

[原著] 松本歯学 11 : 64~69, 1985

key words : 鑄造 - 高融点合金 - 表面あらさ

## 高融点合金の鑄造体表面あらさに関する研究

杉江玄嗣, 中田幸一, 永沢 栄, 伊藤充雄, 高橋重雄

松本歯科大学 歯科理工学教室 (主任 高橋重雄 教授)

A Study on the Surface Roughness of Castings  
Produced with High Fusing Alloys

GENJI SUGIE, KOUICHI NAKATA, SAKAE NAGASAWA,  
MICHIO ITO and SHIGEO TAKAHASHI

*Department of Dental Technology, Matsumoto Dental College  
(Chief ; Prof. S. Takahashi)*

### Summary

The surface roughness of castings which had been produced with various high fusing alloys was studied. They had been related with roughness of mould cavity walls and pattern surface, and affected by heating the mould and casting.

The results are as follows ;

1. Surface roughness of mould cavity walls was reproduced with the surface of pattern, but that was influenced by particle size of refractory in the investment products.
2. Wall surface of mould cavity was the less smoothed, by heating the mould lower.
3. Surface roughness of castings was so reduced, as lowering the mould temperature.
4. Castings surface was roughened partially, which were effected with situations and directions of sprue.
5. Surface roughness of castings produced with the alloy had reacted to investment, was increased.

### I 結 言

歯科鑄造における高融点合金とリン酸塩系埋没材の使用頻度は日々増大している。さらに、これらの合金の応用範囲が多目化することは、鑄造方法の改良および鑄造精度の向上が必要とされている。しかしながら高融点合金は鑄型材の構成と

湯流れによる鑄型壁面の破壊、焼着現象および合金の凝固過程の長さなど鑄造体表面のあらさを大きくしている。これは鑄造精度の低下を来す原因の一つでもある。

本報は、高融点合金の鑄造体表面のあらさに影響を及ぼす要因について検討を加えた。これらの要因は、合金の種類、鑄造圧、スプルーの植立方

法などがあり、それらの変化が鑄型壁面と鑄造体表面あらさにどのように影響をおよぼすかを検討したその結果を報告するものである。

II 実験材料

埋没材はセラベスト（而至歯科工業社製，ロット番号粉末 AR 13.2，液 AL 4），フルベスト（而至歯科工業社製，ロット番号粉末 EY26，液 ES25）を使用した。各埋没材の混液比はメーカー指示に従い、 $\frac{1}{2}$ はそれぞれ0.24，0.16とした。

パターン材料はキャストアクリック（日東樹脂）を用いた。

使用した合金は，Co-Cr 系合金ノビリアム（ノビリアム社製），Ni-Cr 系合金スマロイニッケル（松風社製），試作合金として Au-Pt，Ag-Pd，Au-Pt-Ag-Pd を使用した。表 1 にその成分及び溶融点を表示した。

III 実験方法

パターンの大きさは12×12×1 mm とし，パターン，鑄型壁面および鑄造体表面あらさについては，図 1 に示す S1 の方式について行ない，合金の種類とスプルー植立方法の関係については，S1，S2，S3，S4 について検討した。

パターンの表面処理を行なうものは，エメリーペーパー（Buehler 社製）# 120，# 240，# 400 にてパターンの表面を各々一定方向の条直を形成した。

埋没は，埋没材を所定の混液比にとり，真空埋没機 Vacuvester（Whip-Mix 社製）で減圧中で練和し埋没した。埋没リングは24時間放置後加熱を行なった。実験は23℃，湿度50%の恒温恒湿実験室内で行なった。

加熱条件は，800℃まで昇温し90分係留した後，低温鑄型300℃，500℃については降温し60分係留

後に高周波遠心鑄造機 Autosenser MD 201 型（Denko 社製）で鑄造した。溶湯温度は融解温度の10%増とした。鑄造後は室温まで放冷し埋没材除去後，超音波洗浄により水洗した。

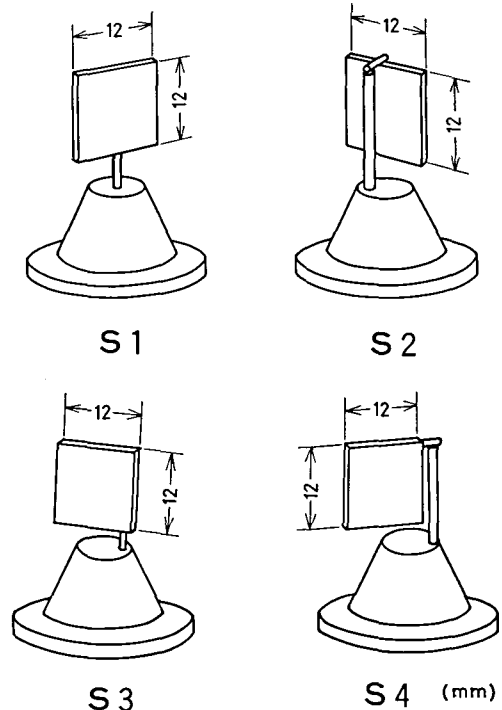


図 1：スプーリングの植立方法

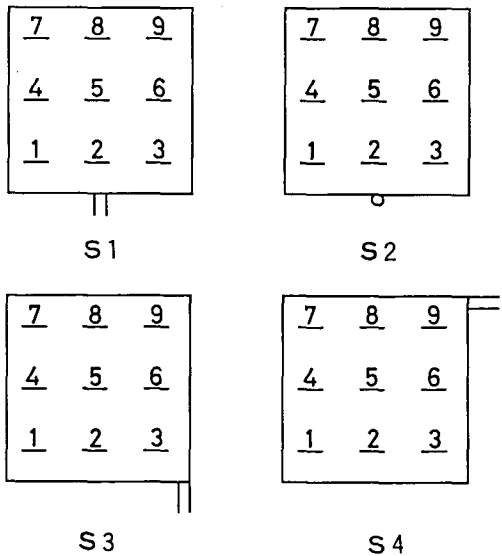


図 2：表面あらさの測定箇所

表 1：実験材料

合金の種類	合金成分(重量%)	m. p (°C)	比重 (20°C)
Co-Cr	Co62 Cr32 Mo5 その他	1370	8.24
Ni-Cr	Ni78 Cr12 Mo7 その他	1330	8.36
Au-Pt	Au78 Pt22	1285	19.75
Ag-Pd	Ag50 Pd50	1235	10.16
Au-Pt-Ag-Pd	Au39 Pt11, Ag25, Pd25	1320	13.91

あらさ測定は、表面あらさ形状測定機（東京精密社製）によって測定した。パターン、鑄型壁面および鑄造体表面あらさについては三位点あらさを測定し、合金の種類とスプルー植立方法については、図2に示す部位の中心線平均あらさを測定した。各実験は、いずれも同条件で鑄造体を3個作製して検討した。

測定値の検討は、鑄型壁面とパターンのあらさの相関関係は確立変数が互いに独立で正規分布に従うとした。あらさが正規分布していると考え鑄造体のあらさY、鑄型のあらさX、鑄型面の金属の入るあらさx、鑄型面の金属の入らないあらさcとし

$$X^2 = x^2 + c^2$$

$$\begin{aligned} Y &= \sqrt{a^2 + b^2 x^2} \\ &= \sqrt{a^2 + b^2 (X^2 - c^2)} \\ &= \sqrt{a^2 - c^2 b^2 + b^2 X^2} \\ &= \sqrt{(\sqrt{a^2 - c^2 b^2})^2 + b^2 X^2} \end{aligned}$$

$$Y^2 = A^2 + b^2 X^2 \quad A : \sqrt{a^2 - c^2 b^2}$$

また、鑄造体の表面あらさの影響をおよぼす因子は、これまでの報告からも数多くあるが本実験では、各埋没材において、鑄型温度、金属の種類、スプルー植立方法の因子について分散分析を行ない検討した。

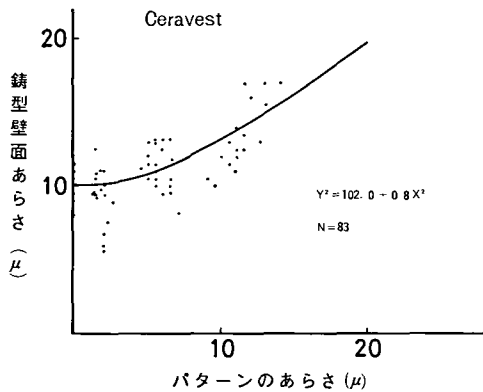


図3：セラベストのパターンあらさと鑄型壁面あらさの相関関係

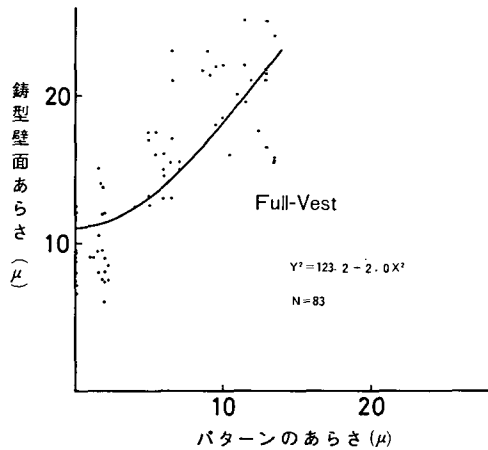


図4：フルベスト埋没材のパターンあらさと鑄型壁面あらさの相関関係

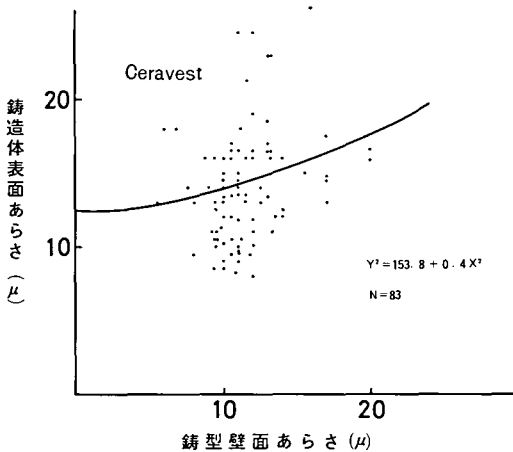


図5：セラベスト埋没材の鑄型壁面と鑄造体表面あらさの相関関係

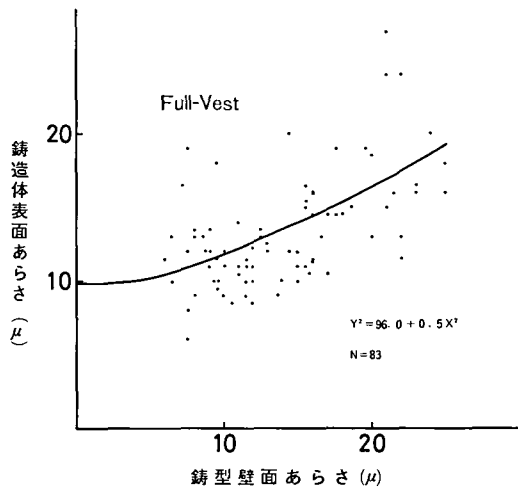


図6：フルベスト埋没材の鑄型壁面と鑄造体表面あらさの相関関係

IV 実験結果

1) パターンと鑄型壁面あらさとの関係

パターン処理面の三位点あらさは、エメリー紙120番で $15.0\mu (\pm 1.9\mu)$  240番で $6.1\mu (\pm 0.6\mu)$ 、400番で $1.7\mu (\pm 0.2\mu)$ 、図3、4はパターンのあらさに対応する鑄型壁面あらさをそれぞれプロットし相関関係を検討した。セラベスト埋没材の0.8の数値はパターンのあらさが鑄型壁面にはほぼ正確に再現されている状態を示している。フルベスト埋没材ではパターンのあらさより鑄型壁面の表面のあらさが粗造になる傾向を示している。

2) 鑄型壁面あらさと鑄造体表面あらさとの関係

図5、6は鑄型壁面あらさと鑄造体表面あらさの相関関係を示した。セラベスト埋没材の鑄造体表面あらさは鑄型壁面の影響を受けない結果となっている。一方フルベスト埋没材を使用した場合、鑄造体表面あらさは鑄型壁面あらさに影響される傾向を示している。

図7、8は鑄型加熱温度 $300^{\circ}\text{C}$ 、 $500^{\circ}\text{C}$ 、 $800^{\circ}\text{C}$ 、と鑄型壁面あらさならびに鑄造体表面あらさの結果を示した。セラベスト埋没材において鑄型加熱温度 $300^{\circ}\text{C}$ では鑄型壁面あらさは、パターンのあらさに関係なく約 $9\sim 11\mu$ である。鑄型加熱温度 $500^{\circ}\text{C}$ と $800^{\circ}\text{C}$ では加熱する温度が高くなると増大する傾向にあり、その傾向はパターン表面のあらさが粗造なほど顕著に表はれている。フルベスト埋没材ではパターンのあらさが増大するにつれ、鑄型壁面あらさも増大している。セラベスト埋没材における鑄造体表面あらさは、鑄型温度 $800^{\circ}\text{C}$ において、 $15.5\sim 18.6\mu$ という値を示した。鑄型温度 $300^{\circ}\text{C}$ 、 $500^{\circ}\text{C}$ では $10.0\sim 14.2\mu$ とあらさは低下している。鑄型加熱温度が高くなると鑄型壁面のあらさより粗造となる傾向であった。フルベスト埋没材の鑄造体表面あらさは鑄型壁面あらさと同一または若干低い値となっている。

3) スプルー植立方法と合金の種類の関係

表2、3はセラベスト埋没材とフルベスト埋没

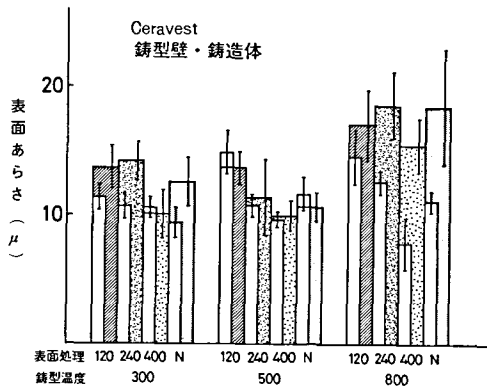


図7：セラベスト埋没材の実験条件による表面あらさの変化（白ぬきは鑄型壁面あらさ）

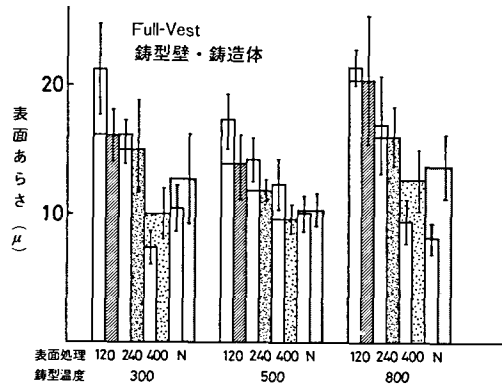


図8：フルベスト埋没材の実験条件による表面あらさの変化（白ぬきは鑄型壁面あらさ）

表2：セラベスト埋没材の分散分析結果

要因	変動	自由度	不偏分散	分散比	寄与率(%)
A 鑄型温度	3.25	1	3.25	15.99	12.0**
B 金属	7.15	2	3.58	17.58	26.5**
C スプルーリング	1.28	3	0.43	2.11	2.7
A×B	1.22	2	0.61	2.99	3.2
A×C	0.36	3	0.12	0.59	0
B×C	1.76	6	0.29	1.44	2.1
A×B×C	0.68	6	0.11	0.56	0
誤差	9.76	48	0.20		53.6
総数	25.46	71			

\*\*99%信頼限界

表3：フルベスト埋没材の分散分析結果

要因	変動	自由度	不偏分散	分散比	寄与率(%)
A 鑄型温度	4.06	1	4.06	8.34	3.0**
B 金属	64.23	2	32.12	65.95	52.8**
C スプルーリング	10.61	3	3.54	7.26	7.6**
A×B	0.53	2	0.26	0.54	0
A×C	0.12	3	0.04	0.08	0
B×C	13.87	6	2.31	4.75	9.1**
A×B×C	3.06	6	0.51	1.05	0.1
誤差	23.37	48	0.49		27.4
総数	119.85	71			

\*\*99%信頼限界

材において鑄型温度の変化，使用合金の種類，スプーリングの方法について検討した鑄造体表面あらさ測定値を分散分析した結果である。各水準および交互作用は危険率1%で有意性を検定した。この有意性が認められたものについて図9，10に測定値を示した。鑄造体の表面あらさはセラベスト埋没材のRa 2.85 $\mu$ ，フルベスト埋没材ではRa 2.65 $\mu$ を得た。鑄型温度300 $^{\circ}$ C，800 $^{\circ}$ Cにおいてセラベスト埋没材ではRa 2.70 $\mu$ ，Ra 3.02 $\mu$ ，フルベスト埋没材ではRa 2.33 $\mu$ ，Ra 3.02 $\mu$ でいずれも低温鑄型であらさの減少が認められる。スプーリング方法においては，両埋没材ともスプーリングの影響の有意性が認められる。しかしながらフルベスト埋没材では測定値のバラツキが大きく表はれる傾向を示している。融解温度と鑄造体表面あらさとの関係においては合金の融解温度の上昇に伴ない表面のあらさがかならずしも増大していない。フルベスト埋没材ではAu-Pt-Ag-Pd合金においてAg-Pd合金と同等のRa 2.3 $\mu$ ，Ra

2.4 $\mu$ のあらさを示している。また非貴金属合金Ni-Cr合金はRa 1.85 $\mu$ と他の合金よりも低い表面あらさを示している。Co-Cr合金ではセラベスト埋没材でRa 3.2 $\mu$ ，フルベスト埋没材でRa 4.45 $\mu$ と埋没材による表面あらさの違いを示している。

V 考 察

鑄型壁面のあらさは，ワックスパターンの表面状態はもちろんのこと埋没材の種類，埋没材の加熱開始時期，加熱条件により決定される。

さらに鑄造体表面あらさに影響を及ぼす因子は，鑄造圧，鑄込温度，鑄型温度，スプーリング植立方向，合金の種類，埋没材の通気性，砂粒間の強度，また凝固組織による表面あらさの形成，鑄造体の表面清掃状態が考えられている。

パターンの表面あらさをエメリー紙120番(15 $\mu$ ) 240番(6.1 $\mu$ ) 400番(1.7 $\mu$ )としてフルベスト埋没材で埋没後パターンを加熱除去した鑄型壁面の表面あらさは18~21 $\mu$ ，14~17 $\mu$ ，7~12 $\mu$ であった。一方セラベスト埋没材では8~15 $\mu$ の測定結果であった。

本実験の結果から耐火材粒子の粗いフルベスト埋没材では $b^2=2.0$ ，耐火材粒子の小さいセラベスト埋没材が $b^2=0.8$ となりフルベスト埋没材がパターン焼却時にセラベスト埋没材より強く影響を受けていることが認められている。

鑄型壁面あらさと鑄造体表面あらさの相関関係を検討する場合 $b^2$ の値が0に近似すればAの値によりYは変化し，鑄型加熱温度などによる鑄型壁面あらさが影響されるものと考えられる。

セラベスト埋没材とフルベスト埋没材を比較した場合その勾配係数は0.4，0.5と近似している。しかしAの変化では153.8，96.0となりセラベスト埋没材は，鑄造圧，埋没材の通気性とは考えにくい別の要因により鑄造体表面あらさが影響されるものと考えられる。これは鑄型壁面あらさと鑄造体表面あらさの関係を検討してみるとフルベスト埋没材は相関関係を示して分布している。一方セラベスト埋没材では群をなして分布していることから推測できる。またCo-Cr合金の重量を6g，12gと変化させた時，相関勾配係数が，800 $^{\circ}$ C鑄型温度で，1.0，0.6となっていることから鑄造金属量の熱カロリーの差による焼着現象が原因してい

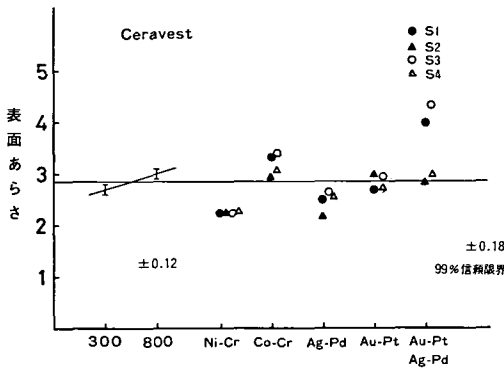


図9：セラベスト埋没材の各因子における影響

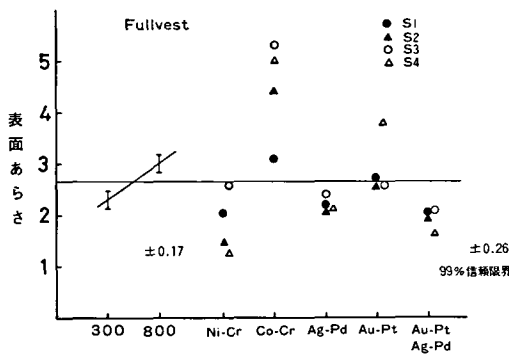


図10：フルベスト埋没材の各因子における影響

るものと考えられる。300℃ 鋳型温度では焼着現象が少ないことから合金の凝固組織の影響が顕著であることがうかがえる。これはフルベスト埋没材においても合金重量による変化では同様な傾向が認められた。これらのことから鋳造圧の増大が鋳型壁面あらさの再現性にむすびつくものではない。また埋没材の通気性において伊藤<sup>9)</sup>は、リン酸塩系埋没材ではカーボンを含有しその消却度合により通気性が変化することを述べているように、通気性の増大が鋳造性の向上につながるが、表面あらさはむしろ増大する傾向になることが考えられる。鋳型温度において、セラベスト埋没材では鋳型壁面あらさの改善が認められているものの、かならずしも鋳型壁面のあらさを再現しているのではない。これは、西岡<sup>9)</sup>の鋳型温度による粗面の形成が違うとの考えに一致する。また、鋳造圧には鋳型の鋳窩部の形状によりその鋳造性が改善されることから鋳造体表面あらさが変化するものと思われる。これはスプルー植立位置が鋳造体表面あらさを検討する上において一要因であると考えられる。

スプルー植立方向と合金の種類について鋳造体表面あらさを検討する場合(1)鋳型壁面の状態 (2)融解合金の圧力 (3)合金の粘性 (4)鋳込温度などの相互関係が考えられる。またリン酸塩系埋没材を使用する場合、福井<sup>11,12)</sup>の  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{MgO}$  と  $\text{H}_2\text{O}$  の反応物が溶湯合金によりその一部が融解され、融解された部分に溶湯が浸透し表面のアレが増大すると報告のとおり、非貴金属系合金においては、両埋没材とも増大傾向が認められた。しかし貴金属系合金においては、焼着現象による表面あらさの増大よりも差し込みによるものと考えられている。

スプルー植立部位については複雑な湯流れにより鋳造体表面あらさは測定部位より変化するが、その寄与率は6.47%と低い値を示している。貴金属系合金の鋳造体表面を観察してみると Au-Pt 合金においては、金属融解時のガス吸収により凝固時に著しい Pinhole の形成が確認された。また、

Au-Pt-Ag-Pd 合金では試験片中央部に凝固収縮による表面あらさを呈するものも確認された。これは溶湯が鋳型壁面に支配される場合と鋳型壁面での反応の後、凝固収縮による内方にひかれる現象がおき、金属固有の結晶構造が発生し表面あらさが形成され则认为。また鋳込温度、溶湯圧が低い場合には、鋳型壁面への細部に溶湯が侵入し難く、差し込みが小さくなる傾向がある。

## VI 結 論

高融点合金の鋳造体表面あらさに対する鋳型壁面あらさ、およびパターン表面あらさの関係、さらに、それらの影響をおよぼす鋳型の加熱および鋳造方法について検討した。結果は次の通りである。

1. 鋳型壁面あらさは、パターン表面あらさを再現するが、それらは、埋没材中の耐火材粒子の大きさに影響をうける。
2. 鋳型壁面あらさは、鋳型の加熱温度が低いほど小さくなる。
3. 鋳造体表面あらさは、鋳型温度を低くするほど減少する。
4. 鋳造体表面あらさは、スプルー植立部位および方向によって影響を受け、部分的に増大する。
5. 埋没材と反応を生ずる合金の鋳造体表面あらさは増大する。

## 文 献

- 1) 福井寿男 (1974) 鋳造用コバルトクロム合金とリン酸塩系鋳造材との界面反応物に関する研究. 愛院大歯誌, 12: 31~51.
- 2) 福井寿男他 (1974) コバルトクロム合金鋳造体の焼着現象について. 愛院大歯誌, 12: 120~128.
- 3) 西岡二二夫 (1970) 歯科鋳造用埋没材に関する基礎的研究. 歯材器誌, 23: 108~116.
- 4) 野手久史 (1973) 歯科用ニッケルクロム合金の埋没法と鋳造体の表面アラサについて. 口病誌, 40: 316~337.
- 5) 伊藤充雄 (1981) 鋳造精度に関する研究 (第10報). 歯理工誌 Vol. 22: 202~212.