

歯科用アマルガムの電気化学的挙動におよぼす炭酸水素塩の影響

横瀬 勝美^{1,2} 鈴木 信雄³ 湯浅 智⁴ 野元 成晃⁵

Effect of hydrogencarbonate on the electrochemical behavior of dental amalgams

Katsumi Yokose^{1,2}, Nobuo Suzuki³, Satoshi Yuasa⁴ and Shigemitsu Nomoto⁵

Abstract

The polarization behavior of different types of dental amalgam in 100mM hydrogencarbonate solution with or without sodium chloride was studied by the potential sweep method with a sweep rate of 200mV/s. The dental amalgam electrodes were prepared from a conventional amalgam alloy and three high-copper amalgam alloys, following the manufacturers' instructions with regard to mercury-alloy ratios and trituration times. In the absence of chloride ions, it was found that the oxidation of tin in conventional amalgam decreased as the pH was increased. With a supporting electrolyte solution of sodium chloride, addition of hydrogencarbonate resulted in a decreased current for the oxidation of tin. The potential sweep polarization curves for high-copper dental amalgam in hydrogencarbonate solution exhibited an anodic current peak due to the oxidation of copper. With a supporting electrolyte solution of sodium chloride, addition of hydrogencarbonate resulted in a decreased current for copper oxidation.

Key words : copper, corrosion, dental amalgam, hydrogencarbonate, tin

緒 言

歯科用金属の電解質溶液内における広い電位範囲にわたる電気化学的挙動を検討するため、著者らは電流規制繰り返し充放電曲線測定（以下、充放電曲線測定と略す）¹⁻⁵および電位走査法⁶⁻¹²を利用している。著者らは、通常採用して

いる条件で、前者は金属を十分に酸化した状態、後者は主として酸化初期の状態、に関する知見が得られるので、両者は互いに相補的な検討法であると考えている。

炭酸水素塩は唾液緩衝能を担う主要成分であり、口腔内修復金属の電気化学的挙動と炭酸水素塩の関係を知ることは極めて重要であるとの

¹ 日本大学歯学部化学教室

² 日本大学歯学部総合歯学研究所機能形態部門

³ 陸上自衛隊郡山駐屯地医務室

⁴ 湯浅歯科医院

⁵ 日本大学総合科学研究所

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

(受理：2006年9月28日)

¹ Department of Chemistry, Nihon University School of Dentistry

² Division of Functional Morphology, Dental Research Center, Nihon University School of Dentistry

³ Medical Section of Koriyama, Ground Self Defense Force

⁴ Yuasa Dental Clinic

⁵ Research Center of Nihon University

1-8-13 Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8310, Japan

考えから、充放電曲線測定により、歯科用アマルガム¹³⁻¹⁵⁾および歯科用銀合金¹⁶⁻¹⁸⁾について検討した。炭酸水素塩単独溶液中においては歯科用金属が不活性であり、塩化物イオンが共存すれば酸化が加速されることを示した。前報¹²⁾では電位走査法により炭酸水素を基礎溶液とし、塩化物イオン添加によって歯科用アマルガムの酸化が加速されることを示したが、本報では電位走査法により炭酸水素塩の pH による歯科用アマルガムの電気化学的挙動の変化とともに、塩化ナトリウム溶液を基礎溶液として炭酸水素塩濃度の影響について検討した。

材料と方法

1. 電 極

試料電極は、市販の歯科用アマルガム合金 4 種（従来型削片状合金 1 種、高銅型合金 3 種）を用いて調製した。各電極の本論文で用いる略号、合金名、組成（製造社表示値）は表 1 に示すとおりである。試料電極（電極表面積 0.126 cm²）の調製は野元ら⁶⁾と同様に行った。電極はアマルガム練和後 6 ヶ月以上経過したものを使用し、供試直前に耐水エメリー紙 (# 1200, 三共) を用い、注水下で研磨した。対極として白金極 (HP-105, 東亜電波工業)、参照極として飽和カロメル極 (HC-205, 東亜電波工業) を用いた。以下、この参照極に対する電位を V (SCE) と略記する。

2. 溶 液

基礎溶液として 50 mM 炭酸水素ナトリウム

溶液, 100 mM および 50 mM の塩化ナトリウム溶液を用いた。添加溶液としては硫酸および炭酸水素ナトリウム溶液を用いた。試薬はすべて分析試薬一級である。溶液はとくに脱酸素することなく、室温で実験した。電解用セルは 100 ml 用硬質ガラス製ビーカーであり、各測定に用いた基礎溶液の液量は 50 ml である。

3. 電位走査曲線測定装置

電位走査曲線の測定はポテンシオスタット (HA-101, 北斗電工) に電位走査装置 (HB-101, 北斗電工) を付加して行い、X-Y 記録計 (F-3 DP, 理研電子) で記録した。

4. 測定操作

試料電極を研磨し、水洗の後、基礎溶液に浸漬する。浸漬後、直ちに電位走査を開始し、走査開始 3 分後に電位走査曲線を記録した。次いで電磁式攪拌器 (M-21, ヤマト科学) で攪拌しつつ所定の pH あるいは濃度になるように硫酸あるいは炭酸水素ナトリウム溶液を加え、攪拌開始から 1 分後に攪拌を止める。この間、走査を続行させたままとし、前回の電位走査曲線記録から 3 分経過後に添加溶液の電位走査曲線を記録した。以後、添加溶液をさらに加え pH あるいは濃度を変え、電位走査曲線の測定記録を繰り返した。電位走査条件は電位走査速度 200 mV/s, 電位走査範囲 0.4 ~ -1.5 V (SCE), で一定である。

表 1 Amalgam Alloy

Code	Alloy	Composition (mass%)							Batch No.
		Ag	Sn	Cu	Zn	Hg	Pd	others	
CP	G-C's Pre Non Zinc Luna Alloy	70	26	3	—	1	—	—	JJ 13
DJ	Johnson & Johnson Dispersalloy	70	16	13	1	—	—	—	11 GG
DG	G-C's Dialloy	60	25	10	—	—	1	4	JM 4
DS	Shofu Spherical-D	60	22	13	—	—	—	5	117860

成績

1. C P 極

CP 極の成績を図 1～3 に示す。pH 7 の炭酸水素ナトリウム溶液中で CP 極は不活性であり，低い酸化還元電流を示すのみであった（図 1）。pH 5 と 4 では -0.5 V (SCE) より貴な電位域の酸化電流，卑な電位域の還元電流が増加した。100 mM 塩化ナトリウム溶液に炭酸水素ナトリウムを添加すると， 0.0 V (SCE) 付近の酸化電流が低下し，それとともに -0.8 V (SCE) 付近の還元電流が低下した（図 2）。50 mM 塩化ナトリウム溶液に炭酸水素ナトリウムを添加してもほぼ同様の变化があった（図 3）。

2. D J 極

DJ 極の成績を図 4～6 に示す。pH 7 の炭酸水素ナトリウム溶液中の DJ 極も不活性であったが，pH 7 では -0.3 V (SCE) よりも貴な電位域に酸化波を示し，pH 6 以下では電流ピークになった（図 4）。100 mM 塩化ナトリウム溶液に炭酸水素ナトリウムを添加すると， 0.0 V (SCE) よりも貴な電位域の酸化電流が低下し，それとともに -0.6 V (SCE) 付近の還元電流が低下した（図 5）。50 mM 塩化ナトリウム溶液に

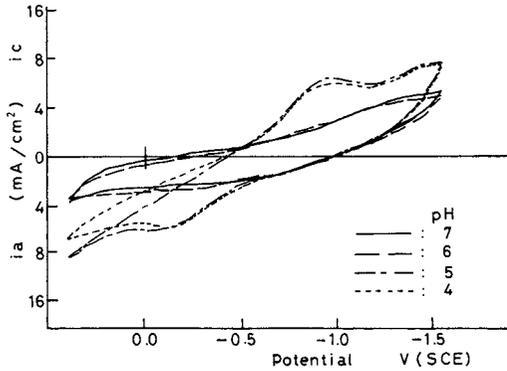


図 1 CP 極の 50 mM 炭酸水素ナトリウム溶液中における電位走査曲線

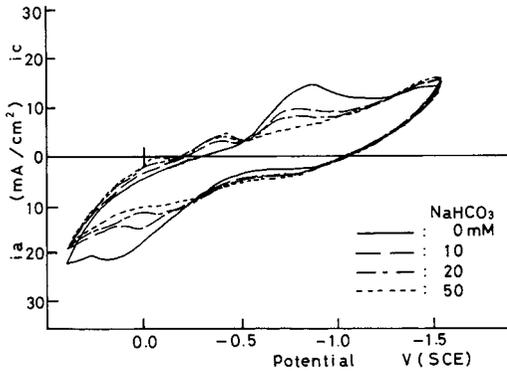


図 2 CP 極の 100 mM 塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線

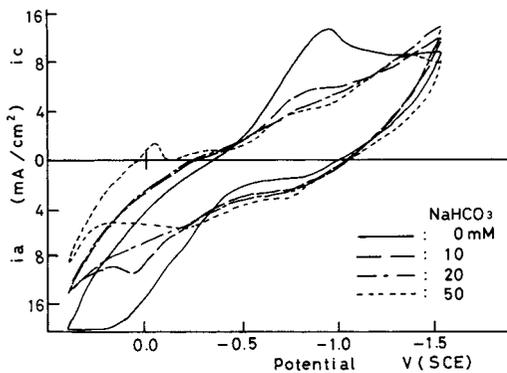


図 3 CP 極の 50 mM 塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線

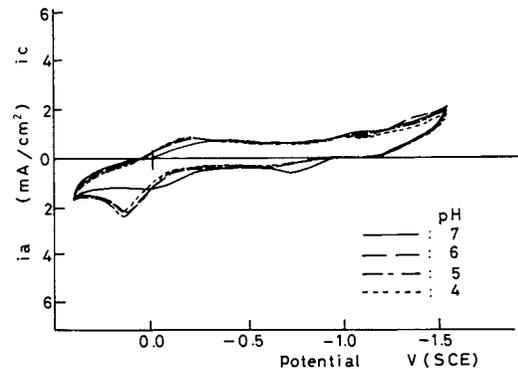


図 4 DJ 極の 50 mM 炭酸水素ナトリウム溶液中における電位走査曲線

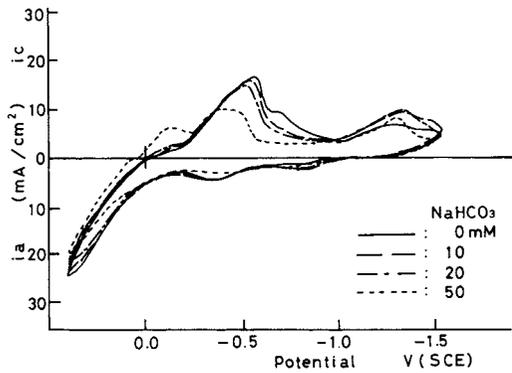


図5 DJ極の100 mM塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線

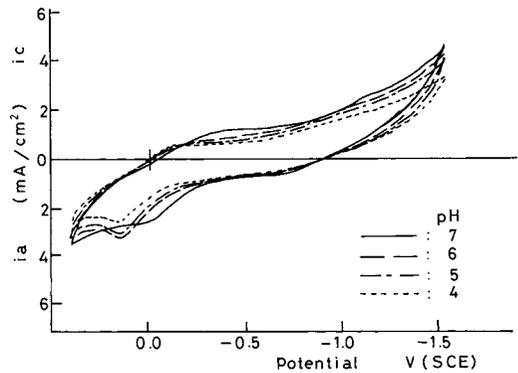


図7 DG極の50 mM炭酸水素ナトリウム溶液中における電位走査曲線

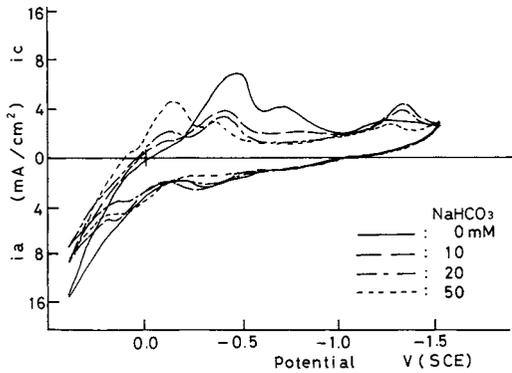


図6 DJ極の50 mM塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線

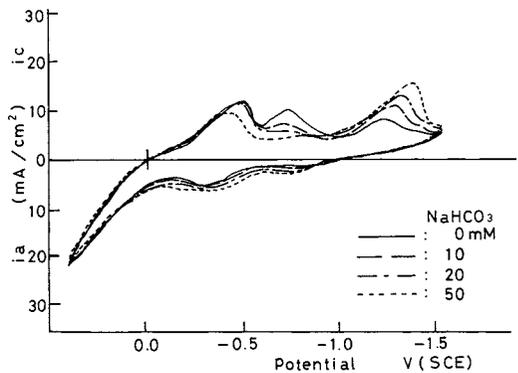


図8 DG極の100 mM塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線

炭酸水素ナトリウムを添加すると酸化電流の低下が100 mM塩化ナトリウム溶液の場合より激しく、還元電流の低下も顕著であった。また、炭酸水素ナトリウム添加によって-0.2 V (SCE) 付近に新規な還元電流ピークが出現した(図6)。

3. D G 極

DG極の成績を図7～9に示す。pH7の炭酸水素ナトリウム溶液中のDG極はDJ極の2倍に近い酸化還元電流を示したが、波形とそのpHによる変化はDJ極と同じであった(図7)。100 mM塩化ナトリウム溶液に炭酸水素ナトリ

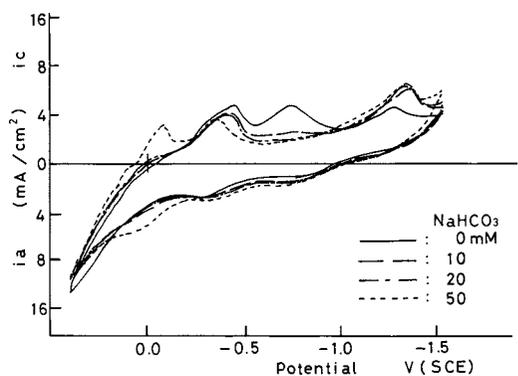


図9 DG極の50 mM塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線

ウムを添加すると、DJ 極とは異なり、炭酸水素ナトリウム添加によってわずかではあるが還元電流が増加し、 -1.3 V (SCE) 付近の還元電流ピークも増加した(図8)。50 mM 塩化ナトリウム溶液に炭酸水素ナトリウムを添加すると最貴な電位域の酸化電流が低下し、炭酸水素ナトリウム 50 mM では -0.1 V (SCE) 付近に新たな還元電流ピークが出現した(図9)。

4. D S 極

DS 極の成績を図10~12に示す。pH 7の炭酸水素ナトリウム溶液中のDS 極はDG 極類似の電位走査曲線波形であり、そのpHによる変化もDG 極に類似であった(図10)。100 mM 塩

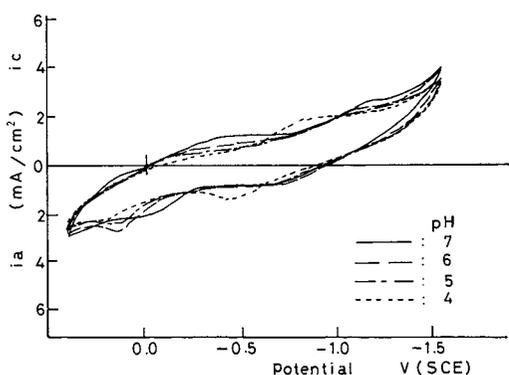


図10 DS 極の 50 mM 炭酸水素ナトリウム溶液中における電位走査曲線

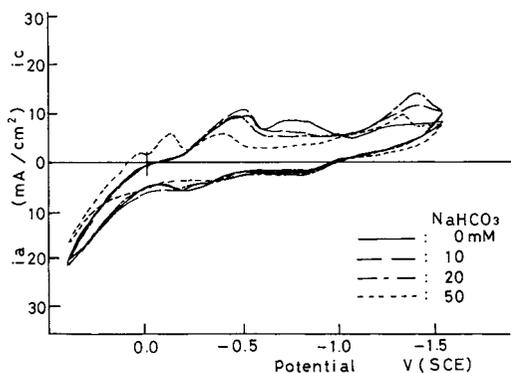


図11 DS 極の 100 mM 塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線

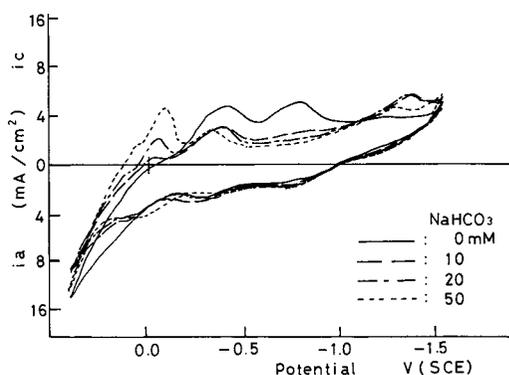


図12 DS 極の 50 mM 塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線

化ナトリウム溶液に炭酸水素ナトリウムを添加した場合、DJ 極と類似の変化を示すが、 0.0 V (SCE) よりも貴な電位域の酸化電流の低下は50 mM 炭酸水素ナトリウム添加時のみに認められた(図11)。50 mM 塩化ナトリウム溶液に炭酸水素ナトリウムを添加した場合の変化はDJ 極に類似であった(図12)。

考 察

1. 従来型アマルガム

従来型アマルガム CP 極の炭酸水素ナトリウム溶液中における電気化学的挙動については、すでに電位走査曲線^{7,12)}および繰り返し充放電曲線測定¹³⁻¹⁵⁾によって検討され、塩化物イオンがない場合、炭酸水素ナトリウム溶液中で CP 極が比較的の不活性であることが示されている。本測定(図1)でも pH 7 および pH 6 では不活性であり、これ迄の報告^{7,12-15)}を支持する成績であった。しかし、炭酸水素ナトリウム溶液の pH を低下させると -0.5 V (SCE) 付近から錫溶出を示す酸化電流の増加が認められ、不活性であるのは中性域のみであることが明らかになった。これは炭酸の解離が酸性で抑制されることとともに一般に錫が酸性溶液で溶出し易くなる¹⁹⁻²⁴⁾ためである。

塩化ナトリウム溶液中の CP 極の陽分極電位が炭酸水素ナトリウムの添加によって貴になり、炭酸水素ナトリウムが錫の溶出を抑制することを報告¹³⁾したが、本測定(図 2, 3)でも塩化物イオンが高濃度(50 および 100 mM)であっても 10 mM の炭酸水素ナトリウムが錫の溶出を抑制することが認められた。純錫および錫含有の歯科用銀合金について、勝又²⁵⁾は炭酸水素ナトリウムによって -0.7 V (SCE) 付近の錫酸化体還元電流が低下し、錫溶出が抑制されることを示す電位走査曲線を得ているが、これは本実験の -0.8 V (SCE) 付近の還元電流低下に対応している。彼²⁵⁾の電位走査曲線では貴な側が -0.2 V (SCE) であったため、錫酸化電流の低下が不明確であったが、本測定では 0.4 V (SCE) まで電位走査しているため、炭酸水素塩による酸化電流低下は明らかであった。また、彼²⁵⁾の成績では -0.8 V (SCE) 付近の 2 価錫酸化体生成の酸化電流が炭酸水素塩の添加によって大となっている。本実験の CP 極でもその傾向は認められ、炭酸水素塩による 2 価錫酸化体生成量の増加が、錫溶出を抑制するものと考えられる。

2. 高銅型アマルガム DJ 極

高銅型アマルガム DJ 極の炭酸水素ナトリウム溶液中における繰り返し充放電曲線¹³⁻¹⁵⁾では塩化物イオンがない場合、DJ 極が不活性であり、陽分極電位が 0.5 V (SCE) 付近になることが示されている。本測定(図 4)でも電位走査曲線に大きな酸化還元電流が認められず、炭酸水素ナトリウム溶液中では不活性であることを支持した。本測定の電位走査曲線は既報⁷⁾の電位走査曲線と波形が異なったが、これは電位走査範囲の相違によるものと考えられる。

本測定の pH 6 以下の溶液で 0.1 V (SCE) 付近に銅酸化体生成電流ピークを示す波形はクエン酸塩溶液^{26,27)}、リン酸塩溶液²⁸⁾などで測定され、クエン酸塩溶液では pH 低下によりピーク

の電位が貴に移行することが示されている。これは酸化物の平衡電位の移行に基づくものである。本測定では pH による変化が不明瞭であるが、pH 4 ではわずかではあるが、貴に移行していた。

既報¹³⁾では DJ 極の陽分極電位が 30 mM 塩化ナトリウム溶液に 20 mM 炭酸水素ナトリウムを添加しても変化しないことから、この濃度条件では塩化ナトリウム溶液中の DJ 極の銅の反応に対して炭酸水素塩は影響しないと結論した。しかし、本測定(図 5, 6)によると、特に 50 mM 塩化ナトリウム溶液で明白であるが、10 mM 以上の炭酸水素ナトリウムでは 0.0 V (SCE) よりも貴な電位域の酸化電流が低下し、銅の反応を抑制することが明かであった。

一方、純銅および銅含有の歯科用銀合金の充放電曲線測定¹⁷⁾では炭酸水素ナトリウムが銅の反応を促進する結果が得られている。これは電流規制による充放電曲線測定ではほぼ一定の電位における滞在時間が長いのにに対し、本測定の電位走査法では強制的に短時間に電位を移動させるので、準定常状態と初期状態の相違と考えられるが、今後の検討が必要である。

3. 高銅型アマルガム DG 極および DS 極

高銅型アマルガム DG 極および DS 極の炭酸水素ナトリウム溶液中における繰り返し充放電曲線¹³⁻¹⁵⁾では塩化物イオンがない場合、両極が不活性であり、陽分極電位が 0.5 V (SCE) 以上になることが示されている。本測定(図 7, 10)でも、DJ 極と同様に電位走査曲線に大きな酸化還元電流が認められず、炭酸水素ナトリウム溶液中では不活性であることを支持した。DJ 極では不明瞭であったが、DG 極と DS 極では銅酸化体生成電流の立ち上がり電位は pH 低下によって貴になり、酸化電流は低下した。これは pH 低下によって銅酸化体が生成し難くなることを示す。

充放電曲線¹³⁻¹⁵⁾では DJ 極よりも DG 極およ

びDS極の陽分極電位が高くなり、両極がDJ極よりも不動態化し易い成績であったが、本測定では0.4 V (SCE) までを電位走査範囲としたため0.5 V (SCE) 以上における相違は不明であり、DG極およびDS極の電位走査曲線はDJ極に類似であった。ただし、-0.5 V (SCE) 付近における2価錫酸化体の生成電流はDG極およびDS極がDJ極よりも大きく、この2価錫酸化体が両極の不動態化し易いことに寄与していると推定された。DG極(図8, 9)ではCP極と同様に炭酸水素ナトリウム添加によって-0.5 V (SCE) 付近の2価錫酸化体生成電流の増加が認められた。これはこの電極の錫が比較的反応し易い^{13,15,29-33)}ためである。

充放電曲線¹³⁾ではDJ極と同様にDG極およびDS極ともに塩化物イオンを含む溶液中において炭酸水素ナトリウムはその陽分極電位に影響しなかったが、本測定では、特に50 mM 塩化ナトリウム溶液(図9, 12)で顕著であるが、DJ極と同様に、炭酸水素ナトリウムは銅の反応を抑制した。

高銅型アマルガムに共通であるが、炭酸水素ナトリウムによって銅の反応が抑制されると2価銅酸化体還元電流ピークが-0.1 V (SCE) 付近に出現した。DG極はDJ極およびDS極と比較して2価銅酸化体還元電流ピークが小さく、これは2価錫酸化体生成量が他の電極よりも多く、これが銅の反応に影響するためと考えられる。

4. 電位走査曲線と充放電曲線

歯科用アマルガムが炭酸水素ナトリウム単独溶液において不活性であることは電位走査法と充放電曲線測定法で認められた。不活性であるということは、反応が起り難く、充放電曲線測定では電位上昇が速いということの意味し、電位走査速度の速い本測定と同じ知見が得られるのは当然と考えられる。

しかし、反応が起こる場合、充放電曲線測定

では反応が定常的に起こる電位で電位の上昇が止まるので、定電位的に反応を進行させるのに対し、電位走査法では強制的に電位を変化させるので、両者に相違を生じるものと考えられる。本実験で高銅型アマルガムの銅の反応に対する炭酸水素ナトリウムの抑制効果が認められたのはこのような相違に基づくものである。

本実験の速い電位走査速度は、反応初期あるいは反応量が少ない状態に関する情報を示している。例えば、比較的大きな酸化還元電流が測定された100 mM 塩化ナトリウム溶液中におけるDJ極(第5図)を例にとれば、-0.5 V (SCE) 付近の銅酸化体還元電流ピークの電気量は約16 mA/cm²であり、これは定電流2 mA/cm²で8秒の電気量に相当するので、著者らの採用している充放電曲線測定条件ではかろうじて検出される程度の電気量である。

結 論

市販歯科用アマルガム4種(従来型1種, 高銅型3種)について炭酸水素塩, 塩化ナトリウム混合溶液中における電気化学的挙動を電位走査法によって検討し, 次の結論を得た。

従来型アマルガムは炭酸水素塩溶液中において不活性であったが, pH低下によって錫の反応が顕著になった。塩化ナトリウム溶液中における従来型アマルガムの錫の反応は炭酸水素塩の添加によって抑制された。

高銅型アマルガムは炭酸水素塩溶液中において, 酸化銅(I)生成電流ピークのみ著明な電位走査曲線を示した。塩化ナトリウム溶液中における高銅型アマルガムの銅の反応は炭酸水素塩によって抑制され, 2価銅酸化体を生成する傾向を示した。

文 献

- 1) 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美, 田中昌一(1989) 銀, 銅, 錫, インジウムの充放電曲線. 日大歯

- 研紀 17, 47-53
- 2) 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美, 武田弘人(1991) 歯科用銀合金の繰り返し充放電曲線—塩素イオンおよび攪拌の影響—. 日大歯研紀 19, 47-52
 - 3) 武田弘人, 松井暢孝, 鈴木信雄, 伊出和郎, 横瀬勝美, 野元成晃 (1993) 歯科用銀合金のリン酸塩水溶液中における電気化学的挙動. 防衛衛生 40, 47-56
 - 4) 野元成晃, 秋葉雅裕, 鈴木孝彦, 松浦佳代子, 大越哲也, 大塚吉兵衛 (1996) 銀, 銅, 錫, インジウムの充電放電曲線におよぼすチオシアン酸イオンの影響. 日大歯学 70, 94-103
 - 5) 横瀬勝美, 野元成晃, 伊藤英美, 天野晋吾, 田澤孝治, 大塚吉兵衛 (1998) 歯科用アマルガムの乳酸塩溶液中における溶存酸素還元挙動. 日大歯学 72, 235-241
 - 6) 野元成晃, 守屋和章, 木村寿, 伊沢三樹, 日野浦光, 小野瀬英雄 (1979) 歯科用アマルガムの硬化途次における電位走査曲線. 日歯保存誌 22, 283-290
 - 7) 野元成晃, 宮木了, 石田昌也, 佐藤甫幸, 大塚吉兵衛, 竹内正 (1980) 各種無機化合物水溶液中における歯科用アマルガムの電位走査曲線. 日大歯学 54, 1049-1055
 - 8) 野元成晃, 松島一彦, 安田豊, 吉川広, 大越寿和, 安藤進, 小野瀬英雄 (1981) 歯科用アマルガムの腐食傾向に関する研究—人工歯垢形成用培地中における電位走査曲線—. 日歯保存誌 24, 606-617
 - 9) 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美 (1993) 歯科用アマルガムの遅い走査速度による分極挙動. 日大歯研紀 21, 83-90
 - 10) 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美, 勝又徳昭(1994) 歯科用銀合金の酸性溶液中における分極挙動. 日大歯研紀 22, 43-48
 - 11) 野元成晃, 紺野道広, 西方讓, 海谷幸利, 福岡雄人, 荒井敏之, 大塚吉兵衛 (1994) 銀, 銅, 錫の酸性溶液中における電位走査曲線. 日大歯学 68, 1004-1011
 - 12) 野元成晃, 鈴木信雄, 田中昌一, 神山明生(2000) 歯科用アマルガムの炭酸水素ナトリウム溶液中における電位走査曲線. 日大歯研紀 28, 41-48
 - 13) 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美 (1993) 炭酸水素塩溶液中における歯科用アマルガムの充放電曲線. 日大歯研紀 21, 77-82
 - 14) 野元成晃, 横瀬勝美, 鈴木信雄 (1995) 炭酸水素塩溶液中における歯科用アマルガムの充放電曲線—繰返し回数及び 100 mM 塩化ナトリウムの影響—. 日大歯研紀 23, 31-38
 - 15) 野元成晃, 横瀬勝美, 橋本宏二, 平野治朗, 鈴木貫太郎, 大塚吉兵衛 (1995) 炭酸水素塩, リン酸塩混合溶液中における歯科用アマルガムの充放電曲線. 日大歯学 69, 916-923
 - 16) 脇野仁, 伊東昌俊, 蛭原誠治, 小森二三夫, 中野喜右人, 大塚吉兵衛, 野元成晃 (1992) 炭酸水素塩溶液中における歯科用銀合金の充放電曲線. 日大歯学 66, 250-256
 - 17) 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美 (1994) 歯科用銀合金の塩化ナトリウム溶液中における分極挙動に及ぼす炭酸水素イオンの影響; 日大歯研紀 22, 49-55
 - 18) 田村嘉之 (1995) 電流規制法による歯科用銀合金の炭酸水素塩, リン酸塩混合溶液中における充放電曲線. 日大歯学 69, 60-68
 - 19) 田中昌一 (1988) 歯科用銀合金および銀, 銅, 錫の電流規制法による充放電曲線. 日大歯学 62, 675-683
 - 20) 塩路昌吾 (1993) 電流規制法による歯科用銀合金の酒石酸塩溶液中における充放電曲線. 日大歯学 67, 345-353
 - 21) 横瀬勝美 (1993) 電流規制法による歯科用銀合金の乳酸塩溶液中における充放電曲線. 日大歯学 67, 791-798
 - 22) 脇野仁 (1994) 電流規制法による歯科用銀合金の乳酸塩, リン酸塩混合溶液中における充放電曲線. 日大歯学 68, 186-193
 - 23) 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美 (1994) 電流規制法による歯科用銀合金の乳酸塩・リン酸塩混合溶液中における充放電曲線—低濃度リン酸塩—. 日大歯研紀 22, 67-73
 - 24) 蓮見禎彦 (2000) クエン酸塩溶液中における歯科用銀合金の電気化学的挙動におよぼすリン

- 酸塩の影響. 日大歯学 74, 1-6
- 25) 勝又徳昭 (1981) 錫含有の歯科用銀合金およびその組成金属の電気化学的挙動に及ぼすリン酸塩, 炭酸塩の影響. 日歯材料器械会誌 38, 538-548
- 26) 鈴木信雄 (1990) 歯科用アマルガムの電気化学的挙動におよぼすクエン酸塩, 乳酸塩混合溶液の影響. 日大歯学 64, 57-64
- 27) 鈴木信雄, 金子雄治, 犬飼誠, 相浦洲吉, 鈴木英之, 原田秀一郎, 野元成晃 (1989) クエン酸塩溶液中における歯科用アマルガムの電気化学的挙動. 日大歯学 63, 373-378
- 28) 野元成晃, 横瀬勝美, 勝又徳昭 (1993) 歯科用アマルガムの電位走査曲線—走査時間の影響—; 日大歯研紀 21, 55-67
- 29) 野元成晃, 中村節子, 鈴木誠, 一宮晶三, 岡田通 (1982) 歯科用アマルガムの電位走査曲線—初回走査に関する検討—. 日大歯学 56, 931-936
- 30) 野元成晃, 鈴木信雄, 大森良一, 山口徹郎, 井上達 (1986) 歯科用アマルガムの電気化学的挙動に及ぼす塩酸濃度の影響. 日大歯学 60, 404-409
- 31) 小野瀬英雄, 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美, 田中昌一, 鈴木信雄 (1986) 歯科用アマルガムの電気化学的挙動に及ぼす有機物質の影響. 日大歯研紀 14, 57-63
- 32) 野元成晃, 柴忠一, 横瀬勝美 (1993) 塩化ナトリウム—リン酸塩混合溶液中における歯科用アマルガムの電位走査曲線. 日大歯研紀 21, 69-76
- 33) 野元成晃, 宮木了, 鈴木信雄 (1999) 歯科用アマルガムの錫酸化波; 日大歯研紀 27, 37-44