原 著 論 文

磁性アタッチメント用キーパーと金銀パラジウム合金との鑄接

第2報 鑄造方法の影響

浅野 彰夫 山内 六男* 堺 誠** 都尾 元宣** 長澤 亨**

Casting Au-Ag-Pd Alloy to the Embedded Keeper of Magnetic Attachment

Part 2. Influence of Casting Method

Akio Asano, Mutsuo Yamauchi*, Makoto Sakai**, Motonobu Miyao** and Tooru Nagasawa**

Abstract : A cast-soldering method was used for the keepers of magnetic attachments. However, there have been few studies concerning the effects of the cast-soldering method on keepers. In this study, the cast-soldering method was investigated by changing casting methods.

Two commercially available keepers and a 12% Au-Ag-Pd casting alloy were used. Cast-soldering was performed at a mold temperature of 700°C for 30 minutes using three types of casting machines (suction pressure type, vacuum pressure type, and centrifugal type). After cast-soldering, the interface between the keeper and the casting alloy was observed by metallic microscopy and scanning electron microscopy (SEM). The interface was also analyzed with an X-ray electron microprobe.

Microscopic observation revealed a black layer between the keeper and the casting alloy in all specimens. Scanning electron microscopy and X-ray electron microprobe analysis indicated that the black layer was composed of an oxidation layer with Fe and a gap. The black layer was larger with the centrifugation type casting machine than by the other methods. After using this type of casting machine, gaps and cavity-like casting defects were observed in the bottom of the specimen.

The results suggested that the vacuum pressure type casting machine is desirable for the cast-soldering of keepers.

Key words : dental magnetic attachment, keeper, cast-soldering method, casting machine, oxidation layer

I. 緒 言

磁性アタッチメントはキーパーと磁石構造体によって構成されており、一般的にはキーパーは鑄造用合金を用いて

根面板に鑄接されて使用されることが多い^{1~4)}。しかし、キーパーと鑄造用合金との鑄接状態についてはほとんど明らかではない^{5,6)}。

鑄接は、母金属と鑄造用合金との間に原子の相互拡散が生じ、両者が一体となって結合するものとされている^{7~9)}。また、鑄造用合金同士の鑄接に際しては、地金の種類、鑄型温度、埋没材の種類、地金の大きさなどの因子が鑄接に影響するといわれている^{7~11)}。

そこでわれわれは、キーパーと金銀パラジウム合金との鑄接状態や、これに影響を及ぼす鑄造条件を明らかにすることを目的として実験を行うことにした。まず第1報として、加圧吸引鑄造器を用い、鑄型の係留温度を変化させた場合の鑄接状態について検討を加えた。その結果、金属顕

朝日大学大学院歯学研究科局部床義歯学専攻（指導：長澤 亨教授）

*朝日大学歯科臨床研究所付属歯科診療所（主任：山内六男教授）

**朝日大学歯学部歯科補綴学講座（主任：長澤 亨教授）

Graduate School of Dentistry (Prosthodontics), Asahi University (Director : Prof. Tooru Nagasawa)

*Dental Clinic, Post-doctoral Institute of Clinical Dentistry, Asahi University (Chief : Prof. Mutsuo Yamauchi)

**Department of Prosthodontics, Asahi University School of Dentistry (Chief : Prof. Tooru Nagasawa)

平成11年12月15日受付

微鏡観察からキーパーと金銀パラジウム合金との間には黒色の層 (以下、黒色層と略す) が存在し、この層は走査型電子顕微鏡およびX線電子マイクロアナライザー分析により、間隙とキーパーの成分である Fe 由来の酸素固溶層によって構成されていることを明らかにした。また、この幅は鋳型の係留温度に影響を受けることも報告した¹²⁾。

今回は鋳造条件のうち、鋳造方法の違いにより黒色層¹²⁾の幅が影響を受けるのかについて検討するため、遠心鋳造機、真空圧迫鋳造機を用いて実験を行い、前報で得られた加圧吸引鋳造機による場合と比較検討を行ったところ、若干の興味ある知見を得たので報告する。

II. 実験材料および方法

1. 試料の製作

キーパーにはハイコレックススーパーJ 4515 (日立金属社、以下、ハイコレックス) およびマグフィット EX 600 (愛知製鋼社、以下、マグフィット) を用い、前報¹²⁾と同様の形態でワックスパターンを製作した。次いで、メーカー指示の方法にてクリストバライト系埋没材 (ジーシー社、クリストバライトミクロ) を用いて埋没し、24 時間乾燥後、鋳型を 250°C まで昇温し、中間係留後、700°C にて 30 分間係留を行った。

鋳造機には、横型遠心鋳造機 (Kerr 社) および真空圧迫鋳造機 (Heraus 社、CL-G) を用いた。遠心鋳造機の場合、パネ回転数 3 回で、プロトーチにて溶解し、鋳造した。真空圧迫鋳造機の場合、鋳造圧力は約 3.5 kg/cm² とし、鋳造した。なお、前報の加圧吸引鋳造機の場合、差圧約 2.0 kg/cm² で鋳造されており、今回の条件と一致させるために鋳型温度 700°C の試料と比較した。

鋳造後、埋没材を除去した鋳造体をレジンにて包埋し、中央部で切断した。なお、試料は各鋳造機につき 5 個ずつ製作した。

2. 接合部の観察

切断面において、キーパーと金銀パラジウム合金の接合部の側面部と底面部を金属顕微鏡 (Leitz 社、Metroplan) および走査型電子顕微鏡 (日本電子社、JSM-35、以下、SEM と略す) にて観察した。また、X線電子マイクロアナライザー (島津社、EPMA-8705、以下、EPMA と略す) による面分析および線分析を行った。

3. 黒色層の幅の測定

黒色層の幅を定量的に評価するため、側面部および底面部に分けて SEM 写真上で黒色層の幅を測定した。測定は各部位 5 カ所行った。また、検定は前回報告した加圧吸引鋳造機を加えて 3 機種について Kruskal-Wallis 検定を用い、有意差が認められた場合には多重比較 (Scheffe' 検

定) を行った。なお、危険率 5% 以下を有意差ありとした。

III. 結 果

1. 金属顕微鏡観察

ハイコレックスでは遠心鋳造機と比較して、真空圧迫鋳造機でキーパーと金銀パラジウム合金の接合状態が緊密で、黒色層が少なくなっていた。また、遠心鋳造機では、特にキーパー底面に大きな間隙や鋳造欠陥様の空洞が観察された (図 1)。

マグフィットでは、接合状態に明らかな違いは認められなかったが、ハイコレックス同様、底面に欠陥が出現していた (図 2)。

なお、前報の加圧吸引鋳造機による試料では、底部の鋳造欠陥様の空洞は真空圧迫鋳造機よりわずかに多く認められ、遠心鋳造機よりはるかに少なかった。

2. SEM 観察

1) 側面部

ハイコレックスでは、いずれの鋳造機においても反応層は観察されたが、間隙はほとんど観察されなかった (図 3)。

マグフィットでもハイコレックスと同様に反応層は観察されたが、間隙はほとんど観察されなかった (図 4)。

2) 底面部

ハイコレックスでは、両鋳造機において反応層の幅に大きな違いは認められなかったが、遠心鋳造機では底面に間隙と鋳造欠陥様の空洞が観察された (図 5)。

マグフィットにおいてもハイコレックスと同様の傾向が観察された (図 6)。

3. 黒色層の幅の測定

ハイコレックスでは側面部、底面部ともに遠心鋳造機で黒色層が最も大きな値を示した。次いで加圧吸引鋳造機、真空圧迫鋳造機であった。 (図 7)

マグフィットでは側面部、底面部ともに真空圧迫鋳造機と加圧吸引鋳造機に比べて、遠心鋳造機において黒色層は有意に大きな値を示した (図 8)。

ハイコレックスとマグフィットで比較すると、側面部、底面部ともに加圧吸引鋳造機と真空圧迫鋳造機では差がなかったが、底面部のみマグフィットが遠心鋳造機で有意に大きかった (表 1)。

4. EPMA 分析

EPMA 分析では、キーパーの種類および鋳造機の種類による所見に差がないため、マグフィットを遠心鋳造機で鋳接した場合についてのみ結果を示した。分析はキーパー

図 1 Metallic micrograph of the interface between keeper and Au-Ag-Pd alloy in the Hicorex (A : vacuum pressure type, B : centrifugation type)
ハイコレックスにおけるキーパーと金銀パラジウム合金との接合部の金属顕微鏡写真 (A : 真空圧迫, B : 遠心)

図 2 Metallic micrograph of the interface between keeper and Au-Ag-Pd alloy in the Magfit (A : vacuum pressure type, B : centrifugation type)
マグフィットにおけるキーパーと金銀パラジウム合金との接合部の金属顕微鏡写真 (A : 真空圧迫, B : 遠心)

図 3 SEM photographs of the interface at side part in the Hicorex (A : vacuum pressure type, B : centrifugation type)
ハイコレックスにおける接合部側面の SEM 写真 (A : 真空圧迫, B : 遠心)

図 4 SEM photographs of the interface at side part in the Magfit (A : vacuum pressure type, B : centrifugation type)
マグフィットにおける接合部側面の SEM 写真 (A : 真空圧迫, B : 遠心)

および金銀パラジウム合金のそれぞれに多く含まれる Ag, Fe について、また、黒色層は Ag あるいは Fe に起因する酸化物と思われるため O について分析を行った。

面分析の結果、黒色層に位置する部分には O が存在する層が確認されたが、Ag および Fe のどちらに由来する層

かは判明しなかった (図 9)。

線分析の結果、Ag は金銀パラジウム合金側からみた場合、黒色層のなかで認められなかった (図 10)。Fe はキーパー側からみた場合、黒色層のなかで傾斜的に認められた (図 11)。O はキーパーと金銀パラジウム合金の間に

図 5 SEM photographs of the interface at bottom part in the Hicorex (A : vacuum pressure type, B : centrifugation type)
ハイコレックスにおける接合部底面の SEM 写真 (A : 真空圧迫, B : 遠心)

図 6 SEM photographs of the interface at bottom part in the Magfit (A : vacuum pressure type, B : centrifugation type)
マグフィットにおける接合部底面の SEM 写真 (A : 真空圧迫, B : 遠心)

図 7 Width of black layer measured in the Hicorex
ハイコレックスにおける黒色層の幅

図 8 Width of black layer measured in the Magfit
マグフィットにおける黒色層の幅

表 1 Comparison of width of black layer between Hicorex and Magfit
ハイコレックスとマグフィットとの黒色層の幅の比較

		ハイコレックス					
		加圧吸引		真空		遠心	
		側面	底面	側面	底面	側面	底面
加圧吸引	底面	NS	NS	NS	NS	NS	★★
	側面	NS	NS	NS	NS	NS	★★
マグフィット	底面	NS	NS	NS	NS	NS	★★
	側面	NS	NS	NS	NS	NS	★★
遠心	底面	★★	★★	★★	★★	★★	NS
	側面	NS	NS	NS	NS	NS	★★

図 9 Surface analysis of Fe and Ag in the Magfit
マグフィットにおける Fe および Ag の面分析

図 10 Line analysis of Ag in the Magfit
マグフィットにおける Ag の線分析

図 11 Line analysis of Fe in the Magfit
マグフィットにおける Fe の線分析

図 12 Line analysis of O in the Magfit
マグフィットにおける O の線分析

いずれの成分にも含まれず認められた (図 12)。このことから、黒色層は Fe 由来の酸素固溶層であることが判明した。

IV. 考 察

今回は、鑄造方法によるキーパーと金銀パラジウム合金との鑄接時の界面にみられる黒色層¹²⁾が真空圧迫鑄造機、遠心鑄造機、加圧吸引鑄造機のなかでどれが最も小さくなるのかについて検討した。その結果、黒色層の幅は3機種のなかで遠心鑄造機が最も大きかった。また、真空圧迫鑄造機と加圧吸引鑄造機ではハイコレックスでは差がみられたが、マグフィットでは差はなかった。さらに、遠心鑄造機の場合にはキーパー底部に鑄造欠陥様の空洞も観察された。これは、加圧吸引鑄造機と真空圧迫鑄造機は鑄造時に加圧と鑄型の吸引を行うのに対して、遠心鑄造機ではこれらに比

べて鑄造圧が低く、また圧の立ち上がりに差があることに起因すると思われる¹³⁻¹⁶⁾。さらに、キーパー底面は鑄造圧が高まりにくく、最後に凝固する部位であると考えられるが、遠心鑄造機では鑄込み時に巻き込まれた空気や凝固時に放出されたガスが溶湯と置き換わり遠心力と反対方向へ進むため^{17,18)}、鑄造欠陥が底部に発生しやすいと推察される。これに対し、真空圧迫鑄造機および加圧吸引鑄造機で接合状態が良好であったのは、溶湯が鑄型内に注入される直前に鑄型内部が減圧されていること、さらに立ち上がりの早い鑄造圧が負荷されているためと思われる。

一方、EPMA の分析から、黒色層は金銀パラジウム合金の成分である Ag 由来の酸素固溶層ではなく、キーパーの成分である Fe が O に反応した酸素固溶層であり、前回の報告と同様の結果となった。鑄接では地金の酸化は接合を阻害することから、キーパー表層の酸化を可及的に抑制できる鑄造機が推奨され、今回使用したなかでは真空下で

溶解する真空圧迫鑄造機やアルゴン雰囲気中で溶解する加圧吸引鑄造機の使用が最も良好な鑄造方法といえる。

以上、今回の結果からキーパーを金銀パラジウム合金で鑄接する場合、一般的に技工所で用いられている遠心鑄造機を用いるよりも、真空圧迫鑄造機か加圧吸引鑄造機を用いるほうが黒色層の発現を押さえられることが示唆された。さらに、底面部の鑄造欠陥様の空洞の発現を最も抑制した真空圧迫鑄造機の使用が推奨されることも示唆された。

今後は前報および本報で鑄接状態の良好であった条件を用い、埋没材による影響について報告する予定である。

V. 結 論

磁性アタッチメント用キーパーと金銀パラジウム合金との鑄接状態について、鑄造方法の違いによる影響を検討するため、遠心鑄造機および真空圧迫鑄造機を用いて鑄造を行い、前報の加圧吸引鑄造機の場合と比較検討した。

その結果、遠心鑄造機において黒色層の幅が最も大きい値を示し、底面部に間隙と鑄造欠陥様の空洞が観察された。これに対し、加圧吸引鑄造機および真空圧迫鑄造機では黒色層は小さく、底面部の鑄造欠陥様の空洞も若干認められただけであった。

本論文の要旨は第98回日本補綴歯科学会学術大会(平成9年9月25日,新潟)において発表した。

本研究に際し宮田奨励金の補助を受けた。謹んで感謝の意を表す。

文 献

- 1) 田中貴信, 本蔵義信, 岸本康男ほか. サンドイッチ型磁性アタッチメントに関する臨床的検討. 補綴誌 35: 599-608, 1991.
- 2) 田中貴信, 坂東永一, 長町直樹ほか. サンドイッチ型磁性アタッチメント「マグフィット600」の臨床使用結果の検討. 補綴誌 36: 471-480, 1992.
- 3) 有田正博, 鱈見進一, 守川雅男ほか. 新しく開発された磁性ア

タッチメントの臨床的評価. 九州歯会誌 46: 422-427, 1992.

- 4) 柿谷幸男, 堺 誠, 都尾元宣ほか. 補綴臨床における磁性アタッチメントの応用. 岐歯学誌 21: 380-386, 1994.
- 5) 水谷 紘, 石幡伸雄, 中村和夫. 磁性アタッチメントを用いた部分床義歯 18-27, 東京: クインテッセンス出版, 1994.
- 6) 田中貴信. 続・磁性アタッチメント, 東京: 医歯薬出版, 1995.
- 7) Uhlig H. Angabemöglichkeiten bei Herstellung zahnärztlicher Brückenprothesen aus Palladium-silber-Legierungen. Zahntechnik 5: 220-224, 1952.
- 8) 柄 俊彦, 中尾勝彦, 浜田泰三ほか. 歯科における鑄接に関する研究. 歯科評論 416: 87-94, 1977.
- 9) 柄 俊彦. 歯科用合金の鑄接に関する実験的研究. 補綴誌 26: 1023-1051, 1982.
- 10) 標 繁雄. アタッチメント・ワークにおける鑄接法の応用について—その接合強さおよび接合部の理工学的検討—. 歯科技工 10: 13-32, 1982.
- 11) 小谷 誠. クラスプ用金属の鑄接に関する研究—鑄接部の引張強さにおよぼす要因の検討とX線マイクロアナライザによる組成の分析について—. 補綴誌 22: 309-327, 1978.
- 12) 浅野彰夫, 堺 誠, 都尾元宣ほか. 磁性アタッチメント用キーパーと金銀パラジウム合金との鑄接 第1報 係留温度の影響. 補綴誌 44: 122-128, 2000.
- 13) 三浦雅江. 金銀パラジウム合金の室温鑄型鑄造 第1報 鑄造法, 鑄造圧及び溶融温度と鑄造率. 日歯保存誌 34: 855-864, 1991.
- 14) 代田基明, 井田一夫. 歯科鑄造における操作条件と鑄込み率との関係. 歯材器誌 27: 43-52, 1972.
- 15) 西 武司. 鑄造法の相違が鑄造体の凝固時間および諸性質に及ぼす影響について. 愛院大歯誌 11: 244-267, 1974.
- 16) 堀田照美. 金銀パラジウム合金の鑄造法の違いが諸性質に及ぼす影響. 九州歯会誌 42: 867-886, 1988.
- 17) 都賀谷紀宏, 井田一夫. 鑄造欠陥「引かれ」に及ぼす鑄型温度と加圧時間の影響. 歯材器 36: 17-26, 1979.
- 18) 長谷川二郎. 明解歯科理工学 277, 東京: 学建書院, 1989.

著者連絡先: 浅野 彰夫

〒501-0296 岐阜県本巣郡穂積町穂積 1851-1

TEL: 058-329-1109