

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES

MMRC-J-30

【ケース】

機能性化学の製品開発・顧客システム（1）
—日本ゼオン「ゼオネックス」—

筑波大学 大学院ビジネス科学研究科
東京大学 ものづくり経営研究センター

桑嶋健一

2005年3月



東京大学21世紀COE [整備済]
ものづくり経営研究センター

【ケース】

機能性化学の製品開発・顧客システム(1)

—日本ゼオン「ゼオネックス」—

筑波大学 大学院ビジネス科学研究科

東京大学 ものづくり経営研究センター

桑嶋健一

2005年3月

要旨

「ケース：機能性化学の製品開発・顧客システム」では、近年、日本が国際競争力を持つプロセス型製品として注目されている「機能性化学」を取り上げ、その「製品開発システム」（製品開発プロセス・マネジメント／ビジネスモデル）および「顧客システム」（階層的な顧客との関係）について検討する。

本稿で取り上げるのは、日本ゼオンの光学用プラスチック「ゼオネックス」である。日本が強いと言われる機能性化学品がどのように開発され、マネジメントされているのかを探ることが本稿の目的である。事例分析より、自動車に代表される組立型製品開発において有効とされた「製品開発プロセスにおけるきめ細かいマネジメント」が、機能性化学品の製品開発においても同様に有効である可能性が指摘される。

キーワード：製品開発、機能性化学、きめ細かいマネジメント

1. はじめに¹

「ゼオネックス (ZEONEX[®] : シクロオレフィンポリマー (Cyclo Olefin Polymer : COP))」は日本ゼオン株式会社 (以下、日本ゼオンと略) によって開発され、1991年に発売された光学用プラスチックである。従来、光学用透明材料としてはガラスが広く利用されてきたが、成形加工性、軽量性、耐衝撃性などの特徴から透明プラスチックが注目され、光学レンズ、光ディスク、液晶ディスプレイ用シート・フィルムなどに利用されるようになってきた。

光学用に利用される既存の透明プラスチックとしては、ポリカーボネート (PC) やメタクリル樹脂 (PMMA) などが代表的だったが、両者に共通する大きな問題点として、ガラスと比較して吸湿性が高く、信頼性が劣る点があった。さらに、PCには複屈折率 (光学的ひずみ) が大きい、PMMAには耐熱性が十分ではないという問題もあった。こうした既存の透明プラスチックの問題点を解決し、高透明性、低複屈折性、低吸湿性、耐熱性を兼ね備えた光学用プラスチックとして開発されたのがゼオネックスである (図1)。

ゼオネックスはその優れた製品特性から、2004年現在、カメラ付き携帯電話用レンズの世界シェア90%以上を占めており、その他にもCD・DVD用ピックアップレンズ、電気絶縁部品、医療品など多様な分野で利用されている。また、化学工業技術への顕著な貢献が評価され、1996年には日本化学会化学技術賞も受賞している。ゼオネックスおよび第2世代のゼオノア (ZEONOR[®]) を含めたCOP事業は、日本ゼオンの総売上の20%以上を占め、主力製品群の一つとなっている。

図1. ゼオネックス



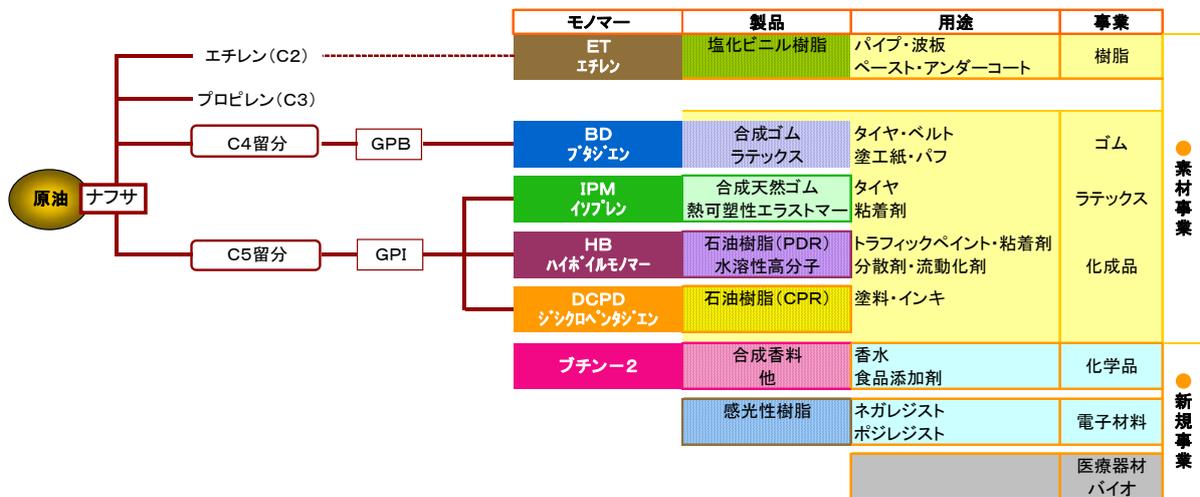
¹ 本事例は2004年10月12日、および12月10日に行われた夏梅伊男氏 (日本ゼオン株式会社・取締役) に対するインタビュー調査、および夏梅他 (1997)、山崎 (2004) 等を基礎に構成している。

2. ゼオネックスの製品開発プロセス

2.1 開発のきっかけ

ゼオネックス (COP) の製品開発がスタートしたのは1980年代半ばである。日本ゼオンは、日本最初の本格的塩化ビニル樹脂製造会社として1950年に設立された会社であるが、1970年代半ばから、ナフサ²分解プロセスで副産物として得られるC₅留分³の有効活用を事業ドメインの一つとしていた (図2) ⁴。

図2. 1980年代半ばの日本ゼオンの事業領域



(出所) 日本ゼオン社内資料

後にCOP開発プロジェクトのリーダーとなる夏梅伊男は、1980年代半ば当時、C₅研究の責任者であったが、C₅領域における新たな研究テーマを模索していた。そんな折、部下の大島正義 (当時：主任研究員) が、中堅電機メーカーF社の中央研究所から問い合わせを受けたことが、COP開発プロジェクトのきっかけとなった。F社は、次世代の記録メディアを開発するにあたり、ゼオンのエポキシ樹脂硬化剤「クインハード (Quinhard：メチルテトラヒドロフタル酸無水物)」を使ってみたい、という相談を持ちかけてきたのである。クインハードはLED (Light Emitting Diode：発光ダイオード) の封止材にも使われる透明プラスチック材料であり、F社は、次世代の記録メディアとして検討していた光ディスクの基盤材料としてクインハードが使えるのではないかと考えたのであった。

² ガソリンや灯油などの石油製品は原油を精製することで作られるが、原油を蒸留して最初に得られる物質がナフサである。

³ Cはカーボン (炭素) をさし、数字はカーボンの数を表している。

⁴ 日本ゼオンは2000年3月、塩化ビニル事業から撤退している。

当時は家電のデジタル化の萌芽期であり、1982年末にはソニー・フィリップスがコンパクトディスクを市場導入し、デジタル家電の分野で「光で読みとる」ということが一般化し始めていた。音楽用CDが読み取り専用であったのに対し、読み取り・書き込みが可能な既存のフロッピー・ディスクに変わる大容量の高密度ストレージ（storage：記憶装置）として、多くの企業が光磁気ディスクの検討をはじめていた。その材料として、光を通す透明基盤が必要とされたが、ガラスやプラスチックをはじめとした多様な材料の代替案が考えられ、決着がついていなかった。そのなかでF社はエポキシを使おうと考え、ゼオンに相談したのであった。

F社からの申し入れを受けて検討した結果、光磁気ディスクは将来大きく市場が伸びる可能性があり、また基盤材料としても、加工に手間がかかる（成形加工性が低い）ガラスよりもプラスチックの方が適当であると考えられた。そこで夏梅らは、早速、光磁気ディスク基盤としてクインハードの可能性を検討した。しかし、クインハードで透明プラスチックを作るためには、エポキシとクインハードの2液を混合し、さらに加熱して固める必要があり、長い成形工程を必要とした。これは光磁気ディスクの基板材料としては不適切で、工程の短い射出成形が可能な材料が望ましかった。

こうして、成形方法等も考慮すれば、クインハードも含めて、既存材料には光磁気ディスクの要求機能を満たすプラスチックは無かった。当時、光学用に利用される透明プラスチックとしてはポリカーボネート（PC）やメタクリル樹脂（PMMA）などが代表的だったが、両者に共通する大きな問題として、ガラスと比較して吸湿性が高く、信頼性が劣る点があった。さらに、PCには複屈折率（光学的ひずみ）が大きい、PMMAには耐熱性が十分ではないという問題があったのである（表1）。

表1. 光学材料への要求性能と各素材の性能

要求性能	無機材料	透明プラスチック	
	ガラス	PMMA	PC
透明性	◎	◎	○
低光学歪み	◎	◎	△
低吸湿変形	◎	△	○
耐熱性	◎	△	○
成形加工性	×	◎	◎

（出所）日本ゼオン社内資料『透明・光学プラスチックの設計・開発とその応用』

2.2 探索研究段階

以上の状況を受けて1986年10月、光学用透明プラスチックの研究が開始された。夏梅を

機能性化学の製品開発・顧客システム（1）

リーダーとした研究チームは、C₅関係の新製品開発を目的とした研究を行う化成品グループの中の1チームで、高分子合成研究者を中心とした7名で構成されていた。各メンバーはそれぞれ別テーマに従事していたが、本テーマの可能性を検討するために、急遽、研究テーマを変更して取り組むことになったのである。

2.2.1 目標市場の決定

研究を始めるにあたって最初に行われたのは、目標とする市場の決定と当該製品の市場性の確認であった。これは、日本ゼオンとしてはほとんど経験のないプロセスであった。というのは、従来、日本ゼオンが扱っていた製品の大部分は、既に海外で実用化されていたものを日本に技術導入したものであり、市場が確実に存在することは事前に分かっていたからである。それに対して今回は、従来のビジネスモデルとは異なり、海外で実績のない全く新しい製品の開発であることから、市場があるかどうかは予想がつかなかった。もちろん、上記のF社からのオファーからも分かるように、「記録媒体としてそうした素材があればよい」という漠然としたニーズは存在していた。しかし、仮に製品開発に成功した場合、実際にどれだけ需要が見込めるのかは不確実であり、きちんと調査する必要があったのである。

また、一材料一用途ではビジネスとしてリスクがあることから、研究のきっかけとなった光磁気ディスク基盤以外にどんな用途の可能性があるかについても、調査・検討が行われた。その結果、透明プラスチックを使った光学系レンズとして、カメラ用のレンズ、プリズム、およびCD用ピックアップレンズ、レーザービーム・プリンタ用レンズなどの可能性が考えられ、これらが目標市場とされた。

2.2.2 目標物質の決定

目標市場が決まったのを受けて、次に、各用途の要求機能とそれを満たす基本要件が検討された。その結果、目標とする物質の基本要件として下記の5つがあげられた。

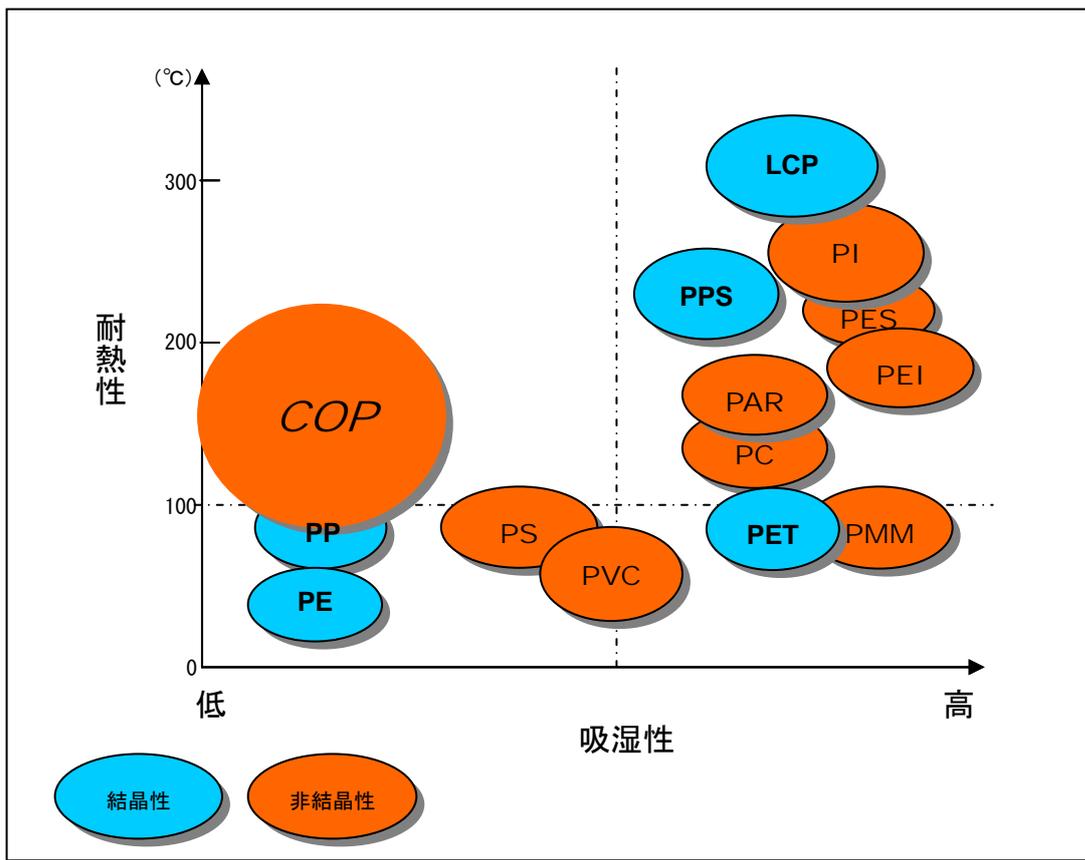
- ①透明性
- ②低複屈折性（低光学歪み）
- ③低吸湿性
- ④耐熱性
- ⑤高成形加工性

本プロジェクトの目標は透明プラスチックの開発であるが、物質としての透明性を確保す

するためには、ポリマーが非結晶性⁵であることが必須の要件となる。結晶性のポリマーは、光学的不均一のために、光散乱による透明性の低下や複屈折（光学的ひずみ）が生じやすいからである。図3は上記の基本要件のうち、耐熱性を縦軸、吸湿性を横軸にとり、既存のプラスチックとCOPの位置をプロットしたものである。図から分かるように、従来、低吸湿性、高耐熱性を満たす非結晶性ポリマーは存在しなかった。そこで本プロジェクトでは、従来空白地帯であった「非結晶性の低吸湿性・高耐熱性」の領域をターゲットとすることになったのである。

既存プラスチックの空白領域を狙うことから、当面の競合製品はプラスチックには無かった。したがって、従来ガラスが用いられていた製品領域をいかに COP に置き換えるかが課題とされた。

図3. COPのターゲット領域



(出所) 日本ゼオン社内資料『透明・光学プラスチックの設計・開発とその応用』

⁵ 非結晶性とは、結晶化状態になり得ないか、結晶化してもその結晶化度がきわめて低い高分子のことをさす。

2.2.3 目標物質の探索

目標物質の探索にあたっては、複数の代替案（化合物）を同時並行的に検討し、その中から最も良いものを選ぶという方式が採られた。研究員一人が1つの代替案（化合物）を担当するという体制で研究が進められ、半年でひとつの化合物に絞り込まれた。この間に検討された代替案は、アイデア・レベルとしては10数個、そのうち実際に合成までして詳細にテストされたのは数個である。テストの結果、各化合物にはそれぞれ成形性が悪い、もろいなどの問題があった。そうした問題が少なく、上記要件に照らして最も良いと判断されたのがCOP（Cyclo Olefin Polymer：シクロオレフィンポリマー）である。COPについては、以前、ゼオン社内において絶縁用途で研究を行ったことがあり⁶、基本となる特許を保有していたことも選択の理由となった⁷。表2からわかるように、COPはガラスを含めた既存材料に比べて優れた特性を持つ物質であった。

表2. 既存材料と比較したCOPの性能

要求性能	無機材料	透明プラスチック		
	ガラス	PMMA	PC	COP
透明性	◎	◎	○	◎
低光学歪み	◎	◎	△	◎
低吸湿変形	◎	△	○	◎
耐熱性	◎	△	○	○
成形加工性	×	◎	◎	◎

（出所）日本ゼオン社内資料『透明・光学プラスチックの設計・開発とその応用』

2.2.4 競合他社の状況

以上の探索研究を進める一方で、ターゲット領域（前出図3）の周辺で、他社が類似製品を開発する動きがないかどうかについても確認が行われた。仮に目標とする新たなポリマーの開発に成功しても、他社に先を越されてしまったのではビジネスとしての成功にはつながらないからである。こうした他社状況の確認は、通常の化学品の場合にも当てはまるが、COPのような機能的化学品では特に重要である。なぜならば、機能的化学品の場合、（1）汎用化学品と異なり当該製品に対する需要は限定的であり、最初の供給者がほぼ市場を独占するケースが多い。さらに、（2）仮に先行品よりも性能的に上回る製品の開発に成功したとして

⁶ この研究は、山崎正宏（当時：開発研究所長兼電子材料研究グループ長。現在：代表取締役専務）を中心に行われた。当時は、光学用途の研究は実施されなかったが、申請したCOPの基本特許の明細書の中に、絶縁以外に光学用途にも使用できるとの記述があった。事後的にみれば、これはCOPの自社製造可能性の保証や他社参入防止の点で効果があり、本プロジェクトの成功に貢献した。

⁷ その他にCOPが選ばれた理由として、機械強度が高かった点があげられる。レンズ用途の場合には機械強度はあまり問題とならないが、ディスク用途の場合には落として割れる可能性があり、機械強度は重要である。

も、顧客企業が先行品に適合した生産設備投資をしてしまった場合、そうした設備投資を十分回収できるほどの差がない限り、自社製品は採用されないからである。こうして、機能性化学品市場は「先発優位 (first mover advantage)」が強く作用する市場であり、競合他社に先んじて製品を上市することは、市場で成功する上での重要なポイントのひとつとなっている⁸。

当時、ゼオンの COP と競合する製品開発の動きのひとつとして、日立化成の低吸湿アクリル樹脂「オプトレッツ」があった。COP の開発前、プラスチックレンズとして実用化されていたのはアクリル樹脂であった。しかし、アクリル樹脂は水を吸うために、CD やレーザービームなど精密性を要求する用途には使えなかった。オプトレッツは既存のアクリル樹脂を改善し、水を吸いにくい樹脂の開発を目指したものであった。夏梅らは、こうした競合他社の動向を確認し、また他社のアイデアと自社のアイデアを対比検討しながら、COP の研究を進めた。

2.3 研究段階

探索研究段階で目標物質が特定されたのを受けて、1987 年 4 月、COP 研究は社内で正式に「研究テーマ」として承認された。この段階の目的は、①目標物質として絞り込まれた COP を上市にむけてさらにブラッシュアップすること、および②そうした物質を商業化に向けていかに効率的につくるかを検討することにあった。

2.3.1 製品コンセプトの修正

(1) サンプル提供によるコンセプト修正

まず①から見ていこう。上述したように、本プロジェクトは、先行品が存在する製品の改良品の開発ではなく、従来、類似の製品が無い、いわゆる「フロントランナー型」の製品開発であった。したがって、上述のような基本要件（製品コンセプト）までは自分たちで考えたものの、実際にそうした製品が顧客に受け入れられるかどうかは分からなかった。また、仮に受け入れられたとしても、具体的に顧客がどんなスペックを要求するのかは分からなかった。したがって、COP を製品化する上では、自分たちが考えた製品コンセプトが正しいかどうかを確認する必要があり、また、そのコンセプトを顧客の要求にあわせて修正することも必要であった。

そのための手段として本プロジェクトで採用されたアプローチが「早期サンプル提供」で

⁸ 実際、当初、COP の用途の一つと想定されていた光ディスクに関しては、ある企業から「あと 2 年早ければゼオンのものを採用していた」と言われたこともあったという。

機能性化学の製品開発・顧客システム（1）

ある。ここでいう「早期」とは、従来、供給体制が整った開発プロセス後半に行われていた主要顧客への（比較的大量の）サンプル提供を、研究初期のこの段階から前倒しで実施することを意味する。実際の製品開発プロセスでは、まず、目標製品分野の主要ユーザー企業に対してサンプルを提供し、ゼオン側が考えた製品コンセプトが基本的によいことを確認する。その上で、個別の問題点についてコメントをもらい、そこを修正するというサイクルを繰り返す形で開発が進められた。

（2）早期サンプル提供の重要性

自社製品と顧客の製品・工程との相互依存性が高い化学品の場合、実際に顧客のプロセスで使用されないと、成形性、歩留まり、傷つきなどに関する諸問題は明らかになりにくい。また、製品（化合物）の基本骨格は同じであっても、用途により耐熱性、透明性、機械強度、異物の量などの要求性能は変わってくる。たとえば、色は不純物の影響をうけるが、それをどこまで取り除く必要があるのかは、顧客の要求を聞かなければ分からない。同様に粘度も、顧客の成形プロセスで金型に充填する際、粘度が高すぎるときちゃんと充填できず歩留まりが悪くなる。したがってある程度軟らかい必要があるが、それをどの程度にするかは顧客の要求を聞かなければ特定することができない。

こうした詳細な要求に対する対応は、化合物レベルでは、化合物の基本骨格の側鎖につけるモジュールを変更したり、あるいはその長さを変えたりする作業となる。ユーザー企業との情報交換を通して、そうした多様な組み合わせの中から、より適切な構造が選択されるのである。これは、ゼオン内の研究だけでは不可能な事であり、サンプルをユーザーに提供し、フィードバック情報を得ることで初めて可能となることであった⁹。

上述のように、従来型の開発でもサンプル提供は行われていたが、それは、プラントが建てられ供給体制が整った開発後半になってからであった。この方式では、仮にコストや品質、要求機能等が顧客ニーズに合わなかった場合、川上段階に戻って問題解決をすることになり、その結果、開発期間が延びて、結局、開発を断念せざるを得ないこともしばしばあったという。この点からすれば、早期サンプル提供は、単に製品コンセプトの確認（市場の不確実性の削減）に貢献するだけでなく、顧客の詳細な要求を早期に取り込むことで、本来川下段階で必要とされる修正（問題解決）を前倒しで行うことにより、機能性化学品の開発において重視される開発リードタイムの短縮にも貢献したと考えられる¹⁰。

⁹ 成形性や歩留まりなどの量産化に伴う品質確認は、少量サンプルでは不可能である。その意味では、実生産設備を用いて品質確認ができる規模の「大量サンプル」を早期に提供したことが重要であったといえる。

¹⁰ ここでいう「早期サンプル提供」は、Thomke & Fujimoto(2000)が自動車産業の分析を通して明らかにした開発リードタイム短縮のアプローチのひとつ「フロントローディング」（問題解決の前倒し）と同様のアプローチと解釈できる。

(3) 早期サンプル提供の難しさ

こうして「早期サンプル提供」は、事後的にみれば COP 開発の成功に重要な影響を与えたマネジメント上のポイントであり、現在では機能性化学品の製品開発では一般的なマネジメント手法のひとつとなっている。しかし、COP 開発当時は、日本ゼオンとしては初めて取り組みであったため多くの困難があった。

すなわち上述したように、従来型の製品開発では、サンプルはプラントで製造されたものを提供していた。それに対して本プロジェクトでは前倒しでサンプル提供を開始したために、既存の設備を使い、人海戦術的にサンプル作りをしなければならなかった。研究所のスタッフではとても間に合わず、サンプル作りの要員として、社内の4工場から交代で応援に来てもらう状態であった。サンプルづくりの最盛期には、新入社員を入社後半年間職場に配属せずに、サンプル製造を担当させたこともあったという。

こうして、工場や新人まで巻き込んでの作業となったことから、生産技術研究所（新規量産化技術開発担当）の管理者から「プロセス（工程）もつくっていないのにサンプル作りなどするから手間がかかり開発が遅れるのだ」としかられた事もあった。上述したように、今回のサンプル作成は既存設備を活用して行われたが、サンプルを作るためだけの実験が必要とされた。一般に、サンプル作りでは目標とする物質ができること自体が重要であり、効率性は重視されない。したがってその実験は、効率性を追求する商業生産に向けたプロセス開発には全く役立たない、製品開発の本流からはずれた作業だったのである。

確かに、製品開発には直接貢献しない余分な実験を行い、多く研究資源を投入することは一見不合理にも思える。しかし、上述のように、サンプル提供を通して顧客から情報を早期に入手することで、後に顕在化する問題を事前に解決することが可能となる。実際、人海戦術を含め、サンプル提供のために多くの手間がかかったにもかかわらず、結果的にみれば、本プロジェクトは、日本ゼオンの新製品開発の平均的な開発リードタイムよりもかなり短かくて済んだという。

2.3.2 商業化に向けたものづくりの検討

②効率的な COP の作り方の検討については、上記の製品コンセプトの確認・修正と同時並行で作業が進められた。この段階の開発体制としては、製品コンセプト（化合物）のブラッシュアップを担当する研究開発（材料開発）をはじめ、原材料確保、プロセス開発、安全性確認、特許戦略、市場対応など、それぞれの役割ごとにチームが作られ、作業が進められた。

機能性化学の製品開発・顧客システム（1）

たとえば原材料確保に関しては、当時、COP の材料であるノルボルネン化合物は一般に市販されていなかったことから、自社で作るしかなかった。しかし、原料を作るためのプラントを建て、さらに COP を作るためのプラントも建てるということになる、2つの設備投資が必要となりコストもリスクも大きい。したがって、原材料確保チームでは、製造委託も視野にいれ、いかにコストやリスクを低くするかについて検討が行われた。

市場対応チームでは、ユーザーに提供するデータ作りを中心とした作業が行われた。本プロジェクト開始のきっかけとなり、初期からのメンバーであった大島は、この段階では市場対応担当となり、研究開発にはほとんど携わらなかった。事後的にみれば、顧客との情報交換という点で、大島ら市場対応チームが果たした役割は大きく「比較的早い段階からマーケットのようなものを置いたのが重要な成功要因のひとつであった」（夏梅氏）という。

また、本プロジェクトでは特許戦略も重視された。当時はまだ、現在のように知財がうるさく言われる時代ではなかったが、他社参入を阻止するために、自社が直接ビジネスを手がけない分野であっても、他社が手がけるかもしれないものについては、より幅広い特許を出願する戦略がとられた。実際、こうした特許戦略は、現在に至るまで、2番手企業がCOP事業に参入するのを防ぐ上で大きな役割を果たしている¹¹。

以上のプロセスで、約2年間研究が行われた結果、主要顧客の要求性能を満たす製品に到達し、また、商業生産に向けた各種準備も整ったことから、事業化段階へと進むことになった。

2.4 事業化段階

2.4.1 セミコマーシャル・レベルのプラント建設

1988年半ば、投資委員会および役員会において1000トンのセミコマーシャル・レベルのプラントを建てること承認された。通常、化学品の製品開発では、ビーカー・レベル→ベンチ（パイロット）・レベル（数十トン～100トン）→操業レベル（1000トンレベル）と、段階をおってスケール・アップしていく。それに対して本プロジェクトでは、最初から1000トン級のセミコマーシャル・レベルの投資を行った点に特徴がある。

これは本製品の特性を考慮したものであった。すなわち、COPのような先端的な機能性化学品は、供給することを確約して、はじめて採用が決定されるビジネスである。たとえばゴムのような汎用製品であれば、当該企業が供給しなかった場合、顧客は他社から供給を受け

¹¹ 特許の他に、他社参入を防いでいる要因として生産に関わる技術やノウハウもある。たとえば、COPは異物がきわめて少ないという特徴があるが、そうした非常にクリーンなものを作るにはノウハウが必要で、簡単に模倣することはできないという。

ることができる。したがって供給企業側も、まずはパイロット・レベルでサンプルを出し、採用の評価を得た時点でコマーシャル・プラントをつくれればよい。しかし、他社製品で代替が効かない素材の場合、パイロット・レベルのサンプルでユーザー企業が次期製品への搭載を決定した後で、万スケールアップがうまくいかず納入できないということになれば、ユーザー企業は深刻な影響を受けることになる。ユーザー企業としては、そうしたリスクを負ってまで新素材を採用するよりは、既存の素材を使った方がよい。したがって、機能性化学品の場合、ユーザー企業に具体的な採用を検討してもらうためには、採用と決まったら即納入できる体制が整っていることが重要な条件となるのである。

2.4.2 販売開始

1990年11月、プラントが完成し（岡山県倉敷市）、翌1991年4月に「ゼオネックス（ZEONEX[®]）」という商品名で販売が開始された。しかし、後に大きな売り上げをあげることになるゼオネックスも、ユーザー企業が採用にきわめて慎重であったために、当初はサンプルとしての供給が多く、数百キロ程度しか売れなかった。ユーザー企業が採用に慎重になった主な理由として、以下の2つがあげられる。

ひとつは、ゼオネックス（COP）が全くの新素材であり、製品搭載の実績がなかったことである。ガラスなどの既存素材と異なり、ゼオネックスには素材として利用された場合の詳細なデータがなかった。したがってユーザー企業は、サンプルによる物性評価で良い結果が得られ、一旦は採用を決めても、実際にゼオネックスを製品に搭載し、長期信頼性テスト等をした上でなければ、最終的な採用決定を行わなかった。

もう一つの理由は、本素材の供給企業がゼオン一社だったためである。一般に、原材料は複数購買が基本であるが、先端の機能性化学品であるゼオネックスの場合、当該素材を供給できるのはゼオン1社しかなかった。したがって、もしゼオンに何か問題が生じて供給を受けられなくなった場合、ユーザー企業は深刻な影響をうけることになる。このため、ユーザー企業はゼオネックスの物性自体は高く評価しながらも、なかなか採用に踏み切らなかった。実際、後にゼオネックスの主要顧客の一つとなったある大手精密機械企業に営業に行った時、夏梅らは、「もしうちに供給したいのだったら、他社に技術を出して、もう一社供給できる体制にするように」とまで言われたことがあったという。

こうして、新規素材特有の問題や供給体制（一社供給）の問題から、ユーザー企業による採用決定はなかなか進まなかった。営業に回っても、業界横並び的に「もし他社が採用しているのであればうちも採用しますが、どこも採用していないのであれば、うちもう少し検討します」といわれる事も多々あったという。

2.4.3 評価技術の獲得と情報提供

以上の状況を打破するために、ゼオンが取り組んだのが、本来ユーザー企業側で収集されるデータを可能な限り自社内で用意し、ユーザーに提供することであった。すなわち、単にゼオネックスのサンプルを持って採用依頼に行っても、ユーザー企業としては、新素材で実績がないこともあって、実際に成形加工してみなければ具体的にどんなものができるのかは分からない。しかし、成形するためには金型が必要となる。金型を作るだけでも数百万円単位の費用が必要とされ、さらに、人的資源も必要とされる。新素材採用のために、こうした投資まですることは、ユーザー企業にとっては大きな負担となる。

そこでゼオンは、本来ならばユーザー企業側が担当する成形・評価等を自社内で行い、「こんな金型を使ってこんな成形をした結果、このような光学特性が得られた」というデータを提供することにしたのである。テスト的な成形加工を自社内で行うことで、実際にレンズメーカーがゼオネックスを成形加工する際にどんな問題が起こるのかを含めて、情報提供が行われた。

ただし、ゼオンは樹脂の会社であることから、ゼオネックスの利用先であるレンズについての評価技術は持っていなかった。そこでゼオンは、レンズの評価技術を獲得するために、1990年、小さなレンズ企業オプテスに資本参加した。この企業は、もともとゼオンがごく僅かだけ資本参加していた企業であったが、小さい会社ながらも光学設計技術、金型技術、成形技術などを保有していた。そうした技術をゼオンに取り込むために、出資比率を高め、関連会社にしたのである¹²。

オプテスを取り込んだことによって獲得した知識・技術をもとにしながら、実際にゼオネックスでつくったレンズを見せ、その評価データも提供することで、ユーザー企業の反応は大きく変わったという。上記の供給責任などの問題もあったため、一気に採用拡大というわけにはいかなかったが、それでも、まずは一製品への採用が決まり、次期には別モデルというように次第に採用が進んだ。さらに、業界大手企業の採用が決まると、他社でも順調に採用が進んでいった。

こうして販売・プロモーションのために行われた評価技術や知識の獲得は、その後のCOPの用途開発、技術開発にも大きな影響を与えた。すなわち、上述したように、ゼオネックスの中心的な用途のひとつはレンズである。レンズの利用分野はCD用ピックアップレンズ→DVD用→ブルーレーザー用と時代とともに移り変わってきているが、ハード側が進歩するのに伴って、材料の方も数年ごとにバージョンアップする必要がある。こうした要求機能

¹²現在、オプテスはゼオンの100%子会社となっている。

の高度化に対しては、基本的には光学特性で対応することになるが、その際、ユーザー側で行われる成形や加工について知っていないと、顧客とスムーズな情報交換ができず、要求にも応えられない。成形・加工技術の知識を持つことによって、はじめて顧客とのやりとりがスムーズになり、その結果、開発リードタイムも短くなるのである。

3. ゼオネックスの成果

3.1 市場での成果と用途展開

2004 年現在、ゼオネックスはカメラ付き携帯電話用レンズの 90%以上のシェア（世界）を占めており、その他にも製品特性に応じて CD・DVD 用ピックアップレンズ、電気絶縁部品、医療品など多様な分野で利用されている（表 2）。

表 2. ゼオネックスの特徴と用途例

特徴	用途
透明性	光学、LCD 他
低複屈折性	光学 他
低吸湿性	光学、LCD 他
低透湿性	医療、包装フィルム 他
耐熱性	光学、医療他
電気絶縁性	高周波部品、通信機器 他
低不純物	医療、半導体用容器 他
高成形性	光学 他

（出所）日本ゼオン社内資料『透明・光学プラスチックの設計・開発とその応用』

さらに、ゼオネックスは、同じ光学用でも CD、CD-R 用、DVD、DVD-R/RAM/RW 用、Blue-Laser 用と要求性能が上がるのに伴い、「ゼオネックス 480」、「ゼオネックス E48R」「ゼオネックス 340R」¹³と、より機能を高めたグレードを投入し、新たな需要に対応している。

3.2 企業業績への貢献

前節で見たように、発売直後は思うように採用が進まなかったが、データ提供などの販売・プロモーション活動の結果、ゼオネックスの売り上げは次第に大きくなっていった。ゼ

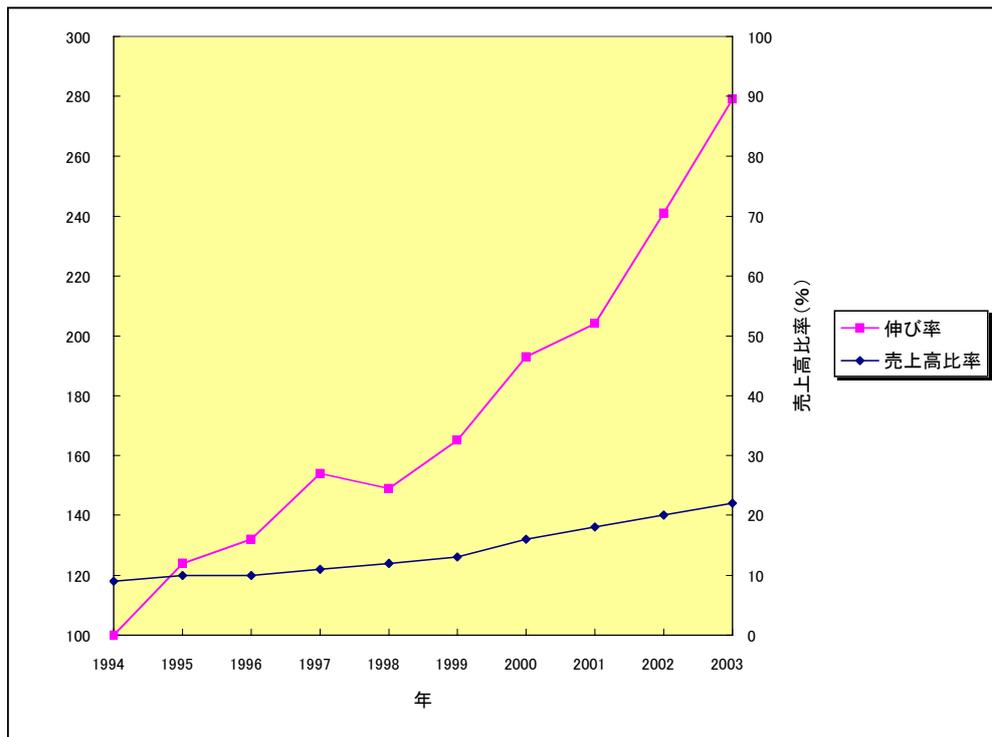
¹³ 2005 年以降発売予定。

機能性化学の製品開発・顧客システム（1）

オネックス単体の売上高については公表されていないが、第2世代のゼオノアを加えた COP 全体の生産能力でいえば、1990年に1000トンのプラントを建設以降、1998年に3000トン、2000年には5000トンの生産能力を持つに至っている。

図4は COP を含むゼオンの高機能材料事業分野の売上高の伸び率と、ゼオン（単体）の全売上高に占める同事業分野の売上高比率を示したものである。1994年を100とすれば、高機能材料事業の売上高は2003年には279と3倍近くに増加しており、全売上高に占める割合も1994年に9%であったのが2003年には22%に増加している。この間、ゼオンの経常利益は11億円（1994年）から124億円（2003年）へと増大しているが、COPが高機能材料事業の大部分を占めることを考慮すれば、これらの数値から、COP事業（ゼオネックス/ゼオノア）がゼオンの企業業績に大きく貢献していることが見て取れる。

図4. 高機能材料事業分野の業績



注1) 伸び率は1994年を基準としている。

注2) 売上高比率は全売上高（ゼオン単体）に占める高機能材料事業の割合。

4. 第2世代「ゼオノア」の開発

4.1 ゼオノア開発のきっかけ

以上のように、ゼオネックスは上市以来、市場で高い評価を受け、販売量を伸ばしてきた。しかしながら、ゼオネックスの販売活動を行う中で、キロあたり約 3000 円というゼオネックスの価格に対し、3分の1程度の価格ならば、従来とは異なる市場が存在する可能性が分かってきた。そこで 1997 年、COP 事業の第2フェーズとして、ゼオネックスをベースとした第2世代の COP 開発に着手することになった。

第2世代の COP の目標とされたのは、第1世代のガラスの置き換えとは異なり、スーパーエンブラやポリカーボネートとの置き換えであった。COP の特徴を念頭におけば、用途は多様に考えられた。たとえば、耐熱性の高さや流動性の高さを考慮すれば、従来導光板に利用されていた PMMA（ポリメタクリル酸メチル）に代替できると考えられた。また環境ホルモンフリー、耐医薬品性といった特徴からは、食器、容器としても需要が見込めた。既存のプラスチック製容器には、スチーム滅菌すると加水分解して環境ホルモンがでる問題や、酸・アルカリに弱いという問題があったのである。

4.2 ゼオノアの特徴と用途

こうして開発された第2世代COPが「ゼオノア (ZEONOR[®])」である。ゼオノアは、物質（基本的な化学構造）はゼオネックスと同じだが、光学用であったゼオネックスの汎用性を高めた新規透明プラスチックである。ゼオノアは各種用途に応じて、耐熱性はTg（ガラス転移温度）70℃～160℃まで幅広くそろえ、高透明性、低吸水性などの特徴を有している。こうした特徴から、液晶ディスプレイ用導光板、容器・食器、ディスク、PTP（press through package：医薬品の包装）などに用いられている。また、ゼオネックスのメインのターゲットであったレンズについても、価格を下げることで、デジタル家電以外のより広い市場に受け入れられている。

上述のように、ゼオネックスとゼオノアは基本的な化学構造は同じであるが、分子量のコントロールや組成の均一性などで違いがあり、その結果、品質や特性に違いが生じている（表3）。

表3. ゼオネックス／ゼオノアの特徴の差異

要求性能	ゼオネックス	ゼオノア
光線透過率	◎	◎
屈折率コントロール	◎	△
低複屈折	○～◎	○
低吸湿性	◎	◎
耐熱性	○	△～◎
耐衝撃性	△	△～◎
低誘電率	◎	◎
耐薬品性	○	○
低不純物	◎	◎
精密成形性	◎	○～◎

（出所）日本ゼオン社内資料『透明・光学プラスチックの設計・開発とその応用』

最も大きな違いは、ゼオネックスがゼオノアに比べ、より高い品質やより長期の信頼性を保証するスペックとなっている点である。具体的には、両者では品質の管理幅が違う。たとえば屈折率については、ゼオネックスでは4桁で管理しており、より狭い幅で厳しく管理されている。一方、ゼオノアの場合、そこまで厳しく管理していない。よって、仮にユーザーがゼオネックスの代わりにゼオノアを使ったとしても、細かい品質までは保証されないことになる。こうした管理幅の違いに加え、ゼオネックスでは、高い要求性能を実現するために、一部、価格の高い特殊な原料も使われている。

このように、COP事業では、ゼオネックスに加えゼオノアという第2世代の製品開発を行うことで、より幅広いユーザーのニーズに応えたことが、事業全体としての大きな成功につながっている。ただし、ユーザーの要求に合わせて、無限にバリエーションを増やしたのではコスト増になってしまう。そこで日本ゼオンでは、バリエーションをできるだけ少なくし、ひとつのグレードをできるだけ多くの製品分野へ展開する戦略を志向している。具体的には、既存のグレードに、顧客の製品の方をあわせてもらうという戦略である。これにより、ゼオン側では低コストが実現するメリットがあるが、同時に、低価格も実現することで、顧客側にもメリットが生じる。2004年現在で、製品バリエーションは、ゼオネックスで5種類、ゼオノアで3種類となっている（表4）¹⁴。

¹⁴ グレードの統合を行った結果、この数になっている。

表 4. ゼオネックス／ゼオノアのグレードと用途

ゼオネックス		ゼオノア	
グレード名	主な用途	グレード名	主な用途
480	医療・光学部品	750R	フィルム
480R	光学部品 (レンズ・プリズ ム)	1060R	LCD 導光板
E48R		1020R	フィルム／容器
330R			
RS820	電気絶縁部品		

(出所) 日本ゼオン社内資料

5. おわりに

本稿では、日本ゼオンの光学用透明プラスチック「ゼオネックス」の製品開発マネジメントについて検討した。ゼオネックスは、近年、日本が国際競争力を持つプロセス型製品として注目されている「機能性化学品」に含まれる製品である。機能性化学品とは、「化学技術に基盤をおいた物質・材料の強みを発揮することにより、ユーザー産業にソリューションを提供する製品」(機能性化学産業研究会編,2002)であり、「特定の製品機能をピンポイント(高精度)で実現する化学製品」(藤本・桑嶋, 2002)であるともいえる。

これまで、製品開発マネジメントの既存研究では、自動車、コンピュータに代表される加工組立型製品の開発においては、製品開発プロセスにおける「きめ細かいマネジメント」がパフォーマンスに影響することが指摘されてきた (e.g., Clark & Fujimoto, 1991; Iansiti, 1998)。それに対してプロセス型製品の開発では、画期的な工程技術の開発、設備投資や R&D 投資の額とタイミング、特許マネジメント等の巧拙が重要であり、きめ細かい製品開発マネジメントは二の次という評価が強かった。実際、製品開発組織や開発プロセスのマネジメントの巧拙が製品の競争力を左右する、というタイプの議論はあまり行われてきていない。

しかしながら、本稿の分析から明らかなように、プロセス型製品であるゼオネックスの製品開発プロセスにおいても、早期サンプル提供による顧客情報の取り込みや問題解決が製品開発の成功に重要な影響を及ぼしていた。早期サンプル提供は、自動車産業の分析から提示された「問題解決のフロントローディング」(Thomke & Fujimoto, 2000) と同じマネジメント手法であり、加工組立型産業と同様のきめ細かいマネジメントが製品開発パフォーマンス

に影響を与えていることが見て取れる¹⁵。

ひとくちに化学産業と言っても、従来一般的なイメージとして言われていた「投資額や画期的イノベーションのみでほぼ勝負がついてしまう」のは、実は、どちらかと言えば汎用化学品に代表されるような、最新設備の寄せ集めとその稼働率がものを言うタイプの製品群である可能性が高い。それに対して、機能性化学品のようにピンポイントで要求機能を達成するタイプの領域では、加工組立型産業と同様のマネジメント手法が製品開発パフォーマンスに影響を与える可能性があるといえる。

参考文献

- Clark, Kim B. & Takahiro Fujimoto (1991) *Product Development Performance: Strategy, organization, and management in the world auto industry*. Harvard Business School Press, Boston, Mass. (田村明比古訳『製品開発力』ダイヤモンド社, 1993)
- Iansiti, Marco (1998) *Technology Integration*. Harvard Business School Press, Boston, Mass. (NTTコミュニケーションウェア株式会社訳『技術統合—理論・経営・問題解決—』NTT 出版, 2000)
- 藤本隆宏・桑嶋健一「機能性化学と 21 世紀のわが国製造業—アーキテクチャ論と製品開発論の視点から—」機能性化学産業研究会編『機能性化学—価値提案型産業への挑戦—』化学工業日報, pp.87-143.
- 機能性化学産業研究会編 (2002)『機能性化学—価値提案型産業への挑戦—』化学工業日報.
- 夏梅伊男・小原禎二・大島正義・西嶋徹・笥大紀 (1997)「開環メタセシス重合体の水素化による光学材料の開発」『日本化学界誌』No.2, pp.81-88.
- Thomke, Stefan & Takahiro Fujimoto (2000) “The effect of “front-loading” problem-solving on product development performance,” *Journal of Product Innovation Management*, 17(2), 128-142.
- 山崎正宏 (2004)「ユビキタス社会に要求される材料・部材と日本ゼオンの取り組み」『化学経済』2月号, pp.78-85.

¹⁵もちろん、化学産業は化学技術（化学変化）により製品を開発することに特徴があることから、偶然や運の影響が大きく、また、特に川上段階では個人研究者の能力や努力に依存する面も大きい。その意味では、加工組立型産業と比較すれば、組織管理的なマネジメントの影響は限定的であるといえよう。