

## 琉球ガラスのプレス成形技術に関する研究（第2報）

花城可英、羽地龍志、棚原 靖、國吉和男

山田 徹\*、喜屋武昌哲\*

### 1. はじめに

琉球ガラスは沖縄の代表的な工芸品の一つであり、他には見られない南国をイメージする鮮やかな色彩と、おらかで素朴な形状を特徴としている。琉球ガラスは宙吹き、型吹き成形を中心とした手作りであり、製品形状にばらつきが見られ、耐熱性にやや難がある。また、数百個単位の注文に即応できない状況にある。このため現在の琉球ガラス製品は観光土産品中心であり、需要拡大が望める営業用食器や家庭用品などへの展開が図られていない。本研究は地域コンソーシアム研究開発事業「地域工芸品向けリバーズエンジニアリングシステムの研究開発」の一環としてこれらの問題点を解決するためリバーズエンジニアリングシステムにより製作された金型を用いてプレス成形琉球ガラス製品の開発を行うことを目的とする。

前報では耐熱性新規琉球ガラス素地を開発し、試験用プレス機により、プレス条件を検討した。今回は「地域工芸品向けリバーズエンジニアリングシステムの研究開発」最終年度としてプレス成形琉球ガラスの製品化を目指し研究を行った。そこで試作プレス成形機による新規琉球ガラス素地のプレス条件を検討し、いくつかの知見を得たので報告する。

### 2. 実験方法及び実験条件

#### 2.1 プレス成形機

今回の研究では W150 × L150 × H50mm の皿物や 100 φ × H150mm のコップ類を目標製品としている。このためプレス圧最大 2.0ton、ストローク最大 200mm の油圧式プレス成形機を使用し、プレス実験を行った。なお表1にプレス成形機の仕様を示す。またプレス成形機図面を図1に示す。

表1 プレス成形機仕様

| 項 目         | 仕 様                                    |
|-------------|--|
| 主要寸法        |  |
| テーブル直径      | φ 650mm                                |
| モールドピッチ     | 250mm (6 モールド使用時)                      |
| モールド数       | 6-3-2-1                                |
| プレス仕様 (油圧式) |  |
| ストローク       | max 200mm                              |
| パワー         | max 2.0ton                             |
| 元 圧         | max 7MPa                               |
| プレススピード     | max 250 mm/sec (4 速制御)                 |
| テーブルドライブ仕様  |  |
| 駆動方式        | ロータリーカムインデックス方式                        |
| 移動時間        | 1/6 割出時間 1.0 秒                         |
| その他         |  |
|             | キックアップメカ (成形体取り出し用)<br>ガスバーナー及びエア吹き出し口 |

\* 琉球ガラス工芸協業組合

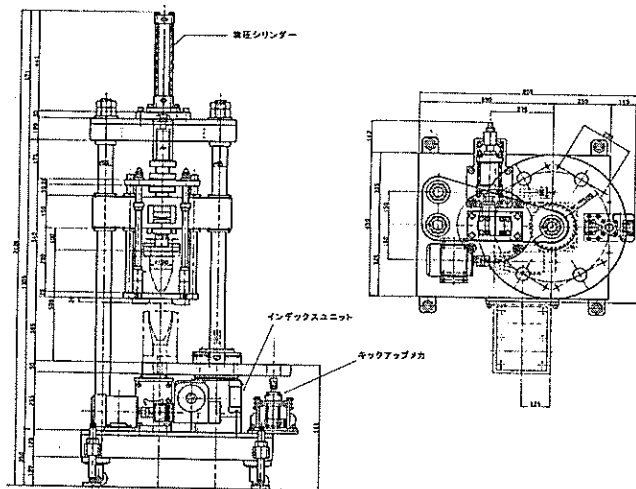


図1 プレス成形機図面

## 2.2 ガラス素地

プレス成形条件の検討においてホウ酸を8%添加した新規琉球ガラス素地<sup>1)</sup>を使用した。琉球ガラス素地の物性を表2に示す。

表2 琉球ガラス素地の物性

| ガラス素地     | 熱膨張率(°C)               | 転移点    | 降伏点    | 軟化点(log η = 7.65) |
|-----------|------------------------|--------|--------|-------------------|
| 新規琉球ガラス素地 | 66 × 10 <sup>-7</sup>  | 654 °C | 740 °C | 708 °C            |
| 既存琉球ガラス素地 | 101 × 10 <sup>-7</sup> | 502 °C | 502 °C | 629 °C            |

## 2.3 プレス成形条件の検討

### (1) プレス圧の検討

図2に示す無地のメダルをプレス成形した。金型温度500 °C、ガラス温度1,000 °Cに設定し、プレス圧2.0MPa、2.25MPa、2.5MPaの3水準についてプレス成形体のシワとクラックの発生状況を観察した。なお金型温度、ガラス温度は放射温度計(つばき製TG-M4LX、ミノルタ製TR-420)を用いて測定した。

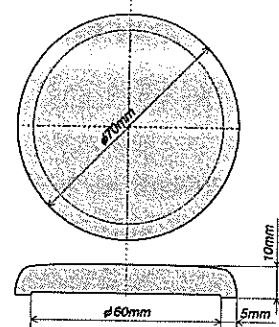


図2 メダル試験体

### (2) プレス成形時の温度条件の検討

図3にプレス成形時の温度条件検討用標準試験体を示す。成形用金型は幅1mm～3mm、深さ(高さ)0.5～2mmの凹凸形状部を放射状に配置してある。金型の抜け勾配は脱型性を考慮して10°とした。なおプレス成形試験体各部の形状は接触式3次元測定装置(ミットヨ製Super FN-905型)を用いて測定した。

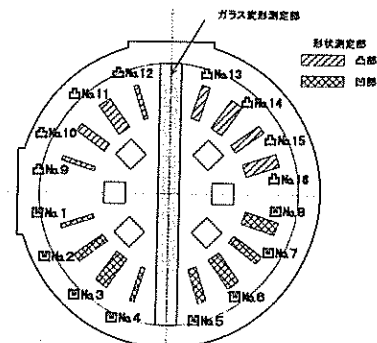


図3 温度条件検討用標準試験体

①金型温度条件の検討

プレス圧 2.0MPa、ガラス温度約 1,050 °C に設定し、金型温度を約 400 °C から約 500 °C の間で 3 水準変化させた時の試験体各凹凸部の高さ方向の形状を測定し、プレス成形時の金型温度条件を検討した。

②ガラス温度条件の検討

プレス圧 2.0MPa、金型温度約 500 °C に設定し、ガラス温度を約 980 °C から約 1,070 °C の間で 3 水準変化させた時の試験体各凹凸部の高さ方向の形状を測定し、プレス成形時のガラス温度条件を検討した。

2. 4 試作試験

模様付き皿を試作するためまず模様部分として図 4 に示す模型を作成した。そしてこの模様を非接触形状計測により 3 次元形状データ化した。次に CAD 上で皿の基本形状に模様データを張り付け、CAM 変換し、金型加工を行った。この模様付き金型を使用し、実験で求めたプレス成形条件によりプレス成形琉球ガラスの試作試験を行った。

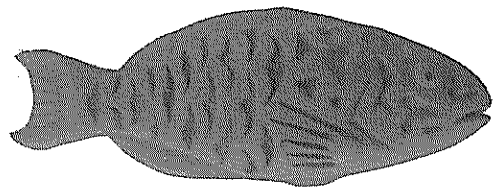


図 4 試作金型用模様

3. 実験結果及び考察

3. 1 プレス成形条件

(1) プレス圧

図 5 にプレス圧力の違いによる試験体表面のシワと内部クラックの発生状況を示す。

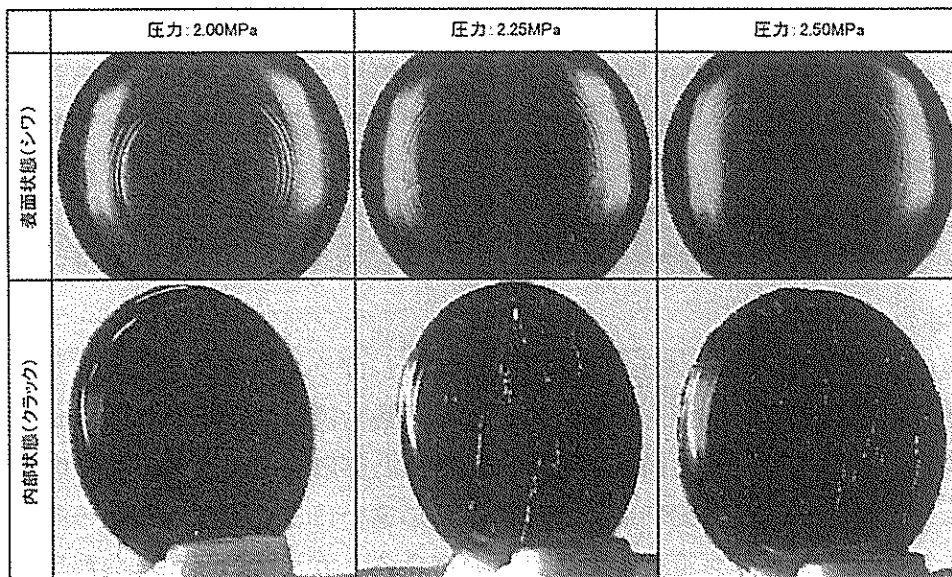


図 5 プレス圧力の違いによる試験体のシワとクラックの状況

プレス圧の上昇と共に試験体表面シワの減少が確認できる。しかしプレス圧が高くなると内部クラックが多くなる傾向を示している。

金型に熔融したガラスを投入するとガラスに比較して金型の方が温度が低いいため、金型に接触している部分は先に温度が下がり、その部分のガラスが先に固まることになる。このためプレスによりガラスが成形されるまでに試験体表面にシワが生じてしまう。プレス圧を上げるとシワはある程度伸ばされ、金型に模様部分があれば細部までガラスが行き渡る。しかしプレス圧が高すぎると固まってきたガラスをさらに押し続けることになり、ガラスにクラックを生じる結果となる。従って以後の実験ではプレス圧はクラックを生じない2.0MPaに設定した。

### (2) プレス成形時の金型温度

図6にガラス温度約1,050℃、プレス圧2.0MPaに設定し、金型温度を変えてプレスしたときの試験体凹部形状と金型温度の関係を示す。図は中心部から最も遠い測定点を基準点とし、点線で設計上の金型形状を示してある。また同様に図7に試験体凸部形状と金型温度の関係を示す。

図6に示す試験体凹形状部分は金型温度394℃試験体の変形が他の試験体に比較して大きくなっている。これは脱型が早すぎたため生じたと考えられる。

凹形状部分においては金型温度の違いによる試験体形状の差は明らかでなく、凹形状部分では金型温度の影響が見られない。言い換えると金型とガラスの接触により生じる冷却速度の違いでは凹模様の形状差はほとんど生じないと考えられる。

図7に示す試験体凸形状部分では特にNo.2、No.5において金型温度が高いほど試験体各部の形状はより金型形状を反映している。このため金型温度は450℃以上に上げる必要があると言える。これは溶けたガラスが金型の凹部分に入り込んでいくため、金型温度が低いとガラスがより早く固まってしまい、金型凹部分の端までガラスが入っていかないためと考えられる。

1mm幅のNo.5ではどの試験体も金型全体までガラスが届いていない。このため金型に凸形状の細かい模様を付ける場合、その模様の高さに注意する必要がある。

金型温度は試験体凸部形状から高い方が金型形状をそのまま写し取り良好であると言える。しかしながら金型温度を高温側で一定にすることは困難であり、金型温度を上げすぎるとガラスが融着する事も考えられるため、現場での作業性を考慮して、試作試験における金型温度は450℃以上に設定した。

### (3) プレス成形時のガラス温度

図8に金型温度約500℃、プレス圧2.0MPaに設定し、ガラス温度を変えてプレスしたときの試験体凹部形状とガラス温度の関係を示す。中心部から最も遠い測定点を基準点とし、点線で設計上の金型形状を示してある。また同様に図9に試験体凸部形状とガラス温度の関係を示す。

図8に示すように凹形状部分においてはガラス温度の違いによる試験体形状の差は明らかでない。このことから凹模様はガラス温度の影響、言い換えるとガラスの流動性の影響をあまり受けないと考えられる。

図9に示す試験体凸形状部分では脱型時に生じた変形のため判断しにくくなっているが、ガラス温度が980℃と低い場合、やや試験体の形状がたれている。このためガラス温度は1000℃以

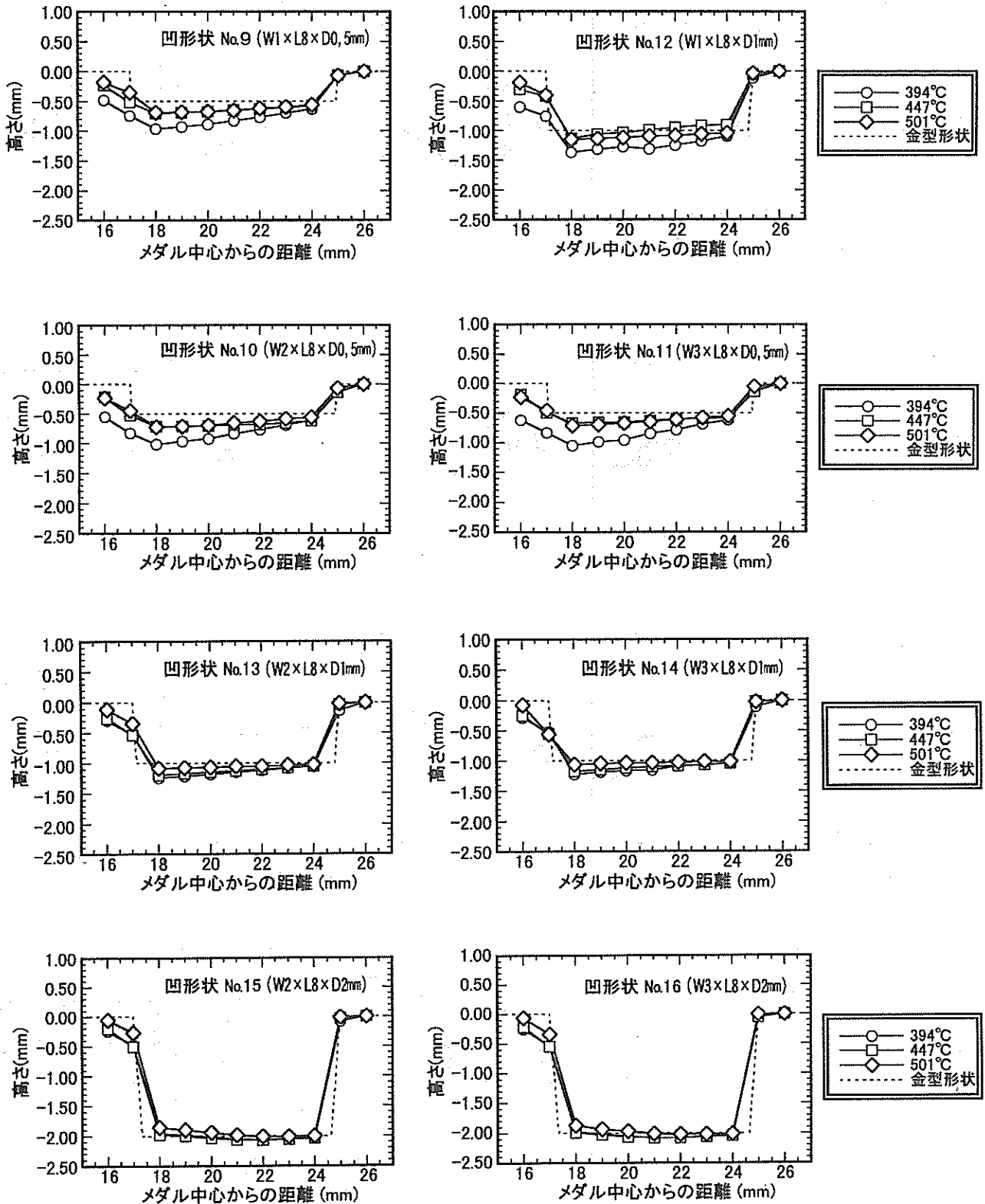


図6 金型温度の違いによる試験体凹部形状の変化

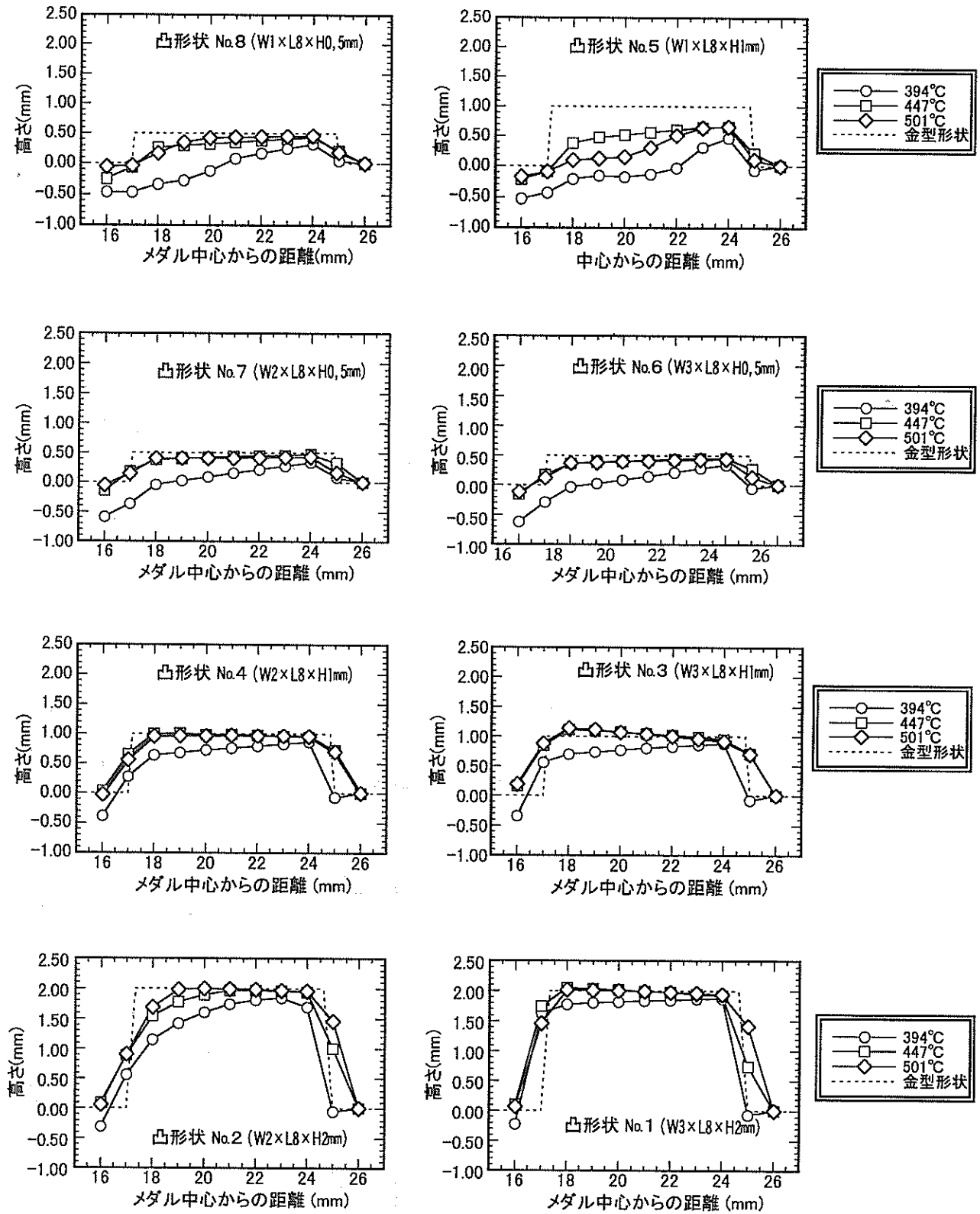


図7 金型温度の違いによる試験体凸部形状の変化

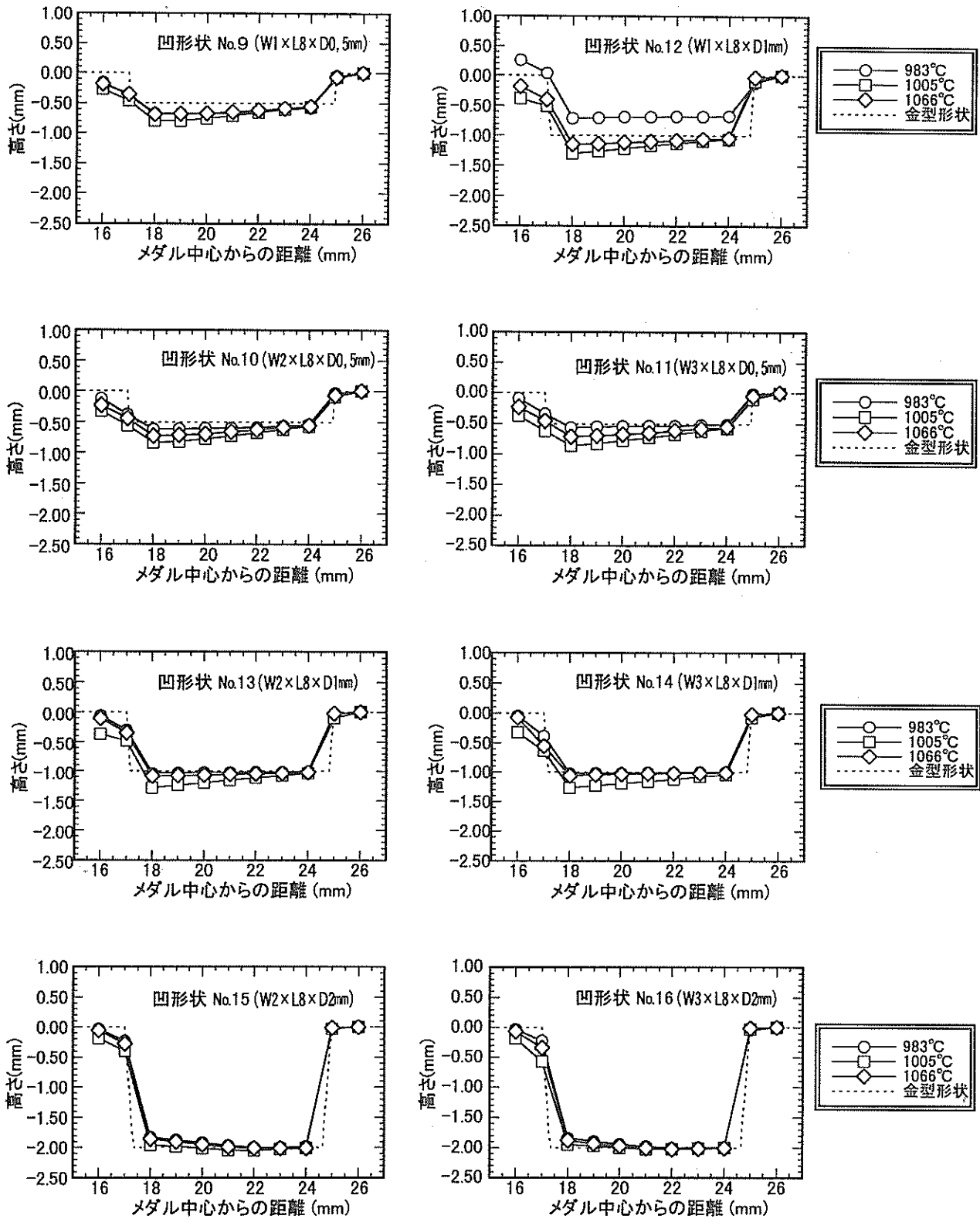


図8 ガラス温度の違いによる試験体凹部形状の変化

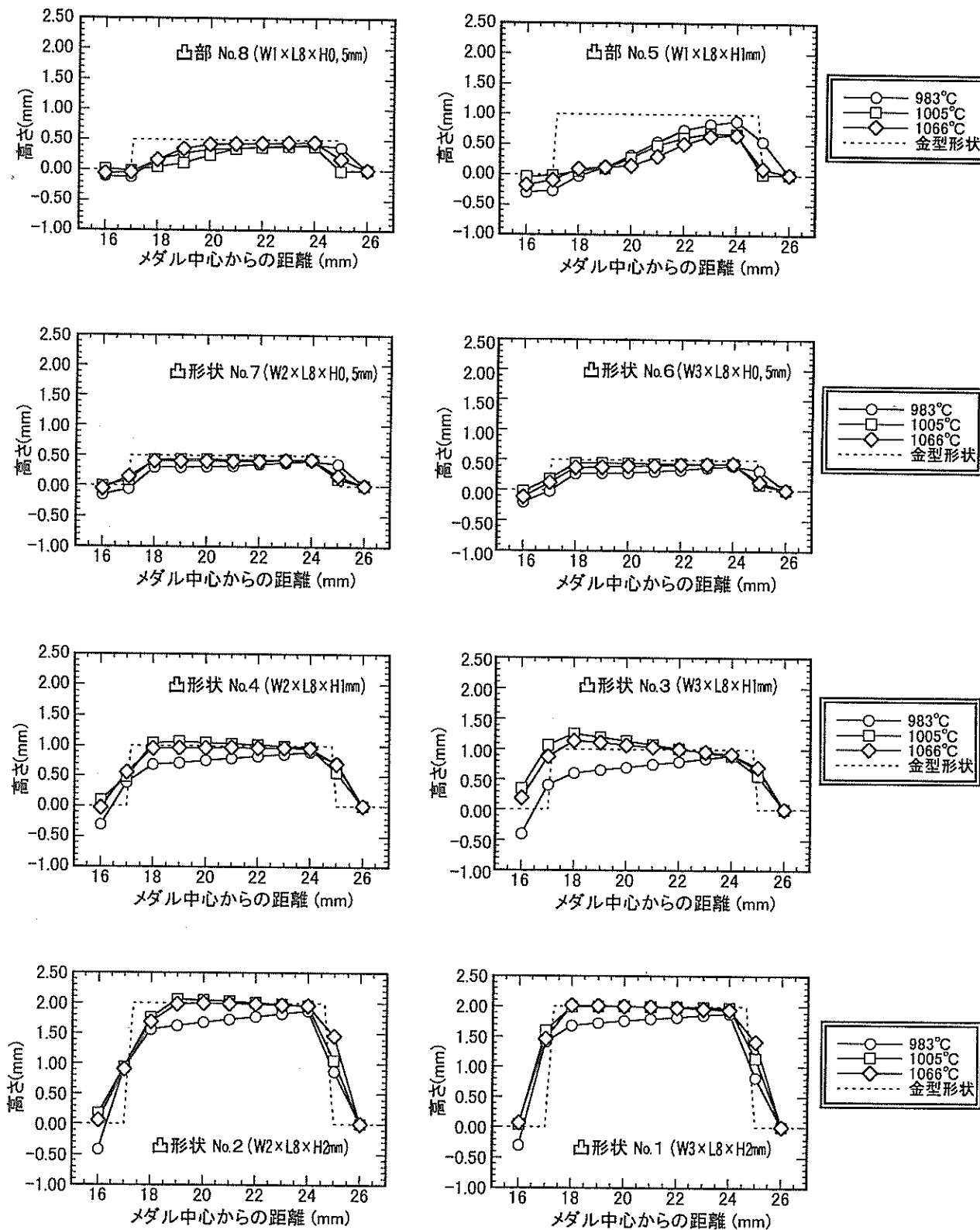


図9 ガラス温度の違いによる試験体凸部形状の変化



上にする必要がある。つまりプレス成形時には溶融炉から取り出したガラスをできるだけ冷えないよう素早く金型に投入しなければならない。

### 3. 2 試作結果

図10に試作試験に使用した金型を示す。また金型の作成方法を表3に示す<sup>2)</sup>。

表3 模様付き皿金型作成方法

| 項目         | 条件                      |
|------------|-------------------------|
| 3次元形状計測    | 非接触3次元形状計測装置 マツオ MJ1    |
| CAD/CAM 編集 | 日立 GRADE NC/CUBE、CAMAND |
| 金型材質       | FC250 相当                |
| 金型加工条件     |                         |
| 高速マシニング装置  | 松浦機械製作所 FX1 型           |
| 刃物         | 超硬ボールエンドミル 0.5 φ        |
| 主軸回転数      | 30,000rpm               |
| 送り         | 8,000mm/min             |
| ピッチ        | 0.06mm                  |

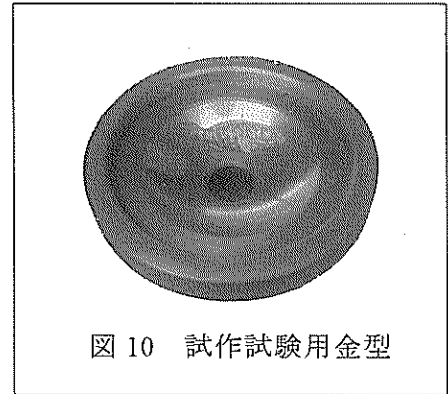


図10 試作試験用金型

試作試験用金型を使用して、新規琉球ガラス素地を用いプレス圧 2.0MPa、金型温度 450 °C以上、ガラス温度 1,000 °C以上のプレス条件で模様付き皿の試作を行った。試作したプレス成形琉球ガラスを図11に示す。

試作皿上で模型の魚模様が再現されており、金型を用いたプレス成形により模様付き琉球ガラスを試作することができた。

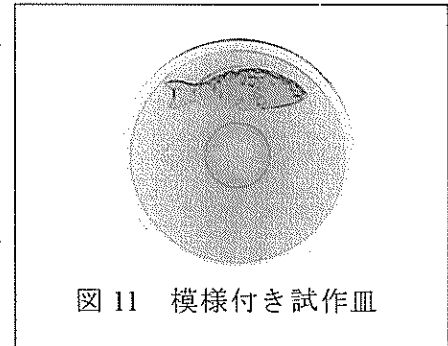


図11 模様付き試作皿

### 4. おわりに

プレス成形琉球ガラスの製品化を目指し、新規琉球ガラス素地を用いて油圧式プレス成形機によるプレス条件を検討し、以下の結果を得た。

- 1) プレス圧は圧力を上げすぎるとクラックを生じるため、プレス圧は 2.0MPa が適当である。
- 2) プレス成形時の金型温度は高いほど金型形状を反映しており、金型温度を 450 °C以上に上げる必要がある。
- 3) プレス成形時のガラス温度は低いと試験体の形状がたれており、ガラス温度を 1000 °C以上に上げる必要がある。
- 4) 模様付き試作金型を使用し、良好なプレス成形琉球ガラス皿を成形することができた。

なお本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) による地域コンソーシアム研究開発事業において行われたものであり、ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 花城可英、棚原 靖、國吉和男、山田 徹、喜屋武昌哲；沖縄県工業技術センター報告 第1号、p106、1998
- 2) 平成11年度「地域工芸品向けリバースエンジニアリングシステムの研究開発」成果報告書

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

TEL (098)929-0111

FAX (098)929-0115

URL : <http://www.pref.okinawa.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。