

|              |  |
|--------------|--|
| Title        | 歯科用セラミックスの疲労亀裂進展に関する研究   |
| Author(s)    | 川上, 克子   |
| Citation     | 大阪大学, 2002, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/43675">https://hdl.handle.net/11094/43675</a>  |
| rights       |  |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | 川 上 克 子   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (歯 学)   |
| 学位記番号      | 第 1 6 9 2 4 号   |
| 学位授与年月日    | 平成14年3月25日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>歯学研究科歯学臨床系専攻                                |
| 学位論文名      | 歯科用セラミックスの疲労亀裂進展に関する研究                                      |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 恵比須繁之<br><br>(副査)<br>教授 高橋 純造 助教授 小野 高裕 講師 中村 隆志 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

#### 【研究目的】

歯科用セラミックスは、審美性があり、化学的に不活性で生体適合性に優れているという利点を有しているが、脆性が高いため辺縁破折を生じやすく、体部破折に至ることも少なくないことが欠点とされている。その一因として、繰り返し負荷による動的疲労に加え、水分の存在によりセラミックスの静的な疲労亀裂進展が加速する現象が関わっていると考えられる。したがって、歯科用セラミックスの口腔内での耐久性を評価するには、疲労亀裂の進展挙動に対する動的および静的な負荷の影響と同時に、水分の影響を調べることが必要となる。そこで本研究では、まず脆性材料に有効とされるK値制御による疲労亀裂進展試験を、材料加工が困難な歯科用セラミックスにおいても適用可能なように改良し、大気中および水中で測定することにより、歯科用セラミックスの疲労亀裂進展の特徴を検討した。さらに応力比を変化させた疲労亀裂進展試験を行い、セラミックスの疲労亀裂進展に対する応力比および水分の影響を検証した。

#### 【研究方法】

##### 1. 歯科用セラミックスの繰り返し負荷による疲労亀裂進展

実験材料として3種類の歯科用セラミックス材料と、コントロールとして2種類のコンポジットレジンを使用した。セラミックス材料においても加工が容易な、矩形試験片を用いることができるように、試験方法に改良を加え実施した。疲労亀裂進展試験は電気油圧サーボ式材料強度試験機にて、大気中および37℃水中の各環境下にて行った。応力比0.1、スパン長さ25mmの三点曲げで、周波数10Hzの正弦圧縮負荷を与え、 $\Delta K$  漸減法で亀裂を進展させた。亀裂長さは、読みとり顕微鏡を用いて倍率40倍で測定した。試験結果より、亀裂進展速度 (da/dN) と繰り返し荷重負荷時の応力拡大係数変動幅 ( $\Delta K$ ) の関係を表すグラフ (疲労亀裂進展特性) を得た。疲労試験終了後、試験片に引張り負荷を与えて急速破壊させ、破断面を通法に従って金蒸着し、走査型電子顕微鏡 (SEM) にて観察した。

##### 2. 動的および静的疲労による歯科用セラミックスの疲労亀裂進展

歯科用セラミックスの疲労亀裂進展抵抗への、動的、静的な負荷および水分の影響を検討するため、上記1項と同様の3種のセラミックス材料で試験片を作成後、大気中および37℃水中において応力比を変化させ、疲労亀裂進展試験

を実施し、 $da/dN$  と最大応力拡大係数 ( $K_{max}$ ) の関係を表すグラフを得た。応力比は0.1、0.5および0.8を用い、上記1項と同様に、周波数10Hzの正弦圧縮負荷にて試験を行うとともに、破断面をSEMにて観察した。

#### 【結果及び考察】

1. 歯科用セラミックスは、疲労亀裂進展特性の傾きがコンポジットレジンより大きく、疲労亀裂が安定進展する $\Delta K$ の幅が狭かったことから、亀裂の進展がいったん始まると、コンポジットレジンに比べより早期に不安定破壊に至ることが分かった。また、水中では下限界応力拡大係数が低下し、亀裂進展特性が加速側へ移行する傾向を認めた。この結果、水中環境で疲労亀裂進展抵抗が増加するコンポジットレジンと異なり、歯科用セラミックスは水分の存在下で疲労亀裂進展抵抗が減少することが分かった。

SEM観察の結果、破断面は予亀裂、疲労亀裂進展部および急速破壊部に識別できた。急速破壊部は比較的平滑な像を呈したのに対し、疲労亀裂進展部では粗造で、凹凸のある破断面を呈しており、疲労亀裂進展部では、破断面の粗造度によって生じる高靱化の機構が単独で、あるいは複合して関与していると考えられた。各試験片とも大気中と水中では、破断面に明瞭な違いを観察できなかった。

2. 大気中では、低い応力比、すなわち動的疲労の比率が高い程、低い荷重で亀裂が進展し、繰り返し疲労による影響が大きかった。一方水中では、亀裂進展試験実施が困難であった1種類をのぞき、各応力比とも亀裂進展が開始する最大応力拡大係数 ( $K_{th}$ ) が低下し、静的疲労の比率が高い応力比0.8の条件下において、水中で疲労亀裂進展抵抗の減少傾向が強く認められた。

SEM観察の結果、応力比0.8の水中における破断面で粒界に亀裂が回り込んでいる像が観察されたことから、静的疲労（水分による応力腐蝕）によって粒界間に亀裂が入り、靱性の低下につながったものと考えられた。セラミックスにおける疲労亀裂進展は、動的疲労が中心の繰り返し依存型であるが、水中では応力腐蝕の影響がより強く生じ、その影響は静的疲労が支配的な負荷においてより強いことが分かった。

#### 【結論】

歯科用セラミックスの疲労亀裂進展は、不安定破壊に至りやすく、動的疲労が支配的であることが分かった。また、水分によって応力腐食が生じることが確かめられ、セラミック修復物は応力負荷部以外においても静的疲労による疲労亀裂の進展が生じることが示唆された。

#### 論文審査の結果の要旨

本研究は、歯科用セラミックスの疲労破壊の特徴を、疲労亀裂進展試験により検討したものである。その結果、歯科用セラミックスは不安定破壊に至りやすく、水分の存在下で進展抵抗が減少すること、さらに水分の影響は静的疲労においてより強いことが示された。

以上の研究の結果は、歯科用セラミックスの疲労挙動を明らかにしていく上で、貴重な知見を提供するものであり、本研究は博士（歯学）の学位授与に値するものと認める。