

平成23年 4月18日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20592224

研究課題名(和文) 核反応を用いた歯質内のマクロ領域のフッ素定量測定

研究課題名(英文) Fluorine quantitative measurement in macro area of the tooth using nuclear reaction

研究代表者

山本 洋子 (YAMAMOTO HIROKO)

大阪大学・大学院歯学研究科・招へい教員

研究者番号：60448107

研究成果の概要(和文)：フッ素の虫歯抑制の定量的関係の解明のために、マイクロ領域の歯質内の定量測定法を、核反応を用いて新たに開発してきたが、さらにマクロ領域の歯質内の定量測定法も新たに開発した。それを用いて、窩洞全周囲のフッ素分布を初めて測定することができた。また、薄層の材料と歯質でのフッ素分布を同一平面で定量的に測定することができ、さらに虫歯になっている歯でのフッ素分布の測定も可能であることが分かった。これらの結果より、この方法は、虫歯進行におけるフッ素の有効性を解明するのに有用な手段であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We have developed a new method of quantitative measurement of fluorine in micro area of the tooth by using the nuclear reaction, for the clarification of a quantitative relation between fluorine and carious prevention. Next, we have developed a new method of quantitative measurement of fluorine in macro area of the tooth. By using this method (In-air micro-PIGE and micro-PIXE measurement system), the fluorine distribution all around the cavity was able to be measured for the first time though this area had not been able to be measured by earlier methods. And then the fluorine distribution in the tooth and in the thin layer of material was able to be measured quantitatively at the same time. In addition, it has been shown that the measurement of the fluorine distribution in the carious teeth was also possible. This system may provide future methodologies to clarify the effects of F distribution in the caries process.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：フッ素、PIGE, 定量測定法、歯質、虫歯

1. 研究開始当初の背景

歯科分野において、フッ素の研究は多く報告されているにもかかわらず、歯質内のフッ

素分布がう蝕予防にどのように関与しているかは、現時点でも精確には把握されていない。フッ素の抗う蝕作用の定量的関連の解明

には、マイクロとマクロ両領域における歯質内でのフッ素の動態を把握する必要があるが、適切な歯質内のフッ素定量測定法がなかった。そのため、申請者らはマイクロ領域の歯質内の定量測定法を新たに開発してきた。

2. 研究の目的

マイクロ領域だけでなく、マイクロとマクロ領域ともに同列に比較測定できるデータを収集し、より有用な効率のよいフッ素の利用の実践へと結びつけていくために、マクロ領域における新たな歯質内の定量測定法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

独立行政法人日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所(TIARA)のマイクロビームのPIGEを用いて、歯質内のマイクロ領域のフッ素を測定する方法の開発を新たに試みており、TIARAと同じ測定法のマクロ領域の測定法が望ましく、本研究ではマクロ領域の測定法確立のため、財団法人若狭湾エネルギー研究センターのマイクロビームを用いて、マクロ領域のフッ素定量測定法の確立を試みた。

(1) 従来測定していた方法に準じ、健全歯質にフッ素徐放性材料を充填し、歯質内のマクロ領域のフッ素分布基礎的データの集積を行った。

同時に測定機器の開発、改良、データ解析ソフトの改良も行った。

(2) 歯質へのフッ素浸透に影響を与える条件を変化させて、歯質内のフッ素分布の測定を行った。

歯科臨床のう蝕修復処置で、重要なことは材料と歯との強固な接着である。光により硬化する樹脂成分であるコンポジットレジンという修復材料を用いる際、ボンディング材といわれる一層のレジンを歯質に塗布し硬化させ、そのあとに強度の大きい材料を充填して、硬化の際に生じる接着に不利な重合収縮を緩和して、接着を確実なものにする術式が用いられる。このボンディング材にフッ素を徐放する材料を用い、強度の大きい充填材にフッ素を徐放する材料(Group I)とフッ素を徐放しない材料(Group II)を用い、一層の材料に含有されるフッ素が4年経過後どのように分布するのか検討を行った。

(3) 人工う蝕負荷をかけた時のマイクロ、マクロ領域の歯質内のフッ素分布の測定を行った。

4. 研究成果

(1) フッ素を徐放するセメントを充填した歯の窩洞周囲のフッ素分布およびその分布上に線分析した部位を表記した分布図を図1に示す。このような窩壁(窩洞の表層)全周に

渉るフッ素分布は初めて報告された。材料には多くのフッ素が含まれていることが示されている。

歯の構造上、フッ素の浸透に変化が考えられる部位、つまり歯の表層に近いエナメル質窩壁(R146、R143、R144)、エナメル質と象牙質の境すなわちエナメル象牙境の両側(R147、R149)、窩洞の上下の角(R150、R151)、象牙質窩壁(R141)の線分析をおこなった。

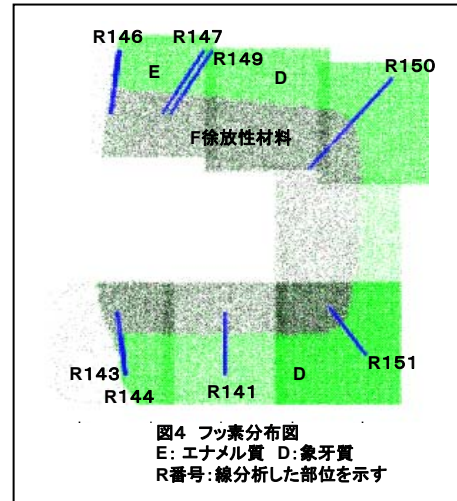


図1 窩壁周辺のF(黒点)Ca(緑点)分布

エナメル質にはエナメル小柱、象牙質には象牙細管という構造があり、図1では左上方から右下方に走行している。

R150の線分析の方向は象牙細管の走行に直角になっており、R151は象牙細管の走行に平行になっている。そのR150、R151の線分析を図2、3に示す。

赤い線がフッ素、青い線がカルシウムを示す。フッ素濃度の高い領域が材料を示し、カルシウムが高い領域が歯の部分を示す。材料の部分にCaが認められるのは、この材料にCaが含まれるためである。

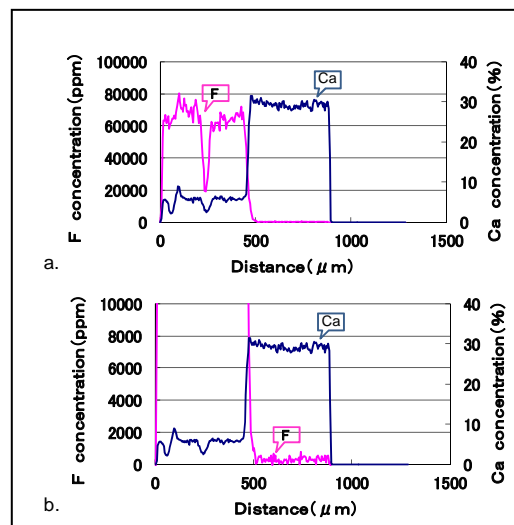


図2 R150の線分析(b:aのフッ素濃度軸拡大グラフ)

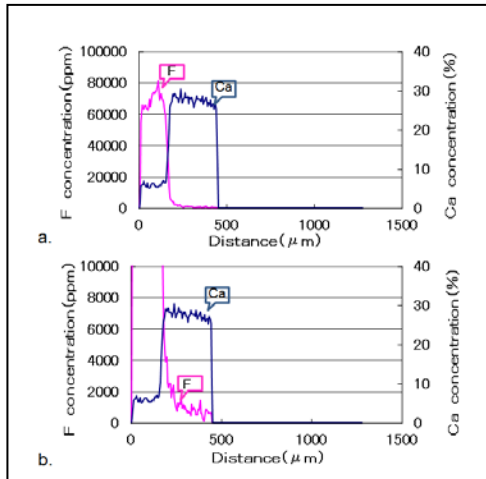


図3 R151の線分析(b:aのフッ素濃度軸拡大グラフ)

各図中のグラフbは、歯の移行部のフッ素濃度を見るために、グラフaのフッ素濃度のスケールを拡大したものである。象牙細管に平行な下の角のR151は、垂直な上の方の角のR150よりフッ素の浸透は大きいことが示された。これは申請者らが以前に報告(Oper Dent 25, 104-112, 2000)したのと同様の結果を示した。

(2) 線分析を行った部位を記載した窩洞断面の模式図と、線分析の一部を図4に示す。フッ素分布の指標として、窩壁表層(線分析上ほぼ一定になったカルシウム濃度の90%を含む地点)、表層フッ素濃度(窩壁表層でのフッ素濃度)、フッ素浸透深さ(窩壁表層から歯質内へフッ素が浸透している距離)を用いた(図5)。

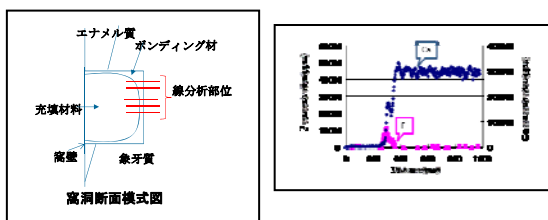


図4 窩洞断面模式図および線分析

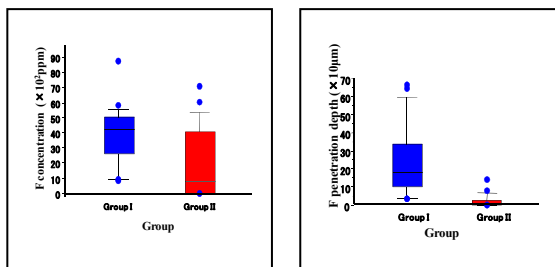


図5 表層フッ素濃度とフッ素浸透深さ

Group Iの表層フッ素濃度およびフッ素浸透深さは、Group IIのそれらの値よりいずれも大きいことが示された。4年経過後の薄層フッ素徐放性材料から歯質へのフッ素分布は、薄層からのフッ素ばかりでなく、後から充填される材料により大きく影響され、フッ素の分布には材料のフッ素の含有量や徐放機構も関与していると考えられた。

(3) 窩洞にコンポジットレジン(非フッ素含有)(CRF-)、コンポジットレジン(フッ素含有)(CRF+)、ガラスアイオノマーセメント(フ

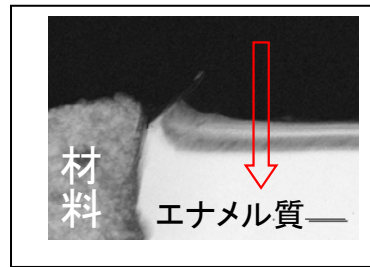


図6 PIGE測定部位(赤矢印)

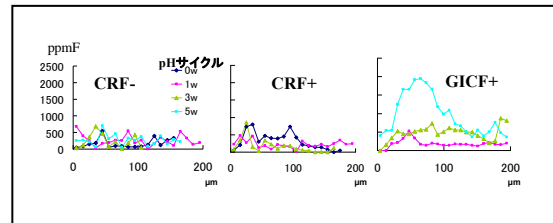


図7 表層からの距離とフッ素濃度

ッ素含有)(GICF+)の3種を充填し、人工う蝕負荷0、1、3、5週かけた歯質での表層からのフッ素濃度を示す(図6, 7)。

う蝕の進行と歯質のフッ素濃度との関連性では、GICF+群において窩洞から離れたエナメル質において、表層下50μmより深部でフッ素の増加を確認できた。これは再石灰化によってフッ素が歯質に取り込まれたことを示している。一方、CRF+、CRF-いずれにおいても、う蝕の進行に伴うフッ素の増加は確認できなかった。このことは、材料から溶出するフッ素量の相違が関連しているものと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

① Komatsu H, Matsuda Y, Kijimura T, Okuyama K, Yamamoto H, Iwami Y, Ebisu, S, Nomachi M, Yasuda K, Satoh T, Kohka M; Measurement of Strontium Distribution in Carious Enamel and Dentin around a Fluoride-containing Material; JAEA Takasaki Annual Report 2009, JAEA-Review, 査読有, 2010-065, (2010), 113

② Komatsu H, Yamamoto H, Nomachi M, Yasuda K, Mastuda Y, Kinugawa M, Kijimura T, Sano T, Satou T, Oikawa M, Kamiya T :Fluorine uptake into the human enamel around fluoride-containing dental material during cariogenic pH cycling ; Nucl Instr and Meth. 査読有, B267, (2009), 2136-2139

③ Komatsu H., Matsuda Y., Kijimura T., Okuyama K., Yamamoto H., Iwami Y., Ebisu, S., Nomachi M., Yasuda K., Satoh T., Oikawa S.: Measurement of fluorine distribution in carious enamel around fluoride-containing materials using PIGE/PIXE system; JAEA Takasaki Annual Report 2008, JAEA-Review, 査読有, 2009-041, (2009), 113

④ Yamamoto H, Iwami Y, Ebisu S, Nomachi M, Yasuda K, Sakai T, Kamiya T : Development of a System for Measuring Fluoride Distribution in Teeth Using a Nuclear Reaction; IJPIXE 査読有, 19, (2009), 91-102

⑤ Komatsu H., Matsuda Y., Kijimura T., Kinugawa M., Yamamoto H., Iwami Y., Ebisu, S., Nomachi M., Yasuda K., Satoh T., Oikawa S :Effect of different immersion solutions on fluorine uptake into enamel around fluoride-containing materials during pH-cycling; JAEA Takasaki Annual Report 2007, JAEA-Review 査読有 , 2008-055, (2008), 116

[学会発表] (計13件)

① 山本洋子, 岩見行晃, 恵比須繁之, 小松久憲, 安田啓介 : フッ素徐放性材料充填長期経過後の歯質内のフッ素分布 ; 第 27 回 P I X E シンポジウム, 2010. 11.17, 京都大学

② 小松久憲, 松田康裕, 奥山克史, 木地村太基, 山本洋子, 能町正治, 菅谷頼仁, 安田啓介, 佐藤隆博, 江夏昌志 ; 核反応法による歯質中のフッ素分布測定 (I X) ; 第 5 回 高崎量子応用研究シンポジウム, 2010.10.8, 高崎シティギャラリー

③ Yamamoto H, Komatsu H, Nomachi M, Sugaya Y, Iwami Y, Ebisu S, and Yasuda K: Time Dependence of Fluorine Uptake into the Human Tooth from the Thin Layer of F-releasing Material; 12th ICNMTA, 2010.7.27, Leipzig (Germany)

④ Yasuda K, Nomachi M, Sugaya Y, Yamamoto H, Komatsu H; Present Status of the In-air Microbeam System at the Wakasa Wan Energy Research Center; 12th ICNMTA, 2010.7.27, Leipzig (Germany)

⑤ Komatsu H, Yamamoto H, Matsuda Y, Kijimura T, Kinugasa M, Okuyama K, Nomachi M, Yasuda K, Satoh T, Oikawa M; Fluorine Analysis of Human Enamel around Fluoride-containing Materials Different pH-cycling by μ -PIGE/PIXE System; 12th ICNMTA, 2010.7.27, Leipzig (Germany)

⑥ Okuyama K, Komatsu H, Yamamoto H, Pereira PN, Bedran-Russo AK, Nomachi M, Satoh T, Sano H; Fluorine Analysis of Human Dentine around Resin Composite after Fluoride Application by μ -PIGE/PIXE System; 12th ICNMTA, 2010.7.27, Leipzig (Germany)

⑦ Yamamoto H, Iwami Y, Ebisu S, Nomachi M, Sugaya Y, Komatsu H and Yasuda K : Fluoride Mapping of Human Tooth around Fluoride-releasing Materials using micro-PIGE; 88h IADR 総会、2010.7.16, Barcelona (CCIB) (Spain)

⑧ 小松久憲, 船戸良基, 小島健太郎, 木地村太基, 奥山克史, 佐野英彦, 山本洋子, 安田啓介 ; フッ素含有材料からの歯質への長期フッ素取り込み量 ; 第 1 3 2 日本歯科保存学会春季学術大会 2010.6.4, 熊本市民会館

⑨ 小松久憲, 松田康裕, 奥山克史, 木地村太基, 山本洋子, 能町正治, 菅谷頼仁, 安田啓介, 佐藤隆博, 江夏昌志 ; 核反応法による歯質中のフッ素分布測定 (VIII) 第 4 回 高崎量子応用研究シンポジウム, 2009.10.10, 高崎シティギャラリー

⑩ 小松久憲, 山本洋子, 奥山克史, 小島健太郎, 木地村太基, 佐野英彦 ; 核反応によるう蝕歯中のフッ素濃度分布の測定 ; 第 1 3 0 回 日本歯科保存学会春季学術大会 2009.6.11, 札幌コンベンションセンター SORA

⑪ 小松久憲, 松田康裕, 木地村太基, 山本洋子, 能町正治, 菅谷頼仁, 安田啓介, 佐藤隆博, 及川将一 ; 核反応法による歯質中のフッ素分布測定 (VII) ; 第 3 回 高崎量子応用研究シンポジウム, 2008.10.10, 高崎シティギャラリー

⑫Komatsu H, Yamamoto H, Nomachi M, Yasuda K, Matsuda Y, Kinugawa M, Kajimura T, Sano H, Satou T, Oikawa S, Kamiya T; Fluorine uptake into human enamel from fluoride-containing dental materials during cariogenic pH cycling; 11th ICNMTA, 2008.7.21, Debrecen (Hungary)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 洋子 (YAMAMOTO HIROKO)
大阪大学・大学院歯学研究科・招へい教員
研究者番号：60448107

(2) 研究分担者

岩見 行晃 (IWMAI YUKITERU)
大阪大学・大学院歯学研究科・助教
研究者番号：90303982

(3) 連携研究者

能町 正治 (NOUMACHI MASAHARU)
大阪大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：90208299
(H20 まで分担者、H21 から連携研究者として参画)

安田 啓介 (YASUDA KEISUKE)
若狭湾エネルギー研究センター・主任研究員
研究者番号：00359241