

新連載

# 「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 1 回 圧搾金型

#### セルロイド金型との出会い

石油系のプラスチックが登場する前に、フェノール樹脂やセルロイドが使われていたことはご存知だろう。そのセルロイドの世界的なコレクションが横浜にある<sup>1)</sup>。

数年前、見学する機会があった。セルロイド製品を見ながら、それらの製造工程や携わった人々の技を想像し、楽しい時間を過ごすことができた。

コレクションの中に多様な金型があることが特に印象に残った。これを調べたら現代の金型技術に至る諸先輩の創意や活躍の軌跡をたどることができるのではないかと感じた。

そこで、僭越ながら、お礼方々散逸防止と本格的な調査を期待するメールをした。すると「あなたが研究しませんか」と言う意外なお誘いが返ってきた。専門家でもないので躊躇したが、適当な人も思い浮かばず、とりあえず筆者が整理を始めることになった。

そんな経緯で、古い金型を調べながら往時の型づくりや成形の風景を想像している。本連載ではその中で発見したこと、気づいたことを披露させていただく。「温故知新」と言うが、筆者の「温故」があなたの「知新」になることを期待している。

#### 圧搾金型

セルロイドもわれわれが扱っているプラスチック同様、熱可塑性材料であり、この特性を利用してさまざまな成形が行われてきた。その中に図1に示すような、圧搾成形がある。今の言葉で言うと圧縮成形だ。

高温のセルロイド塊を予熱された型の上におき、プレスで押しつぶして成形する。成形が終わったら、加圧したまま冷却し、製品を得る。

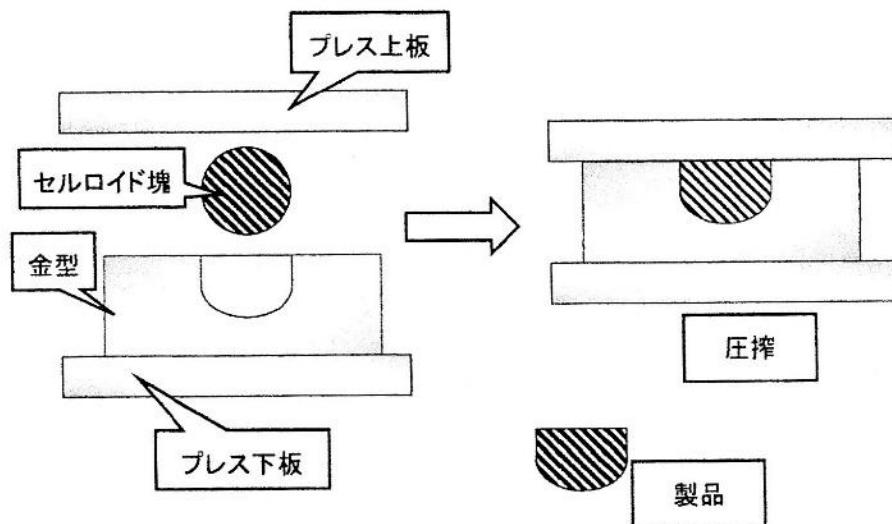


図1 圧搾成形法

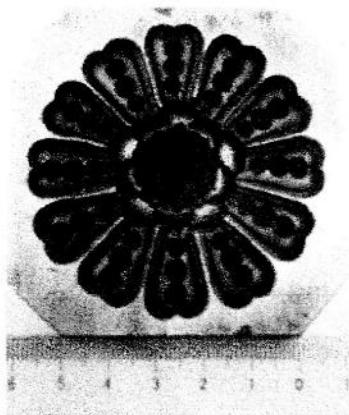


図2 圧搾金型の例

金型は図2のような数cm角程度の真ちゅう製で、片面だけの1枚型だ。どれも見事に彫刻されている。成形品は花が多く、ブローチや髪飾りに使われたものと推定される。この分野はセルロイドの伝統的な用途だ。

セルロイドは明治10年に日本に入ってきた<sup>2)</sup>。最初のサンプルは赤い色をした小片だったという。輸入商社はこのサンプルを持って、各界に何に使つたらよいか聞いて回ったという。

いろんな提案があったが、サンプルが赤かったことがイメージをつくり、最初の用途はかんざしにつけるサンゴ玉の代替だった。これがきっかけになって髪飾り、装飾品の分野での用途が少しずつ広がった。ブローチなど装飾品の金型が多いのは、このような当時の用途で多く使われた名残のようだ。

どの金型も精巧な彫りで、技能の高さが感じられる。装身具は金、銀、象牙、べっ甲などの微細細工が欠かせない。これらを手かけていた職人がセルロイド金型製作に参入したものと思われる<sup>3)</sup>。

型の中にはケガキ跡のある型や、製作途中の型が残されている。図3は製作途中の型だが、フライスで下加工した後、手彫りで仕上げている。作業がキャビティごとに進んでおり、分業でなく、一人で仕上げまで担当していることがうかがえる。図4、図5<sup>3)</sup>に博物館に展示されていた当時のタガネと、作業の様子の写真を示しておく。

型材料には真ちゅうが使われている。草創期には

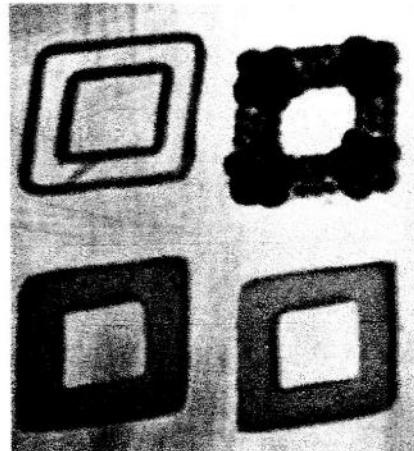


図3 製作過程がわかる型

髪飾りなどをつくっていた彫金師がセルロイド金型に参入したため、彼らにとって使い慣れた材料が選ばれた名残ではないかと思っている。

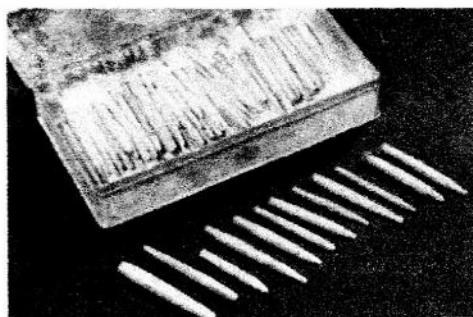


図4 型製作に使われたタガネ



図5 型製作の様子

#### <参考文献>

- 1) セルロイドハウスHP:<http://www.celluloidhouse.com/>
- 2) 岩井薫生ら:我が国セルロイド 工業の軌跡、産業考古学研究、2015、No.2、p.1
- 3) 髪飾区郷土と天文の博物館編集・発行:平成28年特別展「セルロイドの町かつしか」展示解説書(2016)

連載

# 「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 川崎市幸区吉市場1756-2-607  
TEL(044)533-7890

### 第2回 型締め金型

セルロイドと言うと、昭和世代の方は図1のような筆箱、石鹼箱、あるいは洗面器など、日用品をなつかしく思い出されるのではないかだろうか。いずれも鮮やかに着色されたり、複雑な模様がついていた。これはあらかじめ着色や模様づけされているシートを塑性変形させてつくられていた。今のプラスチック成形だと真空成形に近い成形法だ。

この製法は型締め成形法と言われ、図2に示すように、凹凸型を開く金型が使われた。開いた金型の間に加熱して柔らかくしたセルロイド板を挟んで、

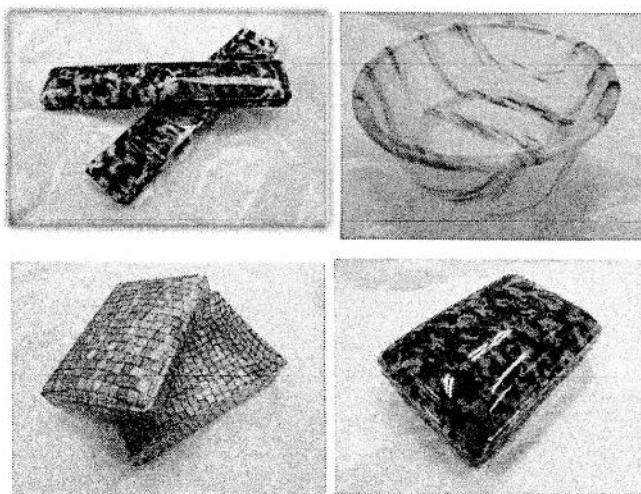


図1 型締め成形品の例

金型を閉じる。凹凸型のどちらを上にするかはそのときの状況で決められていたようだ。

通常、メス型にはしわ押さえがあり、オス型には離型板（ストリッパプレート）を備えていた。しわ押さえはメス型にセルロイド板を固定するもので、成形時に板が動いてしわ発生の原因になるのを防ぐ。ストリッパプレートは成形後、成形品をメス型から離す役割をしている。この成形法は金属板の絞り加工に相当し、板を予熱する以外はほぼ同じ働きをする。

具体例として図3に示した筆箱蓋の金型を紹介したい。この金型ではオス型が下になっている。また、ストリッパプレートがしわ押さえを兼ねている。金型が開いた状態でストリッパプレートが移動し、オス型より上にくるため（図4）、金型を閉じるとメス型とストリッパプレートがセルロイド板を押さえる仕掛けになっている。この状態でオス型が上がりてきて、板と接触し成形が始まる。

成形後、金型が開いてしばらくすると、ストリッパプレートが上がり、離型する。ほとんどの場合、金型は銅製で、機械加工されている。表面仕上げは特に高度な研磨やめっきが施されているようには見えない。洗面器のような大きな金型ではヒータがついているものがあり、温度調節を行う場合もあったようだ。

成形品は図5に示すように、ミミがついており、トリミングする必要がある。そのための治具がミミ切り治具（図6）だ。メス型に成形品がすっぽり入り、ミミの部分が出ている。成形品をオス型で押さえ、水平に動く刃物が治具を通り、ミミを切り取る。治具は木製で、表面に砲金板が張ってある。これは刃を傷つけないことと、刃との間でせん断力を働かせる工夫だろう。オス型の裏の2つの丸穴は指掛け用だ。

セルロイド版は材料メーカーから供給された。これはベレット供給が原則になっているプラスチックと大きく異なる。着色はもちろん、多様な模様の板が材料メーカーで用意さ

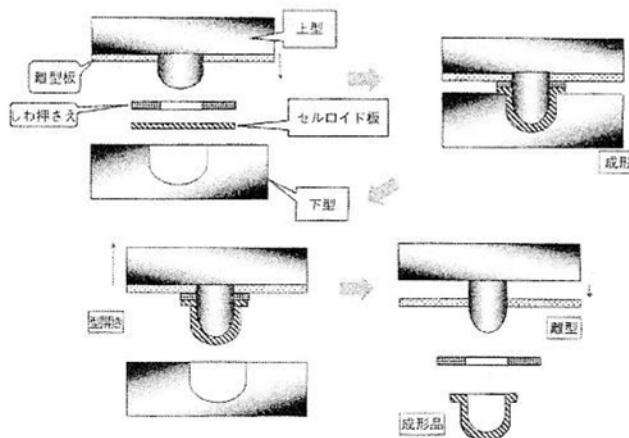
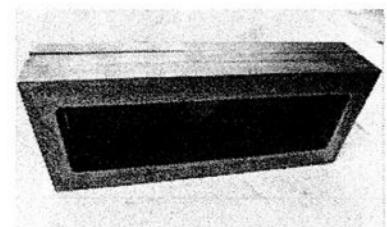


図2 型締め成形法



オス型



メス型

図3 型締め金型

れていたと言うから、今の材料メーカーに比べ、デザイン指向が強かった。

材料メーカーではカレンダー成形で厚い板をつくりおき、所望の厚さにスライスしていた。プラスチックではこの方法で薄いシートをつくっている例は少ない。巨大なカンナがあり、カンナくずを商品にしていたわけだ。このため、セルロイド板は切削ひずみが残っており、成形前にアルコールにつけて、ひずみをとることが行われていた。

模様板物誕生の経緯も面白い。当初、工場から出

荷される板は単色だった。当時、セルロイドは高価だったため、加工工場からミミを集めてきて、再生する業者が現われた。切断くずに可塑剤などを添加して高温でプレスすればシートができる。再生当初は色ごとに区分していたが、管理が大変なので、さまざまな色のものを混ぜて再生することが始まった。出来上がった板は偶発的なモザイク模様になっている。当初は色指定のない用途でしか使われなかつたが、模様がかえって面白いと人気が出てきた。このため、新材料でもわざわざさまざまな色の細片を加圧して、模様をつけて出荷するようになってきた。模様は同じものがない。この点が今も評価されており、今でもセルロイド製の万年筆やめがね枠が高価で売られている。

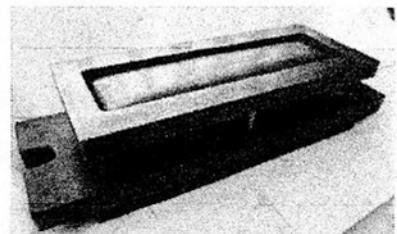


図4 ストリッパープレートが上がった状態

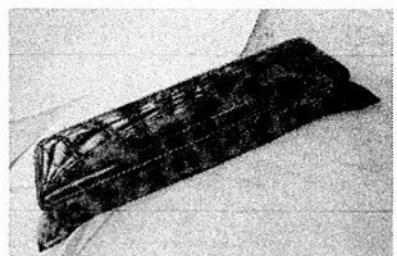


図5 ミミのついている成形品

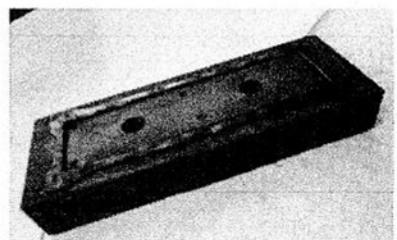


図6 ミミ切り治具

連載

# 「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 Iseo Sato

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

### 第3回 吹き込み金型

セルロイド玩具の象徴、キューピーはどうやってつくるのだろう。後に登場した軟質塩化ビニル製のキューピーはブロー成形でつくられた。しかし、セルロイドの時代にはブロー成形はなかった。前回、セルロイドは原料が板で供給されることを述べた。この板をうまく使ってキューピーのような中空体をつくる。

#### 成形法

この成形法を吹き込み成形といい、概要を図1に示す。キャビティが彫られている一对の金型（図

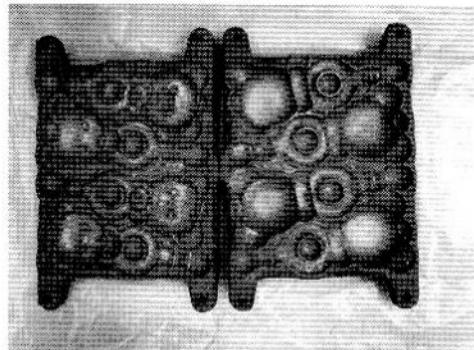


図2 吹き込み金型

2）を加熱しておき、セルロイド板2枚を挟んで型を開じる。この状態で板の間に蒸気や空気を吹き込み、板を型内側に押し付ける。セルロイド板が型内側に密着した状態で冷却し、図3のようなセルロイド板の間が中空になった成形品を得る。

この後、ミミの部分を切り取り、加飾、組立てが行われ製品となる。図4に加飾前の成形品と、最終製品の例を示した。セルロイド原料のニトロセルロースは塗料や接着剤としても使用されるほどなので、加飾性は優れている。

2枚の板は融着している。金型を見ると型を開じたとき、成形品周間に幅約3mmが相互に接触するようになっている。つまり、2枚のセルロイド板を挟んで高温部が強く押し付けられる。フィルムなどのヒートシールと同様の操作を行っていることになる。

吹き込み成形を見せていただいたことがある\*。金型の予熱は型を高温鉄板の上に置き、伝熱加熱する。温度が上昇したら、キャビティに離型剤として石鹼水を塗る。このときの泡立ち状態で型温度が推定できるそうだ。

成形時の蒸気や空気の吹き込みは細管を金型の差込口に挿入して行う。多数個取りの場合は、空気は食切り部にあらかじめ設けてある切れ目を通して、隣のキャビティへ次々と流れていく。伝わる順序は型ごとに違う。何らかのルールがあるのかもしれない

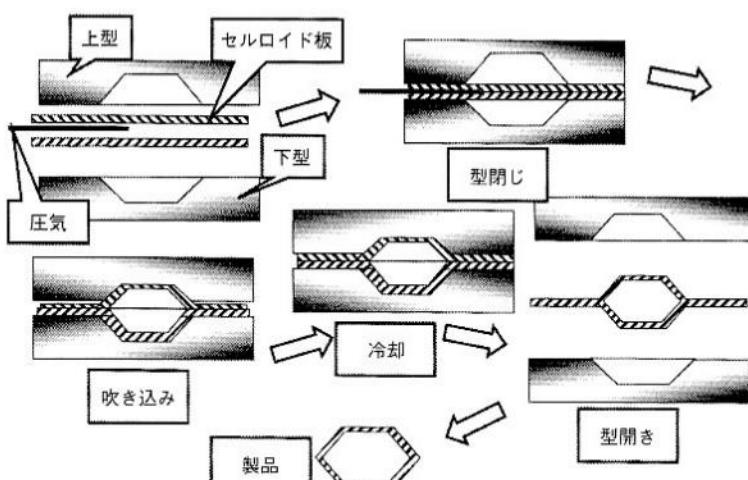


図1 吹き込み成形法の概要

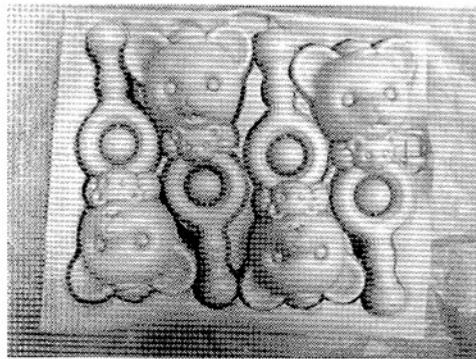


図3 吹き込み成形品（成形直後）

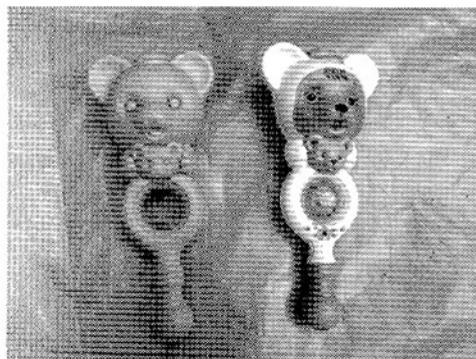


図4 バリをとった成形品と最終製品の例

ない。

吹き込みが終わると加圧したまま型全体を水没させる（図5）。少し荒っぽいやり方だが、冷却速度は極めて速い。

### 吹き込み金型

キャビティには空気抜きのための多数の細孔が型裏に向けてあけられている。どのくらいの孔をどこに設けるかは重要なノウハウだと思われる。

金型は真鍮製で、鋳造されている。クレイモデルから石膏で何度も転写されてつくられる。取り数は数種のものが多い。また、キャビティごとに異なるものを成形する、いわゆるファミリー成形はごく当たり前に行われている。成形時の圧力がそんなに高くないこと、高温の鉄板や水に直接触れることなどから、銅合金が選ばれたものと推定される。

金型の裏は図6のようにキャビティに相当する部分は平滑に仕上げられており、加熱時の熱伝導性に考慮されていることがわかる。この部分の細い溝



図5 吹き込み成形の様子（注水して冷却する）

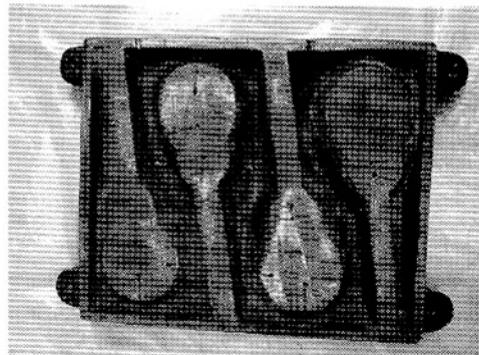


図6 金型の裏側

はキャビティからの空気抜き孔につながっている。

成形ごとに金型全体を加熱したり冷却したりするため、極力熱慣性が小さいことが望ましいので、キャビティ間隔はできるだけ狭くし、不要な部分は肉盛みがされている。

☆

吹き込み成形の応用範囲は広い。キューピーを代表とする人形、福袋、熊手などの縁起物の飾り、薬の容器などが成形されていた。調べていくと、高速加熱冷却や型内溶着の萌芽を感じられる。さらに調べていけば新しい技術開発のヒントが出てくるのではないかと期待している。

\*YouTubeで成形の様子を見ることができる。  
(<https://www.youtube.com/watch?v=I12nIyY-JeI>)

連載

# 「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

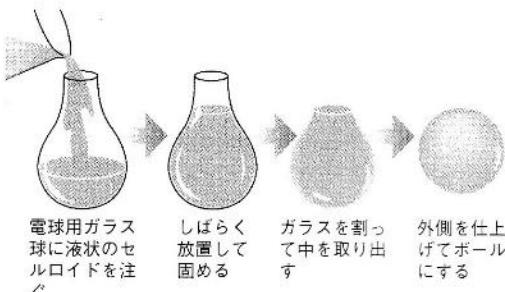
〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607  
TEL(044)533-7890

### 第4回 最初の型はガラスだった

#### 市民階層の誕生とセルロイド

第1回<sup>1)</sup>で紹介したように、日本初のセルロイド製品は「赤サンゴ様」のかんざし飾りだった。今回はこの時代背景を探ってみる。

明治に入り、新しく誕生した新興市民層は大名やお公家さんの生活様式を取り入れるようになる。サンゴ玉も大名の奥方が買い求めるくらいなら天然物でまかなえるが、急増した新興層の需要には追いつけない。そこに新しく登場したセルロイドが代替の役割を果たした。以来、日本ではセルロイドは身用品など身近な商品の開発が進んだ。このため、セルロイドは多様な形状の実現、美しい外観へのこだわりが強い。同時期に登場したフェノール樹脂が電気絶縁材料として評価され、電気・通信分野、場合に



(出典：ナツメ社、図解雑学プラスチック、p.15)

図 ビリヤードボール製造法

よっては軍需品から実用化が始まったため、性能指向が強いのと好対照だ。

セルロイド誕生前のアメリカ社会も似たような状況だった。南北戦争が終わり、平和になるとビリヤードが人気となり、ヨーロッパでもっぱら王侯貴族の遊びだったので、本物の象牙で事足りていた。ところが、西部劇に出てくるようなホテルや酒場にもビリヤード台が設置され始めると、深刻な象牙不足に陥った。そこで、アメリカのビリヤード球メーカーで、象牙に代わる材料の探索が始まった。これには懸賞金がつくほどだった。

#### セルロイド誕生物語<sup>2)</sup>

象牙に代わる材料としてセルロイドが提案された。セルロイドの主成分はニトロセルローズだ。これは木綿やパルプの主成分であるセルロースと硝酸を反応させてつくる。ニトロセルローズを有機溶剤に溶かした液はコロジオンと言われ、塗料、接着剤、医療用品などに占くから使われていた。

セルロイドの提案者、ハイアットは印刷業を営んでおり、コロジオンを使っていた。ある朝、出勤すると溶液の瓶が倒れ、机の上にこぼれていた。こぼれた液は溶剤が蒸発して固まっていた。これを見て、彼はビリヤード球になるのではないかとひらめいた。

その後実験を繰り返し、ビリヤード球をつくることに成功した。そのとき使われた金型がなんと白熱電球のバルブ（外側のガラス部分）だったそうだ。コロジオンを電球バルブに注ぎ、溶剤を蒸発させて固めた。つまり注型成形だ。当時は割型もスライドコアもなかったから、固まったらガラスを割って成形品を取り出した。これを象牙同様に切削加工してビリヤード球に仕上げた（図）。

ビリヤード球にとどまらず、その後ハイアットはさまざまなセルロイド製品を開発した。その過程で樟脑を可塑剤に使うことや、着色法、各種成形法を開発した。今われわれが使っているプラスチック加工法の多くは彼が開発したものだ。これがセルロイド産業へつながり、現在のプラスチック産業に引き継がれている。セルロイド生産から始まった化学会社のいくつかは今も世界各地で活躍している。ま

た、ガラス製だった写真乾板がセルロイドフィルムになったことにより、写真産業が急拡大した。その先には映画フィルムの誕生があり、ハリウッドの興隆があり、現在のメディア産業につながる。

このような功績が認められ、アメリカでは彼のことを「プラスチックの祖父」と呼んでいる。

ここまで書いて時代関係が気になり、調べてみるとハイアットのセルロイド発明は1868年（セルロイドは明治元年生まれということになる）だ。これに対しエジソンの白熱電球発明は1879年、電灯事業に乗り出したのは翌年1880年となっている。するとハイアットが実験をしていたときに、電球はまだ量産されていなかったことになる。もっとも1860年には白熱電球の原型は完成していたので、バルブを手に入れることができたのだろう。うがった見方をすれば、ハイアットは白熱電球の改良にも興味をもっており、身近なガラス職人に「バルブ様金型」をつくらせたのかもしれない。

### ハイアットとの出会い<sup>④</sup>

われわれの世代は海外技術、特にアメリカ技術に強い憧れをもっており、アメリカのプラスチック展（NPE）を何回か調査した。1997年訪問時「アメリカプラスチック博物館（National Plastics Museum）」のブースを見つけた。Nationalと名乗っているので国立かと思ったら、実際には個人的に設立されたものを業界が応援して運営されていた。当時は気づかなかつたが寄付金集めのための出展だったようだ。

NPE終了後も気になって博物館の調査を続けた。ボストン郊外にあることはわかったが、空路も鉄道もない。何とか高速バスを利用する旅程を組み、NPE2000開催時に訪問が実現した。

博物館は廃校になった小学校で、入場券売りとミュージアムショップの切り盛りをしている中年女性と老館長の2人しかいなかった。見学者は近所の子供が2、3人いただけだったので、日本からの訪問は歓迎され、館長自ら案内していただいた。展示は最新の風力発電のブレードとか埋め込み型人工心臓といった離陸前の技術以外はほとんどがセルロイドの展示だった。私が知りたかった、プラスチックの歴史、特に技術開発史の知見は得られず、途中が

抜けているという印象を受けた。館長は熱心で、見学を終えても私を放さず、館長室で日本語資料の英訳をやらされた。

ここで多くのセルロイド製品に触れ、主人公ハイアットのセルロイド誕生物語を聞き、日本の諸先輩の活躍を知ることができた。これが今後の調査の伏線になっている。

先ほど述べたエジソン電球の登場とハイアットの実験との関係をプラスチック博物館に行って教えてもらいたいところだが、同博物館は2008年に閉館してしまった。アメリカのプラスチック業界も余裕がなくなり、博物館を支えることができなくなったのだと聞いている。なお、展示物などは、バーモント州のシラキュース大学に引き継がれている<sup>⑤</sup>。

もうひとつ気になるのは、「祖父」と言われている点だ。「プラスチックの父」を探してみるとフェノール樹脂の商品名ペークライトに名を残す、ペークランドだった。ペークランドが「父」になったのは「合成」へのこだわりのようだ。セルロイドは天然高分子であるセルローズを加工して「熱可塑性」にした。このためセルロイドは合成樹脂とは言わず、半合成樹脂と言われることがある<sup>⑥</sup>。一方、フェノール樹脂は低分子であるフェノールとホルマリンを化学反応で「高分子」化する。

このため、工業的に高分子化するフェノール樹脂をプラスチック産業の発祥と捉えたのだろう。一方、多様な用途や加工法を開発してきたセルロイドはその先駆けと位置づけられ、「祖父」、「父」という表現になったようだ。

### 参考文献

- 1) 佐藤功：型技術、Vol.33、No.1 (2018)、p.78
- 2) 佐藤功：図解雑学プラスチック、ナツメ社 (2001)、p.12
- 3) 佐藤功：プラスチック成形技術、Vol.18、No.8 (2001)、p.65
- 4) セルロイドサロン、No.162  
(<http://www.celluloidhouse.com/salon162.pdf>)
- 5) Plastics Technology、Vol.63、Jul (2017)、p.6
- 6) 佐藤功：新装版 初めてのプラスチック、森北出版 (2011)、p.1

連載

# 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5回 セルロイドから プラスチックへ

#### 世代交代

セルロイドはプラスチックの勃興によって衰退した。セルロイド加工業者にとってプラスチックは黒船、ニクソン・ショックに匹敵する衝撃だったに違いない。彼らは時代の流れに無策で流されていたわけではない。必死に対応していた様子が金型から読み取ることができる。

セルロイド産業の分水嶺は1937年に起きたデパート火災だった。セルロイド玩具の可燃性が問題になり、デパートで扱わなくなってしまった。さらにアメリカがセルロイド玩具輸入規制に動き出した。そこで登場したのが酢酸セルローズ（以下、アセテート）だ。

原料はセルロイドと同様にセルロースだが、セルロイドが硝酸を反応させているのに対し、アセテートは酢酸を反応させる。これが「難燃性セルロイド」と称して売り出され、玩具など家庭用品は代替されていった。

#### 射出成形へ

アセテートはセルロイドの加工法が適用できる一方、射出成形や押出成形など、現在われわれが使用している新しい成形法にも適応している。当初、圧搾成形は射出成形に慣れていないこともあって負けにならなかったが、徐々に射出成形の優位性が理解されるようになってきた。すると圧搾成形をしていたモルダーも射出成形への移行を模索するようになった。

図1はそんな時期にできた金型のようだ。この金型は圧搾金型を射出成形機用の型板（キャビティ板）に取り付け（図2）、多数のピンゲートを有するゲート板（図3）、一文字状の材料流路溝のあるランナー板（図4）が重ねられている。キャビティ板は圧搾成形で別個に使われていた2種類（蝶とカニ）の金型を使って12個取りにしている。もちろん1種類の金型を使った例の方が多い。型厚は蝶の方が14mm、カニの方が12mmなので、カニの方にスペーサーを挟んで、型面を合わせている。

ゲート板は厚さ3mmの真ちゅう板で、キャビティに対応してランナー側φ4、ゲート側φ2のテーパー孔があいており、各キャビティに溶融材料が充填され、成形品固化後、型を開けばキャビティ側で

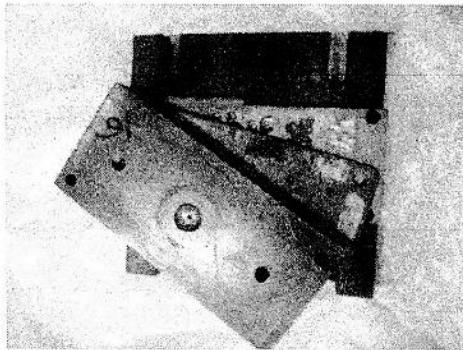


図1 射出成形用金型（ピンゲート）  
(各型板をずらして撮影)

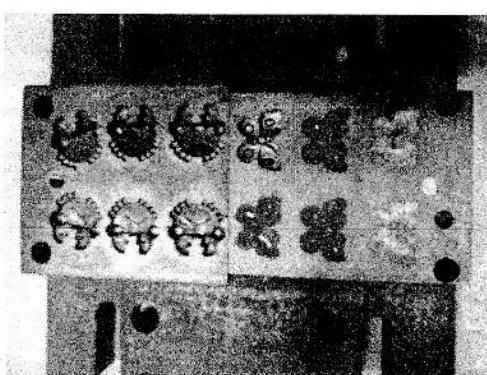


図2 キャビティ板

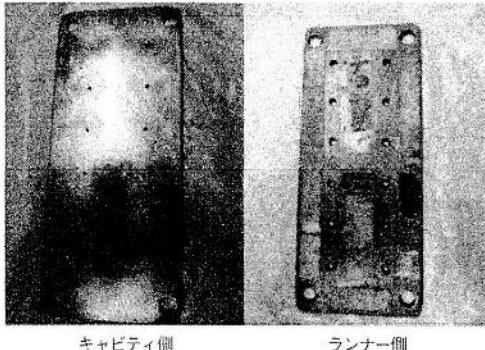


図3 ゲート板

ゲートが切れるようになっている。

ランナー板も真ちゅう製で、肉厚は12 mmある。中央にノズル側φ2、ランナー側φ4のスプルーアリ、ノズルタッチの球面に削ってある。ランナーはR 2.5の半円形になっている。

これを成形機に取り付ければ溶融材料はランナー板で分配され、ピンゲートから各キャビティに流入する。この段階では冷却管も突出し機構もない。図ではわからないが、型板には突出しロッド用の孔があるので、突出しを知らなかったわけではない。冷却は圧縮プレスの構成から想像すると、型取付け板に冷却機構を設けてあるから、別個冷却用の板が使われていたと思われる。

ゲート板の裏に多数の紙が貼られている(図3)。バリが出たとき、応急的に紙を挟んで型閉じ時の金型面での当たりを調整した名残だろう。ただし、この貼り方ではキャビティのバリ対策にはなるが、ランナーのバリはむしろ増えてしまう。

サイドゲートも試みられた。これは既存の圧搾金型にスプルーアランナー、ゲートを彫り込むことによって行われた。その例を図5に示す。こちらも冷却管、突出し機構のないものが多い。

今回取り上げた金型はどちらも成形品が残っている少ない例だ。今後はこの成形品も合わせて検討を進めていきたい。

☆

石油化学・プラスチック材料が導入されるとき、加工技術もパッケージで入ってきたとしか認識して

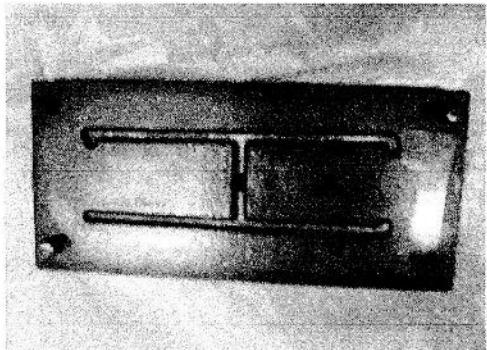


図4 ランナー板(スプルーの裏にノズルタッチ面がある。図1参照)

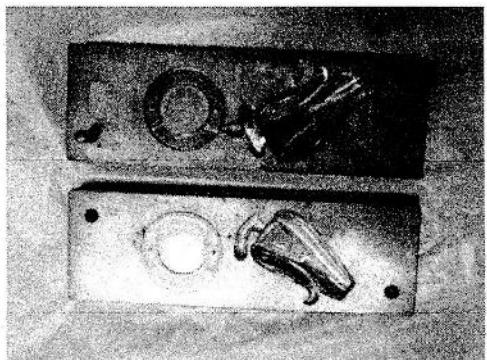


図5 サイドゲート型

いなかったが、それだけではなかったようだ。セルロイドの経験の延長線上にプラスチックの成形を位置づけた人たちがいたのを知ることができた。セルロイドの経験を活かそうとした人々の努力がプラスチック産業のテクオフに大きく貢献したことは間違いない。

— ■ —