

GRADUATE SCHOOL OF BUSINESS ADMINISTRATION

KOBE UNIVERSITY

ROKKO KOBE JAPAN

Current Management Issues

特殊鋼の製品開発マネジメント

谷 武幸 研究室

氏名 本郷晴

－目次－

1. 序論	1
1.1 緒言	1
1.2 研究の目的	5
1.3 本稿の課題及びケース・スタディー分析対象	5
2. 先行研究レビュー	6
3. 特殊鋼の製品開発ケース・スタディー	9
3.1 部品メーカーP1 社における高強度駆動シャフト用鋼の開発	9
3.1.1 駆動シャフト	9
3.1.2 S1 社高強度駆動シャフト用鋼開発着手までの経緯	10
3.1.3 S1 社高強度駆動シャフト用鋼の材料承認	12
3.1.4 S1 社製高強度駆動シャフト用鋼量産化	14
3.2 部品メーカーP1 社における超高強度駆動シャフト用鋼の開発	15
3.3 小括	17
4. 特殊鋼の製品特性	18
4.1 特殊鋼の定義	18
4.2 特殊鋼の加工プロセス	18
4.3 特殊鋼の製品特性(組織論的アプローチ)	21
4.4 特殊鋼の製品アーキテクチャとその推移	22
5. 特殊鋼の製品開発	24
5.1 特殊鋼の製品開発プロセス	24
5.1.1 開発プロセス情報処理モデル	26
5.1.2 機能・コンセプトの明確化	26
5.1.3 タスク・ジャッジ	27
5.1.4 ベーシック・エンジニアリング	27
5.1.5 スケールアップ・エンジニアリング	30
5.1.6 材料承認	31
5.2 特殊鋼の製品開発における開発効率向上	31
5.3 駆動シャフト用鋼の開発におけるフロントローディング	34
5.4 S1 社レジデントエンジニア派遣による製品開発体制	36
6. 結論と今後の研究課題	39
6.1 特殊鋼の効果的な製品開発パターンについての仮説	39
6.2 特殊鋼製品開発の今後の方向	39

1. 序論

1.1 緒言

鉄鋼は産業革命後の近代製鋼法の発明によって初めて大量生産が可能となり、それ以来今日に至るまで多くの産業の主要な素材であり続けている。

我が国においても20世紀初頭の官営八幡製鉄所の操業開始以来生産量は増加し続け、1980年にはアメリカを抜いて自由世界での粗鋼生産量ナンバーワンの地位を獲得した¹。

日本鉄鋼業は量的な面だけではなく、生産技術²、品質³、製品開発⁴をはじめあらゆる面において世界をリードしており、これらの技術力によって自動車を始めとする輸送機械、産業機械、建設機械などの国内の多くの産業の国際競争力向上に寄与していることは疑いないであろう⁵。

このように日本鉄鋼業は、生産技術、品質、製品開発ではトップを走り続けており、特に生産技術と品質については高度に熟練された職業意識の高い現場作業員と、大型コンピューターを使った高度な管理技術に支えられて技術力を維持していると言われているが、この反面最新鋭設備と大型コンピューターを国家の政策として導入した中国や韓国の鉄鋼メーカーからは激しい追い上げを受けており、その生産技術と品質についての優位性は小さくなっている。このような環境においては、製品開発で抜きん出た優位性を保ち続けることが日本鉄鋼業の生き残りの道であると考えられる。

鉄鋼の製品開発は、製鉄プロセスの開発を主体とした製品開発と合金設計を主体とした製品開発に大別され、合金設計を主体とした製品開発は更に超高機能を持つ鋼材開発と漸進型製品開発の二つに分類できる。

製鉄プロセスの開発を主体とした製品開発とは、製鉄プロセス自体を開発することで達成される製品開発である⁶。これらは、主に鋼材メーカー側のエンジニアリングプッシュ⁷として開発が行われ、鋼材メーカーで効果が詳細に事前確認された上で高額な設備投資を行って製品開発が成される。このため、得られる鋼材機能は飛躍的に向上することも多々あるが、反面投資額が膨大となることが多いため、開発の頻度は高くはない⁸。

合金設計を主体とした製品開発のなかで、超高機能を持つ鋼材の製品開発も鋼材メーカー側

¹ 今井(1994、p.2)

² 富浦(1994、pp.69-96)

³ 竹内(2004、pp.63-88)、川上(2004、pp.151-180)

⁴ 川端(1995、pp.114-142)

⁵ 国内自動車メーカーが海外に工場を建設した場合、自動車外板用鋼材や駆動系、動力系部品用特殊鋼棒鋼の調達に困難となり、自動車メーカー側から鋼材メーカーに対して、現地鋼材メーカーへの技術援助や、鋼材の輸出等の対応を要請することは一般的である。これは、国内鋼材メーカーの技術水準が国際的に抜きん出しており、海外鋼材メーカー単独では日本の自動車メーカーが鋼材に要求する機能を達成することが困難なためである。

⁶ 藤村・榎田・本郷(2000、pp.39-45)

⁷ 鉄鋼業界では一般に、エンジニアリングプッシュをシーズ技術、マーケットプルをニーズ技術と呼ぶことが多い。

⁸ Utterback(1994)が述べている素材型産業における工程イノベーションと同義。

のエンジニアリングプッシュとして開発が行われる⁹ことが多い。具体的には、超高強度・高靱性のマルエージング鋼¹⁰や、鉄基アモルファスなどの超高機能材料の製品開発である。これらの開発は主に大学や企業の研究室で行われ、量産化においても通常の製鉄プロセスとは異なる特殊な専用製造プロセスで製造される。このような開発の技術レベルは高度であるが、市場規模が一般に小さいため、鋼材メーカーにおいては所謂主流の開発ではないことが多い。

漸進型の製品開発とは顧客からのマーケットプル型開発であることがほとんどであり、鉄鋼メーカーの現有設備をそのまま用いて合金設計を主体に現用鋼より優れた機能を持たせる鋼材開発である。そしてその開発頻度は、インテグラル型の製品特性を持つ自動車用鋼材のケースが多い。

従来このような開発は、合金設計と顧客加工工程での製造条件最適化を中心に開発が行われてきたが、近年では更に顧客加工工程まで深く踏み込んで合金設計と顧客加工条件の組み合わせによる新機能の付加や、新しい加工プロセスの導入¹¹を積極的に行い、より高機能な鋼材の開発を行う傾向にある¹²。そして漸進型の開発は大きな設備投資をすることなく大規模な市場を狙えるため、鋼材メーカーに取っては最も重要であり、鋼材メーカーの多くの研究者や技術者はこのような漸進型の開発に主力を置いている。

鉄鋼は成熟した産業であるため、その製品開発においては、先行開発されて保有している要素技術を顧客のニーズに適応した製品にして、適切なタイミングで市場に投入することが重要である¹³。

延岡(2002)は「製品開発での差異化には、①製品による差異化と、②製品開発能力による差異化の二つのレベルがある。製品による差異化については、近年では、差異性が高い製品を開発しても、競合企業が直ちに同じような製品を開発し、比較的早く差異性が失われる場合が増えている¹⁴」、としている。また「他方、製品開発能力とは、企業の仕組みやプロセスのことであるので、競合企業からは簡単には見えず、しかも、開発する製品すべてに応用できる可能性があり、差異化の源泉としてより重要である¹⁵」としている。本稿の主題もこの考え方に従って、製品開発能力の向上に焦点を当てて検討を進めることとする。

尚本稿では、研究の対象を高度なインテグリティが要求される自動車用特殊鋼にスポットを

⁹ 基礎技術は大学との共同研究の形をとることも多い。

¹⁰ 森山・高木・徳永(1994、pp.1106-1112)

¹¹ 機能めっきや表面処理、樹脂コーティングなどの複合化である。

¹² 金子・平本・石川(2004、pp.28-32)

¹³ Clark and Fujimoto(1991p. 22)

¹⁴ 延岡(2002)

¹⁵ 延岡(2002、pp. 27-29)

当て¹⁶、より高度化、複雑化する製品開発環境のなかでの製品開発能力の向上、特に製品開発マネジメントの効率化を中心に検討することとする¹⁷。

1. 2 研究の目的

本研究の目的は、特殊鋼の製品開発マネジメントの効率的なパターンを自動車部品用特殊鋼の開発に関する実証分析を通じて明らかにすることである。

そのためにはまず特殊鋼の製品特性を明確化し、その効率的な製品開発パターンを理論的に予測したのちに、そのパターンの有効性を自動車部品用鋼材の製品開発における実証分析を通じて確認する。そして得られた結果を特殊鋼業界の製品開発に活用し、国内特殊鋼メーカーの国際競争力の更なる向上に寄与させることである。

1. 3 本稿の課題及びケース・スタディー分析対象

前項で示した研究目的を達成するために、本稿では以下の二つの研究課題を設定する。

第一の研究課題は、アーキテクチャ特性の観点から特殊鋼の製品特性を明確にすることである。特に最近では鋼材メーカーと顧客企業である部品メーカー間にまたがる製品開発が主流となっており、2者間のインターフェースが複雑化したインテグラル型の製品開発が行われている。本稿ではこの特殊鋼の製品アーキテクチャの変化についても検討を加える。

第二の研究課題は、第一の研究課題で明確となった特殊鋼の製品特性において効果的な製品開発方法を見出すことである。組立型産業である自動車産業の製品開発においては、フロントローディングの有効性が実証分析によって証明されているが¹⁸、プロセス製品の製品開発におけるフロントローディングの有効性はいまだ検証されていないと思われる。本稿では特殊鋼の製品開発におけるフロントローディングの有効性を、実証分析を通して検証する。

以上の課題を検討するために、本稿では自動車部品用特殊鋼の製品開発をケース・スタディーとして2例取り上げている。2例は高強度駆動シャフト用鋼の開発と超高強度駆動シャフト用鋼の開発であり、特殊鋼メーカー、部品メーカーともに同じ企業間で行われた開発事例である。

この2例はまず高強度駆動シャフト用鋼が先行して開発され、この開発完了後により高機能な超高強度駆動シャフト用鋼の開発が行われている。これらの製品開発は同じ企業間にわたる同じ

¹⁶ 自動車用特殊鋼は、その用途が駆動系、動力系、操舵系など、車の性能自体を左右する部位に使用されることから、その機能要求レベルは高度であり、かつ擦り合わせのレベルも高い。また、重要保安部品であるところから、信頼性も重要である。

¹⁷ 前述したように、特殊鋼の製品特性はよりインテグリティのレベルが上がる傾向にあり、製品開発のマネジメントはより複雑化している。従って、より高度なすり合わせが必要な製品開発を行うためには、マネジメントの効率化が必要である。

¹⁸ 藤本(2003)、Clark and Fujimoto(1991、訳書 pp. 162-164)

適用用途での開発であるが、インテグリティのレベルが後者のほうが格段に高度化しており、その開発マネジメントにも差異が認められる。

また後者においては、前者の経験を活かしたフロントローディングによる開発の効率化が行われているため、その有効性についての比較分析を行うのに適した開発事例であると考えられるからである。

2. 先行研究レビュー

本章ではまず、製品開発における研究アプローチの方法についてその変遷を概観し、その流れのなかでの本稿の研究アプローチの位置付けを明確にする。

新製品開発研究のアプローチについて桑嶋(2004, 2002)は、近年はプロセス・アプローチをベースとして、4つの新たなアプローチ「製品・産業特性アプローチ」、「マルチプロジェクト・アプローチ」、「問題解決アプローチ」、「組織能力アプローチ」という新しい研究アプローチがあるとした。

「製品・産業特性アプローチ」とは、製品特性を考慮しながら個別産業ごとに効果的な製品開発パターンを明らかにするアプローチであり、Clark and Fujimoto(1991、訳書 1993)が、「自動車産業を分析対象として明らかにした有効な製品開発パターンが、特性の異なる他の製品や産業に当てはまるかどうかを明らかにすることを主目的としている」と説明している。これを受けて桑嶋は、「製品特性が異なれば、効果的な製品開発パターンも異なる可能性があることが次第に明らかになってきた」、とした。

藤本・安本(2000)は、「製品・産業特性アプローチ」から9つの産業分野(携帯電話、カラーテレビ、スーパーコンピュータ CPU パッケージ、医薬品、合成樹脂、ビール、化粧品、ゲームソフト、毛織物・アパレル)と自動車における製品開発プロセスを事例分析をもとに比較し、自動車の開発パターンとの比較の観点から各産業における効果的な開発パターンを検討した。また彼らは、産業製品特性を組織論を用いて考察し、製品開発マネジメントの産業間比較分析を体系的に行うための分析枠組みを示した。更に彼らは、効果的な「製品開発パターン」と「産業・製品特性」との間には相関関係が観察されたことを報告している。

藤本・武石・青島(2001)は、「アーキテクチャ」という概念をさまざまな企業行動に適用することによって企業行動に対する理解を深めることができることを実証的に示した。尚、本稿でいうアーキテクチャとは彼らの議論に従い、「製品構成要素間の相互依存性から見た製品システムの性質」と定義する。

本稿は、藤本・安本(2000)が示した分析枠組みに従い、プロセス製品である特殊鋼の製品開発においても、Clark and Fujimoto(1991、訳書 1993)が示した効果的な開発パターンが有効であるかどうかを実証分析を通じて明らかにすることを目的としている。そしてその分析を行うに当たっ

ては、まず研究対象である特殊鋼の製品特性を藤本・武石・青島(2001)らが示したアーキテクチャの観点から明確化する。

次に、「マルチプロジェクト・アプローチ」について述べる。このアプローチは複数プロジェクトを効果的に管理する手法を明らかにすることを目的としたものである。延岡(1996)は日米の自動車企業を対象として、「新技術戦略」「並行技術移転戦略」「既存技術移転戦略」「現行技術改良戦略」という4つの複数プロジェクト管理手法と製品開発パフォーマンスとの関係を分析し、開発工数に関しては、「並行技術移転戦略」を採用したプロジェクトの工数が他の戦略のものより少ないことを明らかにした。特殊鋼の製品開発においても、コアになるテクノロジーはそうそう頻繁に生まれてくるものではないため、このアプローチでの検討も必要である。

「問題解決アプローチ」とは、Clark and Fujimoto(1991、訳書 1993)で採用された「製品開発を問題解決プロセス」と捉える枠組みを用いて、有効な問題解決パターンを探ることを目的としたアプローチである。Clark and Fujimoto(1991、訳書 1993)、Thomke and Fujimoto(2000)は、製品開発期間を短縮する有効な手法として、「問題解決のフロントローディング」という概念を提示した。青島(1997)はこれを受けて、ボーイング777の開発事例から複雑性の高い組織間に渡るフロントローディングを行うには、情報伝達を有効に行うことが重要であり、そのツールとして3D-CADが有効であることを示した。

フロントローディングについては上記のように組立型製品でその有効性が確認されているが、プロセス製品においてはまだ検証が行われていないように思われる。本稿ではプロセス製品である特殊鋼の製品開発におけるフロントローディングの有効性についての検証を試みる。

またClark and Fujimoto(1991、訳書 1993)は、自動車の製品開発においては開発ステージ間のオーバーラップの度合いが高いほどトータルでの開発リードタイムが短いことを発見した。そして、開発期間を短縮させるにはステージ間の頻繁なコミュニケーションと、頻繁な接触による調整や情報交換が必要としている。特殊鋼はプロセス製品であるため、開発ステージの区別が組立型産業ほど明確ではなく、寧ろステージ間が混沌とした反復的な製品開発が行われているとされているが¹⁹、この観点からも検討を行う。

次に鉄鋼製品の製品開発マネジメントについての先行研究調査を行う。尚、鉄鋼製品の製品開発マネジメントについては先行研究が少ないため、まずはプロセス産業全般にまで調査対象を広げたレビューを行う。

Barnett and Clark(1998)²⁰はプラスチック、超合金、殺虫剤、応用化学の4産業6企業を対象として製品開発のケース・スタディーを行い、プロセス型産業の製品開発プロセスは組立型産業のように製品開発と工程開発とが明確に分離しておらず、製品開発のなかにプロセス開発が入り

¹⁹ Barnett and Clark(1998)

²⁰ I-bid Barnett and Clark(1998)

込んでいることを明らかにした。彼らは、プロセス型産業における製品開発ではプロセス全体を通して「製品・工程の設計－テスト」の繰り返しによる「反復的問題解決」が行われているとしている。そしてこうした問題解決プロセスを「コア・イタレイティブ・モデル」と称した。

赤瀬(2004)は合成樹脂の製品開発を取り上げ、情報処理モデルによる製品開発プロセスの検討とケース・スタディーから、合成樹脂の製品開発においては「タスク・ジャッジ」という判断が重要であることを示した。「タスク・ジャッジ」とは、製品開発の初期に、川上工程まで含めた開発を行うか、川中・川下のみの開発で対応するかの判断を行うことであり、この判断が開発の成否を決定するとしている。

桑嶋(2004)は、22社の化学企業を対象に行った51の製品開発プロジェクトに関するアンケート調査をもとにして統計的な分析を行い、化学産業における効果的な製品開発パターンの導出を行った。その結果、「顧客の顧客」である最終消費者の顧客満足創出プロセスも見据えてコンセプトを開発し、直接のバイヤーである消費財メーカーに対して提案していくことが効果的である可能性を見出した。

次に鉄鋼の製品開発マネジメントについて述べる。鉄鋼の製品開発は、合金設計を主体とした製品開発とこれを支えるプロセス技術開発に分けられる。プロセス技術開発は前述したように、鋼材製造プロセスを大幅に簡略化したり画期的な新製品を生み出したりする重要な開発であるが、その開発には膨大な開発工数と費用が必要なことが多く、またその頻度は特に特殊鋼分野においては多くない。

川端(1995)はファインスチールの製品開発戦略に着目し、ファインスチールの製品開発のケース・スタディーを通して製品開発競争が多品種・小ロットを生み、大量生産システムに過重な負担をかけ、研究・開発・設備投資のリスクとコストを肥大化させていったことを示した。この研究は、鉄鋼の製品開発がインテグラル型に偏移しすぎた場合に製品ロットサイズとプロセスサイズとの不適合が発生し、リスクとコストが増大することを指摘した点で意味がある。プロセス製品である特殊鋼においても開発技術者は常にこの観点を考慮しながら開発を進めるべきであり、本稿においても検討を行う。

Lynn(1982)は鉄鋼のプロセス技術の導入について、LD転炉導入プロセスを日米鉄鋼関係者70数名へのインタビューにより再現した。しかしながら、この研究はプロセス技術についてのみ行われており、鉄鋼の製品開発については触れられていない。

三木(1999)は特殊鋼棒線材の製品開発において、具体的に機械部品用鋼の開発事例を取り上げ、コンカレント・エンジニアリングの重要性を述べた後に期待効果を示した。この論文は企業の技術報告集で発表されたものであるが、著者が知り得る限りにおいては、鉄鋼分野におけるMOTの先導的な研究である。

以上概説したように、製品開発マネジメントに関する研究は、Clark and Fujimoto (1991、訳書

1993)の研究以降急激に進展しているが、研究対象が組立型製品主体であるところから、プロセス製品を対象にした研究は少なく、鉄鋼分野に関しては、ほとんどなされていないと言っても過言ではない。しかしながら藤本・安本(2000)は、製品・産業特性を考慮したアプローチのなかでプロセス産業をも対象に含めた一般化された分析枠組みを提示しており、鉄鋼分野に関してもそろそろ「製品・産業特性アプローチ」による製品開発マネジメントの研究がなされても良い時期にきているのではないと思われる。

本稿では上記「製品・産業・特性アプローチ」にそって、特にインテグラル化傾向の強い製品開発が行われている特殊鋼の製品開発を研究対象に取り上げ、その製品開発マネジメントの効率化についての研究を行うこととする。

以上の先行研究調査をもとに、既存研究に対しての本稿の貢献を整理すると次のように整理できる。

①特殊鋼を含む鉄鋼製品の製品特性についての研究の意義

プロセス製品は一般に顧客とのインターフェースがモジュール型であると考えられており、今まであまり議論されてこなかった。本稿では特殊鋼を含む鉄鋼製品の製品特性について、製品アーキテクチャという概念を使って整理しており、今後プロセス製品の製品特性を考える上で新しい整理方法を提示していると考ええる。

②インテグラル型の製品開発を行っているプロセス製品において、フロントローディングの有効性を確認した意義

プロセス製品としては一般的ではないインテグラル型の製品開発を行っている自動車部品用特殊鋼を分析対象として、製品開発におけるフロントローディングの有効性を確認しており、またコア・イタレイティブな製品開発方式とフロントローディングの整合性についても議論している点で、プロセス製品の製品開発の効率化に新しい視点を導入したと考える。

3. 特殊鋼の製品開発ケース・スタディー

3.1 部品メーカーP1社における高強度駆動シャフト用鋼の開発

3.1.1 駆動シャフト

P1社は大手自動車部品メーカーであり、ジョイントや回転部品に強みを持っている。駆動シャフトは、直接エンジンの駆動力を伝達する部品であるため、軽量化による燃費改善効果はその部品の軽量化による効果のみならず、駆動力の伝達効率も向上させて特に効果的である。このためP1社はジョイントの軽量化による差別化戦略を選択し、鋼材の高強度化や設計の最適化による予肉の削減等の開発を行ってきた。

本章では、まずP1社が鋼材メーカーS1社、S2社とともに1990年から2004年までに実施してきた高強度駆動シャフト用鋼開発について、鋼材メーカーS1社からの視点を中心にその製品開

発のマネジメントについての分析を行う。

尚駆動シャフトとはジョイントの子部品であって左右のジョイント部をつなぐシャフトであり、重量ではジョイント全体の約25%を占めるため、その軽量化は P1 社に取っても、更にその先の自動車組立メーカーに取っても重要である。

P1 社では、高強度駆動シャフト開発後、更なる高強度化を目的に超高強度駆動シャフトの開発を実施した。超高強度駆動シャフトの開発では、機能要求レベルが高強度駆動シャフトより格段に高くなっており、鋼材開発においてもインテグリティのレベルが高度化していた。通常インテグリティのレベルが上がると達成可能なパフォーマンスのレベルも上がるとされているが、その反面製品開発におけるマネジメントは複雑化し、開発期間の延長などの製品開発コストが増大することが予測される。本章で取り上げる二つのケースにおいては、二番目のケースで一番目のケースよりインテグリティのレベルが上がった反面、フロントローディングなどの工夫で開発期間の延長を防止できた事例を取り上げる。そして、この二つのケースを比較することから特殊鋼の製品開発の特徴を洗い出し、より効率的な製品開発マネジメントの検討に結びつけるのが本章の目的である。

3. 1. 2 S1 社高強度駆動シャフト用鋼開発着手までの経緯

P1 社の駆動シャフト用鋼は、P1 社が市場参入を果たした1965年から1980年頃まで、S2 社がほぼ独占的に納入しており、自社で圧延した丸棒をS2 社の外注加工先で切断した後外周旋削まで行い、短尺磨き棒鋼²¹として P1 社に納入していた。

S1 社は1984年に棒鋼圧延ラインをリフレッシュして技術開発を行い、精密圧延²²と制御圧延²³を組み合わせ、外周旋削を省略できるほど寸法制度が高く、ノルマライズ²⁴が省略できるほど結晶粒が微細均一化した新製品、ノルマ省略精密圧延棒鋼を開発して P1 社に PR した。P1 社は、外周旋削とノルマライズの2工程が省略可能な S1 社新製品を採用し、徐々にシェアを増加させたため、1990年には S1 社のシェアが80%を超えていた。

S2 社は、S1 社に取られたシェアを取り返すべく鋼材製品開発を行い、当時 S2 社が精力的に開発を行っていたボロン添加鋼²⁵を開発して P1 社に PR した。P1 社はジョイントを重点戦略商品と

²¹ 引き抜き加工または外周旋削加工を施した丸棒鋼で、表面が美麗であることから磨き棒鋼と呼ばれている。

²² 圧延後製品の寸法精度を高め、次工程の加工負荷を減らすことが可能な製品を製造する圧延方法。

²³ 圧延を低温で行うことで結晶粒を微細均一化し、ノルマライズが省略可能な製品を製造する圧延方法。

²⁴ 鋼材の熱処理の一種で、組織を均一化することで後工程での焼入れや切削加工を安定化させるために行われる。

²⁵ 鋼材にボロンを添加すると、焼入れ性の向上や結晶粒界強化による疲労強度向上の効果が期待できる。

して位置付け、軽量化による差別化戦略を採用していた。また他社製駆動シャフトのベンチマークの結果、自動車組立メーカーC1社²⁶のシャフトに既にボロンが添加されていたのを発見し、強い危機感を感じていたため S2 社の開発鋼の提案を直ちに採用した。

S1 社は、ジョイントの子部品用鋼としてはより単重の大きい外輪²⁷用鋼のシェアの過半数を持っていた。このため P1 社は、駆動シャフト用鋼高強度化開発においては S2 社との共同開発を行い、外輪用鋼高強度化においては、S1 社と共同開発して、両部品ともに開発効率を上げたいとの思惑があったと思われる。

また、駆動シャフト用鋼については既に S1 社のシェアが高くなり過ぎていたため、P1 社は二社購買の観点からも S2 社に優先的に開発を依頼したようである。

P1 社は鋼材メーカーS2 社に、駆動シャフト高強度化の目標要求機能を、静捻り強度、疲労強度、加工性を考慮した圧延まま鋼材での硬さで示した。また S1 社に対しては、外輪用鋼高強度化の要求機能をやはり、静捻り強度、疲労強度に加えて、現行加工プロセスで加工可能であること、という定性的な加工性要求を提示した。

S2 社は、1990年に P1 社より開発要請を受けると直ちに品質設計に取り掛かり、自動車用特殊鋼の開発としては異例の2年という短期間で量産化承認を得た。この背景には、S2 社は自動車用特殊鋼棒鋼の生産量では国内トップクラスであり、技術的な蓄積が多く、特にボロン鋼の要素技術開発が先行研究されて既に特許が成立していたことがある。従って、汎用形状のテストピースでの評価試験データは既に保有していたのである。また P1 社には、シェアは低下していたものの従来強度レベルの鋼材を納入し続けており、P1 社の加工プロセスを熟知していた。

加えて、S2 社は P1 社駆動シャフト用鋼のかつてのメインサプライヤーであったが、S1 社精密圧延・ノルマ省略鋼への切り替えが進んでおり、その開発には、過去に取られたシェアを取り返すというような商権奪回的な緊張感が強くあったものと推定される。また P1 社側からみれば、この時点では S1 社のシェアが高くなり過ぎていたため、2社調達の観点からも S2 社の開発を支援する姿勢が強かった。

一方 S1 社特殊鋼棒線事業は大手鋼材メーカーのなかでは最後発であった。S1 社は以前は普通鋼線材・棒鋼を主体に生産してきたが、市況によって販価が大きく変動する普通鋼棒線製品では将来的な展望が開けないとして、1984年に圧延設備を全面的にリフレッシュし、高付加価値製品である特殊鋼棒線材への品種転換を進めてきた。そしてこの時期に急成長してきた、P1 社ジョイント部門への特殊鋼棒鋼の供給を行うことで、特殊鋼棒鋼の販売量を伸ばしてきた。このため、1990年当時は、未だ S1 社は S2 社と比べて、特殊鋼棒鋼に関しての技術的蓄積が乏しかった。

²⁶ ジョイント内製部門を保有している大手自動車組立メーカー。

²⁷ ジョイントカップ部のことを示しており、ジョイント一本で2個あるため、重量は全体のおよそ50%を占める。

P1 社はまず S2 社が高強度駆動シャフト用鋼の開発に成功したため、この鋼材を使って今度は P1 社としての製品である軽量ジョイントの開発に着手し、1997年6月に自動車メーカーに販売を開始した。鋼材開発の量産化承認から鋼材の量産化、つまり P1 社の製品開発までには自動車メーカーからの承認取得期間も含めて4年半かかっている。

一方外輪用鋼の高強度化に取り組んだ S1 社は、汎用試験片レベルの試験では要求機能を満足したものの実部品では要求機能に対して試験値が大幅に未達となり、1995年12月の P1 社と S1 社の技術会議で5年かかった開発の中止が決定された。開発失敗の原因は、外輪の形状自体が複雑なことによる部位毎の要求機能の複雑性により、技術的に実部品での要求特性が満足できなかったことである。

S1 社はこの高強度外輪用鋼の開発期間中に、S2 社の高強度駆動シャフト用鋼の開発には気が付いてはいたものの、P1 社の製品である軽量ジョイントには高強度駆動シャフトと高強度外輪の開発の両方がマストであるとの推測をしており、S2 社製高強度駆動シャフト用鋼のみが採用されて P1 社の軽量ジョイントの商品化がなされるとは考えていなかった。

S1 社は、自社が高強度外輪用鋼の開発に失敗し、また S2 社が高強度駆動シャフト用鋼の開発に成功したのを確認して危機感を強め、高強度駆動シャフト用鋼の開発であれば S2 社より優れたアイデアがあるとして P1 社に開発参入を申し込み、1996年2月にプレゼンテーションを実施した。S1 社の優れたアイデアとは、化学成分設計を適正化することで P1 社外注先での高周波焼入れにおける焼割れ感受性が下げられるため、生産性の面でネックとなりやすい高周波焼入れ工程の生産性を上げることができる、というものであった。しかしながらこの時点では、S1 社は S2 社の特許を回避しつつもなお S1 社の独自性のある PR ポイントを探る必要があったため、まだ汎用テストピースによる機能評価試験さえも終わっていなかった。

3. 1. 3 S1 社高強度駆動シャフト用鋼の材料承認

1996年8月 S1 社は P1 社に試験片での機能試験結果で高強度駆動シャフト用鋼としての要求機能は満足したことを報告した。また高周波焼入れによる焼割れ感受性についても、ラボデータでは S2 社高強度材より改善されることを確認した。そしてこの結果は、S1 社と P1 社間で行われた VA 会議でも確認された。(S1 社担当技術課長2名、営業課長1名、特約店課長1名、主任1名、P1 社資材課長、品証課長、技術管理課長が出席)

1997年2月、P1 社の S1 社製鋼材実体部品での評価試験が終了した。この時点で P1 社では、S1 社製高強度駆動シャフト用鋼の合金設計が採用可能、との判断が成されている。

ここで、P1 社の材料承認についての作業フローについて概観する。P1 社の材料承認は、設計部門であるジョイント技術部が材料機能に関する評価を、ジョイント工場生産技術課が量産化評価を行い、本社品質管理部が認定する、という手順である。鋼材が認定されるとジョイント技術部

が新規型番設計時点で鋼材指定を行い、ジョイント納入先の自動車メーカーから図面承認を得た上で、ジョイント生産部門であるジョイント品質保証課と生産管理課に適用材料を指示する。生産管理課は営業からの受注予測を見ながら本社調達部に材料調達を指示し、本社調達部が鋼材メーカーにオーダーするフローが一般的である。

新規鋼材の場合、設計部門であるジョイント技術部と量産化評価部門である生産技術課が鋼材の機能と生産性を評価するため、新規鋼材の創生価値の評価をも行うことになる。鋼材価格はこの創生価値評価をもとに、P1社の調達部とS1社の営業部との間で交渉が行われ、高強度化エキストラが決定される。この場合S1社の営業部は、S1社品質設計部門である商品技術部に量産化コストを見積もらせ、コスト変動分を事前につかんでからエキストラ交渉に臨むことになる。

1997年7月にP1社でテスト鋼塊材のばらつき性評価が完了し、S1社とP1社で共同特許を出願した。そして実工程化実験への移行が決定された。これを受けてS1社は、鋼材製造における量産化エンジニアリングを実施し、実工程での溶製・圧延実験を開始した。そしてその後11月には、P1社へ実工程製造サンプルを納入した。P1社はS1社の実工程サンプルを使ってP1社内での実工程化実験を実施し、その結果を1998年2月のPR会議でオーソライズした。P1社の評価結果は、耐焼き割れ性についてはS1社での事前評価結果と同様S2社材より良好且つ、焼入れ性がS2社材より上回る、という良好なものであった。

尚PR会議とは、P1社が大口径サプライヤー5～6社に対して年1回程度開発材料や小部品のアイデアPR会を要求しているもので、目的は次年度の自社の開発に関してのテーマの発掘と擦り合わせである。

当時P1社に取ってS1社は最大サプライヤーS4社と肩を並べる大口径サプライヤーとなっており、S1社に取ってもP1社は全顧客中売上高で上位に入り、特に特殊鋼棒線事業においては最大売上を計上する最高ランクの顧客であった。

両社の関係はこのような緊密なものであったため、鋼材PR会議はP1社から技術トップの専務以下研究所長である役員1名、各部署から部長級6名、課長級16名が出席し、S1社からは、取締役事業部長以下準役員2名、部長3名、副部長2名、課長級6名が出張して会議に出席する、という大掛かりなものであった。

P1社は鋼材PR会議後S1社製高強度駆動シャフト用鋼の量産試作にはいることを決定し、S1社の溶製において化学成分がばらついた場合のロバスト性評価の目的で、再度合金成分高め狙い材、中央値狙い材、低め狙い材の3種類のテスト鋼塊サンプルをS1社に要求した。加えて金属組織についての基礎データや基本特性等も要求した。その後1998年9月にS1社は実機製造サンプルをP1社に納入し、10月にはP1社での量産化テストが終了して量産化可能との評価を得た。但し量産化に際しては、この時点でのS1社の開発鋼化学組成では、S1社材とS2社材を混在させて同一ラインで高周波焼入れすることが困難であるとして、S1社に対して合金設計の微

調整を行うよう要請した。

次に、この S1 社 S2 社における開発期間の差異について考察してみる。S2 社は開発鋼 PR の時点で既に先行開発が進んでおり、自社単独で特許まで保有していた。これに対して、S1 社は PR の時点では未だアイデアの段階であり、PR が終わってから開発を始めている。このことから、特殊鋼の開発においては鋼材メーカー側の先行開発が重要であることが解る。

先行開発の最大のポイントは言うまでも無くアイデアの創出であるが、このアイデア創出においては、顧客の加工プロセスを熟知したうえで、加工限界を考慮しながらアイデアを創出することが必要である。そしてこの観点から考えると、現行材を納入しているメーカーが新規参入メーカーに比べて圧倒的に有利である。

P1 社高強度駆動シャフト用鋼の開発に関する本ケースでは、S1 社、S2 社はともに現行材納入メーカーであり、この点に関しての差異はないが、老舗の特殊鋼メーカーである S2 社は P1 社の加工プロセスに適合するような先行鋼材開発を実施し、既に特許まで保有していた。このため S2 社の開発期間が S1 社より短かったのである。

その後 S1 社は、1999年1月に、試験鋼塊から製造した焼入れ性調整サンプルを P1 社に納入した。そして P1 社でのテスト結果により、P1 社から S1 社材と S2 社材の焼入れ性の差異が小さくなり、同一製造条件で製造可能、との評価を得た。この結果を受けて1999年4月に P1 社でデザインレビューが行われ、S1 社製高強度駆動シャフト用鋼の製造承認が成された。

この時点での P1 社での S2 社製高強度駆動シャフト用鋼鋼材使用比率は、駆動シャフト用鋼材使用量およそ1000t/月程度に対して200t/月程度であった。

しかしながら2000年1月に P1 社から S1 社へ、高強度駆動シャフト用鋼の承認は行ったものの P1 社の新製品である軽量化ジョイントの拡販が思ったほどできておらず、高強度材の適用比率が上がっていないのに加えて、国内景気の低迷により、ジョイントの生産量自体が減っているため、当面は S2 社材のみで対応できるとして、S1 社の量産化はしばらく待つて欲しい、との見解を通達した。

3. 1. 4 S1 社製高強度駆動シャフト用鋼量産化

2001年2月に P1 社は欧州でのジョイント組立ラインの建設予定があることを S1 社、S2 社に開示し、欧州における特殊鋼の調達支援を要請した。このような調達支援は、自動車メーカーに代表される日本の組立メーカーや部品メーカーが鋼材メーカーに対してしばしば依頼することである。これは日本の組立メーカーや部品メーカーは、国内の高品質な鋼材を使うことを前提に自社の製造ライン設計を行っており、海外でも国内鋼材と同等の機能・品質レベルの鋼材調達を希望するためである。このため鋼材メーカーに対して日本からの輸出、または日本鋼材メーカーのパートナーである海外鋼材メーカーへ国内鋼材メーカーが製造ノウハウを移管し、海外鋼材メーカー

から鋼材が調達できるように支援を依頼するのである。S1社はP1社からの依頼を受け、P1社からの評価向上のチャンスと見て欧州鋼材メーカーへの技術支援に取り組んだ。

P1社はS1社のこの技術支援を評価してS1社への高強度駆動シャフト用鋼の発注を確定した。これを受けてS1社は、2002年6月から欧州鋼材メーカーE1社に対して、高強度駆動シャフト用鋼の品質設計の支援を開始した。また国内でのS1社材の参入については、2002年10月から参入確性試験を再開することとし、S1社は2003年3月に量産化サンプルを納入した。

ところがS1社から納入した量産化サンプルは、1999年にP1社において一度量産化試作が成功しているにもかかわらず、P1社で高周波焼入れ工程における品質トラブルが発生し、解決が必要となった。このためS1社は、トラブルが発生したサンプルを徹底的に調査したのち、化学成分の狭幅管理でトラブルを回避できる条件を見出し、再再度のサンプル製造にかかった。P1社はこの原因については、テスト型番が最もトラブル発生に不利な型番であったためとしている。このような問題は特殊鋼の開発におけるスケールアップ問題の典型的な例である。

その後2003年11月に、S1社より再再度トライ用量産サンプルをP1社に納入し、2004年1月にP1社は、S1社製高強度駆動シャフト用鋼の量産を承認した。その後P1社より自動車メーカーへの材料変更申請を行い、C2社から2004年4月に承認を取得した。

しかしながら、P1社のもう一社の軽量ジョイント大口対象顧客であるC3社は鋼材が変わることに対して難色を示した。国内特殊鋼需要は旺盛であり、P1社はS2社からの材料デリバリーが遅延傾向であることに危機感をつのらせ、S1社にC3社への採用促進支援を依頼した。そして、P1社とS1社の2社でC3社を訪問して技術説明を行い、2004年12月にC3社から材料変更の承認を得た。

3.2 部品メーカーP1社における超高強度駆動シャフト用鋼の開発

S1社は当時特殊鋼事業分野では、国内他社に対して生産量の点から遅れを取っていたため、S1社社長は棒線事業の強化が必要と判断して研究所の体制を強化し、新たに棒線研究部を設立した。そして研究員の大幅な増員と部長ポストの新設を行なった。

棒線研究部初代部長の T 部長は鋼材研究に対する強い情熱を持ち、顧客役員との人脈構築による情報網の整備、関係部課を巻き込んだ開発マネジメントの遂行、開発鋼の販価決定に際しての社内外への働きかけ等を積極的に行う重量級プロジェクト・マネージャー²⁸であった。

T 部長は、超高強度駆動シャフト用鋼の開発は高強度駆動シャフト用鋼の開発と比較するとインテグリティのレベルを格段に向上させる必要があることを認識し、P1 社との情報共有レベル向上の手段としてレジデント・エンジニアの派遣を決定した。

超高強度駆動シャフト用鋼の開発については、当初 P1 社から開発の要請を鋼材メーカー数社に行ったが、特殊鋼需要が急増してきた時期であり、鋼材メーカー側は全般的にあまり積極的ではなかった。この中で S1 社は、駆動シャフトを継続して P1 社へ納入してきた現行商権確保の目的と、当時棒線研究部で開発が始まっていた超高強度鋼のアイデアをもとに積極的に開発を推進する体制を取った。この超高強度鋼のアイデアとは、鋼材合金設計と顧客加工工程である高周波焼き入れにおける特殊な焼き入れ条件の組み合わせによって優れた鋼材特性を得る、という画期的なものである²⁹。

また T 部長は、本開発には部品メーカー加工工程のシミュレーションが必要不可欠と判断し、2004年6月に高周波焼き入れ試験機を導入している。この試験機導入によって、本開発で最も重要な最適高周波焼き入れ条件の設定がベーシック・エンジニアリングの時点までフロントローディングすることが可能となったのである。また、高周波焼き入れ試験機での採取データを通して、S1 社と P1 社との間の情報共有レベルは格段に向上し、かつては実施できなかった S1 社側からの適正な高周波焼き入れ条件の提案が行えるようになったのである。

更に T 部長は、P1 社役員への報告会を二年間で5回実施し³⁰、P1 社経営者との情報共有を促進し、また P1 社生産技術部門の開発への関与を強く要請して、スケールアップ時の課題のフロントローディングに努めている。

本開発テーマは、前項で示した高強度駆動シャフト用鋼を更に発展させたテーマとしても捕らえられるが、P1 社の機能要求が高度化していることから、よりインテグラル型の製品開発が必要

²⁸ 重量級プロジェクトマネージャーは、プロジェクトの長として、プロジェクト構成員である他機能組織のメンバーにまで指揮命令権を持つのが一般的であるが、このケースの場合は他の機能組織のメンバーへの指揮命令権は持っておらず、部門間のインターフェースを通しての働きかけをすることでマネジメントしている。その意味では厳密には重量級とは定義できない。但し、開発製品の販価設定や量産化時期にまで踏み込んだマネジメントをしているため、ここでは重量級プロジェクト・マネージャーとした。当時の S1 社社長は部長ポストを新設するにあたり、S1 社棒線事業の研究部門には強力な製品開発マネジメントが必要と考えて、重量級プロジェクトマネージャーとなり得る資質を持った T 部長を指名したものと考えられる。

²⁹ T 部長は、このような高度なインテグレーションが必要な製品開発においては、レジデント・エンジニアによる情報の高密度な共有が必要不可欠であると判断し、特殊鋼事業部門としては初めてとなるレジデント・エンジニアの派遣を決定した。

³⁰ T 部長は P1 社主力製作所所長(取締役)が、同じ大学・学部・学科出身であることも活用して、人脈を構築している。国内鉄鋼・金属加工産業においては、川端(1995)が指摘しているように、日本鉄鋼協会や金属学会、大学研究室などを介した技術交流が頻繁に行われており、これらのコミュニケーションが日本鉄鋼業の強みである、とも言われている。

であった。レジデント・エンジニアを介した技術情報の交換は、2社間のインターフェースを効果的に連結し、結果的に22ヶ月という高機能な鋼材開発としては異例の短期間で P1 社でのデザインレビューまで持ち込んだのである³¹。

3.3 小括

表1 S1 社の高強度駆動シャフト用鋼、超高強度駆動シャフト用鋼の製品開発
マネジメント比較

	高強度駆動シャフト用鋼	超高強度駆動シャフト用鋼
インテグリティー レベル	鋼材合金設計において、顧客加工工程で量産を可能とするための擦り合わせが必要であり、中程度。	鋼材合金設計と顧客側加工工程である高周波焼入れ条件を積極的に組み合わせて高機能を達成しており、極めて高度。
プロジェクト・マネージャー	製品設計部門課長(技術サービス担当): 軽量級 PM.	棒線研究部長(準役員): 重量級 PM.
情報共有手段	PR 会議、VA 会議 製品設計部門課長と研究員の定期的な訪問 共同開発契約(二社コンペ)	PR 会議、VA 会議 重量級 PM から顧客役員への定期的な報告 レジデント・エンジニアの配置 共同開発契約(一社単独) 顧客側生産技術部門、設計部門の関与を強く要請
加工工程のシミュレート	切削加工性試験	切削加工性試験 高周波焼入れ試験

以上のように本章では、自動車部品メーカーP1 社と鋼材メーカーS1 社、S2 社の間で行われた高強度駆動シャフト用鋼、超高強度駆動シャフト用鋼の製品開発についてのケース・スタディーを行った。そして特殊鋼の製品開発における成功可否は、その開発鋼材の機能や上市タイミング、開発リードタイムの影響を強く受けていることを見てきた。しかしながら実際の採用に当たっては、

³¹ 本稿執筆時点ではまだ開発が完了していないため、厳密には開発期間の比較を行うことができないが、著者が観察する限りにおいては、スケールアップ問題はフロントローディングによってほとんど解決されているようである。

その時代の市場の状況、顧客側の調達方針、会社間の協調関係などの影響を受けていることも事実であった。

開発製品の採用に当たっては上記のような様々なファクターが影響して決定が成されているが、本稿においては市場原理が新製品の採用可否に与える影響を考察することは主旨ではないため、ここでは製品開発マネジメントの特徴を主体として上記二ケースについて表1に総括的な比較整理しておく。

4. 特殊鋼の製品特性

4.1 特殊鋼の定義

本章では、前章のケースを基に特殊鋼の製品特性を明確にする。

鉄鋼製品は大きくは普通鋼と特殊鋼に分けられ、更にJISによって細かく分類されている。普通鋼とは建材、船用、プラント、住宅・家具等に広く使われているいわゆる普通の鋼材であり、機械的強度のみを保証したSSグレード、溶接性と強度を保証したSMグレード等がある³²。

特殊鋼とは文字通り特殊な用途を想定したもので、機械部品に使われる機械構造用炭素鋼や歯車等に使われる機械構造用合金鋼、さらに特殊な用途に使われる軸受鋼やばね鋼、工具鋼などがある。

特殊鋼の比率は図1に示すように国内粗鋼生産量の概ね20%である。特殊鋼のなかの鋼種構成比を図2に示す。自動車に多用される機械構造用炭素鋼、機械構造用合金鋼、軸受鋼、快削鋼、高抗張力鋼の構成比が高い。

特殊鋼は使用環境が総じて苛酷であり³³、顧客での一部品単位での製品設計が必要とされる。また、特殊鋼は自動車を始めとする輸送機器の動力・駆動系に適用されることが多いが、このような部品の軽量化はエネルギー消費量低減の効果が大きいいため、鋼材への要求は益々高強度化、長寿命化の方向に向かっている。

4.2 特殊鋼の加工プロセス

生産財の加工プロセスを考える場合、例えば合成樹脂ではほとんどが射出成型加工のみであって単純であるが、特殊鋼の加工プロセスにおいては、加工工具や治具と鋼材との物性差が小さいために一般に難加工であり、従ってその加工プロセスが複雑である。

³² JIS の規格分類では、亜鉛めっき鋼板、その他表面処理鋼板等は普通鋼に分類される。従って、製品特性を考える上では、普通鋼のカテゴリーのなかにもインテグラル型の製品が入り込んでいることになる。

³³ 高い圧力下で高速度の回転体を高い信頼性で保持することが要求される軸受鋼や、繰り返し数が圧倒的に高い環境下での耐へたり性が要求されるバルブスプリング用鋼、直径 150 μ m まで伸線された後に 4,000Mpa もの抗張力を要求されるタイヤコード用鋼が量産鋼のなかでは特に過酷な機能要求がなされる代表的品種である。

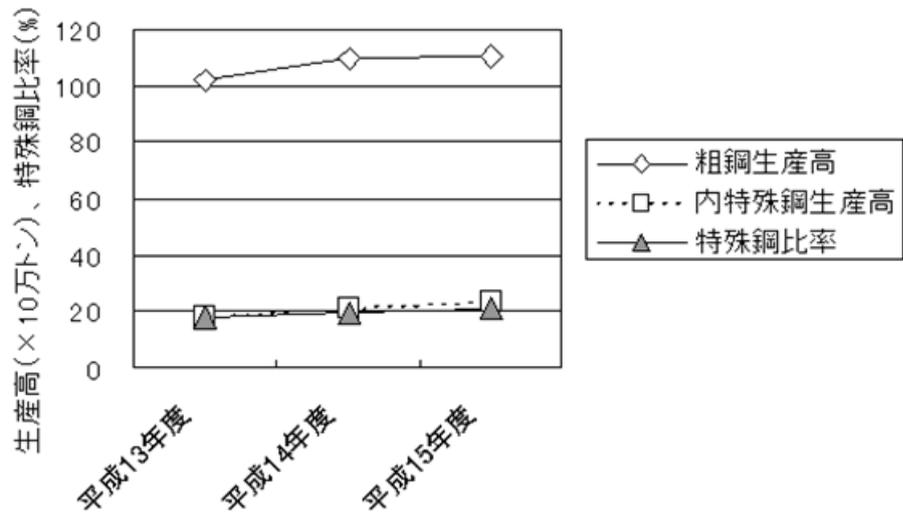


図1 国内粗鋼生産高に占める特殊鋼の比率(経済産業省統計値)

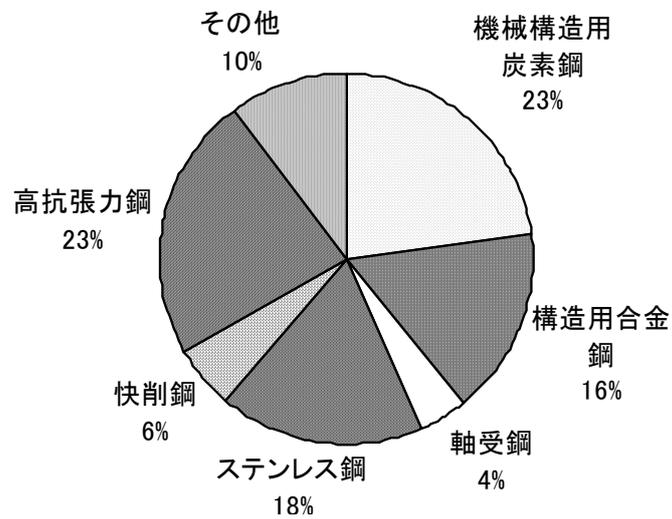


図2 特殊鋼の品種別構成比率(特殊鋼倶楽部統計値平成15年度)

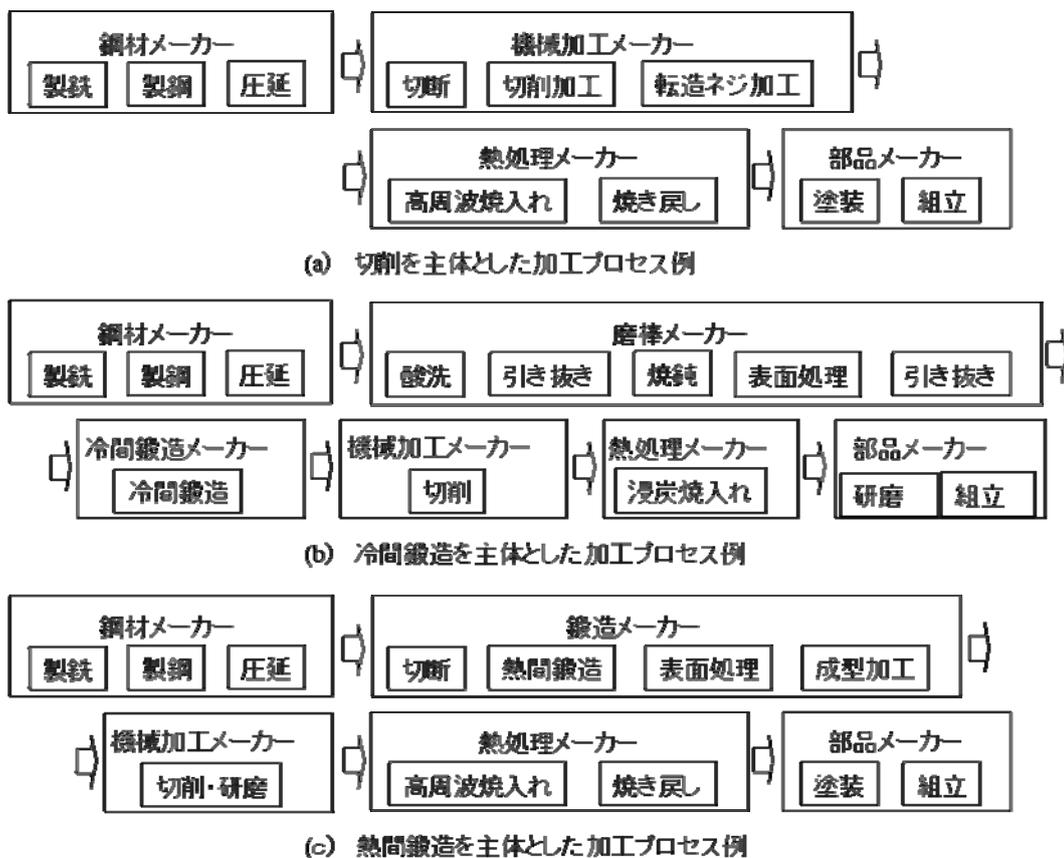


図3 特殊鋼の代表的な加工プロセス例

例えば自動車部品加工プロセスは、図3に示すように切削加工もしくは熱間か冷間の鍛造が主体となっている。ところが工具と被加工材である特殊鋼との物性差が小さいために、中間焼鈍³⁴や潤滑材付着³⁵等の加工を容易にするための追加プロセスが必要な場合が多い³⁶。

また企業間の工程分担においては、鋼材メーカーは部品または組立メーカーに鋼材を販売し、部品または組立メーカーが機械加工メーカーや鍛造メーカーなどに外注で加工を委託している場合が多いが、時には鋼材メーカーが熱処理まで行った後に部品メーカーに中間製品を販売したり、磨棒メーカーが鋼材を調達して熱処理まで行ったのちに部品メーカーに販売したりと複雑である。

このように、特殊鋼の加工プロセスは複雑であり、また管理体制も複雑であることから、部品メーカーまたは自動車メーカーは、自社の外注加工先での製造管理項目を必ずしも把握しきれてい

³⁴ 鋼材は塑性変形を伴う加工を受けて硬化する(加工硬化)。このため、強い冷間組成変形を受けた鋼材を更に加工する場合は、途中で鋼材を軟化させるための熱処理を加える必要がある。これを中間焼鈍と称している。

³⁵ 主に冷間鍛造を行う場合に実施する前処理で、金型との潤滑を行うために、事前に鋼材側にリン酸皮膜等をコーティングすること。

³⁶ 3章で取り上げたケースの場合は、切削を主体とした加工プロセスであり、中間焼鈍などの加工を容易にするための追加プロセスは含まれていないが、その反面焼鈍プロセスがないために鋼材硬さの上限値管理を厳密に行う必要があり、合金設計における大きな制約になっている。

ない。

特殊鋼の製品開発を検討するに当たっては、このような複雑な加工プロセスを考慮した品質設計を行うことが最も重要なポイントとなる。反面複雑な加工プロセスを鋼材の合金設計と組み合わせることで新たな機能を創生することも可能であり、このような開発が特殊鋼の製品開発の主流となりつつある。

4. 3 特殊鋼の製品特性(組織論的アプローチ)

藤本・安本³⁷は、「顧客満足創出プロセスを構成する各状態およびその因果関係に関していくつかの属性が定義でき、記号関係に関する「多義性」、状態そのものに関する「複雑性」、および因果関係に関する「不確実性」の3つに整理する分析手法」を示した。ここではこの分析手法に従って特殊鋼の製品特性について分析を行う。

顧客満足が多義性について藤本・安本は、「生産財の場合一般的に顧客の知識レベルが高く、あるいはニーズそのものが単純であるため、顧客が自分の期待あるいは満足の基準を定量的に表すことが比較的容易である」、としている³⁸。特殊鋼の場合部品としての機能要求から鋼材への要求特性を定義すること自体はさほど多義的ではないが、顧客の加工プロセスが部品単位で異なる上に複雑であり、加えて加工性という概念自体が、鍛造加工における金型寿命であるのか、製品の鍛造割れ発生率であるのか多義的である。

次に複雑性について述べる。藤本・安本(2000)は複雑性の概念を状態システム構成要素の多数性・多様性、および要素間の相互依存性に分解して考えている。特殊鋼の場合は前述したように、鋼材の機能要求自体は例えば静的捻り強度、捻り疲労強度、衝撃値等で与えられるが、これらの特性自体が加工条件への依存性を強く持つ。このため顧客側は、例えば高周波焼入れ後の静的捻り強度を規定する場合、高周波焼入れ条件である周波数、コイル形状、コイル移動速度、投入電力、試験片または部品形状とその状態、非定常焼入れ部長さ等を、自社の操業条件または一般的な試験片作成条件に合わせて鋼材メーカーに提示した上で要求機能を規定する必要があり、要素多数性・多様性は高い。

鋼材メーカー側から見た場合、例えば合金設計を行うに当たっては、その効果と加工に及ぼす影響、合金添加コストの双方を常に考慮する必要がある。また近年は特に、合金設計と加工条件または加工プロセスの組み合わせにより、より高機能な特性を達成しようとする開発が行われており、要素多数性、多様性も複雑化する傾向にある。

生産工程の要素多様性については、製鋼・圧延プロセス自体は、ほぼ確立されたプロセスで生

³⁷ 藤本・安本(2000、pp. 244-250)

³⁸ 桑嶋(2004)、藤本・桑嶋・富田(2000)は、生産財の製品開発では、顧客の願望に正確に従うことは、必ずしも成功にはつながらない、との分析結果を示した。

産することになるため、多様ではない。

要素間の相互依存性については、一般的に機能向上、例えば高強度化、高靱性化、高耐食性等を指向した品質設計を行えば、鋼材の加工性が低下するトレードオフが発生するため依存性が高い。鋼材メーカー側から見て最も重要なことは、機能を最大限に確保しながら加工できるところまで合金設計を適正化する見極めと、顧客側加工工程での条件出しのシミュレーション技術である。そのためには、鋼材メーカー、組立メーカーまたは部品メーカーとその外注加工メーカー間に渡る企業横断的な品質設計技術が必要である。

生産工程の不確実性については、プロセス製品であることから、不可避免的にスケールアップ問題が発生する可能性があって高い³⁹。

以上整理すると、特殊鋼の製品特性は次のように整理できる。

- ①顧客の要求は、鋼材の加工に関して多義性が高い。
- ②顧客満足の要素多様性については、顧客加工プロセスにおける適正条件の設定まで含むため多様性が高い。また、要求機能と加工条件については、相互作用が強く発生するため複雑である。
- ③顧客における加工プロセスでスケールアップ問題が発生し易く、結果不確実性が高い。

つまり①～③より、特殊鋼は生産財であるにもかかわらず、インテグラル型の製品であることが解る。

4. 4 特殊鋼の製品アーキテクチャとその推移

鉄鋼製品は例えば JIS などで規格化された規格鋼材と、開発して量産化されたが規格化されていない開発鋼材に大きく分類できる。そしてその製品特性は、鋼種によって大きく異なっている。そこで、鉄鋼製品の種類による製品特性分類を、インテグラル型とモジュラー型、顧客とのインターフェースがクローズなものとおープンなもの二軸に従って整理してみたのが図4である⁴⁰。

モジュラー型で顧客とのインターフェースがオープンな鋼種の典型は、H 形鋼やホットコイルに代表される規格汎用鋼である。これらの鋼材は鋼材メーカーと顧客間のインターフェースが JIS で規定されているため、顧客は鋼材規格とサイズを鋼材問屋に発注するだけで欲しい鋼材が入手でき、直ちに使用できる。

モジュラー型で顧客とのインターフェースがクローズなものは鉄鋼製品では多くはないが、例えば顧客が特別なサイズをオーダーして製造されるテーラーメイド形鋼がある。テーラーメイド形鋼は顧客単位でサイズが規定されていることから、インターフェースはクローズであるが、サイズと材料強度が規定されれば擦り合わせの必要はなく、モジュラー型の製品といえる。

³⁹ 藤本・安本(2000、pp. 244-250)

⁴⁰ 青島(2001、pp. 151-187)

前項で示したように、特殊鋼の製品特性は多義性、要素多様性、結果不確実性が高く、プロセス製品でありながらインテグラル型に偏移した製品である。特殊鋼においても JIS 規格等の規格はあり、モジュール化の努力は成されているが、例えば切削性改善の目的で硫黄を添加したり、疲労寿命向上の目的で清浄度を厳しく規定したりすることは一般的であり、これらの特別仕様は特定顧客との擦り合わせで仕様決定されるため、インターフェースはクローズに寄っている。しかしながら、硫黄量増加や清浄度の厳格管理は特定顧客の特定用途のみに限定して対応しているわけではないため、完全なクローズではない。



図4 特殊鋼の製品アーキテクチャの変化

さて特殊鋼の製品開発、特に自動車向け特殊鋼の製品開発を考える場合、従来の開発方法は、自動車組立メーカーもしくは部品メーカーから強度スペックや加工性の数値目標が提示され、これらの目標スペックを満足させるための合金設計を鋼材メーカー側で行った後にサンプルを試

作し、自動車組立メーカーもしくは部品メーカーと鋼材メーカーが共同で評価する方法が一般的であった。

最近では自動車メーカー側からの機能要求が益々高度化し、鋼材側の合金設計だけでは要求機能が満足できなくなってきており、合金設計と加工条件制御を組み合わせた開発が行われるようになってきている⁴¹。このような変遷をアーキテクチャの概念で整理すると、図4中に示すようによりクローズ化・インテグラル化の方向に進んでいると言える。

製品開発における要求機能が高度化した場合には、モジュラー型の開発では機能要求が満足できないためインテグラル化する現象は一般的であろう。また、製品開発がよりインテグラル化されると、擦り合わせにおける情報開示の必要性から、顧客企業との共同開発の形態を取らざるをえず、従って製品開発の成果としての新製品の顧客との関係はクローズとなるのである。

5. 特殊鋼の製品開発

5.1 特殊鋼の製品開発プロセス

プロセス製品の製品開発プロセスに関して、Barnett らはコア・イタレイティブ・モデル⁴²を提案している。彼らは、「プロセス型産業の製品開発プロセスにおいては、製品開発とプロセス開発が一体となっているため、開発ステージごとに区切って開発が行われるのではなく、プロセス全体を通じて製品設計・工程設計・運転条件設計とそれらのテストが繰り返して行われている」ことを示した。

特殊鋼の製品開発においてコア・イタレイティブ・モデルを修正したのが図5である。最近の特殊鋼の製品開発プロセスを考えるとときには、前述したように、鋼材の加工プロセスも含めた工程設計と条件設定が必要不可欠となってきているが、部品の加工プロセスは部品メーカーもしくは部品メーカーの外注加工先であるため、2社間に渡るコア・イタレイティブ・モデルとなる。そして、鋼材製品設計・鋼材工程設計・鋼材運転条件設計に加えて鋼材加工条件設定とそれらのテストが繰り返して行われている。

⁴¹ 加工条件制御とは、例えば高周波焼入れにおいて特殊な焼入れパターンを実施したり、特殊な鍛造加工を行ったりするケースが増加している。また、加工条件のみならず、新たに、高機能なめつきを施して表面硬度の上昇や耐食性の向上をはかったり、樹脂コーティングや窒化などの表面処理を行うことも一般化しつつある。

⁴² Barnett and Clark(1998,pp.805-820)

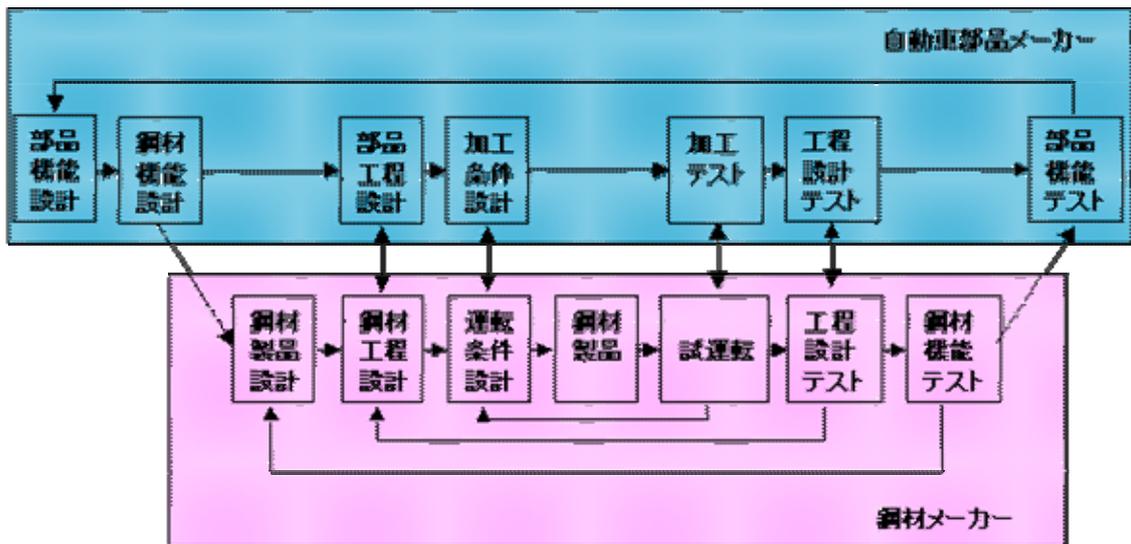


図5 部品用特殊鋼の開発プロセス(コア・イタレイティブ・モデルをもとに著者が修正)

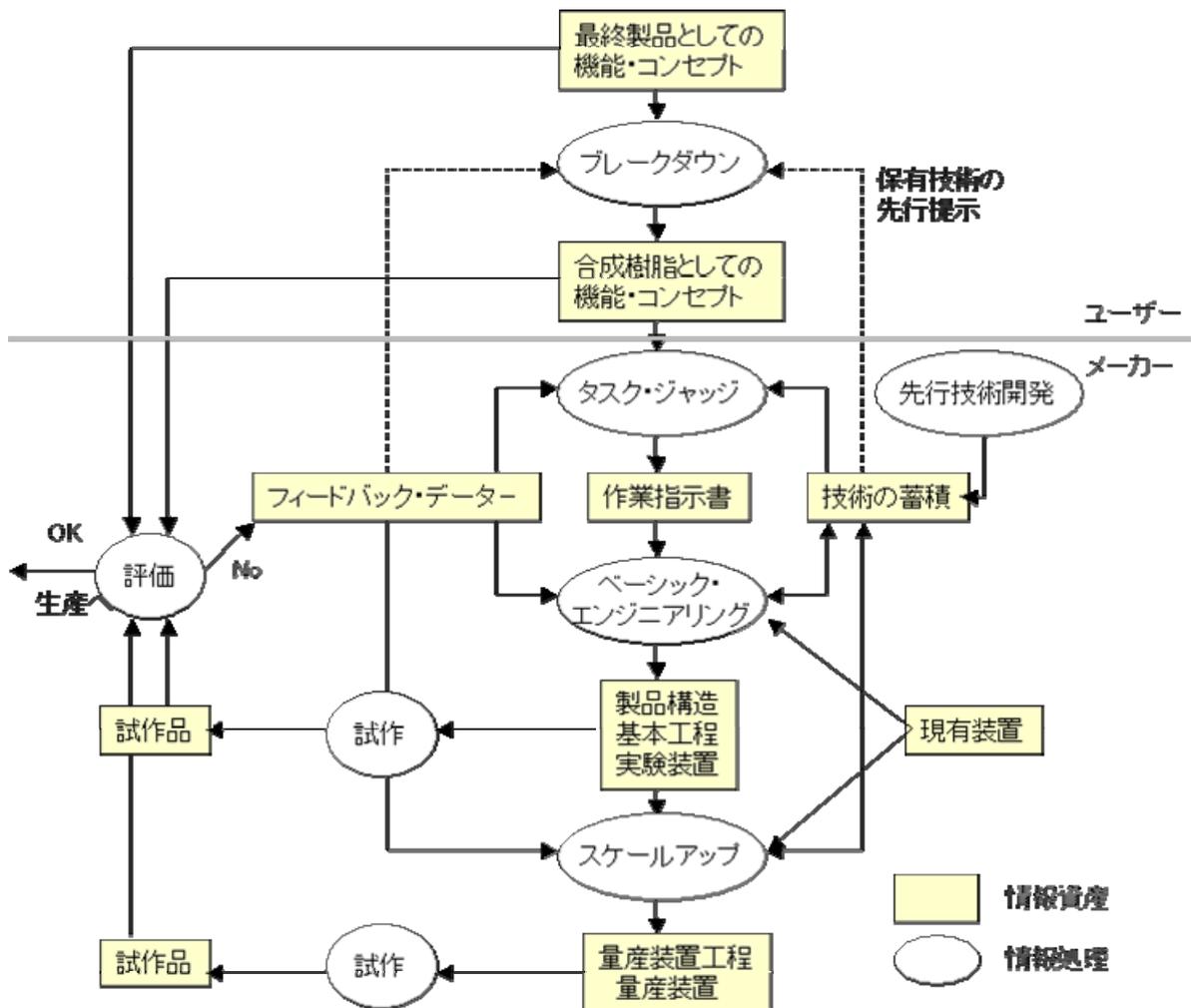


図6 情報資産の変化で観察した合成樹脂の製品開発プロセス 赤瀬

5. 1. 1 開発プロセス情報処理モデル

赤瀬⁴³は、Barnett のコア・イタレイティブ・モデルを発展させて、合成樹脂の製品開発プロセスを図6に示すような情報処理モデルとして提示した。ここでは赤瀬の示したモデルをもとに特殊鋼の製品開発における情報処理モデルを検討する。

特殊鋼は図5に示したように2社間に渡る製品開発となるため、モデルの構造は更に複雑である。図6をもとに検討した特殊鋼の開発プロセス情報処理モデルを図7に示す。本項においては、上記2つのモデルから、合成樹脂の製品開発プロセスと、特殊鋼の製品開発プロセスを比較しながら、特殊鋼の製品開発プロセスの特徴を洗い出してみる。

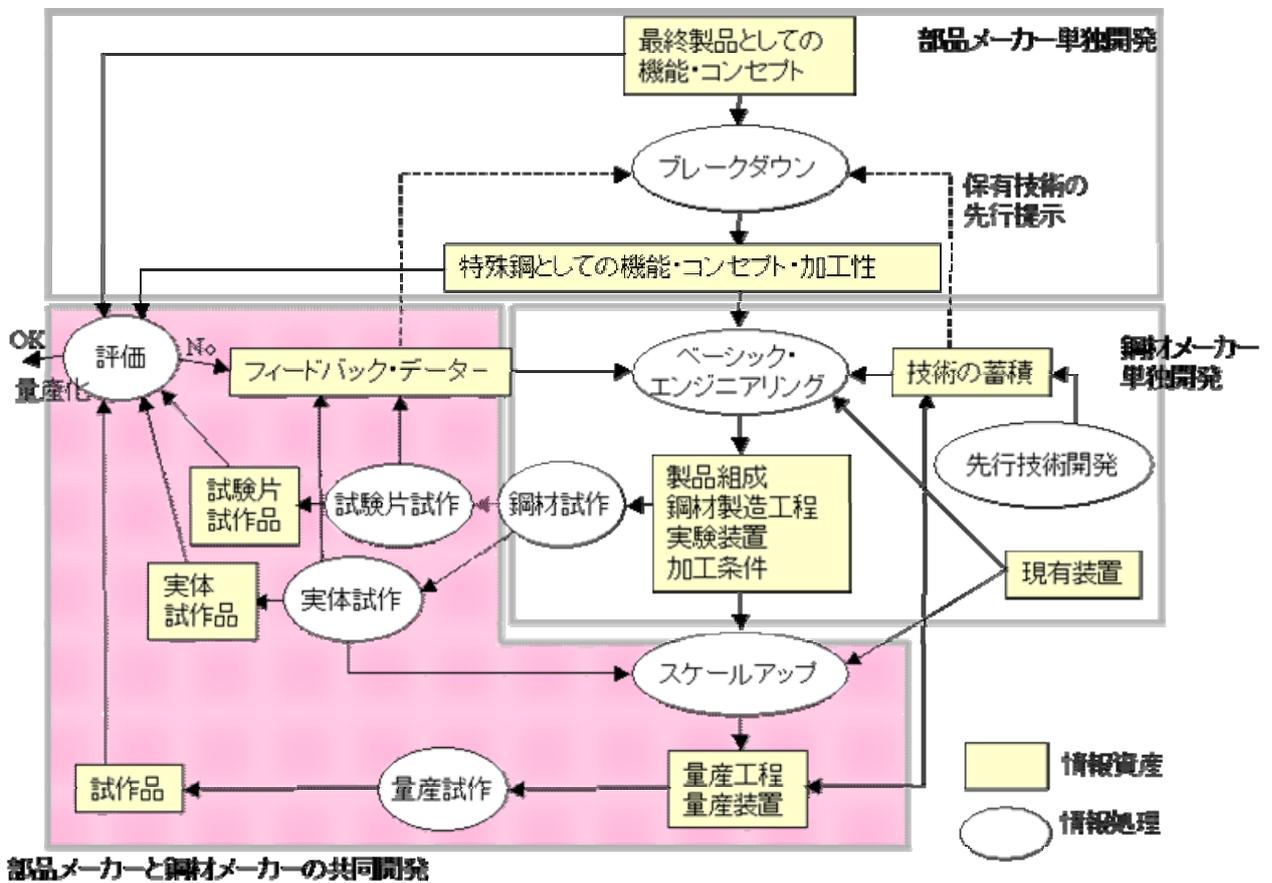


図7 情報資産の変化で示した特殊鋼の製品開発プロセス

5. 1. 2 機能・コンセプトの明確化

特殊鋼の製品開発においては、合成樹脂の製品開発同様顧客企業は自社製品から材料としての機能・コンセプトへ翻訳し、材料メーカーへ提示する。特殊鋼の場合合成樹脂と異なる点は、

⁴³ 赤瀬 (2000、p. 136)

顧客企業が自社での鋼材加工に対しての要求を定量化しきれない問題であり、この程度が開発の効率に大きく影響を与える。

5. 1. 3 タスク・ジャッジ

赤瀬⁴⁴は「合成樹脂の開発においては、川上まで遡って開発を行うのか、川中・川下だけで開発を行うかの判断が極めて重要である」ことを見出し、この判断をタスク・ジャッジと呼んだ。特殊鋼の開発においてこのような川上、川中、川下という分類を行うとすれば、川上を高炉で鉄鉱石を還元するプロセスである製鉄工程、川中を化学組成を調整する製鋼工程、川下を形状と金属組織を調整する圧延工程とするのが一般的である。こうした分類を実施した場合、高炉での鉄鉱石の還元の仕方や、その際の不純物元素のコントロールまで含めた製品開発を実施することは極めて稀である。開発はほとんどが川中である製鋼工程における化学組成の適正化と、川下における圧延工程での形状調整、あるいは組織制御で行われている。

従って合成樹脂の開発で重要であったタスク・ジャッジは、同じ生産財であり且つプロセス製品である特殊鋼の開発においては存在しないと言っても良い。

5. 1. 4 ベーシック・エンジニアリング

赤瀬によれば、「合成樹脂の開発におけるベーシック・エンジニアリングは、顧客からのニーズを、合成樹脂の製品構造への翻訳を行うこと、つまり、他の樹脂や添加剤との混合の割合といった「組成」の構造や、樹脂そのものの分子構造を設計する作業である」、としている。そして、Barnettのコア・イタレイティブ・モデルを引用して、「基本的な生産工程も、この段階で同時に設計される」、としている。

上記赤瀬の考え方を特殊鋼の製品開発に適用すると次のようになる。特殊鋼の開発におけるベーシック・エンジニアリングとは、顧客からのニーズを鋼材の製品構造への翻訳を行うこと、つまり合金成分含有量といった「組成」や鋼材そのものの金属組織を設計する作業である。しかしながら合成樹脂と決定的に異なるのは、顧客である例えば自動車メーカーや部品メーカーでの、もしくはその外注先での、加工条件の適正化まで含めた開発が必要なことである。加工が困難な特殊鋼の開発においては、機能が満足できる鋼材を開発できたとしても、その鋼材が加工できなければ量産化できないからである。

このためには鋼材メーカー側からみれば、顧客の加工工程を熟知し、工程操業条件を提示できるレベルの技術情報の蓄積とその適正加工条件の設定技術、シミュレーション技術が必要である、ということになる。つまりより高いレベルで、客先加工工程の操業条件まで提案できる鋼材メーカ

⁴⁴ 赤瀬(2000、pp. 129-150)

一が開発コンペを制するのである。更に、客先加工工程を熟知できた場合、客先加工プロセスと鋼材の化学成分設計を組み合わせる新しい機能を創生することも可能となる。

翻って顧客側からみれば、鋼材メーカーが自社の加工プロセスの操業条件を提案してくれて、更に高機能な製品の開発をやってくれるという可能性のメリットは大きい。

特殊鋼のベーシック・エンジニアリングは、汎用テストピースでの評価試験と、実部品での評価試験に大別される。そして汎用テストピースでのエンジニアリングは、鋼材メーカー側で評価されることが多い。鋼材メーカーは、鋼材の製品設計を行うに当たって、鋼材の組成、自社の製造プロセスを検討すると同時に、集められる限りの顧客での加工プロセスの情報を集めてエンジニアリングを行う。そして試験鋼塊での鋼材試作を行い、規格化された汎用試験での⁴⁵試験片を作成したのち、鋼材メーカー側で評価試験を行う。

鋼材メーカーは、まず自社プロセスでの製造可否判断と汎用試験片での機能評価、加工性評価を行い、自社での製造可否、顧客の要求機能レベル達成可否、顧客の加工工程での製造可否を判断する。そしてその要求レベルに到達するまで、試作評価を繰り返す。

鋼材メーカーは、数度の試験評価または平行した複数サンプルの試験評価を行った結果、自社で安定製造可能で、顧客要求機能を満足でき、時には顧客が予想していないような高い機能が得られ、且つ顧客での加工が可能と判断すると、顧客に PR のためのプレゼンテーションを行う。

このプレゼンテーションの形態は、例えば自動車メーカーまたは部品メーカーの場合は、顧客が主催して定期的、もしくは不定期に行われる場合もあるし、鋼材メーカー側からスポット的に PR 会を申し込むこともある。

このようなプレゼンテーションは、一般に顧客側である自動車メーカーや部品メーカーにおいても、重要保安部品の主材料である特殊鋼の材料開発を方向付ける重要な会議と捉えられている。

このため、自動車メーカーにおいては、材料部門の技術部長や調達部長、設計部長が出席するのが一般的であり、部品メーカーにおいては、時には技術トップの副社長が出席することもある。鋼材メーカー側も、顧客が自動車メーカーや大手部品メーカーの場合は、事業部長である役員か品質・開発担当役員、事業部部長、担当営業部長、担当研究部長、担当製品設計部長等が出席する。またこの会議では、既に開発が始まっている開発アイテムのフォローや、Go-Stop の意思決定が実施されている。

鋼材メーカー側からの PR 会が終了すると、顧客は PR された開発案件を吟味し、興味がある案件について、自社での開発案件としてテーマアップする。そして開発期間、開発体制、開発メン

⁴⁵ 標準形状、例えば JIS で規定された試験片等で、引っ張り試験、衝撃試験、回転曲げ疲労試験、転動疲労試験などである。

バー、開発予算等が割り当てられる。

開発は、その開発の独自性が高く、技術的難易度が高くかつ高度なインテグリティが要求され、成功時の成果が大きいものについては、PRした鋼材メーカーと顧客との2社間のみでの排他的な共同開発となるが、顧客が自動車メーカーまたは大手部品メーカーの場合は、複数の鋼材メーカー間で開発コンペとなることも多い。この場合現行商権を持っている鋼材メーカーは顧客の加工プロセスや加工条件についての情報を多く持っており、ベーシック・エンジニアリングにおける優位性がある。

開発が始まると、顧客は鋼材メーカーに PR 時点で不足していたデータを要求すると同時に、より精度の高い開発目標を提示する。

その後顧客は、鋼材メーカーに鋼材サンプルを要求し、実体での評価ステージに入る。鋼材メーカーは顧客の要求したサンプルを試験炉または実炉で溶製し、サンプルを供出する。鋼材メーカーは、通常この時点ではまだ不確実性が高いため、失敗時のリスクが大きい実炉での溶製は行わず、試験炉で且つ複数組成のサンプルを供出することが多い。顧客はこの鋼材サンプルを使って実部品を製造し、評価試験を行う。そして図11に示すように設計・試作・評価のループを繰り返す。

鋼材メーカーにおいてはベーシック・エンジニアリングは研究部門が担っていることが多いが、このステージでは鋼材メーカー内の品質設計部門や生産技術部門を含めた十分な検討が必要である。また、この時点で製造コストがあらかた決定されるため、経理部門の関与も必要である。

Barnett and Clark⁴⁶はコア・イタレイティブ・モデルで、プロセス製品はこの時点で生産プロセスも決定されることを示した。特殊鋼の開発においても、鋼材の製造プロセス自体はこの時点で決定される。また、顧客企業での製造プロセスもこの時点で殆どは決定されるが、加工性に問題が大きい場合は、時には中間焼鈍を入れたり、冷間鍛造を熱間鍛造に変更したり、というプロセス変更が行われることもある。

通常実体試験は顧客側が主体で実施されるが、開発の技術的難易度が高い場合、試験が一度で合格することは稀であり、通常何回かのトライアンドエラーが繰り返される。このステージでの問題は多くの場合、加工における、例えば焼入れ時の微細クラックや鍛造疵、残留応力による歪などであり、顧客と鋼材メーカーのエンジニアは協力して原因追求と改善に取り組む。

特殊鋼の製品開発においてはこのステージが最大のハードルであり、顧客側設計部門の開発担当課長がプロジェクト・リーダーとなることが多い。また、顧客側加工プロセスが外注加工である場合は、外注加工先のエンジニアが開発に加わることもある。

顧客が自動車メーカーまたは大手部品メーカーである場合は、この開発目標が実体試験で達

⁴⁶ Barnett and Clark (1998)

成できた時点で、顧客社内でのデザインレビュー⁴⁷が行われる。

実体試験品の加工は最初から実工程で実施されることもあるし、最初はオフラインで加工される場合もあるが、一般的にはオフラインでの加工からスタートして実工程での試作実験を繰り返しながら徐々にスケールアップしていくケースが多い。

5. 1. 5 スケールアップ・エンジニアリング

ベーシック・エンジニアリングのステージをクリアした後に、特殊鋼の開発は次のスケールアップ・エンジニアリングのステージに移行する。この点は、合成樹脂の製品開発においても同様であるが、最も異なる点は、合成樹脂の場合、最大の努力がメーカー側のスケールアップ課題を解決することにおかれるのに対して、特殊鋼の場合は、むしろ顧客側の加工工程におけるスケールアップ問題の解決に多くの努力が注ぎ込まれることである。

特殊鋼の製品開発においては、この時点で実加工工程での問題点が顕在化してくる場合も多い。実体試験では上手くいっていた場合でも、スケールアップする場合に、例えば鍛造割れが高率で発生して量産化できないとか、焼き入れ深さのばらつきが予想より大きい、等の問題や、またスケールアップして始めて顕在化する問題、例えば工具の短寿命などの問題が発生する。そして、ベーシック・エンジニアリングの実体試験のステージ同様に、鋼材メーカーと顧客企業、時には顧客企業の外注先のエンジニアまで含めた一体となった問題解決行動が実施される。

鋼材メーカー側においては、実炉試験は実際に鋼材を溶製している炉で行う必要があるが、炉容量が小さいところでも100t、大きいところでは300t もあり、1 回の実験だけで1回数千万円以上のコストがかかる実験になることもある。

開発ステージがこの時点まで進捗してから、化学組成変更等の大きな変更を行うと、今まで取ってきたデータのほとんどが使えなくなり、やり直しに近い状況となる。特にコンペの場合はこの時点でやり直しとなると、他鋼材メーカーより決定的に遅れてしまい、取り返しがつかなくなる可能性も高い。従ってスケールアップ実験を数回で終わらせるべく、ベーシック・エンジニアリングを知力を尽くして行うことになる。

顧客側においても量産加工実験は重要である。鋼材メーカー側は、実質的に合金設計などを大きく変更できないところまで来ており、また顧客側も開発スケジュールがかなり進んだ時点でのやり直しは問題が大きいため、多くの場合解決が必要な課題が発生すると、加工条件の変更で対応することになる。反面加工条件の最適化と作業熟練でかなりの課題が対応可能なこともあり、このまま開発を継続するのか、またベーシック・エンジニアリングに戻るのかの評価・判断は重要

⁴⁷ デザインレビューとは、設計部門が、量産化実験に入る前に行う設計審査のことであり、関係部所に、事前に、鋼材の評価結果を配布しておき、主に量産化する際の課題をフロントローディングするための会議体である。

である。

特殊鋼の開発においては、問題の大小はあるが、スケールアップ問題は不可避免的に発生する。そしてこの問題をいかに素早く、的確に対応するかが重要である。

5. 1. 6 材料承認

スケールアップ・エンジニアリングが完了した時点で、顧客は材料承認のデザインレビューを行う。この時点で、鋼材メーカーからは鋼材販売案が提示される。そしてデザインレビューで鋼材が承認されれば、例えば自動車メーカーの場合は部品設計部門に新材料として通知され、次期設計型番から設計に織り込むことができるようになる。そして新たに設計された図面は、生産技術部門と生産管理部門に提示され、生産管理部門は営業からの受注オーダーに従って材料手配を調達部門に指示する。

自動車部品メーカーの場合は、一般に次回受注予定の型番設計の時点で図面に開発鋼材を折り込み、部品自体を新製品として自動車メーカーに売り込む。この場合、部品の特性にもよるが、部品自体の設計、製造、承認が必要となるため、材料承認から量産発注までは通常1～2年程度は必要である。

ケース・スタディーにおける P1 社の開発の例では、P1 社が C3 社に承認を受ける際に、鋼材調達の逼迫感から C3 社の承認作業に要する時間を短縮する目的で鋼材メーカー S1 社に訪問の同道を依頼しているが、このような方法は自動車メーカーなどからの承認促進のためには有効である。

自動車部品において鋼材の変更を行う場合、鋼材機能の変化量が小さい場合は材料のランニングチェンジが行われることもある。ランニングチェンジとは、既に設計が終わって、量産化されている部品の鋼材を変更することであり、例えば同一規格の鋼種で鋼材メーカーが変更される場合などに限定して行われる。

5. 2 特殊鋼の製品開発における開発効率向上

4章で述べたように、特殊鋼の製品開発においては、開発目標がより高度化しているため、鋼材メーカーと顧客企業の間でよりインテグリティのレベルが高い開発が必要となっており、開発のリードタイムや開発に必要なコストが増大している。鋼材メーカーからの視点に立てば、益々複雑化する製品開発のマネジメントを効率化してタイミング良く新製品を市場に出すことの重要性が高まっているとも言える。

製品開発の効率化においては、フロントローディングが有効とする研究は多くあるが⁴⁸、いずれも組立型産業を対象とした研究であり、プロセス型産業を対象とした研究はほとんど成されていないようである。しかしながら問題解決タイミングを開発の上流側にシフトするフロントローディングの考え方自体は、プロセス型製品の製品開発においても有効なはずである。特に顧客での加工工程の複雑さゆえに、特殊鋼の製品開発においても、顧客加工工程での課題を事前に検討しておき、鋼材の製品設計に反映させるようなマネジメントは重要である。

藤本ら⁴⁹は、「製品開発とは、将来のユーザーが得る製品体験のリハーサルである」としている。そして、「市場ニーズが予想しがたく、明確化することが困難な場合は、ユーザー体験をシミュレートする能力のいかにが企業の競争力を左右する」、としている。

特殊鋼の製品開発においては、部品加工におけるスケールアップのステージで問題が発生し、鋼材製品設計まで戻って問題解決を図らなければならないことが少なからず発生する。例えば自動車部品の高強度化を達成しうるための鋼材開発を考える場合、鋼材の化学成分設計は、焼入れ性向上添加元素であるマンガンやクロム、モリブデン等の添加量を増加させることが一般的であるが、このような合金元素を添加すると鋼材の硬度が上昇するため、鍛造性や切削性が低下し、鍛造割れや切削工具寿命の大幅低下につながる可能性がある。そしてこのような現象はある程度の量産加工を実施しないと顕在化してこないため、スケールアップの時点で初めて問題が顕在化することが多い。

フロントローディングの基本的な考え方は、開発後期におけるコストの高いシミュレーションの反復回数を減らすために、コストの安い前半に問題解決を集中して実施することである。そのために、藤本は⁵⁰次の二つの方法を挙げている。

- ①過去のプロジェクトで生み出した解をデータベースとして蓄積し、今回のプロジェクトに活用すること。いわば「知識のフロントローディング」。
- ②コンピューターシミュレーションのような短サイクルの設計評価ツールの活用。いわば「問題解決行動のフロントローディング」。

さらに藤本は、「フロントローディングの基本は、戦後日本企業が得意としてきた「統合型の製品開発」の延長戦上にあり、いわばその応用問題であった」としている。

最近では、鋼材メーカーも自社内で主な顧客企業の加工工程条件に関わる情報を蓄積しており、鋼材設計に反映させる努力を続けているが、反面4章で述べたように、鋼材に対しての顧客要求は高度化しており、製品開発自体が顧客の加工工程も含めたインテグラル型開発の程度を強めている。

⁴⁸ 藤本(1998)、藤本(2003, pp. 334-340)、青島(1997)、藤本・安本(2001)

⁴⁹ Clark and Fujimoto(1991、訳書 1993、p. 44)

⁵⁰ 藤本(2003、p. 335)

以上の観点から特殊鋼の製品開発におけるフロントローディングを、コア・イタレイティブ・モデルをベースに記述すると図8のように記述できる。つまり、鋼材機能テスト、加工条件設計、スケールアップまで考慮した鋼材製品設計を反復しながら進めることになる。そしてこのようなモデルを考える場合には、加工条件設計とスケールアップが、部品メーカーと鋼材メーカーとの共同作業であることから、情報転写のスピードと正確さの向上が要求されてくる。

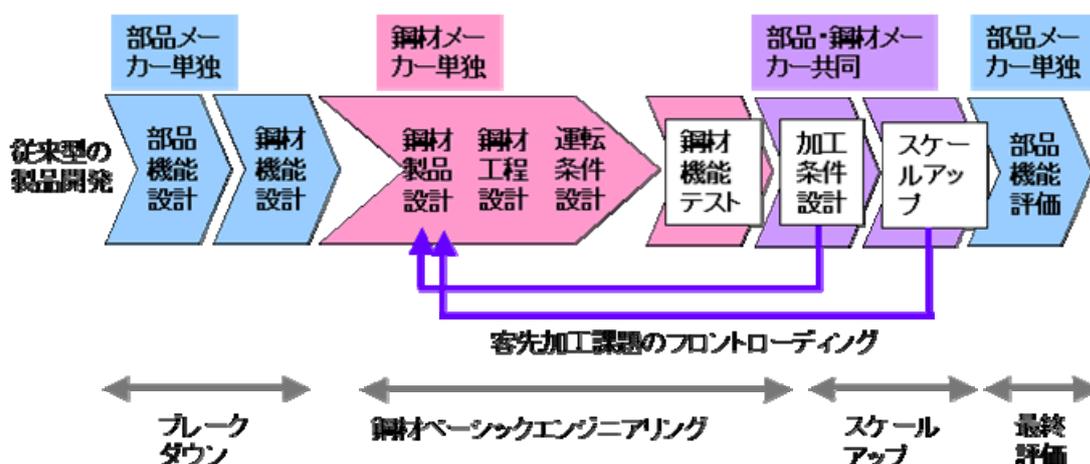


図8 特殊鋼の製品開発におけるフロントローディング

これらの課題に対しては、より具体的には、次のような対応が実施されている。

- ①企業横断的な情報交換と鋼材メーカー側への情報の蓄積
 - ・部品メーカー、鋼材メーカー間における共同開発契約の締結
 - ・鋼材メーカー側から部品メーカー、自動車メーカー側へのレジデント・エンジニアの派遣
- ②鋼材メーカーへの加工シミュレーターの導入
 - ・3D-DEFORM⁵¹、高周波焼入れ試験設備、浸炭・窒化設備、機械加工試験設備、鍛造試験設備⁵²など

⁵¹ 米国 SFTC 社が開発した有限要素法による塑性加工シミュレーションソフトで、日本では三菱商事が平成 2 年に独占販売代理権を取得し、その後 JIP (日本電子計算株) と総販売代理店契約を締結した。JIP はさらにヤマナカコーキンと相互協力し、製造現場に密着したソリューションを提供できる体制を作っている。このソフトは金型形状を CAD データーから取り込むことができ、金属の流動挙動を三次元的に計算して、等高線表示できることを特徴としている。操作性が良く、計算結果を動画も含めてビジュアルに表示できるため、鍛造シミュレーターとして世界的にヒットしており、国内でも鍛造加工に関わるメーカーには常備されつつある。ソフトは高価で、基本ソフトだけでも 1 本 1500 万円である。

⁵² 鍛造試験設備に関しては、ほとんどの鋼材メーカーが設備を保有して製品開発に役立てているが、更に特殊鋼専門メーカーと言われる大同特殊鋼や山陽特殊製鋼などは、自社に、量産鍛造加工設備を保有し、鍛造製品の販売を行うと共に、鍛造加工に関する情報蓄積を積極的に行っている。

③開発マネジメント体制の強化

・重量級プロジェクト・マネージャーの導入

尚上記③の重量級プロジェクト・マネージャーの必要性については、鋼材メーカー・部品メーカー間のインターフェースが鋼材加工の面で複雑であるため、高度なインテグリティーが要求されており、外部統合機能の観点から有効であると言える。また、内部統合においては、鉄鋼はプロセス製品であるところから、製品開発がコア・イタレイティブに行われており、ステージベースの製品開発より混沌としている。この点からも重量級プロジェクト・マネージャーの存在意義は高いと考えられる。

以上述べたように、インテグラル化傾向を強めている特殊鋼の製品開発においてフロントローディングは投下資本の削減に有効であると考えられ、実際の製品開発現場においても一部は既に実行され始めているが、この反面顧客である部品メーカー側の対応は必ずしも積極的ではない。

それは部品メーカー側にとって自社の⁵³加工プロセスを鋼材メーカー側に開示することになるためであり、特にその加工プロセスを自社のコア技術と捉えている場合は、共同開発契約を締結した場合においても鋼材メーカー側からの開示要求を拒絶する場合もある。この点に関しては、鋼材メーカー、部品メーカーが開発の難易度を考慮した事前検討を行い、情報の開示が必要かどうかを判断した上で守秘契約を締結し、開発を進めることが重要である。また、日本的な長期間に渡る取引は相互信頼を得て情報開示を促進する傾向がある。

5.3 駆動シャフト用鋼の開発におけるフロントローディング

図9に高強度駆動シャフト用鋼、超高強度駆動シャフト用鋼の開発リードタイムを整理する⁵⁴。高強度駆動シャフト用鋼開発においては、ベーシック・エンジニアリングの時点で、スケールアップが充分考慮されていなかったため、スケールアップ・エンジニアリングの期間が中断期間を除いて39ヶ月かかっており、ベーシック・エンジニアリングの10ヶ月と併せて49ヶ月の開発期間を要した。

これに対して、超高強度駆動シャフト用鋼の開発においては、ベーシック・エンジニアリングの時点で既に加工条件設定とスケールアップ・エンジニアリングがフロントローディングされており、顧客側である部品メーカーP1社における加工工程での問題がベーシック・エンジニアリングの時点

⁵³ 外注加工も含む。これは、外注加工においても部品メーカー側が図面を貸与しており、技術の帰属は部品メーカー側にあるためである。

⁵⁴ 高強度駆動シャフト用鋼と超高強度駆動シャフト用鋼の製品開発を比較する場合、超高強度駆動シャフト用鋼の開発の方が目標とするパフォーマンスのレベルが格段に高く、開発期間だけを同列に比較することには無理がある。本稿ではこのような状況を考慮した上でなおかつ、よりインテグリティーのレベルが高い超高強度駆動シャフト用鋼の開発の方が、フロントローディングの効果によって開発期間が短縮されていることに着目している。

で解決されている。従ってベーシック・エンジニアリング終了までに22ヶ月を要しているが、鋼材メーカーS1社と部品メーカーP1社の間でのインテグリティのレベルが上がっており、またこのなかにスケールアップ・エンジニアリングが含まれていることを考慮すると、高強度駆動シャフト用鋼の開発に要した49ヶ月と比べて大幅に期間短縮されたと言える。

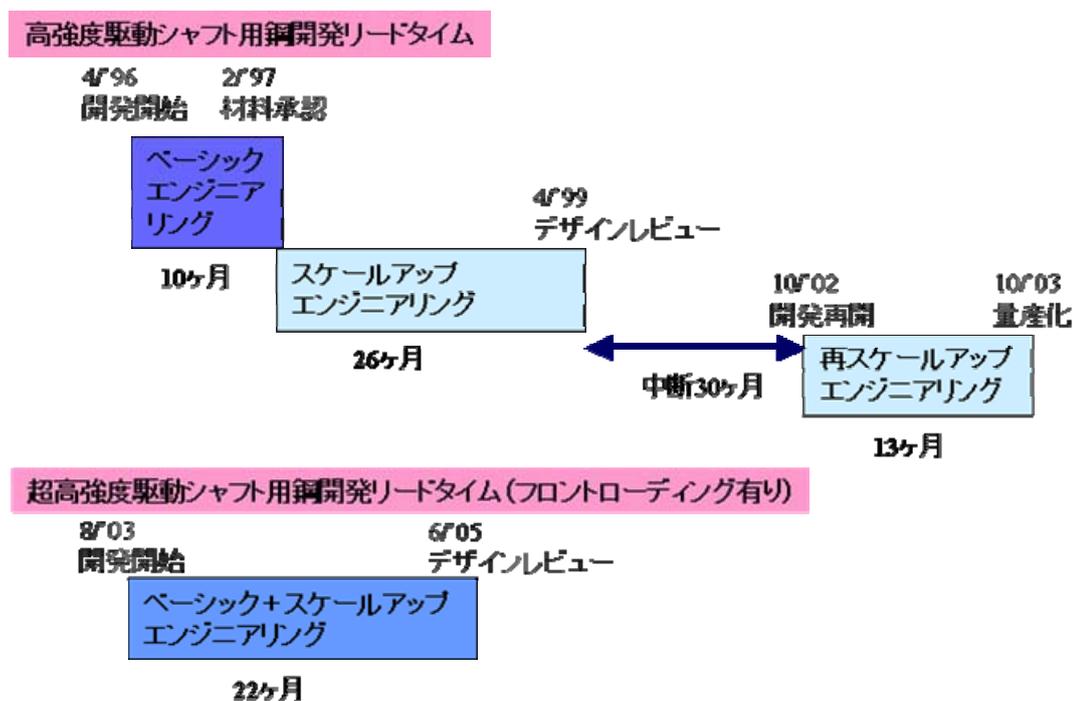


図9 駆動シャフト用鋼の開発におけるフロントローディング

フロントローディングはより具体的には、S1社重量級プロジェクト・マネージャーのもとで、次のような方法で行われた。

- ①企業横断的な情報交換と鋼材メーカー側への情報の蓄積
 - ・部品メーカーP1社、鋼材メーカーS1社間における共同開発契約の締結⁵⁵
 - ・鋼材メーカーS1社からP1社へのレジデント・エンジニア派遣
 - ・S1社重量級プロジェクト・マネージャーからP1社役員への頻度が高い報告と開発方針のリアルタイムな調整
- ②鋼材メーカー側の加工シミュレーターの導入
 - ・高周波焼入れ試験機の導入⁵⁶

⁵⁵ 高強度駆動シャフト、超高強度駆動シャフトの開発ともに共同開発契約は締結されていた。

⁵⁶ 超高強度駆動シャフト用鋼の開発においては、合金設計と特殊な高周波焼入れ条件とを組み合わせ、より高いパフォーマンスを得ることを特徴としている。このため、鋼材メーカーがベーシック・エンジニアリングを行う際には、高周波焼入れ条件まで含めた検討が必要であった。

上記のなかでも特にフロントローディングの手段として効果的であったのは、開発の途中で導入された高周波焼入れ試験機の導入であった。それは、高周波焼入れ工程が部品メーカーの外注加工であるため、部品メーカー自体に技術的な蓄積が少なく、開発のボトルネックとなっていたためであり、また S1 社に取っても高周波焼入れ技術はコア技術となりうる、との目算があったためである。

S1 社は、高周波焼入れ試験機の導入によって自社で P1 社外注先の高周波焼入れ条件を設定することができるようになり、特殊な条件設定を行うことで合金設計と組み合わせた高機能な鋼材部品の開発を比較的短期間で実現したのである。

以上述べてきたように、特殊鋼の製品開発におけるフロントローディングの有効性は確認できたが、前項でも述べたように部品メーカー側は加工プロセスの開示に積極的ではなく、フロントローディングを継続的に実施する妨げとなる可能性がある。それではフロントローディングを今後も継続して実施し続けるにはどうすれば良いのであろうか。鋼材メーカーの側から考えると、鋼材の加工条件を部品メーカー側から教えてもらわなくても、自社で条件設定できるだけの技術力を保有するしか道はないであろう。そしてそのためには、加工をシミュレートする試験機やシミュレーションソフトの開発または導入や、加工技術を保有する加工メーカーとのアライアンスまたは資本参加が益々重要となってくるであろう。

5. 4 S1 社レジデントエンジニア派遣による製品開発体制

インテグラル型の製品において製品開発を効率化するにはフロントローディングが有効であることは前述したとおりである。そして、フロントローディングを達成するための情報共有化の手段としてレジデント・エンジニアが派遣されていたことも前述した。それでは、特殊鋼の開発におけるレジデント・エンジニアの派遣はどのような形で行われてきたのであろうか。

本検討を行う前にまず、レジデント・エンジニアが派遣される以前の高強度駆動シャフト用鋼の開発体制について整理し、その後レジデント・エンジニアが派遣された超高強度駆動シャフト用鋼の開発体制と比較することでその差を明らかにする。

図10に S1 社と P1 社間で行われた高強度駆動シャフト用鋼製品開発時の開発体制を示す。S1 社棒線研究部から出された高強度鋼のアイデアは P1 社で採用されてテーマ登録されたのちに両社で共同開発契約が締結され、開発が開始された。

その後 S1 社棒線研究部でベーシック・エンジニアリングが成され、データが順次出てきた時点で S1 社製品設計部主査が P1 社と調整し、訪問相手と訪問日時を決定していた。

S1 社製品設計部主査は、開発開始以前から P1 社に対しての技術サービスを担当しており、現用鋼材の VA 提案やコンプレーン受付、調査、対策立案等の目的で P1 社各部門を月に1~2回程度巡回訪問している。このため、P1 社における加工工程や P1 社の製品設計思想、新製品開

発の時期や鋼材に対しての要求機能などを常時ヒアリングして S1 社各部門に情報を伝達する、という S1 社と P1 社間における技術インターフェースの機能を担っていた。

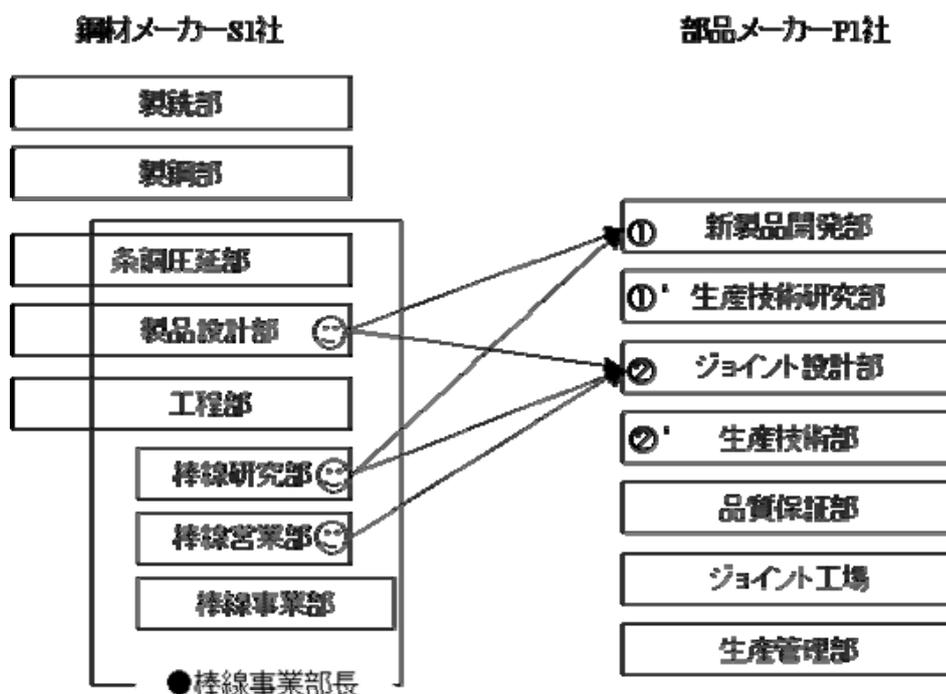


図10 高強度駆動シャフト用鋼開発における鋼材メーカーS1 社、部品メーカーP1 社の共同開発体制

S1 社製品設計部主査は高強度駆動シャフト用鋼の開発の場合、まず P1 社新製品開発部主査にアポイントを取り、S1 社棒線研究部研究員と時には棒線営業部担当員を帯同して数度から数十度に渡る鋼材開発会議を行った。この間に、ベーシック・エンジニアリングは標準試験片評価から実部品試験片評価へと移行した。そして実部品評価が成功した時点で P1 社新製品開発部主査はデザインレビューを主催し、初めてジョイント設計部にプレゼンテーションを行った。P1 社主査はデザインレビューまでの開発プロセス時点では、開発に必要な設計知識は個人的に生産技術研究部やジョイント技術部、生産技術部に相談しているが、公式にジョイント技術部の意見を聞くのはデザインレビューが初めてとなっていた。

P1 社におけるデザインレビューが完了し、量産化時におけるスケールアップ問題が事前解決された後に P1 社における開発窓口は設計部門であるジョイント技術部に移管された。

P1 社開発窓口がジョイント技術部に移管されたのちは、S1 社製品設計部主査は今度はジョイント技術部主査とアポイントを取って棒線研究部研究員、棒線営業部部員を帯同して訪問し、10 回程度の鋼材開発会議を行っている。尚、この時点では、量産化のイメージが膨らんでいるため、S1 社製品設計部主査は棒線営業部部員を帯同しており、量産化サンプルのデリバリーに加えて

鋼材販価交渉⁵⁷も始まっていた。また、P1 社側においては時には生産技術部エンジニアも開発会議に出席していた。

次に超高強度駆動シャフト用鋼の開発体制について述べる。超高強度駆動シャフト用鋼の開発は前述したように、S1 社棒線研究部 T 部長の判断でレジデント・エンジニアを派遣して進められた。

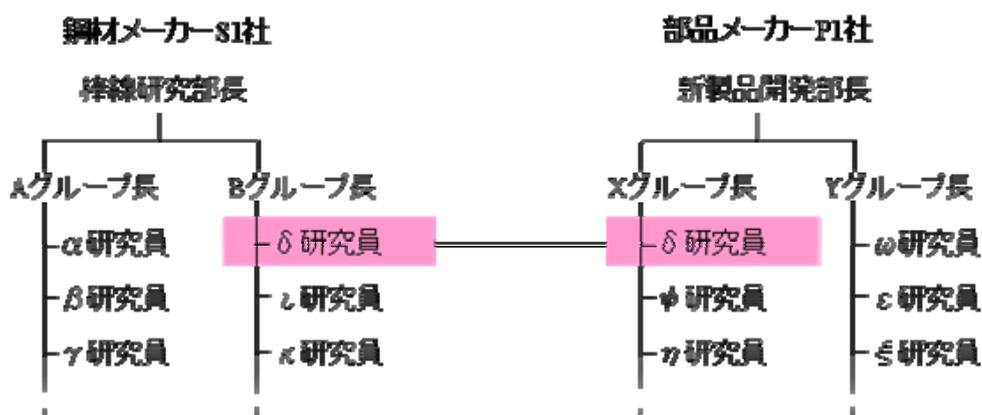


図11 S1 社レジデント・エンジニア派遣時の S1 社・P1 社の製品開発体制

レジデントエンジニアに指名された δ 研究員は図11に示すように P1 社製品開発部に派遣され、例えば週の前半は P1 社で開発を行い、週の後半は S1 社で開発を行う、という形式で両社間のインターフェースとなった。そして S1 社棒線研究部、P1 社新製品開発部は双方ともに他方の開発に関する技術的な疑問点をレジデント・エンジニアに託し、次週までに確認する作業を繰り返したことにより、両社の情報の共有化は格段に向上したのである。

尚、レジデント・エンジニアは図15に示したように鋼材メーカー側から見ると、顧客企業に単身入り込むことになるため、商取引に近い部門から人選すると顧客企業に対する気遣いを意識し過ぎて消耗してしまう懸念がある。この面からは寧ろ研究部門から人選して、技術にかかわる点のみ淡々と業務遂行することが望ましいようである。また部品メーカー側からみると鋼材メーカー研究員の冶金学的知識の吸収がメリットとなり、且つ情報流出防止の観点から商取引上の情報に比較的興味の薄い研究員の方が製品設計部門のエンジニアより好ましい。従って個人的な資質においても技術指向が強く、所謂わが道をこつこつと進むタイプが望ましいと思われる。

⁵⁷ S1 社営業部部員が直接販価交渉を行う相手は P1 社本社購買部であるが、販価交渉を有利に行うために技術情報収集の目的で帯同している。

6. 結論と今後の研究課題

6.1 特殊鋼の効果的な製品開発パターンについての仮説

本稿では、特殊鋼の製品開発効率化の観点から、二つの研究課題を設定した。第一の課題は、アーキテクチャ特性の観点から特殊鋼の製品特性を明確にすることであった。また第二の課題は第一の課題で明確となった特殊鋼の製品特性において効果的な製品開発パターンを見出すことであった。

上記研究課題に対して、まず既存研究に対する本稿の研究が持つ意味を探るために既存研究を調査した。そこでは、組立型製品の製品開発マネジメントに関する研究は近年急速に進展しているが、プロセス製品を対象とした研究は少なく、特に鉄鋼分野を対象とした研究はほとんどなされていないことを指摘した。

次にP1社とS1社の事例にもとづいて検討を行い、特殊鋼の製品開発における成功可否は、その開発鋼材の機能に加えて上市タイミング、開発リードタイムの影響を強く受けていることを示した。また超高強度駆動シャフト用鋼の開発においては、フロントローディングによる開発リードタイムの短縮が成されていることが判った。

それから特殊鋼の製品特性を組織論的アプローチから分析し、顧客加工工程における顧客要求の多義性、顧客満足の高多様性、結果不確実性が高いことを示した。更にこの結果を受けて製品アーキテクチャの概念から分析を行い、自動車用特殊鋼はプロセス製品であるにもかかわらずインテグラル型に偏移した製品であり、近年その傾向が益々強まっていることを指摘した。

そして明らかになった特殊鋼の製品特性を前提に、特殊鋼の製品開発を効率化するための効果的なマネジメントパターンについて検討を行った。そのためにまず特殊鋼の製品開発プロセスを情報処理モデルに従って分析し、特殊鋼の製品開発プロセスが、コア・イタレイティブモデルが鋼材メーカーと部品メーカー間に渡って実施される複雑なモデル構造となることを示した。そしてこのようなモデル構造を持つ特殊鋼の製品開発においてフロントローディングの有効性を示した。

以上の研究成果を整理すると次のようになる。

- ①特殊鋼の製品開発は、モジュラー型からインテグラル型へ移行しつつあり、企業間に渡る強力なマネジメント体制と密度の高い情報交換が必要となってきている。
- ②特殊鋼の製品開発効率化について、インテグラル型の製品開発においてはフロントローディングが有効である。

6.2 特殊鋼製品開発の今後の方向

上記のように本稿では、特殊鋼の製品開発マネジメントの効率化について検討してきた。そして、販売量の多い自動車部品用特殊鋼の製品開発はよりインテグラル化の方向に進んでおり、こ

のような環境下においては、製品開発におけるフロントローディングが有効であることを検証してきた⁵⁸。

しかしながらこのようなインテグラル型の開発は、顧客企業との共同開発を行うことで単一の顧客にしか開発製品を販売できないことになり⁵⁹、小ロット製品として大量生産型の典型である製鉄プロセスに過重な負荷をかけることになる。つまり製品開発を行っても収益は改善せず、ともすれば悪化することもある、というジレンマに陥ってしまうのである⁶⁰。

著者が職務として関わっている特殊鋼の市場においても、製品開発は特殊鋼メーカーの成長や存続を決める重要な活動であり続けるのは間違いないであろう。

それでは今後我々鋼材の製品設計を担当する技術者はどのように鋼材の製品開発を行ってあげれば良いのでしょうか。以下この項ではこのような課題に対して実践的なインプリケーションとして論じてみる。

延岡⁶¹はこのような問題に対して、マス・カスタマイゼーション戦略を提案している。そしてマス・カスタマイゼーション戦略の具体的な戦略として「①部品共通化戦略」と「②高付加価値汎用化戦略」があるとしている。①の部品共通化戦略については、自動車のプラットフォームの例を挙げて、プラットフォームの共通化による量産効果をはかるとしている。また、②の高付加価値汎用化については、FA用センサーメーカーであるキーエンス社の例を挙げて、高付加価値品を業界標準として、顧客単位でのカスタマイズはしない戦略であるとしている。そして、この戦略を達成するには営業部隊が顧客企業の潜在ニーズを集めてきて統合し、それを標準化することが必要であり、市場ドリブンな戦略であるとしている。

それではマス・カスタマイゼーション戦略を特殊鋼の製品開発戦略に適応させるには具体的にどうすれば良いのでしょうか。

特殊鋼のマス・プロダクションにおけるプラットフォームに相当するものは化学組成である。化学組成が異なる鋼を多数生産することは溶製炉に過重な負荷をかけるため、化学組成を統一したうえで多くの顧客企業や部品に展開することを念頭においた開発を常に心がけておくことが必要である。多くの鋼材メーカーは化学組成を過度にカスタマイズすることの弊害に気が付いており、例えば S1 社では化学組成の共通化に全社的に取り組み、小ロット削減活動として経営会議の定例議題としてフォローしている

次に高付加価値品の汎用化について検討する。鋼材メーカー側から見た場合、この戦略を遂行するには顧客との共同開発を行って高付加価値開発製品を汎用化できない。従って顧

⁵⁸ 本稿では実証検証が一事例でしかなされていない。今後更に複数事例で実証することは最大の課題である。

⁵⁹ 加登(1993, pp. 98-112)

⁶⁰ これは川端(1995)が指摘している、製品開発が多品種、小ロットを生み、大量生産システムに過重な負担をかけ、製鉄コストを肥大化させている、ということと同意である。

⁶¹ 延岡(2002)

客企業との共同開発を行わずに特殊鋼の製品開発を行う力量が必要となってくる。特殊鋼の製品開発については上述したように、顧客企業側の鋼材加工工程における擦り合わせが最も重要であるが、顧客企業との共同開発を行うことなく、顧客加工工程での擦り合わせを行うためには、鋼材メーカー側にレベルの高いシミュレーター設備を導入するか、または鋼材メーカー側が自社もしくは系列企業、提携企業に鋼材加工の量産設備を導入する⁶²ことである。また、顧客企業の加工工程の詳細な情報をつかむためには、レジデント・エンジニアの派遣や開発対象部品への量産材参入等の長期的な戦略構築が必要となってくる。

それでは、上記で述べてきたようなマス・カスタマイゼーション戦略を鋼材メーカーに適用することと考えた場合どうなるであろうか。

マス・カスタマイゼーション戦略は鋼材の合金組成を共通なプラットフォームとして共有し、製品形状や鋼材組織などのある程度の擦り合わせを行いながら部品開発を行う戦略であるため、溶製ロットサイズを小さくせずに販価上昇を狙う戦略であるともいえる。そしてこのためには、鋼材メーカー側の先行開発が必要不可欠であり、従来のような顧客ニーズに頼った製品開発では顧客からのカスタマイズの要求から逃れ得ることはできない⁶³。

つまり製鉄エンジニアが今後成すべきことは、先行開発を行うべく開発ニーズの進む方向を予知し、その方向に製品開発を推し進めることである。そのためには、常に最終ユーザーである自動車メーカーに関わる情報の収集に努め、部品メーカーに先駆けて開発に着手し、基本特許を押さえることがより重要となってくる。また、マス・カスタマイゼーション戦略に従った戦略を採用することは、特殊鋼メーカー側にとって顧客企業の加工工程をも含めた製品開発を主体的に行うことを意味しており、前章までに述べてきたフロントローディングの継続と同様の行動指針を示しているのである。

⁶² 大同特殊鋼は自社内に鍛造ラインを保有している。また、山陽特殊製鋼は2000年に NTN 精密鍛造(株)を買収して山特精鍛(株)を設立した。

⁶³ 特殊鋼においては、鋼材メーカーの顧客は部品メーカーであることが多いが、部品メーカーの潜在ニーズを探るためには、その先の自動車組立メーカーのニーズを探ることが重要である。桑嶋(2004)は、生産財である、石油化学基礎製品、プラスチック、塗料、感光材料、記録媒体の効果的な製品開発マネジメントについて、実証分析を行い、「顧客の指定した具体的な案に安易に従ってコンセプト開発を行うと失敗しやすく、むしろ顧客ニーズを先取りする形で製品開発を行う方が成功しやすい」ことを示した。そして、この結果は、従来から言われていた、「生産財の製品開発の場合、消費財に比べれば顧客がプロであり、最終製品に求められるニーズを化学品への要求スペックに翻訳してくれるので、化学品メーカーは顧客の提示するスペックに集中すれば良い」という考え方と正反対のものであったのである。つまり「生産財といえども顧客の設計案に盲従せず、むしろ潜在的なニーズを先取りして提案型のコンセプト開発を行う」という、消費財に近いプロフィールが得られた、としている。そしてこのような、顧客の顧客に直接アプローチする製品開発パターンを「顧客の顧客戦略」と名づけた。

[参考文献]

- 赤瀬英昭(2000)「合成樹脂の製品開発－タスク・ジャッジの重要性」藤本隆宏・安本雅典編著、
『成功する製品開発』有斐閣、pp. 129－150.
- 青島矢一(1997)「新製品開発プロセスにおけるCAD技術の影響:ボーイング777開発の事例
から」機械工業経済研究報告書H8－4、『3次元・デジタル技術が開発・生産プロセスに与える
影響』第5章
- 青島矢一(2001)「新製品開発のマネジメント」一橋大学イノベーション研究センター編『イノベー
ション・マネジメント入門』日本経済新聞社、pp. 151－187.
- 青島矢一・武石彰(2001)「アーキテクチャという考え方」藤本隆宏・武石彰・青島矢一編、『ビジ
ネス・アーキテクチャ』有斐閣、pp. 27－70.
- Barnett, D. B., and Clark, K. B. (1998) Problem solving in product development: A model for the
advanced materials industries. *International Journal of Technology Management*, Vol.15, No.8 pp.
805-820
- Clark and Fujimoto (1991) Product Development Performance : Strategy, organization, and
Management in the world auto industry. Boston, MA: *Harvard Business School Press*. 邦訳、
K・B・クラーク・藤本隆宏(1993)『製品開発力』田村明比古訳、ダイヤモンド社
- 江原猛・岩本隆・三木祐司(2002)「高清浄度・高品質軸受鋼の製造技術」『川崎製鉄技報』 Vol.
34 No.2
- Enos, L. J. (1961) *Petroleum Progress and Profits*. ジョン・ローレンス・エノス(1972)『石油産業と
技術革新』加藤房之助・北村美都穂訳、幸書房
- 藤本隆宏(1988)「自動車の製品開発組織と設計品質」、『組織科学』Vol.22 No.1、pp. 2－20
- 藤本隆宏(1997)『生産システムの進化論』有斐閣、pp. 161－188
- 藤本隆宏(1998)「自動車製品開発の新展開:フロントローディングによる能力構築競争」、『ビジ
ネスレビュー』Vol.46 No.1、pp. 22－45
- 藤本隆宏(2000)「製品開発の基本構造とコンティンジェンシー仮説－問題解決フレームワーク」
藤本隆宏・安本雅典編著『成功する製品開発』有斐閣、pp. 235－256.
- 藤本隆宏・桑嶋健一・富田純一(2000)「化学産業の製品開発に関する予備的考察」東京大学
大学院経済学研究科ディスカッション・ペーパー、2000-J-32.
- 藤本隆宏・安本雅典(2001)「製品開発活動における CAD-CAE の活用パターンの考察:製品
特性による活用パターン相違の検討」東京大学経済学研究科ディスカッション・ペーパー
- 藤本隆宏(2002)「新製品開発組織と競争力—我田引水の文献サーベイを中心に」『赤門マネジ
メント・レビュー』Vol.1No.1、pp. 1－32
- 藤本隆宏(2003)『能力構築競争』中公新書、pp. 334－340

- 藤本隆宏(2005)「アーキテクチャの比較優位に関する一考察」RIETI ディスカッション・ペーパー、05-J-013
- 藤村俊生・櫛田宏一・本郷晴(1996)「高品質線棒素材の精錬・鍛造技術の進歩」『川崎製鉄技報』Vol.28No.1
- Hamel,G Doz,L.Y.(1998) *Alliance Advantage*. Boston, MA: Harvard Business School Press.邦訳、G・ハメル(2001)『競争優位のアライアンス戦略』志田勤一、柳孝一 監訳.ダイヤモンド社.
- 今井敬(1994)「国際化の進行と日本鉄鋼業の21世紀への展望」早稲田大学商学部・(財)経済広報センター編著『鉄鋼業のグローバル戦略』中央経済社, pp. 1-21.
- 金子真次郎・平本治郎・石川孝(2003)「塗装焼付け処理により引張強度が上昇する新高強度熱間圧延鋼板「BHT 鋼板」」『川崎製鉄技報』Vol.35No.1、pp. 28-32.
- 韓美京(2002)『製品アーキテクチャと製品開発』、信山社
- 加登豊(1993)『原価企画—戦略的コストマネジメント』、日本経済新聞社
- 川上潔(2004)「軸受鋼の清浄化」第182回、183回西山記念技術講座、社団法人日本鉄鋼協会
- 川端望(1995)「日本高炉メーカーにおける製品開発」大阪市立大学経済研究所、明石芳彦・植田浩史編著『鉄鋼業のグローバル戦略』東京大学出版会, pp. 113-145.
- 近能善範(2002)「自動車部品取引のネットワーク構造とサプライヤーのパフォーマンス」、『組織科学』Vol.35 No.3、pp. 83-100
- 桑嶋健一(2002)「新製品開発研究の変遷」『赤門マネジメント・レビュー』Vol.6No.1, pp. 463-495. 2002年9月
- 桑嶋健一(2004)「新製品開発の系譜と化学産業の製品開発マネジメント“顧客の顧客”戦略の有効性」東京大学 COE ものづくり経営研究センターMMRC Discussion Paper No.3
- Lynn, L. H.(1982) *How Japan innovates: A comparison with the U.S. in the case of oxygen steelmaking*. Boulder, CO: West View Press.邦訳、L・H・リン(1986)『イノベーションの本質—鉄鋼技術導入プロセスの日米比較』遠田雄志 訳. 東洋経済新報社.
- 三木武司(1999)「棒線材を用いた機械部品のコンカレントエンジニアリング」『新日鉄技報』第370号、pp. 6-7
- 森山三千彦・高木節雄・徳永洋一(1994)「18%マルエージング鋼の時効硬化挙動と疲労特性」『材料』Vol.43 No.492pp. 1106-1112
- 延岡健太郎(1996)『マルチプロジェクト戦略—ポストリーンの製品開発マネジメント』有斐閣
- 延岡健太郎(1999)「日本部品産業における部品調達構造の変化」、『国民経済雑誌』Vol.180 No.3、pp. 57-69
- 延岡健太郎(2002)『製品開発の知識』日経文庫

- 野中郁次郎・加護野忠男・小松陽一・奥村昭博・坂下昭宣(1978)『組織現象の理論と測定』千倉書房、pp. 29-31
- 小川進(1997)『イノベーションの発生理論—メーカー主導の開発体制を超えて』千倉書房
- Simon, H. A. (1969) *The sciences of the artificial*. Cambridge, MA: MIT Press. 邦訳、H・A・サイモン(1987)『新版 システムの科学』稲葉元吉、吉原英樹訳、パーソナルメディア
- 杉本芳春・櫻井理考・加藤千昭(2004)「自動車用高潤滑表面処理鋼板—プレス成形性に優れた合金化溶融亜鉛めっき鋼板」『JFE 技報』Vol.4No.1
- 武石彰(2001)「企業間分業とイノベーション—知識をめぐる分業—の視点から」IIR ディスカッション・ペーパー, WP-01-10
- 竹村正明(2001)「現代的な製品開発論の展開」、『組織科学』Vol.35 No.2、pp. 4-15
- 富浦梓(1994)「グローバル化下の技術革新と技術研究開発」(早稲田大学商学部・経済広報センター編『鉄鋼業のグローバル戦略』中央経済社)
- Thomke, S., and Fujimoto, T. (2000) The effect of "front-loading" problem-solving on product development performance, *Journal of Product Innovation Management*, Vol.17No.2, p.p. 128-142
- Utterback, J. M. (1994) *Mastering the dynamics of innovation*. Boston, MA: Harvard Business School Press. 邦訳、J・M・アッターバック(1998)『イノベーション・ダイナミクス』 大津正和、小川進監訳、有斐閣
- 安本雅典・藤本隆宏(2000)「効果的な製品開発パターンのバリエーション」(藤本隆宏・安本雅典編著『成功する製品開発』有斐閣, pp. 257-305.)

ワーキングペーパー出版目録

番号	著者	論文名	出版年
2004・1	村木 美紀子 澤田 明宏 藤田 清文 池田 周之 中井 雅章	ベンチャー企業の新規株式公開における企業価値評価について —アンジェス・エムジー株式会社をモデルとして—	9/2004
2004・2	澤田 明宏	不確実性下の発電設備の価値評価	3/2005
2004・3	河合 伸	情報システム導入時に発生する混乱の実態と解決の方向性 —ERPに代表される業務パッケージの導入に着目した研究—	3/2005
2004・4	矢崎 和彦	持続的競争優位源泉としての経営理念とデザインシステム —志と顧客価値を結ぶ文化技術—	3/2005
2004・5	柴原 啓司	東証マザーズ上場企業の財務パフォーマンスと資金調達—ベン チャー・ファイナンス市場の活性化のために—	3/2005
2004・6	宮入 康	飲料メーカーのチャネル対策としてのブランド変更の意味につ いて	3/2005

番号	著者	論文名	出版年
2005・1	赤坂 朋彦 大橋 忠司 北林 明憲 中島 良樹 古谷 賢一 山本 守道	官僚制組織における個人の自立性支援 －大手企業4社のアンケート調査から－	4/2005
2005・2	手島 英行 柳父 孝則 山本 哲也 和多田 理恵	人材ポートフォリオにおける人材タイプ別人的資源管理施策の 考察－職務満足要因の探求と職務満足次元との関係－	4/2005
2005・3	芦谷 武彦 栗岡 住子 佐藤 和香 村上 秀樹	企業組織における正社員とパートタイマーの価値観、準拠集団、 成果に関する考察－物品販売会社A社のアンケート調査から－	4/2005
2005・4	裊 薫	会社分割を利用した事業再生手続モデル	9/2005
2005・5	和多田 理恵	ベンチャー系プロフェッショナル組織におけるコア人材のコミ ットメントに関する研究－伝統的日本企業との比較分析－	10/2005
2005・6	本郷 晴	特殊鋼の製品開発マネジメント	11/2005