

## 過塩素酸ナトリウム溶液における歯科用アマルガムの電位走査曲線

野元 成晃<sup>1</sup> 田中 昌一<sup>2</sup> 鈴木 信雄<sup>3</sup> 神山 明生<sup>4</sup>

### The potential sweep polarization curves for dental amalgams in sodium perchlorate solutions

Shigemitsu Nomoto<sup>1</sup>, Shoichi Tanaka<sup>2</sup>, Nobuo Suzuki<sup>3</sup>

and Akemi Nasuda-Kouyama<sup>4</sup>

#### Abstract

Polarization behavior of dental amalgams in 1.0–0.02 M sodium perchlorate solutions were studied by the potential sweep method with a sweep rate of 200 mV/s and potential range of 0.4–1.5 V(SCE). The dental amalgam electrodes studied were prepared from a conventional amalgam alloy and three high-copper amalgam alloys according to the manufacturers' instructions in regard to mercury-alloy ratios and trituration times.

The dissolution of tin from the conventional dental amalgam increased with the concentration of sodium perchlorate solutions and a current peak of the dissolution was obtained at a concentration of 1.0 M. The oxidation and reduction currents of high-copper amalgams increased with the concentration of sodium perchlorate solutions and the oxidation currents for copper from DJ was observed.

**Key words:** dental amalgam, corrosion, tin, copper, perchlorate

#### 緒 言

過塩素酸イオンは電極/溶液界面における特異吸着が少なく、電気化学の分野において電気二重層に関する検討に常用されるイオンである<sup>1-5)</sup>。しかし、歯科用金属/溶液界面における電気二重層に関心を持たれることが少なく、また、過塩素酸イオンが唾液あるいは体液に多量に含有されていないことなどから、過塩素酸塩溶液中における歯科用金属の電気化学的挙動の検討は殆どない<sup>6)</sup>。塩化物イオン、ヨウ化物イ

オン、チオシアン酸イオンあるいはリン酸イオンなど歯科用金属に対して特異な働きをするイオンは多数存在するが<sup>7-12)</sup>、それらのイオンの影響を詳細に検討するには特異吸着を考慮しなくてよい過塩素酸塩が優れた支持電解質であり、これを利用するには過塩素酸塩単独溶液中における歯科用金属の電気化学的挙動を知る必要があると考えられる。本報ではこの種の検討の一環として過塩素酸ナトリウム溶液中における歯科用アマルガムの電気化学的挙動を電位走査曲線測定によって検討した。

<sup>1</sup> 日本大学総合科学研究所

<sup>2</sup> 田中歯科医院

<sup>3</sup> 陸上自衛隊多賀城駐屯地医務室

<sup>4</sup> 日本大学歯学部物理学教室

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台 1-8-13

(受理: 2003 年 9 月 25 日)

<sup>1</sup> Research Center of Nihon University

<sup>2</sup> Tanaka Dental Clinic

<sup>3</sup> Medical Section of Tagajo, Ground Self Defense Force

<sup>4</sup> Department of Physics, Nihon University School of Dentistry

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

## 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(従来型球状合金1種, 高銅型合金3種)を用いて調製した。各電極の本報で用いる略号, 合金名, 組成(製造者表示値)は表1に示すとおりである。試料電極(電極表面積  $0.126 \text{ cm}^2$ )の調製は既報<sup>13)</sup>と同様に行った。電極はアマルガム練和後6ヵ月以上経過したものを使用し, 供試直前に耐水研磨紙(#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), 参照極として飽和カロメル極(HC-205型, 東亜電波)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

試料溶液は  $1.0 \sim 0.02 \text{ M}$  の過塩素酸ナトリウム溶液であり, 一級分析試薬および蒸留・イオン交換水を用いて調製した。溶液は特に脱酸素することなく, 室温で実験した。電解用セルは  $100 \text{ ml}$  用硬質ガラス製ビーカーであり, 各測定に用いた液量は  $50 \text{ ml}$  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-301, 北斗電工)に電位走査装置(HB-104, 北斗電工)を付加して行い, 記録はX-Y記録計(F-3 DR, 理研電子)によった。

### 4. 測定操作

試料電極を研磨し, 水洗の後, 所定濃度の試料溶液に浸漬する。浸漬後, 直ちに電位走査を

表1 アマルガム用合金

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

開始し, 走査開始3分後に電位走査曲線を記録した。電位走査範囲は  $0.4 \sim -1.5 \text{ V(SCE)}$  であり, 電位走査速度は全て  $200 \text{ mV/s}$  である。

## 結果と考察

### 1. 従来型アマルガム

CP極の電位走査曲線を図1, 2に示す。過塩素酸ナトリウム濃度によって反応電流が大きく異なるため, 図中に示した縮尺あるいは倍率で電流値を調整して表示した成績である。

従来型アマルガムであるCP極は $\gamma_2$ 相の錫が溶出し易く,  $-0.5 \text{ V(SCE)}$ 付近から著明な

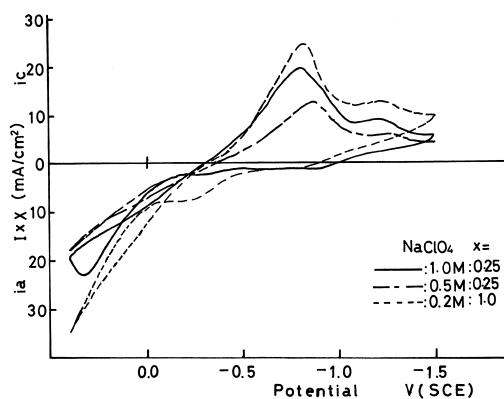


図1 高濃度過塩素酸ナトリウム溶液におけるCP極の電位走査曲線

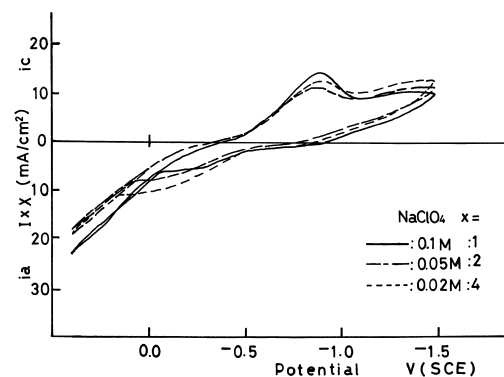


図2 低濃度過塩素酸ナトリウム溶液におけるCP極の電位走査曲線

酸化電流を示し、カソード走査では酸化された錫の還元によって $-0.7\text{ V(SCE)}$ に還元電流ピークを示した。このような電位走査曲線は硫酸ナトリウム溶液あるいは塩化ナトリウム溶液における電位走査曲線<sup>12,14-19)</sup>に類似であり、錫の酸化還元挙動がこの3溶液で基本的に同じであることを示した。

電位走査範囲の最貴な電位である $0.4\text{ V(SCE)}$ 付近における酸化電流値が過塩素酸ナトリウム濃度とともに比例的に増加し、このため生成した錫酸化体の還元に基づく $-0.7\text{ V(SCE)}$ における還元ピーク電流値も過塩素酸ナトリウム濃度に比例的であった。これは酸化電流が溶液抵抗支配になっているためである<sup>20)</sup>。この酸化電流はアノード走査よりもカソード走査で大になるが、これは従来型アマルガムでよく観測される現象であり<sup>6,13,21-24)</sup>、皮膜破壊によるものである。

過塩素酸ナトリウム濃度 $0.2\text{ M}$ 以下では酸化電流立ち上がり部分に明確なステップが認められ、この電位域における錫の酸化が単一の反応ではないことを示していた。このステップも従来型アマルガムではしばしば観測され<sup>6,16,19)</sup>、電位走査速度が遅い場合<sup>25,26)</sup>および電位<sup>27)</sup>あるいは電流<sup>28)</sup>規制法で測定した場合にも認められている。また、 $\text{Hg(Sn)}$ 希薄アマルガム<sup>29)</sup>でも認められているが、本測定の成績が最も明確であった。このステップは定電流充電曲線の電位ステップ<sup>30,31)</sup>に対応し、錫(II)としての溶出を表すと考えられる<sup>30,31)</sup>。本測定では過塩素酸ナトリウム濃度 $0.2\text{ M}$ 以下で濃度低下とともにステップ域 $-0.1\text{ V(SCE)}$ 付近の酸化電流が低下し、ステップ域の酸化電気量は $0.2\text{ M}$ で $20\text{ mC/cm}^2$ 、 $0.02\text{ M}$ では $6\text{ mC/cm}^2$ であった。定電流充電法<sup>30,31)</sup>によると塩化ナトリウム溶液中において従来型球状アマルガムおよびCP極の $4\sim 5\text{ mA/cm}^2$ による錫(II)溶出ステップは $900\sim 1200\text{ mC/cm}^2$ であり、本測定よりも著しく大

きい。この相違は塩化物イオンの反応促進作用によるところが大であるが、定電流充電法と電位走査法の分極方法の相違も考慮する必要がある、詳細は今後の検討課題である。過塩素酸ナトリウム濃度とともにこの電位域の酸化電流が低下するのは溶液抵抗のためではなく、限界電流様の波形を示すことから、錫酸化皮膜を透過しての陰イオンの拡散律速になるためと考えられる。

電位走査曲線の最貴な電位域の酸化電流を同程度濃度の塩化ナトリウム溶液の成績<sup>19)</sup>と比較すると本測定の酸化電流が低い。過塩素酸ナトリウム溶液の電導度は塩化ナトリウム溶液よりも僅かに低い(約 $10\%$ <sup>32)</sup>)程度なので、この相違は過塩素酸ナトリウム溶液で上記ステップのため酸化電流が急昇する電位が貴になったためと考えられる。

本測定の $1.0\text{ M}$ 溶液では $0.3\text{ V(SCE)}$ に酸化電流のピークが認められた。このピークは $0.6\text{ M}$ 以上の塩化ナトリウム溶液<sup>19)</sup>でも認められ、塩化ナトリウム濃度 $0.6\sim 1\text{ M}$ でピーク電流値も本測定と同じ約 $100\text{ mA/cm}^2$ であった。これはこの走査条件で反応し得る表層の錫の最大量に関連するが、塩化ナトリウム溶液中<sup>19)</sup>では $2\text{ M}$ の場合 $200\text{ mA/cm}^2$ 以上になっている。この反応は従来型アマルガムにおける錫の反応の不動態化として極めて重要であり、電位走査速度を遅くして同一電位における酸化量を多くし、溶液抵抗の影響を避け難くした条件での検討が必要である。

## 2. 高銅型アマルガム

高銅型アマルガムの電位走査曲線を図3~8に示す。

DJ極(図3, 4)は $-0.1\text{ V(SCE)}$ よりも貴な電位域で銅の酸化波を示すが、全体として比較的不活性な電位走査曲線であった。DJ極はアマルガム中の銅が反応し易い特徴があり<sup>33,34)</sup>、本測定でも特にDJ極で銅の酸化波が明確であっ

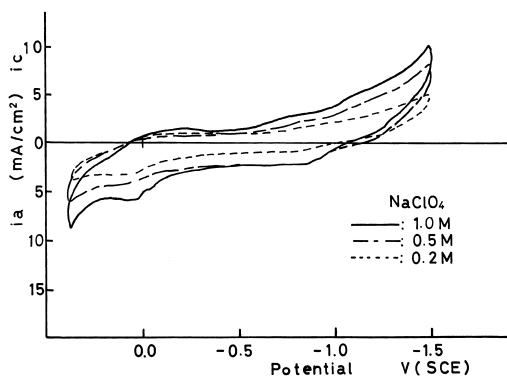


図3 高濃度過塩素酸ナトリウム溶液におけるDJ極の電位走査曲線

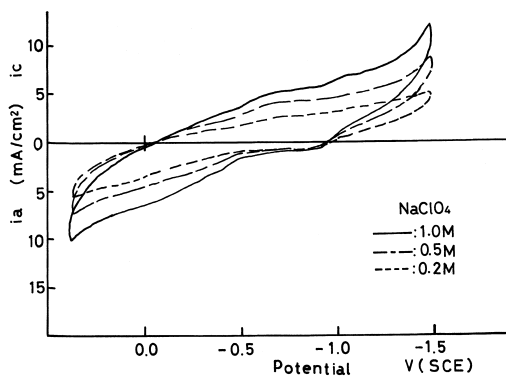


図5 高濃度過塩素酸ナトリウム溶液におけるDG極の電位走査曲線

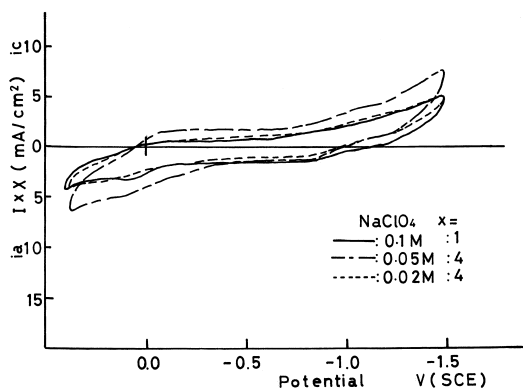


図4 低濃度過塩素酸ナトリウム溶液におけるDJ極の電位走査曲線

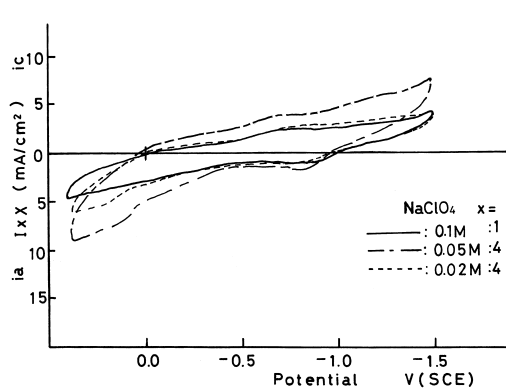


図6 低濃度過塩素酸ナトリウム溶液におけるDG極の電位走査曲線

た。また、このアマルガムは激しい酸化還元を繰り返さない場合、含有される亜鉛(表1参照)の酸化波を示すのが特徴である<sup>19, 22-24, 35)</sup>。本測定でも $-1.0 \sim -1.2$  V(SCE)の還元電流が他の電極よりも低く、この電位域で亜鉛の酸化電流が寄与していることを示した。これは上記のように過塩素酸ナトリウム溶液中で比較的不活性なため亜鉛の消失が起こらないためである。

高銅型アマルガムでは銅の反応が主となるため、塩化物イオンの有無が電位走査曲線波形に大きく影響し、塩化ナトリウム溶液と過塩素酸ナトリウム溶液では全く異なる電位走査曲線になる。塩化ナトリウム溶液においてDJ極は低

濃度(0.1 M以下)でも銅が反応し、銅とともに錫も反応するので、銅と錫の反応波が認められる<sup>19)</sup>。本測定(図4)では銅の反応波が認められるものの溶出を伴うような様子はなく、このため全体として不活性な電位走査曲線であり、過塩素酸ナトリウム濃度低下とともに全体として酸化還元電流が低下した。銅の酸化が過塩素酸ナトリウム濃度に依存することは考え難いので、溶液濃度低下によって溶液抵抗が大になり、水素発生電流が低下し、電極面近傍のpH増加が抑制され、錫(II)酸化皮膜生成量が少なくなることが影響していると考えられる。

DG極(図5, 6)もDJ極に類似し、全体とし

て比較的不活性な電位走査曲線であり、過塩素酸ナトリウム濃度低下に伴い全電位域の酸化還元電流が低下する成績であった。このアマルガムはアマルガム中の錫が他の高銅型アマルガムよりも反応し易い特徴があり<sup>19, 21, 22, 24, 26, 34, 36</sup>、本測定でも錫の酸化を示す $-0.5\text{ V (SCE)}$ 付近からの酸化電流増加がDJ極などよりも大であった。ただし、2価錫酸化体の生成に基づく $-1.0 \sim -0.5\text{ V (SCE)}$ の酸化電流は他の高銅型アマルガムよりも低く、またこの電流は過塩素酸ナトリウム濃度(1.0~0.1 M)に依存しなかった。DG極は塩化物イオンがある場合、低濃度であってもDJ極ほどではないが銅が反応し、本測定(図6)よりも変化に富んだ電位走査曲線を示す<sup>19</sup>。本測定においても $0.0\text{ V (SCE)}$ よりも貴な電位域で銅の反応に基づく酸化電流増加が認められたが、電極を活性化して還元電流ピークを示すような反応量ではなかった。

DS極(図7, 8)も特徴ある反応波を示さなかったが全体として高銅型としては大きな酸化還元電流を示す電位走査曲線であった。DS極はDG極よりも錫が反応し難いが<sup>19, 21, 22, 24</sup>、アマルガム硬化途次についての検討<sup>25</sup>では錫が反応し易い成績も得られている。本測定においても $-0.5\text{ V (SCE)}$ 付近よりも貴な電位域の酸化電流がDG極などよりも大きく、錫が反応し易い表面になっていたため、全電位域の酸化還元電流が大きい電位走査曲線になったものと考えられる。錫が反応し易くなった原因としては本測定のDS極では $-1.5\text{ V (SCE)}$ 付近の還元電流が他の高銅型アマルガムよりも大きく、水素発生にともなう電極近傍のpH増加が顕著なためと考えられる。

### 3. 過塩素酸ナトリウム溶液について

唾液電解質濃度は血清(0.15 M)のそれよりも低く、大略 $0.04 \sim 0.05\text{ M}$ 程度以下<sup>37-41</sup>であることから腐食研究用人工唾液もこの程度の濃度に調製される場合が多い<sup>42, 43</sup>。著者らもこれを考

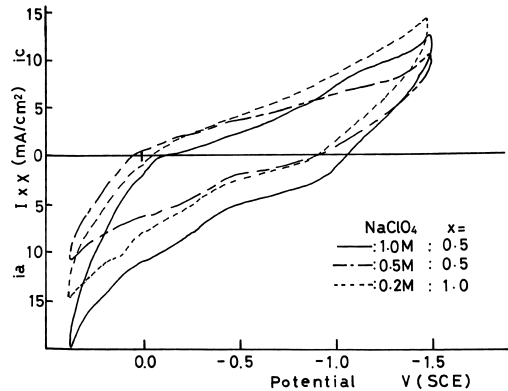


図7 高濃度過塩素酸ナトリウム溶液におけるDS極の電位走査曲線

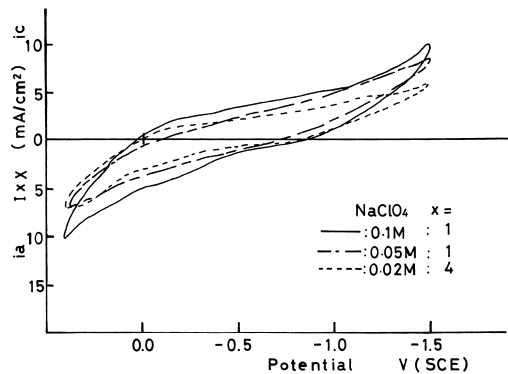


図8 低濃度過塩素酸ナトリウム溶液におけるDS極の電位走査曲線

慮し、歯科用金属の充放電曲線測定<sup>36, 44-47</sup>では基礎電解質濃度 $0.05\text{ M}$ 以下の溶液についても検討している。電位走査曲線測定では主として速い電位走査速度を採用していることから溶液抵抗の影響を受け易く、電解質濃度 $0.1\text{ M}$ 以下の検討はそれ程行っていない<sup>19, 23, 43, 48</sup>。ここでは塩化ナトリウム濃度 $0.03\text{ M}$ 迄の測定を行った既報<sup>19</sup>を参考に電解質濃度について考察する。

錫の反応のみ顕著なCP極については、溶液抵抗の影響を受けることを考慮する必要はあるが $0.02\text{ M}$ まで基本的な波形は変わらず(図2)、低濃度電解質溶液でCP極に対し特殊な反

応を起こすイオンを含まない支持電解質として過塩素酸ナトリウム溶液および本測定条件が使用できると考えられる。

高銅型アマルガムでは銅の反応が電位走査曲線波形に影響するので、塩化物イオンの有無で波形は大きく変わる。過塩素酸ナトリウム溶液では主として銅の反応が進み難いので全体として不活性な電位走査曲線となり、特に低濃度溶液では溶液抵抗のため水素発生が起こり難く、CP極の場合と同様に高銅型アマルガムに対しても特殊な反応を起こすイオンを含まない支持電解質として有用と考えられた。

本測定では銅の反応が起こり得る0.4 V (SCE)を電位走査範囲貴な側としたが、アマルガムの腐食について問題となる0.0 V(SCE)以下に電位走査範囲を限定すれば、さらに無関係塩としての有用性は高まるものと推定される。

## 結 論

市販歯科用アマルガム4種(従来型1種, 高銅型3種)の1.0~0.02 M 過塩素酸ナトリウム溶液における電位走査曲線について、電位走査速度200 mV/s, 電位走査範囲0.4 V~-1.5 V (SCE)の電位走査曲線を測定し、下記の結論をえた。

1. 従来型アマルガムの錫溶出電流は一般に過塩素酸ナトリウム溶液濃度の増加とともに大きくなり、-0.5~0.0 V(SCE)には酸化電流のステップが明確に認められた。本実験条件下では錫の反応が激しく酸化還元電流は殆ど溶液抵抗支配になっているが、酸化電流ステップは低電位における従来型アマルガムにおける錫の反応として詳細に検討する必要があると考えられた。
2. 高銅型アマルガムは過塩素酸ナトリウム溶液中において比較的不活性であり、DJ極では銅の酸化波が認められたが、他の高銅型アマルガムは特徴の無い電位走査曲線波形であった。

高濃度溶液中におけるDS極では水素発生が溶液抵抗支配となり、電位走査曲線にその影響があると考えられた。

3. 過塩素酸塩は錫および銅の反応が主体となる歯科用アマルガムの電気化学的挙動を検討するための支持電解質として、特殊な反応を惹起せず有用な電解質と考えられた。

## 文 献

- 1) Grahame DC (1947) The electrical double layer and theory of electrocapillarity. *Chem Rev* 41, 441-501
- 2) Valette G (1989) The crystallin heterogeneity correction of the double-layer capacity for single-crystal electrodes. *J Electroanal Chem* 260, 425-431
- 3) Hamelin A, Morin S, Richter J, Lipkowski J (1991) Adsorption of pyridine on the (210) face of silver. *J Electroanal Chem* 304, 195-209
- 4) Mohtat N, Byloos M, Soucy M, Morin S, Morin M (2000) Electrochemical evidence of the adsorption of alkanethiols on two sites on Ag (111). *J Electroanal Chem* 484, 120-130
- 5) Langkau T, Baltruschat H (2002) The point of zero charge of adsorbed monolayers: Pt (111) covered by Ag. *Electrochim Acta* 47, 1595-1599
- 6) 寺西誠治, 吉井 剛, 野元成晃, 宮木 了, 中村節子(1981)弗化物含有歯科用アマルガムに関する電気化学的検討. *日大歯学* 55, 633-638
- 7) 勝又徳昭, 前野正夫, 大越哲也, 藤井征朗, 今泉凱久, 大塚吉兵衛, 野元成晃(1980)各種歯科用合金の電位走査曲線におよぼす塩素イオンの影響. *日大歯学* 54, 431-438
- 8) 勝又徳昭, 田村豊彦, 岡野保徳, 吉井 剛, 竹内 正, 大塚吉兵衛, 野元成晃(1980)銀, 銅および歯科用銀合金の電気化学的挙動におよぼすハロゲンイオンの影響. *日大歯学* 54, 439-444

- 9) 宮木 了, 野元成晃, 福田 豊, 谷口勝彦, 鈴木洋成(1983) 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チオシアン酸イオンの影響. 日大歯学 57, 340-346
- 10) 野元成晃, 松島一彦, 下地清八郎, 高根沢英二, 粕谷光由, 稲葉尚治, 小野瀬英雄(1983) 高銅型アマルガムの電気化学的挙動におよぼすチオシアン酸イオンの影響. 日歯保存誌 26, 876-882
- 11) 野元成晃, 柴 忠一, 横瀬勝美, 鈴木信雄(1988) 歯科用アマルガムの塩化ナトリウム, リン酸混合溶液中における電気化学的挙動. 日大歯研紀 16, 49-55
- 12) 野元成晃, 柴 忠一, 横瀬勝美, 鈴木信雄(1988) 歯科用アマルガムの電気化学的挙動に及ぼすヨウ素イオンおよび臭素イオンの影響. 日大歯研紀 16, 57-64
- 13) 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
- 14) 古畑恒和(1980) 歯科用アマルガムの変色に関する電気化学的検討-卑な電位域における硫化反応について-. 日歯材料器械会誌 36, 463-471
- 15) 守屋和章(1981) 歯科用アマルガムの硬化途次における電気化学的挙動に関する電位走査法による検討. 日歯材料器械会誌 38, 10-19
- 16) 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
- 17) 野元成晃, 中村節子, 遠藤 努, 中村真一郎(1983) 歯科用アマルガムの電気化学的挙動におよぼすチオシアン酸イオンの影響. 日大歯学 57, 1200-1204
- 18) 野元成晃, 乙部朱美, 佐々木高憲, 吉田英泉, 中村節子(1986) 歯科用アマルガムの電気化学的挙動に及ぼす各種酸添加の影響. 日大歯学 60, 399-403
- 19) 野元成晃, 田中昌一, 手嶋健介, 小森規雄(2001) 歯科用アマルガムの塩化ナトリウム溶液中における電位走査曲線-塩化ナトリウム濃度の影響-. 日大歯研紀 29, 27-36
- 20) 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
- 21) 宮木 了, 野元成晃, 鈴木義秋, 小森真弓(1982) 歯科用アマルガムの狭い電位域に関する電位走査曲線. 日大歯学 56, 909-913
- 22) 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
- 23) 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
- 24) 野元成晃, 宮木 了, 湯浅 智, 西山 司(2001) 歯科用アマルガムの電位走査曲線-電位走査範囲卑な側について-. 日大歯研紀 29, 9-18
- 25) 野元成晃, 稲葉尚治, 小倉雅光, 中川勝利, 謝 維敏, 渡辺 洋, 小野瀬英雄(1981) 歯科用アマルガムの硬化途次における電気化学的挙動に関する遅い電位走査速度による検討. 日歯保存誌 24, 987-996
- 26) 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
- 27) 野元成晃, 柴 忠一, 宮木 了, 中村節子(1983) 歯科用アマルガムの定電位分極曲線. 日大歯研紀 11, 12-21
- 28) 野元成晃, 田中昌一, 佐々木高憲, 吉田英泉, 相浦洲吉, 鈴木英之, 原田秀一郎(1987) 歯科用アマルガムおよび錫の電流規制法による検討. 日大歯学 61, 772-777
- 29) 野元成晃, 横瀬勝美, 名取愛一郎(1995) 希薄アマルガムの電気化学的挙動. 日大歯研紀 23, 39-45
- 30) 野元成晃, 田中昌一, 西山 司, 中村真一郎, 矢嶋道男(1986) 錫および歯科用アマルガムの陽分極充電曲線. 日大歯学 60, 308-312
- 31) 小川秀典, 武藤 晃, 小森二三夫, 中野喜右人, 及川栄二, 大塚吉兵衛, 野元成晃(1993)

- 歯科用アマルガムの塩化ナトリウム溶液中における充放電曲線. 日大歯学 67, 969-978
- 32) 外島 忍(1965)基礎電気化学. 朝倉書店, 東京, 243
- 33) 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
- 34) 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
- 35) 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
- 36) 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
- 37) Ferguson DB, Fort A, Elliot AL, Potts AJ (1973) Circadian rhythms in human parotid saliva flow rate and composition. Arch Oral Biol 18, 1155-1173
- 38) Mandel ID (1974) Relation of saliva and plaque to caries. J Dent Res 53, 246-266
- 39) Ferguson DB, Fort A (1974) Circadian variations in human resting submandibular saliva flow rate and composition I. Arch Oral Biol 19, 47-55
- 40) Dawes C (1974) The effect of flow rate and duration of stimulation on the concentrations of protein and the main electrolytes in human submandibular saliva. Arch Oral Biol 19, 887-895
- 41) Shannon IL (1987) A formula for human parotid fluid collected without exogenous stimulation. J Dent Res 46,309
- 42) 野元成晃, 柴 忠一, 宮木 了, 勝又徳昭(1981)歯科用金属の電気化学的側面に関する文献ノート(IV)-腐食研究用混合溶液-. 日大歯研紀 9, 78-89
- 43) 飯塚一郎(1982)各種腐食研究用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 56, 760-767
- 44) 野元成晃, 横瀬勝美, 湯浅 智, 武田弘人(1993)歯科用銀合金の電気化学的挙動-塩化ナトリウム, リン酸塩混合溶液および溶存酸素還元挙動-. 日大歯研紀 21, 47-53
- 45) 野元成晃, 横瀬勝美, 湯浅 智(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リン酸イオンの影響. 日大歯研紀 22, 56-61
- 46) 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
- 47) 横瀬勝美, 名取愛一郎, 桑田文幸, 野元成晃(1996)塩化ナトリウム, リン酸塩混合溶液中における歯科用銀合金の充放電曲線. 日大歯研紀 24, 41-48
- 48) 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