

根管壁反射光スペクトラム解析とその臨床応用

山 岸 定 雄

東北大学歯学部歯科保存学第一講座

(指導: 堀内 博教授)

(昭和 62 年 12 月 4 日受付, 昭和 62 年 12 月 5 日受理)

Spectrum analysis of reflected light from canal walls and its possibility of clinical application

Sadao Yamagishi

Department of Endodontics and Periodontics, Tohoku University

School of Dentistry, Sendai

(Director : Prof. Hiroshi Horiuchi)

内容要旨: 根管形成の完了を判定する客観的基準として, 根管壁に光を照射した際得られる反射光の色調に着目した。まず根管内に挿入可能な寸法の光プローブを試作し, これに照射および採光用の 2 系統の光ファイバーを組み込んだ。光プローブにて導出した根管壁反射光は, モノクロメータを介してフォトンカウンタで光量を測定した。測定対象としてハイドロキシapatite 焼成体, ヒトの抜去歯 21 本, および根管治療途中の歯 13 本を用いた。

その結果, 抜髄後の根管および根管拡大を充分におこなった後の感染根管から得たスペクトラムパターンは, ハイドロキシapatite と類似したパターンが得られた。根管拡大前の感染根管では多様なスペクトラムパターンを示し, 根管内壁を希ヨードチンキで染色すると短波長領域での光量の低下が著明であった。

根管内反射光スペクトラム強度パターンの解析は根管形成をする際の拡大完了点を客観的に判定する基準として有用であると思われる。

はじめに

根管処置において成功を収めるための要因は幾つかあるが, 中でも最も重要なものは, 十分な根管形成と気密な根管閉鎖であるとされている。根管形成は, 根管充填し易い形態を作るのみでなく, 根管内細菌を除去することにより, 根尖創面の治癒を得ようとする操作であり, 根管壁の機械的拡大と化学的洗浄・消毒操作を内包している。根管形成が不十分であるならば根管内に微生物の活動の場を残すことになるし, 過度に及ぶならば歯根の脆弱化につながる。機械的根管形成終了の目安として, 用いられてきた基準は (1) 最初に根尖まで挿入できたリーマーのサイズより 3 サイズ大きいものまで, (2) リーマーに付着する根管壁削片の色調が白くなりいわゆるホワイト・デンティン状となるまで, および (3) 手用リーマーを用いる際に指に伝わ

る感触に頼り根管壁が硬くしかもスムーズな状態になるまで, 拡大を行うことなど¹⁻³⁾であった。しかしこれらの判定基準はいずれも客観性に乏しく, 術者の臨床経験に依存するところが大きであった。本研究の目的は, 根管形成において根管壁の機械的拡大をどこまで行えば良いかを臨床で客観的に判断する手段を追求することであり, 根管壁の光学的特性に着目し, 拡大終了点を知る手段を得ようとするものである。

材料および方法

1. 反射光スペクトラム強度の測定系について

今回実験に用いた測定系の概略を図 1 に示してある。根管内に応用するには, プローブの寸法が根管用リーマー程度でなければならないので, 本実験では根管専用のプローブを試作した。この測定用光プローブ

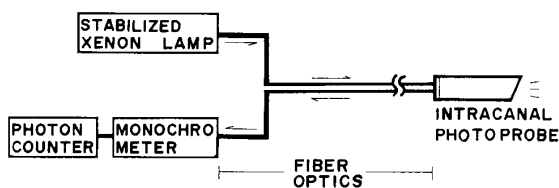


図1 測定系の概略

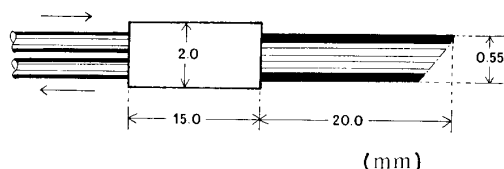
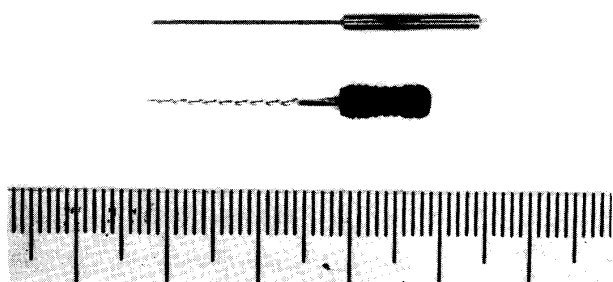
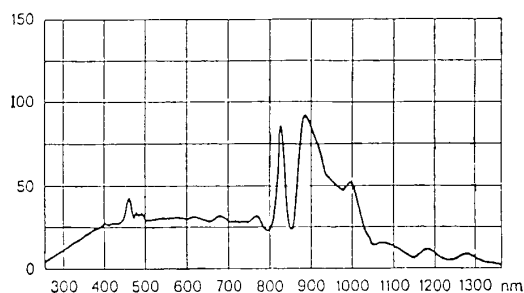
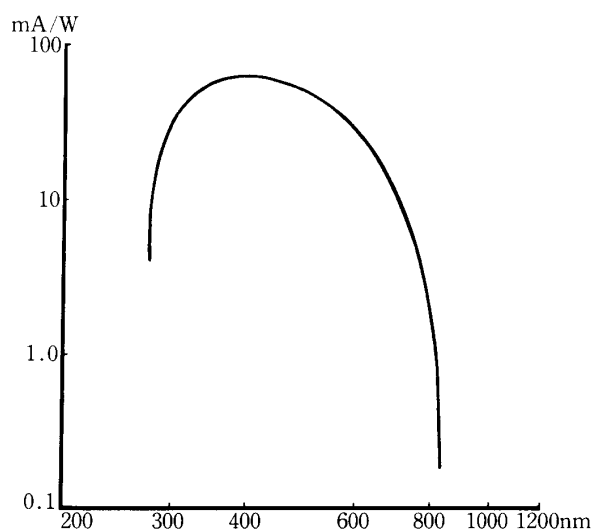


図2 光プローベの模式図

図3 光プローベの写真
中央は#55のリーマー

(以下ではLPと略す)は外径0.55 mm、長さ20 mmのステンレスパイプに、直径110 μm の石英系光ファイバー(ST110-SY: 三菱電線工業(株))を2本挿入し接着剤にて固定したものである。LP先端部は、長軸に対し約45°Cにカットして、鏡面研磨を施してある。図2にLPの模式図を、図3にその写真を示してある。LPに通した2本の光ファイバーのうち1本は、安定化直流点灯装置(XL-5: 住友電工(株))で点灯させた75Wのキセノンランプ(XBO75W/2: OSRAMあるいはL2194: 浜松ホトニクス(株))から導光し、照明用に用いた。図4にメーカーから公表されたランプのスペクトラム強度分布を示してある。他の1本の光ファイバーは、受光用として、モノクロメータ(H-20IR: JOBIN YVON社製)に連絡した。このモノクロメータは、焦点距離200 mm、口径比F 4.2であり、スリット幅は2 mmまたは0.5 mmを使用した。モノクロメータにて分光した光は、別の光ファイバーを用いて、ヘッドオン型光電子増倍管(R649: 浜松ホトニクス(株))に導き、

図4 キセノンランプのスペクトラム強度分布(以下RLSSと略す)
縦軸は比エネルギー強度、横軸は波長を示している。図5 光電子増倍管のスペクトラム特性
縦軸は光電面放射感度を、横軸は波長を示している。

フォトンカウンタ(C1230: 浜松ホトニクス(株))を用いて測光した。実験に先立ち、光電子増倍管の単一光電子入力に対する出力パルス波の波高分布測定を行い、感度が高くしかも暗電流をできるだけ少なくするよう、ディスクリミネータレベルを求めた。光電子増倍管の陰極印加電圧は-680 V、ディスクリミネータレベルは38に設定した。図5には使用した光電子増倍管のスペクトラム特性を示してある。抜去歯を用いた実験では、光スペクトラムの範囲は400~800 nmの間で10 nm毎に測定した。この範囲は可視光領域から近赤外領域に相当している。各波長におけるフォトンカウンティングの測定時間は1秒間とし反射光の波長のスペクトラム強度を求めた。

2. 抜去歯における測定

10% ホルマリン溶液中に保管し、肉眼的に齶蝕を認めないヒトの抜去歯 20 本を用いた。対照試片として、高温焼成体ハイドロキシアパタイト（以下 HA と略す；（株）クラレ）についても測定を行った。抜去歯は、厚さ 300 μm のダイヤモンドディスクを用いて注水下で硬組織切断機（Gillings Bronwill 薄切機 No. 60 標準型）にて半切した。切断面は、歯軸方向で歯髓腔を通るように設定した。切断した試料は、水中で 10 分間の超音波洗浄をした後、インプレッションブラクトレーコンパウンドで切断面以外を覆い台板に取り付けた。HA に対しても抜去歯と同様の処理を行った。LP は、三次元的に移動が可能なマニピュレータに取り付け、各測定面に対し垂直に位置するように当てた。根部象牙質切断面、軟組織除去後の根管内壁、および根管拡大操作を想定してラウンドバーで切削した根管内壁などを対象として反射光スペクトラム強度分布（以下 RLSS と略す）を測定した。迷光を避けるため測定は暗室内にて行った。

3. 臨床における測定

東北大学歯学部附属病院保存科外来に来院した患者で前歯あるいは小臼歯の根管処置を必要とする者から被験者を選択した。RLSS は治療開始前に実験の目的と内容を説明し、承諾の得られた患者について測定を実施した。

被験者歯には測定に先立ち以下のような処置を行った。すなわち有髄歯では、浸潤麻酔下で歯冠部に存在する軟化象牙質を除去した後、注水下のエアータービンで髓腔開拓を行った。ロングシャンク・エキスカベータで冠部歯髓を除去した後、抜髄針にて根部歯髓の大部分を取り除き、10% NaOCl と 3% H_2O_2 の交互洗浄を行って止血を待った。このような処置で数分以内に止血の得られなかった症例では、ホルムクレゾールを貼薬し、次の治療日に測定を行った。

止血を確認した歯では根管長を測定し、必要に応じて、ピーソーリーマーで根管口の拡大を行った。一方、歯髓が既に失活していた歯では、歯冠部の修復物および軟化象牙質を除去し、根管口付近をピーソーリーマーで漏斗状に拡大した後、以下に述べる測定を行った。

被験歯の根管内は 10% NaOCl と 3% H_2O_2 で約 1 分間をかけて交互洗浄した後、ブローチ綿花で清拭・

乾燥した。そして根管拡大を行う前および最終拡大を行った後（根管充填直前）に、根管内壁表面からの RLSS を記録した。

根管内は、まず無染色の状態で測定し、次いで希ヨードチンキ溶液（ヨードチンキ 1 と 70% エタノール 1 の混合液）で 30 秒間染色し、直ちにミニウムシリンジにいた生理食塩水 1 ml で洗浄した。その後、ブローチ綿花で根管内を清拭・乾燥し、LP を用いて測定を行った。

根管拡大は、通法に従い、10% NaOCl と 3% H_2O_2 で交互洗浄しながら、リーマーおよび K ファイルを用いて行った。根管拡大終了の見極めは、主としてリーマーに付着する削片の肉眼的観察とリーマー使用時の手指の感覚で判定した。根管壁象牙質が硬く、手用リーマーの先端に付着してくる象牙質削片が、白色のいわゆるホワイト・デンティン状になった時を根管形成の終了点とした。

根管壁からの RLSS 測定の際、LP の先端の位置は、根尖狭窄部から突き出さずに、しかもできるだけ根尖に近付いた位置になるように心掛けた。また根管拡大後の測定部位が拡大前の位置と等しくなるように、歯冠部に即時重合レジンを用いた固定具を作って使用した。さらに、外部からの光を迷入を遮断するため、歯冠部および固定用レジン在不透明なストップングで覆った。このレジンおよびストップングの覆いは、各歯毎に作製し保管した。なお LP 先端の汚染を除くため、先端部は、各測定開始時に 10% NaOCl とアルコール綿花を用いて、洗浄・清拭した。

4. 根管壁面の走査型電子顕微鏡による観察

真方ら⁴⁾の報告を参考として、根管壁面を走査型電子顕微鏡で観察するため、インジェクションタイプのシリコン印象材（エグザフレックス[®]：而至歯科工業 （株））を印象材注入用プラスチックシリンジ（而至歯科工業 （株））を用いて、根管内に注入し、次いでらせん状糊剤充填器（レンツロ #30）を用いて根管内の気泡の排除に努めた。約 10 分間印象材の硬化を待って、一動作で印象材を根管から取り出し、根管内面のレプリカを得た。レプリカには、イオンスパッタ装置（OIE-101：日立製作所 （株））で 2 分間 Au-Pd 蒸着を行い、加圧電圧 10KV の条件で走査型電子顕微鏡（以下 SEM と略す；S-510：日立製作所 （株））にて観察および写真撮影を行った。

結 果

1. ヒト抜去歯を用いての測定

HA 切片の表面を測定対象としたときの RLSS を図 6 および表 1 に示してある。各波長のエネルギー強度は 20 回の測定の平均値で表わしてあり SD は標準偏差を意味している。400 nm から 800 nm の範囲で測定した HA 試片の RLSS は、550~560 nm に最大値を、470 nm および 620 nm にそれぞれ極大値を有していた。測定波長が 470 nm から短波長に移行すると RLSS は急激に低下し、620 nm から長波長に移行するにつれなだらかな減少傾向を示した。

図 7 には健全象牙質を対象とした RLSS 測定結果を示してある。この測定に用いたキセノンランプは、本実験の他の測定で用いた管球とは異なっている（浜松ホトニクス L2194）。得られた RLSS パターンにおける最大値および極大値の波長は、図 6 とほぼ同じ傾向を示したが、RLSS パターンには多少の相違が認められた。

測定対象と LP 間距離が測定光量に及ぼす効果を見るため 600 nm の波長で HA と LP 間の距離を変えて 10 回測定した結果を図 8 に示してある。図中の黒丸および白丸は 10 回の平均値をプロットしたものである。各丸印に付随する垂線はその標準偏差を意味している。LP 先端を LP の長軸に対し約 45° に切断したもので、LP と対象面との距離が増大するにつれ、漸次光量が減少した。しかし、測定対象面と LP 間距離が 1 mm を過ぎたあたりからは、光量の減少量は少なくなりそれ以上距離を延長しても一定の残存光量が検出された。一方、図 8 の白丸印で示すごとく LP 先端をその長軸に対して垂直に切断した場合には、反射板から約 0.3 mm 付近までは、距離が遠ざかるにつれ反射光量が急激に増大し、0.3 mm を超えると急速に減少した。測定対象面と LP 間距離が 0.05 mm から 1.7 mm の間では、その先端を長軸に対して垂直にカットした LP の方がより多量の反射光を得ることができた。

根管内壁削除の前後に得られた RLSS を図 9 および図 10 にそれぞれ示してある。これらの測定には、LP は、先端を長軸に対して垂直にカットした LP を用いた。図 9 の白丸印は、根管内壁を削除する前の RLSS を示している。得られた RLSS パターンの概形は、図 6 の HA から得られたそれとほぼ同一であったが、光量は、垂直カットした LP を用いた図 9 の方が大であった。図 9 の黒丸印は、壁面に希ヨードチンキを作

表 1 ハイドロキシアパタイトの RLSS

波長 (nm)	エネルギー強度 mean±SD (cps×6 dB)	波長 (nm)	エネルギー強度 mean±SD (cps×6 dB)
400	2590±62	600	7010±208
410	2960±63	610	6830±107
420	3620±89	620	7360±145
430	4150±108	630	7100±140
440	4940±82	640	6670±132
450	5800±129	650	6290±110
460	6860±146	660	5530±91
470	9450±174	670	5290±162
480	8630±148	680	4810±149
490	8920±126	690	4990±137
500	9022±154	700	3880±128
510	8870±126	710	3250±139
520	9190±98	720	3240±125
530	9300±154	730	2740±71
540	9570±161	740	2880±104
550	10000±172	750	2660±78
560	10000±217	760	2570±94
570	9190±112	770	2920±92
580	8100±144	780	2300±79
590	7510±139	790	2430±128
		800	2620±138

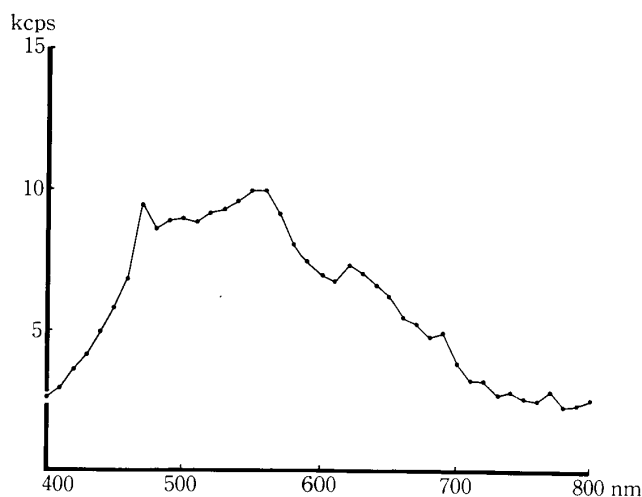


図 6 ハイドロキシアパタイト表面の反射光の RLSS
縦軸はエネルギー強度 (kcps×6 dB)、横軸は波長を示している。(以下図 7, 9, 10, 11, 12 は同じ)

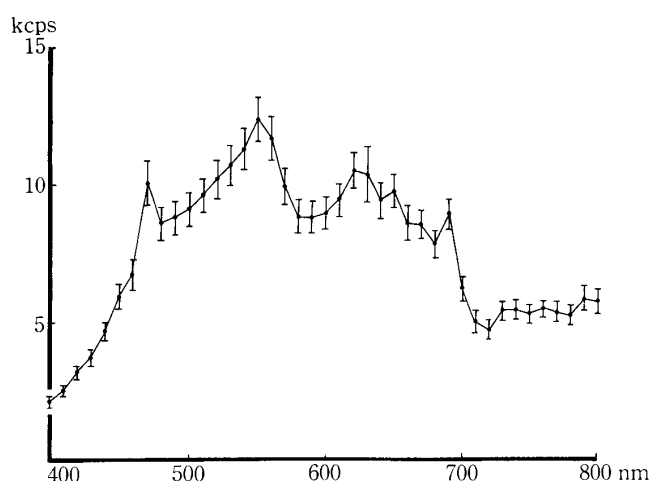


図7 抜去歯の健全象牙質表面のRLSS

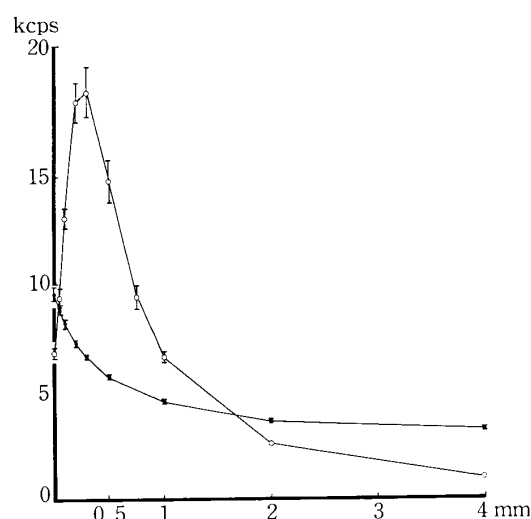


図8 測定対象面とLP間距離と測定光量の関係
縦軸はエネルギー強度、横軸は距離を示している。
黒丸印は先端45°のLP、白丸印は先端90°のLP。

用させた後に得られたRLSSパターンである。希ヨードチンキ塗布前のパターンと比較してスペクトラムの全域において光量が低下しており特に600 nm以下の波長領域でこの傾向が著しかった。根管壁をラウンドバーで削り、根管拡大操作を模した試片からは、**図10**に示されるようなスペクトラムパターンが得られた。

希ヨードチンキを塗布しないで得られるRLSSパターンについて根管内壁削除の前後を比較すると、切削前では560 nmにあった最大値が切削後では550 nmに移動した。470 nmよりも短波長域では両者ともほぼ同じ傾向を示したのに対し、470 nm以上では切削後に得られた光量が減少していた。

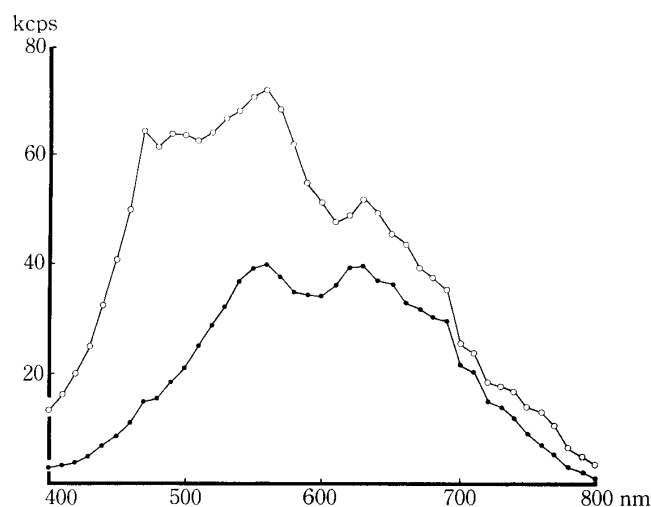


図9 抜去歯の根管内壁削除前のRLSS
白丸印は非染色時の、黒丸印は染色時のRLSS。

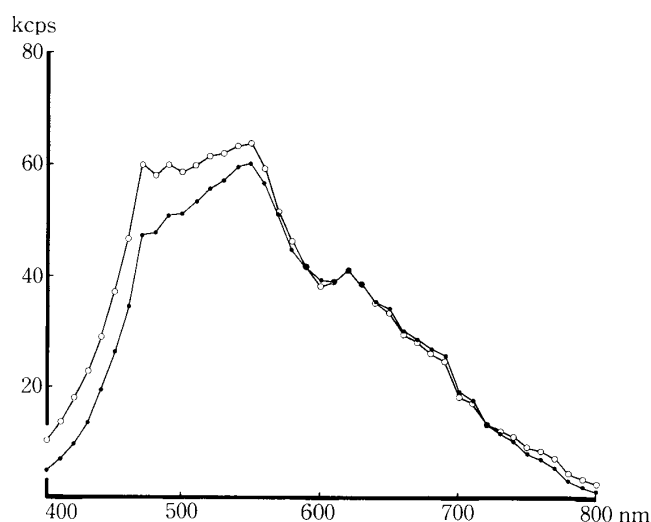


図10 抜去歯の根管内壁削除後のRLSS
白丸印は非染色時の、黒丸印は染色時のRLSS。

希ヨードチンキ塗布後のRLSSパターンを根管内壁削除前後で比較すると、切削後には680 nmより短波長領域で著しいスペクトラム強度の増大が認められた。

根管壁面削除前後のRLSSについて希ヨードチンキ塗布の有無間で比較すると、560 nm以上の波長域では、ほぼ同様の傾向を示したのに対し、560 nm未満の波長域では、希ヨードチンキ塗布壁面は非塗布壁面に比べ波長が短くなるにつれ光量はより大幅に低下する傾向が認められた。**図9**および**図10**に示した測定は4回行い、その平均値で表わしてあり、標準偏差の幅は図中の黒丸および白丸印とはほぼ同じ大きさであったので省略してある。

2. 臨床における RLSS の測定

臨床において根管内壁の RLSS を測定した被験歯数は 13 本であった。表 2 に、被験歯の部位と、治療開始時の臨床診断名の内訳を示してある。

抜髄処置歯 3 例のうち 2 例においては希ヨードチンキで染色しない条件において、根管形成後全波長領域において光量が増大していた。他の一例においては、根管形成前後に大きな差は得られなかった。一方、希ヨードチンキで染色した抜髄歯 5 例中 4 例では、拡大前に比べ拡大後は長波長領域よりも 600 nm 以下の短波長領域で反射光量が増大する傾向を示した。図 11 に症例 7 における結果の一例を示す。図中の白丸印は抜髄直後非染色時の、黒丸印は同じく染色時の、白三角印は根管形成後非染色時の、黒三角印は同じく染色時の、それぞれ RLSS を示している。非染色の場合、根管形成後には全領域にわたり光量が増大した。希ヨードチンキで染色した場合、根管形成後特に 620 nm 以下の短波長領域で光量が増大する傾向が見られた。

初診時に感染根管の状態であった症例では、根管形成前の RLSS パターンが、各歯様々であった、しかし根管形成後では抜髄症例とほぼ同じ RLSS パターンを示した。図 12 に症例 11 の RLSS を示してある。図中の白丸印は根管形成前非染色時の、黒丸印は同じく染色時の、白三角印は根管形成後非染色時の、黒三角印は同じく染色時の、それぞれ RLSS を示している。非染色時の場合、根管形成前には 640 nm に最大

表 2 被験歯の内訳

No.	被験者	年齢	性	部位および臨床的診断名
1	S.I.	53	女	[2] 慢性潰瘍性歯髄炎
2	E.S.	36	男	[1] 慢性根尖性歯周炎
3	R.M.	20	男	[3] 慢性潰瘍性歯髄炎
4	I.Y.	23	女	[1] 歯髄壊疽
5	T.K.	23	男	[3] 慢性根尖性歯周炎
6	M.K.	44	男	[1] 慢性潰瘍性歯髄炎
7	Y.K.	82	男	[2] 慢性潰瘍性歯髄炎
8	K.T.	21	男	[2] 歯髄充血
9	M.S.	25	女	[3] 歯髄壊疽
10	M.H.	42	女	[3] 慢性潰瘍性歯髄炎
11	M.K.	40	女	[3] 慢性根尖性歯周炎
12	K.S.	63	男	[2] 歯髄壊疽
13	Y.K.	82	男	[3] 慢性根尖性歯周炎

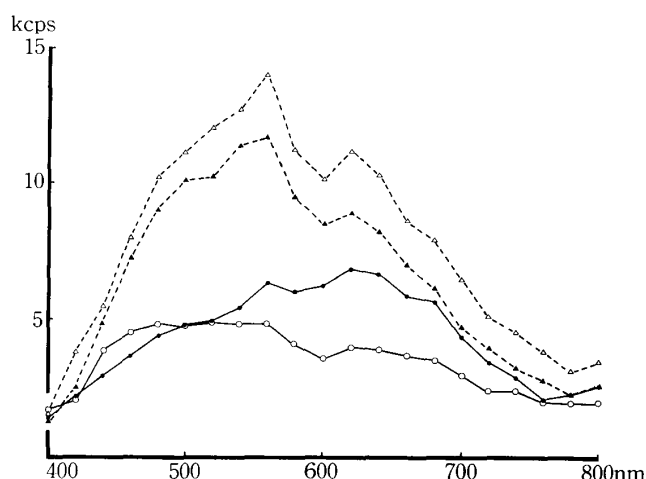


図 11 抜髄根管の RLSS の一例
白丸印は抜髄直後非染色時の、黒丸印は同じく染色時の RLSS。
白三角印は根管形成後非染色時の、黒三角印は同じく染色時の RLSS。

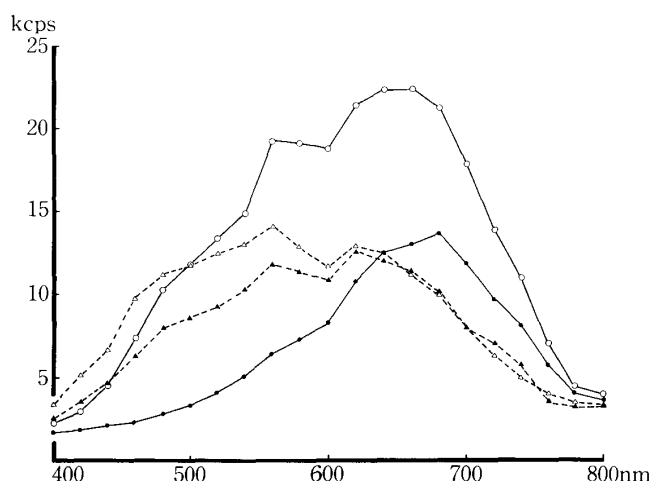


図 12 感染根管の RLSS の一例
白丸印は根管形成前非染色時の、黒丸印は同じく染色時の RLSS。
白三角印は根管形成後非染色時の、黒三角印は同じく染色時の RLSS。

値を 560 nm に極大値を持った RLSS であった。根管形成後には 560 nm に最大値を 620 nm に極大値をもつ RLSS となった。染色した場合、根管形成の前には 680 nm に最大値を持つ RLSS を示したが、根管形成の後には、560 nm に最大値を 620 nm に極大値をもつ RLSS を示した。

RLSS パターンにおいて、560 nm のピーク値に対する 620 nm の強度の割合は、感染根管症例の非染色時の症例では 4 例中 3 例に、また抜髄根管の非染色時の

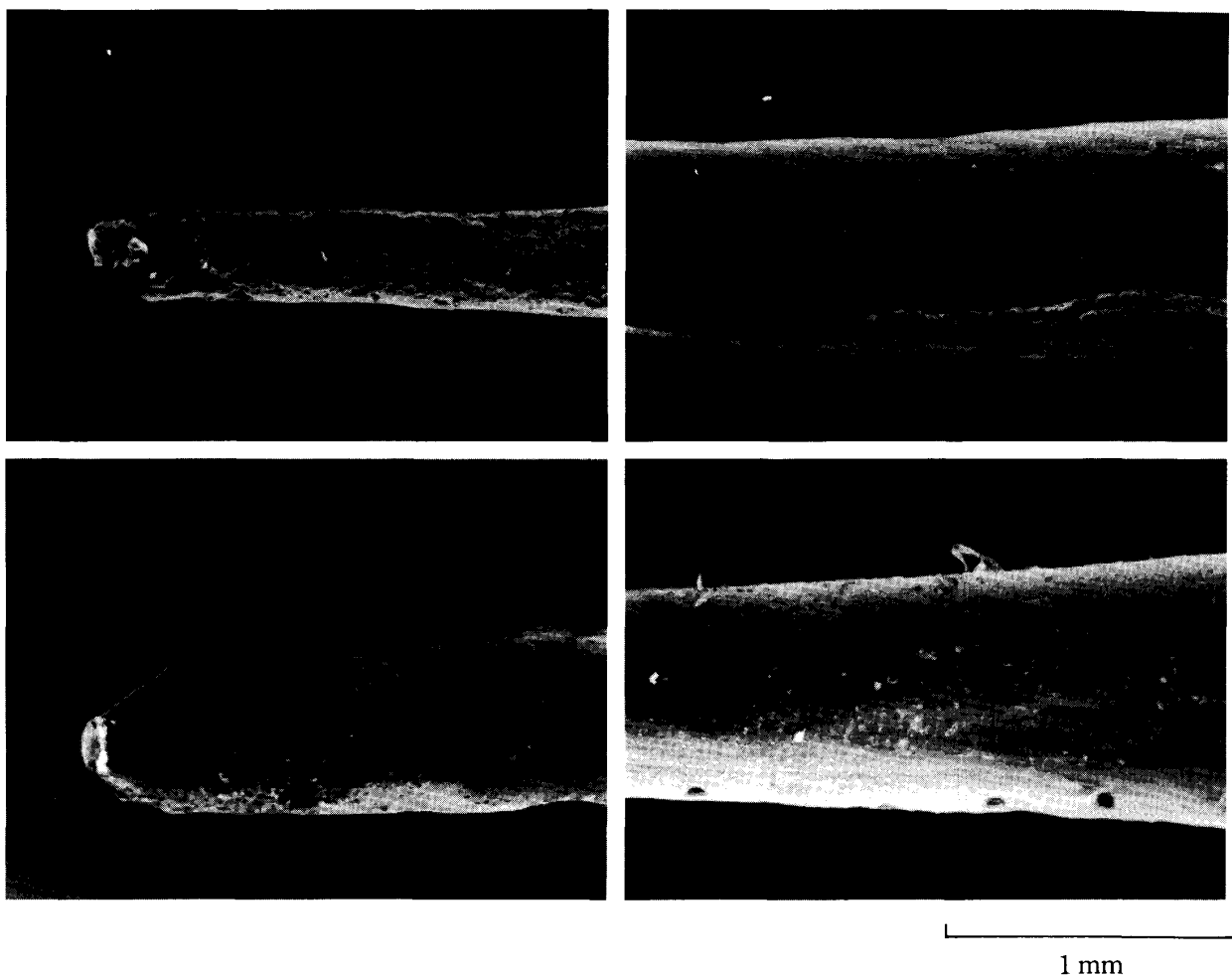


図 13 根管内壁レプリカ SEM 像
 左上は抜髄直後の根尖付近の，右上は同じく根中央部の SEM 像。
 左下は根管形成後の根尖付近の，右下は同じく根中央部の SEM 像。
 校正マークは 1 mm を表わす。

症例では 3 例中 2 例で，根管形成後にはスペクトラム強度が減少する傾向が見られた。

一方，希ヨードチンキ染色を行った症例では，感染根管では 4 例中 3 例で，抜髄根管で 5 例中全例で，560 nm のピーク値に対する 620 nm の値の割合が，根管形成後には減少する傾向が見られた。

3. 根管内壁レプリカの SEM 所見

臨床において，根管形成前後の根管内壁レプリカ SEM 像を得た一例を図 13 に示してある。患者は 42 歳の女性で右側上顎犬歯を慢性潰瘍性歯髄炎のため抜髄した症例である。図中左上は歯髄を除去した直後の根尖付近の所見，右上は同じく根中央部の所見，左下は通法通りの根管形成が完了し，根管充填直前の根尖

付近の所見であり，右下は同じく根中央部の所見である。抜髄直後の根管壁では不規則な凹凸が見られるのに対し，根管形成後では根管壁が平滑となっていた。図右下の校正マークは 1 mm を示している。

考 察

臨床で行われている根管汚染状況の診査方法は，2 つに大別される。1 つは，根管内容物や根管象牙質を採取し，得られた試料を分析することにより汚染状況を判定する方法であり，他方は，資料の採取を行わず，直接根管を観察する方法である。

前者の方法の一つとして，手用切削器具の先端に付着してくる象牙質削片を見て管内汚染状況を判断す

る方法であり、臨床でよく用いられている。感染根管治療の際、一般にはホワイト・デンティンが得られるまで根管壁を拡大すればよいと言われているが、ヒト抜去歯を用い組織学的に観察を行なった Haga⁵⁾ や Walton⁶⁾ の報告にもあるように、たとえホワイト・デンティンが得られたとしても根管には器具の届かない部分が存在し、特に曲がった根管や偏平根管では汚染物質の取り残しを生じやすい。最近、根管汚染状態の把握方法として、o-phthalaldehyde のタンパク質に対する結合を利用した根管清掃度検査法が平林ら⁷⁾ によって発表され、微量の試料からであっても根管汚染の有無が判定できるようになったとされている。しかし、根管より試料を採取する方法では、根管に存在する汚染物質の採取もれを起こす可能性が残されている。一方、直接根管を観察する方法としては、イメージ光ファイバーを用いた庄司ら⁸⁾ や硬性鏡を用いた松井ら⁹⁾ の報告がある。これらは、根管および根管壁を直接観察することにより汚染状況を調べる方法である。イメージ光ファイバーを使用する方法では、鮮明な画像を得るためにはファイバーの本数を増加させる必要がありプローブ径と画像の鮮明度との兼ね合いが難しい。一方、硬性鏡ではシリンダー状レンズを用いるので加撓性に乏し、しかも外径は根管径よりかなり太くなってしまい、その適応にも制限が存在する。本研究では、根管汚染状況の診査方法として、根管壁の着色状態に着目した。一般に、軟化象牙質は、ヨードチンキ溶液や齲蝕検知液によって、濃染することが知られている。この現象は、根管壁に存在する軟化象牙質にも応用可能と考えられた。汚染部の光学特性を判定する方法は、多数のピクセルを必要とするイメージの検出に比べれば照明と検出の2本の光ファイバーで充分であり、極めて容易であると判断された。

1. 根管壁の反射光スペクトラムの測定方法について

連続スペクトルをもつ光源として、タングステンランプ、ハロゲンランプ、およびキセノンランプなどのうち、キセノンランプを選択した。なぜならば、近紫外から可視部において、極めて高い輝度を持った連続性の良いスペクトルで、自然日光に近い特性を有していたからである¹⁰⁾。

光ファイバーには、比較的短波長領域まで透過性の良い石英系のガラスファイバーを選択した。しかし用いたファイバーは 500 nm 以下の短波長領域において

は未だ満足すべき特性ではなく、今回観察された全ての測定において 400 nm 付近の RLSS の低下は、主に光ファイバーの特性に起因していると思われる。

光プローブは、根管に用いるため、根管用リーマーと同程度の外径にする必要があった。これまで市販されている反射光測定プローブは最も小型のものでも直径 2.3 mm の太さがあり、根管応用には不适当であった。また光ファイバーが伝える光量は、光ファイバーのコア径の二乗にほぼ比例するので、直径の減少は比例量の著しい低下につながる。分光器によりスペクトラム分解能を高めようとすればさらに検出光量は減少する。そのため光源としては光量が多いものが、光検出器としては高感度のものが必要であった。それ故、光検出器としては光電子増倍管を用いたフォトンカウンタの利用が不可欠となった¹¹⁾。更に、このような微弱光の検出時には、周囲からの不必要な迷光を排除しなければ必要な情報を得ることができない。光プローブ先端の形状については、根管壁反射光に加えて、照射光の一部が直接受光用ファイバーに混入しているので、更にいっそうの改良が必要と考えられる。特に、機械的な強靱性を高めるとともに、側方向の検出感度を高める工夫が必要である。今後は、プローブ先端を閉じた形とするなどの改良も必要であろう。

齲窩においては軟化象牙質検出のための染色剤として希ヨードチンキのほかに、中性紅、フクシン、赤色 3 号、メチレンブルーなども用いられている。これら染色剤は、根管に使用した時の残留量、為害性あるいは除去方法などが未検討であるので、本研究では、既に根管貼薬として用いられている希ヨードチンキを選択した。

2. 根管壁より得られた反射光スペクトラムについて

根管形成時に、手用切削器具に付着する象牙質削片が、白色に近づいたとき根管壁も同様に白色に近づいているかについては、ある程度疑問が残る。なぜならば、物質は、微小化するとき表面で乱反射を起こし、より白色に近く判定されやすい¹⁰⁾ からである。

in vivo における抜髄根管では、希ヨードチンキ溶液を塗布しないとき、RLSS は、HA 表面とほぼ同様なパターンを示した。汚染象牙質の存在しない根管内では、RLSS は、主として測定系のスペクトラム特性に依存しているらしい。

感染根管で得られた反射光スペクトラムは、症例に

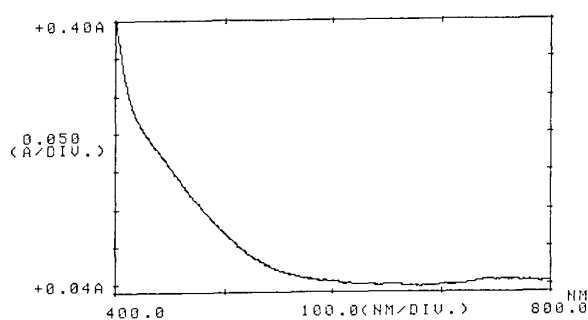


図 14 希ヨードチンキの吸光度特性
縦軸は吸光度，横軸は波長を示している。

より、かなり異なったパターンを示すものもあったが、根管形成を行うと、HA 面から得られるパターンに近づいた。

抜髄歯の根管や感染根管において希ヨードチンキ溶液で染色した場合、根管拡大前では短波長領域の光量の低下が生ずるので、相対的に長波長領域 600～700 nm 付近の光量が大となった。希ヨードチンキ溶液は、図 14 に示すように、600 nm 以下の短波長領域において強い吸光性を示すので、染色後の短波長領域の光量低下は、歯髄軟組織の一部残存、象牙前質の存在、浸出液の付着など有機質に富む部分が、希ヨードチンキで染め分けられたためであろう。

3. 根管壁の RLSS の変動要因について

臨床においては LP 先端の位置ができるだけ一定となるよう努めた。しかし LP 先端と根管壁との距離は厳密には一定には保たれていない。しかも根管拡大によって、根管壁の位置も移動する可能性がある。一方、LP で検出される反射光量は反射面との距離に左右される¹²⁾(図 8)ので、根管壁に軟組織が残存することや汚染物質の存在を単に光量の絶対値に依存して比較することは難しい。更には、根管壁表面の水分含有量の変動により根管壁面の反射率が変動する可能性も考えられるので本研究のごとくスペクトラムの変化を指標とすることが必要であろう。

4. 今後の展望

本研究を始めた時には、根管壁反射スペクトラムパターンがまったく知られていなかったため、精密なスペクトラム特性の測定が必要と考えられた。そのため、測定に当たっては微弱光の検出、迷入光の排除等、困難な状況に遭遇した。今後は、短波長領域と長波長領域に一定のある幅を持った波長区間を設定しそれぞ

れの区間の反射光量の比を求めることにより、根管壁の性状に関する手懸かりを得ることが可能となるであろう。このようにすることにより、検出光量が増大するので、より簡単な光検出器を用いることも可能となるに違いない。このような波長区間の設定には、分光器に代えてガラスフィルターの使用も可能となるし、波長の異なる 2 種類の半導体レーザーを用いるならば、フィルターや分光器を使用しないシステムを実現することも可能であろう。また全てのスペクトラムを測定しない方法であれば、問題とする 2 波長領域のみに関して時間的に積分することでより正確な測定が可能となり、日常の臨床応用に充分対応できると考えられる。

結 論

根管形成完了を判定するための客観的な基準を求めるため、根管壁の反射光スペクトラム強度パターンを測定した。照明および受光用の 2 本の光ファイバーを入れた根管内に挿入可能な寸法の針状光プローブを試作して、ヒトの抜去歯および外来患者根管において測定を行い、以下の結果を得た。

1) 抜髄根管では、希ヨードチンキを塗布しない場合、根管形成の前後において類似した根管内壁面の反射光スペクトラム強度分布パターンを示した。希ヨードチンキで染色した場合、根管形成後には、染色しない場合のスペクトラムパターンに近づいた。

2) 感染根管では、希ヨードチンキで染色しない場合、根管形成前では様々なスペクトラムパターンを示したが、根管形成後は、抜髄根管のそれと類似したパターンを示した。希ヨードチンキで染色した場合、短波長領域において相対的な光量の低下が見られたが、形成後には抜髄根管のそれに類似したスペクトラムパターンを示した。

3) 抜髄根管、感染根管、あるいは希ヨードチンキによる染色の有無などのいかに関わらず根管形成後のスペクトラムパターンは、ハイドロキシアパタイトのそれに近づく傾向があった。

今後は装置の改良を行うとともに、ある幅を持った 2 波長区間の比を求めるなどで根管壁の拡大終了をより客観的に判断することが可能となるに相違ない。

稿を終えるにあたり、終始御懇篤なる御指導、御校閲を賜りました堀内 博教授に謹んで感謝の意を表します。ま

た有益な御助言、御援助を戴きました本学歯科薬理学講座小倉保巳教授ならびに本学口腔解剖学第二講座加賀山 学教授に深く感謝いたします。最後に実験に際し絶えず御支援御協力戴きました本講座井川資英助手ならびに教室員の皆様、図表の整理に御尽力戴きました井場たみ子技官に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Louis I. Grossman: Endodontic practice, 9th ed., Lea & Febiger, Philadelphia, 1978, p. 213.
- 2) Ingil J, I. and Taintor J.E.: Endodontics, 3rd ed., Lea & Febiger, Philadelphia, 1985, p. 197.
- 3) Franklin S. Weine: Endodontic therapy, Mosby, St. Louis, 1972, p. 205.
- 4) 真方貴生, 岡本 明, 子田晃一, 岩久正明: 根管拡大および形成状態を連続的に観察するための根管内レプリカ. 日歯保誌 28: 1016-1025, 1985.
- 5) Carls. S. Haga: Microscopic measurements of root canal preparations following instrumentation. J. Br. Endo. Soc. 2: 41-46, 1968.
- 6) Richard E. Walton: Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. J. Endo. 2: 204-211, 1976.
- 7) 平林正道, 高城利光, 小川 守, 清水利郎, 児玉敏, 長田 保: o-phthalaldehyde を用いた根管内清掃度検査法 III. 日歯保誌 30: 春季学会プログラムおよび講演抄録集, 26, 1987.
- 8) 庄司 茂, 石川潤一, 岡田良平, 堀内 博: ファイバースコープを用いた根管内壁および根尖孔部歯周組織の観察とその臨床応用. 日歯保誌 28: 968-972, 1985.
- 9) 松井一郎, 島田 武, 小松久憲, 下河辺宏功: 根管治療における内視鏡の応用. 日歯保誌 29: 327-333. 1986.
- 10) 伊藤光男編: 新実験化学講座, 4(1). 丸善, 東京, 1976, pp. 52-65.
- 11) 伊藤光男編: 新実験化学講座, 4(2). 丸善, 東京, 1976, pp. 393-405.
- 12) 山岸定雄, 井川資英, 堀内 博: 根管模型および抜去歯根管内における反射光量の測定. 日歯保誌, 29: 995-999, 1986.