

平成 2 3 年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「無機連結材を用いた環境に優しい
鋳造型技術の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成 2 4 年 3 月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人名古屋産業科学研究所

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	
1－2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	
1－3 成果概要	
1－4 当該プロジェクト連絡窓口	
第2章 砂充填に関する研究	7
2－1 a) 鋳型強度向上に関する研究	
2－2 b) コーティング砂充填方法に関する研究	
第3章 鋳型硬化に関する研究	9
3－1 a) コーティング砂に関する研究	
第4章 鋳造品に関する研究	11
4－1 a) 鋳造欠陥に関する研究	
第5章 洗浄・回収・再生に関する研究	13
5－1 a) 洗浄・回収に関する研究	
5－2 b) 砂再生に関する研究	
5－3 c) 液再生に関する研究	
第6章 事業化への取組み	17
6－1 目的及び目標	
6－2 成果	
第7章 全体総括	19
7－1 成果の総括	
7－2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況	
7－3 今後の事業化に向けた取組み	

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

鑄造業界には、作業・地域環境の改善、一種多量生産から多種少量生産への購買ニーズの転換、高品質化、再利用、省エネルギー化を実現し市場に品物を安心・安価で提供出来る生産工程の開発に対する強いニーズがある。現在、主流であるシェルモールド造型法（写真参考）で製造される自動車部品は、その製造工程において、鑄型の造型、鑄造、鑄型の解体（砂焼き）等を実施するが、エネルギー多消費、臭気発生、微粉の発生という環境問題と、造型工程における鑄型の熱膨張、歪といった製品精度に関する課題が存在している。

そこで、現行の砂型鑄物の主流であるシェルモールド造型法で問題となっている臭気発生、難リサイクル性、多エネルギー消費等の課題を解決するため、水溶性無機連結材鑄型を用いた一連の鑄造技術の開発を行なう。本研究開発により、鑄型の硬化造型と崩壊除去を水分の調節のみで行なうことが可能となり、従来の問題点を一挙に解決できる他、造型に加熱を要しないので、寸法精度の向上が見込まれ、砂型鑄物製造技術に革新をもたらすことが期待できる。

課題	課題の内容		目標	
環境保全	臭気発生(混練、気化、炭化) 微粉発生(砂再生処理)	臭気処理 産業処理	臭気を無くすには? 微粉を無くすには?	消失無・崩壊性易 連結材
再利用	連結材の消失(熱硬化、炭化) 微粉廃却(砂再生処理)	資源使用	再利用するには?	繰返し使用可能 連結材・砂
CO ₂ 削減	鑄型焼成(熱硬化 例 250℃×50s) 鑄型崩壊(砂焼き 例 480℃×2h)	エネルギー消費 CO ₂ 排出	省エネするには?	熱硬化・崩壊 から変える
高精度化技術	自然砂(安価・熱膨張砂) 加熱硬化(熱膨張・熱歪) 砂焼き(鑄造品の歪)	寸法精度劣	高精度化するには?	注湯熱で膨張しない鑄型 砂焼きレス

着眼点

水溶性連結材 (水溶性鑄型)

無機連結材

非加熱硬化

非加熱造型

高強度・低膨張砂 (熱変形低減)

鑄型人工砂

開発効果

- ・砂再利用 95%
- ・連結材再利用 95%
- ・臭気濃度 16以下
- ・熱硬化→非加熱硬化
- ・熱崩壊→水崩壊
- ・製品寸法精度: ±0.1mm
- ・鑄型膨張率: 1.0%



シェルモールド造型法によるウォータージャケット中子

本研究開発においては、加熱造型での金型の熱膨張、鑄造熱による鑄型の熱膨張、砂焼きでの鑄造品の熱歪を解決するため、臭気やCO₂発生を伴わず、再利用可能な水溶性連結材を新たに開発するとともに、非加熱造型を可能とする新たな装置及び鑄型解体のための洗浄材及び砂回収装置を開発し、これらを一連のラインとして構築

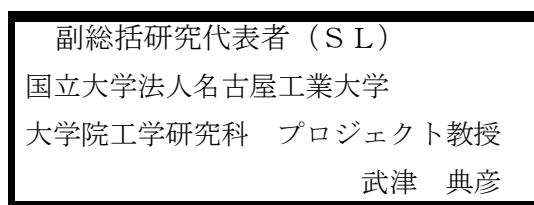
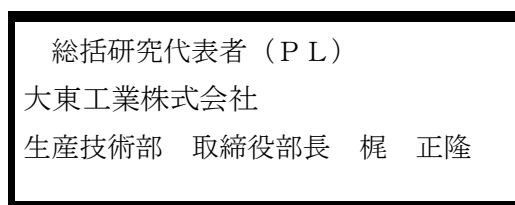
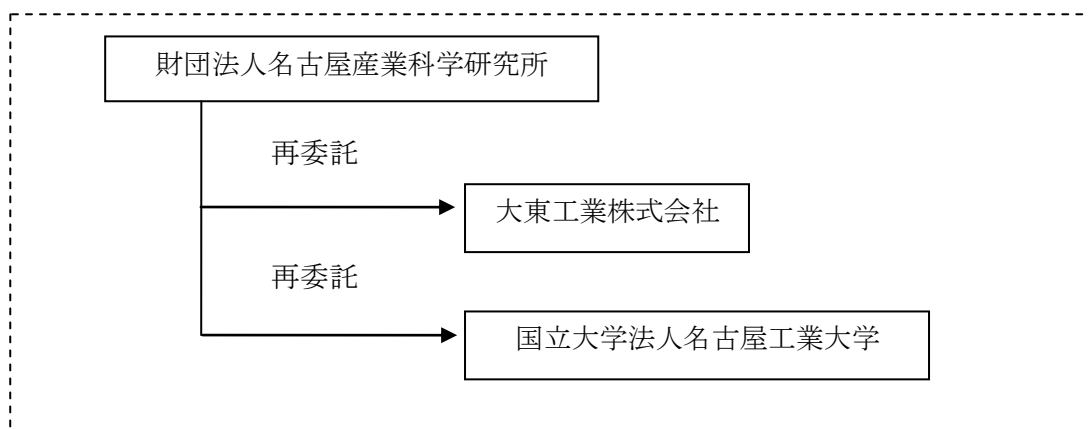
することを目標とする。

具体的には、連結材コーティング砂の調製、鑄造型（コーティング砂の充填、鑄型硬化、離型）、連結材及び砂の洗浄・回収・再生等、各工程の技術について、研究開発を進める。また、研究開発の手順としては、まず、肉厚変化の少ない形状の鑄型から着手し、問題点を洗い出して対応方法を検討し、その後、より複雑な鑄型形状に対して研究開発を行なうという2ステップで進める。

1－2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

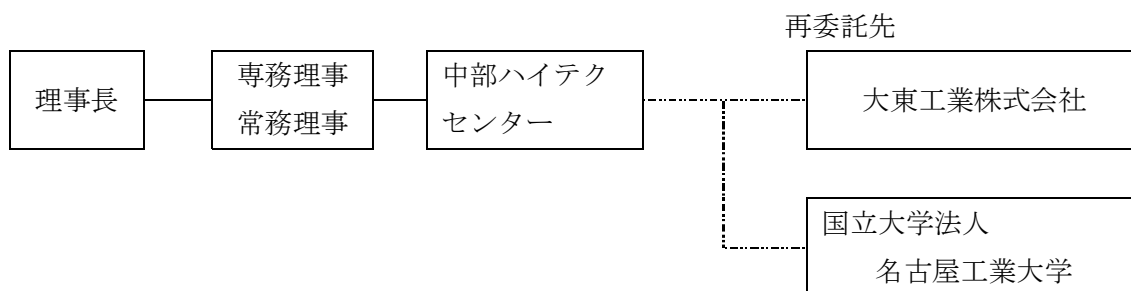
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

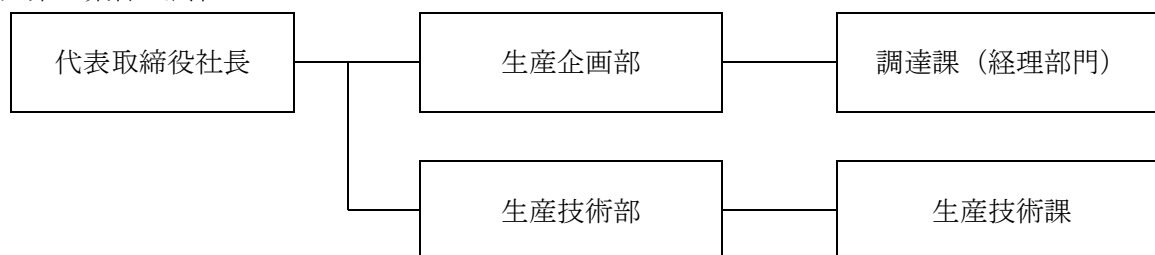
① 事業管理者

財団法人名古屋産業科学研究所

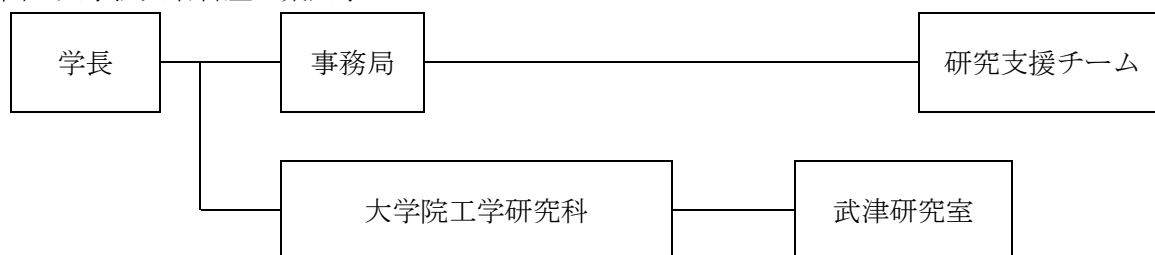


② 再委託先

大東工業株式会社



国立大学法人名古屋工業大学



(2) 管理員及び研究員

①管理員

【事業管理者】

財団法人名古屋産業科学研究所

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
藤根 道彦	中部ハイテクセンター 産学連携支援部長	⑥
浅田 節子	中部ハイテクセンター	⑥
森加 なつ美	中部ハイテクセンター	⑥
坪内 秀樹	中部ハイテクセンター 事務局長	⑥

②研究員

【再委託先】

大東工業株式会社

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
梶 正隆	生産技術部 取締役部長	①、②、③、④、⑤
杉浦 靖司	生産技術部 生産技術課長	①、②、③、④、⑤
櫻井 耕作	生産技術部 生産技術課 係長	①、②、③、④、⑤
堀田 篤史	生産技術部 生産技術課 係長	①、②、③、④、⑤
久山 立	生産技術部 生産技術課 担当員	①、②、③、④、⑤
吉田 大輔	生産技術部 生産技術課 班長	①、②、③、④、⑤
土屋 彰博	生産技術部 生産技術課	①、②、③、④、⑤
春田 賢吾	生産技術部 生産技術課	①、②、③、④、⑤

国立大学法人名古屋工業大学

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
栗田 典明	大学院工学研究科 准教授	①、②、④
武津 典彦	大学院工学研究科 プロジェクト教授	①、②、④

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

財団法人名古屋産業科学研究所

(経理担当者) 中部ハイテクセンター 事務局長 坪内 秀樹

(業務管理者) 中部ハイテクセンター 産学連携支援部長 藤根 道彦

(再委託先)

大東工業株式会社

(経理担当者) 生産企画部 部長 佐野 徹

(業務管理者) 生産技術部 取締役部長 梶 正隆

国立大学法人名古屋工業大学

(経理担当者) 研究支援チーム マネージャー 山口 裕史

(業務管理者) 大学院工学研究科 准教授 栗田 典明

アドバイザー

氏 名	所属・役職	備考
白川 博一	トヨタ自動車株式会社 鋳造生技部 開発室 主査	アドバイザー

1－3 成果概要

砂充填に関する研究

a) 鋳型強度向上に関する研究

当初、鋳造試験で再生鋳型の強度不足が発生したが、研究により問題点を解決し、必要な鋳型強度が得られる充填設備を完成した。

b) コーティング砂充填方法に関する研究

当初、鋳造試験で鋳造品鋳型部面粗度が規格外だったが、研究により規格内に収められる充填設備を完成した。

鋳型硬化に関する研究

a) コーティング砂に関する研究

造型方法の研究により、新および再生の両鋳型について、鋳造に適した鋳型造型が可能な、硬化設備・離型設備を完成した。

鋳造品に関する研究

a) 鋳造欠陥に関する研究

新および再生の両鋳型について鋳造試験を行なった結果、量産規格に合格する製品が得られた。

洗浄・回収・再生に関する研究

a) 洗浄・回収に関する研究

鋳造品内部鋳型（中子）の水崩壊と崩壊液・砂の回収に適した洗浄回収分離設備を完成した。

b) 再生に関する研究

崩壊砂のリユースに成功した。

c) 液再生に関する研究

崩壊液のリユースに成功した。造型材料全てのリユースに成功した。

事業化への取組み

造型材料の総リユース・省エネルギー・臭気レス環境に優しい造型・再生設備が完成し、事業化に向けて鋳型関係商社2社にPR活動を行なった。さらに、日本鋳造工学会第160回全国講演大会にて展示予定である。

1－4 該当プロジェクト連絡窓口

財団法人名古屋産業科学研究所

中部ハイテクセンター 産学連携支援部長 藤根 道彦

TEL 052-223-6640 FAX 052-221-6224

E-mail: fujine@nisri.jp

第2章 充填砂に関する研究

2-1 a) 鋳型強度向上に関する研究

2-1-1 研究目的及び目標

前年度は肉厚変化の少ない形状においては問題なく鋳造出来たが、複雑形状の鋳型造型では強度不足により離型後に鋳型破損が生じた。このことから、鋳型強度向上の研究を進めた結果、微粉を骨材として添加することにより強度が向上する事がわかった。テストピースによる強度測定では、微粉添加前 $13 \pm 5 \text{ Kg/cm}^2$ に対し、添加後は $21 \pm 5 \text{ Kg/cm}^2$ となり、鋳型取扱いが容易になった(特許出願中)。また、離型機を導入することにより全体をバランスよく離型出来るようになった為、鋳型破損をより防止する事が可能となった。しかしながら、この微粉効果は新砂・新液による造型鋳型の鋳造では確認できたが、再生砂・再生液を用いた再生鋳型の鋳造では効果が確認できなかった。そこで、本年度は再生砂・再生液での鋳型折れの原因を明らかにし、良品鋳造条件の確立を図ることを試みた。

2-1-2 実験方法

混練試験を行ない得られた充填砂で充填試験を行なった。充填試験で得られた条件をもとに鋳型を造型し、鋳型を用い鋳造試験・鋳造品品質確認試験を行なった。品質確認試験で判明した品質欠陥部位は原因を調査した。調査後の対策条件で鋳型を造型した。鋳造試験、品質確認試験、品質向上対策、対策再生鋳型造型試験を行ないながら鋳型の良品鋳造条件の確立を図った。再生鋳型でも同様の試験を行なった。鋳造品質試験結果及び対策は 第4章 鋳造品に関する研究で報告する。

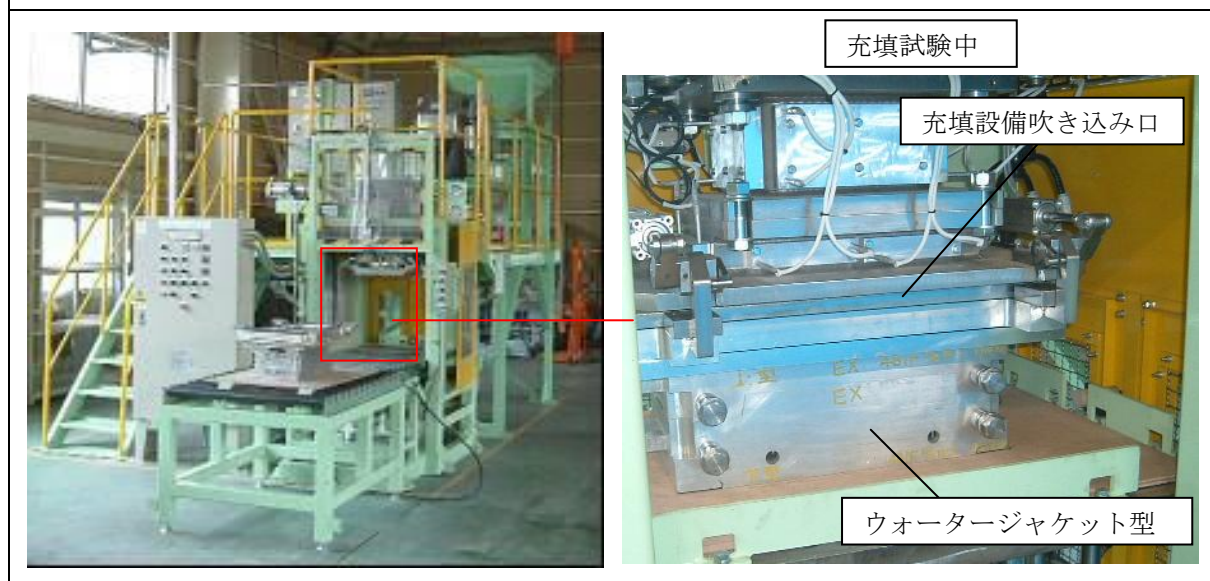
2-1-3 研究結果

アドバイザーである川下企業（トヨタ自動車株式会社）から最新の川下ニーズ動向についてアドバイスを頂いた結果、砂型鋳型を必ず使用する鋳造品は自動車エンジン部品のアルミヘッドシリンダーと判明した。川下企業ではこれをシェルモールド鋳型で鋳造生産しており鋳型硬化を連結材の焼成、鋳型崩壊を連結材の焼失で行っている。焼成・焼失に必要なエネルギーの削減・発生する臭気処理設備の撤廃を原価低減に繋げたいとお客様のニーズがあり、鋳造試験をヘッドシリンダーで行なう事にした。該当鋳造品にはウォータージャケット鋳型、インポート鋳型、エキポート鋳型の3種類の鋳型を使用していた。

インポート鋳型、エキポート鋳型は肉厚変化の少ない鋳型にあたり、ウォータージャケット鋳型はより複雑な形状の鋳型にあたる。基礎試験で無機水溶性鋳型が造型出来る事は確認出来ていたが、型内に充填砂を投入する充填性がシェルモールド造型に比べて劣る事が判っていた。形状が簡単なインポート鋳型、エキポート鋳型充填試験から得られた結果を参考にし、ウォータージャケット鋳型充填試験を行なった。完成した鋳型を鋳造試験に使用した。

充填砂を混練する混練設備、充填砂を充填する充填設備の2設備（写真1）と鋳型を充填するウォータージャケット型・インポート型・エキポート型を製作・使用した。

写真 1



第3回低圧鑄造試験でウォータージャケット鑄型の鑄造欠陥（亀裂）が検出された。従来の充填砂では鑄型が複雑になれば鑄型強度が不足し使用出来ない事が判った。改良充填砂が鑄造品質での必須条件となった。

改良充填砂を採用することにより、第7回低圧鑄造試験で鑄造欠陥はシェルモールド鑄型鑄造品同レベルとなり、本鑄造法は使用可能と判断出来た。第8回低圧鑄造試験から使用する鑄型は再生砂、再生液を使用した。再生砂は鑄造品から水崩壊させた鑄物砂を再生処理したものであり、再生液は鑄造品から水溶液化した連結材に再生処理を施したものである。以降、再生砂と再生液を用いた鑄型を再生鑄型と呼ぶ。（再生処理については 第5章 洗浄・回収・再生に関する研究で報告する。）

新品の充填砂と同じ塩含有量で調製した再生充填砂では実態強度に差があり、鑄造欠陥が発生した。鑄造欠陥に対処するため第14回低圧鑄造試験を行ない、再生鑄型でもシェルモールド鑄型同様の品質が得られた。（鑄造試験は 第4章 鑄造品に関する研究で報告する。）

2-2 b) コーティング砂充填方法に関する研究

2-2-1 研究目的及び目標

充填用設備（コアシューター）を用いて3種類の鑄型（ウォータージャケット・インポート・エキポート）を造型した結果、特に複雑形状である鑄型造型用型（ウォータージャケット）において充填不足に起因する問題が発生した。その原因は充填時のエア流量不足と推察されたので、これを改善すべく充填用設備（コアシューター）を改造した。

また、鑄型造型用型（ウォータージャケット）では、充填試験を100回以上行なった所、ベント部分の目詰まりが多発して、排圧抜き効果が低下することがわかった。そこで、鑄型造型用型（ウォータージャケット）のベント交換を実施して、充填用設備（コアシューター）の充填能力を高めたところ、充填不足が改善できることが判った。

本年度は鑄型造型用型の全型についてベント交換を実施するとともに、まだ鑄造品の鑄肌が20～150zと粗い事から(合格値100z以下)、鑄砂の更なる充填性向上の為に充填入設備(コアシューター)の充填口を小さくし、初期圧力を高くして充填砂を強く飛ばすための改造を実施する。また、当初、木材で製作していたブロープレートを、充填条件のカスタマイズ化が可能な金属製ブロープレートに変更する。(ブロープレートは充填口元と金型口元に挟まれ違う大きさの口元を繋ぎ充填口より大きなプレートに金型口にあわせた貫通穴を開け使用する。)

また、充填入設備(コアシューター)使用後内部に付着したコーティング砂を簡単に除去する為の水洗い装置を検討・導入し、実用性の向上を図る

2-2-2 実験方法

鑄造試験用鑄型の充填試験を行なった。充填が悪く鑄型実態強度が劣化すると鑄造亀裂が起きたり鑄肌が劣化するので鑄型の充填性回復・向上を各金型と充填入設備で行なった。充填入設備と金型を繋げるブロープレートも充填性に影響する事が判ったので、充填試験で条件変更可能な金属製のブロープレートを製作して充填試験に使用した。充填入設備の改造した後、水洗い装置を製作し実用性を向上した。

2-2-3 研究結果

待望の混練・充填入設備の導入で充填試験が可能になった。充填試験は簡単形状のインポート型・エキポート型で行ない、充填試験は良好だった。簡単形状充填試験後、複雑形状のウォータージャケット型で充填試験を行った。想定した通りウォータージャケットは充填不足となった。充填評価試験を繰り返すと共に充填入設備の充填流量を上げる改造工事を行った。ウォータージャケット鑄型の充填度は80%まで上がり鑄型として何とか使用可能な充填になった。

鑄造試験を行ない、鑄肌を測定した結果合格基準100Zに対し20～150Zであった。鑄肌を100Z以下にするためインポート・エキポート・ウォータージャケット型のベント交換工事による排気能力回復と充填圧力を集中させる吹込み口の縮小改造を行なった。

改造工事を行ないたかったが、再生鑄型の低圧鑄造試験で良品を出して早くPR用の社内鑄造インレットウォーターに移りたかったため、ヘッドシリンダーでの再生鑄型造型試験を優先させ、鑄肌測定はインレットウォーター鑄造で行なう事に決めた。良好な低圧鑄造結果を得た後、インレットウォーター鑄造を社内で行ない、鑄造品を切断、切断内面の左・右をR面・L面として各製品8箇所を測定した。鑄肌は50Z未満になり鑄肌課題は解決した。タンク清掃は、吹き込み口を取り外してから内部の充填砂を取り出す方法では設備内が狭く清掃作業はやり難かったが、水洗い装置で吹き込み口を外さずタンク内を水洗い、充填砂を取り出すことで時間の掛かる作業が無くなり、設備の実用性も向上した。

第3章 鑄型硬化に関する研究

3-1 a) コーティング砂に関する研究

3-1-1 研究目的及び目標

鑄造後のコーティング砂(連結材)には化学的変化は認められず、リユースが可能である事がわ

かった。鑄型硬化では鑄型造型用型、或いは、コーティング砂のどちらかを80℃程に加温して乾燥吸引箱にて真空引きすると短時間で硬化する事がわかった。しかし、油回転式真空ポンプ内に多量の水分が浸入し排気能力の劣化を招いたが、水流式真空ポンプを導入することにより問題を解消した。今年度は、安定した硬化を図るために、鑄型造型用型やコーティング砂の温度と真空度を変えて硬化に及ぼす影響を調査し、より短時間で造型出来る条件を研究する。

3-1-2 実験方法

造型用金型に充填された充填砂の水分を除去し、鑄型硬化をさせ鑄型を金型から取り出し 4章 鑄造品に関する研究の鑄造試験に用いる鑄型を造型した。再生砂、再生液でも鑄型を造型し、再生鑄型を鑄造試験に使用した。

3-1-3 研究結果

当初は、鑄型硬化に一切の加熱を行わず、圧縮エアーのみによる脱水・硬化を目指し研究を進めた。事前のテストピース硬化試験では充填砂は十分に脱水でき、硬化した後正常に離型可能で、加熱を行わないで造型する事が出来た。この結果を参考に、ウォータージャケット型で硬化試験を行なった結果脱水硬化は可能だが、空気圧力調整しながらの硬化に50～60分が必要となり、型構造も難しくなり川下企業ニーズの複数型／1設備に対応するのも困難になるため、量産設備には適さないと判断した。そのため、以下のような充填砂の硬化方法を変更する基礎試験を行なった。

硬化基礎試験では、量産化・複数型／1設備・寸法精度向上を達成できる脱水硬化方法を調査した。100℃以上に金型を加熱すれば温度に応じた時間で鑄型硬化が出来た。しかし、温度が高ければ金型を熱膨張が大きくなり、またヒーターを入れるため1型／1設備になってしまう。造型時間は既存量産設備に近くできるが、ニーズと異なり、この方法は断念した。

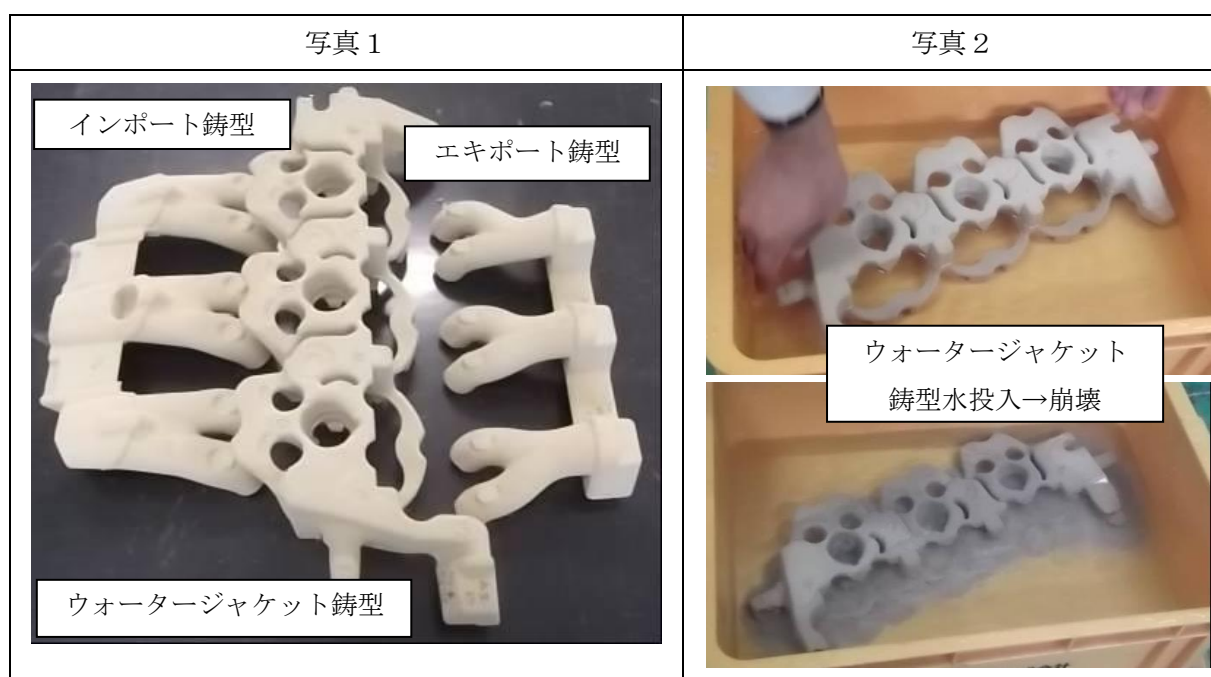
予め充填砂・金型を80℃前後にした後、充填された金型を減圧下に設置する方法を試みた。減圧する事で水溶液の沸点が下がり、水分が蒸発する。減圧されればされるほど、沸点は低下し水分蒸発が早くなる。熱膨張が避けられる低い温度で加温した金型・充填砂を用い減圧下で処理することにより、短時間で充填砂の水分を蒸発させ、鑄型硬化させる事に成功した。80℃以上でも減圧鑄型硬化は可能だが、充填設備タンク内の保温で砂が硬化してしまう。また、金型の熱膨張が大きくなる等の問題があり、80℃前後に決定した。シェルモールド鑄型では金型を250℃以上に加熱保持し熱硬化で連結材を固めるが、それに比べて非常に低い温度で処理するため、熱膨張による寸法精度劣化を抑えることができる。金型予熱は充填砂硬化のサポートと減圧下で蒸発した水分が金型面に液化するのを防止する役割のため明確な保持温度はない。充填試験前に金型加熱を行なうことで十分であり、金型にヒーターを埋め込む必要が無く複数型／1設備が可能になった。

充填砂を硬化させるのに真空（減圧）乾燥設備が必要となった。真空ポンプは事前研究に使用した真空ポンプを使用、真空化に耐え金型が収まる乾燥吸引箱を導入し充填設備に設置した。

真空乾燥方法を発見、硬化試験をウォータージャケット型・エキポート型・インポート型で行ない、鑄型を硬化に成功した。（写真1）鑄造試験用の鑄型がようやく造型出来たが、真空ポンプ用オイルに蒸発した水が混入する課題とウォータージャケット型を水平に離型しないと細部で鑄

型破損する課題が判った。

真空ポンプオイルへの水混入課題は水式真空ポンプを導入し、水が混入しても減圧劣化しない真空ポンプになった。離型時の鑄型破損も水平に鑄型を持ち上げる離型機を導入で解決した。設備導入により造型試験中の鑄型破損・真空ポンプ水混入課題が解消した。連結材の水溶化試験で鑄型が水崩壊する事（写真2）も確認出来た。鑄型造型が可能になったので、第4章 鑄造品に関する研究 に使用する事が可能になり、鑄造試験に併せた造型試験を繰り返し実施した。



第4章 鑄造品に関する研究

4-1 a) 鑄造欠陥に関する研究

4-1-1 研究目的及び目標

本研究で製造した鑄型を用いて川下企業の協力の下で鑄造を行なった所、鑄型折れとガス欠陥が発生した。当初は複雑形状箇所では鑄型折れが発生していたが、第2・3章に記載した対策により、鑄型折れは解決出来た。一方、ガス欠陥発生の原因としては、水和物および吸着水が考えられたので、鑄型を鑄造前に乾燥炉にて加温(270℃)し、更に吸湿防止用袋に詰めて、川下企業まで運搬して鑄造した。その結果、既存品（従来品）と同程度までガス欠陥を低減できた。これより、ガス欠陥の原因としては水和物・吸着水が大きく寄与していることが確認できた。そこで、鑄造前鑄型の簡便な無水分化を確立するために、運搬中の吸湿を防止する方法や鑄造直前に鑄型を加熱するなどの方法を研究し、実用上での課題を調査することにした。更に、本年度は大東工業株式会社内でも鑄造試験が可能であるインレットウォーター中子型を製作して、鑄造試験を行なった。複雑形状のヘッドシリンダーから簡単形状のインレットウォーターまでの鑄型が、無機連結材を用いて造型することができること、更に、砂焼きレス・鑄型焼成レス・臭気レス等の技術的特徴を明らかにし、環境メリット・コスト低減を示すデータを蓄積することにした。

ウォータージャケット鑄型を設置する下金型の中木形状変更がトヨタ自動車株式会社で予定さ

れていた。無機水溶性鋳型をトヨタ自動車株式会社において鋳造試験するためには、下金型巾木形状に追随した巾木形状を変更する必要があり、ウォータージャケット中子型の改造を行なった。また、本開発の特徴である臭気レスを実証するため、造型・鋳造・崩壊・再生各工程で臭気測定(目標値 16 以下)を行なった。

4-1-2 実験方法

第2・3章で得られた鋳型を用いて、自動車部品ヘッドシリンダーのアルミ低圧鋳造試験を行なった。鋳造試験結果を川下企業の量産品質基準に対し劣る箇所を調査し不具合部を確定した。不具合部の原因を調査し、対策をした鋳型で再度鋳造試験を行ない、不具合部が無くなるまで鋳造試験を繰り返した。鋳造品は 第5章の「洗浄・回収・再生に関する研究」 に使用する。再生鋳型による鋳造試験も行ない、不具合部を調査した。

4-1-3 研究結果

第3章で得たウォータージャケット鋳型・インポート鋳型・エキポート鋳型を用いてアルミ低圧鋳造試験を行なった。

川下企業ニーズに対する開発には、市場ニーズに適応している量産鋳造設備に無機水溶性鋳型を用い、量産鋳造品同等の品質を確保する事が必要だった。低圧鋳造試験はアドバイザーであるトヨタ自動車のご協力を得て、量産生産中のヘッドシリンダーで鋳造試験を行なった。低圧鋳造試験は第14回まで実施した。

第1、2回鋳造試験で鋳型の型合せ試験および型合せに問題の無かったインポート鋳型、エキポート鋳型を使用し鋳造を行なった。ウォータージャケット鋳型は干渉部分の金型修正を行なった。第3回鋳造試験で全ての鋳型を無機水溶性鋳型にする事ができ、鋳造品内部の鋳型の水崩壊が確認出来た(写真1)。品質確認検査ではガス欠陥と鋳型亀裂が検出し、解決しなければならない課題だったが、対策試験を行ない第6回鋳造試験で解決した。また、第4回鋳造試験から洗浄回収分離機を水崩壊試験に使用した。鋳造品の鋳型崩壊および再生試験は第5章の「再生に関する研究」で報告する。

第7回鋳造試験から再生砂および再生液を使用した再生鋳型を用いて鋳造を行なった。再生鋳型の基礎調査では再生特有の課題は無かったので鋳造したが、品質確認検査で鋳型亀裂を検出した。対策試験を行ない第13回鋳造試験で解決した。第14回鋳造試験では塩の再生をイオン交換濃縮で行ない濃縮限界はあったが、第13回鋳造品と同等の鋳造品質が得られた。

第14回低圧鋳造試験まで経て、川下企業の量産化鋳造品が無機水溶性鋳型で鋳造出来る事が判った。しかしPR活動のためには実際の臭気やデモンストレーション用造型・鋳造・鋳造品等が必要であった。複雑形状製品が鋳造出来るという実績は事業化に必要なだが、お客様に関心を持たれるためにはPR用鋳造品が必要であった。社内で量産しているインレットウォーター鋳造品をPR用鋳造品にすることにし、鋳造試験をした。インレットウォーター型を新たに製作し、各工程をPR用ビデオに録画した。

PR用に造型工程・鋳造工程・鋳型水崩壊工程の臭気濃度を測定し、鋳造工程は弊社で量産しているシェルモールド鋳型の場合と比較した。(表1)シェルモールド鋳型鋳造臭気濃度320に対し無機水溶性鋳型鋳造臭気濃度16以下という結果だった。(16以下は測定不能で臭気が無い

添加した微粉と少量の異物（鋳バリ）が混入している事を確認した。これらの試験において、昨年製作した洗浄回収分離機の不具合項目として崩壊砂の分離時に分離槽から洗浄液が溢れる、鋳造品が洗浄中に洗浄台から落下する等の実用上の課題が明らかとなったので、洗浄回収分離機の分離槽容量変更・洗浄台落下防止・ガイド取り付けを行ない、設備の完成度を高めて実用化・事業化に向け効率的な洗浄・回収技術の確立を図ることにした。

5-1-2 実験方法

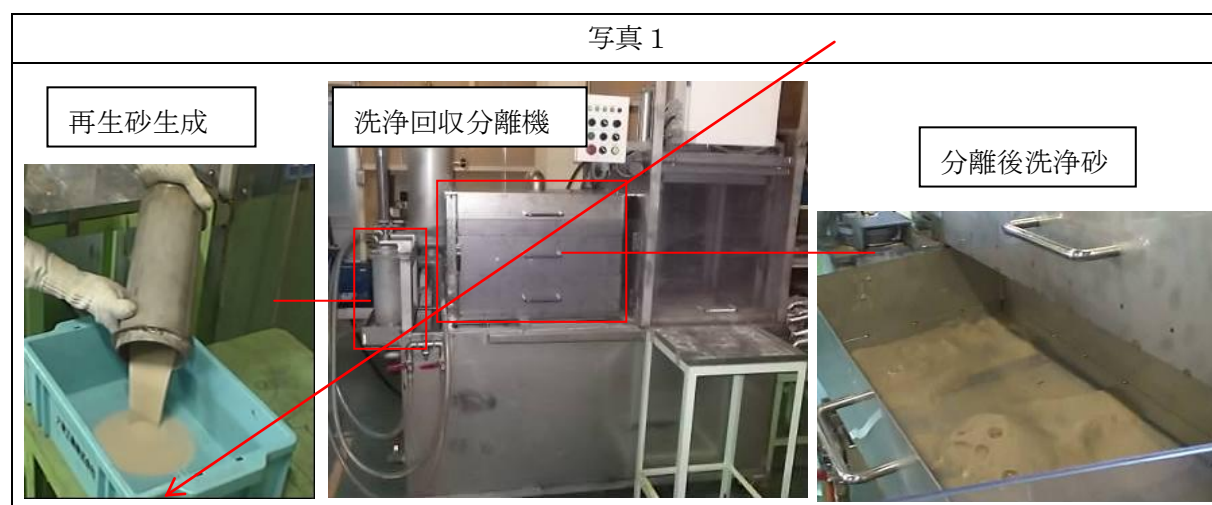
第4章の「鋳造品に関する研究」で得られた鋳造品内部鋳型の水崩壊試験を行ない、さらに、水崩壊した崩壊砂と崩壊液（洗浄液）の回収分離試験を行なった。

5-1-3 研究結果

第4章の「鋳造品に関する研究」で得られた鋳造品を水洗浄した。鋳造品から泥状の崩壊砂が流出し泥水（崩壊砂＋洗浄液）として回収された。泥水を金網で分離して崩壊砂・洗浄液に分離する事が出来た。鋳型強度向上のために添加された微粉は砂表面に付着する物と洗浄液に浮遊（15分位で沈降）する物に分かれる。洗浄液中の微粉は沈降分離した。崩壊砂異物検出試験では、鋳造で発生した鋳バリが確認出来た。鋳バリの大きさは様々であったため、導入する洗浄・回収・分離機に用いる分離槽は、鋳バリ等異物が分離出来る網目0.25mm金網層、さらに、崩壊砂（粒度分布 ϕ 0.2mm）が分離出来る網目0.15mm金網層と小さな異物や小さな崩壊砂を分離出来る網目0.1mm金網層から成る3層構造の仕様を取り入れた。第5回低圧鋳造試験で得られた鋳造品を新たに導入した洗浄回収分離機で洗浄・回収・分離試験を行なった。鋳造品から鋳型を崩壊させ、取り出す事が出来た。

仮再生砂を用いて造型した鋳型の鋳型強度を測定した結果、新砂を用いた場合より高い鋳型強度が得られる事が判明した。砂乾燥方法は、5-2 b)の「砂再生に関する研究」で報告する。

洗浄回収分離機の使用では、分離槽で洗浄液が溢れる・鋳造品が水没陽動で落下する等の実用課題が判明した。実用化課題を解決する改造を行ない事業化に向けた設備が完成した（写真1）。



5-2 b) 砂再生に関する研究

5-2-1 研究目的及び目標

予備研究の段階では、崩壊砂を再使用するためには崩壊砂中の水分を無くす必要があった。昨年度、導入した砂再生機（ロータリードライヤー）により乾燥試験を実施した。乾燥中に砂再生機内部で、鋳物砂に残存している崩壊液による鋳物砂の硬化が起こり、鋳物砂を乾燥前に脱水することが必要となった。圧縮エアを用いた通気脱水試験で、硬化の生じにくい再生砂が製造可能であることが分った（特許出願中）。これらの試験結果から、再生砂を容易に製造できる技術が明らかとなったので、再生鋳型造型及び再生鋳型による鋳造品の品質確認をするなどして、本技術の実用化・事業化に向けて完成度のアップを図って行くことになった。

5-2-2 実験方法

鋳造試験に使用した砂の再生試験を行なった。再生鋳型の砂は再生砂だけを使用するためまず再生砂を生成した。

5-2-3 研究成果

洗浄液を含有している崩壊砂を調整乾燥し、洗浄液を50%水溶液へ濃縮して、一段階で再生充填砂を生成することを目指して、ロータリードライヤーを導入し、調整乾燥試験をした。再生充填砂を得るため、余剰水分のみを蒸発させようとしたが、均一に乾燥せず部分乾燥が発生した。原因を調査したところ、ロータリードライヤー壁面に張り付く砂が原因で攪拌が止まる事が判った。攪拌させ続けるため崩壊砂に圧縮エアを送り込む試験をしたが、攪拌に必要な圧縮エアでは、圧力が高過ぎて炎が消える事が判明した。均一に乾燥する難しさのほかに、調整後充填試験までの待機時間で硬化が始まる事が判った。

10%でサチュレートした洗浄液を完全乾燥させると筒内で崩壊砂が硬化する事は判っていた。調整乾燥試験は、再生鋳型で鋳造試験するまでに研究時間が掛かり過ぎると判断し、中断することとし、調整乾燥試験から崩壊砂の完全乾燥試験に変更した。

完全乾燥による再生方法の研究では、崩壊砂に含まれる洗浄液を減らし、減らした洗浄液を洗浄タンクに送る崩壊砂の脱水に取り組んだ。洗浄液のサチュレートも10%以上になる事が予想でき、分離を自重分離から脱水分離に切り替えた。まず遠心脱水を考えたが設備が大掛かりになり、再生効果が少ないと判断した。ついで、エア脱水を検討し、基礎試験を行ない脱水出来る事が判った。約300gの自重脱水崩壊砂（18%含水溶液）を4気圧圧縮エアで10秒加圧すると、3～7%含水溶液の崩壊砂になる事が判った。試験を繰り返すと、脱水量が変化し一部がサラサラな崩壊砂になっていた。加圧時間延長で完全脱水可能ではと思い加圧時間を延長した結果、完全脱水出来る事が判明した。この処理方法を洗浄・回収・分離機に取り込んだ結果、崩壊砂は再生砂に洗浄液は10%より高い濃度に濃縮出来るようになった。崩壊砂から容易に再生砂が得られ、再生液の希釈化も解決出来た。事業化の際、設備投資も少なく効果的な再生方法の発見だった。再生砂は完成し、再生鋳型造型・再生鋳型鋳造試験に使用した。

再生鋳型鋳造試験では再生砂も問題無く使用出来るようになり、再生砂も安定して生成出来た。再生砂は繰り返し使用する事に支障がなく、粉塵・臭いが無い事もお客様への実用化PRに大き

く貢献する。ロータリードライヤーを用いた調整乾燥が実現すると、飛躍的に再生効率が上がり商品価値を高めるので事業化された暁にはオプションアイテムとして試作をする予定である。

5-3 c) 液再生に関する研究

5-3-1 研究目的及び目標

タンク内の崩壊液を何度も崩壊に使用することにより、崩壊液の濃度を上げる事が可能になった。崩壊液を煮沸して濃度調整した液を再生液とした。再生液と再生砂を使用した鋳型強度は、新液・新砂を使用した場合に比べて強くなることが分った。しかしながら、崩壊液濃度の上昇と共に崩壊速度が低下し生産性が悪化することが判明した。そこで、崩壊液槽に溶出した塩を取り除く方策として、イオン交換法による分離が考えた。イオン交換法により崩壊液を高濃度の溶液と水に分離する技術の可能性について外注にて試験した。イオン交換法による塩濃縮の可能性を確認し、試験結果を踏まえて煮沸せずに再生液が生成出来る液再生装置としてイオン交換装置を製作し研究を進めることにした。

5-3-2 実験方法

鋳造試験に使用した連結材の再生試験を行なった。再生鋳型の連結材は再生液だけを使用するため再生液を生成することを試みた。再生液生成を煮沸濃縮から効率が良いイオン交換濃縮に切り替えた場合に、必要な再生液が得られるかどうか調べるため、再生液試験を行なった。

5-3-3 研究成果

無機水溶性鋳型の連結材はアルミ鋳造熱700度では気化・炭化しないが、水には容易に溶ける。水道水を洗浄回収分離機に入れ鋳型崩壊を進めれば使用濃度まで濃くする事は想定出来たが水溶液の再生液まで濃縮するには大量の連結材を必要とした。再生鋳型の鋳造試験を優先させたので、再生液を煮沸濃縮で調整した。再生液は鋳造試験で用い使用可能と判ったが、再生液の煮沸濃縮は省エネルギーに適しないので、良い代替方法を検討した。

洗浄液の濃度10%付近のサチュレートも砂再生の脱水液の洗浄液戻しで解決され、水溶液濃度も10%以上になった。しかしながら、洗浄液の濃度上昇と共に崩壊能力が低下し実用性が悪化する課題があった。洗浄液希釈化と濃縮分離の案としてイオン交換法を用いることにし、イオン交換試験を行なった。

イオン交換試験では洗浄液を希釈液と濃縮液に分離する事は可能だったが、濃縮液そのまま再生液にする事は出来なかった。原因は濃縮液の組成が目的とすると再生液の組成比率と異なり鋳型強度が落ちる事だった。イオン交換濃縮で組成正常の濃縮範囲（濃縮限界）は濃縮限界液を生成した後、煮沸調整して第14回低圧鋳造試験に再生液として使用した結果、再生液として使用可能と判った。洗浄液の濃度上昇は防げ、洗浄液と水道水の入れ替え作業や洗浄液へ水道水を入れる作業がなくなり設備の実用化UPは出来るが、必要な設備ではなくコスト面から実用化の見込みが薄いと判断し導入を取り止めた。しかし採用会社が見つかった時の実用化オプション設備としての可能性は残っている。 シェルモールドでは加熱崩壊による炭化で不可能であった連結材の再利用を本方式では実現出来た事は、採用検討会社に対し大きなアピールポイントと考える。

第6章 事業化への取組み

6-1 目的及び目標

無機水溶性鋳型の混練・充填・硬化・離型・洗浄・回収・分離・再生 各設備を完成させる。
川下企業へ事業化メリットをPRして、採用して頂けるよう活動する。

6-2 成果

無機水溶性鋳型に必要な設備を開発する。

- ① 混練設備 砂と連結材を混練、充填砂を生成する。
- ② 充填設備 充填砂を金型に充填する。
- ③ 硬化設備 充填砂を硬化、鋳型にする。
- ④ 離型設備 金型から鋳型を取り出す。
- ⑤ (鋳造)
- ⑥ 鋳型水崩壊設備 鋳造品内部鋳型を崩壊する。
- ⑦ 再生設備 使用した原材料を再生する。(再生後 ①で使用する。)

全工程の全設備が成功し、鋳造品も量産品と同じ品質を安価で提供可能な事が判った。研究当初計画した『無機連結材を用いた環境に優しい鋳造型技術の開発』は事業化へのスタートラインまで到達した。

アドバイザーであり川下企業のトヨタ自動車からも、あとは実績だと力強いアドバイスを頂き、鋳造設備商社に採用して頂けそうな会社の調査依頼を行なった。弊社も採用会社を見つけるため学会等展示ブースで発表するなどの広報活動を目指している。採用企業が見つかった際には、試作品をつくるためにも、導入した設備が必要になり研究の継続で何とか事業化したい。弊社での採用を検討したが、実用化は出来ても事業化へのPRにはならないと判断した。実用化生産準備の完成度を上げるより、事業化する事を最優先にし、採用会社を見つけることを目指す。第160回全国鋳造工学会に出展ブースを出し、PR活動を続ける。鋳造工学会用展示パネル(表1)とパンフレットを参考までに掲載する。

鋳物(主にアルミ鋳物)メーカーでは設備投資を控え、鋳造工場を海外へ移行する傾向がある。既存設備・遊休設備の流用が事業化への近道と考え、既存設備が流用できるように研究を進め、導入設備は既存設備の流用が可能な設計にした事も事業化に貢献できるものと思われる。

表 1



環境に優しい 水溶性鋳型

鋳造用砂型を使用の皆さん、困っていませんか？

- ・地域、作業環境の臭い
- ・省エネルギー活動
- ・鋳造熱によるガス欠陥
- ・産業廃棄物の処理

水溶性鋳型ならこれらの悩みを解決出来ます！！

水溶性鋳型の特徴は

- ・鋳型硬化、崩壊の臭いがない(臭気濃度16以下)
 - ・連結剤は水溶性で水崩壊(省エネルギー)
 - ・連結剤の融点は800℃以上(ガス欠陥レス)
 - ・連結剤は焼失しない(産廃量低減・再利用)
- 御社の環境改善、省エネルギー、省スペース など
ニーズにあった課題に貢献出来ます！！

シェルで造型していた
複雑形状にも対応

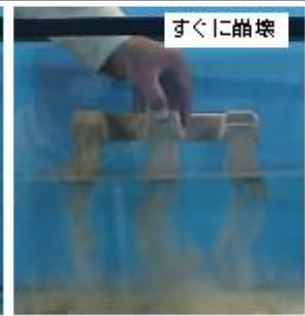


参考)シェルモールド鋳型

水に入れ



すぐに崩壊



簡単形状は
もちろん対応



中子のある
鋳造に効果大



鋳造品を水に入れるだけで
鋳型崩壊完了！！



水溶性鋳型はサポートインダストリーの支援により開発しました。
共同開発者 国立大学法人 名古屋工業大学

大東工業株式会社

〒470-0431 愛知県豊田市西中山町向イ原132番地
TEL 0565-76-2123
FAX 0565-76-1290

ホームページ <http://www.daito-toyota.co.jp/>
担当:生産技術部 梶 櫻井
メールアドレス:kaji@daito-toyota.co.jp

第7章 全体総括

7-1 成果の総括

無機連結材を用いた環境に優しい鋳型鋳造型技術の開発をするにあたり川下産業のニーズを達成するため、鋳造品量産化技術を確立した。当初予測したゼロエミッション化に対して十分な研究結果が得られた。結果に満足せずここからは、長所を活かし事業化に向けた営業活動を行なう。本技術へのニーズはあるが、取って代わるべき相手のシェルモールド鋳型は効率・生産性に応えた量産鋳型であり、完成された技術として、中子型を必要としている鋳造産業全体を支えている。川下企業でありアドバイザーのトヨタ自動車からは結果はすばらしいが大量生産に問題がないか、実績が必要であると言われている。そのためには、最初の1社目を開拓する事が最重要課題となる。弊社と取引の無かった鋳造商社2社も研究結果を聞きつけ、来社して各設備を確認し、「売れそうだ。何とか販売したい」とマッチアップを検討している。今は小さな口コミ情報が流れているにすぎないが、ようやく条件が揃ったので、名古屋の吹上ホールで行なわれる第160全国鋳造工学会展示ブースの出展を皮切りに、採用会社の探索に邁進する予定である。社会ニーズにあった本鋳型がいつか必ず普及する時が来ると確信している。現今の設備投資を抑え・産業の空洞化、の流れの中で成果を上げるのは難しいが、将来の好景気の再来に備え足元を固め地道にPR活動を行なっていく所存である。

7-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況

日本鋳造工学会 第160回全国講演大会技術展示会出展申し込み済み

7-3 今後の事業化に向けた取組み

展示会やPR活動を地道に行ない、鋳型を試したい企業には導入した設備を用いて鋳型を実用化試作品として提供する。採用して頂ける企業を見つけ実用化実績をつけた後、本格的事業化を目指す。設備投資を抑える状況下で今までと全く違う設備導入に踏み切る企業を後押しするため、研究結果を正確に発信し続けて地道に営業活動を行なう所存である。