合着用セメントの有機酸による溶解性について

安藤 正明

Solubility of Luting Cements in Organic Acids

Masaaki Ando

Abstract : The solubility of luting cements was investigated in an environment of flowing buffered solutions of organic acids, and experimental results were used to standardize the condition of buffered solutions of organic acids. Then the influence of the differences of zinc phosphate cement film thickness, liquid-powder ratio, and cement film thickness in the marginal area of full cast crown, etc., on the solubility of zinc phosphate cement were investigated.

The experimental results obtained were as follows :

1. The effects of citric acid on the solubility of cements were particularly remarkable. The cements tended to be most soluble in solutions with high molarity and with low pH. The solubility of glass ionomer cement was much less than those of zinc phosphate cement and polycarboxylate cement.

2. The difference of zinc phosphate cement film thickness slightly affected the depth of dissolution of cement. Of course, the thicker the cement film at the site of dissolution, the greater the space resulting from dissolution. Even with an increase of liquid-powder ratio, the solubility showed a slight decrease. The depth of dissolution of cement film decreased with the decrease of zinc phosphate cement film thickness in the marginal area.

3. Only in the area of the burnished margin of the crown and in the area of the supposed subgingival margin of the crown covered with artificial gum was there no dissolution of zinc phosphate cement film.

Key words : luting cement, organic acid, solubility, cement film

I. 緒 言

今日、鑄造冠や橋義歯、さらにインレーなどを装着する場合、種々の合着用セメントが開発、利用されている。1878年に考案された燐酸亜鉛セメントは最も古く¹⁻⁷⁾、充填用レジンの接着力を期待したレジンセメント⁸⁻¹⁰⁾、鎮静効果を期待した酸化亜鉛ユージノールセ

メント^{11,12)}、歯髄刺激が少なく歯質との接着を期待したカルボキシレートセメント^{13,14)}、ガラスアイオノマーセメント¹⁵⁻¹⁷⁾などが開発され、最近では歯質との接着を目的としたレジン系の接着性セメント^{18,19)}の開発も盛んである。これらのセメントは、生物学的、物理学的性質にそれぞれ特徴があることから、多くの基礎的²⁰⁻³⁰⁾、臨床的研究³¹⁻³⁵⁾がなされている。

合着用セメントを臨床に応用する場合の重要な問題の1つは、セメントが口腔液により溶解されることである。口腔内に装着された歯冠補綴物辺縁部セメントの溶出はこの部分に空隙を作り、このことが食物残渣や歯垢の滞留を招き、これが二次齲蝕、歯周疾患などの原因と

東北大学歯学部歯科補綴学第1講座(指導:吉田恵夫教授)
1st Department of Prosthetic Dentistry, Tohoku University School of Dentistry (Director: Prof. Keifu Yoshida)
昭和62年10月23日受付

なるといわれている^{4,36-39)}。これらの疾患を防止するためには、辺縁の適合のよい歯冠補綴物を作り、露出するセメント層をできるだけ薄くすること、さらに溶解ができるだけ少なくなるようにセメントを取り扱うことが必要であるといわれている⁴⁾。

近年、鑄造冠の精密度は材料、技術の進歩、改良によって向上し、きわめて良好な適合を示すものが得られるようになり、臨床最良の鑄造冠辺縁のセメント層は、30~40 μm になると報告されている⁴⁰⁻⁴⁴⁾。また、辺縁のセメント層を薄くするための工夫もとられ^{42,45)}、さらにセメント合着による鑄造冠の浮き上がりを防止するための研究⁴⁶⁻⁴⁸⁾や、合着後の鑄造体辺縁部の圧接研磨による封鎖性の検討^{49,50)}もなされている。しかし、圧接研磨により辺縁封鎖のできない隣接面、歯肉縁下の辺縁部にはセメント層が存在することになる。また、肉眼で識別できる辺縁部セメント層の厚さは 50 μm 以上であるといわれており、肉眼で確認できないときでも、常に辺縁部セメント層は存在すると考えられる。このことからすれば、歯冠補綴物辺縁部セメント層の溶解について究明し、これに対する処置方法を確立することは、装着後の支台歯や歯周組織の健康を保ち、歯冠補綴物を口腔内に永く保持するための必須の要件となる。

これまで行われてきた合着用セメントの溶解性についての研究をみると、米国歯科医師会規格 (ADAS)⁵¹⁾ や日本工業規格 (JIS)⁵²⁾ に規定されている蒸留水中の崩壊量を測定する方法が、最も一般的で多く用いられている。これら蒸留水中の試験と口腔内における溶解性は、同じ種類のセメントであればある程度相関性はあるが、種類が違えば相関性はなくなるといわれている^{4,20)}。また、有機酸の薄い水溶液中では蒸留水中よりも明らかに溶解性が大きくなり、毎日溶液を替えた場合にも、溶液の pH が低い場合にも溶解性は大きくなることが報告されている^{4,21,24)}。しかし、従来報告されている実験では、実験中にセメントの溶解によって pH が上昇するため、時間と共に溶解量が減少し、正確に比較することはできない^{21,24)}。したがって、溶解量を正確に比較するためには、常に新鮮な溶液と接するように溶液を流した状態で精査することが必要であると考えた。

これらのことを考慮し、セメントの溶解性について検討する実験条件と方法を決定するための基礎実験として有機酸緩衝液を用い、溶解量と時間との関係について調べ (II)、得られた条件と方法をもとにつぎにあげる各実験を行った。まず 4 種類の合着用セメントの溶解性が、有機酸の種類、モル濃度、pH の違いとどのように関係

しているかについて調べ (III)、さらにガラス円板を用い、燐酸亜鉛セメント層の厚さを変えた場合の溶解性、セメント練和時の粉液比の違いによる影響 (IV)、および加工したガラス円板を用い、辺縁部セメント層の厚さの違いによる影響 (V) などについて検討した。

以上の成績を踏まえ、より臨床に近い立場からの実験として、陶材による歯型を作り、これに全部鑄造冠を合着し、有機酸緩衝液を流した場合、辺縁の適合の違い、人工歯肉の付与がどの程度セメント層の溶解に影響を与えるかについても検討を行った (VI)。

II. 基礎実験

セメントの溶解性について実験を進めるにあたって、実験条件と方法を確立するため、つぎのことからについて検討を行った。すなわち、溶液には有機酸緩衝液を用い、試料が常に新鮮な溶液に接するように液を流した場合の溶解量と時間との関係について検討した。

表 1 使用材料

セメント			
種 類	商品名	製造会社	標準稠度 粉末：液
燐酸亜鉛 セメント	エリート セメント 100	面々歯科工業 (株)	1.45 g : 0.5 ml

有機酸緩衝液		
種 類	モル濃度	pH
乳 酸	0.1, 0.01, 0.001	4.5
酢 酸	0.1, 0.01, 0.001	4.5, 6
クエン酸	0.1, 0.01, 0.001	4.5, 6

図 1 割型と試料の寸法

a. アクリル板割型 b. ガラス板

図 2 実験装置の概要

1. 実験材料と方法

実験には表1に示した磷酸亜鉛セメントと各種有機酸緩衝液を用いた。試料は標準稠度となる粉液比で練和したセメント泥を、図1のガラス板上の亚克力板割型(縦、横10mm、厚さ2mm)に流し込み、さらに上からガラス板で圧接し、練和開始から3分経過後、温度37°C、相対湿度100%の恒温器中に移し、57分後、試料を割型より外しバリを取って整形して作った。つぎに試料の寸法を計測して表面積(Scm^2)を算出後、直ちに蒸留水中に浸漬して吸水させ、試料が吸水して重量が一定になった後取り出し、重量を計測した。この試料を図2に示した内径1.8cm、容積 4.8cm^3 のガラス管の底部に横たえるように置き、恒温槽により緩衝液の温度が37°Cに保たれるようにした。有機酸緩衝液の種類は表1に示したとおりである。3種類の有機酸についてそれぞれのモル濃度を3種類とし、さらにpHを乳酸で4, 5の2種類、酢酸とクエン酸で4, 5, 6の3種類として、全部で24種類の緩衝液を用いた。対照として蒸留水も用いた。緩衝液の流量は、試料を浸漬している溶液のpHが0.1以上変動しないことを基準にして決め、0.1Mの各溶液においては1時間に30ml、0.01Mと0.001Mの各溶液においては1時間に60ml流すこととした。試料を浸漬させる時間は2, 4, 6, 8時間とし、ガラス管より取り出して重量を計測、それらの計測値より重量の変化量を求め、さらにセメント試料の比重から体積の変化量(Vcm^3)に換算した。その変化量を初めの表面積(Scm^2)で除し、溶解量を、 $\text{V/S}(\text{cm}^3/\text{cm}^2)$ で表した。重

量測定は読み取り限度0.05mgの直示天びん(島津製作所製L-D型)を用い、各溶液における溶解量はおおの5個の試料の計測値の平均より求めた。

2. 結果および考察

各種有機酸緩衝液を用いた磷酸亜鉛セメントの溶解量と時間との関係についてみると、溶液の違いによって溶解量は異なるが、すべて、ほぼ直線関係を示した。図3は0.1M, 0.01M, 0.001Mの3種類のうち代表的なものとして、最も溶解量の大きい0.1Mの各種溶液における成績を示している。従来の報告のように、試料を同一溶液に浸漬し続けた実験では、実験中に溶液のpHが変化し、時間と共に溶解量の減少が起こり、溶解量を正確に比較できないことが問題とされていた^{21,24}。しかし、本実験方法ではそのような問題もなく、溶解量の比較がより正確にできることが明らかになったため、これらの成績をもとに今後の実験をすすめることにした。なお、対照として蒸留水に8時間浸漬した試料では重量変化が認められなかった。

III. 各種合着用セメントの溶解性

II章の成績をもとにその後の実験を進めることとし、有機酸緩衝液中の有機酸の種類、モル濃度、pHの違いが、各種合着用セメントの溶解性にどのように影響するかを調べるためにつぎの実験を行った。

1. 実験方法

実験には表2に示した4種類の合着用セメントを用い、試料製作方法および実験装置はII章と同様とした。試料を浸漬させる時間は8時間とし、各溶液における溶解量はおおの5個の試料の計測値の平均より求めた。

図3 0.1Mの各種溶液中における磷酸亜鉛セメントの溶解量($\times 10^{-3}\text{cm}^3/\text{cm}^2$)

表2 各種合着用セメント

セメント			
種類	商品名	製造会社	標準稠度 粉末：液
磷酸亜鉛セメント	エリートセメント100	面至齒科工業(株)	1.45g：0.5ml
カルボキシレートセメント	カルボセメント	(株)松風	1.80g：1.0g
カルボキシレートセメント(水で練和)	ユニデント	三金工業(株)	1.90g：0.5ml
ガラスファイバーセメント	フジアイノマータイプ1	面至齒科工業(株)	1.40g：1.0g

表 3 磷酸亜鉛セメントの溶解量 ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)

酸の種類	濃 度	pH		
		4	5	6
乳 酸	0.1 M	1.33 (0.24)	0.26 (0.10)	
	0.01 M	0.21 (0.03)	0.04 (0.05)	
	0.001 M	0.03 (0.03)	0.00 (0.02)	
酢 酸	0.1 M	0.83 (0.21)	0.46 (0.04)	0.10 (0.03)
	0.01 M	0.28 (0.09)	0.05 (0.03)	-0.02 (0.02)
	0.001 M	0.06 (0.03)	0.04 (0.02)	-0.02 (0.03)
クエン酸	0.1 M	5.46 (1.37)	4.57 (1.55)	3.04 (0.29)
	0.01 M	1.44 (0.15)	0.78 (0.16)	0.45 (0.07)
	0.001 M	0.33 (0.06)	0.22 (0.05)	0.11 (0.04)

() 内は標準偏差

表 4 カルボキシレートセメントの溶解量 ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)

酸の種類	濃 度	pH		
		4	5	6
乳 酸	0.1 M	1.69 (0.36)	0.48 (0.03)	
	0.01 M	0.20 (0.03)	0.10 (0.02)	
	0.001 M	0.00 (0.02)	-0.01 (0.02)	
酢 酸	0.1 M	0.66 (0.15)	0.62 (0.07)	0.34 (0.06)
	0.01 M	0.13 (0.05)	0.08 (0.02)	0.04 (0.02)
	0.001 M	-0.01 (0.04)	-0.01 (0.02)	-0.04 (0.03)
クエン酸	0.1 M	8.50 (1.06)	8.33 (1.57)	25.34 (2.36)
	0.01 M	0.80 (0.19)	0.68 (0.07)	0.35 (0.03)
	0.001 M	0.12 (0.03)	0.07 (0.02)	0.06 (0.02)

() 内は標準偏差

図 4 磷酸亜鉛セメントの溶解量 ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)

図 5 カルボキシレートセメントの溶解量 ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)

2. 結果および考察

各種合着用セメントの各溶液における溶解性についてみると、磷酸亜鉛セメントの溶解性は、表 3、図 4 のようになる。酸の種類の違いについてみると、溶解量はクエン酸において特に多く、この傾向は濃度の違い、pH の違いにかかわらず同様であった。濃度の違いについてみると、溶解量は酸の種類と pH が同じであれば、0.1 M が最も多く、0.01 M、0.001 M の順で少なくなる傾向を示し、pH の違いについてみると、溶解量は酸の種類と濃度が同じであれば、pH 4 が最も多く、pH 5、pH 6 の順で少なくなる傾向を示した。

カルボキシレートセメントの溶解性は、表 4、図 5 のようになり、磷酸亜鉛セメントと比べクエン酸の 0.1 M における溶解量に大きな差がみられるが、その他につい

ては酸の種類、濃度の違いによる傾向は同様であった。しかし、pH による違いについてみると、クエン酸の 0.1 M における溶解量は pH 6 の溶液が最も大きく、このことを除けば pH の低い方が多く溶解する傾向を示した。

水で練和することにより硬化するカルボキシレートセメントの溶解性は表 5、図 6 のようになり、前述のカルボキシレートセメントの結果と同様の傾向を示した。

ガラスアイオノマーセメントの溶解性は表 6、図 7 のようになり、溶解量は特に少ない傾向を示し、乳酸の 0.1 M、pH 4 の溶液についてみると、ガラスアイオノマーセメントは磷酸亜鉛セメントに対して、約 1/7 の溶解性を示した。

以上の結果より溶解量の変化についてその傾向をまとめてみると、酸の種類の違いではクエン酸が最も多く、

表 5 カルボキシレートセメントの溶解量 ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)
(水で練和する)

酸の種類	濃 度	pH		
		4	5	6
乳 酸	0.1 M	1.81 (0.46)	0.37 (0.03)	
	0.01 M	0.20 (0.04)	0.06 (0.01)	
	0.001 M	0.06 (0.01)	-0.01 (0.02)	
酢 酸	0.1 M	0.89 (0.07)	0.48 (0.05)	0.19 (0.03)
	0.01 M	0.24 (0.02)	0.14 (0.02)	0.00 (0.01)
	0.001 M	0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.01)
クエン酸	0.1 M	6.87 (0.48)	6.36 (0.27)	20.01 (1.28)
	0.01 M	1.42 (0.08)	0.96 (0.20)	0.39 (0.05)
	0.001 M	0.17 (0.03)	0.07 (0.03)	0.02 (0.02)

() 内は標準偏差

表 6 グラスアイオノマーセメントの溶解量 ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)

酸の種類	濃 度	pH		
		4	5	6
乳 酸	0.1 M	0.18 (0.05)	0.06 (0.04)	
	0.01 M	0.13 (0.02)	0.01 (0.04)	
	0.001 M	0.12 (0.04)	0.01 (0.03)	
酢 酸	0.1 M	0.16 (0.04)	0.07 (0.03)	0.02 (0.02)
	0.01 M	0.13 (0.03)	0.03 (0.02)	0.03 (0.05)
	0.001 M	0.07 (0.03)	0.00 (0.04)	-0.01 (0.03)
クエン酸	0.1 M	7.76 (1.56)	6.52 (0.89)	3.68 (0.59)
	0.01 M	0.37 (0.01)	0.15 (0.05)	0.06 (0.03)
	0.001 M	0.12 (0.03)	0.03 (0.03)	-0.01 (0.04)

() 内は標準偏差

図 6 カルボキシレートセメントの溶解量 ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)
(水で練和する)

図 7 グラスアイオノマーセメントの溶解量 ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)

乳酸と酢酸では同程度でやや乳酸の方が多く、これは従来報告されている有機酸中における実験の結果とほぼ同じ傾向を示した²¹⁾。モル濃度の違いでは濃い方が多く溶解し、pHの違いでは、カルボキシレートセメントに対するクエン酸の 0.1 M, pH 6 の溶液の場合を除き、低い方が多く溶解した。

クエン酸の 0.1 M における溶解は特異的であり、中でもカルボキシレートセメントにおいて強く現れていた。このことは酸による溶解に加えて、クエン酸は他の酸に比較してキレート化合物を形成しやすいという性質が原因していると思われる^{53,54)}。酢酸においては結晶の晶出がみられた。乳酸においては特に問題はなかった。

セメントの種類による溶解性の違いをみると、クエン

酸の 0.1 M の溶液の場合を除き、燐酸亜鉛セメントおよびカルボキシレートセメントは同程度であるのに、グラスアイオノマーセメントは特に溶解性が少ない。一方、日本工業規格の崩壊率試験に基づいた蒸留水中における実験の成績についてみると、燐酸亜鉛セメントよりグラスアイオノマーセメントの方が崩壊率は大きいと報告されている³⁵⁾。しかし、緩衝液を用いた本実験の結果では逆であり、また、グラスアイオノマーセメントの口腔液に対する耐性が示唆されていることなどからすれば^{55,56)}、蒸留水中における実験の成績と口腔内の実験の成績とでは明らかに違うことが予測される。したがって、各種合着用セメントの臨床的な溶解性を正しく評価するためには、日本工業規格の試験法だけではなく有機酸緩

衝液を用いた実験も加える必要があると思われる。

IV. 燐酸亜鉛セメント層の厚さと溶解性の関係

1. セメント層の厚さの違いの影響

セメント層の厚さと溶解性の関係に関する研究は、口腔内に一定期間装着されたインレーや歯冠補綴物の辺縁部セメント層の様相を観察したものがあるにすぎず、精査されていない^{57,58)}。そこでⅡ章の実験に基づき、有機酸緩衝液を流す実験方法を用い検討を行った。

1) 実験方法

試料製作に用いた器具を図8に示す。図の中のaはセメント層を所定の厚さに作るため、測定面にガラス円板を平行に固着し改良したマイクロメーターである。試料は、始めに直径10mmの良く清掃された2枚のガラス

図8 試料製作のための器具

- a. マイクロメーター b. ガラス円板
c. ガイド d. クリップ

図9 セメント層の厚さの違いによる各試料(溶解前)

円板(b)を正確に重ね合わせて、改良したマイクロメーターを用いてその厚さを計測しておく。つぎに、燐酸亜鉛セメントとして、エリートセメント100を使用し、標準稠度の粉液比で練和したセメント泥を少量、2枚のガラス円板の間にとり、ガイド(c)を介してマイクロメーターの測定部ではさみ、セメント層の厚さが20, 50, 100 μm になるよう調節した。なお、10 μm の厚さの試料については、マイクロメーターを用いず加圧器で50 kgの荷重をかけて圧接した。圧接を終了した試料は、セメントの練和開始から3分経過後、ガイドと共に、温度37°C、相対湿度100%の恒温器中に移した。57分後に取り出し、試料をガイドから外しバリを取り、図9のようにガラス円板の外側からクリップ(d)ではさんだ。この試料をⅡ章の実験で使った図2の実験装置のガラス管の部分に入れ、有機酸緩衝液を流し実験を行った。Ⅲ章の実験結果より、酢酸では結晶の晶出がみられ、クエン酸はカルボキシレートセメントに対して強く作用するなど特異的な溶解がみられたので、3種類の緩衝液の中でセメント溶解を調べるためには乳酸が最も妥当と考え、乳酸緩衝液の0.1 M、pH4のものを用いることにした。各測定日にガラス管より試料を取り出し、セメントの溶解した外形をトレースし、溶解面積を算出した。面積の値は各厚さごとに5個の試料の計測値の平均より求めた。

2) 結果および考察

セメント層の厚さと溶解面積の関係をみると表7、図10のようになる。1日目と3日目では厚さ10 μm と20 μm の間を除いて危険率1%または5%で有意差がみられ、7日目では厚さ10 μm のものと、厚さ50 μm および100 μm のものの間に危険率1%で有意差がみられ、厚さ20 μm のものと100 μm のものの間に危険率5%で有意差がみられた。このように、セメント層の厚さが厚くなるに従ってセメントの溶解面積は少なくなる傾向を示した。さらに、各厚さにおいて、1, 3および7日目の溶解面積を比較すると、1日目が最も多く溶解し、日ごとに溶解面積は減少する傾向を示している。前述したとおり、1日目の溶解面積は厚さ100 μm のものにおいて最も少なく、薄いものほど多くなる傾向を示した。しかし、1日目と3日目の間の溶解面積についてみると、厚さ10 μm および20 μm のものと、厚さ100 μm のものの間のみ危険率5%で有意差がみられ、3日目と7日目の間の溶解面積についてみると、各厚さの間で有意差がみられなかった。このように、厚さの薄いものは1日目に多く溶解するが、日ごとに各厚さとも溶解の深行

表 7 セメント層の厚さと溶解面積の関係 (mm²)

厚 さ	測 定 日		
	1 日 目	3 日 目	7 日 目
10 μ m	11.39 (1.32)	19.24 (2.14)	29.38 (1.68)
20 μ m	10.21 (0.87)	17.29 (1.09)	26.98 (1.68)
50 μ m	8.82 (0.59)	15.66 (1.10)	25.08 (1.16)
100 μ m	7.77 (0.41)	14.18 (0.73)	23.65 (1.16)

() 内は標準偏差

表 8 セメント層の厚さと溶解量の関係 (mm³)

厚 さ	測 定 日		
	1 日 目	3 日 目	7 日 目
10 μ m	0.14 (0.02)	0.23 (0.04)	0.35 (0.05)
20 μ m	0.23 (0.04)	0.38 (0.06)	0.59 (0.07)
50 μ m	0.44 (0.10)	0.78 (0.15)	1.25 (0.18)
100 μ m	0.76 (0.08)	1.39 (0.15)	2.31 (0.14)

() 内は標準偏差

図 10 セメント層の厚さと溶解面積の関係 (mm²)

図 12 セメント層の厚さと溶解量の関係 (mm³)

図 11 各試料におけるセメント溶解の程度 (7 日目)

の程度が同じになる傾向がみられた。図 11 は各セメント層の 7 日目における溶解の深行の程度を示したものである。

表 8, 図 12 は先に得られた面積にセメント層の厚さを掛け、セメントの溶出したおおむねの容積の結果を表したものである。セメントの溶出した容積はセメント層の厚さが厚いと当然大きくなる。

以上の結果、セメント層の厚さが違っても溶解の深行の程度には大きな差はないが、セメントの溶出した容積に大きく影響することがわかった。

歯冠補綴物辺縁部セメントが欠如した空隙には歯垢などの沈着物が最も多く認められ、また、その部位に二次齲蝕、歯周疾患が多く認められることが報告されている^{36,37)}。歯冠補綴物辺縁部のセメント層の厚いところでは、セメントの溶出した空隙が大きくなることから、沈着物も多く、したがって二次齲蝕や歯周疾患を容易に引

表 9 粉液比の違いによる溶解面積の差 (mm²)

厚 さ	粉 液 比	測 定 日		
		1 日 目	3 日 目	7 日 目
10 μm	1.00g/0.5ml	13.74 (1.00)	22.23 (1.59)	33.58 (1.67)
	1.45g/0.5ml	11.39 (1.32)	19.24 (2.14)	29.38 (1.68)
	2.00g/0.5ml	11.62 (0.88)	18.35 (1.34)	26.67 (2.29)
20 μm	1.00g/0.5ml	10.78 (0.41)	18.49 (0.28)	27.86 (0.69)
	1.45g/0.5ml	10.21 (0.87)	17.29 (1.09)	26.98 (1.68)
	2.00g/0.5ml	10.50 (0.35)	17.42 (0.57)	25.34 (1.40)
50 μm	1.00g/0.5ml	9.78 (0.18)	17.35 (0.95)	26.45 (1.42)
	1.45g/0.5ml	8.82 (0.59)	15.66 (1.10)	25.08 (1.16)
	2.00g/0.5ml	8.93 (0.54)	15.65 (0.61)	24.32 (0.98)
100 μm	1.00g/0.5ml	8.73 (0.67)	15.67 (0.99)	24.73 (1.80)
	1.45g/0.5ml	7.77 (0.41)	14.18 (0.73)	23.65 (1.16)
	2.00g/0.5ml	7.69 (0.29)	14.03 (0.40)	22.18 (0.98)

() 内は標準偏差

図 13 粉液比の違いによる溶解面積の差 (mm²)

き起こす原因になると考えられる。このことからみて、セメントの溶出を減少させるために、セメント層の厚さはできるだけ薄くするべきであると考えられる。

表 10 粉液比の違いによる溶解量の差 (×10⁻³ cm³/cm²)
(試料の大きさ 10×10×2 mm)

粉 液 比	測 定 日		
	1 日 目	3 日 目	7 日 目
0.50 g/0.5 ml	4.66 (1.43)	13.31 (3.33)	29.44 (5.19)
1.00 g/0.5 ml	4.51 (1.08)	12.45 (3.18)	27.32 (6.34)
1.45 g/0.5 ml	3.81 (0.94)	10.71 (2.40)	23.59 (4.75)
2.00 g/0.5 ml	3.81 (0.71)	11.19 (1.96)	24.42 (2.85)
2.50 g/0.5 ml	3.88 (0.73)	12.17 (1.86)	25.99 (2.17)

() 内は標準偏差

図 14 粉液比の違いによる溶解量の差 (×10⁻³ cm³/cm²)
(試料の大きさ 10×10×2 mm)

2. 粉液比の違いの影響

セメントの稠度が高いとセメント層は厚くなりがちである。一方、セメント練和のさい液に対して粉末の量が多いほど硬化後のセメントは崩壊しにくいといわれ、したがって、操作のできる範囲で最大量の粉末を使用すべきであるといわれている⁴⁾。そこで 1. の実験に基づき、セメント練和時の粉液比の違いが、セメント層の溶解性にどのように影響するかを調べた。

1) 実験方法

セメントの粉液比を液 0.5 ml に対し、粉末 1.00 g, 1.45 g (標準稠度), 2.00 g とし、他の実験条件は前述した IV-1 と同様とした。

2) 結果および考察

3 種類の粉液比におけるセメントの溶解面積の変化に

ついてみると表9, 図13のようになる。10 μm のセメント層のものの溶解の深行は, 粉末 1.00 g のものが, 粉末 1.45 g, および粉末 2.00 g のものより, やや早い傾向があり, 特に7日目になると, 粉末 1.00 g のものと, 粉末 1.45 g および 2.00 g のもの間には危険率 1% で有意差がみられるようになった。また, 20, 50, 100 μm のものにおいては, 7日目で粉末 1.00 g のものと, 粉末 2.00 g のものとの間だけに危険率 5% で有意差がみられた。

以上の結果からみると, 練和時粉末の量が多いほど崩壊しにくいという従来の説ほどには, 溶解性に明確な差がみられない。これはセメント層という特別の条件下に置かれたためのものであることも考えられるので, この点について検討するために, II章の実験の試料製作の方法に従って粉液比の異なる5種類の試料を製作し, 前述した1.と同じ0.1 M, pH 4の乳酸緩衝液を用い, 試料を7日間浸漬させ, その結果を表10, 図14に示した。7日目において粉末 0.5 g のものと粉末 1.45 g および粉末 2.00 g のものとの間には危険率 5% で有意差がみられたが, 粉末 1.00~2.50 g のもの間には有意差はみられなかった。

以上の結果からみると, 粉末量を少なくすると溶解性はやや大きくなる傾向はあるが, 標準稠度の粉末量より粉末を多くしても, あまり溶解性に差がみられない。このことからすれば, 支台形態, 補綴物の種類などによる合着時の適合を考慮することの方が重要で, セメント練和時には標準稠度より以上に粉末量を多くする必要はないといえる。

図15 辺縁部のセメント層の厚さの違いによる各試料(溶解前)

V. 辺縁部のセメント層の厚さの違いの影響

IV章では辺縁部と内部のセメント層が, 一定の厚さの場合の溶解の程度について検討を行った。しかし, 臨床

図16 辺縁部のセメント層の厚さが 10 μm , 100 μm の試料

表11 辺縁部のセメント層の厚さと溶解面積の関係 (mm^2)

厚 さ	測 定 日		
	1日目	3日目	7日目
10 μm	9.38 (0.95)	10.66 (0.97)	12.07 (1.07)
20 μm	9.07 (0.64)	11.94 (0.55)	14.81 (1.11)
50 μm	8.80 (0.99)	13.65 (0.84)	19.81 (0.63)
100 μm	7.77 (0.41)	14.18 (0.73)	23.65 (1.16)

() 内は標準偏差

図17 辺縁部のセメント層の厚さと溶解面積の関係 (mm^2)

では補綴物辺縁部の適合, すなわち, この部分のセメント層の厚さが内部のセメント層の溶解に与える影響をみる事が重要なのでつぎの実験を行った.

IV章で述べた実験方法を用い, ガラス円板を加工し内部のセメント層の厚さは一定とし, 辺縁部のセメント層の厚さだけを変え, その違いが磷酸亜鉛セメントの溶解性にどのように影響するかを調べた.

1. 実験方法

ガラス円板は縁より約 0.3 mm を残して中心側を掘り下げ, 残した 0.3 mm の辺縁部のセメント層が 10, 20, 50 μm の場合でも内部のセメント層は 100 μm となるようにした. セメントの粉液比は, 標準稠度 (液 0.5 ml に粉末 1.45 g) となるものを使用した. セメント層の厚さを変えて作った試料は図 15 に示すとおりである. 他の実験条件は前述したIV章の実験と同様とした. 図 16 は辺縁部が 10 μm の試料と, 辺縁部と内部が変わらな

い 100 μm の試料の平面と断面との略図である.

2. 結果および考察

辺縁部の各セメント層の違いによるセメントの溶解面積の変化についてみると表 11, 図 17 のようになる. 1 日目において, 溶解面積は 100 μm のものがやや少ない傾向を示した. しかし, 3 日目, 7 日目となるに従い辺縁部のセメント層の薄い 10 μm のものでは溶解面積がわずかに増加したのみであったのに対して, 20, 50, 100 μm の順で辺縁部のセメント層の厚いものほど日ごとに溶解面積が大きく増加した. 図 18 は 7 日目における溶解状態を示した試料である.

以上の結果より, 辺縁部のセメント層の厚さがセメント溶解の深行に大きく影響することがわかった. すなわち, セメント溶解の深行を阻止するためには, 辺縁部の適合を良くし, 可能なかぎりセメント層が薄くなるようにしなければならないことがわかった. また以前より, 鑄造冠の適合は, 熱を遮断するためにも, また装着時のセメントの流出路を広くするためにも, ある程度セメント層が厚くて, しかも, 歯頸部のみが密接した状態を理想とすべきだといわれており^{42,43)}, この結果はそのことを立証するものといえる.

VI. 全部鑄造冠辺縁部セメント層の溶解

これまでの成績を参考に, より臨床的条件に近い状態で全部鑄造冠辺縁部セメント層の溶解について検討するため, つぎの実験を行った.

1. 実験方法

チューブ陶歯を形成し製作した上顎第 2 小臼歯全部鑄造冠型の歯型 2 個を原型とし, それぞれの原型より直接圧接法により蠟型を作り, クリストバライト埋没材によ

図 18 各試料におけるセメント溶解の程度 (7 日目)

図 19 試料 1 の陶材歯型と全部鑄造冠の頬側観, 近心側観

図 20 試料 1 の圧接研磨後の状態（近心側観）

図 21 試料 2 の人工歯肉を付与した状態（近心側観）

図 22 試料 1 の溶解後のセメント層の状態

（上段は全体像，下段左は圧接研磨した辺縁部，右はしていない辺縁部の拡大）

図 23 試料 2 の溶解後のセメント層の状態

（上段は全体像，下段左は人工歯肉を付与した辺縁部，右はしていない辺縁部の拡大）

り埋没，20 K 金合金を用い通法に従い鑄造し外觀上，触感上良好な適合状態の全部鑄造冠をそれぞれ製作した。仕上研磨した後，燐酸亜鉛セメント（標準稠度）により合着し 2 個の試料を製作した。試料 1 は頬側辺縁部のみを圧接研磨し，試料 2 は頬側辺縁部のみ人工歯肉を付与し，他の部分は合着時のままとした。つぎに，IV 章の実験の方法に従って，7 日間緩衝液を流した後，歯頸部辺縁セメント層の溶解の状態について断面標本を製作して調べた。

2. 結果および考察

試料 1 および試料 2 の全部鑄造冠歯頸部の外觀的適合状態について，また，それぞれの断面標本における全部鑄造冠歯頸部辺縁セメント層の溶解状態について検討するとつぎのようになる。

図 19 は陶材歯型と全部鑄造冠の研磨後の頬側観，近心側観を示している。図 20 は全部鑄造冠合着後頬側辺縁部を圧接研磨した状態で，図 21 は合着後頬側辺縁部に人工歯肉を付与した状態である。図 22，23 は各試料の断面の写真であり，全体像と拡大像を示している。

断面標本における各部のセメント層の厚さと，辺縁部

の溶解の程度についてみると、図 22 のセメント層の厚さは咬合面部で $22\ \mu\text{m}$ 程度、軸面部の咬合面付近で $16\ \mu\text{m}$ 程度、中央部で $17\ \mu\text{m}$ 程度認められる。舌側歯頸部では $10\ \mu\text{m}$ 程度で辺縁部には $540\ \mu\text{m}$ 程度のセメントの溶解が認められたが、頬側歯頸部では $28\ \mu\text{m}$ 程度であるが圧接研磨を行った部分は顕微鏡 (100 倍) ではセメントの溶解は認められない。図 23 のセメント層の厚さは咬合面部で $22\ \mu\text{m}$ 程度、軸面部の咬合面付近で $11\ \mu\text{m}$ 程度、中央部で $12\ \mu\text{m}$ 程度認められる。舌側歯頸部では $16\ \mu\text{m}$ 程度で辺縁部には $650\ \mu\text{m}$ 程度のセメントの溶解が認められたが、頬側歯頸部では $11\ \mu\text{m}$ 程度であるが人工歯肉が付与してあり、セメントの溶解は認められない。

以上のように、適合の良好な全部鑄造冠を装着した場合でもセメントの溶解が認められなかったのは、圧接研磨を行った部分と人工歯肉を付与した部分のみであった。V 章のガラス円板の実験でも辺縁部のセメント層の厚さが薄い程セメントの溶解の深行が妨げられることが明らかにされたが、さらにセメントの溶解を防止するためには、セメント層の厚さが $0\ \mu\text{m}$ となるように圧接研磨しなければならないことがわかった。また、人工歯肉を付与し、歯肉線下を想定した辺縁の部分でもセメントの溶解が認められなかった。これは、人工歯肉を付与しない部分では常に新鮮な溶液とセメント層が接するために、セメントの溶解が深行するが、人工歯肉を付与した部分では溶液の循環が妨げられるために、セメントの溶解が認められなかったものと思われる。

VII. 総 括

歯冠補綴物辺縁部セメント層の溶解について究明し、これに対する処置方法を確立することは、装着後の支台歯や歯周組織の健康を保ち、歯冠補綴物を口腔内に永く保持するための必須の要件であると考ええる。しかし、合着用セメントの溶解についての研究は数多いが、セメント層の厚さと溶解性の関係に関する研究はほとんどなく精査されていない。

今回の実験は、できるだけ口腔内の条件に近い形で各種合着用セメントの溶解性、およびセメント層の厚さと溶解性の関係について検討し、さらに、臨床に近い立場から全部鑄造冠辺縁部セメント層の溶解についても検討したものである。以下に総括する。

1. 各種合着用セメントの有機酸による溶解性

合着用セメントの溶解性についての従来の報告を検討した結果、セメントの溶解量を正確に比較するためには、常に新鮮な溶液と接するように液を流した状態で精査することが必要であると考えた。すなわち、溶液には有機酸緩衝液を用い、これを流した場合の各種合着用セメントの溶解性について検討した。

従来の報告についてみると試料を同一溶液に浸漬し続けた実験では、実験中にセメントの溶解によって溶液の pH が上昇するため、時間と共に溶解量の減少が起こり、溶解量を正確に比較できないことが問題とされていた。しかし、本実験のように、常に新鮮な溶液に接するときには、時間に比例して溶解量が増すことがわかった。

有機酸緩衝液中での溶解は、当然のこととして溶液の濃度が高い程 ($0.1\ \text{M}$)、pH が低い程 (pH 4) 多かった。酸の種類についてはクエン酸で特に大きな溶解量を示した。これはこの酸がキレート化合物を形成しやすいという性質が原因していると思われる。酢酸と乳酸は同程度であるが、酢酸では結晶の晶出がみられた。乳酸においては特に問題はなく、口腔内で常に生成される酸であることから、3 種類の有機酸緩衝液の中で溶解性を調べるためには乳酸緩衝液が最も妥当であると考えられる。

磷酸亜鉛セメントはカルボキシレートセメントと同程度の溶解性を示すが、ガラスアイオノマーセメントは特に溶解性が少ない。一方、日本工業規格に基づいた蒸留水中での試験ではこのセメントは崩壊率が大きいとされている。しかし、口腔液に対して耐性が高いことも示唆されており、蒸留水中における実験の成績と口腔内の実験の成績とでは明らかに違うことが予測される。したがって、各種合着用セメントの臨床的な溶解性を正しく評価するためには、日本工業規格の試験法だけではなく有機酸緩衝液を用いた実験も加える必要があると思われる。

2. セメント層の厚さと溶解性の関係

前述の実験に基づき、 $0.1\ \text{M}$ 、pH 4 の乳酸緩衝液を流す実験方法を用いて、セメント層の厚さの違いが磷酸亜鉛セメントの溶解性にどのように影響するか、またセメント練和時の粉液比の違いの影響、さらに、辺縁部のセメント層の厚さの違いの影響について検討した。

磷酸亜鉛セメント層の厚さの違いによる溶解の深行の程度は、厚さが違っても大きな差はなかった。しかし、セメントの溶出した容積の変化からみると、当然セメント層の厚いもの程大きくなり、セメント層の厚さがセメ

ントの溶出した容積に大きく影響することがわかった。

歯冠補綴物辺縁部セメントが欠如した空隙には歯垢などの沈着物が最も多く認められ、また、その部位に二次齲蝕、歯周疾患が多く認められることが報告されている。したがって、歯冠補綴物辺縁部のセメント層が厚いことは、二次齲蝕や歯周疾患を容易に引き起こす原因になると考えられる。このことからみて、セメントの溶出した空隙を減少させるために、セメント層の厚さはできるだけ薄くするべきであると考えられる。

セメントの稠度が高いとセメント層は厚くなりがちである。そこでセメント練和時の粉液比の違いについて検討した。

粉液比の違いによる溶解の深行の程度は、液 0.5 ml に粉末 1.00 g のものがやや早く、1.45 g (標準稠度)、2.00 g の順でやや遅くなるが、標準稠度の粉液比より粉末量を多くしても溶解性に大きな差がみられなかった。すなわち、練和時粉末の量が多いほど崩壊しにくいという従来の説ほどには、溶解性に明確な差がみられないことがわかった。このことからすれば、支台形態、補綴物の種類などによる合着時の適合を考慮することが重要で、セメント練和時には標準稠度より以上に粉末量を多くする必要はないといえる。

セメント層の厚さが辺縁部と内部で同じ場合には溶解の深行の程度にあまり差がみられなかった。しかし、臨床では補綴物辺縁部の適合、すなわち、この部分のセメント層の厚さが内部のセメント層の溶解に与える影響をみるのが重要である。そこで、内部のセメント層の厚さは同じにして辺縁部のセメント層の厚さを変え、その違いがどのように影響するかを検討した。

磷酸亜鉛セメント層の辺縁部の厚さの違いによる溶解の深行の程度は、辺縁部のセメント層の厚さの薄い方が、厚い方より明らかに遅くなり、辺縁部のセメント層の厚さがセメント溶解の深行に大きく影響することがわかった。すなわち、セメント溶解の深行を阻止するためには、辺縁部の適合を良くし、可能なかぎりセメント層が薄くなるようにしなければならないことがわかった。また以前より、鑄造冠の適合は、熱を遮断するためにも、また装着時のセメントの流出路を広くするためにも、ある程度セメント層が厚くて、しかも、歯頸部のみが密接した状態を理想とすべきだといわれており、そのことが立証されたといえる。

3. 全部鑄造冠辺縁部セメント層の溶解

臨床的条件下に、より近い状態での全部鑄造冠辺縁部セ

メント層の溶解について、断面標本を製作し検討した。

外観および触感上適合の良い鑄造冠を装着した場合でも、セメントの溶解が認められなかったのは、圧接研磨を行った辺縁の部分と、歯肉縁下を想定し人工歯肉を付与した辺縁部のみであることがわかった。前述の実験でも辺縁部のセメント層の厚さが薄い程セメントの溶解の深行が妨げられることが明らかにされたが、さらにセメントの溶解を防止するためには、セメント層の厚さが 0 μm となるように圧接研磨しなければならないことがわかった。また、歯肉縁下を想定し人工歯肉を付与した辺縁の部分でも溶液の循環が妨げられるために、セメントの溶解が認められなかったものと思われる。したがって臨床において、歯冠補綴物の辺縁を歯肉縁上に設定するときは、辺縁の圧接研磨を十分に行いセメント層が 0 μm となるようにするか、辺縁を歯肉縁下に設定することなどが、歯冠補綴物を永く口腔内に保持し、支台歯および歯周組織の健康を保つために肝要であることが示唆された。

VIII. 結 論

種々の有機酸緩衝液を用い、これを流す環境のもとで各種合着用セメントの溶解性について検討し、さらにこれらの成績を踏まえ、有機酸緩衝液の条件を一定にした場合、磷酸亜鉛セメント層の厚さの違い、粉液比の違い、全部鑄造冠辺縁部セメント層の厚さの違い、人工歯肉の付与の違いなどが溶解性とどのようにかかわっているかについて検討し、つぎの結論を得た。

1. 有機酸緩衝液を用い、試料が常に新鮮な溶液に接するように液を流した場合の溶解量と時間との関係は、ほぼ直線関係を示した。
2. セメントの溶解性はクエン酸で特に大きな溶解量を示した。酢酸と乳酸は同程度でやや乳酸の方が多く溶解する傾向を示した。セメントの溶解量は濃度が高い程、また、pH が低い程多くなる傾向を示した。
3. グラスアイオノマーセメントの有機酸緩衝液中での溶解性は、磷酸亜鉛セメントおよびカルボキシレートに比べ特に少なかった。
4. 磷酸亜鉛セメント層の厚さの違いによるセメント溶解の深行の程度は、厚さが違って大きな差はなかった。セメントの溶出した容積はセメント層の厚いもの程、当然大きかった。
5. 粉液比の粉末量を多くしても、溶解性に大きな差はみられなかった。

6. 辺縁部の燐酸亜鉛セメント層の厚さの違いによる溶解の深行の程度は、辺縁部のセメント層の薄い方が遅かった。

7. 全部鑄造冠の歯頸部辺縁で燐酸亜鉛セメント層の溶解がみられなかったのは、圧接研磨を行った辺縁の部分と、歯肉縁下を想定し人工歯肉を付与した辺縁部のみであった。

本研究の要旨は昭和 52 年 5 月、第 32 回歯理工学会、昭和 52 年 11 月、第 64 回日本補綴歯科学会、および昭和 54 年 10 月、第 66 回日本補綴歯科学会において発表した。

稿を終わるに臨み、本研究に際し終始ご懇切なるご指導とご校閲の労を賜った、吉田恵夫教授、ならびにご校閲下さった歯理工学講座川上道夫教授に深甚なる感謝の意を表します。

あわせて、ご援助いただいた歯科補綴学第 1 講座諸兄、ならびに歯理工学講座諸先生に謝意を表します。

なお、本研究の一部は文部省科学研究費補助金（課題番号 457478）の援助の下に行われた。

文 献

- 1) 圓城芳之助：最モ効果的ナル燐酸「セメント」ノ練合術式ニ就イテ、日本歯科学会雑誌、26：469～489、1933.
- 2) Paffenbarger, G.C., Sweeney, W.T. and Isaacs, A.: Zinc phosphate cements: physical properties and a specification, J Am Dent Assoc, 21: 1907～1924, 1934.
- 3) 宮津 一：燐酸セメントに関する研究、日本歯科学会雑誌、29：334～349、1936.
- 4) Skinner, E.W. and Phillips, R.W.: The science of dental materials, ed. 6, 462～475, W B Saunders Co, Philadelphia, 1967.
- 5) 内藤陽行：リン酸セメントに関する研究、歯科医学、30：923～948、1967.
- 6) 内藤陽行、加藤仁朗、東口茂二、橋本弘一：リン酸亜鉛セメントの再検討、歯材器誌、16：133～143、1967.
- 7) 金竹哲也：歯理工学通論、344～359、永末書店、京都、1968.
- 8) Schouboe, P.J., Paffenbarger, G.C. and Sweeney, W.T.: Resin cements and posterior-type direct filling resins, J Am Dent Assoc, 52：584～600、1956.
- 9) 葛下 稔、味村 肇、橋本弘一：レジンセメントについての二三の問題、日歯保誌、1：29～35、1958.
- 10) Lee, H.L. and Swartz, M.L.: Evaluation of a Composite resin crown and bridge luting agent, J Dent Res, 51：756～766、1972.
- 11) Brauer, G.M., McLaughlin, R. and Huget, E.F.: Aluminum oxide as a reinforcing agent for zinc oxide-eugenol-o-ethoxybenzoic acid cements, J Dent Res, 47：622～628、1968.
- 12) 平沢 忠：EBA セメントの性質と特徴、歯科ジャーナル、6：143～148、1977.
- 13) 総山孝雄：歯質にキレートする新接着材 カルボキシレートセメントについて、歯界展望、40：225～229、1972.
- 14) 野口八九重：カルボキシレートセメントの接着性、歯科ジャーナル、6：133～141、1977.
- 15) Smith, D.C.: A new dental cement, Br Dent J, 5：381～384、1968.
- 16) Kent, B.E., Lewis, B.G. and Wilson, A.D.: The Properties of a glass ionomer cement, Br Dent J, 2：322～326、1973.
- 17) 谷 嘉明、井田一夫：ASPA セメントとは何か、歯科ジャーナル、6：159～165、1977.
- 18) 増原英一：歯科接着性レジンの基礎と臨床〔上巻〕、クインテッセンス出版、東京、1982.
- 19) 野口八九重、越中 優、中村おおり、小園江芳之、菊地敬成：最近の歯質接着性セメントをテストする、DE、69：18～29、1984.
- 20) Paffenbarger, G.C., Sweeney, W.T. and Schoboe, P.J.: Dental cements, Int Dent J, 5：484～496、1955.
- 21) Norman, R.D., Swartz, M.L. and Phillips, R.W.: Studies on the solubility of certain dental materials, J Dent Res, 36：977～985、1957.
- 22) Paffenbarger, G.C. and Stanford, J.W.: Zinc phosphate and silicate cements, Dent Clin North Am, 2：561～569、1958.
- 23) Norman, R.D., Swartz, M.L. and Phillips, R.W.: Studies on film thickness, solubility, and marginal leakage of dental cements, J Dent Res, 42：950～958、1963.
- 24) Eichner, K., Lautenschlager, E.P. and Radnoth, M.V.: Investigation concerning the solubility of dental cements, J Dent Res, 47：280～285、1968.
- 25) Phillips, R.W., Swartz, M.L., Norman, R.D., Schnell, R.J. and Niblack, B.F.: Zinc oxide and eugenol cements for permanent cementation, J Prosthet Dent, 19：144～150、1968.
- 26) 増原英一、中村健吾、川原春幸：合着材としてのリン酸亜鉛セメントとカルボキシレートセメント、DE、24：34～39、1973.
- 27) Wilson, A.D., Abel, G. and Lewis, B.G.: The solubility and disintegration test for zinc phosphate dental cements, Br Dent J, 137：313～317、1974.
- 28) 倉賀野勲：カルボキシレート、コンポジットタイプおよびリン酸セメントの操作条件が合着性能に及ぼす影響、歯材

- 器誌, 32: 231~621, 1976.
- 29) 川原春幸, 今西嘉次, 富岡健太郎: グラスアイオノマーセメントの歯科学的応用, 歯界展望, 50: 623~633, 1977.
- 30) 木村幸平, 志村俊晴, 小野寺勉, 吉田恵夫: グラスアイオノマーセメント合着による鑄造冠の浮き上りについて, 補綴誌, 25: 304~310, 1981.
- 31) Henschel, C.J.: Observations concerning in vivo disintegration of silicate cement restorations, J Dent Res, 28: 528, 1949.
- 32) Norman, R.D., Swartz, M.L., Phillips, R.W. and Virmai, R.: A comparison of the intraoral disintegration of three dental cements, J Am Dent Assoc, 78: 777~782, 1969.
- 33) Richter, W.A. and Ueno, H.: Clinical evaluation of dental cement durability, J Prosthet Dent, 33: 294~299, 1975.
- 34) 齊藤季夫: グラスアイオノマーセメントの性質と臨床ー(その一)硬化反応と水分の関係についてー, 歯科ジャーナル, 8: 456~468, 1978.
- 35) 橋本弘一, 入江正郎: グラスアイオノマーセメントの使用法と問題点, 歯科評論, 430: 37~42, 1978.
- 36) 吉井 久: 金属冠装着による歯牙および歯頸部附近組織の変化に関する病理組織的研究, 歯科学報, 57: 別刷, 1957.
- 37) 総山孝雄, 細田裕康, 井手喜美子, 大谷 宏, 緒方 浩, 奥瀬孝一, 岩久正明: 歯科小型鑄造補綴物の臨床成績, 歯材器誌, 8: 61~76, 1962.
- 38) Glickman, I.: Clinical Periodontology, 750~751, W.B. Saunders, Co., Philadelphia, 1964.
- 39) 井上昌幸: 辺縁性歯周疾患における歯冠補綴物の原因性に関する研究 第2報 特にその歯頸部辺縁部に関する検討, 補綴誌, 21: 10~20, 1977.
- 40) 吉田恵夫: 歯科鑄造法の実用的精度について, 補綴誌, 2: 55~82, 1958.
- 41) 吉田恵夫, 大石司郎, 国島康夫, 井上昌幸, 内山洋一, 長谷川成男: 全部鑄造冠, 3/4 冠, Pinledge の臨床的適合度に関する一考察, 口病誌, 26: 670~673, 1959.
- 42) 吉田恵夫, 井上昌幸, 国島康夫: 全部鑄造冠及び 3/4 冠の適合状態について, 補綴誌, 3: 117~122, 1959.
- 43) 石原寿郎: 鑄造冠, 而至歯科工業(株), 東京, 1959.
- 44) 内山洋一, 本間盛太郎, 草刈 玄: 全部鑄造冠の1臨床例における適合度の観察, 補綴誌, 9: 125~135, 1965.
- 45) Caplan, J.: Maintenance of full coverage fixed-abutment bridges, J Prosthet Dent, 5: 852~854, 1955.
- 46) 吉田恵夫, 佐藤 弘, 鹿沼品夫, 田端恒雄: セメント合着による鑄造冠の浮き上りについて 第1報 金属原型使用の場合, 補綴誌, 4: 157~161, 1960.
- 47) 村田 隆, 田村 武, 大島健嗣, 中澤 沖, 村上徳樹: 鑄造冠のセメント合着時の浮き上り防止に対する一考案, 歯界広報, 20: 32~35, 1967.
- 48) 高橋重雄: セメント合着時の浮き上りとその対策, 歯科ジャーナル, 6: 187~194, 1977.
- 49) 保母須弥也, 松本清弘: 鑄造冠のマージンの適合性について, 歯界展望, 43: 731~739, 1974.
- 50) Sarrett, D.C., Richeson, J.S. and Smith, G.E.: Scanning electron microscopy evaluation of four finishing techniques on margins of gold castings, J Prosthet Dent, 50: 784~792, 1983.
- 51) American Dental Association: Guide to dental materials and devices, ed. 7: 189~193, 1974~1975.
- 52) JIS, T6602, 歯科用リン酸亜鉛セメント, 日本規格協会, 1972.
- 53) 荒谷真平, 大森郁朗, 鬼久保博 昭: 歯科領域から見た EDTA, 歯界展望, 13: 681~689, 1959.
- 54) Neuman, W.F. and Neuman, M.W.: 骨の生化学(荒谷真平訳), 8~15, 医歯薬出版(株), 東京, 1960.
- 55) 三浦一之, 野村俊彦, 吉田恵夫: Streptococcus mutans によるセメント層の溶解, (講演要旨), 補綴誌, 27: 420, 1983.
- 56) 三浦一之, 吉田恵夫: インレーセメント層の口腔内における溶解(講演要旨), 補綴誌, 28: 958~959, 1984.
- 57) 宇留賀勝, 田口勝俊, 尾崎ますみ, 奥家信一郎, 町田幸雄: 保隙装置応用によるセメントラインの変化について(第1報), 歯科学報, 69: 1334~1338, 1969.
- 58) 井上昌幸, 橋本 優, 川島泰三, 田本寛光, 松井裕子: 辺縁性歯周疾患における歯冠補綴物の原因性に関する研究 第3報 歯冠補綴物の歯頸側辺縁部におけるリン酸亜鉛セメントの観察, 補綴誌, 21: 563~569, 1977.