

# TMR-ゼットフィル10. 製品レポート

~フッ素徐放性と強度と操作性を追求したコンポジットレジン~

## 目 次

1. はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	$\cdots \cdots 2$
2. 歯科充填用コンポジットレジンの         2.1 コンポジットレジンとは ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
3. 「TMR - ゼットフィル 1 0.」の 3.1 フィラーテクノロジーの最大活用 ・・・ コラム「TMR - ゼットフィル 1 0.」製品名の由来 3.2 TMRシリーズによるイノベーション ・・	· · · · · · · · · · · · · · · 8 · · · ·
4. 「TMR - ゼットフィル 1 0.」の         4.1 機械的強度・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
加藤 喬大佐藤 雄司 松浦理太郎	会 (50音順) 博士 (工学)
ヤマキン博士 山田文一郎	会 相談役 博士(工学)

## ヤマキン博士会とは?

ヤマキンのさまざまな専門分野のエキスパート集団であり、各々の知識や経験、技術を融合することで、イノベーションを継続的に発生させる原動力となっている.

## TMR-ゼットフィル10.製品レポート

開発部 執行役員 兼 主席研究員 博士(工学) 加藤 喬大 生体科学安全研究室 上席主幹研究員 博士(農学) 松浦理太郎 有機材料開発課 主幹研究員 博士(薬学) 坂本 猛 有機材料開発課 プロジェクトリーダー 修士(工学) 水田 悠介

## 1. はじめに

う蝕に対するコンポジットレジンによる修復治療は健全な歯質を可能な限り削らずに治療できる方法である。また、コンポジットレジンは簡便に周囲の天然歯との色調を調整することに有効な充填材であるので、近年の「白い歯を回復したい」という要望に合致した材料である。

また、コンポジットレジンは硬化して高分子となるモノマーとシランカップリング剤で表面処理された無機フィラーからなる有機無機複合材料である。管理医療機器の中では比較的安価であることと近年のMI治療(Minimal intervention:最小限の侵襲)の概念の普及も相まって、歯科治療においてさまざまな症例に使用されるようになっている。このような特徴をもつコンポジットレジンは、付形性に優れるユニバーサルタイプと、流動性の高いフロアブルタイプがある。近年では、さまざまな窩洞に充填しやすいフロアブルタイプの方が多く使用されるようになっている。

このような特徴をもつコンポジットレジンではあるが、金属やセラミック材料に比べると強度に関して、課題があるといえる。とくにMI治療の概念が洗練されて、歯質表層の小さなう蝕の治療だけでなく臼歯部の歯冠修復にも使用されるので、咬合にも耐えうる高い強度が要求される。

さらに、コンポジットレジンは強度の他に耐久性、操作性、色調やフッ素徐放性などの観点から総合的に優れていることが必要である。とくに、操作性では、術者の負担にならないようなレオロジー(付形性と流動性)が求められ、色調では、容易に天然歯の色調を再現できることが望まれる。フッ素徐放性は、2次う蝕の予防のために提案されており、持続的な放出とリチャージ性が有効と考えられる。

このような要求に対して、すべての要件を満足することは困難であり、たとえば、フッ素徐放性を有する歯科材料はフッ化物イオンの徐放プロセスによっては、強度の低下や色調に悪影響を受ける可能性がある、YAMAKIN株式会社(以下、ヤマキン)では、要求される課題に対して「フッ素徐放性」と「強度」に着目して開発に取り組んだ結果、ハイブリット型硬質レジン「ツイニー」やCAD/CAM用レジンブロックシリーズにも採用されているヤマキン独自の技術であるセラミックス・クラスター・フィラーとフッ素徐放性フィラーを適切に組み合わせることで、コンポジットレジンの新製品「TMRー



TMRーゼットフィル10.

ゼットフィル10.」を提案するに至った.このように、さまざまなレジン材料の技術を集約し応用することで、咬合面にも使用できる高い強度とフッ素徐放性を両立させるというコンセプトのもと、とくに要求される操作性と色調を考慮して、本製品を実現している.

本技術レポートでは、「TMR-ゼットフィル10.」をさまざまな角度から紹介する。本製品にご 興味を持って頂き、今後の歯科治療の一助として活用いただけると幸いである。

## 2. 歯科充填用コンポジットレジンの基礎知識

#### 2.1 コンポジットレジンとは

コンポジットレジンは、有機無機複合材料であり、有機成分としてマトリックスとなるモノマー、 無機成分としてガラスを主成分としたフィラー、およびそれらの界面で構成された材料である.

モノマーとは、重合硬化してポリマー(レジン)へと変化する性質を有した有機材料であり、歯科材料では特に架橋性(メタ)アクリレート系モノマーの混合物であることが多い. 流動性を有したモノマーが固体のポリマーとなるという重合の性質は、コンポジットレジンの根幹に関わる重要な機能に関連している. すなわち、重合前は自在に形状を付与できる性質がある一方で、重合後は形状を維持する特徴的な機能をモノマーが担っている.

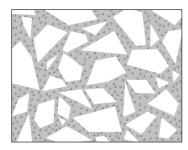
図1には歯科修復物として広く使用されているウレタンジメタクリレート(UDMA)およびトリエチレングリコールジメタクリレート(TEGDMA)を示す.この他にも、さまざまなモノマーが使用されており、性質の異なるモノマーとモノマーを混合させることで所定の粘度や重合収縮率に調整する.

UDMA

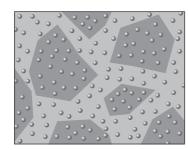
TEGDMA

図1 歯科材料で用いられるモノマー

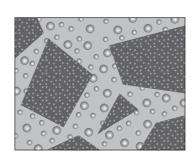
無機フィラーには、アルミナあるいはジルコニアを粒子状としたものが使用され、モノマーに充填 することで未硬化のコンポジットレジンとなる。 フィラーの充填により マトリックスの特性に曲げ 強さや硬さなどの機械的強度を与えることができる。歯科材料で使用されるフィラーには、サブミク ロンから数ミクロンの無機フィラーやナノサイズのコロイダルシリカ、あらかじめナノフィラーをモ ノマーに充填して重合硬化させた後に粉砕して作製する有機複合フィラーなど. さまざまな性状. 粒. 子径のフィラーが用いられている. 無機フィラーに使用する成分や形状を変えることで. 研磨性や操 作性の向上, フッ素徐放性の付与など, 機能の範囲が広がっていく. また, これらのフィラーを組み 合わせて用いることでペーストの操作性が調整される(図2).



1~10 μmのミクロンサイズの不定 形無機フィラー, 10~100 nmの球形 ナノフィラー



の球形無機フィラー、200~300 nm のサブミクロンフィラーを含む20~ 30 µmの有機複合フィラー



200~300 nmのサブミクロンサイズ 0.5~1 μmのミクロンサイズの球形 無機フィラー 10~30 nmのナノフィ ラーを含む10~50 μmの有機複合

図2 フィラー充填の模式図

上記のように それぞれが重要な役割を果たすモノマーと無機フィラーであるが これらが界面で 強固に結合していないと十分な強度や耐久性を得ることはできない。複合材料の破壊や破断を考える 際に、マトリックスとフィラーの界面での破壊が起こるからである。元来、多くのモノマーは親油性 であり、無機フィラーの表面は親水性であるからお互いの親和性は高くない、この点を解決するため に用いる手法がシランカップリング処理であり、カップリング処理を施した無機フィラーは、表面が 親油性へと改質され、モノマーとの親和性が高くなる、その結果、無機フィラーの高充填も可能にな るうえに、重合硬化後にはポリマーマトリックスと強固に結合することでコンポジットレジンの高強 度・高耐久性に大きく貢献する.

以上のように、コンポジットレジンが歯科材料として要求される性能を満たすためには、モノ マー、無機フィラーおよびそれらの界面がそれぞれの役割を十分に果たさなければならない。

## 2.2 光増感剤による光ラジカル重合反応機構

モノマーからポリマーを得るには、重合反応と呼ばれる特有の反応が必要である、重合反応は、連鎖 反応と逐次反応に分類される。連鎖反応では、モノマーから重合活性種が生じると直ちに別のモノマー と反応し、その後もさらに別のモノマーへの速い反応が続いて起こる(図3)、結果として、モノマー は、連鎖反応によって瞬間的に高分子量ポリマーと未重合モノマーの混合物と変化する。一方で、逐次 反応ではモノマーの消費が遅いため、ポリマーが高分子量化するには、ある程度時間を要する、

また、重合性基が分子内に複数あるモノマー(架橋性モノマー)の場合、重合によってポリマー は、ネットワーク構造(架橋構造)を形成し、重合が進んでポリマーネットワーク構造の密度が高く なると、分子量が小さい溶媒に対して溶解しない.

つまり、モノマーは連鎖反応によって、極めて短時間で硬化させることができる。 ラジカル重合 は、このような連鎖反応の一つの様式である。他の様式の重合反応よりも適用できるモノマーと反応 条件の範囲が広い.

高湿度の口腔内条件で、モノマーを含む歯科材料を瞬時に硬化させるには、ラジカル重合が最も適 切であり、歯科材料で頻繁に利用される重合反応である.

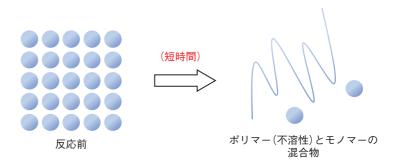


図3 連鎖反応 (ラジカル重合)

コンポジットレジンは、可視光を照射して硬化するため、モノマーと光増感剤を組み合わせてい る. 光照射すると、モノマーのラジカル重合が起こり、ポリマーが生成し硬化する.

ラジカル重合は、通常、モノマー単独で進行することはなく、加熱による重合であれば熱増感剤、 光照射による重合であれば光増感剤を開始材として使用する。コンポジットレジンの多くは、カン ファーキノン(以下, CQ)のような光増感剤や第3級アミンなどの促進剤を使用し、光照射により重 合 硬化する

ラジカル重合は、少なくとも図4に示す開始、成長、停止、連鎖移動の4種の素反応で構成されてい る。光照射重合の場合。光照射により光増感剤が開始ラジカルを生成し、開始ラジカルのモノマーへ の付加により成長ラジカルが生成する.この2種類の反応が開始である.成長では、成長ラジカルが 次々とモノマーへの付加を繰り返すことで、高分子量へと成長する、停止では、2分子の成長ラジカ ルによる再結合あるいは不均化で成長ラジカルは不活性となり、1分子あるいは2分子の高分子鎖が生 成する.

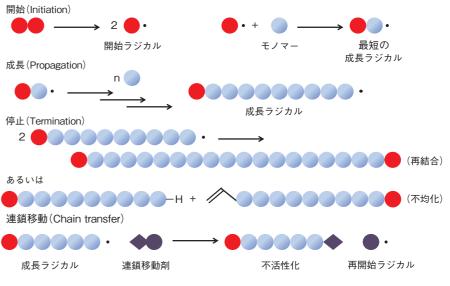


図4 ラジカル重合の素反応

## 2.3 開始反応と光照射器

光照射器からの光照射によって、コンポジットレジンのラジカル重合が開始するが、開始に用いる 光は光増感剤に吸収される光でなければならない。

CQは、歯科材料の光重合開始剤として広く用いられ、 $470\,\mathrm{nm}$ 前後に吸収極大を示すため、この波長領域の光照射によって励起される。光励起されたCQは、3級アミンのような水素供与体から水素を引き抜き、開始ラジカルを生成する。CQ/アミン系開始剤からは可視光照射で2種類のラジカルを生成するが、CQH・は立体生涯が大きいためにモノマーへの付加が起こらない。一方のR"CH(・)N(R) (R2)はモノマーへの付加を起こし、開始ラジカルとなる(図5)。

図5 カンファーキノン/3級アミン開始系から可視光照射によるラジカル生成

つまり、CQを光増感剤として用いるレジン材料は、470 nm前後の波長の光を照射することで重合硬化する。

照射した光の強度によって重合速度や生成するポリマー(硬化後の歯科材料)の物性が異なる.光で硬化する材料には適切な波長と強度の光が照射されなければならない.もし,適切でなければ,開始反応を十分に進行させることができず,結果的に重合が不十分な状態になる可能性があり,重合後の材料が本来の物性を発揮することができないことが考えられる.現在,さまざまな光源や光量を有した光照射器が市販されている.光源としてはハロゲンランプやプラズマランプ,LEDランプが用いられるが.近年ではLED光照射器が主流となっている(表1).

また、LED光照射器はレジン材料の硬化時間を短縮するために最大放射照度が高い製品が発売され、設定できる照射時間も短くなってきている。さらに表面滑沢材やホワイトニングにも適用できるように、青色LED(約470 nm)だけでなく紫色LED(約400 nm)も搭載した製品(ペンギンアルファなど)も販売されている。

表1 市販光照射器(LED)の例

メーカー	製品名	有効波長域 (nm)	最大放射照度 (mW/cm²)	
ピヤス/YAMAKIN	ペンギンアルファ	380 ~ 415 440 ~ 480	2400	
ピヤス	デライトオルソー	420 ~ 490	2700	
ヨシダ	ブルーレックス アルファ	450 ~ 470	1400	
ULTRADENT JAPAN	VALOキュアリングライト	395 ~ 480	4500	
ULTRADENT JAPAN	VALOコードレス	395 ~ 480	3200	
モリタ製作所	ペンキュアー2000	450 ~ 470	2000	
Kerr	デミ ウルトラ	450 ~ 470	1330	
ジーシー	G-ライトプリマⅡ Plus	390 ~ 410 455 ~ 475	2000	
白水貿易	≷ = LED Ⅲ	420 ~ 480	3300	
harden Minadent	ブルーフェイズ 20i	385 ~ 515	2200	
Ivoclar Vivadent	ブルーフェイズ style 20i	385 ~ 515	2000	
マイクロテック	レデックス ターボ WL-090	440 ~ 480	2400	
フォレスト・ワン	FUSION(フュージョン)5	420 ~ 490	4000	
デンタルテクニカ	NOBLESSE (ノブレス)	430 ~ 490	3000	
デントレード	D-LUX(ディーラックス)LED	430 ~ 490	2400	
ビー・エス・エーサクライ	X Light(エックスライト)	430 ~ 480	2500	

それぞれの製品が多種多様な特徴を有しており、使用するコンポジットレジンに対して適切な光量 と時間で光照射を行う必要がある。

製品の添付文書などでは、ハロゲンランプとLEDランプを比べた場合に、LEDランプが照射時間を半分程度にまで短縮できることを示す場合が多い。これはLEDランプがハロゲンランプに比べて、CQの励起波長である470 nmの光を限定的に照射できるからであり、照射時間が短くても十分な重合率を達成することができる。このような光源の発展も歯科治療の効率化に貢献している。

## 2.4 適用範囲の拡大

コンポジットレジンには、フロアブルタイプがラインアップされている。大きさや形状の異なる窩洞への充填を容易にするために、流動性が非常に高いものや、充填しながら付形ができるものまで、製品ごとにユニークな性質を有している。ユニバーサルタイプにも負けない強度をもったフロアブルタイプのものや、1回の光重合で4.0 mmの硬化深度を示す製品など、近年の技術発展は目覚ましい。今後もコンポジットレジンは進化を続け、修復治療における価値を高めていくものと考えられる。

## 3. 「TMR - ゼットフィル 1 0.」のコンセプト

## 3.1 フィラーテクノロジーの最大活用

2016年2月にヤマキンが発売した歯科充填用コンポジットレジン「アイゴス」はこれまで困難とされてきた「強度」と「フッ素徐放性」の両立を実現したものであり、この技術が後のCAD/CAM用ハイブリッドレジンブロックの競争優位性獲得につながった。

そして、今回「アイゴス」のコンセプトを引継ぎ、臨床現場で使いやすい操作性、色調などを追求した新製品「TMR-ゼットフィル10.(以下、ゼットフィル)」を発売するに至った。技術のポイントはヤマキンのフィラーテクノロジーを最大限に活用した点である。

		4.8	ゼットフィルへの応用			
イメージ	フィラーテクノロジー	効果	ユニバーサル	フロー, ローフロー		
8	セラミックス・ クラスター・フィラー (C.C.F.)	機械的強度向上	0	_		
0	フッ素徐放性フィラー	フッ素徐放性 フッ素リチャージ性	0	0		
ø	球状ナノフィラー	機械的強度向上 操作性向上	0	0		
	有機複合フィラー (OCF)	操作性向上審美性向上	0	0		

表2 ヤマキンのフィラーテクノロジー

表2に示すセラミックス・クラスター・フィラー (C.C.F.) は、高強度を実現するためにハイブリッド 型硬質レジン「ツイニー」や、CAD/CAM冠用ハイ ブリッドレジンブロックに使用されている。

また、フッ素徐放性を付与するためのフッ素徐放性フィラー、機械的強度や操作性を向上させるために約20 nmの球状ナノフィラー、操作性や審美性を向上させるために歯冠用硬質レジン「ルナウィング」に使用されている有機複合フィラー(OCF)などさまざまなフィラーが製品コンセプトに応じて組み合わせて使用されている。CAD/CAM冠用ハイブリッドレジンブロックである「KZR-CAD HR ブロック

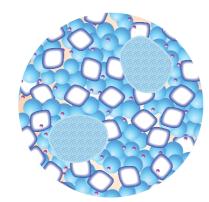


図6 「ゼットフィル(ユニバーサル)」の フィラー模式図

2」や「KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシータ」にもこれらのフィラーが応用されている.

「ゼットフィル」は、図6に示すとおり、ヤマキンがこれまでのレジン製品で培ってきたフィラー テクノロジーをすべて活用した集大成のレジン材料といえる。 コラム

## 「TMR-ゼットフィル10.| 製品名の由来

「TMR-ゼットフィル 1 O.」という製品名は「TMR」+「ゼットフィル」+「1 O.」の3つに構成されている.

「TMR」はもともと「詰める」が由来であり(ツ(T)、メ(M)、ル(R))、MI治療の概念にもとづき、できるだけ抜かず、削らず、自分の歯を残すというミッションで使用される製品シリーズの名称に使われている。「TMR」の名称を冠する製品として、「ゼットフィル」以外には、「TMR-MTAセメント」や「TMR-アクアボンドO」があり、それぞれの機能およびそれらを組み合わせた相乗効果によって、歯全体を守っていきたいと考えている。

「ゼットフィル」の「ゼット」はヤマキンがよく用いる名称である。代表的なものに歯科鋳造用金銀パラジウム合金「パラゼット12・n」がある。この「パラゼット」はヤマキンがJIS表示の許認可を得て1984年より全国展開したものであり、この製品を皮切りに新製品を続々と開発し、歯科用貴金属合金市場においてヤマキンがトップクラスのメーカーになった。JIS表示許可当時の6名の社員が、大手メーカーに果敢に挑戦してきた歴史があり、ヤマキンのものづくりの遺伝子を引き継いでいくという思いから「ゼット」という名称が継承されたのである。ちなみに、はじめて「ゼット」を付けた理由は、製品名を考えていた当時、高級車として脚光を浴びていたスポーツカー「フェアレディZ」がたまたま会社の前を通ったため、「ゼットええやん」と決定したという裏話がある。

そして、最後の「10.」であるが、「ゼットフィル」には10の特徴(ポイント)があることから付けられた。そのポイントを下記に示す。

- 1) 高強度
- 2) フッ素徐放性
- 3) フッ素リチャージ性
- 4) 使いやすさ
- 5) 流動性
- 6) 付形性
- 7) 易研磨性
- 8) カメレオン効果
- 9) 豊富な色調ラインアップ
- 10) 生物学的安全性



コンポジットレジンは窩洞に「充填」して使用される. そのため, 「充填」→「十点」→「10.」という 意味も含まれている.

TMR ZFIII 10.

## 3.2 TMRシリーズによるイノベーション

上述のとおり、ヤマキンが展開しているTMRシリーズは「ゼットフィル」と歯科用象牙質接着材「TMR-アクアボンド 0 (以下、アクアボンド)」(図7)、歯科用覆髄材料「TMR-MTAセメント(以下、MTAセメント)」(図8)から成っており(2018年8月現在)、MIの概念にもとづき、できるだけ抜かず、削らず、自分の歯を残すというミッションで使用される製品シリーズである。

たとえば、歯髄保護処置を例とする。歯髄保護処置は歯髄を守り、自分の歯を残すために重要な処置である。しかしながら、その成功率は低く、その後の感染リスクを回避するために抜髄を選択するケースが多いといわれている。そのようなプロセスギャップを少しでも解消するために、ヤマキンはTMRシリーズの機能性を組み合わせたイノベーションを提案している。

封鎖性が良く、硬化後の安定性に優れ、硬組織誘導能が実験などで認められている「MTAセメント」と、それに接着する機能を持ち、「MTAセメント」による歯髄保護処置



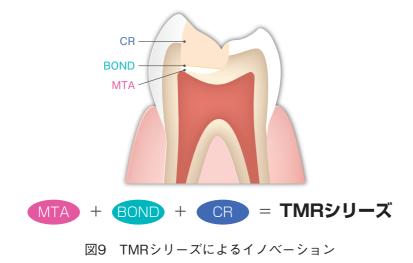
図7 「TMR-アクアボンドO」



図8 「TMR-MTAセメント」

後、即座にCR充填を可能とした「アクアボンド」(接着コンセプトに関しては後述)、そして、フッ化物イオンを放出し、歯質強化や虫歯菌付着抑制が期待できる「ゼットフィル」、それぞれの機能により、歯髄保護の可能性を追求したいと考えている。

今後、臨床的な検証を行っていき、学会やレポートなどを通じて報告する予定である.



<「MTAセメント」と「アクアボンド」の接着コンセプト>

水と混和してペースト化する「MTAセメント」は水分が含まれるので、疎水性のボンディング材となじみが良くない。しかしながら、接着性成分に両親媒性を示すM-TEG-P®を用いた「アクアボンド」は親水性のため、水が含まれる状態の「MTAセメント」においてもなじみが良く、セメント表

面の凹凸にも密着すると考えられる(図10).

リン酸モノマーは、ジルコニアとの反応性に優れていることが知られているが $^{1-3)}$ 、「MTAセメント」にX線造影剤として含まれるジルコニアと「アクアボンド」に含まれるM-TEG-Pのリン酸基が結合することで、接着に有効に働くと考えられる(図11).



TMR-MTAセメント ジルコニア微粒子

図10 界面のイメージ図

図11 M-TEG-Pとジルコニアの結合

「MTAセメント」に対して、「アクアボンド」を用いて「ゼットフィル」を接着させるシステム (TMRシリーズ) の接着強さを評価した結果を図12に示す。「MTAセメント」を水と混和後に、シリコン型につめ、混和してから5分間後、エアー乾燥(0~30秒)し、その上に「アクアボンド」を塗布し、エアー乾燥・光照射し、「ゼットフィル(フロー)」を塗布・光照射し、ステンレス棒をレジンセメントで固定したものを試験片として、1日後に引張接着強さを測定した。図12に示すように、TMRシリーズの活用により、一定の接着強さが確認されており、この組み合わせで見出される新しい価値といえる。

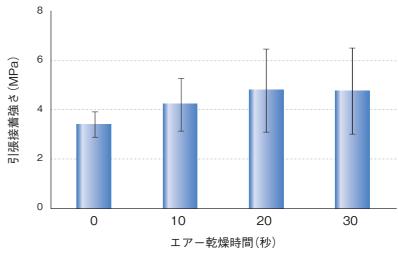


図12 TMRシリーズによる接着性

※ M-TEG-PはYAMAKIN株式会社の登録商標です.

## 4. 「TMR-ゼットフィル10.」の特徴

## 4.1 機械的強度

## 4.1.1 曲げ強さ

「ゼットフィル」の曲げ強さはJIS T 6514 4 を参考にして、3点曲げ試験で評価を行った.

2.0 mm×2.0 mm×25 mmの金型に充填し光硬化後,耐水研磨紙で調整し,試験片とした.試験片を37℃の水中に1日保管後,小型卓上試験機(EZ-Graph:島津製作所)を用いて測定した.

また、耐久性の評価には、構成物の熱膨張率の違いを利用し、温水と冷水に交互に浸漬を繰り返して材料の劣化を促すサーマルサイクル試験が用いられる。この試験は、口腔内での使用を想定したモデル試験である。今回、4  $\mathbb{C}$   $\mathbb{C}$  と60  $\mathbb{C}$   $\mathbb{C}$  で、各30秒間浸漬する条件を5,000サイクル行い、その後3点曲げ試験を行い耐久性を確認した(図13)。

「ゼットフィル」のユニバーサル,フロー,ローフローの各タイプは同程度の曲げ強さおよび耐久性を示した。そのため、術者は強度や耐久性の違いを考慮する必要なく、適用部位に対して使用したいペースト性状を選択することができる。

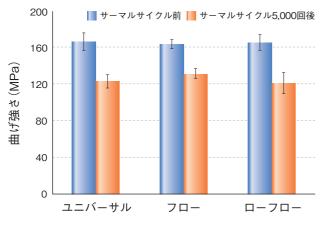


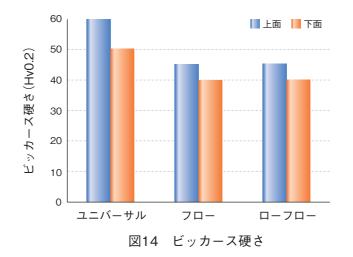
図13 サーマルサイクル前後の曲げ強さ

## 4.1.2 ビッカース硬さ

コンポジットレジンは数秒の光照射でも十分に硬化する必要がある。そこで、「ゼットフィル」の ビッカース硬さを以下の方法で測定した。

直径12 mm,厚さ2.0 mmの金型に「ゼットフィル」を充填し,光量が1,000 mW/cm²以上のLED光 照射器で10秒間照射した.硬化したレジンの上面(照射面),下面(非照射面)をビッカース硬さ試 験機(HV-113:ミットヨ)にて荷重200 g,荷重時間15秒,試験数 n=1の条件で測定した.なお,測 定は1面につき3回測定を行い,その平均値を算出した.

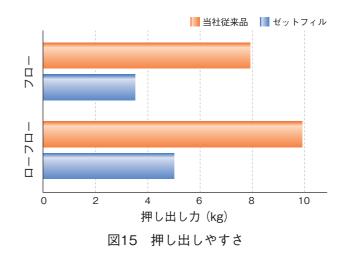
図14には上記条件でのビッカース硬さを示す。歯冠用硬質レジンのJIS規格50では、ビッカース硬さが18 (HV0.2) 以上であることと、下面の硬さが上面の硬さの70%以上であることを想定している。「ゼットフィル」の表面は高いビッカース硬さを示しており、下面は上面の70%以上であった。



## 4.2 操作性

## 4.2.1 押し出しやすさ

コンポジットレジン修復を臨床で行う際に、シリンジからの吐出量のコントロールは非常に重要であり、特にフロアブルタイプに関しては、シリンジから押し出す際のストレスをできるだけ避けたい。そこで、「ゼットフィル」はレジン内容物だけでなく、シリンジ内部の形状まで検討を行い、当社従来品よりも少ない力(約1/2)で吐出でき、糸引きが少なくコントロールしやすい設計とした(図15)



## 4.2.3 流動性

「ゼットフィル」には、流動性の異なる2種類のフロアブルタイプレジンをラインアップしている。このような流動性の違いを症例に合わせて使いわけることで、適切な修復を行うことができる。

## 4.2.4 付形性

稠度調整を行った「ゼットフィル ユニバーサル」は、歯質に 密着して充填する際に気泡の巻き込みが少ない。そのため、製品 本来の物性が臨床上でも発揮されると考えられる。また、歯質に 密着する性質がある一方で、充填器にレジンが付着しにくく、離 れが良好である。さらに、優れた付形性により、繊細な修復作業も可能である(図17).

また、ローフローに関しては上述のように流動性を低く設計しており、図18に示すとおり、垂直方向に形状を保持することができる。そのため、ローフローで咬合面まで修復することも可能である。

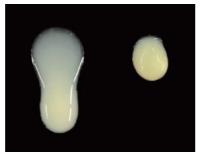


図16 「ゼットフィル フロアブルタイプ」 (左:フロー,右:ローフロー)



図17 「ゼットフィル ユニバー サル」の付形性



図18 「ゼットフィル」のフロアブルタイプレジンの付形性 (左:フロー、右:ローフロー)

## 4.2.5 易研磨性

コンポジットレジン修復後、しっかり研磨して表面粗さをできるだけ小さくしないとプラークが付着しやすくなるといわれている。その作業は口腔内で行われるため、患者負担をできるだけ小さくするために短時間で研磨が完了するような特性が求められる。図19にティッシュのみで研磨した「ゼットフィルフロー」を示す。「ゼットフィル」はフィラーテクノロジーの組み合わせにより、研磨しやすく、光沢を得られやすい設計となっている。



図19 ティッシュを用いて研磨した「ゼットフィル フロー」

## 4.3 色調

#### 4.3.1 ラインアップ

図20には、光量1,000 mW/cm²以上の光照射器で10秒間照射した場合の「ゼットフィル」の色調サンプルを示す。なお、各サンプルは厚さ1.0 mmであり、色調は厚みと背景色により見え方が変わる点を留意していただきたい。

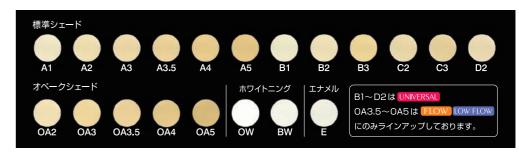


図20 「ゼットフィル」の色調サンプル

「ゼットフィル」は透過率が高めに設計されており、歯の切端部分などの色調を自然に再現できる。そのため、1回の治療を1シェードで修復することも可能である。ユニバーサルタイプは17色、フロアブルタイプは各14色をラインアップしており、幅広い年代の患者の皆様やさまざまな症例に対して、適切な色調を選択することができる(表3)。

また,当社従来品において好評頂いているA5およびOA5シェードをラインアップしている. A4シェードよりも明度が低く,彩度の高い色調であり,高齢者の歯頚部など,色調の濃い歯質に対して有効である.

## 表3 ラインアップ

品名	類別	A1	A2	АЗ	A3.5	A4	A5	В1	B2	ВЗ	C2	СЗ	D2	その他	シェード数	容量
ゼットフィル ユニバーサル	デンティン オペーク	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	BW, E, OW	17	3.8 g(2 ml)
ゼットフィル フロー	デンティン オペーク	•	•	•	•	•	•							BW, E, OW	14	2.6 g(1.5 ml)
ゼットフィル ローフロー	デンティン オペーク	•	•	•	•	•	•							BW, E, OW	14	2.6 g(1.5 ml)

BW: ブリーチングホワイト E: エナメル OW: オペークホワイト

#### 4.3.2 カメレオン効果

フィラーテクノロジーを組み合わせたことで、当社従来品と同じ透過率ながら高い光拡散性を実現した.この特性により、光が散乱して周囲の色がなじみやすくなるため、カメレオン効果が期待できる.

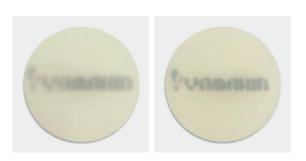


図21 光拡散性(左:ゼットフィル 右:当社従来品)

## 4.3.3 耐着色性試験

コンポジットレジン修復の審美性を考えると、飲食物などによる変色、着色の影響を評価すること も重要である。今回、「ゼットフィル」の紅茶による耐着色評価を以下のように行った。

直径15 mm,厚さ1.0 mmの金型に「ゼットフィル」を充填し,光重合器にて硬化させ,硬化後の表面を鏡面研磨し,試験片とした。牛歯は,あらかじめ象牙質とエナメル質を露出させたものを用意し,直径25 mm,厚さ1.5 mmの形状の金型の中央に設置した。その後,樹脂露出面が平面になるように樹脂で保持後,表面の鏡面研磨を行い,試験片とした。それぞれの試験片を紅茶水溶液に浸漬させ,37  $\mathbb C$  の恒温槽内で保管し,浸漬時間6,24,48時間ごとに容器から取り出し,流水で十分洗浄した。洗浄後,ペレットを分光測色計(CM-3610d:コニカミノルタ)にて測色し,着色前の試験片との色差 $\Delta$ Eを算出した。

図22が示すように、レジン材料および牛歯のどちらも浸漬時間が長くなるほど、着色度合いが大きくなる傾向がある。しかしながら、紅茶水溶液に48時間浸漬した「ゼットフィル」と牛歯を比べると、「ゼットフィル」のほうが紅茶水溶液に対して着色しにくいことが確認された。

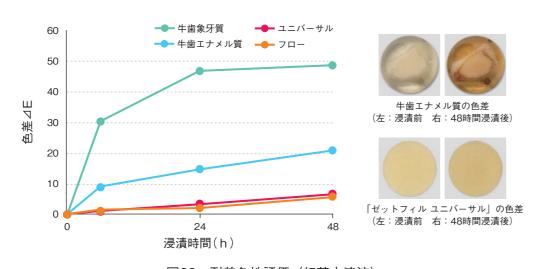


図22 耐着色性評価(紅茶水溶液)

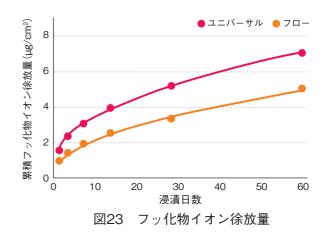
## 4.4 フッ素徐放性

## 4.4.1 フッ化物イオン放出量

口腔内に取り込まれたフッ化物イオンは、エナメル質の脱灰抑制、再石灰化促進やう蝕予防効果を示すことが知られている<sup>6-10</sup>.このような効果を期待し、「ゼットフィル」にはフッ素徐放性フィラーを配合している。そこで、「ゼットフィル」のフッ素徐放性を以下の通り評価した。

直径12 mm, 厚さ0.5 mmの金型に「ゼットフィル」を充填し、光重合器で硬化させ、硬化後の試験 片表面を耐水研磨紙で整えた。作製した試験片を流水で十分に洗浄し、15 mL蒸留水に浸漬した。所 定期間後に試験片を取り出し、浸漬水のフッ化物イオン濃度を、イオンメーター(F-55:堀場製作 所)で測定し、単位面積あたりのフッ化物イオン徐放量を算出した。

測定の結果(図23),「ゼットフィル」は、2ヶ月以上の長期にわたりフッ化物イオンを安定して 放出することが示された。



## 4.4.2 フッ素リチャージ性

2ヶ月間でのフッ化物イオン徐放量を追跡した「ゼットフィル」だが、その徐放量は減退することが考えられる。しかし、「ゼットフィル」に使用されているフッ素徐放性フィラーは、フッ素配合の歯磨剤を用いてブラッシングすることでフッ化物イオンをリチャージすることができる。検証のため、以下のモデル実験を行った。

直径15 mm, 厚さ0.5 mmの金型にフッ素徐放性フィラーを使用したレジン材料を充填し, 光重合器にて硬化させ, 硬化後の試験片表面を耐水研磨紙で整えた. 試験片は15 mLの蒸留水に計48時間浸漬し, ある程度フッ化物イオンを徐放させたものを用いた. フッ化物イオン徐放後の試験片のブラッシングを, ISO 14569-1 <sup>11)</sup> を参考に簡易歯ブラシ摩耗試験機を用いて行った. 試験片をフッ素配合歯磨剤懸濁液中に固定し, 荷重2.0 N, 滑走速度850 mm/sで歯ブラシを500回滑走した. ブラッシング後の試験片は流水で十分洗浄し, 試験片から徐放したフッ化物イオン量をイオンメーターで測定した. ブラッシングとフッ化物イオンの測定を計4回行った.

測定したフッ化物イオン量(図24)から、フッ素配合歯磨剤でブラッシングすることで、フッ素リチャージ性を示すことが確認された。また、リチャージの回数を重ねてもフッ化物イオンの徐放量は安定しており、高い再現性を有していることが示唆される。つまり、数年以上口腔内で維持されるコンポジットレジンにフッ素徐放性フィラーが使用されていれば、定期的なブラッシングが行われることで半永久的なフッ素徐放性を示すことが期待できる。

一方で、フッ素徐放性フィラー非配合のレジン材料において同様の実験を行ってもリチャージ挙動が見られないことから、この特性は「ゼットフィル」にも使用されているフッ素徐放性フィラー由来の性質であることがわかる.



図24 フッ素配合歯磨剤を使ってブラッシングした時のフッ化物イオン徐放量

## 4.4.3 虫歯菌付着試験

フッ化物イオンにはう蝕予防につながるさまざまな機能性が報告されている。これまで述べてきたように、「ゼットフィル」は長期に渡るフッ素徐放性およびリチャージ性を有している。そこで本項では「ゼットフィル」の機能性評価を目的として、虫歯の原因菌であるストレプトコッカス ミュータンス(以下、虫歯菌)に対する影響を検証した(図25)。直径12 mm、厚さ1.0 mmの金型にユニバーサルタイプの「ゼットフィル」を充填し、光重合器で硬化させ、表面を耐水研磨紙で整えて試験片とした。虫歯菌をBHI液体培地で前培養し、600 nmにおける吸光度が約0.01となるように1%スクロース含有BHI溶液で調製した細菌懸濁液を播種菌液とした。24穴培養プレートのウエルに試験片を設置し、播種菌液を1 mL添加後、37℃の恒温器で24時間好気培養した。PBS(-)で洗浄後、試験片をクリーンなウエルに移し、Microbial Viability Assay Kit-WST (同仁化学) 12)の試験薬を添加後2時間呈色させ、反応液の450 nmにおける吸光度測定を行った。本試験では、試験片に残存する虫歯菌に起因して、オレンジ色のホルマザンが生成する。したがって、材料に付着している虫歯菌の数が多いとオレンジ色を色濃く発色し(吸光度が高い)、逆に細菌の数が少ないと発色が淡く(吸光度が低い)なる。

図26に示すように、フッ素徐放性を持たない対照試料に対して、「ゼットフィル」では大きな吸光 度の低下が認められ、本試験において「ゼットフィル」上の虫歯菌付着量の減少が示された.

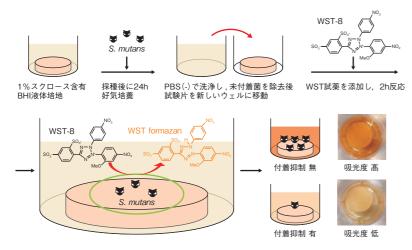
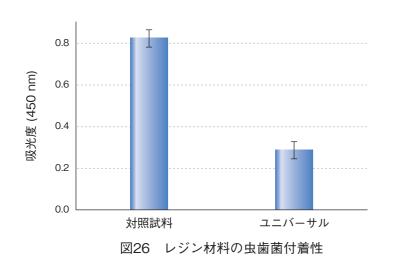


図25 虫歯菌付着試験 試験スキーム



#### 4.4.4 フッ化物イオンのリスク

ここまで「ゼットフィル」のフッ素徐放性について述べた.フッ化物は、う蝕予防に関連するさまざまな性質を有しているが、その一方でリスクに関する報告も散見される.このようなフッ化物のリスクに関連した研究の一例として、純チタンあるいはチタン合金に対する腐食に関するに研究が挙げられる.チタンは優れた耐食性および生体適合性を有していることから、歯科領域において純チタンおよびTi-6Al-4Vなどのチタン合金が、デンタルインプラント、義歯床、矯正材料などで用いられている.チタンの優れた耐食性は金属表面に形成された不働態皮膜によるが、ある環境下ではフッ化物の存在によりフッ化水素酸(HF)が形成され不働態皮膜が破壊される<sup>13)</sup>.中川らは、腐食電位とチタンの溶出量との関連性に着目し、フッ化物濃度が高いほど、酸性条件である(pHが低い)ほど腐食が生じやすく、さらに低溶存酸素環境下では、より一層チタンの耐食性低下が懸念されると述べている<sup>14-16)</sup>.

口腔内のpHは,飲食によって4~7の範囲で変動する<sup>17)</sup>.歯冠修復物の隣接面,義歯床の粘膜面,口腔インプラントの上部構造と歯肉の隙間などは大気と接触していないため,酸素濃度は大気中の1/3~1/10以下<sup>18)</sup>であり,飲食後に口腔内のpHが低下し,かつこのような酸素濃度の低い部位では,歯面塗布剤(フッ素濃度,約9,000 ppm),歯磨剤(同,約900 ppm),および洗口液(同,約450 ppm)などのフッ化物によってチタンの腐食が進行する可能性がある.仮に,口腔内で生じるフッ化物によってチタンあるいはチタン合金製のインプラント体の耐食性が低下するのであれば、腐食を生じ,破折につながる可能性がある.しかしながら,実際に歯科医院で行われるプロフェッショナルケアでは、リン酸酸性フッ化ナトリウム溶液による歯面塗布を避け、中性フッ化ナトリウム溶液の塗布が推奨されている.また、家庭でのセルフケアで用いられるフッ化物製剤はそのほとんどが中性であるため、これらの使用により腐食が懸念される酸性環境に陥るとは考え難い.

相田らは文献レビューを通して、pH4.7以下の酸性条件におけるフッ化物配合歯磨剤によるチタンの腐食の可能性を認めつつ、文献の報告の多くがin vitro試験による結果であることや、中性あるいは弱酸性域におけるチタン腐食の可能性が極めて低いこと、口腔内では唾液によってフッ化物濃度が低下し、pH変化に対する緩衝作用も働くものと推察されるため、フッ化物によるチタンインプラント腐食の可能性について極めて低いものと考察している<sup>19)</sup>. また、フッ化物配合歯磨剤によるブラッシング後、数分で口腔内(唾液中)のフッ化物濃度が数ppmまで低下するとの研究報告も認められる<sup>20)</sup>.

以上、現在使用されているフッ化物が配合された歯科材料に関して、そのフッ化物による口腔内のチタン製補綴物の腐食リスクは極めて低いものと考えられる。なお、「ゼットフィル」の一日あたりのフッ化物イオン徐放量は、 $1.4\,\mu g/cm^2$ (ユニバーサルタイプ)であり、歯面塗布剤や歯磨剤とフッ化物配合濃度と比較して非常に低いことから、チタンの腐食の可能性は極めて低いものと推察される。

## 4.5 生物学的安全性

ヒトとわずかでも接触する医療機器は、接触する人体組織に 対する細胞毒性やアレルギーなどのリスクを評価しなければな らない(生物学的安全性評価). 細胞毒性, 刺激性, 感作性, 遺伝毒性, 埋植など, 考慮すべき生物学的安全性はさまざまで あるが, ヒトとの接触部位・接触期間など, 医療機器の特性を 考慮して必要な安全性評価が行われる.

「ゼットフィル」は口腔内で使用されるので、当然ヒトと接触する医療機器であり、生物学的安全性の評価が求められる. 本節では、「ゼットフィル」の生物学的安全性評価として、ヒ

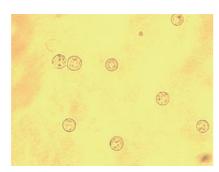


図27 ヒト単球性白血病細胞株 THP.1細胞

ト単球性白血病細胞株 THP.1細胞(高知大学医学部歯科口腔外科学講座より分譲)を用いた細胞毒性 試験を実施した(図27).

## <試料>

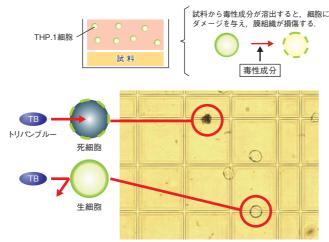
「ゼットフィル」の各タイプ (ユニバーサル,フロー,ローフロー) を直径15 mm,厚さ1.0 mmのペレット形状に硬化後,P2000の研磨紙で研磨した.作製した試料を24穴プレートのウエルに設置し,10万個/mLに調整したTHP.1細胞を1 mL播種した.これを炭酸ガスインキュベーター(5 %CO<sub>2</sub>,37  $\mathbb C$ )内で3日間培養した.培養後の細胞を回収し,トリパンブルー色素排除試験およびWST-8細胞毒性試験に供した.ウエルに試料を設置せずに培養した細胞をコントロールとした.

## 4.5.1 トリパンブルー色素排除試験<sup>21)</sup>

毒性を有する試料上で細胞を培養すると、試料から細胞培養液中に毒性成分が溶出する。細胞は、細胞膜と呼ばれる細胞の内外を隔てる生体膜を有しているが、毒性成分によって細胞がダメージを受けると細胞膜が破壊される。ここに、色素化合物であるトリパンブルーを添加すると、細胞膜の破壊された細胞(死細胞)に容易に侵入し、細胞内のタンパク質を青く染色する。その一方、健常な細胞(生細胞)では細胞膜によってトリパンブルーが取り込まれない。したがって、染色されていない生

細胞と、青く染色された死細胞を顕微鏡 観察によって個別にカウントすること で、培養細胞に占める生細胞の割合、す なわち細胞生存率を測定することが可能 となる(図28).

図29に示すように「ゼットフィル」は、ユニバーサル、フロー、ローフローいずれのタイプの試料においてもコントロールと同等の高い細胞生存率が認められた.



染色色素トリパンブルーは膜組織の崩壊した死細胞の中に入り込み、 細胞内のタンパク質を青く染める.

図28 トリパンブルー色素排除試験の原理

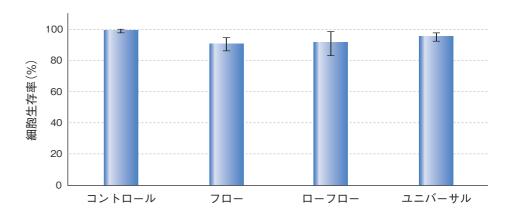
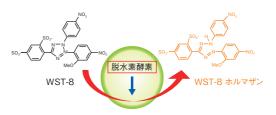


図29 THP.1細胞の生存率

## 4.5.2 WST-8細胞毒性試験<sup>22,23)</sup>

WST-8(2-(2-methoxy-4-nitrophenyl)-3-(4-nitrophenyl)-5-(2,4-disulfophenyl)-2H-tetrazolium)は、生細胞の持つ脱水素酵素 (NAD+, NAD(P)+デヒドロゲナーゼ)によってオレンジ色のWST-8ホルマザンへと還元される。本試験は、この原理を利用してオレンジ色の濃淡を吸光度として測定することで、試料上で培養した細胞の代謝活性を比較する試験である。すなわち、オレンジ色が濃い(吸光度が高いり場合、細胞毒性は低く、薄い(吸光度が低い)場合、細胞毒性が高いものと判定する(図30)



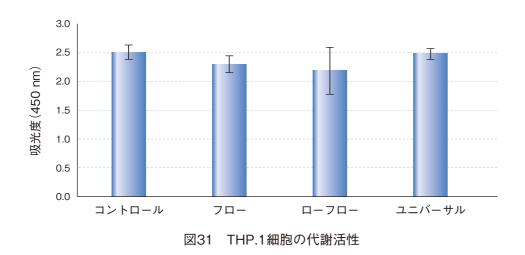
細胞の代謝活性 (脱水素酵素) によりWST-8がオレンジ色のWST-8ホルマザンへと変化する



低い毒性:細胞の代謝活性が維持されて、 WST-8 ホルマザンの生成量も高い

図30 WST-8細胞毒性試験の原理

試料上で培養した細胞を96穴培養プレートのウエルに移し、WST-8試薬を添加した。37℃で2時間 静置した後、生成するホルマザン(オレンジ色)の吸光度(450 nm)を測定した。「ゼットフィル」 (ユニバーサル、フロー、ローフロー)はいずれの試料もコントロールと同等の吸光度を示し、 THP.1細胞の代謝活性に対する影響は認められなかった(図31).



## 4.5.3 情報開示の取り組み (コンポジット治療カード)

2003年、ヤマキンは、当時の歯科用貴金属製品における技術ノウハウである微量添加元素を含めた すべての成分に関する情報開示に踏み切った. さらに、2005年2月から陶材焼付用貴金属合金. 白金 加金・金合金(自費商品)の全製品を対象に成分証明書「メタルカード」を製品に1枚ずつ同梱して いる、特定の金属成分でアレルギーになる患者がいるので、成分を伝えることで安全への取り組みと なった、そして、その取り組みは金属製品だけでなく、セラミックスやレジン製品にも展開してい

「ゼットフィル」を使用して修復した後に、歯科医師の先生から患者の皆様にお渡しいただき、使 用材料をご確認いただけるようコンポジット治療カード(図32)を制作した.診療における情報開示 ツールとして、または、院内コミュニケーションツールとして、さまざまなシーンでご活用いただけ れば幸いである.





図32 コンポジット治療カード(左:オモテ面 右:ウラ面) 実際のデザインは変わる場合がございます

## 5. 臨床例

以下の臨床例は、コンポジットレジン修復工程の一部であり、実際の使用方法または操作方法につ いては添付文書を確認すること.

■ I級窩洞の修復① (写真提供:医療法人山北歯科診療所(高知県香南市))









② アクアボンドの塗布

③ ゼットフィル フローの 充填

④ ゼットフィル ユニバー サルの充填



⑤ 治療後

## ■ I級窩洞の修復② (写真提供:医療法人山北歯科診療所(高知県香南市))









① 窩洞形成

② マルチエッチャントの ③ アクアボンドの塗布

④ ゼットフィル フローの





⑤ ゼットフィル ユニバー ⑥ 治療後 サルの充填

## ■ II 級窩洞の修復(写真提供:医療法人山北歯科診療所(高知県香南市))









① 窩洞形成

⑤ ゼットフィル フローの ⑥ ゼットフィル ユニバー

② アクアボンドの塗布

サルの充填



⑦ 光照射後

⑧ 治療後

## 6. おわりに

ヤマキンは研究開発の成果として、それまで困難とされていた「強度」と「フッ素徐放性」を両立 した歯科充填用コンポジットレジン[アイゴス]を誕生させ、虫歯菌の付着抑制をはじめ、ユニークな 性質を見出してきた、しかしながら、ヤマキンの研究開発はさらに進化を続け、「アイゴス」の長所 に加えて、臨床現場で使いやすい操作性、色調などを追求した新製品「TMR-ゼットフィル10.」 を上市するに至った、本製品はヤマキンのフィラーテクノロジーを最大活用した集大成である。MI の概念にもとづき、できるだけ抜かず、削らず、自分の歯を残すというミッションで使用され、さま ざまな機能により、患者の皆様のQOLを高めていきたい.

そして、今後も地域医療に微力ながら貢献したいという思いで、新しい製品・サービスづくりを続 けていきたいと考えている.

虫歯菌付着試験と細胞毒性試験は、高知大学医学部歯科口腔外科学講座との共同研究により実施さ れたものである.

## 《参考文献》-

- 1) Shimoe S, Hirata I, Otaku M, Matsumura H, Kato K, Satoda T: Formation of chemical bonds on zirconia surfaces with acidic functional monomers. Journal of Oral Science, 60(2), 187-193, 2018.
- 2) SS Atsu, MA Kilicarslan, HC Kucukesmen, PS Aka: Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. Journal of Prosthetic Dentistry, 95(6), 430-436, 2006.
- 3) A Piwowarczyk, H-C Lauer, JA Sorensen: The shear bond strength between luting cements and zirconia ceramics after two pre-treatments. Operative Dentistry, 30(3), 382-388, 2005.

— 24 —

4) JIS T 6514:2015 「歯科修復用コンポジットレジン」

- 5) JIS T 6517: 2011 「歯冠用硬質レジン」
- 6) Hicks J, Garcia G, Milano M, Flaitz C: Compomer materials and secondary caries formation. Am. J. Dent., 13(5), 231-234, 2000.
- 7) Han L, Edward C, Okamoto A, Iwaku M: A comparative study of fluoride-releasing adhesive resin materials. Dent. Mater. J., 21(1), 9-19, 2002.
- 8) 糸田俊之, 岩井陽一郎, 岡本美々子, 田代陽子, 仲保聡, 西村佳浩, 永峰道博, 鳥井康弘, 吉山昌弘: フッ素徐放性接着システムによる脱灰象牙質の再石灰化. 日歯保存誌. 44. 175-181. 2001.
- 9) Okuyama K, Nakata T, Pereira PN, Kawamoto C, Komatsu H, Sano H: Prevention of artificial caries: effect of bonding agent, resin composite and topical fluoride application. Oper. Dent., 31 (1), 135-142, 2006.
- 10) 木地村太基, 小松久憲, 松田康裕, 奥山克史, 衣川道彦, 佐野英彦:フッ素徐放性レジンの齲蝕抑制 効果の pH サイクルによる評価. 日歯保存誌, 52, 39-50, 2006.
- 11) ISO/TR 14569-1: 2007, Dental materials Guidance on testing of wear Part 1: Wear by tooth brushing.
- 12) Tsukatani T, Suenaga H, Higuchi T, Akao T, Ishiyama M, Ezoe K, Matsumoto K., Colorimetric cell proliferation assay for microorganisms in microtiter plate using water-soluble tetrazolium salt. J Microbiol Methods., 75(1): 109-116, 2008.
- 13) Bard JA: Encyclopedia of electrochemistry of the element. Titanium. Vol. V. James WJ. Straumanis ME, editors. New York: Marcel Dekker, pp305-395, 1976.
- 14) Nakagawa M, Matsuya S, Shiraishi T and Ohta M: Effect of fluoride concentration and pH on corrosion behavior of titanium for dental use. J Dent Res, 78: 1568-1572, 1999.
- 15) Nakagawa M, Matsuya S and Udoh K: Corrosion behavior of pure titanium and titanium alloys in fluoride-containing solutions. Dent Mater J, 20: 306-314, 2001.
- 16) Nakagawa M, Matsuya S and Udoh K: Effects of fluoride and dissolved oxygen concentrations on the corrosion behavior of pure titanium and titanium alloys. Dent Mater J, 21: 83-92, 2002.
- 17) 浜田茂幸, 大島隆:新・う蝕の科学, 第1版, 23, 2006, 医歯薬出版, 東京.
- 18) 中川雅春: 口腔という環境におけるチタンの問題点. 日本歯科医師会雑誌, 58(6): 531-541, 2005.
- 19) 相田潤, 小林清吾, 荒川浩久, 八木稔, 磯崎篤則, 井下英二, 晴佐久悟, 川村和章, 眞木吉信: フッ 化物配合歯磨剤はチタン製インプラント利用者のインプラント周囲炎のリスクとなるか: 文献 レビュー. 口腔衛生学会雑誌. 66(3): 308-315. 2016.
- 20) 下井戸さよ:ホームケア用フッ化物製剤のう蝕予防性について 起床時唾液中フッ素濃度から の検討 -. 神奈川歯学, 34(1): 43-60, 1999.
- 21) Correa GT, Veranio GA, Silva LE, Hirata Junior R, Coil JM, Scelza MF, Cytotoxicity evaluation of two root canal sealers and a commercial calcium hydroxide paste on THP1 cell line by Trypan Blue assay. J. Appl. Oral Sci., 17: 457-461, 2009
- 22) Ishiyama M, Miyazono Y, Sasamoto K, Ohkura Y, Ueno K, A Highly Water-Soluble Disulfonated Tetrazolium Salt as a Chromogenic Indicator for NADH as Well as Cell Viability. Talanta, 44: 1299-1305, 1997.
- 23) Tominaga H, Ishiyama M, Ohseto F, Sasamoto K, Hamamoto T, Suzuki K, Watanabe M, A water-soluble tetrazolium salt useful for colorimetric cell viability assay. Anal. Commun., 36: 47-50, 1999.

アイゴス 管理医療機器 歯科充填用コンポジットレジン 認証番号:226AABZX00132000

KZR-CAD HR ブロック 2 管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料 認証番号:226AABZX00171000 CAD/CAM 冠用材料(I) KZR−CAD ブロック 3 ガンマシータ 管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料 認証番号: 229AABZX00114000 CAD/CAM 冠用材料(II)大臼歯用

ツイニー 管理医療機器 歯冠用硬質レジン 認証番号:222AABZX00121000 ルナウィング 管理医療機器 歯冠用硬質レジン 認証番号:218AABZX00035000

— 25 —

## 製品ラインアップ







フッ素徐放性と強度の両立を実現

TMR-ゼットフィル10.

管理医療機器 歯科充填用コンポジットレジン 認証番号: 230AABZX00066000

## 関連製品







TMR AQUA BOND O

TMR-アクアボンド0

管理医療機器 歯科用象牙質接着材(歯科セラミックス用接着材料、歯科金属用接着材料)

TMR MTA cement Mielle

TMR-MTA セメント ミエール 管理医療機器 歯科用覆髄材料 認証番号: 231AABZX00017000

認証番号: 230AABZX00076000







一般医療機器 特定保守管理医療機器 届出番号:13B2X00316310018

YAMAKIN株式会社 〒543-0015 大阪市天王寺区真田山町3番7号

製造販売元 (ペンギン アルファ)

ピヤス株式会社

〒132-0035 東京都江戸川区平井 6-73-9 TEL: 03-3619-1441 URL: http://www.pys-dental.com/





管理医療機器 歯科用エッチング材(歯科セラミックス用接着材料) 認証番号: 228AABZX00136000



## 接着材料(歯科セラミックス用接着材料、歯科レジン用接着材料)



**Multi Primer** 

マルチプライマー

管理医療機器 歯科金属用接着材料 (歯科セラミックス用接着材料、歯科レジン用接着材料) 認証番号:226AABZX00069000

M-TEG-PはYAMAKIN株式会社の登録商標です。 記載のデータは条件によって異なる場合があります。包装や容器などは予告なく変更する場合があります。 製品、模型及びパッケージの色は、印刷インクや撮影条件などから、実際の色とは異なって見えることがあります。

製造販売元 YAMAKIN株式会社 〒781-5451 高知県香南市香我美町上分字大谷 1090-3

## 私たちは未来へ向けて、創造を続けます。



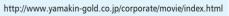
※YAMAKIN 高知第三山南工場 クリーンルームより



ヤマキンのレジン製品は、高知県香南市に建てられた高知 第三山南工場で作られています.

自然豊かな環境に囲まれたこの工場から、安心・信頼・満 足していただける製品をみなさまにお届けいたします.

みなさま是非ご覧ください





ヤマキンでは、安全性に重点をおき、科学的な機能性と医学的な安全性の両者を融合した新しい研 究開発を提案している。この活動の過程で得られた知見の数々は、レポートおよび書籍として公開さ れている. ご興味を持たれた方は是非ご一読いただきたい.

※各出版物は、歯科商店様または弊社WEBサイトからご購入いただけます。

## 《専門書 既刊》 —



## 歯科用貴金属合金の科学 基礎知識と鋳造の実際

- · 発行年月日: 2010年11月25日
- · 238P
- · 価格: 本体8,000円+税
- · 発行所: 株式会社 学建書院



## 知っておきたい 歯科材料の安全性

- · 発行年月日: 2017年2月21日
- · 212P
- · 価格: 本体4,000円+税
- · 発行所: YAMAKIN株式会社



## 歯科有機材料の化学

- 基礎知識と応用
- ·発行年月日:2016年7月5日
- · 176P
- · 価格:本体4,000円+税
- · 発行所: YAMAKIN株式会社

## 《歯科用CAD/CAMハンドブック 既刊》 -



#### 歯科用CAD/CAMハンドブック

- ~ CAD/CAMの基礎知識から材料特性まで~
- · 発行年月日: 2015年2月9日
- · 価格: 本体1000円+税
- 発行所: YAMAKIN株式会社



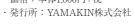
## 歯科用CAD/CAMハンドブックⅡ

- ~ デジタル技術を身近な技術にするために ~
- · 発行年月日: 2015年11月16日
- · 154P
- · 価格: 本体1000円+税
- 発行所: YAMAKIN株式会社



#### 歯科用CAD/CAMハンドブックⅢ

- ~ 歯科用ジルコニア編 ~
- · 発行年月日: 2016年4月22日 · 128P
- · 価格:本体1,000円+税





## 歯科用CAD/CAMハンドブック IV

- ・ハイブリッドレジン特集 (グラデーションブロック登場) ・歯科デジタル技術の今後の展望
- · 発行年月日: 2016年11月30日
- · 212P
- · 価格:本体1,000円+税
- · 発行所: YAMAKIN株式会社



#### 歯科用CAD/CAMハンドブック V 2大特集

- ・ナノジルコニアとは
- ・口腔内スキャナーの臨床応用の現状と課題
- · 発行年月日: 2017年7月20日
- · 164P
- · 価格: 本体1,000円+税
- · 発行所: YAMAKIN株式会社

## 歯科用CAD/CAMハンドブック VI 2大特集

- ・ついにCAD/CAM冠が大臼歯適用に!
- 保険適用の概要と業界の動き
- ・大臼歯適用「KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシータ」の全貌
- · 発行年月日: 2018年1月9日 160P
- · 価格: 本体1,000円+税
- · 発行所: YAMAKIN株式会社

## 《テクニカルレポート 既刊》-

ゼオセライトテクニカルレート (2002年8月) ルナウィングテクニカルレポート (2007年5月) ツイニーテクニカルレポート (2010年7月)

## 《安全性試験レポート 既刊》-

- Vol.1 国際水準の品質と安全を求めて(2004年12月)
- Vol.2 「ZEO METAL」シリーズ 溶出試験とin vitroによる細胞毒性試験 (2005年6月)
- Vol.3 メタルセラミック修復用貴金属合金及び金合金 溶出試験とin vitroによる細胞毒性試験(2005年12月)
- Vol.4 「ルナウィング」の生物学的評価(2006年6月)
- Vol.5 高カラット金合金の物性・安全性レポート (2007年10月)
- Vol.6 歯科材料の物性から生物学的影響まで 硬質レジン,メタルセラミック修復用合金,金合金における検討 (2008年5月)
- Vol.7 金合金「ネクシオキャスト」の物性・安全性レポート (2008年10月)
- Vol.8 ハイブリッド型硬質レジン「ツイニー」の生物学的評価(2010年6月)
- Vol.9 貴金属合金の化学的・生物学的特性 チタンとの組み合わせによる溶出特性 (2011年2月)
- Vol.10 メタルセラミック修復用貴金属合金「ブライティス」の物性と安全性(2011年10月)
- Vol.11 歯科用接着材料「マルチプライマー」の物性と安全性(2014年3月)
- Vol.12 歯科用覆髄材料「TMR-MTAセメント」の安全性(2018年1月)

## 《高分子技術レポート 既刊》 —

- Vol.1 歯科材料モノマーの重合 ラジカル重合の基礎 (1) (2009年10月)
- Vol.2 歯科材料モノマーの重合 ラジカル重合の基礎 (2) (2010年2月)
- Vol.3 歯科材料モノマーの重合-修復材モノマー(1) (2010年3月)
- Vol.4 歯科材料モノマーの重合 修復材モノマー (2) (2010年7月)
- Vol.5 歯科材料モノマーの重合-酸素の影響 (2011年8月)
- Vol.6 歯科材料モノマーの重合-開始剤と開始(2012年10月) Vol.7 重合性シランカップリング剤 – メタクリロイルオキシアルキルトリアルコキシシラン (2013年6月)
- Vol.8 歯科用レジンの硬化における重合収縮(2014年11月)
- Vol.9 歯科材料における開始剤成分としてのヨードニウム塩の利用 (2017年3月)
- Vol.10 ナノゲルの歯科レジンならびに接着材への応用(2018年6月)

## 《オーラルサイエンスレポート 既刊》-

- Vol.1 歯科口腔外科とビスフォスフォネート製剤(2010年8月)
- Vol.2 活性酸素 その生成、消去および作用 (2011年4月)
- Vol.3 低酸素の世界 (2012年7月)
- Vol.4 歯の再生に関する最近の進歩 (2014年2月)
- Vol.5 フッ化物応用とその影響 (2016年10月)

## 《製品レポート 既刊》 -

ジルコニアの基礎知識と製品レポート(2014年2月)

チタンの基礎知識と製品レポート(2014年6月)

CAD/CAM用ハイブリッドレジンの基礎知識と製品レポート (2014年9月)

歯科充填用コンポジットレジンの基礎知識と製品レポート (2015年9月)

歯科用ボンディング材の基礎知識と製品レポート (2016年1月)

TMR-MTAセメント製品レポート (2017年8月)

マルチプライマーシリーズ製品レポート (2017年10月)

KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシータ製品レポート (2018年1月) マルチエッチャント製品レポート(2018年7月)

「KZR-CAD ナノジルコニア」の基礎知識と製品レポート (2018年7月)

## ■タイムリーな情報は、

■メールマガジン「ヤマキンニュース」でお知らせします。



歯科材料の安全性や品質管理への取り組みはこちらから

ヤマキン 歯科

http://www.yamakin-gold.co.jp

編集者 加藤 喬大 発行者 山本 樹育 発行年月日 2018年8月7日



## YAMAKIN株式会社

本 社: 〒543-0015 大阪市天王寺区真田山町3番7号 TEL.06-6761-4739(代) FAX.06-6761-4743 生料学安全研究室: 〒783-8505 高知県南国市岡豊町小蓮 高知大学医学部 歯科口腔外科学講座研究室内東京・大阪・名古屋・福岡・仙台・高知・生体科学安全研究室・YAMAKINデジタル研究開発室 https://www.yamakin-gold.co.jp