

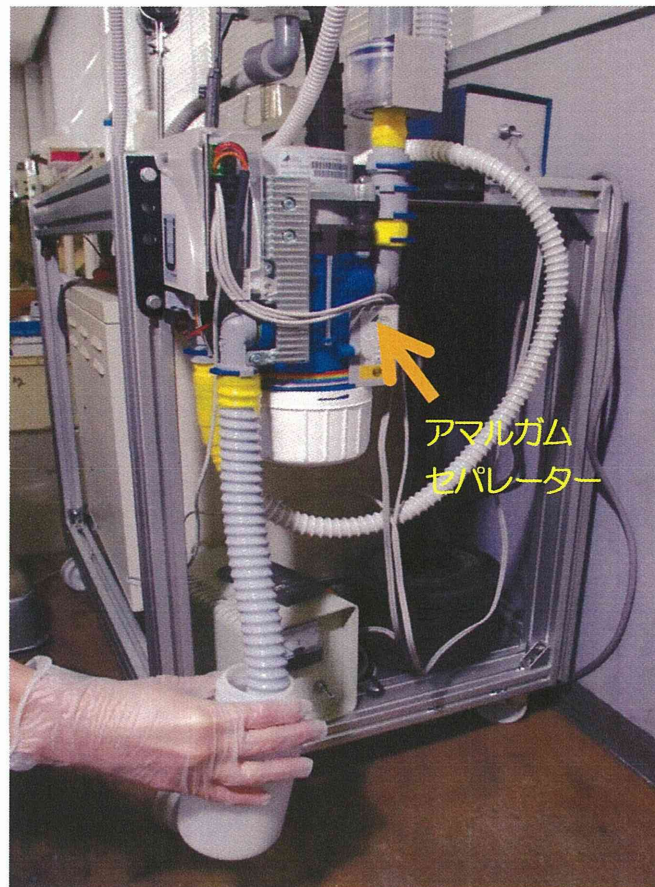


図 2-2 排水ホースより採取

1. 口腔内洗浄水中の水銀濃度

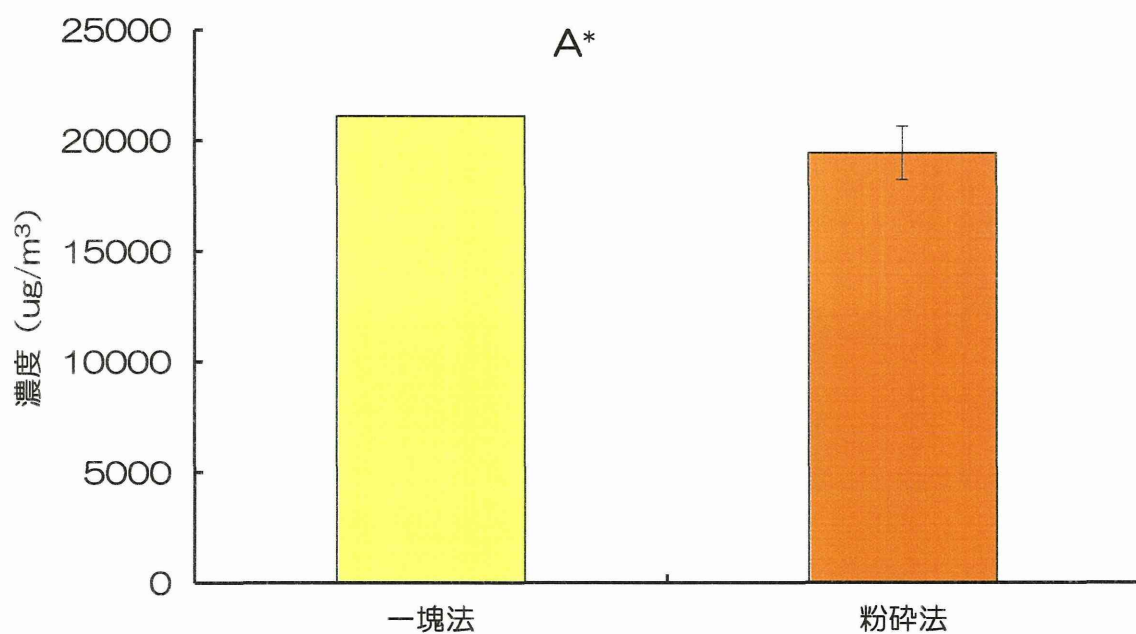


図 2-3 除去法の違いによる水銀濃度 (I : 95%信頼区間, 以下同様)

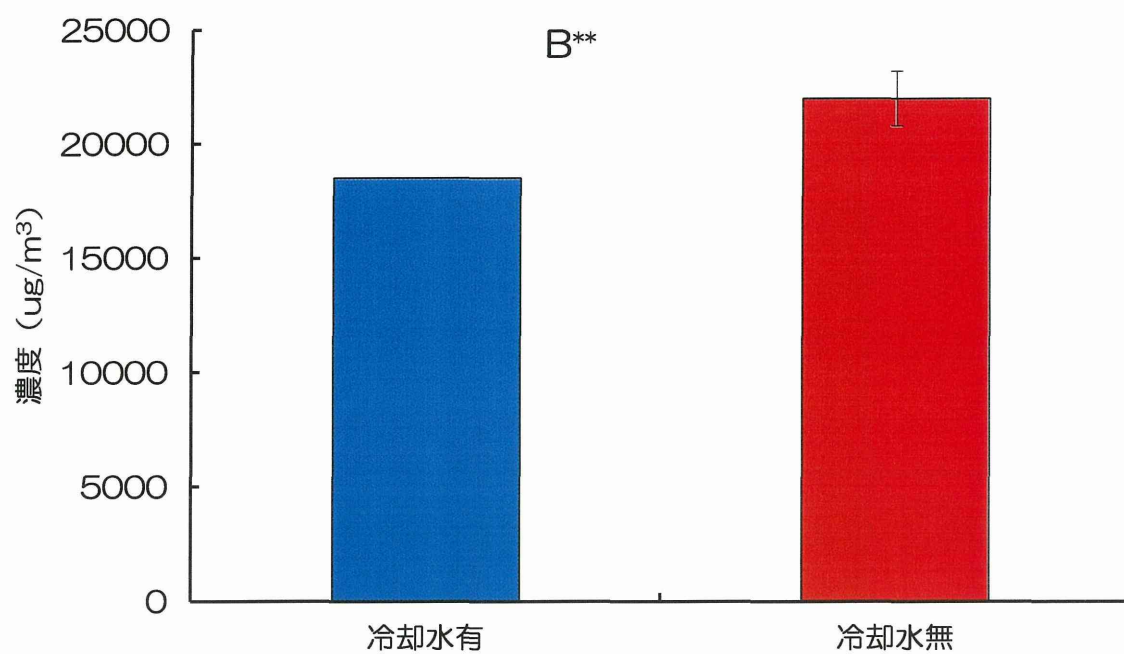


図 2-4 冷却水の有無による水銀濃度

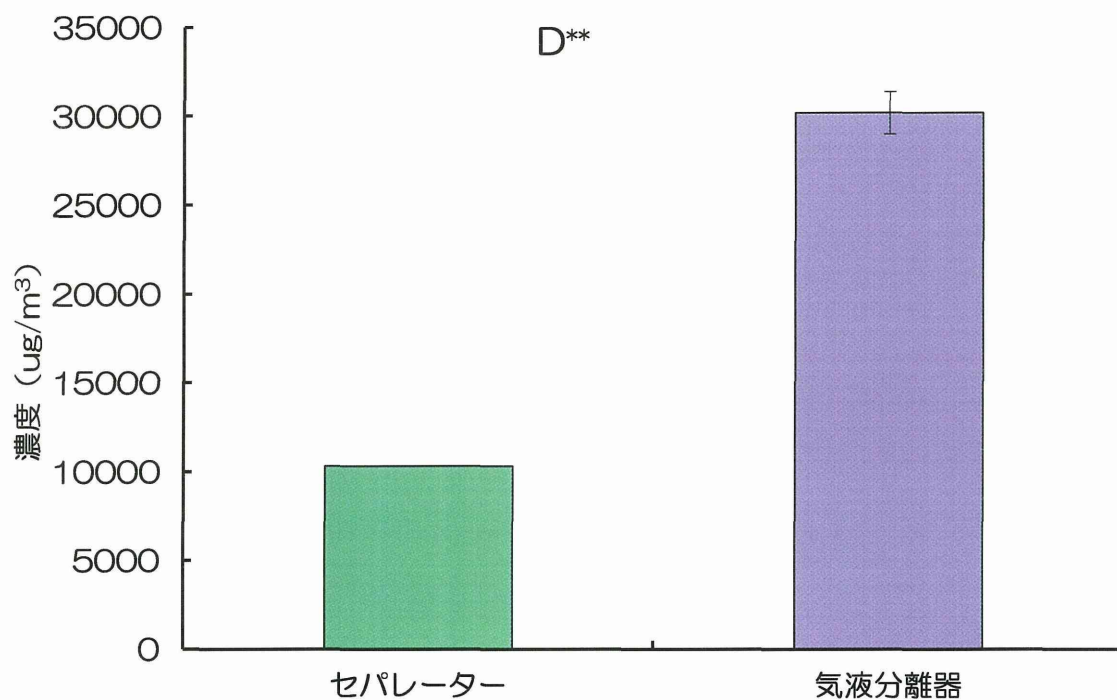


図 2-5 排水システムの違いによる水銀濃度

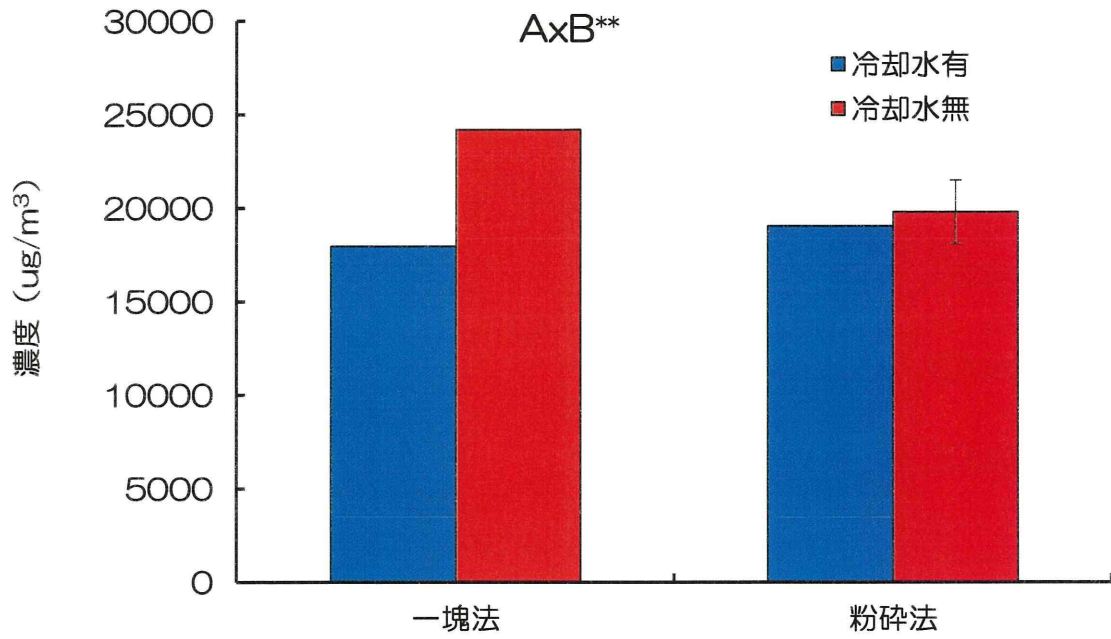


図 2-6 除去法と冷却水有無の関係

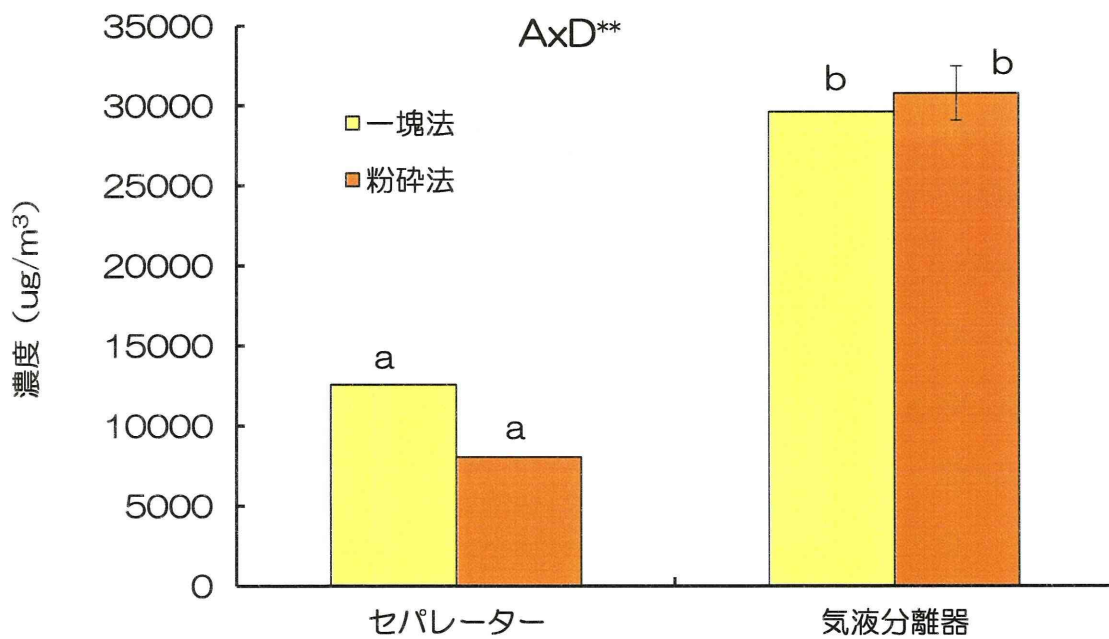


図 2-7 排水システムと除去法の関係 (a, b : 有意差あり)

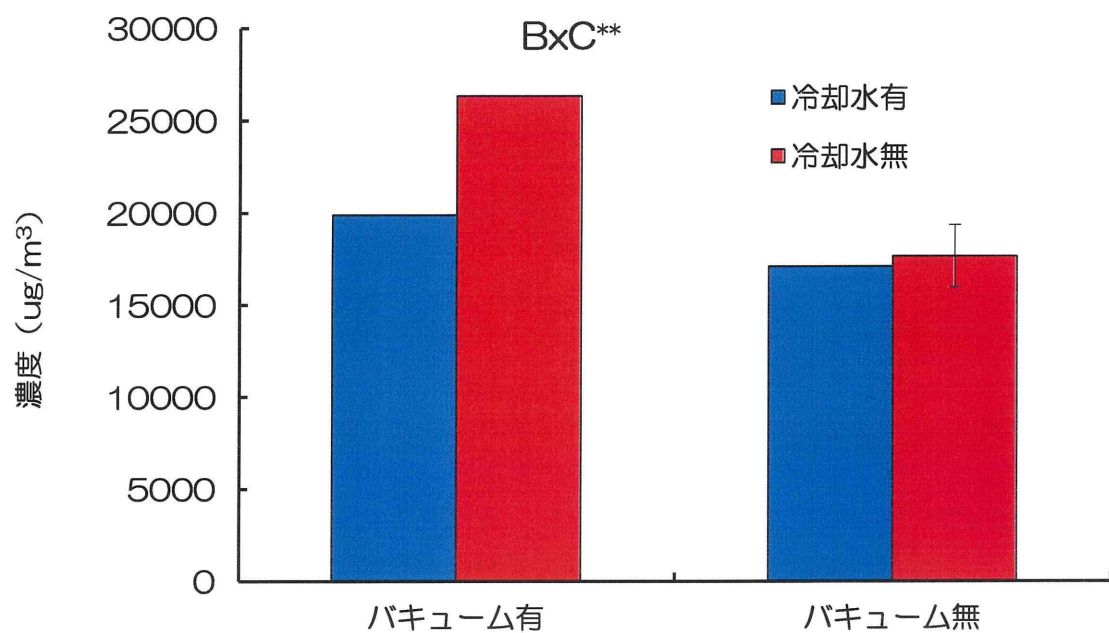


図 2-8 バキューム有無と冷却水有無の関係

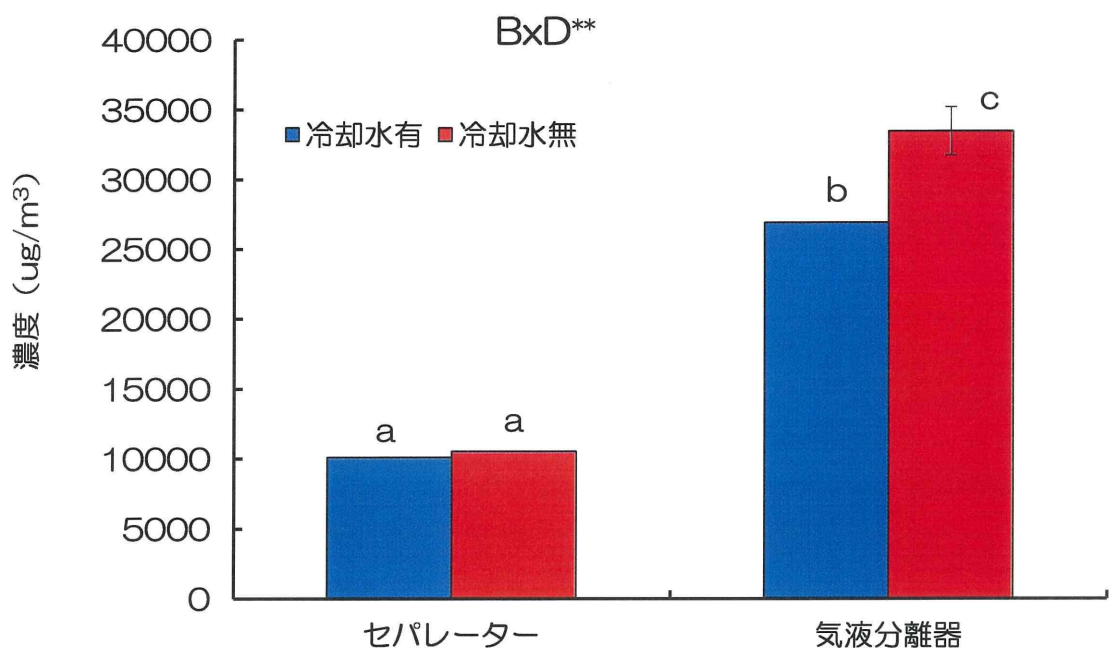


図 2-9 排水システムと冷却水有無の関係 (a, b, c : 有意差あり)

2. 吸引装置洗浄水中の水銀濃度

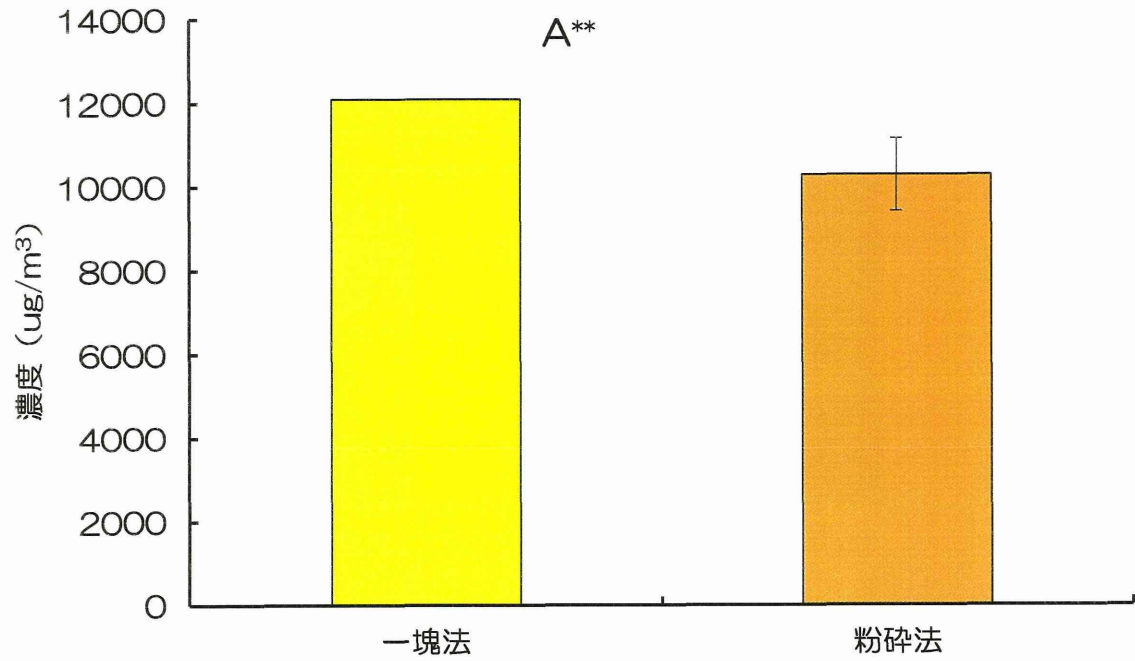


図 2-10 除去法の違いによる水銀濃度

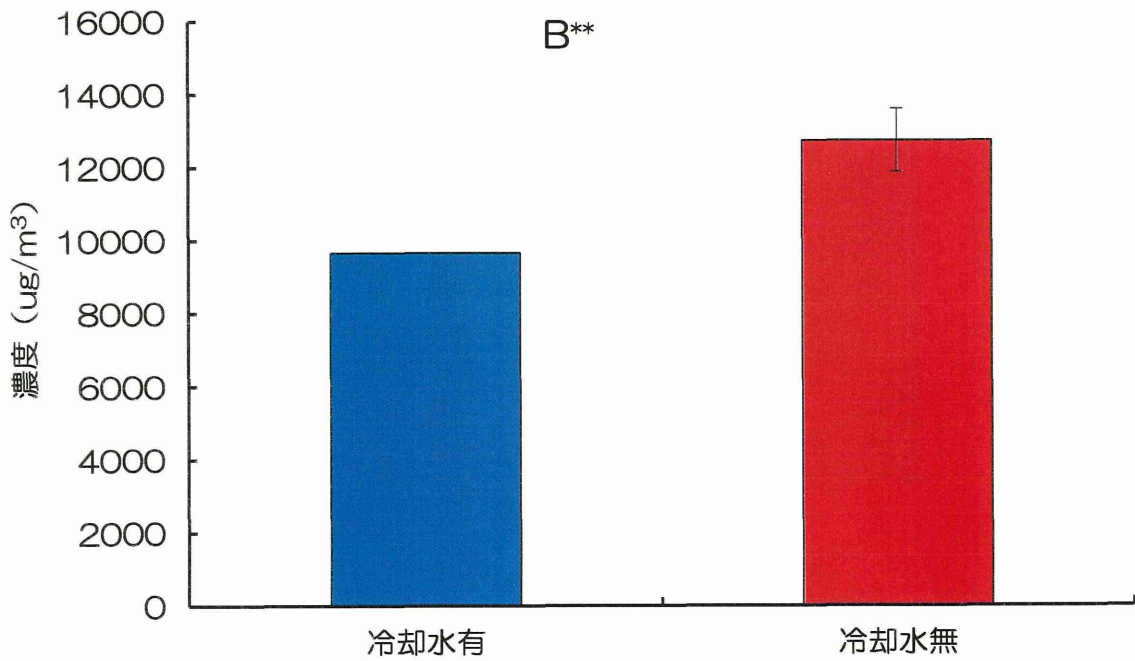


図 2-11 冷却水の有無による水銀濃度

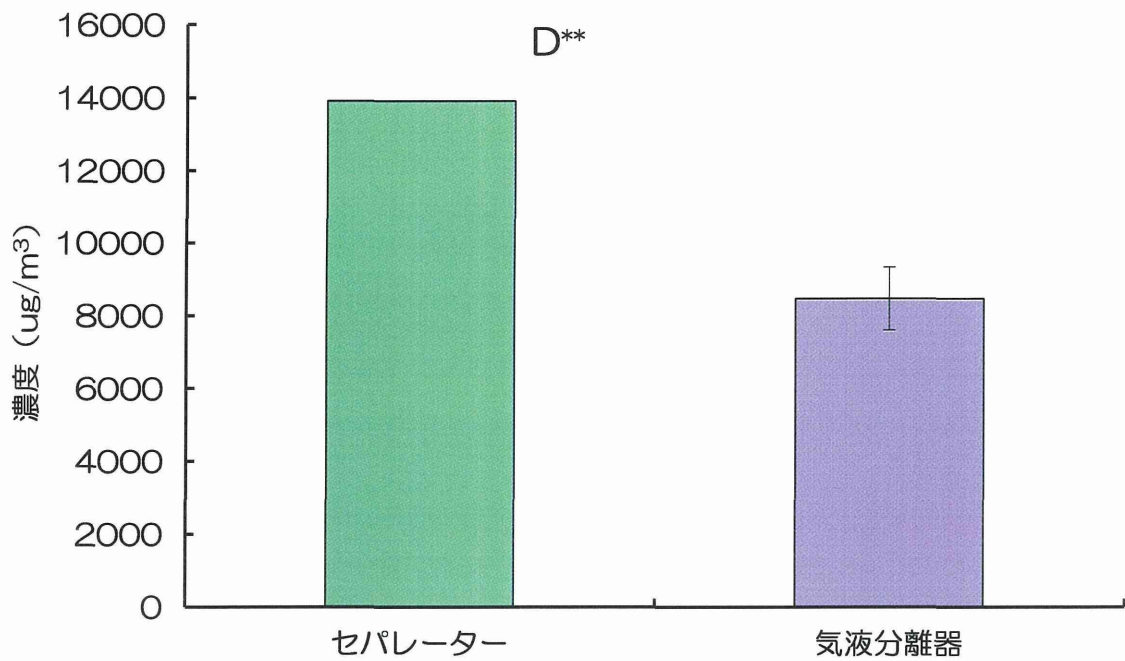


図 2-12 排水システムの違いによる水銀濃度

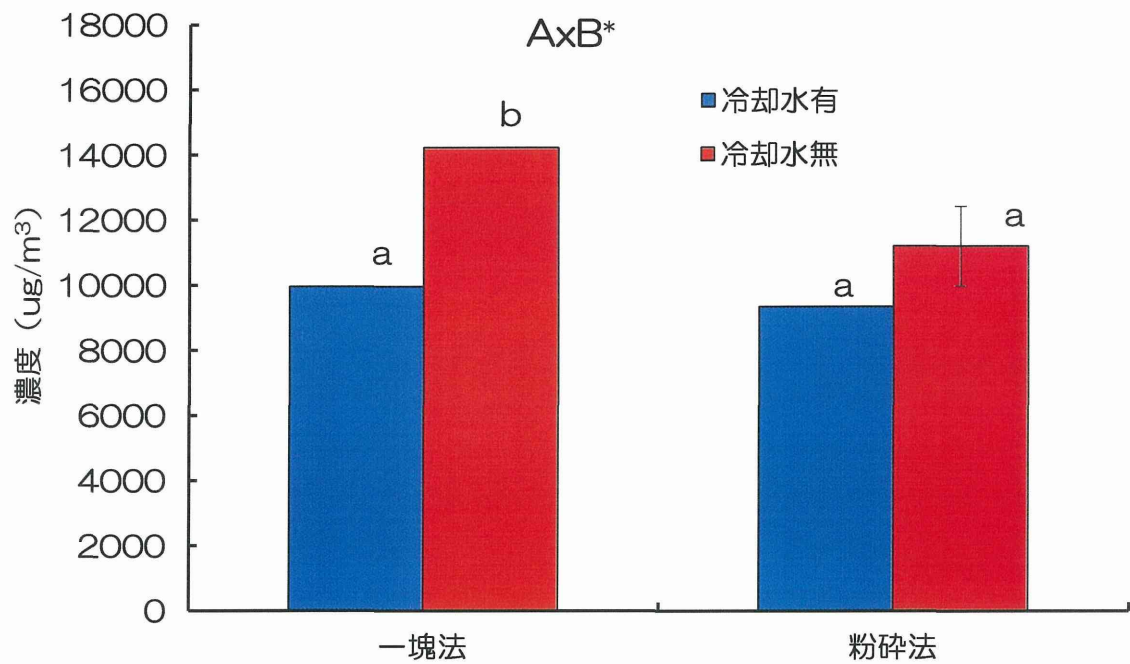


図 2-13 除去法と冷却水有無の関係 (a, b : 有意差あり)

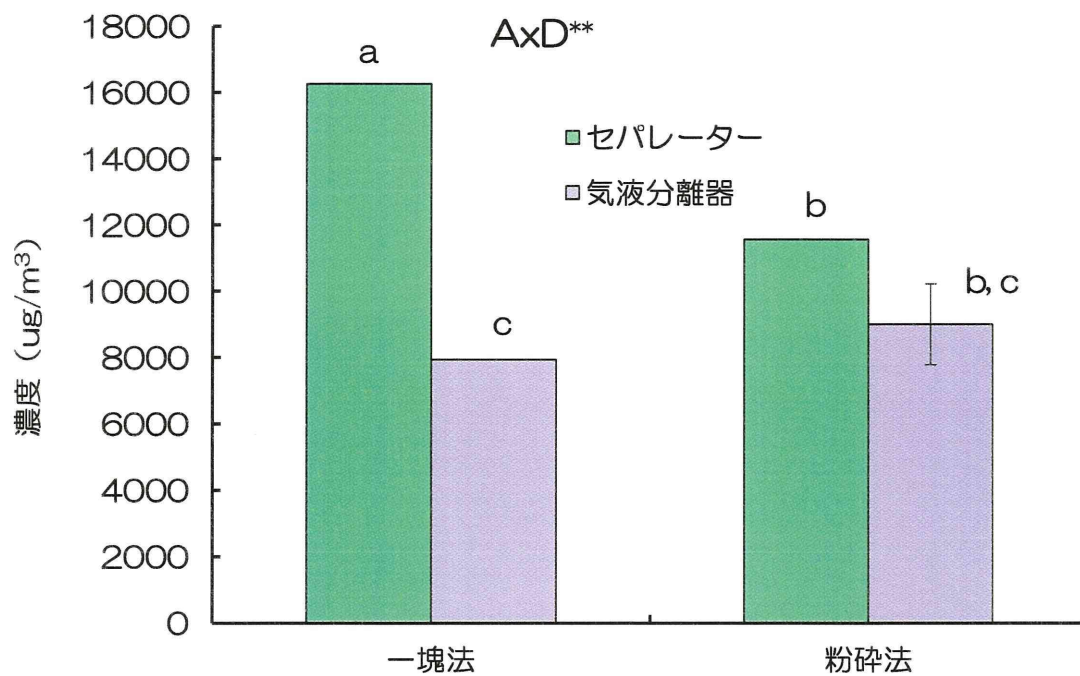


図 2-14 除去法と排水システムの関係 (a, b, c : 有意差あり)

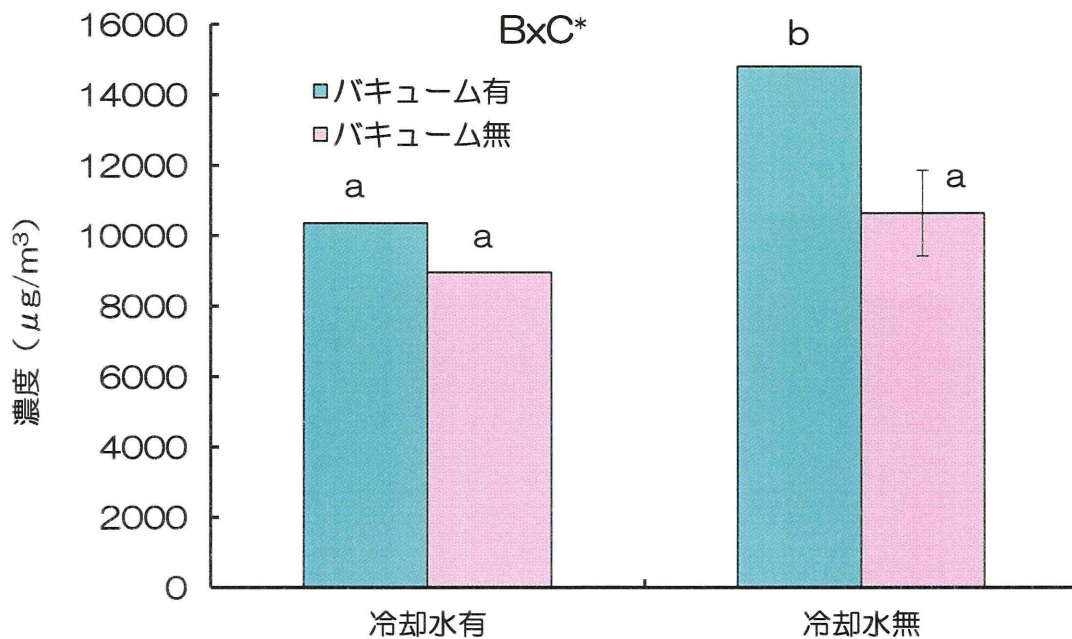


図 2-15 冷却水有無とバキューム有無の関係 (a, b : 有意差あり)

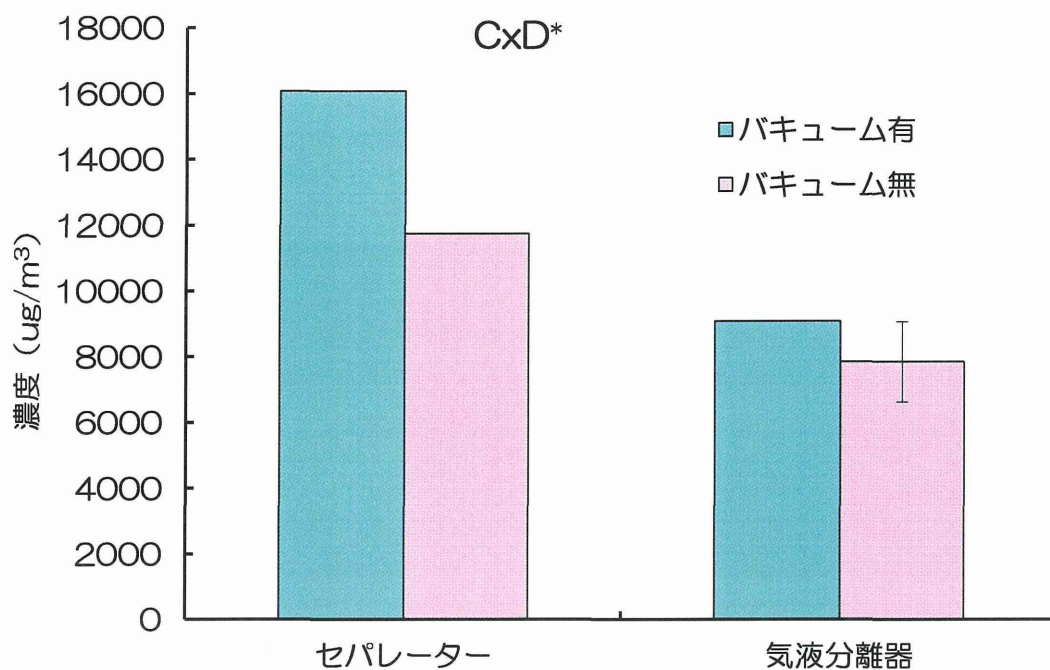


図 2-16 排水システムとバキューム有無の関係 (a, b, c : 有意差あり)

3. 口腔洗浄水中のアマルガムの形状と大きさ

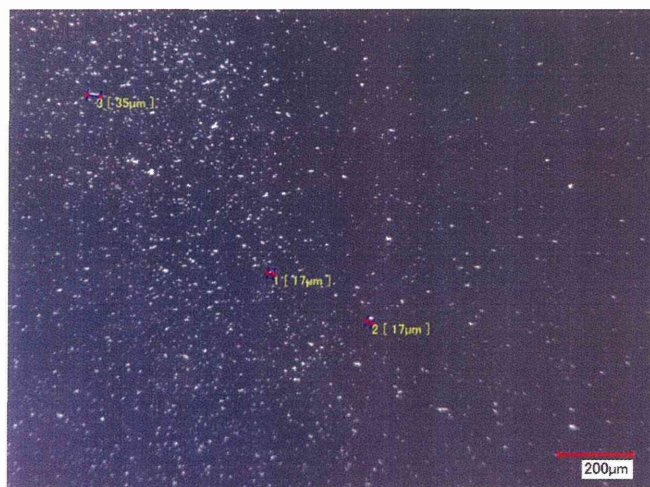


図 2-17 アマルガムセパレーター使用

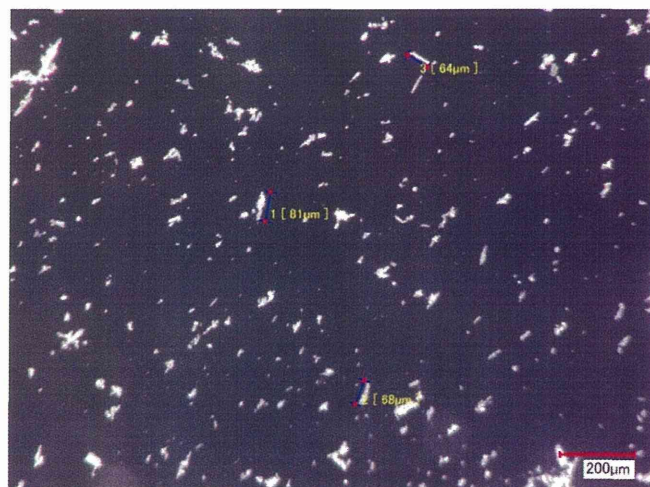


図 2-18 気液分離器使用

4. 排水を3週間静置した後の上澄みの水銀濃度

表2-4 口腔内洗浄水の採水直後と3週間静置後の水銀濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

冷却水	排水システム	採水直後	3週間静置後
冷却水有	セパレーター	11234	682
冷却水有	気液分離器	31411	1509
冷却水無	セパレーター	7058	572
冷却水無	気液分離器	26462	1088

4. まとめ

まとめ

口腔内に充填されたアマルガムの除去時の因子についてのエビデンスを得る目的で、除去法、冷却水、バキューム、トラップなどについて口腔内を模した条件下で発生する水銀蒸気および排水中の水銀濃度について実験を行い、以下の結論を得た。

大気中に除去時に放出される水銀蒸気の濃度について

1. 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、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、一塊法と粉碎法とでは、除去法による差は認められなかった。
3. 大気中に吸引装置の排気口から放出される水銀蒸気の濃度は、冷却水を用いると除去法による差（一塊法と粉碎法との差）は認められなかった。
4. 除去時のアマルガムの表面最高到達温度は、冷却水とバキュームを用いると粉碎法のほうが低かった。

水中への水銀の溶出について

1. 口腔内洗浄水中の水銀濃度は、一塊法より粉碎法の方が有意に小さかった。
2. 口腔内洗浄水中の水銀濃度は、冷却水を用いると有意に小さくなった。
3. 口腔内洗浄水中の水銀濃度は、バキュームを用いない方が有意に小さかった。
4. 口腔内洗浄水中の水銀濃度は、気液分離器のみ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。
5. 吸引装置洗浄水中の水銀濃度は、逆にアマルガムセパレーターを用いたほうが有意に高かった。
6. 口腔内洗浄水中に排出されたアマルガムは削片状で、アマルガム粒子は気液分離器のみよりもアマルガムセパレーターを用いた方が細かかった。

今後の進展について

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、 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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。また、吸引装置からの排気（歯科医院における

機械室での排気に相当) は、冷却水を用いると一塊法でも粉砕法でもほぼ同等であり、約 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であることから、除去作業の時間が 30 秒程度と短時間であり、トータルでの排水水銀量は一時的に高い値を示しても、さほど環境には影響を及ぼさないものと推察される。さらに、吸引装置の排出口などに、活性炭入りのフィルターを付与することで、問題ないレベルまで水銀濃度を下げることが可能であると考えられる。

これに反して、水系への排出については、明らかに環境基準を上回る水銀が排出された。ただし、今回測定した水銀量は、粉体として排出されたアマルガム中の水銀も一緒に測定したものであり、アマルガム粉末を沈殿させた後の純粋な水銀溶出量とは異なることに注意すべきである。アマルガム除去後に多量の水を流した後のアマルガムセパレーターからの排水中には、ほとんど水銀が含まれていないことから、最も問題となるのは、アマルガム除去直後に粉体として排出されるアマルガムをどのようにして減少させるかということになる。例えば、歯科医院からの排水トラップ内に残存する削片や粉体のアマルガムの除去が問題となる。

本研究の結果、アマルガムセパレーターを

用いても、除去時に発生するアマルガムの粉末は、除去の直後には、ある程度の量、水中に排出されていた。ドイツなどにおいては、この排出は短時間であり、技術的にこれ以上の排出予防策は不可能であるということから、この程度の排出量は容認されているようであるが、可能であればより優れた排出予防対策を考えるべきである。

例えば、バキュームに吸引されたアマルガム粉末への対策として、吸引後の最終段階でアマルガム粉末をトラップするのではなく、バキュームから吸引された直後に、フィルターの使用等、何らかの手段を用いて粉末をトラップする方法が最も有望であると考えられる。具体的には、内部に #200 メッシュの粉体を補足可能なフィルターを設置した使い捨てのバキュームチップの開発などが有効と考えられる。現在の技術をもってすれば、そのようなフィルターの開発は可能であると思われるため、そのような開発研究に期待したい。

このように、アマルガム除去時には、大気中への水銀の放出よりも、水系への汚染を防止する対策が重要であり、環境保護の観点からも何らかの画期的な対策についての研究が待たれる。

5. 資 料

アマルガム除去マニュアル

アマルガム修復物は、FDI Policy Statement (1997, WHO合意文書)にあるように、口腔内では安定であり、金属アレルギーなどの特殊な事情がない場合には敢えて除去する必要はない。しかし、破折や二次う蝕により止むを得ず除去する場合には、本マニュアルに従って除去するものとする。

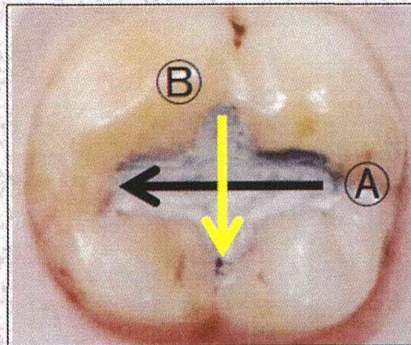
口腔内に充填されているアマルガムを環境に配慮して安全に除去するためには以下の3項目についてご留意ください。

- ① ラバーダムの装着(アマルガム粉塵の口腔内への落下防止)。
- ② エアタービンを注水下で使用が必須。
- ③ バキュームの使用が必須。

②かつ③の条件下において、実験からは直接放出される水銀蒸気量は二つの除去法にほとんど差が認められなかったが、口腔内への削片の飛散防止の観点から臨床的には一塊法が好ましい。

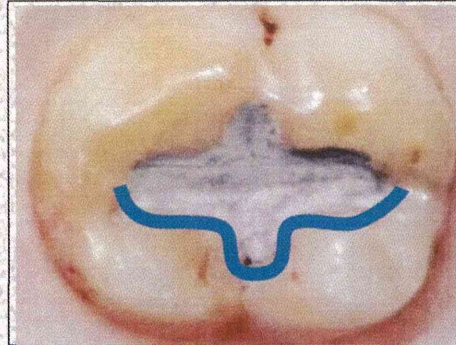
除去時に発生した水銀蒸気は微量ですが、診察室の換気を数回行ったり、活性炭入りの空気清浄機などを使用したりすることにより、水銀蒸気吸引の危険性が減少します。バキュームのある機械室の換気にもご注意ください。

また、除去片は蓋付の容器で水中保管し、排水中の水銀汚染対策として、定期的に排水トラップ中のアマルガム切削屑の回収を行うか、アマルガムセパレータ、回収用フィルターなどの設置が望まれます。(回収物は業者へ委託願います。)



粉碎法

近遠心的に一回(A)、頬舌的に一回(B)、十字を描くようにバーにて溝を形成するように切削する。さらに、溝を拡大するように残存部分を粉碎してアマルガムを小さな塊として切除する。



一塊法

手用器具の起点となる歯質欠損部がある場合は歯質を切削せずに除去を試みる。そのような欠損部がない場合は、アマルガム周辺のう蝕部位等を図のようにアマルガムに接触しないように切削する。次いで、スプーンエクスキャベーター等によりテコの原理で力をかけ、一塊で取り出す。

本マニュアルは平成25年10月に「水銀に関する水俣条約」が採択されたことを受けて、環境に負荷の少ない方法で歯科用アマルガム除去を行うための研究を行った結果をまとめたものです。本マニュアル作成にあたっては、日本歯科保存学会、日本歯科医学会、日本歯科医師会のご協力をいただきました。

平成25年度厚生労働科学研究

「アマルガム充填物除去時の放出水銀量に関する研究」より

主任研究者：日本歯科大学生命歯学部歯科理工学講座 宮坂 平教授

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II, 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(ロジックスピル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-SPMⅢ, ニッシン)を装着したファントム(Simple Manikin Ⅲ, 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, 50 cm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回日本歯科技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 歯科技工学講座

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、エキスカベーターで一塊にして除去する。

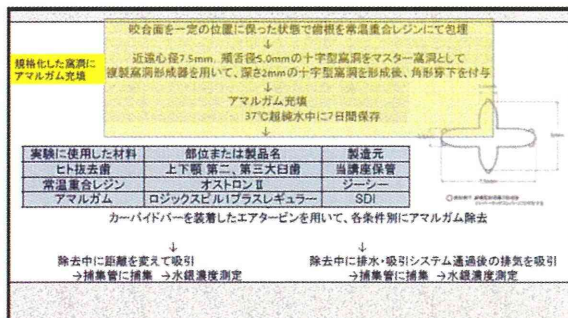
↓
臨床を模した環境下で充填したアマルガムの除去時の大気中への水銀の蒸散量および排水系への水銀溶出量を評価・検討

↓
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



名称	型 式	製造元
複製高周形成器		日本歯科大学歯科学講座
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
ポリコダイヤモンドポイント	121	HORIKO



実験に使用した器械・器具	型 式	製造元
下顎模型	顎模型DSIFE-500A-QF	ニッセン
ゴムカバー	種結核ボックスフルカバーSPM III	ニッセン
エアタービン	フ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	OURR 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

実験したアマルガムの除去

↓

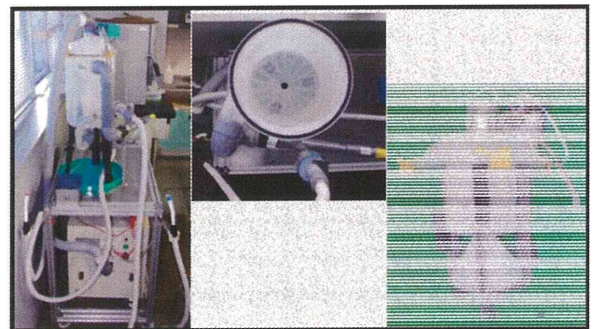
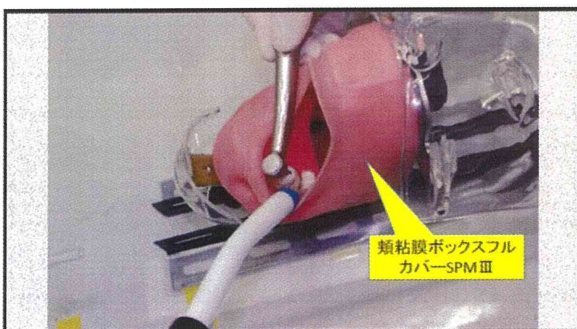
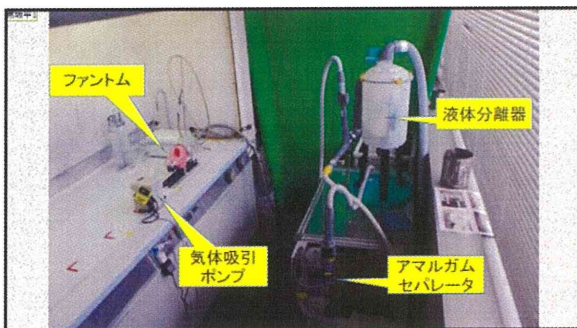
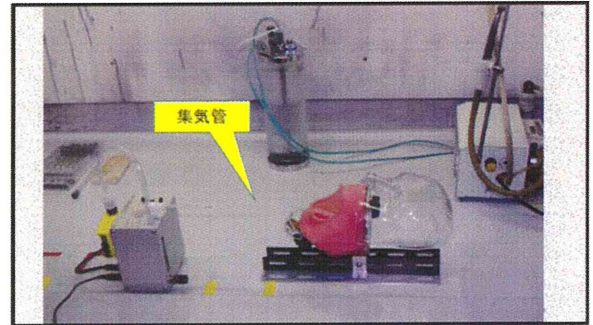
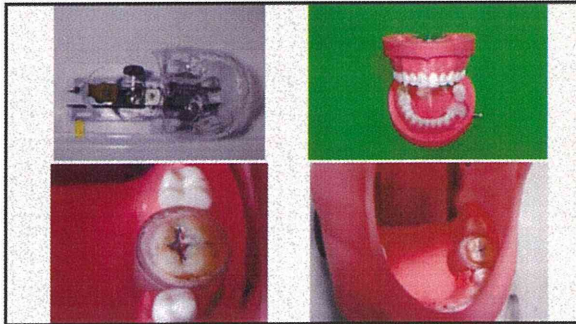
カーバイドバーを装着したエアタービンを用いて、各条件別にアマルガム除去

↓

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

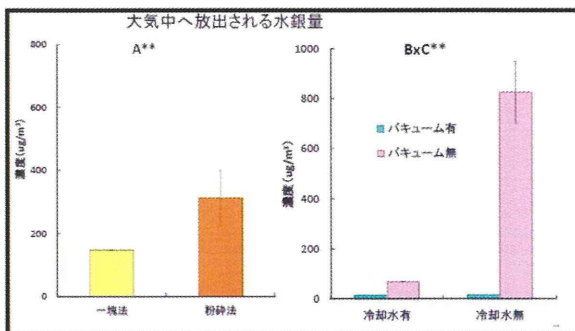
2) バキューム装置からの水銀蒸気の放出量

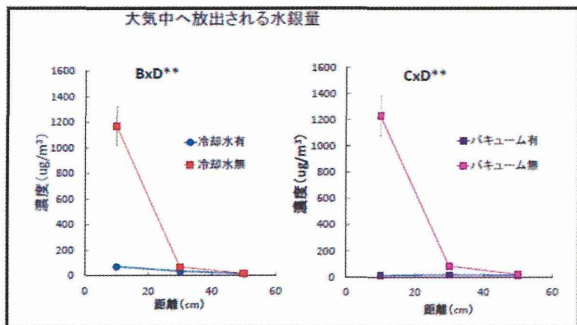
実験条件	粉碎法	一塊法
除去法	有り	無し
冷却水	有り	無し
排水システム	液体分離器	アマルガムセパレータ



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

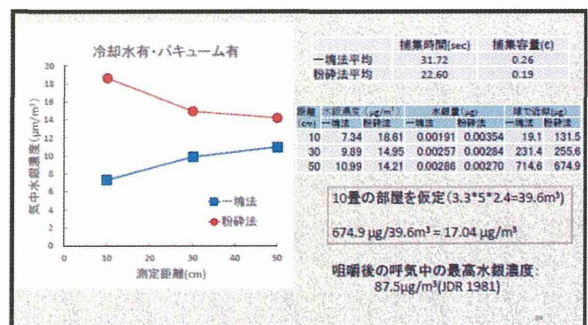
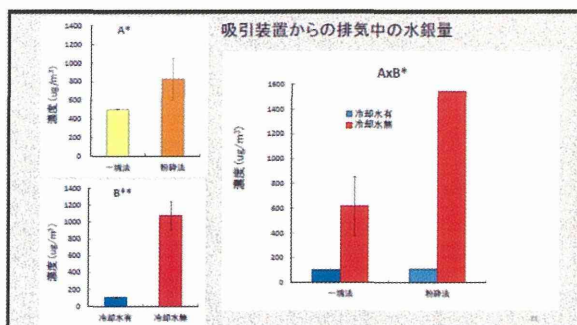
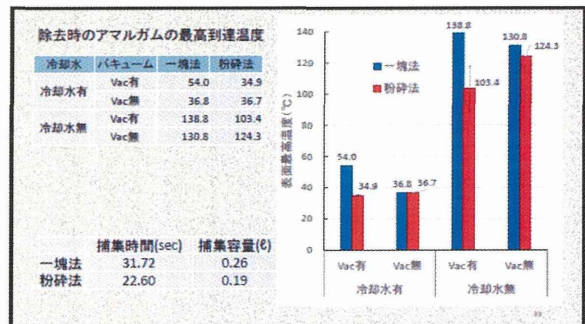
Factor	e.s.	d.f.	m.s.	Fo	Sign.	ratio
A(切削条件)	818853.452560	1	818853.452563	7.00	**	1.04
B(冷却水)	4337283.610083	1	4337283.610083	37.09	**	6.26
C(バキューム)	5610805.234680	1	5610805.234680	47.98	**	8.15
D(トラップ)	9192337.126912	2	4596168.563456	39.30	**	13.29
A × B	499080.371213	1	499080.371213	4.27	*	0.57
A × 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	9275361.791863	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	**	11.33
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	30268.924160	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、一塊法と粉碎法とでは、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、一塊法と粉碎法との差は、認められなかった。
4. 除去時のアマルガムの表面温度は、一塊法より粉碎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-022により行われた。