

「機能高分子材料の開発と評価」



新潟工科大学 〒945-1195 新潟県柏崎市藤橋 1719 TEL/FAX 0257-22-8140/0257-22-8140
環境科学科
原嶋郁郎 准教授 E-mail : harashim@acb.niit.ac.jp

概要

高分子材料について、原料となるモノマーの有機合成、素材となる高分子合成、そして材料としての機能評価まで行なえる装置・設備を整えています。

主要な装置として、ガスクロマトグラフ、高速液体クロマトグラフ、紫外可視分光光度計、赤外分光光度計、核磁気共鳴スペクトル装置、ガスクロマトグラフ-質量分析計、元素分析装置、旋光光度計、走査電子顕微鏡、示差走査熱量計、熱機械的分析装置、材料強度試験機などを保有しています。

現在、医用高分子材料、高分子の分解、高分子ゲルなどを主として取り扱っていますが、骨や歯などの生体硬組織に強い親和性を示す新規メタクリル酸エステルモノマーを利用した医用接着剤の開発について説明します。

生体硬組織治療用接着剤の開発

ヒトの身体を構成している組織を力学的強度から分類すると、筋肉や内臓に代表される軟組織と骨や歯といった硬組織に分けることができます。骨は体全体の形を保ち、歯は咀嚼や発音を十全に保つ機能を果たしているわけですが、硬組織は一般的にハイドロキシアパタイトと呼ばれるリン酸カルシウム的一种と繊維性タンパク質のコラーゲンから構成されています。

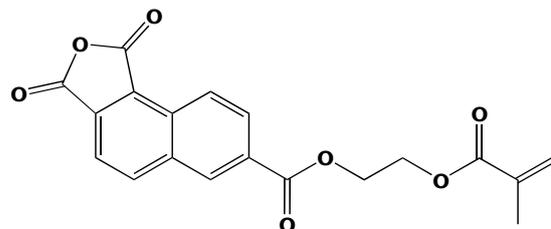
歯科治療を例にとると、むし歯を治療したにもかかわらず、経年的にむし歯ができることがあります。このようなむし歯は「2次齲蝕」と呼ばれ、たいへんやっかいなむし歯です。歯と金属を結びつける接着剤が弱かったり、唾液中に溶けることが大きな原因です。

2次齲蝕を防止するために利用されるのが、むし歯治療用接着剤です。この接着剤は歯の組織に対して大きな接着力を示すと同時に、唾液中にも溶けない高分子でできています。

歯はエナメル質と象牙質の二重構造です。硬組織は

ハイドロキシアパタイトとコラーゲンからできていると述べましたが、エナメル質はほとんどハイドロキシアパタイトの微結晶の集合体で、むし歯がエナメル質内にとどまっていれば痛みもないし、エナメル質には樹脂を接着させることも簡単です。しかし、むし歯が象牙質までひろがると痛みだします。象牙質はエナメル質と骨との中間的な組成で、コラーゲンの含有率が20%程度で、水分も多く含まれており、これまでは接着させることが難しかったのですが、歯になじむ分子構造をもつ物質の開発が強力な接着をもたらしました。

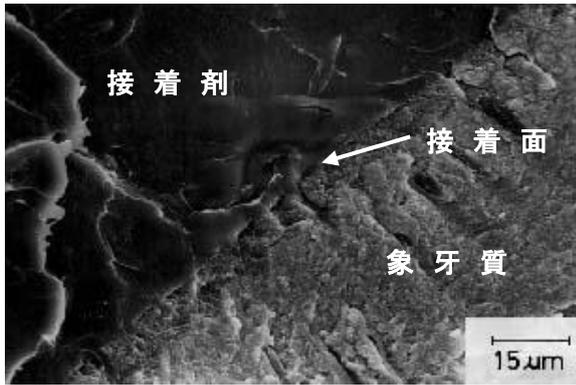
生体を構成する高分子には水になじむ親水的な構造と水とはなじまない疎水的な構造をもつものが多く、このような構造をもつ分子を分子設計の基本としました。具体例として次に示すような化合物をデザインし、有機合成の手法によって合成しました。



この化合物は疎水性部分としてナフタレン環を持つと同時に親水性部分として5員環酸無水物構造を持ち、反応型接着剤（ポリマー化して硬化するタイプの接着剤）としての重合性を与えるためにこれらの構造をメタクリル酸エステルに組み込むデザインです。

この分子を数%だけ、メタクリル酸メチルに配合して接着剤として応用すると、それまで5~6 MPa（約50~60 kgf/cm²）程度であった象牙質に対する接着強さを一躍15~20 MPa（約150~200 kgf/cm²）に向上させることができました。

このように急激な接着性向上の原因を追及するため



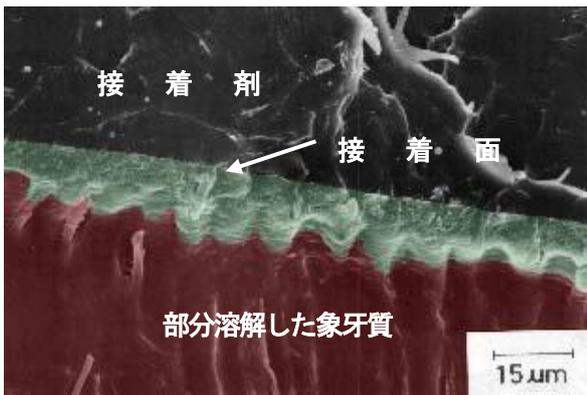
接着試料の断面 (電子顕微鏡像)

電子顕微鏡を利用して観察を行ないました。

接着面と垂直に接着試料を縦割りにし、接着部分を電子顕微鏡で観察すると、上の写真のように見えます。

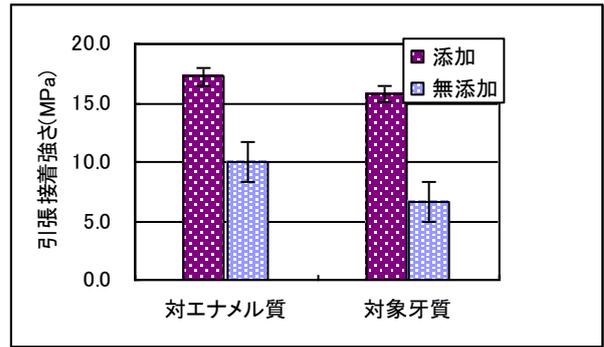
強力に接着しているため象牙質とよく接着した状態で観察でき、接着剤は黒っぽく比較的滑らかな面として、象牙質は白っぽく荒れた面として写っています。硬い象牙質はより脆性的に割れ、接着剤はより延性的に割れたことを示しています。両者の物性の違いから当然の結果と理解できます。

しかし、これでは接着性が急激の向上した原因は明らかではないので、この面を希塩酸に短時間接触させてから再び電子顕微鏡観察を行ないました。その結果が次の写真です。



酸接触後の接着面付近 (電子顕微鏡像)

酸に接触することでヒドロキシアパタイトが溶解するため、象牙質は断面より一段低くなり、不溶性のコラーゲンのために面の粗さが失われています。一方、接着剤は希酸にはまったく溶けないので、先ほどの状態を保っています。この写真で最も注目されるのは接着面の直下に「酸に溶けない象牙質」ができている



歯質に対する引張接着強さの比較

点です。接着剤と同じ高さを保ち、かつ象牙質の断面のような粗い表面を持つ層の存在です。

硬化前の接着剤成分が生体組織の性質を意識して合成した物質の効果で象牙質内に浸透し、象牙質内で重合を起こしたため、このような層が形成されたと結論づけられました。つまり、象牙質と接着剤ポリマーのハイブリッドです。

むし菌は細菌産生酸で歯が溶ける病気ですから、歯になじむ物質は単に接着剤として働くだけでなく、治療後にむし菌になりにくい象牙質を創る働きも期待されます。

さらに、象牙質に強くなじむこの接着剤はさらに多くのコラーゲンを含む骨とも強力に接着し、またステンレス鋼や Ni-Cr 合金、Co-Cr 合金などもよく接着するため、人工関節固定用の骨セメントとしても応用が可能です。

ここでは、生体硬組織治療用接着剤の開発について内容を述べました。研究室では新規物質の有機合成技術、微量化学分析技術、熱的性質測定技術、電子顕微鏡による形態観察技術、強度測定技術などを用いて低分子から高分子まで有機物質について研究・評価できる態勢を維持しています。ご紹介した内容に限らず、皆様方と協働できる分野が他にもあると思います。

何事によらず、ご遠慮なくお問い合わせください。