

アマルガム充填物除去時の大気中への水銀排出量

宮坂 平, 青柳有祐, 青木春美, 相馬弘子, 石田祥己, 三浦大輔 (日歯大・生命歯・理工)

The amount of mercury emission caused by amalgam removal into the atmosphere / Miyasaka T, Aoyagi Y, Aoki H, Soma H, Ishida Y, Miura D (Nippon Dental Univ. at Tokyo): The purpose of this study was to analyze the amount of mercury emission caused by amalgam fillings removal into the atmosphere. The amalgam fillings were removed in block or by cutting into fragments, with or without water spray cooling or mist suction. As the drainage systems, the usual dental trap or the amalgam separator was adopted. The amounts of mercury emission directly into the air at amalgam removal and the indirect emission from suction units were analyzed by the highly sensitive mercury analyzer. As a result, it was clarified that the amounts of mercury emission into the air were significantly reduced by water spray cooling and the removal in block.

[緒 言]

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する。

[材料および方法]

本研究においては, 臨床を模した実験条件とするため, アマルガム充填にはヒト抜去歯のうち, 裂溝の形状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。選択した抜去歯は, 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して, 高さを一定に保った状態で, 常温重合レジン(オストロン, ジーシー)で包埋した。近遠心径7.5 mm, 頬舌径5 mmの十字窩洞をマスター窩洞として形成後, 包埋したヒト抜去歯に複製窩洞形成器(日本歯科大学接着歯科学講座)を用いた倣い加工により, 規格化した十字型窩洞(深さ2 mm)を形成した。次いで, 業者指定の条件で練和したアマルガム(ロジックスビル1 プラスレギュラー, SDI)を充填し, 7日間37℃水中に保管した。その後, 下顎模型(顎模型 D51FE-500A-QF, ニッシン)の左側第一大臼歯部に試料を固定し, 頬粘膜を模したゴムカバー(頬粘膜ボックスフルカバー-SPM, ニッシン)を装着したファントム(Simple Manikin, ニッシン)内に設置した。

充填アマルガムの除去時の実験条件として, A:アマルガム除去法, B:冷却水の有無, C:バキュームの

有無の3元配置実験を行った。要因Aのアマルガム除去法としては, 我が国における一般的な除去法として, 充填されたアマルガムをカーバイドバー等で粉碎する除去法である「粉碎法」と欧米で推奨されている方法として, アマルガムには触れずに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」の両方について実験を行い, 除去時の発熱による影響を評価した。大気中の水銀量の測定は, 除去物からの距離を10, 30, 50cmと変化させて行い, 同時に, 吸引装置本体からの排気中の水銀量についての影響を調べた。大気中の水銀量測定には, 金箔により水銀蒸気を金アマルガムとして捕集後, この金箔を加熱して原子吸光法を用いて水銀濃度の測定を行う高感度の水銀濃度測定器(WX-5, 日本インストルメント)を用いた。

統計処理は, 繰り返し5回の測定値より, 三元配置分散分析(A:除去法, B:冷却水の有無, C:バキュームの有無)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。

[結果および考察]

大気中の水銀濃度について測定した結果, 除去法においては, 一塊法より粉碎法のほうが有意に高い水銀濃度を示した。冷却水の有無においては, 冷却水無しの条件で有意に高い水銀濃度を示し, バキュームを用いた場合のほうが水銀濃度は少なかった。しかし, MIの概念からすると, 健全歯質を削除する一塊法には疑問が残ることから, 可及的に水銀蒸気の発生を抑える現実的なアマルガム除去法としては, ハンドピースからの冷却水を十分に用いた冷却を行い, 口腔内バキュームを使用して, 粉碎法を用いた可及的に短時間の除去が適切であると考えられる。

本研究は, 平成25年度厚生労働科学研究費補助金(厚生労働科学特別研究事業 H25-特別-指定-022)の助成を受けて行われた。

第 63 回日本歯科理工学会口頭発表内容(2016/4/12, 於 船堀)

アマルガム充填物除去時の
大気中への水銀排出量

日本歯科大学 生命歯学部 歯科理工学講座

宮坂 平、青柳有祐、青木春美、相馬弘子、
石田祥己、三浦大輔



研究の背景および目的

「水銀に関する水俣条約」: 2013年10月に署名・採択

↓
歯科用アマルガムの使用の規制

↓
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と対策

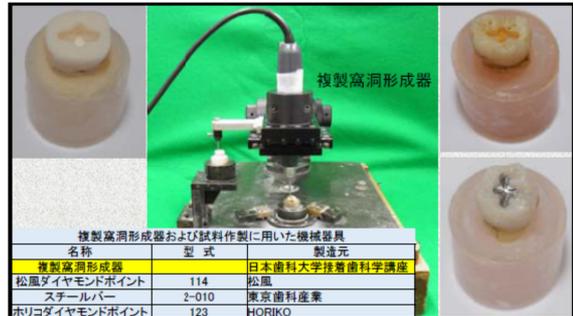
↓
除去についてのガイドライン策定

欧米では、アマルガムに接触しないように周囲の歯質を削除して、エクスカーベーターで一塊にして除去する。

↓
臨床を模した環境下で充填したアマルガムの除去時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

↓
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。

排水系への水銀溶出量→P-38にて報告



複製窩洞形成器および試料作製に用いた機械器具

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
ポリダイヤモンドポイント	123	HORIKO

吸合面を一定の位置に保った状態で歯根を常温重合レジンにて包埋

↓

近造心径7.5mm、頬径5.0mmの十字型窩洞をマスター窩洞として複製窩洞形成器を用いて、深さ2mmの十字型窩洞を形成後、角形穿下を付与

↓

アマルガム充填
37℃超純水中にて7日間保存

実験に使用した材料

部位または製品名	製造元
ヒト抜去歯	当講座保管
常温重合レジン	オストロンII
アマルガム	ロジックスビルプラスレギュラー SDI

カーバイドバーを装着したエアタービンを用いて、各条件別にアマルガム除去

↓

除去中に距離を変えて吸引 → 捕集管に捕集 → 水銀濃度測定

↓

除去中に排水・吸引システム通過後の排気を吸引 → 捕集管に捕集 → 水銀濃度測定

実験に使用した器械・器具	型式	製造元
下顎模型	顎模型DS1FE-500A-QF	ニッセン
ゴムカバー	頬粘膜ポックスフルカバー-SPM III	ニッセン
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
液体分離器	7c 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	DURR DENTAL
水銀測定装置	WA-5A	日本インストルメント
吸引器(気体捕集用)	PS-4	日本インストルメント

下顎模型の左側第一大臼歯部に試料を固定し
ゴムカバーを装着したファントム内に設置

↓

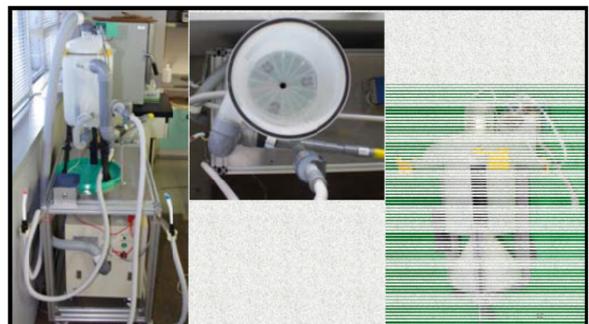
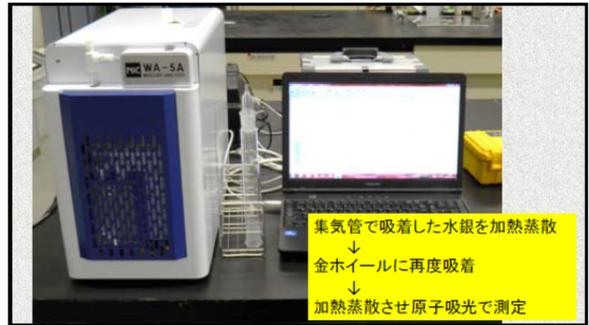
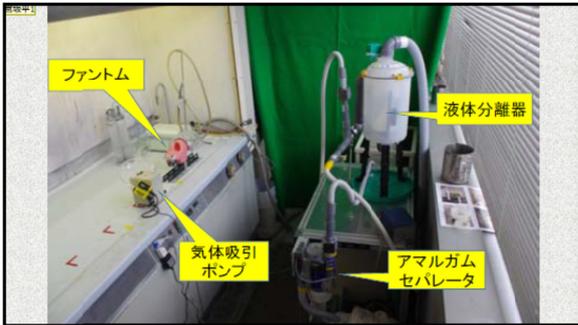
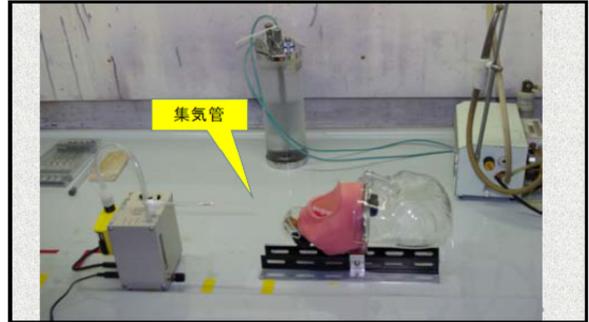
カーバイドバーを装着したエアタービンを用いて、各条件別にアマルガム除去

↓

除去中に距離を変えて吸引 → 捕集管に捕集 → 水銀濃度測定

↓

除去中に排水・吸引システム通過後の排気を吸引 → 捕集管に捕集 → 水銀濃度測定





大気中への水銀の放出

1) 大気中への水銀蒸気の放出量

実験条件	粉碎法	一塊法	
除去法	有り	無し	
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

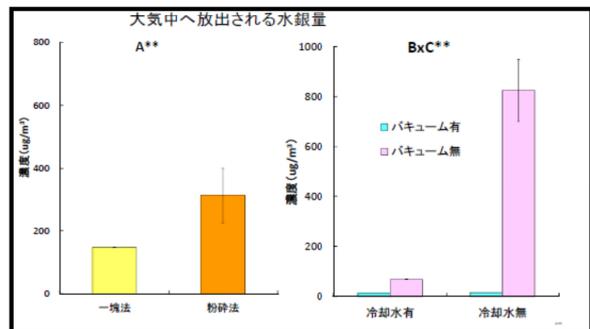
2) バキューム装置からの水銀蒸気の放出量

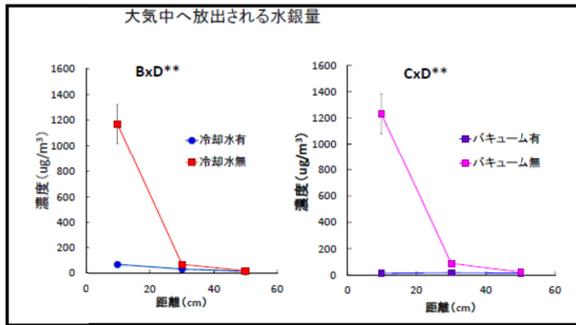
実験条件	粉碎法	一塊法
除去法		
冷却水		
排水システム	液体分離器	アマルガムセパレータ



分散分析(大気中への放出量、 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

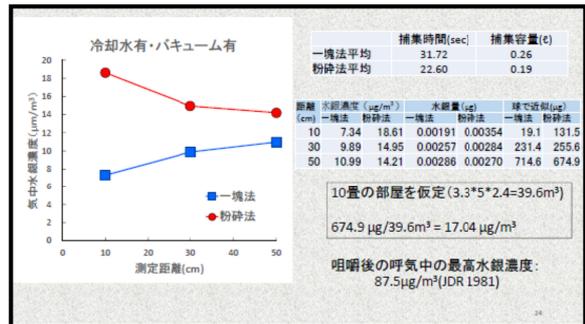
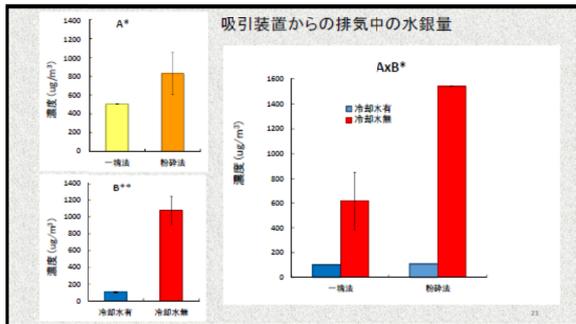
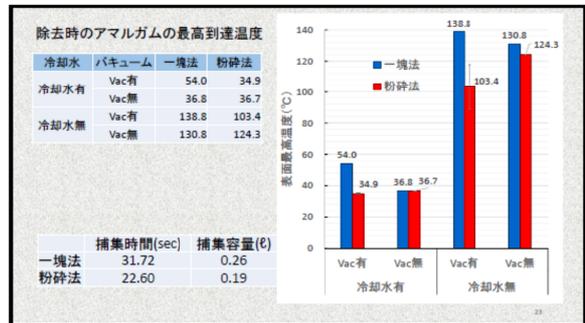
Factor	s.s	d.f	m.s	Fo	Sign	ratio
A(切削条件)	818853.452560	1	818853.452563	7.00	**	1.04
B(冷却水)	4337283.610083	1	4337283.610083	37.09	**	6.26
C(バキューム)	5610805.234680	1	5610805.234680	47.98	**	8.15
D(トラップ)	9192337.126912	2	4596168.563456	39.30	**	13.29
A × B	499080.371213	1	499080.371213	4.27	*	0.57
A × C	742119.388830	1	742119.388830	6.35	*	0.93
A × D	1580607.012712	2	790303.506356	6.76	**	2.00
B × C	4255150.682163	1	4255150.682163	36.39	**	6.14
B × D	7793422.241562	2	3896711.120781	33.32	**	11.21
C × D	9273361.791865	2	4637680.895933	39.66	**	13.41
A × B × C	488167.017813	1	488167.017813	4.17	*	0.55
A × B × D	1053406.595482	2	526703.297741	4.50	*	1.22
A × C × D	1578111.403205	2	789055.701603	6.75	**	1.99
B × C × D	7886070.484262	2	3943035.242131	33.72	**	11.55
A × B × C × D	1088954.049762	2	544477.024881	4.66	*	1.27
E	11225900.665040	96	116936.465261			20.64
TOTAL	67425631.128147	119				





分散分析 (バキュームの排気からの放出量、 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Factor	s.s	d.f	m.s	Fo	Sign.	ratio
A(切削条件)	2162724.326010	1	266724.326010	16.07	**	11.01
B(冷却水)	9500322.924160	1	9500322.924160	70.59	**	50.84
C(トラップ)	30268.924160	1	30268.702890	0.22		0.00
A×B	2094407.766090	1	2094407.766090	15.56	**	10.64
A×C	135936.944640	1	135936.944640	1.01		0.01
B×C	16848.562090	1	16848.562090	0.13		0.00
A×B×C	174472.397440	1	174472.397440	1.30		0.22
e	4306643.349440	32	134582.604670			2.29
TOTAL	18421624.972760	39				



結論

アマルガム充填物除去時に大気中へ直接排出される水銀量は、

1. 冷却水とバキュームを使用した場合、最も小さくなった。
2. 冷却水とバキュームを使用した場合、一塊法と粉砕法とでは、除去法による差は認められなかった。

吸引装置からの排気中への水銀量は、

3. 冷却水を用いた場合に、一塊法と粉砕法との差は、認められなかった。
4. 除去時のアマルガムの表面温度は、一塊法より粉砕法のほうが低かった。

以上の事から、アマルガム充填物を除去するときに大気中に排出される水銀量は、冷却水とバキュームを用いると、いずれの除去法を用いても、 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、換気や活性炭入りの空気清浄機で対応できる程度であることが明らかとなった。

本研究は、平成25年度厚生労働科学研究費補助金(厚生労働科学特別研究事業)H25-特別-指定-0221により行われた。 25

アマルガム充填物除去時の排水中への水銀排出量

青木春美, 宮坂 平, 青柳有祐, 相馬弘子, 石田祥己, 三浦大輔 (日歯大・生命歯・理工)

The amount of mercury emission caused by amalgam removal into the discharged water / Aoki H, Miyasaka T, Aoyagi Y, Soma H, Ishida Y, Miura D (Nippon Dent. Univ.): The purpose of this study was to analyze the amount of mercury emission caused by amalgam fillings removal into the discharged water. The amalgam fillings were removed in block or by cutting into fragments, with or without water spray cooling or mist suction. As the drainage systems, the usual dental trap or the amalgam separator was adopted. The amounts of mercury emission into the discharged water at amalgam removal and the subsequent rinse water were analyzed by the highly sensitive mercury analyzer. As a result, it was clarified that the mercury amounts in the discharged water were significantly reduced by the use of the amalgam separator.

〔緒言〕

口腔内のアマルガム充填物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、アマルガム充填物の除去が不可欠になる。しかしながら、除去時の患者や術者に対する水銀汚染、大気中や排水中への水銀汚染について臨床を模した条件下で総合的に評価した研究はほとんどない。本研究では、アマルガム除去時の環境に対する水銀汚染を調べる目的で、臨床を模した実験条件（除去法、冷却水の有無、バキュームの有無、排水システム）を組合せ、アマルガム除去作業中の排水中ならびに直後の洗浄水中の水銀量を測定した。これより排水中への水銀量抑制のための条件を見出すことを目的とした。

〔材料および方法〕

1. 試料の作製

アマルガム充填物として、ヒト抜去歯のうち第二大臼歯と第三大臼歯を用いた。抜去歯の使用は本学生命歯学部倫理審査委員会の承認を得て行った。咬合面を一定の位置に保った状態で歯根を常温重合レジン（オストロン[®], ジーシー）にて包埋後、近遠心径 7.5mm, 頬舌径 5.0mm の十字型窩洞をマスター窩洞として、複製窩洞形成器（日本歯科大学接着歯科学講座）を用いて深さ 2mm の十字型窩洞を形成した。その後、業者指定の条件で練和したアマルガム（ロジックスピル 1 プラスレギュラー, SDI）を充填し、37℃ 水中に 7 日間保存した。この時、窩洞形成後、アマルガム充填直後、アマルガム除去直前に試料の重量を測定した。

2. 実験方法

下顎模型（顎模型 D51FE-500A-QF, ニッシン）の左側第一大臼歯部に試料を固定し、頬粘膜を模したゴムカバー（頬粘膜ボックスフルカバー-SPM, ニッシン）を装着したファントム（Simple Manikin, ニッシン）内に設置した。その後、エアタービン（ツインパワータービン, モリタ）にフィッシャータイプのカーバイドバー（FG 699, 松風）を用いて除去を行った。除去法は一塊法（アマルガムにはバーを接触させず、充填

物の周囲の歯質のみを切削して、スプーンエキスカベーターにて一塊にして除去）と粉碎法（充填物を十字形に切削し、小さな切削片に粉碎して除去）の二条件で行った。また、タービンからの冷却水の有無、口腔内バキュームの有無による影響を調べた。排水系の条件として、通常歯科用トラップ（70 分離器, 東京技研）とアマルガムセパレーター（コンビセパレーター CAS1, DÜRR DENTAL）を用いた場合について評価した。各条件によりアマルガム充填物を除去後、100ml の超純水で口腔内を洗浄しながらバキュームして得られた水（排水）とその直後に 500ml の水でバキューム内部を洗浄した水（洗浄水）を測定試料とした。これらは、金箔による水銀の蒸着と原子吸光分析を用いた高感度の水銀測定装置（WA-5A, 日本インスツルメント）を用いて還元気化法にて水銀濃度を測定した。

3. 統計処理

繰り返し 5 回の測定値より、四元配置分散分析（A: 除去法, B: 冷却水の有無, C: バキュームの有無, D: 排水システム）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。

〔結果および考察〕

排水中の水銀濃度は、バキュームを用いない場合より用いた方が有意に高かった。また、排水システムとしてはアマルガムセパレーターより歯科用トラップを用いる方が有意に高かった。これより、アマルガム充填物除去時に排水中の水銀濃度を低く抑える条件としてのアマルガムセパレーターの有用性が明らかになった。

〔謝辞〕

本研究は、平成 25 年度厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）の助成を受けて行われた。

P-38

アマルガム充填物除去時の排水中への水銀排出量

○青木春美, 宮坂 平, 青柳有祐, 相馬弘子, 石田祥己, 三浦大輔 (日歯大・生命歯・理工)



【緒言】

口腔内のアマルガム充填物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, アマルガム充填物の除去が不可欠になる。しかしながら, 除去時の患者や術者に対する水銀汚染, 大気中や排水中への水銀汚染について臨床を模した条件下で総合的に評価した研究はほとんどない。

本研究では, アマルガム除去時の環境に対する水銀汚染を調べる目的で, 臨床を模した実験条件 (除去法, 冷却水の有無, バキュームの有無, 排水システム) を組合せ, アマルガム除去作業中の排水中ならびに直後の洗浄水中の水銀量を測定した。これより排水中への水銀量抑制のための条件を見出すことを目的とした。

実験材料

表1 実験に使用した材料

材料	部位または製品名	製造元
ヒト抜去歯	上下顎 第二, 第三大臼歯	当講座保管
常温重合レジン	オストロンII	ジーシー
アマルガム	09' ヴァルビ17 アマルギュー	SDI

表2 実験に使用した器械, 器具

	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
下顎模型	顎模型D51FE-500A-QF	ニッシン
ゴムカバー	頬粘膜K ヴァルビ加 [®] -SPM III	ニッシン
エアーピン	ツインパワータービン	モリタ
カーバイドバー	FG 699	松風
分離器	70 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	DURR DENTAL
水銀測定装置	WA-5A	日本イシダ計測
生物顕微鏡	FSX100	オリンパス

表3 実験条件

実験条件		
除去法	一塊法*	粉砕法**
冷却水	有り	無し
吸引 (N ^o -k)	有り	無し
排水システム	回転分離器	アマルガムセパレーター

* 一塊法: 充填物の両側の歯質を切削, スフンエキスカバーターにて一塊にして除去
** 粉砕法: 充填物を十字形に切削し, 小さな切削片に粉砕して除去

実験方法

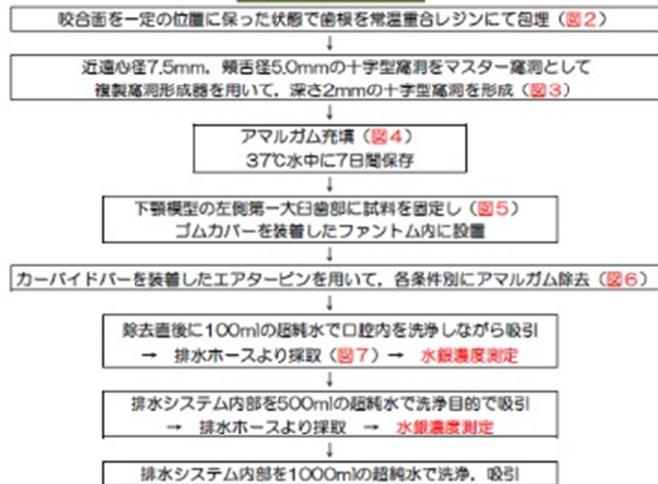


図1 装置全影



図2 レジン包埋

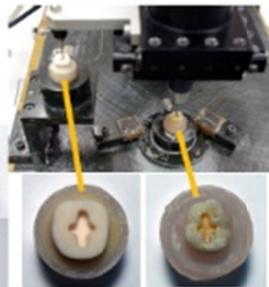


図3 複製窩洞形成器



図4 アマルガム充填



図5 試料の固定



図6 一塊法ないし粉砕法でアマルガム除去



図7 排水ホースより採取

統計処理

繰り返し5回の測定値より, 四元配置分散分析

A: 除去法, B: 冷却水の有無, C: バキュームの有無, D: 排水システム

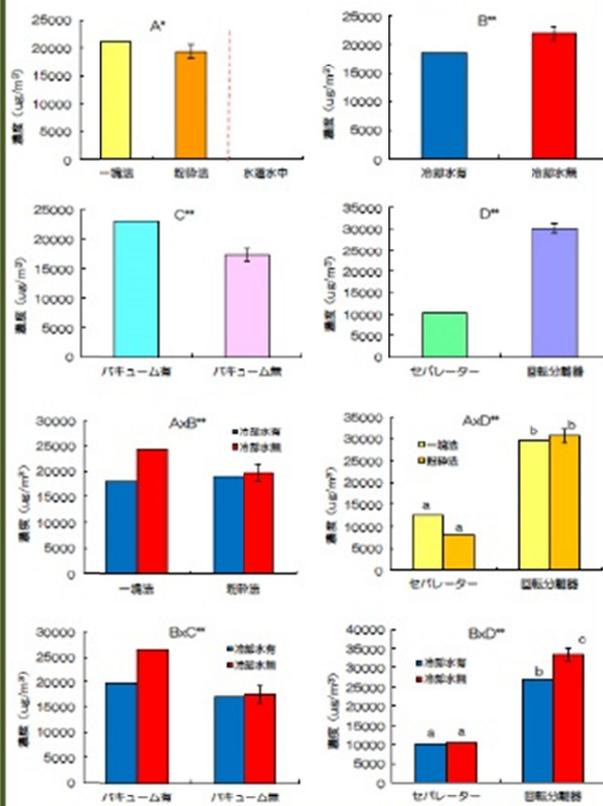
有意差が認められる場合, Tukeyの多重比較

【結果】

(1) 100mlの超純水で 口腔内洗浄後（排水 中）の水銀濃度

I : 95%信頼区間
a,b,c : 有意差あり

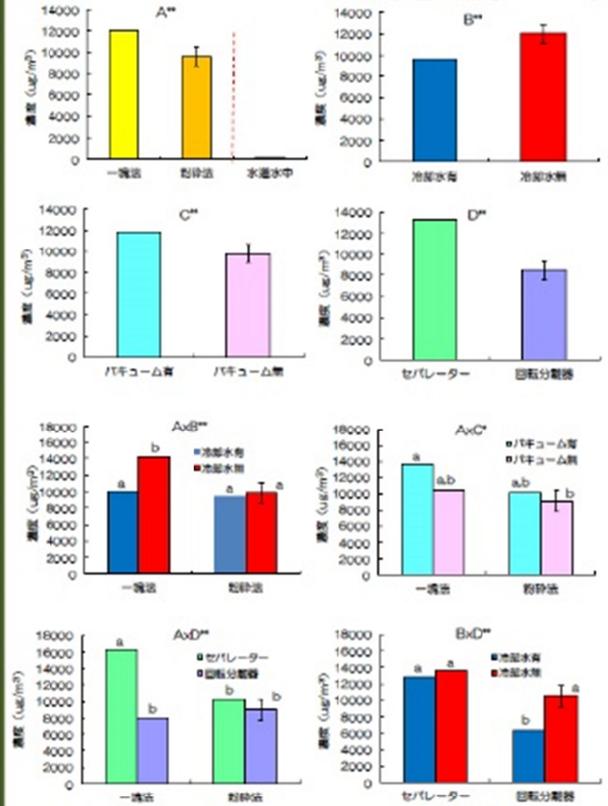
測定	検出	検出	検出	検出
A: 一塊法	100000000	100000000	4.40	3.80
B: 粉砕法	200000000	200000000	10.80	10.80
C: パキューム有	400000000	400000000	10.20	10.20
D: パキューム無	800000000	800000000	10.20	10.20
Ax: 冷却水有	120000000	120000000	11.10	11.10
Bx: 冷却水有	240000000	240000000	11.10	11.10
Cx: 冷却水有	480000000	480000000	11.10	11.10
Cy: 冷却水無	960000000	960000000	11.10	11.10
Ax: セパレーター	192000000	192000000	11.10	11.10
Bx: セパレーター	384000000	384000000	11.10	11.10
Cx: セパレーター	768000000	768000000	11.10	11.10
Cy: セパレーター	1536000000	1536000000	11.10	11.10
Ax: 回転分離器	307200000	307200000	11.10	11.10
Bx: 回転分離器	614400000	614400000	11.10	11.10
Cx: 回転分離器	1228800000	1228800000	11.10	11.10
Cy: 回転分離器	2457600000	2457600000	11.10	11.10



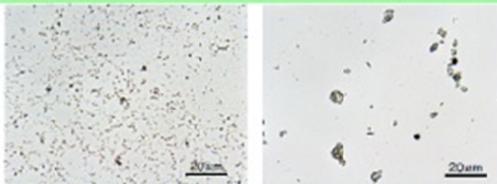
(2) 口腔内洗浄後、500ml の水で排水システム洗浄 後（洗浄水中）水銀濃度

I : 95%信頼区間
a,b,c : 有意差あり

測定	検出	検出	検出	検出
A: 一塊法	120000000	120000000	12.00	12.00
B: 粉砕法	240000000	240000000	12.00	12.00
C: パキューム有	480000000	480000000	12.00	12.00
D: パキューム無	960000000	960000000	12.00	12.00
Ax: 冷却水有	192000000	192000000	12.00	12.00
Bx: 冷却水有	384000000	384000000	12.00	12.00
Cx: 冷却水有	768000000	768000000	12.00	12.00
Cy: 冷却水無	1536000000	1536000000	12.00	12.00
Ax: セパレーター	307200000	307200000	12.00	12.00
Bx: セパレーター	614400000	614400000	12.00	12.00
Cx: セパレーター	1228800000	1228800000	12.00	12.00
Cy: セパレーター	2457600000	2457600000	12.00	12.00
Ax: 回転分離器	4915200000	4915200000	12.00	12.00
Bx: 回転分離器	9830400000	9830400000	12.00	12.00
Cx: 回転分離器	19660800000	19660800000	12.00	12.00
Cy: 回転分離器	39321600000	39321600000	12.00	12.00



(3) 排水中に排出されたアマルガムの形状と大きさ



【謝辞】

本研究は、平成25年度厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）の助成を受けて行われた。

【まとめ】

排水中の水銀濃度は、一塊法より粉砕法の方が、冷却水無より有の方が、パキューム有より無の方が有意に小さかった。また、回転分離器よりアマルガムセパレーターを用いた方が有意に低かったが、洗浄水中では、逆の結果が得られた。排水中に排出されたアマルガムは削片状で、回転分離器よりもアマルガムセパレーターの方が小さかった。アマルガム充填物除去時に排水中の水銀濃度を低く抑える条件として、冷却水を用い、アマルガムセパレーターの有用性が明らかになった。

