



## ブローホールとひけ巣を同時解決する 新たなるダイカスト法の開発と実用例

株式会社プログレス  
株式会社ダイレクト 21

西村 央 ○安徳 亮  
岩本 典裕 則包 哲  
長澤 理 谷口 圭司

### Development and practical examples of "New die casting method" that solves blow holes and shrinkage porosities at the same time.

PROGRESS Corp.  
Direct21 Corporation

NISHIMURA Hiroshi, ○ ANTOKU Ryo  
IWAMOTO Norihiro, NORIKANE Satoshi  
NAGASAWA Osamu, TANIGUCHI Keiji

#### Abstract

Die-cast products have so far dealt with blow hole countermeasures and shrinkage porosity countermeasures separately for porosity defects. It seems that there are many. This is because these two types of porosity require a completely different approach to coping with them.

This time, we have developed a new "super die casting method" as a new method that can deal with such a situation with one method. Specifically, by casting by combining the PF die casting method and the runner pressurization method, the amount of gas in the product can be reduced and the product density can be improved, and we report this as a construction method that makes it relatively easy to produce high-quality die-cast products.

#### 1. はじめに

ダイカスト製品に使用される素材のほとんど（96%以上）はアルミニウム合金である。アルミニウムはリサイクル活用の優等生で、サステナブル社会に最も適合している金属と言われており、今後資源のリサイクル活用要求が高まるにつれて、アルミニウム合金の使用比率は更に上がると思われる。

一方、アルミニウム合金ダイカスト製品の内部品質は、亜鉛・マグネシウム合金ダイカスト製品に比べて見劣りしている。それは、亜鉛・マグネシウム合金ダイカスト製品の強度については JIS 規格化されているが、アルミニウム合金ダイカスト製品については JIS 規格化されていないからである。その主な原因は製造方法の違いにある。

亜鉛・マグネシウム合金を素材とするダイカスト製品は、多くの場合がホットチャンバー方式で製造され、溶湯保持炉の中に加圧チャンバー室があり、そこから金型へ溶湯が铸込まれる。これが可能なのは、これら合金の実用溶解温度における溶湯中の Fe 濃度がほぼ 0% のため Fe がほとんど浸食されないからである。アルミニウム合金の場合は Fe 材に対する液相中 Fe 濃度はダイカストでの実用溶解温度で 2~3% であるため Fe は浸食され、Fe 材を使ったグースネックの寿命が短くなり、ホットチャンバーでの铸造は現実的では

ない。そのためコールドチャンバー方式が採用されている。

コールドチャンバー方式は注湯時に凝固膜が生成され、更に湯先が冷えることで溶湯品質が悪化する欠点がある。本研究ではアルミニウム合金ダイカスト製品製造のほとんどで使用されているコールドチャンバー方式の欠点を補完し、既設のダイカストマシンや既存の金型のキャビティを変更することなくアルミニウム合金ダイカスト製品の強度の JIS 規格化を図ることにより、ダイカストの用途拡大を目指すことを大きな目標としている。

#### 2. アルミダイカスト製品の強度とバラツキ

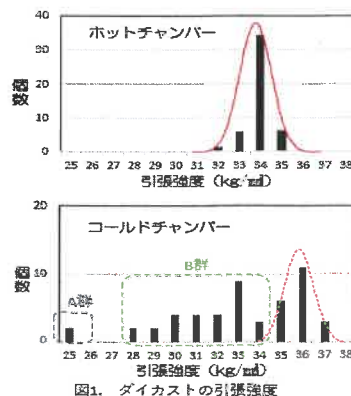


図1. ダイカストの引張強度

1) 250トンのコールドチャンバーダイカストマシンと、同じく250トンのホットチャンバーダイカストマシンにより製造された同一形状の亜鉛合金 ASTM 試験片の強度比較測定結果データが図1である。

この試験データは日本ダイカスト工業協同組合の1984年研修会資料「ダイカストの先端技術」から引用した。

2) 図1<sup>1)</sup>の赤(実線・点線)の正規分布線・A群紺点線・B群緑点線は説明用に追加したものである。上段のホットチャンバーでは赤実線の正規分布曲線に入っているが、下段のコールドチャンバーでは強度にばらつきがあり正規分布曲線が取れない。A群は、形は出来ているが中身サクサクのかかるめ焼き状態で引張強度が殆どない。

これはゲートに破断凝固片の詰まりが発生した時に生じる事が多い。B群はブローホールやひげ巣などの内部欠陥で強度低下するのが主な要因だと考えられる。

A群・B群は不良であり、これらを除くと赤点線で表すように正規分布となる。2つの正規分布曲線を比較するとホットチャンバーよりコールドチャンバーのほうが右側に寄っている事がわかる。これは、メタル圧力の違いと思われる。良品の引張強度を比較した場合、コールドチャンバーの方が高い強度を示しており、これは注目すべき結果である。アルミニウム合金ダイカスト製品が未だにJIS規格化されていない主な原因は、A群・B群が存在するために強度のバラツキが大きくなり信頼性が保てないためだと思われる。図1の標準偏差σはホットチャンバーが0.58kg/mm<sup>2</sup>に対してコールドチャンバーは2.90kg/mm<sup>2</sup>である。

### 3. アルミダイカスト製品のJIS規格化へのアプローチ

(株ダイレクト21は、2010年に図1のA、B群を製造中の金型内部状態とマシン情報を計測管理して不良品の製品を後工程に流さない事で「アルミのダイカスト製品のJIS強度規格化」が可能となる工法の実現を目指して開発を開始した。

1) 最初に手掛けたのは金型内部情報の「見える化」で、品質に直結した casting 中の金型内のガス圧やメタル圧を正確に直接計測する方法を開発した。(特許取得済)

図2<sup>2)</sup>の金型ダイレクトセンサーは、キャビティ面に金型外部から穴を開けて、製品面に直接取り付け事で casting 中の金型情報を取り出すものである。

①溶湯圧力②ガス圧(減圧も含む)③溶湯温度をリアルタイムで計測することができる。

2) 金型内ガス圧を検出する金属ガスフィルター  
図3<sup>3)</sup>は、連続 casting 中において溶湯は遮断するがガスは通すことができるフィルターである。現在は単独で

高真空ダイカスト法の直接ガス圧検出用やPF法の酸素反応圧検出のためのフィルターとしても使われている。(特許取得済)

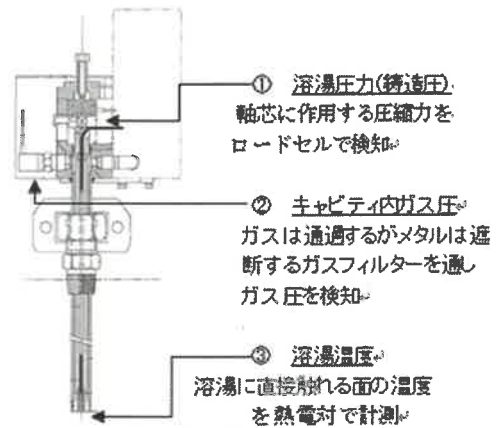


図2. 金型ダイレクトセンサー



図3. 金属ガスフィルター



図4. ダイカストモニター装置

3) 「見える化」のために開発したモニター装置では、マイコンを内蔵させ毎ショットのガス圧計測のフィルターのエアージョーニング清掃動作を行い、安定動作させることが可能となり、充填時間や二次充填を自動で画面表示や計測値表示も出来るようにした。ダイカストモニター装置を図4<sup>3)</sup>に示す。

ダイカストモニター装置では、製品不良ショットをモニターすることで、不良品を後工程には流さない仕組みはできたが、良品率向上には至らなかった。

4) 金属ガスフィルターで低速射出中のガス圧を測定したところ、想定以上にガス圧が高い事が分かり、低速射出中のガスをキャビティから直接抜くCDV(Cavity Direct Valve) 図5<sup>4)</sup>を開発した。CDVによるガス排出が短時間充填ダイカスト法において特に有効であることが確認できた。

No	比較項目	真空法		P F 法		
		従来真空法	高真空法	従来PF法	ソフトPF法	
1	ガス含有量 (100g中)	約8cc	約3cc以下	約5cc	約2cc以下	
2	方式による品質の影響	溶湯先引き・製品密度の低下		少ない		
3	方式によるトラブル	真空バルブの突発詰まり		メカなし	バルブ動作不良(頻度小)	
4	品質管理項目	開始位置・真空度		酸素流量・圧力		
5	離型剤・プラ潤	制限がない		水溶性・少量塗布を推奨(初期条件出し)		
6	金型	密閉性	中	大(オリングシール)	不要	不要
7		ガス抜きランナー	中	大(ポリウム大)	不要	不要
8	二次充填時間	約30mSec	約50mSec	≒0	≒0	
9	工程のサイクル・加工時間	ガス抜きランナーの処理		特殊動作でサイクル遅れ	なし	
10	ランニングコスト・消耗品	200L真空タンク電気代	1000L真空電気代	酸素	酸素(従来の1/2)	

図7. 真空ダイカスト法とソフトPF法の比較



図5. CDV金型取付

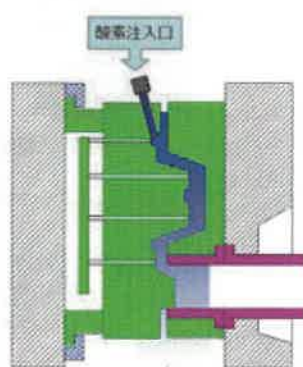


図6. CDVからの酸素供給

更に、このCDVをガス排出でなくキャビティ内に直接酸素を送り込む装置として、図6<sup>4)</sup>の方式を「ソフトPF法」と命名し展開することができた。従来PF法や真空法との違いを図7に示す。

#### 4. ソフトPF法の有効性

PF法の感想をベテランのダイカスト経験者に聞くと、悪い印象を持っている方が多い。これは最初に簡易的なPF法として注湯口から溶接用酸素を多めに入れてテストし、困っていたブローホールが解決または好転するので本格生産へ移行すると「キャビティの溶損」「メインゲートの焼付き」「ガスベントの溶損」が発生するという苦い経験をされたからだと思われる。PF法は、プランジャー潤滑油や離型剤の種類や酸素の供給量、ガス抜き方法によってその効果が大きく左右される。「ソフトPF法」では、適正な潤滑油を使用し流量制御により少なめの適正な酸素量をキャビティに直接供給することで安定した効果を得られる。その有効性ほどにPF法が普及しないのは、正しい使い方をされずに効果が得られないままチャレンジを終了してしまうことが多いためと思われる。詳細については「2018年日本ダイカスト会議資料 JD18-14」を参照願いたい。

ブローホール対策としてPF法以上に普及しているのが真空ダイカスト法である。この方法は真空タンクへのガスの強力な吸引力によりキャビティ内のガス抜き効果を得るものだが、溶湯のタンクへの侵入を遮断するため金型とタンクの間にはシャットバルブを設置する。真空ダイカスト法の問題点は高速射出手前から真空吸引を開始させる必要があり、溶湯先引き現象の懸念と、バルブ詰まりを無くすために真空ランナーのポリウム拡大が避けられずキャビティ充填完了後に二次充填として発生し、これが昇圧タイムラグとして、製品密度の低下をもたらす。これに対してソフトPF法では高速切替位置も従来通りであり真空ランナー法も不要となる。

#### 5. 新局部加圧装置からランナー加圧装置へ

客先から局部加圧ピンが安定した作動ができないので原因調査を依頼され、図4のダイカストモニター装置で計測をしたところ油圧ゴムホースが長く、流量弁内部の圧力補償弁がハンチングしている事が分かった。また、中子バルブと局部加圧シリンダーの途中に流量弁を配すると安定作動する事が分かった。さらに流量遠隔操作できるフィードバック機能も搭載した図8<sup>5)</sup>が新局部加圧装置を製品化したものである。(特許取得済)



図8. 新局部加圧装置

更に、加圧効果に大きく影響する加圧シリンダーストロークの挙動を「見える化」するための加圧シリンダーに位置センサーを設置したが、加圧シリンダー周辺の過酷環境にセンサーが設置されるため故障頻度が高く、センサー保護のため離れた場所でも確実に位置検出が可能なノンリークタイプのストローク検出ユニットを開発した。(特許取得済) このストローク検出ユニットは、その後のランナー加圧装置やスーパーダイカスト装置にも採用し重要な技術となった。特に図1のA群を管理する装置として特に重要である。図9にその回路図を記す。

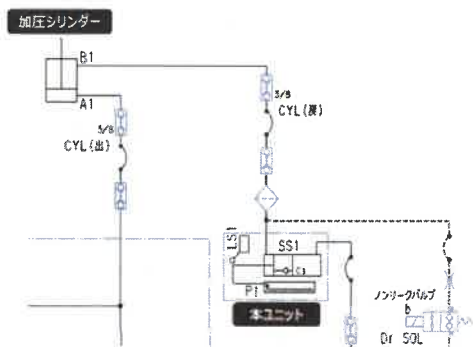


図9. ストローク検出ユニットの油圧回

また、新たな客先よりランナー加圧用の制御装置製作の要求があり、ランナー加圧装置の開発へと展開する足掛かりとなり同技術の有効性を認識した。

本装置の製品シリーズは標準、汎用、中大型、特大型の4種類を用意している。一般的には標準型が多く使用され、対象となるダイカストマシンとしては100ト〜800トクラスまでをカバーする能力を持っている。

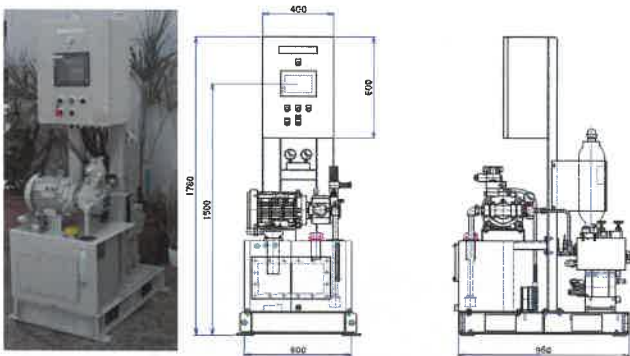


図10. ランナー加圧装置 外観寸法図

本装置の標準型の写真と外径寸法を図10<sup>6)</sup>に示す。ランナー加圧の特長としてはゲート凝固前に約300MPaの高圧まで加圧するが、この圧力は一般的な鋳造圧力の約4倍になるが局部加圧で通常使用されている圧力である。ランナー加圧の場合、キャビティへの圧力伝達が逃げてしまうことが懸念された。従来これと同じような技術でアキュラッド法という鋳造方法があったが、まさに圧力がプランジャーロッド側に逃

げてしまったために技術が定着しなかったと思われる。そこで、我々は逆流防止機構を開発しランナー加圧法の効果を高めることに成功した。逆流防止機構の概要図と加圧鋳造した部分の写真を図11<sup>6)</sup>に示す。逆流防止機構の原理としては、加圧した溶湯をオリフィス効果でメタルシールとセプランジャーロッド側へ溶湯が戻らない機構とし製品側へ溶湯補給できるものとした。(特許取得済) 図12はランナー加圧による加圧圧力とゲート厚さの関係で製品質量がどれだけアップするかを示している。また、図13にゲート厚さと製品質量増加比の傾向を示す。



図11. 逆流防止機構

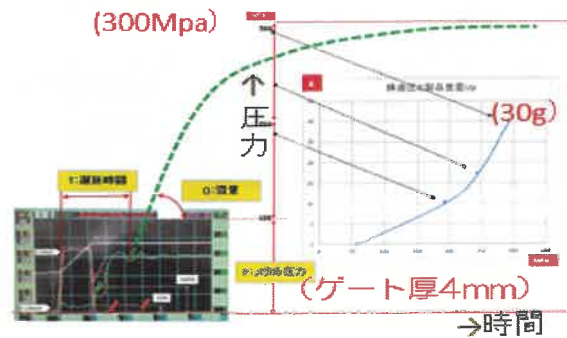


図12. 加圧圧力とゲート厚さでの重量アップ

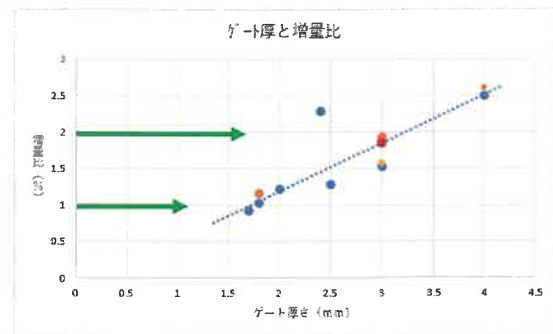


図13. ゲート厚さと製品質量増加比の実績

図12と図13より、ゲートが厚く加圧圧力が高いほど製品質量アップが期待されることが分かった。しかしながら、過剰な加圧圧力とゲート厚さは別な要素の悪化が発生することから、推奨値としては、加圧圧力300MPa、ゲート厚さ3mmを基準として設定している。この基準のバックデータとして、図13より製品質量の約2%が質量アップすることが傾向としてあり、その製品の密度を計測すると、ランナー加圧無し品が2.67~2.70g/cm<sup>3</sup>程度であり、2%アップすると2.71~2.73g/cm<sup>3</sup>となるためである。

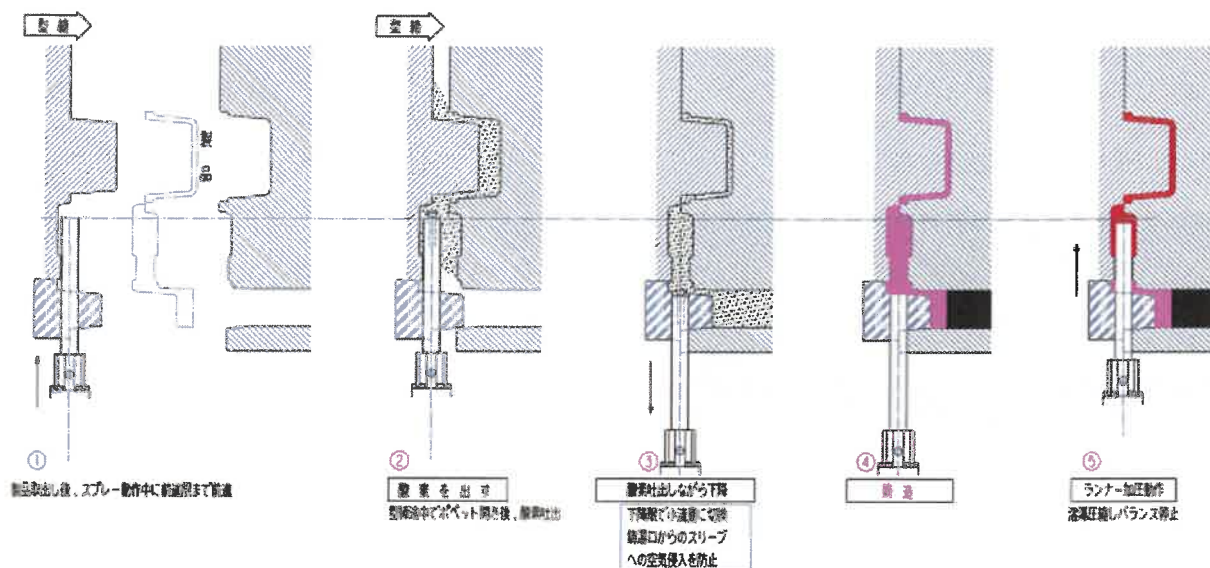


図14.「スーパーダイカスト法」の動作

既にランナー加圧を導入していただいた企業で「中小企業等経営強化法に基づく支援措置」適用のため生産性向上が認められる新規設備（対象：ランナー加圧）に対する優遇税制適応申請を実施されている企業が現時点で4社（増加中）あり、いずれも不良率が10%以上改善した。

この実施例からも、ランナー加圧はひげ巣に効果がありその効果は製品形状に左右されないことがわかった。これは第二射出として製品全体を casting 圧力の約4倍に加圧するためと考えられる。また、 casting 圧力が高いためダイカストマシンのダウンサイジングが可能で、製品気密効果もあり、SDGsへ大きな貢献が期待できる。一方、ブローホールはランナー加圧で小さくは出来ても消滅させる事はできない。

6. 「スーパーダイカスト法」®の開発

ランナー加圧は従来の casting 圧力に対して約4倍の加圧で製品のひげ巣を90%以上改善することができたがブローホールは残る。そこでブローホール対策として「4. ソフトPF法」で述べたランナー加圧と組み合わせ、ランナー加圧ピン先端から酸素を出す仕組みを考案してブローホール消滅を目指しプロトタイプ模型を試作した所、問題なく動作できる事がわかった。テストマシンは350%ダイカストマシンを用いて行った。その動作図を図14に示す。この工法を「スーパーダイカスト法」®と命名した。（商標登録済）本装置はランナー加圧装置にPF制御を追加しプロトタイプモデルとした。追加したPFユニットを図15に示す。



図15.ソフトPFユニット装置

本スーパーダイカスト法の評価方法として、キャビティ内ガスの酸素反応圧を計測する目的で金属ガスフィルター図3を図16の⑤に配置した。

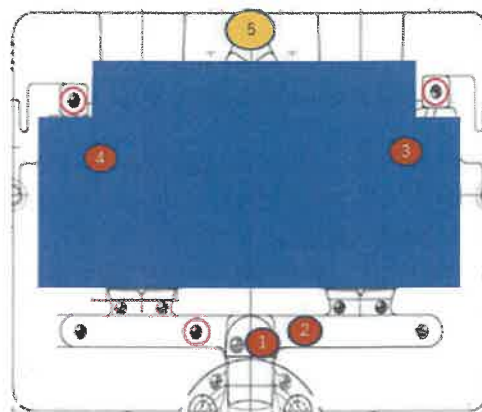


図16.ガス・メタル圧センサーの配置フィ

またメタル圧力の圧力伝播の状況を確認するため、センサーは押出ピンの底にロードセルを取付けゲート手前の① ②と2キャビティ内の③ ④に配置した。計測は図4ダイカストモニター装置を用いて計測を実施した。その計測結果を図17に示す。

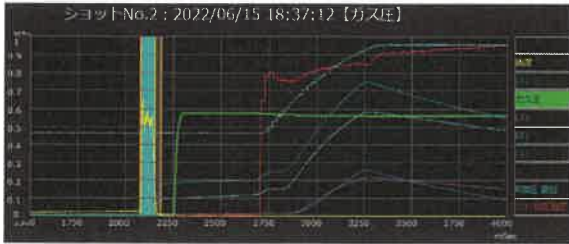


図17.型内圧の計測結果

メタル圧センサーはランナー加圧スタートと同時に圧力を計測しており、キャビティ側にも圧力伝達がされていることが確認できたが、ブローホールに関しては現在ガス分析中で結果は本会議で報告させてもらう。また、ランナー加圧では高压でゲートを介して溶湯をキャビティ内の押し込むため破断凝固片がゲートに詰まることはほとんど無い。仮に詰まりが発生してもストローク検出ユニットによるストローク量不足でゲート詰まりを検出し加圧圧力検出でアラーム表示させることで、次工程に流さない仕組みが構築される。

### 7. まとめ

1) ブローホールとひげ巣の同時解消を目的にソフトPF法とランナー加圧法を組み合わせた本考案を試作・铸造テストした結果当初の目的が達成できた。この工法を「スーパーダイカスト法」\*とする。

2) 従来の約4倍の铸造圧力になった事で、図1の正規分布曲線が全体的に引張強度が高い方へシフトし、バラツキ低減にも効果が出た。図1のA群に付いても铸造圧力が高い事で、発生頻度が少ない。また発生してもストローク検出でチェック出来ると思われる。今後、ショット数を増やし標準偏差σを求めていく。

3) 従来のランナー加圧ピンを酸素供給バルブとその駆動用油圧シリンダーを内蔵した加圧ピンに交換する事で容易に改造が出来ることが分かった。但し、油圧駆動用切替バルブ、酸素供給バルブの下限信号の追加を要す。

4) 従来のソフトPF法では金型のキャビティを改造して酸素供給用パイプを取り付ける加工が必要であったが、本「スーパーダイカスト法」ではランナー部の改造となる、ダイカストマシンとのインタフェース変更が必要となる。

5) 従来のダイカスト法で真空やPFを行うと製品密度が低下しポイド数が上昇したが、ランナー加圧によりこれがほぼ解消され、製品密度アップが確認された。

6) ランナー加圧ではゲート厚さが2mm以下になると製品質量の増加率が低下する。これはゲートの凝固が早まり、圧力保持時間が低下するのが主因で、この場合メインゲートの中央部に4Φのピンゲートを設けて保持時間を確保する対策をしている。更にゲートを厚くし、その分高速速度をアップすると短時間充填が実現し流動長を伸ばせる。従来問題となった給湯量のバラツキが減速に影響して製品密度の低下する件もランナー加圧でカバーできる事が分かった。

7) ダウンサイジングと高压化による製品密度のアップやビスケット厚さを薄く出来ることによるハイサイクル化も期待出来る。

### 8. 最後に

「スーパーダイカスト法」は、今後更に進化できる期待が高く、ランナー加圧にて製品部とビスケット部を加圧時に分断すると大幅なサイクルアップも可能となる。また3枚型ではロックアウトシリンダーが不要となる。概要を図18に示す。

「スーパーダイカスト法」は高品位ダイカストのシンプル化だけでなくダウンサイジング化やサイクル短縮化はSDGsの17の目標の内Goal17,9,12,17に大きく貢献できると思われる。

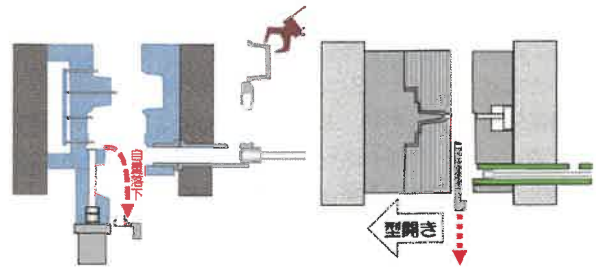


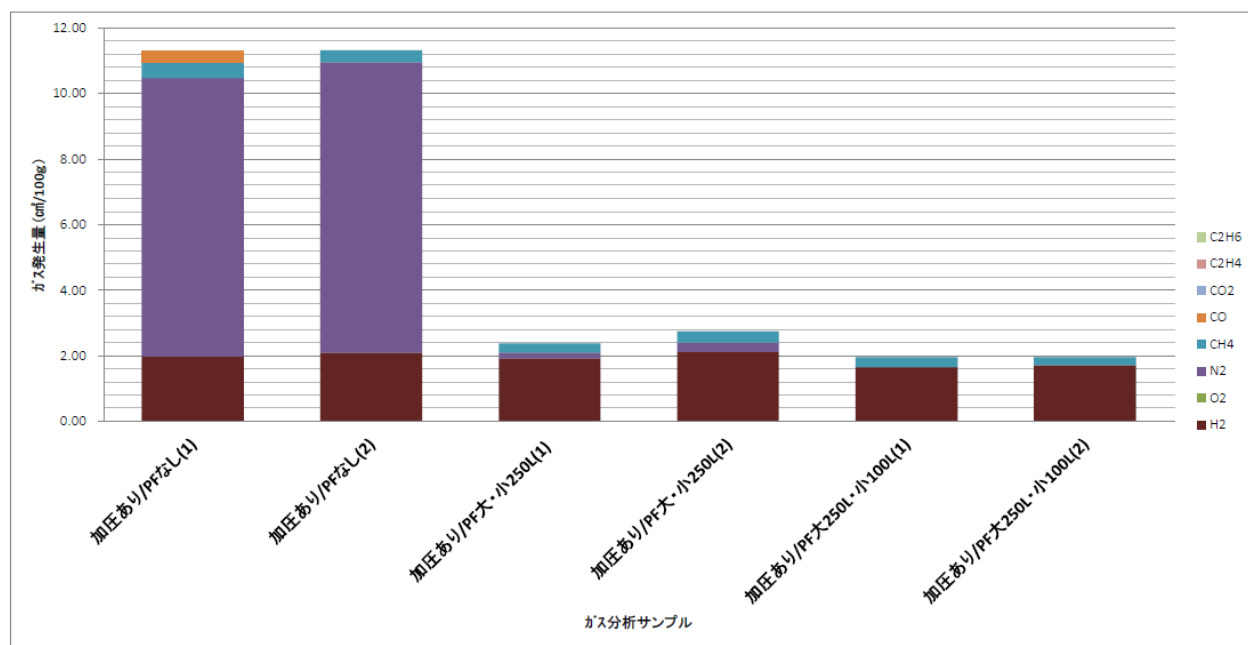
図18.ランナー加圧 分断方式

コールドチャンバーのダイカスト方式が誕生して1世紀を超えているが、残念ながら未だに製品強度の公的な規格が取れていない。「スーパーダイカスト法」によりコールドチャンバー方式の欠点を補完し、既設のダイカストマシンや既存の金型のキャビティを変更することなくダイカストの強度アップとバラツキ低減が見込まれるので数年以内を目標にJISの規格が取れるように今後も開発を継続する。今後も技術革新によるイノベーション（創造立国ニッポンの復活）を目指したい。

〈参考文献〉

- 1) 金子昌雄  
：(1984) *ガス*の先端技術
- 2) 岩本典裕 半田孝助 加藤俊 山口雅裕  
：(2012) 日本*ガス*協会会議論文集 (JD12-25)
- 3) 谷内田真弘 丸山諒 岩本典裕 長澤理  
：(2016) 日本*ガス*協会会議論文集 (JD16-30)
- 4) 真島啓介 飯田義則 小澤智志 岩本典裕 則包哲  
長澤理：(2018) 日本*ガス*協会会議論文集 (JD18-34)
- 5) 高田啓祐 清水武志 山本宏典 上原欽也  
：(2020) 日本*ガス*協会会議論文集 (JD20-21)
- 6) 岩本典裕 長澤理 谷口圭司 外海敏夫 増田千尋  
石橋雄次郎：(2021) 素形材 1 2月号
- 7) 水草康行 佐藤光政 特開 2011-224650
- 8) 小林純 小林繁 特開 2000-117411

追加資料：スーパーダイカスト法 ガス分析結果



No.	分析サンプル	H2	O2	N2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	Total (cm³/100g)	C系Total	C系 (%)
1	加圧あり/PFなし(1)	1.98	0.00	8.48	0.47	0.36	0.00	0.00	0.00	11.29	0.83	7.32
2	加圧あり/PFなし(2)	2.10	0.00	8.86	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	11.32	0.35	3.12
3	加圧あり/PF大・小250L(1)	1.92	0.00	0.18	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	2.38	0.28	11.64
4	加圧あり/PF大・小250L(2)	2.12	0.00	0.28	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	0.35	12.63
5	加圧あり/PF大250L・小100L(1)	1.66	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	0.29	15.04
6	加圧あり/PF大250L・小100L(2)	1.71	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	0.25	12.75



資料ご提供：川崎工業株式会社殿