

歯科裏層用高分子材料 「バルクベース」について

サンメディカル株式会社 研究開発部 今井啓文／土川益司

■ はじめに

近年、コンポジットレジンなどの充填修復材は、ボンディング材の技術進歩の結果、歯質に対する接着性能はより確実なものとなった。また、充填修復材も高強度、高審美、高操作性と術者の要求に対応できるものとなり、歯科修復治療において不可分な関係となっている。

一方、光重合型充填材は、重合開始剤（カンファエノン）が励起された後、フリーラジカルを発生しモノマーが結合することにより、重合硬化時に数%の体積収縮が起こることも広く知られている。

しかし、ボンディング材の接着性能が向上したことで、充填修復材の収縮応力が材料自身や硬組織に対して損傷を与え、それが術後疼痛や二次う蝕などの原因となることがある(図1)。特に歯髄に近接した深い窩洞ではこのような術後のリスクが高まることが予測されるため、使用する充填修復材の重合収縮は少ないほうが望ましいと考えられている。

そこで、弊社ではボンディング材と充填修復材の不可分な関係をより良好なものとするため、接着性と重合収縮性に優れた歯科用バルク裏層システム「バルクベース」(図2)を開発するに至った。

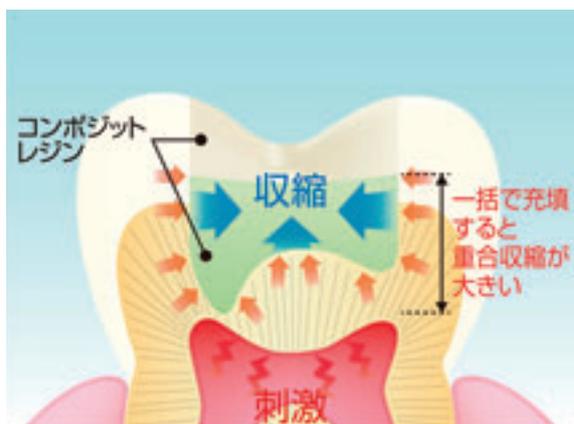


図1 充填材料の収縮による疼痛イメージ
充填材料の重合収縮が疼痛を引き起こすメカニズム。

■ 「バルクベース」とは

「バルクベース」は、直接修復及び間接修復時(図3)の裏層に用いる歯科裏層用高分子系材料であり、高い接着性を有した光重合型ボンディング材「バルクベースライナー」と重合収縮を抑えた光重合型低粘度フロアブルペースト「バルクベース」で構成される。

■ 弊社が考える裏層材料の要求性能

弊社では「バルクベース」を開発する上で、修復後の疼痛や二次う蝕といったリスクを軽減することのできる理想的な裏層材料を目指して各構成成品に要求性能を設定し、その要件を満たすよう開発を行った。

1. 「バルクベースライナー」に求める性能

- ・象牙質の乾燥やう蝕影響象牙質の完全除去が難しいといわれるう蝕が進行した窩洞の高底部に対しても高い歯質接着性能を有すること。
- ・接着界面から重合硬化し、良質な樹脂含浸象牙質が形成されること。

2. 「バルクベースペースト」に求める性能

- ・重合硬化時の歯質にかかるダメージが低減できるように重合収縮を可及的に少なくすること。
- ・光照射器の照射熱による歯髄へのダメージが低減で



図2 バルクベース セット

きるよう高い硬化性を有すること。

- ・従来の低粘度フロアブルレジンと同等の流動性を維持し、簡便な操作性であること。

■ バルクベースライナーの技術的背景

スーパーボンドに用いられている触媒TBBと同様に、接着界面から重合硬化する特性を持つ弊社独自の親水性重合開始剤の技術は、ハイブリッドコートIIやi-TFCボンドなどに採用され、長期的に優れた臨床実績を残している。

そこで、「バルクベースライナー」のリキッドにも同様に機能性モノマーとして4-METAを中心に配合することにより、ハイブリッドコートIIおよびi-TFCボンドの優れた技術を応用展開した。

また、ライナーズポンジにおいても、実績と信頼の

ある親水性重合開始剤の技術を踏襲することにした(図4、5)。

■ バルクベースライナーの特長

1. 歯質界面からの重合

ライナーズポンジに吸着している親水性重合開始剤の効果により、空気と水分が残存する歯質界面からも確実に重合硬化することができる。

そのため、象牙質の乾燥が困難な窩底部などに対しても良質な樹脂含浸層を形成し、優れた接着性およびシール性を示す(図6)。

2. う蝕影響象牙質への高い接着性能

脱灰を受けて水分が多く含まれるう蝕影響象牙質に対しても高い浸透性と硬化性を持つ。

そのため、う蝕影響象牙質の完全除去が困難な症例

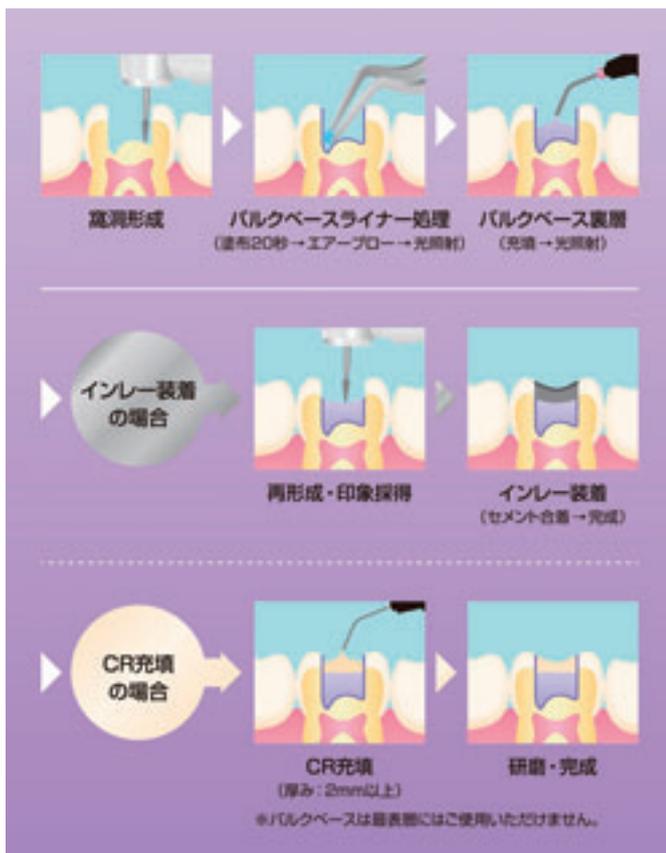


図3 バルクベース操作ステップ



図4 バルクベースライナーセット

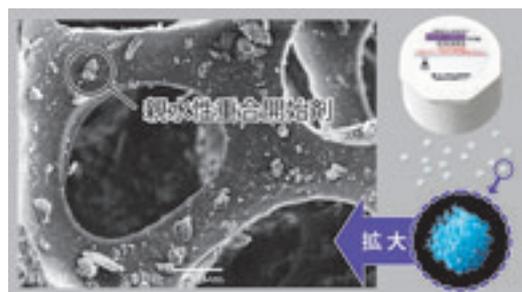


図5 弊社独自の親水性重合触媒
バルクベースライナー専用のライナーズポンジには親水性重合開始剤が吸着しており、リキッドと混合することで歯質に対して高い浸透性を発揮する。

に対しても優れた接着性能を示す（図7、8）。

■ 「バルクベース」の技術的背景

一般的にコンポジットレジンなどのペースト系修復材料は、重合性モノマーとフィラーおよび重合開始剤から構成されており、重合時に高粘度ペーストタイプで2~4%、低粘度ペーストタイプで3~5%程度の重合収縮が生じる。

その重合収縮を少なくするためのアプローチとして、フィラー含有量を増加させる方法、および重合性モノマー自体の重合収縮を低減させる方法とが考えられる。なかでも、低粘度ペーストタイプは、流動性を確保することから、フィラー含有量の増加には限界があり、重合性モノマー自体の重合収縮をいかに低減できるかが鍵となってくる。

しかし、現在の歯科修復材料で多く使用されている Bis-GMA、UDMA、TEGDMAなどの重合性モノマー

の組み合わせでは、重合収縮を低減させるには至っていないのが現状である。

そこで、「バルクベース」では、新規に開発されたウレタン化合物を含有するLPSモノマー（LPS=Low Polymerization Shrinkage）を重合性モノマーとして採用するに至った。

このLPSモノマーは、三井化学株式会社によって生み出された低重合収縮性モノマーであり、モノマー自体の重合収縮率は2%（図9）と既存の重合性モノマーに比べて極めて低い値を示し、「バルクベース」の低重合収縮性に大きく寄与している。

■ 「バルクベース」の特長

1. 低重合収縮性

低粘度フロアブルペーストでありながら重合収縮率は3%以下と低い値であり、従来品と比較しても有意に低い値を示す（図10）。

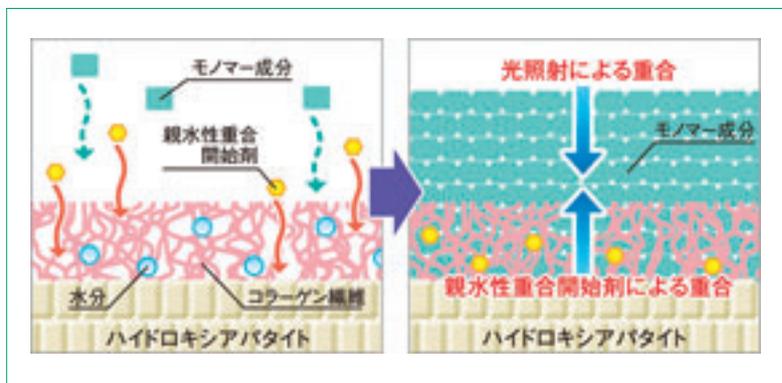


図6 親水性重合触媒のしくみ

親水性重合開始剤は空気と水の存在する歯質界面から重合を開始し、触媒と親水性重合開始剤による界面重合で良質な樹脂含浸層を形成する。

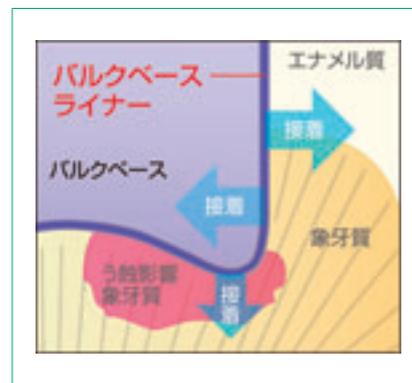


図7 バルクベースライナーの優れた接着性能

バルクベースライナーは研削したエナメル質や健全象牙質はもちろん、湿潤したコラーゲンを含むう蝕影響象牙質に対しても高い接着性能を発揮する。

	μTBS (MPa)
健全象牙質	39±7
う蝕影響象牙質	39±10

微小引張接着強さ（37℃ 24h 水中浸漬後）＜自社試験による＞

図8 バルクベースライナーの接着強さ

モノマー名	重合収縮率 (%)
LPSモノマー	2.0
Bis-GMA	4.5
UDMA	7.0

＜自社試験による＞

図9 各種重合性モノマーの重合収縮率

LPSモノマーは、歯科で一般的に多用される重合性モノマーと比較して、極めて低い重合収縮率を示す。

	バルクベース	ビジュアル	試験方法
剛性強さ (MPa)	80	85	JIS T 6514:2013 C28
硬化深さ*1 (mm)	4.5	4.5	
X線透射性*2 (%)	240	240	
重合収縮率 (%)	2.8	2.6	自社法

*1：LED照射器20秒照射 *2：対アルミニウム

＜自社試験による＞

図10 バルクベースの各物性

この低重合収縮性は、重合時の歯質にかかる応力を低減し、二次う蝕や術後疼痛などのリスクを低減できる。

2. 高い光硬化性

一回の充填操作で裏層ができる高い光硬化性を有しており、深い窩洞への裏層でも確実に重合硬化することが可能である。

また、4mmまでの裏層であれば積層を必要とせず一回の照射でバルク裏層できるため、照射熱による歯髄への影響も低減できる（図11）。

3. 垂れ（フロー性）の異なる二種類のペースト

症例によって使い分けのできるハイフロータイプ、ミディアムフロータイプをラインナップ（図12）。

4. 大型シリンジの採用

バルク裏層に相応しい大型のシリンジ（2.5mL）を採用し、コストパフォーマンスを追及（図13）。

■ まとめ

今回開発した「バルクベース」は、弊社独自の接着機能を持った「バルクベースライナー」と、新規LPS重合性モノマーを採用し、低重合収縮性と高い硬化性を兼ね備えた「バルクベース」を併用する新しいスタイルの低重合収縮型裏層材料である。

このLPS重合性モノマーを用いた歯科高分子材料は重合収縮が小さいため、歯の接着面との間にコントラクションギャップが発生しにくく、修復後の歯髄刺激といった懸念が低減される。

また、操作面では一般的に困難とされていた深い窩洞への一括充填を可能にした。

今回新たに開発を行った高分子系低収縮型裏層材「バルクベース」が広く臨床に普及し、痛みが出にくい歯科修復治療に貢献できれば幸いである。

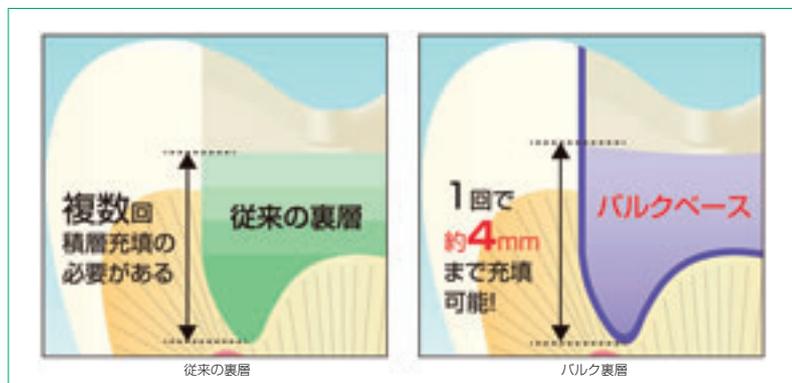


図11 硬化深度4mmの高い光硬化性深い窩洞でも一回の充填操作で確実な裏層が可能。



ハイフローはI級窩洞に ミディアムフローはII級窩洞に
※ペースト抽出後、垂直にたて60秒後に撮影

図12 流動性の異なる2種類のペースト



図13 当社従来シリンジとの比較容量2.5mL（5.8g）の大型シリンジを採用。