

平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「金属ガラス粉末成形による長寿命・高耐食・高強度な  
ミニチュアベアリングの内・外輪生産技術開発」

研究開発成果等報告書

平成28年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 公益財団法人さいたま市産業創造財団

# 目次

第1章 研究開発の概要	- 2 -
1 研究開発の背景・研究目的及び目標	- 2 -
1-1 研究開発の背景	- 2 -
1-2 研究開発の目的及び目標	- 2 -
1-3 研究の概要	- 3 -
2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	- 4 -
2-1 研究組織（全体）	- 4 -
2-2 管理体制	- 5 -
2-3 管理員及び研究員	- 6 -
2-4 経理担当者及び業務管理者の所属・氏名	- 7 -
2-5 他からの指導・協力含む	- 8 -
3 成果概要	- 10 -
4 研究開発の連絡窓口	- 11 -
第2章 本論	- 12 -
1 最適原料組成の検討	- 12 -
1-1 粉末特性（製造方法）の決定	- 12 -
1-2 物理特性試験	- 12 -
2 高能率成形設備の開発	- 14 -
2-1 専用成形設備の検討と作製	- 14 -
3 成形金型の高精度化と寿命向上	- 14 -
3-1 金型用最適材料の選定	- 14 -
3-2 金型加工方法の構築	- 15 -
4 リングの切削加工条件の開発	- 16 -
4-1 加工工具の選定	- 16 -
5 ミニチュアベアリング特性向上の検討	- 17 -
5-1 リングとボールの相性検討	- 17 -
第3章 全体総括	- 17 -
1 研究開発の成果	- 18 -
2 研究開発後の課題	- 18 -
3 研究開発後の事業化展開	- 19 -

# 第 1 章 研究開発の概要

## 1 研究開発の背景・研究目的及び目標

### 1-1 研究開発の背景

歯科治療器具のハンドピースに内蔵されているミニチュアベアリングは、回転速度約 40 万 rpm という超高速回転で使用されており、治療中や洗浄時には、洗浄水、消毒剤、研磨剤、アルコール洗浄剤、体液など様々な液体に接触するために高強度・高耐食性が求められている。そのため、現状のミニチュアベアリング寿命 100 時間～500 時間のバラツキを解消するために、ミニチュアベアリング寿命の安定化と 2 倍以上の長寿命化が課題となる。また、治療時の患者への負担を小さくするため、更なる小型化や低騒音・低振動化も求められている。このため、ミニチュアベアリング・メーカーには、長寿命化や低騒音・低振動化を実現する上で、寸法精度の向上や軌道表面の平滑化が求められている。

### 1-2 研究開発の目的及び目標

本研究開発の目的は、金属ガラス粉末の加熱加圧成形法により、歯科医療機器用ハンドピースヘッド部分に使用される長寿命・高耐食・高強度なミニチュアベアリングの内・外輪の生産技術を開発することである。そこで、粉末冶金技術の特長である金型を使用した粉末成形技術を活用し、低価格原料で高耐食性がある金属ガラス粉末の過冷却液体温度内(ガラス遷移温度内)での加熱加圧工法を用い、量産化製造技術を開発することで、上記課題の解決と市場受容価格の達成を目指すものである。

研究の目標として、次の技術的目標値を掲げることとする。

#### ① 最適原料組成の検討

- ・高強度 3000MPa
- ・高耐食性 2 倍
- ・真空下ではなく大気下における成形可

#### ② 高能率成形設備の開発

- ・部品生産速度 1 時間当たり 60 個
- ・金型への原料充填時間 10sec
- ・成形完了時間の短縮 1 サイクル 10 分以内

#### ③ 成形金型の高精度化と寿命向上

- ・金型精度真円度  $0.1 \mu\text{m}$  以下
- ・製品精度真円度  $0.2 \mu\text{m}$  以下
- ・製品精度表面粗さ  $0.05 \mu\text{m}$  以下

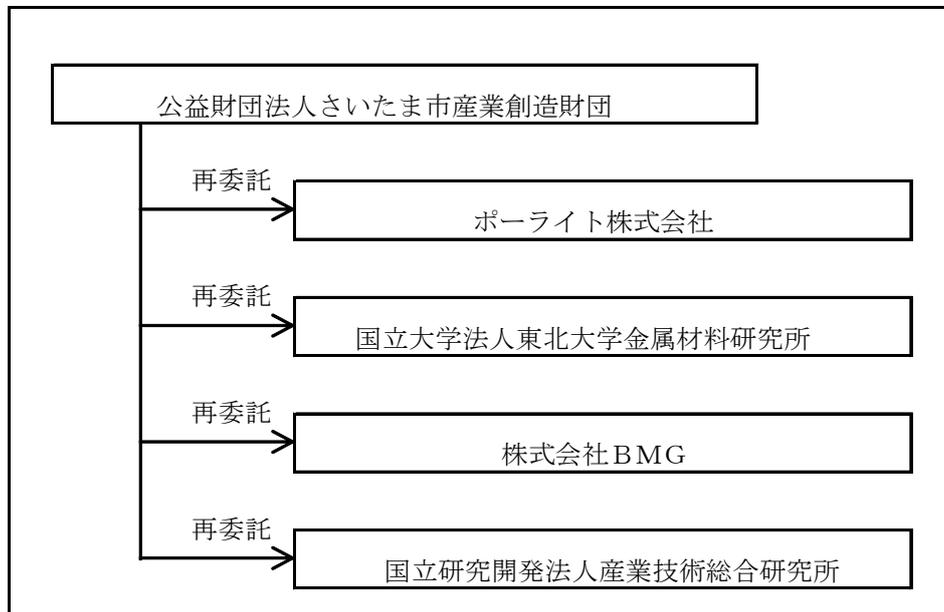
- ④ リングの切削加工条件の開発
  - ・加工工具寿命 1 工具当たり 10 万個
  - ・加工部表面精度  $0.1\ \mu\text{m}$  以下
  - ・表面測定器精度 nm オーダー
- ⑤ ミニチュアベアリング特性向上の検討
  - ・寿命評価時間 1 個につき 14 日間
  - ・ミニチュアベアリング寿命 1000 時間以上

### 1-3 研究の概要

本研究開発は、ミニチュアベアリングの更なる長寿命化を達成するため、高耐食・高強度特性をもつ Ni 基及び鉄基金属ガラス（以下「金属ガラス」という。）によるミニチュアベアリングの内・外輪の生産技術の開発と、耐摩耗・充填性に優れた粉末特性改善、高精度金型化、生産速度向上を目指し、加熱加圧成形のみで超仕上げ研磨と同等以上の精度を達成することを目標として行ってきた。本年度は、①金属ガラスの特性を失うことなく粉末成形工程での生産を可能とする最適原料組成を検討し決定する。②連続式加熱・加圧を可能とする高能率な成形設備の開発を行う。③金型精度向上が製品精度向上につながるため高い精度で金型を加工する技術を構築する。④金属ガラス粉末成形で生産したリングは、外形寸法・内径寸法は精度確保可能であるが、ボールが入る溝形状や長さ方向は後加工が必要となることから、金属ガラスの非晶質で低摩擦係数の特徴を発揮する工法と工具を開発する。⑤各種セラミックス材料と金属ガラスの材料による相性及び摩擦摩耗特性の寿命評価方法を検討し、金属ガラスの表面処理による更なるミニチュアベアリング特性向上の可能性についても検討する。

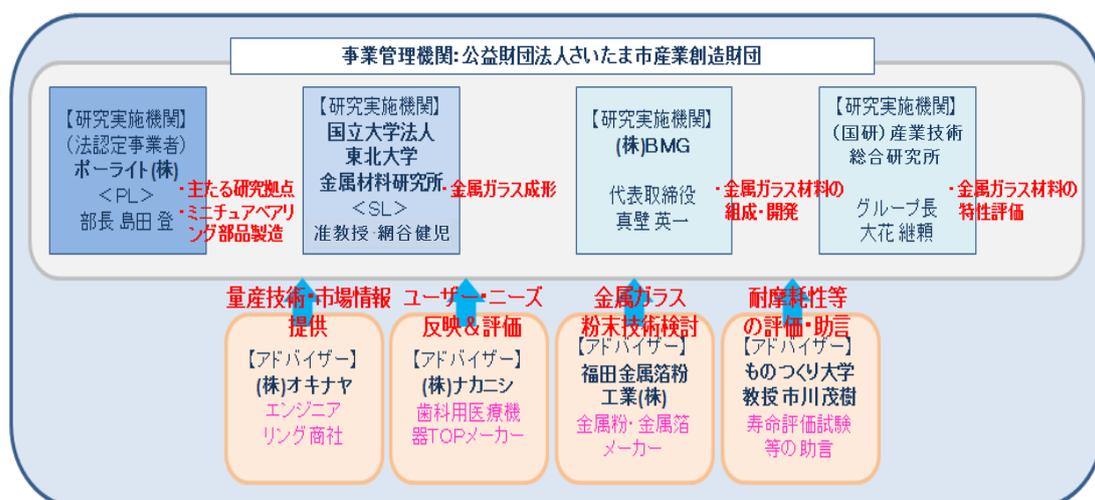
## 2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

### 2-1 研究組織（全体）



総括研究代表者（PL）  
 ポーライト株式会社  
 品質管理統括部 部長  
 島田 登

副総括研究代表者（SL）  
 国立大学法人東北大学金属材料研究所  
 附属研究施設関西センター 特任准教授  
 網谷 健児

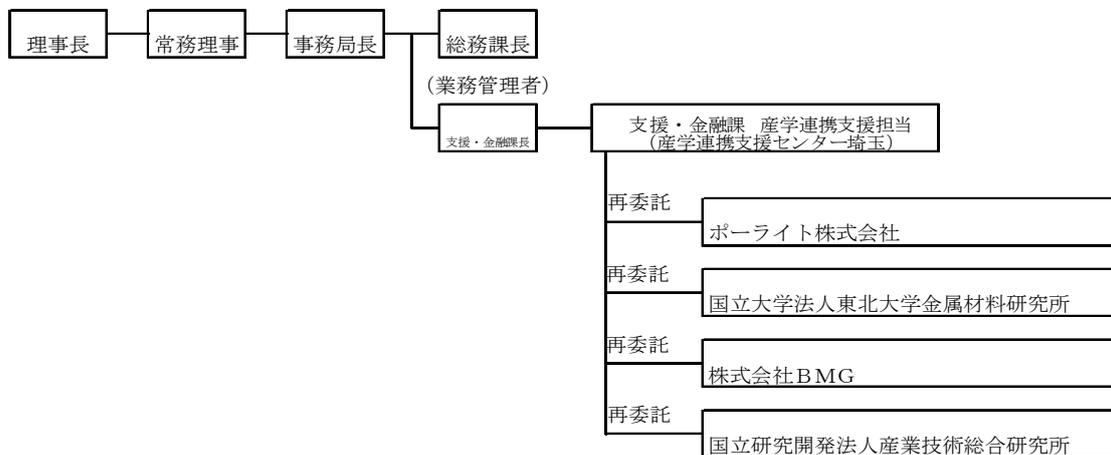


## 2-2 管理体制

### ① 事業管理機関

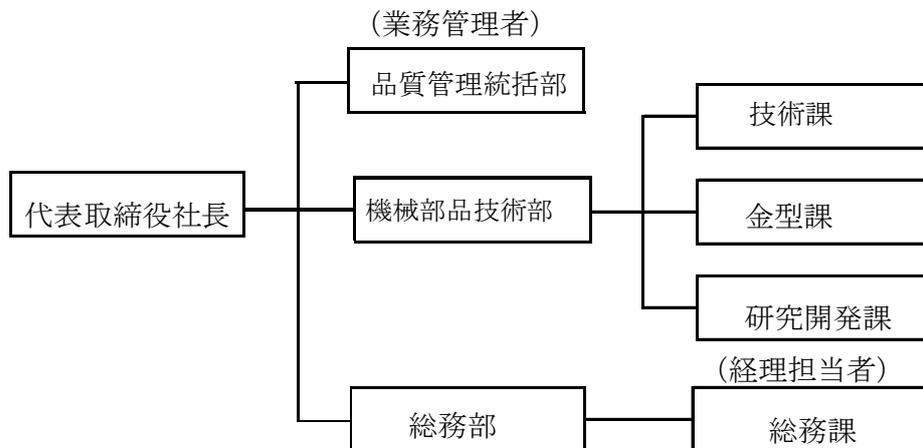
[公益財団法人さいたま市産業創造財団]

(経理担当者)

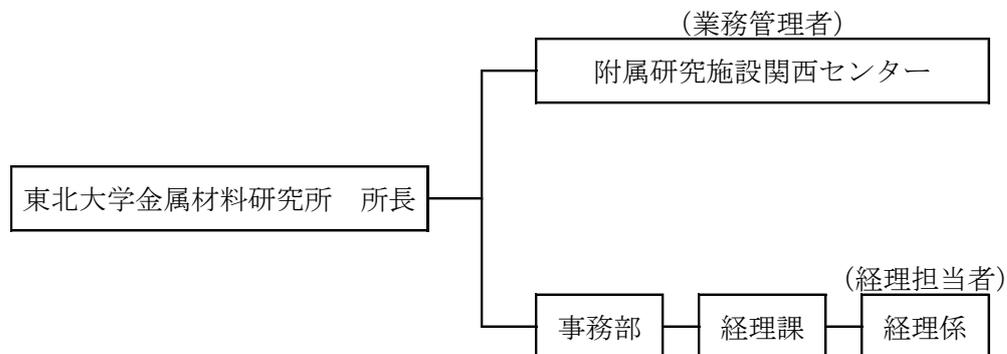


### ② 再委託先

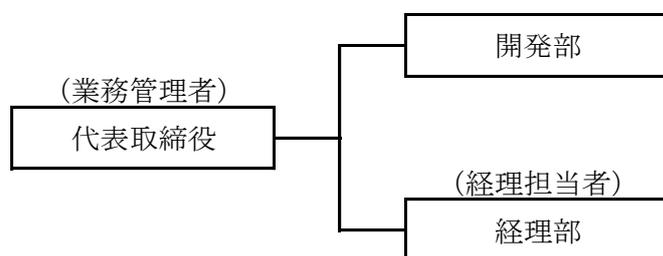
[ポーライト株式会社]



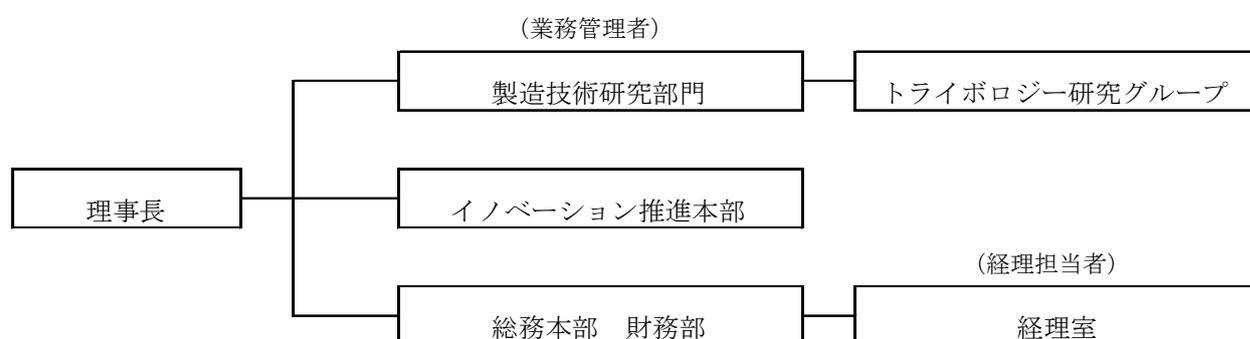
[国立大学法人東北大学金属材料研究所]



[株式会社BMG]



[国立研究開発法人産業技術総合研究所]



## 2-3 管理員及び研究員

【事業管理機関】公益財団法人さいたま市産業創造財団

(管理員)

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
貝瀬 政樹	支援・金融課 主査	⑥
細合 義仁	支援・金融課	⑥

【再委託先】

(研究員)

ポーライト株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
島田 登	品質管理統括部 部長	①②③④⑤
天野 和広	機械部品技術部 金型課長	①②③④⑤
大隈 厚士	機械部品技術部 技術課長	①②③④⑤
町田 知誉	機械部品技術部 技術課係長	①②③④⑤
白鳥 英睦	機械部品技術部 研究開発課	①②③④⑤

国立大学法人東北大学金属材料研究所

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
網谷 健児	附属研究施設関西センター 特任准教授	①②③

株式会社BMG

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
真壁 英一	代表取締役	①②

国立研究開発法人産業技術総合研究所

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
大花 継頼	製造技術研究部門 トライボロ ジー研究グループ 研究グループ長	①⑤
是永 敦	製造技術研究部門 トライボロ ジー研究グループ 主任研究員	①⑤
間野 大樹	製造技術研究部門 トライボロ ジー研究グループ 主任研究員	①⑤

## 2-4 経理担当者及び業務管理者の所属・氏名

### 【事業管理機関】

公益財団法人さいたま市産業創造財団

(経理担当者) 総務課長 白石 尚利  
(業務管理者) 支援・金融課長 佐々木 哲也

### 【再委託先】

ポーライト株式会社

(経理担当者) 総務部 総務課長 新井 邦夫  
(業務管理者) 品質管理統括部 部長 島田 登

国立大学法人東北大学金属材料研究所

(経理担当者) 経理課 研究協力係 渡邊 美聡  
(業務管理者) 附属研究施設関西センター 特任准教授 網谷 健児

株式会社BMG

(経理担当者) 経理部 皆川 昌子

(業務管理者) 代表取締役 真壁 英一

国立研究開発法人産業技術総合研究所

(経理担当者) 総務本部 経理部 経理決算室長 新井 清和

(業務管理者) 製造技術研究部門 研究部門長 市川 直樹

## 2-5 他からの指導・協力含む

### 【研究開発推進委員会 委員】

氏名	所属・役職	備考
島田 登	ポーライト株式会社 品質管理統括部 部長	P L
天野 和広	ポーライト株式会社 機械部品技術部 金型課長	委
大隈 厚士	ポーライト株式会社 機械部品技術部 技術課長	委
町田 知誉	ポーライト株式会社 機械部品技術部 技術課係長	委
白鳥 英睦	ポーライト株式会社 機械部品技術部 研究開発課	
網谷 健児	国立大学法人東北大学金属材料研究所 附属研究施設 関西センター 特任准教授	S L
真壁 英一	株式会社BMG 代表取締役	
大花 継頼	国立研究開発法人産業技術総合研究所 製造技術研究 部門 トライボロジー研究グループ 研究グループ長	
是永 敦	国立研究開発法人産業技術総合研究所 製造技術研究 部門 トライボロジー研究グループ 主任研究員	
間野 大樹	国立研究開発法人産業技術総合研究所 製造技術研究 部門 トライボロジー研究グループ 主任研究員	
山中 忠衛	国立研究開発法人産業技術総合研究所 イノベーション 推進本部 産業技術指導員	
早乙女 康典	エムジーエー技術研究所 所長	アドバイザー
中西 賢介	株式会社ナカニシ 代表取締役副社長	アドバイザー
川久保 潔	株式会社ナカニシ 開発本部 歯科設計部 部長	アドバイザー
森 忠彦	株式会社オキナヤ 特別顧問	アドバイザー
鈴木 毅	株式会社オキナヤ 主任	アドバイザー
内村 俊美	株式会社オキナヤフォーメック 工場長	アドバイザー
菊川 真利	福田金属箔粉工業株式会社 研究開発部 試作研究グ ループマネージャー	アドバイザー

西田 元紀	福田金属箔粉工業株式会社 技術本部 研究開発部 上席研究員	アドバイザー
佐藤 暢裕	福田金属箔粉工業株式会社 東京支店 金属粉営業部	アドバイザー
市川 茂樹	学校法人ものづくり大学 教授	アドバイザー
反町 政幸	公益財団法人さいたま市産業創造財団 産学コーディネータ	
山田 登	公益財団法人さいたま市産業創造財団 医療コーディネータ	
細合 義仁	公益財団法人さいたま市産業創造財団 支援・金融課	
小沼 正幸	公益財団法人さいたま市産業創造財団 支援・金融課 主査	
貝瀬 政樹	公益財団法人さいたま市産業創造財団 支援・金融課 主査	

【オブザーバー】

氏名	所属・役職	備考
清水 敬広	独立行政法人中小企業基盤整備機構 経営支援部 ものづくり連携支援課 課長代理	オブザーバー
森 健次	独立行政法人中小企業基盤整備機構 経営支援部 ものづくり連携支援課 研究開発支援専門員	オブザーバー
新井田 有慶	独立行政法人中小企業基盤整備機構 経営支援部 ものづくり連携支援課 研究開発支援専門員	オブザーバー

### 3 成果概要

#### 1 最適原料組成の検討

##### 1-1 粉末特性（製造方法）の決定

Ni 基粉末化では低純度材料を使用、母合金作製工程の省略化、アルゴンを窒素ガスに置換した結果、粉末の結晶化率  $44\mu\text{m}$ 以下がアモルファス化している事が解った。これは昨年度作製した高純度、母合金作製工程、アルゴンガス使用した結果と同等の閾値である事が解った。しかし、回収量は前年度と比較し 16%低下した。

Fe 基粉末化では Ni 基と同様な結果となり、さらに回収量は 23%向上している。低コスト化の試みにより Ni 基、Fe 基共に原材料費にて 1/10 以下、工数においても 15 時間短縮される結果となり、これまでの金属ガラス粉末化のコストを大幅に削減できる成果を得る事が可能となった。

また、詳細には記載できなかったが、低純度材料をした後の粉末の ICP 分析を実施した。高純度と全く同様の成分分析結果となった。

#### 2 高能率成形設備の開発

##### 2-1 専用成形設備の検討と作製

- ・ 金型温度監視・調節機構の搭載
- ・ 成形条件の外部出力機能の搭載

##### 2-2 成形時の温度、圧力、加圧時間の低減化

- ・ Ni 基金属ガラスのガラス転移時粘性低下条件を明らかにした。
- ・ 成形を開始して加熱から急速加熱を経て冷却までの循環を 3 分/個を達成した。

##### 2-3 品質安定化検討

- ・ 小型容量における後方押し出し成形手法を確立した。
- ・ Ni 金属ガラス粉末の成形，結合に成功した。

#### 3 成形金型の高精度化と寿命向上

##### 3-1 金型用最適材料の選定

- ・ 押し出し成形に耐久できる金型材質の選定
- ・ 従来の金型構成と比較し大差ない形状での金型構成設計

##### 3-2 金型加工方法の構築

・ 面粗さが Ra で  $0.02\mu\text{m}$  以下まで向上し、設定目標値製品表面粗さ  $0.5\mu\text{m}$  に大きく貢献する可能性を見出した。

##### 3-3 金型精度評価方法の確立

・ 金型加工の目標未達の原因となる加工不具合箇所を高精度に測定し、特定することになった。

## 4 リングの切削加工条件の開発

### 4-1 加工工具の選定

- ・選定した工具で問題なく成形した金属ガラスを加工することに成功した。

### 4-2 加工方法の検討

- ・良好な外観の溝加工プログラムの構築に成功した。

### 4-3 加工部の評価方法確立

- ・成形した金属ガラスに溝加工を施すことに成功した。
- ・加工した溝部の評価方法の構築
- ・内輪-外輪を Ni 基金属ガラスで作製しボールベアリングを組むことに成功した。

## 5 ミニチュアベアリング特性向上の検討

### 5-1 リングとボールの相性検討

組成、相手材、潤滑の最適化により、リファランス材料である SUJ2 と同等の耐摩耗性を有する金属ガラスを見出すことができた。また、プロセスの改善により、金属ガラスの摩擦摩耗特性の向上を実現できる可能性があることを明らかにした。

### 5-2 ミニチュアベアリング寿命評価法の検討

Ni 基金属ガラスは軽荷重（30N 程度）の条件で、Fe 基金属ガラスは高荷重（100N 程度）の条件で、良好な転動疲労特性を有する可能性が明らかになった。

## 4 研究開発の連絡窓口

### 【総括研究代表者】

ポーライト株式会社 品質管理統括部 部長 島田 登

〒360-0234 埼玉県熊谷市上江袋 350

TEL : 048-588-6183

### 【事業管理機関】

公益財団法人さいたま市産業創造財団 支援・金融課 産学連携支援担当 貝瀬 政樹

〒338-0001 埼玉県さいたま市中央区上落合 2-3-2

新都心ビジネス交流プラザ 3F 産学連携支援センター埼玉

TEL : 048-857-3901

## 第 2 章 本論

### 1 最適原料組成の検討

#### 1-1 粉末特性（製造方法）の決定

##### 1-1-1 目的

高純度材料を使用することは量産化コストに大きく影響する事が懸念される。さらに、粉末化するという手法が大学等のラボレベルで実施されてきた。しかし、加工工程がコストに影響すること、および溶解を繰り返すことによる酸化膜の影響が懸念される。そこで、低純度組成材料をガスアトマイズ溶解槽にて溶解、合金化し、粉末化することによるコストの低減を図る。

##### 1-1-2 研究開発の実施内容

###### 1) 高純度組成と低純度組成

Ni 基合金の高純度、低純度の単価は表 1-1-1 のとおりである。表の原料単価より計算される Ni 基合金の kg 単価は高純度の場合約 25 万円。低純度の場合約 2 万円であり、高純度材料の 1/10 以下の材料費となる。

表 1-1-1 Ni 基金属ガラスの組成、使用した原料の純度および単価

Ni 基

高純度	Ni	1	2	3	4
純度 (%)	3 N	3 N	3 N	2 N	3 N
単価 (円/g)	16	480	73	916	320
低純度	Ni+1	Ni+4	Ni	2	3
純度 (%)	99.0	2 N	3 N	3 N	2 N
単価 (円/g)	33	1	16	73	916

##### <課題>

今後 Ni 基の粒度分布微細化を可能とする実験条件を開発し、回収率を向上させていく事が課題として挙げられる。

#### 1-2 物理特性試験

##### 1-2-1 目的

Ni 基金属ガラスについて希硫酸中への浸漬試験を実施するとともに、選定および改良を行なった。金属ガラス粉末の固化成形には、過冷却液体中での粘性流動により成形されるため、過冷却液体中での粘性が成形性を左右することになる。よって、Ni 基金属ガラスの

粘性についての評価も行った。

## 1-2-2 研究開発の実施内容

### 1) 耐食特性試験

Ni 基合金にて急冷薄帯作製後、1 mass%希硫酸中に 168 時間（1 週間）放置、その後水洗乾燥後重量を測定した。表 1-2-1 に浸漬試験における初期重量、浸漬による減量および変化量を示す。また、図 1-2-1 に浸漬終了直前の試料形態を示す。Ni 基合金は浸漬減量が認められなかった。

表 1-2-1 Ni 基金属ガラスリボンの 1mass%希硫酸中への浸漬試験結果

合金系	初期重量	168 時間後重量	変化量
Ni 基	13.45 g	13.45 g	0 g



図 1-2-1 Ni 基金属ガラスリボンの 1mass%希硫酸中への浸漬試験結果

## 2 高能率成形設備の開発

### 2-1 専用成形設備の検討と作製

#### 2-1-1 目的

部品生産速度 1 時間あたり 60 個の生産を可能とする成形装置の開発が目的である。粉末成形によるミニチュアベアリングについて、生産速度向上と品質安定した良好な製造ができるようにする。

#### 2-1-2 研究開発の実施内容

##### 1) 成形装置の開発

開発した成形装置を使用した結果、金属ガラス粉末はほぼ全面において結合している様子が観察できた (図 2-1-2)。この断面を鋳造によって成形された金属ガラスの破断面と比較しても大きな差はなく、粉末成形体においても金属ガラス特有のベインパターンが観察できた (図 2-1-2)



図 2-1-1 高速連続式粉末成形装置

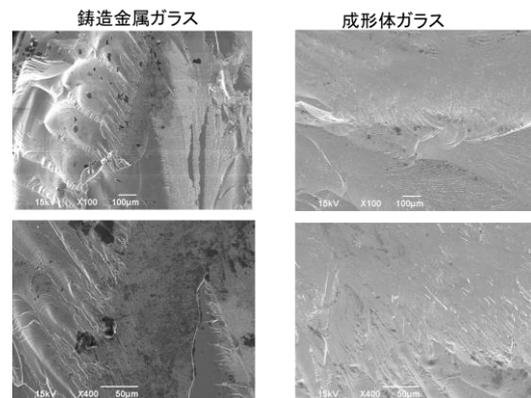


図 2-1-2 左：鋳造品  
右：押出成形体断面観察 SEM 像

#### <課題>

- ・成形体の結晶含有率の詳細解析が必要

## 3 成形金型の高精度化と寿命向上

### 3-1 金型用最適材料の選定

#### 3-1-1 目的

高温・高圧成形で高精度を確保できるか耐久試験を行うと共に、高精度・高寿命が達成できる金型材質を選定する

#### 3-1-2 研究開発の実施内容

- 1) 金属ガラス粉末成形用金型最適な材質選定

強度を考慮して靱性、強度の高いVM30を選定した。  
専用成形設備を使用してNi基金属ガラス粉末で  
ミニチュアベアリング外輪の連続成形を行い、  
金型摩耗や割れなどの発生を確認しながら寿命の  
調査を実施中である。

<課題>

- ・金型の耐久性調査



図 3-1-1 金型構成と成形体

### 3-2 金型加工方法の構築

#### 3-2-1 目的

金型加工の方法として丸形状の外径や内径加工は、研削や研磨が一般的であるが、粉末成形に適した金型を作製するために高精度マシニング加工機と砥石を使用しての加工方法の開発を行い、再現性のある高精度加工技術を構築する。

#### 3-2-2 研究開発の実施内容

##### 1) 金型加工方法の検討

マシニングセンタ加工に使用する工具はエンドミルが一般的だが本研究金型材質が超硬材であり加工形状が円筒形状の内径加工であることから研削工法を選定し、工具は超硬材に適合する砥石を用いることにした。

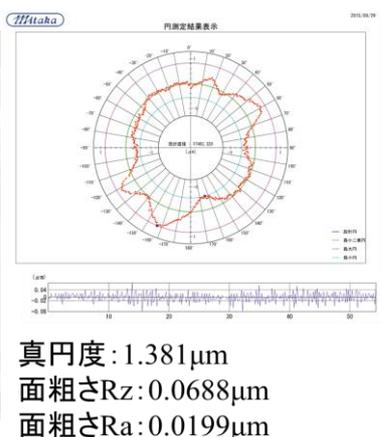
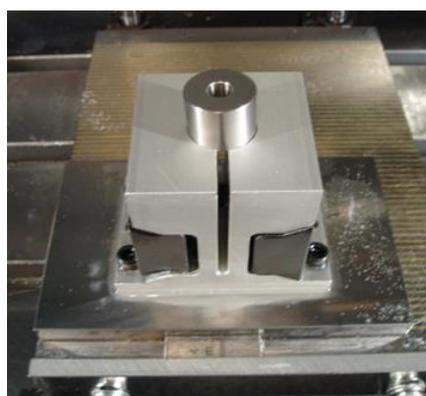


図 3-2-1 金型設置時の様子と加工後の測定結果

- ・面粗さが Ra で  $0.02 \mu\text{m}$  以下まで向上し、設定目標値製品表面粗さ  $0.5 \mu\text{m}$  に大きく貢献する可能性を見出した。

<課題>

真円度に関しては目標未達となった。真円度を観察すると歪になっている箇所がはっきり

とわかるため、不具合部の再現性の確認、加工プログラムの見直しが求められる。

## 4 リングの切削加工条件の開発

### 4-1 加工工具の選定

#### 4-1-1 目的

昨年度の成果により、切削加工後にラップ加工をすることで求める表面粗さを得られることが分かった。本年度は旋盤による切削加工工程の量産技術を構築する。

#### 4-1-2 研究開発の実施内容

##### 1) 加工工具の選定

得られた成形体を加工するために  
図 4-1-1 に示す形状の超硬バイトを用いて  
加工試作を行った。

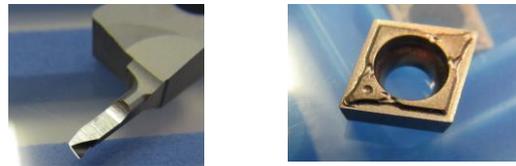


図 4-1-1 左：内外径溝加工用バイト  
右：端面加工用バイト

また、ツールレイアウトと NC プログラムから内外径の溝加工バイトを共有させ、小内径に対応する為に有効部直径が  $\phi 3.0$  の内径バイトを選定した。加工は(株)エグロ製 NUCBOY-8EX (図 4-1-2) を用いて行った。前述の CNC 旋盤と超硬バイトを用いて図 4-1-3 のように欠損のない加工に成功した。



図 4-1-2 NUCBOY-8EX

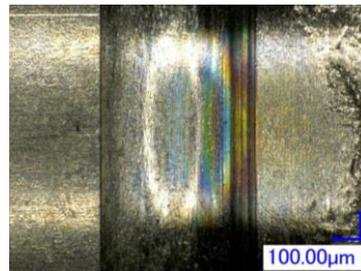


図 4-1-3 左：溝加工部外観

加工した Ni 基金属ガラス内外輪ベアリングレースを用いてミニチュアベアリングを組み上げた (図 4-1-4) (ボール・リテーナーは市販品を流用)



図 4-1-4 Ni 基金属ガラスレースを用いたミニチュアベアリング

溝加工精度等の課題はあるものの、内輪-外輪を Ni 基金属ガラスで作製しボールベアリングを組むまでに至った。採用組成はガラス形成能が  $\phi 2.0$  と小さく、 $\phi 2.0$  以上の鋳造は困難であったが、本プロジェクトの成果により成形物のスケールアップに成功した。優れた耐食性を幅広く適用することが可能になったといえる。

<課題>

- ・溝加工の再現性、精度向上

## 5 ミニチュアベアリング特性向上の検討

### 5-1 リングとボールの相性検討

#### 5-1-1 目的

ベアリング用材料が具備すべき主要な性能の一つに摩擦摩耗特性がある。ベアリング用材料の開発にあたっては摩擦摩耗特性評価（材料評価）が必須であると言える。

#### 5-1-2 研究開発の実施内容

本サブテーマでは、過酷な潤滑状態（フレッチング摩耗）を模擬したボールオンプレート型の振動摩擦摩耗試験機による評価を実施した。荷重が 50、20 及び 10N のときのプレート側の比摩耗量（単位荷重及び単位摺動距離あたりの摩耗量）をまとめて図 5-1-1 に示す。組成、相手材、潤滑の最適化により、リファレンス材料である SUJ2 と同等の耐摩耗性を有する金属ガラスを見出すことができた。

<課題>

Ni 基金属ガラスでは、理想的なプロセスに近い鋳造法による Ni-Nb4 でも歯科用ハンドピースの要求性能における比摩耗量の目標値は達成できていない。Ni 基金属ガラスについては、そのポテンシャルと運用条件のバランスを精査し、歯科用ハンドピースとは別の応用用途を再考することが喫緊の課題として挙げられる。

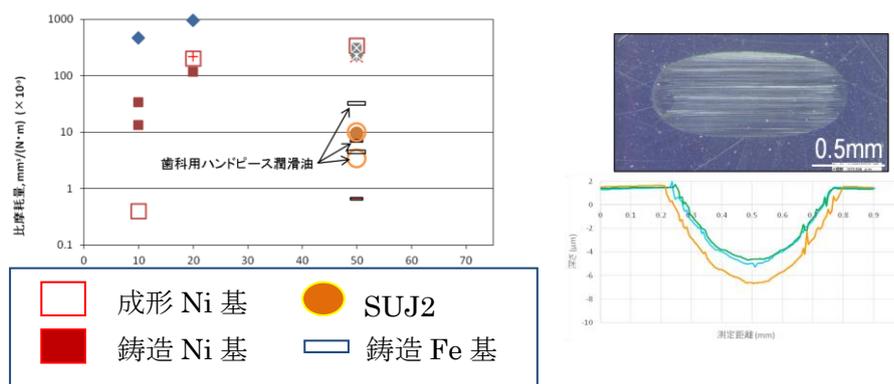


図 5-1-1 荷重毎の金属ガラスの比摩耗量のまとめ

## 第3章 全体総括

### 1 研究開発の成果

研究開発の主な成果は、粉末成形工法で成形可能な金属ガラス組成を開発し、原材料費の低減と合金と粉末化行程の短縮開発で原料価格を安くできたこと、金属ガラス粉末を3分/個で成形可能な高能率成形設備開発により金属ガラス部品の量産化可能性が見いだせたことである。

まず金属ガラス組成は、大気圧下 窒素ガス雰囲気のみで Ni 基金属ガラス粉末から成形可能な組成を見出すことが出来た。耐食性は SUS316L の約 2 倍で強度は 2500MPa を達成し、加熱加圧成形に必要な過冷却液体温度幅が 65°C となっている。

原料価格を下げるための低級原料を使用した製造工法の研究成果として試薬を使用した場合の 1/10 とすることが出来た。粉末作製工法改善で加工時間を 15 時間短縮することで製造コストを低減した。

高能率成形設備では微粉末の高精度秤量から金型への充填方法 加熱加圧パターンの正確性や速度向上、金型寿命確保すること、粉末にせん断力を付与することで表面の酸化膜を破壊する工法に工夫を重ね 3 分間で成形可能な世界初の金属ガラス粉末高能率成形装置を開発した。この装置で成形したアリングの外輪・内輪を使用して特性的にはまだ満足できる状態ではないがベアリングを組み立てることが出来た。

急速加熱加圧成形に対応できる金型材料の選定と後方押し成形を可能にする金型構成が決定した。

Fe 基金属ガラスの検討では Ni 基と過冷却液体温度幅が同等成分を見出すことが出来たが粘性が高く表面の酸化膜を除去することが課題となっている。

金型加工精度工法と高精度測定技術開発では表面粗さは目標達成できたが真円度が目標精度に届かなかったが、今後の研究課題が明らかになった。

### 2 研究開発後の課題

本研究の目標として歯科治療器具のハンドピースに内蔵されているミニチュアベアリングの外輪・内輪を粉末冶金工法で生産することであった。結果として Ni 基金属ガラス組成で作製することに成功したが、十分な特性を得られなかった。今後は特性の良い Fe 基金属ガラス組成での合金改良と粉末成形技術開発を行う。

金属ガラス製品の量産化には本報告書に記載した多くの課題がある。そのほかに下記の 2 項目も合わせて検討する。

#### ① 品質安定化の検討

金属ガラスを過冷却液体温度からの冷却速度が本研究レベルの低速度だと従来の金属

ガラス特性が発揮できていないとの研究発表があった。改善するために過冷却液体温度の少し高い温度まで製品を加熱して急冷すると特性が戻る研究もあり今後は熱処理による特性向上と品質安定化を研究していく。

## ② 粉末成形品金属ガラス特性の標準化

金属ガラスは新素材であり各国で研究しているがまだ量産品として市場に出ていないのが実情である。国内で金属ガラス材料の特性標準や管理標準をまとめ国内標準化を行いそのあと日本に有利な国際標準として優位に客様に提案できるようにしなければならない。

## 3 研究開発後の事業化展開

補完研究終了後、ベアリンク製品として完成させアドバイザーとして参画していただいている歯科治療機器メーカーにて実機試験を行い評価していただく等テストマーケティングを実施しながら市場の声をフィードバックして製品化する。

今回の成果を利用することで、単純形状の歯車などの部品を生産することが可能となったので、歯科治療機器の中に使用されている歯車の開発を行う（図 1.2 参照）。



図 1 歯科医療機器用ハンドピース

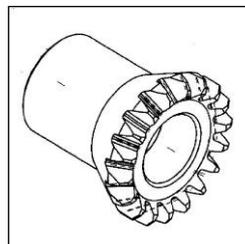


図 2 歯車外観

事業化を行うためには、粉末成形装置の更なる改善や生産体制整備が必要になるので、社内関係部署と金属ガラス生産に対して連携できる体制を作る。

ポーライト(株)の国内営業拠点（本社、熊谷、大阪、名古屋）を中心に販売ルートを使って取引先に販売活動を行う。将来的には海外の営業拠点でも販売活動を行う。