

201305023A

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

アマルガム充填物除去時の 放出水銀量に関する研究

平成 2 5 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者

宮坂 平

平成 26 (2014) 年 3 月

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

アマルガム充填物除去時の 放出水銀量に関する研究

平成25年度 総括・分担研究報告書

研究代表者

宮坂 平

平成26（2014）年3月

目 次

1. 総括研究報告書	・ ・ ・ ・ ・ 1
2. 第1章 除去時に発生する水銀蒸気について	・ ・ ・ ・ ・ 2
1-1 緒 言	・ ・ ・ ・ ・ 2
1-2 実験材料および方法	・ ・ ・ ・ ・ 3
1-2-(1) 試料作製	
1-2-(2) 実験方法	
1-3 結 果	・ ・ ・ ・ ・ 5
1-4 考 察	・ ・ ・ ・ ・ 6
1-5 文 献	・ ・ ・ ・ ・ 9
1-6 図 表	・ ・ ・ ・ 10
3. 第2章 排水中の水銀濃度について	・ ・ ・ ・ 25
2-1 緒 言	・ ・ ・ ・ 25
2-2 実験材料および方法	・ ・ ・ ・ 25
2-3 結 果	・ ・ ・ ・ 27
2-4 考 察	・ ・ ・ ・ 29
2-5 結 論	・ ・ ・ ・ 30
2-6 文 献	・ ・ ・ ・ 31
2-7 図 表	・ ・ ・ ・ 33
4. まとめ	・ ・ ・ ・ 44
5. 資 料	・ ・ ・ ・ 46

1. 総括研究報告書

厚生労働科学研究費補助金（特別研究事業）

総括研究報告書

「アマルガム充填物除去時の放出水銀量に関する研究」

(H25-特別-指定-022)

研究代表者 宮坂 平（日本歯科大学・生命歯学部・歯科理工学講座・教授）

2013年10月「水銀に関する水俣条約」への署名・採択に伴い、我が国の歯科用アマルガムへの対応が問われている。我が国においては、現在のアマルガムの使用頻度は極めて低いが、過去において頻用された材料であり、アマルガム充填物の除去に伴う水銀による人体および環境への影響を総合的に評価することは重要であるが、このような報告は未だに見当たらない。そこで、本研究においては、可及的に臨床を模した環境下で、口腔内に充填したアマルガムについて、除去法・冷却水・バキューム等が大気中への水銀の蒸散量に及ぼす影響を調べ、充填されたアマルガムの除去に対するガイドライン策定へのエビデンスを与えることを目的として実験を行った。

本研究においては、臨床を模した実験条件とするため、アマルガム充填にはヒト抜去歯のうち、裂溝の形状がなるべく十字型に近い第二大臼歯と第三大臼歯を用い、規格化した十字型窩洞にアマルガムを充填し、7日間37℃水中に保管後にファントム内で実験を行った。

実験条件として、大気中への水銀蒸気については、A:アマルガム除去法、B:冷却水の有無、C:バキュームの有無、D:除去物からの距離について、また吸引装置からの排気については、A、B、Cの3因子について要因配置実験を行った。このとき、アマルガム除去法として、充填されたアマルガム自体をカーバイドバー等で粉砕する除去法である「粉砕法」と日本歯科保存学会で推奨されている方法である、アマルガムには触れることなく周囲の歯質を削除してエキスカベータを用いて一塊で除去する「一塊法」の二つの方法を採用した。

また、排水中に放出される水銀については、バキュームからの削除時の排水とその後に100mlの水で口腔内を洗浄した水とその後に大量の水(500ml)で吸引装置を洗浄した水について同様に要因配置実験を行った。

以上の結果から、大気中へ放出される水銀蒸気量は、冷却水による影響を最も大きく受け、次にバキュームによる影響が大きく、除去法による影響はほとんど認められなかった。

排水中への水銀量については、除去法による差は小さいがむしろ粉砕法のほうが少なく、冷却水を用いると小さくなった。バキュームは無しのほうが小さくなったが、これは効果的に粉塵が除去されていないことを意味し、バキュームの必要性を強調する結果であった。トラップについては、アマルガムセパレーターの有用性が認められた。

以上の結果から、いずれの除去法を用いても、冷却水を十分に用いてバキュームを併用する通常の臨床的な方法で問題ないことが明らかとなった。しかし、排水中への水銀の排出は、アマルガムセパレーター等を用いないと環境汚染に通ずる可能性が高いため、今後、発生源の近辺でアマルガム粉塵をトラップする装置の開発などが望ましいと考えられ、今後の排水を対象とした、そのような新しい装置の開発研究の重要性が示唆された。

2. 第1章 除去時に発生する水銀蒸気について

研究分担者

青木春美 日本歯科大学生命歯学部
准教授
青柳有祐 日本歯科大学生命歯学部
助教
相馬弘子 日本歯科大学生命歯学部
講師

研究協力者

石田祥己 日本歯科大学
生命歯学研究科
三浦大輔 日本歯科大学
生命歯学研究科

第1章 除去時に発生する水銀蒸気 について

1. 緒言

「水銀に関する水俣条約¹⁾」(以下、水銀条約)は、2013年10月に署名・採択され、2016年中の発効が見込まれている。これに先駆けて歯科用アマルガムの使用について日本としての方向性を示す必要がある。我が国の歯科における現在のアマルガムの使用頻度は極めて低いが、過去においては頻用された材料である。このため、アマルガム充填物の除去に伴う水銀による人体および環境への影響を評

価することは、水銀条約発効に伴うBAT (Best Available Techniques : 利用可能な最良の技術) /BEP (Best Environmental Practices : 環境のための最良の慣行) に関するガイドライン策定という点で急務である。

一般に、アマルガム充填歯では二次齲蝕の発生、アレルギーの懸念、審美的な要求等の理由により、充填物の除去が不可欠になる。

しかし、FDI と WHO の合意文書²⁾によると健全なアマルガム充填物については安全であり、二次齲蝕などの問題がない場合には除去の必要がないとされている。止むを得ず充填されたアマルガムの除去を行う場合には、齲蝕部位などからエキスカで取り出すか、必要ならば健全歯質を削除しても、可及的に歯質に触れることなく周囲の歯質を削除してスプーンエキスカベーターなどを用いてなるべく一塊で除去する方法³⁾(以後、一塊法と称す)が日本歯科保存学会において推奨されている。

しかし、健全な歯質の不必要な削除はMinimal Intervention (MI) の観点からは疑問が残る。このため、充填されたアマルガムをカーバイドバー等で十字型に溝を形成するように切除し、次いで、中心の溝から周囲へ向かって切除してアマルガムを除去する方法⁴⁾(以後、粉碎法と称す)が最近の欧米では

採用されている。この除去法によれば残存歯質へのダメージが少なく、MI の概念に合致するが患者および術者への水銀蒸気による被曝⁴⁾という点が問題となると考えられる。

本研究においては、可及的に臨床を模した環境下で実験を行い、口腔内に充填したアマルガムについて、除去法・冷却水・バキュームの有無等の条件を変えて除去を行い、このときの大気中への水銀の蒸散量および排水系への水銀溶出量を評価・検討することにより、ガイドライン策定へのエビデンスを与えることを目的とする。

2. 実験材料および方法

(1) 試料作製

アマルガム充填用として、ヒト抜去歯のうち裂溝の形状がなるべく十字型に近い第二大臼歯と第三大臼歯を用いて実験を行った。抜去歯の使用は、本学生命歯学部倫理審査委員会の承認（承認番号 NDU-T2013-17）を得て行った。選択した抜去歯を近心頬舌咬頭および遠心頬側咬頭の 3 点により形成される平面を底面と平行となるように治具（図 1-1）を用いて、高さを一定に保った状態で、外径 19mm、内径 15mm アクリル樹脂製パイプを長さ 16mm

に切断した円筒の中心に、常温重合レジン（オストロンⅡ、ジーシー）を用いて高さ 25mm となるように包埋した（図 1-2）。次いで、図 1-3 に示した近遠心径 7.5 mm、頬舌径 5 mm の十字窩洞を、包埋した下顎左側第二大臼歯の人工歯（単根模型歯永久歯、A5AN-500、ニッシン）にダイヤモンドポイント（FG 114、松風）を用いてマスター窩洞として形成した（図 1-4）。このマスター窩洞を用いて、包埋したヒト抜去歯に複製窩洞形成器（図 1-5、試作品、日本歯科大学生命歯学部接着歯科学講座）を用いた倣い加工により、ダイヤモンドポイント（123、Horico Dental、Berlin、Germany）を用いて規格化した十字型窩洞（深さ 2 mm）を形成した。またこの時、図 1-3 のように十字窩洞の 6 か所にスチールバー（ブッシュスチールバー HP 010、東京歯科産業）を用いて角形穿下を施した。用いた機械・器具を表 1-1 に示す。次いで、業者指定の条件（練和時間 6 秒）でアマルガム練和器（Amalgam Mixer-Dx、Shofu）を用いて練和したアマルガム（ロジックプラス、スピル 1 レギュラー、lot No. 1208116、SDI、Bayswater、Australia、表 1-2）を充填し（図 1-6）、7 日間 37℃水中に保管した。

(2) 実験方法

本研究においては、臨床を模した実験条件とするため、顎模型（2色レジン製顎模型 D51FE-500A-QF、ニッシン）を用いた。この模型の左側第一大臼歯部付近に直径 19mm の円形の空洞を形成し（図 1-7）、この空洞に水中浸漬後の試料を挿入し、咬合平面に合うように試料の高さを調節してネジを用いて固定した（図 1-8）。次に、頬粘膜を模したゴムカバー（頬粘膜ボックスフルカバー-SPMⅢ、ニッシン）を装着したデンタルシュミレーター（Simple ManikinⅢ、ニッシン、図 1-9）内に顎模型を設置した（図 1-10）。

充填アマルガムの除去は、歯科用のタービン（ツインパワータービン、PAR EX-0 DI、モリタ）を用いて、カーバイドバー（ジェットカーバイド FG 699、松風）にて行った。また、口腔内のバキュームとして、歯科用吸引装置（0.6m³/min の時、17.65kPa、TCV-CS1000、東京技研）を用いた（図 1-11）。この時、気液分離器（7ℓ分離器、東京技研）のみを用いた場合と、アマルガムセパレーター（CAS1、model 7117-100-50、Dürr Dental、Bietigheim-Bissingen、Germany）を経由した場合とに分けて実験を行った。バキューム

装置およびアマルガムセパレーターを含む実験装置の全景を図 1-12 に示す。

充填されたアマルガムの除去方法としては、全くアマルガムに触れることなく、周囲の歯質を削除してエキスカベータなどで「テコの原理」を利用して一塊として取り出す方法（以後、一塊法）と、充填されたアマルガムの咬合面に十字型にほぼ窩底に達するまで溝を形成してアマルガムを切断し、さらにその溝を拡大する形で可及的に大きな塊となるように削り飛ばす方法（以後、粉碎法）の二つの方法を採用した。このときのアマルガムの除去は、新しい充填物を除去する毎に常に新しいタングステンカーバイドバーに交換して行った。本実験で行った削除法を図 1-13 に示す。

発生する水銀蒸気の大気中の濃度は、金アマルガム法を用いた水銀捕集管（M-160、日本インスツルメンツ）とガス中水銀捕集装置（最大吸引量 1ℓ/min、PS-4、日本インスツルメンツ）を用いて捕集（図 1-14）した水銀蒸気を原子吸光による検出部を持つダブルアマルガム気中水銀測定装置（検出範囲 0.001ng～1000ng、WA-5、日本インスツルメンツ、図 1-15）にて測定した。実験に用いた装置を表 1-3 に示す。

口腔内で直接発生する水銀蒸気とは別に、

口腔内バキュームによりバキューム装置本体からの排気中の水銀蒸気についても排気部で測定を行った（図 1-16）。

また、排水中の水銀濃度については、後述（2 章参照）のように実験を行った。

本研究の実験条件として、充填物から大気中へ直接発生する水銀量については、A:アマルガム除去法、B:冷却水の有無、C:バキュームの有無、D:充填部位から捕集管までの距離を因子とする四元配置実験を行った（表 1-4）。また、バキューム装置本体からの排気中の水銀については、A:アマルガム除去法、B:冷却水の有無、C:トラップの種類を因子とする三元配置実験を行った（表 1-5）。

また、実験に際してアマルガム充填前後およびアマルガム除去前後の試料重量変化を測定し、除去に要する時間を計測した。

さらに、標準測定距離 35mm、標準標的サイズ 1.6mm の放射温度計（TMHX-CN0500-0035E1.6-000、ジャパンセンサー）および設定・測定ソフト（PWSX、ジャパンセンサー）を用い、除去作業時にリアルタイムで充填物の表面温度の測定を行った。この測定を A:アマルガム除去法、B:冷却水の有無、C:バキュームの有無を 3 因子として繰り返し 3 回行った。

統計処理は、繰り返し 5 回（表面温度のみ繰り返し 3 回）の測定値より、四元配置または三元配置分散分析を行い、有意差の認められた場合は、Tukey の多重比較を行った。

3. 結果

大気中へ充填物から直接発生する水銀量についての四元配置分散分析を行った結果、全ての主因子と 4 因子相互作用までの全ての交互作用に有意差が認められた。このため、主効果 A および寄与率の大きな 2 因子交互作用の BxC、BxD、CxD についてグラフ化したものを図 1-18～1-21 に示した。図 1-18 から除去法については、粉碎法に比べて一塊法のほうが放出される水銀量は小さく、図 1-19 からは、冷却水が有る場合は、バキュームの有無によらず水銀量は小さいが、冷却水がない場合にはバキューム無しで水銀量は極めて大きくなった。また、図 1-20 から、冷却水がある場合には、充填物からの距離による影響は小さいが、冷却がない場合には、最も近い測定距離である 10 cm で水銀濃度は急激に大きくなった。図 1-21 からは、バキューム有りでは測定距離の影響は小さいが、バキューム無しでは測定距離が小さいと水銀濃度は急激に大きくな

なった。

バキューム装置からの排気中の水銀について、三元配置分散分析を行った結果、除去法および冷却水の有無に有意差が認められ、トラップの種類については有意差が認められなかった。また、除去法と冷却の有無の2因子交互作用に有意差が認められた。この有意差の認められた主効果についてグラフ化したものを図1-22、1-23に示す。図1-22より、一塊法のほうが粉碎法より排気装置から排出される水銀濃度は低かった。図1-23より冷却水を用いたほうが、用いない場合より排気装置から排出される水銀濃度は極めて低かった。

2因子交互作用の結果を表1-6に示した。表より、冷却水を用いると除去法による差は認められないが、冷却水を用いない場合には、一塊法に比べて、粉碎法では極めて排水銀濃度が高くなることが判った。

本実験での除去に要する時間を表1-7に示した。このとき、吸引ポンプの性能から計算した捕捉気体量を同時に示した。全体として、一塊法では、歯質を充填物に沿ってアマルガムと接触しないように削るため、粉碎法に比べて除去に要する時間は長くなることが判った。この結果、捕捉する気体の体積は増えることとなる。

充填物の除去時の表面温度測定値のうち、各条件での最高表面温度の繰り返し3回の平均値を表1-8に示した。また、このデータについて三元配置分散分析した結果、除去法、冷却水の有無および2因子交互作用除去法 x バキュームの有無)に有意差が認められたが、バキュームの有無には有意差が認められなかった。主因子の除去法についてグラフ化したものを図1-24に示した。図より、一塊法より粉碎法のほうが表面温度は高くなった。主因子の冷却水の有無について、グラフ化したものを図1-25に示す。図より、冷却水有りでは表面最高温度は40.6℃であるのに対し、冷却水無しでは124.3℃と有意に高くなった。除去法とバキュームの有無による2因子交互作用についての結果を表1-9に示した。表より、バキューム有りでは一塊法より粉碎法のほうが表面温度は有意に低かったが、バキューム無しでは、表面温度は除去法による差が認められなかった。

4. 考 察

アマルガムは、歯科において長年にわたり世界中で広く用いられてきた材料であり、その安定性や安全性に対する信頼性は高いが、

近年はアマルガム充填物を口腔内に有する患者の体内への水銀の拡散や呼気中の水銀蒸気の放出など健康に対する影響への疑問も多く呈されているが、これに対する結論は得られていない。このため、現在のところ口腔内に存在するアマルガム充填物を敢えて除去して新しい修復部に取えて置き換える必要についても賛否が分れるところである。しかし、二次齲蝕の発生等、止むを得ない事情でアマルガム充填物を除去せざるを得ないときには、アマルガム除去時の水銀による患者や術者への水銀蒸気やアマルガム粉末による被曝や環境汚染などへの対策を講ずる必要がある。

一般に、アマルガム充填物の除去法としては、欧米で推奨されているように、アマルガムには可及的に接触しないように周囲の歯質を切削し、その後エクスカベータなどを用いてテコの原理でアマルガムを一塊として除去する方法（一塊法）が用いられているが、この方法によると健全歯質への侵襲が大きく、MI の概念からは大きく逸脱していると考えられる。最近のカナダや USA では、アマルガムを粉塵として切削するのではなく、切断を行い“chunk”として除去する方法が推奨されているが、この方法は現在、日本において行われている除去法（粉碎法）とほぼ同じと考

えられる。これ以外には、アマルガムを少しずつ回転切削具により削除する方法があるが、こちらは発生する水銀蒸気量と粉塵が極めて多くなり、患者や術者への為害作用も大きいため現在ではほとんど用いられていないと思われる。

本研究では、水俣条約の発効を見越して、アマルガム充填物除去時の水銀蒸気および排水への影響を評価し、患者、術者および環境への水銀汚染対策のエビデンスを与えることを目的として実験を行った。

除去法、冷却水、バキューム、トラップの4条件を変化させて行った実験の結果からは、除去法は、図 1-18 のように粉碎法のほうが一塊法より一般に水銀濃度が高くなるが、この影響より図 1-19 に示すように冷却水やバキュームによる影響のほうが大きく、冷却水を用い、バキュームを用いることにより、除去時に発生する水銀蒸気の濃度は極めて低く抑えることが可能であり、図 1-19～1-20 に示すように除去法による水銀濃度の違いは認められなかった。

また、図 1-21 に示すように測定距離が短くなるほど水銀濃度は高くなったが、冷却水とバキューム使用により、距離による影響は小さくなった。したがって、冷却水を用い、

バキュームを併用することにより、一塊法あるいは粉砕法のいずれを用いても、除去アマルガムから発生する水銀蒸気の濃度を低く抑えられることが判明した。

吸引装置の排気中に含まれる水銀蒸気については、除去法、冷却水の有無およびトラップの種類の三元配置の実験を行った結果、トラップの種類、すなわちアマルガムセパレーターを用いるか、吸引装置に常設されている気液分離器のみを用いるかによる影響はほとんど受けることがなく、冷却水を用いる影響が最も大きく(図 1-23)、次いで除去法による影響が大きい(図 1-22)ことが判った。また、図 1-24 から冷却水を用いない場合には、一塊法に比べて粉砕法のほうが明らかに水銀濃度は高くなるが、冷却水を用いると排気中の水銀濃度についても除去法による影響を受けない事が明らかとなった。

これらの原因を調べるために、除去時のアマルガム充填物の表面温度を測定した。実験条件としては、削除法、冷却水の有無およびバキュームの有無の三元配置の実験を行った。この結果、表面到達最高温度は、冷却水の影響を最も大きく受け、次いで除去法による影響を受けるが、バキュームによる影響は小さいことが判った。さらに、図 1-25 に示すよう

に冷却水を用いた場合は、除去法によらずアマルガム表面は比較的低温に保たれており、この結果、アマルガム除去時の水銀蒸気の発生が抑えられたものと考え得られる。粉砕法では、削除により形成された溝に冷却水が侵入することにより効果的に表面温度を下げたものと考えられる。一塊法では、除去に粉砕法に比べて長い時間を要するためと、周辺の歯質削除による発熱が効果的に冷却できないことにより、予想よりアマルガム表面の温度が上昇したものと考えられる(図 1-24)。すなわち、アマルガムに接触しないように切削して削除しても、充填されたアマルガムの温度上昇は抑えることができないため、粉砕法と同程度の水銀蒸気を発生させたものと考えられる。

我が国においては、日本歯科保存学会としてアマルガムの除去法について一塊法を用いるよう指導するという統一見解がなされているが、近年の諸外国の教科書や文献を調べると一塊法を用いているものは、ほとんど見当たらず、窩洞を拡大しないことに主眼を置いた粉砕法に近い、なるべく大きな塊にして除去するものの、アマルガム本体を切削する方法が主体となっている。この除去法は、近年の MI の概念に沿ったものと考えられるため、

冷却水とバキュームにより発生する水銀蒸気をどちらの除去法でも同レベルに保てるのであれば、粉碎法を採用するべきであると考えられる。しかし、臨床上においては、切削した粉塵が患者の呼吸器系に迷入する可能性を考慮する必要があるが、こちらはラバーダムなどによりこれらの可能性を可及的に避けることにより対処できるのではないかと考えられる。除去法については、実際の臨床の場で患者や術者の水銀被曝量を測定することは、極めて難しいと考えられるが、今後の研究課題として検討する必要がある。

5. 文 献

- 1) Minamata Convention on Mercury:
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/pa/ge3_000477.html
- 2) FDI Policy Statement, WHO Consensus Statement on Dental Amalgam, Also approved by the FDI General Assembly in September 1997, Seoul, Korea
[http://www.fdiworldental.org/media/1399/WHO-consensus-statement-on-dental-amalgam-1997.pdf#search='WHO+Consensus+Statement+on+Dental+Amalgam'](http://www.fdiworldental.org/media/1399/WHO-consensus-statement-on-dental-amalgam-1997.pdf#search='WHO+Consensus+Statement+on+Dental+Amalgam)
- 3) 千田 彰、寺下 正道、田上 順次、片山 直、保存クリニカルガイド、p271、2003、医歯薬出版、東京、日本
- 4) Edwinna A. M. Kidd, Bernard G. N. Smith, Timothy F. Watson, H. M. Pickard, Pickard's Manual of Operative Dentistry, Eighth edition, p202-203, 2003, Oxford Univ. Press, New York, USA.
- 5) Dana G. Colson. A Safe Protocol for Amalgam Removal. Journal of Environmental and Public Health, Volume 2012, Article ID 517391, 4

表 1-1 複製窩洞形成器および試料作製に用いた器具

名称	型 式	製造元
複製窩洞形成器		日本歯科大学接着歯科学講座
松風ダイヤモンドポイント	114	松風
スチールバー	2-010	東京歯科産業
ホリコダイヤモンドポイント	123	HORIKO

表 1-2 用いたアマルガム（ロジックプラス）の諸元

形状	高銅型球状アマルガム（カプセル）
組成	Ag 60%、Sn 28%、Cu 12%
合金水銀比	1 : 0.75 (400mg/300mg)
練和時間	6 ± 1 秒 (Ultramat 2)

表 1-3 実験装置の諸元

実験に使用した器械・器具	型 式	製造元
下顎模型	顎模型D51FE-500A-QF	ニッシン
ゴムカバー	頬粘膜ボックスフルカバーSPMIII	ニッシン
エアタービン	ツインパワータービン	モリタ
カーバイドバー	FG 699	松風
気液分離器	7ℓ 分離器	東京技研
アマルガムセパレーター	コンビセパレーターCAS1	DÜRR DENTAL
水銀測定装置	WA-5A	日本インスツルメント
吸引器（気体捕集用）	PS-4	日本インスツルメント

表 1-4 大気中への水銀蒸気の放出量の実験条件

実験条件			
除去法	粉碎法	一塊法	
冷却水	有り	無し	
吸引（バキューム）	有り	無し	
測定距離	10 cm	30 cm	50 cm

表 1-5 バキューム装置からの水銀蒸気の放出量の実験条件

実験条件		
除去法	粉碎法	一塊法
冷却水	有り	無し
排水システム	気液分離器	アマルガムセパレータ

表 1-6 排気装置からの水銀濃度

除去法	冷却水	水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
一塊法	有	100.0
	無	617.1
粉碎法	有	107.4
	無	1539.7

表 1-7 除去に要する時間と捕集気体量

	除去時間 (sec)	捕集容量 (ℓ)
一塊法	32.49 (12.80)	0.27 (0.11)
粉碎法	21.62 (7.68)	0.18 (0.06)

表 1-8 除去時のアマルガム表面の最高到達温度 (°C)

冷却水	バキューム	一塊法	粉碎法
冷却水有	Vac有	54.0	34.9
	Vac無	36.8	36.7
冷却水無	Vac有	138.8	103.4
	Vac無	130.8	124.3

表 1-9 冷却水の有無と除去法の違いによる除去アマルガムの表面到達最高温度

	バキューム	表面温度 (°C)
一塊法	有	96.4
	無	83.8
粉碎法	有	69.2
	無	80.5

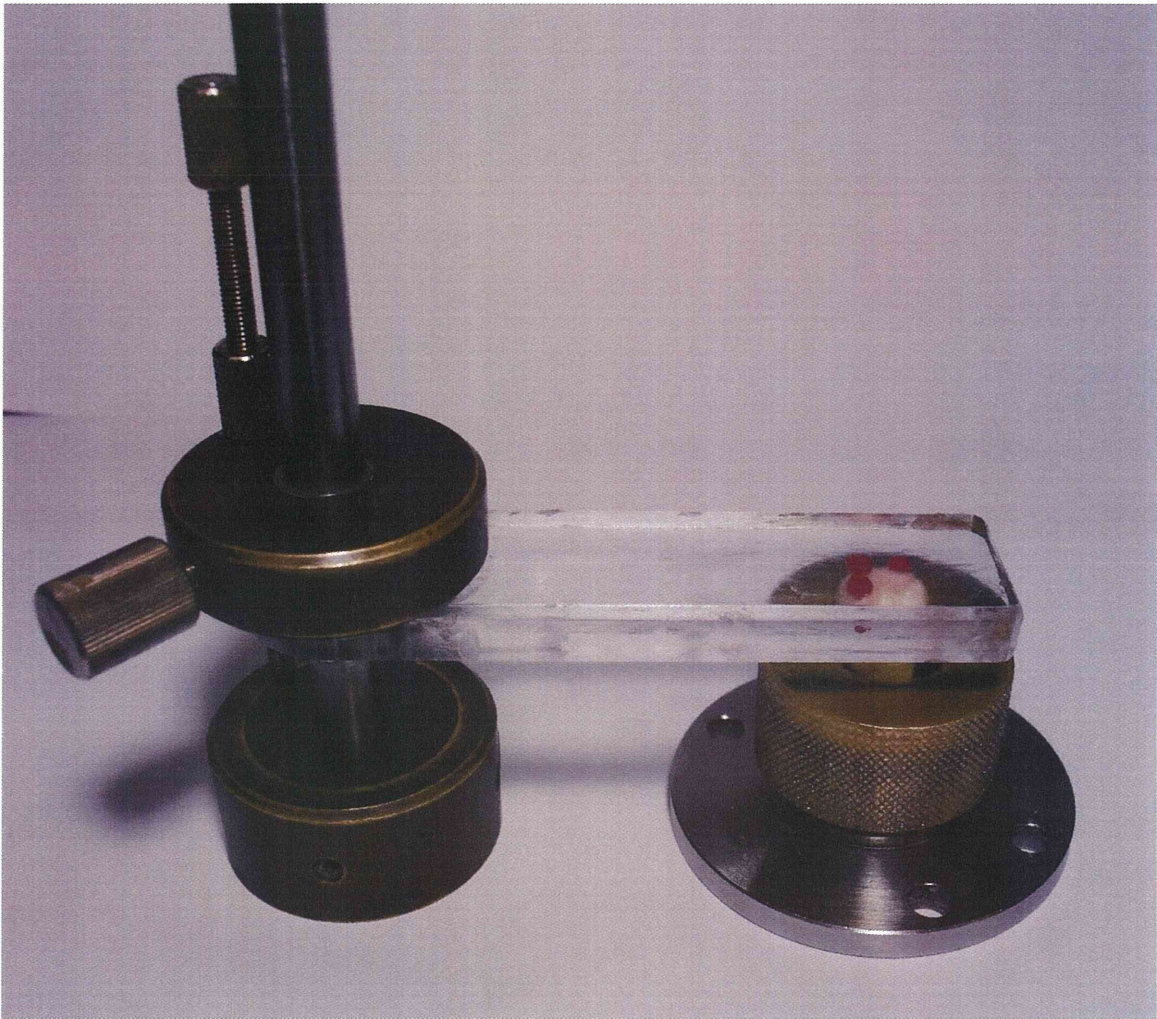


図 1-1 包埋用高さ調節治具



図 1-2 常温重合レジンに包埋後の歯

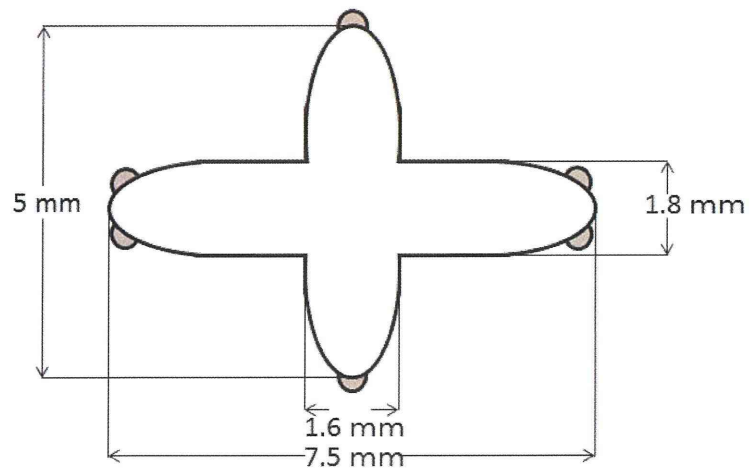


図 1-3 アマルガム充填用十字型窩洞
角形穿下は図の半円の6か所に付与した。

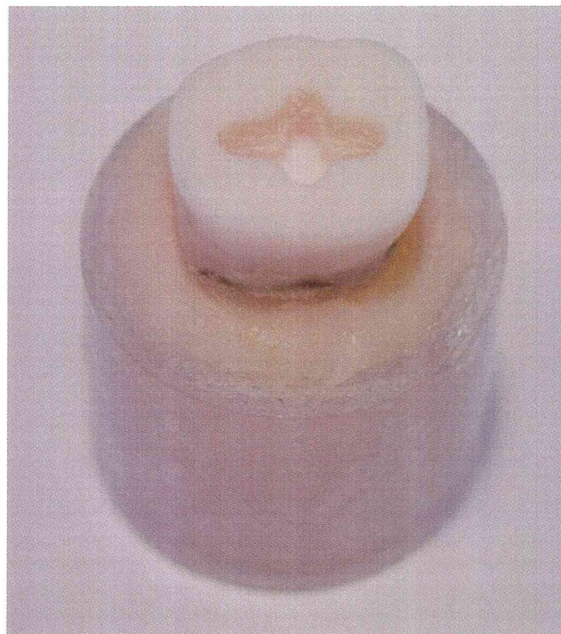


図 1-4 人工歯に形成した十字型マスター窩洞

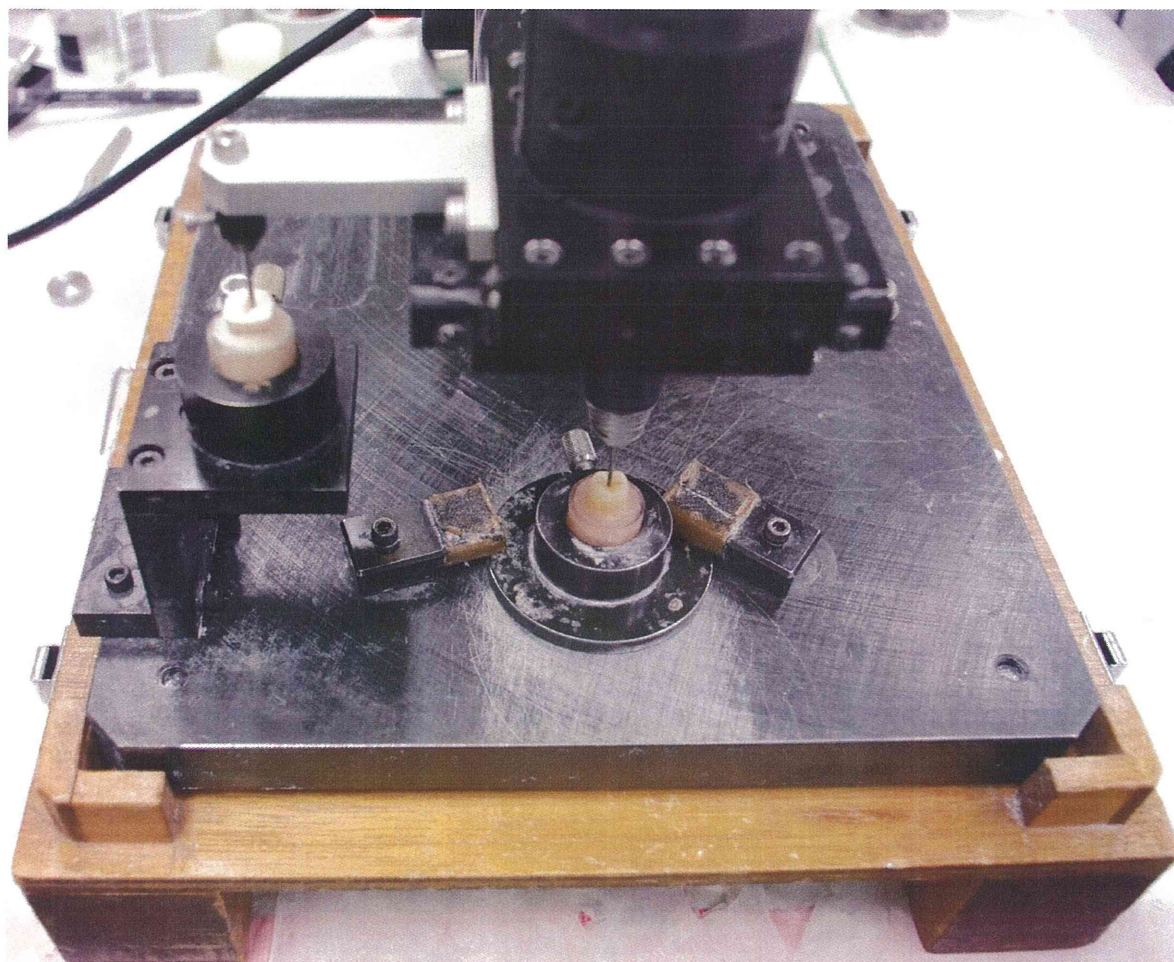


図 1-5 マスター窩洞の複製に用いた複製窩洞形成器

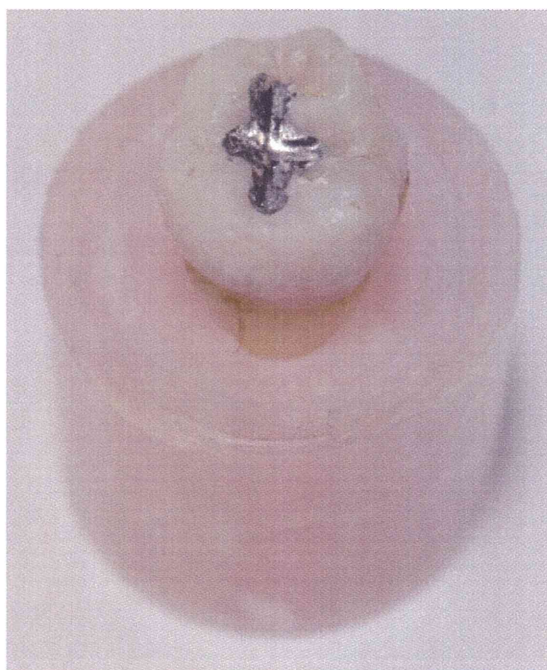
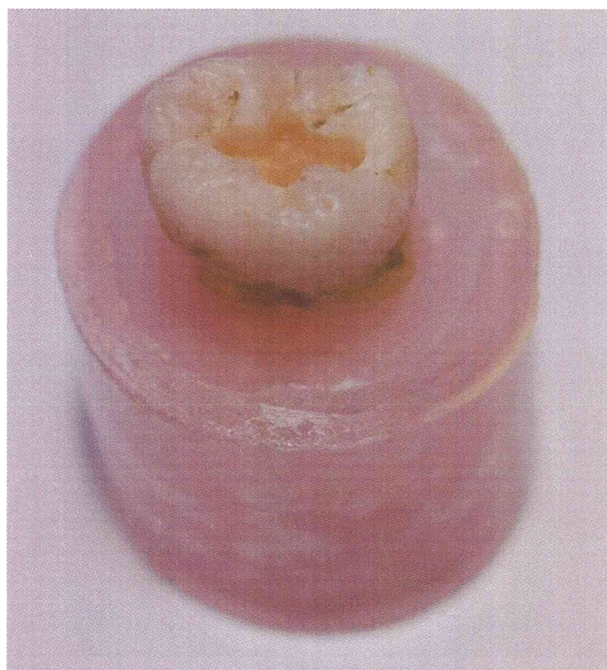


図 1-6 形成した窩洞とアマルガム充填後の窩洞

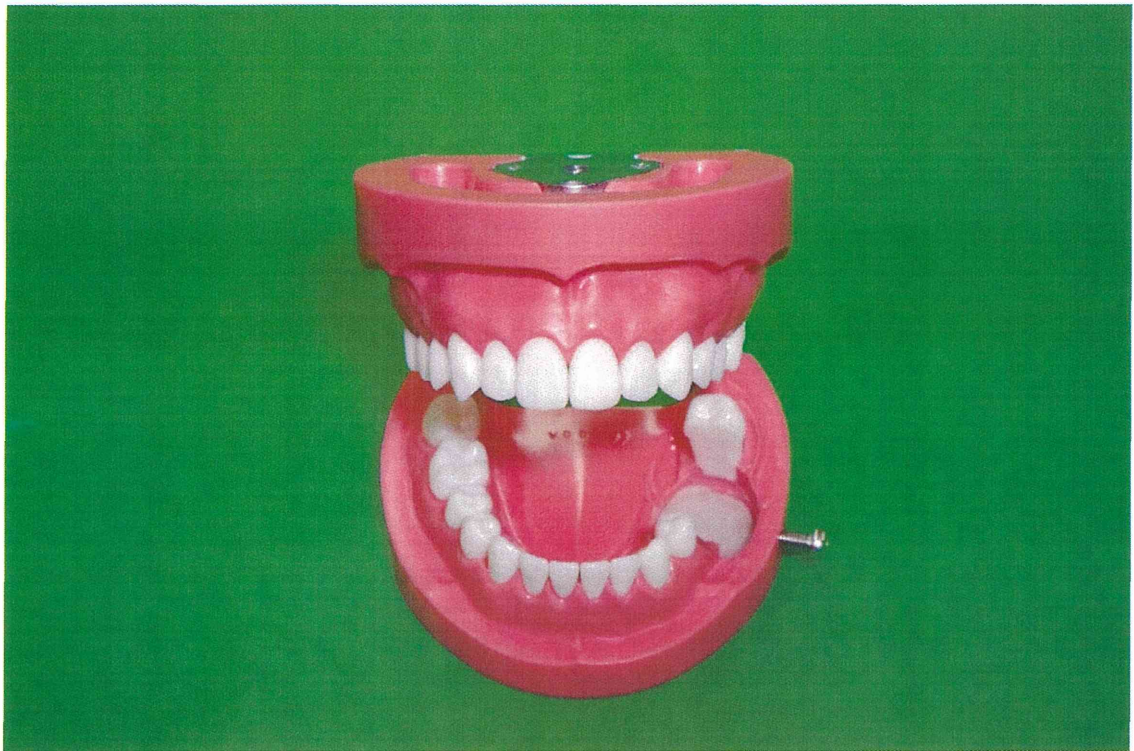


図 1-7 空洞を形成した顎模型

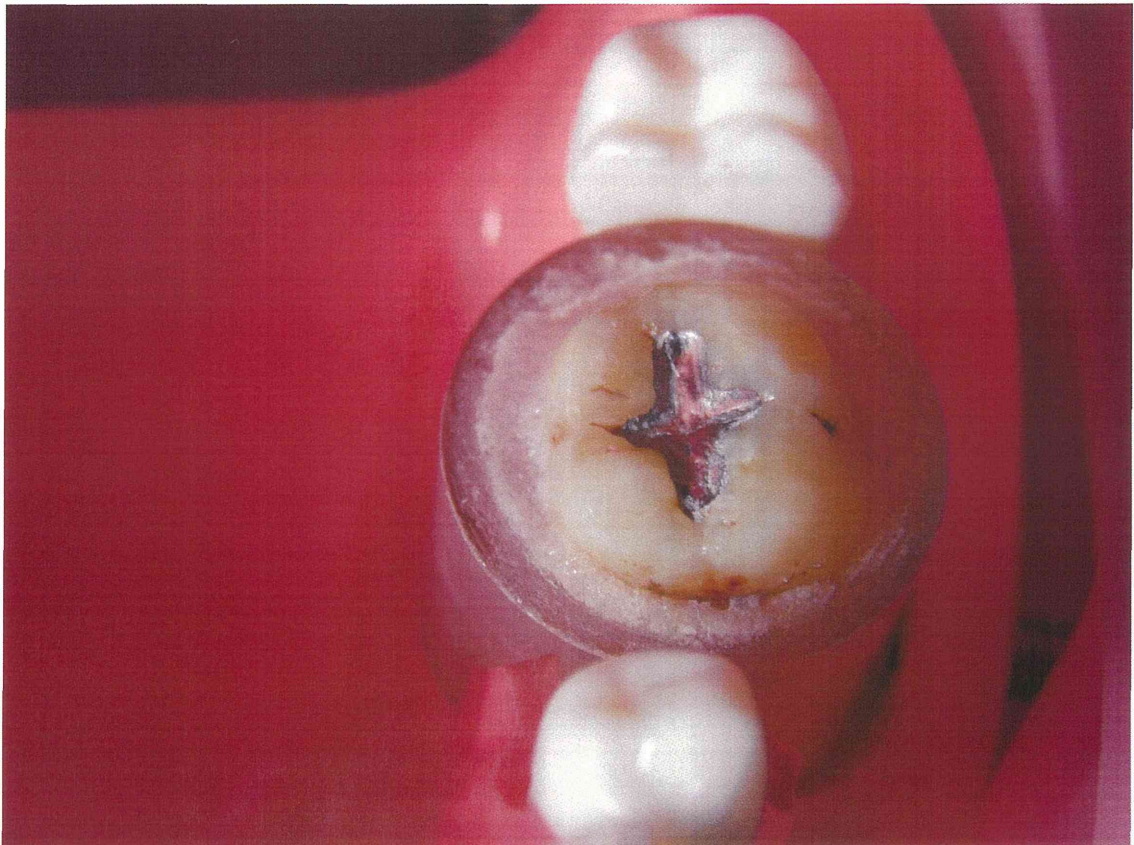


図 1-8 包埋したアマルガム充填歯を顎模型に固定