

平成20年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「過熱蒸気による鋳型造型プロセスの開発」

研究開発成果等報告書

平成21年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人中部科学技術センター

目 次

第1章 研究開発の概要	1
1 - 1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1 - 2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	2
1 - 3 成果概要	5
1 - 4 当該プロジェクト連絡窓口	6
第2章 H S Bプロセスの鑄型材料の開発	8
2 - 1 低温で硬化できる粘結剤の研究	8
2 - 2 粘結剤に適した硬化促進剤の検索	8
2 - 3 鑄型材料の改良研究	9
2 - 4 粘結剤の生産技術の開発	12
2 - 5 鑄型材料の量産化の目処	12
2 - 6 鑄型材料の試験方法の確立	13
第3章 H S Bプロセス鑄型造型の開発	15
3 - 1 研究開発用の過熱蒸気発生装置の仕様決定と、設置及びテスト	15
3 - 2 過熱蒸気発生装置の個別単体での鑄型造型条件の研究	15
3 - 3 過熱蒸気発生装置・金型・鑄型材料・ブロープレートの 「最適鑄型条件組合せ」の研究	16
3 - 4 川下産業者における鑄込み実験とH S B中子の技術評価	16
第4章 H S B用造型機・鑄型取出し装置の開発	18
4 - 1 H S Bプロセスに最適な鑄型造型機・鑄型取出し装置の検討	18
4 - 2 H S B造型機向け設備構成ユニットの製作・組込みと問題点の抽出 及び改善案の検討	18
4 - 3 H S Bプロセス向け設備構成ユニットの基本コンセプトの検討	20
第5章 H S Bプロセス用鑄型金型の開発	23
5 - 1 テストピース金型の製作	23
5 - 2 垂直割トップブロータイプのH S B型試作	24
5 - 3 川下製造事業者での鑄型評価	25
第6章 全体総括	26
6 - 1 研究開発成果	26
6 - 2 研究開発後の課題・事業化展開	27

成 果 報 告 書

第 1 章 研究開発の概要

1 - 1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1) 研究の目的：H S B プロセス鑄型造型装置開発

研究開発の目的は、従来の「シェル中子製造法」の弱点である 臭気発生(環境) 加熱温度 300 と高い為の問題点(品質・強度等) 焼成時間が長い(生産性) を、新技術「H S B プロセス」で解決し、「低コスト」「高品質」「作業環境改善」の鑄型鑄造法を開発、実用化する。

2) 研究の概要

2) - 1 H S B プロセスの鑄型材料の開発

<リグナイト株式会社>

H S B プロセスでは、低温度で造型することになる。このことを踏まえ、粘結剤や硬化促進剤等を研究し、鑄型材料との関係について研究し、最適材料に関するデータ収集、分析などを実施する。

鑄型材料に於いては、過熱蒸気の通気性を重視し、尚且つ臭気の主原因となる硬化剤を添加しない、高強度の最適な鑄型を作る為の材料の開発を行う為、データの収集、分析により実証し、実用化への取組みを行う。

2) - 2 鑄型造型条件の研究

<株式会社前田シェルサービス>

H S B プロセスの鑄型を均一に硬化させる為の効率的に万遍なく熱を伝える小型蒸気発生装置と蒸気を加熱する仕組みを研究すると共に、鑄型材料と加熱効率、加熱時間の関係などについても研究する。

鑄型を均一に硬化させる為に、低温で直接加熱方式の最適条件のデータ収集、研究を行う。また、高速化の為、造型金型温度の低温化、過熱蒸気の通気による直接加熱の、加熱条件、加熱時間のデータを収集、研究を行う。

鑄型製造における、生産性向上を飛躍的に改善する為に、鑄型造型機の鑄型取出し作業を完全自動化するために、自動化を妨げている諸条件の問題点を分析し、鑄型造型後の残留鑄型材料の処理方法、後処理工程などの分析、実験を実施する。これらの成果により実用化への展開を検討する。

2) - 3 H S B 鑄型造型機・鑄型取出し装置の開発

<新東工業株式会社>

H S B 造型機・鑄型取出し装置の研究開発を行うにあたり、H S B 造型機・鑄型取出し装置開発がかかわる目標(シェル中子造型法比較)として

H S B プロセスの特長を生かし、鑄型生産時間を 30%短縮する。

H S B プロセスの特長を生かし、鑄型生産エネルギーを 30%削減する。としている。

そこで、HSBプロセスの特長である「焼成時間が短い」「過熱蒸気の利用」を生かし、HSBプロセスに最適な鋳型造型機・鋳型取出し装置の開発を行う。

2) - 4 HSBプロセス用造型金型の開発

<株式会社前田技研>

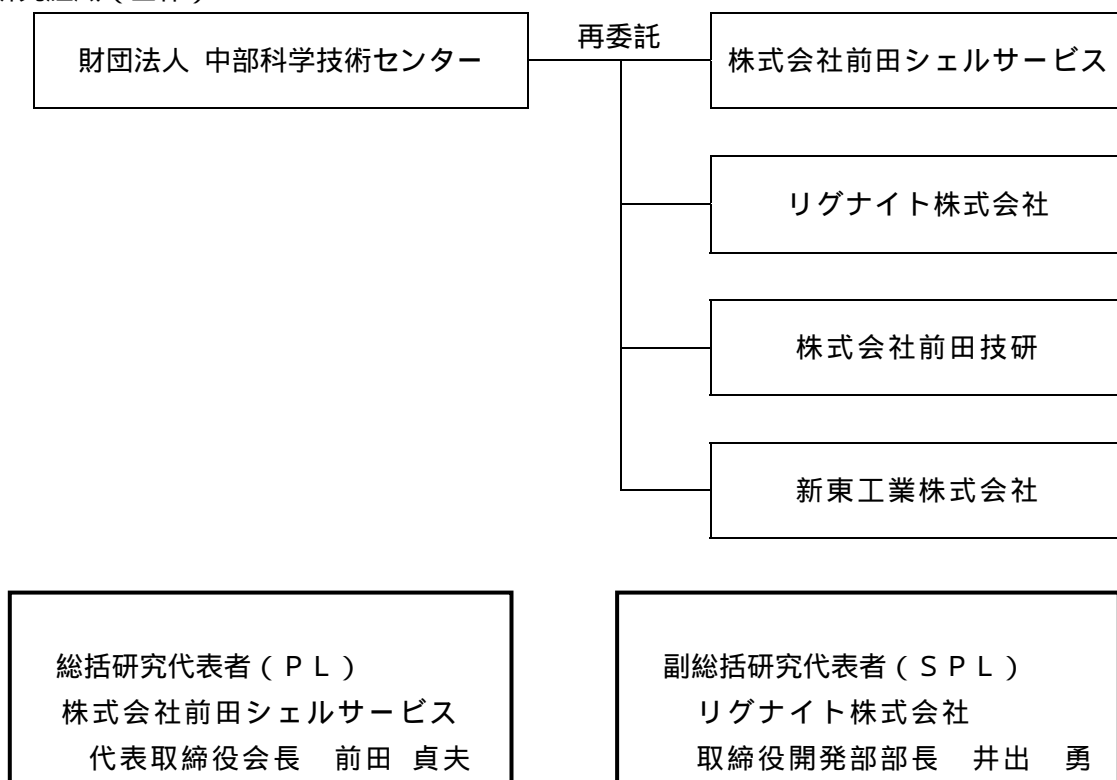
造型金型温度が低温可能なHSBプロセスに於いて、鋳型用の型にコスト低減項目を折り込み試作実施する。

シェル中子造型では現在最も広く採用されている型構造である垂直割トップブロー方式の試作実験を実施する。

さらに、川下製造事業者の協力を得て、鋳型の評価を見極める。

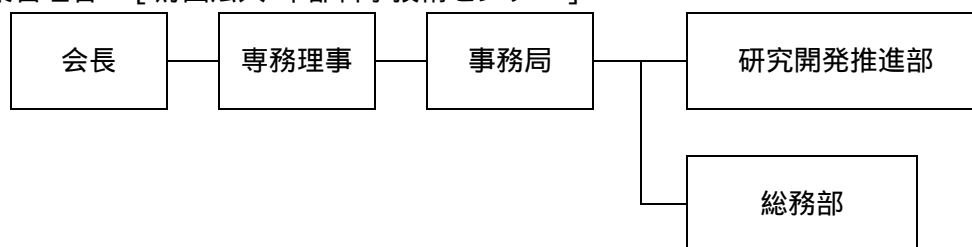
1 - 2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

1) 研究組織（全体）



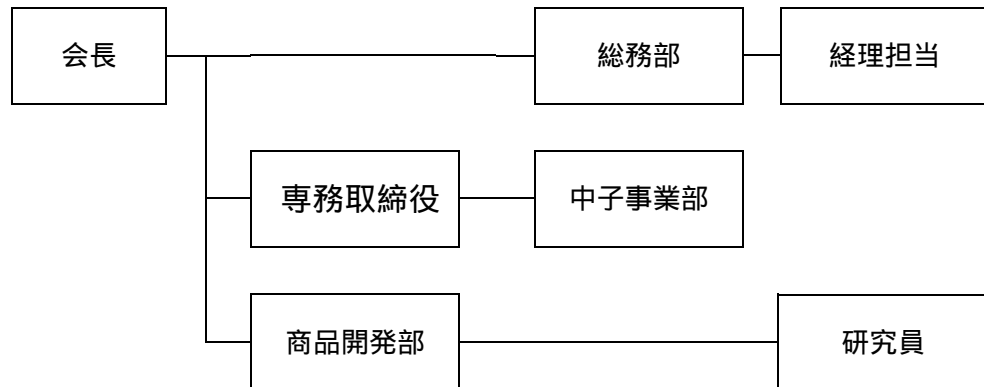
2) 管理体制

事業管理者 [財団法人 中部科学技術センター]

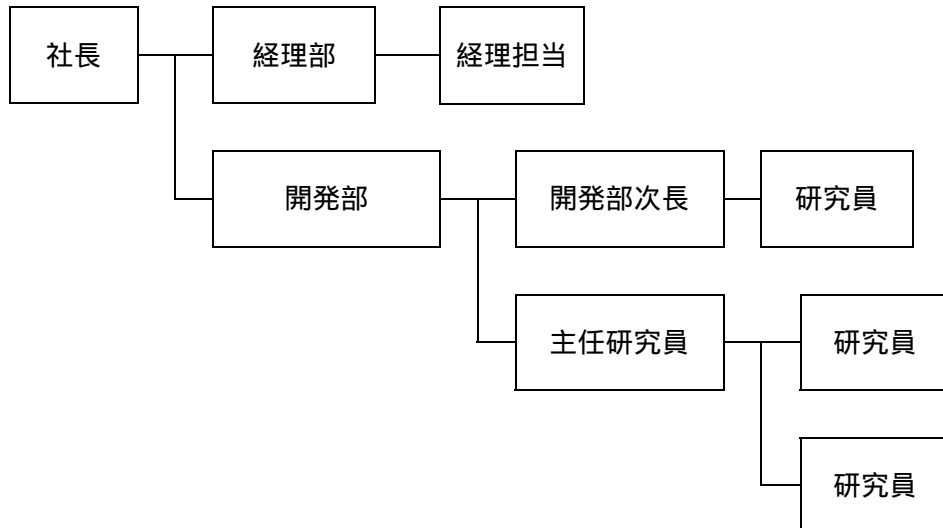


(再委託先)

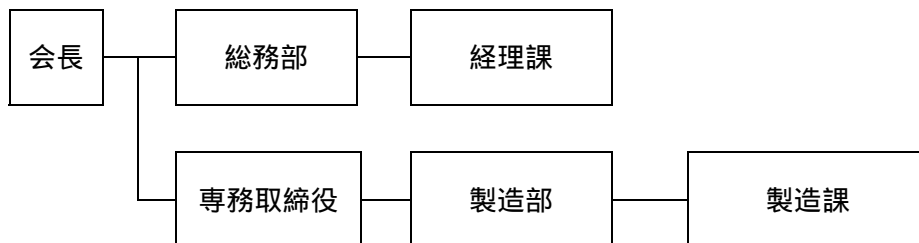
株式会社前田シェルサービス



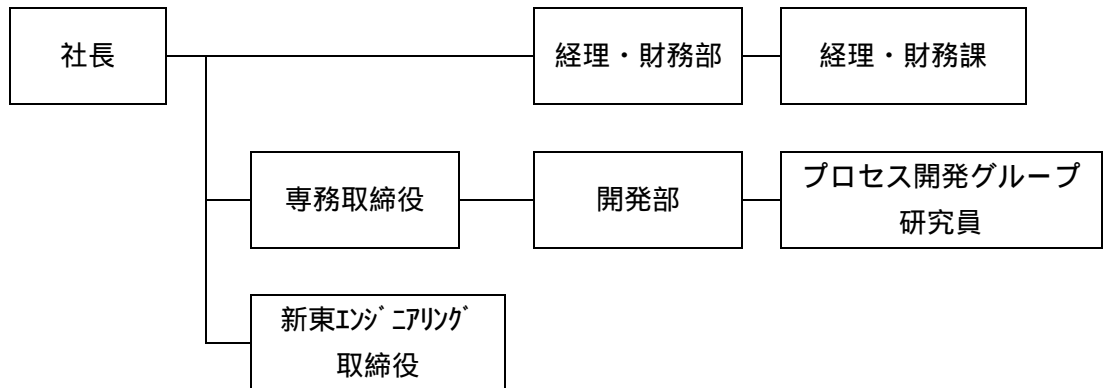
リグナイト株式会社



株式会社前田技研



新東工業株式会社



4) 実施場所

事業管理者

財団法人 中部科学技術センター（最寄り駅：名古屋市営地下鉄東山線 伏見駅）
〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄二丁目 17 番 22 号

研究実施場所（主たる研究実施場所については、下線表記のこと。）

株式会社前田シェルサービス（最寄り駅：名鉄線 東岡崎駅）

〒444 - 3595 愛知県岡崎市池金町字金山 76 - 4

リグナイト株式会社（最寄り駅：南海本線 石津川駅）

〒592 - 8331 大阪府堺市西区築港新町 2 丁 5 番地

株式会社前田金型製造所（最寄り駅：名鉄線 東岡崎駅）

〒444 - 3595 愛知県岡崎市池金町字金山 76 - 4

新東工業株式会社（最寄り駅：名鉄豊川線 諏訪町駅）

〒442-8505 愛知県豊川市穂の原三丁目 1 番

1 - 3 成果概要

H S B プロセスの鑄型材料の開発 <リグナイト株式会社>

低温で硬化できる粘結剤の研究を行った。
粘結剤に適した硬化促進剤の検索を行った。
鑄型材料の改良研究にも取り組んだ。
粘結剤の生産技術の研究を行った。
鑄型材料の量産化の目処の研究を行った。
鑄型材料の試験方法の確立を行った。

鑄型造型条件の研究 <株式会社前田シェルサービス>

過熱蒸気発生装置の仕様、条件を決定した。
研究開発用の「過熱蒸気発生装置」を購入、設置し、条件出しを行った。
鑄型造型機的设计构想を実施し、「基本計画設備仕様」を決定した。
過熱蒸気発生装置の個別単体での鑄型造型条件の研究を行った。
過熱蒸気発生装置・金型・鑄型材料・ブロープレートの「最適鑄型条件組合せ条件」の研究を行った。
既存鑄型造型機の改造で目標達成の為の「仕様決定」「設計」の実施・製作・稼働と改良を行った。
過熱蒸気発生装置・金型・鑄型材料・ブロープレートの「最適鑄型条件組合せ条件」の研究を行った。
小型過熱蒸気発生装置の開発を行った。
垂直割造型用過熱蒸気吹込装置ユニット化、付帯プレート構造の開発を行った。

H S B 鑄型造型機・鑄型取出し機の開発 <新東工業株式会社>

RCS (レジンコーテッドサンド) の特性把握と造型機対応への検討を行った。
過熱蒸気発生機構の把握と造型機組込を検討した。
金型形状、金型加熱方式、過熱蒸気吹込み、ガス抜き機構等を検討した。
H S B 造型機改造仕様決定と設計、製作した。
鑄型取出し装置仕様決定と設計、製作した。
H S B 造型機及び鑄型取出し装置改良検討した。
H S B 造型機向け設備構成テストユニットの製作・組込みと問題点の抽出及び改善案の検討を行った。
H S B プロセス向け設備構成ユニットの基本コンセプトの検討を行った。

H S B プロセス用造型金型の開発 <株式会社前田技研>

H S B プロセスの効果検証に最適な「テストピース金型」を試作した。
H S B 金型との関連装置「スチームプレート」を試作開発した。
スチーム洩れ防止、シール方法を開発し「プレート類」を試作開発した。
H S B プロセスの効果検証に最適な「テストピース金型」を試作した。
H S B 金型の関連装置 スチ - ムプレ - ト、プロ - プレ - ト、吸引プレ - トの改良に取り組んだ。
量産型の開発に取り組んだ。

樹脂型、セグメントタイプ、ヒーターレスなどでの型コスト費の低減研究を行った。
 垂直割トップブロー構造に対するH S B型金型の試作を行った。
 川下製造事業者での鋳型評価の依頼と評価データの収集を行った。

1 - 4 当該プロジェクト連絡窓口

管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人中部科学技術センター

管理員

氏名	所属・役職	備考
佐渡 弘	研究開発推進部長	
福嶋 昭	研究開発推進部 担当部長	
大沢秀敏	研究開発推進部 担当部長	
平澤 進	研究開発推進部 主幹	
宮島和恵	研究開発推進部 主任	
高須容功	研究開発推進部 主任	

【再委託先】 研究員のみ

株式会社前田シェルサービス

氏名	所属・役職	備考
前田貞夫	代表取締役会長	総括研究代表者
遠藤賢次	商品開発部 部長	
河野 智	商品開発部 課長	
柴田省吾	商品開発部 部員	
大石 豊	商品開発部 部員	
二村康文	中子事業部 部長	
岡部一彦	中子事業部 部員	

リグナイト株式会社

氏名	所属・役職	備考
井出 勇	取締役開発部部長	副総括研究代表者
関 徹	主任研究員	
西田伸司	研究員	
仲田有里	研究員	

株式会社前田技研

氏名	所属・役職	備考
水野誠一 荒木一成	専務取締役 次長	

新東工業株式会社

氏名	所属・役職	備考
加藤 裕介 菅野 敏男	開発部プロセス開発グループ 主任担当員 新東エンジニアリング 取締役	

第2章 HSBプロセスの鋳型材料の開発

2-1 低温で硬化できる粘結剤の研究 (H18~20年度)

シェル砂に用いる粘結剤の硬化速度は、鋳型の造型時間に大きな影響を与える。

本研究では、粘結剤として環境にも優しいレゾール型フェノール樹脂を選び、従来の物に比べより低温で、かつ、より早い速度で硬化する固形レゾール型フェノール樹脂の合成を目指した。

そして、目標値を軟化点：90 以上、150 におけるゲル化時間：40 秒以内とし、合成試験を行った。

その結果、軟化点を90 以上にすることはできなかったものの、ゲル化時間は目標値より大幅に縮めることができた。

表1 粘結剤の物性

項目\粘結剤名	試料A	試料B	試料C
粘結剤の特徴	平成18年度 開発品	硬化速度アップ品	試料AとBの 中間品
軟化点 ()	85	88	86
ゲル化 時間 (秒) : 150	40	30	33
時間 (秒) : 130	86	52	59

2-2 粘結剤に適した硬化促進剤の検索 (H18~19年度)

同じ温度下では、粘結剤のみで硬化時間を短縮することには限界がある。

そこで、硬化反応を促進させる薬剤、つまり、硬化促進剤を用いて硬化までの時間短縮を図る必要があった。

今回、通常のゲル化時間の測定の外に、示差熱天秤を使用し、DSC法によって粘結剤の硬化反応の測定を行った。

DSC法とは、吸熱や発熱、熱量等を測る技法で、硬化反応では、硬化反応開始温度、終了温度やその時の反応熱量を求めることができる。

今回、粘結剤の硬化性能を特性の異なるサンプル、及び硬化促進剤を添加した時の硬化挙動を図1に示した。

反応開始温度はノボラック型フェノール樹脂に比べ、より低温で開始されている。このことは、レゾール型フェノール樹脂の反応が低温で進むことを意味している。

サンプルD<E<Fの順に硬化反応開始温度及びピーク温度が低下し、硬化速度が速くなっていくことがわかる。

また、ノボラック型フェノール樹脂に使用した硬化促進剤を添加したサンプルでは、ノボラック型フェノール樹脂の場合と違い、明確な促進効果は見出せなかった。ただ、有効な硬化促進剤の検索は、続けて調査している。

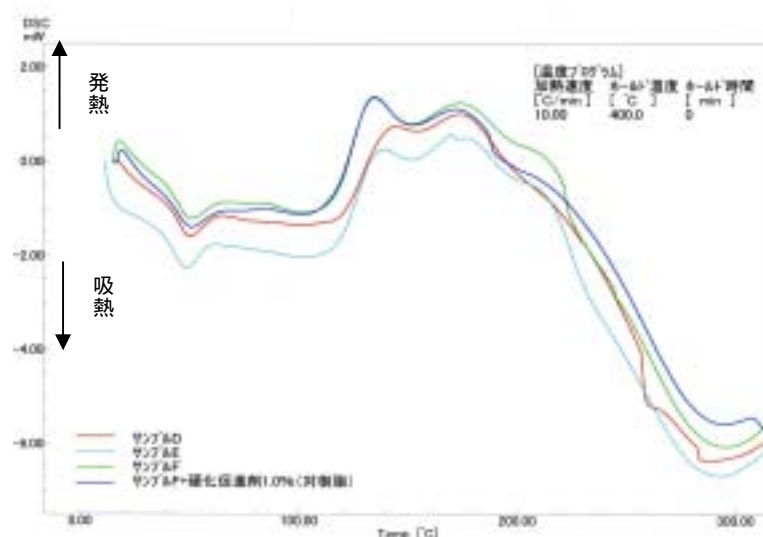


図1 DSCによるレゾール型フェノール樹脂の硬化挙動

2 - 3 鋳型材料の改良研究 (H18～19年度)

写真1に示した粘結剤評価用試験装置を使用し、種種の手順を検討しながら、安定した鋳型の造型手順を確立した。

造型したテストピースの評価方法としては、シェルモールド法により造型したテストピースと、HSB法で造型したテストピースとの物性を比較しながら、HSB法の特徴(利点)を調査した。

評価は、下記の項目で行った。

- ・ 造型性及び曲げ強さ
- ・ ガス発生量
- ・ 骨材の粒度の違いによる物性
- ・ 水分の測定



写真1 粘結剤評価用試験

1) 曲げ強さ

造型法の違いによる物性の結果を表2に示す。曲げ強さを見てみると、HSB法ではシェルモールド法に比べ、低い金型温度で、かつ、短い焼成(過熱蒸気供給)時間で造型でき、更にその値も高いことがわかる。

曲げ強さのこの強度差は、シェル砂のブロー充填時に、更に過熱蒸気の供給(供給圧力)により再充填が起こり、+ の効果を発揮したためと推察できる。

表 2 造型法の違いと常温曲げ強さ

		金型表面設定温 (金型温度設定 温度)	焼成(供給)時間	曲げ強さ
			秒	kgf/cm ²
型方法 鑄型の造	HSB 法	200 (450)	30	72.4
	シェルモールド 法	200	90	52.2
		240	60	56.0

使用シェル砂：使用骨材；フラタリー珪砂 100%、粘結剤；レゾール型フェノール樹脂、粘結剤量；1.7 質量%

シェル砂の充填：シェル砂のゲージ圧力；0.08 Mpa

過熱蒸気：流量；35～50kg/h、蒸気のゲージ圧力；0.18MPa

2) 鑄型のガス発生量

次にガス発生量について調査した。その結果を図 2 に示す。

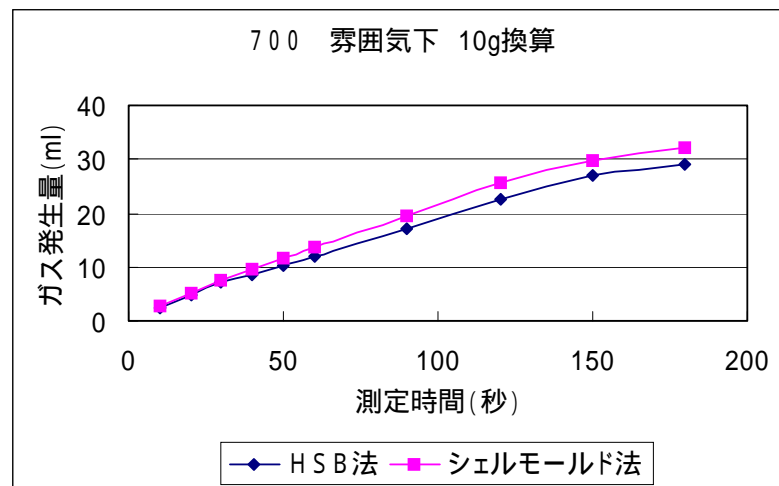


図 2 鑄型のガス発生量

HSB 法：金型温度；200

過熱蒸気供給条件；450 (設定値) × 30 秒

これによると、HSB 法はシェルモールド法に比べ、ガス発生量の少ないことがわかる。

その理由は今のところ定かではないが、シェル砂の未硬化部分の量(未硬化部分が多いほど、ガス発生量が多くなる)の差によるものと考えている。

3) 使用砂の粒度の違い

使用砂の粒度を変更して曲げ強さを調査した。その結果を図 3 に示す。

一部傾向に沿わない部分もあるものの、全体として使用砂の粒度が細か

くなるほど、曲げ強さの造型法による差が小さくなっていることがわかる。
 また、HSB 法での鑄型の曲げ強さはシェルモールド法のそれよりも高い。
 このことは、再充填により、鑄型の密度が高くなり曲げ強さに影響を及ぼしたものと考えられる。

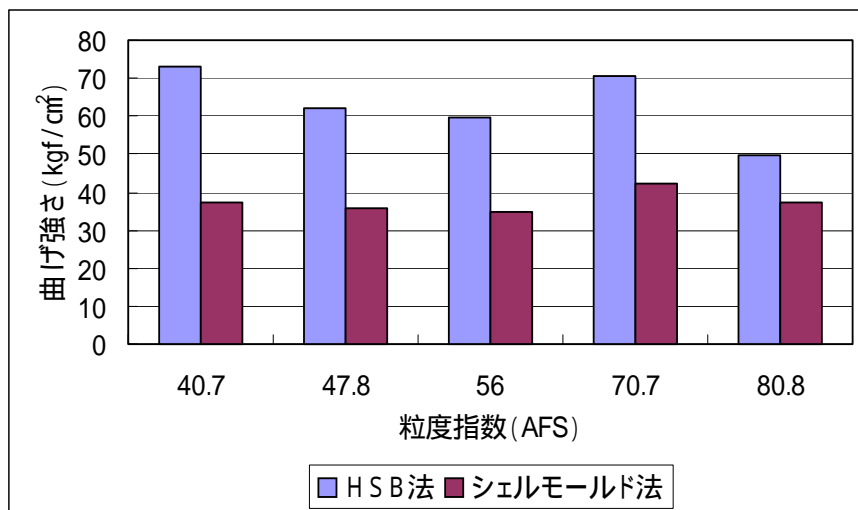


図3 シェル砂の粒度の違いによる曲げ強さ

HSB 法：過熱蒸気供給条件；450（設定値）×30秒、金型温度；200

シェルモールド法：焼成条件；240、金型温度；240、焼成時間；60秒

4) 水分の測定

HSB 法では鑄型材料に過熱蒸気を吹き込み、シェル砂を硬化させる。そのため鑄型内に水分が残存すると考えられる。

気化水分測定器付カールフィッシャー水分計を用い、HSB 法で造型した鑄型の残存水分の測定をした。

表3の結果によると、HSB 法で造型した鑄型に水分はほとんど残存していないことがわかった。

表3 粘結剤及びシェル砂・鑄型の水分と鑄型の加熱減量

項目 \		1	2	3
使用砂		フラタリー / パール = 50 / 50		
粘結剤の種類		レゾール型 A	レゾール型 B	ノボラック型
粘結剤量 (対砂 100 質量部)		1.8		1.5
鑄型中の水分 (気化法)	シェル法	0.01	0.01	0.01
	HSB 法	0.01	0.01	0.02

シェルモールド法：金型温度 250、焼成時間 60 秒

HSB 法：金型温度 180、過熱蒸気の吹き込み時間 30 秒

2 - 4 粘結剤の生産技術の開発 (H20 年度)

平成 20 年度は、粘結剤の生産技術の開発に着手した。

手順は、試験装置(5L 容量フラスコ)による反応からスタートした粘結剤の生産を、中間プラント、さらに、量産設備へと拡大テストを行った。

この拡大テストを進める上で最も問題となるのが、原材料に使用されるフェノールとホルムアルデヒドとが反応時に発熱を起こすことである。

この反応による発熱を制御できないと、適正な鑄型材料を作成することができず、極端な場合、反応溶液の突沸が起こり反応設備の破損、および、作業者に危険がおよぶことも考えられる。

表 4 に反応設備の違いによる粘結剤の物性を示した。

表 4 反応設備による粘結剤の物性

	単位	フラスコ	試作反応缶	量産反応缶
容量	-	5L	25 倍 (対フラスコ)	340 倍 (対フラスコ)
反応	-	-	差なし	差なし
反応時間	-	-	差なし	差なし
分子量分布	-	-	差なし	差なし
水分	%	1.8	1.8	1.7
軟化点		82	83	84
ゲル化時間	秒 (150)	38	38	37

どの反応設備においても性能に差は見られず、また、反応時に発生する発熱も十分に制御ができることがわかった。

2 - 5 鑄型材料の量産化の目処 (H20 年度)

レゾール型フェノール樹脂の混練には、一般に使用されるノボラック型フェノール樹脂の混練よりも温度管理が重要とされる。それは、レゾール型フェノール樹脂が加熱により硬化が促進されることに由来する。

表 5 に混練設備の違いによる鑄型材料の物性を示した。

表5 混練設備の違いによる物性の比較

		単位	試験ミキサー	試作ミキサー	量産ミキサー
容量		-	10kg バッチ	4倍 (対10kg)	30倍 (対10kg)
混練性		目視			
融着点			98.1	100.9	104.0
曲げ 強さ	シェルモールド法	kg f/cm ²	57.2	57.9	58.5
	HSB法		57.8	59.5	58.8

シェルモールド法 : JIS K 6910 に準拠

HSB法 : 過熱蒸気の吹き込み温度 = 200 ~ 210 、吹きこみ時間 = 30 秒

粘結剤量 : 1.8% 使用珪砂 : 新砂 (6号/3.5号 = 50/50)

ミキサーの容量がアップするほど融着点が上がリ気味となったが、シェルモールド法および HSB 法における曲げ強さには影響は見られず、同等の物性を示している。

このことから、既存設備を改良することなく鑄型材料を生産できることがわかった。

2 - 6 鑄型材料の試験方法の確立 (H20 年度)

先の、「2-3 鑄型材料の改良研究 (H18 ~ 19 年度)」の項目で、ある程度の確立ができた。それ以外の項目としては、下記の試験方法を検討している。

1) 急熱膨張率

現在、新たに粘結剤評価用試験装置を導入し、データの蓄積を行っている。

2) 崩壊性

HSB 法により得られた鑄型の崩壊性の傾向と、シェルモールド法により得られた鑄型との物性の比較を行っている。

3) 臭気

レゾール型フェノール樹脂は、ノボラック型フェノール樹脂に比べ、鑄型の造型時に発生するガスの臭気が少ないという特長を兼ね備えている。

このことは、これまで周知の事実であったが、注湯時に発生する臭気については、これまであまり検討がされていなかった。

今回、大阪府立産業技術総合研究所にある熱分解発生ガス測定器を使用し、検討を行った。

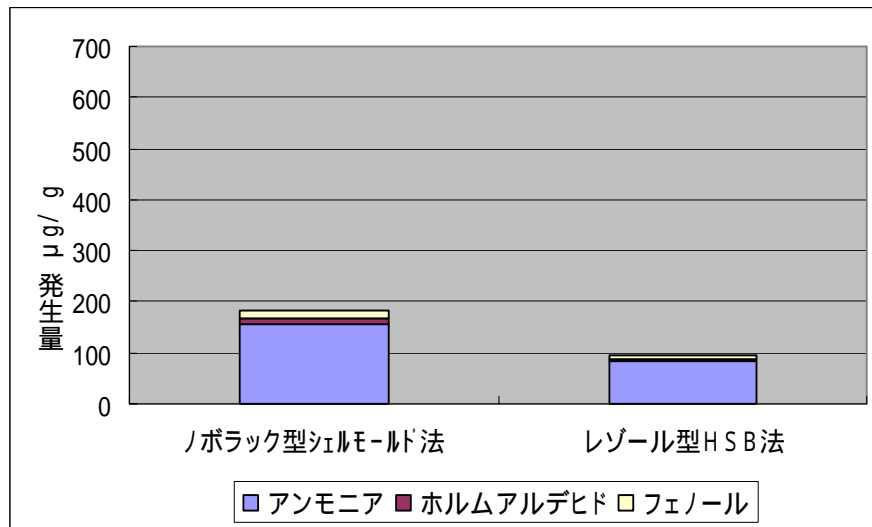


図4 粘結剤と造形法の違いによる注湯時の臭気発生量の傾向

測定炉内 炉内温度：600、測定時間：5min、キャリアー：空気

鑄型材料 ノボラック型：粘結剤量 1.8%、レゾール型：粘結剤量 2.0%

測定結果を見ると、ここでも、HSB法で造形された鑄型の方が注湯時の臭気成分の発生量が少ない結果となり、HSB法が環境面でも有利であることがわかった。

第3章 HSBプロセス鋳造型の開発

3-1 研究開発用の過熱蒸気発生装置の仕様決定と、設置及びテスト

過熱蒸気発生装置の種類として、バーナー加熱式、ヒーター加熱式、電磁誘導加熱式がある。バーナー式は出力される温度が一定にあらず、また環境への配慮の点から検討の範囲には含めない。ヒーター加熱では、家庭用調理器に見られるようなレベルでしか過熱蒸気を発生できず実用性に欠けることとなり、高効率で設備として小型化できる電磁誘導加熱方式を採用することとした。

今回、ラボ的な実験レベルではなく、事業として実現可能とすることが目的でありそのためには、過熱蒸気を温度、圧力、流量のすべてのパラメータにおいてあらゆる角度での検証を要し、また装置として小型化できる、或いは更なる大容量化も可能性のある過熱蒸気発生装置の選定が必要である。

この条件を満たす「過熱蒸気発生装置」を設置した。

この「過熱蒸気発生装置」については、平成18年2月に「テストピースピース金型」で造型実験を実施し、造型可能な装置であることを確認した。

3-2 過熱蒸気発生装置の個別単体での鋳造型条件の研究

HSBプロセスでの鋳造型は、過熱蒸気を鋳型内部に効率良く吹き込み、シェル砂の粘結剤を硬化させる必要がある。そこで鋳型の形状、肉厚及び砂種において鋳造型するための過熱蒸気吹き込み時間と造形性について確認した。

1) 焼成(通気)度の確認

鋳型を均一に硬化させるための過熱蒸気吹き込み温度と時間について、焼成(通気)度を確認する試作金型により実施した。

結果としては本試験では金型での焼成時間を必要とせず、蒸気吹き込み時間ある一定以上であれば鋳型を造型できることが分かった。

2) 砂種による造型試験

砂種による造型については、リグナイト株式会社と共同でセラビーズとジルコンについて確認し、表の通り何れも造型可能であることが確認できた。

3) 砂の充填性と形状変化の評価

中子形状の変化(縮み、反り)を確認するために、これらの要求を最も必要とする自動車用部品の中子を選択して造型評価を行った。

- 形状変化は従来のシェルモールド法と比較しても遜色ないレベルである。
- ・伸び尺量は0.23/1000 ~ 0.53/1000mmの収縮であり殆ど収縮が無いといえる。
 - ・反りについては最大0.22mmと少なく、中子として問題無いレベルである。

3 - 3 過熱蒸気発生装置・金型・鋳型材料・ブロープレートの「最適鋳型条件組合せ」の研究

焼成（通気）度金型による鋳型の造型は可能であったが、低温で効率的に硬化させるための鋳型温度等の条件を調べる為、温度測定器を設置して過熱蒸気の吹き込み後の温度変化の推移データを取得した。

鋳型の硬化程度と過熱蒸気温度との関係を確認できた。

今後、最適条件の決定において、蒸気圧力等のデータも確認する必要がある。

鋳型条件における造形性及び過熱蒸気が効率よく鋳型に吹込まれて焼成するかこの点について進め、検討項目においてはほぼ達成することができた。

3 - 4 川下産業者における鋳込み実験とHSB中子の技術評価

複雑形状である自動車用部品鋳物の中子をHSB法による造形性について試験を進めた。

造型中に次の症状が見られた。

ベント清掃後、数ショットでベント（スリット幅0.2mm）は目詰まりし最終スリットが埋まってしまう。これに伴い硬化不良が連続した。この原因で硬化不足となり10ショット以降は蒸気ブロー時間を延長して造型した。

さらに連続造型を続けるとベント目詰まりの影響と推定される砂詰まり不良が発生するようになった。

対策として離型材を変更することにより、変更後の各ショットに対する目詰まりはほぼ解消された。またベント目詰まりのためと思われる硬化不良や充填不良も解消された。ただしこれ以降の連続造型でブロー直下のハリツキが目立つようになった。

原因としては型温の低下や砂の充填不足が考えられる。この対策としてブローヘッド内の砂量の調整と硬化促進を図る為ベントの追加を実施した。

対策後、連続造型を実施した。ハリツキは軽減されたが、まだ通常シェル造型に比べると、ハリツキ不具合の頻度が高いと思われる。以後、引き続き最適条件等を研究していく。

次に量産型においても中子実体温度測定を実施し造型1サイクルの最短時間

を検討した。

結果としてやはり通気度実験の場合と同じく蒸気吹込み後、砂温は上昇するが、この後、上昇が止まることが分かった。このことは、硬化スピードに影響があり、1サイクルの時間の決定や、中子を取り出せる状態が金型余熱温度と吹込み時間の関係から各量産中子それぞれで、さぐる必要がある。

第4章 HSB造型機・鋳型取出し装置の開発

4-1 HSBプロセスに最適な鋳型造型機・鋳型取出し装置の検討

シェル中子造型法との比較において、本プロセスの開発目標は次の2点としている。

- ・ HSBプロセスの特長を生かし、鋳型生産時間を30%低減する。
- ・ HSBプロセスの特長を生かし、鋳型生産エネルギーを30%削減する。

この目標に対して、鋳型造型機・鋳型取出し装置が具備すべき条件を基に、

- ・ HSB造型機向け設備構成ユニットの製作・組込みと問題点の抽出及び改善案の検討
- ・ HSBプロセス向け設備構成ユニットの基本コンセプトの検討を実施した。

4-2 HSB造型機向け設備構成ユニットの製作・組込みと問題点の抽出及び改善案の検討

1) HSB造型機設備構成ユニットの確認

前年度において、既存シェル中子造型機を修理、設備構成ユニットを設計・製作し造型機に取り付けた。また鋳型取出し装置も別途設計・製作して組み込み、それぞれの基本動作を確認した。

そこで20年度ではこの設備構成ユニットを取付けた際の造型機の作動について確認した。

設備構成ユニットの作動
スチームプレート走行装置の位置出力
手動作動、全自動作動

2) HSB造型機設備構成ユニットの問題点の抽出、改善案の検討

HSB造型機設備構成ユニットを組み込んだ造型機によって造型テストを繰り返してきた結果、次の問題点が明確になってきた。

過熱水蒸気吹込みユニットに大きな取付スペースが必要となる。
過熱水蒸気吹込みユニットの動作距離が長いため、造型サイクルも長くなる。
水蒸気発生ユニット及び過熱水蒸気発生ユニットのサイズが大きいため、造型機への組込みが困難。

水蒸気発生ユニット及び過熱水蒸気発生ユニットは温度維持のために、常に稼働しておく必要がある。そのため、熱エネルギーのロスが大きい。

過熱水蒸気吹込みプレートの温度が場所によって一定でないために、過熱水蒸気吹込み温度がばらつき、その結果鑄型の強度が不安定となる。

水蒸気が金型合わせ面等より放出されているために、造型機の金型周辺やユニット周辺で結露しやすく、電気系統や駆動部においてトラブルが発生しやすい。また過熱水蒸気は高温であることから、漏れによる作業安全性の問題もある。

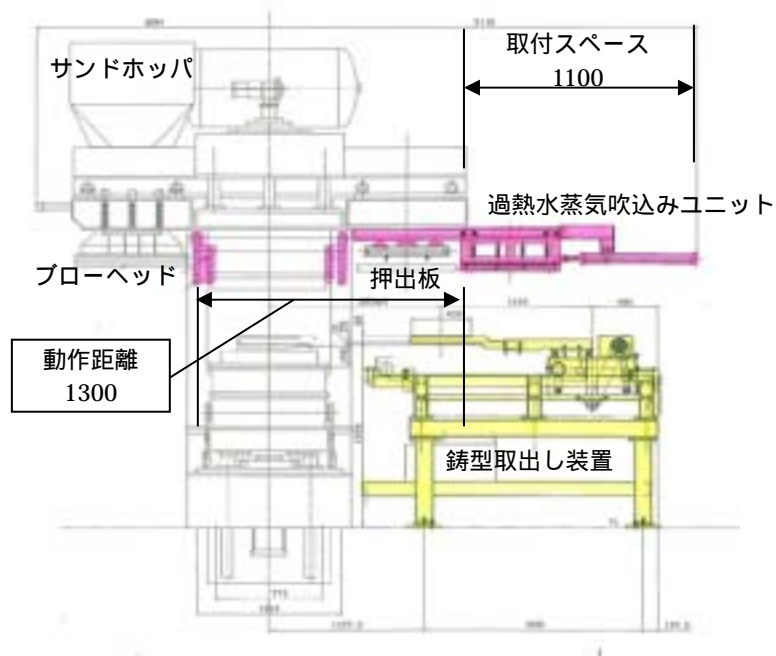


図1 過熱水蒸気吹込みユニットの取付スペース（正面）

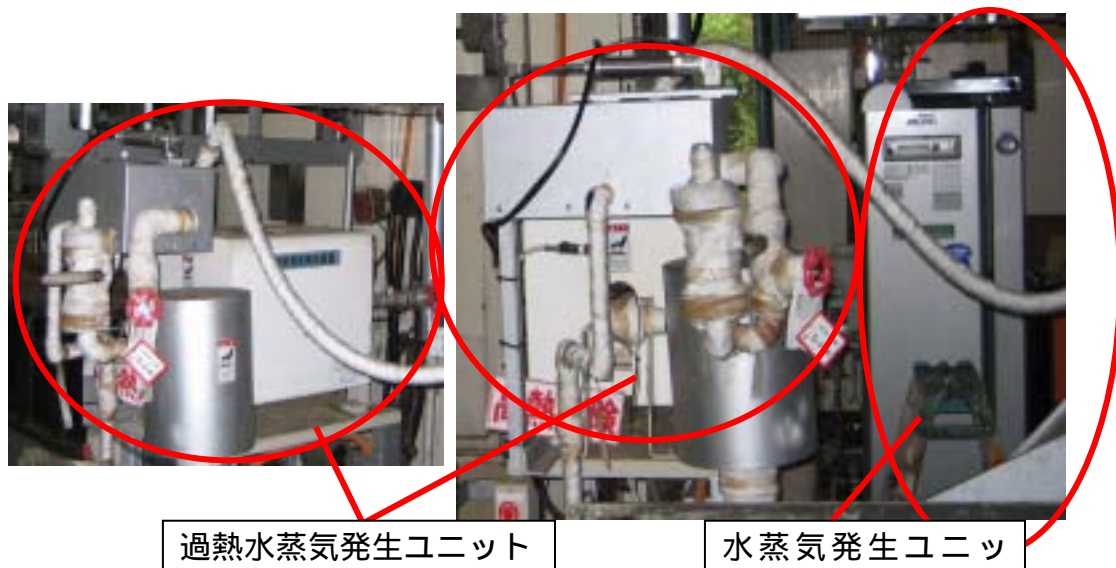


図 2 水蒸気発生ユニット、過熱水蒸気発生ユニット

これらの改善案として、まず、については過熱水蒸気吹込みユニットをコンパクト化した構造を検討する必要がある。は当面購入品で対応を検討しているため、コンパクトな既存ユニットの調査が必要となる（前田シェルサービス殿のご担当であり、ここでは検討を省く）。そしてについては過熱水蒸気発生ユニットから排出される蒸気を有効利用するための循環回路を構築するなど、その熱エネルギーの有効活用を検討しなければならない。次にであるが、過熱蒸気吹込みプレートの温度を均一とする対策が必要となる。そしてについては蒸気の流れをクローズ化するとともに、蒸気漏れ対策をとらなければならないと考える。

4 - 3 H S B プロセス向け設備構成ユニットの基本コンセプトの検討

H S B プロセス向け設備構成ユニットの基本コンセプトの検討に取り組んだ。

- a) 既設造型機向けの設備構成ユニットを検討する場合、各社各様の構造をしていることから、それぞれ専用設計となり、汎用的な設備構成ユニットの検討は困難である。そのため、今回は新設向けの設備構成ユニットとして検討する。
- b) 新設の造型機は、市場の少量多品種のニーズを反映して鋳型の一個取り（従来は2個取りが多い）の造型機として設備構成ユニットを検討する。

c) 設備構成ユニットは前述の造型テストで判明した問題点を解決することで検討する。

そこでまず、問題点、の対策として過熱蒸気吹込みユニットを検討した。製作した設備構成ユニットでは押出板と過熱蒸気吹込みユニットが独立していたため、大きな取付けスペースが必要となり、かつ過熱蒸気吹込みユニットの動作距離が長いために造型サイクルも長くなっていた。しかし今回の構想では押出板と過熱蒸気吹込みユニットを一体とすることでコンパクト化し、省スペースと造型サイクルの短縮に貢献できる構造とした。動作としては、過熱水蒸気吹込み時にはスチームブロー板が下部にくる状態で過熱水蒸気吹込みユニットとして機能し、鑄型の硬化後には軸回転で押出板が下部にくる状態で鑄型押出ユニットとして機能させる。

次に問題点、の対策として常時発生させている過熱水蒸気を保温用にご利用する過熱水蒸気のフローを検討した。この構想により、過熱水蒸気を過熱水蒸気発生ユニット(装置)へ還元することで熱エネルギーの損失を軽減し、またその際、スチームブロー板を通過させることで常にスチームブロー板を加熱、保温し、過熱水蒸気の吹込み温度の安定にも貢献する構想とした。

最後に問題点の対策として、排気プレナム構造を検討した。この構造は過熱水蒸気を金型内の鑄型に通気した後、金型下部に設けた排気プレナムを通して排気又は過熱水蒸気発生ユニットへ循環させる機構である。

この機構により、過熱水蒸気は外部へ排出されることが無くなり、結露や火傷の問題が解決する。但し、本検討案を実現するためには金型等にシールを追加する必要がある、金型担当を含めての構想計画が必要となる。

これら検討した設備構成ユニットを造型機に組み込んだ構想図が図3となる。図1の設備構想ユニットを組み込んだ造型機と比べても、作業者から右側に追加された過熱蒸気吹込みユニットが無くなり、大幅なコンパクト化に成功していることが分かる。なお、本構想の造型機では鑄型の一個取りを前提としており、またサンドホッパやブローヘッドは作業者からみて奥から手前へスライドする機構(製作した設備構成ユニットを組み込んだ造型機では、作業者左から正面へスライドする機構)としたことで、より一層のコンパクト化を図ることができた。

また、本構想では造型機全体をカバーで覆うこととしているが、これは過熱水蒸気が漏れた場合の安全対策である。これは既設造型機への設備構成ユニット組込み時にも必要となる。

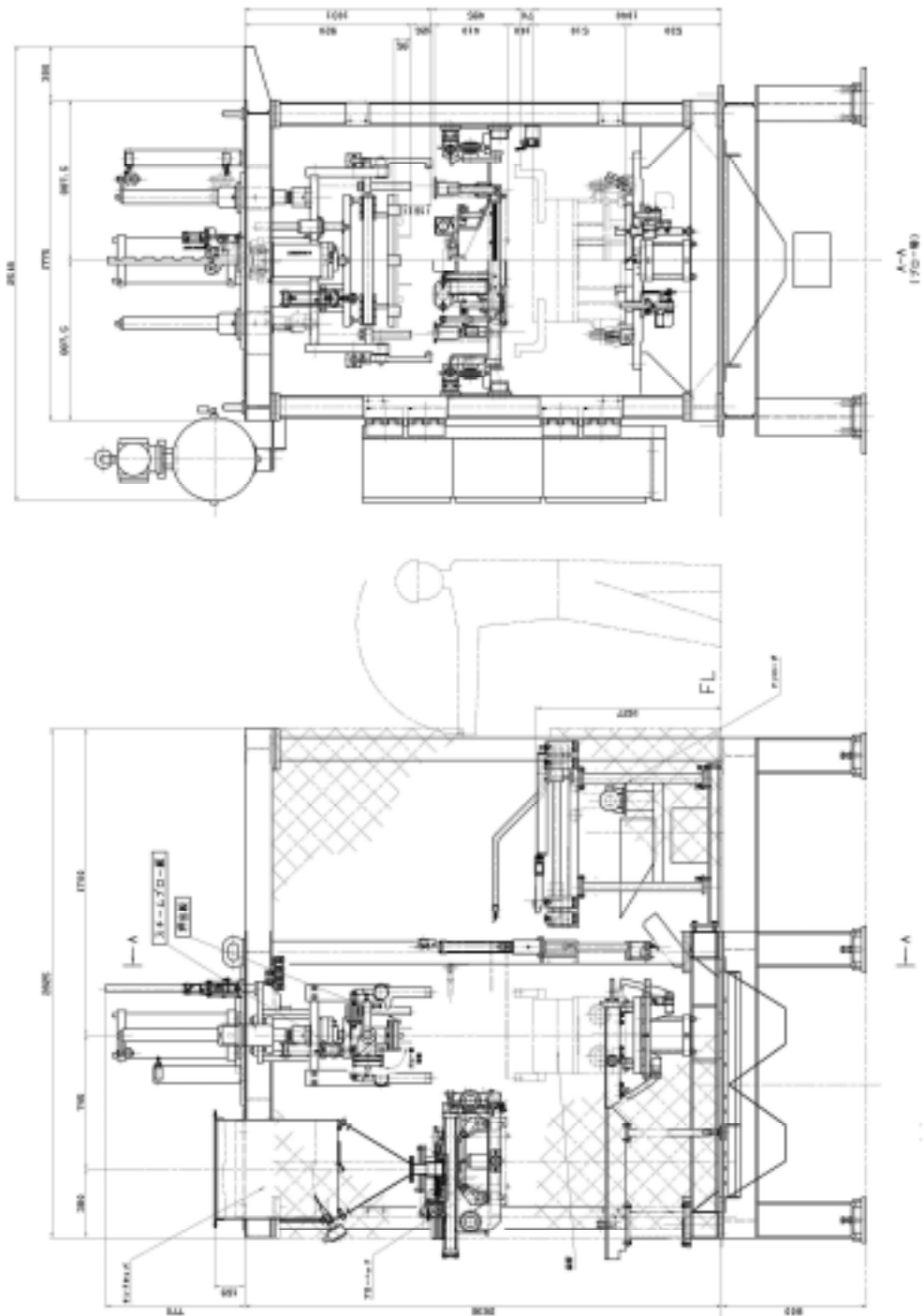


図3 設備構成ユニット組込み造型機

第5章 HSBプロセス用鋳型金型の開発

5-1 テストピース金型の製作

3種類(平面度・通気度・充填性)の評価型を製作し、前田シェルサ-ビスにて鋳型造型を繰り返し実施した。

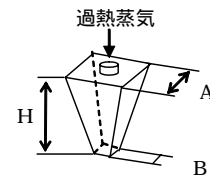
- 1) 平面度測定用テスト金型を製作し造型実験を行った。



重量 9.2 KG

シェルモールド法では、通常180秒～240秒焼成時間が掛かる。初期段階の実験としては、非常に良い結果が出せた。

- 2) 焼成(通気)度測定用テスト金型を製作し造型実験を行った。
鋳型を均一に硬化させるための過熱蒸気吹き込み温度と時間について、(通気)度を確認する試作金型により実施した。



焼成(通気)度用中子の三次元モデル

寸法					
A	85				
B	69	58	47	36	25
H	25	50	75	100	125

結果としては表に示す通り本試験では金型での焼成時間を必要とせず、蒸気吹き込み時ある一定以上であれば鋳型を造型できることが分かった。

2) 充填性・強度測定用テスト金型を製作し造型実験を行った。

砂充填度、中子強度を検証するため川下産業で鑄込み可能な形状とし、最も充填性・中子強度を必要とする自動車用部品の素材を選定した。

充填性、強度評価は川下製造事業者に鑄込み実験で味見評価した。

1) 評価結果

1) 中子単体評価

- ・ 充填性（位置決め部、中子先端部）は号口品に比べ悪いが吹込み条件などを調整することで同等になると考えられる。

2) 鑄造品評価

- ・ 号口中子の鑄造品と比較し外観上は大差ない。
但し、面粗度の差、ベーニング発生あるが砂種の影響と考えられる。
- ・ 中子ガス欠陥の影響による上面巣などは見られなかった。

2) 考察

- ・ 今回は砂種が HSB10 であり号口 RCS と異なるため、HSB プロセスによる欠陥かは判定できない。
- ・ 今後としては、砂種を号口 RCS として HSB 造型し鑄込み評価を進めたい。

5 - 2 垂直割トッププロ - タイプの H S B 型試作

一般に小物中子に使用されている垂直割トッププロ - タイプのマシン用に H S B 型を試作した。

試作に際し、通気度実験ができるように中子の長さを簡易的に変化させることができるような型構造を設計した。



上記のテスト型より造型された通気度中子

トライ結果

試作型は垂直割の型構造である為、サイクル短縮化には過熱蒸気の供給を工夫し、中子表面を硬化する構造が有効と思われる。

5 - 3 川下製造事業者での鑄型評価

川下産業事業者の全面協力を得てH S B用金型を製作した。

この金型を用いて前田シェルサービスによって造型された中子を供給し、ロットにおける鑄込みを3社に依頼し評価を得た。

川下製造事業者で行われた鑄込み

目的

アルミ鑄物用中子の中で要求特性（強度、崩壊性、ガス欠陥、面粗度、膨張率など）の厳しいW J中子にて鑄造トライ評価することでH S Bプロセスの有効性を検証した。

H S Bプロセス研究会 鑄込み評価結果

No.	評価内容	評価方法	評価結果	
			生産	H S B
1	中子強度	目視、感触		×
2	ガスの匂い	人の嗅覚		—
3	煙の発生具合	目視		
4	砂崩壊性	K Oトライ（重量）		
5	内部品質1（C T）	C T検査		
6	内部品質2（ガス欠陥）	カラ - チェック		×
7	圧漏れ	圧検機		
8	寸法（プロファイル）	3次元測定		
9	寸法（肉厚）	ノギス等		
10	面粗度	測定機		

（6, 内部欠陥×はガス穴加工なしで実施のため）

川下製造事業者からの評価結果と指摘事項を受け止め、H S B造型法の完成度を一層追及していくため、リグナイト及び前田シェルサービスで、今後の開発計画を取組むこととした。

第6章 全体総括

6 - 1 研究開発成果

1年目の研究開発成果

H S B プロセスの鑄型材料の開発を目的とし、低温で硬化できる粘結剤と粘結剤に適した硬化促進剤を試作研究した。

小型の過熱蒸気発生装置の開発を目的とし、その仕様、条件を決定した。鑄造型機的设计構想を実施し、「基本計画設備仕様」を決定した。

H S B 造型機・鑄型取出し装置の開発を目的とし、RCS (レジソコートサンド) の特性把握と造型機対応への検討を行った。

過熱蒸気発生機構の造型機組込を検討し金型形状による過熱蒸気吹込み、ガス抜き機構等を確定した。

H S B プロセスに適した造型金型の開発を目的とし、H S B プロセスに最適な「テストピース金型」の形状を確定し、関連装置の「プレート類」では、スチーム洩れ防止、シール方法を開発した。

2年目の研究開発成果

1年目の研究開発成果と得られた知見を基に、下記の研究開発成果を得た。

H S B プロセスの鑄型材料の開発を目的とし、低温で硬化できる粘結剤とそれに適した硬化促進剤を開発した。

鑄造型条件の研究開発を目的とし、過熱蒸気発生装置・金型・鑄型材料・ブロープレートの「最適鑄型条件組合せ条件」を確定した。

H S B 造型機・鑄型取出し装置の仕様決定と製作範囲を確定した。

H S B プロセスの効果検証に最適な「テストピース金型」を試作し、テストピースで寸法精度、崩壊性等をデータ集積した。

H S B 金型の関連装置、スチ-ムプレ-ト、ブロ-プレ-ト、吸引プレ-トの形状改良に取り組んだ。

実用化を想定したテスト金型の仕様確定に取り組んだ

3年目(最終年)にあたる今年度は、「過熱蒸気による鑄造型プロセスの開発」の研究開発の目的として、1年目、2年目の研究成果で実用可能となった「H S B プロセス」を事業化可能なレベルにすることにある。

このために

鑄型材料における生産技術の確立

小型過熱蒸気発生装置の検討

低コスト金型の開発

シエルマシンとして一般的な垂直割での実験等をおこなった。

この結果、事業化のためのいくつかの有効なデータと、いくつかの課題が得られた。

さらに、事業化目的として「H S B プロセス」によって造型された鑄型は川下製造事業者へ依頼し、鑄込み試験評価を得る必要があり、

リグナイトは各川下製造事業者の要求鑄型材料の開発供給
前田技研は金型製作及び鑄込み日程の調整
前田シェルは造型条件の決込み及び「H S B 中子」の供給体制を調べ、
「H S B 中子」の造型を繰り返し、川下製造事業者から鑄込み試験の実績
を得た。

その結果、川下製造事業者3社において鑄込み評価試験が実施され、「H S B 中子」が現状のシェル中子に対して、鑄込み中の臭気、鑄込み後の製品寸法などで優位との結果が得られ、反対に中子の強度不足等の指摘も受けた。

総括的な「H S B 中子」に対する評価としては、シェル造型法との比較においてまだ優劣の判定を下せないが〔H S B 中子〕は鑄込み可能であり鑄込み時に大きな欠陥はないことがわかった。

さらに改良を加えれば今回の研究開発実験で得られた「H S B 中子」の特長であるガス欠陥の少ない事や崩壊性が良いことなどが、現状のシェル造型法に対して優れていると実証されることを確信している。

当研究開発プロジェクトに対してアドバイザーとして参加いただいた川下製造事業者におかれては、知的財産である鑄型形状データの供与及び金型製作費のご負担をしていただきました。その他「H S B プロセス」に対する技術的なご指導とご協力いただいた関係各位のご厚誼に深く感謝の意を表します。

6 - 2 研究開発後の課題・事業化展開

この3年間の研究開発の取組みにより、「過熱蒸気による鑄型造形プロセスの開発」は要素技術を確立するまでに至った。また、川下製造事業者での鑄込み試験も完了した。

今後は本格的に事業化し、「H S B 法」を普及させるために、当プロセスの全体コストを下げる必要がある。

まず造型機であるが、研究開発で使用した設備は従来機に+過熱蒸気発生装置と必要ユニットを追加したもので設備コストの検討が不十分であった。

今後の進め方として、設備コストは勿論のこと、結露対策や過熱蒸気発生装置のコンパクト化をはじめ、設備レイアウトの関係も考慮したシンプルな専用機を新東工業を主体として開発していく。

次に、エネルギーの問題として、現状の飽和蒸気生成に費やされるボイラーの燃料がエネルギー費としてもCO₂排出量としても多く、ランニングコストの低減を図っていく必要がある。現状の研究設備では廃蒸気を再利用できない造型レイアウトとなっているため、よりコンパクトで、効率の良い誘導加熱タイプのボイラーレス過熱蒸気発生装置を早期に開発する必要がある。この検討を前田シェルで進めていく。

さらに重要となる解決すべき課題として、「H S B 中子」の完成度を上げるためにリグナイトと前田技研は今回の研究開発プロジェクトでは試行されなかった鑄鉄部品の鑄込みを早期に実現する。そして川下製造事業者からニーズを収集して粘結剤の改良と最適方案を織り込むことで、ニーズに合った「中子」を供給できるよう技術レベルの確立を図っていく。

「過熱蒸気による鑄型造形プロセスの開発」の研究開発に携わった前田シェル、リグナイト、前田技研、新東工業の4社は今後も協調、協議のもと『川下製造事業者』からのニーズである鑄造段階での要求に対して、「H S B 中子」の持つ「高い寸法精度」、「環境への配慮」、「崩壊性の良さ」、「不良率改善」をさらに一層高いレベルへと押し広げ、『川下製造事業者』の全面的な協力体制をいただき、次のステップである「事業化の実現」に向け邁進していく。

以上

- 謝辞 -

「過熱蒸気による鑄型造形プロセスの開発」という、3年間のプロジェクトを行ってきたわけですが、これでひとまず、完了となりました。

当プロジェクトへの支援を採択して頂いた中部経済産業局の皆様、また、当プロジェクトをスムーズに運用できるよう指導して下さった中部経済産業局（財）中部科学技術センターの皆様、深くお礼申し上げます。

また、川下製造事業者およびご担当の方々のご協力により、さまざまな形状や大きさの異なる鑄型の造型テストを、この3年目に本格的に行なえるようにまでなりましたことに対し、厚くお礼申し上げます。

そこで、発生した問題点も多数あります。その問題点を一つずつ解消していき、出来るだけ早くに事業化へつなげられるよう今後も、努力する所存です。

本当に、3年間ありがとうございました。

リーダー 前田貞夫
サブリーダー 井出 勇