

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：33703

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K09983

研究課題名（和文）着脱可能型レジンセメントシステムにおける近紫外光LED照射器の開発

研究課題名（英文）Development of UV-LED light irradiator for detouchable resin cement system

研究代表者

高垣 智博（Takagaki, Tomohiro）

朝日大学・歯学部・准教授

研究者番号：60516300

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：臨床においては、光分解のためのより安全な波長域のUV-LED光照射器を用いる必要がある。試作UV-LEDを用いて、電源装置や遮蔽環境下での光照射が可能な実験用の照射装置の確立を試みた。具体的には265, 285, 300, 340nmの波長を持ったLEDを試作し、光源からの距離における照度計測を実施した。また、UV-LED装置の他用途への応用の検討として、歯質漂白剤との併用や、歯冠修復材料表面のコンタミネーションの除去などの検討を加えた。現在の試作型UV-LED光照射器のLED素子をベースにして口腔内で応用した際にも十分な光量を確保できる照射装置のデザインを検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、従来歯科では用いられてこなかったUV領域のLEDを用いた光照射器を開発することにより、接着性レジンセメントの硬化反応に可逆性を付与することを目的としている。安全かつ高出力な紫外光LED照射器は現在臨床応用されておらず、他にも安全かつ効率の高いホワイトニングや、歯冠修復材料の表面のコンタミネーションの除去への応用も期待される。これらの技術が確立されることで、歯科の臨床におけるさまざまな問題解決が可能であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In clinical settings, it is necessary to use UV-LED light irradiation devices with safer wavelength ranges for photodecomposition. We attempted to establish an experimental irradiation device using a prototype UV-LED that allows for light irradiation under power supply and shielding conditions. Specifically, we prototyped LEDs with wavelengths of 265nm, 285nm, 300nm, and 340nm, and conducted illuminance measurements at various distances from the light source. In addition, we considered the application of UV-LED devices to other purposes, such as simultaneous use with tooth whitening agents or removal of contamination on the surface of dental crown repair materials. We explored the design of an irradiation device that ensures sufficient light intensity when applied in the oral cavity, based on the LED elements of the current prototype UV-LED light irradiation device.

研究分野：歯科保存学

キーワード：UV-LED 光照射器

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来から接着性レジンセメントは、歯質への接着性能とその耐久性の向上を主眼に開発されてきた。化学重合と光重合を組み合わせたデュアルキュアタイプが現在では主流であり、近年ではその信頼性は非常に高く、臨床でも間接法修復だけでなく、幅広く応用されている。しかしながら、従来からの「仮着」「本着」の概念では、接着性レジンセメントを使用しての修復物の装着は基本的には不可逆的なものであり、脱離ならびに破折防止への信頼性向上は望めるものの、修復物の部分的な破折や、マージンからの二次う蝕発生時には、破壊的な方法で修復物全体を撤去せざるを得ないのが現状である。申請者らは、ポリエチレングリコール(PEG)鎖が環状分子である α -シクロデキストリン(α -CD)の空洞部を貫通したポリロタキサン(PRX)の超分子骨格を用いた光分解性 PRX 架橋剤を開発し、可視光照射にて硬化し、紫外光照射で分解する硬化体の作製が可能であることを報告している。このような 2 種類の光によって硬化体強度を制御し得る材料を用いることで、従来では不可能であった着脱可能なレジンセメントシステムの開発の可能性が期待される。しかしながら、臨床にて口腔内や歯科材料に応用可能な光照射器はまだ開発されておらず、検討が必要であった。申請者らは近年高出力化が著しい UV-LED に着目し、臨床にて応用可能な UV-LED 光照射器の開発の検討を行うこととした。

2. 研究の目的

本研究においては、光分解のための UV-LED 光照射器の検討が不可欠である。UVC 領域(波長 280nm 以下)での光分解性能はすでに検討しているが、臨床応用を進めるためより安全な波長域の UV-LED 光照射器を用いる必要がある。試作 UV-LED を用いて、電源装置や遮蔽環境下での光照射が可能な実験用の照射装置の確立を試みることにした。

1) 着脱可能なレジンセメントシステムへの応用を目的とした研究

口腔内に応用可能な機器とするために、試作光照射器を作製し、さまざまなワーキングディスタンスでの実効照度を測定し臨床応用時の実効性を検討する。

2) 試作 UV-LED 光照射器を用いた、他分野への技術応用

試作 UV-LED 光照射器を用いた、ホワイトニング効果の向上や、歯冠修復材料の表面汚染除去への検討を実施する。

3. 研究の方法

1) 波長域の異なる 4 種の UV-LED を試作し、ワーキングディスタンスごとの照度の計測や、実験試料への照射を行うための光照射器の試作を行った。図 1 に示すように、波長域の異なる UV-LED (265nm, 285nm, 300nm, 340nm) を基盤プレートに着脱可能な形にし、試料片への照射距離を厚みの異なるスペーサーにてコントロールできる形態とした。この試作 UV-LED 光照射器を用いた際に実際に試料上で得られる照度を測定した。

2) ホワイトニング材料への光照射の検討においては、変色歯を模倣した牛歯を用いて、低濃度の過酸化水素と二酸化チタン光触媒を含むオフィスブリーチング剤を用いた際の光照射の効果を検討した。具体的には試作 UV-LED 265nm, 300nm を用いて、従来から臨床応用されている 405+470 nm の波長での光照射との比較検討を行った。漂白前後で色を測定し、色差 (E) を比較検討した。

3) 歯冠修復材料の汚染除去効果の検討においては、イットリウム安定化ジルコニア (YZr)、Pd-Au 合金 (Pd-Au) ニケイ酸リチウムガラスセラミック (LDS) の 3 種を用いて検討を実施した。試料の半分は炭素吸着による汚染を模倣するために、機械油に 24 時間浸漬され、その後、すべての試料 (非炭素吸着および炭素吸着試料) は、15W の UV-LED (265nm, 300mA, 7692 μ W/cm²) で 0 分 (対照群) 5 分、および 15 分の UV 照射を行ったのち、接触角 (θ) の測定およびレジンセメントを用いた引張接着試験 (TBS) 実施した。

4. 研究成果

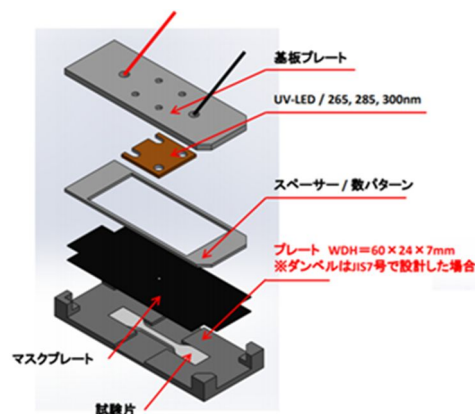


図1 試作 UV-LED を用いた照射装置 照射光量のコントロールが可能

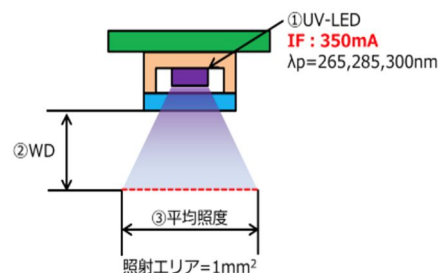


図2 照射装置を用いた照度計測の模式図

1) 実効照度の測定

試作 UV-LED 光照射器を用いた際のワーキングディスタンスごとの照度を算出した。結果を表 1 に示す。ワーキングディスタンスが 2 mm 以下であれば、試作 UV-LED においても PRX 架橋剤の分解に必要な十分な照度を得られるものの、10 mm を超える距離においては、照度が著しく減弱し、特に 265nm の LED においては、光量が不足する可能性が示された。臨床応用においては、ワーキングディスタンスが 2 mm を超過することも想定されるため、照射器の製作においては、レンズを用いた集光型にするなどの工夫が必要であることが示された。

平均照度：mW/cm²

波長 (nm)	光出力 (mW)	WD=0.5mm	WD=1mm	WD=2mm	WD=10mm	WD=20mm	WD=50mm
265	12	170	98	43	3.0	0.8	0.14
285	30	425	245	108	7.5	2.0	0.34
300	30	425	245	108	7.5	2.0	0.34
340	30	425	245	108	7.5	2.0	0.34
照度実測	不可	不可	不可	可	可	可	

表 1 試作各波長 UV-LED におけるワーキングディスタンスと照度

2) ホワイトニング材料への光照射の検討

試作 UV-LED 光照射器を用いた群においては、265nm 並びに 300nm どちらにおいても、従来からの可視光照射器である 205+470nm 群と比較して、有意に E の上昇を認めた。UV-C 並びに UV-B 領域の光照射器を用いることでオフィスブリーチング材料の効果が著しく向上することが示された。歯質表面への照射であるため現状の UV-LED でも十分に効果が得られることが示されたため、今後安全性の検討と共に製品開発が期待される。

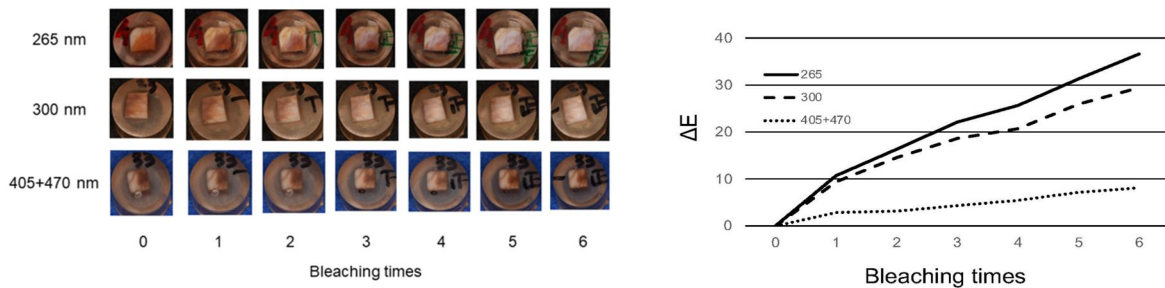


図 3 各種波長光照射におけるホワイトニング前後の色調変化 (画像並びに ΔE)

3) 歯冠修復材料の汚染除去効果の検討

得られた各群の引張接着強さを表 2 に示す。全ての材料において、炭素吸着試料は著しい接着強さの低下を認めた。265nm の UV-LED にて光照射を行った群は照射時間の経過とともに接着強さが回復する傾向がみられた。別途表面における接触角の分析も実施しているが、炭素吸着試料においては非炭素吸着試料と比較して初期は有意に接触角が上昇したものの、UV 照射後は接触角が有意に低下した。これらの結果からも、歯間修復材料における炭素汚染の除去に対して UV-LED を用いた光照射は有用である可能性が示された。汚染除去の用途に関しても、ワーキングディスタンスは 10 mm で実施しているため、光照射器の製品化に従文期待が持てる結果となった。

Material	Surface condition	UV-mediated photofunctionalization time		
		0 min	5 min	15 min
YZr	Noncarbon-adsorbed	25.3 (4.5) ^{aA}	29.2 (5.7) ^{aA}	35.2 (7.7) ^{bA}
	Carbon-adsorbed	9.6 (4.1) ^{aB}	14.6 (4.7) ^{bB}	18.9 (4.5) ^{cB}
LDS	Noncarbon-adsorbed	11.8 (3.6) ^{aA}	11.6 (3.6) ^{aA}	12.8 (4.1) ^{aA}
	Carbon-adsorbed	5.0 (2.5) ^{aB}	6.8 (3.0) ^{aB}	11.2 (3.4) ^{bA}
Pd-Au	Noncarbon-adsorbed	16.7 (2.7) ^{aA}	17.0 (4.7) ^{aA}	18.5 (4.1) ^{aA}
	Carbon-adsorbed	5.1 (1.9) ^{aB}	6.7 (2.2) ^{aB}	13.1 (3.5) ^{bA}

表 2 各材料における炭素吸着の有無並びに UV 照射時間ごとの引張り接着強さ

これらの研究成果から、試作 UV-LED 光照射器を臨床応用する製品化のための基盤となるデータを構築することができた。これらの成果を基に、今後の UV-LED 光照射器製品化を検討していくことが期待される

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Ishikawa Kyoko, Yamauti Monica, Tichy Antonin, Ikeda Masaomi, Ueno Takeshi, Wakabayashi Noriyuki, Thanatvarakorn Ornnicha, Prasansuttiporn Taweesak, Klein-Junior Celso Afonso, Takahashi Akifumi, Takagaki Tomohiro, Nakajima Masatoshi, Tagami Junji, Hosaka Keiichi	4. 巻 2021
2. 論文標題 UV-Mediated Photofunctionalization of Indirect Restorative Materials Enhances Bonding to a Resin-Based Luting Agent	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BioMed Research International	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1155/2021/9987860	査読の有無 無
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0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------	---------