（ 様式D－２ ）
（ 別　　紙 ）

令和６年度　海外派遣研究員研究報告書〔研究実績〕

令和 7 年 8 月 25 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・平場　晴斗

令和 6 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

歯冠補綴装置に用いられる歯科材料の接着及び表面処理に関する研究

３　派 遣 期 間　　西暦　2025 年　2 月 17 日　～　2025 年　7 月 28 日

４　派　遣　先　　フィンランド

５　研 究 目 的

近年，ジルコニア陶材はクラウンやブリッジといった補綴装置のフレーム（コア材）およびインプラントの支台装置，歯科矯正用ブラケットとして歯科領域において多岐に応用されてきている。歯質とジルコニア陶材を接着材料によって強固に結合させることは，機械的維持力の増加，辺縁封鎖性の改善，積層効果による咬合力などの外力に対する抵抗力の増加などの利点があり，補綴装置の長期的な予後に有効であると考えられる。

ジルコニア陶材に対して、リン酸エステル系モノマーの有効性が広く認められているものの，前処理法や併用する機能性モノマー、使用する装着材料、さらに臨床操作における接着面の状態などによっても結果が左右されることが知られており，長期的な接着耐久性の向上において不明な点が残されている。

そこで本研究では，ジルコニア陶材をはじめとしたセラミックスやコンポジットレジンといった歯科材料についての基礎研究において多くの成果を報告しているフィンランドのトゥルク大学に赴き，ジルコニア陶材を用いた補綴装置に対する新たな接着研究の手法習得と簡便で効果的な接着耐久性を得ることができる接着システムの提唱を目的とした。

（ 様式D－２ ）

6　研 究 概 要

①研究の方法

ジルコニア陶材は、その高い機械的強度、生体適合性、審美性から歯科修復物に広く用いられている。特に二ケイ酸リチウムなどのシリカ系セラミックスと比較して耐破壊性に優れているため、臼歯部の歯冠修復、ブリッジ、インプラントアバットメントに適している。本研究では、高強度フレームワーク材料として一般的に使用される 3 mol%イットリア安定化ジルコニア（3Y-TZP）を被着体として用いた。

被着体の前処理としては、歯科臨床で一般的に行われている手法に準じ、酸化アルミナによるサンドブラスト処理群、ロカテック処理群、ならびに無処理群の三つに分類した。接着前処理に用いたプライマーは、主にリン酸エステル系モノマー（MDP）を含有するプライマー（MP)、シランカップリング剤である 3-メタクリロイルオキシプロピルトリメトキシシラン（γ-MPTS）を含有するプライマー、そして新規シランカップリング剤（NSC）を含有するプライマーを用いた。また、装着材料としては、MDP を含有するレジンセメント（MC)、MDP およびシランを両方含有するレジンセメント（MSC)、および両者を含まないレジンセメント（UC）の三種類を用いた。

接着試験は、半透明ポリエチレン製モールドを用いて接着面積を規定した。セメントを充填し、余剰分を除去した後に光照射を行い，室温で 30 分間静置した。

接着耐久性を評価するため、作製した試験片を 24 時間の水中保存による初期接着強さの評価と、加速劣化処理（高温水中における煮沸処理）による耐久性評価に分けて試験を行った。その後、万能試験機によりクロスヘッドスピード 1.0 mm/min でせん断接着強さを測定した。さらに、剥離後の破断面は光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察した。使用した各シランの分子構造は、フーリエ変換赤外分光法（FT-IR）を用いて分析した。

②渡航先での活動内容

トゥルク大学医学部歯学科の関連施設である Turku Clinical Biomaterials Center（TCBC）は、歯科材料学分野において国際的に高い評価を受けている研究施設であり、多種多様な研究機器を備えている。これまでにも歯科材料に関する数多くの国際的研究成果を発信しており、歯科材料研究の拠点として重要な役割を果たしている。TCBC には Cycling Testing Laboratory、Reagents Room、Analytical Laboratory、Histology Room、Technical Laboratory、Optical Profilometer Laboratory、

Microscope Laboratory、Mechanical Testing Laboratory、Surface Characterization Laboratory、SEM-EDS Laboratory、Instrument Maintenance の計 11 室が整備されており、各実験室には専門の機器が配置されている。多くの研究者が研究内容に応じて効率的に利用できるよう運営されており、短期間の滞在者でも支障なく研究活動が行えるように、365 日 24 時間使用可能な体制が整えられていた。この施設は歯学部の研究者のみならず、学部学生や大学院生も基礎研究に利用しており、研究環境は国際色豊かであった。私が滞在した期間中にも、ドイツのゲッティンゲン大学やトルコのアンカラ大学から臨床歯科医が基礎研究を行うために滞在していた。また、TCBC の客員研究員でもあるアンカラ大学の Sadullah Ucuasli 教授、Mine Ucuasli 教授らと研究期間が重なり、研究や教育に関する意見交換や協働の機会を得ることができたことは、非常に有意義であった。さらに、TCBC では定期的にセミナーが開講され、外部研究者による講演を通じて参加者同士が意見を交わすなど、積極的に知識を深め、交流を広げる機会が設けられていた。

また、フィンランドの文化として特徴的なのは、法律で定められている「コーヒーブレイク」である。私の研究室でも例外なく導入されており、Lippo Lassila 研究室長の号令で、TCBC の同僚やトゥルク大学の大学院生、他国からの客員研究員らとコーヒーを飲みながら、研究進捗や今後の計画についての確認を行うだけでなく、各国における歯学教育、研究、臨床のトレンド、さらにはフィンランドや各国の文化に至るまで幅広いテーマについて意見交換ができ、学問的にも文化的にも学びの多い時間となった。こうした日常的な交流は、国際的なネットワーク形成にもつながり、今後の共同研究の可能性を探る上でも大きな財産となった。

加えて、私は滞在中に Pekka Vallittu 教授、Ulvi Gürsoy 教授、Lippo Lassila 研究室長、Syfyan Garoushi 講師のご厚意により、歯学科の講義や実習、大学院講義などに参加する機会を得た。学部学生が受けている教育を実際に体験することで、フィンランドにおける歯学教育の特徴にも触れることができた。特に、学生自身が積極的に技術を習得しようとする姿勢が見られ、限られた時間の中で集中して実習に取り組む様子が印象的であった。主体性を持って学ぶ姿勢は、日本の教育との比較においても新たな気づきを与えるものであり、これらの経験は自らの教育活動を改善・発展させる上で有益であった。

また、研究活動に加えて日常的な交流を通じて形成された国際的ネットワークは、将来的な共同研究の可能性を広げるものであり、研究者としての成長に加え、教育活動に対する視野を広げる上でも有益な経験となった。

7　研究結果・成果

本派遣期間中、ジルコニアの接着に関して主に以下の研究について得られた結果の一部を示す。本研究で得られた結果の詳細については、今後、英文雑誌への論文投稿および学会発表を行う予定である。

１）表面処理とレジンセメントの違いが接着に及ぼす影響に関する研究

複数の処理方法とレジンセメントを比較検討した結果、処理の有無や種類によって接着挙動に明確な差が認められた（図１）。特に、アルミナによるブラスト処理とシランカップリング剤を併用した群は、MDP 含有レジンセメントとの組み合わせにおいて初期接着強さが高く、加速劣化処理後においても比較的安定した値を維持することが確認された。また、新規シランカップリング剤（NSC）を使用した群では、従来の γ-MPTS を用いた場合と比較して、加速劣化処理後においても有意に高い接着強さが得られ、その有効性が示唆された。一方、MDP およびシランを両方含有するレジンセメントでは、プライマーにシランを含まない群との間に大きな差は認められなかった。さらに、MDP を含まないレジンセメントでは、MDP 含有プライマー未使用では、有意な接着強さの低下がみられた。これらの結果から、機能性モノマーの有無やプライマーの選択、さらには適切な表面処理の組み合わせが、長期的な接着耐久性に大きく寄与する可能性について示唆された。

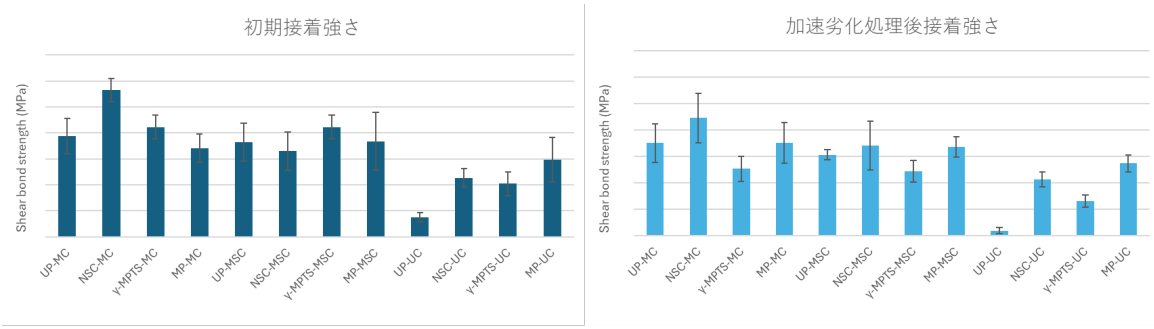


図１　ジルコニアに対するプライマーとレジンセメントの違いによるせん断接着強さの結果

２）NSC の有効性および濃度の違いが接着性に与える影響に関する研究

プライマー中に NSC を添加し、その濃度を段階的に変化させて評価を行った結果、一定の濃度において接着耐久性の改善が認められ、一定以上では低下することが示された（図２）。初期接着強さでは、NSC を添加した群はいずれも無処理群との有意差は認められなかったが、加速劣化処理後では中等度の添加量の群で有意に高い接着強さが得られた。本研究結果から、シランカップリング剤を併用する際には最適な添加量が存在し、過剰に添加しても効果が向上するわけではなく、かえって接着耐久性に影響を及ぼす可能性が示唆された。これらは今後の新規装着材料の調整や比較検討を行う際に重要な結果を示し、適切な使用条件の設定が重要である

〔７　研究結果・成果（つづき）〕

ことが明らかとなった。

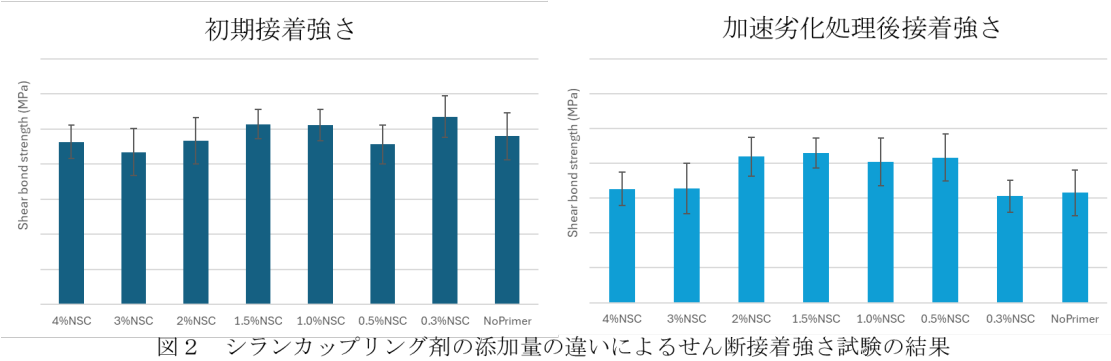


図２　シランカップリング剤の添加量の違いによるせん断接着強さ試験の結果

各シランの FT-IR スペクトルを取得し、各シラン溶液に存在する官能基を評価した。それぞれ C=O と C=C の伸縮振動に対応していた。メチル基とメチレン基の C-H 伸縮に起因するバンドは、どのシランでも 2977-2850 cm^{-1}の範囲に観測された。すべてのサンプルで 1718 cm^{-1} と 1635 cm^{-1}付近に吸収バンドが見られ NSC のスペクトルでは、これらの C-H バンドの強度は濃度とともに増加し、特に高濃度のプライマーでは Si-O-C および Si-O-Si 伸縮領域（1100-1000 cm^{-1}）に幅広いピーク分布が見られた。観測されたスペクトルの傾向から、官能基の同定は一貫しているが、主要なバンドの強度はシランの濃度に比例し、IR スペクトルにおけるシラン含量と官能基の寄与の間に直接的な関係があることが示された。

本留学期間中には、当初計画していた研究に関して十分な成果を得ることができた。さらに、予定していた研究内容にとどまらず、実際の歯科臨床を想定した新たな研究テーマについても現地で議論を行い、継続的な研究活動に関するビジョンを得ることができたことは、私にとって大きな収穫であった。

また、研究活動以外でも、トゥルク大学の歯科学生が受講する基礎実習等への参加や、大学院生、さらに他国からの研究者との交流を通じて、多角的な視点から歯学研究や歯学教育に触れる機会を得ることができた。これらの経験は、今後の自身の研究活動を国際的に展開していくための基盤となるとともに、後進の教育においても重要な役割を果たすと考えている。今後は、培った知見や経験を活かし、日本大学ならびに日本の歯科界全体の発展に貢献できるよう尽力していきたい。

最後に、本派遣を支えてくださった研究費の提供および長期海外出張の機会を許可・ご支援いただいた関係各位に、厚く御礼申し上げます。

以　　上