

鋳造 CAE「ADSTEFAN」の重力鋳造への適用事例



宇部興産機械株式会社 技術開発センター 田中 元基、 村上 工成
株式会社宇部スチール 製造部技術課 糸藤 春喜、 李 保柱

1. 緒言

近年、鋳造分野において品質・納期・価格に対する要求が一段と厳しくなっている。このため、これらの要求に応えられる鋳造方案の最適化、すなわち型設計段階で最適鋳造方案を策定することの重要性が急速に増大し、鋳造プロセスにコンピュータシミュレーションを適用する CAE 技術の導入が活発になってきている。

しかしながら、鋳造現場での実用化にあたっては、システムの使いやすさ、解析精度、解析時間などの厳しい要求を満たさなければならない。

「ADSTEFAN」はこれらの要求に応えるべく、東北大学を中心に日立製作所、宇部興産機械による最新の解析技術、鋳造技術を取り入れた画期的な鋳造プロセス CAE システムである。

本稿では、「ADSTEFAN」の概要を紹介するとともに、重力鋳造プロセスへ適用した事例を紹介する。

2. ADSTEFAN の特徴

「ADSTEFAN」は、主に金属溶湯が型内に流入する過程、充填された溶湯が型などに熱を奪われ凝固する過程を、数値解析によりコンピュータ上で可視化する設計支援ツールである。

「ADSTEFAN」を利用することにより初期設計段階で最適鋳造方案をコンピュータ上で検討・策定することができるため、品質向上、製作期間短縮、コスト低減などの効果が期待できる。

以下に「ADSTEFAN」の特徴を示す。



図 1. 「ADSTEFAN」の特徴

(1) 抜群の解析速度

解析時間の高速化を図ることにより、これまで後追いとなっていた解析もタイムリーな方向づけが可能である。図 2 に重力鋳造モデルの湯流れ・凝固解析に要した解析メッシュ数と解析時間の関係の一例を示す。ハードウェアのスペックは Xeon3.0GHz である。

解析時間はモデル形状や充填時間などにより異なる。

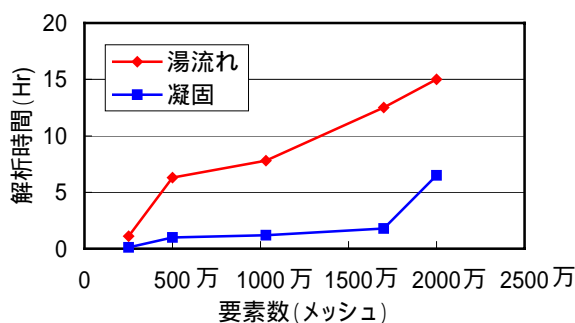


図 2. 解析メッシュ数と解析時間

(2) 高い解析精度

日立製作所の解析技術と宇部興産機械の鋳造技術を融合したシステムにより、実現象と一致した高精度な結果を得ることができる。

(3) ユーザフレンドリーな操作体系

モデル作成から結果評価まで、簡単な操作体系で容易に実行できる。

(4) 多彩な解析機能

湯流れ・凝固解析をはじめ、背圧考慮、引け巣解析など、多彩な解析機能を有している。

(5) 多彩な評価機能

一度の解析で多彩なアウトプットを得ることができ、様々な視点から評価が可能である。

(6) ユーザニーズを重視したサポート

充実したサポート体制により、迅速対応なヘルプデスクで、導入後の活用も問題なく実施できる。また、ユーザーニーズを重視し、次期バージョンでの新機能としてフィードバックしている。

3. ADSTEFAN の構成

図 3 に「ADSTEFAN」のモジュール構成を示す。

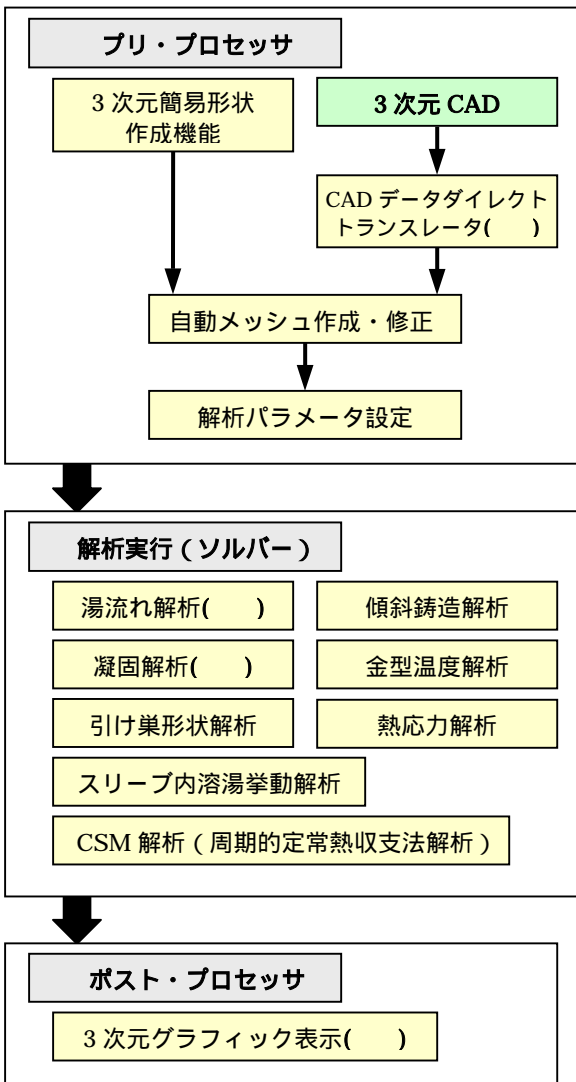
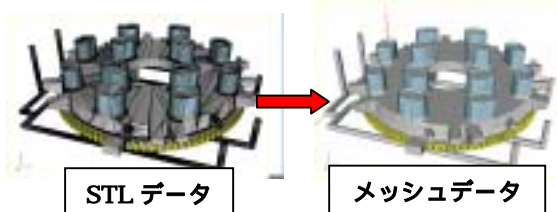


図 3. ADSTEFAN 構成

CAD データダイレクトトランスレータ

図 4 に示すように、3次元 CAD データ(STL 形式)を直接、ADSTEFAN ヘインポートして、直交差分メッシュを作成する。本モジュールを利用することにより形状データの入力作業を大幅に効率化することができる。



4000 × H1500mm , 製品重量:29,000kg

図 4. CAD データと直交差分メッシュ

湯流れ解析モジュール

3次元の自由表面の移動を考慮した熱・流動解析を実施できる解析は等温、温度変化、気液 2 相流、背圧、傾斜鋳造など様々な現象を考慮した解析が可能である。

凝固解析モジュール

型内の凝固の進行状況を数値解析し、引け巣欠陥発生位置など凝固に起因する欠陥を予測することができる。湯流れ後の型・溶湯の温度分布を初期条件とした凝固解析も可能である。

ポスト・プロセッサ

3次元グラフィックで表示し、結果の評価を行うモジュールである。表 1 に示すように、一度の解析で様々な視点から評価可能なアウトプットを得ることができる。

表 1. 解析結果一覧

湯流れ	凝固
<ul style="list-style-type: none"> 溶湯挙動(充填率) 溶湯挙動(温度) 残留空気 溶湯流入時温度 マーカー 溶湯渦度 溶湯流量 溶湯充填時間 鋳型最高温度 溶湯圧力 溶湯速度 温度履歴 空気巻き込み体積 空気最高圧力 	<ul style="list-style-type: none"> 凝固過程 冷却速度 温度勾配 修正温度勾配 鋳型表面温度 鋳物温度 凝固開始時間 凝固終了時間 引け巣予測 温度履歴 鋳型温度分布
その他	
<ul style="list-style-type: none"> 最大主応力 中間主応力 最小主応力 ミーゼス相当応力 変位置 X,Y,Z 	

4. 実鑄造品における適用事例

本項では重力鑄造プロセスへ「ADSTEFAN」を適用し、欠陥対策を実施することにより、大幅な改善効果が得られた事例を紹介する。

(1) 現状方案

現状方案における鑄造品の欠陥把握

図 5 に現状方案における鑄造欠陥の写真を示す。欠陥は、押湯間及び押湯近傍に分布し、異物かみ及びガス欠陥が主体であった。

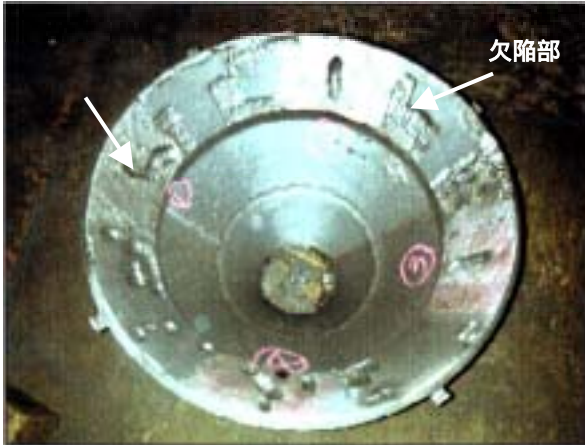


図 5. 現状方案における欠陥分布

現状方案

図 6 に現状方案を示す。堰の位置は製品下部、押湯との位置関係は 45° となっている。

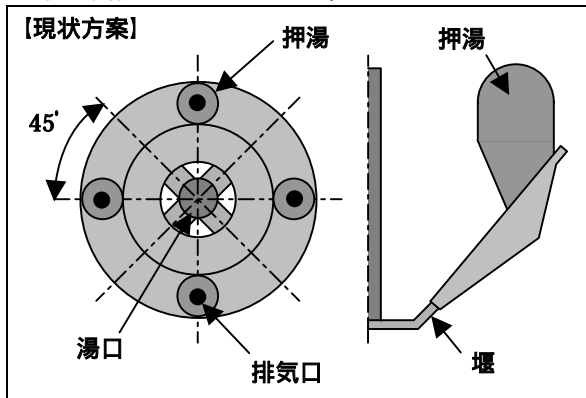


図 6. 現状方案図

現状方案における湯流れ解析

現状方案における欠陥発生の原因を検証するために湯流れ解析を実施した。表 2 に、今回実施した解析条件を示す。これは、実鑄造条件と同等の条件である。

欠陥発生原因の推測

1) 空気の巻き込み

図 7 に湯流れ挙動を示す。この結果より、溶湯は製品下部から層流充填しており、欠陥発生の原因となるような空気の閉塞は確認されなかった。

2) 流入軌跡

図 8 に、あるタイミングにおける溶湯の軌跡を示す。この結果から、溶湯は堰から流入後、砂型と接触し

ながら押湯へ流れていることが確認された。

前記結果より、欠陥発生の原因は、湯流れ中の空気の閉塞ではなく、溶湯が砂型と接触することにより、塗型剤と化学反応して発生したスラグ或いは洗浄により脱落した鑄型砂であると判断した。

表 2. 解析条件表

メッシュ分割幅	10.0mm (総メッシュ数:約 280 万)	
製品	材質	SCMnH11
	重量	1,030kg
	寸法	1200×H600mm
鑄込み温度	1500	
鑄込み条件	取鍋径 1350 に溜めた溶湯が流出口 80 から自由落下で流入する設定	
砂型	フラン砂	

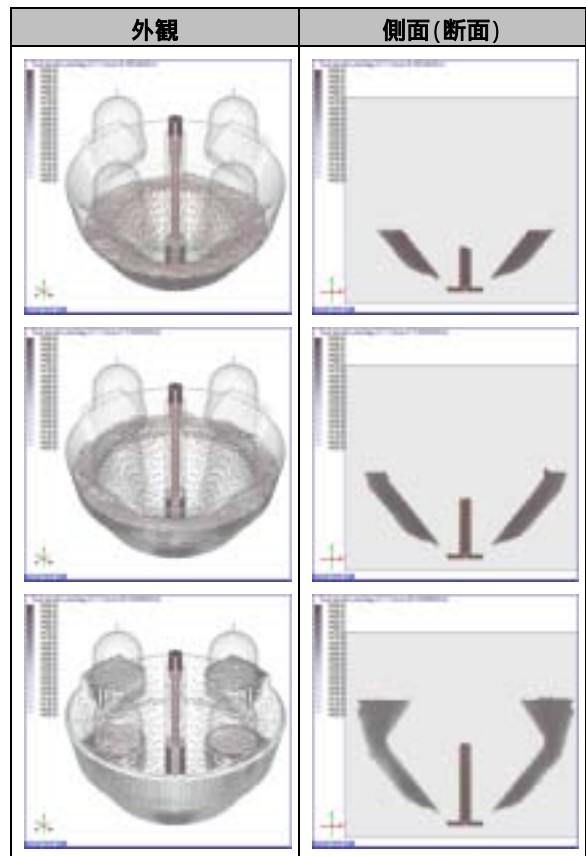


図 7. 湯流れ挙動(現状方案)

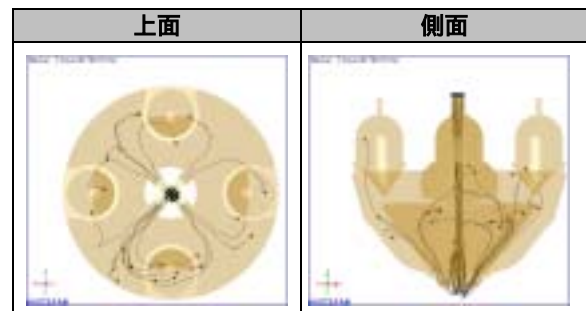


図 8. 溶湯軌跡(現状方案)

(2) 対策方案

対策案の検討

現状方案の問題点から、溶湯と砂型の接触を低減するために、堰から押湯までの距離を短縮する方案を検討した。図9に対策方案1、2、3を示し、それぞれの変更項目を表3に示す。

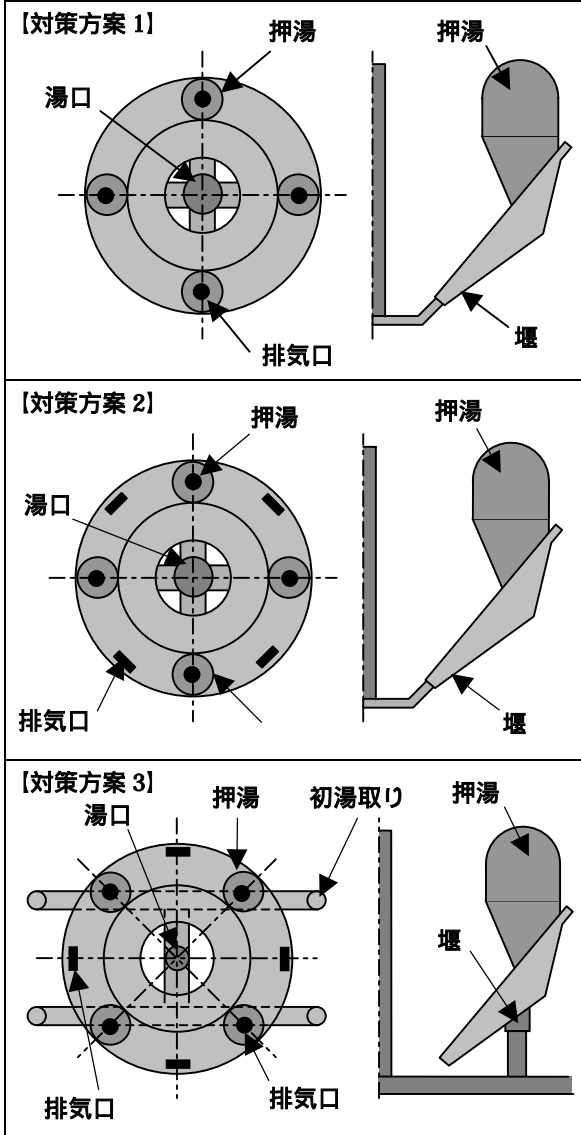


図9. 対策方案図

表3. 対策方案検討内容

	堰	押湯	排気
現状方案	下部	45°	押湯
対策方案1	下部	0°	押湯
対策方案2	下部	0°	押湯 + 堰間
対策方案3	上部	0°	押湯 + 堰間

解析結果検証

図10に現状及び各対策方案における堰～押湯までの溶湯追跡した結果を示す。この結果より、現状方案と各対策方案を比較した結果を表4に示す。

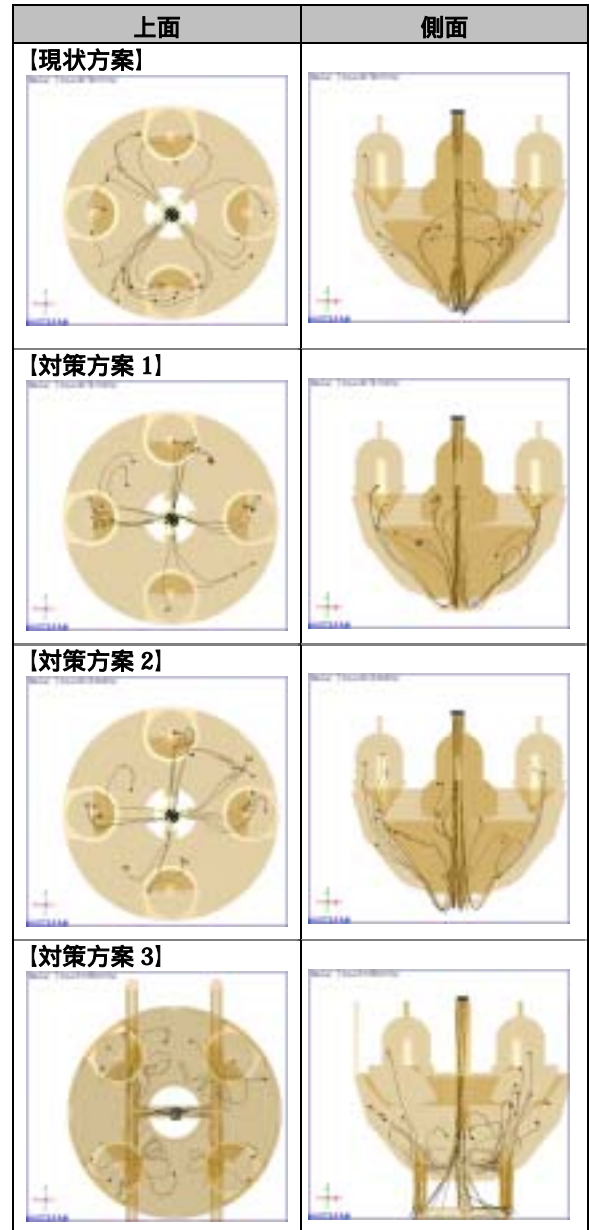


図10. 解析結果(溶湯軌跡)

表4. 解析結果検証

対策方案1	現状方案と比較して、堰～押湯間の溶湯と砂型の接触距離が短縮していることが確認された。
対策方案2	対策方案1と同等の結果であった。
対策方案3	対策方案1、2と比較して、堰～押湯間の溶湯と砂型の接触距離がさらに短縮していることが確認された。

対策結果

以上の解析結果より、堰～押湯間の距離が最も短い対策方案3を採用し、実製品を鋳造した。図11に、実鋳造品における押湯間及び押湯近傍の表面欠陥の写真を示す。また、図12に対策前後の補修溶接量を示す。これらの結果より、現状方案に比べ欠陥発生量が大幅に低減しているとともに、表面品質が極めて良好であることが確認された。

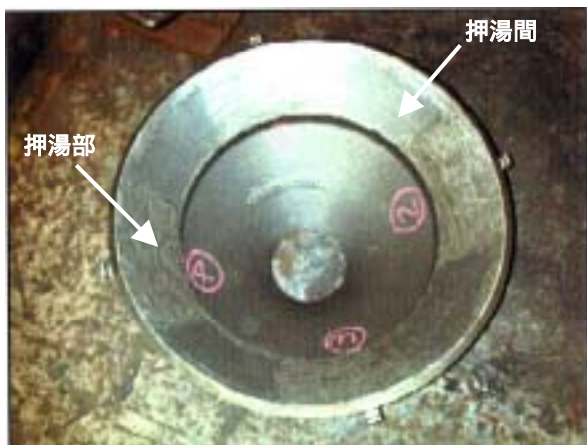


図 11. 対策実施後の表面欠陥

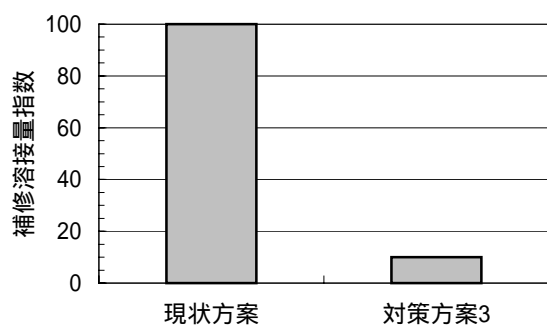


図 12. 対策効果

5. まとめ

重力鋳造プロセスにおいて、ADSTEFAN を活用することにより、下記結果が得られた。

- (1) 現状方案の欠陥発生原因を特定することができた。
- (2) 対策案を検討することにより、実鋳造品の欠陥が大幅に低減できる方案を提案できた。
- (3) 1 方案数時間程度で結果が得られるため、不良対策などタイムリーな対応が可能となった。

以上より、ADSTEFAN は生産現場で十分に効果を発揮できるツールであることが確認された。

今後、さらに生産現場に十分適応できる機能向上を図り、有効に活用できるシステムを提案していきたい。