

## 新規フロアブルガラスアイオノマー系レジンの臨床 応用に関する研究

中村, 紀彦

九州大学大学院歯学府歯学専攻口腔保健推進学講座小児口腔医学分野 / なかむら歯科医院

<https://doi.org/10.15017/14244>

---

出版情報 : Kyushu University, 2008, 博士 (歯学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :



新規フロアブルガラスイオノマー系  
レジンの臨床応用に関する研究

中村 紀彦

九州大学大学院歯学府歯学専攻  
口腔保健推進学講座小児口腔医学分野

指導：野中 和明

九州大学大学院歯学研究院  
口腔保健推進学講座小児口腔医学分野

## 目次

発表論文	3
要旨	4
序論	6
材料と方法	8
結果	13
考察	22
総括	26
謝辞	27
参考文献	28

## 発表論文

本研究の一部は下記の論文にまとめ報告した。

1. Two-year clinical evaluation of flowable composite resin containing pre-reacted glass-ionomer

Norihiko Nakamura, Aya Yamada, Tsutomu Iwamoto, Makiko Arakaki, Kojiro Tanaka, Shizuko Aizawa, Kazuaki Nonaka and Satoshi Fukumoto

*Pediatric Dental Journal* 投稿中

## 要旨

コンポジットレジン修復は小児歯科臨床において、最も使用頻度の高い修復方法である。しかしながら、未熟な臨床経験による修復処置や、不適切な材料の選択により、辺縁不適合、辺縁破折、二次齲蝕などの問題が起きる事が少ない。また、レジン材自体にはフッ素を徐放する効果はほとんどなく、既存のフッ素徐放性レジンにおいても、その徐放フッ素濃度はガラスイオノマーセメントに及ばないことが知られている。その一方で、ガラスイオノマーセメント修復は、そのフッ素徐放効果により抗齲蝕効果が期待できるが、機械的強度はレジン修復材には及ばない。

そこで本研究では、この両者のメリットを有する新規ガラスイオノマー系レジン (Beautiful Flow F02) の小児歯科臨床への応用を試み、その修復材料の長期的予後と齲蝕予防効果について検討を行ったところ、以下の結果を得た。

1. フロアブルレジン表面からのフッ素徐放濃度について他のフロアブルレジンと比較し調査を行ったところ、本材料は最も高いフッ素徐放効果を示した。
2. 乳歯 95 窩洞、永久歯 85 窩洞に対し、本材料を用いた修復処置を行い 2 年間の臨床予後評価を行った。評価法は USPHS/Ryge 基準に若干の改良を加え用いた。本材料は、過去に報告のある従来のコンポジットレジン修復同様良好な臨床予後結果を得る事ができた。
3. 同一患者群で過去に行った他のレジン充填を後向きに調査し比較検討を行ったところ、再治療に関して、本材料の成績は同等もしくはそれ以上の良好な結果を得た。

4. 辺縁封鎖性を評価する為に色素浸透試験を行った。コントロールと比較し、有意差は認められず、良好な辺縁封鎖性を得られた。

以上のことから、本材料は従来のレジン材と比較し臨床上の機械的強度に劣る点はなく、さらに隣在歯齲蝕が認められなかったことから、本材料の持つフッ素徐放性・リチャージによる齲蝕予防効果を期待できることが示唆された。今後、小児歯科領域における積極的な臨床応用が期待できるものとする。

## 序論

歯科保存修復治療法において、従来のメタル修復よりもより審美的かつ保存的な治療法としてコンポジットレジン修復法は、今日の歯冠修復の中心を成しており、新しいモノマーやフィラーの開発、光照射システム法の開発など物理的あるいは機械的特性について多くの研究が盛んに行われている (Moszner, N., et al., 2001, Ruddell, D., et al., 2002, Musanje, L., et al., 2004)。

コンポジットレジン修復は、そのものの流動特性によって窩洞面に正確に到達し、レジン材と歯質の接着面に関して、連続的でかつ隙間を形成することなく、充填されることが求められ、従来の製品より流動性に富むレジンの開発が始まった。1996年に紹介された第一世代のフロアブルレジンとは従来のハイブリッドコンポジットレジンと同様の小さいサイズのフィラー粒子を保つように作られ、フィラーの含有量を少なくし、粘度を下げることに成功した (Bayne, S.G. et al., 1998)。

レジン材自体にはフッ素を徐放する効果はほとんど期待できず、そのフッ素徐放濃度はガラスイオノマーセメントに及ばないことが知られている。その一方で、ガラスイオノマーセメント修復は、そのフッ素徐放効果により抗齶蝕効果が期待できるが、機械的強度はレジン修復材には及んでいない欠点がある。このようにエナメル質にフッ素を作用させることや機械的性質を向上させることは、修復材に含有する構成成分やフィラーを調整することによって、両者の性質を獲得することが可能になり得ると考えられた。そこでガラスイオノマーセメントの長所を残したまま機械的強度の欠点を補うために、コンポジ

ットレジン<sup>®</sup>の重合反応を一部導入してレジン添加型ガラスアイオノマーセメント（コンポマーなど）が開発され、十分な機械的強度と効果的なフッ素の徐放とリチャージも期待できる修復材料となった（Itota, T., et al., 1999, Preston, A. J., et al., 1999）。このようにガラスアイオノマーとコンポジットレジンにより混成されたものをジャイオマー（Giomer）と呼ぶ。

また最近、あらかじめ酸反応性フッ素含有ガラスとポリ酸を水の存在下で反応させ、安定化したガラスアイオノマー相を形成させる PRG（pre-reacted glass-ionomer）技術が開発され、さらに高いレベルでのフッ素徐放とリチャージを達成することができるようになった。これらはガラス全体を反応させる F-PRG 技術（Full Reaction Type）と表層のみを反応させる S-PRG 技術（Surface Reaction Type）に分類される。S-PRG は表層のみの反応で、中心はガラス成分を残し機械的強度を維持し、かつ高い抗齲蝕特性や臨床上有益な X 線不透過性や理想的な粘度を有していることが報告されている（Ikemura, K., et al., 2003）。しかしながら、実際に臨床において機械的強度に関する問題や、どの程度二次齲蝕の予防に効果的であるかは不明である。

そこで本研究は、S-PRG 技術を応用した新規ジャイオマーに分類されるフッ素徐放性フロアブルコンポジットレジン「ビューティフィル フロー Beautiful Flow F02」の乳歯および永久歯にそれぞれ臨床応用し、2年間の予後調査によって、本材料の長期的予後と、フッ素による齲蝕予防効果を解明することにした。



## 材料および方法

### 材料

フッ素徐放性フロアブルコンポジットレジジンとして、松風ビューティフィルフローBeautiful Flow F02®を用いた。新規のレジジン材料であり、下記図（図1）のごとく、ガラス粒子中に安定的なグラスアイオノマー相を形成させる S-PRG 技術が用いられている。

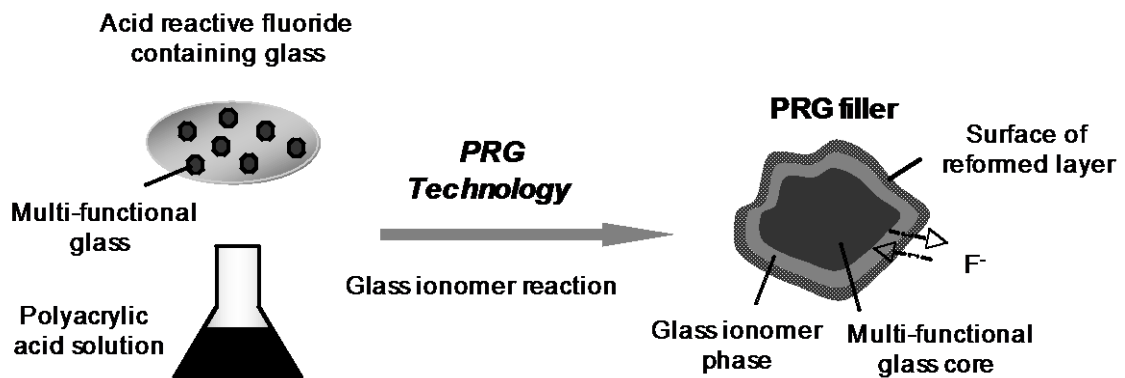


図1. S-PRG技術の概略

酸反応性フッ素含有ガラスとポリ酸を水の存在下で反応させ、安定化したグラスアイオノマー相を形成させる。

### 方法

#### 1. フッ素徐放試験

材料として、Beautiful Flow F02 の他に Unifil Low Flow Plus (GC, Japan), Unifil Low Flow (GC, Japan), Unifil flow (GC, Japan), and Tetric flow (Vivadent, USA) を用いた。それぞれを直径 15mm, 厚さ 1mm のステンレスリングにカバーガラスと共に設置し、30 秒ずつ 9 回光照射し硬化させた。硬化後

リングをはずし、 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ の空气中に24時間保管した。その後、5mlの $37 \pm 1^\circ\text{C}$ の蒸留水中に24時間保管。その後にサンプルを取り除き、新たに室温 $23 \pm 3^\circ\text{C}$ の蒸留水中に移した。フッ素濃度の調査は0.5mlのion-strength adjuster (TISAB III, Orion, Japan)をそれぞれのサンプルに加え攪拌し、フッ素濃度はion meter (Model720A, Orion, Japan) with a fluoride ion electrode (9609BN, Orion, Japan)を用いて測定した(図2)。

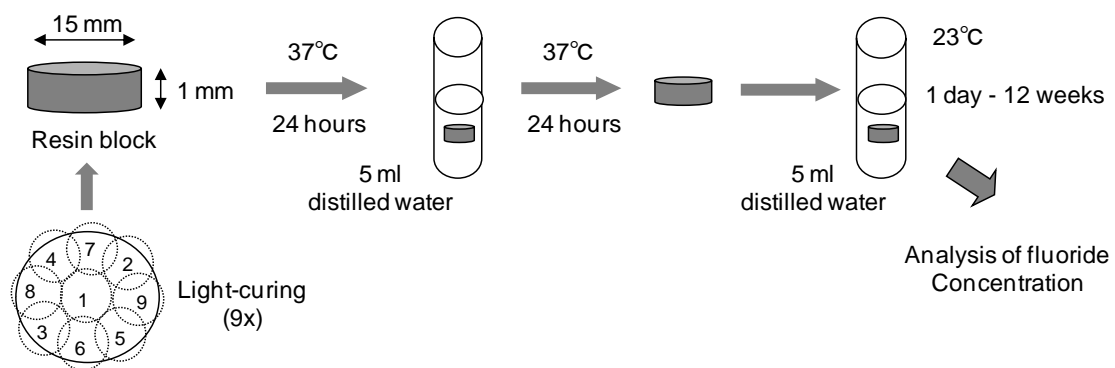


図2. レジンサンプル作成とフッ素濃度分析法

## 2. 臨床予後評価

対象は、福岡市早良区のなかむら歯科医院にてC1またはC2と診断した乳歯(95窩洞)及び永久歯(永久歯85窩洞)の計180窩洞を対象とした。窩洞は乳歯のI級およびIII級が47窩洞、II級が48窩洞であり、永久歯のI級およびIII級が60窩洞、II級が25窩洞であった(図3)。

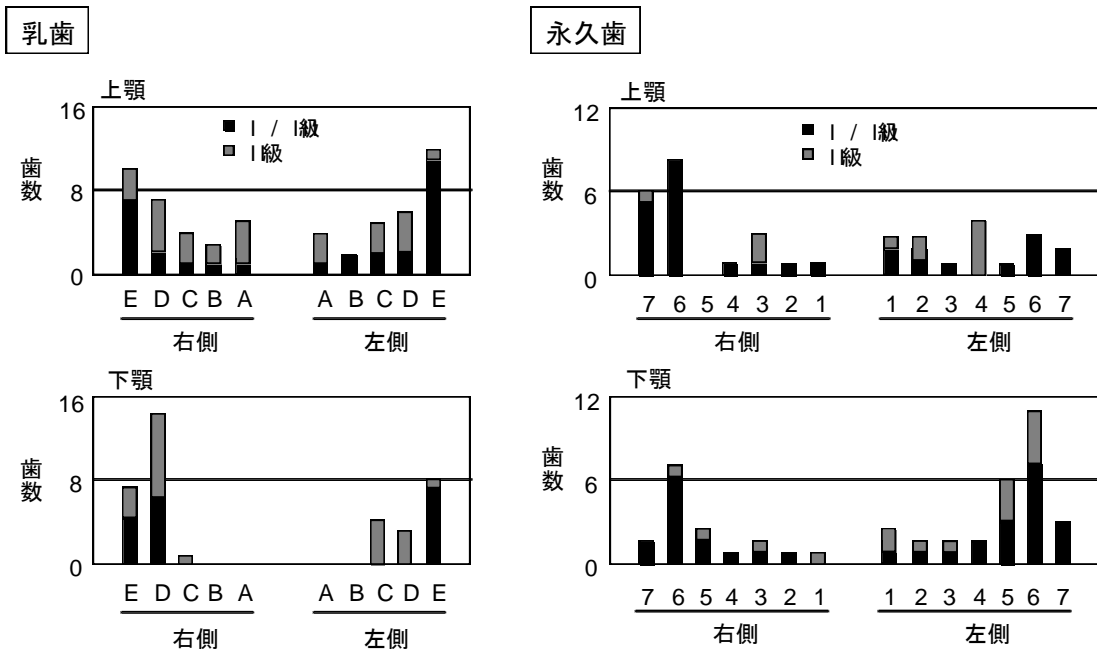


図 3. 調査対象の窩洞

Beautiful Flow F02 の充填に際し、接着システムはシングルステップの 3S-bond (Kuraray, Japan) を使用し、光照射器は ASTRAL (モリタ製作所) を用い 40 秒の照射を行った。修復 3 か月、6 か月、9 か月、12 か月および 24 か月後までの脱離、辺縁破折、二次齲蝕 (辺縁の褐線を含む) を調査した。

評価は USPHS/Ryge 分類 (Cvar, J.F., et. Al., 1971, Kubo. S., et. al, 2006) を改良し用いた (図 4)。なお被験者の歯ぎしり等の口腔習癖や、歯周病の状態等は考慮していない。治療開始前にそれぞれの患者様へ説明と同意を得て行った。

Scale A (保持)	→	可
Scale B (辺縁破折)	→	不可
Scale C (脱離)	→	不可

図 4. 改良型 USPHS/Ryge 分類

### 3. 後ろ向き調査による Beautifil Flow F02 以外のレジンとの比較

方法 2 の臨床予後調査を行った同一患者群において、過去に本材料以外のレジンにて治療を施し、レジン充填の脱離、破折あるいは二次齲蝕等により再治療を行った症例について、カルテの記載を基に後ろ向き調査を行い、本研究結果との比較を行った。

### 4. SEM による辺縁適合評価

臨床予後評価期間中に辺縁部分に破折、辺縁着色が認められた症例については、シリコン印象材（ExaFine, GC, Japan）にて印象採得を行った。そしてエポキシ樹脂にてレプリカ模型の作成を行い、辺縁部を走査型電子顕微鏡（SEM, KEYENCE）にて、表面の観察を行った。

### 5. 色素浸透度試験

生理食塩水中で保存していたヒト小白歯 10 本を使用した。被験歯の頬側・舌側面にモリタ製ダイヤモンドポイント #202 で、規格窩洞（幅 2 mm×長さ 5 mm×深さ 2 mm）を各 1 窩洞形成した。実験側の窩洞には Beautifil Flow F02 (Shofu, Japan), 対照側の窩洞にはペーストタイプのパルフィークエステライトペースト (Tokuyama Dental Co. Japan) を充填し歯頸部にスリットを付与した。なお、窩縁にはベベルは付与せず、バットジョイントとした。これらの窩洞にメーカー指定の手順で歯面処理・レジン材の充填・光照射を行い、生理食

塩水に 12 時間保管後，通法に従い研磨を行った。これらを 0.5%塩基性フクシン水溶液に 12 時間浸漬し，色素浸透度試験を行った。

色素浸透度試験後，被験歯を 1 箇所て切断した。得られた切片の両面において，4 箇所ずつ（1 歯につき 8 箇所）歯質とレジンの界面を観察した。

観察箇所は 10 本で各 40 箇所（合計 80 箇所）を実体顕微鏡にて観察し，辺縁からの色素浸透度によって辺縁封鎖性を判定した。判定基準は次に示す（図 5）。

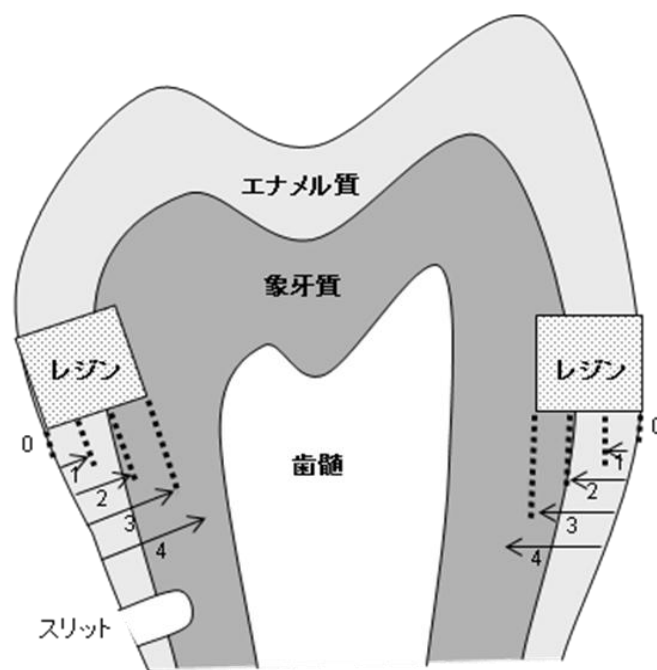


図 5. 色素浸透度試験の判定基準

スコア 色素浸透の程度

- 0：色素浸透を認めない
- 1：浸透が窩縁～窩洞 1/3 まで
- 2：浸透が窩縁～窩洞 2/3 まで
- 3：浸透が窩縁～窩洞 2/3 以上
- 4：浸透が窩縁～窩底に及ぶもの

## 結果

### 1. フッ素徐放試験の結果

各フロアブルレジジンからの徐放されたフッ素はイオンメーターを用いて84日間（12週間）測定を行った。その結果を（図6）に示す。

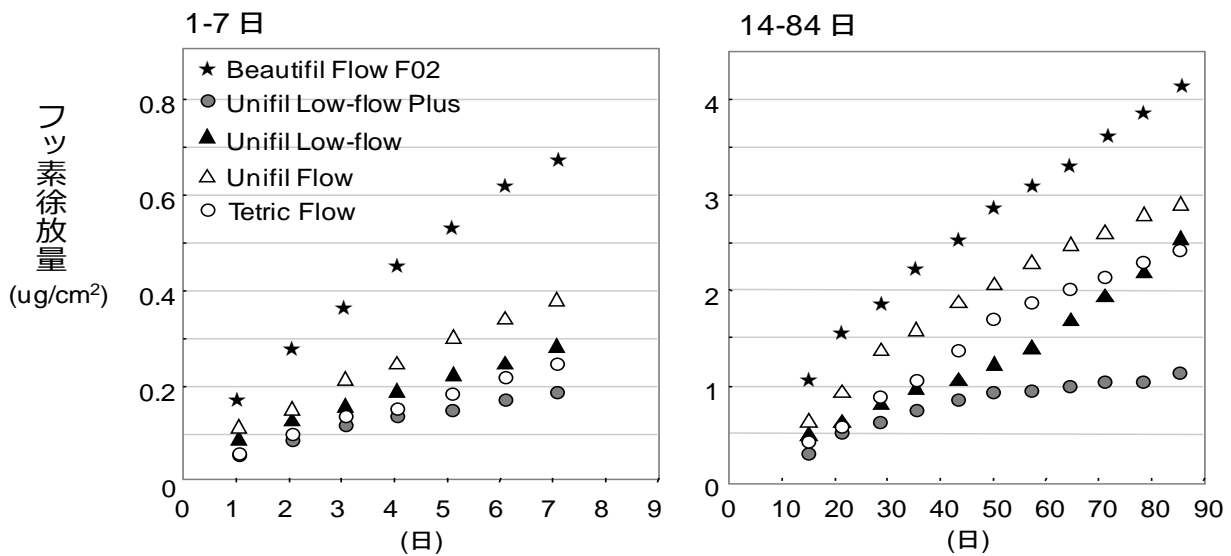


図 6. フッ素徐放量 測定 1 日目から 7 日目までを左図に示し、14 日目から 84 日目までを右図に示す。測定 1 日目から最終測定日 84 日間の全ての期間で、Beautiful Flow F02 は最も高いフッ素徐放性を示した。

Beautiful Flow F02 (★) は 1 日後から最終測定日 84 日のすべての期間で他の材料と比較し、平均して 2-3 倍以上の高いフッ素徐放性を示した。7 日目の値は、Beautiful Flow F02  $0.686\text{mg}/\text{cm}^2$ 、Unifil Low-flow Plus  $0.196\text{mg}/\text{cm}^2$ 、Unifil Low-flow  $0.288\text{mg}/\text{cm}^2$ 、Unifil Flow  $0.387\text{mg}/\text{cm}^2$ 、Tetric Flow  $0.260\text{mg}/\text{cm}^2$  であり、84 日目では、それぞれ  $4.140\text{mg}/\text{cm}^2$ 、 $1.215\text{mg}/\text{cm}^2$ 、 $2.618\text{mg}/\text{cm}^2$ 、 $2.931\text{mg}/\text{cm}^2$ 、 $2.447\text{mg}/\text{cm}^2$  であった。また、同一材料で、Unifil

の Low-flow Plus, Low-flow, Flow の 3 種類において、流動性の違いだけで評価した場合、フッ素徐放性は流動性が高いほうが、低いものよりフッ素放出量が多いこと示された。これらの結果から、フッ素放出量は、フィルター含有率と流動性レベルに関連があることが示唆された。

## 2. 臨床予後評価の結果

Beautiful Flow F02 を乳歯 95 窩洞，永久歯 85 窩洞 合計 180 窩洞に充填を行い，改良型 USPHS/Ryge 分類を用いて辺縁破折や脱離に相当する Scale B または C の頻度，並びに充填部に生じた辺縁着色について調査した。その結果を以下に示す（表 1. 図 7-a. b）。

表 1. 臨床予後評価の調査窩洞数  
乳歯・永久歯別に窩洞の種類別に示す。

	乳歯		永久歯	
	I / III 級	II 級	I / III 級	II 級
3か月	47	48	60	25
6か月	42	43	56	21
9か月	36	33	41	14
12か月	21	22	35	10
15か月	14	14	28	7
18か月	12	11	26	6
21か月	11	9	25	5
24か月	8	9	21	3
24か月以上	5	4	18	2

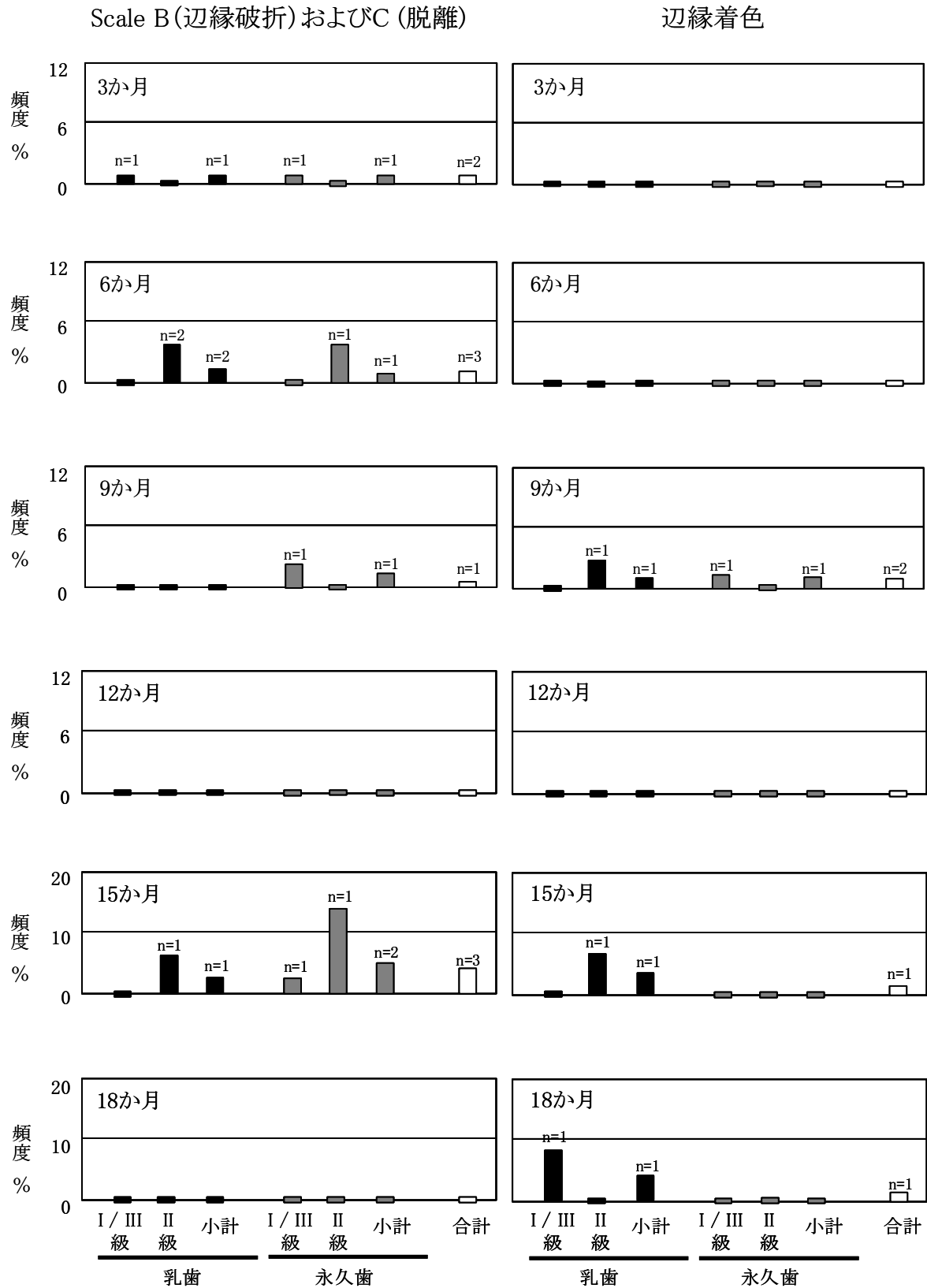


図7. 改良型 USPHS/Ryge 分類の Scale B (辺縁破折) または C (脱離) ならびに辺縁着色の発生頻度 (3 か月から 18 か月予後)



前ページの続き

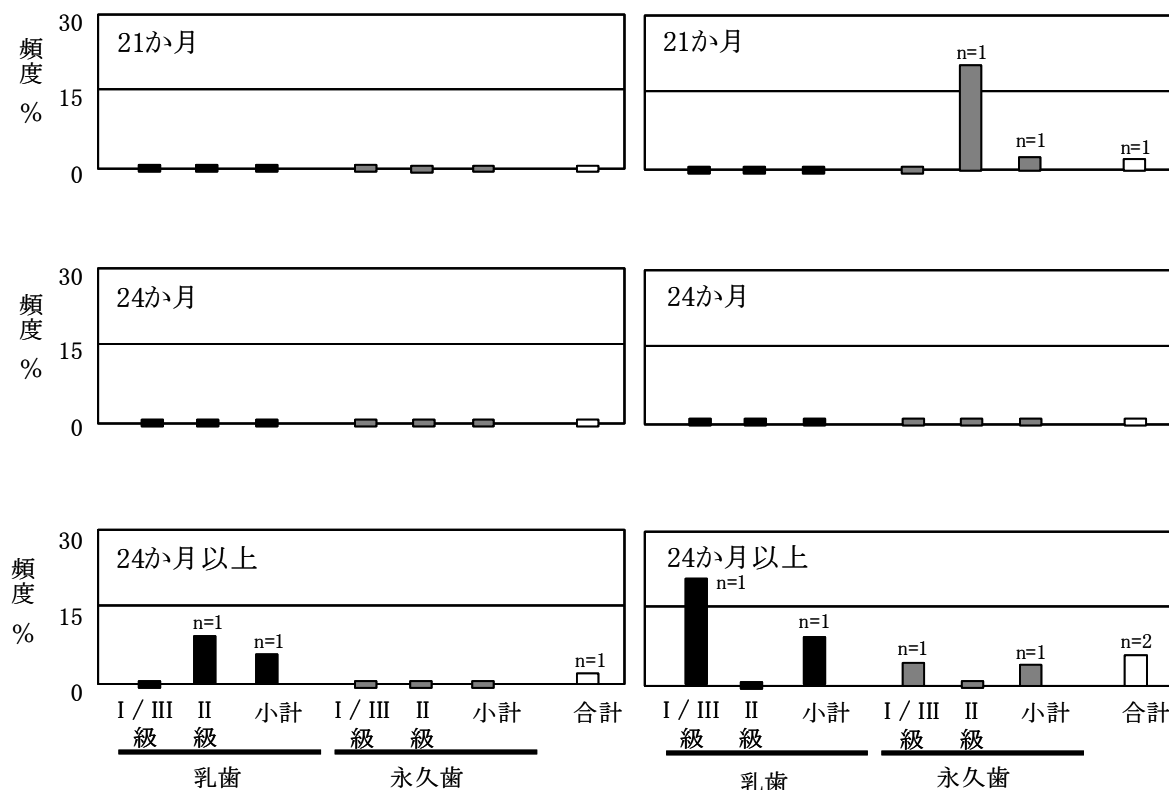


図7. (続き) 改良型 USPHS/Ryge 分類の Scale B または C ならびに辺縁着色の発生頻度 (21 か月から 24 か月以上予後)

Scale B (辺縁破折) または C (脱離) の発生は, 3 か月予後で乳歯 1 例・永久歯 1 例だった。6 か月予後では乳歯 2 例・永久歯 1 例, 9 か月予後では永久歯 1 例, 15 か月で乳歯 1 例・永久歯 2 例, 24 か月以上で乳歯 1 例認められた。なお 12 か月・18 か月・21 か月・24 か月では認められなかった。

辺縁着色は, 9 か月で乳歯 1 例・永久歯 1 例, 15 か月で乳歯 1 例, 18 ヶ月で乳歯 1 例, 21 か月で永久歯 1 例, 24 か月以上で乳歯 1 例・永久歯 1 例認められた。3 か月・6 か月・12 か月・24 か月予後では認められなかった。

改良型 USPHS/Ryge 分類において scale B (辺縁破折) または C (脱離) に相当する不可の判定に該当したものが, 乳歯においては, 3 か月予後で 1 例, 6 か月で 2 例, 15 か月で 1 例, 24 か月以上で 1 例の 5 例にみられた。永久歯では, 3 か月予後で 1 例, 6 か月で 1 例, 9 か月で 1 例, 15 か月で 2 例の 5 例にみられ

た。乳歯における24か月以上予後症例の1例は完全に脱離したものでありScale Cであったが、それ以外はすべてScale Bの辺縁破折に相当した。Scale Bに該当した9例のうち、半数以上に相当する5例が、6か月以内に生じていた。それらは肉眼的な判定は難しく、すべて探針によって判定できた。また、それらは形成された窩洞とは関係がない部位で、レジンの余剰充填部位にみられた。

辺縁着色については、乳歯において、9か月、15か月、18か月、24か月以上予後でそれぞれ1例観察され、合計4例にみられた。永久歯では、9か月、21か月、24か月以上予後で、それぞれ1例ずつ観察され、合計3例にみられた。いずれも軽度の変色であった。発生頻度は、乳歯と永久歯、および窩洞形態で違いはみられなかった。

### 3. 後ろ向き調査における Beautifil Flow F02 と他のレジンとの比較結果

今回 Beautifil Flow F02 を充填し、予後調査を行った同一患者群において、過去に本材料以外のレジンにて、治療を施した部位 208 窩洞（乳歯 110 窩洞、永久歯 98 窩洞）について、カルテの記載を基に、レジン充填の脱離、破折あるいは二次齲蝕により再治療を行った症例について後ろ向き調査を行い、本研究結果との比較を行った。以下に結果を示す（表 2）。

表2. 再治療を行った症例 (%)

再治療の比率を相対的に示す。

	Beautifil Flow F02		他のレジン	
	乳歯	永久歯	乳歯	永久歯
3か月	0	0	1	0
6か月	1.2	1.3	2.1	0.9
9か月	0	1.8	2.2	1
12か月	0	0	1.2	0
15か月	3.6	2.9	6.9	0
18か月	4.3	0	1.5	0
21か月	0	3.3	6	3.2
24か月	0	0	5	0
24か月以降	11.1	5	9.4	10.4

Beautifil Flow F02 の再治療は 9 窩洞（24 か月まで 7 窩洞、24 か月以上 2 窩洞）で、それ以外のレジンで再充填を行った症例は 29 窩洞（24 か月まで 21 窩洞）

洞，24 か月以上 8 窩洞) であった。

本調査では，Beautiful Flow F02 は，他のレジンと比較し，同等もしくはそれ以上の結果を示した。

#### 4. SEM による辺縁適合評価結果

臨床予後評価期間中に辺縁破折や辺縁着色が生じた症例については，レプリカ模型を作製し，走査型電子顕微鏡で辺縁部の観察を行った。辺縁着色が観察された 7 例中 6 例は辺縁封鎖性が良好であった。その一例を下(図 8)に示すが，レジンと歯質（エナメル）との間に隙間は認めず連続した辺縁封鎖性を示していた。

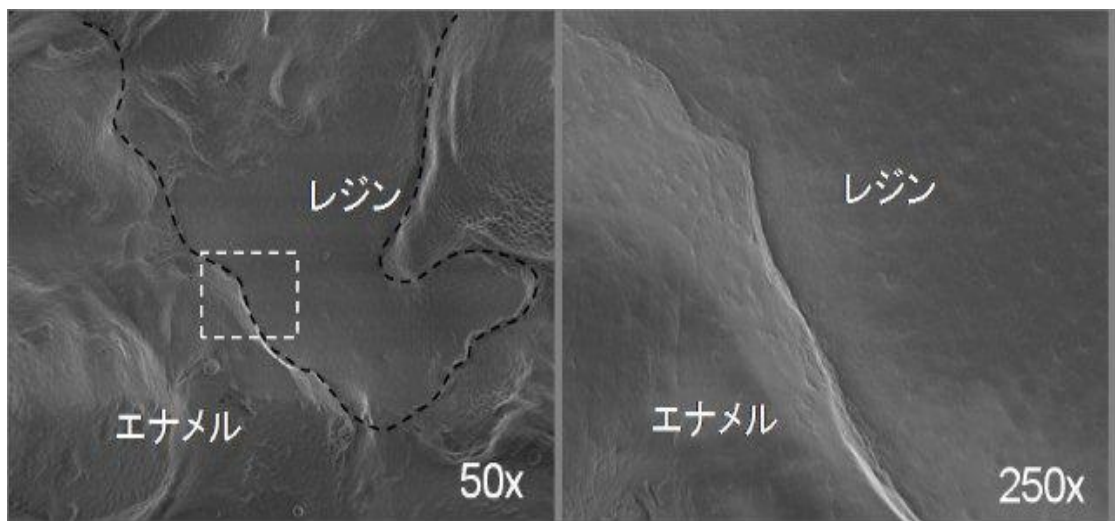


図 8. 12 か月時に辺縁着色を認めた症例の SEM 像

レジンとエナメル質は隙間が無く移行的である。

一方，7 例中 1 例においては，充填したレジンとエナメルとの間に矢印で示すように一部に隙間が生じているものを認めた（図 9）。これは光照射後の重合収縮の可能性が示唆された。

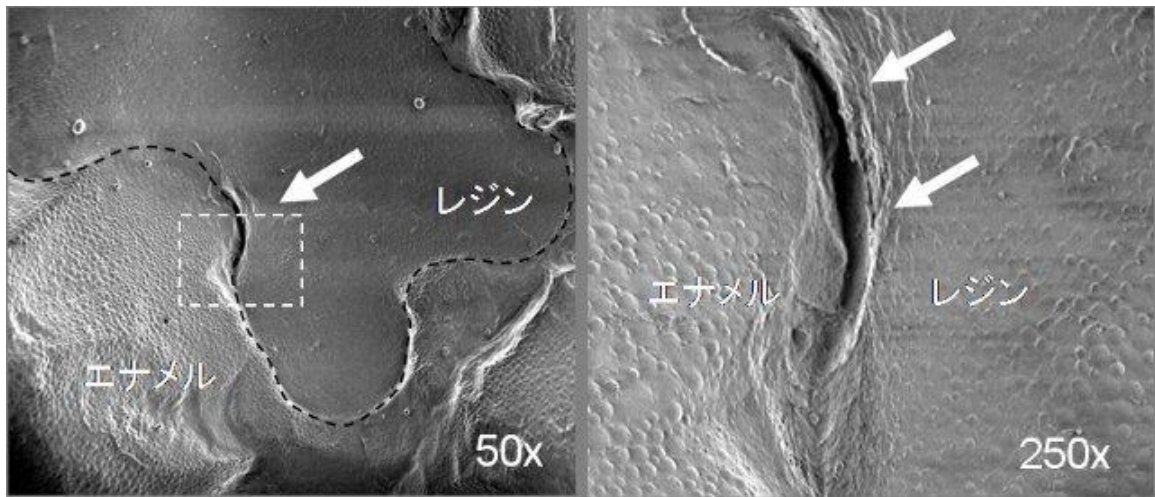


図 9. 9 か月の SEM 像  
エナメル質とレジンの間に隙間が生じている (矢印)。

### 5. 色素浸透度試験の結果

さらに辺縁封鎖性について詳細に評価する為に色素浸透度試験を行った。1本の歯に対して、試験側の窩洞には Beautiful Flow F02 と対側の窩洞にはコントロールとしてペーストタイプのパルフィークエステライトペースト (Tokuyama Dental Co. Japan) を充填した。観察箇所は 10 本 (図 10. A) で各 40 箇所 (合計 80 箇所) となり、これらを実態顕微鏡にて観察し、辺縁からの色素浸透度によって辺縁封鎖性 (重合収縮による隙間) を判定した (図 10. B)。

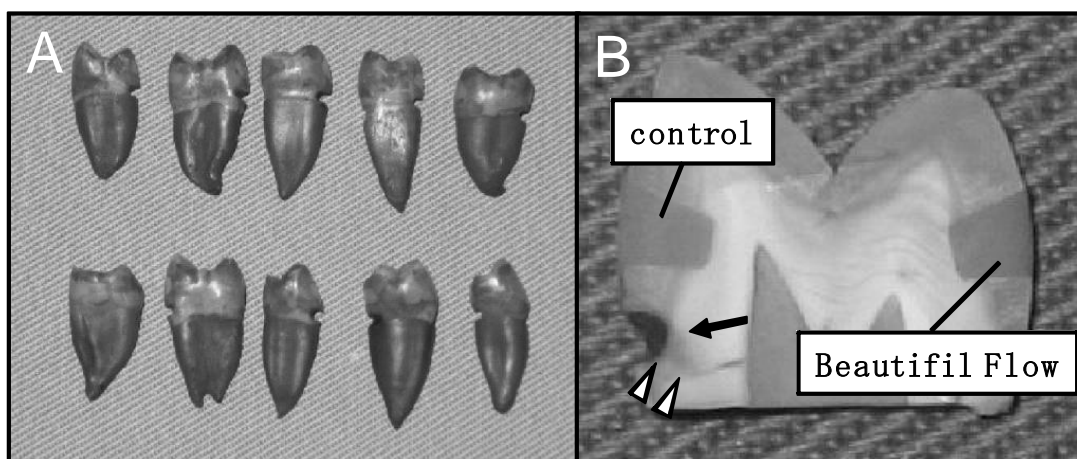


図 10. 色素浸透度試験

(A) 色素浸透度試験には小白歯 10 本を用いた。(B) スリット (矢印) を形成した側が対象窩洞で、その反対側が Beautiful Flow F02 である。スリットから象牙細管への色素浸透が認められる (矢頭)。

歯頸部にスリット（矢印）を形成した側がパルフィックエステライト（control）を充填した側で、その対側は Beautifil Flow F02 の充填を行った。スリット形成を行った部位は、象牙細管を通じて容易に色素が浸透していることがわかる（矢頭）が、レジン充填を行った実験部位は両者とも良好な辺縁封鎖性を示しているのがわかる。

次に結果について図を以下に示す（図 11）。

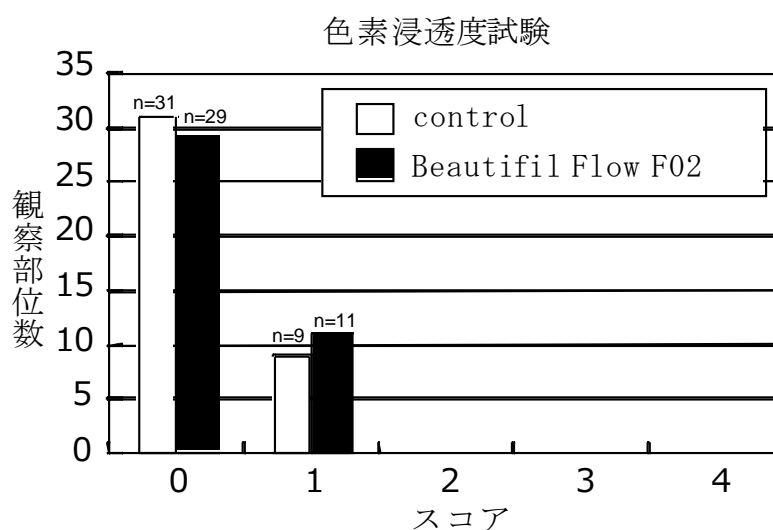


図 11. 色素浸透度のスコアと観察部位数

各スコアの合計を示す。スコア 0 が Beautifil Flow F02 が 29 例・control 31 例、スコア 1 が Beautifil Flow F02 が 11 例・control 9 例であった。スコア 2・3・4 は認められなかった。

Beautifil Flow F02 においては、スコア 0 が 72.5% (29/40) で、スコア 1 が 27.5% (11/40) であった。Control は、スコア 0 が 77.5% (31/40) で、スコア 1 が 22.5% (9/40) であった。両者ともスコア 2 以上、すなわち窩縁から 1/3 を超えた色素の浸透は認められなかった。また、両者間の有意差も認められなかった。このことから、Beautifil Flow F02 の辺縁封鎖性が良好であることが示された。

## 考察

フッ素は歯の再石灰化を促進し、細菌からの酸の産生を抑えることによって、歯質の溶解を抑える働きがある。ガラスイオノマーからのフッ素徐放は、初期の急速な徐放とそれに続く急激な徐放率の減少によって特徴づけられる。高濃度のフッ素と触れることにより、セメント内のフッ素濃度の上昇（フッ素のリチャージ）がみられ、再び高濃度のフッ素を徐放するようになる。こうして長期間に及ぶ抗齲蝕効果を発揮する。このガラスイオノマーの特徴を活かしたガラスイオノマーとコンポジットレジンにより混成されたジャイオマーのフッ素徐放とリチャージは、ガラスイオノマー単独には及ばないものの、従来のコンポジットレジンに比べその効果は高いと考えられている (Okumura, K., et al., 2006, Itoba, T., et al., 2004, Yap, A.U., et al., 2002, han, L., et al., 2002)。従来のコンポジットレジンと比較した場合、ジャイオマーは、修復した辺縁における脱灰の抑制効果が高く (Gonzalez, E.H., et al., 2004)、また、酸性に傾いた口腔内環境を中性化する能力があることも報告された (Itota, T., et al., 2005)。しかしながら、これまでフッ素徐放性について、ジャイオマーと従来のフッ素徐放性レジンと比較した報告はない。

本研究においてジャイオマーが他のフッ素徐放性レジンと比較し高いフッ素徐放性があることを示した。また、フィラーの含有量によってレジン材自体の流動性が変化するが、その違いによってフッ素徐放性に違いが生じる可能性が考えられた。実際、単一材料の Unifil の流動性の違いで評価した場合、流動性が高い (high flow) 方が低流動性 (low flow) より、高いフッ素徐放能力がある

ことが確認された。このことは流動性が高い材料の方が抗齶蝕効果が高い可能性が示唆された。しかしながら、フロアブルレジンの物性はフィラー含有量で左右されるため (Masouras, K., et al., 2008), フッ素徐放量が少なくなるが、高密度のもの、すなわち低流動性の方が機械的強度に関しては有利である。こうしてフッ素徐放効果と強い機械的強度の両者を獲得する目的で S-PRG 技術が開発された。

フロアブルレジンは、ユニバーサル・ペーストタイプのレジンと比較し、粘性が抑えられたことによって、より良好な操作性を有する。その特徴は、その高い流動性にあり、到達が難しい隣接面窩洞の治療などにも適している。これは小児歯科臨床においては非常に有効である。本材料 Beautifil Flow F02 を用いた予後結果は、Andersson-Wenckert らの改良型ガラスアイオノマー系レジンをを用いた 2 年間の臨床予後評価とほぼ同等の結果を得た (Andersson-Wenckert, I., et al 2006)。また、他のグループにおける臨床予後研究で、改良型ガラスアイオノマー系レジンの累積エラー率が 10.6% で、Tetric flow が 13.6% であった。さらに 1 年間の追跡実験で、フロアブルレジンの残存が 100% であるのに対し、従来のコンポジットレジンでは 85.7% であったと報告されている (Koubi, S, et al., 2006)。また、フロアブルレジン (Dyract Flow) と従来のコンポジットレジン (Filtek Z250) の残存率と色素変化については有意差がみられなかったとの報告もある (Celik, C., et al., 2007)。以上の報告から、フロアブルレジンは従来のコンポジットレジンと比較して、臨床的に非常に有効であることが示されている。

本研究において、12 か月までの残存率は 100% (88/88) であり、24 か月以上



の調査では1例脱離がみられたため、96.5% (28/29) であった。この結果は過去の報告と比べて同等かあるいはそれ以上の成績である。さらに辺縁破折 (Scale B) や脱離 (Scale C) によるエラーは、合計10症例あったが、そのうちの50% (5/10) は6か月以内に発生した。これらはフロアブルレジンの窩洞辺縁からのオーバー充填部分が咬合によって破折したものと考えられた。それゆえ、より慎重かつ的確な研磨が大事であると考えられた。

辺縁着色は本実験期間中に7例観察された。このうち1例にレジンと歯質との間に隙間が生じていることがわかった (図9)。これは光硬化後の重合収縮によるものと考えられた。従来のコンポジットレジンをを用いた辺縁着色を5年間の追跡調査した場合、15-19%にみられたとの報告がある (Preston, A. J., et al., 1999)。また、1年予後では1%、2年予後では5%という報告もある (Latta, M. A., et al., 2002)。さらに別のグループでは2年予後で19.1% (Brackett, W. W., et al., 2003)、3年予後で46.7% (Van Dijken J. W. V. 2004) と報告している。辺縁着色は5年以上経過した場合には急激に増加し、SEMを用いた観察でわずかな隙間がその原因になっていることが明らかにされている (Preston, A. J., et al., 1999)。そのため、本研究の2年間の調査の結果では、3.9% (7/180) という低い結果が出たのであろう。今後さらに追跡調査を行っていく予定である。また、辺縁着色を防ぐためにもより慎重な充填が求められることが考えられた。

また、フィラー含有量が低くなると、光硬化時の重合収縮が大きくなり、歯質との接着に影響を与えると予想されたが、色素浸透度試験においても従来のペーストタイプのレジンと比べ、同等の良好な結果が得られた。このことから、フィラーの含有率の差は重合収縮における辺縁封鎖性に影響を与えるほどのもの

のではないことが示唆された。

以上のことから、PRG フィラー含有レジンは、従来のレジン材と比較し臨床的に問題はなく、窩洞にかかわらず乳歯・永久歯共に有用であり、高いフッ素徐放性並びにリチャージによる齲蝕予防効果が期待できると示唆された。それゆえ、小児歯科領域において積極的な臨床応用が期待できるものと考えられた。

## 総括

本研究において、新規ガラスイオノマー系フロアブルレジンの長期的臨床予後評価を検討した。本材料は従来のフッ素徐放性レジンと比較し、高いフッ素徐放性を示し、抗齲蝕性が期待できることが示唆された。2年間の臨床予後評価においても、他材料との比較検討の結果、同等もしくはそれ以上の良好な結果を得た。小児歯科の臨床において、コンポジットレジン修復は、最も多用される治療法のひとつであり、高いフッ素徐放性並びにリチャージによる齲蝕予防効果が期待できる本材料の積極的な臨床応用が期待できることと考えられる。

## 謝辞

本研究を行うにあたり，ご懇篤ご指導とご高配を賜りました九州大学歯学研究院小児口腔医学分野 野中和明教授，ならびに東北大学大学院歯学研究科小児発達歯科学分野 福本敏教授に心より感謝申し上げます。また，共同研究者としてご協力いただきました，九州大学歯学研究院小児口腔医学分野 岩本勉先生，東北大学大学院歯学研究科小児発達歯科学分野 山田亜矢先生に厚く御礼申し上げます。そして，様々なご協力とご支援をいただきました，九州大学歯学研究院小児口腔医学分野の先生方に心よりお礼申し上げます。

なお，臨床評価にあたりご理解・ご協力いただきました，なかむら歯科医院の患者様，ならびに調査に協力し資料の収集，整理，管理にご協力頂いた同歯科医院のスタッフ（中道智美先生，城戸友和先生，歯科衛生士：山野和美氏，中尾翔子氏，井上真理子氏，立石愛美氏，森下美紗氏 他）に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) Moszner, N., Salz, U. : New developments of polymeric dental composites. *Progr Polym Sci* **26**: 535-576, 2001.
- 2) Ruddell, D., Maloney, M., Thompson, J. : Effect of novel filler particles on the mechanical and wear properties of dental composites. *Dent Mater* **18**: 72-80, 2002.
- 3) Musanje, L., Ferracane, J. : Effects of resin formulation and nanofiller surface treatment on composite. *Biomaterials* **25**: 4065-4071, 2004.
- 4) Bayne, S.G., Thompson, J.Y., Swift, Jr. E.J., Stamatiades, P., Wilkerson, M.A. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc* **129**: 567-577, 1998.
- 5) Itota, T., Okamoto, M., Sato, K., Nakabo, S., Nagamine, M., Torii, Y., Inoue, K. Release and recharge of fluoride by restorative materials. *Dent Mater J* **18**: 347-353, 1999.
- 6) Preston, A.J., Higham, S.M., Agalamanyi, E.A., Mair, L.H. Fluoride recharge of aesthetic dental materials. *J Oral Rehabil* **26**: 936-940, 1999.
- 7) Ikemura, K., Tay, F.R., Kouro, K., Endo, T., Yoshiyama, M., Miyai, K., Pashley, D.H. Optimizing filler content in an adhesive system containing pre-reacted glass-ionomer fillers. *Dent Mater* **19**: 137-146, 2003.
- 8) Kubo, S., Kawasaki, K., Yokota, H., Hayashi, Y. Five-year clinical

- evaluation of two adhesive systems in non-cariou cervical lesions. *J Dent* **34**: 97-105, 2006.
- 9) Cvar, J.F., Ryge, G. Criteria for clinical evaluation of dental restorative materials. *USPHS publication*, 1971, p.700.
- 10) Forsten, L. Fluoride release and uptake by glass-ionomer. *Scad J Dent* **99**: 241-245, 1991.
- 11) Okuyama, K., Murata, Y. Pereira, P.N., Miguez, P.A., Komatsu, J., Sano, H. Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. *Am J Dent* **19**:123-127, 2006.
- 12) Itoba, T., Carrick, T.E., Yoshiyama, M., McCabe, J.F. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater* **20**: 789-795, 2004.
- 13) Yap, A.U., Tham, S.Y., Zhu, L.Y., Lee, H.K. Short-term fluoride from various aesthetic restorative materials. *Oper Dent* **27**: 259-265, 2002.
- 14) Han, L., Cv, E., Li, M., Niwano, K., Ab, N., Okamogto, A., Honda, N., Iwaku, M. Effect of fluoride mouth ronse on fluoride releasing and recharging from aesthetic dental materials. *Dent Mater J* **21**: 285-295, 2002.
- 15) Gonzalez, E.H., Yap, A.U., Hsu, S.C. Demineralization inhibition of direct tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* **29**: 578-585, 2004.
- 16) Itota, T., AI-Naimi, O.Y., Carrick, T.E., Yoshiyama, M., McCabe, J.F. Fluoride release and neutralizing effect by resin-based materials. *Oper*

- Dent* **30**: 522-527, 2005.
- 17) Masouras, K., Silikas, N., Watta, D.C. Correlation of filler content and elastic properties of resin-composites. *Dent Mater* **24**: 932-939, 2008.
- 18) Andersson-Wenckert, I., Sunnegardh, K. Flowable resin composite as a class II restorative in primary molars: A two-year clinical evaluation. *Acta Odontol Scand* **64**: 334-340, 2006.
- 19) Koubi, S, Raskin, A., Bukit, F., Pignoly, C., Toca, E., Tassery, H. One-year evaluation of two resin composites, two polymerization methods, and a resin-modified glass ionomer in non-carious cervical lesions. *J Contemp Dent Pract* **7**: 42-53, 2006.
- 20) Celik, C., Ozgunaltay, G., Attar, N. Clinical evaluation of flowable resins in non-carious cervical lesions: two-year results. *Oper Dent* **32**: 313-321, 2007.
- 21) Latta, M.A., Barkmeier, Wavel, W.T., Dilorenzo, S.C. Clinical evaluation of a compomer restorative materials. *J Dent Res* **81**:A-52 (Abstr. No. 1035), 2002.
- 22) Brackett, W.W. Dib, A., Blackett, M.G., Reyes, A.A. Estrada, B.E. Two-year clinical performance of class V resin-modified glass-ionomer and resin composite restorations. *Oper Dent* **28**: 477-481, 2003.
- 23) Van Dijken J.W.V. Durability of three simplified adhesive systems in class V non-carious cervical dentin lesions. *Am J Dent* **17**: 27-32, 2004.

- 24) Futatsuki, M. , Wendy, C. M. , Yamaguchi, S. , Nakata, M. , The Use of Flowable Composite Resin on Preventive Resin Restoration. 小児歯誌, 39 : 537-543, 2001.