

2023 年度グラデュエーションペーパー
予稿

| 題 目 | |
|------------------------------------|----------|
| 何故、プリント配線板産業は、 常にリフレッシュできてきたのか？ | |
| 技術経営論文 | ビジネス企画提案 |

| | | | |
|------|---------|----|-------|
| 学籍番号 | 8822212 | 氏名 | 尾瀬 昌久 |
|------|---------|----|-------|

| 教 員 | |
|--------|---------|
| 主査 | 若林 秀樹教授 |
| 担当審査委員 | |

「何故、プリント配線板産業は、常にリフレッシュできてきたのか？」

【目次】

| | |
|---|----|
| 第 1 章 はじめに | 6 |
| 1-1. 研究の背景 | 7 |
| 1-2. 自社紹介 | 7 |
| 1-3. 事業紹介、事業の変遷 | 7 |
| 1-4. 自身の思い | 10 |
| 1-5. 本論文の構成 | 11 |
| 第 2 章 問い | 13 |
| 2-1. 本論文の問い | 13 |
| 2-2. 問いの深掘り | 13 |
| 第 3 章 先行研究 | 14 |
| 3-1. 中間化学素材メーカーの取るべき戦略 | 14 |
| 3-2. 銅張積層板業界の研究論文 | 14 |
| 3-3. 業界構造分析におけるネットワーク分析 | 14 |
| 3-4. 自社事業活動における先行研究（2022 年 GP、満倉一行）[参考文献 6] | 15 |
| 第 4 章 仮説 | 16 |
| 第 5 章 検証方法 | 17 |
| 5-1. ケーススタディ | 17 |
| 5-2. ダブル・ファイブ・フォース分析（W5F 分析） | 17 |
| 5-3. ネットワーク分析 | 18 |
| 第 6 章 ケーススタディ | 20 |
| 6-1. 自身の事業（プリント配線板用銅張積層板） | 21 |
| 6-2. 川下視点でのケーススタディ（ユーザーへのヒアリング） | 28 |
| 6-3. 他事業（ディスプレイ用異方導電性フィルム）に関するケーススタディ | 32 |
| 第 7 章 分析 | 36 |
| 7-1. ダブル・ファイブ・フォース分析（W5F 分析） | 36 |
| 7-1-1. W5F による自身の事業を取り巻くサプライチェーン分析 | 36 |
| 7-1-2. W5F による他事業のサプライチェーン分析 | 39 |
| 7-2. ネットワーク分析 | 41 |
| 7-2-1. ネットワーク分析による自身の事業を取り巻くサプライチェーン分析 | 41 |
| 7-2-2. ネットワーク分析による他事業のサプライチェーン分析 | 47 |
| 第 8 章 サプライチェーン分析を受けた未来予想図 | 52 |
| 8-1. ベストケース | 52 |
| 8-2. ワorstケース | 55 |
| 第 9 章 サプライチェーン分析から見てくる中間化学素材における価値創造とは？ | 58 |
| 9-1. 素材としての価値-フルヤ金属のケーススタディ | 60 |

| | |
|--|----|
| 9-2. 従来得られていた価値とは..... | 61 |
| 9-3. 中間化学素材の価値創造とは | 62 |
| 第 10 章 提言..... | 65 |
| 10-1. 開発部門・事業部門として取るべき施策..... | 65 |
| 10-1-1. V (Value) OC の理解..... | 65 |
| 10-1-2. 『顧客の顧客』戦略の高度化に向けて | 66 |
| 10-1-3. サプライチェーン、エコシステムを考える | 66 |
| 10-1-4. ベストケースを描くために | 67 |
| 10-1-5. 更なる技術力強化のために | 67 |
| 10-2. 会社への提案..... | 68 |
| 第 11 章 まとめ | 70 |
| 11-1. 本研究の成果..... | 70 |
| 11-1-1. W5F 分析によるサプライチェーンの可視化..... | 70 |
| 11-1-2. ネットワーク分析によるサプライチェーンの複雑さの定量化..... | 70 |
| 11-1-3. 化学中間素材の価値創造 | 71 |
| 11-1-4. 自身の担当する事業への提案..... | 71 |
| 11-2. 今後の課題 | 71 |
| 謝辞 | 72 |
| 積層材料開発部の皆さんへのメッセージ | 74 |
| 主査コメント | 76 |

【図表目次】

| | |
|---|----|
| 図表 1 レゾナックの沿革（旧昭和電工、旧昭和電工マテリアルズ／日立化成） | 8 |
| 図表 2 銅張積層板とは（半導体パッケージサブストレート事例） | 9 |
| 図表 3 半導体パッケージ産業に関わるサプライチェーン..... | 9 |
| 図表 4 5W1H にみる自社（レゾナック）の銅張積層板事業の変遷..... | 10 |
| 図表 5 本 GP の構成 | 12 |
| 図表 6 本 GP での問いと仮説..... | 16 |
| 図表 7 ファイブ・フォース | 18 |
| 図表 8 ダブル・ファイブ・フォース（W5F） | 18 |
| 図表 9 プリント配線板技術史年表 | 21 |
| 図表 10 ワイヤーボンディングとフリップチップの違い | 29 |
| 図表 11 アニソルムの機能紹介 | 32 |
| 図表 12 1970 年代、民生機器展開時の W5F | 36 |
| 図表 13 1990 年代、産業機器展開時の W5F | 37 |
| 図表 14 2000 年代、半導体関連分野展開時の W5F | 38 |
| 図表 15 1980 年代、国内ノート PC 展開時の W5F..... | 39 |
| 図表 16 2000 年代、ノート PC 展開時の W5F..... | 40 |
| 図表 17 2010 年以降、スマートフォン向けディスプレイ展開時の W5F..... | 40 |

| | | |
|-------|--|----|
| 図表 18 | 1970 年代、民生機器展開時のネットワーク分析グラフ | 41 |
| 図表 19 | 1990 年代、産業機器展開時のネットワーク分析グラフ | 42 |
| 図表 20 | 2000 年代、半導体関連分野展開時のネットワーク分析グラフ | 42 |
| 図表 21 | 銅張積層板事業におけるネットワーク密度の推移..... | 42 |
| 図表 22 | 各年代、分野別の次数中心性推移 | 42 |
| 図表 23 | 各年代、分野別の媒介中心性推移 | 44 |
| 図表 24 | 各年代、分野別の近接中心性推移 | 44 |
| 図表 25 | 各年代、分野別の固有ベクトル中心性推移..... | 42 |
| 図表 26 | 各年代、分野別のページランク推移..... | 45 |
| 図表 27 | 各年代、分野別のクラスター係数推移..... | 46 |
| 図表 28 | ネットワーク分析による各種中心性と事業関係性のまとめ（銅張積層板事業） | 46 |
| 図表 29 | 1980 年代、国内ノート PC 展開時のネットワーク分析グラフ | 47 |
| 図表 30 | 2000 年代、ノート PC 展開時のネットワーク分析グラフ | 47 |
| 図表 31 | 2010 年以降、スマートフォン向けディスプレイ展開時の | 47 |
| 図表 32 | アニソルム事業におけるネットワーク密度の推移..... | 48 |
| 図表 33 | 各年代、分野別の次数中心性推移（アニソルム事業） | 48 |
| 図表 34 | 各年代、分野別の媒介中心性（アニソルム事業） | 48 |
| 図表 35 | 各年代、分野別の近接中心性（アニソルム事業） | 49 |
| 図表 36 | 各年代、分野別の固有ベクトル中心性（アニソルム事業） | 50 |
| 図表 37 | 各年代、分野別のページランク（アニソルム事業） | 50 |
| 図表 38 | 各年代、分野別のクラスター係数（アニソルム事業） | 51 |
| 図表 39 | 2000 年代、半導体関連分野展開時の W5F（再掲） | 53 |
| 図表 40 | 半導体関連分野でのエコシステム補完型 W5F..... | 54 |
| 図表 41 | 銅張積層板生産実績とガラスサブストレート生産能力の比較（月産パネル数） | 55 |
| 図表 42 | 半導体関連分野での W5F（ワーストケース） | 56 |
| 図表 43 | 銅張積層板全体での企業別シェア（2021 年） | 58 |
| 図表 44 | 半導体パッケージ向け銅張積層板の企業別シェア（2021 年） | 58 |
| 図表 45 | 銅張積層板産業における企業の存続..... | 59 |
| 図表 46 | 価値考察のための特性-機能軸 | 59 |
| 図表 47 | 価値の変化..... | 60 |
| 図表 48 | ガラス素材メーカー M&A に備えた情報整理 | 69 |

第1章 はじめに

筆者は大学での卒業論文テーマから始まり、入社以来、約 30 年間、プリント配線板用銅張積層板に関わる内容に従事してきた。過去、どうして様々な分野に向け、様々な技術を適用し、創業以来、会社としての源流製品の位置づけとして事業を継続することができたのか？また、一時は赤字転落の危機もある中、現在では半導体分野向けに成長し、事業本部でも主力の製品として位置付ける事業となっている。そうした状況について、自身として、事業運営、戦略を考える素地が非常に少ないことに直面した。

そうした折、東京理科大学 大学院 経営学研究科 技術経営専攻（以下、MOTと略す）での勉学の機会を手にすることができ、講義の内容、若林教授との議論を通じて、事業の継続性、自身の事業の将来を考えることが筆者の想いと通ずるものであり、本グラデュエーションペーパー（以下、GP と略す）に取り組むことにした。

1-1. 研究の背景

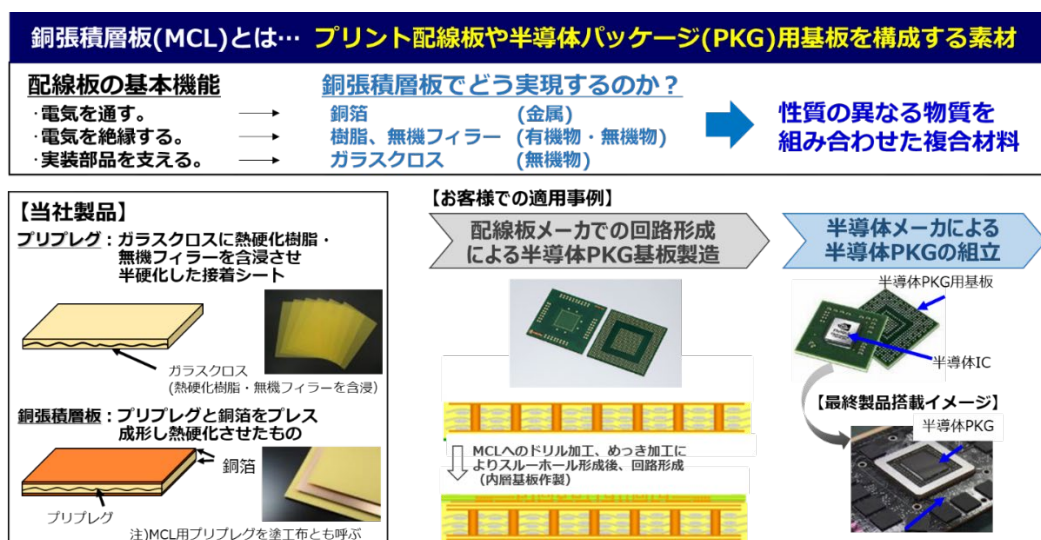
自身の事業の将来を考えるため、事業の継続性について、研究を行う。

1-2. 自社紹介

現在、筆者の所属している企業は、レゾナックであるが、2023 年 1 月 1 日に発足した企業である。2020 年に昭和電工株式会社（以降、昭和電工）は日立化成株式会社（以降、日立化成）の株式を株式会社日立製作所より T O B（株式公開買い付け）により取得した。日立化成は完全子会社化となり、昭和電工マテリアルズ株式会社となり、自身の事業は従来と変更なく、事業は継続という状況である。

1-3. 事業紹介、事業の変遷






プリント配線板用銅張積層板が、筆者が開発を担当してきた製品であり、同製品を取り扱っている事業が積層材料事業となる。



図表 2 銅張積層板とは（半導体パッケージサブストレート事例）

こうした事業の変遷においては、当時の意思決定や事業環境、業界環境がどのようなものであったか、整理された記述として存在していない。今後、継続した事業展開を考える上で、過去の事実を整理することも必要であると考え、本 GP にてそうした事実の整理も進めていく。

図表 4 5W1H にみる自社(レゾナック)の銅張積層板事業の変遷

| 5W1H | | When | | | | |
|-------|---------|--|---|---|--|--|
| | | 1960 | 1980 | 2000 | 2020 | 2040 |
| Who | 企業 |  日立製作所 (1954) |  日立化成工業 (1962) |  日立化成 (2013) |  昭和電工 (2020) |  レゾナック (2023) |
| What | 技術 | フェノール樹脂 エポキシ樹脂 エポキシ/フェノール エポキシ/高機能樹脂 | | | | |
| Where | 分野 | モーター 民生(白物) 民生(端末) 産業機器 半導体(PC) 半導体(IoT/DC) | | | | |
| How | ビジネスモデル | PWBメーカー攻略 樹脂合成 内製化 PWB/プリント両軸 樹脂合成 統合パッケージ 海外拠点化 | | | | |
| Why | 社会ニーズ | 家電製品国産化 電子機器普及 情報通信高度化 高速情報処理 バイオリアルティ/SDGs | | | | |

出所)筆者作成

第 2 章 問い

2-1. 本論文の問い

事業継続性という視点では、化学中間素材メーカーに留まらずサプライチェーンが構成される様々な業種でも適用できないかと考え、本 GP での研究が普遍性を持ち、様々な事業の運営に有用な示唆を得られるように研究を進めた。

2-2. 問いの深掘り

前節にて中間素材の事業継続性について、研究を進めていくこととしたが、最終的にはその問いから得られる結果をよく考察し、化学中間素材としての価値、価値創造についても、考察する。

第 3 章 先行研究

先行研究としては、中間化学素材メーカーの事業運営に関わる研究、対象とする銅張積層板事業に関わる研究、更には、本研究でも用いるネットワーク分析のサプライチェーン分析に関わる研究についても調査した。

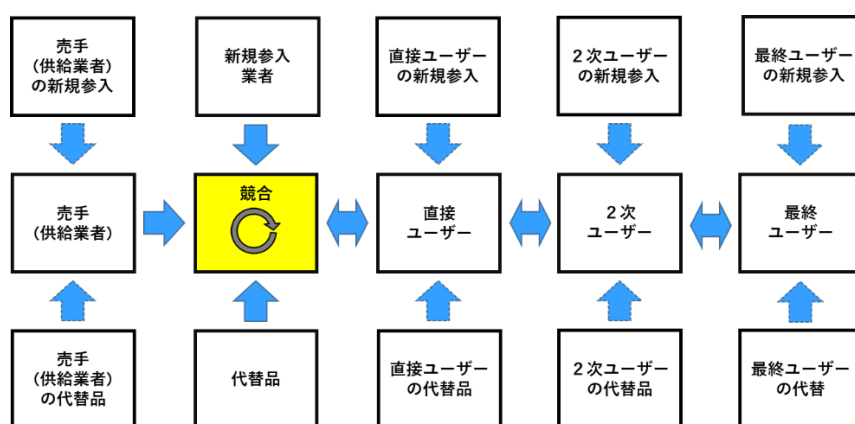
第4章 仮説

図表6 本 GP での問いと仮説

| | |
|----------|--|
| Big Q | 何故、プリント配線板産業は、常にリフレッシュできてきたのか？ ⇒化学中間素材・機能性材料の事業継続性とは？ |
| Small-Q① | 従来は、顧客との繋がりが単調であり、次世代需要も容易に探索できてきたのではないか？ |
| サブ仮説① | 繋がりを可視化、定量化により理解を深めることが可能となる。 |
| Small-Q② | サプライチェーンの複雑化により、素材メーカーとしての行動変容が必要ではないか？ |
| サブ仮説② | 複雑化の状況を理解することが重要である。 |

第5章 検証方法

具体的な検証対象として、自身が携わっている事業と比較として化学中間素材の異なる分野についてケーススタディを行う。ケーススタディで整理した内容を基に、筆者が提案する新規なダブル・ファイブ・フォース（以下、W5F と略す。）にて可視化を進める。W5F では定性的な分析となるため、その定量化のためにネットワーク分析を用いることとする。



図表8 ダブル・ファイブ・フォース (W5F)

出所)筆者作成

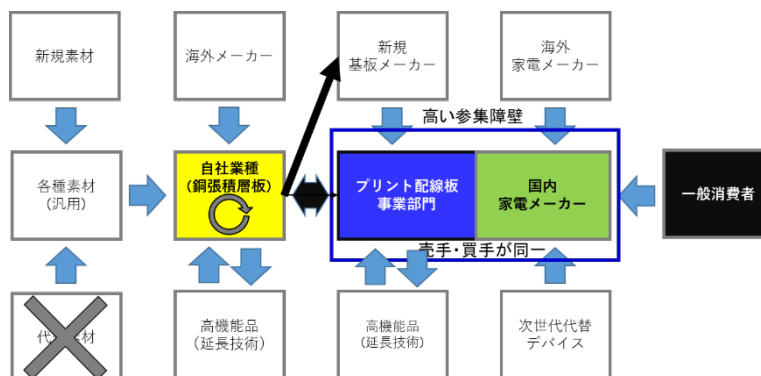
第6章 ケーススタディ

ケーススタディとしては、自身の事業であるプリント配線板用銅張積層板、川下視点でのケーススタディとして、ユーザーへのヒアリングを実施した。また、他事業として、自社ディスプレイ用異方導電性フィルムに関するケーススタディをまとめた。

第 7 章 分析

7-1. ダブル・ファイブ・フォース分析 (W5F 分析)

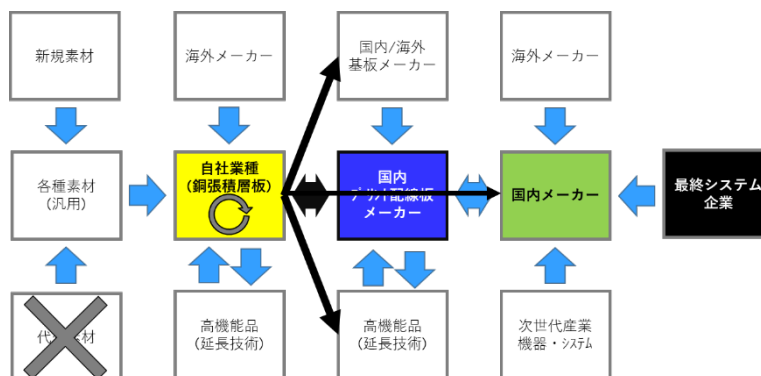
7-1-1. W5F による自身の事業を取り巻くサプライチェーン分析



図表 12 1970 年代、民生機器展開時の W5F

出所)筆者作成

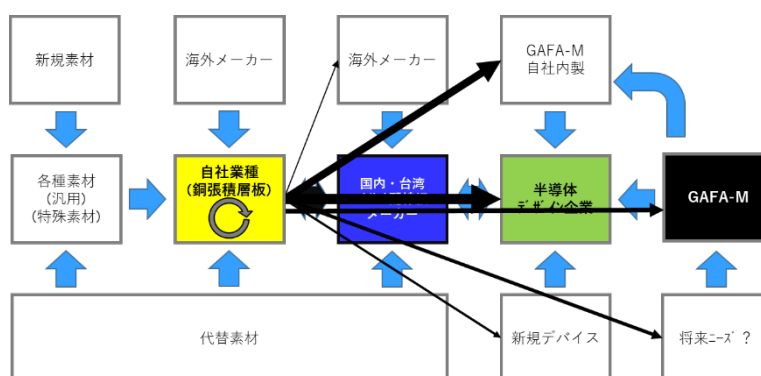
・ サプライチェーン連結数：1 階層



図表 13 1990 年代、産業機器展開時の W5F

出所)筆者作成

・ サプライチェーン連結数：2 階層



図表 14 2000 年代、半導体関連分野展開時の W5F

出所)筆者作成

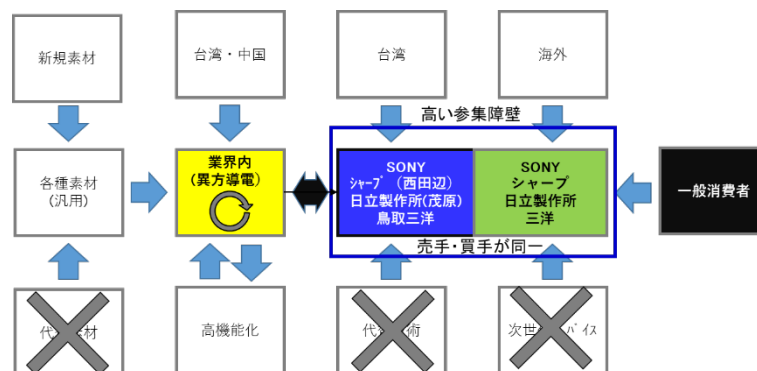
・ サプライチェーン連結数：3 階層



W5F による産業構造分析にてサプライチェーンの連結状態が過去よりどのような変化があるか、可視化することが可能となった。

7-1-2. W5F による他事業のサプライチェーン分析

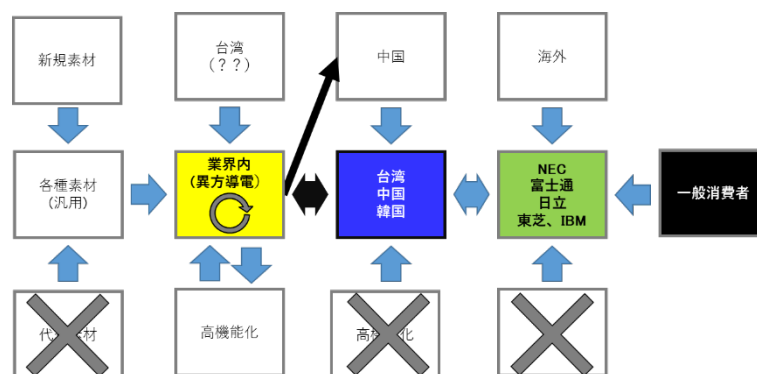
本項では、他事業の事例として、自社内の類似の化学中間素材ではあるが、ケーススタディにて状況を整理したアニソルム事業について、同様に W5F による分析を進める。



図表 15 1980 年代、国内ノート PC 展開時の W5F

出所)筆者作成

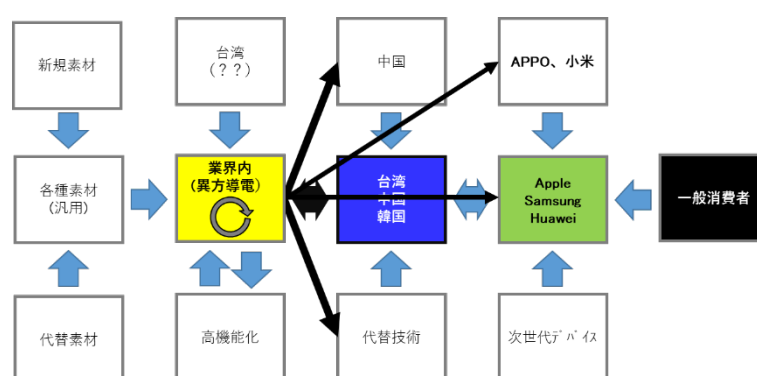
・ サプライチェーン連結数：1 階層 ■ - ■ ■ (1,2 階層が同一企業)



図表 16 2000 年代、ノート PC 展開時の W5F

出所)筆者作成

・ サプライチェーン連結数：1 階層 ■ - ■



図表 17 2010 年以降、スマートフォン向けディスプレイ展開時の W5F

出所)筆者作成

・ サプライチェーン連結数：2 階層 ■ - ■ - ■

特筆すべき点としては、アニソルムの事業展開として、スマートフォン向けへの展開によりその活動が大きく変わることが分かる。その特徴を以下に示す。

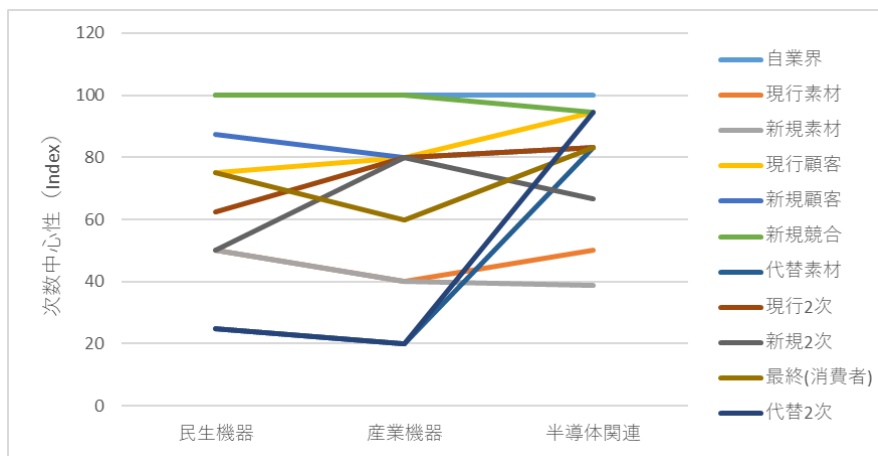
・ スマートフォンメーカーが中間素材の特性により、表示品質に差があることを認識するよ

うになった。

・『顧客の顧客』が中間素材の特性に関心を占めることで、サプライチェーンの繋がりに変化があった。

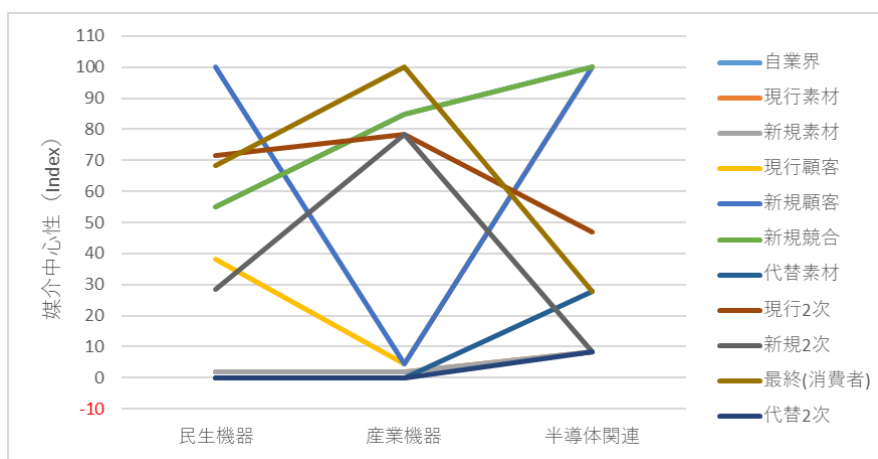
7-2. ネットワーク分析

7-2-1. ネットワーク分析による自身の事業を取り巻くサプライチェーン分析



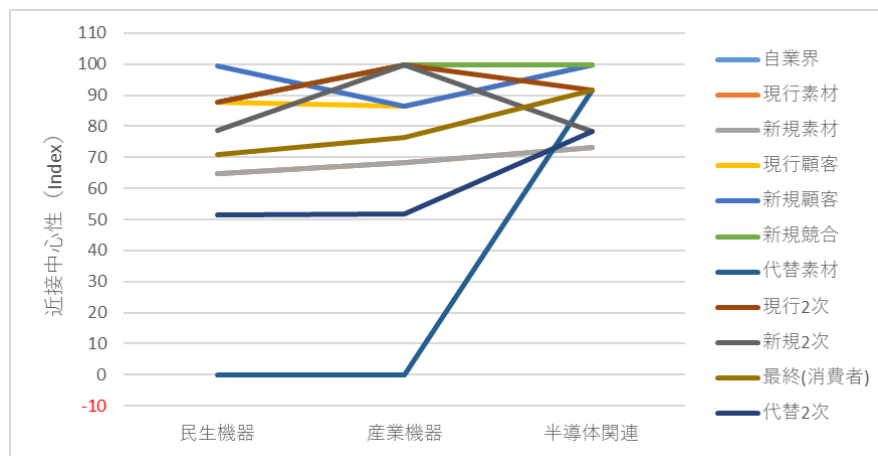
図表 22 各年代、分野別の次数中心性推移

出所)筆者作成



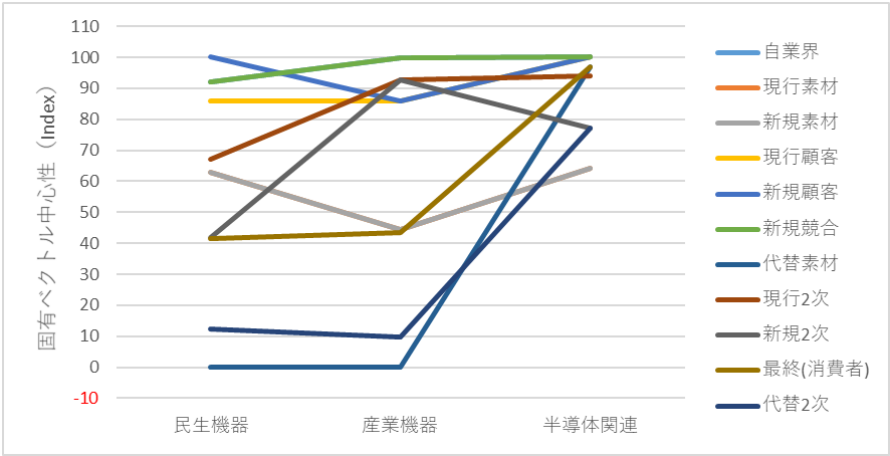
図表 23 各年代、分野別の媒介中心性推移

出所)筆者作成



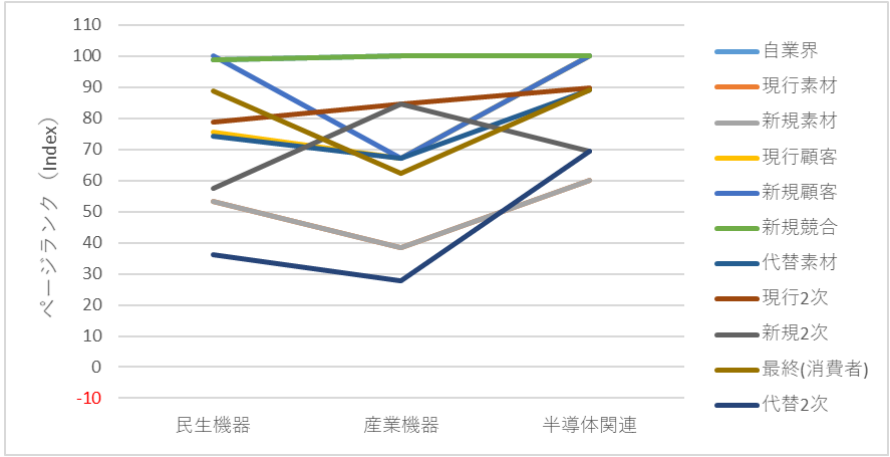
図表 24 各年代、分野別の近接中心性推移

出所)筆者作成



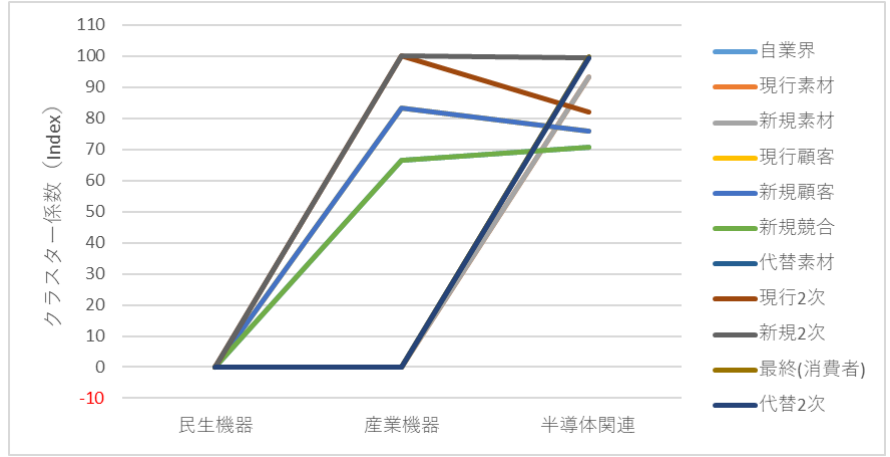
図表 25 各年代、分野別の固有ベクトル中心性推移

出所)筆者作成



図表 26 各年代、分野別のページランク推移

出所)筆者作成



図表 27 各年代、分野別のクラスター係数推移

出所)筆者作成

以上、各種中心性の分析と実際の事業活動とを比較し、有効性の確認を試み、以下の示唆を得ることができた。

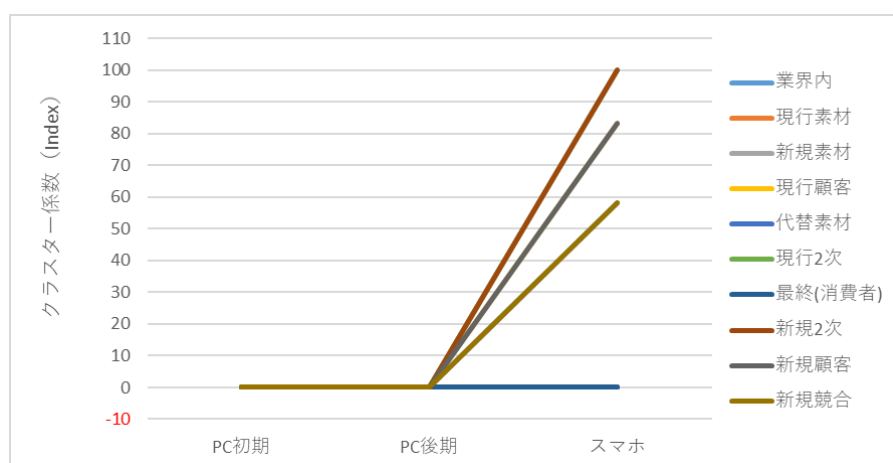
出所)筆者作成

図表 281 ネットワーク分析による各種中心性と事業関係性のまとめ（銅張積層板事業）

| | |
|-----------|--|
| 各種中心性 | 示唆 |
| 次数中心性 | サプライチェーンにおける各ポジションの <u>活動状況の定量化</u> の可能性あり |
| 媒介中心性 | W5F 分析との併用に <u>課題あり</u> |
| 近接中心性 | サプライチェーンにおける各ポジションの活動状況の定量化および各ポジション間の <u>情報伝達の密接差の定量化</u> の可能性あり |
| 固有ベクトル中心性 | サプライチェーンにおける <u>重要なポジションの定量化</u> の可能性あり |
| ページランク | サプライチェーンにおける重要なポジションの定量化の可能性はあるが、 <u>固有ベクトル中心性よりも感度が劣る</u> 傾向が見られる |
| クラスター係数 | サプライチェーンにおける情報伝達の <u>ハブとしての位置づけ定量化</u> の可能性があり、他指標との併用が有効。『顧客の顧客』戦略の必要条件の定義にもなりうる。 |

7-2-2. ネットワーク分析による他事業のサプライチェーン分析

異方導電性フィルムの事業についても、同様に分析を実施。特筆すべきはサプライチェーンの繋がり状況、直接顧客が機能を発現すると『顧客の顧客』戦略が取れないことからクラスター係数がゼロのままであるような特徴を見出すことができた。

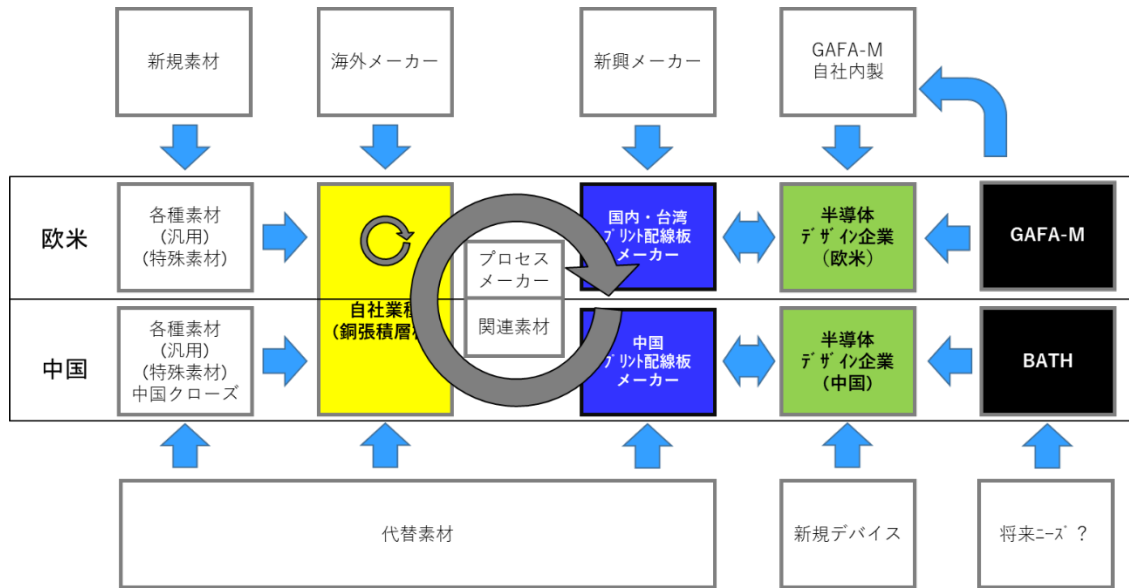


図表 38 各年代、分野別のクラスター係数（アニソルム事業） 出所)筆者作成

第8章 サプライチェーン分析を受けた未来予想図

2023 年夏期に実施された GP 中間発表会の際に上席特任教授である生天目章先生よりアドバイスをいただいた内容である。ネットワーク分析は現在、可視化可能な状況を分析する手法であり、将来の予測は不可能であるというものであった。本 GP の問いは、事業継続性に関するものであり、将来の予測は非常に重要なポイントとなる。

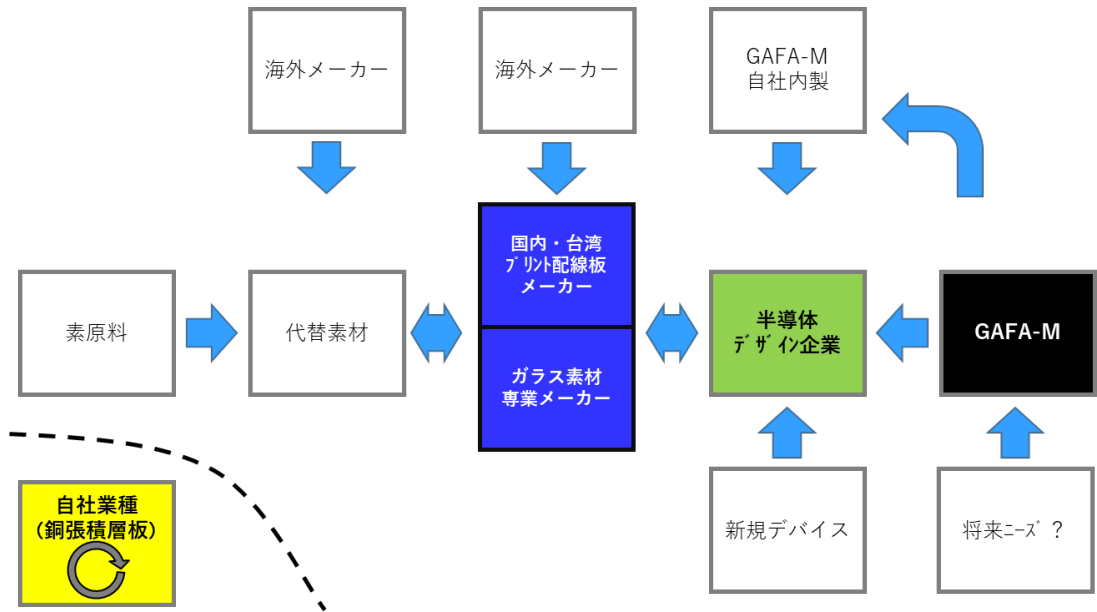
8-1. ベストケース



図表 40 半導体関連分野でのエコシステム補完型 W5F (ベストケース)

8-2. ワーストケース

出所)筆者作成



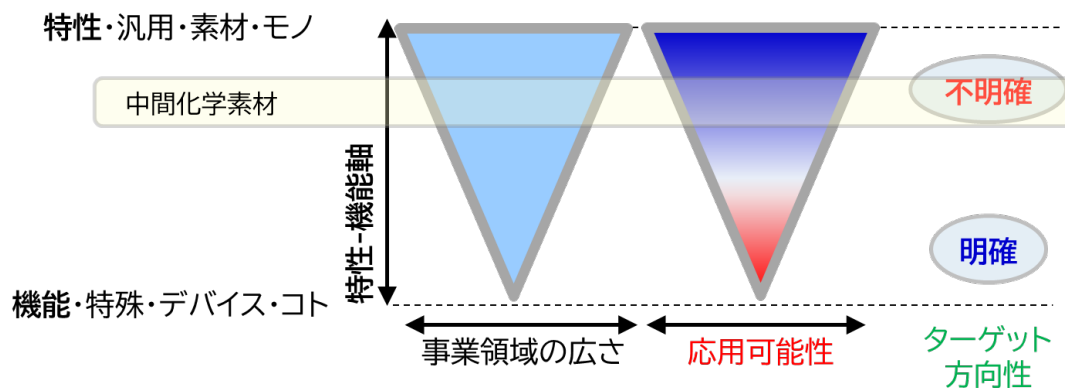
図表 42 半導体関連分野での W5F (ワーストケース)

出所)筆者作成

第 9 章 サプライチェーン分析から見てくる中間化学素材における価値創造とは？

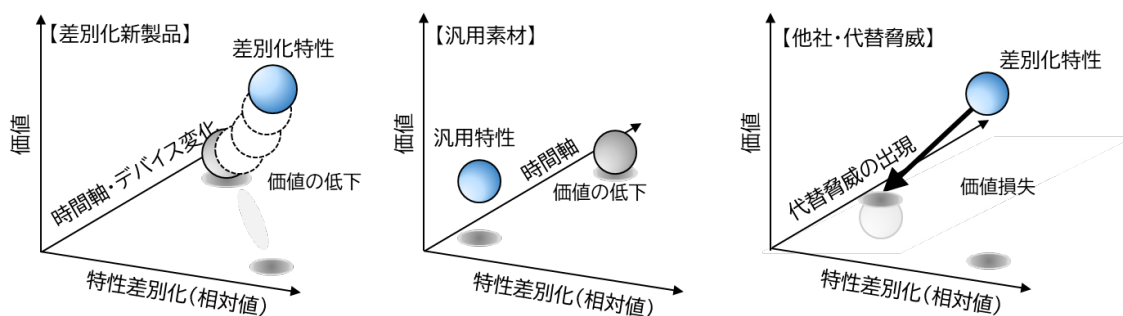
今回のサプライチェーン構造定量化はそうした事業継続性を検討する上で可視化、数値化を可能とし、示唆を得ることが出来たと考える。但し、サプライチェーン構造定量化だけでは、その方向性を検討することは不可能であり、化学中間素材に特有の価値とは何か

を考える必要がある。では、化学中間素材に特有の価値、価値創造とは何か？



図表 462 価値考察のための特性-機能軸

出所)筆者作成



図表 47 価値の変化

出所)筆者作成

9-1. 素材としての価値-フルヤ金属のケーススタディ

株式会社フルヤ金属はイリジウム、ルテニウムといった希少金属を取り扱う企業であり、素材産業の価値提供に対して、示唆を得られる有用な事例としてケーススタディとして取り上げた。

9-2. 従来得られていた価値とは

当時は、サプライチェーンの繋がりの中で、ニーズを探索し、それに応える形で対応してきた。また、W5F 分析でも触れたが、過去の展開においては、競合他社、新規参入の脅威は存在したが、代替脅威としては、自身の技術開発により対応可能であったころから、比較的容易に次の世代、展開領域を繋ぐことができたものと考察する。

9-3. 中間化学素材の価値創造とは

単に顧客や『顧客の顧客』からの声を理解するだけでよいのだろうか？顧客が実現したいものが何か、それを実現したいのが何時か、それを正しく理解し、その実現を可能とする化学中間素材を提供することが自事業の存在価値であることが本研究でより明確になってきていると思う。そうしたことから、VOC を Voice of Customer として捉えるのではなく、Value of Customer として捉えることが自身の活動の根幹に存在することが重要となるのではないかという考えに至った。本 GP ではこれは V (Value) OC と定義したい。

今後の継続的成長、事業展開を考える上で、新たに V (Value) OC を正しく捉え、更に、その価値の源泉を最終ユーザーの立場で捉えることが重要であろうという考えに至った。

第 10 章 提言

事業継続性、価値創造（顧客価値実現）に向けた開発部門・事業部門としての施策を提言。

第 11 章 まとめ

11-1. 本研究の成果

11-1-1. W5F 分析によるサプライチェーンの可視化

本研究において、筆者が提唱する W5F 分析は、従来からフレームワークとして用いられているファイブ・フォースよりもサプライチェーンの可視化に有効な手法であることを示すことが出来たと考える。サプライチェーンの中で『顧客の顧客』戦略を取るべきケース、その戦略を取ることが出来ないケース等、特性を有する素材と機能を担保する部品の領域等、必要な条件も解明することができた。

11-1-2. ネットワーク分析によるサプライチェーンの複雑さの定量化

サプライチェーンの複雑さをネットワーク密度にて示すことができ、各種中心性については、サプライチェーンにおける活動状況の定量化には次数中心性、情報伝達の密接度合いについては近接中心性、どこが重要なポジションであるかは固有ベクトル中心性で、それぞれ示すことができることを明らかにした。

11-1-3. 化学中間素材の価値創造

従来、化学中間素材は素材単体で機能を有していないことから、その特性を高めることで差別化を図り、価値創造に繋げているものと捉えていた。確かに、その一面はあるものの、更に価値創造を考える上で、顧客の達成しようとしている機能を価値と捉え、それを実現可能とするために素材として提供すべきことが重要であるという考えに至った。

11-2. 今後の課題

ケーススタディを基にした過去事例の分析であり、第 8 章での未来予想の中では、モデルの変化、新たに加わるプレイヤーを入れたモデル化により従来との変化を経時的に追うことが出来なかった。このことについては、今後の実際の事業運営において、変化を考える上での課題であると感じており、今回の分析手法を意識しながら、実際の事業に則したモデル化を検討する。

参考文献

1. (2003). 新製品開発における”顧客の顧客”戦略. 桑島健一、研究・イノベーション学会
2. (2012). 素材産業における新規事業創出モデルに関する比較研究. 田村泰一、他、早稲田国際経営研究、No.43.
3. (2015). 技術優位性を持つ日系メーカーの新興国市場への販路拡販問題-A 社の中国企業との製造委託販売契約交渉を中心に-. 種崎 晃、国際ビジネス研究第 7 巻第 1 号
4. (2005). ネットワーク分析手法を用いた企業間の取引関係ネットワーク分析、杉山浩平、本田治他、電子情報通信学会技術研究報告 (IN2005-28)
5. (2012). 自動車メーカーとサプライヤーの取引構造におけるネットワーク密度、岡本哲弥、日本経営学会第 86 回大会