



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Establishment of fundamental techniques for fabrication of monolithic zirconia crown based on LCD technology : Debinding effects of green bodies on the sintering behavior of zirconia
Author(s)	范, 斯佳
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。利用可能日以前の閲覧方法は https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/ をご参照ください。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(歯学)
Dissertation Number	甲第16922号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16922
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99767
Type	doctoral thesis
File Information	Fan_Sijia_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（歯学） 氏 名 范 斯佳/ Fan Sijia

審 査 担 当 者	主 査 教 授	黒 嶋 伸 一 郎
	副 査 教 授	坂 口 究
	副 査 准教授	上 田 康 夫

学 位 論 文 題 名

Establishment of fundamental techniques for fabrication of monolithic zirconia crown based on LCD technology -Debinding effects of green bodies on the sintering behavior of zirconia-

（Additive Manufacturing 技術の応用によるモノリシックジルコニアクラウン製作に向けた基盤技術の構築—TOSOH-ZIRCONIA TZ-3YS-E を用いたグリーン体の脱脂工程に関する基礎的研究—）

審査は審査担当者全員の出席のもとで実施された。はじめに申請者より提出論文の概要の説明が行われ、続いて審査担当者から論文の内容と関連学術分野について、口頭により試問する形式で行われた。

申請者より説明された提出論文の概要は以下の通りである。

現在、臨床で用いられている CAD/CAM 技術は切削加工が主流であるが、材料の利用効率、生産効率の高さ、製作可能な 3D 形状、ならびにカスタマイズの自由度の大きさなどから、液槽光重合法に基づく積層造形技術が注目を集めている。しかしながら、特に硬化時の挙動、脱脂工程、ならびに焼結工程管理などの点から、積層造形技術を活用して欠陥のないジルコニアクラウンを製作することに関しては、依然として多くの課題が山積している。

本研究の目的は、製作物の 3 次元形状を維持しつつ、後処理時間を短縮することに重点を置き、液晶シャッター（LCD）により光を選択的に露光する液槽光重合装置を用いたジルコニアクラウンを製作のための、実現可能なワークフローを確立することである。本研究では、ジルコニア粉末と光硬化性レジン混合物（スラリー）の硬化挙動、樹脂配合の影響、粒子特性、ならびに脱脂工程の時間短縮効果を系統的に調査・検討した。

その結果、スラリーでは、レジン単体と比較してジルコニア粒子による光の減衰が大きく、光の透過深度と臨界露光量が変化して重合反応の挙動を著しく変化させることが明らかとなった。脱脂処理において、調査した 20～120℃/分のどの加熱昇温速度でも、急速なガス発生と外部への拡散不足で上昇した内部圧力の亢進に起因すると思われる亀裂と大きな気孔

が試料体に生じた。一度形成されたこれらの欠陥は焼結工程においても除去されることはなく、最終焼結後の試料にも観察された。

本研究結果から、脱脂工程の時間短縮は望ましいものの、その最適化には、樹脂配合比率とジルコニア粒子分散性のバランスを慎重に考慮して行う必要があることが示唆された。また、積層造形技術と切削加工を主体とする従来の CAD/CAM 技術との関係性において、積層造形技術は切削加工技術を代替する手段ではなく、あくまで補完的アプローチとして位置付けすべきであると考えられた。

審査担当者からの主な質問は以下のとおりであった。

1. すべての実験条件とサンプルで観察された亀裂の発生の主な原因について。
2. 本研究で最も重要な制約となる事柄は何か。
3. 樹脂組成、粒子径と粒子の分散状態、脱脂工程での温度プロファイル、LCD を利用した液槽光造形法以外の 3D プリント方法のうち、今後の研究において、優先的に最適化を探索していくべき要因はどれか。
4. 本研究で機械的強度試験が行われなかった理由は何か。
5. 従来の CAD/CAM 技術と積層造形技術との関連性、ならびに積層造形技術が CAD ベースの製造を補完する可能性について。
6. 本研究が他の積層造形技術に与える影響について

これらの質問に対して申請者は、正確な専門的知識に基づいた適切な回答と説明を行うとともに、今後の研究課題と方向性も明確に回答した。審査を通じた試問により、申請者が関連学問領域における十分な知識を有していると判断された。本論文は独創的な知見を提示しており、積層造形技術とデジタル技術を融合させたジルコニアクラウンの積層造形ワークフロー確立に対する基盤構築と発展に大きく貢献できたと考えられ、高く評価できる。以上から審査員一同は、申請者が博士（歯学）の学位を授与されるに相応しいと判定した。