（ 様式D－２ ）
（ 別　　紙 ）

令和７年度　海外派遣研究員研究報告書〔研究実績〕

令和 8 年 2 月 14 日

日本大学理事長　　殿
日 本 大 学 学 長　　殿

所　　属　　歯学部（総合歯学研究所）
資格・氏名　　専任講師・本田順一

令和７年度海外派遣研究員（　中期　）の研究実績を、下記のとおり報告いたします。

記

１　区　　分　　中期

２　研 究 課 題

インプラント支持補綴装置の製作におけるフルデジタルワークフローに関する研究

３　派 遣 期 間　　西暦 2025 年 4 月 23 日　～　2026 年 1 月 20 日

４　派　遣　先　　アメリカ合衆国

５　研 究 目 的

近年、コンピューター技術の発展に伴い歯科医療分野においてもデジタル技術が幅広く臨床応用されている。特にここ数年は口腔内スキャナー（IOS)、3D プリンター、歯科用 CT、およびフェイススキャナーなどのデジタル機器が臨床応用され、患者の歯や軟組織、咬合接触関係、および下顎位などを 3 次元的に記録・確認することが可能となっている。さらに、デジタル機器を応用した補綴装置の製作範囲はクラウン・ブリッジ、インプラント上部構造、有床義歯、およびスプリントなど、現在の歯科臨床における様々な臨床シチュエーションを網羅している。

インプラント上部構造においては、モノリシック修復物をチタンベースに接着させるハイブリットアバットメントクラウン（HAC）はデジタルワークフローとの親和性が高い上部構造である。現在では、HAC 専用のブロックも開発され、印象採得から上部構造の製作までをフルデジタルで行うことも可能となった。HAC が良好な臨床成績を収めるには、モノリシック修復物とチタンベースとの確実な接着が必要である。

従来のジルコニア修復物に対する接着は、アルミナブラスト処理と MDP モノマー含有のプライマー処理で接着前処理を行い，その後レジンセメントで接着する手法（以下、APC コンセプト）が広く臨床応用されている。しかし、アルミナブラスト処理によるジルコニア表面へのマイクロクラックや応力誘起相転移により、接着耐久性の低下や機械的強度の低下が生じるとする報告もある。その解決策として、ジルコニ

ア表面にシリカ層を形成するシリカコーティング法がある。シリカコーティング法はガラス成分を含まないジルコニアに対して、表層にシリカ層を形成することで、シランカップリング処理およびレジンセメントとの化学的結合を可能とする方法である。しかし、これまでにシリカコーティング法の接着耐久性を検証した報告は少ないのが現状である。そこで、本研究の目的は、異なるシリカコーティング法の有効性を初期接着性能および接着耐久性について検証することを目的とする。

６　研 究 概 要

① 研究の方法

半焼結ジルコニアブロックから 7 mm×7 mm×2.5 mm の形態になるよう試験片を製作した。その後、専用ファーネスにて製造者指示に従って最終焼結を行った。製作した試験片を 800 番の耐水研磨紙にて注水研削を行った。その後、ジルコニア試験片は APC コンセプト群、ロカテック処理群、スプレー式シリカコーティング群、従来式シリカコーティング群の 4 つの表面処理群に分けた。表面処理後、直径 2.1 mm、高さ 3.0 mm のレジンロッドをレジンセメントにて装着した。製作した試験片は水中熱サイクル 0 回と 10,000 回の 2 条件に分類した。水中熱サイクル 0 回は試料製作後 24 時間水中保管し、万能試験機を用いてせん断接着試験を行った。水中熱サイクル 10,000 回は、水中熱サイクル負荷を 10,000 回付与し、万能試験機を用いてせん断接着試験を行った。試験後、実態顕微鏡を用いて破壊形式の観察を行った。

② 渡航先での活動内容

渡航先のペンシルベニア大学歯学部では、デジタルデンティストリーやせん断接着試験に関する研究を行っており、接着歯学の権威である Markus Blatz 教授に師事し、せん断接着試験の手技の習得および研究に取り組んだ。

せん断接着試験について

ジルコニア試料は、半焼結ブロックから製作した。ブロックは低速精密切断機を用いて所定の寸法のブロックに切断した。最終焼結は、メーカーの指示に従い焼結炉で行った。本研究のフローチャートを図 1 に示す。合計 64 個のジルコニア試料を製作した。接着面は表面粗さを標準化するため、注水下で 600 番および 800 番の耐水研磨紙により、それぞれ 1 分間ずつ研磨した（図 1)。

（ 様式D－２ ）

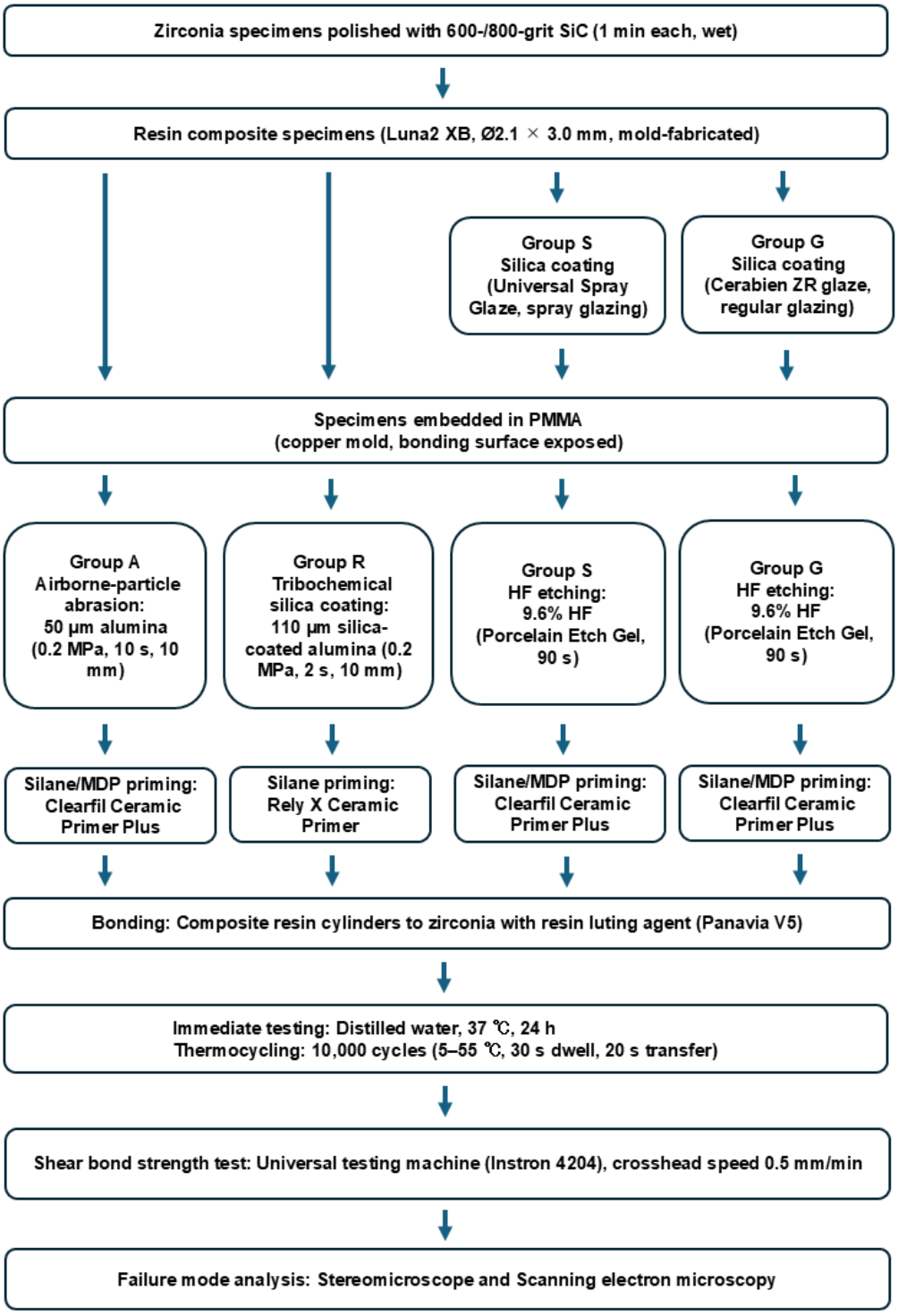


図 1　本実験のフローチャート

直径 2.1 mm、高さ 3.0 mm の円柱状レジンロッドをモールドにて 64 個製作した（図 1）。接着操作前に、すべての試料を 70%エタノール中で 5 分間超音波洗浄し、表面汚染物を除去した。

実験群および表面処理プロトコル

ジルコニア試料は、表面処理方法に基づいて 4 つの実験群（各群 n＝16）に無作為に割り付けた。

APC コンセプト群（以下 Group A）：ジルコニア試料を銅製カップとポリメチルメタクリレートに埋入し、接着操作のため一面を露出させた（図 2）。ジルコニア表面に対し、50 μm アルミナ粒子を用い、0.2 MPa、距離 10 mm で 10 秒間アルミナブラスト処理を行った。その後、シランおよび MDP 含有プライマーを塗布した（図 1）。

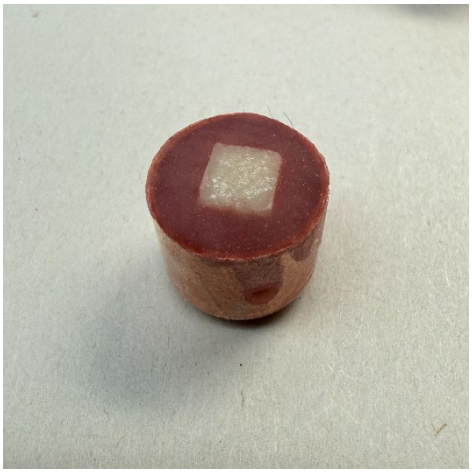


図 2　包埋したジルコニア試料

ロカテック処理群（以下 Group R）：Group A と同様にジルコニア試料の埋入を行った。その後、110 μm シリカコーティングアルミナを用い、0.2 MPa、距離 10 mm で 10 秒間のトリボケミカルシリカコーティング処理を行った。続いてシランカップリング剤を塗布した（図 1）。

スプレー式シリカコーティング群（以下 Group S）：ジルコニア表面にシリカ粒子スプレーを噴射し、製造者指示に従って焼成した。その後、Group A と同様の方法で埋入した。続いて 9.6%フッ化水素酸で 90 秒間エッチングし、蒸留水で洗浄しエアシリンジで乾燥させた。最後に、シランおよび MDP 含有プライマーを塗布した（図 1）。

従来式シリカコーティング群（以下 Group G）：ジルコニア用グレーズ材を表面に塗布し、製造者指示に従って焼成した。Group A と同様の方法で埋入した。埋入後、Group S と同様にフッ化水素酸エッチングおよびプライマー塗布を行った。

表面処理後、円柱状レジンロッドをレジンセメントにて接着した（図 1）。1,000 g の荷重下で 4 方向から各 20 秒間、合計 80 秒間光照射を行った。接着後、すべての試料を 37℃の蒸留水中で 24 時間保管した。その後、水中熱サイクル 0 回（以下 NTC）と 10,000 回（以下 TC）に無作為に分けた。TC 群は、5℃と 55℃の間で 10,000 回の水中熱サイクル（浸漬時間 60 秒）を行った。

せん断接着強さは万能試験機を用いて評価した。試料をせん断試験装置に固定し、接着界面に破断までせん断荷重を加えた。クロスヘッドスピードは 0.5 mm/min とした（図 1）。せん断接着強さ（MPa）は、最大荷重（N）を接着面積（mm^2）で除して算出した。

破断後の破壊様式は実体顕微鏡下で評価した（図 1)。破壊様式は以下のように分類した：①接着破壊（ジルコニアとレジンセメント界面での破壊)、②凝集破壊（レジンセメント内部での破壊)、混合破壊（接着破壊と凝集破壊の混合）

７　研究結果・成果

本研究で得られた結果を表 1 に示す。

表 1　せん断接着強さ（MPa）

	Group A		Group R		Group S		Group G	
	NTC	TC	NTC	TC	NTC	TC	NTC	TC
Mean	32.65	26.70	19.70	17.73	18.21	8.23	18.58	9.21
SD	8.88	5.15	10.41	5.56	8.91	5.40	12.29	5.49
Max	47.62	34.29	39.05	24.29	36.19	16.10	38.57	21.90
Min	20.95	20.00	9.52	8.81	8.81	2.38	5.71	4.29

本研究の結果から、APC コンセプト群のせん断接着強さは、初期接着強さおよび接着耐久性ともにシリカコーティング群と比較して優位に高い値を示した。また、シリカコーティング群では、初期接着強さにおいては、コーティング方法での優位さは認めなかったものの、接着耐久性において、ロカテック処理がほかの 2 条件と比較して優位に高いせん断接着強さを示した。得られた結果については、今後学会発表および論文として英文雑誌に投稿する予定である。

また、本留学中に新たな３D プリンターで使用する材料の物性評価試験にかかわる研究にも携わる機会を得た。３D プリンター用材料は、暫間補綴装置や義歯を目的に急速に実用化が進んでいる。近年は FDA（Food and Drug Administration）承認を取得した高強度レジンが登場し、単冠やインレーなどの最終補綴装置への応用も検討段階に入っている。本留学中では、積層方向の違いが機械的強度やレジンセメントとのせん断接着強さに及ぼす影響について、研究を行った。今後さらなる発展が期待できる研究分野であると考えられる。

この留学期間を通じて、新しい研究テーマおよび手技を学ぶことができた。これらの経験は、私にとって非常に有意義であり、今後の研究活動の幅を大きく広げることができると実感している。この留学で得た知識・経験を日本大学に還元していきたいと思う。

以　　上