

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月20日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22592167

研究課題名（和文） 磁性アタッチメント用新規磁性コンポジットレジンの開発

研究課題名（英文） Development of a new magnetic resin-composite material for magnetic attachments

研究代表者

宮川 行男（MIYAGAWA YUKIO）

日本歯科大学・新潟生命歯学部・教授

研究者番号：20120735

研究成果の概要（和文）：磁性アタッチメント義歯（磁石の吸引力で維持される義歯）用として、歯根に填塞すると硬化する新規磁性複合レジン材料の開発を試みた。フィラーに適したステンレス鋼粒子の種類と粒度、表面処理法を明らかにするとともに、適当と判断されたフィラー含有量とレジン組成における試作材料の各種特性を調べた。その結果、吸水性、耐食性等に問題はないが、臨床使用のためには長期間の水中耐久性の向上が必要であることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：We have tried to develop a new magnetic resin-composite material for magnetic attachments of overdentures. The kind of stainless steel and particle size suitable for filler particles of magnetic resin-composite material were determined. An appropriate method for surface treatment of the filler particles was clarified. Several properties of the proposed materials of a resin composition as well as a filler content that were thought to be most appropriate were measured. As the results, the properties including water sorption and corrosion resistance were good enough, however the long-term durability in water was judged to be needed to be improved for clinical use.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	1,400,000	420,000	1,820,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：コンポジットレジン、磁性アタッチメント、ステンレス鋼、フィラー

1. 研究開始当初の背景

義歯用磁性アタッチメントは、従来型の機械的構造に基づく各種の維持装置と比べ、適切な維持力を永続して発揮するばかりでなく、支台歯に負担をかけにくく、取り扱いが容易で審美性にも優れるなど、数々の利点を有している。しかしながら、根面板にキーパーを鑄接や接着によって組み込むという設計上、製作工程は複雑でコストもかかる上に、根面板とキーパー間の異種金属接触腐食や隙間腐食を防ぐことは実際上困難である。磁性コンポジットレジンが使用できれば、長所

を残したままこれらの短所を解消できるため、Hiranoら(Dent Mater J 15: 91-97, 1996)は化学重合型コンポジットレジンが無機質フィラーの代わりに磁性金属フィラーを使用した材料の開発を試みた。申請者らの最近の研究を除けば、磁性コンポジットレジンに関する研究はこのHiranoらによるものが世界で唯一の貴重な研究であったが、残念ながら実用化には至らなかった。それは、試作材料の機械的性質が市販の修復用コンポジットレジンよりも劣っていたことが大きな原因であった。申請者らは、通常の修復用メタ

ルレジコンポジット材料の開発研究を行ってきており、金属粒子を重合開始機構に組み込んでフィラーとレジコンとの一体化を目指した研究等も行っていたため、高強度で靱性が大きく、耐食性に優れた磁性コンポジットレジコンが開発可能との着想に至った。すなわち、Hirano らとは異なり、4-META/MAA/UDMA をベースレジコンとして使用することによってレジコンマトリックス自体をステンレス鋼フィラーと一体化が可能なものとし、フィラーに生体用ステンレス鋼よりも高耐食性の磁性ステンレス鋼を使用した上で最適化したフィラー表面処理を施そうとするものである。

2. 研究の目的

(1) フィラー用合金種の決定

3種類の軟質強磁性合金粒子をフィラーとした試作磁性コンポジットレジコンの吸水性および水中における溶解性を調べ、さらに磁石との吸引力を測定することにより、まずフィラーに最適の合金種を明らかにする。

(2) 最適フィラー含有量およびフィラー粒度の決定

上記によって決定したフィラー用合金粒子を篩分けした3種類の粒度のフィラーを使用し、フィラー含有量の異なる試作磁性コンポジットレジコンについて、まず硬化特性の概要を測定する。その結果に基づき、重合開始剤系化合物の量を調整してからフィラー粉末粒度とフィラー含有量が硬化特性に及ぼす影響を明らかにする。その後、適当な操作時間・硬化時間の範囲内で曲げ試験を行い、フィラー粉末粒度とフィラー含有量が曲げ特性に及ぼす影響を調べる。以上の結果を受け、さらに条件の調整を行ってから曲げ試験を行うことにより、最適と考えられるフィラー含有量およびフィラー粒度を決定する。

(3) 最適フィラー処理条件およびレジコン最適組成の推定

以前の研究によりフィラー表面に4-META処理を行うことが必要であることは明らかとなっているが、その最適濃度は不明である。また、レジコンモノマー中の4-METAの最適配合量もフィラー表面の4-META処理濃度と関連することが考えられる。さらに、フィラー表面の4-META処理を行う前に、HCl処理を行うべきか否かもまだ明らかとなっていない。そこで、これらの要因の効果を明らかにする。

(4) 磁性コンポジットレジコン最適候補の各種特性の測定

上記研究の結果を受けて、最適候補と考えられる2種類の磁性コンポジットレジコン

について、操作時間と硬化時間、吸水性と水中溶解性、耐食性、市販磁石との吸引力、蒸留水中長期浸漬前後の曲げ特性と硬さを測定し、臨床使用可能性を明らかにする。

(5) 臨床歯科医師が試用したときの意見・感想・要望の調査と対応

試作磁性コンポジットレジコンを2名の臨床歯科医師に顎模型上等で試用してもらい、意見・感想・要望を調査する。また、要望が出たならば、それに対する対応を試みる。

3. 研究の方法

(1) フィラー用合金種の決定

① 吸水性・水中溶解性の測定

実験に使用した材料を下表に示す。

Materials	Code
SUS444 stainless steel particles ¹ (Cr 17.8, Mo 2.0, Si 0.7, Fe bal.)	SUS444
SUSXM27 stainless steel particles ¹ (Cr 25.9, Mo 1.0, Si 0.9, Fe bal.)	SUSXM27
SUS447J1 stainless steel particles ¹ (Cr 30.6, Mo 2.1, Si 0.9, Fe bal.)	SUS447J1
Urethane dimethacrylate ²	UDMA
Methacrylic acid ²	MAA
4-(2-methacryloyloxyethoxycarbonyl) phthalic anhydride ²	4-META
Benzoyl peroxide ¹	BPO
N,N-Dimethyl-p-toluidine ³	DMPT
Hydrochloric Acid ⁴	HCl

¹Daido Steel Co., Ltd., Nagoya, Japan

²Sun Medical, Co., Ltd., Osaka, Japan

³Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan

⁴Lancaster Synthesis, Morecambe, England

フィラーとして、45 μm 径以下3種類のフェライト系軟質磁性ステンレス鋼粒子を用いた。フィラー粒子は、アセトン中で5min超音波洗浄した後、条件に応じて80°C、1.8% HClによる酸処理を5min行った。さらに80°C、2.3%4-METAにて2hの処理を施した。ベースレジコンとしては、UDMA/MAA=1/4(モル比)に4-METAを5.0%配合した後BPOを5.0%添加したものをを用いた。カタリストレジコンとしては、DMPTを1.0%添加したUDMAモノマーを使用した。各レジコンにフィラーをそれぞれ91.0mass%配合することにより、ベースペーストおよびカタリストペーストを作製した。マトリックスレジコン中のUDMAとMAAのモル比が1:2となるようにベースペーストとカタリストペーストを練和することにより、磁性コンポジットレジコン試料を調製した。6種類の試作磁性コンポジットレジコンの吸水性・溶解性は、ISO4049:2000 “Polymer-based filling, restorative and luting materials” に準拠して繰返し6回ずつ測定し、2元配置分散分析法とBonferroniの多重比較検定を用いて解析した。

② 磁石との吸引力の測定

上記の試作磁性コンポジットレジコンについて、吸着面積28.3mm²の試料を作製し市

販磁性アタッチメント用磁石 4 種類および市販ネオジム磁石との吸引力を繰返し 3 回ずつ測定した。また、市販磁性アタッチメント用キーパーと市販ネオジム磁石との吸引力も測定した。なお、吸引力の測定にはデジタルフォースゲージ (イマダ・ZP-20N) を使用した。実験結果は 2 元配置分散分析法と Tukey の多重比較検定を用いて解析した。

(2) 最適フィラー含有量およびフィラー粒度の決定

① 操作時間・硬化時間の測定

フィラーとして 45 μm 径以下の SUS444 粒子を用いた。この粒子を目開き 38 μm の JIS Z8801 試験用ふるい (飯田製作所・A-00377) を用いて篩分けすることによって、実験には 3 水準の粒度のフィラー、すなわち 38 μm 径以下の SP 粒子、45 μm 径以下の MP 粒子、38 以上 45 μm 径以下の LP 粒子を用いた。これらのフィラー粒子は、アセトン中で 5min 超音波洗浄した後、80°C, 1.8% HCl 処理を 5min, さらに 80°C, 2.3% 4-META 処理を 2h 行った。ベースレジンとしては、UDMA/MAA=1/4 (モル比) に 4-META を 5.0% 配合した後 BPO を 2.0% 添加したものをを用いた。キャタリストレジンとしては、DMPT を 1.0% 添加した UDMA モノマーを使用した。各レジンにフィラーをそれぞれ 89,90,91,92,93% 配合することにより、ベースペーストおよびキャタリストペーストを作製した。マトリックスレジン中の UDMA と MAA のモル比が 1 : 2 となるようにベースペーストとキャタリストペーストを練和することにより、磁性コンポジットレジン試料を調製した。

試作磁性コンポジットレジンの 23±1°C における操作時間・硬化時間を ISO4049:2009 “Dentistry – Polymer-based restorative materials” に準拠して繰返し 3 回ずつ測定した。

以上の結果、フィラー含有量が 93% では発熱ピークが測定困難なほど硬化遅延が観察された一方、フィラー含有量が 89% および 90% では操作時間が短過ぎた。そこで、BPO 添加量を 2.2%、DMPT 添加量を 0.9% と変え、フィラー含有量が 93% の条件は外した以外は同一条件の実験を行った。その結果、フィラー含有量が 92% 以外の条件では曲げ試験用試験片を作製するのに適当な操作時間・硬化時間が得られなかった。

そこで最終的に、BPO 添加量を 2.0%、DMPT 添加量を 0.6% とし、フィラー含有量を 89,90,91% とした以外は上記と同一の条件で操作時間・硬化時間を測定した。実験結果は 2 元配置分散分析法と Tukey の多重比較検定を用いて解析した。

② 曲げ特性の測定

前段の操作時間・硬化時間測定の最終条件と同じ条件で作製した磁性コンポジットレジンについて、ISO4049:2009 に準拠した曲げ試験を繰返し 3 回ずつ行った。実験結果は 2 元配置分散分析法と Tukey の多重比較検定を用いて解析した。

上記曲げ試験の結果、より良好な磁気特性が期待できるフィラー含有量の多い 91% と 90% の条件では、曲げ強さはフィラーとして MP 粒子の使用が望ましいと考えられた。しかしながら、その曲げ強さの値自体は修復材料として最低レベルであった。

上記曲げ強さの値は以前に得られている値よりはるかに小さかったため、交互作用は存在しないと仮定して、次の表に示す 4 因子 2 水準の L8 型直交表による実験を行ってみた。

Factor	Level	
	1	2
A: 4-META content	5%	8%
B: Filler content	90%	91%
C: 4-META concentration	0.0%	2.3%
D: DMPT content	0.7%	1.0%

要因効果の割付表

1	2	3	4	5	6	7
A	B	A×B	C	C	A×C	D

(3) 最適フィラー処理条件およびレジン最適組成の推定

上記の結果ならびに種々のトライアル実験の結果から、フィラー粒径は as-received の MP 粒子、および含有量は 90% と決定し、以降の実験をおこなうこととした。

① 操作時間・硬化時間の測定

フィラーの HCl 処理の有無、3 水準の 4-META 処理濃度、ベースレジン中の 2 水準の 4-META 含有量の計 12 条件で操作時間・硬化時間を (2) の実験と同様の手順で繰返し 3 回ずつ測定した。ただし、ベースレジンに対する BPO 添加量は 2.0%、キャタリストレジンに対する DMPT 添加量は 0.7% とした。実験結果は 3 元配置分散分析法と Tukey の多重比較検定を用いて解析した。

② 曲げ特性の測定

上記の操作時間・硬化時間の測定と同一条件で ISO4049:2009 に準拠した曲げ試験を繰返し 3 回ずつ行った。実験結果は 3 元配置分散分析法と Tukey の多重比較検定を用いて解析した。

(4) 磁性コンポジットレジン最適候補の各種特性の測定

フィラーの HCl 処理を行った場合 (PH) と行わなかった場合 (NH) の 2 条件の最適

候補の試作磁性コンポジットレジンについて、以下に示す各種特性を測定した。

フィルターとしてアセトン中で 5min 超音波洗浄した 45 μ m 径以下の SUS444 粒子を用いた。このフィルター粒子は、80 $^{\circ}$ C、1.8% HCl 処理を 20min 行った後 (PH 条件)、あるいは行わずに (NH 条件)、80 $^{\circ}$ C、1.0% 4-META 処理を 2h 行った。ベースレジンとしては、UDMA/MAA=1/4 (モル比) に 4-META を 8.0% 配合した後 BPO を 1.8% 添加したものをを用いた。キャタリストレジンとしては、DMPT を 0.7% 添加した UDMA モノマーを使用した。各レジンにフィルターを 90% 配合することにより、ベースペーストおよびキャタリストペーストを作製した。マトリックスレジン中の UDMA と MAA のモル比が 1:2 となるようにベースペーストとキャタリストペーストを練和することにより、磁性コンポジットレジン試料を調製した。

①操作時間・硬化時間の測定

23 \pm 1 $^{\circ}$ C における操作時間・硬化時間を ISO4049:2009 に準拠して繰返し 6 回ずつ測定した。2 群の平均値の差の検定により実験結果を解析した。

②吸水性・水中溶解性の測定

吸水性・水中溶解性を ISO4049:2009 に準拠して繰返し 6 回ずつ測定した。また、2 種類の市販化学重合型コンポジットレジン (トクヤマデンタル製パルフィークペースト (PP) とパルフィークコア (PC)) を比較対照のため試験した。実験結果は 1 元配置分散分析法と Tukey の多重比較検定を用いて解析した。

③腐食試験

耐食性を調べるために、ISO 10271:2011, Dentistry - Corrosion test methods for metallic materials に準拠して、乳酸および塩化ナトリウム混合溶液中における静的浸漬試験による溶出金属イオン量を以下のように測定した。

直径 9.4mm、厚さ 1.2mm 程度の円板状試料を各磁性コンポジットレジンについて 18 個ずつ作製した。試料の直径と厚さを測定後、エタノール中で 2min 超音波洗浄した。蒸留水中で超音波洗浄後、エアーで乾燥してから蓋付ねじ口試験管内に 1 個ずつ置いた。試験管内に pH2.3 \pm 0.1 の試験溶液を試料表面積 1cm² 当たり 1mL 注入後、密閉してから 37 $^{\circ}$ C で 7d 保管した。試験溶液から試料を取り出した後、6 本の試験管内溶液を集めて元素分析用試料 1 個とした。元素分析は ICP 発光分光分析装置 (サーモフィッシャーサイエンティフィック・iCAP6200) を使用して行った。なお、鉄、クロム、モリブデンの定量下限値

はそれぞれ 0.4mg/L、0.1 mg/L、0.1 mg/L であった。ブランク試料の測定も行った。2 群の平均値の差の検定により実験結果を解析した。

④市販磁石との吸引力の測定

吸着面積 28.3mm² の試料を作製し、市販磁石との吸引力を測定した。2 群の平均値の差の検定により実験結果を解析した。

⑤蒸留水中長期浸漬前後の曲げ特性の測定

蒸留水中に 1 日および 12 週浸漬後の ISO4049:2009 に準拠した曲げ試験を繰返し 6 回ずつ行った。また、2 種類の市販化学重合型コンポジットレジン (トクヤマデンタル製パルフィークペースト (PP) とパルフィークコア (PC)) を比較対照のため試験した。実験結果は 2 元配置分散分析法と Tukey の多重比較検定を用いて解析した。

⑥蒸留水中長期浸漬前後の硬さの測定

蒸留水中に 1 日および 12 週浸漬後の曲げ試験片の 3 か所のビッカース硬さを硬さ試験機 (AKASHI, MVK-D) を使用して荷重 500gf、保持時間 15s で繰返し 6 回ずつ測定した。実験結果は 2 元配置分散分析法と Tukey の多重比較検定を用いて解析した。

(5) 臨床歯科医師が試用したときの意見・感想・要望の調査と対応

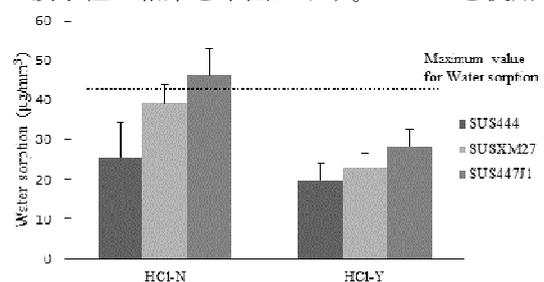
磁性アタッチメント義歯を臨床現場で使用している 2 名の歯科医師に顎模型上等で試作磁性コンポジットレジンを試用してもらい、意見・感想・要望を調査した。また、その要望に対する対処を試みた。

4. 研究成果

(1) フィラー用合金種の決定

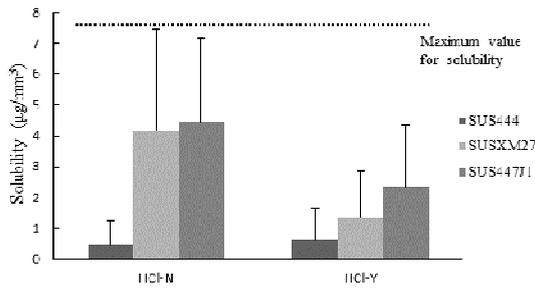
①吸水性・水中溶解性の測定

吸水性の結果を下図に示す。SUS444 を使用



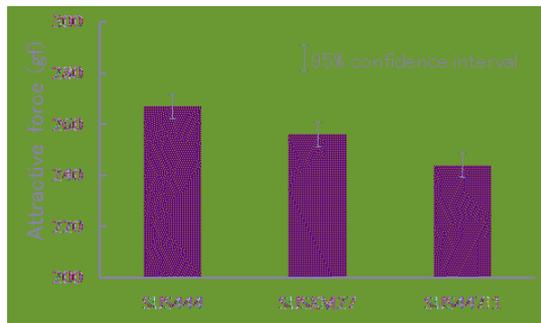
すると SUSXM27 および SUS447J1 を使用した場合に比較して吸水量が有意に小さくなった。水中溶解性の結果を次図に示す。吸水量も SUS444 を使用すると SUSXM27 および SUS447J1 を使用した場合に比較して有意に小さくなった。また、フィルター粒子に対して HCl 処理を施す (HCl-Y) と、吸水量・溶解量がともに有意に小さくなり、今回使用した 3

種のフィラー用合金いずれについても ISO 規格値を満足することが明らかとなった。



②磁石との吸引力の測定

合金粒子の種類が吸引力に及ぼす影響は下図に示す通りであった。すなわち、クロム



含有量およびモリブデン含有量が少なく、残量の鉄が多い合金ほど吸引力が有意に大きくなった。なお、HCl 処理の有無は吸引力には有意な影響を与えなかった。以上の結果より、SUS444 がフィラー用合金種として最適と判断した。

(2)最適フィラー含有量およびフィラー粒度の決定

①操作時間・硬化時間の測定

分散分析の結果、フィラー粒度が細かいほど、またフィラー含有量が多いほど、操作時間及び硬化時間が長くなることが明らかとなった。

②曲げ特性の測定

分散分析の結果、曲げ強さに対してフィラー粒度とフィラー含有量の主効果、および両者の交互作用がすべて有意となった。曲げ強さは、フィラー含有量が 91% のとき 89%、90% に比較して有意に小さくなったが、89% と 90% の間では有意差はみられなかった。一方、LP 粒子使用時の曲げ強さは SP 粒子、MP 粒子使用時に比べて有意に小さかった。フィラー含有量が 91% のとき、MP 粒子使用時の曲げ強さは SP 粒子、LP 粒子使用時に比べて有意に大きく、含有量が 90% のとき MP 粒子と SP 粒子間に有意差はなかった。以上の結果よりフィラー粒度としては MP 粒子が望ましいと考えられた。しかしながら、その曲げ強さの値は 51MPa と修復材料として最低レベルであっ

た。その結果を受けて行った L8 型直交表による実験の結果（各水準の曲げ強さの平均値）は次の通りであった。A1:78.7, A2:87.7, B1:87.0, B2:79.4, C1:110.7, C2:55.8, D1:82.5, D2:83.9 (MPa)。

(3)最適フィラー処理条件およびレジン最適組成の推定

①操作時間・硬化時間の測定

フィラー表面の 4-META 処理濃度とベースレジン中の 4-META 含有量が高くなるほど硬化が遅くなった。また、4-META 処理濃度により差はあるものの、HCl 処理を行うと一般に効果が遅くなることが判明した。

②曲げ特性の測定

HCl 処理を行うと曲げ強さは一般に小さくなったが、4-META 処理濃度との交互作用も有意となり、4-META 処理濃度が 1% のときには HCl 処理の有無にかかわらずほぼ同じ値となった。また、4-META 含有量は高い方が曲げ強さは有意に大きくなった。4-META 処理濃度が 1% で 4-META 含有量が 8% のとき、HCl 処理無しの場合では 102.6MPa、HCl 処理有りの条件では 97.4MPa であった。

(4)磁性コンポジットレジン最適候補の各種特性の測定結果

①操作時間・硬化時間

操作時間の平均値は、NH 試料については 138.5s、PH 試料については 142.0s であり、両者間に有意差はなかった。一方、硬化時間の平均値は、NH 試料については 281.5s、PH 試料については 275.5s であり、両者間に有意差はなかった。なお、操作時間 90s 以上、硬化時間 5min 以内という ISO の規格値をすべて満足した。

②吸水性・水中溶解性

吸水量は PC が最も少なく、次いで NH と PH の順となり PP が他よりも有意に多かった。その平均値は順に 20.2, 24.3, 25.7, 32.5µg/mm³ であった。PC 試料と NH 試料の間、および NH 試料と PH 試料の間の差は有意ではなかった。なお、いずれも 40 µg/mm³ 以下という ISO の規格値を満足した。一方溶解量は、NH、PC、PH、PP の順に 2.3, 3.0, 3.4, 3.6µg/mm³ と平均値が多くなったが、4 種の材料間に有意差は認められず、いずれも 7.5 µg/mm³ 以下という ISO の規格値を満足した。

③腐食試験

Fe、Cr、Mo の 3 種イオンの総溶出量と Fe イオンの溶出量 (µg/cm²/7d) はそれぞれ、NH 試料について 5.5 と 3.6、PH 試料について 5.0 と 3.0 であり、NH 試料の方が有意に多かった。しかしながら、これらの値は歯科用インプラ

ントフィクスチャに対する要求値 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/7\text{d}$ よりも少なく、耐食性はいずれも十分良好と判断された。

④市販磁石との吸引力

市販ネオジム磁石（吸着面積 19.6 mm^2 、0.38 テスラ）との吸引力は 3.5~3.8N で、NH と PH 試料間に有意差はなかった。

⑤蒸留水中長期浸漬前後の曲げ特性

1 日後の曲げ強さは、PH、PP、NH、PC の順で大きくなった（平均値でそれぞれ 81.0, 89.7, 92.3, 113.9 MPa）が、前 3 者間に有意差はなかった。これらの値は、咬合面を含む修復用材料に要求される 80MPa を上回っていた。12 週後の曲げ強さは、PH、NH、PP、PC の順で大きくなり（平均値でそれぞれ 40.8, 57.3, 76.4, 105.4 MPa）、すべての材料間で有意差が観察された。また、前 3 者は 1 日後に比較して有意に強さが低下し、とくに PH は修復用材料として要求される 50MPa の値も下回った。

1 日後の弾性係数は、PP、PH、NH、PC の順で大きくなり（平均値でそれぞれ 8.5, 18.5, 19.1, 24.6 GPa）、すべての材料間で有意差が観察された。12 週後の弾性係数も PP、PH、NH、PC の順で大きくなり（平均値でそれぞれ 9.8, 11.8, 13.6, 25.8 GPa）、すべての材料間で有意差が観察された。なお、NH および PH 試料に観察された長期水中浸漬による弾性係数の低下は統計学的に有意であった。一方、PP および PC 試料にみられた変化は有意とはいえなかった。

⑥蒸留水中長期浸漬前後の硬さ

1 日後の硬さ HV0.5 は PH が 69.5、NH が 63.9 で、これらが 12 週後に 66.6、61.2 となったが、長期浸漬前後で有意差は認められなかった。一方、PH 試料と NH 試料間の差は有意であった。

以上の実験結果を総合すると、NH の条件、すなわち HCl 処理は行わずに 4-META 処理を行ったフィラーを用いる磁性コンポジットレジンが咬合面を含む修復用材料に要求される ISO の規格値を調べた範囲ですべて満足しており、現段階で最良と判断される。しかしながら、蒸留水中長期浸漬後の曲げ強さが 80MPa を大きく下回っており、臨床使用にはこの点の改善が必須と考えられた。

(5)臨床歯科医師が試用したときの意見・感想・要望の調査と対応

主要な要望は次の 3 点であった。①練和が十分に行われたか分かるように両ペースト色を変えてほしい。②表層だけでも光重合可能にしてほしい。③早く実際に臨床で使用し

たい。

これらの意見・要望を受けて改良を試みたが、①は、フィラーの特性上顕著な差を付けることは困難であった。②は、ある程度可能と考えられたため、今後開発を進めて行く予定である。③については、上記(4)の結果から、かなり良い段階までできているが、長期間の水中耐久性を十分に向上させることができるまでは、使用は見合わせた方が良いと判断された。

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）

〔学会発表〕（計 4 件）

- ① Soma H, Miyagawa Y, Long-Term Flexural Properties of Experimental Magnetic Composite-Resins, 2nd Meeting of International Association for Dental Research-Asia Pacific Region, 2013 年 8 月 21-23 日、Bangkok, Thailand
- ② 相馬弘子, 宮川行男, SUS444 合金フィラーの表面処理とベースレジン中の 4-META 含有量が磁性コンポジットレジンの硬化特性に及ぼす影響、第 60 回日本歯科理工学会学術講演会、2012 年 10 月 14 日、福岡市
- ③ Soma H, Miyagawa Y, Effect of filler treatments on flexural properties of magnetic composite-resin, 90th General Session of International Association for Dental Research, 2012 年 6 月 22 日、Iguacu Falls, Brazil
- ④ Soma H, Miyagawa Y, Effect of filler particle alloy of magnetic composite resin and magnet type on magnetic attractive force, International Dental Materials Congress 2011, 2011 年 5 月 29 日、Seoul, Korea

〔その他〕

ホームページ等

日本歯科大学新潟生命歯学部ホームページに掲載予定

6. 研究組織

(1)研究代表者

宮川 行男 (MIYAGAWA YUKIO)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・教授
研究者番号：20120735

(2)研究分担者

相馬 弘子 (SOMA HIROKO)

日本歯科大学・新潟生命歯学部・講師
研究者番号：90409235