



2012 JAPAN  
DIE CASTING  
CONGRESS

## アルミダイカスト製品の JIS の機械強度表示を目指す スーパーダイカスト法の開発と実用例

株式会社ダイレクト 21  
株式会社ケーヒン  
株式会社ケーヒン  
東京大学

○岩本 典裕  
半田 孝助  
加藤 俊  
山口 雅裕

### Development and Application of the Super-Die-Casting, in an effort to have aluminum die castings strength listed on JIS

Direct21 Corporation	○Norihiro Iwamoto
Keihin Corporation	Kousuke Handa
Keihin Corporation	Takashi Katoh
The University of Tokyo	Masahiro Yamaguchi

#### Abstract :

More than 95% of die castings in Japan are manufactured from aluminum alloys, using cold-chamber processes. However, their rejection percentages are usually about 10 times higher compared with machining or plastics injection molding. We have developed the Super-Die-Casting system, which is intended to increase and stabilize the strength of aluminum die castings, and in future to standardize the strength of aluminum die castings on the list of JIS. We have focused our efforts on how to a) shorten cavity-filling times (replacement of gas with molten metal); b) monitor melt and gas flow inside the die; and c) control the gas-exhausting valve with a microcomputer. We believe that the Super-Die-Casting system can be established as a Japanese original die-casting technology. Basic concepts with several case studies are presented in the paper.

#### 1. 緒言

日本のダイカスト製品は95%以上がアルミ合金であり、コールドチャンバー方式で生産されているが、その不良品率は機械加工やプラスチック射出成型品に比べると約10倍（一桁上）以上高い。

現有方式で不良率を大幅に低減させ、将来 JIS にその機械強度表示を目指すスーパーダイカスト法を開発した。これは溶湯の短時間充填とガスとの置換に着目し、金型内の情報を計測しガス圧が基準以下になるようにマイコンで制御するもので、日本独自のダイカスト製造技術の確立が出来ると考え、実用例を含め発表する。

#### 2. ダイカストの品質

##### 2-1 JIS 強度認定化の難しさ

コールドチャンバーダイカスト法はマシンと溶解保持炉とが分離されているため保守性に優れ、さまざまな金属やプラスチックなども成形できる高い生産性を有する半面、これで生産されるアルミダイカスト製品は現在 JIS の基準強さである機械的性質の引張試験（引張強さ・伸び）衝撃値・硬さの数値表示がない。ホットチャンパーで铸造される亜鉛合金ダイカストやマグネシウム合金ダイカストの数値は明示されている。この理由は図1の ASTM 試験片のコールドチャンパーダイカスト引張強さのバラツキをみれば分かり易い。

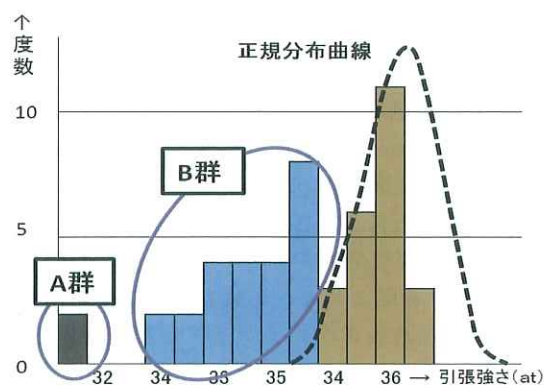


図1 コールドチャンパーダイカスト引張強さのバラツキ

本来なら材料強度からみて点線のような正規分布の範囲内に収まるものが様々な要因で A 群や B 群のような強度の弱い集団が存在してしまう。A 群はゲートに破断チル層や酸化皮膜などの介在物が引っ掛かって塞がれ溶湯補給欠落現象としてよく知られており B 群は様々な要因が考えられ、充填不良や排出されるべきガスや離型材・冷却水の水蒸気などが悪影響を及ぼしている。この結果、正規分布の中央値である安全裕度が出せず、設計上の安全率や許容応力の算出が出来ない、即ち 設計上アルミダイカスト製品の採用見送りとなっているケースが多々あると思われる。

2-2 ダイカスト生産現場の苦悩

㈱ケーヒンは自動車・二輪部品の総合メーカーでダイカスト工場は国内3カ所、海外12カ所を有する。海外グループ会社を含め約17,000名が勤務してしておりユニット部品を一貫生産している。製造現場では各ユニットの完成度向上・不良率低減を目標に生産をしているが、ダイカストの不良率が他の製造プロセスと比べ極端に大きい。図2はあるユニットに於ける不良率を部品別に比較したもので顕著な事例を示す。また不良率発生バラツキ（突発不良）においてもダイカストは大きく不良対策の歯止めが難しく、これが原価アップの要因を作っており現場の苦悩が絶えない。

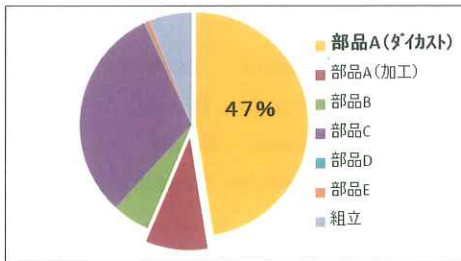


図2 あるユニットにおける部品別仕損費比較

3. ダイカストの良品率改善活動

現状の良品率向上と技術の共有化を目的に国内3工場の主任クラスを中心にダイカスト実践教育を実施した。各工場から不良率で問題になっている製品を1型ずつ抽出してもらい、先ず現状把握として計測を実施した。この結果、実質充填時間（製品の肉厚を基準としたF.C. Bennettの計算値×2が目標）がどれも casting 理論上の約2倍かかっており、これを目的充填時間に入れるべくP-Q<sup>2</sup>線図に従いゲート・エアークラウド・チップ断面積などの金型改造及び射出速度、昇圧時間、高速切替位置などの casting 条件を変更し効果を確認した。短時間充填の達成目標として

- ゲートから先は製品以外のボリュームを減らす。  
(二次充填を発生させない OFや真空の廃止)
- P-Q<sup>2</sup>線図よりマシン能力に対し最適溶湯流量が確保されるようチップとゲート案を見直す。
- エアークラウドを最大限確保し型内ガス圧を抑える。当然ながら生産金型を改造するので、結果が好ましくない場合を想定し元へ戻す対策や在来マシンで射出に減速機能が付いていないマシンではチップ径をサイズアップし同じ速度でも充填時間を短くする改造などで労力と時間を要した。この結果3型中2型で良品率の大幅改善が見られたが1型は効果がなかった。この金型は従来真空ダイカスト法で casting しているものを本主旨に沿ってチルベントの大気開放に変更したものである。ダイカストマシンの射出速度波形から算出した充填時間が従来の半分になっているにも関わらず良品率が向上しない原因を探るべく、開発中の金型ダイレクトセンサーを金型に入れ計測をする事になり、これがきっかけとなり大きな展開となった。

4. 金型ダイレクトセンサーの開発

4-1 開発の背景

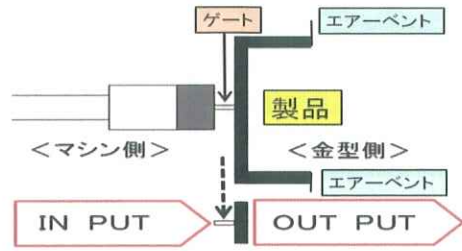


図3 金型側情報計測の必要性

溶湯を基準に casting 工程を考えてみると、スリーブに注湯された溶湯は温度低下しながらダイカストマシンの射出により高圧・高速でゲート先に casting 込まれる。これをインプットとし、ゲート先は即製品で急冷しながらエアークラウドまで充填・加圧し凝固される。この工程をアウトプットとした場合、インプットの品質データは現在生産現場で管理されている様々なものがあるが、一方アウトプットの品質データは、金型内の標準的管理項目が存在していないのが現状である。金型温度・冷却水・真空圧力などは金型を管理するいわば間接データであってアウトプットの品質データではない。そこで今まではインプット側の品質データをアウトプット側も同じであると仮定して管理している。確かにゲート断面積にもよるが射出インパクトした瞬間までの速度と casting 圧力は近似している。しかし、この時間以降はゲートが凝固することで推測の領域となる。特にキャビティ内ガス圧が計測出来れば巻き込み巣も直接管理出来るしメタル圧力の降下具合が分かれば具体的な引け巣対策もしやすくなる筈である。また図1のA群のように介在物がゲートに引っ掛かって塞がれていれば溶湯圧は所定の圧力まで上昇せず、B群においても残留ガスや離型材残り・冷却液れの水蒸気などはキャビティ内ガス圧として検知が可能である。そこで3つのデータが同時計測し標準化出来る（どの金型にも取付可能）複合センサーを開発する事にした。

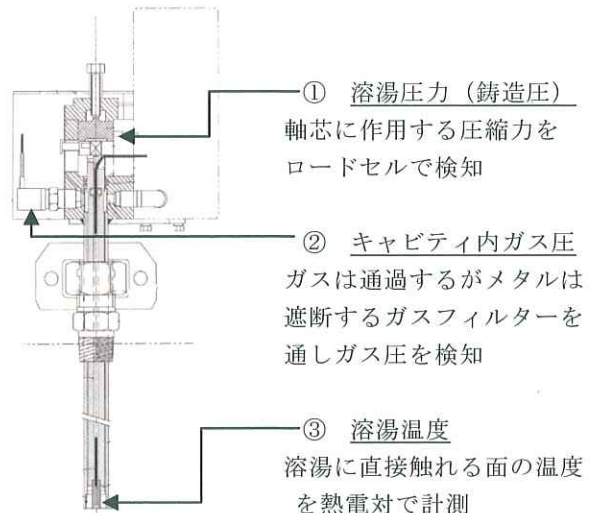


図4 金型ダイレクトセンサー

4-2 センサーの克服すべき課題 その1

金型ダイレクトセンサーは図4の構成で1本のピンを金型の表面に挿入する事で3つの情報を得ようとしている。ピン径は1.6φであるが取り付け場所の確保が難しい。製品にはよく加工座が設けられているが、これは機械加工の基準となり型方案の実績がある。将来的には品質を確保する検出座として型方案の実績を得たいが現状は認められていない。また取り出し方向も製品の形状で制約を受ける。そこでオーバーフローのような専用検出座を設ける事で図5のθを任意に取れるようになった。但しこの検出座は出来る限りボリュームを小さくし、ここに入るゲート厚さは製品肉厚以上を条件とした。



図5 取出方向



図6 センサー検出座

4-3 センサーの克服すべき課題 その2

金型内のガスは通すが金属は通さないフィルターについては、豊田中研が押しピンに多孔質セラミックスを使用して金型内のガス圧を計測した事例があり、1ショットだけの計測として故中村先生らが1988年に発表している。今回、開発にあたりファインセラミックスを中心とした技術革新が進んでいるので、その成果に期待し、またエアージェットの降下圧を計測しフィルターの状態を毎ショット管理するバックアップ制御を前提でスタートを切った。先ずセラミックスメーカー4社に試作依頼をかけたテストスタンド図7とアルミ溶湯浸漬テスト図8を実施した。



図7 テストスタンド



図8 アルミ溶湯浸漬テスト

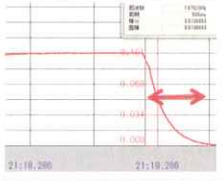
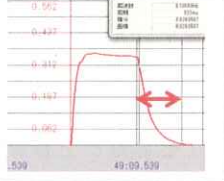
	A社	C社
セラミックス	多孔質アルミナ	多孔質チタン酸アルミニウム
素材名	AZPW-40	Al2TiO5
		
残圧降下時間	0.51秒	0.32秒

図9 フィルター通気性テスト結果

図9のテストスタンドによる結果、比較的通気率が高く耐熱性に優れているアルミナ系とチタン酸アルミニウム系の多孔質セラミックスに絞り铸造テストをした。この結果アルミナ系は最初の30ショットまでは計測が出来たが次第に圧力損出が増え、分解すると白色だった素材が黒く変色し図10のように細かく砕けていた。これは熱衝撃によるもので一定の高熱での耐熱性はあっても熱衝撃に耐えられない事が分かった。そこで熱衝撃性に強いチタン酸アルミニウム系のセラミックスでテストをした。するとこれは表面が柔らかく組付け時に破損しやすく実際の铸造ではショット毎に溶湯で少しずつ浸食され、図11のようになり铸造すると窪みがアンダーカットになって金型に取られてしまう。この結果を踏まえメーカー2社に結果を伝え対策を繰り返しテストするが一向に改善しない事態に追いやられた。



図10 アルミナ系の結果



図11 チタン酸アルミニウム系

4-4 金属フィルターとエアージェット制御の融合

铸造工場が操業しない週末に定期的に評価テストを実施していたが、その日の明け方、ブレークスルーとなるアイデアが出た。多孔質セラミックスに固守するのではなく今までのようなエアージェットの延長線でギャップを狭く安定して保てる構造で金属製のフィルターは出来ないのか。バームクーヘンとエアージェットだ！成形において金属フィルターは単独ではすぐに役に立たなくなる。なぜなら、金型には離型材や冷却水を吹きかけるので毛細管現象で目詰を起してしまうからである。そこで材料は金型材料であるSKD61を使い、エアージェットで溝の清掃と冷却を兼ねたらどうだろうということでも早々試作品を加工し図7のテストスタンドで確認した。

この結果圧力降下時間は1/5に、また圧力損出も殆ど無い金属ガスフィルターが完成した。図12に示す。


軸径φ21	
種類	金属ガスフィルター
素材名	SKD61
	
残圧降下時間	0.06秒

図12 金属ガスフィルターの通気テスト結果

## 4-5 金型ダイレクトセンサーの計測結果

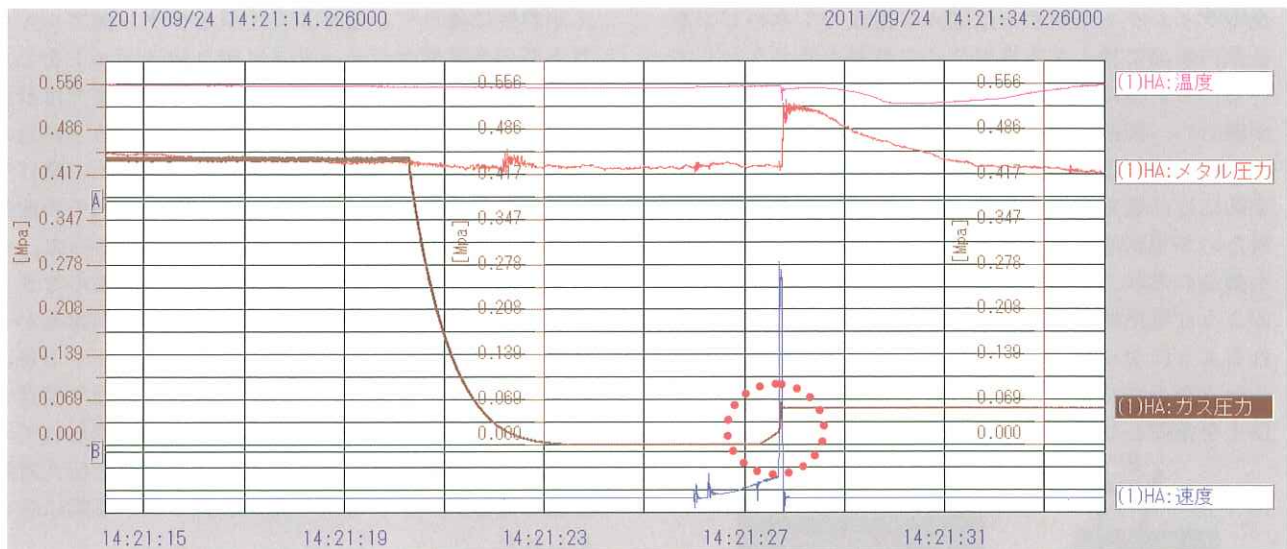


図 1 3 射出速度波形と金型ダイレクトセンサー出力

図 1 3 は金型ダイレクトセンサーによる最初の計測データで、それぞれ溶湯圧力（ casting pressure）、キャビティ内圧力、溶湯温度を取り込むことが出来た。その後溶湯圧力・溶湯温度は構造を見直し計測データの信頼性を上げた。キャビティ内ガス圧検知用フィルターはこの時点ではアルミナ系の多孔質セラミックスを使用している。青色が射出速度波形、これに対し茶色はガス圧センサーの出力で縦軸単位もガス圧である。左側から降下しているのはフィルターのエアージョットを切った後の残圧降下カーブである。この降下カーブでフィルターの目詰りや健全性を管理する。ガス圧は注湯口を塞いだ辺りから上昇し出し高速のショットエンドでピークに達する。この値は計測上 0.07 MPa であった。本金型では検出ピンの取付位置がスペースの関係で製品の中央部であった事、多孔質セラミックスは圧力損出がある事を考慮すると、このガスが充填完了間際には更に断熱圧縮されて高圧化し、これが背圧となって射出充填・昇圧効果に対し悪影響を及ぼすと考えられる。これが今回の 3 型中 1 型が短時間充填化しても良品率が上がらなかった原因だと判断した。

## 5. 良品率向上への制御

図 1 の A 群、B 群の不良を金型ダイレクトセンサーで判別させ後工程に不良品を流さない仕組みが完成したとしても、不良製品は生産され、ダイカスト生産現場の目的である原価低減には大きく貢献出来ない。そこでこの金型内計測技術を応用して良品率向上に貢献できる制御システムを新たに開発しようという事になった。即ちショットエンドでの金型内ガス圧による断熱圧縮されたガスや背圧の影響を無くすために、この値を一定値以下に保ち、本来の必要充填時間以内にキャビティに鑄込む事で高品質なダイカスト製品を安定して確保しようとするものである。次なる課題として、

- 1) このガス圧を真空など使わずにどうしたら上昇させずショットエンドまで持っていけるか？
- 2) 短時間充填化を優先させるため製品以外の二次充填になるものを極力抑えるにはどうすべきか？
- 3) 充填時間を直接計測する方法は無いのか？

ここでポイントになったのは製品キャビティを基準に【入口溶湯検出センサー】と【出口溶湯検出センサー】の必要性であった。

コールドチャンバーダイカストは給湯装置で溶湯をすくい、スリーブに流し込む。この時約 ± 2% の給湯量のバラツキが発生し高速区間やピケット厚さのバラツキとなる。ゲート近くに入口溶湯検出センサーを設けることで、給湯のバラツキに作用されない制御が出来る。また図 1 3 の波形では速度波形が基準になっているが、充填時間を波形から自動的に数値化する事は難しく誤差も多い。理由としては高速射出中どこで充填抵抗が上がるか(溶湯のゲート到達ポイント)また、二次充填の見極めなどがあるためである。そこで入口側と出口側に溶湯検出センサーを設け、この時間を管理するとともに入口で溶湯到達を検出してから出口検出センサーが ON した時点で大気開放のシャットバルブが確実に閉じる制御を考案した。

そこで溶湯検知によるシャット方式で実績のあるリョービ(株)に開発の主旨を説明し協力の申し入れをしたところ、RSV や溶湯検知センサーその他治具一式を貸与してもらえ今回のテストが実現した。

RSV は RYOBI SHUT VALVE の略称でリョービグループが全面採用している真空ダイカスト法である。バルブ近くの溶湯検知センサーで溶湯到達を検知しバルブをシャットさせる方式である。

図 1 4 に構成図を示す。特に RSV のシャット時間を速くする工夫が随所にあり信頼性が高い。今回マイコンから指令を出しバルブの閉限信号が出る実測動作時

間は 5 m S e c と安定していた。

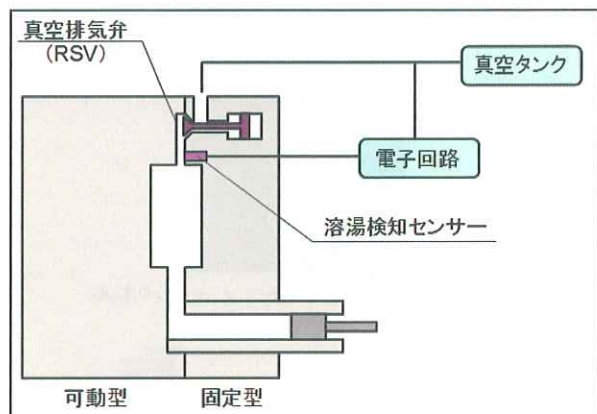


図14 RSVのシステム構成図

### 6. 金型ダイレクト制御システム1

#### 6-1 システム構成

図15に本システムの構成図を示す。

図14に比べると入口部検知センサーが追加されているが、アウトプット側計測データを主体にするためマシンとの接続はシンプルな構成となる。

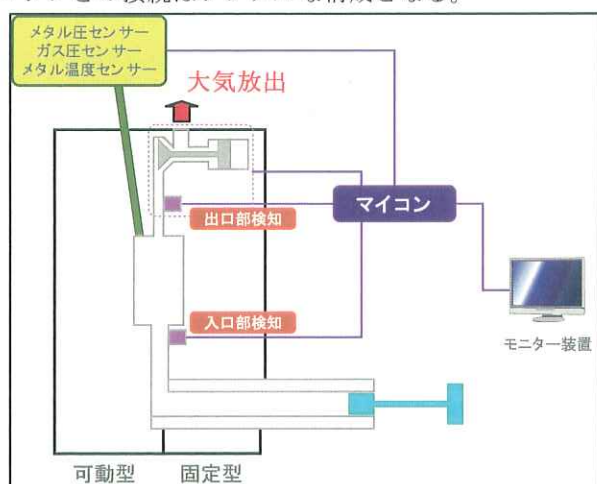


図15 金型ダイレクト制御システム1構成図

先にも述べたがダイカストはアウトプット側で製品を作っているためアウトプット側の計測管理が重要になる。そこで専用の計測モニターも同時開発した。システムの安全性を考慮し計測・制御は全てマイコン側に集約し、マイコンよりイーサネットにて計測値・制御値をモニター装置に送る事で高速処理も同時に実現した。将来無線LANによる遠隔・集中管理も期待出来る、またオフラインではモニター装置のパソコンによりマイコンの制御変数データの書き込みやグラフィック画面からのバルブ動作・エアージェット操作も可能にしている。モニター装置は金型内情報を品質データとして管理するとともに、大気開放バルブの制御データも取り込む事が出来るようにした。このデータを定量的に射出条件に反映する事で品質の向上を目指す。

### 6-2 制御方法

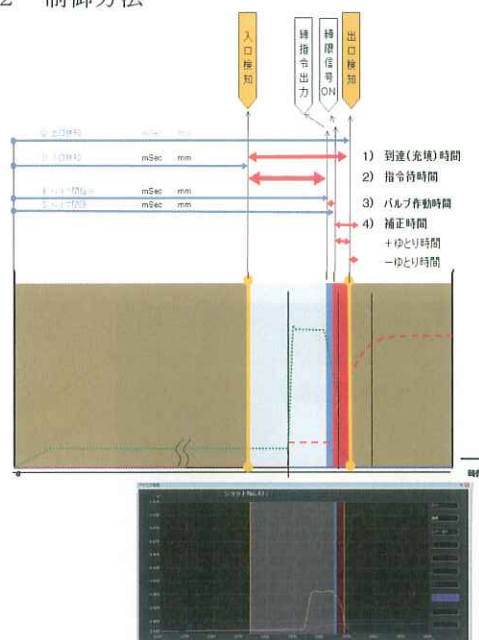


図16 金型ダイレクト制御システム1の制御方法

制御方法は入口側センサーが溶湯検知した時点で指令待ち時間が働き、そして出口側センサーが検知するタイミングでRSVバルブの閉め限信号が入るように常にフィードバックさせるもので、バルブの動作時間は型締した直後に予行動作を複数回先行し事前に計測し、次ショット動作時間に反映させておく。こうする事でバラツキが少なければバルブの動作時間が遅くても確実に出口側センサーが検出した時点でバルブを閉じる制御が可能となった。

また、専用モニター装置では入口・出口センサーの入力タイミングにカーソルを入れ、背景色を指令時間・バルブ動作時間が何処でどの位かかっているかといった事が見られるよう可視化する工夫をした。図16また補正制御が確実に実施されているか(+)ゆとり時間、(-)ゆとり時間はそれぞれ別の配色と目で見える制御も実現した。

#### 6-3 金型ダイレクト制御システム1 鑄造テスト

鑄造テストの金型を図17に示す

- 金型ダイレクトセンサー
- 1/2 “喰込継手と特殊管支えで金型に取付る
- 水色チューブはフィルター保護用エアブロー配管

#### RSV

大気放出だがガス管は溶湯が噴出した時の安全性を考慮し下側に向けている



図17 ダイレクトセンサーとRSVの取付

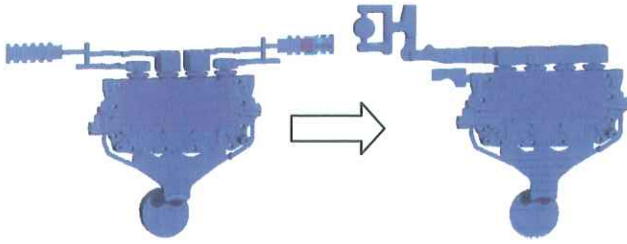


図18 ガス抜き方案 チルベント⇒RSV



図20 モニター装置とグラフィックパネル

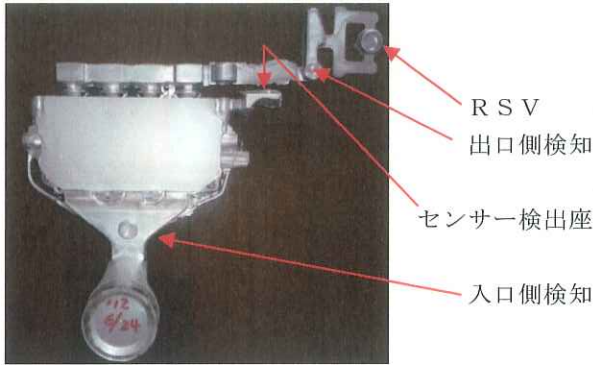


図19 金型センサー方案

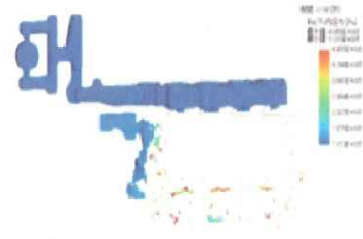


図21 CAEによるガス圧解析

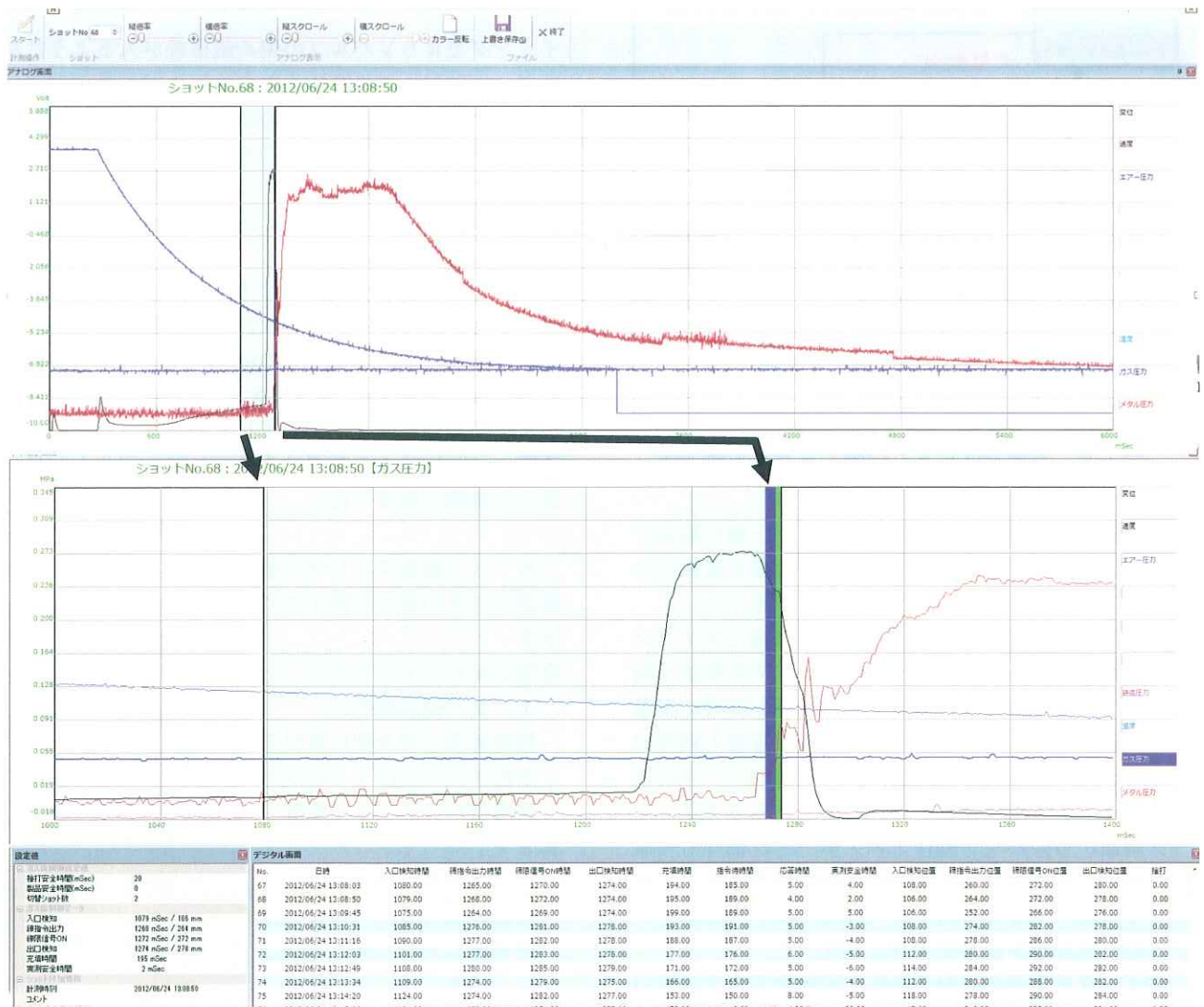


図22 モニタリング データ

図18はガス抜き方案の従来形状と本テストでの形状を示す。廃型を流用した関係でRSV用ランナーのボリュームが増え今後は改善の必要性がある。

図19は金型に埋め込んだセンサーの配置を示す。

図20はモニタリング装置（試作）でマイコン、モニター装置、グラフィックパネル、エアー機器が内蔵されダイカストマシン本体と接続している。

#### 6-4 実铸造テスト結果

図22に計測した代表的なモニタリングデータを示す。上の波形は計測全体を、下の波形は入口側溶湯センサーが検知してからの大気開放バルブの制御の様子を示す。上の波形で青の波形はガス圧を示し、左上から降下しているカーブは、約5秒前のエアーパージを切ったからの圧力降下カーブ（フィルター目詰チェック）データでラップし表示させている。即ち青色は同一センサー出力である。

射出ショットエンドで図13のようにキャビティ内ガス圧が上昇していない。これはバルブが充填完了し射出速度が減速開始しだしてバルブが閉じているため、製品へガスの巻込みは少ないことが分かる。図21のCAEによるガス圧解析の結果と一致した。

下の波形は溶湯入口側と出口側の信号を黒の縦カーソルで表し背景色の水色は入口側が検知してから大気開放バルブが作動するまでの待ち時間を示す。青部がバルブ作動指令を出してからバルブに内蔵された閉限位置信号が入るまでの時間、黄緑部が（+）ゆとり時間を経過後、出口側検知の様子を見る事が出来る。

また、そのマイコンからの制御信号が下覧のデジタル画面で確認が出来る。本ショットの制御では黄緑色の実測安全時間が+2msecあったので次ショットは待ち時間が+2msecされ常に出口側検知とバルブ閉限信号のタイミングが一致する制御を行っている。こうして大気開放バルブをmsecオーダーで制御する事が可能となった。即ち、閉め限スイッチ付電磁式シャットバルブで動作時間のバラツキが少ないDCソレノイドであれば制御が可能となる。大気開放のメリットは、高速切替位置をダイカストの基本であるゲート高速に出来る事や溶湯先引き現象などの不安定要因がなく、また真空に関する様々な保守管理の必要性が無い事からダイカストの基本構成だと思われる。不良率の結果は、廃型を流用した関係でRSV用ランナーのボリュームが増え二次充填現象はあったが、背圧の発生が殆ど無くなり半減する事が出来た。

### 7. 金型ダイレクト制御システム2

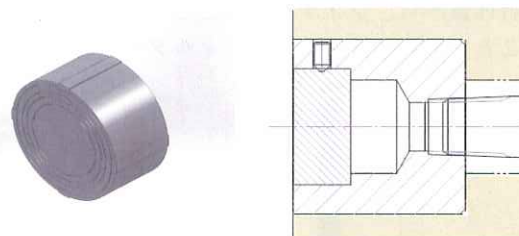
#### 7-1 システム構成

ショットエンドでのガス圧をある値以下に抑え短時間充填の効果を引き出す事がダイカストの良品化に繋がるのであればもっとコンパクトにシステム構成が出来ないか？大型の金型はキャビティ容積も大きいので大

口径の大気開放バルブが必要だが、中・小型の汎用金型ではバルブ取り付けスペースの確保も難しいのでシンプル化は出来ないだろうか？

今回の金型ダイレクトセンサーのガス圧検知用フィルターで開発した金属ガスフィルターを金型に直接埋め込んではどうだろうかという提案が出た。

先に紹介したバームクーヘンの色の濃い所が図23でガス通過部に4カ所にガイドがありギャップが一定に保たれるようにしてある。



23 金属ガスフィルター外形図とユニット

ガス欠陥の多い場所や袋小路部、CAEによるガス圧解析結果などからガス圧が高くなると思われる部位に図23のようなフィルターユニットを金型表面より加工し打ち込む、そしてエアー配管を接続する。

図24にその構成を示す。マシンの固定・可動プレートに設けた箱には4連のソレノイドバルブとガス圧センサーがあり、そこから金属ガスフィルターに接続する。ガス抜き及びエアーパージと目詰り検知が可能で、特にフィルター清掃モードに切り換えると増圧された高圧ガスタンクにて個別にフィルターをクリーニングする機能を有し、手動でも調整とガス抜き時間の確認が出来るようにした。ガス圧検知モードに切り替えると各部位の铸造時のガス圧も計測が可能となる。またガス抜きポートに真空タンクを接続すると強制排気（真空ダイカスト）も可能となる。こうして機械的な動作のない、末端のガス圧を抜くシステムが完成した。

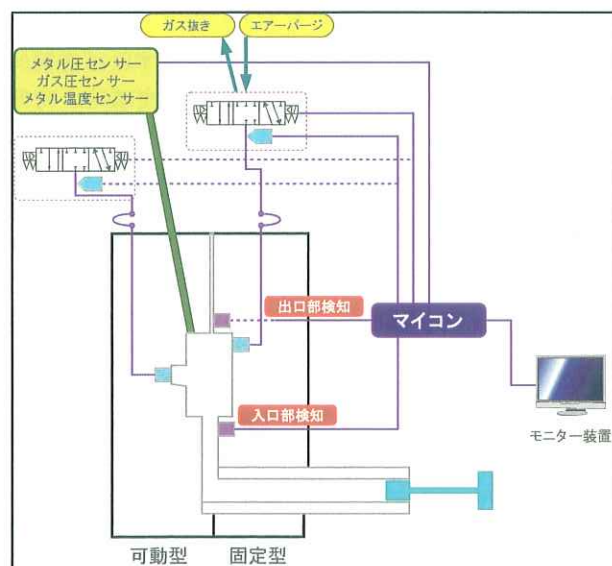


図24 金型ダイレクト制御システム2構成図

7-2 金属ガスフィルターの選択

ガスフィルター数の違いによる溶湯注入時の圧力上昇を推算することで、品質維持に必要なフィルター数を導出した。

ガスフィルター導入時の課題として、溶湯注入時に於いて残存気体の圧縮に伴う圧力上昇が溶湯流れの不均一化を招き製品の品質低下につながる事が図13の計測データと図25の解析から予想された。本課題解決のために、圧縮性流体の理論式とガスフィルターの特性値から、フィルター数ごとの到達圧力を計算することで品質維持に必要なフィルター数を導出した。

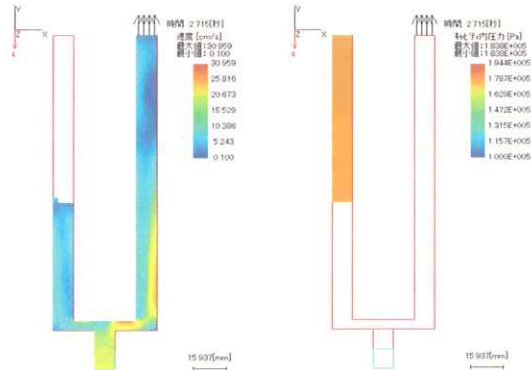


図25 背圧による湯流れへの影響

基礎保存式として以下2式を用いた。

$$\frac{\partial(\rho_{ig} V_{ig})}{\partial t} = -\sum_{k=1}^n \rho_{ig} (P_{ig} - P_a) (S_v K_v)_k$$

$$P_{ig} = \rho_{ig} RT$$

各種パラメータは以下のとおりである。

- $\rho_{ig}$  : ガス密度、 $V_{ig}$  : ガス体積、 $t$  : 時間、
- $P_{ig}$  : ガス圧、 $P_a$  : ベント外部の圧力(通常大気圧)、
- $S_v$  : ベントの開放面積、 $K_v$  : ベントの排気度、
- $R$  : ガス定数、 $T$  : 温度、 $n$  : ベント個数

上式から得られる数値解に実際の試験から得られたフィルターの特性値を代入し、フィルター数の違いによる圧力変化の推移を計算したものが図26である。

(充填完了時の圧力と品質の統計が存在すれば客観的判定が可能となる) ここでは仮に 90% 充填時の時間 0.02sec における圧力が 0.3Mpa 以下で品質維持に十分だとすると、必要なフィルター数は4個以上と判断できる。

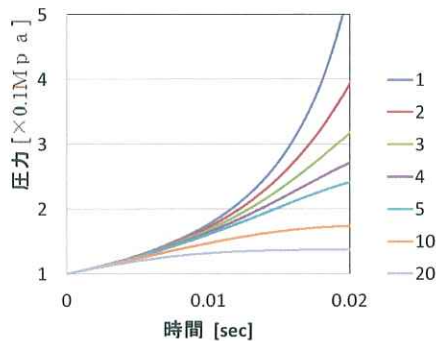


図26 フィルター数と背圧

但し、実際の金型には押出ピンや金型・中子に隙間があり圧力上昇は少なくなる。金属ガスフィルターからの末端ガス圧力計測結果の判断を推奨する。

8. 結言

現状のアルミコールドチャンバダイカスト法で JIS の機械強度表示が得られないのであれば、この中から品質を安定させる限定生産プロセスを「スーパーダイカスト法」と称し強度認定を目指す提案をしたい。スーパーダイカスト法は溶湯アルミの品質を基準に

- ① 溶湯品質はある基準以上である事  
⇒溶湯中の介在物が強度に影響をしない範囲内
- ② 注湯から充填完了までに介在物が急成長しない事  
⇒溶湯に接触する金属温度は高温に安定維持
- ③ 製品充填時間は製品肉厚から算出される基準値以下の計測値である事  
⇒P-Q<sup>2</sup>線図にて最適溶湯流量を確保
- ④ キャビティー内ガス圧を基準値以下に抑える事  
⇒排気面積の確保・二次充填が生じない案見直
- ⑤ 金型内情報及び充填時間を毎ショット計測管理し基準値から外れた製品は後工程に流さない事  
⇒メタル圧力・温度、ガス圧が品質基準値以内

今回③、④、⑤に付いての報告をしたが、アルミのコールドチャンバダイカストで生産された製品が欠陥のない強度保証されたものになるためには、まだまだ論議・検証が必要である。この提案がきっかけになりダイカスト製品の J I S 強度認定の論議を重ねる事で日本独自のダイカスト生産技術として進化し、ダイカスト製品が現在特化している自動車関連部品以外の多方面に普及し、ダイカスト業界の発展に繋がれば幸いである。

9. 謝辞

本システムを開発するに当たり R S V バルブを貸与していただいたリョービ株式会社殿の皆様、CAEによるガス圧解析や計算でアドバイスをいただいたクオリカ株式会社の朱金東博士他の皆様、ガスフィルターの溶湯テストにご協力いただいた東芝機械株式会社殿の皆様ここに厚くお礼申し上げます。

10. 参考文献

- 1) 本村則行 他 アルミコールドチャンバダイカストマシン調査研究報告書 昭和62年2月
- 2) J I Sハンドブック2011 ③非鉄
- 3) 中村元志 他 軽金属 vol. 38, 3(1988)129-133
- 4) ダイカスト技能者ハンドブック 第3版2006
- 5) 吉田誠 他 東海支部非鉄鋳物研究部会(2012-6)
- 6) 水草康行 他 日本ダイカスト会議論文集(2010)JD10-16
- 7) 植木 徹 他 日本ダイカスト会議論文集(2010)JD10-25