

## 導線放電爆発の歯科補綴への応用 : 3 : 金属床の寸法精度

福田, 重久  
九州大学応用力学研究所 : 助手

黒岩, 整治  
九州学歯学部 : 講師

平安, 亮造  
九州大学教授, 歯学部

<https://doi.org/10.15017/4743536>

---

出版情報 : 応用力学研究所所報. 42, pp.1-10, 1975-01. 九州大学応用力学研究所  
バージョン :  
権利関係 :



導線放電爆発の歯科補綴への応用 (3)<sup>†</sup>

## 金属床の寸法精度

福 田 重 久\*  
黒 岩 整 治\*\*  
平 安 亮 造\*\*\*

## 概 要

義歯床の寸法精度は、床の適合上において最も重要なことであるので、導線放電爆発成形法を応用して超硬質せっこう型で成形した放電プレス床<sup>1)</sup>の寸法精度を調べることにした。本法による放電プレス床と、歯科で採用されている従来の精密鑄造法による金属鑄造床、および日常臨床で多用されているアクリル系のレジン床の試験片を作成し、本模型に対する寸法精度を測定して、それぞれの比較を行なった。

試験に使用した金属は、18K 金合金、銀パラジウム合金、および放電プレス床には、18—8 ステンレス鋼も加えた。いずれの場合においても、床の全体的な寸法精度の対比結果は放電プレス床が最も良かった。

## 1. ま え が き

第一報<sup>1)</sup>では、導線放電爆発を用いた金属義歯床の放電成形法と、レジン保持部の形成法について述べ、第二報<sup>2)</sup>においては、本成形法でつくられた放電プレス床の加工硬化度、ひずみ分布、厚み変化の分布、およびプレス用金属材の材料試験結果について述べた。

今回は、義歯床の臨床的な適合度の判断が、主としてその寸法精度においてなされるので、本放電プレス床と、レジン床、および鑄造床について、寸法精度を測定した結果を報告する。

現在、一般に行なわれている義歯床の製作方法は、大別して、レジン床の粉液成形法と、金属床の鑄造法、および圧印法である。

a) レジン床については、1930年代に開発されたアクリル系樹脂が多用されているが、なお床とする場合には、重合時の寸法変化や、クリープによる変形が生じるなどの欠点が存在する。

b) 一方、金属床のうち、鑄造床は理論的、技術的發展によって、貴金属床に限らず高融点金属の鑄造床も普及してきた。すなわち Co-Cr 系合金に代表される床用材料は、貴金属合金よりも融点が高く、

<sup>†</sup> 第60回日本補綴歯科学会(1973-10)で講演、一部は九州歯科学会雑誌、第28巻、第1号に投稿

\* 九州大学助手、応用力学研究所(歯学部非常勤講師)

\*\* 九州大学講師、歯学部

\*\*\* 九州大学教授、歯学部

鑄造の際に特殊な融解法や埋没材を必要とし、床製作上に相当な困難性を伴う。いずれにしても、鑄造の場合には鑄造収縮や表面研磨による磨耗は避けられない。

c) また圧印床では、陰・陽型間に金属素板を介在させて、低速油圧、またはハンマーリングで加圧成形する方法と、陽、または陰型のみを用いて、油圧プレス、または高速プレスで素板を成形する方法とがある。陰・陽型を使用して成形する方法は、砂型に青銅、亜鉛、錫などの融液を注入して型をつくったものや、硫化鉄材でつくったものがある。しかし、いずれも型づくりに数回の作業工程を要し、しかも、型材が比較的軟いので、プレス時に破損、磨耗、変形などを起す可能性が大きく、寸法精度の低いものとなっている。さらに、この方法は加圧に方向性を伴うので、加圧方向に平行な部分には圧力が伝達されず、プレスがきかない。

d) 一方、陽(陰)型のみを使用して素板を成形する方法は、G. A. S. Blair と、B. Crossland (1963)<sup>3)</sup> が火薬爆発成形法で金属床の製作を始めている。この陽型にはガラス繊維強化のエポキシ樹脂(FRP)を採用しているが、この材料は金属に比して加工性が高く、高温処理の必要もなく、取扱いが便利である。しかし、エポキシ樹脂は印床材と接着する性質があって、印象面をあらすことや、重合硬化の時間がかかること、およびそれほど精度のよい型とすることができないなどの欠点を有している。

続いて、田縁、清田<sup>4)</sup>らも火薬爆発法によって床を成形しているが、この場合の型はエポキシ樹脂にせつこうを混和したものである。この方法によって総義歯、および部分床義歯の多数臨床例をつくり、成功したことを報告している。ただし、成形床の寸法精度、再現性を高めることの必要性を付記している。

e) 同じような、高速成形法の一つである液中放電成形法は、工業的には1960年代から利用されており、その成形法の寸法精度も 0.05~0.1 mm にできると報告されている<sup>5)</sup>。

f) そこで、本研究では、前述のレジン床や、金属床、および従来の圧印床の諸欠点を克服することを積極的に意図して、この液中放電成形法に着目し、この方法による放電プレス床の適合性について実験を試みた<sup>1)</sup>。

まず、成型型にはかなりの圧縮強度をもち、反発係数が小さく、複製精度がよく、しかも製作容易で、工程も少ない硬質せつこう型を採用した。ただし、これを用いて精度のよい成形を行なうには、素板を大略、所定の成型型に近い形状へ予備成形しておくこと、とくに大きな凹凸や、細かい模様を床へコピーする必要がある場合には、素板を本成形する前に、低融点合金(メロット・メタル)でつくった成型型で予備成形しておくことが効果的である。また、適当な変形速度を与えることも要点の一つである。このような方法で成形した場合には、従来のように、素板と型との間の真空化を必要とせず、簡単に成形できる。

以上のような条件で、18 K Au 合金 (0.4 mm)、Ag-Pd 合金 (0.4 mm)、18-8 Cr-Ni 鋼 (0.5 mm) の各材質の素板を、放電成形法で成形してつくった放電プレス床は、これと比較のために精密鑄造法でつくった 18 K Au 合金床、Ag-Pd 合金床、およびレジン床よりも、本模型に対する全体的な寸法精度がよいことがわかった<sup>6)</sup>。

この他に、適合の悪くなった金属床の再プレスによる修正も可能である。

## 2. 寸法精度の測定

### 2.1. 試験片材料

試験片に使用した各種材料の材質成分は、第二報<sup>2)</sup>の表1に示したものと同一である。また、レジン材料は加熱重合性のアクリル系樹脂（GC 社製）であるが、諸材料とも歯科で普通に使用されているものである。

### 2.2. 試験片の作成

試験片は、図1に示す形状・寸法の金型を基として通法に従って副模型をつくり、これを作業模型として、6種類つくった。

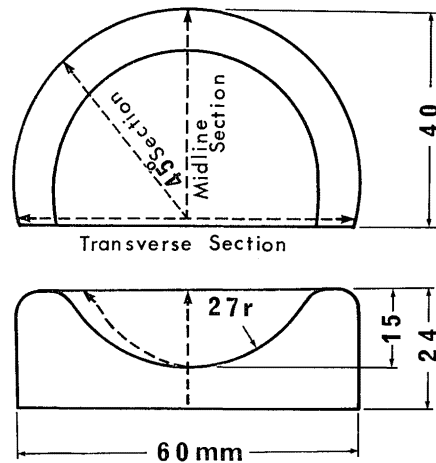


図 1 本模形の形状と測定位置

a) 放電成形法による試験片は、18 K Au 合金、Ag・Pd 合金、18-8Cr・Ni 鋼の各素板を表1に示す放電条件によって、超硬質せっこう製の成形型で成形したものである。

表 1 放 電 成 形 条 件

| 材 料          | 18 K Au 合金 | Ag・Pd 合金 | 18-8Cr・Ni 鋼 |
|--------------|------------|----------|-------------|
| 板 厚 (mm)     | 0.4        | 0.4      | 0.5         |
| 成形エネルギー (kj) | 1.04       | 0.98     | 1.28        |

$V_f = 100 \sim 130 \text{ m/sec}$   
(素板の張り出し速度)

b) 鋳造法による試験片は、まず、鋳型の作成に際し、ワックスパターン用に #28 シートワックスを、また埋没材にはクリストバライトモデルインバストワックス（GC 社製）を使用し、混水比を作業

模型の場合 0.29, 埋没の場合 0.34 によって鑄型をつくった。なお、これには 2 mm $\phi$  のスプール線を 4 本立て、18 K Au 合金、Ag-Pd 合金を、750 °C (Tm) 基準で融解し、遠心鑄造機 (Jelenko 社製) で精密鑄造して製作したものである。

c) 加熱重合樹脂レジン床の試験片は、加熱重合レジン (GC 社製) を、通法に従って製作したものである。すなわち、この試験片は、レジン素材と、ワックスの厚さを 3 mm にとってつくったせっこう型とを、フラスコに埋没し、JIS 規格の重合条件で成形した。

### 2.3. 測 定 方 法

寸法精度測定用の試験片は、放電成形したもの (図 2) から材料別に 3 個、鑄造によるものからスプール線を取り除いた鑄肌のままのものを、2 種類の材料について 3 個づつ、また、レジンの加熱重合によるものから 3 個、計 12 個を使用した。

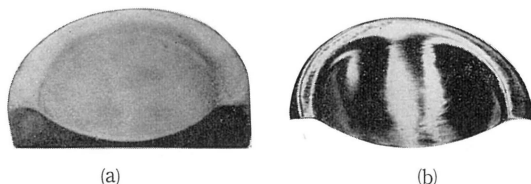


図 2    せっこう型 (a) と、放電成形した Ag-Pd 合金 (0.4 mm) 試験片 (b)

この各試験片は、測定のために、まず本模型 (せっこう) 上に返され、そこで 100 g の錘りが負荷されて、最も安定した位置において瞬間接着剤で固定される。つぎに、本模型と一体となった試験片を模型と同質のせっこうで埋没、硬化後に充分注意して、図 1 に示す縦断方向、横断方向、および 45° 方向に切断研磨して測定面を仕上げ、5 mm 間隔に測定点を設けておく。

このようにして、各断面に現われた試験片と本模型とのすき間を、1/1000 mm の測定精度をもつマイクロメーター付の万能投影器で測り、寸法精度を測定した。

### 2.4. 測 定 結 果

本模型に対する放電プレス試片の各部位における材質別の寸法精度の測定結果と、これと比較のために行なった鑄造、およびレジン試片の各測定結果をみると、図 3、4、5 で示されているように、いずれの場合においても放電プレスによるものが最も精度がよいことがわかった。

このことは、従来の圧印床では成形時のスプリングバックが大きくて適合不良とされていたことを、本放電プレス法によって改良できたことを示している。

また本方法では、再プレスを行なうことによって製品の再現性をよくすることができる。

a) 床後縁部の寸法精度については、18-8 Cr-Ni 鋼の放電プレス試片の精度が 0.05 mm 以下に納まっているのに比し、アクリル系レジン試片では 0.2~0.3 mm とかなり大きく、さらに製品むらが  $\pm 0.1$  mm とかなり大きい (図 3, (a))。

18 K Au 合金の試片では、放電プレスによるものの精度が 0.05 mm 以下であるのに対し、精密鑄

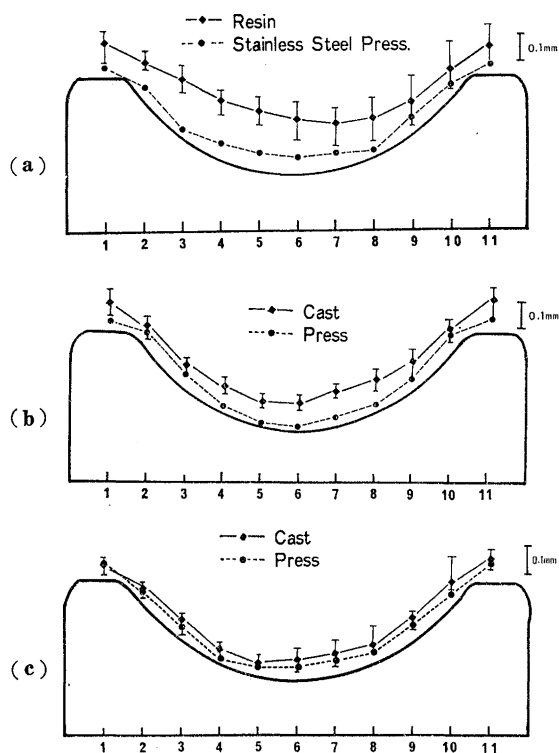


図 3 床模形断面図上に示した、床の横断（後縁）方向の寸法精度（横方向の寸法は 5 mm 間隔）

- (a) レジン床と、18-8 Cr・Ni 鋼の放電プレス床
- (b) 18 K Au 合金床の寸法精度，Cast：鋳造床，Press：放電プレス床
- (c) Ag・Pd 合金床の寸法精度，Cast：鋳造床，Press：放電プレス床

造の試片は 0.1 mm 程度であり，また鋳造による製品むらが  $\pm 0.05$  mm 以下である（図 3, (b)）。

Ag・Pd 合金試片では，この場合でも放電プレスによる精度が 0.05 mm 以下，鋳造によるものは 0.08 mm 程度に，また，その製品むらが  $\pm 0.05$  mm 程度にできている（図 3, (c)）。

b) 縦断方向の寸法精度についても，床後縁部同様となっているが，どの材質の場合をみても放電プレスによるものの精度がほぼ 0.05 mm であるのに対し，レジンでは 0.2~0.3 mm，鋳造試片では 0.1 mm となっている（図 4, (a), (b), (c)）。

c) 45° 方向についても，a), b) 項とほぼ同じ結果となっている（図 5, (a), (b), (c)）。

放電プレスによるものはいずれの部位においてもほとんど様な精度値を示しているが，他の試片では，とくに 45° 方向，および縦断方向の部位での精度の不揃い，製品むらなどがかなり大きく現われている。

すなわち，放電プレス試片は，どの場合においても本模型の歯槽頂の肩に相当する箇所と接しており，

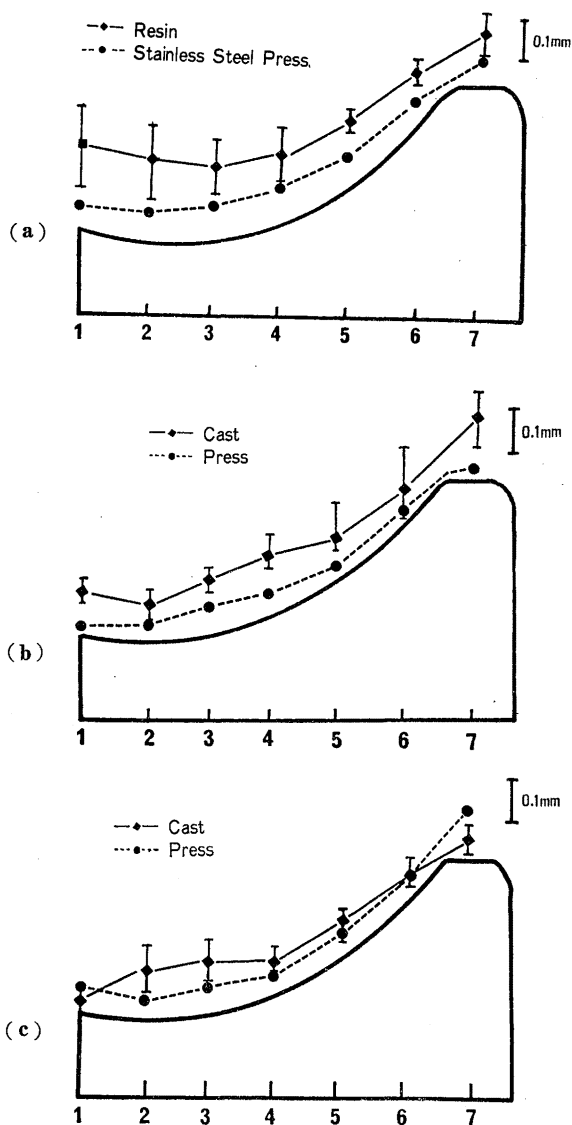


図 4 床模形断面図上に示した、床の縦断方向の寸法精度

- (a) レジン床と、18-8 Cr・Ni 鋼の放電プレス床  
 (b) 18 K Au 合金床の寸法精度, Cast : 鋳造床, Press : 放電プレス床  
 (c) Ag・Pd 合金床の寸法精度, Cast : 鋳造床, Press : 放電プレス床

安定した適合性を示している。これに比し、他の方法のものは、型との接点が定まっていないので、測定値の方も不揃いになっている。

なお、本模型から作業模型をつくった場合の寸法精度がほぼ 0.05 mm であることから、本方法で測定するかぎり、これ以上の精度で測定することは無意味であろう。

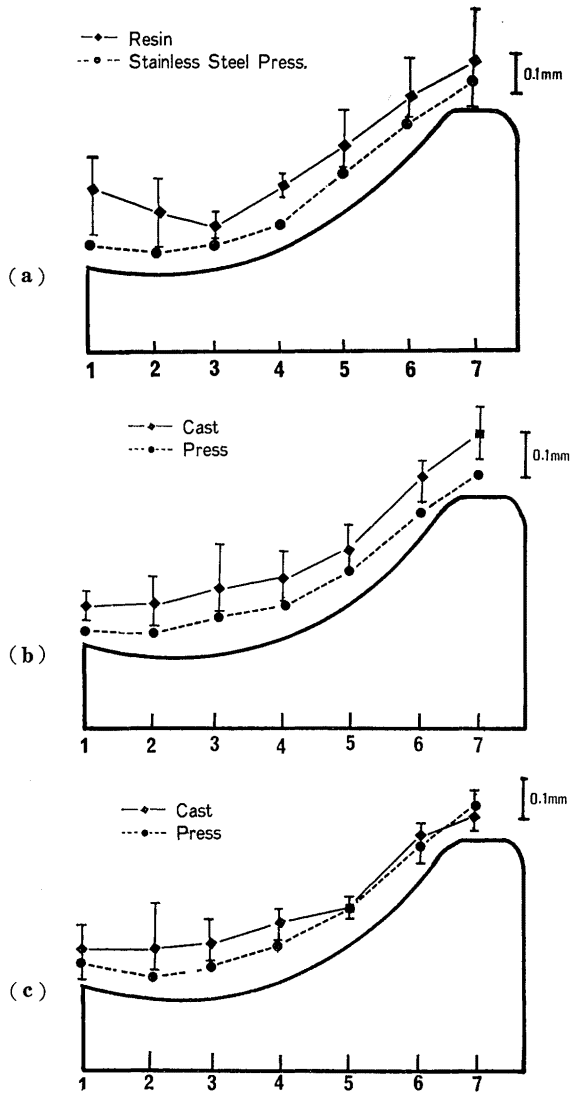


図 5 床模形断面図上に示した, 床の 45° 方向の寸法精度

- (a) レジン床と, 18-8 Cr・Ni 鋼の放電プレス床  
 (b) 18 K Au 合金床の寸法精度, Cast : 鑄造床, Press : 放電プレス床  
 (c) Ag・Pd 合金床の寸法精度, Cast : 鑄造床, Press : 放電プレス床

### 3. 考 察

義歯床の寸法精度の測定方法については, 臨床的な許容量がまだ決まっていないなど種々な問題点があって, 確立されていない現状である。したがって, 床と粘膜面(本模形)とのすき間を各部位で測定し, すき間の小さいもの程適合性がよいものとした。

今回の測定結果から、

a) レジン床は、加熱重合時の収縮や、冷却時の熱収縮などによる内部応力が発生しており、これがフラスコから取り出された時点で、かなりの変形を伴うものと考えられる。

b) 鑄肌のままの鑄造床は、かなりすぐれた寸法精度を示しているが、しかし、この鑄肌にはフラックスや埋没材粒子が組織内へ混入しているので、肌面をサンドブラスト、電解研磨で仕上げる必要があり、鑄造時の収縮補正誤差以上に、研磨による精度の低下をきたす結果となることが充分考えられる。

c) 本放電プレス床の寸法精度は、素板の予備成形、最適変形速度、型との衝突順序の制御など、すなわち、成形手段の効果の他に、成形型に用いたせっこうが、衝撃荷重を受けたときに示す機械的性質にも影響されるものと思われる。

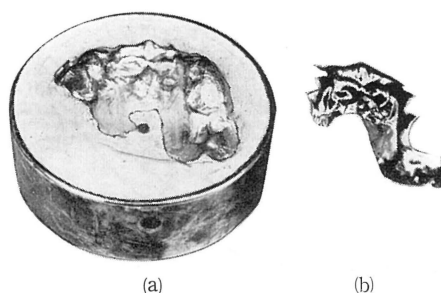


図 6 低融点合金型 (a) と、成形品 (上顎部分床) (b)

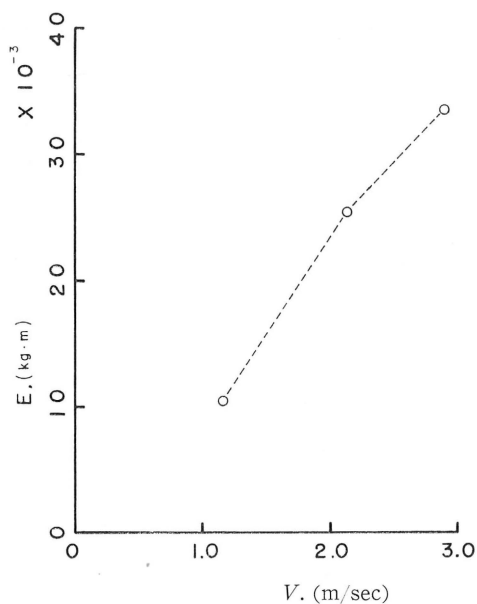


図 7 超硬質せっこうのシャルピー試験結果

$E$ : 吸収エネルギー比,  $v$ : ハンマー速度

さらに、低融点合金製の成形型などを使って、プレスを繰り返すことも大いに有効である(図6)。

なかでも、二、三の興味ある問題は、まず成形時の板が型に衝突する際に、平打ち状で当って成形されるのと、本方法のように板が端の方から逐次線状に接(スweep)しながら成形されるのとでは、どちらが精度よくできるかである。その詳細はわかっていないが、スweep形の方がスプリングバックもゴーも起こり難いものと考えられる。

つぎに、板が型に高速で衝突する際に、型材である超硬質セッコウがどのような動特性を示すかである。このこともまだわかっていないが、シャルピー試験法でハンマー速度を変えて破壊試験法を行なったところ、図7のように、速度が大きくなるに従って吸収エネルギーも大きくなる傾向を示した<sup>9)</sup>。

さらに、この材料は第一報<sup>1)</sup>の表1に示したように、FRPや鋼材よりも反発係数がかなり小さいので、このことも、板の成形の際のスプリングバックを小さくしている要因の一つとなっているものと考えられることである。

#### 4. あ と が き

超硬質セッコウ型で放電成形した義歯用放電プレス床の寸法精度を測定し、歯科用精密鑄造法による鑄造床、および、最も一般的に多用されているアクリル系レジン床とを比較検討した結果、

1) 放電プレス床の精度は、レジン床はもちろんのこと、鑄造床よりも精度がよく、また材質の如何を問わず0.05 mm以下にできている。これに比し、レジン床は0.2~0.3 mm、製品むらが $\pm 0.1$  mmであり、また鑄造床(鑄肌のまま)では0.1 mm、製品むらが $\pm 0.05$  mmであった。

2) 成形型に超硬質セッコウを用いても、十分な精度のプレス床が得られることがわかった。

3) 成形された板は、静的変形硬化度以上に硬化しており、床として丈夫になっている。とくに18-8 Cr-Ni 鋼の場合は一部の組織がマルテンサイト化しているのが確められた。

4) 臨床約20例に応用した結果、口腔粘膜に対する密着性がとくによく、適合性はレジン床、鑄造床よりもすぐれていることが報告されている。

5) 今後は、さらに、セッコウの動特性などについての検討が必要であろう。

なお、本研究に当り、御助力と指導を賜った応力研の栖原寿郎教授、歯学部自見忠助教授、および実験を手伝っていただいた寺田義博助手、応力研の松原監壮技官に対し深く謝意を表わします。

なお、この研究の一部は、昭和49年度文部省科学研究費補助金(試験研究)の援助を受けて行なわれた。

#### 参 考 文 献

- 1) 福田重久, 黒岩整治, 栖原寿郎, 導線放電爆発の歯科補綴への応用(1), 応用力学研究所所報, 第41号, 1974.
- 2) 福田重久, 黒岩整治, 自見忠, 導線放電爆発の歯科補綴への応用(2), 応用力学研究所所報, 第41号, 1974.
- 3) Blair, G.A.S., Crossland, B., The explosive forming of stainless steel upper dentures, The dent. Pract. 13: 413-419, 1963.

- 4) 田緑昭, 後藤啓爾, 爆発成形法について, 歯界展望, 第40巻, 第5号, 1972. 他.
- 5) 青木吉和, 向坂光雄, 田中雄三, 加茂晃一, 放電成形による成形品の寸法精度について, 昭和45年度精機学会春季講演前刷(235), pp. 151-152, 1970.
- 6) 黒岩整治, 放電成形法による金属床の製作に関する研究, 九州歯学会雑誌, 第28巻, 第1号, 1974.

(昭和49年10月4日 受理)