

氏 名	うえ の まさる 上 野 勝
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3892 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	アルミナとジルコニアを用いたセラミック／セラミック人工股関節のト ライボロジー

論文調査委員	(主 査) 教 授 池 内 健 教 授 堤 定 美 教 授 富 田 直 秀
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

摺動面の両方にセラミックを用いた人工股関節は、摩耗が少ないため耐久年数が長いだけでなく、摩耗粉による骨吸収が生じにくい特徴がある。本論文はアルミナ及びジルコニアを用いた人工股関節のトライボロジーに関する研究をまとめたものであり、5章からなっている。

第1章は序論であり、人工関節を用いる治療法の原理、人工股関節の歴史、セラミック／セラミック人工股関節の長所と問題点、アルミナの材料特性と生計方法などに触れるとともに、本研究の目的と意義について記述している。

第2章では、振り子式摩擦試験機を用いてアルミナ同士を組み合わせた人工股関節の潤滑機構を調べた結果が示されている。それによれば、生理食塩水で潤滑した場合、半径すきまが小さいときには長時間流体潤滑膜を保つことが可能であるが、牛血清で潤滑した場合には、半径すきまが小さくても摩擦が高く、流体潤滑状態を保つのが困難であることが示されている。理論解析によって半径すきまが数マイクロメートル以下の時潤に流体膜が形成されと考えられていたが、本実験では10数マイクロメートルの時に摩擦がもっとも低いことが示され、表面のうねりと牛血清の成分が摩擦上昇の理由であると考察されている。

第3章ではアルミナとジルコニアを組み合わせた人工股関節を試料とし、股関節シミュレータによって骨頭球とソケットの摩耗量及び摩耗面と摩耗粉の観察を行った結果が示されている。シミュレータ試験によれば、アルミナとジルコニアを組み合わせた場合、アルミナ側よりジルコニア側の摩耗が多く、ジルコニアを用いた場合にはアルミナ／アルミナ人工股関節を凌駕する特性は得られていない。その原因の一つとして、ジルコニアが機械的応力を受けると六方晶から単斜晶に相転移した後に破壊されるために摩耗が生じることを実験的に確かめている。いずれにしてもセラミック同士の組み合わせでは、摩耗量はポリエチレンの百分の一から千分の一程度であるので、適切に使用すればセラミック／セラミック人工股関節にジルコニアを使用できると結論している。

セラミック同士を組み合わせた人工股関節では、ソケットの周辺部で破壊的な摩耗が生じることがあり、その原因は骨頭球がソケットから浮きあがり、骨頭球とソケットのエッジが接触するためであると考えられている。そこで第4章では、球面と平面を試料として高い接触応力下での摩耗特性を調べている。その結果、アルミナ同士及びジルコニア同士を組み合わせた場合には、平均接触圧力が1ギガパスカル以上において破壊的な摩耗が生じるのに対して、アルミナ製平板とジルコニア製球面を組み合わせた場合には1.5ギガパスカル以上の接触圧力でも摩耗量が極めて低いことを明らかにした。摩耗面と摩耗粉の観察から、アルミナでは結晶粒子の脱落が摩耗の主な原因であることを明らかにしている。一方、ジルコニアでは複雑な摩耗機構が存在し、摩耗量が相転移と密接に関係していることを示すとともに、牛血清の濃度や接触圧力の影響について考察している。

第5章においては論文の内容をまとめるとともに、摩耗特性から判断すると、セラミック／セラミック人工股関節の材料としてアルミナ同士の組み合わせが最も優れているが、応力集中が予測される部分にはアルミナとジルコニアの組み合わせが有望であると述べ、今後の人工股関節として、ソケット周辺部で応力集中が生じ難いように設計したアルミナ／アルミナ

人工関節，及びアルミナ骨頭とジルコニアソケットの組み合わせを推奨している。

論文審査の結果の要旨

本論文は，高耐久性セラミック／セラミック人工股関節を実現するために，アルミナ及びジルコニアの摩擦・摩耗・潤滑機構を調べた結果をまとめたものであり，得られた主な成果は次のとおりである。

1. 流体潤滑理論によれば，人工股関節の半径すきまが数マイクロメートル以下であれば流体潤滑効果を期待できることになるが，実際には，真球度など加工精度の制限から，半径すきまが10数マイクロメートルのときに摩擦が最小となることを明らかにした。
2. 潤滑液に牛血清水溶液を用いた場合には，摺動部の表面にタンパクやリン脂質などが吸着するため，半径すきまが小さい場合に流体膜が形成されにくくなって摩擦が増加することを明らかにした。
3. 摺動面にジルコニアを用いると，アルミナ同士を組み合わせた場合より摩耗量が増加するが，アルミナ骨頭とジルコニアソケットの組み合わせでは摩耗量の増加が比較的少ないことを明らかにした。
4. 摩耗面と摩耗粉の観察から，アルミナでは結晶粒の脱落が摩耗を引き起こすのに対し，ジルコニアでは機械的応力によって生じる相転移が摩耗の主な原因であることを明らかにした。
5. 応力が集中する条件ではセラミック表面にマイクロクラックを伴う摩耗が生じることを実証し，ジルコニア側を凸面にし，アルミナ側を凹面にすることによって破壊的摩耗を防止できることを明らかにした。

以上，要するに本論文は，摺動面にアルミナとジルコニアを用いる人工股関節の潤滑・摩耗機構を調べるとともに，その材料特性と形状設計に関して検討を加えたものであり，学術上，實際上寄与するところが少なくない。よって，本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また，平成18年2月22日，論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果，合格と認めた。