

歯科医療用材料

岩本 修
Osamu Iwamoto

(株)トクヤマ つくば研究所 主席研究員

Dental Materials

1 はじめに

人の歯は主としてエナメル質／象牙質／歯髄より構成され、エナメル質はヒドロキシアパタイト(リン酸カルシウム)を主成分とし、象牙質はヒドロキシアパタイトとコラーゲンを主成分としている¹⁾(表1)。その歯は歯根膜を介在して歯槽骨により支えられている(図1)。歯を喪失する原因の大部分は齲蝕(虫歯)と歯槽膿漏と言われる歯槽骨溶解による歯の脱落である。齲蝕については近年予防に関する意識が高まり減少しているが、12歳時の齲蝕罹患率でみると先進国の中では日本が最も高い²⁾(図2)。

近年、齲蝕歯や歯槽膿漏による動揺歯は、できるだけ削らず、抜歯しない治療のみならず、単に噛めるだけでなく、より審美的治療が求められている。これらを達成するために治療術式と歯科医療用材料の両方の発展が不可欠になっている。歯科医療用材料は少量多品種の機能性材料の典型で、金属、有機化合物、高分子化合物、無機化合物等非常に多くの材料を複合化させ、治療目的に応じた材料設計がなされている。ここでは、歯科医療用材料の主な材料に関して簡単に解説する。

表1 エナメル質及び象牙質の構成成分

	無機成分 (リン酸カルシウム)	有機成分 (コラーゲン)	水分
エナメル質	97wt%	1wt%	2wt%
象牙質	69wt%	20wt%	11wt%

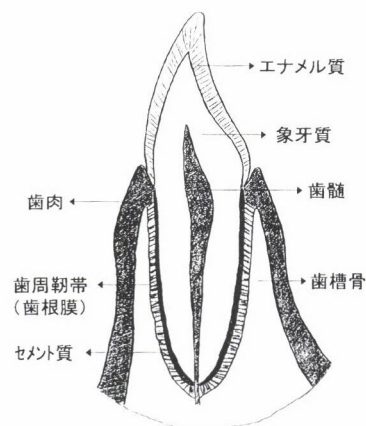


図1 歯の構造

2 歯科医療用材料の市場規模

歯科医療用材料の国内の市場規模は平成8年の薬事工業生産動態統計によると生産者出荷額で約980億円である。その内、貴金属を含む金属合金が約470億円で、その他の材料が約510億円である。歯科材料は軽量で高付加価値製品が多いため、国際的に流通する製品であり、世界的には日本の6～7倍の市場規模と言われている。

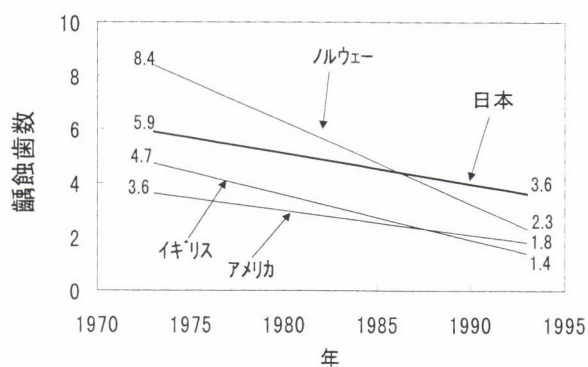


図2 各国の12歳時の齲蝕歯数の推移

3 臨床と歯科材料

歯の治療は齲蝕の段階や部位(前歯、臼歯)あるいは歯が抜けた場合等、治療方針によって、いろいろな選択手があるが、ここでは齲蝕の程度による、最も一般的な治療で 사용되는材料について述べる。

3.1 齲蝕初期～中期

齲蝕初期から中期の修復は、一般的に前歯は天然歯とほとんど区別のつかないコンポジットレジン充填、臼歯(奥歯)には高い咬合力に耐えられる金属インレー充填が多い。臼歯の充填は過去アマルガムが多用されていたが、水銀を含むことより徐々に使用されなくなり、最近はより高い審美性を求めてレジンやセラミックスで作られることもある。

3.1.1 コンポジットレジン修復システム

コンポジットレジン修復システムは、歯と接着するためのボンディングシステム(ADS)と歯と同じ色調を有するコンポジットレジン(CR)より構成され、審美修復材料として最も使用されている材料である(図3、4)。

(1) ボンディングシステム(ADS)

ADSの多くは前処理材と接着材より構成される。以前は主としてエナメル質をリン酸や有機酸で脱灰処理し、咬合力により接着力を求めてきたが、近年はより高い接着力を求めて、エナメル・象牙質両方に接着するADSの開発がなされてきた。前処理材は有機酸や酸性モノマーよりなり、

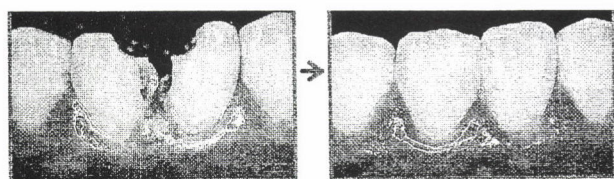
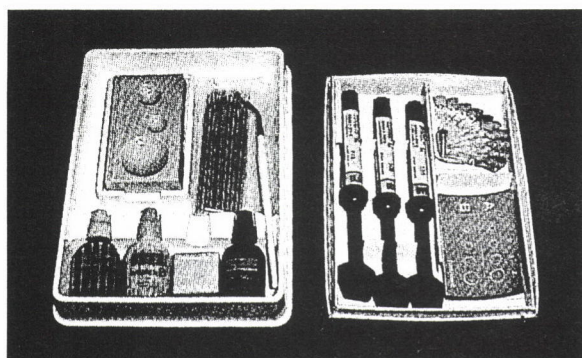


図3 コンポジットレジン修復



ボンディングシステム

コンポジットレジン

図4 コンポジットレジン修復システム

エナメル質と象牙質を脱灰すると同時にモノマーを浸透させる役割をしている。接着材はラジカル重合性メタクリルモノマーが主成分で、カルボキシル基やリン酸基を有する官能性モノマーが各社のキーマテリアルとして添加されている(図5)。現在では歯の凝集破壊が起こる接着レベル(20MPa)以上に達している。今後は、前処理材無しでかつ唾液の影響を受けにくいADSの開発が求められている。

(2) コンポジットレジン(CR)

CRは天然歯にできるだけ近い性質を求めて開発が行われている。基本組成は無機粉体/メタクリルモノマー/可視光線重合触媒より構成されている。歯とできるだけ同じ性質を出すために、各社がそれぞれ特殊な無機粉体を使用している。つまり、透明性と色調のために重合ポリマーと屈折率が等しく、滑沢性を出すためにできるだけ微粒子(平均粒径が1μm以下)で、高強度かつ熱膨張係数を歯と近くするためにフィラー充填率(70~85wt%)が極力高くなる無機粉体である。例えば、ゾルゲル法によるSiO₂-ZrO₂系の0.2μmの球状フィラー、平均粒径約1μmの不定形バリウムガラス、乾式超微粒子シリカフィラーを有機複合化後粉碎したフィラー(MFR)等が使用されている(図6)。

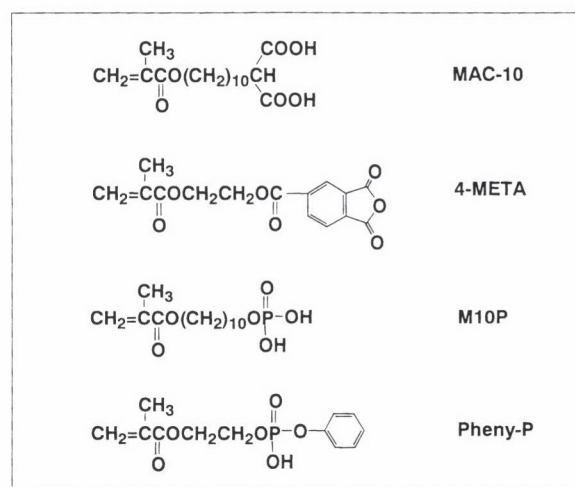


図5 各種接着性モノマーの構造



球状フィラー

不定形フィラー

MFRフィラー

図6 各種フィラー

モノマーの重合は1980年前半までは過酸化ベンゾイル／3級アミン系のレドックス重合が使用されてきたが、2ペーストを混ぜることによる気泡の混入やアミンの変色の問題があった。その後1ペーストでカンファーキノン／助触媒系等の可視光線による重合が普及して現在に至っている。

3.2 齲蝕中期～後期～少数歯欠損

齲蝕が大きくなると補綴物(修復物)を被せるクラウン(図7)、前装冠(差し歯)や抜歯後3～数本の歯を人工的に作る、ブリッジと言われる補綴治療が必要になる。この時は通常、印象採得／模型作製(歯型作製)を行った後にワックスで欠損部を再生し、それを補綴物に置きかえる作業が行われる。

3.2.1 印象材、模型材

患者さんの歯型を取る印象材には最もよく使用されるアルジネート印象材と精密印象を行うシリコン系印象材がある。アルジネート印象材は海草から抽出されるアルギン酸ナトリウムまたはカリと石膏の反応で硬化し弾性体となる。シリコン印象材は付加型や縮合型の室温硬化型のシリコンが使用される。

印象材を口腔内で硬化させた後に硬石膏や超硬石膏(半水石膏)を流し込んで歯型のポジ模型を作製する。

3.2.2 埋没材

模型材上で欠損部をワックスで再生し、そのワックスを鋳型材(歯科では埋没材と言う)に埋没して、溶融金属を鋳込んで、金属補綴物を作製する。埋没材は大きく分けて、リン酸塩系と石膏系がある。Co-Cr等の融点の高い卑金属系はリン酸塩系埋没材(MgO/NH₄H₂PO₄/骨材)を使用し、貴金属系は石膏系(半水石膏/骨材)を使用する。歯科用埋没材で重要なことは、合金の鋳込み時の収縮に合わせた膨張を有することである。リン酸塩系、石膏系いずれも反応硬化時の膨張と骨材(石英とクリストバライト)の加熱時の α 、 β 転移膨張を利用してコントロールしている³⁾。

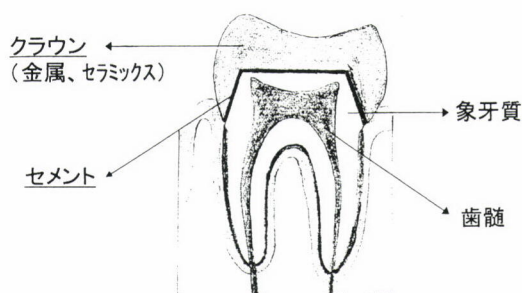


図7 クラウン修復

3.2.3 歯冠材料

欠損した部分を人工的に作製する歯冠修復材料には金属、セラミックス、複合レジン等が使用される。

(1) 歯冠用金属

インレー、クラウン、ブリッジ等の金属修復物は保険に採用されている金銀パラジウム合金⁴⁾(金12%：表2)が最も多用されている。高カラット合金は自費診療となるが、耐腐食性や展性等物性的にはより望ましいと言われている。また、ブリッジや義歯床用の強度を要する金属としてはCo-Cr合金が主として使用されている。最近の審美志向で金属を代替える複合レジンやセラミックスの開発が盛んに行われているが、物性的に展性と強度を兼ね備えた金属に代わる材料はまだ開発されていない。

(2) セラミックス

歯科で使用されるセラミックス材料は入れ歯に使用される人工歯と陶材焼付金属冠(差し歯)用が代表的材料で一般にポーセレンと言われている。組成は長石／石英／カオリンを主成分とした結晶化ガラスの一種である。陶材焼付金属冠は金属冠の上にオベーク(金属色の遮蔽)／デンチン／エナメルと3層以上焼き付けて、天然歯の審美性を出す材料で主として前歯に使用される。

現在はより審美性を求めて金属を使用しないセラミックス単独(結晶化ガラス)の歯冠も開発されている。

(3) 複合レジン

金属の上に複合レジン进行盛り付けた歯冠を硬質レジンと言ひ多用されている。最近はフィラー充填率をより高くして、高強度化を計り複合レジン単独の歯冠が作られるようになっている。

3.2.4 CAD/CAM

これまで歯冠材料は印象材で歯型を取って、技工士が対咬歯から予想して作製する方法が一般的であったが、切削した歯を直接読み込んで補綴物を設計、作製するCAD/CAMシステムが実用化し始めている。最近のコンピューターやソフトの発達によって、設計に関してはかなりのレ

表2 歯科用合金の組成及び品質

	組成			品質		
	Au	Pd	Ag	熱処理方法	ビッカース硬さ	伸び/%
金銀パラジウム合金						
第1種	12%以上	20%以上	40%以上	軟化	90～160	10～40
第2種	12%以上	20%以上	40%以上	硬化	200～320	2～15
金合金	金と白金元素			熱処理方法	ビッカース硬さ	伸び/%
タイプⅠ	83%以上			軟化	50～90	18以上
タイプⅡ	78%以上			軟化	90～120	12以上
タイプⅢ	78%以上			軟化	120～150	12以上
タイプⅣ	75%以上			軟化	150～	10以上
タイプⅣ	75%以上			硬化	220～	2以上
銀アマルガム用合金	Ag	Sn	Cu			
	65%以上	25%以上	6%以下			
	Zn	Hg				
	2%以下	3%以下				

ベルに達しているが、切削性、高強度、審美性を十分に満足する材料がまだ開発されてないことが課題である。

3.2.5 歯科用セメント

人工歯冠を歯に接着する歯科用セメントは、リン酸亜鉛セメントが長い期間使用されてきたが、現在ではガラスイオノマーセメント（ポリカルボン酸水溶液とアルミノシリケートガラスによる反応硬化：GI）とレジンセメント（メタクリル系モノマーと無機フィラー：RC）が主流になっている。最近ではGIとRCのハイブリッドタイプのレジン強化型GIが上市されシェアを伸ばしている。

上記レジン系のセメントは歯および卑金属に接着する機能性成分（リン酸系又はカルボン酸系モノマー）は入っているが、歯冠用として最も使用される貴金属との接着性はない。当初、スズめっきや加熱酸化処理により接着力を出していたが、同等以上の性能を有する貴金属用のイオウ系前処理モノマー（図8）が次々に上市されている。また、セラミックスとの接着はシランカップリング材と酸系の前処理材が使用されている。

3.2.6 歯周骨欠損再生

歯周病による歯槽骨吸収が起きた場合に以前は、それ以上、進行しないようにする処置が取られてきたが、ヒドロキシアパタイト系顆粒の充填や、テフロン、乳酸系ポリマー等の微多孔膜による歯槽骨の場の確保、更にはエナメル質のタンパク応用等による歯槽骨の再生方法が種々の臨床で検討され、成果が得られるようになっている。

3.3 多数歯の欠損

歯が多数欠損した場合は通常、義歯床（入れ歯）が使用される。

3.3.1 義歯床

義歯床は人工歯にピンクの人工歯肉が付いた補綴物を言い、一部の歯が無い場合の部分義歯床と上又は下の全部の歯がない全部床義歯（総入れ歯）が有る。人工歯はセラミックス又はレジンで作られ、床部分はポリメチルメタクリレートまたはポリカーボネートで作られている。

3.3.2 裏装材

義歯床の作製には熟練を要するため、最初から適合の悪い場合や歯槽骨の吸収により適合が悪くなる場合がある。このような時には硬質や軟質の裏装材で修理を行う。現在は低刺激、低発熱のアクリル系やシリコン系の材料が開発され、口腔内で直接修理できるようになり、義歯床の適

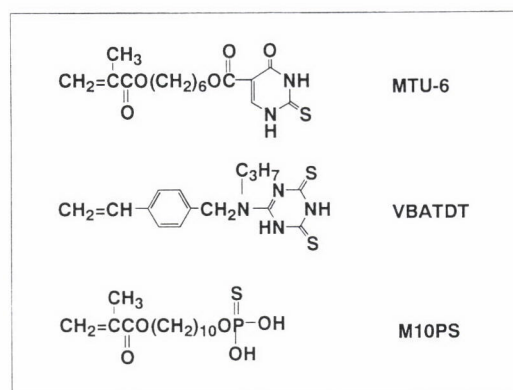


図8 各種貴金属接着性モノマーの構造

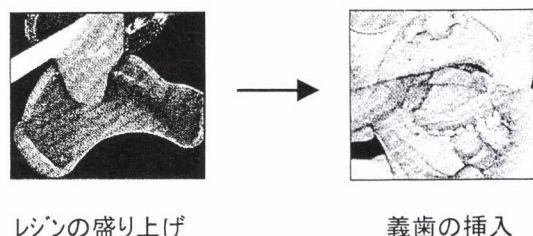


図9 義歯床の裏装方法

合性回復がなされるようになってきた（図9）。また、テレビで宣伝されている暫間的（2～3日）な入れ歯安定材（酢酸ビニール系、セルロース系）が使用されることもある。

3.3.3 歯根インプラント

歯が抜けた場合にブリッジや義歯床で修復する方法以外に歯槽骨に直接材料を埋め込んで歯と同じような歯台を作製する方法を歯根インプラントと言う。インプラント材料としては種々の金属やアルミナ、ジルコニア、アパタイト等が検討されてきたが、最近ではチタン又はチタン合金が多く、その表面にアパタイト等の生体活性物質をコーティングする場合もある。インプラントは適応症例（歯槽骨の状態等）であるかどうか、および術後の管理が重要とされている。

4 おわりに

現在、厚生省は80歳で自分の歯を20本残す8020運動を推進している。これを達成するためには、歯の欠損修復用材料の更なる発展向上とともに、予防を積極的に推進する必要がある。齲蝕予防法としては、フッ素イオンの活用によるエナメル質の強化や再石灰化およびキシリトール等の果糖代替え甘味料の使用が提案実行されつつある。また、齲

蝕リスクを菌の分析により予め予見することも研究されている。一方、歯槽膿漏の原因はまだ解明が不十分なこともあり、十分な予防法が確立されていないが、予防が可能になると歯の残存率は飛躍的な向上が期待される。

なお、歯科医療用材料は非常に多いため、ここでは主な材料しか紹介できなかったが、興味のある方は歯科理工学の本³⁾を参照されたい。

参考文献

- 1) 船越正也：歯科衛生士教本，生理，(1989)，96.
- 2) 伊藤 中：Health Care, 1 (3), (1998), 22.
- 3) 長谷川二郎：現代歯科理工学，(1996)，87.
- 4) 山根正次：歯科材料科学辞典，(1987)，103.

(1998年12月8日受付)