = \ln \frac{L_f}{L_0}$$

破断強度	
見掛けの値	σ
真の値	σ_{tr}
断面積	A
長さ	L
ひずみ	ε
添字 初期値	0
破断時の値	f

一般的に

みかけの破断強度 < 真の破断強度

みかけの破断伸度 > 真の破断伸度

- 硬度, 固さ (Hardness)
耐押し込み塑性変形性
The resistance of material to plastic indentation
- 靱性 (Toughness)
破壊に要するエネルギー
The energy required for fracture
[応力×ひずみ (単位 J/m³)