

fi·UNO

ア・ウーノ 製品レポート

ユニバーサルシェード型コンポジットレジン
の基礎知識とヤマキン独自の色調適合技術「カモフラージュエフェクト」について



目次

1	はじめに	2
	ユニバーサルシェード型コンポジットレジンの概要と「ア・ウーノ」開発経緯	2
2	歯科充填用コンポジットレジンの基礎知識	4
2.1	コンポジットレジンは	4
2.2	光増感剤による光ラジカル重合反応機構	5
2.3	開始反応と光照射器	6
2.4	コンポジットレジンの技術発展	8
3	「ア・ウーノ」のコンセプト	9
3.1	独自の色調適合技術「カモフラージュエフェクト」の概要	9
3.2	色とは何か	10
3.3	目の構造と光	11
3.4	明度差と視認性	12
3.5	ヤマキンが考える透明性・遮蔽性・彩度の黄金比	14
3.6	「ア・ウーノ」を用いた窩洞充填	16
3.7	臨床シーンや好みによって選べる、二つの色調タイプ	18
3.8	フィラーテクノロジーの最大活用による高機能化	20
	コラム 「ア・ウーノ」製品名の由来	21
4	「ア・ウーノ」の特徴	22
4.1	操作性	22
4.2	機械的性質	23
4.3	フッ素徐放性	25
4.4	生物学的安全性	28
5	「ア・ウーノ」の臨床例	30
6	おわりに	34

1 はじめに

ユニバーサルシェード型コンポジットレジンの概要と「ア・ウーノ」開発経緯

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、コンポジットレジンはさまざまな症例に使用され、「白い歯に治したい」という審美的な要望にも応えている。コンポジットレジンは、歯質表層の小さな蝕の治療だけでなく臼歯部の修復にも使用されるため、咬合にも耐えうる高い強度が要求される。さらに、耐久性、操作性、色調やフッ素徐放性など、さまざまな性能が総合的に優れている必要がある。特に、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、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。

さらに近年では、容易に天然歯の色調を再現できることが望まれており、シェード選択の手間を省き、在庫管理を容易にすることができるユニバーサルシェード型のコンポジットレジが大変注目されている。

ユニバーサルシェード型のコンポジットレジンは、従来のコンポジットレジとは異なる色調設計の製品である¹⁾。図1-1および図1-2に示す通り、従来のコンポジットレジでは、歯質の色に対応させるため、A1, A2, A3・・・といった個別の色調に着色した複数のシェードがラインアップされているが、ユニバーサルシェード型では、シェードを確認して選択する必要がなく、1色のみで基本シェード（16色）のすべてに対応することができる設計である。

YAMAKIN株式会社（以下、ヤマキン）では、ユニバーサルシェード型のコンポジットレジを開発するため、当社従来品の「TMR-ゼットフィル10.」でも応用されている光透過性と光拡散性の調節によって発揮されるカメレオン効果に加えて、独自開発の色調適合技術により透明性、遮蔽性、彩度のバランスを最適化し、シンプルに1色だけで多くの症例をカバーできるように、色調設計にこだわった。また、これまでのレジ製品の開発で培われたヤマキンのフィラーテクノロジーによって、フッ素徐放性と強度を両立しながら、この独自の色調適合技術を組み合わせることによって、さまざまな症例に幅広く対応可能なコンポジットレジの新製品「ア・ウーノ」を提案するに至った。

シェードフリーで容易に幅広い天然歯の色調を再現させるというコンセプトのもと、要求される強度と操作性を考慮して、本製品を実現している。本技術レポートでは、「ア・ウーノ」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いただき、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。

開発部 有機材料開発課 リーダー 博士（工学）水田 悠介
開発部 生体科学安全研究室 主任研究員 博士（医学）林 未季
取締役 主席研究員 博士（工学）加藤 喬大
主席研究員 博士（歯学）山添 正稔

監修 ヤマキン博士会

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。

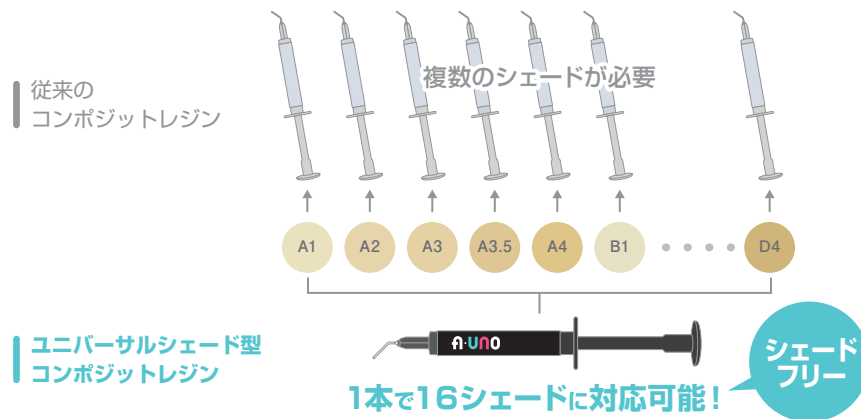


図1-1 ユニバーサルシェード型コンポジットレジンの概要（シェードフリー）

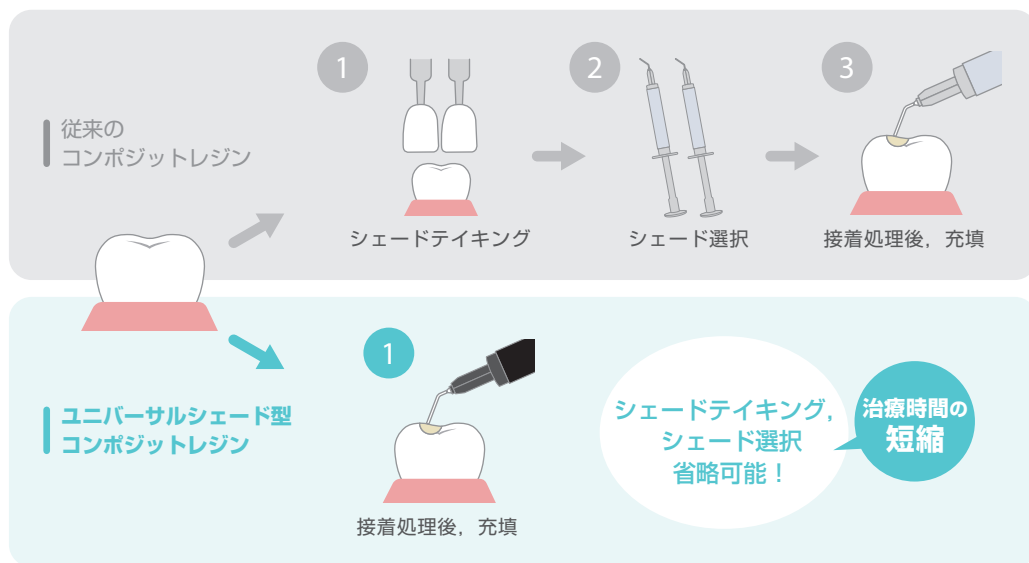


図1-2 ユニバーサルシェード型コンポジットレジンの概要（治療時間の短縮）

「ユニバーサルタイプ」、「ユニバーサルシェード型」の言葉の定義について

「ユニバーサル」という言葉は、「汎用・万人向け」などの広い意味を有している。歯科分野においては、ボンディング材やセメントの場合、「ユニバーサル」はあらゆる材質に適用できて使い分けが不要などの意味で使用されることが多い。また、コンポジットレジンには強度や審美性によって前歯用と臼歯部用の2種類が使い分けされていたため、コンポジットレジンにおいて「ユニバーサルタイプ」とは強度と審美性の両方が優れ、前歯・臼歯部問わず使用できる汎用タイプのレジンを目指す言葉として使用されていた。そして、流動性があり窩洞への充填作業性が良好な「フロータイプ」が開発されたことで、現在では「ユニバーサルタイプ」は一般的にフィラー含有率が高く、硬化前に粘土状のペースト性状のタイプを指すようになっている。

前述の通り、近年ではコンポジットレジン汎用性がさらに進化し、「1シェードで幅広い歯質の色調に対応できる」という意味で「ユニバーサルシェード型コンポジットレジン」と総称される製品が開発されている。このように「ユニバーサル」は、コンポジットレジンにおいて、複数の意味で使用されている。そこで本レポートにおける「ユニバーサルタイプ」、「ユニバーサルシェード型」の定義を以下のように定める。

「ユニバーサルタイプ」

フィラー含有率が高く、賦形性が優れたペースト性状（フロータイプと区別される性状）のコンポジットレジン。

「ユニバーサルシェード型」

1シェードで、幅広い歯質の色調に対応できるタイプのコンポジットレジン。

2.1 コンポジットレジンは

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、無機成分としてシリカガラスなどを主成分としたフィラー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へと変化する性質を有した有機材料であり、コンポジットレジンでは強度や生物学的安全性に優れた架橋性のメタリレート系モノマーの混合物が用いられることが多い。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修復における操作性・色調・耐久性に関わる重要な性質である。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、重合後は咬合面にも使用できるほどの高い強度が得られるという機能をモノマーが担っている。図2-1-1には歯科用のレジン系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）、ビスフェノールAジグリシジルメタクリレート（Bis-GMA）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、性質の異なる複数のモノマー同士を混合させることでレジンペーストの粘性や透明性および重合収縮率などの性質を調節することができる。

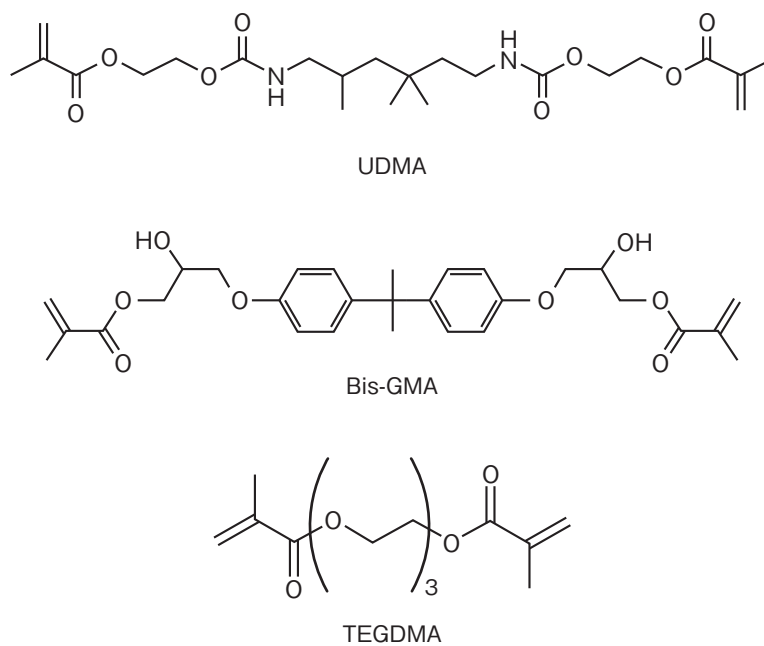


図2-1-1 歯科用のレジン系修復物に用いられるモノマーの一例

無機フィラーには、シリカ、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。このフィラーには、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碎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

を組み合わせることでペーストの操作性が調整される (図2-1-2) .

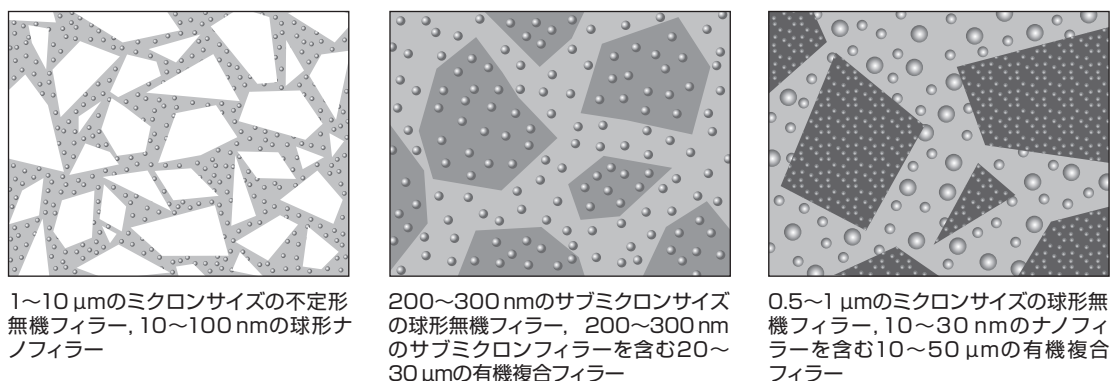


図2-1-2 フィラー充填の模式図

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。これは、複合材料の破壊や破断が、マトリックスとフィラーの界面で発生するからである。基本的に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剤による表面処理であり、シラン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。また、シランカップリング剤は、分子内にラジカル重合性基を有するため、モノマーの重合時に同時に反応する機能がある。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し、一体化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2-2-1)。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、溶媒中でも溶解しないほどの高い耐溶媒性が得られ、口腔内でも長期間安定して強度が発揮されるようになる。

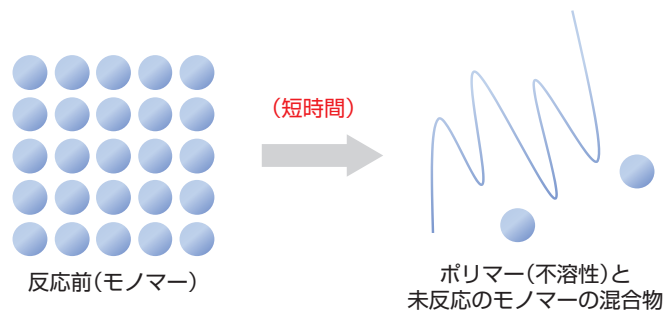


図2-2-1 連鎖反応 (ラジカル重合)

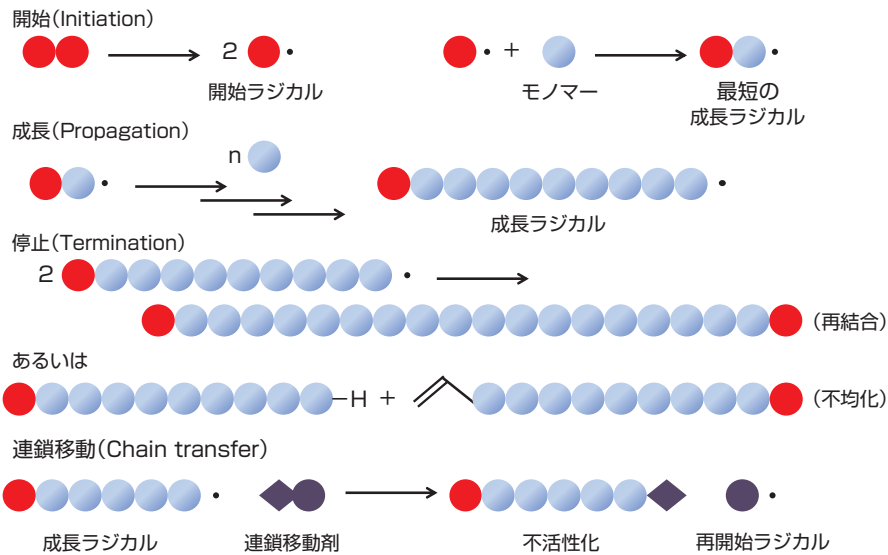


図2-2-2 ラジカル重合における4つの素反応（開始，成長，停止，連鎖移動）

コンポジットレジンは、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。このラジカル重合は、通常、モノマー単独で進行することはない。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重合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、図2-2-2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。

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 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・は立体障害が大きいためモノマーへの付加が起こらない。一方のR²CH(・)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2-3-1）。

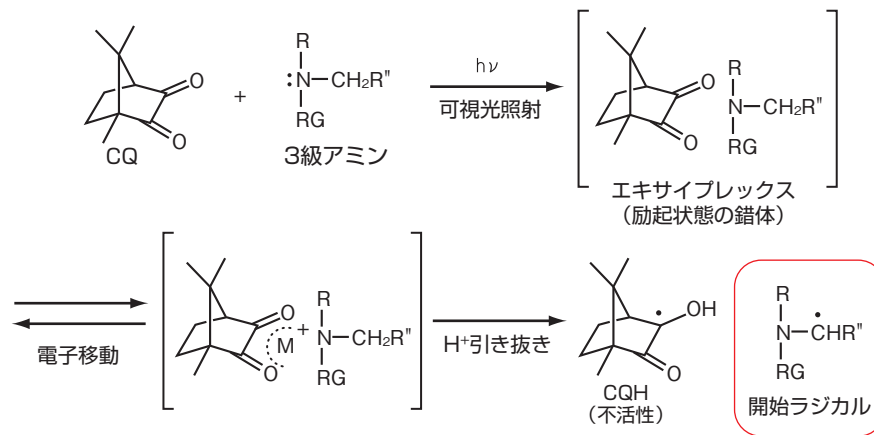


図2-3-1 カンファーキノン/3級アミン開始系から可視光照射によるラジカル生成

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。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（表2-3-1）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、YAMAKIN株式会社）も販売されている。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おこなう必要がある。製品の電子添文などでは、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。

表2-3-1 市販光照射器（LED）の例

販売企業	製品名	有効波長域 (nm)	最大放射照度 (mW/cm ²)
YAMAKIN株式会社/ ピヤス株式会社	ペンギン アルファ	380～415 440～480	2400
ピヤス株式会社	デライトオルソー	420～490	2700
ULTRADENT JAPAN 株式会社	VALO キュアリングライト	395～480	3200
	VALO コードレス	395～480	3200
	VALO GRAND キュアリングライト	395～480	3200
	VALO GRAND コードレス	395～480	3200
株式会社松風	VALO オーン	395～480	3200
	VALO オーンコードレス	395～480	3200
株式会社モリタ製作所	ペンキュア2000	405～460	2000
株式会社ジーシー	スリムライト®	390～480	2000
白水貿易株式会社	ミニLED III	420～480	2200
Ivoclar Vivadent 株式会社	ブルーフェーズ N G4	385～515	2000
	ブルーフェーズ 20i	385～515	2000
	ブルーフェーズ style 20i	385～515	2000
	ブルーフェーズ PowerCure	385～515	3000
株式会社マイクロテック	レデックス ターボ WL-090	440～480	2400
	レデックス WL-090	440～480	3200
株式会社フォレスト・ワン	LED 光重合器 Fusion (FUSION5)	420～490	4000
有限会社デンタルテクニカ	可視光線照射器ノブレス	430～490	3000
	可視光線照射器ノブレスA	385～515	3000
株式会社 Apixia Japan	光重合器 LITEX 696 Turbo	440～490	2500
有限会社デントレード	D-LUX LED (ディーラックス エルイーディー)	420～490	2400
	D-Lux Pen (ディーラックス ペン)	385～430 440～515	2300
株式会社ビーエスエーサクライ	X ライト	430～480	2500
	X Light プラス	385～515	3200
合同会社 WSPT ジャパン	LED光重合器アビルテ	385～515	2300

2.4 コンポジットレジン of 技術発展

開発当時のコンポジットレジンには、スパチュラで歯冠形態を築盛する粘土状のペーストのみであったが、現在市販されているコンポジットレジンでは、多くの製品においてフロータイプがラインアップされている。このフロータイプは、シリンジから直接窩洞に注入することができ、深い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（ハイフロー）や、隔壁などの付形もできる流動性の低いもの（ローフロー）まで、製品ごとにさまざまな粘性のものが開発されている。また、フロータイプでありながら、臼歯咬合面にも使用できる高い強度のものや、照射1回の光重合で4.0 mmの硬化深度を示す製品（バルクタイプ）など、コンポジットレジンの技術発展は目覚ましい。

そして、近年のコンポジットレジンにおいて、特に注目を集めているものがシェードの選択が不要な「ユニバーサルシェード型のコンポジットレジン」である。このタイプは容易に天然歯の色調を再現できるだけでなく、在庫ロスを削減することにもつながるため、SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）への貢献にもつながる可能性がある。次章より、ユニバーサルシェード型コンポジットレジン「ア・ウーノ」の色調適合技術について紹介する。

3.1 独自の色調適合技術「カモフラージュエフェクト」の概要



図3-1-1 独自の色調適合技術「カモフラージュエフェクト」

図3-1-1に示す通り、「ア・ウーノ」に用いている「カモフラージュエフェクト」には、大きく分けて二つの色調適合技術が融合されている。一つ目は「光拡散性と光透過性のバランスの追求」である。

「ア・ウーノ」に入射した光は、その光拡散性によって散乱し、周囲の歯質に届く。光が散乱する過程を経ることで、充填部がぼやけた状態となり、周囲の歯質の色

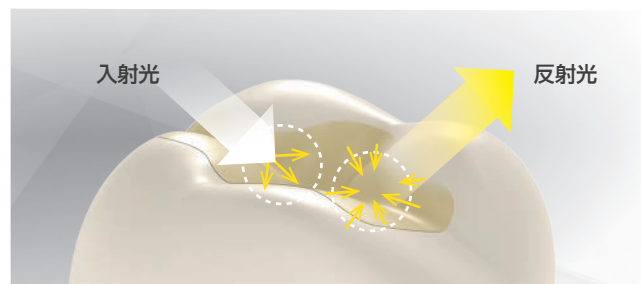


図3-1-2 光拡散性と光透過性のバランスの追求 (カメレオン効果)

となじんだように見える(図3-1-2)。また、「ア・ウーノ」から反射される光は先述の周囲の歯質へ拡散された光であることから、周囲の歯質となじんだ色となっている。この光を拡散させながら透過させるという性能が、「ア・ウーノ」の色調適合性の根幹技術である。この性能は、カメレオン効果とも呼ばれ、当社従来品である「TMR-ゼットフィル10.」にも応用されている。

図3-1-3、図3-1-4に示す通り、「ア・ウーノ」は、異なるシェードの窩洞模型に対して、色調がなじむことが確認されている。

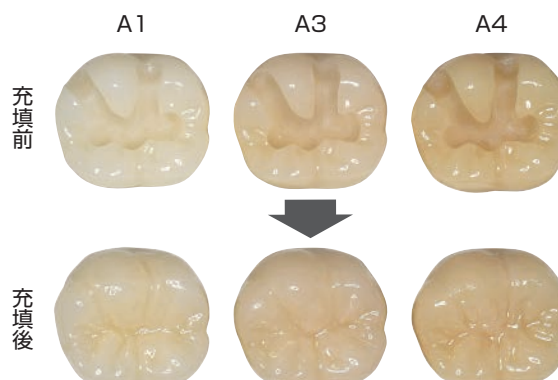


図3-1-3 「ア・ウーノ」を充填したA1, A3, A4の窩洞模型

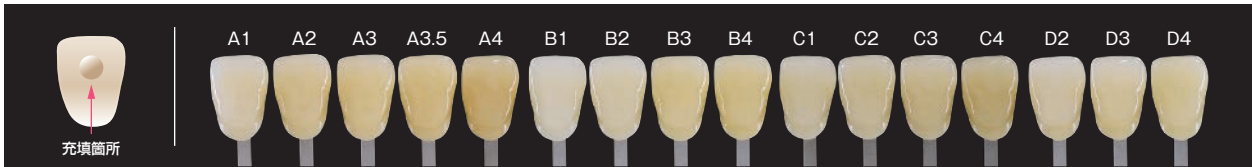


図3-1-4 「ア・ウーノ」を充填した16シェードの人工歯

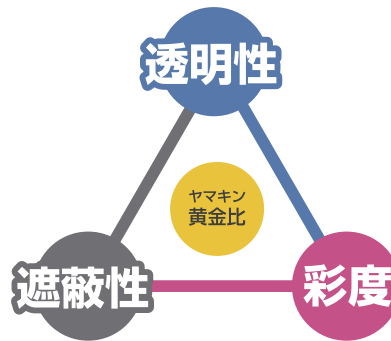


図3-1-5 ヤマキンが考える透明性・遮蔽性・彩度の黄金比

もう一つの技術は、図3-1-5に示す「ヤマキンが考える透明性・遮蔽性・彩度の黄金比」である。透明性、遮蔽性、彩度について、試行錯誤を繰り返すことで、下地の色調の影響を低減でき、レジン充填部と歯質との明度差を小さくすることが可能となる設計を見出すことができた。この技術については、3.5より詳しく後述する。この独自技術によって、「ア・ウーノ」は幅広い歯質の色調に適合するだけでなく、臨床を想定したさまざまな窩洞の条件で幅広く対応できる性能が得られている。そして、この2つの技術の融合によって「ア・ウーノ」が完成し、ヤマキンでは独自の色調適合技術として「カモフラージュエフェクト」と呼称している。

次に、色について基本的な情報を紹介し、「ア・ウーノ」の色調適合性について詳細な説明をおこなう。

3.2 色とは何か

ヤマキンのロゴマークに示されている青・赤・緑の三色は、それぞれ開発・製造拠点である高知県の「海・空」「太陽」「木々」を表しており、豊かな自然環境のもと、斬新な発想で優れた品質の製品をお届けすることを象徴したものであり、このデザインは社章としても使用されている（図3-2-1）。



図3-2-1 ヤマキンのロゴマーク

興味深いことに、この青・赤・緑は光の三原色であるのと同時に、「空の青」「木々の緑」「太陽の赤」をヒトが感じるメカニズムには大きな違いがある。空の青はヒトが青と感じる波長の光を大気が散乱させ、草や葉はヒトが緑と感じる波長の光を多く反射させることで発現する色である。また、太陽の赤は日本人の持っているイメージ・文化（夕焼けの色や日本国旗）に従った色であって、本来は黄色に近い白色であるし、ヨーロッパ・アメリカなどでは黄色で描かれるなど地域差がある²⁾。

物理学者アイザック・ニュートンは1704年に出版した著書「OPTIKS（光学）」のなかで、「光線には色がついていない（The Rays are not coloured.）」という有名な言葉を述べている³⁾。すなわち、あくまで光自体には色はなく、光が眼に入り、大脳に伝えられたときに初めて生じる感覚が「色」であって、光自体はそのような感覚を生じさせるきっかけでしかない。以降は、ヒトの視覚系生理および色覚について簡単に触れつつ、「ア・ウーノ」の色調適合技術「カモフラージュエフェクト」について詳細に解説する。

3.3 目の構造と光

ヒトの目の構造はカメラと似た構造をしている。そこには光量を調整するしほりである「虹彩」、焦点調節をするレンズの働きをする「水晶体」、光を受容し像を映し出す「網膜」、視覚情報を脳に伝える神経細胞などがある。眼のなかで光を受容する最も大切な組織は網膜である（[図3-3-1](#)）^{2,48)}。

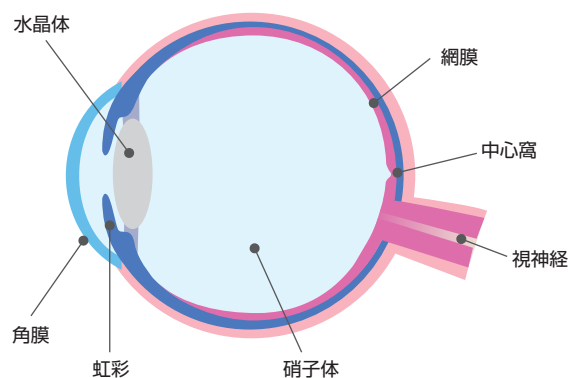


図3-3-1 ヒトの眼の構造

網膜は神経組織であり、細胞が層をなしてきれいにならんでいる。網膜の最外層は真っ黒な色素細胞があり光の反射を防いでおり、そのすぐ内側に光を直接感じ取っている感光細胞がなる構造である。この感光細胞はニューロン的一种で光に鋭敏に反応するように変化したものであり、錐体（すいたい）と桿体（かんたい）とがある（[図3-3-2](#)）。錐体は三角形（cone）状をしていること、桿体はその外節の形がさおのような形で桿（rod）状をしていることが名称の由来といわれている。錐体には3種類の光感受蛋白質があり、それぞれ青・緑・赤の光に最も鋭敏に反応する。青・緑・赤の情報を組み合わせることにより最終的な光を感じ取っているため、われわれヒトは青・緑・赤の3つの錐体のみで、紫から真紅のすべての色を認識していることになる。一方、桿体には1種類の光感受蛋白質（ロドプシンといい、ビタミンAが材料）のみであり、波長の違いは区別できないが、非常に感度が高く、弱い光でも鋭敏に感じ取ることができる^{2,58)}。

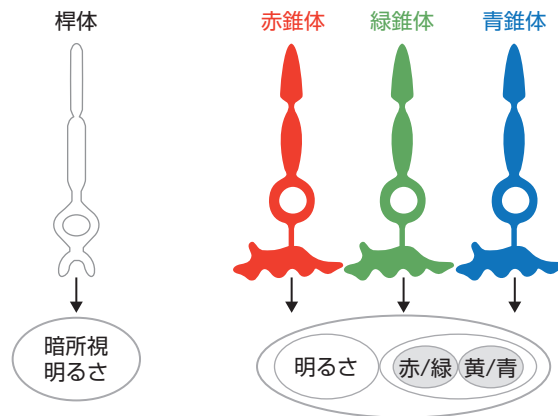


図3-3-2 ヒトの感光細胞

これらの感光細胞が網膜の外側の層に分布しており、その数は錐体が約650～700万個、桿体が約1億1500万～1億2000万個といわれている^{2,8)}。さらに、視野のちょうど中心に相当し、視力発現に最も大切な網膜の部位を網膜中心窩という。ここには錐体のみが高密度に存在しており、桿体はない。視力はこの部位だけが特に高く、中心窩以外での視力は弱いとされている。例えば、われわれが何かを注視するときなどはこの網膜中心窩だけを使用している。一方で桿体は中心窩を除く網膜全域に分布しており、光に対する感度は錐体よりも数百倍も高いといわれている。

十分に明るさが得られている状態では、主に錐体が働いており、この時の視覚を明所視（もしくは錐体視）という。逆に明るさが不十分で桿体だけが働いている状態の視覚は暗所視（もしくは桿体視）という。例えば、昼間に見られた赤や黄色の花が緑の葉よりも明るく感じられていても、夕暮れになると緑の葉の方が明るく感じられることがある。これは錐体と桿体の波長感度が異なることに起因する。歯科臨床現場においては、診療用照明によって十分な明るさが提供されることから、主に錐体によってヒトは色を感じていると考えられる^{2,5-8)}。

3.4 明度差と視認性

上述したように、外部環境から眼に入った光は錐体によって色として感じることができる。次に、ヒトの眼で見分けることができる色はおよそ750万～1000万色ともいわれており、これだけの色を理解し活用するためには色の整理・分類が必要である⁹⁾。

これらの色は大別すると赤、黄、緑、青など色味のある有彩色と、白、灰色、黒などのような色味のない無彩色に分けることができる。さらに有彩色は、図3-4-1に示す色相、明度、彩度の独立した属性（色の三属性）をもっている。色相は赤、黄、緑、青などのように色の質の相違、色合いを表す属性である。明度は、色の相対的な明暗、明るさの度合いを表す属性で、物体表面の反射率などによって決定する。彩度は、色味の強さ、鮮やかさの度合いを表す属性である^{10,11)}。

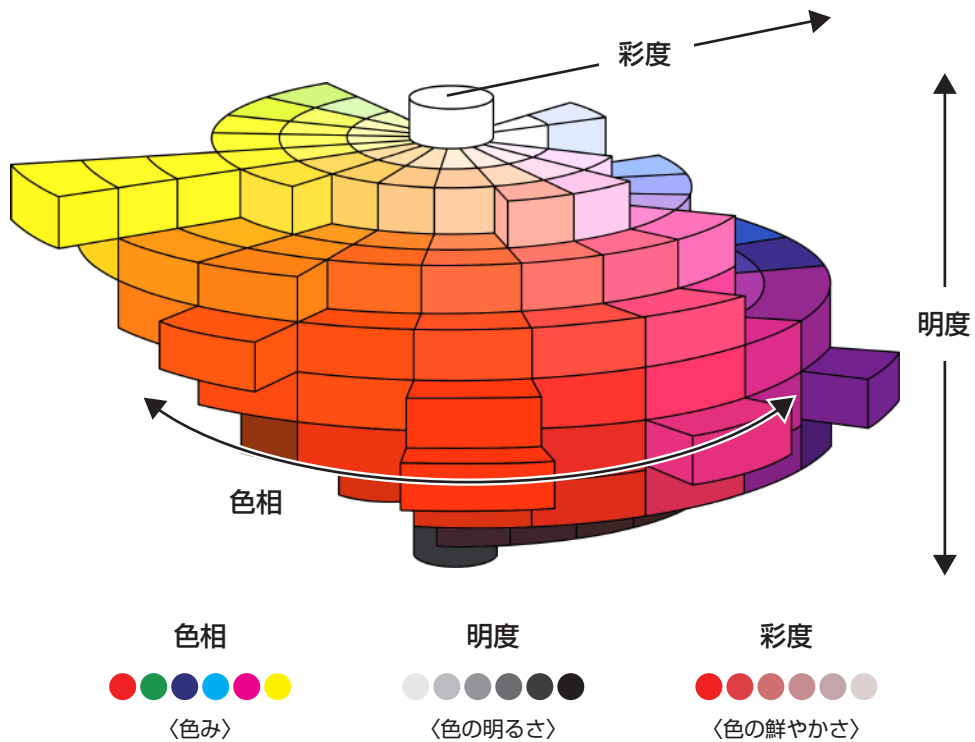


図3-4-1 色の三属性（色相，明度，彩度）

またヒトの色の感じ方をより深く理解するために，複数の色が並置されていた場合における隣接色との相互作用（対比現象，リーブマン効果など）を考える必要がある．例えば，図3-4-2では異なる明るさの背景色に，同じ明度の灰色の正方形が並んでいる．このとき，白の部分に位置する灰色はやや暗く，黒の部分に位置する灰色はやや白っぽく見える．

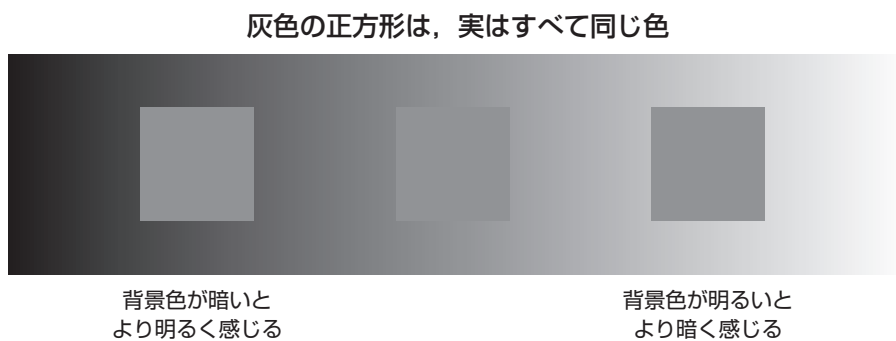


図3-4-2 背景色ごとの色の見え方（四角の灰色は3つとも同じ色）

上記は対比現象のなかでも明度対比（コントラスト）を取り上げたものである．ユニバーサルシェード型のコンポジットレジンでは，周囲の歯質と比べた際の視認性（充填物の認識されやすさ）をどれだけ下げられるかがポイントとなってくる．例えば黒背景であれば赤や黄色などは青や紫色よりも認識されやすい．一方で，背景が白になると黒の時とは反対の傾向を示し，青色や紫色が認識されやすくなる（図3-4-3）．つまり，背景と対象物の明度差が視認性を決定する要因となっている^{10,11)}．

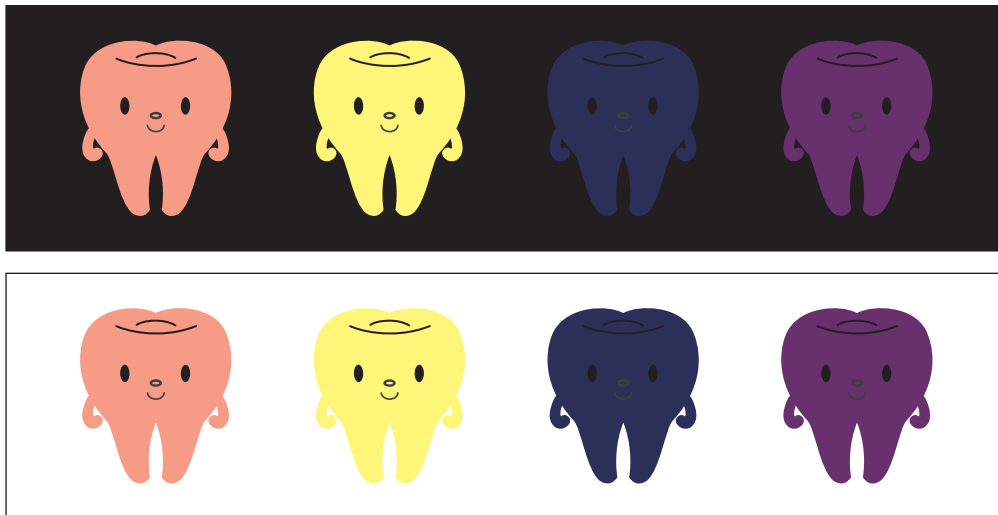


図3-4-3 背景色が変わった時の色の見え方の変化
(上下で対応するイラストは同じ色)

さらに、明度差が小さい色同士であれば、色相が大きく異なっていたとしても、ヒトには落ち着いた印象を与え、なじんでいるように見せることができる。逆に、明度に大きな差がある場合は、コントラストが大きくなり、視認性が高まる(図3-4-4)。上記のように隣接する色の色相差が大きくても明度が近いと境界がなじんで不明瞭になり見にくくなる現象が、リーブマン効果と呼ばれている⁹¹¹⁾。ユニバーサルシェード型コンジットレジンにおいて、リーブマン効果が高くなるように歯質との明度差を小さく制御することが重要と考えられる。

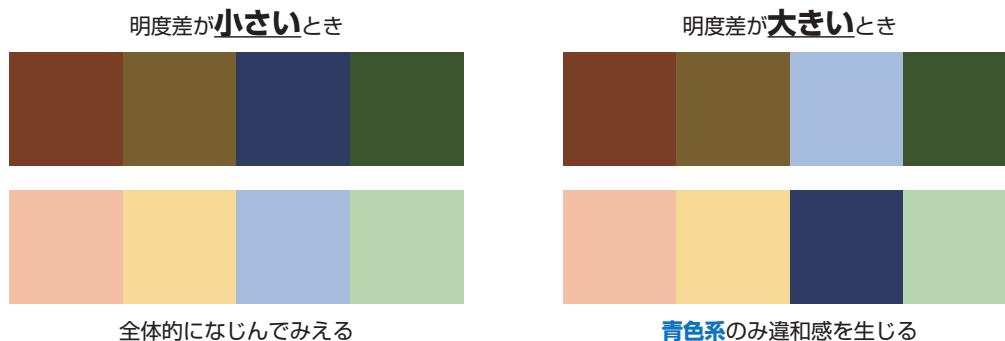


図3-4-4 明度差の違いによるもの見え方
(左：差が小さい，右：差が大きい)

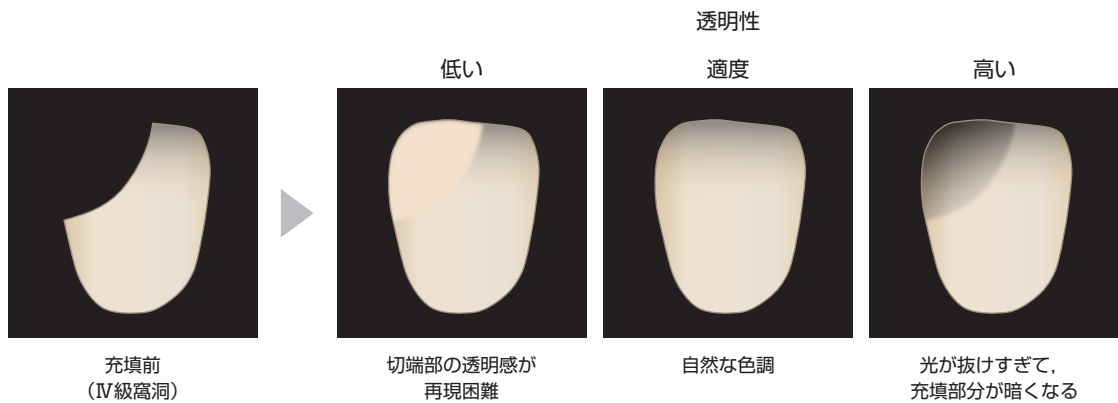
3.5 ヤマキンが考える透明性・遮蔽性・彩度の黄金比

これまで述べてきたように、材料が周囲の歯質になじむ色調となるためには明度がポイントとなる。材料自体の色調設計が重要であることは言うまでもないが、天然歯は半透明の材質であることを考慮すると透明性と遮蔽性も重要である。なぜなら、唇側から舌側に向けて光が通過してしまうようなIV級窩洞や、窩底部に変色をとともなう窩洞であれば、背景色から影響を受けて、コンジットレジン⁹¹²⁾の明度が大きく変化するからである。また、ここまであまり触れてこなかった彩度も、窩洞が大きくなると色調適合性に影響を与えることから考慮しなければならない。

以降、「ア・ウーノ」の色調適合技術「カモフラージュエフェクト」について、①透明性・②遮蔽性・③彩度の各要素に分解して説明する。

① 透明性

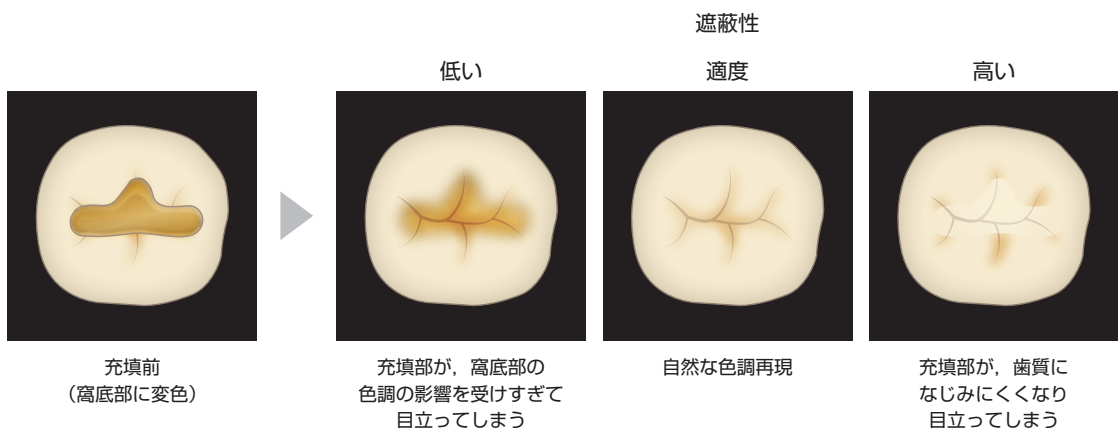
コンポジットレジンの透明性は、特にⅣ級窩洞の修復において、天然歯の半透明性に適合させる必要がある。例えば、[図3-5-1](#)に示す通り、コンポジットレジンの透明性が低い場合、背景色を過度に遮蔽してしまい、切端部の透明感の再現が困難となる。一方で、透明性が高すぎると、暗い背景色の影響を受けすぎて、コンポジットレジン充填部分が周囲歯質になじまず視認されやすくなってしまう。「ア・ウーノ」では、Ⅳ級窩洞への適応を想定し、天然歯に近い適度な透明性に設計することで、自然な色調再現ができるようにしている。



[図3-5-1](#) 透明性の異なるコンポジットレジンの窩洞充填イメージ

② 遮蔽性

「ア・ウーノ」は、上記の通り一定の透明性を有しており、充填部の周囲の色調を反映しながら、切端の透明感も表現できる。しかし、透明性によって周囲の光を吸収するだけでは対応できないケースも存在する。例えば窩底部に変色がある場合は、コンポジットレジンの遮蔽性が低いと、この変色が強く反映され、反対に遮蔽性が高すぎると充填部分が周囲の歯質の色になじみにくくなる([図3-5-2](#))。「ア・ウーノ」は、透明性を維持しながら濁度を高めたことで、窩底部の変色を適度に遮蔽し、自然な色調を再現できる。



[図3-5-2](#) 遮蔽性の異なるコンポジットレジンの窩洞充填イメージ

③ 彩度

修復部が、小さい窩洞と大きい窩洞では、充填されるコンポジットレジンの幅や厚みに違いが生じる。ユニバーサルシェード型のコンポジットレジンは、窩洞が小さい場合は、周囲の歯質の色調を取り込めるため、レジン自体の彩度（色の濃さ）が低くても修復部の色調にほとんど影響をおよぼさない。しかし、窩洞が大きい場合では、レジンそのものの彩度が修復部の色調に大きく影響を与える。つまり、レジンの彩度が低い（色が薄い）場合、窩洞が大きくなるほど白浮きして明るく見えてしまい、充填部分が白浮きしやすくなってしまう。反対に彩度が高い（色が濃い）場合、充填部分が濃く（暗く）になってしまう（図3-5-3）。「ア・ウーノ」では、窩洞への充填量の影響を低減するため、微量の赤色顔料と黄色顔料で着色をすることで、厚みによる彩度と明度の変化が小さくなるように設計し、大きさの異なる窩洞でもなじむようにしている。

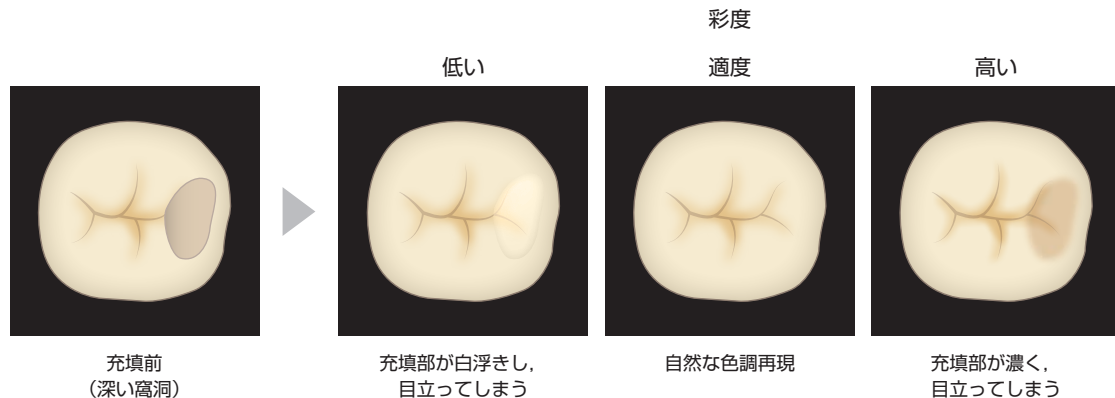


図3-5-3 彩度の異なるコンポジットレジンの窩洞充填イメージ

以上のように、「ア・ウーノ」は周囲の歯質色調を取り込みやすいように光透過性と光拡散性を高めた設計ではあるものの、同時に濁度も高めることで背景色の影響を受けにくい遮蔽性も有している。また、レジンの充填量が多い場合でも明度の変化を最小限にするように、着色し適度な彩度を加える工夫をおこなっている。つまり、「ア・ウーノ」は、1色でできるだけ多くの症例に幅広く適合させることをコンセプトにして、透明性と遮蔽性、彩度のそれぞれのバランスを最適化した製品である。

3.6 「ア・ウーノ」を用いた窩洞充填

1) IV級窩洞モデル

「ア・ウーノ」は、適度に透明性と遮蔽性があるため、背景色を遮蔽しながら歯質との境目も自然に再現し、さらに切縁の透明感も表現できる。

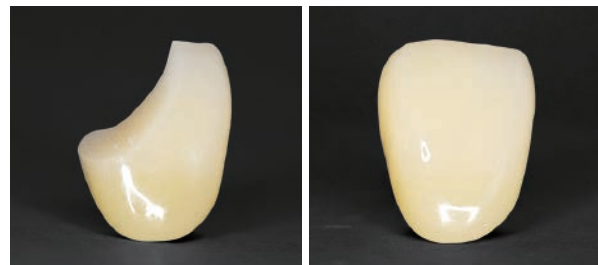


図3-6-1 IV級窩洞 裏打ちがない窩洞 (窩洞模型：A2)

2) 窩底部に変色がある症例モデル

変色部を適度に遮蔽しつつ自然な外観を再現している。

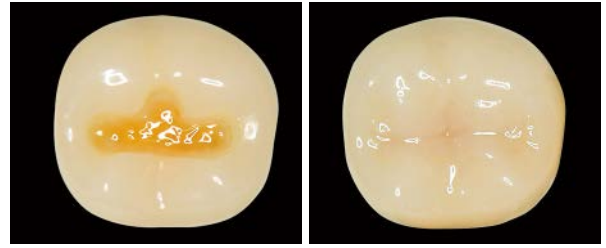


図3-6-2 I級窩洞 窩底部に変色がある窩洞
(窩洞模型：A3 (窩底部をオレンジに着色))

3) 窩底部にMTAセメントがある症例モデル

窩底部にTMR-MTAセメント ミエール (ホワイト) を貼付後, 「ア・ウーノ」を充填している. MTAセメントの白色を遮蔽しつつ, 自然な外観を再現している

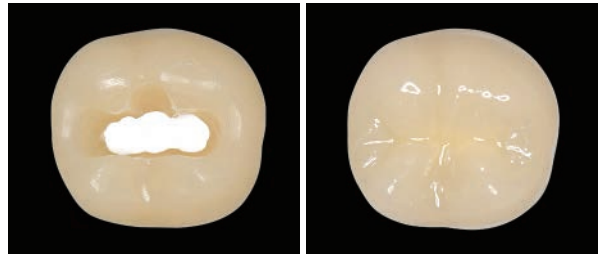


図3-6-3 I級窩洞 窩底部にMTAセメントがある窩洞
(窩洞模型：A3 (窩底部に白色のMTAセメント貼付))

4) 隣在歯にメタルクラウンがある

Ⅱ級窩洞モデル

「ア・ウーノ」は, 適度に遮蔽性と彩度があるため, メタルのグレー色の影響を低減しながら, 深さのある窩洞でも充填部分が白浮きせず, 自然な色調を再現している。

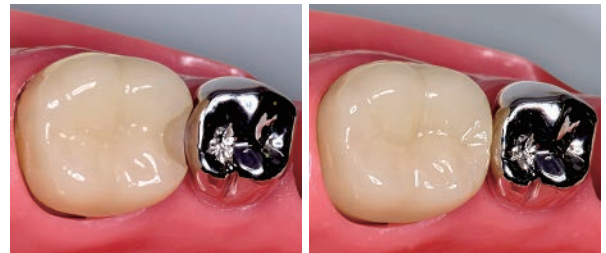


図3-6-4 Ⅱ級窩洞 隣在歯がメタルの深い窩洞
(窩洞模型：A3)

ここまで, 「ア・ウーノ」1本で適応できる症例について模型で示した. しかしながら, 「ア・ウーノ」1本のみでは審美面において難しいケースも存在する. 例えば, 濃い色調の老年歯, ホワイトニングされた明度の高い歯などが考えられる. その場合, 「TMR-ゼットフィル10.」の濃い色調 (A5やOA5など) や白い色調 (BWやOWなど) のシェードを下地に使用することで, より審美的に修復することができる.

また, 「ア・ウーノ」のワンシェードのみで大部分の歯冠を形成するケースにおいても注意が必要である. 3.1項で説明したように「ア・ウーノ」のカモフラージュ効果は, 周囲に歯質色があることを前提としている. 従って, 色調を取り込むためのベースとなるべき歯質がないケースも「TMR-ゼットフィル10.」を歯冠のベース色として併用する必要がある.

3.7 臨床シーンや好みによって選べる、二つの色調タイプ

「ア・ウーノ」では、硬化前後で色調（透明性）が変化するノーマルタイプと、ほとんど変化しないStタイプ（Steady：安定、Transparent：透明）の2種をラインアップしている。

ノーマルタイプとStタイプは臨床シーンや術者の好みによって使い分けることができる（表3-7-1）。

表3-7-1 ノーマルタイプとStタイプの特徴

	特徴	利点
ノーマルタイプ	硬化前は歯質よりも透明性が低く、充填箇所の視認性が良好	<ul style="list-style-type: none"> ・歯質との境界が分かりやすいため、形態付与作業が容易 ・硬化前後で透明性が変わるため、光重合完了を目視で確認できる
Stタイプ	硬化前後でほとんど透明性が変化しない	<ul style="list-style-type: none"> ・充填時に治療後の色調をイメージできる



図3-7-1 ノーマルタイプおよびStタイプの硬化前後の色調

ノーマルタイプとStタイプには、基本的に同じフィラー成分および組成比を使用している。それにも関わらず硬化前後の色調変化の挙動に大きな違いが生じているのは、2.1項で記載したモノマー成分およびその組成比に特徴をもたせているからである。ここで重要な物性は屈折率である。屈折率とは物質中の光の速度に影響する物質固有の物理量であり、「真空中の光の伝播速度/物質中の光の伝播速度」で表される¹²⁾。また、コンポジットレジンのような有機無機複合材料では、有機成分としてのマトリックスと無機成分としてのフィラーの屈折率の差の大きさが透明性が決まる。すなわち、マトリックスとフィラーの屈折率差が大きいと界面で光が散乱するため、透明性が低くなり、小さいと透明性は高くなる。「消えるコップ」という科学実験があるが、これは小さいガラスコップを大きいガラスコップの中に入れて、それにサラダ油を注ぐと中の小さなガラスコップが消えてしまうというものである。これはガラスとサラダ油の屈折率がほぼ同じであるため、界面で光が散乱せず、透明になり内側の小さなガラスコップが見えなくなるという現象である。

つまり、コンジットレジンの透明性を高くするには、マトリックスとフィラーの界面で光が散乱しないようにするため、近い屈折率に設計しなければならないが、コンジットレジンの場合はそれだけでなく、マトリックスのモノマーが光重合によって、ポリマーへと変化する際に、収縮することで密度が高くなり、屈折率が増大することも考慮して材料を設計する必要がある。

ノーマルタイプおよびStタイプモノマーのポリマー、フィラー間の屈折率関係のイメージを図3-7-2に示す。また、それぞれのタイプをディスク状試験片（厚み1.0 mm）にしたときの重合前後の外観を図3-7-3に示す。ノーマルタイプは、重合前のモノマー屈折率がフィラーよりも低く、重合後のポリマーの屈折率がフィラーと近くなる設計である。Stタイプは、フィラーの屈折率がマトリックスのモノマーとポリマーの間になるように調節することで、重合前後でのマトリックスとフィラーの屈折率差が一定となるため、重合前後の透過率が変化しない設計である。

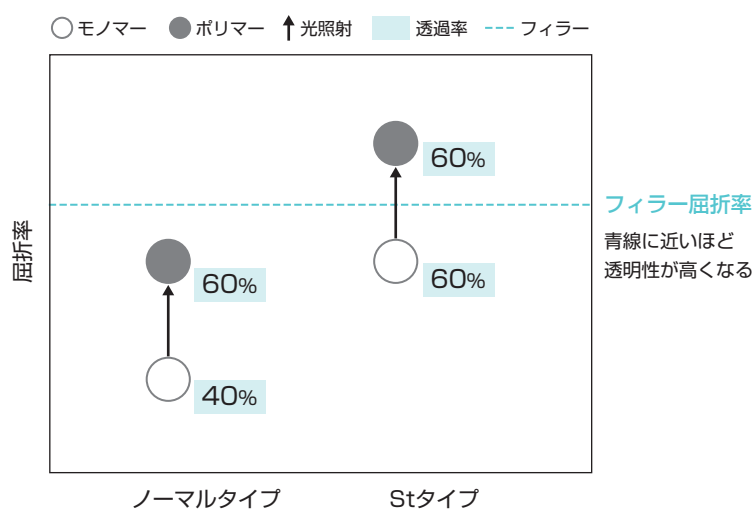


図3-7-2 ノーマルタイプおよびStタイプのマトリックス-フィラー屈折率のイメージ

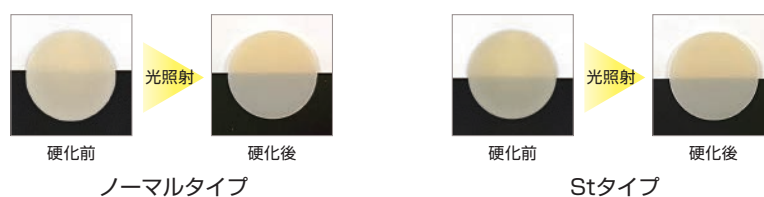


図3-7-3 ノーマルタイプおよびStタイプの硬化前後の色調変化

3.8 フィラーテクノロジーの最大活用による高機能化

2015年9月に発売した歯科切削加工用ハイブリッドレジンプロック「KZR-CAD HR ブロック2」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、この技術は2016年2月発売の歯科充填用コンポジットレジジン「アイゴス」や2018年9月発売の「TMR-ゼットフィル10.」にも応用されている。

「ア・ウーノ」には、これまでヤマキンで開発をおこなったフィラーテクノロジーを最大限に活用し、「強度」と「フッ素徐放性」を両立しながら、さらに独自開発の色調適合性の技術を加えることでユニバーサルシェード型のコンポジットレジジンとして完成し、2022年6月に発売するに至った。

表3-8-1 「ア・ウーノ」に活用されているフィラーテクノロジー

形状	フィラー	機能	ヤマキンのレジジン製品での使用実績
	セラミックス・クラスター・フィラー (C.C.F.) (2~8 μm)	機械的強度向上 耐摩耗性向上 造形性 研磨性向上	・KZR-CAD HR ブロック2 ・KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシート ・ツイニー ・TMR-ゼットフィル10.
	フッ素徐放性フィラー (700 nm)	フッ素徐放性 フッ素リチャージ性	・KZR-CAD HR ブロック2 ・KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシート ・TMR-ゼットフィル10.
	球状ナノフィラー (20 nm)	機械的強度向上 操作性向上	・KZR-CAD HR ブロック2 ・KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシート ・ルナウィング ・ツイニー ・TMR-ゼットフィル10.
	球状ナノフィラー (50 nm)	充填率向上 耐摩耗性向上	—

表3-8-1の通り、機械的強度や操作性を向上するために必須であるセラミックス・クラスター・フィラー (C.C.F.) および約20 nmの球状ナノフィラー、フッ素徐放性およびフッ素リチャージ性を付与するためのフッ素徐放性フィラー、フィラー充填率や耐摩耗性を向上させる約50 nmの球状ナノフィラーがあり、これらフィラーからそれぞれの製品コンセプトに応じて組み合わせて使用している。

「ア・ウーノ」は、ヤマキンがこれまでのレジ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ともいえる。

「ア・ウーノ」製品名の由来

「ア・ウーノ」は英語表記で「A・UNO」となり、「A」は英語で1（ONE）を意味しており、「UNO」はイタリアやスペインで1（ONE）を意味する言葉である。つまり、「ワン（ONE）シェード」で16シェードをカバーするというコンセプトを製品名に組み込んでいる。

さらに、歯質の色調に合うから、「合うの」→「アウノ」→「ア・ウーノ」という意味も含まれている。

本製品は、すべての歯質の色に合うというコンセプトで「オール・アウーノプロジェクト」として開発がスタートした。しかし、臨床では16シェード以外にも、A5シェードのような非常に濃い色調やホワイトニングされた真っ白な色調のケースもあり、さすがに1色だけですべての天然歯の色に合わせるのは困難ということが確認されたため、最終的に製品名は「ア・ウーノ」となった。

「UNO」という世界的に有名なカードゲームがあるが、プレイヤーは自分の手札が1枚だけになった時に「UNO」と申告することを忘れて、他のプレイヤーから「あ、UNO！」と指摘を受けると山札から2枚引かなければならぬ。このUNOの札の色には、赤・緑・青・黄があり、これらの色は心理四原色とも呼ばれ、基本の色として知られている。「ア・ウーノ」の色調は、ベーシックシェードのみであり、このシェード名には歯質の修復に用いる基本の色として皆様にご使用いただきたいという思いが込められている。



f・UNO

4.1 操作性

1) 流動性

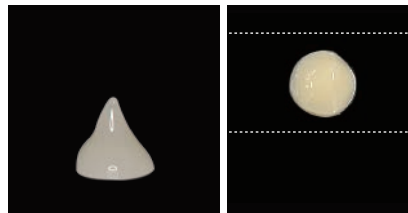
「ア・ウーノ」のペースト性状は、べたつきが少なく付形性に優れたユニバーサル、適度な粘性で流し込めて垂れずに留まるローフロー、窩洞内部に流れ込む流動性の高いフローの3種類をラインアップしている。これらを症例や充填部位ごとに使い分けることで、修復作業時間の短縮が可能となる。



付形後15分 (水平)

図4-1-1 ユニバーサルタイプのペースト性状

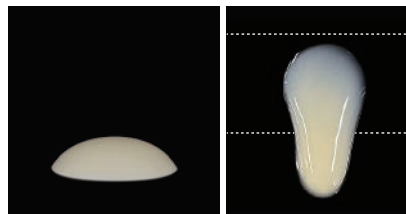
ユニバーサルタイプは、歯質に適度に密着し、充填時の気泡の巻き込みを抑えながら、べたつきが小さく充填器にレジンが付着しにくい。また、形態維持性が優れており、付形後に垂れないため、咬頭形態などの繊細な築盛作業も可能である (図4-1-1)。



採取後10秒 (水平) 採取後60秒 (垂直/0.5g)

図4-1-2 ローフロータイプのペースト性状

ローフロータイプは、図4-1-2に示す通り、流動性がありつつ、形態付与も可能な粘性となっている。このように適度な粘性とすることで、より幅広い症例で活用可能になることが期待できる。



採取後10秒 (水平) 採取後60秒 (垂直/0.5g)

図4-1-3 フロータイプのペースト性状

フロータイプは、図4-1-3に示す通り、採取後にペーストがすぐに流れて、広がる性質であり、この高い流動性によって窩洞内部に容易に流し込むことができ、歯質に密着させることができる。小さな窩洞への充填やライニングに適している。

2) 研磨性

コンポジットレジンは、十分に研磨して表面を平滑にすることでプラークの付着が低減される。また、コンポジットレジン修復において患者の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。

「ア・ウーノ」は、ヤマキンのフィラーテクノロジーを最大限活用することで、フィラーが高充填されているにもかかわらず、研磨によって容易に光沢が得られる設計となっている。また、既存のコンポジットレジンである「TMR-ゼットフィル10.」よりも微細フィラーの配合比率が多くなっていることから、より簡便かつ短時間で光沢を得ることができる（図4-1-4）。

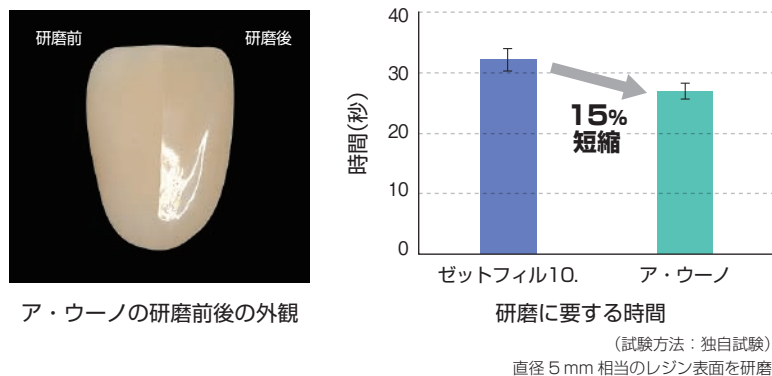


図4-1-4 研磨性評価（ユニバーサル ベーシック）

3) シリンジの改良

コンポジットレジン修復において、吐出したレジンに気泡を含むことは、術後不良（強度低下、審美性低下）の原因となるため避けなければならない。そこで、「ア・ウーノ」ではシリンジ内部の気泡の発生原因を調査し、シリンジ内部の形状の設計改良により、内部の気泡の巻き込みを大幅に低減することができた（図4-1-5）。

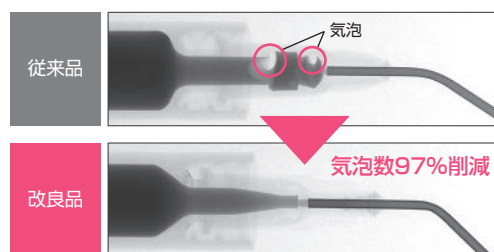


図4-1-5 シリンジ形状の改良

4.2 機械的性質

1) 曲げ強さ

「ア・ウーノ」の曲げ強さは、JIS T 6514¹³⁾に準拠し、3点曲げ試験で評価した。「ア・ウーノ」を2mm×2mm×25mm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、材料中の構成物質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℃と60℃で、各60秒間浸漬する条件を5,000サイクル、その後3点曲げ試験により耐久性を確認した（図4-2-1）。

「ア・ウーノ」の曲げ強さは、当社従来品である「TMR-ゼットフィル10.」と比較して、同等以上の曲げ強度を有し、サーマルサイクル後の値が向上している。「ア・ウーノ」では、無機フィラーの表面処理条件（シランカップリング剤、処理方法）を改良しており、その効果によって耐水性が向上したと推測される。なお、表面処理条件の改良によって、フィラー充填

率が「TMR-ゼットフィル10.」がユニバーサル（77 wt%），フロー（67 wt%），ローフロー（67 wt%）に対して，「ア・ウーノ」はユニバーサル（81 wt%），フロー（70 wt%），ローフロー（71 wt%）と3~4%増加している。

また，「ア・ウーノ」のユニバーサル，フローの各タイプは，同程度の耐久性を示した。そのため，術者は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自由に選択することができる。

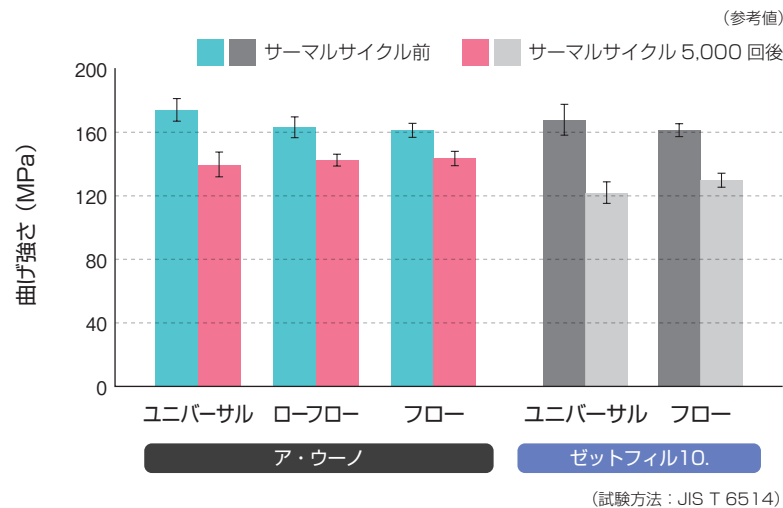


図4-2-1 曲げ強さ

2) 耐摩耗性

歯科修復物は，咬合により対合歯に繰り返し接触し，天然歯と修復物自体を摩耗するが，摩耗量が大きいと，咬合バランスがくずれて噛み合わせが悪くなる。このため，対合歯に対する耐摩耗性は重要な性能である。そこで，耐摩耗性の評価として，対合歯試験を実施した。試験方法は37℃水中下の衝突摩耗試験であり，ペレット状の試験材料に対して，牛歯を用いた対合歯モデルを荷重5.8 kgfで衝突させ，左右に1 mmずつ移動させるサイクルを50,000回繰り返す条件である (図4-2-2)。

試験条件: 衝突摩耗試験 (37℃水中下)

荷重: 5.8kgf
回数: 50,000サイクル
1サイクル: 1回衝突,
左右に1mmずつ移動

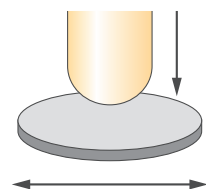


図4-2-2 対合歯摩耗試験の模式図

本試験では，人の天然歯 (300~350 HV)¹⁴⁾ と近いビッカース硬さの牛歯エナメル質 (320 HV)¹⁵⁾ を用いて実施した。

図4-2-3に示す通り，「ア・ウーノ」は，4種の無機フィラーを緻密に高充填させたことで，従来品である「TMR-ゼットフィル10.」よりも耐摩耗性を向上させることができた。さらに，衝突摩耗した対合歯の摩耗量は，牛歯エナメル質同士を衝突摩耗させた場合よりも，歯質の摩耗量を大幅に低減されていることから，対合歯咬耗のリスクが抑制されている材料といえる。

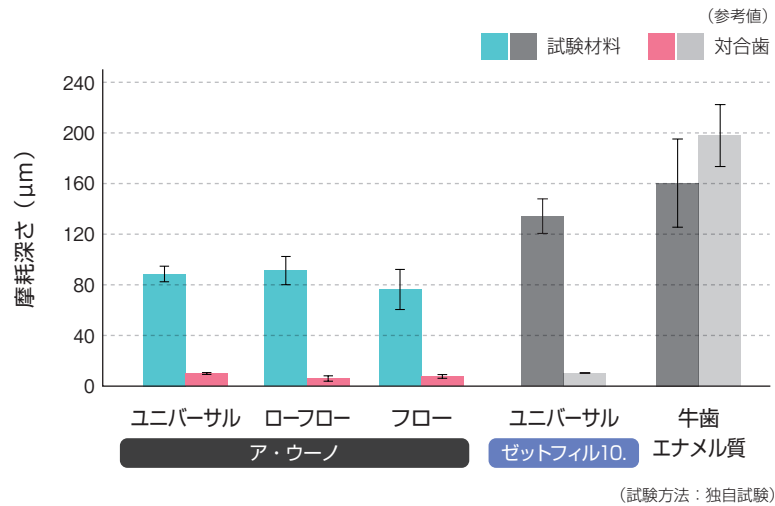


図4-2-3 対合歯摩耗性

4.3 フッ素徐放性

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¹⁶⁻²⁰⁾。このような効果を期待し、「ア・ウーノ」にはフッ素徐放性フィラーを配合している。そこで、「ア・ウーノ」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「ア・ウーノ」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の蒸留水に浸漬した。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4-3-1）、「ア・ウーノ」は、半年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。

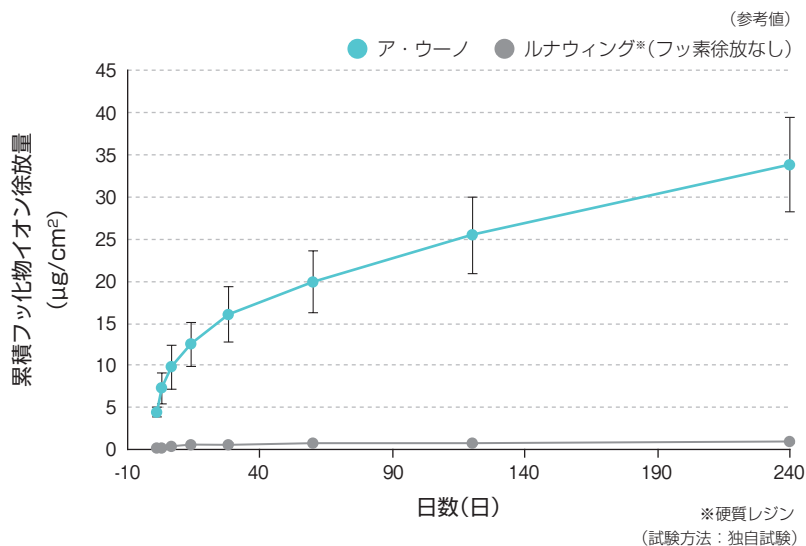


図4-3-1 フッ素徐放性

2) フッ素リチャージ性

「ア・ウーノ」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実施した。

直径15 mm, 厚さ0.5 mmの金型に「ア・ウーノ」にも含まれる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 14569-1²¹⁾を参考に簡易歯ブラシ摩耗試験機を用いておこなった. 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回実施した. 測定したフッ化物イオン量から, 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(図4-3-2). 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おこな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おこな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「ア・ウーノ」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.

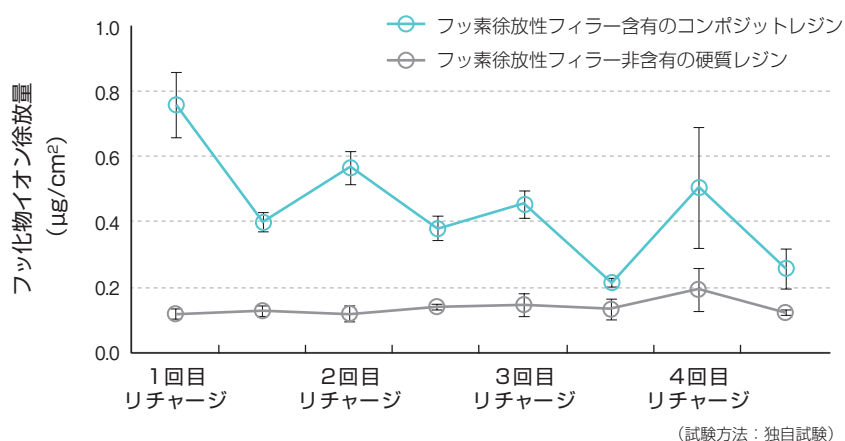


図4-3-2 フッ素配合歯磨剤によるブラッシング時のフッ化物イオン徐放量

3) 虫歯菌に対する影響

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²²⁻²⁴⁾. これまで述べてきたように, 「ア・ウーノ」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. そこで本項では低濃度のフッ素徐放性を有する「ア・ウーノ」が, 虫歯の原因菌である*Streptococcus mutans* (以下, 虫歯菌)に及ぼす影響を, 細菌の増殖, 付着, 酸産生を指標として検証した. 直径12 mm, 厚さ1.0 mmの金型にユニバーサルタイプの「ア・ウーノ」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. 比較として従来品「TMR-ゼットフィル10」およびフッ素徐放性を持たない硬質レジジン「ルナウィング」を対照試料とした.

・増殖試験

試験片1枚あたりにBHI液体培地を1 mL添加し, 37℃で24時間浸漬することでレジジン抽出液を調製した. 各レジジン抽出液で虫歯菌を培養し, 培養開始から24時間後に590 nmにおける吸光度を測定した. 細菌数が多いほど培養液が濁り吸光度に反映されるため, 増殖が抑制されると吸光度が低下

する。図4-3-3に示すように、フッ素徐放性を持たない硬質レジンに対して、いずれの試料にも吸光度の低下は認められなかった。

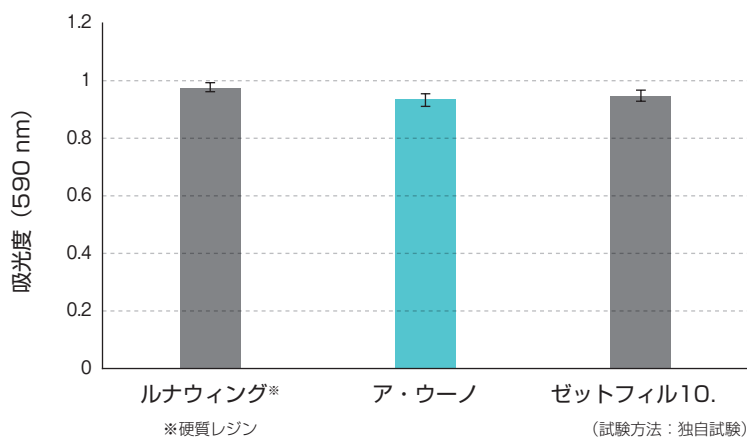


図4-3-3 虫歯菌増殖試験

・付着試験

各レジン試験片上で、虫歯菌をスクロース添加BHI液体培地にて37℃で24時間好気培養した。PBS(-)で洗浄後、Microbial Viability Assay Kit-WST (株式会社同仁化学研究所)²⁵⁾の試験薬を添加後2時間呈色させ、反応液の450 nmにおける吸光度を測定した。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、材料に付着した細菌の数が少ないとオレンジ色の発色が淡く(吸光度が低い)なる。図4-3-4に示すように、フッ素徐放性を持たない硬質レジンに対して、従来品よりもフッ素徐放量が多い「ア・ウーノ」と従来品である「TMR-ゼットフィル10.」では大きな吸光度の低下が認められた。

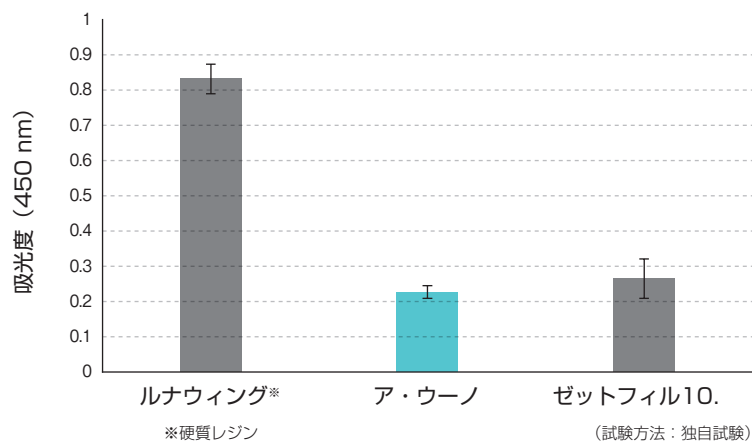


図4-3-4 虫歯菌付着試験

・乳酸産生試験

虫歯菌が産生する乳酸量は、Lactate Assay Kit-WST (株式会社同仁化学研究所)を用いて測定した。本測定法では乳酸量に応じて発色するWSTホルマザンを吸光度測定することで、細菌培養液中の乳酸を検出する。乳酸産生が低下すると吸光度も低下する。各レジン抽出液で虫歯菌を培養し、その培養液を遠心分離し、上清を回収した。上清にWST試験薬を添加後、37℃で2時間静置し、波長450 nmの吸光度を測定した。図4-3-5に示したように、「ア・ウーノ」「TMR-ゼットフィル10.」は対照試料と比較して吸光度が低下した。

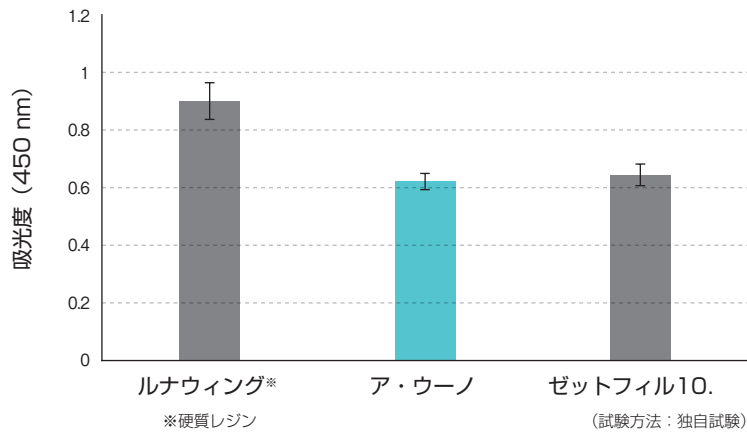


図4-3-5 虫歯菌乳酸産生試験

上記試験結果について、さらに検証を進めたところ、「ア・ウーノ」「TMR-ゼットフィル10.」にEnolase阻害が認められた。Enolaseは乳酸生成に関係する解糖系の酵素であることから、菌体内のEnolaseの阻害が、乳酸産生抑制につながったものと考えられた²⁶⁾。

4) フッ化物イオンのリスク

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。フッ化物の過剰摂取は急性中毒を、高濃度の長期間の服用では慢性中毒を示すが、日本ではBaldwinの報告²⁷⁾をもとに、急性中毒を呈する閾値が2 mg F/kgに設定されている。また、慢性中毒の症状の一例としてフッ素症（斑状歯）が挙げられる。Deanらの疫学調査により、生活用水のフッ素濃度が0.4 ppmを超える地域において斑状歯が生じ始め、審美的に問題となる中程度以上の斑状歯は2.0 ppm前後で生じるとされている。1.0 ppm程度のフッ化物濃度では斑状歯の発生割合が比較的lowく、う蝕の発生も少ないと報告されている²⁸⁾。

フッ素症のような人体への作用以外に、インプラントに使用される純チタンあるいはチタン合金に対するフッ化物による腐食が報告されている。詳細は書籍「知っておきたい歯科材料の安全性」において触れているが²⁹⁾、フッ化物によるチタンの腐食は高濃度のフッ化物、酸性条件、低酸素条件下で発生しやすい。もっとも、現在使用されているフッ化物製品の多くが中性環境で使用され、口腔内では唾液がフッ化物濃度の低下・酸性環境に対する緩衝作用を生じるため、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低いものと考えられる。なお、「ア・ウーノ」の一日あたりのフッ化物イオン徐放量は、45 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ （ユニバーサルタイプ）であり、歯面塗布剤や歯磨剤の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。

4.4 生物学的安全性

歯科材料はわずかでも人体へ接触する場合、生物学的安全性の評価が求められる。生物学的安全性の評価とは、人の健康に対して不利益な影響を及ぼすリスクを評価することである。生物学的安全性評価によって、リスクがない、もしくはそのリスクを許容しうることを証明することにより、販売が許可される。

歯科材料の考慮すべき生物学的安全性の評価項目は歯科材料の特性によって大きく変わる。表4-4-1に示すように、身体との接触部位（表面接触医療機器、体内と体外とを連結する医療機器、体内埋め込み機器）および接触期間（一時的接触、短・中期的接触、長期的接触）によって

分類されている。

「ア・ウノ」は口腔内で使用されるので、当然人と接触する医療機器である。生物学的安全性の評価が求められ、「体内と体外とを連結する医療機器・長期的接触」のカテゴリに該当する。

「ア・ウノ」は、必要な生物学的安全性の評価によって、医療機器として安全性が確認されている原材料のみで構成されている。

上記の生物学的な試験は、すべて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。

表4-4-1 歯科材料の考慮すべき生物学的安全性の評価項目

接触期間 (累積)：A： 一時的接触 (24時間以内) B：短・ 中期的接触 (24時間を 超え30日 以内) C：長期的 接触(30 日を超える)		生物学的安全性評価項目														
		物理学的・ 化学的情報	細胞 毒性	感 作性	刺 激性 ／ 皮 内 反 応	材 料 由 来 の 発 熱 性	急 性 全 身 毒 性	亜 急 性 全 身 毒 性	亜 慢 性 全 身 毒 性	慢 性 全 身 毒 性	埋 植	血 液 適 合 性	遺 伝 毒 性	が ん 原 性	生 殖 発 生 毒 性	生 分 解 性
非接触医療機器		いずれの評価も不要														
表面接触医療機器	皮膚	A	要	E	E	E										
		B	要	E	E	E										
		C	要	E	E	E										
	粘膜	A	要	E	E	E										
		B	要	E	E	E		E	E			E				
		C	要	E	E	E		E	E	E	E	E		E		
	損傷表面	A	要	E	E	E	E	E								
		B	要	E	E	E	E	E	E			E				
		C	要	E	E	E	E	E	E	E	E	E		E	E	
体内と体外とを連結する医療機器	血液流路 間接的	A	要	E	E	E	E	E				E				
		B	要	E	E	E	E	E	E			E				
		C	要	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
	組織骨(歯) 質	A	要	E	E	E	E	E								
		B	要	E	E	E	E	E	E			E		E		
		C	要	E	E	E	E	E	E	E	E	E		E	E	
	循環血液	A	要	E	E	E	E	E				E	E			
		B	要	E	E	E	E	E	E			E	E	E		
		C	要	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
体内埋め込み機器	組織骨	A	要	E	E	E	E	E								
		B	要	E	E	E	E	E			E		E			
		C	要	E	E	E	E	E	E	E	E	E		E	E	
	血液	A	要	E	E	E	E	E				E	E	E		
		B	要	E	E	E	E	E	E			E	E	E		
		C	要	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	

E：Endpoint（エンドポイント、評価すべき指標）

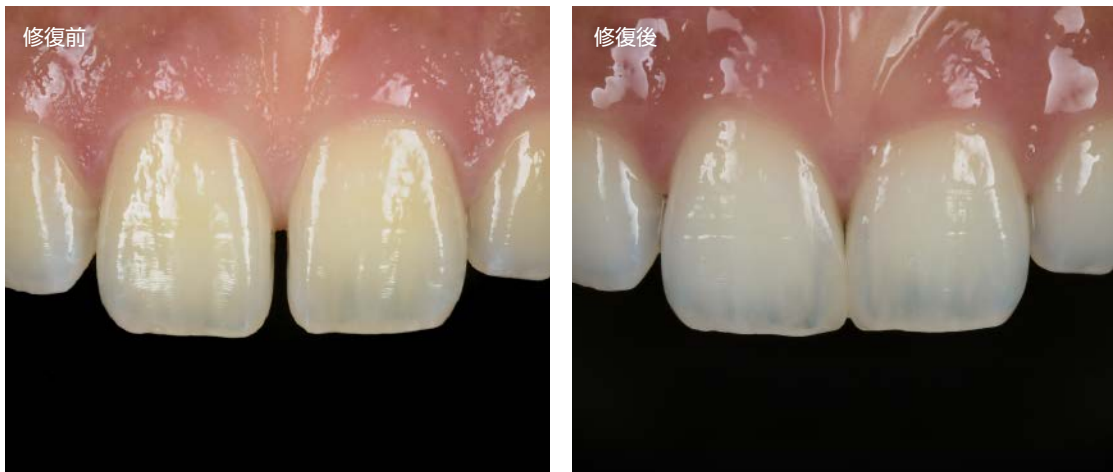
Endpointとは、リスクアセスメント*において、歯科材料が接触する部位や期間ごとに、最終的に影響する可能性がある評価すべき指標を意味する。

*リスク特定、リスク分析、リスク評価を網羅するプロセス全体

「ア・ウーノ」を使用した症例を示す。裏打ちのない正中離開や隣接歯がメタルの症例において「ア・ウーノ」は、バックや下地の色調を遮蔽しながら、切端の透明感も付与でき、歯質になじんだ色調が再現されている。また、窩底部が濃い色調の大きな窩洞においても「ア・ウーノ」は、適度に遮蔽しながら周囲の歯質の色調に適合することが確認されている。さらに審美性を求める場合は、「Nu:leコート」を用い、キャラクターライズすることで天然歯の色調再現性を高めることができる。アクセスホールの封鎖においても「ア・ウーノ」は優れた色調適合性を示すことを確認している。

なお、以下の臨床例は、「ア・ウーノ」を用いたコンポジットレジン修復の一部の工程であり、使用する際は、電子添文を確認すること。

■ 正中離開を修復した症例（ホワイトニング後に形成）



写真提供：竹内歯科医院（香川県綾歌郡宇多津町）竹内一貴氏

■ II級窩洞（窩底部：TMR-MTAセメント ミエール）を修復した症例



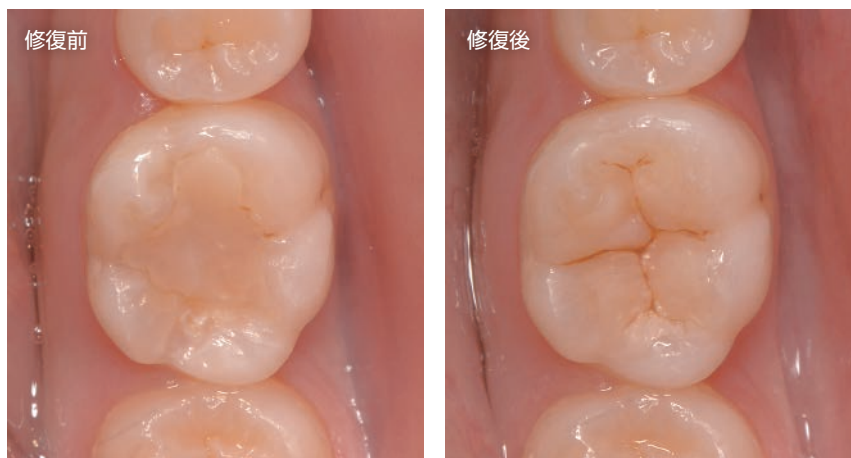
写真提供：竹内歯科医院（香川県綾歌郡宇多津町）竹内一貴氏

■ I 級窩洞（窩底部が濃い色調の大きな窩洞）を修復した症例



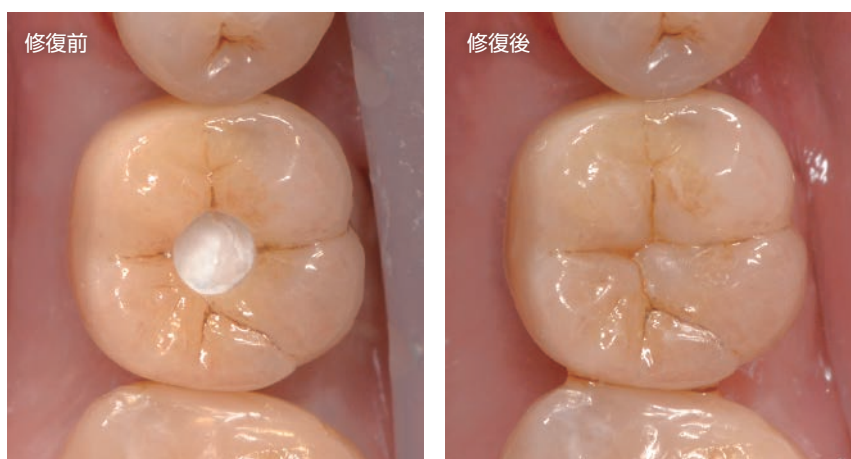
写真提供：医療法人 山北歯科診療所（高知県香南市）山本真代氏

■ I 級窩洞を修復した症例（Nu:leコートで小窩裂溝部をキャラクタライズ）



写真提供：竹内歯科医院（香川県綾歌郡宇多津町）竹内一貴氏

■ アクセスホールを封鎖した症例
（ジルコニアフレームに陶材をレイヤリングしたクラウン）



写真提供：竹内歯科医院（香川県綾歌郡宇多津町）竹内一貴氏

従来型のコンポジットレジンとの併用について

3.6項でも述べたように、一般的なシェードガイド（A4）よりも濃い色調の歯質に対しては、従来型のコンポジットレジンである「TMR-ゼットフィル10.」のA5シェード等との併用が必要である。まず、下記に示す上顎右側1番の根面部分は彩度の非常に高い色調であったことから「TMR-ゼットフィル10.」のA5シェードのフロータイプのみで修復をおこなっている。一方で、上顎右側1番の切端部（IV級窩洞）の修復においては、「ア・ウーノ」で歯冠修復しているが、十分な色調適合性とは言えず、修復部が白っぽくみえる。この症例では、象牙質部分を彩度の高いレジンにて充填し、その後にエナメル質を「ア・ウーノ」にて築盛すると自然な色調を再現できると考えられる。

■IV級窩洞・根面う蝕（老年歯）を修復した症例



写真提供：竹内歯科医院（香川県綾歌郡宇多津町）竹内一貴氏

6 おわりに

ヤマキンは研究開発の成果として、それまで困難と考えられていた「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、さらに「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「TMR-ゼットフィル10.」へと進化させた。しかしながら、ヤマキンの研究開発はそこでとどまることなく、フィラーテクノロジーの最大限の活用により、高強度とフッ素徐放性を両立しながら、さらに独自開発の色調適合技術「カモフラージュエフェクト」を加えることで、透明性・遮蔽性・彩度の最適化により、1色で幅広いケースの周囲の色調となじむ、新しいユニバーサルシェード型コンポジットレジン「ア・ウーノ」が完成した。

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、患者の満足度を高めるために、本製品をご使用いただければ幸いである。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。

執筆者一同

謝辞

細菌試験に関するご指導ならびに、生物学的安全性評価に関するアドバイスをいただいた、高知大学医学部歯科口腔外科学講座 山本 哲也 教授、臨床での色調評価ならびに症例写真をご提供いただいた、竹内歯科医院 竹内 一貴 先生および医療法人 山北歯科診療所 山本 眞代 先生に感謝の意を表します。最後に、本レポートの編集にご協力いただいた関係者みなさまへ心から感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。

文献

- 1) 宮崎真至：ユニバーサルシェードを使いこなす シェード選択で迷わないコンポジットレジン修復。医歯薬出版株式会社，2021。
- 2) 江森康文，大山正，深尾謹之介：色 その科学と文化。株式会社朝倉書店，1995。
- 3) Newton I: Opticks: or, A treatise of the reflections, refractions, inflexions and colours of light. Sam. Smith, and Benj. Walford, London, 1704.
- 4) 田中越郎：イラストでまなぶ人体のしくみとはたらき。株式会社医学書院，2006。
- 5) 宮本敏夫：脳のはたらき 知覚と錯覚。株式会社ナツメ社，2002。
- 6) 佐藤愛子，利島保，大石正，井深信男：光と人間の生活ハンドブック。株式会社朝倉書店，1995。
- 7) 大石正：光と人間。株式会社朝倉書店，2015。
- 8) 日本視覚学会：視覚情報処理ハンドブック。株式会社朝倉書店，2017。
- 9) 内田広由紀：7日間でマスターする配色基礎講座。株式会社視覚デザイン研究所，2003。
- 10) 色のはなし編集委員会：色のはなし II。技報堂出版株式会社，1996。
- 11) 加藤雪枝，寺田純子，中川早苗，橋本令子，高木節子，大野庸子：生活の色彩学。株式会社朝倉書店，1998。
- 12) 尾中龍猛：光と物質の相互作用-II 光と固体。光学，17(2):87-95。1988。
- 13) JIS T 6514：2015。歯科修復用コンポジットレジン。
- 14) 全国歯科技工士教育協議会編集，新歯科技工士教本 歯科理工学，医歯薬出版，16-17，2006。
- 15) 原舞，小山拓，佐藤亨，宅間裕介，吉成正雄，半透明ジルコニアと牛歯エナメル質の摩耗特性。歯科学報，112(4)，538，2012。
- 16) Hicks J, Garcia G, Milano M, Flaitz C: Compomer materials and secondary caries formation. Am. J. Dent., 13(5), 231-234, 2000.
- 17) Han L, Edward C, Okamoto A, Iwaku M: A comparative study of fluoride-releasing adhesiveresin materials. Dent. Mater. J., 21(1), 9-19, 2002.
- 18) 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。
- 19) 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.
- 20) 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齶蝕抑制効果のpH サイクルによる評価。日歯保存誌，52，39-50，2006。
- 21) ISO/TR 14569-1: 2007, Dental materials - Guidance on testing of wear - Part 1: Wear by toothbrushing.
- 22) 栗根佐穂里，川口由佳，鈴木淳司，岡田貢，香西克之，長坂信夫：フッ化物配合小窩裂溝充填材の抗菌作用について。小児歯科学雑誌，35(3)：472-477，1997。
- 23) 門磨義則，増原英一：フッ素イオン徐放性ポリマーの歯科応用。口腔病学会雑誌，49(3)：539-546，1982。
- 24) 可見瑞夫，可見徳子，飯野新太郎，磯崎篤則，高橋美次：フッ素含有洗口液による蝕予防法の基礎的研究 II。フッ素取り込み量と耐酸性について。口腔衛生学会雑誌，30(2)：98-103，1980。
- 25) 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.
- 26) Hayashi M, Matsuura R, Yamamoto T: Effects of low concentration fluoride released from fluoride sustained releasing composite resin on the bioactivity of Streptococcus mutans. Dent Mater J., 41(2): 309-316, 2022.
- 27) Baldwin HB: The toxic action of sodium fluoride. J. Am. Chem. Soc., 21: 517-521, 1899.
- 28) Dean HT: The investigation of physiological effects by the epidemiological method. In: Moulton FR, editor: Fluorine and dental health, Washington DC: AAAS Publication No.19: 23-31, 1942.
- 29) ヤマキン博士会監修：知っておきたい歯科材料の安全性。YAMAKIN株式会社，120-122，2017。

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）小白歯用

KZR - CAD ブロック 3 ガンマシート
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（Ⅲ）大白歯用

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

ツイニー
管理医療機器 歯冠用硬質レジン 認証番号：222AABZX00121000

ルナウイング
管理医療機器 歯冠用硬質レジン 認証番号：218AABZX00035000

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

製品ラインアップ



ア・ウーノ ユニバーサル ベーシック



ア・ウーノ ユニバーサル St ベーシック

New



ア・ウーノ ローフロー ベーシック

New



ア・ウーノ ローフロー St ベーシック



ア・ウーノ フロー ベーシック



ア・ウーノ フロー St ベーシック

保険適用

ア・U・NO

色に合う 好みに合う

ア・ウーノ

管理医療機器 歯科充填用コンポジットレジン
 認証番号：304AABZX00013000

シェード	ベーシック	
	ノーマル	St
色調タイプ		
ペースト 性状	ユニバーサル	●
	ローフロー	●
	フロー	●

ア・ウーノ特設サイト

詳細情報はこちらから



関連製品

歯科充填用コンポジットレジン



保険適用

TMR Z Fill 10.

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

歯科用象牙質接着材



TMR AQUA BOND 0-n

水を味方につけたゼロ秒ボンディング

象牙質レジンコーティング・知覚過敏処置にも対応

TMR-アクアボンド0-n

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、
 歯科用知覚過敏抑制材料、歯科用シーリング・コーティング材)
 認証番号：303AABZX00049000

歯科用覆髄材料



TMR MTA cement **Mielle**

操作性はそのままにX線造影性60%向上※ ※弊社従来品比

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

【適応】非感染歯髄で、窩洞形成や外傷によって偶発的に生じた2mm以内の露髄に用いる。

レジン用表面滑沢キャラクタライズ材



Nu:le Coat

サラッと塗れて簡単に艶出し・キャラクタライズが可能

Nu:leコート (ヌールコート)

管理医療機器 歯科表面滑沢硬化材（高分子系歯冠用着色材料、歯科レジン用接着材料、
 歯科レジン系補綴物表面滑沢硬化材、歯科接着・充填材料用表面硬化保護材、歯面コーティング材）
 認証番号：303AABZX00051000

歯科重合用光照射器



Penguin

スッと届く ぱっ!と固まる

ペンギン アルファ

一般医療機器 特定保守管理医療機器 歯科重合用光照射器
 届出番号：13B2X00316310018

販売元 (ペンギン アルファ)

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)

ビヤス株式会社
 〒132-0035 東京都江戸川区平井 6-73-9

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

M-TEG-PIはYAMAKIN株式会社の登録商標です。
 製品や模型、パッケージなどの色は、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。記載のデータは条件によって異なる場合があります。
 製品の仕様、外観や容器などは予告なく変更する場合があります。製品を使用するときは必ず最新の電子添文をご確認ください。

(氏名掲載は50音順)

監修者

・ヤマキン博士会 会員

安楽 照男

高知工科大学大学院博士課程修了 博士 (工学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 技術顧問

糸魚川 博之

北海道大学大学院博士課程単位取得後退学 博士 (理学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 品質管理課 学術技師

加藤 喬大

高知工科大学大学院博士課程修了 博士 (工学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 取締役 主席研究員

坂本 猛 (ヤマキン博士会幹事長)

北海道大学大学院博士課程修了 博士 (薬学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 常務執行役員 兼 技術・情報マーケティング本部 本部長
高知大学医学部 特任准教授

佐藤 雄司

高知工科大学大学院博士課程修了 博士 (学術)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 企画戦略室 室長

田中 秀和

高知工科大学大学院博士課程修了 博士 (工学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 開発部 主幹研究員
高知工科大学 客員研究員

・ヤマキン博士会 準会員

竹川 知宏

高知大学大学院修士課程修了 修士 (学術)
博士後期課程在学中 (高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻)
YAMAKIN株式会社 地金部 係長

林 末季

高知大学大学院博士課程修了 博士 (医学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 生体科学安全研究室 主任研究員

松浦 理太郎

愛媛大学大学院連合博士課程修了 博士 (農学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 開発部 上席主幹研究員
高知大学医学部 特任研究員

水田 悠介

高知工科大学大学院博士課程修了 博士 (工学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 開発部 有機材料開発課 リーダー (上級主任研究員)

山添 正稔

松本歯科大学大学院博士課程修了 博士 (歯学)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 常任理事
YAMAKIN株式会社 主席研究員
松本歯科大学 非常勤講師

山本 裕久 (ヤマキン博士会会長)

高知工科大学大学院博士課程修了 博士 (学術)
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事長
YAMAKIN株式会社 会長

山田 文一郎 (ヤマキン博士会相談役)

元 大阪市立大学工学部長 大阪市立大学名誉教授 工学博士
YAMAKIN株式会社 顧問

溝渕 真吾

愛媛大学大学院修士課程修了 修士 (理学)
博士後期課程在学中 (高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻)
YAMAKIN株式会社 開発部 有機材料開発課 レジン開発チーム
上級主任研究員 (プロジェクトリーダー)

執筆者

加藤 喬大

前掲

水田 悠介

前掲

林 末季

前掲

山添 正稔

前掲

ア・ウーノ 製品レポート

ユニバーサルシェード型コンポジットレジンの基礎知識と
ヤマキン独自の色調適合技術「カモフラージュエフェクト」について

2022年 6月 15日 第1版発行

2022年 11月 10日 第2版発行

発行責任者 山本 樹育

発行所 YAMAKIN 株式会社

〒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

URL <https://www.yamakin-gold.co.jp>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。



YAMAKIN株式会社

本社：〒781-5451 高知県香南市香我美町上分1090番地3
生体科学安全研究室：〒783-8505 高知県南国市岡豊町小蓮 高知大学医学部YAMAKIN次世代歯科医療開発講座
大阪・東京・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>

● 製品に関するお問い合わせはこちら

テクニカルサポート  0120-39-4929 (9:00~17:00)

サンキューボックス