

平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「鋳造トレーサビリティ・ソリューションによる
品質保証システムの開発」

研究開発成果等報告書

平成21年11月

委託者 独立行政法人中小企業基盤整備機構

委託先 財団法人素形材センター

目 次

第1章 研究開発の概要	4
1. 研究開発の背景・研究目的及び目標	4
(1) 研究開発の背景	4
(2) 研究の目的及び目標	4
2. 研究体制	5
(1) 管理体制	5
(2) 研究体制	6
(3) 委員会等	8
(4) 研究開発スケジュール	9
3. 成果概要	11
(1) アルミニウム合金鋳包み部品の開発	11
(2) 鋳鉄鋳物中空部品の開発	11
(3) 新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発	12
(4) 鋳造業向け生産資源管理システムの開発	12
4. 当該研究開発の連絡窓口	13
第2章 本論	14
1. アルミニウム合金鋳包み部品の開発	14
(1) アルミニウム重力鋳造部品において鋳鉄部品を鋳包む技術の確立	14
(2) CTスキャナの活用	15
(3) CT画像処理データとCAE結果との比較、検証に関する検討	16
(4) CAEの活用	17
2. 鋳鉄鋳物中空部品の開発	18
(1) 欠陥のない中空品製造技術の開発	18
(2) 中空部品の強度	19
(3) X線CTスキャナによる品質保証	20
(4) 溶湯流出シミュレーションの実施と評価	20
3. 新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発	21
(1) 鋳造トレーサビリティ・システムの全体構想	21
① 製造データの自動計測、集約化技術の開発	21
② ICタグによるトレース	21
③ 部品識別のためのマーキング手法の開発	22
④ 鋳造品の内部非破壊検査技術の開発	22
⑤ 非定型情報（気づき情報）収集システムの開発	22
(2) アルミニウム合金重力鋳造ラインにおけるトレーサビリティ・システム構築	23

① トレーサビリティ・システムの基本設計	23
② データ収集ネットワークの開発	24
③ PINマーキング技術の開発	24
④ レーザーマーカによる 2次元コード最小化の研究	24
⑤ 試作期間のリードタイム短縮検討	25
(3) 鋳鉄鋳造ラインのトレーサビリティ・システムの開発	26
① トレーサビリティ・システムの基本設計	26
② システム化、見える化の効果	26
③ 砂型にマーキングする技術の開発	27
4. 鋳造業向け生産資源管理システムの開発	27
(1) 生産資源管理システムの開発	27
① 検査データ収集システム	27
② 生産資源管理データベース	28
③ 生産資源管理システム	28
④ データベース閲覧・解析ツール	29
(2) データ・マネジメント技法の開発	29
① データマネジメントの考え方	29
② 判別分析	33
③ 決定木分析	33
④ 共分散構造分析	35
第3章 全体総括	36
1. 研究開発成果	36
(1) アルミニウム合金鋳包み部品の開発	36
(2) 鋳鉄鋳物中空部品の開発	36
(3) 鋳造トレーサビリティ・システムの開発	36
(4) 鋳造業向け生産資源管理システムの開発	37
2. 今後の課題及び事業化展開	38
(1) 今後の課題	38
(2) 事業化計画	39
付 録	41
1. 参考文献・引用文献	41
2. 専門用語の解説	41

第1章 研究開発の概要

1. 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1) 研究開発の背景

自動車等製造ではグローバル調達の進展に伴い、川下産業から川上産業へ向けて品質項目をさかのぼれる、品質保証技術の確立が要請されている。鋳造業は、軽量化と安全性を課題とする自動車産業に、機関係、駆動系等の重要保安部品等を供給しており、新製品の量産体制を短期間で確立する垂直立ち上げや、製品の短納期化と並行して、安定した品質の部品供給が求められている。

また、付加価値の高い複雑形状品等の開発にあたっては、不具合修正期間の短縮や、プロセスの信頼性の向上が求められ、このためにかかる品質保証技術の確立が一層重要になっている。

自動車等製品のライフサイクルが短縮化する中で、品質もコストも垂直立ち上げが求められている。このため、機能とコストの両面から製品価値の向上を図るためのバリューエンジニアリング(以下、VE という)の重要性が増している。特に設計時、さらには製品企画段階でのVEが望まれている。

(2) 研究の目的及び目標

本事業では、アルミ製大型シリンダーブロック(以下、C/B という)の開発に向け、ローケース(ラダーフレーム)を高強度にするために異種材の「鋳包み化」技術を開発する。また、脱炭による表面と内部の融点の差を利用して肉厚部を中空化した複雑形状の鋳鉄鋳物を作る技術を開発する。

このような新技術は、高付加価値製品に適用される場合が多いが、それゆえにこそ一層の品質保証が求められる。鋳造では、内部形状の複雑化の際に発生が予想されるブローホール、鋳巣などの鋳造欠陥や、後者はさらに、内部溶出させて中空化する工程での溶出バラツキによる欠陥が問題になる。そこで、アルミニウム合金鋳鉄ライン及び鋳鉄鋳造ラインにおいて、VE提案力と鋳物の品質信頼性を向上することが可能な鋳造トレーサビリティを活用した品質保証システムを開発する。

本研究開発は、革新的な鋳包み技術、中空化技術の開発にあたり、鋳物の品質信頼性を格段に向上し、製品開発時の迅速な品質保証を実現することを目的とする。かような品質保証技術をシステム、すなわち「鋳物のトレーサビリティ・システム」として確立し、併せて熟練経験者に依存せずに生産を最適化できる生産資源管理システムを、開発するものである。

本研究開発の具体的な技術目標値は、次のとおりである。

ア 「AI 鋳包み部品の開発」の技術目標値

- ・ 部品の 10%の軽量化
- イ 「鋳鉄鋳物中空部品の開発」の技術目標値
 - ・ 排ガスクリーン化触媒装置における加熱装置を不要とし、構造の簡素化
- ウ 「新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発」の技術目標値
 - ・ トレースの単位を、従来のロット単位から、1個単位
 - ・ 個別生産品の鋳造条件等のトレース時間を 10 分程度以下
 - ・ 開発リードタイム(試作)の 20%削減
 - ・ 「気づき情報」のデータベース化
- エ 「鋳造業向け生産資源管理システムの開発」の技術目標値
 - ・ 生産品の不良率について、工場内プロセス発生は従来の 1/4 以下(1%以下)、工場外流出は 従来の 1/10 以下(0.01%以下)

2. 研究体制

(1) 管理体制

事業管理者 財団法人素形材センター

〒105-0011 東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号

氏名	所属・役職	実施内容(番号)	備考
荻布真十郎	専務理事	⑤	～2007.7
板谷 憲次	専務理事	⑤	2007.7～
笹谷 純子	技術部長	⑤	
山内智香子	業務部 主任	⑤	～2008.1
田邊 秀一	技術部 技術課長	⑤	2007.12～

総括研究代表者(PL)

所属 甲南大学
 役職 経営学部 学部長 教授
 氏名 長坂 悦敬

副総括研究代表者(SL)

所属 株式会社ナカキン
 役職 技術部次長
 氏名 植杉 浩

副総括研究代表者(SL)

所属 株式会社浅田可鍛鋳鉄所
 役職 技術参与
 氏名 増本 展祥

(2) 研究体制

株式会社ナカキン(再委託先)

〒532-0012 大阪府大阪市淀川区木川東三丁目4番18号

〒573-0137 大阪府枚方市春日北町二丁目10番5号

氏名	所属・役職	実施内容(番号)	備考
植杉 浩	技術部次長	①③④	
山崎 正人	技術部設備技術課係長	①③④	
柿原 智	技術部鋳造技術課主任	①③④	
寺内 健太郎	技術部鋳造技術課主任	①③④	
鹿島 和彦	品質管理課主任	①③④	

株式会社浅田可鍛鑄鉄所(再委託先)

〒620-0853 京都府福知山市長田野町一丁目29番地

氏名	所属・役職	実施内容(番号)	備考
浅田 康史	代表取締役社長	②③④	
増本 展祥	技術参与	②③④	
菊地 隆	製造部次長	②③④	
松井 延栄	専任課長	②③④	
井上 裕照	製造部係長	②③④	
須原 直宏	管理部品質保証課員	②③④	
加藤 雄己	管理部品質保証課員	②③④	

クオリカ株式会社(再委託先)

〒564-0051 大阪府吹田市豊津町9番1号

氏名	所属・役職	実施内容(番号)	備考
尾寅 卓仁	ビジネス第三部 主査	①②④	
島田 敬二	ビジネス第三部 主任	①②④	
佐伯 重喜	ビジネス第三部アプリケーションエンジニア	①②④	
村上 俊彦	JSCAST室 室長	①②④	
木下 文昭	JSCAST室 主査	①②④	

株式会社レクサー・リサーチ(再委託先)

〒680-0911 鳥取県鳥取市千代水二丁目 98 番地

〒101-0031 東京都千代田区東神田三丁目 1 番 2 号

氏名	所属・役職	実施内容(番号)	備考
中村 昌弘	代表取締役	③④	
渡部 喜正	プロダクトグループ 課長	③④	
山根 孝雄	プロダクト開発グループ システムズ・エンジニア	③④	
石黒 晶子	プロダクト開発グループ システムズ・エンジニア	③④	
松下 啓佑	プロダクト開発グループ システムズ・エンジニア	③④	

甲南大学(再委託先)

〒651-8501 兵庫県神戸市東灘区岡本八丁目 9 番 1 号

氏名	所属・役職	実施内容(番号)	備考
長坂 悦敬	経営学部 学部長 教授	③④	

(3) 委員会等

鑄造トレーサビリティ・ソリューションによる品質保証システム研究開発委員会

	氏名	所属	役職	備考
委員長	長坂悦敬	甲南大学 経営学部	教授	
委員	木内 学	木内研究室	代表	
〃	中村好孝	(株)ナカキン	取締役副社長	
〃	植杉 浩	(株)ナカキン枚方工場 技術部	次長	
〃	浅田康史	(株)浅田可鍛鑄鉄所	代表取締役社長	
〃	増本展祥	(株)浅田可鍛鑄鉄所	技術参与	
〃	村上俊彦	クオリカ(株)西日本事業部 JSCAST 室	室長	
〃	木下文昭	クオリカ(株)西日本事業部 JSCAST 室	主査	
〃	島田敬二	クオリカ(株)西日本事業部 ビジネス第三部	主任	
〃	中村昌弘	(株)レクサー・リサーチ	代表取締役社長	
〃	松下秀司	(株)レクサー・リサーチ	総務部長	
〃	石黒晶子	(株)レクサー・リサーチ	システムズ・エンジニア	
〃	荻布真十郎	(財)素形材センター	専務理事	～2007.7
〃	板谷憲次	(財)素形材センター	専務理事	2007.7～
〃	笹谷純子	(財)素形材センター	技術部長	
〃	山内智香子	(財)素形材センター業務部	主任	～2008.1
〃	田邊秀一	(財)素形材センター技術部	技術課長	2007.12 ～

(4) 研究開発スケジュール

実施内容	18年	19年										
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
18年度実施												
①Al 鋳包み部品の開発												
a)鋳包み技術の基本設計、試作												
b)CT スキャナの基本的検討												
c)CAE解析による鋳造方案の基本研究												
d)CT 画像処理データと CAE 結果との比較、検証に関する基本的検討												
②鋳鉄鋳物中空部品の開発												
a)中空化の条件の要因抽出と実験												
b)CAE 結果と非破壊検査の検討												
c)CAE 技術の高度化												
③新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発												
a)基本構想、検証方法の検討												
b)Al 合金鋳物用システム基本構築												
c)鋳鉄鋳物用システム基本構築												
d)インテリジェント・センサー・デバイスの開発												
e)鋳造工場内ネットワークシステムの開発												
f)鋳造工程への適用												
④鋳造業向け生産資源管理システムの開発												
a)基本構想、検証方法の検討												
b)現状分析、インプットとアウトプットの設計、データモデル設計												
c)システムの DB 構築												
d)システムの基本的検討												
⑤プロジェクトの管理・運営												
⑥委員会の開催		○			○				○		○	
⑦報告書作成												

実施内容	19年	20年										
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
19年度実施												
①Al 鋳包み部品の開発												
a)鉄ジャーナルの形状・材料の見極め												
b)製品木型作製、鋳造方案の研究												
c)CT 画像処理データと CAE 結果との比較、検証に関する検討												
②鋳鉄鋳物中空部品の開発												
a)新実験炉による中空化不具合防止テスト												
b)中空化候補部品試作テスト												
c)鋳巣予測技術の高度化												
d)CAE 技術の高度化												
③新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発												
a)マーキング技術の熟成												
b)Al 合金鋳造工程におけるシステム												

ブラッシュアップ c)開発(試作)リードタイム短縮化 TRY d) 鋳鉄鋳物用システム基本構築												
④鋳造業向け生産資源管理システムの開発 a)基本仕様検討、データ・マネジメント技法検討 b)仕様の具現化、各解析手法の実用性の検討 c)データベース構築(PG 作成) d)データアクセス API の開発 e)マイニング手法の検証												
⑤プロジェクトの管理・運営												
⑥委員会の開催		○				○				○		○
⑦報告書作成												

実施内容	20	21年											
	年	12	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10	11月
	月											月	
20年度実施													
①AI 鋳包み部品の開発 a)量産時に向けた内部鋳巣制などの検討 b)CT 画像による欠陥の定量的な評価 c)CT 画像処理データと CAE 結果との比較、検証に関する検討													
②鋳鉄鋳物中空部品の開発 a)中空化技術の最適化の検討 b)中空化の加振条件の検討、検証 c)CAE 技術の高度化に関する検討													
③新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発 a)鋳造トレーサビリティ・システムの統合化、実稼働の検証 b)AI 合金鋳造工程におけるシステムの適用 c)試作期間のリードタイム短縮のための品質保証手法の検討 d)溶湯、造型及び注湯関連データサンプリング・記録装置でのテスト e)部品マーキングのテスト f)鋳鉄鋳物工程におけるトレーサビリティシステムの運用 g)気づき情報入力システムの鋳造現場への適用													
④鋳造業向け生産資源管理システムの開発 a)データ・マネジメント技法の統合化 b)生産資源管理システムの開発および検証 c)分析システム(マイニング系)の開発													
⑤プロジェクトの管理・運営													

⑥委員会の開催		○						○		○		○
⑦報告書作成												

3. 成果概要

(1) アルミニウム合金鋳包み部品の開発

大型エンジンのシリンダブロックは、アルミ化により軽量化を図り、かつ剛性を保つためには、2ピース、3ピース構造とする方策が考えられる。これを実現するには、異材種を鋳包む鋳造方法が有効であるが、十分な技術が確立されていなかった。

そこで、本研究開発では、各ピストンを支えるクランク軸受部分(ジャーナル)に鉄製補強材を鋳包む一体構造のエンジン部品を開発した。さらに、X線CTスキャナによるアルミニウム合金鋳造部品の内部非破壊検査技術を開発し、CAEと合わせ活用して、安定した鋳造品質の信頼性を確保することを目指した。

(達成状況)

- ・鋳包む鉄製ベアリングキャップの材料、形状、予熱条件等を検討した結果、隙間のない密着性の優れた鋳包み一体品の成形を実現し、軽量化10%を達成した。
- ・CT画像解析により、内部鋳巣の発生の部位、経時変化を把握することができ、鋳造方案の改善による品質強化に大いに有効であることが判明した。
- ・CT画像データをSTLデータに変換して鋳造CAEに取り込む手段を開発した。さらに、STLで検出できないが目視で確認できるCT画像データを、CAEに反映できるようにした。
- ・STLデータに変換されたCT画像データを任意の平面で切断することにより、内部欠陥を確認でき、CAE結果の表示においても同じ切断面を表示し、鋳造欠陥の表示を行うことで両者を比較できることが可能となった。

(2) 鋳鉄鋳物中空部品の開発

中空鋳鉄部品は、予め表面を脱炭した鋳鉄部品を、1,200℃程度の炉で加熱し製作する。すなわち、脱炭した表面は融点が高くなっており過熱しても溶けないが、脱炭されていない内部は溶けて流出する結果、中空部品となる。この中空化技術は、溶湯残り等の不具合があった。そこで、最適中空化条件を求めるべく、中空化実験炉を製作し、試作テストを実施した。さらに、不具合現象について溶湯流出シミュレーションと、X線CTスキャナを用いた非破壊検査の組み合わせにより、中空化の最適化を図るとともに、品質保証できるようにすることを目指した。

(達成状況)

- ・中空化技術のポイントは、流出の開始時及び終了時の温度、この間の過熱速度の最適化であることが判明した。部品毎に欠陥の出ない加熱パターンの最適化を図った。

- ・中空部品の強度を測定し、軽量化の可能性を見極めた。
- ・CT スキャナは、中空化状況、欠陥の把握に非常に有効であった。
- ・鋳造 CAE を用いて、溶湯流出領域と溶湯の粘性を定義することにより、中空化部品の製造工程における溶湯流出を再現でき、条件を合わせることで実際の溶湯流出とほぼ一致することを確認できた。

(3) 新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発

鋳物に巣や割れ等の欠陥はつきものという概念が、鋳造企業にもユーザにもあり、また、品質は熟練技術者の経験に依存してきた。鋳造品質は多様な条件に左右されるが、鋳物の品質確保、不良率低減に資する鋳造技術の確立が求められており、鋳造条件と部品情報を紐付けできるトレーサビリティ・システムの構築が重要となっている。

安定した鋳造条件を設定するためには、鋳造プロセスをトレースし、型毎にプロセス、鋳造条件、鋳物品質との紐付けを明確にすることが必要である。これらのデータは、鋳造工程要素と品質を抽出してデータベース化したうえで、条件設定のための分析に利用することとなる。

アルミニウム合金鋳物と鋳鉄鋳物は生産プロセス及び作業環境が異なるため、それぞれのプロセスに対応した品質保証のためのトレーサビリティ・システムを開発した。

(達成状況)

- ・アルミニウム合金重力鋳造ラインでは、100%読取が可能な 2 次元コードのマーキングとリーダの導入などトレーサビリティ・システムを構築し、1 個単位でのトレースを実現し、トレース時間は数分で可能になった。
- ・鋳鉄鋳造ラインでは、部品識別のドットパターンの刻印技術、自動計測システムの導入などトレーサビリティ・システムを構築し、1 個単位のトレースを実現し、5 分以内でトレースできるようになった。
- ・X 線 CT スキャナによる内部欠陥検査手法を確立し、高度な品質保証手段として有用であることを実証した。
- ・アルミニウム合金重力鋳造ラインでは、新製品開発時のリードタイムの 20%削減にめどをつけた。
- ・気づき情報システムを開発した。

(4) 鋳造業向け生産資源管理システムの開発

不良発生を可能な限り予測すると共にその品質保証体制を効果的に整えるために、鋳造トレーサビリティ・システムのデータを分析等にフルに活用することが望まれる。そこで、生産計画、鋳造方案・条件、製品品質を一元管理できる鋳造分野専用の生産資源管理システムの開発を行った。また、生産コスト削減や品質などの結果レベルを飛躍的に向上させるためにはプロセス・マネジメントが必須である。特に品質管理において、 \bar{x} -R 管理図

は、工程内の異常を知るために従来から使われる手法であるが、鋳造製品では単なる一工程の \bar{x} -R 管理を行うことで品質保持が図られることは少なく、複数の工程の製造条件が複雑に絡み合い、バラツキながら品質に影響を及ぼしていると考えられることが多い。

したがって、鋳造製品の品質管理では、プロセス連鎖の中での「ゆらぎ」が一定の管理限界の中に入るように管理していかなければならない。

各製品固有の KPI(キーパフォーマンス・インディケーター)を明確にする必要があるが、その KPI の抽出技法として判別分析等について検討した。さらに、設計プロセスや意思決定根拠と品質の因果関係を整理し、多くのデータからベストプラクティスを抽出できるデータマイニング手法の確立を行った。

(達成状況)

- ・ 鋳造トレーサビリティ・システムのデータを一元管理し、データを関連付けてトレースすることを可能にした。計画情報と生産情報、品質情報のデータを同時に参照できるようにしたため、タイムリーに不良分析情報を出力することが可能となった。
- ・ 各社固有の KPI を抽出する技法として判別分析等を、多くのデータからベストプラクティスを抽出できるツールとして決定木解析を検討した。鋳造ラインで収集したデータの解析結果を受けて製造条件の変更に取り組み、不良の削減を果たし、これらが有効であることを実証した。
- ・ ラダーフレームを製造するアルミニウム重力鋳造ラインとシャフトステータを製造する鋳鉄鋳造ラインに本事業で開発した鋳造トレーサビリティシステムを導入し、不良品について、工場プロセス内発生は 1/5 以下、工場外流出は 0.01%以下になり、目標を達成した。

4. 当該研究開発の連絡窓口

財団法人素形材センター (担当 ; 技術部長 笹谷純子、技術課長 田邊秀一)

連絡先 TEL 03-3434-3907 FAX 03-3434-3698

E-mail sasaya@sokeizai.jp、tanabe@sokeizai.jp

第2章 本論

1. アルミニウム合金鋳包み部品の開発

(1) アルミニウム重力鋳造部品において鋳鉄部品を鋳包む技術の確立

アルミニウム重力鋳造部品において鋳鉄部品を鋳包む技術については、まだ確立されておらず、特に大型部品では、まだ技術は端緒についたばかりである。大型でも重力鋳造でもないが、クランク軸受部分に鋳包み技術を使用している他社のアルミダイカスト製ローケース(ラダーフレーム、L/F)では、鋳包み境界面に約 160 μm 程度の隙間が生じていることを確認した(図 1-1 参照)。



図 1-1 アルミダイカスト製の鋳包み

そこで、鋳包み基礎試験を行った結果、鋳造時の鉄製ベアリングキャップの予熱温度が重要ポイントと判明し、300 $^{\circ}\text{C}$ 前後が密着性に優れていることを確認した。また、鉄製ベアリングキャップの表面に付着している油分等は予熱を実施することで、油分が蒸発し脱脂処理を実施しなくても密着することも判明した。これにより、実際の量産工程では脱脂処理設備や時間等が省かれれば、価格的には相当有利になると思われた。

サーモグラフィと熱電対を用いて、鋳鉄部品を電気炉で温度保持しているところから鋳造開始までの温度低下を計測した。温度低下に係る許容時間を考慮した試験では、ごく一部を除き、隙間なく密着性が優れた鋳包み品ができあがった(図 1-2)。



図 1-2 木型での実体品鋳包み状況

次に、鋳包む鉄製ベアリングキャップの形状及び材料の最適な選定を行った。他社製品事例や今後更に強まると予測される高強度化要求に対応して、束縛力を持つアンカー形状とし、材料については最近採用されつつある FCD450~FCD500 に変更した。(図 1-3 参照)

金型を作製し、実体形状(ベアリングキャップ)で試験研究を行った。量産も視野に入れて金型品での隙間ない密着性の優れたアルミ鋳包み一体品ができるよう研究開発を実施した。

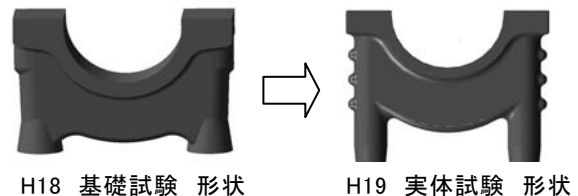
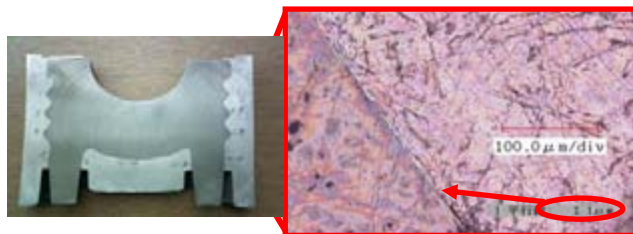


図 1-3 鉄製ベアリングキャップの形状選定

研究開発当初は密着性が低かったが、ベアリングキャップの鋳肌表面の湯流れ改良を狙

ってサメ肌に変更し、シャープエッジ部は R 形状へ見直した。更に湯部への部分加圧を実施することで、ごく一部を除き数 μ 以下の密着性の優れた高品質のアルミ鋳包み一体品ができあがった(図 1-4)。

本研究開発では、シリンダブロックのロアーケース(またはラダーフレーム L/F)のクランク軸受部に鋳包み技術を適用することによって、次のように 10.2%の軽量化に成功し、技術目標値の 10%軽量化を達成した。



数 μ m 以下の隙間(一部 80 μ m)

従 来 : L/F+ベアリングキャップ
+締結ボルトの重量 = 13.25 kg

図 1-4 鋳包み結果

本研究 : アルミ一体化 L/F+締結ボルトの重量 = 11.90 kg

これらによって、川下産業の自動車メーカーへの提案力を更に向上させることが可能となる。

(2) CTスキャナの活用

アルミニウム合金鋳物内部に潜むクラック(図 1-5)、ポイド、鑄巣などの内部欠陥の非破壊検査として、X線 CT スキャナ(X線出力: 450KV、透過能力: アルミニウム 300mm、鉄 100mm)によるスキャン条件の研究を行なった。スキャン厚とスキ

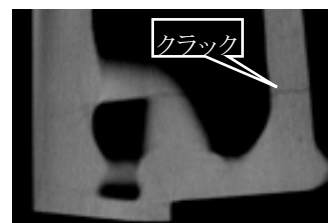
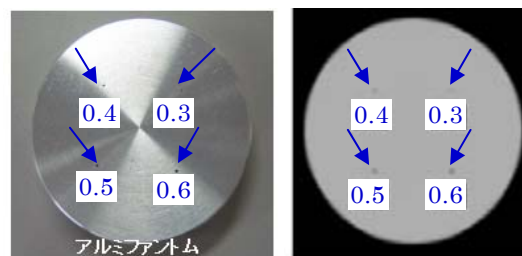


図 1-5 エンジン部品のクラック例

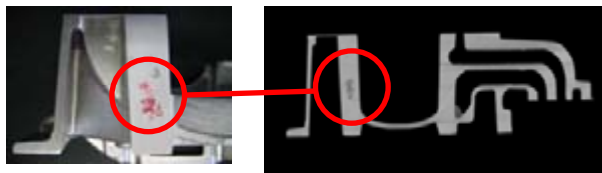
ャンピッチを装置能力の最小値(0.3mm)に設定した場合、測定時間が増加するにもかかわらず、X線量が絞られるため、むしろ測定データとしては粗くなった。スキャン厚、スキャンピッチともに 1mm が適切であることが判明した。

また、0.6、0.5、0.4、0.3mm の微小なポイドについて、CT スキャンで確認し保証できることがわかった(図 1-6)。これは、川下産業の鑄巣判定基準 0.3mm をクリアしているので今後の品質保証強化に寄与すると考えられる。



(a)標準資料 (b)スキャン画像
図 1-6 ポイドの検出試験

従来は機械加工後の切削面表面の鑄巣・ピンホールのみが検査対象であったが、図 1-7 に示すように CT スキャナで内部鑄巣の傾向を把握することが可能となった。さらに、図 1-8 の赤丸部分に示すように内部鑄巣は、大別して 3 箇所に集約的に発生することがわかった。



(a)カラーチェック (b)CT スキャナ像

図 1-7 CT スキャナで確認した内部鑄巣

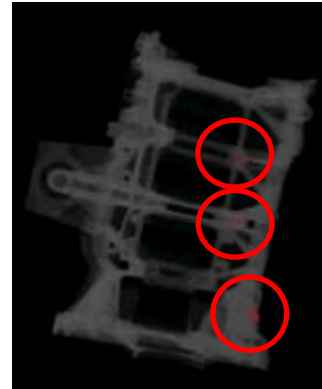


図 1-8 鑄巣の発生個所

X 線 CT スキャナにより、図 1-9 に示すように、アルミニウム鑄造品の内部鑄巣と金型温度の変化との関係を確認するため、鑄造作業開始から 10 ショット目までの内部鑄巣変化を調査した。その結果、金型温度が所定温度に達するまでに鑄巣が減少する部位(A)、変化しない部位(B)、逆に鑄巣が増加していく部位(C)があることを確認した。今までは限定した部位確認や経験値からの判断で、局所的不良対策を実施していたが、今回の検査により製品全体として捕らえることが可能になった。

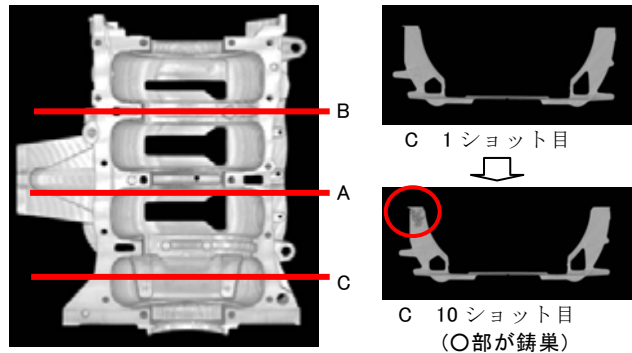


図 1-9 アルミニウム鑄造品の内部鑄巣の状況

さらに新規受注の初期量産立ち上がりの段階で全数検査が可能になるよう、CT スキャナの 1 枚あたりの画像データ処理時間短縮に取り組んだ。標準では 2 分/枚の処理時間を 50%短縮した 1 分/枚でも、画像品質は標準設定と遜色なく十分に画像確認できることを確認した。これにより、新規量産品の垂直立上げにおいて、特定部位での内部鑄巣の確認が可能になったことから、川上産業の部品品質強化に大きく貢献することが期待される。

(3) CT画像処理データとCAE結果との比較、検証に関する検討

CT スキャナで撮影した画像データを鑄造 CAE を用いた解析結果と比較・検証することを目的として、CT 画像データの取り扱い方法について検討を行った。

CT 画像データのファイル書式は非公開であるためそのままでは使用できない。付属しているデータ変換ツールのうち、CTmodeler は CT 画像データを STL 形式のファイルへ変換することが可能である。

一方、鋳造 CAE は STL データを取り込むことが可能である。そこで、CT 画像を STL データに変換し、鋳造 CAE で変換した STL データを取り込み、CT 画像データと鋳造 CAE の結果を比較することとした。

STL データに変換された CT 画像データを任意の箇所まで切断して表示することにより、CT 画像データに存在する内部欠陥を表示できることがわかった(図 1-10)。また、CAE 結果の表示も同様の切断面を表示し、鋳造欠陥の表示を行う

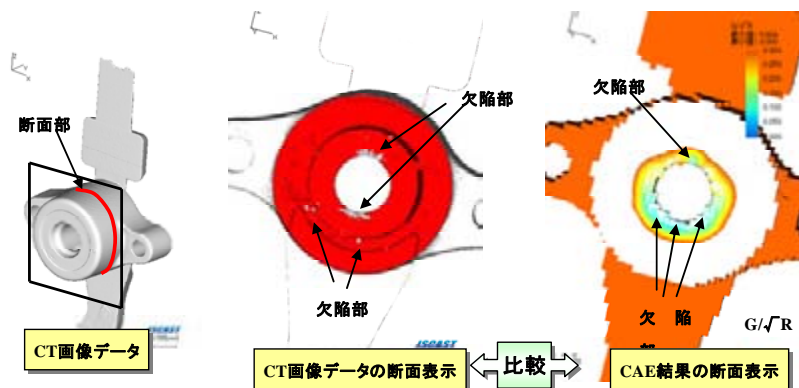


図 1-10 CT 画像データと CAE 結果の比較

本研究で使用している CT スキャナの

仕様では「欠陥検出能力：0.3mm」とあるが、CT 画像データを STL データに変換すると 0.3mm の欠陥を検出できず、そのままでは鋳造 CAE に取り込めないことがわかった。そこで、CT 画像データで目視確認できるが STL 変換はできない 0.3mm の欠陥を、鋳造 CAE でも確認が行えるようにした。図 1-11 に実部品における CT 画像を用いた比較結果を示した。

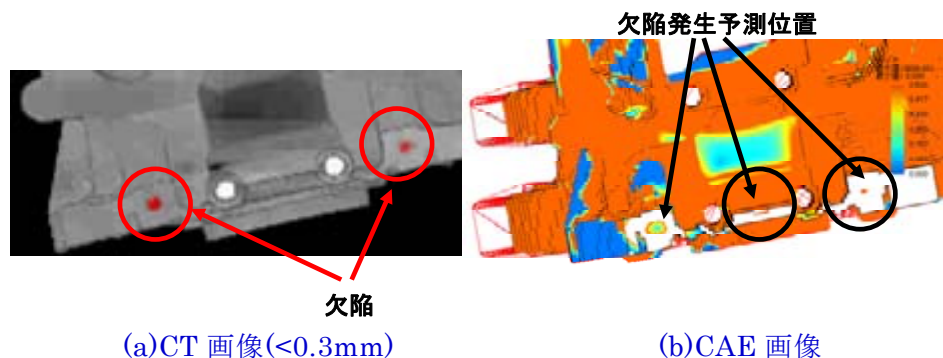
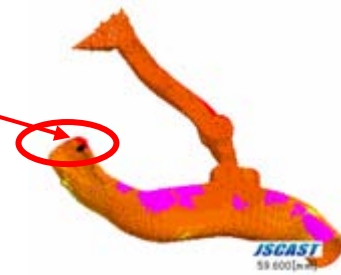


図 1-11 CT 画像とシミュレーション結果の比較

(4) CAEの活用

今までは、経験値とトライ&エラーを繰り返しながら、徐々に鋳造品の品質を安定化させていた。図 1-12 (a) に示す湯回り不良欠陥は、同図(b)に示す湯流れシミュレーションにより、不良の原因がキャビティ内のガス抜けが悪いことによる湯回り不良であることが予測された。そこで、鋳造方を改善(ガス抜き設置)することにより、有効な対策が短期間に実施でき、新製品の早期立ち上げに貢献した。



(a)先端部の湯回り不良

(b)鑄造CAE解析結果

図 1-12 鑄造 CAE を利用した鑄造方案検討

2. 鑄鉄鑄物中空部品の開発

(1) 欠陥のない中空品製造技術の開発

中空部品は、予め表面を脱炭した鑄鉄部品を、1,200℃程度で加熱すると、脱炭した表面は融点が高くなっているため溶けないが、脱炭されていない内部は溶けて部品の下端にあけた孔から流出することによって、製造される。

この中空化技術は、中空化工程でのバラツキが大きく、①部分的な内部の溶損、②中空部の肉厚不同、③溶湯残りという3つの不具合を生じることがある。これらの欠陥を防止するためには以下を実現する必要がある。

ア. できるだけ低い温度、短時間で流出する加熱パターンの設定

イ. できるだけスムーズに流出するワーク姿勢の採用

欠陥のない中空部品を作るポイントは、流出開始温度と流出終了温度の設定と、この間の加熱速度を最適化することである。導入した中空実験炉と中空化するときの加熱パターンを図 2-1 に示す。実験炉には覗き窓がついているので、溶湯の流出開始温度(T1)と流出終了温度(T2)は観察により求められる。次に、

できるだけ短時間に、できるだけスムーズに流出させるために最適な、流出開始温度でのワーク均熱時間(t1)と、流出開始から終了までの昇温時間(t2)を、流出状況を観察しながら、部品毎に最適な加熱パターンを設定した。現在はそれらを

【欠陥の出ない加熱パターンの決定法】

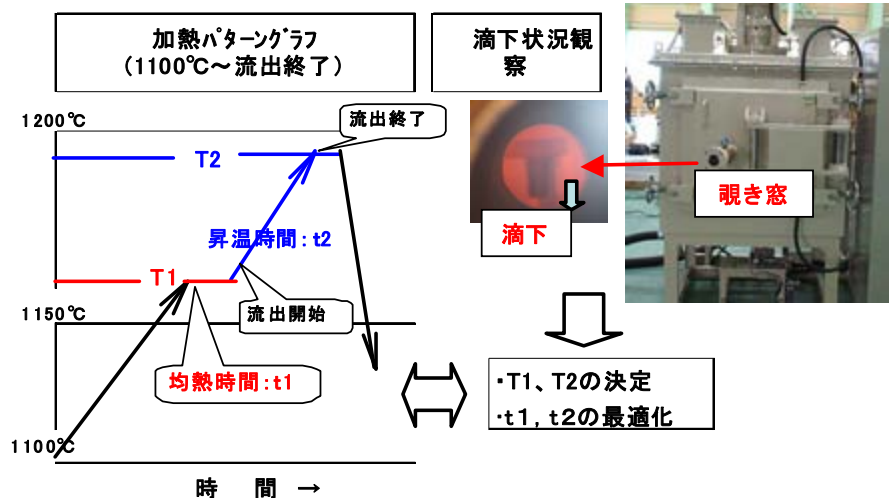


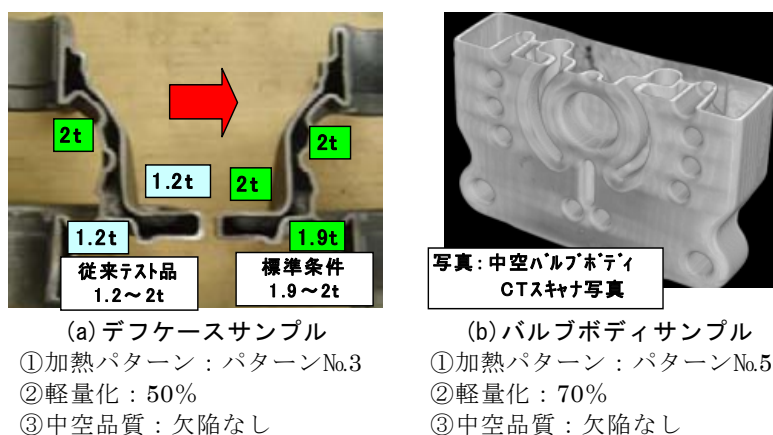
図 2-1 導入した中空化実験炉と溶湯流出時の加熱パターン

まとめて、部品重量毎に加熱パターン標準テーブルを作成し使用している。

なお、ワーク姿勢も同じく「できるだけ低い温度で、短時間に流出する」姿勢を設定するが、現状では部品形状をみて、その部品に最適なワーク姿勢を決定している。(2(4)を参照)

標準加熱パターンを使用し、複雑形状中空部品について中空化時の欠陥を防止した2つの事例を示す。

図 2-2(a)はデフケース中空化事例で、以前は肉厚不同があったが、標準加熱パターンの採用により均一肉厚の中空デフケースを作ることができた。図 2-2(b)は、熱交換部品を想定し試作した中空バルブボディサンプル事例である。従来は、このような複雑な形状の健全な中空部品の製作は不可能であったが、加熱パターンを最適化することにより、同図中の CT スキャナ写真で示すよ



うに、欠陥のない中空部品の製作が可能になった。

図 2-2 標準条件での中空欠陥防止事例

(2) 中空部品の強度

中空テストピース (FCD450) の強度を測定し、下記のように、良好な機械的特性が得られることを確認した。ここで、中空品(炉冷)は中空化後炉冷したものを、中空品(急冷)は中空化後炉から取り出し強制空冷したものを各々示している。

ア. 引張強度

- ・中空品(炉冷)の引張強度は 541MPa で、FCD450 素材と同等
- ・中空品(急冷)の引張強度は 631MPa で、FCD600 クラスの強度

イ. 曲げ強度

- ・中空品(炉冷)は FCD450 素材に比べ重量比 0.66 の場合で、曲げ破断荷重は 0.9 倍であったが重量当たりの強度は 1.36 倍となり、27%の軽量化が可能
- ・中空品(急冷)は FCD450 素材に比べ重量比 0.66 の場合で、曲げ破断荷重は 1.1 倍で重量当たりの強度は 1.75 倍となり、43%の軽量化が可能

ウ. 衝撃強度

- ・FCD450 素材の中実 2mmU ノッチシャルピー試験片に比し、肉厚 2mm の中空シャルピー試験片の吸収エネルギーは 10 倍で、鋳鉄でも中空化により、高い衝撃特性を持つ部品の製作が可能

(3) X線CTスキャナによる品質保証

本事業で導入したX線 CT スキャナ装置は、内部の見える化が可能のため、中空部品の欠陥を非破壊で効率よく検査できる。図 2-3 に導入した X 線 CT スキャナ装置と、デフケース等中空部品における活用事例を示す。部品の細部にわたって、溶損、肉厚の不均一、溶湯残りがなく、確実に中空化されているかを目視確認でき、不具合がある場合には対処が可能である。ユーザへの PR 時に品質に対して安心感を持ってもらえるなど、中空部品の品質保証に重要な役割を果たしている。

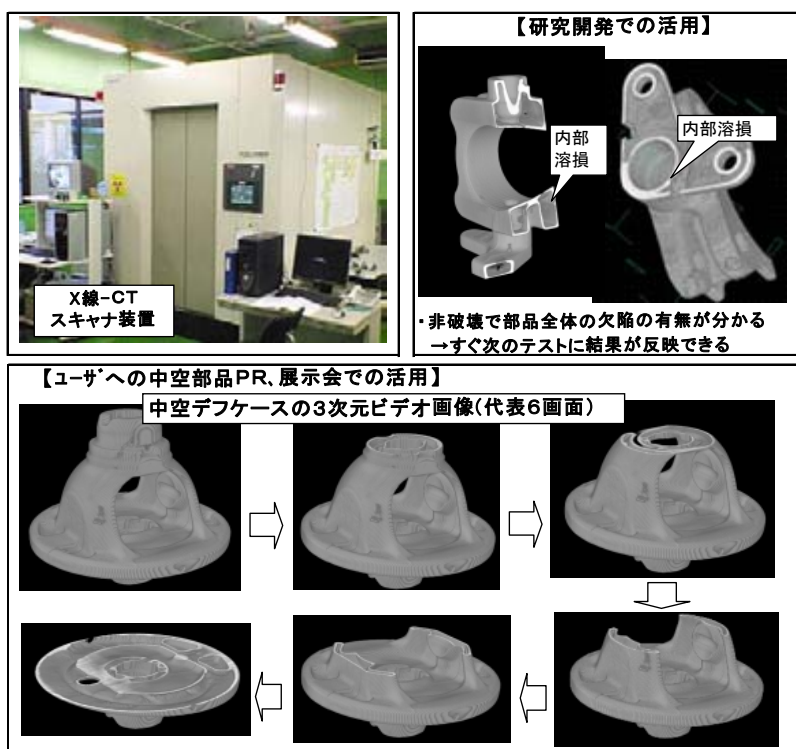


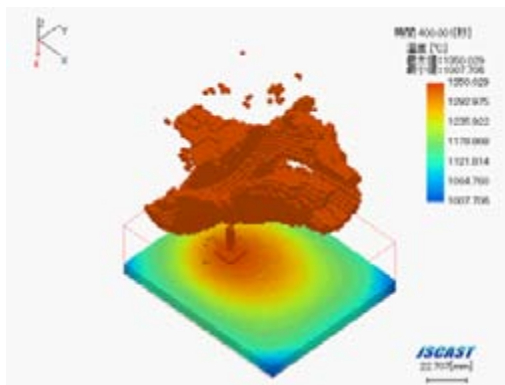
図 2-3 X 線 CT スキャナ装置写真と活用事例

(4) 溶湯流出シミュレーションの実施と評価

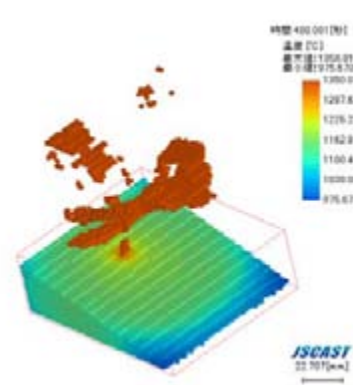
中空部品製造工程について、現行シミュレーションソフトによるシミュレーションの実施と評価のため、実モデルによる溶湯流出シミュレーションを行った。

現行シミュレーションでは、加熱による溶解は考慮できないため、溶湯の粘性を温度により値が変化するように設定し、粘性を大きくすることで、流出時間を長くすることを検討した。しかしながら、粘性がある値(例えば $50 \text{ cm}^2/\text{s}$)以上になると計算が安定しない問題があった。これに対し、計算プログラムの改善を行い、高粘性でも安定して計算できるようになり、流出時間が実際とほぼ同じになった。

また、実部品を用いたシミュレーションとして、デフケースモデルを用いたシミュレーションを行った。このとき、中空化時の姿勢として4姿勢、流出穴の穴径と個数を変えたシミュレーションを行った。例えば図 2-4 は、基本姿勢と呼ばれている場合と、これに対し 15 度傾斜させた場合について、流出開始後 400 秒経過したときに残っている溶湯を示している。種々の条件でシミュレーションした結果、15 度傾斜させた場合が、溶湯の流出に最も良い条件であることがわかった。



(a)基本姿勢:傾斜なし



(b) 15度傾斜図

図 2-4 溶湯流出シミュレーション結果(400秒経過後の例)

3. 新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発

(1) 鋳造トレーサビリティ・システムの全体構想

① 製造データの自動計測、集約化技術の開発

鋳物品質は多様な条件に左右され、生産ライン現場での調整で対応している場合が多いが、鋳物製品の品質確保、不良率低減に資するだけでなく、新製品開発時の品質保証にも威力を発揮する、鋳造条件と部品情報を紐付けできるトレーサビリティ・システムの構築を行った。製造データの自動計測、集約化技術として、部品と鋳造条件、品質情報が紐つけできるハードウェアとソフトウェアを検討した。



IC タグ IC タグリーダ
図 3-1 IC タグとリーダ

鋳造工場という悪環境に耐えうる耐熱性、防塵性、耐久性を考慮した工場内ネットワークインフラ整備とともに、データ収集のスピード、精度を上げるべく、取鍋ごとの鋳造条件、各種センサーを用いた自動計測化、検査データのデジタル化と自動発信化を行った。

開発した鋳造トレーサビリティ・システムは、主に①鋳物品質と型または作業者を対応させるための IC タグ方式、②個々の鋳物（ワーク）にマーキングする手法、③X 線・CT 装置による鋳物内部の非破壊検査技術、④非定型情報（気づき情報）収集システムから成る。

アルミニウム合金鋳物と鋳鉄鋳物は生産プロセスが異なるため、それぞれのプロセスに対応した品質保証のためのシステムを開発した。

② ICタグによるトレース

鋳物品質と、型あるいは作業者を対応させるために、IC タグを中子や鋳物を搬送するパレットに装着し、あるいは現場を移動する作業員が携帯して、プロセス、製品品質との紐付けを可能にした。

使用した IC タグは幅 4.3 cm、高さ 5.4 cm のカード型で、軽量で穴も開いているのでひもなどでトレース対象に容易に取り付けることができる(図 3-1)。IC タグリーダーにはハンディ型と据え置き型があるが、形状が設置しやすいこと、長時間連続して使用できることなどから据え置き型を選択した。

各工程においてトレース対象の IC タグをリーダーの読み取り位置に置くと、IC タグを置いた/離れた時刻と IC タグの種類と ID がデータベースに保存される。このようにしてトレース対象がこの工程で使用された期間(作業員ならば作業開始/終了時刻)が記録できる。



図 3-2 気付き情報入力画面

③ 部品識別のためのマーキング手法の開発

製品の全数管理には、製品にマーキングすることが必須条件となることから、鋳造の特性も考慮してマーキング手法を開発した。アルミニウム合金鋳造ラインではピンスタンプ及びレーザーマーカによる QR コードマーキング ((2)③、④参照) を、鋳鉄生型ラインでもピンによるマーキング ((3)③を参照) を開発した。

④ 鋳造品の内部非破壊検査技術の開発

X 線-CT 装置を導入し、非破壊で、実部品の鋳巣の大きさと位置を確認し、さらに CAE による鋳巣予測結果と突き合わせて比較、検証できるようにした。アルミ部品と鋳鉄部品のそれぞれにおいて、部品内に潜むクラック、鋳巣などの各種欠陥についての内部非破壊検査技術を検討し、今まで経験に頼っていた欠陥発生防止技術を飛躍的にレベルアップした。(図 1-7~1-11 を参考)

⑤ 非定型情報(気付き情報)収集システムの開発

鋳造プロセスでは、製品品質への影響因子としてモデル化できていない要素がある。このため、センサーや画像で計測する情報などの予め定めた特定情報以外に、作業員が作業中に気づいた情報、すなわち、非定型情報を収集するシステムを開発した。鋳造現場で文字入力を行うのは困難なため、現場で作業員が気づいた時に、管理者があらかじめ入力したキーワード(図 3-2)を押すだけで時刻、鋳造機番号などが自動的に入力される。

気づきキーワードについては、変化点に関する情報を入力したいという要望が現場で多かった(表 3-1)。変化点情報とは、材料の配分や時間の変更など、鋳造条件の変更に関する情報で、環境情報(天候など)や一時的な現象(かじりなど)よりも影響度は大きいと考えられる。

なお、鑄造機番号や作業員名などの付帯情報についても、現場でテキスト入力せず、あらかじめ編集したリストの中から選択できるようにした。入力は、鑄造機横にノート PC 等を設置して作業員のみならず班長も入力できるようにした。

表 3-1 気づき情報の分類・整理

	項目	頻度	担当	作業内容
1	金型交換	300ショット	作業員	金型清掃の為の交換作業
2	金型清掃&塗型	300ショット	作業員	金型清掃後、塗型塗布
3	金型メンテ	適宜	金型工場	金型のかじりや不良対策・設変盛り込
4	溶湯	30~60分毎	作業員	親炉から保持炉へアルミ溶湯の注入
5	溶湯管理	30~60分毎	作業員	酸化物除去と脱ガス処理
6	保持炉温度管理	適宜	班長	現在はほとんど変更せず
7	溶湯材料配分	適宜	班長	合金材と返り材の比率
8	鑄造 かじり	適宜	作業員	型に付着したアルミを除去
9	鑄造 塗型	適宜	作業員	塗型が剥がれたり、かじり部に追加塗
10	凝固時間変更	作業開始	作業員	作業開始時の金型温度が低い際に実
11	反転スピード	適宜	班長	鑄造機の型反転スピード変更
12	湯量補正	適宜	班長	注湯量の変更

(2) アルミニウム合金重力鑄造ラインにおけるトレーサビリティ・システム構築

① トレーサビリティ・システムの基本設計

従来は紙記入による管理を行っていた鑄造・加工シリアル番号、工場内温度、溶湯温度、鑄造条件、硬度チェック等のほか、これまでトレースを行っていない中子製造記録も加えたプロセス情報及び検査出荷記録(検査員、検査情報、出荷パレット等)などの出荷情報の自動トレースが可能になるよう各種センサー等の取り付けを行った。(表 3-2)

なお、パレットと作業員は IC タグで、金型から取り出した鑄物及び機械加工後の鑄物はピンマークによる QR コードで、出荷製品にはレーザーマーカによる最小面積の QR コードで、それぞれ情報を付加し集約できるようにした。

製造条件と実績情報の一元化により、鑄造条件と実績の関係が可視化され、不良発生条件の抽出が容易になった。鑄造条件を変更する際にも、結果がすぐ確認できるため素早いフィードバックが可能となった。

表 3-2 Al 合金鑄造工程におけるトレースデータ

中子造型	中子砂情報	ロットID、メーカー、商品種、入荷日
	中子造型情報	作業員ID、中子パレットID、造型機番号、製造日時、ブロー圧力、焼成温度(2点測定)、工場内温度、湿度
	中子保管条件情報	気温、湿度
鑄造	作業員情報	作業員ID、作業員コード
	製品情報	中子パレットID、鑄造機番号、製造日時、シリアル番号、傾動時間、凝固時間、塗型時間、湯量補正值、溶湯温度、金型開時間、工場内温度、湿度、気圧
	金型情報	金型番号、金型温度

② データ収集ネットワークの開発

鑄造工程制御用シーケンサ (PLC) と中子造型工程制御用シーケンサ (PLC)からネットワークを経由してデータを取得し、データベースに保存するツールを開発した。このツールは PLC をモニターしていて、データが書き換えられるとデータベースを読み込み、データベースに保存する。同時に同じ工程の作業データベースから現在の作業者と

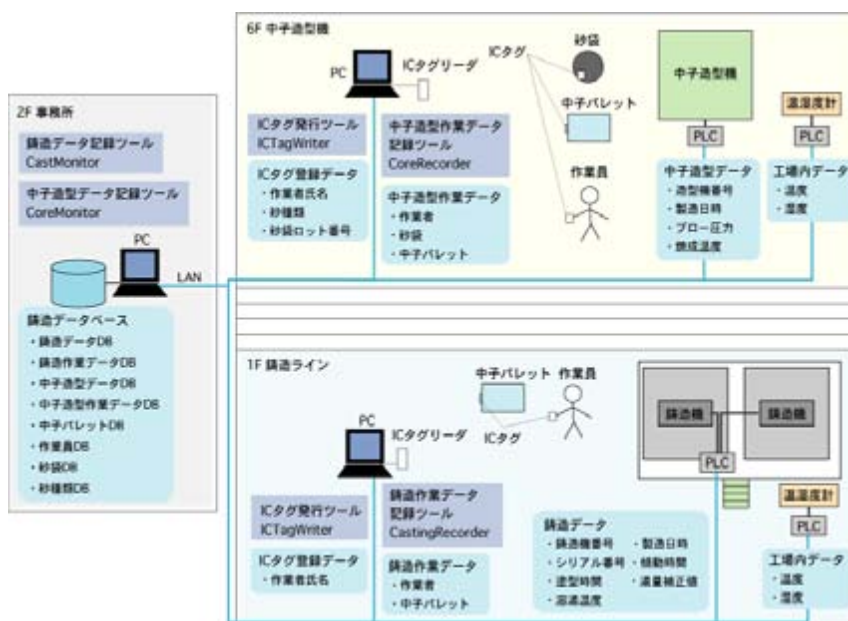


図 3-3 中子造型と鑄造ラインに係るシステム概要

材料を、温湿度計 PLC から温度と湿度を取得してまとめて保存する。中子造型から鑄造に至る素材情報を、自動トレースするシステムが構築され、従来製品をトレースする時間が数時間以上かかっていたものが数分レベルまでに短縮された。(図 3-3)

③ PINマーキング技術の開発

アルミニウム合金重力鑄造ラインにおける固体識別のため、PIN マーカーによるマーキング技術の研究を行なった。リーダについては、照度、レンズ、しきい値等の研究を進めた。当初の PIN マーカーの読取率は 30%程度と低い値であったが、刻印部平滑化、ピン角・打刻圧・打刻パターン等のマーカー及びリーダのハード面の改良により約 97%まで率が上昇した(図 3-4)。残り約 3%は 2次元リーダで画像判別する際に鑄造特有の湯じわや製造工程でのハンドリングによる微小なキズが原因と判明した。対策としてリーダの光源を中央へ集約化し照度アップして 100%読取を達成した。

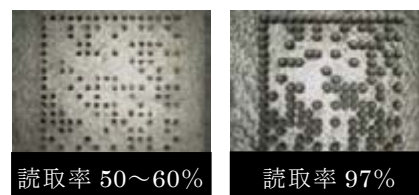


図 3-4 ピンマーカーの読取率改善

④ レーザーマーカーによる 2次元コード最小化の研究

自動車メーカ等の現行の 2次元コードは、生産年月日、シリアルNo.情報等の内容で、およそ 11mm 角の大きさに製品に打刻されている。今回の開発システムでは情報量が多いが、打刻面積増加によって打刻位置の制限を受けまいよう、レーザーマーカーを用いるマーキングの最小化を図った。図 3-5

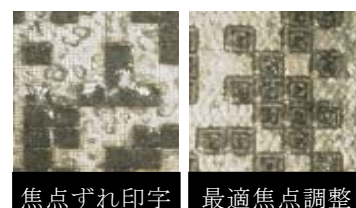


図 3-5 焦点ずれの解消

に示すように、焦点ずれに起因するレーザーパワー低下による印字ムラと印字サイズのバラツキが、自動焦点合わせによって解消され100%読取が可能になった。

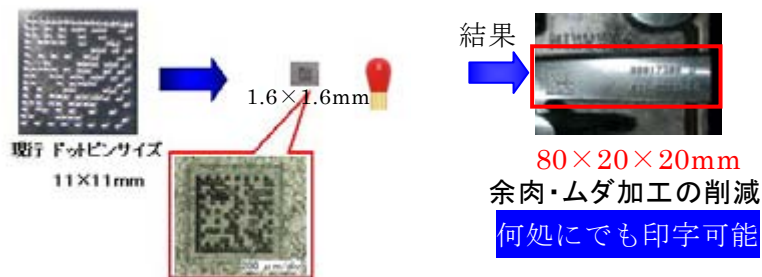


図 3-6 マーキングの最小化

合わせて印画条件を検討し、1ドット当たりのサイズコンパクト化を研究し、従来のPINマーカ印字情報量(サイズ 11×11mm)と同じ情報量であれば印字面積を 6×6mm に縮小できた。さらにレーザーマーカの印字パワー、スキャンスピード、印字線幅(mm)、Qスイッチ周波数(kHz)、バーコード細線幅、スポット可変等を考慮して数百通りのトライを行った。その結果、面積比で約 98%ダウンの 1.6×1.6mm の読取を可能とした(図 3-6)。これにより、鋳物業界では今までは困難であった、どこにでも鋳肌印字ができるようになり、2次元コードの印字のために余肉を追加したり加工したりしていたものが削減できるようになった。

⑤ 試作期間のリードタイム短縮検討

開発リードタイム短縮化は、自動車部品サプライヤにとっては重要課題の1つである。一般的に自動車用エンジン部品は、量産移行前に 200~300 項目の品質確認項目をクリアした製品を、鋳造メカから自動車メカへパイロットサンプルとして提出する。特に素材検査項目においては、図 3-7 に示すように熟練かつ測定スキルをもった作業者のみが、製品にけがきマーキングや製品切断によって肉厚確認(魚拓)等の検査をしていたにもかかわらず、製品全体の 20%程度しか保証できていなかった。しかし、CT スキャナでの非破壊検査の導入により、前述の手作業工程を大幅に簡素化できる上、熟

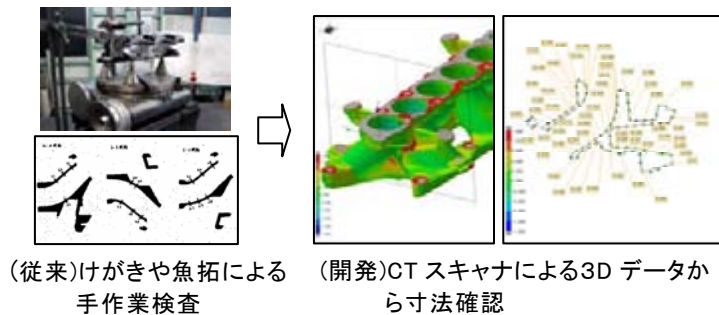


図 3-7 鋳造品の肉厚検査方法の比較

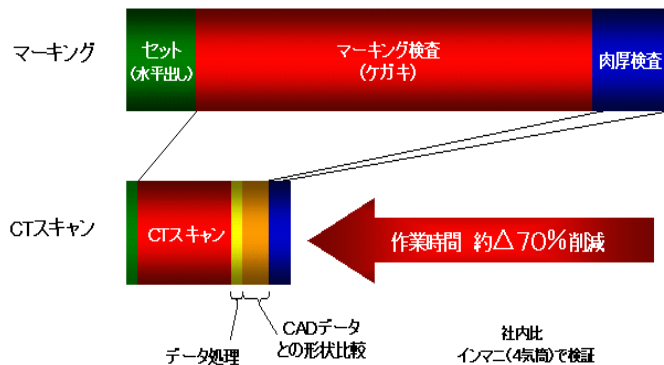


図 3-8 検査工程の短縮結果

練工に頼らない製品全部位 100%の確認が可能になった。この検査方法により、従来見落とし部分もカバーでき、初期段階での客先不具合が、大幅に改善できることが判った。また、CAD データと照合し従来見落としされていた正確な製品形状が分かるようになった。

さらに他部品との干渉部分も分かり、川下産業へ提案できるようになった。これら技術を駆使し、図 3-8 にインテークマニホールドの場合を示すが、検査工程の短縮と、修正工程の削減が可能となり、インテークマニホールドやエアパイプなど数種類のアルミニウム重力铸造製品において、従来は製作期間立ち上げまで平均 35 日かかっていたものが平均 27 日(23%の短縮)でできるようになった。

(3) 鋳鉄铸造ラインのトレーサビリティ・システムの開発

① トレーサビリティ・システムの基本設計

今回の鋳鉄铸造ラインは砂型を使用しているため粉塵等の発生が多く、手作業も多い。このため、アルミニウム合金重力铸造ラインに比べて、より一層防塵性の高いシステムの構築が必要であり、トレーサビリティを確保する上で重要な砂型へのマーキングにも格段の難しさがある。本研究開発では 1 個 1 個の部品の製造条件をトレースできるシステムによる鋳鉄の品質向上を狙い、鋳鉄部品の製造条件を自動計測するシステムと、1 個 1 個の部品に識別 No をマーキングする装置を開発した。更に、自動計測データが誰でも見えるよう、大型モニタを現場に設置し、作業の見える化を実現した。

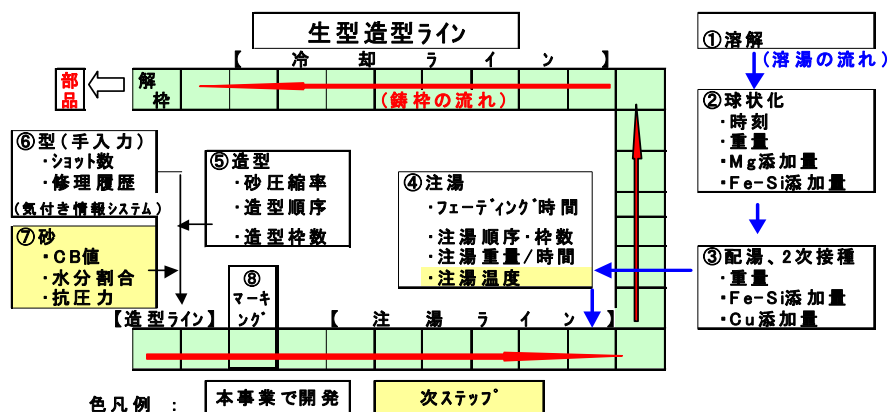


図 3-9 生型造型ラインと自動計測工程、マーキング装置

図 3-9 に生型造型铸造ライン全体と、本事業で計画した自動計測工程、将来実施予定工程を示す。図中①溶解～④注湯(注湯温度を除く)～⑤造型までの自動計測システム、⑥気付き情報入力システム、⑧マーキング装置の開発は完了した。

データ収集ネットワークの基本設計は、アルミニウム合金铸造工程向け铸造と同じだが、鋳鉄铸物工程に合わせて铸造データ記録ツールの開発とデータベースの構築を行った。

② システム化、見える化の効果

球状化現場に設置したモニタとその見える化効果を図 3-10(次ページ)に示す。「見える化」はトレーサビリティを確保する上で重要であるだけでなく、作業員の品質に対するモラルアップという付随効果が大きく、一層の品質向上が図られた。

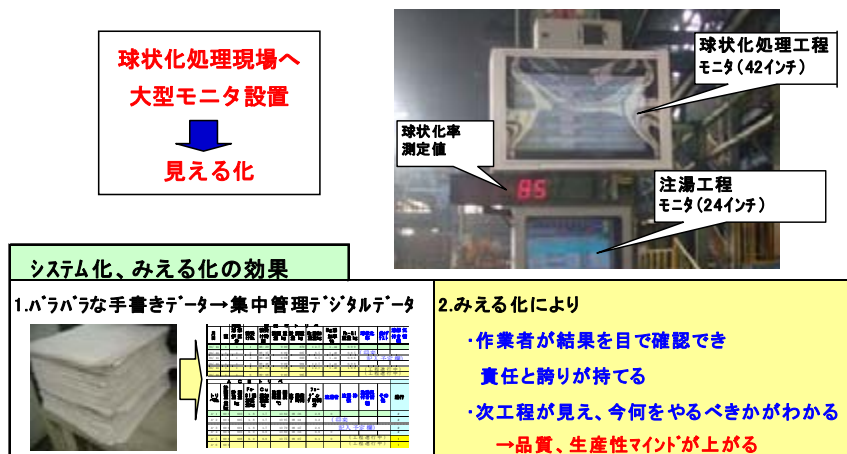


図 3-10 球状化現場に設置したモニタとシステム化、見える化の効果

③ 砂型にマーキングする技術の開発

小物鋳鉄部品が順不同に流れるラインにおいては、部品識別のためのマーキングをラインオフ時でなく、ライン内で行なう必要がある。マーキング品質とマーキング位置精度を確保するために種々の検討を重ね、造型面に直接球状のピン先でドットをマーキングする方法についてプロトタイプ装置を開発し、造型現場に設置、テストした結果、充分判読可能なドットパターンが得られた。図 3-11 にプロトタイプ装置と、実部品へのマーキング例(事例では「75」)を示す。なお、ドットパターンには数字の読み取り方向を示す、ダミー点を同時に刻印している。

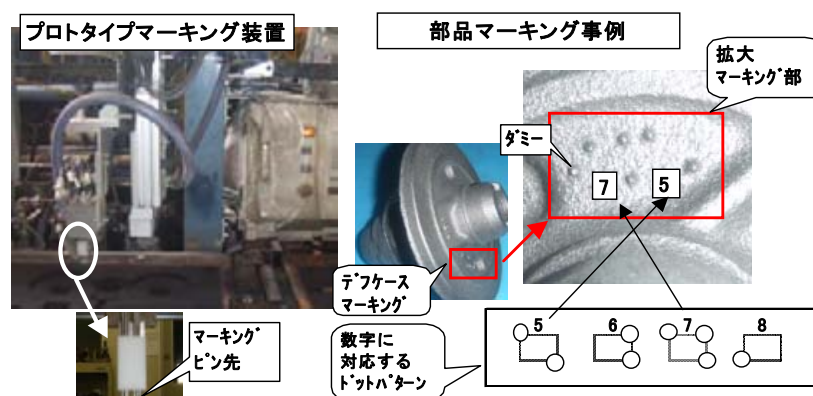


図 3-11 プロトタイプマーキング装置と部品マーキング事例

図 3-11 にプロトタイプ装置と、実部品へのマーキング例(事例では「75」)を示す。なお、ドットパターンには数字の読み取り方向を示す、ダミー点を同時に刻印している。

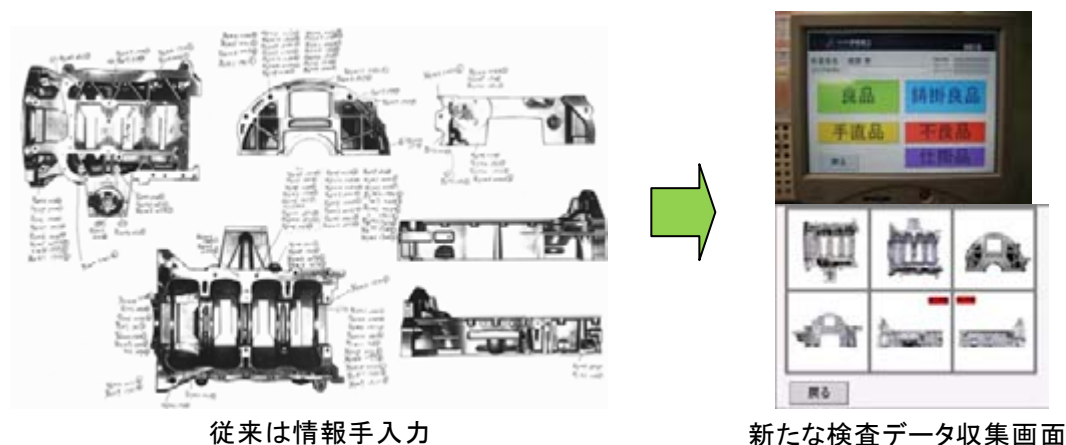
砂型鋳鉄小物ラインでのライン内マーキングは他に類を見ないものであり、プロトタイプ装置では 1 部品/1 枠のマーキングを可能にした。しかし、量産 (6 部品/1 枠) ラインで実用化するためには、13 秒で全 6 部品にマーキングできる高速マーキング装置の開発が、今後の課題である。

4. 鋳造業向け生産資源管理システムの開発

(1) 生産資源管理システムの開発

① 検査データ収集システム

製造時のプロセス情報だけでなく、品質(検査)情報も不良分析するために必要な情報である。従来の紙ベース管理に代わる、タッチパネルとハンディリーダを使用した検査データ収集システムを構築した。ハンディリーダで2次元コードをスキャンし、軍手、皮手袋を着用したまま、画面に数回触れるだけで情報収集できるため、作業者に負担をかけることなく、データ蓄積を可能とした。これは、作業者が不具合箇所を入力し易くさせるために、部品の図面を表示して不具合対象箇所をタッチするとあらかじめ用意した不良情報リストが表示され、それを選択することにより入力できるもので、作業者の負担なしに不良情報を収集できるようにした(図 4-1)。



従来は情報手入力

新たな検査データ収集画面

図 4-1 検査データ収集方式の変更

② 生産資源管理データベース

鑄造方案、原単位のマスタデータを登録し実績データと比較できる生産資源管理データベースを検討した。原単位データと実績データ、計画データと実績データを比較できることを目的として、マスター系、計画系、実績系に分けてデータを保持することとした(図 4-2)。



図 4-2 生産資源管理システム構成

③ 生産資源管理システム

各工程で開発された個々のシステムからデータを統合するモジュールを作成し、計画と生産情報、品質情報を一元管理したデータベースと情報がトレースできる生産資源管理システムを構築した。これまでそれぞれ個別でしかデータ参照できなかったが、各工程の情報を関連付けトレースすることが可能になった。

また、生産資源管理システムでは一元管理したデータからデータ・マネージメントツールとのインターフェース情報を出力することも可能とした(図 4-3)。

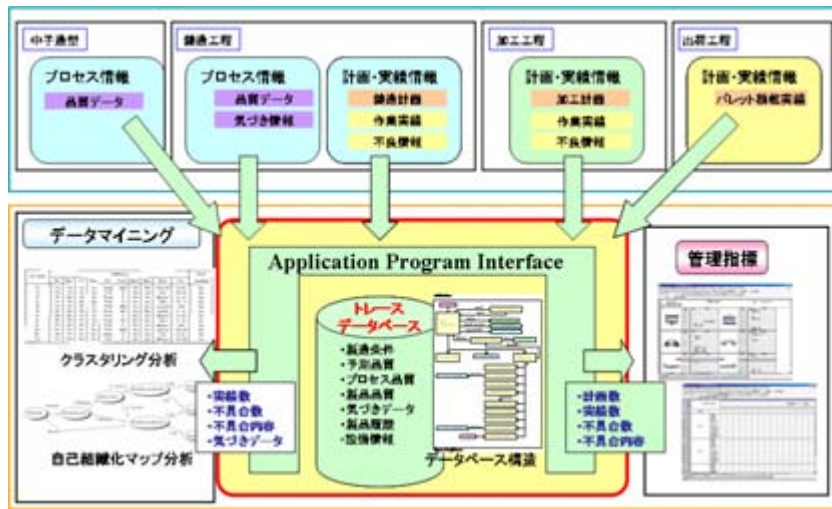


図 4-3 生産資源管理システム概要図

④ データベース閲覧・解析ツール

鑄造トレーサビリティ・システムで収集したデータの分析の基礎的検討のため、図 4-4 に示すような鑄造データベースのデータを閲覧および簡易解析できるツールを開発した。

ア. ヒストグラム

ひとつの「製造パラメータ」を解析軸としてその条件で製造された製品数および、そのうちの不良数を把握する機能。製造パラメータ値(範囲)の品質への影響度合いを測る。

イ. 散布図

2 つの「製造パラメータ」を解析軸として、不良発生条件を空間的にプロットし、品質への影響度合いを比較する。



図 4-4 閲覧解析ツール画面

(2) データ・マネジメント技法の開発

① データマネジメントの考え方

生産コスト削減や品質向上などの結果レベルを飛躍的に向上させるためにはプロセス・マネジメント、BPM(Business Process Management)が必須である。そのために、プロセスの中でどのパラメータを測定し、コントロールするとどのように

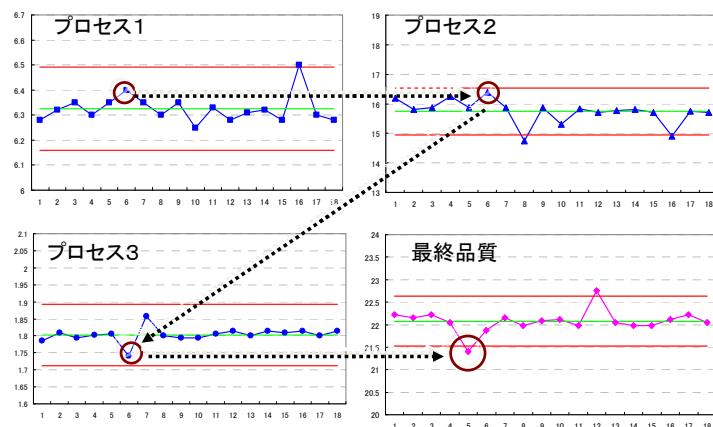


図 4-5 xbar-R 管理図(プロセスの連鎖と最終品質)

経営効果があらわれるか、製造プロセスと財務との因果関係分析に基づいて、各社固有の KPI(Key performance indicator)を明確にしなければならない。本研究開発では、その KPI の抽出技法を開発する。さらに、設計プロセスや意思決定根拠と品質の因果関係を整理し、多くのデータからベストプラクティスを抽出できるツールの開発を行うことが目的であった。

xbar-R 管理図は、図 4-5 のように、計量値(重さ、長さ、電圧、電流など量として測定できるモノ)の平均値(xbar・エックスバー)と範囲(R・アール)が「偶然要因」によるばらつきの範囲内に入っているかどうかを確認するための管理図で、工程内異常値を知るためによく使われている。しかし、

製造では、ひとつの工程だけを見ても駄目で、工程がつながっていることを鑑み、製品

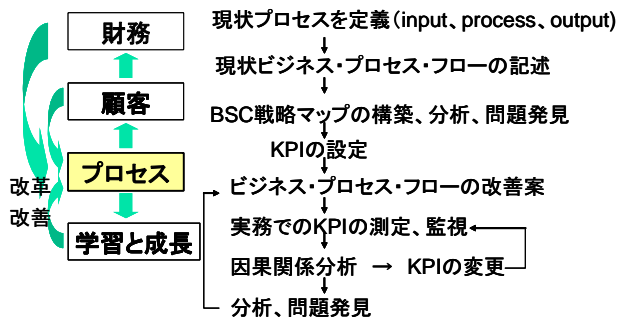


図 4-6 BPM の概要

表 4-1 BPM 導入の手順

<ul style="list-style-type: none"> ① 現状のプロセスの可視化(As is プロセスの記述) ② Abduction approach による To be プロセスの設計(仮説、バーチャル検証) ③ KPI の計測(実務でのプロセス品質、コスト等の計測) ④ KPI の因果関係分析(プロセスの顧客視点、財務視点への貢献度、効果の把握、学習成長視点のプロセスへの貢献度を把握) ⑤ 改善アプローチ(ボトルネックの抽出。改善すべきプロセスの抽出。プロセス、KPI の修正。)
--

1 個ずつ、その製品の生まれの履歴をすべて把握し、プロセス連鎖の中での「ゆらぎ」が一定の管理限界の中に入るように管理していかなければならない。

本研究で、整理された BPM の概要を図 4-6 に示す。戦略の実践にこだわらず、「財務」、「顧客」、「内部プロセス」、「学習と成長」の視点相互間の「因果関係」を重視し、ビジネス・プロセスを基軸とした改善活動を展開することで大きな効果を上げることができる。表 4-1 に BPM への導入手順をまとめた。

BPM では、プロセスをしっかり定義すること、KPI をきっちり計測して因果関係を「見える化」すること、事実に基づいた分析からプロセスの改善を進めることが大切である。

つまり、製造部門で起こっている事実を網羅的に計測し、事実に基づき改善を進めることが大切である。図 4-7 は casting 工場ですべてのデータを計測してみた例であるが、管理幅をはずれたものが散在することがわかる。

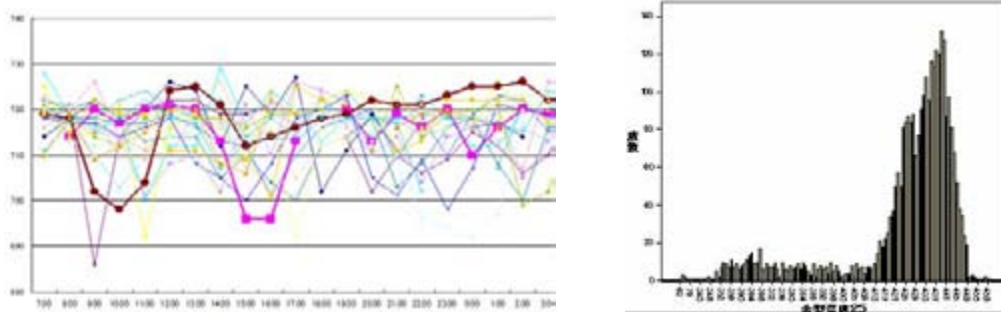
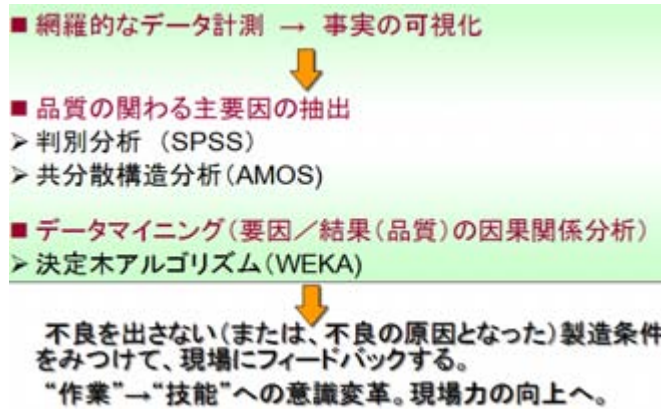


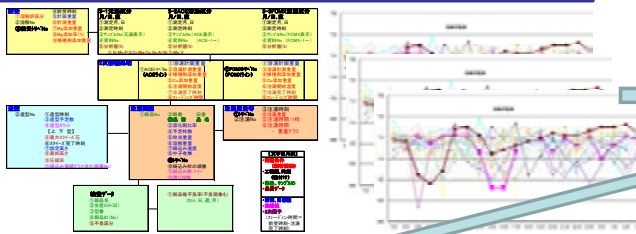
図 4-7 製造データの計測

シックスシグマ活動、SPC(Statistical Process Control)という手法は、統計的プロセス管理と訳され、各製造工程のチェックポイントで収集された膨大なデータを基に、統計的手法を用いた処理を行う。製造条件や各工程における製品の品質などの推移(傾向)を監視、製造工程を安定な状態に維持管理するデータ・マネジメント・システムである。ここでは、SPCをBPMの中に組み込むというイメージでデータ・マネジメント手法を構築した。ITの力によって、比較的安価に網羅的なデータ計測が可能になってきている。製品が完成するまでに各プロセスでどのような経緯をたどったかを記録保存(トレース)し、製品にクレームがあったときに、即座にその経緯を紐解いて、対策をとることが賢明である。そのようなトレーサビリティ・システムは、現在の製造業に必須のものである。

網羅的なデータ計測で事実を可視化するだけでも、従来できなかった「見える化」が実現できる。しかし、現場で実測できるものは離散的で一見つながりがないように思われている。それらをまとめて管理できるようにしなければ意味がない。製造現場には必ず「ゆらぎ」があり、その「ゆらぎ」がプロセス間にまたがり連鎖したとき不良品が出現する。ただし、いろいろやみくもに計測しても意味がない。品質やコストに直接的に影響する要因に注目しなければ意味がない。例えば、金型温度のある範囲と段取り時間の設定とある製品形状との組合せが製品不良に結びつくことがわかれば、それらの組合せがないようにそれらの因子を制御すればよい。その場合は、工場内の湿度やマテハンロボットの動作時間をいくら制御しても関係ない。つまり、品質に関わる主要因の抽出することが重要で、それはすなわち、製造プロセスのKPIの抽出である。本研究で開発したマネジメント手法を図4-8に示し、次項以降に、鑄造実データでの分析事例を示して、具体的に解説する。



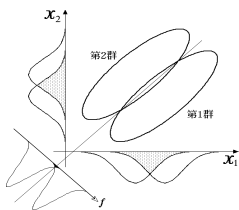
① プロセス連鎖の中で網羅的連続的データ計測・可視化



② 製造要因と品質結果の突き合わせたデータテーブルの作成

群別No.	型番	注湯レート (秒)	注湯温度 (°C)	CO濃度 (%)	砂水分 (%)	砂温度 (°C)	練型強度 (土型)	練型強度 (下型)	練型不良有無
1	N	2.22	188.9	38.5	3.3	33.6	19.7	11.8	
1	O	2.22	188.9	38.5	3.3	33.6	17.9	14.7	
1	P	2.22	188.9	38.5	3.3	33.6	18.7	20.7	×
1	S	2.22	188.9	38.5	3.3	33.6	18.7	20.7	×
1	T	2.22	188.9	38.5	3.3	33.6	21.1	12.8	×
2	N	0.15	188.9	38.5	3.3	33.6	19.7	11.8	×
2	O	0.15	188.9	38.5	3.3	33.6	17.9	14.7	
2	P	0.15	188.9	38.5	3.3	33.6	18.7	20.7	×
2	S	0.15	188.9	38.5	3.3	33.6	18.7	16.8	
3	T	0.15	188.9	38.5	3.3	33.6	18.7	11.8	
3	N	0.41	188.9	38.5	3.3	33.6	18.7	11.8	
3	O	0.41	188.9	38.5	3.3	33.6	17.9	14.7	
3	P	0.41	188.9	38.5	3.3	33.6	19.7	20.7	

③ 良品/不良品の製造要因を区分するための判別関数を準備



④ 判別関数により、不良品を予測



⑤ 製造のゆらぎを考慮しても不良率が最低になるような製造条件を決定木解析で抽出



⑥ 共分散構造分析により、判別値に影響を与えるKPI(因子群)の抽出

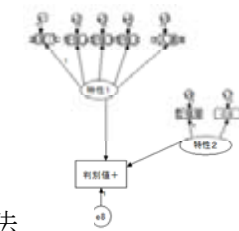


図4-8 本研究で開発したデータ・マネジメント手法

② 判別分析

不良と良品を区別できる製造要因の組み合わせを判別分析という手法で抽出する。例えば、別々のプロセスで計測された温度、作業性、形状複雑性のランクのどのような組み合わせで不良が発生するかが特定できれば、それらの組み合わせが起こらないように製造することで不良を避けることができる。この分析に判別分析を用いる。判別分析では、従属変数(例えば品質)を構成するカテゴリー(例えば良品、不良品)を判別するために「群分け」を行う。群分けとは独立変数(例えば種々の製造条件)を利用して、複数あるカテゴリーを2分する1本の直線を導き出すことである。この直線を表す関数を「判別関数」と呼ぶ。カテゴリーが2つの場合には1本の直線を、カテゴリーが3つある場合には2本の直線を引く。

鋳鉄鋳造工場の実際のデータで分析した例を図4-9に示す。判別値だけで完全に不良の有無を説明できるわけではないが、不良確率でみると判別値との相関が非常に高いことがわかる。つまり、判別値10.0以下では不良確率36.7%、判別値1.0以下では不良確率18.3%、判別値-3.7以下では不良確率3.3%と、この場合は、判別値が大きくなると不良が多くなることを示している。つまり、この判別値をKPIに設定して、KPIが小さくなるようなプロセス管理を行えばよい。このKPIを小さくするためには、管理可能な製造条件の提示が必要である。それを導くには、決定木分析(次項③参照)が有効である。



図4-9 品質バラツキのあるデータにおける判別分析

③ 決定木分析

樹木モデル(tree-based model)は、非線形回帰分析、判別分析のひとつの方法で、分類の問題では分類木(classification tree)あるいは決定木(decision tree)と呼ばれている。樹木モデルは、説明変数の値を分岐させ、それらを組み合わせ、判別・予測のモデルを構築する。分析の結果はIF-THENのような簡潔なルールを生成させ、またそのルールを樹木構造で図示することで理解することができる。決定木ソフトとして、J. R.キンランが開発したRulequest社のSee5.0/C5.0が有名である。また、WEKAというフリーソフトでは、C5.0の一つ前のバージョンが組み込まれ、グラフィカルユーザインターフェースもあるので便利である。その他、一般にデータマイニングと呼ばれるツールで決定木分析が可能である。

決定木分析によって、最終ゴールである KPI が不良品にならないような製造条件(例えば溶湯温度、注湯速度、鑄型強度等)の組み合わせを探ることができる。図 4-10 に、製造条件の複合的なパラメータともいえる判別値が、大きなマイナス値(不良確率が低い)、ゼロ付近(不安定状態)、大きなプラス値(不良確率が高い)という 3つのグループに分けられるように、分析した例を示す。この例では、溶湯温度が適切である場合に良品に、溶湯温度が高すぎる場合に不良品になる確率が高いことがわかった。さらに、鑄型強度や注湯速度等の諸条件の組み合わせによって不良になる可能性があると考えられた。このような分析技術を活用することにより、製造現場に具体的な指示を出すことが可能となり、社内不良を低減することができた。

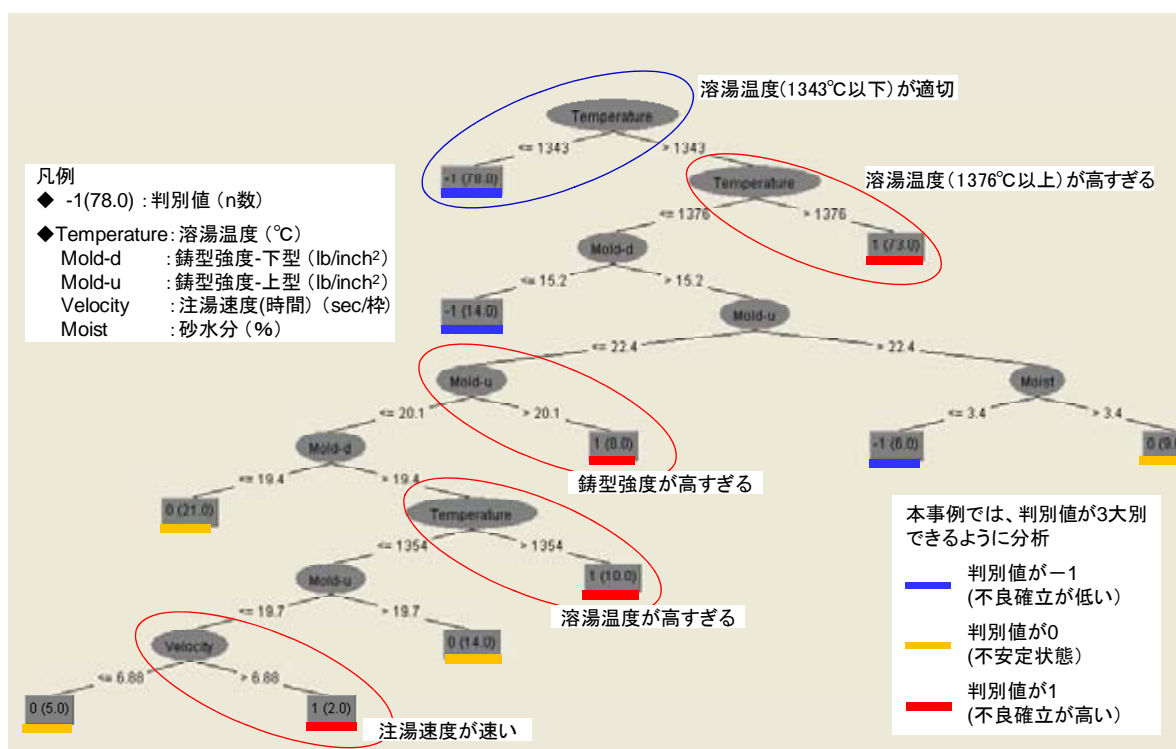


図 4-10 判別値を用いた決定木分析例

また、アルミニウム合金重量鑄造ラインにおいて、特定部位で鑄巣が発生し不良品が多発していたが、判別分析及び決定木分析の結果、金型温度を一定値に設定すればよいことがわかった。この分析結果を受けて、現場では聖域化されている溶湯温度を下げて、上型の温度上昇を 500°C以下になるよう設定した結果、不良を低減することができた。

本研究での成果をまとめると以下のようなになる。

従 来：不良が“ある”、“ない“という事実をゴールにして、その製造要因を直接的に決定木分析する → 解が得られない

本研究成果：判別値(不良確率)をゴールにして、その製造要因を直接的に決定木分析す

る→ 解が得られる
 (“ゆらぎ”への対応)

④ 共分散構造分析

もし、計測データが数多く存在し、固有技術だけではどの計測値の組み合わせを KPI として使用すればよいかわからないとき、共分散構造分析が有効である。共分散構造分析は、直接観測される変数(観測変数)から、直接観測できない潜在変数を導き出し、その潜在変数と観測変数の因果関係について仮説(数理モデル)を設定することによって、さまざまな現象を理解しようという統計的手法で

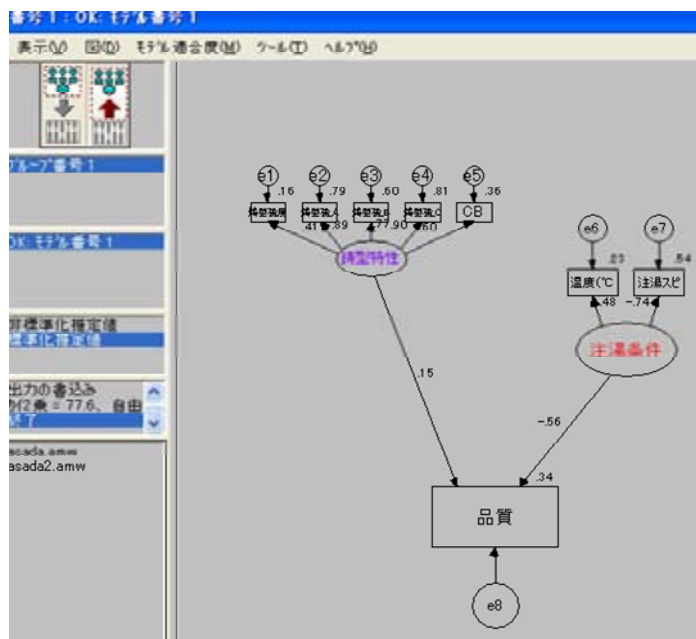


図 4-11 共分散構造分析(Amos)によるパス図解析例
 ある。図 4-11 のように因果関係分析が可能であり、収集されてくるトレーサデータを当てはめ、不良などの原因分析に有効であることがわかった。

(3) 铸造ラインにおける不良率の低減効果

トレーサビリティ・システムの構築によるデータの把握と前記の生産資源管理システムの導入により、アルミニウム合金重力铸造ライン、铸铁铸造ラインともに、大幅に不良削減効果をあげた。

すなわち、アルミニウム合金重力铸造ラインでは、図 4-12 に示すようにプロジェクトの進捗に伴って、工場内不良率を削減し、2009 年度上期までに 1/5 にした。また、不良品の工場外流出については、年々、ユーザーは PPM 管理を強化して 20ppm 要求を出すところもあるが、19ppm を実現してこれをもクリアしている。

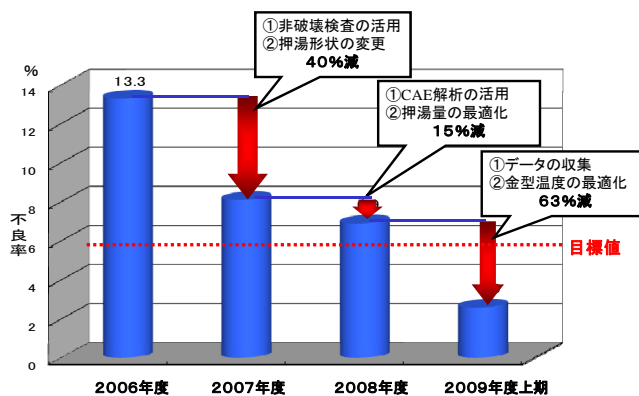


図 4-12 工場内不良率の経時的削減効果

铸铁铸造ラインにおいても、社内不良率は 10%から 2.1%に減少し、工場外流出不良は 0.01%に減少した。

両ラインにおける画期的な不良率削減は、全工程の網羅的なトレーサビリティ・データの収集と、前項(2)②、(2)③で述べたようなデータマネジメントによる解析結果の現場へのフィードバック効果が大きく、全社一丸となつてのトレーサビリティ・システムへの理解と活用が効を奏したと考えられる。

第3章 全体総括

1. 研究開発成果

(1) アルミニウム合金鋳包み部品の開発

研究開発項目	提案書に記載した技術目標値	目標の達成度
Al 鋳包み部品の品質保証技術	10%の軽量化	<ul style="list-style-type: none"> ・隙間ない密着性の優れた Al 鋳包み一体品の成形を実現し、軽量化 10%達成 ・STL データへ変換し、鋳造 CAE が可能になった

(2) 鋳鉄鋳物中空部品の開発

研究開発項目	提案書に記載した技術目標値	目標の達成度
鋳鉄鋳物中空化構造部品の品質保証技術	排ガスクリーン化触媒装置における加熱装置を不要とし、構造の簡素化	<ul style="list-style-type: none"> ・ターゲットとしていたエンジン開発が中止となったため、新たな対象製品（デフケース、オートミッションバルブボディ、排気ポート、エンジンバルブ、エンジンマウンティング、インシュレータ部品）を試作 ・ワーク毎に最適となる加熱パターンを見極め、従来は中空化が困難であったダブル中空、部分中空部品等の製作を行い、各種部品への展開を示唆 ・溶湯流出シミュレーションを開発

(3) 鋳造トレーサビリティ・システムの開発

研究開発項目	提案書に記載した技術目標値	目標の達成度
製造データの自動計測集約化技術の開発	データ自動計測、ネットワーク化、全数検査、日単位での不良率把握	<p>(Al 重力鋳造ライン)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1 個単位でのトレースと 100%読取の 2 次元コードのマーキングとリーダーを確立し、目標を達成 ・トレース時間は数分で可能になり、目標を達成
部品識別のためのマーキングによる管理手法の開発	全数管理に適したマーキング手法	<p>(鋳鉄鋳造ライン)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部品識別のドットパターンを刻印する技術、自動計測システム等により部品と鋳造条件の 1 個単位のトレースが可能となった。 ・自動計測システムとそのデータベースの構築により、部品と製造条件の紐付けを 5 分以内達成

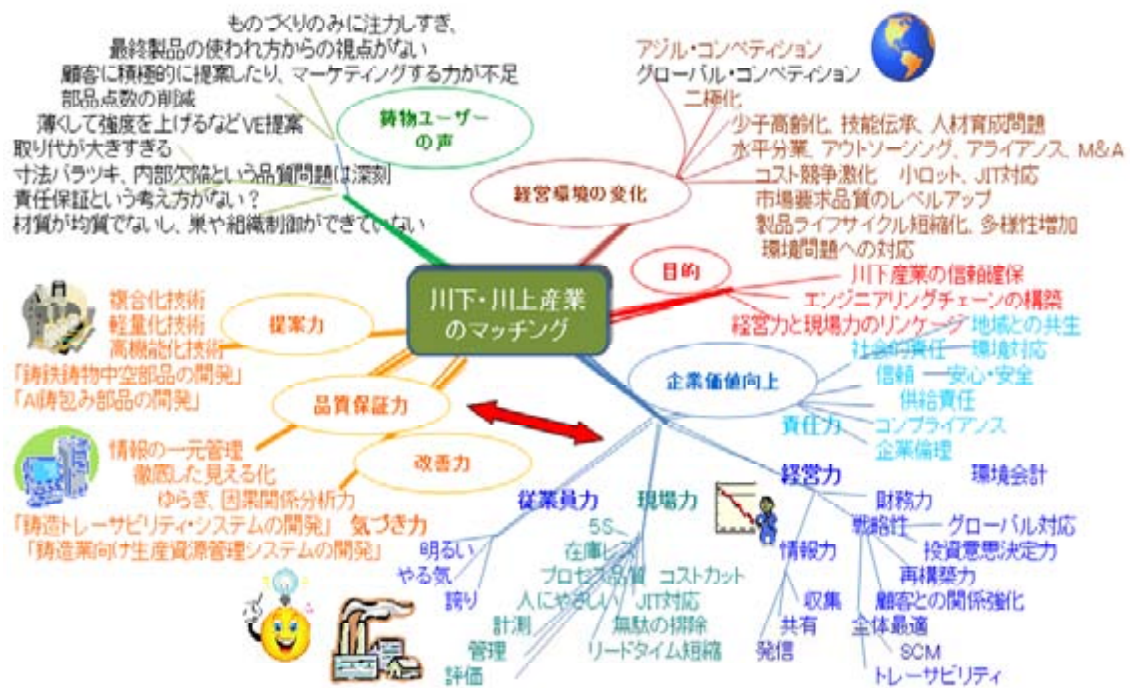
鑄造品の内部非破壊検査技術の開発	CT スキャナと CAE 解析による内部非破壊検査技術開発リードタイム(試作)の20%削減	(AI 重力鑄造ライン) X線 CT スキャナによる新しい検査手法を確立し、20%の削減達成 (鑄鉄鑄造ライン) X線 CT スキャナを用いての品質保証を実現、PR 活動にもスキャナ像を適用
鑄造工程における非定型情報収集システムの開発	「気づき情報」のデータベース化	気づき情報システムを開発し導入済みで達成

(4) 鑄造業向け生産資源管理システムの開発

研究開発項目	提案書に記載した技術目標値	目標の達成度
鑄造プロセス用生産資源管理システムへの対応	計画データ、実績データのデータモデル	(AI 重力鑄造ライン) ・工場プロセス内発生は 1/5 以下 (13.3%→2.6%)で目標達成 ・工場外流出は最終年度実績で 19PPM となり、達成 (鑄鉄鑄造ライン) 社内不良は 1/5(10%→2%)と減少し、工場外流出不良は 0.01%に減少し、目標を達成
データ・マネージメント技法への対応	品質・コストの最適化に資する KPI 抽出技法。ベストプラクティス抽出ツール	

本研究開発では、上述のように当初の目標値を達成した。トレーサビリティ・システムの構築と、データ・マネージメントの導入により、従来は品質信頼性が高いとは言い難かった鑄造における圧倒的な品質保証と品質管理に目処をつけたといえる。

すなわち、最終製品品質を検査し、不良があれば出荷しないというシステムに留まらず、製造データと品質データを網羅的に計測し、不具合分析が即座に実施できて、改善に結びつく仕組みを構築し、目標を達成した。つまり、製造品質問題の解決からプロセスの改善に結びつく生産コスト削減や品質向上など企業経営の成果レベルを飛躍的に向上させる仕組みづくりである。“作業”→“技能”への意識変革による現場力の向上の礎となるもので、これが経営力向上、企業価値向上につながる。結果として、図に示す川上産業と川下産業のマッチングに大きく寄与できるものになるはずである。



2. 今後の課題及び事業化展開

(1) 今後の課題

以下の課題について、各企業メンバーはそれぞれ、開発を進める。

① アルミニウム合金鋳包み部品の開発

- ・ シリンダブロックでの実用化に耐えられるように、すき間がなく密着性が良好な鋳包み技術の安定度を高めると共に更に軽量化を目指す。
- ・ ユーザーである自動車メーカーに試作品を評価してもらい、商品化を進める。
- ・ CT スキャナを利用した品質保証の強化を図る。また、川下産業と連携した品質保証システムを確立する。(川上・川下連携強化)

② 鋳鉄鋳物中空部品の開発

- ・ 中空部品の実用化に向けて、多様な形状に対応できる再現性のある中空化条件の確立を進める。
- ・ 展示会での PR 等により、中空部品のユーザの掘り起こしを行い、ユーザ企業と連携して試作開発を進める。

③ 新製品開発を支援する鋳造トレーサビリティ・システムの開発

- ・ データベースに取込む各種データについて、より一層高い信頼性と安定性を確保し、運用管理を強化する。
- ・ 作業者の気づき情報推進で更にレベルを上げた品質強化（見える化の熟成）を図る。

- ・多数個取りの鋳鉄生型造型ラインにおいて、部品の全数に個別に明瞭なマーキングを行うことができる、高速・高精度なマーキング位置決め技術の開発が必要である。これについては、多数個取りマーキング（15秒/6部品）、マークの小型化（7mm×7mm/1マーク）等を目標としてH22年度補正予算サポイン事業において開発を行う。

④ 鋳造業向け生産資源管理システムの開発

- ・データマイニング不良解析システムを使いこなし、タイムリーな不良対策及び予防対策を実施し、工場内不良率低減の実効をあげる。

(2) 事業化計画

(株)ナカキンにおいては、トレーサビリティ・システムの構築により、①従来に比して格段に短いトレース時間（2～3分）で不良を特定し、これにより不良解析と鋳造方案変更など不良発生への迅速対応が可能であること、②新製品開発におけるリードタイムが20%短縮できること、③そして、鋳物に不良はつきものという通念を覆す不良率の低減（工場外流出20ppm以下）により圧倒的な品質保証を達成したことを、CAEとCTスキャナを適宜活用しつつ、ユーザである自動車企業等にアピールすることによって、生産・販売のグローバル化の中で品質保証が一層大きな課題になっている自動車企業の信頼を得ていく。さらには、自動車企業とデータ相互乗り入れなどの品質保証システムを構築すれば、ユーザ企業との連携は更に強化され、安定的な部品受給関係が構築され、業績が伸長することが期待される。

また、鋳包み技術を、大型エンジンの軽量化・高強度化を目指す自動車企業のニーズに応える開発技術として提案し、自動車企業とともに、エンジン開発を進めていく。自動車メカは世界最適調達による部品メカの絞込みや系列を超えた調達による購買コスト削減の本格化、そして更なる効率化を追求する為に部品のモジュール化を進めているが、鋳包みラダーフレームの開発はこうした動きに対応するチャンスとなる。

これらにおいては、CAEとCTスキャナが、既存のユーザのみならず、新たなユーザ開拓においても、有効で説得力あるビジュアルな実証手段になる。

このように、(株)ナカキンはトレーサビリティ・システムの構築と実用化、データ・マネジメントの推進によって、優れた品質保証力と、リードタイムの短い製品開発提案力を増強し、営業戦略にも活かしていく。

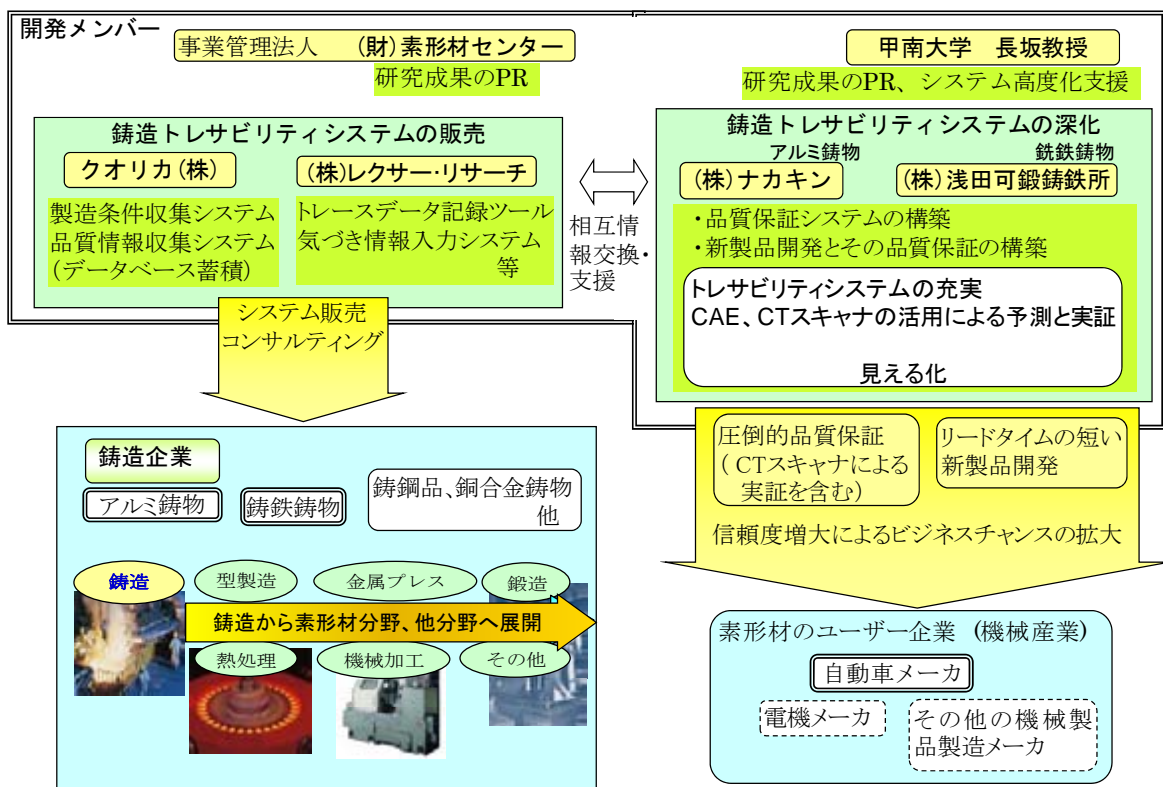
(株)浅田可鍛鋳鉄所では、砂型鋳鉄鋳造ラインゆえのトレーサビリティ・システム構築に難しさがあり、多数個取りの量産ラインにおける一個一個の品質保証力をさらに上げる必要があるが、基本的にアルミニウム合金重力鋳造ラインの(株)ナカキンと同様の効果がある。すなわち、砂型鋳鉄ラインでの画期的なトレーサビリティ・システムによっ

て、①短いトレース時間(5分以内)と不良発生への迅速対応、②格段の不良率低減効果を、CAEとCTスキャナを適宜活用しつつ、ユーザ企業等にアピールすることによって信頼を得て、業績を拡大していく。

また、中空技術については、現在、試作開発を進めている製品については、自動車、油圧機器等のユーザ企業とともに、試作開発を進め、製品化を図る。さらに各種の展示会等で展示、説明して(現時点で今後2回予定あり)、中空部品の特性を活かせる製品開発に向けてPRを重ねる。

クオリカ㈱と㈱レクサー・リサーチは、鑄造企業における徹底した見える化と情報一元管理、さらにはデータ解析により生産・品質・作業情報紐付けを可能にする生産資源管理システムを含むトレーサビリティ・システムの販売を進める。すなわち、従来の紙ベース管理に代わり、タッチパネルとハンディリーダー等を使用して、作業者に負担をかけず、また安定的にデータを収集し、いつでもデータ取り出しが可能なデータベースに蓄積し、不良品が発生した際の製造情報等を容易にトレースし分析できるシステムを、商品化する。さらには不良の予測と対応、最適鑄造方案の検討に有用なCAEの販売も促進する。これらにより、鑄造業の総合的な品質保証レベルの向上に貢献する。将来的には、鑄造以外の素形材企業、さらにはその他の機械部品メーカーへの販売展開が期待される。

これらをまとめて下図に示す。



付 録

1. 参考文献・引用文献

- (1) Yoshiyuki Nagasaka , "Automation and Process Management in Foundry" ,pp. 266-275, International Journal of Automation Technology, Vol.2, No.4, 2008
- (2) 長坂悦敬,“鋳物工場のオートメーションとプロセス・マネジメント”,日本鋳造工学会誌,2009.11,掲載予定
- (3) 李健泳,小菅正伸,長坂悦敬 ,“ビジネス・プロセス・マネジメント(BPM)と原価管理”,pp.18-27,原価計算研究,Vol.33/No.1,2009
- (4) Mintzberg, H., 1978. Patterns In Strategy Formulation, Management Science, Vol.24, No.9, pp.934-948.
- (5) Kaplan, R. S. and Norton, D. P., 1996. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action, Harvard Business School Press.(邦訳)吉川武男(1997)『バランス・スコアカード』生産性出版.
- (6) 長坂悦敬 、“次世代生産環境とデータ・マネージメント”,pp.56-62、“特集：次世代生産システム”、オフィス・オートメーション学会誌(A)、Vol.27, No.4,(2007.5)

2. 専門用語の解説

専門用語	解 説
トレーサビリティ	<p>traceability=“trace”(追跡)+“ability”(可能)</p> <p>いつどこで誰が生産したか追跡できるようにするシステム。特に、自動車業界関連では納入部品の原材料、製造、納入履歴のトレーサビリティを確保し不具合発生時の原因調査の迅速化と対象範囲の絞込みを確保するため、近年急速に要求が高まっている。</p>
QR コード	<p>"QR"は、"Quick Response"(クイックレスポンス)に由来</p> <p>従来のバーコードはせいぜい 20 桁程度の情報量だったが、QR コードは、バーコードの数十倍から数百倍の情報量を扱える。同じ情報量なら 30 分の 1 のスペースで表現が可能になる。</p>
重要保安部品	<p>部品自身の機能不良が人身事故や車両火災に繋がる恐れのある部品を示す。</p>
データマイニング	<p>マイニングとは本来、ダイヤモンド等の鉱石を「採掘する」という意味であり、データマイニングとは膨大なデータの中から、キラリと光る「知見」、「仮説」、「法則」を抽出することを目的とする分析手法である。企業内に蓄積した膨大なデ</p>

	ータの中から、意味のある相関関係や有効なビジネスパターンを発見する技術である。
STL データ	STL(STereo Lithography)データとは CAD の分野で 3 次元物体像の形状を表現する方式。すべての面が三角形の多面体で近似した 3 次元のデータ。
鋳包み	別の部分品を鋳型に入れ、溶けた金属を流し込んで、部分品を本体に接着する方法。