

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Influence of Calcium Phosphate Coatings on Corrosion Resistance, Biocompatibility and Mechanical Integrity of Mg-Zn-Zr alloy
著者(和文)	LETrang Thi
Author(English)	Le Thi Trang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12549号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小林 郁夫,史 蹟,藤居 俊之,多田 英司,村石 信二
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12549号, Conferred date:2023/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	LE Trang Thi	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	小林郁夫	准教授	村石信二	准教授
	審査員	史蹟	教授		
		藤居俊之	教授		
	多田英司	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Influence of Calcium Phosphate Coatings on Corrosion Resistance, Biocompatibility and Mechanical Integrity of Mg-Zn-Zr alloy」と題し、以下の5章からなっている。

第1章「General Introduction」では、生体材料として Mg 合金の開発の経緯と、利用可能とするための解決策に関連する最近の課題について論じている。本論文の目的、研究方法について述べ、この研究の価値を述べている。

第2章「Formation and corrosion behavior of calcium phosphate coating layers on ZK60」では、ZK60 合金の表面にリン酸カルシウム皮膜を形成させるために、化成処理 (chemical conversion method) で皮膜を形成を行っている。化成処理溶液の pH 条件を 6.5, 7.0, 7.8, 10.2 に調整し、皮膜の種類、厚さ、形態が変化することを見だし、いずれの皮膜も緻密な内層とポーラスな外層からなることを明らかにしている。また疑似体液 (α -MEM+FBS+P/S) 中の浸漬試験により、形成した皮膜が合金の耐食性に及ぼす影響を調べ、その結果、コーティングをしていない試料では全面腐食が発生し、コーティングをした試料では局所的な腐食が発生することを報告している。合金の耐食性はコーティングによって改善され、pH7.8 でコーティングをした試料でもっとも優れていることを報告している。

第3章「In vitro biocompatibility and in vivo degradation behavior of calcium phosphate coated ZK60 alloy」では、骨芽細胞様細胞 MC3T3-E1 を使用した細胞培養試験により、表面組成、粗さ、耐食性を含む表面因子の組み合わせが細胞活性に及ぼす影響について報告している。pH 6.5, 7.8, 10.2 で形成したコーティングでは異なる表面条件が得られ、その結果、コーティングが細胞密度と形態を制御していることが示している。表面因子のうち、コーティングの表面形状は、コーティングの粗さや耐食性よりも支配的であることを見出し、pH 7.8 でコーティングをした試料がもっとも優れた細胞活性を示すことを明らかにしている。その後、インプラントの宿主反応と試料の劣化を調査するため、白色家兎を使用した動物実験で未コーティングの合金と pH 7.8 でコーティングをした合金をウサギの皮下に移植し、pH 7.8 で形成したコーティングが、合金の耐食性と生体適合性の観点からもっとも優れるものであることを見だしている。コーティングをした試料が移植中に溶解したことから、コーティングをした試料は人体内で分解する可能性を示している。

第4章「Mechanical Integrity during degradation of calcium phosphate coated ZK60 alloy」では、未コーティングの合金と pH 7.8 でコーティングをした合金のメカニカルインテグリティ (機械的強度の劣化傾向) を調べている。圧縮試験片を疑似体液 (Hank's solution) に異なる期間浸漬し、いずれの試験片も圧縮試験に供している。その結果、降伏強さと伸

びは浸漬時間が長くなるにつれて減少し、最大圧縮強さは腐食 0 日から 14 日まで徐々に低下したが、14 日以降は低下率が大きくなることを見いだしている。局所的な腐食によって形成した深い腐食孔が、圧縮試験の際の破壊の起点となることを見だし、コーティングした試験片の腐食孔は、未コーティング試験片の腐食孔よりわずかに深かったが、両試料のメカニカルインテグリティの劣化は統計的な差を示さないこと、すなわち、pH 7.8 で形成したコーティングは、合金のメカニカルインテグリティに無視しうるほどの影響しか及ぼさないことを明らかにしている。

第 5 章「General conclusions」では、リン酸カルシウムコーティングは ZK60 合金のメカニカルインテグリティに大きな影響を与えなかったものの、耐食性と生体適合性を著しく改善することを示し、pH 7.8 でコーティングをした試料はもっとも優れた耐食性と生体適合性を示すことを明らかにしている。これらの結果から pH 7.8 で HAp コーティングを形成した合金が生体内分解性をもつ整形外科用インプラントとして有望なバイオマテリアルであると結論付けている。

以上を要するに、本論文は、ZK60 マグネシウム合金を生分解性インプラント材として臨床応用する際に求められる特性を、化学的性質、力学的性質、in vitro 生体適合性、in vivo 生体適合性などの観点から明らかにし、同合金にハイドロキシアパタイトコーティングを施すことで、諸特性を改善し、臨床応用への可能性を示したもので、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。