

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K09826

研究課題名(和文) エナメル質を保全できる矯正歯科治療 量子力学・錯体化学・プラズマ物理学的展開

研究課題名(英文) Novel orthodontic treatment conserving sound enamel - Application of quantum mechanics, coordination chemistry and plasma physics -

研究代表者

山方 秀一 (Yamagata, Shuichi)

北海道大学・歯学研究院・助教

研究者番号：70292034

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：マルチブラケット装置は広く知られる矯正歯科治療装置のひとつであるが、装着時の酸処理や除去時の過剰切削などのエナメル質損傷は不可避とされてきた。こうした損傷の回避または低減を目的とし、エナメル質の表面改質方法および撤去時に視認可能なボンディング材の開発を進めている。当該研究助成により、Y203:Eu3+ナノ粒子またはEu錯体を含むウレタンベース光重合型ボンディング材のラポレルでの合成に成功し、その有用性を確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯科領域の大気圧低温プラズマ関連研究には殺菌や漂白、象牙質改質がある。しかし、接着強さのためにエナメル質表面改質を扱った報告は見当たらない。有機蛍光色素を用いることで上市された蛍光ボンディング材もあるが、劣化しやすいため用途は限定的である。本研究は希土類元素に着目し、ボンディング材への蛍光特性の付与を着想した点で学術的意義が高い。また、新しいエナメル質表面改質法や蛍光ボンディング材の実現は、歯にダメージを与えない治療方法に直結するという点で社会的意義が高い。

研究成果の概要(英文)：A multi bracket appliance is one of the most popular orthodontic appliances, however, damage to enamel such as acid treatment (at the time of gluing) and cutting (at the time of removal) has been considered inevitable. To avoid or reduce such damage, we have been devising modification methods for enamel surface and developing adhesives with visibility only when necessary.

Owing to the support by JSPS KAKENHI Grant Number 18K09826, we have succeeded in fabricating urethane-based fluorescent bonding materials with either europium containing nanoparticles or Eu complexes at a laboratory level. Specifically, Y203:Eu3+ and Tris(1,3-diphenyl-1,3-propanedionato) (1,10-phenanthroline)Eu3+ were confirmed to be quite effective to make dimethacrylate adhesives fluorescent.

研究分野：歯科矯正学

キーワード：エナメル質 ランタノイド ナノ粒子 錯体 蛍光 矯正装置 接着 ボンディング材

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

永久歯に白斑を有する者の割合は、マルチブラケット装置装着前の 15.5-40%から装着後の 30-70%へと増加するが、主な因子は清掃困難、エッチングの時間や被処理面積などである<sup>1)</sup>。ブラケット周囲プラークの pH は 4.5 におよぶため、フッ化物による抗う蝕作用も奏功し難いとされている<sup>2)</sup>。また、撤去時に視認困難な歯面残留ボンディング材を切削除去する際、表層から 7-170  $\mu\text{m}$  (最頻レンジは 20-50  $\mu\text{m}$ ) もの高密度に石灰化したエナメル質の損傷が生じる<sup>3)</sup>。

エナメル質の脆弱化要因については、特にエッチングおよび細菌叢吸着を重要視し、大気圧低温プラズマ処理をエッチングに替わる表面改質法として応用することを着想した。機械的損傷については、矯正歯科用ボンディング材の色調が視認困難である点に着目し、優れた蛍光特性を持つユウロピウム(Eu)を用いた無機蛍光体に関する研究を重ねてきた。当該研究課題では、発光効率が高い Eu 錯体の応用の可能性も追及することを発想した。

歯科領域の大気圧低温プラズマに関する研究には殺菌や漂白、象牙質改質がある<sup>4)</sup>。しかし、接着強さのためにエナメル質表面改質を扱った報告は見当たらない。上市された有機蛍光色素含有ボンディング材もあるが、有機色素の光退色等の劣化により用途は限定される(接着時の余剰レジン除去)。

### 2. 研究の目的

将来構想も含めての目的は、大気圧低温プラズマを用いるエナメル質表面の改質および蛍光視認性を有する矯正歯科用ボンディング材の開発の有用性を明らかにし、エナメル質損傷の低減・回避の観点から健全なエナメル質を保全できる矯正歯科治療の確立することである。

当該研究課題の開始にあたっては、以下の 2 つの仮説を中核的「問い」と位置づけた。

- ・希土類イオン置換蛍光ナノ粒子のボンディング材への分散性は一層向上できるであろう。
- ・接着強さや蛍光特性が数年にわたって劣化しないボンディング材を合成できるであろう。

### 3. 研究の方法

#### (1) ユウロピウム賦活酸化イットリウム( $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ )微粒子の応用

無機微粒子蛍光体の発光効率にとって球形は理想的形態と考えられている<sup>5,6)</sup>。ナノ粒子合成法の中でも均一沈殿法は、サイズ分布が狭い球形微粒子の合成に有用とされている<sup>5-8)</sup>。

微粒子蛍光体の発光特性は、欠陥や結晶化度などの要因に依存する<sup>9)</sup>。粒子径が小さいほど欠陥による影響を受けやすいため、好適な粒径を模索する必要がある。当該研究課題では、まず均一沈殿法における尿素濃度が微粒子径におよぼす影響を調べ、次にボンディング材固有の性質を損なうことなく適切な蛍光強度を発揮できる無機蛍光体添加率の下限を探ることとした。

試料の調整

#### ( ) 均一沈殿法

$\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (10 mmol)、 $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (0.8 mmol) および尿素の水溶液(1M および 2M)を 97-100 ° で 90 分間攪拌して得た炭酸塩を 1000 ° ・1 時間焼成し、2 種の  $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  微粒子を得た。

#### ( ) $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 微粒子添加ボンディング材

ベースモノマーにはウレタンジメタクリレート(UDMA)、トリエチレングリコールジメタクリレート(TEGDMA)を用いた。光重合開始剤にはカンファーキノン、還元剤にはアクリル酸 2-ジメチルアミノエチルを、重合禁止剤にはジブチルヒドロキシトルエンを用いた。様々な配合比のモノマーブレンドを 20 × 20 × 0.95 mm または 15 × 40 × 0.97 mm の枠型に封入し、照度 1000 mW/cm<sup>2</sup> の光照射器を用いて重合した(積算光量: 120 J/cm<sup>2</sup>)。

$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  微粒子の微細構造の解析

SEM 観察(加速電圧 10 kV)ならびに X 線回折(XRD)による結晶構造解析 ( $\text{CuK} \alpha_1 = 1.54056 \text{ \AA}$ 、40 kV/20 mA、回折角 10-80 °、スキャンングレート 1°/min) を行った。さらに、Scherrer 法および Williamson-Hall 法による結晶子サイズの評価を行った。

蛍光特性

分光蛍光光度計を用いた励起、蛍光スペクトル測定(スリット波長幅 5 nm、スキャンングスPEED 50 nm/min)を行った。

光線透過率

ヘーズコンピュータを用いて全光線透過率( $T_t$ )とヘーズ(拡散透過率 × 100/ $T_t$ )を測定した。

曲げ強さ

万能試験機を用いて 3 点曲げ試験を行った(支点間距離 20 mm、クロスヘッド速度 1 mm/min)。

#### (2) ユウロピウム錯体の応用

ランタノイド錯体は発光効率が極めて高い反面、加工の難しさや熱的耐性の低さなどが妨げとなるため、蛍光ポリマーの開発は困難な課題として取り組まれている<sup>10)</sup>。当該研究課題では  $\text{Tris}(1,3\text{-diphenyl-1,3-propanedionato})(1,10\text{-phenanthroline})\text{Eu}^{3+}$  [ $\text{Eu}(\text{DBM})_3\text{Phen}$ ] を用い、まず PMMA/MMA-BPO/amine 系および 4-META/MMA-TBBO 系 レジンへの応用の可能性を、次にジメタクリレートベースモノマーとする光重合型レジンへの応用の可能性を探った。

試料の調整

( ) PMMA/MMA-BPO/amine 系レジンおよび 4-META/MMA-TBBO 系レジン

Eu(DBM)<sub>3</sub>Phen を PMMA/MMA-BPO/amine 系レジンおよび 4-META/MMA-TBBO 系レジンに添加して重合し、20×20×0.95 mm の板状試験片を作製した。

( ) 光重合型レジン

前述(1)- ( ) に準じて様々な配合比のモノマーブレンドを重合し、試験片とした。

各種特性試験

蛍光特性、光線透過率、曲げ強さについて、それぞれ(1)- 、 、 に準じて実験を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) ユウロピウム賦活酸化イットリウム(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>) 微粒子の応用

SEM 観察の結果から、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>微粒子は尿素水溶液濃度に依らず直径 200-300 nm の球状となることが確認できた(図 1)。XRD 測定で得られた回折パターンから、いずれも立方晶 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のそれと一致することが確認できた(図 2)。理論的には尿素水溶液濃度が低いほど塩基性炭酸塩の結晶核生成速度が遅くなるため、微粒子径は大きくなる<sup>11)</sup>。結晶子サイズについては、Scherrer 法では同等であったのに対し、Williamson-Hall 法では 1M 尿素水溶液で合成した場合のほうが小さいという結果が得られ(図 3)、尿素濃度と結晶子サイズとの関係を明らかにするには至らなかった。むしろ、粒径分布は必ずしも単分散性の高さを示すものではなかったことから、反応温度(97 ) に達するまでに要する時間の長さ(約 20 分間)のほうが尿素水溶液濃度よりも寄与度が高かったと推測している。すなわち、昇温過程では尿素の加水分解速度が遅いため結晶核生成が緩やかとなり、結果として比較的大きいサイズの炭酸塩沈殿物が生じたと結論した。

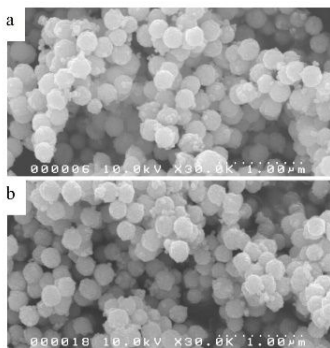


図 1

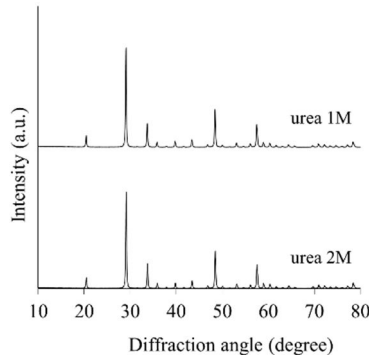


図 2

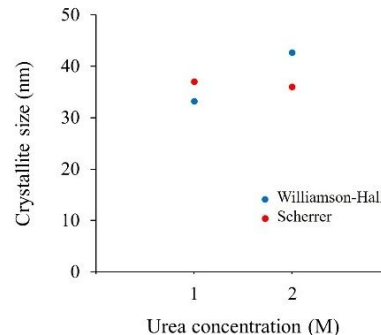


図 3

微粒子の励起・蛍光スペクトル(図 4、1M: 赤線、2M: 黒線)から、尿素水溶液濃度の違いに依らず Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>微粒子は Eu<sup>3+</sup> の 4f-4f 遷移に一致するピークを示した [580 nm (<sup>5</sup>D<sub>0</sub> → <sup>7</sup>F<sub>0</sub>), 587, 592, 599 nm (<sup>5</sup>D<sub>0</sub> → <sup>7</sup>F<sub>1</sub>), 612 and 629 nm (<sup>5</sup>D<sub>0</sub> → <sup>7</sup>F<sub>2</sub>)]. なお、励起および蛍光の極大波長は、それぞれ 395 および 612 nm であった。蛍光強度については、1M で生成した微粒子のほうがやや低くなった。その理由として、Williamson-Hall 法で結晶子サイズが小さかったことを踏まえ、結晶格子の欠陥や微小ひずみを伴いやすく、蛍光強度の低下につながった可能性があるかと推測した。

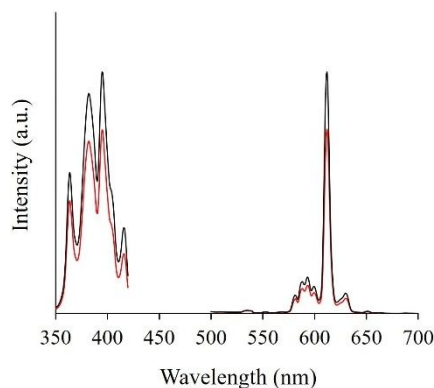


図 4

これらの結果に基づき、以降のボンディング材への添加は 2M 尿素水溶液を用いて生成した Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>微粒子のみを用いた。

図 5 は UDMA と TEGDMA (混合比 2:1) を共重合して作製した試験片の外観である(上段: 自然光下、下段: 385 nm 近紫外光下、左から Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>微粒子 0, 5, 10 wt%)。0 wt% 試験片は自然光下でかすかに淡黄色を呈するものの、Tt91.4%かつヘーズ値 0.8 の高い透明性を示した(図 6)。

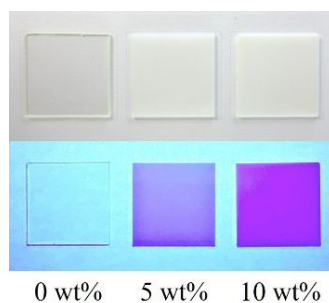


図 5

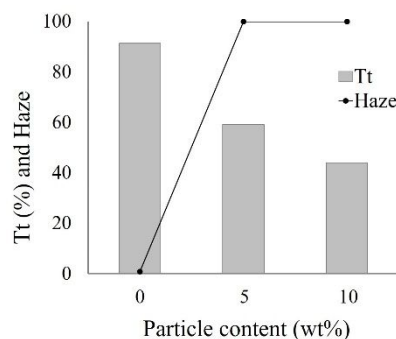


図 6

一方、5 および 10 wt% 試験片は自然光下で微粒子添加率依存的に不透明度を増す乳白色を呈し、Tt はそれぞれ 59.1 および 44.0%、ヘーズ値はともに 100 の明らかな不透明度を示した。

Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>微粒子含有レジ  
ンおよび微粒子単独の励  
起・蛍光スペクトルのい  
ずれにも Eu<sup>3+</sup>の 4f-4f 遷移に  
一致するピークを確認す  
ることができた(図 7)。

含有率 10 wt%試験片の  
蛍光強度が 5 wt%試験片の  
それよりも約 4 倍高かった  
ことに関しては、量子収量  
の増加ばかりではなく、拡  
散反射の増加も寄与した可  
能性があると推測した。

機械的特性に関しては、

微粒子に表面改質を施すことなく添加したにもかかわらず、分散効果によってボンディング材の曲げ弾性率を良好な水準内で調整できることが確認できた(図 8)。

微粒子含有率の増加による重合収縮率および熱膨張係数の低下も踏まえ、より望ましい含有率の特定に向けた一層の検証が必要であると考えている。

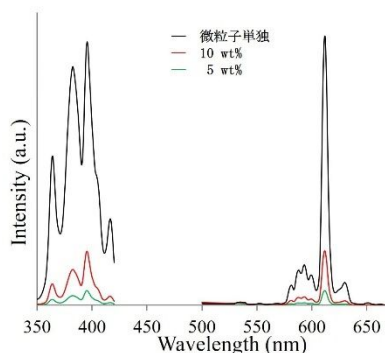


図 7

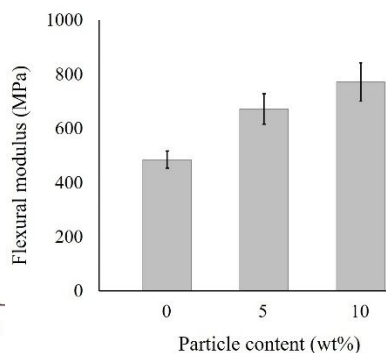


図 8

## (2) ユロピウム錯体の応用

### ( ) PMMA/MMA-BPO/amine 系レジ ンおよび 4-META/MMA-TBBO 系レジ ン

Eu(DBM)<sub>3</sub>Phen 添加 PMMA/MMA-BPO/amine 系レジ  
ンの外観は、自然光下では Eu 錯体添加率依存的にわずかに淡黄色度合い  
が増加したのに対し、Eu(DBM)<sub>3</sub>Phen 添加 4-META/MMA-TBBO 系  
レジンは、添加率によらず鮮黄色を呈することが明らかとな  
った。さらに、近紫外光照射下では、前者は添加率依存的に蛍  
光強度が増すのに対し、後者は添加率によらず蛍光を視認で  
きなかった。

Eu(DBM)<sub>3</sub>Phen 添加 4-META/MMA-TBBO 系レジ  
ンが Eu<sup>3+</sup>の励起に有効な 395 nm 付近の光を吸収できなかった要因に関し  
ては、立体障害を生じやすいフェニル基置換誘導体である DBM  
が TBBO によって異性化し、配位圏内におけるカスケード遷移  
が不成立となるためであろうと結論づけた。

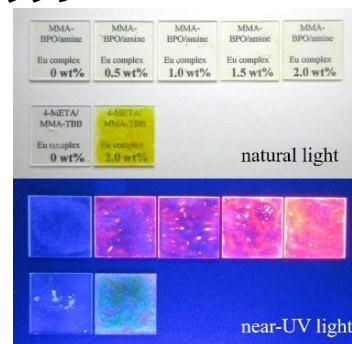


図 9

### ( ) 光重合型レジ ン

UDMA と TEGDMA(混合比 1:1)をベ  
ースモノマーとし、Eu 錯体添加率を  
変化した光重合型蛍光ボンディング  
材 5 種を試作し、光学・色彩学的評価  
を行った。自然光下での外観は、カン  
ファーキノン、Eu 錯体の添加率をと  
もに 0.1 wt%まで下げること  
で無色に近い淡黄色にできることが  
確認できた。すべての試料で 395 nm  
に励起極大波長、613 nm に蛍光極大  
波長が現れ、蛍光強度は Eu 錯体含  
有率依存的に増加した(図 10)。最  
大蛍光強度は、Eu 錯体含有率が 0.1  
wt%以下では

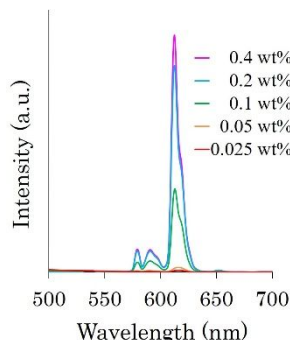


図 10

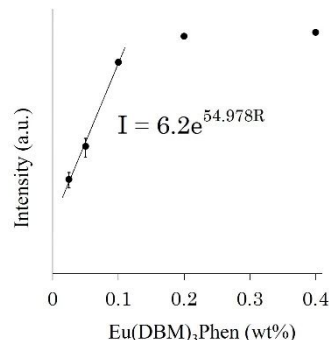


図 11

は指数関数的に増加するのに対し、0.1 wt%を超えると増加が鈍化することが明らかとなった(図 11)。色彩については、EU 錯体含有率 0.2, 0.4 wt%では明度が高すぎ、0.1 wt%未満では励起光が優勢となり蛍光を視認しづらくなるため、臨床的には 0.1 wt%が好適であると結論付けた。

次に、ベースモノマー混合比がバルク体の物理特性お  
よび機械的特定に及ぼすの影響を検証するために、4 種  
の UDMA:TEGDMA 混合比の光重合型蛍光ボンディング材を  
試作し、実験を行った。なお、ここでの仮説はボンディ  
ング材の蛍光強度はベースモノマー混合比の影響を受  
け、曲げ弾性率は影響を受けないとした。

TEGDMA などの低分子量希釈剤を多く含むほど重合収  
縮率は高くなる。図 12 に示すとおり TEGDMA 含有率に応  
じた重合収縮率の変化が段階的に現れ、UDMA:TEGDMA 混  
合比 1:1 試料と 3:1 試料との間には有意水準 5%で、1:1  
試料と 4:1 試料との間には有意水準 1%で有意差が認め  
られた。

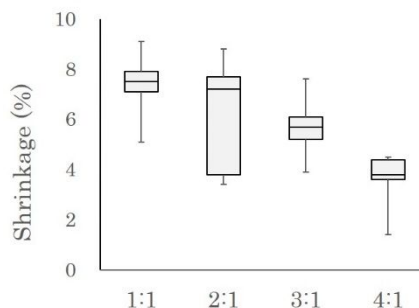


図 12

自然光下においてはすべて透明かつわずかに淡黄色の外観を、近紫外光照射下においては鮮明な赤色発光を確認できた(図 13, 14)。蛍光スペクトルパターンの高い一致性から、すべての試料の吸収および蛍光ピークは  $\text{Eu}^{3+}$  の電子遷移によるものと判断できる。なお、蛍光強度と試料の厚さとの間に一定の関係は認められなかった。

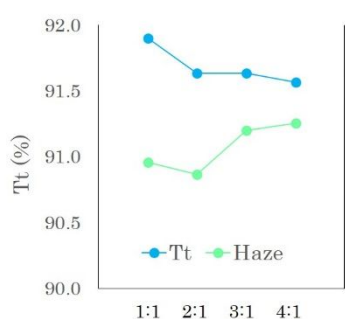
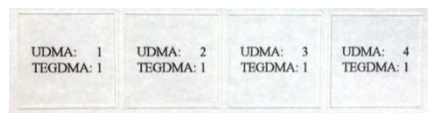


図 13

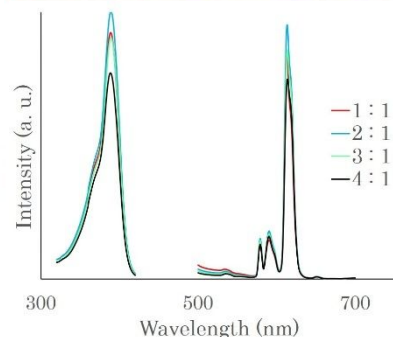


図 14

一般に、粘度が高いモノマーほど微細な気泡を

含みやすい。4 : 1 試料の蛍光強度が低い理由として、微細気泡による散乱も一因であったと推測している。実際、3 : 1 および 4 : 1 試料のヘーズ値(全光線透過率のうち拡散透過率が占める比率)は有意に高かった(1:1 - 4:1 間および 2:1 - 3:1 間は  $p < 0.05$ 、2:1 - 4:1 間は  $p < 0.01$ )。これらのことから、脱泡手順には改善の余地があるかもしれないと考えている。

自然光下においては分光色彩計により、蛍光についてはスペクトル測定データを用いた演算により CIE  $L^*a^*b^*$  色座標を求め、さらに CIE XYZ 表色系へ座標変換することで色度図を得た(図 15 : 自然光下、図 16 : 395 nm 近紫外光照射下)。自然光下での色座標はすべて同等に無色の領域に位置し、肉眼的観察結果(図 13 上段)との齟齬はなかった。また、蛍光の色座標についても、すべて赤橙色の比較的限定的な領域に位置し、肉眼的観察結果(図 14 上段)と整合した。

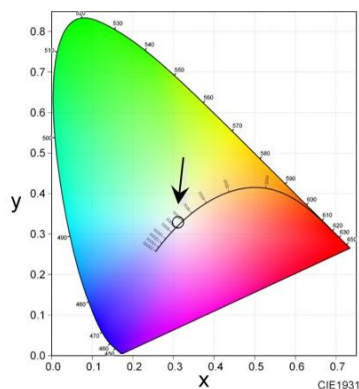


図 15

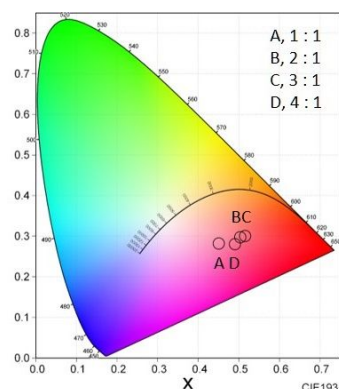


図 16

ただし、蛍光の色座標に関する各試料間の色差  $E_{ab}^* = [ (L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2 ]^{1/2}$  の値は 6.17-12.75 と大きく、色彩学的には明確な違いがあることも確認できた。

ボンディング材固有の機械的特性は、接着強さを考えるうえで界面化学と並んで重要な性質となる。当研究では UDMA と TEGDMA の二元共重合を扱うため、UDMA 含有率がコポリマーの強さ特性に支配的となる。そこで、帰無仮説をボンディング材の曲げ弾性率はベースモノマー混合比の影響を受けないとし、実験的検証を行った。曲げ弾性率は、UDMA 含有率の増加に伴うわずかな漸増傾向を示したものの、4 つのグループ間に統計学的有意差は認められず、仮説を完全に棄却することはできなかった(図 17)。

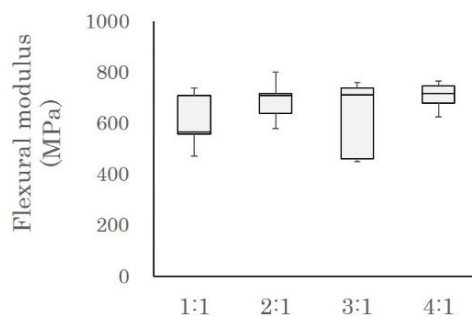


図 17

< 引用文献 >

- 1) Polat Ö et al., Angle Orthod. 75, 1036-1040, 2006.
- 2) Øgaard B et al., Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 120, 28-35, 2001.
- 3) Baumann DF et al., J. Orofac. Orthop. 72, 125-132, 2011.
- 4) Chen M et al., Dent. Mater. 28, 1232-1239, 2012.
- 5) Atabaev TSh et al., J. Colloid Interface Sci. 373, 14-19, 2012.
- 6) Devaraju MK et al., Inorg. Chem. 50, 4698-4704, 2011.
- 7) Wang W et al., Opt. Express 26, 34820-34829, 2018.
- 8) Li JG et al., J. Phys. Chem. C 112, 11707-11716, 2018.
- 9) Kang YC et al., J. Phys. Chem. Solids 60, 1855-1858, 1999.
- 10) Gao L et al., ACS Omega 5, 24222-24229, 2020.
- 11) Ogawa M et al., Langmuir 18, 4240-4242, 2002.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Akasaka T, Tamai M, Yoshimura Y, Ushijima N, Numamoto S, Yokoyama A, Miyaji H, Takata R, Yamagata S, Sato Y, Nakanishi K, Yoshida Y	4. 巻 15
2. 論文標題 Different micro/nano-scale patterns of surface materials influence osteoclastogenesis and actin structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nano Research	6. 最初と最後の頁 4201 ~ 4211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12274-021-4026-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yamagata S, Yamamoto T, Sato Y, Ushijima N, Akasaka T, Yoshida Y	4. 巻 12
2. 論文標題 Fluorescence and mechanical properties of Y2O3:Eu3+ nanophosphor-containing adhesive resins	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nano Biomedicine	6. 最初と最後の頁 19-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11344/nano.12.19	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tamaki H, Abe S, Yamagata S, Yoshida Y, Sato Y	4. 巻 10
2. 論文標題 Self-assembled monolayer formation on a dental orthodontic stainless steel wire surface to suppress metal ion elution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 coatings	6. 最初と最後の頁 367(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/coatings10040367	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yamagata S, Yamamoto T, Sato Y, Ushijima N, Akasaka T, Yoshida Y	4. 巻 11
2. 論文標題 Morphology and fluorescence of Y2O3:Eu3+ nanophosphors and dispersibility in adhesives resins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nano Biomedicine	6. 最初と最後の頁 57-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11344/nano.11.57	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Bando Y, Nakanishi K, Abe S, Yamagata S, Yoshida Y, Iida J	4. 巻 18
2. 論文標題 Electric Charge Dependence of Controlled Dye-Release Behavior in Glass Ionomer Cement Containing Nano-Porous Silica Particles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Nanoscience and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 75 ~ 79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2018.14618	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takata R, Akasaka T, Tamai M, Yoshimura Y, Taira T, Miyaji H, Tagawa Y, Yamagata S, Iida J, Yoshida Y	4. 巻 13
2. 論文標題 Effect of a nano-scale fine hole pattern on the differentiation of RAW264.7 cells into osteoclasts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures	6. 最初と最後の頁 451 ~ 458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tamaki H, Tsuchiya S, Sakurada Y, Yamagata S, Hyono A, Kaneko K, Kawai K, Abe S, Yoshida Y, Iida J	4. 巻 660
2. 論文標題 Chemical modification to suppress metal ions elution of dental orthodontic wire surface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecular Crystals and Liquid Crystals	6. 最初と最後の頁 163 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15421406.2018.1457279	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsumoto A, Yamagata S, Abe S, Akasaka T, Yoshida Y, Iida J	4. 巻 10
2. 論文標題 Optical and chromatic evaluation of fluorescent orthodontic bonding materials doped with a europium -diketonate complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nano Biomedicine	6. 最初と最後の頁 3 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11344/nano.10.3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamagata S, Yamamoto T, Sato Y, Abe S, Akasaka T, Yoshida Y	4. 巻 10
2. 論文標題 Fabrication of light-curing type fluorescent orthodontic bonding materials using europium- diketonate complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nano Biomedicine	6. 最初と最後の頁 53～60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11344/nano.10.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Honma J, Akasaka T, Tamai M, Yoshimura Y, Taira T, Miyaji H, Yamagata S, Sato Y, Yoshida Y	4. 巻 13
2. 論文標題 Fusion of RAW 264.7 macrophage cells on micro-scale fine pillar pattern	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures	6. 最初と最後の頁 1123～1131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Yamagata S, Yamamoto T, Yoshida Y, Sato Y
2. 発表標題 Properties of novel urethane-based fluorescent bonding materials containing europium- diketonate complex
3. 学会等名 The 9th International Orthodontic Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Endo R, Nakanishi K, Bando Y, Abe S, Yamagata S, Yoshida Y, Sato Y
2. 発表標題 Comparison of the ability of nanoporous silica to release antimicrobial agents depending on the pore size
3. 学会等名 The 9th International Orthodontic Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 高田 亮, 山方秀一, 斉藤文男, 山本隆昭, 佐藤嘉晃
2. 発表標題 矯正歯科治療へのグリコール変性ポリエチレンテレフタレートの新しい応用
3. 学会等名 第61回北海道矯正歯科学会総会・学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tamaki H, Abe S, Yamagata S, Yoshida Y, Iida J, Sato Y
2. 発表標題 Multifunctional surface modification on dental orthodontic wire surface: Suppression of metal ions elution and antibacterial property
3. 学会等名 The 17th International Nanotech Symposium & Exhibition (NANO KOREA 2019 Symposium) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤諒俊, 中西 康, 坂東洋祐, 松本愛子, 阿部薫明, 山方秀一, 吉田靖弘, 佐藤嘉晃
2. 発表標題 ナノ多孔質シリカの孔サイズがもたらすイオン放出能への影響
3. 学会等名 第78回日本矯正歯科学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Endo R, Nakanishi K, Bando Y, Abe S, Yamagata S, Yoshida Y, Sato Y
2. 発表標題 Effect of particle and pore size of nano porous silica on ion release ability
3. 学会等名 The 19th Asian BioCeramics Symposium (2019ABC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakanishi K, Bando Y, Abe S, Yamagata S, Yoshida Y, Iida J
2. 発表標題 Drug sustain-release property of glass ionomer cement containing nano-porous silica
3. 学会等名 The 96th General Session & Exhibition of the IADR, which was held in conjunction with the IADR Pan European Regional Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bando Y, Nakanishi K, Abe S, Yamagata S, Yoshida Y, Iida J
2. 発表標題 Development of novel multi-functional glass ionomer cement using nano-porous silica
3. 学会等名 The 96th General Session & Exhibition of the IADR, which was held in conjunction with the IADR Pan European Regional Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本間 淳, 赤坂 司, 山方秀一, 佐藤嘉晃, 吉田靖弘
2. 発表標題 マイクロナノパターン構造を付与したCOP filmによる細胞接着への影響について
3. 学会等名 2018年日本バイオマテリアル学会北海道ブロック第3回研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山方秀一, 佐藤嘉晃, 阿部薫明, 赤坂 司, 吉田靖弘
2. 発表標題 ユウロピウム錯体を用いた矯正歯科用蛍光ボンディング材の試作
3. 学会等名 第72回日本歯科理工学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高田 亮, 赤坂 司, 山方秀一, 佐藤嘉晃, 飯田順一郎, 吉田靖弘
2. 発表標題 マイクロ・ナノ構造が細胞接着にもたらす影響
3. 学会等名 第77回日本矯正歯科学会学術大会・第7回日韓ジョイントミーティング
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 玉木宏典, 阿部薫明, 山方秀一, 佐藤嘉晃, 飯田順一郎, 吉田靖弘
2. 発表標題 矯正歯科用ステンレスワイヤーへのイオン溶出抑制を目的とした表面化学修飾
3. 学会等名 第77回日本矯正歯科学会学術大会・第7回日韓ジョイントミーティング
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tamaki H, Tsuchiya S, Abe S, Yamagata S, Yoshida Y, Iida J
2. 発表標題 Chemical modification on dental orthodontic wire surface for suppression of metal ions elution and antibacterial property
3. 学会等名 28th International Conference and Expo on Nanosciences and Nanotechnology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高田 亮, 赤坂 司, 山方秀一, 佐藤嘉晃, 吉田靖弘
2. 発表標題 マイクロ・ナノ構造が歯周組織関連細胞の挙動にもたらす影響
3. 学会等名 平成30年度北海道歯学会秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本間 淳, 赤坂 司, 山方秀一, 佐藤嘉晃, 吉田靖弘
2. 発表標題 マイクロ・サブマイクロパターン構造を付与したCOP film上における細胞挙動
3. 学会等名 平成30年度北海道歯学会秋季学術大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

北海道大学大学院歯学研究院口腔機能学分野歯科矯正学教室研究内容  
<https://www.den.hokudai.ac.jp/orthodontics/research/ken04/>  
 北海道大学大学院歯学研究院口腔機能学分野歯科矯正学教室研究業績  
<https://www.den.hokudai.ac.jp/orthodontics/publication/>

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関