

研究種目：基盤研究 (C)  
研究期間：2007 ～ 2008  
課題番号：19592217  
研究課題名 (和文) コンポジットレジンを変化させない無影灯の開発  
研究課題名 (英文) Development of dental unit light that there is no influence in the polymerization of resin composite.

## 研究代表者

藤林 久仁子 (FUJIBAYASHI KUNIKO)  
鶴見大学・歯学部・助教  
研究者番号：70196806

## 研究成果の概要：

可視光線重合型のコンポジットレジンが専用の光照射器以外の光でも重合を起こす。特にユニット無影灯は照度が著しく高いため、影響は大きい。臨床で使用している無影灯の波長特性および無影灯暴露下でのコンポジットレジンの操作時間を測定したところ、無影灯の波長域は可視光全域に渡っていた。照度は短距離では36500lx～8490lxであった。光レジンの操作時間は無影灯点灯下では著しく短縮した。

このことより、ユニット無影灯はコンポジットレジンの操作時間に著しい影響を与えることがわかった。

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19年度	1,000,000	300,000	1,300,000
20年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：無影灯、コンポジットレジン、操作時間

## 1. 研究開始当初の背景

最近 20 年のコンポジットレジンと接着性の進歩は歯科界に大きな転機をもたらしている。コンポジットレジン修復は、齲蝕治療において最小限の侵襲で最大限の効果を得られるため、多くの歯科医師にとって、大変重要な手技の一つとなっている。

光重合型コンポジットレジンの利点の一つとして、照射機で光を照射するまで硬化を開始しないため、十分な作業時間をとれるということがある。しかし、実際には様々な要因で十分な操作時間が得られないことが多い。

可視光線重合型のコンポジットレジンとは、専用の光照射器以外の光でも重合を起こすこととはすでに良く知られており、臨床においても付形に時間がかかる前歯部の大きな充填などの際に問題になって来ることが多い。

これは、室内照明や太陽光にコンポジットレジンの感光剤を反応させる波長域の光が含まれていることが原因であるが、特にユニット無影灯は他の環境光と比較して光強度が著しく高いため、影響は大きい。多くの歯科材料が光重合型となっている現在、この事実は小さな問題ではない。

## 2. 研究の目的

可視光線重合型のコンポジットレジンが専用の光照射器以外の光でも重合を起こすことは良く知られている。臨床においても付形に時間がかかる前歯部の大きな充填などの際に問題になって来ることが多い。これは、室内照明や太陽光にコンポジットレジンの感光剤を反応させる波長域の光が含まれていることが原因であるが、特にユニット無影灯は他の環境光と比較して光強度が著しく大きいため、コンポジットレジンの操作時間に与える影響は大きいと思われる。

この研究の目的は、ユニット無影灯がコンポジットレジン操作時間におよぼす影響につ

いて確認し、影響を及ぼさない無影灯開発の一助とすることである。

## 3. 研究の方法

### 実験1 ユニット無影灯の光学的特性の測定

表に実験に使用した無影灯の仕様を示す。ユニット無影灯は鶴見大学附属病院保存科で使用している 28 台を使用した。内訳はヨシダ社製 8 台、オサダ社製 9 台、モリタ社製 11 台である。

manufactue	YOSHIDA	MORITA	OASDA
lightsource	halogen	halogen	halpgen
	100W/12V	50W/12V	50W/12V

測定に際しほこりの除去等の清掃を行い、調光装置の付属しているものについては最高出力の状態にした。

### 1) 波長特性の測定

各無影灯の照射光の分光波長分布を波長別エネルギー測定器 LI-1800 (Licor, USA)を用いて測定した。測定波長域は 300~800 nm とした。

### 2) 照度の測定

各無影灯の照度は測定器を光源の直下に設置し、測定をおこなった。照度計として IM-3 (Topcon, Tokyo)を用いた。

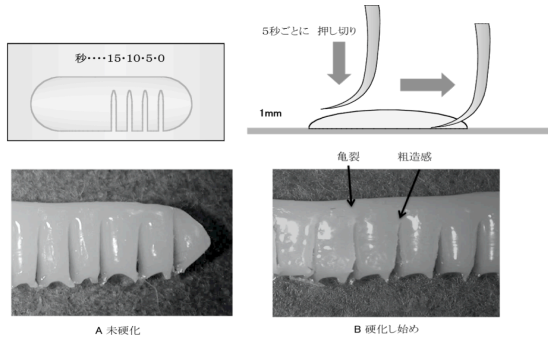
測定距離は、治療中の歯科医師 27 人で測定した治療部位から無影灯までの平均距離 47cm と ISO9680 の基準に準じた 70cm とした。

実験 2 コンポジットレジン操作時間の測定  
ユニット無影灯は、各メーカーとも照度の比較的高いものと低いものを 2 台ずつ選択し、計 6 台を使用した。

クリアフィル AP-X、ハーキュライト XRV、フィルテック Z-250 の 3 種について、無影灯および室内光にコンポジットレジン曝露したときの硬化開始までの時間を操作時間として以下の方法で測定した。

測定方法

操作時間の判定基準を図に示す。



レジンペースト約0.5gをスライドガラス上に採取し、巾約5mm、長さ約15mm、厚さ約1mmとなるようにポリエステルストリップを介して圧接し、平坦な試料とした。この試料を無影灯直下47cmの位置に設置し、5秒間隔で曲の探針を用いて押し切るように切断し、硬化開始までの時間を測定した。

判定の基準は、探針をコンポジットレジンに押しこむ時の手指の感覚を指標とした。

コンポジットレジンが未硬化時には探針圧入時の抵抗は少なく、切痕も滑らかな断面を呈するが、硬化し始めると抵抗感を触知するようになる。その後には押し切った断面が粗造となり、探針を圧入した部分から亀裂が入るようになる。さらに硬化すると探針が圧入不可能となるが、抵抗感や粗造感を生じた時点で充填操作には適さない状態となる。これを利用して探針を試料に圧入した時に以下のいずれかの状態を呈した時点で充填操作不能と判定し、無影灯点灯開始からの時間を測定値とした。

- ・探針の圧入時に抵抗感を感じる
- ・押し切った断面が粗造である
- ・圧入時に試料に亀裂が入る

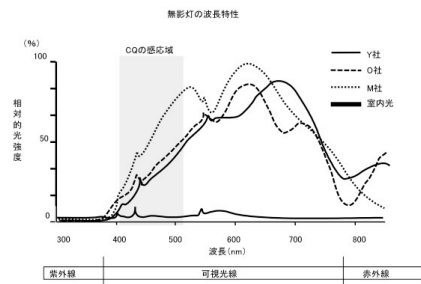
試料数は、各条件とも5試料とした。

測定結果は Welch の t 検定を用いて危険率0.5%で統計解析を行った。

## 4 研究成果

### 実験1 光学的特性の測定

#### 1) 波長特性



図にユニット無影灯の分光波長分布曲線を示す。

同一メーカーでは、同様の波長特性を示したため、代表的なものを表示した。

実線は室内光の分光波長分布である。

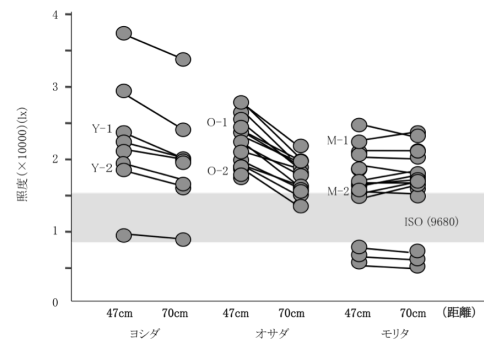
照射光の波長域は可視光全域に渡っており、すべての無影灯で380nm以下の紫外域は含まれていなかった。ヨシダ社製ユニット付属無影灯(以下ヨシダ)、オサダ社製ユニット付属無影灯(以下オサダ)はコンポジットレジンの重合に関与する400~500nm付近にピークはなく、ヨシダは680nmにピークを持つ1ピーク型、オサダは540nmと600nmと700nmにピークを持つ3ピーク型を示した。

モリタ社製ユニット付属無影灯(以下モリタ)は510nmと600nmにピークが認められた。

また、ヨシダとオサダは赤外域のピークも認められた。

室内光は蛍光灯の発光波長と思われる400nm、420nm、540nmにピークが認められた。

#### 2) 照度



図に各無影灯の照度を示す。

無影灯の照度は最高36500lx、最低8490lxと大きくばらついていた。

無影灯からの測定距離が 47cm と 70cm を比較すると、ヨシダとオサダは 70cm の照度が 47cm より低く、ヨシダは平均 12%、オサダは平均 22%照度が減衰したが、モリタは距離を離しても照度はほとんど減衰せず、反対に上昇する無影灯も見られた。

## 実験 2 コンポジットレジン の操作時間の測定

表3 コンポジットレジンの操作時間 (秒)

メーカー	照度 (lx)	APX 平均 (S.D.)	HL 平均 (S.D.)	Z-250 平均 (S.D.)
ヨシダ	23000	43.0( 2.7) a	37.0( 2.7) c	52.0( 4.5) f
ヨシダ	17000	42.0( 2.7) a,b	46.0( 2.2) d	54.0( 5.5) f
オサダ	23300	52.0( 2.7)	39.0( 5.3) c,e *	45.0( 5.0) e,h *
オサダ	18110	38.0( 2.7)	48.0( 2.7) d	73.0( 6.7)
モリタ	23700	39.0( 2.2) b **	28.0( 5.7)	41.0( 2.2) e,j **
モリタ	13430	51.0( 4.2)	43.0( 2.7) e	65.0( 3.3) h,j
	8200以上		1800以上	1800以上

同一アルファベット、記号間に有意差なし (p>0.05)

表にコンポジットレジンの操作時間を示す。図、表中の同一のアルファベットおよび記号間には有意差を認めなかった。

測定に使用した無影灯はそれぞれのメーカーの中で著しく照度が高いものと低いものを除外したものの中から照度が高めのもので低めものを任意に選択した。

各コンポジットレジンとも、室内光では 30 分以上硬化を始めないのに対し、無影灯点灯下では操作時間は著しく短縮し、APX では 30～60 秒(平均 43.9 秒)、HL では 20～45 秒(平均 39.7 秒)、Z250 では 40～80 秒(平均 51.1 秒)となった。全ての条件下においてコンポジットレジンの操作時間は、室内光と比較すると有意に短縮した。(p>0.05)同一メーカーで照度の高い無影灯と低い無影灯を比較すると、APX の操作時間はオサダ(O-1, O-2)とモリタ(M-1, M-2)では照度の影響を受け、照度の高い無影灯の方が有意に操作時間が有意に短縮したが、ヨシダ(Y-1, Y-2)では照度の影響は認められなかった。HL の操作時間はヨシダ、オサダ、モリタのすべての無影灯で照度の影響を受け、照度の高い方が有意に操作時間が短縮した。Z250 の操作時間はオサダでは照度の影響が認められたが、ヨシダ、モリタでは照度の影響は認められなかった。

## 考察

### 1 無影灯の基本的構造

歯科用無影灯は光源から放射された光を直

接前方には出さず、まず光源後方の反射鏡へ放射して集光と波長の調整を行ってから前方へ放射する構造となっている。

#### 1) 光源

無影灯の光源は、全てハロゲンランプが用いられている。これは、ハロゲンランプが小型で大きな照度が得られ、かつ電圧変化させることで調光が可能であること、またハロゲンランプ放射光の波長分布が広範囲であることから良好な演色性を持つことなどが選択の要因となっていると考えられる。

#### 2) 反射鏡

無影灯の反射鏡の役割は大きく、照射野の大きさ、焦点距離、波長の調整を行っている。基盤のガラスに光学多層膜と呼ばれる、光の屈折率が異なる膜を複数枚コーティングすることで光の干渉を利用し、任意の波長を透過させたり、反射させたりすることにより波長の調整をしている。<sup>3, 4)</sup>発熱を引き起こす赤外線もこれによって反射鏡後方に透過させることによって照射対象物の温度上昇を抑えることができる。このような反射鏡をコールドミラーと呼ぶ。また、ガラスのレンズカットによって照射野の大きさ、焦点距離等も調整可能である<sup>5)</sup>。

## 2 無影灯の所要条件

ISO9680 Dental operating light に歯科用無影灯についての基準があげられており、これを参考に考察する。

### 1) 照度

ISO9680 では歯科用無影灯の照度は調光可能であり、8000～15000 lx がその範囲に入っていることとなっている。また、JIS(Z9110-2010)照度基準で、手術野の照度は 10,000～100,000 lx となっている。

歯科治療は「細かい作業」「色合わせ」を含む、医療の中でも特に精密性の高い作業を含んでいる。治療室全般の適正照度は 1000 lx であり、さらに術野は可及的に明るい方が術者の眼精疲労を軽減すると言われている。しかし口腔外照明を用いた場合、口腔内の明るさは前歯部唇面と比較して口腔内では 90%以上減衰することが知られている。また、無影灯の照度が高

すぎると、光を反射しやすい前歯部歯質と光の届きにくい口腔内との照度が著しく異なるため、狭い範囲において明暗のコントラストが強くなりすぎてかえって眼の疲労を引き起こすことが考えられる。このため、口腔外照明灯である無影灯の照度の増加は口腔内の照度上昇にはつながりにくい。これを改善する目的で口腔内に光源を設置する装置の研究が以前から行われており、照明付きのタービンハンドピースなどが普及してきている。

## 2) 照射野の大きさ

ISO9680 5.2 では、照射野中心が最大照度とした場合、中心から直径 50 mm は最大照度の 75%以上となり、中心から 60mm 離れた場所では 1200 lx をこえないとなっている。これは患者に眩惑を起こさせないためであるが、通常無影灯光源は患者の視線の近くにあることや、光源の輝度が高いことからかなりの眩惑感(眩しさ)を患者に与えていることが考えられる。

## 3) 焦点距離

前記した2項目の基準は ISO9680 により定められた試験法で計測することになっており、その際の距離は 70cm となっている。このため、無影灯の焦点距離は 70cm 内外と考えられるが、実際の診療中に測定した無影灯一術野間の距離は平均 47cm であった。

実験 2 より、通常の光源の場合、照度は距離の二乗に逆比例するが、最も減衰が大きかった無影灯においても約 30%程度の減弱であった。このことよりメーカーによって焦点距離の設定は異なると思われるが、ユニット無影灯の焦点距離はある程度の中を持って設定されていると思われる。

## 4) 光の性質

ユニット無影灯の色温度は、ISO では照度 15000 lx の時、色温度が 3600~6500 K であることと規定されている。また、診療中の照明としては ISO8995: The lighting of indoor work systems. に Ra90 以上 1A ランクの光源が推奨されるとされている。通常の照明は一般に自然日光(色温度: 5500k)に近い方がよいとされており<sup>5)</sup>、歯科診療を行う場合にも診断や修復物、補綴物の

色あわせといった照明が重要となる場面は多いため、できるだけ自然日光に近い照明が望ましいと言える。無影灯の波長特性に関しては ISO には規定されていないが、通常の診療においては良好な演色性を持つこと、温度上昇を起こさないこと、良好な演色性を示すことが必要と思われる。その反面、太陽光と同じように広い波長域をもつ光はコンポジットレジン<sup>6)</sup>の重合に関する波長域も多く含まれるため、無影灯の様に照度が大きいと光の中に含まれる 400~500nm の総量も多くなり、光重合型材料の硬化が不必要に促進されることが懸念される。色あわせ以外の診療操作、特にコンポジットレジンの操作中においてはこの波長域をできるだけ排除した光源が望ましい。

## 3 コンポジットレジンの操作時間

### 1) 操作時間の測定方法

コンポジットレジンの操作時間の測定法は ISO4049 に規定されている。

抜粋すると、照度が 8000±1000lx の光源下にコンポジットレジン<sup>6)</sup>を 60±5 秒間暴露し、その後 2 枚のスライドグラスをせん断力を生じさせるように押しつぶして薄層を生じさせ、材料が均一かどうかを目視で判断するというものである。

この検査法は、光重合型材料が基準に適合しているか否かを判断するものであり、非常に簡便であるが、経過時間による変化を判定しにくいと思われたため、今回は同一評価者による押し切り試験を考案した。コンポジットレジン<sup>6)</sup>は未硬化時には探針の圧入時にも抵抗は少なく、切痕も滑らかな断面を呈するが、硬化し始めると抵抗感を触知するようになる。やがて押し切った断面が粗造となり、探針を圧入した部分から亀裂が入るようになる。さらに硬化すると探針が圧入不可能となるが、抵抗感や粗造感を生じた時点で充填操作には適さない状態となる。硬化を開始したレジンペーストをさらに付形しようとすると、気泡の混入や表面荒れの原因となる。このため、この時点から充填操作が不可能になると判断し、前回までの時間を操作可能時間とした。また、全ての試料において抵抗感を感知始めてから 10~15 秒後には探針の圧入が不可

能となった。この評価法は評価者の手指感覚に頼ることとなるが、硬化しはじめたコンポジットレジンでは明らかに触覚が異なるために再現性の良い結果となった。

この試験法はレオメーターやビッカース針等の特別な器材を使用せずに操作時間を測定できる簡便な方法と思われる。

## 2) 照度と操作時間

ISO4049の基準を満たしたのはO-2の無影灯で Z250 を硬化させたときの 1 条件のみであった。その他の条件では、すべて 60 秒以前に硬化を開始していた。

これは、ISOの基準では照度が8000±1000 lx という照度の低い無影灯での操作時間であるため、このような結果となったものと考えられる。

しかしながら、臨床で使用されている無影灯の照度はほとんどが 15000 lx 以上であるため、ISOの基準を満たしたコンポジットレジンにおいても実際に臨床において使用する場合のコンポジットレジンの操作時間は基準より短い結果となった。

同一メーカーで照度の高い無影灯と低い無影灯を比較すると、実験 2 の結果より、コンポジットレジンによっても照度の変化が操作時間に影響をおよぼしやすいものとあまり影響しないものがあることがわかった。

## 4 十分な操作時間を確保するための対応について

診療操作の種類によって照度を調整することが最も簡単な方法と考えられ、ISOによっても照度を調整する装置は推奨されている。しかし各メーカーとも調光装置はスピットンの横やライトの裏面と言った場所に設置されているため、簡単に操作できるとは言えず、作業の種類によって調節するにはあまり実用的でないと思われる。

ユニット無影灯の照度には大きなばらつきが見られたが、新しいユニットに付属しているものはほぼ 20000lx 以上で最高 36500 lx 以上の無影灯もあった。光重合型材料を開発、製造しているメーカーにおいても、操作時間の設定を考慮しているとは思われるが、ISOの基準よりはるか

に高い照度の無影灯が使用されている現状においては、実験結果のように臨床に必要な十分な操作時間が得られないという結果になっている。そのため、日常臨床の場においては複雑な付形を要する前歯部の修復時などには無影灯の光軸をずらしたり、消灯するなどの対応を余儀なくされている。

術者や介助者の眼の疲労を考えても、30000lx を超えるような口腔外照明の必要性は希薄で、光重合型材料の操作時に点灯する補助灯や、付形時に簡便に設置できる波長フィルター等の開発が必要であると思われる。

## 結論

- 1) ユニット無影灯の照度は ISO の基準より 2 ～3 倍の強度を示した。
- 2) 無影灯の照射光はコンポジットレジンの重合に関与する波長域を含んでいた。
- 3) コンポジットレジンの操作時間は無影灯曝露下では著しく短縮した。
- 4) コンポジットレジンの操作時間を短縮させない補助灯や、フィルターの開発が必要であると思われる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

藤林久仁子, 湯浅茂平, 岩瀬弘和, 高水正明: ユニット無影灯がコンポジットレジンの操作時間におよぼす影響; 日本歯科保存学雑誌 53 巻 3 号

[学会発表] (計 1 件)

### (1) 研究代表者

藤林久仁子 (鈴木久仁子)  
(FUJIBAYASHI KUNIKO(SYZUKI KUNIKO))

研究者番号: 70196806

鶴見大学・歯学部・助教

### (2) 研究分担者

池島 巖 (IKEJIMA IWAO)

研究者番号: 50222865

鶴見大学・歯学部・助教