研 究 者：島津　貴咲（所属：日本歯科大学生命歯学部・小児歯科学講座）

研究題目：小窩裂溝初期齲蝕の高度再石灰化とプラーク形成抑制を可能にするシーラント材の新開発

目　的：

現在，日常臨床で多用されているレジン系シーラントは，歯質とシーラント材との接着性を高めるために酸エッチングが必要不可欠である。そのような状況下で，初期齲蝕がみられる小窩裂溝へのシーラント応用が頻繁に行われている。今回我々は，セルフエッチングにより接着を有する新規 S-PRG（surface pre-reacted glass-ionomer）フィラー含有シーラントに着目した。S-PRG フィラーは，フッ素のリリース能とリチャージ能を有するとして期待されている。また，フッ素の他にも，様々なイオンの放出能を備えることが知られている。本研究では，人工的表層下脱灰を形成したエナメル質にシーラントを応用し，従来から用いられているシーラントとの比較検討を行った。また，各種イオン放出量と pH 変化を測定し，評価を行った。

対象および方法：

1. フッ素のリリース・リチャージ実験

本研究では，S-PRG フィラー含有シーラント（BS 群：ビューティシーラント，松風），ティースメイト F-1 2.0（TE 群：クラレメディカル），デルトン FS+（DE 群：デンツプライ）の 3 種のシーラント材を使用し，直径 15 mm，高さ 1 mm の試料片を作製した（n=5）。各試料片は 5ml の蒸留水に 14 日間浸漬させた。続いて，フッ化ナトリウム溶液に 5 分間リチャージさせた後に蒸留水に 3 日間浸漬させる操作を 4 回（1,000ppm を 2 回，9,000ppm を 2 回）行った。なお，フッ素の測定は 1 日に 1 回フッ素複合電極（Orion 9609BN，ThermoFisher SCIENTIFIC）とイオンメーター（720A，ThermoFisher SCIENTIFIC）を用いて行い，測定後は新しい蒸留水（5 ml）と交換し浸漬を継続した。また，実験期間中の pH 変化については，pH メーター（pH METER F-22，HORIBA）を用いて測定した。さらに，実験開始から 14 日間のフッ素以外のイオン徐放量は，ICP 発光分析装置（ICP-AES；ICPS-8000，島津製作所）を用いて測定した。

2. 未処理エナメル質と表層下脱灰エナメル質に対するシーラント応用

ウシ歯エナメル質表面を滑沢に研磨し（#600），脱灰ジェル（0.1M 乳酸，5% HEC:pH4.8）に浸漬して（7 日間，37℃），人工的脱灰層を作成した。処理表面の半分を対照側としてネイルバーニッシュで被覆後，残りの半分を実験側として，被覆なし（NC），S-PRG フィラー含有シーラントで被覆（BS 群），ティースメイト F-1 2.0 で被覆（TE 群），デルトン FS+ で被覆（DE 群）した（n=4）。なお，各シーラントは指示書に従い応用した。各試料片は 9 日間 pH サイクリング操作を行った後，包埋，薄切し，偏光顕微鏡とマイクロラジオグラムにより観察した。エナメル質表層の実質欠損深度の測定は，画像解析ソフト（Scion Image，サイオン）を用いて求めた。

一方，脱灰を行わない未処理エナメル質と表層下脱灰エナメル質に，指示書に従って接着処理を行った後，内径 4 mm のテフロンモールドを用いて，各シーラントを築盛した（n=10）。各試料は万能試験機（Type5543，インストロン）を用いて，クロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件で剪断接着強さを測定した。

また，接着試験終了後の歯質側破断面を，イオンコーター（NEOC-AN osmium coater，メイワフォーシス）でオスミウム蒸着を施した後，SEM（S-4000，日立）により加圧電圧 5.0 kV の条件で観察した。

3. 統計学的分析

3 群間の統計学的分析には，one-way ANOVA を用いた。

結　果：

1. フッ素のリリース量

各試料片を蒸留水に浸漬後 1 日目のフッ素徐放量は，BS 群，DE 群および TE 群でそれぞれ 12.6ppm，45.8ppm，4.7ppm であり，3 群間に有意差が認められた（$p < 0.001$）。また，9,000ppm のフッ素をリチャージさせた後（22 日目，25 日目）のリリース量は，BS 群が他の 2 群と比較して有意に高い値を示した（$p < 0.001$）（図 . 1）。

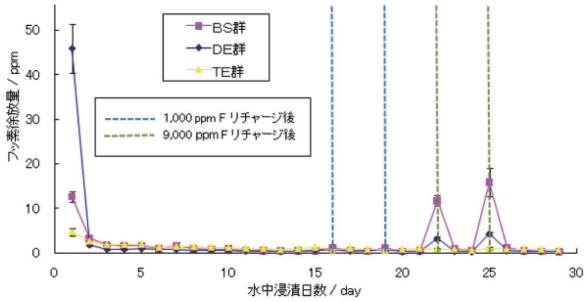


図 1　1 日毎のフッ素リリース量

2. pH の変化

実験期間中，BS 群と DE 群は pH 5.0 ～ pH6.6 の値を示した。一方，TE 群は実験開始 8 日目まで pH5.0 以下の値を示し，その後は実験期間終了まで pH 5.1 ～ pH6.1 の値を示した。また，3 群ともフッ素のリチャージ前後で pH の変化は認められなかった。

3. イオン放出量

各試料片を蒸留水に浸漬後 14 日目の累積イオン徐放量は，BS 群でストロンチウム（Sr）とホウ素（B）が，他の 2 群と比較して顕著に高い値を示した（図 . 2）。

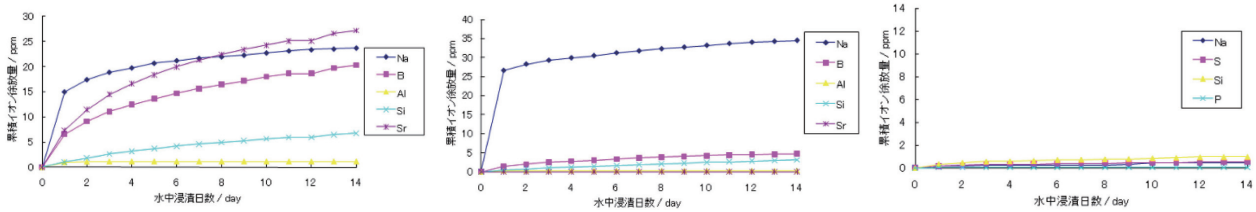


図 2　累積イオン放出量（左：BS 群，中央：DE 群，右：TE 群）

4. 接合界面の観察および実質欠損深度

接合界面の観察において，NC 群では再石灰化反応が認められたが，表層下脱灰も大きく進行していた。BS 群ではエナメル質表層は保たれており，脱灰が抑制されていることが確認できた。TE 群および DE 群では，エナメル質表層に実質欠損が認められ，深度の平均値はそれぞれ 17.5 μm，19.8 μm であった（図 . 3）。

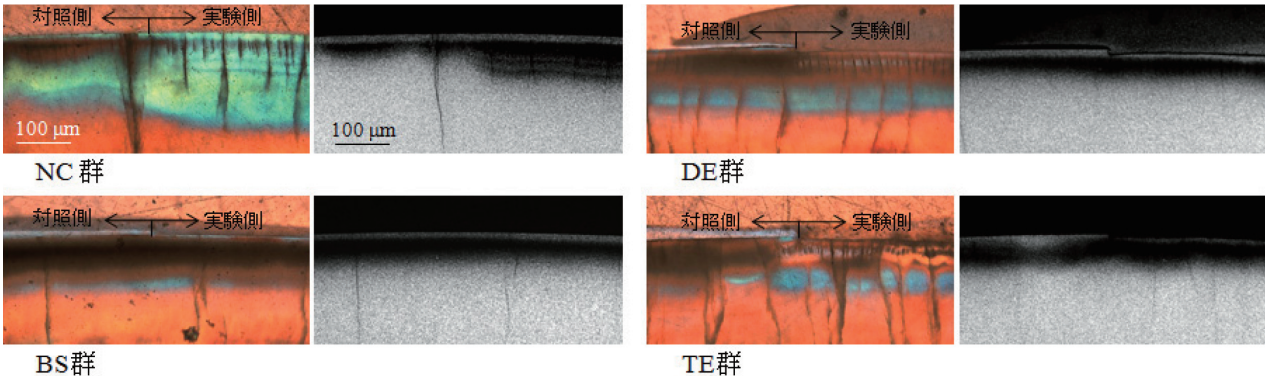


図 3　偏光顕微鏡とマイクロラジオグラムによる観察

5. 接着強さ

未処理エナメル質に対する接着強さの平均値は，BS 群と TE 群および DE 群でそれぞれ 14.5MPa，13.5MPa，14.5MPa であった。また，表層下脱灰エナメル質に対する接着強さの平均値は，それぞれ 12.0MPa，10.9MPa，10.9MPa であり，両条件において 3 群間の有意差は認められなかった（未処理エナメル質 p=0.898，表層下脱灰エナメル質 p=0.721）。

6. 歯質側破断面の観察

未処理エナメル質の歯質側破断面は，DE 群と TE 群で表面が粗造であった。一方，BS 群では表面が滑沢であった。また，表層下脱灰エナメル質においても，BS 群では表層が保たれていたが，DE 群と TE 群は表層が著しく破壊され，空洞化した像が観察された（図 . 4）。

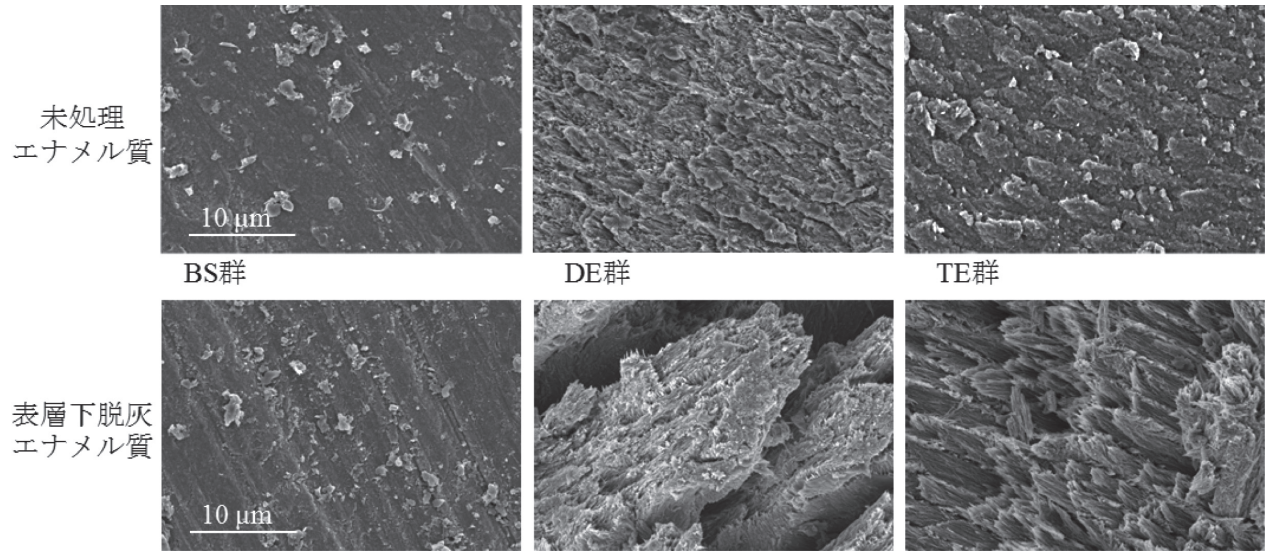


図 4　SEM による観察

考　察：

未処理エナメル質と表層下脱灰エナメル質の両条件で，BS 群は他のシーラントと同等の接着性を有しながらも，表層のエナメル質は保たれていた。また，BS 群は，高濃度のフッ素塗布を行うことにより優れたフッ素リリース能を示すことが明らかとなった。さらに，フッ素のリリースやリチャージが行われる状況でも，pH は安定していることが確認された。

BS 群から高濃度で放出されたストロンチウムは，抗菌性や歯質耐酸性を有すると考えられており，フッ素との相乗効果が報告されている。また，ホウ素化合物も抗菌効果を有する。今回，脱灰・再石灰化操作を施した期間は 9 日間と短期間であったが，長期間の管理で，本材料から徐放されるフッ素および各種イオンにより，シーラント直下や周辺歯質の脱灰を抑制し，再石灰化を促進する可能性が示唆された。

成果発表：（予定を含めて口頭発表，学術雑誌など）

1）第 48 回日本小児歯科学会大会（名古屋），2010 年 5 月，ポスター発表
2）第 49 回日本小児歯科学会大会（盛岡），2011 年 5 月，ポスター発表予定
3）Dental Materials Journal 投稿予定