

無機セラミックスとの複合による 生分解性高分子の機能化

上智大学 工学部 物質生命理工学科
教授 竹岡 裕子

2022年9月13日

背景

持続可能な社会に向けて、生分解性高分子は土壤中や生体内で分解する、環境負荷が小さい高分子として注目されている。

生分解性高分子：

生体内または環境下で自ら分解していく高分子

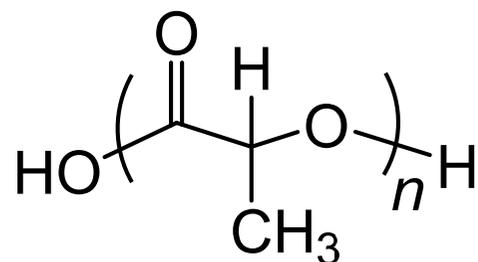
生体吸収性高分子・環境分解性高分子

生分解性高分子  分解 $\begin{matrix} \text{水} \\ + \\ \text{二酸化炭素} \end{matrix}$

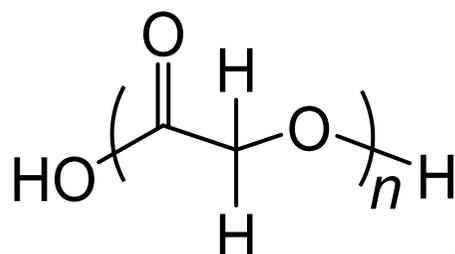


背景

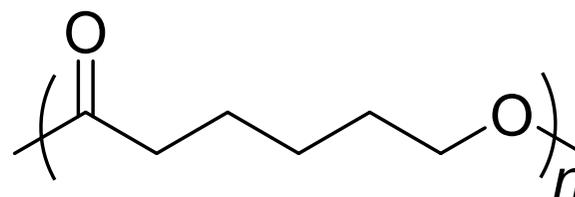
生分解性高分子として、ポリ(L-乳酸)、ポリグリコール酸、ポリカプロラクトン、これらの共重合体がよく用いられる。



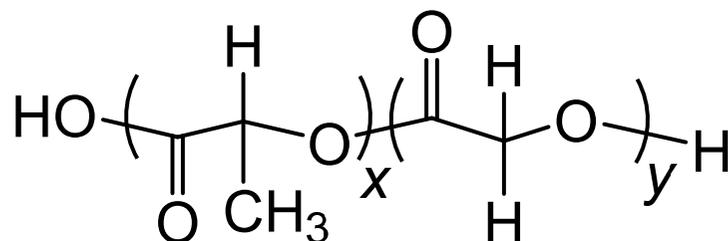
ポリ乳酸
PLLA



ポリグリコール酸
PGA



ポリカプロラクトン
PCL

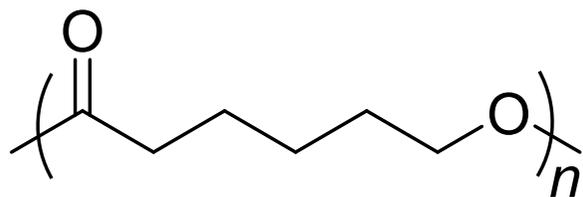


ポリ乳酸グリコール酸
共重合体 PLGA

生分解性高分子の問題点

生分解性高分子の例が少なく、多様性に乏しい。
現状のプラスチックにかなう特性を有した材料を得ることは容易ではない。

例) ポリカプロラクトン
PCL



海洋分解性高分子

融点 約60°C

粘性を活かした応用

生分解性高分子の問題点

生分解性高分子の機能化の手法としては下記のようなものが挙げられる。

例) 共重合化

(生分解性高分子同士の間重合、
ビニル系高分子の間重合)

特異な結合の導入

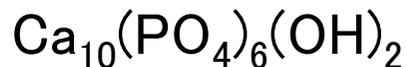
本研究では無機物との複合化を検討。

先行研究

多孔性バイオセラミックス中への生分解性高分子の導入により、硬骨への応用が可能な強度を有する複合材料が得られる。

バイオセラミックス

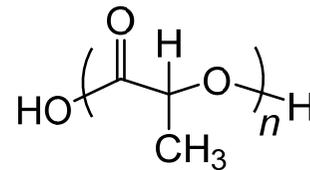
水酸アパタイト (HAp)



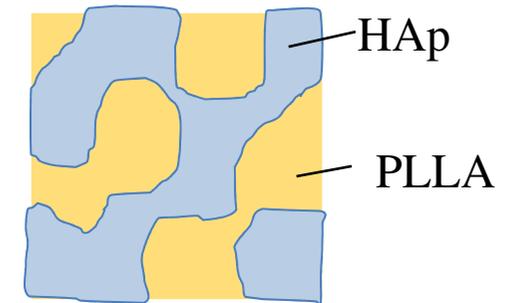
- 生体適合性
- 骨伝導性
- × 脆い

生分解性高分子

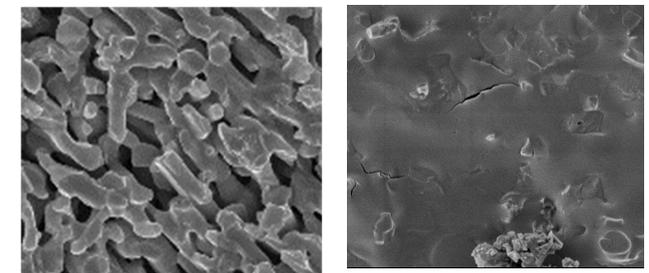
ポリ(L-乳酸) (PLLA)



- 生分解性
- 生体適合性



PLLA/HAp 複合体

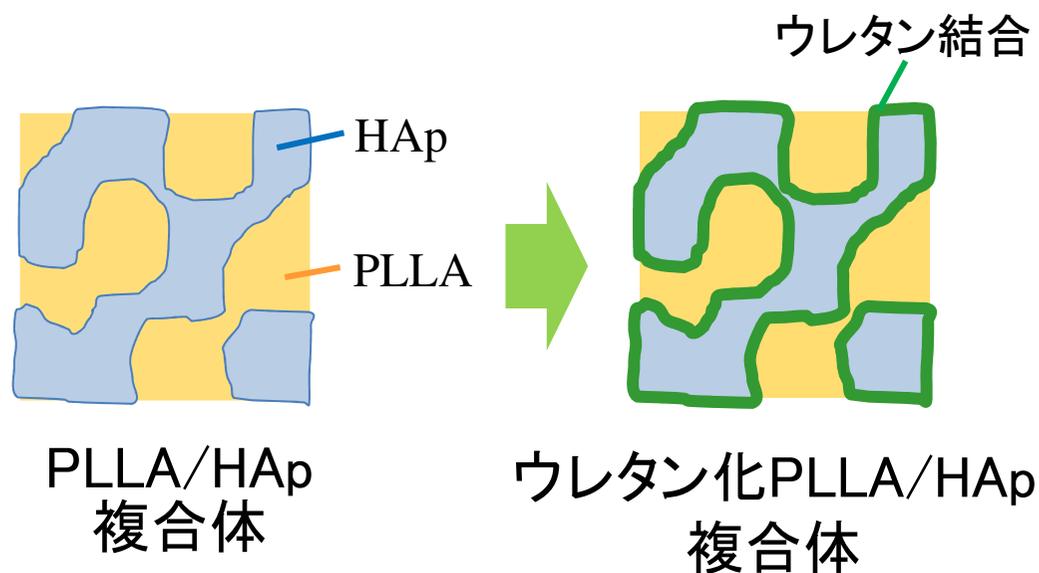


人工骨材料

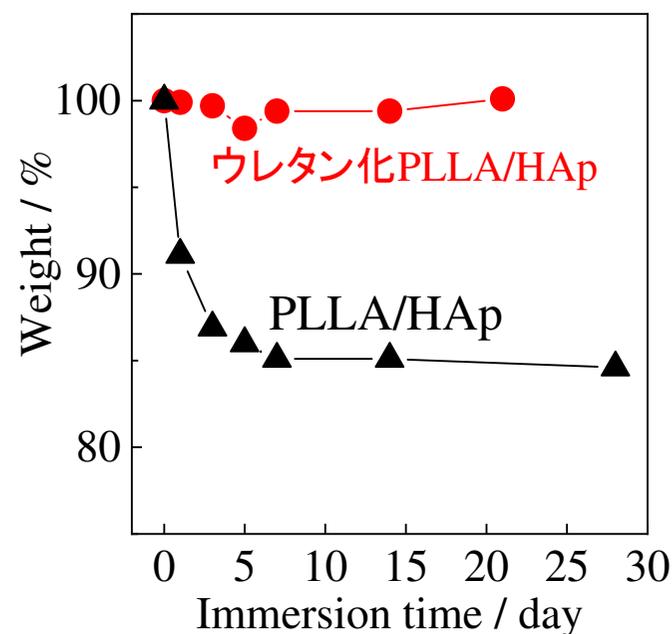
特許第6744623号

新技術の特徴・着眼点

複合材料の界面修飾により、より強固な材料が得られる。



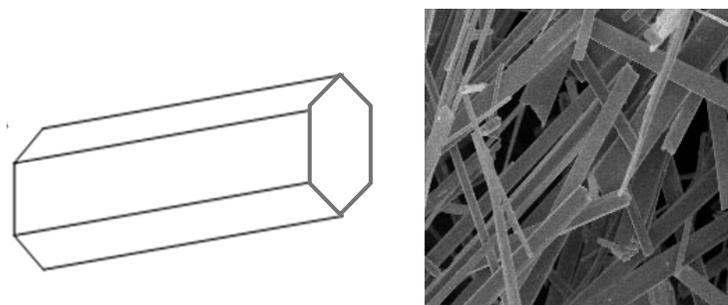
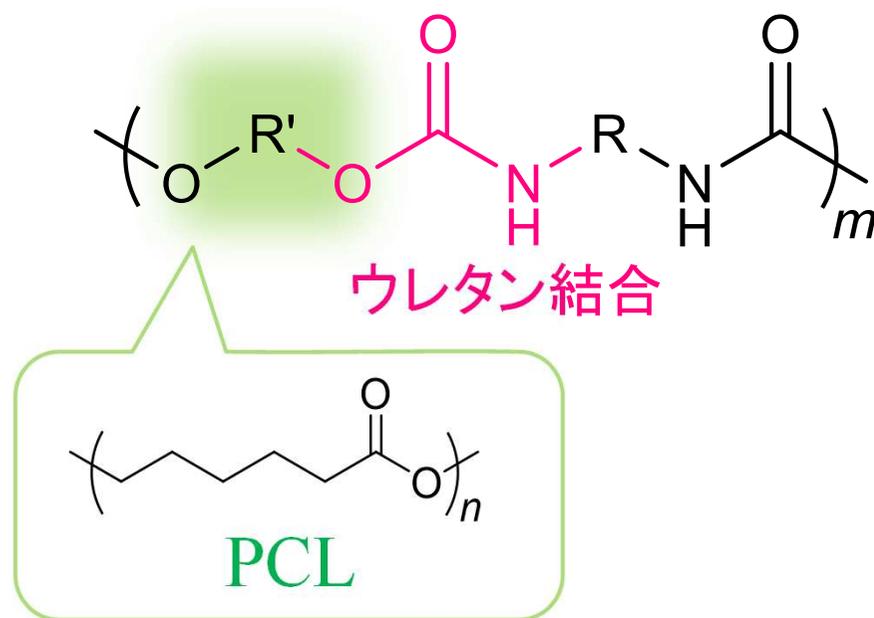
PBS中での重量変化



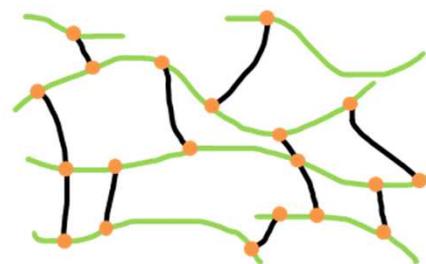
水酸アパタイトの水酸OH基を利用したウレタン化。

新技術の展開

水酸アパタイトHApの水酸OH基を利用した
ウレタン化ポリカプロラクトンPCL/HAp複合膜。



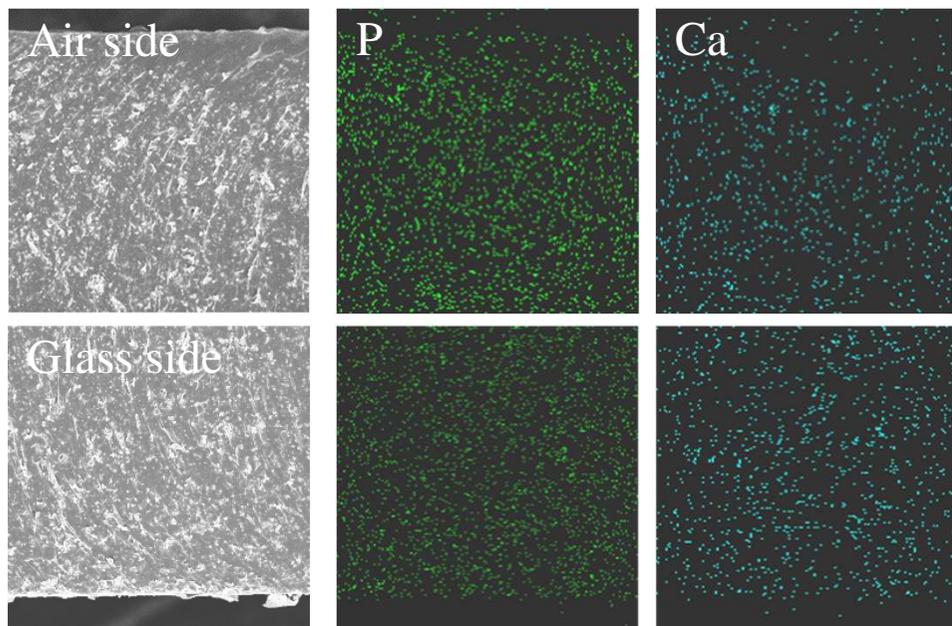
繊維状HAp



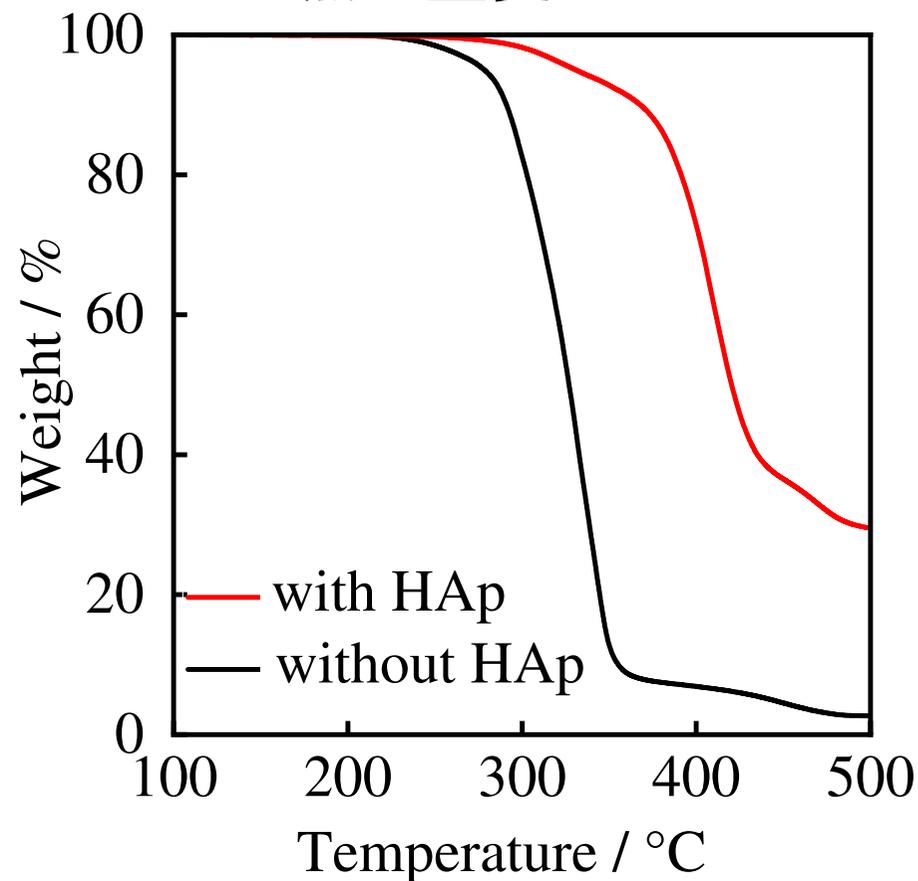
HApとPCL間のウレタン結合形成による
三次元構造の構築。

複合膜の特性

エネルギー分散型X線分析EDX



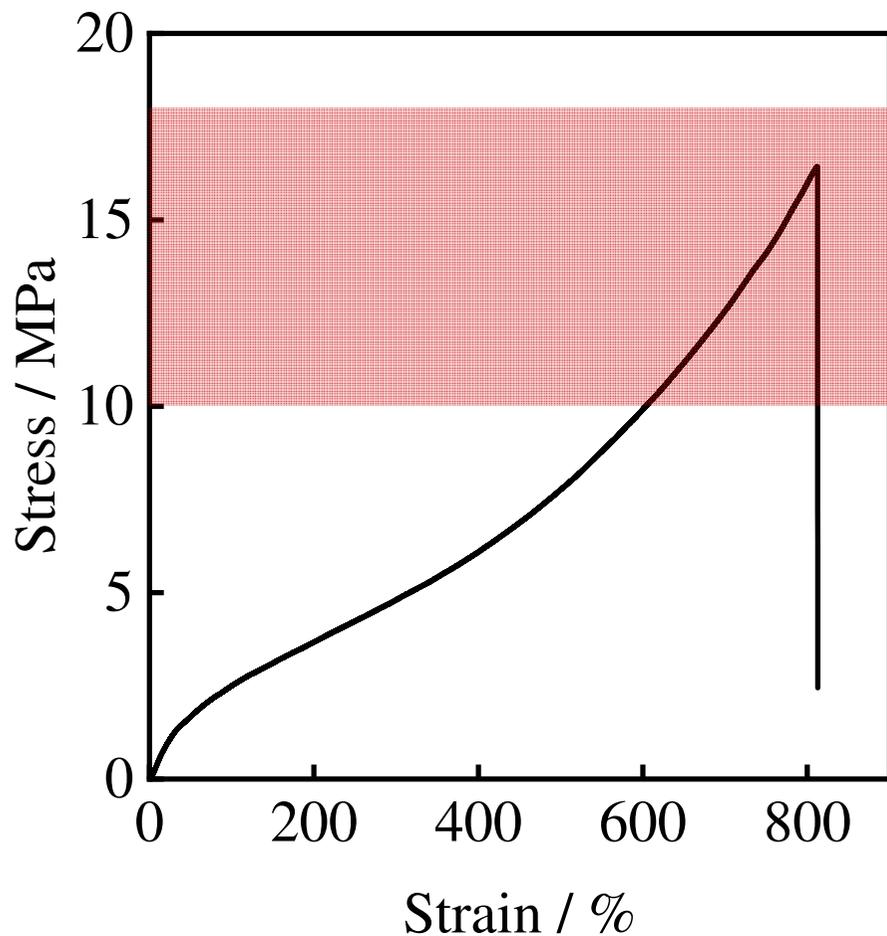
熱重量変化 TG



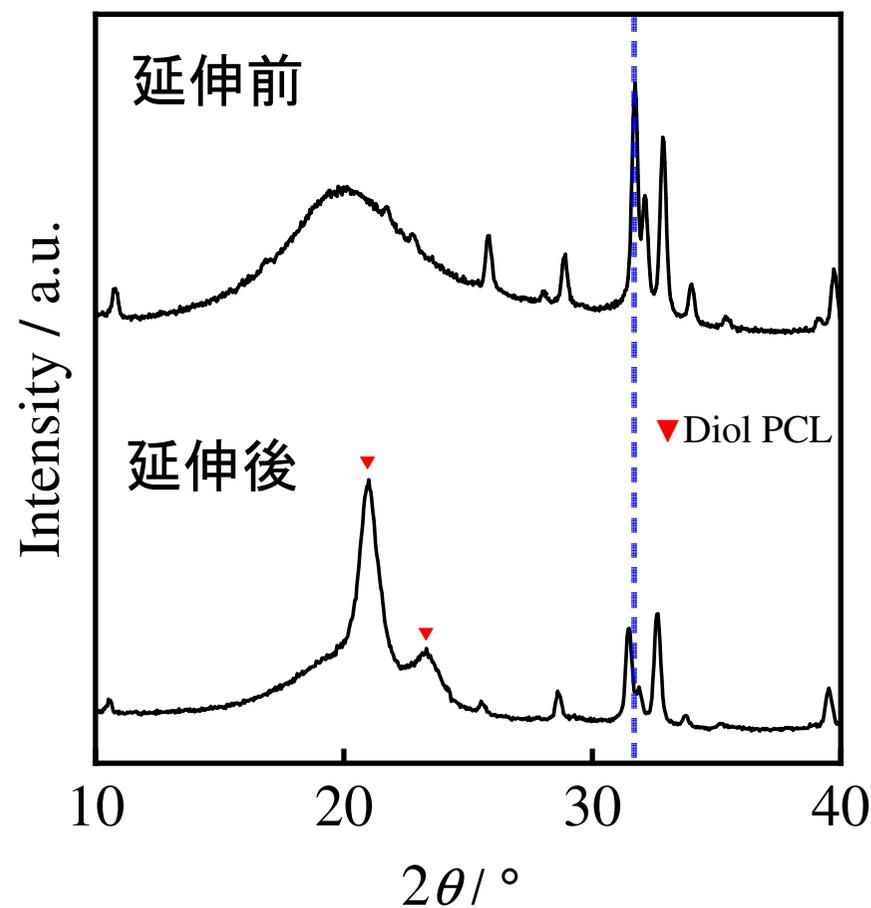
HApの均一分散と、HAp導入による耐熱性の向上。

複合膜の特性

機械的特性 S-S curve



X線回折 XRD



優れた機械的強度。繰り返し特性と形状記憶特性。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 海洋分解性高分子であるポリカプロラク톤の問題点であった、強度の改善に成功した。
- 融点が低く、加工性、扱いやすさの点で問題があったが、耐熱性の高い、繰り返し伸長が可能な生分解性フィルムを得ることができる。
- 本技術の適用により、生分解性高分子の適用範囲が大きく広がると考えられる。

想定される用途

- 本技術の特徴は、生体材料への応用に適している。硬骨以外の人工骨への応用が第一に考えられる。
- 上記以外に、既存のプラスチック材料の置き換えの候補となることも期待される。
- リン酸カルシウムを単なる架橋点として利用するだけではなく、リン酸カルシウムの多様な機能（イオン交換能、触媒機能）を活かした応用も期待される。

実用化に向けた課題

- 現在、小スケールにおいて、HApの分散が均一な膜の作製まで開発済み。しかし、大面積化の点が未解決である。
- 今後、生体適合性や生分解性について実験データを取得し、軟骨材料や生分解用途への応用に必要な条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、自己修復能の向上や強度の多様化技術を確立する必要もあり。

企業への期待

- 生分解性高分子の実用化のためには、望みの機械的特性の達成が重要である。そのためには、イソシアネート部分の多様化が鍵と考えられる。
- ウレタン化の技術や、イソシアネート合成技術を持つ、企業との共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 人工骨材料
- 出願番号 : 特願2016-120278
- 特許番号 : 第6744623
- 出願人 : 学校法人上智学院

お問い合わせ先

**上智大学
研究推進センター**

TEL 03-3238-3173

FAX 03-3238-4116

e-mail g_rant-co@sophia.ac.jp