

G-ボンド プラスにおける 改良された接着性能とその臨床応用

虎の門病院・歯科 宇野 滋, 森上 誠, 杉崎 順平, 山田 敏元

G-ボンドの接着性を大きく改良した “G-ボンド プラス”

ジーシー社は2004年4月にワンボトル・ワンステップ接着システムG-ボンドを発売し、その簡便性が評価され広く臨床応用されてきた。その後においても、より確実な接着性能を発揮させるために改良が進められ、それらの成果を凝縮したのがこの度発売になったG-ボンド プラスである。虎の門病院の山田、宇野らはその改良段階であるGBA300、ならびにこの度発売されたG-ボンド プラス (GBA400) についてそれぞれ第126回、第129回日本歯科保存学会にて報告してきた。それらの改良点は、歯質脱灰力の強化とレジンモノマーの歯質への浸透性の向上である。G-ボンド プラスでは、接着に直接関与するモノマーとしてG-ボンドと同様に2種の機能性モノマー、リン酸エステル系モノマーとカルボン酸系モノマー「4-MET」が配合されている (表1)。歯質中のカルシウムイオンと反応速度が速く、接着性能

に優れているといわれているリン酸エステル系モノマーの配合比を上げ、これに伴いボンディング材のpHが1.5 (G-ボンドでは2.0) に低下し、脱灰力が強化された。さらに、マトリックスレジンにG-ボンドのUDMAに比べ親水性があるジメタクリレートに変更し、ボンディング材の象牙質への浸透性の向上を図っている。

こうした組成成分の変更の結果、G-ボンド プラスの健全エナメル質および象牙質に対する微小引張り接着強さは大幅に向上している (図1)。G-ボンドと比較すると特にエナメル質に対する接着強さが有意に向上したのがわかる。また、被着面の粗さが接着強さに及ぼす影響を検討した場合には、G-ボンドではエナメル質の研削面が粗いと接着強さが低かったのに対して、G-ボンド プラスでは被着面の粗さに影響されず、また全ての条件でG-ボンドよりも高い接着強さを発揮している (表2)。この試験結果では、エナメル質と象牙質の双

方に対する接着強さがほぼ一定であることも注目すべき点である。また、5℃と55℃のサーマルサイクリングを20,000回行った場合の接着強さの変化を見てもG-ボンド プラスでは非常に安定した接着強さを示している (表3)。

ワンボトル・ワンステップ接着システムにおいてボンディング材塗布後に行うエアブローはボンディング材中の溶媒と被着面の水分を揮発させるために重要なステップであり、エアブローの条件が接着性を大きく左右するといわれている。ジーシー社では、確実に揮発でき、使用方法をシンプルにするために「強圧でエアブローする」ように説明しているが、G-ボンド プラスではエアブローの大小の試験を行っても、それが接着強さに影響しないことがわかる (図2)。

接着界面のアルゴンイオンエッチング後のSEM観察でも、エナメル質 (E)、象牙質 (D) およびう蝕除去後の象牙質 (CAD) に対する非常に緊密な接合状態が確認できる (図3)。

表1: G-ボンドとG-ボンド プラスの成分

	成分	pH
G-ボンド	リン酸エステル系モノマー 4-MET UDMA 水, アセトン ナノフィラー	2.0
G-ボンド プラス	リン酸エステル系モノマー 4-MET ジメタクリレート 水, アセトン ナノフィラー	1.5

表2: 研削面粗さの影響 (24時間水中保存後) のせん断接着強さ

研削面	#180		#320		#600	
	enamel	dentin	enamel	dentin	enamel	dentin
G-ボンド	15.5 (1.5)	26.9 (2.1)	19.7 (6.4)	27.1 (4.7)	27.0 (5.9)	29.7 (3.1)
G-ボンド プラス	31.2 (9.0)	28.5 (5.3)	31.5 (4.7)	27.9 (4.4)	38.8 (7.0)	29.2 (7.2)

mean (SD) MPa

表3: サーマルサイクリングの影響 (24時間水中保存後) のせん断接着強さ

	24 hours		20,000 TC	
	enamel	dentin	enamel	dentin
G-ボンド	19.7 (6.4)	27.1 (4.7)	24.9 (7.4)	27.8 (3.4)
G-ボンド プラス	31.5 (4.7)	27.9 (4.4)	33.2 (9.5)	30.2 (3.9)

mean (SD) MPa

図1: 微小引張り接着強さ

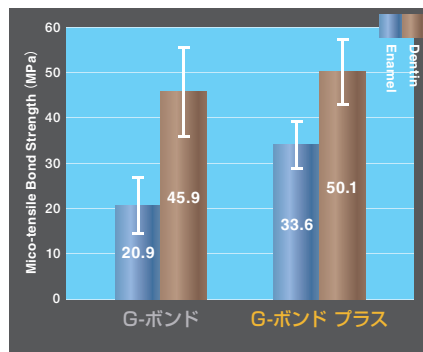
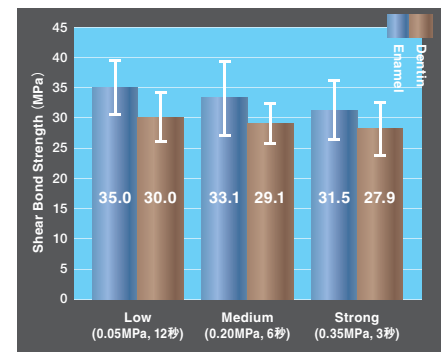
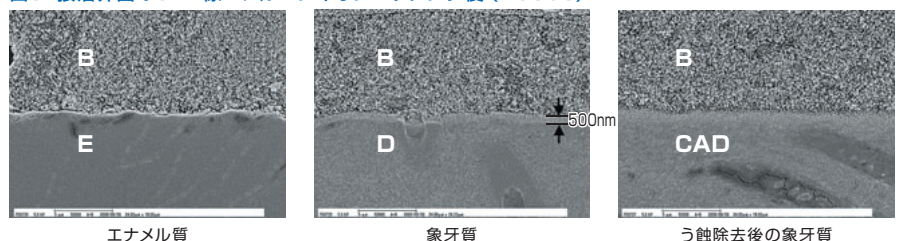


図2: G-ボンド プラスにおけるエアブロー圧の影響



エアブロー圧が低い場合でも、乾燥時間を長くすれば接着強さに影響しないことがわかる。

図3: 接着界面のSEM像 アルゴンイオンエッチング後 (×5000)



エナメル質

象牙質

う蝕除去後の象牙質

G-ボンド プラスの接着界面に観察される “ナノインタラクションゾーン”

特に健全象牙質との界面では、厚さ約500ナノメートルの他とは様相の異なる構造が存在し、下部の健全象牙質および上部のボンディング材(B)とを移行的に仲介しているのがわかる。この層はいわゆる“nano-interaction zone”であり、軽度の脱灰を受けた象牙質にモノマーが浸透した層と思われる。さらに、TEMで健全象牙質との接着界面を未脱灰切片にて観察してみると、象牙細

管内にもモノマーが浸透し、dental plug (DP) を包みこんでいるのが認められる(図4左)。水の影響で生じると考えられるvoid形成やphase separationを思わせるような構造は確認されない。また、高倍像では、モノマーが浸透した層中にアパタイトの結晶構造(*)が認められ、無機質が充分保存されていることがわかる(図4右)。脱灰した切片にて接着界面を観察すると、象牙質表面には厚さ約500ナノメートルの電子密度の濃い層が存在し(図5左)、同部の拡大像で

は、アパタイトの結晶構造(*)が多数認められる(図5右)。脱灰した場合でも接着界面部にアパタイト結晶が存在することは、接着界面のアパタイト結晶がモノマーによって保護され、酸に対して抵抗性を示していると考えられる。

以上、G-ボンド プラスは象牙質との高い接着性を保ちつつ、1ステップタイプボンディング材の課題であったエナメル質への接着性を改善し、またエアブローの条件に影響されづらい接着性能を有していると判断される。

図4：象牙質との界面のTEM像（未脱灰切片）

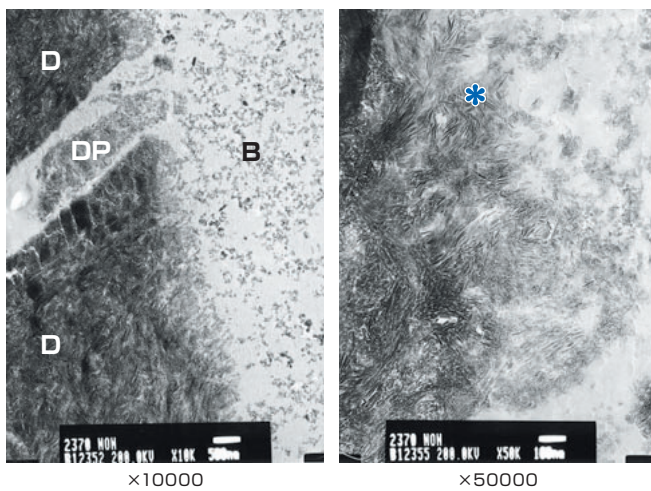
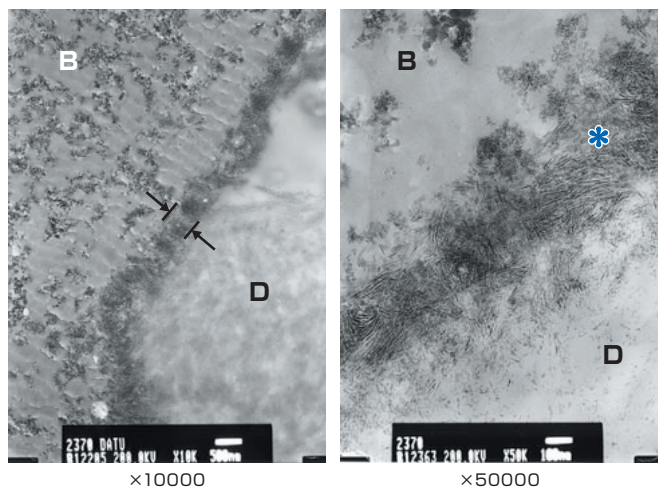


図5：象牙質との界面のTEM像（脱灰切片）



G-ボンド プラスの臨床応用例

G-ボンド プラス とソラーレを用いた左上2の歯頸部欠損に対する修復例を図6に示す。使用方法はG-ボンドと同じである。

図6：歯頸部欠損の修復

