

腐植物質抽出物による蝕予防材の効果の PIXE/PIGE 法による解析：
フルボ酸とフッ化チタンとの併用に対する検討

PIXE/PIGE analysis of the effect of caries preventive materials with extracted humic substances: Study of fulvic acid in combination with titanium fluoride

奥山克史¹⁾、松田康裕²⁾、山本洋子³⁾、斎藤隆史²⁾、林美加子³⁾、玉置幸道¹⁾、佐藤隆博⁴⁾、
山縣諒平⁴⁾、石井保行⁴⁾

Katsushi OKUYAMA, Yasuhiro MATSUDA, Hiroko YAMAMOTO, Takashi SAITO, Mikako HAYASHI,
Yukimichi TAMAKI, Takahiro SATO, Ryohei YAMAGATA, and Yasuyuki ISHI

¹⁾朝日大学 ²⁾北海道医療大学 ³⁾大阪大学 ⁴⁾量研高崎

（概要）

腐植物質より抽出したフルボ酸による象牙質脱灰抑制効果について、本研究ではう蝕抑制効果を示すフッ化チタン溶液にフルボ酸を添加した際の、象牙質脱灰抑制効果を評価、検討を大気マイクロ PIXE/PIGE で行った。その結果フルボ酸添加により脱灰量や脱灰深さが何も処理しない群よりも小さい値を示し、フッ化チタン使用単独でも脱灰量、脱灰深さが小さい傾向を示した。フルボ酸とフッ化チタンを併用することによる脱灰抑制効果が示唆された。

キーワード：フルボ酸、フッ化チタン、PIXE/PIGE、脱灰抑制効果

1. 目的

腐植物質より抽出される自然由来の物質のひとつであるフルボ酸は、その抗炎症作用や抗酸化作用があり、近年健康食品や化粧品などに使用されている。その他フルボ酸の効果としてキレート作用や pH 緩衝作用、細菌増殖抑制作用、フルボ酸配合歯磨材による歯周病臨床症状の改善や¹⁾ などが報告されている。認められる効果のひとつである MMP の活性抑制²⁾ に着目し、う蝕抑制に有効であることを期待して、フルボ酸をウシ抜去前歯象牙質に局所応用を試みた。その結果フルボ酸の使用により脱灰抑制効果の可能性があることが示唆された³⁾。
今回の研究では過去の報告でう蝕抑制に効果を認めたフッ化チタン溶液にフルボ酸を添加した際の象牙質脱灰と元素の浸透を評価、検討した。

2. 実施方法

実験では粉末状のパオバブエクストラフルボ酸（パオバブ社）を使用した。使用した溶液は、1%フルボ酸水溶液（1F）、0.1%フルボ酸溶液（01F）、0.5%フッ化チタンに1%フルボ酸を添加した溶液（1FT）、0.5%フッ化チタンに0.1%フルボ酸を添加した溶液（01FT）、0.5%フッ化チタン溶液である（T）。対照として脱イオン水（C0）をそれぞれ用いた。（Fig. 1）

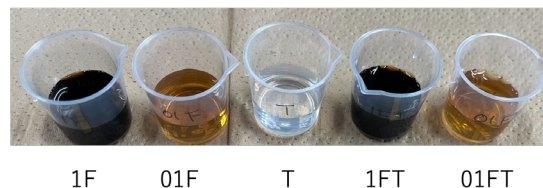


Fig. 1：使用したフルボ酸、フッ化チタン溶液

牛歯唇側歯頸部象牙質に平滑面を作製し、歯軸に垂直方向に約 500 μm の厚みに切断して薄切試料を作製した。平滑面部に幅約 2mm を残し、残りの部分をネイルバーニッシュ（マニキュア）で被覆した。作製した試料を緩衝液（0.2 M 乳酸，3.0 mM CaCl₂，1.8 mM KH₂PO₄，2%カルボキシメチルセルロース，pH:4.5）中に 37℃で 24 時間保存し、露出部に脱灰部分を作成した後脱灰面の半分をバーニッシュで被覆した。試料を脱灰液 2 分間（pH:4.5）1 日の残りの時間を再石灰化液（pH:7.0）に保存するサイクルを 4 週間にわたって実施した。サイクルの期間 1 週間に 1 度 10 分間上記処理溶液に浸漬、その後水洗し再石灰化液に保存した。（Fig. 2）サイクル期間終了後試料よりバーニッシュを取り除き、高崎量子応用研究所所有大気マイクロ PIXE/PIGE 装置で、各試料におけるカルシウムおよびフッ素の分布を測定し、同時に標準試料を測定することで濃度を算出した。測定領域を幅 270μm、深さ方向に 500μm とし、健全象牙

質部のカルシウム量の 5% を示す位置を試料表層と定め、健全部の 95% Ca 量を示すまでの深さを脱灰深さと規定した。(Fig. 3) 各試料サイクル前後の脱灰深さおよび脱灰された Ca 量の差(脱灰量)を求めることで、処理剤の脱灰抑制効果を評価した。各群の試料数を 9 とし、得られたデータは Kruskal-Wallis test および Steel-Dwass 法により統計解析(危険率 5%)を行った。

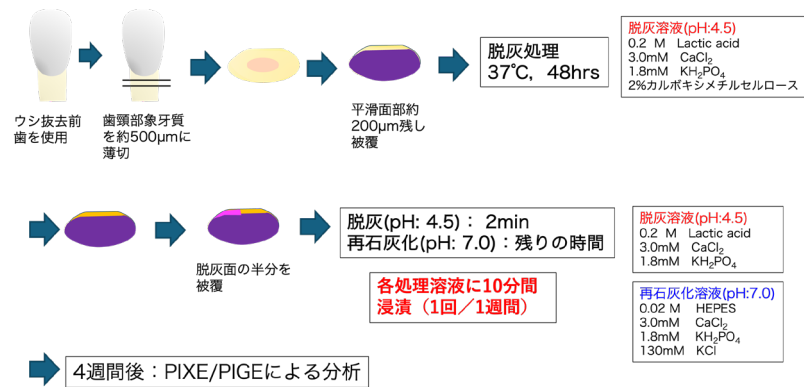


Fig. 2 : 実験方法の概要

3. 結果及び考察、今後の展開等

pH サイクル後のフッ素量の分布 (Fig. 4) を示す。フッ化チタンを含む群で大きなフッ素の浸透をを認めたが、T, 01FT, 1FT の順でフッ素浸透のピークとなる位置が深くなっていることが示された。

Fig. 5, 6, 7 にはサイクル処理前と処理後における脱灰深さの差、脱灰量(喪失カルシウム量)の差および表層より 200μm までの累積フッ素量をそれぞれ示す。脱灰深さと脱灰量では、フルボ酸を用いた群(1F, 01F, 1FT, 01FT)は C0 群より有意に小さい値を示した。T 群は C0 群間とは有意差を示さなかったものの、C0 群よりも小さな値

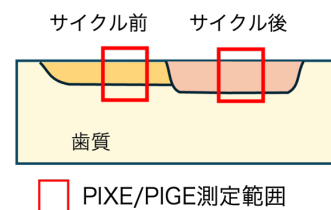


Fig. 3 : PIXE/PIGE による測定範囲

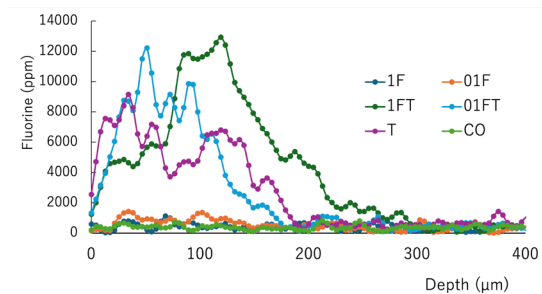


Fig. 4 : pH サイクル後の表層からのフッ素量の分布

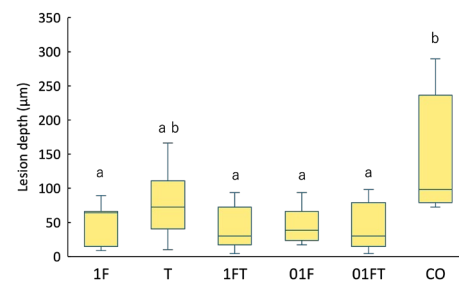


Fig. 5 : pH サイクル前後の脱灰深さの差

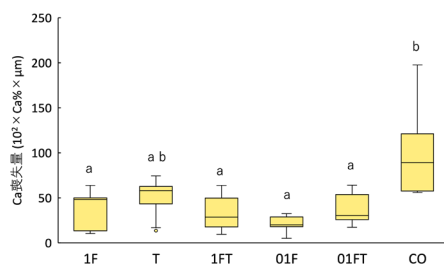


Fig. 6 : pH サイクル前後の脱灰量の差

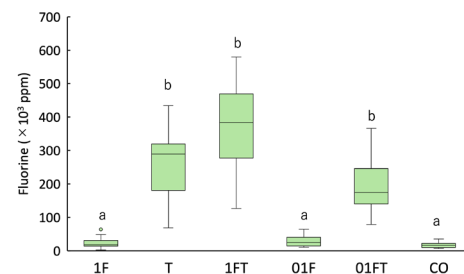


Fig. 7 : pH サイクル後の表層より 200μm までの累積フッ素量

を示す傾向であった。各処理群との間では脱灰量や脱灰深さに有意差を認めなかった。フッ素量においては、TiF₄を使用した群(T, 1FT, 01FT)と使用しない群(1F, 01F, C0)の間で有意差を認め、TiF₄使用の有無が同じ群同士間では有意差を認めなかった。フルボ酸の使用により脱灰深さや脱灰量がコントロールよりも小さいことは、フルボ酸の pH 緩衝作用により酸の

侵襲に対して酸性度が低下するような方向に働いたことが考えられ、コントロールと比較して脱灰が進まなかったものと思われる。T群はコントロールよりも脱灰量や脱灰深さは小さい傾向を示しているが有意差を認めなかったのは、使用した溶液の酸性度が大きい（pH:約 1）ため、被検面が処理時にも脱灰されたしまったことが影響しているものと推測される。処理材の酸性度による詳細な影響とともに、今回の研究よりも濃度が低い、飲用に適した濃度による効果も検討する必要がある。

今回の研究よりフルボ酸とフッ化チタンとの併用による脱灰抑制効果の可能性が示唆された。

4. 引用(参照)文献等

- 1) 渡辺久ほか. 日歯保存誌 2017; 60: 135-144.
- 2) 木下央子ほか. 西日皮膚 2012; 74: 427-431.
- 3) 奥山克史ほか. 日歯理工誌 2024; 43 (Special 82): 101-101.