高知工科大学
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

組織間関係による機能性材料の技術経営戦略分析

著者	近森 洋二
発行年	2018-09
その他のタイトル	Analysis of Technology Management of Strategy for Functional Materials Business by Inter-organaizational Relations
学位授与機関	高知工科大学
学位授与番号	26402甲第331号
URL	http://hdl.handle.net/10173/1979

博　士　論　文

題目

組織間関係による機能性材料の技術経営戦略分析

Analysis of Technology Management of Strategy for Functional Materials Business by Inter-organizational Relations

高知工科大学大学院　工学研究科　基盤工学専攻
博士後期課程　起業家コース
学位区分：博士（学術）

学 籍 番 号：1186007
氏　　名：近森　洋二
学位論文審査委員：
主指導教員　那須　清吾　教授
副指導教員　永野　正展　教授
副指導教員　桂　信太郎　教授
審 査 委 員　冨澤　治　名誉教授
審 査 委 員　坂本 泰祥　准教授

2018 年 9 月

要旨

組織間関係による機能性材料の技術経営戦略分析

Analysis of Technology Management of Strategy for Functional Materials Business by Inter-organizational Relations

機能性材料はバリューチェーン階層構造の下位に位置し，市場の存在は上位層の製品に依存する．また，用途と製造工程の両方が個別的に特定されている．その事業は上位階層の変化と不確実性の影響を直接受ける．機能性材料の経営課題は技術の急激な変化と将来予測が困難であることへの対応が難しいことである．機能性材料事業はどのように経営戦略が形成され実行されるのか，これまでよく知られていない．

本研究では，材料事業の経営戦略形成と実行のプロセスは経営変数のリスクレベルの違いでどのように変わるのか．市場と既存技術が存在する群の経営と市場が存在せずリスクを伴う技術開発を行う群の経営はどのように違うのか，それぞれの置かれた条件（市場，技術，資源，資本）のリスクレベルの違いによってどのように戦略の選択に違いが現れるのか，を明らかにする．

山倉（1993）は，それまでの経営戦略論は組織内部の問題として論じられ，現状の経営戦略論では経営戦略の形成との関係で組織間関係の問題が取り上げられていないとし，組織間関係論を適用して経営戦略の形成を見ることの重要性を指摘している．しかし，組織間関係論を適用した機能性材料の経営に関する実証的研究はなされていない．

デイら（2002）は技術中心のイノベーションのマネジメントを扱い，戦略策定のプロセスを最重要としている．不確実な環境における戦略立案を規律と想像力という視点で取り上げている．しかし，山倉がその重要性を指摘した経営戦略に必要な外部との組織間関係論の視点が抜けている．

山倉(1993)によれば, 従来経営戦略論はよい業績を実現する戦略のあり方が議論の中心であった．山倉は経営戦略がどのように形成され，実行されるのかというプロセスに焦点を当てるべきことを主張している．しかし，機能性材料事業の戦略策定や実行における動的プロセスを分析した研究は少ない．

本研究の課題は，第 1 に「戦略策定や実行における企業外部との関わり方の動的プロセスを変数，戦略，組織間関係によって説明すること」，第 2 に「市場が存在する場合と存在しない場合を比較することにより，技術と市場の変数の不確実性により戦略の策定と実行のプロセスの違いを示すこと」の 2 つである．

本研究では，機能性材料事業の戦略策定や実行における企業外部との関わり方の動的プロセスを，変数，戦略，組織間関係の 3 要素の相互作用により分析する．この分析により市場が存在し既存技術がある場合と市場が存在せずリスクを伴う技術開発が必要な場合とを比較することにより，それらの経営戦略の形成と実行のプロセスの違いを示す．

経営戦略策定と実行のプロセスに焦点を置き，①変数によって戦略が選択され，次に②戦略に応じて他組織との組織間関係が形成され，③選択された戦略が実行されて変数が変わり，④選択された戦略の実行により組織間関係も変化する．そして，⑤変化した組織間関係がさらに変数を変化させる．さらに，変数として市場の有り無し，技術の有り無しによって経営のプロセスがどのように違うのか，また，市場の来性，技術の将来性という評価軸を踏まえて，企業の存続・成長のためリスクレベルを評価して戦略が選択され，選択された戦略が将来の変数と組織間関係を新たに決めていくことが考えられる．市場と技術の将来性に関するリスクレベルによって経営のプロセスがどう変わるのか，戦略策定や実行における企業外部との関わり方のプロセスを動的に追った．そのため，ある時点での状態 1 から次の状態 2，状態 3，状態 4 へ区分けして状態の変化ごとに，変数，戦略，組織間関係の 3 要素の相互作用が順次どうであったのかを分析した．

以下に結論を述べる．分類 1 では，①組織が持たない資本・資源を獲得して投資したときのリスクレベルの高低を評価し，リスクを判断した上でとるべき戦略を選択する．

分類 2 は，資本と資源がなく，また，市場と技術も存在しない場合である．分類 1 で示した①資本を獲得して投資したときのリスクの高低を評価することに加え，分類 2 では，②市場と技術開発両方を獲得できるのか予測し，このリスクレベルの高低を評価することが必要である．さらに，③これらのリスクレベルをどこまで受容できるかの評価を行うことがとるべき戦略の選択に必要となる．すなわち，実行しなかった場合に将来その企業が存続しないことが予測される場合には，多くの場合リスクを取って投資を行う戦略を選択する．投資を実行しなくてもその企業が存続するのであれば，通常はあえて不確実な市場と技術開発に投資するリスクはとらない．

市場がなくても技術がある場合，将来有望である場合は自社の将来性を考えたとき，そこは比較優位であるけれど，どちらかというと投資に向かう．

一方で，技術も市場もない場合はリスクレベルが非常に高い．その場合，リスクレベルをどの程度まで受容できるかを評価する．実行しないと企業が存続しないような場合には，リスクを取って投資する．実行しなくても企業が存続するのであれば，あえてリスクはとらない．その場合，結果的に投資が抑制的に行われる．むしろ，提携することによってリスクを下げていく，補っていく方向で戦略が採られていく．

目次

第 1 章　はじめに 9
1.1　背景 9
1.2　本研究の目的 10
1.2.1　テーマの社会的・学術的意義 10
1.2.2　本研究の目的 11
参考文献 12
第 2 章　本研究の視点と先行研究 13
2.1　研究領域および本研究の視点 13
2.2　先行研究レビュー 16
2.2.1　技術経営 16
2.2.2　リスクと不確実性に関するレビュー 17
2.2.3　組織間関係論および資源依存理論に関するレビュー 24
2.2.4　本研究の課題 25
参考文献 25
第 3 章　研究方法および論証の方法 27
3.1　研究方法と論証の方法 27
3.2　本研究で用いた資料 35
3.3　事例対象とした企業 4 社の歴史と特徴 35
3.4　メタル磁性粉以外の機能性材料事例 35
参考文献 36
第 4 章　汎用材料事例 1：分類 1 37
－復興期から有機合成化学参入まで技術経営事例－ 37
4.1　関東電化工業（A 社）事例分析の視点と意義 37
4.2　関東電化工業（A 社）の歴史と概要 37
4.3　戦後の復興期　塩化ビニル事業 39
4.3.1　電解ソーダ事業による経営安定化戦略 39
4.3.2　有機合成化学拡大と臨海部への進出 52
4.4　1960 年台の M 社との提携と水島コンビナート 57
4.4.1　第二工場の建設構想 57
4.4.2　1960 年代，水島工場建設と渋川工場の体質転換生き残り 61
4.5　水島進出と M 社との提携 62
4.5.1　水島進出案の浮上 62
4.5.2　M 社との提携と水島進出選択 64
4.5.3　資金不足への対応と M 社との資本・業務包括提携 66

4.6　三菱化成（M 社）提携解消と古河への復帰 69
4.6.1　M 社との提携とその後の解消 69
4.7　塩化ビニルの経営プロセスに関するまとめ 71
4.7.1　ステージごとの整理 71
4.7.2　塩化ビニル事例調査結果の位置づけ 72
参考文献 74
付録 74
第 5 章　機能性材料事例 1：分類 2 その 1 75
－磁気記録用メタル磁性粉－ 75
第 5 章の目的と概要 75
5.1　磁気記録メディア技術，歴史とその発展 80
5.1.1　1980 年頃の記録メディアの状況 80
5.1.2　メタル磁性粉開発の要請 80
5.1.3　技術開発の全体像 81
5.2　関東電化（A 社）メタル粉事例 82
5.2.1　A 社の酸化鉄系素材事業への参入と展開 82
5.2.2　高純度酸化鉄を利用する金属粉事業 89
5.2.3　A 社のメタル粉 90
5.3　同和鉱業（B 社）メタル粉事例 96
5.3.1　B 社のメタル粉の概要 96
5.3.2　酸化鉄とメタル粉に係る同和鉱業（B 社）の歴史 96
5.3.3　B 社のメタル粉 98
5.3.4　B 社の戦略 98
5.4　戸田工業（E 社）メタル粉事例 102
5.4.1　E 社の概要 102
5.4.2　E 社の技術発展の契機 102
5.4.3　E 社のメタル粉 104
5.5　チタン工業（F 社）メタル粉事例 105
5.5.1　チタン工業（F 社）の創立経緯 105
5.5.2　戦後の復興期 105
5.5.3　資本構成の変化 106
5.5.4　高品位合成酸化鉄製造技術提携 106
5.5.5　磁性酸化鉄の開発と事業化 106
5.5.6　F 社コバルト･ガンマ酸化鉄磁性粉の開発 107
5.5.7　F 社のメタル粉 108
5.6. 各社のメタル磁性粉事業化の比較検討および考察 132

5.6.1　事例の要点 132
5.6.2　B 社と他社との比較 136
5.6.3　B 社との比較の視点で考えるメタル粉事例における変数 137
5.6.4　まとめ 141
参考文献 141
第 6 章　機能性材料事例 2：分類 2 その 2 142
リチウムイオン電池用材料 142
6.1　リチウムイオン電池の概要 142
6.1.1　リチウムイオン電池の構成 142
6.1.2　旭化成とソニーの電池開発の概要 144
6.1.3　電池開発の経緯 146
6.2　電池産業における階層性 152
6.3　**リチウムイオン電池材料の競争環境の現状** 154
6.4　E 社リチウムイオン電池用正極材 157
6.4.1　リチウムイオン電池用正極材の開発経緯 157
6.4.2　E 社の経営状況の推移 159
6.4.3　E 社の正極材事業とリスクに関する検討 163
6.5　F 社リチウムイオン電池用負極材事例　チタン酸リチウム　（LTO） 167
6.5.1　リチウムイオン電池負極材の開発経緯 167
6.5.2　東芝のリチウムイオン電池と材料メーカーの事例 168
参考文献 169
付録 170
第 7 章　機能性材料事例 3：分類 2 その 3 172
機能性酸化チタン 172
7.1　酸化チタン製品の現状 172
7.2　機能性材料としての酸化チタン開発の経緯　事例 3-1　光触媒酸化チタン 173
7.2.1　光触媒作用の発見 173
7.2.2　機能性材料としての酸化チタン 173
7.2.3　光触媒実用化には 30 年 174
7.2.4　TOTO の登場と役割 176
7.2.5　産業の形成 177
7.3　光触媒材料に関する材料メーカー各社事例の比較と考察 178
7.3.1　酸化チタン各社の比較 178
7.4　事例 3-2　紫外線吸収酸化チタン 181
7.5　事例 3-3　チタン酸化合物群　チタン酸リチウム 182
7.6　光触媒産業に関する考察 182

参考文献 183
付録 186
第 8 章　総合的考察 187
8.1　総合的検討，市場がある場合と市場がない場合の違い 187
8.2　市場と技術がある場合，A 社事例の考察 187
（1）塩化ビニル参入 187
（2）塩化ビニルによる企業基盤確立 189
（3）シミュレーション１；市場に関する変数の違いによる経営戦略への影響 190
（4）シミュレーション２；組織に関する変数の違いによる経営戦略への影響 194
（5）塩化ビニル事業の終了 197
（6）有機合成化学拡大 198
（7）水島進出後のめまぐるしい展開 199
8.3　市場と技術が存在せずリスクを伴う技術開発を行う場合 203
（1）メタル磁性粉開発開始 203
（2）還元委託 204
（3）還元委託の見直し 205
（4）高性能化対応開発 206
（5）撤退 207
8.4　市場ありとなしのプロセスを比較した結果に関する考察 208
（1）参入時における経営戦略の選択の比較 208
（2）提携戦略における経営戦略選択の違い 210
（3）A 社水島進出戦略選択に関する考察 211
（4）経営戦略のプロセスの違い 212
8.5　機能性材料の事業化に関する考察 213
8.6　本研究の意義 215
第 9 章　結論 217
謝辞 221
付録（Appendix） 223

第 1 章　はじめに

1.1　背景

機能性材料は日本の電子産業にとって極めて重要な存在である[1]．機能性材料は磁気テープや二次電池など大市場の中の構成部材としてニッチな市場を形成し，重要な役割を果たしている[2]．代表的企業として例えば，磁気記録用磁性酸化鉄系としては戸田工業株式会社とチタン工業株式会社，メタル磁性粉系としては関東電化工業株式会社や DOWA エレクトロニクス株式会社があり，電解コンデンサ用セパレータでは世界シェアが 70%近いニッポン高度紙工業株式会社などがある．（以下では株式会社を省略する．）

チタン工業や戸田工業など磁気テープ用機能性材料系企業は，デジタル化によりアナログ式の磁気テープがデジタル方式に変化し，2000 年頃までに磁性酸化鉄市場が急激に縮小するという試練に遭遇した．これらの企業はこのような激しい環境の変化に対応して，既存の事業の替りに新規な機能性材料の開発と事業化に挑戦している．例えば，戸田工業はリチウムイオン電池用の正極材，チタン工業は同負極材の開発と事業化を進めている．

しかし，メタル磁性粉事例で近森（2014）が報告したように，機能性材料の開発と事業化には消費者向けの製品や汎用材料とは異なる特有の不確実性とリスクが存在する．特定用途の機能性材料は用途だけでなく，製造プロセスも専用性が強い（図 1.1-1）．ロバスト性がないため，その用途がなくなれば専用プロセスもその特定用途の機能性材料とともに不要になる．現在はデジタル化と情報化が 2000 年代に比べてもさらに進展し，新興国の企業の台頭もあって，環境の不確実性は増すとともに自社だけでは経営資源が不足する状況が多くなっている．経営資源調達のために他組織との連携の重要性が大きくなっている．機能性材料の開発と事業化に関しても，メタル粉が開発された 1980 年代よりさらに機能性材料の開発に関する不確実性とリスクは拡大していると推測される．従来以上に他組織との連携やネットワークなど高度な技術経営が必要となっていると考えられる．

しかし，機能性材料の技術経営のプロセスの実際について，組織間関係および不確実性とリスク構造に着目した事例研究は見当たらない．機能性材料に進出した材料企業が経営と技術を統合した活動の中で不確実性とリスクに直面し，他組織との関係性に対しどのように戦略を策定し，実行してきたのか，いかに意思決定してきたのか等を明らかにするため，メタル磁性粉に代表されるこれらの過去事例は先駆的事例として興味深い．今，機能性材料の技術経営事例を顧みることは，以前より不確実性が増し，資源獲得と連携のために他組織との関係性を考慮する重要性が増大した世界における今後の中小企業の技術経営の理論構築および実践に必要な視点を得られると考える．

---

[1] みずほ情報総研：平成 26 年度製造基盤技術実態等調査（機能性素材動向調査）報告（2015）．

[2] 経済産業省 機能性化学産業の競争力強化に向けた研究会：「機能性化学産業の競争力強に向けた研究会」報告書（2013）．

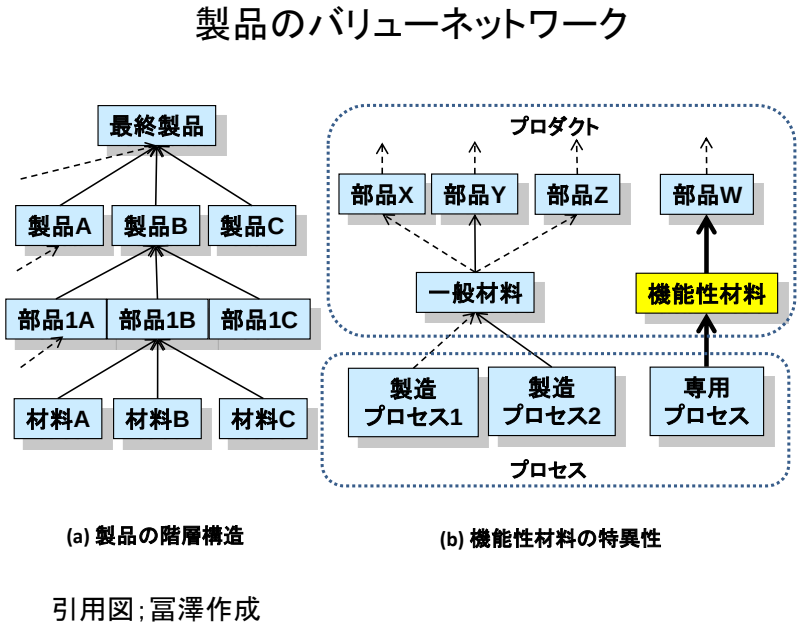


図 1.1-1　機能性材料の特異性

1.2　本研究の目的

1.2.1　テーマの社会的・学術的意義

丹羽（2006）は『技術経営論』において，高度技術社会における研究開発マネジメントの工夫の重要性を指摘しており，今後も重点的に取り組むべき技術経営の中核部分と位置づけている．丹羽（2006）は同書第 2 章「技術戦略」において，企業の経営戦略を「競争に勝つための企業の長期目標と，それを達成するための行動計画と資源の割り当て」と定義し，企業の「外」からの視点と企業の「中」からの視点の 2 つが存在するとしている．そして，経営戦略を競争戦略と資源戦略の 2 つに分類する一般的な見方を前提として，技術戦略なしの経営戦略があり得ないことを説き，技術を所与の条件とする一般の経営学を超えて，技術開発を主体的に行う技術戦略の必要性と特徴を述べている[3]．その上で技術が競争戦略と資源戦略に重大な影響を与えることから，企業の戦略構築時に技術を重視する必要性を指摘し，Porter の競争戦略論に係る批判[4]を紹介し，批判が現実に当てはまることを指摘している．一例として，高度技術社会では競争に勝つための技術開発に際して，コ

3　丹羽（2006）;『技術経営論』PP.32-37.
4　丹羽（2006）は DE KLUYVER AND PEARCE Ⅱ, 2003, PP.55-56 を紹介している．

スト低減と機能の高度化など差別化の両方を満足することを技術開発の目標としている現実に対して，Porter ではコストリーダーシップ戦略と差別化戦略が排他的となっている点を現実に合わない事項として指摘している．

さらに，企業が自ら技術開発を行うという技術競争の出現と技術開発を効果的に行うための企業間の提携や協同という戦略行動が一般化していることを挙げ，経営戦略を構築する際の技術動向を所与あるいは環境条件ではなく，明示的な操作変数として扱う必要性を示した[5]．さらに，実践を目的とする経営学を提唱し，企業経営の試みの中から「理論を生み出す行動をする」という工学的アプローチを提唱している．

丹羽（2013）は『技術経営の実践的研究: イノベーション実現への突破口』において技術経営の実践的研究はこれまで多くはなされていないため，2013 年の時点でもさらなる実践的研究の実施が必要と指摘している．

そのため，本研究ではまず事例として世界で初めてメタル磁性粉の事業化を実行した関東電化工業（A 社）の事例を取り上げる．この事例を汎用材料から機能性材料への技術経営の経過を組織間関係論の視点を入れて調査し，中小企業による機能性材料の技術経営の特徴を明らかにする．その後，メタル磁性粉に参入した同和鉱業，戸田工業，チタン工業の事例を合わせ，それらの比較により不確実性が大きく影響する機能性材料の技術経営とその理論構築についての指針を示す．

機能性材料の技術経営のプロセスに対し，変数，戦略，組織間関係の相互作用を動的に分析する視点でなされた研究はこれまでない．これは本研究が初めて提示する問題の視点であり，学術的にも社会的にも意義は大きい．

1.2.2　本研究の目的

本研究は変数，戦略，組織間関係の相互作用を見ることにより，技術と市場が未だ存在しない機能性材料の技術経営と市場が存在する一般材料の技術経営とは，戦略の策定と実行のプロセスにどのように違いがあるのかを明らかにすることを目的とする．本研究のリサーチクエスチョンは，「材料事業の経営戦略と実行のプロセスは経営変数のリスクの違いでどのように変わるのか？」，「市場がない機能性材料事業の経営はすでに市場がある一般材料事業経営とどのように違うのか？ 」である．

本研究は，機能性材料事業のように技術を核とする経営について，組織間関係論とそのモデルを用いた事例分析により，不確実性が大きい環境（近森,2014）における経営戦略の形成と実行の動的プロセスを実証的に考察する．

この考察により以下のことを明らかにする．

（1）市場が存在する一般材料事業と市場が存在しない機能性材料事業の経営戦略策定と実行における企業外部との関わり方の動的プロセスを変数，戦略，組織間関係によって説明する．

5　丹羽（2006）;『技術経営論』P.34.

（2）市場が存在し既存技術がある場合と市場が存在せずリスク伴う技術開発が必要な場合とを比較することにより，それらの経営戦略の策定と実行のプロセスの違いを示す.

本研究では，便宜的に「市場と既存技術が存在する場合」を分類 1 とし，「市場が存在せずリスクを伴う技術開発を行う場合」を分類 2 とする.

参考文献

ポーター(1995) 『新訂　競争の戦略』 ダイヤモンド社.

J.デイ（2002） 『ウォートンスクールの次世代テクノロジー・マネージメント』 東洋経済新報社

経済産業省 機能性化学産業の競争力強化に向けた研究会 :「機能性化学産業の競争力強化に向けた研究会」報告書（2013）.

近森洋二（2014）「電子部材用機能性材料開発におけるリスクおよび不確実性の構造とそのモデル化，8 ミリビデオテープ用金属磁性粉の事例を中心としてー」，高知工科大学修士論文，（2014 年 3 月）.

丹羽清（2006） 『技術経営論』 東京大学出版会.

丹羽清（編）（2013）『技術経営の実践的研究: イノベーション実現への突破口』東京大学出版会.

みずほ情報総研, 平成 26 年度製造基盤技術実態等調査（機能性素材動向調査）報告書（2015）.

第 2 章　本研究の視点と先行研究

2.1　研究領域および本研究の視点

技術経営論の構成を検討する．MOT は MIT の教育プログラムから発展した経営学の教育プログラムであり，現在は Technology Strategy を重視している．日本では MOT を技術経営と訳しているが，その解釈は多義にわたっている．丹羽（2006）は技術開発の枠組みとして，1.　技術戦略，2.　技術マーケティング，3.　イノベーション，4.　研究開発，5.　技術組織，6.　技術リスクマネジメント，7.　知識マネジメントを挙げている．

経済産業省は「技術に立脚する事業を行う企業・組織が，持続的発展のために，技術が持つ可能性を見極めて事業に結びつけ，経済的価値を創出していくマネジメント」としている．筆者の問題意識は，材料系メーカーの経営は技術をベースとして，価値を創出するマネジメントと見ており，経済産業省の見方に近い．技術開発のマネジメントという狭い概念ではなく，広い意味での経営として捉えた概念として考察する．一方，筆者が本研究においてテーマの対象とする機能性材料の領域では，開発現場および経営陣は MOT を意識したマネジメントを行ってきたわけでもなく，関係者の体験と個々の企業の伝統的な基準により経営と研究開発を行ってきていると考えられる．図 2.1-1 にこれらを並べて示す．

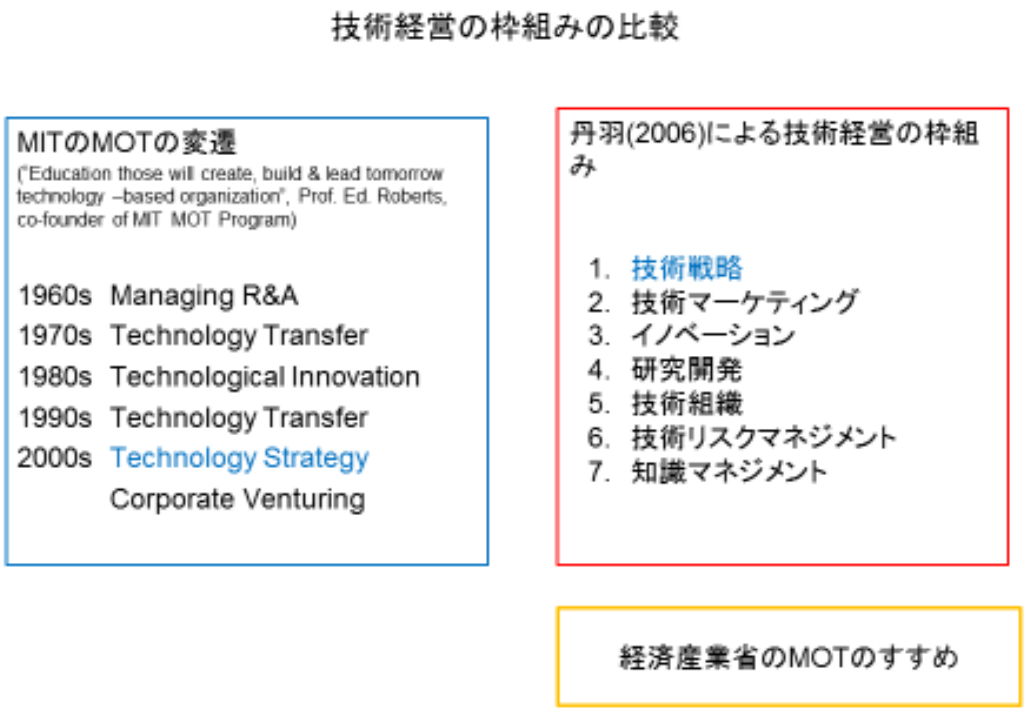


図 2.1-1　技術経営と MOT との比較

出典：

経済産業省（2005）『MOT のすすめ』から筆者改編
丹羽清(2006) 『技術経営論』 東京大学出版会を筆者改編

先に述べたように，丹羽(2006)は高度技術社会における研究開発マネジメントの工夫の重要性を指摘しており，今後も重点的に取り組むべき技術経営の中核部分と位置づけている．研究マネジメントの中でも，丹羽・板谷（2012）らはイノベーションとして革新的な成果を求める「探索研究」のマネジメントを議論の対象とし，探索研究の推進と研究者の発見をいかに支援するかを喫緊の課題としてその方策について考察している．しかし，探索研究に関する議論だけでは，機能性材料の技術経営を考察することはできない．確かにリチウムイオン電池の事例では，吉野がリチウムイオン電池の構成を考案したときには，正極材と負極材の組合せを探索した結果が成果を生んだ．しかし，その後ソニーがリチウムイオン電池を工業的に製造する工程を確立するまでは試行錯誤的な実験データの蓄積を必要とした．また，その後リチウムイオン電池部材に参入した多くの材料メーカーは，既存の技術を基盤としてインクレメンタルな技術活動を継続しながら，革新的な機能を持つ新規なリチウムイオン電池用の材料の開発にも注力している．

リチウムイオン電池の基本概念を創造した吉野は，リチウムイオン電池の開発と事業化を行った体験について，興味深い所感を語っている[6]．インタビューの中で開発している時，１０年後のことは誰も予測できないと断言している．

一方，金・浅田（2007）は企業の概要，製品戦略，サプライヤーとの関係，製品開発を取り巻く不確実性，製品開発プロセスでの情報利用形態，そして製品開発パフォーマンスなどの項目について上場企業に質問票を送って，構成新製品開発の不確実性と製品戦略について情報の利用を検証した．4 つの仮説を立てて検証を行い，一部の仮説を検証できたが，目的とする「情報の効率的，効果的利用に関する問題を明らかにすること」が出来なかった．しかし，その調査により，製品開発のパフォーマンス向上のためには組織間のコラボレーションの重要性がある（Kahn，1996）ことが示唆された可能性を述べている[7]．情

6　吉野彰・宮本宏尚（2010）「リチウムイオン二次電池の開発事例に学ぶ技術・事業開発とリーダーシップ」『上級 MOT 短期集中研修「戦略的マネジメント研修」について』第 17 回，株式会社東レ経営研究所．：吉野は，リチウムイオン電池を開発したときも「正確に未来を読めたら，どんな研究でも必ず成功するはずだけど，実際はそれは難しい．ただ，何も感じなかったかというとそうではなく，予兆を感じていました．」と将来の予測はできなかったと言っている．しかし，予兆を感じるという曖昧な感覚を語っており，注目される．続いて吉野は「研究開発をスタートする時に，マーケットをどう考えるかは一番重要でありながら，極めて難しい作業です．明確には読めないにしても，信号は必ず出ているはずです．ここから正しい信号をセレクトして，いかにそれを先につなげていくかが一番のポイントです．二次電池開発の場合，予兆は随所にありました．将来を読むことが研究開発の成否を左右する重要なポイントであります．」とも述べており，予測はできなくても，「予兆は明確に多くある」ことおよび「将来を読む」ことの重要性を挙げている．

7 金・浅田（2007）引用：p.61，「Frishammarl and Hörte（2005）の研究でも述べられているように，製品開発のパフォーマンス向上のためには相互作用より，組織間のコラボレーションが重 要である（Kahn，1995）とのことが本研究でも示唆されているかもしれない．これはある状況での情報の入手や利用などによる相互作用効果よりも，部門間，及び組織間でのコミュニケーションや情報の共有などの要素が製品開発パフォーマンスには，より大切であるとのことを意味するかもしれない．」

報の入手や利用などによる相互作用効果よりも，部門間，及び組織間でのコミュニケーションや情報の共有などの要素が製品開発パフォーマンスには，より大切であることを意味するかもしれないと述べている．本研究のリチウムイオン電池材料事例で示唆された他組織との協同，連携が不確実性とリスクへの対処に有用である可能性と共通する示唆である．

近森（2014）は機能性材料の開発と事業化に関しては，物体構造に基づく技術的階層性および組織的階層性による特有の不確実性とリスクがあることを指摘した．近年は社会環境の変化が早く，また，新興国との競争も激しいため，資源獲得と他組織との連携が重要であり，機能性材料事業も以前にも増して高度な技術経営が必要となっている．

筆者はこれまで機能性材料開発における不確実性とリスクについて，研究を行ってきた．機能性材料は日本全体での生産額は巨大であるが，個別の市場はそれほど大きくない．そのため，機能性材料を製造する企業は，中堅化学系企業が多く，大企業であっても担当する部門は規模が小さい事業部や子会社が多い．機能性材料開発においては，資本と資源の確保が重要であり，組織間関係により経営行動を分析する方法は有用と考える．

また，磁気テープにおける磁性粉やリチウムイオン電池における 4 大材料のように機能性材料はバリューチェーンの川上にあることに加え，技術と市場が階層構造にあることが特徴である．そのためにテープ製造や機器製造企業よりさらに不確実性[8]が増幅され，リスクが拡大する．また，リチウムイオン電池の開発競争にみられるように近年の新興国の台頭により，先行する日本企業の競争優位が持続しなくなった状況にある[9]．リチウムイオン電池用材料についても，新興国との競争の激化と技術的変化により経営の不確実性が増している．

丹羽（2006）は『技術経営論』第 2 章「技術戦略」p.29 において企業の経営戦略を定義しており，企業の経営戦略を「競争に勝つための企業の長期目標と，それを達成するための行動計画と資源の割り当て」と定義している[10]．そして，経営戦略を競争戦略と資源戦略の 2 つに分類する一般的な見方を前提として，技術戦略なしの経営戦略があり得ないことを説き，技術を所与の条件とする一般の経営学を超えて，技術開発を主体的に行う技術戦略の必要性と特徴を述べている．

そこで，筆者は図 2.1-2 のように機能性材料に係る技術経営を技術戦略（競争戦略論），リスクマネジメント，組織間関係を軸として考察する．

8　馬場直彦（2004）引用：「不確実性とは，将来どのような事象が生じるのかを正確には予想できない状況を指す．一方，リスクは，不確実性が経済主体に将来経済的な影響をもたらすと予想されるときにはじめて発生する．」

9 例えば，経済産業省平成 24 年『蓄電池戦略』P.7 によれば，我国のリチウムイオン電池シェアが急速に低下していることを特筆している．

10 その際，企業の「外」からの視点と企業の「中」からの視点の 2 つが存在することに注意を向けている．経営戦略は競争戦略と資源戦略の 2 つに大別されることを述べ，「競争戦略を「外」からの視点，資源戦略を「中」からの視点に対応させて理解できる」としている．

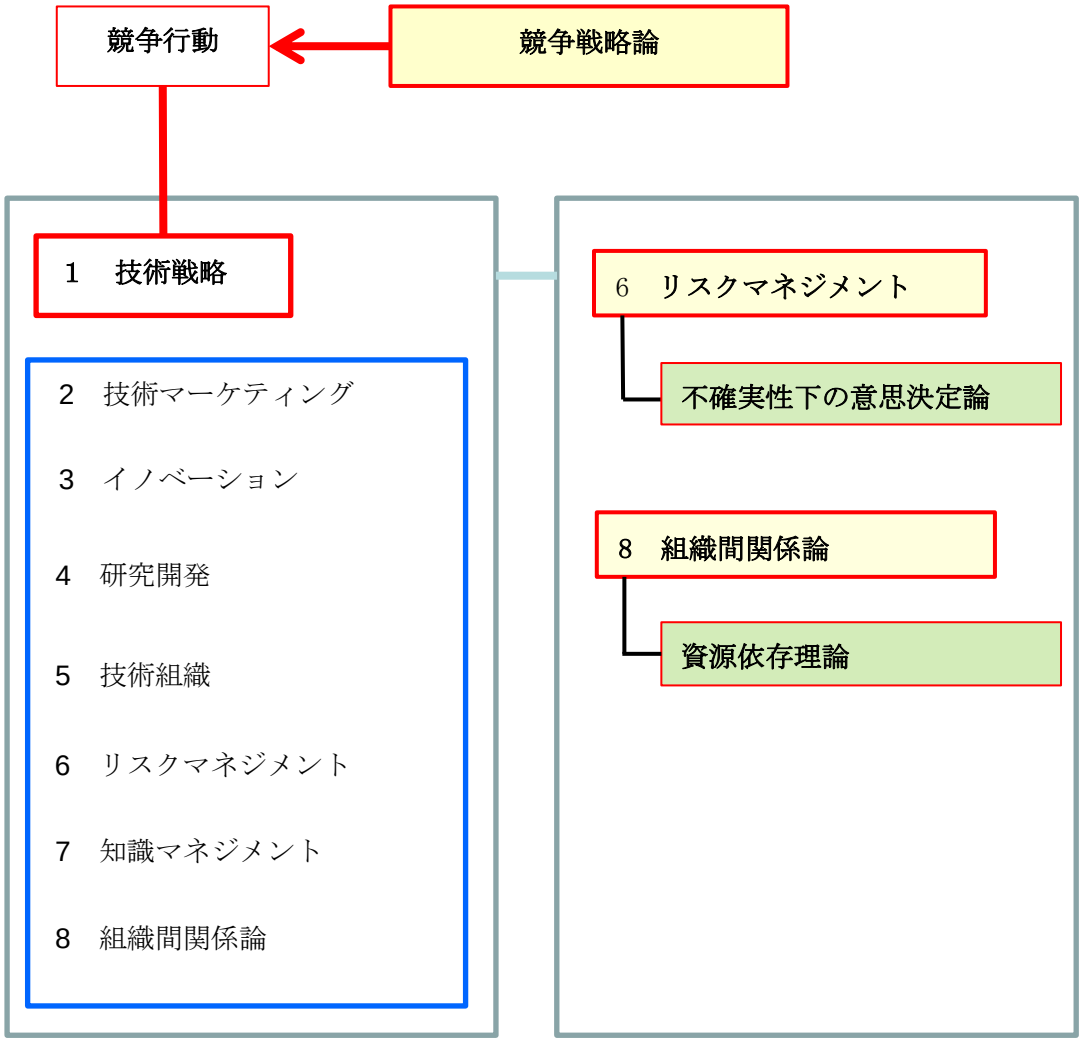


図 2.1-2　本研究の技術経営の枠組み

2.2　先行研究レビュー

筆者のこれまでの研究で，第一に機能性材料は階層性が特徴的であり，階層性に関連して川下の企業の情報と評価に依存することにより増幅される特有の不確実性とリスクが存在することを示した．第二に，顧客である企業との組織間関係を中心として，原材料企業，製品企業など多くの他組織との関係が重要な経営要素となる．本研究は階層構造と不確実性に関するこれまでの研究を踏まえ，機能性材料の技術経営を不確実性とリスクおよび組織間関係論の視点で考察する．

2.2.1　技術経営

デイら（2002）は技術中心のイノベーションのマネジメントを扱った研究「ウオートン

スクールの次世代テクノロジーマネジメント」において，未踏の領域に本来的に備わっている複雑性，不確実性，すばやい変化にどのように対応すればよいのかという課題を設定．多くの示唆を得られる．成功のための決定的な要素あるいは明確な秘訣があるわけではないと述べ，戦略策定のプロセスを最重要としている．しかし，戦略策定のプロセスに関する詳細は見られない．

鈴木（2009）は「製品の複雑性」と「市場の不確実性」をモデレータとする新商品開発力と経営成果との関連性を分析している．経営プロセスには触れていない．不確実性が高い場合にはさらに「開発戦略・組織力」を強化すべきとしている．我々が調査したメタル磁性粉の同和鉱業の事例はこの知見を支持している点も認められる．

鈴木（2009）によれば，化学素材・産業用化成品は複雑性と不確実性がともに低とされている．電子部品・デバイス(自動車以外)は複雑性が中で，不確実性が低であるとされている．筆者の研究においても汎用材料の化学素材の不確実性は低いと判断している．しかし，機能性材料については不確実性が大きいと考えられる事例が多く存在する．機能性材料の領域では開発技術力の強化は当然必要である．しかし，それだけでは不確実性に対応できない．我々は開発のオペレーションの次元を超えた経営における意思決定が経営成果を左右するものと考えている．

丹羽（2013）は技術経営の実践的研究はこれまで多くはなされていないため，さらなる実践的研究の実施が必要と指摘している．

以上のように，機能性材料における不確実性の特徴とメカニズムおよび技術経営のあり方については，その重要性にもかかわらず現状は明確でない点が多い．機能性材料の開発と事業化に係る不確実性と発生するリスク構造が存在する実態とメカニズムそしてそれらに対する複雑な経営判断の実際については，事例による分析を必要とする．

2.2.2　リスクと不確実性に関するレビュー

図 2.2-1 に示すように，酒井（1982）は行為と結果に関する関数関係を確実性の世界と不確実性の世界に整理している(『不確実性の経済学』第 1 章，図 1-1，pp.5)[11].

[11] 酒井（1982)，『不確実性の経済学』: 本報告では，リスクはナイトおよびナイトを発展させた酒井の概念に依拠する．酒井は「確実性の世界（図 3(A)）では，G(A)＝Y と表される関数関係が成立している．これに対し，不確実性の世界（図 3(B)）では，G(A, S)＝Y と表される関数関係が成立する．ここで，A を行為，Y を結果，S を状態とする．」としている(第 1 章, 図 1-1, P.5).

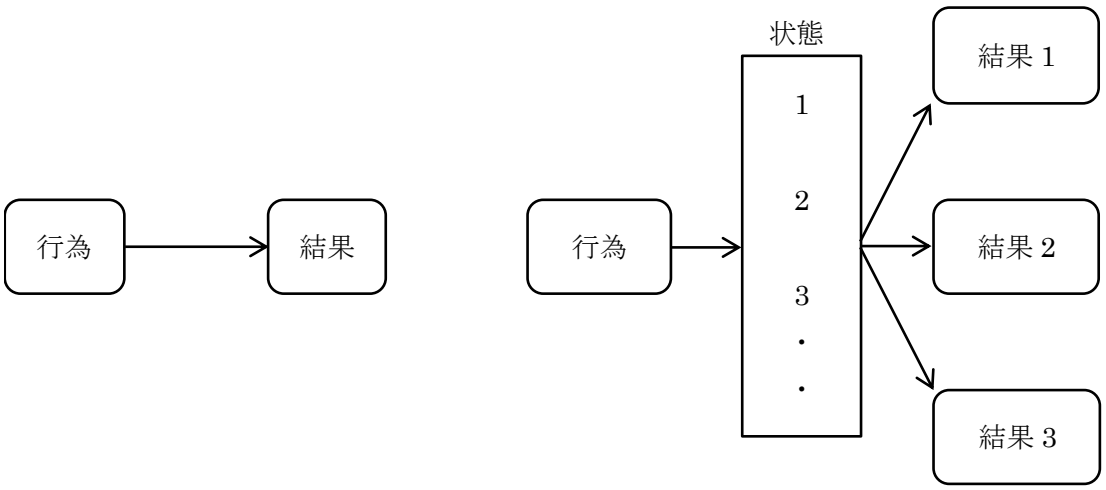


図 2.2-1　酒井による行為と結果の関係を説明する図
出典：酒井,1982, 第 1 章, 図 1-1, p.5

酒井は Knight（1921）の提案したリスクと不確実性に関する定義を図 2.2-2 のように整理した．さらに，図 2.2-3 のように再構成している．

近森（2014）は磁気記録用メタル磁性粉（以下メタル粉）と他のいくつかの事例から，機能性材料事業は技術的階層性が特徴的であること，その階層構造に関連して川下の企業の情報と評価に依存することを示し，酒井（2012）のリスク概念に存在の予測もできないという第 4 のリスク概念を加え，階層構造により増幅される機能性材料事業に特有の不確実性[12]とリスクが存在することを示した（表 3.1-1）．

本研究では，近森（2014）のチタン工業の事例に同じようにメタル磁性粉の開発と事業化に挑戦した複数の事例を加え，機能性材料に関する経営戦略と経営行動およびその結果について記述的推論を行い，機能性材料の技術経営においてどのようなメカニズムが作用しているのかを分析し，機能性材料の技術経営のあり方を考察する．

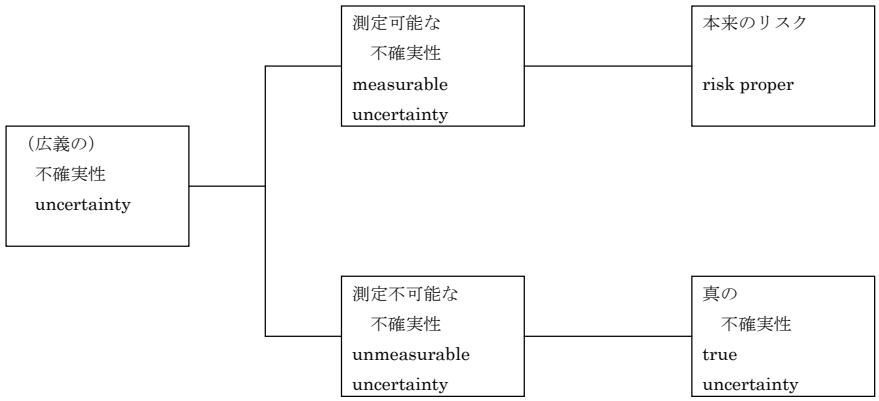


図 2.2-2　ナイトによるリスクと不確実性の概念

リスクと不確実性の概念：引用（酒井(2012)「フランク・ナイトの経済思想」p9 図表１）

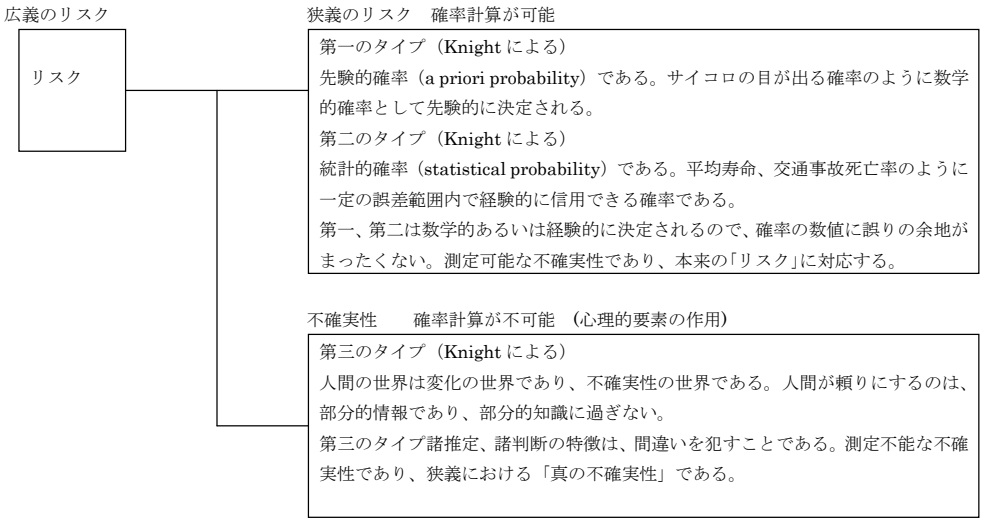


図 2.2-3　酒井によるリスク概念の拡張と不確実性の位置

酒井によるリスク概念の拡張と不確実性の位置（酒井(2012)「フランク・ナイトの経済思想」p16 図表 4）

図 2.2-4 は，酒井（1982）による行為と状態の関係性の概念である図 2.2.-1 に情報を組み入れ，構成した図である．行為の決定と行為に際して主体が直面する状況に関する情報には，認知しているものと認知していないものがあり，さらにその存在も認知していないものがある．

竹村（2004，2006）はリスクに関する認識には共通の枠組みが形成されてないとして，不確実性を意思決定主体の環境の構造から分類し，社会的リスクに関わる問題について，

不確実性下の意思決定問題として検討している．この中で竹中は予防原則や予防処置の背後にある考えが，必ずしも確率で表現できないような曖昧性を含むことを指摘している．竹村（2004）は Wynne（2001）によるリスクの不確実性の分類[13]の重要性を指摘した上で，そのままでは重要な意思決定の基礎となり得ないことを指摘している．

また，杉本（2011）は「期待効用仮説」の問題点の一つである「曖昧性」を含んだ不確実性を取り扱うことができないということを課題として，曖昧性を伴う不確実性下での選好の基準の導出を試みている．

本研究では，リスクと不確実性の定義[14]については酒井（2010）による．

---

13 竹村は平川(2002)による WYNNE の不確実性の分類を引用している．

14 酒井（2010）『リスクの経済思想』: p.15「リスクとは，一つの行為から出る結果が一つとは限らず，一般に数個の結果が生起することを指す．これら複数個の結果から，実際にどの結果が生まれるかは，そのときの状態や条件によって決まる．リスクが大きいとは-それがプラスに働くにせよマイナスに働くにせよ-複数の結果の間における変動幅が大きく，結果自体の規模が大きいことを意味する．」また，pp.50-51 にリスクと不確実性の関係を示している．

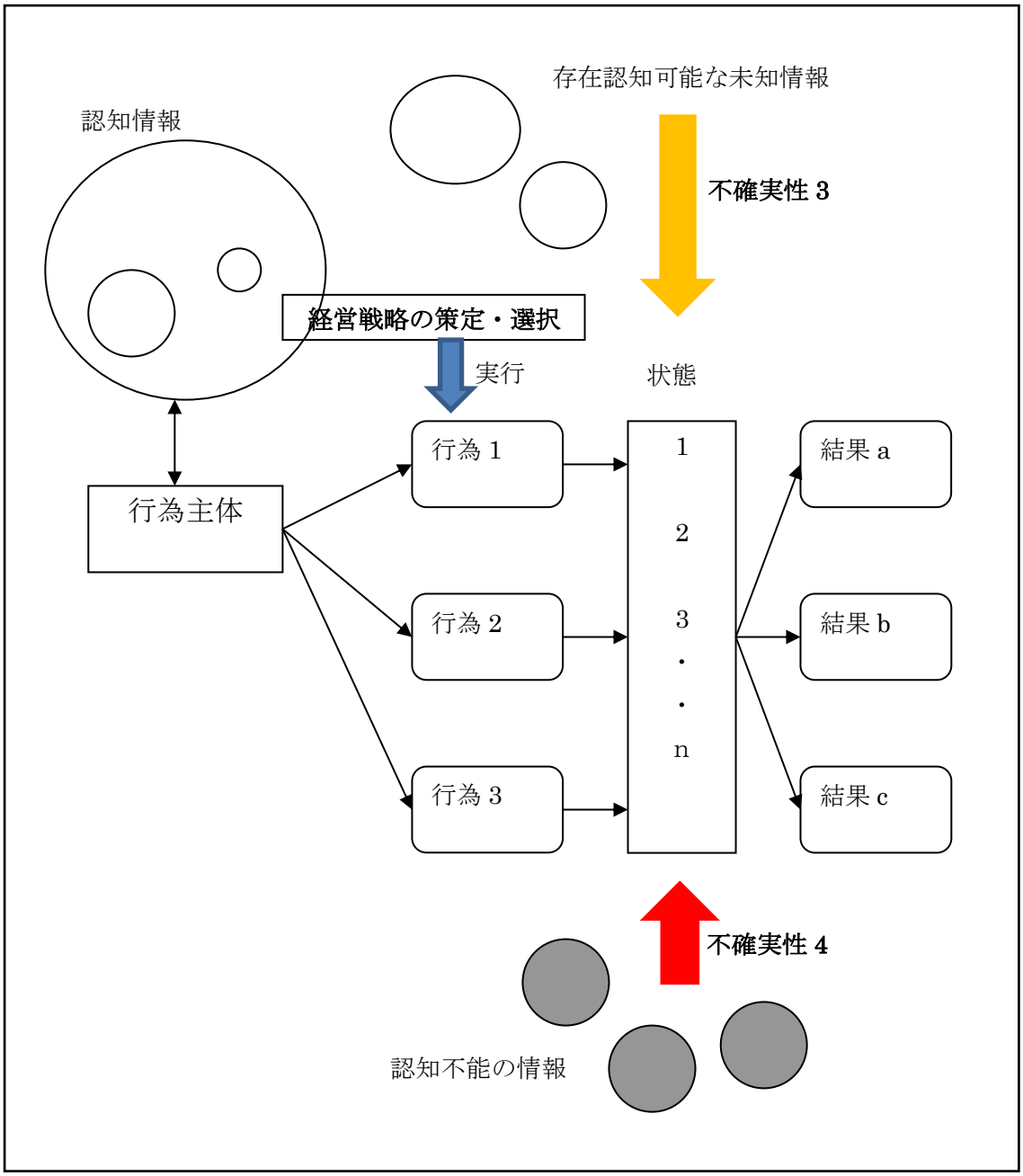


図 2.2-4　行為と結果の関係を説明する図 2.2-1（酒井）に情報を追加

一方，辻ら（2016）は不確実性を伴う製品開発のプロセス評価指標の開発を目的として，メンバー間の対面コミュニケーションに着目した．しかし，コミュニケーションは開発プロセスの重要な要素ではあっても，技術経営の根本的指針には不足する．

三輪（2011）は不確実性を考慮した製品価値フロー分析を用いた製品モジュール化手法を提案し，有効性を検証している．三輪らは簡易な機械構造をもつ汎用ドライヤを事例として開発した手法の検証を行っている．彼らの開発手法の有効性は必ずしも機械構造製品に

限定されるわけではないが，機械的構造をもつ製品開発を対象としており，筆者が研究の対象とする材料開発と事業化の経営判断とは次元が異なる．したがって，彼らの手法では機能性材料の事業化の問題は解明できない．

一方，青井（2007）は日本の医薬品産業の統合過程を取り上げ，日本製薬業界の再編の要因を分析している．青井はマネジメントの意思決定，ことに不確実性下の戦略的意思決定に焦点を当てて分析している．不確実性下の意思決定という視点は示唆に富むものである．しかし，機能性材料の業界では統合という現象ではなく，組織は独立性を維持したままの競争が繰り広げられる．

市場の不確実性については，鈴木ら(2009)が，市場が国際化して競争が激しい環境下で企業の新商品開発力を確実に経営成果に結びつけるための指針を提案することを目的として，「製品の複雑性」と「市場の不確実性」をモデレータとする新商品開発力と経営成果との関連性を分析している[15]．彼らはこれら 2 つのモデレータが新商品開発力に与える影響を定量的に示し，不確実性よりも複雑性が大きな影響力を有するとの結果を得た．その結果を踏まえ，複雑性の高まりに応じて新商品開発力を高めることが重要とし，開発を経営成果に結びつけるためには，研究開発投資ではなく組織力や技術力というオペレーション性能を高めるべきと結論している．

複雑性の定義に関しては，藤本を引用し，「製品を構成する異種の要素数」と「要素間の相互依存性」から構成され，これらが大きいほど複雑性が高まるとし，複雑性が高い業種として組立加工型の機械系製品(乗用車，消費者向け機械)を念頭におき，複雑性が低いものとしてプロセス系製品（医薬品，化粧品，ビール，合成樹脂）を対象と見ている．

鈴木らは広範な業種にわたる大規模なデータを用いて解析し，結果を得ている．複雑性の高い自動車などは，藤本の定義の通り要素間の組み合わせを考えただけで膨大な数になることは当然であり，組織力や技術力というオペレーション性能を量的に強化することが有効であることは当然の結果であろう．

さらに，最近の電子機器市場における日本家電メーカーの劣勢は単なる新商品開発力だけでは説明できない要素があることを示している．自動車においても，トヨタの技術開発力は製品としても要素技術の開発においても世界のトップレベルにあることは間違いない．しかし，総合的な質という面では欧州のトップメーカーに不足する面がある．この点は，鈴木らも不確実性が「感性・デザイン性・嗜好性」などの概念と関連していることに言及している．

不確実性については，開発技術力においてのみ有意な差を観測し，複雑性に比べて影響力が小さいという結果を示した[16]．不確実性への対処法としては，Keseler[17]らの指摘を引用

---

15 鈴木(2009)品質 VOL.39, NO.3, PP.112-113：新商品開発力を包括的に測定する新商品開発スコアカード NPDSC の調査結果に基づき，「製品の複雑性」「市場の不確実性」が新商品開発力に与える影響を定量的に分析した．

16 同上，P.118：表・5 および表・7

17 KESSLER E. H. AND BIERLY, P. E. (2002) ; "IS FASTER REALLY BETTER? AN EMPIRICAL TEST OF THE IMPLICATIONS OF

する形で「製品の市場への投入速度を高める必要性」を述べ，開発リードタイムや開発効率と強い関連性を有する「開発技術力」を高めることにより，不確実性の高まりに対応できているとしている．この指摘については，一般的に認められることであり，筆者の知見とも一部合致する．この点については本研究の B 社メタル磁性粉事例でも言及する．

p.116 において，新商品開発力の因子を抽出する手順を示し，「開発戦略・組織力」，「ツール・IT 活用力」，「開発技術力」の 3 つの因子を抽出している[18].

鈴木ら（2009, p.118）は「不確実性の高いグループでは，特に市場ニーズの動向を的確に把握し，企画の質そのものを高めていくことが新商品開発を成功に導く上で重要になると考えられる．とりわけグループ間での差が最も小さい「開発戦略・組織力」は，不確実性へ対応するため，さらに高めていく必要性があると考えられる.」としている．すなわち，不確実性が高い場合にはさらに「開発戦略・組織力」を強化すべきとしている．我々が調査したメタル磁性粉の同和鉱業の事例はこの知見を支持している点も認められる．

しかし，機能性材料の領域では開発技術力の強化だけでは不確実性に対応できない．我々は開発のオペレーションの次元を超えた経営における意思決定が経営成果を左右するものと考えている．

一方，複雑性が低いとされるプロセス系製品，例えば重要な産業である医薬品や化粧品については，言及されていない．医薬品の開発は 10 年単位の時間と膨大なデータを必要とするものであり，量的にも質的にも開発力の向上が望まれる代表である．しかも，開発の成否に関する不確実性は極めて高い．また，鈴木（2009）の「表 1 （NPDSC）データサンプル数とサンプル分類」で化学素材・産業用化成品は複雑性と不確実性がともに低とされている．電子部品・デバイス(自動車以外)は複雑性が中で，不確実性が低であるとされている．筆者の研究においても汎用材料の化学素材の不確実性は低いと判断している．しかし，機能性材料については不確実性が大きいと考えられる事例が多く存在する．

以上のように，機能性材料における不確実性の特徴とメカニズムおよび技術経営のあり方については，その重要性にもかかわらず現状は明確でない点が多い．機能性材料の開発と事業化に係る不確実性と発生するリスク構造が存在する実態とメカニズムそしてそれらに対する複雑な経営判断の実際については，事例による分析を必要とする．

INNOVATION SPEED", IEEE TRANSACTION ON ENGINEERING MANAGEMENT, 49, 〔1〕, 2-12

[18] 鈴木ら(2009)：第 1 因子は大項目 1 （開発休制）との結びつきが強く，また設計開発のプロジェクトマネジメントやコンカレントエンジニアリングなど，新商品開発をサポートするための組織管理といった項目とも関連がある．よって， この因子を「開発戦略・組織力」と名付けた．第 2 因子は，主に大項 H4 （ツール・情報技術活用の仕方）との関連が強く，「ツール・IT 活用力」とした．第 3 因子は，大項目 3 （開発パフォーマンス）との結びつきがあり，他にも生産技術力といった項目と関連性があることから，「開発技術力」とした．

また，「開発戦略・組織力」は「企画の質」や「新商品の質， ワクワク度」に対し強い関連性を持つ． これは，「開発戦略・組織力」の向上が高い品質を生み出すことにつながることを示すものと考えられる．同様に，「ツール・IT 活用力」は「品質保証の体系化と信頼性の確保 1 との関連性が強いことから，その向上により品質保証のレベルが上がること，「開発技術力」は「開発リードタイムと納期」「開発効率」との関連性から， 開発の効率性に寄与するものと解駅することができる．

2.2.3　組織間関係論および資源依存理論に関するレビュー

1970 年代に組織間関係論の支配的パラダイムと位置づけられる資源依存理論が成立した．山倉(1993)は「組織間関係[19]の統合パースペクティブとして資源依存パースペクティブは最も優れた分析枠組みを提示する」と位置付けている[20]．資源依存の視点によるモデル“A resource Dependence Perspective on Intercorporate Relations”は Pfeffer ら（1978） が集大成したモデルである．Pfeffer らによる著書”The External Control of Organizations”の中心テーマは組織の行動を理解することである．副題は“ A Resource Dependence Perspective”であり，資源依存の概念が重要であることを示している．

チャンドラー（2004）は「組織は戦略に従う」として戦略に応じて組織が形成されることを述べた．しかし，山倉（1993）は経営戦略の策定・実行が組織間関係というコンテクストで行われることを強く指摘している．山倉（1993）によれば，資源依存の前提は「組織が存続するためには，外部環境から諸資源を獲得・処分することが必要である」．組織は自己充足的な存在ではなく，環境との関わりなしに存続できない．組織は，諸資源を所有し，コントロールしている他組織に依存しており，依存するゆえに資源の獲得・処分をめぐって組織間関係が形成・維持される(山倉『組織間関係』，p.35).

事例研究では，平本（1994）は松下電器とフィリップスの提携事例の研究により，企業提携の形成プロセスが資源依存モデルで説明され得ることを示し，組織間関係についてさらに系列化やグループ化の問題の分析の必要性を指摘した.

日本では組織間関係論および資源依存理論を用いた経営分析に関する研究例はあまり多くない．ところが，Davis（2009）は ’Resource Dependence Theory: Past and Future’ において，現在のグローバルな世界の状況が，Pfeffer（1978）が資源依存理論を概念化した時期と著しく類似しているため，長い休眠期間にあった資源依存理論が再び注目されるべき状況にあることを指摘している．Davis は現在を今後の世界経済に合わせて資源依存理論を発展すべき適切な時期であるとしている[21].

---

19 山倉（1993）『組織間関係』P.35 から抜粋；「組織間関係」は組織と組織のつながりをいう．

(1) 組織間の取引/資源交換がある．

(2) さらに，取引を超えた組織間の共同行動や協同組織の形成も含む．

(3) さらに，組織間のパワー関係にも注目する．

組織間関係の歴史は，ものの考え方「パースペクティブ」の変遷史，フレームワークを構築する歴史であり，パースペクティブは組織間関係をとらえる視点を与える．さまざまなパースペクティブが併存しているが，組織間関係を分析・説明する枠組みとして代表的なものは次の 5 つである．

① 資源依存（RESOURCE DEPENDENCE PERSPECTIVE)

② 組織セット(ORGANIZATION SET PERSPECTIVE)

③ 協同戦略(COLLECTIVE STRATEGY PERSPECTIVE)

④ 制度化(INSTITUTIONAL PERSPECTIVE)

⑤ 取引コスト(TRANSACTION COST PERSPECTIVE)

20 山倉は「パースペクティブ」という用語を「ものの考え方」を表す意味で用いている（p.33）．本研究では，以降特に必要がない限り「パースペクティブ」は用いない．

21 Davis (2009) ; p.24, ”After an unfortunate period of dormancy, there is evidence that interest in resource dependence theory is on the rise. In some respects this is not surprising. The status of global affairs is markedly similar to the period in which Jeff Pfeffer conceptualized the theory -- economic crisis, dissatisfaction with political leadership, increased social activism -- all of which make issues of power and dependency more salient. It is an

若林ら(2013)は環境の不確実性が高まっている状況では，企業外部に存在する資源を利用する必要性があることを指摘した．戦略的提携やネットワークの利用が重要であるとの認識の下，企業ポイント間の提携ネットワークを対象として，企業の提携行動に対して各要因が与える影響を分析し，企業の提携行動への産業要因，企業要因，ネットワーク要因の比較を行った．しかし，経営において重要な戦略策定や実行のプロセスについては言及していない．

小橋(2015)は環境の不確実性と組織間関係について，概念検証研究を行い，「組織による組織間関係を通じた環境適応についての諸研究を理論的に整理」している[22]．しかし，機能性材料の経営に関しては注目されることがないため，事実に基づく分析を必要としている．

2.2.4　本研究の課題

本研究の課題は，第 1 に「戦略策定や実行における企業外部との関わり方の動的プロセスを変数，戦略，組織間関係によって説明すること」，第 2 に「市場が存在する場合と存在しない場合を比較することにより，技術と市場の変数の不確実性により戦略の策定と実行のプロセスの違いを示すこと」の 2 つである．

参考文献

Davis, G. F. & Cobb, J. A. (2009). Resource Dependence Theory: Past and Future. Research in the Sociology of Organizations, 28, pp.21-42. .

Knight, Frank H. (1921) Risk, Uncertainty and Profit, Houghton Miffin Co

Pfeffer, J. & Salancik, G. R. (1978). The External Control of Organizations: A Resource Dependence Perspective. New York: Harper and Row.

Pfeffer, J. & Salancik, G. R. (2003) .‘Introduction to the Classic Edition’, The External Control of Organizations: A Resource Dependence Perspective. Stanford California: Stanford University Press.

Wynne, Brian. 2001. “Managing Scientific Uncertainty in Public Policy”, background paper to the conference:Biotechnology and Global Governance: Crisis and Opportunity, April 26-28, 2001, Harvard University Weatherhead Center for International Affairs, Cambridge, MA. USA.

アルフレッド・D・チャンドラーJr.（2004）『組織は戦略に従う』有賀祐子訳，ダイヤモンド社

青井倫一（2007）「日本の医薬品産業の統合過程は戦略的意思決定の結果か？」『医療と社

opportune time for revitalizing resource dependence theory for a different economy.”

[22] 小橋(2015) 組織科学 VOL.48 NO.3:P.18-:「組織間関係に関する行動の目的が環境の安定化と環境への柔軟な対応という 2 つにあることを指摘し，それらが初期状態と関わりながら，関係の強化と弱化という行動と結びつくことを指摘する.」

会』Vol.17 No.1, 2007
経済産業省 蓄電池戦略プロジェクトチーム（2009）『蓄電池戦略』，平成 24 年 7 月.
小橋勉（2015）「環境の不確実性と組織間関係」『組織科学』, Vol.48 No.3, p.18-28.
酒井泰弘（1982）『不確実性の経済学』， 有斐閣.
酒井泰弘（2012）『リスクの経済思想』，ミネルヴァ書房.
酒井泰弘（2012）「フランク・ナイトの経済思想ーリスクと不確実性の概念を中心として」『CRR Discussion Paper Series　J』.
杉本篤信（2011）「不確実性の下での意思決定と期待効用仮説の一般化」 『経営情報研究』第 18 巻第 2 号(2011 年 2 月)，pp.75-91.
鈴木定省（2009）「製品の複雑性と市場の不確実性をモデレータとする新商品開発力と経営成果との関連性分析」『品質』 39(3), 386-396, 2009-07-15，一般社団法人日本品質管理学会.
J.デイ（2002）『ウォートンスクールの次世代テクノロジー・マネージメント』 東洋経済新報社
JEITA（2010） 『電子情報産業の世界生産見通し 2011』一般社団法人 電子情報技術産業協会.
竹村和久（2004）「不確実性の分類とリスク評価」『社会技術研究論文集』Vol.2, 12-20
竹村和久（2006）「リスク社会における判断と意思決定」『Cognitive Studies』13(1),17-31
近森洋二（2014）「電子部材用機能性材料開発におけるリスクおよび不確実性の構造とそのモデル化，8 ミリビデオテープ用金属磁性粉の事例を中心としてー」，高知工科大学修士論文，（2014 年 3 月）.
http://www.kochi-tech.ac.jp/library/ron/2013/g27/M/1165082.pdf (2017/1/9 閲覧).
辻聡美，佐藤信夫（2015）:「不確実性を伴う開発プロジェクト管理のためのコミュニケーション指標」『プロジェクトマネジメント学会誌』Vol.17(3)，pp.25-31.
丹羽清（2006）『技術経営論』 東京大学出版会.
平本（1994）「企業提携のマネジメントー松下電器とフィリップ社の提携に関する事例研究ー」『滋賀大学経済学部研究年報』，Vol.1.
平川秀幸（2001）「欧米のレギュラトリー政策および政策研究の現在」 経済産業省遺伝子組み換え生物管理小委員会第 2 回会合(参考資料)，2001 年 11 月 21 日.
三輪俊晴,青山英樹（2011）「不確実性を考慮した製品価値フロー分析を用いた製品モジュール化手法の開発」『日本機械学会論文集(C 編)』,77 巻 282 号,p.384-395.
山内恭久（1989）「メタル磁性粉を用いた磁気記録材料」 『Konica Technical Report』, Vol. 2. Jan. 1989.
山倉（1993）『組織間関係』 有斐閣.
若林隆久，勝俣壮太郎（2013）「戦略的提携ネットワークの形成要因：産業要因か,企業要因か,ネットワーク要因か？」『組織科学』,Vol.47，No.1，pp.69-79.

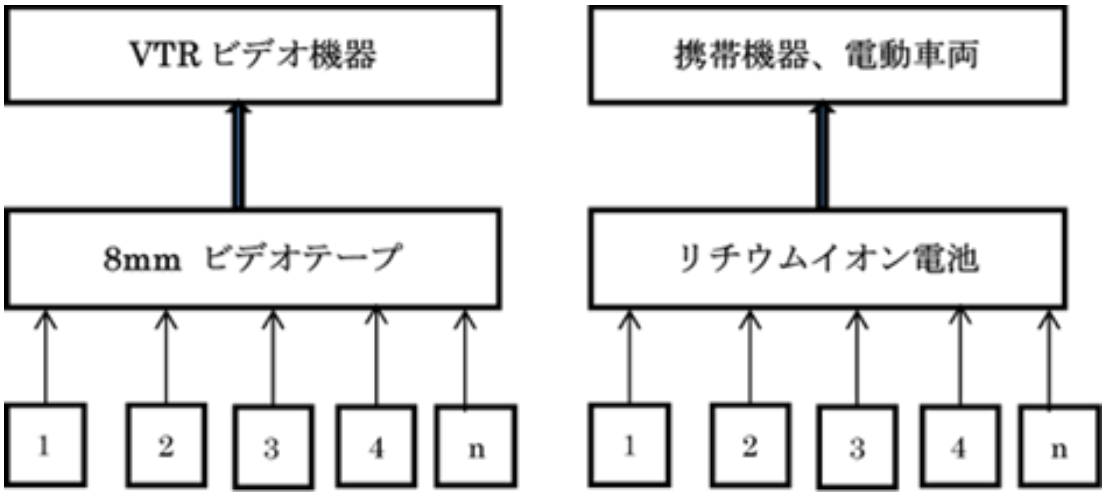
第 3 章　研究方法および論証の方法

3.1　研究方法と論証の方法

3.1.1　仮説；変数，戦略，組織間関係の 3 つの要素の相互作用による分析

機能性材料は図 1.1-1 および図 3.1-1 に示すように技術的階層性が特徴的である．そのため，機能性材料企業は機能性材料を用いるデバイスの市場および最終製品の市場へ関与できない．この階層性のために，機能性材料開発に特有の不確実性とリスクが存在することを示した．また，顧客である磁気テープなどのデバイス企業との組織間関係だけでなく，原材料企業，製品企業など多くの他組織との関係が重要な経営要素となる．その際には，発展期の企業にとって往々にして不足する資本や物質的資源，技術的資源，人的資源をいかに獲得するのか，機能性材料企業の経営戦略と経営行動のメカニズムを解明することは重要である．

山倉によれば，従来経営戦略論はよい業績を実現する戦略のあり方が議論の中心であった．山倉は経営戦略がどのように形成され，実行されるのかというプロセスに焦点を当てるべきことを主張している．これまで組織間関係論を用いた経営戦略の形成プロセスの実証分析は行われていない．そこで，本研究では経営戦略がどのように形成され，実行されるのか，経営戦略策定や実行のプロセスに焦点を置き，変数，戦略，組織間関係の 3 つの要素の相互作用により事例分析を行う．



ビデオ用機能性材料：磁性粉，レジン，フィルム，バインダ，その他

リチウムイオン電池用材料：正極材，負極材，セパレータ，電解液，その他

図 3.1-1　機能性材料の階層性を現す技術的構造

最初の分析事例として，市販オーディオ用メタルテープに用いられたメタル磁性粉の量産化に最初に成功した関東電化工業（A 社）の汎用材料とチタン工業（F 社）の機能性材料

の事例分析を通して，技術を核とする経営における戦略策定と実行のプロセスを変数，戦略，組織間関係の 3 つの要素の相互作用により動的に分析する．

また，市場が存在する場合と未だ市場が存在しない場合を比較することにより，市場が存在しない場合，どのように材料開発に不確実性とリスクを顕在化させ，どのような要素がリスクに作用するのかを明らかにする．

山倉は経営戦略の分析には，企業と環境との相互作用を扱うべきことを指摘している．

また，経営戦略の策定・実行が組織間関係というコンテクストで行われることを強く指摘している．組織は不足する経営資源を組織間関係により確保し，存続・成長していく．したがって，これらを考慮すると図 3.1-2 のように変数，戦略形成実行，組織間関係という 3 つの要素の重要性が導かれる．

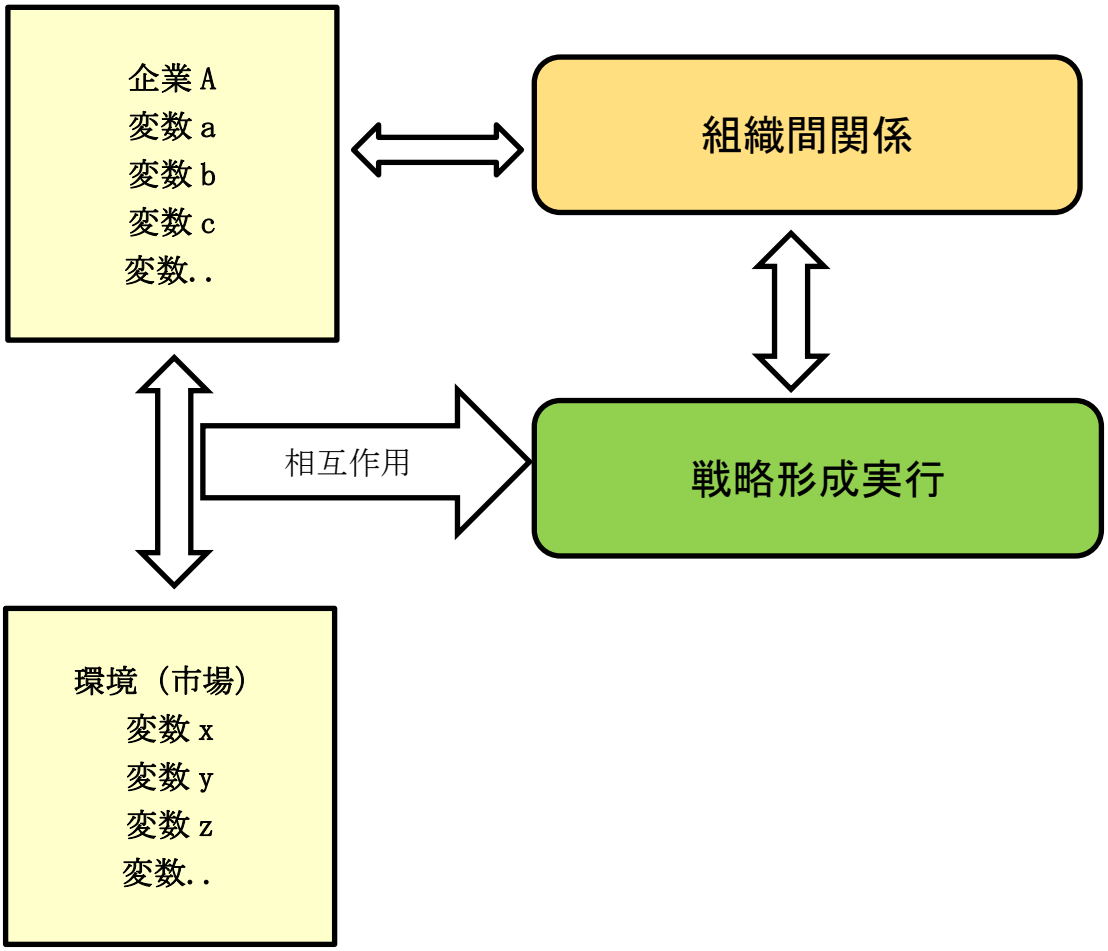


図 3.1-2　経営における 3 つの要素の必然性
出典；山倉(1993)を参照し，筆者作成

以上から，機能性材料事業経営の動的プロセスについて 3 要素の相互作用による分析ができるとの仮説を立てた(図 3.1-3).

変数（市場などの環境の変数および経営状態など主体の変数)，戦略，組織間関係の 3 つの要素が相互作用を及ぼしながら次の状態へ変化していく．まず，矢印①では初期状態における数によって戦略が選択され，次に矢印②で戦略に応じて他組織との組織間関係が形成され，矢印③で選択された戦略が実行されて変数が変わり，矢印④で選択された戦略の実行により組織間関係も変化する．そして，矢印⑤では変化した組織間関係がさらに変数を変化させる．

矢印①②③④⑤で示した連鎖作用により経営のプロセスが決まる．変数により戦略が選ばれてその結果，経営変数と組織間関係が変化する．変数と組織間関係が採り得る戦略を制約し，その中で戦略の選択によって逆に変数と組織間関係が変わり，変わった組織間関係によって変数も変わる．この順番でものごとが変化していく．

矢印①と矢印②という制約で戦略の幅が決まって，ある種の戦略が選択されたことによって，矢印③，矢印④という組織間関係と変数に変化が生まれる．組織間関係が変化したことによって矢印⑤変数も変わる．

さらに，変数として市場の有り無し，技術の有り無しによって経営のプロセスがどのように違うのか，また，市場の将来性，技術の将来性という評価軸を踏まえて，企業の存続・成長のため戦略を決めていく．そうして決定した戦略が将来の変数と組織間関係を新たに決めていくことが考えられる．

このように経営のプロセスを動的にとらえ，説明する方法を考えた．事例分析により，この仮説モデルを実証する．

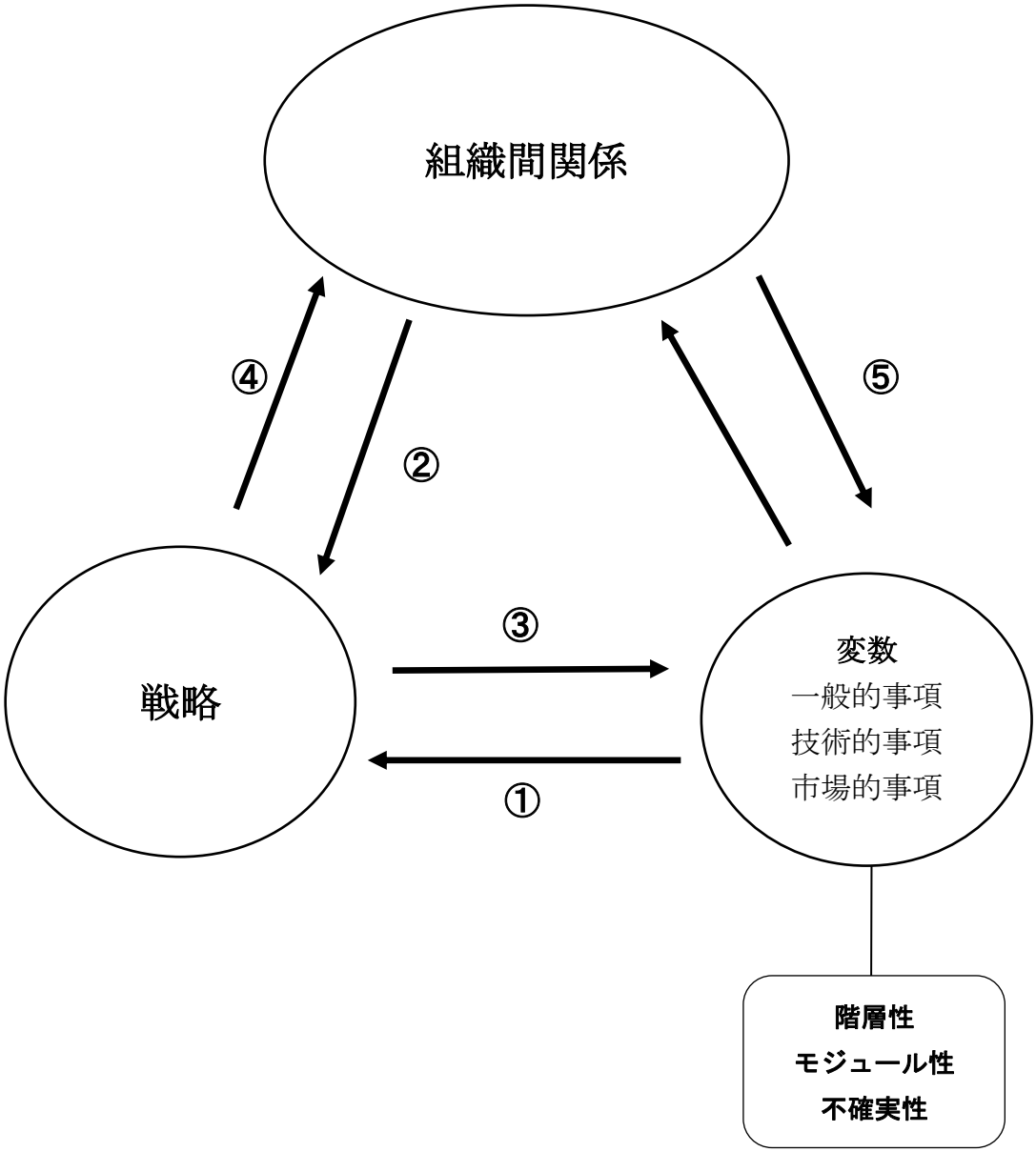


図 3.1-3　変数-戦略-組織間関係の 3 つの相互関係

3.1.2　事例分析の考え方

戦略策定や実行における企業外部との関わり方のプロセスを動的に追うため，状態 1 から次の状態 2，状態 3，状態 4 へ区分けして状態の変化（図 3.1-4，図 3.1-5）ごとに，変数，戦略，組織間関係の 3 要素の相互作用が順次どうであったのかを分析する．

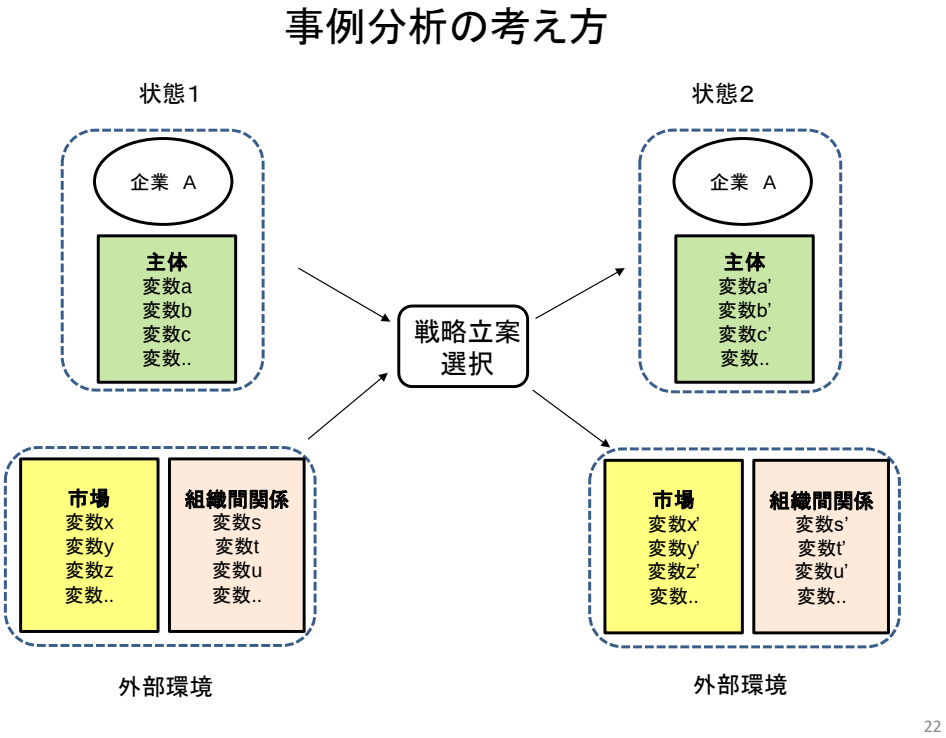


図 3.1-4　状態の変化と戦略の選択

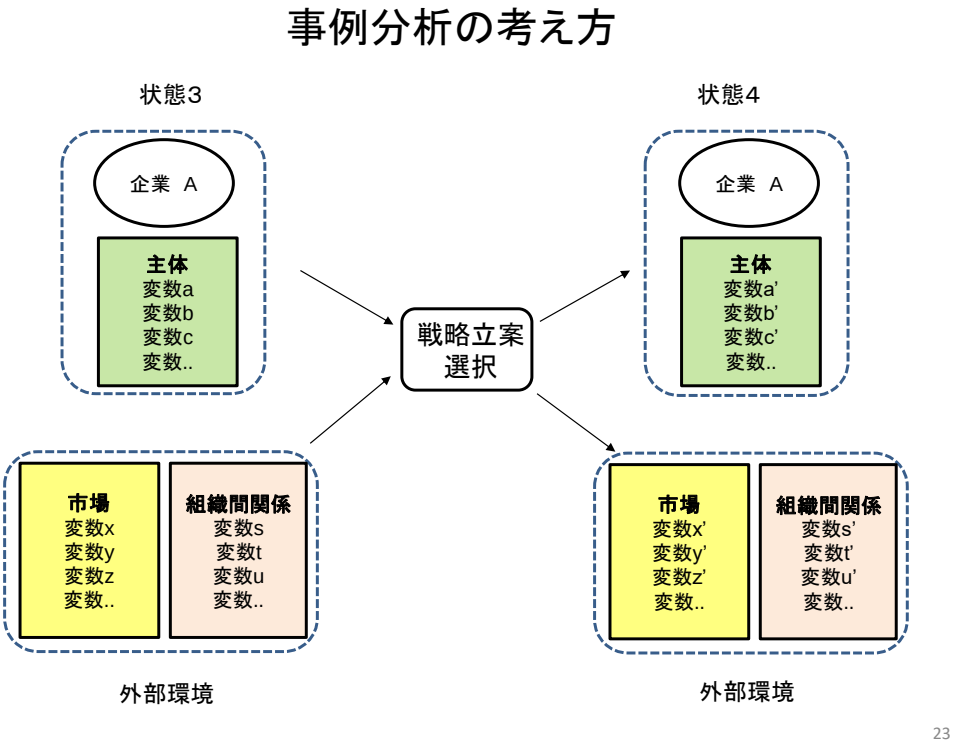


図 3.1-5　状態の変化戦略の選択

山倉（2008）によれば，戦略とは企業にとって自らの基本的方向を定めることである．経営戦略の策定実行のプロセスは，経営主体の哲学をベースとして変数に応じた戦略を構想する．戦略を実行するための手段の一つが提携等他組織との組織間関係を形成することである．例えば，提携は企業が成長するために必要であるが，保有していない資源を他組織から獲得する手段とする場合，資源依存関係と見ることができる．

組織間関係として資源依存の関係を形成することで戦略が実行される結果，経営状態などの変数が改善されるとその結果を踏まえ次の戦略が策定される．一方，いったん形成された組織間関係は主体の自律性を制限する．次の戦略は組織間関係の縛りを受けることになる．いずれにしろ変数-戦略-組織間関係の 3 つの相互関係により経営戦略の策定と実行のプロセスは記述できると考える．

変数，戦略，組織間関係の 3 つの相互関係により，経営戦略の策定と実行のプロセスは記述できると考え，事例により検証する．変数は確定的なものからきわめて不確実性が大きく予期できないものまで幅広い．不確実性とは，将来どのような事象が生じるのかを正確には予想できない状況を指す. 以下では変数の不確実性を 4 つの区分で表した(表 3.1-1).

第 5 章においてメタル磁性粉の事例 4 社を詳細に比較検討する．次に，第 6 章と第 7 章において他の機能性材料事例を分析する．

表 3.1-1　本研究が設定するリスク(不確実性を含む広義のリスク概念)の状態と分類

分類	リスクの区別基準	リスク顕在化	リスクへの対応	対応と結果
1	測定可能 数学的確率	存在や発現をコントロールできる	リスクではない リニア的に計画可能	因果関係が明確な状況 コントロール下にある 確実に予定通りの結果を得られる
2	測定可能 統計的確率	自らはその存在や発現をコントロールできない	主体自らがコントロールできないリスクであるが，前例や実験データにより統計的マネジメントが可能 時間経過とともにマネジメントの確実性が増す	リスクの発生は他者に依存する．しかし，その場で対応して，予定通りの結果を得られる．
3	測定不可能 情報が不足 情報不完全 存在認知 存在予見可	存在の認知情報により事前対応できる	直面する状況の確率的状況は第三のタイプである．直面する事態の存在は認知しているが真の不確実性になるので，前例のない事態である．しかし，リスクの影響が顕在化する前に事前に何らかの準備（マネジメント）可能.	存在を認知できるので，前例はないが推測と判断を働かせて対応を準備できる．
4	測定不可能 存在を認知していない	認知できないので，事後対応しかない．しかも，前例のない事態.	リスクの影響が突然顕在化した後であわてて対応することになる． 事後対応になる．	予期せぬ事象がいつ起こるか分からないという前提で，リスクの可能性を認識することに気づくことが必要．気づきの下，可能な限りの対応できる体制をとっておく．主体の能力により対応に差が出る可能性.

出典：近森（2014）が酒井（2012）を参照して作成

表 3.1-2A　変数表示例

市場が存在する	ステージ1
組織の属性	1948
経営状態（業績等）	×
資本	×
技術	×
原料	△
設備	×
環境変数(市場)	現状
市場実現可能性	○
いつ実現（時間）	○
市場規模（量）	○
市場寿命（時間）	○
製品ロバスト性	○

表 3.1-2B　変数表示例

市場が存在しない	ステージ1
組織の属性	1978
経営状態（業績等）	○
資本	○
技術	× 3
原料	×
設備	×
環境変数(市場)	予測
市場実現可能性	3
いつ実現（時間）	3
市場規模（量）	3
市場寿命（時間）	4
製品ロバスト性	ない 3

変数表示例(表 3.1-2A，表 3.1-2B)
評価時点でのその時の評価レベル
「よい」から「悪い」方の順に，○　△　×　の 3 段階で位置づける

市場，技術など将来を予測するときには，
確率的状況は表 3.1-1 で示した概念を用いる
1　不確実性が小さい
2　経験的確率により予測可能
3　不確実性が大きい
4　存在も予測できない

3.2　本研究で用いた資料

本研究では，各企業が編纂した社史と公開報告等公知資料を用いた．機能性材料事業以前の各社の状況を踏まえ，メタル磁性粉の開発・事業化に関する経営行動を比較する．各企業が編纂した社史を資料として機能性材料事業に至る各社の経営の歴史を組織間関係の視点で比較し，共通の法則性と個別の特徴を抽出する．

3.3　事例対象とした企業 4 社の歴史と特徴

本研究の磁性材料事例で扱う 4 社(表 3.3-1)は無機化学あるいは鉱業系の製造業を起源としている．いずれも古い歴史を有しているものの 1945 年の敗戦により，それまでの資本関係や大半の設備を失った状態から復興をめざし，基幹的事業が安定した後，戦後の電子産業の成長に対応する形で機能性材料事業に参入している．

酸化鉄事業においては，戦後の高度成長期にメタル粉で先行した関東電化工業（A 社），後に 8 ミリビデオでトップに立つことになった同和鉱業（B 社），さらに酸化鉄の草分けである戸田工業（E 社），酸化チタンの副生硫酸鉄を利用する酸化鉄を成功させたチタン工業（F 社）が競争を繰り広げた経緯がある．

まず，メタル粉の事業化に一番早く成功した A 社がどのような経過をたどってメタル粉開発に至ったのか，第 4 章ではファイン製品に至るまでの戦後復興期における技術経営を前記視点で探る．特に，A 社では有望な市場がすでに存在し，成長している事例として塩化ビニル事例の経営を分析する．続いて第 5 章では，ビデオテープの全盛期に新材料として注目されたメタル磁性粉に関する各社の経営事例を詳しく調査する．

表 3.3-1　事例 4 社の合成酸化鉄研究開始年と事業化年

	A 社 関東電化工業	B 社 同和鉱業	E 社 戸田工業	F 社 チタン工業
創立	1938 年	1884 年	1823 年	1936 年
資本金	29 億円	10 億円	75 億円	34 億円
売上高	390 億円	483 億円	285 億円	63 億円
研究開始	1964 年	1965 年	1953 年	1962 年
事業化年	1971 年	1968 年	1960 年	1965 年

＊売上高は各社 2016 年度 3 月期有価証券報告書による

3.4　メタル磁性粉以外の機能性材料事例

メタル磁性粉以外の事例として，第 6 章ではメタル磁性粉の開発に挑戦した磁性酸化鉄製造企業である戸田工業（E 社）のリチウムイオン電池用の正極材と同じく磁性酸化鉄製造企業であるチタン工業（F 社）の負極材の事業化を取り上げた．第 7 章では光触媒用酸化チタンを材料企業ではない TOTO が成功に導いた優れた事例を取り上げ，協同戦略について

考察する.

参考文献

関東電化工業社史編纂委員会；「関東電化工業六十年史」（2000）
http://www.kantodenka.co.jp/03company/con05.htm （2017/1/27 閲覧).

久野誠一：「磁気記録用メタル磁性粉の開発と事業化」,『資源と素材』, Vol.111, No.12, pp.214-220 (1995).

チタン工業社史編纂委員会：「チタン工業 60 年史」, (1997).

戸田工業：「彩磁記」
http://www.todakogyo.co.jp/company/saijiki/index.html （2017/1/9 閲覧).

第 4 章　汎用材料事例 1：分類 1

－復興期から有機合成化学参入まで技術経営事例－

第 4 章では不確実性が小さいと考えられる技術経営事例として，後にメタル磁性粉の事業化に最初に成功した関東電化工業の塩化ビニル事業への挑戦事例を記述する．

4.1　関東電化工業（A 社）事例分析の視点と意義

機能性材料の事業に至る前段階の経営を事例分析の対象として，戦災によりいったん壊滅した既存電解ソーダ事業の基盤確立に向けた A 社の経営判断・行動を組織間関係に着目して調査した．A 社は戦後の占領政策により古河，浅野両財閥の後ろ盾を失って，資本も乏しく，敷地 5 万坪の地方内陸型の狭い渋川工場だけが資産という状況であった．再生の道は大型の塩素製品との組み合わせによる苛性ソーダの生産拡大しか選択の余地はなかった．そのためには過剰な塩素の消化先を確保する必要があった．

ここでは，機能性材料に係る技術経営の前段階である A 社復興期における電解ソーダ事業基盤を確立するプロセスに着目し，組織間関係論を考慮する説明を試みた．

山倉(1993)によれば，組織が存続するためには，外部環境から諸資源を獲得・処分することが必要である．組織は自己充足的な存在ではなく，環境との関わりなしに存続できない．組織は諸資源を所有し，コントロールしている他組織に依存しており，依存するゆえに資源の獲得・処分をめぐって組織間関係が形成・維持される．

資源依存理論が成立したのは 1970 年代であり，A 社が復興をめざした 1947 年当時には組織間関係論は存在しなかった．しかし，1947 年以降の復興期の A 社に対し，不足する資本の獲得を目的とする経営戦略と経営行動が観察される．資源が不足する状況における企業経営について，資源依存理論による説明の有用性が示唆される．

これまでの調査により，戦後 A 社は財閥解体により資本的後ろ盾を失い，資本が不足する状況にあった．また，軍需が消滅したため民需による電解ソーダ事業経営を成立・発展させることが生き残る道であった．電解ソーダ事業を大きく発展させるために，1947 年頃当時の経営者は三本柱構想と称して，ソーダ，塩素，水素の三本柱で支える戦略を構想した．

しかし，軍需品の金属マグネシウムを失ったため，過剰に生成する塩素の消費先の確保が決定的な経営課題であった．

そこで，この章では変数－戦略－組織間関係の 3 つの相互作用によって企業行動・経営判断を説明できるのか，検討を試みた．

4.2　関東電化工業（A 社）の歴史と概要

A 社は，軍需用の金属マグネシウム，苛性ソーダおよび塩酸の製造を目的として 1938 年に群馬県渋川に創立された．しかし，敗戦により金属マグネシウム需要は不要となり，苛

性ソーダを中心とする無機工業薬品製造を開始した．その後，A 社は戦後の石油化学工業の発展に合わせて 1965 年に水島コンビナートに進出する決断を行い，水島工場は紆余曲折を経ながらも発展していった．

しかし，内陸狭小の渋川工場は塩化ビニル事業の塩素販売先として提携していた電気化学工業（以下 K 社）側の事情により，同社向け塩化水素の販売が停止になるなどメインの製品が大きく減少する事態に追い込まれ，体質の改善が課題となっていた．余剰人員削減など合理化とともに新規事業を模索した歴史を持つ．多くの挑戦と失敗を重ねながらも，2016 年現在は鉄系製品，フッ素系製品に代表されるファイン部門は収益の源泉となっている．

事例分析の最初の例として, A 社の戦後の復興期における経営の経過を, 変数, 経営戦略, 組織間関係との相互作用の視点で整理した．これまでの調査により，戦後 A 社は財閥解体により資本的後ろ盾を失い，資本が不足する状況にあった．また，軍需が消滅したため民需による電解ソーダ事業経営を成立・発展させることが生き残る道であった．電解ソーダ事業を大きく発展させるために，1947 年頃当時の経営者は三本柱構想と称して，ソーダ，塩素，水素の三本柱で支える戦略を構想した．しかし，軍需品の金属マグネシウムを失ったため，過剰に生成する塩素の消費先の確保が決定的な経営課題であった．

経営者は組織の現状をどのように認識し，将来あるべき経営状態を構想し，構想を実現する戦略を考え，何をどのように実行するのかいくつかの選択肢を比較検討して判断・意思決定を行う．そこで，企業の経営判断（意思決定）を左右する要素をいくつかの変数（各企業の事例と時間により水準が変化する）として選択し，変数の水準の違いにより経営戦略とその実行がどのように変化するのかを調査した．

また，分析においては組織間関係特に資源依存に着目し，経営戦略を実行する手段としてどのような組織間関係をめざすのか, 企業行動・経営判断をどのように説明できるのか, 検討を試みた．

A 社社史により，自力開発ステージ 1 を起点として K 社との提携が終息するまでの A 社の塩化ビニル事業戦略の実行とその経過を記述する．

本研究における A 社，B 社，E 社，F 社の予備的調査によれば機能性材料事業において経営戦略と経営判断に作用する要素（変数）としては，(1) 経営状況，(2) 資本，(3) 資源，(4) 技術，(5) 設備，(6) 開発，(7) 階層性(情報)，(8) 階層性(上位企業経営判断)，(9) 市場，(10) 競合企業が挙げられる．

特に (3) 資源については，3.3 で 4 社の概要を記述したように，原料と製造品という視点だけでなく上記 4 社とも生産物，有用副生物および廃棄物の量的バランスが経営を左右する重要な変数である．

材料など化学系の製造業にとって，物質収支は極めて重要である．なぜならば，A 社の事例で顕著なように電解で生成する塩素が余剰となると，不必要な費用をかけて処分しないと製品の増産ができなくなるなど，物質収支は利益を左右する要素であることによる．

経営の改善のためあるいは操業維持のための必須条件として，物質は異なっても物質収支バランスを採る必要があるという動機は事例で取り上げた 4 社に共通であることを示した．そのため，機能性材料への参入はそれぞれの事情に関連する余剰副生物や廃棄物の処分を動機としている．

4.3　戦後の復興期　塩化ビニル事業

4.3.1　電解ソーダ事業による経営安定化戦略

A 社は戦後の占領政策により古河，浅野両財閥の後ろ盾を失って，資本も乏しく，敷地 5 万坪の内陸型の狭い渋川工場だけが資産という状況であった．資本関係も断たれ，資本が不足する状況であった．戦前は軍需会社であり，製品は軍の指示により出荷され，仕入れから販売まで業務すべてを旭電化に委託していた．そのため，A 社社史によれば戦後の民需転換に際しては，仕入れから販路開拓まで一から取り組む必要があった．1948 年 3 月に電解ソーダの無制限生産許可を得るまで，生産量はわずかであり，実質的に市販はできていない．

電解ソーダの生産が可能になった後，再生の道は大型の塩素製品との組み合わせによる苛性ソーダの生産拡大しか選択の余地はなかった．成長のためには過剰な塩素の消化先を確保する必要があった．A 社経営トップは塩素を消費する有望な方策として塩化ビニルの事業化をめざす戦略を計画した．

この事例においては，ステージを時間の経過に沿って経営課題に対応する経営戦略に従って実施する経済行為により，提携関係など大きな変化または財務状況のような重要な変数の変化が起こった状態を区分するときに用いる．A 社－K 社の塩化ビニル事業では，提携した 1948 年から K 社への塩素販売が終了する 1970 年までの 23 年をステージとして状況の変化の節目により(a)　ステージ 1 （1948-49 年），(b)　ステージ 2（1950-1952 年），(c)　ステージ 3（1953-57 年），(d)　ステージ 4（1958-63 年），(e)　ステージ 5（1964-70 年）の 5 つに区分した．また、事例における経営プロセスを分析するため，第 3 章の図 3.1-4 と図 3.1-5 に示したように変数によってある戦略を選択する前の状態とその実行の結果を受けた次の状態というように特定の状態を設定した．なお，A 社の製品開発と資本提携の歴史を図 A-1 および図 A-2 として図示し，付録 1 とした．以下では，当初の自主開発戦略の挫折を経て，K 社との協同事業へと修正した事象を組織間関係論と不確実性により考察する．

表 4.2-1　A 社経営の各状態

1.　塩化ビニル　1948-1970 年

状態 1　電解ソーダ事業基盤強化のため塩化ビニル戦略構想した

状態 2　塩化ビニル開発を開始したが，資本不足で中断

状態 3　K 社との提携戦略を立案

状態 4　K 社と資本，技術，資源による組織間関係を形成した状態

状態 5　資本，技術，資源（塩素消費）を得て経営基盤が安定化
→塩ビ製法がカーバイド法アセチレンから石油化学プロセスへ変化
状態 6　塩ビ製法転換により K 社への塩素販売終了
資源依存関係消滅，資本関係残存．業績は悪化した

2.　有機合成化学　1952 年-
状態 7　経営基盤安定化により，有機合成化学事業が着実に成長
状態 8　古河系金融団による資本強化，組織間関係形成．
有機合成化学一層拡大により業績は安定化．

3.　石油化学・水島進出　1967 年-
状態 8　古河系金融団による資本充足，有機合成化学業績安定
状態 9　第二工場戦略として水島進出を実行．立ち上げトラブルで経営悪化．
状態 10　トラブルによる業績悪化，投資額増加による資本不足．
状態 11　M 社と資本・技術・人的包括提携，組織間関係形成
状態 12　M 社との包括提携により業績回復
→国による電解ソーダ製法転換政策に対応し，A 社独自転換戦略
状態 13　M 社が一方的に提携を解消し，資本引き揚げ．M 社との組織間関係消滅
状態 14　資本不足，資金繰り悪化．組織間関係なし
状態 15　古河系列復帰，資本充足し，業績も回復．

(a)　ステージ 1　(1948-1949 年)　塩化ビニル自主開発戦略の実行と断念

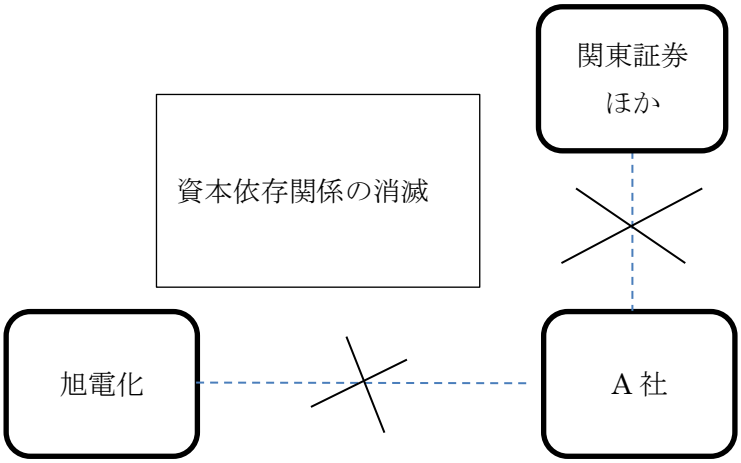


図 4.3-1　戦後すぐの組織間関係がない状態

前記背景の下，戦後の化学業界では有機合成化学が発展を始め，プラスチックが注目されていた．中でも多くの化学系企業にとって魅力的なテーマの一つが代表的な熱可塑性汎

用樹脂である塩化ビニル[23]であった．塩素の大量消費が見込めるため，塩素の消化先に悩むソーダ各社には特に魅力ある製品であった．A 社も社長の浦野の方針により 1948 年に研究を開始した．資本依存関係が消失し(図 4.3-1)，経営状況（変数）も厳しい中で塩素を消費するという命題と有望な将来性が両立する塩化ビニルの開発と事業化を目指すという経営戦略を採った．

順調に技術開発を進め，日産 40kg まで達成した．しかし，次の段階へ進めるためには 5 トンスケールの中間試験設備を必要とした．試験設備の設置には 5 千万円の費用が必要であった. 1948 頃の売上額は 1 億円に届かず, 運転資金は復興金融公庫に頼る状態であった．資金的にもこれ以上の負担は不可能であり，さらに塩化ビニルの事業は一定以上の規模がないと採算をとれないことも判明した．スケールアップした中間試験設備の設置およびその後の一定規模以上の実用化設備の建設には，資本（変数）が決定的に不足する状況であった．投資できる資金がないため，開発と事業化は断念せざるを得なかった．

A 社社史によれば, この時塩化ビニル事業に情熱を傾けていた浦野の失意は深かったと記録されている．経営状況が厳しいという状態で限られた資源的制約の下，資金不足により頓挫した塩化ビニルの事業化をどのように進めていったのか，組織間関係論的に分析する．

上記の事象について，変数，戦略，組織間関係の相互の因果関係を図 4.3-2 に沿って記述する．図 4.3-2 では，変数として組織の属性と市場関する変数を合わせて示した．A 社が塩化ビニル参入を決断した頃，塩化ビニル市場はすでに存在し，盛んに成長していた．確実に成長が予測できる環境であった．市場が消滅するというような不確実性に関する予測は長期間なかった．この頃，A 社は資本関係を絶たれ，経営状態が悪かった．電解ソーダ事業成長のためには塩素消費先が必要であり，いくつかの選択肢から有用な戦略として成長途上の塩化ビニル参入を選択し，開発を始めた．しかし，資金不足で中止せざるを得なかった．そこで，不足する資本と資源を確保するため，他組織との提携戦略を検討した．

(b)　ステージ 1 からステージ 2 への移行；組織間関係の形成

資本不足のため A 社単独での塩化ビニル事業は不可能であった．そこで，A 社は塩化ビニル事業を共同事業化するという戦略を立て，提携先を探索することとした．すなわち，A 社の資本不足という変数は A 社に塩化ビニルの共同事業化という戦略をとらせることとなった．また，A 社は一方の原料である塩素を有しており，しかも過剰に産生する産物であったため処分先を確保する必要があった．

一方，塩化ビニルの一方の原料であるカーバイドのトップメーカーであった三井系の電気化学工業株式会社(以下 K 社)も, 酢酸ビニルの事業化に次いで塩化ビニルの事業化に取り組み，中間設備を設計する段階にあった．しかし，1949 年当時は建設資材と工業塩が不足していたため，政府の政策により電解設備の新設はもとより既存工場の買収も困難であっ

[23]　宮本眞樹（2001）「塩化ビニル技術史の概要と資料調査結果」『国立科学博物館技術の系統化調査報告第 1 集』に塩化ビニルの産業史が解説されている．

た．K 社は塩化ビニルの一方の原料であるカーバイド・アセチレンを有していたが，原料となる工業塩不足により電解ソーダ産業は政府の厳しい統制下にあったため，業務提携による塩素調達以外に選択できない状況下，塩化水素の供給先となる業務提携相手を探していた．

両者は提携先を探す中で出会った．両者の組み合わせは，表 4.3-1 および図 4.3-3 に示すように，第一に塩素とエチレンカーバイドという不足する資源を双方で補う形となる．第二にA社は資本を K 社から支援されることが期待され，第三に設備建設に当たっては双方が相互補完的であった．したがって，共同事業は双方の組み合わせが最適であった．K 社においては原田(常務)が塩化ビニルの事業化を進めており，A 社の浦野と協議し，塩化ビニルの共同事業化の覚書を交わすことになった(1949 年)．具体的には，K 社の資金で新規プラントを A 社の土地に建設，A 社は土地，建屋，ユーティリティー，要員を貸与するという内容であった．相互に資源を依存しつつ塩化ビニル事業を共同で進める協同戦略関係を形成する戦略が採られたと言える(図 4.3-3 および図 4.3-4)．

また，電解ソーダ工業に対する政府の方針は塩化ビニルなどの有機合成化学を優先する政策であった．そのため，供給が不足していた工業塩は優先割り当てが行われていた．A 社は K 社との共同事業契約により塩化ビニルは準自家消費扱いと認められ，原料塩の優先割り当て制度の適用を受けることができた．電解ソーダと有機合成化学に関する政府施策による制度の影響を受けていたと言える．

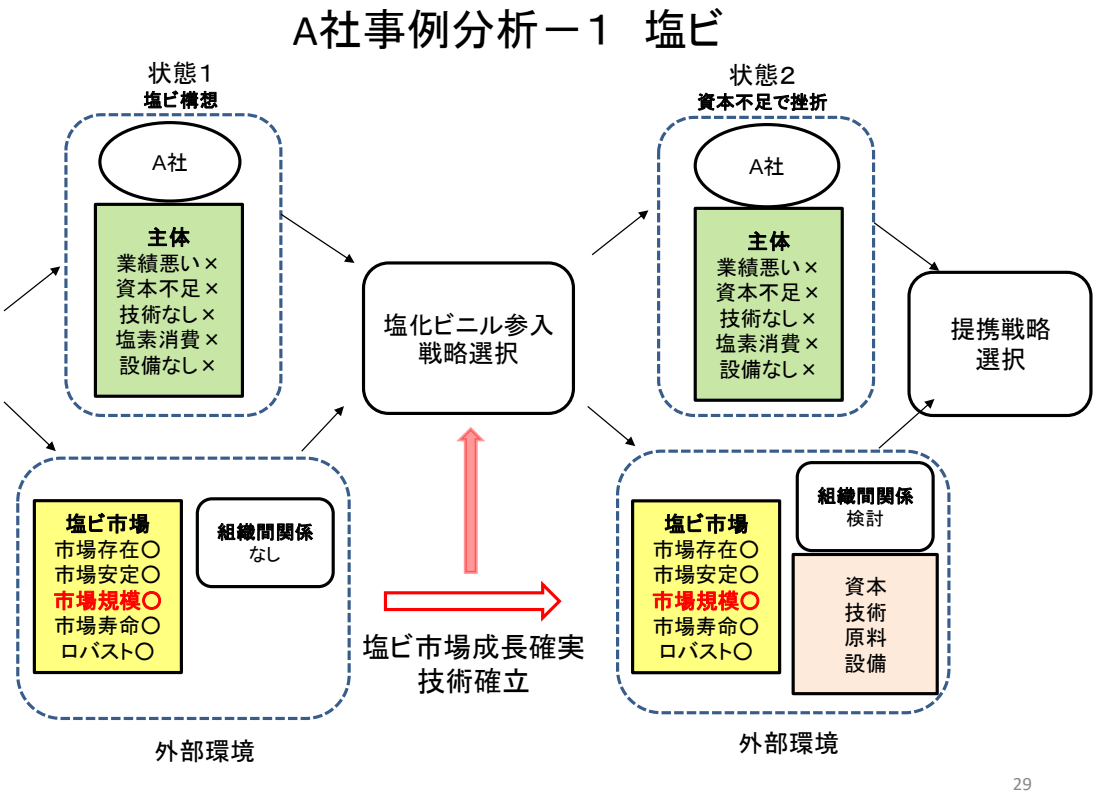


図 4.3-2　塩化ビニル参入戦略の選択と中断

塩化ビニル市場はすでに存在し，成長していた．確実に成長が予測できた．不確実性は極めて低いレベルであり，表 3.1-1 に示したリスク分類で 1 である．経営状態が悪かったため，電解ソーダ事業を拡大することが必要であった．電解ソーダ事業成長のためには塩素消費先が必要であったので，いくつかの可能な方法を検討した．塩素の消費と新しい事業として成長途上の塩化ビニル参入を構想することに至り，技術開発を開始した(図 4.3-2)．資金不足で中止したことはすでに述べた．しかし，投資すれば確実に将来の成長が見込まれるので，資本を他組織に依存して確保し，事業化を進める方針を立てた．投資せずに何もしなければ基盤事業の電解ソーダ事業の基盤も確立できずかえって自社の存続が危うくなるリスクが高くなると容易に推測された．そのため，資本を他組織に依存することは受容する選択を行ったと推論される．自社の存続がかかる場合には，リスクレベルを評価して受容できるレベルであればリスクを取るという合理的判断と言える．

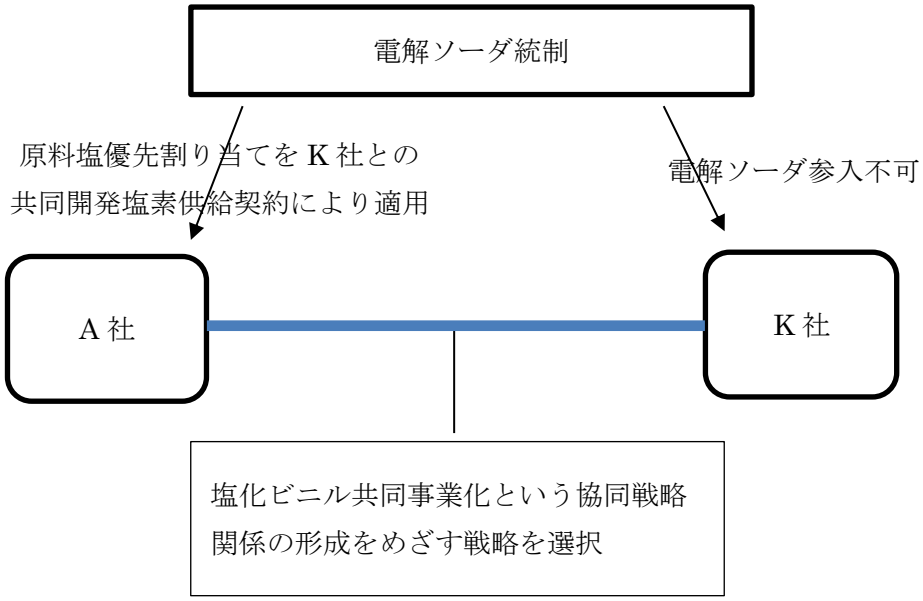


図 4.3-3　協同戦略関係の形成

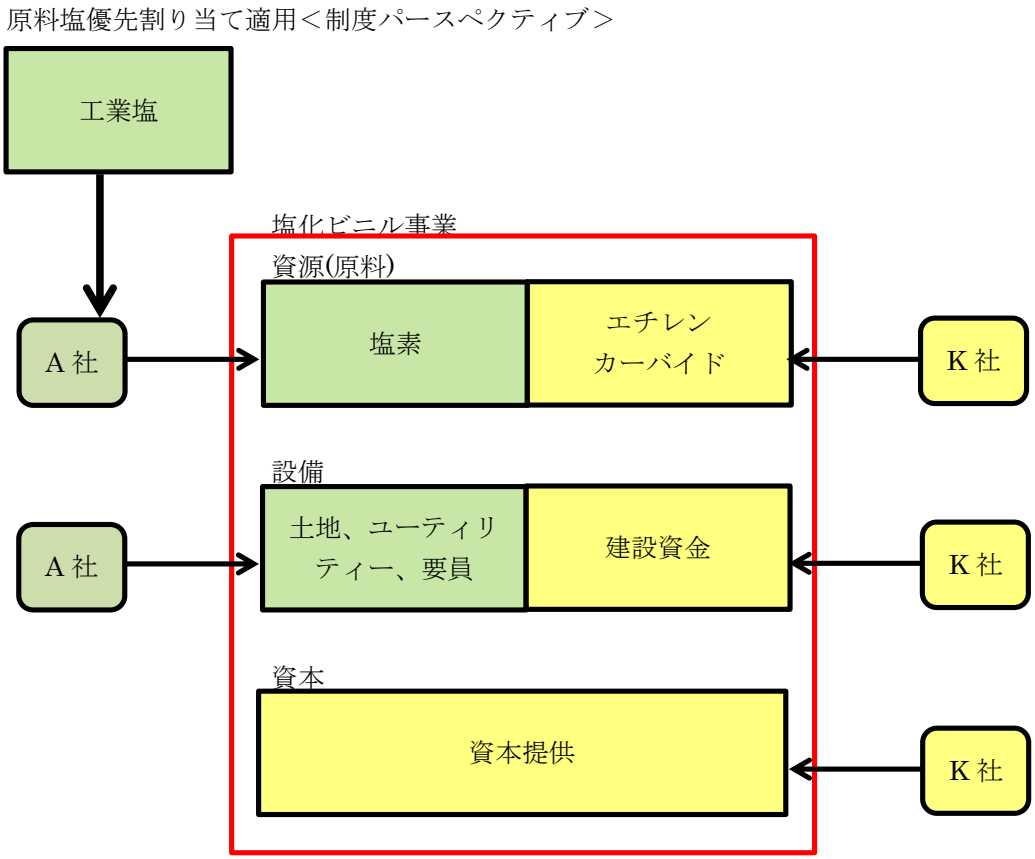


図 4.3-4　相互補完による資源依存関係

表 4.3-1　塩化ビニル事業に係る 2 社提携前の変数の相互の関係

変数	A 社	関係性	K 社
経営状況	苦しい	A 社が依存	安定
資本資源	資本不足	A 社が依存　←	資金余裕あり
資源 1	過剰塩素の処分	→　塩化ビニル原料	塩素入手困難
資源 2	エチレンカーバイドなし	塩化ビニル原料　←	エチレンカーバイド製造
資源 3	土地，建屋，人員提供	→　共同で建設　←	工場建設資金提供
資源 4	設備なし	→　共同事業化　←	設備なし
資源 5	開発要員少ない	A 社が依存	開発要員多い
資源 6	自主技術あり	→　共同開発　←	独自技術

山倉（1993）は第 2 章第 1 節において，資源依存の前提を 2 つ挙げている．第一に，組織存続のために外部環境から諸資源を獲得・処分しなければならない．組織は自己充足的存在ではなく，環境に対して開かれたシステムであり，諸資源を所有しコントロールしている他組織に依存している．依存ゆえに資源の配分・処分をめぐる組織間関係が形成・維持されると述べており，資源依存には獲得だけでなく処分という資源依存も包含する．第二は，組織は自らの自律性保持および他組織依存回避という要求をもち，また，他組織をできうる限り依存させ，みずからのパワーを拡大する欲求を持つことである．

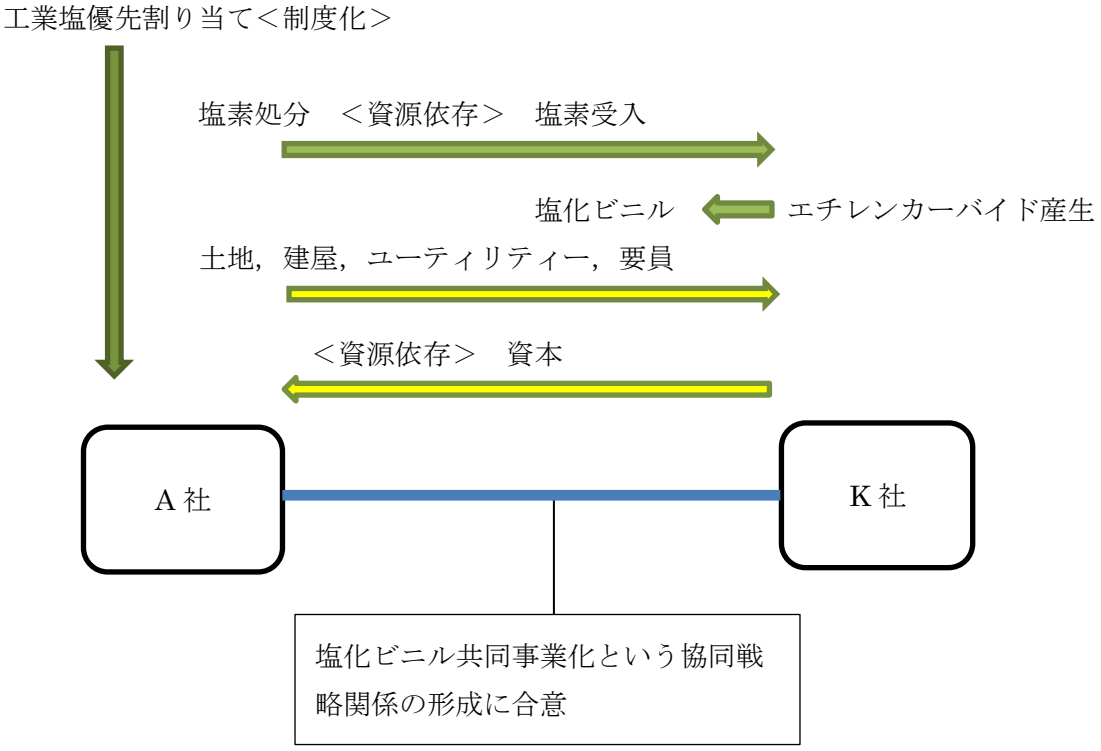


図 4.3-5　操業開始後の組織間関係

ここでは自力開発ステージ 1 から K 社と提携した状態のステージ 2 に至る移行期を中心に，変数初期値－戦略－組織間関係の 3 要素の相互関係の変化に着目して，この間の A 社の塩化ビニル事業戦略における組織間関係の変化を要約する．

(c)　ステージ 1 から 2 へ　変数がどのように組織間関係の形成を推進したか

上記の経過の通り，A 社の資本の不足は A 社に塩化ビニルの共同事業化という協同戦略関係を形成するように作用した．図 4.3-5 に示すように塩化ビニルに関して，原料資源と資本資源が相互補完の構造にあり，協同戦略関係形成に適した組み合わせであった．そのため，1949 年の覚書により，A 社からは塩素の供給，K 社は塩化ビニル原料としての受入という塩素による相互の資源依存および工場建設に関する資源依存を包括した協同戦略関係を形成するように計画を進めた．1950 年には K 社は A 社の株式を多量に取得する形で資本参加し，A 社は K 社に資本を依存する資源依存を形成することとなった．この提携により，塩素供給源である A 社渋川工場内の土地に K 社により塩化ビニル工場が建設されていく．

A 社単独ではできなかった塩化ビニル事業を可能とするため，共同事業をめざす戦略を採り，K 社と提携した結果，資源依存を形成することができた．結局，図 4.3-4 に示す相互補完的構造が形成された．

建設費 7 千万円で渋川工場内に建設された塩化ビニルの試験工場は月産 5 トンの能力で 1950 年末に完成し，1951 年 2 月に運転を開始した．A 社は塩酸合成塔からの塩化水素を乾燥ガスの状態で試験工場に送気した．渋川工場における塩化水素の供給は，K 社の塩化ビニル製造法が EDC 法に変更されることによって，1970 年 4 月 30 日に終了するまで A 社の経営の安定化に寄与することになる．以下，本節では塩素販売終了までの経過を示す．

(d)　ステージ 2　提携成立と工場完成まで

1953 年には A 社敷地内に K 社資金より塩化ビニル工場が完成した．工場が建設され，生産が可能となり，塩素が順調に消費されることにより経営状況は徐々に好転していく．A 社は塩化ビニル事業を共同事業としたかったが，塩素の供給という形態が継続され，K 社は自社事業として発展させた．K 社は資本的にも技術的役割においても優位にあったため，A 社との共同事業とする必要性はなかったためと推測する．しかし，塩化ビニルに関する組織セットは双方に維持するメリットがあったので，組織セットは維持継続された．

また，資本依存強化戦略により資本は増強され，表 4.3-2 のように経営は安定化した．図 4.3-5 の構造は有効な組み合わせであったため，基本的にこの構造は塩素販売終了まで維持され，A 社の経営の改善と安定化に寄与することとなった．

表 4.3-2　塩化ビニル工場立ち上げ後の A 社の変数の変化

	提携前	提携後	操業開始後
経営状況	苦しい	改善の兆し	改善
資本	不足	不足解消	不足解消
資源	過剰塩素の処分	過剰塩素解決	塩素販売実現
技術	自立開発	K 社主導	K 社主導
設備	なし	建設開始	自社敷地に K 社工場
塩素販売	過剰分消化不可	過剰分消化見込み	過剰分の販売実現

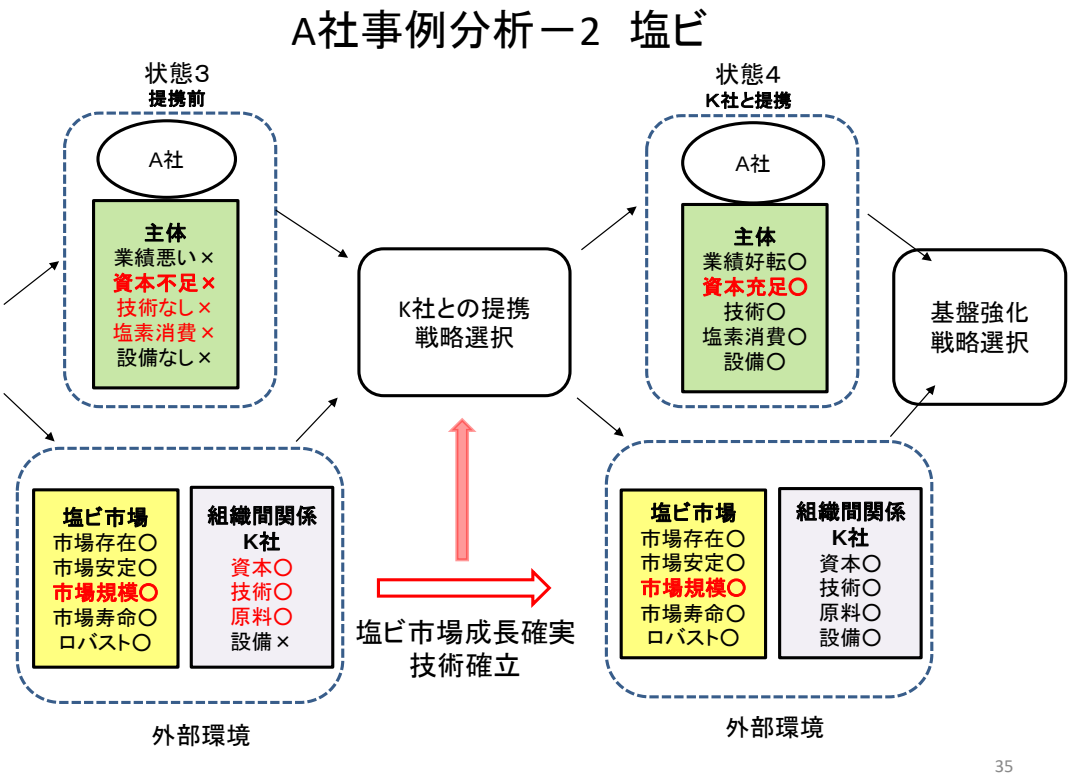


図 4.3-6　K 社との提携戦略選択

図 4.3-6 に示すように，提携前の状態 3 では資本，技術，資源が不足していた．K 社は資本，技術，資源として一方の原料をもっていた．K 社と提携すれば不足する資本，技術，資源を得られるので，A 社は K 社との提携を選択した．組織間関係として K 社との資本，技術，原料の資源依存関係を形成した（図 4.3-7）．成果として，資本充足および工場建設（K 社）を実施できた．資本は充足され，K 社との塩化ビニル事業提携により塩素消化先を確保できる見通しを得られた．その後経営は改善した．

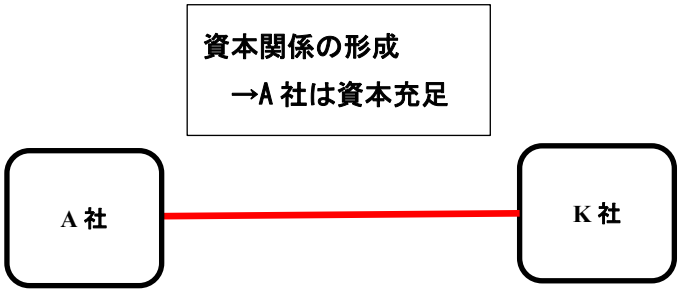


図 4.3-7　ステージ 2　K 社（電気化学工業）との資本提携による資本改善効果

(e)　ステージ 3　工場完成後から操業安定化まで

塩化ビニルの協同戦略関係を形成し，塩素の消化先となる塩化ビニル事業の実現を確実なものとして実行することが可能となった．しかし，K 社は実際には共同事業とすることなく，塩化ビニル事業は K 社の事業のままであった．A 社から塩素を供給し，K 社の塩化ビニル事業の原料として受入という組織セット（図 4.3-8）として成立したものと考えられる．

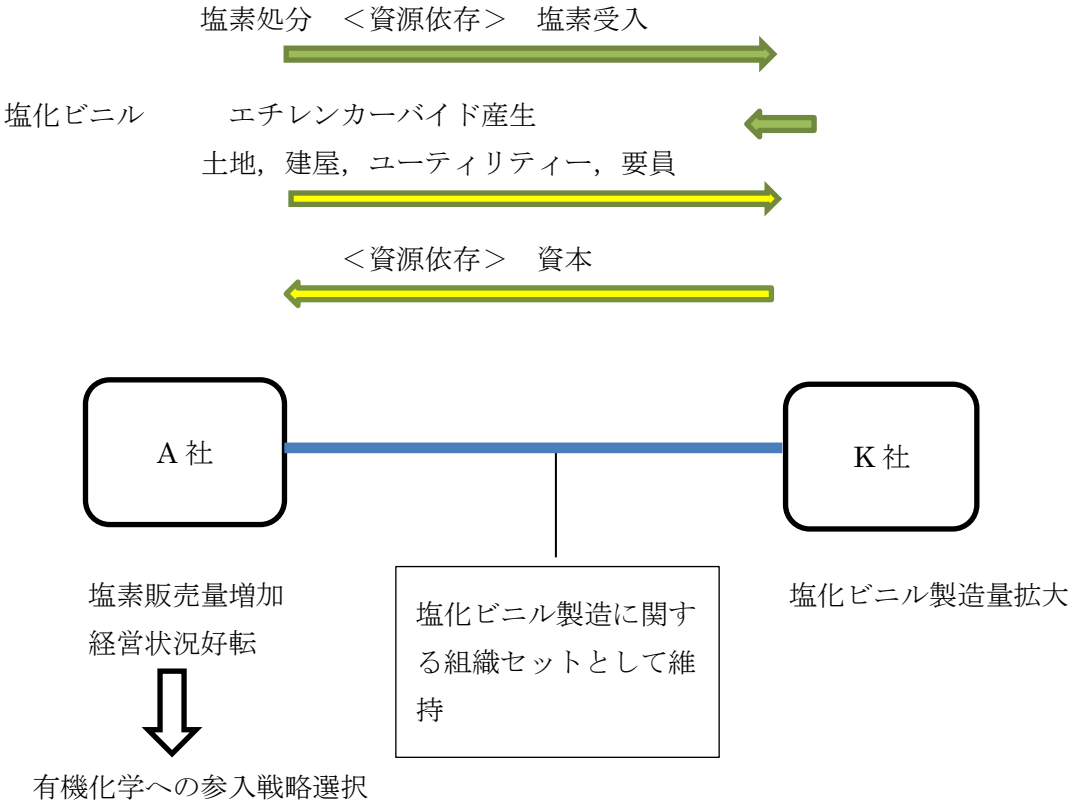


図 4.3-8　組織セットの形態

塩素の消化先となる塩化ビニル事業の実現を確実なものとして実行することが可能となった．しかし，K 社は実際には共同事業とすることなく，塩化ビニル事業は K 社の事業のままであった．塩化ビニルの協同戦略関係は未達であった．塩素の供給と受入という組織セットとして成立したものと考えられる．

K 社による塩化ビニルの生産量は 1957 年には 1,100 トンに達し，順調に生産は拡大したので，A 社は過剰の塩素の処分をめぐる資源依存関係を確立することができた．

また，K 社との資本提携により形成された資本依存関係については，A 社は資本を得たことにより経営が安定化することとなった．組織セットと塩素による相互依存の資源依存関係を形成したことにより，元々構想していたものの自社単独では実現できなかった大型の塩素製品として塩素の消費を確立することができた．塩化ビニルの協同戦略の形成をめざした戦略を選択したことは，戦後の民需転換における電解ソーダ事業をソーダ，塩素，水素の三本柱で支えるという三本柱戦略を確立することに大きな寄与があった．

そのことにより，基盤事業の強化と次の事業を進められる環境ができた．塩化ビニルと並行して独自に開発したトリクロルエチレン，パークロルエチレン事業の成功は，ソーダ事業の安定があったことが大きく寄与している．

表 4.3-3 に示すように経営状況は改善していったが，A 社は資本依存関係に制約され，工場も K 社の所有であり，技術も K 社の主導によるものであった．したがって，K 社には共同事業とする理由はなかった．A 社は塩素処分を実現できたものの原料供給者にとどまり，塩化ビニル事業の利益を享受できる位置には至らなかった．余剰塩素の処分だけでは次の発展が見えないこともあって，経営状況の改善により広がった自由度を活用することで，塩素系と水素系による有機合成化学への参入という新たな分野への拡大を目指す戦略を選択した．

A 社は次の成長戦略として，塩化ビニル以外の新規事業を構想することになる．例えば，1950 年代前半にはトリクロルエチレン，パークロルエチレンの企業化に成功し，1950 年代後半にはシクロヒキサノンの事業化，に成功した．

表 4.3-3　K 社塩化ビニル提携による各変数の変化（好転）

変数	ステージ 1 提携前 1948-49	ステージ 2 提携・操業前 1950-1952	ステージ 3 提携後操業 1953-57
経営状況	×	△	○
資本	×	○	○
資源	×	○	○
技術	△	○	○
設備	×	○	○

(f)　ステージ 4（1958－1963 年）

K 社による塩化ビニルの生産量は順調に拡大したので，A 社から K 社への塩素の販売量が拡大した．さらに，トリクロルエチレン，パークロルエチレンなどの塩素製品の拡大により塩素需要は増加し，渋川工場の電解ソーダ設備も増強されていった．1955 年頃からソーダとの逆転が生じるようになった．

A 社は基盤事業として位置づけていた電解ソーダ事業の安定化により，経営が安定化したことで本来構想していた独自の成長発展戦略を進めることにした．資金需要が旺盛となり，資本増強戦略を策定した．

K 社の塩化ビニル事業の拡大は A 社の塩素供給量の拡大に直結していた(お互いに資源依存)ので，A 社は電解設備を増設していった．塩化ビニルを中心に有機合成化学を優先するという政府の政策があり，供給が安定していなかった原料塩の優先割り当て制が実施された．A 社の塩化水素は協同開発による K 社への供給契約により自家消費に準じた扱いと認められて，優先割り当て制の適用を受けることができた．

一方，塩素の消費拡大に伴う苛性ソーダの増産は，昭和 30 年台の合繊時代が来るまでの期間に化繊・紙パルプ向け需要（市場の見通しは好転）が旺盛であったこと（これは期待以上の環境としてよい方向で現れた不確実性である）と政府がアンモニア法苛性ソーダの生産を調整し，電解法の苛性ソーダを優先する政策（制度化）を採っていたことなど環境に恵まれていた．K 社との塩化ビニルに関する提携と環境に恵まれたことによって，A 社の中核事業であった電解ソーダ事業の基盤は確立されることとなった．経営状況は好転する結果となった．ステージ 3 に続き，金融機関による協調融資を得ながら K 社との関係が維持された（ステージ 4 から 5）．

有機化学への参入を意図して新規の事業開発を進めており，投資資金が必要であった．1956 年以降毎年資本金を増資していたが，財務状況としては不足していた．そこで，資本を充実するため，金融団による資本増強戦略を採った．1960 年に朝日生命が幹事となり，生保 6 社による協調融資を実現できた．新規事業開発を推進するために，金融団に依存する資本依存関係を形成することができた．また，K 社からの自律化への欲求もあり，K 社依存を軽減するために，他組織への資本依存を形成したとも言える．

塩素の売上げはさらに拡大し，電解ソーダ事業の経営安定化への寄与は大きかった．塩化ビニルによる組織セットと塩素による相互資源依存関係維持のメリットは大きかったので，組織セットと資源依存は維持された．トリクロルエチレン，パークロルエチレン，シクロヘキサノン，アジピン酸等の事業化に成功したのは電解ソーダ事業の安定化があったからこそ可能となったと考えられる．しかし，K 社の塩化ビニル製造法はカーバイド法アセチレンから低コストのエチレン法へ転換され，1970 年に K 社への塩化水素の販売は停止し，塩素の資源依存と組織セットは消滅した．

結局 K 社との提携により経営状況が好転し，電解ソーダ事業を発展させる戦略はほぼ成

功した．図 4.3-1 に示したように両者が保有する資源の組み合わせが相互補完的であったため，基本的にこの構造は終了まで維持され，A 社の経営の改善と安定化に寄与することとなった．

状態 5（図 4.3-9）では K 社と資本提携し，塩素販売が安定化した状態である．K 社への資源依存関係は電解ソーダ事業の確立に寄与し，経営基盤の安定化を達成した．有機合成化学進出をめざした．

なお，この間，1963 年には三菱化成と水島進出について合意するという大きな経営判断を行っている．水島進出と渋川工場の再構築というテーマは次節で検討する．

状態 6 における 1970 年に塩素供給は塩化ビニルの製法転換政策により終了した（図 4.3-9）．そのため，K 社との資源依存関係は終了したが，資本関係は残った．売上減少と塩素バランス悪化により，経営が悪化した．この機に乗じて K 社が支配を強める動きをみせたので，A 社は資本強化をめざした．

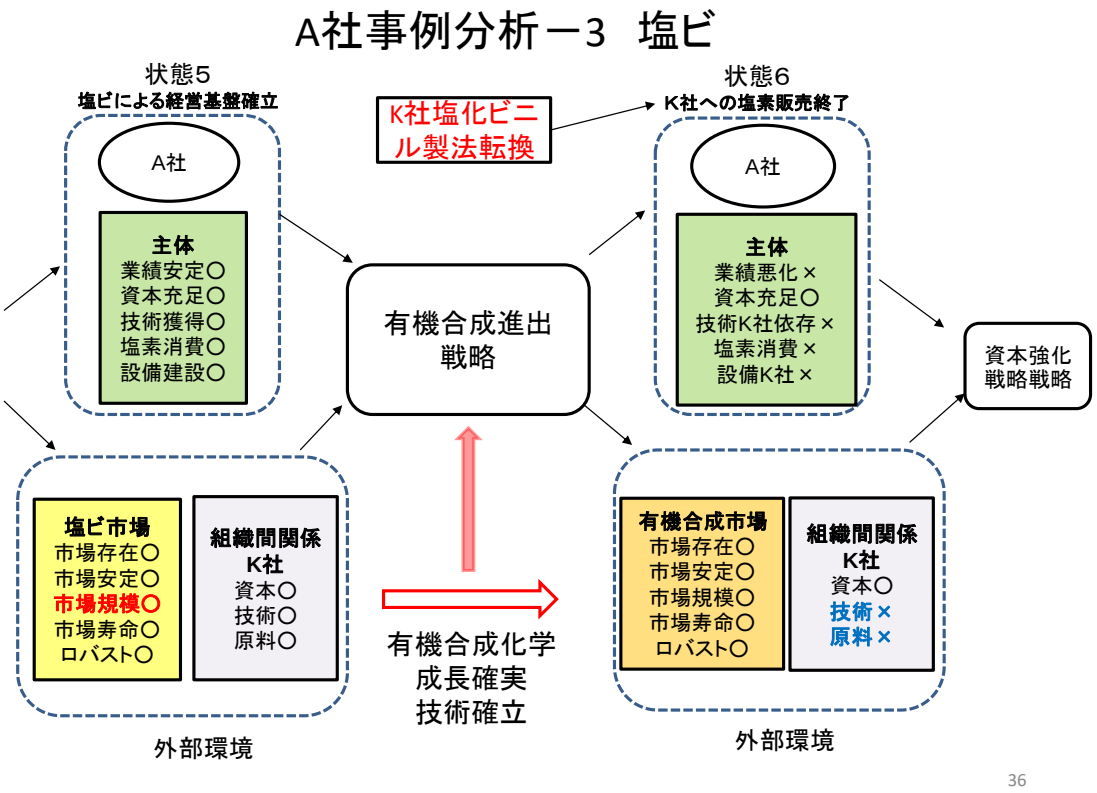


図 4.3-9　K 社塩素販売安定化による経営基盤強化を経て塩素販売終了

(g)　ステージ 5（1964－1970 年）

有機化学への参入を意図して新規の事業開発を進めており，投資資金が必要であった．1956 年以降毎年資本金を増資していたが，財務状況としては不足していた．そこで，資本

を充実するため，金融団による資本増強戦略を採った．1960 年に朝日生命が幹事となり，生保 6 社による協調融資を実現できた．新規事業開発を推進するために，金融団への資本依存関係を形成することができた．

塩素の売上げはさらに拡大し，電解ソーダ事業の経営安定化への寄与は大きかった．塩化ビニルによる組織セットと塩素の相互依存資源依存維持のメリットは大きかったので，組織セットと資源依存は維持された．トリクロルエチレン，パークロルエチレン，シクロヘキサノン，アジピン酸等の事業化に成功したのは電解ソーダ事業の安定化があったからこそ可能となったと考えられる．

しかし, K 社の塩化ビニル製造法はカーバイド法アセチレンから低コストのエチレン法へ転換され，1970 年に K 社への塩化水素の販売は停止し，塩素による資源依存と組織セットは消滅した(表 4.3-4).

表 4.3-4　K 社との提携による塩化ビニルに関する変数の変化

変数	ステージ 1 提携前 1948-49	ステージ 2 操業前 1950-52	ステージ 3 操業後 1953-57	ステージ 4 安定期 1958-60	ステージ 5 終盤期 1961-70	ステージ 6 終了後 1971
経営状況	×	△	○	○	○	×
資本	×	○	○	○	○→×→○	○
資源	×	○	○	○	○	×
技術	△	○	○	○	○	×
設備	×	○	○	○	○	×

*ステージ 5 の資本悪化は水島進出の資金負担による．回復は M 社資本提携による．

4.3.2　有機合成化学拡大と臨海部への進出

状態 7（図 4.3-10）では金融団への資本依存関係を形成した．その結果，経営が安定化した．経営が安定したことで有機合成を拡大することが可能になったので，成長をめざし有機合成を拡大する戦略を選択した．

業績が拡大した（状態 8）ことで，内陸の渋川工場 1 工場体制という限界が問題となってきた．さらに成長をめざし，臨海部への第二工場建設と石油化学進出を構想した．

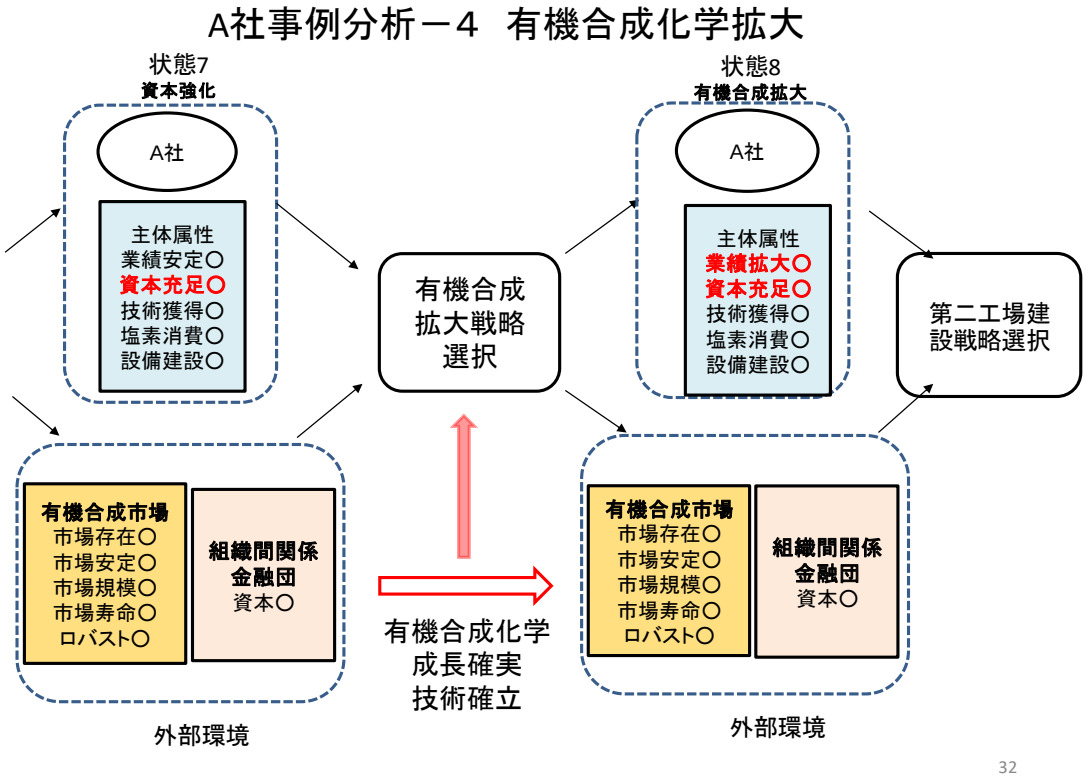


図 4.3-10　有機合成化学拡大戦略の選択

＜安定しているのに新規分野へ進出する理由＞」

また，K 社との資本提携により形成された資本依存については，A 社は資本を得たことにより経営が安定化することとなった．組織セットと塩素による相互依存の資源依存関係を形成したことにより，元々構想していたものの自社単独では実現できなかった大型の塩素製品として塩素の消費を確立することができた．塩化ビニルの協同戦略関係の形成をめざした戦略を選択したことは，戦後の民需転換における電解ソーダ事業をソーダ，塩素，水素の三本柱で支えるという三本柱戦略を確立することに大きな寄与があった．そのことにより，基盤事業の強化と次の事業を進められる環境ができた．塩化ビニルと並行して独自に開発したトリクロルエチレン，パークロルエチレン事業の成功は，ソーダ事業の安定があったことが大きく寄与していた．

経営状況は改善していったが，A 社は資本依存関係に制約され，工場も K 社の所有であり，技術も K 社の主導によるものであった．したがって，K 社には共同事業とする理由はなかった．A 社は塩素処分を実現できたものの原料供給者にとどまり，塩化ビニル事業の利益を享受できる位置には至らなかった．余剰塩素の処分だけでは次の発展が見えないこともあって，経営状況の改善により広がった自由度を活用することで，塩素系と水素系によ

る有機合成化学への参入という新たな分野への拡大を目指す戦略を採った（表 4.3-5）.

A 社は次の成長戦略として，塩化ビニル以外の新規事業を構想することになる．例えば，1950 年代前半にはトリクロルエチレン，パークロルエチレンの企業化に成功し，1950 年代後半にはシクロヒキサノンの事業化，に成功した.

表 4.3-5　塩化ビニル以外の有機化学品に関する変数の変化

変数	ステージ 1 提携前 1948-49	ステージ 2 操業前 1950-52	ステージ 3 操業後 1953-57	ステージ 4 安定期 1958-63	ステージ 5 終盤期 1964-70	終了後 1971
経営状況	×	△	○	○	○	○
資本	×	○	○	○	○→×→○	○
資源	×	○	○	○	△	○
技術	△	△	○	○	○	○
設備	×	△	○	○	○	○

＜塩化ビニルの事業特性を変数とする分析＞

K 社との提携というこの浦野の経営判断は, 塩化ビニルの事業化に係る技術的見通しや市場における激烈な競争に耐えられるか分からないという不確実性のある環境下における意思決定であり，K 社の資金を利用してリスクを低下させる条件を得た上での行為である.

K 社との提携により経営状況が好転し, 電解ソーダ事業を発展させる戦略はほぼ成功した. 図 4.3-1 に示したように両者が保有する資源の組み合わせが相互補完的であったため，基本的にこの構造は終了まで維持され，A 社の経営の改善と安定化に寄与することとなった.

表 4.3-6　塩化ビニル事業に関する組織間関係の形成と推移

		組織間関係の類型			
ステージ	時期	資源依存および制度化		組織セット	協同戦略
		(3)資源(塩素)	(3)資源(資本)		
ステージ 1	1948－1949	過剰塩素	資本不足		塩ビ事業
移行期	1949	K 社へ供給	K 社資本	A 社と K 社	覚書交換
ステージ 2	1950－1953	販売開始			
移行期	1953				協同は実現せず，K 社事業
ステージ 3	1953－1957		金融団		
ステージ 4	1958－1960				
ステージ 5	1961－1970 1970	販売終了	M 社	終了	M 社との提携

＊資本資源依存ブを維持

表 4.3-7　塩化ビニル事業に関する変数の変化

変数	ステージ 1	ステージ 2	ステージ 3	ステージ 4	ステージ 5
経営状況	悪い	好転兆し	改善	改善	安定後悪化
資本	不足	不足解消	金融団増資	増強	M 社増強
資源	塩素過剰	消化見込み	販売増加	販売順調	安定後終了
技術	なし	改良	維持	維持	維持
設備	なし	工場建設	設備拡張	安定	安定
開発	単独開発	共同開発	K 社主導	K 社主導	K 社主導

経営状況は好転していったが，A 社は脆弱であった資本を増強するため，金融団の融資による増資を進めた．自律化指向へ調整のため K 社への資本依存の軽減を図るため，K 社以外の金融団による融資獲得により，K 社への資本依存の軽減を図ったと考えられる．石油化学進出をめざし，K 社依存からの脱却をめざしている．

しかし，その後の水島進出により資金繰りが再度悪化し（1960 年台半ば），さらに塩素販売が終了するなど塩化ビニル始め複数の事業が終了する事態に遭遇し，資金繰りに窮す事態に至った．ほかに頼る道がなく，M 社資本による増資で対応した．水島進出という将来の発展が見込まれる道を選択し，M 社への資本依存を選択したわけである（表 4.3-8）．

表 4.3-8　K 社との提携による塩化ビニルに関する変数の変化

変数	ステージ 1 提携前 1948-49	ステージ 2 操業前 1950-52	ステージ 3 操業後 1953-57	ステージ 4 安定期 1958-60	ステージ 5 終盤期 1961-70	終了後 1971
経営状況	×	△	○	○	○	×
資本	×	○	○	○	○→×→○	○
資源	×	○	○	○	○	×
技術	△	○	○	○	○	×
設備	×	○	○	○	○	×

一方，塩化ビニル以外の有機合成化学品に関する変数の変化をみると，経営状況，資本，資源，技術（有機化学技術獲得），設備などが好転した（表 4.3-9）．1963 年頃はその後終了する宇部興産向けのアノン化合物の生産ピークを迎え，水素と電力が不足する状況となった．

表 4.3-9　塩化ビニル以外の有機合成化学品に関する変数

変数	ステージ 1 提携前 1948-49	ステージ 2 操業前 1950-52	ステージ 3 操業後 1953-57	ステージ 4 安定期 1958-63	ステージ 5 終盤期 1964-70	終了後 1971
経営状況	×	△	○	○	○	○
資本	×	○	○	○	○→×→○	○
資源	×	○	○	○	△	○
技術	△	△	○	○	○	○
設備	×	△	○	○	○	○

＊1963 年頃宇部アノンのピークを迎え，水素，電力資源不足

＊1965～66 年頃の年の資金不足は水島進出に伴う出費による

塩化ビニル終盤期の 1965 年に A 社は資金不足になった．計画していた増資ができなかったため，水島コンビナートにおける建設費支払への資金需要を手当てできず，生保団からのつなぎ融資でしのいだ．しかし，初代と 2 代目の社長が相次いで亡くなることで彼ら名義の株式が K 社の所有となった．その結果，K 社の株式保有率が 26%に増加し，役員派遣の要請を受けた．これは経営権掌握を意図するものであった．A 社はこの申し出を断ることにしたが，主力金融団は K 社か M 社，または両社との連携を得ることを求めた．

M 社を選ぶことは三菱系への移行とするもので，古河系としての支援は得られないことを意味した．古河系か三菱系かの選択を迫られた A 社は水島進出の重大性を鑑みて M 社との提携を決断し，1967 年に資本参加を得た．

4.4　1960 年台の M 社との提携と水島コンビナート

前節では，機能性材料の事業に至る前段階の経営を事例分析の対象として，戦災によりいったん壊滅した既存電解ソーダ事業の基盤確立に向けた A 社の経営判断・行動を組織間関係に着目して調査した.

ここでは，A 社復興期におけるソーダ事業基盤を確立しながら，三菱化成との提携により水島コンビナートへ進出するプロセス，および比重が低下した内陸型渋川工場の生き残り策と機能性材料開発の経緯に注目し，組織間関係論による説明を試みた.

4.4.1　第二工場の建設構想

背景；

塩化ビニル事業においては，A 社は K 社への資本依存関係に制約され，工場も K 社の所有であり，技術も K 社の主導によるものであった．K 社には共同事業とする理由はなかった．A 社は塩素処分を実現できたものの原料供給者にとどまり，塩化ビニル事業の利益を享受できる位置には至らなかった.

余剰塩素の処分だけでは次の発展が見えないこともあって，経営状況の改善により広がった自由度を活用することで，1950 年代後半から塩素系と水素系による有機合成化学への参入という新たな分野への拡大を目指す戦略を採った.

経緯概要；

A 社社史によれば，拡大を目指す中で第二工場の建設を検討するようになり，1961 年頃福島工場計画を推進した経緯がある．しかし，この頃はまだ臨海部コンビナート進出を意識していなかった．渋川工場の問題点は敷地の狭いことだけではなかった．宇部興産向けシクロヘキサン－シクロヘキサノール混合物の拡大により，内陸工場という物流コスト的に不利な問題が顕在化した．**第二工場の立地として臨海部コンビナートを意識**し始めたのは 1963 年からである.

契機はトリクロルエチレンの石油化学法への転換ではなく，不足するシクロヘキサノンの増設計画が臨海部石油化学コンビナートを構想するきっかけであった.（脚注に川崎進出案検討経緯を引用する.）社長特命を受けた高瀬（専務）が川崎地区コンビナートの情勢を調査する中で M 社の末田（常務）と出会った．この出会いが水島への進出という方向を導いた．水島は M 社が中心になってコンビナート建設を進めていた地区であり，海上輸送，温暖な気候など工業立地に適する場所であった．しかし，関東地区に得意先が集中していた A 社には遠いということが問題であり，役員の大半は川崎を進出先とすべきと考えていた．しかし，谷中（社長）は関西以西の販売の弱さを水島進出によりカバーするという発想を持った．谷中は水島に製油所を建設した日本鉱業の林や主力銀行の第一銀行の吉川などに意見を聞き，賛同を得ている（以上は関東電化工業社史から抜粋).

図 4.4-1 に，水島への進出のプロセスを示す。最終的に手堅い川崎案と発展性は大きいが投資額が大きい水島案のどちらかを選択することになった．第二工場と石油化学への進出に際し，水島進出には反対が社内の大勢であったが，将来性および M 社との提携を重視した谷中社長が水島進出を選択した．

水島進出を実現し，操業を立上げた．しかし，必要な設計手順を省略したことによるスケールアップ実験情報の不足のため，プラント立上時の初期トラブル対応に手間取った．そのことにより経営が悪化した．そこで，M 社と包括提携を交わし資本・技術に関する資源依存関係を形成した．

乏しい資金力の中で谷中が決断[24]した最大の要素は化学企業として未来の発展への可能性の大きさであったと推論する．その推論理由として，社史に記載された以下の事実がある．「水島進出決定に伴って実務部門である調査室が作成した企画案は，投資額を抑制することを重視したため，渋川工場の現有設備をできるだけ有効活用する考え方を前提としたものであった．しかし，谷中の主導により，水島で生産する製品は渋川工場とは切り離して最終製品まで一貫製造し，現地ユーザーへ販売する計画へ修正され，常務会で承認された.」と記されている（関東電化社史引用，p.）．表 4.4-1 に経営陣の中で議論されたシクロヘキサノン増設の視点による第二工場建設案実施後の（筆者による）得失予測を比較した．水島進出を選択した経緯の注目ポイントは反対の中での社長の決断である．

---

[24] 関東電化社史引用 ; p.95,「当時は関東が中心の販売であったにもかかわらず物流経費が売り上げの 10%を占めていたため，大きな負担であった．原料転換と物流費削減の点からも立地の良い場所へ移動し，渋川工場は高付加価値製品に特化するということは経営陣共通の認識であった．しかし，多くの役員は乏しい資金力でも可能な構想として，関東地区中心という販売構造を重視して物流費節約には第二工場は関東地区に立地し，渋川工場との連携により可能な限りより小さい投資で段階的に進めるという考え方であった．しかし，最終的には谷中が主導して水島進出を決定した．

水島進出は A 社始まって以来の「畢生の大事業」であった．谷中は大半の経営陣を逡巡させた水島進出という選択を決断した．進出決定の背景について，詳細は脚注に引用するが，①M 社へのエチレンの消費先としての A 社塩素系溶剤，②トリクロルエチレンの実用化研究が水島第二次増設に間に合う，③用地取得が容易かつ価格が川崎の 1/7 程度，④高度経済成長下の 1963 年頃の業界は積極拡大策が国策とも合致，⑤川崎地区でのトリクロルエチレンは採算性が悪い（水島への推力）などが水島選択の背景である.」

表 4.4-1　シクロヘキサノン増設の視点による第二工場建設後の得失

変数	1963 年状況	川崎案	水島案
経営状況	順調に拡大	経営負荷を抑制 安全策ゆえ低リスク	投資額過大の負担により悪化の可能性
資本	13.5 億円	相応の範囲	大きく資本不足 **M 社へ資本依存**
資源 水素不足 土地	**電力不足により電力依存の構造** 水分解停止し，ブタンガス購入分解	 **東燃に水素資源依存** **用地取得難，高額**	電解ソーダ自律可能 **M 社との連携期待** 水素自立可能 **土地取得容易，安価**
技術	既存技術	未知要素なし	製造技術未熟
設備	渋川工場現有設備 ブタンガス分解導入	投資額　少なく 渋川設備の活用連携	投資額 21 億円　過大 渋川分離，一貫工程
技術開発	既存技術確立	既存技術で対応	エチレン法トリクロルエチレン開発必要

図 4.4-1 に渋川工場を前提としたシクロヘキサノン不足の構造と対応策を図示する．シクロヘキサノン事業の経緯を記述すると，A 社は水素利用の目的物として，ナイロン原料としてのシクロヘキサノンに着目し 1954 年に研究を開始した．既存のフェノール法ではなくより効率的な直接酸化法に取り組んだ．直接酸化法はベンゼンの水素添加によりシクロヘキサノンを合成し，酸化してシクロヘキサノンとシクロヘキサノールの混合物を得る方法である．ちょうど，同時期に日本レーヨン(ユニチカ)のナイロン工場が操業を開始することになり，1956 年からナイロン原料のカプロラクタムを生産する宇部興産へ「宇部アノン」として供給していた．シクロヘキサノン工場の建設資金 5,000 万円として第三者割当増資を宇部興産が引き受けていた．株主割当 5,000 万円の増資と合わせ，1956 年には新資本金は 1 億 5,000 万円となった．1960 年以降，宇部アノンは拡大していき，業績に寄与していた．1963 年にピークを迎え，宇部興産の製法転換により 1965 年に終了した．

しかし，宇部アノン生産のピークであった 1963 年はシクロヘキサノンが不足する状況となり，食塩分解からの水素だけでは不足するため，水の電気分解で不足を補っていた．この年は塩素だけでなく，苛性ソーダも不足したので契約電力枠で増産するには水電解を停止して，食塩電解に電力を使い塩素と苛性ソーダの不足を回避する方策を選択した．不足するヘキサンの確保のために，(1)ブタン分解による水素発生装置を渋川工場に設置，(2)川崎に進出し，東燃石油化学の安い水素を購入してヘキサンを製造の 2 案を検討した．このときからコンビナート進出が模索され始めた．

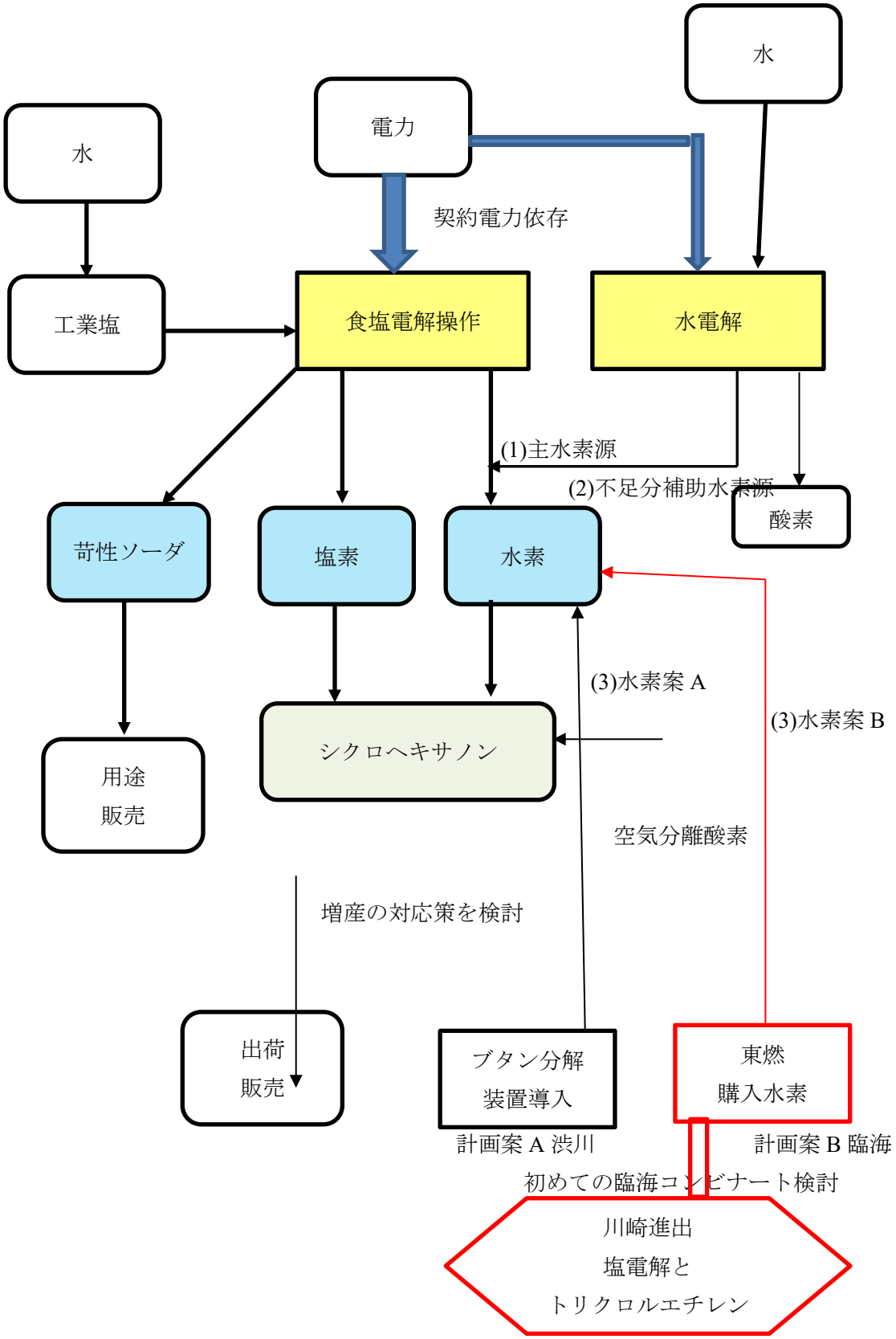


図 4.4-1　渋川でのシクロヘキサノン不足問題の構造と対応策

4.4.2　1960 年代，水島工場建設と渋川工場の体質転換生き残り

ステージ 4 からステージ 5 への移行期(1960～1965 年)である．この時の経営判断を組織間関係により評価するに際し，どの変数とどのような組織間関係が支配的であったのか，その決断の結果どうなったのかを検討する．この時は M 社との資本提携を行い，古河系列を離脱するか，否かの選択に関する意思決定は A 社にとって会社存続のための最重要の選択課題であった．

まず，K 社資本依存から M 社資本依存へ変化したときの事実を整理する．K 社と資本，技術始め広範に提携することのより，A 社は経営基盤を確立し，経営状況が安定化した．一方で，山倉は，「組織は自らの自律性保持および他組織依存回避という要求をもち，また，他組織をできうる限り依存させ，みずからのパワーを拡大する欲求を持つ」ことを指摘している．1961 年頃第二工場建設というテーマが重要な経営上の課題となっている．福島工場検討や群馬県阿久津に用地を取得するなどの動きがあった．経営トップも積極拡大を指向する関東水力出身の谷中正次が就任している．すでに，1959 年には通産省の主導により岩国，新居浜，四日市，川崎に石油化学コンビナートが形成されていることもあり，やや遅れて 1963 年(S38)頃には新規立地について臨海部の石油化学コンビナートを検討するようになった．

この石油化学進出という大事業を進める経営戦略を選択したことにより，その後の組織間関係が大きく変わる．次節以降この事実を動かした論理を推論する．

4.5　水島進出と M 社との提携

4.5.1　水島進出案の浮上

A 社社史によると当初は，シクロヘキサンノンの生産がピークに達しており，原料のシクロヘキサンを製造するための水素が食塩電界だけでは不足しており，水の電気分解を利用しているという事情があった．しかし，塩素だけでなく苛性ソーダも不足していたため，契約電力内で増産するには水電解を停止し，食塩電解に用いることを検討している．そのため，シクロヘキサンの生産対応について，渋川工場でブタン分解による水素発生を行う案と川崎に進出し，東燃石油化学の安い水素を購入してシクロヘキサンを生産し，渋川へ輸送する案を検討している．しかし，川崎進出は仮定要素が多かったため，調査継続としている．

調査継続の社長特命を受けて専務の高瀬が旧友である M 社末田常務と接触し，川崎地区の情報を調査した．M 社との接触により，水島地区への進出という動きが生まれることになる．A 社は事業基盤が関東であったたため，関東という考えが主であった．しかし，谷中は逆に関西以西を水島進出でカバーするという発想をもち，水島に進出済みの日本鉱業林副社長，主力銀行の第一銀行吉川常務に意見を聞いた．両者ともに好意的な意見であり，M 社の末田も積極的に賛同した．

この頃，渋川工場は内陸という立地条件の悪さが無視できない状況であり，関東が中心という商圏にも関わらず物流費が経営の足かせとなっていた．化成品は原料転換だけでなく，物流費の点からも立地の良い地区に移転させ，渋川工場は高付加価値製品に特化するべきであるとの考えが経営陣の一致した考えであった．また，資金がない A 社は小規模な投資で段階的な推進が可能な戦略と考えていた．

A 社資料によると，水島へ進出するという経営戦略を選択した背景として，以下の 5 つを挙げている．

1）1964 年に操業を開始する M 社のエチレン消費計画は，1965 年の第 2 次増設分について不足しており，通産省の指導により塩化ビニル以外の誘導体で補う必要があった．そのため，A 社の塩素系溶剤は都合がよかった．

2）石油化学法トリクロルエチレンの研究は遅れていたが，水島の第 2 次増設には間に合う見込みがあった．

3）川崎より用地取得が容易であり，地価が 1/5 程度と安かった．

4）高度成長の時期にあり，積極的拡大策が企業経営の基本であった．

5）川崎地区他社製品は高付加価値の花形高分子製品が多かった．地価が高い川崎における生産品として，採算性が低いトリクロルエチレンは長期的には競争力が不安．

（1）厳しい収益見込みと資金不足での水島コンビナート進出計画

1963 年 11 月 15 日の常務会で再修正計画案を採択したが，設備研究が研究途上であり，

時間不足により現地調査が十分でなかったため，計画は概算のレベルであった．概算とはいえ，当時の資本金 13.5 億円に対し，投資額は 21 億円と過大なものであった．取締役会で正式に承認され，建設が始まった．翌年現地調査を進めて具体的な設備計画と損益見通しを作成したところ，製品価格の下落による売上額の減少に加え，投資額に 7 億円もの追加が必要となったため，利益を見込めない可能性のある厳しい内容となった．

元々，水島工場建設資金調達のため，10 億円の増資を計画していた．予算を見直し，所要資金総額 26.5 億円の予算を組んだが，政府の増資規制を越えられず，東京証券取引所に申し入れた増資は実現できなかった．1960 年の生保 6 社による協調融資により一旦落ち着いていたが，新増設による資金需要には不足した．生保以外にも資金調達先を確保する努力を重ね，株式上場も果たした．しかし，増資が実現できなかったので，生保団に 10 億円，日本開発銀行など長期資金融資を申し入れた．しかし，1964 年内に成立したのは 4 億円にとどまった．金融筋の意向は M 社の保証または三菱銀行の主力銀行化であった．しかし，自立を基本としていたため，受容できることではなかった．

（2）川崎案と水島案の評価

一般役員は確実な成果が見込める川崎案を強く押し，水島進出には強く反対する意見であった．川崎案は表 4.5-1 のように，資本負担，水素資源と電力資源，経営負担，技術は既存技術，設備も既存の仕様，市場も関東圏で問題なしというように，だれが見ても欠点はなかった．しかし，社史によれば社長は川崎案については確実だが将来性は乏しいと考えた．投資額が大きく地理的に群馬から遠い水島案にはそれなりのリスクがあった．

最初の計画案は，川崎構想と同じく渋川工場の設備を有効活用して投資額を抑制する考え方であった．しかし，トップの谷中の主導により，渋川工場とは切り離して水島で最終製品まで一貫生産し，現地ユーザーへ販売する計画へ変更されている．

上記戦略の選択については以下のように推論する．地域としてまた製品として新規な市場という幾分かの未知な要素があっても，技術的には確立されていた．製品と技術が存在しない場合とは違って製品はすでに存在しているので，きちんと実行すれば目的を達成できる．したがって，長期的な時間で見ると，これまでの顧客を中心に置く戦略に対し，新しい市場にかける戦略の方が企業の生き残り策であると評価したと推論される．

表 4.5-1　一般経営陣と谷中社長の判断の違いを及ぼした予測の違い；川崎案 vs.水島案

変数	1963 年状況	川崎案 予測		水島案 予測		水島案 実施後の結果	
		一般経営陣	谷中社長	一般経営陣	谷中社長	当初	経過後
資本	13.5 億円	○	←	×	←	×	○
資源	**電力不足** 水素不足	○ 東燃依存	←	○	←		○
経営状況	順調拡大 ○	○	←	×	←	×	○
技術	渋川工場 現有設備	○	←	×	←	×	○
設備	既存技術 確立	○	←	×	←	×	○
開発	○	○	←	△	←	△	○
市場	△	○	△	△	○	△	○
企業として将来性	×	○	△	× リスク 回避	◎	×	◎

＊渋川工場だけの現状のままでは将来性はない．第二工場の進出先として川崎，水島，いずれを選択するべきか，一般経営陣と社長の谷中とで結論が異なった．

4.5.2　M 社との提携と水島進出選択

（3）社長の選択；三菱化成（M 社）との資本・業務提携を 1964 年に締結

堅実な川崎案と発展性は大きいが投資額が大きい水島案のいずれかを選択することとなった．最終的には，社長の谷中が主導して水島への進出を決定する経営判断を行った．

第二工場と石油化学への進出に際し，水島進出には反対が大勢であったが，将来性および M 社との提携を重視した谷中社長が．谷中社長が水島進出戦略を将来性の点で評価し選択した結果である．川崎計画は廃棄となり，1963 年には水島進出計画が策定された．　1963 年 11 月に A 社谷中社長と M 社佐藤社長が会談し，水島進出に合意した．1965 年に水島工場の操業を開始したことに関連し，1963 年から 1967 年の間に順次 M 社と資本・業務提携を締結した．

水島進出を実行すると直後は多くのトラブルが発生し，厳しい経営を迫られた．しかし，

数年後には社長の期待どおり，好転する結果となった．仮にこの水島進出の決断がなかったとしたら，A 社の現在は大きく異なっていたはずである．

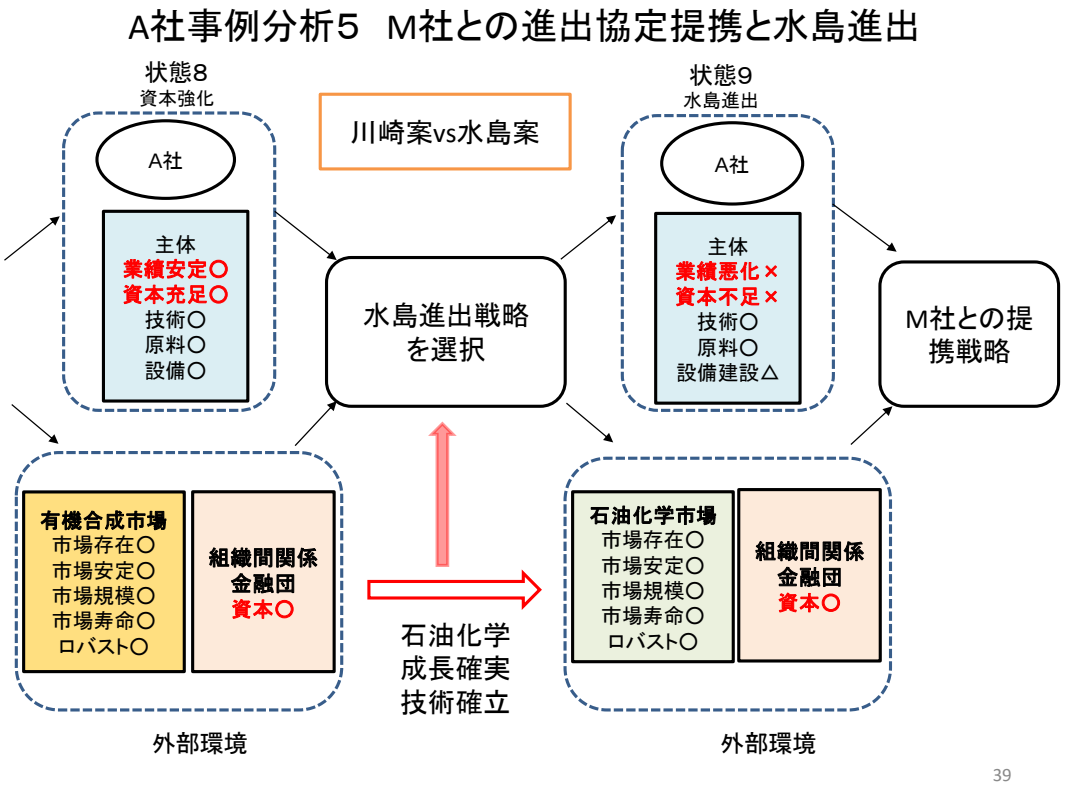


図 4.5-1　水島進出を選択

状態 8 では資本強化され，経営が安定化した．有機合成に関する技術，資源，設備を有していて，市場は安定している．組織間関係は金融団との資本依存関係を形成している．手狭で内陸の工場だけでは成長に限界があったので，次のさらなる成長のために臨海型石油化学コンビナートを構想した．堅実な川崎案と将来の発展を見据えた水島案のリスクレベルと将来性を評価した．社長の谷中は将来の可能性を重視して水島案を選択した．

状態 9 は水島進出を行った後，操業トラブルにより業績が大きく悪化した．過大な投資負担のため，資本が不足した．有機合成に関する技術、資源、設備はあった．市場も安定していた．組織間関係としては，金融団との資本依存関係があったが，増資に対しては古河か三菱かの選択を迫られた．

(4) トラブル続出と資金繰りの悪化

1964 年，産業界は設備投資の行き過ぎと過剰生産により調整局面を迎え，設備資金調達環境は厳しさを増していた．A 社では予期せぬドル箱のアノン工場の火災に加え，アノンの

需要減で資金状態はさらに悪化した．そのような状況で，渋川工場の増設，阿久津の研究所が完成し，水島工場も第 1 期工事が 1965 年に完成し，必要とする資金は多かった．さらに，水島工場の生産に向けてのエンジニアリングでは，時間不足のため中間試験設備を省略して本設備の設計と建設を行った．そのため，本操業において問題が噴出することとなり，順調な操業になったのは 1966 年であった．

（5）K 社からの経営権掌握の動きへの対応

しかし，生保からのつなぎ融資では設備代金の一部しか払えず，発注先に延払いを要請するほど，資金繰りに窮していた．水島進出という積極的な経営戦略と判断により，一時的に経営状況は悪化した．経営状況の悪化は，筆頭株主であった K 社および主要金融機関に不安を与えた．さらに，偶然，初代社長の浅野と第 2 代社長浦野が相次いで亡くなり，K 社との縁が強い両名名義の A 社株が K 社所有に変更された結果，K 社による株式保有率が 26%となった．1966 年 8 月 K 社から役員派遣の要求があった．役員派遣要求は水島計画の経営責任を問うことにより経営権を掌握する目的であった．

A 社はこの役員派遣要求を断ることにしたが，主力金融団は K 社か M 社，または両社との連携を得ることを求めた．

A 社は当面は苦しい状況であっても水島コンビナート進出は化学会社として長期的視点で行った経営戦略と判断であり，間違ったものではないとして，K 社の要求を断ることにした．しかし，役員派遣要求を断るに際して金融機関と相談した結果，第一銀行も朝日生命も A 社単独の事業展開よりも，K 社かM社もしくは両社との連携を望ましいとしていることが明確になった．ただし，M 社のみに依存することは古河系から三菱系への移行とみなし，支援はなくなることを意味した．

4.5.3　資金不足への対応と M 社との資本・業務包括提携

水島工場の建設と操業に際しては，資金的に不安を抱えながらも長期的視点により進出を選択した．しかし，時間不足による準備不足の状態で進出事業を始めたので，計画が不完全なものであった. 建設の手直しと用地代の値上がりにより追加の費用も 10 億円に上り，予定していた増資ができなかったことも重なり，支払いができないほどの深刻な資金不足に陥った．

存続に必要な資本増資のため，古河系から三菱系への移行という決断を迫られた．A 社社史には「水島コンビナート進出は渋川工場の塩素の消費先という問題の次元を超えた A 社の浮沈がかかる大事業であった. A 社は水島コンビナートの一員として将来的に親しい関係に発展する可能性を選択した.」と記載されている．A 社は M 社との資本・業務の包括提携を選択した．A 社は業務提携と水島進出により関係が強くなっていた M 社との将来の発展の可能性を重視した評価を行ったことになる．

M 社の資本参加は，第三者割当方式で行われた．M 社との提携を円滑にするには，K 社

の保有するA社株の保有が問題となり，M社の保有については金融筋の理解を得られたが，K社は放出の意思がなかったので，そのままとなった．

M 社の資本参加により，経営状況は安定化した．立ち上げ時のトラブルが多発したが，事前の準備不足が原因であり，ある意味予測は可能なものであり，オペレーションがよければ避けられるトラブルであった．人的資源，組織力のような変数が不足していたことによると考えられる．実際，M 社との包括提携により，M 社から A 社へは①営業・業務・市場開発，②中央研究所，③技術・研究開発総括を担当する複数の役員が派遣され，人材面での育成，組織強化，技術開発力の強化に寄与した．

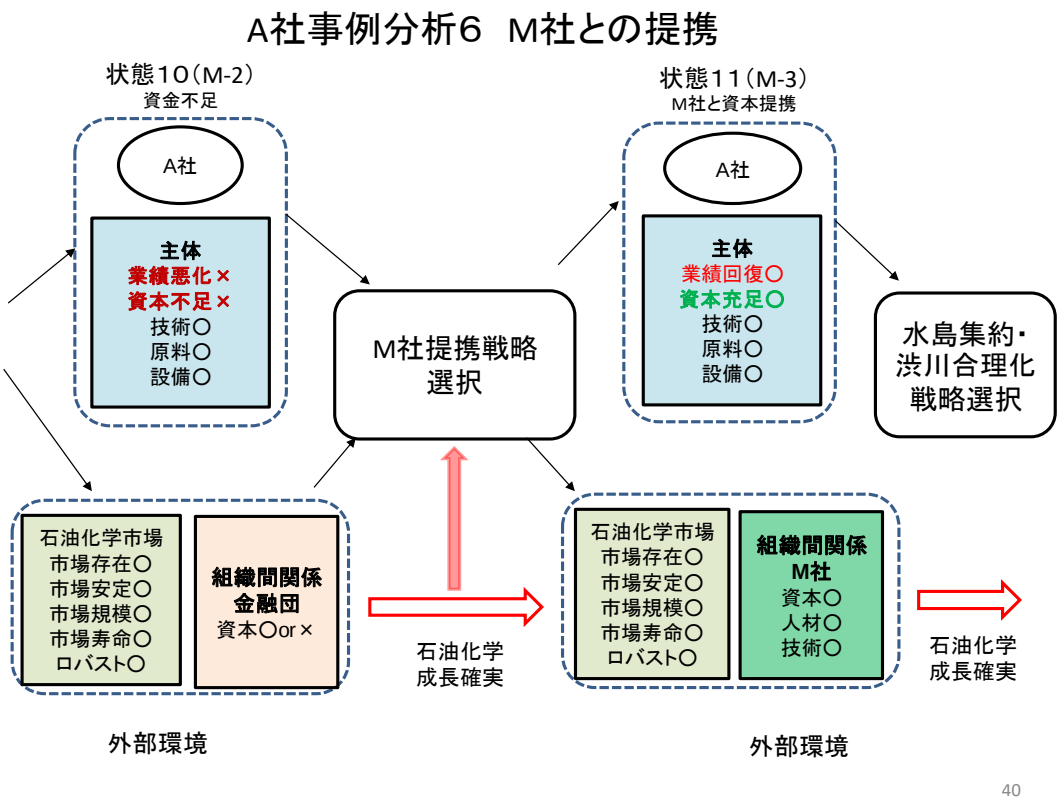


図 4.5-2　M 社との提携戦略選択

状態 10（図 4.5-2）では，水島進出・立上後は操業トラブルにより経営が悪化した．そこで，前記方向性に即して M 社と資本および業務に係る包括提携戦略を選択した．

状態 11（(図 4.5-2)では古河グループへ残るか否かの選択を金融団から迫られた末に，古河から離脱し，M 社への資本依存と業務包括提携を選択した結果，資本は充足した．なお，K 社は株保有を維持する関係を続けた．

1965 年～1975 年の 10 年間は M 社との提携関係を軸に他組織との関係が動いている．M 社との関係は 1975 年に M 社から一方的に資本関係を解消されたことのより消滅した．この

間 1970 年には，塩化ビニル事業における K 社への塩素販売が終了したことで，K 社との関係は資本関係のみとなった．A 社と多識との関係を図 4.5-3 に示した．

1965 年～1975 年　M 社との提携関係（1975 年資本関係解消により消滅）

(＊この間 1970 年に K 社への塩素販売終了)

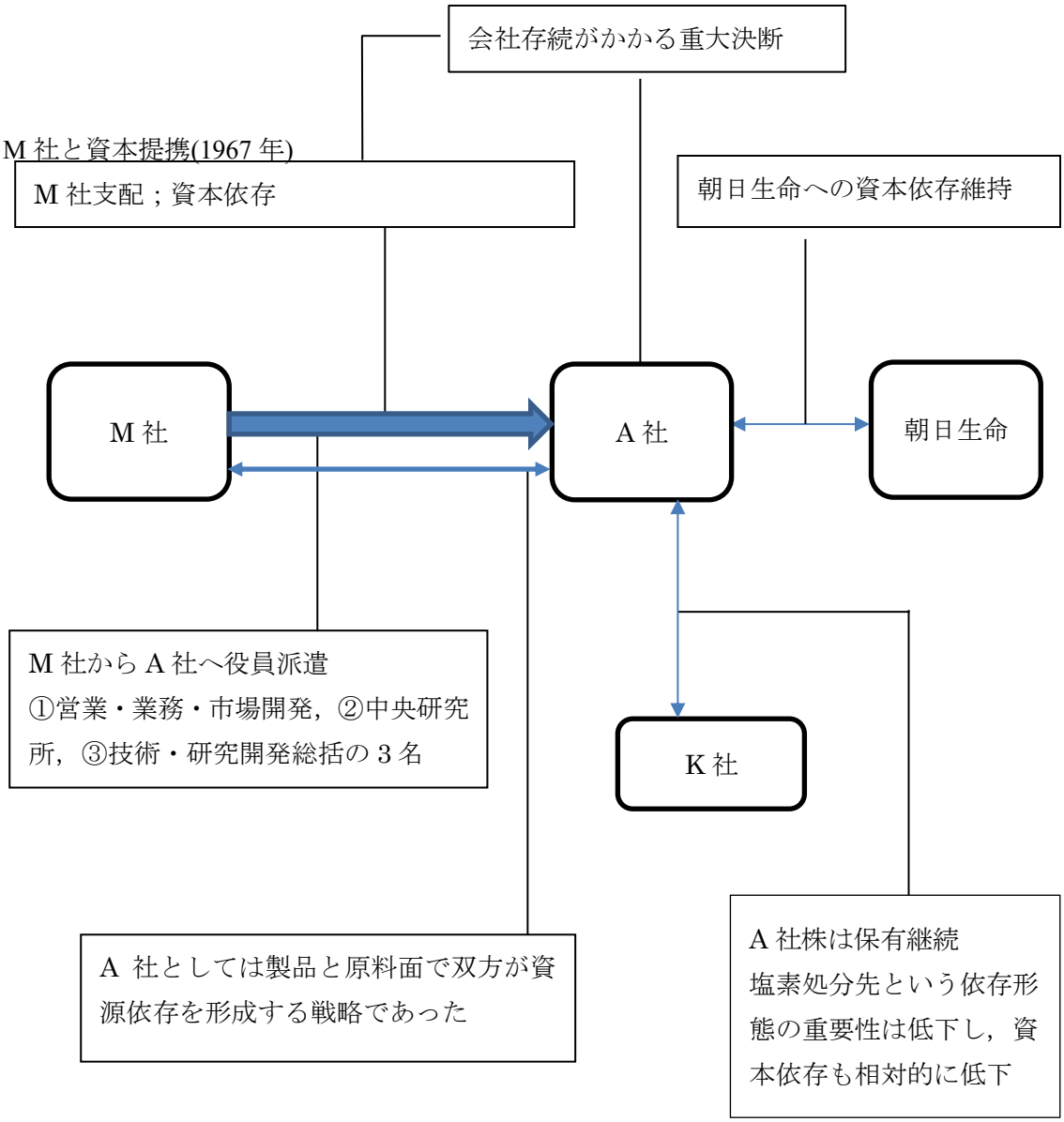


図 4.5-3　塩素販売終了前の A 社と他組織との関係

4.6　三菱化成（M 社）提携解消と古河への復帰

4.6.1　M 社との提携とその後の解消

M 社との業務提携に関しては，M 社が 1964 年に策定した 10 カ年長期基本構想に沿って始められた．A 社としては，コンビナートにより製品と原料の双方による依存関係を形成することで経営の安定化を図ろうと構想し，双方の製造物と購入物に関する要望を載せた中期経営計画要望を作成している．しかし，業務提携については一方的願望に基づいての計画であったので，一部の実現にとどまった．

M 社の資本参加により，経営状況は安定化した．立ち上げ時のトラブルが多発したが事前の準備不足が原因であり，ある意味予測は可能であった．

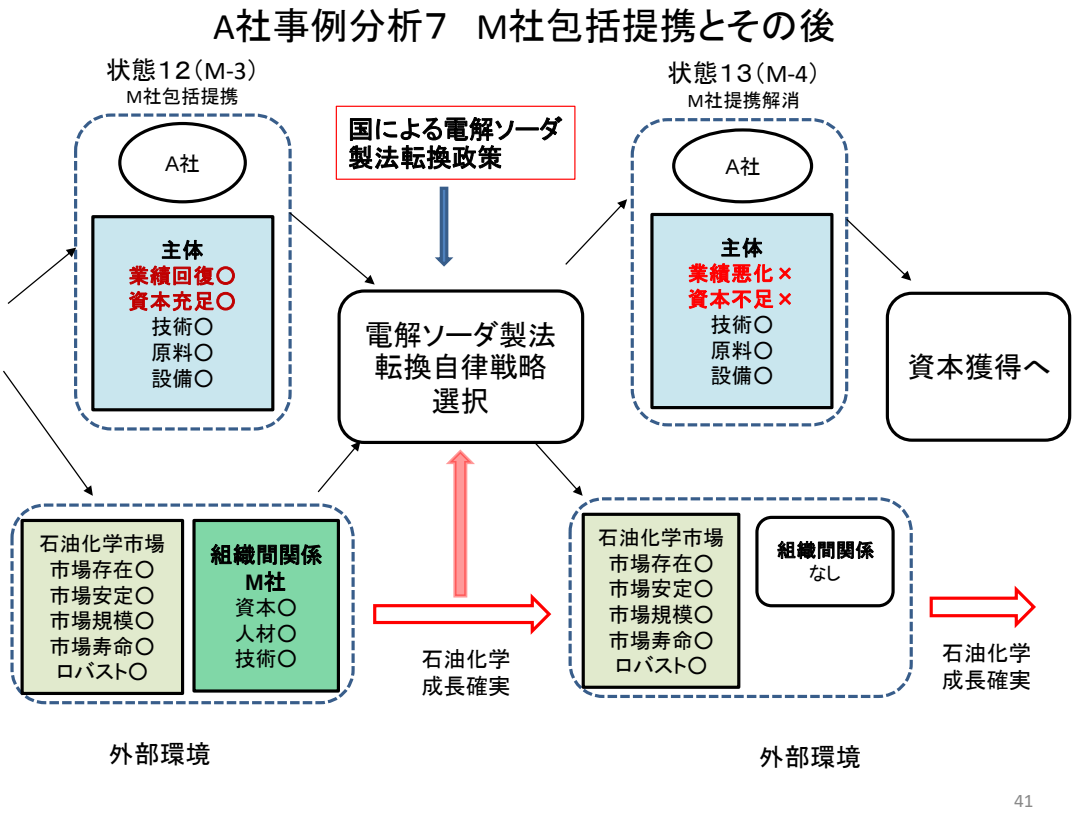


図 4.6-1　M 社包括提携とその後の電解ソーダ製法転換

状態 12（図 4.6-1）　M 社への資本依存と包括提携を選択し，業績が安定した頃，電解ソーダの製法転換が国策で進められた．水銀法から隔膜法への転換に際し，M 社から水島電解設備を廃棄し，M社から苛性ソーダ，塩素および EDC を供給するという構想が打診された．A 社は自律指向が強く，A 社は独自に転換計画を作成し，収益の悪化は避けられないが，独自でも転換可能と判断した．それを受け M 社の申し出を断った．その結果，M 社は一方的に提携を解消し，資金と役員を引き揚げた．A 社の経営は悪化した．

（6）政策による電解ソーダ製造方法の転換と M 社との提携解消

政府規制強化による製法転換への対応として，M 社は A 社の水島設備を廃棄し，M 社から水島電解設備を廃棄し，M社から苛性ソーダ，塩素および EDC を供給するという構想が打診された．この提案に対し，A 社は独自に転換計画を作成し，収益の悪化は避けられないが，独自でも転換可能と判断した．M 社の申し出を断り，独自の転換計画に要する資金調達の支援を要請した．M 社は A 社の要請は受け入れず，信用保証も断った．A 社は M 社の保証なしに資金調達できる可能性はなかった．それでも，水銀法製法転換は政府行政指導であったため，A 社は資金調達のめどなしに工事に踏み切った．

これに対し，M 社は提携を解消し，資本を引き上げることとなった．1975 年 3 月，提携解消の申し出を受け，4 月に保有株式をすべて放出した．資本金に対して過大な負担と M 社の資本引上げにより資金難に陥り，A 社は経営が行き詰った．5 月に定時株式総会で派遣全役員引き上げられ，自力経営を存続できなくなった．M 社との資本依存関係は M 社側からの提携のメリットがないとの判断により，8 年間という短い期間で 1975 年に一方的に終了した．

選択は古河グループへの復帰と支援による経営再建しかなかった．しかし，旭電化や第一勧業銀行とは資本関係が消滅していたため，長い付き合いの朝日生命に頼んで復帰をめざした．新資本関係は朝日生命（10%）が筆頭，旭電化（5.5%），日本ゼオン（3.7%）が大株主として復活した．古河系列企業として古河三水会に入会を認められ，再度基盤が安定することとなった．

古河系列に復帰し，経営基盤の安定化を実現した．経営が安定化し，この後酸化鉄の開発を再開した．高付加価値製品の製造をめざして機能性材料の研究開発に注力することが可能となった．また，この頃から電子産業の成長が始まり，他社でも F 社社史にもあるように磁気記録用磁性体など機能性材料への要求が顕在化してくる．機能性材料の市場と産業が生まれ，大きく成長した現在につながる．A 社もその大きな流れの中に参入したことが分かる．

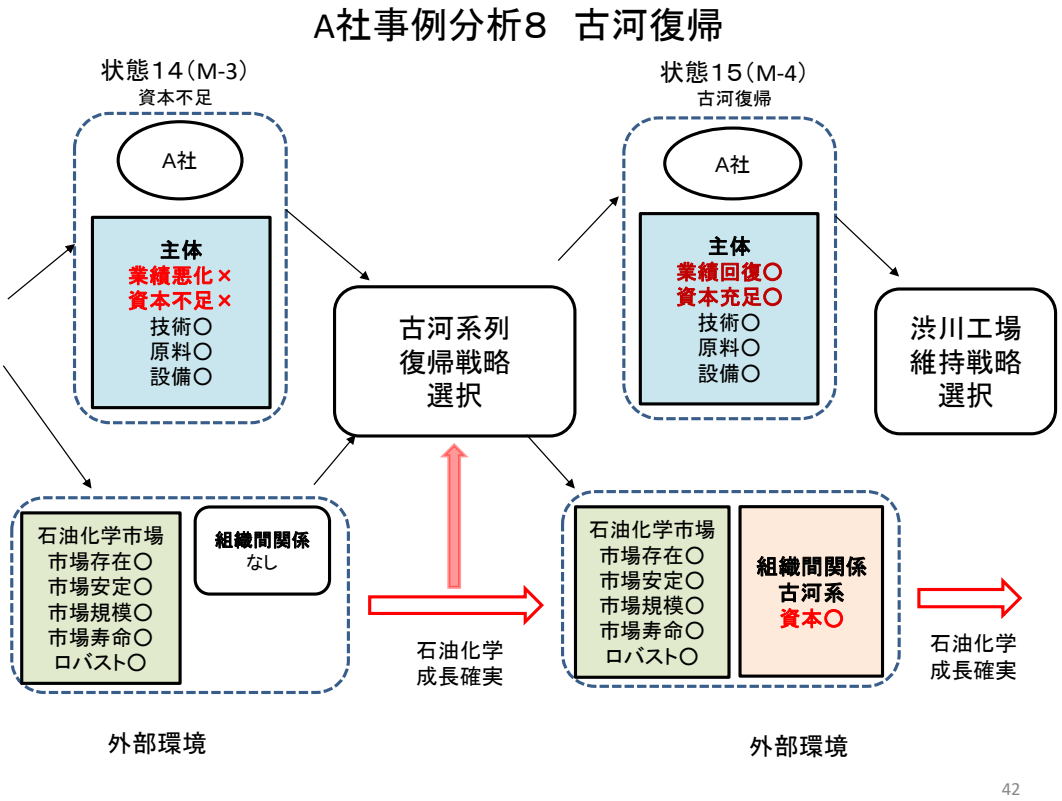


図 4.6-2　古河系列復帰

状態 15 では，古河グループとの交渉の末，A 社は古河への復帰できた．資本は充足し，経営は安定化した．この後，酸化鉄の開発を再開した．高付加価値製品の製造をめざして機能性材料の研究開発に注力することが可能となった(図 4.6-2).

4.7　塩化ビニルの経営プロセスに関するまとめ

4.7.1　ステージごとの整理

(a)　ステージ 1 （1948-49 年）

当時の浦野社長は三本柱戦略として食塩電解から生成する苛性ソーダを軸に副生する塩素，水素を十分に有効利用することで A 社事業基盤の確立を図った．電解ソーダ事業を経営基盤として発展させるためには，過剰塩素の消化先を確立することが必要であったことは電解ソーダ事業の方針として間違いない事実である．

基盤強化のため塩化ビニルの事業化を行う戦略を決断し，単独で開発を開始した．しかし，資金不足により中間設備建設に行き詰まり，以降の開発を断念せざるを得なかった．

(b)　ステージ 2

A 社単独では過剰の塩素を消化できて，しかも有機合成化学参入の入口として有望な塩化ビニル事業を実行できない事態に直面した．そこで，塩化ビニル事業化を他社と提携する

戦略を考え，提携先を探索する活動を行った.

(c)　ステージ 3（1953-57 年）

A 社単独でできなかった塩化ビニル事業を可能とするため, 共同事業をめざす戦略を採り, 提携先を探る中で塩素の供給先を探していた K 社と出会うこととなった. 図 4.3-8 に示したように，A 社と K 社は塩化ビニル事業に対して相互補完の関係として組み合わせが最適であった．そのため，互いに持つ資源を持ち寄ることで合意した.

K 社の資金で A 社工場敷地内に塩化ビニル工場を建設することができた．K 社は塩化ビニル技術開発に苦労しながらも 1953 年に操業を開始した．その結果，A 社は塩素を販売することになり，組織間関係論的には塩素の処分を依存する形の資源依存関係を形成することができた．K 社にとっては塩素という原料を A 社に依存する形での資源依存である.

また，業務提携の一環として K 社による A 社株の大量保有という形態で資本の安定化が図られ，資本による資源依存も形成された.

(d)　ステージ 4（1958-63 年）

順調に塩素販売量が増加し，経営が安定化したので，自社独自の成長戦略を推進するため，生保 6 社による資本増強を実現した．金融団に依存する形の資本資源依存関係を形成することができた.

(e)　ステージ 5（1964-70 年）

A 社は電解ソーダ事業基盤が安定化したため, 本来構想していた独自の成長発展戦略を進めることができた．具体的には，トリクロルエチレン事業化，パークロルエチレン事業化，シクロヘキサノンの事業化，アジピン酸の事業化に成功した.

しかし, K 社の塩化ビニル製造法はカーバイド法アセチレンから低コストのエチレン法へ転換され，1970 年に K 社への塩化水素の販売は停止し，塩素による資源依存と塩化ビニル製造に関する組織セットは消滅した.

一方，1963 年に創業地の渋川以外に水島コンビナートへの進出も決断している．ステージ 5 では水島進出のトラブルによる負荷と塩素販売終了が経営状況に重くのしかかることになった．K 社とは別の提携が出現することとなった．水島進出と資金不足に関わる M 社との関係についてもプロセスを確認した.

4.7.2　塩化ビニル事例調査結果の位置づけ

機能性材料の事業に至る前段階の経営を事例分析の対象として，戦災によりいったん壊滅した既存電解ソーダ事業の基盤確立に向けた A 社の経営判断・行動を組織間関係に着目して調査した．A 社と K 社の組織間関係を軸にして，変数，戦略，組織間関係の 3 つの要素が相互に作用しており，ステージごとになぜその戦略を採ったのかが合理的に説明できることが分かった.

山倉（1993）が指摘しているように，企業（経済主体）は安定した依存関係を必要とする一方で，依存先への依存を軽減するように自律性を目指し，さらに他組織へのパワー拡

大を求める．前節表 4.3-6 に示した各段階での組織間関係はしばらくの間は安定を継続する作用のため，相互の資源依存による組織間関係を維持した．

浦野は塩化ビニル事業提携により資金的には K 社の資金を利用する形で資金リスクを低減した上で，この技術提携により大量の塩素の消化先確保による電解ソーダ事業の基盤確立と拡大を期待し，また，有機合成化学進出の足がかりとすることを期待し，成功した．

K 社との提携を選択した浦野の経営判断は, 塩化ビニルの事業化に係る技術的見通しや市場における激烈な競争に耐えられるか分からないというリスクのある環境下における**資本・資源を獲得する選択**であり，K 社の資金を利用してリスクを低下させる条件を得た上での行為である．K 社との提携により経営状況が好転し，電解ソーダ事業を発展させる戦略はほぼ成功した．

この頃，経営基盤の確立とともに有機合成化学への進出を構想し始めた．同時に通産省の主導により石油化学国産化の第 1 期計画が昭和 30 年代初頭に始まり，石油化学のめざましい発展を見て，A 社も石油化学コンビナートへの進出を計画するようになった．この石油化学進出という大事業を進める経営判断をしたことにより，その後の組織間関係が大きく変わることになる．

ステージ 3 からステージ 4 の組織間関係は塩化ビニル事業の原料である塩素の処分という資源依存が支配的であり，同時に K 社への資本依存も大きなウエイトを占めていた．塩化ビニル事業については，塩素供給という形で安定化し，経営の改善に寄与したが，組織セットの状態に固定されたものであった．塩化ビニル事業は K 社のものであり，A 社自体の発展にとっての魅力は乏しいものであった．

一方，塩化ビニル以外の有機合成化学製品はトリクロルエチレンが 1952 年の本格稼働以後順調に成長していた．塩素系有機合成化学製品は資源，技術，設備において K 社への依存はなかった．資本と設備において自立性の欠ける塩化ビニル事業より，有機合成化学の強化が発展の可能性が大きかった．経営状況は塩素販売により安定化していたため，リスクはあっても現状維持の安定より，経営状況の余裕を活用して有機合成化学を発展させるしかないと判断したものと推論する．社史によれば A 社は独立独歩を基本とする企業であり，依存からの脱却は自然な動きであった．

しかし，前社長二人の株式譲渡により K 社への資本依存が強まっていた．主力金融団は K 社か M 社，または両社との連携を得ることを求めた．M 社を選ぶことは三菱系への移行とするもので，古河系としての支援は得られないことを意味した．古河系か三菱系かの選択を迫られた A 社の谷中社長は水島進出の発展性を考慮し, M 社との提携を決断した. 1963 年に水島進出を三菱化成(以下 M 社)と合意した．1967 年には資本参加を得た．

水島コンビナート進出という決断により存在意義が低下した地方内陸型の渋川工場の生き残りをかけた機能性材料事業をどのように動かしていったのか，そのプロセスを変数，戦略，組織間関係の 3 つの要素により動的に分析した．

戦後間もない時代における塩化ビニルの場合，過当競争が繰り広げられたとはいえ，

投資の予測に関しるリスクと不確実性はその後の磁性材料やリチウムイオン電池材料の事業と異なる点が重要である．本研究では最終的にこの相違点を考察する．

A 社は予期せぬアクシデントも多い．しかし，予期できないという性質のアクシデントではなくオペレーションの不手際によるアクシデントも多い．当時は人的資源も不足していた可能性もある．ただ，A 社は新規案件のリスクが受容できるリスクレベルと評価すれば，比較的挑戦する方向の戦略を選択している．失敗も多いが，成長につながった事業があり，それなりに合理的である．事実，無機化学から有機合成さらに石油化学へと事業分野を拡大し，臨海型石油化学コンビナートの一画を占めることができた．

一方，次の第 5 章で記述する F 社は対照的に受容できるリスクレベルは低めであると考えられる．その経営姿勢は，石橋を叩いても渡らないと評価されるほどである．堅実な経営を続けているが，創業以来無機化学の領域に留まって事業を継続している．設備と工場も粉体製品に固定されている．したがって，受容するリスクレベルを高くすることは失敗の確率も高くなるが，むしろ発展には必要な哲学と推定される．逆に言えば，受容するリスクレベルが低くて何もしない場合には，将来の発展の可能性がなくなるというリスクが高くなるということになる．

全般的な考察と結論については，本章の A 社塩化ビニル事例と第 5 章の F 社メタル磁性粉の事例を第 8 章で比較することにより，分類 1；市場と既存技術が存在する場合と分類 2；市場が存在せずリスクを伴う技術開発を行う場合の経営戦略形成と実行のプロセスの違いを明らかにする．

参考文献

山倉健嗣（1993）『組織間関係』有斐閣.

関東電化工業社史編纂委員会；「関東電化工業六十年史」（2000）
http://www.kantodenka.co.jp/03company/con05.htm （2017/1/27 閲覧).

宮本眞樹（2001）「塩化ビニル技術史の概要と資料調査結果」,『国立科学博物館技術の系統化調査報告　第 1 集』.

付録

1）図 4.5-2　関東電化工業（F 社）の主要製品の製品開発と資本提携の歴史

第 5 章　機能性材料事例 1：分類 2 その 1

－磁気記録用メタル磁性粉－

第 5 章の目的と概要

第 4 章 A 社塩化ビニル事例では，市場は確実に存在し，技術的にもまったく未知であるというものではなかった．ほぼ計画的に事業化を進めることが可能であり，便宜的に市場と技術がある場合を分類 1 とした．これに対し，近森（2014）がチタン工業の事例により報告したメタル磁性粉の開発とその事業化は，開発を開始する時点で市場が形成されておらず，市場がどうなるのか予測が難しいという特徴を示していた．本論文ではこのように市場と技術が存在しない場合を分類 2 とした．

メタル磁性粉開発競争の背景として，1970 年以降 2017 年の現在に至るまで，長期間世界の磁気記録技術と製品をリードしてきた磁気記録メディア技術の変遷を記述する．その潮流の中でアナログ技術の究極の目標であった高密度磁気記録用途のメタル磁性粉が 8 ミリビデオの商品化に貢献し, 8 ミリビデオ終焉した後もデータストレージの分野でテープとして重要な貢献をしているメタル磁性粉の開発事例を詳細に検証する．

この章では，機能性材料の開発事例として A 社，B 社，E 社，F 社のメタル磁性粉事例を取り上げる．各社の歴史的蓄積を確認した上でメタル磁性粉の開発経過を詳細に記述する．これら 4 社間の経営上の要素の違いを変数として比較する．特に，F 社についてはメタル磁性粉の開発を開始する頃から開発撤退までの経過を，変数，戦略，組織間関係の相互作用に着目して，詳細に記述する．観察された事実から背後にある観察されない事実を推論し，機能性材料の開発プロセスにおいてどのような原理が作用していたのか推論を行い，それらの原理には普遍性があるのかを考察する．

具体的には，第 4 章で取り上げた関東電化工業 A 社，8 ミリビデオ用微細メタル磁性粉市場を制した同和鉱業 B 社，酸化鉄系磁性粉メーカーであった戸田工業 E 社および同じく酸化鉄系磁性粉と酸化チタンのメーカーであったチタン工業 F 社, 4 社それぞれにおけるメタル磁性粉の開発と事業化に係る経営戦略を比較し，機能性材料開発のあり方を考察する．

研究課題

課題は「戦略策定や実行における企業外部との関わり方」すなわち戦略の策定と実行のプロセスを変数，戦略，組織間関係の相互作用として動的に解明することである．機能性材料の開発は技術目標達成および市場の誕生・成長の両方が不確実であることに特徴があると考えている．存在しない技術と市場を獲得するリスクにどう対応するのか，不足する経営資源を獲得するリスクにどう対応するのか，変数，戦略の形成と選択，組織間関係に関する考察が重要である．筆者はそのような機能性材料の開発と事業化における経営意思決定の在り方に注目している．本報告では，メタル磁性粉に係る各社技術経営の事例を比

較・検討することにより，機能性材料の技術経営の実際はどうであるのか，その特徴を明らかにする．それにより不確実性が大きく影響すると考えられる機能性材料の技術経営とその理論構築についての指針を示す．戦略の策定と実行のプロセスを変数，戦略，組織間関係の相互作用として動的に記述する．

第 4 章では A 社の塩化ビニル事業における経営行動を分析した．戦後の復興期においては資本と物的資源の両方が不足していた．それらの資源が不足していたため，技術開発と事業化を進めることができないという状況にあった．このような状況においては資源を確保するために他組織との関係を作る経営行動が見られた．複雑な経営行動の一端を説明する際に，資源依存理論による解釈が有効な場面を観察することができた．しかし,第 5 章で取り上げたメタル磁性粉に事例では，各社とも高度成長期を経て資本はすでに各社なりに充実しており，資本提携をめざすような組織間関係形成行動はあまり観察されない．

ところが，デジタル化が急激に進み，磁気記録メディアが大きく変化した．この急激な変化により, 1990 年代は磁性酸化鉄を製造していた E 社と F 社は経営状況が急速に悪化し，投資できる資金が不足するようになった．この局面では戦後の復興期のように再び資本（資源）を確保するために組織間関係を形成しようとする経営行動が観察された．次の第 6 章では E 社および F 社のように一度安定した企業でも経営状況が悪化した状況では，現在においても再び資源依存理論により経営行動の重要な要素を説明することができることを示す．

表 5-1　メタル粉関連 4 社の概要

A 社 創業 1938 年(S13)	B 社 創業 1884 年 2006 年ホールディングス制移行	E 社 創業 1823 年 設立 1933 年（S8）	F 社 創業 1936 年(S11)
関東電化	同和エレクトロニクス	戸田工業	チタン工業
資本金 28 億 77 百万円	資本金 10 億円	資本金 74 億 77 百万円	資本金 34 億 40 百万円
売上額 390 億 16 百万円 (2016 年 3 月)	売上額 483 億円 (2016 年 3 月)	売上額 285 億 10 百万円 (2016 年 3 月)	売上額 63 億 05 百万円 (2016 年 3 月)
	親会社 同和鉱業 創業 1884 年 小坂鉱山 資本金　364 億 37 百万円（2016 年 3 月末） 4065 億 98 百万円 (2016 年 3 月)		

階層構造

近森（2014）が事例により示した機能性材料に関する技術的階層構造とは，図 5-1 に示すビデオ記録用磁気テープやリチウムイオン電池のように，システムの機能を発現する機能性磁気材料-磁気テープ-VTR 機器という物体的階層性に基づく関係性のことを指す．これら機能性材料には技術的・物体的階層構造はあるもののテープ企業との関係には下請け的関係性はなく，材料企業は顧客となる可能性のある川下企業と情報を交換しながら，自律的・能動的に技術開発を行う．この点は受動的な下請け関係とは異なる．

また，磁気テープ等の記録メディアは VTR などのシステム規格に合わせて製造される．しかし，記録メディア市場は機器の存在に依存するものの機器とは別の大市場を形成している．一方，これらのつながりをサプライチェーンと見れば磁性材料は川上に位置する．そのため，磁性粉の販売は最終的には最終製品の動向に開発の成否を決定的に依存するとともに，テープ企業の開発動向と採用判断に依存する．したがって，開発に際してはテープの技術動向を予測しながら最終市場の動向を予測することが重要となる．しかし，予測

には不確実性が伴い，しかも最近は技術の変化は速くなっており，予測の不確実性は一層増している．

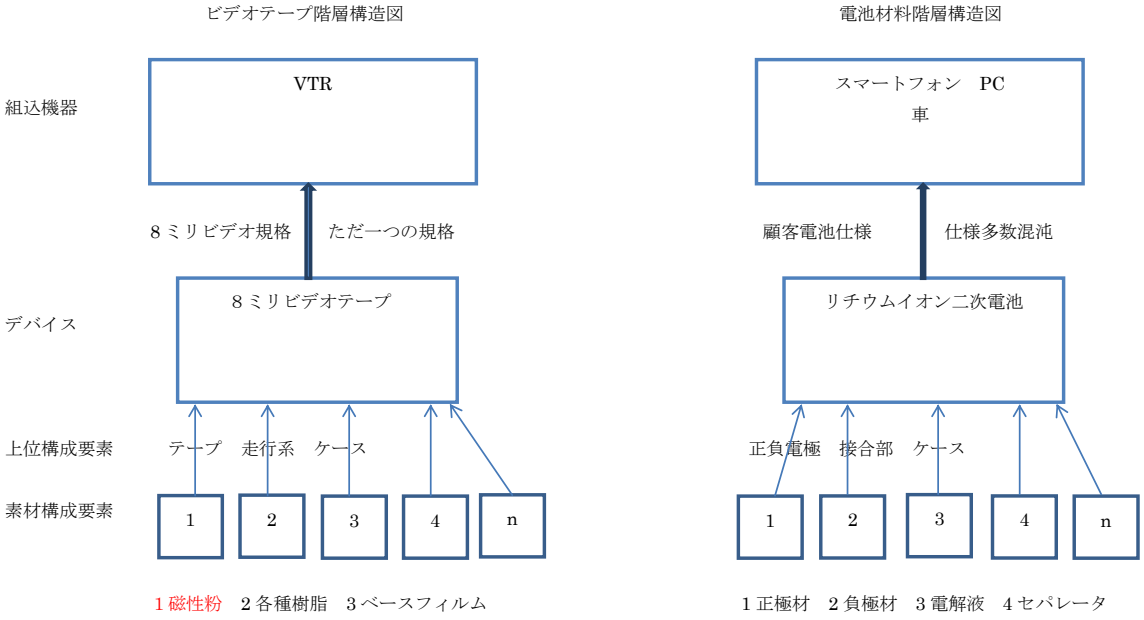


図 5-1　ビデオテープとリチウムイオン電池における階層性　（出所：著者作成）

研究方法

本研究では，各企業が編纂した社史と公開報告等公知資料を用いた（関東電化工業社史編纂委員会 2000，久野誠一 1995（同和鉱業），チタン工業社史編纂委員会 1997，戸田工業）．機能性材料事業以前の各社の状況を踏まえ，メタル磁性粉の開発・事業化に関する経営行動を比較した．

本研究の磁性材料事例で扱う 4 社（表 5-2）は無機化学あるいは鉱業系の製造業を起源としている．いずれも敗戦により，それまでの資本関係や大半の設備を失った状態から復興をめざし，基幹的事業が安定した後，電子産業の成長に対応する形で機能性材料事業に参入している．メタル磁性粉に先立つ酸化鉄事業においては，高度成長期にメタル磁性粉で先行した関東電化工業（A 社），後に 8 ミリビデオ用磁性粉でトップに立つことになった同和鉱業（B 社），さらに酸化鉄の草分けである戸田工業（E 社），酸化チタンの副生硫酸鉄を利用する酸化鉄を成功させたチタン工業（F 社）など多くが競争を繰り広げた経緯がある[25]．

25　筆者補足；水溶液中でゲーサイト等の含水酸化鉄を合成し，その後乾式工程により合成酸化鉄を製造する方法は E 社および F 社において 1960 年代に工業的に確立された．各社の置かれた歴史的経緯により，用いる出発原料の種類や微量元素に特徴がある．また，反応に用いる中和剤の種類，pH，温度など製造条件がきわめて多岐にわたり，各社の合成酸化鉄にはそれぞれ特徴がある．例えば，A 社は電解ソーダ会社であるので，製造する苛性ソーダ(NaOH)を含水酸化鉄合成反応における中和剤として用いることは経済的にも工程的にもきわめて合理的である．また，副生塩素を消化するために鉄源として塩化鉄を用いることも物質収支のバランスを図る上で，必然的である．これに対し，F 社の場合には，米国から技術導入した

表 5-2 に各社がメタル磁性粉の研究を開始した年と量産事業化を実現した年を記す.

表 5-2　4 社のメタル磁性粉研究開始年と事業化年

	A 社 関東電化	B 社 同和鉱業	E 社 戸田工業	F 社 チタン工業
創立	1938 年	1884 年	1823 年	1936 年
資本金	29 億円	10 億円	75 億円	34 億円
売上高	383 億円	483 億円	285 億円	63 億円
研究開始	1974 年	1978 年	1977 年	1977 年
事業化	1978 年	1983 年	不明	なし

＊売上高は各社 2015 年 3 月有価証券報告書による

＊B 社は機能性材料を分社化した形態での決算　（出所：各社 IR 資料）から著者作成

第 5 章の最初に述べたように，これまでの事例に関する整理から各企業の戦略を方向づける企業固有の独立変数（説明変数）としては，財務表の背後にあるメタル磁性粉など目標とする新事業に関連する技術的蓄積，原材料の状況，製造設備の状況が考えられる．技術経営分析としては，財務諸表には現れない技術的経営資源をどのように操作しているのか，具体的な戦略と行動を分析する．

ここで，経営状態とは売上高，経常利益等の財務表による金銭的な業績指標の単年度の数値とその成長可能性を加味した業績予測に限定し，技術的蓄積，原材料の状況，製造設備等の資源からなる部分を除くこととする．業績としての経営状態は連続した時間経過のある時点でそれら独立変数の作用を反映した結果であり，従属変数（目的変数）である．しかし，連続した時間経過のある時点で節目ごとに次の戦略への独立変数の性質もある．経営状態により次の採り得る戦略は限定される．

一方，経営判断に際して事業戦略を左右する機能性材料の説明変数であって，自身では制御できない環境的な変数としては，将来の経営への可能性，市場の実現可能性，市場規模予測，市場寿命予測，その開発テーマのロバスト性（robustness）などが考えられる．これら説明変数の水準の違いにより，従属変数として，各社ごとの事業化の成否，経営への影響がどうであったのか，これらの変数に焦点を当てて検討を行う．

これらの説明変数の水準は各社ごとに違っている．また，説明変数は時間の関数でもあり，同じ企業で見ても初期条件から採り得る戦略とその実行により時間的に変化する．これら説明変数の水準の違いにより，従属変数として，各社ごとの事業化の成否，経営への

酸化鉄製造方法が水溶液中で含水酸化鉄(α FeOOH ゲーサイト)を合成する際に中和剤としてアンモニア水を用いている．また，鉄源としては硫酸法酸化チタン工程から発生する硫酸鉄が余剰廃棄物であった経緯から，当然これを用いることになる．

磁性酸化鉄の場合，酸化物という特質により磁性体の特性へ及ぼす微量元素の影響は各社対応できた．しかし，金属鉄まで還元するメタル粉の場合には，酸化物とは大きく状況が異なった．しかも，微量元素がメタル粉の各種特性に及ぼす影響が複雑にかつ顕著に現れることが，各社の長期間の開発の過程を通じてデータを蓄積することにより初めて明らかになった．所与の条件で用いた物質の微妙と思われた差異が，最終的な紛体特性に決定的な影響を及ぼすという，最初の段階では予測しがたい要因が観察された．

影響がどうであったのか，これらの変数に焦点を当てて検討を行う．

市場がすでに存在しているような汎用製品の場合，特に高度成長期のように需要が確実に増加している環境下では資本の増強と投資の結果としてその後の経営状態への因果関係は確実であり，計画的に実施することが実績につながったと考えられる．ところが，メタル磁性粉のような機能性材料の場合は，資本増強と投資の結果としての経営状態への関係が予測できないように不確実性が増したと考えられる．第 2 章において図 2.2-1 に示した酒井（1982）のモデル（行為と結果に関する関数関係を確実性の世界と不確実性の世界に整理している）が機能性材料の経営行動とその結果である経営状態との関係に対応していると考えている．すなわちある企業が目標とする事業の環境と属性の確実性と不確実性の程度により，分類 1 と分類 2 に区分されると考える．この不確実性が増したメカニズムを推論するため，機能性材料の経営の経緯をいくつかの事例により記述する．

本研究では，機能性材料の技術経営を対象として，当該事業における組織間関係，経営に関する独立変数，戦略これら 3 つの相互作用とその変化を考察する．①経営，②技術，③市場という 3 つの変数が既存の汎用材料と新たに開発する機能性材料とでどう違うかに着目した分析を行った．これら変数には階層性(市場)，物体的階層構造モジュール性，技術に関する不確実性が存在する．

5.1　磁気記録メディア技術，歴史とその発展

5.1.1　1980 年頃の記録メディアの状況

まず，メタル磁性粉の開発の前提となるそれ以前の磁気記録メディアの状況を述べる．8 ミリビデオに先行するビデオ技術は，1970 年に発表された U マチックビデオから 5 年経過した 1975 年にソニーがベータフォーマット β マックスを発売し，1 年遅れの 1976 年に松下電器産業が VHS を販売した．1980 年頃は VHS 方式の成長とともにビデオが急速に普及し始めた時期である．

5.1.2　メタル磁性粉開発の要請

Co 変性ガンマ酸化鉄からメタル磁性粉へ

上述のように，1975 年～1980 年はベータカセットと VHS カセットテープが相次いで発売され，家庭用ビデオが幕開けを向かえた隆盛が始まる時期であった（脚注 ）．1976 年ソニーの盛田はビデオ元年を宣言した（ソニーホームページ ソニー History）．その後も，テープの高性能化の鍵を握る機能性材料においてガンマ磁性酸化鉄系の性能向上が Co 変性ガンマ磁性酸化鉄を中心として 1990 年代半ばまで強力に進められ，家庭用ビデオ市場の発展に大いに寄与した．なお，磁気テープの国内生産数量のピークは 1990 年であった．

酸化鉄系の磁性粉を用いるビデオテープが発展を始めたその時期に，早くもベータに続いてすぐの 1977 年に「どうせ新しいフォーマットに挑戦するなら，記録密度を 10 倍に上げよう」とベータの次世代フォーマットの開発を盛田が命じたことにより，8 ミリビデオの

開発が始まった（ソニーホームページ ソニー History, 第 3 話）.

1977 年にソニーの盛田が次世代高密度磁気記録の開発を命じたことから，8 ミリビデオの開発が始まり，ソニーが主導する 8 ミリビデオ用のメタル磁性粉の開発も同じ時期に開始された. 1978 年から 1995 年にかけての 8 ミリビデオに関連する主要な出来事を表 5.1-1 に示す.

メタル磁性粉については富士写真フイルムにより 1974 年にボロハイドライド法がすでに発表されていたものの工業的な製造につながるものではなかった．オーディオ用のメタルテープは 1978 年に発売され，このメタル磁性粉は磁性酸化鉄と類似の工程により工業的に製造された物であり，化学的に水溶液中で結晶成長させた合成ゲーサイトを出発原料として水素還元により得られた金属 Fe を主成分とする針状形状の物質であった.

この流れを受けて，多数の素材メーカーがメタル磁性粉の開発に参入することとなった.

表 5.1-1　メタル磁性粉を用いる磁気テープの業界動向

1974 年	富士写真フイルムがボロハイドライド法による金属鉄磁性粉を発表
1978 年	3M 社がオーディオメタルテープを発表
1980～1981 年	カメラ一体形 VTR の試作品提示 5 社（ソニー，松下，日立，日本ビクター，フィリップス）
1982 年	5 社共同提案「カメラ一体形 VTR“8 ミリビデオ”の新フォーマット案の骨子」
1982 年	8 ミリビデオ懇談会の設立（3 月 19 日）
1983 年	8 ミリビデオ標準化規格成立（3 月 28 日）
1985 年	ソニーから CCD-V8 発売
1986 年	ソニーハンディーカム発売
1989 年	ソニー　CCD-TR-55 発売.
1989 年	ソニー　メタル蒸着 8 ミリビデオカットテープ"Hi8ME"発売
1989 年	ソニー　垂直磁気記録メタル塗布型 8 ミリビデオカセットテープ"Hi8MP"発売

(備考)1986 年－89 年　業界でもバランスのよいメタル磁性粉の条件が認識されていった
例えば，コニカ技報(1989)

5.1.3　技術開発の全体像

メタル磁性粉そのもの，それを用いた記録媒体および消費者用製品とそのシステムの技術開発の状況を俯瞰的かつ要素技術ごとに詳細に，技術的課題は何があり，どのように研究の領域が変化していったのかを認識することは技術経営のマネジメントを理解するために重要である．1980 年代には特許情報は電子化されていなかった．現在のようなインターネットも存在せず，紙媒体による手作業での特許調査しかできなかった．ところが，メタル磁性粉の開発の歴史を客観的に知る手段として，現在は公開情報である特許情報を IT 技術により解析することが可能である．データベースを用いれば，過去の特許情報も高度な

処理が可能である．メタルテープについて 1971 年－2015 年までの出願件数を整理した．検索語により材料関係に限定すると，全体で 1399 件の出願があり，富士フイルム 516 件，日立マクセル 150 件，ソニー107 件，同和鉱業系（B 社）31 件，戸田工業（E 社）17 件，関東電化（A 社）11 件，チタン工業（F 社）4 件であった．富士フイルム，日立マクセルのテープ製造企業 2 社とシステム系のソニーが中心的な役割を果たしたことが分かる．ただし，材料系企業の出願はより実務的であった．

メタル磁性粉はテープ用の材料としては磁気特性だけでなく，サイズ，形状，分散性や表面特性など評価すべき項目は極めて多岐にわたる複雑な管理が必要であった．しかし，原料として合成するゲーサイトの形状と焼結を抑制する処理元素とその添加方法，表面の酸化くらいしか特許を出願できないものであり，限界があった．メタル磁性粉そのものは公知の技術で製造可能となっており，材料の製造については多数の特許で権利を守る必要性は小さかった．材料企業の出願件数が少ない理由はここにあると推定する..

一方，文書データの解析にはいろいろな手法があるが，筆者はメタル磁性粉とリチウムイオン電池に関連する過去に出願された公開特許公報を検索して作成した集合を対象として，クラスター分析を依頼する形で行った[26]．マップにより視覚化された図により技術開発の全体像が見える．この分析は時間的変化も可能であり，どのように中心的なテーマが移動していったのかが分かる．過去文献だけでなく現在進行中の技術案件の解析に用いれば，全体像を認識しやすい．今後の技術経営においては，戦略の方向性を考えるために有用なツールである．

5.2　関東電化（A 社）メタル粉事例

5.2.1　A 社の酸化鉄系素材事業への参入と展開

＜酸化鉄の研究＞

第 4 章で述べたように A 社は電気化学工業（K 社）への塩素供給という形態で経営の安定化を遂げた[27]．水島工場が完成した 1964 年頃の経営課題と酸化鉄事業構想について記述する．酸化鉄の研究を構想するのは戦後の復興期を経て有機化学への参入を模索した頃である．企業として業務を拡大するため石油化学を目指し，三菱化成（M 社）と提携して 1965 年に水島への工場立地を行った．水島工場の操業が安定化したことにより，内陸の渋川工場を存続する必要に迫られた．

そこで，渋川工場は生き残りのため，過剰となっていた副生塩素を消費する方策の一つとして，塩素法酸化鉄を研究テーマとして設定し，水島工場が操業を開始した年と同じ 1965 年に新技術開発事業団と契約した．

酸化鉄の研究とその後のメタルテープ用磁性粉の研究は，ファイン部門として高付加価値な機能性化学製品をめざす中で，1964 年に渋川工場の技術開発チームが新技術開発事業

[26] 株式会社 VALUENEX（旧創知）が開発した「Cluster Map Viewer」による分析を依頼した．
[27] 付録 1 として関東電化工業の新製品挑戦と他社提携の歴史を筆者がまとめた表を末尾に添付する．

団から塩素法超微粒子高純度酸化鉄製造の開発研究を受託し，取り組んだことに始まる．関東電化社史によると，1968 年に技術開発は完成したが，フェライト用高純度酸化鉄の市場が小さいため，企業化は見送りとなったとしている．しかし，塩素法超微粒子高純度酸化鉄製造の研究を終えた後も塩化鉄から酸化鉄とその応用について研究を継続した．

(a)　渋川工場の再構築と多角化の模索

1965 年に操業を開始した水島工場は初期立ち上げにつまずき,「40 年不況」にも重なり，最初は苦労したものの「いざなぎ景気」の恩恵を受け，その後は順調に拡大した．水島工場は A 社の根幹事業である電解ソーダ(塩素)と石油化学との結合をめざすものであり, 将来の総合化学への発展を視野に入れていた．基本はエチレンと塩素の化学であり，EDC を出発原料としてトリクロルエチレンを始めとする多塩化物を展開する体系であった．石油化学の世界に通じる道であった．

しかし，水島工場が順調に成長する一方，渋川工場の位置づけは低下が著しかった．代表的塩化物としてトリクロルエチレンの両工場の生産量を見ると渋川の低下が明らかである．渋川は 1965 年のピーク後は減少一方であり，1971 年にはトリクロルエチレンの生産は水島に集約された．そこで，渋川工場の位置づけをどうするのかが再度問われるべき経営課題であった．

また，K 社向け塩化水素の製造販売が製法転換により消滅した．渋川工場の塩素の 30%を消化していたので，大幅な減産になった．水島の負担の重さに加え，渋川工場の減産も A 社業績の急速な悪化の要因であった．

(b)　酸化鉄の研究

酸化鉄の研究を構想するのは戦後の復興期を経て有機化学への参入を模索した頃である．酸化鉄を構想するのは，企業として業務を拡大するため石油化学を目指し，1965 年に水島への工場立地を行ったことにより，内陸の渋川工場を存続する必要に迫られたことによる．渋川工場は生き残りのため，過剰となっていた副生塩素を消費する方策の一つとして，塩素法酸化鉄を研究テーマとして設定し，水島工場が操業を開始した年と同じ 1965 年に新技

術開発事業団[28]と契約した．三菱化成との資本提携により，資金不足の危機を回避した後，塩素法酸化鉄については組織セット形態を構築することで，事業化を実行した．

酸化鉄の研究とその後のメタルテープ用磁性粉の研究は，ファイン部門として高付加価値な機能性化学製品をめざす中で，1964 年に渋川工場の技術開発チームが新技術開発事業団から塩素法超微粒子高純度酸化鉄製造の開発研究を受託し，取り組んだことに始まる．関東電化社史によると，1968 年に技術開発は完成したが，フェライト用高純度酸化鉄の市場が小さいため，企業化は見送りとなったとしている．しかし，塩素法超微粒子高純度酸化鉄製造の研究を終えた後も塩化鉄から酸化鉄とその応用について研究を継続した．

三菱化成との資本提携により資金不足の危機を回避した後，塩素法酸化鉄については組織セット形態を構築することで，事業化を実行した．

---

[28]千葉 玄彌 によれば，日本国民は敗戦により連合国と日本との間に，知り得なかった技術力，産業力の差があることを思い知らされた状態であった．国民の意識を背景に今で言う産学官，当時の中堅若手の大先輩が科学技術立国論を展開し，その実現に向けて組織，分野を超えての協力が進められた．技術立国，産業復興，追いつけ追いつけが国民の至上命令である時代に，（特）日本科学技術情報センターは 1957 年，（特）新技術開発事業団は，遅れて 1961 年に設立された．

技術導入が産業基盤再生には不可欠で，近道だと信じられた時代に，多くの意見が錯綜する中で海外モデルを調査した結果，英国の研究開発公社型で意見は収れんの方向へ向かった．一方，大蔵省は，（株）科学研究所が財政的に行き詰まり，これを特殊法人として立て直す必要に迫られていた．すでに，特殊法人抑制の圧力もあり，2 法人を一挙に認めることは難しかったことから，1958 年，新技術開発事業団は（特）理化学研究所法の公布とともに理化学研究所（理研）開発部として 3 年の試運転を始めることとなった．

制度に関する引用説明（千葉玄彌）;「運営する制度は 1 本，今も続く委託開発制度である*3．法律には，「国民経済上重要な科学技術に関する試験研究の成果であって企業化されていないものを企業としうるようにすること」と，分かったような分からない話．委託費として企業に開発資金を供給し，成功なら，5 年で返済，実施料をいただく．つまり，技術移転と開発リスク資金負担を組み合わせたところに，ミソがあると教えられた．錯綜する法律協議の過程での苦肉の策がにじんでいるようだった．背景にある懸念は，大河のように流れ出した技術導入が，当面，日本の技術のレベルアップ，産業復興には役立つとしても，長期的には，自主的な技術開発への意欲を損なうことになりかねないというものだった．こうした考えは，その後 20 年間育まれ，1981 年，事業団は，基礎研究の柱を建てることになる．」

出典；<u>産学官連携制度の始まり　－新技術開発事業団設立のころ－</u>

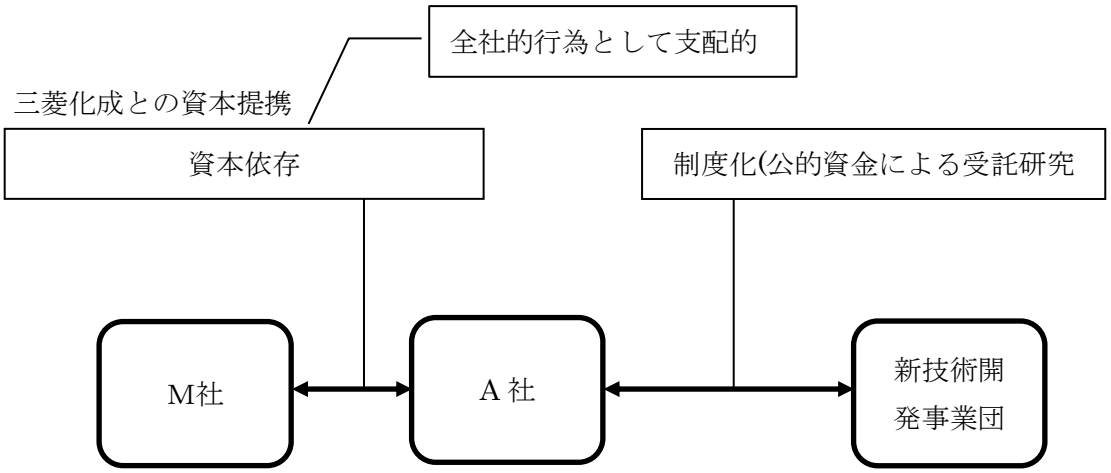


図 5.2-1　開発における制度化形態利用の構図

＜M 社流研究開発体制へ＞

また，M 社からの役員派遣を要請し，営業・業務・市場開発，中央研究所，技術・研究開発総括の 3 名の役員を迎えた．この役員派遣により，研究開発部門は特に大きく影響を受けた．戦後の民需転換後，自由な雰囲気の中で少数精鋭による研究開発活動が進められていた．1965 年に阿久津に中央研究所を設置し，水島と渋川の 2 工場体制となった機会に研究テーマ設定が従来のシーズ指向から市場の要求を汲むニーズ志向へ変わり，各部門がテーマを提案し，テーマ審議委員会を開催して継続やテーマの選択を行うことになった．

＜塩素法酸化チタンの研究＞　機能性材料による渋川工場存続策の一環

1967 年に三菱化成との提携にともなって中央研究所長に就任した山村は副生塩酸を利用する塩素法酸化チタン製法の調査に着手した．翌年 4 月に正式に塩素法酸化チタンの研究を開始した．塩素法酸化チタンの製造においては，塩酸をリサイクルするため，余分な副生物が発生しない低公害型の製造法であった．これは金属マグネシウムの生産を中止したことによりバランスが崩れ，製造工程から発生する過剰の塩酸の用途を確保することに加え，副生硫酸鉄の処分が大きな問題となっていた硫酸法酸化チタンを意識した研究であった．1969 年 4 月には塩素法酸化チタン研究はサンプル評価まで研究進行した．しかし，設備資金が膨大であることと酸化チタン市場の供給が過剰であるとの予測により 11 月の役員会においてに企業化の見送りを決定した．

ただし，1964 年に開発研究に着手していた塩化鉄の処理による酸化鉄および還元鉄については，中間試験設備を設置して研究を継続することに決定した．これは，過剰に副生する塩酸を活用しつつ有望な用途を構築することを目的とした技術経営戦略によるものであると考える．

(c)　酸化鉄の事業化に関する経営判断

需要先が見つからなかったために，1968 年に中断した塩素法高純度酸化鉄については，その事業化を森下弁柄と協同で進め，1971 年に日本酸化鉄工業を森下弁柄と合弁で設立した．しかし，赤字が解消しない状態が続いたので，1974 年日本酸化鉄工業，森下弁柄販売，森下弁柄工業 3 社を A 社主導で資本提携し，経営を統合し，A 社本体への負担とリスクを軽減した．

1971 年　日本酸化鉄工業設立

1974 年　日本酸化鉄工業，森下弁柄販売，森下弁柄工業合併を主導

1975 年　A 社は三菱化成から提携を解消され，古河系列へ復帰

以上が A 社の酸化鉄事業の経過である．酸化鉄事業について，以下で技術経営論的検討を行う．

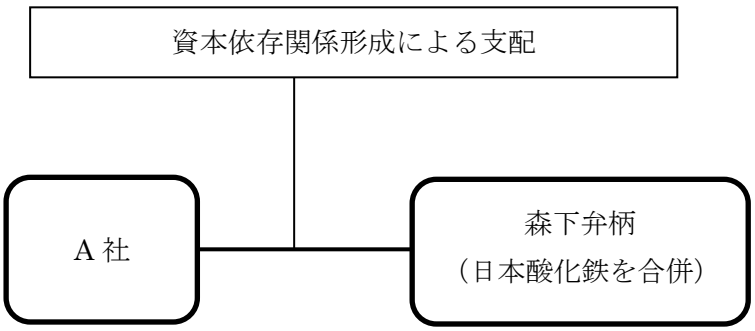


図 5.2-2　森下弁柄を資本により支配（筆者作成）

(d)　酸化鉄開発の開始に関する検討

塩素法による高純度酸化鉄開発というテーマ設定自体は，塩素の用途という点では自社の課題解決につながる設定であり，これは間違った判断ではなかったと考える．

戸田工業の社史「彩磁記」によれば，「白黒テレビの爆発的普及によりフェライトの需要は急拡大し，戸田工業は昭和 34 年に利益のピークを迎え，フェライト材料のシェアは 90%まで成長している．戸田工業は昭和 34 年に月産 300 トンの設備増強を行った．ところが，昭和 30 年代後半になると，新規参入が相次ぎ，価格競争の結果，販売量は伸びても，売上高の伸びは以前ほど期待出来ない時代になっていった．」と書かれている．また，チタン工業においても，戸田より遅れたものの 1964 年（昭和 39 年）5 月に合成酸化鉄工場の建設を始め，1965 年 4 月には月産 300 トンの操業を開始した．

したがって，A 社が酸化鉄の技術開発を開始した‘時期’（変数 1）である 1964 年にはすでに供給が十分ある状況にあったといえる．この開始時期という変数を考えると，結果的には参入の時期が遅かったと考えられ，1964 年に開始するという経営判断が適切でなかったということになる．

また，開始時期はその時点で将来の「高純度酸化鉄の将来性，需要見通し(変数 7)」をどのように予測したのか，予測した需要予測の不確実性をどの程度にみて，リスクに関する経営判断をどのように行ったのかということが重要な論点となる．

この点では，A 社が酸化鉄の開発を開始した 1964 年は歴史として過去を顧みると，E 社戸田工業が社史で「昭和 30 年代後半になると，新規参入が相次ぎ，価格競争の結果，販売量は伸びても，売上高の伸びは以前ほど期待出来ない時代になっていった.」と記載している．市場での酸化鉄の販売量は伸びていたので，A 社が参入しても過当競争にならない可能性もあるという期待をもち，副生塩素を消費するというプラスの要素を加味すると，メリットがあると経営判断したように推測する．（どのような経営判断か？リスク分散？）

一方，A 社の開発決定のゴーサインに際しては，千葉が書いているように新技術開発事業団創立直後は，知名度がないためあらゆる伝手を使って応募する企業とテーマを探している．受託先を求める新技術開発事業団側と資金的に苦しい A 社が創設間もない新技術事業団の熱心な活動と産業界の人脈を通じてつながった可能性がある．「制度化」概念の視点でも理解される．

(e)　完成後の事業化見送りとその後の合弁事業化と子会社化に関する検討

関東電化社史によれば，「研究自体は 1968 年(43)初頭に一応の完成をみた．続いて生産設備の建設計画が立案されたが，当時はフェライト用高純度酸化鉄の市場がいまだ小さく，企業化は見送ることとなった.」と書かれている．

一方，前述したように昭和 34 年にはすでにフェライト用に市場が拡大していた．A 社の酸化鉄開発が完了した 1968 年は，すでに戸田工業（1959 年）とチタン工業(1964 年)が相次いで月産 300 トンの設備増強を行った後のことである．

なお，後に 8 ミリビデオでトップに立つ B 社の高品位酸化鉄は，未利用資源として廃棄されていた硫化鉄鉱を活用する研究として始まり，1968 年（33）には月産 430 トンの生産を開始し，主として同和鉄粉へ出荷している．

同和鉱業岡山工場の報告（日本鉱業会誌）によると，メタル粉で先行する A 社を後に 8 ミリビデオの市場で凌駕することになる B 社も 1965 年(40)に酸化鉄の量産化の開発研究を始め，開発開始 3 年後の 1968 年 4 月には，高品位酸化鉄月産 430t の商業ベースによる生産を開始した．製品は主としてグループ内の同和鉄粉へ出荷された．フェライト磁石用酸化鉄ならびに粉末冶金用鉄粉原料として研究を継続し，販売面では着実に市場を拡大することに成功した結果，1970 年 10 月には月産 2,500t の生産設備が完成した事実がある．B 社は A 社よりもさらに 1 年遅れて酸化鉄の開発を開始し，先に事業化を達成した．したがって，市場での酸化鉄の需要は A 社が参入時点でまだまだ伸びると期待したこととは矛盾しない．

したがって，A 社は，もっとも後発であったため生産設備を投資して事業参入しても，この時点では投資を回収できない可能性が大きくなっていた．先に，「市場での酸化鉄の販売

量は伸びていたので, A 社が参入しても過当競争にならない可能性もあるという期待をもち, 副生塩素を消費するというプラスの要素を加味すると，メリットがあると経営判断した」と推測したが，現実には過当競争になっている．

A 社が社史で記載している「1968 年(43)に技術開発は完成したが，フェライト用高純度酸化鉄の市場が小さいため，企業化は見送りとなった」ことは説明が矛盾する．市場は小さいというのは事実と反する記述である．自社における企業化をいったんは見送った経営判断の理由は別にあると考えられる．

社史の以降の記載によれば，森下弁柄を通じて酸化鉄の評価を依頼したところ，日本フェライトから高評価を得た．そこで，1971 年(46)森下弁柄と日本酸化鉄工業を合弁で設立し，1972 年(47)5 月から塩素法高純度酸化鉄の生産を開始した．しかし，3 年経過しても日本酸化鉄の生産は半分以上が販売価格の低い顔料用という状態から抜け出せず赤字が重なった. そのため, 1975 年(50)に日本酸化鉄を森下弁柄販売とともに森下弁柄に吸収合併し，同時に A 社は森下弁柄に資本参加することにより酸化鉄事業は生産，販売，研究開発を A 社主導の体制で一元化した．現在,A 社は森下弁柄の株式の 47.7%を保有し，実質的に酸化鉄事業を主導している．

A 社自体は，酸化鉄の企業化を見送ることにした．しかし，メタル磁性粉とキャリア鉄粉につながる酸化鉄の研究は，その後も継続し，高純度酸化鉄を還元して純鉄を作る研究から始まった合金粉の研究とガンマ酸化鉄の研究を経て，メタル磁性粉(メタル磁性粉)や複写機用キャリア鉄粉として発展した．したがって，酸化鉄の研究開発は長期的には有効な経営判断であったと言える．

(f)　ガンマ酸化鉄

需要先が見つからないため，酸化鉄の事業化は先送りしていた．しかし，酸化鉄の研究は継続し，合金粉と磁性酸化鉄の研究へ発展する．フェライト用，顔料用の合成酸化鉄は傘下の森下弁柄に統合したので，新規用途の開発のため，1971 年(46)に磁性酸化鉄の開発に着手した．渋川工場の体質転換を図ることを目的とした機能性材料開発の流れである．

1971 年にガンマ酸化鉄の開発に着手した．すでに磁性酸化鉄市場には，戸田工業，チタン工業など先発の磁性酸化鉄メーカーが存在していた．しかし，系事業拡大のため新規用途を開発する必要があり，すでに 1968 年(43)には磁気テープ用材料の開発を開始していたので，当時成長が始まった磁気テープ市場への参入を図り，ガンマ酸化鉄磁性粉の開発に着手した．着手から 2 年後の 73 年には，欠点はあったが電磁変換特性は良好とテープメーカーから評価された．1974 年にはガンマ酸化鉄は欠点を改善した上で日立マクセルへの納入が決まった．

しかし，すでにガンマ酸化鉄の特性を飛躍的に越えるコバルト被着ガンマ酸化鉄磁性粉が技術的焦点に移っていた．ガンマ酸化鉄では価格政策しか選択できない状況であった．

コバルト被着ガンマ酸化鉄磁性粉についても，すでに E 社と F 社が量産化を完了し，安

定的な供給体制を確立していた．そのため，磁性酸化鉄の参入について A 社は価格対応しか販売に参入できる道はなかった．価格対応では利益が出ない．利益が出ないことが明らかに予見されたので，A 社は磁性酸化鉄への参入は断念したと推論される．

組織間関係論的な見方によれば取引コストしか選択できなかったということになる．A 社はこの取引コストによる組織間関係を解消できる見込みはないと判断したと推論される．

ガンマ磁性酸化鉄における組織間関係を図 5.2-1 に示す．すでに市場は先行 2 社が制圧していた．A 社とテープメーカーとの組織間関係には依存関係は希薄である．採用するパワーと価格決定力はテープメーカー側にある．A 社は取引コストを安くする関係を逃れる見込みがないと判断したと推論する．

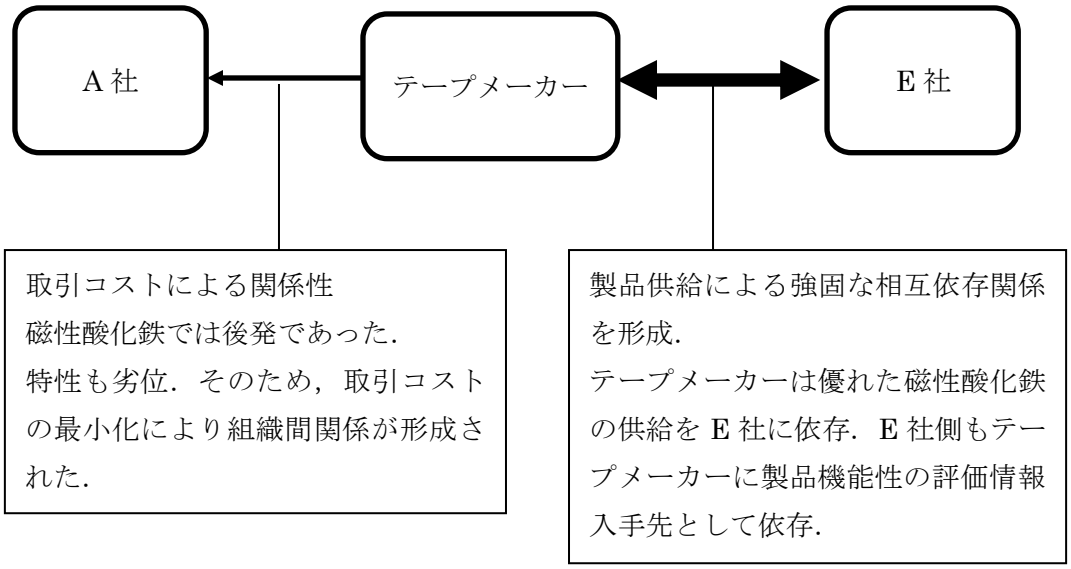


図 5.2-3　ガンマ磁性酸化鉄における組織間関係（筆者作成）

5.2.2　高純度酸化鉄を利用する金属粉事業

(a)　合金粉

合金粉は粉末冶金大手の三菱金属鉱業と共同研究(1973 年(48))を行い，1978 年に渋川工場に商業規模のプラントが完成した．成型加工の困難な超硬合金の機械部品や切削工具を加工の容易な粉末冶金製に置き換えることを目的とした．特性には優れていたが，コストが高い欠点があった．しかし，三菱金属工業が自動車エンジン部品に採用し，合金粉を納入することができた．

この合金粉の研究と製造技術は後にメタル磁性粉という金属鉄主体の磁性粉事業と複写機用キャリア鉄粉事業に成長する．合金分の研究はメタル粉へ酸化鉄粒子を水素還元して製造する製品のための「技術的情報資源」であり，還元炉と一連の工程設備は量産化設備の「製造設備資源」と見ることが可能であると筆者は考える．還元炉の蓄積があることに

より，メタル磁性粉製造のために還元炉を建設する場合に適切な性能である確実性が高まる．したがって，後述する F 社の場合に比較して，新規投資が失敗する確率は小さいものとなる．

(b)　磁気記録材料　ガンマ酸化鉄からメタル粉（メタル磁性粉）へ

5.2.1 で述べたように，A 社は磁性酸化鉄市場への参入を断念した．組織間関係論的な見方によれば取引コスト対応しか選択できなかったということになる．

＜なぜ，ガンマ酸化鉄から撤退する経営判断を行ったか？＞

この経営判断に関しては，以下のように推測した．すなわち，後発ゆえ高度な製品に技術的に追いつくには，さらなる開発期間と開発要員および設備投資（期間，体力：変数 2）が必要であった．その投資を回収するためには，技術的に追いつき追い越し圧倒的優位性を達成できるかに依存し，成功確率は小さい．ガンマ酸化鉄の事業化は断念し，メタル磁性粉へ移ることが得策と判断したものと考える．

そして，その結果はメタル磁性粉の事業化につながることとなった．合金粉の事業化を進めていたため，還元技術と設備に関する知見を蓄積できていたことがメタル磁性粉への投資リスクを低減したと推論される．

還元用の原料となる酸化鉄の出発原料が塩化鉄であったことは有利な条件であった．電解ソーダ企業という偶然が，結果としてメタル磁性粉の製造に好都合な方向に作用したものである．次の 5.2.3 では，これらの経営判断と環境変数との関係について論理的説明を行う．

5.2.3　A 社のメタル粉

(a)　メタル粉の開発構想と開始決定判断

メタル磁性粉の将来性を大きく評価した A 社は 1974 年に一番早い時期に，メタル磁性粉の開発を開始した．この時点でメタル磁性粉の将来性については，理論的特性として磁化量は酸化物の 2 倍などポテンシャルはあった．しかし，鉄系金属粉という活性な物質という特徴上，開発の技術的成果は予測が困難であった．また，開発後の市場性についても，磁性酸化鉄が発展する時点では予測は困難であった．メタル粉開発の成否に関する不確実性は分類レベル 3 で大きいと考えられる．

1977 年にソニーの盛田が次世代高密度磁気記録の開発を命じたことから，8 ミリビデオの開発が始まり，ソニーが主導する 8 ミリビデオ用のメタル磁性粉の開発も同じ時期に各社で開始された．一方，メタル磁性粉については富士写真フイルムにより 1974 年にボロハイドライド法がすでに発表されていたものの工業的な製造につながるものではなかった．オーディオ用のメタルテープは 1978 年に発売され，このメタル磁性粉は A 社のメタル粉であった．A 社がオーディオ用をめざしてメタル粉の開発を開始した時期はかなり早かったわけであり，磁性酸化鉄とは逆のパターンになっている．

後に 8 ミリビデオ用メタル磁性粉で市場を制する B 社がメタル粉の開発を開始したのが 1978 年である．当時の主流の製品であった磁性酸化鉄を制していた E 社と F 社が 1976 年である．早期に開発と量産化の準備を意思決定したことは，磁性酸化鉄を断念したため，実施以外の道がなかったことが大きいと思われる．また，A 社は一方で塩素法酸化鉄を原料とする粉末冶金用の合金磁性粉の開発と事業化を進めており，合金粉は還元設備と還元後の酸化防止処理とハンドリングについては，酸化鉄磁性材料よりもむしろ共通の要素が多く，量産化についてのリスクは酸化鉄専業の E 社と F 社よりも小さかったと推論できる．表 5.2-1 にメタル粉に参入した代表的事例として，A 社，B 社，C 社，D 社，E 社，F 社のメタル粉開発と事業化に関わった期間と特許出願件数の推移を示す．また，付録にメタル関連の主要特許検索結果（資料 1）を示す．

さらに，断念したとはいえ，磁性酸化鉄の開発で培ったテープメーカーとの組織間関係が維持されていた．1975 年頃テープメーカーが将来の材料であるメタル粉のサンプルを評価可能な量として，kg レベルで入手できる供給先は A 社のみであった．テープ各社は，次世代材料の試料を A 社に依存することになった．開発開始時期が早かったことにより，次世代材料に関する資源依存関係（テープ各社が A 社のサンプルに依存する）が成立していた．このような状況において，他社に先駆けてメタル粉の開発と製造設備の建設に踏み切った A 社の経営意思決定を分析する．

(b)　オーディオ用メタル粉で先行

副生塩素の活用を考えた塩化鉄を原料として，保磁力と磁化量がコバルト・ガンマ酸化鉄の 2 倍程度であり，次世代の磁気記録材料として期待される金属鉄成分主体の磁性粉として，1974 年にメタル磁性粉の開発を開始した．75 年にはオーディオ用メタル粉の開発を完了した．試作品を作製し，テープメーカー各社に評価を依頼した．各社は関心を示し，積極的な評価を行った．中でもコロンビアと日立マクセルの 2 社からは共同研究の申し入れを受けた．しかし，飲料事業などいくつか挑戦した事業の失敗の負担から業績と経営は厳しい状況が続き，メタル粉研究にも存続の不安が大きかった．メタル粉研究開発は事業化の見通しのつかないまま時間が過ぎていった．

材料企業では自らはコントロールできない市場に需要および販売成否を依存する構造である．また，開発すべき材料の特性を上位企業の情報に依存する構造である．

表 5.2-1　メタル粉開発参入の代表的企業の特許出願件数推移

－緑は開発期間，黄色は事業化期間－

	A	B	C	D	E	F
西暦	関東電化	同和系	三井東圧	東ソー	戸田工業	チタン工
1971	0	0	0	0	0	0
1972	0	0	0	0	0	0
1973	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0
1976	0	0	0	0	0	0
1977	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0
1982	1	0	3	0	3	0
1983	0	0	0	0	2	0
1984	0	0	3	0	3	0
1985	0	0	2	0	0	0
1986	0	0	1	0	0	0
1987	0	0	1	0	0	0
1988	0	0	0	1	0	2
1989	2	0	0	1	3	0
1990	0	0	1	0	3	0
1991	2	0	0	0	0	2
1992	3	0	1	0	0	0
1993	1	8	0	0	0	0
1994	0	0	1	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0
1996	0	2	0	0	2	0
1997	0	1	0	0	1	0
1998	0	2	0	0	0	0
1999	0	2	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0
2002	2	0	0	0	0	0
2003	0	2	0	0	0	0
2004	0	4	0	0	0	0
2005	0	1	0	1	0	0
2006	0	5	0	0	0	0
2007	0	1	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	1	0
2009	0	1	0	0	0	0
2010	0	1	0	0	1	0
2011	0	1	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0
2015						
1971-1995	9	8	13	2	14	4
1971-2014	11	31	13	3	19	4

出典；特許情報プラットフォームで検索し，筆者作成

(c)　需要発生

市場の見通しが立たないまま時間が経過していった．このような膠着的状況において，1978 年 6 月に 3M 社が試作品オーディオメタルテープを発表した．A 社は量産化準備を済

ませていたので，発表後すぐ 9 月に 0.5 t/M，10 月に 7 t/M の生産設備を増設した．A 社はメタル量産化の最初の企業となった．

1979 年にはそれまで引き合いのなかったメタル粉に引き合いが殺到した．1kg が 3 万円という高価格を設定し，その価格でも販売できた．この頃，コバルト・ガンマ酸化鉄は 1,500 円/kg であった．A 社はメタル粉では 1 社独占状態であったため，価格交渉力パワーを持つことができた．テープ各社は A 社の生産設備と供給能力に依存する関係であり，生産設備資源依存と見ることができる．A 社はメタル磁性粉を中心とするファイン販売部を新設し，創業者利益を得ることができ，再建途上の収支改善に大きく貢献することとなった．メタル磁性粉を A 社再生・復活の商品としてこれを核としてファイン系製品を，次代を支える成長部門にする方針とした．1977 年度にフッ素系，鉄系の売り上げ合計が 4 億 3,000 万円であったものが，1979 年度には 24 億 5,000 万円となり，その半分がメタル磁性粉の売り上げとなった．

3M 社がオーディオ用メタルテープを発表したことで長く売れなかったメタル磁性粉が売れるようになった．A 社社史には，「予測しなかった突然の需要発生」と書かれている．しかし，「この予測しなかった」という認識は正しい記述ではないと考えられる．

A 社は先行者利益を期待してどこよりも早くメタル磁性粉の開発を開始し，量産化の準備を整えていたはずである．時期の予測は困難であるにせよ，メタルテープの販売が実施されることを確信して開発と設備の準備を行ったはずである．したがって，期待したことが首尾よく実現できたと解釈される．しかし，計画したように市場が形成されず見通しができない時期があったことをこのような表現で表したと考えられる．

(d)なぜメタル磁性粉を開発することをいち早く決断したのか？

酸化鉄の用途の一つとして高純度酸化鉄を還元して純鉄を製造する研究を三菱金属との共同研究により行い，1978 年には商業プラントを完成していた．塩化鉄を原料とする酸化鉄を原料とする合金粉の技術を蓄積していたため，技術要素的に共通項が多いメタル磁性粉の開発と量産化には，技術的にも設備的にも有利な資源を有していたと考える．また，撤退したとはいえ，ガンマ酸化鉄で築くことになったテープメーカーとの技術交流関係が生きることになった．この技術的交流を介して A 社は技術情報とメタル粉の開発と製造能力の資源を有するとテープメーカーから評価されたと推測できる．

3M 社が世界で初めてメタルテープを発売した頃，テープメーカー各社は唯一のメタル磁性粉の供給者として A 社に依存することとなった．材料の供給能力による資源依存関係を形成した A 社の戦略が実ったと見ることができる．

メタル粉における A 社と他組織との組織間関係は以下のようにメタル磁性粉をA社 1 社のみが供給する形となった．テープメーカーはメタル磁性粉の供給を A 社に依存することとなり，製品供給による資源依存関係が形成されることとなった．

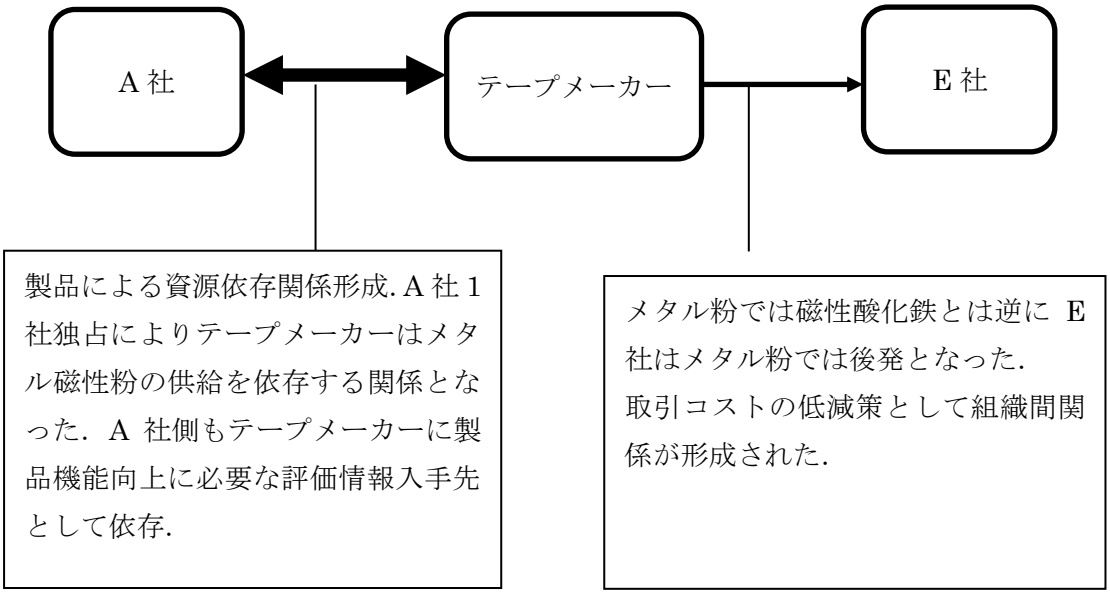


図 5.2-4　メタル粉における組織間関係（筆者作成）

A 社は競合他社の状況が分からないまま, メタル粉量産化の準備として先行投資を行った. 合金粉の製造で蓄積した技術と設備的資源を有するため, F 社より設備的リスクはちいさいものの，事業化の見通しがつかないまま時間が過ぎていく期間があった．幸いにも他社は設備を建設してなかった. A 社は 3M 社がメタル磁性粉の生産を準備してなかったことを予期せぬ幸運と述べているが，そうではなく他社が設備を建設していなかったことこそが予期せぬ幸運だったと考えられる．A 社は市場がどうなるのか不確実な中でリスクを取った. このことが創業者利益を得ることにつながったケースである. A 社は磁性酸化鉄の選択を断たれたことにより，不確実性が大きかったメタル粉開発のリスクを取った.

しかし，合金粉を開発していたため，戸田工業やチタン工業と違って還元設備に係るリスクを軽減できていた．資源の視点から分析するとコストを左右する副生水素を豊富に使える条件にあり，類似の工程をもつ合金粉をすでに事業化していたので， A 社は E 社，F 社に比較すると投資が成果とならないリスクは小さくなっていたと推論できる．実際は A 社の見込みより遅れる結果になったが，市場の見込みとしては磁性酸化鉄によるテープメーカーとの関係からメタルテープの販売は確実に実現されると判断したものと推測される. これに対し磁性酸化鉄メーカーである E 社, F 社は磁性酸化鉄自体が急激な成長期にあり，規模が大きく成長性が著しい磁性酸化鉄市場が重要であった．メタルテープの発売は確実であったとしても市場としての将来性，規模，製品寿命は不確実であり，設備と水素資源に大きな投資を行うことは A 社と異なり，リスクが大きかったと考えられる.

その後，8 ミリビデオ向けにメタル粉の開発に成功し，量産プラントを建設した B 社参入の影響を受け，独占状態は終わった．また，8 ミリビデオは前人未到の領域まで金属鉄の

微粒子化を追求するものであったため，技術的に総合力を有する B 社に優位性を持たれる結果となった．

A 社 1 社のみがメタル磁性粉を供給できていた時には，テープメーカーは供給を A 社に依存する関係しか選択できなかった．しかし，B 社の登場によりこの製品の供給を媒介とする資源依存関係は終結した．B 社の登場後に A 社が採り得る戦略は通常の競争を行うことしかなかった．A 社は資源として資本，人材，技術的蓄積において B 社より劣位であったので，通常の競争においても，次第に B 社に優位性を奪われることとなった．

5.3　同和鉱業（B 社）メタル粉事例

5.3.1　B 社のメタル粉の概要

A 社に比べると B 社のメタル粉参入は 4 年遅かった．しかし，1983 年に高密度磁気記録に適した微粒子メタル粉 2 の量産化を実現した．ソニーが販売を目標とした 1985 年の 8 ミリビデオ（CCD-V8）発売時にメタル粉 2 の量産品採用という目標を設定し，その目標に向けて戦略的な技術開発と生産体系の構築を進めたことが，同社久野（1995）の報告[29]により伺える．久野（1995）の図 14 には生産能力の推移が記載され，1985 年には 25t/M の生産能力が確立している．

1980 年代にはアナログ磁気記録方式の究極の高密度･高特性のテープを実現するという，ソニーを中心とするハードメーカーとテープメーカーからの困難な要求に対し，厳しい開発競争が行われた．B 社はこの開発競争に打ち勝って，8 ミリビデオでトップの位置を確保した．

その後，1990 年代初めまでに多くのメーカーがメタル粉から撤退し，A 社と B 社の 2 社がメタル粉を供給する体制となった．オーディオ用メタル粉で独壇場であった A 社に対しても，技術的優位性を確立した．

しかし，デジタル信号処理による画像記録媒体が登場し，VHS 等の一般コンシューマ用磁気テープが壊滅した．また，8 ミリビデオは VHS ビデオに置き換わることなく，小さい市場のまま縮小し，2006 年には富士フイルムも Hi8 の販売を終了した．

しかし, B 社は磁気テープ市場の消滅により主要テープメーカーがテープ事業から撤退した後も，富士フイルムに協力してデータ・ストレージシステム用の高機能メタル磁性体の開発に注力した．2016 年現在，世界で唯一の超微粒子高機能メタル磁性粉製造メーカーとして残っている．

1980 年代に富士フイルム，日立マクセル等テープメーカーから 0.1μm の粒子径(長軸方向)を要求され, 各社は大変な努力を重ねたが, 1990 年頃は事実上 0.2μm が限界であった．しかし，B 社は現在では 0.03μm の超微粒子メタル粉の開発に成功している．

この節では，まず，B 社が 8 ミリビデオ用のメタル粉 2 の技術開発と量産化に成功したこと，次に，期待したほどメタル粉 2 の市場が拡大せず，ハードディスク拡大基調の中で，メタル粉から撤退することなく，データストレージ用の超微粒子メタル粉 3 の開発を現在まで継続し，テープによるデータストレージの発展に寄与するに至ったこと，メタル粉に係る B 社の一連の経営について検討する．

5.3.2　酸化鉄とメタル粉に係る同和鉱業（B 社）の歴史

メタル磁性粉は同和鉱業（B 社とする）として開発と事業化を行っている．現在は, DOWA エレクトロニクスがメタル磁性粉の事業を実施している．現 DOWA エレクトロニクスの親

29　久野誠一（1995）「磁気記録用メタル粉の開発と歴史」『資源と素材』第 111 巻 No.12，1-7 頁

会社はDOWA（以前の同和鉱業）であり，創業は1884年，小坂鉱山の開発に起源をもつ．藤田組，鉱山事業として1884年（明治17年），明治政府からの小坂鉱山(秋田県鹿角郡)払い下げに始まる．DOWAは，2006年にホールディングス制へ移行し，資本金364億37百万円（2016年3月末），売上額4065億98百万円(2016年3月)である．B社のメタル磁性粉はDOWAエレクトロニクスが引き継ぎ，同社は資本金10億円，売上額483億円(2016年3月)である．同和鉱業株式会社の岡山製錬所は棚原鉱山で未利用資源として廃棄されていた磁硫鉄鉱を,鉄と硫黄の資源として経済的に活用する目的で設立された(原田謙三1981)[30]．鉄と硫黄のセンターとして，硫酸，焼鉄鉱，高品位酸化鉄を生産している．高品位酸化鉄については，1965年，パイロットプラントを設置して，高品質の硫化鉄鉱の分離ならびに焙焼炉による脱硫等のテストを開始した．試作品である高品位酸化鉄は同和鉄粉工業(株)の協力を得て，粉末冶金用鉄粉・溶接棒用鉄粉の原料として，または顔料用酸化鉄等の粗原料としての特性の研究に当てられ，用途開発のための試供品が製造された．

1968年4月には，高品位酸化鉄月産430tの商業ベースによる生産を開始し，製品は主として同和鉄粉工業(株)へ出荷した．フェライト磁石用酸化鉄ならびに粉末冶金用鉄粉原料として研究を継続し，販売面では着実に市場を拡大することに成功した．1970年10月には月産2,500tの生産設備が完成した．

原田（1981）に記載されているように，岡山製錬所の製造工程は多岐にわたる製錬技術から構成されており，新たな金属鉄系微粒子であるメタル磁性粉の製造に関連する要素技術を十分有している．また，DOWAエレクトロニクス[31]の沿革および系列のDOWA・IPクリエーションの沿革によれば，1960年に同和鉱業株式会社において鉄粉製造工業化研究が始められ，1965年　には同和鉄粉工業株式会社が設立され，鉄粉の製造を開始した．その後同和鉄粉は1982年にカイロ用ロータリーキルンを新設し，1985年にはフェライト・キャリア用金属粉用ロータリーキルンを新設し，製造設備を増設しながら現在に至っている．鉄粉製造の技術的蓄積も豊富にあった．さらに，中央研究所の基礎的解析データも多岐にわたり，製造工程のスケールアップからメタル粉の物性の多様化まで広く，顧客の要求に応じてメタル粉新製品を素早く量産化につなげられる体制が整っていた．

メタル粉については，1978年から磁気記録用磁性粉の研究開発を開始した．1983年には岡山工場にメタル粉製造設備を完成し，操業を開始した（久野誠一1995）．

DOWAエレクトロニクスのホームページによれば，機能材料研究所は，メタル粉の需要増と高機能ニーズの高まりに応えるべく，1995年に柵原鉱山を母体とする岡山工場（現在のDOWAエレクトロニクス岡山（株））内に設置され，機能性材料の開発に大きな実績を示している．同社によれば，磁性材料分野でのDOWAの技術力は世界最高レベルに達しており，2001年に0.04マイクロメートル（1マイクロメートルは0.001ミリメートル）の超

[30] 原田謙三（1981）「岡山製錬所の最近の操業について」『日本鉱業会誌』第97巻第8号，214-220頁
[31] DOWAエレクトロニクス　http://www.dowa-electronics.co.jp/function/metal_powder.html
（2017年8月23日閲覧）

微粒子を実現した[32]際にも，大きな話題となり，現在ではさらに研究が進み，20 ナノメートル（1 ナノメートルは 0.001 マイクロメートル）の超微粒子メタル粉の開発にも成功している（DOWA エレクトロニクスのホームページ）.

5.3.3　B 社のメタル粉

B 社は A 社より後発であったにもかかわらず 8 ミリビデオ用以降のメタル磁性粉を制覇した．その B 社の技術論文（久野 1995）によれば，文字通り要素ごとに調べつくすような実験を行い，開発したメタル磁性粉の種類が 1995 年の時点までに 1 万種類以上になったことを記している．F 社が蓄積した実験に基づく情報量はきわめて多い.

B 社が投入したマンパワーと資金は A 社，E 社，F 社よりもかなり多額であったと推測できる．中でも，（1）B 社は窒素シールした保管移送システムを含む一貫量産設備を完成している上，（2）広範に蓄積したメタル粉物性の制御に関する圧倒的なデータおよび（3）基礎物性からテープの動特性まで評価できる評価技術を 8 ミリビデオ発売が実現された 1985 年までに確立したことが久野（1995）により報告されている.

1985 年にはすでに B 社はメタル磁性粉の特性を制御する要因を広範に整理していた上，製造技術と製造設備もシステムとして完成し，さらに評価技術も確立していた.

1985 年には，当然テープメーカーも 8 ミリビデオ用のメタルテープの量産を完了していた．したがって，1985 年の量産品販売までにテープメーカーは多くのメタル磁性粉サンプルから有望と評価されるいくつかの材料を絞り込み，絞り込んだサンプルでさらに量産化テストを何度も行ったはずである.

ソニーが 8 ミリビデオを発売すると宣言した 1985 年までに A 社と B 社そしておそらく D 社の 3 社が生産体制を整えて，量産化を準備していたわけである．久野（1995）によれば，特に B 社は 1985 年の 8 ミリビデオ販売をターゲットとして，総合的な戦略として，量産化のために設備をスケールアップしたことが分かる.

5.3.4　B 社の戦略

上記のように，B 社は組織として多岐にわたる基盤技術を有し，メタル磁性粉の開発に際しては，「6.2　技術移転」を参照すると，「社内のソースから人材，技術，工場，組織という媒介を介して，メタル磁性粉の事業化に必要な製品概念，製造プロセス，工場建設，工程管理，品質評価などの要素を補完できた」ことを記している（久野 1995，p.6）.

---

[32] DOWA エレクトロニクス機能材料技術；「メタル粉（20 ナノメートル），キャリア粉（25μm）DOWA の磁性体技術は，岡山県柵原鉱山から産出される硫化鉄鉱からの酸化鉄の生産からスタートし，これらを原料としたフェライト磁石粉から，より微細なメタル粉へと進化を遂げるなかで，さまざまな技術を蓄積してきました．メタル粉は，水酸化鉄を酸化鉄にし，さらに還元して生産しますが，この際，結晶が小さく，かつ個々のサイズや形状が揃っていることが求められます．当社の磁性材料技術は，結晶制御，高純度化，薄膜，表面界面などの厳しい要求を高いレベルでクリアしており，放送局向けビデオテープやデータストレージ用テープなど，高密度・大容量の磁気記録メディアに使用されるメタル粉で世界一のシェアを誇っています.」

表 5.3.—1 に 8 ミリビデオの動向と B 社の生産能力の推移を年順に並べて比較した. B 社の開発はメタル磁性粉そのものの材料開発を軸とするものと工学的に量産化をめざす生産技術の体系的な開発を軸とする 2 次元的な戦略が明確に見てとれる.

久野（1995）の「5.同和鉱業のメタル粉」の材料技術開発を参照すると，全社戦略としてきわめて体系的に技術要素を解明することで精緻なメタル磁性粉の技術を構築している. また,「6.事業化」の章を参照すると，1983 年には 15 t /M の生産能力を実現しており，しかも, 窒素ガスでシールする専用コンテナまで含む製造プロセスを構築していた. 組織的, 戦略的に計画を推進していることが推察される.

B 社の戦略と比較することにより, 市場の規模は別にして開発と事業化の成功には, 材料特性の技術課題の解決を行う研究開発活動，量産プロセスを工学的システムとして構築していく技術開発活動，メタル磁性粉の特性を多面的に評価する分析・評価技術の開発活動の 3 軸を 3 次元的に埋めていく組織的活動と戦略が有効であったことが分かる．その大規模な開発活動には，プロジェクト以外の社内人材も含めて少なくとも 50 人～100 人程度のマンパワーと数十億円規模の資金を投入することが必要であったと推測される.

しかし, B 社経営陣は自社の技術的蓄積, 人材, 原材料, 資本などの資源の状況であれば, たとえ後発であっても, 将来性が有望と判断したメタル磁性粉の事業化を 1985 年の 8 ミリビデオ発売までに完了する戦略を取った．その目標を達成するために，資源を集中的に投入する戦略を実行したと推測できる．ただ，開発と事業化を実現したとはいえ，8 ミリビデオテープの市場規模はVHSテープの水準には遠く及ばなかった事実を考えると戦略としての評価には単なる成功とすることはできず，投資に踏み切らなかった後述する F 社の戦略が失敗ということもできない.

また，総合化学の D 社は B 社と同規模のマンパワー投入と設備投資を行っており，要求水準を満足する特性のメタル粉 2 の製造方法の確立している. D 社は 1988 年という相対的に見ると早い時期にメタル磁性粉から撤退した. デジタル化の予兆と期待ほど成長しない 8 ミリビデオ市場には魅力がないと判断し，デジタル化された情報記録媒体用の機能性材料の開発と事業化に戦略を転換した．D 社の製品群を見るとその辺りのことが推測される．D 社の戦略も十分に意義のある考え方であり，失敗と片付けることはできない.

表 5.3-1　8 ミリビデオの動向と B 社の生産能力の推移

8 ミリビデオの動き	西暦	B 社
	1971	
	1972	
	1973	
	1974	
	1975	
	1976	

	1977	
3M 社オーディオメタルテープの発売	1978	メタル粉開発開始
	1979	
ソニーCCD8 ミリを NY で発表	1980	
	1981	設備スケールアップ小規模
8 ミリビデオ懇談会発足	1982	設備スケールアップ中規模
8 ミリビデオ規格統一	1983	プラント完成，15ｔ/M
	1984	
ソニーCCD-V8 発売	1985	25ｔ/M，メタル粉 2 販売
ソニーハンディーカム発売	1986	
	1987	
	1988	
ソニーCCD-TR-55	1989	生産能力 75t/M
	1990	
	1991	生産能力 125ｔ/M
	1992	
	1993	
	1994	
	1995	生産能力 175ｔ/M
	1996	
	1997	
	1998	
	1999	
データストレージ用 LTO の登場	2000	
	2001	
	2002	
	2003	
	2004	（A 社がメタル粉撤退）
Hi8 小さい市場でピークアウト	2005	
富士 Hi8 販売終了	2006	
	2007	
ソニーCCD-TRV26 出荷終了	2008	
	2009	
	2010	
	2011	

	2012	
	2013	
	2014	
	2015	
	2016	
データストレージ用磁気テープ躍進	2017	超微粒子メタル粉を世界で唯一製造

5.4　戸田工業（E 社）メタル粉事例

5.4.1　E 社の概要

E 社の創業は江戸時代の 1823 年に遡る．会社としての設立は 1933 年である．資本金は 74 億 77 百万円，売上額は 285 億 10 百万円(2016 年 3 月)である．同社の歴史を公開するホームページ彩磁記によれば，「1934 年（9）当時，関東は当初より，長沼（後の利根産業株式会社），日本弁柄工業株式会社，森下弁柄工業株式会社の勢力が絶大であったため，食い込みが困難で，戸田の弁柄はなかなか売れなかった.」

家内工業から近代的工業へ発展する中で，従来の天然産の磁硫化鉄鉱を 1 年がかりで風化させて原料（緑礬）を作るという方法では，当時の需要に対応できなくなった．そこで，戸田止戈夫が，東洋鋼鈑株式会社で副生する硫酸鉄に着目し，短期間で必要なだけの原料を得る方法に成功した．1941 年東洋鋼鈑下松工場内に硫酸鉄工場を設置し，弁柄の原料となる硫酸鉄を製造し始めた．戦争のため，軍艦の船底塗料を中国塗料株式会社が納入し，その原料の弁柄製造を戸田工業が受け持つこととなり，以後需要は急速に伸びていった．軍の命令による企業統合で，同社は船底塗料用の弁柄と，光学兵器の研磨材の生産に絞られた．

5.4.2　E 社の技術発展の契機

(a)　技術開発

技術開発推進のきっかけになる出来事があったことが彩磁記に記載されている．昭和 28 年 8 月，戸田英夫が「硫酸鉄熱分解による弁柄製造」（粒子の大きさと発色の関係）についての発表会に出席し，"技能"であった弁柄製造が，"技術"として位置づけられたことが重要な契機であった．これを機に京都大学との共同研究が始められ，常時 3～4 名の社員を京都大学生活科学研究所に派遣することとなり，現在の戸田工業を築く基礎技術を生み出すことにつながった．

歳時記第 11 回には，フェライトの開発，フェライトの事業成功，昭和 33 年に業界トップへ至るまでの経過が簡潔に記載されており，興味深い内容となっている．中には，フェライト市場がブローカーを経由して取引されていた実態も報告されており，E 社の今日のマーケティング活動の礎となる，ユーザー直結という販売チャンネルを創造したことも述べられている．

京都大学高田利夫教授からヨーロッパでは酸化鉄を使ってフェライト磁石材料が作られていること教えられ，フェライトという用途を知り，戦後まもなくフェライトの開発に着手した．昭和 30 年代は弁柄から発展したフェライトで成長した．1958 年　フェライトと顔料でトップになることができた．当初は弁柄屋のフェライトは門前払いで苦しかった．顔料でもシェアトップになった．テレビブームでの需要により，昭和 34 年に利益のピークを記録し，フェライト材料のシェアは 90%まで成長した．

(b)　湿式合成法の確立

しかし，その一方，大気汚染の原因企業という大きな公害問題があった．硫酸鉄を焙焼するという現在ではあり得ない方法で酸化鉄を製造していたため，焙焼工程で発生する亜硫酸ガスによる大気汚染公害企業として苦しんでいた．昭和 34 年に月産 300 トンの設備増強が行われたため，公害汚染状況はますます悪化していった．

しかし，長期間問題であった公害問題も，原料を硫酸鉄から**塩化鉄**（高炉メーカーが薄板を塩酸酸洗した際に副生する酸化鉄）に転換したことと製造方法の転換により解決した．小野田工場に湿式合成法の 70 トンプラント設備が完成し，1960 年 5 月に試運転を開始した．湿式法で作られた酸化鉄は，研磨材の他，フェライト材料，顔料用に出荷され，湿式技術は現在の E 社の基盤技術となった．フェライト研究の中で，硫酸鉄を用いても，焼成による製法ではなく，化学反応によって酸化鉄を生成させる製法（湿式法）が開発された．湿式法では高純度な酸化鉄が得られ，粒子の形態も均整にコントロールすることが可能である．この湿式法が確立したおかげで，その後のオーディオ・ビデオテープ用磁気記録材料酸化鉄の開発も可能となっている．（筆者補足；塩化鉄と硫酸鉄のいずれを出発鉄源としても，湿式反応による酸化鉄前駆物質としての含水酸化鉄の合成が可能である．ところが，不純物や微量元素は原料の種類により異なっている．筆者の開発においても，この原料の差異はメタル粉の特性に無視できない影響を及ぼすことがデータ蓄積により判明していった．）

公害問題が終息し，一方では，京都大学・日本電気株式会社の指導により，世界一高純度な酸化鉄「KFD」を開発した．1960 年，舟入工場に生産設備が完成している．
続いて，1950 年代後半（昭和 30 年代の半ば）にはテープ用磁性材料の研究開発を開始した．硫酸鉄を原料とする無公害型湿式合成技術の導入により，高純度化と粒子形態均一化制御が可能となったことが，後に磁気記録材料酸化鉄の開発を可能とした．

(c)　酸化鉄磁性粉の開発と事業化

E 社歳時記によれば，フェライトからオーディオテープへ ～磁気記録材料酸化鉄の開発～として，記述されている[33]．1963 年には社長の戸田英夫がフェライトの世界市場調査のため渡米し，海外へ目を向け始めている．SD 磁性粉を完成し，アメリカのコンピュータテープ用に輸出することになった．SD 磁性粉は国内テープメーカーにも採用され，高性能テープとして好評であった．昭和 30 年代後半になると，F 社など新規参入が相次ぎ，価格競争の結果，販売量は伸びても，売上高の伸びは以前ほど期待出来ない時代になっていったと書かれている．しかし，第 20 回 MRM-400 ～テープ材の開発（その 2）～に書かれているように，MRM-400 がオーディオ特性を高く評価された．1973 年 TDK からコバルト・

33 「テープ材料の研究開発に取り組み始めた昭和 30 年代の半ばは，湿式合成技術の導入期に当たり，当時舟入工場では，「世界一の磁性材料をつくる」という目標の下，研究を進めていたのです．かくして出来上がった磁性粉は，人に例えると「八頭身美人」のようなスマートな粒子で，品質においても従来品をはるかに上回る磁性粉でした．海外からも世界一との高い評価を受け，「世界一だから，スーパーデラックス（Super Delux）」だということで，この頭文字をとって SD と名付けられました．」

ガンマ酸化鉄を用いたアビリンテープ(オーディオ)が発売され，さらにコバルト被着タイプの SA 磁性粉が「アビリン VTR 用テープ」に採用されている．1978 年以降はビデオの普及に伴い，SA 磁性粉は，販売量が激増した．オーディオテープ用としても販売され，相次ぐ生産ラインの増設にもかかわらず，生産が追いつかない状況であった．
E 社に続き F 社もコバルト被着磁性粉を開発し，この 2 社が 1980 年代のビデオテープの隆盛を支えた．その後 1990 年代になると，デジタル技術の登場でアナログ機器がデジタル化する過程でアナログ磁気テープが壊滅することになる．

しかし，この前段階である 1980 年代はアナログ磁気記録の究極の高密度記録をめざすメタルテープとメタル粉の開発が激しく行われた．メタルテープによる Hi8 テープは優れた特性を実現した．当初は次世代の磁気記録媒体はメタル粉に置き換わるという雰囲気が支配的であり，業界紙もそのような記事が目立った．しかし，期待と予測に反してメタル粉の市場は VHS の規模に拡大することはなかった．

5.4.3　E 社のメタル粉

E 社のメタル粉については，1977 年頃参入している．しかし，A 社と B 社に量産化を先行され，事業化には至らずに一旦開発から撤退した．後述の F 社と同様に水素源を持たないため，コスト的に採算が取れなかったものと推測される．メタル粉については，公開情報が乏しいため，この間の経緯についてはよく分からない．しかし，2009 年 3 月の有価証券報告書によるとデータストレージ用の超微粒子メタル粉を開発し，市場展開したことが記載されている．メタル粉では B 社には対抗できない位置にあったと推測されるものの，8 ミリビデオすなわちコンシューマ用メタル粉のその後の開発テーマであり，珍しい復活事例として注目される．公開された特許情報でメタル粉の開発活動を推測することができる．例えば，特開 2010-098071（出願日 2008 年 10 月 15 日），特開 2012-36489（出願日 2010 年 8 月 11 日）などが見られる．同社ホームページには現在再びメタル系磁気材料として紹介されている．

最近の E 社は，リチウムイオン電池用の電極材や特開 2014-156411 など診断用・治療用など他分野の開発を積極的に行っている．技術開発は鉄系化合物紛体技術を中心として，多様な技術を多様な用途と組み合わせて開発していることが伺われる．

5.5　チタン工業（F 社）メタル粉事例

5.5.1　チタン工業（F 社）の創立経緯

チタン工業社史によれば，酸化チタンはノルウエーで研究と開発が行われ，1918 年にチタン白顔料の製造が始まった[34]．以下同社社史により草創期の経緯を記す．

1934 年　戸畑鋳物株式会社の会長藤田は宇部市を訪問し，酸化チタン工場の立地調査

1935 年　地元の沖の山炭鉱株式会社との間に用地の賃借と給水に関する覚書を交換

1936 年　チタン工業株式会社と日本硫酸株式会社の宇部工場共同の起工式

1938 年 6 月　全面操業を開始[35]

1945 年の 3 度の米軍機の爆撃により，壊滅

5.5.2　戦後の復興期

同社社史には，宇部工場の壊滅と同時に，終戦により企業存立の基盤であった国際チタンカルテルの一員デュポンあることおよび日産コンツェルン傘下であることの 2 つを失い，ゼロからの再出発となった．しかし，1946 年には事業設備改良許可申請書を大蔵，農林，商工 3 省の大臣に提出し，復興をめざした．1949 年には，生産を再開した．昭和 20 年代後半には，主要 7 社酸化チタンメーカーが揃い，激しい販売競争が展開されていったことが記載されている（F 社社史 p.76）．この状況は前記 A 社（関東電化工業）と同様である．

昭和 30 年代の生産動向で注目すべきは，硫酸法に加え，塩素法が登場したことおよび塩素法登場によりそれまで主流であったアナターゼ型に加え，ルチル型酸化チタンの生産が本格化したことである．特に，参入の機会をうかがっていた石原産業が 1954 年に月産 500 トン，1956 年には月産 2000 トンの生産設備を整え，設備が大規模であるとともに積極的に塩素法の技術を導入し，日本の酸化チタン事業を主導する企業となったことである（F 社社史 p.101, p.108）．

---

[34] チタン工業社史編纂委員会編（1997）「チタン工業 60 年史」p.5-17，チタン工業編纂から抜粋すると「1908 年ノルウエー政府はイルメナイト鉱石の用途開発に補助金を与え，研究を開始した．1914 年に硫酸処理法により二酸化チタニウムを分離することに成功した．1918 年にチタン社が創立され，チタン白顔料の製造が始まった．第一次世界大戦後の 1920 年代から 30 年代にかけて，酸化チタン産業はナショナル・レッド社(米)，IG ファルベン社(独)，ICI(英)など欧米の企業を中心に展開され，国際チタンカルテルが世界を席巻する状況となった．1936 年(S11)国産工業株式会社は IG ファルベン社（チタン・ゲーゼルシャフト社）の「クロノスブランド」酸化チタン製品の販売権に加え，国際チタンカルテルの承認のもと，IG ファルベン社の東洋市場販売総代理店である独逸染料合名会社と国産工業株式会社と事業提携による合弁会社を設立し，日本における酸化チタンの製造拠点とすることに合意し，6 月にチタン工業株式会社が設立された．初代社長には 1920 年当時から塗料の素材として酸化チタンの研究と塗料工場建設の準備を行ってきた日本油脂株式会社社長の藤田政輔が就任した．F 社は国際チタンカルテルの一員として，また，日産コンツェルンの一員として二重の性格を有していた．」

[35] チタン工業 60 年史，p.39「ドイツ人技師の技術的管理により，順調に生産が進んだ．同じ時期に酸化チタン製造に挑戦した国内他企業は難渋している．しかし，合成酸化鉄の製造を始める 1963 年まで，副生硫酸鉄は廃棄物として，処分に長く苦労している．」「宇部工場は月産 150 トンで設計されていた．1939 年には需要が旺盛であり，フル操業となり，1942 年には月産 300 トンへ増設し，国内最大の酸化チタン工場となった．」

5.5.3　資本構成の変化

F 社社史（pp.112-116）によれば，戦後の旺盛な需要に支えられ，厳しい経済状況下でも順調に生産量，販売量を伸ばすとともに意欲的に増資に取り組んだことが記載されている．資本金の推移は自立への道を歩んだことを示す．その後も競争激化に合わせ，再評価積立金の資本組み入れによる増資を実行した．しかし，この増資手段には限界があり，成長に意欲を持つ F 社は増資の手段として，株式公開を導入した．1962 年(S37)には東京証券取引所第 2 部および広島証券取引所に上場した．この上場は，重要な製品開発の課題の浮上と関連した経営判断であった．この経営判断は，技術提携による合成酸化鉄に関する新製品開発のための経営基盤強化策としての資本増強である．後に磁性酸化鉄の事業化へつながる決断である．上場前の株主総数は 130 人未満であったが，上場以後は顕著に増加した．

一方，硫酸法酸化チタン製造においては，イルミナイト鉱石の Ti 以外の主要成分である酸化鉄成分により大量に副生硫酸鉄が発生する．当時はこの副生硫酸鉄の処分の方法がなく，工場の敷地内に埋め立てたりしていた．公害問題にもなり，硫酸法酸化チタン製造の副生硫酸鉄に関しては，その有効利用法の開発が必要であった．この硫酸鉄の利用が後の磁性酸化鉄の開発と事業化の成功そしてその後のメタル磁性粉開発につながる．

また，F 社は将来の事業展開に向けて，会社機構の整備と株式上場（1962 年　東証 2 部上場）による経営基盤の強化を進めた．さらに，研究開発に意欲があり，宇部工場に研究課を設置した．この研究開発と副生硫酸鉄の利用方法が合成酸化鉄事業を生むことになり，さらに磁性酸化鉄事業へ成長する．A 社の塩素のバランス事例でも観察されたように，化学系製造工場にとって，物質収支をバランスさせることの重要性が F 社の副生硫酸鉄でも現れている．次の戦略への推進力として非常に重要であることを示す事例である．

5.5.4　高品位合成酸化鉄製造技術提携

コロンビア・カーボン社（CC 社）技術提携に係る主要事項の経緯（F 社社史 p.125-129）を以下に示す．比較的短期間で設備と工場を建設できた．技術と設備仕様を導入したので，時間をかけて開発する必要がなかったと考えられる．

1962 年　東証 2 部上場
1962 年 12 月　コロンビア・カーボン社（CC 社）と技術援助契約調印
1963 年 11 月　合成酸化鉄製造工場建設のため，矢田義男渡米調査.
1964 年 5 月　合成酸化鉄生産設備建設に着手
1964 年 11 月　吉田，杉山製造技術研修渡米
1965 年 4 月　導入技術による合成酸化鉄操業開始 300t/M

5.5.5　磁性酸化鉄の開発と事業化

F 社は合成酸化鉄工場を建設した時期に，合成酸化鉄とその工程を利用する磁性酸化鉄の開発にも着手した．磁性酸化鉄は 1970 年代から飛躍的に成長し，F 社の売上を大きく拡大

させる原動力となった．飛躍的に生産が拡大した磁気テープ業界の流れに乗ることができたためである．

1963 年　フィリップスがコンパクトカセット発表

1965 年 6 月　F 社 30t/M の磁性酸化鉄工場新設

1966 年　録音テープのカセット標準協定を提案

この間の経緯が F 社社史に記録されている（p.134）．それによると，当時磁気テープ業界では磁気テープに使用されるガンマ酸化鉄を自社製造・自家消費しており，F 社はその磁性酸化鉄の原料としてゲーサイト（湿式合成した含水酸化鉄，未焼成の αFeOOH）を供給していた．その取引関係の中で，磁気テープ業界の磁性粉の状況が分かってくるにつれて，原料にとどまらずに磁性酸化鉄を開発製造する着想を得ている．F 社は大きなチャンスとして，磁性酸化鉄の開発と製造に取り組んだ．

A 社の場合は，E 社と F 社が磁性酸化鉄を事業化した後での参入であり，開発のきっかけが大きく異なる．F 社の磁性酸化鉄事例は顧客との日常の関係から顧客ニーズをうまく活用したよい事例である．

5.5.6　F 社コバルト･ガンマ酸化鉄磁性粉の開発

この頃，工業的に高性能･高品質のコバルト･ガンマ酸化鉄を製造できる企業は E 社と F 社の 2 社であった．この 2 社以外に高品質の磁性酸化鉄を製造できる企業はなく，各テープメーカーに対し価格交渉力を持っていた．コバルト・ガンマ磁性酸化鉄はベータ方式と VHS に代表されビデオ全盛時代を支えた最重要の機能性材料である．

テープメーカーは発展途上にある磁気記録メディア市場の高度化のためにも，2 社の磁性粉開発力と製造能力に依存する形であった．テープメーカーにとっては，2 社の開発力と製造設備に依存する資源依存関係であった．他方，磁性粉メーカーは，テープ開発の方向性を探るためにも，サンプル評価に関する情報と磁気記録技術とテープ技術のトレンドに関する情報資源をテープメーカー各社に依存していた．磁気記録市場は 1970 年代から爆発的発展期にあったので，磁性材メーカー2 社と磁気テープ業界各社との組織間関係は相互に密接に依存関係を形成するメリットが大きかったと推論される．デジタル技術の進展により，1990 年代後半に磁気テープ市場が急激に壊滅する段階になった時，自然に依存関係は消滅していったことからも，メリットが相互依存の原動力であることが理解される．

5.5.7　F 社のメタル粉

(a)　F 社のメタル磁性粉の経緯

機能性材料の開発事例として A 社，B 社，E 社，F 社の事例を取り上げた．この節では，酸化チタンの製造から始まり磁性酸化鉄の主要メーカーとなった F 社のメタル磁性粉の開発経過を詳細に記述する．その後，次節でこれら 4 社間の違いを比較することにより，観察された事実から背後にある観察されない事実を推論し，機能性材料の開発プロセスにおいてどのような原理が作用していたのか推論を行い，それらの原理には普遍性があるのかを考察する．

F 社はソニーおよび富士写真フイルムなど磁性酸化鉄で取引があった磁気テープ業界各社から要望と情報を受け, 1977 年にメタル磁性粉開発の企画と準備を始めた. 1978 年には, オーディオ用からではあったがメタル磁性粉の開発とビーカー実験を開始した．1982 年には 8 ミリビデオ用微粒子メタル磁性粉の開発を行うことを決定し，テープメーカーからの高度な要求に対応した開発を継続した．しかし，事業化に至らないまま 1993 年に開発と事業化から撤退した．この開発期間を環境の変化により時期を 4 つに区分して記述する．

表 5.5.6-1 に開発と事業化に影響すると推定される要素をあげ，水準を 3 つに区分して時間の経過による変化を表示した．

業務提携先との関係強化を目的とする場合や経営状態が悪いために金融機関からの増資が期待できない場合に，第三者割当が行われることがある．第 4 章で記述したように 1960 年代の A 社は資本が不足することが多かったので三菱化成を対象とする第三者割当増資を行った．

しかし, F 社はメタル磁性粉の開発を決定した頃になると磁気テープの成長によって業績は急速に向上しており，1970 年代以降は株式を発行して株式市場から相応の資金を調達することが可能となっていた．したがって，同和鉱業より絶対額は小さいものの当時の F 社の実情に応じた資本を保有することができていた．復興後の資本金増額の推移は F 社の 80 周年記念サイト[36]の年表で確認でき，順調に増資できている．資本状況は下表では問題ないレベル（○と表示），やや不足あるいは不十分なレベル（△と表示），決定的に不足または無いレベル（×と表示）の 3 段階に区分した．F 社は 1970 年代から 80 年代は磁性酸化鉄事業が好調であったため業績はよく，経営状態もよかった．

ソニーは据え置き型テープデッキを小型化した 8 ミリビデオ方式で置き換える戦略をもっていた．磁性酸化鉄メーカーとしては売上額が企業の経営基盤となった磁性酸化鉄事業を守りたいという考えが根強かった．したがって，メタル磁性粉が長手方向磁気記録テープの主流に置き替わる場合には，メタル磁性粉市場を確保することは経営の根幹に関わる．一方では，ビデオテープの主要材料は磁性酸化鉄のまま存続することを望んでいた．

---

[36] チタン工業 80 周年記念サイト，年表「チタン工業 80 年のあゆみ」
; http://www.titankogyo.co.jp/80th/history.html

メタル磁性粉の技術については，磁性粉というカテゴリーからF社社内では磁性酸化鉄の延長線上の技術と見られていた．金属粉という以外は磁性塗料として分散性，配向性など塗布型磁記録媒体に用いられる磁性酸化鉄と共通の特性が求められる．製造工程も出発原料の硫酸鉄や塩化鉄から水溶液中で針状ゲーサイトを合成し，固液分離後乾式工程で水素還元する工程を含むなど共通する工程がある．メタル磁性粉の方の乾式工程は金属Feまでの還元とその後の表面酸化だけであり，反応操作としては磁性酸化鉄より簡単である．しかし，Feまで還元するためには磁性酸化鉄におけるマグネタイトへの水素還元とは必要とする水素の量がまったく異なる．焼結による針状形状の崩れを防ぐためには，焼結防止のため針状ゲーサイトの表面に焼結防止処理を行う．しかし，焼結防止処理しても温度的に限界があり，いくら焼結防止処理をしても還元温度は480℃を超えられないことが実験的に分かっている．水素還元の温度は400℃から480℃が焼結と還元の進行の両方をバランスする範囲であり，この温度で金属鉄には還元するためには大過剰の水素が必要である．必要とする水素量は熱力学的に計算することが可能である．実際は理論量よりさらに多くの水素を必要とする．したがって，ガンマ酸化鉄を得るためにいったんマグネタイトまで還元するのに必要な水素量と金属まで還元するメタル磁性粉とでは，水素原単位がまったく異なる．そのため，磁性酸化鉄の工場に設定されている水素供給系はまったく役に立たない．電解ソーダ企業と異なり副生水素がないF社にとって，この問題は開発当初からの大きな課題であった．また，金属まで還元するときの焼結による粒子形状の変化も極めて大きく，酸化物とはまったく違う領域である．水素還元炉の形式によっても，焼結による粒子形状の崩れの状況は大きく影響を受けることが多くの実験の結果，分かっている．したがって，上記を表に反映すると表5.5.6-1のようになる．F社の経営状態と資本はメタル磁性粉の開発を開始した1978年頃もメタル磁性粉から撤退した1993年までの間，問題ない状態であった．メタル磁性粉に関する技術はサンプルワークを少量で行える程度で始まり，実際に8ミリビデオが発売された1985年以降は量産化技術と量産設備が他社に比べて見劣りする状態であった．

一方，メタル磁性粉そのものの要素はどのように考えられるか，時間的な経過によりその属性がどのように変化したのかを検討した．メタル磁性粉の商品属性としては，将来性，ロバスト性，市場が実現する可能性，実現した場合の規模，市場がどのくらいの期間存在するのか，などが考えられ（表5.5.6-2），これらの要素の未来を予測した上で開発への投入人員や資金量，製造設備への投資の可否を節目の時点ごとに検討する．

メタル磁性粉の開発を開始した1978年頃は，メタル磁性粉の将来性はバラ色であった．経済紙や経済系の雑誌の注目すべき新材料解説では，磁性体としての飽和磁束密度と保磁力の大きさにより，磁性酸化鉄が今にもメタル磁性粉に置き変わるような論調が目立った．時代が進み1990年代になるとビデオテープの主流がメタル磁性粉になることはなく，むしろ磁気テープを置き換えるようなデジタル技術が発展する可能性が明らかになり，将来性はしぼんでいった．また，ロバスト性すなわちメタル磁性粉とその技術が磁気テープ以外

のほかの用途にも転用できるのかという属性は，オーディオからビデオへの進化はあったものの，ほかへの転用はできないというものであり，投資が無駄になるリスクが大きかった．

また，市場の実現の可能性は 0.1μm という領域のサイズで危ぶまれたが，1985 年に 8 ミリビデオがソニーから発売された結果，メタル磁性粉の市場は確立されることとなった．メタル磁性粉の市場規模については，1978 年頃の予測は大きなものであった．しかし，次第に主要なコンシューマ用ビデオテープが酸化鉄で継続していく可能性が高くなり，メタル磁性粉は主要なビデオテープの磁性材として置き替わることはないと予測されるようになっていった．8 ミリビデオ製品はコンパクトなハンディビデオとして成立し，それなりの成功と言えるものであった．しかし，磁性材料の市場としてはピーク時でも磁性酸化鉄市場の 1/10 にとどまり，期待は裏切られる結果となった．ところが，富士フイルムは磁気テープの高密度化に信念を持っており，後にデータストレージの領域でハードディスクを凌駕する記録密度を達成し，DOWA エレクトロニクスのメタル磁性粉が超高密度記録密度を支えることになった．この事実については，後述する．

表 5.5.6-1　F 社のメタル磁性粉開発に係る独立変数の状況

	ステージ 1	ステージ 2	ステージ 3	ステージ 4
	1978	1982	1986	1989
経営状態（業績等）	○	○	○	○
資本	○	○	○	○
技術	△	△	×	×
原料	×	×	×	×
設備	×	△	×	×

表 5.5.6-2　開発の際に判断するメタル磁性粉市場の不確定要素（各時点での予測）

	ステージ 1	ステージ 2	ステージ 3	ステージ 4
	1978	1982	1986	1989
メタル粉の将来性	○	○	△	×
メタル粉用途フレキシビリティ	×	×	×	×
メタル粉市場実現可能性	○	△	○	○
メタル粉市場規模	○	△	△	△
メタル粉市場寿命	○	△	△	△

(b)　ステージ１　メタル磁性粉の開発開始と初期　1978 年～1982 年

＜ステージ１における:経営状態と他組織との関係および経営判断の経緯＞

磁性酸化鉄市場を二分するF社には当然次世代磁気記録媒体としてのメタル･テープの有望性に関する情報とその磁性粉の製造･供給に対する要望が関係各方面から提示されていた．磁気テープ用磁気記録材料分野におけるトップメーカーとして，当然のごとくF社はメタル磁性粉市場も占有する意思をもってメタル磁性粉の開発に取り組む決定をした．販売価格はA社の社史にも示されているように，磁性酸化鉄よりかなり高い数千円/kg を仮定していたので，事業化の成算があると見込んでの決定であった．ただし，この時点では，F社がメタル磁性粉を事業化するまでに必要な開発作業と事業採算性についての十分なフィジビリティ・スタディは情報が不足したためできていなかった．しかし，参入時期は早くないと他社に遅れることのデメリットが大きい．情報が不足する場合でも，まず始めることが優先されるべきであり，F社もそのように決断した．開発の進行に従って情報が増えていくことで，徐々に自社の構造的問題点と投資採算性が明らかになっていった経緯がある．

一方，第4章塩化ビニル事例で取り上げたA社は磁性酸化鉄市場参入をあきらめたことを契機として，1974 年にメタル磁性粉の開発を始めており，しかも量産化を前提とした試作設備も 1975 年には整備していた．F社の参入はそれほど遅くないと見ていたが，実際はそうとう遅れていたことが今回の研究により明らかになった．また，B社はメタル粉の開発を開始した時期はA社より 4 年ほど遅い 1978 年頃と推定される．遅く開発に参入したが，オーディオ用を目標とせず，ビデオ用の量産化をめざして資金と人材を集中的に投入する戦略を取った．

当時，F社の経営状態は良好であったので，研究開発部の予算は売上高に応じて十分に確保されており，実験室レベルでの資金的制約はなかった．F社では 1977 年に磁性酸化鉄研究部門の中のグループの一つがメタル磁性粉の研究と開発を担当することとなり，1978 年から研究開発部の正式なテーマとして研究開発を開始した．ただし，開発予算に制約はなかったもののあくまでF社の規模に応じた額であり，大企業であったB社，C社，D社に比較すると人数と絶対額はおのずと少ないものであった．

業界の情報は業界紙や技術雑誌による公開情報と顧客や商社などからの人的つながりからもたらされる情報の 2 種類があった．F社が開発を決定した 1978 年の時点では，A社やB社などメタル磁性粉で主要プレーヤーとなった競合する他社の具体的動向はよく分からなかった．

F社はオーディオ用メタル磁性粉の事業化をめざし，開発を始めた．しかし，メタル磁性粉の製造条件は磁性粉と言いながら酸化鉄の製造工程とはまったく異なるものであった．磁性酸化鉄の技術的蓄積はほとんど使えなかったので，一からデータを蓄積する以外に製造条件と製造設備設計を行うことができなかった．自社データを蓄積しながら，磁性酸化鉄の老舗トップメーカー2 社の一角として，テープメーカーとの人的つながりを活用して，情報を得ながら少しずつ技術開発の方向を修正して開発を進めた．

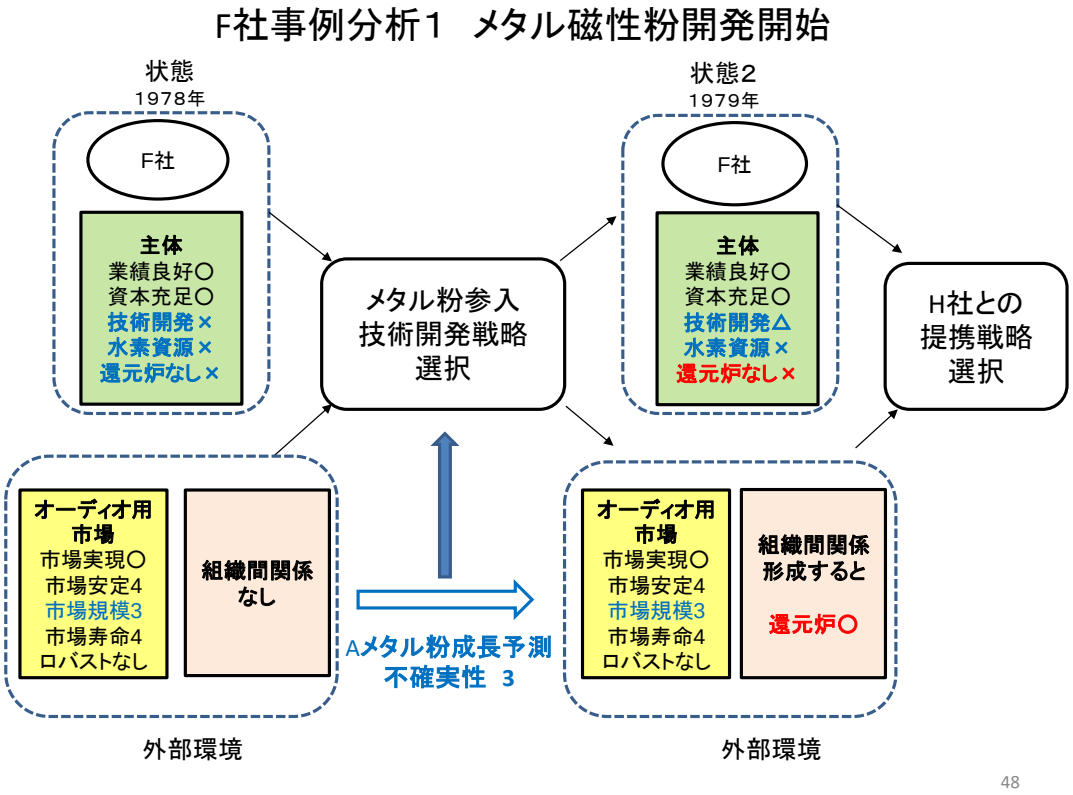


図 5.5-1　メタル磁性粉の開発開始

図 5.5-1 では，メタル磁性粉の将来性（磁性粉市場における次世代材料としての位置づけと自社売上見込，ステータス）は有望と予測した．本当に有望かは予測できないにもかかわらず，計画的に開発可能との前提を持っていた．経営はよく，資本も充足していた．技術開発を開始した．オーディオとビデオを目標とし，メタル粉参入を決定した．F 社は還元設備を準備する必要があった．水素購買が前提で，酸化鉄の製造工程の還元とは比較にならない量の水素が必要であった．しかし，副生水素など安価な水素源はなく，コスト的には当初から厳しかった．還元炉の確保する手段は，新設または委託かの選択があった．還元炉設計にはデータ不足，時間がかかるので時間短縮とデータ不足による⑥失敗回避のため還元委託をめざした．

製造方法

5.1.2 で記したようにメタル磁性粉は金属鉄を主成分とする針状の微粒子である．メタル磁性粉の製造方法は，酸化鉄と同様に湿式工程で形状を規定する針状のゲーサイトを作製

し，乾式工程での反応において針状形状を保持するための表面処理を行い，その後水素還元により金属鉄へ還元し，空気中でも安定なように粒子表面に薄い酸化物層を形成する．

この一連の工程操作と材料特性との関係に関する実験データの蓄積を行い，一方では量産化をめざしてこれらの全工程をスケールアップする工学的検討を並行して行った．

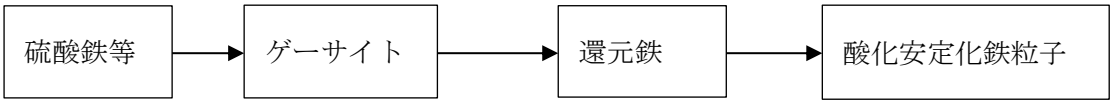


図 5.5-2　メタル磁性粉の物質的変化概念図

原料鉄源と湿式工程

F 社の磁性酸化鉄は硫酸鉄を出発原料としていた. 磁性材料としての最終形状を規定するのは，硫酸鉄をアルカリで中和しながら水溶液中湿式反応で合成するゲーサイトの形状である．F 社は色材用の合成酸化鉄の製造には，アルカリ源としてアンモニアを用いて酸性側でゲーサイトを成長させる製造方法を確立していた．これは酸化鉄合成技術を技術導入した CC 社の技術を基盤としているためであった．表 5.5.6-3 に磁性酸化鉄とメタル磁性粉の製造工程を示す.

一方，本研究で調査整理した結果，磁性酸化鉄メーカーのトップであった E 社は，鉄源としては塩化鉄と硫酸鉄の両方を使用する体制であり，アルカリ源として苛性ソーダを用いたアルカリ法ゲーサイトを磁性酸化鉄の製造方法の基盤としていた．また，A 社は電解ソーダ企業であるという由来により，塩化鉄と苛性ソーダを用いるアルカリ法ゲーサイトの製造が必然であった.

メタル磁性粉の出発原料はアルカリ法ゲーサイトが望ましいことは開発当初から，テープメーカーからの情報として薄々伝わってきていた. F 社でもメタル磁性粉の原料としてアンモニア法ゲーサイトとアルカリ法ゲーサイトの適性を比較する実験を行うことで，アンモニア法ゲーサイトがメタル磁性粉の製造には向かないことを確認した．そのため，偶然であるが，数多くの品種を有する磁性酸化鉄における原料ゲーサイトの技術的蓄積を生かすことができず一からゲーサイトの製造方法をメタル磁性粉用に開発する必要があった．しかし，アルカリ法のゲーサイトを保有していた E 社やその他もメタル磁性粉の製造に関する工程的制約を知っていたわけではなく，たまたま技術資源が有利であったわけである.

しかし，F 社は不利とはいえ，ゲーサイトの合成条件は実験を重ねれば知見を蓄積できるので，ゲーサイト合成は本質的な障害というものではなかった．アンモニア法によるゲーサイト製造工程と現場設備も少ない投資でアルカリ法ゲーサイトを製造するように転用することは十分可能であった．事実，開発部門のパイロットプラントと現場の実機製造プラントでゲーサイトの試作を行うことができた．その後も，テープメーカーの要求するメタル磁性粉のイメージに合わせて，開発から撤退した 1993 年頃まで多様なゲーサイトの形態を検討した.

出発物質としてゲーサイトの針状形態をメタル磁性粉の状態まで継承することが重要な技術的課題であった．磁性酸化鉄においても針状形態の継承と焼結による分散性の低下を防ぐことが重要な開発課題であった．しかし，金属鉄まで還元するメタル磁性粉では磁性酸化鉄とは比較にならないほどの焼結作用を受ける．そのため，乾式工程で受ける高温下の還元工程において起こっている鉄原子の拡散を一定の範囲内に抑制し，見かけ上ゲーサイトの針状形態を継承する方法として，ゲーサイト粒子の表面に無機酸化物層を被覆する方法がこの頃普及した．各社ともゲーサイトの開発においても焼結を防ぐ元素を固溶する方法と被覆する元素の種類と沈着の方法について，試行錯誤的に多くの実験を行い，メタル磁性粉の特性の向上を続けた．

B 社は A 社より後発であったにもかかわらず 8 ミリビデオ用以降のメタル磁性粉を制覇した．その B 社の技術論文によれば，文字通り要素ごとに調べつくすような実験を行い，開発したメタル磁性粉の種類が 1995 年の時点までに 1 万種類以上になったことを記している(久野 1995)．これに比較すると F 社の作製した試作サンプルの種類は圧倒的に少ない．F 社の実験においては数人という人数に対し開発費用の不足を感じることはなかったが，数人のマンパワーで 10 年の期間で 1 万種類以上の試作を行うことは不可能である．F 社が蓄積した実験に基づく情報量はきわめて多い．投入したマンパワーと資金は A 社，E 社，F 社よりもかなり多額であったと推測できる．ただ，総合化学の D 社は B 社と同規模のマンパワー投入と設備投資を行っており，要求水準を満足する特性のメタル粉 2 の製造方法の確立と窒素シールした保管移送システムを含む一貫量産設備を完成している．

乾式工程の実験設備，試作設備

このような製造工程に対応する実験設備についても，ガンマ酸化鉄を作製する際にマグネタイトに還元する弱い水素還元に用いる横型ボート炉は，水素流量と水蒸気分圧の制御の点でまったく使えないものであった．微粒子を金属状態に還元していくと Fe 原子の拡散が激しくなるため，いくら焼結防止の処理を行ってもある還元温度以上になると焼結を阻止できなくなり，磁気テープ用磁性材料として必須の針状形状を保持できなくなる．この限界の温度は 500℃であることを実験的に確認した．したがって，400℃～475℃の温度が焼結を抑制できてまた還元速度が実用範囲となる還元温度となることが分かる．焼結は水素還元の進行により生成する H_2O が粒子に作用して逆反応となる酸化によっても進行する．

横型のボート炉や回転式ドラム炉によって作製したメタル磁性粉の特性が磁気テープ用途に適していない理由はそこにある．H_2O による逆反応をできるだけ少なくする方法としては，粒子近傍の H_2O を極力すみやかに排除することが有効であり，還元炉の設計はこの原理に従って行われた．このように考えて F 社は実験室レベルでメタル粉用還元炉を 1978 年に自社製作し，要素技術としての各種ゲーサイトの作製と焼結防止処理技術の確立に用いた．

表 5.5.6-3　磁性酸化鉄とメタル粉の工程要素の比較

工程大分類	ガンマ磁性酸化鉄	Co 変性ガンマ磁性酸化鉄	メタル Fe 磁性体
湿式工程	原料鉄源調整 ↓ ゲーサイト合成反応 ↓ 表面処理 ↓	原料鉄源調整 ↓ ゲーサイト合成反応 ↓ 表面処理 ↓	原料鉄源調整 ↓ ゲーサイト合成反応 ↓ 乾式工程用表面処理 ↓
乾式工程	ろ過乾燥工程 ↓ 乾式粉体技術 ↓	ろ過乾燥工程 ↓ 乾式粉体技術 ↓	ろ過乾燥工程 ↓ 乾式粉体技術 ↓
乾式工程	α 化脱水処理 ↓	α 化脱水処理	α 化脱水処理
乾式工程	Fe3O4 化水素還元 ↓ ガンマ Fe2O3 結晶変換 ↓	Fe3O4 化水素還元 ↓ ガンマ Fe2O3 結晶変換 ↓	Fe へ水素還元 ↓ 表面緩酸化安定化 ↓
湿式工程		Co 変性湿式処理工程 ↓ ろ過乾燥工程 ↓	
乾式工程	乾式粉体技術 ↓ 袋詰め	乾式粉体技術 ↓ 袋詰め	乾式粉体技術 ↓ 不活性雰囲気容器

ステージ 1 における F 社の経営戦略と判断に関する推論

1979 年には共同事業化を念頭に置いて，総合化学の C 社と情報交換を行い，焼結防止処理を行った F 社のゲーサイトを C 社の実験炉での還元を試みた．しかし，C 社の事業規模に対して，メタル磁性粉の市場規模は小さいと判断したようであり，明確な応答のないまま推移した．その後も C 社は事業化を進めることはなかった．

C 社との接触の後，関東地区のある中堅化学系企業 X 社がメタル磁性粉用の事業化を進めており，水素還元炉を新設したとの情報を営業部員がもたらした．数 kg スケールの還元量の流動層炉は完成し，生産能力 10t/M の流動層炉を建設中であるとのことであり，還元用の焼結防止処理ゲーサイトの供給を F 社が行う形での共同事業化を希望していた. 2 年にわたりオーディオ用を目的としてメタル粉 1 の試作サンプルを共同で製造した．ある程度の試作を経て，商社的機能も優れた X 社の経路で当時成長を始めたばかりの韓国のテープメーカーでテープ化を行った．評価結果は配向性がやや不足する傾向にあるので，その点を改善する必要があるというものであった．しかし，湿式工程の原料サイドに原因があるのか，還元工程に原因があるのか，あるいは水素還元後に有機溶剤中に取出したメタル粉の表面の化学的性質によるものか，原因と考えられる要素が多くあり，改善に時間を要した．

例えば，開発初期は，気相中での酸化を行なわず，有機溶剤中に取出した還元鉄粉から有機溶剤を蒸発する方法で気相中へメタル粉を移行する操作を取っていた．後に，有機溶剤の分解生成物も磁性塗料中におけるメタル粉の分散を阻害する現象があることが判明した．また，還元過程で生成する H_2O による酸化反応のため焼結することは先に述べた．流動層炉という形式であって相当大量の水素流量を設定したとしても，炉内の被還元物の量により焼結作用が起こる. X 社の設定ではそこまで考慮されていなかったので，焼結を抑制するためには，最大の水素流量に対しても設計時の還元量より一桁程度少なくする条件の設定も検討課題であった．また，さらに数年後に F 社の研究の進展に伴い，自社での流動層実験から水素と被還元物のバランスだけでなく，被還元物粒子の物理的運動自体も焼結作用を促進する可能性が分かった．

以上のような状況のうちに，1982 年にオーディオ用メタル磁性粉は市場の成長が不透明という理由により開発を休止した．そのため，F 社は X 社へ還元を委託する共同事業化を中止した．

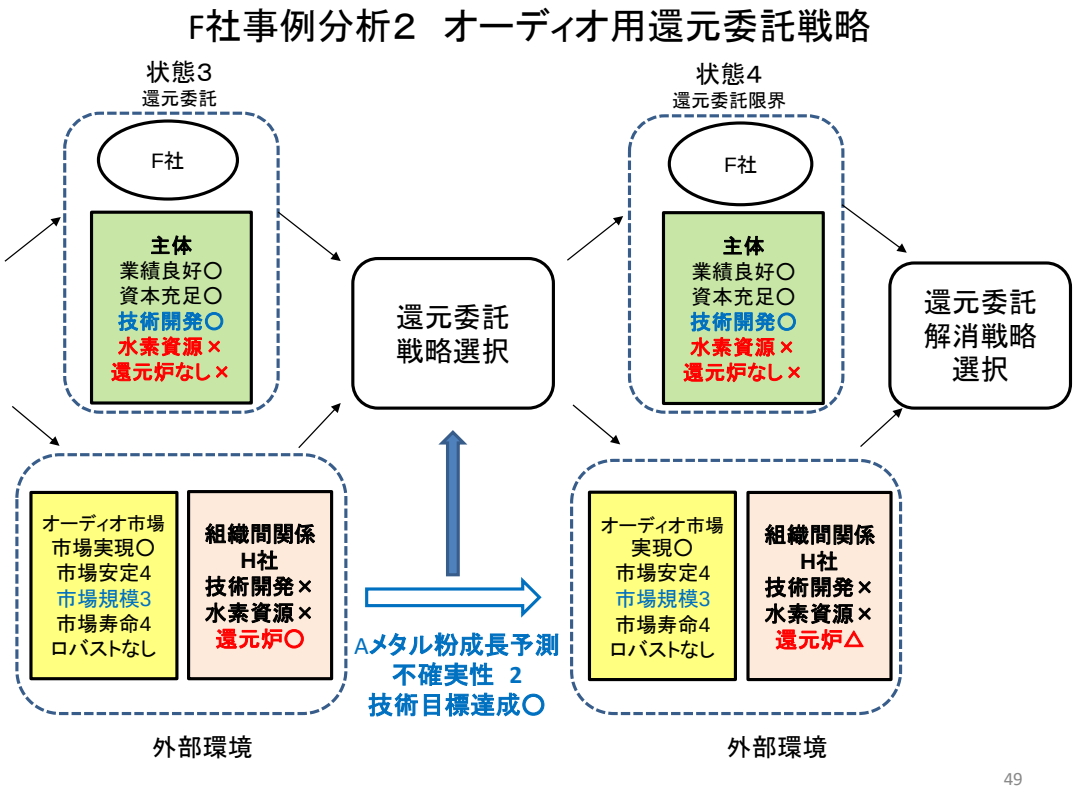


図 5.5-3　H 社と還元炉資源依存関係と組織セット関係を形成

図 5.5-3 では還元炉設計はデータ不足であった．時間がかかるので，時間短縮とデータ不足による失敗回避のため，還元委託をめざした．還元設備という不足する資源獲得のため，提携戦略を策定した．F 社が還元用原料を提供し，H 社が還元する組織セット関係形成をめざした．還元設備を H 社に依存することおよび湿式処理工程と還元工程を組み合わせる組織セット関係形成により，両者は還元試作可能となった．

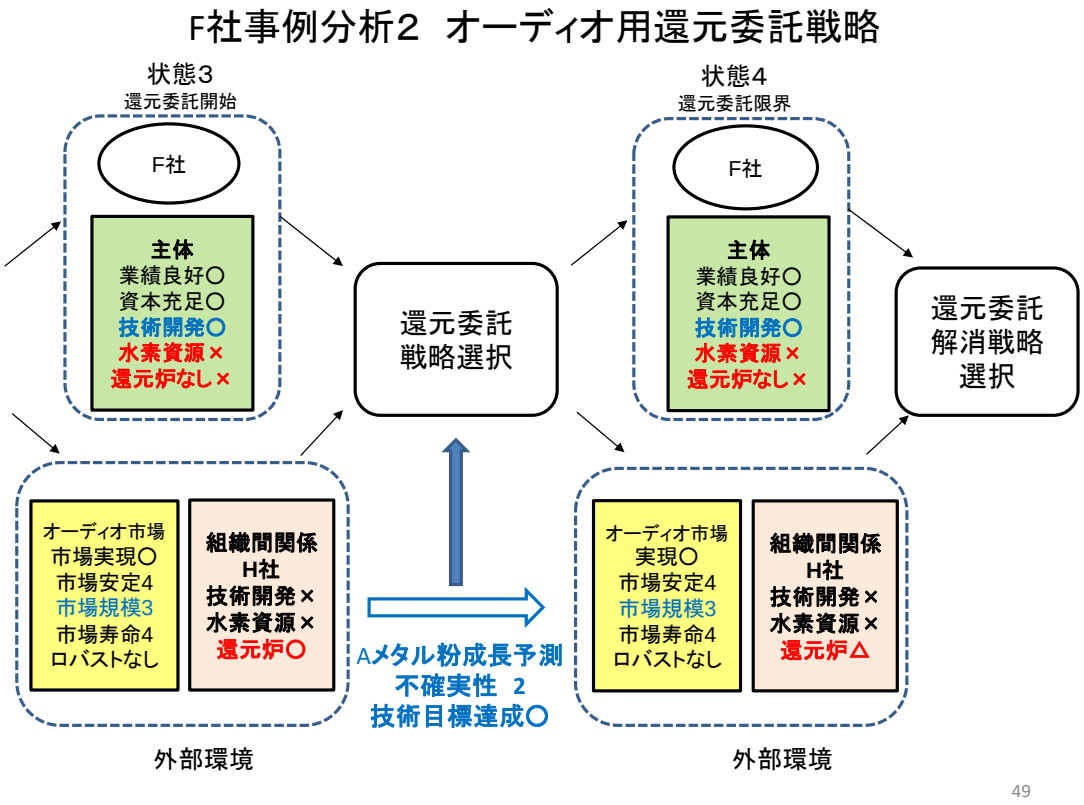


図 5.5-4　H 社と還元委託を解消

図 5.5-4 では，オーディオ用は先行した A 社が独占した状態で参入の余地はコスト以外なかった．市場の拡大も当初予測した期待を下回った．組織セット関係により 2 年間関東地方の H 社へ中間品を送り，還元鉄粉を試作評価した．他社先行品を上回るものではなく普通レベルであった．設計に際して還元時の焼結に関するデータが不足していたため，H 社が設置した炉の特性が焼結に不利であることが次第に明らかになっていった．H 社還元炉は粒子が焼結傾向であることが明確になった．量的に設備能力不足，価格が低下したためコスト対応も困難であった．オーディオ用開発は中止した．

ビデオ用には H 社の炉設備の改修は基本設計からの見直しが必要であり，還元は無理と判断した．還元委託を断念した．組織セット関係の制約から抜け出るため，H 社との提携を解消することを選択した．

ステージ 1 に関する考察

F 社の経営陣は金属にまで還元する設備について，詳しい知識があるわけではなかった．ただ，数 kg のサンプルを試作するだけでも新規に還元設備一式を導入することが必要であり，エンジニアリング会社の見積もりによれば億単位の投資が必要という課題があっただ

けである．そのため，還元設備への投資にはきわめて慎重な考えで臨んだ．また，工場敷地は旺盛な成長期にある高性能磁性酸化鉄の工場増設のため余裕はなかった．経営陣は高収益で成長期にある高性能磁性酸化鉄事業を重視していた．しかし，塗布型磁性テープ用の磁性材料のトップメーカーであったF社は，会社の将来性を考えるとメタル粉の研究開発とサンプルワークを止めることはメタル粉により塗布型磁気テープの市場でトップであり続けるという可能性を無くすものであり，得策とは言えない．しかし，性能が不確実な還元設備，しかも10kg未満の還元量の設備に多額の投資を行うこともできない．

F社は磁性酸化鉄の開発と事業化に成功した体験があった．F社の歴史について記述したように，磁性酸化鉄の開発はF社としては力を入れた体制を構築していたが，大企業に比べると投資資金と人員マンパワーは比較的小規模で成功した．

そこで，メタル磁性粉についても従来成功してきた開発の方法として，まず少ない人員で技術開発を開始するというやり方を踏襲した．すなわち，最小の費用で開発は継続するという戦略を選択した．

磁性酸化鉄の場合には，工程すべてを自社で実施する戦略をとった．その理由は，自社内で工程すべてを行う方が工程を他の場所に分割するよりも無駄がなく，合理的であったからである．磁性酸化鉄においても，分散性を阻害する焼結を抑制することが重要である．しかし，酸化物と金属鉄まで還元するメタル磁性粉とは焼結のメカニズムがまったく異なる（表5.5.6-3）．磁性酸化鉄の場合もガンマ結晶構造とするために，αFe_2O_3を一度Fe_3O_4（マグネタイト）へ水素還元する．しかし，この還元は還元率としてはきわめて低い段階であり，必要とする水素量は僅かでよく，水蒸気分圧による逆反応の影響も金属鉄への還元とはまったく異なる条件である．そのため，ドラム式横型回転炉という生産効率のよいバッチ炉を用いることが可能であった．原材料とする資源は確保できており，スケールアップもそれほど困難性がなかったので，結果的に成功した．

メタル磁性粉の場合にも，本来自社工場内で連続した工程が望ましい．しかし，前記のように，メタル磁性粉の還元が磁性酸化鉄の工程における水素還元とはまったく異なっており，必要な仕様を満たすべき条件が少しずつ明らかになった．水素還元炉の新設に投資を必要とし，しかも性能を保証できる炉の設計ができていなかった．テープ特性の評価のために必要とする量的なサンプルワークをすることができなかった．そこで，次善の策として還元をC社やX社と連携することを進めた．

しかし，前記のように軽微とはいえやや焼結気味の形態を改善するには，遠隔地での還元は無理があった．また，実験の進展とともに有機溶剤への取出しの分散性へのマイナス面が明らかになったこと，量的に拡大するとともに空気中で取り扱うために表面を酸化してもちょっとしたきっかけでせっかく還元したサンプルが最後に全量燃損するという現象が頻発した．還元と表面安定化のための酸化を精緻に制御することが必要であり，遠隔地の他社設備でスケールアップ実験することには無理があることが次第に明らかとなった．また，先方の炉の設計が必ずしも適していないということも分かってきた．

X 社との共同事業は行き詰まりを見せ，X 社との共同事業を中止した．その後，1982 年 8 月に新たにビデオ用メタル粉 2 を目標として開発を再開した. 少ない人員で技術開発を続けるというやり方を踏襲した．すなわち，最小の費用で開発は継続するという戦略を選択した．背景には，絶好調のコバルト変性ガンマ磁性酸化鉄はビデオ用の主軸の磁性粉として長期にわたり安泰であり続けるという自信を経営陣が有していたためと推論される．この推論は，「VHS がなくなるはずがない」という経営陣の発言からも裏付けられる．

(c)　ステージ 2　1982 年～1985 年　8 ミリビデオ用開発　0.2μm と 0.1μm

表 5.5.6-4　F 社におけるメタル磁性粉技術開発の経過

1982 年 2 月　ビデオ用開発目標として保磁力 1400～1600(Oe)
1982 年 8 月　0.4μm（保磁力－粒子径の自社データから設定）
1983 年 2 月　2kg スケールの還元炉を自社工務部で製作
1983 年 7 月　0.2μm（MX,SMP 情報）
1983 年 8 月　0.1μm 目標へ（MX,SMP 情報）
　原料合成から気相酸化，シート評価まで一連の全工程をほぼ確立
　アルカリ法ゲーサイトでほとんどの操作因子は明らかになった.
　ただし，現在から判断すると時期的には出遅れていたことが分かる.
　1kg サンプル試作設備も未整備であった
　焼結低減に必要な炉形式を考察し，実験室の炉形状を縦型に変更した.
1983 年 10 月　メタルで 1kg スケール還元炉自作，縦型.
　気相酸化の開始
　0.2μm の製造条件では制御因子と製造上の工程と条件がほぼ見えてきた

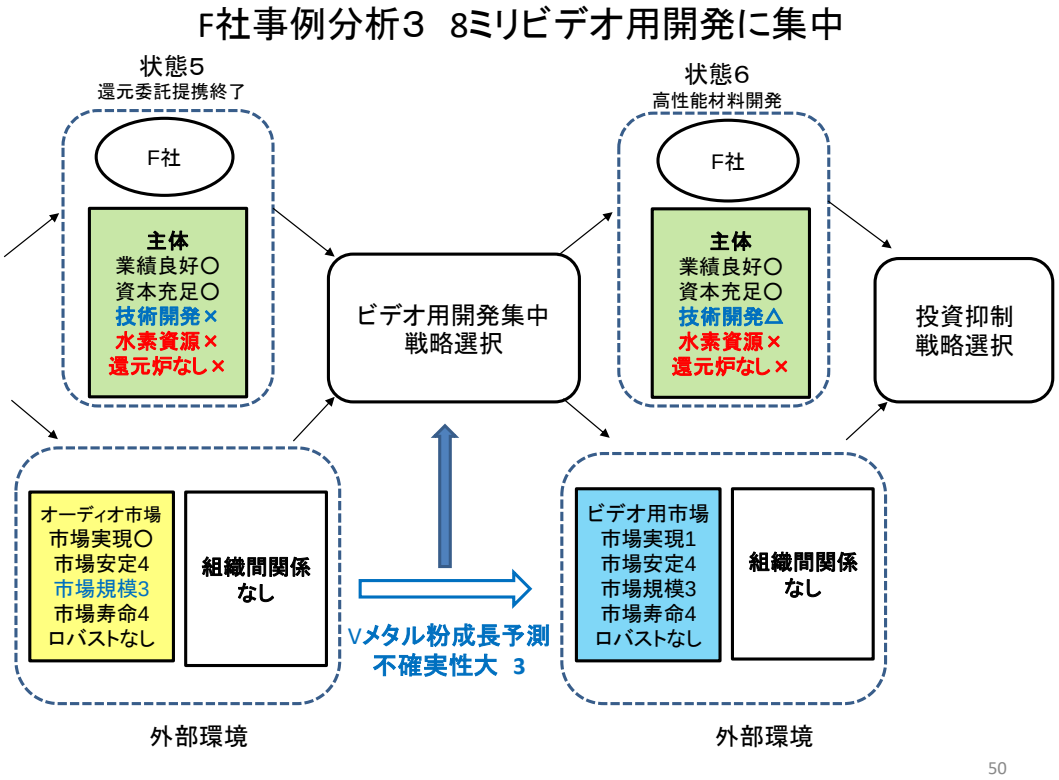


図 5.5-5　8 ミリビデオ開発集中戦略を選択

図 5.5-5 では特性は達成したが，顧客の必要生産量には生産能力が不足であった．また，還元における焼結に関するデータ不足のため，設置した炉の特性が焼結に不利であることが次第に明らかになっていった．市場の拡大も当初予測した期待を下回った．オーディオ参入は無理と判断し，オーディオ用開発中止を決断した．8 ミリビデオを目標として設定し開発を継続する経営判断．顧客の要求レベルが高く他社も実現できていないため，磁性粉専業メーカーとしての自負があった．H 社との組織セット関係を解消した．次の組織間関係は，自前の小型還元炉によるサンプルワークでテープメーカーとの関係を維持する．還元については協同戦略関係形成を模索した．

還元における焼結に関するデータ不足のため，設置した炉の特性が焼結に不利であることが次第に明らかになっていった．また，市場の拡大も当初予測した期待を下回った．特性は達成したが，顧客の必要生産量には生産能力が不足であった．オーディオ参入は無理と判断し，オーディオ用開発中止を決断した．H 社との組織セット関係を解消する判断を行った．高性能な 8 ミリビデオを目標として設定し，開発を継続する経営判断を行った．顧客の要求レベルが高く他社も実現できていないため，磁性粉専業メーカーとしての自負があったことによる．

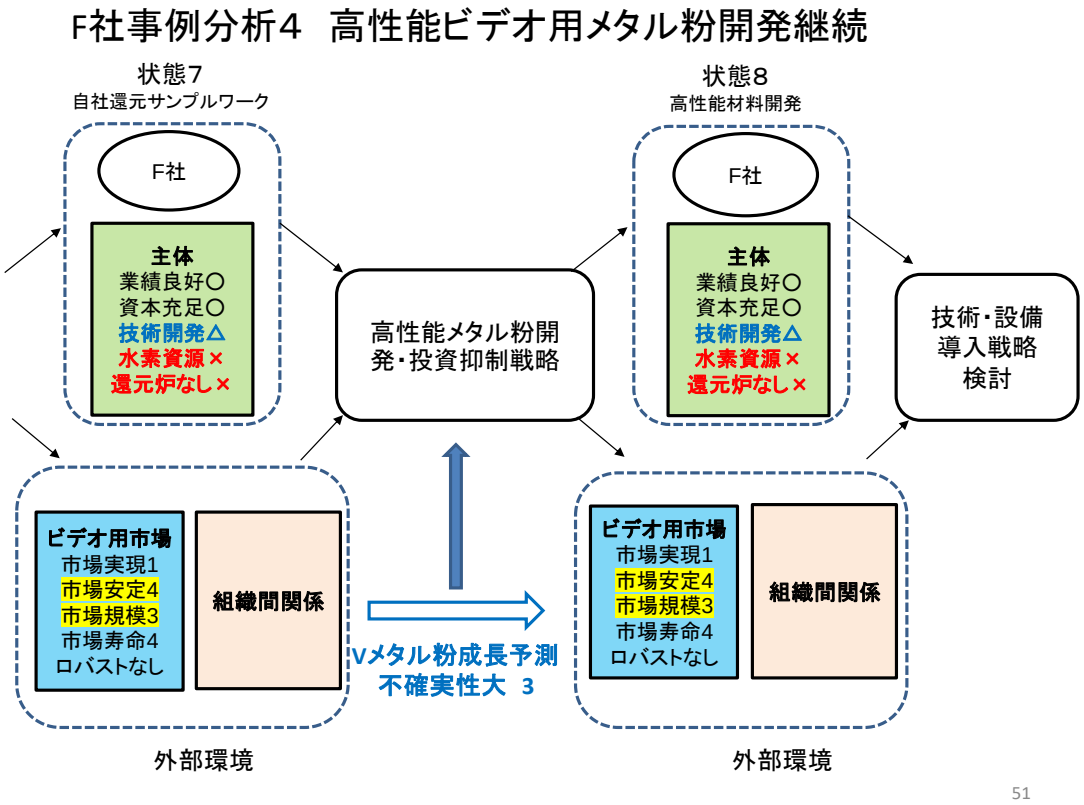


図 5.5-6　F 社ステージ 2，1982-85 年
－0.1μm 目標で 8 ミリビデオ開発に集中－

図 5.5-6 ではオーディオ用開発を中止し，H 社との組織セット関係を解消した．高性能な 8 ミリビデオを目標として設定し開発を継続する戦略を選択した．サンプルワークによりテープメーカーとの情報資源依存関係を維持することをめざした．そのため，サンプルは自前の小型還元炉を用いることした．並行して還元については協同戦略関係形成を探した．

還元について協同戦略関係形成をめざした理由は，量産化技術を開発する資金とマンパワーへの投資を抑制する戦略を取ったことによる．投資抑制戦略を取った理由は，A 社塩化ビニル事例と異なり，市場が未だ存在しない 8 ミリビデオ市場に関する情報が不足し，技術開発も遅れていたことによると推論できる．技術と市場がない場合これらを獲得するリスクに関しては，第 8 章で総合的な考察を示す．

保磁力と粒子径

オーディオ用の場合，保磁力の目標値は 1050～1250(Oe)で各社ごとに中心値と許容幅がいくらか最初は不明であった．

製造側の状態としては，「粒子径と保磁力は，配向性を確保するという必要から長軸径と

短軸径の比が 10 以上であってかつ焼結させないという前提において，出発物質であるゲーサイトを作りやすい反応条件で 0.6μm から 0.2μm 付近まで粒子径が小さくなるに従って，保磁力が 1650(Oe)近傍まで直線関係で増加する」傾向であり，保磁力は粒子径によりほとんど一意的に定まることが，この 4 年の間のデータ蓄積により判明していった．なお，補足すると，保磁力が Co 添加型磁性酸化鉄系の 2 倍から 3 倍程度となり，ちょうどテープ側からの要求に近い領域となっているのは，偶然の結果であると考えられる．

基本的な条件として，焼結させないということが配向性などの特性上必須であり，高温過ぎない還元温度のもとでゲーサイトの表面処理の効果により，出発原料であるゲーサイトの針状性が保持される必要がある．この前提条件の下で，保磁力の制御は粒子径と保磁力の関係を利用することが可能となる．

また，見方を粒子径の設定という観点にすると，焼結をさせないという条件では，0.2μm ほどの針状の微粒子の保磁力は 1600(Oe)程度より小さく制御することはできないということになる．

粒子径と保磁力については，0.1μm という微粒子で保磁力を 1600(Oe)という要求があったため，若干の焼結による形状異方性の低下による保磁力の調整という手法を用いることとした．しかし，0.1μm という粒子径では，保磁力の調整のための若干の焼結に対し，配向性，分散性の向上のため焼結を回避しなければならないという形状の保持への要求というジレンマに悩んだ．

ステージ 2 における経営状況と他組織との関係および経営判断

オーディオ用のメタル磁性粉では，A 社が先行したこと，メタルテープの需要がそれほど拡大しない傾向にあったこと，還元をどこかに委託したとしてもすでに後発となったためテープメーカーに採用されるには価格対応を求められることを勘案し，オーディオ用メタル磁性粉は開発を中止した．その後，6 ヵ月間開発を休止し，メタル磁性粉開発と体制を社内で議論し，ビデオ用メタル磁性粉の将来性を予測し，A 社に追いつける体制で臨む戦略とした．その上で，開発目標をより市場の拡大が有望とされた 8 ミリビデオ用に変更することとした．

1982 年にオーディオ用メタル磁性粉は市場の成長が不透明という理由により，N 社へ還元を委託する共同事業化を中止した．その後，6 ヵ月間開発を休止した後，新たにビデオ用メタル磁性粉を目標として再開した. 1984 年にも粒子径を 0.1μm を要望された際に 4 か月間開発を中断し，技術的可能性を検討した．しかし，この時も磁性酸化鉄の有力顧客から磁性酸化鉄のトップメーカーとして開発を要望する声に押されて，開発の再開を決断した．

この頃，VHS を軸にビデオテープの販売量は飛躍的に増える状況にあり，それにつれ F 社の磁性酸化鉄は好調を極め, 売上額は急激に増大するなど経営状況は良好であった. 1978 年に 52 億円であった売上高は 1983 年には 119 億円まで増加した．経営陣は高収益事業の

磁性酸化鉄を当然ながら重視しており，メタル粉 2 は保険のような位置づけであったと推測される．

ステージ 2 における経営資源

1983 年に実験室レベルを 50 倍に拡大した実験炉を自社で製作した．還元に用いる前駆物質としての焼結防止処理を行ったゲーサイトを製造する工程は専用ラインではなかったが，酸化鉄用の現場の設備で量産化対応は可能であった．しかし，1983 年の時点では，還元工程がボトルネックであった．収率を加味すれば 1kg/バッチのメタル磁性粉を還元する製造能力（20kg/M）しかなかった．

しかし，試作用パイロットプラントや量産化プラントを新設できなかった F 社はテープメーカーとの情報のやり取りにどうしても不利であり，相互訪問回数は磁性部署に比べると少なかった．テープメーカーから生産設備の見学を求められても見せる設備がなかったことは，参入の意欲を疑問視されても仕方ない状態であったと言える．

以上のように経営状況は絶好調な状況の下，メタル粉 2 の試作サンプルは 10kg～20kg の量を確保することが精一杯であった．この程度のメタル量の試作でも，湿式工程として 2.5m^3 の反応槽でのゲーサイト合成反応と次に続く焼結防止処理工程および乾式工程として水素還元と気相酸化の作業をパイロット実験棟において行う長時間の作業が必要であり，1 種類の試作に 2 ヶ月の期間を必要とした．その間には，実験室でラボスケールでの実験を行っており，担当者は限られた少人数で材料特性に係る開発，量産化技術の開発，評価技術の開発など一連のすべての多様な業務をこなしていった．

このような状況で，1985 年にはソニーが 8 ミリビデオとして初めて CCD-V8 を発売した．対応するメタルテープも 8 ミリビデオ用として，ソニー，富士写真フイルム（当時），日立マクセル，TDK などからメタルテープが発売された．

一方，本研究において各材料メーカーの状況を関連付けて整理したことで分かった事実であるが，1985 年にはすでに B 社はメタル磁性粉の特性を制御する要因を広範に整理していた上，製造技術と製造設備もシステムとして完成し，さらに評価技術も確立していた．

F 社の側では顧客や商社筋から B 社のメタル粉 2 が採用されたという情報はあった．F 社もサンプル評価を依頼するときは，評価の前提としてテープメーカーから製造能力を必ず問われていた．

表 5.5.6-5　磁性酸化鉄とメタル粉の工程要素の比較

工程大分類	ガンマ磁性酸化鉄	Co 変性ガンマ磁性酸化鉄	メタル Fe 磁性体
湿式工程	原料鉄源調整 ↓ ゲーサイト合成反応 ↓ 表面処理 ↓	原料鉄源調整 ↓ ゲーサイト合成反応 ↓ 表面処理 ↓	原料鉄源調整 ↓ ゲーサイト合成反応 ↓ 乾式工程用表面処理 ↓
乾式工程	ろ過乾燥工程 ↓ 乾式粉体技術 ↓	ろ過乾燥工程 ↓ 乾式粉体技術 ↓	ろ過乾燥工程 ↓ 乾式粉体技術 ↓
乾式工程	α 化脱水処理 ↓	α 化脱水処理	α 化脱水処理
乾式工程	Fe3O4 化水素還元 ↓ ガンマ Fe2O3 結晶変換 ↓	Fe3O4 化水素還元 ↓ ガンマ Fe2O3 結晶変換 ↓	Fe へ水素還元 ↓ 表面緩酸化安定化 ↓
湿式工程		Co 変性湿式処理工程 ↓ ろ過乾燥工程 ↓	
乾式工程	乾式粉体技術 ↓ 袋詰め	乾式粉体技術 ↓ 袋詰め	乾式粉体技術 ↓ 不活性雰囲気容器

1985 年には，当然テープメーカーも 8 ミリビデオ用のメタル磁性粉テープの量産を完了していた．したがって，1985 年の量産品販売までにテープメーカーは多くのメタル磁性粉サンプルから有望と評価されるいくつかの材料を絞り込み，絞り込んだサンプルでさらに量産化テストを何度も行ったはずである．

後から過去を調べると，ソニーが 8 ミリビデオを発売すると宣言した 1985 年までに A 社と B 社そしておそらく D 社の 3 社が生産体制を整えて，量産化を準備していたわけであ

る．久野（1995）によれば，特にB社は1985年の8ミリビデオ販売をターゲットとして，総合的な戦略として，量産化のために設備をスケールアップしたことが分かる．

B社の開発はメタル磁性粉そのものの材料開発を軸とするものと工学的に量産化をめざす生産技術の体系的な開発を軸とする2次元的な戦略が明確に見てとれるものである．

久野（1995）の「5.同和鉱業のメタル粉」の材料技術開発を参照すると，全社戦略としてきわめて体系的に技術要素を解明することで精緻なメタル磁性粉の技術を構築している．また，「6.事業化」の章を参照すると，1983年には15ｔ/Mの生産能力を実現しており，しかも，窒素ガスでシールする専用コンテナまで含む製造プロセスを構築していた．組織的，戦略的に計画を推進していることが明らかである．

①1985年にソニーが予告通り初めてCCD-V8を発売．8ミリビデオテープの微粒子メタル磁性粉の量産化を同和鉱業が83年に完了していた（久野（1995））．遅れを挽回するため，②顧客の要求に対応し，高性能な8ミリビデオの開発に集中する戦略を策定した．ただし，③投資額は最小限，模様眺め策．還元炉の投資はしないという戦略を設定した（第8章で示すF社決定木ノード3における意思決定）．④自前の小型還元炉によるサンプルワークでテープメーカーとの関係を維持した．

還元設備を投資できない理由は，原料の水素と還元設備大型化に関するデータ不足，市場に関する不確実性が大きいことによる．自社技術と8ミリビデオ市場に関する変数は不確実性が大きかった．そのため，投資額を最小限とする投資リスク最小化戦略を選択せざるを得なかった．その背景としては好調な磁性酸化鉄の業績にあり，得意な事業に集中する方が得策との判断もあった．⑤開発担当部署は時間経過とともに高くなる要求水準に追随する開発マネジメントを実行した．⑥協同戦略関係を模索して不足する資源である還元設備の獲得は模索を継続した．その間目標の高さ（技術）が実現可能か分からない状況で，⑤高性能化技術達成のため，実験を積み重ねた．

(d)　ステージ3　1986年～1988年

ステージ3における経営状況と他組織との関係

F社の経営はVHSを軸にビデオテープの販売量は飛躍的に増える状況にあり，それにつれ磁性酸化鉄は好調を極め，売上額は急激に増大するなど業績は良好であった．メタル磁性粉の開発を開始した1978年に52億円であった売上高は1988年には143億円，経常利益は26億円という好業績であった．

急激に生産量が拡大する高密度磁気記録用のコバルト変性ガンマ磁性酸化鉄に関して，販売面では納期厳守，確実な供給および品質の安定に努力し，顧客からの品質改良の要求にもきめ細かく不断に対応を続けた．磁性酸化鉄により顧客とは緊密な関係を築いていたため，メタル磁性粉についてもテープメーカーからその時々の技術課題を聞くことができた．

開発担当者はテープメーカーから提示される究極の高密度磁性粉をめざして，0.1μm という超微粒子であって，しかも多くの特性を満足するようなメタル粉の実現に向け，技術的挑戦を続けた．

この 3 年間には，0.1μm という超微粒子であって高 σs，酸化安定性のさらなる改善，分散性の改善を伝え聞き，各工程における工夫を考えられる限り試みた．また，テープ表面性の平滑度を改善するという課題に対しては，原料ゲーサイトの特徴をいろいろと変えてみて知見を積み重ねていった．マンパワーが少なかったため，各単位操作の要因を組み合わせ，いくつかの特徴のあるタイプを作製していった．最終的には，少ないマンパワーであっても F 社のメタル磁性粉に関する知見は他社と同じレベルに達している．しかし，提出できる試作サンプルの数は少なかった．B 社は基礎的データを集中的に蓄積し，試作プラントから量産プラントまで完備していたので，B 社に比較すると F 社は劣勢であったことが分かる．このことは，本研究の事例調査で明らかになったことである．

また，高 σs かということで 50Fe－50Co 合金組成で 500 円/kg という仕様の提案があった．1980 年代半ばにはコバルト添加により高特性としたコバルトガンマ磁性酸化鉄の需要が旺盛であり，資源が偏在するコバルトは政情不安もあって，磁性酸化鉄の成分であるコバルトの高騰と不足という資源問題があった．特に，1988 年頃は極端に高騰しており，50Fe－50Co 合金組成で 500 円/kg という製品はコスト的に不可能であった．B 社のメタル粉で塗布型 Hi8 テープはそれなりの高性能を示していたが，ハードとテープメーカーからは低ノイズ，高出力化をめざして，このような飽くなき要求が示されていた．

しかし，経営的には何と言っても磁性酸化鉄が重要であり，資本は B 社に比べ弱小であった F 社には，不確実性が感じられるメタル粉に資金を出す余裕はなかった．歴史を振り返ると，B 社はマンパワーを投入することで一気にトップレベルのメタル粉 2 を開発し，同時に 1985 年という期限をめざして量産化設備の投資を行ったので，テープメーカーも安心してサンプルワークとテープの量産化を進めることができたと推論される．B 社や D 社の規模であれば，この程度のマンパワー投入と投資は失敗しても耐えられる程度の投資であったと考えられる．磁性酸化鉄工場の新設に 100 億円近い投資を行ったばかりの F 社には B 社や D 社レベルの投資は無理であったはずである．成長を続ける高性能のコバルト変性ガンマ磁性酸化鉄を優先する戦略は十分合理的であったと考えられる．しかし，8 ミリビデオが発売されたばかりの 1985 年頃では将来メタル粉が磁性酸化鉄を置き換える存在となる可能性も排除できなかったので，最小限の費用で開発を継続し，メタル粉についても完全に撤退という状態を回避した戦略となったと推論する．

F 社はテープメーカーが望む②0.1μm という超微粒子メタル磁性粉の開発を継続した．投資額は最小限に抑制し，情報依存関係を維持するにとどめる模様見戦略をとった．8 ミリビデオ市場については当初の期待ほど伸びず，また，デジタル化の兆候も見え始めてきたので，投資リスクは増大していったことによる．サンプルワークの結果によれば，0.2μm の大きさでは現行品同等の評価を得た．しかし，さらに微粒子の 0.1μm であって，酸化安定性

も一段と高性能なものが必要である．また，納入開始には 100 t /M の供給能力の裏付けと 500 円/kg の価格が必要であるとの情報を得た．この間，協同戦略関係を模索した．

(e)　ステージ 4　1988 年～1992 年　X 社との接触による情報により混迷を多少抜ける
　　1992 年～1993 年（メタル磁性粉の開発について学会発表で幕を閉じる）

1989 年に X 社のサンプルを入手した. X 社は B 社と同様にマンパワーと資金を集中的に投下し，技術的にも高いレベルのメタル磁性粉を完成していた．また，水溶液中でのゲーサイト反応から窒素による不活性雰囲気とした移送装置まで含む還元，表面酸化，パッキングまでの連続工程の一貫製造ラインを建設していた．

しかし，0.2μm でバランスに優れるメタル粉製品を完成していたものの，0.1μm という要求やいつまでもゴールとなる特性が見えないこともあり，X 社は撤退を決定した．撤退の背景には，市場規模は期待ほど大きくならず X 社には市場規模が小さすぎること，価格競争が予見されたこと，VHS に置き換わる見込みもないままそろそろ信号処理のデジタル化の予兆もあり，アナログ記録の先行きを見切る考えもあったことなどを検討した結果と推測される．事実，その後，X 社は記録メディア材料事業として，デジタル記録媒体用の材料開発と事業化を推進した．

そのような時に，F 社へ撤退した X 社の技術と製造設備譲渡の話が持ち込まれた．製造設備の譲渡を念頭に置き，X 社の技術的知見も合わせた上で，粒子径を 0.2μm へ回帰して総合的にバランスのとれた特性のメタル粉のサンプル評価をテープメーカーに依頼することとした．0.2μm のメタル磁性粉により，最後のサンプルワークを行った．その結果は標準的な特性であるという結果であった．既存品を置き換えるほどの特長はないというテープメーカーの反応であった．しかし，老舗の磁性粉メーカーとして期待するということで開発の継続を勧められた．

F 社はサンプルワークにより需要先の情報に依存する関係を維持した. テープメーカーが望む 0.1μm という超微粒子メタル磁性粉の開発に挑戦継続．投資額は最小限で撤退を視野に入れた模様眺め策を維持．しかし，記録方式デジタル化の流れが顕在化してきた．8 ミリビデオは VHS に置き替わることはないことも明確になってきた．その頃，大手化学企業から，技術データの提供も込みでメタル磁性粉製造プラント譲渡の案件が発生した．他社から技術と設備を導入するか否かの選択を判断することになった．

ステージ 4 における経営判断

1992 年，評価が並レベルということで採用への決め手にかけること，市場成長性が見込めないことがはっきりしてきたこと，これらの理由により，F 社経営者は開発と投資を断念することを決断した．

X 社の設備と技術を購入してメタル磁性粉の事業化を進めるという開発部門の提案を受けた経営者は撤退という決断を行った．それまでも，1982 年にオーディオ用メタル磁性粉

は市場の成長が不透明という理由により，N 社へ還元を委託する共同事業化を中止した．その後，6 ヵ月間開発を休止した後，新たにビデオ用メタル磁性粉を目標として再開した．1984 年にも粒子径を 0.1μm を要望された際に 4 か月間開発を中断し，技術的可能性を検討した．しかし，この時も磁性酸化鉄の有力顧客から磁性酸化鉄のトップメーカーとして開発を要望する声に押されて，開発の再開を決断した．しかし，1989 年に X 社と接点ができるまで 0.1μm という究極の微粒子であって，分散性，磁化量，耐候性の改善に努力を続けた．

1992 年に事業化せずにメタル磁性粉の開発と事業化から撤退する決断を行った．事業化には至らなかったが，大きな設備投資を行わずに最小限の費用でテープメーカーとの接触を維持した．事業化による利益は得られなかったものの，1988 年の時点で還元炉の設置という投資をした場合には，メタル磁性粉では後発となった F 社は製品が販売できたとしても B 社や A 社との価格競争の比較にしかならなかった可能性が高いと推測される．

結果的には，8 ミリビデオ市場は磁性酸化鉄を用いた VHS ビデオ市場ほど成長することなく終息した．したがって，事業化には至らなかったが，投資抑制戦略は市場と自社技術の不確実性という観点からは経営判断としては間違いでなかったと結論される．

B 社の戦略と比較することにより，事業化を成功させるためには，材料特性の技術課題の解決を行う研究開発活動，量産プロセスを工学的システムとして構築していく技術開発活動，メタル磁性粉の特性を多面的に評価する分析・評価技術の開発活動の 3 軸を 3 次元的に埋めていく組織的活動と戦略が必要であったことが分かる．そのためには，少なくとも 50 人～100 人程度のマンパワーと数十億円規模の資金を投入することが必要であったと言える．F 社経営者は「石橋を叩いても渡らない」という伝統を保持しており，開発を行うがメタル磁性粉の開発成否と市場性の見通しに関する不確実性が大きかったことを感覚的に重視し，マンパワーと設備への大きな投資を回避する安全策を取ったことになる．1985 年当時，F 社には B 社の開発戦略を知ることはできなかった．B 社規模の投資は経営状況がよかった F 社であっても無理な規模の投資であったことが本研究により今明らかになった．また，F 社の原材料資源，設備的資源，技術的資源および新規製造設備を設置する土地資源はいずれもメタル磁性粉の事業化には 6 社中もっとも不利であったことが分かった．このことは当時の F 社にはあまり明確には意識されていなかった事柄である．結果的には，慎重な経営判断は間違いではなかったと言える．

強いて言えば，1985 年頃には不十分とは言え情報が蓄積されてきていたので，開発を視野に入れつつも開発テーマ化した場合よりも客観的に実験データも取る詳しいフィジビリティ・スタディを実施して，その上で開発の可否を判断すればより妥当な早期に撤退を決断することができた可能性がある．しかし，開発により優れた特性を示すメタル粉を開発できた可能性もあったわけで継続も可能性を追求したということであって，間違いとは言えない．

表 5.5.6-6 でステージごとの F 社の状態を 3 段階で示した．磁性酸化鉄が好調であったため，経営状況は長期間にわたり良好であった．技術については，オーディオ用では並レベルと評価された．8 ミリビデオ用では超高性能レベルの要求には到達しなかった．資源に関しては，水素，苛性ソーダのコストが電解ソーダ系の企業に対して不利であり，好転することは考えられなかった．設備については，テスト炉に止め，量産化への投資を行わなかった．

一方，市場に関する環境変数の予測状況を表 5.5.6-7 に示す．最初のうちは将来性への期待は大きかった．しかし，1989 年頃には主要市場であるビデオテープにおいては磁性酸化鉄に置き換わることがないことがはっきりしてきた．また，市場規模も小さいまま推移していった．転用は類似技術であるデータストレージしかなく，この用途の将来性はハードディスクとの競争にかっかっていた．しかし，先は見通せる状況にはなかった．ここではデータストレージでテープがハードディスクに対し優位性を持つまではさらに 20 年近い期間を要している事実を記しておく．

表 5.5.6-6　メタル磁性粉開発に係る F 社経営資源の変化

	ステージ 1	ステージ 2	ステージ 3	ステージ 4
	1978	1982	1986	1989
経営状態	○	○	○	○
技術	△	△	×	×
資源	×	×	×	×
設備	△	△	△	△

表 5.5.6-7　8 ミリ用メタル磁性粉のその時点で評価・予測した環境変数の変化

	ステージ 1	ステージ 2	ステージ 3	ステージ 4
	1978	1982	1986	1989
メタル粉の将来性	○	○	△	×
メタル粉ロバスト性	△	△	△	△
メタル粉市場実現可能性	○	△	○	○
メタル粉市場規模	○	△	△	△
メタル粉市場寿命	○	△	△	△

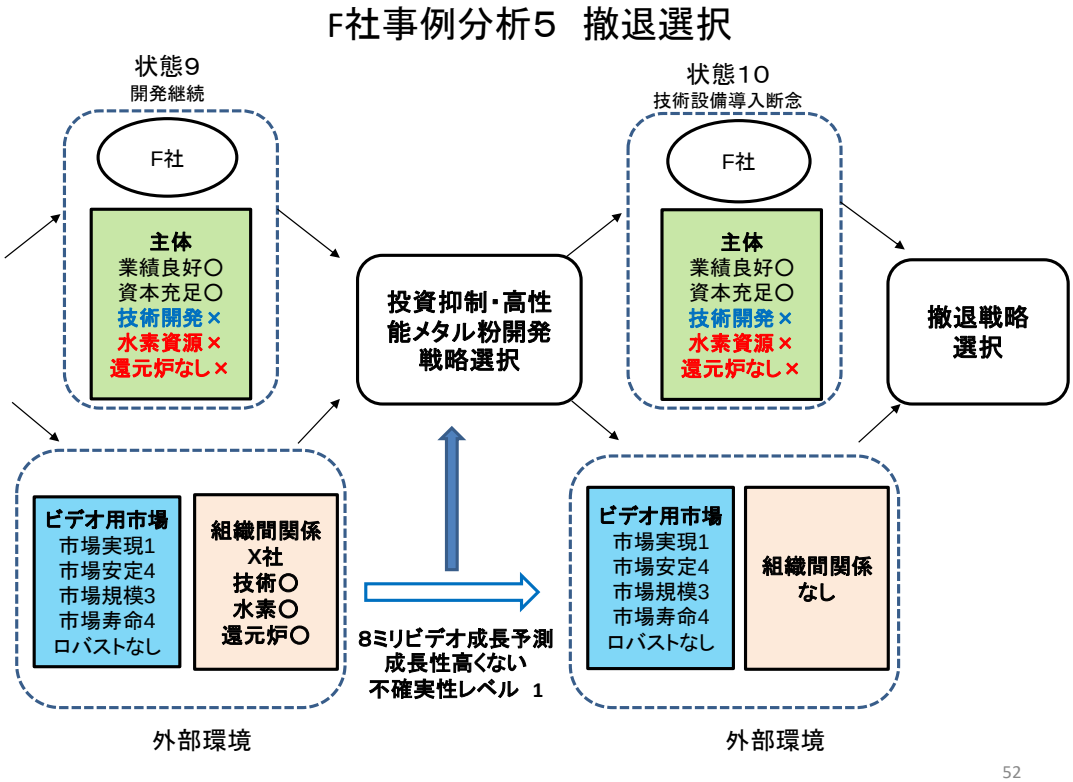


図 5.5-12　メタル磁性粉撤退戦略を選択

図 5. 5-12 では, 500 円/kg を争う価格競争になれば投資採算性はないことが明確になった. また，記録方式デジタル化の流れが顕在化した．すなわち，8 ミリビデオの記録メディアはアナログ磁気テープから変化する可能性が認識された．プラント譲渡提案先も同じ理由で撤退を判断したと推察された．他社技術と還元設備の導入をしないと決定した．1992 年完全撤退を決断した．分析結果として模様眺め策は結果的に F 社には適正な選択であったと考えられる．

5.6. 各社のメタル磁性粉事業化の比較検討および考察

5.6.1　事例の要点

(a)　関東電化工業（A 社）事例の要点

1960 年代に A 社は副生塩素の活用を考え，塩化鉄を原料とする高純度酸化鉄事業に参入した．酸化鉄事業は困難を経た後，確立され現在の森下弁柄工業へ続いている．一方，高純度という特長をもつ塩化鉄由来の酸化鉄をさらに展開する研究を行い，粉末冶金用合金鉄粉と磁性酸化鉄の事業化に挑戦した．合金鉄粉は三菱金属への納入に至った．しかし，磁性酸化鉄は後発となり，先行する戸田工業（E 社）とチタン工業（F 社）に追いつけないと判断した．1974 年にメタル磁性粉の開発を開始した．表 3 に A 社のメタル粉事業への経緯を示す．

表 5.6-1　A 社の鉄系機能性材料開発の経緯

1950 年代	有機合成化学への参入
1965 年	水島工場操業開始
1965 年	塩素法微粒子酸化鉄の研究開始
1973 年	電解ソーダ製法転換 渋川工場の存続が経営課題
1973 年	合金粉研究開始 キャリア開発開始
1974 年	酸化鉄事業を森下弁柄と統合
1974 年	メタル磁性粉の開発を開始
1975 年	オーディオ用メタル磁性粉開発完了
	メタル磁性粉の需要見通し不透明
1978 年	スリーエム社が試作品オーディオメタルテープを発表
1979 年	スリーエム社のテープを契機にメタル磁性粉需要発生
1983 年	B 社が量産化を確立参入（競合）

出所：A 社社史のデータから著者作成

A 社はリスクより先行者利益を得ることに賭け，次世代の磁気記録材料として注目され始

めていたメタル磁性粉の開発を他社に先駆けるという経営判断を行ったと推論される．1975 年にはオーディオ用メタル磁性粉の開発を完了した．しかし，メタル磁性粉の事業化はテープ需要が発生する見通しが得られない状態が続き，一時は撤退まで検討される状況になった．汎用材料と異なり，存在しない市場の先行きが見通しにくいという不確実性が顕在化した形であるといえる．

このように苦境にある中で，1978 年 6 月にスリーエム社が試作品オーディオメタルテープを発表した．A 社は量産化準備を済ませていたので，発表後すぐ 9 月に 0.5 t/M，10 月に 7 t/M の生産設備を増設できた．A 社はメタル磁性粉を量産化した最初の企業となった．1979 年にはそれまで注文のなかったメタル磁性粉に注文が殺到した．不確実な見通しの中でリスクをとったことが成果として実現できたわけである．コバルト・ガンマ酸化鉄は 1,500 円/kg であったとき，A 社はメタル磁性粉の価格を 3 万円/kg という高価格に設定し，その価格でも販売できた．A 社は創業者利益を得ることができ，経営再建途上の収支改善に大きく貢献した．

1977 年度にフッ素系，鉄系のファイン製品の売り上げ合計が 4 億 3,000 万円であったものが，1979 年度には 24 億 5,000 万円となり，その半分がメタル磁性粉の売り上げであった．A 社社史ではメタルテープの発売を「予期せぬ幸運」と記している．しかし，スリーエム社は元々原材料を購入してテープ製品などを製品化する企業であり，開発過程では材料研究も行うが，自ら材料の製造を行うことはない．A 社もテープ企業にメタル磁性粉を販売することを目的としていたはずである．A 社が競合他社の状況が分からないまま，メタル磁性粉量産化の準備としてリスクを取って先行投資を行ったことが成功の原因である．その後，1990 年代にはビデオテープの時代は終息に向かい，8 ミリビデオテープは磁性酸化鉄を用いた VHS 用テープに置き変わることなく小さい市場のまま終息に向かった．メタル磁性粉の主力用途は放送局用など業務用テープになり，さらに，信号処理のデジタル化により一般消費者向けのテープ市場は急激に縮小した．A 社は 2004 年にメタル磁性粉から撤退した．

(b)　同和鉱業（B 社）事例の要点

B 社は A 社より遅れて 1978 年から研究開発を始めた．B 社の技術報告からその技術経営戦略を顧みる．B 社は多岐にわたって製錬技術を有し，金属粉についても技術を蓄積していた[16]．メタル磁性粉の開発に際しては，久野[12]「6.2　技術移転」を参照すると，「社内のソースから人材，技術，工場，組織という媒介を介して，メタル磁性粉の事業化に必要な製品概念，製造プロセス，工場建設，工程管理，品質評価などの要素を補完できた」ことを記している（久野[13]，p.6）．B 社の生産能力の推移をみると，8 ミリビデオの動向に合わせた動きであることが分かる．B 社の開発はメタル磁性粉そのものの材料開発を軸とするものと工学的に量産化をめざす生産技術の体系的な開発を軸とする 2 元的な戦略が明確に見てとれる．

久野[12]の「5.同和鉱業のメタル磁性粉」を参照すると，全社戦略としてきわめて体系的に技術要素を解明することで精緻なメタル磁性粉の技術体系を構築している．また，久野[12]の「6.事業化」によれば，1983 年には 15 t/M の生産能力を実現した．磁性酸化鉄が空気中で安定であるのに対し，金属粉は燃えやすいので，水素還元後から専用コンテナまでを含む製造プロセスを窒素ガスでシールするラインを構築していた．1985 年に 8 ミリビデオを発売するというソニーの宣言にターゲットを合わせ，組織的，戦略的に計画を推進していることが推察される. 1982 年頃, テープ企業から材料各社は, 粒子サイズとして 0.1 μm というそれまで以上に微小な大きさを求められた.

オーディオ用で先行した A 社は 8 ミリビデオ用メタル磁性粉に対して要求される 0.2 μm 以下という超微粒子の領域で, B 社に対し優位性を喪失した. 当時の開発状況に関する筆者の知見から A 社が優位性を喪失した理由を推論する．1985 年前後の業界の状況を整理すると，記録密度の向上のため短波長記録を追求しており，以下の特性を総合的に実現することを求められていた．まず，金属鉄粉として保磁力と磁化量など基本的な磁気特性（静磁気特性）を満たすことが前提であって，その上で高密度磁気記録テープとしての基本的な特性として，(1) 粒子径が 0.2 μm 以下の超微粒子であること，(2) 磁気テープの塗布膜表面が極めて平滑であること（表面粗度という）をテープ企業は追求しており，テープ製造工程における塗布工程で磁性塗膜塗料が極めて均一に高度に分散していることが必要である．そのためには (3) 磁性塗料成分との化学的親和性がコントロールできること，(4) 磁場配向性が優れていることが必要であり，粒子が針状形状を良好に保持し，かつ焼結（個別の粒子同士が熱的作用などで固着する現象）がないこと等多くの特性を満足する必要がある．さらに，実用的には (5) 燃えにくいこと（酸化しにくく安定であること），(6) 長期的にも変化しないこと，(7) 輸送からテープ製造工程に至るまで安全に扱いやすいシステムを確立していること，(8) 品質が安定して管理されていることなどの項目も満足することが必要であった．これら多くの項目を満足するためには，(1) 技術開発力；メタル磁性粉の特性に関する高度な技術開発と実験データ蓄積量，そして多様な要求に対応できるサンプル提案力，(2) 設備の設計と品質を制御できる生産技術力，(3) メタル磁性粉を磁気テープの特性まで総合的に評価する評価技術を有することが必要である．これらのすべてを満足することは A 社の組織と規模では困難であったと推定する.

一方, 鉄鋼や総合化学といった巨大企業にとっては, 磁性粉は小さなニッチ市場であり, 事業化の魅力はない．同和グループ内の同和鉄粉など金属粉の蓄積をもつ企業がグループの総合的支援を得て取り組むことがちょうど適していたと考えられる.

(c) 戸田工業（E 社）事例の要点

E 社はメタル磁性粉については，1977 年頃参入している．しかし，A 社と B 社に量産化を先行され，事業化には至らずに一旦開発から撤退した．後述の F 社と同様に水素源を持たないため, コスト的に採算が取れなかったものと推測される. メタル磁性粉については,

公開情報が乏しいため，この間の経緯についてはよく分からない．しかし，2009 年 3 月の有価証券報告書によるとデータストレージ用の超微粒子メタル磁性粉を開発し，市場展開したことが記載されている．メタル磁性粉では B 社には対抗できない位置にあったと推測されるものの，8 ミリビデオ用メタル磁性粉のその後の開発テーマであり，珍しい復活事例として注目される．公開された特許情報でメタル磁性粉の開発活動を推測することができる．例えば，特開 2010-098071（出願日 2008 年 10 月 15 日），特開 2012-36489（出願日 2010 年 8 月 11 日）などが見られる．最近の E 社は，リチウムイオン電池用の電極材や特開 2014-156411 など診断用・治療用など他分野の開発を積極的に行っている．技術開発は鉄系化合物紛体技術を中心として，多様な技術を多様な用途と組み合わせて開発していることが伺われる．

ビデオテープ全盛期には盤石であった財務状況がビデオテープの終息とともに悪化していった E 社は厳しい財務状況下でもリチウムイオン電池正極材の工場を建設するなど，積極的な経営を行っている．創業家社長の戸田氏であったから決断できた投資であると考えられる．しかし，積極的な投資には資本を他社に依存することが必要となる．伊藤忠との資本提携と解消を経て，現在は BASF と提携している．その間には戸田社長の退任があった．E 社は生き残りと成長のため複雑な経営を行っている．

(d) チタン工業（F 社）事例の要点

F 社はソニーおよび富士写真フイルムなど磁性酸化鉄で取引があった磁気テープ業界各社から要望と情報を受け, 1977 年にメタル磁性粉開発の企画と準備を始めた. 1978 年には, オーディオ用メタル磁性粉の開発とビーカー実験を開始した．5.2 でも後述するように，F 社は水素源を持たず水素を購入せざるを得ない条件であった．また，金属粉の技術および設備はなかった．ガンマ酸化鉄の製造においては一旦マグネタイトの結晶構造を経ることが必要であるため，水素還元を行う．しかし，金属鉄への還元にはマグネタイトへの還元とは比較にならないほど大量の水素を使用することが必要である．そこで，F 社は自社が持っていない水素還元設備を他社に依存する戦略をとり，提携を試みた．F 社が水溶液中で還元用の針状酸化鉄の合成と焼結防止処理を分担し，他社が水素還元を分担する形の共同事業化をめざした．ところが，実験の結果を得て双方の考えを納得するまで詰め，次の改善技術を確立するまでの期間が長くかかり過ぎた．技術を向上させるために多くの実験が必要であったメタル磁性粉の開発では，提携先との打ち合せの頻度とコミュニケーションが不足した．F 社は本州の西端であったため，当時の通信状況では連携に適する他社との距離が遠かったと考えられる．不足する資源をお互いに補完することは戦略的には正しかったが，戦術レベルではうまく機能しなかったものと推論する．なお，この事象はコミュニケーションの観点からは，不確実性下でのプロセス指標としてメンバー間の対面頻度指標を用いることを提案した辻ら[6]の指摘の有用性を示唆すると考えられる．

1982 年には 8 ミリビデオ用微粒子メタル磁性粉の開発を行うことを決定し, 0.1 μm のメ

タル磁性粉などテープメーカーからの高度な要求に対応した開発を継続し，小規模ではあったがサンプルワークを行った．水素源と金属粉への還元設備を保有していなかったので，リスクの大きい大規模な投資は回避した．記録技術のデジタル化の潮流と 8 ミリによる VHS への置き換えが進まない状況がはっきりしてきたことを契機として，F 社は 1992 年にメタル磁性粉の開発と事業化から撤退する決断を行った．事業化には至らなかったが，大きな設備投資を行わずに最小限の費用でテープメーカーとの接触を維持し，メタル磁性粉に関する知見の充実に貢献した．

その間，開発開始後 10 年を経て，1988 年頃メタル磁性粉から撤退を決めた総合化学大手の X 社から製造プラントと技術の譲渡の意向が示されることがあった．仮に 1988 年の時点で還元炉の設置という投資をした場合には，メタル磁性粉では後発となった F 社は製品が販売できたとしても B 社や A 社との価格競争にしかならなかった可能性が高い．

5.6.2　B 社と他社との比較

B 社に対し他社はどのような経営であったのか，B 社との比較の視点で考える．B 社は A 社より後発であったにもかかわらず 8 ミリビデオ用以降のメタル磁性粉を制覇した．その B 社の技術論文によれば，文字通り要素ごとに調べつくすような実験を行い，開発したメタル磁性粉の種類が 1995 年の時点までに 1 万種類以上になったことが記載されている[12]．これに比較すると F 社の作製した試作サンプルの種類は圧倒的に少ない．F 社の実験においては数人という人数に対し開発費用の不足を感じることはなかったが，数人のマンパワーで 10 年の期間で 1 万種類以上の試作を行うことは不可能である．

撤退した A 社に対し，B 社はその後もデータストレージ用超高密度テープの開発を強力に進めた．高密度記録に信念を持って推進する富士フイルムとソニーに対応して，メタル磁性粉のサプライヤーとして高度な特性の実現をめざして極限の開発を続けた．2017 年現在，B 社が世界で唯一のメタル磁性粉メーカーとして存在し，データストレージ分野で貢献している．B 社経営陣は自社の技術的蓄積，人材，原材料，資本などの資源の状況であれば，たとえ後発であっても勝算があると考え，将来性が有望と判断したメタル磁性粉の事業化を 1985 年の 8 ミリビデオ発売までに完了する戦略を取ったと推論する．ただ，開発と事業化を実現したとはいえ，8 ミリビデオテープの市場規模は VHS テープの水準には遠く及ばなかった事実を考えると，戦略として単純に成功と評価できない側面もある．筆者の試算では磁性粉市場を 8 ミリビデオテープ市場の 2%に見積もると，最盛期でも年間 20 億円程度である．1 社でも小さい市場規模にとどまったと推定される．

一方，2000 年頃 E 社も高密度磁気記録用メタル磁性粉の開発を再開した．有価証券報告書によれば，量産化も実現したとのことである．同社は磁記録材料のトップであるという誇りを示す．

F 社の経営者は開発は実施したが，メタル磁性粉の開発成否と市場性の見通しに関する不確実性が大きかったことを重視し，マンパワーと設備への大きな投資を回避する安全策を

取った．また，開発担当者も副生水素を持たない F 社には還元に要する水素コストの負担がきわめて大きく，工業的に収益を見込めない可能性が大きいと考えていた．B 社規模の投資は，経営状況がよかった F 社であっても，無理な規模の投資であったと推論される．また，F 社の原材料資源，設備的資源，技術的資源および新規製造設備を設置する土地資源はいずれもメタル磁性粉の事業化には 4 社中もっとも不利であった（表 4）．歴史をふり返ると，結果的には投資を控えた F 社の経営者と開発担当者の慎重な判断は間違いではなかったと言える．また，メタル磁性粉は磁性粉という要素よりも生産技術的には金属粉という要素が強かったと考えられる．この点は酸化鉄企業が不利であった要因として大きい．これは一見近縁と見える分野へ進出する際の視点として重要であると考える．逆もまた然りであり，金属粉企業は有利であった．

また，総合化学のある企業 X 社は B 社と同規模のマンパワー投入と設備投資を行っており，要求水準を満足する特性のメタル磁性粉の製造方法の確立している．X 社は 1988 年という相対的に見ると早い時期にメタル磁性粉から撤退した．デジタル化の予兆と期待ほど成長しない 8 ミリビデオ市場には魅力がないと判断し，デジタル化された情報記録媒体用の機能性材料の開発と事業化に戦略を転換したと推論する．環境の変化に対応した X 社の戦略も十分に意義のある考え方である．

表 5.6-2　メタル粉事業に利用できる技術資源と成果

	A 社	B 社	E 社	F 社
基盤	電解	製錬	酸化鉄	酸化鉄
鉄源	自社 塩化鉄	自社 硫酸鉄	購入 塩化鉄	副生 硫酸鉄
NaOH	自社製	購入？	購入	購入
メタル粉用酸化鉄	既存の改良	新規に開発	既存の改良	新規に開発
水素	副生	副生	購入	購入
還元	金属粉	金属粉	開発	開発
事業化	一番手	二番手	不明	なし

出所：著者作成

5.6.3　B 社との比較の視点で考えるメタル粉事例における変数

B 社に対し，他社の変数はどうであったのか，戦略はどう違ったか，考察する．B 社の作用変数としては，投入したマンパワー，資金量，要素技術の多様性などが注目される．

A 社　B 社より開発と設備投資時期は早かった．

E 社　データストレージ用途に目標を変えて，現在まで開発を継続している．

しかし，メタル磁性粉の販売はほとんどない模様.

F 社　F 社が投入したマンパワーと資金量が小さい．しかし，市場が期待より小さいままであったので，結果としては経営戦略的には間違いでなかった.

オーディオ用のメタルテープは 1978 年に発売された. このメタル磁性粉は A 社の製品であった．水溶液中で結晶成長させた合成ゲーサイトを出発原料として水素還元により得られた金属 Fe を主成分とする針状形状の物質であった．ゲーサイトの合成から始まる工程は磁性酸化鉄と共通であったが，出発原料とする鉄源としては硫酸鉄や塩化鉄が主要なものであった．テープの時代は長く続くと信じられており，メタル磁性粉が主流になるとの予測記事が目立った．その風潮に乗って，多数の素材メーカーがメタル磁性粉の開発に参入した．これらの鉄源やゲーサイト生成反応の中和剤としてのアルカリの種別は各社の歴史的経緯によりその特徴が決定づけられていた.

B 社に対し他社はどのような経営であったのか，B 社との比較の視点で考える（表 5.6-3 および表 5.6-4）．B 社は A 社より後発であったにもかかわらず 8 ミリビデオ用以降のメタル磁性粉を制覇した．その B 社の技術論文によれば，文字通り要素ごとに調べつくすような実験を行い, 開発したメタル磁性粉の種類が 1995 年の時点までに 1 万種類以上になったことを記している(久野 1995)．これに比較すると F 社の作製した試作サンプルの種類は圧倒的に少ない.

F 社の実験においては数人という人数に対し開発費用の不足を感じることはなかったが，数人のマンパワーで 10 年の期間で 1 万種類以上の試作を行うことは不可能である．F 社が蓄積した実験に基づく情報量はきわめて多い．投入したマンパワーと資金は A 社，E 社，F 社よりもかなり多額であったと推測できる．また，蓄積していた基盤的技術も多様である.

ただ，総合化学の X 社は B 社と同規模のマンパワー投入と設備投資を行っており，要求水準を満足する特性のメタル粉 2 の製造方法の確立と窒素シールした保管移送システムを含む一貫量産設備を完成している.

B 社に対し，A 社は開発開始時期と量産化設備の建設は早かった．スリーエム社がメタルテープを発表した時，すぐにオーディオ用メタル磁性粉の量産化が可能であったのは A 社だけであった.

しかし，後発であったにもかかわらず B 社はソニーの 8 ミリ発売宣言の 1985 年に目標を定め，メタル磁性粉としての特性を着実に高め，生産設備，品質管理体制輸送体制も着実に準備した．元々A 社以上に金属還元技術と金属粉製造技術を蓄積していたため，開発と事業化の基盤は 4 社中もっとも有利であった．おそらく自社の能力を認識していたので，後は実験的にデータを集中的に獲得すればメタル磁性粉を制覇できると考え，資源を集中する戦略を立て，実行したものと推論する.

表 5.6-3　A 社と B 社の独立変数の水準の違い

			ステージ 1	ステージ 2	ステージ 3	ステージ 4
		1974	1978	1982	1986	1989
経営状態	A 社	△	○	○	○	○
	B 社	○	○	○	○	○
メタル磁性粉製造技術	A 社	△	○	△	△	△
	B 社	×	△	○	○	○
鉄粉・金属粉製造技術	A 社	○	○	○	○	○
	B 社	○	○	○	○	○
酸化物磁性粉製造技術	A 社	○	○	○	○	○
	B 社	×	×	×	×	×
メタル磁性粉評価技術	A 社	×	△	△	△	△
	B 社	×	△	○	○	○
原料	A 社	○	○	○	○	○
	B 社	○	○	○	○	○
設備	A 社	△	○	○	○	○
	B 社	△	○	○	○	○
開発資金	A 社	△	△	△	△	△
	B 社	○	○	○	○	○
開発マンパワー	A 社	△	×	×	×	×
	B 社	○	○	○	○	○
開発開始時期	A 社	○	○	—	—	—
	B 社	×	△	—	—	—

表 5.6-4　F 社と B 社の独立変数の水準の違い

			ステージ 1	ステージ 2	ステージ 3	ステージ 4
		1974	1978	1982	1986	1989
経営状態	F 社	○	○	○	○	○
	B 社	○	○	○	○	○
メタル磁性粉製造技術	F 社	×	×	△	△	○
	B 社	×	×	○	○	○
鉄粉・金属粉製造技術	F 社	×	×	×	×	×
	B 社	○	○	○	○	○
酸化物磁性粉製造技術	**F 社**	**○**	**○**	○	○	○
	B 社	**×**	**×**	×	×	×
メタル磁性粉評価技術	F 社	×	△	△	△	△
	B 社	×	△	○	○	○
原料	F 社	×	×	×	×	×
	B 社	○	○	○	○	○
設備	F 社	×	×	×	×	×
	B 社	△	○	○	○	○
開発資金	F 社	×	×	×	×	×
	B 社	○	○	○	○	○
開発マンパワー	F 社	×	×	×	×	×
	B 社	○	○	○	○	○
開発開始時期	F 社	×	△	―	―	―
	B 社	×	△	―	―	―

5.6.4　まとめ

メタル磁性粉においては，事業参入を検討した時点では各社とも技術と市場が存在せず，リスクを伴う開発を行って，技術と市場を獲得することが必要であった．それぞれの経営資源に応じた開発を進めた．

B 社は経営状態，資本，広範な技術蓄積，水素を始めとする原料資源，および金属粉製造設備など資源的に有利な状態であったことに加え，資源を集中的に投入したことが優位性を持つことができた要因である．

F 社は自社で産生しない水素資源を獲得するリスクに直面するとともに，還元設備を獲得するための投資リスクへの対応も必要であった．F 社は主要事業に成長していた磁性酸化鉄事業が好調であり将来性もあると見ていたので，磁性酸化鉄事業に経営資源を集中し，メタル磁性粉への資源配分は抑制する戦略をとった．水素と苛性ソーダという重要な資源を持たなかった F 社は高性能品の開発に集中する戦略をとり，メタル磁性粉の量産設備に関しては自社で建設せずに他組織との提携により還元工程を獲得する戦略を選択することにより，投資リスクを低減する投資抑制戦略を選択した．

参考文献

DOWA エレクトロニクス

http://www.dowa-electronics.co.jp/function/metal_powder.html　（2017/8/23 閲覧）

関東電化工業社史編纂委員会；「関東電化工業六十年史」（2000）

http://www.kantodenka.co.jp/03company/con05.htm　(2017/1/27 閲覧).

チタン工業社史編纂委員会：「チタン工業 60 年史」，(1997).

戸田工業：「彩磁記」

http://www.todakogyo.co.jp/company/saijiki/index.html　(2017/1/9 閲覧).

原田謙三（1981）「岡山製錬所の最近の操業について」『日本鉱業会誌』第 97 巻第 8 号（1981）1122 号 p. 814-820.

久野誠一：「磁気記録用メタル磁性粉の開発と事業化」，『資源と素材』，Vol.111，No.12，pp.214-220 (1995).

第 6 章　機能性材料事例 2：分類 2 その 2

リチウムイオン電池用材料

リチウムイオン電池の開発の経緯を，原型を確立した旭化成と初めて工業的に製造・販売したソニーを軸にして俯瞰する．リチウムイオン電池は 8 ミリビデオ搭載小型電池から始まり，車載用大型二次電池へ分化進化している．また，生産が日本から新興国へシフトし，サムソン，LG，中国 BYD などが急速にシェアを拡大している．EV（Electric Vehicle）に関しては，量産車種としてリーフを発売した日産，さらに高性能車を発売したテスラの登場へ，市場はダイナミックに変化している．

リチウムイオン電池における機能性材料の事例としては，正極材の事業化に挑戦している E 社，負極材としてチタン酸リチウムを実用化した F 社，微多孔膜ではないセパレータを販売している G 社の事例を検討する．

事例 2-1　戸田工業（E 社）の正極材

事例 2-2　チタン工業（F 社）の負極材

事例 2-3　G 社のセパレータ

6.1　リチウムイオン電池の概要

6.1.1　リチウムイオン電池の構成

リチウムイオン電池は旭化成とソニーにより開発が進められた比較的新しい構造の軽量・高エネルギー密度の高性能な二次電池[37]であり，モバイル機器への搭載から発展を続け，今後の自動車への搭載拡大が期待されている．旭化成の吉野が原理的構造を発案し，1991 年にソニーが世界で初めて製造・販売した．図 6.1-1 にリチウムイオン電池の構造を示す．正極材，負極材，電解液，セパレータの 4 つの主要な機能性材料を用いる．リチウムイオ

---

[37] 電池工業会から引用；「電子機器の更なる高性能化，多機能化の流れの中で，ニッケル水素電池を越えるエネルギー密度を持つ電池として登場したのがリチウムイオン電池であり，1991 年にソニー・エナージー・テックが世界で初めて量産化しました．現在では，各社から発売されています．この電池は，約 3.7V という高い放電電圧を持つリチウム系の充電式電池でありながら，リチウムの溶解・析出反応を伴わず，リチウムイオンを吸蔵・放出できる正極と負極の組合せで成り立っているため，500 回以上の充放電に耐える良好なサイクル特性が特徴です．具体的な電極材料としては，正極活物質としてコバルト酸リチウム (LiCoO2)，負極活物質として炭素材料（C）が用いられてきましたが，最近では，ニッケルやマンガンを含んだ正極材料や，スズを含んだ負極材料なども実用化され，性能向上に寄与しています．

更に，ニカド電池やニッケル水素電池と比べ，軽い，メモリー効果がない，自己放電による容量低下が少ないなどの特徴も有しており，小型軽量化，高機能化が進むモバイル機器に瞬く間に搭載されていきました．その過程では，主に電極材料や構造の改良により，市場に登場してから十数年でエネルギー密度は 2 倍以上に達し，外装材としてのアルミ缶の採用，ポリマー電池などのラミネートタイプの実用化といった技術革新によって，更なる軽量化・薄型化も進められています．

また最近では，電動工具や，電動アシスト自転車，電気自動車のような，これまでニカド電池やニッケル水素電池が得意としていた高出力タイプのアプリケーションへの搭載も進んでおり，リチウムイオン電池の需要は更に拡大を続けています．」

引用元；http://www.baj.or.jp/knowledge/history03.html

ン電池の進展に合わせて，材料メーカーが参入を図ってきた．

リチウムイオン電池の発明と実用化の主役である吉野彰と西美緒の著作・報告を用いて，現在までの開発経緯に関する主要事項を表 1 に示す. 以下年代順に主要な動きを記述する．

その後，機能性材料メーカーの参入事例をいくつか検討することで，分類 2 における仮説を検証する．

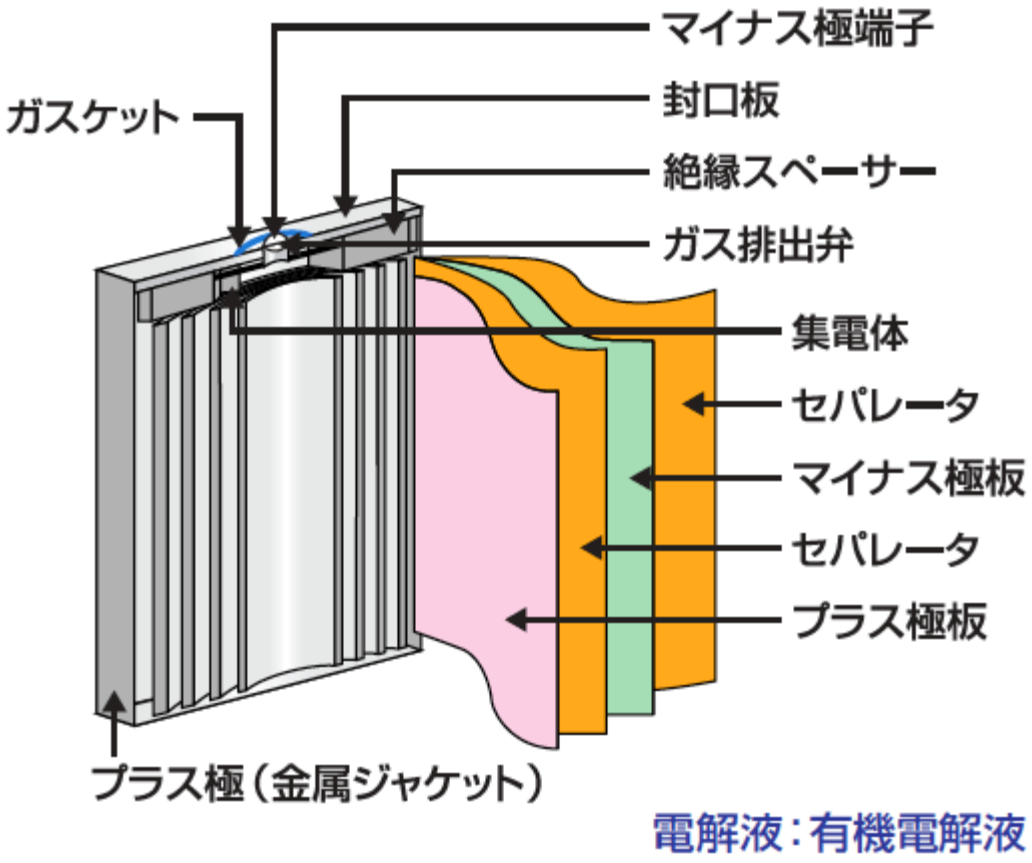


図 6.1-1　リチウムイオン電池の構造
引用；電池工業会ホームページより

6.1.2　旭化成とソニーの電池開発の概要

ソニーは 1950 年代に二次電池の開発を始めた．その後，1975 年 2 月，米国ユニオン・カーバイド社との合弁で電池会社ソニー・エバレディ（株）が設立され，順調に成長を続けていた．ユニオン・カーバイド社が電池の開発を担当し，ソニーは製造と販売および日本市場の開拓などを行う，という契約であった．ソニーは開発が必要なためユニオン・カーバイドから技術支援を受け，ユニオン・カーバイドは製造能力をソニーに依存するという資源依存関係およびお互いに協力して市場を制覇するという共同戦略関係であった．提携期間中，ソニーはリチウム二次電池の開発をユニオン・カーバイドに要請したが，応じてもらえなかった．ユニオン・カーバイドの経営悪化により 1986 年に提携は解消し，ソニー・エナージー・テックとして再出発した．提携解消を契機として，独立独歩で二次電池開発を進めることにして，同社は「リチウム二次電池」の開発・製造・販売に向けて走り出した．

Sony History[38]によると，同社は開発に注力し，ソニーグループの総力を挙げて量産への準備を進めた．そして，発表前の 1988 年に月産 10 万個の生産設備が，福島県・郡山工場内に準備された．1990 年 2 月に製品化を発表し，翌年から本格的な量産が行われた．この二次電池を 1992 年に 8 ミリカムコーダーの「CCD-TR1」に搭載した．

歴史的実を追うと，旭化成の吉野が 1983 年にリチウムイオン電池の原型を完成し，1985 年には基礎研究を完了している事実がある．

また，吉野によると，ソニーが旭化成の技術を導入したことが伺われる[39]．旭化成自体は素材メーカーであり，電池製造は困難という自己認識であった．しかし，自社単独での電池製造事業化，合弁による電池製造事業化，ライセンス事業の 3 つを検討し，3 つの事業戦略を進めた．

---

[38] Sony History,「第 3 話　高い安全性と高エネルギー、長寿命の実現」: https://www.sony.co.jp/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/2-13.html

[39] 吉野講演から引用 ;「リチウムイオン二次電池の場合は，実験に立ち会われたソニーさんとのやり取りでした．1986 年当時，VHS ／ベータ戦争に敗れたソニーさんは，ビデオのポータブル化，8 ミリビデオの商品化戦略に取り組んでおられました．その時に 2 つ残った大きな課題があり，1 つは CCD（画素数）の高画素化，もう 1 点が二次電池だったのです．本体は小型軽量化しても，電池が重くてかさばった．従来の電池はニッカド電池で起電力は 1.2 ボルト．これがリチウムイオン二次電池ではいきなり 4 ボルトの起電力で，一気に 3 倍になった．これが大命題であった新しい二次電池とリンクした．通常ソニーさんなどは，宮崎県延岡の実験場まで手作りのサンプル品の評価などに来られることはありません．そんな所にソニーさんの切実なニーズを感じました.」

表 6.1-1　リチウムイオン電池主要事項年表(筆者作成)

西暦	リチウムイオン電池
主役	ソニー，旭化成　ほかに材料メーカー
1961	ソニー50 年代に二次電池研究を開始
1962	
1963	
1964	
1965	
1966	ソニー空気亜鉛電池試作 1 号機
1967	
1968	
1969	
1970	
1971	
1972	
1973	
1974	
1975	ソニーがユニオン・カーバイドとソニー・エバレディ設立
1976	
1977	
1978	
1979	
1980	
1981	旭化成研究開始(吉野彰)
1982	
1983	旭化成新型二次電池原型
1984	
1985	旭化成新型二次電池基礎研究完成
1986	ユニオン・カーバイドと提携解消し，ソニー・エナージー・テック設立
1987	
1988	
1989	
1990	ソニー製品化を発表
1991	ソニー量産・商品化．日産と EV 開発開始.
1992	CCD-TR1 に搭載．旭化成と東芝が ATB 設立し電池事業参入.

1993	
1994	
1995	車載用モジュール完成，日産 AltraEV 発売
1996	
1997	
1998	ソニーが日産との共同研究解消
1999	
2000	
2001	
2002	
2003	
2004	
2005	
2006	
2007	
2008	
2009	リーフ発表
2010	一般用 EV 発売
2011	
2012	
2013	
2014	
2015	
2016	ポストリチウムイオン電池開発競争中

6.1.3　電池開発の経緯

吉野(2004)と西(2009)から年代順に主要な出来事を抽出し，並べた．

(a)　1981 年(吉野彰)

旭化成の吉野彰がリチウムイオン電池の研究を開始した．吉野はノーベル化学賞を受賞した福井謙一のフロンティア電子理論に着想を得て，非水系二次電池の負極にン型ポリアセチレンを使う発想で研究を開始した．単極の評価により研究を進めてポリアセチレン負極の性能を格段に向上させることができた．しかし，使える正極材がないという大きな問題に直面した．当時でも極めて多数の非水系二次電池の正極材があったが，元々金属リチウムを負極に用いることを前提とした正極材であった．これら正極にはリチウムイオンが含まれない．そのため，ポリアセチレンを負極に用いた場合，負極にも正極にもリチウムイ

オンがないことになり，電池にならない．1982 年の年末に，吉野彰は Goodenough 教授の論文で $LiCoO_2$ が二次電池の正極になることを認識した．旭化成で吉野が新型二次電池原型を実証した．

(b)　1983 年(吉野彰)

1983 年の年明け早々 $LiCoO_2$ 合成し，ポリアセチレン負極と組み合わせて二次電池を試作した．世界最初のリチウムイオン電池を実証することができた．それまでの二次電池に比べ，格段に軽い電池であった．ポリアセチレン負極／$LiCoO_2$ 正極の構成で基本概念を請求範囲とする特許を出願した．福井謙一のノーベル化学賞，Goodenough 教授の LiCoO2 発見，白川英樹のポリアセチレン発見というリチウムイオン電池に至る三つの偶然が重なっていた．

(c)　1984 年(吉野彰)

ポリアセチレンの欠点として，安定性に欠けることと比重が小さくかさばるため小型化ができないことが明確化した．その頃，旭化成社内の研究所から入手した気相成長法炭素繊維 VGCF を負極に用いた．

(d)　1985 年(吉野彰)　旭化成新型二次電池基礎研究完成

カーボン負極／$LiCoO_2$ 正極という軽量化と小型化を両立したリチウムイオン電池ができた．

(e)　1986 年(西美緒)　ソニー・エナージー・テック設立

ユニオン・カーバイドの経営悪化により 1986 年に提携は解消し(図 6.1-2)，ソニー・エナージー・テックとして再出発した[40]．提携解消を契機として，独立独歩で二次電池開発を進めることにして，同社はリチウム二次電池の開発・製造・販売に向けて走り出した．

---

[40] 『Sony History』から引用；「ソニー側が登録商標の「エバレディ」ブランドを放棄した上で，ユニオン・カーバイド社の出資分を全額買い取って合弁を解消し，電池事業を続ける，ということで話はまとまった．1986 年 3 月，「(株) ソニー・エナージー・テック」と社名を新たに，再出発．ユニオン・カーバイド社の支えをなくした「ピンチ」を，独立独歩で二次電池開発を進める「チャンス」に変えよう，と戸澤は自らプロジェクトリーダーになり，「リチウム二次電池」の開発・製造・販売に向けて一丸となって走り出した．」

出典；Sony History 第 13 章第 2 話　「夢のリチウムイオン二次電池」 合弁事業から独立独歩の道

http://www.sony.co.jp/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/2-13.html

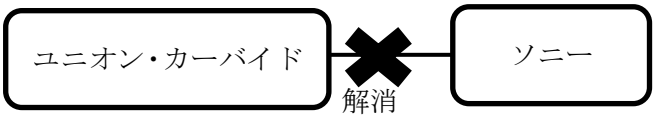


図 6.1-2　提携解消

（f）　1990 年(吉野彰)

旭化成は材料メーカーとして材料と技術および基本特許をもっていたが，電池製造には蓄積が不足していた．ソニーは二次電池では後発ながら，電池製造技術を蓄積していた．両者が互いの資源を合わせることにより，ソニーが世界で初めてリチウムイオン電池を工業的に製造し，商品化した．

(g)　1991 年(西美緒)　ソニーがリチウムイオン電池の工業的製造に成功

ソニーの工業化に際しては，発明の苦労を上回る試行錯誤的な工程確立のための開発努力が必要であったことが，『Li イオン電池古今東西』に記載されている[41]．例えば，第 3 回において，負極にハード・カーボン（HC）を採用しており，大型焼成炉を呉羽化学工業(現クレハ)内に設置していた状況で, HC の焼成と粉砕の工程の順番を試作ラインと量産ラインで変更した結果, 容量劣化になった現象があり, 原因の解明と対応の経緯を詳述している．

正極活物質，電解液，負極活物質の 3 つの要素について様々な組み合わせを試み，さらに最適な負極材の HC が量産可能となることにより，正極材 LiCoO2 と負極材 HC を組み合わせた性能のよい LIB が試作ラインで製造された．1992 年には非常に性能のよい電池を仕上げることができた．

図 6.1-3 では，電池メーカーは材料と材料技術を材料メーカーに依存し，材料メーカーは電池メーカーに電池技術を依存するお互いを補完する関係である．

[41] 西美緒 2009 日経 NE Academy『Li イオン電池古今東西』第 1 回～第 6 回；
(第 4 回)正極, 負極の材料をいろいろ変えて電池の試作を続け, 数多くの試作品を番号で呼ぶこととした．
(第 4 回)結晶性ポリマーを用いたセパレータを求めていろいろな試作を行ったがよい結果を得られなかった．高校の同級生半澤進が東燃化学の役員であった．この縁で満足できる結晶性 PE を用いた微多孔膜セパレータを確保できた．

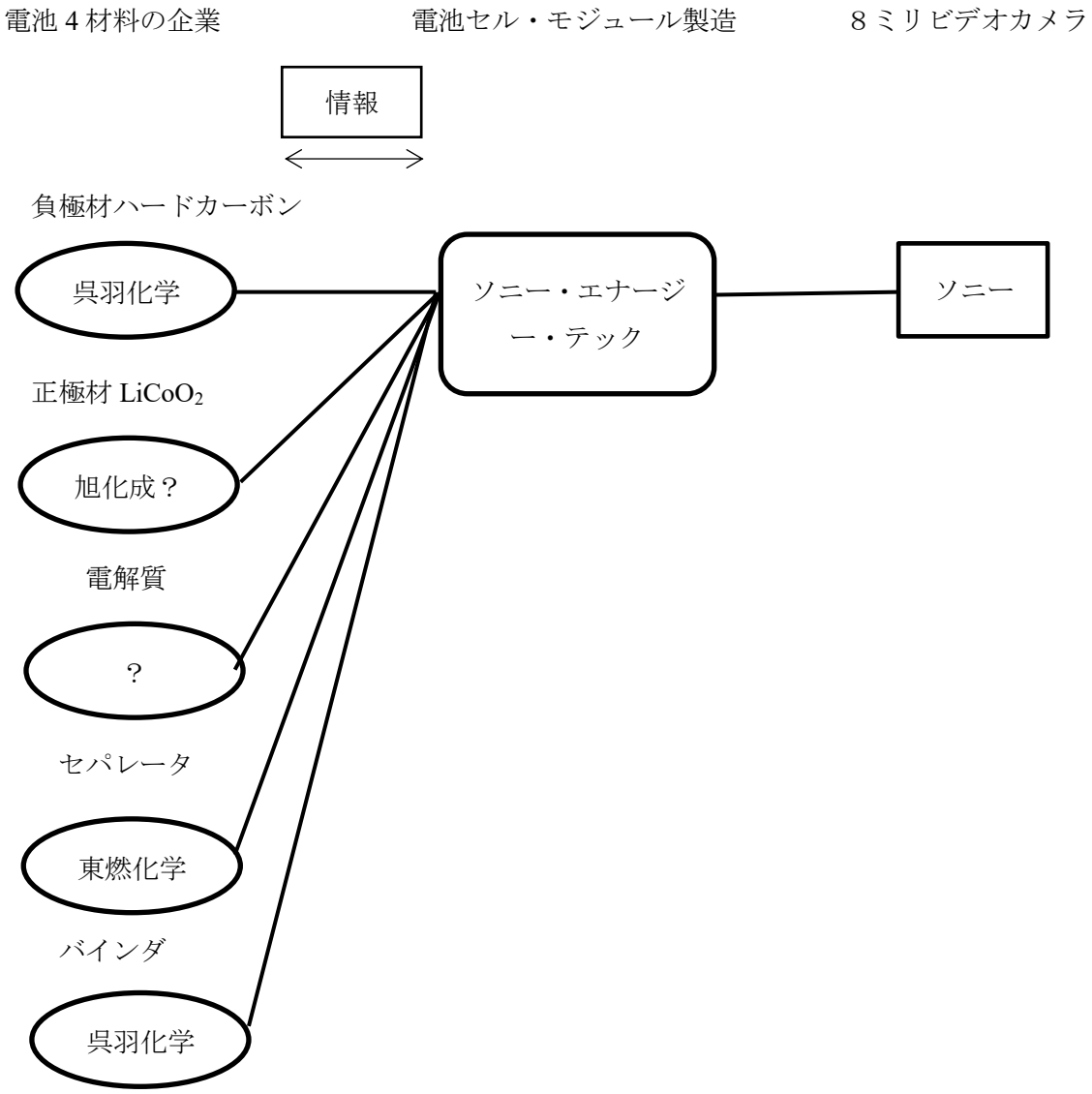


図 6.1-3　1990 年頃の小型リチウムイオン電池の組織間関係

(h)　1991 年　ソニーが日産と EV 開発開始

最初にリチウムイオン電池を商品化したソニーの電池供給能力と開発力に日産は依存する形で電動化を始めた．お互いの情報に依存する関係でもあった．情報による資源依存関係である（図 6.1-4）．

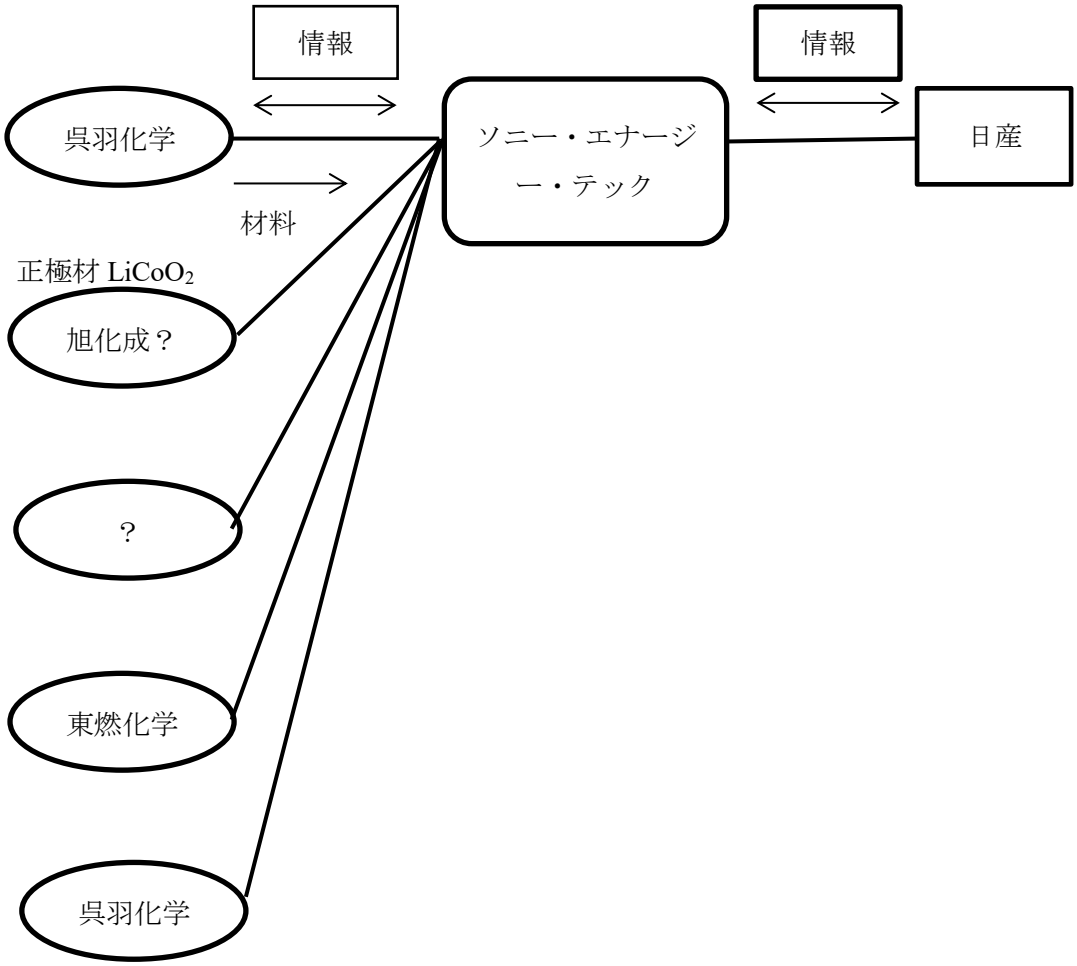


図 6.1-4　車載用大型二次電池

(i)　1992 年(西美緒)　初めてリチウムイオン電池を 8 ミリビデオカメラに搭載

開発されたリチウムイオン電池が 1992 年に 8 ミリカムコーダーの「CCD-TR1」に搭載された．この搭載を契機として競合電池メーカーも開発に参入した．

そして，この高エネルギー密度，長寿命，高安全性を持つリチウムイオン二次電池の用途は広がっていった．ソニーは，先陣を切って開発に成功した後，高い市場シェアを維持し，リーディング・カンパニーとしての地位を固めていった．しかし，その過程では電池工場の出火や電池の事故が多く発生した．現在でも安全性に関する問題は残っている．

(j)　1992 年（吉野彰）

旭化成と東芝の合弁事業による ATB がリチウムイオン電池を商品化した．しかし，吉野によると ATB は激しい事業競争に惨敗し，ATB は消滅した．

ごく簡潔であるが以上のように，基本的な概念と原型を確立した旭化成と膨大な試行錯誤を重ねて製造技術開発に挑戦したソニーを軸にして，リチウムイオン電池に関する技術と市場は発展した．また，ソニーの電池製造技術開発に合わせて旭化成や多くの化学系日本企業が機能性材料を開発していったことが現在のリチウムイオン電池市場の隆盛に寄与している．

しかし，現在では世界中で開発競争と事業化戦略が戦われており，開発した日本勢が守勢に立たされている．この厳しい状況に関しては，経済産業省や NEDO などの関係機関から多くの情報と資料が整理されている．

これまでの分析を考えると，階層性による不確実性に対しては技術と用途の多様性という視点が重要である．次節以降，リチウムイオン電池用の機能性材料の個別事例を検討する．

6.2　電池産業における階層性

先に第 1 章で示したように，機能性材料は技術的階層構造の中にある．
リチウムイオン電池の場合にも，8 ミリビデオシステムの場合と同様に正極材，負極材，電解液，セパレータの 4 つの主要材料は階層構造の下位の要素である（図 6.2.-1）．これら主要材料はリチウムイオン電池の特性を左右する影響を及ぼす．しかし，メタル粉の場合と同様に技術的不確実性と市場的不確実性により，電池メーカーと最終製品メーカーのリスクを増幅する形で負担している．

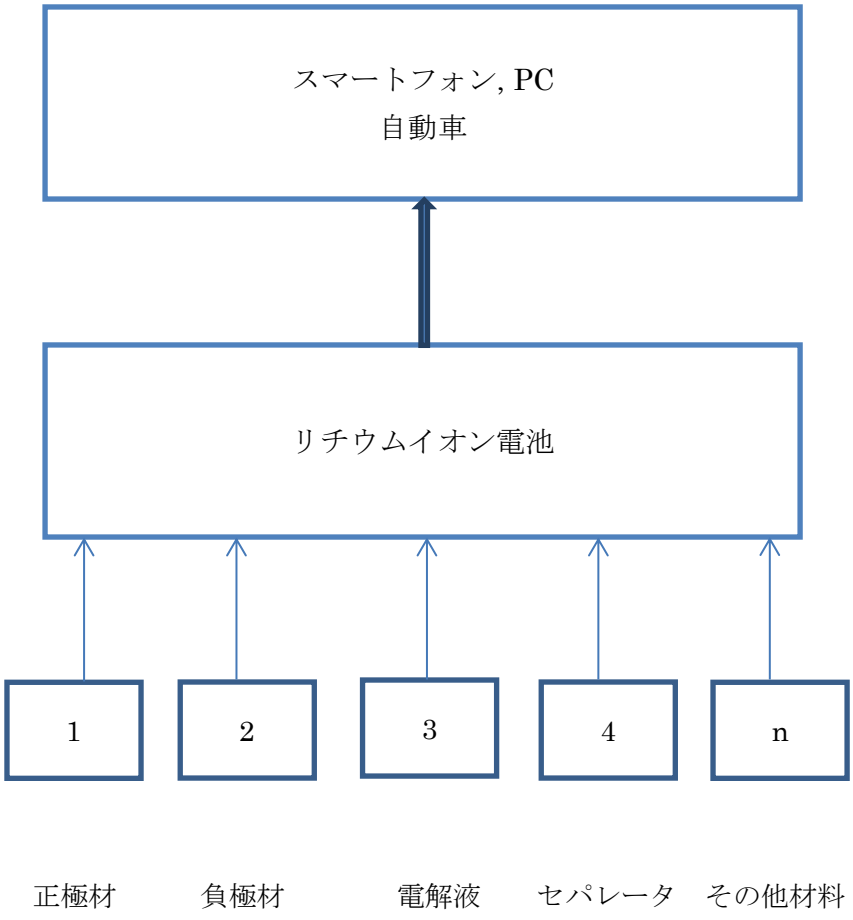


図 6.2-1　電池の技術的階層性を現す構造

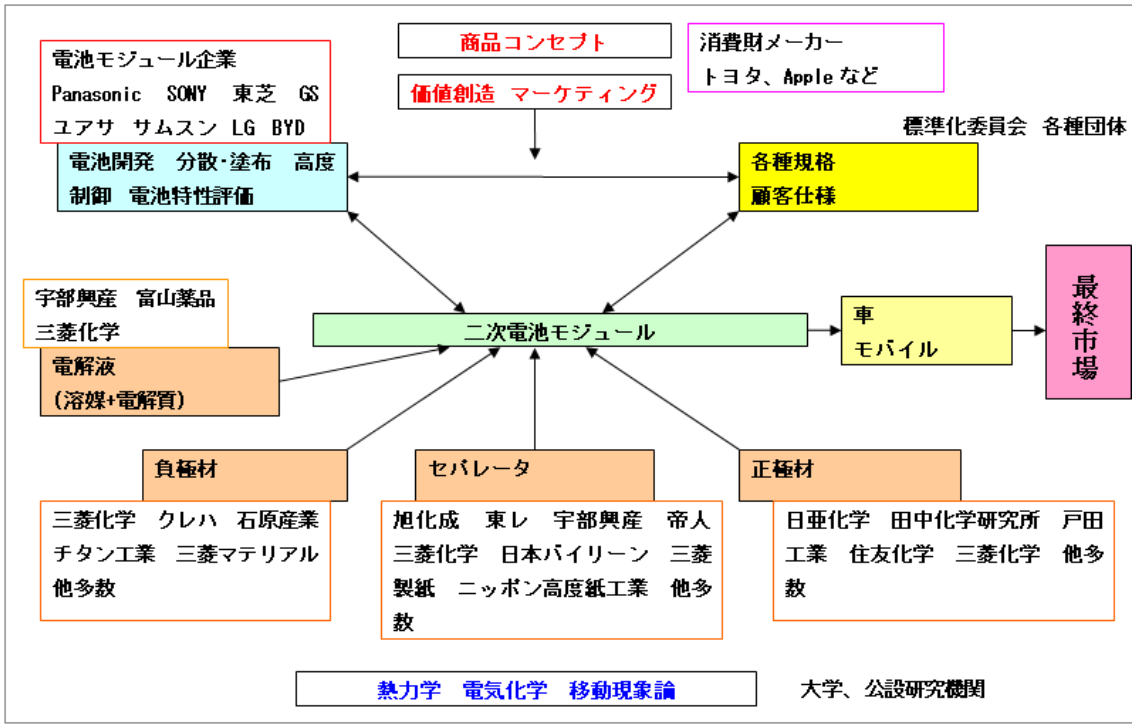


図 6.2-2　リチウムイオン電池の市場構造

図 6.2-2 は現状における電池の主要材料のメーカー，電池を製造するメーカーおよび電池を組み込んで使用する機器のメーカーの関係図である．車載用電池の場合，主導権と生き残りをめぐってグループ化が進行しており，従来の電池市場に比較してさらに複雑な組織間の関係が存在する．

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター（TSC）の技術戦略研究レポート「車載用蓄電池分野の技術戦略策定に向けて」によれば，2017 年現在は 2000 年頃に比較して中国・韓国の台頭が著しく，また，米国，ヨーロッパでも政府が強力に電池産業を支援しており，近年は極めて厳しい競争環境にある[42]．日本の電池産業が置かれた厳しい状況には多くの報文，報道記事があり，問題の深刻さを現している．

[42] TSC Foresight Vol.5 :「日本は高度な蓄電池技術，自動車メーカーと蓄電池メーカーの垂 直統合型の開発による高いレベルでの性能向上・安全性確保，普 及価格帯の完成車開発と欧米自動車メーカーに先駆けた市場投入 により，電動車両及び車載用蓄電池の分野において世界をリードして きた．そのため，前述したように，日本が電動車両及び車載用蓄電 池の市場において高いシェアを確保しているが，韓国メーカーが多く の蓄電池を供給している欧米自動車メーカーも近年積極的に電動車 両の開発及び市場投入を進めていることから，今後ますます，競争 が激化することが予想される．　特に日本の自動車メーカーは，蓄電池メーカーとジョイントベンチャー を組み，1 対 1 の関係で個社の仕様に最適化された蓄電池を調達して いる．これに対して，欧米自動車メーカーは，車載用蓄電池を一部品 とみなし，電池メーカーとは 1 対 N の関係で開発車両ごとに最適な蓄 電池をグローバルに調達しようとする傾向が見られ，韓国の蓄電池メー カーが車載用蓄電池の市場シェアを広げるという流れができつつあることに留意する必要がある．」

6.3　リチウムイオン電池材料の競争環境の現状

EV，ロボット，情報機器，および配電システムにおける蓄電装置などリチウムイオン電池の市場は 2016 年においても，将来一段と大きな成長が期待されている．信頼性，低価格とともに技術的にも高性能な材料が求められており，材料メーカーにとっては大きな市場を得られるチャンスがある．6.2 で電池業界の構造を述べた．

前述のＥ社の経営経過を解析するため，現在の世界的な電池関連産業の環境を俯瞰しておく．経済産業省，NEDO，日経系雑誌などの公開資料に，リチウムイオン電池の技術的事項と市場的事項の特徴が整理されている．

図 6.3-1 は 2003 年のハイブリッドカーの電池を構成する高度部材に係る日本企業のシェアを示すものである．ところが，14 年後の 2017 年においては，韓国と中国の猛烈な追い上げを受け，材料面での日本の競争力とシェアが低下する傾向にある．表 6.3-1（Appnedix に付録として示す）にリチウムイオン電池 4 大材料の市場動向（矢野経済研究所調査）を示す. 4 大材料のうち電池におけるコスト構成比が 50%を超え, 最大規模の正極材市場は 2016 年の実績は 50 億 US であったが，ドル 2019 年には 100 億 US ドルを超える予測である．

富士経済の調査結果として，森元は「大型品では 2017 年の中国市場は世界市場の 70%を占める見込みであること，日本の電池メーカーは中国メーカーに対する競争力強化や事業の最適化が課題となっていること」を示している．また，週刊エコノミストの 2017 年 2 月の記事でも日本企業にとって厳しい競争環境を報道している[43]．また，種市は世界中で進んでいるリチウムイオン電池の設備投資と連動し, 4 大材料を製造する外国化学メーカーも世界中で設備投資を積極的に行っていることを伝えている．

---

[43] 種市房子（2017）週刊エコノミスト 2017.2.14 号 :「電池関連で世界シェア１位の日本企業は日立化成やパナソニックだけではない．セパレータの旭化成，車載用電解液の三菱化学．日本政策投資銀行産業調査部の餅友佳里副調査役は「日本は電池メーカー・部材メーカーが二人三脚で最先端の技術開発を進めたので，世界市場で存在感を示す企業が多い」と指摘する．

民生用に比べて，車載用は大型化している上に，安全性がより求められるため，発熱・発火しないよう高い品質・工程管理が求められる．日本勢にとって，技術力の高さを発揮できる市場と言える．

ただし，中国・韓国勢が台頭してきているのは事実だ．この影響は価格面に及んでいる．産業デバイス新聞の調べでは 16 年８～10 月期の国内車載用リチウムイオン電池の単価は前年同期比約２割減だった．競合相手が増えたために，市場は拡大しているものの，価格競争が激化していることがうかがえる．

日本の電池業界では，00 年代に三洋電機（後にパナソニックが吸収）とソニーが民生用リチウムイオン電池で世界シェア１，２位を独占したものの，10 年以降サムスンＳＤＩなど韓国勢に追い上げられた苦い思い出がある．車載用市場の価格競争が過熱すると，巨額の投資が回収できない恐れも出てくる．

電池業界では，価格競争で中韓勢に敗北を喫した過去の例を引き合いに「第二の半導体・太陽光電池にしてはならない」が合言葉になっている.」

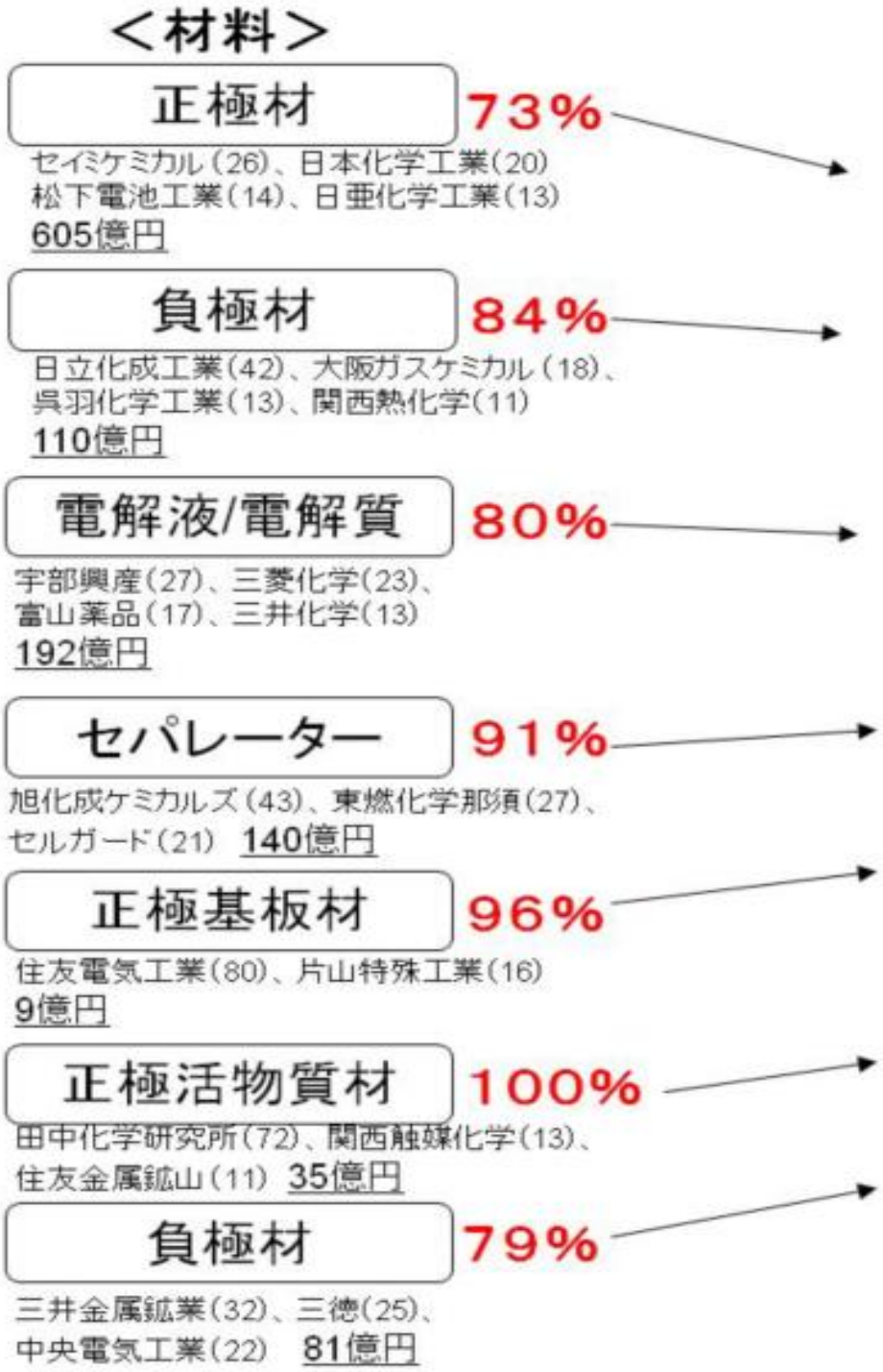


図 6.3-1　2003 年のハイブリッドカーを構成する高度部材に占める日本企業シェア
出展：資源エネルギー庁『蓄電池技術の現状と取組について』2009 年 p.14

以降の節では，電池メーカーへ主要材料を供給する機能性材料メーカーの技術戦略を磁性酸化鉄とメタル粉で取り上げた E 社，F 社および G 社の事例により考察する．メタル粉でリスクの要因となることが明らかになった階層性と不確実性のメカニズムおよび先に得られたリスクに関する仮説を検証する．

付録

2）表 6.3-1　リチウムイオン電池 4 大材料の市場動向，出典 ; 矢野経済研究所　プレリリース（2017.10.17)「リチウムイオン電池主要 4 部材世界市場関する調査から筆者が編集.

6.4　E 社リチウムイオン電池用正極材

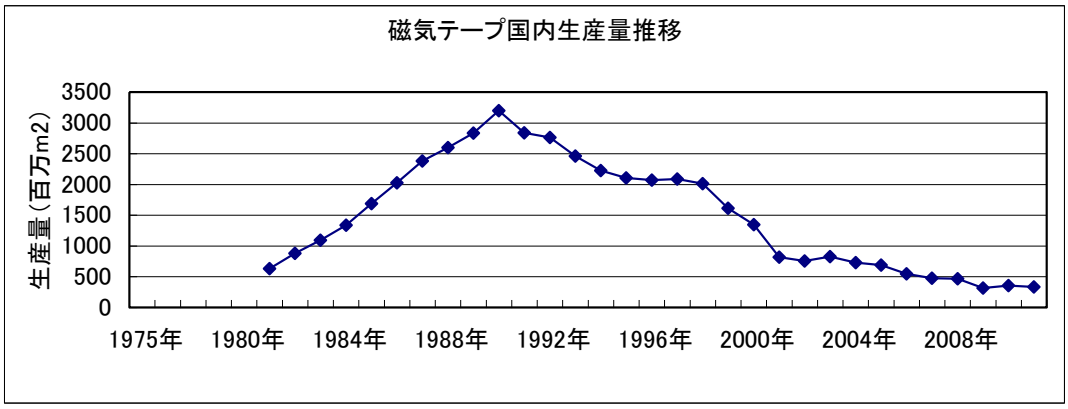
6.4.1　リチウムイオン電池用正極材の開発経緯

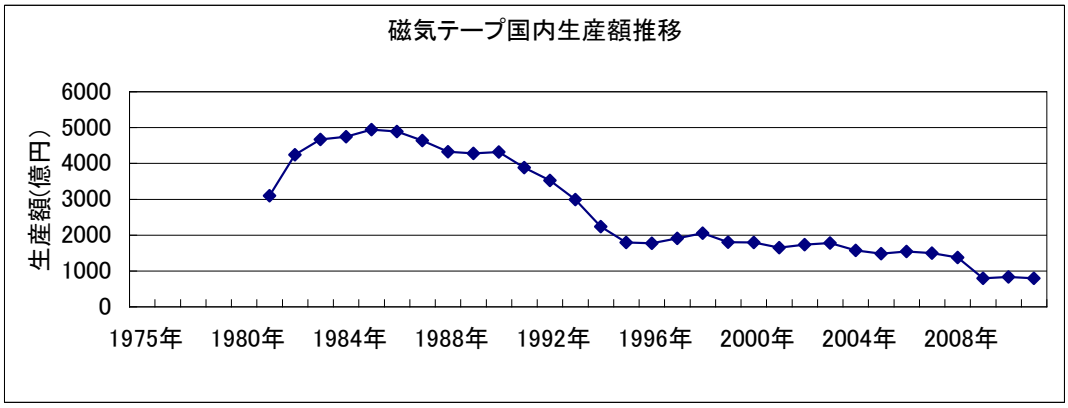
メタル粉事例でも取り上げたE社は 1990 年代からリチウムイオン電池用正極材の開発を行っている．2000 年代に入ってからは創業家社長の戦略によって，リチウムイオン電池用正極材事業に積極的に投資してきた．電池材料に参入した背景としては，1990 年代に磁気テープ産業が急激に縮小し始めたことがある．図 6.4-1 にその状況を示す．コンシューマ磁気テープ用磁性酸化鉄の存在がきわめて大きかったため, E 社と同業の F 社への影響は企業の存続を左右するものであった．企業としての存続と発展のためには，磁性酸化鉄に対応する製品を必要としていた．経営状況という変数を改善する必要に迫られ，新しい資源依存関係を形成する相応の戦略が採られたはずである．

E 社の資料[44]によると，リチウムイオン電池用正極材開発の経緯は以下である．社長交代など 2013 年以降については筆者が追加した．

・90 年代にリチウムイオン電池正極材料の研究に着手
・2000 年から Co3O4 を出発原料とした LiCoO2 の事業を開始
・2002 年に富士化学より LiNiCoAlO2 の事業を引き継ぐ
・2007 年に HC．Starck より Ni(OH)2/LiNiCoMO2/CoOx 事業を継承
・2008 年 Argonne National Lab.と Li-Rich NCM の License 契約を締結，3 成分系の事業化
・2009 年に米国 Michigan 州 Battle Creak に工場建設を開始
・2010 年伊藤忠と前駆体・正極材料構造の JV を設立
・2013 年 3 月 4 日創業家戸田社長から伊藤忠出身の久保田新社長へ交代
・2014 年 6 月 27 日久保田社長から戸田生え抜きの寳來茂新社長へ交代
・2015 年 2 月伊藤忠が出資を引き揚げ，トダアメリカとトダカナダを完全子会社化
・2016 年 8 月 BASF とリチウムイオン電池用正極材事業の合弁化に向けた協議を開始

[44] 荻須謙二（2010）「Li-ion 電池用正極材料の動向」，戸田工業 2010 年 12 月 16 日講演資料





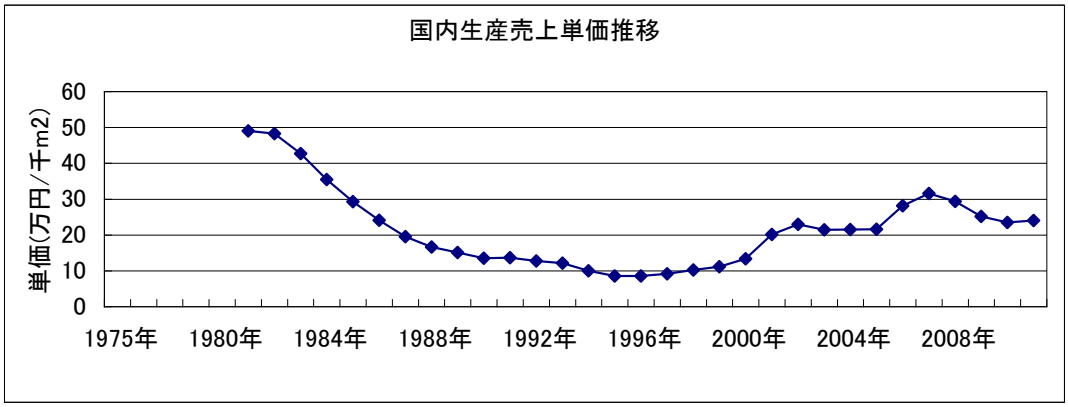


図 6.4-1　磁気テープ国内生産量の推移

出典：磁気テープ工業会(2013 年 3 月末解散）統計資料から筆者作成

6.4.2　E 社の経営状況の推移

E 社の 1990 年から現在までの売上高(図 6.4-2)と経常損益(図 6.4-3)の推移を示す．データは同社の IR 情報から取得した．

磁気テープ市場の急激な縮小にかかわらず，意外にも売上の落ち込みが少ない．テープの国内生産量は急激に減少した(図 6.4-1)が，中国でのテープ生産量の増加に合わせ，輸出した効果がある．しかし，2000 年以降になると，デジタル化によるアナログ用磁性酸化鉄材料は市場が急速に縮小しており，毎年のように有価証券報告書に記載されている[45]．このように自社の存続が懸念されるとき，機能性材料を事業とする企業はどのような経営戦略を策定し，どのように選択していくのか，本研究の重要な課題である．

(a)　売上

図 6.4-2 に売上の推移を示す．磁性酸化鉄市場が縮小していったにもかかわらず，フェライト材料，各種着色剤，二次電池正極材，環境関連事業などの事業が売り上げに寄与して，2004 年でも 247 億円の売り上げを維持していた．その後も，F 社ほどの売り上げの落ち込みはなく，2008 年には 440 億円となった．機能性顔料事業，電子素材事業(電池材料，モーター用フェライト，アンテナ用フェライトシート)市場は拡大基調にあったことにより売り上げが増加した．

(b)　経常損益

図 6.4-3 に経常損益の推移を示す．経常損益を見ると 2005 年に大きく落ち込み，2006 年はやや回復をみている．しかし，2009 年から損失が発生するようになった．2009 年は売上高 390 億円に対し，営業損失 12 億円，経常損失が 28 億円となった．その後も売上は減少傾向にあり，2013 年以降経常利益が出たのは 2015 年だけである．2016 年 3 月は売上 285 億円に対し，経常損失が 14 億円となっている状況である．

(c)　業績推移

図 6.4-4 に純損益の推移を示す．上記 3 つの損益を合わせて，図 6.4-5 を示す．2004 年以降は 2016 年までの 13 年間に 5 回純損益が発生する事態となっている．2004 年の純損失の原因は，アメリカ子会社での不祥事と縮小する磁性酸化鉄設備を新たな事業である二次電池正極材製造設備に転用した固定資産処分損であった[46]．

2009 年は売上高の減少が前期比 11.4%となり，営業損失 12 億円，経常損失 28 億円とな

---

[45] 例えば，2004 年 3 月，戸田工業株式会社有価証券報告書・業績の状況から抜粋；「アナログ用磁性粉末材料は，ＤＶＤ等の普及に伴いＶＨＳ市場が前年同期比で約 25%減と大幅に縮小し，主要顧客の事業撤退が相次ぎ，当社グループにおけるビデオテープ用材料の売上も大幅に減少しました．以上の結果，売上高は 8,079,852 千円（前年同期比 23.8%減）となりました．」

[46] 2004 年 3 月，同上報告書から引用；「アメリカ子会社で発生した使途不明金に対し 592,595 千円を貸倒引当金に計上し特別損失として処理したことに加え，アナログ用磁性粉末材料生産設備の一部を二次電池正極材料用に改造・転用することに伴う固定資産処分損，老朽化した広島工場の生産設備撤去に伴う固定資産処分損，バイエル社との代行製造供給契約解消に伴う補償金の支払い等により，当期純損失は 577,219 千円となりました．」

り，コスト構造スリム化のための特別損失計上も加わって当期純損失が 56 億円となったことが記載されている．

また，2016 年については，売上高が 16.3%減少しながらも原価低減・経費削減活動により営業利益率が改善し，営業利益は 10 億円となっている．しかし，持分法による投資損失，為替差損があり，経常損失が 14 億円となった．さらに，持分法適用の非連結子会社から連結子会社への移行処理に伴い差損が 23 億円，電子素材事業の固定資産における減損損失が 19 億円，法人税等調整額が 13 億円あり，親会社株主に帰属する当期純損失は 68 億 65 百万円となったことが記載されている．

不祥事など不測の事態を除けば，特別損失は事業転換に必要な経費であったと判断できる．2016 年は営業利益が 10 億円でていることから，このままの状態が継続すれば経営は健全化するようにみえる．次節では，2005 年以降の経営判断について，資源依存と戦略の関連性を検討する．

なお，この時期にデータストレージ用のメタル粉を実用化したと記載されている．メタル粉では B 社には対抗できない位置にあったと推測されるものの，前章のメタル粉事例のその後として注目される．

図 6.4-2　E 社の売上高推移

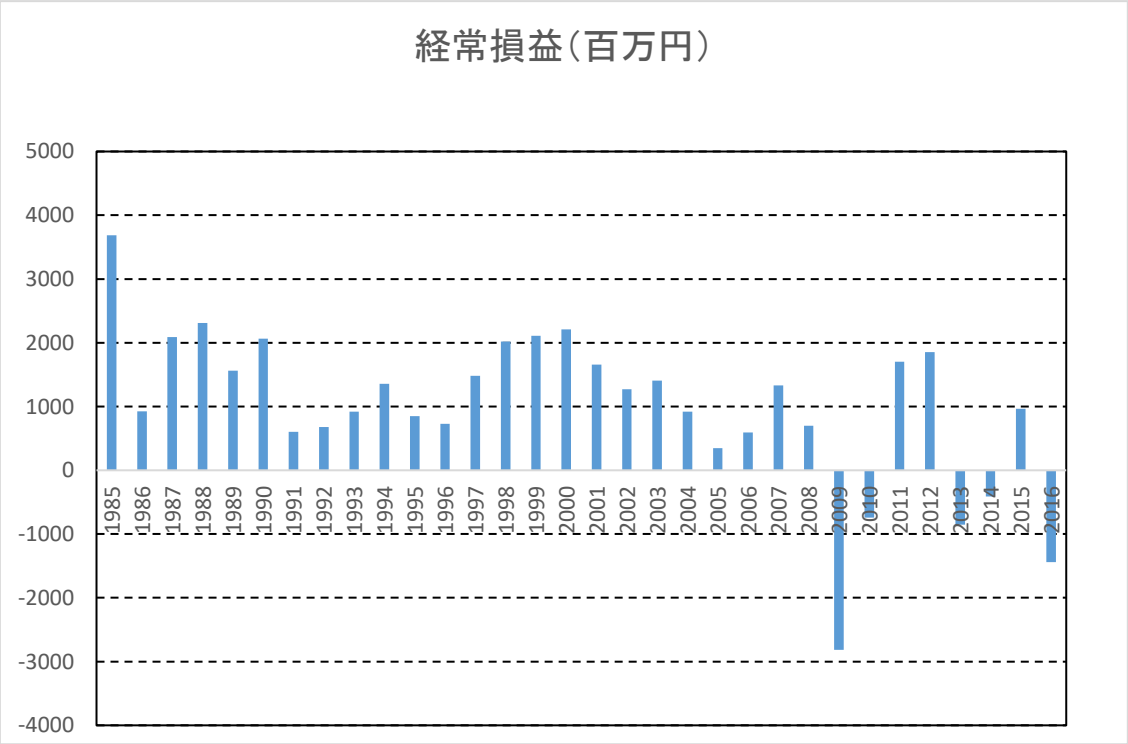


図 6.4-3　E 社の経常損益の推移

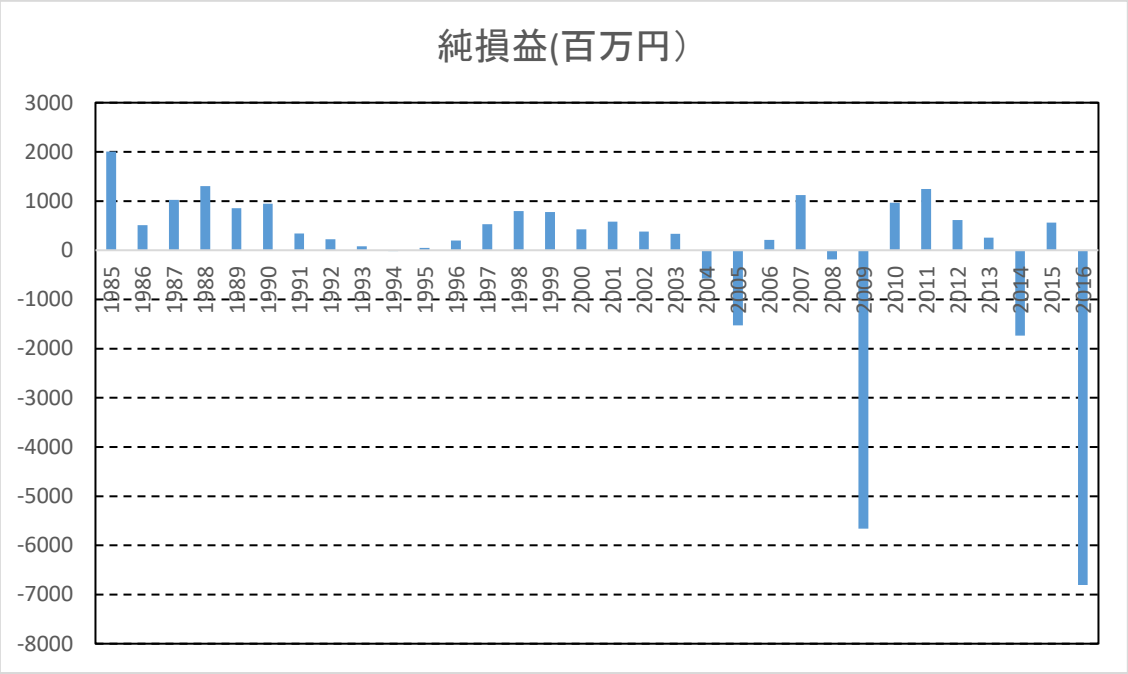


図 6.4-4　E 社の純損益の推移

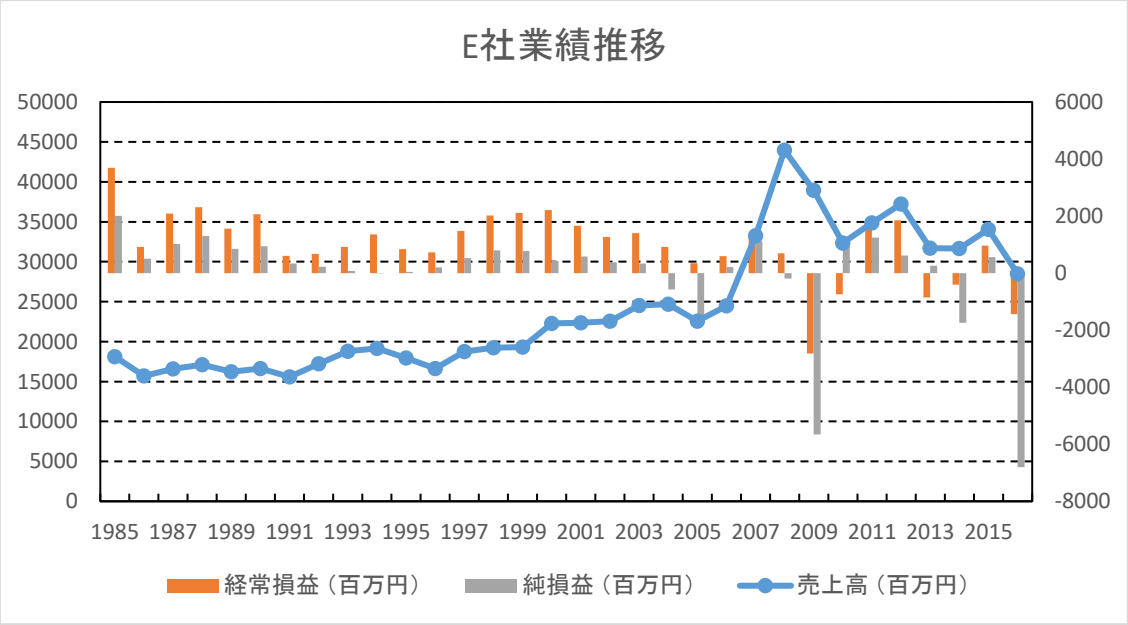


図 6.4-5　E 社の売上高，経常損益，純損益で見る経営状況

6.4.3　E 社の正極材事業とリスクに関する検討

(a)　E 社正極材の背景技術

E 社パンフレットからは, 酸化鉄の合成技術を基盤として展開してきた同社の保有する技術体系が分かる．紛体分野に限定されているものの金属酸化物系の無機化合物合成には多様性があり，強みを持っている．リチウムイオン電池用の正極材料として，コバルト酸リチウム，ニッケル酸リチウム，マンガン酸リチウムを選択している．F 社など酸化チタンを製造する企業はチタン酸リチウムなどチタン酸系酸化物を負極材料として選択している．酸化チタンを持たない E 社としては，リスクを低下させる効果のある無理のない選択である．紛体分野における幅広い多様性を涵養してきた E 社にとって，技術的に不確実性を減じさせ，階層性に係るリスクを低減する効果が期待できる．筆者が先に設定した仮説を支持する事例である．

(b)　市場の不確実性による投資リスクおよびリスク対応

2009 年に米国に工場建設を開始した．リチウムイオン電池正極材の北米事業はリスク負荷が大きかったため，2010 年に伊藤忠と協同で前駆体・正極材料構造の JV を設立する形態を実現した．しかし，伊藤忠は 2015 年 2 月に出資を引き揚げることとなり，E 社は北米事業のトダアメリカとトダカナダを完全子会社化することになった．ところで，2013 年 3 月 4 日に創業家戸田社長から伊藤忠出身の久保田新社長へ交代している．したがって，この資金の引き揚げは伊藤忠の戦略的意図が働いたものであると考えられ, E 社と伊藤忠との決別を意味するものではない．

この出資の引き揚げは BASF との提携を念頭に置いた計画の一環と推論される．2016 年に北米事業を BASF との合弁事業とする提携を開始しているので，この推論の妥当性が裏付けられる．2017 年 3 月期において E 社の発行済株式総数に対する伊藤忠の所有株式数の割合（%）は 20.6%であり，筆頭株主である．以前より E 社は BASF と日本事業で提携していた．世界市場を視野に入れ，さらに BASF との事業提携により，事業も強化を図るという意図が伊藤忠により主導されたと推論する．

2014 年 3 月期 (2013 年度) 決算 事業報告会資料（2014 年 5 月 27 日付）[47]を参照するとこの間の伊藤忠の経営戦略が理解される．この報告会で伊藤忠出身の久保田社長は,「新たな経営」として創業家との決別を大きなポイントとしている．まず，平成 25 年度の総括として以下の 3 点により位置づけている．

① オーナー家社長の退任は．市場で自然に受け入れられた．

② 伊藤忠商事の資本参加は．戸田工業への信頼感をもたらした．

③ 25 年度は業績回復の為の体質改善の最初の一年であった．

---

[47] 2014 年 3 月期（2013 年度）決算 事業報告会資料，新しい事業展開「新たな経営」：
http://v4.eir-parts.net/v4Contents/View.aspx?template=ir_material_for_fiscal_ym&sid=10937&code=4100

リスク低減の方策として伊藤忠による資本参加の効果があったことを挙げている．戸田工業という法人には，伊藤忠の資本参加がリスク低減策となっていることを強調している．オーナー企業のリスク増の側面を重視した見方である．

また，久保田社長は平成 26 年度の 3 つの重点課題[48]として，「リチウムイオン電池正極材料ビジネスの他社との提携」を挙げている．正極材のリーディング・カンパニーをめざし，BASF と提携を進めることを示している．伊藤忠[49]は独自にリチウムイオン電池のバリューチェーンを構築する戦略を採っている．戸田工業への資本参加はこの戦略の一環であると考えられる．付録として表 6.4-1（付録 2）に戸田工業株式会社有価証券報告書・業績の状況から，経営意思を表現した箇所と業績の説明を抜粋した資料を添付する．さらに，表 6.4-2（付録 3）としてテープ用磁性酸化鉄事業の縮小による部門再編の状況を部門ごとの販売実績の推移を示すデータを整理した（筆者作成）．

2016 年 8 月，E 社は北米事業を国内ですでに協業している BASF との共同出資とすることについて協議を開始した．最新の E 社の IR 情報[50]によると危機感を強く持っていることが分かる ．2010 年に行った伊藤忠との合弁による米国事業への投資額は 70 百万ドル(70 億円)であった．2009 年頃の経営状況は不安定であり，多額の投資には提携先を必要とする．不確実性の大きなリチウムイオン電池市場で米国に工場を建設するという戦略はリスクが大きかった．

しかし，E 社単独ではリスクに耐えられないものの，磁性酸化鉄を失った E 社が再度大きく飛躍するためには，大きく成長する可能性のあるリチウムイオン電池市場への挑戦は E 社の将来にとって重要な事業であった．伊藤忠に資本を依存する戦略案のリスクレベルを評価した上で，ある程度のリスクを取ってでも行うべきと判断し，リチウムイオン電池用正極材製造事業戦略を選択したものと推論する．この選択に係る意思決定は，創業家社長

48　平成 26 年度の 3 つの重点課題：リチウムイオン電池正極材料ビジネスの他社との提携
① 2000 年代初頭より，リチウムイオン電池市場の成長を期待して，正極材料に対する設備投資を積極的に進めて来ました．
②戸田工業の主力市場であるＥＶやＥＳＳ市場の成長は，未だ Slow-Moving の状態であり，当初の狙いより遅れています．
③ しかし，2017～18 年に市場が本格的に拡大すると予測される中で正極材のリーディング・カンパニーを目指すべく，ＢＡＳＦと提携を進めています．

49　伊藤忠プレスリリース（2017.5.12）
https://www.itochu.co.jp/ja/news/press/2017/170512.html　（2017.11.26）．

50 2017 年 3 月期戸田工業有価証券報告書：3【経営方針，経営環境及び対処すべき課題等】「ここ数年来，酸化鉄で培った技術を他の素材にも展開し，リチウムイオン電池正極材料，電子部品用材料等へ経営資源を積極的に投入し，新規事業の基盤整備を推し進めてまいりました．高い成長性が期待されるリチウムイオン電池市場は，立ち上がり時期が大幅に遅れているものの，平成 30 年以降急拡大すると見込んでおります．当社グループのリチウムイオン電池材料事業においては，事業の選択と集中をより一層加速させ，またパートナー企業との合弁事業を着実に進めてまいります．一方，北米でのリチウムイオン電池用正極材料事業の合弁化に向けた活動は継続しており，複数の候補先と協議を行っております．」

であったためにできたと考える．しかし，2013 年 3 月 4 日に創業家の戸田社長から伊藤忠出身の久保田新社長へ交代している．戸田工業の発展とリスク低減のため，オーナー企業経営からの脱皮を資本提携先の伊藤忠から迫られたものと推論される．

伊藤忠は 2017 年現在もＥ社の株式の 20.6%の保有を継続し，筆頭株主として支配力は維持している．磁性酸化鉄事業の全盛期と違って，F 社と同様に E 社も資金的に余裕がない状況が続いている[51]．そのため，E 社は北米事業の提携先を探す必要に迫られた．リチウムイオン電池の国内市場ですでに業務を提携していた BASF と合意することができた．BASF もリチウムイオン電池の主要部材を世界中に供給する戦略を選択しており，リチウム酸系化合物正極材の技術力をもつＥ社をよい提携相手と判断したものと推論する．資本と技術による双方を補える資源依存関係を形成したものである．

E 社は自社の存在が懸念されるときに, 新しい技術とまだ成立していない市場を獲得するリスクをとって新規事業に進出した．何もしなければ自社の将来はないところへ追い込まれたため，高いリスクがあっても他組織に依存して資本・資源を獲得して，確立された技術と確定された市場がない新事業へ進出した．なぜならば，高いリスクには大きな飛躍も含まれているため，将来の発展につながる可能性があることによる．

付録

3）表 6.4-1　戸田工業株式会社有価証券報告書・業績の状況抜粋（筆者作成）

4）表 6.4-2　戸田工業の事業再構築と部門別業績推移（筆者作成）

[51]　2014 年 3 月期（2013 年度）決算 事業報告会資料：戸田工業 100 年ステージ-1 への取組の開始,「TSO の目的は，戸田工業が 20 年後の設立 100 年時には嘗ての 1970 年代のような強い体質となり，更に持続的に発展する優れた企業となるべく，その基礎固めを実現するものです.」

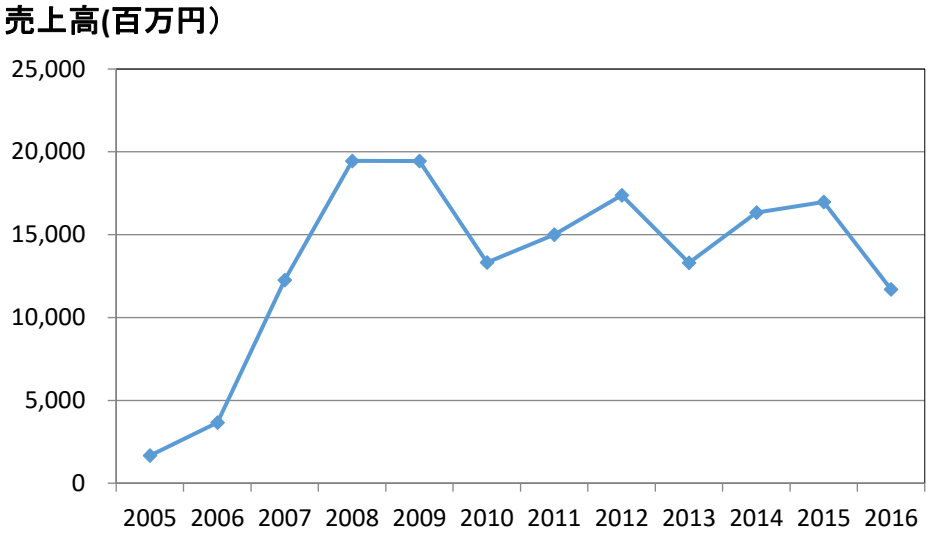


図 6.4-6　E 社電池材料事業化以降の電子素材セグメントの売上推移

図 6.4-6 は電池材料の事業化を実現した後の電子素材セグメントの売上額の推移である．同セグメントの売上は 3 年ほどで売上が 150 億円を超え，全体の売上（図 6.4-2）の増加に寄与したと言える．この意味では，リチウムイオン電池正極材への参入は正しい戦略であった．しかし，営業利益は図 6.4-7 に示すように安定していない．大きな問題である．

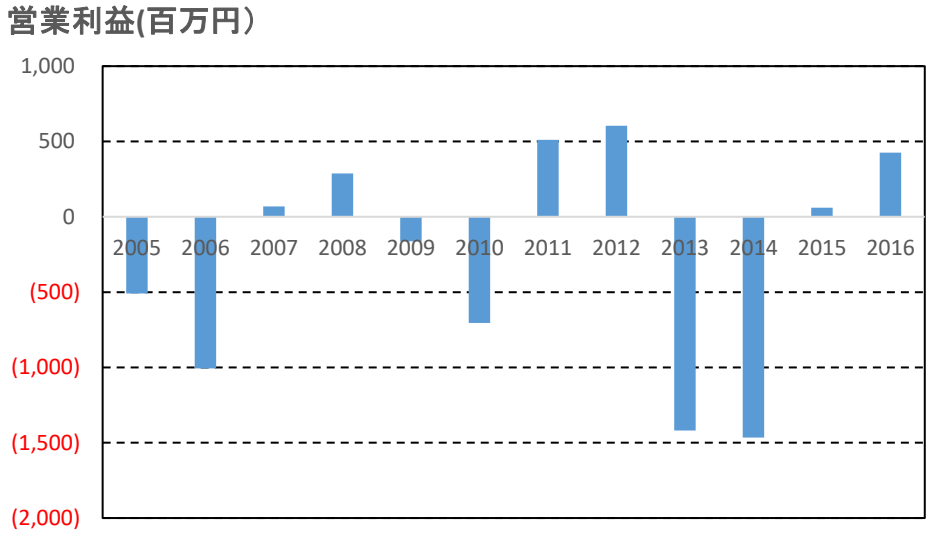


図 6.4-7　E 社電池材料事業化以降の電子素材セグメントの営業利益推移

6.5　F 社リチウムイオン電池用負極材事例　チタン酸リチウム　（LTO）

6.5.1　リチウムイオン電池負極材の開発経緯

F 社は E 社と同じく磁性酸化鉄のトップメーカーとして 1980 年代は好業績の経営を維持した．しかし，1990 年代後半からデジタル化の波により磁性酸化鉄の売り上げが激減したため業績は低迷し，数次にわたる人員削減を行うに至った．

F 社は 1970 年代から磁性酸化鉄事業の拡大に合わせて開発要員を継続して採用し，人員を増員するとともに開発棟および隣接するパイロットプラント棟を建設していった．酸化鉄系と酸化チタン系両方の領域で研究開発を強化していた．1980 年頃から酸化チタンをベースとする各種の複合酸化物の開発も行ってきており，1990 年代末には，かげりが明確になってきた磁性酸化鉄に代わる主力製品を開発する必要に迫られた．そのような環境下，E 社と同じく成長が注目されてきたリチウムイオン電池に着目した．それまでも酸化チタンに関連する多様な技術基盤を有するため，チタン酸リチウムや超微粒子酸化チタンなど機能性に特色あるチタン酸化合物の開発を継続していた. F 社は酸化チタンを製造していたため，E 社と異なりチタン酸リチウムの開発に有利な条件であった．

メタル粉と違い開発研究には既存の設備を利用できる要素が多かった．二次電池作製と性能評価に関する技術的蓄積がなかったので，この点には未知な要素があった．しかし，メタル粉の場合と違って，自社評価と顧客に提出するためのサンプルの量を製造することは比較的容易であった．リチウムイオン電池用負極材に用いるチタン酸リチウム開発の経過を以下に示す．

チタン工業（F 社）のリチウムイオン電池開発経過

・90 年代にリチウムイオン電池用負極材の開発に着手

・1999 年 10 月に 1 件目の特許出願（特願平 11-156483）

・2001 年 10 月に 4 件目の特許出願（特願 2001-333831）この後 2008 年まで出願なし

・2003 年チタン酸リチウムに係る論文投稿 [Nakahara]

・2005 年 5 月東芝がチタン酸リチウムを用いた特許出願（特開 2006-318797）

・2007 年 9 月東芝提案による第 3 者割当増資，調達資金は 4.13 億円[52]

---

[52]　会社四季報 ONLINE2007 年 8 月 30 日引用；チタン工業（4098）は前場，21 円高の 248 円まで買い進まれて 3 日ぶりに急反発し，東証 1 部値上がり率ランキングの第 4 位で引けた．前日 29 日に東芝を引受先として 200 万株の第三者割当増資を実施すると発表，前日同様に富士フイルム向けに第三者割当増資を発表した三菱製紙が逆行高したことを連想し，低位値ごろ株買いが先行した．第三者割当増資は，電子部品に使われる部材の安定供給先の確保を進める東芝が提案し，超微粒子酸化チタンとトナー用酸化鉄へ経営資源を集中，新規事業を育成するチタン工業との協力関係を強化するために実施する．払込期日は 9 月 20 日，発行価額は 209 円で，増資実施後の東芝の持ち株比率は 6.61%となり，稲畑産業の 6.94%に次いで第 2 位の株主となる．調達資金 4 億 1300 万円のうち，約 2 億 7000 万円は長期借入金の一部返済に充て，残りは運転資金に充当する．今 3 月期の業績への影響は軽微としている．東芝は，積極的な M&A を推進，この 1 社のウエスティングハウスは，

・2008 年 12 月 F 社単独で 7 年ぶりに特許出願（特願 2008-318538 ）以後 3 件出願
・2010 年 10 月チタン酸リチウム製造宇部西工場を設立，生産開始，2013 年 13 億円目標

近隣にあった長年にわたる自社の産業廃棄物中間置き場跡地に，新規に製造プラントを建設した．その際には，資金的に以前より苦しくなっていたので，それまで利用していなかった補助金を多く活用した．また，東芝の資本参加を得てリチウムイオン電池の需要先を固めた．

F 社は E 社と対照的に投資額が小さく，米国に工場を建設した E 社とは違って工場も宇部市内に建設した．また，伊藤忠というような商社ではなく，チタン酸リチウムの顧客である東芝を資本提携先に選ぶ戦略を選択した．先にも述べたように F 社元々酸化チタン，汎用合成酸化鉄，磁性酸化鉄の 3 本柱体制を実現していた．一時は 50%を超える寄与をしていた磁性酸化鉄が急激に縮小した．それでも，酸化チタン事業により何とか企業を存続することができていた．したがって，F 社はリスクに対して慎重であり，受容できるリスクレベルは E 社より低いと推論される．

6.5.2　東芝のリチウムイオン電池と材料メーカーの事例

以下の事項は公開情報による．F 社はチタン酸化合物の用途拡大を図るため，1990 年代からリチウムイオン電池の負極材としてチタン酸リチウム(LTO)の研究開発を行っていた．自社での電池特性評価技術確立と合わせて，特性を徐々に向上させながら，電池メーカー各社へサンプルワークを行ってきた. F 社の LTO は酸化チタン製造工程の派生物質であり，製造方法も既存製品とそれほど大きな違いはなく，メタル磁性粉のケースと異なり，試作品の提出やスケールアップにおいて障壁は大きいものではなかった．サンプルワークを実施する中で，安定性と安全という東芝の技術思想に適合する負極材として有力であることがはっきりしてきた．その結果，F 社の LTO は東芝に採用され，SCiB を構成することになった．

一方，セパレータメーカーの G 社も同時期に電池各社にサンプルワークを行っていた．G 社のセパレータは競合する微多孔膜に比較して，イオン拡散と耐熱性に優れる特徴を売りにして採用に至った．

東芝は F 社チタン酸リチウム（LTO）を負極とし，微多孔膜ではない G 社セパレータを用いたリチウムイオン電池を開発することができた．安全，高出入力，長寿命を特徴とする SCiB を車メーカーにアピールできることとなり，LTO は電圧が低い欠点があるにもかかわらず 2012 年ころから人気が上昇した．

東芝の SciB の負極材として採用されている F 社の材料は LTO である. 先に記述の通りこの材料開発に関連して，東芝は F 社の第三者割当増資を引き受けた．F 社は資本の一部を

原子力発電関連ですでに即戦力となっている．業績低迷，無配の続くチタン工業の強力サポーターとなる期待も高まり，株価底上げを後押ししよう．

依存することにより，東芝との関係強化をめざした（図 6.5-1）．東芝にすでに採用されている負極材 LTO を容易に変更されないことを目的とした戦略である．

現段階では，業績に寄与しているので，F 社がリチウムイオン電池用負極材としてチタン酸リチウムを設定し，さらに東芝との資本提携を選択した戦略と決断は成功していると言える．2.2 で紹介したように Davis（2009）は ’Resource Dependence Theory: Past and Future’ において，長い休眠期間にあった資源依存理論が再び注目されるべき状況にあることを指摘しており，E 社の伊藤忠，BASF などとの連携戦略および F 社の東芝との提携も Davis の認識を支持する事例である．

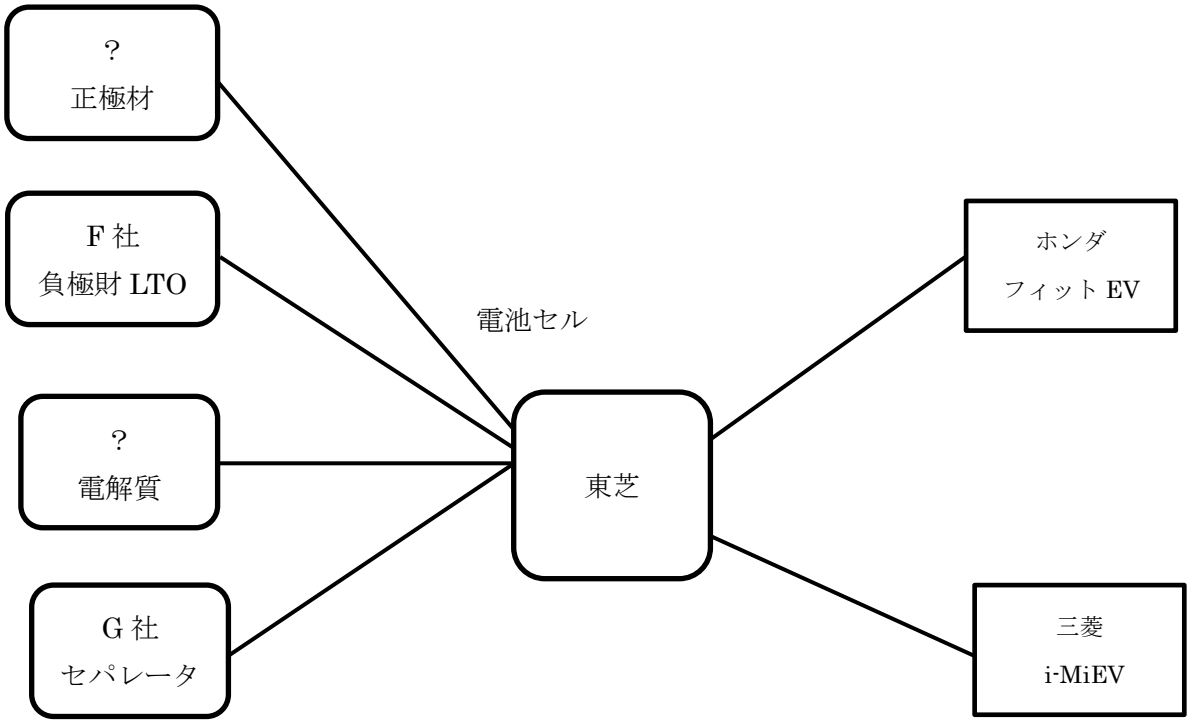


図 6.5-1　自動車メーカー，東芝，部材供給メーカーの関係性

参考文献

Li イオン電池材料編　中国新興材料メーカーの台頭で，消耗戦に突入
http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20140528/354687/

Kiyoshi Nakahara, Preparation of particulate Li4Ti5O12 having excellent characteristics as an electrode active material for power storage cells, Journal of Power Sources, Volume 117, Issues 1–2, 15 May 2003, Pages 131–136

伊藤忠（2010）　「伊藤忠との提携」 https://www.itochu.co.jp/ja/news/press/2010/100319.html
大久保隆弘（2010）『電池覇権』東洋経済新報社.
小久見善八（2008）『リチウム二次電池』オーム社.
金村聖治（2010）『自動車用リチウムイオン電池』日刊工業新聞社.
技術戦略研究レポート「車載用蓄電池分野の技術戦略策定に向けて」TSC Foresight Vol.5（2015）
経済産業省，次世代自動車戦略研究会電池戦略ワーキンググループ（第 1 回）-配付資料，2009 年 12 月 7 日，http://www.meti.go.jp/committee/materials2/data/g91204bj.html（2017.11.3 閲覧）
経済産業省蓄電池戦略プロジェクトチーム（2014）「蓄電池戦略」.
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター（TSC）
高見則雄（2014），「安全，高出力，長寿命なチタン酸リチウム負極系二次電池の開発と応用」，第 54 回電気化学セミナー『蓄電池ビジネスの新戦略：多様な実用電池の作動原理から開発ターゲットまで』，電気科学会関西支部
種市房子（2017）週刊エコノミスト 2017.2.14 号
https://www.weekly-economist.com/2017/02/14/%E7%89%B9%E9%9B%86-%E9%9B%BB%E6%B1%A0%E3%83%90%E3%83%96%E3%83%AB%E3%81%8C%E3%82%AD%E3%82%BF%E3%83%BC-2017%E5%B9%B42%E6%9C%8814%E6%97%A5%E5%8F%B7/
戸田工業 2017 年 3 月期有価証券報告書：
http://v4.eir-parts.net/v4Contents/View.aspx?cat=yuho_pdf&sid=2538082
特許庁（2009）「平成 21 年度特許出願技術動向調査報告書　リチウムイオン電池」要約版
戸田工業の技術：http://www.todakogyo.co.jp/src/pdf/company/toda-company-profile.pdf.
戸田工業の財務：http://www.todakogyo.co.jp/ir/highlights.html.
西美緒（2009）「Li イオン電池古今東西」第 1 回ー第 6 回，『日経エレクトロニクス』.
NEDO（2013）「NEDO　二次電池技術開発ロードマップ　2013」.
森元美稀 日経テクノロジーオンライン 2017 年 9 月 25 日掲載
https://www.nikkei.com/article/DGXMZO21486690V20C17A9000000/
山本連三（2014）「リチウムイオン電池材料編・中国新興材料メーカーの台頭で消耗戦に突入」『テクノ・システム・リサーチ・レポート』日経テクノロジーオンライン，2014.5.30
吉野彰，（2004）『リチウムイオン電池物語』シーエムシー出版.
吉野彰・宮本宏尚（2010）「リチウムイオン二次電池の開発事例に学ぶ技術・事業開発とリーダーシップ」『上級 MOT 短期集中研修「戦略的マネジメント研修」について』第 17 回，株式会社東レ経営研究所.

付録

2)　表 6.3-1　リチウムイオン電池 4 大材料の市場動向

3)　表 6.4-1　戸田工業株式会社有価証券報告書・業績の状況から抜粋

4)　表 6.4-2　戸田工業株式会社の事業再構築と業績の推移

第 7 章　機能性材料事例 3：分類 2 その 3

機能性酸化チタン

第 7 章の着目点は 3 番目の材料事例としての事実の記述である．酸化チタン各社は，メタル粉と同じ時期，1980 年代初めから汎用酸化チタンをベースとして，光触媒や超微粒子酸化チタンなど機能性材料としての開発を開始した. F 社も相当早い時期から光触媒と超微粒子酸化チタンに関する研究開発を開始している．紫外線による光触媒効果を利用する防汚機能，紫外線遮蔽機能など長期間にわたり開発を行った.

F 社は紫外線遮蔽機能酸化チタンに関しては事業化に至ることができた．F 社の機能性材料開発における変数をメタル粉，リチウムイオン電池事例と比較考察するため，この章では機能性材料の 3 つ目の事例として機能性材料酸化チタンの事例を記述する.

F 社の議論の前に，F 社の機能性材料酸化チタン開発の背景となる光触媒の開発に関する全体的な動きを確認する必要がある.

7.1　酸化チタン製品の現状

汎用酸化チタン

汎用酸化チタンと光触媒に代表される機能性材料としての酸化チタンに区分して記述する. 酸化チタンはおよそ 100 年前に欧米で工業化された[53]. 汎用酸化チタンは顔料として 100 年以上にわたり塗料，インキ，プラスチック，製紙，化学繊維，ゴム，絵具，クレヨン，化粧品，陶磁器，電子材料等の多様な用途に用いられている基礎的資材である．なお，チタン・コンデンサの品質管理で材料となる酸化チタンの不純物管理の重要性を認識した村田製作所は材料の管理方法を構築していった．高純度酸化チタンは村田製作所創立後の早い時期からセラミック・コンデンサ用として酸化チタン各社から村田製作所へ供給されてきた．酸化チタンメーカー各社と村田製作所は長年にわたり密接に協力関係を維持しており[54]，この歴史的経緯は機能性材料へつながる事象として重要である.

---

[53] 『チタン工業 60 年史』から抜粋引用：序章 I，pp.5-9,「1908 年ノルウエー政府はイルメナイト鉱石の用途開発に補助金を与え，研究を開始した．1914 年に硫酸処理法により二酸化チタニウムを分離することに成功した．1918 年にチタン社が創立され，チタン白顔料の製造が始まった．第一次世界大戦後の 1920 年代から 30 年代にかけて，酸化チタン産業はナショナル・レッド社(米)，IG ファルベン社(独)，ICI(英)など欧米の企業を中心に展開され，国際チタンカルテルが世界を席巻する状況となった．その頃，市場参入の機会をうかがっていたデュポン社は複雑な操作を経て，自ら製造に参入し，ナショナル・レッド社とデュポン社が激突することとなった．1930 年代前半までにナショナル・レッド社を中心とする「チタン・ファミリー」とテール・ラール社を軸にする「プルマンフェルド・グループ」とのバランスの中で推移した．しかし，両者は競争よりも協調を選択した．1936 年 IG ファルベルの子会社で東洋地域の販売総代理店であった独逸染料合名会社がチタン社，IG ファルベン社，チタン・ゲーゼルシャフト社，テール・ラール社，タン・シュローズ社との一括的代理店契約を結んだ.」

[54] 猪木武徳，西島公（2006）:「碍子からファインセラミックスへ― 村田昭研究（序）― 」企業家研究（第 3 号），(2006.6)，p.48. 村田には「「良い電子機器は良い部品から，良い部品は良い材料から実現される」という信念があったからである.」と記している.

国内では石原産業，堺化学工業，テイカ，チタン工業（事例 F 社），富士チタン工業などが製造企業である．世界的には，デュポン社，クリスタル，ハンツマン，クロノス，トロノックスが主要大手である．そのほか，中国には硫酸法により製造する多数の酸化チタン企業がある．

7.2　機能性材料としての酸化チタン開発の経緯　事例 3-1　光触媒酸化チタン

光触媒用機能性酸化チタンの成功の技術的ポイントは次の 2 つである．7.2 ではこの経緯を記述する．

ポイント 1：光励起超親水化現象を契機とする実用化　TOTO 主導

ポイント 2；可視光応答型光触媒の開発

7.2.1　光触媒作用の発見

藤嶋（2006）が「光触媒の発見から現状，そして将来展望」に解説しているように，機能性材料としての酸化チタンの研究開発は，1967 年に本多と藤島が発見し，1969 年に「工業化学雑誌」および 1972 年に「Nature」に発表[55]された「本多・藤島効果」が一つの起点と考えられる．

ただし，アナターゼ型酸化チタンの触媒作用については酸化チタンメーカーや塗料メーカーなど関係業界では以前からよく知られており，むしろ塗膜の劣化いわゆるチョーキングを抑制するため，酸化チタンの表面にシリカ・アルミナ層を形成するなどの方法により触媒作用を抑制する技術開発が継続されていた．野坂（2011）は光触媒と光電気化学の科学史として，それら関連分野の進歩の歴史をまとめている．1911 年には光触媒に対応する現象が報告されており，100 年の研究の歴史の上に今日の光触媒の現状があることが分かる．

7.2.2　機能性材料としての酸化チタン

機能性材料としての酸化チタンの研究と開発は表 7-1 に示すように，下記 3 つの事柄が大きく作用して行われてきたとの見方ができる．

（1）酸化チタン光電極による水の分解現象である**「本多－藤嶋効果」発見**(1967 年)

（2）酸化チタンによる「**光励起超親水化現象**」発見（1997 年）

（3）紫外線遮蔽機能と**紫外線有害性に対する社会的ニーズの発生**（ケア化粧品）

なお，藤嶋（2004）によれば光触媒としての発展に寄与しているのは，（2）の「光励起超親水化現象」の発見である[56]．「光励起超親水化現象」が自然界に法則として存在しなければ，酸化チタンの光触媒作用である本多・藤島効果は学術的事象にとどまり，実用化に至らなかったと考えられる．また，この超親水化現象が存在しても現状で発見がなかったとすると不存在の場合と同様にいまだに実用化には至っていないはずである．なぜならば，

---

[55] 文献：A. Fujishima and K. Honda: Nature, 238 (1972) 37.

[56] 藤嶋（2004）:「二酸化チタン光触媒の研究開発動向」，p.347

（1）の太陽光の紫外線による水の光触媒分解は水素発生の手段としては足りないことが明らかになり，水素発生は 1980 年までにいったん低調となっている(藤嶋 2006)[57].

光触媒向機能性材料としての酸化チタンの開発は，酸化チタン専業企業だけでなく住友化学など総合化学企業においても行われた．また，藤嶋・橋本を中心とする東京大学による学術的成果および彼らと TOTO との共同研究による産学の連携の効果はもちろん不可欠であるが，材料企業だけでなく TOTO など用途側企業による製品開発が行われ，むしろ用途開発が主導する形により光触媒の産業化は成功したと考えられる．

また，（3）の紫外線遮蔽機能は，酸化チタンに限らず酸化亜鉛などの無機系材料をサブミクロン以下の超微粒子として，光散乱による反射効果を利用することにより発現させる．肌に塗布する化粧品に配合する際には，光触媒とは逆に光励起による活性酸素の生成は抑制する必要がある(佐藤 2006).

紫外線遮蔽については紫外線遮蔽機能の開発は光触媒とは別に F 社始め酸化チタン各社は 1980 年頃にはすでに地道に実験を積み重ねていた．坂本他（1995）は地道な実験結果として，酸化チタンの紫外線遮蔽に及ぼす粒子径の影響として報告している．

この章では，機能性材料の第 3 の事例として機能性材料酸化チタンとして光触媒用酸化チタンと紫外線防御用超微粒子酸化チタンの開発の経緯を記述する．

7.2.3　光触媒実用化には 30 年

表 7.2-1 に光触媒酸化チタンに関する開発経緯を示す．本多・藤島効果が発見されてから光励起超親水化現象の発見を得て，実用につながるまでは 30 年の年月を要した．70 年代から 80 年代はオイルショックの影響もあり，光触媒による水分解の研究が世界中で行われた．現在も一部の研究者が続けているが，前述のように太陽光の紫外線で水素を発生するには少な過ぎるため，水分解は実用化に至っていない．

しかし，藤嶋（2006）によれば，有害物質の分解成功（Watanabe et al.，1993）により，「多量の物質を相手にするのでなく分子の数で見れば微量な環境汚染物質を対象にする(橋本他 1997)という発想の転換」により，光触媒効果の応用への道が開いた．TOTO による「光励起超親水化現象」発見を契機として TOTO との共同研究が軸となり，光触媒の実用化は進んでいった．

---

[57] 藤嶋（2006）:「光触媒の発見から現状，そして将来展望」で「真夏の太陽光で，酸化チタンの光励起に有効な紫外線の光子密度はおよそ 6×10－3 mol m－2min－1 である．太陽光によって 1mol（18 mL）の水から酸化チタンによる光分解で水素を発生させようとした場合，10 分間で反応に必要な光子数を得ようとすれば，5.8 m×5.8 m 程度の受光面積が必要.」としている．

表 7.2-1　光触媒機能に関する開発経緯

西暦	機能性酸化チタンに関連する出来事
1961	
1962	
1963	
1964	
1965	
1966	
1967	**「本多－藤嶋効果」発見**
1968	
1969	
1970	70 年代から 80 年代は光触媒による水分解の研究が行われた.
1971	
1972	
1973	
1974	
1975	
1976	
1977	
1978	
1979	
1980	可視光応答型光触媒の研究が各社で実施される→　80 年代
1981	F 社も超微粒子酸化チタンの研究を幅広く展開していった.
1982	
1983	
1984	
1985	
1986	
1987	
1988	
1989	防汚・抗菌効果に注目したセルフクリーニング技術開発→　90 年代
1990	
1991	**TOTO（渡辺俊也）と東京大学・藤嶋研（橋本和仁）共同研究開始**
1992	
1993	TOTO 抗菌作用を持つ**「光触媒タイル」の実用化に成功.**

1994	
1995	橋本ら（TOTO・東大）が光触媒による「**光励起超親水化現象**」発見
1996	
1997	TOTO 抗菌タイル発売，市場拡大始まり．橋本ら論文 Nature 掲載.
1998	住友化学可視光応答性製品開発開始
1999	
2000	
2001	
2002	
2003	住友化学可視光応答型酸化チタン開発とパイロット設備設置
2004	
2005	
2006	光触媒工業会発足(2016 年 6 月現在 123 社)
2007	2012 年商品搭載めざし NEDO 可視光応答型光触媒プロジェクト. F 社は紫外線応答型の光触媒酸化チタン事業を住友化学に譲渡.
2008	JIS 標準化完了
2009	ISO 標準化活動．住友化学可視光応答型タングステン系光触媒 ILUMIO
2010	
2011	
2012	
2013	理科大光触媒国際研究センター開設
2014	
2015	
2016	
2017	代表的な機能性酸化チタン製品の種類（酸化チタン各社とも共通） 超微粒子酸化チタン 光触媒酸化チタン 高純度酸化チタン

7.2.4　TOTO の登場と役割

光触媒については，多くの文献と著作がある．光触媒の実用化に関しては TOTO の活動を抜きに語ることはできない．本節では，主として大学側の当事者である藤嶋昭，橋本和仁および TOTO 側の代表として渡部俊也の著作を参照した. 藤嶋（2006）, 上島・藤島（2004）藤嶋（2002）を参照すると，下記 7 つが重要な事項と考えられる．なお，TOTO の光触媒に係る技術戦略と技術経営は興味あるテーマであるが, 本研究の目的からは外れるの

で背景事象としての記述にとどめる．

ポイント 1：1992 年産学連携，東京大学藤嶋研究室での出会い（1991 年橋本と渡部）

ポイント 2：1993 年光触媒タイル実用化

ポイント 3：1997 年 TOTO 実験室における光励起超親水化現象の発見

ポイント 4：光励起超親水化現象に関する藤嶋研との共同研究と論文発表

ポイント 5：光励起超親水化現象の優れた事業化戦略

ポイント 6：光触媒工業会の設立

ポイント 7：産官学の組織化と優れたマネジメント[58]

産官学の練化粧品については，NEDO 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価委員会「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」事後評価報告書の総合評価に脚注 6 のように記述されている．

参考；

TOTO 光触媒と TOTO のとりくみ｜TOTO の環境浄化技術 ハイドロテクト
http://www.toto.co.jp/products/hydro/about03.htm

TOTO 光触媒工業会(PIAJ)と製品の性能表示について
http://www.toto.co.jp/products/hydro/about04.htm

TOTO における光触媒の開発と事業化　渡辺俊也，米山茂美
http://watanabelab.main.jp/wp-content/uploads/1ba6b3f41dc470e28916e067fb5c61d5.pdf
（2017.5.4 閲覧）

光触媒工業会　http://www.piaj.gr.jp/roller/

NEDO 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価委員会「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」事後評価報告書，平成 25 年 3 月．
http://www.nedo.go.jp/content/100536422.pdf　（2017.5.6 閲覧）

渡部「TOTO における光触媒の開発と事業化」
http://watanabelab.main.jp/wp-content/uploads/1ba6b3f41dc470e28916e067fb5c61d5.pdf
（2017.5.6 閲覧）

7.2.5　産業の形成

渡部の資料「TOTO における光触媒の開発と事業化」(以下文献資料 W1 とする)によると，TOTO は技術広報を積極的に行うという戦略を実施した[59]．さらに，1996 年 9 月には出願特

---

[58] NEDO（2013）「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」事後評価報告書から p.4，1）総合評価を引用：プロジェクトリーダーの強力なリーダーシップにより，プロジェクトは見事に推進され，大きな成果を残している．－中略－　プロジェクト終了後の事業展開を視野にいれたコンソーシアム構築は，プロジェクト期間内だけでの研究開発で終わることなく責任を持って事業化する意思を示し，かつ実際的な行動に移行しており，NEDO プロジェクトのひとつの理想的な終了形態を示していると高く評価する．

[59] 渡部文献 W1「TOTO における光触媒の開発と事業化」引用： p.9,「ＴＯＴＯは 翌 7 月から積極的な技術広報を行っていた．まず，新聞各紙に「技術広報」を行った．その翌日には「技術パートナ募集」と

許を公開している．これらの施策の効果は大きく，TOTO 主導により光触媒の利用の開発に参加する企業が増加していった．また，TOTO は海外も含めてライセンス事業も積極的に展開した．渡部は資料 W1 の p.20 に TOTO の 2003 年頃の光触媒ビジネスを自社既存事業，新規事業での自動車用品や家庭用品，ライセンス事業，そして合弁会社での塗料の販売・施工事業の 4 つに整理して説明している．

上記の事業戦略の成果により，光触媒が産業として形成されたことを受け，業界団体として光触媒工業会が 2007 年に設立された．設立の目的は「光触媒技術の応用と拡大と認知活動を通じて製品の普及を図り，技術の向上と高品質な製品の供給による健全な市場形成を促すことにより関連産業の発展と国民生活の向上に寄与することを目的とする.」である[60]．光触媒を産業として基盤を確立する手法として評価できる戦略であった．

7.3　光触媒材料に関する材料メーカー各社事例の比較と考察

7.3.1　酸化チタン各社の比較

表 7.3-1 は現在，酸化チタン専業 4 社が事業化している機能性材料製品の種別である．4 社とも超微粒子酸化チタンおよび紫外線遮蔽機能（化粧品用）の実用化を達成している．市場はそれぞれにそれまでの経緯により住み分けていると推測される．光触媒用途はごくわずかの塗布密度で効果があるので，材料自体の市場規模は小さい．使用先である TOTO とその関連企業および建材メーカーに依存していると思われる．川上の材料市場が小さいので，用途先の使用に依存する構造にならざるを得ない．

表 7.3-1　酸化チタン専業 4 社の機能性材料製品の種別

石原産業	堺化学	テイカ	チタン工業（F 社）
超微粒子酸化チタン	**触媒用途（光）**	**微粒子酸化チタン**	**超微粒子酸化チタン**
超微粒子酸化亜鉛	遮熱用途	微粒子酸化亜鉛	（アナターゼ型：電子写真用トナーの添加剤）
導電性材料	ガラス研磨材	表面処理製品	
光触媒酸化チタン	**化粧品用途**	**光触媒用酸化チタン**	
高純度酸化チタン	ゴム用途	赤外線遮蔽酸化チタン	**化粧品用超微粒子酸化チタン**（ルチル型：UV カット）
高純度四塩化チタン	シーリング用途	縮合リン酸アルミ	
触媒用酸化チタン	製紙用途		

いう一面広告を日本経済新聞に掲載した（図表 8 参照）. また, 自社のホームページでもこ技術を紹介し, インターネットで開示していった．通常，メーカーの広報は，新しい製品が開発された際に行われることが普通だが，このときに行ったのは「超親水性技術を開発した」という技術についての広報であった．そして，開発した新技術を自社製品にも使うが，積極的に技術供与するという趣旨の内容を添えた.」

60　活動内容を引用： 1.光触媒製品の標準化及び規格化の推進．2.光触媒製品の品質・性能及び安全性向上の推進とそれに伴う製品性能表示の推進．3.光触媒製品の市場認知の推進．
4.光触媒技術の応用拡大及び普及の推進．5.光触媒に関する関連機関，諸団体との交流及び協力．6.消費者団体との連携．
7. 1 号から 4 号までに関する調査，研究，広報及び公演会，研修会の開催．
8.前各号に掲げるもののほか，本会目的達成に必要な事業．

針状酸化チタン ガラスコーティング	電子材料用途		

＊各社ホームページに表示されている機能性材料製品を引用（2017.5.4 閲覧）

酸化チタン各社と関連業界の主要企業による特許出願の件数推移を APPENDIX　5）に表 7.3-A として示した．表 7.3-A は光触媒 AND 酸化チタンを検索語とした TOTO，住友化学および酸化チタン各社の出願件数の推移である．

補足；なお，同じく APPENDIX の 5）に示した表 7.3-B は紫外線 AND 酸化チタンを検索語とした TOTO，化粧品各社および酸化チタン各社の出願件数の推移である．

表 7.3-A を見るとまず TOTO の出願件数が 337 件と突出して多い．渡部俊也（APPENDIX 第 7 章　付録資料 2）に記載される出願戦略を裏付ける数値である．次いで，住友化学が 73 件，石原産業が 56 件と多い．酸化チタン各社とも 90 年代に集中しており，この期間に開発に注力したことを示している．2010 年以降は酸化チタン各社の出願はなくなり，光触媒材料としての開発は一段落したと考えられる．TOTO の渡部が記述しているように，光触媒を使った製品やシステムにおける光触媒酸化チタン自体のコストは極めて僅かであり，材料メーカーの売上に対する比率は小さいこともあって，魅力ある市場であるとは言えないことが影響している．

＜機能性材料酸化チタンに関する F 社の動き＞

ポイント 1：1980 年代初頭から超微粒子酸化チタンと光触媒機能の開発を行っていた

ポイント 2：2000 年代紫外線遮蔽用超微粒子酸化チタンの販売が業績に寄与するまで成長した

ポイント 3：2007 年可視光感応型酸化チタンの住友化学への事業譲渡判断と提携

ポイント 4：2007 年 9 月東芝提案による第 3 者割当増資，調達資金は 4.13 億円

ポイント 5：2010 年 10 月リチウムイオン電池用負極材チタン酸リチウム工場完成

F 社はすでに 1983 年に光触媒ではないものの，常温において一酸化炭素と窒素酸化物を無害化除去することを目的とする酸化チタン触媒とその製法に係る出願を行っている（特開昭 60-31827）．1980 年代の初めから微粒子化と表面特性の制御を基本的な要素技術として，触媒機能の制御と用途開発に関する研究を今日に至るまで 50 年近く継続している．この間 1990 年代中期から 10 年あまりの期間主力製品であった磁性酸化鉄市場が急激に縮小したことで業績が悪化し，20 年近く赤字と無配の状態が続いた．しかし，この苦しい期間においても，機能性材料の研究開発はあまり圧縮せずに開発活動を継続した．

＜住友化学とチタン工業＞相互に技術と情報に係る資源依存関係を形成したケース

2007 年，無機酸化物微粒子の共同開発の可能性を検討することでチタン工業 F 社と住友化学は合意した．両社は，住友化学がアルミナ事業で培った析出・焼成技術と，チ

タン工業の持つ表面処理・分散技術を組み合わせて，分散性に優れた無機酸化物微粒子の合成を目指すことになった．具体的には，トナー添加剤用の無機酸化物，IC 基板や積層部品用のセラミックス，アルミナを用いた樹脂充てん材などの開発について検討することになった．

また，2007 年 F 社は紫外線応答型の光触媒酸化チタン事業を住友化学に譲渡した．譲渡先の住友化学では 1998 年から可視光応答型の光触媒を手掛けてきており，この買収で屋内用と屋外用を揃えた事業展開が可能になった．

渡部も記述しているように，光触媒の塗布量は製品コストに対し極めて小さいコストしか必要としない．仮に，製品販売価格の 0.01%とした場合，製品売上額が 100 億円/年の規模であっても光触媒酸化チタンの売上額は 100 万円/年，0.1%であっても 1000 万円/年の売上額しか見込めない．したがって，開発当初から使用量の少なさは懸念される問題点であった．前記の住友化学や TOTO は付加価値を付けられるビジネスモデルを構想したと解される．しかし，小規模な素材製造事業者が紫外線応答型光触媒として酸化チタンを「物」として販売するだけでは販売額が見込めない．そのため，光触媒酸化チタンの製造を事業化することは無理と判断したものと推測する．可視光応答型光触媒の現状については，公表されていないため分からない．

F 社は紫外線応答型の光触媒酸化チタン事業を住友化学に譲渡したことにより，住友化学との提携を実現した（図 7.3-1）．具体的には，相互の技術を補完する無機酸化物微粒子の共同開発という関係を得ることができた．

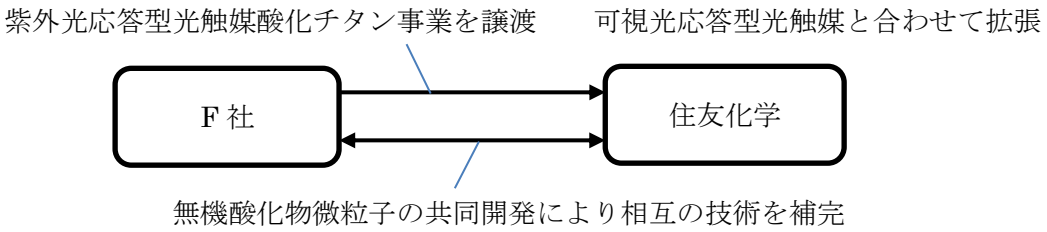


図 7.3-1　F 社と住友化学の組織間関係

7.4　事例 3-2　紫外線吸収酸化チタン

オゾン層の破壊による紫外線照射量[61]の増加について社会的関心が高まり，紫外線の人体への有害性が認識されてきた．紫外線は波長の長いほうから A・B・C と大別される[62]．打越によれば, UVA は照射量が多く肌の奥の真皮層にまで達するので老化現象を引き起こす．UVB は，主に肌の表面で吸収され，サンバーン，サンタン，シミやソバカスの原因になる．UVC は強い殺菌作用があり生体に対する破壊性が最も強いが，オゾン層で吸収され地表には到達しない[63].

打越ら（2014）によれば，日本化粧品工業連合会が 1991 年に SPF[64]測定法基準発行以来，SPF を競う化粧品が多く発売されてきた．また，UVA 防止効果の高い紫外線防御化粧品へのニーズの高まりから，PA[65]が 1996 年に発行された.

このような社会的背景による市場ニーズが高まることにより，化粧品用の機能性材料として紫外線防御機能を顧客に合わせて多様に展開する開発が盛んとなった．紫外線遮蔽機能は光触媒機能とは異なる原理のものである．しかし，技術的には微粒子としての粒径制御（坂本正志ら 1995）や表面性制御による分散性の強化技術など共通の要素がある.

Appendix 付表 7-1-B は紫外線 AND 酸化チタンを検索語とした TOTO，化粧品各社および酸化チタン各社の出願件数の推移である.

F 社も 1980 年代の初めから微粒子化と表面特性の制御を基本的な要素技術として，触媒機能の制御と用途開発に関する研究を今日に至るまで 50 年近く継続している．この間，塗料メーカーや化粧品メーカー始め多くの企業に対して地道にサンプルワークを行ってきている.

化粧品に用いられる紫外線防御材料については，本間の総説がある[66]. 本間を参照すると，

---

61 気象庁　「オゾン層・紫外線」: オゾンは成層圏（10～50km 上空）に多く存在しており，このオゾンの多い層をオゾン層といいます．　オゾン層は，太陽からの有害な紫外線を吸収し，地上の生態系を保護しています．　現在，クロロフルオロカーボン類などから生じた塩素・臭素によるオゾン層破壊が，ほぼ全世界で生じています．　オゾン層破壊は，特に南極域の春季に発生するオゾンホールに顕著に現れています．このようなオゾン層破壊に伴って，有害紫外線（UV-B）の増加による皮膚がんや白内障など人の健康への影響とともに気候への影響も懸念されています.

62 気象庁　http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/uvhp/3-40uv.html

UV-A (315-400 nm)　大気による吸収をあまり受けずに地表に到達します．生物に与える影響は UV-B と比較すると小さいものです．太陽からの日射にしめる割合は数%程度です.

UV-B (280-315 nm)　成層圏オゾンにより大部分が吸収され，残りが地表に到達します．生物に大きな影響を与えます．太陽からの日射にしめる割合は 0.1%程度です.

UV-C (100-280 nm)　成層圏及びそれよりも上空のオゾンと酸素分子によって全て吸収され，地表には到達しません.

63 打越ら（2014）: UVA は，それ自体のエネルギーは弱いが，照射量が多く肌の奥の真皮層にまで達するほど浸透力が高いので，シワやたるみなどの肌の老化現象を引き起こす原因になると考えられている．UVB は，肌の奥の真皮層まで達することはほとんどないが，主に肌の表面で吸収され，サンバーン，サンタン，シミやソバカスの原因になる．UVC は強い殺菌作用があり生体に対する破壊性が最も強いが，オゾン層で吸収され地表には到達しない.

64 Sun Protection Factor : 主として UVB 防止効果を表すサンバーン防止効果の目安指数

65 Protection Grade of UVA　: UVA 防止効果の目安指数

66 本間茂継（2014）「化粧品開発に用いられる紫外線防御素材」引用 : 紫外線ケア化粧品に紫外線防御効果を付与しているのが，紫外線散乱剤，紫外線吸収剤といった紫外線防御素材

紫外線ケア化粧品には紫外線散乱剤と紫外線吸収剤に 2 種類の紫外線防御素材があり，製剤に配合する際，素材の組み合わせや製剤中での分散性などで紫外線防御効果を制御することができる．酸化チタンメーカーが提供する超微粒子酸化チタンは紫外線散乱剤として，紫外線を散乱することにより紫外線を遮蔽している．坂本他（1995）は酸化チタンの紫外線遮蔽機能と粒子径の関係を実験的に詳細に検討し，初めて報告した．ただ，酸化チタン各社は独自に紫外線遮蔽酸化チタンを設計するため，早い時期から紫外線散乱に関する実験データを蓄積してきた経緯がある．

ケア化粧品各社がそれぞれの技術的思想と設定する用途により，目的に応じた効果を得るための工夫が可能である．ケア化粧品メーカーは企業数が多く，製品設計の考え方も多様であるため, F 社のような小規模な中堅企業が多品種少量生産でこまめにサンプルワークする余地が大きい．

F 社は，1990 年代から 20 年近く低迷した業績が近年やっと回復しつつある．業績への寄与は紫外線遮蔽と中心とする超微粒子酸化チタンとリチウムイオン電池用正極材用のチタン酸リチウムが大きい．継続的な研究開発が今日の超微粒子酸化チタン製品の確立と業績への寄与につながったと言える．この間，東芝との資本提携と住友化学との共同研究契約など他組織との提携は不足する資源を他者から得るという資源依存関係の形成による効果を生んだと考えられる．また，これらの提携は自立を棄損するほどの強いものではなく，自律を維持できるものであった．したがって，自社独自の経営戦略を今後も維持できる．

7.5　事例 3-3　チタン酸化合物群　チタン酸リチウム

6 章でリチウムイオン電池用電極材として記述したチタン酸リチウムはチタン酸系の化合物であり，基礎原料として一定の特性の酸化チタンをベースとして，他の金属酸化物成分を目的に応じて配合し，均一に混合後，焼成操作により複合酸化物とする．多くのチタン酸化合物はその製造工程と設備が共通である．

したがって，新規開発に際してもそれほどの投資を必要としなかった．また，技術的にも従来酸化チタン系製品と共通であり，難易度は高くない．むしろ，用途と向け先の電池仕様に応じて特性を微調整するために，製品として使用されて場合の特性を評価する評価技術の開発が重要なポイントである．また，客先の技術的考え方と具体的な特性に合わせることが重要であり，客先との組織間関係が重要である．また，リチウムイオン電池の発展はメタル粉と同様に技術の変化が見通しにくいという特徴がある．そのため，F 社はリスク低減と勢力拡大を意識した提携戦略をとっていると推測される．

7.6　光触媒産業に関する考察

分類 2 における変数の相違点を検討すると下記が着目事項である．

である．紫外線防御素材はこの 2 種類に大別され，このうち紫外線散乱剤は，微粒子酸化チタンや微粒子酸化亜鉛をはじめとした無機酸化物紛体に分類される．一方，紫外線吸収剤は，光反応による構造変化を可能とする共役結合を有した有機化合物に分類される．

①企業間の比較　変数の水準の違いはどうか

②メタル粉との比較　変数の種類はどう違うか，同じ変数で水準の違いはどうか

実用化までの過程で光触媒に関連するいくつかの機能が派生し，多くの商品に展開されていった．例えば，紫外線遮蔽機能材料は F 社の機能性材料として実用化され，多くの化粧品企業へ販売される重要な製品となっている．地球環境と健康の関連から，紫外線から皮膚を防護する需要は減少することはなく，競争は激しいものの市場の拡大は確実である．紫外線遮蔽の需要はオゾン層破壊と健康への関心により，市場の将来性に関する予測の不確実性のレベルがメタル磁性粉とは大きく異なり，市場が確立し成長する可能性は大きい．

光触媒は紫外線遮蔽用と同じく微粒子酸化チタンの工程の途中で派生製品として分岐すればよい．市場が小さくても，販売と製造を環境に応じて工夫すれば利益は確保できる．

同様にリチウムイオン電池用チタン酸リチウムも工程途中から分岐することで製造可能である．原体酸化チタンを多少調整することがあっても同じ設備でも可能であり，従来の生産計画の範疇であり，量的に拡大する場合には専用ラインを増設することで対応できる．

メタル粉は工程から分岐できないので，設備投資に関するリスクレベルが高い．酸化チタン系列の機能性材料とはこの点が異なる．

表 7.3-2　F 社における開発テーマの比較

開発テーマ	技術	原料	市場 成立予測 不確実性	市場 規模予測 不確実性	市場 寿命予測 不確実性
光触媒	酸化チタン	あり	3	3	3
紫外線遮蔽	酸化チタン	あり	2	2	2
チタン酸リチウム	酸化チタン	あり	3 競合物質	2 競合物質	3 技術進歩
メタル粉	なし	なし	3	3	3

参考文献

A. Fujishima and K.Honda, Bull. Chem. Soc. Jpn.,44, 1148 (1971).

A. Fujishima and K. Honda: Nature, 238 (1972) 37.

M. Anpo, Y. Ichihashi, Y. Tamada, H. Yamashita, T.Yoshinari, and Y. Suzuki, Proc. - Electrochem. Soc.,97-20, 331 (1997).

R.Wang, K.Hashimoto, A.Fujishima, M. Chikuni,E.Kojima, A.Kitamura, M.Shimohigoshi, and T.Watanabe, Nature, 388, 431 (1997).

T. Watanabe, A. Kitamura, E. Kojima, C. Nakayama, K. Hashimoto and A. Fujishima

"Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air" ed. by D. F. Ollis and H. Al-Ekabi (Elsevier, Amsterdam, 1993) p. 747.

石原産業　「光触媒」https://www.iskweb.co.jp/products/functional05.html（2017.5.3 閲覧）

石原産業　https://www.iskweb.co.jp/products/functional02.html

猪木武徳，西島公（2006）「碍子からファインセラミックスへ― 村田昭研究（序）―」企業家研究（第３号），（2006.6）.

上塚洋，藤嶋昭（2004）「二酸化チタン光触媒の研究開発動向」，『Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan』，11，347-353（2004）

打越哲郎(2013) 「機能性セラミックス微粒子の紫外線防御機構と特性」，特集「美肌・化粧品のサイエンス」表面科学 Vol. 35, No. 1, pp. 45-49, 2014.

気象庁　「オゾン層・紫外線」http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/ozonehp/diag_o3uv.html（2017.5.3 閲覧）

気象庁　「基礎的な知識　紫外線とは」http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/uvhp/3-40uv.html

酒谷能彰ほか（2003）「可視光線応答型酸化チタン光触媒の開発」，住友化学 2003-Ⅱ，基礎化学品研究所.

酒谷能彰ほか（2009）「高活性型可視光応答型光触媒の開発」，住友化学 2009-Ⅰ，基礎化学品研究所.

堺化学　http://www.sakai-chem.co.jp/jp/products/product_01_04.html#a04

坂本正志（1995）「酸化チタンの紫外線遮蔽能に及ぼす粒子径の影響」, 色材, 68(4), pp.203-210.

佐藤真理　『サトシンの光触媒のページ』,「光触媒の歴史」, http://www.d7.dion.ne.jp/~shinri/histry.html　（2017.4.30）

佐藤次雄（2006）「半導体ナノ粒子の紫外光吸収による活性酸素生成とその制御に関する研究」，コスメトロジー研究報告 Vol.14, 2006.

住友化学　可視光応答型光触媒

住友化学（2007）「無機酸化物微粒子に関する包括的な共同開発等について」https://www.sumitomo-chem.co.jp/newsreleases/docs/20070511_1.pdf

高岡陽一，安藤均（1995）「超微粒子酸化チタン光触媒の開発」表 面 科 学 Vol.16, No.3, pp.209-212,1995

チタン工業社史編纂委員会（1997）『チタン工業 60 年史』.

チタン工業(2007)「紫外光応答型光触媒事業の事業譲渡に関するお知らせ」http://ke.kabupro.jp/tsp/20070511/150b0d30_20070511.pdf

チタン工業　http://www.titankogyo.co.jp/products/ultrafineparticle_ti/

テイカ　http://www.tayca.co.jp/products/micro_titanium/

TOTO 光触媒と TOTO のとりくみ｜TOTO の環境浄化技術 ハイドロテクト

http://www.toto.co.jp/products/hydro/about03.htm
TOTO 光触媒工業会(PIAJ)と製品の性能表示について
http://www.toto.co.jp/products/hydro/about04.htm
TOTO における光触媒の開発と事業化　渡辺俊也，米山茂美
http://watanabelab.main.jp/wp-content/uploads/1ba6b3f41dc470e28916e067fb5c61d5.pdf
（2017.5.4 閲覧）
TOTO　光触媒と TOTO のとりくみ　http://www.toto.co.jp/products/hydro/about03.htm
（2017.5.3 閲覧）
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」事後評価報告書 平成 25 年 3 月，（2013）
http://www.nedo.go.jp/content/100536422.pdf　（2017.5.3 閲覧）
仲村亮正，San-Chul MOON，藤嶋昭（2006）「光触媒の発見から現状，そして将来展望」J. Vac. Soc. Jpn, Vol. 49, No.4, 2006.
日本酸化チタン工業会　http://www.sankatitan.org/index.html
The Titanium Dioxide Manufacturers Association - TDMA：http://www.tdma.info/
NEDO 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価委員会「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」事後評価報告書，平成 25 年 3 月.
http://www.nedo.go.jp/content/100536422.pdf　（2017.5.6 閲覧）
NEDO　NEDO 実用化ドキュメント,「室内でも使える可視光応答型光触媒を開発 衛生的で快適な生活空間を提供」
http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201318sdk/index.html　（2017.5.3 閲覧）
NEDO 「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」
http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201318sdk/index.html　（2017.5.3 閲覧）
野坂芳雄(2011)「光触媒の科学史と近未来」, 第 30 回 固体･表面光化学討論会, 長野, (2011.11)
橋本和仁，石橋賢一，藤嶋昭（1997）「微弱光下の光触媒反応」,『レーザー研究』，第 25 巻 6 号.
馬場靖憲，七丈直弘，槍目優 (2013) 『一橋ビジネスレビュー 』,「パスツール型科学者によるイノベーションへの挑戦 ： 光触媒の事例 (特集 産学連携を問う ： シーズとニーズの新たな結合をめざして) 」，61(3), 6-20, 2013
東洋経済新報社
光触媒工業会　http://www.piaj.gr.jp/roller/
藤嶋昭（1995）「光励起された酸化チタン表面－光触媒反応の新しい流れ」，応用物理第 64 巻 第 8 号(1995).
藤嶋昭（2002）「活躍する光触媒」『軽金属』第 52 巻 第 2 号 pp.34-37，（2002）.
富士チタン工業　http://www.fuji-titan.co.jp/product/index.html

本間茂継（2014）「化粧品開発に用いられる紫外線防御素材」，J.Soc.Cosmet.Chem.Jpn.，特集総説 48(1)，2-10.
渡部「TOTO における光触媒の開発と事業化」
http://watanabelab.main.jp/wp-content/uploads/1ba6b3f41dc470e28916e067fb5c61d5.pdf
（2017.5.6 閲覧）

付録

酸化チタン各社と関連業界の主要企業による特許出願の件数推移を示す.

5）　機能性材料酸化チタン（A）および光触媒酸化チタンの特許出願調査（B）

第 8 章　総合的考察

8.1　総合的検討，市場がある場合と市場がない場合の違い

材料事業の経営プロセスを変数，戦略，組織間関係の相互作用により説明できることを示した．本節では，材料事業の経営戦略と実行のプロセスは経営変数のリスクレベルの違いでどのように変わるのか？市場が存在し既存技術がある場合と市場が存在せずリスクを伴う技術開発が必要な場合とを比較することにより，それらの経営戦略の立案と実行のプロセスの違いを示す．それぞれの代表的事例と考える A 社塩化ビニル事例と F 社メタル磁性粉事例について経営戦略のプロセスがどのように違うのか，比較検討する．

A 社塩化ビニル事例では, K 社との提携後は製法転換により塩素販売が終了するまで順調に業績に寄与した．終了時点まで塩化ビニル事業関係には大きな意思決定分岐点はなかった．しかし，塩化ビニル関係の塩素販売が順調なうちに有機合成化学や石油化学への進出を図り，その間に第二工場の建設構想や M 社（三菱化成）との提携等大きな投資を伴う戦略案を立案し，最終的な戦略を選択する意思決定がなされている．そこで，意思決定に関しては，主として塩化ビニルを起点としつつ有機合成や石油化学に関する意思決定を取り上げた．独自性をめざしつつも有機合成化学製品，石油化学製品は市場と技術が存在し確実に市場の成長が見込まれる場合である．

一方，F 社事例は市場と技術が存在しない場合である．メタル磁性粉の開発決定を起点とし，オーディオ用から 8 ミリビデオに重点を移し撤退に至るまでの経緯における戦略の選択に関する経営プロセスを取り上げた．通常のリスクに加え，市場の将来と技術開発の成否が確実に予測できないというリスクがある．

8.2　市場と技術がある場合，A 社事例の考察

第 3 章の図 3.1-3 に示した仮説モデルである変数-戦略-組織間関係の 3 つの相互関係により一連の経営戦略の選択と実行のプロセスを詳細に分析する．すなわち，第 4 章の A 社事例で示したように，①変数によって戦略が選択され，次に②戦略に応じて他組織との組織間関係が形成され，③選択された戦略が実行されて変数が変わり，④選択された戦略の実行により組織間関係も変化する．そして，⑤変化した組織間関係がさらに変数を変化させるモデルにより，経営戦略の選択と実行のプロセスにおいてリスクレベルがどのように変化を及ぼすのか，第 4 章の A 社塩化ビニル事例と第 5 章の F 社メタル磁性粉事例をベースとして考察する．

（1）塩化ビニル参入

A 社状態 1 から状態 2 への経営戦略の立案・実行

塩化ビニル事例では，A 社が電解ソーダ事業で再起を図る 1940 年代後半すでに欧米諸国では市場と製造技術が確立されていた．戦後の復興と新たな技術の進展により世界的に塩

化ビニル市場の有望性は明らかであった.

第 4 章で記述した通り，多くの日本の化学企業が塩化ビニル事業化に参入する中で A 社も塩化ビニル開発の取組んだ．A 社に関し，環境の変数として塩化ビニル市場とその製造技術はすでに存在し，市場は成長していた．この頃，A 社の変数として経営状態は悪かった．図 8.1-1 に最初の状態 1 から戦略立案実行を経て状態 2 へ移行するプロセスを再度示す.

状態 1 では，経営状態が悪いという変数と有望な市場が存在するという環境に係る変数において，塩化ビニル事業化戦略を立案し実行した．企業の存続と成長のためには過剰塩素の問題を解決することが必要であり，いくつかの放送を模索した．その中で塩素を消費する塩化ビニル事業に注目した．過剰塩素問題の解決と新規事業を兼ね合わせる戦略であった．塩化ビニル参入戦略を選択したことは合理的であることが分かる．しかし，塩化ビニルの量産化には設備投資が必要であったが，資金不足のためやむを得ず一旦断念するしかない状態になった(状態 2).

塩化ビニル戦略を実行するためには，資本を確保する必要があった．図 8.1-1 に示すように状態 1 と状態 2 では資源依存の組織間関係は存在していなかった．他組織から資本と塩素以外の資源を獲得する以外，塩化ビニル参入戦略を実施する方法はなかった．この頃，A 社は古河系列から切り離され，他組織との組織間関係はなかった．そこで，他組織から資本と不足する資源を確保して事業化を進める方針を立てた．状態 2 で自社は資本，技術，原料，設備を持たなかったので，それらの資源を持つ他組織から資源を確保する資源依存関係を形成すれば，持たない資源を獲得することができる.

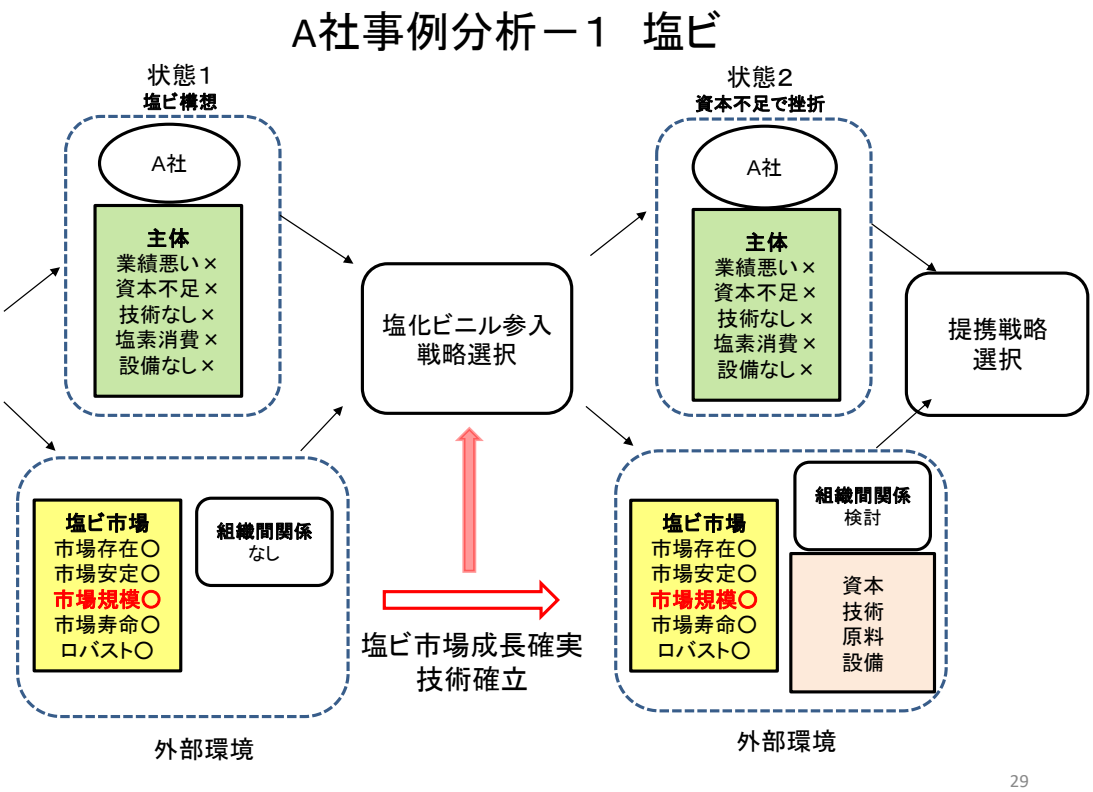


図 8.1-1　塩化ビニル事業化戦略選択

（2）塩化ビニルによる企業基盤確立

A 社状態 3 から状態 4 への経営戦略の立案・選択・実行

状態 3（図 8.1-2）において A 社は，業績は悪く，資本と資源が不足していた．資本と資源確保の手段として K 社との資本提携，自社過剰資源である塩素と塩化ビニル原料の一方であるカーバイドの資源相互依存関係，A 社は土地・人員・ユーティリティーを提供するという協同戦略および組織セットによる組織間関係を形成する案が策定された．そのリスクを評価した．塩化ビニル市場は確実に成長することが見込まれるため，資本提携により資本を獲得て投資しても，きちんと管理を行えばほぼ確実に自社の成長に寄与する．したがって，投資に関するリスクレベルは低いと評価できる．資本，技術，資源を依存することになり，K 社から支配力を受けるリスクはあった．しかし，投資しないで企業が行き詰るよりは成長につながる戦略案を選択する方が企業の存続という観点からはリスクが小さい．成長を実現すれば，自律化の道筋も見えるはずであるので，K 社との資本提携戦略を選択した．

状態 4（図 8.1-2）で K 社と提携し，K 社との資本，技術，原料の資源依存関係を形成した．その結果，経営変数として資本は充足し，K 社資金により工場建設（K 社工場）がなされた．K 社との組織間関係による塩素販売の安定化の効果により経営は改善され，有機合成

化学への進出を実現する基盤ができていった．

ここで戦略選択に際して重要なことは，環境の変数として塩化ビニル市場は確実に成長することが予測できる状況であり，製造技術も確立されていたことである．市場予測の不確実性は低く表 3.1.-1 で区分した 1 のレベルであった．塩素の消費先を確立することは電解ソーダ事業の発展に不可欠な要素であるとともに，塩化ビニル事業も魅力的な開発テーマであった．市場の成長について規模拡大への期待は大きく，将来予測の不確実性はきわめて低かった．他組織から資本および自ら保有しないカーバイド資源を獲得することにより塩化ビニルの事業化を進められるなら，進めてもリスクは小さい状態であった．

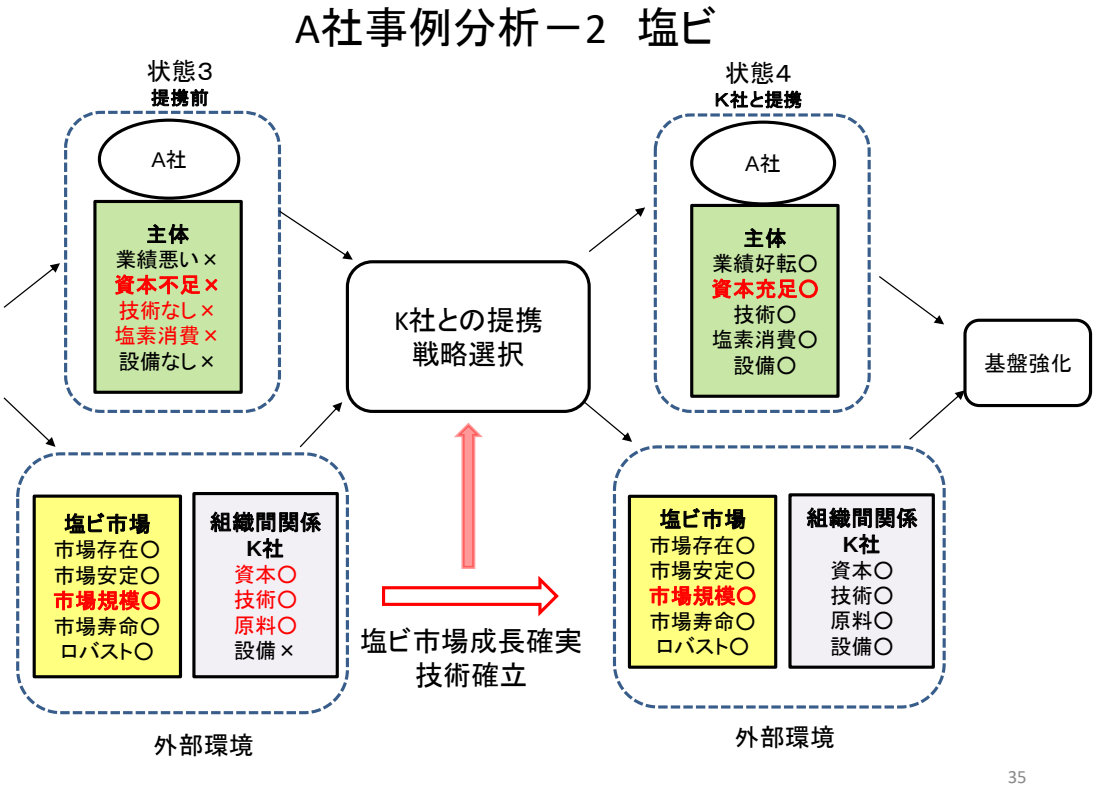


図 8.1-2　K 社との提携戦略選択

(3) シミュレーション 1；市場に関する変数の違いによる経営戦略への影響

ここで戦略策定の際の重要な要素は，市場規模が拡大すると予測され，その予測の不確実性が小さいことである．A 社事例では，市場規模拡大が確実であるので投資が企業の成長に結びつく可能性が大きいことが経営者の経営戦略を決めている．

新たに事業に参入を計画し，投資する，或いは提携することを検討するとき，市場と技術がある場合には，市場と技術が明らかになっているから，市場と技術に関するリスクレベルはきわめて低い．したがって，そこに進出していくことについて外部環境が許せば，

提携なりいろんな戦略がある中で積極的に投資することについて，低いリスクの状態でそこに参入できる．このように一般化される．

そこで，A 社事例において市場に関する変数を F 社メタル磁性粉事例の変数の水準のように予測できない場合を仮定して，経営戦略と組織間関係との相互作用がどのように影響を受け変わっていくのかをシミュレーションする．

表 8.1-1 では，これまでの A 社の状態 1 と同様に主体組織の変数と環境としての市場の状態を変数として並べている．上記の考察のように，経営戦略策定に際しては環境面の要素としては将来の市場の規模予測とその予測の不確実性（信頼性）を考慮する．その上で合わせて，自社が保有する経営資源により市場への参入が可能か，不足する資源を確保できるのかを考慮し，経営戦略とその実行手段を策定する．

仮にメタル磁性粉のように 8 ミリ用メタル磁性粉のように技術と市場が存在しないとした場合，経営行動はどう変化するかを検討する．A 社が塩化ビニル事業に参入する構想を持ったとき，市場規模拡大が確実であったことは歴史的事実と合致する．変数表示方法として市場**規模拡大が確実**であったことを市場規模予測とその予測の確率的状況の 2 つの要素で表示し，拡大・（不確実性がない）1 と略記する．思考実験として，市場規模を大と小および不確実性を表 3.1-2 で示した分類に従ってそのレベルを不確実性の低い 1 から不確実性が高い 4 までの分類で表示した．

ケース 1　市場は大きく成長すると確実に予測される場合

まず，ケース 1 として主体組織の属性は A 社事例と同じとして，市場規模とその予測の確率的状況をそれぞれ規模大および不確実性 1（大 1 と表し）と設定した．これは市場規模の表示をやや具体化した実際の A 社事例の変数の水準である．

ケース 2　市場規模は小さいと確実に予測される場合

次に，ケース 2 では市場規模は小さいと確実に予測される場合である．ケース 1 の水準から変数として市場規模のみを期待できない小の水準へ，確率的状況は変わらず 1 とした．このケース 2 で経営者はどのように経営戦略を策定するであろうか．

ケース 2 のように，①における市場の条件が塩素の消費を担保するほどの規模が予測されない程度であれば，そしてその予測が確実であれば，塩化ビニル事業化戦略を進めることはないと考えられる．なぜならば，塩素の消費が実現されない限り電解ソーダ事業の拡大は見込めず，企業としての成長を進めることができないためである．

ケース 3　市場規模は拡大予測であって予測の不確実性が大きい場合

それでは，ケース 3 として市場規模の拡大が大きいことが期待され，その確率的状況の不確実性が高い場合（表中で大 3 と表示）はどのように経営戦略を考えるのであろうか．確率的状況の不確実性が高い場合（大 3），その評価はメタル磁性粉と同様である．

単純化のため市場の発展への期待度など他の市場に関する変数も，寿命とロバスト性以外はメタル磁性粉と同じレベルと仮定する．ここで機能性材料製品寿命とロバスト性（強力柔軟な対応力）は，製品の市場規模についで事業化に際して考慮すべき要素である．なぜならば，一般汎用製品と異なり本研究で対象とする特定用途の機能性材料は使用されるデバイスあるいは磁気メディアのようにそれらデバイスが規格により直結する最終製品の需要に依存するためである．極論するとそのような機能性材料に対し，鉄鋼材料やプラスチックのような構造材的汎用製品の場合，需要の消滅はほぼない．現実では機能性材料といえども個別の事例により製品寿命とロバスト性は状況が違ってくる．したがって，ケース 3 はさらに製品寿命とロバスト性で展開が違ってくると考えられるので，次に条件を細分化したケースを検討した．

ケース 3（その 1）ロバスト性がある場合

その市場の発展性，期待される市場規模の大小に加えて，**製品のロバスト性が強力である場合**，すなわち一つの目的用途が実現されなくても他の用途展開が可能であれば，それまでの投資が無駄になるリスクが低くなる．

特定用途で当該機能性材料製品の需要が大きいと見込まれ，特定用途向けの寿命が短いと予測されても，ロバスト性が強い場合には，成長を期待して経営状況がケース 3 のように悪くても自身の資源が不足する資本と技術を他組織から確保する戦略を策定することは積極的な経営においては合理的である．

ケース 3（その 2）ロバスト性がない場合

メタル磁性粉のように**ロバスト性がない場合**，狭い特定用途に限られる．そのため，需要と寿命は最終製品に依存するため，市場規模が大きいと予測されてもその不確実性が高い．メタル磁性粉事例においては製品寿命の予測は困難であった．デジタル技術の進展が予想外以上に急激であった．その影響のため歴史的事実として期待ほど長くなかったという結果であった．

しかし，ロバスト性がない場合でもその企業がある業界で一定の実績を有している場合には，新規材料開発に参入することは十分合理的である．なぜならば，市場の関する変数の不確実性が大きい場合には，開発を開始するまでは情報は不足しているということを意味する．開発を実施しないことには事業化実現に必要な条件や不足する資源に関する情報を得ることはできない．開発をある程度進めて情報を蓄積しながら，次のステップへの重要な選択毎に立ち止り，撤退か，継続かの判断を行うことがリスク低下に有効であることによる．F 社は実際このような戦略をとったことがわかる．

ロバスト性がなくても製品寿命が長いと見込まれ，その予測に関する確率的状況がレベル 1（不確実性が低い）であるとすれば，すなわち特定用途の機能性材料であっても最終製品が安定なものであれば，投資リスクは小さい．投資リスクレベルが低い場合，守るべき

既存事業の価値と新規事業の可能性を評価して，新規事業がないと自社の将来がないと予測される確率が高いほど，事業化に向けた何らかの戦略を策定する駆動力が強まるであろう．

表 9.1-1　変数の水準が異なると仮定した場合の推論 1

	事例 A 社塩ビ ステージ 1	ケース 1 A 社塩ビ 近い将来 予測 1	ケース 2 近い将来 予測 2	ケース 3 その 1 近い将来 予測 31	ケース 3 その 2 近い将来 予測 32	ケース 4 市場が ない場合 予測 4	ケース 5 メタル 磁性粉と 同じ場合 予測 4	事例 F 社 メタル 粉
組織の属性	1948							
経営状態（業績等）	×	×	×	×	×	×	○	○
資本	×	×	×	×	×	×	○	○
技術	×	×	×	×	×	×	×	×
原料	△	△	△	△	△	×	×	×
設備	×	×	×	×	×	×	×	×
塩化ビニル市場	現状	将来 予測 1	将来 予測 2	将来 予測 31	将来 予測 32	将来 予測 4	将来 予測 4	予測
市場実現可能性	○	○	○	○	○	3	3	3
いつ実現（時間）	○	○	○	○	○	3	3	3
市場規模（量）予測	○	大 1	小 1	大 3	大 3	大 3	大 3	大 3
市場寿命（時間）	長 2	長 2	長 2	短 4	長 4	4	4	4
製品ロバスト性	あり	あり	あり	あり	なし	なし	なし	なし

（4）シミュレーション 2；組織に関する変数の違いによる経営戦略への影響

次に組織の属性を表す変数の違いが経営戦略策定に及ぼす効果を考察する．表 8.1-2 に組織の属性の変数水準を組み合わせて，それぞれの経営行動を考察した．

ケース 4 およびケース 5（表 9.1-2）

ケース 4 およびケース 5 は，市場が未だ存在せず，市場環境の変数として設定した変数に関する予測の水準がメタル磁性粉と同様に不確実性が大きいとしたケースである．ケース 4 では経営状況が A 社のように悪く，さらに技術，原料，設備も不足するケースを設定した．ケース 5 の市場環境の変数は，組織の属性に関しては経営状況がよかった F 社事例に相当する．つまりこれら 2 つのケースでは，塩化ビニル事例と違って市場に関する不確実性が大きい条件である．これに対し，A 社事例では市場が確立されていたので，経営状況が悪くても投資が成果に結びつく確率が高い．設備建設をきちんと実行すれば計画的に目的を達成できると考えられる．当時の A 社は塩素の消費先を確保できないと成長が望めなかったので，塩化ビニル事業化への駆動力は大きかったはずである．そのため，不足する資本，設備，原料を他社 K 社に依存する戦略を策定したと推論される．

しかし，市場の不確実性が大きい場合に，経営状況が悪いケース 4 の状況では，経営者は新規な開発に取り組むべきか，判断に悩むはずである．不完全な情報での判断が必要である．リスクレベルの判断に際しては，当該組織にとってその開発案件が将来経営にどう関わり合い，必然性がどのようにあるのか，組織と環境との個別の関係性が考慮される．例えば，2000 年頃，戸田工業（E 社）リチウムイオン電池用正極材の事例では，積極的に設備投資を行い，状況に応じて不足する資本を確保するため，他社に資本を依存する資源依存関係を形成することを選択した．その理由は，その頃磁性酸化鉄の市場が急激に縮小するという環境の中で，何もしなければ近い将来企業が存続できない状況になることが確実になったことによる．そのようなとき新規事業案件が将来の企業の存在を左右する場合には，リスクを取ってでも企業が存続する方を選択するはずである．

ケース 5 のように経営状況と資本は良好であって，新規事業の技術，原料，設備が不足するケースで市場の不確実性が大きい場合は，当該組織にとってその開発案件がどの程度の重みがあるのか，必然性がどのようにあるのか，リスクレベルを考慮する．例えば，1978 年頃のチタン工業（F 社）や戸田工業（E 社）のように磁性酸化鉄の磁性材料分野でトップ企業であるような場合には，投資リスクをできるだけ小さくするという条件付きで参入戦略を選択するはずである．なぜならば，市場実現の予測についてその不確実性が大きくても，その事業化に参入することがなければ，仮にメタル磁性粉が磁性酸化鉄に置き替わった場合には市場を失うというリスクがある．同じ業界内でトップを維持するには，参入の表明は必ず必要な行動である．しかし，基幹製品が順調である場合に，メタル磁性粉のように市場と技術の両方で不確実な要素がある事業に，あえてリスクをとってまで投資を行う必然性は薄い．さらに，メタル磁性粉のように還元設備の設計に必要な情報が不足する

場合には，投資リスクを低下させるため，他組織へ設備を依存する資源依存関係を形成することも有力な戦略であり，実際 F 社はそのような戦略を策定し，実行した．

また，そのように資源依存関係や協同戦略関係により戦略を実行しながら情報を蓄積し，大きな設備投資判断のステップごとに投資か撤退かの選択を判断する戦略はケース 5 のような場合に有用である．すなわち F 社のように磁気記録用材料分野でトップの地位にあって，しかも急激に成長しつつある有力なコバルト系ガンマ磁性酸化鉄事業に投資している状況で，次世代の主要材料と喧伝されるメタル磁性粉のように情報が不足する状況で開発を開始するようなケースである．必要な情報を得るためにはまずは開発行為を実行することが最も有効であり，欠かせない．開発行為により実験等でしか得られない情報を組織内部に蓄積しつつ，その情報を提供することで他組織からの情報を得ていかなければ，有用な情報は得られない．投資を抑制し，様子を見ながら節目ごとに状況の変化に応じて柔軟に次の戦略を考えていく考え方はケース 5 のような場合有用である．

表 9.1-2　変数の水準が異なると仮定した場合の推論 2

	事例 A 社塩ビ ステージ 1	ケース 1 A 社塩ビ 近い将来 予測 1	ケース 12 市場が ある場合 予測 1	ケース 4 市場がな い場合 予測 4	ケース 5 メタル 磁性粉と 同じ場合 予測 4	事例 F 社 メタル 粉
組織の属性	1948					
経 営 状 態 （業績等）	×	×	○	×	○	○
資本	×	×	○	×	○	○
技術	×	×	×	×	×	×
原料	△	△	△	×	×	×
設備	×	×	×	×	×	×
塩化ビニル 市場	現状	将来 予測 1	将来 予測 1	将来 予測 4	将来 予測 4	予測
市場実現可 能性	○	○	○	3	3	3
い つ 実 現 （時間）	○	○	○	3	3	3
市 場 規 模 （量）予測	○	大 1	大 1	大 3	大 3	大 3
市 場 寿 命 （時間）	長 2	長 2	長 2	4	4	4
製品ロバス ト性	あり	あり	あり	なし	なし	なし

（5）塩化ビニル事業の終了

A 社状態 5 から状態 6 における経営戦略の選択

状態 5（図 8.1-3）では A 社は，K 社と提携した後，塩素販売拡大により経営状態も改善していった．反面 K 社依存のリスクを低減する必要を A 社は感じていた．経営基盤確立により余力ができたので，K 社に依存しない有機合成化学強化をめざした．

状態 6（図 8.1.3）では，A社の塩素供給は製法転換策により終了し，K 社との資源依存関係は終了した．しかし，資本関係は残ったままであった．K 社への塩素販売が終了したことで，売上が減少し，塩素の物質バランスが悪化した．その期に乗じ，K 社が支配を強める動きを見せた．A 社はこのとき有機合成化学へ進出していたので，K 社依存を低下するため，金融団から資本を獲得する戦略を選択した．

次の状態 7 で A 社は金融団と資本資源依存関係を形成した．金融団による資本強化の結果，**有機合成分野をさらに拡大した．**後でこの戦略が一旦悪化した業績に寄与することになった．

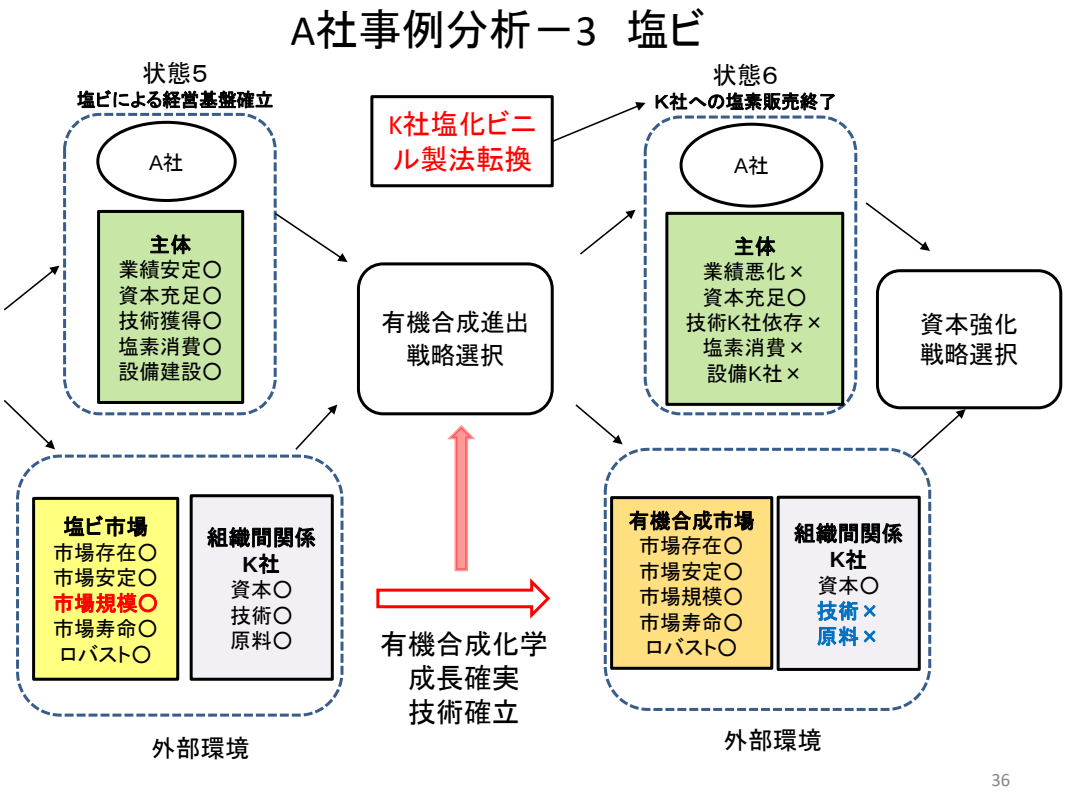


図 8.1-3　経営基盤安定化と塩素販売の終了

（6）有機合成化学拡大

A 社状態 7 から状態 9 における経営戦略の選択

図 8.1-4 に示した状態 7 でA社は金融団との資本依存関係を形成した結果, 資本は増強し, 有機合成分野を拡大する戦略を選択した．状態 8 ではさらに成長をめざし，第二工場建設と石油化学進出を構想した．第二工場建設に際してはいくつかの案を策定した

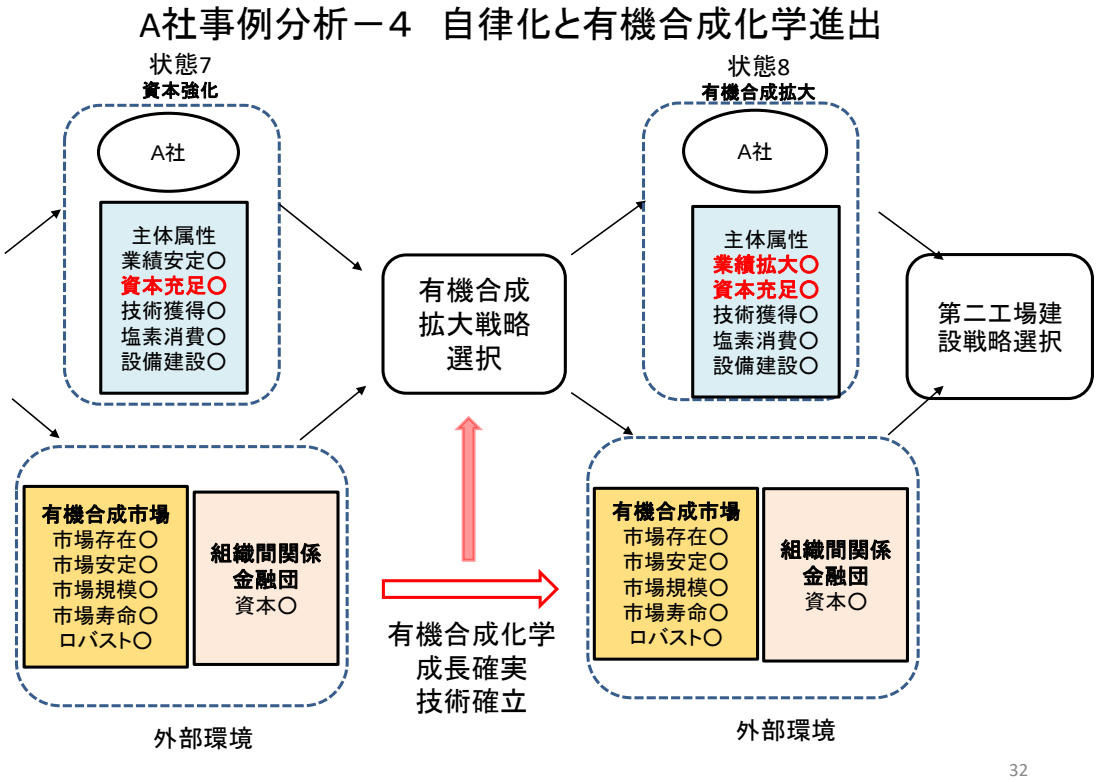


図 8.1-4　有機合成化学拡大戦略選択から第二工場建設戦略の選択

最終的に手堅い川崎案と発展性は大きいが投資額が大きい水島案のどちらかを選択することになった．第二工場と石油化学への進出に際し，水島進出には反対が社内の大勢であったが，将来性および M 社との提携を重視した谷中社長が水島進出を選択した．

水島進出を実現し，操業を立上げた．しかし，必要な設計手順を省略したことによるスケールアップ実験情報の不足のため，プラント立上時の初期トラブル対応に手間取った．そのことにより経営が悪化した．そこで，M 社と包括提携を交わし資本・技術に関する資源依存関係を形成した．

図 8.1-5 に示した状態 8 では資本強化され, 経営が安定化した. 有機合成に関する技術,

資源，設備を有していて，市場は安定している．組織間関係は金融団との資本依存関係を形成している．手狭で内陸の工場だけでは成長に限界があったので，次のさらなる成長のために臨海型石油化学コンビナートを構想した．堅実な川崎案と将来の発展を見据えた水島案のリスクレベルと将来性を評価した．社長の谷中は将来の可能性を重視して水島案を選択した．

図 8.1-5 に示した状態 9 では水島進出を行った後，操業トラブルにより業績が大きく悪化した．過大な投資負担のため，資本が不足した．有機合成に関する技術、資源、設備はあった．市場も安定していた．組織間関係としては，金融団との資本依存関係があったが，増資に対しては古河か三菱かの選択を迫られた．

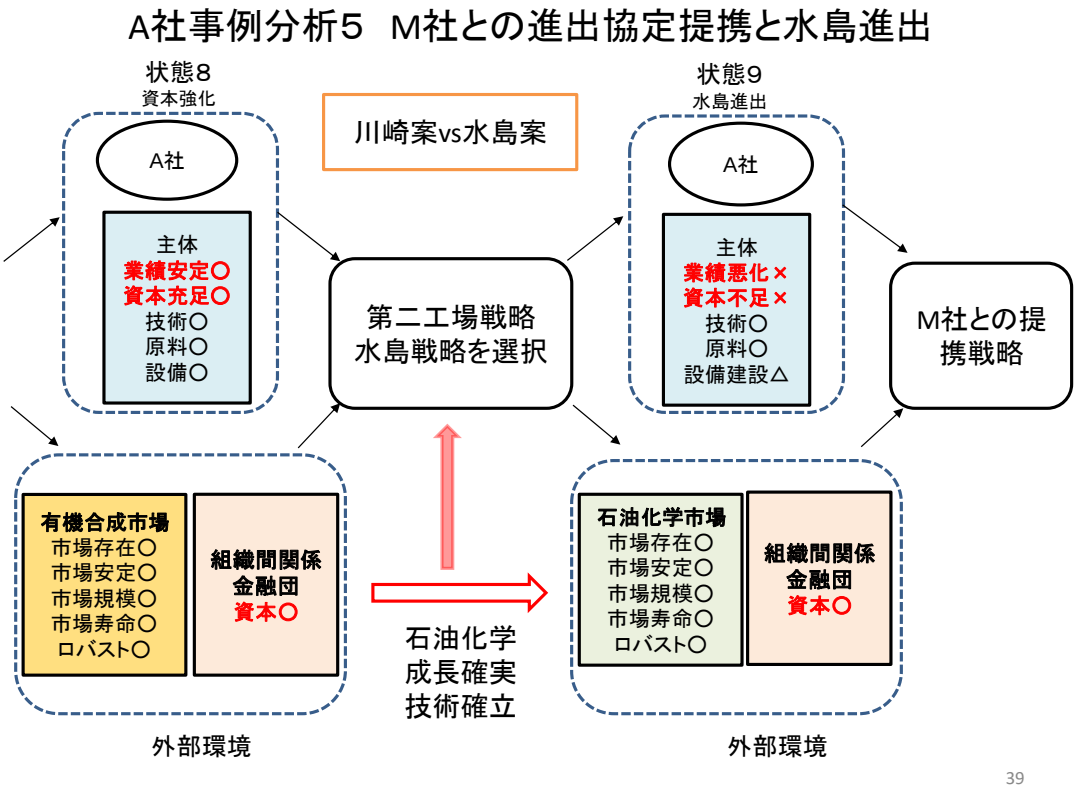


図 8.1-5　水島案を選択

（7）水島進出後のめまぐるしい展開

A 社状態 10 から状態 11 における経営戦略の選択

図 8.1-6 の状態 10 では立ち上げ時のトラブルが多数発生し，業績が悪化した．資本も不足する状態であった．有機合成に関する技術、原料、設備を何とか保有する状態となっていた．次の戦略としては，業績が悪化していたので資本を M 社から獲得することを選択し、さらに技術的にも M 社からの支援を獲得するため，M 社との資本提携と包括提携をめざし

た．M 社からの技術と人材のメリット期待して，その代わり古河を離脱することを選択した．状態 11 では M 社との資本提携を含む包括提携がなされた状態であって，業績は回復し，資本も充足できた．組織間関係は，M 社への資本，資源，技術一部を依存する関係であった．

ここでのトラブルによる経営の悪化は不確実性に原因があるわけではなかった．水島進出に際しての化学工学的な設計手順を省いたことなど準備不足が原因であり，管理上の問題が原因であった．

谷中社長の決断は将来の発展を重視した判断であった．しかも，機能性材料と違って市場の発展は確実であった．そのため，市場を獲得するリスクは低かった．

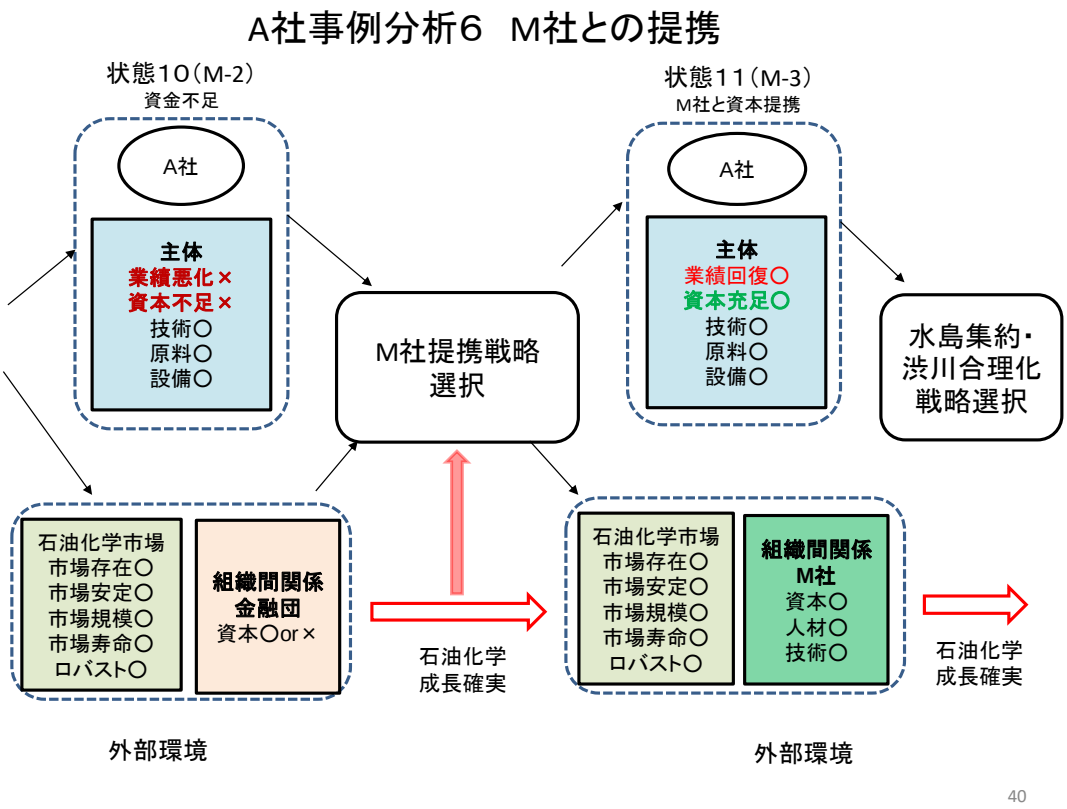


図 8.1-6　水島進出後のトラブルによる業績悪化

A 社状態 12 から状態 13 における経営戦略の選択

状態 12（図 8.1-7）ではA社は M 社への資本依存と包括提携を選択したその後，電解ソーダの製法転換が国策で進められた．これまでの経過でも観察されたように A 社は自律指向が強かった．水銀法から隔膜法への転換に際しては M 社から，A 社の水島電解設備を廃棄し，M社から苛性ソーダ，塩素および EDC を供給するという構想が打診された．この提案に対し，自律指向の A 社は，独自に転換計画を作成した．試算では収益の悪化は避けら

れないが，独自でも転換可能と判断した．自律指向とその判断により，M 社の申し出を断った．この対応に対し，M 社は一方的に提携を解消し，資金と役員を引き揚げた．A 社の経営は急激に悪化した．資金繰りに逼迫した A 社は古河系列への復帰しか生き残りの選択肢はなかった．

状態 13（図 8.1-7）では資金繰りに窮し，行き詰った A 社は古河復帰戦略を選択する道しかなく，方策を策定し，復帰策を実行した．苦労の末，A 社は古河への復帰できた．古河へ復帰した結果，資本は充足し，経営は安定化した．この後，酸化鉄の開発を再開することができ，続いて高付加価値製品の製造をめざして機能性材料の研究開発に注力することが可能となった．

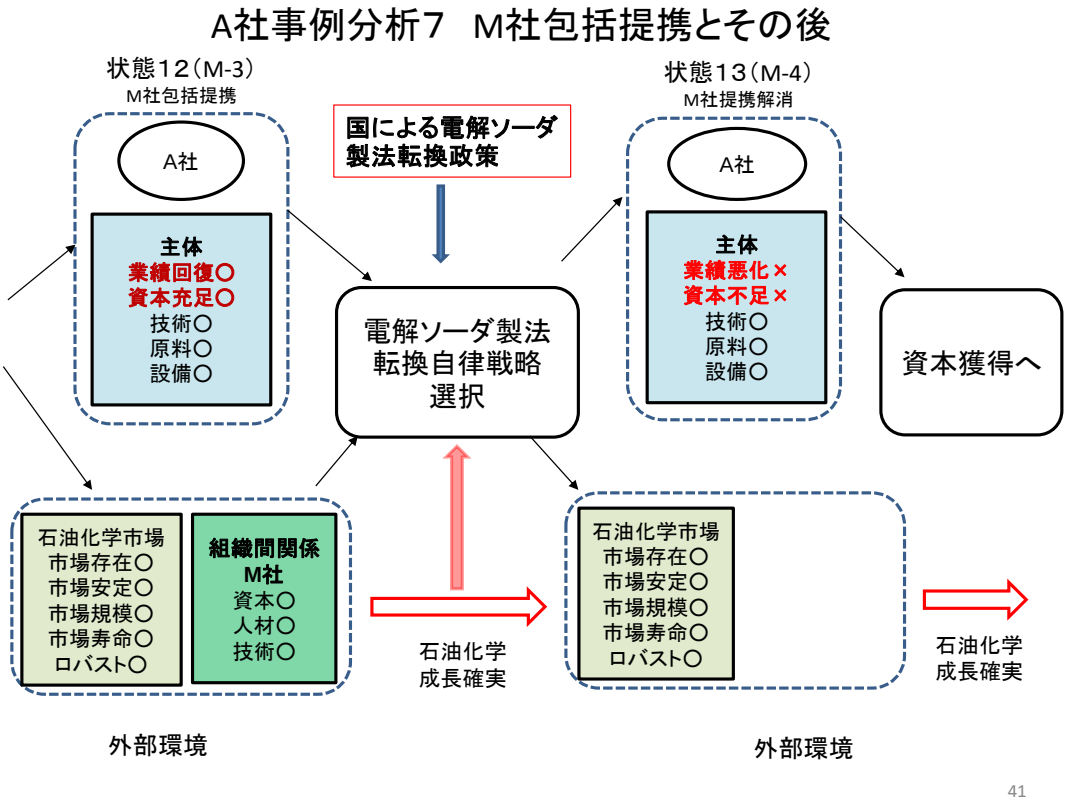


図 8.1-7　M 社包括提携後の電解ソーダ製法転換

A 社状態 14 から状態 15 における経営戦略の選択

状態 14（図 8.1-8）では資金繰りに窮し，行き詰った A 社は古河復帰戦略を選択する道しかなく，方策を策定し，復帰策を実行した．苦労の末，A 社は古河への復帰できた．

状態 15　古河へ復帰した結果，資本は充足し，経営は安定化した．この後，酸化鉄の開発を再開することができ，続いて高付加価値製品の製造をめざして機能性材料の研究開発に注力することが可能となった．

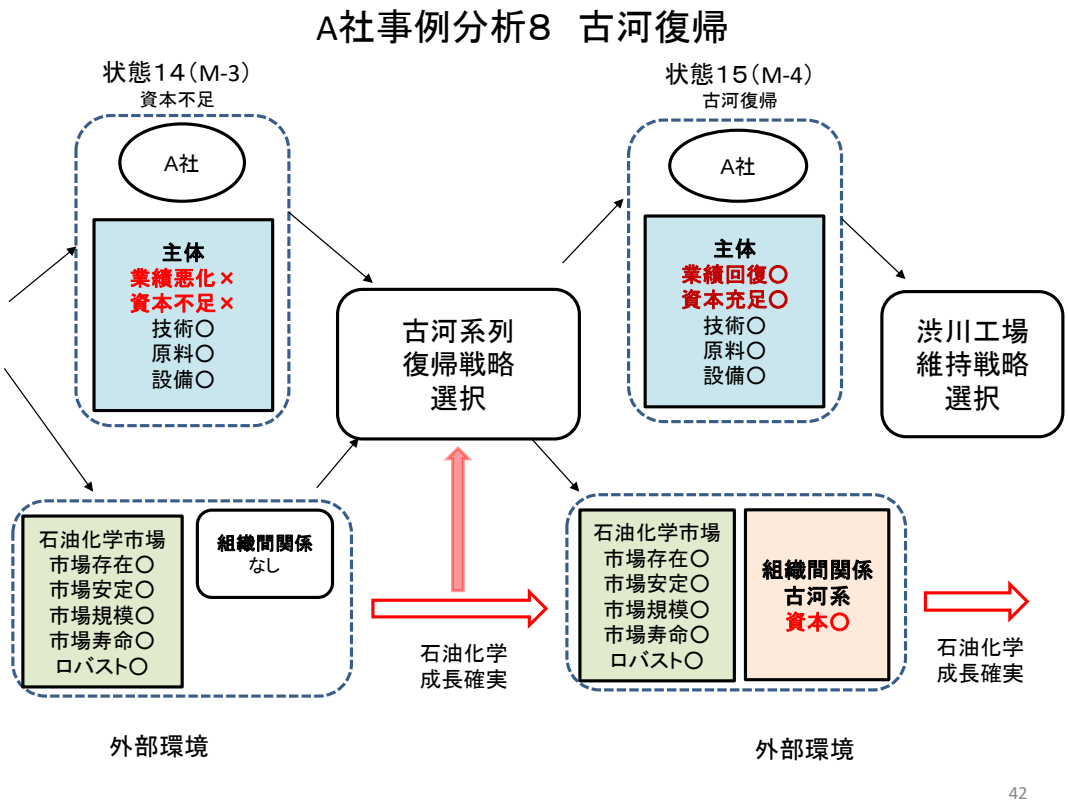


図 8.1-8　古河系列復帰戦略選択

8.3　市場と技術が存在せずリスクを伴う技術開発を行う場合

（1）メタル磁性粉開発開始

F 社状態 1 から状態 2 への経営戦略の立案と選択（図 8.1-9）

一方，F 社はメタル磁性粉の将来性が有望（市場規模の予測，磁性粉市場における次世代材料としての位置づけ）という多方面の情報と顧客からの要望もあって参入することを選択した．この頃，F 社の経営は良好であり，資本も充足していた．F 社は磁性酸化鉄の業績が好調でしかも急激に拡大しており，巨額の投資額による磁性酸化鉄専用工場の新設工事を実行中であった．したがって，F 社としてはメタル磁性粉の開発の位置づけには微妙に消極的な面があった．製品自体が競合する可能性があるため，テープ用磁性材が磁性酸化鉄からメタル磁性粉に置き換わることは好ましい事態ではない．メタル磁性粉を事業化しなくても当面は企業が消滅するような事態は起こらないので，あえてリスクが高いことを行う必要性はない．したがって，F 社は開発には注力しても，基本的にメタル磁性粉の設備投資にはあまり資源を配分する姿勢がなく，リスク回避が基底にあったと推定される．このことは最後まで経営戦略の選択に大きな影響を与えた．

メタル磁性粉は磁性酸化鉄と類似の機能性材料とはいえ未知の要素が多かったため，製造工程と条件を定めるためには極めて多くの実験データを得る必要があった．また，還元炉だけでなく他の工程でも磁性酸化鉄とは大きく異なる設備を準備する必要があった．自社工場へ新設するか，あるいは委託するかの選択があった．還元設備の確保の手段としては，それまでの F 社であれば自社内に新設することが通常であった．しかし，還元炉設計にはデータが不足していた．データの蓄積にはマンパワーと時間がかかる．時間短縮とデータ不足による失敗リスク回避のため，還元委託をめざした．

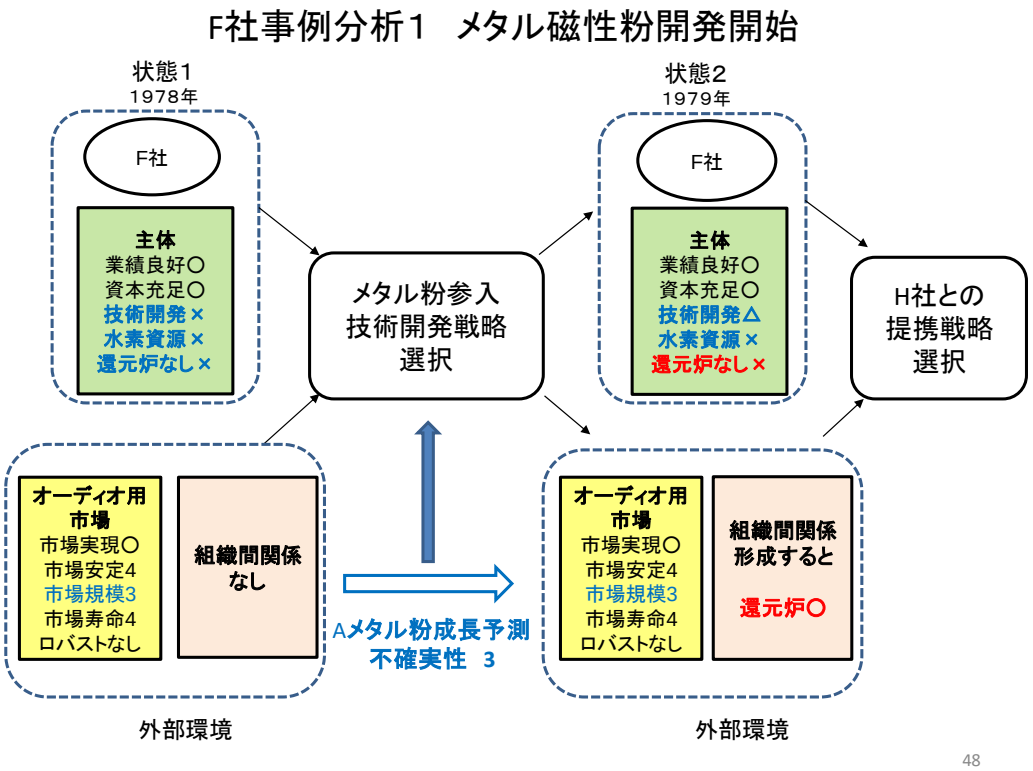


図 8.1-9　メタル磁性粉技術開発戦略の策定と実行

（2）還元委託

F 社状態 3 から状態 4 への経営戦略の立案・実行（図 8.1-10）

状態 3 で F 社は，F 社が還元用原料を提供し，H 社が還元する相互に資源依存関係を形成した．資源依存関係を形成したことにより，F 社は 100kg レベルの試作が可能となり，オーディオ用メタル磁性粉のサンプルワークを 3 年ほど続けた．しかし，採用には H 社の炉の量産能力が不足するという問題が明らかになった．さらに，還元反応における焼結に関するデータ不足のため，H 社が設置した炉の特性が焼結防止には不利であることが次第に明らかになった．これは 8 ミリビデオ用のメタル磁性粉には一層不利な特性であった．そのため，状態 4 では F 社には還元を委託する意義が失われることになり，委託を解消する戦略を選択することとなった．また，このことはあらためてメタル磁性粉の事業化のリスクレベルが高いことを示すこととなった．

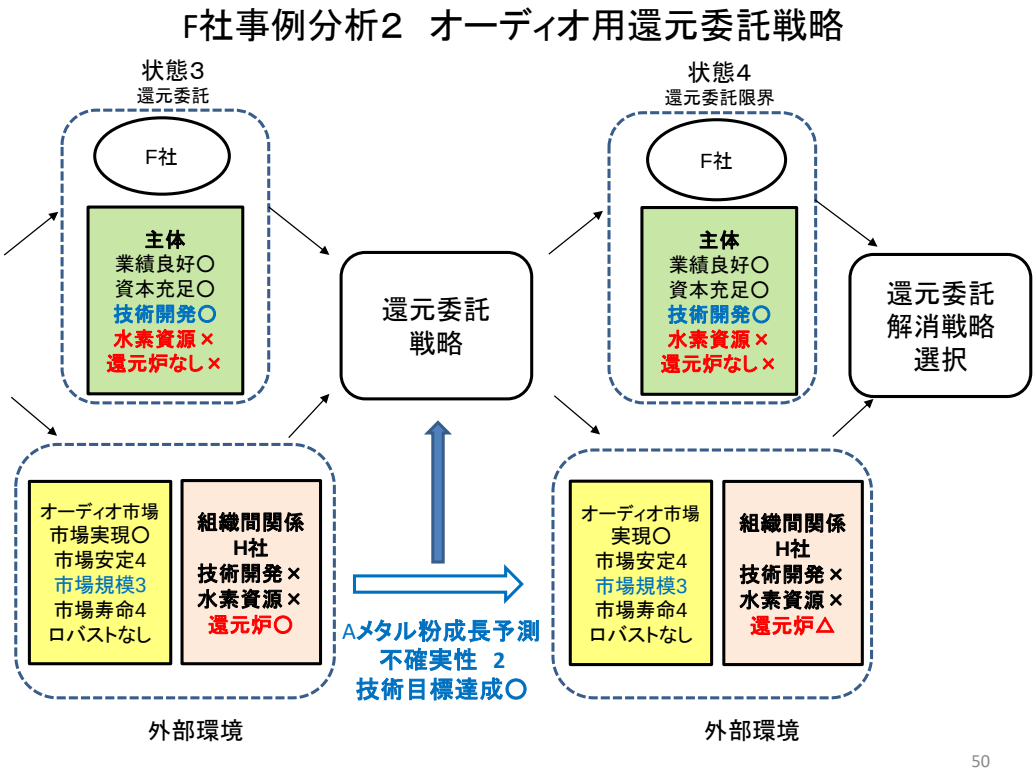


図 8.1-10　還元委託戦略

（3）還元委託の見直し

F 社　状態 5 から状態 6 への経営戦略の選択（図 8.1-11）

メタル磁性粉市場の拡大も当初予測した期待を下回った．生産能力と市場規模の点からオーディオ参入は無理と判断し，オーディオ用開発中止を決断した．しかし，撤退ではなく，8 ミリビデオ用を目標として設定し，開発を継続する経営判断を行った．顧客の要求レベルが高く他社も実現できていないため，開発を継続して 8 ミリビデオでの事業化をめざした．技術開発型企業としての自信と磁性粉専業メーカーとしての自負があったことによる．H 社への設備依存の関係を解消する戦略を選択した

次に選択した戦略は，自前の小型還元炉によるサンプルワークでテープメーカーとの関係を維持することであった．先に述べたように磁性酸化鉄事業を優先する F 社は基底にメタル磁性粉についてはリスク回避を指向する必然性があり，自前のメタル磁性粉量産設備投資には常に慎重であった．また，メタル磁性粉の市場と技術開発はリスクレベルが高いまま推移した．そのため，量産については投資を抑制する協同関係の形成を模索した．

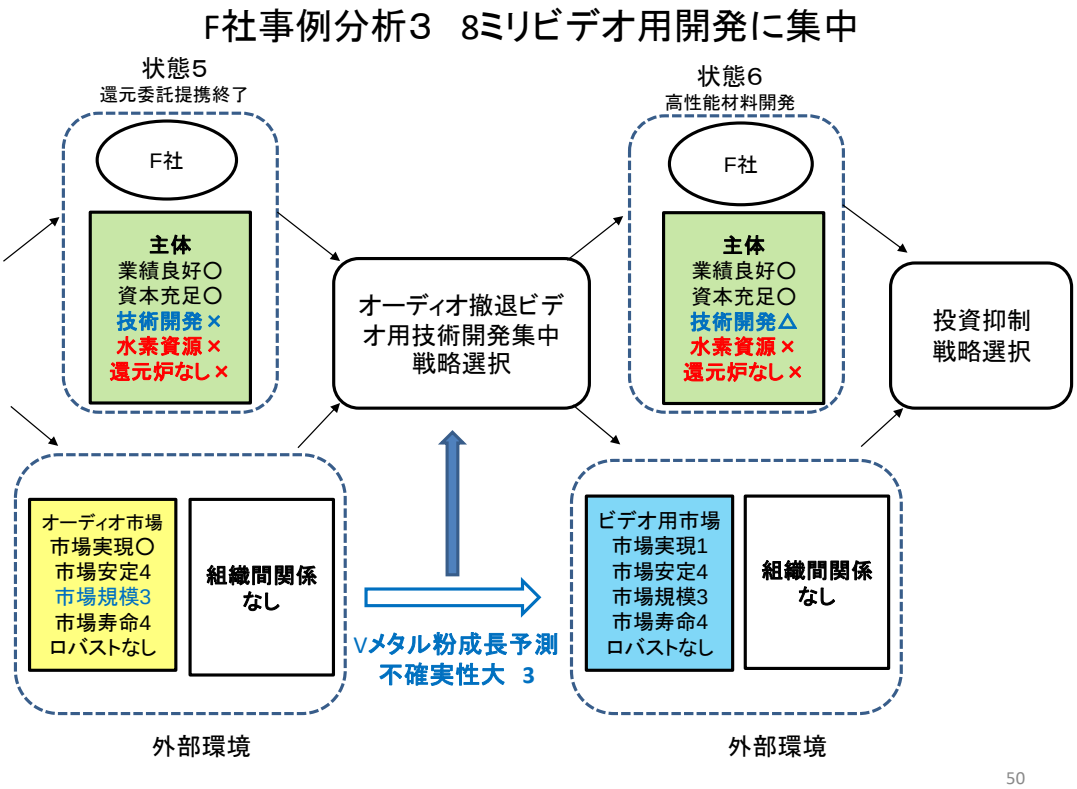


図 8.1-11

（4）高性能化対応開発

F 社　状態 7 から状態 8 への経営戦略の選択（図 8.1-12）

一方, メタル磁性粉に関しては 1985 年にソニーが予告通り初めて CCD-V8 を発売した. この販売前の 1983 年には，8 ミリビデオテープの微粒子メタル磁性粉の量産化を同和鉱業が完了していた（久野（1995））．A 社は遅れを挽回するため，顧客の要求に対応する一段と高性能な 8 ミリビデオの開発に集中することとした．ただし，投資額は最小限とする戦略であった．還元炉の投資はしないという戦略を設定した．自前の小型還元炉によるサンプルワークでテープメーカーとの関係を維持する模様見戦略であった.

技術と市場に関するリスクレベルは高かった．そのため，投資リスクを小さくする戦略を選択せざるを得なかった．その背景としては前記したように好調な磁性酸化鉄の業績にあり，得意な事業に集中する方が得策との判断があった．開発担当部署は時間経過とともに高くなる要求水準に追随する開発マネジメントを実行した．協同戦略関係を模索して不足する資源である還元設備の獲得は模索を継続した．その間目標の高さ（技術）が実現可能か分からない状況で高性能化技術達成のため，実験を積み重ねた．正解があるのか分からないリスクレベルの高い開発であった.

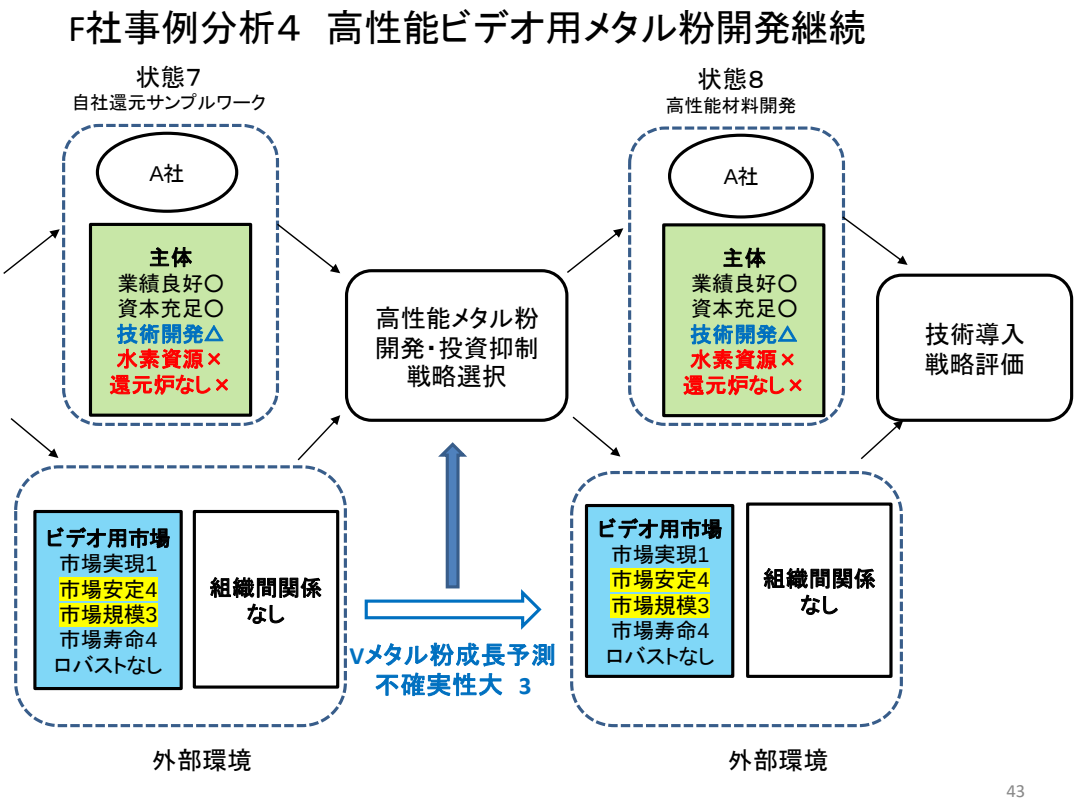


図 8.1-12　高性能製品開発継続

（5）撤退

F 社　状態 9 から状態 10 への経営戦略の選択（図 8.1-13）

F 社はテープメーカーが望む 0.1 μ m という超微粒子メタル磁性粉の開発を継続した．投資額は最小限であって，撤退を視野に入れた模様眺め策を維持した．そのような模様眺め策の下，記録方式デジタル化の流れが顕在化してきた．さらに，8 ミリビデオは VHS に置き替わることはないことも明確になってきた．その頃，大手化学企業から，完成した高性能メタル磁性粉の技術データの提供も込みで湿式・乾式一貫製造工程を構成するメタル磁性粉製造プラントを譲渡する案件が発生した．他社から技術と設備を導入するか否かの判断をすることになった．

一方，価格競争になれば投資採算性ないことが明確になり，記録方式デジタル化の流れが顕在化した．プラント譲渡提案先も同じ理由で撤退を判断したと推察された．他社技術と設備導入をしないと決定した．1992 年完全撤退を選択した．

分析結果として模様眺め策は結果的に F 社には正解であったと考えられる．市場がなく，リスクレベルの高い開発を伴う場合には，優良な事業を有していてその新規事業なしでも自社の将来が安定であると予測できるのであれば，あえてリスクレベルの高い案件に投資

する必然性はない．

実行しないと企業が存続しないような場合には，リスクを取って投資する．実行しなくても企業が存続するのであれば，あえてリスクはとらない．その場合，結果的に投資が抑制的に行われる．むしろ，他社と提携することによってリスクを下げていく，補っていく方向で戦略が採られていくことが示された．

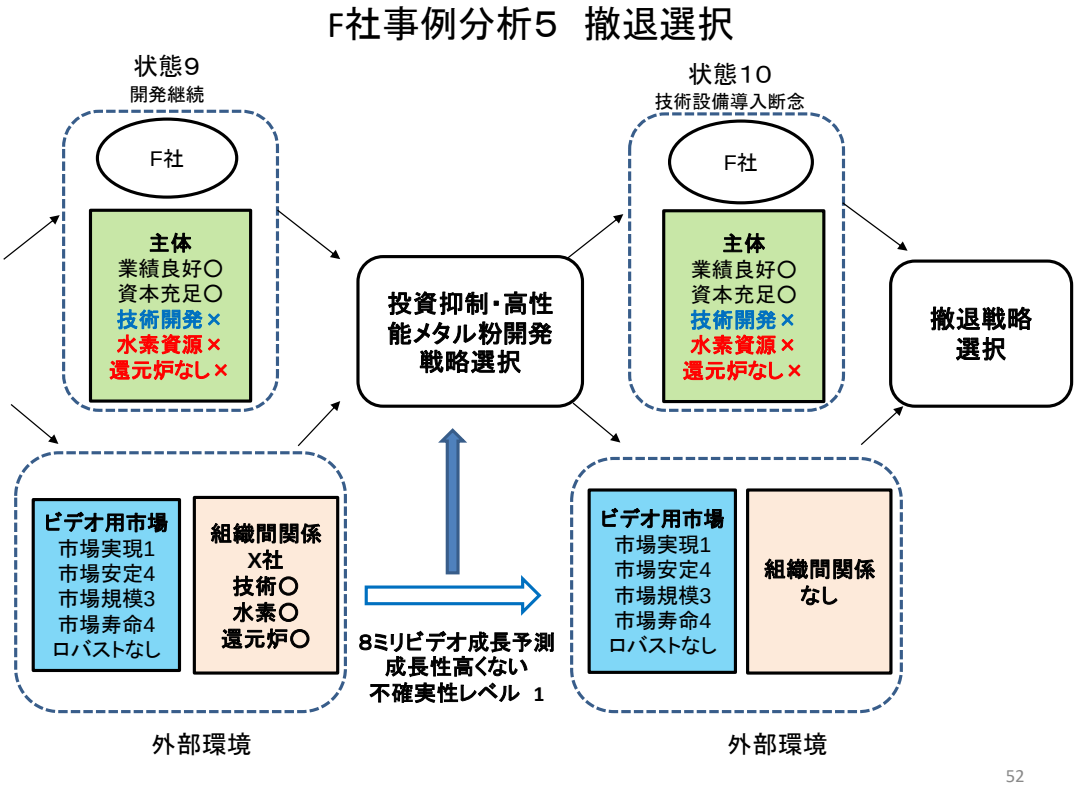


図 8.1-13　投資抑制戦略選択と撤退戦略選択

8.4　市場ありとなしのプロセスを比較した結果に関する考察

以上のように，塩化ビニル事例とメタル磁性粉事例のように既存の市場と技術がある場合と市場と技術の両方がなくて技術開発のリスクが伴う場合の比較を行った．塩化ビニルは戦後の発展期の事例であり，技術的にも経済的にも戦後の発展期にある．市場がある場合の代表的な事例と考えられる．一方，メタル磁性粉は技術の高度化が始まる先駆けの機能性材料事例であり，市場も形成されてなく技術開発を伴うものである．技術と市場の将来予測が難しくなった先駆的事例である．

(1) 参入時における経営戦略の選択の比較

A 社塩化ビニル事例では, A 社は塩化ビニル事業化のため開発を開始したが資金不足でいったん開発を断念した後，K 社と資本提携した．K 社の支配力を受け自律性を損なう可能

性もあったはずである．しかし，発展の可能性のある前向きな選択を行った．これには市場の将来に対する予測として，市場拡大が見込まれその確率的状況はレベル 1 とほぼ確定的な特性を有するためと推論される．

自律にこだわり，資本提携しない場合は資金不足のため資金を得られるまで塩素の消費ができない．そのため，電解ソーダ事業の拡大は望めず，自律はおろか企業の存在自体が危うくなる可能性があった．市場拡大の見込みも確実であったので，投資しても低いリスクレベルでの投資となった．K 社との資本提携および相互の資源依存関係形成は合理的な選択と意思決定であったと言える．仮に，塩化ビニル事業の将来性が不透明であった場合はどう判断するであろうか．この場合は，K 社と資本提携すると自律化を損ねる可能性とともに開発と事業化投資が無駄になるリスクが高まる．経営者とその企業の伝統的価値観によっては，投資リスクを恐れる傾向が強ければ資本提携をしない選択もあり得る．将来の成長を夫重視し，ある程度高いリスクレベルでも投資リスクを負う企業と経営者であれば，K 社との提携を選択することもあり得る．

F 社はメタル磁性粉の開発を決定した際, 自前の設備も検討しつつ他組織との提携を念頭に置いていた．その背景と理由を以下に推論する．当時はメタル磁性粉が脚光を浴びており, エンジニアリング企業もパイロットプラントの売り込みに注力していた．F 社の経営状態は良好であったので，エンジニアリング企業からパイロットスケールのプラントを購入することも資金的には可能であった．しかし，メタル磁性粉は基盤事業の磁性酸化鉄の製造工程に共通の工程が多い反面，酸化鉄を金属状態にまで還元する工程での技術的情報が不足していた．エンジニアリング企業で数バッチ実験を行ったが，そのタイプの炉形式でスケールアップしても問題ない特性のメタル磁性粉を製造できるか，判断が可能となる情報を得ることができなかった．また，数 kg スケールの実験機規模でも費用がけっこう高額であった．

また，テープメーカーが評価に値する量のサンプル量を製造可能な還元プラントの建設に必要な設計情報が不足していた．一方，市場動向予測についてはメタルテープへの期待は大きかったが，市場はどうなるか予測できなかった．したがって，市場が存在せずその見通しの不確実性が大きく，リスクの伴う技術開発が必要であるというリスクレベルの高い案件であった．

この頃，還元用の中間品である水酸化鉄の設備を保有しない H 社がメタル磁性粉用のセミコマーシャルスケールの還元炉を設置したという情報と提携の話があった．市場の先行きが不確実な環境下，還元設備設計情報が不足している状況で，サンプルワークまでの時間短縮と還元炉設計失敗のリスクを低減することが期待できるので，F 社は H 社との提携によるメタル磁性粉の事業化を進める戦略を選択した．F 社の場合，守り育てるべき磁性酸化鉄事業があり，投資は磁性酸化鉄に集中していた．メタル磁性粉を事業化しなくても企業の経営への影響はなかった．技術と市場両方の情報が不足する状況であり，不確実性が

大きな環境で無理に投資する必要性はなかった．したがって，すでに還元炉を設置していたH社との提携は十分妥当な選択であったと言える．

一方，塩化ビニル事例で取り上げたA社のメタル磁性粉事例では，オーディオ用メタル磁性粉の最初の商業プラントを建設し，製造と販売に成功したことを第5章第2節で記述した．市場に関する変数はF社メタル磁性粉事例と共通である．1976年当時，メタル磁性粉市場の予測は困難であり，他社に先駆けて実機設備を建設したA社はなかなか見通し通りに販売できず，苦しんだ期間がある．しかし，A社は塩素活用の流れの中で参入した塩化鉄系酸化鉄の用途開発の中で合金粉の事業化に成功していた．この開発と事業化により金属粉に関する技術と基盤となる還元設備を有していた．また，A社は水素，苛性ソーダおよび塩化鉄というメタル磁性粉製造に必須の主要資源を有していた．これらの変数がF社に比較して有利であったため，早い時期に商業化プラントの建設に踏み切ることができたと推論できる．

F社も組織の属性を表す経営状況以外の変数が良好であれば，自社での還元設備建設を選択することも十分に考えられる．しかし，組織の属性を表す変数が良好であっても，市場予測の変数の不確実性が高い場合には，その他の変数も考え合わせてリスクを取らない選択もあり得る．具体的には，F社のように好調で成長しつつある優良事業があり，メタル磁性粉のようなリスクレベルが高い事業に投資しなくても，将来の自社の経営に大きなマイナスがないと予測できる場合には，リスクをとることに合理性はない．しかし，磁性酸化鉄のような優良事業を有していない場合であって，他に自社の将来を期待できるものがない場合には，積極低にリスクをとることにも合理性が出てくる．

したがって，本研究事例の比較により，市場の変数の性質として不確実性は，上記のように経営戦略の策定と意思決定に大きな作用を及ぼすことが示された．

（2）提携戦略における経営戦略選択の違い

K社との提携で軌道に乗った塩素販売により，A社は電解ソーダ事業基盤が確立した．その効果によりA社は有機合成化学へ進出する戦略を構想する段階まで成長することができた．企業のさらなる成長をめざすためには有機合成化学への進出は魅力的な戦略であった．A社は成長戦略を選択し，有機合成へ進出する意思決定を行った．独自性のある有機合成化学品であっても市場の不確実性は低く，同戦略の選択は合理的であったと言える．仮に，有機合成化学品の市場見通しの不確実性が高ければ，経営者によっては判断が変わる可能性もある．しかし，当時は高度成長期であり，ものが不足している時代であった．機能性材料のように市場が形成されていない場合とは不確実性が異なる．また，機能性材料と有機合成品とはロバスト性が異なる．ロバスト性があって，他用途への展開が製造設備の面でも用途の面でも可能であれば，投資する方への積極策を策定し，将来の発展につながる戦略を選択することが企業の成長戦略としては合理的である．しかし，メタル磁性粉

の場合，ロバスト性はなかった．守るべき優良事業があれば設備投資には慎重になる方が合理性を強めると考えられる．A 社は磁性酸化鉄では後発で撤退した経緯があり，E 社および F 社とはリスクへの対応が変わっても合理性はある．

F 社は還元炉に対するリスク低減のため H 社との提携を行った．しかし，サンプルワークを実施できたことによって, F 社が危惧した適正な設計が準備できるかというリスクが問題点として顕在化した．F 社は H 社との提携を解消することを選択した．この意思決定は H 社の還元設備に 2 つ問題があることが分かったことによる．一つはテープメーカーが求める 100t/M という供給能力に対する製造能力の不足である．また，他の一点は製造能力にも関連するが，8 ミリビデオに求められる粒子径が 0.1 μ m レベルという超微粒子の領域であることが明確になったことと関連している．超微粒子領域ではオーディオレベルより一段と焼結を抑制する必要があることも同時期に明らかになってきた．この焼結に関する知見は多くの材料メーカーの多数のサンプルにより，テープメーカーに蓄積された情報により明らかになっていった．材料メーカーはテープメーカーから受け取る情報と自社の開発プロセスで経験的に蓄積してきた情報の両方を総合する．この情報は，量的にも質的にも各社の状況により違いが生じていたことは容易に推測できる．H 社の還元設備は設計の際に情報が不足していたと考えられる．焼結を抑制するためには基本的な条件を変更することが必要であり，その変更により量産能力が大きく低下する設備仕様であった．また，焼結を十分抑制するためには適していない設計であったので，主戦場となる 8 ミリビデオ用には使い難い設備であることが分かった．そのため，F 社は H 社への還元委託戦略を見直さざるを得なかった. F 社がとった投資リスクを軽減する提携戦略は効果があったというべきである．

H 社との提携を継続して，還元炉の再設計と追加投資を行うことは投資抑制戦略に反するものであったと推測される．したがって，H 社との提携を解消した F 社の選択は投資抑制戦略に合致するものであった．以上の考察では，技術の不確実性は戦略の成否に大きな影響を及ぼすことが分かった．有力な事業を有している場合の投資に対する F 社の慎重な姿勢はリスク低減に有用な考え方であることを示す事例であると推論できる．

（3）A 社水島進出戦略選択に関する考察

第 4 章第 4 節で記述したように，A 社は余剰塩素の処分だけでは次の発展が望めないため，経営状況の改善により広がった自由度を活用することで，塩素系と水素系による有機合成化学への参入という新たな分野への拡大を目指す戦略を採った．また，渋川工場は内陸にあり，物流面と規模の面で限界があった．そこで，A 社は第二工場県設を構想し，第二工場の立地として臨海部コンビナートを計画した．最終的に，関東を拠点とする A 社に近い川崎案と三菱化成（M 社）が臨海コンビナート建設を進める西日本の水島地区に建設する水島案が残った．

表 4.4-1 に示したように川崎案は経営負荷が小さく，従来の市場と顧客に配慮した安全策であった．水島案では投資額が過大であった．また，収益性も厳しい計画であった．しかし，将来の発展性と M 社との連携期待など将来への展望が開ける積極案であった．A 社は積極的な投資である水島案を選択した．石油化学の将来は当時有望であり，また石油化学製品の製造プラントと製品群にはロバスト性があり，ロバスト性のない材料に比べると積極策を選択する合理性がある．

一方，F 社は大手化学企業 X 社から技術と設備を導入する案件に対し，メタル磁性粉の還元設備に投資しない意思決定を行った．その理由は以下のように推論される．X 社の技術と設備は完成されていたとはいえ，顧客から要求される超微粒子の特性を本当に再現できるのか，導入後販売が実現され，かつコスト的に本当に採算が採れるのか，成果の予測についてはなお確信が持てなかった．すでに，顧客から提示される納入価格と水素等の原料価格を評価すると利益が得られるか，かなり厳しい試算結果であった．

また，市場面では 8 ミリビデオは VHS に置き換わることはないであろうということが徐々に見えてきた．リスクレベルは相変わらず高いと評価された．そのため，F 社は収益を現に生んでいる高性能磁性酸化鉄に集中して投資する戦略を重要視していたので，あえてリスクレベルの高い投資を行う必要はなかったと F 社の経営プロセスを合理的に説明できる．

（4）経営戦略のプロセスの違い

A 社が選択した水島工場は事前準備の不足というある意味予測可能な原因で深刻な資金不足になった．存続に必要な資本増資のため， A 社は古河グループに残るか，離れるかの選択を迫られた．A 社は業務提携と水島進出により関係が強くなっていた M 社との将来の発展の可能性を重視した判断を行い，M 社との業務・資本の提携を選択した．ここでの選択は将来性を重視した積極策である．水島で製造する製品群の市場は存在しており，製品群のロバスト性も強いため，不確実性は低い．したがって，市場と技術が確立されている場合，積極策が合理性をもつことが示される．

これに対しリチウムイオン電池用の材料のように特定の電池構成に特化した材料製品のようにロバスト性が弱く，かつ技術的変化とさらに社会的変化に影響されるような将来が予測できない材料であれば，積極策とリスク回避消極策とで拮抗することも，消極策が合理的である場合もあり得る．

F 社のメタル磁性粉の開発の最終ステージにおいては，それまで潜在化していて一部の関係者しか認識していなかった記録データデジタル化の動きとディスク媒体などテープ以外の各種記憶媒体の記録容量の劇的な増加が見えるようになった．時間の経過とともに映像記録もテープ以外の他の記録媒体に移行する将来予測については確実な状況となっていった．この頃，VHS テープの生産量は量的にピークを迎え，8 ミリビデオは VH 置き替わるこ

となくデジタル化に移行する可能性を示すようになった．それでもテープメーカーのテープ担当部門からはアナログ磁気記録の究極のテープ材料としてメタル磁性粉の高性能化を求められていた．

F 社はこの状況下，すでにメタル磁性粉の高性能化を達成し，量産化の技術と設備も完成させていた X 社から技術と設備譲渡の案件があった．F 社は譲渡された場合の収益性を慎重に精査した．8 ミリ市場の拡大が見込まれる仮定をいくつかのレベルで設定し，ある一定の量を販売できるならば，収益性はあるとの試算結果を開発部門と営業部門が作成し，設備導入を経営層に具申した．社内での議論を経て，X 社からの設備導入をしないという意思決定をおこなった．

その決定後，メタル磁性粉の目標をデータストレージ用に置き換えることも合わせて，開発を継続するか否かを検討した．背景には，テープ有力企業のテープ部門からの開発継続の要請があったことによる．しかし，デジタル化の動きは確実となり，F 社の高性能磁性酸化鉄事業は将来に不安が芽生えながらも盤石に見えた．投資に慎重な F 社としては，メタル磁性粉から完全に撤退する選択を行った．急激な市場環境の変化など自社が消滅するかもしれないという危機的状況であれば，リスクレベルを評価して受容できるリスクレベルである場合には，積極的に投資を行う選択を行うことも合理的である．積極的に投資しない選択を行っても，F 社のように将来も格段困らない状況であればわざわざリスクを取る必然性はないと言える．

8.5　機能性材料の事業化に関する考察

関東電化工業が挑戦した塩化ビニル事業とその後の有機化学進出に関する事例では，資源として大きく不足する資本の獲得と物質収支のバランスをとるための原材料資源の制御のために，他組織との関係性の構築をめざす経営戦略を選択した．この事例の場合，塩化ビニル市場は成長期にあり，市場に関する不確実性はほぼ存在しなかった．

メタル磁性粉事例で比較した 4 社は，戦後の混乱期を経てメタル磁性粉の開発を開始した時には経営状況はそれまでより改善されており，各社の状況に応じて資本は確保できていた．この状況では，関東電化工業の塩化ビニル・有機化学参入のような資本獲得のために他組織と提携するという，一部の設備の不足への対応を除き，組織間関係で定義する資源依存の概念を形成する動きは観察されなかった．

メタル磁性粉事例では市場などの不確実性が大きい環境下で，磁性粉のトップ 2 社であった磁性酸化鉄系の戸田工業とチタン工業は，水素資源と金属粉製造技術と設備の蓄積を持ってなかった．これら 2 社に対し，メタル磁性粉の事業化に成功した関東電化工業と同和鉱業は水素資源と金属粉製造技術を持っていた．さらに，メタル磁性粉に遅れて参入した同和鉱業は後に超微粒子メタル磁性粉の品質と供給能力で関東電化工業を凌駕した．同和鉱業の技術報告により，メタル磁性粉開発への人的資源投入量，製造設備の増大実施，

材料特性の評価能力，品質管理体制の構築に関し，企業規模が総合的な力を示した．不確実性が大きな影響を及ぼしたメタル磁性粉事例では，各社が保有する資源の中で決定的に成果を左右したものは，水素資源，金属粉製造に関する技術的蓄積および資本の絶対的規模であった．しかし，メタル磁性粉は VHS などのアナログ磁気記録媒体の主役になることはなく，当初の期待に反して小規模な市場のまま終息する結果となった．メタル磁性粉では不確実性の存在が投入した資源と成果の因果関係を予測し難いものにした．メタル磁性粉の設備投資を選択しなかったチタン工業の経営判断も合理的であったことを説明できた．

リチウムイオン電池用材料の事例では，アナログ磁気記録技術がデジタル記録技術に置き替わったことで磁性酸化鉄事業の大幅な縮小に直面した戸田工業とチタン工業の事例を考察した．正極材など電池材料の市場はすでに存在していても，技術の変化が激しく市場を形成する特定の材料については将来予測が困難である．材料市場の不確実性が大きく，リスクを伴う技術開発を途切れなく続けることが必要である．E 社はビデオテープ事業の急速な縮小により自社の存続が懸念された．そのため，リスクレベルは高くても将来の自社の存続と発展の可能性がある戦略を選択した．他組織と連携してリチウムイオン電池正極材料に進出し，米国工場建設に多額の投資を行った．リチウムイオン電池用正極材の事業化に積極的に投資した戸田工業の経営戦略とプロセスは，市場の不確実性が大きくリスクを伴う技術開発を行う場合に相当する最近の事例として興味深いものであった．

戸田工業は磁性酸化鉄事業の成功により経営基盤を確立し経営状態はよく，優良企業と評価されていた．しかし，急激な磁性酸化鉄事業の縮小という危機に遭遇し，ほぼ磁性酸化鉄のみに依存する構造であった戸田工業は企業規模を維持するためには早急に磁性酸化鉄に匹敵する事業規模の製品を必要とした．かねてからリチウムイオン電池用正極材の開発を進めていた戸田工業はこのような厳しい状況に遭遇し，資本と技術を確保する必要が生じることとなった． 2010 年に伊藤忠商事と共同で米国にリチウムイオン電池用新材料の工場を建設した．しかし，2015 年 2 月には伊藤忠が一方的に出資を引き上げた．そこで，戸田工業は新たな提携先として以前から日本で共同関係にあった BASF と北米事業の合弁事業化を図った．この提携は不足する資金の確保に加え，世界市場での提携関係強化による制覇を目的としている．

経営基盤は盤石であった戸田工業も 2010 年以降，復興期の関東電化工業が提携を重ねたように，現代においても再び資本と技術を確保する必要が生じることとなった．この事例で観察された事象は，資本や技術的資源を他組織の力を利用して確保して自己を強化する戦略であり，組織間関係論的に資源依存関係の形成を意図したものと解釈される．現在でも資源が不足する場合に資源依存理論の有用性が示される事例である．さらに，現在では世界的に市場がグローバル化し，リチウムイオン電池用の材料は以前の日本国内市場の規模とは桁違いに巨大になっている．そのため，投資規模も巨大になっており，投資負担は 1 社では耐えられないほどリスクも大きくなっている．

しかも，材料から電池セル,電池モジュールを経てリチウムイオン電池を搭載する自動車の制御システムおよび自動車本体さらに自動車メーカー同士の規格のグループ化までつながりが拡大しており，複雑な提携関係が多数形成されつつある．共同戦略による組織間関係形成も以前に比べ，その意義はより大きくなっていると考えられる．本事例の考察により，現在に適合する組織間関係論を構築するために，グローバル化した世界市場における機能性材料の技術経営の事例を収集して法則性を考察することの意義を示すことができた.

また，機能性酸化チタンの開発を光触媒分野で成功に導いた TOTO の事例は協同戦略による組織間関係形成の優れた事例であると考えられる．TOTO が主導した光触媒事例は今後のリチウムイオン電池用機能性材料の技術戦略の参考になる.

機能性材料や新しい技術要素の開発は未知の領域でそれまで実現していなかった機能を新しく発現させることが目標である．新しい機能はシーズである場合とニーズによる場合のいずれもある．メタル磁性粉やリチウムイオン電池用材料のようにニーズに基づく場合，目標とする機能を発現するための理論的な方向性がある場合であっても，特定の性質を定量的に制御することまで理論ではカバーし切れないことも多い．実験を多数行うことでしか製造方法と製造条件は設定できない．また，極限を追求する場合，本当に目標の特性を達成することが可能か，開発の成否自体を予測できないことがある.

技術シーズの場合には，例えばセルロースナノファイバーのようにどのような用途であればその特徴を事業化できるのか，事業化するだけの市場があるのか分からないことがある．今後はますます一社単独での開発はリスクが大きくなると考えられるので，機能性材料のように川上に位置する企業にとって，サプライチェーンの関係企業との提携関係が重要になる．また，車の電動化のようにこれまで安泰であった市場でも根本的な構造が変化する時代となっている．機能性材料に限らず不確実性が拡大する分類 2 に相当する経営において，技術と市場を獲得するリスクの高低を評価し，戦略の選択においてはリスクレベルの受容度を評価するという経営のあり方に関する本研究の発見事項は意義深いものと考える.

8.6　本研究の意義

A 社塩化ビニル事例と F 社メタル磁性粉事例の比較により，市場の変数の特性として不確実性は，経営戦略の策定と意思決定に大きな作用を及ぼすことが示された．F 社の事例でも組織の属性を表す経営状況以外の変数，例えば原料資源としての水素，あるいは金属粉の扱いに関する技術的蓄積などの変数が良好であれば，自社での還元設備建設を選択することも十分に考えられる．しかし，組織の属性を表す変数が良好であっても，市場予測の変数の不確実性が高い場合には，その他の変数も考え合わせてリスクを取らない選択もあり得る．市場の将来が確実であれば，積極的な選択が合理性を高める.

しかしながら，5.6.3 で記述した B 社のメタル磁性粉のように技術的蓄積が十分と言えるほど蓄積できれば，富士フイルムなどのテープメーカーとシステムを主導するソニーに信頼感を与えることが可能となる．ソニーの 8 ミリビデオ販売宣言のスケジュール通り 1985 年に販売する際にはその数年前には 8 ミリビデオに用いられるメタル磁性粉を用いたテープによる総合的なシステムとしての機能が確立されていなければならない．その試作段階の 8 ミリビデオテープには少なくとも 2 社のメタル磁性粉が最終的に選定されている．当時の状況であれば，テープメーカーと機器メーカーにとっては 1982 年頃にはすでに B 社のメタル磁性粉を採用することが前提となる. B 社は量産化スケールのサンプル供給と自社の製造プラントを実際に見せることができたので，自社の位置づけを確信することができたと推論される．

B 社は集中的に自社の経営資源をメタル磁性粉の開発に投入できる状態にあった．1982 年には，初期の 8 ミリビデオとして使用できる特性のメタル磁性粉を量産化する体制を確立した．したがって，技術の確立により変数としての技術の不確実性を自ら制御する場合，少なくとも市場の実現については市場の不確実性をなくすパワーを持つことも可能であるとも言える．

このように変数の異なる状況に応じて，変数，戦略，組織間関係の相互作用により各企業の経営戦略と意思決定のプロセスを様々な事例に対して合理性をもって説明することができる．したがって，本研究で明らかにした変数，戦略，組織間関係の 3 つの要素の相互作用による経営戦略の策定と実行のプロセスを説明するモデルは広い範囲の拡張性を持つことが分かる．

さらに，説明だけではなく自ら変数を操作し，自社の属性および環境を制御することによる変数の予測，取るべき戦略，選択可能な組織間関係をシミュレーションする有力な手法として使用できる．したがって，経営戦略策定と実行のツールとして本モデルは実際の経営現場での利用を期待できる．

このように変数の異なる状況に応じて，変数，戦略，組織間関係の相互作用により各企業の経営戦略と意思決定のプロセスを様々な事例に対して合理性をもって説明することができる．したがって，本研究で明らかにした変数，戦略，組織間関係の 3 つの要素の相互作用による経営戦略の策定と実行のプロセスを説明するモデルは広い範囲の拡張性を持つことが分かる．

さらに，説明だけではなく自ら変数を操作し，自社の属性および環境を制御することによる変数の予測，取るべき戦略，選択可能な組織間関係をシミュレーションする有力な手法として使用できる．したがって，経営戦略策定と実行のツールとして本モデルは実際の経営現場での利用を期待できる．

第 9 章　結論

機能性材料の経営戦略の立案・選択と実行のプロセスに対し，市場と技術が存在する事業への進出と市場と技術が存在せずリスクを伴う技術開発を行う事業への進出にどのような違いがあるのか，これまでの事例分析結果と考察から以下の結論を得た．第 2 章で説明したようにリスクと不確実性については，酒井（2010，2012）の定義に従った．便宜的に「市場と既存技術が存在する場合」を分類 1 とし，「市場が存在せずリスクを伴う技術開発を行う場合」を分類 2 とした．

材料企業が新規事業へ参入する戦略を立案するのは，積極的に成長をめざすことに重点がある攻めの場合と既存の製品市場の衰退により企業の存在が危惧される場合のような守りの場合に大別される．

資本・資源を獲得するリスクをとって，市場と技術が新規な事業に参入する戦略選択を行うときは，(1) 優良な主力事業を有する企業がさらなる発展を求める場合と (2) 基盤となる本業の状況がよくないか，近い将来市場が変化することで自社の存立が危うくなると予測される場合であると考えられる．したがって，いずれにしても企業が新規事業へ参入する戦略を立案しようとする状態においては資本・資源を必要とする．したがって，企業が新規事業へ参入する戦略を立案しようとする状態においては資本・資源が不足している場合を前提として，機能性材料に関する経営戦略のプロセスを整理した．

分類 1 は，市場と技術は存在する事業に新たに参入を図ろうとする場合であり，資本と資源を必要とする企業が資本・資源を獲得することにより，事業化戦略を実行可能とするように行動する場合である．分類 2 は，世の中に市場と技術が存在しない状態で新事業に参入を図ろうとする場合であり，資本と資源を必要とする企業が資本・資源を獲得した上で，技術と市場を獲得することにより，事業化戦略を実行するように行動する場合である．分類 2 では，①保有しない資本・資源を獲得するリスクを評価することに加えて，市場がなく技術もないのでリスクを伴う開発を行って，②存在しない市場と技術を獲得するリスクがある．機能性材料への進出は分類 2 に相当する．表 9-1 に，分類 1 の事業への進出と分類 2 の事業への進出における戦略選択の際の違いを整理した．

表 9-1　分類 1 の事業への進出と分類 2 の事業への進出における戦略の違い

新規事業を計画するときの変数	リスク	戦略立案において考慮すべきリスク	戦略の是非は何により判断するか
分類 1 技術　有 市場　有 資本　無 資源　無	 技術リスク　無 市場リスク　無 資本リスク　有 資源リスク　有	 － － ○ ○	技術と市場はあるので，このリスクはない． ①保有していない資本・資源を獲得するリスクがある． 資本・資源を獲得するリスクが低くなるような戦略を選択する．
分類 2 技術　無 市場　無 資本　無 資源　無	 技術リスク　有 市場リスク　有 資本リスク　有 資源リスク　有	 ○ ○ ○ ○	①保有していない資本・資源を獲得するリスクがある．このリスクに加え， ②存在しない技術・市場を獲得するリスクがある． ③①と②で評価したリスクをどこまで受容できるのか、受容できるレベルがどうかにより戦略を選択する． ・実行しなかった場合に将来企業が存続しないことになると予測される場合には，ある程度高くてもリスクを取って実行する． ・実行しなくても企業が存続する場合には，あえてリスクを取って実行するようなことはしない．

まず，分類 1 では，市場と技術があるのでこれらを獲得するリスクはない．自社に技術がなくても外部から購買することもできる．資本・資源を獲得して将来の成長につながる戦略を選択実行する場合，①保有しない資本・資源を獲得するリスクを評価して，リスクが低くなるような戦略をとる．

市場と技術は確実に存在するので，周到に計画し，きちんと実行すれば成果を得ることが見通せる．市場と技術がある場合のリスクは，機能性材料のように市場の将来性が見通せない、技術の先が見えないというリスクとは異なる．

分類 2 は，資本と資源がなく，また，市場と技術も存在しない場合である．①資本を獲得するリスクを評価することに加え，②市場と技術獲得のリスクを評価し，このリスクレベルを評価する．次に，③これらのリスクレベルをどこまで受容できるかの評価を行うこ

とが判断に必要となる．

すなわち，実行しなかった場合に将来その企業が存続しないことが予測される場合には，多くの場合リスクを取って投資を行う戦略を選択することになる．つまり，その企業の基盤事業が近未来に消滅する蓋然性が高いことが技術的・社会的潮流で明らかになっており，何もしなければその企業の存続が危ういことが明確であるような場合には，リスクが多少高くても企業が存続する可能性のある戦略を選択する．

縮小は避けられなくても少なくとも企業の存続は確実である場合，投資額は抑制しながら徐々に新事業の拡大を図る戦略を選択する．

一方，投資を実行しなくてもその企業が存続するのであれば，通常はあえて不確実な市場と技術開発に投資するリスクはとらない．

主要事業の市場で大きな売上とシェアを持っており，しかも，その事業が確実に成長している場合，先行きの予測が不確実な新製品の開発は必要な場合，リスクレベルが大きな投資を行う必然性はない．

経営戦略策定に関しては，まず自社の経営変数があり，将来を考えたときに組織間関係により制約される要素がある．経営変数と組織間関係の 2 つの要素を考えると，採り得る戦略はこれらに制限される．さらに，リスクレベルおよび将来の成長のポテンシャル，この評価軸を考慮してある戦略を選択する．その結果，自社の変数と組織間関係が変化する．

市場と技術がある場合，新たにそこに入っていく，投資する，或いは提携するときには，市場と技術が明らかになっているから，市場と技術に関するリスクレベルはきわめて低い．したがって，そこに進出していくことについて外部環境が許せば，提携なりいろんな戦略はある．その中で可能な戦略を選択するとき，積極的に投資することについて，低いリスクの状態でそこに参入できる．

市場がなくても技術がある場合，その事業が将来有望であると予測される場合は自社の将来性を考えたとき，そこは比較優位であるけれど，どちらかというと投資に向かう．

一方で，技術も市場もない場合はリスクレベルが非常に高い．その場合，リスクレベルをどの程度まで受容できるかを評価する．実行しないと企業が存続しないような場合には，リスクを取って投資する．

実行しなくても企業が存続するのであれば，あえてリスクはとらない．その場合　結果的に投資が抑制的に行われる．むしろ，提携することによってリスクを下げていく，補っていく方向で戦略が採られていく．以上の論理的関係性が図 9-1 に示す枠組みで説明できる．

分類 2 では技術を持ってないので，ある事業に参入するには資本・資源を確保するリスクに加えて技術と市場を獲得するリスクがある．リスクが高いのになぜその事業に参入していくのかと言えば，すでに存在する技術と市場に依存していると，将来がないからである．自社の存在がかかっている場合には，高いリスクを受容できる．すでに存在する技術と市場に依存を続けると自社の将来がないので，技術と市場を獲得するリスクレベルが多

少高くても市場と技術が存在しない事業への進出を企てる戦略を選択する.

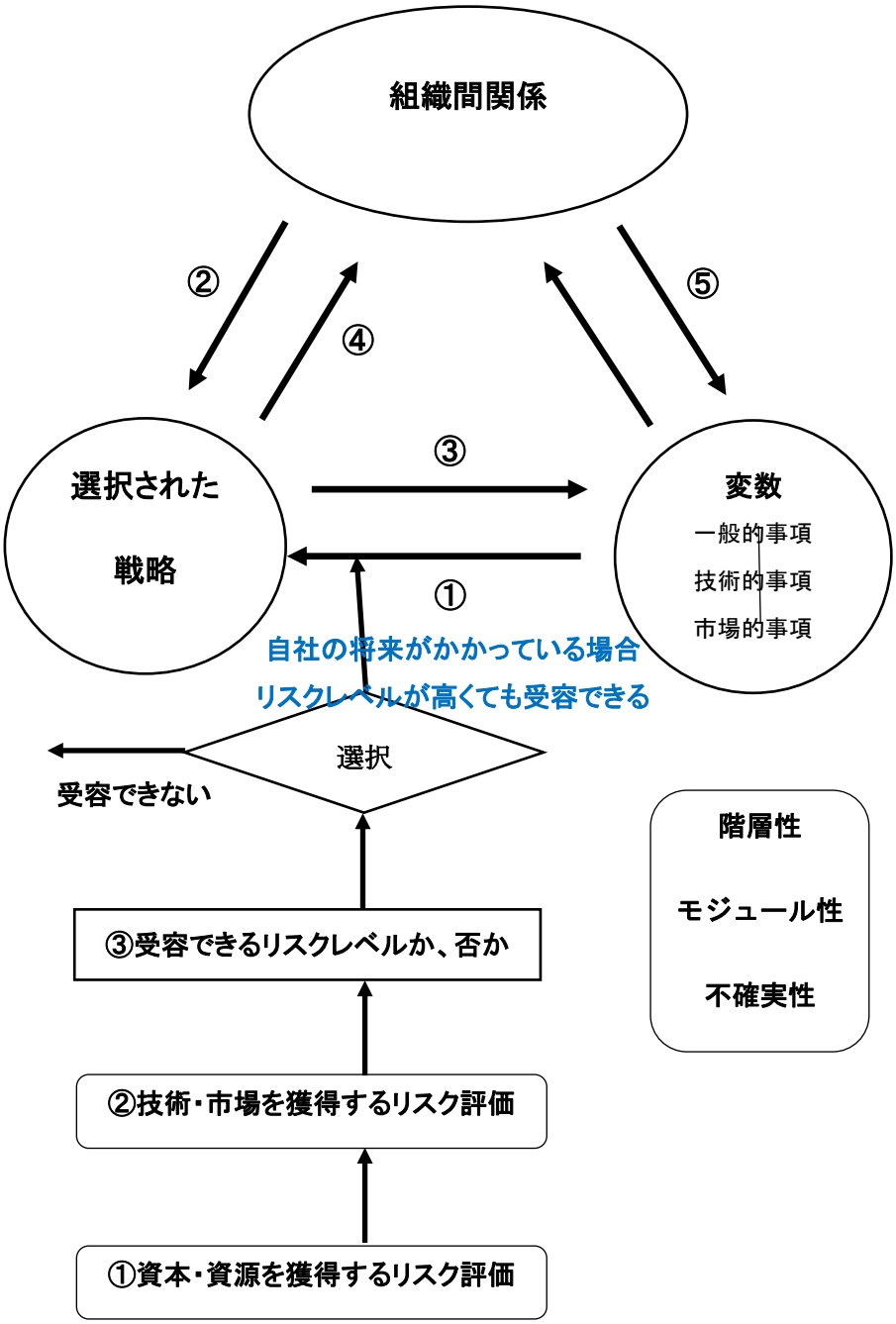


図 9-1　技術と市場がない場合の機能性材料事業経営の戦略立案・評価・選択プロセス

謝辞

本研究を進め，本論文をまとめるまでには6年の歳月を要しました．6年にわたり根気よくご指導いただきました那須清吾教授に篤くお礼申し上げます．特に，博士課程に入ってからは毎回 1 時間繰り返しご説明をいただいたにもかかわらず物分かりが悪く，ご迷惑をかけることになりました．それでも，機能性材料という地味な存在の研究に価値を見いだし，最後の土壇場まであきらめることなくご指導を継続されたことに深く感謝いたします．

また，修士課程の頃には不確実性の存在がキー概念であることを指摘され，本研究の重要な視点を確立するのに不可欠なご指導をいただきました末包厚喜名誉教授に感謝いたします．セミナーと審査会では常に核心的な指摘と質問をいただき，思考を深めるに欠かせないご指導を 6 年にわたりいただきました冨澤治名誉教授に感謝いたします．冨澤先生には修士課程入学に際し，研究のためには修士入学をして社会科学系の勉強をすることを強く勧めていただき，今に至ることができました．また，先生の技術経営論の講義から多くの示唆をいただきました．さらに，最後の最後に手をさしのべていただいてなければ，ゴールにたどりつけてなかったと思います．

桂信太郎教授には行き詰まるたびに何かと相談をさせていただきました．その度に適切な助言と方向を示していただき，何とか関門を通過した事を思い起こします．生産管理学会への査読論文掲載という結果は桂先生を抜きには実現しておりません．深く感謝いたします．坂本泰祥准教授には本論文の基盤となる課題設定の見方について重要な意見をいただきました．感謝いたします．永野正信展特任教授には F 社の評価について貴重な示唆をいただきました．そして，岡本博公（元）教授には本質を突く質問と示唆をいただきました．また，研究の意義を認めていただき，力強い精神的支援をいただくことができました．深く感謝する次第です．

起業家コース事務室の皆様には，講義の最初から研究の過程すべてにわたりご支援をいだきました．特に，鶴保葵様には 6 年もの長期間お世話になるばかりでした．いつも元気をいただき，研究を続けることができました．篤くお礼申し上げます．

また，VALUENEX 取締役研究開発本部長の本多克也氏には特許情報の先端的分析技術である「Cluster Map Viewer」により有益な議論とご教示を多くいただき，本研究を深化できました．篤く御礼申し上げます．

そして，本研究の基盤事例となったメタル磁性粉の研究を行ったチタン工業株式会社には感謝しても感謝しきれません．人生の最盛期にメタル磁性粉の研究に打ち込む環境を与えられ，本当に幸せなことでした．材料の研究を一緒に行った研究開発部の諸先輩方と同僚には感謝いたします．そして，合成酸化鉄課の皆様には言葉では言い尽くせないほどの恩義をいただきました．未熟な私の目を覚まさせてくれたのは合成酸化鉄課の皆様のお陰です．お礼を申し上げます．

家族には時間的にも精神的にも経済的にも大きな負担をかけましたが，いつも私を認め

て我が儘を聞いてくれました．本当にありがとう．

最後に京都大学そしてチタン工業株式会社も合わせ，40 年以上公私にわたり厳しくまた親しくご指導くださいました恩師真嶋宏先生には感謝の気持ちでいっぱいです．学位の取得を支援していただいたにもかかわらず期待に添うことができず不肖の弟子でした．生前の真嶋先生には業績を報告することもかないませんでした．しかし，研究と人生に対する真嶋先生の薫陶を受け本研究に至りました．不備は多々ありますが確信をもって本研究の機能性材料の技術経営への寄与とその意義を真嶋先生に報告いたします．

付録（Appendix）

第 4 章　関東電化工業における塩化ビニル事例

1）　図 A-1　関東電化工業の主要製品の事業化年表

　　図 A-2　関東電化工業の主要製品の事業化年表における各状態の位置

第 6 章　リチウムイオン電池用機能性材料事例

2）　表 6.3-1　リチウムイオン電池 4 大材料の市場動向

3）　表 6.4-1　戸田工業株式会社有価証券報告書・業績の状況から抜粋

4）　表 6.4-2　戸田工業株式会社の事業再構築と業績の推移

第 7 章　機能性酸化チタン事例

5）　表 7.3-A および B　機能性材料酸化チタン（A）および光触媒酸化チタンの特許出願調査（B）

注記；

用紙サイズの都合上，3）　表 6.4-1　戸田工業株式会社有価証券報告書・業績の状況から抜粋を付録の最初に置く.

3)　表 6.4-1　戸田工業株式会社有価証券報告書・業績の状況から抜粋
2004 年 3 月期－2016 年 3 月期

暦年	業績報告箇所	セグメント別報告箇所
2004	(1) 業績 当連結会計年度の国内経済は，アメリカ経済の好調を背景に，設備投資と輸出に支えられ景気の回復が続いております．先行きにつきましても引き続き回復基調で推移すると見込まれておりますが，不安定な国際情勢による為替レートの変動の影響や，依然厳しい雇用情勢等による不安材料も残っております． こうした状況下，当社グループの主力製品であったアナログ用磁性粉末材料は，ＤＶＤ等の普及により急速に市場が縮小しており，大幅に売上が減少しております．しかしながら，電子印刷用着色材料等は依然として好調を保っており，また，酸化鉄関連製品以外の分野では，二次電池正極材料の売上も伸びてまいりました．この結果，当連結会計年度の売上高は 24,674,950 千円（前年同期比 0.6%増）となりました． 一方，円高の影響，原材料価格の上昇，バイエル社からの仕入量減少に伴うアナログ用磁性粉末材料の仕入価格の高騰により，経常利益は 921,452 千円(前年同期比 34.5%減）となりました． また，**アメリカ子会社で発生した使途不明金に対し 592,595 千円を貸倒引当金に計上し特別損失として処理したことに加え，**アナログ用磁性粉末材料生産設備の一部を二次	① 磁性粉末材料部門 デジタル用磁性粉末材料は，新製品の売上が伸びており，前年同期より好成績を収めることができました． アナログ用磁性粉末材料は，ＤＶＤ等の普及に伴いＶＨＳ市場が前年同期比で約 25%減と大幅に縮小し，主要顧客の事業撤退が相次ぎ，当社グループにおけるビデオテープ用材料の売上も大幅に減少しました．以上の結果，売上高は 8,079,852 千円（前年同期比 23.8%減）となりました． ② フェライト材料部門 フェライト材料については，世界的な景気回復傾向から家電及び自動車分野での売上が増加しました．一方，ＯＡ及びモーター分野では，機器出荷台数は好調なものの部品の小型化によって微減となりました． 磁気カード材料は，脱カード化の影響で引き続き売上が減少していますが，ＥＭＣ(電磁環境両立性)材料は，電子・通信機器の広範な普及に伴い大きく伸長しました． 以上の結果，売上高は 4,716,940 千円(前年同期比 0.8%増）となりました． ③ 各種着色材料部門 着色顔料については，公共工事の縮小，顧客のアジア進出等により，市場環境が厳しく，前年同期実績を大幅に下回りました． 電子印刷用着色材料については，前連結会計年度に主要顧客の生産調整の影響

	電池正極材料用に改造・転用することに伴う固定資産処分損，老朽化した広島工場の生産設備撤去に伴う固定資産処分損，バイエル社との代行製造供給契約解消に伴う補償金の支払い等により，当期純損失は577,219千円となりました.	を受け苦戦したものの，生産調整が一段落した前年下期からの好調を当連結会計年度も持続し，前年同期比では大幅な売上増となりました. 以上の結果，売上高は9,075,967千円（前年同期比2.2%増）となりました. ④ その他の部門 酸化鉄関連製品以外をその他の部門としております. 当連結会計年度から二次電池正極材料の製造・販売及び半導体製造装置等の仕入・販売を開始したこと，合成樹脂用安定剤の売上が増加していること等により，その他の部門の売上高が大幅に増加しております. また，環境関連事業では，土壌汚染問題で注目を集めている土壌処理剤についても，売上が伸びております. 以上の結果，売上高は2,802,188千円（前年同期比664.3%増）となっております.
2005	(1) 業績 当連結会計年度の国内経済は，前半においては企業収益の改善・民間設備投資の増加等，景気回復の傾向がみられたものの，後半に入って，原油相場の急騰をはじめとした世界的な原燃料価格の高騰等による国内外の景気減速懸念が広がってきており，依然として不透明感が拭いきれない状況にあります. こうした状況下，既存事業のみでは大きな成長が期待できないため，二次電池正極材料や環境関連事業等の新規事業の開拓に注力し，事業構造の転換に取り組んでまいりまし	① 酸化鉄事業 磁性粉末材料については，アナログ用材料の売上の大幅減少が続いており，前年同期比約30%の減少となっております. フェライト材料については，下半期に入り電子部品関連業界の在庫調整等の影響を受け，前年同期比若干の減少となっております. 一般着色材料は，ここ数年続いている公共事業縮小の影響等で伸び悩み状態が続いています. 電子印刷材料は好調に推移したため，前年同期比若干の増加となっています. 以上の結果，電子印刷材料関係は好調ながら，磁性粉末材料をはじめとした他の

	たが，磁性粉末材料の急激な落ち込みをカバーするにはいたっておりません．以上の結果，当連結会計年度の業績につきましては，売上高は22,565,330千円（前年同期比8.5%減）となりました．また，原燃料価格の急騰が原価低減努力を凌ぐ速さで進行したため，経常利益は346,625千円(前年同期比62.4%減)となりました．加えて，たな卸資産評価損の計上，ならびに使用見込みのない固定資産等の処分を行ったため，当期純損失1,525,957千円となりました． なお，当連結会計年度において酸化鉄事業以外の売上高が 10%以上となり，損益に与える影響の割合も大きくなってきたことから，当連結会計年度は酸化鉄事業・電池材事業・その他の事業のセグメント区分を行っております．	用途の落ち込み分を埋め合わせるにはいたらず，売上高は19,287,765千円(前年同期比 11.8％減)，営業利益は3,074,136千円となりました． 今後は，酸化鉄事業全体として，効率の徹底追及により一層のコスト競争力の強化，高品質の追求，高機能アプリケーションへの展開等に努めてまいります． ② 電池材事業 前連結会計年度より販売を開始し，新たな事業の柱として順調に売上規模を拡大してきており，売上高は1,664,485千円，事業の立ち上げの段階だったこともあり，営業損失510,094千円となりました． 今後は，一層の拡販に努めながら，生産量増等によるコストダウン効果を引き出してまいります．
2006	(1) 業績 国内経済は，企業収益の改善や民間設備投資の拡大，雇用・所得の環境改善による個人消費の底堅さなど，拡大基調で推移しました．しかしながら，原油をはじめとした原燃料価格の上昇は，企業収益の圧迫要因となっており，景気の先行きに一抹の不安を与えます． このような状況のもと，当社グループでは，新規事業を強力に推進し，事業構造の転換に取り組んでいます．特に近年は，リチウムイオン電池正極材料や環境関連事業等の新規事業の開拓に注力しています．	① 酸化鉄事業 フェライト材料については，電子部品関係が堅調に推移したことに加え，磁気カード用材料の需要増もありました．その結果，売上高は，前期比 7.7%の増加となりました． 磁性粉末材料については，デジタル用途は堅調ながら，アナログ用途の売上が引き続き大幅に減少しており，前期比11.5%の減少となりました． 各種着色材料については，電子印刷材料が引き続いて堅調に推移しましたが，一般着色用材料は公共工事の回復の遅れ等停滞気味に推移した結果，売上高は，前期比3.0%の減少となりました．

	新規事業を中心とした積極的な営業活動の結果として，当連結会計年度の売上高は，前期比 8.6％増の 24,498,864 千円となりました．また，経常利益につきましては，世界的な原燃料価格の高騰にも拘わらず，徹底したコスト削減努力により，前期比 71.3％増の 593,854 千円となりました．さらに，当期純利益につきましては，前連結会計年度に計上したたな卸資産評価損，固定資産等の処分といった特別損失の負担が軽減されたこともあり，前連結会計年度より 1,739,953 千円改善されて 213,996 千円と黒字転換しました． また，当連結会計年度より，売上債権の流動化の取組みを始めました．捻出した資金を借入金の返済に充当すること等により，総資産を 1,809,224 千円圧縮しており，この取組みは，翌連結会計年度も継続いたします．	以上より，酸化鉄事業全体の売上高は，18,714,847 千円(前期比 3.0％減)，営業利益 2,946,951 千円となりました． 今後も，酸化鉄事業の効率化の徹底を図り，一層のコスト競争力の強化を図ると共に，製品の高品質化，高機能アプリケーションへの展開等により，経営体質の強化に努めて行きます． ② 電池材事業 リチウムイオン電池正極材料は，売上規模を順次拡大し，当連結会計年度の売上高は前期比 119.5％増の 3,653,433 千円となりました．しかし，償却負担の大きい育成の途上の事業であり，営業損失は 1,006,107 千円となっています． 今後は，一層の拡販に努めると共に，生産プロセスの見直しを行うことにより，コスト低減に努め，利益体質への転換を図って行きます． (2) キャッシュ・フローの状況 当連結会計年度末における現金及び現金同等物（以下「資金」という）は，2,018,792 千円となり，前連結会計年度末と比べ 366,455 千円減少いたしました．
2007	(1) 業績 当連結会計年度におけるわが国経済は，企業収益の改善や民間設備投資の拡大，個人消費の底堅さなどに支えられ，拡大基調で推移しました． 当社グループにおいては，中期経営計画を定め，事業構造の転換，経営体質の改善に取組んでおりま す．当連結会計年度においては，新	① 機能性顔料事業 機能性顔料事業とは，各種着色材料，磁性粉末材料を主体とする事業であります． 各種着色材料については，電子印刷材料が IT の進展に伴い引き続き堅調に推移しております．一方，一般着色用材料については，公共工事の減少に伴い停滞気味に推移しております．また，磁性粉末材料については，アナログ用途の売上

	規事業の拡大，富士化水工業㈱の子会社化（平成 18 年 10 月 1 日付）によるシナジー効果の創出，物流費・資金調達コスト等の経費の削減に取り組み，大幅な増収増益を達成することができました． 結果として，当連結会計年度の売上高は，前期比 35.8%増の 33,276 百万円と大幅な増収となりました．また，経常利益については前期比 124.5%増の 1,332 百万円，当期純利益については，前期比 423.2%増の 1,119 百万円と大幅な増益になっております． なお，富士化水工業㈱を連結子会社化したことに伴い，セグメント区分を全面的に見直しておりま す．	が大幅に減少しておりますが，デジタル用途が堅調に推移しております． 以上により，機能性顔料事業全体の売上高は，14,643 百万円，営業利益は 2,516 百万円となりました．今後も，一層のコスト競争力の強化を図ると共に，製品の高付加価値化を推進し，経営体質の強化に努めて行きます． ② 電子素材事業 電子素材事業とは，電子機器に利用される素材等を主体とする事業であります． リチウムイオン電池正極材料は，売上規模を順次拡大したことにつれ，収益構造の改善も進展しております．モーター用フェライト材料等の電子部品材料は堅調に推移しており，アンテナ用フェライト基板等の電磁環境関係の需要が急増しております． 以上により，電子素材事業全体の売上高は，12,258 百万円，営業利益は 69 百万円となりました．今後は，一層の拡販に努めると共に，生産プロセスの見直し等によるコスト低減に努め，経営体質の強化を図ります．
2008	(1) 業績 当連結会計年度の経済概況をみると，前半こそ企業収益の改善や民間設備投資の拡大，雇用環境の改善等により回復基調が続いていましたが，素材価格及び原油価格の高騰，為替の急激な変動，米国のサブプライムローン問題に端を発する金融市場の混乱，日本においては建築基準法の改正に伴う建築着工の遅延等，後半は世界規模での景気	① 機能性顔料事業 機能性顔料事業とは，着色材料，磁性記録材料を主体とする事業です． 電子印刷材料および磁性記録材料のデジタル用途については，需要は堅調に推移しています．一般着色用材料については，公共工事の減少に伴い停滞気味に推移しています．原燃料の上昇分の価格是正により，可能な限り収益確保にも努めました． 以上により，機能性顔料事業全体の売

	減速の懸念がでてきました. このような状況のなかで，当社グループにおいては, 引き続き経営体質の改善, 事業構造の転換に取組んでいます. 当連結会計年度においては, 事業の柱の一つとして育成中の電池材事業の業容拡大のため, H.C.スタルク社の電池材事業を買収しました. また原燃料の高騰に伴う製品の価格是正，物流コストの削減，資金調達コストの削減等, 収益改善の取組みに努めてまいりました. しかしながら，建築基準法改正による工事の遅れ，建築資材の高騰，価格競争の激化等により富士化水工業㈱の業績が悪化して赤字となりました. また電池材事業においては，原料価格の高騰，円高による外貨建債権の為替差損の発生等があり, 当連結会計年度の利益は厳しい状況に置かれました. 結果として，当連結会計年度の売上高は，前期比 32.1%増の 43,956 百万円と大幅な増収となりましたが，営業利益は前期比 20.4%減の 931 百万円，経常利益は前期比 47.4%減の 700 百万円となり, 最終的には遺憾ながら，当期純損失 189 百万円(前期は当期純利益 1,119 百万円)となりました.	上高は, 前期比 2.8%減の 14,234 百万円, 営業利益は前期比 3.3%減の 2,434 百万円となりました. 今後も，一層のコスト競争力の強化を図ると共に，製品の高付加価値化への展開，価格是正への取組みを推進し，経営体質の強化に努めて行きます. ② 電子素材事業 電子素材事業とは，電子機器に利用される素材を主体とする事業です. リチウムイオン電池正極材料は，順調に売上規模は拡大しつつも，急激な原材料価格の高騰の影響を受け収益改善は遅れ気味になっています. モーター用フェライト磁性材料等の電子部品材料については，堅調に推移しており，アンテナ用フェライトシート等の電磁環境関係の市場も拡大しています. 以上により，電子素材事業全体の売上高は, 前期比 58.7%増の 19,456 百万円, 営業利益は前期比 317.4%増の 288 百万円となりました. 今後は，一層の拡販に努めると共に，生産プロセスの見直し等によるコスト低減に努め，経営体質の強化を図ります. また，原料調達力の強化による収益の安定化にも取り組みます.
2009	(1) 業績 当連結会計年度における経済状況は, 世界規模で急激な変化が見られました. 前半では原燃料価格が異常に高騰し続け, 昨夏以降は米国の金融危機に端を発する世界的な景気	① 機能性顔料事業 第 3 四半期以降の世界的な景気減速による急激な市場収縮の影響を受け，売上高は前期比 11.3%減の 12,621 百万円となりました. 営業利益は，原燃料価格上昇に見合う販売価格是正のほか，工程ロ

	の減速感が加速度的に強まる中，為替が円高に進む等，経営環境は厳しさを増してきております． こうした状況の下，当社グループでは原燃料価格上昇に見合う販売価格是正，調達コストの徹底的な削減等に取組むとともに，エンジニアリング事業及び電子素材事業の抜本的な改善策を強力に推し進めておりましたが，誠に遺憾ながら結果として，当連結会計年度の売上高は前期比 11.4%減の 38,963 百万円となり，**営業損失 1,211 百万円**（前期は営業利益 931 百万円），**経常損失 2,815 百万円**（前期は経常利益 700 百万円）となり，コスト構造スリム化のための**特別損失計上も加わり，当期純損失 5,658 百万円**（前期は当期純損失 189 百万円）となりました．	スの低減や調達コストの削減等の取り組みを強化し，収益確保に努めましたが，売上高減少の影響が大きく前期比 62.5%減の 913 百万円となりました． ② 電子素材事業 リチウムイオン電池正極材料の市場は拡大基調が続いておりましたが，昨秋以降の世界的な景気後退により大幅な生産調整局面に入り，堅調に推移していたその他の電子部品材料も需要が著しく減少しております．機能性顔料事業と同様に景気後退の影響が大きく，収益面については厳しい状況となり電子素材事業全体の売上高は前期比 0.1%減の 19,438 百万円，**営業損失 162 百万円**（前期は営業利益 288 百万円）となりました．
2010	(1) 業績 当連結会計年度における経済状況は，中国等の新興国経済の高い成長持続，各国の経済対策等により緩やかながらも回復の傾向がみられるものの，企業の設備投資意欲は依然として弱いことに加え，素材価格の上昇圧力の一方でデフレ・円高の定着等もあり，経営環境の厳しさは不透明感がぬぐえない状況にあります． 当社グループにおいては，経営基盤強化のため徹底したコスト削減・新規需要の開拓に努めるとともに，将来を見据えた新規事業の育成にも取り組んでまいりました．当下半期	①機能性顔料事業 一部に回復の遅れがあるものの，一昨年の世界的な景気減速前の水準近くに需要回復してきており，販売価格是正のほか，工程ロスの低減や調達コスト削減の取り組み強化等の成果も表れ，売上高は前期比 4.0%減の 12,114 百万円，営業利益は前期比 74.7%増の 1,595 百万円となりました． ②電子素材事業 メタル価格相場に連動した電池材料の販売価格が大きく低下した影響で売上が減少しました．電子部品材料は景気後退からの本格的な需要回復が下半期にずれ込んだこともあり，販売価格是正，

	においては，殆どの事業分野で景気減速前の水準近くまで需要も回復するなど，一連の取り組み成果が業績にも反映されてきております． こうした状況の中，当連結会計年度の売上高は，メタル価格相場に連動した電池材料の販売価格が大きく低下したことを主要因として前期比 17.0%減の 32,320 百万円となりました．当連結会計年度の利益は下半期には収益力回復に向けた取り組み成果により黒字化しましたが，上半期の業績回復遅れが響き，通期では遺憾ながら営業損失 493 百万円（前期は営業損失 1,211 百万円），経常損失 741 百万円（前期は経常損失 2,815 百万円）となり，北米でのリチウムイオン電池正極材事業の合弁化による現地子会社の株式売却益を計上したこと等で，当期純利益 964 百万円（前期は当期純損失 5,658 百万円）と黒字転換を致しました．	工程ロスの低減，調達コストの削減等の取り組み強化を図りましたが，通期の収益については厳しい状況となり，電子素材事業全体の売上高は前期比 31.4%減の 13,328 百万円，営業損失 705 百万円（前期は営業損失 162 百万円）となりました．
2011	(1) 業績 当連結会計年度における経営環境は，中国等の新興国の経済成長持続や各国の経済対策等により緩やかな回復の傾向がみられたものの，急激な円高の進行に加え，資源価格の高騰，中東・北アフリカ情勢及び欧州の財政問題等厳しい状況もあり，さらに 3 月 11 日に発生した東日本大震災により日本経済に大きな打撃を与えただけでなく世界経済への影響も懸念される状況となっております．	①機能性顔料 需要はリーマンショックによる世界的な景気減速前の水準に回復してきており，稼働率の向上や徹底したコスト削減活動等の成果により，売上高は前期比 15.9%増の 14,035 百万円，セグメント利益は前期比 151.3%増の 4,010 百万円となりました． ②電子素材 リチウムイオン電池正極材料は，自動車分野への展開が進みました．その他の電子部品材料は需要回復により稼働率が

	こうした中，当社グループではさらなる経営基盤強化のため継続的に徹底したコスト削減・新規需要の開拓に努めるとともに，将来を見据えた新規事業の育成にも取り組んでまいりました．ここ数年のこうした継続的な取組みの成果により，当連結会計年度の売上高は 34,847 百万円（前期比 7.8%増）と３期ぶりに増収に転じ，営業利益 2,741 百万円（前期は営業損失 493 百万円），経常利益 1,702 百万円（前期は経常損失 741 百万円）とそれぞれ黒字転換し，当期純利益は 1,245 百万円（前期比 29.2%増）となりました．	向上し，徹底したコスト削減等の強化にも取り組みました．こうした結果，電子素材事業全体の売上高は前期比 12.5%増の 14,998 百万円，セグメント利益は 510 百万円（前期は営業損失 705 百万円）となりました．
2012	(1) 業績 当連結会計年度における日本経済は，東日本大震災の影響による生産活動の停滞から脱却し，企業の生産活動が持ち直してきた一方，ギリシャの財政危機に端を発した金融市場の混乱，欧州や米国の景気の減速懸念，円高の進行，タイの洪水被害等もあり，予断を許さない状況で推移いたしました． こうした状況のもと，当社グループにおいては，第３四半期後半から顧客の在庫調整の影響で需要が大きく減速しましたが，当期末にかけては回復傾向となっております．また，リーマンショック後の業績悪化で抑制していた雇用条件の改善を行い，新規需要の開拓と将来を見据えた新規事業の育成のための設備投資及び関連会社設立等を積極的に実施いたしました．	①機能性顔料 電子印刷材料の需要は底堅く推移しているものの，着色材料の一部で価格競争が激化し販売が減少したため，売上高 12,861 百万円（前期比 8.4%減），セグメント利益 3,325 百万円（前期比 17.1%減）となりました． ②電子素材 自動車向けのリチウムイオン電池正極材料及びモバイル端末機器向けの電子部品材料の需要が増加したこと等により，売上高 17,373 百万円（前期比 15.8%増），セグメント利益 604 百万円（前期比 18.4%増）となりました．

	この結果，当連結会計年度の業績は，売上高 37,230 百万円（前期比 6.8%増），営業利益 2,530 百万円（同 7.7%減），経常利益 1,852 百万円（同 8.8%増），当期純利益 616 百万円（同 50.5%減）となりました．	
2013	(1) 業績 当連結会計年度における我が国経済は，東日本大震災の復興需要などを背景に一部持ち直しの動きも見られ，政権交代後の円安・株高の流れから景気回復の期待も高まっております．しかしながら，欧州債務危機の再燃，アメリカの財政緊縮，中国経済の減速などの懸念材料も多く，先行きについては依然として不透明な状況が続いております． こうした状況のもと，当社グループにおきましては，将来の主力事業の一つと期待するモバイル端末向けのＮＦＣ用アンテナシートは伸長しましたが，自動車向けのリチウムイオン電池正極材料等は需要の立ち上がりが遅れており，また，顧客の在庫調整等も影響し売上は低調に推移いたしました． 経営成績としては，売上高は 31,680 百万円（前期比 14.9%減），営業損失は 654 百万円（前期は営業利益 2,530 百万円）となりました． なお，為替差益 775 百万円，支払利息 403 百万円及び持分法による投資損失 751 百万円等があり，経常損失は 853 百万円（前期は経常利益 1,852 百万円）となりました．また，国庫補助金１,976 百万円等があり，	①機能性顔料 新規連結による販売増がありましたが，印刷記録材料等の販売の減少，着色材料の一部での価格競争激化等により，売上高は前期比 5.2%増の 13,526 百万円，セグメント利益は前期比 18.2%減の 2,719 百万円となりました． ②電子素材 モバイル端末向けのＮＦＣ用アンテナシートの売上は増加したものの，自動車向けのリチウムイオン電池正極材料等の売上が減少し，売上高は前期比 23.5%減の 13,292 百万円，セグメント**損失 1,418 百万円**（前期はセグメント利益 604 百万円）となりました．

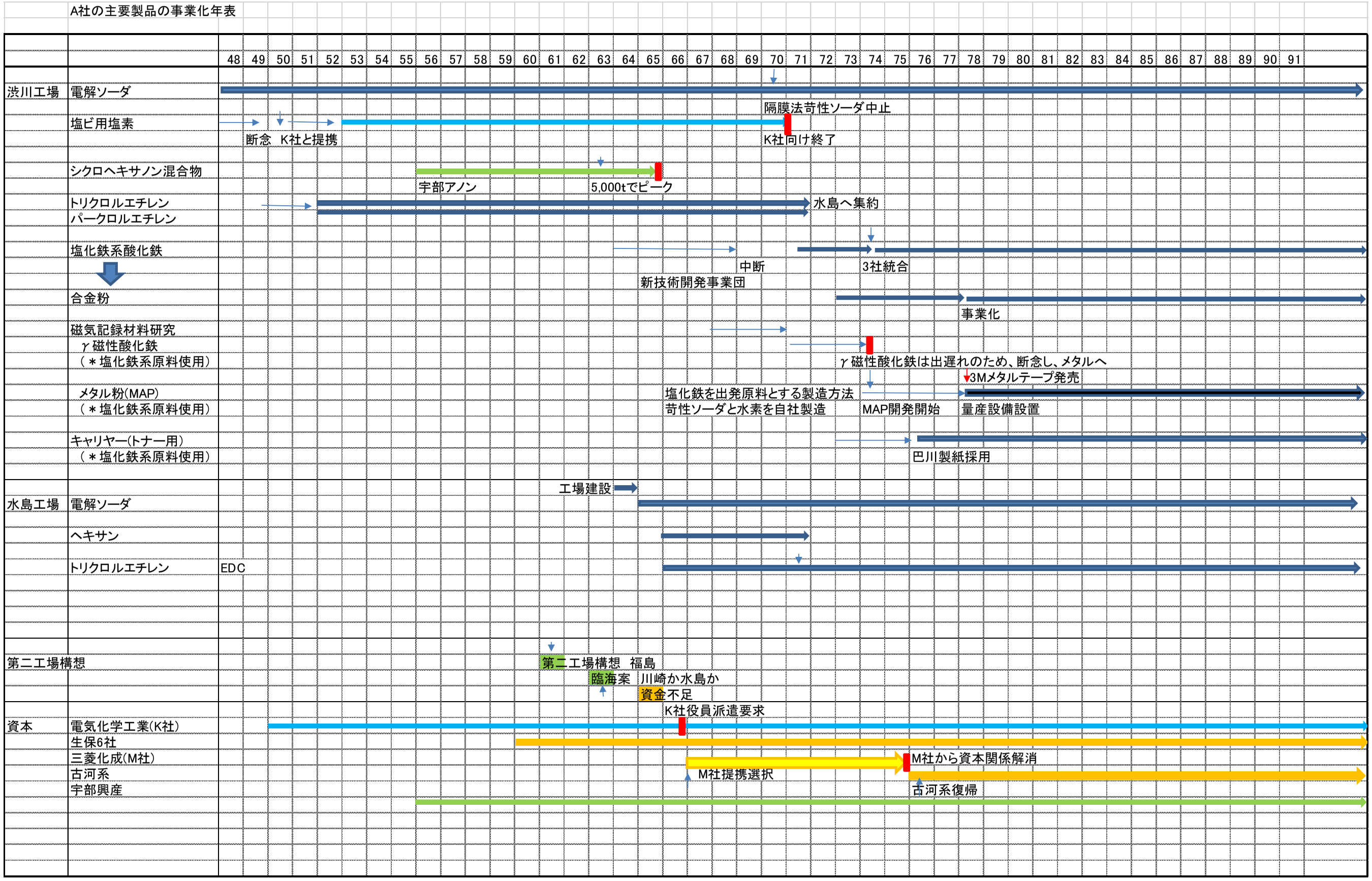
	当期純利益は 255 百万円（前期比58.5%減）となりました.	
2014	(1) 業績 当連結会計年度におけるわが国経済は, 政府の経済政策や日銀の金融緩和による円高是正とそれに伴う企業の業績回復を期待した株高が進み，内需は堅調に推移しました. 一方, 輸入原燃料等諸資材の価格上昇，雇用や賃金の改善の遅れ，中国や新興国の成長鈍化などもあり, 先行き不透明な情勢が依然として続いております. こうした状況のもと，当社グループにおきましては, 将来の主力事業の一つと期待するモバイル端末向けのＮＦＣ用アンテナシート, 立ち上がりが遅れていたリチウムイオン電池正極材料等が伸長しました. 中国連結子会社の販売等も増加し，前連結会計年度において譲渡したエンジニアリング事業の減少分をほぼカバーすることができ， 売上高は 31,645 百万円（前期比0.1%減）となりました．しかしながら，売上商品構成の変化，滞留在庫削減等の原価上昇要因もあり, 営業損失は 801 百万円（前期は営業損失 654 百万円）となりました. なお, 円安による為替差益 623 百万円等があり, 経常損失は 409 百万円（前期は経常損失 853 百万円）となりました．また，関係会社株式売却益 724 百万円等があったものの，国庫補助金返還損 1,184 百万円及び減損損失 791 百万円	(機能性顔料) 中国連結子会社の販売，電子印刷用キャリア等が増加し，売上高は前期比13.3%増の 15,331 百万円，セグメント利益は前期比 12.3%増の 3,052 百万円となりました. (電子素材) モバイル端末向けのＮＦＣ用アンテナシート，自動車向けのリチウムイオン電池正極材料等が伸長し，売上高は前期比22.9%増の 16,339 百万円となりました. しかしながら，売上商品構成の変化，滞留在庫削減等の原価上昇要因もあり，セグメント損失 1,465 百万円（前期はセグメント損失 1,418 百万円）となりました. (2) キャッシュ・フローの状況 当連結会計年度末における現金及び現金同等物（以下「資金」という）は 5,787 百万円となり，前連結会計年度末より 2,663 百万円減少いたしました.

	等があり，当期純損失は 1,739 百万円（前期は当期純利益 255 百万円）となりました．	
2015	(1) 業績 当連結会計年度におけるわが国経済は，政府の経済政策や日銀の金融緩和を背景に，企業収益が改善し設備投資が上向くなど，緩やかな回復基調で推移してまいりました．一方，円安に伴う輸入原材料の値上がり，新興国経済の減速など，景気の先行きは依然として不透明な状況となっております． こうした状況のもと，当社グループにおきましては，コア事業である着色材料や磁石材料等の売上が増加し，リチウムイオン電池正極材料等の売上も堅調に推移したことから，売上高は 34,045 百万円（前期比 7.6%増）となりました．製品の採算性の改善，諸経費の削減等もあり，営業利益は 912 百万円（前期は営業損失 801 百万円）となり， 経営目標に掲げていた営業利益率は 2.7%と，大幅に改善いたしました．また，経常利益は 963 百万円（前期は経常損失 409 百万円）となりました． なお，リチウムイオン電池正極材料事業子会社の持分の一部をＢＡＳＦジャパン㈱に譲渡したことに伴う事業譲渡益 2,015 百万円，貸倒引当金繰入額 999 百万円及び減損損失 714 百万円等があり，当期純利益は 559 百万円（前期は当期純損失 1,739 百万円）となりました．	(機能性顔料) 中国連結子会社を含めた着色材料等の売上が増加し，売上高は前期比 11.4%増の 17,086 百万円，セグメント利益は前期比 3.4%増の 3,157 百万円となりました． (電子素材) 磁石材料等の売上が増加し，リチウムイオン電池正極材料等の売上も堅調に推移しました．また，ライセンス料収入，製品の採算性の改善，諸経費の削減等もあり，売上高は前期比 3.9%増の 16,970 百万円，セグメント利益は 61 百万円（前期はセグメント損失 1,465 百万円）となりました． (2) キャッシュ・フローの状況 当連結会計年度末における現金及び現金同等物（以下「資金」という）は 6,405 百万円となり，前連結会計年度末より 617 百万円増加いたしました．

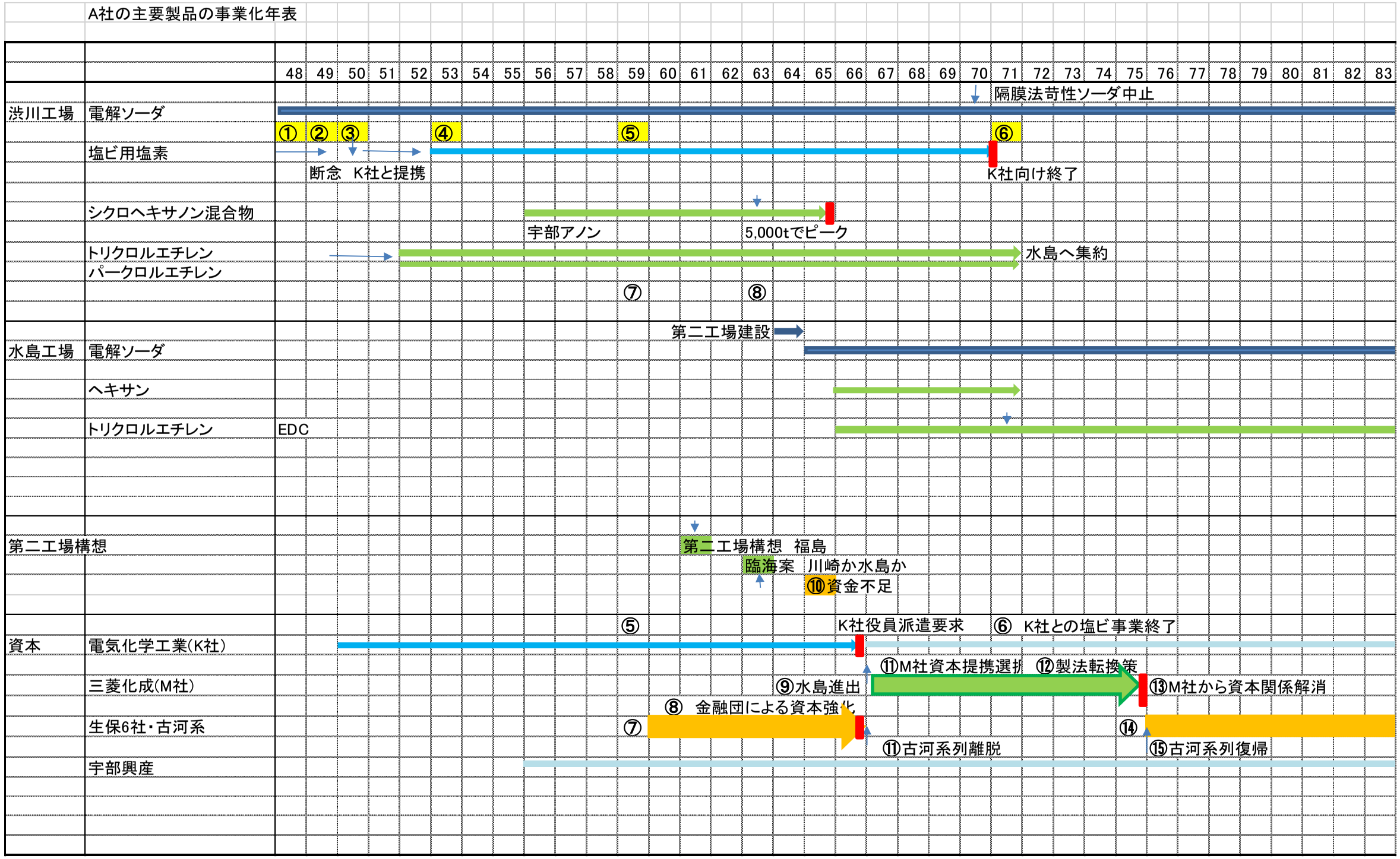
2016	(1) 業績 当連結会計年度におけるわが国経済は，政府の経済政策や日銀の金融政策を背景に，企業収益の改善，設備投資の持ち直し等，緩やかな回復基調が続いておりましたが，中国経済をはじめとした海外経済の減速，年明けからの急速な円高・株安の進行等，景気の先行きは依然として不透明な状況となっております. こうした状況のもと，当社グループにおきましては，前連結会計年度第４四半期において国内のリチウムイオン電池正極材料事業を持分法適用会社化したことにより，売上高は 28,510 百万円（前期比 16.3%減）となりました. しかしながら，当社が最優先の経営指標に掲げております営業利益率は昨年度から推進してきた原価低減・経費削減等により 3.7%（前期比 1.0 ポイント増）と改善しており，営業利益は 1,051 百万円（前期比 15.2%増）となりました. なお，持分法による投資損失 1,942 百万円，為替差損 607 百万円等があり，経常損失は 1,440 百万円（前期は経常利益 963 百万円）となりました．また，持分法適用の非連結子会社から連結子会社への移行処理に伴い発生した段階取得に係る差損 2,325 百万円，電子素材事業の固定資産における減損損失 1,879 百万円，法人税等調整額 1,328 百万円等があり親会社株主に帰属する当期純損失は 6,865 百万円（前期は親会	(機能性顔料) 海外市場の停滞，売上商品構成の変化等があり，売上高は前期比 1.6％減の 16,816 百万円，セグメント利益は前期比 10.3%減の 2,833 百万円となりました. (電子素材) 前連結会計年度第４四半期において国内のリチウムイオン電池正極材料事業を持分法適用会社化したことにより，売上高は前期比 31.0%減の 11,707 百万円，セグメント利益は前期比 586.6％増の 425 百万円となりました. (2) キャッシュ・フローの状況 当連結会計年度末における現金及び現金同等物（以下「資金」という）は 6,028 百万円となり，新規連結に伴う資金の増加額を含め前連結会計年度末より 376 百万円減少いたしました.

	社株主に帰属する当期純利益 559百万円）となりました.	

1)　図 A-1　関東電化工業の主要製品開発と資本提携の歴史



1)　図 A-2　関東電化工業の主要製品開発と資本提携の歴史における状態①から⑮までの位置



2)　表 6.3-1　リチウムイオン電池 4 大材料の市場動向

表 6.3-1　リチウムイオン電池 4 大材料の市場的事項

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
		実績	実績	実績	実績	見込	予測	予測	予測
市場規模	正極材	2,793,967	3,173,429	3,596,810	5,017,100	7,367,877	9,115,370	10,533,430	11,941,700
（千 USD）	負極材	719,485	837,700	999,826	1,351,967	1,639,276	2,073,258	2,506,301	3,082,535
	電解液	669,435	715,928	1,018,080	1,656,323	1,598,165	2,197,837	2,708,160	3,372,549
	セパレータ	1,133,322	1,234,210	1,433,404	1,852,059	2,194,245	2,638,438	3,148,842	3,691,373
	合計	5,316,209	5,961,267	7,048,120	9,877,449	12,799,563	16,024,903	18,896,733	22,088,157
構成比	正極材	53	53	51	51	58	57	56	54
（%）	負極材	14	14	14	14	13	13	13	14
	電解液	13	12	14	17	12	14	14	15
	セパレータ	21	21	20	19	17	16	17	17
	合計	100	100	100	100	100	100	100	100
前年比	正極材	－	114	113	139	147	124	116	113
（%）	負極材	－	116	119	135	121	126	121	123
	電解液	－	107	142	163	96	138	123	125
	セパレータ	－	109	116	129	118	120	119	117

出典；矢野経済研究所　プレリリース（2017.10.17）「リチウムイオン電池主要 4 部材世界市場関する調査から引用し，筆者が編集

4)　表 6.4-2　戸田工業株式会社の事業再構築と業績の推移

表 6.4-2　戸田工業（F 社）の事業再構築と業績の推移

会計年度販売実績

2000 年度部門	2000 年度	2005 年度部門	2005 年度	2009 年度	2010 年度	2014 年度	2016 年度
	（百万円）		（百万円）	（百万円）	（百万円）	（百万円）	（百万円）
磁性粉末材料部門	11,745	機能性顔料事業	19,287	12,621	12,114	15,331	2,833
フェライト材料部門	4,397						
各種着色材料部門	6,130						
		電子素材事業	1,664	19,438	13,328	16,339	11,707
		エンジニアリング事業	1,613	6,904	6,876	－	－
売上額合計	**22,273**		**22,565**	**38,963**	**32,320**	**31,645**	**28,510**
営業損益	－		－	−1,211	−493	−801	1,051
経常損益	2,210		346	−2,815	−741	−409	−1,440
個別営業損益		個別営業損益					
磁性粉末材料部門	－	機能性顔料事業	3,074	913	1,595	3,052	2,833
フェライト材料部門	－	電子素材事業	−510	−162	−705	−1,465	425
各種着色材料部門	－	エンジニアリング事業	−123	−304	112	－	－
		セグメント変更				2013 年エンジニアリング譲渡	

出典；戸田工業株式会社有価証券報告書のデータを引用し，筆者作成

5)　表 7.3-AおよびB　機能性材料酸化チタン（A）および光触媒酸化チタンの特許出願調査（B）（次ページ），出典；筆者作成　(次ページに示す)

		A 光触媒：各社の特許出願件数(共同含む)					
		製品	化学	酸化チタンメーカー			
西暦	機能性酸化チタンに関連する出来事	TOTO	住化	石原	堺化学	テイカ	F社
1961							
1962							
1963							
1964							
1965							
1966							
1967	「本多－藤嶋効果」発見						
1968							
1969							
1970	光触媒による水分解の研究　70年代から80年代						
1971							
1972							
1973							
1974							
1975							
1976							
1977							
1978							
1979							
1980	可視光応答型光触媒の研究'　80年代						
1981	F社も超微粒子酸化チタンの研究を幅広く展開						
1982							
1983							1
1984							
1985							
1986	F社超微粒子酸化チタン、高純度酸化チタン販売開始						
1987							
1988							
1989	防汚・抗菌効果に注目　90年代						
1990	TOTOと東京大学共同研究開始						
1991	SPF（UVB防止効果の目安指数）測定法基準発行						
1992		5					
1993	TOTOは抗菌作用を持つ「光触媒タイル」の実用化に成功。	2		2			
1994		4		16		1	
1995	光触媒による「光励起超親水化現象」発見	1		4			2
1996	PA（UVA 防止効果の目安指数）発行	44	8	7		1	1
1997	TOTO抗菌タイル発売、市場拡大始まり	18		2	1		2
1998	住友化学可視光応答性製品開発	16	3	7	5	4	2
1999		33	3	3		2	3
2000		13	13	1		3	
2001		19	7	2			3
2002		8	1	3		2	
2003		5	3	4			
2004		4	1	1		3	
2005		6	1		1		
2006	TOTO主導で光触媒工業会発足(2016年6月現在123社)	2	5				1
2007	NEDO可視光応答型光触媒プロジェクト。　F社は紫外線応答型の光触媒酸化チタン事業を住友化学に譲渡。	6	9	3			
2008	JIS標準化完了	23	5			4	
2009	ISO標準化活動	114	9	1			
2010		2	4				
2011		4					
2012		4	1				
2013	理科大光触媒国際研究センター開設						
2014		3					
2015							
2016		1					
2017	機能性酸化チタン好調						
	合計件数	337	73	56	7	20	15

	B 紫外線：各社の特許出願件数(共同含む)											
	製品	化粧品						化学	酸化チタンメーカー			
西暦	TOTO	ロレアル	ポーラ	資生堂	コーセー	花王	ノエビア	住化	石原	堺化学	テイカ	F社
1961												
1962												
1963												
1964												
1965												
1966												
1967												
1968												
1969												
1970												
1971												
1972												
1973												
1974												
1975												
1976												
1977												
1978									1			
1979												
1980												
1981												
1982												
1983												
1984				1								
1985											1	
1986											1	
1987			1					1				
1988		1				1						
1989												
1990				1								
1991		2		1							1	
1992	2	2	2						1			
1993				2			1		6			
1994		1	1	4		2			7		1	
1995	1	12		2		1	3	1	4		1	
1996	15	1	5	1	2	1	2		1	1		2
1997	4	1	3	1	3				1	1		2
1998	4	2	3		7				2	1		2
1999	9	3		3	6	3	6	1		1		1
2000	2	9	4	2	9						1	
2001	6	1	2	1	3			1				2
2002	1	12	2	1		2	2		4			
2003	1	7	4			1			1		1	
2004	1	6	2	1		1		2	1		2	
2005	2	2	4	2	1						1	
2006	1	2		4	2	1						
2007		1	1	2	2				1		1	
2008	6		1	1		1			1			
2009	1	1	1	3		1				1	2	
2010				3				1				
2011			4	1	1			3				
2012			1	2	1	3		1		1		
2013		1	8			2				1		
2014			2		1	1			1			1
2015						1	1					
2016				1								
2017												
合計	56	67	51	40	38	22	15	11	32	7	13	10