

学位論文 博士(システムデザイン・マネジメント学)

多視点で見える化した乗用車用
更生タイヤ導入のための事業性分析

Business Feasibility Analysis

through Multi-Perspective Externalization for the
Introduction of Retread Tires in Passenger Cars

2022年9月

慶應義塾大学大学院

システムデザイン・マネジメント研究科

木村 富也

論 文 要 旨

学籍番号	81552083	氏 名	木村 富也
論文題目： 多視点で見える化した乗用車用更生タイヤ導入のための事業性分析			
<p>(内容の要旨)</p> <p>企業では、解決が難しい課題があり、その課題に対して多くのお金とリソースをかけている。一つの課題が解決しても、次の課題が発生し、課題解決はいつになっても終わらない状況にある。先行研究では、それら課題を細分化して解決しており、各々の課題は解決している。しかしながら、それを俯瞰して見た場合には解決しているか否かに関しては定かではない。課題を細かく解決することは、その部分は解決するが、必ずしも全体が解決していないという問題がある。</p> <p>そこで、本論文は、多視点で見える化したシステム思考を、ありたい姿とのギャップ（現在）、現状からの改善（次のステップ）、未来予測（将来）の3つの領域について検証をして、その可能性について検討することを目的とし、この3つの領域をそれぞれ検証した3つの研究から構成されている。</p> <p>具体的には、タイヤ生産業界を事例とし、業務プロセス価値連鎖図による多視点見える化を、①「ありたい姿とのギャップ（現在）」として新興国の労働集約型タイヤ生産工場の現状把握、②「現場からの改善（次のステップ）」としてタイヤ製品間接コストの管理と改善、そして③「未来の予測（将来）」として乗用車用更生タイヤ導入可能性の事業性分析の3つの領域に適用した検証を行ない、それぞれの領域にて業務プロセス価値連鎖図の効果を明らかにした。これにより業務プロセス価値連鎖図は、現状の把握、改善、未来予測のいずれにも効果があることを示すことができた。</p> <p>このように、業務プロセス価値連鎖図を活用し、事業所や部門を横断した多視点で俯瞰することを通して、会社全体としての価値を生む課題解決がなし得</p>			

ることを、実証及びシミュレーションによって検証した。

キーワード：タイヤ生産，見える化，サプライチェーン，新興国，
製品間接コスト，サステナビリティ，ライフサイクルアセスメント

Student Identification Number	81552083	Name	Tomiya Kimura
<p>Title Business Feasibility Analysis through Multi-Perspective Externalization for the Introduction of Retread Tires in Passenger Cars</p>			
<p>Companies have issues that are difficult to solve and spend a lot of money and resources on them. Even if one issue is solved, the next issue arises, and the solution to the revised issue is not finished anytime soon. In previous studies, these issues have been resolved in small pieces, and each issue has been solved. However, it is not certain whether they have been solved or not when viewed from a broad view. Solving issues in detail solves that part of the problem, but there is a question of whether the whole problem has necessarily been solved.</p> <p>Therefore, the purpose of this paper is to examine the possibility of systems thinking visualized from multiple perspectives in three areas: the gap between the desired state (the present), improvement from the current state (next step), and future prediction (in the future). The gap between the ideal and the present is examined using a labor-intensive cell production system in an emerging country, the improvement from the present is examined using product overhead costs, and the future forecast is examined using a feasibility analysis of a new business feasibility study.</p> <p>Specifically, using the tire production industry as an example, multi-perspective visualization using a business process value chain diagram is used to understand the current situation of labor-intensive tire production plants in emerging countries as 1 "Gap between ideal state (present)". 2 "improvement from the site (next step)" to manage and improve indirect costs of tire products, and 3 "prediction of the future (future)" to analyze the feasibility of introducing retreaded tires for passenger cars. Applied to three areas and verified the effectiveness of the business process value chain diagram in each area. As a result, be able to show that the business process value chain diagram is effective in grasping the current situation, improving it, and predicting the future.</p> <p>In this way, we verified through demonstration and simulation that it is possible to solve problems that create value for the company as a whole by using the business process value chain diagram and looking at it from multiple perspectives across offices and departments. We believe that the reason for the success of the analysis was that many elements and factors were mixed, the stakeholders for each parameter were clearly defined, and uncertain elements were accommodated through discussions among the parties concerned.</p>			
<p>Key Word tire manufacturing, visualization, supply chain, emerging countries, product overhead costs, sustainability, life cycle assessment</p>			

第 1 章	序論	1
1.1	問題意識	1
1.2	本研究の背景	2
1.2.1	ありたい姿とのギャップ（新興国の労働集約型の工場）	2
1.2.2	現状からの改善（製品間接コスト）	4
1.2.3	未来予測（将来）	4
1.3	目的と検証方法	5
1.4	研究方法	6
1.4.1	研究アプローチ	6
1.4.2	研究ステップ	6
1.5	本研究の構成	7
1.6	まとめ	10
第 2 章	研究の枠組み構築	11
2.1	対象	11
2.1.1	新興国の労働集約型セル生産方式	11
2.1.2	製品間接コスト	13
2.1.3	乗用車用更生タイヤ	14
2.2	先行研究調査	17
2.2.1	システム思考	17

2.2.2	見える化.....	18
2.2.3	新興国の労働集約型セル生産方式.....	21
2.2.4	製品間接コスト.....	22
2.2.5	更生タイヤ.....	25
2.3	検証課題提示.....	29
2.4	業務プロセス価値連鎖図概念.....	31
第3章	タイヤ生産プロセスの見える化.....	33
3.1	背景と対象.....	33
3.1.1	背景.....	33
3.1.2	タイヤの生産工程.....	33
3.2	検討課題・目的.....	39
3.3	データ取得方法.....	39
3.4	業務プロセス価値連鎖図適用.....	44
3.5	分析結果.....	47
3.6	まとめと考察.....	57
第4章	タイヤ製品間接コストの見える化.....	58
4.1	背景と対象.....	58
4.1.1	背景.....	58
4.1.2	対象.....	60
4.2	検討課題・目的.....	60

4.3	データ取得方法	61
4.4	業務プロセス価値連鎖図適用.....	63
4.5	検証結果	66
4.5.1	まとめと考察.....	77
第5章 乗用車用更生タイヤ導入へ向けた見える化による事業性分析		79
5.1	背景と対象.....	79
5.1.1	背景	79
5.1.2	対象	80
5.2	検討課題・目的	82
5.3	データ取得方法	82
5.4	業務プロセス価値連鎖図.....	84
5.5	モデリングとシミュレーション	88
5.5.1	評価式	90
5.5.2	コスト分析前提条件.....	99
5.5.3	コスト分析検証結果.....	105
5.5.4	既存との利益差異シミュレーション結果例	106
5.5.5	その他シミュレーション例.....	156
5.6	まとめ	160
第6章 考察.....		162
第7章 結論と今後の展望		164

7.1	本研究の結論	164
7.2	今後の展望.....	166

参考文献 168

研究業績 183

謝辞 185

図目次

図 1-1 研究ステップ	6
図 1-2 論文構成	9
図 2-1 セル生産方式	12
図 2-2 製品直接コストと製品間接コスト	13
図 2-3 製品直接コストと製品間接コストの製品への掛かり方	14
図 2-4 タイヤのサーキュラーエコノミー	16
図 2-5 先行研究調査流れ	17
図 2-6 ビジネスプロセス図	20
図 2-7 価値連鎖図	21
図 2-8 新興国の労働集約型セル生産方式先行研究区分	30
図 2-9 システムのモデリングとシミュレーション先行研究区分	31
図 2-10 業務プロセス価値連鎖図	32
図 3-1 タイヤ生産プロセス	37
図 3-2 タイヤ生産工程の流れ	38
図 3-3 工場と技術センターの位置関係	41
図 3-4 インドネシア法人組織図	42
図 3-5 タイ技術センター組織図	43
図 3-6 各工場でのプロジェクト実施期間概要	43
図 3-7 タイヤ生産プロセス見える化研究方法概略図	45
図 3-8 生産プロセス業務フロー	45
図 3-9 タイヤ生産工程における業務プロセス価値連鎖図	46
図 3-10 アジア工場生産達成率	47

図 3-11 インドネシア A 工場生産達成率結果	54
図 3-12 インド B 工場生産達成率結果	54
図 3-13 タイ C 工場生産達成率結果	54
図 4-1 現状の各事業所と取引業者の関係	59
図 4-2 製造原価比率	59
図 4-3 間接コストワーキンググループ組織図	62
図 4-4 間接コスト研究の流れ	64
図 4-5 間接コスト業務プロセス価値連鎖図(全体像)	65
図 4-6 現状問題ロジックツリー	69
図 4-7 製品間接コスト単価改善ステップ	72
図 4-8 製品間接コスト原単位改善ステップ	72
図 4-9 関連部署とのつながり	72
図 4-10 間接コスト改善額	75
図 4-11 本社と各事業所と取引業者との関係	77
図 5-1 更生タイヤの製造プロセス	81
図 5-2 タイヤ業界三者の関係	83
図 5-3 乗用車用更生タイヤ導入の事業性分析の流れ	86
図 5-4 乗用車用更生タイヤ検討のための業務プロセス価値連鎖図	87
図 5-5 乗用車用更生タイヤモデルの SFD	89
図 5-6 乗用車用更生タイヤポートフォリオ方法論アウトライン	94
図 5-7 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)	108
図 5-8 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 13.7%)	109

図 5-9 設備耐用年数 10 年, 初期投資なし, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%).....	110
図 5-10 設備耐用年数 10 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	111
図 5-11 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%).....	112
図 5-12 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	113
図 5-13 設備耐用年数 20 年, 初期投資なし, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%).....	114
図 5-14 設備耐用年数 20 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	115
図 5-15 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%).....	116
図 5-16 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	117
図 5-17 設備耐用年数 30 年, 初期投資なし, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%).....	118
図 5-18 設備耐用年数 30 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	119
図 5-19 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%).....	120
図 5-20 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	121
図 5-21 設備耐用年数 40 年, 初期投資なし, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%).....	122
図 5-22 設備耐用年数 40 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	123
図 5-23 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)	124

図 5-24 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 10.1%) ..	125
図 5-25 設備耐用年数 10 年, 初期投資なし, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%) ..	126
図 5-26 設備耐用年数 10 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 10.1%) ..	127
図 5-27 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%) ..	128
図 5-28 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 10.1%) ..	129
図 5-29 設備耐用年数 20 年, 初期投資なし, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%) ..	130
図 5-30 設備耐用年数 20 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 10.1%) ..	131
図 5-31 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%) ..	132
図 5-32 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 10.1%) ..	133
図 5-33 設備耐用年数 30 年, 初期投資なし, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%) ..	134
図 5-34 設備耐用年数 30 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 10.1%) ..	135
図 5-35 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%) ..	136
図 5-36 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 10.1%) ..	137
図 5-37 設備耐用年数 40 年, 初期投資なし, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%) ..	138
図 5-38 設備耐用年数 40 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 10.1%) ..	139

図 5-39 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	140
図 5-40 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	141
図 5-41 設備耐用年数 10 年, 初期投資なし, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	142
図 5-42 設備耐用年数 10 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	143
図 5-43 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	144
図 5-44 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	145
図 5-45 設備耐用年数 20 年, 初期投資なし, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	146
図 5-46 設備耐用年数 20 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	147
図 5-47 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	148
図 5-48 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	149
図 5-49 設備耐用年数 30 年, 初期投資なし, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	150
図 5-50 設備耐用年数 30 年, 初期投資なし, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	151
図 5-51 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	152
図 5-52 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税なし(利益率 13.7%) ..	153
図 5-53 設備耐用年数 40 年, 初期投資なし, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	154

図 5-54 設備耐用年数 40 年, 初期投資なし, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)	155
図 5-55 炭素税 EU-ETS を考慮有無シナリオの更生タイヤポートフォリオと利益.....	156
図 5-56 初期投資有無シナリオの更生タイヤポートフォリオと利益.....	157
図 5-57 償却期間 10 年と 40 年シナリオの更生タイヤポートフォリオと利益	158
図 5-58 規模の経済有り生産コストシナリオの更生タイヤポートフォリオと利益.....	159
図 5-59 規模の経済なし生産コストシナリオの更生タイヤポートフォリオと利益.....	160
図 6-1 時制に対しての見える化手法の活用	163

表目次

表 3-1 生産プロセスに関するアンケート	47
表 3-2 ステップ内容と責任者	51
表 3-3 DSM 形式でのプロセス	52
表 3-4 新興国工場アンケート結果	55
表 3-5 日本工場アンケート結果	56
表 4-1 対象となる間接コスト区分	60
表 4-2 事業所別コスト担当	67
表 4-3 業務プロセス価値連鎖図導入前後の単価交渉状況	76
表 4-4 電力・ガス単価交渉実績	76
表 5-1 乗用車用新品タイヤと更生タイヤの走行距離	99
表 5-2 乗用車用更生タイヤ CO ₂ 削減モデル前提条件	100
表 5-3 乗用車用タイヤトン当たり炭素税	101
表 5-4 利益率前提	102
表 5-5 乗用車用タイヤ交換頻度と乗用車用更生タイヤ CO ₂ 排出量前提	104
表 5-6 乗用車用更生タイヤシナリオ別ポートフォリオ	106

第1章 序論

本章では、本研究の問題設定を行い、その背景と目的、さらに目的の検証方法について述べ、研究方法と構成について説明する。

1.1 問題意識

本論文は、企業において何度対策を実施しても解決することができない課題を対象として、多視点で見える化することで検証し、その課題を解決することができるのか、その課題の根本要因を実証的に検証するとともに考察を加え、企業の難課題解決における多視点で見える化をすることによる実務的な示唆を得ることを目指す。

我が国の企業の課題解決に対する費用の一つの指標として、国内コンサルティングサービス市場の金額があり、その市場規模は 2025 年には 1 兆 2,251 億円となり、2020 年～2025 年の年間平均成長率が 7.8%と予測されている[1]。我が国の各企業とも、自社のリソースを使うだけでは解決しなく、自社の工数が不足することにより、コンサルティング会社に課題解決を依頼し、今後もその傾向が伸びていくという一つの傾向と考えられる。この上昇理由は、各企業ともコンサルティング会社に依頼して課題を解決しているにもかかわらず、それ以上に課題が増えていくのか、それとも課題が解決しないのかについては明確な理由がわからない。

そこで、我が国の各企業の解決するのが難しい課題に対し、どのようにしたら解決するのか、そして、現状と課題解決後の姿を検証することに意味があると考えた。本論文は、この検証にあたり、「ありたい姿とのギャップ（現在）」「現場からの改善（次のステップ）」「未来の予測（将来）」の3つの領域に注目する。

1.2 本研究の背景

1.2.1 ありたい姿とのギャップ(新興国の労働集約型の工場)

戦後、日本において、第二次産業の製造業が経済を牽引してきた。戦後は安価な労働力、そして、勤勉な現場の労働者が作る品質の良い製品に支えられ、高度経済成長へ大きな貢献をしてきた。しかしながら、製造業の生産拠点は、1970年代から製造拠点を先進国の高騰する人件費の負担を少しでも減らすために、日本から新興国に徐々に移している[2]。製造業の中でも特に人数が必要である労働集約型の生産拠点を中心に新興国へ移転している[3]。そのため、新興国の工場における生産比率が大きくなり、重要なウェイトを占めている。その理由は、安価な労働力以外に海外への技術移転が容易になった[4]等があげられる。

一方で、日本に残っている製造業の拠点は、本社の管理部門や高付加価値商品の生産拠点といった限られたものになってきている。そして、日本にある製造業の拠点の役割は、新興国への支援者の派遣、グローバル標準作成、グローバルの見本になるような改善の推進、新技術の開発、グローバルの業績管理評価のための重要な指標 (Key Performance Indicator ; 以下, KPI) 等の数値収集と経営への答申などへ変わってきている。このように役割が変わってきた製造業の日本拠点で、本社機能と一部の高付加価値商品の生産工程や新商品開発を実施することが、今後も日本に製造業を残すために重要なものとなる。

しかしながら、新興国に移管した労働集約型の生産拠点では、生産を思ったように取れないという課題がある。当初の目論見では、日本から技術移管(設備, プロ

セス, 標準等) をすることで日本同様に生産ができるというありたい姿を描いていたが, 実際にはそのようになっていない.

ありたい姿とのギャップの検証の対象は, 新興国の労働集約型の工場に着目する.

1.2.2 現状からの改善（製品間接コスト）

企業では、多くの複雑に入り組んだ組織やプロセスの中で業務を行っており、このような業務の改善を実施する場合には、細かく分けて対策を行うために、一か所が改善されても他に不具合が発生し全体が改善されるまでには時間がかかることが多い。

その中でも、製品間接コストは製品に配賦するという複雑さのみならず、その管理と改善については、管理部門と現場が絡んだ業務であり、管理するシステムを多くの人が扱うだけではなく、取引業者との価格交渉、商品の納入、使用、管理等多くの人と業務が絡み合っている。

活動原価基準計算（Activity-Based Costing；以下、ABC）で製品間接コストを管理・改善している企業が多いが、実際に現場の製品間接コストの改善の実体についてはわからないことが多い（詳細は第2.2.4項にて述べる）。

現状からの改善を検証する対象として、製品間接コストの管理・改善に注目する。

1.2.3 未来予測（将来）

企業の未来予測に関しては、新規事業に対してシミュレーション等をして将来の投資可否を決めることが多い。特に、新規事業に対しては、フィージビリティスタディをすることで、その結果を見て導入可否を決めることが多い。

しかしながら、フィージビリティスタディをする際に、要素や変数が明確でないことがあり、且つ、不明な情報に対してどのような前提で計算したら良いのかなどの課題がある。

同様に地球全体で取り組んでいる環境問題に関しての未来予測も不明な点が多い。例えば、二酸化炭素（以下、CO₂）削減に対して、政府は環境税の導入検討を

している一方で、企業は自分たちで企業努力することでなんとか CO₂ を削減できないか奮闘している状況であるが、政府の環境税の金額や企業の新しい環境対策に掛る費用等はその時の経済状況や新しい技術の導入といった未定な部分であるため不明である。また、政府と企業の二者が絡んで、今後どのような要素や変数が入ってくるか将来の予測は難しい。

未来予測の検証する対象として、環境問題対策で CO₂ 排出削減をする必要があり、且つ、今後環境税を政府が掛けてくる際に何らかの対応を迫られ、新事業を立ち上げる可能性がある例として乗用車用更生タイヤの導入に関するフィージビリティスタディに着目する。

1.3 目的と検証方法

前節における検討を踏まえ、多視点で見える化[5]したフロー図を3つの領域について検証し、その可能性について検討することを目的とする。

(1) ありたい姿とのギャップ

新興国の労働集約型セル生産方式工場の生産達成率が改善されるのか検証する。

(2) 現状からの改善

日本企業の製品間接コストの改善額が増えるか検証する。

(3) 未来予測

日本における乗用車用更生タイヤ導入の可能性について事業性分析が可能であるか検証する。

1.4 研究方法

1.4.1 研究アプローチ

ここまで述べた問題意識と研究目的を鑑み、企業の解決が難しい課題に対しての研究アプローチを述べる。まず、各検証項目に関する先行研究を整理し、その整理をしたものに基づいた知見を示す。そして、その知見をベースとして実証的な検証を実施する方法である。

この理由としては、企業で解決が難しい課題に対して、先行研究から得られた知見をベースとして仮説を立て、工夫した多視点で見える化した手法をその仮説に対し、企業で実証し分析をすることが本研究の目的に合致するためである。

1.4.2 研究ステップ

研究ステップを図 1-1 に示す。まず、既存研究調査とそこから得られた知見を整理し、そこから仮説を立てる。その仮説に対し、多視点で見える化したフロー図をベースに工夫したポイントを追記しそのフロー図を作成。その後仮説にそのフロー図を適用して検証・分析し、その検証・分析から得られたことを考察する。

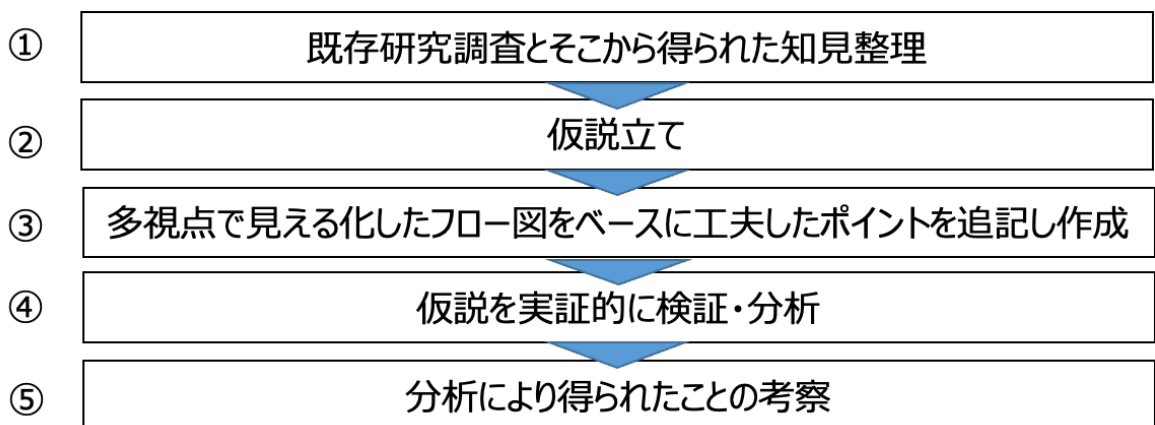


図 1-1 研究ステップ

1.5 本研究の構成

本研究は序章から結論までの全7章で構成され、第2章以降の構成は下記の通りである。各章間の関係を図1-2に示す。本研究が対象とする、多視点での見える化することによる企業における難課題解決を実証的に検証するための全体図を示している。

第2章では、研究の枠組み構築として、新興国の労働集約型の工場としてタイヤ生産工場、製品間接コスト管理・改善としてタイヤ製品間接コスト、そして新規事業の事業性分析として乗用車用更生タイヤ導入可能性の事業性分析としたが、その対象の説明を実施する。そして、先行研究調査を行い、そこからわかった考察を実施し、検証課題の提示をする。そして、多視点で見える化手法の業務プロセス価値連鎖図概要を説明する。

第3章ではタイヤ生産プロセスの見える化について、対象である新興国のタイヤ生産プロセス詳細について述べ、現状の課題を明確にし、見える化手法である業務プロセス価値連鎖図を新興国のタイヤ生産の現場に適用して、検証を実施し、その検証結果を分析する。

新興国のタイヤ生産の現場プロセスには全体が俯瞰でき、どこに価値があるのかを明確にする業務プロセス価値連鎖図に効果があることを明確にする。

第4章では、タイヤ製品間接コストの見える化による業務改革について、対象となるタイヤ製品間接コストの項目について述べ、現状の課題を明確にし、見える化手法である業務プロセス価値連鎖図を新興国のタイヤ生産の現場と同様に適用して、その検証を実施し、その結果を分析する。日本のタイヤ製品間接コストにおいて、業務プロセス価値連鎖図の適用は、複雑に絡み合った組織が業務を実施して

いることを明確にし、それを一括で実施することで大きな効果があることを明確にする。

第5章では、乗用車用更生タイヤ導入へ向けた事業性分析のために、検討ステップを業務プロセス価値連鎖図で明確にし、モデリングとシミュレーションを実施する。乗用車用更生タイヤのポートフォリオを生産コスト、初期投資、導入した設備の耐用年数、炭素税の金額等によって検討する。

第6章では、本研究で得られた多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を適用した、新興国の労働集約型の工場、製品間接コスト管理・改善、そして新規事業の事業性分析についての考察を行う。

第7章では、本研究の結論と、今後の展望について述べる。

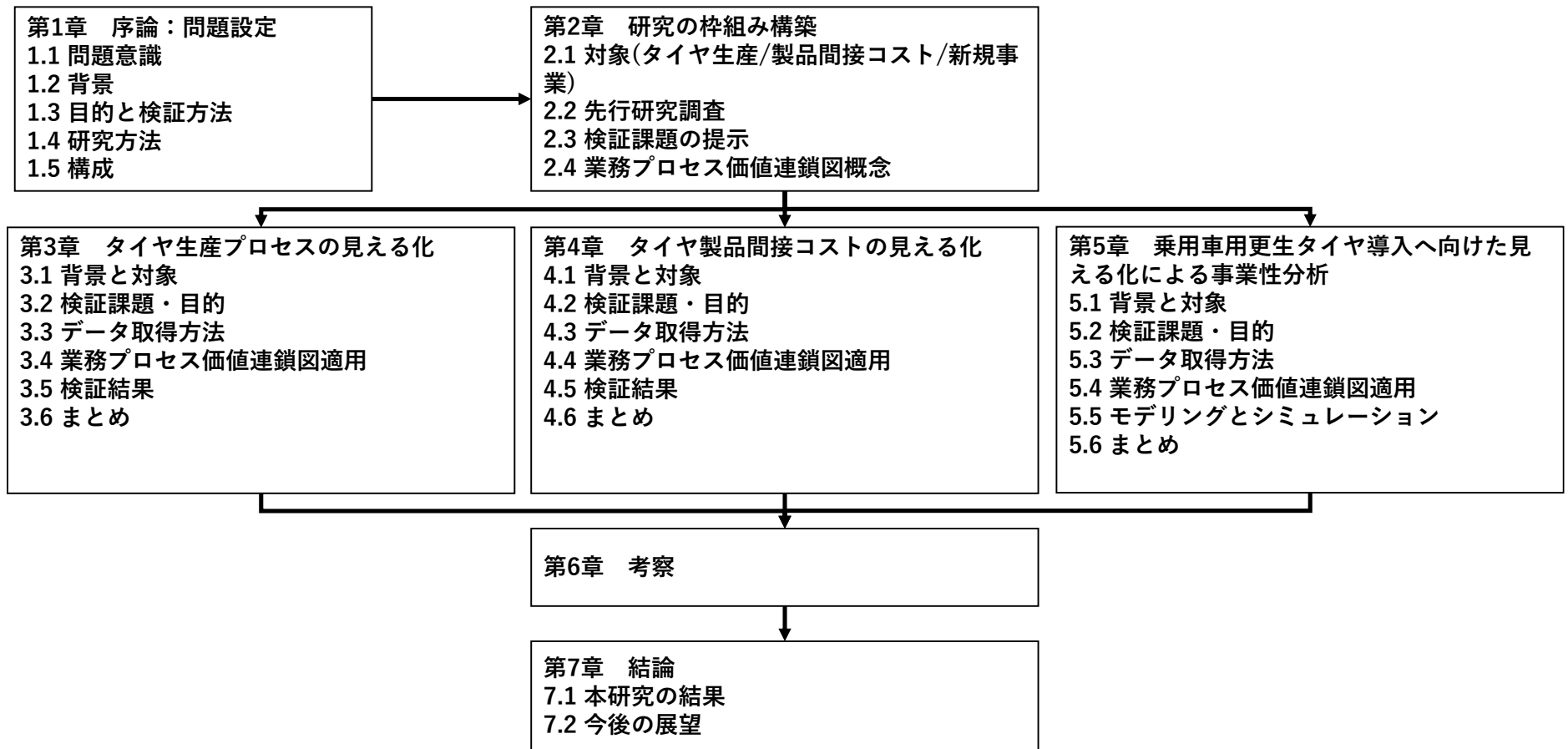


図 1-2 論文構成

1.6 まとめ

本章では、本研究の問題意識、背景、目的と検証方法、そして研究方法と構成を述べた。

問題意識から研究背景を概観し、その背景をありたい姿とのギャップとしてタイヤ生産プロセス、現状からの改善としてタイヤ製品間接コスト、そして未来予測として乗用車用更生タイヤの導入へ向けた事業性分析に着目する。

企業における解決することが難しい課題に対して、今まではその解決のために細かく分けて一つずつ対応をしていたが、多視点で見える化することで、全体を俯瞰することによる課題解決を試みる。

第2章 研究の枠組み構築

本章では、本研究の枠組みについて述べる。まず初めに、前章で述べた3つの領域についての検証する対象を述べ、先行研究調査を実施し、その先行研究調査から考察を実施、検証課題の提示をする。そして、3つの領域に対して多視点での見える化で検証するフロー図である業務プロセス価値連鎖図の概要について述べる。

2.1 対象

本節では、本研究で検証する対象のありたい姿とのギャップである新興国の労働集約型セル生産方式、現状からの改善である製品間接コスト、そして、未来予測である更生タイヤについて説明する。

2.1.1 新興国の労働集約型セル生産方式

新興国へ製造拠点が移管する理由を第1.2.1項で述べたが、整理すると下記の通りである。

- ・ 安価な労務費の新興国に製造拠点を移管することで労務費負担を減らす
- ・ 人数が必要な労働集約型生産方式拠点を新興国へ移管することでさらに労務費効果大
- ・ 技術移転が容易になった

これらの背景によって製造業の生産拠点を新興国に移管してきて、初期は単純作業を移管していたが、徐々に複雑な作業を移管するようになってきた。

そこで、本研究では、作業者の負担が大きく、技能が必要であるセル生産方式を対象とするが、次にそのセル生産方式について説明する。

セル生産方式とは、初めの工程から最終工程までを少人数で1台ずつ停滞させずに加工・組み立てを実施する多工程を兼任して自己完結型のモノづくりであり、従来のコンベアベルトを用いたライン生産方式に代わる生産方式で、多品種少量生産に効率よく対応でき、大幅な生産性向上や設備投資の削減やリードタイムの短縮やスペースの効率化などの効果が得られる[6].

セル生産方式を表したものが図 2-1 である。まず、材料が各セルに入ってきて、それぞれのセルの中には作業者が存在し、その作業者が各セルの中でいくつかの工程で作業をして完了させる方式である。各セルの中の完成品は同じ製品である場合もあれば違う場合もある。作業の工程も同じ場合もあれば違う場合もある。

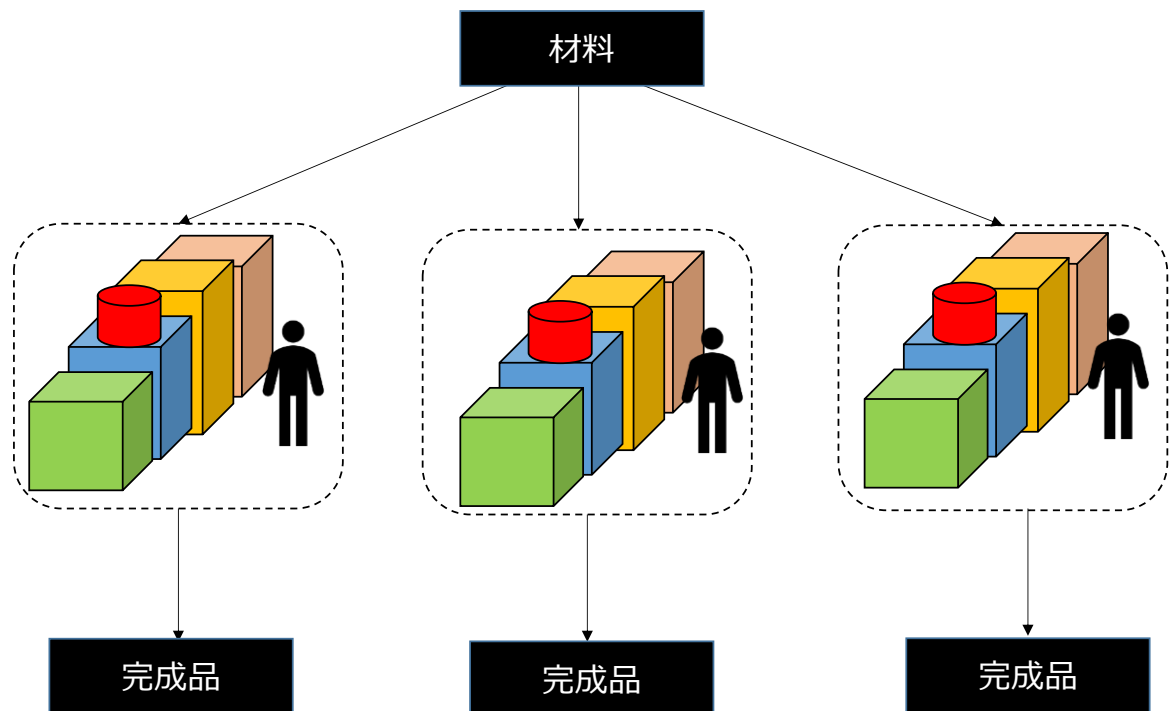


図 2-1 セル生産方式

2.1.2 製品間接コスト

製品間接コストの大枠について、第1.2.2項で述べたが、本節では詳細について述べる。

製品間接コストは、特定の製品にのみ掛かるコストではなく、共通費として様々な製品に掛かるコストである。その棲み分けをしたものが図 2-2 である。製造原価には、製品直接コストと製品間接コストがあり、製品直接コストには、材料費、労務費、そして減価償却や消耗品費といった経費がある。これらは、全て特定の製品に対してのみに掛かってくるものである。一方、製品間接コストにも製品直接コスト同様に材料費、労務費、経費があり、これらはどの製品に対して掛かってくるのか分からず、何らかの按分をして製品にコストとして掛ける必要がある。

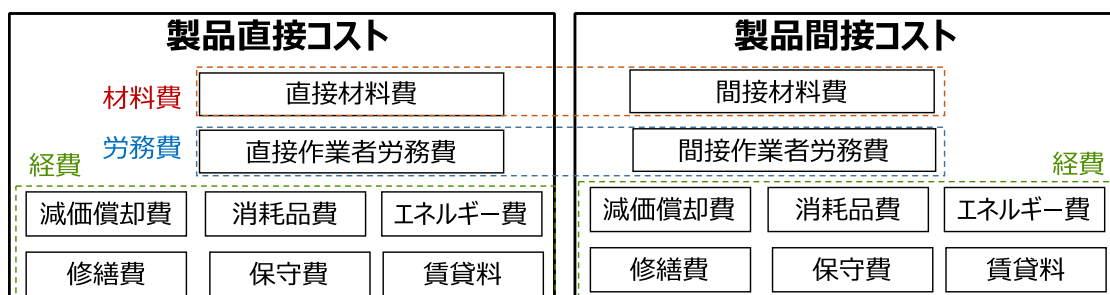


図 2-2 製品直接コストと製品間接コスト

製品直接コストと製品間接コストが製品にどのように掛かってくるかを表したものが図 2-3 である。前述の通り、材料費、労務費、経費とそれぞれに製品直接コストと製品間接コストがあるが、製品直接コストの直接材料費、直接労務費、直接経費は特定の製品 A に掛かってくる。そして、製品間接コストは、製品 B、製品 C、製品 D のどれに掛かっているか特定できないために、一旦、共通費としてまとめて、工数等を考慮した何らかの計算式で各製品に配賦する。その配賦の定義は企業によっても違うこともあれば、企業内の部門によって違うこともある。

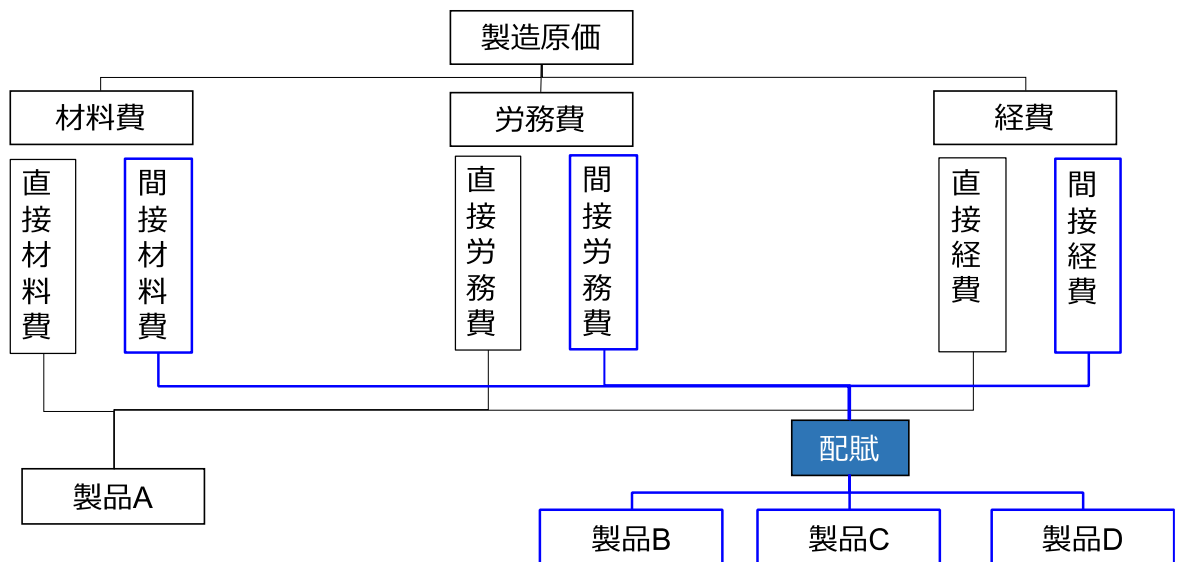


図 2-3 製品直接コストと製品間接コストの製品への掛かり方

2.1.3 乗用車用更生タイヤ

第1. 2. 3項で未来予測を実施する際のフイージビリティスタディとその対象である CO₂ 削減の例として乗用車用更生タイヤについて触れたが、本節では対象となる更生タイヤの詳細について述べる。

タイヤのサーキュラーエコノミーを図 2-4 に示す。この図では、左上の調達から材料を購入するところからスタートし、工場生産し、そして、販売網で流通し、顧客にタイヤが渡る。その後タイヤの使用が開始され、車両に装着されて走行する。寿命が来るとタイヤは車体から外されて回収される。回収されたタイヤはリサイクルされることが多いが、リサイクルの方法としては、廃タイヤを燃料として熱利用（熱回収）されるのが主である。一方で、廃タイヤから一部はタイヤの原材料として再利用されることもある。そして、本研究の対象である更生タイヤについては、回収された廃タイヤの路面と接する部分のみを交換することになる。回収されたタイヤが更生タイヤとして使用できるかを判断し、可能な場合は更生タイヤ工場に持ち込んで、更生タイヤにする。この更生タイヤになるタイヤのベ

ースとなるタイヤを台タイヤと呼び、出来上がった更生タイヤはリトレッドタイヤと呼ぶ。この台タイヤは寿命を迎えたタイヤの一部を再利用するために、台タイヤを製造する工程を省くことができ、且つ材料も再利用できる。これが CO₂ 削減の大きな効果となる。

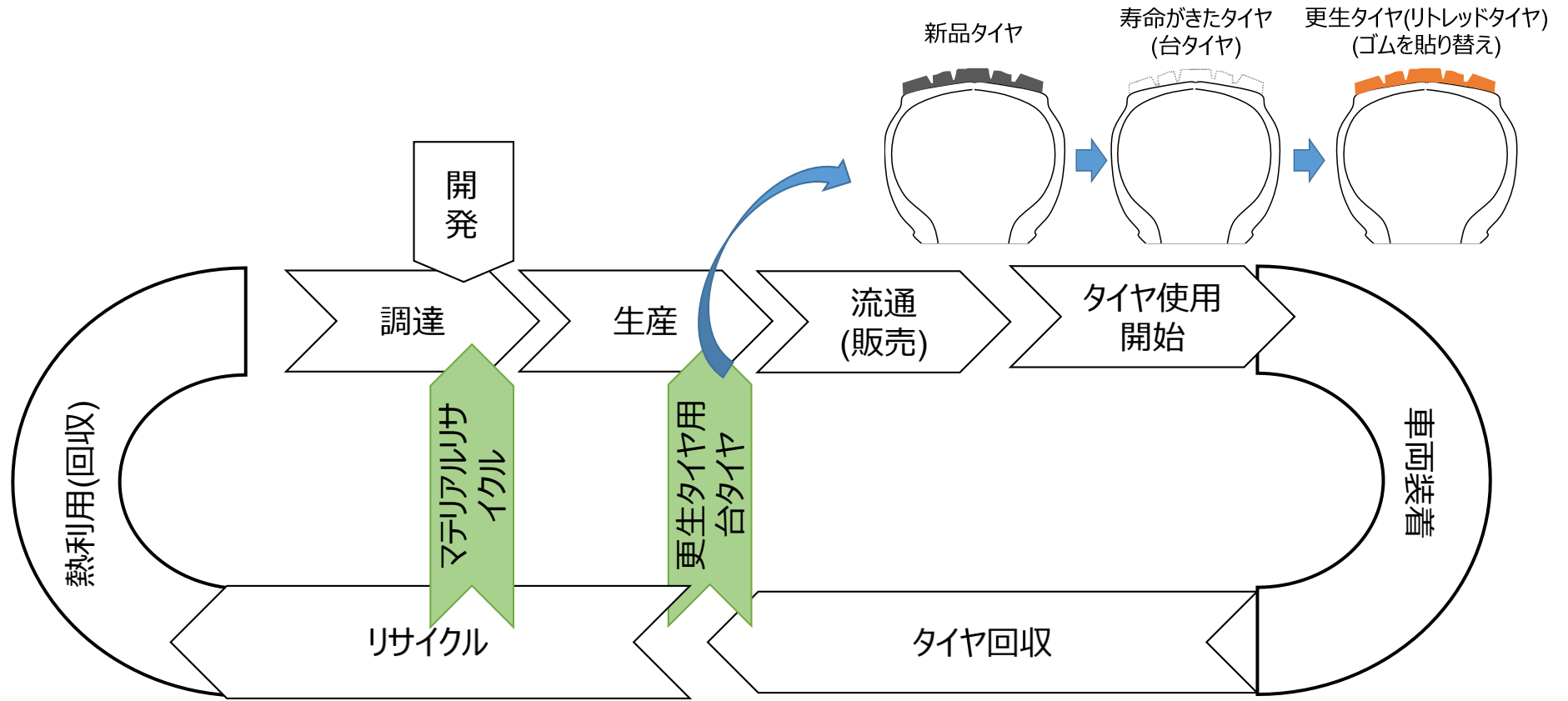


図 2-4 タイヤのサーキュラーエコノミー

2.2 先行研究調査

本章では、先行研究調査を行う。先行研究調査に当たっては、はじめに本研究の多視点で見える化の元になる、システム思考と見える化について文献レビューを行い、多視点で見える化するために必要な方向性を明確にする。次に、検証する3つの領域である、ありたい姿とのギャップの新興国の労働集約型セル生産方式、現状からの改善の製品間接コスト、そして未来予測の乗用車用更生タイヤについての文献レビューし、その考察を行う。その後、検証課題の提示をする（図 2-5）

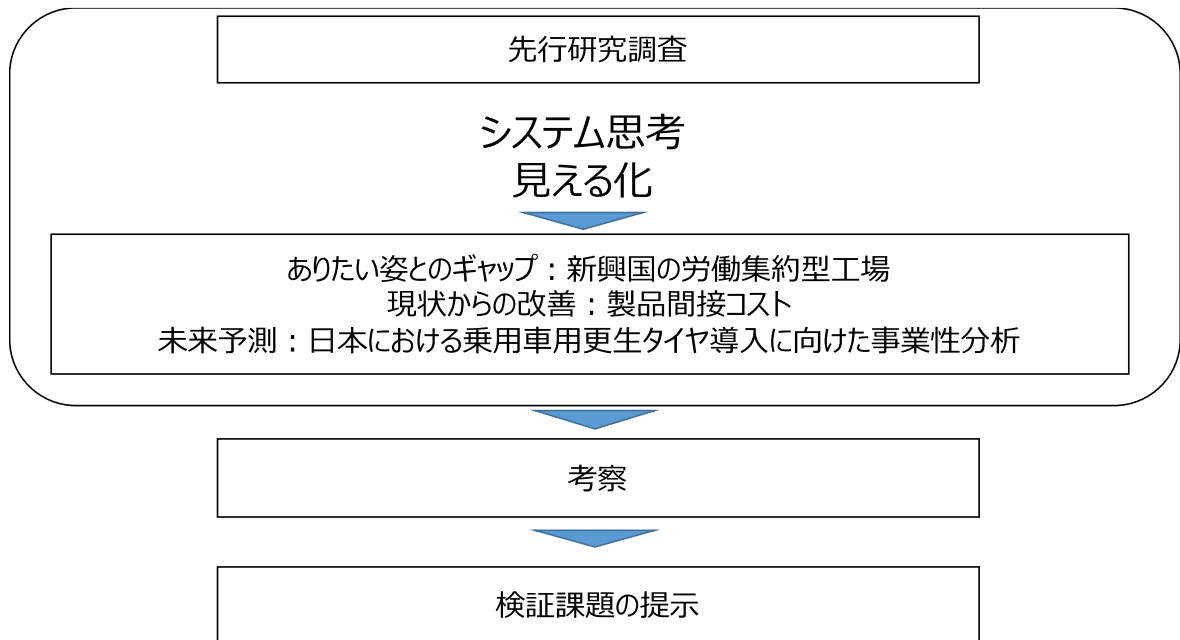


図 2-5 先行研究調査流れ

2.2.1 システム思考

システム思考とは、企業や自治体の経営課題や環境問題といった複雑な社会システム課題のためにシステムと情報と制御の概念を組み合わせてものごとを捉えるアプローチ[7]や、独立した事象に目を奪われずに、各要素間の相互依存性、相互関連性に着目し、全体像とその動きを捉える思考方法[8]である。

システム思考とは、細部も理解しながら大きく俯瞰することで、問題を解決していくことである。

2.2.2 見える化

見える化とは、トヨタが改善を「目に見える管理」として始まった[9]。また、企業などの組織における財務、業務、戦略などの活動実態を具体化し、客観的に捉えられるようにすることでもある[10]。そして、いつでも、どこでも、誰でも、一目でわかること。関係するステークホルダーに対し、視覚を通じて絶えず意識付けが行われるもの[11]や、正常な業務の中、異常を顕在化させる仕組みの構築[12]、そして、製造現場などの組織の见えないものを見えるようにして創造性や生産効率を引き上げる手法[13]など、情報を共有化する一次的な目的やそこから次へつなげていく二次的な目的などの定義がある。

次に本研究で扱う企業の課題に対し、ビジネスの見える化についての文献レビューを行う。

企業の課題解決のために、ビジネスプロセスの見える化をすることにより、プロセスを整理すると課題が明確になることが多い[14][15][16][17]。ビジネスプロセスの見える化として、2つの手法がある。1つはプロジェクトマネジメントやナレッジマネジメント等で使用するフローチャート型、もう1つはシステム定量化、最適化手法で使われるマトリックス型である[18]。

フローチャート型の代表例として IDEF (Integrated Computer Aided Manufacturing Definition) は、0 から 14 までの 15 種類の手法があり、複雑な状態を分析や設計、開発を行う必要のあるバラバラなシステムを運用可能な一つのものにするために、可視化したものである[19][20][21]。IDEF0 の活用事例として、時間制約や人的資源・物的資源の制約を多く受ける価値創出活動において、計画に

は不確定な要素が多いため、進行に伴って想定と異なる要素が特定される必要があり、IDEF0がこのシナリオを検討することを可能にしている[22]。また、リスク管理を実行するプロセスの意思決定のためのプロセス改善にIDEF0が有効であるとされている[23]。Data Flow Diagram 以下 DFD は、システム設計段階の初期に描かれることが多く[24][25][26]、抽象的なソフトウェア仕様記述を段階的に詳細化することが可能と説明している[27]。インフルエンスダイアグラムは、SWOT 分析から抽出した課題を整理するために使用することで、重要なドライバの特定と問題構造の可視化に利用できる[22][28]。フローダイアグラムは、新規事業において複数の企業間でビジネスプロセスを可視化することに有効であり[17]、建築現場[29]、モノづくりの工程を個々の機能とそれに関係する入出力を組み合わせて可視化することで改善につながると述べている[30][31]。

一方、マトリックス型の代表例として、後戻りや反復作業も含めて、複雑なシステムの構造をコンパクトにプロセスの順序を表すことのできる DSM (Design Structure Matrix) [32][23][33]、異なる領域の要素間の関係を記述する DMM (Domain Mapping Matrix) [34][35][36]、システムでの複合領域の要素間の関係を対象にして構造を分析する MDM (Multiple Domain Matrix) [37]がある。MDM は DMM と DSM から構成され、複合して同時に表される。DSM は海外工場での組織間の相互以前の関係性を情報の流れから分析するのに有効であることが述べられている[38]。DMM は製品設計の構造要素から工程への展開製品設計に用いることができる[39]。これら複数のシステムから構成されるシステムに関する研究の分析にこの MDM が用いられている[40]。また、複雑な建築プロセスの設計作業の管理にも有効であると述べている[41]。

日本では、見える化を実施することで、マネージャー層は全体業務が把握でき、問題が発見された場合はそれをその見える化ツールから指摘し、各担当は、各業務を遂行するのみならず前後の担当とともに補完して、一方、新興国では、各担当は前後の業務範囲を超えたところに関しては、相互補完することはない[42].

また、本研究の多視点の見える化についての先行研究として、プロセス図における原因-問題関係図がモデルから派生して見える化されたビジネスプロセス図（図 2-6）がある[43]. また、価値連鎖を図示する手法として QCD（Quality, Cost, Delivery）に強く関係するアクティビティが紐づけられて作られた価値連鎖図（図 2-7）がある[18]. このビジネスプロセス図と価値連鎖図を合わせたフローチャート型の一つに、問題構造図からリンクされる、多視点モデリングを用いたプロセス図である業務プロセス価値連鎖図[43]がある（2. 5 節，図 2-10 で述べる）. このプロセス図は三層に別れており、上の層に価値を表現し、中間の層に業務フロー（プロセス）を、そして下の層に中間層から出てきた情報の出入力を表している[5].

見える化は誰でも一目でわかり、且つそこから問題を顕在化させていくことで、ビジネスの見える化はプロセスを見るようにすることである.

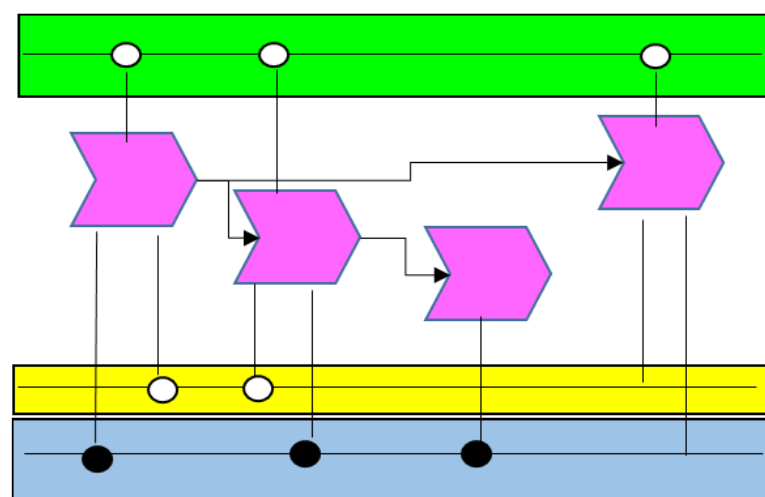


図 2-6 ビジネスプロセス図

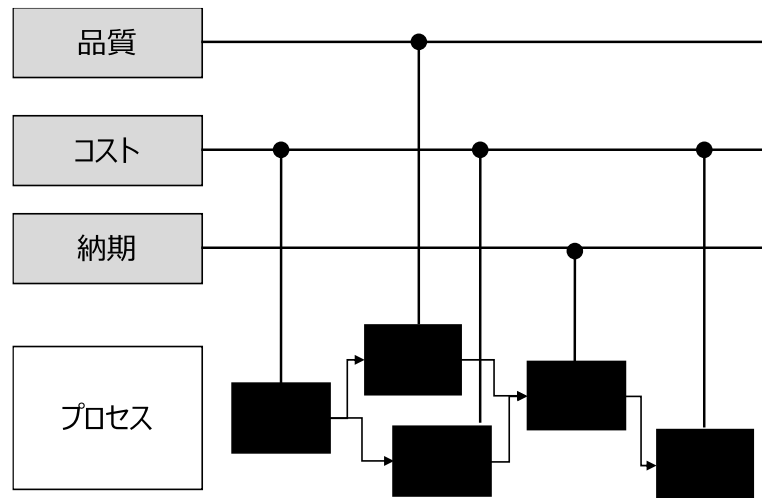


図 2-7 価値連鎖図

2.2.3 新興国の労働集約型セル生産方式

新興国の労働集約型の先行文献レビューは、マネジメント、教育訓練、モチベーションについて行う。またセル生産方式に関しても同様に行う。

日本企業が海外工場を作る際には、日本の生産の仕組みを移転して海外工場では製品を製造していることが多い[44][45]が、実際には、日本の仕組みを新興国の工場に生産移転をしても、思ったように生産量が増えないという課題がある[46][47][32].

新興国子会社の組織社会化を通じた海外子会社マネジメントは本国親会社の知識移転のみならず、現地向けの知識創発が重要である[49]. そして、新興国で地産地消商品を生産を成功させるには、有能かつ忠誠的現地ミドルマネージャー層の育成が重要で、彼らによって現地に秘められた潜在優位性を引き出す制度設計を同時に行うことで競争優位になる[50]. さらに、日本の生産マネジメントを徹底させるには、現地をよく知った日本人派遣者を配置して現地の組織に対して方向性を示して、教育していくことが必要である[51]. 新興国ではキャリアアップを配慮した教

育制度の整備や細かくメリハリをつけた評価制度などを浸透させることで高い離職率に効果がある[52].

セル生産方式に関しては、セル生産方式は中小規模で注文に応じた流動的な生産体制を取ることが多く[53]、緻密な技能書や標準書よりも OJT の方が効果がある[54]. また、セル生産方式で訓練の成果を上げるには判断力と経験と熟知に依存し[55]、セル生産方式を最大限活用するには、作業員間のコミュニケーションが最も重要である[56]と言われている。さらに、セル生産現場では導入と運営に影響を与える最も重要な要因は従業員の意欲である[57]と従業員のモチベーションに関しても言及されている。セル生産方式の仕組みやセル内の生産性に直接絡む先行研究として、セル生産では作業員のスキルと配置が生産性に影響を与え[58]、オーダー状況に合わせたスケジューリングを行うことで生産性が上がる[59]とも言われている。

新興国の労働集約型セル生産方式に関して、新興国の子会社では、現地人材を教育して、且つ評価制度をしっかりとっていくことが成功につながる。そして、セル生産方式に関しては、中小規模で流動的な生産体制を取っており、作業員はスキルが必要で作業員間のコミュニケーションと意欲が重要である。また、セルの中のタクトタイムやスケジューリング改善で生産性は上がる。

2.2.4 製品間接コスト

製品間接コストに関する文献レビューは、活動原価基準 (Activity Based Costing ; 以下, ABC) と、組織間コストマネジメント (Inter-Organizational cost management ; 以下, IOCM), 現場での改善, そしてコストをプロジェクトで改善していくプロジェクトマネジメントについて実施する。

ABC は、1980 年代に Kaplan と Cooper によって広められた原価計算手法があり、組織の中で資源を消費してアウトプットに変換する行為や業務と定義され、活動としては、購買の価格交渉、発注、検収、営業部門の顧客訪問、見積り、納品などである[60]。管理会計では、マネジメント・コントロールの設計、計画策定として、業績評価システムの設計や予算編成を行うことで、原価企画に貢献しているが、相互依存関係の多様性・複雑性がもたらすジレンマやコンフリクトのマネジメントに関しては管理会計では十分ではない[61]。ABC の実態について考察し、間接業務の活動原価測定支援システムを構築することで間接費用のより正確な原価への反映ができる[62]。また、ABC を適用する際には、共通費用の統合について議論が必要である[63]。そして、ABC を実施しない日本企業の分析をし、その理由を正確な製品原価を計算する観点から ABC は管理目的のみならず、財務会計側面からも尊重されるべきであるが、その際に、原価計算制度である原価計算基準との関連で、原価の費用項目計算及び部門別計算とコストセンターあるいは活動との関係をどのように理解するかがポイントである[64]。一方で、正確な製品原価を計算するという観点から ABC は原価計算基準との関連で原価の費用別計算及び部門別計算とコストセンターあるいは活動との関係を理解して整理する必要がある[64]とも言われている。また、取り扱う製品数が多いと ABC 分析を使用することに課題がある[65]や、ABC だけで管理会計を改革することではなく、顧客や生産プロセス、品質などの実体情報の視点を取り入れることが重要[66]で、管理会計では、マネジメント・コントロールの設計、計画策定として、業績評価システムの設計や予算編成を行うことで、原価企画に貢献しているが、相互依存関係の多様性・複雑性がもたらすジレンマやコンフリクトのマネジメントに関しては管理会計では十分ではない[61]といった批判的な意見もある。

次に、組織間管理会計研究では、多様な組織のマネジメントを組織間管理会計の研究領域に原価管理や利益管理の手段として組織コストマネジメント（IOCM, inter-organizational cost management） [67][68][69]がある。この組織コストマネジメントはサプライチェーンで関わる企業間同士がお互いにコスト改善を実施するために行われてきたものである[70].

現場でのコスト改善は Toyota Production System（以下 TPS）の先行研究があり、ジャスト・イン・タイムと7つのムダの排除が補完的に作用することで、TPSでは資金の削減・LT 期間を短縮し原価低減が実現される[71]とされ、TPS を導入する際に、原価計算ベースの会計リンクアプローチが必要であると述べられている [72].

次に、プロジェクトマネジメントでは QCD(品質，コスト，完成納期)の目標をシステムモデルで設定した[73]コスト改善について先行研究がある[74][75][76][77]. プログラムマネジメントにおけるプロジェクトには、研究開発，IT，地域活性化，政府開発援助（ODA）がある。プログラムマネジメントにおけるプロジェクトの先行研究は、研究開発や商品開発に適用した例が多くされており[78][79][80][81]，不確実性の高い新商品開発を実現するための手段としてプログラムマネジメントを適用している。次に、IT に関しては、プロジェクトマネージャーが戦略を理解して、システムを構築する研究がされている[82][83]. そして、産学連携や地域活性化に適用して、マネジメントを適切に行って成果を取っていく研究もされている [84][85].

組織間の協力体制に関しては、プロジェクトマネジメントで先行研究があり [78][86][87][88][89]，これらの研究は、不確実性の高い組織間や組織内の関係がある場合、価値観の異なる組織間の場合、複雑に入り組んだ組織で企画から製品開発

までを一貫して行う場合に、プロジェクトマネジメントを適用することで効果があるとしている。

製品間接コストに関しては、製品間接コストの管理改善に適用される ABC はシステムによる製品への配賦をしており、取り扱う製品が多く、生産プロセスや顧客の実体を織り込めなく、現場による製品間接コスト改善は、ABC はあくまでも計算システムなので現場を管理することは難しい。

2.2.5 更生タイヤ

更生タイヤの先行文献レビューは、環境関連、更生タイヤ、そして新規事業検討のためのフージビリティスタディに関連しシステムのモデリングとシミュレーションについて行う。

自動車産業は CO₂ 削減に向けた対策のために、クリーンエネルギー自動車 (Clean energy vehicle: CEV) を投入し、技術開発や普及対策が進められている [90]。一方、タイヤ産業の CO₂ 低減対策は製品が直接的に CO₂ を排出しないために、原材料調達、生産、流通、使用、廃棄・リサイクルの 5 つの段階で間接的に CO₂ 削減対応をしている。

一方で、タイヤ産業の CO₂ 低減対策は製品が直接的に CO₂ を排出しないために、原材料調達、生産、流通、使用、廃棄・リサイクルの 5 つの段階で間接的に CO₂ 低減対応をしており、タイヤを車体に装着している使用段階が最も CO₂ 排出量が多く、その割合は乗用車用タイヤもトラック・バス用タイヤでも CO₂ 排出量の約 9 割を占める [91]。タイヤが車体に装着されている使用段階での CO₂ 削減をするために、タイヤメーカーは燃費に効果のある転がり抵抗を減らす商品開発をしているが [92][93]、どれだけ転がり抵抗の改善をしても CO₂ 削減効果という意味では不十分であり、タイヤメーカーとして CO₂ 削減に向けては他の何らかの対応をしなけ

ればならないという課題がある。その課題に対して、車体装着時の使用段階の CO₂ 排出量が大部分であるが、自動車は排出する CO₂ 分と同量がタイヤ装着時の CO₂ 排出量として計上されているため、タイヤのみで CO₂ 削減ができる残りの 10% 部分の CO₂ 削減がポイントとなる。タイヤのみで CO₂ 削減ができる 10% の部分に関しては原材料調達と生産でほぼ 9 割を占める。

更生タイヤというタイヤがトラック・バス用タイヤと航空機用タイヤ等に存在し、タイヤが路面と接する部分だけを交換するために CO₂ 削減に原材料調達、生産、物流、及び廃棄・リサイクル段階全てに効果がある[94]。

まず、環境商品に関しては、様々な研究がなされている。それらの多くは、CO₂ 排出量やコストの分析や技術革新に留まっており[95][96][97]、環境税などの政策を含んでいない。一方、炭素税に関する研究として、Nonaka ら[90]は CEV の総走行距離の違いや将来技術を考慮した炭素税率や課税額の税設計フレームワークを構築し、蓄電池のコストと炭素税の課税を比較し CEV の導入の可能性を評価している、また、Chua[98]らは、シンガポールにおける電気自動車の普及率に対し、税金と炭素税の最適解を求め、Nonaka[99]らは、利用段階のみならず、製造段階での CO₂ 排出量を考慮した炭素税を提案することにより、走行距離によって消費者にとって最適な CEV についての研究などがある。次に、環境に関する経済性に関する研究として、将来の自動車 CO₂ 排出量推定モデルを作成する際に、次世代車技術要素としてバッテリーと燃料電池に対して規模の経済を考慮した研究[100]、ポーランドの燃焼電池自動車、圧縮天然ガス自動車、ハイブリッド電気自動車、ディーゼルハイブリッド電気自動車、液化石油ガス自動車を対象として、技術の向上、エネルギー保証、石油価格、政府の補助金を考慮した 4 つのシナリオで検討し、インフラ整備と購入価格の低下が燃料電池自動車の普及につながるという研究[101]、

燃料電池車の投資を改善することで、ガソリン車やプラグインハイブリッド車を上回り、高い再生可能エネルギー発電ポートフォリオの下で持続可能な経済的選択肢を提供できるという研究[102]などがある。環境商品の初期投資に関する研究として、将来の太陽光エネルギーの導入量のケーススタディの研究に初期投資を織り込んで初期投資のコスト低減が太陽光エネルギー普及に影響するという研究[103]、初期投資とその投資回収年数に関する研究として、集合住宅に燃料電池コージェネレーションシステム普及させるシナリオの研究がある[104]。

再生タイヤの先行研究として、再生タイヤはトラック・バス用タイヤと航空機用タイヤ等に存在し、タイヤが路面と接する部分だけを交換するため CO₂ 削減に原材料調達、生産、物流、及び廃棄・リサイクル段階全てに効果があり[94]、また、価格も新品タイヤと比較して2割から3割安価である[105]。一方、世界では乗用車用再生タイヤは供給されていない事実がある。理由としては、乗用車用タイヤは4輪のため1本がパンクすると危険であるという安全性の問題[106]、自動車の軽量化を進めるなかでタイヤの軽量化も進み、再生タイヤの製造が難しくなったこと、大量生産によりタイヤの価格が下がったことの影響で、再生タイヤがコストとして見合わなくなり使われなくなってきたこと、乗用車用タイヤのサイズ数がトラック・バス用タイヤの約3倍あり、再生タイヤ生産の設備投資が多額になること[107]があげられる。しかし、昨今、再生タイヤの安全性の問題は、タイヤメーカー各社がパンクしても数十キロ走行可能なタイヤが開発された[108][109]ために解決され、軽量化による製造の難易度に対してはタイヤメーカーが2030年までに軽量化に対応する再生タイヤの設計と製造技術革新を進めているために[110]解消する可能性があるがタイヤメーカーで事業になるようなコスト低下になるかは不明である。一方、トラック・バス用再生タイヤの普及は、日本国内では約2割に対して、

欧州では約 5 割である[111]. これは欧州でこのような環境商品に対し、循環型経済 (CE) 政策を新しい産業戦略として捉え、EU は市場競争の確信を変えようとし、本業と一体化した形でサステナビリティに積極的に取り組むことが求められて [112], タイヤに対しても、レギュレーションとして 1999 年に乗用車用、及び商用車用のタイヤの再製造が義務付けられたこと[113], CO₂ 排出量に応じた炭素税を導入して CO₂ 削減に対して規制を作っていることが高いトラック・バス用更生タイヤの普及になっている. 更生タイヤに関する研究は、既存のトラック・バス用リトレッドそのものの研究のみならず、リトレッドの交換タイミングや乗用車用リトレッドタイヤの可能性についての研究もされている. 既存のトラック・バス用のタイヤをどのタイミングでリトレッドするかについて、ベイジリアンネットワークに基づくツールを用いて意思決定する研究[114], そして、Wang らは、リトレッドタイヤの再利用方法について、どのようにするのが最適化についての研究として、二次リトレッドタイヤがエネルギー回収効率、CO₂ 削減率、そして経済性が最も優れていると述べている[115][110]. 乗用車用リトレッドタイヤの可能性については、Lebreton & Tuma がドイツにおける乗用車用リトレッドタイヤ導入の可能性について顧客の需要の可能性を調査し、顧客がリトレッドを購入したくないために、経済的にも魅力がなくなっていると述べている[116]. そして、企業にとって乗用車用リトレッドタイヤが導入するメリットがあるか否かについて損益分岐点を出して結局メリットがないとしている[117].

システムのモデリングは、システム開発・管理する際に使用されて開発を進めるためのモデルをレファレンス型モデルと言い、大規模で複雑なシステムを開発する際にその動きを事前に分析する分析型モデルと言われる 2 つのモデルに分けられ、システムのシミュレーションは、システムのふるまいを調べることであり、シムテ

ムの問題点を把握して、シミュレーションの目的とシステムの評価方法を明確にして、要素の振る舞いのデータを集め、シミュレーションをする[18]。そして、シミュレーションの要素・要因を決定するにあたり、現場の実務者から情報を取得し[118][119]、モデル化は現場からの詳細な情報を取得して、経営課題の対象となる知識労働をモデル化するために、現場からの情報をまとめていくこともある[120]。そして、シミュレーションを使うフィージビリティスタディは、提案されたプロジェクトが実施された場合に成功するかどうか、またどのように成功する可能性があるかを目的とし、戦略立案とプロジェクトマネジメントの橋渡しをする重要な戦略的計画、プロジェクトマネジメント、技術的分野の間の重要な橋渡し役である[121]。

更生タイヤ関連は、CEV 導入、普及に関して、環境税導入による影響について検討されているが、環境税、生産コスト、初期投資といった実態にあった詳細データを使用するの先行研究は少ない。新規事業に対しては、フィージビリティスタディを実施するが、シミュレーションの際の要素・要因決定にあたっては、過去のデータや予測データを取って対応するが、要素・要因を取得する際に現場から詳細なデータを取得することもある。

2.3 検証課題提示

本節では、前節の考察から本研究の検証課題を提示する。

まず、新興国の労働集約型セル生産方式について先行研究概要を図 2-8 に示す。新興国子会社に対しての先行研究は、モチベーションやスキルに対して、労働管理やマネジメント、そして教育・訓練についての先行研究が多い。そして、セル生産方式に関しては、セルの中でのタクトタイム改善やスケジューリング改善、そして配置改善などに特化したものが多い。新興国子会社に対しては、モチベーション、

マネジメント、教育・訓練と個別の対応をし、そして、セル生産方式に関しては、セルの中の改善をする。これらを行うことで生産性を上げるという先行研究になっている。ここから、本研究の新興国の労働集約型セル生産方式の検討課題は、「新興国の労働集約型セル生産方式の生産達成率を上げるには、マネジメントや生産方式の対応だけで解決するであろうか」とし、この課題について検証を行う。

	課題		
	生産性改善(セル生産方式)	新興国子会社	
		モチベーション	スキル
既存研究	タクトタイム改善 スケジューリング改善	労務管理 マネジメント問題	教育・訓練

図 2-8 新興国の労働集約型セル生産方式先行研究区分

次に、製品間接コストについての先行研究は、ABC についての先行研究が多く、また、現場のコスト改善については TPS での改善活動が製品間接コストに繋がっている研究が多い。しかしながら、ABC には課題も多く、そして現場の改善は製品間接コストに直接繋がらなく、そして ABC はあくまでも情報システムで管理しているだけであって、現場の実体と即してないことが多い。そこで、本研究の製品間接コストの検討課題は、「取り扱う製品が多い企業が、製品間接コストを ABC で管理改善することが現場に不満なくコスト改善が進むのか」とし、この課題について検証する。

最後に、更生タイヤの先行研究は、環境税に関して、直接 CO₂ を排出する自動車に関しては多く特に CEV の研究が多い。そして、環境関連で生産コストや初期投資を考慮した先行研究はあるが、生産コストは現実的な数値で考慮されているものは少なく、また、初期投資を含んだものは存在するが、エネルギー発電など直接 CO₂ を排出する製品についてのものが多い。そして、それら全てを考慮したものは少ない。次に、システムのモデリングとシミュレーションに関し、先行研究概要を

図 2-9 に示す。モデリングからシミュレーションはマニュアルがあり、そして、その検証結果についての先行研究が主である。しかしながら、そのモデリングとシミュレーションを行う前提の要素・要因を決定する際の収集については、あまり先行研究はなく、実務者からデータを取得し、それをまとめていくものが存在するが少量である。そこで、本研究の更生タイヤの検証課題は、「新規事業検討のフィージビリティスタディをする際に、要素・要因決定は過去のデータや現場からの詳細データで検討することで抜け漏れなくモデリングとシミュレーションが行えるのか」とし、この課題について検証する。

	情報収集・調査→要素・ 要因決定	モデリング	シミュレーション	結果評価
既存研究	過去のデータ分析と関連 データ分析 現場で列挙	モデリング手順とし てマニュアルあり	➡ 多くの既存研究あり	

図 2-9 システムのモデリングとシミュレーション先行研究区分

2.4 業務プロセス価値連鎖図概念

既に、第 2.2 節の多視点の見える化の中で、業務プロセス価値連鎖図について触れたが、本節では概念について述べる。

業務プロセス価値連鎖図は、Why, How, What, When の関係を同時に見る、多視点で見える化したフロー図（図 2-10）である[5]。この図は、品質（Quality: Q）、コスト（Cost: C）、納期（Delivery: D）を Why のところにおいて、価値を示している。そして、その下の段に、How として、プロセスを配置し、担当部署別に業務ステップを置く、そして、一番下に What としてそこから出てくる情報等の対象を置いて、各ステップから出てくる対象と入っていく対象を明示する。そして、時の流れは、左から右に When として流れていく。この業務プロセス価値連鎖図の元である図はトヨタではトータルリンクシステムチャートと呼ばれており、それ

を改良し、複数の部署が同じものを見て共有して、議論し、そして課題を見つけるものである。

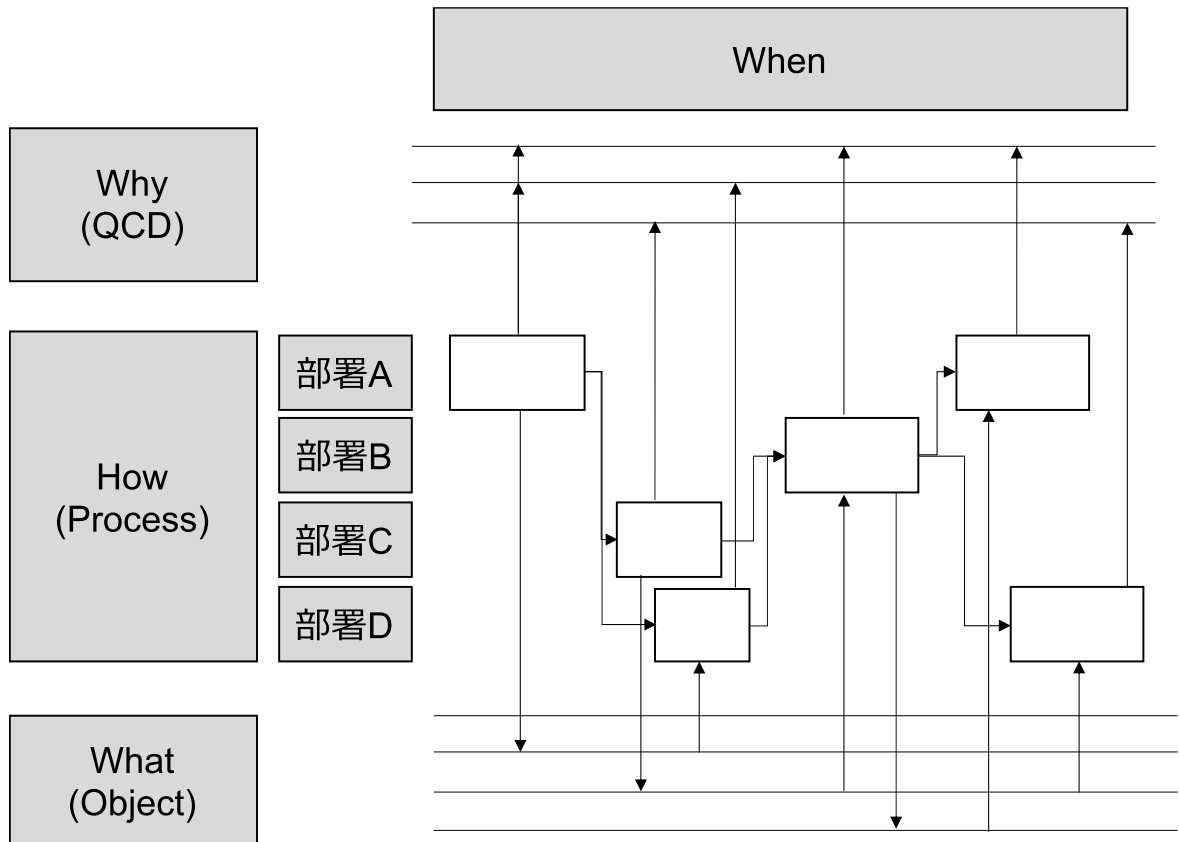


図 2-10 業務プロセス価値連鎖図

中野(2017)をもとに筆者作成

第3章 タイヤ生産プロセスの見える化

本章では、ありたい姿とのギャップの検証課題である、新興国の労働集約型セル生産方式の工場生産達成率が改善されるのかを検証するために、労働集約型セル生産方式の代表例として新興国のタイヤ生産工場を題材に生産達成率変化について検証する。

3.1 背景と対象

3.1.1 背景

既に、第 1. 2. 1 項で新興国の労働集約型の工場の背景は述べた通りだが、新興国の安価な労働力と技術移転が容易になったことにより、労働集約型産業の生産現場は新興国に移転した。そして、移転初期は、単純作業の製法の生産拠点に限定されていたが、徐々に複雑な作業や製作に難しい製品も移管された。はじめは日本から大人数で現地に向かい、教育・訓練、そして組織を作った。日本から生産拠点を移管するだけでは、当初の期待通り日本同等の生産を達成できないことが多く、また、新興国に設備を導入する際には、安価な労働力をフル活用する、すなわち自動化要素のない設備を入れるために、人の作業負荷が大きい。こういった理由で、製造プロセスに人が絡むことが多いのが現状である。

3.1.2 タイヤの生産工程

タイヤ生産プロセスは材料となる天然ゴムや合成ゴムが工場に入ってきて、そのゴムを加工して鉄などとアッセンブルしていく。その後、タイヤが消費者に届いたのち、タイヤは車に装着される。装着されて寿命となったタイヤは使用されなくなると廃棄されるものと燃料になるもの、そしてリサイクルされるものに分かれる (図 3-1)。

まず、原材料調達では、材料となる天然ゴムはゴム農園でゴムの木を育成し、その育成したゴムの木から採ることのできるゴムの樹脂を集めて、それを混ぜて固めることでタイヤの元となる天然ゴムとなる。そして合成ゴムは化石燃料からできるため、石油製品工場で製造される。それ以外にもタイヤの中に混ざっているカーボンやオイルやスチールなどが原材料として調達される。次に生産については、原材料調達から入ってきた材料をタイヤ工場に輸送してタイヤを製造する。

タイヤ生産を行うタイヤ工場の生産プロセスは、ゴム練り工程からはじまり、最後に検査工程で終わる（図 3-2）。ゴム練り工程では、天然ゴムや合成ゴムをバンバリーという機械にカーボンや薬品、オイルと一緒に入れて混ぜる。その混ぜたものをシート形状にする。その練りゴム工程では、カーボンや薬品、オイルと混ぜるために 1 回だけ練る部材種もあれば、何度か練って更に他の薬品やオイルを混ぜる部材種もある。次にそのゴム練り工程でできたシート形状になったゴムを押出工程、コード・カレンダー工程、ビード工程に運搬し、それぞれをその工程で使用する。まず、押出工程では、タイヤが道路と接するトップトレッドという部材とタイヤの横の表面部分のサイドトレッドという部材を作る。ゴム練り工程からきたシート形状のゴムに熱を加えて柔らかくし、必要な形にするために押し出す。押し出してできた部材は熱を持っているため、冷却した後に台車に乗せる。コード・カレンダー工程では、コードをすだれ状に撚ってできた平らなになった表面にゴムを圧着する。延ばして圧着するためにこの工程は圧延工程とも呼ばれている。ここでできたコードの表面にゴムを圧着した部材を裁断工程でタイヤの幅と長さに合わせてカットする。裁断工程では、タイヤの内側で空気を抜けないようにする部材であるインナーライナーも製造する。インナーライナーはゴム練り工程から来たシート状の部材に熱を入れて柔らかくして、平らにし、タイヤの形に合わせた幅にして台車

で巻き取る。ビード工程では、ワイヤーを何本かまとめて編み込み、そのの周りに熱で柔らかくして押し出されたゴムで包みこむ。それをタイヤのリムの形状になるようリング状にする。押出工程、裁断工程、ビード工程から出てきた部材を成形工程でアッセンブルする。この成形工程では、ドラムに各部材を巻き付けて、タイヤの形である円形にする。そのタイヤを生タイヤ（グリーンタイヤ）と呼び、その生タイヤを加硫工程に運搬して熱と圧力を加えて加硫する。この加硫工程が終わると普段見るタイヤになっている。最後に検査工程で外観検査等を実施して出荷する。

このようにタイヤ生産工程では前工程を作ったものを後工程が使用するために、前工程で作った部材の精度と品質が次の工程のアウトプットに密に関係している。前工程の部材が悪いと、最終的な製品となるタイヤの品質も悪くなる。日々外気温や湿度が変わっていくために、部材の状況も日々変わっているため、前工程の品質状況を後工程が理解しながら各工程で部材を仕上げていく必要がある。したがって、タイヤ生産は各工程間のつながりの良し悪しが生産達成率を左右する。この各工程で行われているタイヤ生産プロセスを見える化することは生産達成率と直結した様々な課題が見えてくる。

次に、タイヤ工場から出来上がったタイヤを出荷するのだが、タイヤ販売店へ工場から倉庫を経由して届けることになる。タイヤを販売する場所としては、自動車関連の商品を置いているいわゆるカー用品店やタイヤ専門ショップや自動車整備工場や自動車販売をしているディーラーなどがある。そして、新車を作っている完成品メーカー（Original Equipment Manufacturer: OEM）へもタイヤは輸送される。

こうして市場に流通し、購入され、車に装着されたタイヤが使用段階で走行可能な距離まで消費者によって使用される。

その後、寿命が来たタイヤはタイヤ交換されて、古いタイヤは廃棄されるか、もしくはリサイクルされる。この段階では、廃タイヤを熱回収してボイラーや電力にすることや、トラック・バス用のタイヤなら表面の道路と面しているゴムのみを剥いで、表面のゴムのみをタイヤに貼る付ける更生タイヤなどとして活用される。

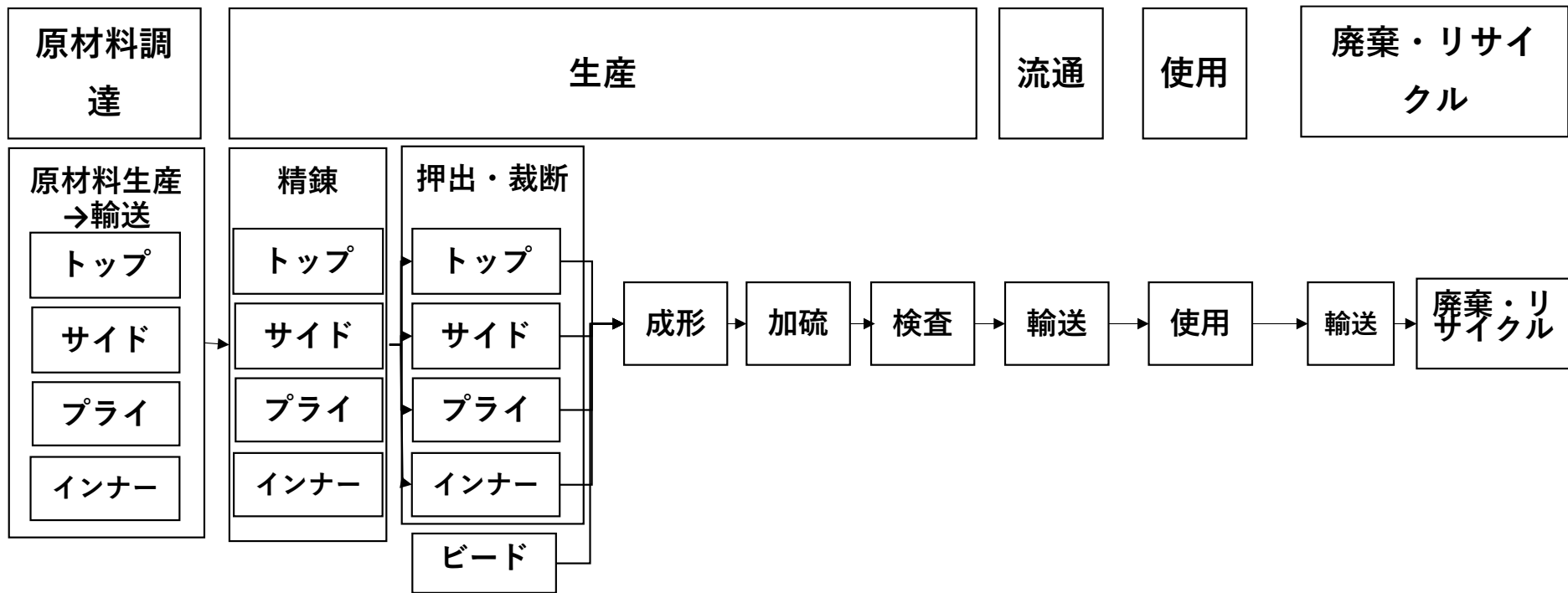


図 3-1 タイヤ生産プロセス

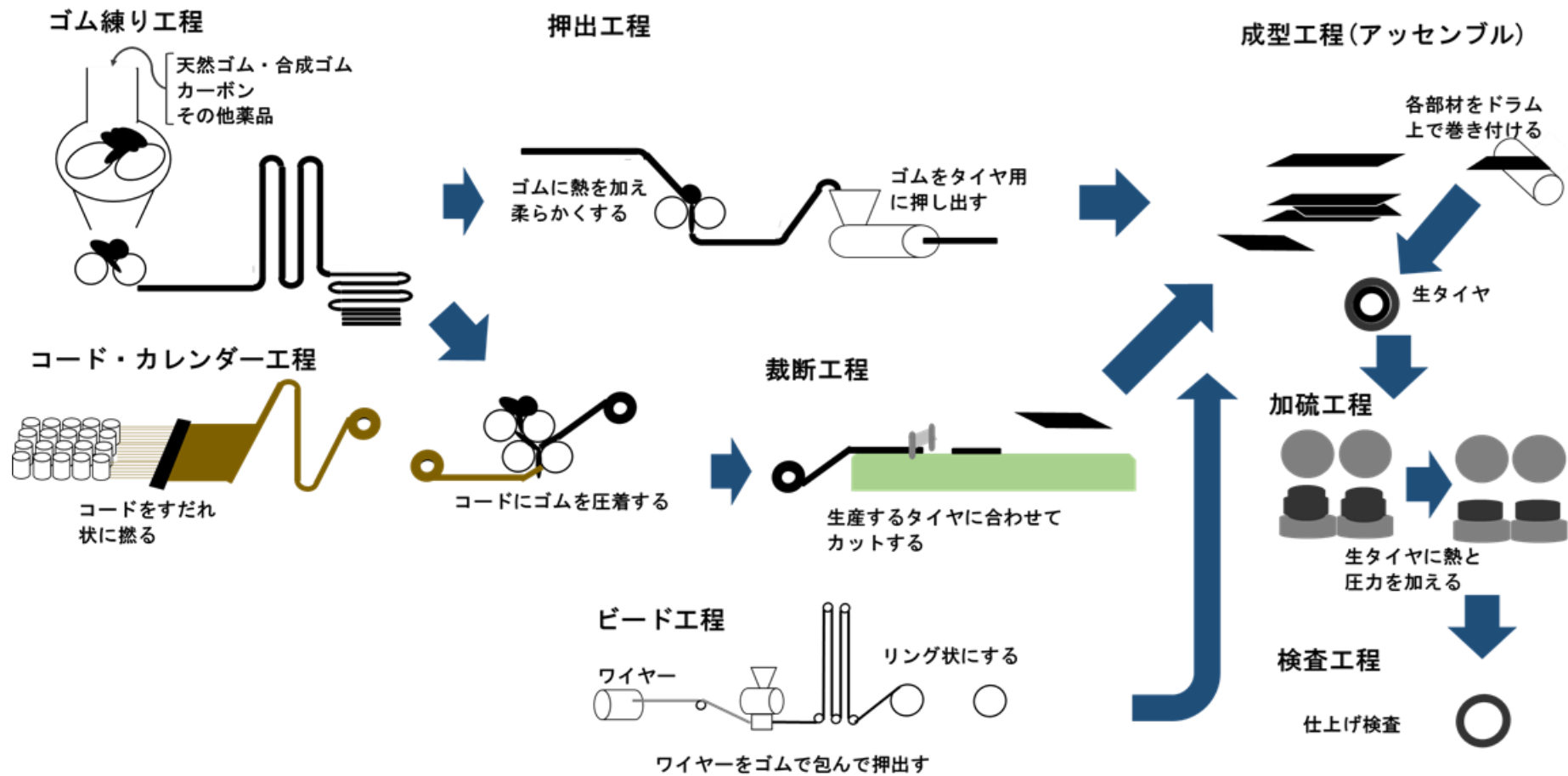


図 3-2 タイヤ生産工程の流れ

3.2 検討課題・目的

本章では新興国の労働集約型セル生産方式の生産達成率改善について検証するが、既に第2.3節で述べた通り、検討課題は下記の通りである。

- ・ 新興国の労働集約型セル生産方式の生産達成率を上げるには、マネジメントや生産方式の対応だけで解決するであろうか

本章ではこの検討課題に対し検証していくが、それまでの新興国の労働集約型セル生産方式に対しての対応を整理する。

新興国の子会社に対し、現地に合わせた組織づくりや教育訓練を実施し、現地化するために日本人派遣者を減らして現地のマネージャーを育成した。そして、日本人派遣者の配置は各子会社の状況に合わせて実施し、評価制度も現地に合わせたものにして、従業員のモチベーションが上がるような制度にした。

また、セル生産方式に関しては、工場内の作業員の配置を日本とは変更したり、スケジュールや原単位も現地に合わせたものにしたたり、生産達成率を上げるために現地在支援が必要な問題に対し、その分野のスペシャリストを日本から支援に行つて対応をするが、その支援時は一時的に生産達成率が上がるが、支援を終えるとまた元の通りに戻ってしまうという課題があった。

本章では、新興国の労働集約型セル生産方式において、生産方式のみならず、生産プロセスに関わるマネジメントや作業員のスキル等の全ての流れを俯瞰して生産達成率を目標通りにすることを目的とする。

3.3 データ取得方法

タイヤ業界を代表し、多くの国に生産拠点を持ち且つ生産方式が複雑である日系タイヤメーカーの α 社のインドネシアA工場、インドB工場、タイC工場において、まず、 α 社がグローバルで展開している標準業務フローであるフローダイアグラムを使用して、一つずつのステップを現地のスタッフとともにたどった。調査をするにあたり、タイにある技術センターのメンバーとともに実施した。各工場と技術センターの位置関係は図3-3の通り。そして、工場の組織図であるが、例としてインドネシアA工場の組織図を図3-4で示す。工場は、各国にある現地法人の配下であり、その現地法人子会社には財務や人事や販売の部門もあり、その一つとし

て生産部門の工場がある。インドネシア法人は生産部門の工場を 2 つ持っており、A 工場と並んで E 工場がある。また、品質部門は A 工場と E 工場両方を統括している。Technical Director が A 工場、E 工場の両方を管理しており、その下に工場長がいる。Technical Director は日本人派遣者で、工場長以下が現地のインドネシア人である。工場には、Technical Service, Engineering, Production Plan, Production と工場長の配下に入っている。今回、生産達成率改善プロジェクトを実施するにあたり、タイの技術センターメンバーのカウンターパートナーとして、工場側に Kaizen Team を作ってもらった。そこには、IE メンバー1 名、Technical Service メンバー1 名、Engineering メンバー1 名、Production メンバー1 名が各自の業務と兼任として入った。タイの技術センターの組織図が図 3-5 である。技術センターメンバーは筆者の配下に、タイ人の Chief, その下にインドネシア人と台湾人のスタッフがいる。

はじめに、生産達成率が上がらないという課題に対して、その解決のために標準業務フロー通りになっているかを確認した。α 社がグローバルで展開している標準のフローダイアグラムは第 1 階層しかなく、第 2 階層より下の階層は各工場が作成している。まず、現地の工場の IE スタッフとともに標準の業務フローをたどったが、各工場ともグローバルに展開している標準業務フローの一つのステップごとに第 2 階層があり、その第 2 階層の下に第 3 階層があり、その第 2 階層、第 3 階層の業務ステップを一つずつ確認した。

各工場でデータ取得から改善案適用までを実施した期間と時期は下記の通り。データ取得, データ解析, そしてプロジェクト会議を実施して課題解決を実施した(図 3-6)

- インドネシア A 工場 : 2017 年 1 月から 10 月で実施
- インド B 工場 : 2017 年 8 月から 11 月で実施
- タイ C 工場 : 2018 年 1 月から 7 月で実施



図 3-3 工場と技術センターの位置関係

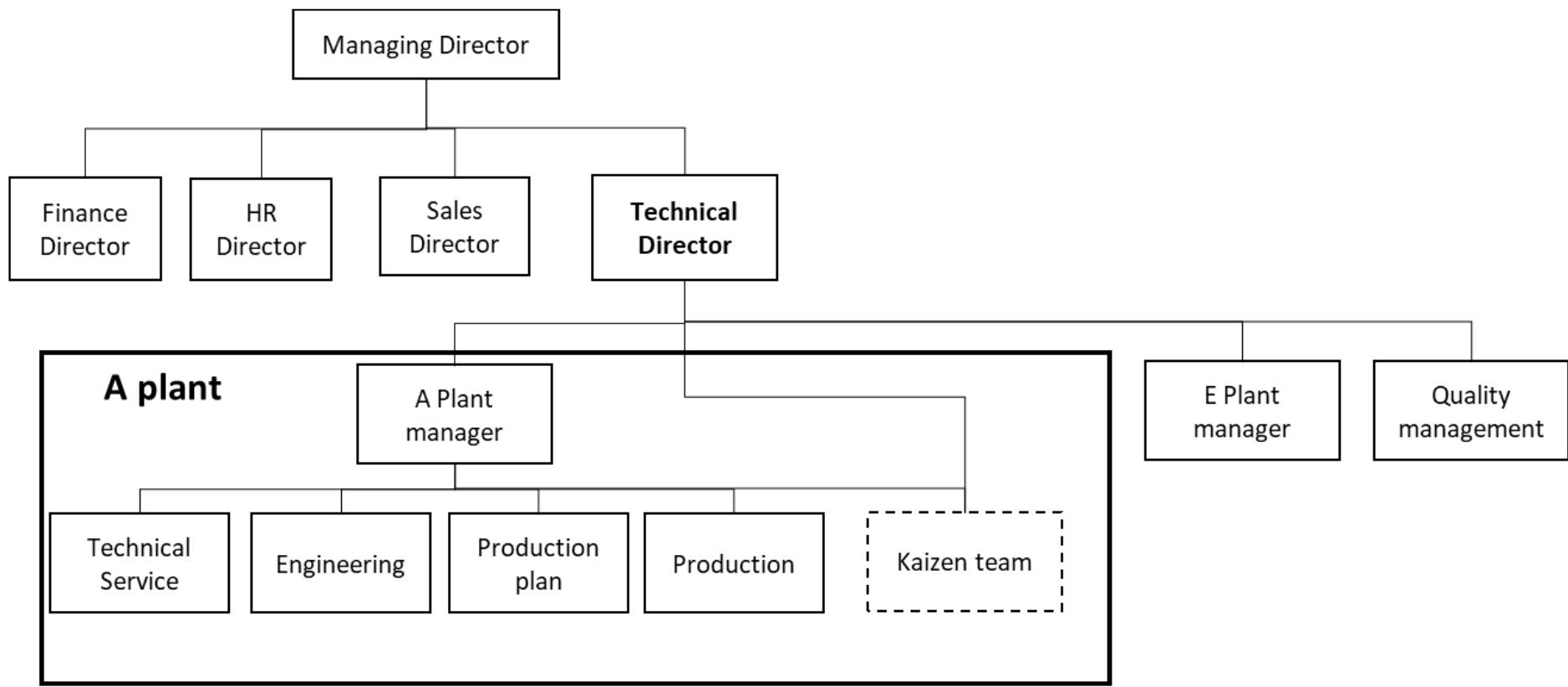


図 3-4 インドネシア法人組織図

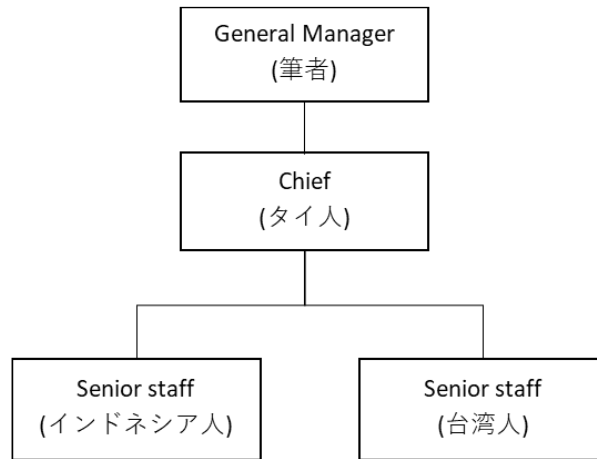


図 3-5 タイ技術センター組織図

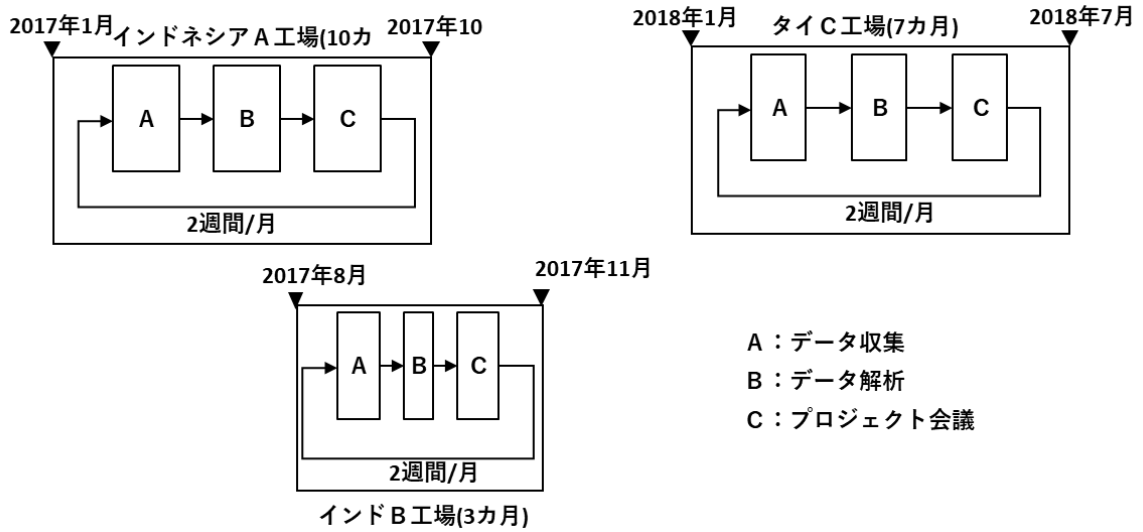


図 3-6 各工場でのプロジェクト実施期間概要

3.4 業務プロセス価値連鎖図適用

α 社のインドネシアにあるA工場,インドにあるB工場,タイにあるC工場で,業務プロセスの見える化の2つの手法である,フローチャート型とマトリックス型を適用して,新興国のタイヤ生産工場の生産プロセスの分析をし,生産達成率が日本同等に上がらない課題の解決を行い,採用した手法の比較分析を実施する.そして,アンケートを実施し,採用したどの見える化手法が新興国のタイヤ生産工場の課題解決への最も有効であるかを明確にし,方法論を述べる.まず,フローダイアグラムと業務プロセス価値連鎖図のフローチャート型,DSMのマトリックス型を活用して,問題分析を実施.その後,課題解決策の実施,また,この3つの見える化手法による分析比較する.次に,生産プロセスについて今回の α 社の3工場のスタッフ2名ずつ,及び日本の2つの工場のスタッフ2名ずつに対し,生産プロセスの各ステップの理解と生産プロセスの全体の流れのアンケートを実施する.そして,各スタッフの回答結果から新興国と日本のタイヤ生産工場との比較を実施して,どの見える化の業務プロセスが新興国のタイヤ生産工場で有効であるかを確認する(図3-7).

α 社にはフローチャート型のフローダイアグラムが生産プロセスの標準として存在している(図3-8).2006年に日本で作成し,グローバルに展開してきたものである.それをグローバルで活用して,生産プロセス等日本の技術をそのまま移転してきた.この標準フローダイアグラムを一つずつ,ステップ毎に現地スタッフと確認し,現状の課題に対して解決可能か評価,手法の分析をした.それと並行して,業務プロセス価値連鎖図(図3-9)を作成し,同様に現地スタッフとともに一つずつステップを確認し,現状の課題に対して解決可能か評価,手法の分析をした.そして,フローダイアグラムで実施されている生産プロセスの順番

による問題を確認のために、マトリックス型の DSM で同様に課題解決可能か、現状の業務の課題が解決するかを評価、分析した。それら手法での課題解決可否と手法の分析を行った後、表 3-1 の生産プロセスに関するアンケートを各工場のスタッフに回答してもらい、今回の手法の分析との関連性を確認した。

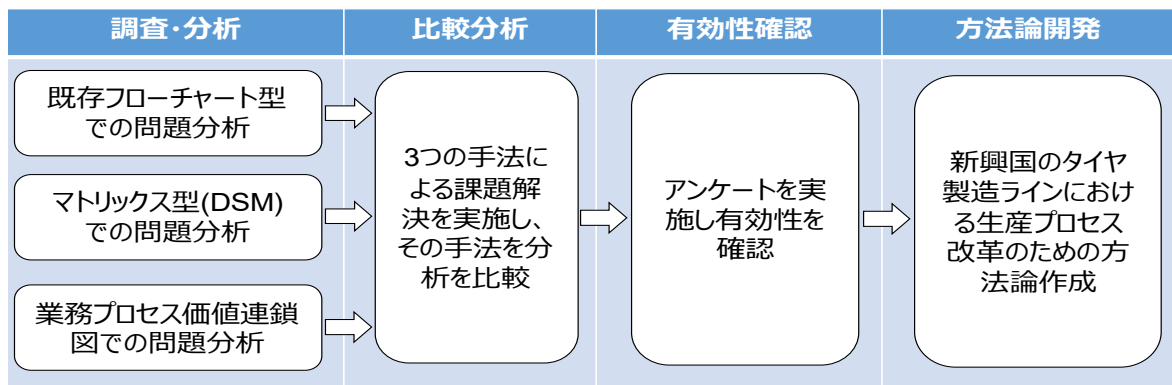


図 3-7 タイヤ生産プロセス見える化研究方法概略図

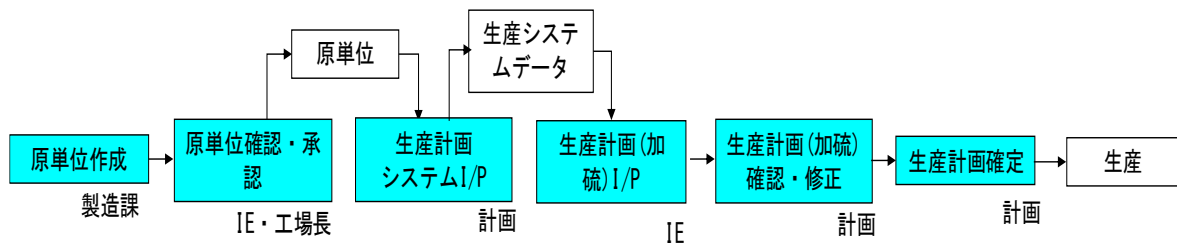


図 3-8 生産プロセス業務フロー

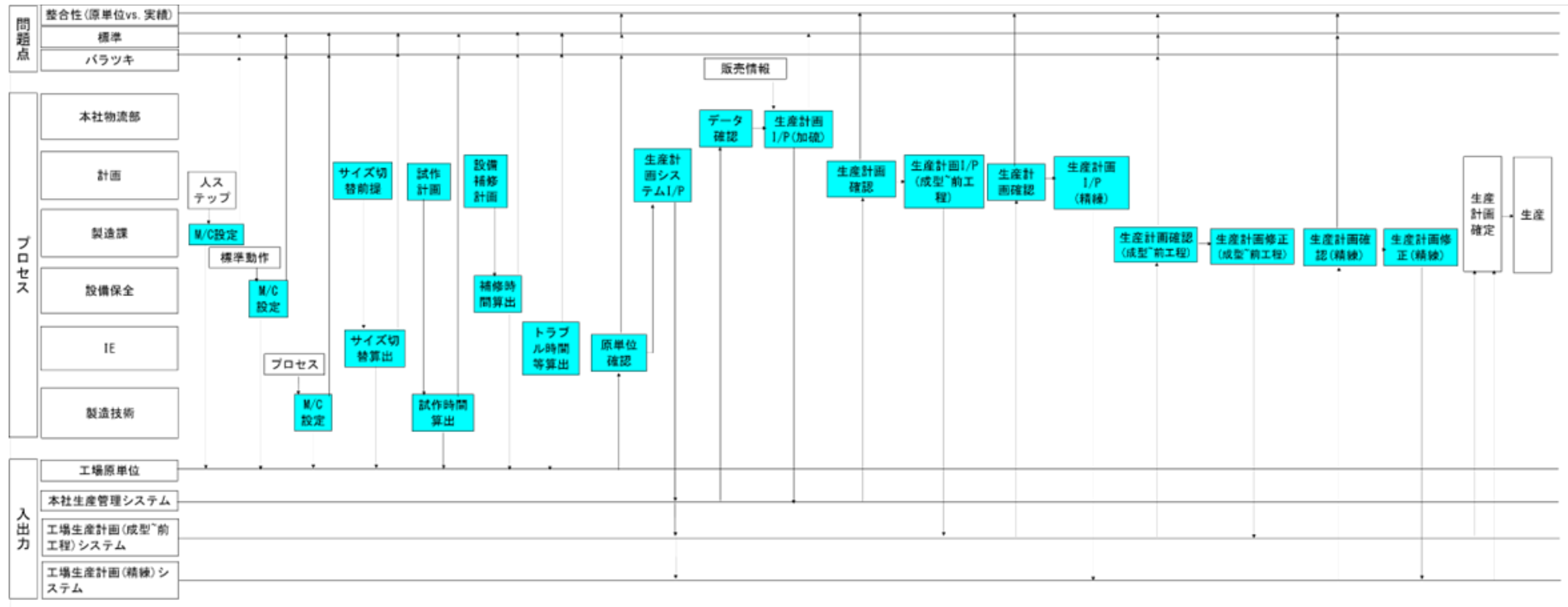


図 3-9 タイヤ生産工程における業務プロセス価値連鎖図

表 3-1 生産プロセスに関するアンケート

	No.	質問内容
業務ステップ	1-1	誰が人のステップを作っているか？
	1-2	誰がマシンのステップを作っているか？
	1-3	誰がマシンのプロセスを作っているか？
	1-4	誰が原単位を作成のために上記ステップを合体しているか？
	1-5	誰が原単位を作っているか？
	1-6	誰が原単位を確認しているか？
	1-7	誰が生産システムにその原単位を入力しているか？
	1-8	誰がその原単位を販売の計画システムに入れているか？
生産プロセス全体	2-1	計画システムは販売と製造で2つ持っていることを知っているか？
	2-2	どうやって精練工程の計画を調整しているか知っているか？
	2-3	もし、知っているならそれは誰がやっているか？
	2-4	誰が生産システムを日々調整しているか？
	2-5	販売と製造の加硫計画は同じか？
	2-6	生産システムは精練から加硫までつながっているか？

3.5 分析結果

新興国の工場で生産達成率が日本同様にならないという課題は2015年から2016年のα社のアジア工場全体の生産達成率のデータからわかる(図 3-10)。α社の日本工場の場合はほぼ100%なのでその乖離は大きい。

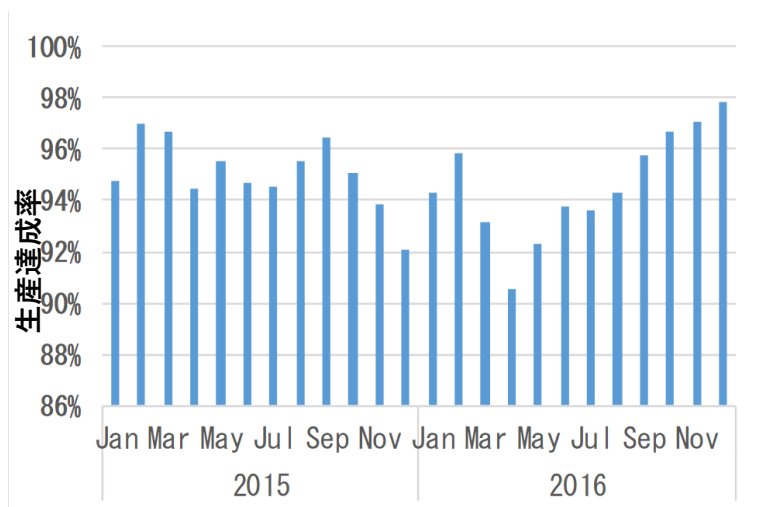


図 3-10 アジア工場生産達成率

第1階層に関しては、 α 社のA工場、B工場、C工場とも既存の標準フローの業務ステップ通りに実施していることが確認できた。但し、今回調査した3工場が作成している第2階層、第3階層のフローダイアグラムは業務ステップを確認するたびに、各業務ステップの担当を見つけるのに多くの時間を費やした。且つ、各工場フローダイアグラムの業務ステップを実行している担当部署もばらついていることも判明した(表 3-2)。そして、生産プロセスを俯瞰して全体の流れを把握しているスタッフがいないこともわかった。第1階層から第3階層までに存在する各々のステップを各業務ステップ担当者が自分の担当部分を遂行することだけが繰り返されていた。そして、各業務ステップ担当は、次の業務ステップの実施内容や自身が作成したデータの使用方法を知らないということも判明した。この分析結果から、フローチャート型のフローダイアグラムでは新興国のタイヤ生産工場で生産量が増えないコア問題の解決にまでは至らないため生産達成率が日本同様にならないことが分かった。

α 社の標準のフローダイアグラムの第1階層と今回調査した3工場が作成した第2階層と第3階層までで実行されている業務ステップについて、生産量が増えないという課題に対して、順番が問題の要因になっているのかマトリックス型のDSMで分析を実施した(表 3-3)。業務プロセスをDSMで分析するにあたり、フローダイアグラムの第1階層から第3階層までのすべての業務ステップを一つの層に出して順番を確認したため、全体の業務の流れが見えるようになった。そして、DSMによる各業務ステップの順番を分析した結果が表 3-3である。この結果からすべてのチェックが左側の三角形の中に入っていることから、業務ステップの順番には問題ないことが判明した。このDSMで調査した結果から、各業務ステップが他のどの業務ステップと関わるのかは一覧でわかるが、各業務ステップで使用した情報のつながりが見えない。前述の標準フローダイアグラム同様に、マトリックス型のDSMでは今回の課題である新興国のタイヤ生産工場で生産量が増えないコア問題の解決にまでは至らない。

そして、タイヤ生産工程における業務プロセス価値連鎖図(図 3-9)を使用して課題解決の分析を実施した。業務プロセス価値連鎖図の作成は、 α 社の既存の業務

フローの各ステップを追ったものと、DSM で各ステップの順番を明確にしたことから、業務プロセス価値連鎖図を作成した。したがって、業務プロセス価値連鎖図にあるステップは、α社がグローバルで展開している業務フローの第2階層、第3階層にあるステップも入っている。また、各ステップの順番は、第1階層はグローバル標準通りであるが、第2階層以下のステップは各工場とも違っていることがあったために、日本の工場にある第2階層、第3階層の順番を参考に作成した。この業務プロセス価値連鎖図の作成に当たっては、α社のA工場のIEスタッフ、Technical Service スタッフ、Production スタッフにも協力をもらって、各ステップの担当や情報の流れの確認などを行った。A工場での業務プロセス価値連鎖図の作成までに約25営業日を費やした。この作成した業務プロセス価値連鎖図は中間のプロセス層で業務ステップがすべて一つの層になっているという点でDSMと同様に全体の流れが見え、ステップの順序がわかる。この中間のプロセス層にはそれぞれのステップを担当する部署が書かれており、その担当部署が実施するステップとそのステップを実施するにあたり必要なインプットが書かれている。そして、各業務ステップで使用し作成されたデータの入出力が下の層でわかる。このデータの入出力は、データベースと同様である。そして、工場原単位は工場の全ての作業のベースとなる標準であり、本社生産管理システムは本社で顧客が欲しいタイヤの情報であるサイズと本数を工場の生産に展開するシステムである。さらに、工場生産計画は、ゴム練り工程から最終の検査工程までの生産計画を管理しているシステムである。次に、中間のプロセス層にある業務ステップの問題点が上の層でわかる。この問題点であるが、この業務プロセス価値連鎖図としては、価値が上の層に出てくるのが通常であるが、本調査では、現状でうまくいっていないことを明確にするために、価値を問題点として表すことで、課題と直結することにした。この課題を明確にすることで、原単位が実績通りになっていない、標準通りになっていない、バラつきがあるというタイヤ生産では最も重要なポイントが問題点として浮き彫りになった。ポイントとなる問題点、価値として、実績と原単位の差異、バラつき、そして標準を追加することで各ステップと情報がどのような問題と価値があるのかを明確にした。そして、本社物流部と計画が違うシステムを使用しているが、こ

のフロー内で接続することで、時間の流れ(自分たちがやっているタイミング)をステークホルダーに理解させた。

このように業務プロセス価値連鎖図はすべての業務ステップとデータの入出力と問題点(価値)のつながりが見えるため、業務プロセス価値連鎖図に沿って、業務ステップと情報の入出力を確認したところ、業務ステップの担当が同じデータを入力すべきところに異なったデータを入力しており、業務プロセスに一連のつながりができないことが判明した。具体的には、本来、本社管理システムと工場原単位が使用するデータは同じ必要があるが、作成された工場原単位が本社生産システムとつながっていなかった。そのため、販売必要量に対して生産できていないことによる生産未達成が、今回対象としたA・B・C工場ともに発生していた。

このように、情報伝達に問題があり都度生産計画を見直すという生産非効率があった。それらを補正し、業務ステップで作成された情報がステップ間でつながったことで生産量が増えた(図 3-11, 図 3-12, 図 3-13)。

この結果から下記仮説が得られた。

- 仮説 1. 必要な情報を伝えられていない
- 仮説 2. 全体を把握しているものがない

表 3-2 ステップ内容と責任者

ステップ内容	インドネシアA工場	インドB工場	タイC工場	日本
人のステップ作成	E	MEC ⁴⁾	E	製造課
マシンステップ作成	E	設備課	設備課	設備課
プロセスステップ作成	技術課	技術課	技術課	技術課
切替前提設定	製造課	E	E	E
試作計画	E	技術課	E	技術課
設備補修計画	設備課	設備課	設備課	設備課
M/C 正味時間データとして合体	E	E	E	E
サイズ切替算出	E	E	E	E
試作時間算出	E	技術課	技術課	計画
補修時間算出	設備課	設備課	設備課	設備課
トラブル時間等算出	E	E	設備課	E
原単位作成	E	E	E	製造課
原単位確認・承認	製造課と工場長	Eと工場長	Eと工場長	Eと工場長
生産計画システムへ原単位をI/P	計画	E	E	E
入力された生産計画システムデータ確認	計画	計画	計画	計画
販売計画から生産計画(加硫)インプット	LSCM ⁵⁾	計画	LSCM	LSCM
生産計画(加硫)確認・修正	計画	計画	計画	計画
生産計画(成型)インプット	計画	計画	計画	計画
生産計画(成型・前工程)確認・修正	計画	製造課	計画	製造課
生産計画確定	計画	計画	計画	計画

表 3-3DSM 形式でのプロセス

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7	X	X	X	X	X	X														
8				X																
9					X															
10						X														
11																				
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
14												X	X							
15														X						
16														X	X					
17																X				
18																	X			
19																	X	X	X	
20																	X	X	X	X

1	人のステップ作成
2	マシンステップ作成
3	プロセスステップ作成
4	切替前提設定
5	試作計画
6	設備補修計画
7	M/C 正味時間データとして合体
8	サイズ切替算出
9	試作時間算出
10	補修時間算出
11	トラブル時間等算出
12	原単位作成
13	原単位確認・承認
14	生産計画システムへ原単位をV/P
15	入力された生産計画システムデータ確認
16	販売計画から生産計画(加硫)インプット
17	生産計画(加硫)確認 修正
18	生産計画(成型)インプット
19	生産計画(成型・前工程)確認 修正
20	生産計画確定

各手法で課題解決可能性の検証結果を示したが、各手法を使った結果の分析、検証をするために新興国の各工場 2 名ずつにアンケートを実施した。うち 1 名はベテラン社員を必ず含めた。アンケートの内容を表 3-4 に示す。また、日本と比較するために日本の 2 工場にも 2 名ずつ実施した (表 3-5)。新興国のスタッフに実施したアンケート結果から、各工場のスタッフが把握している業務ステップ担当がグローバルの標準と違っていることが判明した。そして、同じ工場内でも業務ステップ担当者が誰であるかの認識が違っていることが多いこともわかった。また、業務プロセス全体の流れに関しては、新興国 3 工場全体で見ると半分以上の割合で日本標準と違っており、且つベテラン社員でも完全には把握していないことが判明した。また、日本の工場のアンケート結果と比較すると、日本の工場は担当や業務ステップ担当の認識が工場間で違っていても、同じ工場内では同じ認識であることがわかった。また、経験が浅いスタッフがわからないことはベテラン社員がカバーしているために、その都度ベテラン社員が経験の浅いスタッフに教えているために、業務のステップの認識が同じであることも判明した。

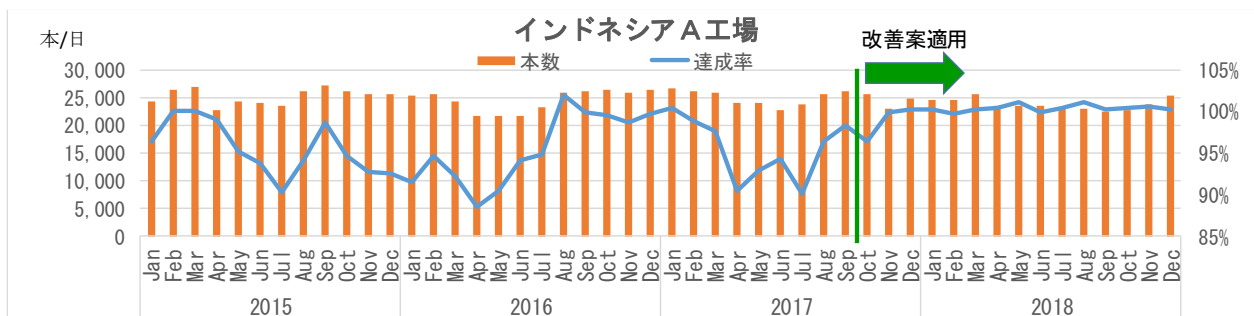


図 3-11 インドネシア A 工場生産達成率結果

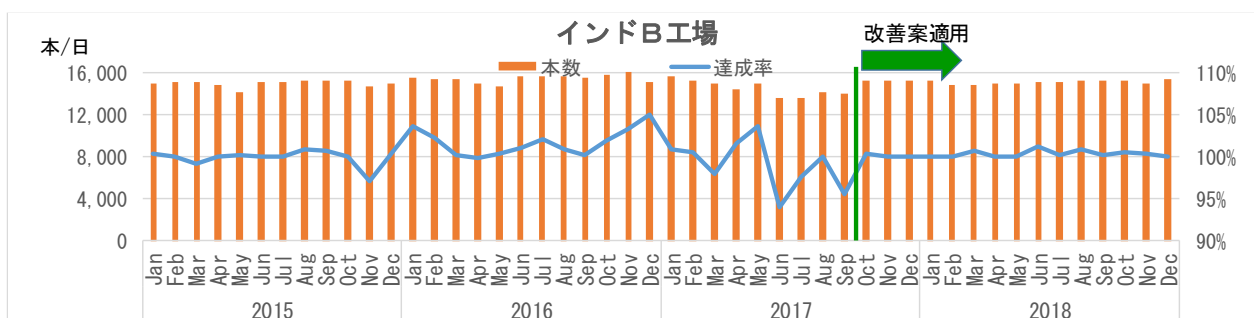


図 3-12 インド B 工場生産達成率結果

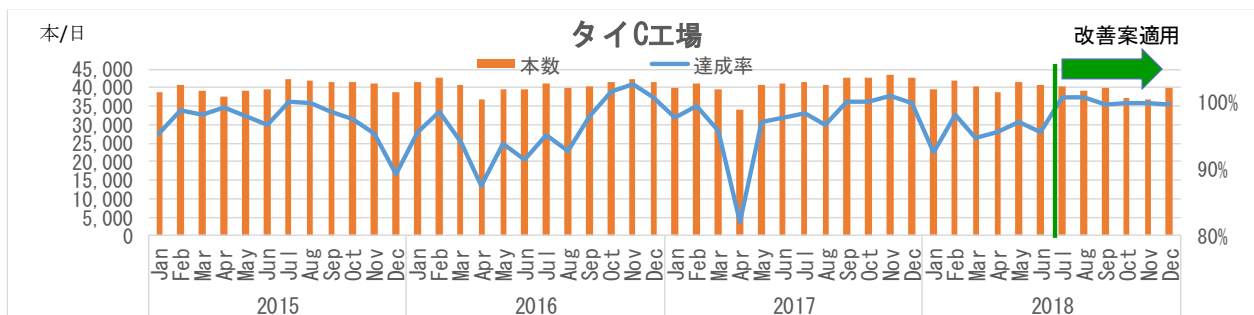


図 3-13 タイ C 工場生産達成率結果

表 3-4 新興国工場アンケート結果

	No.	質問内容	アジア						標準
			インドB工場 K氏(20年目)	インドB工場 V氏(22年目)	インドネシア A工場W氏 (15年目)	インドネシア A工場D氏 (13年目)	タイC工場 W氏(15年 目)	タイC工場 K氏(6年目)	
業務 ステ ップ	1-1	誰が人のステップを作っているか？	MEC	MEC	IEと製造課	IE	IEと製造課	製造課	製造課・IE
	1-2	誰がマシンのステップを作っているか？	設備課	IE	設備課と CFT	IE	設備課	設備課	設備課
	1-3	誰がマシンのプロセスを作っているか？	技術課	技術課	技術課	技術課とIE	技術課	技術課	技術課
	1-4	誰が原単位を作成のために上記ステップを合体しているか？	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	1-5	誰が原単位を作っているか？	IE	IE	IE	IEと製造課	製造とIE	IE	製造課
	1-6	誰が原単位を確認しているか？	IE	製造課とIEと 工場長	CFTと工場 長	IEとCFTと工 場長	IE	製造課と工 場長	IEと工場長
	1-7	誰が生産システムにその原単位を入力しているか？	IEと計画	計画	製造	IE	計画	計画	IE
	1-8	誰がその原単位を販売の計画システムに入れているか？	計画	計画	製造	計画	計画	SCM(本社)	計画
生 産 プ ロ セ ス 全 体	2-1	計画システムは販売と製造で2つ持っていることを知っているか？	NO	YES	NO	NO	NO	NO	YES
	2-2	どうやって精練工程の計画を調整しているか知っているか？	YES	YES	YES	YES	YES	YES	
	2-3	もし、知っているならそれは誰がやっているか？	計画と製造 職長	計画	製造	計画	計画	計画	計画
	2-4	誰が生産システムを日々調整しているか？	計画	計画	製造	計画	計画	計画	計画
	2-5	販売と製造の加硫計画は同じか？	NO	YES	NO	YES	NO	YES	YES
	2-6	生産システムは精練から加硫までつながっているか？	NO	NO	NO	YES	NO	NO	YES

表 3-5 日本工場アンケート結果

	No.	質問内容	日本				標準
			D工場 S氏(7年目)	D工場 N氏(13年目)	E工場 H氏(5年目)	E工場 T氏(16年目)	
業務 ステップ	1-1	誰が人のステップを作っているか？	IEと製造課	IEと製造課	IEと製造課	IEと製造課	製造課・IE
	1-2	誰がマシンのステップを作っているか？	IEが設備課に 聞いて作成	IE	設備課	設備課	設備課
	1-3	誰がマシンのプロセスを作っているか？	IEが技術課に 聞いて作成	IE	技術課	技術課	技術課
	1-4	誰が原単位を作成のために上記ステップを合体しているか？	IE	IE	IE	IE	IE
	1-5	誰が原単位を作っているか？	IE	IE	IE	IE	製造課
	1-6	誰が原単位を確認しているか？	製造課	製造課	IE	IE	IEと工場長
	1-7	誰が生産システムにその原単位を入力している	計画	計画	計画	計画	IE
	1-8	誰がその原単位を販売の計画システムに入れているか？	知らない	計画	知らない	計画	計画
生産 プロセス 全体	2-1	計画システムは販売と製造で2つ持っていることを知っているか？	YES	YES	NO	YES	YES
	2-2	どうやって精練工程の計画を調整しているか知っているか？	NO	YES	NO	YES	
	2-3	もし、知っているならそれは誰がやっているか？	計画	計画	計画	計画	計画
	2-4	誰が生産システムを日々調整しているか？	製造課	製造課	計画/製造課	計画/製造課	計画
	2-5	販売と製造の加硫計画は同じか？	YES	YES	YES	YES	YES
	2-6	生産システムは精練から加硫までつながっているか？	YES	YES	YES	YES	YES

3.6 まとめと考察

新興国の労働集約型セル方式であるα社のインドネシア、インド、タイの3工場に対し、生産達成率を上げるために、現状のフロー/各工場の作ったフローとマトリックス型のDSMと多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を適用したが、業務プロセス価値連鎖図を適用した場合が一番生産達成率上昇に効果があった。

タイヤ生産プロセス全体を俯瞰し見える化し、全てのステークホルダーが業務プロセス全体を見ることができたことが不具合ポイントの明確化につながったと考えられる。部分最適で実施していた対応は、本来は前後の関係も同時に対応しないといけないことがこの多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図の情報のつながりからわかり、生産達成率上昇につながった可能性が高い。

第4章 タイヤ製品間接コストの見える化

本章では、現状からの改善の検証課題である、製品間接コストのコストが改善されるかを検証するために、製品間接コストの例としてタイヤ製品間接コストを題材に製品間接コストが改善されるか検証する。

4.1 背景と対象

4.1.1 背景

既に、第 1. 2. 2 項で製品間接コストの背景は述べた通りだが、製品間接コストは対象管理項目が多岐に渡っており、事業部門ごとに製品が違い各事業所間でも同製品であっても製品の種類が違う場合、間接コスト対象項目を管理する部署が各事業部門と各事業所で違うことが多い。日本の製造業 3 社の財務担当者へインタビューしたところ次のような事象が発生していることが分かった。

同じ製品間接コストを同じ取引業者から購入する際に、事業所が違うために価格が違うなども発生している（図 4-1）。また、同じ事業所内でも、組織間でのコミュニケーションがうまくいっていないなどを理由にどのようなステップで間接コストが価格交渉され、発注され、管理されているかわからなく、本社も各事業所で製品間接コストがどのようにコントロールされているかも分かっていない。そして、製品間接コストの管理・改善には ABC を使うことが多いが、ABC は取扱製品が多いとうまく機能しないことがある。そして、現場のコスト改善は、TPS のリードタイム短縮と結び付けて改善されている事例が多い。一方で、ABC には現場の実体が反映されてないという課題がある。

今回対象とする α 社は事業内容が多岐に渡るため、各事業所自律化を進めてきた。そのため、本社機能は事業所からの依頼があった場合のみサポートをしていた。また、 α 社の日本国内の製品間接コスト改善は、自律化を推進されている各事業所の改善活動の中で実施されていることになっているが、その改善活動は、原価の中の割合の大きい販売管理費の物流費と労務費、そして、製造原価の原材料費と直接労務費にフォーカスされているため、製品間接コスト改善にまで入り込めてない。製品間接コストの比率は製品の種類にもよるが、原価の 10%から 20%程度となって

いる。そのため、製造原価の原材料費のように全体の約 40%から 50%を占めるものや、直接労務費のように 15%から 25%をそれぞれ 1 項目のみで占めるものに比べると割合が少ないため、コスト改善にフォーカスされにくい(図 4-2)という課題がある。

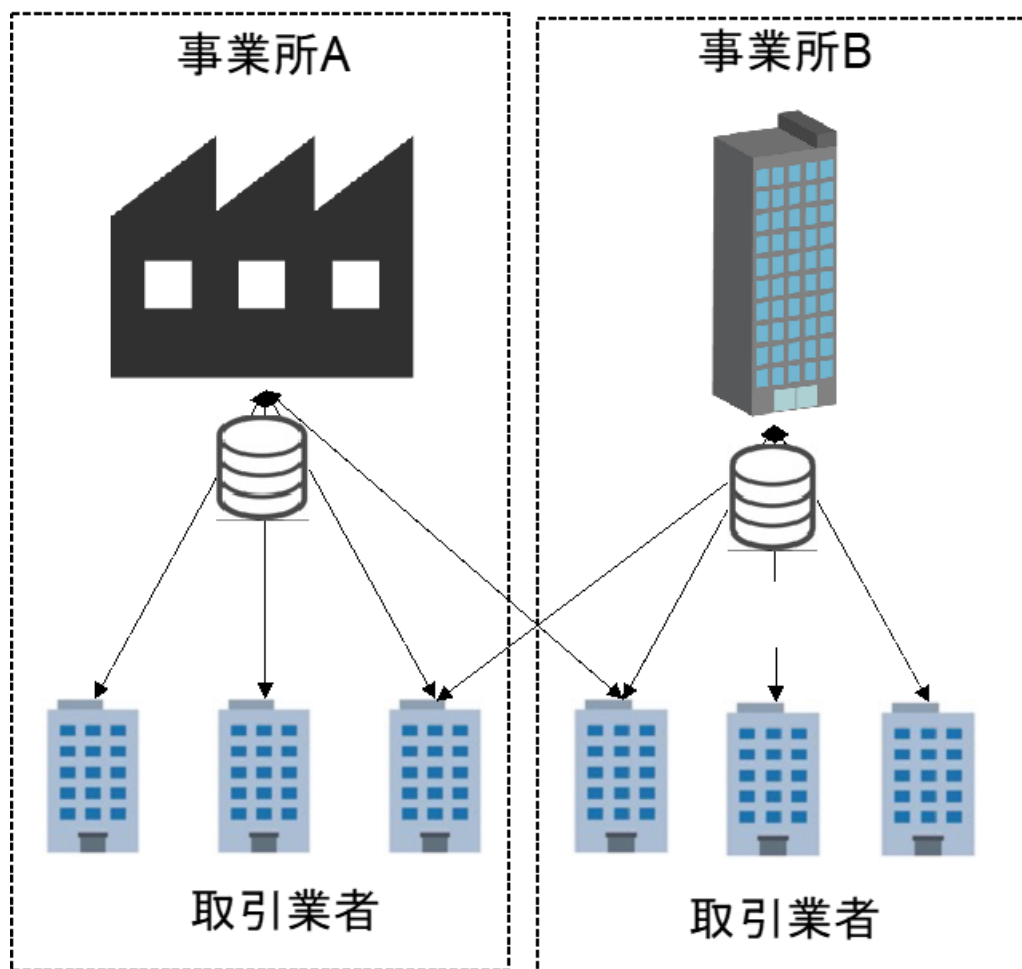


図 4-1 現状の各事業所と取引業者の関係

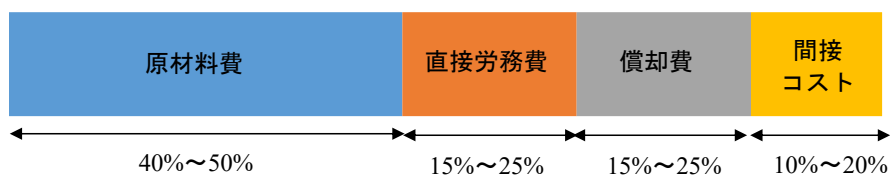


図 4-2 製造原価比率

4.1.2 対象

多くの国に製造拠点をもち、日本国内に本社があり、売り上げ規模が日本国内で5,000億円規模の日本企業の自動車部品（タイヤがメイン）と化学工業品製造会社α社の日本国内にある事業所すべての製造原価に占める、原材料費と直接労務費と20万円以上の設備投資にかかる償却費、及び仕損費以外の間接コストを対象とする（表4-1）。

表 4-1 対象となる間接コスト区分

項目	大区分	中区分	備考	
販売管理費	広告販促費			
	経費			
	物流費	労務費		
	労務費	経費		
製造原価	原材料費		製品に直接関わる材料費	
	加工費	労務費	正社員労務費	
		償却費	20万円以上の設備投資 20万円未満の設備投資	
		委託作業費	派遣社員労務費	
		エネルギー費	電力費	燃料費(ガス・オイル等)
			燃料費(ガス・オイル等)	
		消耗品費	原材料ではない製品に間接的な消耗品	
		機械修繕費	建屋修繕費、機械メンテナンス	
		その他経費	産廃処理費	旅費、コピー等その他諸々
			車両メンテナンス費	
旅費、コピー等その他諸々				
仕損費				

今回
間接
対象
コスト
となる

4.2 検討課題・目的

本章では製品間接コスト改善について検証するが、既に第2.3節で述べた通り、検討課題は下記の通りである。

- ・ 取り扱う製品が多い企業が、製品間接コストを活動原価基準 ABC で管理・改善することが現場に不満なくコスト改善が進むのか

本章ではこの検討課題に対し検証していくが、それまでの製品間接コストに対するの対応を整理する。

ABC はいくつかの製品にまたがる共通費用をそれぞれの活動に分けて集計されて配賦するために、この計算方法をどれだけ精度を上げられるかに特化してきた一

方で、それぞれの活動の末端部分である現場の活動、例えば、ABC は価格交渉にかかる工数を換算して配賦しているが、実際にいくらで購入するかというところは ABC では管理せずに別に実施している。この末端部分である現場の活動については、本社で見ると各事業所で見ると明確でなく、現状は各々で実施している。

コスト全体に占める割合が低い上、ABC では工数管理計算しているだけになって、現場の改善活動まで管理していないためにコスト改善が進みにくいという課題がある。

本章では、製品間接コストにおいて、取り扱う製品が多い企業が製品間接コストを現場の実体に即した管理・改善手段を用いることで、製品間接コスト改善をすることを目的とする。

4.3 データ取得方法

製品間接コストの現状を調査するために、 α 社が発注システムとして使用している過去 3 年分の SAP データを本社で取得した。本社は α 社の日本事業部門のメンバー 3 名とグローバル調達メンバー 2 名でプロジェクトプロジェクトチームを組んだ。また、本社の関連部署や技術センターにも協力してもらい、ワーキンググループを作って対応することにした (図 4-3)。リーダーを日本事業の本部長とし、筆者が PMO、その配下に、労務費、エネルギー費、消耗品費、償却費、原材料費、その他経費にワーキンググループを作って、課題に対する対応策を本社関連部署のリーダーがまとめて作っていくことになった。初めに、日本事業部門のメンバー 3 名とグローバル調達メンバー 2 名で SAP データから事業所間比較を実施して課題を出す。

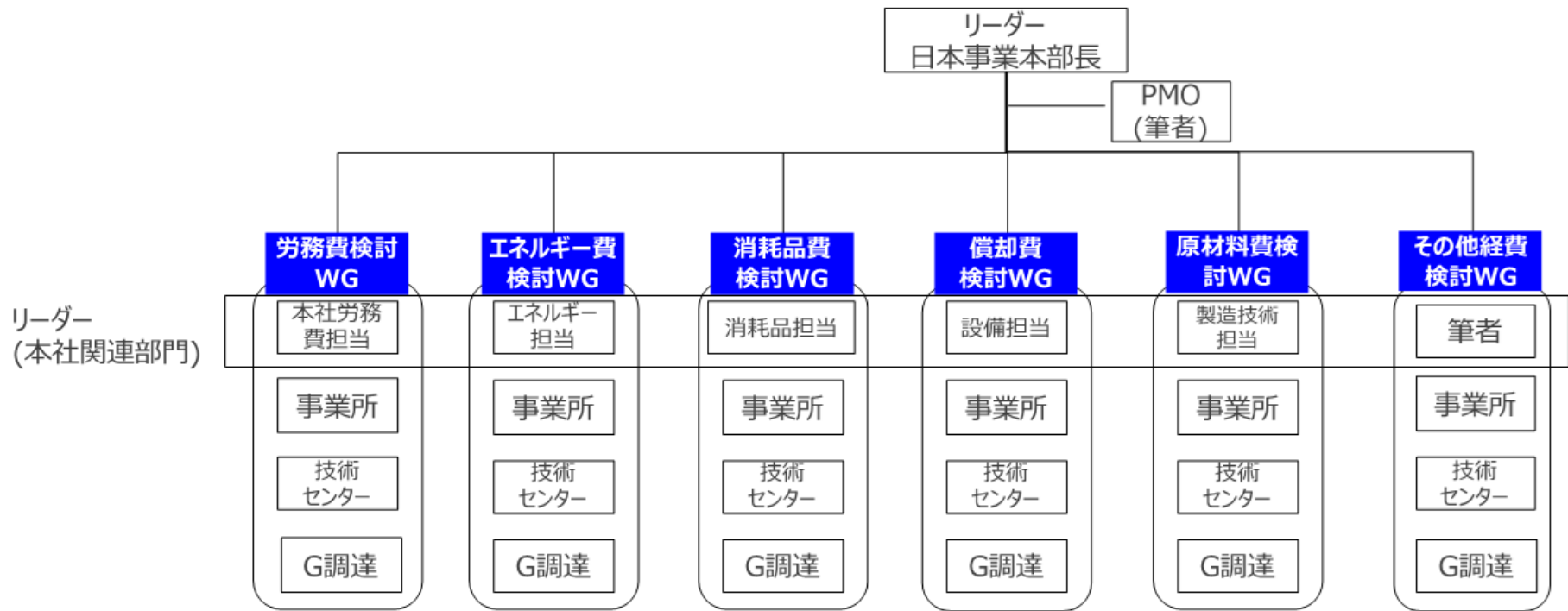


図 4-3 間接コストワーキンググループ組織図

4.4 業務プロセス価値連鎖図適用

製品間接コストの検証の流れを図 4-4 で示す。

製品間接コスト改善に業務プロセス価値連鎖図を適用するために、まず現状の把握の必要がある。α社の日本国内の事業所で過去から実施されてきた製品間接コスト改善の状況を把握し、そこから判明した課題の整理を行った。これは、問題特定を実施する上で、過去から実施されている事実と進まない理由を明確にするためである。

前提条件を整理した後、次に問題特定を行った。問題特定に当たっては、α社特有のものと一般的なものを明確にし、現状の課題から原因分析を実施した。

次に、問題特定と原因分析から導出された結果から見える化手法である業務プロセス価値連鎖図を製品間接コスト改善に適用した。最後に、見える化手法の業務プロセス価値連鎖図（図 4-5）を間接コスト改善に適用した結果を検証した。この業務プロセス価値連鎖図には、プロセスのポイントとなる価値（トップ方針、全体統一、個別、単発/継続）を追加し、時間の流れに戻りを作成することで、各ステップの重要性と実態にあったステップのフローとした。また、現場で対応しなければいけない項目は敢えて現場から取らずにそのままの状態でもフロー内に示した。

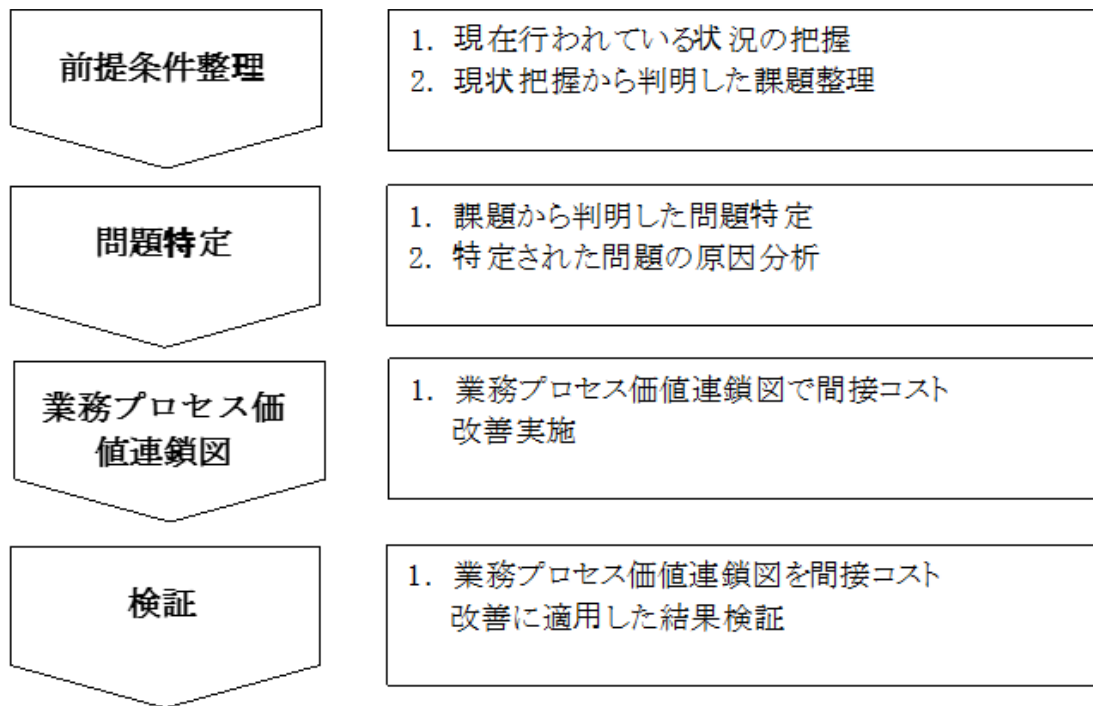


図 4-4 間接コスト研究の流れ

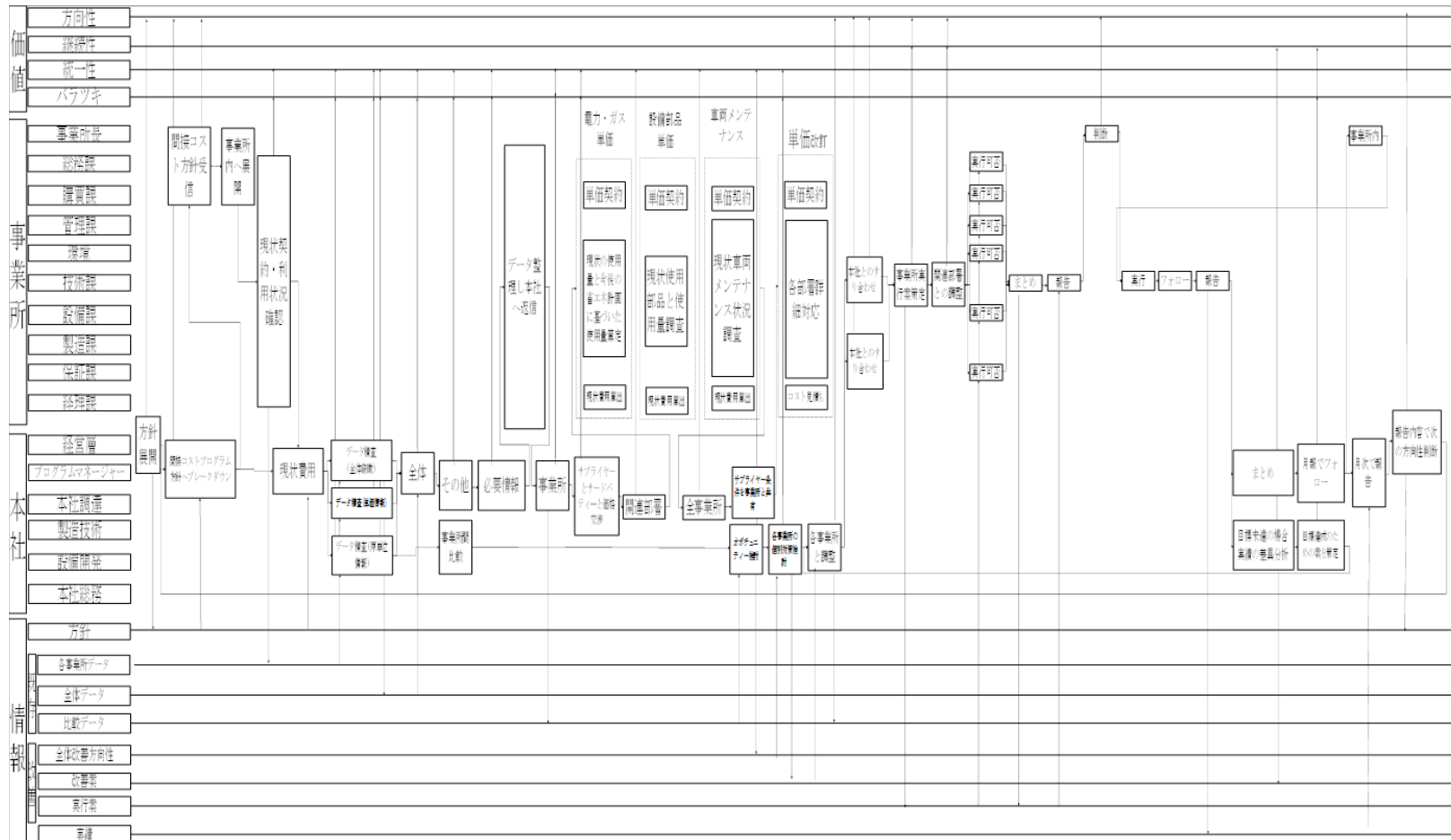


図 4-5 間接コスト業務プロセス価値連鎖図(全体像)

4.5 検証結果

製品間接コストは、その内訳は各事業所の製品によっても様々な項目があり、事業所によっては、200以上の項目になっており、且つ、その管理担当と単価交渉担当が事業所間で違っていることが判明した(表 4-2)。そして、各事業所の所在する地域での製品間接コストの項目を購入する取引業者は、過去から購入品を他社より優先的に数量や納期を融通してもらうなど、事業所にある地域でのしがらみがあり固定されている場合や調達が価格交渉をせずに指定発注している等もあった。消耗品に関しては、使用量原単位を各工場で管理しているが、事業所によって製品が違うため使用量原単位を横並びで見てもよくわからないということから、各事業所で目標を立てて、それに向けて各事業所がプロジェクトを作って改善することのみを行っていた。消耗品の単価は本社調達が一括で単価交渉を実施しているが、各事業所が突発で必要な際は、直接サプライヤーに依頼し、本社調達とサプライヤーで決めた価格に沿わなくても良いという契約になっているため、消耗品全体の約20%が突発対応の価格となっていることが判明した。

表 4-2 事業所別コスト担当

項目	大区分	中区分	小区分	事業所担当					サプライヤーとの 交渉
				A事業所	B事業所	C事業所	D事業所	E事業所	
製造原価	原材料費			なし	なし	なし	なし	なし	本社購買
	加工費	委託作業費	派遣社員費用	労務	労務	労務	労務	労務	事業所
		エネルギー費	電力	なし	なし	なし	なし	なし	本社購買
	燃料		調達	調達	調達	調達	調達	事業所	
	消耗品費	消耗品(1)	調達	技術課	技術課	調達	調達	本社購買/突発時は事業所	
		消耗品(2)	調達	管理課	調達	管理課	管理課	本社購買/突発時は事業所	
		消耗品(3)	技術課	技術課	管理課	管理課	技術課	本社購買/突発時は事業所	
		消耗品(4)	設備課	設備課	管理課	総務課	管理課	事業所	
		消耗品(5)	管理課	調達	調達	管理課	管理課	本社購買/突発時は事業所	
	償却費	設備投資	調達	設備課	設備課	調達	調達	20万円以上は本社購買	
	機械修繕費	機械メンテナンス	設備課	調達	設備課	調達	設備課	事業所	
		予備品	設備課	設備課	調達	調達	調達	事業所	
	その他経費	車両メンテナンス	設備課	管理課	調達	管理課	調達	事業所	
		産廃	総務課	総務課	総務課	総務課	総務課	事業所	
		作業服	総務課	総務課	総務課	総務課	総務課	本社総務	
		保安制服	総務課	総務課	総務課	総務課	総務課	本社総務	
		環境測定	総務課	総務課	総務課	総務課	総務課	事業所	
		旅費	総務課	関連会社	関連会社	関連会社	総務課	事業所	
		文房具	総務課	各部署	各部署	総務課	各部署	事業所	
		コピー機	総務課	管理課	管理課	総務課	管理課	事業所	
		手袋	製造課	製造課	総務課	製造課	製造課	事業所	
		マスク	安全	安全	安全	安全	安全	事業所	
		消毒液	総務課	総務課	安全	安全	総務課	事業所	
		清掃	総務課	総務課	総務課	総務課	総務課	事業所	
		宅配	総務課	総務課	総務課	総務課	総務課	事業所	
		テナント	総務課	総務課	総務課	総務課	総務課	事業所	
	レンタル	総務課	総務課	総務課	総務課	総務課	事業所		
								

α社では、各事業所でコスト改善活動を実施する際、予算目標+αを取るために、まず組織を作って、定期的にフォローを実施する。しかしながら、前述の通り製品間接コストの関連部署は幅広く、そして目標の設定や比較の対象が不明のために、活動の進め方やフォローの仕方、そしてプロジェクトから定常業務に移るプロセスが明確でない。たとえプロジェクト組織を作っても、製品間接コストに関しては項目が多岐に渡り、担当する組織も多岐に渡るため、項目一つずつにプロジェクトを作るが、プロセスが複雑で活動が進みにくい。製品間接コスト改善が進まないコア問題を見つけるために現状問題構造ツリーにしたものが図 4-6 である。このツリーからコア問題は下記 3 つに集約された。

- ①方針管理が徹底されていない
- ②製品間接コストに関連する部署間のコミュニケーション不足
- ③共有情報がばらついている

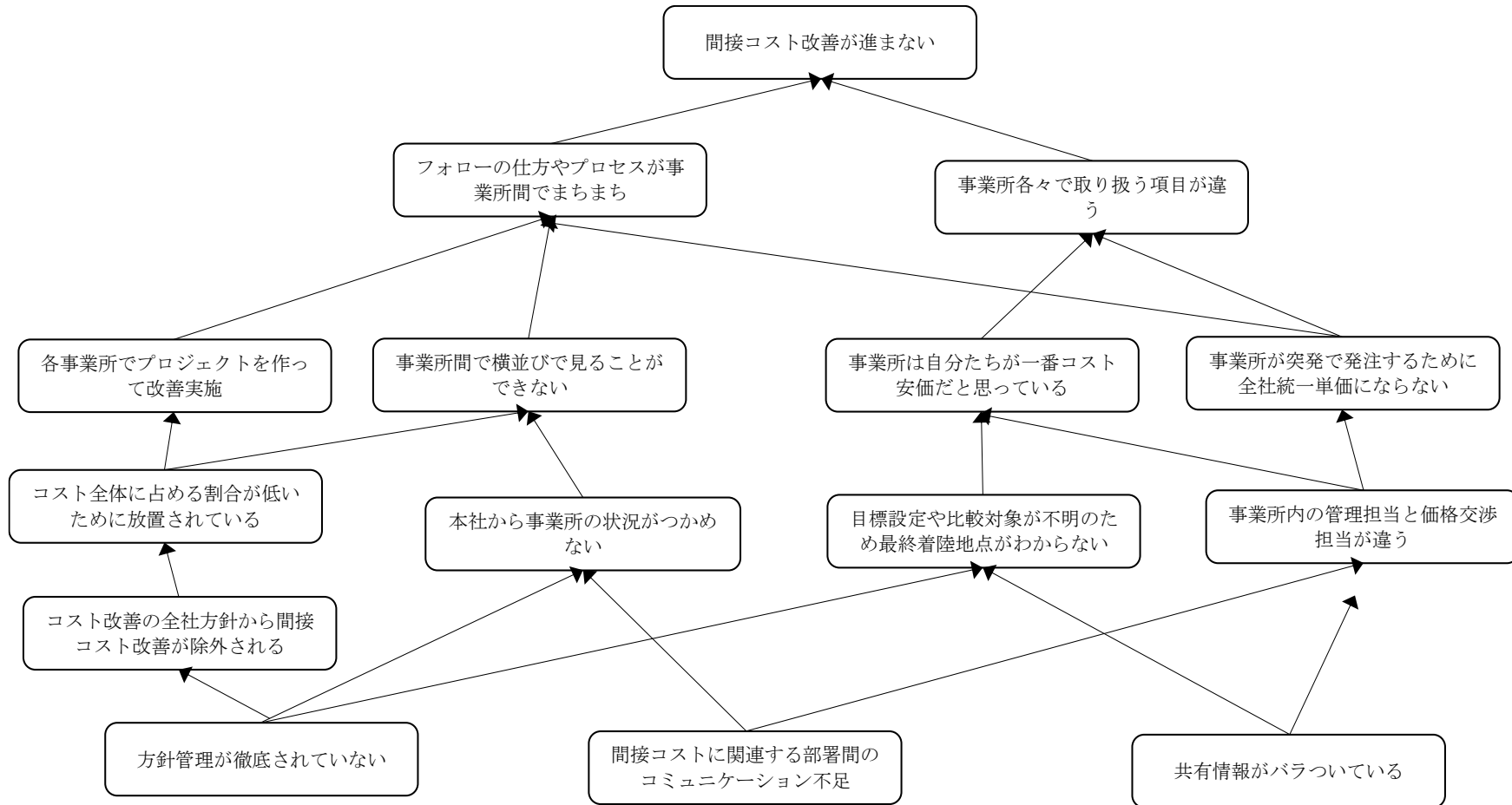


図 4-6 現状問題ロジックツリー

これらコア問題を業務プロセス価値連鎖図の価値とし、間接コストの関連する部署とその部署が実施するワークフローを中間に配置し、そのワークフローから出る情報の入出力を下の層に配置する。それで作成した業務プロセス価値連鎖図全体像が前述の図 4-5 である。この業務プロセス価値連鎖図に織り込まれているものの中に、単価比較するものと原単位比較するものを選別し、単価比較・改善するものと原単位比較・改善するもので対応を変えたものがある。単価比較・改善する際のステップを製品間接コスト単価改善ステップ（図 4-7）、原単位比較・改善する際のステップを製品間接コスト原単位改善ステップ（図 4-8）とする。単価比較・改善のステップは、SAP データから上位項目を精査し、上位項目を事業所間で単価比較をする。その後、SAP では見えない詳細情報を事業所から取り寄せ、事業所間でその詳細情報からデータの横並びを実施する。その後、グローバル調達が一括で価格交渉をするとメリットのあるものと各事業所が価格交渉するとメリットのあるものを分けて、グローバル調達が一括で価格交渉するものに関しては、既存の取引先とサードパーティー両方と価格交渉し、関連部署と調整をして単価改善を実行する。原単位比較・改善のステップは、事業所から SAP データを取得し、事業所間比較をする、そしてその比較から改善案を検討する。個別対策が必要なものは個別に実施する。その後、その改善案を事業所と調整し事業所で実行する。ここで考慮すべき事項として、下記の項目がある。

- ・ 事業所の規模
- ・ 製造している商品の品質要件
- ・ 製造設備の相違
- ・ 品質優先
- ・ 各事業所と取引業社との関係（地域とのつながりや購入するに当たって、自社の製品の購入等がある）

また、全体の関連部署のつながりを図 4-9 で表す。PMO を中心に、各事業所とは情報提供と協力依頼を行い、グローバル調達とは戦略で協力をする。そして、各ワーキンググループの本社のリーダーたちとは各ワーキンググループで得られた情報を見て、今後の戦略を共有する。そして、各事業所と本社ワーキンググループのリーダーは情報共有と個別戦略を練って、各事業所とグローバル調達は価格につ

いての情報提供と改善された価格でつながる。グローバル調達取引業社と価格交渉を実施することと技術センターを含めた関連部署から様々な情報をもらって、取引業社選定から価格の妥当性までを検討する。

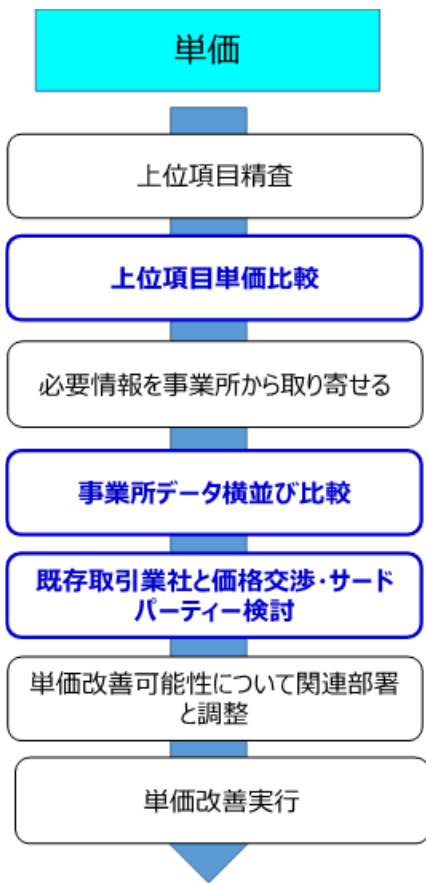


図 4-7 製品間接コスト単価改善ステップ

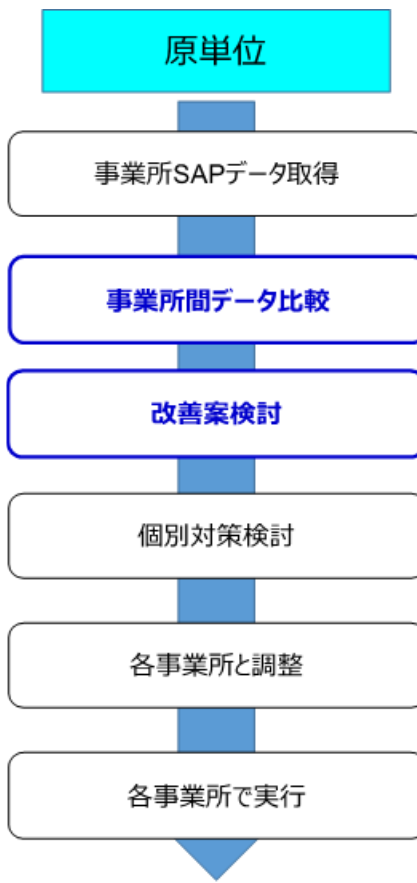


図 4-8 製品間接コスト原単位改善ステップ

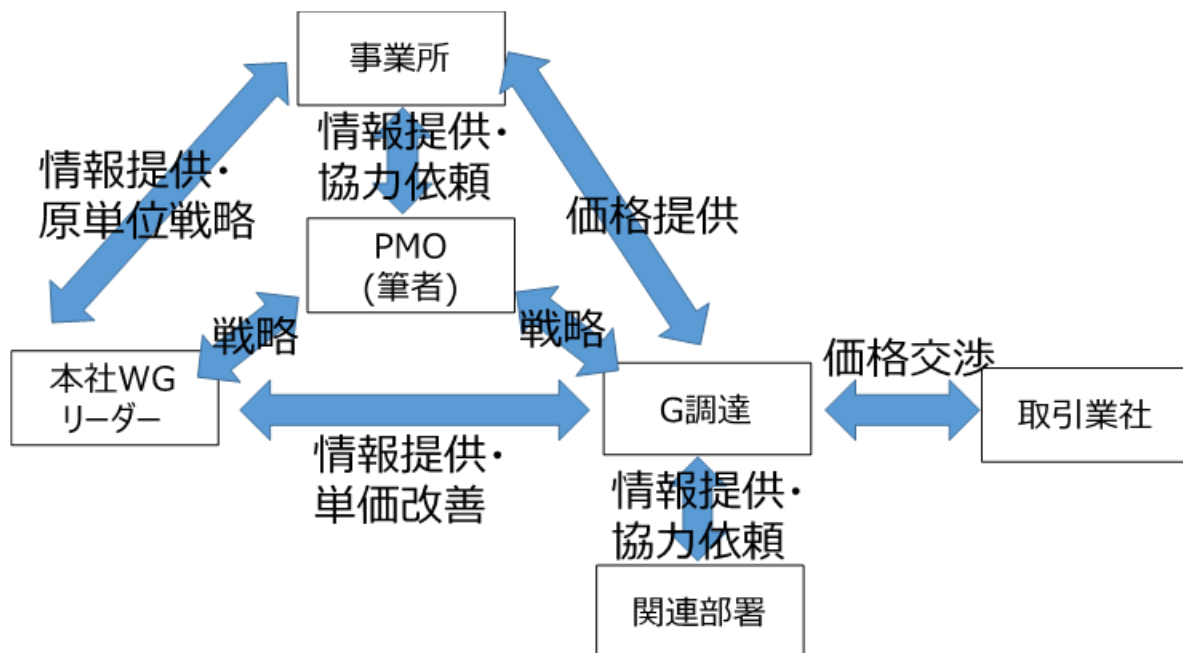


図 4-9 関連部署とのつながり

現状問題構造ツリーから判明したコア問題が α 社のコア・コンピタンス，すなわち価値になるため，①の「方針管理が徹底されていない」は全社の進むべき方向と一致させる必要がある「方向性」とし，また，これら業務を継続的に実施させることが重要なことから「継続性」も価値に入れた．そして②の「間接コストに関連する部署間のコミュニケーション不足」は部署間でコミュニケーションを良くし同じ情報で会話をしていく必要があるために，「統一性」とした．最後に，③の共有する情報がばらついていることで情報共有しても改善に進まないことから，「バラツキ」を入れた．これらすべては α 社のコア・コンピタンスになるため，ここに表されている価値は方針管理へ直結する．そして，ワークフローに関しては関連する部署が各々に持っているワークフローをすべてこの中間層のワークフローの中に入れることで，各部署が関わる全体のワークフローを表した．最後に，情報の入出力を下の層に入れるが，各部署が持っているワークフローにある情報は各々のワークフロー内で終わっているが，それらすべて入出力をさせることで情報をつないだ．

上の層の価値は， α 社の方針である方向性，継続性，統一性，バラツキが下のワークフローの各ステップと直結しており，ステップが α 社のどの価値の部分と関連しながらワークフローで進んでいくのかがわかる．そして，ワークフローからつながる下の層にある情報の入出力から， α 社の方針管理に必要な KPI として実績データ評価をするという流れになっている．

α社の間接コスト改善に業務プロセス価値連鎖図を適用した結果、一部を除きほぼすべての価格交渉に本社が絡むようになったため、α社の日本事業全体を横串で見て、間接コストについてサプライヤーとの交渉を本社が一括で実施することで大きな効果が出た(図 4-10)。業務プロセス価値連鎖図導入前後の価格交渉についての比較表を表 4-3 で表した。

2017年、2018年は電力単価交渉を価格改定のタイミングで電力会社と各事業所が、そして、2019年はガス単価交渉を価格改定のタイミングで各事業所が個別に実施していた。2019年は価格改定のタイミングで各事業所にて価格交渉を実施したが、電力単価上昇に伴い、単価アップを望む電力会社からはコスト改善ができなかった。また、ガス単価に関して、過去は購入単価が市場価格よりも安価だったため2019年までは価格交渉をせずだったが、2019年からガス会社と単価交渉を開始し燃料単価改善が取れた。そして、2020年下期から業務プロセス価値連鎖図に沿って電力単価の改訂を実施し、20年に価格改定を実施する地域の3つの事業部門の40事業所すべての電力をまとめて本社調達で電力会社と交渉した。契約量が増えると規模の経済が働くため、その分単価改善が出るのと同時に、地区購買が見積もりを取っていた会社のみならず、本社調達で他地区で取引をしている電力供給会社にも入札してもらい、今までの2倍以上の電力供給会社から見積りが出てきた(図 4-10)。その入札した会社と価格交渉を実施した結果も、コスト改善として大きく貢献した。電力改善額は、業務プロセス価値連鎖図を導入することによって17年30百万円/年、18年18百万円/年、20年47百万円/年(年間換算見込み)と大きく改善額を増やした。

その他経費に関しては、業務プロセス価値連鎖図を適用するまでは電力・ガス同様に各地区で地区購買がサプライヤーと価格交渉をし、そこで決定した単価で購入

をしていたために、値上げを望むサプライヤーと融通を聞かせ欲しいが値下げをして欲しい事業所側の地区購買の間で購入価格は据え置きという事象が全事業所で発生していたためにほぼ単価改善がなかった。業務プロセス価値連鎖図を適用して、各地区で購入していた製品間接コストを洗い出した結果、事業所間共通のその他経費の一部である機械の予備品が多く存在することが判明し、その部品を扱うサプライヤーと事業所間での単価差異があることを指摘し単価改善を実施した。また、同様に各事業所の車両整備に関しても、今まではメンテナンスを各々の事業所がメーカーに依頼していたが、一括でメーカーと交渉し、サードパーティーを含めて価格交渉を実施し、メーカーから大きなコスト改善を得ることができた。それ以外にも、消耗品原単位を事業所間横並びにして比較することで他工場へ展開することができたことも改善効果として表れた。全体図を表したものが図 4-11 である。

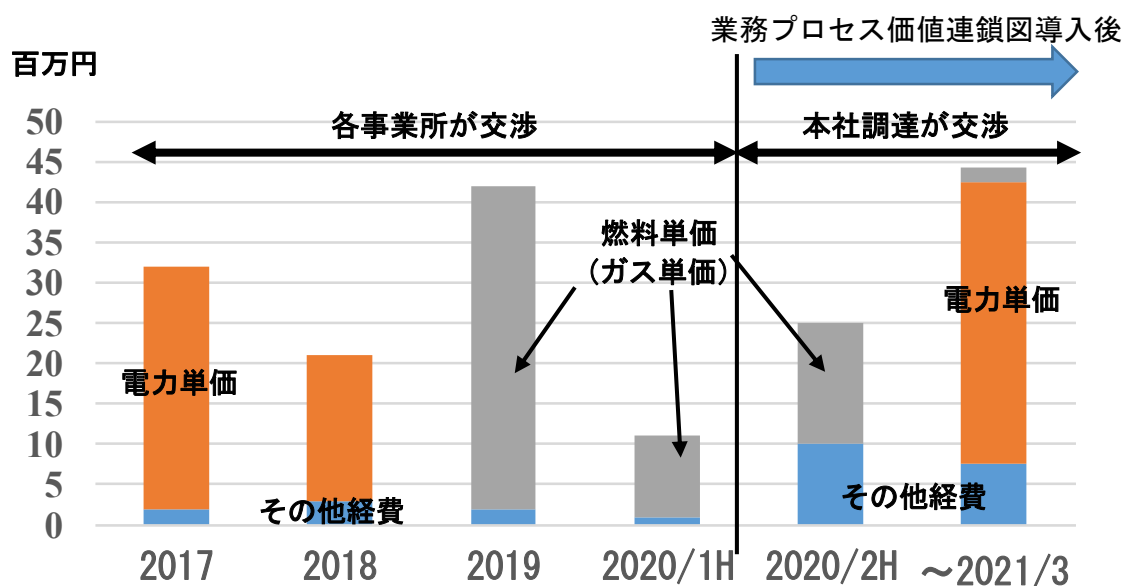


図 4-10 間接コスト改善額

表 4-3 業務プロセス価値連鎖図導入前後の単価交渉状況

大項目	小項目	業務プロセス価値連鎖図		備考
		導入前 (～19年)	導入後 (20年～)	
電力	交渉担当	地区購買	本社調達	本社調達が入ることで 規模の経済性が働き, 他 地区と比較可能
	規模の経済	効果小	効果大	
ガス	交渉担当	地区購買	本社調達	本社調達が入ることで 他地区と比較可能
	規模の経済	効果小	効果小	
その他 経費	交渉担当	地区購買	本社調達	本社調達が入ることで 他地区と比較可能
	規模の経済	効果小	一部効果大	

表 4-4 電力・ガス単価交渉実績

項目	2017年	2018年	2019年	2020年
対象事業所数	5	3	1	40
平均入札会社 数	1	1.8	2.2	5
交渉窓口	地区購買	地区購買	地区購買	本社購買

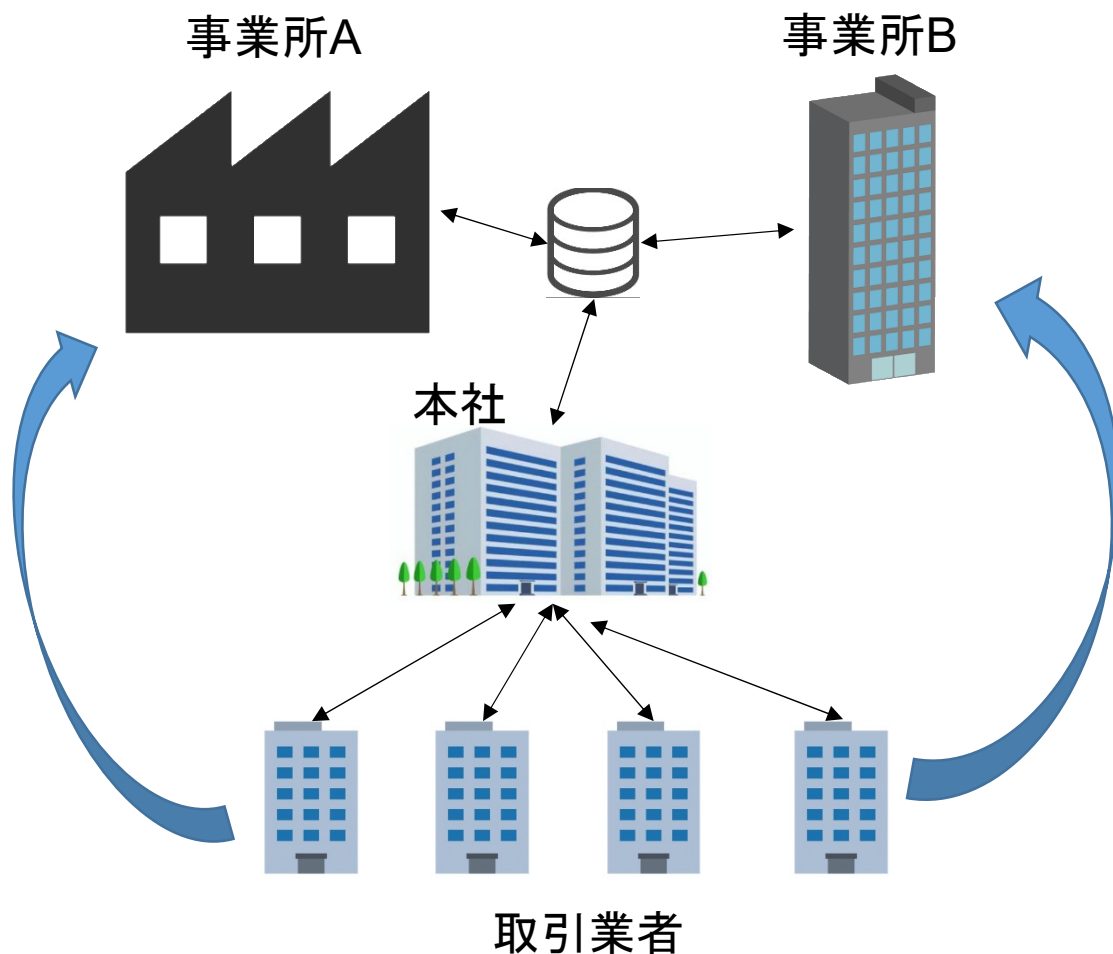


図 4-11 本社と各事業所と取引業者との関係

4.5.1 まとめと考察

日本の自動車部品(タイヤがメイン)と化学工業品製造会社 α 社の日本国内にある事業所すべての製品間接コストに対し、コスト改善を実施するために、ABC で管理しきれないと言われている現場の実体業務を業務プロセス価値連鎖図で詳細にプロセスが見える化することでコスト改善ができた。

また、コスト管理プロセス全体を俯瞰し見える化し、全てのステークホルダーである本社・管理部門・現場で、それぞれの業務の内容を理解することによってお互いが必要な情報を共有できたことが不具合ポイントの明確化につながったと考え

られ、今回、現場の実体にあった形で業務を洗い出したことで、製品間接コストと直接コストが混ざったが、現場の実体と管理部門の業務が、同じように進めている業務があったことに気づき効率化されたことが、トータルとしてもコスト改善につながったと考えられる。そして、プロセス全体を俯瞰し見える化することで、管理部門が実施する業務と現場が実施する業務を現場にも理解してもらってから棲み分けをしたことが現場にとっては不満のないものになった可能性がある。

第5章 乗用車用更生タイヤ導入へ向けた見える化による事業性分析

本章では、未来予測の検証課題である、日本市場における乗用車用更生タイヤ導入のための事業性分析が抜け漏れなく実施することができるかを検証するために、事業性分析の一例として、乗用車用更生タイヤ導入の事業性分析を多視点の見える化で検証する。

5.1 背景と対象

5.1.1 背景

既に、第1.2.3項でフィージビリティスタディと環境問題の背景は述べた通りである。更生タイヤについては、日本や先進国においては、更生タイヤはトラック・バス用にしか提供されていない状況で、そのトラック・バス用更生タイヤはCO₂削減に大きな効果がある。しかしながら、乗用車用更生タイヤに関しても同等であるかは不明であり、今後のCO₂削減目標に対し、タイヤ業界は乗用車用更生タイヤの導入について検討する必要がある。タイヤメーカーは新規事業となる乗用車用更生タイヤの事業性検討を行う上では不明確な要素・要因で検討する必要がある。この新規事業性確認を行うフィージビリティスタディの際のシミュレーションでは、要素・要因に関して、過去のデータと将来の不確定な要素も織り込む必要があるが、要素・要因の抜けがあると結果が思わぬ方向に出るために、再度設定をし直す必要があるという課題がある。

5.1.2 対象

第2.1.3項で既にタイヤのサーキュラーエコノミーで更生タイヤについて概略は述べたが、日本市場における乗用車用更生タイヤ導入のための事業分析を実施するために、現在は、トラック・バス用にしか導入していない更生タイヤを乗用車用に導入することを前提に、乗用車用更生タイヤを対象とする。乗用車用更生タイヤ導入にあたり、タイヤの原材料調達から、タイヤ生産工場、そして、タイヤが車に装着されて使用され、最後に寿命になって廃棄される、もしくはリサイクルされる段階までを対象とする。

次に、更生タイヤの生産プロセスを図5-1に示す。原材料調達では、タイヤの部材であるトップトレッド（図中ではトップと表記）のみを原材料として生産へ輸送する。次にそのトップトレッドの原材料が生産に入り、精錬工程で練られる。次の工程では部材がトップトレッドのみのため、押出工程で加工され、成形工程では新品タイヤのように全ての部材をアッセンブルせず、トップトレッドのみを貼り付けるために簡易成形となる。簡易成形されたものが加硫工程で加硫されて、最後に検査工程から出荷される。その後、既存乗用車用タイヤと同様に流通、使用となるが、最後に廃棄・リサイクルの段階で一部は更生タイヤとしてリサイクルされるので、更生タイヤ側へ輸送されることになる。更生タイヤはタイヤの部材が少ないために、原材料調達の段階で、必要な材料が少なくて済み、そして、生産段階では工程が減り、且つ部材数が少なくなるために成形工程が簡易になるので、原材料調達の段階で生産（エネルギー消費）と輸送（運搬するトラックから排出されるCO₂）に関わるCO₂排出削減効果、生産の段階では部材が少なくなることで生産に伴う使用エネルギー消費に伴ったCO₂削減効果がでる。

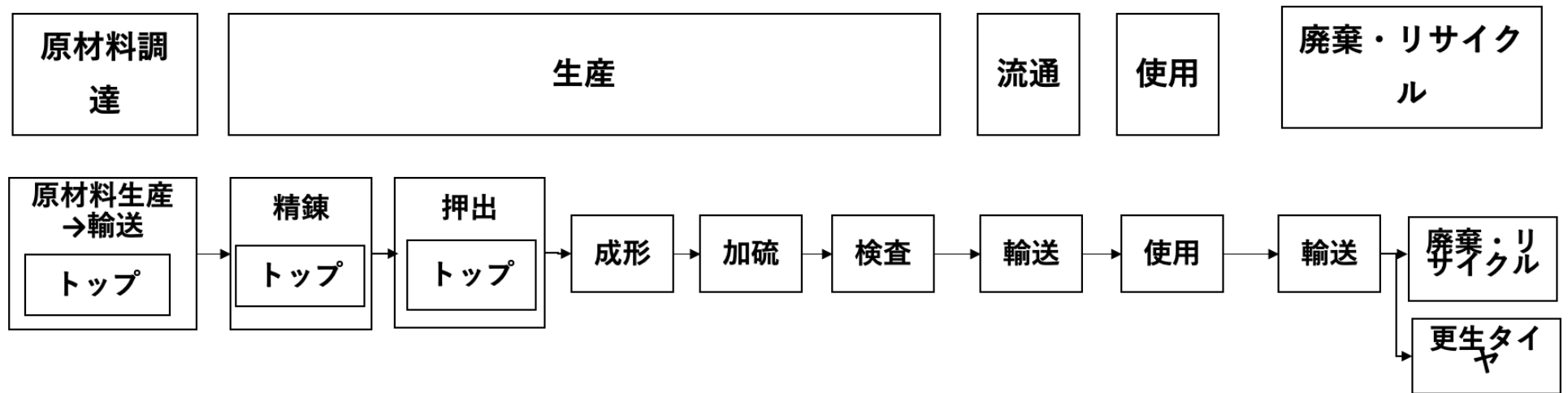


図 5-1 更生タイヤの製造プロセス

5.2 検討課題・目的

本章では日本市場における乗用車用更生タイヤ導入のための事業分析について検証するが、既に第2.3節で述べた通り、検討課題は下記の通りである。

- ・ 新規事業検討のフィージビリティスタディをする際に要素・要因決定は過去のデータや現場からの詳細データで検討することで抜け漏れなくモデリングとシミュレーションが行えるのか

本章ではこの検討課題に対し検証していくが、それまでのフィージビリティスタディについての対応を下記にあげる。

フィージビリティスタディを実施する際には、過去のデータとそれ以外の要因を列挙してモデル化しシミュレーションを実施し、要素・要因取得に関しては、現場のワイガヤなどで詳細データを取って実施する場合もある。そして、そのシミュレーションで出た結果が予想と違う場合は、要素・要因を見直して再度モデル化とシミュレーションを実施しなければならないという課題がある。

本章では、乗用車用更生タイヤ導入に関し、フィージビリティスタディを実施する際に、抜け漏れなく要素・要因を洗い出してモデル化しシミュレーションを行なって検討することを目的とする。

5.3 データ取得方法

乗用車用更生タイヤ導入に向けた検討で、その変数の取得方法について述べる。タイヤ業界は、環境省、日本自動車タイヤ協会（Japan Automobile Tyre Manufacturer Associate；以下、JATMA）、タイヤメーカーの三者が方針や情報共有を行なっている（図5-2）。

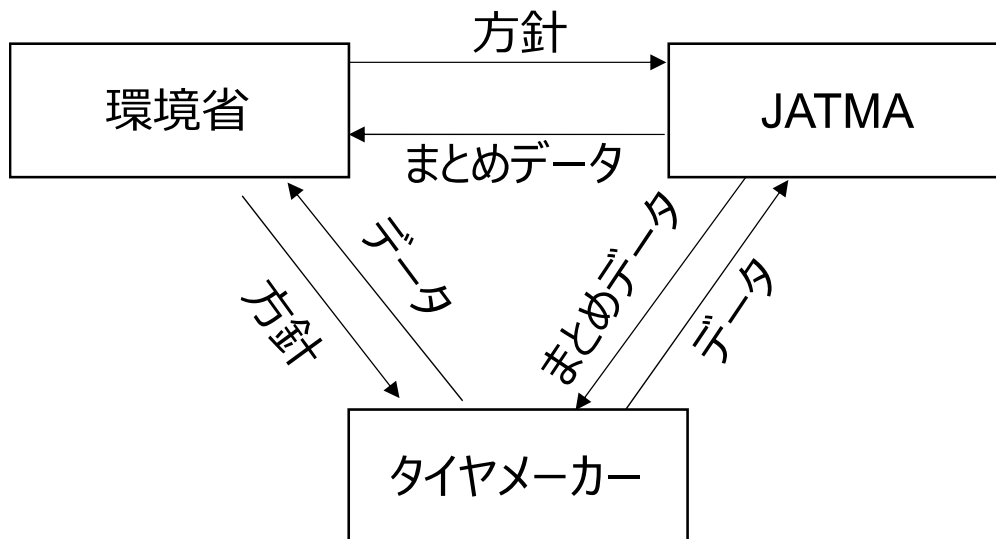


図 5-2 タイヤ業界三者の関係

乗用車用更生タイヤの原価となる材料コストについては、既存のトラック・バス用更生タイヤの材料コストのデータから、トラック・バス用タイヤと乗用車用タイヤの重量比で算出する。次に、生産コストであるが、各タイヤメーカーとも乗用車用更生タイヤの生産をしていないため情報がない。そこで、乗用車用更生タイヤの生産コストについてタイヤ関係者 5 名に対しインタビューを実施してその平均値を現状の生産コストとした。また、同様に乗用車用更生タイヤの初期投資の情報がないために、トラック・バス用タイヤの新設工場の初期投資と判明している既存タイヤの新品工場の初期投資に、2 章で見える化したタイヤ生産工程プロセスで必要部材部分の投資の按分とかけ離れていないか確認した。炭素税算出の元となる情報は、日本乗用車用タイヤ協会のデータ[91]をもとに、環境対応をしているタイヤ関係者に対して調達・生産・物流・使用・リサイクルの段階でのタイヤに掛かってくる CO₂ 量の妥当性についてもインタビューを実施して確認をした。

5.4 業務プロセス価値連鎖図

本章では、日本市場における乗用車用更生タイヤ導入の事業性分析の検証をするが、流れは図 5-3 のようになる。

まず、更生タイヤが導入されているトラック・バス用について現状を調査し、乗用車用更生タイヤが導入されていない理由を整理する。その後、タイヤ生産プロセスの見える化とタイヤ間接コストの見える化で適用した業務プロセス価値連鎖図を活用し、課題から問題点を整理する。そして、業務プロセス価値連鎖図で乗用車用更生タイヤ全体の流れを見ることで、必要要素を特定して、導入に向けてのフィージビリティスタディをするために必要な変数を明確化する。その変数からモデル化をしてシミュレーションを実施し、そのシミュレーションから事業性分析をする。

業務プロセス価値連鎖図作成のために、乗用車用更生タイヤのステークホルダーを下記の通り定義する。

- タイヤメーカー
- 国
- ユーザー

この三者が乗用車用更生タイヤ導入に向けてどのような検討をするべきなのかをステップを追いながら、そこに関係する要素と変数を織り込んで業務プロセス価値連鎖図を作成する。

国としては、他国と約束した CO₂ 削減目標に対し、全産業で CO₂ 削減対策を推進する必要がある一方で、自国の産業や企業を守る、すなわち利益をあげさせないといけない。タイヤメーカーとしては、国から設定された CO₂ 削減目標に対し、何らかの手段を講ずる必要があるが、企業として生き残るためには利益の確保が必須である。また、CO₂ 削減をしているという企業イメージというものも重要である

ために、利益を確保しつつ、CO₂削減ができることが望ましい。タイヤを使うユーザーにとっては、大前提としてタイヤは安全であることであり、できれば購入しやすい価格であって欲しい。そのタイヤが環境にやさしいものであったら尚更良い。三者のステークホルダーの思惑が一致するための検討ステップを業務プロセス価値連鎖図で表す（図 5-4）。

この業務プロセス価値連鎖図から、乗用車用更生タイヤ導入に向けたフィージビリティスタディに必要な要素が下記の通り出てきた。

- タイヤの量（販売量・生産量）
- 生産コスト（新品タイヤ・更生タイヤ）
- 材料コスト
- 初期投資
- 利益
- 売値
- 炭素税
- タイヤ生産における CO₂ 排出量
- 走行距離（新品タイヤ・更生タイヤ）
- 乗用車用更生タイヤ比率

この業務プロセス価値連鎖図を作成するにあたり、検討ステップ全体を俯瞰するだけではなく、過去のデータに含まれない要因（動きが見えない国の動向と炭素税導入）も織り込んだ。

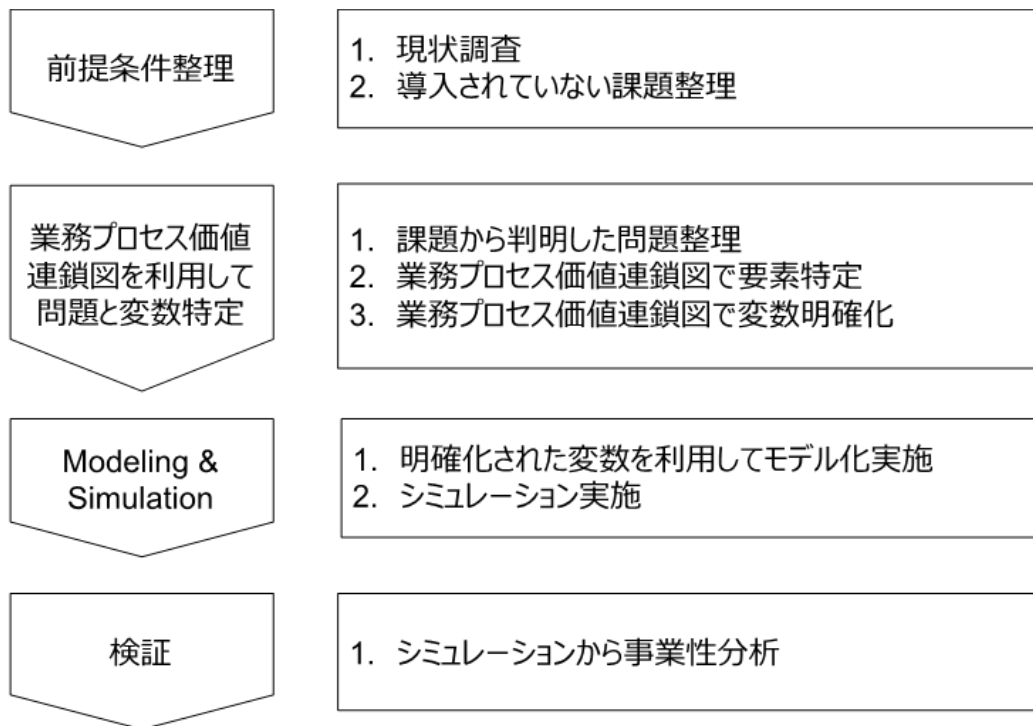


図 5-3 乗用車用更生タイヤ導入の事業性分析の流れ

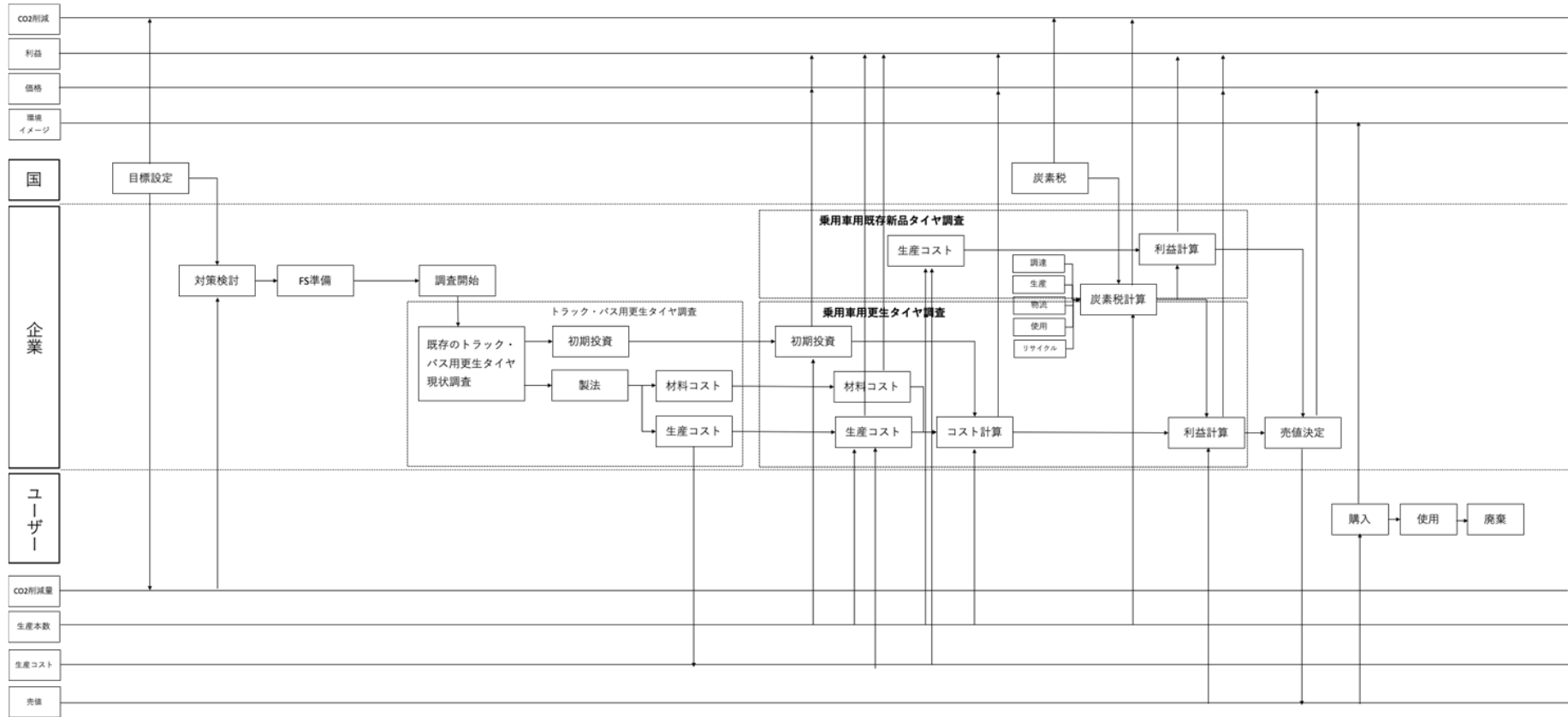


図 5-4 乗用車用更生タイヤ検討のための業務プロセス価値連鎖図

5.5 モデリングとシミュレーション

前節で明確になった変数をモデル化する。モデル化したものが図 5-5 となる。このモデルは、ストックフロー図 (Stock and Flow Diagram: SFD) の一つである、S 字型成長 S-Sharp Growth Model である。乗用車用更生タイヤは、ユーザーが安全性と環境イメージで購入する意思決定し、既存の新品タイヤは更生タイヤ比率が上がるごとに購入単価が上がることで減っていくというモデルである。更生タイヤ比率は、ユーザーがどれくらい購入するかによって決まってくるが、原価は材料コスト、生産コスト、初期投資、炭素税によって変わり、売値はこの原価に政府が設定する炭素税とタイヤメーカーが設定する利益率によって変わる。生産コストは既存の新品タイヤが減って更生タイヤが増えていけば、更生タイヤは下がり、既存の新品タイヤは上がっていく。政府が設定する炭素税は、タイヤのプロセスから調達、生産、物流、使用、そしてリサイクルでの CO₂ 排出量によって変わってくる。

ここから、乗用車用更生タイヤ比率が増えるには、更生タイヤ比率が上がりコストが下がることで、ユーザーが更生タイヤを購入していくということがわかる。しかしながら、現状の新品タイヤの利益率よりも更生タイヤの利益率が低いことから、タイヤメーカーとしては、このモデル化のみでは結論をつけることはできない。

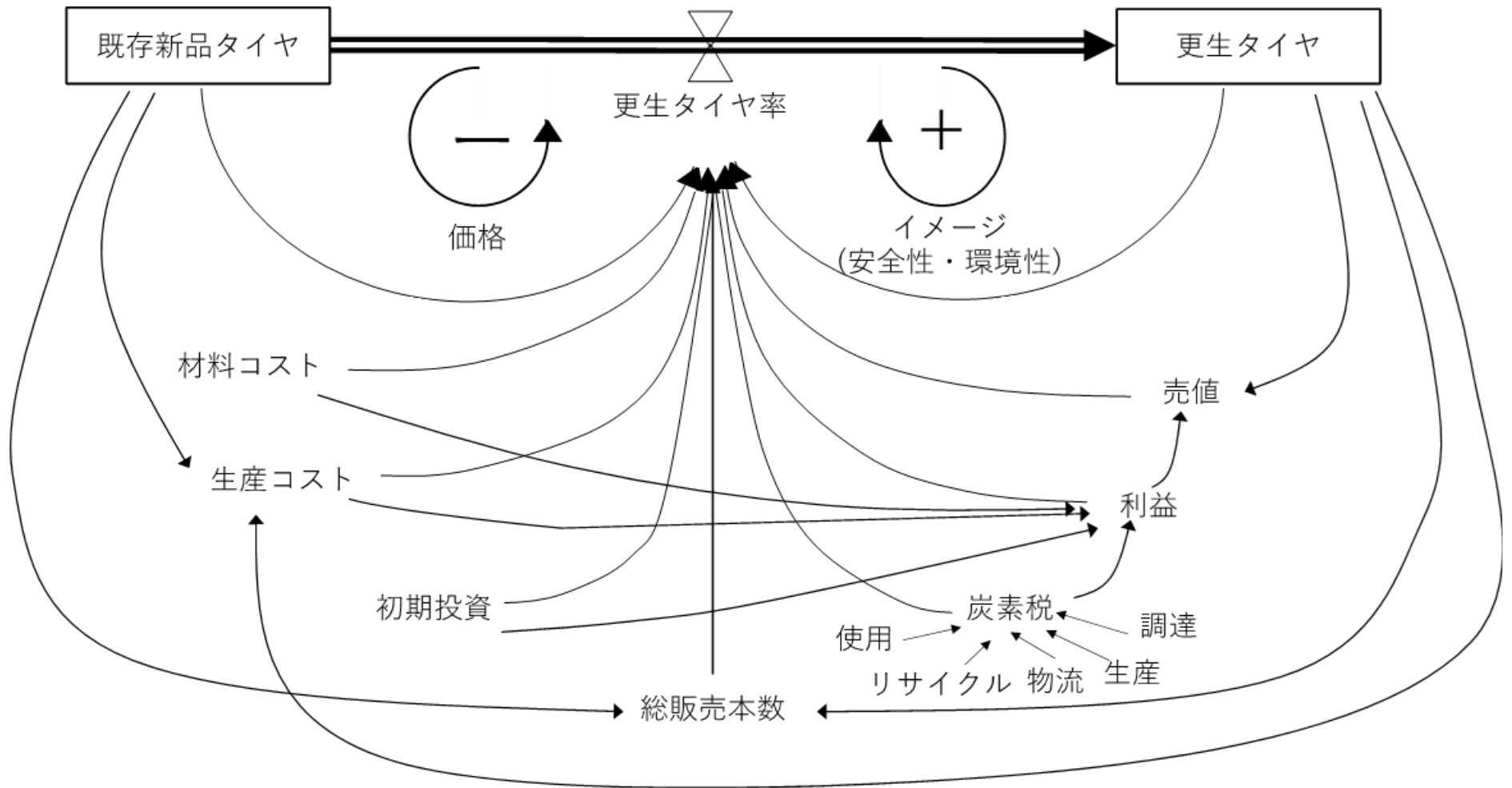


図 5-5 乗用車用更生タイヤモデルの SFD

以上を踏まえ、著者が構築した乗用車用更生タイヤ方法論アウトラインを図 5-6 に示す。乗用車用更生タイヤ導入に向けて下記の 2 点について条件を作成した。

- コスト・利益条件
- 環境条件（CO₂ 排出量）

従来研究では、コスト・利益条件として、乗用車用更生タイヤの初期投資と生産コストに関して考慮したものがないため、今回考慮した。その際、設備耐用年数として 10 年、20 年、30 年、40 年と幅を持たせることにより、企業が設備をどの程度メンテナンスをしながら使用することができるかを見るために、耐用年数による負担を検討する。そして、生産コストには、新品タイヤ生産コストと更生タイヤ生産コストを固定費と変動費を考慮し規模の経済を導入して算出する。次に、環境条件として、新品タイヤと更生タイヤでは走行可能距離が違い、且つ、自家用車と営業車も年間走行距離が違っているために、それらを反映して CO₂ 排出量を自家用車と営業車別に算出する。そして、炭素税率も現状の日本のものとグローバルのものを考慮する。これらをコスト換算して、利益計算をすることによりどのような条件なら乗用車用更生タイヤ導入の可能性をシミュレーションする。

5.5.1 評価式

前節のモデル化から、タイヤメーカーとして事業性分析をするにあたり、シミュレーションを実施する。そのシミュレーションの評価式について本項で述べる。

乗用車用更生タイヤ導入のための事業分析を実施するために、タイヤ生産会社は利益等がないと導入することに踏み切れない。そこで、既存の新品タイヤの利益と更生タイヤを導入した際の利益の差異を生産コストと初期投資、そして今後導入さ

れる可能性の高い炭素税を考慮することにする。利益差異と炭素税の計算式を以下に示す。乗用車用更生タイヤ導入時の既存の利益との差異を式（１），そして，式（２）が課税額を表している。この利益差異を新品タイヤと更生タイヤの初期投資，生産コスト，材料コスト，CO₂に掛ってくる炭素税率，そして償却年数のパラメータを変化させることで，利益差異の分析をする。課税額は，タイヤができるまでに発生するCO₂の量によって変化する。既存の新品タイヤの売り上げから，新たに市場に出回る新品タイヤの売り上げを引き，さらに更生タイヤ売り上げを足して，そこから初期投資と炭素税を引くことで既存との利益差異を出す。

式（１）は，具体的に，タイヤ１本あたりのコストである，既存の新品タイヤ生産コスト（ $p_{existing}^{new}$ ）と材料コスト（ $mat_{existing}^{new}$ ）を足して，そこから新たに販売された新品タイヤの生産コスト（ p^{new} ）と材料コスト（ mat^{new} ）を引く。その数値に新品タイヤ販売量（ S^{new} ）を掛ける。同様に，更生タイヤも既存の更生タイヤの生産コスト（ $p_{existing}^{retread}$ ）と材料コスト（ $mat_{existing}^{retread}$ ）からあらたに市場に投入される更生タイヤの生産コスト（ $p^{retread}$ ）と材料コスト（ $mat^{retread}$ ）を引いて，その数値に更生タイヤ販売量（ $S^{retread}$ ）を掛ける。これらを足して，全乗用車用タイヤ販売量（ S^{total} ）で割る。ここから，乗用車用更生タイヤの初期投資（ c^{ini} ）と炭素税（ Tax ）をひいたものである。式（２）はタイヤ生産で発生するCO₂排出量（ CO^{prod} ）に炭素税率（ γ ）を掛けたものである。

$$\Delta f(\alpha, \beta, \gamma, \delta, r) =$$

$$\frac{\{(p_{existing}^{new} + mat_{existing}^{new}) - (p^{new}(\beta, r) + mat^{new})\} \times S^{new} + \{(p_{existing}^{retread} + mat_{existing}^{retread}) - (p^{retread}(\beta, r) + mat^{retread})\} \times S^{retread}}{S^{total}}$$

$$c^{ini}(\alpha, \delta, r) - Tax(\gamma, r) \tag{1}$$

$$Tax(\gamma, r) = CO^{prod}(r) \times \gamma \tag{2}$$

$$S^{total} = S^{new} + S^{retread}$$

$$S^{retread} = S^{total} \times r$$

Δf : profit diff [JPY]

α : presense/absence of initial investment

β : economy of manufacturing cost scale [%]

γ : carbon tax rate [JPY/kg-CO₂]

δ : depreciation years [years]

r : ratio of retread tire for passenger car[%]

$p_{existing}^{new}$: manufacturing cost per new existing tire for passenger car [JPY/tire]

$p_{existing}^{retread}$: manufacturing cost per existing retread tire [JPY/tire]

p^{new} : manufacturing cost per new tire for passenger car [JPY/tire]

$p^{retread}$: manufacturing cost per retread tire for passenger car [JPY/tire]

$mat_{existing}^{new}$: material cost per new existing tire for passenger car [JPY/tire]

$mat_{existing}^{retread}$: manufacturing cost per existing retread tire [JPY/tire]

mat^{new} : material cost per new tire for passenger car [JPY/tire]

$mat^{retread}$: material cost per retread tire for passenger car [JPY/tire]

S^{total} : total number of sales of tires for passenger car [tires/year]

S^{new} : total number of sales of new tires for passenger car [tires/year]

$S^{retread}$: total number of sales of retread tires for passenger car [tires/year]

c^{ini} : initial investment in retread tires for passenger car [JPY/tire]

Tax : tax amount on carbon tax [JPY/tire]

CO^{prod} : CO₂ emission at the time of tire manufacturing [kg-CO₂]

D : total mileage [km]

以上を踏まえ、著者が構築した乗用車用更生タイヤ方法論アウトラインを図 5-6 に示す。乗用車用更生タイヤ導入に向けて下記の 2 点について条件を作成した。

- コスト・利益条件
- 環境条件 (CO₂ 排出量)

従来研究では、コスト・利益条件として、乗用車用更生タイヤの初期投資と生産コストに関して考慮したものがないため、本研究で考慮する。その際、設備耐用年

数として10年、20年、30年、40年と幅を持たせることにより、企業が設備をどの程度メンテナンスをしながら使用することができるかを確認するために、耐用年数による負担を検討する。そして、生産コストには、新品タイヤ生産コストと更生タイヤ生産コストを固定費と変動費を考慮し規模の経済を織り込んで算出する。次に、環境条件として、新品タイヤと更生タイヤでは走行可能距離が違い、且つ、自家用車と営業車も年間走行距離が違っているために、それらを反映してCO₂排出量を自家用車と営業車別に算出する。さらに、炭素税率も現状の日本のものとグローバルのものを考慮する。これらをコスト換算して、利益差異を明確にすることによりどのような条件なら乗用車用更生タイヤ導入の可能性があるかを議論する。

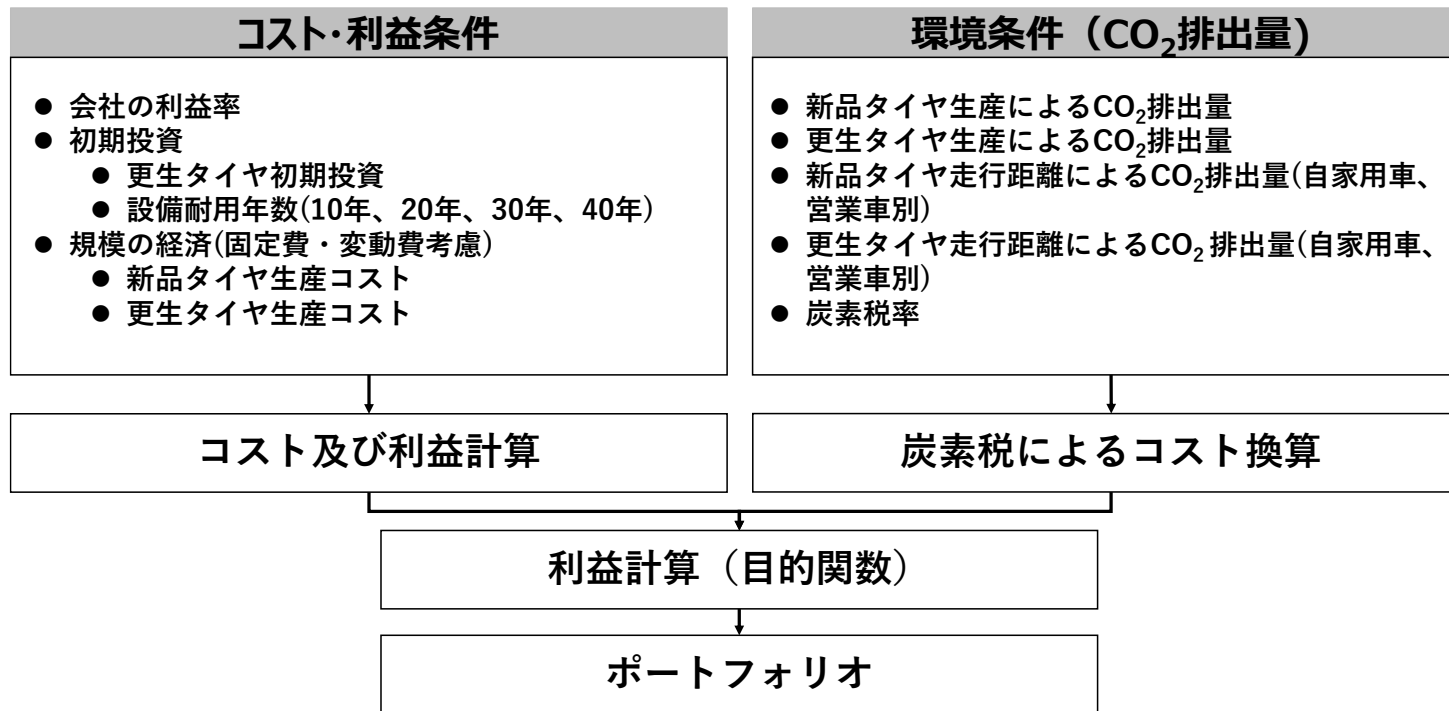


図 5-6 乗用車用更生タイヤポートフォリオ方法論アウトライン

コスト・利益条件

コストは、利益と更生タイヤの初期投資と更生タイヤを導入し規模の経済で変わる新品タイヤと更生タイヤの生産コストを考慮することで計算をする。コスト条件は、下記の3つを考慮した。

- 会社の利益率
- 更生タイヤの初期投資
- 規模の経済を考慮した生産コスト（固定費・変動費考慮）

乗用車用更生タイヤの初期投資に関しては情報が無いために、トラック・バス用の初期投資の費用と重量比、及び前述のサイズ数比率を考慮して算出した（式3）。重量比は、トラック・バス用タイヤ重量が55.4kg/本、乗用車用タイヤ重量が8.4kg/本から計算する。そして、乗用車用タイヤのサイズ数はトラック・バス用タイヤの3倍であることを考慮する。

1本あたりの乗用車用更生タイヤの初期投資 (c_{pcr}^{ini}) は、1本あたりのトラック・バス用の初期投資 (c_{tbr}^{ini}) にトラック・バスの1本あたりのタイヤ重量 (W^{tbr}) と既存乗用車用の1本あたりのタイヤ重量 (W^{pcr}) 比をかけて、さらにサイズ数によって設備投資を考慮するために、トラック・バス用のサイズ数 ($Size_{tbr}$) と既存乗用車用タイヤのサイズ数 ($Size_{pcr}$) の比率を掛けたものが式(3)である。

$$c_{pcr}^{ini}(\alpha, \delta) = c_{tbr}^{ini}(\alpha, \delta) \cdot \frac{W^{pcr}}{W^{tbr}} \cdot \frac{Size_{pcr}}{Size_{tbr}} \quad (3)$$

c_{pcr}^{ini} : 乗用車用更生タイヤ1本あたり初期投資 (JPY/本)

c_{tbr}^{ini} : トラック・バス用更生タイヤ1本あたり初期投資 (JPY/本)

W^{tbr} :トラック・バス用タイヤ1本あたり重量 (kg/本)

W^{pcr} :乗用車用タイヤ1本あたり重量 (kg/本)

$Size_{pcr}$:乗用車用タイヤサイズ数

$Size_{tbr}$:トラック・バス用タイヤサイズ数

環境条件 (CO₂ 排出量)

環境条件は CO₂ 排出量を算出するために、走行可能距離が違う新品タイヤと更生タイヤの走行距離による CO₂ 排出量、そして、年間走行距離の違う自家用車と営業車でそれぞれ算出し、更に、炭素税が今後導入される可能性を考慮して以下に示す。

新品タイヤと更生タイヤでそれぞれ自家用車と営業車で走行距離が違うため、自家用車用の走行距離と営業車用の走行距離をそれぞれ算出し、炭素税を新品タイヤとリトレッドタイヤから算出する。

新品タイヤ走行距離による CO₂ 排出量を自家用車と営業車別に、自家用車用新品タイヤ走行時のタイヤからの CO₂ 排出量 ($CO_{new\ private}^{util}$) に自家用車用新品タイヤ年間走行距離 ($D_{new\ private}$) を掛けたものと、営業車用新品タイヤ走行時のタイヤからの CO₂ 排出量に ($CO_{new\ commercial}^{util}$) 営業車用新品タイヤ年間走行距離 ($D_{new\ commercial}$) を掛けたものを足したものが式 (4) である。

また、乗用車用更生タイヤ走行距離による CO₂ 排出量を自家用車と営業車別に、自家用車用更生タイヤ走行時のタイヤからの CO₂ 排出量 ($CO_{retread\ private}^{util}$) に自家用車用更生タイヤ年間走行距離 ($D_{retread\ private}$) を掛けたものと、営業車用更生タイヤ走行時のタイヤからの CO₂ 排出量に ($CO_{retread\ commercial}^{util}$) 営業車用更生タイヤ年間走行距離 ($D_{retread\ commercial}$) を掛けたものを足したものが式 (5) である。

さらに、炭素税課税は式(4)と(5)を足したものに炭素税率 γ を掛ける(式(6)).

新品タイヤ走行距離によるCO₂排出量(自家用車, 営業車別)

$$CO_{new}^{total}(r) = CO_{new\ commercial}^{util}(r) \times D_{new\ commercial} + CO_{new\ private}^{util}(r) \times D_{new\ private} \quad (4)$$

更生タイヤ走行距離によるCO₂排出量(自家用車, 営業車別)

$$CO_{retread}^{total}(r) = CO_{retread\ commercial}^{util}(r) \times D_{retread\ commercial} + CO_{retread\ private}^{util}(r) \times D_{retread\ private} \quad (5)$$

炭素税課税額

$$Tax(\gamma, r) = (CO_{new}^{total}(r) + CO_{retread}^{total}(r)) \cdot \gamma \quad (6)$$

CO_{new}^{total} : 新品タイヤトータルCO₂排出量(kgCO₂e/年)

$CO_{new\ commercial}^{util}$

: 営業車用新品タイヤ走行時のタイヤからのCO₂排出量(kg
- CO₂e/km)

$CO_{new\ private}^{util}$: 自家用車用新品タイヤ走行時のタイヤからのCO₂排出量(kg

- CO₂e/km)

$CO_{retread}^{total}$: 更生タイヤトータルCO₂排出量(kg - CO₂e/年)

$CO_{retread\ commercial}^{util}$

: 営業車用更生タイヤ走行時のタイヤからのCO₂排出量(kg
– CO₂e/km)

$CO_{retread\ private}^{util}$: 自家用車用更生タイヤ走行時のタイヤからのCO₂排出量(kg
– CO₂e/km)

$D_{new\ commercial}$: 営業車用新品タイヤ年間走行距離 (km/年)

$D_{new\ private}$: 自家用車用新品タイヤ年間走行距離 (km/年)

$D_{retread\ commercial}$: 営業車用更生タイヤ年間走行距離 (km/年)

$D_{retread\ private}$: 自家用車用更生タイヤ年間走行距離 (km/年)

次に、上記の自家用車と営業車の走行可能距離と新品タイヤと更生タイヤの走行可能距離から、年間交換回数を下記の通り算出する。

営業車の年間走行距離 ($D_{commercial}^{total}$) は、営業車用新品タイヤ年間走行距離 ($D_{new\ commercial}$) に営業車用新品タイヤ年間交換回数 ($ch_{new\ commercial}$) を掛けたものと、営業車用更生タイヤ年間走行距離 ($D_{retread\ commercial}$) に営業車用更生タイヤ年間交換回数 ($ch_{retread\ commercial}$) を掛けたものを足す (式 (7))。

そして、自家用車の年間走行距離 ($D_{private}^{total}$) は、自家用車用新品タイヤ年間走行距離 ($D_{new\ private}$) に自家用車用新品タイヤ年間交換回数 ($ch_{new\ private}$) を掛けたものと、自家用車用更生タイヤ年間走行距離 ($D_{retread\ private}$) に自家用車用更生タイヤ年間交換回数 ($ch_{retread\ private}$) を掛けたものを足す (式 (8))。

$$D_{commercial}^{total} = D_{new\ commercial} \cdot ch_{new\ commercial} + D_{retread\ commercial} \cdot$$

$$ch_{retread\ commercial} \tag{7}$$

$$D_{private}^{total} = D_{new private} \cdot ch_{new private} + D_{retread private} \cdot ch_{retread private} \quad (8)$$

$D_{commercial}^{total}$: 営業車年間走行距離 (km/年)

$D_{private}^{total}$: 自家用車年間走行距離 (km/年)

$ch_{new commercial}$: 営業車用新品タイヤ年間交換回数 (times/year)

$ch_{retread commercial}$: 営業車用更生タイヤ年間交換回数 (times /year)

$ch_{new private}$: 自家用車用新品タイヤ年間交換回数 (times/year)

$ch_{retread private}$: 自家用車用更生タイヤ年間交換回数 (times /year)

5.5.2 コスト分析前提条件

走行距離

走行距離による CO₂ 排出量を求めるために、乗用車用新品タイヤの走行距離を、国土交通省のデータ[123]から計算した (表 5-1)。更生タイヤの走行距離に関しては、既存のトラック・バス用タイヤの更生タイヤが新品一次寿命の 3 分の 2 であることから[124]、乗用車用更生タイヤの走行可能距離も同様に新品の 3 分の 2 と置く。したがって、新品乗用車用タイヤの走行可能距離が 30,000 キロなので、更生乗用車用タイヤの走行可能距離は 3 分 2 の 20,000 キロとする。

表 5-1 乗用車用新品タイヤと更生タイヤの走行距離

Item	Contents
Tire type	Passenger tire
New tire lifetime mileage	Passenger tire: 30,000km/tire
Retread lifetime mileage	Passenger tire: 20,000km/tire

タイヤ販売本数と乗用車種別台数比

今回の乗用車用更生タイヤの対象は日本国内で生産された新車装着タイヤと日本国内で生産された履き替え用タイヤとし、海外から日本国内への輸入されたタイヤは今回の更生タイヤの対象から除外した。国内で生産された乗用車用新品タイヤの販売本数は、日本自動車タイヤ協会の2020年のデータから[125]、年間85,250,676本とする。また、今回の対象とする乗用車の車種は、自家用と営業用の乗用車と軽自動車とする。国土交通省の2021年度のデータより、乗用車の内、自家用の割合を99.4%、軽自動車の内、自家用車の割合を99.1%とする[106] (表5-2)。

そして、自家用車の年間走行距離は、10,575km/年で、営業車の年間走行距離は、63,113km/年である

表 5-2 乗用車用更生タイヤ CO₂削減モデル前提条件

Item	Contents
Private car ratio	Passenger car: 99.4% Light car: 99.1%
Mileage	Private car: 10,575km/year Commercial vehicle: 63,113km/year
Sales amount (Passenger tire)	Total: 85,250,676 tires/year (2020) For Commercial vehicle: 598,470 tires/year For Private vehicle: 84,652,206 tires/year

炭素税

炭素税率に関しては、いくつかの数値を設定する。

まず、日本国内の炭素税に近いものとして、環境省のデータから現在の日本の実質炭素税と言われるトン当たり 39 米国ドルを使用する。次に、EU 内の標準である、EU-ETS（EU 内排出量取引制度）の 22 年 3 月平均値トン当たり 90 ユーロと、そして世界で一番高い炭素税であるスウェーデンのトン当たり 190 米国ドル[126]と、そして今後さらに環境税が上昇する可能性があるためにトン当たり 300 米国ドルを使用して計算した(表 5-3)。

表 5-3 乗用車用タイヤトン当たり炭素税

Item	Contents
γ	Effective Carbon Rates in Japan: 39USD/ton
	EU-ETS: 90EURO/ton
	Sweden: 190USD/ton
	Future estimation: 300USD/ton

初期投資と設備耐用年数

初期投資に関して、乗用車用更生タイヤは存在していないために情報が無い。したがって、既存のトラック・バス用更生タイヤの初期投資を参考に算出することとする。トラック・バス用更生タイヤの初期投資は 17 億 5 千万円で日産 150 本生産可能であるので[127]、それを前述の式（3）の通り、トラック・バス用タイヤ重量平均 55.4kg/本、乗用車用タイヤ重量平均 8.4kg/本から重量比率を用いる[91]。そして、サイズ数は第 1 節より、乗用車用タイヤはトラック・バス用の 3 倍あることを考慮し[106]、乗用車用更生タイヤ初期投資を 15,647 円/本とする。

次に、設備の耐用年数は、償却年数ではなく、実際にどれくらい使用可能なの
 かを考慮して、10年、20年、30年、40年と4つのパターンで算出することと
 する。以下の式で示す。前述の式(3)の1本あたり更生タイヤ初期投資(c^{ini})
 に乗用車年間販売本数(S^{total})と更生タイヤ比率(r)を掛けたものを耐用年
 数(t)で割ったものが式(9)である。

$$c^{ini\ year}(\alpha, \delta, r, t) = (c^{ini}(\alpha, \delta) \times S^{total} \cdot r) / t \quad (9)$$

$c^{ini\ year}$: 更生タイヤ年間初期投資 [JPY/年]

t : 耐用年数 [年]

利益率

利益に関しては、現状のタイヤあたりの利益率が各タイヤメーカーから公開さ
 れていないために、売上高から本研究で扱う売上原価と販管費を引いた営業利益
 率をタイヤメーカー各社が公開している数値を使用した。タイヤ会社の利益率を
 日本企業は会社四季報から、海外の会社は各企業の投資家向け情報(ホームペー
 ジや雑誌等)から取得した。そして、本研究では、各タイヤメーカーの最大の営
 業利益率のところと最小の会社の営業利益率を採用し検討をした(表 5-4)。

表 5-4 利益率前提

Item	Contents
Profit rate	Max:13.7%
	Min: 10.1%

乗用車用更生タイヤ CO₂ 排出量

乗用車用更生タイヤの原材料調達と生産時の CO₂ 排出量については、乗用車用更生タイヤがないため、トラック・バス用更生タイヤの CO₂ 排出量を参考に第 3. 4 節同様にトラック・バス用タイヤと乗用車用タイヤ重量比率を用いて算出する[91]。次に、新品タイヤから、一度更生を実施したタイヤは、引き続き更生を繰り返す前提とし、更生の回数はトラック・バス用タイヤで最大 2 回であるため[94]、今回対象の乗用車用タイヤの最大更生回数もトラック・バス用と同じ 2 回とした。今回は、完成済みの更生タイヤの輸送による CO₂ 排出は考慮せず、また、更生タイヤでの走行時の CO₂ 排出量は新品タイヤと同様とした。第 3. 1 節の新品タイヤと更生タイヤの走行可能距離の式(5)と(6)に、第 3. 2 節の営業車と自家用車の年間走行距離を式(7)から(8)にあてはめて、年間タイヤ交換頻度と CO₂ 排出量を表 5-5 に示す。新品タイヤは年間 0.9 回/年の交換頻度で、更生タイヤは年間 1.35 回/年の交換頻度となった。そして、新品営業車用タイヤは 220.7kg-CO₂e を排出し、更生営業車用タイヤは 183.3 kg-CO₂e、そして、新品自家用車用タイヤは 37.0 kg-CO₂e、最後に更生自家用車用タイヤは 30.7 kg-CO₂e である。

表 5-5 乗用車用タイヤ交換頻度と乗用車用更生タイヤ CO₂排出量前提

Item	Contents
Turnover rate	New tire: 0.90 times/year
	Retread tire: 1.35 times/year
CO ₂ emission	New commercial vehicle tire: 220.7 kg-CO ₂ e
	Retread commercial vehicle tire: 183.3 kg-CO ₂ e
	New private vehicle tire: 37.0 kg-CO ₂ e
	Retread private vehicle tire: 30.7 kg-CO ₂ e

生産コスト

乗用車用新品タイヤと乗用車用更生タイヤの生産コストを合計したものが本研究の生産コストになる。乗用車用新品タイヤのコストは現状の生産コストから更生タイヤに置き換わっていくために、量が減っていくと固定費比率が上がるために生産コストが上がっていく。一方、乗用車用更生タイヤは量が増えていくと固定比率が下がるために生産コストが下がっていく。これら新品タイヤと更生タイヤの生産コストを規模の経済を考慮して算出する。乗用車用新品タイヤの現状の生産コストを新品タイヤの売値平均である 10,000 円/本であることと企業の利益率から 2,500 円とし、乗用車用更生タイヤの現状コストは生産がないため、更生比率が 10%になった際に新品タイヤのコストと同様になるように 18,000 円とする。新品タイヤの生産コスト (p^{new}) は、新品タイヤの現状生産コスト (p_{ini}^{new}) を新品タイヤの規模の経済を考慮した経済指数 A 乗をし、そこに新品タイヤ生産コスト変動率 (V) と更生タイヤ比率 (r) を掛けたものである (式 (10))。

新品タイヤ生産コスト

$$p^{new}(\beta, r) = (p_{ini}^{new}(\beta))^A \times V \times r \quad (10)$$

p_{ini}^{new} : 新品タイヤの現状生産コスト(JPY)

A : 新品タイヤ規模の経済指数($A \neq 1, A > 0$)

V : 新品タイヤ生産コスト変動率

次に, 更生タイヤ生産コスト ($p^{retread}$) は, 更生タイヤの現状生産コスト ($p_{ini}^{retread}$) を更生タイヤの規模の経済を考慮した経済指数・ B 乗をし, そこに更生タイヤ生産コスト変動率 (V') と更生タイヤ比率 (r) を掛けたものである (式 (11)).

$$p^{retread}(\beta, r) = (p_{ini}^{retread}(\beta))^{-B} \times V' \times r \quad (11)$$

$p_{ini}^{retread}$: 更生タイヤの現状生産コスト(JPY)

B : 更生タイヤ規模の経済指数($B \neq 1, B > 0$)

V' : 更生タイヤ生産コスト変動率

5.5.3 コスト分析検証結果

式(1)に基づいて, 計算した表 5-6 に示す. 設備耐用年数を 10 年, 20 年, 30 年, 40 年で分けて, 初期投資の有無(有を○, 無を×), 炭素税の有無(有 : ○, 無 : ×), そして炭素税 γ をシナリオ別に場合分けして, 利益率の最大値を Max と最小値 Min の 2 パターンで算出した. 表中の, 左に”+”があるのは利益が既存よりもプラスに出る場合で, その右の数値は, 3 節のコスト分析結果から最良

の条件の乗用車用更生タイヤポートフォリオであり、左に”-“があるのは既存よりもマイナスの場合で、その右の数値は最良の乗用車用更生タイヤポートフォリオである。

表 5-6 乗用車用更生タイヤシナリオ別ポートフォリオ

Buildin g/Equi pment life	Initial Cost	Carbon Tax	γ (TaxRate)															
			39USD		90EURO		190USD		300USD									
			Profit rate															
			10.10%	13.70%	10.10%	13.70%	10.10%	13.70%	10.10%	13.70%								
10 years	○	○	-	2%	+	2%	-	3%	-	3%	-	5%	-	5%	-	7%	-	7%
	○	×	+	2%	+	2%	+	2%	+	2%	+	2%	+	2%	+	2%	+	2%
	×	○	+	9%	+	8%	-	10%	-	10%	-	13%	-	13%	-	17%	-	16%
	×	×	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%
20 years	○	○	-	5%	+	5%	-	6%	-	6%	-	9%	-	8%	-	12%	-	11%
	○	×	+	4%	+	4%	+	4%	+	4%	+	4%	+	4%	+	4%	+	4%
	×	○	+	9%	+	8%	-	10%	-	9%	-	13%	-	13%	-	17%	-	16%
	×	×	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%
30 years	○	○	-	6%	+	6%	-	7%	-	7%	-	10%	-	10%	-	13%	-	13%
	○	×	+	6%	+	5%	+	6%	+	5%	+	6%	+	5%	+	6%	+	5%
	×	○	+	9%	+	8%	-	10%	-	9%	-	13%	-	13%	-	17%	-	16%
	×	×	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%
40 years	○	○	-	7%	+	7%	-	8%	-	7%	-	11%	-	10%	-	14%	-	14%
	○	×	+	6%	+	6%	+	6%	+	6%	+	6%	+	7%	+	6%	+	6%
	×	○	+	9%	+	8%	-	10%	-	10%	-	13%	-	13%	-	17%	-	16%
	×	×	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%	+	8%	+	7%

5.5.4 既存との利益差異シミュレーション結果例

本項では、表 5-6 のシナリオ別ポートフォリオを確認し、シミュレーション結果のいくつかの例を示す。まず、日本が現状の実質炭素税のままタイヤ会社が高収益の例として、炭素税が日本の実質炭素税であるトン当たり 39 米国ドルで会社の利益率 13.7%の場合、そして、トラック・バス用更生タイヤの普及率が高い

欧州が乗用車用更生タイヤを導入した際の企業の利益が最低の場合の例として、炭素税が欧州連合域内排出量取引制度（European Union Emission Trading Scheme; 以下 EU-ETS）がトン当たり 90 ユーロで会社の利益率 10.1%の場合、最後に、今後炭素税があがることを考慮し、世界で一番炭素税の高いスウェーデンで高収益企業が更生タイヤを導入した場合の例として、トン当たり 190 米ドルで会社の利益率 13.7%の場合についての検討した結果を示す。

縦軸にタイヤのコストと 1 本あたりの既存との利益差異、横軸に乗用車用更生タイヤ比率を取っている。新品タイヤのコストがオレンジ線で更生タイヤのコストが灰色線、そして既存との利益差異が青線で表されている。

1. 炭素税 39 米国ドル/ton, 設備耐用年数 10 年, 会社の利益率
13.7%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-7)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率が 2%をピークに 4%までは既存よりも利益が出る. しかしながら, それを超えると既存よりも利益が出なくなる.

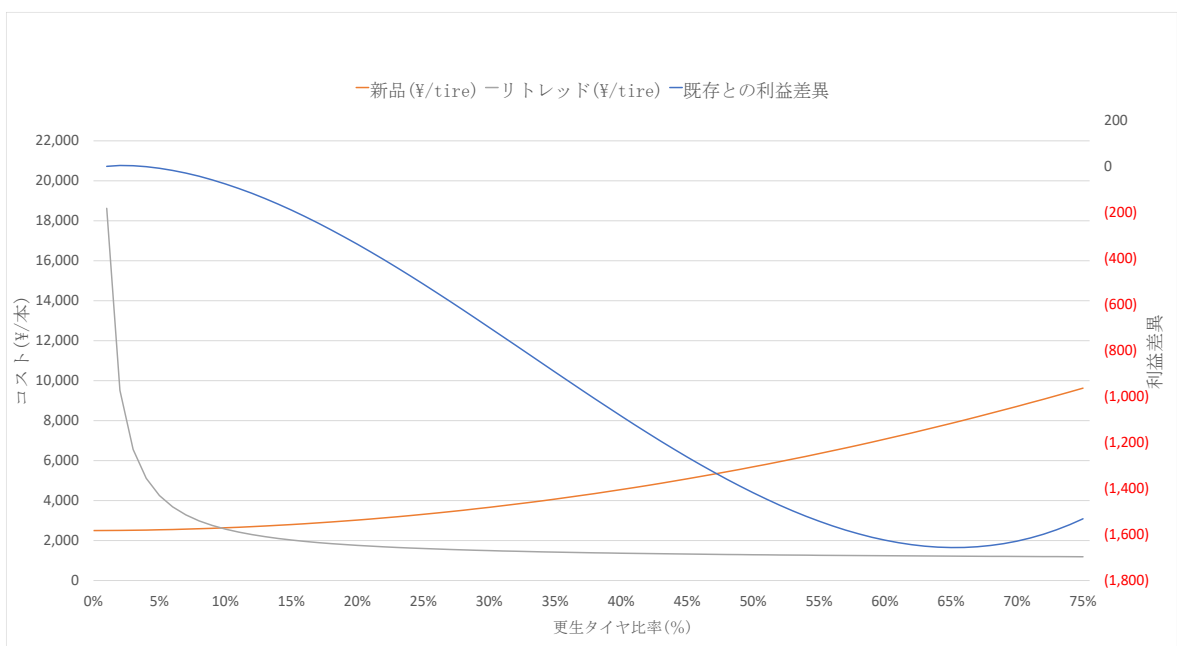


図 5-7 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-8)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が2%をピークに13%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

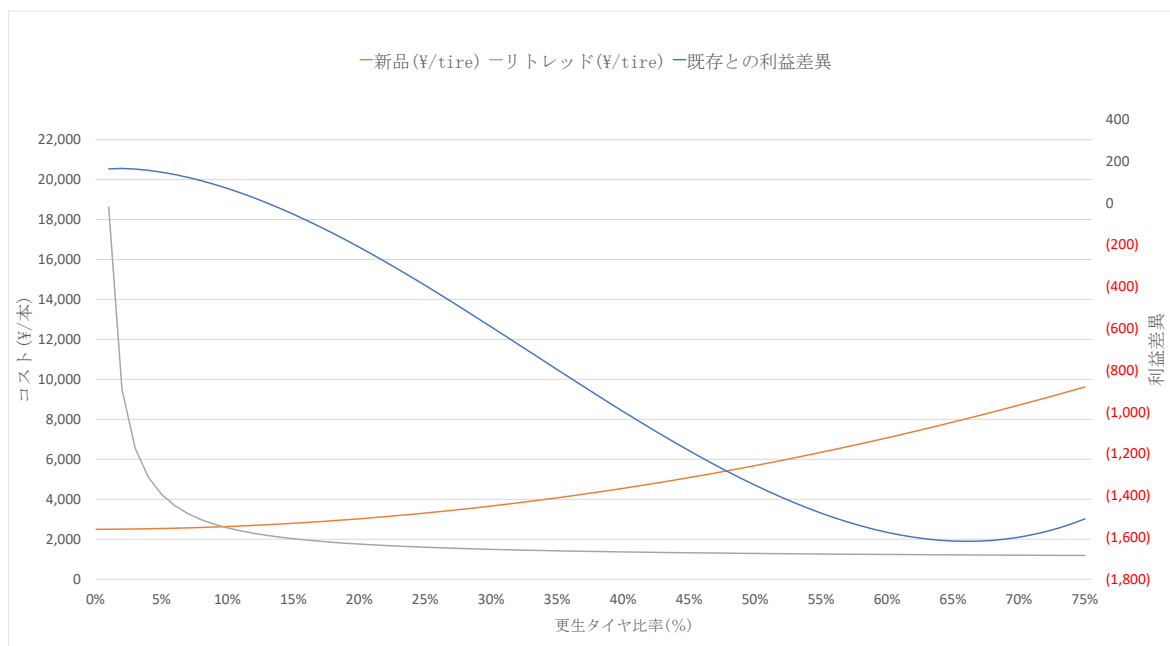


図 5-8 設備耐用年数 10 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 13.7%)

- 初期投資なし，炭素税あり(図 5-9)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 8%をピークに 18%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

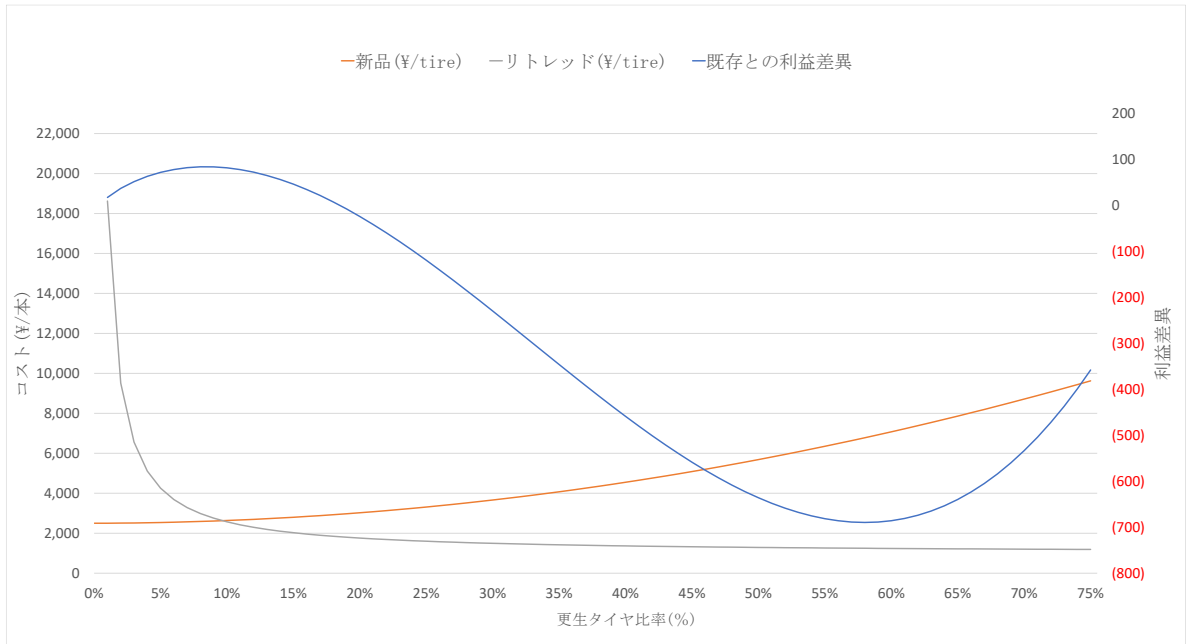


図 5-9 設備耐用年数 10 年，初期投資なし，炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-10)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 7%をピークに 24%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

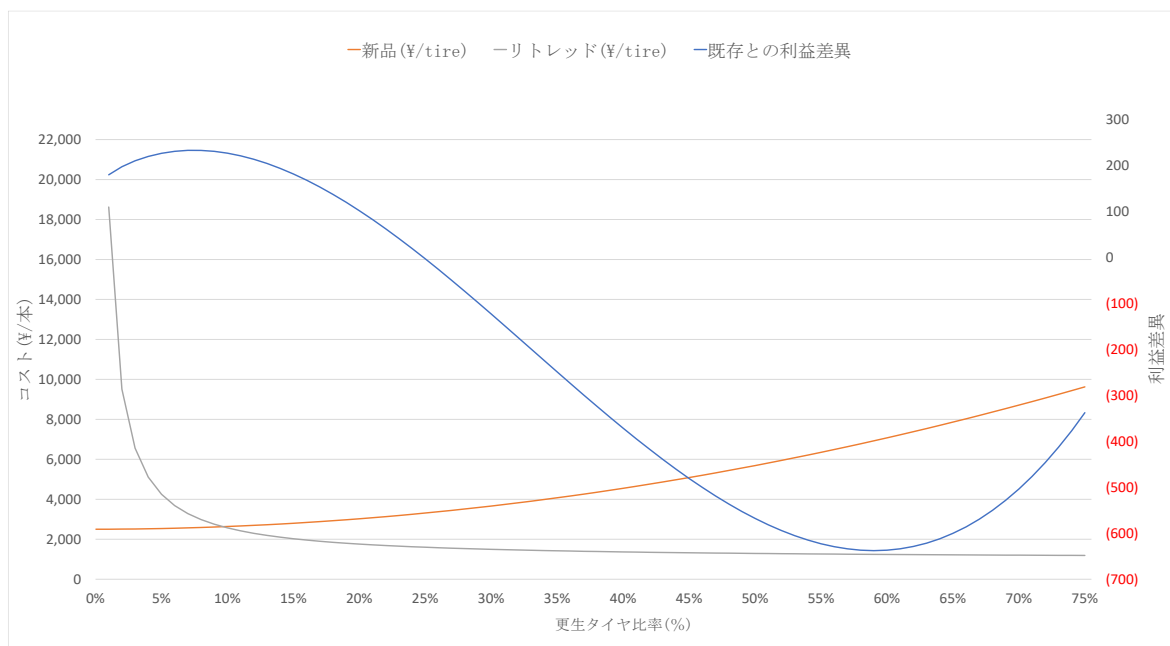


図 5-10 設備耐用年数 10 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 13.7%)

2. 炭素税 39 米国ドル/ton, 設備耐用年数 20 年, 会社の利益率 13.7%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-11)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率が 5%をピークに 10%までは既存よりも利益が出る. しかしながら, それを超えると既存よりも利益が出なくなる.

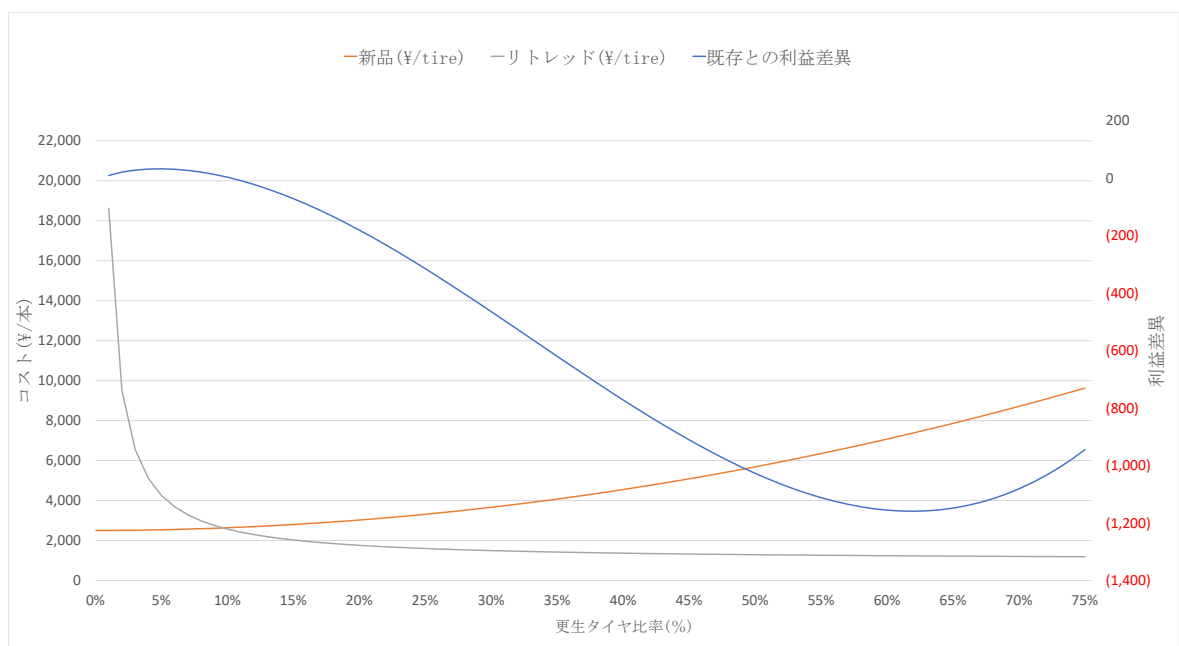


図 5-11 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-12)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が4%をピークに17%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

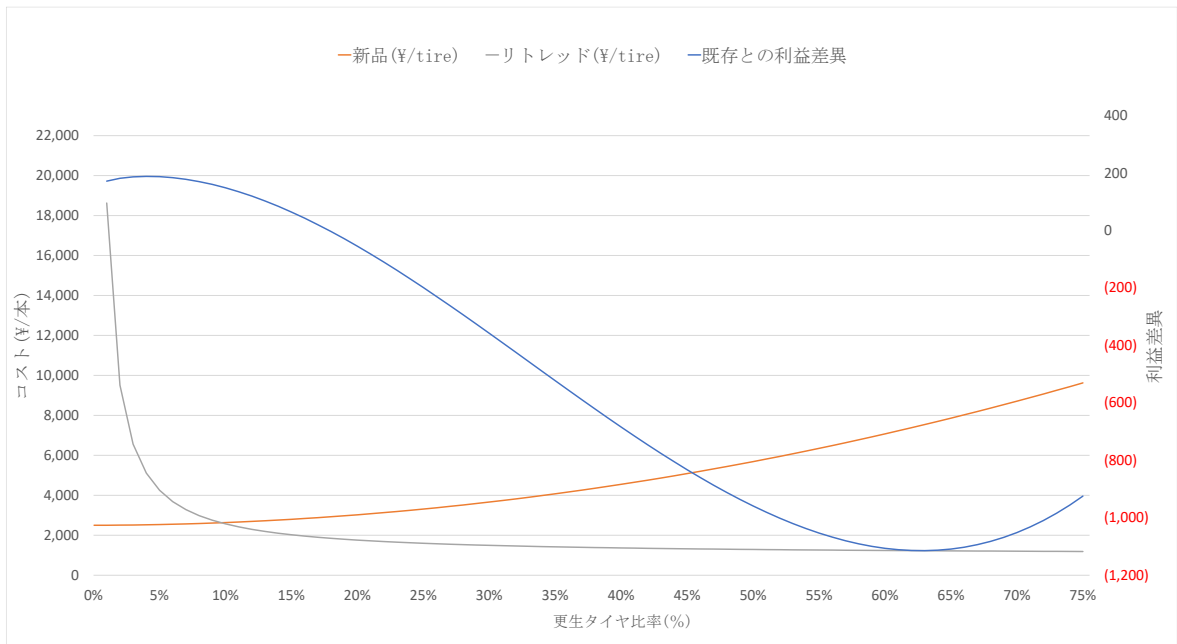


図 5-12 設備耐用年数 20 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税あり(図 5-13)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 8%をピークに 18%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．さらに，計算上は 80%を超えたところで利益が出ることになるが，更生タイヤ比率が 80%を超えることは現実的に不可能なので考慮しない．

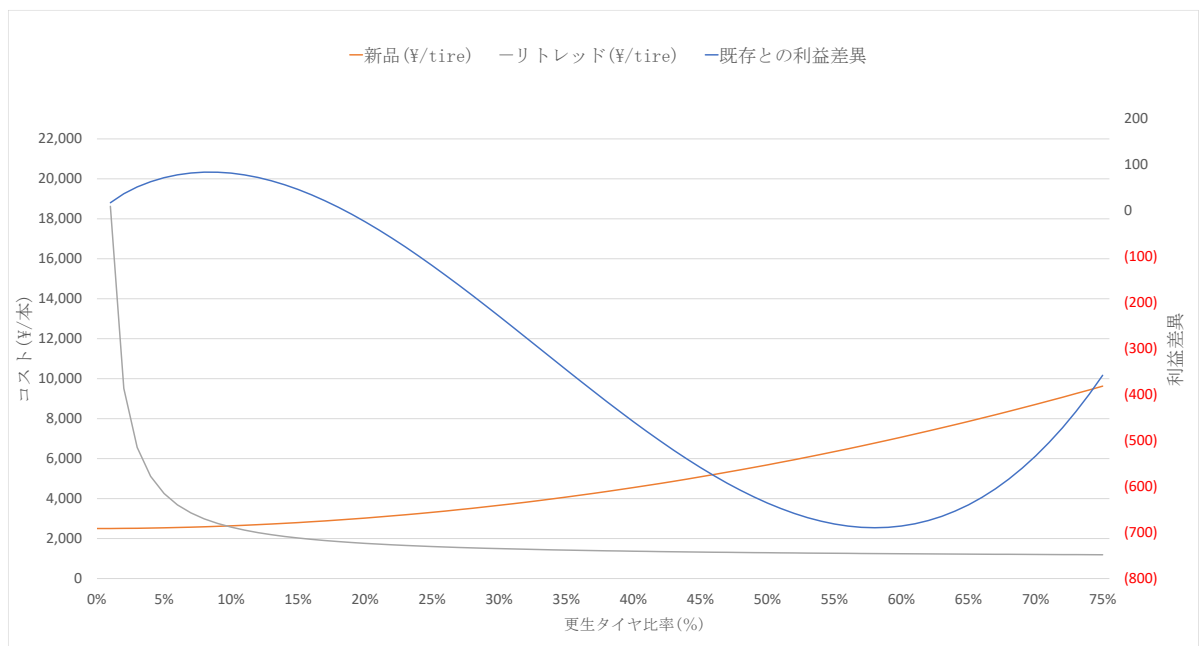


図 5-13 設備耐用年数 20 年，初期投資なし，炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-14)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 7%をピークに 24%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．さらに，計算上は 80%を超えたところで利益が出ることになるが，更生タイヤ比率が 80%を超えることは現実的に不可能なので考慮しない．

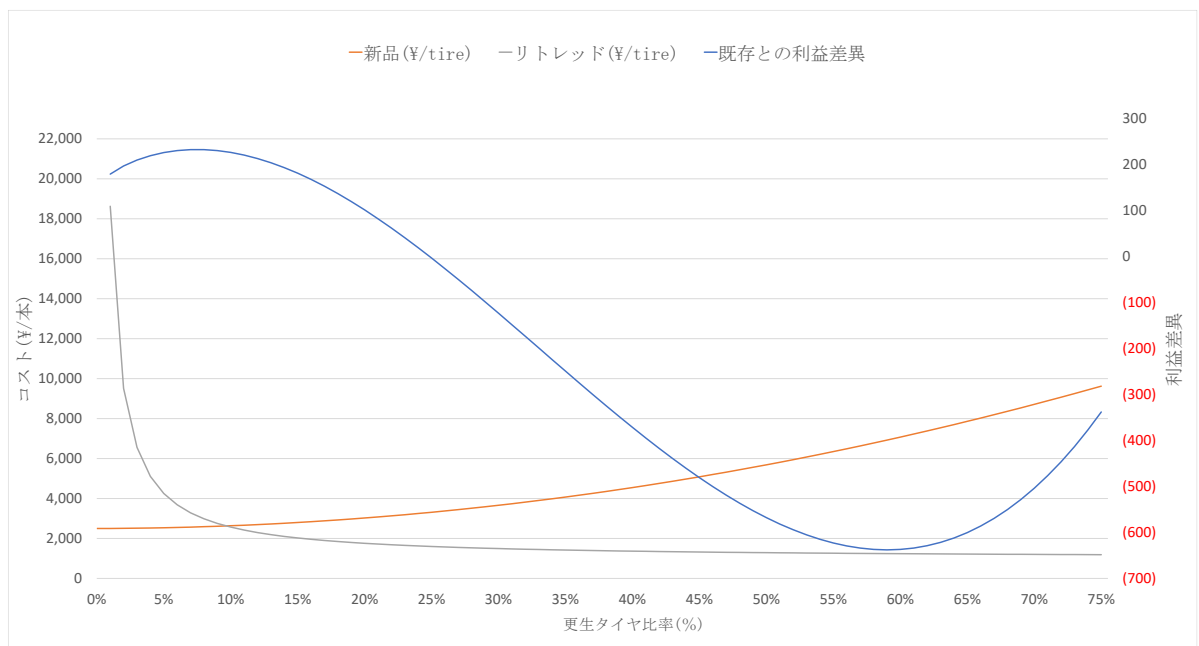


図 5-14 設備耐用年数 20 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 13.7%)

3. 炭素税 39 米国ドル/ton, 設備耐用年数 30 年, 会社の利益率 13.7%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-15)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率が 6%をピークに 12%までは既存よりも利益が出る. しかしながら, それを超えると既存よりも利益が出なくなる.

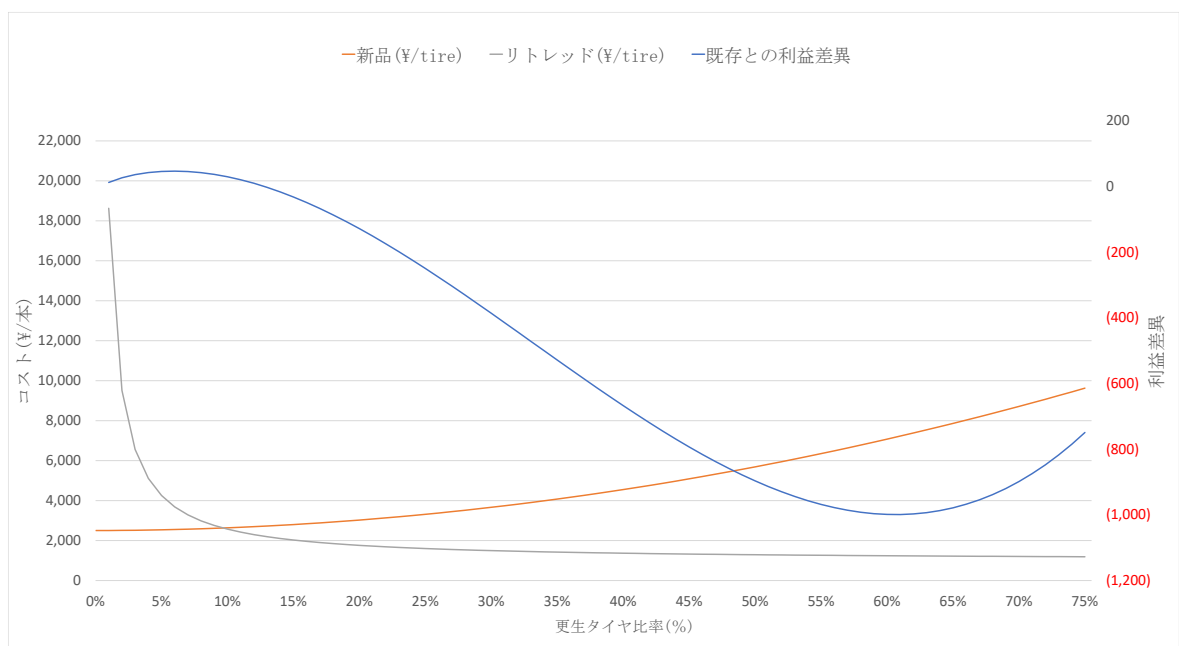


図 5-15 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-16)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が5%をピークに19%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

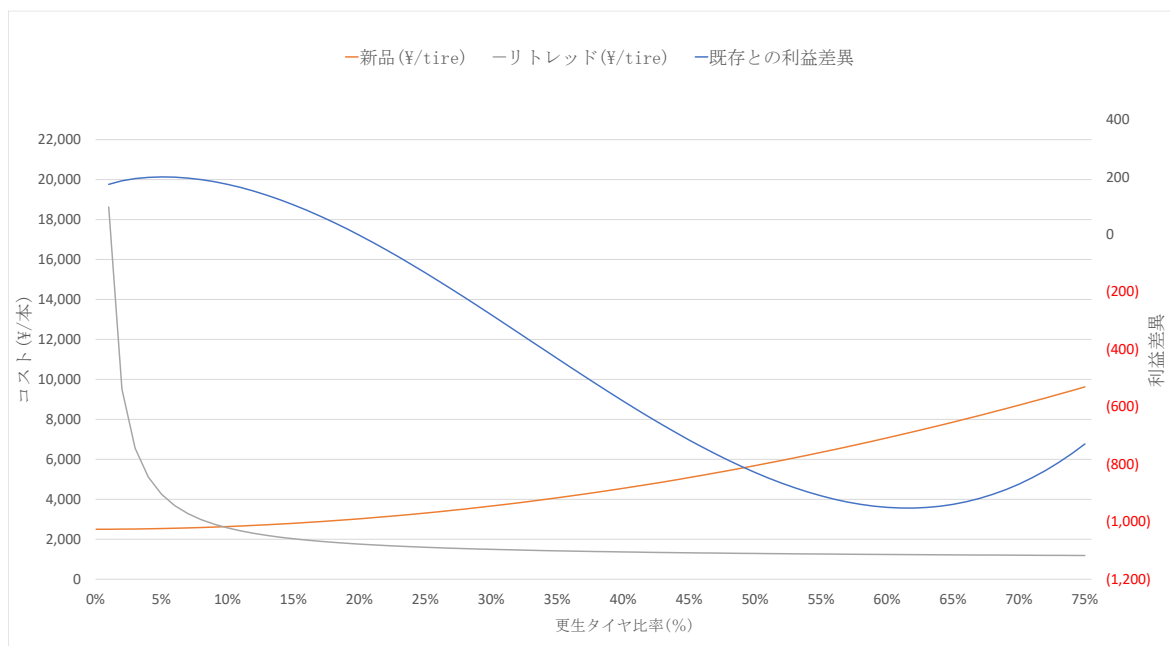


図 5-16 設備耐用年数 30 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 13.7%)

- 初期投資なし，炭素税あり(図 5-17)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 8%をピークに 18%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

さらに，計算上は 80%を超えたところで利益が出ることになるが，更生タイヤ比率が 80%を超えることは現実的に不可能なので考慮しない．

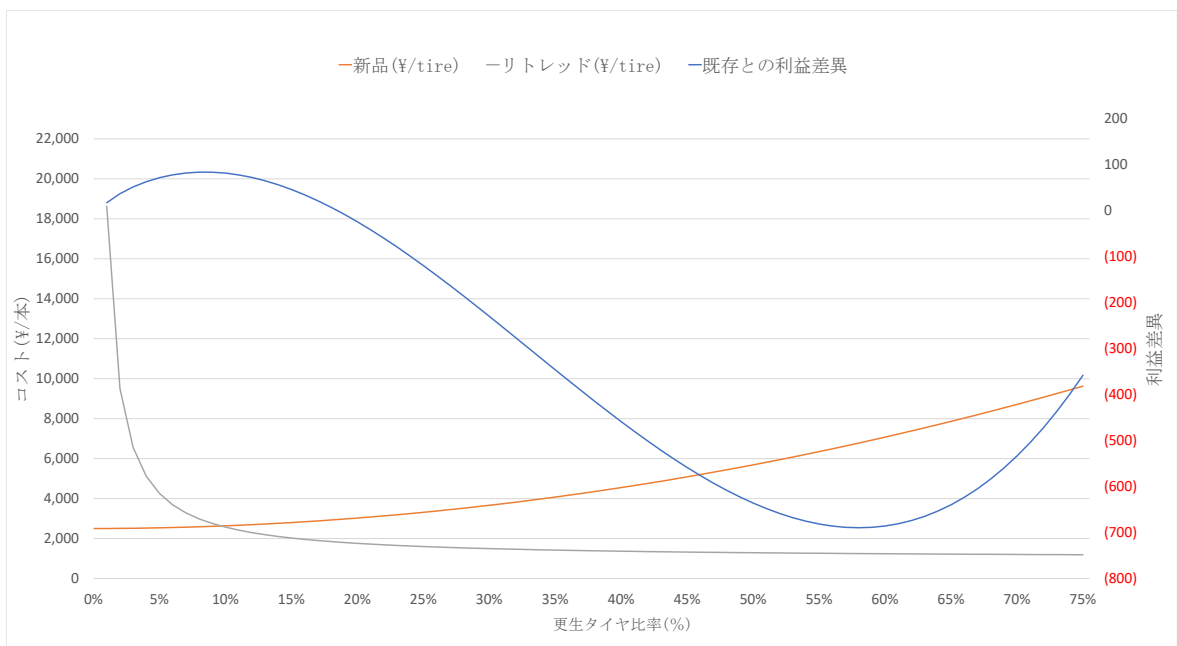


図 5-17 設備耐用年数 30 年，初期投資なし，炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)

- 初期投資なし，炭素税なし(図 5-18)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 7%をピークに 24%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

さらに，計算上は 80%を超えたところで利益が出ることになるが，更生タイヤ比率が 80%を超えることは現実的に不可能なので考慮しない．

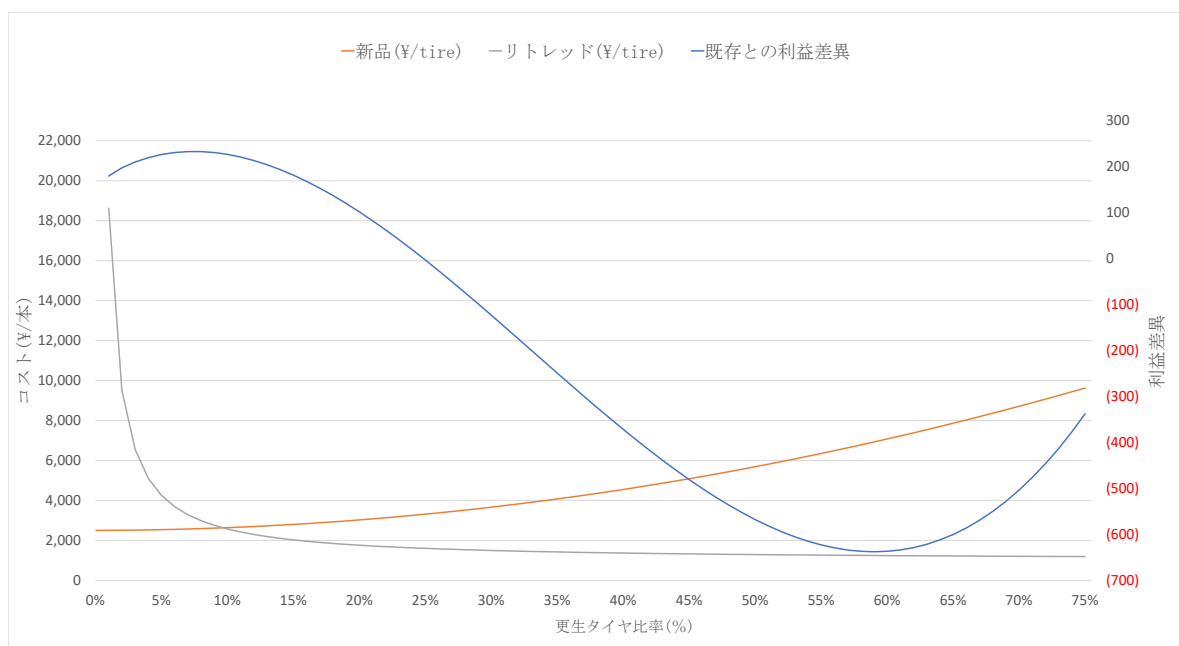


図 5-18 設備耐用年数 30 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 13.7%)

4. 炭素税 39 米国ドル/ton, 設備耐用年数 40 年, 会社の利益率 13.7%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-19)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率が 7%をピークに 14%までは既存よりも利益が出る. しかしながら, それを超えると既存よりも利益が出なくなる.

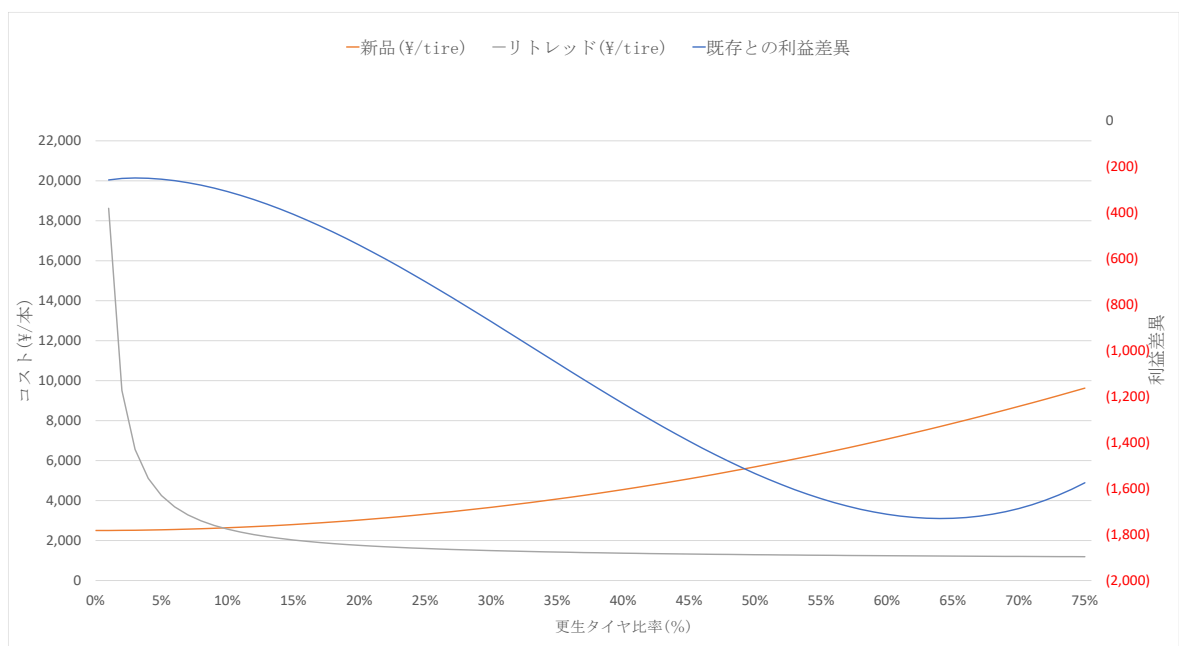


図 5-19 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-20)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が6%をピークに21%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

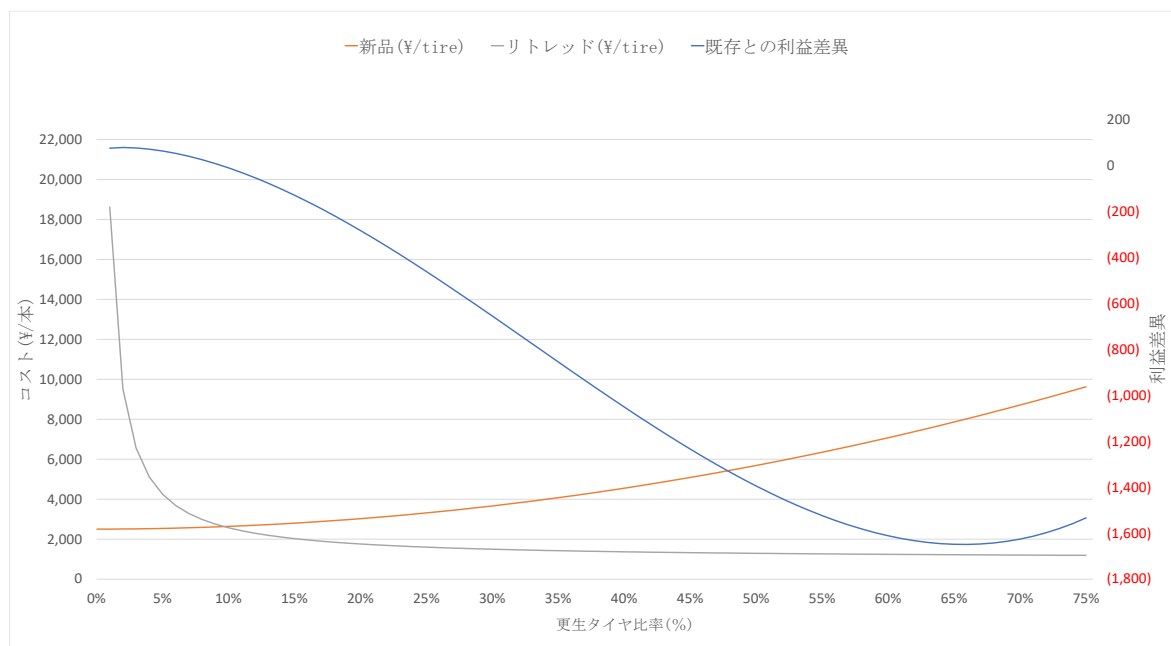


図 5-20 設備耐用年数 40 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 13.7%)

- 初期投資なし，炭素税あり(図 5-21)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 8%をピークに 18%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

さらに，計算上は 80%手前で利益が出ることになるが，更生タイヤ比率が 80%は現実的に不可能なので考慮しない．

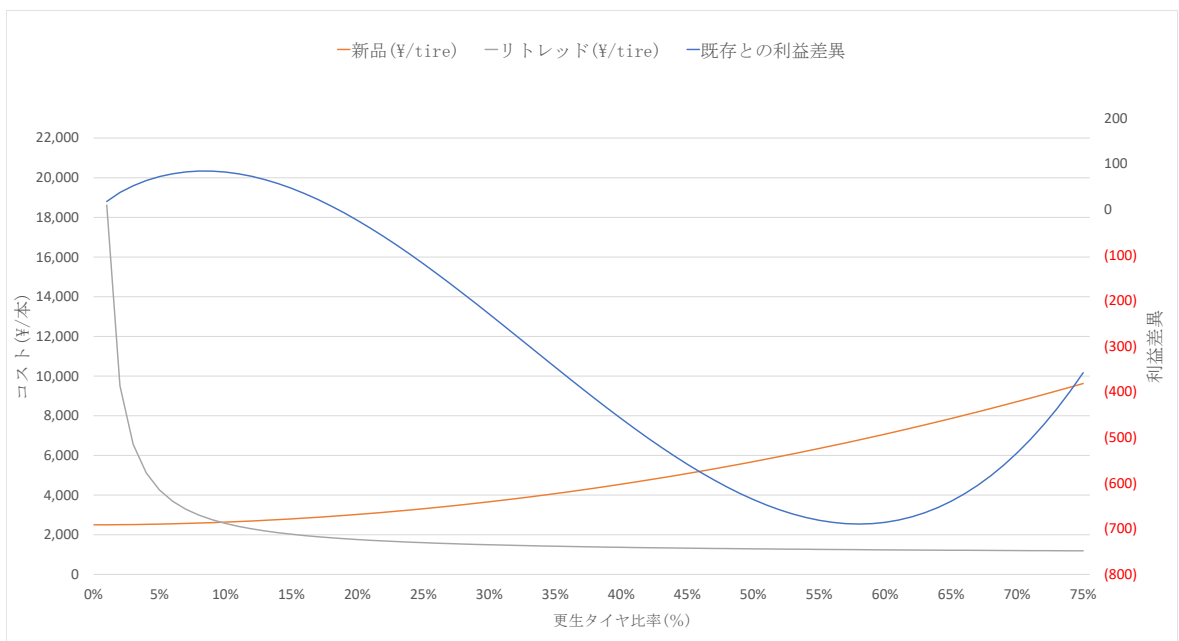


図 5-21 設備耐用年数 40 年，初期投資なし，炭素税(39USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-22)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 7%をピークに 24%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

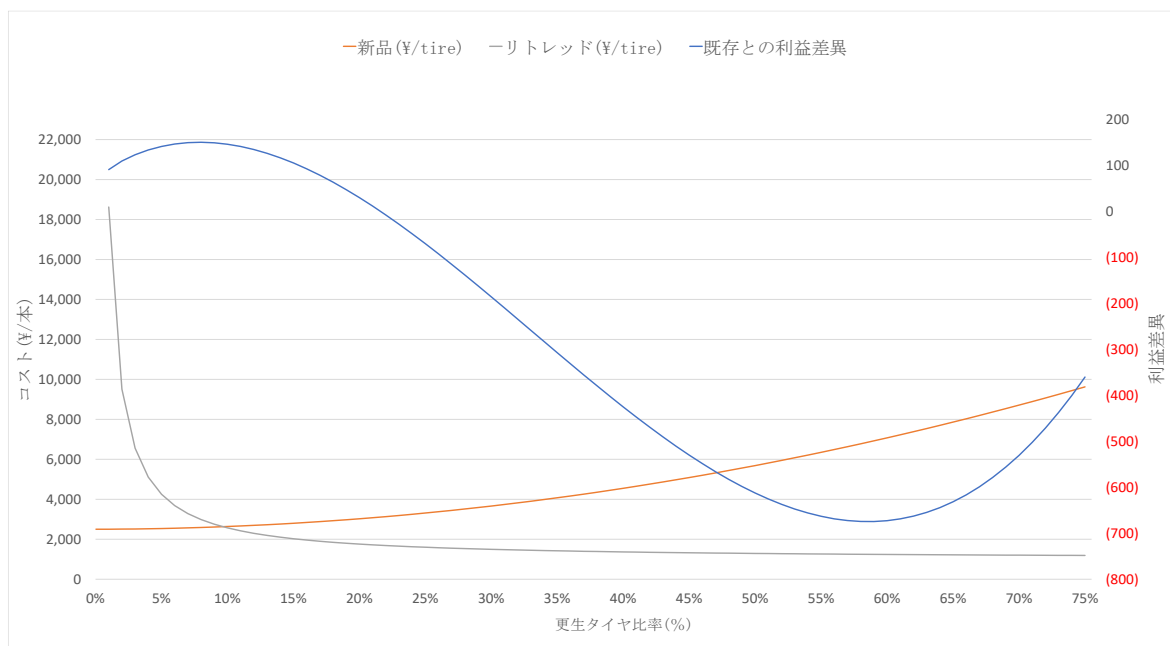


図 5-22 設備耐用年数 40 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 13.7%)

5. 炭素税 90 ユーロ/ton, 設備耐用年数 10 年, 会社の利益率 10.1%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-23)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 3%の時である。

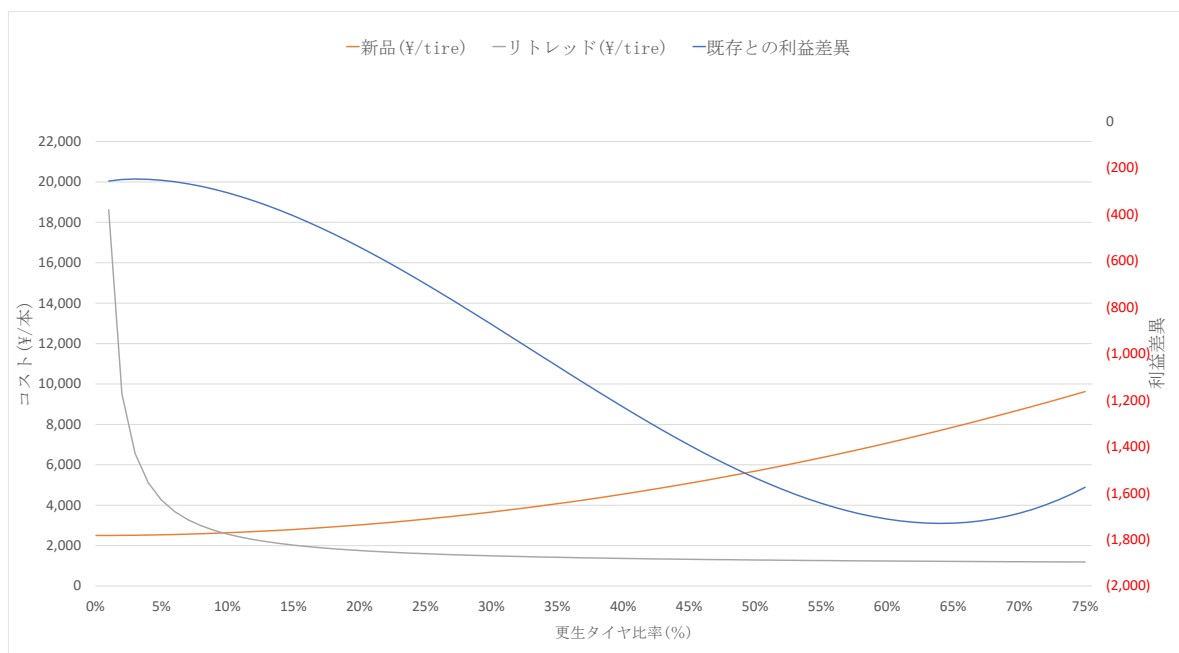


図 5-23 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-24)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 2%をピークに 9%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

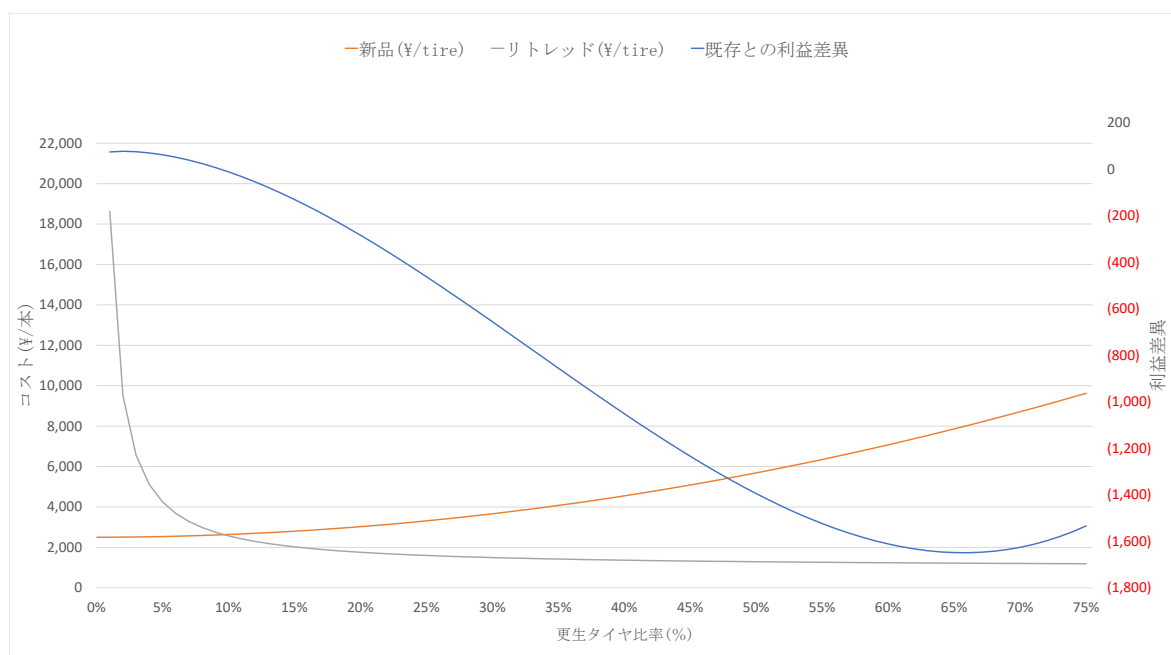


図 5-24 設備耐用年数 10 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 10.1%)

- 初期投資なし，炭素税あり(図 5-25)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
 マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は10%の時である。

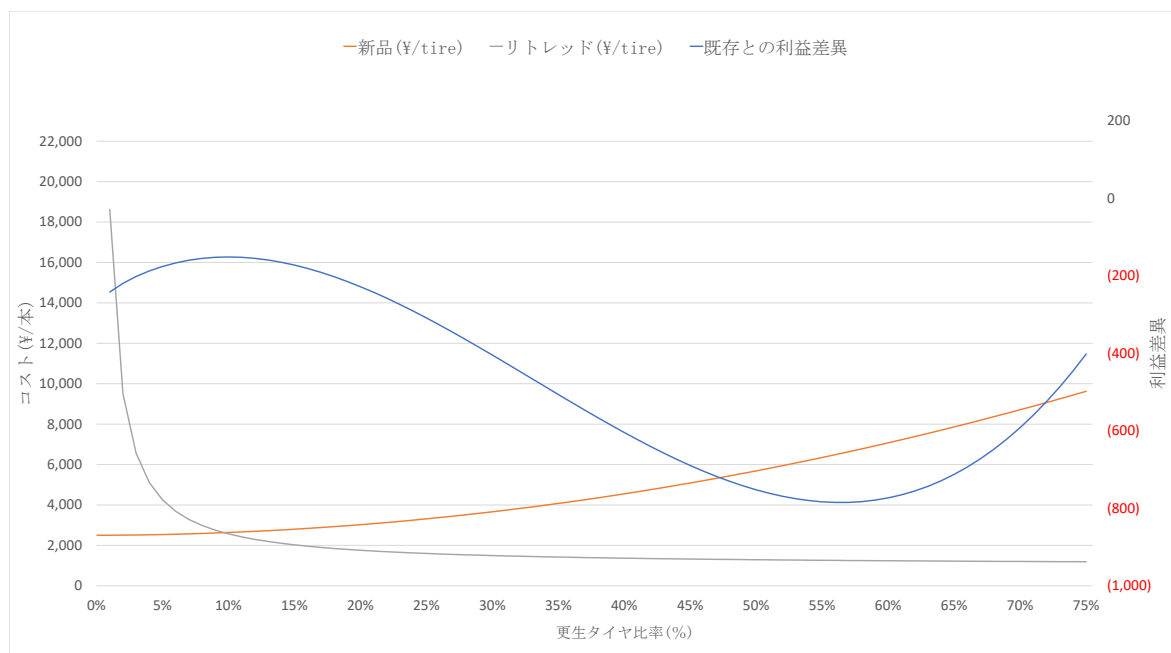


図 5-25 設備耐用年数 10 年，初期投資なし，炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-26)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 8%をピークに 21%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

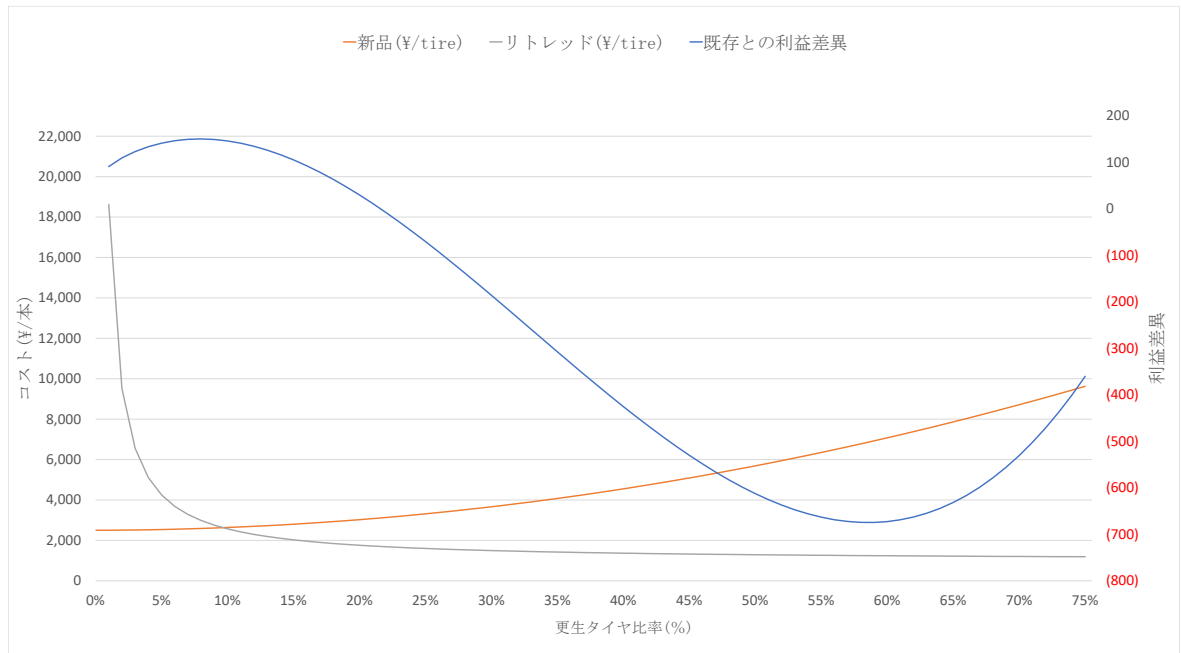


図 5-26 設備耐用年数 10 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 10.1%)

6. 炭素税 90 ユーロ/ton, 設備耐用年数 20 年, 会社の利益率 10.1%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-27)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 6%の時である。

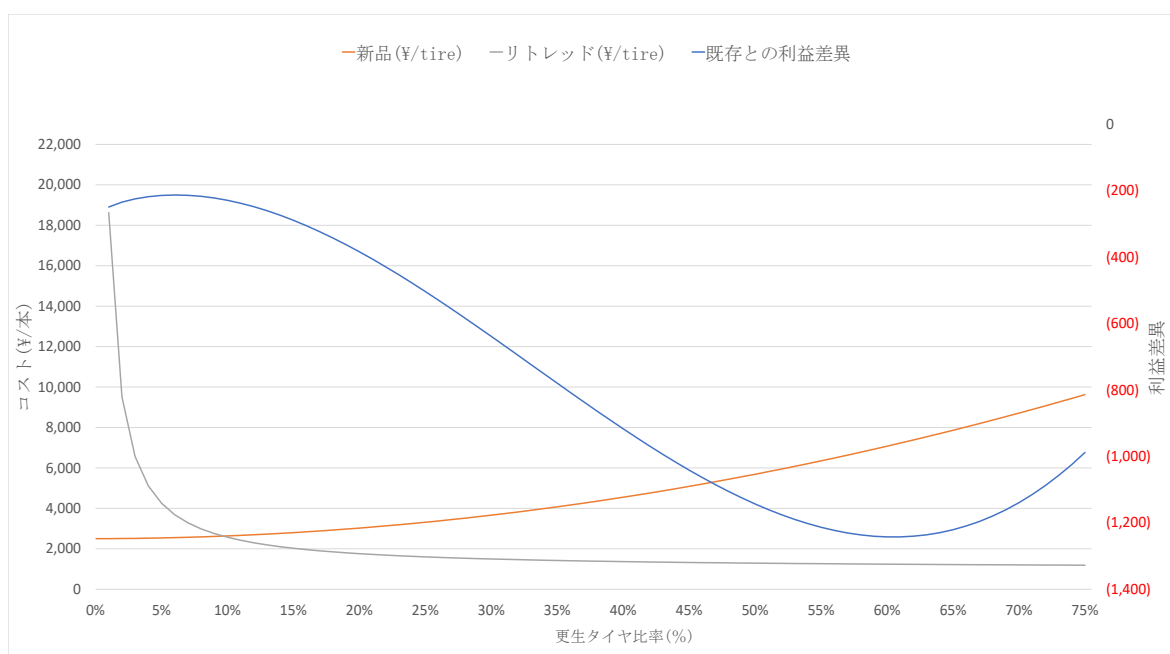


図 5-27 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-28)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が4%をピークに14%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

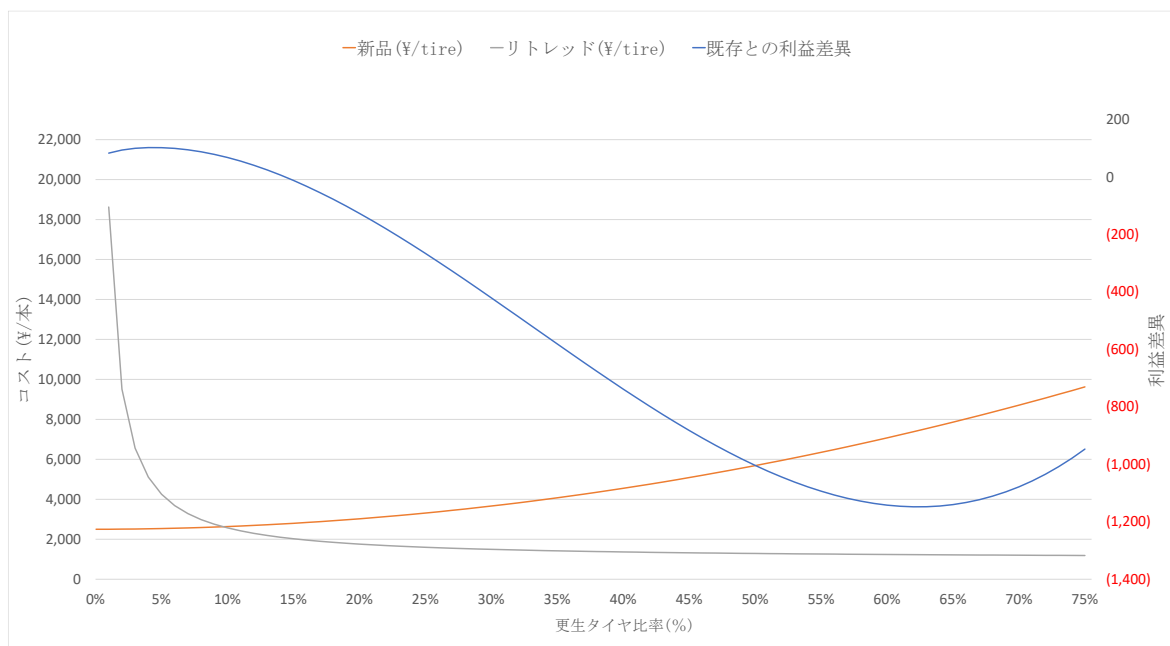


図 5-28 設備耐用年数 20 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 10.1%)

- 初期投資なし，炭素税あり(図 5-29)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
 マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は10%の時である。

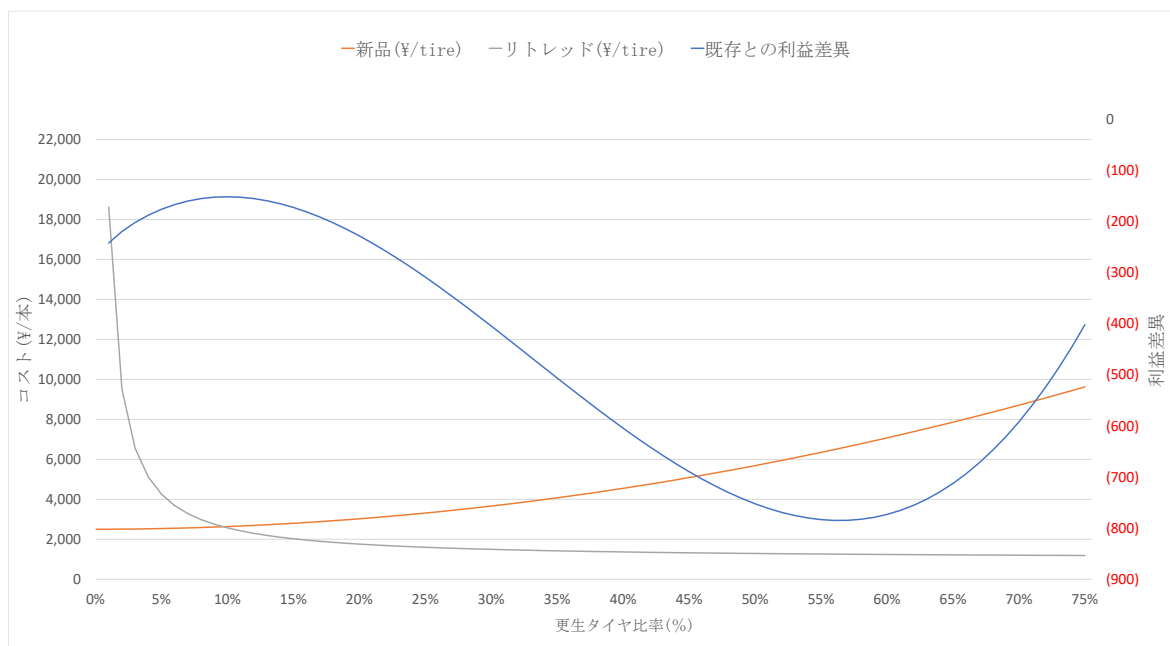


図 5-29 設備耐用年数 20 年，初期投資なし，炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-30)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 8%をピークに 21%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

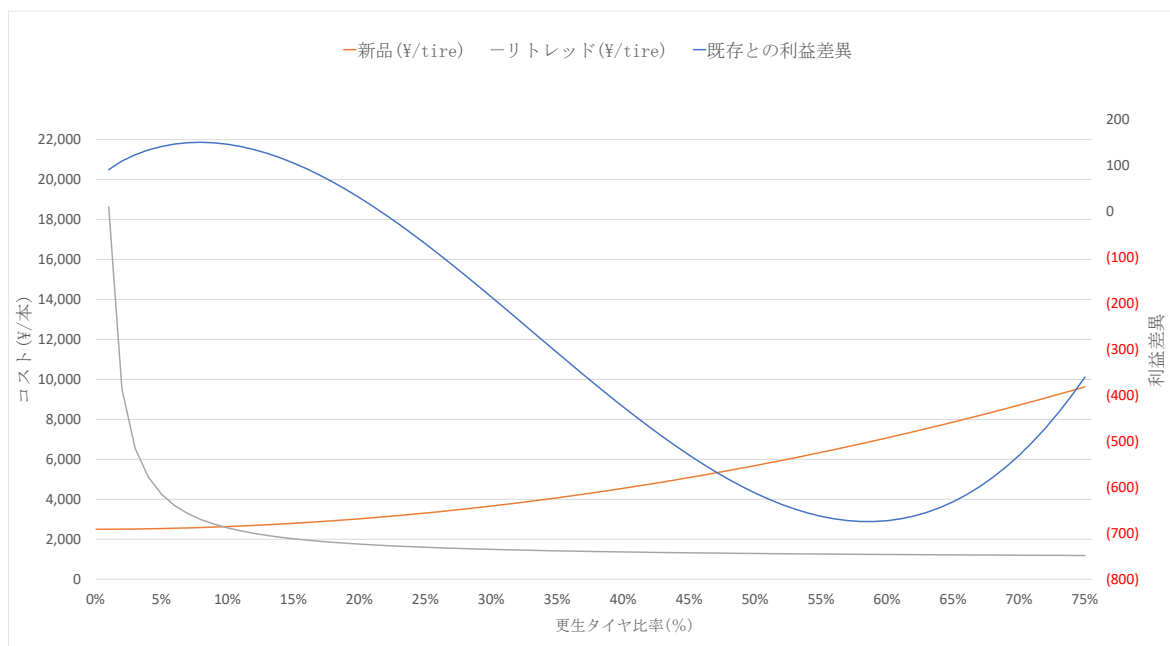


図 5-30 設備耐用年数 20 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 10.1%)

7. 炭素税 90 ユーロ/ton, 設備耐用年数 30 年, 会社の利益率 10.1%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-31)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 7%の時である。

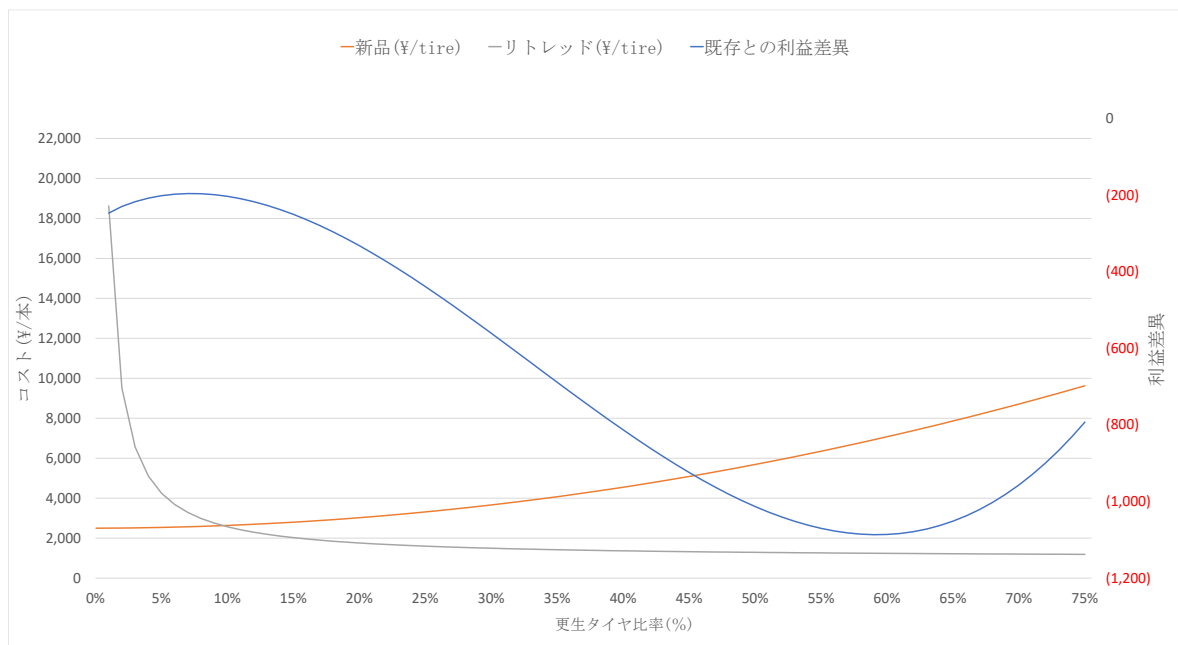


図 5-31 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-32)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が6%をピークに16%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

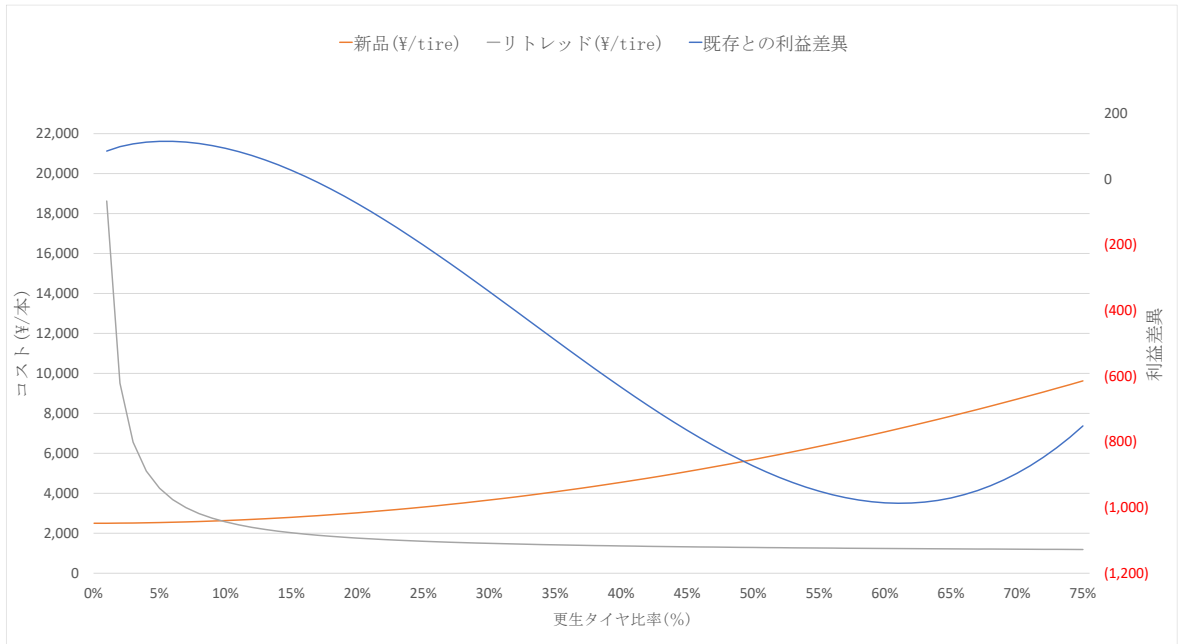


図 5-32 設備耐用年数 30 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 10.1%)

- 初期投資なし，炭素税あり(図 5-33)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
 マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は10%の時である。

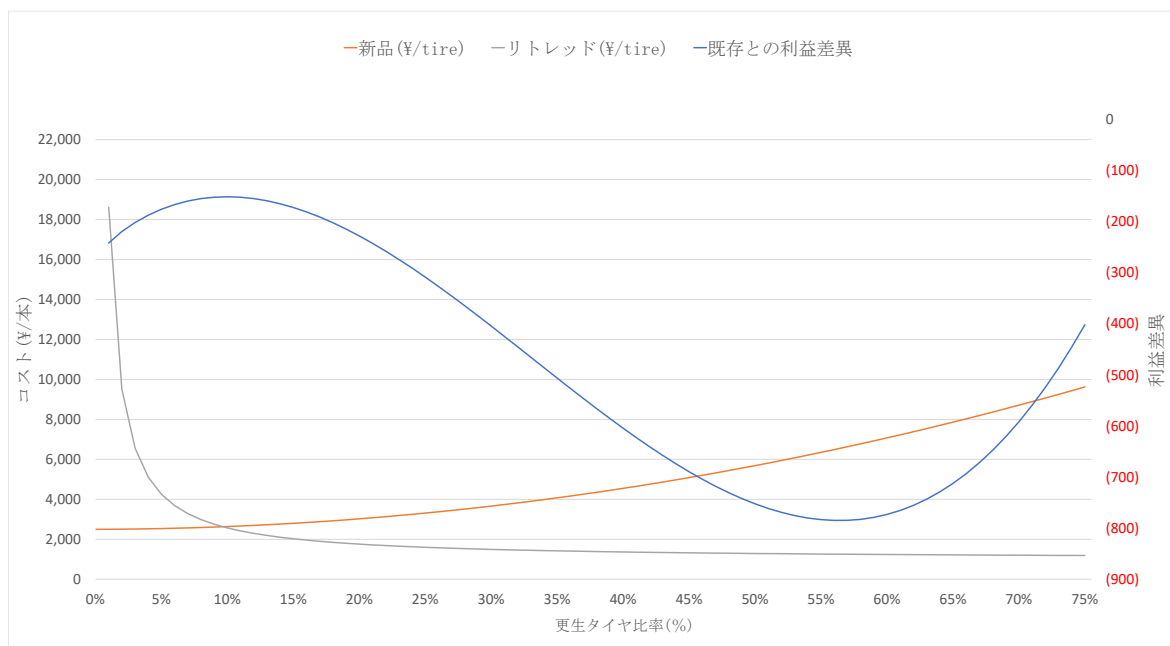


図 5-33 設備耐用年数 30 年，初期投資なし，炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-34)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 8%をピークに 21%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

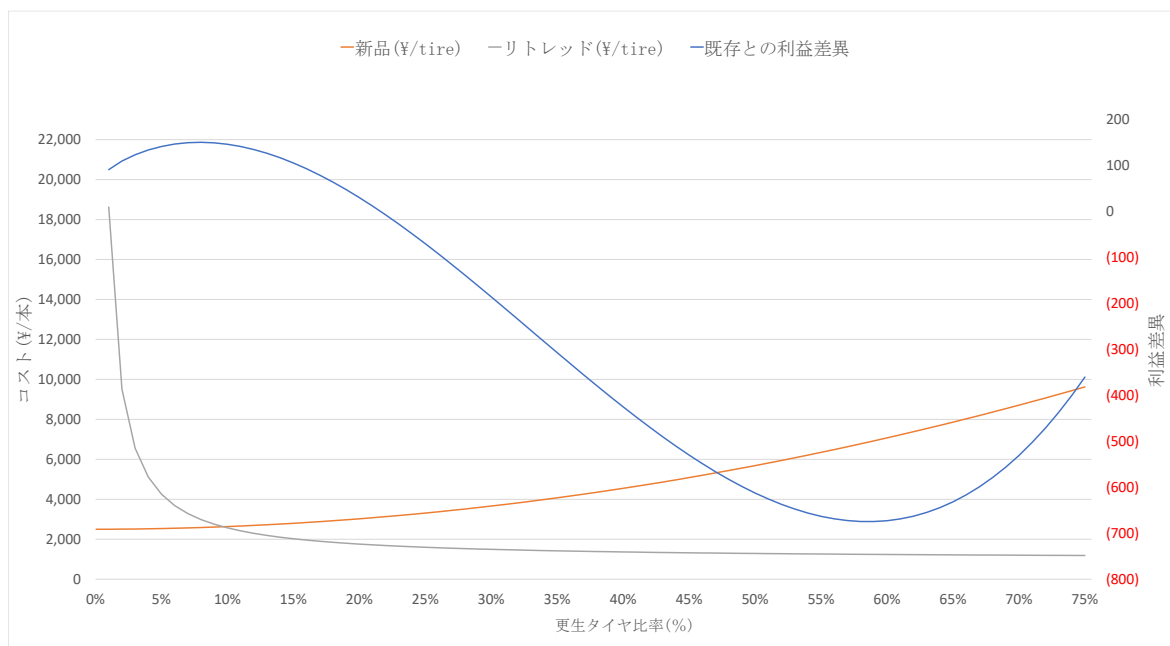


図 5-34 設備耐用年数 30 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 10.1%)

(8) 炭素税 90 ユーロ/ton, 設備耐用年数 40 年, 会社の利益率 10.1%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-35)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 8%の時である。

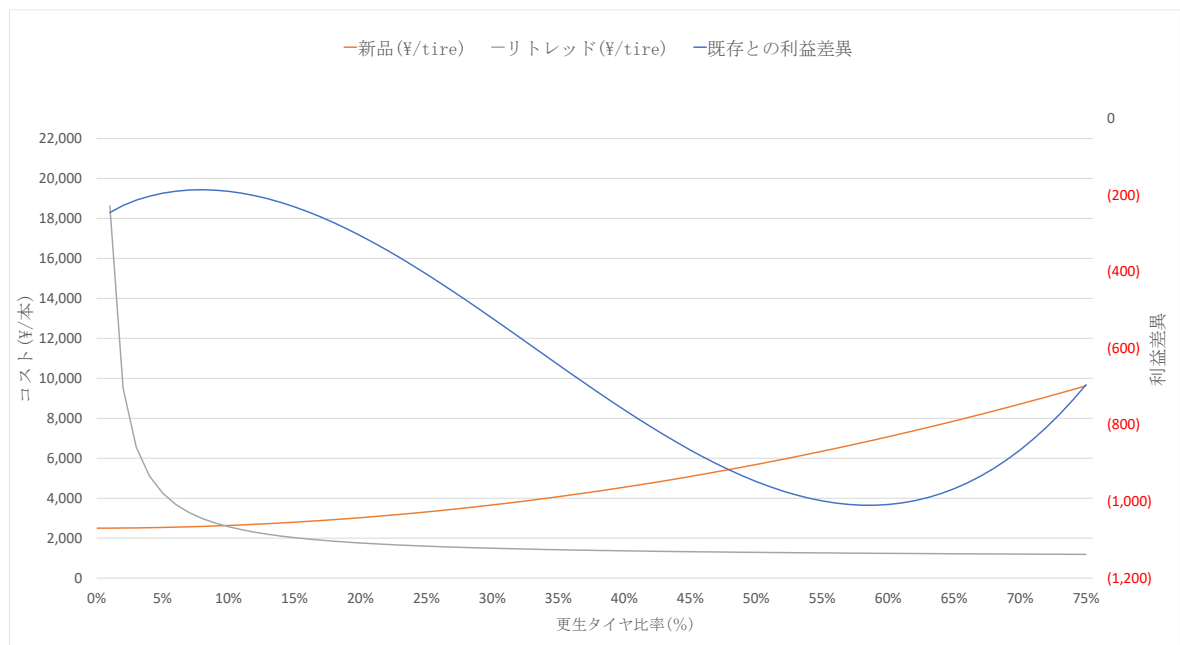


図 5-35 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-36)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が6%をピークに17%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

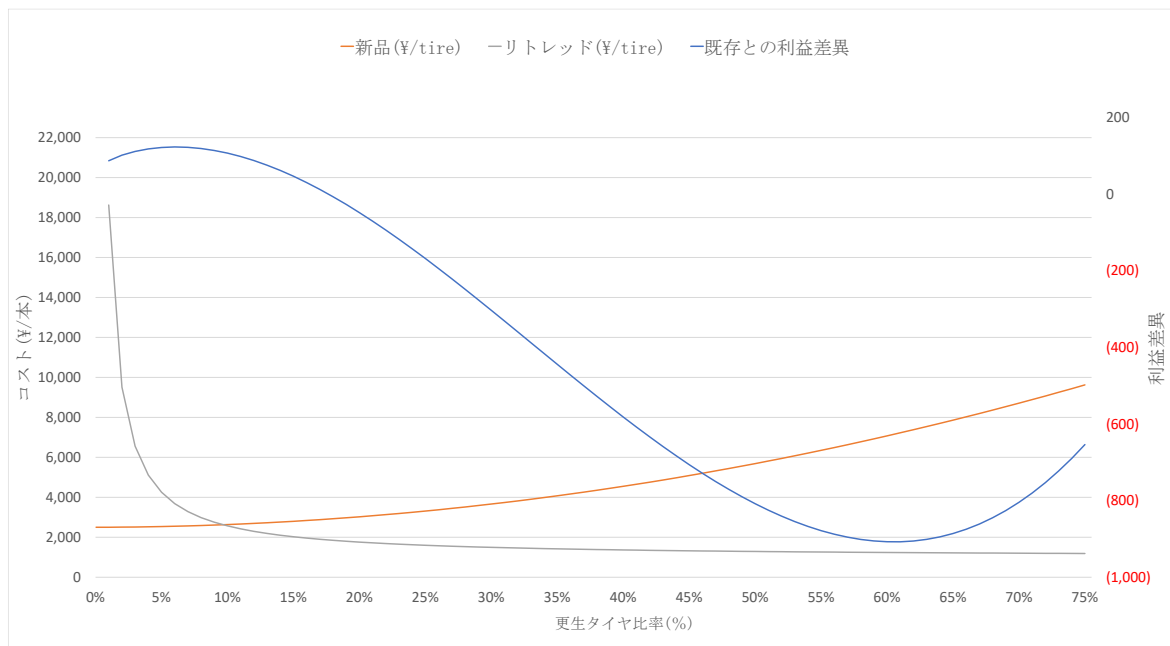


図 5-36 設備耐用年数 40 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 10.1%)

● 初期投資なし，炭素税あり(図 5-37)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
 マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 10%の時である。

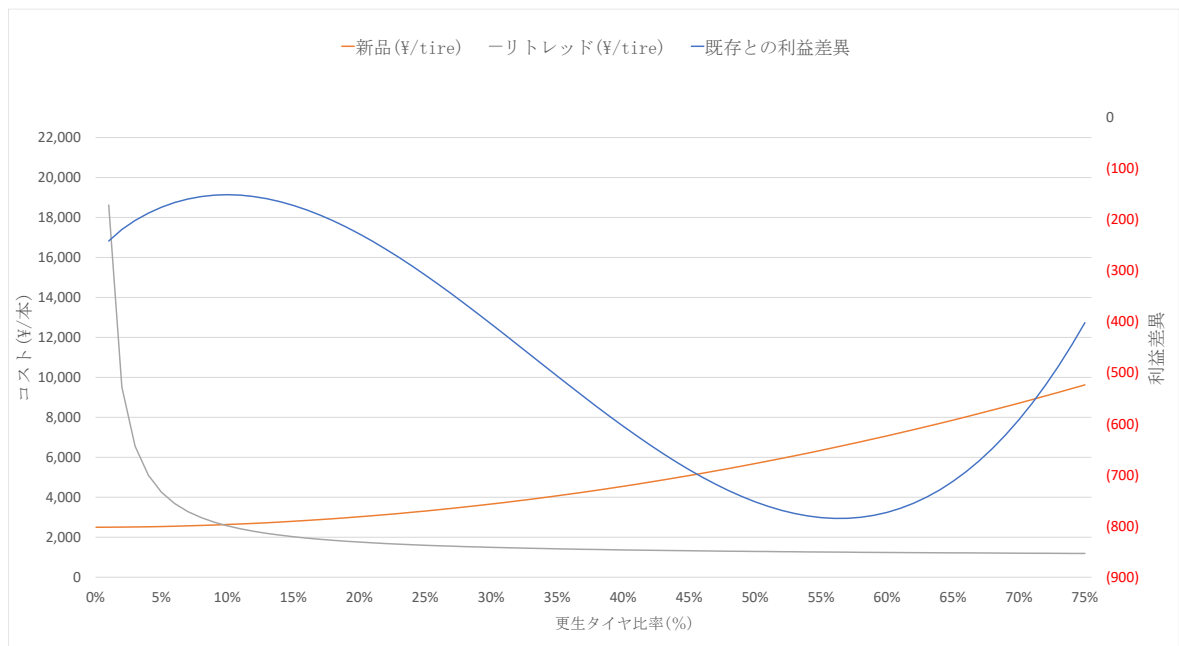


図 5-37 設備耐用年数 40 年，初期投資なし，炭素税(90EURO/ton)あり(利益率 10.1%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-38)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 8%をピークに 21%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

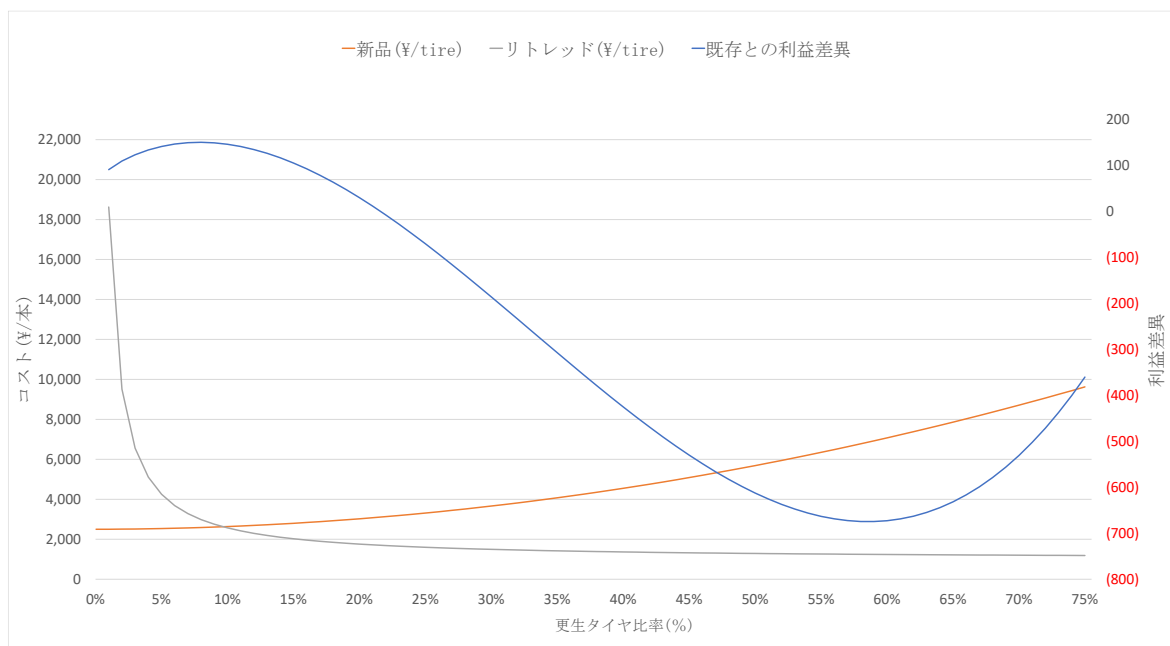


図 5-38 設備耐用年数 40 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 10.1%)

9. 炭素税 190 米国ドル/ton, 設備耐用年数 10 年, 会社の利益率 13.7%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-39)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 5%の時である。

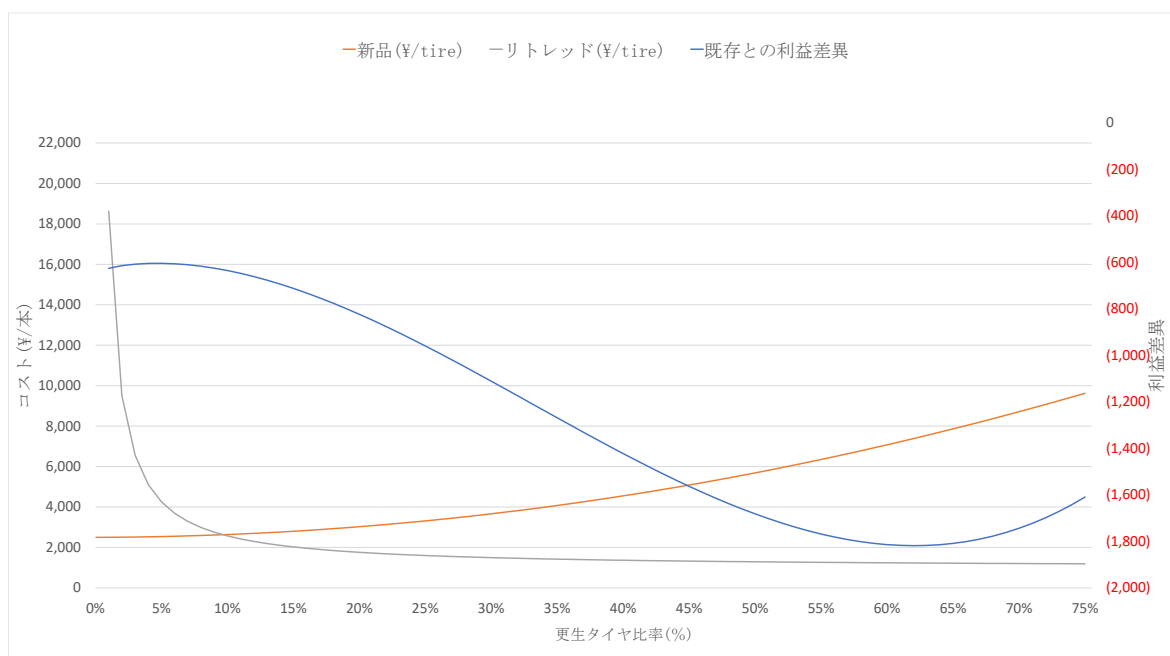


図 5-39 設備耐用年数 10 年, 初期投資あり, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-40)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が2%をピークに13%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

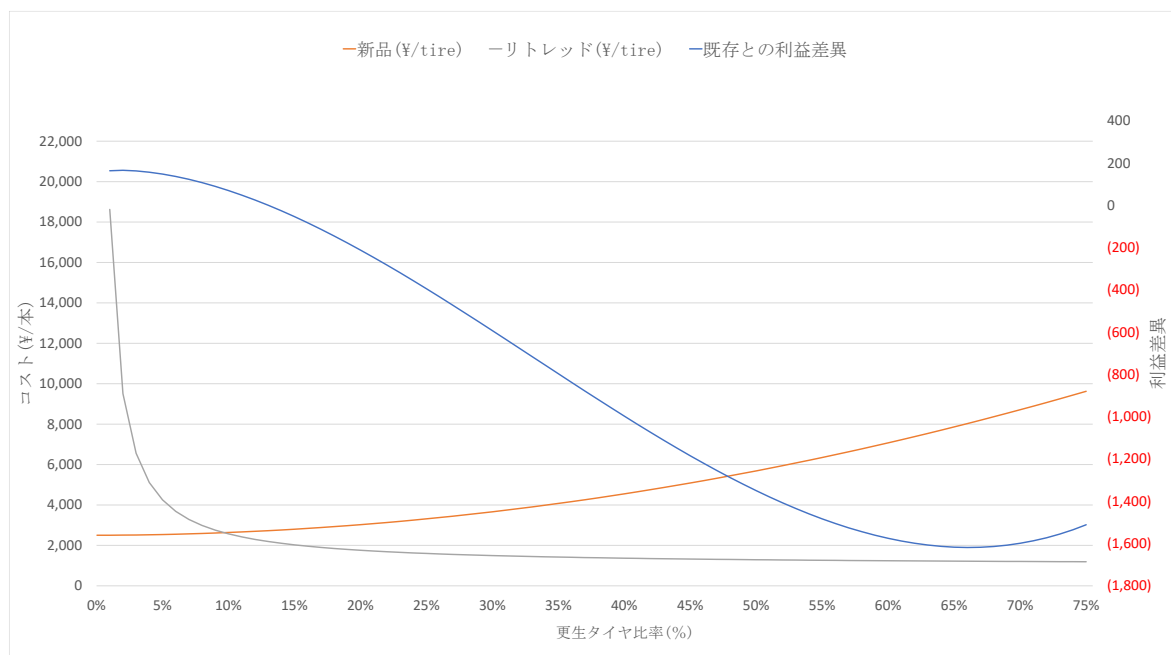


図 5-40 設備耐用年数 10 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税あり(図 5-41)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
 マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は13%の時である。

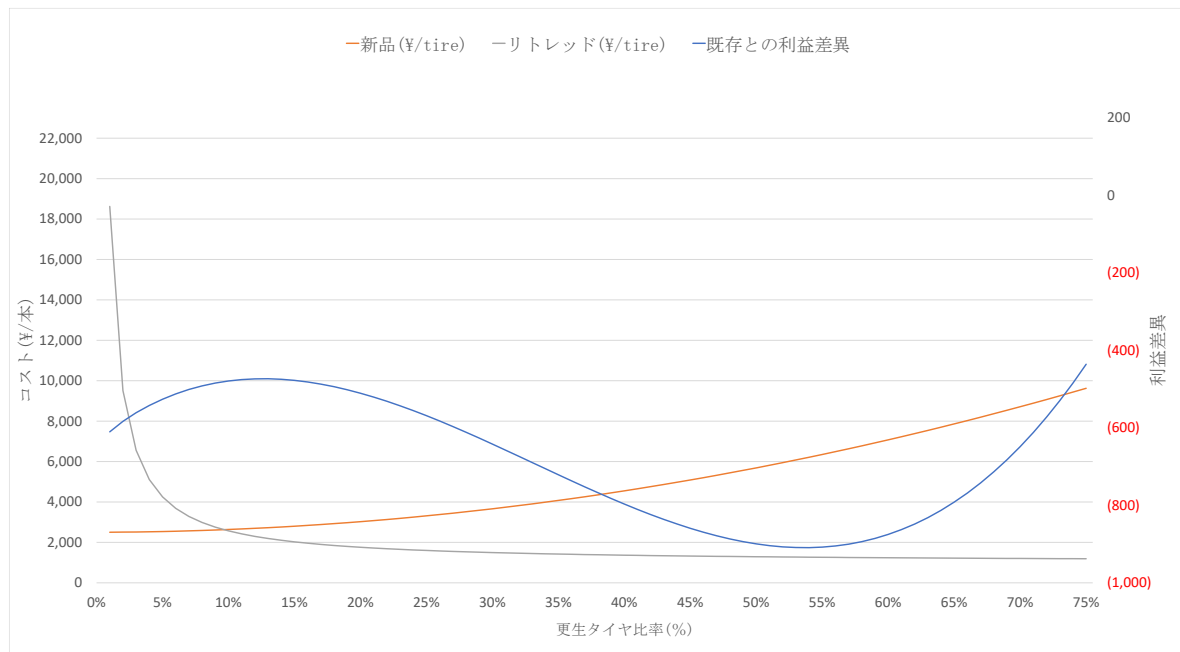


図 5-41 設備耐用年数 10 年，初期投資なし，炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-42)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 7%をピークに 24%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

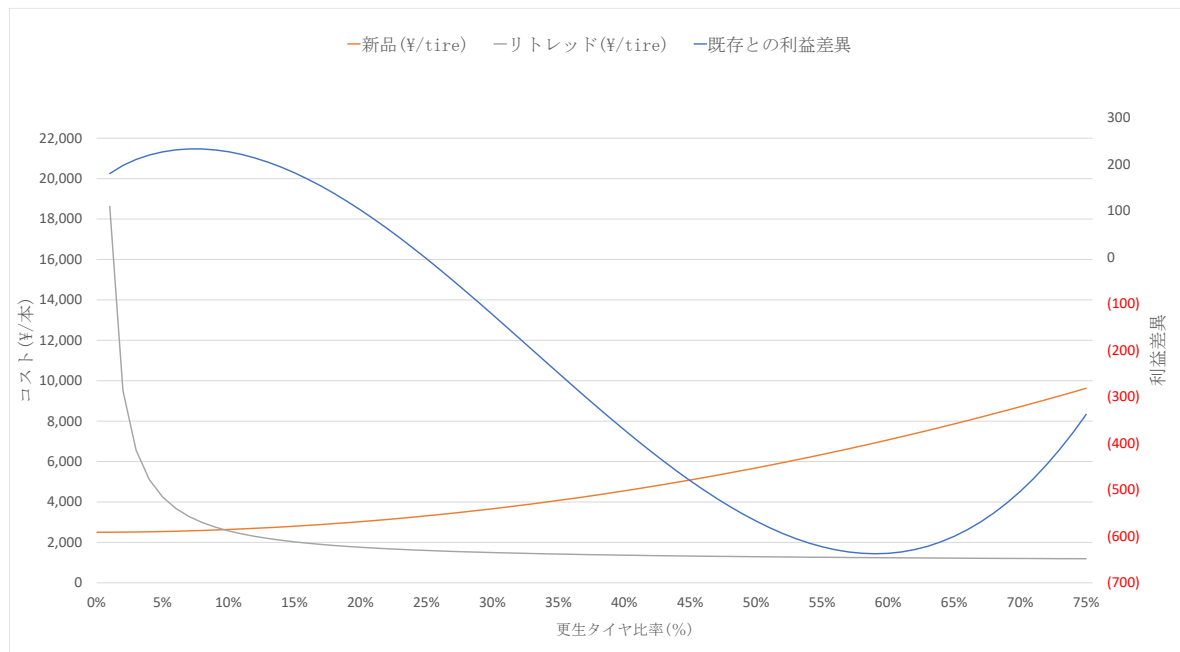


図 5-42 設備耐用年数 10 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 13.7%)

10. 炭素税 190 米国ドル/ton, 設備耐用年数 20 年, 会社の利益率 13.7%の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-43)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 8%の時である。

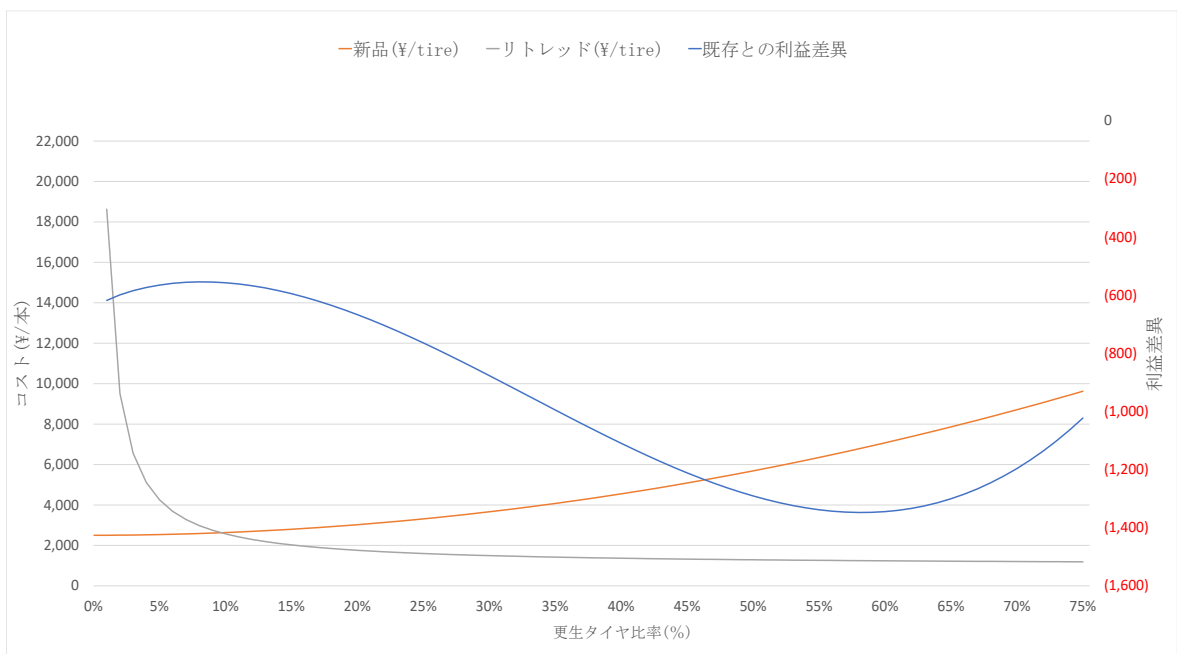


図 5-43 設備耐用年数 20 年, 初期投資あり, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-44)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が4%をピークに17%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

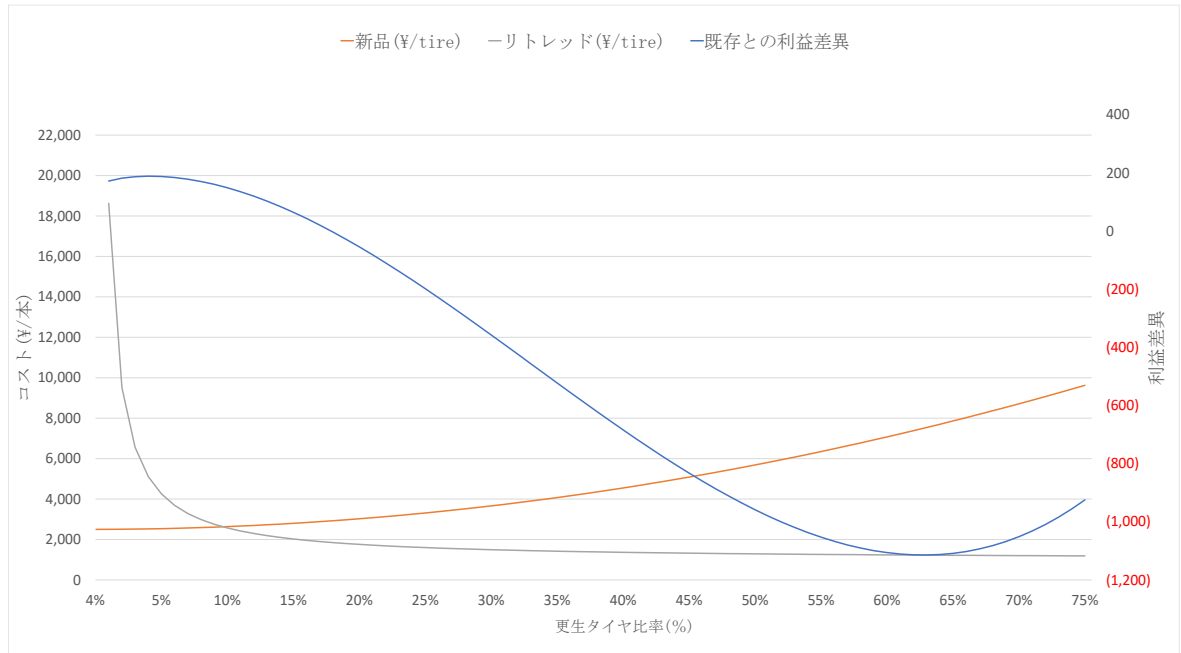


図 5-44 設備耐用年数 20 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税あり(図 5-45)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
 マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は13%の時である。

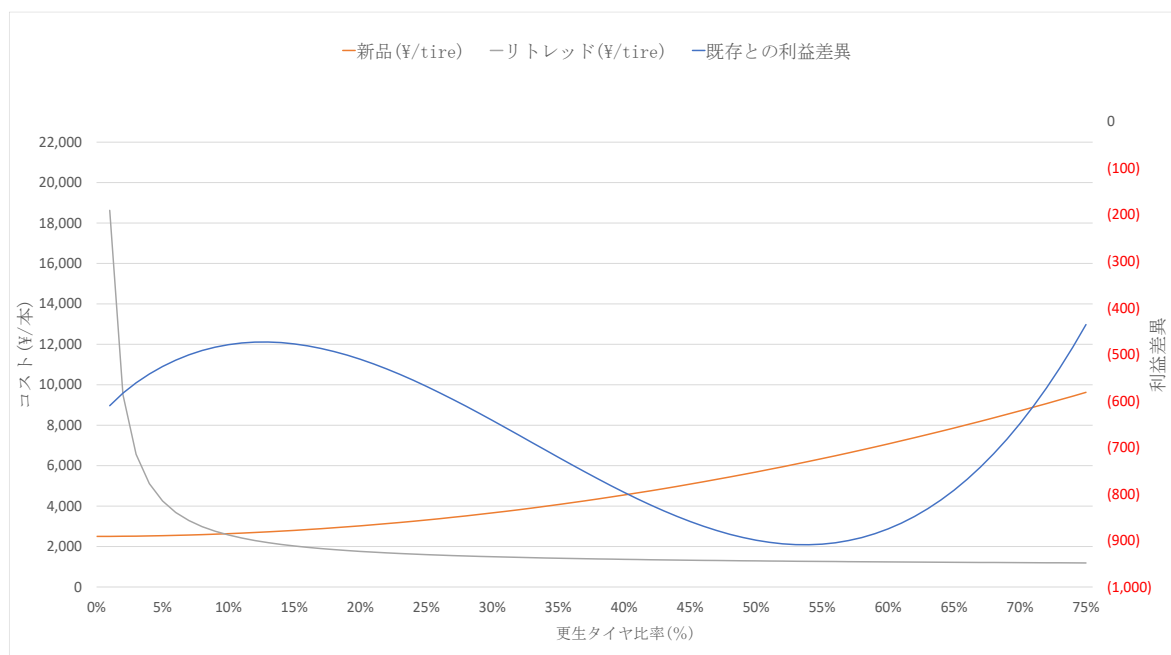


図 5-45 設備耐用年数 20 年，初期投資なし，炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-46)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 7%をピークに 24%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

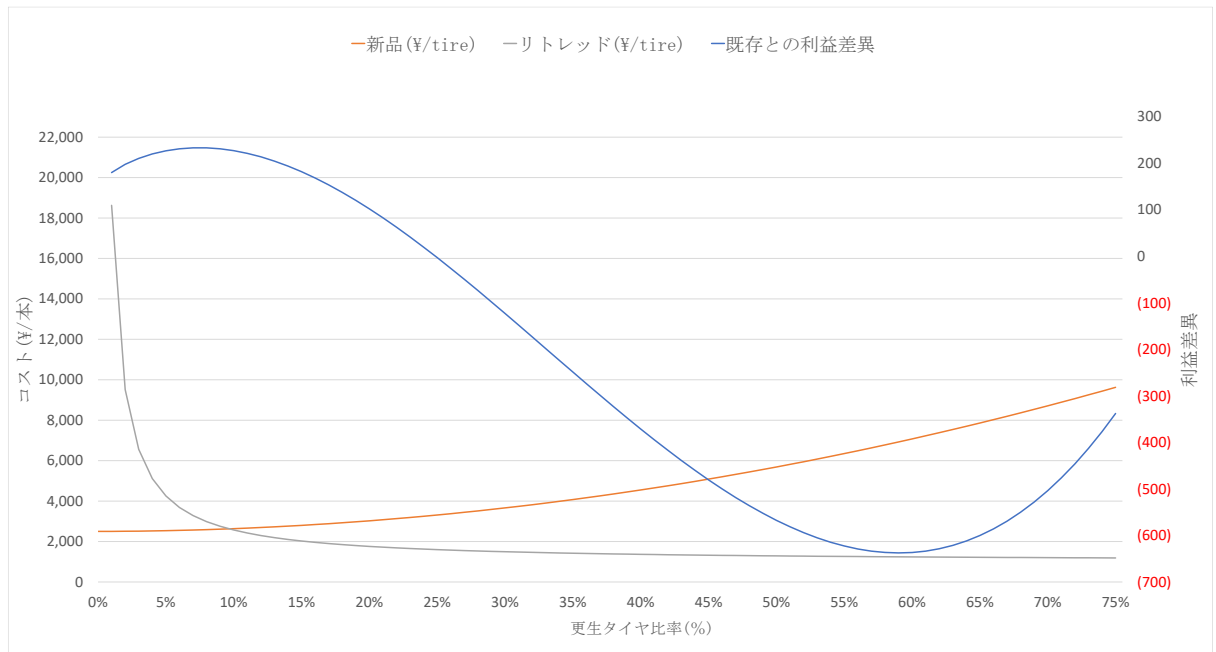


図 5-46 設備耐用年数 20 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 13.7%)

11. 炭素税 190 米国ドル/ton, 設備耐用年数 30 年, 会社の利益率 13.7% の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-47)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 10% の時である。

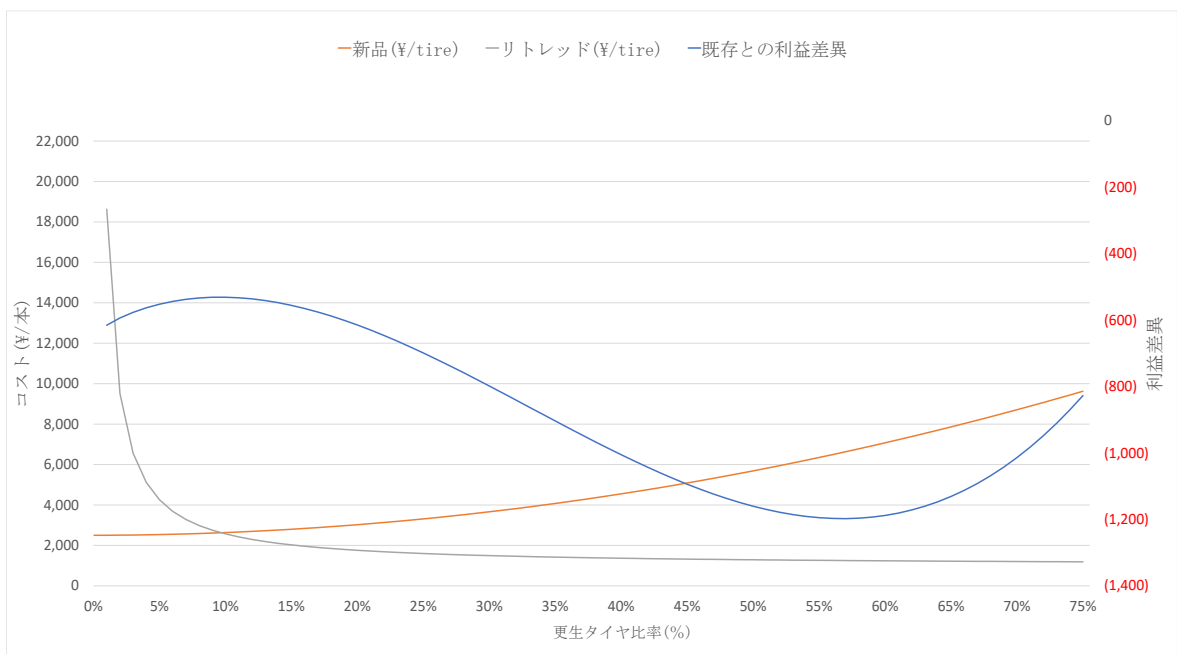


図 5-47 設備耐用年数 30 年, 初期投資あり, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-48)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が5%をピークに19%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

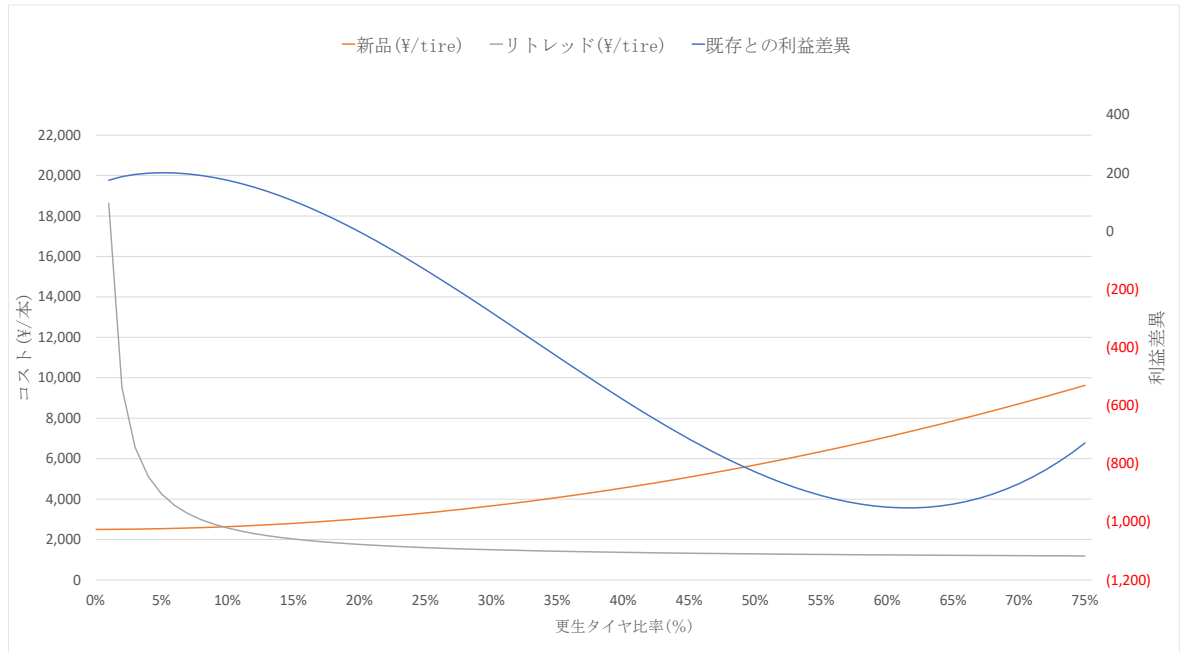


図 5-48 設備耐用年数 30 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税あり(図 5-49)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
 マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は13%の時である。

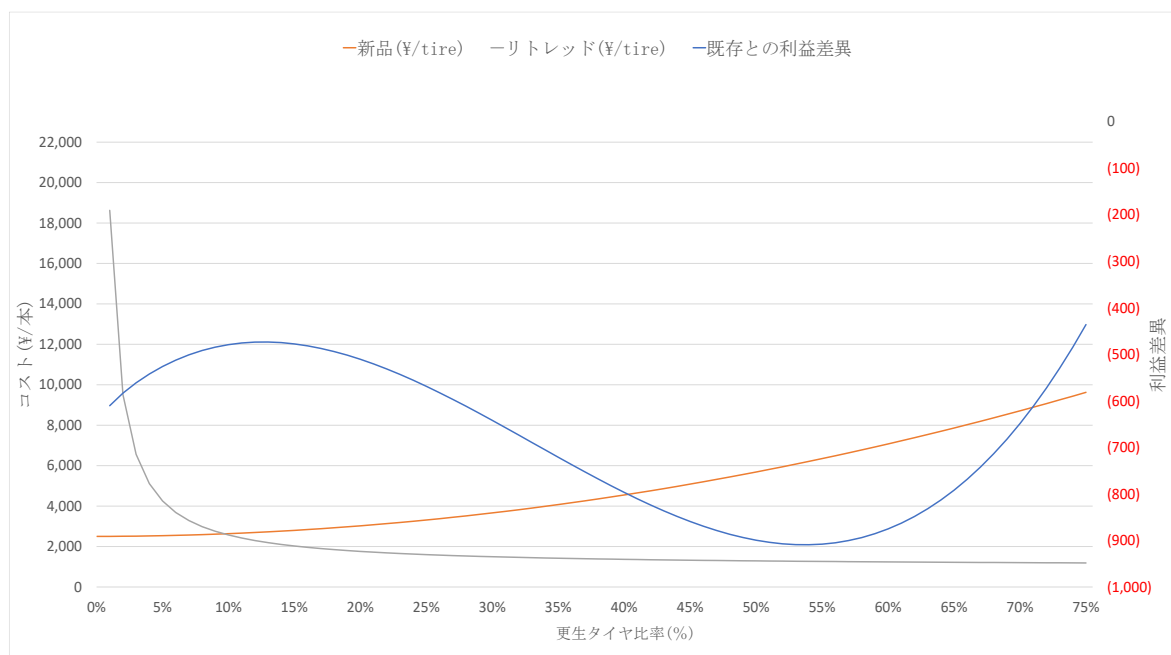


図 5-49 設備耐用年数 30 年，初期投資なし，炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-50)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が7%をピークに24%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

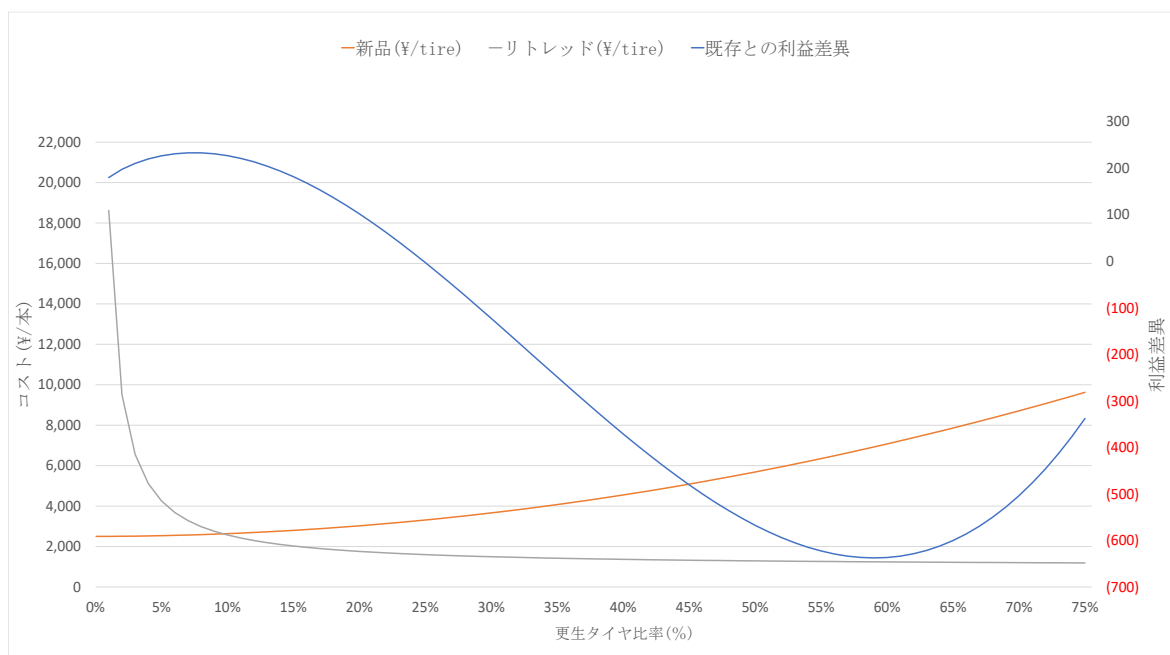


図 5-50 設備耐用年数 30 年，初期投資なし，炭素税なし(利益率 13.7%)

12. 炭素税 190 米国ドル/ton, 設備耐用年数 40 年, 会社の利益率 13.7% の場合

- 初期投資あり, 炭素税あり(図 5-51)

既存との利益差異は, 乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 10% の時である。

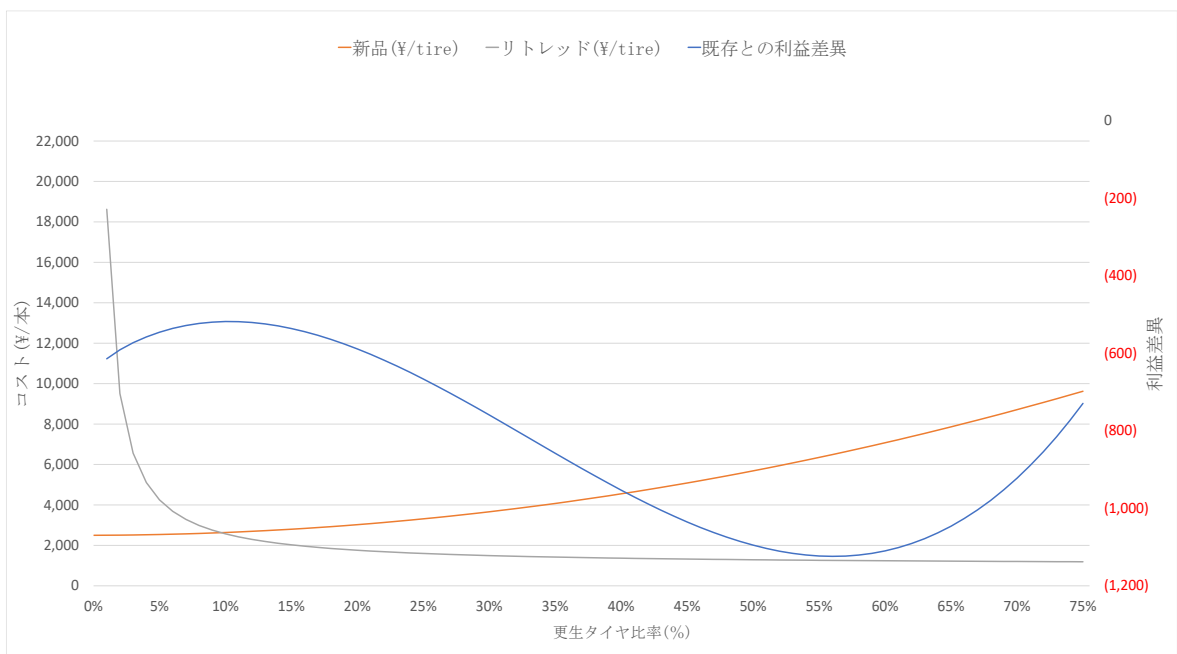


図 5-51 設備耐用年数 40 年, 初期投資あり, 炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資あり，炭素税なし(図 5-52)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が6%をピークに21%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

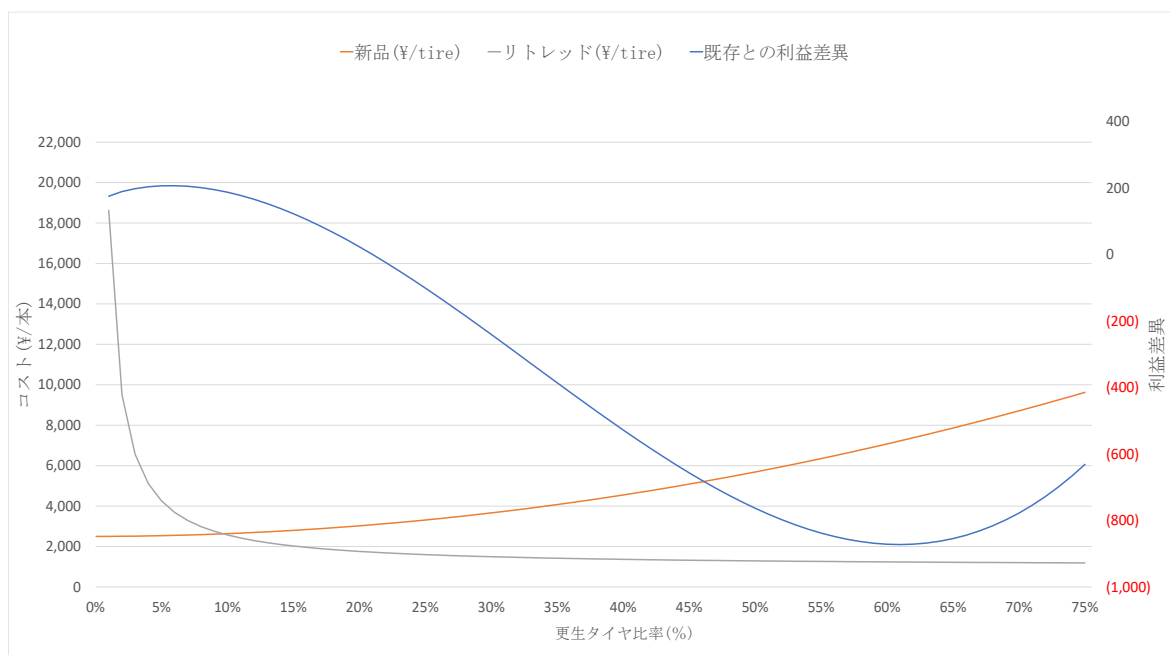


図 5-52 設備耐用年数 40 年，初期投資あり，炭素税なし(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税あり(図 5-53)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率がどんな状況でもマイナスになる。
 マイナスが一番小さい更生タイヤ比率は 13%の時である。

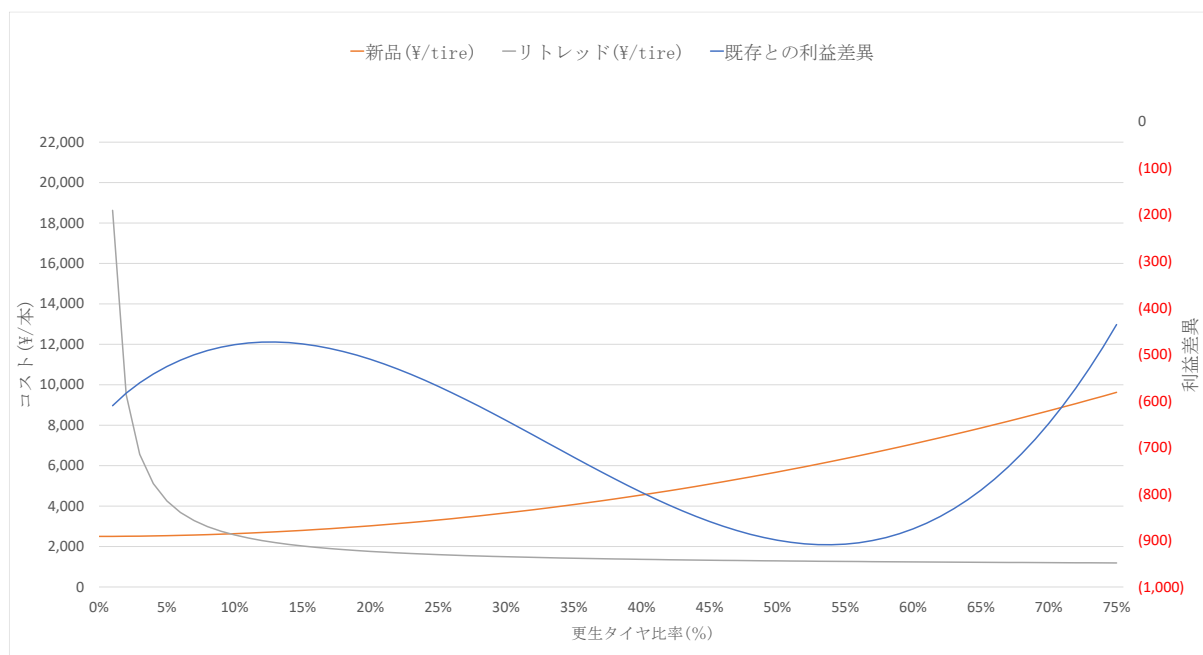


図 5-53 設備耐用年数 40 年，初期投資なし，炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

● 初期投資なし，炭素税なし(図 5-54)

既存との利益差異は，乗用車用更生タイヤ率が 7%をピークに 24%までは既存よりも利益が出る．しかしながら，それを超えると既存よりも利益が出なくなる．

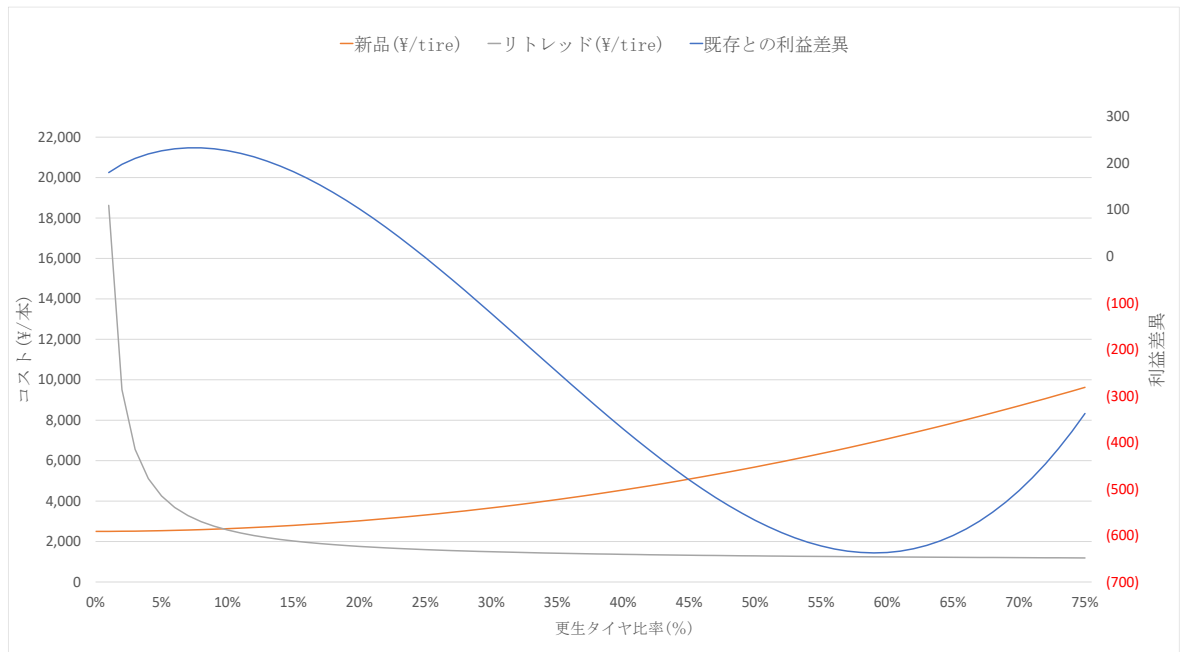


図 5-54 設備耐用年数 40 年，初期投資なし，炭素税(190USD/ton)あり(利益率 13.7%)

5.5.5 その他シミュレーション例

次に、炭素税を含んでいるものと含んでいないものの一例を挙げる。利益率10.1%、設備耐用年数を30年の初期投資を含んでおり、EU-ETSを含んでいるものが黒の線で示され、含んでいないものがピンク色の線である(図 5-55)。炭素税を含んでいると利益が出ないが、含まないと6%のところでも最も利益が出る。

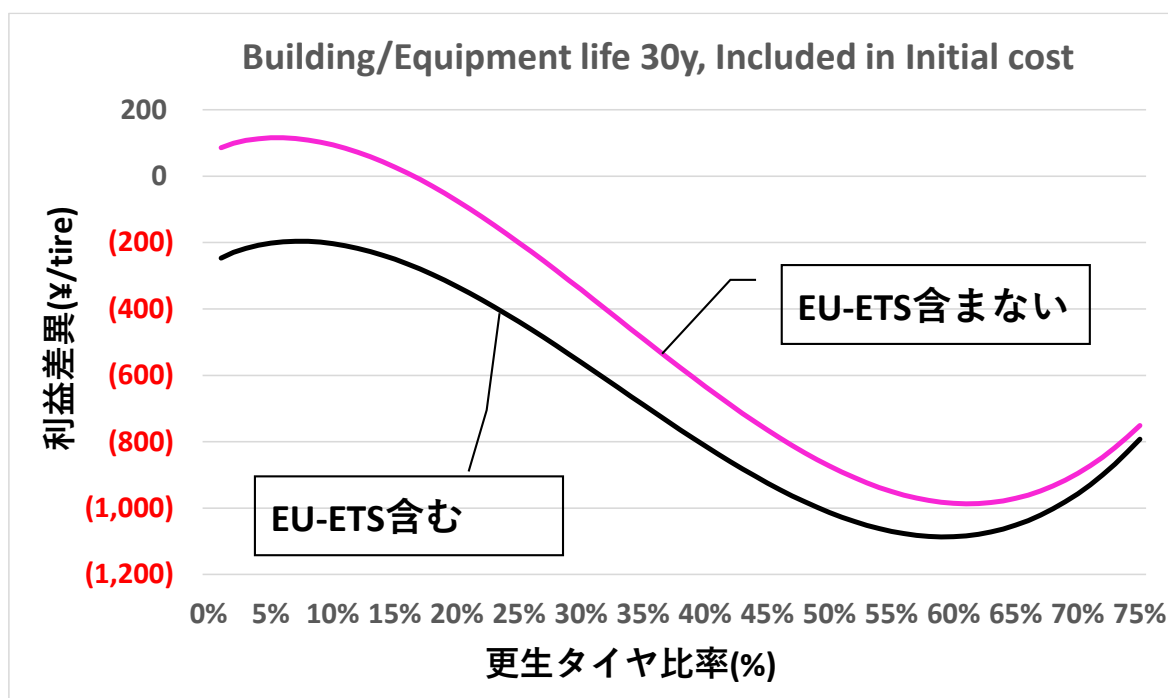


図 5-55 炭素税 EU-ETS を考慮有無シナリオの更生タイヤポートフォリオと利益

さらに、初期投資の償却費用を考慮したものとしいないものの EU-ETS の炭素税を考慮した結果を図 5-56 に示す。利益率 13.7%、設備耐用年数 40 年、炭素税 EU-ETS (90 ユーロ/ton) を含んでおり、初期投資を含んだものが黒線で含んでいないものがピンクの線である。この条件では両方とも既存タイヤよりも利益が出ないが、初期投資を含まない方がマイナスの幅は少なくなっている。

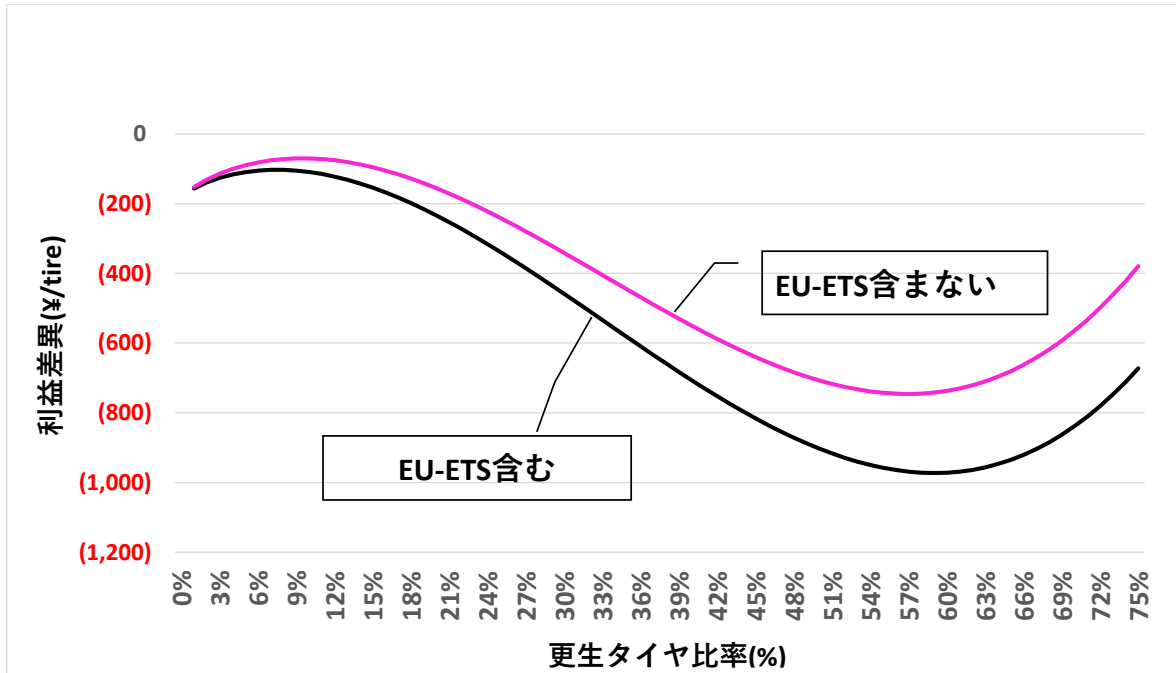


図 5-56 初期投資有無シナリオの更生タイヤポートフォリオと利益

また、初期投資の償却期間を変更した結果を図 5-57 に示す。利益率 13.7%、炭素税は含まず、償却期間が 10 年のものが緑の線で 40 年のものが茶色の線である。償却期間 10 年だと、更生比率が 14%程度で利益が出なくなるが、40 年だと更生比率が 20%程度まで既存よりも利益が出る。

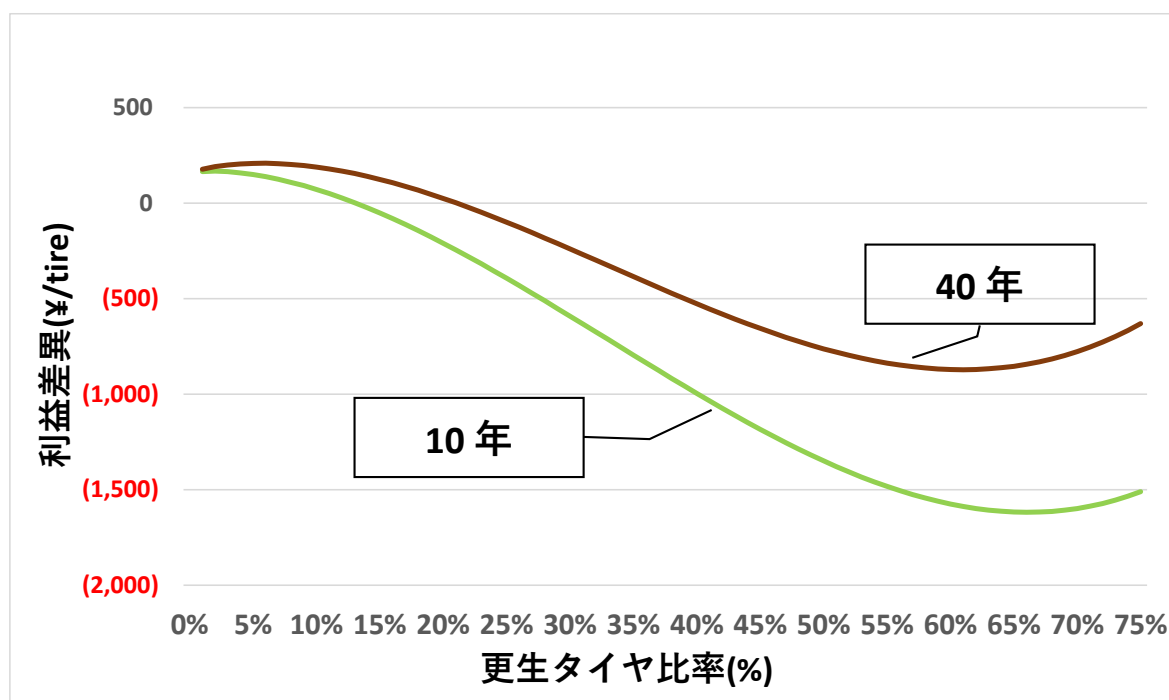


図 5-57 償却期間 10 年と 40 年シナリオの更生タイヤポートフォリオと利益

規模の経済を考慮した新品タイヤの生産コストと更生タイヤの生産コスト、及び 1 本あたりの利益を表した結果を図 5-58 に、そして、規模の経済を考慮しなかった結果を図 5-59 に示す。規模の経済を反映した生産コストは現実になくなり、利益も曲線になっているが、規模の経済を反映していない生産コストは直線になっており、更生比率が上がるほど利益も下がる。

表 5-1 から分かる通り、日本の実質炭素税である 39 米国ドル/ton の安い炭素税であると、利益率の高い会社は利益が出る。また、炭素税が高くなってくると

その利益率の高い企業も利益がマイナスになるので企業としては方策が必要となる。一方、利益の少ない企業は炭素税が EU のように高くなると乗用車用更生活タイヤには参入できないと考えられる。その理由は、初期投資が高いことと更生活タイヤの利益が新品タイヤに比べて少ないからである。

いずれにしても、タイヤメーカーが乗用車用更生活タイヤに参入するには、初期投資を下げ、企業努力で利益をあげる必要がある。

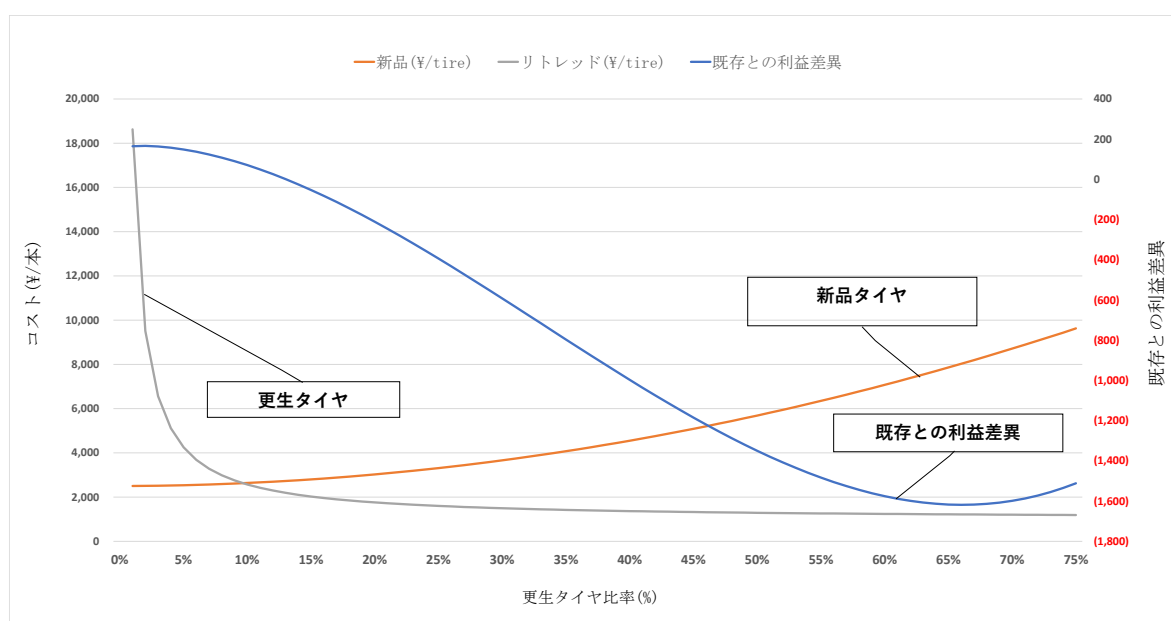


図 5-58 規模の経済有り生産コストシナリオの更生活タイヤポートフォリオと利益

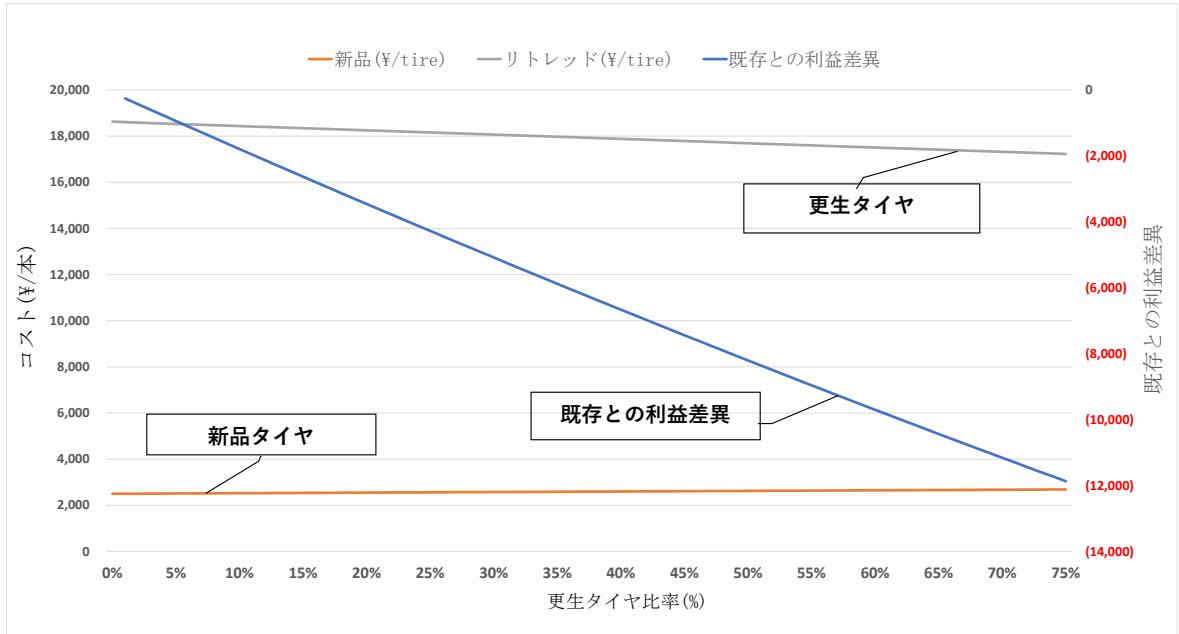


図 5-59 規模の経済なし生産コストシナリオの更生タイヤポートフォリオと利益

5.6 まとめ

日本において、乗用車用更生タイヤの安全性と製造技術の問題が解決した後、炭素税を EU 同様に 90 ユーロ程度で導入し、製造技術の問題が解消する 2030 年に普通タイヤに比べ利益率の低い更生タイヤの投資と規模の経済を考慮した生産コストと環境負荷の分析を行い、更生タイヤと新品タイヤをどのような割合で生産する場合に事業成立性があるか、そのポートフォリオを検討した。その結果以下のことが示唆された。

- EU 同等の炭素税が導入されることになると、乗用車用更生タイヤを導入しても、利益率の高い会社も利益が出なくなるために、企業努力をしてコストを下げ利益を上げる必要がある
- 乗用車用更生タイヤを導入する際には、更生タイヤの設備耐用年数を少しでも長くすることで、利益を上げる必要がある

- 乗用車用更生タイヤの初期投資を安くすることで利益を上げる必要がある
- 現実的な生産コストでコストを算出することで、利益もより現実的になり乗用車用更生タイヤの導入の検討が現実的になる

タイヤメーカーの経営や政府の CO₂ 削減を推進する担当者に対して情報提供することが成果としてあげられる。

ただし、本研究は、初期投資や生産コストをトラック・バス用タイヤの数値から算出しているが、今後乗用車用更生タイヤが導入される際の初期投資や生産コストはより現実的なものにする必要がある。さらに、従来の生産方法に頼るだけでなく、より革新的な技術革新の可能性を考慮した検討が今後の課題である。

第6章 考察

本章では、3つの検証を踏まえ、システム思考の多視点での見える化について考察をする。

企業を含めた様々な組織では、課題解決の際に課題に向かって根本原因を見つけるために細かくものごとを分けていく傾向にある。しかしながら、システム思考で独立した事象だけに目を奪われずに、全体像とその動きを捉える思考からものごとを捉えていく必要があると考えられる。実際に、企業が課題を解決する際には、細部まで入り込んで、その細部に対して手を打って対応することが通常の課題解決の方法であるが、その部分最適が必ずしも全体最適にはならない可能性がある。企業では、各業務が必ずしも独立していないために部分最適で一つの課題が解決しても他のところに歪みが出てくることも多い。

そのために、本研究では、多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を適用したが、この業務プロセス価値連鎖図は全体を俯瞰して、それぞれの細部を繋げ、ステークホルダー全員でその業務プロセス価値連鎖図を見ながら議論することで、お互いの業務を理解しながら課題解決につながった可能性がある。細かく分けてそれぞれが課題を解決した際に、その前後でつながる情報がその課題解決によってどのように変化するのかを前後で業務に関わる担当者が理解することが部分最適を全体最適にする一つの手段であるのではないかと考える。

このように、企業の難課題解決には、細かく課題を解決するのみならず、システム思考で俯瞰する、多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を使用し、ステークホルダー間で議論して、全体俯瞰と同時に詳細も解決する方法は有効である可能性が高い。

また、本研究では、新興国の労働集約型セル生産方式の工場、製品間接コスト、そして新規事業のフィージビリティスタディに多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を適用したが、現状、改善後、そして未来予測という3つの時制に対して適用可能と考えられる(図 6-1)。まず、ありがたい姿とのギャップとして、新興国の労働集約型セル生産方式の向上を課題の検証としたが、これは、現在の業務を多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図で本来のありがたい姿と比較し、課題

解決に繋がった。これは、現在の課題について多視点での見える化である業務プロセス価値連鎖図に効果があったことになる。次に現状からの改善として、製品間接コストの改善額を課題の検証としたが、これは、現状から次のステップである改善後の姿にするために、多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を活用したことが課題解決につながった。これは、現状から改善後の姿へ多視点での見える化である業務プロセス価値連鎖図に効果があったことになる。そして、最後に、未来予測として、日本市場における乗用車用更生タイヤ導入のための事業性分析が可能であるかを課題の検証としたが、これは未来予測を多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を使用して、検討ステップを明確にすることで、モデリング、そしてシミュレーションを行なったことで検討に漏れがなかった。この乗用車用更生タイヤ導入可能性の事業性分析に関しては、多くの要素・要因が混在し、そのパラメーターに対してのステークホルダーを明確にしたことと、不確定な要素を関係者で検討しながら折り込めてことがうまくいった理由であると考えられる。これは、未来予測をする際にも、検討ステップを業務プロセス価値連鎖図で見える化することに効果があったことになる。

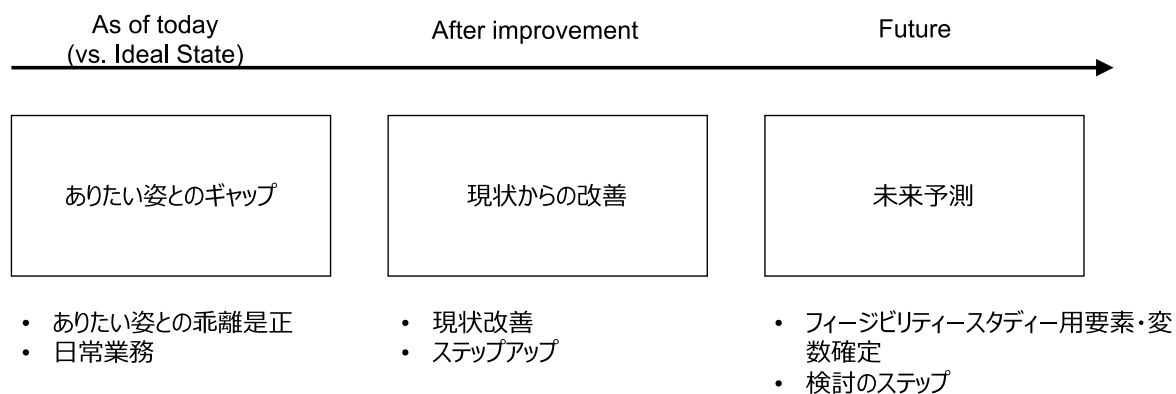


図 6-1 時制に対しての見える化手法の活用

第7章 結論と今後の展望

本研究では、多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を適用し、新興国の労働集約型セル生産方式の工場、製品間接コスト、そして新規事業のフィージビリティスタディの課題解決をすることで検証した。

7.1 本研究の結論

まず、第1章では、企業の解決が難しい課題に対しての問題意識を取り上げ、ありたい姿とのギャップ、現状からの改善、そして未来予測をそれぞれ、新興国の労働集約型の工場、製品間接コスト管理・改善、そして新規事業の事業性分析へ適用するための背景を述べた。その背景からそれぞれの目的への検証方法を示し、研究方法について説明した。

第2章では、研究の枠組み構築として、新興国の労働集約型の工場としてタイヤ生産工場、製品間接コスト管理・改善としてタイヤ製品間接コスト、そして新規事業の事業性分析として乗用車用更生タイヤ導入可能性の事業性分析としたが、その対象の説明を実施した。そして、先行研究調査を行い、そこからわかった考察を実施し、検証課題の提示をした。そして、多視点で見える化手法の業務プロセス価値連鎖図概要を説明した。

第3章ではタイヤ生産プロセスの見える化について、対象である新興国のタイヤ生産プロセス詳細について述べ、現状の課題を明確にし、見える化手法である業務プロセス価値連鎖図を新興国のタイヤ生産の現場用に開発し、検証を実施し、その結果を分析した。

新興国のタイヤ生産の現場プロセスには全体が俯瞰でき、どこに価値があるのかを明確にする業務プロセス価値連鎖図に効果があることを明確にした。

第4章では、タイヤ製品間接コストの見える化による業務改革について、対象となるタイヤ製品間接コストの項目について述べ、現状の課題を明確にし、見える化手法である業務プロセス価値連鎖図を新興国のタイヤ生産の現場と同様に適用し、その検証を実施し、その結果を分析した。日本のタイヤ製品間接コストにおいて、業務プロセス価値連鎖図の適用は、複雑に絡み合った組織が同じ業務を実施していることを明確にし、それを一括で実施することで大きな効果があることを明確にした。

第5章では、乗用車用更生タイヤ導入へ向けた事業性分析のために、検討ステップを業務プロセス価値連鎖図で明確にし、モデリングとシミュレーションを実施した。乗用車用更生タイヤのポートフォリオを生産コスト、初期投資、導入した設備の耐用年数、炭素税の金額等によって検討した。

第6章では、本研究で得られた多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を適用した、新興国の労働集約型の工場、製品間接コスト管理・改善、そして新規事業の事業性分析についての考察を行った。

第7章では、本研究の結論と、今後の展望について述べた。

本研究では、多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図を新興国の労働集約型の工場としてタイヤ生産工場、製品間接コスト管理・改善としてタイヤ製品間接コスト、そして新規事業の事業性分析として乗用車用更生タイヤ導入可能性の事業性分析に適用して検証を行なった。タイヤに関しては、タイヤ開発についての研究は多く実施されているが、製造に関する研究はされていなく労働集約型の製造業のモデルとしてタイヤ生産の見える化をすることに価値がある。そして、労働集約型の製造工程は日本から新興国へ移っていく中、日本と同じ設備を持っていても同じようには製造出来ないという課題に対して、多視点での見える化手法の業務プ

プロセス価値連鎖図の適用に効果があることがわかった。また、タイヤ製品間接コストは、複雑に入り組んだ組織が同じコストを扱っている際に、そのコストをどのように管理するのかについても、新興国の生産工程に効果のあった、多視点での見える化手法の業務プロセス価値連鎖図をタイヤ製品間接コスト用効果があることがわかった。そして、乗用車用更生タイヤ導入可能性の事業性分析に関しては、検討ステップを多視点での見える化手法の業務プロセス価値連鎖図で明確にして、モデリング、シミュレーションを行なったことで検討に漏れがなかった。この乗用車用更生タイヤ導入可能性の事業性分析に関しては、多くの要素・要因が混在し、そのパラメーターに対してのステークホルダーを明確にしたことと、不確定な要素を関係者で検討しながら折り込めてことがうまくいった理由であると考えられる。

以上の結果から多視点での見える化手法の業務プロセス価値連鎖図の考察を実施した。

7.2 今後の展望

本研究では、多視点での見える化手法である業務プロセス価値連鎖図を活用して、企業の課題解決で検証したが、同一企業についての検証であった。同一企業の課題であったために、今後この多視点で見える化した業務プロセス価値連鎖図が汎用化するには、他企業での事例を追加する必要がある。

また、新規事業のような未知なものに対して、多視点で見える化した検討プロセスから要素と変数を明確にして、モデリングとシミュレーションを実施することが乗用車用更生タイヤ以外でも有効であることが検証できれば、フレームワークとして汎用化が可能である。

昨今、どの企業もスペシャリストを作る傾向にあり、全体俯瞰ができる人材が減ってきている現状がある。今回のように、業務プロセス価値連鎖図を導入すること

は可能だが、今後この業務プロセス価値連鎖図を作成、改訂することのできるような現場全体を俯瞰できるような人材の育成が課題である。人材を育成して、システム思考を導入することで企業の課題解決につながるのではないか。

また、製品間接コストのような全社を上げて実施するようなプロジェクトに対して業務プロセス価値連鎖図を導入したが、このような製品間接コストのみならず、他の業務に対して適用できるものがあるか確認が必要である。

新技術・新事業の導入をするにあたって既存の見える化を実施することは重要であるが、今回の乗用車用更生タイヤの導入の検討に対し、炭素税の適用と企業のコストとの比較で検討を実施したが、再製造品への減税や補助金やグリーン調達政策等政府が実施することになる政策についての検討も必要であると考える。

環境問題は、日々刻々と変化していくので、その時点で設定している要素・要因がすぐに変化することが多い。要素・要因が変化したときに、どこに何を入れるのかを業務プロセス価値連鎖図で定義しておくことで、変化に対してすぐに対応できるようになると考える。

参考文献

- [1] IDC, *国内ビジネスコンサルティング市場予測 2021 年～2025 年*, IDC, 2021.
- [2] 桜健一 & 岩崎雄斗, “海外生産シフトを巡る論点と事実,” *BOJ Report & Research Papers*, 2012.
- [3] 若杉隆平, “国際貿易と企業: 理論・実証研究の新展開, 国際経済,” Vol. 2009, No. 60, pp. 133-153, 2009.
- [4] 藤田哲雄, “【トピックス】アジアへの分業進展と技術移転に対する日本の対応,” 日本総研, <https://www.jri.co.jp/page.jsp?id=26940> (Access January 19, 2020).
- [5] 中野冠, *いま世界ではトヨタ生産方式がどのように進化しているのか!*, 日刊工業新聞社, 2017.
- [6] 日経メカニカル, *特集: コンベア撤去の衝撃走る—一人完結の『セル生産』*, 第 459 号. 日経メカニカル, 1995, pp. 20-38.
- [7] 飯尾要, *システム思考入門*, 日本評論社, 1986.
- [8] P. M. Senge, *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*, Broadway Business, 2006.
- [9] 宮崎洋, 佐々木康浩, 前間孝久, 木村孝, & 魚住剛一郎, “「見える化」実践のポイント,” *三菱総合研究所所報*, Vol47, 三菱総合研究所, pp. 134-155, 2008.
- [10] 米川明彦, *平成の新語・流行語辞典*, 東京堂出版, 2019, p. 183.
- [11] 伊藤賢次, “トヨタの競争力の特質とメカニズム—組織文化を中心として—,” *日本生産管理学会論文誌*, Vol. 10, No. 3. pp. 43-48, 2004.
- [12] 遠藤功, *見える化; 強いきぎょうをつくる「見える化」仕組み*, 東洋経済新報社, 2005.

- [13]白壁達久, 富岡修 & 降旗淳平, “あなたの知的生産力を高める論理ツール見える化,” *日経ビジネス associe*, No. 5, Vol. 7, pp. 22-47, 2006.
- [14]浅野靖博, “コマツの生産現場・お客様現場の ICT による見える化,改善の取り組み,” *In. 第63回システム制御情報学会研究発表講演会, システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集*, Vol. 63, 2019, pp. 747-750.
- [15]田村隆善 & 小島貢利, “工場見える化と工場診断への利用に関する一考察, *日本経営診断学会論集*,” Vol. 7, pp. 78-89, 2007.
- [16]村上正志, “真の「見える化」は,製造生産力の強化につながる (総特集 工場イノベーションへの‘見える化’の実践--情報の共有化・知覚化のすすめ).,” *計装*, Vol. 49, No. 6, pp. 17-23, 2006.
- [17]中川裕揮, 永井明彦 & 伊藤孝行, “コラボレーションを適切に行うためのビジネスプロセス可視化ツールの提案,” *情報処理学会第74回全国大会,第74回全国大会講演論文集*, Vol. 2012, No. 1, pp. 453-454, 2012.
- [18]中野冠 & 湊宣明, *経営工学のためのシステムズアプローチ*, 講談社, 2012.
- [19]Mayer, R. J., Painter, M. K., and de Witte, P. S., “*IDEF Family of Methods for Concurrent Engineering and Business Re-engineeringApplication*,” College Station: Knowledge Based Systems, 1994.
- [20]E. Sultanow , X. Zhou, N. Gronau, and S. Cox, “Modeling of processes, systems and knowledge: a multi-dimensional comparison of 13 chosen methods,” *International Review on Computers and Software*, Vol. 7, No. 6, pp. 3309-3319, 2012.
- [21]O. Noran, “UML VS. IDEF: AN ONTOLOGY-BASED COMPARATIVE STUDY IN VIEW OF BUSINESS MODELLING,” in *Proc. 6th International*

Conference on Enterprise Information System (ICEIS 2004)., Parto, Vol. 3, 2005. pp. 674-682.

[22]D.A Marca and C. L. McGowan, *IDEF0/SADT Business Process and Enterprise Modeling*, Eclectic Solutions Corp, 1988.

[23]上原恵美, 菊池康紀 & 平尾雅彦, “サプライチェーンの川中産業プロセスにおける環境・健康リスク管理のためのマルチ視点アクティビティモデル,” 化学工学論文集, Vol. 40, No. 3, pp. 174-186, 2014.

[24]P. D. Bruza and T. Van der Weide, “The Semantics of Data Flow Diagrams,” in *Proc. International Conference on Management of Data*, 1993, pp. 66-78.

[25]T. DeMarco, *Structured Analysis and System Specification*, Yourdon Press, 1979.

[26]H. Xiong, H. Zhang, X. Dong, L. Meng, and W. Zhao, “DFDVis: A Visual Analytics System for Understanding the Semantics of Data Flow Diagram,” in *Proc. International Conference of Pioneering Computer Scientists, Engineers and Educators.*, 2017, pp. 660-673.

[27]鈴木英明 & 高橋直久, “プロセス分解代数に基づくデータフロー図の段階的詳細化システムの設計と実現,” In *情報処理学会第44回(平成4年前期)全国大会,全国大会講演論文集*, Vol. 44, 1997, pp. 337-338.

[28]馬場健司, “地方自治体における適応策の実施状況,” *日本不動産学会誌*, Vol. 29, No. 1, pp. 65-71, 2015.

[29]大沢幸雄, “フローチャートによる工程計画 管理とその実施例,” *日本建築学会第7回建築生産と管理技術セミナー資料*, pp. 33-53, 1993.

[30]大野伊左男, “造船工場生産管理システム化への考察,” *日本造船学会論文集*, Vol. 187, pp. 321-328, 2000.

- [31]鳥濱博 & 田中毅弘, “作業動線からみた工場施設のリスク回避に関する調査研究,” *In. 平成 28 年度空気調和・衛生工学会大会, 平成 28 年度大会* (鹿児島) 学術講演論文集 10 巻 都市・環境編, Vol. 10, 2016, pp. 33-36.
- [32]S. Sato, Y. Inamori, M. Nakano, T. Suzuki, and T. Akashi, “RELATION DIAGRAM BASED PROCESS OPTIMIZATION OF PRODUCTION PREPARATION PROCESS FOR OVERSEA FACTORY,” *Int. Conf. Machine Automation 2004*, E. Arai and T. Arai, Eds. 2006, pp. 287-292.
- [33]S. Eppinger and T. Browning, *Design Structure Matrix Methods and Applications*, MIT Press, 2012.
- [34]D. V. Steward, “The design structure system: A method for managing the design of complex systems,” *IEEE transactions on Engineering Management*, Vol. EM-28, pp. 71-74, 1981.
- [35]M. C. Wickel, S. A. Schenkl, D. M. Schmidt, J. Hense, H. Mandl and M. Maurer , “Knowledge structure maps based on Multiple Domain Matrices,” *The Journal of Innovation Impact*, Vol. 5, No. 1, pp. 5-16, 2013.
- [36]T. R. Browning, “Design structure matrix extensions and innovations: a survey and new opportunities.” *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 63, No. 1, pp. 27-52, 2015.
- [37]M. Danilovic and H. Börjesson, “MANAGING THE MULTIPROJECT ENVIRONMENT”, *in Proc. The Third Dependence Structure Matrix (DSM) International Workshop*, Boston, USA,2001.
- [38]中田行彦, “インテグラル型産業における相互依存からの組織間知識創造,” *イノベーション・マネジメント*, Vol. 8, pp. 37-55, 2011.

- [39]目代武史, “モジュール生産の工程アーキテクチャ分析,” *赤門マネジメント・レビュー*, Vol. 11, No. 10, pp. 633-664, 2012.
- [40]M.Maurer, and U. Lindemann, “The application of the multiple-domain matrix: Considering multiple domains and dependency types in complex product design, systems, man and cybernetics, MC 2008,” *Int. Conf. IEEE Date of Conference*, 2008, pp. 12-5.
- [41]大場大輔 & 高口洋人, “DSM 分析による事務所建築物の設計プロセス可視化とその結果を用いたケーススタディ,” *In In 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 平成 25 年度大会 (長野) 学術講演論文集 第 9 巻 エネルギー管理 編*, 2013, pp. 77-80.
- [42]山本郁郎, “日本型人材育成方式の移転と「ローカル・コンテキスト」--インドネシア進出日系自動車企業 5 社を中心に,” *金城学院大学論集 社会科学編*, Vol. 4, No. 1, pp. 36-65, 2007.
- [43]M.Nakano, “Holistic methodology for business process reengineering,” in *Proc.The 1st Conference on Changeable, Agile Reconfigurable and Virtual Production*, 2005, pp. 441-445.
- [44]山口隆英, “日本企業におけるマザー工場の役割と今後の研究課題,” *品質*, Vol. 46, No. 3, pp. 234-240, 2016.
- [45]藤本 孝弘, *生産マネジメント入門[1]*, 日本経済新聞社, 2001.
- [46]安保哲夫,板垣博,上山邦雄,河村哲二,公文漕, *アメリカに生きる日本的生産システム*,東洋経済新報社, 1991.
- [47]藤本隆宏, *能力構築競争—日本の自動車産業はなぜ強いのか*, 中公新書, 2003.

- [48]中山景央, 翁嘉華 & 大成尚, “人手組立ラインの工程作業における時間延長の分析—白物家電の海外組立ラインを例として—,” *日本経営工学会論文誌*, Vol. 68, No. 3, pp. 201-211, 2017.
- [49]中川充, 中川功一 & 多田和美, “海外子会社マネジメントにおける組織社会化のジレンマ——日系企業の新興国海外子会社 6 社の分析——,” *日本経営学会誌*, Vol. 36, pp. 38-48, 2015.
- [50]李澤建, “新興国市場開拓における経営資源マネジメントの課題と戦略—ASIMCO 社の事例を中心に—,” *産業学会研究年報*, Vol. 2010, No.25, pp. 25-39, 2010.
- [51]高梨千賀子, “海外グループ企業における初期流動管理の導入事例 海外での日本的生産マネジメントの展開,” *赤門マネジメント・レビュー*, Vol. 15, No. 6, pp. 309-330, 2016.
- [52]高瑞紅, “中国における日系中小企業の人材マネジメント: コア人材の育成と確保を中心に,” *国際ビジネス研究*, Vol. 4, No. 1, pp. 145-159, 2012.
- [53]原口春海, 貝原俊也, & 藤井信忠, “セル生産における技能向上を目的とした作業者の配置に関する研究,” *日本機械学会論文集*, Vol. 81, No.825, pp. 14-00646, 2015.
- [54]岩室宏, *セル生産システム*, 日刊工業新聞社, 2002.
- [55]F.O. Olorunniwo, G.J. Udo, “Cell design practices in US manufacturing firms,” *Production and Inventory Management Journal*, Vol.37, No.3, pp.27-33, 1996.
- [56]B. Bopaya, et al, “Human related issues in manufacturing cell design, implementation, and operation: a review and survey,” *Computers & Industrial Engineering*, Vol.48, No.3, pp.507-523, 2005.

- [57]U. Wemmerlov, and D. J Johnson, “Cellular manufacturing at 46 user plants: implementation experiences and performance improvements,” *International Journal of Production Research*, Vol. 35, No. 1, pp.29–49, 1997.
- [58]原口春海, 貝原俊也, 藤井信忠 & 野中朋美, “108 工程分割型セル生産システムにおける共同作業を考慮した作業配置とスケジューリングに関する研究 (OS4: 生産スケジューリング・生産管理 (2)),” *In 生産システム部門講演会講演論文集*, 2014, pp.47-48.
- [59]原口春海, 貝原俊也, 藤井信忠, & 國領大介, “セル生産における技能向上を目的とした作業配置に関する研究(第 3 報, オーダ内容に変動を伴う場合の検討),” *日本機械学会論文集*, pp. 15-00558, 2016.
- [60]R. Cooper and R. S. Kaplan, *The Design of Cost Management Systems: Text and Cases*, Ed., 2nd ed., Prentice-Hall, 1999.
- [61]吉田栄介, “原価企画の新機能—テンション・マネジメントとしての役割期待—,” *三田商学研究*, Vol. 54, No. 3, pp. 45-59, 慶應義塾大学出版会, 2011
- [62]長坂悦敬. “製造業における活動基準原価計算支援システム”, *甲南経営研究*, Vol. 44, No.1, pp. 1-27, 2003.
- [63]片岡洋人, “間接費配賦計算からみた『原価計算基準』への提言,” *原価計算研究*, Vol. 40, No 1, 2016.
- [64]轟日出郎, “活動基準原価計算の現状と問題点: 日本の現状を中心にして,” *産研論集*, Vol. 35, pp. 3-13, 2008.
- [65]A. Nasser, M. Mohammadi and H. Yazdifar, “The relationship between product diversity, usage of Advanced Manufacturing Technologies and Activity-Based Costing

- adoption in the manufacturing firms of Tehran Stock Exchange,” *Journal of Management Accounting and Auditing Knowledge*, Vol. 7, No. 28, pp. 123-148, 2018.
- [66] T. H. Johnson and R. S. Kaplan, *Relevance lost: the rise and fall of management accounting*, Harvard Business School, 1987.
- [67] 窪田雄一, 大浦啓輔 & 西居豪, *組織間管理会計*, 中央経済社, 2010.
- [68] 坂口 順也 & 河合 隆治, “組織間管理会計のサーベイ研究の現状と方向性—影響要因と統治システム,” *メルコ管理会計研究*, Vol. 2, pp. 29-41, 2011.
- [69] 窪田祐一 “組織間コストマネジメント研究の展開,” *日本管理会計学会誌 : 経営管理のための総合雑誌*, Vol. 20, No. 2, pp. 123-140, 2012.
- [70] 井上慶太, “コストマネジメントと多様化する組織間関係 : 知見の整理と今後の展望,” *経済経営論集*, Vol. 51, No. 1, 2020.
- [71] 木村彰吾, “TPS におけるジャスト・イン・タイム思考と原価管理,” *企業会計*, Vol. 60, No. 9, pp. 1278-1283, 2008.
- [72] 河田信, “全部原価計算による JIT・小ロット化の合理性証明 : 「流れを創る」ものづくり経営を目指して,” *名城論叢*, Vol. 15, pp.1-17, 2015.
- [73] 吉田邦夫 & 山本秀男, *イノベーションを確実に遂行する 実践プログラムマネジメント*, 日刊工業新聞社, 2014, p. 22, pp. 24-29.
- [74] 新保利弘, “現場力を高めるためのプログラムマネージャーの役割,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 13, No. 1, pp. 35-51, 2018.
- [75] 山本由美 & 山本 秀男, “創薬プログラムのプラットフォームマネジメントの構想,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 10, No. 2, pp. 75-92, 2015.

- [76]小原重信, “P2M 理論による戦略開発プログラムマネジメントの本質 : ハード・ソフトシステムの融合とビジネスモデル転換,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 8, No. 2, pp. 1-25, 2013.
- [77]上岡恵子, “「戦略プログラム」としての ICT 投資評価方法,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 8, No. 2, pp. 19-46, 2015.
- [78]岡崎昭仁, 川治孝之, & 三宅博, “企業 R&D における機能集約型研究開発組織の実践事例と考察,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 12, No. 1, pp. 110-119, 2017.
- [79]山根里香, “製品開発を支援する P2M における組織学習機能 : 造船業界における製品開発の事例,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 8, No. 2, pp.57-69, 2013.
- [80]和田義明 & 亀山秀雄, “企業における研究開発プロセス手法の考案,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 7, No. 2, pp. 75-85, 2013.
- [81]松本有二 & 三浦徹志, “R&D プロジェクトのための企業間連携,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 7, No. 1, pp. 73-82, 2012.
- [82]後藤真之 & 山本秀男, “情報システム構築プログラムのマネジャーの役割に関する考察,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 9, No. 2, pp. 47-60, 2015.
- [83]三宅由美子 & 内平直志, “情報システム開発における PM の引継ぎ能力モデル,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 11, No. 2, pp. 47-61, 2017.
- [84]永井祐二, 岡田久典, 中川唯 & 勝田正文 “産学民連携プログラム W-BRIDGE におけるプログラムオフィサーの機能とプロジェクト・プログラムマネジメント,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 13, No. 2, pp. 245-260, 2019.
- [85]中山政行 & 亀山秀雄, “プログラムプラットフォームによる創発的地域活性化プロジェクトに関する研究,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 9, No. 1, pp. 141-152, 2014.

- [86]浅田孝幸 & 三浦徹志, “事業創造のための戦略的提携による組織間プロジェクト形成,” *国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌*, Vol. 1, No. 1, pp. 139-148, 2006.
- [87]山根里香 & 浅田孝幸, “P2Mによる環境配慮型 SCM の展開に関する理論的考察,” *国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌*, Vol. 4, No.2 , pp. 39-49, 2009.
- [88]新保利弘, “現場力を高めるためのプログラムオフィサーの役割とプロジェクト・プログラムマネジメント,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 14, No. 1, pp. 301-31, 2019.
- [89]永里賢治, “サステナビリティ経営戦略における P2M の役割,” *国際P2M 学会誌*, Vol. 13, No. 2, pp. 192-210, 2018.
- [90]T. Nonaka and M. Nakano, “Carbon Taxation Using LCCO2 and LCC for Clean Energy Vehicles,” *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers. PartC*, Vol.77, No.783, pp. 4024-4033, 2011.
- [91]日本自動車タイヤ協会, “タイヤの LCCO2 算定ガイドライン,” Version 3.0.1, 2021. Accessed: June 30, 2021. [Online]. Available:https://www.jatma.or.jp/docs/environment_recycle/tire_calculation.pdf
- [92]網野直也, “タイヤの摩擦と転がり抵抗,” *日本ゴム協会誌*, Vol. 88, No. 2, pp. 37-42, 2015.
- [93]H. S. Aldhufairi, O. A. Olatunbosun, “Developments in tyre design for lower rolling resistance: A state of the art review”, *In.Proc. Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering.*, Vol. 232, No. 14, 2018, pp. 1865-1882.

- [94]中根慎介,“リトレッド工程と各技術について,” *日本ゴム協会誌*, Vol. 85, No. 6, pp. 204-207, 2012.
- [95]D. Imanishi, “Environmental regulations and automobile body weight reduction,” *Journal of the Japan Society of Colour Material*, Vol.92, No.1, pp. 21-27, 2019.
- [96]R. Komiya and Y. Fujii, “Assessment of Energy Saving and CO2 Mitigation Potential by Electric Vehicle and Plg-in Hybrid Vehicle under Japan’s Power Generation Mix,” *IEEE Transactions on Power and Energy*, Vol. 133, No.1, pp. 10-19, 2012.
- [97]環境省, “次世代自動車ガイドブック: 2018-2019,” 2020. Accessed: March 21, 2022. [Online]. Available: <https://www.env.go.jp/air/car/vehicles2018/zentai2018-2019.pdf>
- [98]S. T. CHUA and M.Nakano, “Design of a taxation system to promote electric vehicles in Singapore,” In: *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 359-367.
- [99]T. Nonaka and M. Nakano, “Study of popularization policy of clean energy vehicles using life cycle assessment,” In: *Next generation infrastructure systems for eco-cities*. IEEE, pp. 1-6, 2010.
- [100] S. Kanari, H. Hirai, T. Suzuki and A. Ito, “Development of Analysis Method for Long-Term CO2 Emissions to Consider Integrated Approach in Automotive Sector ,” *Journal of Japan Society of Energy and Resources*, Vol.43, No. 2, pp. 53-64, 2022.

- [101] K. Romejko, K and M. Nakano, “Portfolio analysis of alternative fuel vehicles considering technological advancement, energy security and policy,” *Journal of Cleaner Production*, Vol.142, pp. 39-49, 2017.
- [102] V. Krishnan, E. Kastrouni, V. D. Pyrialakou, K. Gkritza and J. D. McCalley, “An optimization model of energy and transportation systems: assessing the high-speed rail impacts in the United States,” *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, Vol.54, pp. 131-156, 2015.
- [103] Y. Kishita and Y. Umeda, “Development of Japan’s Photovoltaic Deployment Scenarios in 2030,” *Int. J. Automation Technology*, Vol.11, No.4, pp. 583-591, 2017.
- [104] Y. Kishita, Y. Nakamura, A. Kegasa, Y. Hisazumi, T. Hori, S. Fukushige and Y. Umeda, “Scenario building on the diffusion of fuel cell cogeneration systems for apartment houses,” *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers*, Vol.81, No.821, pp. 294-299, 2015.
- [105] 日本経済新聞, “再生タイヤ,燃料高で脚光 トラック・バス用 2〜3割安,” https://www.nikkei.com/article/DGXNASDZ19H05_S4A720C1MM0000 (Access February 19, 2022).
- [106] 更生タイヤ全国協議会, “よくあるご質問 (FAQ) ,” <https://www.retread.jp/faq> (Access October 15, 2021).
- [107] M. Kojima, “International Reuse and Developing Countries,” *Tokyo, Japan: Institute of Developing Economies Japan Eternal Trade Organization*, 2014.

- [108] 環境省, “グリーン購入の調達者の手引き,” Japan, 2019. Access November 18, 2021. [Online]. Available: https://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-law/tebiki/r3_tyoutatusya.pdf
- [109] J. Rui, Y. Xu, Q. Zhu, L. Liu and J. Yao, “Structure Design and Research on a New Tire Emergency Inflation System. In IOP Conference Series,” *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol.782, No.2, pp. 1-10, March 2020.
- [110] D. Wilson, “Conti GreenConcept Tire Gives Nod to Passenger Retreading,” *RetreadingBusiness*, <https://www.retreadingbusiness.com/latest-news/posts/2021/september/conti-greenconcept-tire-gives-nod-to-passenger-retreading> (Access May 2, 2022).
- [111] 更生タイヤ全国協議会, “欧米ではトラック・バス用タイヤの50%がリトレッド!” <https://www.retread.jp/global-standard> (Accessed: March 22, 2022).
- [112] Y. Umeda, K. Kitagawa, Y. Hirose, K. Akaho, Y. Sakai and M. Ohta, “Potential Impacts of the European Union’s Circular Economy Policy on Japanese Manufacturers,” *Int. J. Automation Technology*, Vol.14, No.6, pp. 857-866, 2020.
- [113] European Parliament, “UN/ECE Regulations R 108 and R 109,” https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-5-1999-2379_EN.html?redirect (Accessed April 12, 2022).
- [114] G. Ferrer, “The economics of tire remanufacturing,” *Resources, conservation and recycling*, Vol. 19(4), pp. 221-255, 1997.

- [115] Q. Wang, S. Wang and L. Jiang, “Establishment and Evaluation of Energy Consumption, Carbon Emission, and Economic Models of Retreaded Tires Based on Life Cycle Theory,” *Mathematical Problems in Engineering*, 2021.
- [116] B. Lebreton and A. Tuma, “A quantitative approach to assessing the profitability of car and truck tire remanufacturing,” *International Journal of production economics*, Vol.104. No. 2, pp.639-652, 2006.
- [117] W. Abdul-Kader and M. S. Haque, “Sustainable tyre remanufacturing: an agent-based simulation modelling approach,” *International Journal of Sustainable Engineering*, Vol.4, No. 4, pp. 330-347, 2011.
- [118] B. M. Richmond, システム思考入門 II ビジネス編, カットシステム, 2004
- [119] Y. Takahashi, “Dynamic simulation modelling using descriptive information in natural language,” *International Journal of Simulation and Process Modelling*, Vo. 4, No. 3-4, pp.215-222. 2008
- [120] 岡田伊策, 高橋裕 & 稗方和夫, “実務者によるシステム・ダイナミクスモデル構築手法の開発,” システム・ダイナミクス, Vol. 18, pp. 1-16, 2019.
- [121] S,Lenfle, “Toward a genealogy of project management: sidewinder and the management of exploratory projects,” *Int. J. Proj. Manag.* Vol. 32, pp. 921–931, 2014.
- [122] O. Mesly, *Project feasibility: tools for uncovering points*
- [123] 国土交通省, “継続検査の際の整備前自動車不具合状況調査,” 2005. Accessed:Feb 17, 2022. [Online]. available: <https://www.mlit.go.jp/jidosha/iinkai/seibi/6houkokusyo.pdf>

- [124] 中島幸雄, “タイヤへの CAE 活用の歴史,” *日本ゴム協会誌*, Vol. 89, No. 6, pp. 151-156, 2016.
- [125] 日本自動車タイヤ協会, “新車用タイヤ販売実績,” https://www.jatma.or.jp/php_script/download_stat_docs.php?file_path=%27c3RhdGlzdGljcy8yL211bWJlci8xXzlwMjBfMTIucGRm%27 (Access February 18, 2022).
- [126] 環境省, “炭素税について,” 2021. Accessed: February 10, 2022. [Online]. Available: <https://www.env.go.jp/council/06earth/炭素税について.pdf>
- [127] 日本経済新聞, “再生タイヤの弘進リトレッド,宮城・亘理町に新工場,” <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCC179Q60X10C22A2000000> (Access February 18, 2022)

研究業績

- 1 定期刊行誌掲載論文（査読付きの主論文に関連する原著論文）
 - 1.1 木村富也, 中野冠, 見える化手法を用いた間接コスト改善における組織間コミュニケーションモデルの事例研究, 国際 P2M 学会誌, Vol.16, No. 1, pp.71-90, 2021.
 - 1.2 木村富也, 中野冠, 新興国の製造ラインにおける生産プロセス改革のための方法論, 日本情報経営学会誌, Vol.42, No. 1, pp.74-86, 2022.
 - 1.3 T. Kimura, T. Toma, and M. Nakano, Analysis of business feasibility for the introduction of retread tires in passenger cars, International Journal of Automation Technology, 2022. (Accept).

- 2 その他の国際学会発表（査読付きの full-length papers）
 - 2.1 Tomiya KIMURA, Midori SUGIHARA*, Mayu TAKARAMOTO, Masako TORIYA, and Tetsuya TOMA : “A Team Performance Measurement by Pulse Survey Results of Corporate Planning Members”, Transdisciplinary Engineering 2022, 2022.7 (Cambridge, USA)
 - 2.2 Kayoko NARAZAKI, Tomiya KIMURA*, Mizuho SATO, Midori SUGIHARA, and Tetsuya TOMA : “A Food Supply Chain Model Directing Food Loss and Waste to Kodomo- Shokudos”, Transdisciplinary Engineering 2022, 2022.7 (Cambridge, USA)
 - 2.3 Midori SUGIHARA*, Tomiya KIMURA, and Tetsuya TOMA, “A study on the Relationship between Decision-Making Speed and Kansei

Through Data Visualization”, Kansei Engineering and Emotion
Research International Conference 2022, 2022.9 (Barcelona, Spain)

3 国内学会発表

- 3.1 木村富也, 中野冠, 見える化手法を用いた間接コスト改善における組織間コミュニケーションモデルの事例研究, 国際 P2M 学会春季研究発表大会(2021)
- 3.2 杉原碧, 木村富也, 当麻哲哉, データビジュアライゼーションを用いた経営判断改善の事例研究と 3S モデルへの適用の可能性, 国際 P2M 学会春季研究発表大会(2022)

謝辞

筆者が博士論文を執筆するにあたり、大変多くの方に支えられた。この場を借りて深くお礼を申し上げたい。

まず、指導教員の中野冠先生と当麻哲哉先生には大変お世話になった。

中野先生には、書きたいことが多く全てはここには書くことができないが、わずかながらお礼をさせていただく。2015年4月に後期博士課程に受け入れていただいたのだが、入学後すぐにタイに転勤となり、それから4年以上研究から離れてしまったのにも関わらず、帰国後に再度受け入れてくださったことは感謝の言葉しかない。そして、今思うと何もわかってない中、先生のご指導だけで論文を投稿してきたことを深く反省している。今、博士論文執筆に当たり、自分の研究に向き合うことで、先生のご示唆の内容が初めてわかった。先生に、「あなたは、研究としっかり向き合っていない」と言われ、研究はしているのになぜこのようなことを言われるのかと全く理解できていなかった。博士論文執筆を通して、自分の研究に向き合う姿勢が甘すぎたことを痛感した。これから研究者として生きていきたいと先生にお話した際、このような若輩者の筆者にも色々なアドバイスをしていただけたことは、今思えば恥ずかしい限りである。先生には感謝よりも、反省の言葉ばかり頭に浮かんでしまう。これからも筆者は先生を範として恩返しができるように日々精進していきたい。私が一人前になるまで長生きしていただきたい。

そして、2021年の中野先生の退任後に指導教員としてお世話になった当麻哲哉先生には、様々な経験をさせていただいた。MIT、東京大学との共同のGTLへの参加、及び国際学会への投稿、そして博士論文指導等。筆者が後期博士課程に入学して転勤や新型コロナウイルス等によって実現できなかったことをさせていただ

き感謝する。ゼミや面談で何も分かってない筆者が先生に生意気な発言してしまったことはご容赦いただきたい。今後、しっかり研究をして償っていくことで恩返ししていきたい。博士論文執筆で何度も挫けそうになったとき、先生のあたたかい励ましの言葉がなかったらここまで来られなかった。あたたかいながらもしっかりとコントロールする姿はプロマネを感じた。プロマネとしての経験を実務家教員としてアカデミックの世界で活かしている先生の姿を筆者は今後の人生の道標としたい。改めて感謝の意を申し上げる。

副査の松川弘明先生（慶應義塾大学理工学部管理工学科）には、突然の副査の申し入れにも関わらず快諾していただいたことに感謝申し上げる。筆者の出身学科の教授ということもあり、松川先生の研究テーマは大変興味深く今後議論させていただきたい。先生の経歴を拝見し、筆者が目標にすべき方と認識した。先生の財務的な視点、生産現場の視点、そして、サプライチェーン全体の視点からのアドバイスは博士論文で不足しているものだけではなく、研究に対する姿勢へのご指摘だったと認識できた。自分では分かっているつもりでいた部分をもっと大きな視点且つ精密なところまで見ることを示唆いただいた。今後も研究を継続していくので、先生の財務と生産現場に対しての豊富な知識で製造業への貢献についてご教示いただき議論したい。また今後もしもご指導ご鞭撻のほどお願い申し上げる。

また、副査の小木哲朗先生には、今回副査を担当していただき初対面にも関わらず、本当にお世話になった。先生の予備審査でのご指摘から何日もの間、今まで使ってなく錆びていた頭を使った。研究とはどう言うものなのかを考え、そして研究に対して真摯に向き合うきっかけを作ってくださいって感謝してもしきれない。先生に、今後研究者として生きるのか、それとも仕事に専念するのかと聞かれた際に、すぐに回答できなかったことは筆者の研究に対する姿勢を表していたと実感した。

そして、研究者として生きていきたいと回答した後に、しっかり厳しく審査すると言っていたことは嬉しかった。この質問をしていただいたことは、自分の研究に対する向き合い方を改めて考えるきっかけを作ってくれた。これから自分がどのように生きていくのか、そして、私の人生を変えていただいたことに感謝申し上げます。今後ともご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

Bryan R. Moser 先生 (MIT System Design and Management) には、2021 年 4 月から GTL でお世話になり、今年から論文や国際学会で多くの相談と議論、そして貴重な示唆をいただいたことに感謝する。先生が仰っていた、一生研究、そして、自分にとっても他人にとっても楽しい研究を続け、その研究で世の中に少しでも貢献できることが研究者としての仕事であるという言葉は、実現しなければいけないと考える。これからも多くのご指導ご鞭撻をお願い申し上げます。

当麻研究室の皆には大変お世話になった。お礼を申し上げます。貴島文緒さんとは同じ社会人学生として切磋琢磨し、そして私の知らない研究分野について多くを教えてくれたことは、このシステムデザイン・マネジメント研究科に知り合いのいない筆者にとって貴重であった。同じ境遇だったために苦しい時も色々話せたことに感謝する。これからも競争相手として切磋琢磨して引き続き議論をお願いする。

先人の博士の方々、博士論文執筆にあたり、先人の多くの博士論文を読ませていただいた。論文の一文一文からは先人の気迫と生き様が感じられた。魂を込めた文章が積み上げられた論文には、筆者の博士論文は到底先人の足元にも及ばない、そして、筆者の博士論文で博士号を取得してしまうことは先人に対して冒瀆だと、どのようにしたら先人の領域に近づけるのかと自分の不甲斐なさに悔しい思いで何度も挫けた。そして、なんとか先人の足元くらいまでは近づきたいと研究と向き合い、博士論文執筆をしてきた。これから研究を続けて先人との差を埋めていくのが

自分のやるべきことと考える。これからも先人の論文と自分の研究に向き合って早く一人前の研究者になれるよう精進していく。尊敬する先人の残してくれた功績に感謝申し上げる。

最後に、杉原碧さん、22年1月から貴方の修士論文からの付き合いだが、諦めない勇氣、どんなことでもチャレンジする、そして今まで筆者になかった考え方等、筆者は貴方から多くのものをもらった。博士論文執筆中は、混乱する筆者に冷静な貴方からのアドバイスと論文校正支援、そして貴方の研究に対する実直な姿勢が支えであった。ここに感謝の言葉を全ては書ききれないが、深くお礼を申し上げる。引き続き共に研究し、そして議論をお願いする。

2022年8月21日 日吉協生館研究室にて

木村 富也