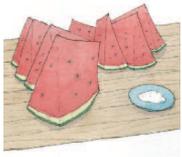


## 入れ歯（義歯）に用いる人工歯について（概論）



技術解説

出口 幹 人\*

Artificial teeth used for dentures(Overview)

Key Words : Basic technology of synthetic polymer teeth for dentures

### 1. はじめに

人工歯とは失われた天然歯の代わりに、その機能を回復するために用いられる人工物であり、入れ歯（義歯）を製作するための構成要素の一つである。

人工歯は素材、形状、色などの全てが生体に調和するように開発する必要がある。人工歯は前歯、臼歯（奥歯）、大きさ、上下顎、左右、部位毎に形が異なる。

人工歯は薬事法では、人若しくは動物の疾病の診断、治療若しくは予防に使用されること、又は人若しくは動物の身体の構造若しくは機能に影響を及ぼすことが目的とされている機械器具等であって、政令で定める“医療機器”である。医療機器の範囲・分類では歯科材料の口腔内に装着するものに属している。また、人工歯は医療従事者（歯科医、技工士）が義歯を製作するために使用する医療機器である。

代表的な人工歯に陶歯とレジン歯がある。レジン歯はアクリル系レジン歯と硬質レジン歯がある。本稿ではレジン歯について報告する。

### 2. 人工歯材料に求められる特性

#### (1) 歯科材料について

歯科用レジンとは簡単な術式で修復物を作ることができ、口の中での使用に耐えうる性質が必要である。歯科で用いられているレジンの必要

条件をスキナー—歯科材料学から抜粋する。<sup>1)</sup>

① 材料はこれを装着する口腔組織を審美的に再生できるように、半透明か透明で、染色したり（顔料により）着色したりできること。

② 口の中で作られても口のそとで作られても製作後に色や外観が変わらないこと。

③ 製作中にも、そののちにおける患者の正常な使用中にも膨張、収縮がなく、変形しないこと、いいかえればどんな条件のもとでも寸法が安定であること。

④ 日常の使用に耐えるだけの強さ、弾性エネルギー、および耐摩耗性を有すること。

⑤ 非衛生になったり不快な味やにおいをもつようになるほどの口腔液の浸透を受けないこと、充填材やセメントとして用いられる場合には歯自体と化学的に結合すること。

⑥ 口腔液や飲食物にまったく不溶性で侵されずまたそれらを吸収しないこと。

⑦ 無味、無臭、無毒で口腔組織を刺激しないこと。

⑧ 比重が小さいこと。

⑨ 口に入れる熱い飲食物の温度より軟化点が高くなること。

⑩ 万一壊れた場合、容易にうまく修理できること。

⑪ 歯科修復物の一部にレジンを用いる場合、簡単な装置で容易に目的を達成できること。

#### (2) 人工歯の特性について

人工歯に求められる特性は以下のようなものである。

##### (a) 要求項目

人工歯は天然歯の代用となるため、材料の耐久性や安定性、審美性、機能性が求められる。耐久性・安定性とは口腔内で使用した時



\* Mikito DEGUCHI

1955年9月生  
現在、株式会社 松風  
執行役員 技術部長  
工学修士 工業化学専攻  
TEL : 075-561-1112  
FAX : 075-275-4795  
E-mail : m-deguchi@shofu.co.jp

に磨り減らない、破折しない、汚れないという特性である。審美性とは天然歯と同様な形、色調を表す。機能性とは排列性や咀嚼効率などである。

#### (b) 機能性

- ① 咀嚼・嚥下は歯の主な機能である。食べ物は前歯部で切り裂き、小臼歯部で噛み砕き、大臼歯部で噛み潰し嚥下される。各々の歯は機能に適した形態をしている(道具)。
- ② 舌、唇、歯が発音の重要な役割をする。
- ③ 口唇、歯は審美の大きな要素である。

#### (c) 機械的・物理的特性

人工歯は食べ物を噛み、すり潰す力(咬合力)や温度、湿度、多様な飲食物、口腔内細菌などの環境に耐える機械的な強度と物理的な(口腔内衛生の保持)特性が必要である。理想的には天然歯と同様な特性を持たせることである。

例えば、一般的に人の噛む力は前歯と臼歯では異なり、平均値が約77Kgである。また臼歯同士が接触する咬頭頂の面積は最小で $0.039\text{ cm}^2$ と報告されている。<sup>2)</sup> これらから算出した最大の噛む力は約 $2\text{ t/cm}^2$ となる。つまり、圧縮強度は安全を見て比例限界強度で $2\text{ t/cm}^2 \leq$ は必要となる(表1参照)。

#### (d) 使用方法

人工歯は義歯(入れ歯)の材料となるため、義歯の歯肉(歯茎)の部分と接着する必要がある。

### 3. 人工歯の材料開発

理想的な人工歯の特性は、天然歯と近似していることが望ましいといえる。天然歯に比べて硬すぎると対合歯を磨耗させ、軟らかすぎると摩耗が進み、噛み合わせや咀嚼効率が劣り、義歯(入れ歯)の安定性が悪くなる。

以下に、人工歯材料の特徴を示す。

#### (1) 陶歯の特性

陶歯の組成は陶磁器と同様に長石・珪石・粘土(陶土)である。陶歯は歯質と同程度の物理的・機械的特性を持っている。松風は1952年(昭和27年)日本で初めて陶歯の真空焼成法を確立し、従来の陶歯とは比較にならない程の透明感と強度を持たすことに成功した。この技術は高く評価され、当時の厚生省から研究助成金が交付された。

陶歯は硬度、耐摩耗性、審美性などは優れているが、瞬間的な衝撃力に弱くクラックやチッピングの課題が残っている。

#### (2) アクリル系レジン歯

歯科では20世紀中葉に開発されたポリメタ

表1 歯の組織の圧縮性質<sup>1)</sup>

歯/組織	弾性係数 ( $\text{kg/cm}^2 \times 10^5$ )	比例限度 ( $\text{kg/cm}^2 \times 10^3$ )	弾性エネルギー ( $\text{cm}\cdot\text{kg/cm}^3$ )	強さ ( $\text{kg/cm}^2 \times 10^3$ )
大臼歯/象牙質	1.2	1.51	9.6	3.11
大臼歯/珐瑯質 (咬頭)	4.7	2.28	5.6	2.66
小臼歯/象牙質	1.4	1.49	7.9	2.53
小臼歯/珐瑯質	—	—	—	—
犬歯/象牙質	1.4	1.43	7.2	2.82
犬歯/珐瑯質 (咬頭)	4.9	1.98	4.1	2.94
切歯/象牙質	1.3	1.27	6.1	2.37

クリル酸メチルと呼ばれるアクリル系レジンがレジン歯に応用された。<sup>3)</sup>

アクリル系レジン人工歯材料として、透明度が高く、比重が軽く、破折しにくい、着色しやすい、口腔内での汚れもすくない、レジン床との接着性もよい、生産性がよいなど多くの利点を有していた。アクリル系レジン歯はメタクリル酸メチル (モノマー) と着色したポリメタクリル酸メチル (PMMA 写真1: ビーズポリマー) を混合し、餅状 (dough stage) の混合レジン人工歯成型用の金型に充填し、加熱・加圧しながら成型する。モノマー/ポリマーの混合比は重量比で約1/2である。ポリマーの特性は各社により異なるが、粒径は10 μmから100 μm前後、重量平均分子量は20~100万前後である。

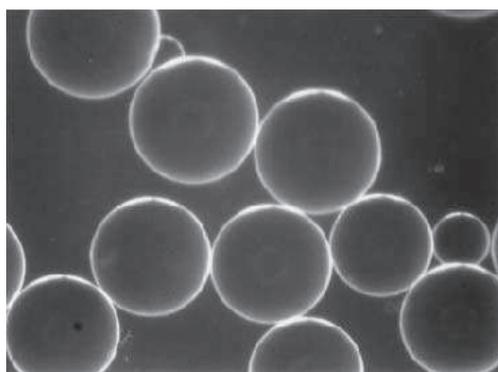


写真1 ビーズポリマー (参考)

一方アクリル系レジン歯は軟らかく摩耗しやすいという課題があった。陶歯とレジン歯のそれぞれの欠点を改良し、長所を生かしたより天然歯に近い材料特性をもつ人工歯の開発が望まれてきた。

### (3) 硬質レジン歯

#### (a) 材料設計及び特性

アクリル系レジン歯の欠点である硬さ、耐摩耗性を改善するために、レジンと充填材の複合化が検討された。<sup>4-7)</sup> 使用レジンにはメタクリル酸メチルに代表される単官能性モノマーからエチレングリコールジメタクリレート (EDMA)、1,6-ビスメタクリルエチルカルボニルアミノ (2,2,4-) トリメチルヘキサン (UDMA)、4,4'-イソプロピリデン-[1-(3-メタクリロイロキシ-2-ヒドロキシプロピルオキシ)ベンゼン] (Bis-GMA)、に代表される多官能性モノマーが検討された。<sup>8-10)</sup>

充填材はコロイダルシリカを代表とする無機フィラーが用いられた。<sup>11)</sup> これらの材料から作製した複合体は硬質レジンと呼ばれ、アクリル系レジン材料と比較して、硬さ、強度、耐摩耗性などが優れていた。<sup>6)</sup>

#### (4) 松風の硬質レジン歯の展開と特徴について

硬質レジンには多官能性モノマーを使用するために、重合後三次元構造となる。重合密度が高くなると、構造的に強さ・硬さは増すが、脆く

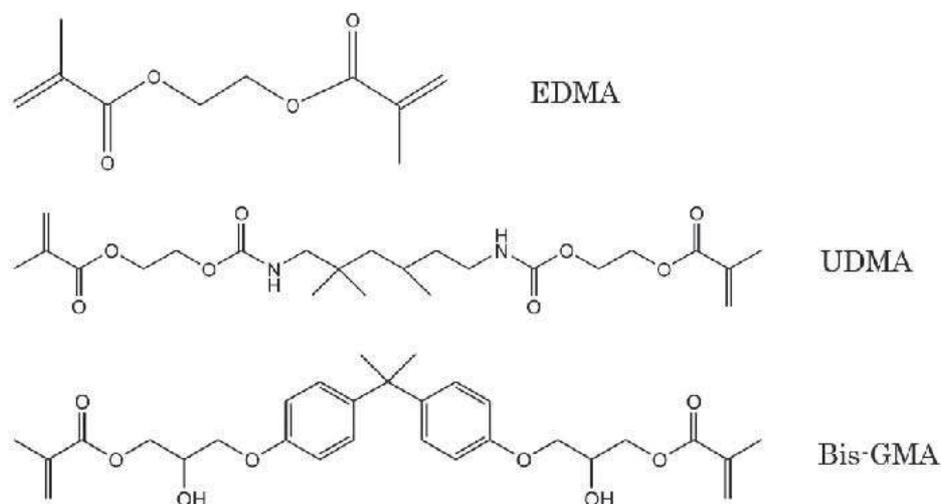


図1 代表的な多官能性モノマーの構造式

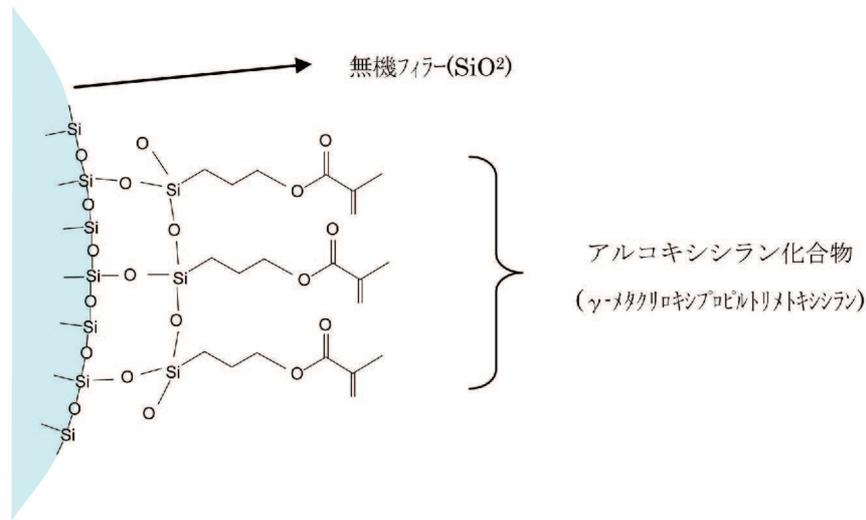


図2 無機フィラーの表面処理模式図

なる傾向にある。当社は独自の多官能性ウレタン系モノマーの開発を行い、超微粒子フィラー及び有機質複合フィラーとの最適な組み合わせにより、硬さと強さのバランス化を図った。特に、超微粒子フィラー表面はアルコキシシラン化合物で表面改質を行い、フィラーとレジンの濡れ性の改善及び化学結合力を強化し、重合体の強度を高めた。その表面処理の模式図を図2に示す。

当社は1986年に、新素材硬質レジンをを用い日本発の硬質レジンを“エンデュラ”の名称で発売した。商品構成は前歯（エンデュラ アンテリオ）と臼歯（エンデュラ ポステリオ）である。

以下に、エンデュラの特徴を示す。

「機械的・物理的特性」

\*全ての資料は社内データである

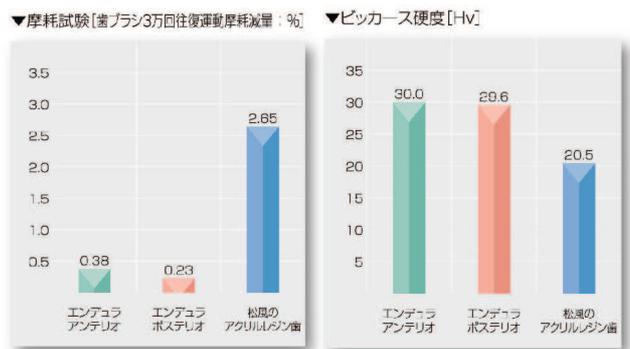
① 耐摩耗性と硬度の特性

新素材の硬質レジンは前歯のエナメル部と臼歯のエナメル部及びデンティン部に応用した。耐摩耗性はアクリル樹脂歯の6倍、ビッカース硬度29.6（臼歯）と30.0（前歯）を実現した。図3とグラフに歯ブラシ摩耗試験及びビッカース硬度試験結果を示した。

耐摩耗性の向上はアクリル樹脂歯の欠点である咬耗による短期間の変化を抑制、硬さを増すことでよく噛めるように改善した。



図3 人工歯の摩耗性結果（歯ブラシ6万回後）



② バランス化した硬度、曲げ強度、圧縮強度の特性

エンデュラの硬質レジンは耐久性、強靱性をもたせるため、意識的に硬度を抑え、曲げ強度及び圧縮強度とのバランス化を図り、硬さと脆さの相反する特性を改善した。

エナメル、デンティン、ベース部の異なる組成からなる層間の接着は、重合開始剤

の選択及び成型方法から検討した。三層構造の断面図を図4に示す。



図4 人工歯の断面図

### ③ 機能性・審美性について

天然歯はハイドロキシアパタイトの構造により反射光では白く、透過光では赤褐色となるオパール効果を持っている。エンデュラエナメル部の超微粒子フィラーを含む構造は、天然歯と同じようにアクリル系レジン歯には見られないオパール効果を持たせている。また三層構造による深みのある色調及び天然歯と同様に蛍光性をもたすことで、より審美性を高めている (図5)。

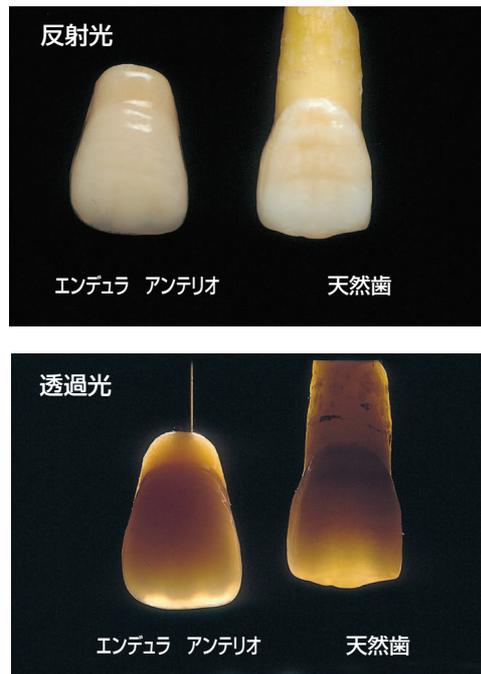


図5 エンデュラ アンテリオと天然歯のオパール効果

参考に前歯、臼歯の全体写真を添付する (図6、7)。写真の寸法は実寸ではない。

### (5) 新タイプの硬質レジン歯

多官能性ウレタン系モノマーと超微粒子フィラー、有機質フィラーより構成された硬質レジン歯は、バランス化した機械的・物理的特性を兼ね備えているが、一方、臨床ケースによっては口腔内で着色するケースがあった。

最新の人工歯材料は従来の硬質レジンと比較して、硬度を低下させ、衝撃性、変着色性、審美性を更に改良するため、ナノ技術を応用している。

本材は今後、臨床実績の中で、その有用性が評価されると思われる。



図6 前歯 (エンデュラ アンテリオ)



図7 臼歯 (エンデュラ ポステリオ)

#### 4. おわりに

人工歯は失われた天然歯の機能を回復する医療機器である。医療機器は材料学的な機械的・物理的特性以上に生物学的安全性が必要となる。使用する原材料や最終産物の細胞毒性、感作性、刺激性/皮内反応、急性全身毒性、遺伝毒性などの安全性が求められる。これらの総合的な判断が“歯科材料に求められる信頼性”であると考えられる。

人工歯材料の開発は今後も各社がしのぎを削られると思われる。その先には再生医療の未来があるかも知れないが、今、トライできる“限りなく天然歯に近い特性を持った材料”の開発を精力的に進めたいと考える。

本稿では歯科材料の一部を紹介した。歯科材料は金属、セラミックス、レジンなど様々な材料が応用されている。製品群は修復材、接着材、表面処理材、研削・研磨材、骨充填材、骨補填材、矯正材料など多岐にわたり、それらの要求項目も多様である。人工歯材料はその内の一つであることを理解いただき、歯科分野への興味を少しでも抱いていただければ幸いである。

#### 参考文献

1) R.W.PHILLIPS：最新版 スキンナー歯科材料

- 学 上. 医歯薬出版株式会社, P150-151 (1974).
- 2) R. W. PHILLIPS：最新版 スキンナー歯科材料 学 上. 医歯薬出版株式会社, P43-46 (1974).
- 3) 平澤 忠：床用レジンの化学. 医歯薬出版, 歯科技工別冊, 東京, 1982, P21-27.
- 4) 鈴木司郎：有機質複合フィラーを用いた歯冠用硬質レジンの研究. 口病誌, 261-276, 1981.
- 5) 鈴木司郎：多官能性モノマーと疎水性コロイダルシリカによる歯冠用硬質レジンについて (第3報). 歯科理工誌, 89-94, 1980,21.
- 6) 平澤 忠：硬質レジンの組成と物性の比較. DE No.85, 16-28, 1988.
- 7) 平澤 忠：硬質レジンの物性試験. 日本歯科医師会, P1-13, 1987.
- 8) H. VANKERCKHOVEN. et al. Characterization of Composite Resins by NMR and TEM. J Dent Res December, 1957-1985, 1981.
- 9) 山本昌雄：実験的レジン充填剤の歯科保存領域への応用に関する 基礎的研究：Prepolymer 合成に関する予備実験. 廣大歯誌 3, 50-54, 1971.
- 10) 平澤 忠、熱田 充：DE 別冊 前歯の歯冠修復. 医歯薬出版株式会社, P45-104 (1977).
- 11) Dr. Rudolf. et al. Isosit-a new dental material. Quintessence International, 3/1978.

