

三菱重工業株式会社 広島製作所

鋳造モデルを半自動設計する「鋳造方案システム」を開発 リードタイムが1週間以上短縮し、品質向上で溶接などの追加作業も激減



遠心圧縮機は、油田・ガス田、化学工場・発電所など、エネルギー／石油化学系プラントの心臓部に用いられる大型コンプレッサである。三菱重工・広島製作所では、遠心圧縮機の素材作りから機械加工・組立・試運転まで一貫生産しており、70%超が輸出されている。

三菱重工業株式会社広島製作所にある機械・鉄構事業本部(以下、三菱重工広島)の機械工作部鋳鍛課では、遠心圧縮機の鋳造を設計する「鋳造方案」の作成をシステム化して、リードタイム短縮と製品品質向上に大きな成果をあげた。APIが公開されておりカスタマイズしやすいSolidWorksをシステム開発のプラットフォームとして用いた。

若手技術者の早期戦力化を目指して「鋳造方案システム」を開発

三菱重工広島では、エネルギーおよび石油化学系プラントの心臓部に用いられる大型コンプレッサ「遠心圧縮機」を一貫生産している。

遠心圧縮機の車室等の鋳造部品は、鋳造部門が製作するが、同部門において生産設計を担っているのが機械工作部鋳鍛課である。設計部門*から提供される設計情報をもとに、鋳造を考えて「方案」を作成する。「方案とは、鋳造の設計図。その良し悪しが、製造リードタイムと品質を左右します。従来は、『よい方案』を作れるようになるには、10～20年の経験を積む必要がありました」と、機械工作部鋳鍛課主任の川原光聖氏は語る。

しかし、団塊世代の定年退職が進み、熟練技術者は急速に減りつつある。一方、海外プラントでは早期納入・早期立ち上げニーズが高まっている。国際競争力をより高めるには、若手技術者を短期間で戦力化し、よい方案を効率よく作成できる環境を作ることが不可欠になったのだ。

機械工作部鋳鍛課は、方案作成を自動化／半自動化する「鋳造方案システム」の開発を決断した。

鋳造アセンブリモデルの設計を半自動化して鋳造方案作成時間を短縮

鋳鍛課が作成する方案は3種類ある。全体を考える基本方案、模型を設計する模型方案、鋳物工程を設計する鋳造方案である。

鋳造の際に問題になるのは、砂型に注いだ鋼の溶湯の冷却速度に差が生じれば、凝固時の体積収縮による「引け」が発生することだ。そこで、肉厚の大きいところには溶湯を補給する「押湯(おしゆ)」を設けたり、早く冷やしたいところには金属を「冷し金(ひやしがね)」として当て、冷却を制御する。この押湯・冷し金の配置や、湯道形状の設計をして、「冷却の方向性を定める」(川原氏)のが、鋳造方案だ。鋳造方案は、形状や素材の特性に応じて作るもので、特にこの遠心圧縮機は、プラント毎に仕様異なる為、一品一様の部品で、標準化がむずかしい。それでもシステム化に踏み切ったのは、2方向の取り組みがうまく合致したからだ。

ひとつは、機械工作部鋳鍛課におけるフロントローディングの取り組みである。

市販凝固解析ソフトが進化したことを評価して、同課は、2002年、3次元湯流れ凝固解析システム「JSCAST」(クオリカ株式会社)とSolidWorksを導入した。

導入当初は、基本方案・模型方案・鋳造方案の3つを順番に手描き作成した後、SolidWorksへ入力

チャレンジ:

方案とは、鋳造の設計図であり、その良し悪しが、製造リードタイムと品質を左右する。従来は、「よい方案」を作れるようになるには、10～20年の経験を積む必要があった。

しかし熟練技術者は急速に減りつつある。国際競争力を高めるには、若手技術者を短期間で戦力化し、よい方案を効率よく作成できる環境を作ることが不可欠だった。

ソリューション:

2006年、機械工作部鋳鍛課は、SolidWorksをカスタマイズして「鋳造方案システム」を開発した。押湯、冷し金などを含む鋳造アセンブリモデルを条件設定だけで半自動設計・モデリングし、STL出力して、解析ソフトに取り込むシステムである。SolidWorksはAPIが公開されているため、自動／半自動システムも開発しやすかった。

結果:

- 鋳造方案作成を支援するシステムを開発。SolidWorksがベースであるため、若手技術者がすぐに操作を覚えて積極的に利用し、ブラッシュアップも順調に進んだ。
- 鋳造方案作成時間が1週間短縮。加えて、凝固解析結果が反映できるようになり製品品質が向上し、「引け」部分を溶接するなどの後作業が激減し、鋳造工程全体でリードタイムが短縮した。
- 熟練技術者のノウハウを、自動化／半自動化、パターン化に組み込むことで確実に継承して、若手技術者を早期戦力化
- リードタイム短縮と製品品質向上により、同社の遠心圧縮機の国際競争力が高まり、バリューチェーン化も大きく進展

して模型作成用のNCデータを作成していた。この手順だと、3次元CADデータを流用して解析を終えたときには、もう模型は完成しており、解析結果を製品に反映させることができない。改善策は、鋳造方案をより早い段階に、最初からSolidWorksで作成して、そのデータを用いた凝固解析も前倒しにすることだ。

鋳造モデルの設計を半自動化して時間短縮することも重要なポイントだ。解析をフロントローディングに活かすためには、鋳造方案システムの開発が不可欠だったのである。

もうひとつの流れは、2006年に始まった三菱重工広島全体の業務プロセス改革の取り組みだ。営業からアフターサービスに至るまで、全プロセスで3次元データをシームレス連携させることで、価値が連鎖していくバリューチェーン化を目指す。この改革が進んだことで、設計部門*からの情報が必ず3次元データで提供されることになり、鋳造方案のシステム化に弾みがついた。

熟練技術者のノウハウを自動化、パターン化して確実に継承

SolidWorksを選定したのは、木工機などのインターフェースに優れ、NCデータの作成効率が高かったからだ。先立つ2001年には、設計部門*でも、使いやすさを評価してSolidWorksを選んでいたので、設計/製造部門がシームレスに連携できる体制が整った。

現在では、設計部門*40ライセンス、機械工作部鋳鍛課4ライセンス、機械加工部門で10ライセンス、合計54ライセンスのSolidWorksを遠心圧縮機製造に用いている。設計/製造部門とのコラボレーション基盤としては、SolidWorks EnterprisePDMを活用している。

SolidWorksはAPIが公開されていてカスタマイズしやすいため、半自動システムも開発しやすかった。2006年に開発した鋳造方案システムは、押湯、冷し金などを含む鋳造アセンブリモデルを条件選択だけで設計・モデリングし、STL出力して、解析ソフトに取り込むシステムだ。1つの車室鋳造で300個以上必要となる冷し金も自動配置できるようになり、方案作成者は繰り返し作業の負担から解放された。SolidWorksのデータをExcelへ自動出力する機能も備えており、モジュラス計算（押湯形状を判断するのに必要な冷却表面積計算）などもスピーディにできる。

現在は、現場展開図も自動作成する。

従来、製造現場では、4~6枚の大きな紙図面を畳んだり開いたりしてあちこち参照しながら、作業していた。現在は、3次元モデルの画像の中で、現場で必要なものだけを選んでわずか1枚の図面に効果的に配置した現場展開図が自動出図される。

三菱重工広島全体のバリューチェーン化にも大きく貢献

2011年時点で、鋳造方案作成への解析適用率は100%に到達した。「質の高い凝固解析モデルを短時間で作れるようになったことで、鋳造方案作成にかかるリードタイムが、4.5週間から3.5週間へと1週間短縮できました。製品品質が向上したため、20時間程度見ておく必要のあった「引け」部分の溶接などの後処理作業も大幅に減っています。鋳造工程全体にわたってリードタイム短縮効果が出ているのです」と川原氏は語る。

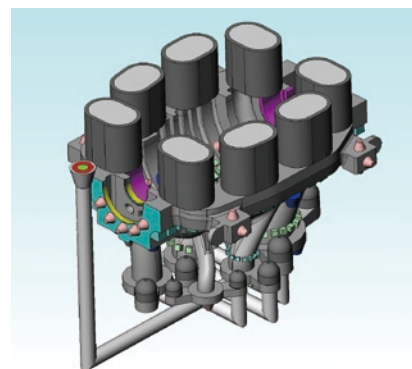
三菱重工広島全体のテーマである「ノウハウ集約、情報連携、効率化によるバリューチェーン化」もいち早く達成していると、三菱重工社内でも評価されている。

若手技術者の早期戦力化も着々と成果をあげている。

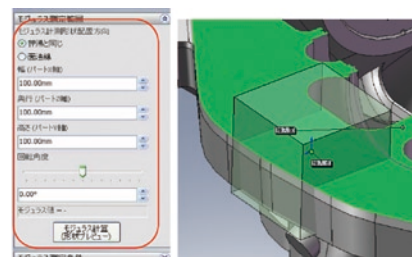
和田充央氏は、手描きの方案作成を1年経験してから、システム利用へ移行した。「コンパスなどを使って手描きしたうえで、修正のときは消しゴムで消して描き直していましたから、図面が汚れたりわかりづらくなってしまうように、大変苦労していました。鋳造方案システムを使うと、『図面をきれいに仕上げ作業』の負担がなくなり、方案の内容吟味に集中できます。複雑な曲面への冷し金配置もミスなく自動処理でき、鋳型分割時の干渉チェックも确实。時間と品質の両面で大きな進歩です」（和田氏）。そして、今後について語るのは、入社2年目の久保翔史氏だ。「鋳造方案はシステム化できましたが、基本方案と模型方案は現在でも手描きであり、この2つもSolidWorksをベースにカスタマイズしてシステム化しようと取り組んでいます。わたしは3次元CADを使うのが初めてですが、SolidWorksは操作がわかりやすいので、カスタマイズの方向性を見極めやすい」（久保氏）。

若手技術者が頭角を現し、新しい角度から業務革新に取り組んで、さらなる品質向上と国際競争力強化を生み出していく好循環の体制ができたこともまた、鋳造方案システム開発の成果のひとつなのである。

*現在、遠心圧縮機の設計・営業・アフターサポートは、2010年4月に設立された三菱重工コンプレッサ株式会社が担当している。同社も広島製作所内にあり、一貫製造体制は変わらない。



鋳造方案システムを用いることで、モデリングは、条件選択と自動処理でほぼ完了する。たとえば、鋳型モデル上で押湯配置位置をクリックし、モジュラス計算範囲をマウスで指定すると、Excel上でのモジュラス計算が開始される。計算結果を見て、パターン化して用意してある押湯形状から最適なものを判断してメニュー選択すれば、たちまち、自動配置が完了する。



押湯や冷し金を自動配置した鋳造アセンブリモデルは、STL出力し、凝固解析ソフトへ取り込んで、「引け」などが生じないかシミュレーションする。問題を見つけた場合にも、鋳造方案システムを利用することで、鋳造アセンブリモデルをすばやく修正できる。



三菱重工株式会社
機械・鉄構事業本部
機械工作部鋳鍛課
主任
川原 光聖氏



三菱重工株式会社
機械・鉄構事業本部
機械工作部鋳鍛課
和田 充央氏



三菱重工株式会社
機械・鉄構事業本部
機械工作部鋳鍛課
久保 翔史氏



三菱重工株式会社 広島製作所

三菱重工株式会社は、わが国トップの総合重機メーカー。広島製作所（観音工場：広島市西区観音新町4-6-22）は、観音工場と江波工場で構成され、敷地面積約137万㎡、従業員数約1,300人。主要製品は遠心圧縮機・駆動用タービン、搬送システム、製鉄機械、放射線治療装置、H-II Bロケット燃料タンクなど。
<http://www.mhi.co.jp/>

ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒108-0022 東京都港区海岸 3-18-1 ピアシティ芝浦ビル
TEL: 03-5442-4001 (代表)
FAX: 03-5442-6256 (代表)
E-mail: info@solidworks.co.jp
www.solidworks.co.jp

