

# 新しい接着システム「クリアフィルボンド SE ONE」と「クリアフィル DC コアオートミックス ONE」の特長 その材料学的特性と臨床応用について

東京医科歯科大学大学院 う蝕制御学分野 教授 田上順次

## ■ はじめに

このたび新しい接着システム「クリアフィル ボンド SE ONE」(以降、ボンド SE ONE) (図1) と「クリアフィル DCコア オートミックス ONE」(以降、DCコア AM ONE) (図2) <クラレメディカル社>が発売された。

現在までのクラレメディカル社の接着性レジン、2ステップの「クリアフィル メガボンド」(以降、メガボンド)、さらに抗菌性とフッ素徐放性を付与した「クリアフィル メガボンド FA」(以降、メガボンド FA) があり、1ボトルワンステップの「クリアフィル トライエスボンド ND」(以降、トライエスボンド ND) も、広く用いられてきている。また、「クリアフィル DCコア オートミックス」(以降、DCコア AM) は、「クリアフィル DC ボンド」(以降、DCボンド) との組み合わせで、レジンコア材料として用いられている。

今回の1液型ワンステップ接着材の開発目的は、ワンステップ接着材の性能向上と、光照射できない状況下で

のレジンコアの接着性向上とである。これらの目的が達成されることにより、症例により接着材の使い分けが必要であったものが、ボンド SE ONE単独で対応できるようになった。

これらの新製品について、その性能の評価結果とともに、その特長を解説する。

## ■ ワンステップ接着材の開発の背景

すでにセルフエッチング技術による接着材は15年以上の臨床使用実績があり、そのゴールデンスタンダードともいべきメガボンドは10年以上にわたり広く臨床家からの信頼を得ている。

メガボンドは2ステップであるが、近年ワンステップの接着材の性能向上も著しく、ワンステップ型の接着材を使用する臨床家も増加傾向にある。操作性が優れることやボンド層が薄いことなど利点が多く、臨床的には十分優れた接着材であることは広く認識されている。



図1 クリアフィル ボンド SE ONE



図2 クリアフィル DCコア オートミックス ONE

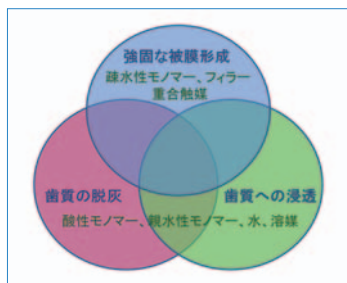


図3 1液型接着材の機能と構成成分

表1 ワンステップシステム (オールインワンシステム) の構成成分

- 酸性接着性モノマー (MDP、4META、MAC10 ほか)
- 疎水性レジンモノマー (Bis-GMA、UDMA ほか)
- 親水性モノマー (HEMA ほか)
- 水
- 有機溶媒 (エタノール、アセトン ほか)
- フィラー
- 重合開始材および禁止材

表2 トライエスボンド NDとボンド SE ONEの組成

	トライエスボンド ND	クリアフィル ボンド SE ONE
モノマー	Bis-GMA、MDP、HEMA	Bis-GMA、MDP、HEMA 多官能疎水性モノマー 接水性 (疎水性) モノマー
フィラー	シリカ系マイクロフィラー	シリカ系マイクロフィラー
溶剤	エタノール 精製水	エタノール 精製水
その他	カンファーキノン 光重合促進剤 その他	カンファーキノン 光重合促進剤 新規光重合触媒 フッ化ナトリウム 還元剤、その他
pH	2.7	2.3

\*赤字はトライエスボンド ND から新たに加わった成分

表3 ボンド SE ONEの新技术

◆ 新規光重合触媒
⇒ボンドの重合率向上
◆ 多官能親水性モノマー
⇒親水性確保と架橋密度向上との両立
◆ 撥水性モノマー
⇒ボンドの耐久性の向上

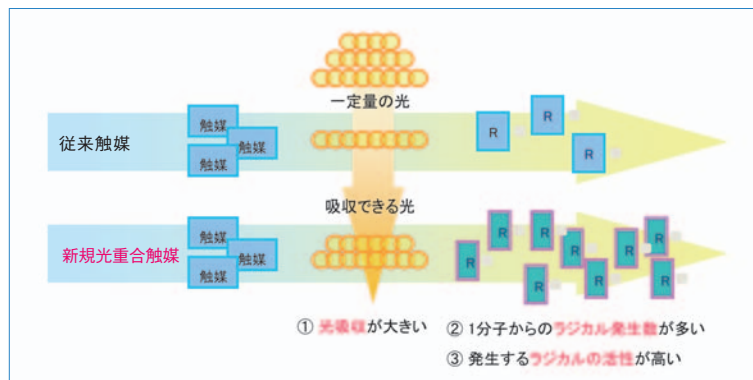


図4 ボンド SE ONEに導入された新規光重合触媒の概念図、一定量の光で高活性なラジカルが多く発生される。



図5 ボンド SE ONEに導入された新規多官能親水性モノマー、硬化性、親水性ともに高いレベルにある (クラレメディカル社提供)。

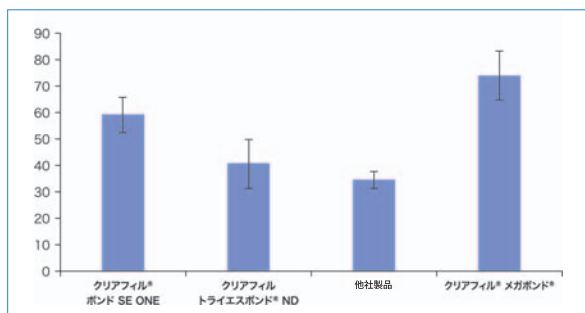


図6 各種ワンステップ接着材の象牙質に対する微小接着強さ、ボンド SE ONEは他の2種に比較して有意に高い値を示した。

しかしながら一般的には、その接着には改善されるべき点もある。2ステップの接着材の接着性能に迫るとはいえ、学会での評価はまだ同等と認知されるには至っていない。またワンステップ接着材の問題点を指摘する研究も多い。

1液型の接着材に必要な要素として、図3に示すように、セルフエッチングプライマーとして歯質を脱灰しながら浸透する機能と、ボンドとして強固な被膜を形成することがあり、材料を構成する各種成分がそれぞれの役割を担っている。

ワンステップの接着材の一般的な組成は表1に示すように、親水性のレジンモノマーと疎水性のレジンモノマーのほか、水や有機溶媒が1液にすべて含まれていることが大きな特長である。

このことに起因する問題として、親水性モノマーの含有により親水性が増加し、硬化後のボンディング層の吸水(または未重合成分の溶出)が機械的強度を低下させること、さらに、水や有機溶媒の残存によりボンディング材の重合硬化が阻害され、吸水量も増えるこ

とが指摘されている。

このようなボンディング材の機械的強度の低下あるいは劣化は、接着の長期耐久性を低下させる原因として危惧されている<sup>1)</sup>。

### ■ ボンド SE ONEの特長と性能

ボンド SE ONEとトライエスボンド NDとの組成を表2に示す。pHは2.3とトライエスボンド NDよりも低くなり、歯面処理時間は10秒間と短縮されている。

ボンド SE ONEでは、その接着性向上のために表3と図4、5に示すような3つの新技术が導入された。すなわち、①新規光重合技術により重合率が向上しボンドの硬化性が向上すること、②多官能親水性モノマーにより歯質への浸透性の向上と硬化性の両立が図られたこと、そして、③ボンド層の撥水性(疎水性)向上のためのモノマーを導入したことである。

これらの技術により、初期の接着性能だけでなく、接着耐久性の向上が期待される。クラレメディカル社の社内データでは、メガボンドにはわずかに及ばない

ものの、トライエスボンド NDよりも優れた初期接着強さおよび接着耐久性を示すことが確かめられている。学会での評価も徐々に始めているが、いずれもこれらのデータを裏付ける結果である<sup>2-4)</sup>。

いまだ本製品の長期接着耐久性を直接評価した報告はないが、耐久性を推測するに十分な評価結果は既に報告されている。

当教室では、初期の象牙質接着強さと、ボンディングレジンの吸水性および吸水に伴う弾性率の変化とを評価した<sup>4)</sup>。象牙質に対する接着強さは図6に示すように、メガボンドに迫る接着強さを示した。この結果は他の1液型ワンステップの接着材と比較して、最も優れた成績であった。

吸水性の評価は図7に示すように、ボンディングレジンで比較的大きいレジンドディスクを調製して行ったもので、揮発成分はできる限り十分に除去した後で硬化させている。

結果は図8に示すように、トライエスボンド NDと他社製品よりも低い吸水率であった。吸水による物性の変化については、乾燥させた試料と吸水させた試料

の弾性率を評価した。弾性率の評価に際しても15mm×5mm×0.7mmと大きい試料を用いて行った。

その結果は図9に示すように、ワンステップの接着材はいずれも吸水により弾性率が低下するものの、ボンドSE ONEは、他のワンステップの接着材と比較して弾性率の低下が少なかった。開発者の意図したようにボンドSE ONEでは、吸水性や重合性が改善されており、長期耐久性の向上に寄与する可能性が示されている。

実際の臨床では、今回調製したような大きな試料の形で接着材を用いることはなく、その界面の走査電子顕微鏡写真からも極めて薄いボンド層として、機能していることが確認されている (図10~12)。

ボンドSE ONEは、メガボンドと比較しても、またトライエスボンド NDよりもさらに薄い層を形成しており、その厚みは10ミクロン以下である。口腔内で実際に使用する際には、ボンドを塗布して10秒間セルフエッチングさせてエアブローで薄層化させるので、ボンド層に残存する揮発成分や水は、前述の実験で調製した試料よりも、はるかに少ないはずである。臨床的には、先の実験結果よりも低い吸水率を示し、吸水



図7 接着材の吸水性試験法

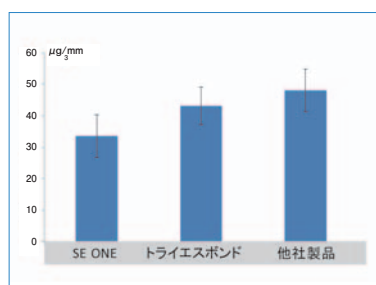


図8 各種ワンステップ接着材の吸水量、ボンド SE ONEは他の2種の接着材よりも低い吸水量を示した。

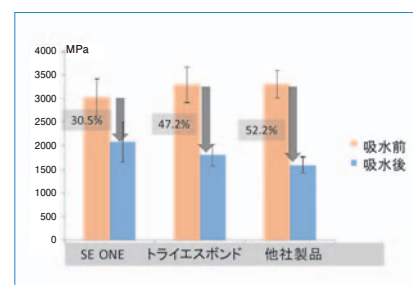


図9 各種接着材の吸水前後の弾性率、ボンド SE ONEは他の2種と比較して吸水による弾性率の低下は軽度であった。

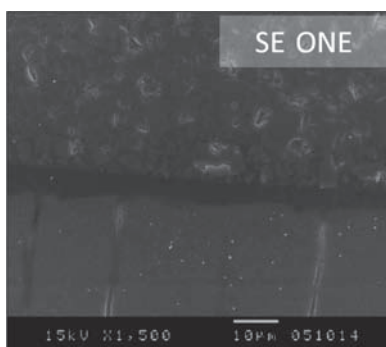


図10 ボンド SE ONEの接着界面の走査電顕像、10ミクロンのバーが示すようにボンド層の厚さは薄膜であることが確認できる。

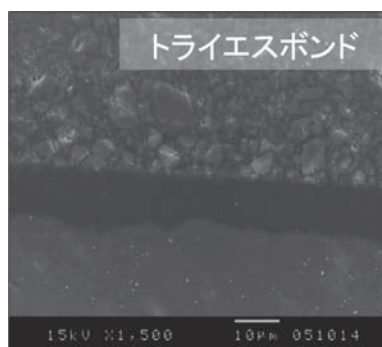


図11 トライエスボンド NDの接着界面の走査電顕像。

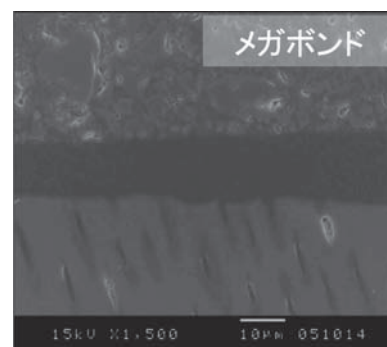


図12 メガボンドの接着界面の走査電顕像。

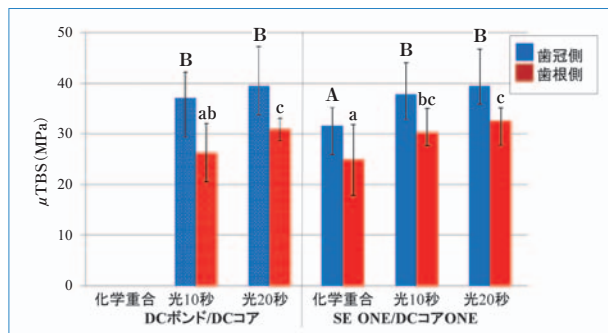


図13 DCボンドとDCコア AMまたはボンド SE ONEとDCコア AM ONEの組み合わせによる根管内ポスト孔の象牙質に対する接着強さ

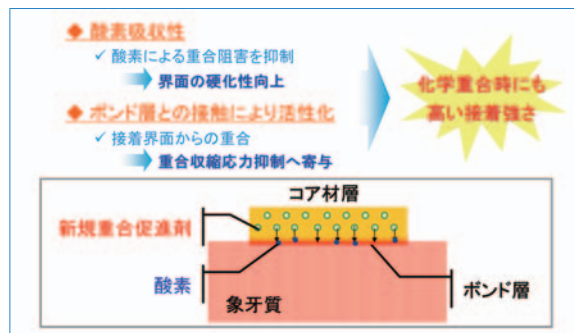


図14 DCコア AM ONEに導入された新規重合促進剤の機能の概念図

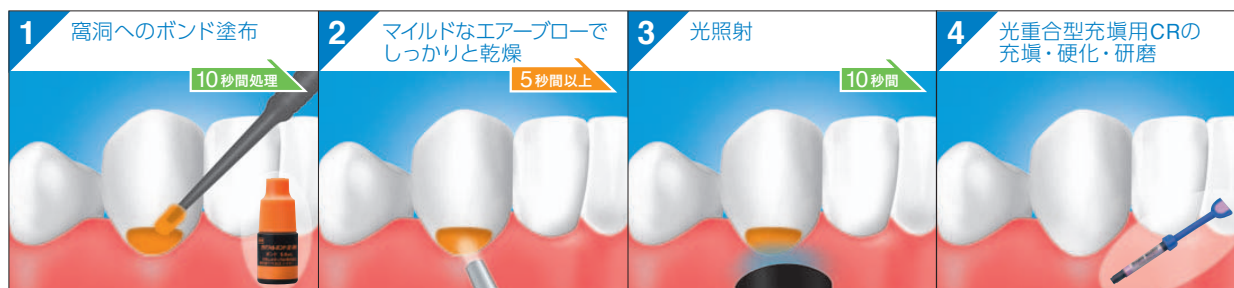


図15 ボンド SE ONEを用いたコンポジットレジン修復時の操作ステップ

による弾性率の低下も軽度であることが予測される。

ボンドの粘性は、トライエスボンド NDよりも低く設計されており、10秒間の処理後には、5秒間以上のマイルドなエアブローによる乾燥が指示されている。強圧でエアブローを行って余剰のボンドを口腔内に大きく飛散させる心配もなく、ボンド層を薄層化できることは、臨床での操作として重要な改善点である。

さらにボンド SE ONEにはフッ素徐放性が付与されている。近年の研究ではフッ素徐放性のある接着材では、一般的に長期接着耐久性に優れる傾向がみられている<sup>5,6)</sup>。フッ素による接着界面付近の歯質が強化されることによると考えられるが、そのメカニズムはいまだ不明である。しかしながら、接着界面に形成される“Super Dentin”という、本来の象牙質よりも耐酸性に優れる構造物は、フッ素徐放性の材料で大量に形成されることが認められている<sup>7)</sup>。フッ素徐放性の有用性についてはさらなる研究に期待したい。

## ■ DCコア AM ONEとの組み合わせ

ボンド SE ONEの開発のもう一つの目的は、DCボンドとDCコア AMの組み合わせで用いられているレジン

コアの接着性を改善し、同時に接着材は一般のレジン修復で用いるボンド SE ONEを共通化することである。

従来のDCボンドとDCコア AMの組み合わせでは、ボンドへの光照射の有無により、その接着性能は大きく影響を受けていた。

ポスト孔内部の象牙質に対するDCコア AMの接着強さを、DCボンドに光照射なしで化学重合させた場合、さらに光照射を10秒または20秒行った場合について評価した<sup>8)</sup>。

図13に示すように、DCボンドに通常、光照射を行うところをあえて光照射を行わずにDCコア AMを接着させた場合、この条件での接着試験においてはすべて剥離しており、接着強さのデータは取得できなかった。また10秒または20秒照射群では、特に光照射器からの距離が大きくなる根尖側での接着強さは歯冠側よりも低い値であったが、化学重合群とは異なり25MPaを超える高い値を示した。

一方、ボンド SE ONEとDCコア AM ONEとの組み合わせで、同様に根管内ポストを想定した接着試験を行ったところ、特に、ボンドに光照射を行わずに化学重合のみで接着させた場合でもかなり高い接着強さが

得られた (図13)。

光照射を行った場合でも、ポスト孔の根尖側では接着強さが低下する傾向は、ボンド SE ONEでも同様であり、十分な光照射の重要性は変わらない。しかしながら、ボンド SE ONEとDCコア AM ONEとの組み合わせでは、1液型のワンステップボンディング材でありながら、光照射なしの場合でも重合が促進されて優れた接着性が得られたことは、特筆すべき改善点である。

なお、従来の光重合型の1液ボンドは適切な光照射がなされない限り重合しないため、レジンコアへの応用には極めて不利である。

DCコア AM ONEには新規重合促進剤が導入されており、図14のように、ボンド表面の重合を阻害する酸素を吸収し、ボンドとの接触により活性化することで、接着界面を構成するボンドやコア材の重合硬化性を向上させるものである。この効果が発揮されて、化学重合時においても高い接着性が発揮されたと考えられる。

ボンド SE ONEは光重合型の1液ボンドであり、通常の症例の多くに適用される接着材である。この同じ接着材が、DCコア AM ONEとの組み合わせでデュアルキュア化されることにより、レジンによるポストコアにおいても使用可能となった。このように材料の選択

や、術式を単純化することは臨床的には非常に重要なことである。

## ■ 臨床応用のポイント

ボンド SE ONEの使用法は図15のように、歯面に10秒間処理、マイルドエアによる5秒間以上の乾燥、そして光照射10秒である。セルフエッチングによる接着材に共通の使用法として、歯面処理に際しては十分な量のボンドを塗布することが重要である。ボンドの流動性が高くなれば特に歯面に十分な量が保持されずに、適切なエッチング効果が得られにくくなる。

筆者は、10秒間の処理時間の間に、2~3度追加して処理を行うようにしている。続いて余剰なボンドの除去、揮発成分の蒸散、ボンドの薄層化にはマイルドエアによる乾燥を5秒間行えばよい。ただし歯面に液だまりがないことを常に確認すべきである。

DCコア AM ONEをポスト孔に填入する場合には、ポスト内部を乾燥させるのに、エアだけでは十分な効果が得られにくい。特に細いポストではペーパーポイントを用いることも推奨される。

図16~25に、ブリッジ支台歯にブリッジを除去せずに根管治療を行い、根管充填後にコンポジットレジン



図16 ブリッジ支台歯にブリッジを除去せずに根管治療を行い、根管充填後にコンポジットレジンを充填した症例。被着体は象牙質とセラミックである。



図17 修復材料表面をリン酸で5秒間処理して、水洗乾燥する。



図18 ボンド SE ONEにポーセレンボンドアクティベーターを添加することで歯質表面に対するボンディング材としての機能とセラミック表面に対するシラン処理材としての機能を併せ持つ。



図19 セラミック表面及び歯質表面に塗布する (10秒間処理)。



図20 窩洞内を十分に乾燥させる。



図21 光照射を十分に行う、被着面への距離は1cm以上ある。



図22 窩底部にDCコア AM ONEを用いてボンド SE ONEの化学重合にも期待する。



図23 DCコア AM ONEにもできるだけ光照射を心がける。



図24 少量ずつコンポジットレジンを積層する。



図25 修復を完了する。

を充填した症例を示す。被着体は象牙質とセラミックである (図16)。

まず、修復材料表面をリン酸で5秒間処理する (図17)。水洗乾燥後、ボンド SE ONEにポーセレンボンド アクティベーターを添加する (図18)。これによりボンディング材とシラン処理材として機能する。混和液をセラミック表面および、歯質表面に塗布し (図19)、10秒間処理後に窩洞内を十分に乾燥させる (図20)。光照射を行うが、照射口から窩底部までの距離が長いので、十分な時間の照射を行った (図21)。光照射が十分でないことも想定されるが、窩底部にDCコア AM ONEを用いることで、ボンド SE ONEの化学重合による接着が期待できる (図22)。DCコア AM ONEにもできるだけ光照射を心がける (図23)。少量ずつレジンを積層して (図24)、窩洞を修復する (図25)。

光照射に際しては、常に十分な光照射を心がけるべきである。臨床の場合においては本症例のように照射器の先端を歯面に接触させることができないことが多い。隣在歯や咬頭により照射器の先端は、歯面まで1cm以上離れてしまうこともある。このような状況では十分な光量でないために、接着性の低下を招くことになる。出力の高い照射器を用いて、十分な照射時間を確保す

るように努めることが重要である。

#### 参考文献

- 1) Torkabadi S, Nakajima M, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Bonding durability of HEMA-free and HEMA-containing one-step adhesives to dentine surrounded by bonded enamel. J Dent. 36: 80-86, 2008.
- 2) Kakuda S., Hinamoto A., Fu J., Takei M., Nishigaki N., Okuyama K., Nakaoki Y., Ikeda T., and Sano H., Long term bonding performance of contemporary and experimental self-etching adhesives 2011. IADR, San Diego
- 3) Hanabusa M., Akimoto N., Ohmori K., Miyauchi T., Tokiwa T. and Momoi Y., Bond-durability of an Experimental 1-bottle Self-adhesive After 3-months Water Storage. 2011. IADR, San Diego
- 4) Hosaka K., Nakajima M., Takahashi M., Shinoda S., Kishikawa R., Kunawarote S., Sakano W., Taweesak P. and Tagami J. Microtensile Bond Strength of the newly developed one-step adhesive. 2011. IADR, San Diego
- 5) Nakajima M, Okuda M, Ogata M, Pereira PNR, Tagami J, Pashley DH. The durability of a fluoride-releasing resin adhesive system to dentin. Oper Dent. 28: 184-190, 2003.
- 6) Jaber Ansari Z, Sadr A, Moezizadeh M, et al. Effects of one-year storage in water on bond strength of self-etching adhesives to enamel and dentin. Dental Materials Journal 27: 266-272, 2008.
- 7) Nikaido T, Weerasinghe DDS, Waidyasekera K, Inoue G, Foxton RM, Tagami J. Assessment of the nanostructure of acid-base resistant zone by the application of all-in-one adhesive systems: Super dentin formation. Bio-Med Mater Eng 19: 163-171, 2009.
- 8) ティットワイーラット スッパソン, 中島正俊, 田上順次. ワンボトル・セルフエッチボンディング材を応用した新規デュアルキュアレジンコアシステム(MTB-200/NDC-100)の根管壁象牙質に対する接着性能. 第135回日本歯科保存学会2011年度秋季学術大会講演抄録集, 2011.