

# 金型考古学

## セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長

佐藤 功 Isao Sato

〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607  
TEL(044)533-7890

### 第6回 圧搾金型の外形

第1回で紹介したように、筆者は圧搾金型のコレクションを調査している。何かわかるかもしれないという期待が膨らむ一方、どこから手をつけたらよいかわからない面もある。まずリストづくりが必要なので、一つひとつ番号をつけ、写真を撮り、外形寸法を記録している。すでに1,000型以上リストアップしたが、まだ終わりは見えていない。

作業を進めながら、金型をつくった人、それを使っている場面を想像している。途中で気になることにおつかることもある。しかし、リストの完成を優先し、当面これらは封印せざるを得ない。こんな中で型締め金型の姿が少し見えてきた。今回はこれを紹介する。

#### 金型構成

1枚型が原則なので、片側のみに意匠のある成形

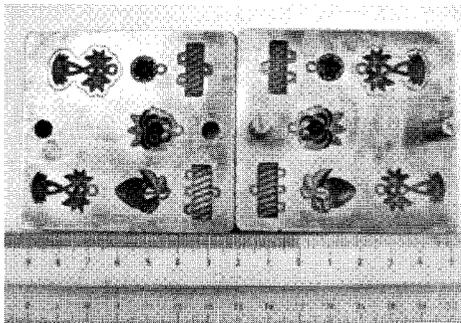


図1 2枚型の例

品しかできない。コレクションの金型に装身具が多いことを反映しているのかもしれない。

2枚型の例もわずかだがある。図1はその例だ。ガイドピンがあり、われわれが知っている金型に少し近い。この例は表裏を同じ意匠にしたものだ。ブローチ裏面の取付け部を同時に成形するようにしたものもある。

#### 大きさ、形状

1個取りで5cm角、厚さ15mm程度のものが多いが、多数個取りや長尺ものでは1辺が30cm程度のものもある(図2)。寸法はさまざまで、規格化された型材があらかじめ用意されていたとは思えない。起型ごとに切り出していたようだ。

形状は長方形が多い。一見正方形のようだが、各辺を計測してみると1~2mm違う。大きく面取りして八角形としか言いようのないもの、キャビティ形状に合わせて三角や六角形、あるいはもっと複雑な形状をしたものもある(図3)。

極端な場合は、間に合わせて流用するためと思われる切り取りがあるものもある。成形時、金型全体を加熱・冷却するので、金型質量は即成形サイクルに影響する。このため、成形現場には質量を減らそうとする意図が根強くあり、金型の余分な部分をむしろ積極的に切除していたように見受けられる。

#### 型厚

型サイズ、形状があまりにも多様で、型サイズを標準化、規格化しようという意図、指向が感じられない。それでは型厚はどうかと思い調べてみた。すると図4のように非常に広く分布している。これを見ると13mm台のものが圧倒的に多い。肉厚13

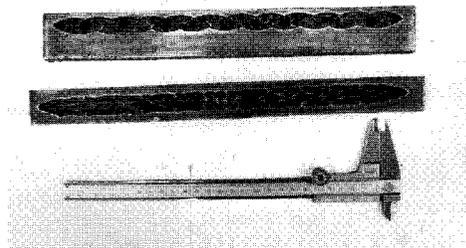


図2 長い金型の例

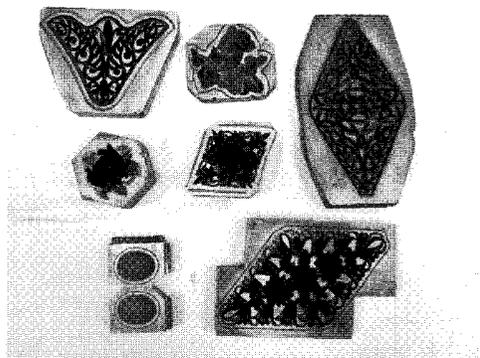


図3 さまざまな形の金型

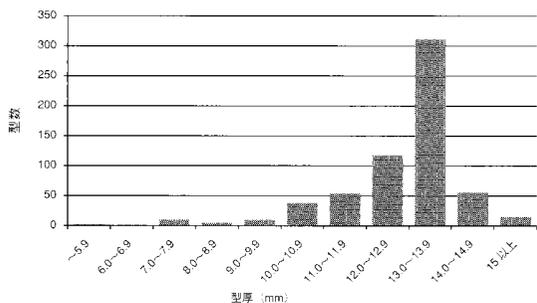


図4 圧搾金型の厚み分布-1

mm 前後の規格材を使っている可能性があると考え、13 mm 台のものだけの厚み分布をとった。

その結果を図5に示す。規格の厚板があり、これをベースにし、最適の厚さに調整しているのなら規格の厚さをピークとして左側(薄い方向)に傾斜したノコギリ歯状の分布を示すはずだ。グラフからはそのようなパターンは読み取れないので、所定厚みの規格材を活用してはいなかったように見受けられる。

このような状況から、型面サイズと同様に、キャビティの彫り深さに対応させて、型ごとに「必要最小厚さ」にしていたことが推定される。どうやって型材を調達していたのだろう。厚板から切り出していたには厚みが多様すぎる。まさか棒材から切り出していないと思うので、金型ごとに铸造していたのだろうか。

### 取り数

1個取りが圧倒的に多いが、2個取り以上のものも少なくない。いわゆるファミリー取りも多く見受けられ、自由に組み合わせて異なった形状の製品が彫られ、同時に成形されていたようだ。多数個取り

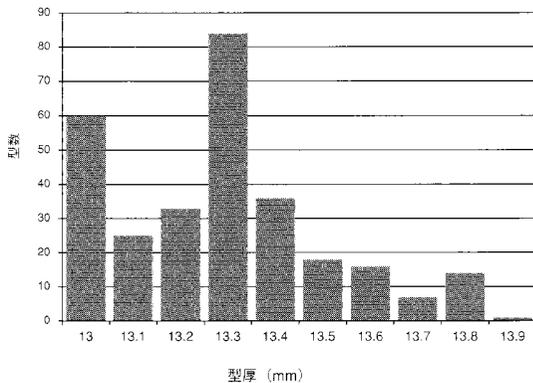


図5 圧搾金型の厚み分布-2 (13 mm 台のもの)

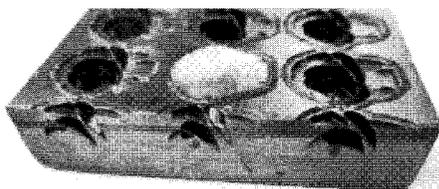


図6 断裁された金型

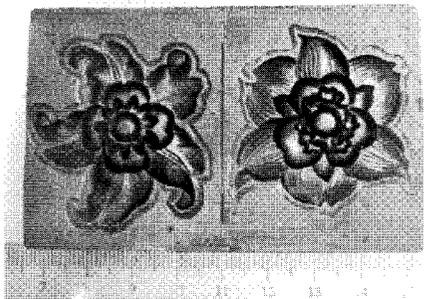


図7 つなぎ合わされた金型

の金型を断裁して取り数を減らしたり(図6)、1個取りの金型を溶着して多数個取りにしたものもある(図7)。取り数の多い例では60個取りが見つかっている。取り数は成形の都合で変えていたようだ。

☆

金型の外形を調べてみた。その結果、成形効率面から軽量化の意図が強かったことが読み取れる。反面、われわれが当たり前のように思っている「規格化」や「既成品活用」といった発想は乏しかったと言えそうだ。この点を留意しながらさらに調査・検討を深めていきたい。

# 「金型考古学」

## セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長

佐藤 功 Isao Sato

〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607

TEL(044)533-7890

### 第7回 圧搾金型のアンダーカット

圧搾金型を調べていて、大きなアンダーカットのある金型に気づいた。例えば、図1の金型はバラの花弁が金型のはるか奥まで入り込んでいる。こんな金型では、われわれが知っているプラスチックは

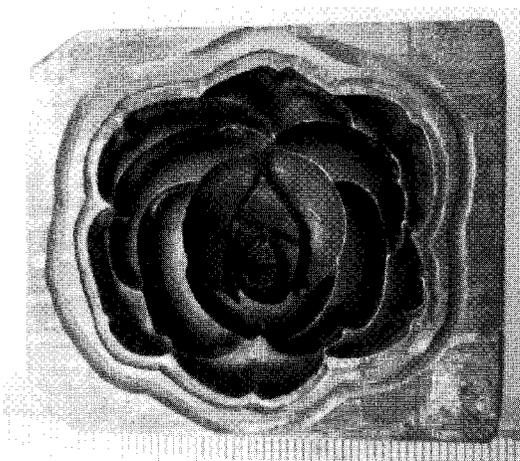
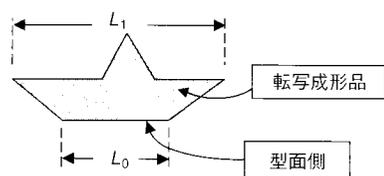


図1 圧搾金型の例（バラ）



$$(\text{アンダーカット率}) = |(L_0 - L_1) / L_0| \times 100(\%)$$

図2 アンダーカット率

成形できない。これはセルロイド成形の大きな特徴だと思われ、いろいろな角度から調べたいと思っている。その手始めとして、アンダーカットの程度を定量化し、現行プラスチックのレベルと比較してみた<sup>1)</sup>。

### アンダーカットの定義

アンダーカット成形の定量的な検討は少ない。そんな中で三谷<sup>2)</sup>は、円筒状成形品の内側突起の程度を「伸率」として定義し、材料の弾性伸び特性から限界を試算している。これを参考にし、「アンダーカット率」（アンダーカットの程度）を図2のように定義した。

三谷の伸率もここで言うアンダーカット率もアンダーカットが点対称であることを前提としており、図1のような非対称の金型は定量化が難しい。そこで当面は点対称の金型を調査対象にすることとし、図3の金型を試料に選んだ。

### 測定法

キャビティ各部の寸法を測定する必要があるが、アンダーカットの最奥部を精度よく測定することは簡単ではない。

ワックスをキャビティに流し込んで型検収をしたことを思い出し、転写すれば寸法測定ができること

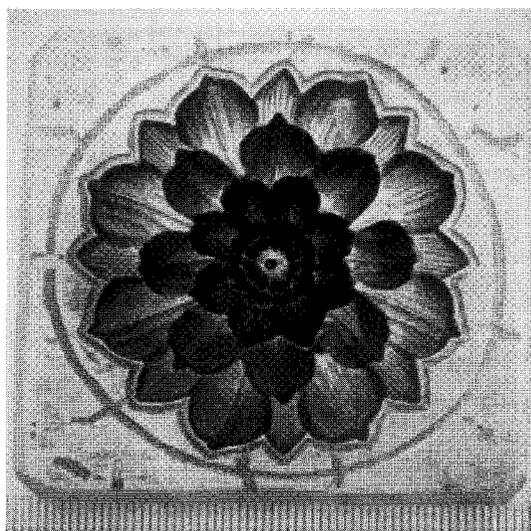
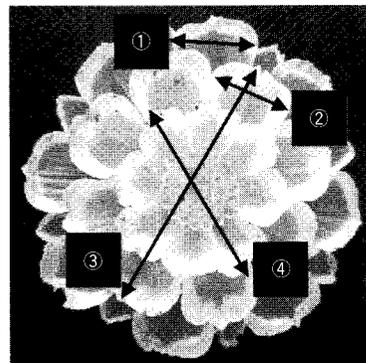


図3 測定に用いた金型



①外弁幅  
②中弁幅  
③中弁径  
④内弁径

図4 シリコン転写品と測定箇所

に気づいた。問題は転写材だ。ろう、石膏、粘土などでは離型時に壊れてしまう。エポキシなど硬質のものでは離型できない。プラスチックでも使えるものはなく、エラストマー系材料に注いだ。ホットメルト類は離型が難しかった。また、2液性のポリウレタンの多くは離型時に裂けてしまった。

このような試行錯誤を重ね、「型取りシリコン」にたどり着いた。試作時に注型ウレタンの型に使われるものだ。シリコンゴムは裂けやすいので、メーカーにお願いして特に引き裂き強度の高いものを選定してもらった。

試してみると、離型剤や脱泡に多少の工夫が必要だったが、転写が可能になった。懸念した収縮率も無視できるレベルだったので、図2の $L_1$ はシリコン側の寸法、 $L_0$ は型側の寸法を使うことにした。なお、シリコンは柔軟で、ノギスなど接触式の測定器具が使いにくいので、寸法測定は光学的に行った。

### 測定結果と結論

図4にシリコン転写品と測定箇所、表に測定結果を示す。参考までに、身近なプラスチック成形品で大きなアンダーカットをムリ抜き成形している、PET ボトルキャップの実測例も示しておいた。ボトルキャップはめねじになっており、三谷の伸率にあてはまる。なお、三谷がムリ抜き限界として算出した伸率は、軟質PVCを除けば3%以下だ。

以上の検討から、セルロイドではプラスチックでは考えられないような大きなアンダーカット率の成

表 測定結果

番号	測定箇所	アンダーカット率
①	外弁幅	31%
②	中弁幅	38%
③	中弁径	15%
④	内弁径	22%
PET ボトルキャップ		4%
硬質プラスチック*		<3%

\*三谷が伸率としてあげている値

形が行われていたことを明らかにできた。

### ☆

プラスチック射出成形ではアンダーカットはできるだけ避け、回避できないときはスライドコアが使われる。ムリ抜き挙動のような成形性は材料特性であると成形サイドでは受け止められている。これに合わせてアンダーカットにはスライドコアを使うのが当たり前になっており、材料改善の要求は聞かれない。スライドコアなしで図1、図3のような金型をつくることは想像を絶する世界だ。

最近、植物由来材料の研究が盛んになっている。大先輩のセルロイドが見直されるよい機会だ。これらの研究の中からムリ抜き成形が可能なメカニズムが判明し「ムリ抜きができるプラスチック」が開発されることを夢見ている。

### 参考文献

- 1) 成形加工'16、プラスチック成形加工学会 (2016)、p. 171
- 2) 三谷景造：射出成形金型、シグマ出版 (2005)、p. 147

# 「金型考古学」

## セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長

佐藤 功 Isao Sato

〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607  
TEL(044)533-7890

### 第8回 圧搾成形の実際

金型を見ながら、金型製作や成形の様子を想像している。腑に落ちないことも多い。今回は圧搾金型の状況観察から成形の様子を想像してみた。

#### 周 溝

図1に示すように、金型の多くは型面のキャビティの周囲に少し離れて浅い溝が彫られている。彫り方は技術が稚拙で金型ごと、キャビティごとに異なる。多くは幅2mm、深さ0.5mm程度だ。彫られていない金型、あるいは一部だけ彫られ、ループを形成していない金型もある。

多数個取りの金型はキャビティごとに彫ったり、全キャビティを開んだり、数キャビティまとめて囲んで彫ったりとさまざまだ。溝のない金型は損傷、

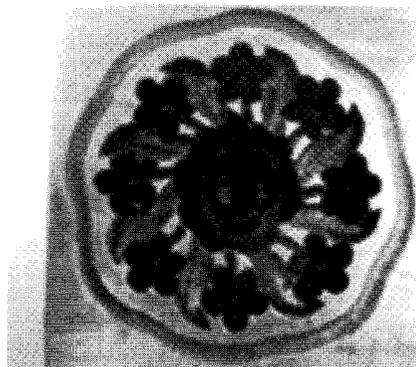


図1 周溝のある金型の例

汚れが少ないものが多いことから、金型ができたときは溝がなく、成形が開始されてから成形現場で何らかの改善のために彫られたものであることが想像できる。

今のところ、バリ対策として彫られたものと考えている。圧搾成形では、板や棒をキャビティ体積相当分の大きさに切り出して原料にしている。これを加熱軟化させてキャビティに投入する。切出し精度が高かったとは思えないので、多めに仕込んで余分をバリで逃がしていたことが推定される。バリが厚ければバリ取りに手間がかかり、成形品の厚みも増えてしまう。そこで、キャビティ周囲に溝を彫り、発生したバリを収納し成形品が厚くなるのを防いでいたのではなかろうか。

バリが完全に収納できなかつたとしても、図2のようにキャビティと溝の間はバリが薄くなり、モギリ（バリ取り）が容易になる効果も想像できる。

#### 型 側 面

図3のように、型周囲にはさまざまな加工が施されている。ピンが立っているもの、穴があいているもの、あるいはリブ [同図(a)、(b)] や針金 [同図(c)、(d)] が取り付けられているものもある。

リブは埋込みピンで取り付けられているものが多いので、垂直な穴やピンはリブが外れた状態ではないかと推定している。リブは2辺についているものや段差があるものもある。位置決めガイドとして使われたとも思われるが、湾曲したものや針金を差し込んだものは説明できない。取っ手のような役割

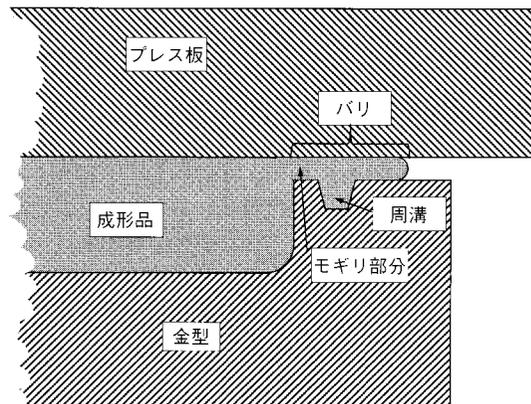
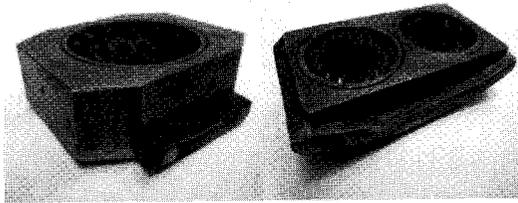
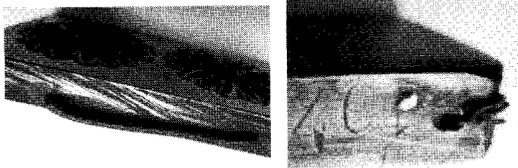


図2 周溝の役割（推定）



(a) 側部に取り付けられているリブ (b) 湾曲したリブ



(c) 側部に取り付けられた針金 (d) 斜め孔に結われた針金

図3 型側部についているリブ・針金など

をしていたのかもしれない。

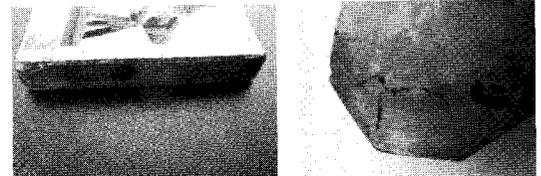
さらに、コーナーに45°の貫通孔や切込みのある金型がある。貫通孔には細い針金で結わえたもの[図3(d)]もあった。いずれも成形実態を知る手がかりになりそうなので、引き続き調べたい。

### 型 損 傷

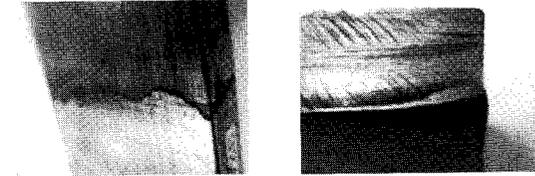
古い金型もあり、破損しているものも含まれている。この金型から使用状況が推定できないかと期待している。破損状況は図4に示すように、クラックと面ダレがある。いずれも過大な応力が加わった結果なので、成形時の異常操作につながるかもしれない。図4(a)では、クラックがキャビティ鋭角部を起点として型側面まで続いている。同図(b)では、クラックがキャビティを起点として金型裏側に続いている。いずれも原料ブロックの温度が低く、圧搾時に過大な応力がキャビティに加わって割れが発生したことが推定できる。

図4(c)は、多数個取り金型のキャビティ間に発生したクラックで、型全体に曲げ応力が加わって割れたように見える。何らかの型操作ミスが原因のように見受けられる。同図(d)は、金型の反キャビティ側頂部のダレ変形だ。ハンマーで強打を続けたときに発生するカエリのように見え、型取付け時などにこの種の操作があったことが推定できる。

出現頻度は図4(d)が最も多い。これは、成形への影響が小さいため、変形したまま使い続けられた



(a) キャビティから発生しているクラック (b) キャビティ裏のクラック



(c) キャビティ間のクラック (d) 型裏角に見られるダレ

図4 金型の損傷例

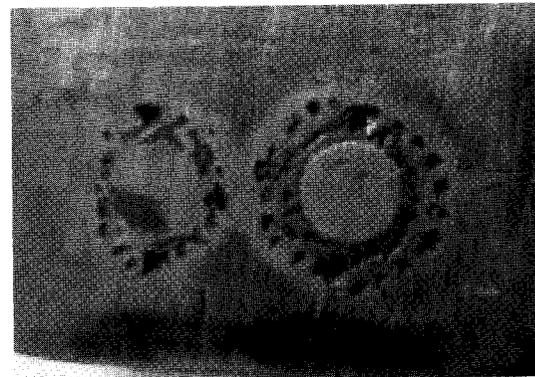


図5 ピンを打って補修した例（金型の裏側）

ためかもしれない。同図(a)~(c)は使用に耐えないので、廃棄または補修に回され、残っていない可能性もあり、数量からの判断は慎重にする必要がある。

### 補 修

補修したことがわかる金型は少ないが、不良個所に穿孔し、ピンを打ち、その部分を彫り直したと思われる例があったので、図5に示す。金型自体が小さいので、部分的な補修をするより、不都合の出た金型は鋳つぶしてつくり直す方法が主流になっていた可能性がある。

☆

金型から成形の様子を浮かび上がらせようとしたが、わからないことが多い。未調査の金型も多いので観察を続けていきたい。

# 「金型考古学」

## セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長

佐藤 功 Isao Sato

〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607  
TEL(044)533-7890

### 第9回 吹き込み金型の 肉盗み加工法

#### 肉盗みの意味

第3回で取り上げた「吹き込み成形」は、高温の金型に2枚のセルロイド板を挟み、板の間に空気を吹き込み、中空体を成形する。この成形法では図1に示すように、成形前に金型を高温の熱板上に置き、伝熱加熱によって所定の型温度にする。成形後の冷却工程では図2に示すように、加圧した

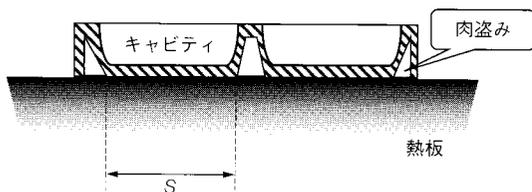


図1 吹き込み金型加熱の様子

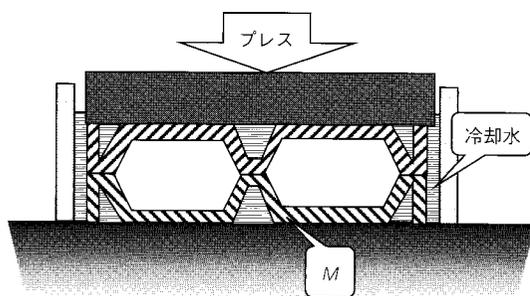


図2 吹き込み金型冷却の様子

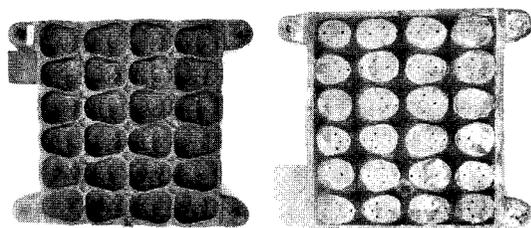
まま型全体を水中に浸漬する。金型は加熱冷却の効率から伝熱がよく、熱慣性が小さいことが望まれる。

加熱時の伝熱をよくするために、図1に示すように、金型の裏側（反キャビティ側）を平滑にし、その面積（図1の $S$ ）をできるだけ大きくしている。また、冷却を促進するためには質量（図2の $M$ ）をできるだけ小さくするため肉盗みがしてある。質量 $M$ を小さくしようとすると伝熱面積 $S$ が減るというジレンマがあり、どこでバランスさせているかは興味あるテーマだ。

#### 肉盗み加工法

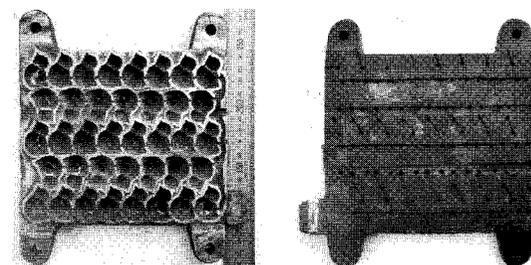
このような検討を進めていて、肉盗み加工法に2つの方法があることに気がついた。1つは図3のように铸造時に肉を盗んでおく場合と、図4のように平らに铸造しておき、肉盗みを切削加工する場合だ。そこで、この使い分けがどうなっているかを検討することにした。まず铸造、切削加工の特性から、

- ① 型厚の大きいものは铸造時に肉盗みを設けることができる
  - ② 取り数の多いものは肉盗みが微細になり、切削加工に向いている
- ことが想定できる。



(a) キャビティ側 (b) 裏側（加熱側）

図3 吹き込み金型（肉盗みを铸造で構成している例）



(a) キャビティ側（ひよこ40個取り） (b) 裏側（加熱側）

図4 肉盗みが切削加工されている例

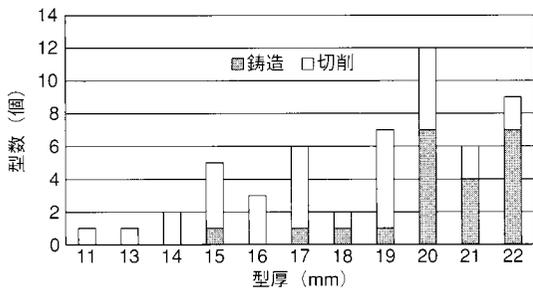


図5 型厚と肉盗み加工法

### 型厚による選定

これを確認するため、実際の金型を調べた。図5は金型の肉厚を測定し、各型がどのようにして肉盗みを構成しているかを調べたものだ。すると、型厚14mm以下は肉盗みがすべて切削加工だった。また図では省略しているが23mm以上はすべて铸造だった。型厚20mmを境にして铸造と切削加工が使い分けられている。

加工法の使い分けをより詳細に確認するため、薄いにもかかわらず铸造している場合、あるいは厚いのに切削加工している例を具体的な金型で調べてみた。

まず、型厚が17mmであるにもかかわらず、铸造による肉盗みが行われている金型を調べてみた。するとこの金型は型合わせ面が複雑な曲面になっており、最厚部は27mmあった。型厚はあらかじめ決めた基準に沿って記録しているため、このような金型の場合は型厚のみの記録では実態が反映できない。そもそも肉盗みは型厚の厚い部分が主な対象になるため、铸造時に肉盗みしたものと考えられる。

型合わせ面が曲面の場合は食切り部分の要求精度が高く、高度な铸造技術が求められる。このため、铸造時の肉盗みが可能になったといううがった見方もできる。

切削加工が一番厚い22mmのものは65個取りと極めて取り数が多く、キャビティ間隔が狭く、肉盗みがほとんどできない金型だった。

### 取り数の寄与

次に取り数と肉盗み加工法の関係を調べた。結果を図6に示す。型厚ほど明確な傾向はないが、多

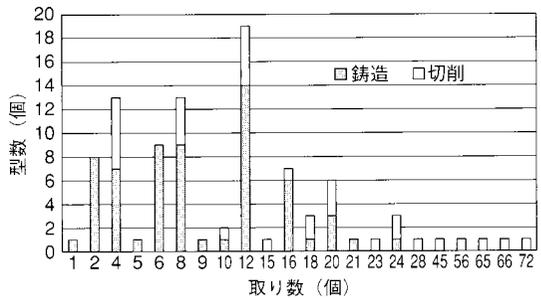
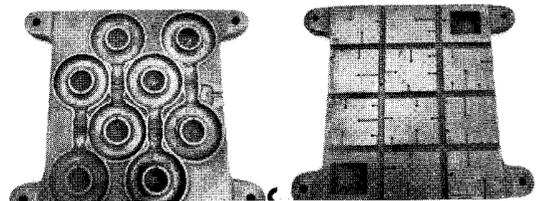


図6 取り数と肉盗み加工法



(a) キャビティ側 (b) 裏側(加熱側)

図7 ガラガラの金型例

数個取りになるほど切削加工が多くなる。28個以上ではすべて切削加工になった。取り数が少ない金型に铸造が多い。4個取りで切削加工の金型のうち、3型は玩具のガラガラ用だった。

この成形品は図7(a)に示すようにしゃもじ状ないしは8の字状をしており、うまく組み合わせると肉盗みが必要な部分は少ない。その結果、同図(b)のように空気の逃げ道確保だけでよく、切削加工で対処したものと推察される。逆に24個取りで肉盗みを铸造によって形成している金型は、図3に示しただるま用だった。奥行きが深いうえ、球面部分の肉盗みが铸造に適しているため、採用したものと解される。

☆

吹き込み金型は铸造され、铸型後切削加工で仕上げ。どこまでを铸造によってつくり、何を切削加工にゆだねるかは興味深い。今回は型裏側の肉盗み部に注目し、工程組立ての要因を考察した。その結果、型厚と取り数が大きな因子になっていることが明らかになった。

# 金型考古学

## セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長

佐藤 功 Isao Sato

〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607  
TEL(044)533-7890

### 第10回 圧搾金型に 残されている情報

#### 金型についている情報

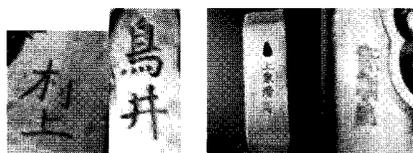
圧搾金型の約20%に文字、記号などの情報が彫り込まれている。最も多いのは数字だが、文字やマークもある。これらの多くは型側面に記されているが、型面の場合もある。少ないが型裏面に彫られている例もある。これらは製作された経緯や使われ方、あるいは収蔵されるまでの経緯などを知る手がかりになるはずだ。どんな情報があるかを紹介したい。

#### 文字

図1に例示するように、文字情報にはアルファベットと漢字がある。仮名の例は見当たらない。このうち漢字は人名と思われるものがある。金型の製



(a) アルファベット



(b) 漢字

(c) 鏡文字

図1 金型に彫られた文字情報の例

作者ないしは所有者、場合によっては顧客の可能性がある。今後は業界名簿など文献情報との照合を検討したい。

1例だけだが、型表面に鏡文字で彫られたものが見つかっている。キャビティ内の文字情報は成形品への転写を意図しているのが鏡文字になっているが、ここで扱う情報は転写を意識したものではない。すでにあった正字が鑄造により反転したことも考えられる。

アルファベットは金型の識別記号の可能性もあるが、金型メーカーなどを示す記号かもしれない。

#### マーク

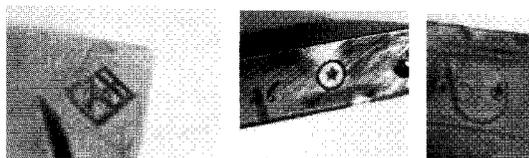
図2に例示するように、さまざまなマークが刻印されている。これも金型の製作者、モルダー、顧客などの可能性があるので、文献などとの照合を進めたい。

#### 数字

今までに調査した金型のうち、数字が彫られている金型が約200型ある。この概要を表1に示す。数字は1桁から5桁のものがある。彫り方はポンチで打ったものとタガネで彫ったものがある。また、頭に「No.」のついたものとないものがある。

1桁のものの中には同じ外形、意匠の金型で異なる番号の例がある。同種の金型が複数ある場合、管理や保全の必要上、それぞれに連続番号を打つことはよくある。常識的に見てこのような目的で打たれたもので、例えば製作順に付番したものと解せる。

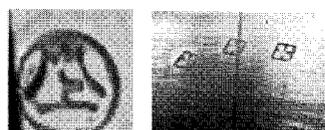
金型に刻印されている数字を桁ごとに集計すると



(菱にK)

(丸に星)

(分銅)



(山に上)

(花菱)

図2 金型に彫られたマークの例

表1 数字が彫られた金型

桁数	事例数	割合	重複組数*
1桁	15	7.4%	5
2桁	41	20.1%	8
3桁	27	13.2%	3
4桁	115	56.4%	20
5桁	6	2.9%	
合計	204		36

\*同じ番号の金型があった事例

表2 4桁の同番号をもつ金型の概要

同番号数	合計型数	意匠	
		同じ	異なる
2	16	8	8
3	4	2	2*

\*1個のみ別意匠と、3個とも別意匠がある

表1のようになった。約半数は4桁なのでこれを調べてみた。すると同じ番号の金型が何組か見つかった。これを集計すると表1「重複組数」欄のとおり36組あった。

重複が多い、4桁の数字のついた金型20組を個別に調べた。その結果、同じ番号が2個あるものが16組、3個あるものが4組あった(表2)。2個あるもののうち、8組つまり半分はキャビティが同意匠、残り半分は異なっていた。3個あったものの2組は3型とも同意匠、1組は2個が同意匠、1組は3個とも別意匠だった。図3の例のように、同番号、同意匠の中には単キャビティの金型も2個取りの金型も含まれていた。このことから、4桁の番号は製品(意匠)番号としても使われていた可能性が高い。

ただし、図4に例示したペアのように番号が同じでも別意匠の例もあるので、異なった系統の付番があることも事実だ。製品系列、生産ライン、あるいは時の変遷の中で付番体系が変化していったことが推察できる。

☆

今までは金型から、当時の金型製作技術や成形技術を明らかにすることに注力してきた。今回取り上げた文字、数字などの情報に注目すると、また違ったものが見えてくるような気がする。金型図面、あるいは生産指示、型保全、型管理などの生産業務に

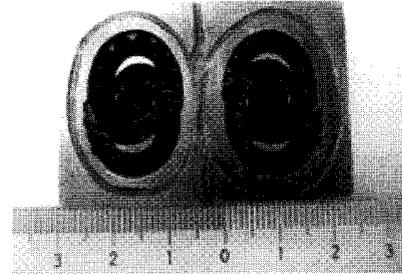
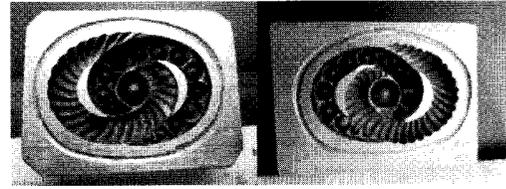


図3 同番号、同意匠の金型のキャビティの例  
(いずれにも1005の刻印がある)

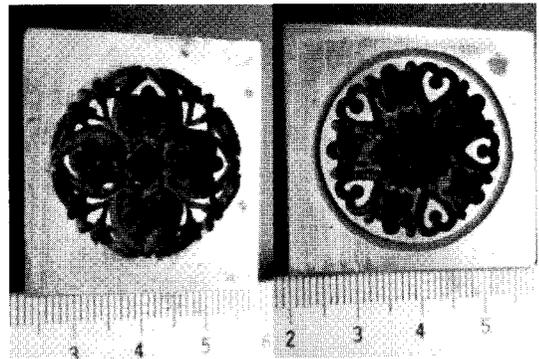


図4 同じ番号が刻印されていても意匠が異なる例  
(どちらも1126の刻印がある)

からんで金型が扱われるときは、金型に彫られた文字情報を頼りにしているはずだからだ。金型に彫られている情報は今まで注目してきた生産技術というよりも、生産管理レベルの姿を浮き上がらせることが期待できる。

文字情報の調査はやり方にも影響する。文字情報は現物と紙情報をつなぐ結節機能があるからだ。図面、生産に伴う諸帳票など、金型に関連した紙資料にも目を向ける必要が出てきた。これらがどこにどんな形で残っているかは見当がつかないが、探すことから始めなければならない。これまでの調査を振り返ると、見逃している情報があるのではないかと懸念も残る。情報を読み取る感度を高め、正確な記録を残す努力もしなければならない。