

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	製品の材料における物理的構造がサプライチェーンの形態に及ぼす影響 - 鉄鋼製品を事例として -
Title(English)	Influence of physical structure of product materials on supply chain formation: An empirical analysis focusing on steel products
著者(和文)	西尾精一
Author(English)	Seiichi Nishio
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11675号, 授与年月日:2020年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤村 修三,辻本 将晴,橋本 正洋,齊藤 滋規,妹尾 大,田辺 孝二,塚田 勇貴
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11675号, Conferred date:2020/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

令和2年度（2020年度）学位論文

製品の材料における物理的構造が
サプライチェーンの形態に及ぼす影響
—鉄鋼製品を事例として—

東京工業大学大学院
イノベーションマネジメント研究科
イノベーション専攻

西尾 精一
NISHIO Seiichi

目次

第1章 序説.....	3
はじめに.....	3
研究の目的.....	3
研究方法.....	4
分析の視点と論文の構成.....	5
第1章の参考文献.....	8
第2章 鉄鋼製品のサプライチェーンにおける企業間関係.....	9
2.1. はじめに.....	9
2.2. 研究の目的と事例研究の選定.....	12
2.3. 研究方法.....	14
2.4. 研究結果と考察.....	15
2.4.1. 弁ばねと釘の製造工程とサプライヤーの状況.....	15
2.4.2. サプライチェーンにかかわる理論および先行研究のレビュー.....	22
2.4.3. 弁ばねのサプライヤーと機能.....	48
2.4.4. 釘のサプライヤーと機能.....	63
2.5. まとめ.....	69
第2章の参考文献.....	71
第3章 鉄鋼製品のサプライチェーンの形態.....	97
3.1. はじめに.....	97
3.2. 研究の目的.....	97
3.3. 研究方法.....	100
3.4. 研究結果と考察.....	100
3.4.1. 弁ばねのサプライチェーンの現状.....	100
3.4.2. 弁ばねのサプライチェーンにおけるサプライヤーの連携関係.....	101
3.4.3. 弁ばねのサプライチェーンの形態.....	113
3.4.4. 釘のサプライチェーンの形態.....	116
3.5. まとめ.....	120
第3章の参考文献.....	122

第 4 章 鉄鋼材料の物理構造がサプライチェーンの形態に及ぼす影響	129
4.1. はじめに	129
4.2. 研究の目的	130
4.3. 研究方法	130
4.4. 研究結果と考察	130
4.4.1. 製品の品質保証に関するビジネス慣行の違い	130
4.4.2. 鋼の物理現象に関する自然科学的理解度の影響	140
4.4.3. サプライチェーンの企業間関係に関する考察	146
4.4.4. 弁ばね、釘以外の製品のサプライチェーンについての補足	151
4.5. まとめ	155
第 4 章の参考文献	157
第 5 章 鉄鋼製品のサプライチェーンの変化と基礎研究	167
5.1. はじめに	167
5.2. 研究の目的	167
5.3. 研究方法	167
5.4. 研究結果と考察	168
5.5. まとめ	183
第 5 章の参考文献	185
第 6 章 結論および今後の課題	188
6.1. 結論	188
6.2. 今後の課題とインプリケーション	189
6.2.1. サプライチェーンにおける知的財産	189
6.2.2. サプライチェーンの海外展開	189
6.2.3. 基礎研究についての考察と課題	191
6.2.4. 新たな視点	194
第 6 章の参考文献	195
謝辞	198
補遺	199
本稿における用語の定義、解説、および参考文献	199
鋼中に含まれる元素の、鋼線およびばねに与える影響	206

第1章 序説

はじめに

本研究では、日本の自動車産業に長年鉄鋼材料を供給してきた鉄鋼業を研究対象として、鉄鋼製品のサプライチェーンを分析した。従来のサプライチェーンの研究では、個々の企業が付加価値を積み上げ、品質保証も含めて順次取引を完結させて行くと言う仕組みを前提としている。即ち、Tier1 と呼ばれる最終の製品供給者に対して、発注元がその製品の持つ最終価値に対して対価を支払い、最終供給者が製品の品質を仕様に従って保証するという企業間取引を前提としている。しかしながら、その製品の品質の維持・向上の視点で、サプライチェーンの中に存在するサプライヤー企業の最適な組み合わせについては必ずしも言及されている訳ではない。本研究は、鉄鋼製品を事例として、サプライチェーンのサプライヤー企業が、発注元に対して製品の品質に関する供給責任の最適化を図る際の、企業間関係に着目したものである。

サプライチェーンの事例研究としては、自動車、電機、機械などの組立製品を対象とした研究が多く、鉄鋼や金属、炭素繊維などの材料を加工して最終製品とする製品（以下プロセス製品と呼ぶ）を対象とした研究は極めて少ない。また、企業間関係を対象としたサプライチェーンに関する先行研究は数多いが、その多くは、大手メーカーとサプライヤー間の取引関係に焦点が絞られていた。また、製造業を対象とした研究にもかかわらず、製品の特性が持つ自然科学的或いは技術的視点による分析は極めて少ない。これらの事実から、本研究は、プロセス製品という産業の基盤となる製品の視点、および科学技術的原理に基づいたサプライヤー間の企業間関係の必然性を探るという視点が、多くのサプライチェーンの先行研究において見落とされてきたのではないかとの問題意識を基本としている。

このような観点から、鉄鋼と自動車という日本経済の基盤産業に存在するサプライチェーンは、どのような特徴を有しながら、互いの競争力を維持して来たのか、また、そのサプライチェーンの形態は、技術進歩や新たな知識の獲得によってどの様に変化するのかを検証することは、我が国の産業組織や技術開発戦略を考える上で重要な役割を果たすと考えている。

本稿では事例として、鉄鋼製品の中でも品質要求の高い自動車用「弁ばね」と、汎用品として知られる「釘」とを研究対象とし、特許情報を含む文献調査、インターネット上の website、およびインタビューなどから必要な情報を収集した。

研究の目的

上記に示す課題と問題意識から、本研究の目的の第1は、代表的なプロセス製品である鉄鋼製品のサプライチェーンが、品質保証の観点および自然科学的、技術的視点で見た場合、如何なる構造を形成しているのかを明らかにし、その原因を解析することである。

第2は、科学的知見が、鉄鋼製品のサプライチェーンに与える影響を明らかにすることである。即ち、鉄鋼製品のサプライチェーンの形態は、長期に安定なのか、それとも、技術進歩や新たな知識の獲得などの科学的知見の影響を受けて、変化し得るのかを検証することである。

研究方法

本稿では事例として、鉄鋼製品の自動車用弁ばねと汎用品の釘を研究対象とし、必要な情報・データは、先行研究の文献調査、公開特許公報調査、企業や業界団体・協会の HP. (ホームページ) の閲覧、および関係する分野のキーマンへのインタビューなどによって収集した。

文献調査については、主に、東京工業大学附属図書館のデータベースの website から、サプライチェーンに関する先行研究を、Web of Science Core Collection の検索ツールを使用してキーワード検索によって文献を抽出した。鉄鋼業、鉄鋼製品の需給状況、製品規格などの情報は、日本鉄鋼連盟、日本鉄鋼協会、日本産業標準調査会 (JISC) などの統計データ、website から収集した。鉄鋼製品の製造工程や技術に関する情報は、日本鉄鋼協会の学術論文誌である「鉄と鋼」、ISIJ International、ばねや線材 (補遺 本稿における用語の定義、解説 D-10 参照) の業界団体が編集する論文集や出版した書籍などから収集した。

公開特許公報調査については、欧州特許庁 (European Patent Office) の検索ツール (Espacenet patent search)、および日本の特許庁の特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索ツールを使用して、弁ばねに関する特許公報の内容と、その出願人 (鉄鋼メーカー、二次加工メーカー、弁ばねメーカーを含む) の情報を調査した。

サプライチェーン内のサプライヤーの行動に関する情報は、インタビューによって収集した。本研究は、自然科学と社会科学の両方の分野に跨っており、その両分野の視点でサプライチェーンを分析した先行研究は限られている。その中で、サプライヤーの行動についての情報を入手することは事実上不可能に近い。従って、アンケート調査やインタビューによるデータ収集が効果的な手段となる。しかし、調査対象企業の数が限られているため、アンケートによる定量的な統計分析は適切ではないことから、本研究は質的研究となる。質的研究では、インタビューが一般的に採用されている (Lofland, J & Lofland, L.H., 1995; deMarrais, 2004; Pratt, 2009)。Lofland, J & Lofland, L.H. (1995) は、インタビューを構造化インタビューと非構造化インタビューに分けて定義している。この定義によれば、構造化インタビューは、ある話題や状況についてあらかじめ決められた質問に対するいくつかの選択肢の中から、ある答えを引き出すことを目的としたインタビューとされている。一方、非構造化インタビューは、インタビューイヤーから質的分析に使えるような豊富で詳細な題材を引き出すことを目的としてなされる会話であるとしている。本研究では、インタビューイヤーから自由に広い視点でのコメントや情報を収集できるように非構造化インタビューの方式を採用した。鉄鋼製品のサプライチェーンの取引に関しては、その詳細が公開されていないケースが多い。情報の公開が限定的な分野でのインタビューとなることから、インタビューの際に、インタビューイヤーの過度の緊張や慎重さを避けるため、自由に発言できる環境に留意し、インタビューイヤーの職場において、録音の手段は取らずにフェーストゥフェースで面談を実施した。インタビュー結果は、インタビューイヤーの一言一言を記すのではなく、要約の形で文章化し、インタビューの都度或いは適宜メールにてその要約の内容を確認することとした。インタビューは 2014 年 5 月から 2020 年 2 月にかけて、鉄鋼製造、二次加工、弁ばね製造、釘製造、大学での研究に従事しているキーパーソンに対して実施した。インタビューの実施記録を表 1 に示す。

表.1. インタビューの実施記録

インタビューNo.	インタビュー時期	インタビューイの所属組織	インタビューイの役職
	年 月		
Iv. 1	2014 年 5 月	鉄鋼関連団体	技術担当
Iv. 2	2014 年 8 月	高炉鉄鋼メーカー	技術開発部門、主任研究員
	2014 年 12 月		
	2015 年 2 月		
	2019 年 11 月		
Iv. 3	2020 年 2 月	弁ばねメーカー	品質技術、課長
	2014 年 10 月		
	2014 年 11 月		
	2015 年 2 月		
Iv. 4	2020 年 2 月	二次加工メーカー	本社、機能材料部門、部長
	2014 年 12 月		
Iv. 5	2017 年 12 月	二次加工メーカー	経営幹部
	2020 年 2 月		
Iv. 6	2017 年 11 月	釘メーカー	営業本部 営業部長
	2019 年 10 月		
Iv. 7	2015 年 10 月	大学院 鉄鋼材料研究	准教授
	2019 年 10 月		
Iv. 8	2016 年 7 月	大学院 鉄鋼材料研究	教授
	2019 年 10 月		
Iv. 9	2016 年 12 月	炭素繊維強化 プラスチックメーカー	主査

分析の視点と論文の構成

本研究は4つの視点から分析と考察を行う。第1は、代表的なプロセス製品である鉄鋼製品を取り上げ、その事例として、品質要求が極めて高い弁ばねと、普通鋼（補遺 D-8 参照）で汎用品の釘に着目した点である。弁ばねは自動車のエンジンに使われる部品で、品質要求の厳しさという意味で代表的な特殊鋼（補遺 D-9 参照）製品である。一方、汎用品の釘には数多くの種類があるが、本稿では、鉄丸釘と呼ばれる鉄製の釘で、木工事でもっとも一般的に使われる釘を検討の対象とした。品質要求度が異なるこの2つの鉄鋼製品を事例とすることで、鉄鋼製品のサプライチェーンの特徴を捉えることができると考えた。また、弁ばねに着目することで、日本の鉄鋼業と自動車産業とのかかわりも概観でき、さらには、二次加工メーカーの役割も探ることができると考えている。

第2は、鉄鋼製品のサプライチェーンを品質保証の観点で分析する点である。1980年代以降、サプライチェーンの研究が進んできた。しかし、鉄鋼製品のサプライチェーンの研究は限定的で、その中でも品質保証の視点での研究は殆ど見当たらない。本研究は、鉄

鋼製品のサプライチェーンにおける品質保証の形態を探る試みである。

第3は、サプライチェーンのサプライヤーの行動に注目することである。サプライチェーンにおける企業間関係についての研究は数多いが、サプライヤーの行動やサプライヤー同士の企業間関係に着目した研究は少ない。本研究は、弁ばねと釘を事例として、サプライチェーンにおけるサプライヤーの行動、特に新製品の開発や、製品に不具合が発生した場合の対処など、サプライヤーの企業間関係を分析する。

第4は自然科学的視点である。マネジメントの研究全般に、自然科学的または技術的視点による研究が重要であるという認識はあるものの、実際の研究は極めて少ない。本研究は、サプライチェーンの研究として自然科学的な視点で考察を行うものである。

以上の視点から、以下のような構成で分析と考察を進めた。

第2章「鉄鋼製品のサプライチェーンにおける企業間関係」では、鉄鋼製品のサプライチェーンにおける企業間関係の特徴について、高品質を要求される弁ばねと汎用品の釘のサプライチェーンを比較した。弁ばねの場合は、ほぼ全量が国産品で品質目標達成のためにサプライヤーが相互に連携しており、中でも二次加工メーカーが重要な役割を果たしていることをインタビューなどで明らかにしている。一方、釘は輸入依存度が高く、国内外を含めてサプライヤーが多岐に亘り、弁ばねとは異なるサプライチェーンの形態となっている。また、製品の品質に着目したサプライチェーン・マネジメント、および組織論の視点で企業間関係を論じた先行研究の中で、本研究に適用可能と見られる論文を抽出し、次章以降の分析のための視点や考え方を、それぞれの組織論に基づいてレビューした。

第3章「鉄鋼製品のサプライチェーンの形態」では、弁ばねと釘について、それらの日本産業規格（JIS規格）と、JISの品質保証への適用状況について比較した。弁ばねのサプライチェーンではサプライヤー間の連携・協力の下に、個々のサプライヤーの品質保証責任範囲が企業としての事業範囲を超えてサプライチェーン全体に広がっているのに対し、釘ではそのような連携・協力現象が観察されず、品質保証責任範囲も企業の事業範囲を超えないという、両製品のサプライチェーン形態の違いを明らかにした。

第4章「鉄鋼材料の物理構造がサプライチェーンの形態に及ぼす影響」では、両製品のサプライチェーン形態の違いの原因を自然科学的な視点で解析した。特に、鉄鋼材料のミクロ組織の構築という物理現象に着目して、その硬化メカニズムの解明度を分析した。釘の場合はフェライト/パーライト組織であり、その組織構造がもたらす製品特性についてはある程度理解が深化しているのに対して、弁ばねの場合は、その製品属性を決定付けるマルテンサイト変態という物理現象による鋼の硬化メカニズムが、未だ自然科学的に解明されていないことを明らかにした。このことから、弁ばねと釘のサプライチェーンの形態が異なる主要な要因に、鋼の物理現象に対する理解度の違いがあると推論した。

第5章「鉄鋼製品のサプライチェーンの変化と基礎研究」では、鉄鋼材料の物理的構造に関して、新たな知識の獲得や技術進歩が実現した場合、それらが鉄鋼製品のサプライチェーンの形態に及ぼす影響を、弁ばねを事例として分析した。鋼中の非金属介在物の挙動

に関する研究に着目し、強固なサプライチェーンの形態であっても、物性に関する新たな自然科学的な理解が進化した場合には、サプライチェーンや産業構造が大きく変化し得ることを明らかにした。また、科学的発見が基礎研究の蓄積の成果であることを示し、サプライチェーンの競争力を維持するための知財戦略の重要性を強調した。

第6章「結論および今後の課題」では、結論として、鉄鋼材料のマイクロ組織に対する理解度の違い、および材料物性に関する新たな科学的知見が、鉄鋼製品のサプライチェーンの形態に影響を及ぼすことを明記した。また、今後の課題とインプリケーションとして、サプライチェーンとしての競争力とそれを維持する知財戦略、海外移設、さらには基礎研究の長期的継続性の意義と有効性を示唆している。

以上、本研究は、汎用品の釘と高品質が求められる自動車用弁ばねのサプライチェーンを比較することにより、理学的研究の成果である鉄の物性に対する理解の程度が、鉄鋼製品のサプライチェーンに影響していることを明らかにしたものであり、経営学においてこれまであまり考慮されてこなかった理学的基礎研究の産業への直接的影響を示すという点で新規性があると考えられる。同時に、基礎研究の重要性についての見解は、プロセス産業の研究開発戦略や製品開発戦略を検討する上で重要な視点を提供したと考えている。

第1章の参考文献

(日本語文献)

日本産業標準調査会 (JISC) HP., <https://www.jisc.go.jp/>

(2018年4月10日 アクセス).

特許庁 website, 特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索,

<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/>

(2020年9月10日 アクセス).

(英語文献)

deMarrais, K. (2004). Qualitative interview studies: Learning through experience. In K. deMarrais & S. D. Lapan (Eds.), *Foundations for research: Methods of inquiry in education and the social sciences*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 51.

European Patent Office (欧州特許庁), Espacenet patent search,

https://worldwide.espacenet.com/?locale=jp_EP

(2014年12月10日、2020年9月10日 アクセス).

Lofland, J. & Lofland, L.H. (1995). *Analyzing social settings: A guide to qualitative observation and analysis* (3rd ed.). Belmont: Wadsworth Publishing Company, 18.

Pratt, M. G. (2009). From the editors: For the lack of a boilerplate: Tips on writing up (and reviewing) qualitative research. *The Academy of Management Journal*, 52 (5), 856-862.

DOI: 10.5465/amj.2009.44632557

Web of Science Core Collection,

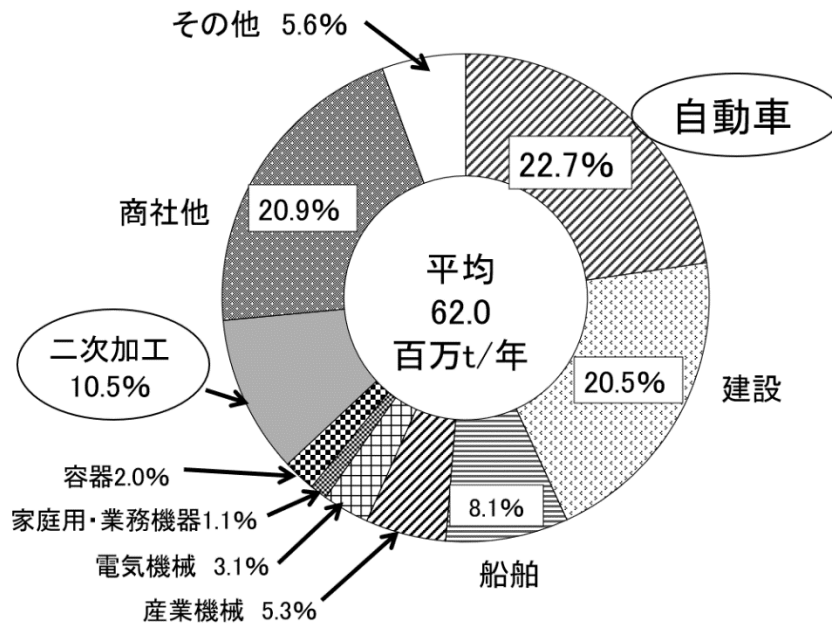
http://apps. webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=E1s2aq6xu6n3mCWZYRd&preferencesSaved=

(2014年12月10日 アクセス).

第2章 鉄鋼製品のサプライチェーンにおける企業間関係

2.1. はじめに

最初に、鉄鋼製品を用途別に概観する。過去10年間の鉄鋼製品の内需の平均を、向け先別に比率で見ると（図2.1参照）、自動車（部品メーカーを含む自動車産業）向けが最大で、全体の22%を占める。また、鉄鋼メーカーから直接最終需要家に出荷されるもの（所謂ひも付き）の他に、商社（所謂店売り）や二次加工を経て需要家に販売され、最終用途が不明のものが全体の30%以上あることが分かる。



（出所）日本鉄鋼連盟『鉄鋼統計要覧』2003～2012年版より筆者作成

図2.1. 鉄鋼の内需用途別内訳（10年間（2003年度～2012年度）の平均）

この内需の内、特殊鋼の内需を見たものが図2.2である。鉄鋼の種類には、主として汎用品向けに規模の経済を享受する普通鋼と、自動車や産業機械などの特種用途で、付加価値が高く、多品種に亘る特殊鋼に分類される。特殊鋼は、普通鋼に1種または2種以上の合金元素を意識的に添加して、特別の性質を付与した合金鋼を指す。したがって特殊鋼は普通鋼よりも付加価値は高く、高価格であるが、多種多様な需要家の要求に応じる必要があるため小ロットの生産物である。特殊鋼の生産は高度な品質によって需要家と緊密に結びつく一方、その需要は細分化されているという性格を持つ。本稿の事例研究の対象とした弁ばねの素材は、特殊鋼線材である。

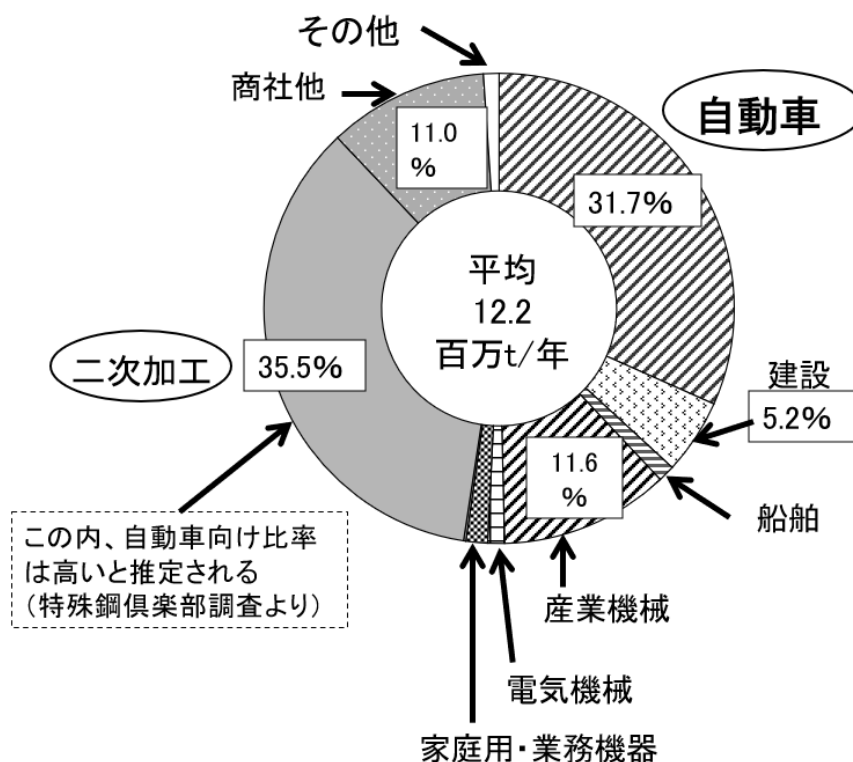
特殊鋼では、二次加工に回るものが35%を超えている。この二次加工製品の詳細な向け先について、鉄鋼関連団体へ以下の如きインタビューを実施した（表1.Iv.1）。

質問：「二次加工製品の向け先は、鉄鋼統計で見ることができないが、大雑把な傾向が分かるデータはないだろうか？」

回答：「数年に一度実施しているアンケート調査によると、50%強が自動車向けである。」

このインタビュー結果から、特殊鋼では直接自動車向けに出荷される32%と合わせて、凡そ50%が自動車向けとなっていることが分かる。また、特殊鋼では、自動車向けの35%近いものが二次加工メーカーを経由している。日本鉄鋼業が最近の20年間（1993年度以降）で、特殊鋼比率を増加させ、自動車産業への依存度を高めてきた（鉄鋼統計要覧、1997年版および2013年版）ことを考えると、二次加工メーカーの果たしてきた役割も大きいと推察される。

尚、自動車1台当たりの鉄鋼消費量については、平戸ほか（2009）によれば、乗用車で1.066t/台、トラックで2.354t/台、バスで4.994t/台と試算している。このデータから自動車平均では当時1.3t/台程度であったと推定される。安山（2005）の調査では、自動車重量の約72%が鉄鋼材料であった。近年は自動車の軽量化ニーズから、炭素繊維やアルミニウムなど鉄鋼の代替材料も使用されるようになり、また、鉄鋼の材料自身も高張力鋼板が多く使用されている。そのため、自動車1台当たりの鉄鋼消費量は減少傾向にあり、近年は凡そ1.0t/台前後（乗用車、トラック、バスの平均ベース）と推定される。



（出所）日本鉄鋼連盟『鉄鋼統計要覧』2003～2012年版より筆者作成

図 2.2. 特殊鋼の内需内訳（10年間（2003年度～2012年度）の平均）

本研究が、自動車用弁ばねを分析対象の1つとしていることから、国内の自動車向けの特鋼線材を中心に鉄鋼メーカーの自動車向け鋼材の納入状況を調査したものが表 2.1 である。鋼板は勿論のことであるが、自動車向け線材製品においても日本の高炉鉄鋼メー

カーが圧倒的地位を確保していることが分かる。

このように、日本の鉄鋼業にとって自動車産業の存在は極めて大きい。国際競争力を確実に保有すると見られる日本の自動車産業に対して、日本の鉄鋼業が長年にわたって材料供給を継続してきたという意味では、その役割も大きいと言える。

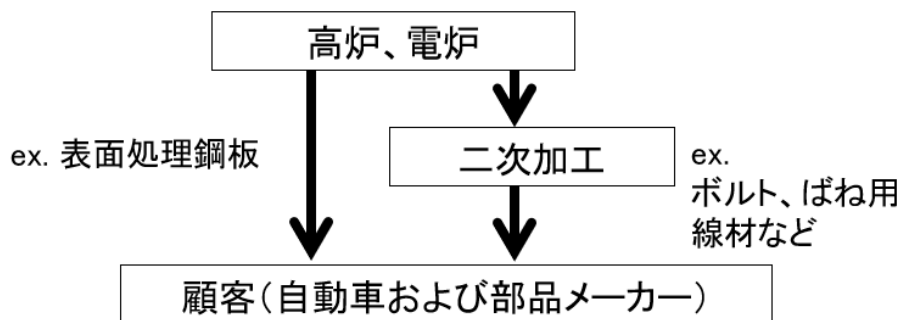
表 2.1. 日本国内自動車向け鋼材の納入状況

自動車の部位	線材製品		(参考) 鋼板他	
	エンジン、 トランスミ ッション、足回り	その他	外板	内板
鋼材を使用する部品	ギア、シャフト、 弁ばね他	ビス、ボルト、 ナット、ベアリン グ他	外板パネル	骨格パネル ピラーなど
日本の高炉鉄鋼メーカー	◎	◎	◎	◎
日本の主要電炉特殊鋼線材メーカー	◎	○	×	
海外の鉄鋼メーカー	ごく僅か	ごく僅か	○	

(註)

日本の高炉鉄鋼メーカー：日本製鉄(株)、JFE スチール(株)、(株)神戸製鋼所を示す。
日本の主要電炉特殊鋼線材メーカー：大同特殊鋼(株)、JFE 条鋼(株)、山陽特殊鋼(株)を示す。
◎：ほぼ全社が鋼材を納入、○：一部メーカーが納入と推定、×：納入情報なし、
空欄：不明 (出所) 西尾 (2015)より筆者作成

また、自動車向け鉄鋼材料の特徴として、上記の自動車に用いられる鉄鋼材料の部位のうち、外板、内板以外は、多くのケースで二次加工メーカーとの取引が介在していることが知られている。二次加工とは鉄鋼メーカーと部品メーカー（部品製造、冷間鍛造、ボルト加工、切削加工等）や、最終需要家（自動車、建設機械、家電、OA機器、自転車等）との間にあって、伸線や引抜き、熱処理等の加工を行うことを指す。その製品は鋼線や磨棒鋼などと呼ばれるものである。二次加工以降（三次加工、四次加工・・・）の加工も、本稿では二次加工と呼ぶこととする。二次加工メーカーは、鉄鋼製品を供給するにあたり、素材である鉄鋼材料を、自動車および自動車部品メーカーが加工し易いように、事前に予備的加工をする、極めて重要な役割を担っていると考えられる（図 2.3 参照）。



→ 鉄鋼製品の物流を示す (出所) 西尾 (2015) より筆者作成

図 2.3. 自動車向け鉄鋼製品の供給形態

この物流の二分化から、鉄鋼メーカーは、量産品については自社で最終鉄鋼製品まで生産するが、多品種少量生産型の製品については、量産が可能な中間品までを生産し、その中間品を二次加工メーカーに供給して、ユーザーが望む製品の形状や品質にするという形態を取ることが多いと推定される。

2.2. 研究の目的と事例研究の選定

表 2.1 で分かるとおり、自動車向け鉄鋼製品は、依然として日本の鉄鋼メーカーが輸入製品を圧倒している。その競争力を支える要因を探り、その中で、二次加工メーカーの役割を検証する。

そこで、1つ目の研究対象製品を、自動車部品である弁ばねとすることとした。事例研究として弁ばねを選定した理由は、第1に、自動車の重要部分に使用され、品質要求が極めて高い部品であることである。弁ばねは自動車の心臓部のエンジンバルブに使用される部品であり、10億回もの伸縮運動に耐える引張強度（補遺 D-12 参照）と、疲労強度（補遺 D-13 参照）という二律背反する厳しい材料特性が求められる部品である。それ故に、関係する各企業の高い技術力と、緻密な連携が不可欠であろうと推定し、質の高い取引関係を把握するには適当な部品であると考えた（図 2.4 参照）。

自動車のエンジンに装備された弁ばね



弁ばね



何れも筆者撮影

図 2.4. 弁ばね

第2は、国内の自動車向け市場において、原材料である鉄鋼線材のシェアも、製品としての弁ばねのシェアも、日本製品が他国製を圧倒しているからである。弁ばねの国内自動車向けの市場動向調査（株アイアールシー、2014）によれば、ほぼ100%日本製であることが判明している。市場シェアの高さは、国内の弁ばねの競争力の1つの指標であると

考えられ、日本の鉄鋼製品の競争力を示す事例として適当であると考えられる。

第 3 は、弁ばねが製造工程に二次加工メーカーを含み、原材料の上流から最終製品までのサプライチェーンが形成されていることである。即ち、鉄鋼メーカーが製造する特殊鋼線材を、二次加工メーカーが伸線、熱処理をなどの加工を施してから、弁ばねメーカーに供給すると言う工程であり、前述の、二次加工メーカーが担う重要な役割も分析しながら、その競争力の背景を考察することができる考えたからである。

自動車の外板パネルを含むボディ部分の鋼板は最大の前単位（約 240 kg/台）を示す一方、弁ばねの前単位は約 0.5 kg/台と小さい（西尾，2015）。しかしながら、自動車用鋼板の製造技術は、新興国の追随が著しく、国内の自動車向けにおいても、POSCO（韓国）製品や、中国の日系自動車向けには宝鋼集団（現宝武鋼鉄集団、中国）の製品が納入され、日本の技術が世界最先端とは言えない状況になりつつある。これに対して、日本における弁ばねの製造技術は世界の最先端にあり、日本製の弁ばねの国内シェアや、その原材料である日本製線材の世界シェアが圧倒的な高さにあることが、文献調査（㈱アイアールシー，2014；㈱神戸製鋼，2007）から確認されている。このような、自動車用鋼板と弁ばねの市場におけるポジションの違いは、技術開発体制の違いに起因すると見られる。永井（2007）が分析するように、自動車用鋼板に関しては、鉄鋼メーカーと自動車メーカーとの共同開発についての記述が先行研究において散見される。しかし、弁ばねについては、インタビュー（表 1. Iv. 2）では以下のように確認している。

質問：「弁ばねの開発に関して、自動車メーカーはどの程度関与しているのだろうか？」

回答：「自動車メーカーは材料の機械特性についての目標値は提示するが、材料そのものの開発は、鉄鋼メーカー或いはサプライヤー側で行われている。」

自動車用鋼板は、基本的には高炉鉄鋼メーカーの社内で完結する製品であり、材料開発に関しては、実質的に鉄鋼メーカー単独開発の様相が強い。この点で、新興国にも追随のチャンスがあると考えられる。これに対して、弁ばねの製造は、製造工程が、二次加工、弁ばねメーカーに跨り、工程が複雑になる分、材料開発も企業間の連携が求められる。弁ばねに関しては、特許共同出願実績を国内外で比較しても、国内には多く存在するのに対し、海外の事例は圧倒的に少なく、日本は複数企業の共同による技術開発競争力が群を抜いていると推定される。この点で、弁ばねの製造、または開発体制には、自動車用鋼板では見られない、競争力維持の仕組みが内蔵されていると推定する。

2 つ目の研究対象製品は釘とした。釘は、鉄鋼の内需内訳で 2 番目に多い建設部門をはじめ多くの分野で汎用的に使用され、特殊用途としての弁ばねとは対極に位置する製品である。日本での釘の歴史は古くは和釘に遡るが、本稿では所謂西洋釘を対象とする。この西洋釘でも、数多くの種類があり、JIS で規定されている釘（JIS における名称は「くぎ」、JIS 規格番号は JIS A 5508）だけでも 10 種類が存在する。本研究では、この中で N

釘と呼ばれる「鉄丸釘」を対象としてサプライチェーンを調査した。鉄丸釘は、二次加工された鉄線を加工したもので、一般的に頭部は皿頭網目付き、胴部はスムーズ形状をしている。建築基準法（1981，建設省告示第 1100 号）では構造用合板で使用する釘として、N50（長さが 50 mm）かそれに相当する釘と指定されている。従って、鉄丸釘は一般的によく使われる釘であり、本研究では、この鉄丸くぎのサプライチェーンについて調査、分析を行うこととした（図 2.5 参照）。



筆者撮影

図 2.5. 鉄丸釘

以上から、本章においては、事例として取り上げた弁ばねと釘のサプライチェーンの特徴と、二次加工メーカーを含む企業間関係の概要を明らかにし、これらのサプライチェーンに適用可能な、サプライチェーン・マネジメント、および組織論に基づく企業間関係の考え方をレビューすることを研究の目的とする。

2.3. 研究方法

弁ばね、釘の製造に関する情報、企業間関係に関する先行研究の情報は、文献検索、関係企業のホームページ、インタビューなどにより収集した。

(1) 文献調査などによる情報収集

弁ばねとその原材料の変遷、および製造工程については日本ばね工業会発行の書籍、線材に関する技術情報誌、機関誌などの文献を参照した。弁ばねのサプライヤーについての企業情報は、各社の有価証券報告書、HP. から収集し、取引関係については、1993 年以降数年に 1 度発行される、自動車部品 200 品目の生産流通調査のデータなどから収集した。

釘に関する製造工程については、技術論文などの文献調査から収集し、サプライヤーについての情報は、日本産業標準調査会（JISC）の website 検索ツールなどから収集した。

また、サプライチェーン・マネジメント、および組織論に基づく企業間関係に関する研究をレビューするため、Web of Science Core Collection プラットフォームを使用して先行研究を文献調査した。

(2) インタビュー

インタビューにより、弁ばねと釘のサプライチェーンにおける、鉄鋼、二次加工、弁ば

ね、釘、自動車、住宅の各メーカー間の特別な取引慣行、弁ばねと釘の製造工程、各社間の連携の実態などについて、文献調査では入手できない情報の収集、および文献調査から推測される事項の検証を行った。インタビューは、インタビューイの職場において直接面談で行った。インタビューは、非構造化インタビューとし、インタビューイが自由に発言できる環境に留意し、インタビューイの職場において、録音の手段は取らずにフェーストゥフェースで面談を実施した。最初に当方の問題意識を先方に伝えた後、自由な対話形式にて進め、インタビューの結果は、インタビューイの一言一言を記すのではなく、要約の形で文章化した。インタビューの都度或いは適宜メールにてその要約の内容を確認し、不足した点は後日、電話或いはE-メールにて再度確認した。

2.4. 研究結果と考察

2.4.1. 弁ばねと釘の製造工程とサプライヤーの状況

弁ばねと釘のサプライチェーンを概観するため、それぞれの製造工程を整理した。

(1) 弁ばねの製造工程

弁ばねの製造工程を図 2.6 に示す。弁ばねの製造は、鉄鋼メーカーにおける線材の製造にはじまり、その製品の線材を二次加工メーカーが伸線、熱処理してオイルテンパー線（補遺 D-11 参照）という弁ばねの素材となる鋼線を製造する。これを弁ばねメーカーが弁ばね製品に加工して自動車メーカーに納入するところまでがサプライチェーンである。

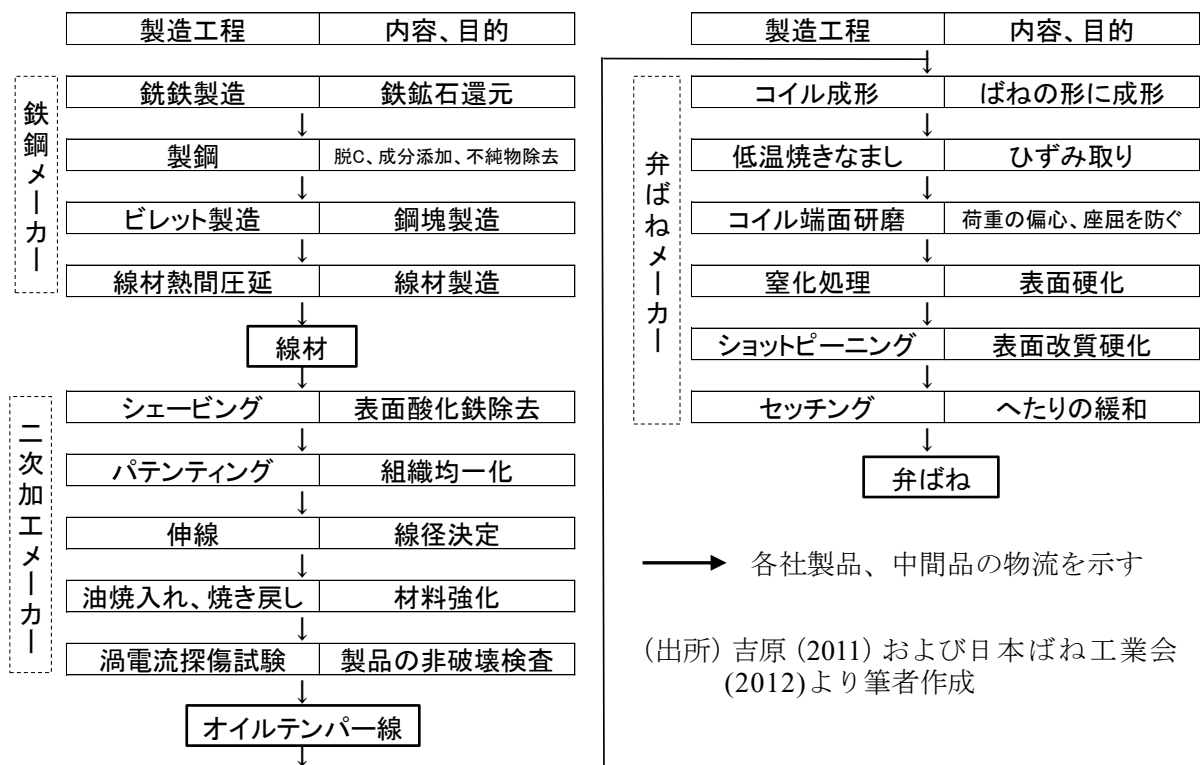


図 2.6. 弁ばねの製造工程（原材料から製品まで）

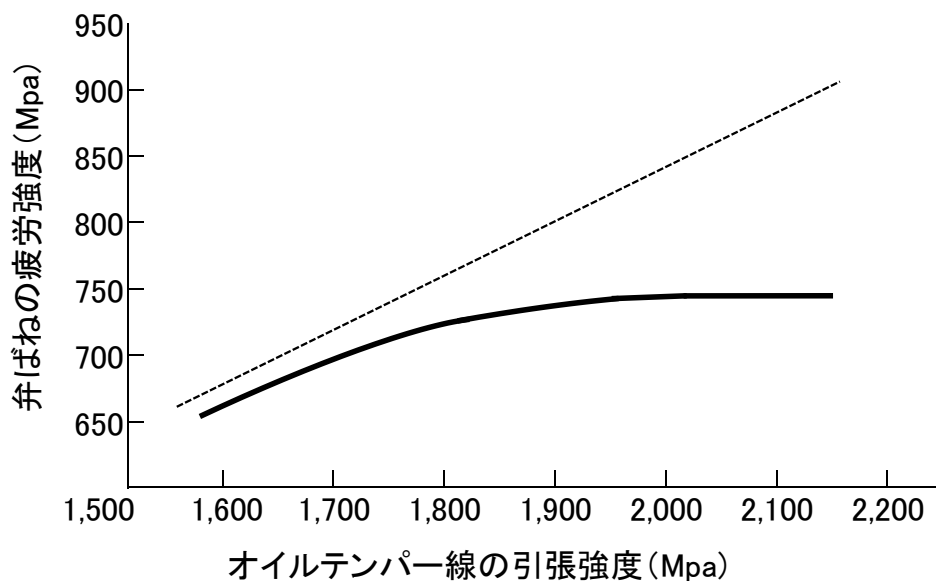
弁ばねの製造工程を、線材の製造、オイルテンパー線の製造、弁ばねの製造の3つの部門に分けて分析する。それぞれのプロセスの細部を解析することは、本稿の趣旨ではなく、上記の3つの部門の機能がどのように連携しているかを探ることを目的としている。以下は、吉原（2011）および日本ばね工業会（2012）に基づき、弁ばねの製造工程を概観する。

【鉄鋼メーカーにおける弁ばね用線材の製造】

鉄鋼メーカーの役割は、二次工程で、弁ばねの原材料となるオイルテンパー線と呼ばれる鋼線を製造し易い原料、即ち線材を製造することである。この製造プロセスを図 2.6 の鉄鋼メーカーの工程に示す。

鉄鋼メーカーにおける線材の製造について、重要な機能の第1は、弁ばねに必要な一定の強度を鋼に付与するため、鉄の成分以外の金属を溶けた鋼に添加することである。弁ばねは高い引張強度が要求されるため、このプロセスは、鋼に金属成分を添加し、溶鋼に含まれる炭素との化合物を形成させて、強度を向上させる役割を持つ。鋼に含まれる炭素（C）は、鉄（Fe）やこれらの金属と化合物を形成し、鋼に硬度を与える挙動を示す。そのために、鋼が溶けた状態で、クロム（Cr）やバナジウム（V）などの金属を添加するプロセスが重要となると考えられる。

第2は、原料を鉄鉱石とし、高炉・転炉法（補遺 D-1 参照）による不純物の少ない鋼の製造を行っていることである。弁ばねのように、その使用される期間で10億回もの繰り返し荷重を受ける製品は、如何に亀裂を封じ込めるかが問われる。鋼線の亀裂は、鋼に含まれる不純物を起点にして発生し易いことから、製鋼段階で不純物の除去を厳しく要求される。従って、原料にスクラップを使用する電気炉製鋼法（補遺 D-3 参照）による製鋼では、原料そのものに出どころが不明の不純物が混入し易い。そのため、成分が鉄（Fe）と SiO_2 、 Al_2O_3 と言った酸化物に限定される鉄鉱石を原料とすることが望ましいと考えられる。この場合は、精錬の段階で、 SiO_2 、 Al_2O_3 を極小化する技術を合わせ持つことが重要である。吉原（2011）によれば、この Si や Al の酸化物を極小化することにより、弁ばねの疲労強度が向上するとしている。また、吉原（2011）によれば、後述する弁ばね用の二次加工鋼線であるオイルテンパー線の引張強度と、弁ばね製品の疲労強度は、ある程度までは比例関係にあるとしている。しかしながら、この比例関係は、引張強度が 1,800MPa を超えると、疲労試験において非金属介在物を起点とする折損が発生し、疲労強度がばらつくばかりでなく、引張強度との比例関係が得られなくなるとしている（図 2.7 参照）。



実線は実態、点線は比例関係を示す

(出所) 吉原 (2011) を参考に筆者作成

図 2.7. オイルテンパー線の引張強度と弁ばねの疲労強度の関係

この問題を解決するため、製鉄所の製鋼段階において、この非金属介在物の極小化努力が行われてきたことは、本稿の第 5 章で解析する。ここで言う非金属介在物とは、 SiO_2 、 Al_2O_3 などの要素が大きい。これは、弁ばね用の線材を製造する鉄鋼メーカーが、高炉・転炉法を採用しているため、鉄鉱石から鋼にするプロセスで、 SiO_2 、 Al_2O_3 がどうしても鋼に残留するからである。かといってスクラップを原料とする電気炉製鋼法では、ばね折損の原因となる不純物が多いため、弁ばねには適さない。そこで、鉄鋼メーカーは、高炉・転炉法により、オイルテンパー線の引張強度を高める工夫をしつつ、弁ばね製品の疲労強度を高めるために、 SiO_2 、 Al_2O_3 の鋼中の比率を極小化する工夫を重ねていると考えられる。

鉄鋼メーカーの主要な機能の第 3 は、高温で溶けた鋼を、常温で線材の形に変え、鋼の組織を次の加工が可能となるフェライト（補遺 D-14 参照）またはパーライト（補遺 D-17 参照）という組織を持った構造に変えることである。フェライト/パーライトは、常温で存在し得る鋼の組織で、体心立方格子構造を持ち、加工がし易い一定の柔らかさを有する鋼の一形態である。ここでは、柔らかく、加工し易い体心立方格子構造のフェライトと、硬さを出すための合金や鉄と炭素の炭化物の存在との併存、および亀裂を抑制するため、 SiO_2 、 Al_2O_3 などの酸化物を極小化することが求められる。鉄鋼メーカーで弁ばね用に製造される線材を、JIS ではピアノ線材（JIS G 3502）と呼んでいる。

【二次加工メーカーにおける弁ばね用オイルテンパー線の製造】

次に、二次加工メーカーの製造工程の機能を確認する。二次加工メーカーの役割は、鉄鋼メーカーから供給された線材を加工し、期待される弁ばねの特性に適合したオイルテンパー線を製造することである。

二次加工メーカーにおける製造工程の機能は、第1に、伸線により、弁ばねの最終径を決定することである（伸線については、釘の製造工程で後述する）。弁ばねの線径について以下のインタビューを行った（インタビュー 表 1. Iv. 3.4）。

質問：「弁ばねの線径の管理メッシュを教えてください。」

回答：「現在の弁ばねの線径は概ね3~4 mmの範囲に限定され、0.1 mmごとに管理されている。弁ばねの種類は自動車のエンジンごとに異なるが、それは線径と材料特性の組み合わせで決まる。」

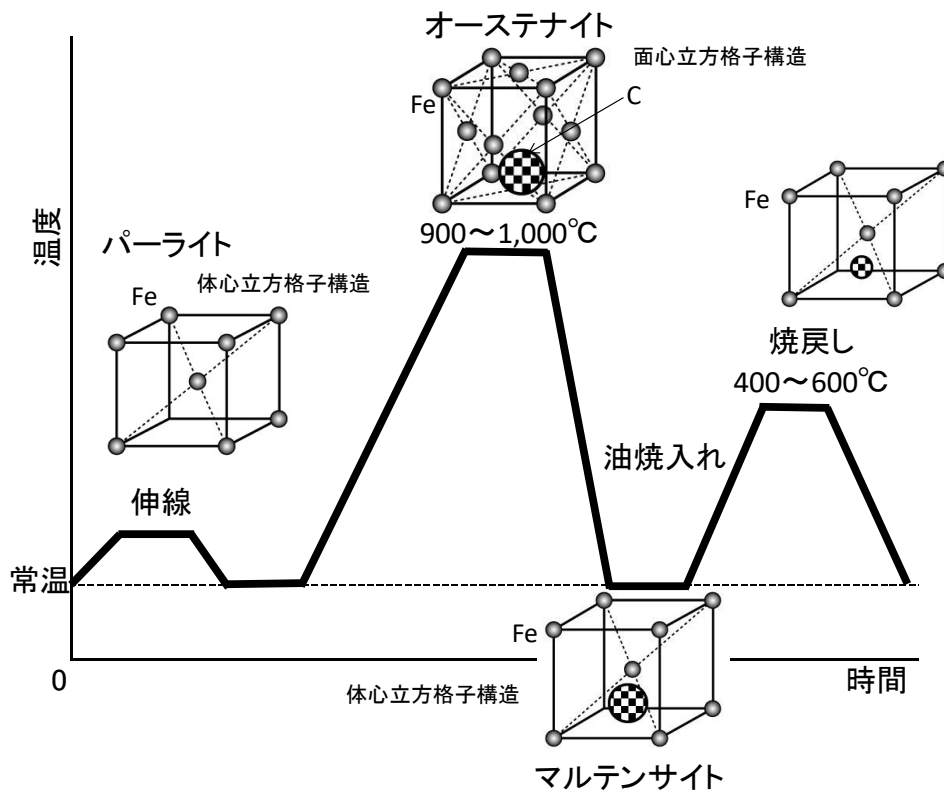
二次加工での伸線は、線径を決定する重要なプロセスである。これは伸線設備のダイス径で精密に制御されている。

第2は、油による焼入れ・焼戻し（補遺 D-18 参照）の処理により、鋼の組織をマルテンサイト（補遺 D-19 参照）という組織に変え、弁ばね内部の材料特性をこのプロセスで決定することである。フェライト/パーライト組織を持つ伸線された鋼線は、油焼入れの過程で昇温され、オーステナイト（補遺 D-15 参照）という常温では存在しない組織に変態する。この時に一部の炭素が鉄の結晶内に入り込むが、その後冷却を受けると、一部の炭素が鉄の結晶の外に逃げる。しかし、冷却が、急冷であると、鉄の結晶の中に一部の炭素が入り込んだままとなり、非常に硬いが脆いマルテンサイト組織を形成する。この状態から焼戻す（数百度まで再加熱する）と、鉄の結晶内に閉じ込められた炭素が一部結晶外に溶け出し、鉄との化合物（セメンタイトと呼ばれる（補遺 D-16 参照））を作る。この焼戻し後の組織は、硬さ（引張強度）と粘り強さ（疲労強度）を合わせもつ材料特性となり、弁ばねに適した材料となると考えられる。即ち、この油焼入れ・焼戻し工程で、弁ばねの材料特性が決定する訳で、二次加工プロセスの持つ最大の役割であり、弁ばね製造プロセスの最重要ポイントであると言える。また、残留オーステナイト（補遺 D-20 参照）について以下のインタビュー（表 1. Iv. 3. 4）を実施した。

質問：「オイルテンパー線の熱処理において、残留オーステナイトの役割はどのようなものか？」

回答：「オーステナイトが一部常温で組織内に残ると、ばねの表面から発生した亀裂が、残留オーステナイトによって拡大が抑え込まれるという現象が解明され、オーステナイトを残留させることも、この油焼入れ・焼戻し工程で制御されている。」

油焼入れ・焼戻しプロセスを経た段階での製品がオイルテンパー線であり、次工程の弁ばねメーカーの原材料素材となる。二次加工メーカーでのプロセスにおいては、パテンティング（組織均一化のための熱処理）、伸線、油焼入れ・焼戻しというように、線材に対して昇温、降温制御が特に重要である。即ち、昇温、降温のスピード、一定温度での維持時間が線材の特性を左右するものと考えられる。伸線以降の温度と、時間管理を図 2.8 に示す。



(出所) 潮田ほか (2014) および公開特許公報 JP2010163689, JP2011184780 を参考に筆者作成

図 2.8. 温度と時間に依存する鋼の物理現象と微細構造の変化

【弁ばねメーカーにおける弁ばねの製造】

二次加工を経た後、弁ばねメーカーにおける加工は、前述のオイルテンパー線を、文字通りコイルリングしてばねの形状にするプロセスである。二次加工メーカーで材料の組成は決まるが、弁ばねメーカーでは、オイルテンパー線をばね状にコイル成形した後、表面性状を強化する窒化処理（補遺 D-21 参照）とショットピーニング（補遺 D-25）が施される（図 2.6 弁ばねメーカーの製造工程参照）。弁ばねメーカーにおける製造プロセスの機能は、第 1 にコイルリングしてばね形状にすること。第 2 は、表面のきずなどの欠陥から弁ばねに亀裂が入ることを防止するため、ばね形状に成形後、ばねの表面に窒素と鉄の化合物の膜を生じさせる窒化処理が行われること。第 3 に、その後、製品の形状をしたもの

に、金属球を衝突させる、所謂ショットピーニングの工程を経て、表面の強度（残留応力）を上げることである。ショットピーニングは、1935年に米国で弁ばねに投射して疲労強度の向上が確認され、日本では1951年に実用化された材料の加工硬化性を狙いとした技術である（日本ばね工業会, 2012）。弁ばねメーカーにおいては、材料の特性に関して、二次加工メーカーが製造したオイルテンパー線の内部構造を変えることはなく、表面の特性だけを窒化物の被覆と加工硬化によって強化する役割を果たしていると考えられる。

このように、弁ばねは特殊鋼線材が段階を経て順次加工される。従って、弁ばねの品質目標達成のためには、線材製造から弁ばね製造まで、一貫した製造条件が求められると推定される。特殊鋼線材の加工について、本田（2016）は、鉄鋼メーカーの圧延工程、二次加工工程、製品の加工工程まで、一貫プロセスを俯瞰した上で熱処理工程（二次加工）のあるべき姿を追求していくことが望まれる、としている。また、吉原（2011）は、弁ばねの高強度化達成のためには、二次加工までの加工技術と、弁ばね製造工程での表面改質技術との組み合わせが必要としている。これらの視点は、弁ばねのサプライチェーンにおいて、二次加工メーカーの役割の重要性と、加工工程間、即ちサプライヤー間の連携の必要性を示唆している。

(2) 釘の製造工程

次に、釘の製造工程を図 2.9 に示す。本研究の事例対象とする釘は、JIS における鉄丸釘であり、JIS 規格では JIS A 5508（くぎ）に相当する。釘の製造も、鉄鋼メーカーにおける線材の製造にはじまる。その線材を二次加工メーカーが伸線して鉄線とし、これを釘メーカーが製釘機で釘に加工してユーザーに納入するところまでがサプライチェーンである。

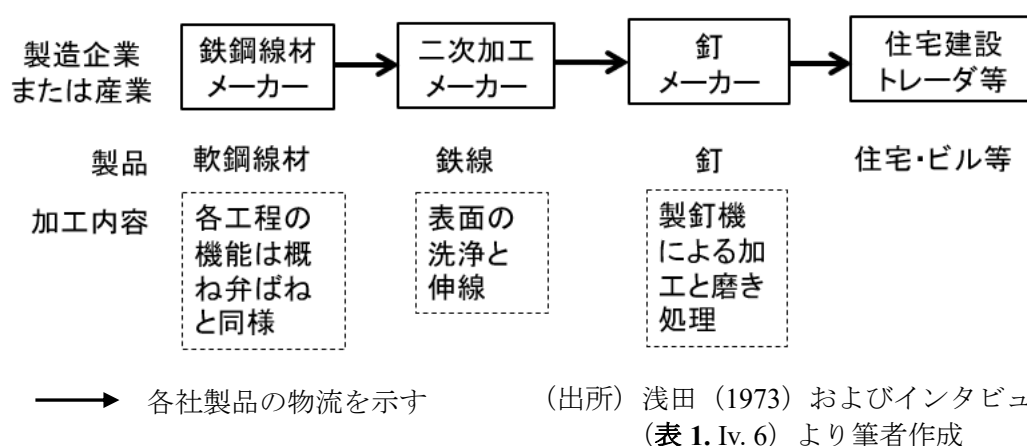


図 2.9. 釘の製造工程（原材料から製品まで）

【鉄鋼メーカーにおける釘用線材の製造】

本研究の事例対象とする釘は、JIS では鉄丸釘（JIS A5508）と呼ばれている。釘の原材料は、鉄鋼メーカーにおいて製造される軟鋼線材と呼ばれる鉄鋼製品である。JIS 規格に

よれば、JIS 規格に規定される釘（JIS A 5508）は、原材料として、1つ前の工程の二次加工で製造された鉄線（JIS G 3532 に規定される釘用鉄線又はこれと同等以上の品質をもつもの）を使用しなければならず、さらに鉄線（JIS G 3532）は、その原材料として JIS G 3505 に適合する軟鋼線材を使用しなければならない。軟鋼線材は、鋼中の含有炭素量が少なく（ $\leq 0.25\%$ ）、抗張力が低く、伸びが大きいため加工はし易いが、弁ばねのように高強度が求められる冷間加工（補遺 D-22 参照）用には向いていない。

【二次加工メーカーにおける釘用鉄線の製造】

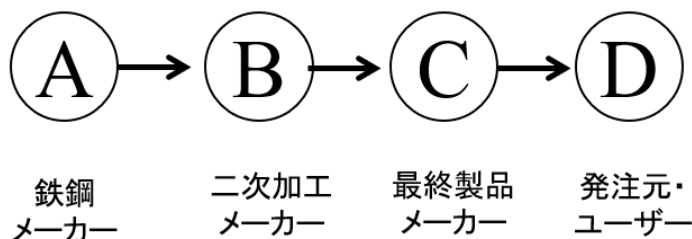
鉄鋼メーカーで製造された軟鋼線材（JIS G 3505）は、二次加工メーカーで洗浄され、釘の太さの線径とする伸線加工を施す。伸線加工は、線材の直径を細くし長さを伸ばす加工で、この加工に用いられる工具はダイスとよばれ、入り口が太く出口が細い円錐状の穴を持つ。ダイスの出口側の寸法が得られる製品寸法となるため、ダイスには高精度と高硬度が要求される。素材に大きな張力がかかるため、素材を破断させないために一回の加工で可能な断面積減少は小さいものとなる。そのため、製品を得るに際しては数回から数十回に亘り繰り返し引抜きを行い、太い線材を徐々に細く加工していく方法がとられる（東大阪市技術交流プラザ、技術用語集より）。伸線加工された製品は鉄線（JIS G 3532）と呼ばれ、釘メーカーにおける釘製造の原材料となる。

【釘メーカーによる釘の製造】

釘メーカーにおいて、二次加工メーカーで製造された鉄線（JIS G 3532）を加工し釘を製造する。鉄線を切断後、鉄線先端をつぶして釘の頭部分を成型し、決まった長さに鉄線を切断し、釘の先端を成型する。この一連の加工を製釘機によって行い、仕上げは磨釘機にて釘を磨き、釘の先端をつくる際に出てくるウイスキー（線材の切りくず）を取除く工程で終了する（安田工業(株) HP. による）。

(3) 弁ばね、釘のサプライチェーンの物流

以上の弁ばねと釘の製造工程から、サプライチェーンにおける製品、半製品の流れが整理された。弁ばねも釘も、鉄鋼メーカーの線材の製造が物流の起点となり、二次加工メーカー、最終製品メーカー、発注元へと半製品、製品が流れ、サプライチェーンが形成されている（図 2.10 参照）。



(出所) 弁ばね、釘の製造工程より筆者作成

図 2.10. 弁ばね、釘のサプライチェーンの概観

本節までに弁ばねと釘の両製品の製造工程とサプライチェーンを概観した。さらに両製品のサプライチェーンの詳細を解析し、その形態を分析するにあたり、本研究に適用または参考となる先行研究の視点を整理しておく。本節までの調査では、特に弁ばねに関して、製品の品質とサプライチェーンの構造に与える影響、および、サプライヤー間の連携、即ち、企業間関係の視点が重要であることが分かっている。そこで、次節では、サプライチェーンの構造に影響を与える要素として考えられる、品質と企業間関係という 2 つの視点から先行研究をレビューする。

2.4.2. サプライチェーンにかかわる理論および先行研究のレビュー

本研究の第 1 の目的は、鉄鋼製品のサプライチェーンが、品質保証の観点および自然科学的、技術的視点で見た場合、如何なる構造を形成しているのかを明らかにし、その原因を解析することである。また、本章においては、事例として取り上げた、弁ばねと釘のサプライチェーンの特徴と、二次加工メーカーを含む企業間関係の概要を明らかにし、それぞれのサプライチェーンに適用可能な、先行研究の考え方をレビューすることが研究の目的である。そこで本節では、多岐に亘るサプライチェーン・マネジメントの先行研究を、品質と企業間関係という 2 つの視点からレビューする。

(1) 製品の品質の違いがサプライチェーンの構造に与える影響についてのレビュー

はじめに、文献調査からサプライチェーンに関する先行研究をレビューした。サプライチェーン・マネジメントは、1990 年代初頭に重要な経営学の学術分野として研究が始まった。この分野における主題は非常に多様であり、現在でも拡大し続けている (Chicksand et al., 2012)。

本節では、弁ばねと釘で示されるような、鉄鋼製品の品質の違いが、サプライチェーンの構造に如何なる影響を与えるかを、自然科学的、技術的視点で考察することを狙いとして、先行研究をレビューすることとした。

Scopus データベース (Elsevier B.V.) の The SCImago Journal & Country Rank を使用して、主題領域として “Business, Management and Accounting” を選択し、主題カテゴリーとして “Management of Technology and Innovation” を指定して、以下に示す上位 20 のジャーナルを抽出した。次に、東京工業大学附属図書館のデータベースから、Web of Science Core Collection プラットフォームのオンライン学術引用データベースにアクセスすることにより、抽出した下記 20 のジャーナルを指定し、トピックカテゴリーとして ”supply chain” (サプライチェーン) というキーワードで論文の検索を行った。

- Academy of Management Journal
- Academy of Management Review
- Journal of Human Resources
- Organization Science

- Journal of Business Venturing
- Journal of International Business Studies
- Journal of Management Studies
- Research Policy
- Organizational Research Methods
- Production and Operations Management
- Journal of Product Innovation Management
- International Journal of Management Reviews
- Human Relations
- International Journal of Operations and Production Management
- Organization Studies
- Technovation
- Organization
- Innovation Policy and the Economy
- MIT Sloan Management Review
- International Journal of Physical Distribution and Logistics Management

ジャーナルの抽出にあたり、主題カテゴリーとして、“Strategy and Management” や “Marketing” ではなく、“Management of Technology and Innovation” を選択した理由は、本章の目的に沿って、製品の品質の違いがサプライチェーンの構造に与える影響を、技術的な視点で考察する文献を抽出するところにある。主題カテゴリーを “Strategy and Management” や “Marketing” とすると、サプライチェーンに関する operations research や契約、物流などの、本研究とは異なる視点の先行研究が多数抽出される可能性がある。本節では、このような抽出結果を避けるため、ジャーナルの主題カテゴリーを “Management of Technology and Innovation” として、1998 年から 2017 年に公開された 20 年間の論文を検索した。このように、技術にフォーカスしたジャーナルの選択であっても、サプライチェーンの構造に関する考察は必ず論文に反映されているはずであり、このジャーナルの選択方法は適当であると考えている。

第 1 段階の検索では 142 件の論文がヒットした。第 2 段階において、142 の論文のうち、キーワードの「サプライチェーン」が研究の主対象であるかをチェックし、最終的にサプライチェーンの研究として 81 件の論文が抽出された。製品の属性、企業間関係の視点に基づいて、81 の論文を対象に分類した。表 2.2 において、表 2.2 (a) は分類の結果を示し、表 2.2 (b) は対象となった論文を示している。

表 2.2. サプライチェーンの先行研究とその分類

(出所) サプライチェーンの論文検索とその分類の結果より筆者作成

表 2.2 (a). サプライチェーン研究の分類 (単位: 論文数)

	事例研究					特定の製品なし	レビュー論文
	組立製品	非組立製品			その他製品		
		プロセス製品	食料 飲料 農産物	情報 IT関連 サービス			
サプライチェーン論文(合計81)	12	6	2	14	8	28	14
企業間関係	9	4	1	8	6	20	8

表 2.2 (b). 上記表 2.2(a) の分類の対象となった先行研究

2.2 (b) - 先行研究番号 2.2 (b) - 1~81 (註) 各文献の詳細は章末の参考文献に示す。

1 Appleyard (2003)	28 Hernandez-Espallardo et al. (2011)	55 Melnyk et al. (2010)
2 Arend & Wisner (2005)	29 Hopkinson & Blois (2014)	56 Mesquita & Lazzarini (2008)
3 Bartol (2014)	30 Hsieh et al. (2010)	57 Mol (2005)
4 Bhatnagar & Sohal (2005)	31 Hsieh & Tidd (2012)	58 Ng & Jiao (2004)
5 Bititci et al. (2012)	32 Hullova et al. (2016)	59 Nuss et al. (2015)
6 Boddy et al. (2000)	33 Hult et al. (2004)	60 Piening & Salge (2015)
7 Bode et al. (2011)	34 Isaksson et al. (2016)	61 Plouffe et al. (2001)
8 Bowersox et al. (1999)	35 Jean et al. (2014)	62 Primus (2017)
9 Boyson (2014)	36 Kaufman et al. (2003)	63 Randall et al. (2003)
10 Carbonara (2005)	37 Kettunen (2009)	64 Reddy (2014)
11 Chang et al. (2006)	38 Kibbeling et al. (2013)	65 Reveley & Ville (2010)
12 Chao et al. (2007)	39 Kinder (2003)	66 Roper & Love (2002)
13 Chopra & Sodhi (2004)	40 Kotabe et al. (2007)	67 Safri (2015)
14 Chopra & Sodhi (2014)	41 Kumar & Budin (2006)	68 Schmitt & van Biesebroeck (2013)
15 Cullen & Hickman (2001)	42 Kumar & Krob (2005)	69 Silvestre & Dalcol (2009)
16 Dangelico et al. (2013)	43 Kumar & Kropp (2006)	70 Sobrero & Roberts (2002)
17 Edwards et al. (2004)	44 Kumar & Malegeant (2006)	71 Sodhi (2003)
18 Eng (2006)	45 Kumar & McCaffrey (2003)	72 Sohal et al. (1998)
19 Fayezi et al. (2017)	46 Lee & Berente (2012)	73 Srivastava (2007)
20 Fitjar & Rodriguez-Pose (2013)	47 Lee & Veloso (2008)	74 Tatikonda & Stock (2003)
21 Fixson & Park (2008)	48 Lewis & Harvey (2001)	75 Tether & Tajar (2008)
22 Fu (2012)	49 Linnenluecke (2017)	76 Todo et al. (2016)
23 Gawer & Phillips (2013)	50 Luchs & Swan (2011)	77 Touboulic & Walker (2016)
24 Golicic et al. (2010)	51 Luo et al. (2009)	78 Webster (2002)
25 Griffith & Myers (2005)	52 Macher & Mowery (2003)	79 Williams (2014)
26 Gunasekaran et al. (2005)	53 Marcus & Anderson (2006)	80 Wu et al. (2006)
27 Helander & Jiao (2002)	54 Marshall et al. (2016)	81 Wynstra et al. (2010)

表 2.2 (a) の事例研究に示す各項目は、事例研究の対象となった製品属性に従って水平方向に分類したものである。部品から完成品までの組立工程で製造される製品は、時計、カメラ、テレビ、自動車、コンピューター、産業機械などの「組立製品」に分類される。これに対し、「非組立製品」は、組立工程を経ずに製造される。「非組立製品」には「プロ

セス製品」、「食料、飲料、農産物」、「情報、IT 関連、サービス」が含まれる。プロセス製品とは、Lager & Storm (2013) の定義に従って、原材料から最終製品まで、鉄鋼や他の金属製品、炭素繊維強化材 (CFRP)、プラスチック、テキスタイル、医薬品、紙などのように、他の部品と組み合わせずに加工されて最終製品となるものを指す。「情報、IT 関連、サービス」に分類される製品には、ソフトウェア、半導体、通信、などが含まれる。スポーツ用品、家具など、組立製品か非組立製品に明確に区別できない製品の多くは、「その他の製品」に分類した。前述の 81 の論文の一部は、特定の製品に焦点を当ててではなく、業界全体またはプロジェクトなどを研究対象としている。そのような研究は「特定の製品なし」として分類した。また、過去の研究をレビューした論文は「レビュー論文」に分類した。

表 2.2 (a) の行の欄は、サプライチェーンに関する 81 の論文がカテゴリーに分類され、1 行目はそのカテゴリー毎の論文数が示されている。1 つの研究が、2 つ以上の項目に該当する場合もある。2 行目はそれぞれのカテゴリー項目で、サプライチェーンにおける企業間関係を論じている論文数である。81 の論文のうち、プロセス製品を事例とした論文は 6 件と限定的で、鉄鋼材料などの金属製品については存在が認められなかった。Boyson (2014, 表 2.2 (b) の No. 9) は、プロセス製品に該当するグローバルな製薬会社の医薬品に関して、サイバーサプライチェーンのリスクマネジメントの事例を紹介している。Dangelico et al. (2013, 表 2.2 (b) の No. 16) はイタリアの繊維および家具産業を研究し、新しい環境対応 (グリーン) 製品開発のための外部統合能力の役割を分析している。これら 2 つの論文は、加工製品を扱う製薬および繊維産業に焦点を当ててはいるが、製品の品質とサプライチェーンとの関係、および、プロセス製品独特のサプライチェーンの特性については論じていない。Boddy et al. (2000, 表 2.2 (b) の No. 6) は、買い手とサプライヤーの関係を強調し、エレクトロニクス企業である Sun Microsystems と成形品のサプライヤーである Birkbys Plastics の間のパートナーシップを分析している。Lewis & Harvey (2001, 表 2.2 (b) の No. 48) は、英国の繊維産業のサプライチェーンを研究しており、Miller (1993) によって提案された Perceived Environment Uncertainty (PEU) 測定スケールを適用している。Silvestre & Dacol (2009, 表 2.2 (b) の No. 69) は、ブラジルのカンポス盆地の石油およびガス産業の集積を事例研究としている。この集積は、ペトロブラスや国有企業などの油田事業者が石油とガスを供給するプロセス製品のサプライチェーンと見ることができ、イノベーションを誘発する企業間関係を分析している。Sodhi (2003, 表 2.2 (b) の No. 71) は、ポリ塩化ビニルのメーカーである Acme Vinyl Co.に着目し、シナリオプランニングと最適化モデルの使用が株主価値の向上に理想的であると強調している。プロセス製品に関するこれらの 4 つの論文では、サプライチェーンで観察される独特の現象について説明してはいるが、品質に関する考察や、自然科学、技術の観点からの分析は見られない。少なくとも、本検索におけるプロセス製品の研究では、本研究の分析に有効な論文は見つからなかった。

自動車産業について見ると、Lee & Berente (2012, 表 2.2 (b) の No.46)、Lee & Veloso

(2008, 表 2.2 (b) の No.47) が自動車産業を事例研究の対象とし、何れも自動車産業におけるサプライヤーと自動車メーカーの関係を論じており、サプライヤー間の企業間関係には言及していない。Wynstra et al. (2010, 表 2.2 (b) の No.81) は、自動車向けのサプライチェーンにおけるサプライヤーの製品開発行動に着目し、サプライチェーンの階層性も分析している点で本研究の参考になる文献として、次節でサプライチェーンのパターンを考察する際に引用した。但し、この 3 つの自動車産業にかかわるサプライチェーン研究においても、品質に関する考察は殆ど見られなかった。

日本のサプライチェーンの研究では、Hsieh et al. (2010, 表 2.2 (b) の No. 30) は、日本における国際宅配便と小型パッケージサービスの事例研究を行っている。彼らは、サプライチェーンにおける各段階での所有権と、宅配便のデリバリー時間のバラツキとの関係を示した。サプライチェーンの一連の活動の IT システム統合の視点から、サプライチェーンの複数の段階で所有権の存在が観察される場合には、宅配便のデリバリー時間のバラツキを減らし、所有権のメリットをもたらすとしている。ここでは、宅配便のデリバリー時間のバラツキを、サービスの品質と捉え、IT システムの統合と所有権の視点でサプライチェーンの構造を論じている。サプライチェーンの構造と品質との関係を分析した論文として、本節の目的に通じるところがある。

Todo et al. (2016, 表 2.2 (b) の No. 76) は、いくつかの企業からのデータと特許情報を使用して、知識伝播の観点で考察している。この論文では、サプライヤーとクライアントの生産性とイノベーション能力に与える影響を、パートナーとの地理的距離と知識伝播の視点から分析している。この視点は、高品質の製品の製造を追及することにも通じるところがあるとしており、これらの日本のサプライチェーンに関する 2 つの論文は、品質とサプライチェーンの構造を考察する点で、参考となる研究である。

以上を総じて見ると、最近までの 20 年間で、マネジメント関係のトップジャーナルに掲載された論文では、プロセス製品を事例とした研究は限定的で、鉄鋼などの金属加工製品を事例対象とした研究は含まれていないことが分かる。しかし、品質がサプライチェーンの構造に与える影響という、本節の視点で参考となる文献は限定的ではあるが存在した。また、サプライチェーンの階層性構造の分析などは、本研究において、弁ばねと釘のサプライチェーンの形態を比較する際に引用可能な文献であった。

一方、表 2.2 (a) が示す通り、サプライチェーンの多くの研究が、企業間関係を論じていることが確認された。そこで次に、サプライチェーン・マネジメントの重要な構成要素である企業間関係に検索の焦点を絞り、研究の対象となったそれぞれの事例と、適用または引用されている組織論とを以下でレビューすることとした。

(2) 企業間関係に関する先行研究

サプライチェーン研究の検索と同様、東京工業大学附属図書館のデータベースから、Web of Science Core Collection プラットフォームのオンライン学術引用データベースにアクセスし、掲載されたジャーナルは特定せずに論文検索を実施した。企業間関係のキーワードは、"inter-firm

relations" or "inter-organizational relations" or "inter-firm relationship" or "inter-organizational relationship" とし、且つ、組織論のキーワードを theory or perspective or approach or view として、期間は 2000-2019 年を対象に検索を実施した。ヒットした論文数は 212 件であったが、この中から、本文の中で、企業間組織論を引用しているか、またはその理論を論理展開の基盤としている論文を 52 件抽出した。52 の論文の中で、引用または活用された理論を、多い順（論文数順）に示すと、表 2.3 の通りである。

表 2.3. 企業間関係に関する理論と代表的な研究

- (註 1) 引用または活用された理論の数は、1 つの論文に複数の理論が混在する場合も、それぞれの理論を 1 つと数えている。
(註 2) 競争戦略論は企業間関係の組織論に分類されないことが多いが、本研究では参考となる考え方を含むため追加して記載した。
(出所) 企業間関係の論文検索より筆者作成

企業間関係に関する理論	代表的な研究	検索論文の中で引用または活用された論文数
取引コスト理論	Williamson (1975, 1986, 1991, 2000)	29
リソース・ベース・ビュー	Wernerfelt (1984), Prahalad and Hamel (1990), Barney (1991)	23
資源依存パースペクティブ	Pfeffer and Salancik (1978), Aldrich (1979)	17
リレーショナル・ビュー	Dyer and Singh (1998)	13
制度派組織論	Meyer and Rowan (1977), Zucker (1977), DiMaggio and Powell (1983)	11
組織学習	Argyris & Schon (1978), Robinson (2001)	9
コンティンジェンシー理論	Burns and Stalker (1961), Lawrence and Lorsch (1967), Thompson (1967)	4
競争戦略論	Porter (1980), Mintzberg et al.(1998)	6

企業間関係の研究においては、引用または活用される組織論は多くの場合複数存在する。従って、表 2.3 における理論の数は、1 つの論文に複数の理論が混在する場合も、それぞれ 1 つと数えている。また、競争戦略論は企業間関係の組織論に分類されないことが多いが、本研究ではサプライチェーンの形成に参考となる考え方を含むため追加して記載した。

表 2.4 は、検索した 52 の論文の概要と、それぞれの論文で引用または活用された理論、および、サプライチェーンを研究の対象としているか否かを示している。

この結果から、企業間関係の研究では、1 つの研究において、複数の組織論が引用されていることが分かる。また、企業間関係に影響を与えると見られる、不確実性、信頼、ガバナンスといった因子は、必ずしも特定の組織論で展開されている訳ではないことから、広く組織論で考察されてきた概念であることが推測できる。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論

(表中の略称) SC: サプライチェーンに言及した論文、RVB:リソース・ベースト・ビュー、
 資源依存P: 資源依存パースペクティブ、リレーショナルV: リレーショナル・ビュー、
 Cont. 理論: コンティンジェンシー理論

(出所) Web of Science Core Collection プラットフォームによる検索結果を基に筆者作成

先行研究番号 2.4 - 1~52 (文献の詳細は第2章の参考文献参照)

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
1	Agndal & Nilsson	2019	取引コスト理論	○	スウェーデンの 小売企業と バイヤーの関 係分析	インタビュー (26件)	Relational Exchange理論 (RET) の視点 で、組織間関係を変換させる際の各種 調整についての研究である。RETにおい ては、 信頼 が組織の相互作用の基本で あるとしている。組織間関係をコントロ ールする構造が、取引コスト理論における 取引の 不確実性 や、資産の特殊性の関 数のみならず、entrainment (同調)も含 むとしている。
2	Awan et al.	2019	RBV 組織学習	○		論文のレ ビュー	RBVにおけるリソースの定義を引用し、 企業はクリエイティブな思考により、企業 間のリソース交換を促進し、グリーンブ ロダクトやプロセスイノベーションに影 響を与える強力な協力関係に集中するこ とができるとしている。
3	Beugelsdijk et al.	2006	RBV		オランダの中 小企業を対象 とした企業間 関係分析	インタビュー および アンケート調 査(102件)	Barney(1986)などの一部の研究を除い て、RBVの研究は組織文化を無視して きたとし、この研究では、組織の文化が 企業関係を構築するスキルに影響を与 える重要な要素であり、このスキルは、 企業間関係のパフォーマンスにプラスの 影響を与えるとした。
4	Billitteri et al.	2013 a	取引コスト理論 組織学習		バイオ医薬品 製薬企業の企 業間関係分析	2007年~ 2010年に世 界で成立した 企業間関係を 分析(353 件)	ガバナンスの視点に基づき、企業間関 係におけるリスクを、取引コスト理論の 観点でのリレーショナルリスクと、Real Option理論の観点でのパフォーマンスリ スクに分け、それぞれに対応した企業行 動を分析している。パートナー間の 信頼 の欠如は、行動の 不確実性 というリ レーショナルリスクを高め、コストのかかるモ ニタリングと階層的 ガバナンス の必要性 が高まるとしている。
5	Billitteri et al.	2013 b	取引コスト理論 RBV		イタリアのバイ オ医薬品製薬 企業の企業間 関係の ガバ ナンス 分析	アンケート調 査(40社)	取引コスト理論、RBVに関する先行研究 の分析により、企業間関係の ガバナン ス に影響を与える因子として、資産の特 殊性、 不確実性 、リソースのタイプ、 信 頼 などを挙げている。本論文では、バイ オ医薬品製薬企業として、製品・技術の 段階(前臨床開発~承認または商品 化)、パートナー間の従前の関係 (agreement)の有無、商業化された製品 の数、を重要因子と分析している。
6	Binder & Edwards	2010	取引コスト理論 RBV 資源依存P リレーショナルV 組織学習 Cont.理論	○	ドイツの自動 車産業を対象 とした企業間 ガバナンス 分 析	インタビュー (31件) アンケート調 査(52社)	組織論は先行研究の事例として引用。 協力型の企業間 ガバナンス のフレーム ワークが、オペレーション・マネジメントに おいて重要性が高まっているとしてい る。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論 (続き)

No.	著者	掲載年	論文に適用または引用された組織論	SC	研究の内容	主要な研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
7	Carlsson-Wall et al.	2019	制度派組織論		スウェーデンの政府系機関 (Swegov) とサプライヤーとの企業間関係分析	インタビュー (24件)	Swegovにおける取引上のリスクが、サプライヤーとの組織間関係に関連していることを把握した上で、制度派組織論の観点で、固有のリスク・マネジメントシステムがフォーマルなリスク・マネジメントシステムとどのように相互作用するかを分析した。
8	Chaurasia	2018	資源依存P	○	インドにおけるアパレル小売企業と製造企業との企業間関係分析	インタビューとアンケート調査 (230件)	アパレル小売企業と製造企業との関係を、資源依存Pにおける組織の相互依存の視点で考察し、目標の互換性、パワーバランス、情報の共有化、交流期間の長さ、および価値の共創との関係を分析した。
9	Checkley & Steglich	2007	制度派組織論		英国のベンチャーキャピタル (VC) 企業における企業間関係分析	British Venture Capital Association's Directory of Members、およびVC企業websiteのデータ分析	VC企業のSenior Investment Managers (General Partners: GP)が企業間を異動することによって、VC企業間で、企業連合の組み方がどのように変化するかを分析した。結果は、GPの異動よりも、GPの人数を増やすことが企業間関係を築く上で重要であるという点では、新制度派理論 (Powell & Dimaggio) と一致している。
10	Cheng et al.	2013	RBV	○	台湾の製造企業の企業間関係分析	Business Weekly (2011年) にリストされた台湾の製造企業上位1,000社を対象としたアンケート調査 (回答528社)	RBVは、関係を通して得られたベネフィットに基づいて測定が可能な、特定のリレーショナル・リソースに焦点を当てている、としている。調査の結果、リレーショナル・ベネフィットは、情報の共有と正の相関を示し、リレーショナル・リスクは、情報共有と負の相関を示すとしている。
11	Chrupala-Pniak et al.	2017	リレーショナルV		ポーランドの異なる産業における中規模および大規模製造業企業における企業間関係分析	組織間協力を担当する210人のマネージャーと982人の従業員を対象としたアンケート調査	リレーショナルVを引用して、 信頼 がリレーショナルな経験を、リレーショナルコンピテンスや、他のコアコンピテンスに変換できるとしている。調査の結果から、チームとマネージャーの持つポテンシャルを、組織間関係の実現に生かそうとした場合、組織能力 (信頼 と関係構築能力) と個人の心理状態 (ワークエンゲージメント) の両方が重要な役割を果たすとしている。
12	Chuang et al.	2016	RBV 競争戦略		台湾の工業団地で事業展開する企業の企業間関係分析	アンケート調査 (358件)	競争優位の概念をRBVから引用し、集合的学習とabsorptive capacityを通じて、ソーシャル・キャピタルが競争優位性に与える影響を分析した。
13	Cowan et al.	2015	取引コスト理論 RBV 資源依存P リレーショナルV 制度派組織論			論文のレビュー	先行研究から、理想的な企業間関係を構築している企業は、コミュニケーションを取り、高い 信頼 、コミットメント、relational norms、およびコンフリクトに対する機能的な解決策を有しているとしている。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論 (続き)

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
14	Das Aundhe et al.	2011	取引コスト理論		米国とインドのIT関連企業のアウトソーシングに関する考察	ITクライアントとベンダーについて、10件のITアウトソーシングを対象にインタビュー実施	取引コスト理論では、経済的視点から、市場取引を行う企業や個人に着目するが、それではITアウトソーシングは説明できないとし、ソーシャル・キャピタルの観点と、boundary spanners(境界を超えて動く企業や人)の視点の重要性を提言している。
15	Dolci et al.	2017	取引コスト理論 RBV 資源依存P	○	ブラジルの企業とそのサプライヤー間の企業間関係分析	製造業とそのサプライヤー(計6社)の経営層とのインタビュー、およびサプライチェーンを展開する大企業へのアンケート調査(185件)	取引コスト理論、RBV、資源依存P、エージェンシー理論、およびブッシュワードシップ理論から、サプライチェーンのガバナンス要素(成文化、パワー、信頼など)を抽出し、サプライチェーンガバナンスがサプライチェーンパフォーマンスに与える影響を分析している。
16	Gopalakrishnan & Zhang	2017	資源依存P		インドのIT関連産業におけるクライアントとベンダーの企業間関係分析	ベンダー企業を対象としたアンケート調査(120件)	クライアントとベンダーが、パワーのバランスを取り、互いに依存関係のある構造的な組織間関係を構築することによって、両者の関係をマネージする点を、Pfeffer & Salancik (1978)から引用している。調査データから、ベンダーのクライアント依存と、ベンダーのイノベーションとの関係を分析した。ベンダーの競争力が強いほど、ベンダーのイノベーションに関するクライアント依存の悪影響は弱くなるとしている。
17	Hennelly & Wong	2016	RBV リレーショナルV	○	オフショア風力分野のバイヤー(カスタマー)サプライヤー間の企業間関係分析	オフショア風力分野の3つのサプライヤーへのインタビュー	バイヤー/サプライヤー間の関係を考察するに当たり、企業間の相互交流により相互理解が生まれることをリレーショナルVから引用し、模倣困難性のリソースが競争優位を生み出す点を、RBVから引用している。オフショア風力分野における政治的な不確実性を背景に、バイヤー/サプライヤーの関係が、初期の認識段階からエクスペリエーション段階、コミットメント段階へと緊密度を上げて行くメカニズムを分析し、信頼の重要性を示唆している。
18	Iacono et al.	2012	組織学習		イタリアの中規模鉄道産業セクター企業 Firema Trasportiと、研究センター TEST(註)との間のパートナーシップ関係分析	Firemaの research and innovation unitの幹部と TESTの operations unitの研究者に対して、インタビューをアドホックアンケートを使用して実施	2つの組織の短期間における協力関係を、Sydow & Staber (2002) の一時的プロジェクトネットワーク(Temporary Project Network(TPN))の視点から、知識の創造と伝達、およびイノベーションとの間の関係を分析している。知識の伝達に関しては、対面関係の必要性から spatial proximity(空間的な近接性)が重要である点をFeldman(1999)から引用している。 (註)TEST: Technology-Environment-Safety-Transport

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論 (続き)

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
19	Jolink & Niesten	2012	取引コスト理論 RBV			論文のレビュー	独立組織間の協力関係としてのハイブリッド組織を、エージェンシー理論、所有権理論、取引コスト理論、RBVの視点からレビューした上で、独自に再定義している。また、既存の信頼関係やネットワークについての社会的知識が、ハイブリッド組織の変化や、提携などを含む企業間関係に影響を与えたとした。
20	Jolink & Niesten	2016	取引コスト理論 RBV		ベンチャーキャピタル(VC)とスタートアップ企業との企業間関係分析	SDC Platinum データベース(註)から、5,405の企業間協力関係分析、およびVCが支援するスタートアップ企業の行動を分析(564社)	取引コスト理論において、アライアンスパートナーは、取引がガバナンス構造と整合している場合、取引コストを節約できること、およびエージェンシー理論において、協力関係がエージェンシーコストを節約できることをレビューしている。その上で、VCに支援を受けているスタートアップ企業の協力関係の構築や、合併事業の際の行動を分析し、VCが支援する企業は、企業間協力において株式を共有する可能性が低いことなどを指摘している。(註) 2009年～2014年のSDC (Securities Data Company)におけるパイララルな協力関係
21	Khanuja & Jain	2019	取引コスト理論 RBV 資源依存P リレーショナルV 制度派組織論 組織学習 Cont. 理論	○		論文のレビュー	先行研究から、サプライチェーン統合 supply chain integration (SCI) の推進要因を分析し、SCIは、環境の 不確実性 、パフォーマンスの改善、価値創造、コスト最小化などの課題をマネージするために進化してきた、としている。この中で、 不確実性 については、ビジネス、需要、市場、供給、技術それぞれの 不確実性 を挙げている。
22	Kong et al.	2017	取引コスト理論 資源依存P		モノクローナル抗体(mAb)に関する研究開発組織の組織間関係分析	IMS R&D Focus から、モノクローナル抗体(mAb)に関するR&Dプロジェクトの内、1,082の新薬開発段階における研究開発組織間の協力関係を分析	組織のネットワークは、組織の生命現象として理解されており、資源依存P、取引コスト理論などの視点から広く研究されているとしている。コアmAbの構造が明らかになり、また、M&Aなどにより、研究開発の組織間ネットワーク構造の進化によって、2004～2009年は、専任のバイオテクノロジー企業(DBF)同士のパートナーシップが減少し、製薬会社がパートナーシップの中心となるといった、研究開発組織間の協力関係に変化があったとしている。
23	Kozusznik et al.	2015	リレーショナルV			論文のレビュー	競争上の優位性を得るために不可欠な組織リソースの一部は、組織間のコンピテンシーやルーチンの様に、伝統的なリソースでないところに存在するとしてリレーショナルVを引用している。古典的および現代の心理学の理論に照らして、組織間協力に関与する組織のリレーショナル・コンピテンスの形成について、チーム内の風土、例えばオープンな協力、責任体制など、チームレベルの決定要因について考察している。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論 (続き)

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
24	Laaksonen et al.	2009	取引コスト理論	○	フィンランドの製紙業界における、バイヤー(カスタマー)/サプライヤーの企業間関係を、コスト構造のモデル化により分析	製紙機械メーカー1社とサプライヤー3社へのインタビューを実施	取引コスト理論モデルは、組織間の協力関係を表すハイブリッド組織によって完成されたとし、企業間協力が 信頼 が必要であるとの先行研究を引用しつつ、コスト構造モデルから、企業間の 信頼 は取引コストを削減し、パートナーに競争上の優位性を提供するとしている。
25	Liu et al.	2017	資源依存P	○	アウトソーシングに関するサービスプロバイダー(SP)とクライアント統合の関係を分析	インドの専門SPを対象としたアンケート調査(192社)	多くの資源を有する大企業が、規模の経済を可能にする傾向があることをPfeffer & Salancik (1978)から引用している。調査の結果、アウトソーシングされたタスクの複雑さとセキュリティは、SPのcustomer orientationにマイナスの、クライアントの統合にはプラスの影響を及ぼすとした。また、SPのcustomer orientationとクライアント統合の両方が、そのパフォーマンスにプラスの影響を及ぼすとした。
26	Lo Nigro et al.	2012	取引コスト理論 RBV リレーショナルV		バイオ医薬品業界における企業間関係の ガバナンス 形態の分析	先行研究の二次データ分析から、仮説の妥当性を探る	製薬企業とバイオテクノロジー企業の企業間関係については、先行研究において、RBVやリレーショナルVで論じられていることを紹介。両者の関係に関する ガバナンス 形態については、取引コスト理論の視点で、企業間関係のガバナンスモードに影響を与える13の因子を仮説に設定した上で、階層性の有無などの視点から仮説を検証した。
27	Marchington & Vincent	2004	取引コスト理論 制度派組織論	○	英国の大手顔料加工と研究開発を推進する組織に着目し、そのサプライヤーとの関係を分析した	顔料の加工と研究開発を推進するScotchchemと、そのサプライヤー4社のマネージャー、スタッフ50人へのインタビュー	企業間関係の先行研究を、Williamson (1975)の取引コスト理論や、DiMaggio & Powell (1983)が述べた現代組織の複雑性を簡単にレビューし、バイヤー/サプライヤーの関係について、obligational contractual relations (OCR) と arms-length contractual relations (ACR)に分類した上で、インタビューの結果から、それぞれの形態が出現する要因を探る。
28	Matinheikki et al.	2017	制度派組織論 競争戦略		フィンランドのヘルスケアキャンパスプロジェクト(Rehapolis)における組織間関係分析	Rehapolisを構成する民間、公的、およびNGOの各組織のキーマンを対象に、25のインタビューを実施	制度派組織論から、制度上の圧力が企業やNGOにかかる可能性があること、およびPorter & Kramer (2011)の共通価値の創造を引用し、組織間で共有価値創造のビジョンを構築、実装するために、マネージャーは、システムの変更に際しては全ての利害関係者にアプローチし、ビジネスロジックに偏らないこと、責任を共有すること、そして強力なリーダーシップが必要であるとしている。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論 (続き)

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
29	Mazzola & Perrone	2013	取引コスト理論 RBV リレーショナルV 制度派組織論 競争戦略	○		論文のレビュー	企業が企業間関係に入る理由を、複数の企業間関係を対象とした理論に基づいて、①効率性/有効性の追求、②知識の獲得、および③グローバル市場へのアクセスの開拓、にあると言う仮説を設定。125社にかかわる提携、ライセンス契約、合併などの企業間関係を構築した目的を情報として収集し、概ね仮説がサポートされたとした。ポジショニングスクールを引用し、企業間関係は、パートナーと共に他の企業間関係と競争し、市場で望ましいポジションを獲得するための手段であるとした。
30	Mazzola et al.	2008	取引コスト理論 RBV		イタリアの自動車産業を事例として、製品開発のエンジニアリングフェーズでサプライヤーとの協力関係を構築する際に、自動車メーカーを支援する意思決定システムの検討	複数の理論的視点から、自動車メーカーとサプライヤーの最適な組合せを、数値化したモデルにより解析した	取引コスト理論、Alchian & Demsetzアプローチ、および財産権理論(Grossman, Hart, & Moore (GHM) approach) の視点で自動車メーカーの特性を数値化する一方、RBVの視点でサプライヤーの特性を数値化し、自動車メーカーとサプライヤーの最適な組合せを考察している。背景には、グローバル化の進展により、西側自動車メーカーの市場取引型と、日本のリレーショナル型との融合が求められていることを挙げている。
31	Migowski & Libanio	2017	取引コスト理論		ブラジルのヘルスケア領域の組織間関係分析	病院のボードメンバーの1人、および公的機関の1人へのインタビューとアンケート調査	ブラジルのヘルスケアは非独占的活動に位置付けられ、国から資金提供を受ける他、民間組織からも支援を受けられる仕組みであり、国と民間組織の協力が必要であった。取引コスト理論と組織間関係の視点から、両者の関係を分析し、契約締結時の交渉の透明性の問題を指摘している。
32	Nason et al.	2019	取引コスト理論 RBV 資源依存P リレーショナルV		スウェーデンのInformation Technology and Telecom (ITT) セクターのベンチャー企業におけるR&Dの境界の透過性に関する考察	ベンチャー企業184社から、企業情報を収集し、seemingly unrelated regression (SUR)モデルによって解析した	Williamson (1985)による企業の内部リソースの階層的マネジメントを引用し、資源依存Pにおける資源の交換の視点では、ベンチャー企業は、外部リソースの利用において脆弱な立場にあることを再確認している。これに対して、リレーショナルVにおける組織間のアライアンスや協力関係を通じて、企業が外部リソースを活用できること、さらにはRBVを発展させ、新しいベンチャーのR&D境界透過性を考察している。
33	Neumann	2010	取引コスト理論 資源依存P		規模も運航対象地域も異なる2つの欧州の航空会社間の協力協定に関する、ガバナンス構造の分析	航空会社2社の代表者、およびマネージャーへのインタビュー、書面、Eメールによる交信を実施	取引コスト理論のホールドアップ問題の視点、資源依存Pの組織とパワーの視点で、航空会社2社間の協力協定とそのガバナンスを分析。2社のうちより強力な方が、アドバンテージと言える価値あるリソース放棄して、一方の弱いパートナーの参加を促し、信頼を高めて、実質的に立場を平等にするガバナンス構造を受け入れたことを紹介している。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論 (続き)

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
34	Nozawa	2015	制度派組織論 組織学習 競争戦略		日本の産学官 連携システム としての Regional Triple Helix (RTH) model に関する分析	山形県、群馬 県、長野県の 699の製造企 業へのアン ケート調査 と、地元の大学と地方自 治体へのイン タビューを実施	産学官連携について、制度派理論を適用した研究では分析が不十分で、組織間学習の視点が必要としている。また、Porter (1998) による組織間距離の視点でデータを分析。結果、産学官連携への動機となる要因として、企業規模と会社の位置付け、即ち、工場が本社か否か、独立か下請けか、などを挙げている。また、問題点として企業と大学のミスマッチ、地域の企業数、企業活動の拡大と地元大学との関係などを挙げている。
35	del Aguila Obra et al.	2003	取引コスト理論 資源依存P		スペインの建設業における Virtual Vertical Markets on Internet (VVM) システムの機能と組織間関係分析	VVMプロジェクト、イン シアチブ、 ポータル、またはeハブを 対象に、7つのアンケート 調査を実施	取引コスト削減、およびe-ビジネスにおける資源依存Pの観点から、VVMの機能として、市場でのコミュニケーションのためのファンリティ機能、市場に関するニュース/情報の提供、オークションの実施、などを挙げ、収入源として、カタログの作成と保管、技術の販売、バイヤーの取引手数料、両方のユーザータイプのシステム登録料などを挙げている。
36	Oerlemans & Knoblen	2010	取引コスト理論 RBV 資源依存P		南アフリカの製造業、サービス業を対象とした企業間関係分析 (註)SAIS: South African Innovation Survey	SAIS2001 (註)によるアンケート調査 データから、イノベティブな活動をした企業を抽出し、独自のサーベイも追加してデータを収集	この研究では、 不確実性 の削減と、内外リソース間の補完性について、3つの組織論からレビューしている。企業間関係のパターンを、各種パートナー(例えば、バイヤー、サプライヤー、競合相手、大学など)との関係性の深さで分類し、そのパターンの決定因子は、リソースの不足やリソースの制御の必要性ではなく、企業が既に保有する知識を補完する多様な知識ソースにアクセスしたいという欲求であるとしている。
37	Romero- Torres	2019	RBV 資源依存P 制度派組織論	○	医薬品のサプライチェーンにおけるトレーサビリティのための組織間協力関係の分析	欧州および北米の医薬品のサプライチェーンに帰属する72社のマネージャーに対し、オンサイトとオンラインのインタビューを実施	医薬品のトレーサビリティに関する組織間の相互依存の観点で、資源依存Pを引用、トレーサビリティを設定するための規制などについて制度派組織論、限定された合理性と機会主義の視点で取引コスト理論を引用している。データ解析の結果、医薬品のサプライチェーンにおけるトレーサビリティのための組織間協力の要因となるのは、地理的、組織的、および技術的な近接性であるとしている。
38	Shahzad et al.	2018	取引コスト理論 リレーショナルV		フィンランドの中小企業を対象にバイヤー/サプライヤー間の企業間関係分析	フィンランドの中小企業へのアンケート調査 (170件)	取引コスト理論と社会交換理論(SET)に基づいて、経済的、社会学的 ガバナンス メカニズムを調査。契約の完全性などの経済的統治メカニズムは、事後の取引コストを最小化する上で効果的であり、 信頼 とコミュニケーションといった社会学的統治メカニズムは、関係のコミットメントを強化する上で強力であるとした。また、 信頼 とコミュニケーションに相互作用効果があることから、企業はこれらの要素を同時に活用してコストの優位性を得ることができるとしている。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論 (続き)

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
39	Shiraishi & Iijima	2008	取引コスト理論 RBV		企業間のインターフェースに着目して、企業が所属する業界に適した企業間関係の形態を探り、新たなフレームワークを提供する	通信業界、航空業界、製薬業界の各業界に關係するジャーナルの調査データやアライアンスデータを分析	取引コスト理論と、RBVによる企業間關係の説明に限界あると見て、ICTの分野においては、設計論のコンセプトをベースとしたbusiness process-based viewというフレームワークを提唱。企業間關係を、equityベースと non-equityベースに分けて検証し、企業間關係の戦略策定時に、個々の業界に適した企業間關係についての暗黙の情報を提供するとしている。
40	Stepien & Sulimowska-Formowicz	2016	取引コスト理論 RBV リレーショナルV 制度派組織論 Cont.理論			論文のレビュー	組織間關係は複雑なアーティファクトであり、1つだけの理論では十分に説明できないとし、経済学的、社会学的、心理学的、人類学的な理論的成果に基づくツールが必要であるとした。経験と 信頼 を積み重ね、様々な種類の關係の境界(経済、政治、文化的制約など)を学習する(Williams, 2006)と、組織間關係のマネジメントが容易になるとしている。
41	Sumo et al.	2016	取引コスト理論			論文のレビュー	最近の研究では、意図的に不完全なままにされた特定のタイプの契約である、パフォーマンスベースの契約(PBC)がイノベーションを促進するとしている。取引コスト理論とエージェンシー理論を利用して、PBCがイノベーションにどのように影響するかを分析。企業間關係において、制約条件が少なければパートナー企業の自律性につながり、パートナーはイノベーションを自由に行うことができるが、制約が少なすぎると、パートナーのオポチュニスティックな行動を引き起こす可能性があるとしている。
42	von Danwitz	2018	Cont.理論			論文のレビュー	最近のプロジェクト・ ガバナンス に注目した研究で、組織構造は環境要求によって異なるとしたCont.理論を適用している。①プロジェクトの特性、②プロジェクト・ガバナンス、および、③プロジェクトパフォーマンス(時間、予算、品質など)の3要素が、組織環境、競争環境、技術開発などに依存し、相互に関連し合っているとしている。
43	Wang et al.	2018	資源依存P.	○	サプライチェーン統合の推進力として、対人關係と組織間關係の相互作用についての分析	ニュージージーランドの4つの企業(ワインボトル製造、ITソリューション、ソフトウェア開発、物流コンサルティング)のシニアマネージャークラスへのインタビュー実施	先行研究から、資源依存は、サプライチェーン統合プロセスにおいて、パートナー間の 信頼 、パワー、およびコミットメントに影響を与える可能性があるとし、組織間關係は、依存關係のバランスを取り、共同でプラットフォームを構築し、統合などの様々な組織戦略を採用することにより、 不確実性 を減少させる効果があるとしている。インタビュー結果から、 信頼度 、愛着、コミュニケーションを要素とする対人關係と組織間關係が、サプライチェーン統合の原動力として相互作用するとしている。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論 (続き)

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
44	Wang et al.	2017	取引コスト理論		中国の建設プロジェクトにおけるオーナーとコントラクターとの企業間関係の分析	中国の建設プロジェクトに従事するコントラクターへアンケート調査(200件)	オーナーとコントラクター間の企業間関係について、取引コスト理論の視点を拡張し、コントラクターの企業行動を、最低限の役割を実行する場合(in-role behavior)と、役割外の自発的な行為(extra-role behavior)とに分け、それぞれに影響する因子を分析。その結果、以前の相互関係による相互理解と信頼に基づいて、extra-role behaviorが生れることを指摘している。
45	Wang & Tanaka	2011	取引コスト理論 制度派組織論 組織学習	○	中国の天津汽車集団(TAG、現天津一汽夏利汽車股份有限公司)のサプライヤーとの企業間関係のガバナンスの分析	TAGとその関連企業社員へのインタビュー(67件)と、TAGとヨタ自動車から提供された文書に基づき、サプライヤーとの関係の違いを分析	自動車産業の企業間ガバナンスに関する先行研究は、ミクロレベルの取引コスト理論、マクロレベルの制度派組織論、および学習の3つの観点からなるとし、サプライヤーとの関係の国際比較は、ミクロの視点では説明できないとした。TAGの企業間関係のガバナンスは、国家とTAG間の制度的結びつきが弱まることにも変化し、トヨタグループから日本式のサプライヤー管理を学習した結果、従来の階層型からハイブリッドガバナンス型に移行したとしている。
46	Weeks	2009	取引コスト理論 RBV	○	自動車業界におけるイノベーションの取り組みを通じたサプライチェーンの企業間関係分析	自動車メーカー、Tier1部品メーカー、ソフトウェアなどのサプライヤーの3社にインタビューを実施(14件)	先行研究における取引コスト理論は引用しつつも、分析対象の3社については、RVBから派生した、ダイナミック・ケイパビリティ・アプローチの視点で分析している。調査結果から、大企業のバイヤーと中小企業のサプライヤーとの間に位置する企業が、垂直的な双方向の情報フローを創出し、イノベーションに寄与しているとした。
47	Westphal et al.	2006	資源依存P 競争戦略		企業の経営幹部が、リソースへの依存から生じる不確実性をマネージすることを目的とした、他企業の経営幹部との非公式な(友好)関係の構築について考察する	米国の大企業、中堅企業600社のCEOおよび内部の経営幹部に対し、CEOの他企業のトップマネージャーとの友好関係についてアンケート調査を実施	企業のリーダーが、依存していた必要なリソースとしての他企業との人的友好関係が中断された場合(CEOの友人の離職等)、当該企業のリーダーは、非公式な友好関係を再構築する可能性があることを示唆している。相手企業が、バイヤー/サプライヤー、金融機関、競合企業、いずれの場合も当てはまる結果となったとしている。資源依存の視点、および Porter (1998) の視点が引用されている。
48	Xiao et al.	2013	資源依存P	○	中国の自動車、電機、アパレル産業を事例とした、バイヤー/サプライヤー間の企業間ITガバナンスの分析	3つの産業のバイヤー/サプライヤー間の関係におけるITガバナンスについて、38人のマネージャーへのインタビューを実施	資源依存Pにおいては、不均衡なパワー関係では、パワーの弱い当事者が長期的に生き残るために不均衡を修正しようとする主張する。しかし、当文献の研究では、バイヤー/サプライヤーの関係において、バイヤーが支配する一方的なITガバナンス形態が、長期間にわたって存続できることを示している。長期志向の企業間の関係規範と信頼が、不均衡な企業間関係の持続可能性を実現していると主張している。

表 2.4. 企業間関係に関する先行研究と組織理論（続き）

No.	著者	掲載年	論文に適用 または引用 された組織論	SC	研究の内容	主要な 研究方法	判明したこと、または組織論への貢献
49	Yang & Zhao	2016	取引コスト理論		中国の物流アウトソーシングに関するベンダー/クライアント間の関係について、統合が環境の 不確実性 によって如何なる影響を受けるかを分析	中国企業における物流のアウトソーシングに関して、関係するマネージャーへのアンケート調査(264件)	取引コストは、予測される環境の 不確実性 の関数であるとする取引コスト理論を引用している。供給の不安定性と技術の 不確実性 は、企業統合を減少させ、需要の不安定性と法的強制力は、情報共有、個人的なつながり、共同による問題解決などの関係強化を促し、統合を増加させる可能性があるという仮説を設定。調査結果の分析から仮説はサポートされたとしている。
50	Yang et al.	2019	RBV リレーショナルV 組織学習		中国の製造業におけるバイヤー/サプライヤーの関係が、バイヤーのマーケティング能力に与える影響の分析	中国の製造企業を対象としたアンケート調査(バイヤー199件、サプライヤー937件)	RBVや、ダイナミック・ケイパビリティ理論の研究は、企業の内部分析から始まり、マーケティング戦略に展開するというインサイド・アウトの視点としている。それでは内部リソースと能力に焦点を合わせ過ぎて、探索的イニシアチブを制約するとの見方から、当文献の研究は、外部の環境変化に柔軟に適応し、内部能力と市場とのギャップを埋めるという、アウトサイド・インの考えに基づいている。アンケート調査の結果から、バイヤーとサプライヤーの関係の強さは、サプライヤー情報の共有とサプライヤーの柔軟性を生み出し、それが、バイヤーの注意深いダブルループのマーケティング学習を容易にしている。
51	Zang	2000	資源依存P		東および東南アジアにおける中国系企業の企業間関係を考察する場合の、中国のネットワークへのアプローチ方法を探る	シンガポールの大手中国系企業107社のデータを基に分析	資源依存Pでは、相互依存する企業間におけるインターロッキングは、コミュニケーションと伝達の安定した手段を提供するとし、安定性と 信頼性 は、 不確実性 を最小限に抑える傾向があるとしている。この資源依存Pの視点と、中国の伝統的家族経営の考え方を融合することによって、中国のネットワークにおける企業行動が説明できるとしている。
52	Zhang et al.	2017	RBV リレーショナルV 組織学習 競争戦略		中国のハイテク企業間のアライアンスに関するリレーショナル・レントの構造分析	江西省にある国立ハイテク企業の402の企業間R&Dアライアンスに関して実施されたアンケート調査の結果に基づき分析	リレーショナルVにおけるリレーショナル・レントを再定義。「リレーショナル・レントは、経済的利益、ソフトパワー、および科学技術のアウトプットによって構築される関係上の利益であり、両方のパートナーの組織間関係における特異な協業によってのみ創生される」としている。対比する形で、RBVの組織間の関係能力に対して、組織間の学習、調整などの重要性を引用している。また、アライアンスの形態として、Porter(1990)のStrategic Alliancesを引用している。調査結果の分析から、パートナー間のR&Dアライアンスで創出されるリレーショナル・レントに影響する企業間関係は、協力的な態度、 信頼 、情報共有、ITサポート、投資、 ガバナンス 、契約などが一体となって形成されるとしている。

以下で、表 2.3 で示したそれぞれの理論について、表の順に簡単にレビューする。

(取引コスト理論 (Transaction Cost Theory))

取引コスト理論は、組織の境界決定を説明するための主要な理論的フレームワークになっている (Geyskens et al., 2006)。取引コスト理論は、当初は不完全な理論であったが、その後の新しい理論的、および経験的進展に従って洗練され、再定式化され、修正され、拡張されてきた (Geyskens et al., 2006)。取引コスト理論は、Coase (1937) の古典的な論文、*The Nature of the Firm* に起源があり、Coase は、市場と階層組織の間の選択は、主に取引コストの違いによって決定されると主張した。しかし、取引コストを直接測定することは困難であるという、運用上の問題があった (Geyskens et al., 2006)。これを解決したのが Williamson (1975) であった (Geyskens et al., 2006)。取引コスト理論を実証的テストの対象とする取り組みは、Williamson (1975) の独創的な書籍 *Markets and Hierarchies* の発刊直後に始まり、それ以来、さまざまな分野で衰えることなく続いている (Geyskens et al., 2006)。

Williamson (1986) によれば、個人は、取得および処理できる情報が限られているため、選択できるオプションの数も限られていることから、経済取引は完全な合理性ではなく、Simon (1961) を引用しつつ、限定された程度の合理性にしか基づかないとし、全ての経済主体は、自分の利害のために機会主義的に行動する可能性があるとした。また、Williamson (1986) によれば、取引には以下の 3 つの特性があるとしている。

- 取引が行われるその頻度
 - 取引が影響を受ける不確実性
 - 取引が永続的で取引が特定の投資によって支えられている程度、即ち資産の特殊性
- さらに、Williamson (1991) の資産の特殊性には、次の 6 つの側面がある。即ち、立地条件(site)、物的資産、人的資産、専用資産(dedicated assets)、ブランド名資本、時間的特殊性の 6 つである。

以上から、本研究において、サプライチェーンのサプライヤー間の企業間関係を考察する際には、取引が影響を受ける不確実性と、企業間の資産の特殊性、即ち関係特殊的資産の構築が重要な視点となると考えられる。

表 2.4 の中では、取引コスト理論の引用は多いが、考察の基礎として取引コスト理論を採用している 2 つの研究を以下に示す。

Wang et al. (2017, 表 2.4 の No. 44) は、中国の建設業界における 200 の請負企業へのアンケート調査データから、建設企業と工事請負企業間、即ち、オーナーとコントラクター間の関係について取引コスト理論の理解を広げ、契約の持つ機能(管理、調整、適応)と過去の取引関係の相関を分析した。ここでは、請負企業の企業行動を、最低限の役割を実行する (in-role behavior) 場合と、役割外の自発的な行為 (extra-role behavior) とに分けて、それぞれの影響を考察している。以前に、オーナーとコントラクター間に、相互作用を伴う関係が存在した場合、以前のやり取りがパートナー間の相互調整と相互理解を高め、信頼を育むとしている。さらに、信頼が確立される

と、パートナー（コントラクター）は仕事に積極的に参加する傾向があり、追加のタスクを自発的に引き受け、役割外の自発的な行為（extra-role behavior）に繋がる可能性を示唆している。

Yang & Zhao (2016, 表 2.4 の No. 49) は、中国の物流アウトソーシングに関するベンダー/クライアント間の関係マネジメントについて、統合が環境の不確実性によって如何なる影響を受けるかを分析している。取引コストは予測される環境の不確実性の関数であるとする取引コスト理論に基づいて、264 の物流のアウトソーシングに関係するマネージャーへのアンケート調査データから、供給の不安定性と技術の不確実性に対応するために企業統合は減少するが、需要の不安定性と法的強制力に対応するために統合が増加する可能性があるという仮説を設定。調査結果の分析から仮説はサポートされ、需要の不安定さと法的実施不能性に対処するために、情報共有、個人的なつながり、共同による問題解決などの関係強化が増加するとしている。

（リソース・ベースト・ビュー（Resource-Based View, (RBV)）

Miller (2019) によれば、リソース・ベースト・ビューは、Wernerfelt (1984) によって最初に提唱された。Wernerfelt (1984) は、企業が他社に真似できない資源を保持することが、資源獲得障壁（Resource position barriers）を築き、企業は競争優位を得ることができると主張した。その後、1980 年代に多くの論文を通じてリソース・ベースト・ビューの研究が展開されたが、Prahalad & Hamel (1990) のコア・コンピタンスの提唱によって普及が進み (Miller, 2019)、さらに Barney (1991) は、簡潔な 4 つのフレームワーク VRIN（「価値」value, 「希少性」rareness, 「模倣困難性」imperfect imitability, および「非代替性」non-substitutability）によって、企業の持続可能な競争優位性を説明し、リソース・ベースト・ビューの研究に大きな影響を与えた (Miller, 2019) とされている。Barney は後に、「模倣困難性」と「非代替性」を合わせて「模倣困難性」とし、第 4 の要素としてリソースを活用する「組織」organization を追加して、VRIO のフレームワークとした (Miller, 2019)。Barney (1995) によれば、「価値」については、企業の経営資源が、事業機会を生かすことに寄与するのか、或いは、直面する脅威を打ち消す助けとなるのかという視点を指す。「希少性」については、企業の経営資源が貴重で希少性がある場合、それを活用することにより、企業は少なくとも一時的に競争上の優位性を獲得できるという視点を指す（但し、競合する企業間で共通して保有する「価値」のある経営資源が重要ではない、という意味ではない）。「模倣困難性」については、「価値」があり「希少性」のある経営資源を、競合する企業が模倣する際にコスト上の不利益が生じる場合、この特殊な経営資源を持つ企業は、持続的な競争上の優位性を得ることができる、という視点を指す。「組織」については、企業は、「価値」、「希少性」、「模倣困難性」を持つ経営資源を活用するように組織されているかどうか、即ち、企業内のレポーティングシステムとその管理手法、およびその報酬体系などの仕組みが、経営資源を十分に活用できる形態か否かの視点を示す (Barney, 1995)。また、Barney (1995) は、企業が他の企業の内部属性のいくつかを模倣するのにコストがかかる理由を、企業リソースを構築してきた歴史、リソースの開発、育成、活用における多数の「小さな決断」の蓄積、そしてそのリソースの社会的な複雑性、を挙げている。

以上のようなリソース・ベースト・ビューは、企業間関係やサプライチェーン・マネジメントの研究に広く適用されている。表 2.4 の中で、Beugelsdijk et al. (2006, 表 2.4 の No. 3) は、企業間

関係を開拓・構築し、良好なパフォーマンスを実現するという企業のスキルに着目し、組織の文化が、このスキルに影響を与える重要な要素であるとした。オランダの中小企業を対象に、102の企業間関係をサンプルとしてアンケート調査を行い、安定性と予測可能性への志向、イノベーションへの積極的な志向、そして、目前の結果に重点を置いていないことを特徴とする組織文化を持つ企業は、このスキルに対するスコアが高いことを明らかにした。Barney (1986) などの一部の研究を除いて、リソース・ベースト・ビューの研究は組織文化を無視してきたとし、Beugelsdijk et al. (2006) のこの研究は、その理論的基礎を拡張することにより、良好な組織間関係についてより包括的な説明を提供できるとしている。また、Shiraishi & Iijima (2008, 表 2.4 の No. 39) は、取引コスト理論とリソース・ベースト・ビューは、企業間関係の形成を議論する際には制約に直面しているとして、ICT の分野における Service Oriented Architectures (SOA) の設計論のコンセプトをベースとした business process-based view の導入を提案している。Shiraishi & Iijima (2008) は、企業間関係について SOA とモジュール性の概念を適応させることを提案し、企業を構成するサブシステムとそのインターフェースに着目して、企業間関係を equity ベースと non-equity ベースに分けて分析した。「企業を構成するサブシステムが定義され、サブシステム間のインターフェースが標準化されている場合、企業間のサブシステムの交換が実現できる」とし、このようなケースにおける企業間関係を non-equity ベースの関係とした。1990 年から 2000 年までの通信業界、航空業界、製薬業界の各業界に關係するジャーナルの調査データやアライアンスデータを基に、それぞれの業界における equity ベース/non-equity ベースの比率を推移で比較した。その結果、電気通信業界は equity ベースが、航空業界は non-equity ベースが大半を占めた。提案されたフレームワークは、企業間関係の戦略を策定する際に、どのタイプの企業間関係が業界に適しているかについての暗黙の情報を提供するとしている。Weeks (2009, 表 2.4 の No. 46) は、リソース・ベースト・ビューと、環境変化を踏まえた組織の適応力(ダイナミック・ケイパビリティ)の観点から、自動車業界のサプライチェーンを事例として、自動車産業と、3 種類の業界の異なる部品サプライヤーとの関係を論じた研究で、自動車メーカー、および Tier1 部品メーカー、ソフトウェアなどのサプライヤーの 3 社にインタビューを実施し、イノベーションの取り組みを分析した。大企業のバイヤーと中小企業のサプライヤーとの間に位置するサプライヤー企業が、垂直的な双方向の情報フローを創出し、イノベーションの成功に寄与していることを明らかにした。

(資源依存パースペクティブ (Resource Dependence Theory))

資源依存パースペクティブは、組織の変化に関する 2 つの異なる見解、即ち、Thompson (1967) らが提唱した環境に対する視点と、組織間の相互依存に対するより政治的でパワー・オリエンテッドな視点を統合する試みであった (Cobb & Wry, 2016)。基礎となる考え方は、Pfeffer & Salancik (1978)、Aldrich (1979) らによって確立され、組織の外部環境への依存性と、組織がパワーをどのように利用し、組織間の依存関係をマネジメントするかについて考察した (Davis & Cobb, 2009)。

Pfeffer & Salancik (1978) は、環境が組織構造に与える影響については先行研究で着目され、環境の重要性が理論的に強調されている一方、組織間で相互に影響を及ぼす行動についての研究は著しく少ないとしている。多くの組織が、他の組織の行動をコントロールする機能を持っている

ことから、このような、組織間で影響を及ぼし合う行動は、注目に値するとしている。著書 *The external control of organizations: A resource dependence perspective* の視点は多岐に亘るが、本研究の視点である企業間関係については、当文献第3章の *Social control of organizations* において、組織の他組織に対する依存性を決定する要因を挙げている。その第1は、リソースの重要性 (*resource importance*) で、これにはリソースの交換（例えば、取引する製品や市場の種類の数）の相対的な大きさ (*relative magnitude*) と、その資源がどの程度不可欠（必要）であるかの程度 (*criticality*) の2つの側面があるとしている。第2の要因として、他の組織が所有するリソースの配分とその使用に関する裁量の程度 (*discretion over resource allocation and use*) を挙げている。これは、ある組織が、あるリソースの配分を受けようとする、或いは使用しようとする際に、他の組織の許可や承認が必要な場合は、当該組織はそのリソースの自由な配分や使用は不可能となる。リソースをコントロールするための1つの方法としては「所有 (*possession*)」があるとし、石油資源の所有権を例に挙げて、所有権はリソースをコントロールするための基礎は提供するものの、絶対的なものではなく、社会システムの他の組織の同意に依存するとしている。第3の要因は、リソースをコントロールする集中度 (*concentration of resource control*) としている。ある組織の別の組織への依存は、リソースをコントロールする主体の集中度、例えば、取引が比較的少数の、または1つだけの重要な組織によって行われる程度に由来するとしている。米国の海岸の2地点間を移動する貨物の輸送を管理する法律では、貨物を米国の船舶で運ぶことが義務付けられている点を例として、この法律が、商品を輸送する荷送人に、より高価な米国船舶への船積み義務を付けている点を示し、リソースをコントロールする集中度とは、当該組織が同じリソースを置き換えることができる範囲を指すとしている。以上から、Pfeffer & Salancik (1978) は、ある企業にとってリソースの重要性が高く、またそのリソースに対して他の組織（筆者注：ここでは外部組織とする）の影響力が大きいと、自由にそのリソースを活用することが出来ず、且つ、リソースのコントロールがその外部組織に集中しているほど、当該企業はその外部組織への依存度が高くなることを示している。一方、Hillman et al. (2009) は、Pfeffer & Salancik (1978) が提唱する、企業の環境依存を最小限に抑えるための方策を5つに纏め、合併/垂直統合 *mergers/vertical integration*、合弁事業およびその他の組織間関係 (*joint ventures and other interorganizational relationships*)、取締役会による組織間関係の調整 (*boards of directors*)、政治的行動 (*political action*)、役員承継の仕方 (*executive succession*) を挙げている。

表 2.4 の中で、Oerlemans & Knoblen (2010, 表 2.4 の No. 36) は、不確実性の削減と、内外リソース間の補完性について、取引コスト理論、リソース・ベースド・ビュー、資源依存パースペクティブの3つの組織論からレビューしている。この論文は、南アフリカの製造業、サービス業を対象とした企業間関係について、アンケート調査に基づいて分析を行い、組織間関係の知識移転 (*knowledge transfer*) が論文の主題であるが、組織の相互依存関係と不確実性について以下のように述べている。「より高いレベルの依存性は不確実性を生み出し、環境の不確実性のレベルが高くなるほど、企業はその不確実性を減らす必要性が高くなる ("higher levels of dependency create uncertainty. The higher the level of environmental uncertainty, the greater the need of the firm to reduce that uncertainty.")」また、企業間関係のパターンを、各種パートナー（例えば、バイヤー、サプライ

ヤー、競合相手、大学など）との関係性の深さで分類し、そのパターンの決定因子は、リソースの不足やリソースの制御の必要性ではなく、企業が既に保有する知識を補完する多様な知識ソースにアクセスしたいという欲求であるとしている。Romero-Torres (2019, 表 2.4 の No. 37) は、医薬品のサプライチェーンにおけるトレーサビリティのための組織間協力関係の分析を行った。欧州および北米の医薬品のサプライチェーンに帰属する 72 社のマネージャーに対し、オンサイトとオンラインのインタビューを実施した。医薬品のトレーサビリティに関する組織間の相互依存の観点で、資源依存パースペクティブを引用、トレーサビリティを設定するための規制などについて制度派組織論、限定された合理性と機会主義の視点で取引コスト理論を引用している。医薬品のトレーサビリティには、サプライチェーンのすべての利害関係者間の協力が必要であるが、データ解析の結果、トレーサビリティの取り組みは遅延しており、これは、サプライチェーンの関係者のトレーサビリティに対する認識や手法が異なるためであった。Romero-Torres は、地理的、組織的、および技術的な近接性が医薬品のサプライチェーンにおけるトレーサビリティのための組織間協力の要因となるだろうとしている。Westphal et al. (2006, 表 2.4 の No. 47) は、米国の大企業、中堅企業 600 社の CEO および内部の経営幹部を対象に、CEO の他企業のトップマネージャーとの友好関係についてアンケート調査を実施した。資源依存パースペクティブの観点から、企業のリーダーが依存していた、必要なリソースとしての他企業との人的関係が中断された場合（例えば、CEO の友人の離職による）、当該企業のリーダーは、非公式な（即ち友情）関係を再構築する可能性があることを示唆している。Xiao et al. (2013, 表 2.4 の No. 48) は、中国の自動車、電機、アパレル産業を事例として、バイヤー・サプライヤー間の企業間の IT ガバナンスを、38 人のマネージャーへのインタビューデータを基に分析した。資源依存パースペクティブにおいては、不均衡なパワー関係では、パワーの弱い当事者が長期的に生き残るために不均衡を修正しようとする主張する。しかし、Xiao et al. (2013) の研究では、バイヤー/サプライヤーの関係において、バイヤーが支配する一方的な IT ガバナンス形態が、長期間にわたって存続できることを示している。長期志向の企業間の関係規範と信頼が、不均衡な企業間関係の持続可能性を実現していると主張している。Zang (2000, 表 2.4 の No. 51) は、シンガポールの大手中国系企業 107 社のデータを基に、東および東南アジアにおける中国系企業の企業間関係について、中国のネットワークにおける企業行動へのアプローチ方法を探る取り組みを行っている。資源依存パースペクティブでは、相互依存する企業間におけるインターロッキングは、コミュニケーションと伝達の安定した手段を提供するとし、安定性と信頼性は、不確実性を最小限に抑える傾向があるとしている。この資源依存パースペクティブの視点と、中国の伝統的家族経営の考え方を融合することによって、中国のネットワークにおける企業行動が説明できるとしている。

（リレーショナル・ビュー (Relational View)

Dyer & Singh (1998) によって導入されたリレーショナル・ビューは、2 つの組織または企業に焦点を当てて、競争上の優位性を説明した組織間理論である (Weber et al., 2016)。リレーショナル・ビューにおいては、2 つの組織間関係が生み出す通常以上の利益 (supernormal returns) をリレーショナル・レントと呼んでいる。即ち、リレーショナル・レントは、どちらの組織も単独では生み

出すことができず、特定のアライアンスパートナーとの共同による特異な貢献 (joint idiosyncratic contributions) を通じてのみ生成できる通常以上の利益と定義されている。Dyer & Singh (1998)は、このリレーショナル・レントの源泉として、次の4つを挙げている。即ち、企業間の関係特異的資産 (relation-specific assets)、企業間の知識共有ルーティーン (knowledge-sharing routines)、企業間の相互補完的な資源/能力 (complementary resources/capabilities)、企業間の効果的ガバナンス (effective governance)である。また、Dyer & Singh (1998)によれば、協業関係にあるパートナーとともに生み出したリレーショナル・レントは、以下の要因が成立している限りにおいては維持される、即ち参入障壁になるとしている。

- ① causal ambiguity: 当該の協業企業グループで構築されている因果関係が曖昧なため、競合する企業が、何が収益を生み出すのかを確認できない。
- ② time compression diseconomies: 競合する企業は、何が収益を生み出しているのかを理解はできるが、時間的な不経済のために当該協業企業グループが確保しているリソースを迅速に複製できない。
- ③ interorganizational asset stock interconnectedness: 当該協業企業グループの資産ストックが相互に関連しているため、競合する企業は、その慣行や投資を真似することはできない。
- ④ partner scarcity: 競合する企業は、協業企業グループが保有するリソースの、補完的なリソースまたは関係する能力を持つパートナーを見つけることができない。
- ⑤ resource indivisibility: 競合する企業は、協働企業が構築した固有のリソースを目で見ることができないため、そのリソースや能力を持つ可能性のあるパートナーの機能にアクセスできない。
- ⑥ institutional environment: 機会主義的行動 (オポチュニズム) を抑制し、協力的行動を促進するための、法的または社会的規則を有する独特で複雑な制度的環境を複製することができない。

また、組織間関係のリレーショナル・レントを高める要素として、協業パートナーの自己拘束的なセーフガードを挙げ、組織間の「信頼」をその例として示している。全体に、リソース・ベースト・ビューと重なる部分もあるが、リソース・ベースト・ビューが分析の対象を企業としているのに対し、リレーショナル・ビューでは企業が構築するペア関係またはネットワークとしている点が異なる (Dyer & Singh, 1998)。

表 2.4 の中では、Zhang et al. (2017, 表 2.4 の No. 52) は、上記の Dyer & Singh (1998) の提唱したリレーショナル・レントを再定義し、「リレーショナル・レントは、経済的利益、ソフトパワー、および科学技術のアウトプットによって構築される関係上の利益であり、両方のパートナーの組織間関係における特異な協業によってのみ創生される。」としている。Zhang et al. (2017) は、中国科学技術部により特定された、江西省にある国家ハイテク企業の 402 社間の R&D アライアンスのサンプルを利用して、パートナー間の R&D アライアンスで生成されるリレーショナル・レントの構造分析を行った。その結果、パートナー間の R&D アライアンスで生成されるリレーショナル・レントに影響する企業間関係は、協力的な態度、信頼、情報共有、IT サポート、投資、ガバナンス、契約などが一体となって形成されるとしている。

(制度派組織論 (Institutional Theory))

制度派組織論は、正当性 (legitimacy) と権威 (authority) に関する Max Weber の提唱にそのルーツを見るが、1950 年代以降、組織と環境の関係を論じた Parsons (1956) や Selznick (1957) らがその創成期と言われる (David et al., 2019)。さらに、1970 年代に Meyer & Rowan (1977)、Zucker (1977) らによって体系化され、一般に「新制度主義」として知られるようになった (David et al., 2019)。DiMaggio & Powell (1983) は、組織が制度に適応すること、即ち、規範、規制を受け入れ従うことが組織の正当性を高めるとし、その過程において、組織の構造や行動の類似性に着目し、同型化 (isomorphism) と呼んだ。DiMaggio & Powell (1983) は、制度的同型が発生するメカニズムには以下の 3 つがあるとした。

- ① coercive isomorphism: 政治的影響力と正当性に起因する強制的同型
- ② mimetic isomorphism: 不確実性に対する対応から生じる模倣同型
- ③ normative isomorphism: 専門化に関連する規範的同型

DiMaggio & Powell (1983) は、mimetic isomorphism においては、不確実性は組織による模倣を助長するとし、組織は、より正当化、または、より成功していると認識している同一分野の組織を模倣して、モデル化する傾向にあるとしている。

表 2.4 の中では、Wang & Tanaka (2011, 表 2.4 の No. 45) は、中国の天津汽車集団 (TAG) のサプライヤーとの企業間関係におけるガバナンスについて、TAG とその関連企業社員へのインタビューなどを基に分析を行った。その結果、2000 年以降、州との関係が弱まり、旧来の州との間の古い制度的枠組みから脱却し、グループ全体が、階層型の企業間ガバナンス構造から、日本型のサプライチェーン構造へと移行したと分析している。

(組織学習 (Organizational Learning))

組織学習 (Organizational Learning) とは、企業または組織内のマネージャーと従業員が、新しい状況や問題への対処法を学び、より熟練し、経験を積むプロセスのことを言う (Cambridge Dictionary による)。Argyris & Schon (1978) は、学習を個人としてではなく、組織の学習として体系化し、その後の組織学習の基礎を築いた (Lipshitz, 2000)。Argyris & Schon (1978) は、組織学習をシングルループ学習とダブルループ学習の 2 つに分類した。組織の目標達成に向けた行動や施策と、得られた結果を考えた場合、実行された行動や施策が望ましい結果を生み出せば、その行動が正しいものとして学習されるが、望ましい結果を得ることができなければ、その結果がフィードバックされ、設定されていた目標が達成できるように、行動が修正されことになる。Argyris & Schon (1978) はこの修正行動 (surface level practices) をシングルループ学習と呼んでいる (Robinson, 2001)。また、問題のある行動の基礎となった前提や価値観に立ち返ってそれらを見直す (change to the values that underpin problematic practice) ことをダブルループ学習と呼んでいる (Robinson, 2001)。表 2.4 の中では、Yang et al. (2019, 表 2.4 の No. 50) は、中国の製造業におけるバイヤー/サプライヤーの関係が、バイヤーのマーケティング能力に与える影響について、中国の製造企業を対象としたアンケート調査に基づいて分析した。リソース・ベースト・ビューや、ダイナミック・ケイパビリティ理論の研究は、企業の内部分析から始まり、マーケティング戦略に

展開するというインサイド・アウトの視点としている。それでは内部リソースと能力に焦点を合わせ過ぎて、探索的イニシアチブを制約するとの見方から、当文献は、外部の環境変化に柔軟に適応し、内部能力と市場とのギャップを埋めるという、アウトサイド・インの考え方に基づいている。アンケート調査の結果から、バイヤーとサプライヤーの関係の強さは、サプライヤー情報の共有とサプライヤーの柔軟性を生み出し、それが、バイヤーの注意深い、ダブルループのマーケティング学習を容易にするとしている。

(コンティンジェンシー理論 (Contingency Theory))

コンティンジェンシー理論は、組織の構造は、市場、競争力、技術などの環境要求によって異なることを主張した理論で、1960年代に Burns & Stalker (1961)、Lawrence & Lorsch (1967)、Thompson (1967)らによって提唱され、戦略、生産、イノベーションなどのマネジメント領域で数多く適用されてきた (Hullova et al., 2016, 表 2.2 (b)の No. 32)。表 2.4 の論文のうち、von Danwitz (2018, 表 2.4 の No. 42) は、最近のプロジェクト・ガバナンスに関する研究に注目した。その中では、①パートナーを含むプロジェクトの状況、②プロジェクト・ガバナンス、③時間、予算、品質などを含むプロジェクトパフォーマンスの 3 要素が、内部および外部の状況、即ち、組織環境、競争環境、技術開発などに大きく依存し、相互に関連し合っているとしている。また、コンティンジェンシー理論は、リーダーシップと組織との関係を論じたリーダーシップ理論でもあり (Anderson, 2016)、代表的なものに、Fiedler (1964) の contingency model がある。このモデルでは、リーダーシップの有効指標を “situational favorability” (好ましさ：筆者訳) という概念で定義しており、その変数として以下の 3 つの要素を定義している。

- ① リーダーが組織の他のメンバーに受け入れられる度合い
- ② 仕事・課題の明確さ
- ③ リーダーが部下をコントロールする権限の強さ

日本の自動車メーカーを発注元とするサプライチェーンにおいて、自動車メーカーをサプライチェーン組織のリーダーと位置付けるならば、上記の 3 要素を考慮すると、サプライヤーにとって自動車メーカーの situational favorability は極めて高いと推測される。

(競争戦略論 (ポジショニングスクールのパースペクティブ))

ポジショニングスクールとは、Mintzberg et al. (1998) が戦略論を 10 の学派に分類した中の 1 つである。Mintzberg et al. (1998) によれば、その歴史は戦時中の軍事戦略に遡り、1970 年代の Hatten et al. (1978) などの研究を含んでいる。Mintzberg et al. (1998) によれば、ポジショニングスクールの戦略論は、業界分析を通して自社が競合他社に対して優位となり、また競合他社の攻撃に対して防衛が可能となるポジションを選択することを目的としている。70 年代後半に登場した Porter (1980) によって提唱された「競争の戦略」によって、この学派に巨大な波が発生し、急速な勢いで支配的な学派となった (Mintzberg et al., 1998)。Porter (1980) は、当該企業が所属する業界の構造と、その中における競争の要因を明確にする five forces と呼ばれる以下の 5 つの要素 (競争要因) を挙げた。①「新規参入の脅威」は、参入障壁の程度、②「既存競争業者間の敵対関係の強

さ」は、当該企業が所属する業界における同業他社との競争の激しさの程度、③「代替製品からの圧力」は、顧客にとって同様のニーズを満たすことが可能な、既存の製品・サービス以外のものによって奪われる脅威の程度、④「買い手の交渉力」は、買い手（顧客）が売り手に対して価格値下げや品質の向上などを要求する力の強さ、⑤「売り手の交渉力」は、原材料や部品などを納入する売り手から買い手に対して要求する力の強さ、を指す。

Porter (1980) は、当該企業が、上記の 5 つの要素に対処し、業界内でのポジションを築く場合、他社に打ち勝つための 3 つの基本戦略として、「コスト・リーダーシップ」、「差別化」、「集中」、を挙げている。コスト・リーダーシップ戦略は、コスト面で最優位に立つという基本目的に沿った一連の実務政策を実行することである。低コストの地位を占めると、業界内に強力な競争要因があらわれても、平均以上の収益を生むことができ、同業者からの攻撃をかわす防御体制もできるとしている。「差別化戦略」は、当該企業の製品やサービスを差別化して、業界の中でも特異だとみられる何かを創造しようとするものであり、5 つの競争要因に対処できる安全な地位を築くとしている。「集中戦略」は、特定の買い手グループや製品の種類、特定の地域市場などへ企業の資源を集中するものである。ターゲットを広くした同業者よりも狭いターゲットに絞る方が、より効果的で、より効率のよい戦いができるという前提に立っているとしている。表 2.4 の中では、Mazzola & Perrone (2013, 表 2.4 の No. 29) は、企業が企業間関係を構築する理由を、複数の組織理論に基づいて、マネージャーが 3 つの戦略的ニーズ、即ち、①効率性/有効性の追求、②知識の獲得、および③グローバル市場へのアクセスの開拓、にあると言う仮説を設定した。経済誌などの情報から、125 社にかかわる提携、ライセンス契約、合弁などの企業間関係を分析し、概ね先の仮説がサポートされたとした。この中で、Mazzola & Perrone (2013) は、企業間関係は、他の企業間関係に対してパートナーと共に競争し、市場で特定の望ましいポジションを獲得するための手段であるとして、仮説設定の一部にポジショニングスクールのパースペクティブを引用している。

ここで、表 2.3 には含まれていないが、サプライチェーンの変化という観点で、本研究にかかわる可能性のある組織ルーティーンについてレビューしておく。

(組織ルーティーン (Organizational Routines))

組織的ルーティーンは、複数の組織のメンバーによって実行される、相互依存的行動の反復的で認識可能なパターンとして定義されている (Feldman & Pentland, 2003)。Feldman & Pentland (2003) によれば、この概念は Stene (1940) によって導入され、複数の分野で研究が行われた (Simon, 1981; Cohen & Bacdayan, 1994; Cohen et al., 1996)。組織的ルーティーンは、組織学習から派生した考え方と見ることもでき、また、組織の正当性や規範の観点での考察 (Meyer & Rowan, 1977) もなされていることから、制度派組織論に通じる部分もあると考えられる。Feldman & Pentland (2003) は、ルーティーンは慣性 (inertia) と硬直性 (inflexibility) の源となる可能性がある一方、柔軟性と変化の重要な源にもなる可能性もあるとしている。Feldman & Pentland (2003) の研究は、何故組織ルーティーンは慣性や硬直性の一面を有する一方、変化し柔軟性を示す一面もあるのかを明らかにする試みであった。Feldman & Pentland (2003) は、組織ルーティーンには明示的側面 (ostensive aspect) と遂行的側面 (performative aspect) という二重性が見られるとした。明示的側面は、標準的な操作

手順として体系化されている場合もあれば、基準として存在している場合もあるとされ、組織のメンバーに対して、その業務の方向付けと内容を明示する側面を有するものと考えられる。一方、遂行的側面について Feldman & Pentland (2003) は、同じ人が何度も従事しているルーティーンでさえ、状況の変化に合わせて調整する必要があるとしている。即ち、遂行的側面には、特定のルーティーンを具体的な業務行為として実行し、反復を維持しつつ、時にルーティーンとして行われる行為に修正を加える側面を有すると考えられる。このように、組織ルーティーンには明示的と遂行的な側面が二重性 (duality) の形で一体となって存在し、その相互作用によってルーティーンが多様に変化するとしている。最近の研究では、Shimazoe & Burton (2013) は、ニアミス (未然事故、near miss) の知識は、事故を防ぐのに役立つ筈であるが、それは必ずしも組織のルーティーンの変更につながって、事故の防止に貢献するとは限らないとしている。それは、ニアミスの発生確率が低いため、専門家においても、既存のルーティーンに固執する傾向が強いとし、Shimazoe & Burton (2013) はこれを「正当化シフト」と呼んだ。この研究では、不確実性は、既存の一連の行動パターンを維持する理由として提示されている。既存のルーティーンのリスクに対する個人の信念が変化しない限り、最終的に新たなルーティーンが組織の選択になることはなく、集団の意思決定につながる専門家のニアミスに対する分析の重要性を示唆している。Lin et al. (2017) は、組織的なルーティーンの進化は、①既存のルーティーンの支配、②新しいルーティーンの作成、③新しいルーティーンの定着という段階的なプロセスを通じて内生的に発生するとしている。規則や規制は不確実性を吸収できるため、組織のメンバーは、新しいタスクに対して既存の規則や規制の適合性を強調する傾向があり、その結果、既存の動作パターンに固執する。しかし、新しいタスクの経験が増えると、組織のメンバーは、新しいタスクと既存のタスクの違いを徐々に認識し、既存の規則や規制の不適切さを認識しはじめ、既存のパターンを保持するリスクに気付く。そして、他の人との相互作用を通じて、メンバーは徐々に以前の習慣とスキルを取り除き、個々のスキーマと共有スキーマを統合し、不確実性の吸収によって新しいルーティーンが定着するとしている。ここでも、Shimazoe & Burton (2013) が「正当化シフト」と呼ぶ組織ルーティーンの慣性が観察され、個々のスキーマと共有スキーマの統合による不確実性の減少が、新たなルーティーンへの変化と定着の鍵となっていることが分かる。

以上の企業間関係を論じた経営学的、経済学的理論のレビューから、企業間関係に影響を与える要素として、信頼、不確実性、ガバナンスなどが存在することを確認した。このような経営学的、経済学的理論を踏まえた上で、本研究における鉄鋼製品のサプライチェーンを次節以降で観察する。特に、サプライヤーの垂直的な企業間関係を観察する上では、取引コスト理論の関係特殊的資産、リソース・ベースト・ビューの非代替性、模倣困難性、リレーショナル・ビューのリレーショナル・レントと参入障壁、制度派組織論の不確実性に対する対応、コンティンジェンシー理論のリーダーシップ、競争戦略論の企業間関係同士の競争、組織ルーティーンの慣性と硬直性の視点などを念頭に置きながら、弁ばねと釘のサプライヤー企業の行動とその背景を調査分析する。

2.4.3. 弁ばねのサプライヤーと機能

本節では、前節の組織論を念頭に置きながら、本研究の研究対象である弁ばねと釘のサプライヤー企業の概要と機能を整理する。

(1) 弁ばね用線材を製造する鉄鋼メーカーの概要

弁ばねの製造に関して、二次加工メーカーに素材となる線材を生産するのは、我が国では(株)神戸製鋼所と日本製鉄(株)のみである (Nishio & Fujimura, 2017)。落合 (2013) によれば、鉄鋼メーカーによる線材製造の歴史は古く、日本製鉄(株)の前身である官営八幡製鉄所が、1907 年に線材工場の稼働を開始したのが始まりである。しかし、ばねの素材になるものではなく、釘や針金用線材を生産していたにとどまっていた。ばねの素材となる線材は高炭素鋼線材と呼ばれるものである。軍事用の弁ばねなどの軍需のため、その原材料となるピアノ線の国産化が求められ、国はその素材の製造を(株)神戸製鋼所と住友電気工業(株)に要請したとの記録がある (落合, 2013)。ピアノ線は不純物を極小化することを最優先で要求されることから、(株)神戸製鋼所はピアノ線用線材の製造のために、特別に高純度の銑鉄を調達し、平炉法 (戦前の製鋼法の主流で、現在は存在しない)、または電気炉製鋼法で線材の鋼を精錬したと伝えられている (落合, 2013)。

近年では、(株)神戸製鋼所 (2007) によれば、弁ばねの素材となる高炭素鋼線材の世界シェアは、(株)神戸製鋼所が約 50%を占めている。非金属介在物極小化技術は、他の日本の鉄鋼メーカーでも開発が行われ、現在は、欧米でも弁ばね用線材の多くが日本で製造されている (日本ばね工業会, 2012)。

(2) 弁ばね用オイルテンパー線を製造する二次加工メーカーの概要

次に、鉄鋼メーカーから供給された線材を加工し、弁ばね製造の原材料となるオイルテンパー線を供給する二次加工メーカーについて分析を行う。オイルテンパー線は、常温で伸線した線材を連続的に真っすぐな状態で油などの冷媒で焼入れした後、焼戻しを施して製造される。このオイルテンパー線を製造するメーカーは、上工程で線材を製造する鉄鋼メーカーと、下工程で弁ばねを製造する弁ばねメーカーとの間において、線材を伸線、熱処理することから、典型的な二次加工メーカーであると考えられる。鉄鋼メーカーから自動車メーカーに至る弁ばね製造の流れは図 2.6 に示すとおりである。

Nishio & Fujimura (2017) によれば、この弁ばね製造にかかわる二次加工メーカーは、国内では、サンコール(株)、神鋼鋼線工業(株)、日鉄 SG ワイヤ(株)、住友電気工業(株)、(株)杉田製線の 5 社が存在する。弁ばねに使用される鋼線は、現在は前述の如くオイルテンパー線が主流であるが、第二次大戦以前はスウェーデン製のピアノ線を輸入して使用していたと見られる (落合, 2013)。ピアノ線とは、普通鋼の線材にパテント処理を施した後、常温で伸線、加工硬化によって強度を上げたもので、ばね材料として使用されるものである (川口・加藤, 2001)。国内における工業の発達とともにばねの重要性が認められるようになったが、1930 年代の戦時下では次第にばね用鋼線の輸入が困難となり、

ピアノ線の国産化が緊急課題となっていた（日本ばね工業会, 1984）。落合（2013）によれば、1937年に、当時の陸海軍は航空機エンジン用弁ばねなどの素材であるピアノ線材の早急な国産化を（株）神戸製鋼と住友電気工業（株）に要請した。軍の要請を受けて、1941年、両社はスウェーデン線材に匹敵するピアノ線材の量産技術を確立し、両社および関係する鋼線メーカーは、弁ばね用をはじめとする国産のピアノ線の製造技術を確立したとされる。

神鋼鋼線工業（株）は、同社 HP. および同社第 87 期有価証券報告書（2019 年 3 月期）によれば、1954 年、（株）神戸製鋼所から分離独立した会社である。前身を辿ると、1917 年に鉄線・鉄条網・ワイヤーロープを製造する工場として創立した乾鉄線（株）（後に日本鉄線鋼索（株）に社名変更）が、事業の源流になっているものと推定される（尼崎地域史事典 [apedia web](#) 版より）。神鋼鋼線工業は、現在では株式上場会社であるが、（株）神戸製鋼所の連結子会社となっており、役員的人的交流なども確認され、両社は資本系列関係にある。

サンコール（株）は、1943 年に京都において三興線材工業（株）として発足した（サンコール（株）HP. および同社第 102 期有価証券報告書（2019 年 3 月期）より）。事業のスタートは二次加工で、線材メーカーから線材の供給を受け、ばねの原材料となる鋼線を製造していたとされ（やまなし産業立地コミッション [website](#) より）、前述の国産のピアノ線の製造にも当初から関与していた（日本ばね工業会, 1984）。原料である線材の受け入れや、中国広東省に、（株）神戸製鋼所、神鋼鋼線工業（株）との合弁企業である神鋼新確弾簧鋼線（佛山）有限公司を設立するなど、人事交流も含めて、二次加工メーカーとして（株）神戸製鋼所と緊密な関係を構築している。また、弁ばねに関しては、オイルテンパー線を製造する二次加工メーカーと、弁ばねメーカーの両方の機能を兼ね備えた唯一の企業である。同社の弁ばね事業に関しては次節で再度述べる。

（株）杉田製線は、HP. によれば、1915 年、東京市深川区（現東京都江東区）にて創業し、当初は酸素溶接棒を製造していた。1965 年に（株）神戸製鋼所、日商岩井（株）との共同出資により神鋼杉田製線（株）を設立。2004 年には中国（華南地区）の冷間圧造用鋼線の製造拠点として、（株）神戸製鋼所などと共同で広東省佛山市に合弁会社「神鋼線材加工（佛山）有限公司」を設立するなど、（株）神戸製鋼所との緊密な関係が継続している。

日鉄 SG ワイヤ（株）（旧鈴木金属工業（株））は、ダイヤモンド社（1974）によれば、1938 年鈴木金属商工（株）として現在の東京都江東区に設立された。金属めっきの企業として発足したが、当初からピアノ線の国産化を構想として持っていたとされる。その後（株）神戸製鋼所から原材料の線材の調達に成功し、戦後はピアノ線の日本工業規格（現日本産業規格）を取得、赤羽の工場において順調にピアノ線の生産を拡大して行った。さらに、1954 年にはわが国初のオイルテンパー線の生産も開始した。現在では日本製鉄（株）の 100% 子会社となっている。

住友電気工業（株）は、1897 年、住友本店の一事業として住友伸銅場が開設されたのが会社の創業である（住友電気工業（株）特殊線事業 HP. および同社第 149 期有価証券報告書（2019 年 3 月期））。1937 年、海軍からの要請を受けて、ピアノ線（発動機弁ばね用鋼線）

の国産化について、住友金属工業㈱（現日本製鉄㈱）と共同で研究に着手。1939年にその製造に成功、1940年に海軍に納入した（住友電工 120年の軌跡より）。近年では、2005年に、自動車向け弁ばね用オイルテンパー線の増産に向けて、素材供給元の日本製鉄㈱の一部出資を得て、同社室蘭製鉄所内に北海道住電スチールワイヤー㈱を設立するなど、日本製鉄㈱とは緊密な関係を有している。2002年に住友電気工業㈱の100%子会社として発足した二次加工メーカーの住友電工スチールワイヤー㈱が弁ばね用鋼線を製造していたが、2019年4月1日付で、住友電気工業㈱との合併が成立し（住友電気工業㈱ 特殊線事業部 HP.）、現在では住友電気工業㈱が弁ばね用鋼線を製造している。

このように、弁ばねに関する線材の二次加工メーカーは、過去の歴史の中で、鉄鋼メーカーとの関係特殊的資産を構築してきた。ここでは、単なる資本関係のみならず、技術交流や人事交流など、緊密な関係を維持している。表 2.5 に弁ばねに関する鉄鋼メーカーと二次加工メーカーの概要を一覧表で示す。

表 2.5. 鉄鋼メーカー、二次加工メーカー概要

	(株)神戸製鋼所	神鋼鋼線工業(株)	サンコー(株)	(株)杉田製線
設立または創業	1911年	1917年	1943年	1915年
資本金	2,509億円	81億円	48億円	2.2億円
売上高	1兆9,719億円 (2019年3月期連結)	289億円 (2019年3月期連結)	458億円 (2019年3月期連結)	
本社所在地	神戸市、東京都品川区	尼崎市	京都市	東京都墨田区
国内工場	・神戸市、・加古川市他 計11拠点	・尼崎市、・加古川市、 ・貝塚市	・京都市(本社工場) ・豊田市	・東京都墨田区 ・千葉県市川市
従業員数	39,341人(連結) (2019年3月現在)	903人(連結) (2019年3月現在)	2,336人(連結) (2019年3月現在)	
上場株式市場	東証1部	東証2部	東証1部	非上場
主要な大株主		(株)神戸製鋼所 43.6%	伊藤忠商事(株) 26.28% トヨタ自動車(株) 1.92%	
人的交流のある 主な企業		(株)神戸製鋼所	伊藤忠商事(株)、 (株)神戸製鋼所、 トヨタ自動車(株)	(株)神戸製鋼所、 双日(株)
備考	弁ばね用線材の 最大手	(株)神戸製鋼所の 連結子会社	(株)神戸製鋼所他と中国 に合弁会社	(株)神戸製鋼所他と中国 に合弁会社
	日本製鉄(株)	日鉄SGワイヤ(株)	住友電気工業(株)	
設立または創業	1950年	1938年	1897年	
資本金	4,195億円	36億円	997億円	
売上高	売上収益6兆1,779億円 (2019年3月期連結)	200億円 (2019年3月期単独)	3兆1,780億円 (2019年3月期連結)	
本社所在地	東京都千代田区	東京都千代田区	大阪府中央区	
工場	室蘭市他 計6製鉄所	習志野市	2019年二次加工メー カーの住友電工ステー ルワイヤー(株)を吸収合 併。特殊線事業部とし た。工場は伊丹市	
従業員数	105,796人(連結) (2019年3月現在)	1,636人(連結) (2019年3月現在)	272,796人(連結) (2019年3月現在)	
上場株式市場	東証1部	非上場	東証1部	
主要な大株主		日本製鉄(株)100%		
人的交流のある 主な企業		日本製鉄(株)		
備考	1950年4月設立。八幡 製鉄(株)、富士製鉄(株) が、日本製鉄(株)から、 資産等現物出資を受 ける。官営八幡製鉄所 は1901年に操業開始。	日本製鉄(株)の 連結子会社	2005年日本製鉄(株)の 一部出資を得て、同社 室蘭製鉄所内に北海 道住電スチールワイ ヤー(株)設立	

(出所)
各社 HP、有価
証券報告書、
表 1 のインタ
ビュー、および
西尾 (2015) よ
り筆者作成

(3) 弁ばねメーカーの概要

ここで、日本ばね工業会編のばねの歴史 (2012 年版)を参考に、弁ばねの歴史について若干レビューする。我が国最古のばねメーカーは、1904 年に設立された東京スプリング製作所である。東京工業大学の前身である東京高等工業学校を卒業した機械技師が、日本で初めてばね製造を専業として創設した企業として知られている。ばねは、それまでは、鍛冶職人や飾職人によって製造されていたと推定される。東京スプリング製作所は、紡績用ばねの製造を目的として設立されたが、その後の我が国のばね工業の近代化に大きな足跡を残し、日本のばね工業発展の基礎となった。尚、東京スプリング製作所は、1942 年に三菱製鋼(株)と合併し現在に至っている。1920~30 年代に掛けて、日本の自動車メーカーが次々と設立され、急速に自動車の生産台数が増大した。その動きに伴い、自動車部品としてのばねの生産も急拡大し、ばね工場の増加は特に東京、大阪、愛知で顕著であった。当時の商工省は、自動車工業の発展向上のためには部品の品質およびその生産性の向上が重要との認識から、1938 年 3 月に「優良自動車部品及自動車材料認定規則」を定め、自動車部品または材料について品質、性能の優秀なものを優良品として認定することとした。その第 1 回、第 4 回の認定で、弁ばねについて以下の各社の名前が挙げられている。

(商工省、第 1 回認定 1938 年 6 月)

- ・大同電気製鋼所 (名古屋市港区、現在の大同特殊鋼(株))
- ・中央発條 (名古屋市昭和区、現在の中央発條(株))
- ・山添発条 (大阪市西淀川区) 他

(商工省、第 4 回認定 1939 年 12 月)

- ・特殊発條興業 (現特殊発條興業(株)、日本発条(株)の連結子会社) など

(以上は日本ばね工業会 (2012) を参照)。

現在の国内の弁ばねのメーカーは、サンコール(株)、日本発条(株)、中央発條(株)、(株)東郷製作所、村田発條(株)の 5 社に限られている。しかし、この優良品認定の歴史を見ると、現在の 5 社の全てが、国内の弁ばね製造の必ずしもパイオニアではなく、自動車産業の発展段階で新規参入、選別、淘汰され現在の 5 社に集約されたものと推定される。自動車メーカーと自動車部品メーカーの系列関係は、山崎 (1994)によれば、1960 年代にその原型が確立していたとされる。従って、弁ばねメーカーも同様の時期に、乗用車の量産体制の構築の中で、徐々に Tier1 として集約、育成されて行ったものと推定する。

サンコール(株)は二次加工メーカーでもあり、材料から弁ばねまで同一社内で一貫生産するシステムを構築している。前述の如く、創業当初は京都市において二次加工メーカーとして鋼線の製造からスタートした後、ばね製品に進出して、1952 年にはトヨタ自動車他数社に弁ばねの納入を開始した。1967 年には豊田市に進出して豊田工場を設立、トヨタ自動車との関係を緊密に維持している。ばね部門の生産を強化して行く中で、当時としては最先端のコンピューターを保有していたことから、高精度のばねを生産する為のばね生産汎用機内のカムの内製化を実現した (やまなし産業立地コミッション website よ

り)。また、弁ばねの製造工程においては、世界初の流動層方式のパテンティングと呼ばれる、鉛を使用しない熱処理ラインを開発するなど、精密金属塑性加工をコア技術としている（同社プロフィールより）。二次加工と弁ばねの連携が重要な鍵となるという観点で見ると、品質、コスト面での優位性に加え、海外進出の際にも同社が持つアドバンテージは少なくないと推測される。

中央発條(株)は、同社 HP、および第 96 期有価証券報告書（2019 年 3 月期）によれば、1925 年、名古屋市中区に鋼製ばねの製造工場中央スプリング製作所を創設したのが始まりとされる。1931 年には航空機用弁ばねの製造を開始。1986 年に東京証券取引所および名古屋証券取引所市場第 1 部に上場した。現在はトヨタ自動車(株)の持分法適用関連会社であり、同社とは人事交流も含めて緊密な関係を構築している。先の有価証券報告書には、愛知製鋼(株)も大株主に位置付けられているが、愛知製鋼(株)はトヨタ自動車(株)の持分法適用関連会社であり（トヨタ自動車(株) 2019 年 3 月期有価証券報告書による）、中央発條(株)はトヨタ自動車(株)の資本系列と言える。

日本発條(株)は、同社 HP、および第 99 期有価証券報告書（2019 年 3 月期）によれば、前身は東京の芝浦にあった芝浦スプリング製作所で、自動車の補修用のばねからスタートし、組付用のばねに業容を拡大した個人企業であった。1936 年に株式会社に改組、1939 年には社名を日本発條(株)と改称し創立した。1940 年には横浜工場において懸架ばねの生産を開始し、本拠を横浜とした。懸架ばねについては半世紀以上の歴史を有する。双日(株) HP の双日歴史館によれば、日本発條(株)の設立には当時の日商(株)（現双日(株)）が深くかかわっていたことから、現在でも双日(株)との人事交流に引き継がれていると推測される。

(株)東郷製作所は、同社 HP、および愛知千年企業 website によれば、1881 年、鋤、鋏などの農機具の製造を起源とする。その後、1921 年に歯車伝導式脱穀機を開発、1943 年から、自動車用ばねの製造を開始した。1945 年弁ばねに関してトヨタ自動車工業（現トヨタ自動車(株)）の協力工場となり、1947 年に個人経営から法人に改組して(株)東郷製作所を設立した。正に、トヨタ自動車(株)向けの弁ばねの生産とともに業容を拡大して行ったと言える。

村田発條(株)は、同社 HP によれば、1913 年、栃木県宇都宮市に村田金物店を開業したのが始まりである。その後、1943 年、東京都墨田区において法人組織「村田発條株式会社」を設立し、1973 年、現在地の宇都宮市平出工業団地に本社および本社工場を集約した。中小企業庁（2006）によれば、弁ばねについては、普通トラック（4 トン以上）向けの国内シェアは高く、ばねの専門メーカーとしての地位を確保していると見られる。

いずれの弁ばねメーカーも、原材料の二次加工メーカーとは特別の資本関係や提携関係は見られず、自動車メーカーとの資本または強固な取引関係を構築しており、所謂自動車産業の系列企業としての地位を確立している（サンコール(株)は二次加工と弁ばね製造の 2 つの機能を併せ持つ例外的存在と言える）。表 2.6 に各社の概要を一覧で示す。

表 2.6. 弁ばねメーカー概要

	サンコール(株)	日本発条(株)	中央発条(株)
設立または創業	1943年	1936年	1925年
資本金	48億円	170億円	108億円
売上高	458億円 (2019年3月期連結)	6,810億円 (2019年3月期連結)	830億円 (2019年3月期連結)
本社所在地	京都市	横浜市	名古屋市
国内工場	・京都市(本社工場) ・豊田市	ばね生産本部 ・横浜市(本社工場) ・滋賀県甲賀市	・名古屋市(本社工場) ・碧南市、・みよし市 ・豊田市
従業員数	2,336人(連結) (2019年3月現在)	18,196人(連結) (2019年3月現在)	3,527人 (連結) (2019年3月現在)
上場株式市場	東証1部	東証1部	東証1部、名証1部
主要な大株主	伊藤忠商事(株) 26.28% トヨタ自動車(株) 1.92%	双日(株) 5.57% 大同特殊鋼(株) 3.59%	トヨタ自動車(株)24.58% 愛知製鋼(株) 7.64%
人的交流のある 主な企業	伊藤忠商事(株)、 (株)神戸製鋼所、 トヨタ自動車(株)	双日(株) (株)メタルワン 大同特殊鋼(株)	トヨタ自動車(株)
備考	神戸製鋼所他と中国に 合弁会社。協豊会会員	協豊会会員	トヨタ自動車(株)の持分 法適用関連会社 協豊会会員

	(株)東郷製作所	村田発条(株)
設立または創業	1881年創業 1947年設立	1913年
資本金	3億円	0.8億円
売上高	395億円 (2019年3月期)	
本社所在地	愛知県愛知郡	栃木県宇都宮市
国内工場	・愛知郡に本社工場他 2工場、瀬戸市に1工場	・宇都宮市 (本社工場、清原工場)
従業員数	817人 (2019年)	336人 (2018年4月)
上場株式市場	未上場	未上場
主要な大株主		
人的交流のある 主な企業		
備考	協豊会会員	

協豊会：
トヨタ自動車(株)に
自動車部品・車体な
どを納入するサプラ
イヤーで構成された
任意団体(協豊HP.、
および李(2007)に
よる)。

(出所)
各社のHP. および
有価証券報告書より
筆者作成

自動車メーカー各社の弁ばね調達状況について、データの取得できる最近の25年間の推移を表2.7に示す。25年もの間、弁ばねのサプライヤー間のシェアは変化するものの、サプライヤーの新規参入や消滅は殆ど見られず、長期間安定した取引が継続していることが分かる。

表2.7. 国内の自動車メーカーの弁ばね調達状況（弁ばねメーカーのシェア（%）推移）

自動車メーカー	調達先	1990 %	1993 %	1996 %	1999 %	2002 %	2005 %	2008 %	2010 %	2012 %	2014 %
トヨタ自動車(株)	サンコール	24	30	30	30	20	40	35	40	40	43
	東郷製作所	59	60	40	40	45	30	35	35	30	28
	中央発條	17	10	30	30	35	30	30	25	30	29
ダイハツ工業(株)	サンコール	60	70	60	50	40	50	50	70	70	70
	東郷製作所	40	30	30	35	39	30	30	30	30	30
	中央発條	0	0	10	15	21	20	20	0	0	0
マツダ(株)	サンコール	4	4	1	5	5	58	60	45	62	63
	日本発條	0	0	0	0	0	17	15	35	36	35
	中央発條	96	96	99	95	95	25	25	20	2	2
本田技研工業(株)	中央発條	49	45	45	38	48	36	35	45	44	42
	日本発條	51	55	55	62	52	61	60	25	39	41
	サンコール	0	0	0	0	0	3	5	30	17	17
スズキ(株)	日本発條	83	80	97	72	72	80	80	90	88	84
	中央発條	17	15	3	28	28	20	20	10	12	16
	サンコール	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
日産自動車(株)	日本発條	77	77	77	77	77	85	85	95	60	74
	パイオラックス	23	23	23	23	23	15	15	5	40	26
(株)SUBARU	日本発條	100	100	80	70	70	96	95	97	100	100
	村田発條	0	0	20	30	30	4	5	3	0	0
三菱自動車工業(株)	サンコール	40	60	60	60	60	60	60	77	90	70
	村田発條	60	40	40	40	40	40	40	23	10	30
いすゞ自動車(株)	日本発條	30	30	30	30	30	57	60	60	55	51
	村田発條	70	70	70	70	70	43	40	40	45	49
日野自動車(株)	村田発條	70	85	85	85	85	100	100	100	100	100
	東郷製作所	30	15	15	15	15	0	0	0	0	0
UDトラックス(株)	村田発條	90	90	90	90	70	91	90	90	92	60
	日本発條	10	10	10	10	30	9	10	10	8	40
三菱ふそうトラック・バス(株)	村田発條	0	0	0	0	0	93	93	93	95	11
	サンコール	0	0	0	0	0	5	5	5	3	1
	中央発條	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0
	輸入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88

(註1) 弁ばねの調達先の(株)パイオラックスは、同社 HP. によれば、1933年加藤発條製作所として創業し、現在では東証1部に上場されている大手自動車部品メーカーである。嘗ては弁ばねも製造販売していたが、近年は弁ばねから撤退したと推定され、前述の弁ばねメーカーのリストには記載していない。

(註2) UDトラックス(株)の数値については、旧日産ディーゼル工業(株)のデータを含む。

(出所) (株)アイアールシー (1993~2004)、および西尾 (2015) より筆者作成

これまで、弁ばねのサプライヤーの状況を分析してきた。明らかになったことの第1は、鉄鋼メーカーと二次加工メーカーとの間には、資本関係を含む人事交流も確認され、強固な関係特殊的資産を形成していることである。

第2は、弁ばねメーカーと自動車メーカーとの関係も、資本関係はさほど顕著ではないが、協豊会の例に見られる通り、所謂自動車産業の系列に強固に組み込まれている。これは、表 2.7 の過去の弁ばねの取引実績を見ても明らかである。

従って、鉄鋼メーカーと二次加工メーカーは言わば鉄鋼産業の系列関係にあり、弁ばねメーカーと自動車メーカーは自動車産業の系列関係にあると考えられる。そこで、次節では、これらの2つの産業系列は、如何なる取引関係を形成し、その場合の二次加工メーカーの果たす役割とは何かを分析する。

(4) 弁ばねの製品特性を決定する仕組み

弁ばねの成形の特徴は、図 2.6 の製造工程でも分かる通り冷間加工、即ち常温での加工である。熱間加工（補遺 D-23 参照）においては、材料組織を変化させ、冷却過程で形状の変化や表面の酸化などが起こるため、高い品質精度を要求される製品には適用し難い。そのため、二次加工段階で、冷間での弁ばね成形に耐えうる材料を作り込む必要がある。即ち、二次加工メーカーと弁ばねメーカーとの材料の受け渡しにおいては、要求品質が高精度で合致していなければならない。二次加工と弁ばね製造を連結する製品はオイルテンパー線である。そこで、前述の製造工程の中で、オイルテンパー線の製造技術が弁ばねの製造に与える影響を考察する。

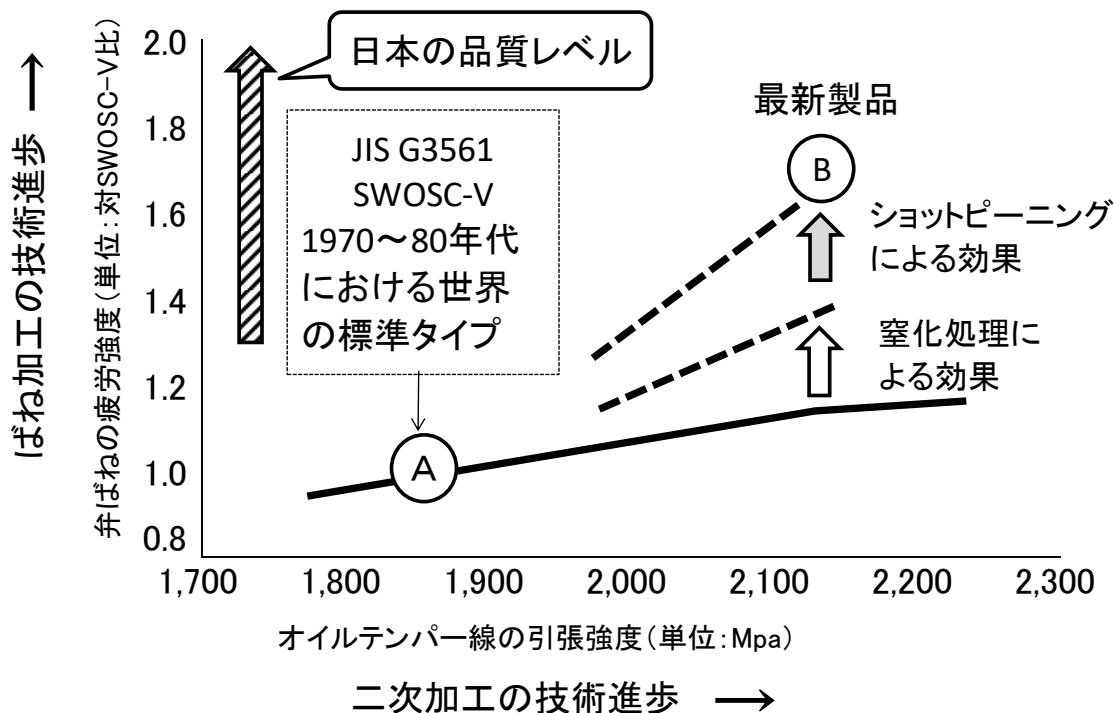
二次加工であるオイルテンパー線の製造工程で最も重要な技術は、伸線と焼入れ・焼戻しである。この段階で弁ばねの線径が決定し、強度と靱性を兼ね備えたマルテンサイトという材料組織が形成される。即ち、この段階で、弁ばねの材料特性が殆ど決定すると言って良い。後工程での弁ばね製造は、ばね成形と、ばねの表面処理を行っていると考えられる。そこで、二次加工と弁ばね製造の関連性について以下で分析を行う。

オイルテンパー線の引張強度と弁ばねの疲労強度はある程度比例関係にあるが、引張強度が増すにつれて、疲労強度は比例直線から乖離する傾向を示している。この点は図 2.7 に示した通りである。そのため、弁ばねメーカーでは、オイルテンパー線を弁ばねに成形した後、窒化処理によって表面に窒素と鉄の化合物膜を生成させる工程や、ショットピーニングでの金属球の投射などの表面処理工程によって、弁ばねの疲労強度を向上させる加工を行っている。

図 2.11 は、オイルテンパー線の引張強度を横軸とし、弁ばねの疲労強度（JIS G 3561 SWOSC-V の疲労強度=1.0 として指数化したもの）を縦軸とした関係を示している。インタビュー（表 1. Iv. 3）の内容を以下に示す。

質問：「日本の弁ばねの特徴は、疲労強度に優れていることと理解しているが、その背景と、世界的に見た場合の品質レベルはどの程度だろうか？」

回答：「これは弁ばねメーカーが独自の測定により算出したもので、JIS SWOSC-V を示した点 A は、1970～80 年代に世界の標準的な弁ばねの品質レベルを示している。以後、二次加工とばね加工の技術進歩が、とりわけ日本のメーカーによって推進され、最新の製品の品質レベルは点 B の付近と見られる。一方海外においては、図（筆者注：ここでは図 2.11）の縦軸で示す疲労強度指数は、1.3 前後が最大であろうと推定する。」



（出所） 吉原（2011）、およびインタビュー（表 1. Iv. 3）より筆者作成

図 2.11. 加工技術の進歩と弁ばねの疲労強度向上の仕組み

後述する特許共同出願の事例に見られるが、現在の日本においては、二次加工でオイルテンパー線の引張強度を 2,100MPa 付近にしたものを、ばね加工段階で、窒化処理とショットピーニングを施すという発明が公開されている。図 2.11 でみれば、二次加工の段階で一定レベルの引張強度と疲労強度が決まり、その後、ばね加工段階で窒化処理とショットピーニングによって疲労強度を高める方法が示唆されている。二次加工の技術進歩とばね加工の技術進歩の合算によって、弁ばねの特性が A 点から B 点に移動したことを示している。

従って、最終的な弁ばねの材料特性は、二次加工による材料全体の組織と、それに付加される表面処理の足し算、即ち組み合わせで決定すると言って良い。二次加工で生成された強度と靱性を併せ持つマルテンサイトは、弁ばね加工において窒化処理で被膜処理され、ショットピーニングによる応力付加により、表面だけを加工硬化させるという製法によって、最終的な弁ばねの特性を示すに至るのである。言い換えれば、弁ばねの内部組織

は、二次加工の段階でほぼ決定されるということである。

弁ばねの製造条件の制御について、インタビュー（表 1. Iv. 3.4）の内容を以下に示す。

質問：「弁ばねの品質目標を達成するための製造条件の制御に関して重要な点をご教示願いたい。」

回答：「二次加工においては、油焼入れ・焼戻しの工程での温度レベルと、その処理時間の組み合わせによって、様々なマルテンサイトの特性が得られるが、さらに遡れば、線材の成分、線径によっても組み合わせが異なる。この組み合わせのバリエーションを如何に制御するかが弁ばね製造のポイントとなる。」

弁ばねのように、製品の材質や形状の精度を厳しく要求される製品は、前述の如く冷間での加工が要求され、二次加工での材料特性の決定が重要となると考えられる。弁ばねの種類は、エンジンの種類と同数存在するとされる。そこで、これらのバリエーションが、どのように制御され、目標とする弁ばねの特性に合致させるための制御因子の相関を表すモデルを図 2.12 に示す。

このモデルは、ある自動車メーカー向けエンジンの弁ばねを製造するにあたり、線材製造から弁ばね製造に至るまでの、技術的な制御因子を組み合わせることによって、目標となる弁ばねの特性を得る仕組みを示している。

例えば、X-1 という車種 X 用の弁ばねを製造する場合、A-1, B-1, C-1, は製造工程に沿った製造条件を表わしている。製鉄所における線材の製造については、成分添加の方法 A-1、線材圧延時の温度を B-1、圧延時間を C-1 とする製造工程からスタートし、以降、二次加工は D-1～L-1、弁ばね製造は M-1～S-1 の製造条件の下で弁ばね X-1 が得られると仮定している。一方、Y-1 の弁ばねは、二次加工のパテントングまでは X-1 と全く同様の工程を経るが、伸線段階で線径が異なり、その後の油焼入れ・焼戻し工程以降も、X-1 とは異なる製造条件（伸線以降 F-2～S-2）によって、Y 車種用弁ばね Y-1 が得られることを示している。また、Y-2 の弁ばねの場合は、二次加工までは Y-1 と同じ製法を取った場合でも、弁ばね製造段階で、Y-1 とは異なる製造条件により、Y-2 の弁ばねが製造されるケースである。

製造されたオイルテンパー線と製造される弁ばねの種類との関係についてインタビュー（表 1. Iv. 3,4）の内容を以下に記す。

質問：「二次加工後の 1 種類のオイルテンパー線から、何種類の弁ばねが製造されるのだろうか？」

回答：「オイルテンパー線の 1 種類に対して、それを加工して製造できる弁ばねは 2 種類程度に限られる。」

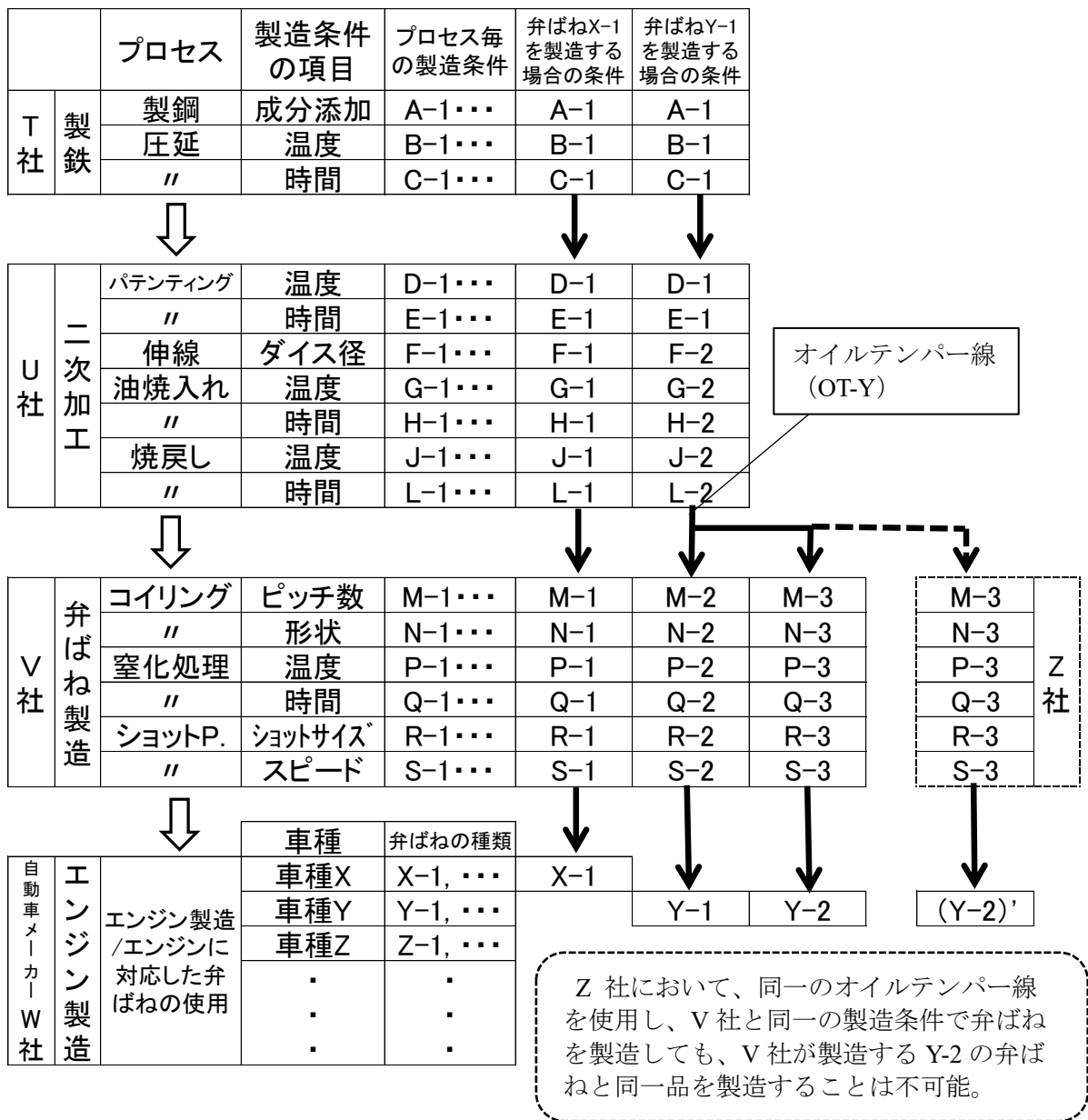
このように、弁ばねの製造は、線材製造から二次加工までの段階で、最終の弁ばね製品の材料特性が概ね決定され、二次加工までを終了した製品（オイルテンパー線）は、他の市場で販売する自由度は殆どないと考えられる。

また、**図 2.12** において二次加工製品（オイルテンパー線）を弁ばねメーカー V 社以外の Z 社に販売するケースを考える。二次加工で製造された全く同一のオイルテンパー線（**図 2.12** のオイルテンパー線 (OT-Y)）を、V 社と Z 社それぞれで、全く同一の弁ばね製造条件（M3～S3）で製造し、Z 社が Y-2 の弁ばねを製造しようとする場合についてのインタビュー（**表 1. Iv. 3,4**）の内容を以下に記す。

質問：「同一のオイルテンパー線を原材料として使用する前提で、ある条件下で弁ばねを製造する弁ばねメーカーと、別の弁ばねメーカーが、同じ条件下で弁ばねを製造した場合、それぞれの製品の品質は同一と考えて良いのだろうか？」

回答：「似てはいるものの、微妙に異なる品質となる。二次加工メーカーと弁ばねメーカーの受け渡しに関しては、設備仕様が互いに特定のになっているため、基本的に他社設備による代替が効かない。」

即ち、**図 2.12** において、Z 社でできた製品（Y-2）’ は、V 社製品 Y-2 とは微妙に異なるということであった。このケースでは、弁ばねメーカーの設備やノウハウが異なるため、V 社製品の弁ばねと同一品となることはないということである。同一の品質の製品を製造しようとしていくら製造条件を同一に合わせても、せいぜい類似品が製造できる程度ということである。このことから、弁ばねの製造においては、線材製造、オイルテンパー線製造、弁ばね製造の各工程に存在する弁ばねの品質を決定する因子が相互に関連し合い、製造条件の組み合わせが無数に存在することを示している。このようなサプライヤー間の相互依存性は、Barney (1991) が提唱した「非代替性」non-substitutability によるこのサプライチェーンの競争優位を示し、その結果、垂直的な企業間の連携が、リレーショナル・レントと参入障壁を形成していると見ることができる。



- (註1) T社、U社、V社、W社、Z社はそれぞれ以下の通り。
T社：鉄鋼メーカー、U社：二次加工メーカー、V社：弁ばねメーカー、
Z社：V社と異なる弁ばねメーカー、W社：自動車メーカー
- (註2) A-1・・・, B-1・・・はプロセス毎の製造条件のバリエーションを示す。
例えば、A-1はMn 0.5%添加、A-2は0.6%添加、・・・。B-1は750℃、B-2は760℃、・・・。
- (註3) X, Y, Z, ...は自動車の車種を示し、X-1, ...、Y-1, ...はそれぞれの車種に対応したエンジンに見合う弁ばねの種類を示す。
- (註4) 例えば、弁ばねX-1を製造する場合、鉄鋼メーカーT社から弁ばねメーカーV社までの一貫した製造条件は、A-1→B-1→C-1→D-1→・・・→L-1→M-1→・・・→S-1となる。弁ばねY-1の場合も同様に、A-1からS2までが一貫の製造条件である。
- (出所) インタビュー (表 1. Iv. 3. 4) および西尾 (2015) より筆者作成

図 2.12. 弁ばねの製造工程における製造条件の相関モデル

(5) サプライヤー間の技術的連携と二次加工メーカーの役割

上記の考察から、弁ばねの品質特性に関する新規開発は、単独の企業では不可能となることは明らかである。即ち、新たな品質特性を有する弁ばねの開発は、関係各社が互いに連携し、相互依存する技術を駆使して、工夫と調整を繰り返して実現することになる。

弁ばね製品の開発についてのインタビュー（表 1. Iv. 3）を以下に示す。

質問：「弁ばねの製品開発はどの位の頻度で行われ、その開発に関しては文書による確認が行われるのだろうか？」

回答：「弁ばねの製品開発は、自動車メーカーのモデルチェンジに合わせて概ね4～5年毎に実施される。新規開発案件は、必ずしも特許申請をする訳ではなく、文書として提案書や契約書に開発の要旨が記載されて、製品化が実現する。」

質問：「鉄鋼、二次加工、弁ばねの各メーカーの技術に相互依存性が存在すると推定されるが、技術に関して互いの見解の相違や技術領域の重複などの問題はないのだろうか？」

回答：「技術分野が、鉄鋼（線材）メーカーは材料技術、二次加工メーカーは熱処理加工技術、弁ばねメーカーは機械加工技術と、技術分野は異なることから、互いの技術を良く理解はしているものの、技術および事業としての境界は明確に維持されている。」

3社は互いの技術の特徴を過去の経験から十分把握してはいるが、上記のように技術分野が異なることから、互いの領域を尊重し、侵すことなく、相互依存関係を有するという、独特の連携関係であると考えられる。このような企業間の相互依存性は、リソース・ベスト・ビューで言えば、希少性、模倣困難性のノウハウを構築し、リレーショナル・ビューで言うリレーショナル・レントが維持されて、市場において高い参入障壁を形成する可能性を示している。即ち、独占的とも言える企業連合を構築しており、サプライヤー全体としての競争力の源泉となっているものと考えられる。

本節で考察した企業間連携の特徴は、自動車産業の中に見られる系列的な企業間連携とは異なり、鉄鋼と自動車の2つの産業を包含する産業間連携であることである。2.4.3の(1)～(3)で述べたサプライチェーンのサプライヤーの状況調査から、弁ばねに関する企業群は鉄鋼系列と自動車系列とに区分され、その系列内は、強固な企業間関係が構築されていると見られる。即ち、鉄鋼の資本系列においては資本関係、人的配置などが確認され、自動車の取引系列では、弁ばねの取引に関し、弁ばねメーカー複数社への限定的発注と長期継続的取引を特徴とし、取引コスト理論における関係特殊的資産の形成を見ることができる。両系列はそれぞれの内部では、資本、人的交流を含めて関係特殊的資産を形成し

ていることが判明したが、この 2 つの系列間においては、資本関係などの系列関係や戦略的パートナーシップなどの提携関係は存在せず (Nishio & Fujimura, 2017)、互いに独立の取引関係が成立していると考えられる (図 2.13 参照)。

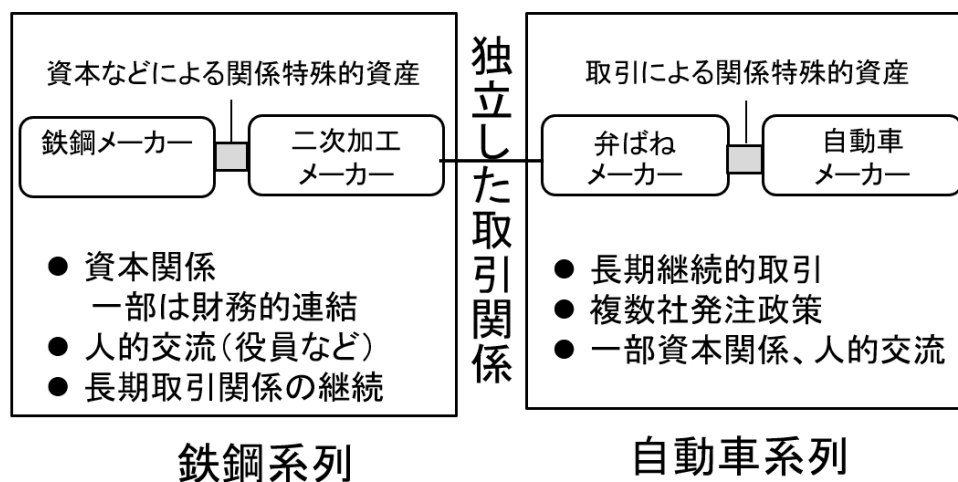


図 2.13. 鉄鋼系列と自動車系列の関係特殊的資産と両者の独立性

図 2.11 で見た通り、最終的な弁ばねの材料特性は、二次加工による材料全体の組織と、それに付加される表面処理の足し算、即ち組み合わせで決定すると言って良い。二次加工で生成された強度と靱性を併せ持つオイルテンパー線は、そのまま弁ばねの最終の内部組織となる。その後、弁ばね加工において窒化処理で被膜処理し、ショットピーニングによる応力付加により、表面だけを加工硬化させるという製法によって、最終的な弁ばねの特性を出しているのである。また、オイルテンパー線の 1 種類から製造される弁ばねの種類が極めて限定的であることも明らかとなった。このことから、弁ばねの製造は、線材製造から二次加工までの段階で、最終の弁ばね製品の材料特性が概ね決定され、二次加工までを終了した製品 (オイルテンパー線) は、他の市場で販売する自由度は殆どないと考えられる。このように、弁ばねについての取引関係においては、鉄鋼、自動車の両系列は独立性を維持しているが、弁ばねの品質特性は、製造工程の一貫した管理と制御によって、製品の種類を造り分けているのである。これは図 2.12 の弁ばねの製造モデルで見ると、この 2 つの系列が連携していなければ、目標とする弁ばねの品質を造り分けることができないことを意味している。即ち、互いに独立の取引関係にある 2 つの系列を、技術が連結しているということである。

前述のインタビュー (表 1.Iv.3,4) に見られたように、二次加工メーカーと弁ばねメーカーの取引に関しては、設備仕様が互いに特定のになっているため、基本的には他社設備による代替が効かないと言う状況が確認されている。このことから、二次加工メーカーと弁ばねメーカーの間には、技術的特殊性による関係特殊的資産が形成され、サプライヤーが垂直的に連携して、希少性、模倣困難性のノウハウを構築し、リレーショナル・レン

トが維持されて高い参入障壁が形成されていることが確認された。同時に、最終の弁ばね製品の品質の決定に、二次加工メーカーが重要な役割を果たしていることも合わせて明らかとなった。これは、前節でレビューした先行研究の中で、サプライチェーンの中間に位置する企業の存在の重要性を示した Weeks (2009, 表 2.4 の No.46) の研究結果と重なる部分である。

以上、弁ばねのサプライチェーンにおける企業間連携は、鉄鋼、自動車の各系列内の連携と系列間取引の独立性、そして、両系列を技術が連結していると言う点が、所謂資本系列や自動車産業における系列の仕組みとは異なり、二次加工メーカーが重要な役割を果たしているという、独特の企業間関係であると言える。

2.4.4. 釘のサプライヤーと機能

釘 (JIS A 5508) のサプライヤーについては、2.4.1. (2) 釘の製造工程で述べた通り、JIS 規格に規定する釘 (JIS A 5508) は、原材料として、1つ前の工程の二次加工で製造された鉄線 (JIS G 3532 に規定される釘用鉄線又はこれと同等以上の品質をもつもの) を使用しなければならない。さらに鉄線 (JIS G 3532) は、その原材料として JIS G 3505 に適合する軟鋼線材を使用しなければならない。JIS 規格に適合した鋳工業製品につけるマークは JIS マーク ([D-26] 参照) と呼ばれるが、JIS マークは、産業標準化法第 30 条第 1 項などに基つき、国に登録された機関 (登録認証機関) から認証を受けた事業者 (認証事業者) だけが、認証を受けた鋳工業品等に対して表示することができる (JISC website による)。従って、釘 (JIS A 5508) のサプライヤーは、軟鋼線材 (JIS G 3505)、鉄線 (JIS G 3532)、釘 (JIS A 5508) のそれぞれの製品の JIS マーク認証を取得している企業 (事業所単位) となる。JISC の HP から、JIS マーク認証取得者検索のツールを使って、釘 (JIS A 5508) のサプライヤーを検索した結果を表 2.8 に示す (認証取得者は事業所単位に表示されるため、企業単位に編集して表を作成した)。

(1) 軟鋼線材メーカー (鉄鋼メーカー) の概要

表 2.8 (a) に示す通り、軟鋼線材 (JIS G 3505) の JIS マーク認証取得企業は国内 7 社、海外 6 社の計 13 社である。国内の 7 社は、高炉鉄鋼メーカー 3 社 (日本製鉄(株)、JFE スチール(株)、(株)神戸製鋼所)、電炉鉄鋼メーカー 3 社 (合同製鐵(株)、拓南製鐵(株)、北越メタル(株))、圧延メーカー 1 社 (株)中山製鋼所) が存在し、高炉、電炉、圧延の各鉄鋼メーカーが混在しており、また、海外の鉄鋼メーカーもサプライヤーとして存在している点が弁ばねと異なる。

表 2.8. 釘の (JIS A 5508) のサプライヤー企業

(出所) 日本産業標準調査会(JISC), JIS マーク認証取得者検索より、企業別に編集し筆者作成

表 2.8 (a). 釘用軟鋼線材 (JIS G 3505) を製造する鉄鋼メーカー

国内 (7社)	合同製鐵(株)	海外 (6社)	Angang Steel Co. Ltd. (中国)など、 中国、韓国、ベトナム、インドネシア で6社
	(株)神戸製鋼所		
	JFEスチール(株)		
	拓南製鐵(株)		
	(株)中山製鋼所		
	日本製鐵(株)		
	北越メタル(株)	合計	13社

表 2.8 (b). 釘用鉄線 (JIS G 3532) を製造する二次加工メーカー

(株)愛商	昭和産業(株)	(株)ノブハラ
青森昭和産業(株)	昭和花泉(株)	(株)ハンナン
アシバネ鋼業(株)	住倉鋼材(株)	BX西山鉄網(株)
市川製線(株)	第一線材鋼業(株)	富士金網製造(株)
NS北海製線(株)	(株)大翔スチール	富士鋼業(株)
大阪鋼業(株)	(株)大進商会	北東金属(株)
沖縄製線(株)	大東鋼業(株)	北興工業(株)
関東製線(株)	大福鋼業(株)	北興昭和(株)
九州鉄線工業(株)	拓南製作所(株)	安田工業(株)
(株)協栄製作所	千葉大東鋼業(株)	(株)ワイヤーテクノ
(有)県南製作所	中国金網工業(株)	国内計 46社
(株)小財スチール	中日鋼線(株)	海外
(株)佐藤製線所	千代田鋼業(株)	遼寧千芳金属製品有限公司 (中国)など中国、韓国、ベトナム で6社
サクラテック(株)	(株)テイビョウ	海外計 6社
山陽鋼業(株)	東京製線(株)	
三立産業(株)	新潟鋼機(株)	合計 52社
(株)サンロックオーヨド	日鉄鋼線(株)	
(有)実松製作所	二藤レール(株)	

表 2.8 (c). 釘 (JIS A 5508) メーカー

国内	アマテイ(株)	国内 (計13社)	日本製線(株)
	NS北海製線(株)		北東金属(株)
	(株)オノダネイル		マックス常磐(株)
	恩智製鋌(株)		安田工業(株)
	河南製鋌(株)	海外 (18社)	北京達瑞興釘業有限公司(中国)など、 中国、韓国、ベトナム、タイ、台湾で 18社
	KN村田産業(株)		
	(株)佐藤製線所		
	山陽鋼業(株)	合計	31社
	大東鋼業(株)		

現代の線材圧延の歴史は、鉄鋼技術共同研究会鋼材部会線材分科会（1961）によれば、1817年に Belgian Train が所謂ベルジャン式と呼ばれる圧延機の開発を起源とする。同報告書によれば、わが国では、1907年に官営の八幡製鉄所において、ガレット式と呼ばれる圧延機で稼働したのが最初であり、それ以降、小倉製鋼（現日本製鉄株）、株神戸製鋼所がそれぞれガレット式圧延機を用いて操業に入った。1920年代には、わが国の線材需要量の30%前後を自給するに過ぎなかったものが、1930年代では95%に飛躍したとされている（鉄鋼技術共同研究会鋼材部会線材分科会, 1961）。その後、全連続式圧延機が実用化され、近年では、製造ライン上でピレットを接合し連続的に圧延するエンドレス圧延技術の開発が行われている（齋藤, 2016）。

品質に関して見ると、普通鋼線材の品質特性に関して、浅田（1973）が記述する項目の中から、軟鋼線材において重要と考えられる点を以下に示す。

① 表面きず

線材の冷間圧造においては局部的に著しい変形を受けるため、線材の表面きずは非常に厳しい制約を受ける。しかし、全長数百メートルにも及ぶ表面品質の保証は至難である（浅田 1973）。きずの発生メカニズムの解明と、表面きずの発生を予測する研究も行われている（串田ほか, 2011）が、品質保証の観点からは依然として大きな課題の1つと考えられる。

② 脱炭層

線材の脱炭層（脱炭とは、鋼材中から炭素が失われる現象で、脱炭している層を「脱炭層」と呼ぶ。[D-24] 参照）は伸線などにより若干軽減はされるが、厳しい脱炭の制約が設けられている（浅田, 1973）。冷間圧造を行なうものについては、そのまま製品にまでもちこされるので（浅田, 1973）、トラブルの原因になり易く、また、表面きず同様、線材の全長に亘る品質保証は難しいと考えられる。

(2) 鉄線メーカー（二次加工メーカー）の概要

表 2.8(b) に示す通り、釘用鉄線（JIS G 3532）の JIS マーク認証取得企業は国内 46 社、海外 6 社の計 52 社である。国内 46 社の内、市川製線株、日鉄鋼線株、株ワイヤーテクノ、NS 北海製線株、東京製線株の 5 社は、何れも直接または間接的に日本製鉄株の資本系列となっている。この 5 社は、弁ばねの鉄鋼メーカーと二次加工メーカーの関係同様に、資本関係のみならず、親会社からの人材の派遣、交流があり（5 社の内 2 社は website のニュースで確認している）、立地条件や長期的な取引関係から、関係特殊的資産を形成していると考えられる（表 2.9 参照）。

海外の鉄鋼メーカーと二次加工メーカーの資本関係は、一部に限られており（Kosteel Co., Ltd. グループ）、上記 5 社ほどの資産の特殊性はないと考えられる。

表 2.9. 鉄鋼メーカー系列の鉄線 (JIS G 3532) メーカー

(出所) 各社 HP、日本製鉄(株)および合同製鐵(株)有価証券報告書より筆者作成

		市川製線(株)	日鉄鋼線(株)	(株)ワイヤーテクノ	NS北海製線(株)	東京製線(株)
創業	時期	1958年	1948年	1998年	1961年	1947年
	当時の名称	現名称と同じ	(株)チタック 後に中京製線(株)	(株)ワイヤーテクノ ックス	北海鋼機(株)	(株)東京製釘所
創業後	名称変更 など		2019年4月 日鉄住金鋼線(株) より日鉄鋼線(株)に 社名変更	2002年に現名称 に変更、同時期に 村上鋼業(株)から営 業譲渡あり	2007年に現名称 に変更	1964年に現名称 に変更
主要株主	鉄鋼 メーカー		日本製鉄(株) 51.05%	合同製鐵(株) 85%	日本製鉄(株)	
	二次加工 メーカー	日鉄SGワイヤ(株) 51.1%				
	商社系列		伊藤忠丸紅鉄鋼(株) 34.43%	伊藤忠丸紅鉄鋼(株)	日鉄物産(株) メタルワン	日鉄物産(株) 100%
本社所在地		千葉県習志野市	岐阜県関市	大阪市鶴見区	北海道江別市	千葉県市川市
資本金		90百万円	697百万円	499.9 百万円	1億円	2億円
関連する高炉 鉄鋼メーカー		日本製鉄(株)	日本製鉄(株)	日本製鉄(株)	日本製鉄(株)	日本製鉄(株)

一方、表 2.9 で示す以外の国内の 41 社の鉄線メーカーのうちの複数の企業は、それぞれの HP などの情報から、国内の鉄鋼メーカーとは創業当初は各種の緊密な協力関係を構築していた可能性が高い。しかし、少なくとも現状では、財務的な連結や持分法適用などを含む顕著な資本関係は見られず、鉄鋼メーカーとの資産の特殊性は不明である。そこで、市川（1969）のデータから、1960 年代当時の高炉鉄鋼メーカーの加工部門強化の動きを反映した、線材の二次加工メーカーの系列化の実態を調査した。その結果を表 2.10 に示す。

表 2.10 で注目すべき点は、表 2.9 で示した 5 社を含み、表 2.8 (b) に示す複数社が、現在の名称或いは、旧名称で名を連ねている点である。市川製線(株)は現状と同一名称、日鉄鋼線(株)は旧中京製線、(株)ワイヤーテクノが営業譲渡を受けた村上鋼業(株)、NS 北海製線は旧北海鋼機、東京製線(株)は 1964 年に現名称に変更してそのままの名称で、それぞれ表 2.10 に名前を連ねている。また、大東鋼業(株)、山陽鋼業(株)は表 2.9、表 2.10 にも同一名で存在し、(株)ティビョウは、旧帝国製鋌として表 2.10 で確認できる（表 2.10 ではグレーのハイライト部分で示す）。また、旧(株)尼崎製釘所は、現在の二次加工、および釘メーカーのアマテイ(株)の前身である（アマテイ(株) HP より）。このような、高炉鉄鋼メーカーによる二次加工メーカーの、必ずしも資本関係に限定されない系列化は、市川（1969）によれば、(株)神戸製鋼所が先行し、他のメーカーがこれに追随、対抗した形で形成されたとしている。

以上から、釘のサプライチェーンにおいては、鉄鋼メーカーと二次加工メーカーとの間は、弁ばねほどではないにしても、取引パートナーが系列化され、固定化されていた名残

りが観察される。

表 2. 10. 高炉鉄鋼メーカーの 1960 年代における二次加工メーカー系列

(出所) 市川 (1969) より筆者作成

	現在の日本製鉄株の前身						神戸製鋼	
	八幡製鉄		富士製鉄		住友金属工業			
普通線材加工	村上鋼業	東和工業	関西富士鋼機	大東鉄線	日本製釘	帝国製鉄	尼崎製釘	春日鋼業
	東洋鉄線	大阪製線	日本製線	大阪製鉄	大洋線材	日新鋼業	摂津製線	恵美須工業
	東洋金網	帝国金網	サクラ特伸	大東鋼機	末広鋼業	梅鉢鋼業	報国製線	奥金鉄線
	松井金網	大東製線金網	東洋製線	小沢製線	ダイヨ産業	矢口産業	村田産業	大淀鋼線
	光製線	日亜鋼業	東京鉄線	大島製線	豎川線材	吾孺製線	中川鉄線	杉本伸線
	大同製鉄	大同鉄螺	大井製線	江戸川製線	墨田製線	東京製線	大阪製釘	三興線材
	大東鋼業	三和鉄線	三光製線	松田製線	住倉工業	西部鉄線	栄鋼業	島岡製鉄
	浪速製釘	東寺製線	福本製線	桜金属	戸畑製釘	小倉製線	中久製釘	興国鋼線
	東光金属	宮川金属	北海鋼機	北東金属	八幡製線	九州製線	神鋼鋼線	杉田製線
	内外鋼業	辻岡鋼業	新和工業	興津螺旋	山陰線材	山内製釘	山本製線	吉田製線
	市川製線	富山機械金属	中京製線	佐藤製線	岡山製線		伊予製釘	川金製釘
	三洋工業	大和工業	青森製釘	共振工業				
	金岡製釘	知多金属	望月螺旋	新潟鋼機				
	長岡鋼業	山西異形線	北進製釘	富士特殊				
	山陽鋼業	東海金属工業						

線材の二次加工技術については、主要な工程は図 2.9 に見る通り、伸線（引抜き）工程であるが、中野（2016）によれば、引抜き材の表面きずが、後工程の加工時に割れや断線などの原因となるため、ここでも前項の軟鋼線材製造技術と同様、ユーザーが非常に重要視する品質の 1 つであるとしている。その対応策の 1 つとして、二次加工工程において表面きずを安定して検出可能な探傷技術が求められ、引抜き材全長のきず検査には、渦流探傷法（Eddy Current Testing: ET）が広く用いられている。最近では、ライン停止が不要な自動きず見・きず取りシステムが実用化されており、自動化できる機能は自動化をして、簡単に操作できるようになっている。表面きずに対する要求は今後も高くなると推測され（本田, 2016）、一貫した表面きず減少の取組みが、二次加工工程において継続すると考えられる。

(3) 釘メーカーの概要

現在日本で使用されている釘は所謂洋釘で、日本古来の鉄釘である「和釘」のサプライチェーンについては、日本で製造されていた古代から江戸期まで遡る。和釘の生産に関する情報と、和釘から日本の現在の釘への移行の歴史的变化の情報は、主に「鉄と鋼」の文献調査によって取得した。永田ほか（2019）によれば、和釘の原料となる鋼は、6 世紀頃から日本の伝統的な製鉄法であるたたら製鉄法によって製造され、その技術は口伝で伝えられてきた（永田ほか, 2019）。現代の鋼の釘とは異なり、和釘の製造工程は蓄積された

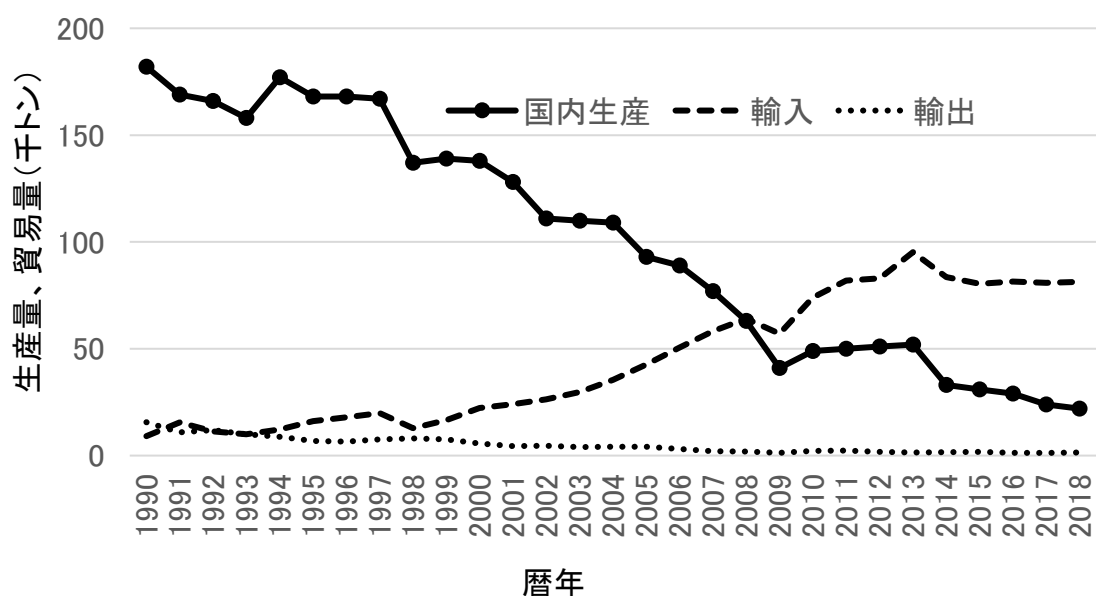
経験に基づいたものであったと言える。

一方、欧州などでは、19世紀に自然科学理論に基づいた新しい製鋼法が開発され、大量生産が開始された（Wells, 1998）。安田（1916）によれば、19世紀後半には、欧州で作られた輸入釘が日本で使用され始め、和釘は徐々に輸入釘に置き換えられた。20世紀に入る頃には、現在の釘が普及し、和釘は市場から消滅したとのことである。安田（1916）によれば、近代的な製鋼法に基づく釘の製造でさえ、最初は試行錯誤に依存していた。安田（1916）および安田工業㈱（2016）によれば、日本で最初の製釘工場が生産を開始したのは、1897年、現在の安田工業㈱の前身である安田製釘所（後に安田商事合名会社）の深川工場であった。技術上の問題としては、伸線では扁形、線きず、断線、焼鈍では、炭素含有量の未知から発生した過焼鈍、製釘では曲がりや頭部の変形など、研究・改良の連続であったとされている。また、当時は、線材は100%輸入に依存していたことから、高値の線材の輸入からの製造では採算が取れずに、一時工場閉鎖に至っている。1907年に官営八幡製鉄所（現在の日本製鉄㈱の前身）において国内で初めて線材が製造された（落合, 2013）。安田商事合名会社は、八幡製鉄所に隣接する福岡県八幡町（現北九州市八幡東区）に新製釘工場を建設し操業を開始した（安田工業㈱ HP.）。安田工業㈱（2016）によれば、新工場の建設に当たり、八幡製鉄所から排出される焚殻を用地の埋め立てに利用し、建物は、八幡製鉄所から発生するスラグを利用した鋼滓煉瓦を使用し、原料となる線材の供給を受けるために、鉄道の側線を敷くなど、正に八幡製鉄所と一体となった生産体制を敷いた。このように、和釘から洋釘への転換期は、釘のサプライチェーンの構築には、立地条件が重要な要素となり、サプライヤーが一体となって協力する生産体制を維持していたと考えられる。現在の釘のサプライチェーンの形態は、JIS A 5508の解説情報から推測すると、この和釘から洋釘への転換期から凡そ40年後の1952年に、鉄丸くぎとしてJISが制定された後に確立されたものと推定される。

釘の品質保証にかかわるサプライチェーンは、JIS規格およびJISマーク認証の制定によって多くのサプライヤーが参入可能となり、その形態は徐々に変化し、2000年以降は日本の釘市場には輸入釘が急増した。図 2.14 で示す通り、最近の凡そ20年間は、釘の国内生産量は減少を続け、2008年以降は輸入釘が国内生産量を上回るようになった。これは、表 2.8 (c) で示した、釘のJISマーク認証を取得している釘メーカーは、もはや海外の方が多という事実を、生産量、貿易統計量でも示していると言える。

以上から、釘のサプライチェーンのサプライヤーの状況においては、軟鋼線材（鉄鋼）メーカーと、鉄線（二次加工）メーカーの間には、弁ばねほどの強固な関係特殊資産はないもの、従来の鉄鋼メーカーの系列の名残りは観察された。しかしながら、最終製品の釘に関しては、輸入が国内生産を圧倒するようになり、JIS規格をクリアし、JISマーク認証を取得した海外の釘メーカーがサプライチェーンを支配しており、JIS規格を品質保証の基準とした自由な市場に移行していることが判明した。この傾向は、上流の軟鋼線材、鉄線の市場に及んでおり、表 2.8 (a), (b) から分かる通り、徐々に海外のメーカーがサプライチェーンに参入してきており、伝統的な鉄鋼メーカーと二次加工メーカーの強固

な関係が薄れてきていることが明らかとなった。



(註)
 生産量の対象：鉄丸くぎおよび特殊くぎの国内生産の合計
 輸出入の対象：鉄鋼製のくぎ、びょう、画びょう、波くぎ、またくぎ、その他これらに類する製品（銅以外の材料から製造した頭部を有するものを含む）の合計。

(出所) 生産量については経済産業省 生産動態統計、輸出入量については、財務省貿易統計より、また安田工業㈱（2016）を参考に筆者作成

図 2.14. 釘の生産量と輸出入量の推移

2.5. まとめ

本章は、鉄鋼製品のサプライチェーンにおける企業間関係の実態を探ることを目的として、鉄鋼製品全般の内需の状況、取引の特徴を踏まえた上で、参考となる企業間関係を論じた組織論をレビューした。さらに、自動車用弁ばねと、汎用品の釘を事例として、それぞれのサプライチェーンの特徴と、サプライヤーの企業間関係を調査した。その結果、以下の結論を得た。

- (1) 鉄鋼製品の向け先別データでは、自動車向けの需要が最大であること、自動車向け鉄鋼製品では、二次加工メーカーの存在が大きいことを確認した。
- (2) 鉄鋼製品のサプライチェーンにおける企業間関係の実態を探るため、自動車向けの弁ばねと、汎用品としての釘を事例として取り上げ、それぞれの製造工程を調査した。その結果、サプライチェーンにおける製品、半製品の流れは、いずれも、鉄鋼メーカーの線材の製造が物流の起点となり、二次加工メーカー、最終製品メーカー、発注元へと半製品、製品が流れ、それぞれのサプライチェーンが形成されていることを確認

した。

- (3) この鉄鋼製品のサプライチェーンを踏まえて、サプライヤーの企業間関係を探るため、企業（組織）間関係を論じた代表的な経営組織論をレビューした。また、検索結果から得られた先行研究において、企業間関係に影響を与える要素として、信頼、不確実性、ガバナンスなどが存在することを確認した。
- (4) 上記の先行研究を念頭に、弁ばねと釘のサプライチェーンを調査し、弁ばねの場合は、ほぼ全量が国産品で、品質目標達成のためにサプライヤーが相互に連携しており、中でも二次加工メーカーが、重要な役割を果たしていることがインタビューなどから明らかとなった。この企業間連携の背景には、弁ばねの製造が、鉄鋼、二次加工、弁ばねの各メーカーを一貫する材料加工であることに起因して、技術の相互依存性が存在することが考えられる。
- (5) 一方、釘の場合はサプライチェーンの参入障壁が低く、輸入依存度が高い状況で、海外のサプライヤーも数多く参入しており、サプライチェーン全体が JIS 規格を品質保証の基準とするオープンな形態を示していることが明らかとなった。

第2章の参考文献

(日本語文献)

(株)アイアールシー (1993, 1996, 1999, 2002, 2005, 2008, 2010, 2012, 2014). *自動車部品 200 品目の生産流通調査*. 名古屋：(株)アイアールシー. (1993 年版、P.147-P.149、同 1996 年版、P.147-P.149、同 1999 年版、P.147-149、同 2002 年版、P.146-149、同 2005 年版、148-151、同 2008 年版、P.145-P.148、同 2010 年版、P.147-P.150、同 2012 年版、P.139-142、同 2014 年版、P.147-150)

愛知千年企業 website,

<http://www.nagoya-rekishi.com/meiji/chapter1/nagoyasyounin21.html>

(2020 年 4 月 4 日 アクセス).

浅田幸吉 (1973). 線材および線の利用の現状と将来. *鉄と鋼*, 59(10), 1432-1467.

尼崎地域史事典 apedia web 版,

<http://www.archives.city.amagasaki.hyogo.jp/apedia/index.php?key=%E4%B9%BE%E9%89%84%E7%B7%9A> (2014 年 5 月 27 日 アクセス).

アマテイ(株) HP., <http://www.amatei.co.jp/>

(2020 年 7 月 1 日 アクセス).

市川弘勝 (1969). *日本鉄鋼業の再編成*. 東京：新評論.

Williamson O. E. (1975). *Markets and hierarchies, analysis and antitrust implications: A study in the economics of internal organization*. New York: Free Press. 浅沼万里・岩崎晃(訳) (1980). *市場と企業組織*. 東京：日本評論社.

Williamson O. E. (1986). *Economic organization: Firms, markets, and policy control*. London: Wheatsheaf Books Ltd. 井上薫・中田善啓(監訳) (1989). *エコノミック・オーガニゼーション — 取引コストパラダイムの展開 —*. 京都：晃洋書房.

潮田浩作・吉村仁秀・海藤宏志・木村謙 (2014). 鉄鋼材料における合金元素の活用の変遷と将来展望. *鉄と鋼*, 100(6), 716-727.

NS 北海製線(株) HP., <http://www.nshk.co.jp/html/kaisya-gaiyo.html>

(2020 年 7 月 1 日 アクセス).

落合征雄 (2013). 日本の高炭素鋼線の歩み-1. 線材とその製品. 51(3), 4-5.

川口寅之輔・加藤哲男 (2001). 金属材料・加工プロセス事典. 東京：丸善(株)

協豊会 HP., <https://www.kyohokai.gr.jp/>

(2020年7月1日 アクセス).

串田仁・武田実佳子・宮崎庄司・久保田吉彦 (2011). 線材表面きず発生挙動とその低減. *R&D 神戸製鋼技報*, 61(1), 29-33.

経済産業省 生産動態統計,

https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html#menu4

(2020年4月27日 アクセス)

建築基準法（建設省告示第1100号）建築基準法施行令第46条第4項表一（一）項から（七）項までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有する軸組および当該軸組に係る倍率の数値を定める件（1981）.（昭和56年6月1日建設省告示第1100号）.

合同製鐵(株) (2019). 第113期有価証券報告書.

(株)神戸製鋼所 (2007). 第155期中間期 株主の皆様へ 平成19年4月1日～平成19年9月30日「オンリーワン製品のご紹介」,

<http://www.kobelco.co.jp/ir/library/everyone/2007/2q/index.html>

(2017年6月29日 アクセス).

(株)神戸製鋼所 HP., <https://www.kobelco.co.jp/>

(2014年12月10日 アクセス).

(株)神戸製鋼所 (2019). 第166期有価証券報告書.

齋藤圭佑 (2016). 線材のエンドレス圧延技術. *新日鉄住金技報*, 406, 47-50.

財務省 貿易統計, <https://www.customs.go.jp/toukei/info/index.htm>

(2020年4月27日 アクセス)

サンコール(株) (2014). 会社プロフィール、製品案内.

サンコール(株) HP., <https://www.suncall.co.jp/corporate/profile/#sec2>
(2015年1月15日 アクセス).

サンコール(株) (2019). 第102期有価証券報告書.

JIS A 5508: 2009, くぎ.

JIS G 3502: 2013, ピアノ線材.

JIS G 3505: 2017, 軟鋼線材.

JIS G 3532: 2011, 鉄線.

JIS G 3561: 1994, 弁ばね用オイルテンパー線.

神鋼鋼線工業(株) HP., <http://www.shinko-wire.co.jp/company/history.html>
(2015年1月15日 アクセス).

神鋼鋼線工業(株) (2019). 第87期有価証券報告書.

杉田製線(株) HP., <http://www.sugitawire.co.jp/company.html>
(2020年4月4日 アクセス).

住友電気工業(株) (2018). 住友電工120年の軌跡, <https://sei.co.jp/company/pdf/sd120.pdf>
(2020年4月4日 アクセス).

住友電気工業(株) (2019). 第149期有価証券報告書.

住友電気工業(株) 特殊線事業部 HP., <https://sei.co.jp/steel-wire/>
(2020年4月4日 アクセス).

双日(株) HP. 双日歴史館, <https://www.sojitz.com/history/jp/era/post-11.php>
(2020年4月5日 アクセス).

ダイヤモンド社 (1974). 35年のあゆみ スズキノピアノ線 鈴木金属工業. 東京: ダイヤモンド社.

中央発條(株) (2019). 第96期有価証券報告書.

中央発條(株) HP., <https://www.chkk.co.jp/>
(2020年4月5日 アクセス).

中小企業庁 (編)(2006). *明日の日本を支える元気なモノ作り中小企業300社*. 東京: 経済産業省, 中小企業庁. 53.

鉄鋼技術共同研究会鋼材部会線材分科会 (1961). 鉄鋼技術共同研究会鋼材部会線材分科会報告書、線材. *鉄と鋼*, 13, 1758-1759.

東京製線(株) HP., <https://www.tokyoseisen.co.jp/>
(2020年7月1日 アクセス).

東郷製作所 HP., <http://www.togoh.co.jp/index.php>
(2020年4月5日 アクセス).

トヨタ自動車(株) (2019). 2019年3月期有価証券報告書

Thompson, J.D. (1967). *Organizations in action: Social science bases of administrative theory*. New York: McGraw-Hill. 大月博司・廣田俊郎 (訳) (2012). *行為する組織: 組織と管理の理論についての社会科学的基盤*. 東京: 同文館出版.

永井知美 (2007). 鉄鋼業界の現状と課題. *(株)東レ経営研究所 経営センサー*. 33-34.

永田和宏・古主泰子・松原章浩・國分(齋藤)陽子・中村俊夫 (2019). 加速器質量分析(AMS)による和釘の¹⁴C年代と製造年代. *鉄と鋼*, 105(4), 488-491.

中野聡志 (2016). 特集: 線材・棒鋼の2次加工技術動向. 2次加工技術の概論. *特殊鋼*, 65(3), 2-5.

西尾精一 (2015). *自動車部品を事例とした日本の鉄鋼業と自動車関連産業の企業間関係*. 東京工業大学大学院 イノベーションマネジメント研究科 平成26年度(2014年度)プロジェクトレポート.

日鉄SGワイヤ(株) (2019). 第118期報告書(市川製線(株)の議決権所有比率(51.1%)の情報も含む).

日鉄SGワイヤ(株) HP. (市川製線(株)の所在地情報も含む),

<https://www.sgw.nipponsteel.com/>

(2020年4月4日 アクセス).

日鉄鋼線(株) HP., <http://www.nsw.nipponsteel.com/about.html>

(2020年7月1日 アクセス).

日本製鉄(株) (2019). 第94期有価証券報告書.

日本製鉄(株) HP., <https://www.nipponsteel.com/index.html>

(2020年4月4日 アクセス).

日本発条(株) (2019). 第99期有価証券報告書.

日本発条(株) HP., <https://www.nhkspg.co.jp/>

(2020年4月5日 アクセス).

日本産業標準調査会 (JISC) HP., <https://www.jisc.go.jp/index.html>

(2018年4月10日 アクセス).

(一社) 日本鉄鋼連盟 (1997, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013). *鉄鋼統計要覧*. 1997年, 2003年~2013年の各年版, 東京:(一社) 日本鉄鋼連盟.

(一社) 日本ばね工業会 (1984). *日本のばねの歴史*. 東京:(一社) 日本ばね工業会.

(一社) 日本ばね工業会 (2012). *ばねの歴史*. 東京:(一社) 日本ばね工業会.

(株)パイオラックス HP., <https://www.piolax.co.jp/jp/company/>

(2020年4月5日 アクセス).

東大阪市技術交流プラザ 技術用語集,

http://www.techplaza.city.higashiosaka.osaka.jp/help/word/plastic_working/extrusion.html

(2020年7月1日 アクセス).

平戸崇博・醍醐市朗・松野泰也・足立芳寛 (2009). トップダウン手法とボトムアップ手法による用途別鋼材蓄積量の推計. *鉄と鋼*, 95(1), 96-101.

Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy*. New York: Free Press. 土岐坤・中辻萬治・服部照夫 (訳) (2008). *競争の戦略*. 東京:ダイヤモンド社, 新訂版.

本田英二 (2016). 特集：線材・棒鋼の2次加工技術動向：冷間圧造用鋼線. *特殊鋼*, 65(3), 24-27.

村田発條(株) HP., <https://murata-spring.jp/company/>
(2020年4月5日 アクセス).

安田工業(株) (2016). 線材製品の歴史紹介 ② 釘. *線材製品協会機関誌線材とその製品*, 2016年9月号, 1-3.

安田工業(株) HP., <http://www.yzd-kk.co.jp/>
(2020年4月27日 アクセス).

安田工業(株) HP. 釘ができるまで, <http://www.yzd-kk.co.jp/kugikami.html>
(2020年7月1日 アクセス).

安田善三郎 (1916). *釘*. 東京；博文館.

安山誠健 (2005). 自動車の軽量化の動向. *フコク生命マンスリーエコノミックレポート*, 2005年4月号.

山崎修嗣 (1994). 日本自動車部品工業の階層化と技術革新 — 1960年代における部品工業育成政策の展開. *経済論叢(京都大学)*. 154(6), 83-108.

やまなし産業立地コミッション website,
<https://www.pref.yamanashi.jp/sangyo/koe/shosai.php?id=23>
(2020年8月23日 アクセス)

吉原直 (2011). 高強度弁ばね用鋼の開発の歴史. *R&D 神戸製鋼技報*. 61(1), 39-42.

(株)ワイヤーテクノ HP., <http://www.wire-techno.co.jp/company/>
(2020年7月1日 アクセス).

公開特許公報

住友電気工業(株)・住友電工スチールワイヤー(株) (2010). オイルテンパー線とその製造方法、及びばね. JP2010163689.

日新製鋼(株) (2011). オーステナイト + マルテンサイト複相組織ステンレス鋼板およびその製造方法. JP2011184780.

(英語文献)

Agndal, H. & Nilsson, U. (2019). The fast and the furious: The role of entrainment in controlled inter-organizational relationship transformation. *Management Accounting Research*, 43, 15-28. (表 2.4-1)

DOI: 10.1016/j.mar.2018.09.001

Aldrich, H. E. (1979). *Organizations and environments*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Anderson, P. (2016). What is contingency theory? The Pennsylvania State University website, <https://sites.psu.edu/leadership/2016/06/05/what-is-contingency-theory/>

(2020年6月15日 アクセス).

Appleyard, M. M. (2003). The influence of knowledge accumulation on buyer-supplier co-development projects, *Journal of Product Innovation Management*, 20 (5), 356-373. (表 2.2 (b)-1)

DOI: 10.1111/1540-5885.00034

Arend, R. J. & Wisner, J. D. (2005). Small business and supply chain management: Is there a fit? *Journal of Business Venturing*, 20 (3), 403-436. (表 2.2 (b)-2)

DOI: 10.1016/j.jbusvent.2003.11.003

Argyris, C. & Schon, D. A. (1978). *Organizational learning: a theory of action perspective*. Reading, MA: Addison Wesley.

Awan, U., Sroufe, R. & Kraslawski, A. (2019). Creativity enables sustainable development: Supplier engagement as a boundary condition for the positive effect on green innovation. *Journal of Cleaner Production*, 226, 172-185. (表 2.4-2)

DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.03.308

Barney, J. B. (1986). Strategic factor markets: expectations, luck, and business strategy. *Management Science*, 32 (10), 1231-1241.

DOI: 10.1287/mnsc.32.10.1231

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management*, 17 (1), 99-120.

DOI: 10.1177/014920639101700108

Barney, J. B. (1995). Looking inside for competitive advantage. *Academy of Management Executive*, 9 (4), 49-61.

DOI: 10.5465/ame.1995.9512032192

Bartol, N. (2014). Cyber supply chain security practices DNA – Filling in the puzzle using a diverse set of disciplines. *Technovation*, 34 (7), 354-361. (表 2.2 (b)-3)

DOI: 10.1016/j.technovation.2014.01.005

Beugelsdijk, S., Koen, C. I., & Noorderhaven, N. G. (2006). Organizational culture and relationship skills. *Organization Studies*, 27(6), 833-854. (表 2.4-3)

DOI: 10.1177/0170840606064099

Bhatnagar, R. & Sohal, A. S. (2005). Supply chain competitiveness: Measuring the impact of location factors, uncertainty and manufacturing practices. *Technovation*, 25(5), 443-456. (表 2.2 (b)-4)

DOI: 10.1016/j.technovation.2003.09.012

Billitteri, C., Lo Nigro, G., & Perrone, G. (2013a). How risk influences the choice of governance mode in biopharmaceutical inter-firm relationships. *International Business Review*, 22(6), 932-950. (表 2.4-4)

DOI: 10.1016/j.ibusrev.2013.01.011

Billitteri, C., Lo Nigro, G., & Perrone, G. (2013b). Drivers influencing the governance of inter-firm relationships in the biopharmaceutical industry: An empirical survey in the Italian context. *Technology Analysis & Strategic Management*, 25 (1), 107-126. (表 2.4-5)

DOI: 10.1080/09537325.2012.751010

Binder, M & Edwards, J. S. (2010). Using grounded theory method for theory building in operations management research. *International Journal of Operations & Production*, 30(3), 232-259. (表 2.4-6)

DOI: 10.1108/01443571011024610

Bititci, U., Garengo, P., Dorfler, V., & Nudurupati, S. (2012). Performance measurement: Challenges for tomorrow. *International Journal of Management Reviews*, 14 (3), 305-327. (表 2.2 (b)-5)

DOI: 10.1111/j.1468-2370.2011.00318.x

Boddy, D., Macbeth, D., & Wagner, B. (2000). Implementing collaboration between organizations: An empirical study of supply chain partnering. *Journal of Management Studies*, 37 (7), 1003-1017. (表 2.2 (b)-6)

DOI: 10.1111/1467-6486.00214

Bode, C., Wagner, S. M., Petersen, K. J., & Ellram, L. M. (2011). Understanding responses to supply chain disruptions: Insights from information processing and resource dependence perspectives. *Academy of Management Journal*, 54 (4), 833-856. (表2.2 (b)-7)

DOI: 10.5465/amj.2011.64870145

Bowersox, D. J., Stank, T. P., & Daugherty, P. J. (1999). Lean launch: Managing product introduction risk through response-based logistics. *Journal of Product Innovation Management*, 16 (6), 557-568. (表2.2 (b)-8)

DOI: 10.1111/1540-5885.1660030

Boyson, S. (2014). Cyber supply chain risk management: Revolutionizing the strategic control of critical IT systems. *Technovation*, 34 (7), 342-353. (表2.2 (b)-9)

DOI: 10.1016/j.technovation.2014.02.001

Burns, T. & Stalker, G.M. (1961). *The Management of innovation*. London: Tavistock.

Cambridge Dictionary (Online),

<https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/organizational-learning>

(2020年6月18日 アクセス).

Carbonara, N. (2005). Information and communication technology and geographical clusters: Opportunities and spread. *Technovation*, 25 (3), 213-222. (表2.2 (b)-10)

DOI: 10.1016/S0166-4972(03)00095-6

Carlsson-Wall, M., Kraus, K., Meidell, A., & Tran, P. (2019). Managing risk in the public sector–The interaction between vernacular and formal risk management systems. *Financial Accountability & Management*, 35, 3-19. (表2.4-7)

DOI: 10.1111/faam.12179

Chang, S. C., Chen, R. H., Lin, R. J., Tien, S. W., & Sheu, C. (2006). Supplier involvement and manufacturing flexibility. *Technovation*, 26 (10), 1136-1146. (表2.2 (b)-11)

DOI: 10.1016/j.technovation.2005.09.010

Chao, C. C., Yang, J. M., & Jen, W. Y. (2007). Determining technology trends and forecasts of RFID by a historical review and bibliometric analysis from 1991 to 2005.

Technovation, 27(5), 268-279. (表2.2 (b)-12)

DOI: 10.1016/j.technovation.2005.09.010

Chaurasia, S. S. (2018). I can't but we can! Impact of goal compatibility on value co-creation in retailer-

manufacturer outsourcing relationship. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 11 (1), 123-144. (表 2.4-8)
DOI: 10.1108/JGOSS-04-2017-0010

Checkley, M. & Steglich, C. (2007). Partners in power: Job mobility and dynamic deal-making. *European Management Review*, 4 (3), 161-171. (表 2.4-9)
DOI: 10.1057/palgrave.emr.1500083

Cheng, J. H., Chen, S. W., & Chen, F. Y. (2013). Exploring how inter-organizational relational benefits affect information sharing in supply chains. *Information Technology & Management*, 14 (4), 283-294. (表 2.4-10)
DOI: 10.1007/s10799-013-0165-x

Chicksand, D., Watson, G., Walker, H., Radnor, Z., & Johnston R. (2012). Theoretical perspectives in purchasing and supply chain management: An analysis of the literature. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17 (4), 454-472.
DOI: 10.1108/13598541211246611

Chopra, S. & Sodhi, M. S. (2004). Managing risk to avoid supply-chain breakdown. *MIT Sloan Management Review*, 46 (1), 53-62. (表 2.2 (b)-13)

Chopra, S. & Sodhi, M. S. (2014). Reducing the risk of supply chain disruptions. *MIT Sloan Management Review*, 55 (3), 72-80. (表 2.2 (b)-14)

Chrupala-Pniak, M., Grabowski, D., & Sulimowska-Formowicz, M. (2017). Trust in effective international business cooperation: Mediating effect of work engagement. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 5 (2), 27-50. (表 2.4-11)
DOI: 10.15678/EBER.2017.050202

Chuang, M. Y., Chen, C. J., & Lin, M. J. J. (2016). The impact of social capital on competitive advantage The mediating effects of collective learning and absorptive capacity. *Management Decision*, 54 (6), 1443-1463. (表 2.4-12)
DOI: 10.1108/MD-11-2015-0485

Coase, R. H. (1937). The Nature of the firm. *Economica*, 4 (16), 386-405.
DOI: 10.2307/2626876

Cobb, A. & Wry, T. (2016). Resource-dependence theory. Oxford bibliographies website, <https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199846740/obo-9780199846740-0072.xml>

(2020年6月17日 アクセス).

Cohen, M. D. & Bacdayan, P. (1994). Organizational routines are stored as procedural memory: Evidence from a laboratory study. *Organization Science*, 5 (4), 554-568.

DOI: 10.1287/orsc.5.4.554

Cohen, M. D., Burkhart, R., Dosi, G., Egidi, M., Marengo, L., Warglien, M., & Winter, S. (1996). Routines and other recurring action patterns of organizations: Contemporary research issues. *Industrial and Corporate Change*, 5, 653-698.

DOI: 10.1093/icc/5.3.653

Cowan, K., Paswan, A. K., & Van Steenburg, E. (2015). When inter-firm relationship benefits mitigate power asymmetry. *Industrial Marketing Management*, 48, 140-148. (表 2.4-13)

DOI: 10.1016/j.indmarman.2015.03.013

Cullen, P. A. & Hickman, R. (2001). Contracting and economics alliances in the aerospace sector: Do formal contact arrangements support or impede efficient supply chain relationships? *Technovation*,

21 (8), 525-533.

(表 2.2 (b)-15)

DOI: 10.1016/S0166-4972(00)00073-0

Dangelico, R. M., Pontrandolfo, P., & Pujari, D. (2013). Developing sustainable new products in the textile and upholstered furniture industries: Role of external integrative capabilities. *Journal of Product Innovation Management*, 30 (4), 642-658. (表 2.2 (b)-16)

DOI: 10.1111/jpim.12013

Das Aundhe, M., George, B., & Hirschheim, R. (2011). Boundary spanners and client vendor relationships in IT outsourcing: A social capital perspective. In *Proceedings of the 2011 SIGMIS Computer Personnel Research Conference*, 148-151. (表 2.4-14)

David, R. J., Tolbert, P. S., & Boghossian, J. (2019). Business policy and strategy, entrepreneurship, organization theory. *Institutional Theory in Organization Studies*.

DOI: 10.1093/acrefore/9780190224851.013.158

Davis, G. F. & Cobb, J. A. (2010). Resource dependence theory: Past and future. In *Stanford's organization theory renaissance, 1970-2000*. Emerald Group Publishing Limited.

DiMaggio, P. J. & Powell, W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review*, 48, 147-160.

DOI: 10.2307/2095101

Dolci, P. C., Macada, A. C. G., & Paiva, E. L. (2017). Models for understanding the influence of supply chain

governance on supply chain performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 22 (5), 424-441. (表 2.4-15)

DOI: 10.1108/SCM-07-2016-0260

Dyer, J. H. & Singh, H. (1998). The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *Academy of Management Review*, 23 (4), 660-679.

DOI: 10.5465/amr.1998.1255632

Edwards, T., Battisti, G., & Neely, A. (2004). Value creation and the UK economy: A review of strategic options. *International Journal of Management Reviews*, 5 (3-4), 191-213. (表 2.2 (b)-17)

DOI: 10.1111/j.1460-8545.2004.00103.x

Eng, T. Y. (2006). Mobile supply chain management: Challenges for implementation. *Technovation*, 26 (5-6), 682-686. (表 2.2 (b)-18)

DOI: 10.1016/j.technovation.2005.07.003

Fayezi, S., Zutshi, A., & O'Loughlin, A. (2017). Understanding and development of supply chain agility and flexibility: A structured literature review. *International Journal of Management Reviews*,

19 (4), 379-407. (表 2.2 (b)-19)

DOI: 10.1111/ijmr.12096

Feldman, M. P. (1999). The new economics of innovation, spillovers and agglomeration: A review of empirical studies. *Economics of Innovation and New Technology*, 8, 5-25.

DOI: 10.1080/10438599900000002

Feldman, M. S. & Pentland, B. T. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative Science Quarterly*, 48 (1), 94-118.

DOI: 10.2307/3556620

Fiedler, F. E. (1964). A contingency model of leadership effectiveness. *Advances in Experimental Social Psychology*, 1, 149-190.

DOI: 10.1016/S0065-2601(08)60051-9

Fitjar, R. D. & Rodriguez-Pose, A. (2013). Firm collaboration and modes of innovation in Norway. *Research Policy*, 42 (1), 128-138. (表 2.2 (b)-20)

DOI: 10.1016/j.respol.2012.05.009

Fixson, S. K. & Park, J. K. (2008). The power of integrality: Linkages between product architecture, innovation, and industry structure. *Research Policy*, 37 (8), 1296-1316. (表 2.2 (b)-21)

DOI: 10.1016/j.respol.2008.04.026

Fu, X. (2012). Foreign direct investment and managerial knowledge spillovers through the diffusion of management practices. *Journal of Management Studies*, 49 (5), 970-999. (表2.2 (b)-22)

DOI: 10.1111/j.1467-6486.2011.01036.x

Gawer, A. & Phillips, N. (2013). Institutional work as logics shift: The case of Intel's transformation to platform leader. *Organization Studies*, 34 (8), 1035-1071. (表2.2 (b)-23)

DOI: 10.1177/0170840613492071

Geyskens, I., Steenkamp, J. B. E. M., & Kumar, N. (2006). Make, buy, or ally: A transaction cost theory meta-analysis. *Academy of Management Journal*, 49 (3), 519-543.

DOI: 10.5465/amj.2006.21794670

Golicic, S. L., Boerstler, C. N., & Ellram, L. M. (2010). 'Greening' transportation in the supply chain. *MIT Sloan Management Review*, 51 (2), 47. (表2.2 (b)-24)

Gopalakrishnan, S. & Zhang, H. (2017). Client dependence and vendor innovation: The moderating role of organizational culture. *Industrial Marketing Management*, 66, 80-89. (表2.4-16)

DOI: 10.1016/j.indmarman.2017.07.012

Griffith, D. A. & Myers, M. B. (2005). The performance implications of strategic fit of relational norm governance strategies in global supply chain relationships. *Journal of International Business Studies*, 36 (3), 254-269. (表2.2 (b)-25)

DOI: 10.1057/palgrave.jibs.8400131

Gunasekaran, A., Williams, H. J., & McGaughey, R. E. (2005). Performance measurement and costing system in new enterprise. *Technovation*, 25 (5), 523-533. (表2.2 (b)-26)

DOI: 10.1016/j.technovation.2003.09.010

Hatten, K. J., Schendel, D. E., & Cooper, A. C. (1978). A strategic model of the U.S. brewing industry: 1952-1971. *The Academy of Management Journal*, 21 (4), 592-610.

DOI: 10.5465/255702

Helander, M. G. & Jiao, J. (2002). Research on E-product development (ePD) for mass customization. *Technovation*, 22 (11), 717-724. (表2.2 (b)-27)

DOI: 10.1016/S0166-4972(01)00074-8

Hennelly, P. & Wong, C. Y. (2016). The formation of new inter-firm relationships: A UK offshore wind sector analysis. *International Journal of Energy Sector Management*, 10 (2), 172-190. (表2.4-17)

DOI: 10.1108/IJESM-05-2015-0001

Hernandez-Espallardo, M., Sanchez-Perez, M., & Segovia-Lopez, C. (2011). Exploitation- and exploration-based innovations: The role of knowledge in inter-firm relationships with distributors.

Technovation, 31 (5-6), 203-215. (表2.2 (b)-28)

DOI: 10.1016/j.technovation.2011.01.007

Hillman, A. J., Withers, M. C., & Collins, B. J. (2009). Resource dependence theory: A review. *Journal of Management*, 35 (6), 1404-1427.

DOI: 10.1177/0149206309343469

Hopkinson, G. C. & Blois, K. (2014). Power-base research in marketing channels: A narrative review. *International Journal of Management Reviews*, 16 (2), 131-149. (表2.2 (b)-29)

DOI: 10.1111/ijmr.12013

Hsieh, C., Lazzarini, S. G., Nickerson, J. A., & Laurini, M. (2010). Does ownership affect the variability of the production process? Evidence from international courier services. *Organization Science*,

21 (4), 892-912. (表2.2 (b)-30)

DOI: 10.1287/orsc.1090.0482

Hsieh, K. N. & Tidd, J. (2012). Open versus closed new service development: The influences of project novelty. *Technovation*, 32 (11), 600-608. (表2.2 (b)-31)

DOI: 10.1016/j.technovation.2012.07.002

Hullova, D., Trott, P., & Simms, C. D. (2016). Uncovering the reciprocal complementarity between product and process innovation. *Research Policy*, 45 (5), 929-940. (表2.2 (b)-32)

DOI: 10.1016/j.respol.2016.01.012

Hult, G. T. M., Ketchen, D. J., & Slater, S. F. (2004). Information processing, knowledge development, and strategic supply chain performance. *Academy of Management Journal*, 47 (2), 241-253. (表2.2 (b)-33)

DOI: 10.5465/20159575

Iacono, M. P., Martinez, M., Mangia, G., & Galdiero, C. (2012). Knowledge creation and inter-organizational relationships: The development of innovation in the railway industry. *Journal of Knowledge Management*, 16 (4), 604-616. (表 2.4-18)

DOI: 10.1108/13673271211246176

Isaksson, O. H. D., Simeth, M., & Seifert, R. W. (2016). Knowledge spillovers in the supply chain: Evidence from the high-tech sectors. *Research Policy*, 45 (3), 699-706. (表2.2 (b)-34)

DOI: 10.1016/j.respol.2015.12.007

Jean, R. J., Sinkovics, R. R., & Hiebaum, T. P. (2014). The effects of supplier involvement and knowledge protection on product innovation in customer-supplier relationships: A study of global automotive suppliers in China. *Journal of Product Innovation Management*, 31 (1), 98-113. (表 2.2 (b)-35)

DOI: 10.1111/jpim.12082

Jolink, A. & Niesten, E. (2012). Recent qualitative advances on hybrid organizations: Taking stock, looking ahead. *Scandinavian Journal of Management*, 28(2), 149-161. (表 2.4-19)

DOI: 10.1016/j.scaman.2012.03.001

Jolink, A. & Niesten, E. (2016). The impact of venture capital on governance decisions in collaborations with start-ups. *Small Business Economics*, 47 (2), 331-344. (表 2.4-20)

DOI: 10.1007/s11187-016-9719-8

Kaufman, A., Tucci, C. L., & Brumer, M. (2003). Can creative destruction be destroyed? Military IR&D and destruction along the value-added chain. *Research Policy*, 32(9), 1537-1554. (表 2.2 (b)-36)

DOI: 10.1016/S0048-7333(02)00139-7

Kettunen, P. (2009). Adopting key lessons from agile manufacturing to agile software product development—A comparative study. *Technovation*, 29(6-7), 408-422. (表 2.2 (b)-37)

DOI: 10.1016/j.technovation.2008.10.003

Khanuja, A. & Jain, R. K. (2019). Supply chain integration: A review of enablers, dimensions and performance. *Benchmarking: An International Journal*, 27 (1), 264-301. (表 2.4-21)

DOI: 10.1108/BIJ-07-2018-0217

Kibbeling, M., van der Bij, H., & van Weele, A. (2013). Market orientation and innovativeness in supply chains: Supplier's impact on customer satisfaction. *Journal of Product Innovation Management*, 30 (3), 500-515. (表 2.2 (b)-38)

DOI: 10.1111/jpim.12007

Kinder, T. (2003). Go with the flow—A conceptual framework for supply relations in the era of the extended enterprise. *Research Policy*, 32 (3), 503-523. (表 2.2 (b)-39)

DOI: 10.1016/S0048-7333(02)00021-5

Kong, X., Wan, J. B., Hu, H., Su, S., & Hu, Y. (2017). Evolving patterns in a collaboration network of global R&D on monoclonal antibodies. *mAbs*, 9 (7), 1041-1051. (表 2.4-22)

DOI: 10.1080/19420862.2017.1356527

Kotabe, M., Parente, R., & Murray, J. Y. (2007). Antecedents and outcomes of modular production in the Brazilian automobile industry: A grounded theory approach. *Journal of International Business Studies*,

38 (1), 84-106. (表 2.2 (b)-40)

DOI: 10.1057/palgrave.jibs.8400244

Kozusznik, B., Chrupala-Pniak, M., & Sulimowska-Formowicz, M. (2015). Team dimension of relational competence of organization—psychological perspective. *Management*, 19 (2), 7-20. (表 2.4-23)

DOI: 10.1515/manment-2015-0010

Kumar, S. & Budin, E. M. (2006). Prevention and management of product recalls in the processed food industry: A case study based on an exporter's perspective.

Technovation, 26 (5-6), 739-750. (表 2.2 (b)-41)

DOI: 10.1016/j.technovation.2005.05.006

Kumar, S. & Krob, W. (2005). Supply chain management challenges for aerospace control technologies leader. *Technovation*, 25 (1), 53-58. (表 2.2 (b)-42)

DOI: 10.1016/S0166-4972(03)00063-4

Kumar, S. & Kropp, J. (2006). Studying the operational efficiencies of a multi-product supply chain using excel spreadsheet model. *Technovation*, 26 (10), 1186-1200. (表 2.2 (b)-43)

DOI: 10.1016/j.technovation.2005.08.001

Kumar, S. & Malegeant, P. (2006). Strategic alliance in a closed-loop supply chain, A case of manufacturer and eco-non-profit organization. *Technovation*, 26 (10), 1127-1135. (表 2.2 (b)-44)

DOI: 10.1016/j.technovation.2005.08.002

Kumar, S. & McCaffrey, T. R. (2003). Engineering economics at a hard disk drive manufacturer. *Technovation*, 23 (9), 749-755. (表 2.2 (b)-45)

DOI: 10.1016/S0166-4972(02)00040-8

Laaksonen, T., Jarimo, T., & Kulmala, H. I. (2009). Cooperative strategies in customer-supplier relationships: The role of interfirm trust. *International Journal of Production Economics*, 120, 79-87. (表 2.4-24)

DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.07.029

Lager, T. & Storm, P. (2013). Application development in process firms: Adding value to customer products and production systems. *R&D Management*, 43 (3), 288-302.

DOI: 10.1111/radm.12013

Lawrence, P. R. & Lorsch, J. W. (1967). *Organizations and environment: Managing differentiation and integration*. Boston: Harvard Business School Press.

Lee, J. & Berente, N. (2012). Digital innovation and the division of innovative labor: Digital controls in the automotive industry. *Organization Science*, 23 (5), 1428-1447. (表2.2 (b)-46)

DOI: 10.1287/orsc.1110.0707

Lee, J. & Veloso, F. M. (2008). Interfirm innovation under uncertainty: Empirical evidence for strategic knowledge partitioning. *Journal of Product Innovation Management*, 25 (5), 418-435. (表2.2 (b)-47)

DOI: 10.1111/j.1540-5885.2008.00312.x

Lewis, G. J. & Harvey, B. (2001). Perceived environmental uncertainty: The extension of Miller's scale to the natural environment. *Journal of Management Studies*, 38 (2), 201-233. (表2.2 (b)-48)

DOI: 10.1111/1467-6486.00234

Lin, H., Chen, M., & Su, J. (2017). How management innovations are successfully implemented? An organizational routines' perspective. *Journal of Organizational Change Management*, 30 (4), 456-486.

DOI: 10.1108/JOCM-07-2016-0124

Linnenluecke, M. K. (2017). Resilience in business and management research: A review of influential publications and a research agenda. *International Journal of Management Reviews*,

19 (1), 4-30.

(表2.2 (b)-49)

DOI: 10.1111/ijmr.12076

Lipshitz, R. (2000). Chic, mystique, and misconception Argyris and Schön and the rhetoric of organizational learning. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 36 (4), 456-473.

DOI: 10.1177/0021886300364004

Liu, Z., Jayaraman, V., & Luo, Y. (2017). The unbalanced indirect effects of task characteristics on performance in professional service outsourcing. *International Journal of Production Economics*,

193, 281-293.

(表 2.4-25)

DOI: 10.1016/j.ijpe.2017.06.003

Lo Nigro, G., Perrone, G., & Chiapparrone, S. (2012). Governance forms drivers in bio-pharmaceutical inter-firm relationships. *International Journal of Production Economics*, 140, 604-613. (表 2.4-26)

DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.09.003

Luchs, M. & Swan, K. S. (2011). Perspective: The emergence of product design as a field of marketing inquiry. *Journal of Product Innovation Management*, 28 (3), 327-345. (表2.2 (b)-50)

DOI: 10.1111/j.1540-5885.2011.00801.x

Luo, Y., Liu, Y., & Xue, J. (2009). Relationship investment and channel performance: An analysis of

- mediating forces. *Journal of Management Studies*, 46 (7), 1113-1137. (表 2.2 (b)-51)
DOI: 10.1111/j.1467-6486.2009.00843.x
- Macher, J. T. & Mowery, D. C. (2003). “Managing” learning by doing: An empirical study in semiconductor manufacturing. *Journal of Product Innovation Management*, 20 (5), 391-410. (表 2.2 (b)-52)
DOI: 10.1111/1540-5885.00036
- Marchington, M. & Vincent, S. (2004). Analysing the influence of institutional, organizational and interpersonal forces in shaping inter-organizational relations. *Journal of Management Studies*, 41 (6), 1029-1056. (表 2.4-27)
DOI: 10.1111/j.1467-6486.2004.00465.x
- Marcus, A. A. & Anderson, M. H. (2006). A general dynamic capability: Does it propagate business and social competencies in the retail food industry? *Journal of Management Studies*, 43(1), 19-46. (表 2.2 (b)-53)
DOI: 10.1111/j.1467-6486.2006.00581.x
- Marshall, D., McCarthy, L., McGrath, P., & Harrigan, F. (2016). What’s your strategy for supply chain disclosure?. *MIT Sloan Management Review*, 57 (2), 37-45. (表 2.2 (b)-54)
- Matinheikki, J., Rajala, R., & Peltokorpi, A. (2017). From the profit of one toward benefitting many—Crafting a vision of shared value creation. *Journal of Cleaner Production*, 162, S83-S93. (表 2.4-28)
DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.09.081
- Mazzola, E. & Perrone, G. (2013). A strategic needs perspective on operations outsourcing and other inter-firm relationships. *International Journal of Production Economics*, 144, 256-267. (表 2.4-29)
DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.02.012
- Mazzola, E., Perrone, G., & La Diega, S. N. (2008). Shaping inter-firm collaboration in new product development in the automobile industry: A trade-off between a transaction and relational-based approach. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 57, 485-488. (表 2.4-30)
DOI: 10.1016/j.cirp.2008.03.021
- Melnyk, S. A., Davis, E. W., Spekman, R. E., & Sandor, J. (2010). Outcome-driven supply chains. *MIT Sloan Management Review*, 51 (2), 33-38. (表 2.2 (b)-55)
- Mesquita, L. F. & Lazzarini, S. G. (2008). Horizontal and vertical relationships in developing economies: Implications for SMEs’ access to global markets. *Academy of Management Journal*, 51 (2), 359-380. (表 2.2 (b)-56)

DOI: 10.1007/978-1-4419-0058-6_3

Meyer, J. W., & Rowan, B. (1977). Institutionalized organizations: Formal structure as myth and ceremony. *American Journal of Sociology*, 83 (2), 340-363.

DOI: 10.1086/226550

Migowski, S. A. & de Souza Libanio, C. (2017). Power asymmetry in dyad between a private and a public entity-The hold-up phenomenon. *Electronic Journal of Management & System*, 12 (1), 286-294. (表 2.4-31)

DOI: 10.20985/1980-5160.2017.v12n3.973

Miller, D. (2019). *The Resource-based view of the firm*. Oxford Research Encyclopedias, Business and Management. Online Publication,

<https://oxfordre.com/business/view/10.1093/acrefore/9780190224851.001.0001/acrefore-9780190224851-e-4?print=pdf>

(2020年6月21日 アクセス).

Miller, K. D. (1993). Industry and country effects on managers' perceptions of environmental uncertainties. *Journal of International Business Studies*, 24 (4), 693-714.

DOI: 10.1057/palgrave.jibs.8490251

Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (1998). *Strategy safari: A guided tour through the wilds of strategic management*. New York: The Free Press.

Mol, M. J. (2005). Does being R&D intensive still discourage outsourcing? Evidence from Dutch manufacturing. *Research Policy*, 34 (4), 571-582. (表 2.2 (b)-57)

DOI: 10.1016/j.respol.2005.03.007

Nason, R. S., Wiklund, J., McKelvie, A., Hitt, M., & Yu, W. (2019). Orchestrating boundaries: The effect of R&D boundary permeability on new venture growth. *Journal of Business Venturing*,

34 (1), 63-79. (表 2.4-32)

DOI: 10.1016/j.jbusvent.2018.05.003

Neumann, K. (2010). Ex ante governance decisions in inter-organizational relationships: A case study in the airline industry. *Management Accounting Research*, 21 (4), 220-237. (表 2.4-33)

DOI: 10.1016/j.mar.2010.05.002

Ng, N. K. & Jiao, J. (2004). A domain-based reference model for the conceptualization of factory loading allocation problems in multi-site manufacturing supply chains.

Technovation, 24 (8), 631-642. (表 2.2 (b)-58)

DOI: 10.1016/S0166-4972(02)00125-6

Nishio, S. & Fujimura, S. (2017). Influence of traditional business practice on firm boundaries – Evidence from Japanese automotive and steel industries. *International Journal of Marketing and Social Policy*, 1 (1), 55-66.

DOI: 10.17501/23621044.2017.1106

Nozawa, K. (2015). Regional Triple Helix and the contextualization of regional policy: A comparative analysis of three regions in Japan. *Industry and Higher Education*, 29 (1), 51-64. (表 2.4-34)

DOI: 10.5367/ihe.2015.0239

Nuss, C., Sahamie, R., & Stindt, D. (2015). The reverse supply chain planning matrix: A classification scheme for planning problems in reverse logistics. *International Journal of Management Reviews*, 17 (4), 413-436. (表 2.2 (b)-59)

DOI: 10.1111/ijmr.12046

del Aguila Obra, A. R., Camara, S. B., & Melendez, A. P. (2003). Electronic B2B markets as an e-business model. Empirical study in the Spanish construction sector. In J. L. Monteiro, P. M. C. Swatman, & L. V. Tavares (Eds.), *Towards the Knowledge Society*, 667-683. (表 2.4-35)

DOI: 10.1007/978-0-387-35617-4_48

Oerlemans, L. A. G. & Knobens, J. (2010). Configurations of knowledge transfer relations: An empirically based taxonomy and its determinants. *Journal of Engineering and Technology Management*, 27 (1-2), 33-51. (表 2.4-36)

DOI: 10.1016/j.jengtecman.2010.03.002

Parsons, T. (1956). Suggestions for a sociological approach to the theory of organizations. II. *Administrative Science Quarterly*, 1 (2), 225-239.

DOI: 10.2307/2390988

Pfeffer, J. & Salancik, G. R. (1978). *The external control of organizations: A resource dependence perspective*. New York: Harper & Row.

Piening, E. P. & Salge, T. O. (2015). Understanding the antecedents, contingencies, and performance implications of process innovation: A dynamic capabilities perspective. *Journal of Product Innovation Management*, 32 (1), 80-97. (表 2.2 (b)-60)

DOI: 10.1111/jpim.12225

Plouffe, C. R., Vandenbosch, M., & Hulland, J. (2001). Intermediating technologies and multi-group adoption: A comparison of consumer and merchant adoption intentions toward a new electronic payment system. *Journal of Product Innovation Management*, 18 (2), 65-81. (表 2.2 (b)-61)

DOI: 10.1111/1540-5885.1820065

Porter, M. E. (1990). The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review*, 68 (2), 73-93.

Porter, M. E. 1998. *Competitive strategy* (2nd ed.). Free Press: New York.

Porter, M. E. & Kramer, M. R. (2011). The big idea: Creating shared value how to reinvent capitalism—and unleash a wave of innovation and growth. *Harvard Business Review*, 89 (1-2).

Prahalad, C. K. & Hamel, G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 68 (3), 79-91.

Primus, D. J. (2017). A configuration and contingency analysis of the development chain. *Technovation*, 64, 1-15. (表2.2 (b)-62)

DOI: 10.1016/j.technovation.2017.05.001

Randall, T. R., Morgan, R. M., & Morton, A. R. (2003). Efficient versus responsive supply chain choice: An empirical examination of influential factors. *Journal of Product Innovation Management*, 20 (6), 430-443. (表2.2 (b)-63)

DOI: 10.1111/1540-5885.00041

Reddy, D. (2014). Criticality analysis and the supply chain: Leveraging representational assurance. *Technovation*, 34 (7), 362-379. (表2.2 (b)-64)

DOI: 10.1016/j.technovation.2014.01.009

Reveley, J. & Ville, S. (2010). Enhancing industry association theory: A comparative business history contribution. *Journal of Management Studies*, 47 (5), 837-858. (表2.2 (b)-65)

DOI: 10.1111/j.1467-6486.2010.00926.x

Robinson, V. M. J. (2001). Descriptive and normative research on organizational learning: Locating the contribution of Argyris and Schon, *The International Journal of Educational Management*, 15 (2), 58-67.

DOI: 10.1108/EUM0000000005395

Romero-Torres, A. (2019). Asymmetry of stakeholders' perceptions as an obstacle for collaboration in inter-organizational projects: The case of medicine traceability projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13 (3), 467-482. (表 2.4-37)

DOI: 10.1108/IJMPB-10-2018-0230

Roper, S. & Love, J. H. (2002). Innovation and export performance: Evidence from the UK and German manufacturing plants. *Research Policy*, 31 (7), 1087-1102. (表2.2 (b)-66)

DOI: 10.1016/S0048-7333(01)00175-5

Safri, M. (2015). Mapping noncapitalist supply chains: Toward an alternate conception of value creation and distribution. *Organization*, 22 (6), 924-941. (表2.2 (b)-67)

DOI: 10.1177/1350508414528741

Schmitt, A. & Van Biesebroeck, J. (2013). Proximity strategies in outsourcing relations: The role of geographical, cultural and relational proximity in the European automotive industry. *Journal of International Business Studies*, 44 (5), 475-503. (表2.2 (b)-68)

DOI: 10.1057/jibs.2013.10

Selznick, P. (1957). *Leadership in administration*. New York: Harper and Row.

Shahzad, K., Ali, T., Takala, J., Helo, P., & Zaefarian, G. (2018). The varying roles of governance mechanisms on ex-post transaction costs and relationship commitment in buyer-supplier relationships. *Industrial Marketing Management*, 71, 135-146. (表 2.4-38)

DOI: 10.1016/j.indmarman.2017.12.012

Shimazoe, J. & Burton, R. M. (2013). Justification shift and uncertainty: Why are low-probability near misses underrated against organizational routines? *Computational and Mathematical Organization Theory*, 19 (1), 78-100.

DOI 10.1007/s10588-012-9149-3

Shiraishi, N. & Iijima, J. (2008). Business process-based view of inter-firm relationships. In *Proceedings of 12th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS 2008)*, 188-197. (表 2.4-39)

Silvestre, B. D. & Dalcol, P. R. T. (2009). Geographical proximity and innovation: Evidences from the Campos Basin oil & gas industrial agglomeration-Brazil. *Technovation*, 29 (8), 546-561. (表2.2 (b)-69)

DOI: 10.1016/j.technovation.2009.01.003

Simon, H. A. (1981). *The sciences of the artificial*. Cambridge, MA: MIT Press.

Sobrero, M. & Roberts, E. B. (2002). Strategic management of supplier-manufacturer relations in new product development. *Research Policy*, 31 (1), 159-182. (表2.2 (b)-70)

DOI: 10.1016/S0048-7333(00)00157-8

Sodhi, M. S. (2003). How to do strategic supply-chain planning. *MIT Sloan Management Review*, 45 (1), 69-75. (表2.2 (b)-71)

Sohal, A. S., Perry, M., & Pratt, T. (1998). Developing partnerships and networks: Learning from practices

in Australia. *Technovation*, 18 (4), 245-251. (表2.2 (b)-72)

DOI: 10.1016/S0166-4972(97)00118-1

Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9 (1), 53-80. (表2.2 (b)-73)

DOI: 10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x

Stene, E. O. (1940). An approach to a science of administration. *The American Political Science Review*, 34 (6), 1124-1137.

DOI: 10.2307/1948193

Stepien, B. & Sulimowska-Formowicz, M. (2016). Economic vs. organisational perspective on inter-organisational relations' analysis – Are economists on the dead-end track? *Equilibrium-Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 11 (1), 159-177. (表 2.4-40)

DOI: 10.12775/EQUIL.2016.008

Sumo, R., van der Valk, W., van Weele, A., & Duysters, G. (2016). How incomplete contracts foster innovation in inter-organizational relationships. *European Management Review*, 13 (3), 179-192. (表 2.4-41)

DOI: 10.1111/emre.12075

Sydow, J. & Staber, U. (2002). The institutional embeddedness of project networks: The case of content production in German television. *Regional Studies*, 36 (3), 215-227.

DOI: 10.1080/00343400220122034

Tatikonda, M. V. & Stock, G. N. (2003). Product technology transfer in the upstream supply chain. *Journal of Product Innovation Management*, 20 (6), 444-467. (表2.2 (b)-74)

DOI: 10.1111/1540-5885.00042

Tether, B. S. & Tajar, A. (2008). The organisational-cooperation mode of innovation and its prominence amongst European service firms. *Research Policy*, 37 (4), 720-739. (表2.2 (b)-75)

DOI: 10.1016/j.respol.2008.01.005

The SCImago Journal & Country Rank,
<https://www.scimagojr.com/journalrank.php>

(2019年2月8日 アクセス)

Todo, Y., Matous, P., & Inoue, H. (2016). The strength of long ties and the weakness of strong ties: Knowledge diffusion through supply chain networks. *Research Policy*,

45 (9), 1890-1906. (表2.2 (b)-76)

DOI: 10.1016/j.respol.2016.06.008

Touboulic, A. & Walker, H. (2016). A relational, transformative and engaged approach to sustainable supply chain management: The potential of action research. *Human Relations*, 69 (2), 301-343. (表 2.2 (b)-77)

DOI: 10.1177/0018726715583364

von Danwitz, S. (2018). Organizing inter-firm project governance – A contextual model for empirical investigation. *International Journal of Managing Projects in Business*, 11 (1), 144-157. (表 2.4-42)

DOI: 10.1108/IJMPB-07-2017-0072

Wang, B., Kang, Y., Childerhouse, P., & Huo, B. (2018). Interpersonal and inter-organizational relationship drivers of supply chain integration. *Industrial Management & Data Systems*, 118 (6), 1170-1191. (表 2.4-43)

DOI: 10.1108/IMDS-05-2017-0216

Wang, Y., Chen, Y., Fu, Y., & Zhang, W. (2017). Do prior interactions breed cooperation in construction projects? The mediating role of contracts. *International Journal of Project Management*, 35 (4), 633-646. (表 2.4-44)

DOI: 10.1016/j.ijproman.2017.02.019

Wang, Y. & Tanaka, A. (2011). From hierarchy to hybrid: The evolving nature of inter-firm governance in China's automobile groups. *Journal of Business Research*, 64, 75-81. (表 2.4-45)

DOI: 10.1016/j.jbusres.2009.12.005

Weber, C., Bauke, B. & Raibulet, V. (2016). An empirical test of the relational view in the context of corporate venture capital. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 10 (3), 274–299.

DOI: 10.1002/sej.1231

Web of Science Core Collection,

http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=E1s2aq6xu6n3mCWZYRd&preferencesSaved=

(2019年2月8日 アクセス).

Webster, M. (2002). Supply system structure, management and performance: A conceptual model. *International Journal of Management Reviews*, 4 (4), 353-369. (表 2.2 (b)-78)

DOI: 10.1111/1468-2370.00092

Weeks, M. R. (2009). Sourcing practices and innovation: Evidence from the auto industry on the sourcing

- relationship as a dynamic capability. *Innovation-Organization & Management*, 11 (3), 304-326. (表 2.4-46)
DOI: 10.5172/impp.11.3.304
- Wells, T. (1998). Nail chronology: The use of technologically derived features. *Historical Archaeology*, 32 (2), 78-99.
DOI: 10.1007/BF03374252.
- Wernerfelt, B. (1984). A Resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5 (2), 171-180.
DOI: 10.1002/smj.4250050207
- Westphal, J. D., Boivie, S., & Chng, D. H. M. (2006). The strategic impetus for social network ties: Reconstituting broken CEO friendship ties. *Strategic Management Journal*, 27 (5), 425-445. (表 2.4-47)
DOI: 10.1002/smj.525
- Williams, C. (2014). Security in the cyber supply chain: Is it achievable in a complex, interconnected world? *Technovation*, 34 (7), 382-384. (表 2.2 (b)-79)
DOI: 10.1016/j.technovation.2014.02.003
- Williams, M. (2006). *Mastering leadership*. London: Thorogood.
- Williamson, O.E. (1985). *The economic institutions of capitalism*. New York: Free Press.
- Williamson, O. E. (1991). Comparative economic organization: The analysis of discrete structural alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 36 (2), 269-296.
DOI: 10.2307/2393356
- Williamson, O.E. (2000). The new institutional economics: Taking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature*, 38 (2000), 595-613.
- Wu, N. C., Nystrom, M. A., Lin, T. R., & Yu, H. C. (2006). Challenges to global RFID adoption. *Technovation*, 26 (12), 1317-1323. (表 2.2 (b)-80)
DOI: 10.1016/j.technovation.2005.08.012
- Wynstra, F., von Corswant, F., & Wetzels, M. (2010). In chains? An empirical study of antecedents of supplier product development activity in the automotive industry. *Journal of Product Innovation Management*, 27(5), 625-639. (表 2.2 (b)-81)
DOI: 10.1111/j.1540-5885.2010.00741.x
- Xiao, J., Xie, K., & Hu, Q. (2013). Inter-firm IT governance in power-imbalanced buyer-supplier dyads:

- Exploring how it works and why it lasts. *European Journal of Information Systems*, 22 (5), 512-528. (表 2.4-48)
DOI: 10.1057/ejis.2012.40
- Yang, Q. & Zhao, X. (2016). Are logistics outsourcing partners more integrated in a more volatile environment?. *International Journal of Production Economics*, 171, 211-220. (表 2.4-49)
DOI: 10.1016/j.ijpe.2015.09.036
- Yang, Z., Jiang, Y., & Xie, E. (2019). Buyer-supplier relational strength and buying firm's marketing capability: An outside-in perspective. *Industrial Marketing Management*, 82, 27-37. (表 2.4-50)
DOI: 10.1016/j.indmarman.2019.03.009
- Zang, X. (2000). Intercorporate ties in Singapore. *International sociology*, 15 (1), 87-105. (表 2.4-51)
DOI: 10.1177/0268580900015001005
- Zhang, S., Li, N., & Li, J. (2017). Redefining relational rent. *Technological Forecasting and Social Change*, 117, 315-326. (表 2.4-52)
DOI: 10.1016/j.techfore.2016.10.072
- Zucker, L. G. (1977). The role of institutionalization in cultural persistence. *American Sociological Review*, 42, 726-43.
DOI: 10.2307/2094862

第3章 鉄鋼製品のサプライチェーンの形態

3.1. はじめに

前章では、弁ばねと釘を鉄鋼製品の事例として、そのサプライチェーンを製造工程に沿って観察し、各サプライヤーの状況と、製造する半製品、製品の物流を概観した。本研究の目的の第1は、代表的なプロセス製品である鉄鋼製品のサプライチェーンが、品質保証の観点、および自然科学的、技術的視点で見た場合、如何なる構造を形成しているのかを明らかにし、その原因を解析することであった。前章の結果を踏まえて、本章では、弁ばねと釘のサプライチェーンについて、品質保証の観点および自然科学的、技術的視点で精査し、サプライチェーンの形態を比較する。

これまでのサプライチェーンにおける企業間関係に注目した研究では、個々の企業が付加価値を積み上げ、品質保証も含めて供給責任を果たし、順次取引を完結させて行くと言う仕組みを前提としている。本章では、弁ばねと釘のサプライチェーンが、品質保証の観点、および自然科学的、技術的視点で見た場合、このような、順次付加価値積み上げ方式で、供給責任完了型の仕組みなのか、それともそれとは異なる形態を形成しているのかを分析した。

弁ばねについては、複数の固定されたサプライヤーが、企業の境界や産業の境界を超えて、恰も1つの企業体の如く行動する現象に着目した。この現象は、先行研究においては殆ど論じられてこなかったサプライチェーンの形態である。この連携現象は、二つの産業間での歴史的な発展経過と、それに伴う製品の共同開発と品質保証の連鎖、さらには高機能材料に特有の製造管理体制などが背景となって構築されてきたものと推定される。

一方、釘のサプライチェーンにおいては、品質保証の観点で見ると、JIS規格が基準となっていることが明らかとなり、サプライヤー間の連携は観察されなかった。弁ばねに関連して、鉄鋼と自動車という日本の主要な2つの産業間で観察される企業間連携の背景を探ること、および、釘に関連してJIS規格の果たす役割とサプライチェーンの形態を解析することは、従来研究されてきた企業の境界やサプライチェーンの形態に新たな視点を付与するという見地から意義は大きいと考える。

3.2. 研究の目的

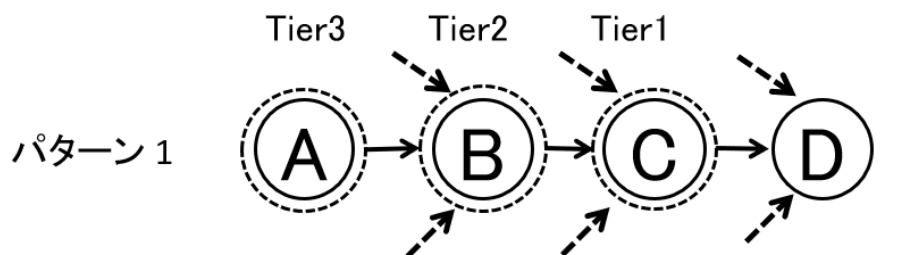
本章では、サプライチェーンのサプライヤーに着目した先行研究において、サプライヤーは如何なる供給のパターンを示していたのかを確認し、品質保証と技術的な観点で、弁ばねと釘のケースの比較を行う。

(1) 先行研究の前提となっているサプライチェーンの形態

これまでのサプライチェーンにおけるサプライヤーに注目した企業間関係の研究では、Sako & Helper (1998) のサプライヤー間の信頼に焦点を当てたもの、Choi & Krause (2006) によるサプライベースの複雑性に言及したのものがある。また、西口 (2000) や、前章で述べた Wynstra et al. (2010, 表 2.2 (b) の No.81) はサプライヤー間の階層構造を分析してい

る。これらの研究におけるサプライチェーンの形態は、個々の企業が付加価値を積み上げ、品質保証も含めて順次取引を完結させて行くという仕組みを前提としている。このサプライチェーンの形態を図 3.1 に示す。ここで、A, B, C, D はサプライチェーン内の企業を示し、A, B, C は、D を製品の発注元（例えば自動車メーカー）とした場合のサプライヤーを示す。C は、D に納入される最終製品を製造する所謂 Tier1 であり、A, B はそれぞれ Tier3、Tier2 のサプライヤーの位置付けである。即ち、Tier1 と呼ばれる最終の製品供給者に対して、上流のサプライヤーがその製品の最終価値に向けて付加価値を積み上げ、最終供給者が製品の品質を仕様に従って保証するという企業間関係の仕組みである。また、点線の矢印は、A, B, C 以外のサプライヤーから供給される可能性を示す。即ち、このパターン 1 のサプライチェーンにおいては、同一の製品を納入するサプライヤー候補が、A, B, C 以外にも存在するということである。従って、同一製品であっても、サプライヤーは市場の動向によって異なる可能性があることを示している。

また、品質保証の観点で見ると、サプライヤーの上流から下流に品質保証責任も順次移動し、A, B, C の各サプライヤーは、それぞれの企業で生産した製品を、下流の取引先に納入した段階で品質保証責任が完了する。即ち、各サプライヤーの品質保証責任の範囲は、それぞれの企業の事業範囲と一致している。この企業の事業範囲と品質保証責任の範囲が一致している状況を、図 3.1 においては、A, B, C それぞれの丸印の実線（事業範囲）と点線（品質保証責任範囲）で示している。本稿ではこのサプライチェーンの形態をパターン 1 と呼ぶ。



(註)

- ・ A, B, C, D はサプライチェーン内の企業を示す。
- ・ A, B, C は、D を製品の発注元（例えば完成車メーカー）とした場合のサプライヤーを示す。
- ・ C は、D に納入される最終製品を製造する（所謂 Tier1）。
- ・ A, B はそれぞれ Tier3、Tier2 のサプライヤーの位置付けである。

○ 各企業の事業範囲

⊙ 各企業の品質保証責任の範囲

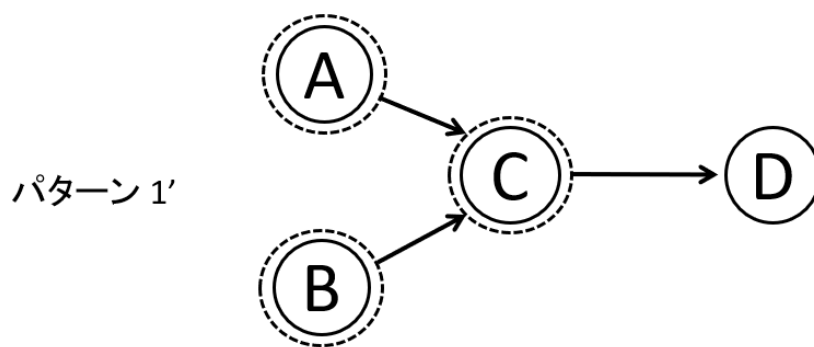
→ 各社で生産される製品の物流を示す

-----> A, B, C 以外のサプライヤーから供給される可能性を示す

(出所) 西口(2000), Wynstra et al. (2010, 表 2.2 (b) の No.81)、Nishio & Fujimura (2017 b) より筆者作成

図 3.1. 先行研究の前提となっているサプライチェーンの形態（パターン 1）

また、西口（2000）や Wynstra et al. (2010) が示すサプライヤーの階層構造には、**図 3.2** で示すような、製品の組立プロセスも内蔵されている。**図 3.2** に示す如く、A, B はそれぞれ、C が製造する製品の部品を製造し、C に供給する。C は、A, B の製造した部品を使用して組立て、最終製品を製造するパターンである（パターン 1' とした）。しかし、上流のサプライヤーがその製品の最終価値に向けて付加価値を積み上げ、最終供給者が製品の品質を仕様に従って保証するという大まかな製品の流れはパターン 1 とほぼ同様であることから、本稿では以降、このパターン 1' も **図 3.1.** に示すパターン 1 と同型と見做して、**図 3.1.** を代表例として考察を進める。



(註)

- A, B, C, D はサプライチェーン内の企業を示す。
- A, B, C は、D を製品の発注元（例えば完成車メーカー）とした場合のサプライヤーを示す。
- C は、D に納入される最終製品を製造する（所謂 Tier1）。
A, B はそれぞれ、C が製造する製品の部品を製造し、C に供給する。
- C は、A, B の製造した部品を使用して組立て、最終製品を製造する。
- **図 3.1** で示した A, B, C 以外のサプライヤー候補からの参入の矢印は省略した。
- 製品の物流、各企業の事業範囲、品質保証責任の範囲の記号、および出所は **図 3.1** と同様である。

図 3.2. 先行研究の前提となっているサプライチェーンの形態（パターン 1'）

(2) 研究の目的

本研究の第 1 の目的は、代表的なプロセス製品である鉄鋼製品のサプライチェーンの構造を明らかにすることである。**第 2 章** で得られた弁ばねのサプライチェーンの特徴は、産業間の企業間連携であり、汎用品の釘の場合は、JIS 規格を基準とした形態であることを確認した。そこで、本章における研究の目的は、弁ばねと釘のサプライチェーンの詳細を、品質保証と技術の観点からさらに分析し、両者の構造を比較し、その相違点を明らかにすることである。

3.3. 研究方法

弁ばね、釘についての日本産業規格 (JIS) に関するデータは、日本産業標準調査会 (JISC) の情報を収集した。

弁ばねの製品開発、品質レベルについては、欧州特許庁 (European Patent Office) の検索ツール (Espacenet patent search)、および日本の特許庁の特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索ツールを使用して、公開特許公報からデータを収集した。

また、弁ばねと釘のサプライチェーンに関わるキーパーソンにインタビューを実施した。インタビューの方法は第 1 章で述べた方法と同一であり、その記録は表. 1 の Iv. 2-6 に示すとおりである。

3.4. 研究結果と考察

3.4.1. 弁ばねのサプライチェーンの現状

弁ばねのサプライチェーンは、製造工程 (図 2.6) に沿って形成されている。鉄鋼メーカーで製造する線材は、二次加工メーカーに供給されて伸線、熱処理されオイルテンパー線と呼ばれる鋼線となる。このオイルテンパー線は弁ばねメーカーに供給されて最終製品に加工され、発注元の自動車メーカーに納入される。この原材料から自動車メーカーに至る日本国内でのサプライチェーンを、具体的な企業間取引として纏めたものが図 3.3 である。

素材となる鉄鋼線材を生産するのは、鉄鋼メーカー 2 社のみで、強い寡占状態にある。オイルテンパー線を製造する二次加工メーカーは、上工程の線材を伸線、熱処理している業界で、5 社が存在し、いずれも前述の鉄鋼メーカーとの間に資本関係、人的交流または合弁企業のパートナー関係にある。また、弁ばねを自動車メーカーに供給する取引は、表 2.7 で見た通り、弁ばねメーカーのシェアには変動が見られるものの、弁ばねメーカーの構成は極めて固定的で、海外からの輸入もごく僅かに止まっており、変動の少ない寡占状態となっている。また、固有の企業に取引が集中する状況にもないことから、市場を圧倒的に支配する企業は存在していないことも明らかである。以上から、サプライチェーンを形成するサプライヤーの構成は変動が極めて少なく、互いに極めて高いスイッチングコストを内包していると考えられる。

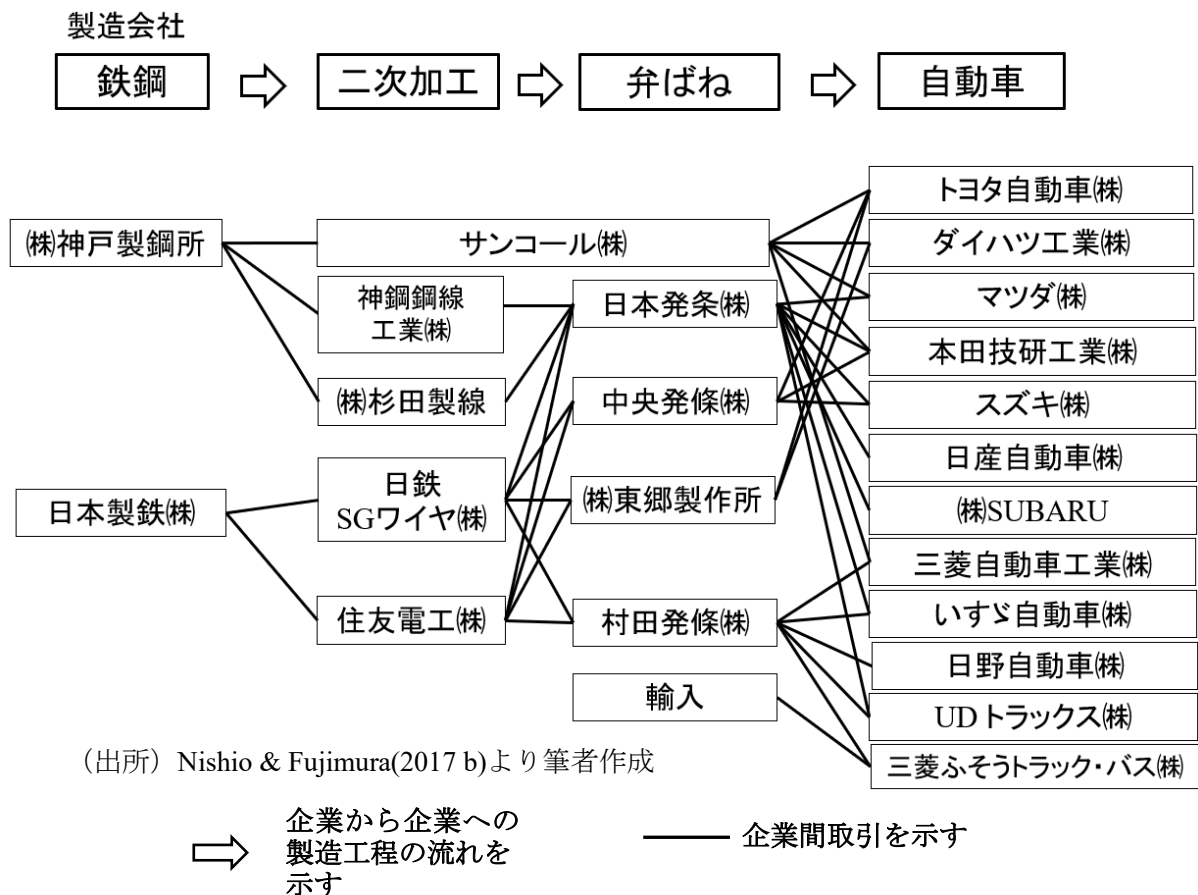


図 3.3. 弁ばねのサプライチェーンにおける企業間取引

3.4.2. 弁ばねのサプライチェーンにおけるサプライヤーの連携関係

(1) 製品の共同開発

第 2 章で得られた弁ばねのサプライチェーンの特徴は、産業間の企業間連携であった。鉄鋼業の先行研究の 1 つである永井 (2007) によれば、日本鉄鋼業界と自動車産業の関係においては以下のように評価している。

(日本の大手鉄鋼メーカーは) ユーザーとの連携による共同開発でも成果を上げている。自動車向け鋼板を例にとると、大手鉄鋼メーカーは、新車開発の初期段階からかわり、製品開発・提案を行っている。— 中略 — 問題発生時には双方が知恵を絞りながら解決を図るのである。他国の大手メーカーでは、まだこうした産業連携の目立った動きは出ていない。

これは鉄鋼メーカーと自動車メーカー間の自動車用鋼板の開発事例であるが、本章では、サプライチェーンによる弁ばねの開発についてその実態を調査する。弁ばねは、品質要求の極めて高い製品であり、厳しい材料特性が求められる自動車部品である。そのた

め、関係する各企業の高い技術力と、緻密な連携が不可欠であろうと推定する。そこで、弁ばねに関する製品の共同開発の実態を把握することとした。その方法として、**図 3.3** に登場する企業による、特許共同出願の実績を調査した。

検索の方法としては、欧州特許庁 (European Patent Office) の検索ツール (Espacenet patent search)、および日本の特許庁の特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索ツールを使用した。検索の条件として、1970 年以降の特許公開データを対象とした。検索ツールにおける発明の名称または要約におけるキーワードは、「弁ばねまたはコイルばね (Valve Spring OR Coil Spring)」、または「高強度ばね (High Strength Spring)」を用いた。「弁ばね (Valve spring)」に関する発明の名称は、「コイルばね (Coil Spring)」または「高強度ばね (High Strength Spring)」が用いられているケースが多い。そのようなケースは、要約または利用分野の説明文から「弁ばね (Valve Spring)」に関する発明と判断される公開特許公報を分析の対象とした。出願人については、**図 3.3** に示す全ての企業のうち、鉄鋼メーカー、二次加工メーカー、弁ばねメーカー、自動車メーカーが共同の出願人として、1 つの特許出願を実施しているケースを検索した (現在の日本製鉄株は 2019 年 4 月に新日鐵住金株から社名変更、新日鐵住金株は 2012 年 10 月に新日本製鐵株と住友金属工業株の統合で誕生した。従って、各年代に対応して、適宜出願人名は旧会社名を使用して検索を実施した)。また、1 社による出願であっても、その発明の請求項に上記の各メーカーが関与また協力していると見られるケースも分析の対象とした。この検索方法に基づき、これまでに公開された弁ばねの開発に関する公開特許公報のうち、自動車の軽量化、エンジンの小型化に対応した案件を調査した。このグローバルな環境対応の製品開発は、弁ばねのサプライチェーン全体として初めてとも言える共通の重要課題であり、公開された発明案件は 25 件であった (**表 3.1** 参照)。

表 3.1 に示す 25 件の公開特許公報のうち、19 件は、鉄鋼製造、二次加工、弁ばね製造の 3 つの分野の発明対象製造条件が明記されている (**表 3.1** において、請求項または実施例の何れかで、3 つの分野に○印が付いている)。例えば、請求項、実施例の何れの工程にも○印が付いている **表 3.1-PA2** の公開特許公報 ((中央発條株, 1999), **表 3.1** に示す公開特許公報の明細参照) では、軽量化への対応の記述および工程毎の請求項に以下の内容が記されている。

➤ 軽量化に関する記載

環境保護及び資源保護の観点より、自動車に対しては排気の清浄化及び燃費向上への努力が常に要請されているが、これらに対して大きく寄与するのが**車体の軽量化**であり、車体を構成する**各部品についても軽量化**への努力がたゆまず続けられている。

— 中略 —

このため、弁ばね用線材についても、疲労強度を更に高め、へたりを低下させるための提案が種々なされている。

— 中略 —

目的とするところは、最適の素材を選択した上、その後のばねの製造工程を素材に応じた適切なものとするにより、従来のものよりも疲労強度を向上した弁ばねを提供することにある。

この軽量化に対応して、表 3.1 では、目標とする弁ばねの品質改善項目を、疲労強度、耐へたり性、その他に分類し、各特許が目指す項目に✓を記入した（耐へたり性とは、ここでは弁ばねの応力低下であるへたりを防ぎ、ばねの弾性を維持できる度合いのことを指す（圧縮コイルばねのへたりに関する研究委員会（2014）より）。これらの改善目標に対して、PA2 の公開特許公報では、発明の請求項を以下のように記載している。

➤ 鉄鋼メーカーに関する請求項の記載（○印で示した内容）

【請求項 1】 重量比にして $C : 0.5 \sim 0.8\%$ 、 $Si : 1.2 \sim 2.5\%$ 、 $Mn : 0.4 \sim 0.8\%$ 、 $Cr : 0.7 \sim 1.0\%$ を含有し、残部 Fe 及び不可避的不純物から成り、不可避的不純物である Al 含有量が 0.005% 以下、同 Ti 含有量が 0.005% 以下であって、最大非金属介在物が $15 \mu m$ である鋼に（以下に続く）

➤ 二次加工メーカーに関する請求項の記載（○印で示した内容）

【請求項 1】 焼入れ加熱温度を $950^{\circ}C$ 以上 $1100^{\circ}C$ 以下として焼入れ・焼戻しを施したオイルテンパー線（以下に続く）

➤ 弁ばねメーカーに関する請求項の記載（○印で示した内容）

【請求項 1】 を素材として使用し、コイリング後、窒化処理を施したことを特徴とする高強度弁ばね。

— 中略 —

【請求項 5】 窒化処理を $480^{\circ}C$ 以上で行ない、表面硬さを $Hv 900$ 以上とした。

このように、本発明の出願人は弁ばねメーカーの中央発條㈱単独ではあるが、請求項には、線材メーカーにおける成分添加条件、二次加工メーカーにおける熱処理条件、弁ばねメーカーにおける窒化処理条件が明記されており、何らかの形で、この 3 社が連携して本発明に関与していることが分かる。上記の 19 件の公開特許公報は、この PA2 の公開特許公報と同様の記述方法を示している。これらの共同出願は 1990 年代以降に出願されたもので、自動車の軽量化の動きに同期化して、鉄鋼、二次加工、弁ばね、自動車の各メーカーが、連携して自動車メーカーの要望に応えたものと考えられる（PA21 の公開特許公報には、軽量化の明確な記載はないが、発明の「詳細な説明」の内容から、軽量化対応の一環として分類した）。

表 3.1. 自動車の軽量化に対応した弁ばねの製品開発にかかわる共同出願状況

PA No.	公開年	メーカー別出願者				改善項目			請求項			実施例		
		鉄鋼	二次加工	弁ばね	自動車	疲労強度	耐へたり	その他	線材製造	二次加工	ばね製造	線材製造	二次加工	ばね製造
1	1992			中発		✓					○			○
2	1999			中発		✓	✓	✓	○	○	○	○	○	○
3	1999			中発			✓		○	○	○	○	○	○
4	1999			中発		✓	✓		○	○	○	○	○	○
5	2001			中発		✓	✓	✓	○		○	○		○
6	2003			中発		✓	✓		○	○	○	○	○	○
7	2004			中発		✓	✓		○	○	○	○	○	○
8	2012			中発		✓	✓		○		○	○		○
9	1997			日発		✓	✓				○			○
10	2005			日発		✓	✓				○			○
11	2011			日発		✓			○	○	○	○		○
12	2013			日発				✓	○	○	○	○	○	
13	1992	日鉄	日SG	東郷	トヨタ	✓		✓	○	○	○	○	○	○
14	1992	日鉄	日SG	東郷	トヨタ	✓			○	○	○	○	○	○
15	1996	日鉄	日SG	東郷	トヨタ	✓			○	○	○	○	○	○
16	2002	神鋼	神鋼工	日発			✓		○	○		○	○	○
17	2004	神鋼	神鋼工	日発		✓	✓	✓	○	○	○	○	○	○
18	1995			東郷		✓					○	○	○	○
19	2003			東郷				✓	○	○	○	○	○	○
20	2003	日鉄	日SG	中発/ 東郷	トヨタ			✓	○	○		○	○	○
21	1998	日鉄	日SG	中発	ホンダ		✓	✓	○	○		○	○	○
22	2012	神鋼	神鋼工	日発	日産	✓	✓		○	○	○	○	○	○
23	2003			中発	トヨタ	✓	✓		○	○	○	○	○	○
24	1990	日鉄				✓			○	○	○	○	○	○
25	1995				トヨタ			✓			○	○		○

(註 1) 分析の対象とした公開特許公報：Espacenet patent search の検索ツールを使用し、発明の名称または要約のキーワードを“valve spring”または“high strength spring”として、日本での公開特許公報に限定して検索を実施。得られた結果から弁ばねの品質改善を目的とし、環境対応、自動車またはエンジンの軽量化が明記されているものを抽出した。

(註 2) 出願者の会社名：表中の出願者の会社名は以下の通りである。出願者の会社名が旧会社の名称の場合も、下記名称を使用した。

中発：中央発條(株)、日鉄：日本製鉄(株)、日SG：日鉄SGワイヤ(株)、東郷：(株)東郷製作所、トヨタ：トヨタ自動車(株)、神鋼：(株)神戸製鋼所、神鋼工：神鋼鋼線工業(株)、日発：日本発條(株)、ホンダ：本田技研工業(株)、日産：日産自動車(株)

(註 3) 改善項目：目標とする弁ばねの品質改善項目を、疲労強度、耐へたり性、その他に分類し、各特許が目指す項目に✓を記入した。

(註 4) 発明の内容：発明の内容を示す請求項について、鉄鋼メーカーによる線材の製造、二次加工メーカーによるオイルテンパー線の製造、弁ばねメーカーによる弁ばねの製造について、それぞれの工程で請求項があれば○印を、無ければ無印とした。実施例についても、それぞれの工程の製造条件が記されていれば○印を、無ければ無印とした。

(註 5) 各公開特許公報番の詳細は参考文献「表 3.1 に示す公開特許公報の明細」参照。

(出所) 自動車の軽量化に対応した弁ばねに関する公開特許公報より筆者作成

自動車の軽量化の動きの弁ばねへの影響を、吉原（2011）は次のように記している。

近年の地球環境問題における自動車のCO₂排出規制を受け、低燃費を目的とするカムとの追従性、動弁系自体の慣性重量低減、さらにはエンジンの小型化を図るための弁ばねの軽量・コンパクト化傾向が強い。軽量・コンパクト化によってばね素線応力は高くなるうえに、1分間に数千回という繰返し荷重を受けることから、長期間の耐久性が求められる。

以上の分析から、自動車の環境対応策の一環として、弁ばねの軽量化、高耐久性に向けて、関係サプライヤーの一致した連携が不可欠であると見ることができる。また、単独で突出した高い技術力を保有する企業はなく、むしろ3つの領域、企業による連携が高い技術力を維持しているものと推定される。また、共同出願のパートナーはある程度固定的であることが明らかである。

また、自動車の軽量化など地球環境への対応を明記はしていないものの、図3.3に見る弁ばねのサプライチェーンの中の複数の企業で共同出願された案件を表3.2に示す。当然ながら、共同出願であるため、関係サプライヤーの連携が確認できる（以下本稿では、表3.1および3.2に掲載された公開特許公報については、この両表で示されるPANo.で記載することとする）。

表3.2 共同出願による弁ばねの開発を示す公開特許公報（表3.1以外）

PA No.	公開年	メーカー別出願者				改善項目			請求項			実施例		
		鉄鋼	二次加工	弁ばね	自動車	疲労強度	耐へたり	その他	線材製造	二次加工	ばね製造	線材製造	二次加工	ばね製造
26	1993	日鉄	日SG	東郷	トヨタ			✓		○	○	○	○	○
27	1993	日鉄	日SG	東郷	トヨタ	✓		✓		○	○	○	○	○
28	1993	日鉄	日SG	東郷	トヨタ	✓		✓			○	○	○	○
29	1993	日鉄	日SG	東郷	トヨタ	✓		✓	○	○	○	○	○	○
30	1993	日鉄	日SG	東郷	トヨタ			✓			○	○	○	○
31	1998	日鉄	日SG	中発	ホンダ			✓	○	○	○	○	○	○

（註1）分析の対象とした公開特許公報：表3.1の註1に示す方法にて検索した結果から、サプライチェーン内の企業が共同出願している公開特許公報を抽出した。

（註2,3,4）表3.1に同じ。

（註5）各公開特許公報の詳細は参考文献「表3.2に示す公開特許公報の明細」参照（出所）西尾（2015）より筆者作成

表3.1、および表3.2から分かることは、第1に、弁ばねのサプライチェーンにおける特許の共同出願は、請求項と実施例を見る限り、自動車メーカーの製造条件の発明は含まれず、サプライヤー側の発明に限られていることである。従って、弁ばねの製品開発におけるサプライチェーン内の協力関係は、特許情報の発明領域を見る限りサプライヤーに限られるという点である。

第2は、このサプライヤー間の協力現象は、表3.1および表3.2における出願者の状況

を見ると、弁ばねの製造工程に沿って、垂直的に発生していることである。共同出願の中に、同業の2社が含まれる事例はPA20のみで、その他の共同出願のパートナーは基本的に線材製造、二次加工、弁ばね製造の各工程1社で構成される。

第3は、共同出願のパートナーは比較的固定化されていることである。これは、**図 3.3**において、自動車メーカー側から見て、弁ばねの購入先は、1社当たりで最大で3社、弁ばねメーカー側から見て、オイルテンパー線の購入先は同最大4社、二次加工メーカー側から見て線材の購入先は1社のみ限定されており、固定化された取引関係が反映されていると考えられる。

以上の分析から、弁ばねにおける製品開発の局面で、サプライチェーンのサプライヤー間で、垂直的で固定的な協力現象が発生しており、同時に、競争戦略論においてMazzola & Perrone (2013, 表 2.4 の No. 29) が論じる如く、この垂直的な企業間の協力関係は、他の同様の企業間関係に対してパートナーと共に競争するという構図を示していることが明らかとなった。

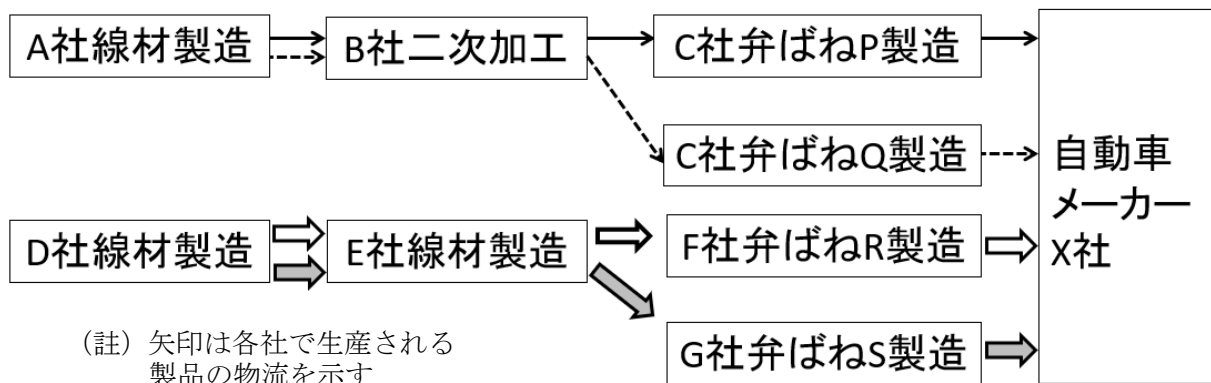
(2) 自動車メーカーによる製造工程の承認における連携

前節では、弁ばねの新製品開発における企業間の連携を確認した。一般に、新製品開発を経て、実際に新製品を自動車メーカーに納入する場合、自動車メーカーとサプライヤーとの間で、当該製品に関する仕様が合意され、契約が締結され、出荷に至る前段階として、自動車メーカーによる各種承認が必要とされる(小竹, 2017)。弁ばねの場合について、インタビュー(表 1. Iv. 3)を実施し、以下の回答を得た。

質問：「弁ばねの場合、製品開発から製品の出荷に至るまでの主な手続きとタイミングを教えてください。」

回答：「基本契約は各車種のエンジンの種類ごとに締結され、その契約更改はモデルチェンジごとに実施される。この基本契約締結または契約更改の前段階として、対象となる弁ばねの、自動車メーカーによる製造工程の承認が必要となる。この承認は、弁ばねメーカーだけにとどまらず、線材メーカーを含む、製造工程の一貫承認であり、その承認作業は、弁ばねの種類ごとに実施される。」

エンジンの種類の数は、自動車メーカーごとに異なるが、国内の日本車が持つエンジンの種類の合計は274に上り(三栄書房, 2013)、概ねこの数だけ弁ばねの種類が存在すると考えられる。この弁ばねの種類ごとに、自動車メーカーによる製造工程の一貫承認が行われることになる。例えば、**図 3.4**において自動車メーカーX社に対し、P, Q, R, Sの4種類の弁ばねを、C, F, Gの3社が製造、納入するというケースを考える。この場合、自動車メーカーは、それぞれの弁ばねの製造工程を線材製造に遡って承認することになる。



(出所) インタビュー (表 1. Iv. 3. 4) および西尾 (2015) より筆者作成

図 3.4. 自動車メーカーによる弁ばね製造工程の一貫承認のイメージ

承認が一度取得できれば、当該弁ばねに関するビジネスのスタートラインに立つことができ、対象の車種モデルの有効期間はビジネスの継続を可能にする。その意味で、一貫承認の仕組みは、線材、二次加工、弁ばねの各メーカー間の連携を促し、その結果、互いの関係特殊的資産構築を実現し、高い参入障壁を形成する要因となっていると考えられる。また、前述した製品の共同開発のパートナーが固定的である点と考え合わせると、ここでも Mazzola & Perrone (2013, 表 2.4 の No. 29) の視点から、個々の垂直的な企業間関係は、市場で特定の望ましいポジションを獲得するために、他の企業間関係に対してパートナーと共に競争している仕組みを示していると考えられる。

この企業間連携の背景には、技術の相互依存性を挙げることができる。前述の如く、二次加工での内部材質の決定は重要であるが、2.4.1. の製造工程で述べたように、線材の製造というサプライチェーンの初期段階で、炭化物の粒度や酸化物の極小化など、弁ばねの最終製品の疲労特性を考慮した製造、操業が行われている。前述した図 2.12 のモデルが示す各工程には、それぞれの工場における操業の際の製造条件が記されている。これは、各工程でのバリエーションを生み出す因子となるものである。即ち、製鉄所での複数の操業バリエーションと、二次加工でのバリエーション、および弁ばね製造のバリエーションの組み合わせが、弁ばねの最終特性を決定していると考えられる。逆に言えば、弁ばねの品質を維持するためには、製造工程の1箇所でも大幅な変更があれば、他の製造工程も変更を余儀なくされると言うことである。それだけ、弁ばねの製造技術は、相互依存性が高い技術であると言える。

また、二次加工後のオイルテンパー線を複数の弁ばねメーカーに販売しているケースでは、例え各弁ばねメーカーが同一条件の下で弁ばね製造を行ったとしても、同一製品の製造は不可能であることをインタビュー (表 1. Iv. 3. 4) で確認したことは 2.4.3 で述べた。例えば、鉄鋼メーカーにおいて、上工程の高炉、転炉設備を変更した場合、図 2.12 に示す合金元素、炭化物などの制御条件を全く同一として操業したとしても、変更前の線材

と全く同一品が生産されるとは限らず、且つまた、最終の弁ばね製品も従前と同一の製品となることはないことを意味している。従って、鉄鋼、二次加工、弁ばね製造における製造条件は、その3社の生産活動の連携で得られた過去の知識の蓄積を基にした、独特の製造条件であると言える。言い換えれば、製造条件の変更が、1社にでも発生すれば、従来と同一の特性を有する弁ばねを製造するためには、サプライヤー各社の条件設定の変更を余儀なくされるのである。上工程の製造条件の変更について、インタビュー（表 1. Iv. 3. 4）では以下の回答を得ている。

質問：「弁ばね製造の上工程、例えば鉄鋼メーカーの製造条件に変更があった場合は、どのように対応されるのだろうか？」

回答：「最終製品を製造してみるまで分からないケースが多い。」

このインタビューから、新たな製造条件の模索が、製造してみなければ分からない段階からスタートすると言っても過言ではないと推測される。従って、製造条件の大きな変更や、新たな弁ばね製品の開発に関しては、関連3社が一致協力して試行錯誤を通じて、最適と見られる製造条件を模索する行動を取ると考えられる。これが、本節で述べる技術の相互依存性であり、連携の歴史を重ねた特定の3社（または3工場ライン）における相互依存性を意味する。企業間においては、技術による関係特殊的資産と参入障壁が形成され、取引関係において他の企業を選択する自由度は極端に少なく、企業間に強い相互依存、連携関係が構築されると考えられる。また、競争優位の観点で見れば、サプライチェーンにおける垂直的な相互依存性が、「非代替性」(non-substitutability)と「模倣困難性」(imperfect imitability)を創出しており（Barney, 1991, 1995）、このサプライチェーンで製造された製品の「価値」と競争優位性を示している。

(3) パフォーマンス・ギャランティにおける連携

弁ばねに関する上記のサプライヤーによる製品開発、実際の製品の生産、および納入を開始する前段階における自動車メーカーによる製造工程の一貫承認において、サプライヤー間で垂直的な連携・協力関係が構築されていることが判明した。この協力現象は、いずれも、弁ばね製品の品質を、発注元の自動車メーカーの要求品質に合致させ、保証するためのサプライヤーの行動と言って良い。そこで、次の段階として、弁ばねとしての最終製品の納入に関して、サプライチェーンとしての品質保証体制について分析を行う。

鉄鋼メーカーと自動車メーカーまたは自動車部品メーカーとの直接取引における品質保証について、清（1990）は次のように述べている。

自動車部品メーカーと鉄鋼メーカーとの間に受発注交渉が行なわれる。この企業間の取引関係は日本産業に特有であり、「日本的生産方式」の原点を表現しているもので

ある。

— 中略 —

最大の特徴点は、自動車産業側の素材に対する要求が非常に厳しく、素材の規格上の品質ではなく発生した問題を取り上げて、解決するまで原因を追求することが慣習になっている点である。自動車産業の側は製造段階で品質に問題が起こった場合にその技術的原因を徹底究明するという立場を堅持しており、そのために製造工程から機械設備、治工具類、金型はもちろん、素材品質に至るまでが管理の対象になる。例えばスタンピングのそれぞれの場面で問題の発生時点で原因を究明し、プレス機械、金型、鋼材、ライン設計、作動条件、圧力と時間などの多様な要素について検討を行ない、問題を解決してゆく。これらは不良率の引き下げ、機械稼働率の引き上げ、製造工数の削減、メンテナンスの容易さなどの改善をもたらし、さらにこれらの多様な要素が相互に関連しながら重量の削減やコストの低減が実現される。鋼材メーカーを始め、各種の素材メーカーはこれに対してエンジニアを派遣し、問題の解明と解決に協力し、最終的に素材に関連する問題解決のためにさらに管理水準の高い、厳しい規格の鋼材を供給する。

以上の関係の中で、日本における鋼材発注の具体的な形態が、欧米のように技術スペックによって明示的な形で行なわれていないという点が問題になる。日本における鋼材発注は一般に発注メーカー側が材料研究を行なって、完全な技術スペックで鉄鋼メーカーに発注するのではなく、むしろ日本的な「問題オリエンテッド」、あるいは「プロブレムソールビング」といわれる立場から製造・加工の条件、仕上がりに必要な条件を提示し、あるいは問題の所在を鉄鋼メーカー側に提示し、その技術上の解決は鉄鋼メーカーに任せる点にある。

— 中略 —

これに対して米国の企業では発注の形態はまったく逆になる。すなわち発注側、ユーザー側が使用する鋼材の厚み、化学成分、機械特性などのあらゆる規格とそのトレランスを明確に規定し、鉄鋼メーカーは指定された鋼材を製造する。

上記のような日本の鉄鋼メーカーと自動車メーカーとの品質保証に関する商習慣を、川端（1995）はパフォーマンス・ギャランティと呼んでいる。川端（1995）によれば、契約上は鉄鋼メーカーの責任はスペック通りに製造することであるものの、実際上の合意は、自動車メーカーが実際に加工できるような鋼材をつくるということだとしている。川端（1995）はこの概念を次のように説明している。

設計標準を満たす加工がトラブルなく実施できる条件は、契約段階ですべてスペックとして表現できるものではない。実際に開発された鋼材を使用し、トライ・アンド・エラーを繰り返して初めて明瞭になってくるものも少なくないのである。日本の自動車メーカーに特徴的なことは、このような、当初スペックに明示できない部分も含めて、加工条件を満たす品質保証を要求するという点である。この原理は「パフォーマ

ンス・ギャランティ」と呼ばれている。契約で明示されたスペック通りにつくることを保証する「スペック・ギャランティ」に対して使われる言葉である。

実際、開発された鋼材について自動車メーカーでトラブルが生じた場合には、高炉メーカー（筆者注：鉄鋼メーカーの中で、高炉による鉄鋼生産を行っている企業）の従業員が出向き、自動車メーカー側と協議しながら、使用条件に即して問題を解決していく。

— 中略 —

自動車メーカーの社内基準は一般には公表されておらず、また新モデルの開発、加工条件の変化に応じて多様な要求が出てくる。高炉メーカーが、品質・納期面で要求に応えるためには、これらの多様な要求の特徴と傾向を、日常不断に把握しなければならないのである。

— 中略 —

「パフォーマンス・ギャランティ」は、フォーマルな責任の所在とは別に、営業・製造・研究・開発を含め、鉄鋼メーカーが一体となって品質保証に責任を負うという規範・意識と不可分なのである。

さらに、清（1990）は、自動車産業が素材メーカーに対して要求する品質に対する考え方の、日米比較を、事例をもって示している。日本の場合は、その取引契約における規格に、例えば「機密漏れ無きこと」と表現されているのに対し、米国においては、「特定の範囲の圧力で、特定の物質を注入し、一定時間で一定量以下の漏れの範囲内であること」と規定されている、としている。このような、品質要求に対する考え方の違いを、清（1990）は次のように述べている。

「……なきこと」という表現は発注企業側の実現希望目標の提示、あるいは精神の提示という性格を持っている。

— 中略 —

これは設計図面上の規格ではなく、あくまでも現物においてうまく出来上がっていることが求められるのである。

例えば「機密漏れ無きこと」という品質要求は決して実現できない、本質的に不可能な要求である。一定の圧力で一定の時間、ある決まった物質を注入した場合に、一定範囲までの漏れがあることは技術的に当然であり、これをゼロにすることは技術的に不可能である。にもかかわらず、日本の自動車産業においては、この表現が一般的に使用されている。

— 中略 —

その基本精神は、納入段階に於て一切品質上の問題をおこさないという点にある。これは個別の設計図面とは別に、自動車メーカーと部品メーカーとの間で取り交わされる基本取引契約書、あるいは品質保証契約書などの極めて抽象的な表現によって基礎づ

けられ、「不良品を納入するとは書いてない」から不良の発生には全面責任を要求するといった厳しい管理が行なわれている。

— 中略 —

こうした表現はアメリカ企業の技術者に提示しても基本的に理解されない。米国における図面の意味は、設計図面がすべてを表現し、図面に表現された要求を製造部門が受け取ってその通りに実現し、QC コントロールは設計品質が実現されているか否かをチェックすることにある。すなわち米国における設計図面の意義は企業間の、また企業内の各部署の責任範囲を明確に限定しているのであり、互いの仕事を区分しているのである。こうした発想からは図面上の責任の所在が不明確な日本の図面、あるいは日本のスペックの存在は理解の範囲を超えている。設計技術者はどのような図面を書いても不十分であり、生産技術でどのような様に問題を突き詰めても解決できず、品質保証にとっても保証の範囲をはるかに超えているのである。ただしこのアメリカ企業における設計図面の役割の理解はもう 1 つの逆の問題性をも示している。すなわち技術的に明確にされた範囲内での設計図面の作成は、技術的にある範囲での停滞に結びつき易いという点である。

以上のような、清（1990）や川端（1995）が論述する、日本の自動車メーカーの、サプライヤーに対する品質要求の考え方（川端（1995）はこれをパフォーマンス・ギャランティと呼んでいる）を総合し、本稿におけるパフォーマンス・ギャランティの考え方を以下の 3 点に整理しておく。前提として、個々の製品について仕様書に明記されている製品属性乃至は性能を、サプライヤーの出荷時点では全品検査することは実質的に不可能な場合を考える。

- ① スペックに明示できない事項、実際には実現不可能な事項も含めて、素材を発注する発注元（自動車メーカーまたは自動車部品メーカー）の加工条件を満たす品質保証が求められること。
- ② 目標とする製品属性にかかわらず、当該製品に起因して発注元に不具合が生じた場合は、製品の製造過程に関与したサプライヤーの責任が問われる。
- ③ 不具合が発生した場合は、サプライヤーはその原因を追跡調査し、解決策を明確にして再発防止に努める。

清（1990）および川端（1995）が示したパフォーマンス・ギャランティは、素材メーカーと自動車メーカー又は自動車部品メーカーの直接取引において観察される商習慣として紹介されたものと考えられる。しかし、直接取引に限定しているか否かは明記されていない。また、サプライチェーンを経て供給される製品の場合も同様の考え方が適用されるのか否かの記載も見当たらない。そこで、本研究では、弁ばねについても、同様のパフォーマンス・ギャランティの考え方が適用されているのかを、インタビューによって確認した。

インタビュー（表 1.Iv.2-5）において、上記の①～③の事項をインタビューイーに説明

し、以下の質問に対して回答を得た。

質問：「弁ばねにおいてもパフォーマンス・ギャランティの仕組みが適用されているのだろうか？」

回答：「パフォーマンス・ギャランティという用語は、日常の取引で使用されることはないが、同様の考え方に基づいて、サプライヤー全体が連携する形で、品質保証責任を果たしていると言える。」

上記の考え方の整理①については、実際の仕様は機密事項であるために、インタビューを通じての情報入手は困難である。しかしながら、弁ばねのサプライチェーンにおける二次加工メーカーが製造する弁ばね用オイルテンパー線（JIS G 3561 1994, 図 2.6 参照）の表面状態について、日本産業規格（以下 JIS 規格）では表 3.3 のように明記されている。例えば、線の外観は有害なきずがあってはならない、きずの深さは線径の 0.5% 以下、脱炭層については、フェライト脱炭層（脱炭して微量の炭素となった状態）を認めてはならない、などが確認できる。二次加工メーカーが、オイルテンパー線を弁ばねメーカーに納入する際に、全品検査することは実質的に不可能であり、個々の鋼線ごとに、このきずの深さを確認することも困難である。また、有害なきずやフェライト脱炭層があってはならないという条件も、実質制御は不可能である。後述するが、弁ばねは JIS 規格が存在せず、その原材料となる線材もオイルテンパー線も、その取引に JIS は適用されていない。これも後述するが、オイルテンパー線の実際の仕様は、JIS よりも遥かに厳しい仕様であると推測される。しかし、その JIS の規格でさえも、上記のような実行不可能な規定が定められており、線材、オイルテンパー線そして弁ばねに至るサプライチェーンの取引においても、清（1990）が述べたような「無限の要求」が存在すると考えられる。

表 3.3. 弁ばね用オイルテンパー線の JIS 規格

（出所）JIS G 3561¹⁹⁹⁴ より筆者作成

6 表面状態	
6.1 外観	線の外観は、有害なきず、スケール、さびなどがあってはならない。
6.2 きず	線のきずは、9.7 の試験を行い、きずの深さは、表 8 による。
表 8 きずの深さ	
線径 mm	きずの深さ
0.5以上 2.00 以下	0.01 mm以下
2.00を超え6.00以下	線径の 0.5%以下
6.00を超え10.00以下	線径の 0.7%以下
6.3 脱炭層	線の脱炭層は、9.8 の試験を行い、フェライト脱炭層を認めてはならない。また、全脱炭層深さは線径の 1.5%以下とし、その最大値は 0.05mm とする。

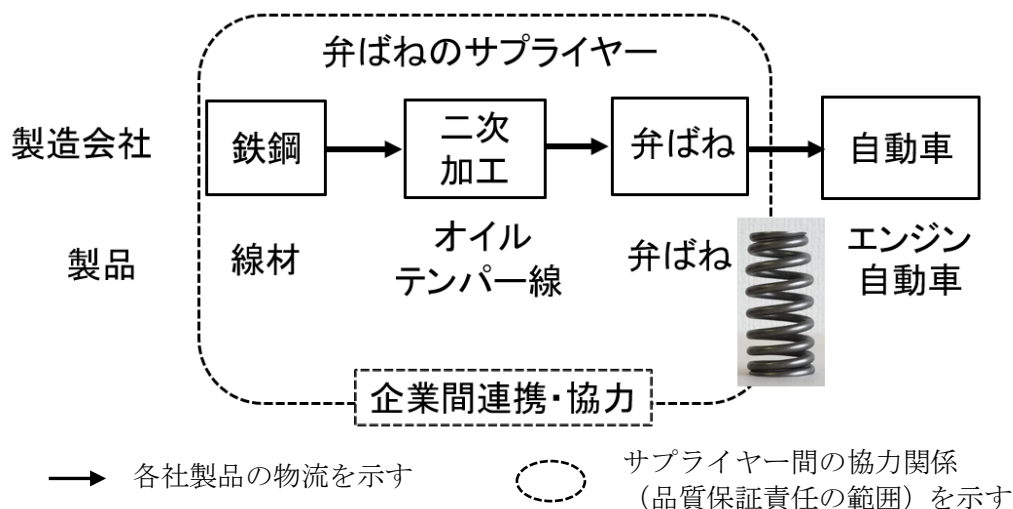
このような無限の要求がある中で、パフォーマンス・ギャランティの考え方②および③を、サプライヤーが連携・協力して、品質保証責任を果たしていると考えることができる。

3.4.3. 弁ばねのサプライチェーンの形態

前節までの調査、分析から、弁ばねのサプライチェーンにおいては、限られた企業数および取引関係の中で、品質保証の観点で見ると、以下の3つの局面でサプライヤー間の垂直的な企業間連携・協力関係が観察された。

- (1) 限定されたサプライヤー間で共同開発が行われている製品開発の局面。
- (2) 新製品投入の際に、自動車メーカーによる製造プロセスの一貫承認を受ける局面。
- (3) パフォーマンス・ギャランティという、鉄鋼製品に見られる独特の品質保証責任を果たす局面。特に、製品の納入後に、発注元で不具合が生じた場合の、サプライヤー一体となった原因究明と対応策を立案する局面。

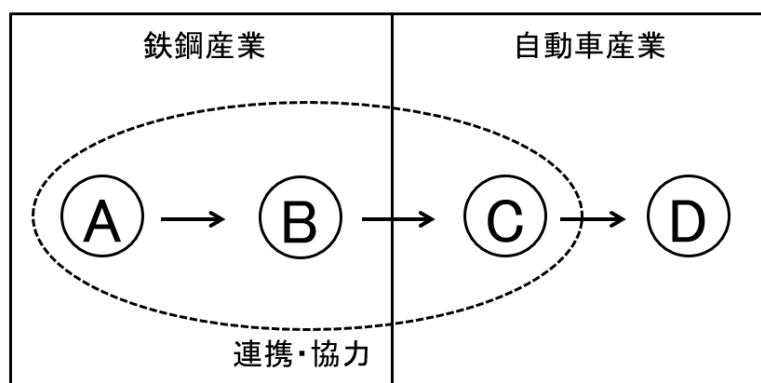
以上から、弁ばねのサプライチェーンにおける協力現象を図3.5に示す。弁ばねの製造工程に沿ってサプライチェーンが形成され、上記の3つの局面におけるサプライヤーの企業間連携・協力の範囲を点線で示している。



(出所) Nishio & Fujimura (2017 b)より筆者作成

図3.5. 弁ばねのサプライチェーンにおけるサプライヤーの協力現象

この協力の範囲は、これまでの分析で明らかのように、それぞれのサプライヤーの品質保証責任の範囲を示している。即ち、いずれのサプライヤーも、最終製品である弁ばねの品質保証に関しては、連帯で責任を持ち、その責任範囲は、サプライヤー全体を包含する形態である。これを、図3.1と同様にモデル化したものが図3.6である。



(註)
 ・ A, B, C, D はサプライチェーン内の企業を示す。
 ・ A は鉄鋼メーカー、B は二次加工メーカー、C は弁ばねメーカーを示し、D は弁ばねの発注元である自動車メーカーを示す。
 ———→ 各社製品の物流を示す ○ (点線) サプライヤー間の協力関係 (品質保証責任の範囲) を示す

(出所) 図 3.5 をモデル化し筆者作成

図 3.6. 弁ばねのサプライチェーンの形態

弁ばねのサプライチェーンの場合、品質保証の責任範囲は、それぞれのサプライヤーの企業としての事業範囲を越えて、サプライチェーン全体を包含しており、各サプライヤーの品質保証責任範囲が、それぞれの企業の事業範囲と同一ではないことは明らかである。図 3.6 では、A は線材メーカーで、線材製品を二次加工メーカー B に供給する。B は二次加工したオイルテンパー線を弁ばねメーカー C に供給する。C は弁ばね製品を自動車メーカー D に供給する。上記の 3 つのケースで最終製品の品質を確保するための協力の範囲を、図 3.6 の点線で示す。これは各企業のビジネスの範囲と一致せず、図 3.1 のパターン 1 の品質保証責任の範囲とは明らかに異なる。A と B は鉄鋼産業に属し、C と D は自動車産業に属する。このように、弁ばねのサプライチェーンにおける企業間協力は、鉄鋼業界と自動車業界の境界を越えて形成されているが、第 2 章で述べた通り、3 つのサプライヤー間で特別な戦略的パートナーシップや資本提携は確認されていない。また、A、B、C はサプライチェーンの安定したサプライヤーとなっている。第 2 章でレビューした組織論と先行研究の視点で見れば、以下のように整理される。

サプライチェーン・マネジメントの視点では、このサプライチェーン内のサプライヤーによる垂直的な協力関係は、高品質の製品の製造を目指すという意味では、Hsieh et al. (2010, 表 2.2 (b) の No. 30) における IT システムの統合や、Todo et al. (2016, 表 2.2 (b) の No. 76) の知識伝播のし易いサプライチェーン・マネジメントの形態とも言えるかも知れない。

取引コスト理論の視点では、この垂直的な協力関係は、技術の相互依存性に起因する取引コスト理論の物的資産の関係特殊資産 (Williamson, 1991) を形成していると考えられる。また、日本の鉄鋼メーカーから弁ばねメーカー、さらには自動車メーカーまでの地

理的距離は、欧米などの海外と比較した場合は、明らかに近接であり、立地の関係特殊的資産とも言うことができる (Williamson, 1991)。企業間関係に近接性を取り入れた研究には、Iacono et al. (2012, 表 2.4 の No. 18) や Romero-Torres (2019, 表 2.4 の No. 37) がある。また、Wang et al. (2017, 表 2.4 の No. 44) は、中国の建設企業と工事請負企業間、即ち、オーナーとコントラクター間の関係について、過去の契約実績がパートナー間の相互調整と相互理解を高め、信頼を育むとし、信頼が確立されると、コントラクターの役割外の自発的な行為 (extra-role behavior) に繋がる可能性を示唆している。これは、図 3.5、3.6 に見るサプライヤーの協力現象が、それぞれのサプライヤー企業の企業の境界を超えて形成されていることに通じるものがある。

リソース・ベースト・ビューについては、非代替性と模倣困難性 (Barney, 1991) によって、外部の他社に簡単に交換されることはないという点では、図 3.5 のサプライチェーンの形態に適用できる。しかし、ここで観察されるサプライヤーの協力関係は、Shiraishi & Iijima (2008, 表 2.4 の No. 39) が示した equity ベースの関係ではない点は重要である。一方、Weeks (2009, 表 2.4 の No. 46) が示した、サプライチェーンの中間に位置する企業が重要な役割を果たすという点では、弁ばねのケースでの二次加工メーカーの役割に類似している。

資源依存パースペクティブの視点では、Pfeffer & Salancik (1978) は The external control of organizations: A resource dependence perspective において、組織の他組織に対する依存性を決定する要因として次の 3 点を挙げている。即ち、リソースの重要性 (resource importance)、他の組織が所有するリソースの配分とその使用に関する裁量の程度 (discretion over resource allocation and use)、およびリソースをコントロールする集中度 (concentration of resource control) である。しかしながら、弁ばねのサプライチェーンにおけるサプライヤーの協力関係に、これらの要因を見出すことは難しい。リソースに関連する以外の要因については次章で考察する。表 2.4 の中で、Romero-Torres (2019, 表 2.4 の No. 37) のトレーサビリティのための組織間協力の視点は、弁ばねのサプライチェーンのパフォーマンス・ギャランティに見ることができる。また、Xiao et al. (2013, 表 2.4 の No. 48) は、中国の自動車、電機、アパレル産業を事例として、バイヤー/サプライヤー間の企業間の IT ガバナンスについて、従来の資源依存パースペクティブとは異なり、バイヤーが支配する一方的な IT ガバナンス形態が、長期間にわたって存続できることを示している。この点は、自動車部品のサプライチェーンにも適用できる可能性がある。一方、Westphal et al. (2006, 表 2.4 の No. 47) が示すような、個人的な交流関係と、弁ばねのサプライヤーの協力現象との直接的な結び付きは確認していない。

リレーショナル・ビューについては、弁ばねの垂直的なサプライヤーの協力関係が、リレーショナル・レント (Dyer & Singh, 1998; Zhang et al., 2017, 表 2.4 の No. 52) を維持し、参入障壁を形成している点で、サプライチェーンにも適用できると考える。

制度派組織論の視点では、Wang & Tanaka (2011, 表 2.4 の No. 45) の示した制度的枠組みの関与は見当たらない。

組織学習について、Yang et al. (2019, 表 2.4 の No. 50) は、バイヤーとサプライヤーの関係の強さは、サプライヤー情報の共有とサプライヤーの柔軟性を生み出し、それが、バイヤーの注意深い、ダブルループのマーケティング学習を容易にしている（サプライヤーの柔軟性とは、バイヤーの要求に従って、柔軟でカスタマイズされた製品またはサービスを提供するサプライヤーの意欲と行動として定義される（Yang et al. (2019)）。これは、自動車部品のサプライチェーンの必要な視点を示唆しているが、Xiao et al. (2013) が示唆するガバナンス同様、バイヤーである自動車メーカーの視点や行動に関する考察は、本稿の趣旨と異なるため、今後の課題として認識するに止める。

以上が、弁ばねのサプライチェーンの形態について調査し、サプライチェーン・マネジメント、および組織論からの視点も含めて分析した結果である。図 3.6 に示す弁ばねのサプライチェーンの形態は、図 3.1 のパターン 1 に示した、従来の先行研究の前提となっているサプライチェーンの形態とは様相を異にしていることが明らかとなった。この結果が、鉄鋼製品全般に適用できるのか否かを探るため、鉄鋼製品の中でも弁ばねのような特殊用途向けの製品ではなく、汎用品として代表的な釘のサプライチェーンの形態を調査することとする。

3.4.4. 釘のサプライチェーンの形態

鉄鋼製品の中でも、汎用性の高い製品である釘に着目して、そのサプライチェーンを分析する。本研究では鉄丸釘などに代表される JIS 規格に規定された釘（JIS A 5508）を事例とした。釘には数多くの種類があるが、本稿では、木工事でもっとも一般的に使われる普通鋼の鉄製の釘で、JIS 規格では JIS A 5508 に分類される鉄丸釘を検討の対象とした。日本においては、釘の原材料は、鉄鋼メーカーにおいて製造される軟鋼線材（JIS G 3505）で、鋼中に含まれる炭素量が比較的低い 0.25%以下の線材である（JIS G 3505 による）。この軟鋼線材（標準径: 5.5~19 mm）は、二次加工メーカーにおいて、線材製造時に発生するスケール（表面の酸化鉄の薄い皮）を除去した後、伸線されて鉄線（釘用鉄線 JIS G 3532 の適用線径: 1.50~6.65 mm）となる。鉄線は、釘メーカーにおいて、頭部が鍛造で製造され、切断、磨きの工程を経て釘の最終製品となる（安田工業㈱ HPより）。鉄丸釘は、原材料の鉄鋼線材から釘に加工されるまで、熱処理による加工工程はなく（浅田, 1973; Encyclopaedia Britannica Nail (fastener))、釘に強度を賦与するのは基本的に加工硬化によるものである。この製造工程に沿ったサプライチェーンの形態は図 2.9 に示した通りである。

2.4.1 および 2.4.4 で述べた通り、日本の釘市場においては、JIS 規格に規定する釘（JIS A 5508）は、原材料として、1つ前の工程の二次加工で製造された鉄線（JIS G 3532 に規定される釘用鉄線又はこれと同等以上の品質をもつもの）を使用しなければならず、さらに鉄線(JIS G 3532)は、その原材料として JIS G 3505 に適合する軟鋼線材を使用しなければならない。

釘（JIS A 5508）と、釘のサプライチェーンに沿った軟鋼線材（JIS G 3505）、鉄線（JIS

G 3532) の主要な JIS 規格の項目を表 3.4 に示す。

表 3.4. 釘のサプライチェーンにおける半製品、製品の JIS 規格 (主要項目のみ)

(註) 鉄線は釘用のみ、釘は建築基準法では構造用合板で使用する釘として指定されている N50 を事例とした。

(出所) JIS 規格より筆者作成

主要項目	軟鋼線材		鉄線			釘			
	JIS G 3505		JIS G 3532(釘用)			JIS A 5508 (N 50)			
	C	Mn	線径	線径	引張強さ	長さ	胴部径	先端部長さ	頭部径
単位	%	%	mm	mm	N/mm ²	mm	mm	mm	mm
範囲	~0.25	≤0.60	5.5~19.0	1.5~6.65	490~1,270	50	2.75	2.2以上 5.5未満	6.6

表 3.4 から分かる通り、JIS 規格に規定する釘には、含まれる金属成分や、引張強度 (引張強さ) などは、原材料としての鉄線や、さらにその原材料の軟鋼線材で規定されている。

JIS 規格で定められた釘 (JIS A 5508、くぎ) によれば、以下の 10 種類の釘が規格化されている。JIS における名称 (材質、記号) は、鉄丸くぎ (鉄、N)、めっき鉄丸くぎ (鉄、NZ)、太め鉄丸くぎ (鉄、CN)、めっき太め鉄丸くぎ (鉄、CNZ)、溶融亜鉛めっき太め鉄丸くぎ (鉄、ZN)、細め鉄丸くぎ (鉄 BN)、ステンレス鋼くぎ (ステンレス鋼、S)、せっこうボード用くぎ ((鉄、GN)、または (ステンレス鋼、GNS))、シーリングボード用くぎ (鉄、SN)、PN くぎ ((鉄、PN)、または (ステンレス鋼、PNS)) の 10 種類である。N 釘と呼ばれる鉄丸釘は、二次加工された鉄線を加工したもので、一般的に頭部は皿頭網目付き、胴部はスムーズ形状をしている。壁合板の止めつけに用いる釘は、軸組工法の場合は建築基準法によって鉄丸釘 N50 またはこれと同等以上の品質を有するものと定められている (建築基準法 (建設省告示第 1100 号) ; 安田工業 HP.)。原材料となる軟鋼線材は、鋼中に含まれる金属成分、線径が JIS において規定されており、二次加工で製造される鉄線は、線径、引張強さが規定されている。また、最終製品の釘については、金属成分や引張強さなどは、原材料としての鉄線や、さらにその原材料としての軟鋼線材で規定されている。

このように、釘のサプライチェーンにおいては、軟鋼線材、鉄線、釘のそれぞれの製品に JIS 規格が存在し、それぞれのサプライヤーの品質保証の目標が明確に示されている。釘のサプライチェーンの形態についての情報を得るために、釘メーカーとのインタビュー (表序 1. Iv. 6) において、インタビューイに対して、弁ばねのサプライチェーンの形態を説明した後、以下の点について質問を実施し、それぞれ回答を得た。

質問の第 1 :

「鉄鋼製品としての釘のサプライチェーンは、線材を製造する鉄鋼メーカー、それ

を伸線加工する二次加工メーカー、そして最終製品としての釘を製造する釘メーカーがサプライヤーとして存在していると考えて良いか？」

回答：「釘のサプライチェーンには、釘の原料である線材や鉄線、そして最終製品の釘も、多くの輸入品が存在している。また、市場に出荷されている釘も、JIS規格に適合しているものもあれば、JIS規格品ではない製品も多く混在している。また、釘のユーザーが、住宅建設のように特定されている場合もあれば、トレーダーに供給されて、最終用途が不明の場合も数多い。この点は弁ばねのサプライチェーンの様に、鉄鋼、二次加工、弁ばねのそれぞれのメーカーが長期安定的に自動車メーカーに製品を供給する形態とは異なる。」

質問の第2：

「木造の建築物で最も一般的に使われ、且つ、JIS規格に適合している釘（JIS A 5508）を対象としてそのサプライチェーンを見た場合、原材料の上流から鉄鋼メーカーが製造するJIS規格品の軟鋼線材（JIS G 3505）、二次加工メーカーが製造するJIS規格品の鉄線（JIS G 3532）、それを釘メーカーがJIS規格品の釘製品（JIS A5508）とするサプライチェーンが形成されていると推定する。従って、それぞれのサプライヤーの品質保証の目標が明確に示されており、各サプライヤーは、**図 3.1** に示す如く、各企業の事業範囲内でJISに基づいて自社製品の品質保証責任を果たしていると考えて良いか？」

回答：「木造の建築物で最も一般的に使われるのはJIS A 5508の中でも鉄丸釘である。鉄丸釘のサプライチェーンの形態は、概ね**図 3.1** に示された通りである。但し、二次加工と釘の製造の両方の機能を同一の企業で保有するケースは多い。JIS A 5508の製品を製造するための、鉄鋼メーカー、二次加工メーカーの品質目標はそれぞれ軟鋼線材（JIS G 3505）、鉄線（JIS G 3532）のJISによって明確に示されているため、各サプライヤーは、**図 3.1** に示す如く、JISに基づいて自社製品の品質保証責任を果たしており、**自社の事業範囲を超えて品質保証することはない。**」

質問の第3:

「鉄丸釘に代表される釘（JIS A 5508）のサプライチェーンにおける、各サプライヤーの行動についてであるが、サプライヤーはJISに基づいて自社製品の品質保証責任を果たしていることから、品質保証に関するサプライヤー間の相互依存、協力関係は存在せず、軟鋼線材（JIS G 3505）、鉄線（JIS G 3532）のJISマーク認証を取得してさえいれば、釘（JIS A 5508）のサプライチェーンに誰でも参入できると考えて良いか？」

回答：「大手鉄鋼メーカーと大手釘メーカーの取引については、その歴史が長いことから、協力関係が皆無とは言えない部分は存在する。しかし、日本の市場全体を見れば、軟鋼線材（JIS G 3505）、鉄線（JIS G 3532）、釘（JIS A 5508）のそれぞれの海外のサプライヤーが JIS マーク認証を取得して日本市場に参入している事実がある。従って、弁ばねのような強固なサプライヤー間の協力関係は存在せず、JIS マーク認証を取得してさえいれば、釘（JIS A 5508）のサプライチェーンに誰でも参入できると考えて良い。」

以上のインタビュー結果から、釘のサプライチェーンには、品質保証の観点でサプライヤーが一致協力する現象は見られず（2.4.4 で分析した通り、一部の鉄鋼メーカーと二次加工メーカーの間には古い取引関係の名残りと見られるが）、各サプライヤーの事業範囲は、JIS で規定された品質保証の責任範囲と一致していることが明らかとなった。

また、JIS マーク認証を取得してさえいれば、釘（JIS A 5508）のサプライチェーンに誰でも参入できるという特徴は重要な要素である。西口（2000）の観察する日本の下請け構造を、本稿ではより広い意味でのサプライチェーンとして捉え、下請け企業をサプライヤーとして読み替えることは可能と考えられる。西口（2000）によれば、日本のサプライチェーンの構造は、サプライヤーが短期的注文を巡って競合していたために、買い手・売り手間の結び付きはかなり緩く広範であったとしている。この広範なサプライヤーの構造が、後に統合、整理され、現在のサプライヤーの階層構造に変化したとしている。このように、広範な構造が Tier1, Tier2,・・・という階層構造に変化し、サプライヤーの数は整理されたものの、サプライヤー間の競争状態が排除された訳ではなく、サプライチェーンに参入している企業間、或いは参入の可能性を模索する複数のサプライヤー間での競争が継続して行われていると考えられる。

釘のサプライチェーンにおける、複数のサプライヤーの存在については、2.4.4 で詳しく述べた。表 2.8 に示す通り、釘を製造するための JIS マーク認証を取得している鉄鋼、二次加工、釘の各メーカー企業が多数あり、釘のサプライチェーンのサプライヤー候補となる企業が数多く存在していることが分かっている。釘のサプライチェーンは、JIS 規格を品質保証の基準として、各サプライヤーの品質保証の責任範囲は、各社の事業範囲と一致している。従って、釘のサプライチェーンの形態は、図 3.7 に示すように、概ね、サプライチェーンの先行研究の前提となっているパターン 1 の形態を示すことが明らかとなった。

以上の分析、考察から、品質保証の観点で技術的に分析すると、弁ばねのサプライチェーンの形態は、釘のそれとは異なることが判明した。弁ばねの場合は、最終製品の品質目標を達成するために、サプライヤーが垂直的に協力関係を築いており、それぞれのサプライヤーの品質保証の責任範囲は、自身の事業範囲を超えてサプライチェーン全体に及んでいる。一方、釘の場合は、それぞれのサプライヤーの品質保証は JIS 規格を基準としており、鉄鋼メーカーと二次加工メーカー間に古くからの取引関係の名残りはあるものの、

サプライヤー間の一致協力現象は観察されなかった。また、サプライヤーのサプライチェーンへの参入障壁は低く、海外のサプライヤーも数多く存在する中で、各サプライヤーの品質保証の責任範囲は、各社の事業範囲と一致している。物流という観点では、半製品、製品が上流から下流に流れる点で、弁ばねも釘も同じパターンを示しているが、品質保証の観点で見ると、同じ鉄鋼製品でも、このようにサプライチェーンに大きな違いがある。この違いの原因は何処にあるのかを次章で考察する。

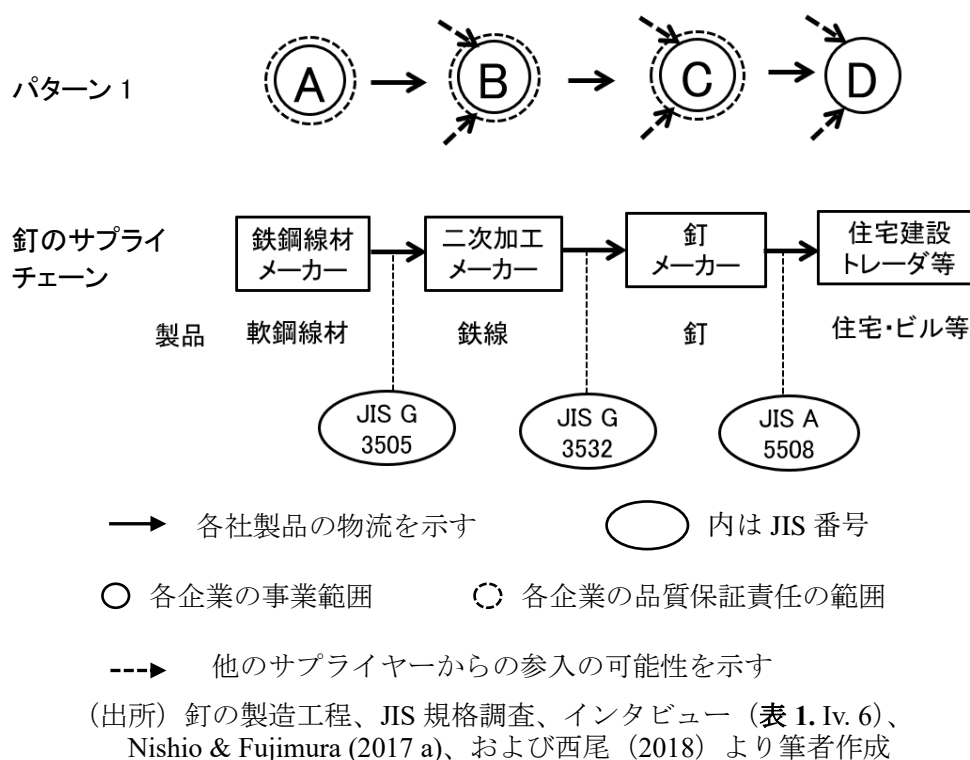


図 3.7. 釘のサプライチェーンの形態

3.5. まとめ

鉄鋼という素材を原料として高機能製品を製造する典型的な事例としての弁ばねと、汎用品の釘のサプライチェーンに着目して調査、分析を実施した。その結果のまとめを以下に示す。

- (1) 弁ばねのサプライチェーンにおいては、サプライヤーが垂直的に協力関係を構築し、一体となって製品の品質保証責任を果たし、その責任範囲はサプライヤー全体に及んでいる。
- (2) 弁ばねのサプライチェーンにおける協力関係は、次の3つの局面で観察される。第1に、限定されたサプライヤー間で共同開発が行われている製品開発の局面、第2に新製品投入の際に、自動車メーカーによる製造プロセスの一貫承認を受ける局面、第3に、パフォーマンス・ギャランティと呼ばれる品質保証責任を果たす局面である。これは、鉄鋼製品に見られる独特の品質保証の形で、特に、製品の納入後に、発注元で不具合が生じた場合の、サプライヤー一体となった原因究明と、対応策を立案する局面で協

力関係が発揮される。このように、弁ばねのサプライチェーンは、先行研究で論じられてきたパターン 1 の形態とは異なる、独特の形態であると言える（西尾・藤村, 2016, 2017, 2018; Nishio & Fujimura, 2016; Nishio & Fujimura, 2017b; 西尾, 2018）。

- (3) 一方、同じ鉄鋼製品でも、汎用品の鉄丸釘（JIS A 5008）のサプライチェーンは、弁ばねのケースと異なり、サプライヤー間の協力関係は確認されなかった。また、品質保証は JIS 規格が基本となって、サプライヤー各企業の品質保証の責任範囲は、それぞれの企業の事業範囲と同一であり、釘のサプライチェーンの形態はパターン 1 に準じていて、弁ばねとは異なることが判明した。
- (4) 弁ばねと釘の 2 つのサプライチェーンの形態は、単なる物流という観点では、共に製造工程の上流から下流に半製品、製品が流れる形態を示しているが（図 2.10）、品質保証、および製造工程、JIS 規格といった技術的な観点で比較してはじめて違いが明らかになったと言える。

次章では、この 2 つの鉄鋼製品のサプライチェーンが、何故その形態を異にするのかを、自然科学的な観点で分析を行う。

第3章の参考文献

(日本語文献)

浅田幸吉 (1973). 線材および線の利用の現状と将来. *鉄と鋼*, 59(10), 1432-1467.

圧縮コイルばねのへたりに関する研究委員会 (2014). 圧縮コイルばねのへたりに関する研究委員会報告. *ばね論文集*, 59, 47-62.

川端望 (1995). 日本高炉メーカーにおける製品開発 — 競争・生産システムとの関わりで —. In 大阪市立大学経済研究所 明石芳彦・植田浩史 (編). *日本企業の研究開発システム 戦略と競争*. 東京: 東京大学出版会.

建築基準法 (建設省告示第 1100 号) 建築基準法施行令第 46 条第 4 項表一 (一) 項から (七) 項までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有する軸組および当該軸組に係る倍率の数値を定める件 (1981). (昭和 56 年 6 月 1 日建設省告示第 1100 号).

小竹暢隆 (2017). 中小中間財製造企業のマーケティングとイノベーション. *商学論究*, 64(5), 21-38.

三栄書房 (2013). *World engine databook 2013-14*. 東京: 三栄書房

JIS A 5508: 2009, くぎ.

JIS G 3505: 2017, 軟鋼線材.

JIS G 3532: 2011, 鉄線.

JIS G 3561: 1994, 弁ばね用オイルテンパー線.

清响一郎 (1990). 曖昧な発注、無限の要求による品質・技術水準の向上 — 自動車産業における日本的取引関係の構造原理分析序論 —. In 中央大学経済研究所編. *自動車産業の国際化と生産システム*. 東京: 中央大学出版部.

特許庁 website, 特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索,

<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/>

(2020 年 9 月 10 日 アクセス).

永井知美 (2007). 鉄鋼業界の現状と課題. *榊東レ経営研究所 経営センサー*. 33-34.

西尾精一 (2015). *自動車部品を事例とした日本の鉄鋼業と自動車関連産業の企業間関係*. 東京工業大学大学院 イノベーションマネジメント研究科 平成 26 年度 (2014 年度) プロジェクトレポート.

西尾精一・藤村修三 (2016). 学会発表 鉄鋼産業と自動車産業間における企業間関係 — 製品物性の物理的構造が企業境界に与える影響 — . *特定非営利活動法人 組織学会 2016 年度研究発表大会* (2016 年 6 月 12 日 於 兵庫県立大学 (神戸商科キャンパス)).

西尾精一・藤村修三 (2017). 学会発表 製品アーキテクチャの視点による企業間関係の構造分析と基礎研究の重要性について. *特定非営利活動法人 組織学会 2017 年度研究発表大会* (2017 年 6 月 17 日 於 滋賀大学 (彦根キャンパス)).

西尾精一 (2018). プロセス製品における技術と組織の関係. *組織学会大会論文集*, 7(2), 87-92.
DOI: 10.11207/taaos.7.2_87

西尾精一・藤村修三 (2018). 学会発表 プロセス製品における技術と組織の関係. *特定非営利活動法人 組織学会 2018 年度研究発表大会*(2018 年 6 月 9 日 於 東京大学(本郷キャンパス))

西口敏宏 (2000). *戦略的アウトソーシングの進化*. 東京：東京大学出版会.

日本産業標準調査会 (JISC) HP., <https://www.jisc.go.jp/index.html>
(2018年4月10日 アクセス).

安田工業(株) HP. 釘ができるまで,
<http://www.yzd-kk.co.jp/kugikami.html>
(2020 年 7 月 1 日 アクセス).

吉原直 (2011). 高強度弁ばね用鋼の開発の歴史. *R&D 神戸製鋼技報*. 61(1), 39-42.

(英語文献)

Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17 (1), 99-120.
DOI: 10.1177/014920639101700108

Barney, J. B. (1995). Looking inside for competitive advantage. *Academy of Management Executive*,

9 (4), 49-61.

DOI: 10.5465/ame.1995.9512032192

Choi, T. Y. & Krause, D. R. (2006). The supply base and its complexity: Implications for transaction costs, responsiveness, and innovation. *Journal of Operation Management*, 24 (5), 637-652.

DOI: 10.1016/j.jom.2005.07.002

Dyer, J. H. & Singh, H. (1998). The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *Academy of Management Review*, 23 (4), 660-679.

DOI: doi.org/10.5465/amr.1998.1255632

Encyclopaedia Britannica Nail (fastener), Augustyn, A., Bauer, P., Duignan, B., Eldridge, A., Gregersen, E., McKenna, A., Petruzzello, M., Rafferty, J. P., Ray, M., Rogers, K., Tikkanen, A., Wallenfeldt, J., Zeidan, A., & Zelazko, A. Encyclopaedia Britannica,

<https://www.britannica.com/technology/nail-fastener>

(2019年11月1日 アクセス).

European Patent Office (欧州特許庁), Espacenet patent search,

https://worldwide.espacenet.com/?locale=jp_EP

(2014年12月10日, 2020年9月10日 アクセス).

Hsieh, C. M., Lazzarini, S. G., Nickerson, J. A., & Laurini, M. (2010). Does ownership affect the variability of the production process? Evidence from international courier services. *Organization Science*, 21 (4), 892-912. (表2.2 (b)-30)

DOI: 10.1287/orsc.1090.0482

Iacono, M. P., Martinez, M., Mangia, G., & Galdiero, C. (2012). Knowledge creation and inter-organizational relationships: The development of innovation in the railway industry. *Journal of Knowledge Management*, 16 (4), 604-616. (表2.4-18)

DOI: 10.1108/13673271211246176

Mazzola, E. & Perrone, G. (2013). A strategic needs perspective on operations outsourcing and other inter-firm relationships. *International Journal of Production Economics*, 144, 256-267. (表2.4-29)

DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.02.012

Nishio, S. & Fujimura, S. (2016). Influence induced by physical structures of product materials on firm boundaries—Evidence from the Japanese automotive and steel industries. Presentation at *the 2nd World Conference on Supply Chain Management in Bangkok* (May 27th, 2016).

Nishio, S. & Fujimura, S. (2017a). Influence on firm boundaries by physical structure of product materials.

Presentation at *the 2017 Strategic Management Society Annual Conference in Houston* (October 29th, 2017 at the Hilton Americas-Houston).

Nishio, S. & Fujimura, S. (2017b). Influence of traditional business practice on firm boundaries – Evidence from Japanese automotive and steel industries. *International Journal of Marketing and Social Policy*, 1 (1), 55-66.
DOI: 10.17501/23621044.2017.1106

Pfeffer, J. & Salancik, G. R. (1978). *The external control of organizations: A resource dependence perspective*. New York: Harper & Row.

Romero-Torres, A. (2019). Asymmetry of stakeholders' perceptions as an obstacle for collaboration in inter-organizational projects: The case of medicine traceability projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13 (3), 467-482. (表 2.4-37)
DOI: 10.1108/IJMPB-10-2018-0230

Sako, M. & Helper, S. (1998). Determinants of trust in supplier relations: Evidence from the automotive industry in Japan and the United States. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 34, 387-417.
DOI: 10.1016/S0167-2681(97)00082-6

Shiraishi, N. & Iijima, J. (2008). Business process-based view of Inter-firm relationships. *In Proceedings of 12th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS 2008)*, 188-197. (表 2.4-39)

Todo, Y., Matous, P., & Inoue, H. (2016). The strength of long ties and the weakness of strong ties: Knowledge diffusion through supply chain networks. *Research Policy*, 45 (9), 1890-1906. (表 2.2 (b)-76)
DOI: 10.1016/j.respol.2016.06.008

Wang, Y., Chen, Y., Fu, Y., & Zhang, W. (2017). Do prior interactions breed cooperation in construction projects? The mediating role of contracts. *International Journal of Project Management*, 35 (4), 633-646. (表 2.4-44)
DOI: 10.1016/j.ijproman.2017.02.019

Wang, Y. & Tanaka, A. (2011). From hierarchy to hybrid: The evolving nature of inter-firm governance in China's automobile groups. *Journal of Business Research*, 64, 75-81. (表 2.4-45)
DOI: 10.1016/j.jbusres.2009.12.005

Weeks, M. R. (2009). Sourcing practices and innovation: Evidence from the auto industry on the sourcing relationship as a dynamic capability. *Innovation-Organization & Management*, 11 (3), 304-326. (表 2.4-46)

DOI: 10.5172/impp.11.3.304

Westphal, J. D., Boivie, S., & Chng, D. H. M. (2006). The strategic impetus for social network ties: Reconstituting broken CEO friendship ties. *Strategic Management Journal*, 27 (5), 425-445. (表 2.4-47)

DOI: 10.1002/smj.525

Williamson, O. E. (1991). Comparative economic organization: The analysis of discrete structural alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 36 (2), 269-296.

DOI: 10.2307/2393356

Wynstra, F., von Corswant, F., & Wetzels, M. (2010). In chains? An empirical study of antecedents of supplier product development activity in the automotive industry. *Journal of Product Innovation Management*, 27(5), 625-639. (表 2.2 (b)-81)

DOI: 10.1111/j.1540-5885.2010.00741.x

Xiao, J., Xie, K., & Hu, Q. (2013). Inter-firm IT governance in power-imbalanced buyer-supplier dyads: Exploring how it works and why it lasts. *European Journal of Information Systems*, 22 (5), 512-528. (表 2.4-48)

DOI: 10.1057/ejis.2012.40

Yang, Z., Jiang, Y., & Xie, E. (2019). Buyer-supplier relational strength and buying firm's marketing capability: An outside-in perspective. *Industrial Marketing Management*, 82, 27-37. (表 2.4-50)

DOI: 10.1016/j.indmarman.2019.03.009

Zhang, S., Li, N., & Li, J. (2017). Redefining relational rent. *Technological Forecasting and Social Change*, 117, 315-326. (表 2.4-52)

DOI: 10.1016/j.techfore.2016.10.072

表 3.1 に示す公開特許公報の明細

(註) 出願者の会社名は、何れも最新の会社名として表示した。

(出所) 各公開特許公報より筆者作成

PA No.	発明の名称	出願者	公開特許公報 公開番号 (欧州特許庁)	公開年
1	高強度浸炭窒化処理ばねの製造方法	中央発條(株)	JPH04187756	1992
2	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JPH11246943	1999
3	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JPH11246914	1999
4	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JPH11246941	1999
5	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JP2001009725	2001
6	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JP2003166034	2003
7	高強度コイルばね及びその製造方法	中央発條(株)	JP2004323912	2004
8	高強度ばねとその製造方法	中央発條(株)	JP2012036418	2012
9	高耐へたり高耐疲労コイルばね	日本発条(株)	JPH09112614	1997
10	高耐へたり高耐疲労コイルばね	日本発条(株)	JP2005195183	2005
11	ばね及びその製造方法	日本発条(株)	JP2011219851	2011
12	ばね用材料およびその製造方法並びにばね	日本発条(株)	JP2013036087	2013
13	高強度ばねの製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH04247824	1992
14	ばね用オイルテンパー線および高強度ばね	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH04285142	1992
15	コイルばねの製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH0841533	1996
16	耐へたり性に優れたばね用鋼およびばね用鋼線並びにばね	(株)神戸製鋼所、神鋼鋼線工業(株) 日本発条(株)	JP2002180199	2002
17	加工性に優れた高強度ばね用鋼線および高強度ばね	(株)神戸製鋼所、神鋼鋼線工業(株) 日本発条(株)	JP2004315968	2004
18	高強度ばねの製造方法	(株)東郷製作所	JPH07214216	1995
19	高強度コイルばねおよびその製造方法	(株)東郷製作所	JP2003193197	2003
20	高強度ばね用鋼線	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、中央発條(株)、トヨタ自動車(株)	JP2003003241	2003
21	耐遅れ破壊性に優れたばね用オイルテンパ線	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) 中央発條(株)、本田技研工業(株)	JPH10251795	1998
22	コイルばね及びその製造方法	(株)神戸製鋼所、神鋼鋼線工業(株) 日本発条(株)、日産自動車(株)	JP2012077367	2012
23	高強度ばね	中央発條(株)、トヨタ自動車(株)	JP2003105497	2003
24	高疲労強度ばねの製造方法及びそれに用いる鋼線	日本製鉄(株)	JPH02217421	1990
25	内燃機関用バルブスプリング	トヨタ自動車(株)	JPH07145714	1995

表 3.2 に示す公開特許公報の明細

(註) 出願者の会社名は、何れも最新の会社名として表示した。

(出所) 各公開特許公報より筆者作成

PA No.	発明の名称	出願者	公開特許公報 公開番号 (欧州特許庁)	公開年
26	コイルばねの製造方法	日本製鉄株式会社、日鉄SGワイヤー株式会社 株式会社東郷製作所、トヨタ自動車株式会社	JPH05339763	1993
27	コイルばねの製造方法	日本製鉄株式会社、日鉄SGワイヤー株式会社 株式会社東郷製作所、トヨタ自動車株式会社	JPH05148537	1993
28	オイルテンパー線によるコイルばねの製造方法	日本製鉄株式会社、日鉄SGワイヤー株式会社 株式会社東郷製作所、トヨタ自動車株式会社	JPH05156351	1993
29	熱間コイルリングによるコイルばねの製造方法	日本製鉄株式会社、日鉄SGワイヤー株式会社 株式会社東郷製作所、トヨタ自動車株式会社	JPH05179348	1993
30	コイルばねの製造方法	日本製鉄株式会社、日鉄SGワイヤー株式会社 株式会社東郷製作所、トヨタ自動車株式会社	JPH05177544	1993
31	高強度ばね用鋼	日本製鉄株式会社、日鉄SGワイヤー株式会社 中央発條株式会社、本田技研工業株式会社	JPH10251804	1998

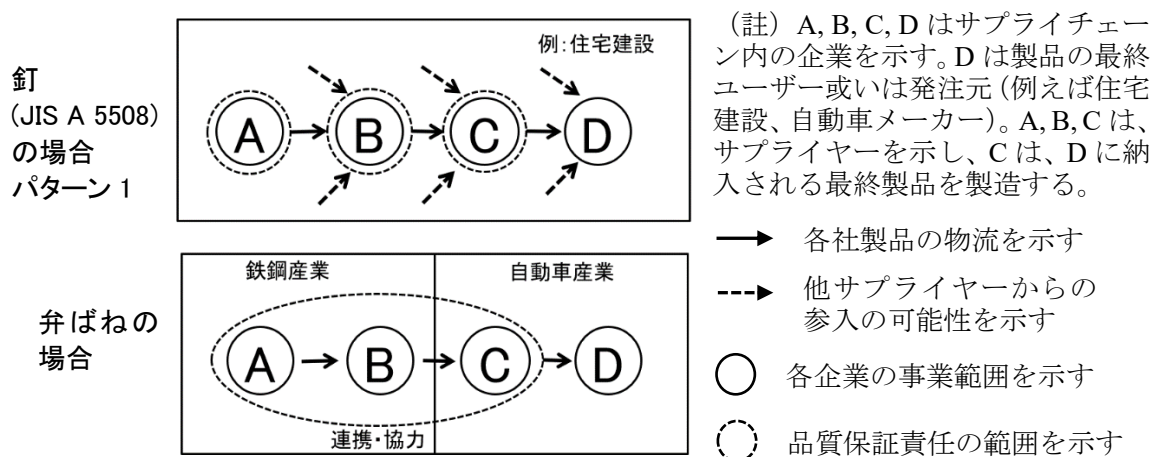
第4章 鉄鋼材料の物理構造がサプライチェーンの形態に及ぼす影響

4.1. はじめに

第3章では、弁ばねのサプライチェーンの形態が、最終製品の品質目標を達成するために、3つの局面、即ち、(1) 製品開発、(2) 新製品投入の際の自動車メーカーによる製造プロセスの一貫承認の取得、(3) パフォーマンス・ギャランティと呼ばれる独特の品質保証責任の履行、において、垂直的にサプライヤー3社が協力関係を示すことが明らかとなった。この形態においては、図3.6に示す通り、各サプライヤーの品質保証の責任範囲は、それぞれのサプライヤーの企業としての事業範囲を超えて、鉄鋼産業、自動車産業の両産業に跨り、サプライチェーン全体を包含していることが大きな特徴である。

一方、3.4.4では、釘のサプライチェーンを概観した。釘（鉄丸釘に代表される JIS 規格適合品 JIS A 5508）の取引においては、JIS マークによって品質保証され、サプライチェーンにおける取引は、鉄鋼線材メーカーから、二次加工メーカー、釘メーカーまで、JIS 規格に基づく品質保証が基本となっており、品質保証に関するサプライヤー間の相互依存、協力関係は存在しない。同時に、各サプライヤー企業の品質保証の責任範囲は、それぞれの企業の事業範囲と同一であり、JIS の仕様を満たしてさえいれば、鉄鋼線材および鉄線のサプライヤーは、釘（JIS A 5508）のサプライチェーンに何時でも参入することが可能である。従って、釘のサプライチェーンの形態は、図3.1に示す、パターン1の形態を示すことが明らかとなった。

以上の分析から、弁ばねと釘とでは、同じ鉄鋼製品でありながら、サプライチェーンの形態が異なることが判明した。図4.1に、弁ばねと釘（JIS A 5508）のサプライチェーンの形態を比較した図を示す。



(出所) 第3章の分析結果、Nishio & Fujimura (2017 b)、および西尾・藤村 (2016, 2017) より筆者作成

図4.1. サプライチェーンの形態比較

本章では、鉄鋼製品を物性の観点から詳細に分析し、この2つのサプライチェーンが、何故異なる形態を示すのかを解明する。

4.2. 研究の目的

取引コスト理論で知られる Williamson (2000)は、イノベーションの研究では、技術と組織の融合を提唱し、設計論の Baldwin (2008)は、生産システムの分析には、技術的な観点が必要であると主張している。経営学の視点で見ると、サプライチェーンは、両者が論究した組織構造や生産システムとして捉えることができる。前章までの調査から、弁ばねと釘とでは、同じ鉄鋼製品であるにもかかわらず、品質保証に関するサプライチェーンの形態が異なることが判明したが、その原因を探るためには、組織構造や生産システムとしての性格を有するサプライチェーンをより技術的な視点から分析する必要がある。弁ばねも釘も、鉄鋼製品として、一連の生産システムの中で製造されるものであり、また本研究が、品質保証という製品の品質にかかわる企業間取引に着目していることから、Williamson (2000) および Baldwin (2008) が示唆する、技術的視点の重要性を無視することはできない。技術的視点とは、即ち、自然科学的な視点が基本となる。

本章の研究の目的は、「品質保証の観点で、弁ばねと釘のサプライチェーンの形態が異なるのは何故か？」を明らかにすることである。上記のような経営学の先行研究における提言を踏まえ、弁ばねと釘の2つのサプライチェーンについて、次の項目を分析する。

- (1) 技術的視点に基づく製品の品質保証に関するビジネス慣行の違い
- (2) 鋼の物理現象に関する自然科学的理解レベルの違い

4.3. 研究方法

必要な情報およびデータは、先行研究の文献調査およびインタビューによって収集した。文献調査から、弁ばねと釘の製造工程や、鉄鋼材料に見られる物理現象などについての情報を得た。文献は主に日本鉄鋼協会の学術論文および文書、「鉄と鋼」、ISIJ International などから収集した。JIS 規格に関する情報は、日本産業標準調査会 (JISC) の website 検索から取得した。特許に関する情報は、欧州特許庁 (European Patent Office) の検索ツール (Espacenet patent search) から、公開特許公報を入手して収集した。

本章では、文献調査が中心ではあるが、文献から得られた情報を補強するため、研究目的に沿ってインタビューを実施した。質的研究におけるインタビューの意義については、第1章の研究方法で既に述べた。鉄鋼などの材料に関する先行研究においてもインタビューが利用されている (Igarashi et al., 2007; Igarashi et al., 2008; Tabayashi et al., 2009; Juleff et al., 2014, 参照)。インタビュー実績は第1章の表1に示す通りである。

4.4. 研究結果と考察

4.4.1. 製品の品質保証に関するビジネス慣行の違い

前章の分析結果から、弁ばねのサプライヤーの品質保証の責任範囲は、サプライチェーン全体

に及んでおり、釘の場合は JIS 規格が基準となっていることが判明した。そこで、本節では、JIS 規格の視点で弁ばねと釘の比較を行う。

JIS は正式名称を「日本産業規格 (Japanese Industrial Standards)」といい、1949 年に制定された産業標準化法に基づき制定される日本の国家規格である (2019 年 6 月までは「日本工業規格」と称していた)。JIS の原案は各分野の関係団体によって作成され、日本産業標準調査会 (JISC) の審議を経て、各分野の担当大臣 (主務大臣) によって JIS として制定される (JISC の HP、および国立国会図書館リサーチ・ナビより)。JISC によれば、産業標準化の意義は、自由に放置すれば、多様化、複雑化、無秩序化してしまう製品やサービスなどについて、①互換性・インターフェースの整合性の確保、生産効率の向上、品質の確保、②安心・安全の確保、消費者保護、③正確な情報の伝達・相互理解の促進、④環境保護 (省エネ、リサイクル等)、⑤高齢者・障がい者への配慮、⑥研究開発による成果の普及、企業の競争力の強化、貿易の促進など、それぞれの観点から、技術文書として国レベルの規格を制定し、これを全国的に統一又は単純化することである (JISC の HP より)、としている。

釘の JIS は、1952 年に丸釘として制定されたのが最初である (JIS A 5508 の解説による)。建築基準法は 1950 年に制定され、1981 年の建築基準法建設省告示第 1100 号では、壁合板の止めつけに用いる釘は、軸組工法の場合は建築基準法によって鉄丸釘 N50 またはこれと同等以上の品質を有するものと定められていることは前章で述べた通りである。

このように、JIS の持つ標準化の意義、釘の JIS 化と建築基準法との関係を見ると、釘については、その汎用性の広さ、建築基準法に基づく安全の確保、生産効率、品質の確保などの観点から、ユーザーにとっても、釘メーカーにとっても、JIS 規格として規定する必要性と意義があったと推定される。また、釘の JIS (JIS A 5508) の規定の中に、その原材料の鉄線 (JIS G 3532) が引用規格として存在し、「この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する」と明示されていることから、JIS A 5508 の釘は、鉄線 (JIS G 3532 に規定される釘用鉄線又はこれと同等以上の品質をもつもの) から製造されることが規定されている。同様に、鉄線 (JIS G 3532) は、その原材料として JIS G 3505 に適合する軟鋼線材を使用しなければならない。このように、サプライチェーンとして、JIS を基準とした品質保証体制が構築される仕組みとなっている。それぞれの JIS 規格の JIS マーク認証を取得するためには、産業標準化法第 30 条第 1 項などに基づき、国に登録された機関 (登録認証機関) から認証を受けなければならない。認証を受けた鉱工業品等に対して JIS マークを表示することができる仕組みとなっている (JISC HP より)。釘のサプライチェーンにおける JIS マーク認証取得者の一覧表は、表 2.8 で示したが、総括表を表 4.1 に示す。

一方、弁ばねのサプライチェーンについては、鉄鋼メーカー製造のピアノ線材、二次加工メーカー製造のオイルテンパー線から弁ばね製品まで、品質保証について JIS は適用されていない (Nishio & Fujimura, 2020)。弁ばねについては JIS そのものが存在せず、弁ばねの品質保証は、発注元の要求仕様に基づく言えばオーダーメイド製品となっている。従って、弁ばねの原材料であるオイルテンパー線は、JIS の中で引用規格としては明示されない。しかし、JIS としては、弁ばね用オイルテンパー線 (JIS G 3561) が規定されている。この弁ばね用オイルテンパー線については、JISC の登録認証機関検索によれば、認証機関が存在していないことが分かる。即ち、弁ばね用オ

イルテンパー線の JIS は存在し (JIS G 3561)、製造する二次加工メーカーも存在はするが、それを JIS 規格品として JIS マーク認証できる機関は現時点で存在していないということである。製品の JIS マーク認証をする認証機関も、製品ごとに認証を行うための認可を国から取得しなければならないが、弁ばね用オイルテンパー線については、その JIS マーク認証をするための認可を受けている認証機関が存在しないことを意味している。但し、弁ばね用オイルテンパー線 (JIS G 3561) は、JIS においてピアノ線材 (JIS G 3502) を引用規格としており、ピアノ線材については、JIS マーク認証を取得した企業 (サプライヤー候補になり得る企業) が 5 社存在する (国内 3 社、海外 2 社)。以上の JIS に関する弁ばねと釘を比較した対比表を表 4.1 に示す。

表 4.1. 弁ばねと釘のサプライチェーンにおける JIS 規格比較

(註) JIS マーク認証取得者数は、2019 年 11 月時点の企業数を示す

(出所) 日本産業標準調査会 (JISC)、西尾 (2018) および Nishio & Fujimura (2020) より筆者作成

サプライチェーンにおける最終製品	比較する項目	サプライチェーンのサプライヤー		
		鉄鋼メーカー	二次加工メーカー	最終製品メーカー
弁ばね	製品名	ピアノ線材	弁ばね用 オイルテンパー線	弁ばね
	JIS番号	G 3502	G 3561	N/A
	JISマーク認証 取得者数	5	N/A	N/A
	サプライチェーンに おけるJISの適用	サプライチェーンを通じJISの適用なし		
釘	製品名	軟鋼線材	鉄線	釘
	JIS番号	G 3505	G 3532	A5508
	JISマーク認証 取得者数	13	52	31

以上、弁ばねと釘の JIS との関係性を概観したが、弁ばねのサプライチェーンでは品質保証基準に JIS が適用されていない状況下で、それぞれのサプライヤーの品質に対する取り組みを把握するため、ピアノ線材、弁ばね用オイルテンパー線の JIS 規格と、実際の品質レベルを比較することとした。表 4.2 は、弁ばねと釘のサプライチェーンにおける製品の JIS 規格を比較したものである (グレーのハイライト部分は、弁ばねのサプライチェーンの半製品、製品に関連する項目を示している)。

表 4.2. 弁ばねと釘のサプライチェーンにおける製品の JIS 規格比較

(註) ハイライト部分は弁ばねのサプライチェーン関連製品を示す

鉄鋼(線材)メーカーの製品に対するJIS規格								
JIS 製品名	線材 の規格 番号	主な規格内容						
		成分	線径 (d1) mm	許容差 (e1) mm	偏径差 (f1) mm	外観	きずの深さ(s1) mm	脱炭層深さ (h1) mm
ピアノ線 材	JIS G 3502	C, Si, Mn, P, S, Cuの 成分規 定	$5.50 \leq d1 \leq 14.00$	$e1 = \pm 0.30$	$f1 \leq 0.48$	使用上有害な欠点があつてはならない。コイル内に発見された使用上有害と判断される欠点については、必要な場合、その取扱いについては受渡当事者間の協定による。	JISに基づく試験を行い、 $s1 < 0.10$	JISに基づく試験を行い、 $h1 \leq 0.07$
軟鋼線材	JIS G 3505	C, Mn, P, Sの 成分規 定	$5.50 \leq d1 \leq 19.00$	$d1 \leq 15.00$ の線: $e1 = \pm 0.40$, $15.00 < d1 \leq 25.00$ の線: $e1 = \pm 0.50$, $25.00 < d1$ の線: 受渡当事者間の協定による	$d1 \leq 15.00$ の線: $f1 \leq 0.64$, $15.00 \leq d1 \leq 25.00$ の線: $f1 \leq 0.80$, $25.00 < d1$ の線: 受渡当事者間の協定による	使用上有害と判断される欠点については、必要な場合、その取扱いについては受渡当事者間の協定による。		

二次加工メーカーの製品に対するJIS規格								
JIS 製品名	規格番号、 記号	主な規格内容						
		成分	線径(d2) mm	引張強さ(t2) N/mm ²	絞り(k2) %	ねじり性	巻付け性	
弁ばね用炭素鋼オイルテンパー(以下OT)線	JIS G 3561	SWO-V	C, Si, Mn, P, S, Cu の成分規定	$2.0 \leq d2 \leq 6.00$	$1,470 \leq t2 \leq 1,770$	$d2 \geq 1.00$ の線についてJISに基づく試験を行い、 $1.00 \leq d2 \leq 3.50$ の線: $k2 \geq 45\%$, $3.50 < d2 \leq 10.00$ の線: $k2 \geq 40\%$	$0.70 \leq d2 \leq 6.00$ の線についてJISに基づく試験を行い(ねじれの状況)破断後、表面に有害なきずがあつてはならない。(破断面の状況)破断面は線軸に直角で、きず、割れなどがあつてはならない。	$d2 \leq 6.00$ の線についてJISに基づく試験を行い、その線の表面に有害なきずを生じたり破断したりしてはならない。
弁ばね用クロムバナジウム鋼OT線	JIS G 3561	SWOCV-V	C, Si, Mn, P, S, Cr, Cu, V の成分規定	$2.0 \leq d2 \leq 10.00$	$1,370 \leq t2 \leq 1,720$			
弁ばね用シリコンクロム鋼OT線	JIS G 3561	SWOSC-V	C, Si, Mn, P, S, Cr, Cu の成分規定	$0.5 \leq d2 \leq 8.00$	$1,660 \leq t2 \leq 2,160$			
鉄線(くぎ用)	JIS G 3532	SWM-N		$1.5 \leq d2 \leq 6.65$	$490 \leq t2 \leq 1,270$			

二次加工メーカーの製品に対するJIS規格(続き)								
JIS 製品名	規格番号、 記号	主な規格内容						
		曲げ性	線径の許容差 (e2) mm	線径の偏径差 (f2) mm	外観	きずの深さ (s2)	脱炭層	
弁ばね用炭素鋼OT線	JIS G 3561	SWO-V	$d2 > 6.00$ の線についてJISに基づく試験を行い、その線の表面に有害なきずを生じたり破断したりしてはならない。	JISに基づく測定を行い $0.50 \leq d1 \leq 3.20$ の線: $e2 = \pm 0.020$, $3.20 < d1 \leq 5.60$ の線: $e2 = \pm 0.030$, $5.60 < d1 \leq 8.50$ の線: $e2 = \pm 0.040$, $8.50 < d1 \leq 10.00$ の線: $e2 = \pm 0.050$	JISに基づく測定を行い $0.50 \leq d1 \leq 3.20$ の線: $f2 \leq 0.020$, $3.20 < d1 \leq 5.60$ の線: $f2 \leq 0.030$, $5.60 < d1 \leq 8.50$ の線: $f2 \leq 0.040$, $8.50 < d1 \leq 10.00$ の線: $f2 \leq 0.050$	線の外観は、有害なきず、スケール、さびなどがあつてはならない。	JISに基づく試験を行い $0.50 \leq d2 \leq 2.00$ の線: $s2 \leq 0.01\text{mm}$, $2.00 < d2 \leq 6.00$ の線: $s2 \leq d2$ の0.5%, $6.00 < d2 \leq 10.00$ の線: $s2 \leq d2$ の0.7%	JISに基づく試験を行い、フェライト脱炭層を認めてはならない。また、全脱炭層深さは線径の1.5%以下とし、その最大値は0.05mmとする。
鉄線(くぎ用)	JIS G 3532	SWM-N						

最終製品のJIS規格	製品	製品規格	規格内容
	弁ばね	N/A	N/A
	釘	JIS A 5508	寸法、材料、試験方法など

(出所) 日本産業標準調査会 (JISC)、JIS G 3502, JIS G 3505, JIS G 3561, JIS G 3532, JIS A 5508 より筆者作成

ここから分かることは、弁ばねの原材料となるピアノ線材、オイルテンパー線はいずれも、成分が規定されており、前述したきずの深さ、脱炭層深さなどの品質保証が困難と見られる項目が数値化されている。オイルテンパー線に限った項目でも、引張強さ、絞り、ねじり性、巻付け性、曲げ性、線径の許容差、線径の偏径差、概観などが細かく規定されている。この点は、釘のサブライチェーンの品質保証項目が、軟鋼線材の成分、鉄線の線径と引張強さ、釘の寸法に殆ど依存しているというシンプルさとは大きく異なっている。

前述のように、弁ばねの製品の JIS は存在しないが、線材 (JIS での名称はピアノ線材) および弁ばね用オイルテンパー線には JIS が存在する。しかし、オイルテンパー線の JIS マーク認証については、認証できる機関が存在せず、結果として認証を取得している二次加工メーカーは存在していない。そこで、弁ばねの原材料の品質レベルを確認するために、ピアノ線材とオイルテンパー線の製造企業にインタビュー (表 1. Iv. 2, 3) を実施した。

質問:「ピアノ線材 (またはオイルテンパー線) の品質レベルは、JIS 基準と比較した場合、どの程度のレベルにあるのだろうか?」

回答:「実際の品質要件は、ピアノ線材 (JIS G 3502)、および弁ばね用オイルテンパー線 (G 3561) よりもはるかに高い。」

そこで、表 3.1 および 3.2 に示す一連の公開特許公報における発明の情報を、実運用上のオイルテンパー線の品質として位置付け、その品質レベルを JIS 規格と比較して検証することとした。最初に、これらの発明における、オイルテンパー線に含まれる含有元素と、JIS 規格の含有元素の成分量の比較を行った。鋼材の 98%以上は鉄であるが、鋼材に含まれる微量な元素が鋼材の特性に大きく影響を与える。特に含有比率が大きい炭素 (C)、ケイ素 (Si)、マンガン (Mn)、リン (P)、硫黄 (S) の 5 つの元素は 5 元素と呼ばれ、前述した普通鋼に含まれる主要元素である。この他にも、クロム (Cr)、ヴァナジウム (V)、モリブデン (Mo)、ニッケル (Ni)、ニオブ (Nb)、タングステン (W) などの元素は、各元素の多い少ないによって鋼材に決定的な影響を及ぼす。これらの元素の含有量について、JIS 規格などで上限値、下限値が元素ごとに定められている。鋼中の元素は、それぞれ役割をもって意図的に加えられているものもあれば、極力少量化したいが、製造工程上、完全には除去できないため、含有可能な上限だけを定めて品質管理を行っているものもある。これは、弁ばね用の材料であるピアノ線材やオイルテンパー線についても同様であり、それぞれ JIS 規格でその含有量の上限、下限が定められている。これらの元素の、鋼線および弁ばねの特性にかかわる役割については、補遺の「鋼中に含まれる元素の、鋼線およびばねに与える影響」に示す。弁ばね用オイルテンパー線について、この鋼中の元素の含有量を比較した結果を表 4.3 に示す。表 4.3 (a) は JIS 規格と公開特許公報の請求項との比較を示し、表 4.3 (b) は JIS 規格と公開特許公報の実施例との比較を示す。

表 4.3 から明らかなことは、JIS 規格と実運用との間には、鋼中に含まれる元素の含有量に違いがあることである。材料に含まれている元素の内、C, Mn, P, S については、JIS 規格（ここでは、SWO-V、SWOCV-V、SWOSC-V と称される）で定める含有量と、公開特許公報における含有量とでは有意差は認められない。しかし、Si, Cr, V については、特許公報の中には、JIS 規格を上回る含有量を示すものが多く存在している（特に表 4.3 (b) の実施例参照）。近年弁ばね用オイルテンパー線として定着したシリコンクロム鋼系のオイルテンパー線で見ると、JIS 規格の SWOSC-V においては、V の基準値は定められていない。しかし、特許公報では、SWOSC-V と同程度にシリコンレベルの高いオイルテンパー線においても、多くが V を含有していることが分かる。また、JIS 規格では定められていない、Mo、Ni、Nb、W が、特許公報においては選択肢として含まれているものが散見される。特に Mo の含有については、表 4.3 (b) で見られるように、多くの発明案件で見ることができる。弁ばね用オイルテンパー線 SWOSC-V の JIS 規格には基準が定められていない V、Nb は、熱処理時に結晶粒を微細化する作用により、靱・延性を向上させる機能、Ni は焼入れ性を高め、低温脆化を防止する機能、Mo は低温焼鈍後の耐力を上昇させる機能を持つ。しかし、何れもそれぞれの機能を発揮するには、多すぎても、少量でも却って材質に悪影響が出るため、弁ばねの特性に好ましい含有率を発見し、制御する技術が求められる。また、C, Cr については、SWOSC-V の項目にはあるものの、公開特許公報 PA17 においては、C の最適な範囲は 0.58%~0.65%、Cr については 1.5%~2.0%とされており、それぞれ JIS の基準の上限またはそれを超えて、極めて狭い範囲で含有量が制御されていることが分かる（補遺の「鋼中に含まれる元素の、鋼線およびばねに与える影響」参照（PA17: ㈱神戸製鋼所・神鋼鋼線工業㈱・日本発条㈱, 2004 より））。即ち、JIS 規格とは微妙に異なる範囲で添加する元素の分量を、試行錯誤しながら調整を繰り返し、高い制御技術を、製鉄所の製鋼工程（転炉操業）において発揮していることが推測される。

表 4.3. 弁ばね用オイルテンパー線の JIS 規格と公開特許公報における含有成分比較

表 4.3 (a). JIS 規格と公開特許公報の請求項との比較

	弁ばね用 OT線のJIS 記号	弁ばね用オイルテンパー (OT)線に含まれる成分 (単位: %)										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Mo	Ni	Nb	その他
JIS 規格	SWO-V	0.60~ 0.75	0.12~ 0.32	0.60~ 0.90	≦0.025	≦0.025						Cu≦0.20
	SWOCV- V	0.45~ 0.55	0.15~ 0.35	0.65~ 0.95	≦0.025	≦0.025	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25				Cu≦0.20
	SWOSC- V	0.51~ 0.59	1.20~ 1.60	0.50~ 0.80	≦0.025	≦0.025	0.50~ 0.80					Cu≦0.20
PA No.	公開特許 公報No.	公開特許公報の請求項に見られるオイルテンパー線に含まれる成分に関する情報										
2	JP H11246943	0.50~ 0.80	1.20~ 2.50	0.40~ 0.80			0.70~ 1.00	0.05~ 0.15	0.05~ 0.50		0.05~ 0.15	Ti, Al≦0.05 W: 0.05~0.15
3	JP H11246914	0.50~ 0.80	1.20~ 2.50	0.40~ 0.80			0.70~ 1.00	0.05~ 0.15	0.05~ 0.50		0.05~ 0.15	Ti, Al≦0.05 W: 0.05~0.15
4	JP H11246941	0.50~ 0.80	1.20~ 2.50	0.40~ 0.80			0.70~ 1.00	0.05~ 0.15	0.05~ 0.50		0.05~ 0.15	Ti, Al≦0.05 W: 0.05~0.15
5	JP 2001009725	0.63~ 0.80	1.20~ 2.20	0.40~ 0.80			0.40~ 0.80	0.40~ 0.60	0.10~ 0.25			
6	JP 2003166034	0.60~ 0.75	1.20~ 2.20	0.30~ 0.90			0.60~ 1.40	0.05~ 0.25	0.05~ 0.20			
7	JP 2004323912	0.50~ 0.90	0.80~ 2.10									
8	JP 2012036418	0.55~ 0.75	1.50~ 2.50	0.30~ 1.00			0.80~ 2.00	0.05~ 0.30	0.05~ 0.30			W: 0.05~0.30
11	JP 2011219851	0.27~ 0.48	0.01~ 2.20	0.30~ 1.00	≦0.035	≦0.035						
12	JP 2013036087	0.45~ 0.65	1.00~ 2.50	0.10~ 1.00	≦0.035	≦0.035	0.10~ 1.00					
13	JP H04247824	0.55~ 0.75	1.00~ 2.50	0.30~ 1.50			0.50~ 2.50	0.05~ 0.60	0.10~ 1.00	1.00~ 4.00	0.05~ 0.60	
14	JP H04285142	0.50~ 0.80	1.00~ 2.50	0.40~ 1.00			0.40~ 2.00	0.05~ 0.60	0.10~ 1.00			
15	JP H0841533	0.55~ 0.75	1.00~ 2.50	0.30~ 1.50			0.50~ 2.50	0.05~ 0.60	0.10~ 1.00	1.00~ 4.00	0.05~ 0.60	
16	JP 2002180199	0.50~ 0.80	1.20~ 2.50	0.50~ 1.50			0.05~ 1.50	0.05~ 0.25	(≦0.5)	(≦1.5)		(Al≦0.005)
17	JP 2004315968	0.53~ 0.68	1.20~ 2.50	0.20~ 1.50			1.40~ 2.50	≦0.4	0.05~ 0.50	≦0.4	0.05~ 0.50	Al≦0.05
19	JP 2003193197	0.60~ 0.70	1.80~ 2.20	0.70~ 0.90	≦0.050	≦0.025	0.50~ 0.80	0.05~ 0.15				Cu≦0.20
20	JP 2003003241	0.55~ 0.65	1.20~ 2.50	0.30~ 0.60	≦0.015	≦0.015	0.40~ 2.00	0.05~ 0.30	0.05~ 2.00			
21	JP H10251795	0.65~ 0.85	1.90~ 2.40	0.50~ 0.90			0.75~ 1.30	0.25~ 0.50	0.15~ 0.25		0.01~ 0.04	
22	JP 2012077367	0.50~ 0.90	0.80~ 3.50	0.30~ 3.00			0.50~ 3.50	0.05~ 0.50	0.05~ 1.50	0.05~ 1.50	0.01~ 0.50	
23	JP 2003105497	0.55~ 0.65	1.20~ 2.50	0.30~ 0.60	≦0.015	≦0.015	0.40~ 2.00	0.05~ 0.30	0.05~ 2.00			
24	JP H02217421	0.75~ 1.10	1.00~ 2.00	0.20~ 1.00			0.10~ 1.00	0.05~ 0.50	0.10~ 0.50		0.005~ 0.2	Ti: 0.002~0.05, Al: 0.01~0.1
29	JP H05179348	0.55~ 0.70	1.00~ 2.50	0.50~ 1.50			0.50~ 2.50	0.05~ 0.50	0.10~ 0.90			
31	JP H10251804	0.65~ 0.85	1.90~ 2.40	0.50~ 1.00			0.70~ 1.30	0.20~ 0.50	0.10~ 0.30		0.01~ 0.04	

表 4.3 (b). JIS 規格と公開特許公報の実施例との比較

	弁ばね用 OT線のJIS 記号	弁ばね用オイルテンパー (OT)線に含まれる成分										(単位: %)	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Mo	Ni	Nb	その他	
JIS 規格	SWO-V	0.60~ 0.75	0.12~ 0.32	0.60~ 0.90	≤0.025	≤0.025							Cu≤0.20
	SWOCV- V	0.45~ 0.55	0.15~ 0.35	0.65~ 0.95	≤0.025	≤0.025	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25					Cu≤0.20
	SWOSC- V	0.51~ 0.59	1.20~ 1.60	0.50~ 0.80	≤0.025	≤0.025	0.50~ 0.80						Cu≤0.20
PA No.	公開特許 公報No.	公開特許公報の実施例に見られるオイルテンパー線に含まれる成分に関する情報											
6	JP 2003166034	0.68	2.06	0.70	0.005	0.003	0.83	0.18	0.14				
8	JP 2012036418	0.61	2.20	0.55	0.009	0.002	1.20	0.12	0.12				W: 0.15
13	JP H04247824	0.56~ 0.80	1.40~ 1.85	0.70~ 0.90			0.95~ 1.70	0.20~ 0.31	0.35~ 0.76	0~ 1.50	0~ 0.33		
14	JP H04285142	0.63~ 0.68	1.32~ 1.35	0.70~ 0.71	0.010~ 0.011	0.011	1.49~ 1.50	0.20~ 0.29	0.50~ 0.74				
15	JP H0841533	0.64	1.43	0.67	0.015	0.006	1.57	0.26	0.57				
21	JP H10251795	0.73~ 0.75	2.00~ 2.10	0.71~ 0.79	0~0.01	0~0.01	0.79~ 1.27	0.27~ 0.48	0.21~ 0.22			0.02	
23	JP 2003105497	0.64	2.02	0.30	0.010	0.005	0.86	0.10	0.10				
29	JP H05179348	0.64	1.43	0.67	0.015	0.006	1.57	0.06	0.57				
31	JP H10251804	0.68~ 0.82	1.96~ 2.32	0.61~ 0.82			0.79~ 1.22	0.24~ 0.48	0.20~ 0.27			0.02~ 0.04	

(註 1) 左端の No. は表 3.1 および表 3.2 における PA No. を示す。

(註 2) 本表(a), (b) 共に、上段の 3 行が JIS 規格を示す (SWO-V, SWOCV-V, SWOSC-V は JIS におけるオイルテンパー線の種類を示す)

(註 3) PA No 毎の各数値について

本表(a)においては、各公報の請求項に記載されている主要な化学成分の数値を示す。ハイライトされた項目は、その中で少なくとも 1 種が選択されることを示す。また、PA16 の () は、必要に応じて選択されることを示す。請求項に化学成分が記載されていない公報は本表から除外した。

本表(b)においては、各公報の実施例に記載されている主要な化学成分の数値を示す。本表(a)の公報の中で、C, Si, Mn, Cr, V, Mo, の含有率が実施例に具体的に記載されている公報を抽出した。

(註 4) 各公開特許公報の詳細は参考文献「表 4.3 および 4.4 に示す公開特許公報の明細」参照。

(出所) それぞれの公開特許公報および西尾 (2015) より筆者作成。

次に、弁ばね用オイルテンパー線の引張強度について見ると、表 4.4 に示す通り、JIS 規格においては、高強度の JIS 規格材である SWOCV-V、SWOSC-V がそれぞれ 1,570~1,720N/mm²、1,860~2,010 N/mm² であるのに対し、公開特許公報の情報では、線径 3.2 mm の場合でこれらの JIS 規格を上回る傾向が見られる。

また、これらの公開特許情報には、前述した製鋼工程での元素の成分制御技術によるものの他に、表 4.4 の備考欄に見られるような、残留オーステナイトの割合、最大非金属介在物の大きさ、炭化物粒径の大きさ、複合炭化物、複合窒化物の単位面積当たりの個数、

旧オーステナイト結晶粒度番号など、JIS 規格には存在しない様々な品質を制御するための項目が記載されている。このように、鉄鋼メーカーの製鋼工程、および二次加工工程において、JIS 規格の規定範囲を超えた、或いは JIS 規格には存在しない様々な制御因子や条件を試行錯誤しながら探し出し、弁ばねの品質目標を達成する工夫が行われていることが伺える。分析の対象とした公開特許公報の中で、PA13（日本製鉄株・日鉄 SG ワイヤー株・株東郷製作所・トヨタ自動車株, 1992）では、「発明の詳細な説明」に次のような記述がある。

近年自動車エンジンの高出力化、車体の軽量化の要望が極めて高く、これに対応するため高疲労強度のばねが強く求められているが、これらは JIS で規定されている既存の材料では、この要求を満たすことが難しくなっている。この疲労強度向上の要望に応えるため、材料的には、合金元素量を増したばね鋼が提案されている。

— 中略 —

また、ばね製造上からは、窒化処理、ショットピーニング等により表面を硬化させ適当な圧縮の残留応力を付与するのが一般的になってきている。

この記述から、車体の軽量化ニーズに応えるためには、JIS レベルのオイルテンパー線では、自動車メーカーの期待する疲労強度の高い弁ばねは製造できないことが分かる。表 4.4 中の PA5、および PA15 では、JIS レベルよりも品質が向上したオイルテンパー線が使用されていることを示している。また、オイルテンパー線の引張強度が高ければ良いかということ、必ずしもそうではない。同じ公開特許公報の中で、PA15（日本製鉄株・日鉄 SG ワイヤー株・株東郷製作所・トヨタ自動車株, 1996）には次の記述がある。

従来のコイルばねの製造方法は、このオイルテンパー線を使用してコイルリング成形、熱処理、研削、窒化、ショットピーニングを順次行っている。しかしこのオイルテンパー線は引張強度が $1,960 \sim 2,160 \text{ N/mm}^2$ と高いため冷間コイルリングが難しく、コイルリング時に折損が多発する問題がある。本発明は上記の事情に鑑みてなされたもので、冷間コイルリングでも折損の少ない耐疲労性に優れた高強度のコイルバネを製造する方法を提供することを目的とする。本発明者らは、耐疲労性を高める手段及び強度を高める方法を十分検討した結果、オイルテンパー線に高温焼戻しを施した焼鈍し線とすることにより冷間コイルリング成形をより容易とし、焼入れ焼戻し、研削、ガス窒化、2 段ショットピーニング、低温焼鈍を順次行う事により高強度高耐疲労のばねとすることができると見いだした。特に特定組成の合金を用いて、上記の工程を順次行う事により高強度高耐疲労のばねが形成できることを見出して完成されたものである。

このケースは、従来のオイルテンパー線をさらに加工して、焼鈍し線と呼ぶ鋼線を製造し、引張強度を抑えながら、コイルリング時に折損の少ない高疲労強度の弁ばねを製造可能

とすることに成功した事例である。

表 4.4. 弁ばね用オイルテンパー線の JIS 規格と実運用上の品質比較（機械的性質他）

- (註 1) 左端の No. は表 3.1 および表 3.2 (表 4.3 も同様) における PA No. を示す。
 (註 2) 上段の 3 行 (SWO-V, SWOCV-V, SWOSC-V) が JIS 規格を示す。
 (註 3) PA No 毎の各数値は、それぞれの公開特許公報の請求項または実施例に記載されている線径 (mm)、引張強度 (N/mm²)、絞り (%) の数値を示す。
 (註 4) 備考欄の「JIS に規定する項目以外の制御条件」は、製品の品質目標を達成するための製品製造上の主要な制御条件の内、JIS 規格には規定されていないものを、公開特許公報から抽出して記載した。また、「JIS を上回る項目」が明記されている場合は、その内容を備考欄に記載した。
 尚、註 3、註 4 の情報がいずれも記載されていない公報は本表から除外した。
 (注 5) 各公開特許公報の詳細は参考文献「表 4.3 および 4.4 に示す公開特許公報の明細」参照。
 (出所) PA No が示すそれぞれの公開特許公報より筆者作成

JIS 規格	弁ばね用 オイル テンパー線 JIS G 3561	線径、引張強度、絞りに関する JIS 規定			備 考
		線径 mm	引張強度 N/mm ²	絞り %	
	SWO-V	3.2	1,570~1,720	≥45%	弁ばね用オイルテンパー線の JIS 規格 (JIS G 3561) において、標準線径は 0.5~10.0mm の範囲とされ、引張強度は線径に対応して 1,370~2,160N/mm ² の範囲で規定されている。左表は、本稿表 3.1, 3.2 における公開特許公報の中で、代表的な線径である 3.2mm の場合を表示した。従って、絞りについても、JIS に基づく試験を行い、1.00mm 以上 3.50mm 以下の範囲における数値を表示した。
	SWOCV-V	3.2	1,570~1,720	≥45%	
	SWOSC-V	3.2	1,860~2,010	≥45%	
PA No.	公開特許 公報 No.	請求項または実施例に記載の数値			JIS に規定する項目以外の制御条件、JIS を上回る項目の記載など
2	JPH11246943	3.2	2,033	50.4	最大非金属介在物: 15 μm
3	JPH11246914	3.2	2,033	50.4	最大非金属介在物: 15 μm
4	JPH11246941	3.2	2,033	50.4	最大非金属介在物: 15 μm
5	JP2001009725	3.4			JIS 材 (SWOSC-V) よりも、韌性、成形性を向上させた
7	JP2004323912	≤5.0	≤1,600		残留オーステナイト ≤3.00%
8	JP2012036418	3.2			析出炭化物平均長さ ≤0.12 μm、同平均幅 ≤0.04 μm
11	JP2011219851	1.5~5.0			焼戻し工程後、圧縮残留応力付与工程前において、ばねの素線の横断面における表面から深さ 100 μm までの平均残留オーステナイト比率 (体積比) は 10~35% が望ましい
12	JP2013036087	1.5~15.0	1,908~2,184		焼戻しマルテンサイト: 30~80%、下部ベイナイト: 5~70%、残留オーステナイト: 8~15%、残留オーステナイト中の平均炭素濃度: 1.0~2.0 wt%
13	JPH04247824	3.2~4.0	2,059~2,157		
14	JPH04285142	3.2	2,160~2,210		
15	JPH0841533	3.2	1,570		JIS 材 (SWOSC-V) よりも硬い表面が形成でき、より深くより強く圧縮残留応力が形成される
16	JP2002180199	3.0	1,810~2,152		パーライト組織中のフェライトに、50nm 以下の V, Cr 炭化物、炭窒化物、および V, Cr の複合炭化物、複合窒化物が合計で 10 個/μm ² 以上
17	JP2004315968	4.0			旧オーステナイト結晶粒度番号 ≥11.0
18	JPH07214216	3.2	1,961~2,130		
19	JP2003193197	2.3	2,103	50.7	最大非金属介在物: 15 μm
20	JP2003003241	3.2	1,995~2,043		非金属介在物の大きさ ≤15 μm、残留オーステナイト ≤6.00% など
21	JPH10251795	3.4	2,295~2,334	40.9~44.9	
22	JP2012077367	4.1			旧オーステナイト結晶粒度番号 ≥9.0
23	JP2003105497	3.2	≥1,960		非金属介在物の大きさ ≤15 μm、残留オーステナイト体積比 ≤6.00%、旧オーステナイト結晶粒度番号 ≥11.0
26	JPH05339763	3.2	1,324~2,049		
27	JPH05148537	3.2	1,324~2,049		
28	JPH05156351	3.2	2,049~2,059		
30	JPH05177544	3.2	1,324~2,049		
31	JPH10251804		2,059~2,353		鋼中炭化物の大きさ (円相当径) ≤0.15 μm

このように、実際の弁ばねを製造する際の鋼線は、JIS 規格のオイルテンパー線ではもはや自動車メーカーの要求水準に見合う弁ばねは製造できず、二次加工メーカーは、JIS

で定めるオイルテンパー線は製造可能ではあるものの、表 4.1 に見られるように、JIS は適用していないのである。この JIS 規格を上回る品質要求は、線材メーカーである鉄鋼メーカーにも及び、線材メーカーはピアノ線材の JIS マーク認証は取得しているものの、実際はそれよりも高品質の線材を弁ばね用に製造していることが分かる。このように、弁ばねの公開特許公報から得られた事実は、ピアノ線材とオイルテンパー線の実際の品質要件は、JIS G 3502、および G 3561 よりもはるかに高いとのインタビュー結果を裏付けている。従って、弁ばねのサプライチェーンにおいては、サプライヤー間の取引も、サプライヤーと自動車メーカー間の取引も、その品質保証に関して、JIS 規格は適用されていないことが確認された。弁ばねのサプライチェーンにおける 3 つのサプライヤーは、互いに垂直的に協力し、試行錯誤を通じて最適な製造条件を探し続ける中で、自動車メーカーの高い品質要求仕様に応えるという品質保証上のビジネス慣行を貫いている。この点が、JIS の規定に基づいて、パターン 1 のサプライチェーンの形態を示す釘のサプライチェーンの形態との大きな相違点である。即ち、品質保証のビジネス慣行の違いが、サプライチェーンの形態を異にする要因の 1 つと見ることができる。

上記の考察から、鉄鋼製品の品質保証のためのサプライチェーンの形態は、各サプライチェーンのビジネス慣行に従って、弁ばね型と釘型に分類されると考えられる。チェーン内の品質保証のビジネス慣行が、ユーザーの要求仕様に基づく場合は、弁ばね型示す傾向があり、JIS などの標準仕様に基づいている場合、サプライチェーンは釘型を示すと推測される。

本節では、サプライチェーンにおける製品取引の、品質保証に関するビジネス慣行に焦点を当てた分析を行った。Williamson (2000) および Baldwin (2008) は、生産システムの分析には、技術的視点が必要であると主張している。技術的視点とは、即ち、自然科学的な視点が基本となる。また、ここで言う生産システムとは、本研究ではサプライチェーンに相当すると考えられることから、次節では、鋼の物理現象に関する自然科学的理解レベルが、サプライヤーの行動に及ぼす影響について考察し、2 つのサプライチェーンの形態の違いをさらに詳細に分析する。

4.4.2. 鋼の物理現象に関する自然科学的理解度の影響

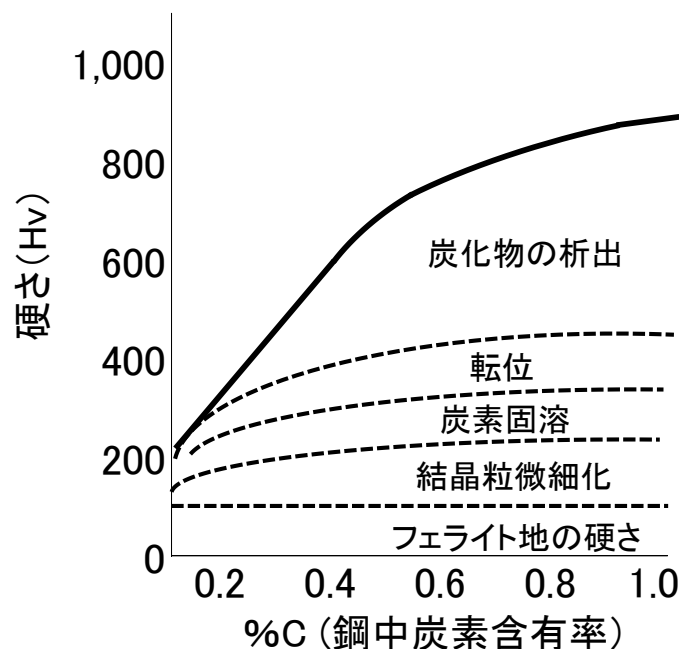
本節では、研究目的を達成するために、弁ばねと釘の 2 つのサプライチェーンが異なる形態を示す自然科学的要因を検証する。即ち、2 つの製品の鋼の微細構造に焦点を当て、サプライチェーンの形態に影響を与える可能性のある鋼の物理現象を分析する。2 つの製品の鋼の微細構造の情報は、主に ISIJ International、「鉄と鋼」、および physical metallurgy に関する書籍、ジャーナルの文献調査により収集した。

釘の主要な製造工程は、第 2 章で述べたように、伸線と鍛造である。焼入れと焼戻しなどの熱処理工程は含まれない。文献調査、JIS 情報、および釘メーカーへのインタビューによると、釘の微細構造は、線材から釘の製品に至るまで、一貫してフェライトまたはパーライトと考えられ、マルテンサイト変態のような急激な硬化現象は介在していない。フ

フェライトまたはパーライトの加工に関しては、あるサプライヤーの製造条件が変化した場合に、製品の品質、特性がどのように変化するのかが、マルテンサイトと比較してはるかに推定が容易であると考えられる。従って、釘の微細構造と加工硬化現象は、ある程度自然科学的なメカニズムとして理解されていると考えられる。

一方、弁ばねの微細構造については状況が異なる。弁ばねの製造工程においては、二次加工で焼入れと焼戻しの熱処理が施され、綾田ほか（1999 a）、綾田ほか（1999 b）、古谷・阿部（2009）、吉原（2011）によれば、熱処理を経て製造されたオイルテンパー線には、弁ばねの材料に適合した一定の強度が付与される。焼入れ工程においては、炭素鋼の微細構造がフェライトまたはパーライトからオーステナイトを経てマルテンサイト構造に変化し、鋼に一定の硬度が付与される（綾田ほか, 1999 a; 綾田ほか, 1999 b）。鋼のオーステナイト構造からマルテンサイト構造への変化はマルテンサイト変態と呼ばれる（Krauss, 2015 ; Mishiro et al., 2013 ; Song & Cooman, 2014）。このマルテンサイト変態による鋼の硬化現象を、本研究ではマルテンサイト硬化と呼ぶこととする。

牧ほか（2014）によれば、圧延工程と熱処理を組み合わせた高強度鋼のプロセスに関する研究は、1950年代後半に欧州と米国で始まり、1960年代から1970年代初めに、マルテンサイトの研究が世界中で活発に行われた。Pickering（1978）は、それまでのマルテンサイト研究をレビューし、変態によるマルテンサイト硬化の要因を、(1) 結晶粒微細化による硬化、(2) 炭素固溶による硬化、(3) 転位硬化、(4) 炭化物析出による硬化に分類し、鋼の硬度と鋼中の炭素濃度の関係を図に表した（図 4.2 参照）。

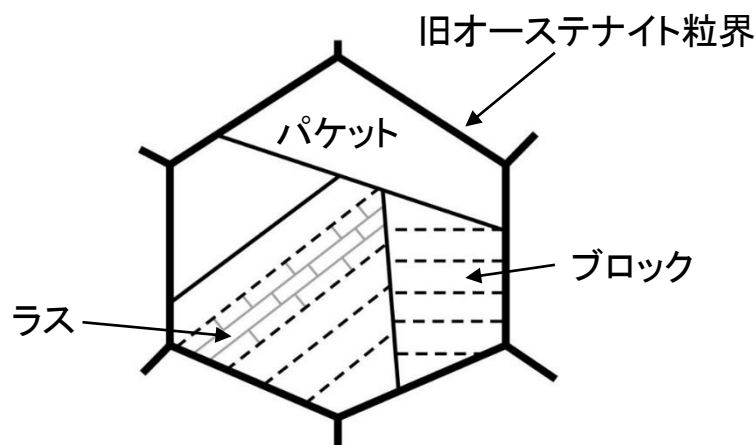


(出所) Pickering (1978) および日本溶接協会溶接情報センターwebsite より筆者作成

図 4.2. マルテンサイト硬化に寄与する因子

但し、Pickering (1978) によれば、鉄鋼材料の設計に関する方法として回帰分析の活用を示唆し (“to relate those properties (筆者注：材料の性質) to the relevant microstructural and compositional parameters, often using a multiple-regression technique.”)、さらにはこれらのパラメーターを最適化し、材料の諸性質のベストな組合せを創出する、としている。このことから、**図 4.2** に示す上記の (1) から (4) までの要因は、鉄鋼の物理的性質の変化現象を必ずしも科学的なメカニズムとして説明している訳ではないと推測する。

マルテンサイト硬化に関する最近の研究は次のとおりである：Ohlund et al. (2016) は結晶粒微細化による硬化、Hidaka et al. (2012) は炭素固溶による硬化、Man et al. (2019) および Tsuchiyama et al. (2019) は転位硬化、および Ping et al. (2017) は炭化物析出による硬化、などである。さらに、crystallography (Yoshida et al., 2015)、thermodynamics (van der Zwaag et al., 2002)、弾性力学と数学的シミュレーション (Cho et al., 2012) など、数十年に亘る様々な角度による研究により、マルテンサイト変態とそれによる硬化現象についての研究は大きな進展を遂げてきた。しかし、これらの研究は、マルテンサイト硬化の科学的メカニズムを必ずしも明らかにしている訳ではない。マルテンサイトの結晶構造に関する最近の代表的な研究の 1 つである Iwashita et al. (2011) は、マルテンサイトの形成自体がまだ十分に理解されていないことを明記している。マルテンサイト結晶粒構造の最新の理解は、ラス、ブロック、およびパケットの形成が知られている (Iwashita et al., 2011)。Iwashita et al. (2011) は、マルテンサイト粒子がいくつかのパケットに分解され、それぞれが平行ブロックを含み、各ブロックはラスによってさらに細分されることを示している。この構造のイメージを**図 4.3** に示す。



(出所) Iwashita et al. (2011) を参考に筆者作成

図 4.3. マルテンサイトの構造

マルテンサイト研究の進展について、以下にインタビュー (**表 1. Iv. 7**) の内容を示す。

質問：「マルテンサイトの硬化現象のメカニズムは、どのあたりまで判明しているのだろうか？」

回答：「これまでの研究では、ラスの配置の組み合わせがマルテンサイト硬化に影響を与える可能性があることを明らかにしているが、判明しているのはそこまでで、マルテンサイト硬化のメカニズムが、原子・分子レベルで解明されている訳ではない。」

マルテンサイトは、鋼の熱処理における焼入れ工程において生成されるが、弁ばねなどの高機能材料では、焼入れの後、焼戻しが行われる。この工程は、鋼の硬さを減少させ粘り強さを増加させる目的で行う熱処理である。マルテンサイト硬化に関するインタビュー（表 1. Iv. 8）において、焼戻しについても同様の状況であることが判明した。

質問：「焼入れによるマルテンサイト変態の硬化メカニズムが解明されていないと理解して良いだろうか？」

回答：「焼入れだけでなく、焼戻しにおける鋼の組織の挙動についても、未解明の部分が多い。」

この、焼戻し現象についての科学的な理解度が十分でない点は、細谷（2017）、Qiao（2016）の研究にも見ることができる。

鋼のマルテンサイト硬化メカニズムが十分に解明されていないという事実が、サプライチェーンに如何なる影響を与えるかを分析するため、製造条件の変更に伴うサプライヤーの行動に着目してインタビューを実施した。弁ばねメーカーとのインタビュー（表 1. Iv. 3）を以下に示す。

質問：「弁ばねのサプライヤーの製造条件の変更は、サプライチェーンにどのような影響を与えるのだろうか？」

回答：「サプライヤーの1つが製造条件を大幅に変更する必要がある場合、その変更はサプライチェーンの全てのサプライヤーに影響を与えることになるであろう。」

さらに、インタビュー（表 1. Iv. 2）で、鉄鋼線材メーカーへの同様の質問に対し、

回答：「サプライチェーン内の1つのサプライヤーが製造条件を変更する場合、その1社の条件変更だけであっても、弁ばねの最終の品質目標を変更前と同一に維持することは非常に難しい。」

という回答であった。上記のインタビューから、サプライヤーの1つが製造条件を変更する必要がある場合、最終製品の弁ばねの品質目標を変えないとすると、すべてのサプラ

イヤー間の垂直的な協力が必要であると考えられる。

本節では、研究目的を達成するために、釘と弁ばねのサプライチェーンの形態の違いの背後にある自然科学的要因を、文献およびインタビューによって分析してきた。その結果、弁ばねの品質を決定するマルテンサイト硬化の自然科学的メカニズムが十分に理解されていないため、鋼のマルテンサイト微細構造を構築するプロセスが複雑になるという事実が明らかになった。マルテンサイト研究者とのさらなるインタビュー（表 1.Iv.7）を実施し、上記と同様の質問に対して、鉄鋼の物理現象に関する自然科学的理解度とサプライチェーンにおけるサプライヤーの行動との関係を総括した形で、以下の回答が得られた。

回答：「鋼の微細構造が決定されると、その鋼の特性は、過去の経験で蓄積された知識に基づいて特定される。しかし、マルテンサイト変態と硬化のメカニズムが、科学的に十分に理解されていないため、さらなる品質改善のための理論的方法は存在しない。従って、サプライヤーは、新しい品質目標を達成するために、試行錯誤によって、サプライチェーン製造工程全体で製造条件の最適な組み合わせを見つける必要がある。この模索プロセスは、サプライチェーン内の1社では完結できず、垂直的な協力関係は避けられない。」

ここで、マルテンサイト硬化メカニズムが科学的に未解明の事実が、弁ばねのサプライヤーの協力現象の要因となる可能性が示唆された。

マルテンサイトの生成は、鉄鋼製品の物理的性質に大きな影響を与えるが、この現象は、Fe（鉄）自体の変態から生じるものである。しかし、4.4.1 で考察したように、鋼中に含まれる元素が、鋼の物理的特性にも影響を与えることが分かっている。例えば、表 3.1 における公開特許公報の PA17 によると、鋼中の次の各成分には、弁ばねの物理的特性を決定する重要な要素が記載されている。ここでは、C（炭素）および Mn（マンガン）は、強度、疲労強度、および耐へたり性を向上させ、Si（シリコン）および Cr（クロム）は耐へたり性を、Al（アルミニウム）、V（バナジウム）、および Nb（ニオブ）は、結晶粒の微細化により靱性と延性を向上させる、と説明されている。また、各成分を含有して効果を有効に発揮させるため、PA17 には含有比率の上限または下限も記載されている。また、表 4.3 および表 4.4 で見た通り、PA23 には、P（リン）、S（硫黄）の上限、PA24 には Ti（チタン）の望ましい含有率が、PA2, 3, 4, 19, 20, 23 では非金属介在物の大きさの望ましい上限値が記載されている。さらには、残留オーステナイトの状態についての条件も散見される。これらの要素は、確かに鉄鋼材料の特性に影響を与えるものであり、特に、成分添加や、非金属介在物の制御などは、鉄鋼メーカーの製鋼段階で成分調整が行われる。これらの成分調整は、二次加工の熱処理工程で、マルテンサイト変態と相互に影響し合い、結果として、上記のような弁ばねの物理的特性への影響に表れていると考えられる。即ち、マルテンサイト変態と鋼中の元素は多かれ少なかれ相互依存関係にあると推定され、

前述の各元素の適性とされる投入範囲は、弁ばねの特性との関係を経験値として蓄積した結果であると考えられる。マルテンサイト硬化のメカニズムが解明されていないことは、単に Fe の物理的な現象に留まらず、鋼中の元素との相互依存関係も含めて、全体の結晶構造の構築を複雑にしていると言える。

Ludwig et al. (1993) は、資源開発に関して、基礎となるシステムが複雑な場合は、試行錯誤によってその開発の方法を決定する必要があると述べている。Wagner (2003) は、サプライヤーは複雑さに対処する場合は、互いに協力することが不可欠であることを示唆している。先行研究でのこれらの認識は、弁ばねの新製品開発に際して、マルテンサイト構造の構築が複雑な状況下で、品質目標に対応した最適な製造条件を見つけるために、弁ばねのサプライヤーが互いに垂直的に協力しているという本研究の事例を的確に説明している。

製品をユーザーに納入後に、製品に不具合が見つかった場合、サプライヤーは協力して、新製品開発の場合と同様に、不具合が発生した原因を調査し、対応策を検討する。この垂直的な協力現象は、弁ばねの製造条件が科学的なメカニズムに基づいていないことから、不具合の原因を事前に予測できないために発生すると考えられる。即ち、製品を実際に使用するまで品質保証を完了することはできないということであり、製品の納入後においてさえ、サプライヤー全体が品質保証の責任から解放されることなく、供給責任を果たさなければならないことを意味している。これが、パフォーマンス・ギャランティーと呼ばれる品質保証のビジネス慣行（川端, 1995; Nishio & Fujimura, 2017 b）が確立されている要因と考えられる。弁ばねのサプライチェーンでこれまでに明らかになったことは、次の通りである。

- マルテンサイト変態と硬化のメカニズムは完全には理解されていないため、鋼のマルテンサイト微細構造を構築するプロセスは複雑になる。
- このため、新製品の開発など、製品の品質目標が変化した場合、サプライチェーン内のすべてのサプライヤーは、試行錯誤を繰り返しながら、新しい品質目標を満たすための最適な製造条件を模索する必要がある。
- 上記の調査と考察から、弁ばねのサプライチェーンの品質保証責任の範囲は、サプライヤー全体を網羅していることが明らかになり、**図 3.5** または **図 3.6** に示す連携が必然的に構築される。(Nishio & Fujimura, 2020)

弁ばねのサプライチェーンにおいては、海外のサプライヤーは、ごく僅かの参入に止まっていることは **3.4.1** で述べた。このように海外のサプライヤーが参入していない事実は、弁ばねのサプライチェーンにおける連携、協力関係の強固さ、競合他グループによる非代替性、模倣困難性による参入障壁の高さを裏付けている。

一方、釘の場合、文献調査（浅田, 1973; Wells, 1998）および **3.4.4** で示した釘メーカーとのインタビュー（**表 1. Iv. 6**）により、釘の製造工程は伸線と鍛造であり、マルテンサイト変態を伴うことはなくシンプルである。釘については、鋼の物理的構造が比較的理解しやすいため、上流から下流まで、サプライチェーンの品質保証は JIS に基づいており、

各サプライヤーは個々に、JISに基づいて自社製品に限った品質保証責任を全うしている。従って、サプライヤー間の企業間協力の必要はなく、各企業の事業範囲は品質保証責任の範囲と同一である。以上の理由から、釘のサプライチェーンの形態は、**図 3.7** に示すパターン 1 のサプライチェーンの形態を示していると考えられる。本節では、鋼の物理現象の自然科学的理解度の違いが、サプライチェーンのパターンを異なるものにする 2 番目の要因になり得ることを確認した。

4.4.1 および本節の議論に基づいて、各鉄鋼製品のサプライチェーンにおける品質保証のビジネス慣行および鉄鋼の物理現象の自然科学的理解度は、品質保証におけるサプライチェーンの形態の決定要因であると考えられる。品質保証のビジネス慣行が JIS などの標準仕様に基づいており、且つ、鉄鋼の物理現象の理解が比較的進んでいる場合、製品のサプライチェーンの形態は、**図 3.7** に示すような釘型を示す傾向がある。一方、ビジネス慣行がユーザーの要求仕様に基づいており、且つ、鉄鋼の物理現象の理解が不十分な場合、製品のサプライチェーンは、**図 3.6** に示すような弁ばね型の形態を示す傾向があると言える。以上の考察を踏まえて、**表 4.5** は、鉄鋼製品のサプライチェーンの形態を要約したものである。以上の研究の結果から、仮に、マルテンサイト変態による鋼の硬化メカニズムの理解が深まったとすると、製品の品質保証がユーザーの要求仕様型から JIS 型に変化し、弁ばねのサプライチェーンの形態は、釘型に変化する可能性があると考えられる。

本研究は釘と弁ばねを事例として取り上げたが、品質保証のためのビジネス慣行と鋼の物理現象の自然科学的理解度は、すべての鉄鋼製品が持つ因子である。従って、本研究で得られた知見は、他の鉄鋼製品にも適用できると考えられる。但し、他の鉄鋼製品のサプライチェーンの実態把握と詳細な分析がさらに必要である。

表 4.5. サプライチェーンの形態とその決定要素

(出所) Nishio & Fujimura (2020)より筆者作成

サプライチェーンの形態	釘型	弁ばね型
品質保証に関する ビジネス慣習	JIS規格のような 標準仕様に基づく	発注元の要求仕様に基づく
鋼の組織構造にかかわる 物理現象に対する 理解度または解明度	比較的理解し易い	十分には解明されていない

4.4.3. サプライチェーンの企業間関係に関する考察

前節までに、弁ばねと釘のサプライチェーンを比較して、その形態に至った必然的な背景を科学技術の視点から考察してきた。本節では、弁ばねのサプライチェーンの独特の形態を中心に、**第 2 章**でレビューした組織論の側面で考察を加える。

(1) 不確実性の概念

不確実性は、表 2.4 で示した 52 の企業間関係の先行研究では数多く登場した概念である。高いレベルの相互依存性が不確実性を生み出す (Oerlemans & Knobens, 2010, 表 2.4 の No. 36) という不確実性の起源を論じるものや、Yang & Zhao (2016, 表 2.4 の No. 49) では、取引コストは、予測される環境の不確実性の関数であるとする取引コスト理論を引用し、統合が環境の不確実性によって如何なる影響を受けるかを分析するもの、Zang (2000, 表 2.4 の No. 51) のように、安定性と信頼性は不確実性を最小限に抑える傾向があるといった不確実性を減少させる要素を論じるものなど、研究は多岐に亘っている。マルテンサイト変態による硬化メカニズムが解明されていない点を、鉄鋼の微細構造構築の複雑性として捉えてきた。本節では、この複雑な物理現象が、品質の不確実性の要因となっていると考えて考察を進めることとする。マルテンサイト硬化メカニズムの未解明を、環境の不確実性と捉えるならば、サプライチェーンの複数のサプライヤーが、垂直的な協力関係を維持し続けているのは、制度派組織論における「不確実性に対する対応から生じる模倣同型」と捉えることも可能であろう。また、マルテンサイト硬化の視点で見れば、高いレベルの相互依存性が不確実性を生み出す (Oerlemans & Knobens, 2010, 表 2.4 の No. 36) のではなく、マルテンサイト硬化のメカニズムが未解明であるという技術的な不確実性が、サプライヤー間の相互依存性を創出しているという、Oerlemans & Knobens (2010) とは逆の見方が成立するとも考えられる。

Thompson (1967) が不確実性を、「テクノロジーと環境の諸側面こそが、組織にとっての不確実性の基本的な源泉である」と主張した以降も、様々な不確実性の研究が行われてきたことは、第 2 章の先行研究のレビューからも伺うことができる。それだけに、不確実性という概念を本研究に当てはめることには慎重さが必要であろうが、第 2 章の組織ルーティーンでレビューした Shimazoe & Burton (2013) による不確実性に対する見方は、本研究にも参考となる視点を提供している。Shimazoe & Burton (2013) は、ニアミス (near miss) (筆者注：未然事故、製造業で使われる「ヒヤリ・ハット」に近い概念と推測する) に着目し、不確実性は、既存の一連の行動パターンを維持する理由として提示されている。即ち、不確実性に直面している環境下では、既存のルーティーンに固執する傾向が強いということであり、例えば、マルテンサイト硬化メカニズムが解明されていない中で、サプライヤーは協力して、部分最適な製造条件の組み合わせを見出す努力を重ねていると考えられる (第 2 章、2.4.3. (4) におけるインタビュー (表 1. Iv. 3,4)、即ち、「同じものを同じ条件で加工しても、似てはいるが、微妙に異なる品質となる。二次加工メーカーと弁ばねメーカーの受け渡しに関しては、設備仕様が互いに特定のになっているため、基本的に他社設備による代替が効かない。」参照)。不確実な環境下では、この一旦見出した部分最適な製造条件を変更させないことが、取り敢えずベストな選択であるとし、Shimazoe & Burton (2013) の視点に立てば、サプライヤーはこの製造条件の下でのルーティーンに固執し、変化を避ける行動を取ることになる。また、サプライヤーがそのような行動を選択しない場合でも、発注元である自動車メーカーが、不確実

な状況下での製造条件の変更による品質の変動を嫌う可能性もあろう。これが、弁ばねのサプライチェーンが、長期に亘って固定的な協力関係を維持している要因の1つと考えることもできる。

また、Lin et al. (2017) は、規則やルールが、不確実性を削減または吸収するとしており、規則や標準化が、不確実性を低減させる可能性を示唆している。釘のサプライチェーンが、JIS規格という標準化されたルールに基づいている点を考慮すると、どのサプライヤーも不確実性の不安なく取引を行える状況ゆえに、企業間の連携が存在していないと考えられ、釘のサプライチェーンの特性も、組織論の枠組みである程度説明が可能であろう。

(2) 高い参入障壁

この協力関係の中から得られた製造条件の組み合わせは、言わば無数の組み合わせの中から試行錯誤を経て獲得した極めて貴重な情報資源（筆者注：ノウハウとも言えるが）であり、既述の通り、リソース・ベースト・ビューの観点で見れば、希少で、他のグループによる非代替性、模倣困難性により、競争優位を維持していると見られる。

また、Dyer & Singh (1998) は、協業関係にあるパートナーとともに生み出したリレーショナル・レントが成立する条件を提示したが、その中に、causal ambiguity (当該の協業企業グループで構築されている因果関係が曖昧なため、競合する企業が、何が収益を生み出すのかを確認できない)、interorganizational asset stock interconnectedness (当該協業企業グループの資産ストックが相互に関連しているため、競合する企業は、その慣行や投資を真似することはできない)、さらには resource indivisibility (競合する企業は、協働企業が構築した固有のリソースを目で見ることができないため、そのリソースや能力を持つ可能性のあるパートナーの機能にアクセスできない)があった。3つのサプライヤーの持つ弁ばねの製造条件は、メカニズムが不明なマルテンサイト変態による材料硬化現象を含み、技術が相互依存しているが、その関係性を示す文書などは存在せず、外部から見れば曖昧に見える可能性は高く、サプライヤーが試行錯誤の末に創出した製造条件を目で見ることができない。

このように、リソース・ベースト・ビューと、リレーショナル・ビューの観点からも、弁ばねのサプライチェーンの参入障壁の高さを説明することができる。

(3) 機会主義的行動への制約

ここで、Williamson (1986) の主張する「全ての経済主体は、自分の利害のために機会主義的に行動する可能性がある」という観点で、弁ばねのサプライチェーンを考えてみる。図 3.6 のサプライチェーンの枠組みは維持するものの、部分最適として得られた自身の製造条件を基に製造する製品を、他のサプライチェーンに拡販し、収益を拡大するというサプライヤーが出現する可能性は高い。これが無秩序に拡散しない理由は、これも、2.4.3 の(4)で述べた技術の相互依存性にあると考えられる。「同じ条件で加工しても異なる品質となる。設備仕様が互いに特定の、他社設備による代替が効かない。」という点は、サプライヤー1社では、他の市場で機会主義的な行動を取っても効果は出ないことを意味している。

もう1つは、長期の取引関係にある自動車メーカーに製品を納めるというサプライヤ

一としての位置付け（各自動車メーカーが形成する、例えば協豊会のような自動車部品サプライヤーグループの一員であること）の大きさであろうと推定する。この一員としての位置付けは、取引コストがある程度高くても、その一員として存在することの意義が大きい（李, 2007）という判断に繋がる可能性は高い。この点を品質目標の達成という観点で見れば、自動車のサプライチェーン全体に対して、自動車メーカーによる、Fiedler (1964) の言うところの“*situational favorability*”の高いリーダーシップが発揮されていると推測できる。このように、弁ばねの製造に関する技術的な相互依存性と、自動車メーカーのリーダーシップが、Williamson (1986) の言う機会主義的行動をある程度阻止していると考えられる。

(4) 信頼について

信頼に言及した研究も、表 2.4 で多く見られた。Dyer & Singh (1998) は、組織間関係のリレーショナル・レントを高める要素として組織間の「信頼」を挙げている。弁ばねのサプライチェーンにおける企業間協力も、信頼に基づいているであろうことは議論の余地はない。しかし、材料の物理構造の構築メカニズムが解明されていないことに起因して、必然的に製品開発、プロセス一貫承認、パフォーマンス・ギャランティの履行に伴って協力関係が形成され、結果として企業間に信頼関係が生れたと考えるべきであろう。

ここで、表 3.1、表 3.2 の公開特許公報で示したような、個々のサプライチェーンにおけるエクスクルーシブでクローズドな製品開発ではなく、日本ばね学会の会員企業（現在約 500 社）による学会内に設置された分科会、委員会での共同研究を調査した。この共同研究の成果は、同学会が編纂する「ばね論文集」に見ることができる。ばね論文集の中から、この共同研究の中で、弁ばねに関係する研究の実績を収集した結果が表 4.6 である。この表で分かる通り、弁ばねの主要なサプライヤー企業と主要な自動車メーカー、および大学が研究に参加している。高垣 (2018) によれば、共同研究においては、機密保持契約といった契約も必要だが、相互に信頼が存在することが必須であるとしている。このように、業界の枠を超えて、ライバル企業や大学も含めて共同研究の場が存在していることで、人とのつながりが拡大し、信頼関係が醸成されることは確実であり、弁ばねの新製品開発、出荷前の一貫承認、出荷後のパフォーマンス・ギャランティにおいて連携が取り易い環境にあったと考えられる。また、このような、競合関係もある中で、複数の業界、および大学が、学会の分科会活動の一環として共同研究を長期に亘って継続するという、業界の持つ文化も見逃すことのできない要素と考える。この点は、組織文化に着目した Beugelsdijk et al. (2006, 表 2.4 の No.3) の研究に通じるものがある。

以上のように、企業間関係に関する組織論の観点で、弁ばねと釘のサプライチェーンの特性を説明することはできる。しかしながら、本研究は、これらの理論的な視点、或いは、不確実性、信頼という概念のさらに背後にある、自然科学的な要因に迫ることで、サプライチェーンの形態の必然性をより正確に説明しようとする試みである。言い換えれば、弁ばねと釘のサプライチェーンの形態の違いについての納得性のある説明は、この形態の

違いの必然性について自然科学的に解析することから得られるものであると考えている。

表 4.6. 日本ばね学会における弁ばねに関連する共同研究の推移

(註 1) 以下の共同研究は、ばね論文集に掲載された弁ばねに関連する共同研究において、表 2.5, 2.6 および 3.1 に記載の企業が参加した研究を示す。○印は参加した企業、組織。

(註 2) 企業名の略称：住電工：住友電気工業(株)、杉田：(株)杉田製線（旧(株)杉田製線工場）、サンコール：サンコール(株)（旧三興線材工業(株)）、村田：村田発條(株)、その他の企業は表 3.1 に示した略称とした。大学については個別名を省略した。各論文の詳細は参考文献を参照。

(出所) ばね論文集より筆者作成

論文掲載年	論文(共同研究)のタイトル	共同研究参加企業および組織														
		神鋼	日鉄	神鋼工	日SG	住電工	杉田	サンコール	東郷	中発	日発	村田	トヨタ	ホンダ	日産	大学
1977	きず入り線ばねの疲れ強さに関する共同研究報告	○			○	○			○	○	○	○				
1980	高強度鋼線の疲れ強さに関する共同研究報告	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
1982	小物ばねのショットピーニングに関する研究				○	○		○	○	○	○	○				○
1985	ばね用材料の非金属介在物評価に関する現状と問題点	○	○		○			○		○	○					
1985	線ばねの加工きずが疲れ強さに及ぼす影響				○				○	○	○	○				
1986	ばね材料における非金属介在物評価のための各種検鏡法の比較	○	○		○	○		○	○	○	○	○		○		
1987	ばね用鋼材における非金属介在物の顕微鏡試験方法に関する研究	○	○		○	○		○	○	○	○	○		○		
1989	SWOSC-V及びSUS304-WPB耐熱ばねの長時間へたり特性	○	○	○	○	○			○	○	○	○				
1991	異形断面線を用いたコイルばね調査報告	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1992	高応力下におけるばねの疲労特性の高度化	○	○		○					○	○					
1993	異形断面線を用いたコイルばね研究報告	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1994	細物ばね用高強度Si-Cr鋼オイルテンパー線の研究				○	○		○	○	○	○	○				○
1995	弁ばね用高強度Si-Cr鋼オイルテンパー線の研究	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○				○
1996	大たわみ回転曲げ疲労試験方法標準化に関する研究	○	○	○	○	○		○	○	○	○		○		○	
1998	ばね成形時の自由長の変動の要因に関する研究				○				○	○	○	○				○
2002	ショットピーニングの最適化に関する研究委員会報告	○			○	○		○	○	○	○	○				○
2008	ビッカース硬さ試験による冷間成形ばね用オイルテンパー線の脱炭層測定について			○	○	○			○	○	○	○				
2012	ばね及びばね鋼のX線残留応力測定法				○				○	○	○	○				○
2013	コイルばねの形状と特性に及ぼす焼鈍条件				○	○				○	○					○
2015	圧縮コイルばねの疲労限度線図に関する共同研究報告				○				○	○	○					○
2018	小型圧縮コイルばねの温間へたりに関する共同研究報告				○	○			○	○	○					

4.4.4. 弁ばね、釘以外の製品のサプライチェーンについての補足

(1) その他の鉄鋼製品の場合

マルテンサイト構造を持つ製品のサプライチェーンが、全て弁ばね型を示しているかどうかは確認が必要である。マルテンサイトに加えて、ベイナイト変態は熱処理によって鋼を強化する機構を持つことで知られている(牧, 1993; Fielding, 2013; Tian et al., 2018)。先行研究によると、ベイナイト変態の理解レベルも不十分である(牧, 1993; Fielding, 2013)ことが分かっている。そこで、JISC データベース検索、鋼の変態に関する文献調査、および鉄鋼線材、二次加工の鋼線メーカーへのインタビュー(表 1. Iv. 2,3,5)を実施して、各鉄鋼製品がどのサプライチェーンの形態を示すかを確認した。その結果、弁ばねと同じサプライチェーン形態を示す製品には、ピストンリングが含まれている。ピストンリングはマルテンサイト鋼を使用して製造されており、サプライチェーンにおけるサプライヤーの協力関係が確認されている。また、コイルばねとしての懸架ばねは、マルテンサイト鋼で高品質な製品であるが、弁ばねほどの厳しい品質要求はないものの、弁ばねに近似したサプライチェーンの形態を取ると見られる。一方、複数の自動車向けのマルテンサイト構造製品の品質が JIS によって規定されていることが明らかになった。即ち、マルテンサイト構造製品のサプライチェーンが全て弁ばね型を示しているわけではないことを示している。また、ベイナイト製品に関して、二次加工メーカーへのインタビュー(表 1. Iv. 5)を以下に示す。

質問:「ベイナイト構造の製品は如何なる用途に使われるのだろうか? また、その場合の品質保証の基準は?」

回答:「ベイナイトの構造用鋼線は自動車部品向けに JIS 製品として供給されている。」

これは、弁ばねとは異なるサプライチェーンの形態事例である。このようにマルテンサイトやベイナイト組織の鋼材であっても、JIS で規定されている自動車部品は複数存在する。これらの製品の品質要件は弁ばねほど高くないことは明らかであるが、マルテンサイトとベイナイトの組織があるため、鋼の微細構造の変態現象に対する理解レベルは、弁ばね同様不十分である。この理解度が不十分であるということは、既述のとおり、サプライヤーの製造条件の微妙な変化に理論的に対応する方法がないということである。従って、変更前の製品と全く同じ材質の製品を製造することは不可能であり、サプライチェーンにおける取引が JIS に基づくものであっても、サプライヤー間の協力はある程度必要であると考えられる。ただし、最終製品の品質に対する要求は JIS を超えないため、サプライヤー間の協力関係は弁ばねほど強くはないと推定される。これらのことから、弁ばね型のサプライチェーンは、鋼の硬化メカニズムが十分に解明されていないマルテンサイトやベイナイト組織製品で、極めて厳しい品質要求に基づく保証が求められる場合に出現すると推定される。以上の考察から、サプライチェーンの形態を分類するための条件は次のと

おりと考える。

- ① JIS またはユーザーの要件に基づく品質保証のためのビジネス慣行
- ② 鋼の物理現象の理解レベル
- ③ 発注元の品質に対する要求度

一方、釘と同じサプライチェーンパターンを示す製品には、JISC のデータベース検索から、例えば、ひし形金網や溶接金網および鉄筋格子などが含まれる。これらは軟鋼線材 (JIS G 3505) を原材料として製造されており、そのサプライチェーンにおいても、海外も含めて多くのサプライヤーが JIS マーク認証を取得している。

本研究では、釘や弁ばねのサプライチェーンを事例として取り上げているが、類似製品の微細構造や JIS 仕様をさらに詳しく調査することで、サプライチェーンの形態と JIS 規格、鋼の物理現象の理解度、および発注元の品質要求度の高さなどの関係について、他の多くの鋼製品に適用可能な条件を見出すことができると推測される。これらの調査、分析は今後の検討課題とする。

(2) 炭素繊維/複合材料 (CFRP) の場合

本研究は、代表的なプロセス製品として、鉄鋼製品に着目してきたが、他のプロセス製品の事例として、炭素繊維/複合材料 (以下 CFRP と記す) のサプライチェーンの分析を実施した。

炭素繊維の研究は、東レ(株)が 1961 年に日本カーボンとの共同で研究を開始したのが始まりである。1971 年に炭素繊維の商業生産が開始され、釣り竿やゴルフシャフトへの採用を経て、1980 年代に航空機部品としての採用が実現、2006 年には、Boeing787 型機向け炭素繊維/CFRP の長期供給に関する包括的正式契約が締結されて航空機産業に本格的な供給が開始された。また、自動車向けの炭素繊維/CFRP のサプライチェーンも確立している (以上、東レ(株) 炭素繊維の歴史、東レ(株) 特集 TORAY××TOMORROW、炭素繊維協会 HP より)。

炭素繊維/CFRP のサプライチェーンについても、弁ばねと同様の調査を実施した。文献調査 (Park, 2015) によると、炭素繊維/CFRP の製品製造工程においても、物理的特性が形成される科学的メカニズムのいくつかはまだ解明されていないことが明らかになった。また、炭素繊維/CFRP には JIS 規格はないことから、弁ばねと対比が可能な製品であると言える。

炭素繊維の原料は、重合したアクリロニトリル、即ち、ポリアクリロニトリル前駆体 (以下、PAN プリカーサという) である。PAN プリカーサは、耐炎化工程で加熱・酸化され、炭化された後表面処理を経て炭素繊維となる。この炭素繊維に合成樹脂を含ませ、半硬化させる工程にて (Collins Free online dictionary による) プリプレグを製造し、プリプレグを積層、加工して CFRP が製造される。PAN プリカーサから製造される炭素繊維を PAN 系炭素繊維と呼ぶが、PAN 系炭素繊維 CFRP の製造工程を図 4.4 に示す。Park

(2015)によると、この製造工程の中で、耐炭化工程で製造される半製品の化学的な構造は完全には解明されていないということである。さらに、Park (2015) は炭化工程における芳香族化のメカニズムも未解明であるとしている。

このような状況下で、PAN 系炭素繊維 CFRP のサプライチェーンは、日本では 3 つのメーカーのグループで構成される寡占状態にある。中国人民日報（人民網）（日本語版、2013 年 9 月 4 日付け）によれば、日本の炭素繊維業界を、以下のように評している。

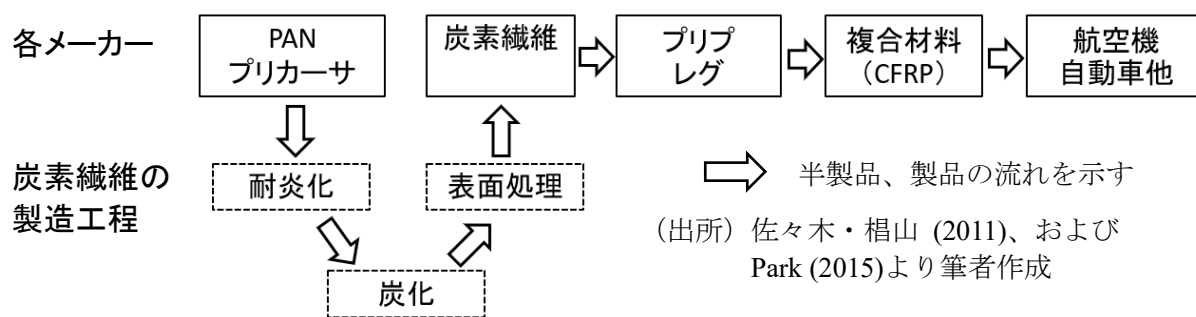


図 4.4. 炭素繊維/CFRP のサプライチェーン

現在、日本は世界最大の炭素繊維生産国だ。— (中略) — 世界のポリアクリロニトリル系炭素繊維の 70%以上のシェアを占めている。— (中略) — 日本は、1950 年代から炭素繊維合成を習得、60 年代には PAN 系炭素繊維の生産を開始し、80 年代には — (中略) — 高性能炭素繊維を製造している。現在、世界の炭素繊維の主な技術はほとんど日本企業が握っており、品質だけでなく量的にも世界トップとなっている。— (中略) —

日本は早くから業界団体が形成され、構成員は炭素繊維業界全体を網羅しているため、業界に存在する問題や要求を全面的に把握でき、効果的に産業の様々な局面に手を打つことができ、また団体は統一された規則を実施しており、産業チェーンの川上・川下の製造体系に対応できる。— (中略) — 業界団体では、川上・川下で提携して製品品質基準を制定し、炭素繊維業界の低コスト高品質の技術を実現して、業界の持続可能な発展を促進している。

さらに、自動車向け CFRP メーカーへのインタビュー (表 1.Iv.9) を実施し、以下の情報を得た。

質問：「自動車メーカーに CFRP 製品を納入する場合、自動車メーカーによる事前承認が行われているのだろうか？ また、製品納入後に自動車メーカー側で不良品が発生した場合、サプライヤー側は如何なる対応をされるのだろうか？」

回答：「納品前に自動車メーカーから製造プロセスの一貫したプロセス承認を取得す

る必要がある。また、製品納入後に、製品に不具合が発生した場合は、サプライヤーは協力して出荷後の製品不良の原因を調査する必要がある。」

このことから、サプライヤーの協力関係と、自動車メーカーに対する供給責任と品質保証の考え方は、弁ばねのサプライチェーンに見られる特性とほぼ一致していると考えられる。自動車メーカー向けの弁ばねのサプライチェーンの特性は、品質に関する JIS 規格のない炭素繊維/CFRP のサプライチェーンにも適用でき、表 4.5 の枠組みの、鉄鋼製品以外への汎用性が確認された。

(3) 航空機産業向け部品の品質マネジメント

高い品質を要求される鉄鋼製品として、自動車向けの弁ばねに着目したが、安全性の観点から、海上（2011）は、供給部品への品質要求が極めて高い航空機向けの部品供給体制について考察している。これは、航空機向けの炭素繊維/CFRP にも適用されていると推測される。

海上（2011）によると、最適な部品の製造条件を見出す過程と、一旦見出した製造条件についての対応を次のように述べている。

航空機の開発プロセスでは、各種のテストを繰り返して、加工方法や加工条件を最適化していく。その結果から、量産における生産工程を構築し、最後に完成機メーカーの工程審査を経て生産ラインの承認を受ける。こうしてようやく量産体制が整うわけだが、ここで高い安全性要求から生まれる航空機産業独特の規律をみることができる。生産ラインの確定については、—（中略）— 「量産段階になると、いったん決められた手順を変更することは基本的にできなくなり、工程を“フリーズ”させる」という。すなわち、いったん確定し承認を受けた生産手順は、厳格な変更承認の手続きを経なければ、改変することはできなくなる。これが、いわゆる工程の「凍結（フリーズ）」であり、極めて高い安全性が求められる当業界において、常に安定して同じ品質の航空機部品を生産するために課せられた制約である。もちろん理屈のうえでは、他の業界でみられるようなVA/VE活動やカイゼンなどにより明らかな生産性の向上が図られるならば、工程変更することもやぶさかではない。しかし、この場合、多くの手数をかけて工程変更の手続きを行い、再度審査を受けて厳格な承認を取り直す必要があるため、よほどの効果が望めない限り、実際には「中小企業ではやりづらい」という指摘がある。

—（中略）—

このように、新機種開発時の試作・試験段階では、長期にわたり頻繁で柔軟な試行錯誤が行われる半面、量産開始段階では、一切の工程が「凍結」され、以降、たとえ生産性向上目的の改良であっても禁じられる。他業界にはほとんどみられない特徴的な取引態様といえる。

一部で科学的なメカニズムが不明の工程を含み、不確実性を伴う物理構造を有する炭素繊維/CFRP であるが、航空機向けの品質保証体制という意味では、その生産工程は凍結されていると考えられ、納入部品についても、トレーサビリティの体制がサプライヤーの必須条件となっており、そのサプライチェーンの形態は、究極の弁ばね型を示していると推測する。ここにおいても、不確実な環境下での、組織ルーティーンの慣性と硬直性を見ることができる。

4.5. まとめ

本章では、品質保証責任の範囲と鉄鋼の物理現象の理解度の観点から、鉄鋼製品のサプライチェーンの形態を分析した。自動車用弁ばねと釘のサプライチェーンの形態の違いに着目し、品質保証に関するビジネス慣行と、鋼の組織構造にかかわる物理現象に対する自然科学的理解度、解明度が、サプライチェーンの形態に影響を与えることが明らかとなった。本章で得られた結論は以下の3点である。

- (1) 釘と弁ばねのサプライチェーンの形態の違いの原因の1つは、品質保証のビジネス慣行、即ち釘が JIS に基づいていることに対して、弁ばねがユーザーの要求仕様に基づいていることの違いである。パターン 1 のサプライチェーンの形態を取る釘の品質保証責任は、JIS 規格に基づいているが、弁ばねの品質保証責任は JIS に基づくものではなく、自動車メーカーの JIS よりも高い品質要求仕様に基づいており、弁ばねのサプライヤーはそれに応える最適な製造条件を模索し続けている。
- (2) 2 番目の要因は、鉄鋼の組織構造にかかわる物理現象に対する自然科学的理解度の違いである。弁ばねの製造工程では、マルテンサイト硬化の科学的メカニズムが完全に理解されていないため、製品の特性を決定する鋼のマルテンサイト微細構造の構築は複雑になる。一方、釘の組織構造については、比較的理解が進んでいると考えられる。その結果、弁ばねの場合は釘の場合とは異なり、サプライヤーは互いに製造工程に沿って垂直的に協力し、試行錯誤によって最終製品の品質目標を達成するための最適な製造条件を模索する。従って、各サプライヤーの品質保証責任の範囲は、サプライチェーン全体をカバーすることになる（西尾・藤村, 2016, 2017, 2018; Nishio & Fujimura, 2016; Nishio & Fujimura, 2017 a; 西尾, 2018）。
- (3) 上記2点は、釘と弁ばねに着目した結果であるが、この発見は他の鉄鋼製品にも適用できると考える。品質保証の観点で鉄鋼製品のサプライチェーンの形態を決定する条件は、以下の3つと考えられる。

- 各製品の品質保証のためのビジネス慣行
- 鉄鋼の組織構造にかかわる物理現象に対する自然科学的理解度、解明度
- 発注元の品質に対する要求度

これまで、弁ばねと釘を代表的な事例として、サプライチェーンの形態を分析してきたが、その形態が示す特徴については、企業間関係を論じた従来の組織論の観点を適用して一定の説明をすることは可能ではある。しかし、本研究は、個々の形態の特性、或いは、

特性の違いが生じる、自然科学的な必然性を明らかにした点において、組織論では言及していない新規性を有していると考えている。

第4章の参考文献

(日本語文献)

浅田幸吉 (1973). 線材および線の利用の現状と将来. *鉄と鋼*, 59(10), 1432-1467.

綾田倫彦・井上和雄・辻伸泰・宇都宮裕・齋藤好弘 (1999 a). コイルばね用中炭素ばね鋼のオースドロローイング法の開発. *鉄と鋼*, 85(5), 411-418.

綾田倫彦・井上和雄・辻伸泰・齋藤好弘 (1999 b). 下部ベイナイト域で引抜き・等温保持したばね線の機械的性質. *鉄と鋼*, 85(8), 605-612.

Williamson O. E. (1986). *Economic organization: Firms, markets, and policy control*. London: Wheatsheaf Books Ltd. 井上薫・中田善啓 (監訳) (1989). *エコノミック・オーガニゼーション — 取引コストパラダイムの展開 —*. 京都: 晃洋書房.

海上泰生 (2011). 航空機産業にみられる部品供給構造の特異性 — 極めて高い安全要求が生み出す特徴的な規律と参入障壁 —. *日本政策金融公庫論集*, 11, 21-46.

川端望 (1995). 日本高炉メーカーにおける製品開発 — 競争・生産システムとの関わりで —. In 大阪市立大学経済研究所 明石芳彦・植田浩史 (編). *日本企業の研究開発システム 戦略と競争*. 東京: 東京大学出版会.

建築基準法 (建設省告示第 1100 号) 建築基準法施行令第 46 条第 4 項表一 (一) 項から (七) 項までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有する軸組および当該軸組に係る倍率の数値を定める件 (1981). (昭和 56 年 6 月 1 日建設省告示第 1100 号).

国立国会図書館リサーチ・ナビ, JIS規格について,
https://rnavi.ndl.go.jp/research_guide/entry/theme-honbun-400392.php
(2020 年 7 月 1 日 アクセス).

佐々木健一・梶山裕介 (2011). *炭素繊維事業から見る日本材料事業の強みの再評価*. 野村総合研究所.

JIS A 5508: 2009, くぎ.

JIS G 3502: 2013, ピアノ線材.

JIS G 3505: 2017, 軟鋼線材.

JIS G 3532: 2011, 鉄線.

JIS G 3561: 1994, 弁ばね用オイルテンパー線.

人民日報（人民網）日本語版：日本の炭素繊維技術が突出しているのはなぜか
（2013年9月4日付け）<http://j.people.com.cn/94476/8388247.html>
(2020年7月1日 アクセス).

高垣行男 (2018). 共同プロジェクトにおける信頼について. *駿河台経済論集*, 27(2), 97-117.

炭素繊維協会 HP., <https://www.carbonfiber.gr.jp/field/automotives.html>
(2020年7月1日 アクセス).

東レ㈱ 炭素繊維の歴史, https://www.torayca.com/aboutus/abo_002.html
(2020年7月1日 アクセス).

東レ㈱ 特集 TORAY×TOMORROW, https://www.toray.co.jp/ir/pdf/lib/lib_a309.pdf
(2020年7月1日 アクセス).

Thompson, J.D. (1967). *Organizations in action: Social science bases of administrative theory*. New York: McGraw-Hill. 大月博司・廣田俊郎（訳）(2012). *行為する組織: 組織と管理の理論についての社会科学的基盤*. 東京：同文館出版.

西尾精一 (2015). *自動車部品を事例とした日本の鉄鋼業と自動車関連産業の企業間関係*. 東京工業大学大学院 イノベーションマネジメント研究科 平成26年度（2014年度）プロジェクトレポート.

西尾精一・藤村修三 (2016). 学会発表 鉄鋼産業と自動車産業間における企業間関係 — 製品物性の物理的構造が企業境界に与える影響 —. *特定非営利活動法人 組織学会 2016年度研究発表大会* (2016年6月12日 於 兵庫県立大学（神戸商科キャンパス）).

西尾精一・藤村修三 (2017). 学会発表 製品アーキテクチャの視点による企業間関係の構造分析と基礎研究の重要性について. *特定非営利活動法人 組織学会 2017年度研究発表大会* (2017年6月17日 於 滋賀大学（彦根キャンパス）).

西尾精一・藤村修三 (2018). 学会発表 プロセス製品における技術と組織の関係. *特定非営利活動法人 組織学会 2018 年度研究発表大会*(2018年6月9日 於 東京大学(本郷キャンパス))

西尾精一 (2018). プロセス製品における技術と組織の関係. *組織学会大会論文集*, 7(2), 87-92.
DOI: 10.11207/taaos.7.2_87

日本産業標準調査会(JISC), <https://www.jisc.go.jp/>
(2018年1月5日 アクセス).

日本産業標準調査会(JISC), JIS 検索, <https://www.jisc.go.jp/app/jis/general/GnrJISSearch.html>
(2018年1月5日 アクセス).

日本産業標準調査会(JISC). JIS マーク認証取得者検索,
<https://www.jisc.go.jp/app/mark/general/GnrCertificationRecipientConditionList?show>
(2018年1月5日 アクセス).

(日本ばね学会 共同研究 (註) 発行年順とした)

日本ばね学会 鋼線委員会 (1977). きず入り線ばねの疲れ強さに関する共同研究報告. *ばね論文集*, 22, 55-109.

日本ばね学会 高強度鋼線委員会 (1980). 高強度鋼線の疲れ強さに関する共同研究報告.
ばね論文集, 25, 53-149.

日本ばね学会 小物ばねショットピーニング委員会 (1982).小物ばねのショットピーニングに関する研究 — 加工条件と疲労強度との関係 —. *ばね論文集*, 27, 73-108.

日本ばね学会 非金属介在物評価法調査委員会 (1985). ばね用材料の非金属介在物評価に関する現状と問題点. *ばね論文集*, 30, 52-67.

日本ばね学会 線ばねの加工疵の影響委員会 (1985). 線ばねの加工きずが疲れ強さに及ぼす影響. *ばね論文集*, 30, 117-149.

日本ばね学会 非金属介在物評価法調査委員会 (1986). ばね材料における非金属介在物評価のための各種検鏡法の比較. *ばね論文集*, 31, 113-138.

日本ばね学会 非金属介在物評価法委員会 (1987). ばね用鋼材における非金属介在物の顕微鏡試験方法に関する研究. *ばね論文集*, 32, 52-74.

日本ばね学会 耐熱ばね材料委員会 (1989). SWOSC-V 及び SUS304-WPB 耐熱ばねの長時間へたり特性. *ばね論文集*, 34, 59-84.

日本ばね学会 異形断面線を用いたコイルばねに関する調査委員会 (1991). 異形断面線を用いたコイルばね調査報告. *ばね論文集*, 36, 54-76.

日本ばね学会 ばねの耐久性に関する調査・研究委員会 (1992). 高応力下におけるばねの疲労特性の高度化. *ばね論文集*, 37, 89-116.

日本ばね学会 異形断面線を用いたコイルばねに関する研究委員会 (1993). 異形断面線を用いたコイルばね研究報告. *ばね論文集*, 38, 53-72.

日本ばね学会 高強度線の耐久性に関する調査研究委員会 (1994). 細物ばね用高強度 Si-Cr 鋼オイルテンパー線の研究. *ばね論文集*, 39, 67-100.

日本ばね学会 高強度線の耐久性に関する調査研究委員会 (1995). 弁ばね用高強度 Si-Cr 鋼オイルテンパー線の研究. *ばね論文集*, 40, 57-102.

日本ばね学会 中村式回転曲げ疲労試験方法標準化委員会 (1996). 大たわみ回転曲げ疲労試験方法標準化に関する研究. *ばね論文集*, 41, 65-110.

日本ばね学会 線ばね加工法に関する調査研究委員会 (1998). ばね成形時の自由長の変動の要因に関する研究. *ばね論文集*, 43, 55-87.

日本ばね学会 ショットピーニングの最適化に関する研究委員会 (2002). ショットピーニングの最適化に関する研究委員会報告. *ばね論文集*, 47, 43-61.

日本ばね学会 硬さ試験による冷間材の脱炭層測定法研究委員会 (2008). ビッカース硬さ試験による冷間成形ばね用オイルテンパー線の脱炭層測定について. *ばね論文集*, 53, 45-56.

日本ばね学会 X 線によるばねの残留応力評価法研究委員会 (2012). ばね及びばね鋼の X 線残留応力測定法. *ばね論文集*, 57, 59-79.

日本ばね学会 コイルばねの形状と特性に及ぼす焼鈍条件研究委員会 (2013). コイルばねの形状と特性に及ぼす焼鈍条件. *ばね論文集*, 58, 49-77.

日本ばね学会 圧縮コイルばねの疲労限度線図の改訂調査研究委員会 (2015). 圧縮コイ

ルばねの疲労限度線図に関する共同研究報告. *ばね論文集*, 60, 51-105.

日本ばね学会 圧縮コイルばねの温間へたりに関する研究委員会 (2018). 小型圧縮コイルばねの温間へたりに関する共同研究報告. *ばね論文集*, 63, 71-89.

日本ばね学会(編). *ばね論文集*, <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/trbane/-char/ja/>
(2020年6月10日 アクセス)

(一社)日本溶接協会 溶接情報センター,
http://www-it.jwes.or.jp/qa/details.jsp?pg_no=0110020020
(2020年4月28日 アクセス)

古谷佳之・阿部孝行 (2009). 高強度鋼の疲労特性に及ぼす応力比の影響. *鉄と鋼*, 95(4), 378-383.

細谷佳弘 (2017). 高炭素マルテンサイトの低温焼戻し挙動におよぼすPの影響 — メリヤス針の素材設計に基づく一考察 —. *日本熱処理技術協会講演大会講演概要集*, 83, 15-18.

牧正志 (1993). 鋼のベイナイト変態と組織. *鋳物*, 65(5), 420-425.

牧正志・古原忠・辻伸泰・森戸茂一・宮本吾郎・柴田暁伸 (2014). 鋼の加工熱処理の変遷と今後の動向. *鉄と鋼*, 100(9), 1062-1075.
DOI:10.2355/tetsutohagane.100.1062

吉原直 (2011). 高強度弁ばね用鋼の開発の歴史. *R&D 神戸製鋼技報*. 61(1), 39-42.

李在鎬 (2007). サプライヤーシステムでのプロセス蓄積における信頼、学習、組織化の意義 — 協豊会の生成発展過程の考察を通じて —. *経済論叢 (京都大学)*, 179(3), 195-212.

(英語文献)

Baldwin, C.Y. (2008). Where do transactions come from? Modularity, transactions, and the boundaries of firms. *Industrial and Corporate Change*, 17 (1), 155-195.
DOI: 10.1093/icc/dtm036

Beugelsdijk, S., Koen, C. I., & Noorderhaven, N. G. (2006). Organizational culture and relationship skills.

Organization Studies, 27 (6), 833-854.

(表 2.4-3)

DOI: 10.1177/0170840606064099

Cho, J. Y., Idesman, A. V., Levitas, V. I., & Park, T. (2012). Finite element simulations of dynamics of multivariant martensitic phase transitions based on Ginzburg–Landau theory. *International Journal of Solids and Structures*, 49(14), 1973-1992.

DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2012.04.008

Collins Free online dictionary, Definition of prepreg,

<https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/prepreg>

(2020年7月1日 アクセス).

Dyer, J.H. & Singh, H. (1998). The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *Academy of Management Review*, 23 (4), 660-679.

DOI: 10.5465/amr.1998.1255632

European Patent Office (欧州特許庁), Espacenet patent search,

https://worldwide.espacenet.com/?locale=jp_EP

(2020年9月10日 アクセス).

Fiedler, F.E. (1964). A contingency model of leadership effectiveness. *Advances in Experimental Social Psychology*, 1, 149-190.

DOI: 10.1016/S0065-2601(08)60051-9

Fielding, L. C. D. (2013). The bainite controversy. *Materials Science and Technology*. 29 (4), 383-399.

DOI: 10.1179/1743284712Y.0000000157

Hidaka, K., Takemoto, Y., & Senuma, T. (2012). Microstructural evolution of carbon steels in hot stamping processes. *ISIJ International*, 52 (4), 688-696.

DOI: 10.2355/isijinternational.52.688

Igarashi, Y., Daigo, I., Matsuno, Y., & Adachi, Y. (2007). Dynamic material flow analysis for stainless steels in Japan—reductions potential of CO₂ emissions by promoting closed loop recycling of stainless steels. *ISIJ International*, 47 (5), 758-763.

DOI: 10.2355/isijinternational.47.758

Igarashi, Y., Kakiuchi, E., Daigo, I., Matsuno, Y., & Adachi, Y. (2008), Estimation of steel consumption and obsolete scrap generation in Japan and Asian countries in the future. *ISIJ International*, 48 (5), 696-704.

DOI: 10.2355/isijinternational.48.696

Iwashita, K., Murata, Y., Tsukada, Y., & Koyama, T. (2011). Formation mechanism of the hierarchic structure in the lath martensite phase in steels. *Philosophical Magazine*, 91 (35), 4495-4513.

DOI: 10.1080/14786435.2011.610763

Juleff, G., Jaikishan, S., Srinivasan, S., Ranganathan, S., & Gilmour, B. (2014). Northern Telangana, an iron and crucible steel production landscape in India. *ISIJ International*, 54 (5), 1030-1037.

DOI: 10.2355/isijinternational.54.1030

Krauss, G. (2015). *Steels: Processing, structure, and performance* (2nd ed.). Ohio: ASM International.

Lin, H., Chen, M., & Su, J. (2017). How management innovations are successfully implemented? An organizational routines' perspective. *Journal of Organizational Change Management*, 30 (4), 456-486.

DOI: 10.1108/JOCM-07-2016-0124

Ludwig, D., Hilborn, R., & Walters, C. (1993). Uncertainty, resource exploitation, and conservation: Lessons from history. *Science*, 260, 17, 36.

Man, T., Ohmura, T., & Tomota, Y. (2019). Mechanical behavior of individual retained austenite grains in high carbon quenched-tempered steel. *ISIJ International*, 59 (3), 559-566.

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-620

Mishiro, Y., Nambu, S., Inoue, J., & Koseki, T. (2013). Effect of stress on variant selection in lath martensite in low-carbon steel. *ISIJ International*, 53 (8), 1453-1461.

DOI: 10.2355/isijinternational.53.1453

Nishio, S. & Fujimura, S. (2016). Influence induced by physical structures of product materials on firm boundaries—Evidence from the Japanese automotive and steel industries. Presentation at *the 2nd World Conference on Supply Chain Management in Bangkok* (May 27th, 2016).

Nishio, S. & Fujimura, S. (2017a). Influence on Firm Boundaries by Physical Structure of Product Materials. Presentation. at *the 2017 Strategic Management Society Annual Conference in Houston* (October 29th, 2017 at the Hilton Americas-Houston).

Nishio, S. & Fujimura, S. (2017b). Influence of traditional business practice on firm boundaries – Evidence from Japanese automotive and steel industries. *International Journal of Marketing and Social Policy*, 1 (1), 55-66.

DOI: 10.17501/23621044.2017.1106

Nishio, S. & Fujimura, S. (2020). Influence of understanding of physical phenomena in materials on supply chain patterns of steel products. *ISIJ International*, 60 (9), 2112-2117.

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2020-033

Oerlemans, L. A. G. & Knobens, J. (2010). Configurations of knowledge transfer relations: An empirically based taxonomy and its determinants. *Journal of Engineering and Technology Management*, 27, 33-51. (表 2.4-36)

DOI: 10.1016/j.jengtecman.2010.03.002

Ohlund, C. E. I. C., Lukovic, M., Weidow, J., Thuvander, M., & Offerman, S. E. (2016). A comparison between ultra-high-strength and conventional high-strength fastener steels: Mechanical properties at elevated temperature and microstructural mechanisms. *ISIJ International*, 56 (10), 1874-1883.

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2016-120

Park, S. J. (2015). *Carbon fibers*. Netherland: Springer.

Pickering, F. B. (1978). *Physical metallurgy and the design of steels*. London: Applied Science Publishers Ltd.

Ping, D., Liu, T., Ohnuma, M., Ohmura, T., Abe, T., & Onodera, H. (2017). Microstructural evolution and carbides in quenched ultra-low carbon (Fe–C) alloys. *ISIJ International*, 57 (7), 1233-1240.

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2016-624

Qiao, X., Han, L., Zhang, W., & Gu, J. (2016). Thermal stability of retained austenite in high-carbon steels during cryogenic and tempering treatments. *ISIJ International*, 56 (1), 140-147.

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2015-248

Shimazoe, J. & Burton, R. M. (2013). Justification shift and uncertainty: Why are low-probability near misses underrated against organizational routines? *Computational and Mathematical Organization Theory*, 19 (1), 78-100.

DOI 10.1007/s10588-012-9149-3

Song, T. & De Cooman, B. C. (2014). Martensite nucleation at grain boundaries containing intrinsic grain boundary dislocations. *ISIJ International*, 54 (10), 2394-2403.

DOI: 10.2355/isijinternational.54.2394

Tabayashi, H., Daigo, I., Matsuno, Y., & Adachi, Y. (2009). Development of a dynamic substance

flow model of zinc in Japan. *ISIJ International*, 49 (8), 1265-1271.

DOI: 10.2355/isijinternational.49.1265

Tian, J., Xu, G., Jiang, Z., Zhou, M., Hu, H., & Yuan, Q. (2018). Transformation behavior of bainite during two-step isothermal process in an ultrafine bainite steel. *ISIJ International*, 58 (10), 1875-1882.

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-187

Tsuchiya, T., Inoue, K., Hyodo, K., Akama, D., Nakada, N., Takaki, S., & Koyano, T. (2019). Comparison of microstructure and hardness between high carbon and high-nitrogen martensites. *ISIJ International*, 59 (1), 161-168.

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-404

van der Zwaag, S., Zhao, L., Kruijver, S. O., & Sietsma, J. (2002). Thermal and mechanical stability of retained austenite in aluminum-containing multiphase TRIP steels. *ISIJ International*, 42 (12), 1565-1570.

DOI: 10.2355/isijinternational.42.1565

Wagner, S.M. (2003). Intensity and managerial scope of supplier integration. *The Journal of Supply Chain Management*, 39 (3), 4-15.

DOI: 10.1111/j.1745-493X.2003.tb00160.x

Wells, T. (1998). Nail chronology: The use of technologically derived features. *Historical Archaeology*, 32 (2), 78-99.

DOI: 10.1007/BF03374252

Williamson, O.E. (2000). The new institutional economics: Taking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature*, 38 (3), 595-613.

DOI: 10.1257/jel.38.3.595

Yang, Q. & Zhao, X. (2016). Are logistics outsourcing partners more integrated in a more volatile environment?. *International Journal of Production Economics*, 171, 211-220. (表 2.4-49)

DOI: 10.1016/j.ijpe.2015.09.036

Yoshida, H., Takagi, S., Sakai, S., Morito, S., & Ohba, T. (2015). Crystallographic analysis of lath martensite in ferrite-martensite dual phase steel sheet annealed after cold-rolling. *ISIJ International*, 55 (10), 2198-2205.

DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2014-641

Zang, X. (2000). Intercorporate ties in Singapore. *International sociology*, 15 (1), 87-105. (表 2.4-51)

DOI: 10.1177/0268580900015001005

表 4.3 および 4.4 に示す公開特許公報の明細

(註) 第 3 章参考文献「表 3.1 に示す公開特許公報の明細」および「表 3.2 に示す公開特許公報の明細」から抜粋

PA No.	発明の名称	出願者	公開特許公報 公開番号 (欧州特許庁)	公開年
2	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JPH11246943	1999
3	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JPH11246914	1999
4	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JPH11246941	1999
5	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JP2001009725	2001
6	高強度弁ばね及びその製造方法	中央発條(株)	JP2003166034	2003
7	高強度コイルばね及びその製造方法	中央発條(株)	JP2004323912	2004
8	高強度ばねとその製造方法	中央発條(株)	JP2012036418	2012
11	ばね及びその製造方法	日本発條(株)	JP2011219851	2011
12	ばね用材料およびその製造方法 並びにばね	日本発條(株)	JP2013036087	2013
13	高強度ばねの製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH04247824	1992
14	ばね用オイルテンパー線および 高強度ばね	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH04285142	1992
15	コイルばねの製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH0841533	1996
16	耐へたりに優れたばね用鋼および ばね用鋼線並びにばね	(株)神戸製鋼所、神鋼鋼線工業(株) 日本発條(株)	JP2002180199	2002
17	加工性に優れた高強度ばね用鋼線 および高強度ばね	(株)神戸製鋼所、神鋼鋼線工業(株) 日本発條(株)	JP2004315968	2004
18	高強度ばねの製造方法	(株)東郷製作所	JPH07214216	1995
19	高強度コイルばねおよびその製造方法	(株)東郷製作所	JP2003193197	2003
20	高強度ばね用鋼線	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、中央発條(株)、トヨタ自動車(株)	JP2003003241	2003
21	耐遅れ破壊性に優れたばね用オイル テンパ線	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) 中央発條(株)、本田技研工業(株)	JPH10251795	1998
22	コイルばね及びその製造方法	(株)神戸製鋼所、神鋼鋼線工業(株) 日本発條(株)、日産自動車(株)	JP2012077367	2012
23	高強度ばね	中央発條(株)、トヨタ自動車(株)	JP2003105497	2003
24	高疲労強度ばねの製造方法及び それに用いる鋼線	日本製鉄(株)	JPH02217421	1990
26	コイルばねの製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH05339763	1993
27	コイルばねの製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH05148537	1993
28	オイルテンパー線によるコイルばねの 製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH05156351	1993
29	熱間コイルングによるコイルばねの 製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH05179348	1993
30	コイルばねの製造方法	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) (株)東郷製作所、トヨタ自動車(株)	JPH05177544	1993
31	高強度ばね用鋼	日本製鉄(株)、日鉄SGワイヤー(株) 中央発條(株)、本田技研工業(株)	JPH10251804	1998

第5章 鉄鋼製品のサプライチェーンの変化と基礎研究

5.1. はじめに

これまでに、鉄鋼製品の弁ばねと釘を事例として、その製品の品質保証にかかわるサプライチェーンの形態を観察し、その形態が出現する科学的な背景を分析してきた。弁ばねにおいては、表 2.7 が示すように、サプライヤーの販売シェアの変化はあるものの、その構成は、20 年以上にわたって大きな変化は見られず、図 3.3 のサプライチェーンが長年にわたって継続してきたと考えられる。一方、釘のサプライチェーンは、その品質保証は JIS 規格に基づいており、2.4.4 で述べたように、多くの海外のサプライヤーが JIS マーク認証を取得して、サプライチェーンに参入してきている。

近年は、製品のライフサイクルの短期化、コスト競争の激化などにより、各企業にはその都度、適切な取引相手と契約を結ぶ必要性が高まってきている（斎藤・水野, 2017）。これは、サプライチェーンが静的な形態から動的な形態へと変化しているとして、動的サプライチェーンの研究も進んでいる（谷水ほか, 2011-12；斎藤・水野, 2017）。例えば、谷水ほか（2011-12）は、サプライヤーが、下流のユニットからの複数のオーダーに対して、自身にとって適切なオーダーを選択し、交渉を行うことで、より収益を高める方法を提案している。

そこで、本章では、動的サプライチェーンとは異質の、堅固に構築された様相を呈する弁ばねの特異なサプライチェーンは、果たして時間軸で見た場合に、長期に安定なのか、それとも変化し得るのかを、技術の視点から検証する。本章でのこの試みは、従来のサプライチェーン・マネジメント研究に新たな視点を賦与する意味で有意義と考える。

5.2. 研究の目的

第 4 章においては、釘と弁ばねの 2 つのサプライチェーンパターンの違いについて解析し、その違いの原因が概ね明らかとなった。これを踏まえて、次の疑問が生じる。即ち、「弁ばねの製造におけるマルテンサイト硬化のメカニズムが解明された場合、サプライチェーンにどのような変化が起こるか?」、という点である。これは言い換えれば、2 つのサプライチェーンの違いは、何の変化もなく時間的に安定なのだろうか? という点に通じるものである。そこで本章では、上記のサプライチェーンの形態が、長期間安定しているかどうかを検証することを新たな研究目的として設定する。本章においても、技術的視点の必要性を説いた Baldwin (2008) の主張に基づいて、サプライチェーンの変化について、弁ばねの技術開発の歴史などを中心に、自然科学的或いは技術的な視点で考察を行うこととする。

5.3. 研究方法

弁ばねの技術開発の歴史に関して、日本ばね工業会、線材製品協会、鉄鋼メーカーの技術レポートなどの文献を調査した。特許調査については、日本の特許庁の特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索ツール、および欧州特許庁（European

Patent Office) の検索ツール (Espacenet patent search) を活用して、弁ばねにかかわる非金属介在物除去に関する特許出願を調査した。また、プロセス製品の板ガラスの技術開発について先行研究を調査した。

5.4. 研究結果と考察

最初に、弁ばねのサプライチェーンの歴史的変遷をレビューした。この情報は、日本ばね工業会の出版物、鉄鋼線材メーカーの決算報告、線材製品に関する機関誌の記事などの文献調査により取得した。これらの情報に基づき、線材のサプライヤーに着目した弁ばねのサプライチェーンの歴史的変遷を図 5.1 に示す。図 5.1 に見られるようなサプライチェーンの変化は、その背景に以下のような技術の進歩を確認することができる。

1897 年、東京製綱が英国から線材を輸入し東京深川でワイヤロープの製造を開始したのが、日本において線材を加工し鋼線を製造した最初であった (落合, 2013)。それ以前は、高炭素の鋼線は全量輸入に依存していた。その後スウェーデンや英国から線材を輸入し、これを加工するようになったが、特に、高純度鉄鉱石から製造されたスウェーデン線材の価値は絶大であったとされる (落合, 2013)。日本での最初の線材製造は、1907 年、官営八幡製鉄所における線材生産であったが、この時期に、弁ばねの製造に関する情報はなく、東京スプリング製作所が創立され、紡績機械用ばねの生産を開始したのが日本における民間でのばね製造の始まりであった (日本ばね工業会, 2012)。その後、1937 年に陸海軍が航空機エンジンの弁ばね用ピアノ線材の国産化を榊神戸製鋼所と住友電気工業(株)に要請したことを受けて、1941 年、この両社は二次加工メーカーと共にスウェーデン材料に匹敵する弁ばね用ピアノ線材およびピアノ線の製造技術を確立した (落合, 2013)。当時の商工省は、自動車工業の発展向上のためには部品の品質およびその生産性の向上が重要との認識から、「優良自動車部品及自動車材料認定規則」を定め、自動車部品または材料について、品質、性能優秀なものを優良品として認定した。1938 年から 39 年にかけて、その商工省が認定した弁ばねメーカーの記録には、大同電気製鋼所、中央発條、山添発條、特殊発條興業などの名前が確認できることは、2.4.3 で述べた。このことから、1940 年代に、弁ばね用線材、鋼線が輸入品から国産品にシフトし、弁ばねメーカーも生産体制が整備され、現在の弁ばねのサプライチェーンの基礎が確立したと考えられる (図 5.1(a) のハイライト部分参照)。1950 年代は、高炉鉄鋼メーカーで純酸素上吹転炉法 (補遺 D-2 参照) の技術導入、二次加工メーカーでは弁ばね用ピアノ線の製造が定着し、ばね業界ではショットピーニングが実用化されるといった、技術の進展が見られた時期である (落合, 2013)。その後、高炉鉄鋼メーカーでは、転炉・取鍋精錬 (補遺 D-4 参照) における AI による脱酸法・脱ガス法 (補遺 D-5 参照) などにより、弁ばねの疲労強度に悪影響を及ぼす非金属介在物を極小化する技術が開発された。また、電気炉鉄鋼メーカーでは、製鋼段階での脱ガス法と造塊法 (補遺 D-6) で弁ばね用線材が製造されていたが、非金属介在物の除去は、その後の技術レベルから見れば十分ではなかったと考えられる (日本ばね学会 ばねの耐久性に関する調査・研究委員会, 1992)。

1980年代に入って、高炉鉄鋼メーカーにおいて、非金属介在物の極小化技術が一段と進化した。この技術は、転炉・取鋼精錬におけるSiによる脱酸法・連続鋳造法（補遺 D-7参照）によって実現した（日本ばね学会ばねの耐久性に関する調査・研究委員会(1992)）。

	海外	国内		
	鉄鋼メーカー	鉄鋼メーカー	二次加工メーカー	弁ばねとその周辺メーカー
製品	線材・鋼線	線材	鋼線	弁ばね他
～1897年	鋼線全て輸入	→		
1897年	スウェーデン、英国などから線材を輸入	東京製綱が英国から線材を輸入し加工		1904年 東京スプリング製作所、紡績機械用ばね国産化
1987年～				
1907年		官営八幡製鉄所、釘や針金用線材生産開始		
1932年		神戸製鋼所が平炉法により鋼線用線材製造		
1937～1941年		1937年 陸海軍は航空機エンジン弁ばね用等のピアノ線材の国産化を神戸製鋼所と住友電気工業に要請		1938～1939年商工省認定弁ばね企業 ・大同電気製鋼所 ・中央発條 ・山添発條 ・特殊発條興業他
		1941年 両社及びグループ内の鋼線メーカーはピアノ線の製造技術を確立		
1950年代		純酸素上吹転炉法による製鋼法を導入	ピアノ線製造定着	日本発條板ばね製造にショットピーニング実用化

(註1) ハイライト部分は、我が国の弁ばねのサプライチェーンの基礎が確立した時期を示す。

(註2) ⇨ は、線材、鋼線の輸入を示す。


(出所) 日本ばね学会 ばねの耐久性に関する調査・研究委員会 (1992)、日本ばね工業会 (2012)、落合 (2013)、西尾・藤村 (2017) より筆者作成


図 5.1 (a) 1900 年前後から 1950 年代まで

図 5.1. 弁ばねのサプライチェーンの変遷

	国内				海外メーカー
	電炉鉄鋼メーカー	高炉鉄鋼メーカー	二次加工メーカー	弁ばねとその周辺メーカー	
製品	線材	線材	鋼線	弁ばね他	
1960年代	脱ガス・造塊法普及		オイルテンパー線実用化		
1970年代		転炉・取鍋精錬 (Al脱酸)・脱ガス・造塊法が普及。非金属介在物低減	ピアノ線からSi-Crオイルテンパー線に移行		
1980年代		転炉・取鍋精錬 (Si脱酸)・連続鋳造法により、非金属介在物極小化が著しく進展	Si-Crオイルテンパー線が主流	弁ばねの疲労強度大幅改善	日系の弁ばねメーカーが海外に製造拠点設立
1990年代 (筆者推定)	弁ばね用線材の製造から撤退				線材・鋼線輸出
2000年以降					日本の二次加工メーカー海外進出 (スウェーデン企業買収等)

(註1) 1990年代のハイライト部分は、弁ばねのサプライチェーンに大きな変化があった時期を示す。

(註2)  線材、鋼線の輸出を示す。

 国内において線材が鋼線に加工されることを示す

(出所) 5.1(a)の出所、および土田 (2011)より筆者作成

図 5.1 (b). 1960 年代以降

図 5.1. 弁ばねのサプライチェーンの変遷

弁ばね用線材の非金属介在物極小化に関するこの技術的発見は、先行研究 (奥島, 1988 ; 日本ばね学会, ばねの耐久性に関する調査・研究委員会, 1992) において次のように説明されている。

- 非金属介在物の存在が疲労特性に悪い影響を与えることが知られている。
- 非金属介在物は、鋼中に大きな粒子として残っている場合、疲労破壊の起点になるため、微細化を図る必要がある。
- 1,400~1,500°C 以下の融点を持つ $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ の含有物は、熱間圧延で非常に高い延性を示し、熱間または冷間圧延または伸線工程において長く引き伸ばされ、細かく粉砕される。

- この発見によって、非金属介在物が疲労破壊の起点になることを防いでいる。
- これは、非金属介在物の組成を制御する方法であり、疲労欠陥の原因を排除し、疲労強度を向上させる。
- この工程を正常に完了するには、介在物中の Al_2O_3 の含有量を 20~30% の狭い範囲内に制御する必要がある。

このように、非金属介在物の物理現象に関する理解の深まりによって、線材の品質が向上したのである。この発見が実際に実施された 1980-1990 年代に、(株)神戸製鋼所は、線材の輸出を開始し、現在では、世界の弁ばね用線材市場のシェア 50% を獲得しているとしている (株)神戸製鋼所, 2007)。

日本製鉄(株)は、製鋼工程における二次精錬や凝固現象などの清浄鋼の生産に注力し、(株)神戸製鋼所とは異なる方法により、線材中の非金属介在物を最小限に抑えるための研究を進めた (小舞ほか, 1983 ; Goto et al., 1995)。非金属介在物の悪影響の排除に成功し、弁ばねの疲労強度は、厳しい品質要求に対応しながら 1980 年代後半から 1990 年代にかけて約 30% 向上した (Yoshihara, 2011)。それ以降、日本の弁ばね用線材の品質は、他国の製品を上回り、日本の線材のサプライヤーは徐々に輸出を増やして行った。インタビュー (表 1. Iv. 5) では、弁ばね用の材料輸出について以下の情報を得た。

質問: 「1980 年代に非金属介在物極小化技術が開発された後、その輸出は鉄鋼メーカーの線材の形で輸出されたのだろうか? それとも二次加工メーカーの鋼線も輸出されるようになったのであろうか?」

回答: 「弁ばねの原材料の輸出は、高炉鉄鋼メーカーが製造する弁ばね用ピアノ線材だけではなく、その線材から国内の二次加工メーカーが製造する鋼線 (オイルテンパー線) も、海外の弁ばねメーカー向けに供給されるようになった。」

このように、海外の線材および二次加工メーカーに置き換わる形で、日本のサプライヤーが世界の弁ばねのサプライチェーンに参入したのである。この高炉鉄鋼メーカーによる新たな知見は、電炉鉄鋼メーカーにもその影響が及んだと考えられる。Nishio & Fujimura (2017) および図 3.3 の弁ばねのサプライチェーンから、日本における弁ばね用線材メーカーは高炉鉄鋼メーカーのみである。高炉鉄鋼メーカーによる非金属介在物極小化のこの技術的進展は、既述のように高炉・転炉・取鍋精錬・連続鋳造法において開発されたものである。図 5.1 (b) で見ると通り、1970 年代後半までは、電炉鉄鋼メーカーも電気炉製鋼法、脱ガス法などによって弁ばね用線材を製造していたのである。過去の公開特許公報 (公開特許公報 PA32: 本田技研工業(株)・大同特殊鋼(株) (1987) 参考文献参照) を見ると、電炉鉄鋼メーカーは少なくとも 1980 年代後半までは弁ばね用線材を製造していたことは明らかである。

この事実から、1990 年代頃に、電炉メーカーは弁ばねのサプライチェーンから撤退し

たと推定される。上記の(株)神戸製鋼所、日本製鉄(株)の非金属介在物極小化技術は、高炉・転炉法・取鍋精錬法・連続鋳造法という一連の高炉・転炉法における特殊技術であったために、電炉鉄鋼メーカーは品質においても、コストにおいてもこれに追従できず、最終的には弁ばね用線材の製造から撤退したものと考えられる。この点は、インタビュー(表 1. Iv. 5)において確認した結果、

「証拠は確認できないものの、その可能性が高い」、

との回答であった。これは、弁ばね用線材について、電炉鉄鋼メーカーから高炉鉄鋼メーカーへのサプライヤーの交代と考えられ、日本の弁ばねのサプライチェーンにおける大きな構造変化であった。1990年代初頭、欧州の大手電炉メーカーが、弁ばね用線材の生産から撤退した(日本ばね工業会, 2012)のも、同様の理由と考えられる。

1980年代の高炉鉄鋼メーカーによる鋼中の非金属介在物極小化という、鉄鋼材料の物理構造に関する新たな知見の取得が、1990年代に世界の弁ばねのサプライチェーンの構造を変えることとなった(図 5.1 (b) 1990年代のハイライト部分に示す)。

以上の歴史的考察により、弁ばねのサプライチェーンは、その基礎が築かれた1940年頃、そして1980~90年代の新たな科学的知見による構造変化という2つの歴史上の変革を経ていたことを確認した。このような変革を経て、今日、高炉鉄鋼メーカーである(株)神戸製鋼所と日本製鉄(株)が製造する日本製の弁ばね用線材とその鋼線は、日本の自動車メーカーだけでなく、海外の自動車メーカーにも広く使用されている(日本ばね工業会, 2012)。

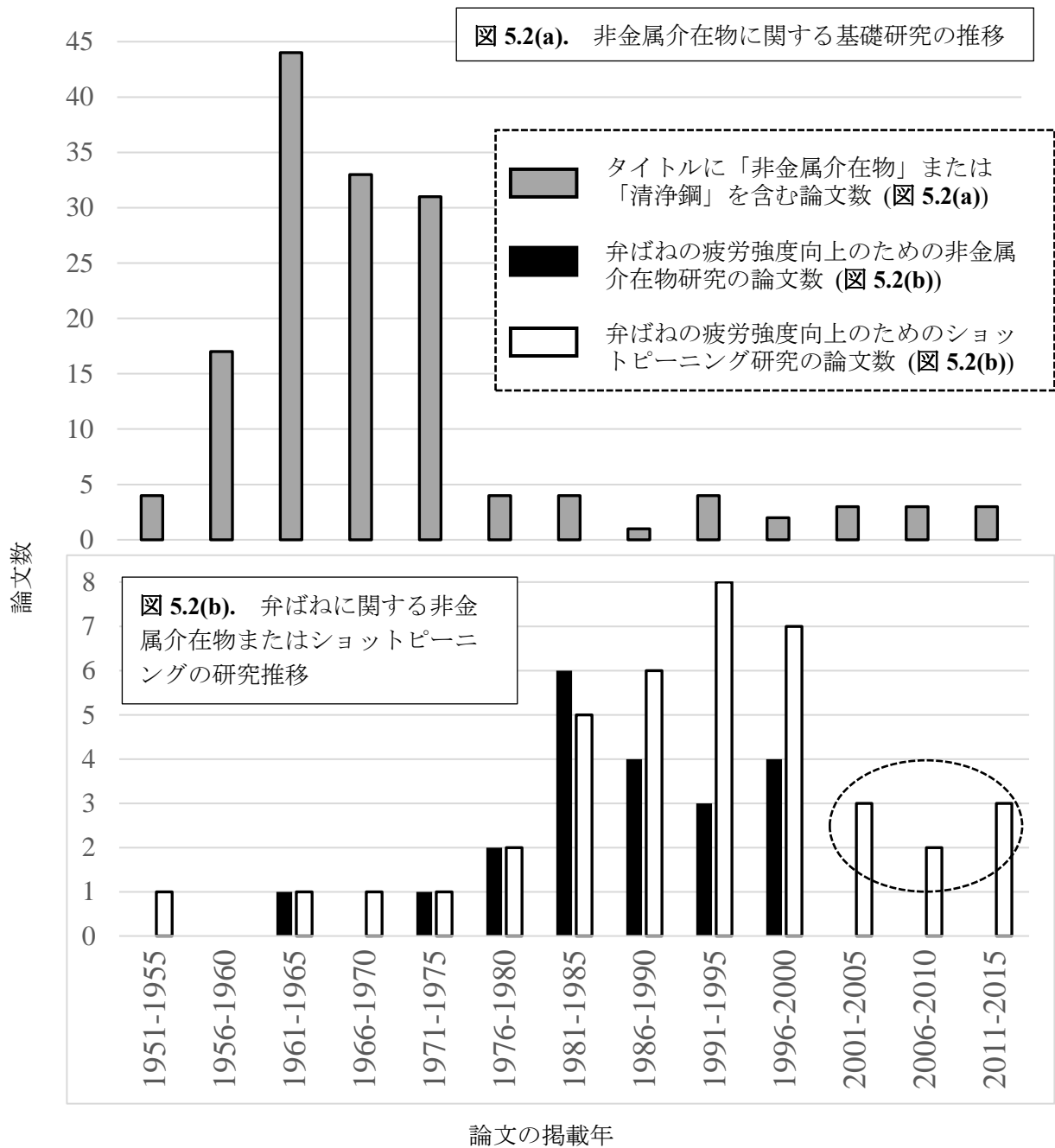
ここまで確認された事実から、サプライチェーンのサプライヤーが、鉄鋼製品の製造における問題解決のために、鋼中の物質の物理現象について、より科学的な理解を獲得すると、市場で競争上の優位性を獲得し、長年安定していたサプライチェーンの構造を変えることができることが明らかとなった。仮に、原子および分子レベルでマルテンサイト硬化の科学的メカニズムが解明できれば、弁ばね材料のマルテンサイト微細構造の構築における複雑さは無くなることになり、二次加工メーカーは、線材を一般市場から原材料として自由に調達し、弁ばね用のオイルテンパー線を製造することが可能となると推察する。この場合、二次加工メーカーは、図 3.5 または図 3.6 に示す協力関係パートナーからのみ購入する必要はなく、また、目標品質に最適な製造条件を見つけるためにサプライヤー間で垂直的に協力して試行錯誤を繰り返す必要も無くなるのである。同様に、弁ばねメーカーは、弁ばねを製造するために市場からオイルテンパー線を自由に調達することができる。このような状況下では、個々のサプライヤーは、自身が製造する製品仕様または標準規格のみに基づいて品質を保証すれば良く、全サプライヤーが最終製品の品質を保証する必要性は無くなる。即ち、品質保証に関して、サプライヤー間の企業間協力の必要は無くなるのである。これは、弁ばねのサプライチェーンの形態が、現在観察されるサプライヤー間の協力関係を有する形態から、釘のサプライチェーンの形態に変化することを意

味する。釘の製造が和釘から洋釘への転換期に、サプライヤーは、協力体制の下で試行錯誤を重ねたことは既に述べた。その後、釘の JIS が制定されて JIS ベースの取引が基本となり、パターン 1 のサプライチェーンの形態が構築されたことを考慮すると、弁ばねのサプライチェーンの形態も、釘の形態に収斂する可能性は十分にあると推測される。これは、**図 3.6** から **図 3.1** へのサプライチェーンの形態の変化を意味する。

以上の分析から、自然科学的な新しい理解が、弁ばねの製造工程に追加されると、非金属介在物の悪影響を最小限に抑える場合と同様に、サプライチェーンが変化する可能性がある。そこで、非金属介在物に関する物理現象の新しい理解をもたらしたものは何かを以下で検証する。

これまでに、非金属介在物に関する研究は数多く存在し、鋼の特性と、その性能を改善するための介在物の制御が、鉄鋼製造上の重要な要素となり、「inclusion engineering (介在物工学)」という用語が 1980 年代にこのプロセスを説明するために作られた (da Costa e Silva et al., 2018)。

図 5.2 は、日本における鋼中の非金属介在物に関する研究の歴史を示している。**図 5.2(a)** は、日本鉄鋼協会が出版する「鉄と鋼」に掲載された先行研究のうち、タイトルに「非金属介在物」または「清浄鋼」を含む論文の数の推移を示している。1960 年代および 1970 年代に、鋼中の非金属介在物に関する多くの基礎研究が蓄積されたことが分かる。この調査の対象となる論文は、必ずしも高品質の鉄鋼線材を対象としている訳ではなく、鋼板や棒鋼などのすべての鉄鋼製品に影響を及ぼす因子として研究されている。従って、鉄鋼製品全般に適用できる研究であり、基礎研究の意味合いを持つ。また、**図 5.2(b)** では、日本ばね学会のばね論文集において発表された弁ばねの疲労強度の改善を論じた論文のうち、鋼中の非金属介在物を除去する、または極小化する方法を論じた論文数の推移を黒色の棒グラフで示している。**図 5.2(a)** および **5.2(b)** から、1960 年代および 1970 年代には、鋼中の非金属介在物の悪影響を最小限に抑えることを目的とした基礎研究が、さまざまな種類の鋼に対して行われ、1980 年代および 1990 年代に、それが弁ばねの疲労強度の改善のための研究につながったことが分かる。さらに、**図 5.2(b)** は、2001 年以降、鋼の非金属介在物に関する公開された研究論文がないことを示しているが、弁ばね表面の圧縮残留応力に影響するショットピーニングの研究（白色の棒グラフ）は継続していることが分かる。これは、ショットピーニングの研究は現在まで続いているのに対して、非金属介在物の悪影響を最小限に抑えることによる弁ばねの疲労強度を改善する研究は、2000 年頃までに一段落したことを示唆している。この事実は、非金属介在物に関する基礎研究の結果が、実際の生産プロセスに適用され、その研究が弁ばねのサプライチェーンの構造を変化させるほどに一定の成果を上げたことを裏付けている。

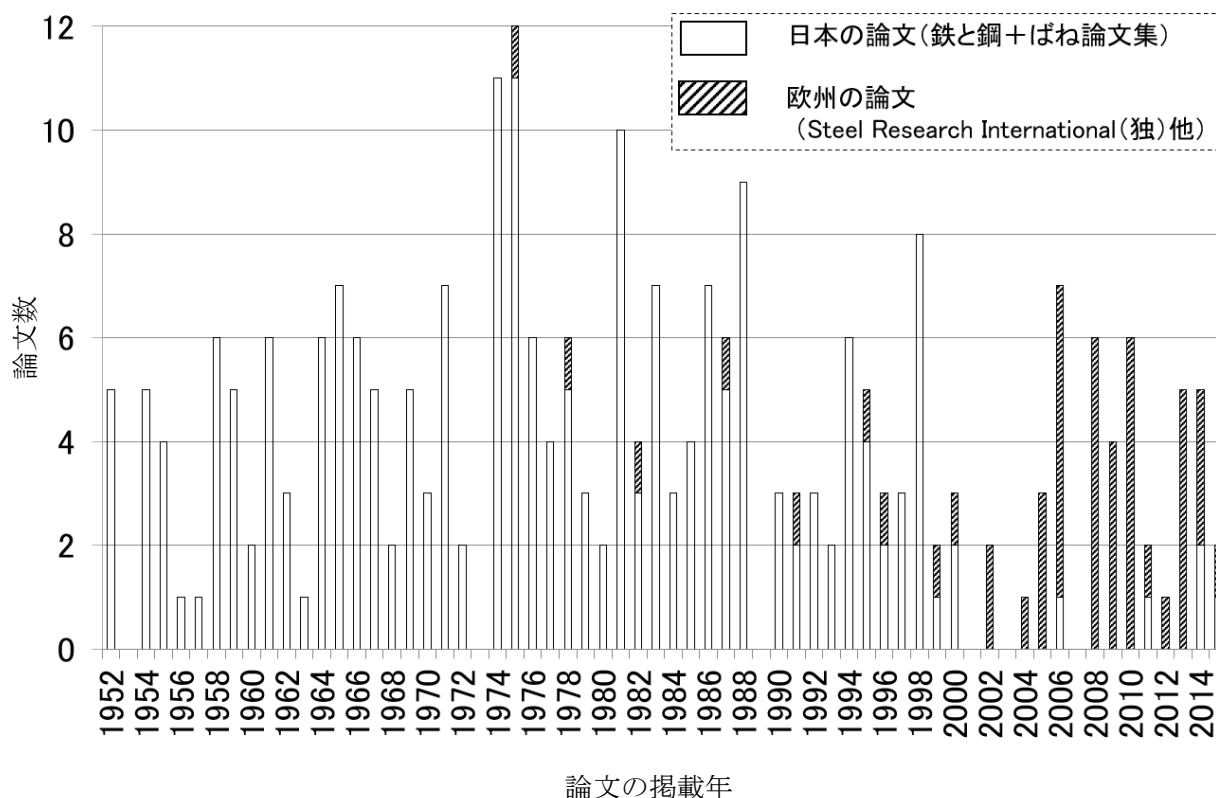


- (註1) 図 5.2(a) は、日本鉄鋼協会学会誌「鉄と鋼」において、タイトルに「非金属介在物」または「清浄鋼」を含む論文数の推移を示す。
- (註2) 図 5.2(b) は、日本ばね学会の論文集である「ばね論文集」において、弁ばねの疲労強度の向上を目的とする研究の内、「非金属介在物」または「ショットピーニング」を研究の対象としている論文数の推移を示す。
- (出所) 「鉄と鋼」の論文検索、および「ばね論文集」の論文から筆者作成

図 5.2. 非金属介在物に関する研究の推移

上記のように、高炉鉄鋼メーカーは、非金属介在物の悪影響を抑えることで弁ばねのサプライチェーンで一定の成果を達成し、世界の線材市場でシェアを大幅に拡大した。図 5.2(a) より、「鉄と鋼」に掲載された論文の中で、1961 年から 1975 年まで間に非金属介在物または清浄鋼に関する研究が 108 件あったことが分かる。この 108 件の論文のうち、66 件は高炉鉄鋼メーカーによる研究であるが、電炉鉄鋼メーカーは 12 の論文数に止まっている。高炉鉄鋼メーカーは、長年にわたって蓄積した基礎研究の結果を、(1 つの事例ではあるが) 弁ばねの非金属介在物の極小化に応用し、生産と販売に成果を収めたと考えられる。一方、非金属介在物に関しては、基礎研究が高炉鉄鋼メーカーほどは十分でなかった電炉鉄鋼メーカーは、高炉鉄鋼メーカーと同じ品質で同じ生産コストで線材を製造することは、1990 年代にはもはや不可能となったと推定される。その結果、電炉鉄鋼メーカーは競争力を失い、最終的に弁ばねのサプライチェーンから撤退したと考えられる。

また、図 5.3 は、1950 年代以降、所属機関が日本または欧州の著者による非金属介在物の論文数の比較を示す。非金属介在物の極小化に関する日本の論文は、「鉄と鋼」および「ばね論文集」に掲載されているものである。一方、欧州における論文は、Steel Research International と Steel Research に掲載されているものである。この調査についても、図 5.2(a) と同様、鋼板や棒鋼などのすべての鉄鋼製品に影響を及ぼす因子として研究されているもので、基礎研究の位置付けである。日本では、1970 年代から 1980 年代にかけて多くの研究が行われ、非金属介在物の基礎研究が進んでいることが伺えるが、欧州の論文は、同じ時期には殆ど見ることができない。欧州ではむしろ、2000 年以降に論文数が増加する傾向を示している。Yoshihara (2011) が示すように、日本においては 1980 年代後半から 1990 年代にかけて、弁ばねの疲労強度が大幅に改善した。日本製の線材、鋼線が輸出を開始したと見られるこの時期に、非金属介在物の疲労強度に与える物理現象の理解度が日欧で大きな差が存在したことを図 5.3 に見ることができる。マルテンサイト硬化のメカニズムは不明のままであったものの、制御可能な要素として非金属介在物を最小限に抑えることで、疲労強度が大幅に改善されたのである。その結果、日本製線材の品質は世界市場で高く評価され、図 5.1 に示すようなサプライチェーンの構造変化をもたらしたと考えられる。



(註 1)

日本の論文数は、以下の学会誌に掲載された論文の内、著者の所属が日本に在る場合を対象とする。① 「鉄と鋼」 (和文) , ② 「ばね論文集」 (和文)

(註 2)

欧州の論文数は、以下の学会誌に掲載された論文の内、著者の所属が欧州に在る場合を対象とする。① Steel Research International (英文) , ② Steel Research (英文) , ③ Archiv für das Eisenhüttenwesen (Archive for the ironworks) (英文または独文)

(註 3) 検索ツール : Web of Science Core Collection の検索ツールによる

(註 4) 検索キーワード : トピックスキーワード

「鉄と鋼」の場合 : 「非金属介在物」または「二次精錬」または「清浄鋼」

英文の場合 : “Nonmetallic Inclusion” OR “Nonmetallic Inclusions” OR
 “Non-metallic Inclusion” OR “Non-metallic Inclusions” OR
 “Secondary Refining” OR “Clean Steel”

(註 5) 論文の掲載時期 : 1975 – 2012 年

(註 6) 欧州の対象となった国 : キーワード検索でヒットした論文の著者の所属する国を調査し、以下の国を欧州とした。

ドイツ、スウェーデン、フランス、イタリア、オーストリア、ポーランド、フィンランド、ノルウェー、ハンガリー、旧チェコスロバキア、旧ユーゴスラビア

図 5.3. 鋼中の非金属介在物に関する論文数推移 (日欧比較)

以上の考察から、一部の自然科学的メカニズムが製造工程において不明であった場合、そのメカニズムが解明されたり、或いはより良い製造条件の組み合わせが発見されたりすると、サプライチェーンが大きく変化する可能性があることが判明した。基礎研究の蓄積は、このような新しい自然科学的・技術的知見を得るための重要なマネジメント戦略であり、ツールであることは明らかである。高炉鉄鋼メーカーが、線材の非金属介在物を極小化するための新たな製造条件を設定することは、即ち、弁ばねの製造条件を上流の鉄鋼メーカーで変更することに他ならない。第4章で考察したようなマルテンサイト硬化のメカニズムが不明な段階では、この新たな試みも、マルテンサイト変態の影響を少なからず受けて、非金属介在物への悪影響を排除するという期待効果が出現するかどうか不明となる可能性も考えられる。この点をインタビュー（表1. Iv. 2, 3）で確認することとした。その内容を以下に示す。

質問：「1980年代に非金属介在物の制御方法について、鉄鋼メーカーによる大きな発見があり、弁ばね向け線材の市場が大きく変化するきっかけとなったと理解している。この非金属介在物の制御方法を変えた場合、二次加工でのマルテンサイトの製造方法、製造条件も変わるのだろうか？線材製造の条件が変化するので、二次加工の熱処理条件も変わり、弁ばねメーカーの加工方法も変わるものと推定する。その場合はサプライヤーが連携して試行錯誤を行い、新たな製造条件を模索するということだろうか？それとも、非金属介在物の制御は、マルテンサイトの製造条件とは独立で、線材の制御方法だけを変えて、良好な疲労強度を持つ弁ばねが製造されたと考えるべきなのだろうか？」

回答：表1. Iv. 2

「非金属介在物の制御方法を変えても、二次加工での造り込みに変更はない。二次加工では非金属介在物が変化しないためである。」

回答：表1. Iv. 3

「弁ばねの材料が、Cr-V系からSi-Cr系へと変化する時期と丁度重なって、Si-Cr鋼において、この技術が使えるか否かを二次加工メーカー以下で検証した事案である。検証の結果、鉄鋼メーカーの線材の制御方法だけを変えて、良好な疲労強度を持つ弁ばねが製造された、と理解している。」

このインタビュー結果から、非金属介在物極小化技術の発見について、サプライチェーンの中の位置付けと意義を確認しておく。本件を図2.12で例えれば、AからSまでの製造条件のうちで、Aを変化させた場合、その他の製造条件と相互依存関係がある中では、まして、二次加工において、メカニズムが不明なマルテンサイト硬化が存在する中では、品質が期待通り改善するか否かは全く分からない状況となることも考えられる。

ここで**第3章**において分析した弁ばねに関する特許共同出願をレビューすると、**表3.1**は、自動車の軽量化に伴い、エンジンを小型化、軽量化するという自動車メーカーの方針に対応するため、新たな弁ばねの開発が求められ、サプライヤー各社が開発を進め、特許公報として公開されたものである。**第3章**で述べた通り、これらの特許公報は新たな弁ばねの開発において、鉄鋼、二次加工、弁ばね製造の各分野が、それぞれに新たな製造条件を見出し、知的財産として公開されたものである。これは、**第4章**のインタビュー（**表1. Iv. 7**）結果で示した、「マルテンサイト変態と硬化のメカニズムが、科学的に十分に理解されていないため、さらなる品質改善のための理論的方法は存在しない。従って、サプライヤーは、新しい品質目標を達成するために、試行錯誤によって、サプライチェーン製造工程全体で製造条件の最適な組み合わせを見つける必要がある。」という内容を裏付けている。即ち、弁ばねの原料となる線材から製品製造に至る製造条件は、サプライチェーンを通じて相互依存性を有することから、新たな品質目標に対して、サプライヤー各社が協力し、一貫した製造条件を見出しているのである。しかし、非金属介在物極小化による、弁ばねの疲労強度の改善については、インタビュー結果からは、非金属介在物を極小化するという鉄鋼メーカーにおける製造条件の変更は、二次加工メーカー、弁ばねメーカーの製造条件には影響を与えなかったことが明らかになったのである。鉄鋼メーカーによる非金属介在物極小化のための製造条件変更は、他の製造条件に影響を与えず、また影響を受けることもなく、最終製品の疲労強度が改善されたのである。言い換えれば、素材である線材の品質の向上が、必ずしもそのまま二次加工、ばね加工を経て、最終製品に対して品質の向上には働かない筈のところ、非金属介在物極小化技術の場合は、二次加工、ばね加工に影響を及ぼさずに、製品の品質向上が図れたということである。この発見は、全てが相互依存する複雑な系の中で、他にも影響を与えず、他からも影響を受けないという独立の因子の発見であったと言えるのである（無論、ある範囲での微小な製造条件への影響はあった可能性はあるが）。この点で、この発見は、製造条件の変更によってサプライチェーン全体が、本来多くの追加の取引コストが発生してもおかしくない状況の中で、その現象は起きずに、機会的な取引コストを大幅に改善し、製品の疲労強度の向上に貢献した発見であったといえることができる。

基礎研究による科学的知見の蓄積については、例えば、マルテンサイトについてその硬化メカニズムが一気に原子・分子レベルで解明された状況を想定することは難しいが、少しでもそれに近づく研究努力が重ねられていると推測する。その中で、あるサプライヤーの1社が、新たな科学知を創出した場合、弁ばね型のサプライチェーンでは、その科学知が、1社単独に帰属するのか、それとも、その科学知に関与したサプライチェーン全体に帰属するのかは、他社の関与の仕方によってケース・バイ・ケースであろう。しかし、どちらであろうと、それを発見した主体は、極力長い間、その知的財産によって先行者優位のポジションを維持しようとすることは、企業のマネジメントとして必然である。そこで重要な方策は、知財戦略であり、本章で述べた非金属介在物の極小化技術に関しても、特許の記録が残されている（**表5.1**参照）。

表 5.1. 非金属介在物極小化技術の発見に関する特許情報（1980～90年代の出願事例）

（註）特許情報の収集方法

日本の特許庁の特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索ツール、および欧州特許庁（European Patent Office）の検索ツール（Espacenet patent search）を使用し、キーワードに「弁ばね」「介在物」「疲労強度」を入力し、特許として登録されている特許情報を対象として検索。得られた特許情報から、1980～90年代の出願された特許情報を抽出し、筆者が抜粋、作成した。

PA No.	発明の名称	特許申請した国または地域	出願者	出願日	公開特許公報公開番号	公開年	特許登録番号	登録細目記事
33	高纯净度鋼	日本	日本製鉄株式会社 (旧新日本製鐵株式会社)	1985年10月26日	1987-99436	1987	2129463	権利消滅日 (2005年10月26日)
34	高強度コイルばね およびその製造方法	日本	住友電気工業株式会社	1988年11月08日	1990-129422	1990	2775778	権利消滅日 (2005年05月01日)
35	疲労特性に優れたばね用鋼	日本	株式会社神戸製鋼所	1998年12月15日	2000-178686	2000	3504521	権利消滅日 (2018年12月15日)
36	Spring steel superior in fatigue properties	欧州	株式会社神戸製鋼所	1999年12月14日	EP1010769 A1	2000	EP-B1- 001010769	権利消滅日 (2019年12月14日)

1980年から1990年代に掛けて発見された、弁ばねの疲労強度改善のための非金属介在物極小化技術は、特許としても登録され、表 5.1 に示した特許はいずれも出願から20年以上が経過し、特許権が消滅している。特に、1980年代に出願された特許は、特許権が消滅して以降、既に15年以上が経過している。しかしながら、未だに、図 3.3 で示した弁ばねのサプライチェーンは、新規のサプライヤーに置き換わることなく存続している。1990年代に、世界のサプライチェーンの構造を変えた非金属介在物極小化技術に関して、その特許の有効期限を超えても、国内のサプライチェーンには変化は観察されず、継続性を維持している背景には、以下の理由が考えられる。

第1は、前述の如く、非金属介在物極小化技術が鉄鋼メーカーにおいて単独で発見され、それが、二次加工以降のサプライチェーンの製造条件に大きな影響を与えなかったことから、特許申請が鉄鋼メーカー単独で行われ、二次加工メーカー以下の製造条件が公開されていないことである。図 2.12 で示した通り、弁ばねの製造は、鉄鋼製造から弁ばね製造までの一貫した製造条件の下で製造されるため、鉄鋼メーカーにおける製造条件の情報だけでは、既存の製品と同品質の弁ばねを製造することは極めて困難と考えられる。

第2は、1990年代以降現在に至るまで、当初発見された技術を逐次改良し、都度、特許取得を継続していることである。日本の特許庁の特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索ツールを使用し、上記の特許出願以降、国内において類似の内容の特許出願及び特許登録の状況を調査した。その結果、表 5.2 に示すように、出願並びに登録され、権利が存続している14件の特許情報が得られた。

表 5.2. 弁ばねにかかわる非金属介在物極小化に関する継続的な特許登録

(註) 日本の特許庁の特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索ツールを使用し、出願日を 1999 年以降として以下のキーワード検索を実施した。全文で「弁ばね」および「疲労強度」、および申請の範囲で「介在物」および「SiO₂」および「CaO」、を入力し検索。得られた結果を出願日順に並べて筆者作成。

PA No.	発明の名称	出願者	出願日	公開特許公報公開番号	公開年	特許登録番号
37	耐疲労特性に優れたばね鋼	日本製鉄株式会社 (旧住友金属工業株式会社)	2002年05月29日	2003-342688	2003	3912186
38	疲労特性に優れた高純度ばね用鋼線	株式会社神戸製鋼所	2004年01月22日	2005-029887	2005	4315825
39	疲労強度および冷間加工性に優れた高純度鋼	株式会社神戸製鋼所	2004年01月22日	2005-29888	2005	4423050
40	疲労強度または冷間加工性に優れた高純度鋼の製造方法	株式会社神戸製鋼所	2004年10月01日	2006-104506	2006	4393335
41	高純度ばね用鋼	株式会社神戸製鋼所	2004年11月24日	2006-144105	2006	4347786
42	疲労特性に優れた高純度ばね用鋼および高純度ばね	株式会社神戸製鋼所	2006年06月09日	2007-327121	2007	4134203
43	高純度ばね用鋼	株式会社神戸製鋼所	2006年06月09日	2007-327130	2007	4134204
44	疲労特性に優れたSiキルド鋼線材およびばね	株式会社神戸製鋼所	2006年12月28日	2008-163424	2008	4134223
45	疲労特性に優れたSiキルド鋼線材およびばね	株式会社神戸製鋼所	2006年12月28日	2008-163427	2008	4134224
46	疲労特性に優れたSiキルド鋼線材およびばね	株式会社神戸製鋼所	2006年12月28日	2008-163428	2008	4134225
47	ばね鋼	株式会社神戸製鋼所	2009年03月19日	2010-222604	2010	5329272
48	高純度ばね用鋼	株式会社神戸製鋼所	2009年06月24日	2009-215657	2009	5231345
49	伸線性及び伸線後の疲労特性に優れた高炭素鋼線材	日本製鉄株式会社 (旧新日鐵住金株式会社)	2012年02月28日	WO2012/118093	2012	5310961
50	疲労特性に優れたSiキルド鋼線材、およびそれを用いたばね	株式会社神戸製鋼所	2013年01月15日	2014-136810	2014	5937973

即ち、弁ばねの疲労強度改善を目的とした非金属介在物極小化技術の発見は、特許登録を素材メーカーによる単独の特許登録とし、その後も、鉄鋼メーカーは同技術の改善を弛むことなく継続し、逐次特許登録を重ねてきたことを伺うことができる。世界の弁ばねのサプライチェーンに変化を与えた科学的発見は、このように息の長い知財戦略によって、サプライチェーンとしての競争優位を維持してきたと考えられる。

品質改善プロセスの発見に対する知財戦略は、後述する板ガラス製造の Pilkington 社の対応にも見られる。また、Mazzola & Perrone (2013, 表 2.4, No. 29) は、ポジショニングスクールのパースペクティブを引用し、企業間関係は、他の企業間関係に対してパートナー

と共に競争し、市場で特定の望ましいポジションを獲得するための手段であるとしており、サプライチェーンとして競争優位を確保するための、サプライチェーンとしての知財戦略も重要な課題であると言える。

基礎研究によって創出された科学知は、いずれは技術のコモディティ化とともに価値が低下すると考えられるが、本節の非金属介在物制御技術、前述の炭素繊維/CFRP 製造技術、後述する板ガラス技術などを見るまでもなく、プロセス製品における新たな科学知の創出は、一定期間競争優位を維持できる環境を構築できると考えられる。

また、サプライチェーンの変化という視点で、**第 2 章**で述べた組織ルーティーンに関する Shimazoe & Burton (2013)の分析をレビューしておく。Shimazoe & Burton (2013) は、不確実性を、既存の一連の行動パターンを維持する理由として提示している。即ち、弁ばねのような材料の物理現象に対して不確実性がある間は、既存のサプライヤーは現状の協力関係を維持しようとする可能性を示唆している。これは、サプライヤーの自発的行動だけでなく、航空機部品の供給体制にも見られるように、発注元がその強固な組織ルーティーンを要請しているという見方もできる。しかし、逆に言えば、不確実性の減少が、新たなルーティーンへの変化を促すとも言える。この場合の不確実性の減少は、1 つは、物理現象のメカニズムの解明であり、もう 1 つは、**第 4 章**で Lin (2017)を引用しつつ述べた標準化ではなからうか。この両方が同時に進行することはあろうが、鉄鋼で言えば、現行のマルテンサイト製品が、一部 JIS 化されていることを鑑みると、品質要求の拡大を断ち切って一定の割り切りで JIS 化するという選択肢はあり得る。その場合は、サプライチェーンは変わる可能性があると考えられる。物理現象のメカニズムの追及と、品質要求の拡大か JIS 化かという視点は、今後の研究課題とする。

このような鉄鋼製品の品質改善に関する発見と、サプライチェーンへの影響について、他のプロセス製品の事例と比較するため、本節では板ガラスの技術的な発展を取り上げた。

ガラスと人類のかかわりも鉄と同様に古いものがある。4 世紀頃には、工芸家たちによってガラス製品の製造技術が開発され、その後、貿易と工芸家達の移動によって世界に広められたとされる (Utterback, 1994)。最初の板ガラス製法は、17~18 世紀頃のクラウン・ガラス法と呼ばれるまったくの手作業によるものであった。その後、製造工程は非連続型から連続型へと改良が加えられ、1894 年法人化された Pilkington Brothers 社は、漸進的な工程イノベーションを導入しながら、板ガラスを生産していた (Utterback, 1994)。Pilkington Brothers 社のエンジニアであった L.A.B. Pilkington (Nascimento (2014) によれば、Pilkington Brothers を運営していた Pilkington 家とは無関係) は、1950 年代前半に、画期的なガラスのフロート工法と呼ばれる製造法を発見した。Utterback (1994) によれば、フロート工法は、熔融ガラスを完璧に平坦な熔融錫の上に流し出し、固化させる製造法で、板ガラスの製造において、大幅な品質向上とコスト削減を実現した画期的な工法であったとしている。さらに、この工法は、錫がガラスより密度が高いことを利用し、熔融ガラスが錫の表面上に浮いた状態で支持される形となっており、ガラスの帯が錫浴を進む

に従って温度は連続的に下げられ、ガラスは液体の金属以外に触れていない状態のうちに固まるという仕組みになっている。錫の表面は完璧に平滑であるため、徐冷が済んだ板ガラスは研削や研磨の必要がない点も重要である。製造された板ガラスの表面は、研削や研磨がそれまで造り出してきたどんな製品より平滑で、Utterback (1994) は、これこそが、板ガラス生産者たちが何世紀にもわたってめざし努力を続けてきたもの、即ち、厚さが均一で光沢のある平滑な高品質ガラスであったとしている。

この製造法は、1959年に発表されたが、商業化まではさらなる開発作業を要したとされる (Group Company History, Pilkington Group Ltd. より)。実生産では、研削と研磨工程が一掃され、ラインの短縮、歩留りの向上、労働費用の80%、エネルギーの50%が削減されたとのことである (Utterback, 1994)。世界中のメーカーがこの工法のライセンスと専門知識を求めていた中、Pilkington Brothers社は、この工法を既存の主要なガラスメーカーにライセンス供与する方針を決定し、ライセンシーにフロート工法のさらなる開発を支援するよう奨励し、それらがPilkington Brothers社自体でも利用可能であるという条件で、彼らが行う改善を自由に使用できるようにしたとされている (Group Company History, Pilkington Group Ltd. より)。1967年にカナダでラインを増設、1970年には、英国での増設の他、豪州と南アフリカにラインを新設、さらには、ロンドン証券取引所にPilkington plc.として上場を果たした (出所：同上)。その後も、欧州各国、ブラジルでも権益を拡大し (出所：同上)、グローバルに資本の拡大と、技術供与を展開し、ガラスのサプライチェーンに大きな変革をもたらしたと考えられる。

本稿でこの板ガラスの製造方法に着目した理由は、ガラスという製品が既に市場に定着していた状況下で、ガラスの品質を改善する技術で世界のサプライチェーンに大きな影響を与えたという点である。デジタルカメラやスマートフォンなどが、それまでになかった機能で市場に登場したという形ではなく、品質の改善努力が、サプライチェーンに大きな変化をもたらした点で、弁ばねの疲労強度改善を目的とした非金属介在物の極小化と通じるものがあると考えた。但し、この大きな成果が出るまでには、長い期間の小さな成果の積み重ねが必要であり、また、大規模な投資判断も必要であろうと推定する。Utterback (1994) はこの点について以下のように述べている。

生産性におけるこれらの巨大な飛躍が、費用あるいはリスクなしに獲得されたとは解釈すべきでない。技術的な不連続性は突然の改良をもたらすが、しかしそれは研究および新工場とその設備にしばしば途方もない投資をともなっている。かつてアラスデア・ピルキングトン卿は、もしあらかじめ彼と彼の会社の重役たちがフロートガラス技術開発の費用の全体額を知っていたなら、けっしてそれを試みはしなかつただろう、という意見を述べている。— (中略) — 会社はまだせっせと投資し続け、12年間も単年度黒字に達しなかつたのである。

このような長期に亘る研究開発と大規模投資は、前述した炭素繊維の開発にも見られ

ることは良く知られている。しかし、研究開発を継続しなければ、投資の機会が巡ってくることはなく、Pilkington (1969) はフロート工法の開発について次のように述べている。「フロート工法で直面した問題（最初は困難なものであったが）を、研究開発によって全て解決してきたという経験的知識を通じて、目標達成のための投資に対して自信を持つことができる(Our confidence in the investments aimed at achieving these targets is enhanced by the knowledge that none of the problems we have met in the float process- however stubborn initially-has refused to yield to research and development.)。』

本章では、基礎研究が弁ばねのサプライチェーンの変化に大きな影響を与え、鉄鋼業のビジネスに重要な役割を果たす可能性があることを検証した。逆の観点で言えば、サプライチェーンのサプライヤーが基礎研究を継続しない限り、競合他社がサプライチェーンに参入することを許容する可能性は高まるということである。その意味で、基礎研究は、競合他社が新しい科学的発見によって市場に参入することを事前に防止するという意味では、重要なリスクヘッジのツールであるとも言えることができる。

5.5. まとめ

本章では、弁ばねのサプライチェーンの変化が、鋼に含まれる非金属介在物の極小化という新たな科学知によって誘発されたことが明らかとなった。その新たな知見は、基礎研究の長年の積み重ねの結果として生み出されることも確認した。第4章で考察した、マルテンサイト硬化現象が科学的なメカニズムとして十分に理解できていない事実が、弁ばねの独特のサプライチェーンの形態を構築しており、その独特の形態は長期に安定的に推移してきた。しかし、釘のサプライチェーンも、現在のような、JIS規格を品質保証の基盤としたシンプルな形態になる以前は、サプライヤーの一体的な協力や、試行錯誤が必要な時期が存在していた。このような分析から、マルテンサイト硬化現象を内包する弁ばねのサプライチェーンが変化した事例の如く、科学的なメカニズムが十分には解明できないまでも、その解明に多少でも近づく知見を得た当事者は、他社に比べて競争優位に立ち、結果としてサプライチェーンの形態や、産業構造までも変化させる可能性があることを認識すべきである。また、弁ばねの事例と同様、プロセス製品の品質向上の視点では、Pilkingtonによる「フロート工法」という新たな科学的な知見の影響にも見ることができる。同時に、本章での結論として、その新たな知見は、一朝一夕で獲得できるものではなく、継続的な基礎研究がその知見の獲得をもたらすという点が重要である。

文部科学省の令和元年版科学技術白書（文部科学省, 2019）では、総務省統計局「科学技術研究調査報告」による基礎研究の定義を紹介している。これによると、基礎研究とは、「特別な応用、用途を直接に考慮することなく、仮説や理論を形成するため又は現象や観察可能な事実に関して新しい知識を得るために行われる理論的又は実験的研究」であるとしている。また、同白書では、基礎研究は、誰も足を踏み入れたことのない知のフロンティアを開拓する営みであり、研究者たちは絶えず独創的なアイデアや手法を考案し、試行錯誤を繰り返しながら、少しずつ未知を既知へと変えていくものとし、基礎研究は目に

見える成果が現れるまで長い時間を要したり、その成果がどのような役に立つのかが直ちに分からなかったりすることが多いとしている。さらに同白書は、その結果として解明・創出された「真理」、「基本原理」や「新たな知」は、科学的に大きな価値があるだけでなく、既存の技術の限界を打破し、これまでにない革新的な製品やサービスを生み出すなど、私たちの暮らしや社会の在り方を大きく変える可能性を秘めているとしている。

本章で解析した非金属介在物の研究の歴史は長く、また、特定の鉄鋼製品に限定して行われたものではなく、広く鉄鋼製品全般に適用できる研究が、弁ばねに活用されて、大きな成果を得た事例であった。また、基礎研究の成果が出るまでは長期間を要するが、これを怠ると、新たな知見を得た競争相手によって、瞬く間に市場から退出を迫られることも認識しておくべき点であろう。

第5章の参考文献

(日本語文献)

Utterback, J. M. (1998). *Mastering the dynamics of innovation: How companies can seize opportunities in the face of technological change*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
大津正和・小川進 (訳) (1998). *イノベーション・ダイナミクス* (第5版). 東京: 有斐閣.

奥島敢 (1988). 高純線材製造技術の最近の進歩. (一社) 日本鉄鋼協会 — 第126/127回西山記念技術講座, 147-166.

落合征雄 (2013). 日本の高炭素鋼線の歩み-1. *線材とその製品*. 51(3), 4-5.

㈱神戸製鋼所 (2007). 第155期 中間期 株主の皆様へ 平成19年4月1日～平成19年9月30日「オンリーワン製品のご紹介」,
<http://www.kobelco.co.jp/ir/library/everyone/2007/2q/index.html>
(2017年6月29日 アクセス).

小舞忠信・水上義正・伊賀一幸・楠隆・鈴木真 (1983). RH-脱ガス装置による取鍋精錬技術. *鉄と鋼*, 69(2), 238-247.

斎藤晃一・水野浩孝 (2017). 企業間取引の効率化のための動的サプライチェーンに関する研究. *東海大学紀要情報通信学部*, 10(1), 36-44.

谷水義隆・織田文太郎・清水悠介・小澤知里・前田泰宏・岩村幸治・杉村延広 (2011-12). 動的サプライチェーンにおける適応戦略の構築に関する研究 (オーダ選択手法の提案と実験的評価). *日本機械学会論文集 (C編)*, 77(784), 4339-4351.

土田喜一郎 (2011). 新日本製鐵、特殊鋼棒線の海外展開について. *特殊鋼*, 60(2), 9-11.

特許庁 website, 特許情報プラットフォーム J-PlatPat における特許・実用新案検索,
<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/>
(2020年9月10日 アクセス).

西尾精一・藤村修三 (2017). 学会発表 製品アーキテクチャの視点による企業間関係の構造分析と基礎研究の重要性について. *特定非営利活動法人 組織学会 2017年度研究発表大会* (2017年6月17日 於 滋賀大学 (彦根キャンパス)).

(一社) 日本鉄鋼協会, 鉄と鋼,
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/tetsutohagane/-char/ja>
(2018年4月10日, 2019年2月8日 アクセス)

日本ばね学会 ばねの耐久性に関する調査・研究委員会 (1992). 高応力下におけるばねの疲労特性の高度化 — 共同研究. *ばね論文集*, 37 (1992), 89-116.

日本ばね学会(編). *ばね論文集*, <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/trbane/-char/ja/>
(2020年6月10日 アクセス)

(一社) 日本ばね工業会 (2012). *ばねの歴史*. 東京: (一社) 日本ばね工業会.

文部科学省 (2019). *令和元年版科学技術白書*. 文部科学省

公開特許公報

PA32: 本田技研工業(株)・大同特殊鋼(株) (1987). 高強度弁ばね用鋼及びその製造方法.
JPS62170460 (1987-07-27).

(英語文献)

Baldwin, C. Y. (2008). Where do transactions come from? Modularity, transactions, and the boundaries of firms. *Industrial and Corporate Change*, 17 (1), 155-195.
DOI: 10.1093/icc/dtm036

da Costa e Silva, A. L. V. (2018). Non-metallic inclusions in steels—origin and control. *Journal of Materials Research and Technology*, 7 (3), 283-299.
DOI: 10.1016/j.jmrt.2018.04.003

European Patent Office (欧州特許庁), Espacenet patent search,
https://worldwide.espacenet.com/?locale=jp_EP
(2020年9月10日 アクセス).

Goto, H., Miyazawa, K., Yamada, W., & Tanaka, K. (1995). Effect of cooling rate on composition of oxides precipitated during solidification of steels. *ISIJ International*, 35 (6), 708-714.
DOI: 10.2355/isijinternational.35.708

Group Company History, Pilkington Group Ltd. NSG Group. HP,
<http://100th.nsg.com/groupcompany/01/01/>
(2020年7月1日 アクセス).

Lin, H., Chen, M., & Su, J. (2017). How management innovations are successfully implemented? An organizational routines' perspective. *Journal of Organizational Change Management*, 30 (4), 456-486.
DOI: 10.1108/JOCM-07-2016-0124

Mazzola, E. & Perrone, G. (2013). A strategic needs perspective on operations outsourcing and other inter-firm relationships. *International Journal of Production Economics*, 144, 256-267. (表 2.4-29)
DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.02.012

Nascimento, M. L. F. (2014). Brief history of the flat glass patent – Sixty years of the float process. *World Patent Information*, 38, 50-56.
DOI: 10.1016/j.wpi.2014.04.006

Nishio, S. & Fujimura, S. (2017). Influence of traditional business practice on firm boundaries – Evidence from Japanese automotive and steel industries. *International Journal of Marketing and Social Policy*, 1 (1), 55-66.
DOI: 10.17501/23621044.2017.1106

Pilkington, L. A. B. (1969). Review Lecture: The float glass process. *In Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 314 (1516), 1-25.
DOI: 10.1098/rspa.1969.0212

Shimazoe, J. & Burton, R. M. (2013). Justification shift and uncertainty: Why are low-probability near misses underrated against organizational routines?. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 19 (1), 78-100.
DOI 10.1007/s10588-012-9149-3

Web of Science Core Collection,
http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=E1s2aq6xu6n3mCWZYRd&preferencesSaved=
(2019年2月8日 アクセス).

Yoshihara, N. (2011). Development history of wire rods for valve springs. *KOBELCO Technology Review*, 30, 41-45.

第6章 結論および今後の課題

本章では、本研究の目的に対して、第5章までに得られた結論と今後の課題、およびインプリケーションについて述べる。

6.1. 結論

本研究は、従来のサプライチェーンの研究では着目されることが少なかったプロセス製品に焦点を当て、品質保証の観点でそのサプライチェーンの特徴と、その特徴を出現させる必然性について考察したものである。

本研究の目的の第1は、代表的なプロセス製品である鉄鋼製品のサプライチェーンが、品質保証の観点および自然科学的、技術的視点で見た場合、如何なる構造を形成しているのかを明らかにし、その原因を解析することであった。

第2は、科学的知見が、鉄鋼製品のサプライチェーンに与える影響を明らかにすることである。即ち、鉄鋼製品のサプライチェーンの形態は、長期に安定なのか、それとも、技術進歩や新たな知識の獲得などの科学的知見の影響を受けて、変化し得るのかを検証することであった。

弁ばねの場合は、製品が発注元に供給されるまでのサプライチェーンにおいて、その製品属性を決定付ける主要な物性の生成メカニズムが、原理的に解明されていないケースが存在することが明らかとなった。その結果、サプライチェーンにおいて、複数のサプライヤーが1つの企業体の如く一体となって、試行錯誤に基づいた新規開発や、環境変化への対応を行っているという、独特の形態が観察された。

ここで観察された企業間の協力関係は、従来の経済学や経営学の理論的視点により、ある程度の説明は可能と考えられるが、その協力現象の必然性を自然科学的な視点で推論した点に、本研究の新規性があると考えている。

分析の結果として、上記の研究目的に対し以下の結論を得た。

- (1) 本研究は、プロセス製品としての鉄鋼製品に着目し、品質保証の観点で弁ばねと釘を事例としてそのサプライチェーンの形態を分析した。その結果、釘の場合は、品質保証責任と企業の事業範囲とが一致しているが、弁ばねの場合は、サプライヤーの品質保証責任の範囲は個々の企業の事業範囲を超え、サプライチェーン全体に及んでおり、サプライヤーの企業間で独特の協力関係が確認された。その独特の形態は、鉄鋼のミクロ組織の構築という物理現象（マルテンサイト変態による鋼の硬化）のメカニズムが、科学的に未解明であるという事実に起因していると推定される。
- (2) この鉄鋼の物理現象の科学的メカニズムについて、完全ではないにせよ、少しでも理解が進んだ場合には、この独特のサプライチェーンの形態が変化する可能性が示された。これは、基礎研究の蓄積により、サプライヤーが新たな科学的知識を獲得した場合には、そのサプライチェーンにおいて競争優位を確立し、サプライチェーンの構造を変化させる可能性を示す。言い換えれば、基礎研究は、新たな知識の獲得によって、新規のサプライヤーがサプライチェーンに参入することを防ぐという、リスクヘッジの役割を持つことが示唆された。

6.2. 今後の課題とインプリケーション

一方、残された課題も少なくない。プロセス製品に関して、部品の発注元である自動車メーカーの視点や行動に関する考察、サプライチェーンの形態と JIS 規格、鋼の物理現象の理解度、および発注元の品質要求レベルなどの関係についてのさらなる調査、分析が課題として挙げられる。また、**第 5 章**で述べた、サプライチェーンにおける知的財産、海外展開、基礎研究などについて以下で補足する。

6.2.1. サプライチェーンにおける知的財産

弁ばねの疲労強度の改善を実現した非金属介在物極小化技術の発見は、**第 5 章**で述べた通り、その後の知的財産のマネジメントによって、科学知としてサプライチェーン内に維持されてきた。一方、**表 3.1**で示した、自動車の軽量化、エンジンの小型化に対応した弁ばねのコンパクト化に関する共同出願による発明の中には、既に権利が消滅した特許も複数存在する。例えば、**表 3.1**に示す PA13, 14, 15, 21 は、弁ばねのサプライヤー3 社と自動車メーカー1 社の共同出願であり、特許登録されている発明である。これらの特許は、何れも権利は消滅しており、権利消滅以降も、同様の出願者による後続する内容の特許出願は確認できない。この特許権の消滅以降、4~10 年が経過しているが、新規参入のサプライヤーは観察されず、弁ばねのサプライチェーンに大きな変化はない。このことから、サプライチェーンを構成する企業が固定されることによって、新規参入が難しくなり、ノウハウがサプライチェーンの中に包含されて、特許権が消滅した後もサプライチェーンとしての競争優位を維持していると考えられる。

弁ばねのサプライチェーンによる知的財産のマネジメントは、**第 5 章**で述べた非金属介在物極小化技術の発見に関する対応と、自動車の軽量化にかかわる弁ばねに関する発明とでは、対応が異なる部分はあるが、鉄鋼製品のサプライチェーンにおける知財戦略は、品質保証にかかわる研究にとって有用な視点であり、今後検討すべき重要な研究課題である。

6.2.2. サプライチェーンの海外展開

前章で述べた非金属介在物極小化の発見以降、日本製の弁ばね用ピアノ線材、或いはオイルテンパー線が、その品質においてグローバル市場でシェアを拡大して行く一方、日本の自動車メーカーは、海外での生産台数の拡大とともに、鋼材や半製品に対する現地調達化を進めた。これに伴い、海外の日系自動車メーカーの生産拠点においても、高機能でばらつきの少ない品質の製品が求められ（南田・荒賀, 2019）、弁ばねのサプライヤーに対しても、日本国内と同様の品質が要請されたものと推定される。

このようなビジネス環境の中、日本において非金属介在物の極小化技術が確立されて以降、日本の高炉鉄鋼メーカーが製造するピアノ線材を海外に輸出し、二次加工以降弁ばね製品までを、海外において製造するサプライチェーンのパターンが見られるようになった。**表 6.1** は日本の弁ばねサプライヤー企業の圧縮コイルばねの海外における製造拠点を示したものである。必ずしも弁ばねに関連する製造拠点に限ったものではないが、二次加工からばね製造までのサプライチェ

ーンに沿った海外展開を見ることができる。

表 6.1. 日本の弁ばねサプライヤーの海外における圧縮コイルばね製造拠点

(註) () 内は、鈴木金属工業(株) (現日鉄 GS ワイヤ(株)) が 2008 年にスウェーデンの Haldex Garphyttan AB を買収する以前に既に設立されていた Haldex Garphyttan AB の海外拠点の設立年を示す。
 (出所) 日本ばね工業会総務委員会 (2012) において、圧縮コイルばねの製造拠点として記載されている現地会社名を基本とし、さらに各社 HP. を参考に筆者作成

海外拠点の種類	設立母体会社名	海外拠点						
		米国		欧州		アジア		
		会社名	設立年	会社名	設立年	会社名	設立年	
二次加工	(株)神戸製鋼所・神鋼鋼線工業(株)・サンコール(株)の共同出資					神鋼新確弹簧鋼線(佛山)有限公司	2012	
	日鉄SGワイヤ(株)(2009年にスウェーデンの二次加工メーカーHaldex Garphyttan ABを買収)	Suzuki Garphyttan Corp. (USA)	(1997) 2009	Suzuki Garphyttan AB (Sweden)	(1906) 2009	Suzuki Garphyttan (Suzhou) Co., Ltd. (China)	(2006) 2009	
		Suzuki Garphyttan S.A. de C.V. (Mexico)	2017	KTS Wire Ltd. (England)	(1947) 2009			
ばね製造	サンコール(株)	Suncall America Inc. Automotive Division of Indiana	2000			広州新確汽車配件有限公司	2006	
						Suncall High Precision (Thailand) Ltd.	2000	
ばね製造	日本発条(株)	NHK Spring Precision of America, Inc.	2005			広州日弘機電有限公司	2003	
						NHK Spring (Thailand) Co.,Ltd.	1963	
						NHK Automotive Components India Private Ltd.	1985	
	中央発条(株)	Chuo Precision Spring Glasgow, Inc. → 2017年 Chuhatsu North America, Inc.に再編、名称変更	2001				昆山中和弹簧有限公司	2004
							天津中発富奥弹簧有限公司 → 2014年 天津隆星弹簧有限公司に名称変更	2003
							中發工業股份有限公司 (台湾)	1987
							Chuo Thai Cable Co. Ltd.	1996
							PT Chuhatsu Indonesia	1978
(株)東郷製作所					Togo Seisakusyo (Thailand) Co.,Ltd.	2002		
村田発条(株)	American MSC Inc.	1987			村田弹簧(無錫)有限公司	2011		

前章までに述べたように、鋼のマルテンサイトの硬化現象が科学的に解明されていないことに起因して、サプライヤー間の協力による試行錯誤から得られた模倣困難なノウハウが、日本の弁ばねのサプライチェーン内に蓄積されていた。上記の海外拠点の設立は、日本において蓄積されたノウハウを有するサプライチェーンのパターンを、日本の自動車メーカーの要請に沿った形で、

日本のサプライヤーがグローバル展開した結果であると考えられる。日本でのサプライチェーンのパターンが海外に展開される事例は、弁ばね以外にもボルト・ナットをはじめとして、自動車の重要な部品のサプライチェーンにも見ることができる(土田,2011; 近藤,2017; 宮崎精鋼(株) HP; 榊青山製作所 HP)。

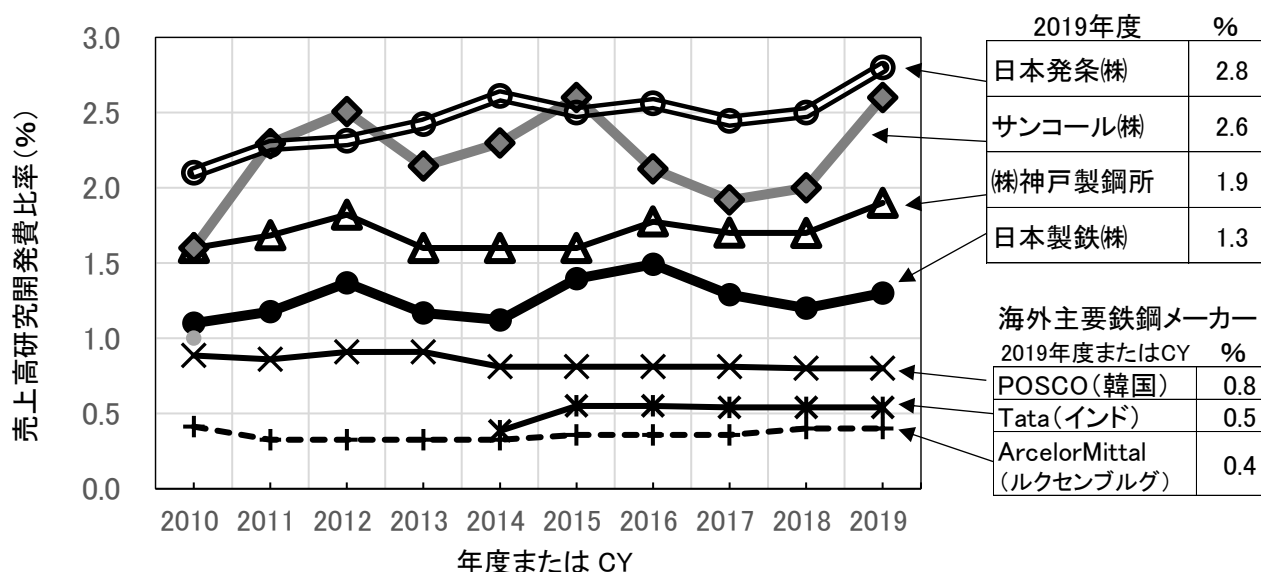
このような、日本国内のサプライチェーンのパターンをそのまま海外に移設する現象は、単独の企業による国際的な競争力を示すというよりは、サプライチェーンとしての日本の競争力の一端を示していると考えられ、今後の産業競争力の研究に通じるものであると考える。

6.2.3. 基礎研究についての考察と課題

サプライチェーンの形態に影響を与えるような科学的な発見が、長年の基礎研究の成果である点は第5章で述べた。そこで、研究開発マネジメントの視点において、あるべき基礎研究の規模や期間について考察、示唆することは意義深いと考えるが、容易ならざるテーマである。第5章で引用した基礎研究の定義にしても、Austin (1959) が述べた如く、基礎研究について語ることは容易であるが、正しく定義付けることは容易ではない。まして、鉄鋼を事例として、実際に鉄鋼メーカーで推進している研究活動を基礎研究と応用研究に分類して、その規模を論じることは不可能と言える。そこで、本節では、データとして入手可能な研究開発費に着目し、弁ばねのサプライヤーである鉄鋼メーカー、二次加工メーカー、弁ばねメーカーの、2010年度以降10年間における売上高研究開発費比率(当該年度に連結ベースで計上された研究開発費の対売上高比率)を調査した。

調査に当たり、鉄鋼メーカーは日本製鉄(株)と(株)神戸製鋼所、二次加工メーカーと弁ばねメーカーはサンコール(株)、弁ばねメーカーは日本発条(株)を選択し、それぞれの有価証券報告書のデータから売上高研究開発費比率を求め、グラフ化したものを図6.1に示す(二次加工メーカーの神鋼鋼線工業(株)は、(株)神戸製鋼所の連結子会社であることから、調査の対象から除外した)。ここで示す売上高研究開発費比率は、弁ばねに関する研究開発に限定したのではなく、弁ばねの各サプライヤー企業が、1企業として研究開発全般にどの程度注力しているかをおおまかに示すものである。総務省(2019)の「科学技術研究調査結果の概要」によれば、産業別の売上高研究開発費比率(2018年度)は、全産業平均が3.4%に対して鉄鋼業は1.3%となっており、医薬品や、各種機械器具、化学工業などと比較しても、かなり低レベルではある。しかしながら、図6.1で見ると、日本製鉄(株)も(株)神戸製鋼所も、海外の主要鉄鋼メーカーの売上高研究開発費比率を大きく上回っており、また、二次加工メーカーとばねメーカーのサンコール(株)や、ばねメーカーの日本発条(株)の同比率は、さらに高い値を示している(海外における二次加工メーカーや弁ばねメーカーの場合は、株式を上場している企業は皆無に近いことから、同比率の基礎データの入手は困難である)。また、鉄鋼メーカーの場合は、連結ベースの売上高経常利益率が、この10年間でプラスとマイナスの間で大きく変動しているにもかかわらず、売上高研究開発費比率は大きな変動を示すことなく推移していることも特徴である。弁ばねのサプライヤーに関して、日本と海外のサプライヤー企業の研究開発への注力度を正確に比較することはできないが、図6.1から、少なくとも日本の鉄鋼メーカーは、海外の主要鉄鋼メーカーよりも研究開発に注力しており、二次加工、

弁ばね製造の各社も、サプライチェーンの連携の中でその影響を受け、研究開発に対して海外の同業メーカーよりも高いレベルの資源配分を実行している可能性は高い。



- (註1) 売上高研究開発費比率= 当該年度またはCYに計上された研究開発費の対売上高比率
金額は研究開発費、売上高いずれも連結ベース。
- (註2) 海外の主要鉄鋼メーカーは、2019年に粗鋼生産量でTOP10に位置付けられた企業の中で、年次報告書などから研究開発費のデータが入手可能な、POSCO(韓国、データはCYベース)、Tata Steel Ltd.(インド、データは4~3月ベース)、ArcelorMittal(ルクセンブルグ、データはCYベース)を選択し、データベースとした。
- (註3) 日本製鉄の数値は、2010~11年度は新日本製鐵(株)、2012~17年度は新日鐵住金(株)、2018~19年度は日本製鉄(株)の有価証券報告書のデータを使用した。
- (出所) 各社の有価証券報告書、Annual Reportから筆者作成

図 6.1. 日本の弁ばねサプライヤーと海外鉄鋼メーカーの売上高研究開発費比率比較

また、日本の鉄鋼メーカーにおける知識の蓄積について、金井(2011)は次のような仮説を設定している。

「日本企業は、早い時期から製品(設計)技術、生産技術に関する知識を蓄積し、それに基づいて製品機能設計や生産プロセス技術の高度化を行うことで、高いパフォーマンスレベルが要求される「高級鋼」の生産を可能にし、競争力を維持している」

この文献では、知識の蓄積を示す指標として発表論文数の推移を、新日本製鐵(株)(現日本製鉄(株))、韓国企業としてPOSCO、中国企業は宝鋼集団(現宝武鋼鉄集団)の3社で比較している。論文数調査の対象とした論文のカテゴリーは、発表論文全て、金属相組織に関するもの、熱処理による組織制御に関するもの、結晶粒径に関するもの、の4つである。分析の結果、いずれも新

日本製鐵(株)は 1975 年以前の早い時期から論文の発表がなされ、発表論文数についても POSCO、宝鋼集団を大きく上回っているとしている。特に、本研究の第 4 章で述べた、マルテンサイト変態の如き、鉄鋼の物理現象を研究対象とした、金属相組織、熱処理による組織制御、結晶粒径に関する論文は、発表時期、発表総論文数、および発表論文数の年間最大値においても、新日本製鐵(株)が他の 2 社を圧倒しており、知識の蓄積に大きな差異が認められるとしている。ここでは日本企業の代表例として新日本製鐵(株)を取り上げているが、他の日本企業においても、程度の違いはあるものの同様の取り組みを行っていたと考えられるとしている。以上のことから、日本の鉄鋼メーカーが比較的早い時期から鉄鋼の物理現象に着目して基礎研究を積み重ね、弁ばね用などの線材のみならず、高いパフォーマンスレベルが求められる鉄鋼製品全般に亘って、その製造技術力を蓄積していた可能性が示唆されている。

研究開発の規模については、金額の規模の他に開発期間の長さの視点がある。経済産業省 (2018) の、「平成 29 年度産業技術調査事業 (我が国企業の研究開発活動に関する調査) 調査報告書. 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株)」では、化学・部素材産業の企業へのインタビューを紹介している。これによれば、素材系は中長期的な研究開発が多く、実用化まで 20 年近くの時間を要しているものが少なくないとしている。

本研究において、第 5 章で非金属介在物極小化の研究の歴史を分析したが、弁ばねに関して、「ばね論文集 (日本ばね学会の論文集)」の中で、最初に疲労強度向上を目的として非金属介在物に着目した論文が掲載されたのは 1963 年のことである (大西・小笠原, 1963)。弁ばねに限定せずに、鋼中の非金属介在物の研究が、日本鉄鋼協会学会誌「鉄と鋼」において本格的に掲載された時期でもある (図 5.2 参照)。この時点から、弁ばね用線材の鋼中の非金属介在物極小化技術が発見され、特許として登録され、輸出されるようになった 1990 年前後まで、20 年以上が経過している。また、第 4 章で述べた炭素繊維についても、その開発の起点は 1961 年に遡り、それ以降、釣り竿やゴルフクラブのシャフトとして商品化された 1970 年代を経て、航空機に採用される 1980 年代まで、凡そ 20 年を要した。第 5 章でレビューした Pilkington Brothers 社のフロートガラス工法による板ガラス製造技術開発についても、単年黒字を達成するまで 12 年間を要し、その間、同社は投資をし続けたとされている (Utterback, 1994)。このように、プロセス製品の研究開発は、その成果を実現するまでに少なくとも 10 年単位の時間を要し、その間は当該テーマの研究開発を継続しなければならないと推察される。

本研究においては、プロセス製品に関する基礎研究の規模については十分な考察はできていない。しかし、他産業に比べて、単年で見れば比較的小規模の研究開発費ではあるものの、研究成果が顕われるまでに長い時間を要することから、それまで研究開発を絶やさないことが重要と推定される。また、規模は大きくはないとは言え、同業他社に比較して十分な有意差をもって研究開発に注力することが、競争優位に繋がることも示唆される。この点は、サプライチェーンの競争優位性について考える場合においても、サプライチェーン全体で研究開発に注力することの重要性が示唆される。

6.2.4. 新たな視点

基礎研究によって鉄鋼の物理現象のメカニズムを追求する方法とは別に、目標とする製品特性を得るための最適なパラメータを、過去のビッグデータから求めるツールを導入することで、市場における競争上の優位性を確保する可能性は否定できない。このような視点は、鉄鋼に関する研究開発マネジメントにとって極めて重要であり、将来の鉄鋼業における基幹的研究課題になる可能性があることを留意すべきである。

以上の考察は、今後の鉄鋼業における研究開発戦略や、鉄鋼の産業構造の研究に新たな視点を付与するものと考ええる。また、鉄鋼材料に限らず、高性能化、軽量化への要求に伴い、競争力ある革新的な高信頼性材料の開発に際しては、材料、装置、機体メーカーの連携が益々重要視されている（内閣府, 2019）。本研究は、今後の材料開発に向けた連携の仕組みを検討する上でも、意義のある分析であると考えている。

第 6 章の参考文献

(日本語)

(株)青山製作所 HP. <http://www.asj-fasteners.co.jp/>

(2020年9月15日 アクセス).

Utterback, J. M. (1994). *Mastering the dynamics of innovation: How companies can seize opportunities in the face of technological change*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

大津正和, 小川進 (訳) (2010). *イノベーション・ダイナミクス* (第5版). 東京: 有斐閣.

Austin, J. B. (1959). 米国における工業研究について. *鉄と鋼*, 45(7), 723-728.

大西正男・小笠原弘行 (1963). ピアノ線コイルばねの疲労強度に及ぼす減面率並びに溶解法 (真空溶解及び大気溶解) の影響. *ばね論文集*, 1963(9), 28-39.

金井隆雄 (2011). *日本鉄鋼業の競争力に関する研究*. 東京工業大学大学院 イノベーションマネジメント研究科 平成22年度 (2010年度) プロジェクトレポート.

経済産業省 産業技術環境局 (2017). *平成29年度産業技術調査事業 我が国企業の研究開発活動に関する調査 調査報告書*. 三菱UFJリサーチ&コンサルティング.

(株)神戸製鋼所 (2011~2020). 第158期~第167期有価証券報告書.

(株)神戸製鋼所 (2013). プレスリリース: 「神鋼新確弹簧鋼線(佛山)有限公司」の工場稼働開始について,

https://www.kobelco.co.jp/releases/2013/1188210_13519.html

(2020年9月10日 アクセス).

(株)神戸製鋼所 HP., <https://www.kobelco.co.jp/>

(2020年9月10日 アクセス).

近藤淳 (2017). 日本ネジ産業における競争力の源泉 — 自動車産業に依存する基盤技術産業 —. *産業学会研究年報*, 32, 169-182.

サンコール(株) (2012~2020). 第94期~第103期有価証券報告書.

サンコール(株) HP., <https://www.suncall.co.jp/corporate/profile/#sec2>

(2020年9月10日 アクセス).

総務省 (2019). *科学技術研究調査結果の概要*. 総務省.

中央発條(株) HP. <https://www.chkk.co.jp/>

ネットワーク(国内・海外).

https://www.chkk.co.jp/company/network/network-out.html#anchor_10

(2020年9月10日 アクセス).

東郷製作所 HP. <http://www.togoh.co.jp/index.php>

海外拠点

<http://www.togoh.co.jp/company/branch.html>

(2020年9月10日 アクセス).

土田喜一郎 (2011). 新日本製鐵、特殊鋼棒線の海外展開について. *特殊鋼*, 60(2), 9-11.

内閣府, 政策統括官(科学技術・イノベーション担当) (2018). *戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 統合型材料開発システムによるマテリアル革命*. 内閣府.

日本製鐵(株) (旧新日本製鐵(株)、旧新日鐵住金(株)) (2011~2020). 第86期~第95期有価証券報告書.

(一社)日本ばね工業会総務委員会 (2012). *ばね企業海外事業概況調査集計*. (一社)日本ばね工業会.

日本発條(株) (2011~2020). 第91期~第100期有価証券報告書.

日本発條(株) HP., <https://www.nhkspg.co.jp/>

(2020年9月10日 アクセス).

南田高明・荒賀邦康 (2019). 線材および薄鋼板分野での海外展開. *R&D 神戸製鋼技報*, 69(1), 2-5.

宮崎精鋼(株) HP. <http://www.miyazaki-seiko.co.jp/>

(2020年9月15日 アクセス).

村田発條(株) HP. <https://murata-spring.jp/company/>

(2020年9月10日 アクセス).

(英語)

ArcelorMittal (2010～2019). Annual Report

Chuo Spring Co.,Ltd. HP. History.

<https://www.chkk.co.jp/english/company/history.html>

(2020年9月10日 アクセス).

NHK Automotive components India Pvt. Ltd. website

<http://nhksprings.co.in/aboutus.htm>

(2020年9月10日 アクセス).

NHK Spring Precision of America, Inc.

<https://www.nhkspg.co.jp/eng/company/outline/step.html>

(2020年9月10日 アクセス).

POSCO and Subsidiaries (2010～2019). Consolidated Financial Statements.

Suzuki Garphyttan Group HP. <https://www.suzuki-garphyttan.com/en/>

(2020年9月10日 アクセス).

Tata Steel Ltd. (2014-15～2019-20). Integrated Report.

謝辞

本研究の推進に当たり、研究指導をして頂いた東京工業大学環境・社会理工学院の藤村修三教授には、修士課程、博士後期課程の在学期間を通じて、示唆に富むアドバイスと丁寧なご指導を賜りました。加えて、国内外での研究発表や、論文誌への投稿、産業間協創システム研究会への参加など、様々な発表と交流の機会を設けて頂き、多大なご支援を賜りましたことに心から御礼を申し上げます。

また、副指導教員の同環境・社会理工学院辻本将晴教授には、修士課程以来、プロジェクト・レポートの作成や、先行研究の調査・分析、論文誌への投稿に関する留意点など、貴重なご助言を頂きました。入学当初から研究の取り組み方をご指導賜り、心より感謝申し上げます。

本論文の審査に際しましては、藤村修三教授、辻本将晴教授をはじめ、東京工業大学環境・社会理工学院の齊藤滋規教授、橋本正洋教授、田辺孝二特任教授、東京工業大学工学院の妹尾大教授、および名古屋大学大学院工学研究科の塚田祐貴准教授から、示唆に富む貴重なご意見やお言葉を賜りました。本研究に関係する先行研究とのかかわりや、知的財産、基礎研究の考え方、鉄鋼材料分野における研究の特徴、今後の課題とインプリケーションなどについて、途中段階で不足していた重要な視点からのアドバイスを頂き大変参考になりました。温かいご支援とご指導に衷心より御礼を申し上げます。また、島根大学大学院自然科学研究科森戸茂一教授をはじめ、材料分野での研究に従事されている先生方には、ご多用の中、貴重で意義深いコメントを頂戴致しました。深く感謝申し上げます。

本研究は、質的研究であることから、インタビューによる情報の収集が不可欠でありましたが、本研究のご理解とともに、ご多用の中、複数回に亘る面談、数多くの E-メールの発信を通じて、多くの惜しみないご協力を頂きました鉄鋼、二次加工、弁ばね、釘、炭素繊維強化プラスチックの各メーカーのインタビューイヤーの皆様方に、心より感謝の意を表します。

また、常時温かい激励のコメントとアドバイスを頂戴した、東京工業大学特別研究員の伊藤敏様、桐山恵理子様、そして、多くの手続き、ミーティングのアレンジ、関係の方々への連絡などにご尽力頂いた水野美樹様、さらにはゼミなどを通じてコメントを頂いた藤村研究室の方々から御礼を申し上げます。

最後になりますが、東京工業大学大学院の MOT 入学を勧めて頂いた、名古屋大学名誉教授であられた故小川英次先生に、御礼とともに本研究の一先ずの完了をご報告申し上げます。

皆様ありがとうございました。

補遺

本稿における用語の定義、解説、および参考文献

下記の各用語には、各種の定義があり、ここでは、金属材料・加工プロセス事典、金属材料技術用語辞典、金属便覧、金属用語辞典、ファインスチール用語辞典、などに記載されている複数の定義の中から、筆者が本稿に最も相応しいと判断したもの、或は一部編集したものを記載した。通し番号はDefinitionのD-とした。

[D-1] 高炉・転炉法とは

高炉において鉄鉱石を還元して製造される高炭素の鉄を銑鉄とよび、これを熔融した溶銑を次工程の転炉において、純酸素を用いて酸化精錬して鋼を製造する方法をいう。転炉では、銑鉄中のCを酸化してCOで除去する反応を基本とし、CaCO₃やCaOを添加してPやSを除去する。高炉から転炉までの工程を一貫して行う工場を「銑鋼一貫工場」などという。

(出所：日本金属学会 (編) (2003), 金属用語辞典編集委員会 (編) (2004))

[D-2] 純酸素上吹転炉法とは

水冷の酸素吹精ランスから純酸素を高速で吹き付けることにより、溶銑中の不純物を酸化除去し、鋼を精製する転炉製鋼法の1つ。1950年前後に、オーストリアのLinzおよびDonawitzで開発されたことから、LD転炉法とも呼ばれる。日本、欧州大陸ではこの名称が使用されているが、米国ではBOF (Basic Oxygen Furnace)、英国、カナダおよびオーストラリアではBOS (Basic Oxygen Steelmaking) と呼ばれることが多い。

(出所：金属材料技術研究所 (編) (2000).)

[D-3] 電気炉製鋼法とは

鉄原料を熔融精錬して鋼を製造する方法のうち、電気エネルギーを熱源とする炉を用いる製鋼法をいう。

(出所：浅田・加藤 (1996))

[D-4] 取鍋精錬法とは

転炉や電気炉などで溶解された溶鋼を、取鍋で受けて、取鍋内において精錬の処理をする方法。鋼の高性能化と高級化のために重要な精錬技術になっている。真空脱ガスの利用、多孔性プラグによるガス吹込みによる攪拌、電磁力による攪拌などと組み合わせた加熱、精錬が行われる。

(出所：川口・加藤 (2001))

[D-5] 脱ガス法とは

鋼の精錬過程において、含有されるガスおよび蒸発しやすい不純物元素などを除去する処理方法

のこと。代表的な真空脱ガスでは、真空槽内で溶融金属中のガスや不純物元素を除去すると同時に、成分調整、清浄化も行う。DH法、RH法などがある。

(出所：金属材料技術研究所 (編) (2000), 金属用語辞典編集委員会 (編) (2004))

[D-6] 造塊法とは

各種の製鋼炉（転炉、電気炉など）でつくられた溶融状態の鋼をいったん取鍋に受けた後、鋳型に注入し、凝固させ、圧延、鍛造用などの鋼塊（インゴット）をつくること。

(出所：川口・加藤 (2001), 木村 (2015))

[D-7] 連続鋳造法とは

溶鋼を鋳型に流し込み連続的に鋳造し、凝固した鋳塊を連続的に引き出して生産していく方法。略して連鋳とも呼ばれる。連続鋳造法は造塊法に比較して、高歩留り、省エネルギー、材質の均一性、納期短縮などのメリットを有するため、近年、鋼の連鋳化が積極的に進められてきた。

(出所：伊藤 (1986), 川口・加藤 (2001))

[D-8] 普通鋼とは

炭素 (C) のほかにSi、Mn、P、Sなどを少量ずつ含む軟鋼（一般構造用の普通鋼材で、炭素を0.18～0.3%程度含み、フェライト/パーライト組織を持ち、引張強度が約50kgf/mm²以下の鋼の総称）を中心とする鋼材の総称で、特殊鋼の対比語である。

(出所：金属材料技術研究所 (編) (2000))

[D-9] 特殊鋼とは

軟鋼を中心とする普通鋼に対し、特別な用途や性能を目的として製造された合金鋼や高級炭素鋼の総称である。目的に応じて、Ni、Cr、Mo、V、Sなどの特殊元素が添加されるが、工具鋼のようにC添加量が特に多いものもこの鋼種に入れている。機械鋼構造用鋼、快削鋼、高抗張力鋼、ばね鋼、軸受鋼、工具鋼、ステンレス鋼、耐熱鋼などの種類がある。

(出所：金属材料技術研究所 (編) (2000), 川口・加藤 (2001))

[D-10] 線材とは

断面の直径が5mmから50mm程度の細くて長い針金状に熱間圧延して、コイル状に巻き取った鋼材のこと。コイルの重量は大きいもので3トン、長さは1万mにもなる。炭素含有量0.09%以上0.25%以下の軟鋼及び極軟鋼の普通線材と、0.09%以下の低炭素、及び0.25%以上の高炭素の特殊線材に分けられる。普通線材は主に鉄線、針金、釘、金網、ねじ類など二次製品の素材になる。一方、特殊線材は強靱性や耐久性などを要求される鋼索、鋼撚り線、線ばね、タイヤ芯などの素材として用いられるほか、被覆アーク溶接棒や心線用に使われる。

(出所：日本鉄鋼連盟 website, 鉄鋼を知る, 線材より)

[D-11] オイルテンパー線とは

線材を伸線し、オーステナイト温度に加熱して油焼入れをした後、焼戻しを施して所要の強度に調整して製造される鉄鋼製品をオイルテンパー線と言う。

(出所：浅田・加藤 (1996), 川口・加藤 (2001))

[D-12] 引張強度 (引張強さ) とは

所定の試験片に対して、破壊に至るまで引張り荷重を負荷する引張試験において、得られる最大応力 (最大荷重/試験片の元の断面積) を引張強度 (引張強さ) という。単位は N/mm^2 (または MPa) を用いる。

(出所：浅田・加藤 (1996))

[D-13] 疲労強度 (疲労限界) とは

金属が繰り返し応力を受けて、疲れによっておこる破壊を疲労破壊という。疲労強度とは、材料の疲労破壊に対する抵抗力を表す値であり、疲労破壊が起こらない最大の応力のことである。

(出所：川口・加藤 (2001))

[D-14] フェライトとは

910°C 以下の温度で安定に存在する鉄(Fe)の同素体の1つを α 鉄と呼び、体心立方構造を持つ。炭素(C)を固溶した α 鉄をフェライトという。フェライトは 723°C でCを最大0.025%、室温では0.006%とわずしか固溶しない。軟らかで展延性に富み、 770°C 以下では強磁性を示す。

(出所：金属材料技術研究所 (編) (2000))

[D-15] オーステナイトとは

910°C ~ $1,400^\circ\text{C}$ の温度範囲における鉄の同素体である γ 鉄とCとの固溶体をオーステナイトという。英国の金属学者 Sir Robert Austen にちなんだ名称である。その結晶構造は面心立方格子で、Feを 726°C 以上に加熱したときに得られる。炭素鋼では、 $1,145^\circ\text{C}$ でCを最大2.03%固溶する。炭素鋼を急冷しただけでは常温でオーステナイト単相組織は得られないが、MnやNiを多量に含む場合は常温で容易にオーステナイト単相組織となる。

(出所：金属材料技術研究所 (編) (2000), 川口・加藤 (2001))

[D-16] セメンタイトとは

C 6.67%の鉄の炭化物 Fe_3C のことをセメンタイトという。鉄鋼材料においてセメンタイトはフェライトと並んで最も一般的な構成相である。鋼の熱処理の主な目的の1つはセメンタイトの形状、サイズ、分布を制御することによって材質を制御することにある。非常に硬く、強磁性を示すが、 215°C 前後以上の温度領域で常磁性に変わる。

(出所：浅田・加藤 (1996), 川口・加藤 (2001), 梅本・土谷 (2002))

[D-17] パーライトとは

フェライト (α 鉄) の結晶とセメンタイト (炭化鉄 Fe_3C) の結晶との共析晶組織のことをパーライト組織という。多くは層状組織で、これを斜光線で見ると、真珠のような光沢を持っているのでこの名がある。

(出所：川口・加藤 (2001))

[D-18] 焼入れ・焼戻しとは

鋼の焼入れとは、鋼を加熱して炭素を固溶したオーステナイトを油や水の中に急冷して硬いマルテンサイトに変態させる操作をいう。焼戻しとは、焼入れたままの鋼は硬くて脆いため、焼入れ後、目的に応じた温度および保持時間を適切に選んで再熱処理することをいう。焼戻しは、鋼種や硬さを必要とする場合には $150\sim 200^\circ\text{C}$ 前後の温度で処理を行うが、機械構造用鋼など、強じん性を要求される鋼種の場合は $500\sim 650^\circ\text{C}$ に加熱して処理を行う。焼戻し温度が高くなるにつれて、降伏強さ、引張強さ、硬さは連続的に低下するが、伸び、絞り、衝撃値は向上する。

(出所：浅田・加藤 (編) (1996), 金属材料技術研究所 (編) (2000), 石毛 (2015))

[D-19] マルテンサイトとは

鋼を焼入れると非常に硬くなる(焼入硬化)ことが古くから経験的に知られており、その実的重要性のために、19世紀末に焼入鋼の研究が始まった。マルテンサイトという名称は、当初、鋼を焼入れたときに現れる微細で硬い組織に対して付けられたものであるが、その後の研究で、マルテンサイトの特徴はその組織にあるのではなく、変態様式そのものにあることが明らかになり、この変態の研究者A. Martensがこの名称の由来である。鉄鋼に限らずTi やCu など多くの非鉄合金でもこの種の変態が見出されている。その結果、今日では、原子の拡散を伴わずに固相間で結晶構造が変化する変態のことをマルテンサイト変態とよび、この変態によって生成した組織をマルテンサイトと呼んでいる。炭素鋼の場合、拡散が比較的起こりやすい面心立方構造のオーステナイトを急冷すると、Fe (鉄) 原子が移動できず、C原子が固溶したまま体心立方構造への相変態が生じ、このときにできる針状の組織がマルテンサイトである。

(出所：川口・加藤 (2001), 牧 (2015))

[D-20] 残留オーステナイトとは

鋼を焼入れしたとき、生成されるマルテンサイトの中に混入し、鋼の中にいくぶん残っているオーステナイトのことを残留オーステナイトと呼ぶ。残留オーステナイトは、軟らかく、変形しやすく、摩耗に対する抵抗性も少ないため、適度な残留オーステナイトは加工性、靱性を向上させる機能を持つ。

(出所：浅田・加藤 (1996), 川口・加藤 (2001))

[D-21] 窒化処理とは

鋼をアンモニアガス、シアン化物で加熱し、表面にできる窒化層で表面を硬化する方法のこと。このための鋼は、Al、Cr、Mo、Vなどを含んでいる必要がある。窒化処理は耐摩耗性、耐腐食性、耐熱性の向上に効果がある。弁ばねの場合も疲労強度を向上させるために窒化処理が採用されるようになった。ばね表層部のみを効率的に硬化させるとともに、圧縮残留応力も高くなり、飛躍的に疲労寿命を向上させることができる。

(出所：茨木 (2000), 川口・加藤 (2001), 金属用語辞典編集委員会 (編) (2004))

[D-22] 冷間加工とは

一般に、金属の再結晶温度以下の加工、即ち、常温で行われる塑性加工のことをいう。加工の結果として、硬さと引張強度は増加し、延性と衝撃値は減少する。

(出所：浅田・加藤 (1996), 川口・加藤 (2001))

[D-23] 熱間加工とは

材料の再結晶温度以上の高温軟化の状態で塑性加工することをいう。

(出所：浅田・加藤 (1996), 金属用語辞典編集委員会 (2004))

[D-24] 脱炭層とは

脱炭とは、

- (1) 鋼を熱処理するとき、鋼中のC（炭素）が外界の酸素と作用してCOまたはCO₂ガスとなって逃げるため、鋼中C量が少なくなる。特に工具鋼のような場合には、表面の重大な欠陥となる。脱炭している層を脱炭層という。
- (2) 溶鋼中のCと作用させ、COまたはCO₂ガスとして鋼中のCを低めることを言う。

(出所：小川 (1972), 川口・加藤 (2001))

[D-25] ショットピーニングとは

多くのショット（硬球）を金属表面に衝突させ、その表面を加工硬化させる方法をショットピーニングという。鋼の場合には、脱炭層は削りとられ表面にある小さなきずはつぶされ、表面からごく薄い層は加工硬化し、疲労強度も耐摩耗性も向上する。

(出所：川口・加藤 (2001))

[D-26] JISマークとは

登録認証機関から認証を受けた事業者が製品等へ付することができる特別な表示の様式を指す（産業標準化法第30条第1項及び第2項、第31条第1項、第32条第1項から第3項まで、第33条第1項並びに第37条第1項から第6項まで参照）。

下記の (1)～(3) のとおり、表示の様式が異なる。登録認証機関から認証を受けた場合を除き、JISマークを表示すること、又は、これと紛らわしい表示を付すことは禁じられている（産業標準化法第34条参照）。

(1) 鋳工業品、電磁的記録、役務に対してJISマークを表示する場合

JISマークは右図となる。産業標準化法第30条第1項及び第2項、第32条第1項から第3項まで、第33条第1項に基づく特別な表示の様式（鋳工業品及びその加工技術に係る日本産業規格への適合性の認証に関する省令第1条第1項、電磁的記録に係る日本産業規格への適合性の認証に関する省令第1条第1項及び役務に係る日本産業規格への適合性の認証に関する命令第1条第1項参照。）



(2) 加工技術にJISマークを表示する場合

JISマークは右図となる。産業標準化法第31条第1項に基づく特別な表示の様式（鋳工業品及びその加工技術に係る日本産業規格への適合性の認証に関する省令第1条第3項参照。）



(3) 特定側面（例えば、環境、高齢者・障害者配慮等）にJISマークを表示する場合

JISマークは右図となる。産業標準化法第30条第1項及び第2項、第32条第1項から第3項まで、第33条第1項に基づく特別な表示の様式（鋳工業品及びその加工技術に係る日本産業規格への適合性の認証に関する省令第1条第3項、電磁的記録に係る日本産業規格への適合性の認証に関する省令第1条第2項及び役務に係る日本産業規格への適合性の認証に関する命令第1条第2項参照。）



（出所：日本産業調査会 (JISC) JISマーク）

本稿における用語の定義、解説の参考文献

浅田千秋・加藤哲男 (編) (1996). ファインスチール用語辞典 — 特殊鋼と金属系新素材 —. 東京：理工学社.

石毛健吾 (2015). 熱処理の種類 — 一般熱処理. *特殊鋼*, 64(4), 5-9.

伊藤幸良 (1986). 連続鋳造技術の進歩と連鋳材の品質. *鉄と鋼*, 第72年(11), 1667-1673.

茨木信彦 (2000). 弁ばね用線材の発展. *R&D 神戸製鋼技報*, 50(3), 27-30.

梅本実・土谷浩一 (2002). セメントタイトの基本的特性とその理解の現状. *鉄と鋼*, 88(3), 117-128.

小川喜代一 (1972). ガス雰囲気による高速度工具鋼の熱処理に関する研究. *鉄と鋼*, 第58年(14), 1961-1968.

川口寅之輔・加藤哲男 (2001). *金属材料・加工プロセス事典*. 東京：丸善(株).

木村利光 (2015). 特殊鋼の製造技術の歴史と基本プロセス. *特殊鋼*, 64(3), 2-6.

金属材料技術研究所 (編) (2000). *金属材料技術用語辞典 — 第2版 —*. 東京：日刊工業新聞社

金属用語辞典編集委員会 (編) (2004). *金属用語辞典*. 東京：(株)アグネ技術センター.

日本金属学会 (編) (2003). *金属便覧*. 東京：丸善(株).

日本産業調査会 (JISC) JIS マーク <https://www.jisc.go.jp/newjis/newjismknews.html>

(2020年7月1日 アクセス)

(一社) 日本鉄鋼連盟 website, 鉄鋼を知る, 線材,

<https://www.jisf.or.jp/kids/shiraberu/senzai.html>

(2020年7月1日 アクセス)

牧正志 (2015). 鉄鋼の相変態—マルテンサイト変態編 I— 鉄合金のマルテンサイト変態の特徴 —. *まてりあ*, 54(11), 557-563.

鋼中に含まれる元素の、鋼線およびばねに与える影響

4.4.1 で考察した鋼中に含まれる元素について、主な元素が鋼線およびばねに与える影響について、公開特許公報から抜粋して以下に示す。

(出所) 公開特許公報 PA17 (公開年: 2004 年, 出願者: ㈱神戸製鋼所、神鋼鋼線工業(株) 日本発条(株), タイトル: 加工性に優れた高強度ばね用鋼および高強度ばね, 欧州特許庁公開特許公報番号 JP2004315968) より筆者抜粋。

C (炭素) について

C は高応力が負荷されるばね鋼として十分な高強度を確保し、疲労寿命、耐へたり性などを向上させるために不可欠な元素であるため、下限を 0.53% とした。しかし、多すぎると靱延性が極端に悪くなり、表面きずや内部欠陥を原因としてばね加工中や使用中の割れが発生しやすくなるため、上限を 0.68% とした。好ましい C 量は、0.58% 以上、0.65% 以下である。

Cr (クロム) について

Cr は耐へたり性の向上作用および欠陥感受性低下作用を有しており、本発明にとって極めて重要な元素である。なお Cr は粒界酸化層を厚くして疲労寿命を低下させる作用も有しているものの、この点はオイルテンパー時の雰囲気制御して (具体的には、積極的に水蒸気を約 3~80 体積% 程度混入させ、表面に緻密な酸化被膜を形成することによって) 粒界酸化層を薄くすることが可能であるため、本発明ではかかる不具合は解消できる。従って Cr は多い程望ましく、1.4% 以上、好ましくは 1.45% 以上、さらに好ましくは 1.5% 以上である。なお Cr が過剰になると、伸線の際のパテンティング時間が長くなりすぎ、また靱性や延性も低下するため、2.5% 以下、好ましくは 2.0% 以下とする。

Ni (ニッケル) について

Ni は焼入れ性を高め、低温脆化を防止するのに有用な元素である。しかし、多すぎると熱間圧延時においてベイナイトあるいはマルテンサイト組織が生成し、靱性、延性が低下するため、上限を 0.4%、好ましくは 0.3% とした。好ましい Ni 量は、0.1% 以上である。

V (ヴァナジウム) について

V はオイルテンパー処理 (油焼入れ・焼戻し) 等の熱処理時に結晶粒を微細化する作用があり、靱・延性を向上させる効果がある。また、焼入れ・焼戻し処理およびコイリング後の歪取り焼鈍時に 2 次析出硬化を起こして高強度化にも寄与する。しかし、過剰に添加すると圧延時やパテンティング時にマルテンサイトやベイナイト組織が生成し、加工性が悪くなるため、上限を 0.4%、好ましくは 0.3% とした。好ましい V 量は 0.1% 以上である。

Mo (モリブデン) について

Mo は、軟化抵抗を向上させるとともに、析出硬化を発揮し、低温焼鈍後の耐力を上昇させるのに有用な元素である。Mo は、例えば、0.05%以上、好ましくは 0.10%以上とする。しかし、過剰に添加すると、オイルテンパー処理するまでの段階でマルテンサイトやベイナイト組織が生成し、加工性が悪くなるため、上限を 0.5%、好ましくは 0.3%、さらに好ましくは 0.2%とした。

Nb (ニオブ) について

Nb はピン止め効果を有する Nb 炭窒化物を形成するため、オイルテンパー処理等の熱処理時に結晶粒を微細化する作用があり、靱・延性を向上させることができる。かかる効果を有効に発揮するため、0.05%以上、好ましくは 0.10%以上とした。しかし、過剰に添加すると Nb 炭窒化物の凝集がおこり、かえって結晶粒が粗大化し易くなるため、上限を 0.5%、好ましくは 0.3%とした。

以上