

平成30年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「次世代自動車向け Si/SiC パワーモジュール用

超高効率スーパーファインピッチダイカスト冷却器の研究開発」

研究開発成果等報告書

平成31年3月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 公益財団法人群馬県産業支援機構

目次(例)

第1章 研究開発の概要	3
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1-2 研究体制	3
1-3 成果概要	6
1-4 当該研究開発の連絡窓口	8
第2章 本論	9
2-1 補助事業の具体的内容	9
【サブテーマ1】 高熱伝導アルミニウム合金のダイカストプロセスにおける鑄造性の解明	9
(1-1) 金型内の高熱伝導アルミニウム合金の流動特性の把握	9
(1-2) 高熱伝導アルミニウム合金の凝固特性の把握	14
(1-3) 高熱伝導アルミニウム合金の各種パラメータの取得と影響の把握	16
【サブテーマ2】 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計技術の確立	18
(2-1) 高熱伝導アルミニウム合金の流動シミュレーション精度向上	18
(2-2) 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計システムの開発	21
【サブテーマ3】 高熱伝導アルミニウム合金を用いたダイカスト製法での成形品の評価	22
(3-1) 新ダイカスト技術による成形品の品質評価	22
(3-2) 新ダイカスト方案設計技術による金型設計工数評価	24
2-2 補助事業の成果及びその効果	26
2-3 補助事業の成果に係る知的財産権等について	26
最終章 全体総括	26
補助事業の成果に係る事業化展開について	

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

【研究開発の背景】

本研究開発は、中小ものづくり高度化法及び中小ものづくり高度化指針での高度化目標としては、
(六) 立体造形に係る技術に関する事項

1. 立体造形に係る技術において達成すべき高度化目標

(4) 川下分野特有の事項

4) その他の川下分野に関する事項

a. 自動車分野に関する事項

① 川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

イ. 高付加価値化

に基づいており、下記の「研究目標」を設定し、ほぼ実現に至った。

【研究目標】

今までにない優れた放熱特性を有し、かつ薄肉・複雑形状を可能とする画期的な冷却器を、材料の特性を把握し、その特性を活かした解析技術を確立させ、成形することを目標とし、早稲田大学の有する特許技術（ダイカスト初期凝固層の生成防止技術等）、群馬産業技術センターの鋳造プロセス計測・評価技術、産業技術総合研究所の高速流動シミュレーション技術を活用し、群馬合金（株）の溶湯保温技術・薄肉ダイカスト技術と融合させることにより、川下企業のニーズを満足させるダイカスト技術の確立を目指す。そのため以下の研究サブテーマに取組む。

[サブテーマ1] 高熱伝導アルミニウム合金のダイカストプロセスにおける鋳造性の解明

(1-1) 金型内の高熱伝導アルミニウム合金の流動特性の把握

(1-2) 高熱伝導アルミニウム合金の凝固特性の把握

(1-3) 高熱伝導アルミニウム合金の各種パラメータの取得と影響の把握

[サブテーマ2] 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計技術の確立

(2-1) 高熱伝導アルミニウム合金の流動シミュレーション精度向上

(2-2) 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計システムの開発

[サブテーマ3] 高熱伝導アルミニウム合金を用いたダイカスト製法での成形品の評価

(3-1) 新ダイカスト技術による成形品の品質評価

(3-2) 新ダイカスト方案設計技術による金型設計工数評価

1-2 研究体制

(1) 本事業でのサブテーマごとの担当と研究体制の図を示す。

[サブテーマ1] 高熱伝導アルミニウム合金のダイカストプロセスにおける鋳造性の解明

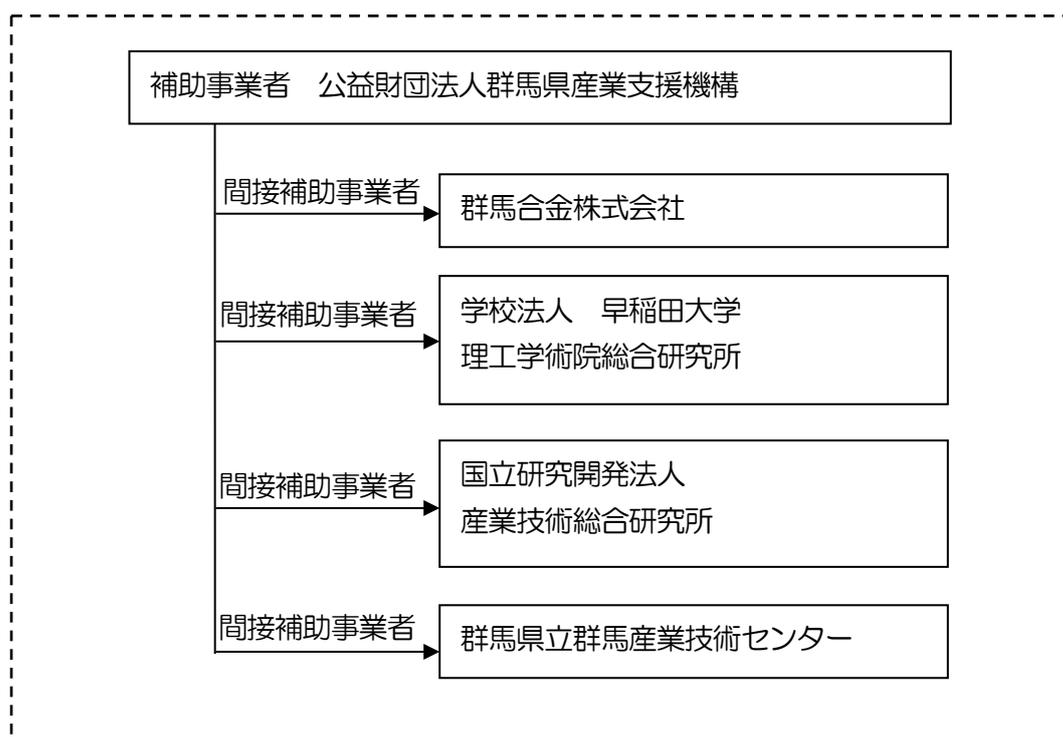
(1-1) 金型内の高熱伝導アルミニウム合金の流動特性の把握

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

(1-2) 高熱伝導アルミニウム合金の凝固特性の把握

- 担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター
- (1-3) 高熱伝導アルミニウム合金の各種パラメータの取得と影響の把握
 担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター
- [サブテーマ2] 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計技術の確立
- (2-1) 高熱伝導アルミニウム合金の流動シミュレーション精度向上
 担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所
- (2-2) 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計システムの開発
 担当：群馬合金（株）、産業技術総合研究所
- [サブテーマ3] 高熱伝導アルミニウム合金を用いたダイカスト製法での成形品の評価
- (3-1) 新ダイカスト技術による成形品の品質評価
 担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター
- (3-2) 新ダイカスト方案設計技術による金型設計工数評価
 担当：群馬合金（株）、産業技術総合研究所

<実施体制図（全体）>



総括研究代表者（PL）
 群馬合金株式会社
 執行役員 テクニカルセンター
 センター長 数納 宏紀

副総括研究代表者（SL）
 国立研究開発法人
 産業技術総合研究所
 主任研究員 徳永 仁史

(2) 研究者氏名

事業管理機関（補助事業者）

公益財団法人群馬県産業支援機構

氏名	所属・役職	担当業務（サブテーマ番号）
奈良 敬一	工業支援課 課長	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
富山 勝敏	工業支援課 主幹	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
高橋 雅史	工業支援課 主任	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
渡邊 亮	工業支援課 主事	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
田村 昌基	総務課 主任	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)

研究実施機関（間接補助先）

群馬合金株式会社

氏名	所属・役職	担当業務（サブテーマ番号）
数納 宏紀	執行役員 テクニカルセンター長	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
設楽 一博	製造技術部 次長	(1-1)(1-2)(1-3)(3-1)(3-2)
爰島 崇	製造技術部 設計課 課長	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
清水 洋幸	製造技術部 設計課 係長	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
田端 勉	製造技術部 設計課 技師補	(1-1)(1-2)(1-3)(3-1)(3-2)
黒澤 勲	製造技術部 鑄造課 課長	(1-1)(1-2)(1-3)(3-1)(3-2)
坂本 健	製造技術部 鑄造課 係長	(1-1)(1-2)(1-3)(3-1)(3-2)
高橋 一樹	製造技術部 鑄造課 技師補	(1-1)(1-2)(1-3)(3-1)(3-2)
奥山 旭	製造技術部 生産準備課 技師	(1-1)(1-2)(1-3)(3-1)(3-2)

学校法人早稲田大学理工学術院総合研究所

氏名	所属・役職	担当業務（サブテーマ番号）
吉田 誠	理工学術院 教授	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(3-1)

国立研究開発法人産業技術総合研究所

氏名	所属・役職	担当業務（サブテーマ番号）
岡根 利光	製造技術研究部門 総括研究主幹	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
徳永 仁史	製造技術研究部門 素形材加工研究グループ 主任研究員	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
本山 雄一	製造技術研究部門 素形材加工研究グループ 研究員	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)
鈴木 鉄良	製造技術研究部門 素形材加工研究グループ テクニカルスタッフ	(1-1)(1-2)(1-3)(2-1)(2-2)(3-1)(3-2)

群馬県立群馬産業技術センター

氏名	所属・役職	担当業務（サブテーマ番号）
黒岩 広樹	先端ものづくり係 係長	(1-1)(1-2)(1-3)(3-1)
矢澤 歩	材料解析係 独立研究員	(1-1)(1-2)(1-3)(3-1)

1-3 成果概要

[サブテーマ1] 高熱伝導アルミニウム合金のダイカストプロセスにおける鋳造性の解明

(1-1) 金型内の高熱伝導アルミニウム合金の流動特性の把握

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

- ・ダミースリーブ可視化実験装置を用い、プランジャ反力、湯面変位、ゲート部からの射出状況を確認。得られた結果をシミュレーション結果と比較し、精度向上につなげた。
- ・2種類の試作金型を検討し、流動解析を実施。得られた結果を基に金型を製作し高熱伝導材料を用い実機実験を行った。
- ・形状に関する目標値を達成することが出来、本技術を基に市場性のある冷却器を検討し、実験金型を製作した。製作した金型で、高熱伝導材料を使用し実機実験を行った。

(1-2) 高熱伝導アルミニウム合金の凝固特性の把握

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

- ・スリーブ内容湯凝固実験装置により溶湯温度変化を取得した。
- ・また、シミュレーションにて高熱伝導材料の凝固特性を確認した。
- ・市場性のある冷却器の検討に当たり、開発した流動シミュレーションを用い凝固特性を把握

し、方案を決定した。

(1-3) 高熱伝導アルミニウム合金の各種パラメータの取得と影響の把握

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

- ・静止型熱伝達係数測定装置による高熱伝導材料の熱伝達係数を取得した。
- ・鋳造可能な溶湯温度と離型剤の関係性を確認した。
- ・実験金型による実機実験で、速度・圧力を変量させ製品を鋳造し、外観及び内部品質を調査
また、薄肉部への溶湯流動状況を確認し、製品として問題ないことが確認できた。

[サブテーマ2] 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計技術の確立

(2-1) 高熱伝導アルミニウム合金の流動シミュレーション精度向上

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所

- ・ダミースリーブ可視化実験におけるスリーブ内溶湯変位及びゲート部射出挙動とシミュレーション結果との比較により精度向上が図れた。
- ・評価用鋳型を用いた基本的流動挙動及び鋳造実験による基本的凝固挙動とシミュレーション結果との比較により精度向上が図れた。
- ・ダイカスト方案の検討に必要な解析機能（粒子分割、背圧計算）を導入した。
- ・本事業での開発手法と従来手法の市販の解析ソフトウェアとの解析結果を比較することにより、高熱伝導材料の温度変化の予測について、精度向上が図れた。
- ・開発した流動シミュレーションを方案設計に適用できるよう改良を行った。

(2-2) 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計システムの開発

担当：群馬合金（株）、産業技術総合研究所

- ・ユーザインタフェースを開発して、高速流動シミュレーションと方案設計機能を統合した方案設計システムを開発した。

[サブテーマ3] 高熱伝導アルミニウム合金を用いたダイカスト製法での成形品の評価

(3-1) 新ダイカスト技術による成形品の品質評価

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

- ・X線CT装置の解析モジュールを活用し評価指標を検討した。
- ・高熱伝導材料を使用し事業化を見据えた試作品を鋳造し、外観及び内部品質共に問題ないことを確認した。

(3-2) 新ダイカスト方案設計技術による金型設計工数評価

担当：群馬合金（株）、産業技術総合研究所

- ・設計工数の比較対象の検討を行うとともに、従来の設計工程と新システムを用いた設計工程との工数比較を実施した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人 群馬県産業支援機構

工業支援課 富山 勝敏

(TEL:027-265-5015 FAX: 027-265-5075 E-mail : tomiyaama@g-inf.or.jp)

第2章 本論

2-1 補助事業の具体的内容

【サブテーマ1】 高熱伝導アルミニウム合金のダイカストプロセスにおける鋳造性の解明

<背景・目的>

川下企業からの複雑形状で高放熱特性の冷却器を提供するには、高熱伝導材料を用いた量産工法の確立が必要である。量産工法としてダイカストが検討されているが、未だ最適方案・最適ダイカスト法は確立されていない。そこで、高熱伝導アルミニウム合金を用いたダイカスト技術を確立し、川下企業の要求に応える。

(1-1) 金型内の高熱伝導アルミニウム合金の流動特性の把握

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

i) ダミースリーブ可視化実験

可視化実験装置（図 1）によるプランジャ反力、湯面変位及び、ゲート部射出状況の確認を実施した。

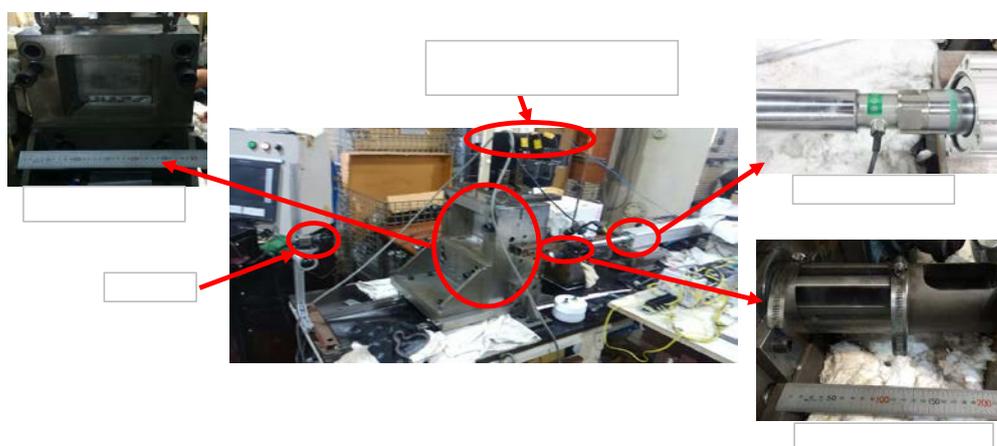


図 1 ダミースリーブ可視化実験装置

① 水（希釈倍率 2 倍の離型剤使用）による可視化実験

水（希釈倍率 2 倍の離型剤）を用い、プランジャ反力、湯面位置、ゲート部射出状況を確認した。

プランジャ反力を図 2 に、湯面変位を図 3 に、測定位置を図 4 に、ゲート部からの射出状況を図 5 に示す。

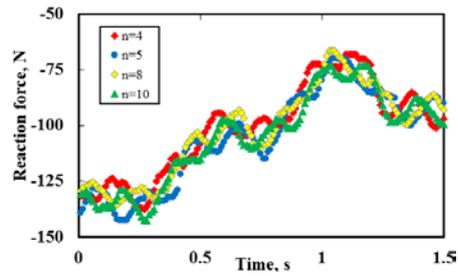


図2 射出速度0.2m/s時のプランジャ反力

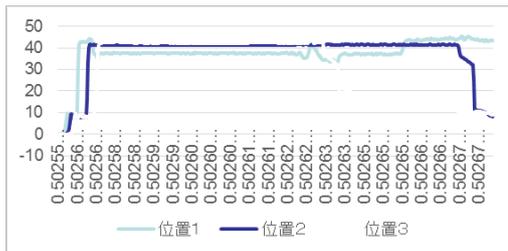


図3 湯面変位

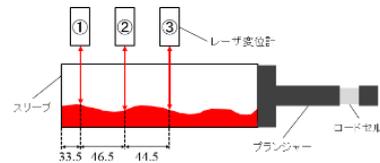


図4 スリーブ測定位置



図5 射出速度0.2m/s時の射出状況（左から右に時間経過）

水（希釈倍率2倍の離型剤）によるダミースリーブ実験では、再現性のあるデータが取得できた。

② ADC12 溶湯による可視化実験

ADC12 溶湯を用い、ゲート部からの射出状況を確認した。結果を図6に示す。

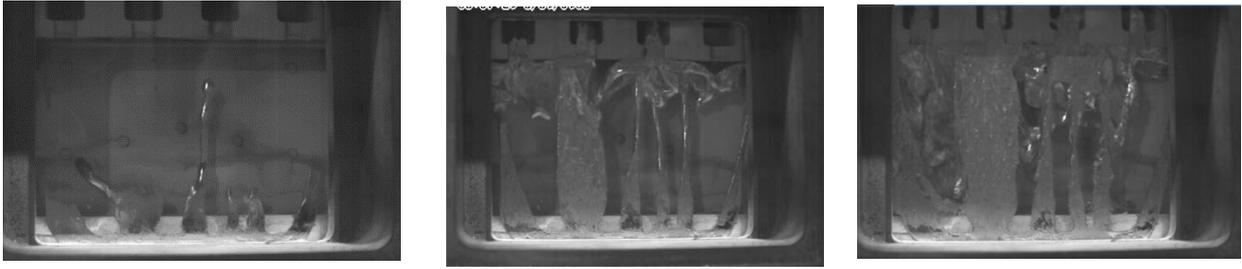


図6 ゲート部からの溶湯射出状況（左から右に時間経過）

ゲート部からの射出状況データが取得できた。
本結果を解析結果と比較検討する。

ii) 実機による流動性実験

250ト铸造機（東洋機械金属製）を使用し、量産金型にて2種類の溶湯（ADC12、高熱伝導材料）の流動性を確認した。

铸造条件は同一とした。結果を図7に示す。



図7 溶湯流動性確認結果（左：ADC12 右：高熱伝導材料）

本条件下においては、高熱伝導材料の流動性はADC12に比較し悪化している。

iii) 実験金型の形状及び方案検討

研究開発委員会メンバーでの会合にて実験に供する形状を2種類検討した。図8に形状の例を示す。

1	
形状案	
フィン仕様	フィン高さ：37.8mm、フィン厚さ：0.5mm フィン間隔：1.7～2.7mm

図8 形状検討（例）

また、形状案に対する方案検討を行い、流動解析を実施し方案を決定した。図9に決定した方案例をに示す。本方案にて実験金型を製作した。

1	
方案	

図9 決定した方案（例）

iv) 実験金型による実機鋳造

ADC12 材を使用し、実験金型にて試作品を鋳造し、金型上の不具合を改善後、高熱伝導材料にて実機確認を行った。鋳造した試作品の例を図10に示す。



図10 試作品（例）

試作品の寸法測定結果を表1に示す。

表1 寸法測定結果

		従来技術	目標値	試作品
形状	フィン厚さ	mm 1.5	0.5	0.5
	フィン間隔	mm 7	3.5	1.7~2.7
	フィン高さ	mm 20	30	37.8

狙い通りの形状が確保できた

v) 市場性のある形状検討

事業化を見据え、川下企業ニーズを調査し、市場性のある形状検討を行った。

川下企業要求寸法を表2に示す。

川下企業要求を満足させかつ、ダイカストでの成形が可能な形状・方案について解析を駆使し検討を行った。

表2 川下企業要求寸法

		試作品	要求値
フィン厚さ	mm	1~1.5	1~1.2
フィン間隔	mm	1.5~2.0	1~1.2
フィン高さ	mm	16.0	7~8

(1-2) 高熱伝導アルミニウム合金の凝固特性の把握

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

i) スリーブ内温度変化測定

スリーブ内容湯凝固実験装置（図 11）を用い、溶湯温度変化を熱電対により測定した。溶湯は、ADC12 及び高熱伝導材料の 2 種類、注湯方式はラドルによる自動給湯で行った。測定結果の一部を図 12 に示す。

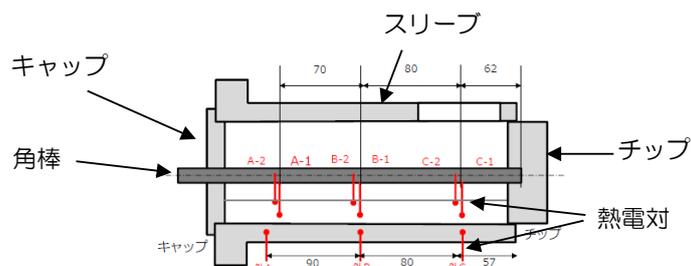


図 11 スリーブ内容湯凝固実験装置

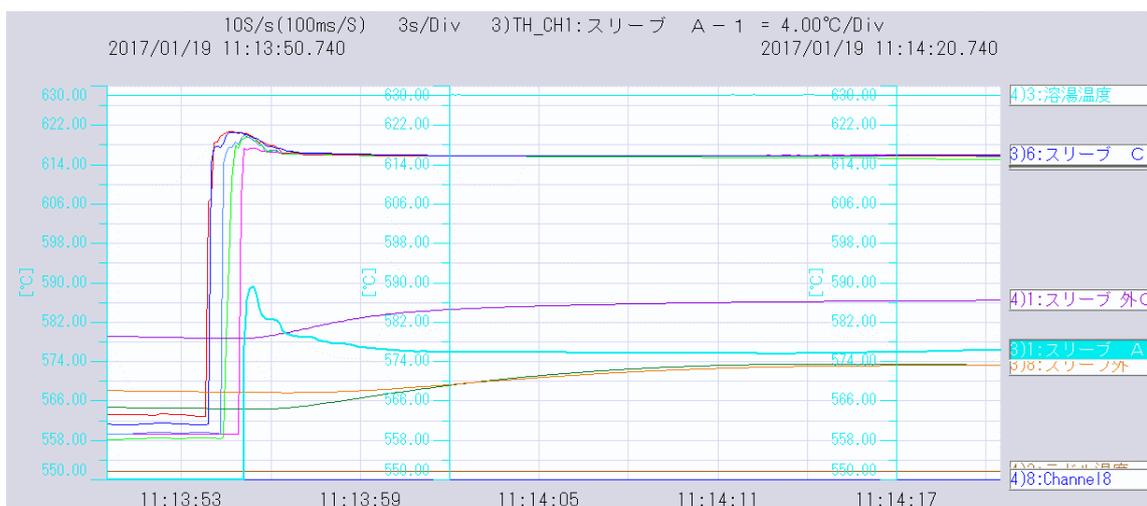
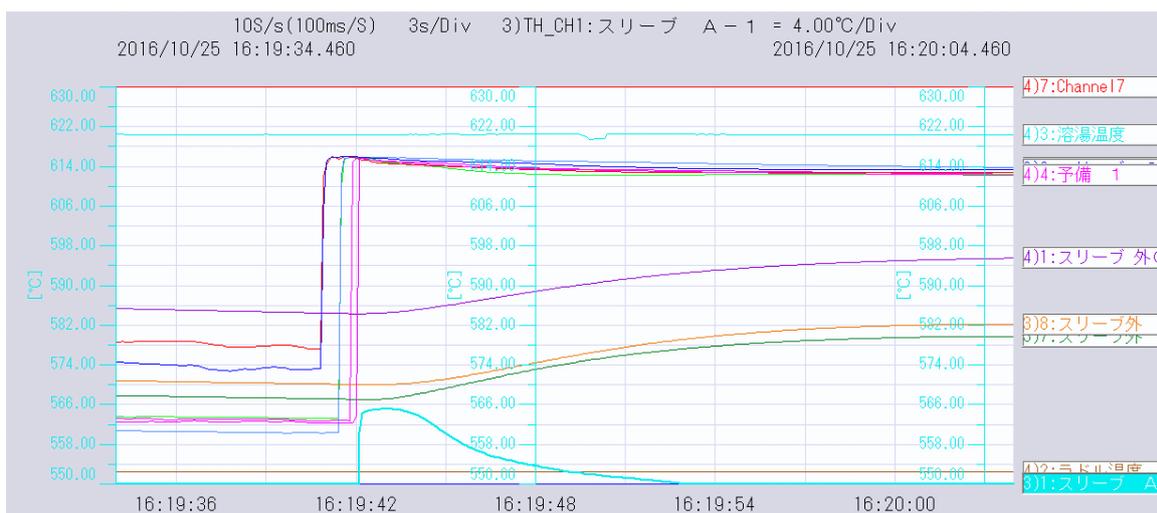


図 12 スリーブ内容湯温度変化（上：ADC12 下：高熱伝導材料）

本結果より以下のことが判明した。

- ADC12 及び高熱伝導材料共にスリーブ外周温度は、注湯温度、スリーブ充填率に係らず注湯口下が高く、中央部、キャップ部の順に低くなっている。
- スリーブ充填率が大きい方が溶湯温度変化幅が小さい傾向にある。
- 注湯終了後、スリーブ内の各温度測定部の温度バラツキは高熱伝導材料は少ない。

ii) 解析による凝固特性把握

ADC12 と高熱伝導材料で充填過程の温度及び固相率の解析を実施した。

その結果、ADC12 は固相率は上がりず充填可能、高熱伝導材は充填開始直後より固相率が上昇し、ゲート通過後流動停止となった。そこで、高熱伝導材で流動停止にならない条件を確認したところ、溶湯初期温度を調整して流動停止することなく充填完了するとの結果が得られた。

(1-3) 高熱伝導アルミニウム合金の各種パラメータの取得と影響の把握

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

i) 熱伝達係数の算出

熱伝達係数測定装置（図13）を用い、ADC12及び高熱伝導材料の2種類の溶湯で熱伝達係数を算出した。

結果を図14に示す。



図13 熱伝達係数測定装置

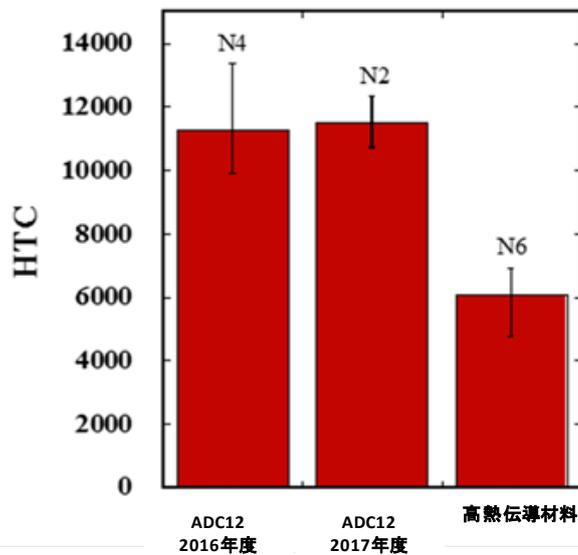


図14 熱伝達係数

高熱伝導材料はADC12と比較し低い値を示した。また、本結果の熱伝達係数を解析に使用する。

ii) 実機実験によるパラメータ調査

(1-1) v) の実機実験によるパラメータ調査結果を表3に示す。

表3 パラメータ調査結果

	ADC12材	高熱伝導材
高速速度	0.5m/s～ ユジワ発生 0.8m/s～ OK	0.5m/s～ ユジワ発生 0.6m/s～ OK
溶湯温度	680℃	740℃以上

iii) (1-1) vi) で検討した実験金型による実機確認

(1-1) vi) で検討した金型を製作し実機実験を行った。

製作した金型を図15に示す。



図15 製作した実験金型 (左：固定 右：可動)

また、本金型にて、高熱伝導材料を用い、低速速度、高速速度及び鑄造圧力を変量させ鑄造実験を行った。

条件を最適化することにより鑄造良品が取得できた。

【サブテーマ2】 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計技術の確立

<背景・目的>

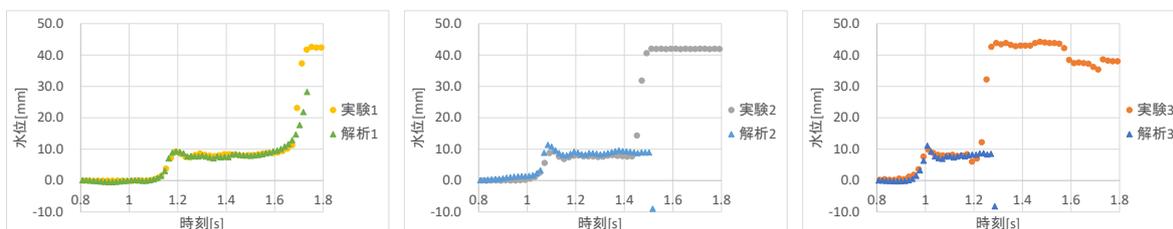
金型方案は解析技術を駆使し最適な方案設計を行い金型製作に入るのが一般的であるが、解析技術によるダイカスト鑄型内での高熱伝導アルミニウム合金の溶湯挙動の予測可能性が十分に検討されていないこと、解析技術の計算速度の遅さ及び、設計システムの非効率性から実際の開発スパンに合わせる事が難しいことから、設計者の『勘』に頼って行われている。そのため、完成した金型で実際にダイカストを行い、不具合点を改善し再度ダイカストを行うといったことを繰り返しているのが実状である。そこで、1. で把握した各種パラメータを用いての解析の合わせ込みを行い解析の精度向上を目指すとともに、設計システムの開発を検討する。

(2-1) 高熱伝導アルミニウム合金の流動シミュレーション精度向上

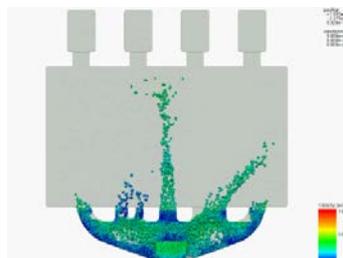
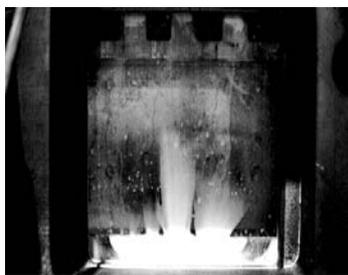
担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所

i) ダミースリーブを用いた溶湯挙動の可視化実験との比較及び精度向上

ダミースリーブを用いたスリーブ内湯面変位、ゲート部の射出挙動の計測結果と、粒子法流動シミュレーションの解析結果との比較を行い、調整を行った結果、傾向をほぼ一致させることができた(図16)。



スリーブ内の湯面の変位の比較



キャビティへの射出挙動の比較

図16 ダミースリーブの可視化実験とシミュレーションの比較

ii) 評価用鋳型を用いた流動実験との比較及び精度向上

図17に示すような実験を実施して、水の流動挙動とシミュレーション結果との比較を行うことにより、基本となる流動挙動をほぼ一致させることができた。

- ・溶湯 : 水
- ・キャビティ厚さ: 2mm
- ・水の初期高さ: 400mm



流動実験
シミュレーション
実験とシミュレーションの結果がほぼ一致

図17 流動実験装置を用いた水の挙動とシミュレーションの比較による精度向上

iii) 評価用鋳型を用いた凝固実験との比較及び精度向上

図18に示すような評価用鋳型を用いたアルミニウム合金の凝固実験とシミュレーション結果との比較を行い、計測位置での温度変化をほぼ一致させることができた。

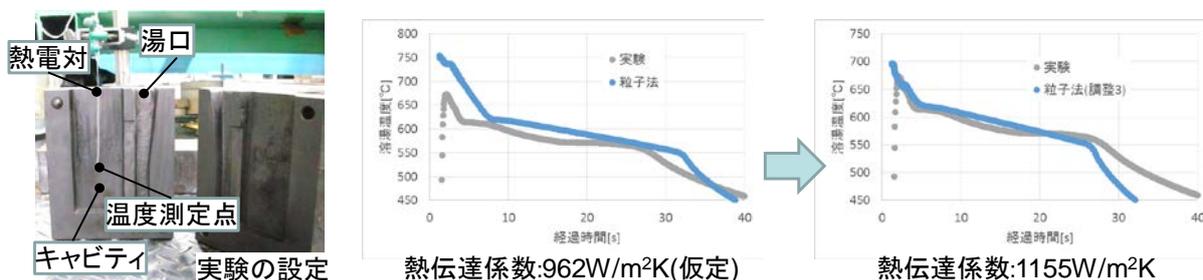


図18 評価用鋳型を用いた凝固実験をシミュレーションの比較による精度向上

iv) ダイカスト解析に必要な機能の導入による精度向上

粒子法シミュレーションプログラムにダイカストプロセスの解析に必要な機能を追加し、これまで困難であった解析を可能とすることにより、シミュレーションの精度向上を図った。

① 粒子分割機能の導入

ダイカスト方案の最も狭い領域であるゲート近傍において、図19に示すように、粒子を分割し大きさを調整する機能を導入し、効率的に解析を行うことを可能とした。

② 背圧計算機能の導入

背圧計算機能を導入することにより、背圧の影響を考慮した解析が可能となった。

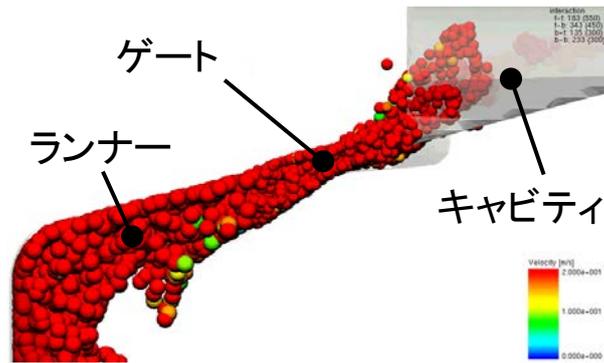


図19 粒子分割機能

v) 市販の解析ソフトウェアとの比較による精度向上

従来手法の市販の解析ソフトウェアと本事業の開発手法との解析結果を比較することにより、凝固及び温度変化のシミュレーションの精度向上を行った。図20 に示すように、市販の解析ソフトウェアと本事業の開発手法とは、同等の解析が実行可能であることが確認できた。

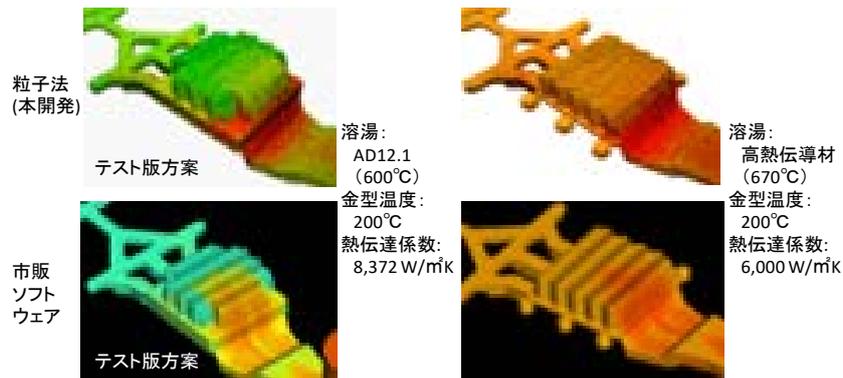


図20 市販の解析ソフトウェアとの解析結果比較 (色：温度)

vii) 開発した流動シミュレーションの冷却器 (実験金型) への方案設計適用

開発手法を方案設計に適用することにより、図21 に示すように溶湯の流動挙動を改善させることができた。

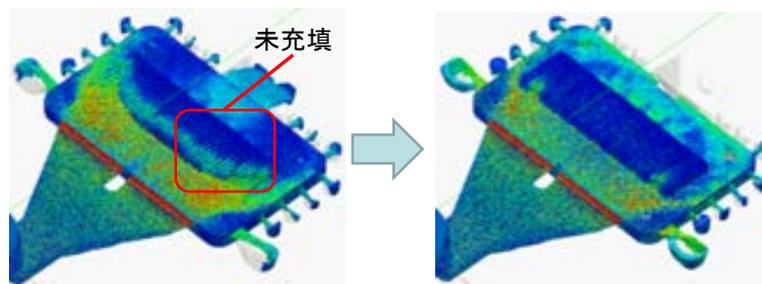


図21 方案設計への適用例

(2-2) 高熱伝導アルミニウム合金のダイカスト方案設計システムの開発

担当：群馬合金（株）、産業技術総合研究所

i) ユーザインタフェースの開発

既存技術となる上述の高速流動シミュレーションと流路設計プログラムとを、方案設計の現場の作業者が使用できるようにするため、図 22 に示すようなユーザインタフェース（画面操作部プログラム=形状変形、画面描画、パラメータ設定）の開発を行った。

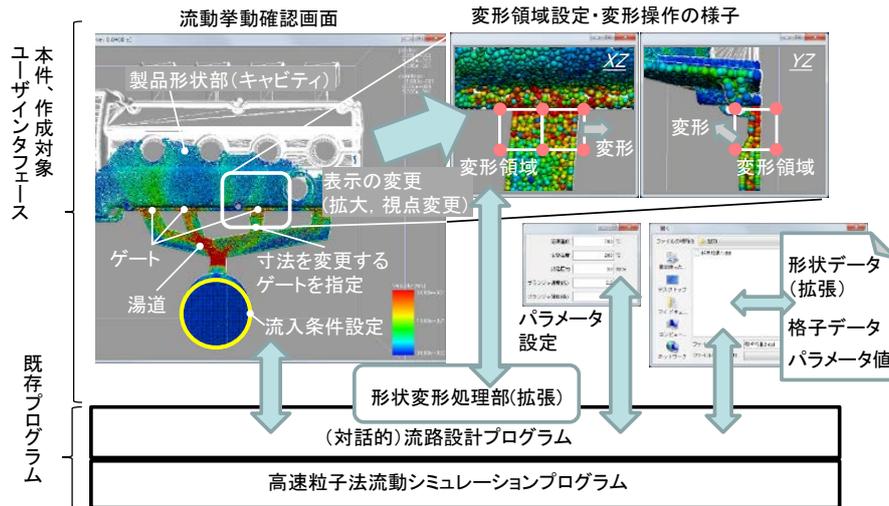


図22 方案設計システムの概要と開発対象部分

ii) 対話的案設計システムの開発

i)のユーザインタフェースを導入して、設計と解析を一体化した対話的案設計システム（図 23）を開発した。

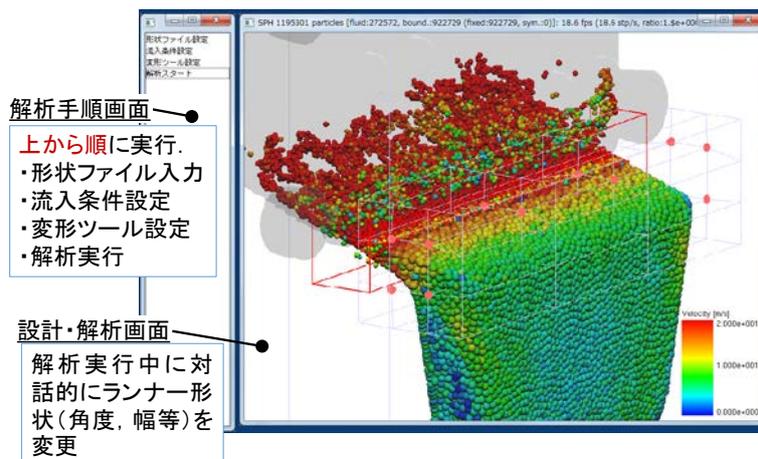


図23 対話的案設計システム（プロトタイプ）

【サブテーマ3】 高熱伝導アルミニウム合金を用いたダイカスト製法での成形品の評価

(3-1) 新ダイカスト技術による成形品の品質評価

担当：群馬合金（株）、早稲田大学、産業技術総合研究所、群馬産業技術センター

i) (1-1) iv) 金型での試作品評価

(1-1) iv) の金型で実機実験を行い、外観及び内部確認を実施した。外観は目視及びボアスコープで、内部はX線CT装置による欠陥率で評価した。

結果の例を図24に示す。ADC12材、高熱伝導材で同等の品質であった。

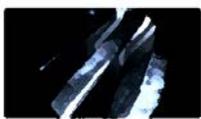
	ADC12材	高熱伝導材
外観	 <p>ボアスコープ画像</p>	 <p>ボアスコープ画像</p>
内部	 <p>欠陥体積率:0.08% 欠陥体積:31.7mm³</p>	 <p>欠陥体積率:0.08% 欠陥体積:32.0mm³</p>

図24 品質評価結果 (例)

ii) (1-1) v) 金型での試作品評価

(1-1) v) の金型で実機実験を行い、得られた試作品の評価を実施した。

① フィン部計測結果

図15に示す金型での試作品のフィン部の主な測定結果を表4に示す。

表4 寸法測定結果

部位	図面指示	測定結果	平均
フィン間隔 上	④ 1.15	1.19~1.25	1.21
フィン間隔 下	② 1.39	1.44~1.50	1.46
フィン幅 上	③ 1.54	1.38~1.55	1.47
フィン幅 下	① 1.30	1.18~1.25	1.22



各部寸法の収縮率について検討を進める。

② 内部品質確認

X線CT装置にて製品内部品質確認を行った。

各位置における断面画像結果を図25に示す

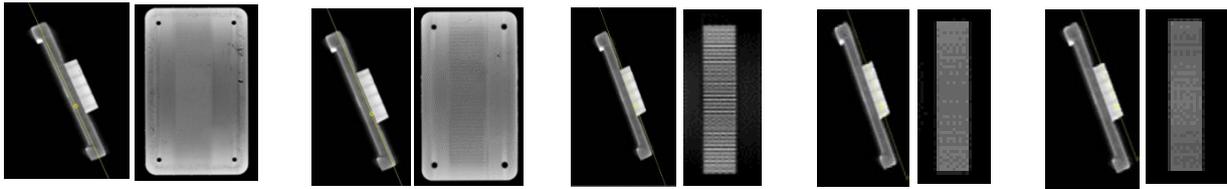


図25 X線CT画像結果

フィン内部品質は、顕著な鑄巣等の欠陥なく良好である。

③ フィン部外観観察結果

ボアスコープにてフィンの底面及び側面を観察した。
観察結果を図26に示す。

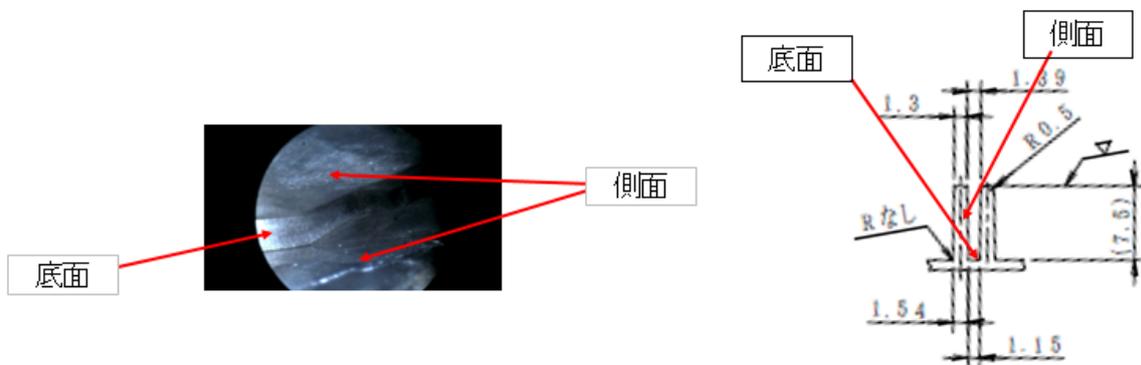


図26 外観観察結果

欠陥等なく良好である。

④ 比重測定結果

比重測定装置（図27）を使用し比重測定を行った。

また、結果を図28に示す。図中赤丸はフィン中央部、青破線丸は端部よりサンプル採取。図中4は条件最適化の結果である。



図27 比重測定装置

○ 製品中央部のフィン

○ 製品端部のフィン

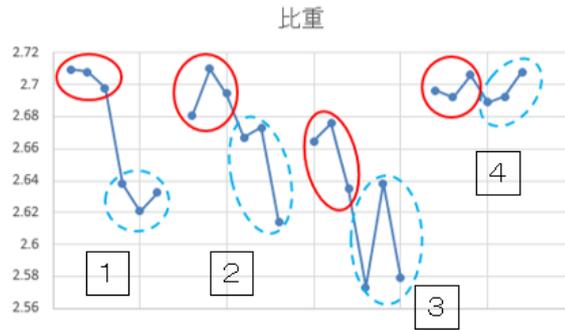


図28 比重測定結果

条件の最適化により、フィン部位に関係なく比重は一定値を示した。

(3-2) 新ダイカスト方案設計技術による金型設計工数評価

担当：群馬合金（株）、産業技術総合研究所

従来工程と新方案設計システムによる設計工程との工数比較を行った。従来手法では図 29 に示すように最低 2 回 CAD に戻っての設計変更が必要となり 507 分を要したが、新手法ではシミュレーションを実行しながら形状変更が行えるため図 30 に示すように 182 分で設計が完了した。新手法により従来手法と比較して約 2.79 倍の効率化が実現可能であることが分かった。

従来手法 (所要時間 507 min)

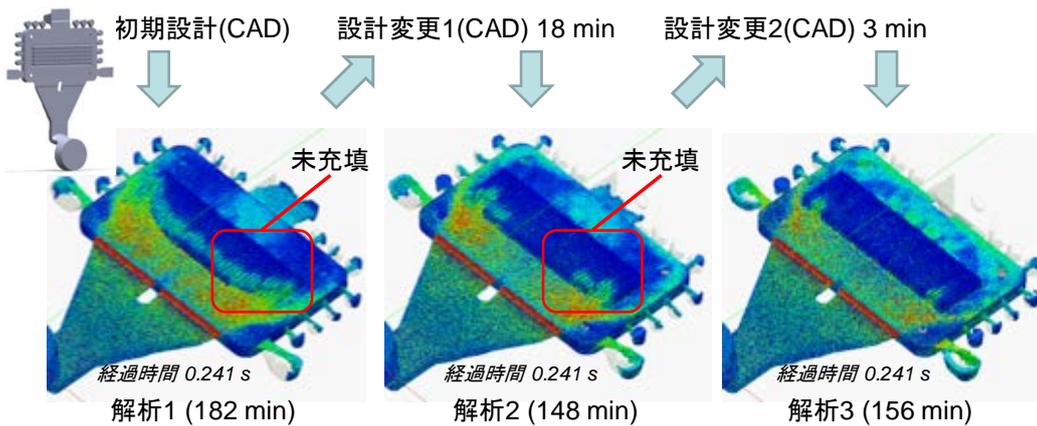


図 29 従来の設計手法の工数

新手法 (所要時間 182 min)

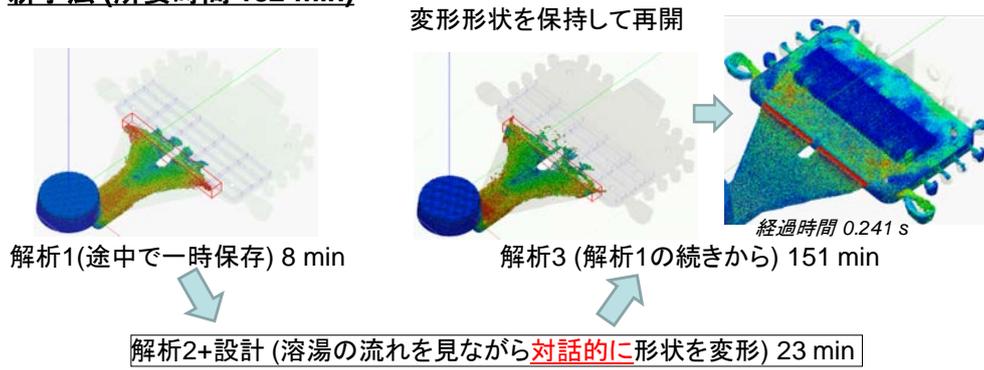


図30 新設計手法の工数

2-2 補助事業の成果及びその効果

- (1) ダミースリーブ可視化実験装置により、溶湯挙動の観察が可能となった。また、実験結果との比較で、傾向をほぼ一致させることが可能となり解析精度の向上につながった。
- (2) 流動実験との比較では、計算モデルや境界条件の調整により挙動をほぼ一致させることが出来、凝固実験との比較では適用する手法や熱伝達係数の調整で温度変化をほぼ一致させることが可能となった。本結果を基に高熱伝導アルミニウム合金への適用を図った。
- (3) 高熱伝導材の特性をシミュレーションにて確認することにより、鑄造条件設定で試行錯誤を繰り返すことが無かった。
- (4) 2種類の金型を製作し、高熱伝導材料を使用した実験で、ものを作ることができた。
- (5) 粒子法と市販のソフトウェアとのシミュレーション比較では、有意差は無かった。
- (6) ダイカストプロセスの解析に特有な機能の追加、市販の解析ソフトウェアとの比較、鑄造実験との比較により、ダイカストプロセス解析の予測精度が向上した。
- (7) 設計と解析を一体化した対話的方案設計システムを開発した。新方案設計システムを用いることにより、最低限の設計変更を要するダイカスト方案の設計例において、従来の設計工程と比較して、3倍近い設計時間の高速化が図れることが確認できた。設計現場では、より多くの設計変更、手戻りが発生している方案設計がほとんどであり、更なる効率化が期待できる。今後、評価とともに最適化を進めることにより、さらに効率的にダイカスト方案設計を行うことが可能となる。

2-3 補助事業の成果に係る知的財産権等について

下記特許を出願済

- ① 特願 2018-073921
「ダイカスト金型、当該ダイカスト金型で製造されたダイカスト品およびダイカスト品の製造方法」
- ② 特願 2018-136527
「複合体及びその製造方法」

最終章 全体総括

・補助事業の成果に係る事業化展開について

本技術開発によるターゲット部品の一つである電動パワーステアリング（EPS）は、燃費性能に優れ国内外を問わず世界市場は急速に拡大している。矢野経済研究所の調査では、2015年のEPS世界市場規模は4,700万台、2020年には6,600万台、2025年には8,410万台と予測されている。弊社主要取引先のN社においてもEPS世界市場に向け増産体制を整備しており、部品供給メーカーに対しても増産体制を求めている。本研究成果によりシェアアップを目指す。

また、本技術開発による成果物の一つとして次世代パワー半導体モジュール用冷却器がある。次世代自動車のモータやアクチュエータ更には各種車載伝送機器はパワー半導体で制御されており、その世界市場は2015年150億ドルが2025年には350億ドルと2倍以上の伸びが予測され

ている。パワー半導体の高出力化は熱の増加につながり高放熱の冷却器を必要としている。今回連携メンバーを通じ、パワー半導体メーカーのF社との繋がりができ、サンプル提出を準備していく。

事業化見込みとして、本事業終了2年後位から、モデルチェンジ時期をターゲットにサンプル出荷を考えており、3年後位より販売を見込んでいる。そのため、サンプル提出に当たっては、事前に情報収集を行い、顧客評価を受け、改善を加え完成度を高めていく。販売当初は、数百万円の売上から徐々に金額を増やしていく。