

平成25年度 戦略的基盤技術高度化支援事業
「高特性亜鉛新合金により製品実現する高効率生産可能な鋳造機
と解析技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成26年3月

委託者 東北経済産業局

委託先 公益財団法人みやぎ産業振興機構

目 次

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

1-2 研究体制

1-2-1 研究体制及び管理体制

1-2-2 研究員及び管理員

1-2-3 他からの指導・協力者及び指導・協力事項

1-3 成果概要

1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

2-1 高温ホットチャンバー鑄造機の開発

2-2 高付加価値新合金の開発

2-3 新材料の製品への実現

第3章 全体総括

参考文献：

http://coursenotes.mcmaster.ca/701-702_Seminars/2005-2006/702_JinichiroNakano_February_2006_ZnFeAlX_model.pdf (文献1)

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) 研究開発の背景

亜鉛合金ダイカストはホットチャンバー式ダイカストマシンで効率よく生産できることから安価で精密な部品を大量に生産できるメリットを有する。近年自動車企業、モバイル機器企業等からその強度特性の向上を強く求められている。MIM（メタルインジェクションモールド）や切削加工に依存する高強度素材を本研究開発により亜鉛合金に転用することにより大幅なコストダウンが可能となるからである。日本製品の半値以下で台頭する中国・アジア製デバイスに対抗を可能にし、更に日本生産の継続をも可能にするものとして市場の期待は大きい。

(2) 研究の目的

① 高温ホットチャンバー鑄造機の開発

高特性亜鉛合金の特性は従来添加するAlやCu、Mgなどの金属元素の比率を見直すことや新たに添加する第3元素による金属化合物生成や組織の微細化に依存する。亜鉛合金ダイカストのメリットを活かすにはホットチャンバー式ダイカスト鑄造機にて生産できることが必要であり、従来の溶湯温度420～430℃が新合金開発の限界を定めており従来機では不可能な高温で連続鑄造可能なホットチャンバー鑄造機の開発が必要であった。高温で合金組成を安定して連続鑄造する加温方法や攪拌方法の見直し、耐熱・耐摩耗性を向上させることと高温化でFeとの反応が激しくなる亜鉛の耐食性能を満たすことを課題とし高特性亜鉛新合金を高効率生産可能な鑄造機を開発することを目的とする。

② 高付加価値新合金の開発

市場要求に即した合金を開発する。

市場の要求はその分野や仕様目的によって多岐に富む、引張強度、靱性、耐衝撃性能、耐クリープ性、耐摩耗性等に対し最適な合金を提供できるように新合金の組成・組成比を開発することを目的とする。

③ 新材料の製品への実現

高付加価値新合金の性能は川下企業の仕様形状やその耐久性必要部位にて発揮されなければならない。①にて開発する高温ホットチャンバー鑄造機にて生産する最適鑄造プロセス構築に最も重要な金型の方案決定に必要な流動・凝固解析技術を開発することを目的とする。

(3) 研究の目標

① 高温ホットチャンバー鑄造機の開発

【目標】 開発した材料を連続加工でき、特性再現性を確保できるホットチャンバー鑄造機を試作する。

- ・ 鑄造する亜鉛合金の特性を高める第3元素を添加可能にするためと組成比の調整

による溶湯流動性低下を補うため、溶湯温度を600度に高める必要がある。本研究では亜鉛合金溶湯温度を600度に高め維持、連続鋳造できる鋳造機を開発することを目標とし開発を行った。また鋳造品の機械的性質向上を目的とし鋳造後製品を急冷する構造を開発した。

研究内容

- 1) 電磁誘導攪拌溶解保持炉による高温連続鋳造の確立
 - ・溶湯高温維持能力の確保
 - ・電磁攪拌作用による新合金組成比の安定化
 - ・電力使用量の削減
- 2) 高温鋳造時の射出機構部耐久性確保
 - ・耐熱・耐浸食・耐摩耗性の優れた炉材とコーティングの研究開発
- 3) 鋳造サンプル冷却・取り出し装置の開発
 - ・鋳造後の急冷による新合金の機械的性質向上達成

② 高付加価値新合金の開発

【目標】ホットチャンバーダイカスト機で連続加工できる高特性合金を開発する。

- ・アルミ増量+M材（ミッシュメタル）に対する、第三元素の添加効果の最適化のために、下記(1)～(3)を繰り返し、系統的に実施する。
- (1)熱力学データベースを基にしたシミュレーションを利用し、これらの各種合金成分を変化させた場合の機械的特性、及び鋳造性など各種物性値について予測を行い開発した。
 - (2)材料を溶解・鋳造・加工して試験片を鋳造し製作した。
 - (3)目標とする引張強度等機械的性質を測定、評価した。

③ 新材料の製品への実現

【目標】新材料の性能を要求仕様形状で具現化する事前解析技術の確立

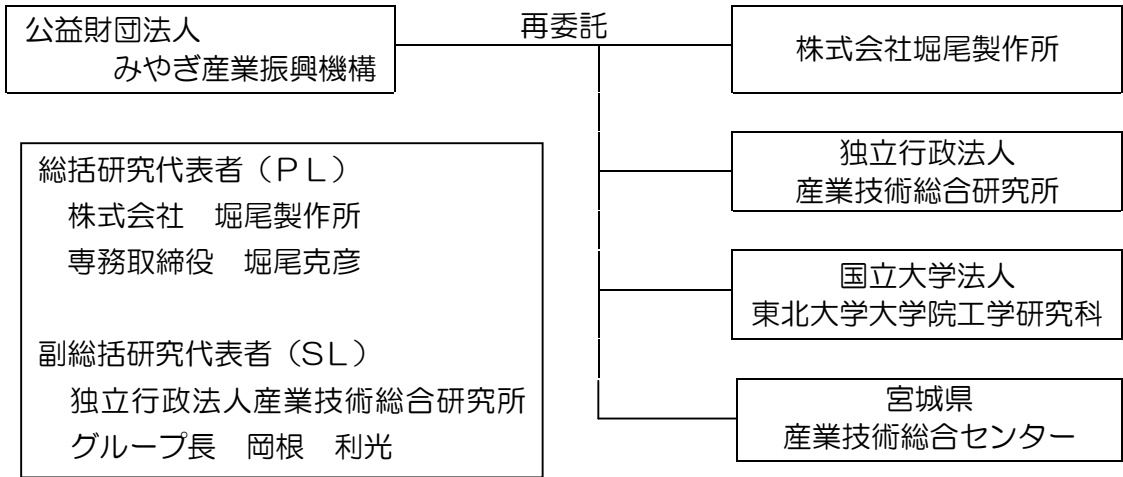
研究内容

- 1) 新合金の製品実現可能な流動・凝固解析装置の開発
 - ・新材料の溶湯挙動に関するデータを測定・評価する。
 - ・採取したデータをパラメータとして活用し流動・凝固解析装置を開発、試験鋳造結果のフィードバックを繰り返し装置を完成した。
- 2) 事業化
 - 川下企業の受注まで達成できていないが、研究期間中に大型展示会等に出展し市場要求の調査及び開発技術を広くPRすることができた。

【1-2】 研究体制

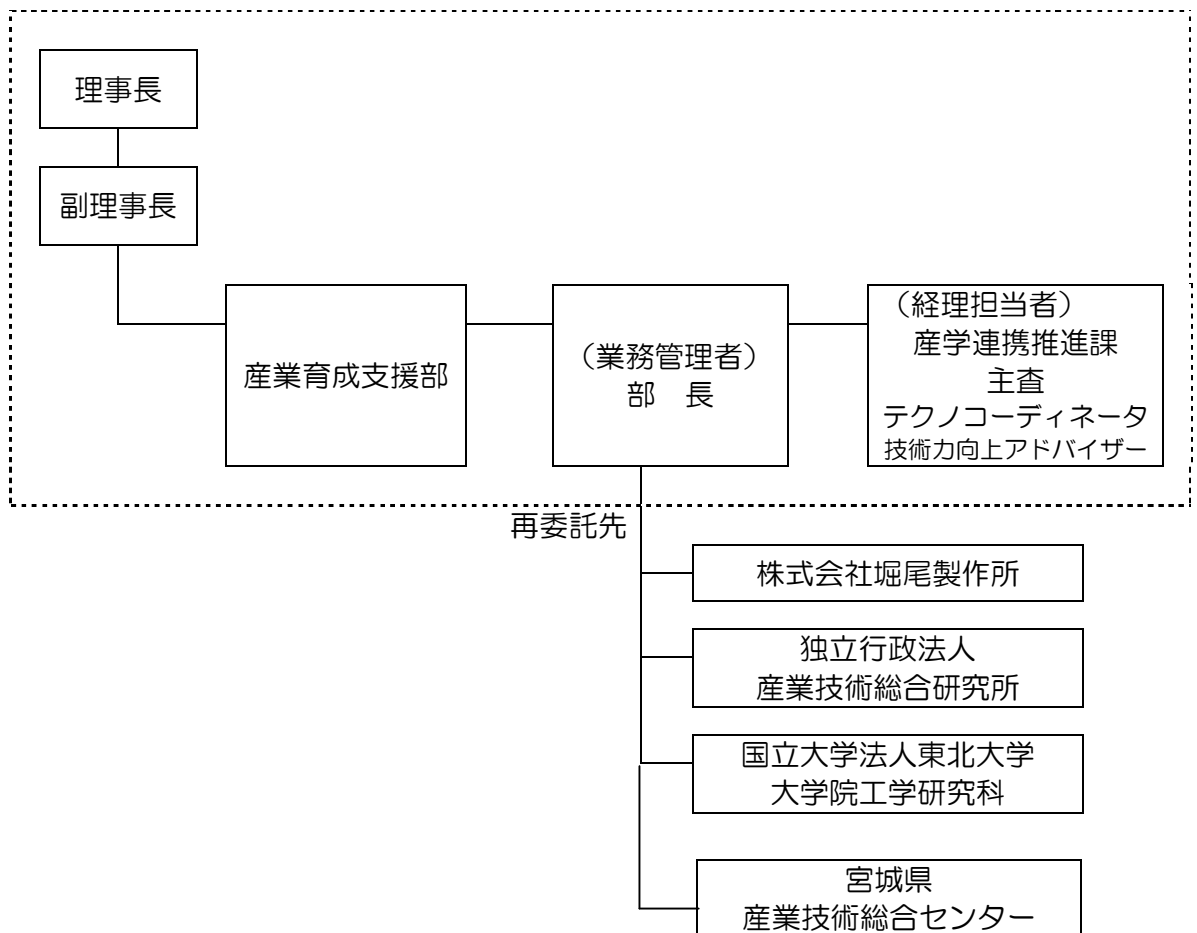
1-2-1 研究体制及び管理体制

1) 研究組織（全体）

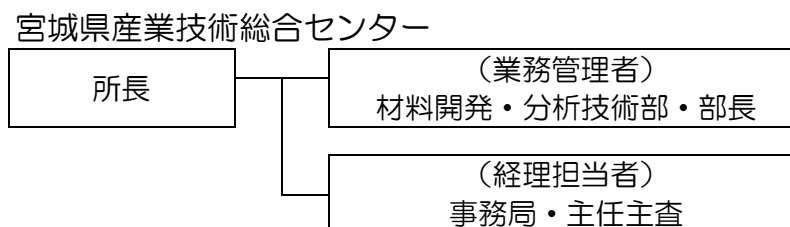
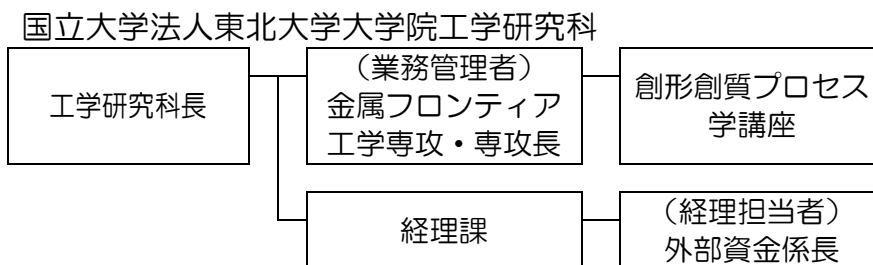
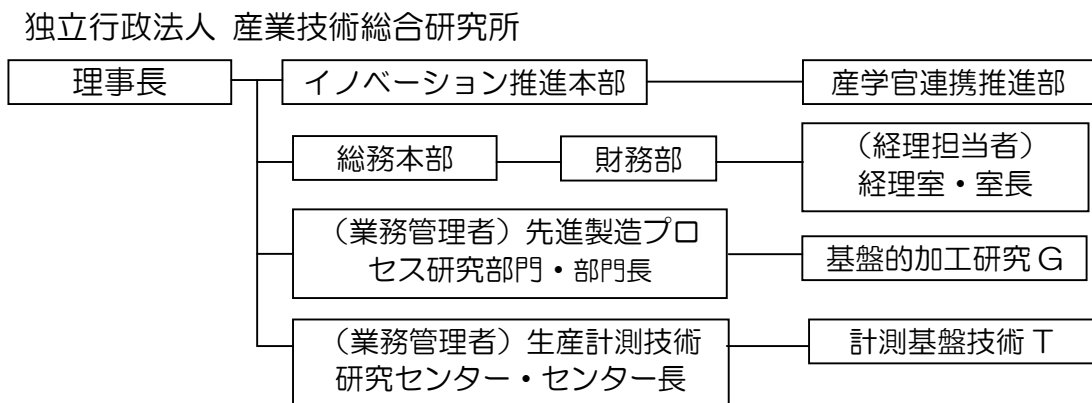
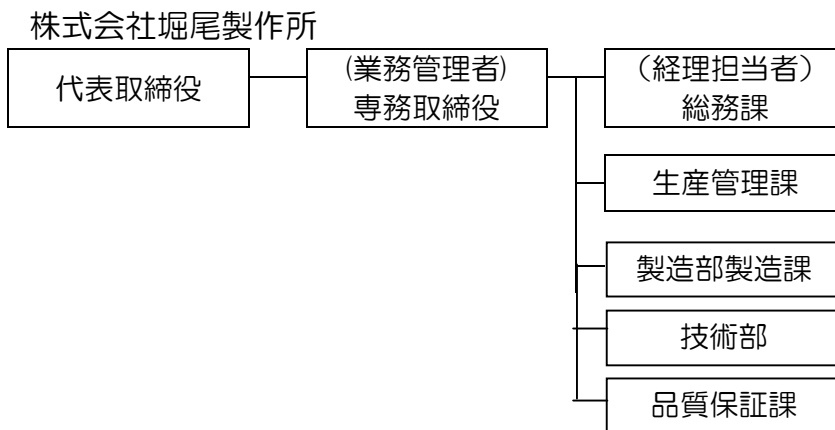


2) 管理体制

① 事業管理機関（公益財団法人みやぎ産業振興機構）



②（再委託先）



1-2-2 研究員及び管理員

【事業管理機関】公益財団法人みやぎ産業振興機構 管理員

氏名	所属・役職
中塚 朝夫	産業育成支援部 部長
千葉 雄三	産業育成支援部 次長
菊地 智	産業育成支援部 産学連携推進課 課長
石川 宙生	産業育成支援部 産学連携推進課 主査
八重樫 順一	産業育成支援部 産学連携推進課 テクノコーディネーター
小野寺 桂三	産業育成支援部 産学連携推進課 技術力向上アドバイザー

【再委託先（研究員）】

株式会社 堀尾製作所

氏名	所属・役職
堀尾 克彦	専務取締役
遠国 郁男	技術部 課長
佐藤 孝	技術部
菅原 克浩	製造部製造課 課長
濱谷 智則	製造部製造課
鈴木 政紹	品質保証部
松浦 浩章	品質保証部

独立行政法人 産業技術総合研究所

氏名	役職・所属
岡根 利光	先進製造プロセス研究部門 基盤的加工研究グループ グループ長
菅蒲 一久	生産計測技術研究センター 計測基板技術チーム チーム長

国立大学法人 東北大学大学院工学研究科

氏名	役職・所属
安斎 浩一	工学研究科 教授
及川 勝成	工学研究科 教授
板村 正行	工学研究科 准教授
平田 直哉	工学研究科 助教
塩見 泰久	工学研究科 院生

宮城県産業技術総合センター

氏名	役職・所属
堀 豊	材料開発・分析技術部 部長
千代窪 毅	材料開発・分析技術部 主任研究員
氏家 博輝	材料開発・分析技術部 主任研究員
内海 宏和	材料開発・分析技術部 技師
大山 礼	材料開発・分析技術部 技師
赤間 鉄宏	材料開発・分析技術部 研究員
千葉 亮司	材料開発・分析技術部 研究員

1-2-3 他からの指導・協力者及び指導・協力事項

アドバイザー 氏名	主な指導・協力事項
小川 洋	新合金プレンド技術アドバイス
山本 章彦	新合金目標スペックアドバイス（車載関連）
鈴木 孝和	型材と新合金の界面反応抑制技術アドバイス
三浦 昭人	新合金目標スペックアドバイス（電気・電子機器関連）

【1-3】 成果概要

(1) 高温（ホットチャンバー）鑄造機の開発

【目標】 開発した材料を連続加工でき、特性再現性を確保できるホットチャンバーダイカスト機を試作する。

【研究成果】

- 電磁誘導攪拌溶解保持炉開発により高温（600度）連続鑄造達成。
- 電磁誘導攪拌溶解保持炉の電磁攪拌作用により開発合金組成均一化を達成。
- 射出機構部等の材質、コーティング技術を開発、耐高温・耐浸食性向上を達成。
- 鑄造サンプル冷却・取り出し装置を開発・設置し新合金の特性向上を達成。
- プランジャーリングの耐久性に課題を残す、研究を継続したい。

(2) 高付加価値新合金の開発

【目標】 ホットチャンバーダイカスト機で連続加工できる高強度合金を開発する。

【研究成果】

- XAl + XCu + Be + MMの最適比率開発達成。
- 開発合金のインゴット化達成。
- +XMgの耐経時変化特性開発達成
- 達成引張強度572MPa

(3) 新材料の製品への実現

【目標】 新合金の性能を川下企業要求形状で発揮できる解析技術を開発し事業化へ繋げる。

【研究成果】

- 製品実現のための流動解析装置を完成、事業化の準備を完了した。
- 開発合金を大型展示会に出展し市場へPRを行った。

【1-4】 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人みやぎ産業振興機構

〒980-0011 宮城県仙台市青葉区上杉一丁目14番2号

TEL：022-225-6638 FAX：022-263-6923

E-mail：koudo@joho-miyagi.or.jp

産業育成支援部

中塚 朝夫

千葉 雄三

//

産学連携推進課

菊地 智

片桐 正幸

石川 宙生

八重樫 順一

小野寺 桂三

第2章 本論

2-1 高温ホットチャンバー鑄造機の開発

図1に開発鑄造機の電磁誘導攪拌溶解保持炉と耐久性向上を研究した射出機構部の概略を説明する。

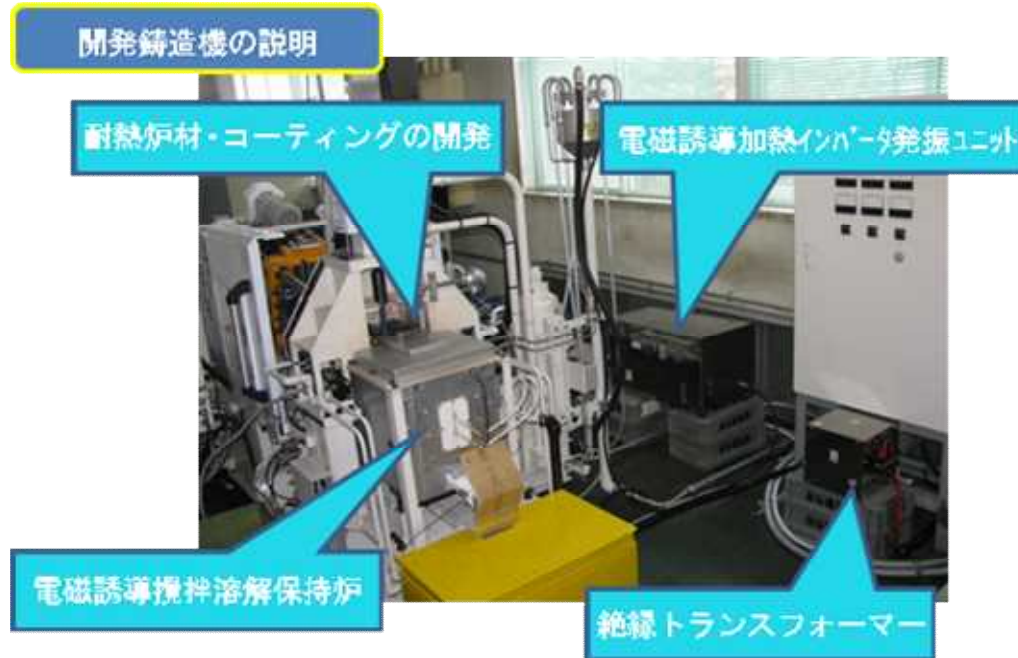


図1 電磁誘導攪拌溶解保持炉と周辺機器及び射出機構部

①ヒーターの能力アップ

従来技術は溶湯温度420～430度での鑄造が限度であった。研究では電熱ヒーターを強化し溶湯温度600度にて鑄造可能になった。しかし高温維持が難しく、電磁誘導攪拌溶解保持炉を開発・設置して高温維持性能を課題を克服した。

表1は従来技術である電熱ヒーター（本研究用に強化したもの）と電磁誘導攪拌溶解保持炉の高温維持能力や使用電力量についての効果表したものである。電磁誘導攪拌溶解保持炉の優位性を評価できる。

加熱方式	立ち上げ時間	使用電力	温度維持能力
電熱ヒーター	290分／90kg	16kw／h	68℃低下 回復時間83分
電磁誘導攪拌溶解保持炉	210分／120kg	11kw／h	22℃低下 回復時間17分
効果	約30%UP	約30%UP	66分短縮

表1 電磁誘導攪拌溶解保持炉の電熱ヒーターに対する性能評価

②電磁攪拌作用の確認

開発亜鉛合金の組成比を溶解炉内で安定させるため溶湯の攪拌装置の設置が課題であった、電磁誘導攪拌溶解保持炉の電磁攪拌作用が開発亜鉛合金に作用し効果有るか確認した。

表2は電磁誘導攪拌溶解保持炉にて溶解した開発亜鉛合金を表層・中層・底層と深さ別にサンプルを採取しICP発光分光分析装置にて組成比を測定し比較したものである。比重の大きいCuも表層に巻き上げられるのか差が見られるが僅かであり合金性能に影響無い。電磁攪拌作用は認められ効果有りと評価する。

表2 電磁誘導攪拌溶解保持炉内深さ別組成比分析結果（各3回測定平均値）

	LOT.No	Cu %	Fe %	Pb %	Mg %	Cd %	Al %
No	サポイン						
1	表層1	1.0654	0.0169	0.0024	1.1237	0.0001	12.3196
2	中層1	1.0395	0.0142	0.0010	1.0672	0.0002	12.5892
3	底層1	1.0203	0.0112	0.0010	1.0855	0.0002	12.5015

③高温鋳造時の安全性確保

図2は開発鋳造機に行った安全対策を示す。電磁誘導攪拌溶解保持炉の油圧配管などへの悪影響による火災の危険予防など安全確認のため鋳造試験は常にサーモグラフィカメラにより監視した。悪影響は認められなかったが作業側へ高温突出部があったので安全カバーの設置対策を行った。

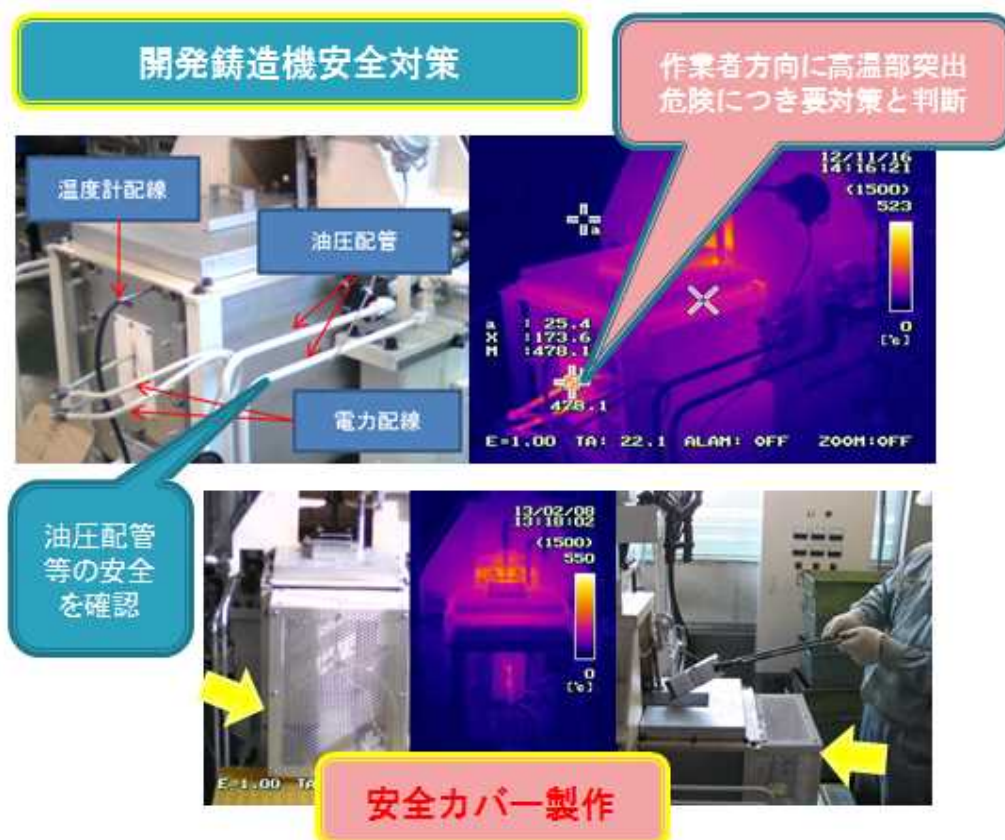


図2 開発鋳造機に行った安全対策

④射出機構部材質の耐久性向上

高温（600度）に加温された開発亜鉛合金溶湯は従来技術である射出機構部炉材に影響し耐久性が著しく低下した。耐熱・耐浸食・耐摩耗性に優れた炉材とコーティング技術について最新技術を調査し、最適なものを選択・採用して耐久性向上を達成した。

●選択した候補材と耐久試験方法と評価

図3は候補材の試験片と耐浸食性確認用の亜鉛合金（開発合金）を組み合わせ、600度に加温する炉に投入する状態を示す。表3は候補材の評価結果を表す、炉材⑥とコートDの性能が優れており射出機構部の耐久性向上のため適所に採用した。

試験方法

- 1) 試験片に亜鉛合金を右図のように載せて高温炉に投入する
- 2) 600℃に加熱する、亜鉛合金が流れおちないように注意する
- 3) 1回の加熱時間を8時間とする、剥離試験にて亜鉛合金が剥離し試験片に変化無ければ浸食に耐えたと評価する
- 4) 耐えた試験片につき2回目、3回目と繰り返し試験する。
- 5) 10回（80時間）を超えるものが有る場合硬度の状態などで優劣を判断する

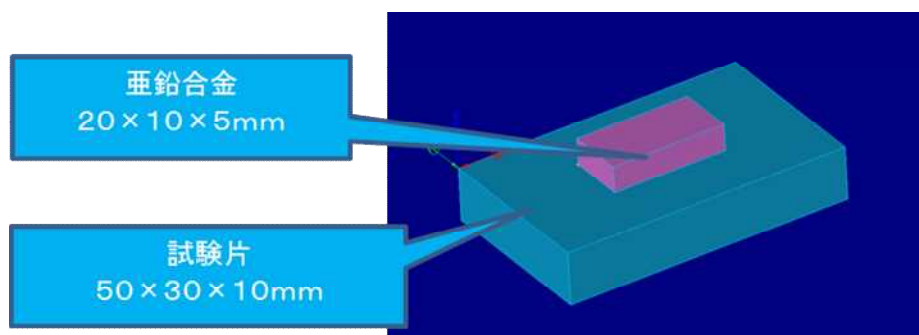


図3 耐久試験に投入する試験片、耐浸食性評価のため亜鉛合金片を載せる

試験対象(炉材)		耐高温	耐浸食	耐摩耗	内筒面	剥離テスト	評価
炉材①	DH31-EX				—	○	○スリーブ等に採用
炉材②	KDAMAX				—	○	○性能良いが加工性悪く不採用
炉材③	DAC-MAGIC				—	×	×材料表面の劣化が著しい
炉材④	SUS304通常窒化				—	△	×材料表面の劣化が著しい
炉材⑤	SUS316通常窒化				—	○	×材料表面の劣化が著しい
炉材⑥	表面セラミック化	○	○	○	—	○	◎良好、材料が小さなものしか無くノズルに採用
炉材⑦	SKD61通常窒化				—	○	○コーティングの下地や仕上げに採用
炉材⑧	SKD61特殊窒化				—	△	○コーティングの下地や仕上げに採用
試験対象(コーティング)							
コートA	TiAIN	△	×	×	×	○	×密着は無いが燃焼したのか耐摩耗性無し
コートB	TiBN	△	×	×	×	×	×使用不可
コートC	内筒DLC+Si	△	△	×	○	△	×使用不可
コートD	Cr系	○	○	○	×	○	◎良好
コートE	TiCN (CVD)	△	△	×	○	×	×使用不可
コート無ア	炉材⑦と同じ				—		
コート無イ	炉材⑧と同じ				—		

表3 耐高温炉材及び耐浸食・耐摩耗性評価研究

●熱力学シミュレーションによる候補材と溶融亜鉛の反応性の検討

600℃においては、溶融亜鉛による鉄系材料の侵食は顕著なものとなるので、何らかの表面処理、あるいはコーティングが必要となる。この点に関し、本研究で採取し得た現時点で事業化されている最新技術はいずれも処理により表面に形成される相は Fe、Cr、Ti の窒化物、炭化物、酸化物、あるいは Al₂O₃ や Cr₂O₃、もしくは SiC や AlN と考えられる。そこで、それらと溶融亜鉛 (Zn-8wt%Al) の化学的反応性を熱力学平衡計算により調べた。計算法は、0.1g の候補材と溶融亜鉛 1g をとり、温度を変えて平衡計算し、安定組成を計算するものである。主な結果は図 4 にまとめて示すが、耐食性という観点からは、化学変化、あるいは消耗しないものが有望となる。

まず、図 4.a からわかるように、化学的に安定性の高い Al₂O₃ は溶融亜鉛と反応しないが、図 4.b に示すように Cr₂O₃ は反応し、Al₂O₃ に変化する。また、AlN、SiC、TiC (但し、図 4.f で FCC 相が TiC を表すことに注意) は反応せず安定であること、TiN や Fe₄N は反応し、AlN が生成することがわかる。図 4.h の Fe₃Al₁₄Si₃ については後述するが、これらの結果は次のようにまとめられる。

溶融亜鉛中の Al は活性が高いので、窒化物、炭化物、あるいは酸化物の耐性は、Al との反応性で決まると考えて良い。従って、Fe、Cr、Ti、Al、Si、Zn の化合物を対象として考えると、

- ・窒化物： AlN が化学的に最も安定であるので、逆に AlN 以外は不安定である。なお、TiN も化学的安定性は高いが、図 4.e に見るように、一部は AlN 化するという結果になった。この点は実験で確認する必要があるかもしれない。
- ・酸化物： Al₂O₃ が化学的に安定なので、逆に Al₂O₃ 以外は不可と考えられる。
- ・炭化物： Al₄C₃ はそれほど安定性が高くないので、炭化物によっては溶融亜鉛に対し安定である可能性がある。なお、溶湯をあらかじめ飽和させておけば長期的な耐食性にも優れるものと思われる。TiC や SiC の他に、WC や VC (TD プロセス) なども候補材として考えられる。

この他、あらかじめ反応生成物の相を表面に形成し、安定化させておくという観点からは、アルミ化物やケイ化物も考えられる。この点に関連しては、溶湯に Si を微量添加することで、Fe の溶解度が大きく減少することが報告されている[文献 1]。そこで、Si を微量含んだ溶融亜鉛と Fe の反応性を調べた結果、生成物として Fe₃Al₁₄Si₃ が生成することがわかった。よって、それと溶融亜鉛の系の安定性を温度を変化させて調べた。結果は図 4.h に示すが、相変化が見られるものの、化学的にはほぼ安定である。

なお、表面層の健全性、つまり緻密さと密着性も問題であるが、これに関しては、このような層の形成反応に伴う体積変化も重要な因子となる。通常、緻密な膜が形成できたとしても、反応層内に大きな圧縮応力が残留する上、温度変化に伴う熱膨張・熱応力発生などにより、剥離やクラック発生などが起こりうるので実験的な検討が必要である。また、非酸化物では酸化も検討が必要である。

以上、まとめると、化学的安定性の観点からは、Al₂O₃、AlN、SiC、TiC、WC、

VC、Fe-Al-Si が耐食性に優れると考えられるので、これらを表面に形成させる処理法やコーティング法が有望と考えられる。

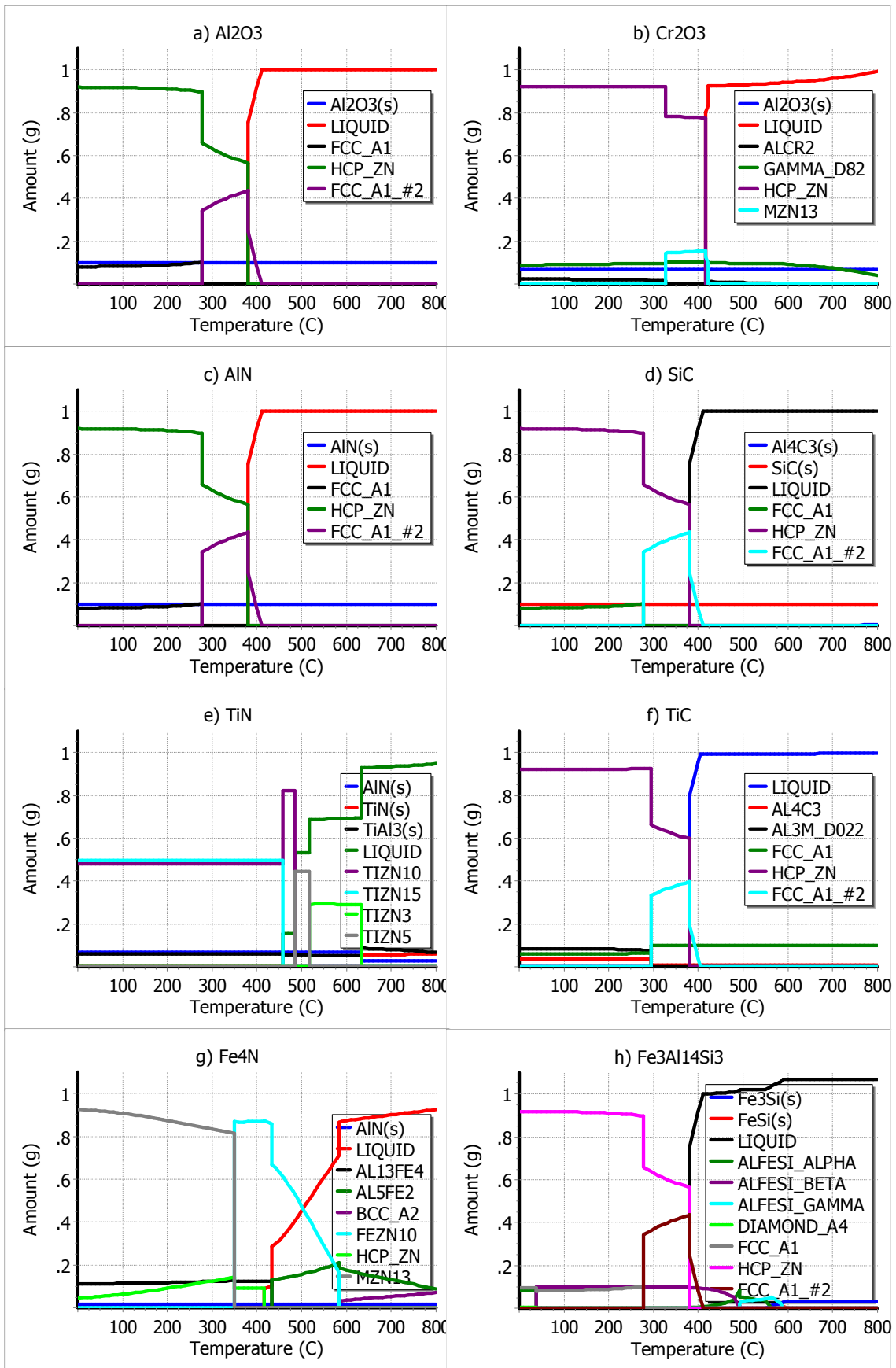


図4. 各種材料と溶融亜鉛 (Zn-8wt%Al) との反応

●射出機構部へ開発炉材・コーティングの採用

図5に耐久試験により採用した炉材の開発鋳造機射出機構部への活用を示す。

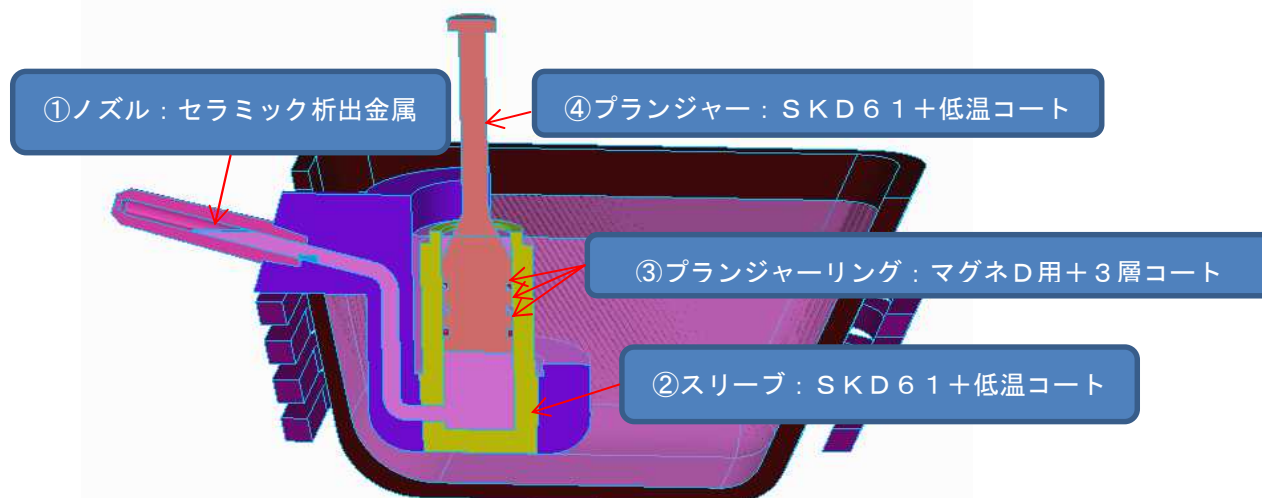
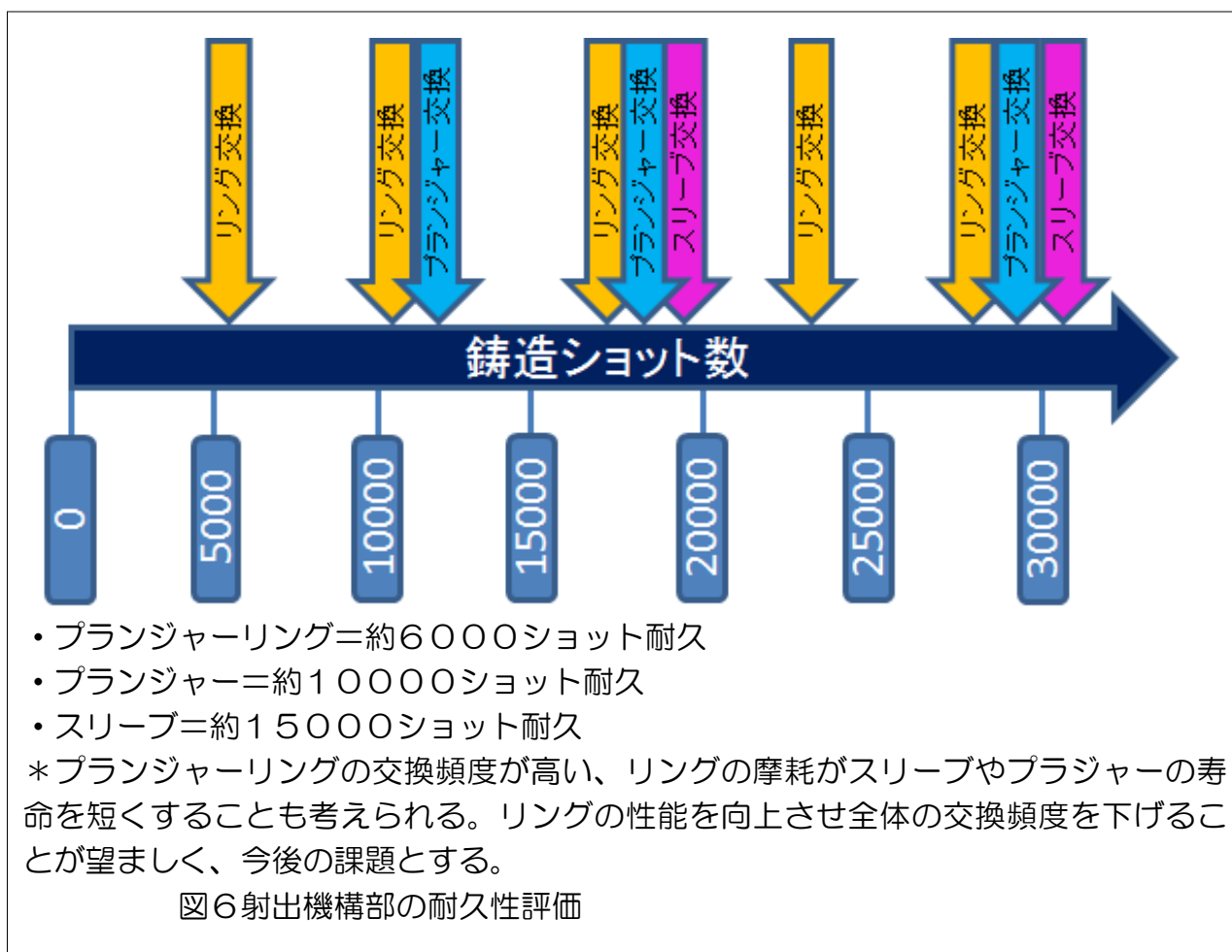


図5 耐久試験により採用した炉材の活用部位

●課題

図6は射出機構部の耐久性を評価したものである。プランジャーリングの耐久性が低く、またリングの摩耗がスリーブの劣化を早めていると思われる。今後の研究へプランジャーリングの耐久性向上を課題とする。



⑤ 鑄造サンプル冷却・取り出し装置の設置

図7は鑄造サンプル冷却・取り出し装置装置の概略説明を示す。鑄造直後の鑄造品の冷却を急激に行うことで得る機械的性質の向上を装置化し連続鑄造のサイクル時間内で達成し効果を得ることを目標とし開発を行った。

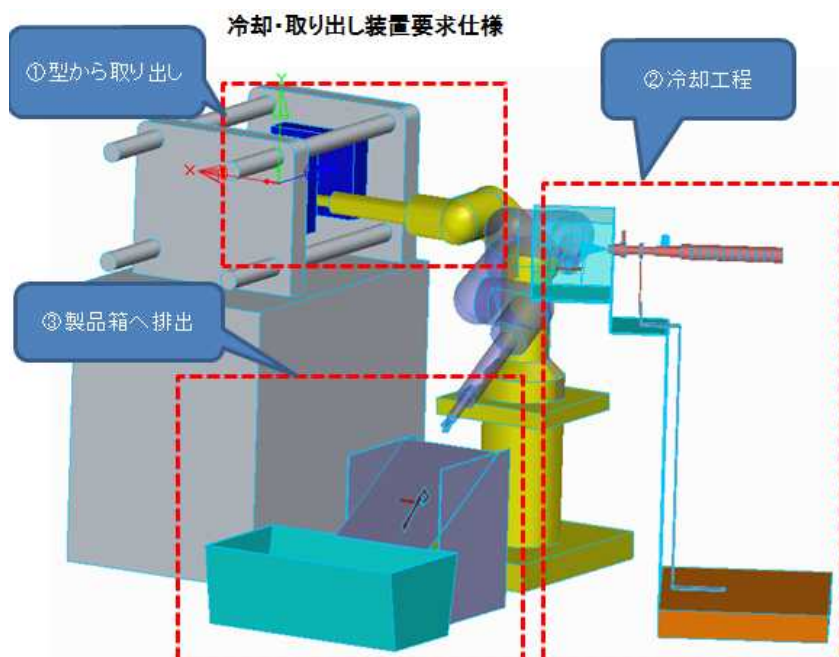


図7 鑄造サンプル冷却・取り出し装置概略図

- 型からの取り出し：鑄造機のショットサイクルにする
- 冷却工程：短時間で確実に冷却可能である
- 製品箱へ排出：落下衝撃等鑄造品への影響が少ない

冷却部はボルテックチューブを流用しマイナス6度の冷気を鑄造品に吹きかけることにより急冷することとした。

● 冷却実績（試験鑄造の結果）

- ・ 冷却に要する4.25sec（全行程15.65sec）
- ・ 冷却効果 冷却前135℃⇒冷却直後37℃

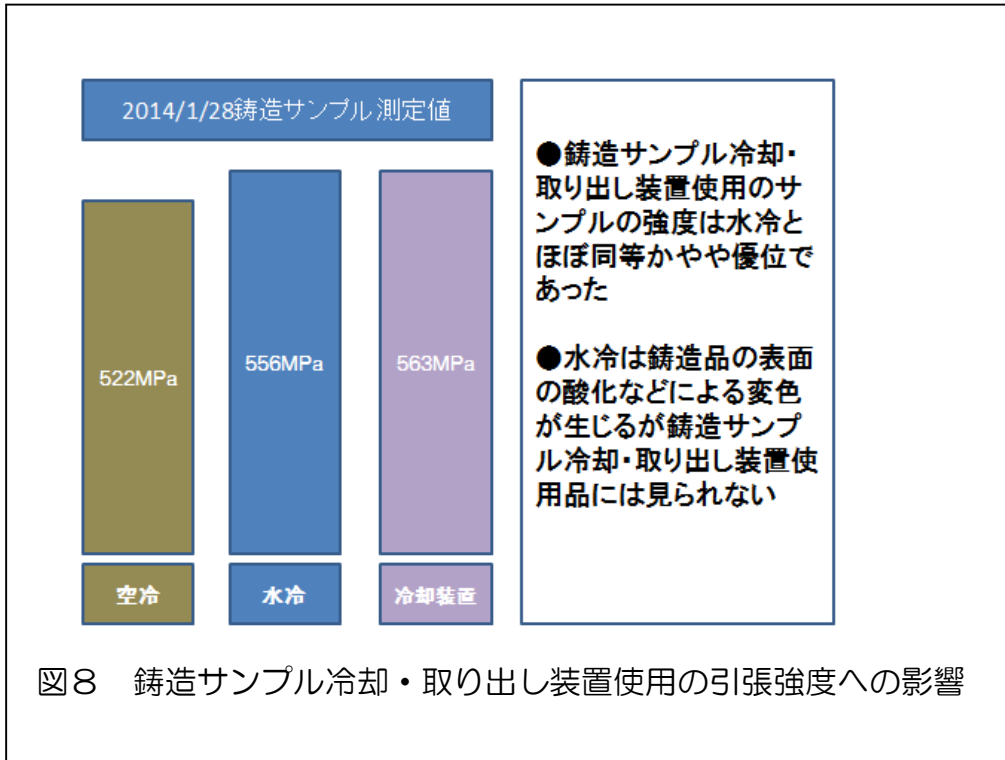
鑄造サンプル冷却・取り出し装置の性能を従来技術と比較する

● 空冷・水冷・ボルテックチューブ利用の強制冷却の利点のまとめ

表4に冷却時間や性能、後処理への影響などについての冷却・取り出し装置（コルダー）の優位性を表す。また図8に機械的性質への影響を表す。

	冷却時間	高強度化	酸化・変色	後処理工程
空冷	長い×	無し×	無し○	無し
水冷	短い○	有り○	有り×	有り(乾燥等)
コルダー	短い○	有り◎	無し○	無し

表4 鑄造サンプル冷却・取り出し装置（コルダー）の優位性



● 評価

鑄造品の高強度化には非常に有効である、水冷と比較し処理後の酸化や変色といった不具合も発生しない、また水冷に必要な乾燥工程も鑄造サンプル冷却・取り出し装置使用の場合不要である。またランナー等のスクラップの再溶解にて水分の残留が水蒸気爆発を引き起こすこともあることからその危険性の無い鑄造サンプル冷却・取り出し装置と評価する。

2-2 高付加価値新合金の開発

① +SiX合金

● 試験結果

表5は従来亜鉛合金と開発亜鉛合金(+SiX)の機械的性質を試験鑄造した試験片の実測値により比較したものである。引張強さ他数値の低下が大きく出ており+SiXの機械的性質向上は認められなかった。

材質	引張強さ (MPa)	0.2%耐力 (MPa)	縦弾性係数 (GPa)	破断伸び (%)
ZDC2	293	215	86	6
金型用亜鉛合金3種	371	294	91	6
Zn-Al-Cu-Si系合金	201		61	0.5

表5 従来亜鉛合金と開発亜鉛合金の機械的性質比較

シミュレーション結果からS iの完全溶湯温度は627度であり本研究では溶解温度が足りないことが判明した。+S i X合金試験片のミクロ組織を見ると完全溶解が得られていないためにS iリッチ初晶が鋭利でありハッキリしている。鋭利な部分が合金組成強化よりも応力がかかった場合の破断起点となり機械的性質を下げる結果となったと考えられる。+S i X合金は実用化不可と評価する。

②+B i X合金

●試験結果

B i Xを0.01%~0.05%まで添加量を調整し評価した。結果は引張強度、0.2%耐力について殆ど変化が見られなかった。破断伸びは著しい低下が見られ本研究目的として実用化は不可と評価する。

③C u添加量の増加

C u添加の機械的性質（特に強度）への影響は大きい、しかし伸びの低下から従来合金は3%添加が限界であった。本研究ではA l添加量を調整しC u添加量を更に増やして性能向上を研究した。

●試験結果

図9にC u添加量1%毎増加させた場合の引張強度と伸びの測定値を表す。A lを12%まで引き上げてC u添加量を1%~5%まで増加したことによる機械的性質への影響を測定した。試験片の内部欠陥が目立ち測定値に影響していると思われるがC u添加量の強度への影響は確認できた。

今後の開発合金の基礎組成を12A l+5C uに定め研究を進める。

試験片の内部欠陥是正のため高温溶湯鑄造の鑄造条件最適化も研究を行う。

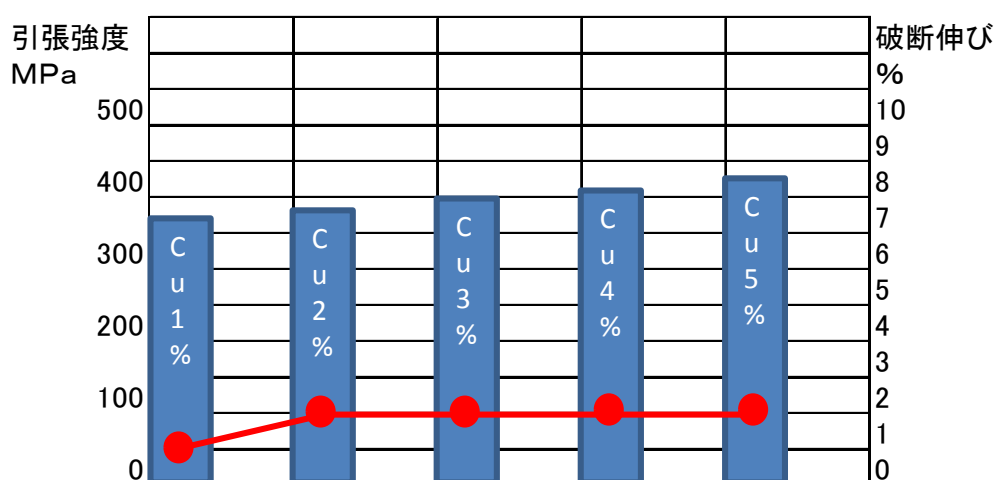


図9 C u添加量による機械的性質の変化

④+MM（ミッシュメタル：L a、C e）合金

シンクエクセル社のMM添加が合金組織の微細化を行うことによる機械的性質への影響を本研究にも得たく開発合金に添加した。

●試験結果

MM材を添加前と添加後で比較すると機械的性質の大きな変化は認められなかった。ミクロ組織の観察によりMMの偏析が確認できる。MMの分散が不十分であった可能性が考えられる。

⑤+BeX合金

既存の技術として亜鉛合金へのBe添加による高特性化は存在する。本研究にもBe添加の効果を盛り込みたく評価した。

●試験結果

開発合金にBeを添加有り無しで引張強度と破断伸び率を比較したものである。引張強度向上への影響は僅かであるが伸びの良化が確認できる。強度向上は伸び率を犠牲にする傾向があるので高強度亜鉛合金開発には良好な元素と言える。

開発合金に対しBe添加の引張強度への影響は研究を継続し確認する。

⑥ casting after rapid cooling high strength research

研究中に casting after rapid coolingにより casting productsの機械的性質に影響することを知り得た。 casting productsを水槽に落とすことで実験できたが casting productsの酸化・変色が著しく、濡れたスクラップを再溶解した場合に考えられる水蒸気爆発など事業化には課題があったため空冷による casting samples冷却・取り出し装置を開発した。

●試験結果

図 10 は室温放置による空冷・水槽に落下する急冷・ casting samples冷却・取り出し装置による急冷（低温空冷）の機械的性質を比較した。試験片の内部欠陥の削減などにより全体的に数値の向上が見られる。 casting samples冷却・取り出し装置の値は水槽に落下させた値と同等を示し、かつ表面の酸化・変色も見られなかった。開発合金の高特性化に貢献すると評価する。

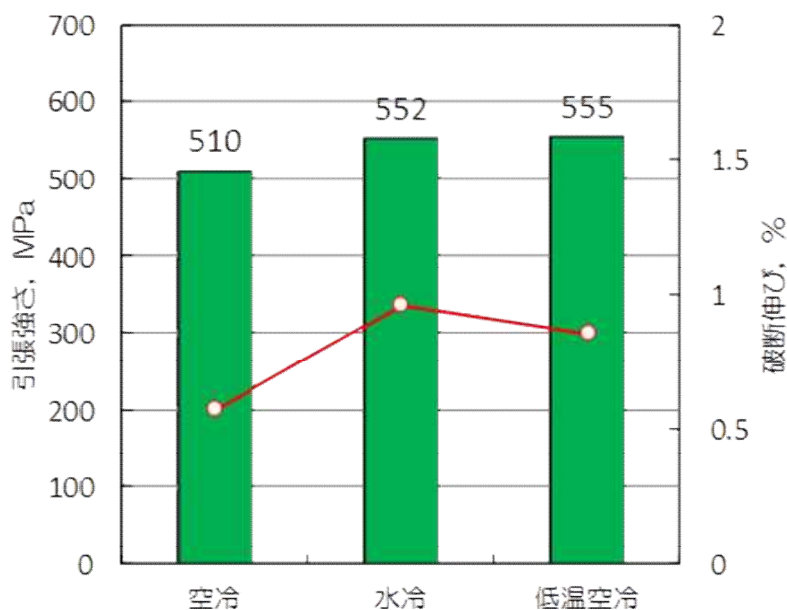


図 10 鋳造後の急冷による機械的性質向上の比較

⑦超薄肉試験片の評価

亜鉛ダイカストの優位性を活かす方法として超薄肉鑄造がある。アルミやマグネシウムダイカストの到達できない薄さを高強度亜鉛合金にて事業化する研究を行った。表6は超薄肉での機械的性質をその平均値で比較したものである。超薄肉試験片の引張強度max値は572MPaであり本研究の最高値であった。研究の目標値達成率は91%であるが従来技術（ZDC2値293MPa）に対し充分優位であると評価する。

●試験結果

図11は試験形状（厚さ）による機械的性質の変化を表したものの、値は数本の試験片を測定した平均値である。

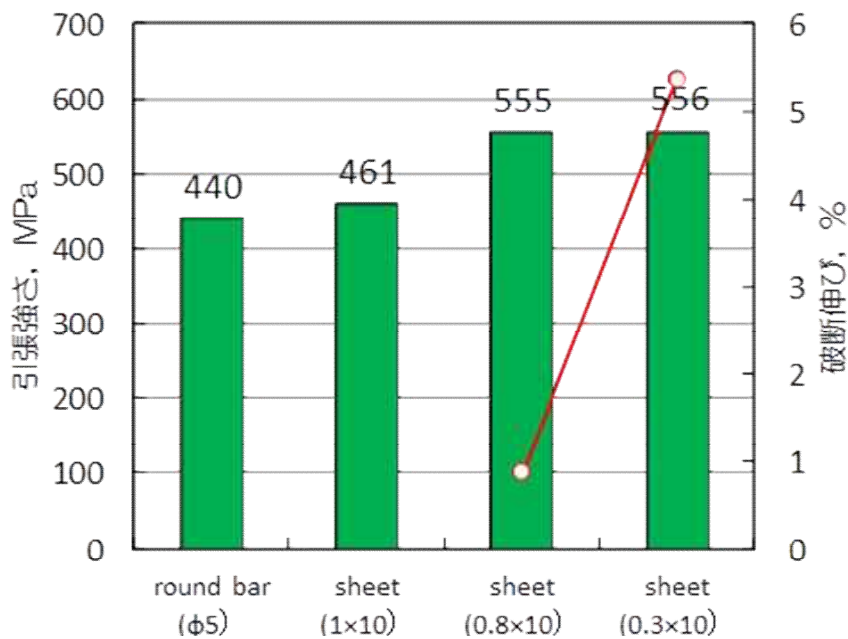


図11 試験片形状・厚さによる機械的性質の変化

⑧今後の新亜鉛合金の開発

研究期間には充分取り組めなかったが充分市場に優位性のある高特性合金が有る。今後も開発を進め事業化を達成したい。

●試験結果

図12は、Zn-xAl-xCu合金にMgを添加した時の引張強度を示している。Mgが増加すると一次的に強度は減少するが、その後、増加する傾向がある。熱処理後の引張強度についても、Mgが少ない材料では、as-cast材に比べて減少する傾向が見られるが、Mgを添加すると熱処理したほうが強度が増加する。

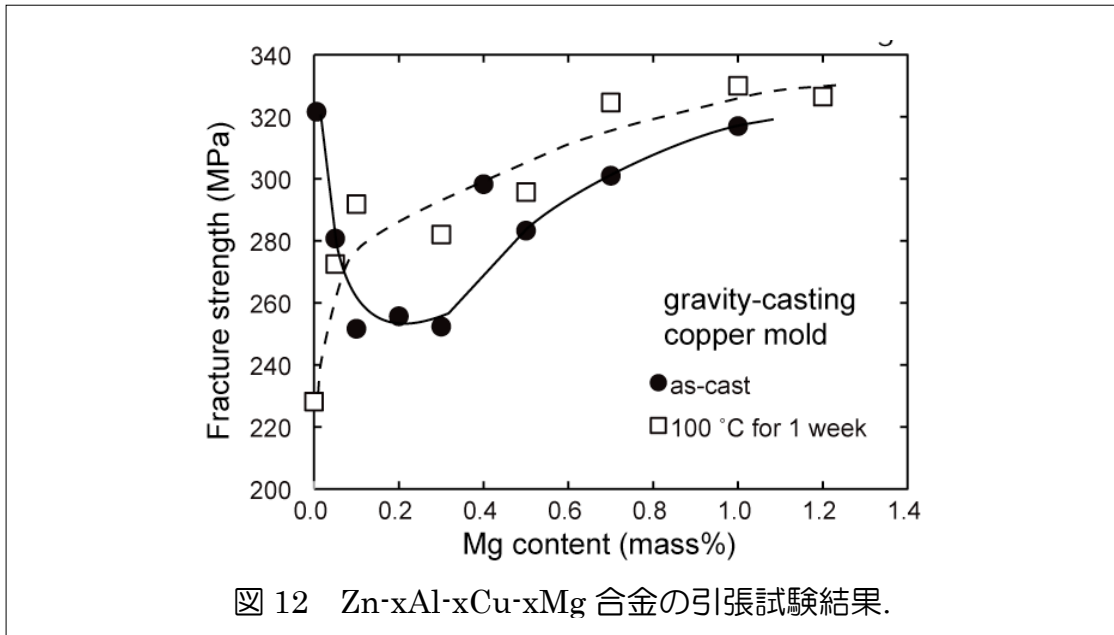
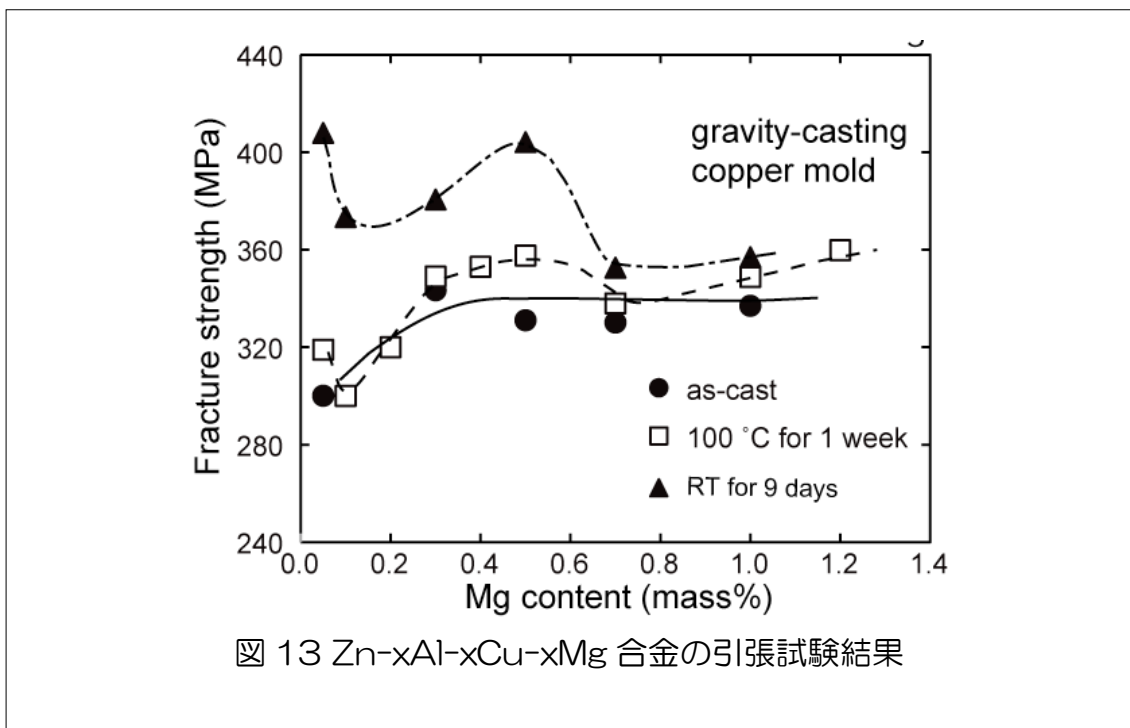


図 1 3 は, Zn-xAl-xCu 合金に Mg を添加した時の引張強度を示している. Mg が増加すると引張強度が増加する傾向がある. 熱処理後の引張強度についても, Mg が少ない材料では, as-cast 材に比べて減少する傾向が見られるが, Mg を添加すると熱処理したほうが強度が増加する傾向がある. また, 室温で 9 日間時効した後の引張強度は, as-cast 材と比べて著しく高くなっており, 試料作製後にいつ引張試験を行うかが重要であること明らかとなった, この結果から, Mg を 0.5%程度添加した試料が強度も高く, 熱処理後の強度も高いことが明らかとなった.



2-3 新材料の製品への実現

①新合金の製品実現可能な流動・凝固解析装置の開発

開発合金の溶湯流動長など流動・凝固解析に必要なパラメータを採取し流動・凝固解析装置の開発を行った。解析結果と実際の試験鑄造結果を比較し溶湯流速等の調整を経て新合金の性能を市場要求形状で再現できる解析技術を開発した。図 14 に開発の流れを示す。

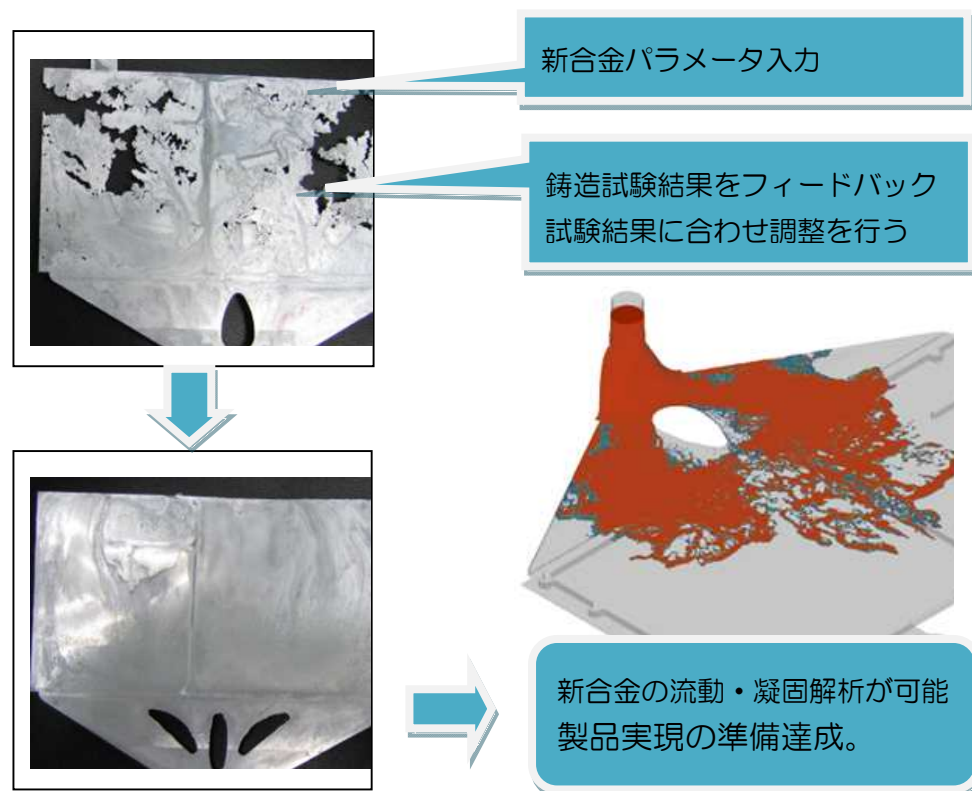


図 14 流動・凝固解析装置開発の流れ

②事業化

●市場要求の調査、PR

研究期間中に大型展示会等に積極的に参加・出展し市場の要求強度などの情報収集を行った。また研究のメリット、方向などについて広くPRし事業化へ結びつける活動を行った。

- ・ 中小企業総合展 J I S M E E 2012
- ・ 第4回国際カーエレクトロニクス技術展 (2012, 1)
- ・ 中部ものづくり基板技術展 (2014, 2)
- ・ 開発・技術マッチングセミナー 2014年3月12日 (東京：東京都中小企業振興公社)

●製品の評価

開発合金の試験鑄造スケジュールが計画より時間を要し、開発期間中に川下企業へ製品形状にて新合金サンプルの提出ができなかった。今後も研究を継続し川下企業へのサンプル提出—評価を実施し事業化を達成する。

第3章 全体総括

①高温ホットチャンバー鑄造機の開発

【電磁誘導攪拌溶解保持炉について】

- ・ 目標である溶湯温度600度にて連続鑄造達成。
- ・ 従来加温方式より高温（600度）維持能力に優れ電力消費量も少ない。
- ・ 電磁攪拌効果により新合金組成比のバラつき無く鑄造可能である。

【耐熱・耐食・耐摩耗性を有する炉材とコーティングについて】

- ・ 耐熱・耐浸食性に優れた炉材とコーティングを研究し高温連続鑄造における鑄造機の耐久性向上を開発した。

●課題

- ・ プランジャーリングの寿命に課題を残す、継続して研究開発を行う。

②高付加価値新合金の開発

【開発新合金の特性】

- ・ H25年度開発合金にて572MPa達成（目標達成率91%）

●課題

- ・ 研究中見出した他の特性の優れた合金の性能を確実にし、新合金のラインアップを築いて市場要求に幅広く対応できるようにする。

③新材料の製品への実現

【流動・凝固解析装置の開発】

- ・ 新合金の性質を測り新合金に対応した流動・凝固解析装置を研究、試験鑄造結果のフィードバックを重ね開発した。

【事業化】

- ・ 大型展示会等に数回参加し新合金の優位性のPRを市場へ広く行った。

●課題

- ・ 川下企業へ製品形状にて新合金サンプルの提出—評価を達成できていない。開発を継続して達成する。