



第3巻 第1号 (2010年8月)

目次

巻頭言

創造の泉：“つながり”を強化しよう.....太田口 和久 i

報文

21世紀における石油観の構築に向けて.....須藤 繁 1

企業内部統制システムの構築：概要と効果.....吉田 泰典 大藤 康雄 9

機能性部材分野における事業展開に関する事例研究

—機能提案型ビジネスモデルとポリシー・イノベーション—.....山田 一仁 増田 優 17

短報

工場廃棄物の資源化の取組み.....近藤 義弘 31

社会ニーズから生まれる粒子利用技術とその発展

—造粒装置としての噴霧乾燥装置の位置づけ—.....小金井 稔元 35

創造の泉：“つながり”を強化しよう

“つながり”という言葉の意味と力とを考えてみたい。微生物が病原体である可能性を示唆したルイ・パスツールは、化学における分子の立体構造の予測、ウィルスの培養とワクチン開発など数々の業績で著名であるが、エコール・ノルマル・シュペリール高等師範学校時代には5段階評価に翻訳すると3レベルの評価を受けるごく平凡な学生であったそうである。彼が微生物と病原体との“つながり”に着想を抱いた頃、病気が伝染することは全ての医師が知っていたそうである。また、微生物に関し、生命は生命から生まれるという観点も多くの支持を獲得していた。パスツールの業績は、この2種類の現象を一緒にし“つながり”を看破した点にある。一方、蒸気機関時代を拓いたジェームス・ワットは、当時すでに開発されていた蒸気機関の修理に従事している最中に操作方法が劣っている点に悩み続けた。現場起点の問題記述から解を導出するために彼は当時の蒸気機関と凝縮器との間の“つながり”に着想し、繰り返して動力を獲得できる今日の蒸気機関を創造している。この二人に限らず、過去数多ある創造性ある仕事の源泉は、“つながり”を見出すことにあると言える。

本誌（技術革新と社会変革）は、社会技術革新学会の学会誌であるため、学問における“つながり”について考えてみたい。学問とは、一般的には、体系化された知識を指している。知識が孤立していたら学問の蚊帳の外である。しかし、知識が別の知識と“つながり”、専門と呼ばれる機能を発現できる知識集合体に組み込まれた時に学問としての知識が誕生する。現場で体得した知識を自分の中に留めておいたのでは、自己体系知識のままである。しかし、他の知識体系と自己の知識との間に“つながり”を見出したとき、その知識には人類が知識の世界で追求している“普遍性”という極めて大きな価値が与えられる。本誌に掲載された論文は、もはや自分誌上の論文ではなく、社会技術革新学という体系化された知識に貢献する論文という価値が被せられる。仕事で迷路から脱せられない時、迷路から脱することができた先人の知識に触れることは極めて重要である。皆で共有化できる知識を出し合い、この学会誌を大きく育てていただきたいと考える。

本誌第3巻の編集作業中、特記すべきことに遭遇できた。著者には、論文の最後に“引用文献”を組み込んでいただいている。これは、その論文と他の知識体系との“つながり”を明示するために置いている。学問を創造する上でとても大事な論文の要素である。今回、ある著者の引用文献リストの中に本誌“技術革新と社会変革”の名称が本誌開設以来、初めて登場した。本誌投稿論文

の知識と、本誌に以前投稿された論文の知識との間に“つながり”ができたことは、編集作業を担当する者にとってはとても嬉しい出来事である。今後、多くの投稿者が、本誌掲載論文の知識と自己が開拓した知識との間の“つながり”を明確化し、社会技術革新学の体系化に貢献していただきたい。

知識の“つながり”はビジネスにとって有用なのであろうか。パスツール、ワットの場合、知識の“つながり”は発見、発明に直結している。ビジネスを生み出すための技術革新の奥義には創造性開拓があり、知識の“つながり”は重要中の重要事項であることが分かる。知識の担い手は人間であるため、知識の“つながり”を強力にするには、人と人との“つながり”である人脈を蜘蛛の巣(Web)の如く発達させることが大切である。現場で抱いた問題意識を自己完結させるのではなく、本会の討論の場に持ち込み、他人や他の知識との“つながり”の中で解決の糸口を探る手立てを常習化することをお勧めしたい。さらに、本会の中だけで自己完結させるのではなく、本会を起点にして他の学会、教育機関、研究機関、民間企業、行政機関などに“つながり”を拡大し、難問に対する業務をメガコンペティションの急スピードに敵う速度で展開するコツを悟っていただきたいと考える。

本誌は、現場を起点とし産学官が“つながり”、協働して研究するという斬新な領域を開拓している学術誌である。また、学会に集う一人一人が主役である知識の“つながり”誌である。本誌に仕事への思いを込め、厚い人脈形成に“つながる”成果を出していただきたい。

編集委員長 太田口和久

(本務, 東京工業大学大学院理工学研究科教授;

E-mail, ohtaguchi.k.aa@m.titech.ac.jp)

21 世紀における石油観の構築に向けて

Prospecting for the Production and Utilization of Oil in the 21st Century

須 藤 繁

Shigeru SUDO

要 旨 : 20 世紀後半において石油市場は、ほぼ 10 年ごとにプレーヤーの主役を変えた。1960 年代は「国際石油カルテルの時代」、1970 年代は「OPEC の時代」、1980 年代は「消費国の時代」、1990 年は「市場の時代」と形容することができる。2004 年から 2008 年に原油価格が高騰したことを背景に、石油は再び戦略性を高めた。21 世紀の最初の 10 年が将来「資源ナショナリズムの再興の時代」と呼ばれることはあり得る。一方、この時期は、過剰流動性を背景に石油が金融商品化した時代であり、「金融商品の時代」と規定されることもあり得る。しかし、今日見受けられる市場万能主義は、経済人のモラルの回復とヘッジファンドの活動に一定のルールを適用する金融規制の枠組みの構築により克服可能である。

Abstract : The oil market changed its leading player's part in the latter half in the 20th century almost every ten years. It can be described that "Age of the major international oil companies" as 1960s, "Age of OPEC" as the 1970's, "Age of the consuming countries" as 1980s and "Age of the market" as 1980's, respectively. The crude oil price rises in 2004-08 and oil has increased the strategic characteristic again. The first ten years of the 21st century can be called "Age of the revival of the resource nationalism" later. On the other hand, this period is an age when oil was treated as financial products in the background of the excess liquidity, and it can be described as "Age of financial products". The spread of the markets-as-panacea philosophy can be overcome with construction of the framework of the financial regulation which applies an appropriate rule to the activity of the hedge fund besides the recovery of business morality.

キーワード : 原油価格、戦略商品、金融商品

Keywords : Crude Oil Price, Strategic Merchandise, Financial Product

著者 須藤 繁 財団法人 国際開発センター エネルギー・環境室 研究顧問 140-002 東京都品川区東品川 4-12-6
日立ソフトタワーB 22 階 sudo.shigeru@idecj.or.jp

2009.11.30 受付, 2010.6.3 受理

社会技術革新学会第3回学術総会(2009.9.30)にて特別講演、その後の動向に応じて一部加筆。

1. 石油市場におけるメインプレイヤーの推移

20 世紀後半において石油市場は、ほぼ 10 年ごとに石油市場プレイヤーの主役を変えた。その点に関しては、1960 年代は「国際石油カルテル（メジャー）の時代」、1970 年代は「OPEC（石油輸出国機構）の時代」、1980 年代は「消費国の時代」、そして 1990 年代は「市場の時代」と形容することができる。

1960 年に OPEC が創設され、その後、リビアが石油公示価格の引き上げを勝ち取るなどいくつかの成果を生むが、OPEC が実際に石油市場のメインプレイヤーになったのは 1970 年代に入ってからである。1973 年 10 月第一次石油危機が勃発すると、原油価格の 4 倍増を実現した。78 年から 79 年のイラン革命時にはさらに 2.5 倍の水準に引き上げた。70 年代は OPEC 戦略が成功し、OPEC は石油市場の主役になった。

1980 年代、石油消費国は国際エネルギー機関（IEA）に結集、「90 日石油備蓄制度」を整備、原油価格動向に関しては低価格を享受したことから、「消費国の時代」と呼ばれた。

1990 年代に入ると、先物市場が活況を呈し、石油市場においても、石油価格はマーケットが決めるというかたちに移行した。90 年代は「市場の時代」であった。

以上の点を石油市場の特色とメインプレイヤーの変遷として図示すると、図 1 のとおりとなる。

1960 年代は大手石油会社が価格を決めた。1970 年代は OPEC が価格支配力を確立し、政府販売価格という形で、価格を決めた。その後、1980 年代の価格崩壊を経て現在は、石油産業史の観点からは、広くは市場連動価格（Market related price）の時代である。この市場連動価格の時代の特徴は、基礎的条件や心理的要素の全ての総和としての市場が価格を決める。その結果、現在の市場は非常に変動幅が大きい（図 2 参照）。

2008 年 7 月原油価格は 147 ドルを記録したが、2004 年から 08 年の価格上昇局面における高騰の背景を列挙すると、経済成長のためのエネルギー需要の恒常的増加、国際テロ脅威の蔓延、一部産油国の政情不安（ナイジェリア、ベネズエラ）、資源ナショナリズムの高揚（南米、旧ソ連）、資源調達競争の激化、途上国（中国・インド等）での慢性的電力不足、及び一部先進国での電力供給シス

- ～1970 年：「国際石油カルテルの時代」
- 1970 年代：「OPEC（石油輸出国機構）の時代」
- 1980 年代：「消費国の時代」
- 1990 年代：「市場の時代」
- 2000 年代：「資源ナショナリズムの再興」 / 「産消対話」対「金融商品の時代」

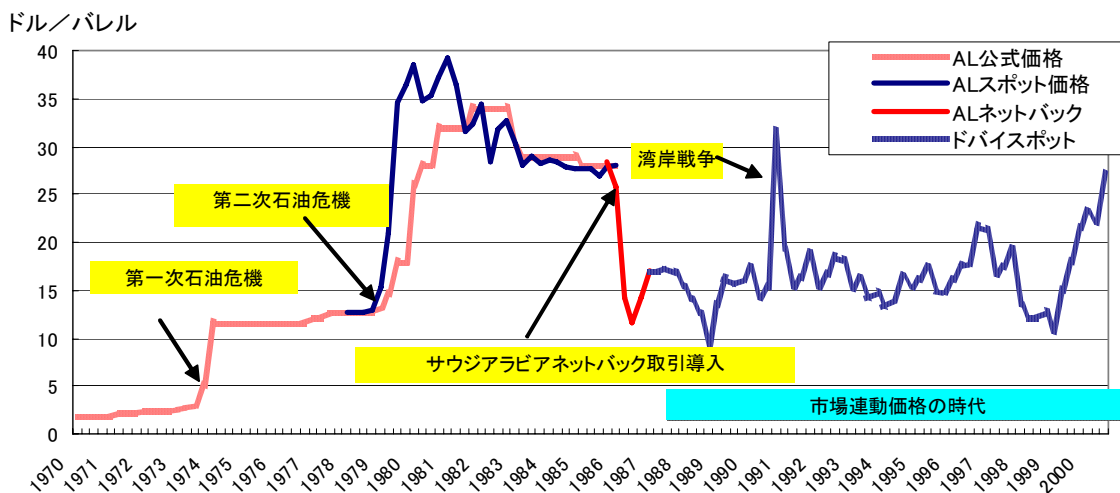


図 1 石油市場の特色とメインプレイヤーの変遷

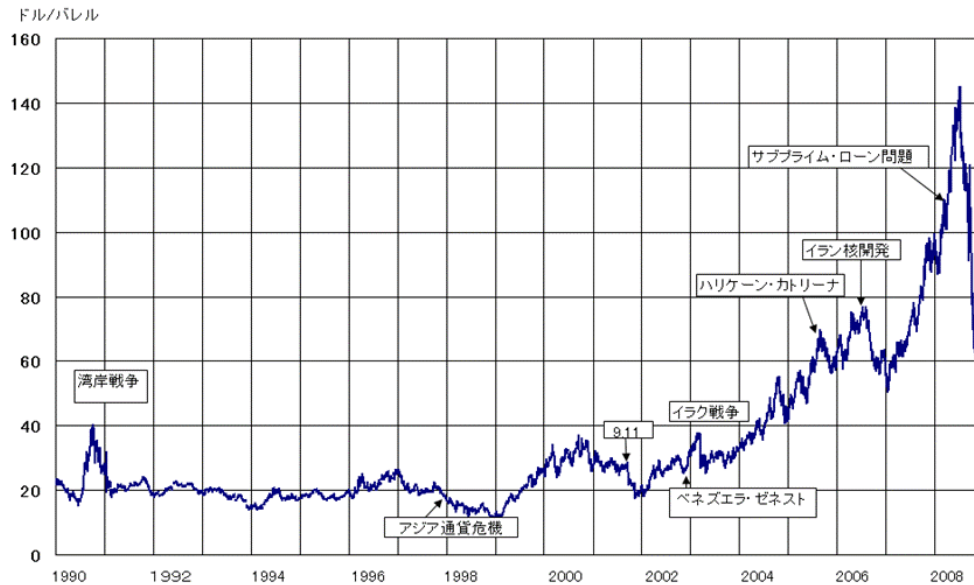


図2 原油価格の推移（1990～2008年、WTI）

テムへの信頼性低下などが挙げられた。

その際、多くの専門家が指摘したのは、産油国における余剰産油能力の払底問題、資源ナショナリズムの昂揚（ロシア、南米産油国の動向）、及び新興消費国における石油資源の確保戦略であり、21世紀には入り、石油は戦略性を再度高めることになった。

その点から、21世紀の最初の10年は一面においては「資源ナショナリズムの再興の時代」であった。一方、2004年以後の原油価格の高騰は、エネルギー市場に既に構造変化がもたらされたことを示している。それは一面において、過剰流動性（金余り）を背景に、石油の金融商品化をもたらした。従って、21世紀の最初の10年を、「金融商品の時代」と名付けることも可能であろう。

2. 資源ナショナリズムの昂揚

70年代の「OPECの時代」においては、OPECが価格支配力を確立したが、観点を変えると、1960年から70年代は「資源ナショナリズム」の時代でもあった。産油国の国民には、「地下資源は石油会社のものでなければ消費国のものでもない。われわれ産油国民のものだ」との意識が芽生え、地下資源を自分たちの国家建設、あるいは経済運営

のために用いるために、自ら一次産品の価格を決めようという資源ナショナリズムが、各国・各地で台頭してきた。

資源ナショナリズムは石油産業に以下の影響をもたらしたと考えられる。まず1970年代に産油国に石油利権の国有化をもたらしたことであり、1975年までにOPEC主要国の石油利権は、すべてメジャーから産油国政府の手に移った¹。

しかしながら、1960年から70年代の資源ナショナリズムは、産油国が販路を確立していなかったこと、あるいは産油国の技術力・資金力の欠如が次第に明らかになったことから徐々に退潮した。

1980年代後半以後、石油探鉱開発技術には著しく多くの技術革新がもたらされ、それが供給力の強化につながった。一例を挙げれば、三次元地震探査技術と油層解析手法の進歩により、油田の発見率は大きく増加した。またコンピューターグラフィックスを用いての油層解析手法は、1990年代に入って急速に進歩し高精度の解析と挙動シミュレーションを可能とした。こうした技術革新に加えて、さらに、社会経済的なファクターとして、産油国が外資に対して門戸を開放するという動き

¹ 1972年12月、産油国の資本参加とそれに伴う取得原油の処分に関する一般協定（リヤド協定）が成立した。

があり、これが供給能力の大幅な増大につながった。研究者の中には1970年代に産油国の一方的な石油利権の国有化により利権を失った国際石油会社に対して、再度門戸が開放され出したのが1990年以後、冷戦終焉後の新しい現象である、と指摘する者もいる²。

それが、2000年以後、中南米における反米ナショナリスト政権の登場、原油価格の高騰を背景に、資源ナショナリズムが再昂揚し、ドアは再度閉じられようとしており、2007年以後は、その傾向が一層顕著になった。

また、今一つの切り口として、現在、国際石油会社がアクセスできる石油は10%に満たず、9割方は産油国、産油国側の国営石油会社が管理・支配しているということから、簡単に手に入る石油の時代(イージーオイル)は終わったという状況に石油産業は直面しているという側面もある。

以下は、21世紀に入って以後の資源ナショナリズムの、主な展開事例である。

- ロシア：新規権益への外資参入抑制
- ベネズエラ：一方的な権益条件変更
- ボリビア：既存権益の国有化
- カザフスタン：既存権益への国営石油会社の強制参加
- アルジェリア：外資導入促進策の撤回
- チャド：一方的な権益条件の見直し
- クウェート：外資導入法案の凍結

3. 主要国のエネルギー政策の課題

21世紀に入るとエネルギー市場を巡る情勢変化の下、世界各国においてエネルギー問題が国家的な最重要課題の一つとして捉えられるようになった。エネルギー消費国においては、国内エネルギー需給構造の体質強化や、権益確保を強化する動きなどが見られる一方で、エネルギー供給国においては、エネルギー資源の国家管理を強化するなど、それぞれの国益を踏まえた形でエネルギー国家戦略の再構築に向けた動きが活発化している。

1990年代、石油が市況商品としての要素を最大限強めたこととは異なり、21世紀に入ると石油は、再度、戦略物資としての性格を強めている。

米国は2001年5月に「国家エネルギー政策」を策定、また2005年8月には「包括エネルギー法案」を成立させた。前ブッシュ政権はエネルギーの輸入依存度の上昇を強く懸念し、国内エネルギー供給能力の拡大や、エネルギー供給国との関係強化等の供給面のセキュリティー対策を重視した。2007年大統領一般教書では、今後10年間でガソリン消費を20%削減するエネルギー政策の強化が示された。こうした基本政策は、2009年発足したオバマ政権にも受け継がれており、同政権は石油に関しては、中東石油離れの戦略を一層鮮明にした。

EU諸国は2000年に、2020～2030年を展望したエネルギー戦略(「グリーンペーパー」)を発表した。同ペーパーでは、EU拡大等による需要拡大、エネルギーの輸入依存度上昇、「京都議定書」、原子力の伸びが大きく見込めないこと等の制約を踏まえ、省エネによる需要抑制を優先している。また、2005年の「省エネに関するグリーンペーパー」では、2020年までに1990年におけるCO₂排出量を20%削減するという数値目標を設定している。さらに今後域内で販売される新車のCO₂排出量を、12年までに95年比で35%削減する法規制を考えている。EUでは、これまで慎重な姿勢をとっていたドイツ、英国が原子力発電の解禁へと動き出したことも新しい動きである。EU以外でも中国、インドでも多数の原子力発電所建設が発表された。

中国は「第10次5ヵ年計画」(2001～2005年)で、エネルギー需要増への対応として、石油の供給量の確保を重視し、国内外の資源開発に邁進すると共に、国家備蓄基地の建設等を進めた。また2006年3月に策定された「第11次5ヵ年計画」では省エネの数値目標(2005～20年の間にエネルギー原単位20%の改善)を導入した。

ロシアは、2003年に「2020年までのエネルギー戦略」を策定している。これによれば、石油・天然ガスの世界への輸出拠点化を目指し、供給力拡

² J.Stanislaw & D.Yergin “Oil: Re-Opening the Door” Foreign Affairs 1993年9/10月号

大に重点を置いている。前プーチン政権は、地下資源法の改正等を通じて石油・ガス産業の国家管理を強めたが、メドベージェフ政権は基本的に前政権の路線を継承している。

こうした一連の動きは、原油高騰を受けた2005年グレンイーグル・サミットでの各国共通エネルギー効率指標の策定などに関する行動計画の採択、2006年のサントペテルブルク・サミットでのエネルギー安全保障と環境問題に関する声明、さらに2008年7月原油高騰対策への協調と商品先物市場の監督支持を明記した洞爺湖サミット首脳宣言に受け継がれ、各国政府はサミットの行動計画の実現に向けて、より具体的な行動へ歩み出そうとしている。

こうした各国のエネルギー・環境政策の動向が、石油市場に有意な影響を与えていることは論を待たない。

4. 金融商品としての一面

2004年以後の原油価格の高騰は、エネルギー市場に既に構造変化（パラダイムシフト）がもたらされたことを物語っている。それは一面においては、過剰流動性（金余り）を背景とする、石油の金融商品化である。

2009年5月の原油市況（WTI、翌月渡し）は、消費国の石油在庫増、世界経済の早期回復の思惑等を材料に40～50ドル台で推移していた。5月7日には米国の新政権の各種の景気対策が先行き功を奏し、株高により早期景気底打ち期待から急遽上向き、また、石油需要の増加誘因との憶測から6月渡りで56.71ドル（2008年11月14日以来の最高値）、10月渡しの先物で60.80ドルを記録した。一部米国市場筋から、5月上旬、「株価は上昇、油価は近日中に62.65ドル、年内に78ドルに上昇するだろうとの見方も現れた。しかしながら、他方、实体经济に注目すれば、米国のみならず、日欧の経済指標は依然厳しい状況にある。景気下振れの懸念材料が多く、この時期、WTIは年内55ドルを上回らないとする見方も根強かった。

2009年9月時点でのIEAの見方は、基本的に5

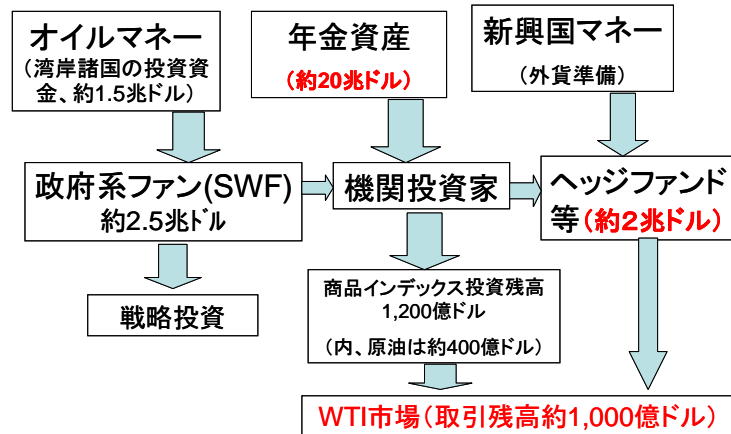
月時点の見方と変わらず、2009年の基本的な石油需給環境は、2009年世界石油需要量は8,390万B/Dで、前年比240万B/Dと大幅減少が見込まれ世界石油需要が2年連続で減少した。イラクを除くOPEC 11カ国の原油生産量は概して生産上限を120～130万B/D上回り遵守率は70%に届いていない。需要減を背景とする生産量の減少を受けOPECの余剰生産能力は660万B/Dまで拡大した。

OPECは、2009年9月9日に定例総会³を開催したが、総会を前にしての主要国閣僚の発言の中では、OPEC議長（バスコンセロス・アンゴラ石油相）が、「現状の70ドル超水準はOPECにとって悪くない水準で石油開発投資の維持も可能なレベルである」と述べていたこと、そしてペルシャ湾岸OPECに共通するものとして、クウェート・サバーハ石油相は、「70ドル前後の原油価格に満足している。目標生産量の変更は必要とは思わない」と述べていたことが注目された。また、通常穏健派の見解と対立するイラク、ベネズエラ等からの発言でも対立点はみられなかった。

しかし足下の高い石油在庫、石油需要減少等、依然原油市場を取り巻くファンダメンタルズは弱いものの、WTI原油価格は金融商品としての性格を強め、投機マネーの流入は一部回復し、原油価格の回復・上昇をもたらしているという、現下の石油市場の本質を看過すべきではない。今後の原油価格は、实体经济の動向と関わりなく、再度上昇する可能性は排除できない。

7月以後、米金融大手の第2四半期決算が好調であり、市場予想を上回ったため、米国の第2四半期のGDP成長率等、経済の先行きに対し明るい兆しが見られ始めたことを受け、原油価格は上昇している。また、米国の6月失業率が事前予想に反して悪化したことを受け、早期の景気底打ち期待は後退した。その結果、これまで景気の先行き期待感から買われていた原油・株が売られ、安全資産としての米国債が買われるという展開がみられ

³ 第154回総会（於ウィーン）。本総会は、現行目標生産量（イラクを除く加盟国計で2,485万b/d）の据え置きを決定。



出所: エネルギー白書(2008年版)を下に作成。

図3 原油市場を巡るマネーフロー

た。また、CFTC(米商品先物取引委員会)が商品相場の乱高下を防ぐため、投機筋に対する持高制限設定を検討していると発表したことから、一時的に投機マネーが流出する展開もみられた。

しかしながら、その一方で7月31日の上海株式市場の急落(金融引き締めへの警戒感)や最近の急速な上昇に対する反落など、原油価格は2009年上期に過剰流動性を背景に金融商品としての性格を再度強める気配を見せた。

特に中国は、第2四半期のGDP成長率が+7.9%と第1四半期の6.1%を大きく上回っており、景気回復の軌道に乗りつつあり、同国の旺盛な石油需要は原油価格の下支え材料になっている。また、米国の失業率や、個人消費などの実体経済が改善に向かえば、原油価格は2009年末に向け80ドル前後を再度窺うことになるのではないかとの見方もなされた。

これらの点を考慮すれば、当面の石油価格動向での最大の注目点は過剰流動性の動向である。過剰流動性は、現下の石油情勢を考える上で依然最重要ファクターである。21世紀に入り最初の10年が、「資源ナショナリズムの再興の時代」とされる一方、「石油の金融商品化の時代」と規定される所以である。

2004年以後の原油価格の上昇は、年金資金などの長期投資家が商品インデックス等の投資商品取引を通じて、エネルギー産品に資金を移している

ことが一因であった。商品インデックスの投資残高は2007年末現在約1,200億ドルの規模に達したといわれている。これに対し、ヘッジファンドの投資残高は2兆ドル、年金資産は20兆ドルの規模とみられており、商品インデックスへの投資、エネルギー・穀物市場への投資は、さらに増加するとみられた。

約1,000億ドルの規模のNYMEXの原油市場に、2兆ドル規模のヘッジファンドや約20兆ドル規模の年金資産の一部を流入させた過剰流動性が、原油価格をファンダメンタルズの要因以上に高騰させたとみられる(図3参照)。

5. 課題としての市場万能主義の克服

今日、国際金融危機の影響が広がるなか、世界経済と資本主義のあり方は歴史的な転換点を迎えている。問題が世界経済の危機を招来しているという現実をとらえて、金融ビジネスの暴走に対する反省、あるいは、それを容認してきた金融当局への批判、さらには従来の資本主義のあり方や経済発展の様式に対する、反省と見直しの気運が高まりを見せている。資本主義が目指す方向は石油市場のあり方とも無縁ではない。

既述のとおり、1990年代の石油市場の主役は、市場そのものであり、1990年代は「市場の時代」と筆者は認識している。そのことは、市場尊重の価値観の浸透や経済のグローバル化といった時代

思潮と深く関係していることはいうまでもないが、市場志向の潮流は、1980年前後に、その源流を見出すことができる。

具体的には、1980年代初頭に、英国のサッチャー政権（1979～90年）、米国のレーガン政権（1981～88年）が市場メカニズムを重視する新自由主義に基づいた経済改革をスタートさせ、それが成果を上げるに従い、他の欧州諸国や日本などの資本主義体制下の先進国の多くが、それに追随した。また、共産圏においても、中国が1978年からの改革開放政策で市場経済への移行に踏み切ったことに加え、1980年代末には東欧諸国の共産主義政権が相次いで崩壊した。さらに1991年にはソ連邦が崩壊、新たに成立した政権は、いずれも市場経済への移行を選択した。こうして、世界の大部分が市場メカニズムを重視する方向に歩を進めることになった。

1990年代は、石油産業にとっても市場主義と技術革新の時代であった。既述の三次元地震探査、水平掘りに加えて、1990年代に入ると、インターネットの普及に代表される情報技術の飛躍的進歩が、石油取引のあり様を一変させた。こうしたIT化は、NYMEX（ニューヨーク商品取引所）に代表される先物取引の活況を招き、米国を中心とする市場原理主義は世界標準になり、経済活動の価値観とルールの米国化を加速した。

市場原理主義の台頭は、市場に直接参加する投資家や金融ビジネスの社会的な地位を高めることにもつながった。かつては、商品やサービスの生産に携わることなく市場での取引だけで利益を上げることに對しては、ある種の後ろめたさが共有され、それが市場への参加や取引の膨張に無形の歯止めをかけていたといえるが、行き過ぎた市場重視の価値観が広がったことで、そのタガがはずれたのも1990年代であった。

さらにこの時期には、コンピューターの普及と情報ネットワークの成立に伴い、株式や為替、各種の証券の売買規模が爆発的に拡大するとともに、リスクとリターンと価格の関係を探求する金融工学の手法が現実の金融ビジネスに導入された。こ

うした金融工学の手法により、多様な証券化商品やデリバティブが生み出され、特に様々な金融派生商品（デリバティブズ）の創出や自己資金の何倍もの借り入れを可能とするレバレッジの手法が導入された。こうして、国境をまたいだ投資や金融取引の拡大にともなって、金融ビジネス自体がグローバル化し、米国勢を中心とする各国の有力金融機関や投資会社は、世界全体を舞台として業容と影響力を拡大していった。

こうして市場原理主義の台頭、金融ビジネスの拡大といった時代潮流は、自由と競争を原動力とする1980年代から90年代型の経済発展のパターンを生み出し、世界経済に新たな活力を吹き込んだ。他方、市場重視の経済体制は、次第に弊害を内在させ、現下の金融危機を直接的な契機として、内在していた問題を噴出させたのが2007年から08年問題の本質である。

筆者は、資本主義は経済合理性が最も効率的に担保できる経済システムであると考えているものであるが、それでもやはり過度の自由主義・放任主義には一定の枠組み（軽度の規制といってもよい）を与えるべきであると主張するものである。いうまでもなく、そのことは広くモラルに関わることでもある。

サブプライム問題の生成過程において、ローンを実行する企業や、証券化商品を組成・販売する企業では、ローンの借り手や証券化商品の買い手が大きな損害を被る可能性が認識されていた。それにもかかわらず、そうした事業が維持・拡大されていったのは、規制が不十分であったというだけでなく、それにかかわる人々の間に広くモラルの荒廃があったためでもあると考えられる。こうした傾向は、米国だけの話ではなく、時代の寵児ともてはやされた者は日本でも何人もいた。また、話は金融ビジネス分野だけでも止まらない。もって他山の石とすべきであり、モラルの回復が求められる所以である。

具体的には、ヘッジファンドの活動に一定のルールを適用し、過度な投機的行動を自制させることを目的に、金融規制の枠組みを作ることが求め

られており、実務的には国際協調を実現するためのコンセンサス形成が必要であるが、国際社会は既に原油価格高騰局面で、いくつかの会合を開催しており、2008年11月のワシントン金融サミットを皮切りに、G7、G8に主要新興国を加えたG20によるコンセンサス作りに歩み出している。

2009年の実際の動きとしては、9月24、25日に米国ピッツバーグで開催されたG20サミットでは、米国が消費で経常赤字を重ねる一方、中国などが輸出で経常黒字を拡大する「世界的な不均衡」が金融危機の背景にあったとの共通認識の下、不均衡の解消に向け、相互点検の仕組みをつくるべきことが合意された。

さらに、2009年11月6、7日、G20財務相会議が英国セントアンドリュースで開催され、参加国は、米国の過剰消費に頼らない「均衡ある成長」に向け、2010年1月までに各国が政策目標や政策手段などを固めることで合意したことが注目される。

6. まとめ・結言

石油問題の当面の課題は、金融商品化の克服と資源ナショナリズムへの対応である。いずれも、一国では対応できない問題であり、国際経済、国際政治の大枠の中で人類が知恵を絞らねばならない問題であることは明らかである。

両問題に関しては、金融規制の枠組みを構築する中で、国際協調の気運が高まり、資源ナショナリズムの止揚につながる土壌が形成されることが

期待される。そのためには、具体的にはヘッジファンドの活動に一定のルールを適用し、過度な投機的行動を自制させることを目的に金融規制の枠組みを構築することがエネルギー政策との関連でも必要である。

また産油・消費両陣営の政策対話が、無駄な消費を増やしかねない補助金を整理して省エネ化を後押しすることが重要である。補助金は需要への影響を歪める効果をもつものであり、国際的にも是正の方向が打ち出されている。既述のG20財務相会議（2009年11月6～7日）は、G20はIEAやOPEC等のエネルギー関連機関に補助金に関する報告書の共同作成を要請し、2010年6月開催のサミットまでに廃止に向けた課題や日程を整理した行程表の作成を求めたが、我が国は本件に積極的に関与すべきである。

引用・参考文献

- 1) 社会技術革新学会第3回学術総会予稿集 pp.15-20 (2009年9月30日)
- 2) J.Stanislaw & D.Yergin: "Oil: Re-Opening the door" Foreign Affairs 1993年9/10月号 pp.81-93
- 3) 須藤繁「原油価格の下落の産油国経済への影響」(財)国際開発センターRegional Trend (2009年4月) pp.15-20
- 4) 「エネルギー白書」(2008年版)第一部第一節「原油価格高騰の要因分析」
<http://www.enecho.meti.go.jp/tipics/hakusho/2008/1-1/1.pdf>
- 5) 「20か国財務大臣・中央銀行総裁会議声明(仮訳) 2009年11月6-7日、英国セントアンドリュース」
http://www.mof.go.jp/jouhou/kokkin/g20_211108.htm

企業内部統制システムの構築 :

概要と効果

Formulation of the Internal Control Systems for a Company:

Outline and Effectiveness

吉田 泰典

大藤 康雄

Yasunori YOSHIDA

Yasuo OHFUJI

要 旨 : 金融商品取引法の制定に伴い、全ての上場企業に対して財務報告に関する内部統制システムを構築・整備し、その運用状況についての監査法人による監査証明を受けて財務局に届け出ることが、2008年4月以降に始まる事業年度より義務付けられた。本稿では、金融商品取引法が求める内部統制の概略、内部統制が求められるようになった経緯、著者が勤務する企業における内部統制システム構築の取り組み、内部統制構築の効果および次年度以降の課題について紹介する。

Abstract: From the first fiscal year after April 2008, Financial Instruments and Exchange Act requires any listed company to establish and straighten the internal control system related to financial reports and to submit the audit certificate from the audit corporation which certifies its operating condition to the regional bureau of the Ministry of Finance. This paper describes the outline of the internal control requested by the Act, circumstances of internal control required, the effectiveness brought by the system established and assignments for the following fiscal years.

キーワード : 内部統制、リスクマネジメント、金融商品取引法

Keywords : Internal Control, Risk Management, Financial Instruments and Exchange Act

著者 吉田泰典 綜研化学(株)生産本部企画管理グループ 350-1320 埼玉県狭山市広瀬東 1-13-1

y.yoshida@soken-ce.co.jp

大藤康雄 綜研化学(株)内部監査室 171-8531 東京都豊島区高田 3 丁目 29 番 5 号 ohfuji@soken-ce.co.jp

2009.12.10 受付, 2010.6.3 受理

社会技術革新学会第3回学術総会(2009.9.30)にて発表

1. はじめに

金融商品取引法の制定により、全ての上場企業に対して財務報告に関する内部統制システムを構築・整備し、その運用状況についての監査法人による監査証明を受けて財務局に届け出ることが、2008年4月以降に始まる事業年度より義務付けられた。著者が勤務する企業（以下、本企業と記載）はジャスダック証券取引所に上場する連結従業員数770名（2008年12月31日現在）の化学品メーカーである。3月決算会社であるため、2009年3月期からが対象となる。2007年9月より準備を始め、最終的には2009年3月期について「内部統制は有効である」との評価となった。

本稿では、内部統制が求められるようになった経緯から本企業における内部統制の取り組み、次年度以降の取り組み等について述べる。

2. 内部統制とは

2.1 企業リスクへの取り組み

企業が存続していく過程では、さまざまな事業上のリスクに直面する。図1の左側に描いたものは一例だが、地震や台風災害など不可抗力ともいえる天災や、粉飾決算や企業機密の漏洩など、社内で想定されるリスク、あるいは顧客や株主等の利害関係者によるクレーム等、社外からもたらされるリスクな

どが考えられ、これに対して、企業としては適切な対応を取る必要がある。このような経営管理手法を「リスクマネジメント」と呼んでいる。

個別のリスクに直面した企業は、当初、個別のリスクマネジメントを実施する。しかし、個々の対応の積み重ねを、適切なマネジメントと言うことはできない。リスクマネジメントにあたって適切な体制を整備し、的確な運用を行ってこそ、適切なマネジメントが行われていると称すべきである。この「整備」と「運用」とを併せて「内部統制」と呼ぶ。

2.2 法律上の内部統制

それでは、わが国の法律上、内部統制はどのように定められているかについて述べる。大別すると会社法上の内部統制と金融商品取引法上の内部統制に分けることができる。

①会社法の内部統制（2006年施行）

2006年に施行された会社法では、取締役の義務として内部統制の構築が求められているが、どのリスクに対応した内部統制を構築するかの具体的な定めはない。本企業では、2006年5月に「内部統制システム構築の基本方針」を取締役会にて決議し、プレスリリースしている。

②金融商品取引法の内部統制（2007年施行）

2007年に施行された金融商品取引法では、財務報告に係る内部統制の整備と運用に特化して定めてい

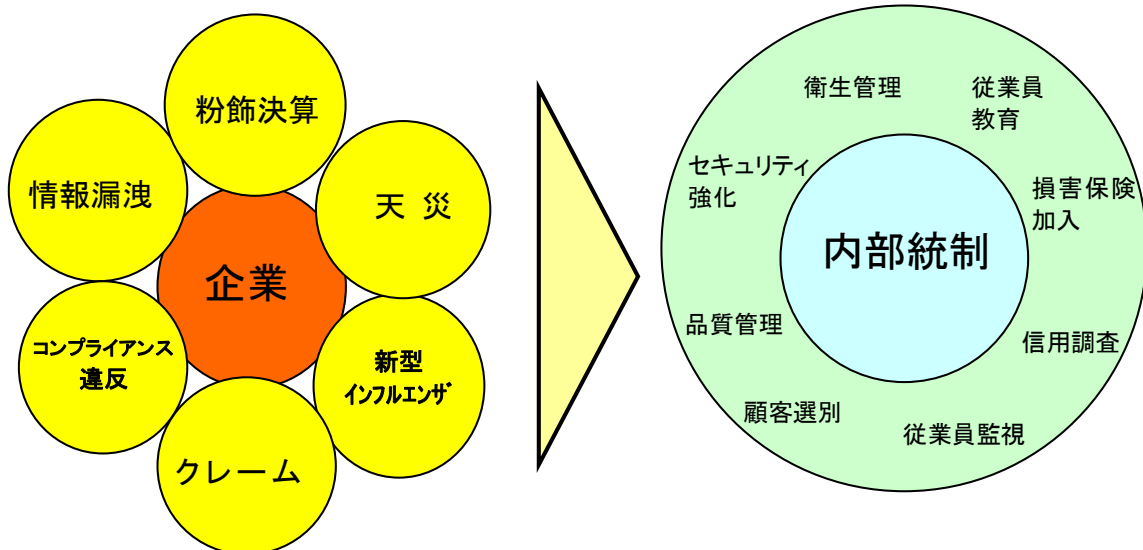


図1 リスクとマネジメント

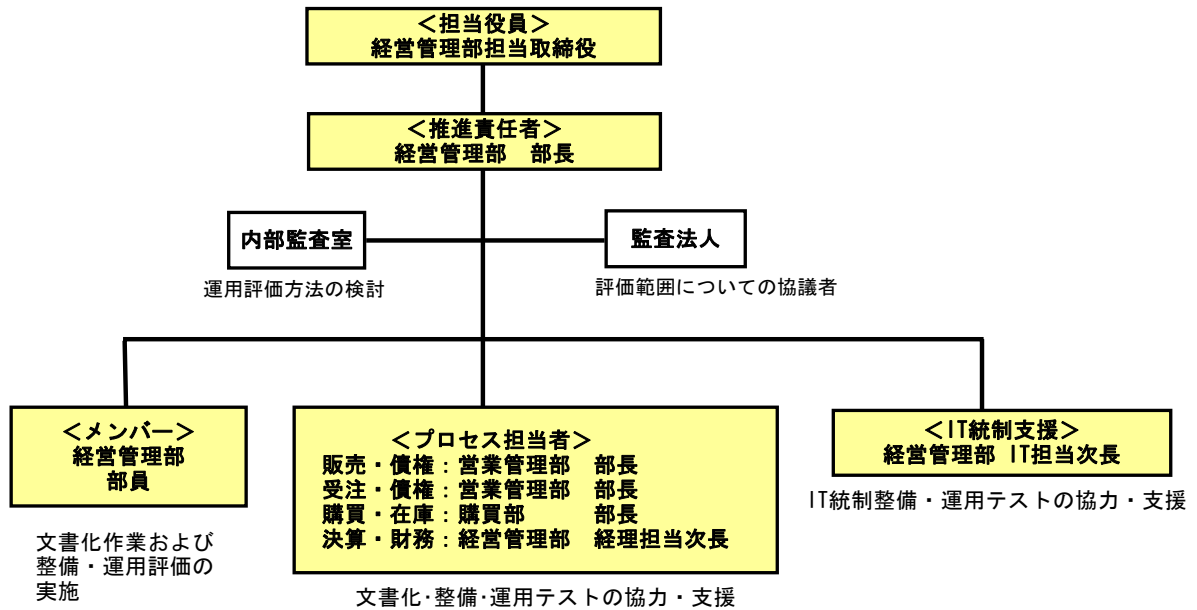


図2 本企業の推進体制

る。ここでいう「財務報告」とは、上場企業においては有価証券報告書を指す。

金融商品取引法は、有価証券報告書の内容が適正であることを担保するために、経営者が内部統制を構築し、それを自己評価し、「内部統制報告書」を作成して内閣総理大臣へ提出することを定めている。さらにこの内部統制報告書については、監査法人の監査証明を受けることが義務付けられている。

今回我々が取り組んだ内部統制プロジェクトは、②の「金融商品取引法」に対応するためのプロジェクトである。

3. 内部統制への取り組み

ここでは金融商品取引法に対応して本企業が実施した内部統制の構築体制、枠組み、評価ツールおよび、進捗状況について述べる。

3.1 体制整備

本企業では今回の内部統制構築プロジェクト開始にあたり、図2に示す体制を構築した。プロジェクトの最高責任者を経営管理部の担当役員とし、実務は経営管理部長、経営管理部専任メンバー、各業務プロセスの担当者が構築を進め、実際の統制の実施は各部門長と関連会社の責任者（社長、総経理）が

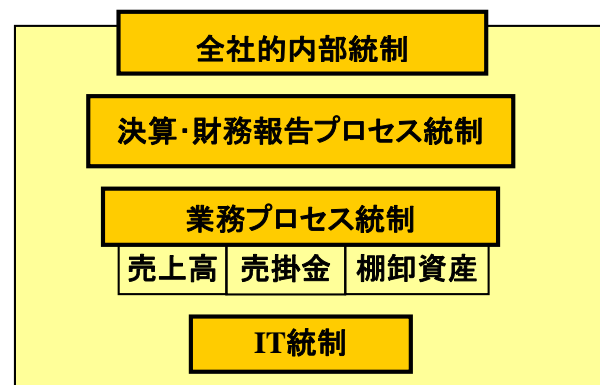


図3 内部統制の枠組み

担うこととした。そして内部監査室と監査法人が適正に内部統制が実施されているかを監査することとした。

3.2 内部統制の枠組み・評価ツール

本企業は内部統制評価実務の枠組みについて、企業会計審議会が公表した内部統制の実施基準（2007年2月15日）に基づき、全社的統制、決算財務報告プロセス、業務プロセス、IT統制の四つに分けて実施した(図3参照)。

①全社的統制

全社的統制の目的は、信頼できる財務報告を作成するための企業風土、文化を構築することである。

内部統制システムのもっとも重要な部分であり、全社統制が適切に構築されていないと判定された場合は、以下に述べる業務プロセス等がどれだけ整備されていても、内部統制の評価が有効とされることはない。

② 決算・財務報告プロセス

業務プロセスの一つであるが、財務報告の信頼性を直接担保するため、金融商品取引法の趣旨に則り、独立したプロセスとされている。受注、購買、販売等の各業務プロセスが財務上の正しい数値を提供しても、経理部門のリスクマネジメントが適正に行われていなければ、財務報告を信頼することはできないため、特に重要であると考えられている。

③ 業務プロセス

業務プロセスで重要な勘定科目である売上高・売掛金・棚卸資産が正しいことを担保するため、これらに直結する業務プロセスの統制を構築した。具体的には、受注、出荷、売上計上、請求、入金処理、売掛金管理、仕入れ、在庫管理、棚卸、生産高入力など、約 50 件のプロセスを選定して整備した。

④ IT 統制

今日の企業活動において、各業務プロセスが有効に機能するためには、情報システムの適正な運用が必須である。従って、情報システムの統制も独立したプロセスとして整備・構築および評価の対象になる。本企業では自社で開発した業務システムと、外部から購入した会計パッケージについて、評価を行った。

⑤ 評価ツール

評価ツールとしては主に質問書と 3 点セット（業務記述書、フローチャート、リスクコントロールマトリクス）を作成して、推進した。各項目において作成した成果物は以下のとおりである。

A. 全社的な内部統制

- ・全社統制質問書

B. 決算・財務報告に係る業務プロセス

- ・決算・財務報告プロセス質問書

C. 業務プロセスに係る内部統制

- ・3 点セット

D. IT 統制

- ・IT 全般統制質問書 (ITGC)
- ・IT 全社統制質問書 (ITCLC)
- ・IT 業務処理プロセスの「3 点セット」

「質問書」は自己点検のためのチェックリストである。公的機関・団体が公表したモデルを利用して、本企業向けにカスタマイズした。

3 点セットは各業務プロセスの業務の流れを表した文書である。同じプロセスについて「フローチャート」は図示し、「業務記述書」は文章により叙述し、「リスクコントロールマトリクス」は表形式で一覧化している。これら 3 点の文書は同じ業務プロセスについて異なる視点から照射したものであり、併せて閲覧することにより、業務の流れを立体的に理解することができる。

3.3 進捗状況

プロジェクトの進捗状況としては概ね、以下のとおりとなった。2009 年 3 月までに決算財務報告プロセス以外の評価を完了し、決算財務報告プロセスは、期末決算業務の状況について 5 月に評価を行った。これらの評価結果を踏まえて、本企業の代表取締役は、内部統制が有効である旨の判断を行い、当初の予定通り、有価証券報告書の提出と同時に内部統制報告書を関東財務局に提出することができた。

- ・全社的な内部統制の評価 2008 年 9 月 評価完了
 - ・決算・財務報告プロセスの評価 2009 年 5 月 評価完了
 - ・業務プロセス統制の評価 2008 年秋 一次評価
2009 年 1~3 月 二次評価
 - ・IT 統制 2009 年 4 月 評価完了
- 以上の個別評価に基づく最終評価
2009 年 5 月 22 日
内部統制報告書の提出 2009 年 6 月 25 日

4. 苦労した点

最終的には本企業の内部統制システムを有効と自己評価し、監査法人による適正意見も得られたが、その過程では様々な苦労があった。以下、主な点を述べてみたい。

① 社内の温度差

プロジェクトの性質上、全社的に取り組むべきものであるが、各業務プロセスの現場においては、日常業務に寄与しない余計な負荷と捉える場合もあり、協力的でない責任者や担当者が見られた。一方、内部統制システムの構築を年度の重要課題に掲げた部門については自発的な協力があり、プロジェクトチームとのスムーズな意思疎通ができた。内部統制の構築や実施にはそれなりの労力がかかるので、その年度の各部門あるいは各社員の最重要課題とは言わないまでも、重要課題のひとつに掲げるよう経営管理部門の責任者から全社に働きかけるべきであった。

② 海外子会社に関する問題

全社統制と決算財務報告プロセスについては、海外子会社のうち事業規模の面から重要性の高い中国の2社を評価範囲に含めた。本社専任メンバーは中国語に不案内のため、これら2社とは意思の疎通に苦労した。特に決算財務関係の用語については専門知識が必要とされ、通訳や翻訳に手間取る場面もあった。中国往査時には、日中両国語に堪能で財務知識もある社員が別件で現地に滞在していたため、その協力を得て切り抜けたが、言語の壁を越える体制を整備しなくてはならない。

③ 監査法人の対応

監査法人の内部統制評価に対する基準が2008年末まで決まらなかったため、それ以前の段階では確定的な回答が得られず、本企業として対応を決めづらいことがあった。その結果として、監査を通過させるために慎重な対応を行うことになり、ある子会社における内部統制を他の子会社に機械的に移植したり、形式的に責任者の押印プロセスを設ける等、実効性に疑問のある統制を導入せざるを得ない場合があった。また、担当の会計士は内部統制監査に一定レベルの知識と経験を有することを前提にしていたところ、実際には若手のメンバーが多く、業務プロセスの監査以前に本企業から基本的な事柄を説明しなければならない場面もあった。

5. 内部統制構築の効果

これまで述べてきた内部統制プロジェクトの成果を、以下、具体的に述べる。

① 不備事項の是正による作業品質の底上げ

業務手順の中から、財務報告に関するリスクにかかわるキーポイントを選び出してテストしたところ、コントロールが充分ではないところが多々発見された。例えば、書類の作成に関して、担当者任せで上司が確認していない、あるいは目視確認しただけで、承認印を押していない(証拠が残っていない)といったことがあった。このような不備事項を是正したことで、業務品質の底上げにつなげることができた。

② 業務リスクの明確化によるエラーの防止

製造現場では安全衛生の観点から、作業に伴うリスクが明確に意識されているが、事務の現場では、業務上のリスク認識が希薄な面があった。今回、業務手順を洗い直すことによって、金額や数量の誤入力など、財務報告のエラーにつながるリスクを責任者や担当者に正しく認識してもらうことにつなげることができた。

③ 上長承認の徹底や権限分離等による不正未然防止

財務上のリスクを正しく認識したことで、それに対しては担当者の相互牽制や上長の承認などのコントロールを実施することにより、不正を未然に防ぐ機能を業務の流れに組み込むことができた。

④ 業務記述書やフローチャートの作成による業務の可視化

業務記述書やフローチャート等、内部統制システムの構築に必要な文書を作成することにより、今まで全体像がわかりにくかった業務の流れをビジュアル化した。一例として、本企業では、製品の受注から販売代金回収にいたるまでの流れを明確化したことなど、今後、業務合理化の分析等に活用できる。

⑤ 担当者による作業手順のバラツキ防止

文書化作業の過程で現場の責任者や担当者にインタビューを行ったが、同じ作業でも、担当者によって手順がバラついているといったことが見られた。例えば、製品の納期が急に変更になった場合、担当者によっては、お客様への返信や社内連絡を電話で済ませて記録を残していないことがあった。この点については業務が属人的になっていたり、担当者同士の連携が不十分なことに原因があるが、業務手順のバラツキを是正して定型化することで業務レベル

の均質化と向上につなげることができた。

⑥暗黙知から形式知への転換

こうした作業のビジュアル化と標準化により、個々の担当者が持っていた暗黙知が、形式知に転換された。他部署はもちろん、当該部署の責任者から見ても業務の流れが把握しやすくなったほか、業務合理化の分析や、人事ローテーションにおける業務の引継ぎ等を効果的に行うことができる。

6. 今後の課題

2009年3月期は「内部統制は有効である」という評価結果となり、監査法人からも同様の監査証明を得られた。しかしながら、内部統制は会社が存続する限り続くことなので、今後の課題について述べてみたい。

①初年度の見直し及び業務の有効性・効率性の向上

今後の課題の第一として、初年度の見直しが挙げられる。昨年度は金融商品取引法対応の初年度であり、内部統制システム構築のレベル感がよくつかめなかった。不備事項を是正して監査法人による監査を通過させるため、過重とも思われる統制を追加した部分も多く、本来の内部統制システムの目的である業務の有効性や効率性の向上には必ずしも結びついていない。作業現場から見ると、必ずしも合理的でないルーチンになっているところがあると思われる。これらの無駄な部分を見直し、内部統制システムの本来の目的に結びつくよう改善していくことが2年目以降の課題となり、ある意味で内部統制担当者のセンスが求められる。内部統制システムの中に毎年見直しを行い、常によりよい内部統制となるようPDCAを回していく仕組みを取り込むことが重要である。

また、金融商品取引法が求める財務報告上のリスクは、企業が直面するリスクの一部にしか過ぎない。「1.1 企業リスクへの取り組み」で述べたように企業が直面するリスクは財務上のリスクだけではない。社内で個々のリスクに対する対応を取りまとめた全社的なマネジメントとして実施していく体制を整備すべきである。全社的なリスク管理の中に内部統制もリンクさせることが望ましい。これについては、

米国でも「全社的なリスクマネジメント」(Enterprise Risk Management 略してERM)が提唱されており、わが国でも研究が始まっているところである。このような潮流をビジネスチャンスと捉えたIT業界からのアプローチが増えているが、高価なITシステムを導入するといったことでなく、身の丈にあったシステムを構築したい。

②やらされ感から納得感へ

そもそも金融商品取引法に定める内部統制システム構築の制度自体が、米国から導入したものであり、どうしても「行政当局の意向でやらされている」という「やらされ感」が先に立つ。生産や販売の現場から見ても、収益に直接結びつかない余計な手間が増えたという感覚がある。

また、社外に目を向けると、監査法人のレベル感と事業会社のレベル感にギャップがあり、対応に苦慮することもあった。例えば、中堅企業である本企業においては人数が少ない中で業務を分担してやりくりしているのに、大企業並に「権限の分離と相互牽制」を求められても、とても無理といったことがあった。

このような後ろ向きの「やらされ感」は、評価部門と現場、あるいは事業会社と監査法人との意思疎通不足に起因するところが大きいと思われる。初年度の統制実施により把握した年間スケジュールに基づき、評価部門が現場や監査法人と情報交換を緊密に行い、かつ、社内回覧物等の媒体を通じて啓発活動を推進することにより、「内部統制の推進は業務の改善に役立つ」という意識を共有化できれば、納得感が出ると思われる。

③内部統制コストの軽減

第三の課題として内部統制コストの削減問題が挙げられる。初年度は従業員220名(連結770名)の本企業で2名が専任で内部統制担当になり、さらに現場の責任者や担当者の工数も考えれば莫大な負担となった。監査法人に対する報酬も会計監査のみ行っていた頃に比べて大幅にアップした。

アメリカでは「内部統制」によるコスト負担を嫌って、上場廃止を選ぶ企業も出ていていると聞く。内部統制プロジェクトそのものを定型化することに

より、業務負担を軽減するとともに、監査法人に対しても、監査報酬に見合ったパフォーマンスを要求したい。

7. おわりに

今回の内部統制プロジェクトは法律上義務付けられたために行ったものであるが、本来、内部統制システムの構築は、法的義務の有無とかかわりなく会社が存続していくために必要なものである。仮に制度上の義務がなくなったとしても、必要なものとして残る内部統制が必ずあるはずである。この必ず残るであろう内部統制のシステムと制度対応のために構築された内部統制システムが、限りなく近づいていくことが理想だと考える。そして、そうなった時には本企業の体質も今より筋肉質になっていると7))

思われる。今後はそのような姿を目指して努力することを表明して本稿を結ぶ。

参考文献

- 1) 企業会計審議会；財務報告に係る内部統制の評価及び監査の基準並びに財務報告に係る内部統制の評価及び監査に関する実施基準の設定について(意見書)(2007)
- 2) あずさ監査法人編；内部統制の文書化マニュアル，中央経済社(2007)
- 3) あずさ監査法人編；内部統制の評価マニュアル，中央経済社(2008)
- 4) あずさ監査法人中国事業本部/KPMG 編；中国子会社の内部統制実務，中央経済社(2007)
- 5) 町田祥弘；内部統制の知識 第1版および第2版，日経文庫 (2007)(2008)
- 6) IT Governance Institute (ITGI) 編 ITGI JAPAN 訳；サーベインズ・オクスリー法（企業改革法）遵守のためのIT統制目標（第2版）(2006)

機能性部材分野における事業展開に関する事例研究

—機能提案型ビジネスモデルとポリシー・イノベーション—

Case Study of Business Expansion in Functional Material-Components Industry

—Function-Proposal Business Model and Policy Innovation—

山田 一 仁

増 田 優

Kazuto YAMADA

Masaru MASUDA

要 旨 : 近年、化学・材料産業において機能性部材を扱う企業の中から、独自の技術体系を基盤として世界的に高いシェアを有する製品を提案し高付加価値化を実現する企業が現れている。本報では、企業が歩んできた歴史の変遷と現在のビジネスモデルに焦点を当てて事例研究を行い、これらの企業が競争力を生み出す仕組みを検証し、企業体質、顧客関係、技術革新などの観点からその競争力の源泉を明らかにするとともに、新たなイノベーションモデルを提起した。さらに、機能性部材の特徴を捉えながら、今後の課題を明らかにし今後の方策について提案を行った。

Abstract: In chemical and/or material industry, some companies that produce functional material-components offer new products of high value that are based on own technology system dominate a market. We clarify the structure of competitive edge generated from these companies, using a case study method. We find out sources of competitive edge of the company, reviewing the transition of the company's history and the business model from standpoint of "corporate culture," "relation to customers," and "innovation of technology." In addition, we institute a new concept of innovation model, "policy-innovation." Furthermore, we propose future tasks from the feature of the functional material-components.

キーワード : ポリシー・イノベーション、評価技術体系、機能提案型ビジネスモデル、機能性部材、国際競争力

Keywords : Policy Innovation, System of Evaluation Technology, Function-Proposal Business Model, Functionality Material, International Competitiveness

著者 山田一仁 明治大学大学院 政治経済学研究科 政治学専攻 産業社会学研究室

101-0062 東京都千代田区神田駿河台 1-1 yamada-post@hotmail.com

増田 優 お茶の水女子大学教授 ライフワールド・ウォッチセンター長・明治大学客員教授

112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1 masuda.masaru@ocha.ac.jp

2010.4.26 受付, 2010.6.3 受理

社会技術革新学会第3回学術総会(2009.9.30)にて発表

1. 時代背景と本報の目的

有史以来、世界中で数多の技術革新が起こり、その度に社会が大きな変化を遂げてきた。技術革新は社会に大きな変革をもたらすのみならず、経済成長にも大きな影響を与える。21世紀を迎えた現在、先進諸国に限らず BRICs や NIEs を含む多くの国々で、技術革新を中心に据えた経済成長戦略が採用されている。例えば、2004年12月15日、米国において「国家イノベーション・イニシアティブ」によって発表された通称パルミサーノ・レポートと呼ばれる報告書『Innovate America』は、松山(2005)が述べているように、「…21世紀の世界において、コンペティティブ・エッジ（競争の優位性）を授けてくれるのはイノベーション以外にはないと結論付けている。…世界経済の統合とテクノロジーの進歩が、グローバルな経済環境で各国が競争しつつも協調するという、これまでとは異なる複雑な現実を生み出していることを踏まえ、イノベーションの重要性はある国が他国との競争で勝利を得るとのことよりも、全地球人のためにより良い世界を築いていくことにある…」と主張している¹⁾。また、妹尾(2009)は、欧米諸国が技術を提供し、新興国が労働力を提供するという国際的な協働・国際分業によるビジネスモデルが確立しつつあると主張し、企業が国家の枠組みを超えて、よりグローバルに活動することを前提とした競争戦略がとられていると述べている²⁾。

この国際分業のビジネスモデルを代表する製品が、米国 Apple 社の携帯オーディオ機器 iPod である。iPod は Apple 社が示した設計に従い、世界中の様々な企業が部材や部品を製造、最終的にこれらを組み合わせることで生産されている。このような国際分業によるビジネスモデルにおいては、製造工程のモジュール化とアウトソーシング化がセットとなる。

モジュラー型の製造工程においては、各部品に要求される機能さえ実現することができれば、国籍に縛られない分業体制を構築することが可能である。すなわち、国際協業・国際分業体制の進展

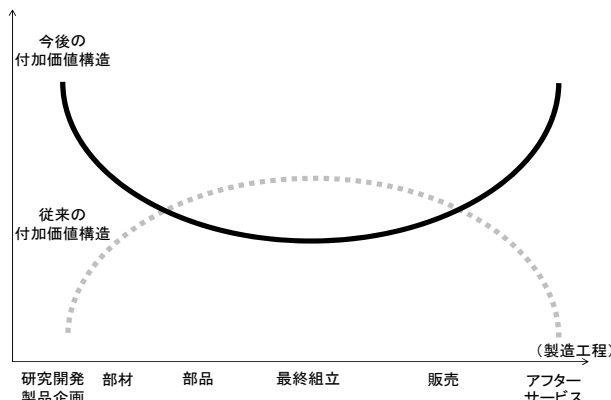


図1 スマイルモデル

(出所: 妹尾堅一郎; 技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか他、各種資料をもとに作成)

により、優れた独自の技術体系を確立し、各部品に要求される機能を実現できれば、規模の小さい企業でもグローバルに事業展開することが可能な環境へと変化している。

こうした状況の変化の中でこれらの企業は、従来の部品、部材、素材といった枠にとらわれることなく、自らの専門分野で国際的な競争力を実現する必要性が高まっている。そして、部品の性能は部材の性能に依存し、部材の性能は素材の特性に依存することを考えれば明らかのように、こうした展開の中で部品メーカーだけでなく、部材や素材メーカーの役割が大きくなってきている。特に、最終製品の性能を大きく左右する基幹部品において、部材や素材メーカーの技術力が大きな決定要因となる状況が強まっている。図1はものづくりにおける付加価値の重心を示したスマイルモデルと呼ばれる図である。技術の発展に伴い付加価値の重心は、最終組立工程から製品のコンセプト創出工程と機能性を実現する部材の生産工程に移行していくと考えられている。

我が国化学部材の世界的なシェアについては、図2のバルーン図が示す通り、多くの企業が世界的に高いシェアを有している。しかしながら、世界的に高いシェアを持つこれらの企業が必ずしも高い付加価値を得ているとは言えない状況がある。この点について高田(2010)は、我が国化学産業の高シェア・低利益体質を指摘した上で、「より高収

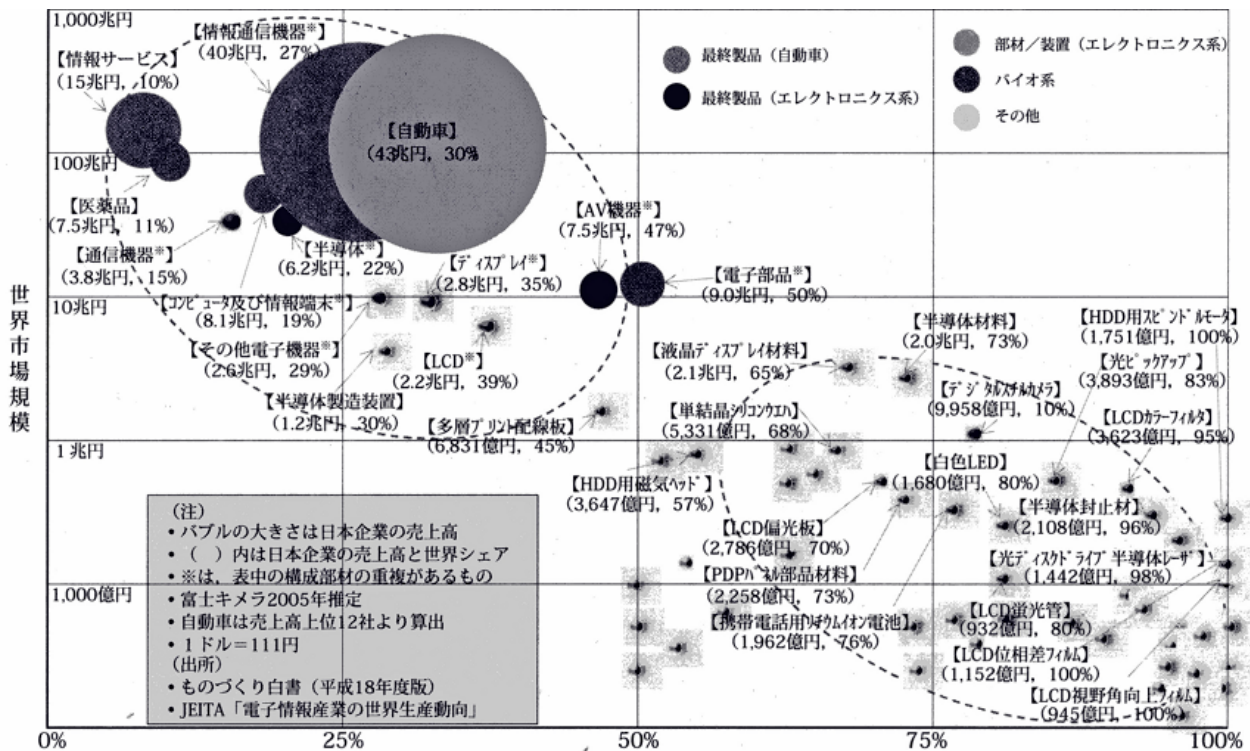


図2 日本企業の世界市場シェア
(出所: 高田修三; わが国化学産業の展望と課題, 化学経済, 1月号)

益になっていくための努力」と新たなビジネスモデルの確立が必要であると主張している³⁾。

では、世界的に高いシェアを持ちながらも低収益体質に陥っている企業が、高収益体質へと転換し高い競争力を実現するためのビジネスモデルとはどのようなものであろうか。さらに高シェア・高収益体質を恒常的に維持するにはどのような方法が考えられるだろうか。

本報では、付加価値生産性・利益率・市場占有率の視点から、特に高い競争力を有していると考えられる部材・素材を扱う化学企業の事例を取り上げ、歴史的変革と現状のビジネスモデルを分析し、競争力の源泉を明らかにするべく検証を試みるとともに、進みつつある環境変化と今後の課題及びそれに対する方策を示そうと検討を試みた。

2. 事例研究の対象

2.1 研究対象企業の概要

本論文は、熱媒体・重合反応・攪拌などの化学技術を得意とする研究開発型の中堅企業であり、創立から60年以上の歴史を持つ企業(表1を参照)

表1 A社概要

創立:	1948年
資本金:	約33億円
年商:	約240億円(連結)
従業員数:	約750名
事業内容:	粘着剤、微粉体、 機能材、装置システム

注) 2009年3月末時点

を例として調査研究を進めた概要である。この企業を以下A社と記述する。

図3はA社の売上高と利益率の推移を示している。創立以降着実に業績を伸ばし、2008年3月期には売上高約300億円、利益率約12%を記録した。2008年の金融危機の影響により、他の化学企業同様、一時的に業績が悪化したものの、2009年第3四半期決算では利益率が約8%まで回復しており、金融危機前の水準に戻りつつある。市場占有率についても、いくつかの分野において世界的にトップシェアの製品を有しており、素材・部材を扱う化学企業の中でも特に

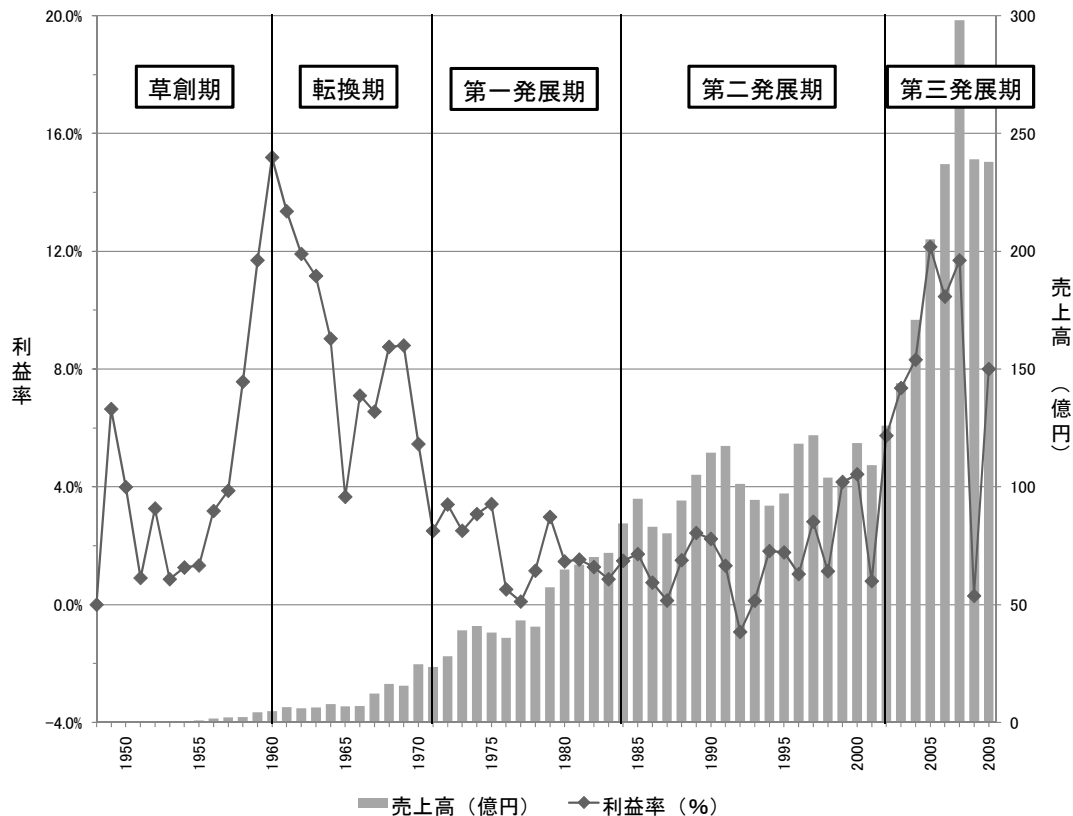


図3 A社の変革期と業績の推移
(A社社史及びA社資料をもとに作成、注) 利益率は税引前利益をもとに算出)

高い競争力を持つ企業である。

2.2 A社の歴史

A社の歴史的展開を概観すると以下のとおりである。

(1) 草創期(1948年～1960年)

1948年、A社は化学技術を用いた研究開発型の企業として誕生した。創立当初は、主に重曹や脂肪酸といった汎用素材の生産を行う一方で、化学機械装置の開発を進め化成品事業とエンジニアリング事業という二つの事業を展開した。

1950年代中頃から熱媒体を販売し、その後のA社の経営を支える製品へと成長する。

(2) 転換期(1961年～1970年)

1960年代に入ると、1950年代から続く高度経済成長や石油化学産業の発展を背景にして国内化学プラントの建設が相次いだ。この間にA社はエンジニアリング事業で業績を伸ばし、当時の利益率(税引前利益を基に算出)は15%に達している。

他方では1961年に研究及び製造を行う事業所を開設し、化成品の本格的な生産体制が構築された。A社は、エンジニアリング事業で得た収益を化成品事業での研究開発に注入した。その結果、様々な機能性化学製品、いわゆる部材の開発に成功した。A社を代表する主力製品である粘着剤もこの時期に開発されている。

その後、国内化学プラントの建設数の減少に伴いエンジニアリング事業の業績は下降した。一方で、投資を続けた化成品事業が成長し、総合的にはA社は業績を伸ばすこととなった。その後も化成品事業は成長を続けることとなる。

(3) 第一発展期(1971年～1983年)

1971年、機能性部材である粘着剤が本格的に市場に投入される。1970年代を通じて、この製品が徐々に業績を伸ばし、A社を代表する主力製品へと成長する。この成長の過程において、A社の顧客ニーズへの対応力が強化されることとなった。やがてA社の粘着剤は市場における高いシェアを

獲得することになる。

1980年以降、生産技術力を高めるために生産工程のシステム化が図られた。コンピュータによる反応制御システムの開発・導入である。この反応制御システムの導入により、生産効率の向上が実現した。

この頃のA社の業績を見ると、1970年から1983年にかけて、売上高が右肩上がりで見られている。

(4) 第二発展期（1984年～2001年）

1984年に高機能・高付加価値製品である微粉体製品が発売される。研究データの蓄積を新しい着眼点で捉え、新たな分野に応用した製品であった。従来の製品群がキログラム当たり数百円であったのに対して、これらの製品群はキログラム当たり数千円～数万円という価格を実現した。

1990年代に入ると、バブル崩壊の影響により、売上高・利益率ともに停滞した。この状況下、A社では社長の交代が行われ、これを契機に経営方針は規模拡大から利益に重点が置かれるようになり、これをうける形で企業体質の変革が進んだ。組織の再編も実施され、特許や技術情報を専門に扱う知的財産管理組織を統合する動きが生まれた。また、全社をあげての設備・業務改善活動が行われ、効率化・合理化による生産性向上が図られることとなった。

事業面では、従来の部材の領域に留まらず加工製品の事業化を実現するべく、既存の顧客の事業領域と重なりにくいニッチ領域への進出を試みた。エンジニアリング事業については、国内の産業構造の変化に対応するため、メンテナンス技術に特化させる必要があると判断し、事業形態に適した人材の有効活用を目指して分社・独立を行った。

海外市場については、中国の経済成長を睨み1980年代に中国でプラントエンジニアリング事業を本格化した。化成品事業についても1990年代には中国に合弁会社を設立してアジア市場へ本格的に参入した。

これらの結果、売上高は約100億円前後に留まるものの、利益率は1994年以降、徐々に上昇し、業績を回復した。さらに2001年には株式の上場を

実現している。

(5) 第三発展期（2002年～現在）

2002年、A社は中期経営計画において「イノベーション・ケミカルズを提案していくことを礎とし、独創的なケミカルズの開発力と生産力、それを強力にサポートする装置・システム化技術等を駆使してオンリーワン・ナンバーワンの製品をグローバルに展開していく方針」を示し⁴⁾、五つの重要方針として①グループ経営効率の最適化、②グローバル化、③マーケット・イン、④トータルコストダウン、⑤活力ある企業風土への刷新、を打ち出した⁵⁾。

A社では顧客のニーズへの対応力を高めるための様々な工夫がなされ、開発リードタイムを短縮するための性能評価技術体系の確立や、研究開発の担当者を活用した早期生産体制の構築を試みられている。さらに、顧客と類似の製造工程を開発し、自社の素材・部材を使用した試作品を活用して、自社製品の機能を顧客に能動的に提案していくことで、顧客との新たなパートナーシップの構築を目指している。

海外市場については、東南アジア市場や中国市場など、今後発展が見込まれる市場を狙って、化成品事業のグローバル展開を本格化しつつある。

これらの結果、2002年以降、売上高・利益率ともに急上昇し、2007年には売上高は約300億円、利益率は12%を記録した。加えて、2008年の金融危機の影響下においても黒字利益を確保しており、2009年3月期には利益率を8%近くまで回復している。

現在は、自社のコア技術を応用して開発された加工製品の事業化に取り組んでいる。

3. A社の特徴

3.1 A社の経営理念

A社の経営の特徴として、創立以来、一貫して確認できることは以下の2点である。

一つ目の特徴は、得意分野の技術に的を絞った継続的な研究開発と技術の自前化の推進による独自の技術体系の確立である。A社の創立当初の

経営理念は「小なりとも研究開発によって最優の会社になって社会に貢献しよう」という。この精神は現在まで引き継がれており、創立から今日に至るまで、A社は研究開発による技術の自前化・専門化・深化を続けてきた。創立時に他社などから導入した技術を自社のものとすべく技術の蓄積と体系化を続けた結果、独自の技術体系の確立に至り、現在ではこれを基礎とした新製品比率が30%近くに達している。

二つ目の特徴は、顧客ニーズへの対応を重視している点である。A社では創立以来、顧客ニーズへの対応重視の姿勢を貫いており、顧客の要求に対して応えるべく対応力の強化を図ってきた。例えば、製品販売と研究開発を平行させる形で素早い対応を可能とする研究開発体制を構築したり、営業活動支援として研究開発の担当者を営業部門に配置したりして、顧客への迅速な対応を可能とした。

これら独自の技術体系の構築と顧客ニーズの重視が、高い技術基盤と高いシェアの実現に貢献している。

3.2 A社の歴史的変革

まずここでは時間的なアプローチとして、創立から現在に至るまでに様々な変革を遂げてきたA社を取扱い製品、ビジネスモデル、企業体質の三つの視点から検証し、A社の変革の特徴を明らかにする。

(1) 取扱い製品の変化

A社の取扱い製品の変化を見てみると、創立当初は重曹やひまし油、熱媒体などの汎用素材を扱っており、これらの製品はいわゆるバルクコモディティ製品であった。第一発展期に入ると、新たに開発された粘着剤などの機能性部材を主力製品として扱うようになる。製品に求められる機能性は顧客によって微妙に異なるために個別対応の必要性が高まった。A社は異なる要求に対して個別に対応し、これにより製品のカスタム化が進んだ。基本的な製品群を基礎に微妙な調整を加える、言わばセミカスタム製品であった。第二発展期に

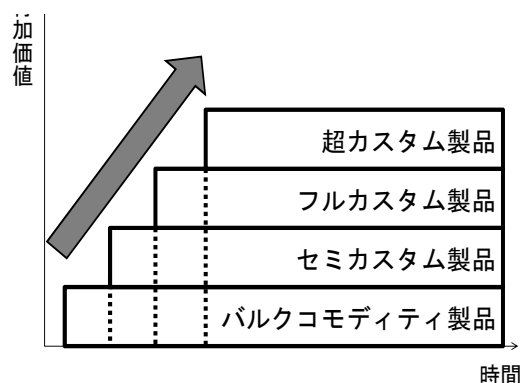


図4 製品の発展

入ると、直径0.15ミクロンの微粉体に代表される高機能部材の取り扱いが始まった。この段階ではフルオーダーに近い状況となる。つまりフルカスタム製品である。第三発展期には、機能提案型ビジネスモデルの出現により、機能材など提案型の部材を扱うこととなる。これは顧客の要求に応えるという「カスタム」という概念を超えて、自らが機能性を提案するという概念に基づく製品であり、言わば超カスタム製品である。

以上の事からA社は自社の製品群をバルクコモディティ製品からセミカスタム製品、フルカスタム製品へとカスタム化を進め、ついにはカスタムという概念を超えて、超カスタム製品へと発展させたと言える（図4参照）。

(2) ビジネスモデルの変容

A社の初期のビジネスモデルは汎用素材、いわゆるバルクコモディティ製品を製造販売するというものであり、少品種・多量生産によって付加価値を獲得するものであった。言わば汎用性能対応型ビジネスモデルである。

第一発展期に入り、セミカスタム製品である機能性部材を扱うようになると、顧客が要求する性能を実現するために個別対応力の強化が図られることとなった。これにより「顧客ニーズの取り込み」に重点が置かれた顧客要求性能実現型ビジネスモデルが生み出された。第二発展期において高機能・高付加価値製品、フルカスタム製品を扱うようになったことで、顧客対応力が更に高められることとなった。これら二つのビジネスモデル

経営方針	規模拡大重視	利益重視
組織文化①	家庭的・親子的	工房的・自主的
組織文化②	失敗を回避する志向	失敗から学ぶ志向
人材	集团的思考	自立的思考
評価体系	年功主義的・一律的	成果主義的・多様性
対「顧客」	受動的・受け身	能動的・攻め気

図5 企業体質の変化

は市場環境の変化に対応する中で受動的に形成されたが、第三発展期以降のビジネスモデルは「能動的に顧客への提案を行う」という理念のもと、構想戦略的かつ主体的に創出された。この機能提案型ビジネスモデルともいべきビジネスモデルでは顧客への提案力が重視されており、性能評価技術体系や試作品生産技術体系などの提案力を高める仕組みが構築されている。

A社は経営環境の変化に適応する形で適宜ビジネスモデルを柔軟に変容させており、高い適応力を持っている。さらにA社は時代の変化への適応力だけでなく構想戦略的にビジネスモデルを創出して時代の変化を先導する高い提案力を獲得し高い収益力に繋げている。

(3) 企業体質の変化

A社では1990年前半、経営者の交代に伴う企業体質の変化が生じた。この背景にはバブル経済崩壊の影響によるA社の業績の停滞があった。この変化により、経営方針は従来の規模拡大重視という成長路線の経営戦略から、利益重視という発展路線の経営戦略へと移行した。組織文化については、家庭的・親子的雰囲気大切に組織文化から、従業員個人の自己責任と主体性を重視する組織文化への転換が行われた。言わば家族的組織文化から自立的組織文化への変革である。具体的には組織変革や評価制度の見直し、意識改革を目的とした全員参加の生産保全活動など多岐にわたる変革が行われている（図5参照）。

3.3 機能提案型ビジネスモデル

ここでは論理的なアプローチとしてA社の機能

提案型ビジネスモデルの特徴を考察する。具体的には研究・開発・生産・営業それぞれの段階で、付加価値の創出に寄与していると考えられる仕組みや特徴を捉え、機能提案型ビジネスモデルの構造を明らかにする。

(1) 研究段階

研究段階における主な特徴は、以下の三つである。一つ目の特徴は、自社技術の独自性と優位性を維持する仕組みである。A社は、過去数年に渡って売上高の約7%を研究開発費に充てており、技術力の向上、なかでも中長期的視野に基づいた研究を重視した経営がなされている。二つ目の特徴は、ニッチ市場をターゲットとした事業戦略に対応した研究を重視していることである。A社は、価格競争が起きにくいニッチ市場を主たるターゲットとすることで、トップシェアを獲得し、高い付加価値を獲得している。三つ目の特徴は、知的財産管理チームによる特許等の管理・活用を重視していることである。A社は特許戦略や蓄積された研究データの体系化によって、自社技術の優位性を高めようと試みている。

(2) 開発段階

開発段階の特徴として挙げられる主な特徴は二つである。一つ目の特徴は、顧客ニーズの迅速かつ正確な取り込みである。A社では、営業部門に研究開発の担当者を支援スタッフとして配置することで、製品開発及び営業活動の効率化と顧客要求への対応力の強化を実現している。二つ目の特徴は、自社製品の機能を評価するための性能評価技術体系の構築である。顧客にかわって自社内に試作品の性能評価までを行える態勢を整えることで、開発リードタイムの短縮を実現している。

(3) 生産段階

生産段階の特徴は、現場主体の生産工程の効率化・改善である。A社では従業員による主体的な業務改善活動を促すと同時に、現場からの意見・要望・提案を業務改善書などで吸い上げる仕組みを構築している。この結果、恒常的に生産工程の効率化や改善による生産性の向上を実現し、製品の高付加価値化を支えている。なおA社の生産設

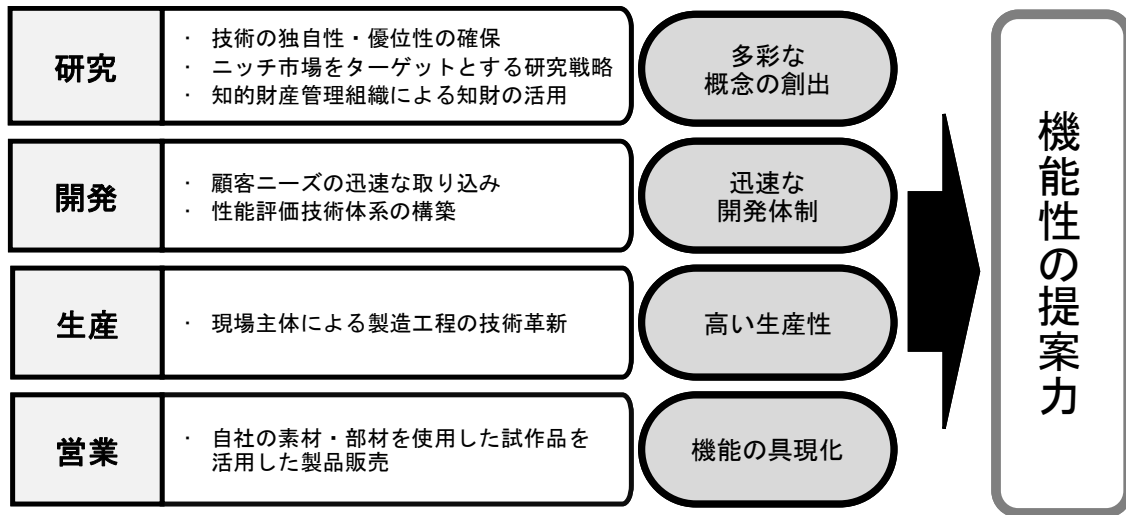


図6 機能提案型ビジネスモデル

備は効率化の一環として生産工程の自動化や反応制御システムのコンピュータ化が進められているが、これらの目指すところは無人化ではない。これはA社が生産現場で働く全ての従業員を、技術革新を生み出すイノベーター人材として捉えているためである。

(4) 営業段階

営業段階の特徴は、自社の素材・部材を使用した試作品を活用した製品販売である。A社では顧客と類似の製造工程を開発して、自社内に設置している。

そして自社の素材・部材を使用した試作品を顧客に提示することで、顧客の意思決定までのリードタイムの短縮を図るとともに、顧客への多彩かつ迅速な提案を可能としている。その際には、前述の性能評価技術体系による性能評価も活用されることとなる。

以上の特徴を整理すると図6となる。機能提案型ビジネスモデルの特徴は「機能を提案する」という概念にとどまらず顧客に事業を提案することにも通じる。提案すべき「機能」を生み出すために、技術力の向上と市場の選定、知財管理がなされ、新製品の多彩な概念が創出される。顧客ニーズの迅速な取り込みと性能評価技術体系の活用によって、開発リードタイムの短縮と「機能」の向上が図られる。現場主体のプロセス・イノベー

ションによって生産性を向上させることで製品の付加価値が高められる。さらに、自社製品を使用した試作品を製造し、自らの評価技術体系を用いて「機能」を証明することで、自社製品の「機能」を具現化する道を示し、商品化によって付加価値を高める。

これが、多彩な概念、迅速な開発体制、高い生産性、機能の具現化を武器に、顧客に対して能動的に「機能を提案する」というビジネスモデルの具体的な姿である。

つまり、機能提案型ビジネスモデルとは、提案力によって付加価値を生み出す仕組みであり、この提案力を高めることが競争力の強化に繋がっている。

4. 第三のイノベーションとしての「ポリシー・イノベーション」

4.1 イノベーションモデルの考察

前章で分析したA社の歴史的変遷及び経営の特徴は、イノベーションの概念を用いることで、以下のように捉えることができる。

第一に、A社では現場主体の業務改善活動などによって、研究・開発・生産・営業の各工程における効率化・合理化が継続的に行われている。これは生産工程の変革に止まらずそれぞれの現場で、いわゆるプロセス・イノベーションが定期的な引

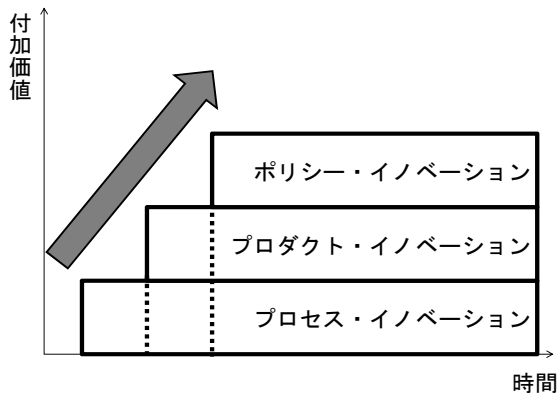


図7 イノベーションの発展

き起こされていることを意味する。

第二に、A社は長年の技術蓄積を経て、1980年代に高機能・高付加価値製品の開発及びその事業化に挑戦し、従来の製品群に対して数十倍の付加価値を生み出すことに成功した。例えば、A社が開発した微粉体製品の性能は、当該市場が抱えていた多くの課題に解決をもたらす製品であり、“魔法の粉”として市場を席捲することとなった。まさに製品の変革、プロダクト・イノベーションである。

第三に、A社は「顧客に機能を提案する」という方針を打ち立てつつ、これの実現に必要な営業体制の構築や市場選択、生産技術体系や評価技術体系の確立、企業体質の再形成や人事評価制度の見直しなどの企業活動全般に渡る方策を戦略的構想（policy）として立案し、それを実践することによって機能提案型ビジネスモデルを実現し利益率を飛躍的に高めることに成功した。これは提案という行為を通じて、自らの変革に止まらず、顧客との関係など、より広範な変革を実現しようとする試みである。この企業活動全般にわたる方針・方策の革新をここではポリシー・イノベーション【policy-innovation】と呼ぶこととする。

これら三つのイノベーションと付加価値の関係を図7に示した。A社は、日常的なプロセス・イノベーションをベースにしつつ、プロダクト・イノベーションによる製品の高付加価値化を行い、さらにポリシー・イノベーションを実現することで突出した利益率、競争力を獲得している。

4.2 ポリシー・イノベーションの位置づけ

ここでポリシー・イノベーションという概念の位置づけを明確にする。

イノベーションという概念の創設者であるSchumpeter (1926) は、イノベーションは新結合の遂行であるとし、この概念には、①新しい財貨、②新しい生産方法、③新しい販路の開拓、④原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得、⑤新しい組織の実現、という五つの場合を含んでいると主張した⁶⁾。

これら五つの場合を企業活動の観点から捉えると、①新商品価値の創出（プロダクト・イノベーション）、②新生産方法の創出（プロセス・イノベーション）、③新市場の創出、④原料の新たな供給源の開拓、⑤新組織形態の実現、とそれぞれ解釈することができる。これらは企業活動の諸側面を部分的に捉えた概念であり、実践レベルのイノベーションである。

これら五つの実践的な活動は、マネジメントの領域において統合される。よって、マネジメントの領域におけるイノベーションの存在が考えられる。この点について、丹羽(2006)は、「Schumpeterの五つの領域は企業の部分的活動領域」であるとし、新たにこれらの部分が統合された領域におけるイノベーション、すなわち「マネジメント領域におけるイノベーション」の存在を指摘している⁷⁾。マネジメント領域のイノベーションは、実践レベルのイノベーションの上位の概念となる。

統合的なマネジメントを行うにはその基盤となる経営戦略、すなわち方策を構想する必要がある。また、方策を構想するには目標を定めるための経営方針が必要となる。よって、マネジメント領域のイノベーションには、これら方針・方策レベルのイノベーションの存在が考えられる。ポリシー・イノベーションとは、まさにこの方針・方策レベルのイノベーションであると言える。これはマネジメント領域のイノベーションであり、実践レベルのイノベーションの上位の概念である。

以上を図8に整理した。ポリシー・イノベーションの内容については次節以降で検証する。

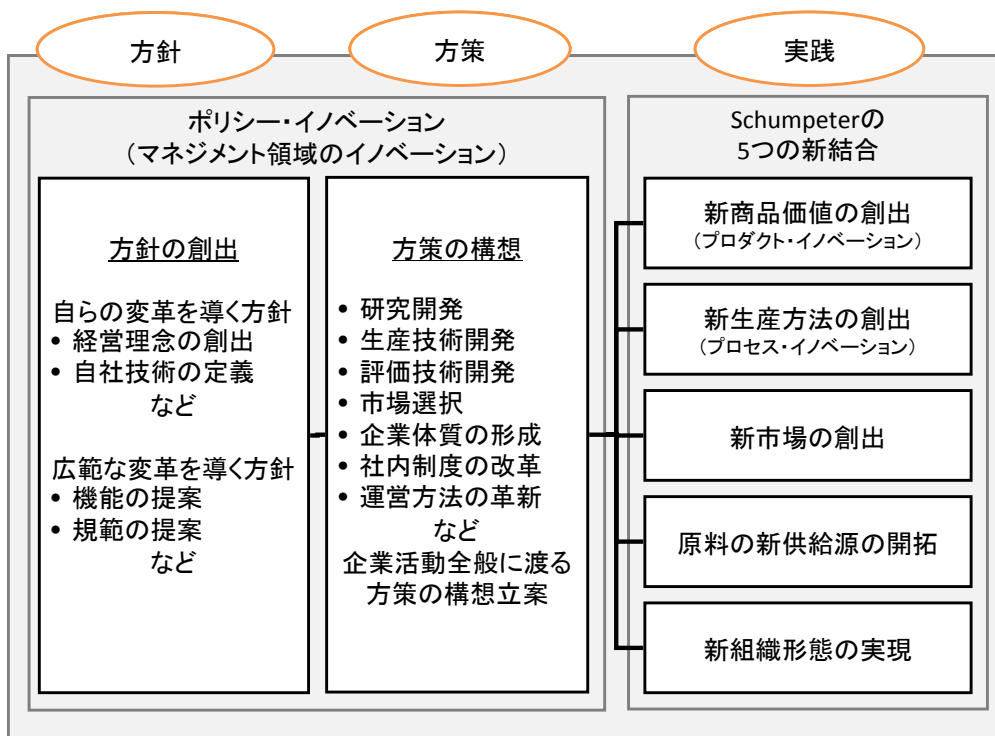


図8 ポリシー・イノベーションの位置づけ

4.3 広範な変革

ポリシー・イノベーションとは方策の変革であり、その根源となる方針の革新である。方針、すなわち考え方の革新とは、工程・製品といった自己の変革を求める志向に止まらず、顧客との関係といった広範な変革を求める志向への発展を意味する。これは受け身から攻め気への転身であり、調整対応型から構想戦略型への転換である。

では広範な変革とは何を指すのか。A社の事例から以下の二つが考えられる。

(1) 顧客との関係

一つ目は顧客との関係の変革である。A社が実現している機能提案型ビジネスモデルがこれに該当する。A社は独自の性能評価技術体系と試作品生産技術体系を生み出すことで、機能提案型ビジネスモデルを実現した。提案という行為を用いて顧客の意思決定過程を変革することで、顧客との関係を自社に優位なものに再構築することを可能とした。

(2) 市場

二つ目は市場の変革である。そもそも製品を

製造するという行為は、当該市場に存在する各種ルールの範疇において行わなければならない。これは市場におけるルール、すなわち規格や安全基準といった標準に適合しない製品は、市場から淘汰されるためである。代表的な事例はビデオテープレコーダにおけるVHSとベータマックスの規格争いである。最終的にVHSが業界の標準規格となり、ベータマックス製品は市場から淘汰されることとなった。以上のことから自社製品が市場で生き残るためには、標準や規格への対応が不可欠である。

一方、標準や規格、安全基準といった市場のルールを先導的に設定した者は、市場における自社製品の優位性の確立だけでなく、特許ライセンス料を獲得することも可能となる。ルールを生み出すということは市場における自社の優位性の恒常的な維持に繋がる。

したがって、自らルールの創出と普及を行い、そのルールを市場における事実上の標準、すなわちデファクト標準とすることができれば、市場を自社に有利な環境に変革することが可能となる。

そして、このルール創出の際に基盤となるものが性能評価技術などの評価技術体系である。

4.4 評価技術体系の活用

評価技術体系は主に二つの体系にわけられる。一つは製品性能を測る性能評価技術体系である。A社が機能提案型ビジネスモデルを実現する際に構築した評価技術体系のことである。もう一つは、製品のリスク等に関する評価技術体系である。そして、これら二つの評価技術体系は性能規格や安全基準などの標準の基盤となる。例えば、性能規格の標準化とは製品の性能に共通の基準を設定することであり、その基準を裏打するものこそが性能評価技術である。同様にリスク等に関する評価技術は安全基準を支えることとなる。

よって規格等の標準化を主導的に行うためには、その前提として独自の評価技術体系を構築する必要がある。この独自の評価技術体系を製品の性能規格や安全基準の評価方法として市場に提案していくことで、市場にルールを創出し、自社に優位な市場環境を構築することが可能となる。まさに市場の変革である。

A社は、機能提案型ビジネスモデルを実現するために性能評価技術体系を創り出した。この性能評価技術は、性能規格の測定技術として、上記の標準化戦略に活用することができる。これはつまり、機能提案型ビジネスモデルが、市場のルールメーカーを目指す標準化戦略へと繋がることを意味する。

リスク等に関する評価技術体系についても今後は重要な役割を担うものと考えられる。従来の汎用性能対応型ビジネスモデルや顧客要求性能実現型ビジネスモデルの場合、すなわち顧客の要求や仕様書に基づいて製品を製造・納入する場合は、主に製品の性能が重視されるため、性能評価技術体系の重要性が高くなる一方、リスクに関する評価技術体系が利益に反映されにくい状況が生まれていた。しかし機能提案型ビジネスモデルでは、自社製品に対する責任の増加に伴い、性能評価技術体系だけでなくリスク等に関する評価技術体系

の重要性が増すと考えられる。なぜなら提案を受ける側からすれば、製品が持つリスク等に関する情報が意思決定を左右する重要な項目のひとつとなるためである。よって機能提案型ビジネスモデルにおいては、リスク等に関する評価技術体系が製品の競争力・高付加価値化へと繋がることが予測される。

リスク等に関する評価技術体系の実現は、安全基準の評価方法として市場や社会に提案していくことで、自主管理など安全面からの市場の変革、さらには各種法規の制定といった社会の変革へと繋がっていくと考えられる。これは安全性の側面におけるルールメーカーとしての立場の確立へと繋がる。

評価技術体系を確立するということは、他者に製品の評価基準を提供することを可能とする。そして評価基準、すなわち「規範」を示すことが顧客や市場の変革へと繋がる。評価技術体系は、自らの変革だけでなく広範な変革をも実現するというポリシー・イノベーションの中核的役割を担っている。

4.5 ポリシー・イノベーションの概要

ポリシー・イノベーションの全容が明らかとなってきた。ポリシー・イノベーションとは、顧客や市場に自社製品の規範や機能を提案することで、ルールメーカーという優位な立場を確立、高い付加価値を恒常的に獲得するという方針を打ちたて、これの実現に必要な営業体制の構築、生産技術体系及び評価技術体系の確立と標準化、企業体質の形成などの企業活動全般に渡る方策を戦略的構想として立案し、実践することで、自らの変革と同時に、広範な変革をも実現しようとする試みである。優れた性能と安全性の保証システムを内包した製品、言わば「ソーシャルシステム(Social system)製品」を社会に送り出し、規範と機能を同時に提案するという「規範機能提案型ビジネスモデル」と言える。これを図9に整理した。ここで注意すべきは、ポリシー・イノベーションを実現するために必要となる三つの前提条件で

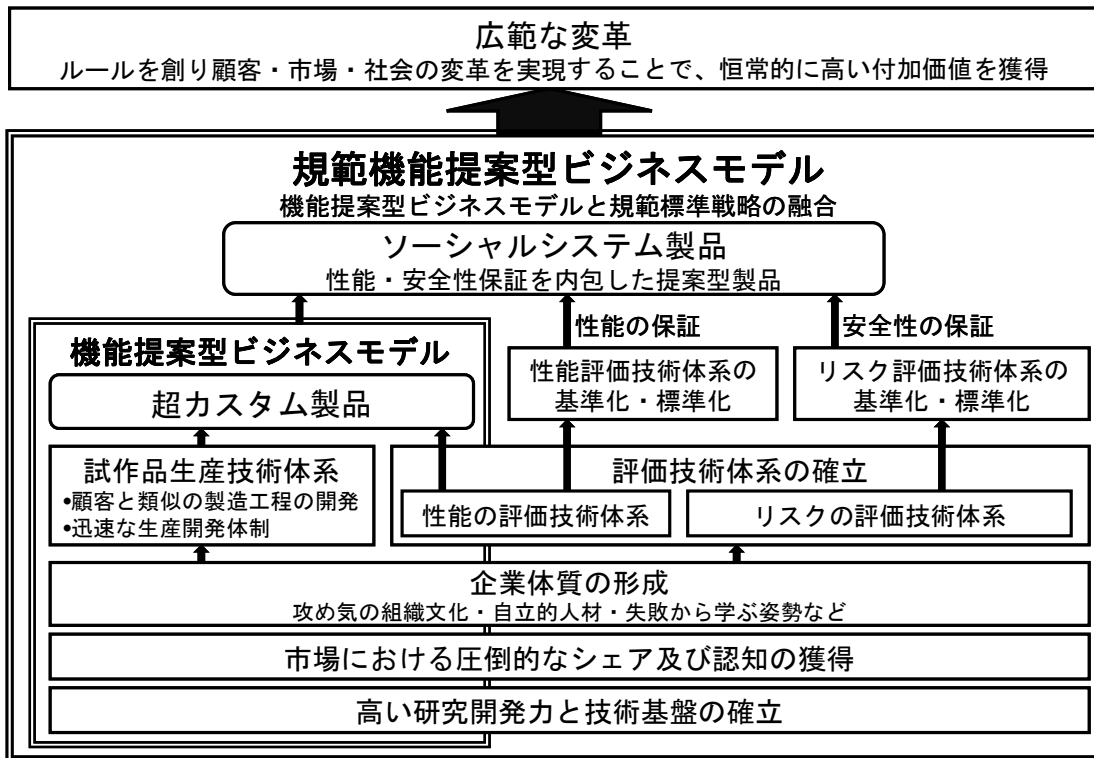


図9 ポリシー・イノベーションの展開

表2 イノベーションタイプと特徴

イノベーションタイプ	変革の対象		広範な変革	ビジネスモデル	製品の特徴
プロセス・イノベーション Process Innovation	工程	受動的	結果として	汎用性能対応型	バルクコモディティ製品
プロダクト・イノベーション Product Innovation	製品	中立的	結果として	顧客要求性能 実現型	セミカスタム製品 フルカスタム製品
ポリシー・イノベーション Policy Innovation	方針・ 方策	自発的	同時並行	機能提案型 規範機能提案型	超カスタム製品 ソーシャルシステム製品

ある。

一つ目の条件は、自社が生み出したルールをデファクト的に顧客や市場のルールとするために、それを可能とする圧倒的な市場占有率、具体的には50%以上のシェアを有していることである。独自の評価技術体系を確立しても市場占有率が低ければ、評価技術をデファクト的に基準化・標準化することは難しい。自社の評価技術を市場のルールとするには、市場において圧倒的なシェアを有しているという事実が不可欠である。二つ目の条件は、新しい概念の創造を可能とする研究能力や市場をリードし得る開発能力など、独自の技

術体系と高い技術基盤を有していることである。

三つ目の条件は、提案を行うことができる自立的な人材や失敗から学ぶ姿勢、攻め気の組織文化など、企業の方針に基づく戦略的構想を遂行するに適した企業体質を構築していることである。

三つのイノベーションモデルと変革の対象、広範な変革の実現過程、ビジネスモデル、製品の特徴を表2に整理した。これら三つのイノベーションは、互いに背反することなく同時に実現することが可能である。A社をこの表に当てはめると、現在はポリシー・イノベーション初期段階の機能提案型ビジネスモデルを実現しており、今後目指

すべき方向性の一つとして、規範機能提案型ビジネスモデルを実現し市場のルールメーカーの立場を確立するという選択肢が見えてくる。

また冒頭で述べた通り、日本の機能性部材産業には独自の技術基盤を有し圧倒的なシェアを実現している企業が数多く存在するものの、高収益体質を実現している企業は多くはない。しかし、ポリシー・イノベーションの概念を用いてこの現状を捉えると、高シェア・低収益体質の企業は、高い技術力と圧倒的な市場占有率というポリシー・イノベーションの前提条件を最低でも二つ、既に実現していることになる。ポリシー・イノベーションは今後、これら高シェア・低収益体質の企業が高シェア・高収益体質の企業へと生まれ変わり、更なる競争力を実現するための有力な選択肢の一つとなり得るものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本報は、機能性部材産業のなかでも、特に高い競争力を実現している世界的中堅企業を事例として、企業の競争力を高めている要因を明らかにするとともに、競争力の基となっているビジネスモデルの仕組みを明らかにしようと試みた。その結果、技術革新を捉える際の新たな概念として「ポリシー・イノベーション」を提起するに至った。従来、イノベーションについての議論は、実践レベルのイノベーションであるプロセス・イノベーションやプロダクト・イノベーションなど、自己を変革する行為を主たる対象としていたが、方針・方策レベルのイノベーションであるポリシー・イノベーションという概念を提起することで、自らの変革に止まらず、顧客や市場、社会といった広範な変革をも実現しようとする新たな行為を捉えることが可能となった。

これは機能性部材産業における国際競争力についての議論や事業戦略の立案に資するものである。今後、世界的な協業体制の進展にともなって、機能性部材分野でも研究開発段階における他国企業との協業の機会が増加すると考えられる。特に、最終製品がその性能を依存するような基幹部品の

研究開発段階の協業においては、これの主導権を握ったものがより高い付加価値を得ることとなる。これを換言すれば、協業体制において高い競争力を実現するためには協業における主導権を握る必要がある。ポリシー・イノベーションという概念を用いることで、評価技術体系を活用したルールメーカーとしての立場の確立を実現し、協業体制における主導権の獲得を実現するといった道筋を戦略的に構想することが可能となろう。

なお、本報は一つの企業を対象とした事例研究であるが、今後はさらに多くの事例を分析することにより、ポリシー・イノベーションという概念の広がりを検証する必要がある。また、本報の事例研究は機能性部材産業に関わるものであるが得られた概念はそこに止まらずあらゆる分野において有効な概念と思料されるところ、今回得られた知見の他分野への適応についてさらに検討する意味は大きい。

最後に、本報は、社会技術革新学会第3回学術総会における発表を基としており、その際、多くの方々からの貴重なご意見・ご批判・ご指摘を賜ることができた。そして、複数の企業の方からは現場見学の機会を設けていただき、生産現場の知を教授していただくことができた。また、複数の経営者の方から経営現場の知を講義していただく機会にも恵まれた。各種現場の知を授けていただいた全ての方々のご厚意と優しさに、深く謝意を表す。

引用文献

- 1) 松山貴代子; 米国「国家イノベーション・イニシアティブ」の報告書, NEDO 海外レポート, No949 pp.1-2 (2005)
- 2) 妹尾堅一郎; 技術で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか, ダイヤモンド社, pp.119-120 (2009)
- 3) 高田修三; わが国化学産業の展望と課題, 化学経済, 1月号 p.7 (2010)
- 4) A社, 2003年3月期事業報告書, p.3 (2003)
- 5) A社, 中期経営計画に関するお知らせ, p.1 (2002)
- 6) シュムペーター, A.J., 塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一訳; 経済発展の理論(上) 企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究, 岩波文庫 pp.182-183 (1926)

7) 丹羽清; 技術経営論, 東京大学出版会, p.150 (2006)

参考文献

- 1) 機能性化学産業研究会; 機能性化学 価値提案型産業への挑戦, 化学工業日報社 (2002)
- 2) 妹尾堅一郎, 生越由美; 社会と知的財産, 放送大学教育振興会 (2008)
- 3) 増田優; 「知の世界」が創る政策の新展開 信ずるままに率直に ある戦略企画者の挑戦の軌跡, 化学工業

日報社 (2004)

- 4) クレイトン・クリステンセン; イノベーションのジレンマ 増補改訂版, 翔泳社 (2001)
- 5) J・M・アッターバック; イノベーション・ダイナミクス, 有斐閣 (1998)
- 6) 明治大学大学院「社会技術革新学特論」講義資料
- 7) A社社史及び各種資料

工場廃棄物の資源化の取組み

Approach to Convert Plant (Industrial) Wastes into Resources

近 藤 義 弘

Yoshihiro KONDOU

要 旨：本研究の対象となる事業所では、粘着剤を様々な種類のシート及びフィルムに塗布し、市場のニーズにあったテープを製造している。従来、その製造の過程で発生する工程残材は、燃焼焼却させ、熱エネルギーとして生産活動にフィードバックするサーマルリサイクルを行っていた。燃焼して発生する熱エネルギーを回収するだけでなく、再度、資源として再活用することの可否検討を 2003 年から始めた。テープ及びテープを構成する素材の持つ様々な特性を見極めながら再資源化に取り組んできた。2005 年には事業所内にリサイクルセンターを設立し、活動をまとめることができるようになった。活動は様々な角度での取組みが必要であり、活動の事例を報告する。現在、再資源率 50%まで達成し、更なる向上に取り組んでいる。

Abstract : Our plant has been engaged in production of various kinds of sheet as well as film with adhesive coating to meet customer's need and expectation. In general and conventionally, any remaining (odd) products from the production process had been incinerated at our plant so as to make use of heat energy derived from attempts for "Thermal Recycle." Aside from "Thermal Recycle" for producing thermal energy from the wastes, a feasibility study was made to see if those remainings could be reused or recycled as other resources for new "Material Recycle" path. Research to find or discover or develop it has been conducted since 2003 by our "Recycling Center" that was established at the plant in 2005 for constantly increasing the yield of Material Recycling by various attempts and for promoting a collaboration with mold maker. Currently the yield of recycling wastes reached 50%.

キーワード：リスク対策、資源の有効利用、テープの巻芯開発

Key words : Risk Management, Material Recycle, Recycled-plastic Tape-holder

著者 近藤義弘 日東電工(株)豊橋事業所再資源化推進センター 441-3194 豊橋市中原町字平山 18 番地
yoshihiro.kondou@gg.ne.jp

2009.12.7 受付, 2010.6.3 受理

社会技術革新学会第3回学術総会(2009.9.30)にて発表

1. はじめに

本研究の対象となる著者が勤務する事業所（以下、本事業所と記載）では、1980年代はじめから、「草の根」と称して一人一人が、身の回りの小さな事から産廃減少となるテーマを見付け、活動を開始し、1999年には事業所としてゼロエミッション（埋め立てゼロ）を目指す「ゴミゼロ運動」を展開し、2001年3月にはゼロエミッションを達成した。ゼロエミッション達成前は、工場廃棄物の約33%が埋め立て処分であったが、97年に焼却炉を追加するなどの対策を講じ、達成後は、内部焼却の割合が34%から52%へと向上した。この焼却炉で発生する熱エネルギーはサーマルリサイクルとして熱回収し、製造現場での生産活動に役立ててきた。現在、産廃減少活動を一歩進め、CO₂削減活動として源流対策で産廃量を減少させるだけでなく、排出された産廃物を資源に変えるなどの両輪の活動を行っている。

2. 工程ロスの資源化

本事業所では、以前からフィルム製膜時に工場内で発生する耳端ロスを自工程に戻して再利用する工夫が製造現場で確立しており、効果を上げていたが、資源化の目指す姿は、「資源循環型社会の形成」であり、資源の有効活用であることから、「製品のライフサイクルを見通した製造責任」遂行のため、製品ユーザーの使用済み産業廃棄物を回収し、マテリアルリサイクルを行うことを目的として、本事業所内に「再資源化センター」を2005年に設立した。

再資源化センターを設立するに当たっては、その実現までに課題が多くあった。主要3課題は、①事業所内のインフラの整備、②再資源化のための技術開発、③リサイクルした資源活用方法の検討であった。特に、③に関しては、事業所内外の情報収集段階から仕事に着手した。

製造各課から排出される製造工程で発生する製品ロスは、素材・形状等で分けると、約5000種類にも及び、それらをいかに分別するかが、リサイクルの大きなポイントであった。

各製造現場から排出される素材だけでも多岐にわ

たり、製造課毎に加工技術も現場レイアウトも異なるために、直接製造課へ出向き、現場管理者や作業者を交えて、最も効率よく簡単に、そして間違いの無いような分別方法について一緒になって話し合ってきた。リサイクルについてははじめのうちは消極的であった製造課の方も、話し合いを続け、実践していくうちに、リサイクル活動が浸透していく手応えを感じる事ができた。

その結果、約5,000種類にも及ぶ排出物を原材料ベースで絞り込むことによって、素材で約8種類に分け、粘着剤の有無で12品種のペレット及び加工品の生産を行うこととした。

また、製造現場で分別された資源として再生可能な物が現場で停滞しないようにすることと、再資源化センターでの生産能力とのバランスを考えて、1日に2回、回収をする仕組みを作り上げた。

回収に当たっては、回収専用の容器を用意し、その容器に「資源」と書かれたプレートを掲げ、排出する製造課の担当者と回収する担当者にも資源として再生可能な物であることが分かるようにして、容器を各々2個設置し、片方が満杯になった時に回収と空容器の設置をすることとした。

3. リスク管理

資源化に向けての管理上の関心事は二つであった。一つは、CO₂削減と抑制。二つめは、リスク管理である。過去に、会社の名前が入った異常品が、不法に転売されたことがあった。産業廃棄物が管理されずに出廻ることによってブランド価値低下への懸念に対するリスクとしての管理が必要であり、そのためにはテープと全く異なった形状の物に変化させること、あるいは異常品の処理を担当する信頼のできる業者を選択することが重要である。

4. 工程ロスの形状と分離方法

製造課から排出されるロスには、ログロール、耳端があり、必ず社名が入ったボール芯に巻かれている。このボール芯が付いていることがリスクを発生させるのである。そのために、ボール芯を取り除くことが必要であり、その方法を試行錯誤しながら搜

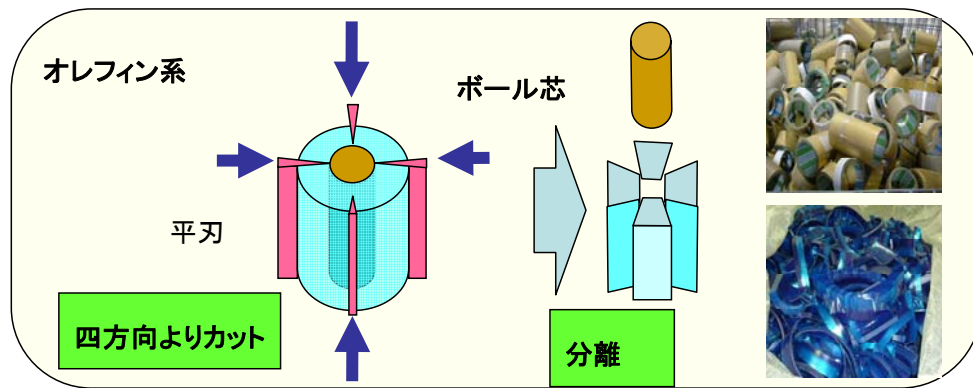


図1 応力分離方法

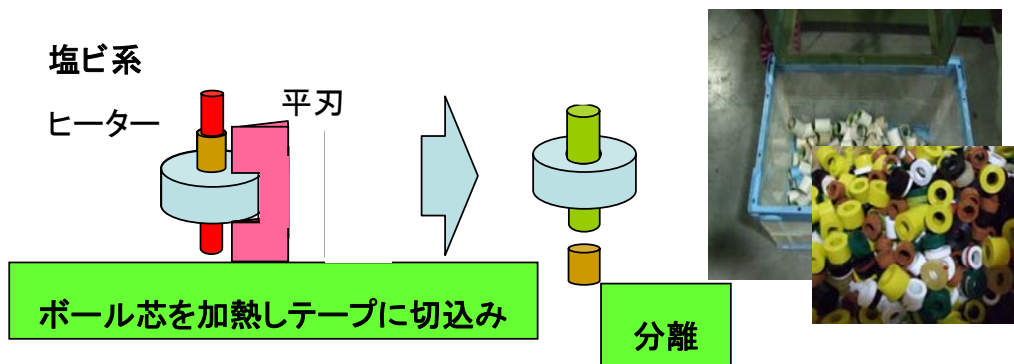


図2 熱分離方法（塩ビ基材テープ）

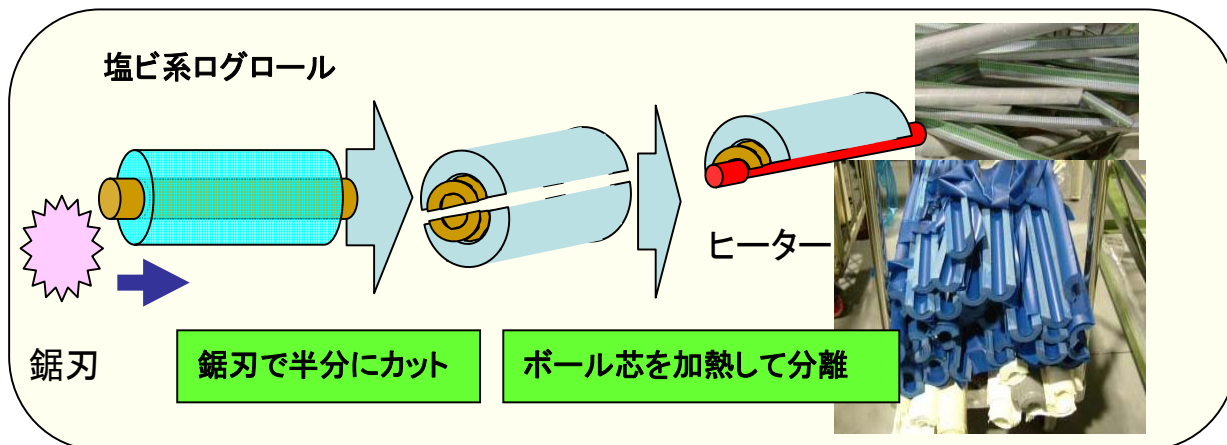


図3 熱分離方法（ログロール）

し求めた結果、下記の三つの方法にたどり着き実用できる手法を確立した。その方法は、①応力分離法、②熱分離法、③剥離分離法で、各々のテープの持つ特性から考え出された。

①の応力分離法は、テープに使用しているオレフィン系フィルムの場合、巻かれている時は中心のボール芯に向かって巻き締まろうとする性質を持っている。そこで図1のように巻かれた円に対し四方向から刃物を入れることにより、応力緩和の遅いオレフィン系フィルムは一挙に応力が解かれて外

側に広がろうとする。この力を利用して分離する方法である。

②の熱分離方法は、オレフィン系とは逆に、刃物を入れても応力が解かれない塩ビ基材のテープの場合は図2のようにボール芯の内側から熱を掛け、ボール芯に直接接している粘着剤を温めることで粘着剤を柔らかくさせ、ボール芯だけを抜いて分離する方法である。

ログロール（丸太のような形状をしているのでそのような呼称で呼んでいる）の場合は、図3のよう

に丸太木材を製材する時の要領で半分に切断し、ボール芯から先程と同じように熱を加える操作である。これにより、テープとボール芯とが分離されている。

③の剥離分離法は、粘着力の弱い製品の場合に行うが、一枚ずつ展開し剥離することでフィルムをボール芯から分離する操作であり、この操作では、ペレットを作るための前処理操作が必要である。

5. ペレット製造と失敗例

ポリエチレン・ポリプロピレン・ペット・EVAなどを、色と粘着剤の有る無しに分け、12種類のペレットを生産している。工程ロスを、先ほどの三つの方法にて前処理した後に破砕機で粗破砕し、押出機に入れる前に更に微粉碎してから押出機に定量的に送り込む。

素材によって、熔融温度やペレットにする時のカッターの速度が異なり、同じポリエチレンでもテープの要求特性によっては、高密度ポリエチレンと低密度ポリエチレンが混ざっていることもあり、ペレットが繋がって出てきたり、冷却が旨くいかない場合、熔融した樹脂をペレットにするために使用するカッティング用の刃物を樹脂で固めてしまうなど生産条件作りには大変な苦勞があった。

当初は塩ビのテープに関してもペレット化していたが、塩ビの場合、押出機で高温の熱を掛ければ掛けるほど塩ビ内の可塑剤が熱により飛散し、リサイクル材料として使用するためには、再度可塑剤添加が必要となり、工数増加が不可避となった。工数増加は付加価値低下に繋がってしまった。このことはリスク対策と言え、市場を考えない自己満足であったというのが反省点である。現在、塩ビテープの場合はペレットにせずブランド名の入った巻芯を除去し、連続して使用できないように切り込みや切断した状態で売却している。

6. 技術開発と活用

電気・電子関連では、クリーンルーム内での製造が主流であり硬いポリエチレンやABS樹脂などのプ

ラスチック素材に巻かれたテープの使用が義務付けられ、そのようなテープのニーズが増えてきた。そこで、リサイクルしたプラスチックのペレットを用いてテープの巻芯ができないかと、パイプ製造メーカーの協力と支援により、パイプに成形することに成功した。テープの芯材としての使用に対して耐巻圧等、ボール芯に比べても充分対応できる物ができた。

リサイクルペレットを使用してのパイプ成形を行う上での問題は、事業所全体で取り組んでいるCO₂削減対策を、産廃を発生場所である現場の活動によって、工程ロスを削減していけばリサイクルできる材料の排出量が減少するため、生産量が不足し、供給責任が果たせなくなることである。材料確保が困難になることを想定して工程ロスではなく、製品に使用する材料を用いてパイプ成形を試み特性評価を行って見たところ、粘着剤が付いた工程ロス品を再生した物との比較で、弾性に欠け切断すると割れてしまい使用できないことが分かった。

その対策として、リサイクル巻芯を使用するにあたっては在庫の確保をお願いしている。

現在、オレフィン系のみならず、もっと強度のある巻芯をという要望からPET樹脂テープの廃材からのパイプ成形にも挑戦し、開発を行い生みの苦しみを味わいながら完成にたどり着き、現在は、芯の内径や肉厚を調製することによって強度に強弱を付け、使用する製品にあったものを安定供給させている。

7. 最後に

現在の、固形排出物の再資源リサイクル率は50%である。我々が目指す究極の姿は、ロスを出さないテープ製造ができ、再資源化センターの役割がなくなることと認識している。次に取り組むべきことは、プラスチックのみならず、事業所内から排出される有機溶剤や紙類など全ての物を3Rの視点で再資源化していくことである。その日を夢に見て、現時点では再資源化率向上に向け技術開発を含め取り組んでいる。

社会ニーズから生まれる粒子利用技術とその発展

—造粒装置としての噴霧乾燥装置の位置づけ—

The Particle Utilization Technology Responding to the Changes in Social Needs and its Development

—Spray Dryer as a Particle Making Machine—

小 金 井 稔 元

Toshiyuki KOGANEI

要 旨 : 人類は自然の中に存在する物質を粒子の集まりである粉体、粉粒体という形状に整えて、社会が要求する様々な製品を作ってきた。現在もその流れは変わらない。本報では構成する粒子の持つ特性を考察し、特徴的な造粒技術である噴霧乾燥装置（スプレードライヤ）について説明する。

Abstracts: Human being has been making so many products from powder and bulk solid. Those are gathering with many particles that are prepared from natural resources. This activity is still ongoing even in today. Most of the products form particle as an intermediate materials.

In this article we argue the characteristic of the particle and make a comment on spray dryers which are the unit to perform the most characteristic method for making particle.

キーワード : 粒子、スプレードライ、微粒化、造粒技術

Keywords : Particle, Spray Dry, Atomization, Particle Making Technology

著者 小金井稔元 大川原化工機(株)生産部特機チーム 224-0053 横浜市都筑区池辺町 3847
t_koganei108@oc-sd.co.jp

2010.1.5 受付, 2010.6.3. 受理

社会技術革新学会第3回学術総会(2009.9.30)にて発表

1. 社会ニーズと粒子の係わり

我が国では、紀元前一万年前に始まった縄文時代に、人々は泥を集めて器を作り、焼いて土器を作った。様々な粒子が適度に混合した泥の中には、パイプダーとなる粘土鉱物と、基材となる砂や土が含まれ土器が形作られた。現代のセラミックス製品の製造原料に通ずる粒子が整っていた。

紀元前四世紀頃になると弥生時代が始まり、大陸文化の影響を受けて鉄器が使用されるようになった。様々な粒子の集まりである砂から比重の差を利用して酸化鉄である砂鉄を回収し、鍛錬することによって、美術品にまで昇華された日本刀が生まれた。同じく弥生時代には、銅鐸とよばれる美しい模様を持った祭礼品(写真1)¹⁾や貴族の使う道具が鑄造で作られた。奈良の薬師寺にある薬師三尊像は、鑄造によって作られた仏像として最高傑作とも言われている(写真2)²⁾。この鑄造技術では、溶けた金属を流し込む鑄型に粒子の揃った鑄物砂が使われた。また、日本の文化を表す香辛料の一つに七味唐辛子がある。七つの香辛料の粒度を適度に揃え混合することで、様々な香が料理を引き立てる。粒度を揃えることによって混合が容易になり、不均一を防ぐことができ、更に、各粒子の持っている機能を引き出すことのできる良い例である。このように粒子はそれ自体が均一であることと、粘土や七味唐辛子のように混合した状態で均一性を保つことも重要な要素となる。こうして原始的な集落のような社会から、人間は粒子の特徴を生かし、暮らしに役立ててきた。

現代社会においても、粒子及びその集合体の持つ様々な特徴を利用して、多くの製品が作られている。染料から顔料、化学製品からセラミックスや医薬品まで多岐にわたる。水と油はそのままでは混ざり合わないが、高速攪拌機などで水または油を粒子にすると混ざり合い、その状態を維持することができる。乳化(エマルジョン)という操作である。人工的にはマヨネーズやアイスクリーム、マーガリンがあり、自然界にも牛乳などがある。

粒子という形体が、何故このように、様々な物を造るときに必要な要素となっているのであろうか。



写真1 銅鐸¹⁾



写真2 薬師三尊像²⁾

それは一言で言って、様々な物質の均一な分散や混合が可能であるからと考える(表1)³⁾。

製品そのものが粉体の形体をとるものもあるが、中間原料としての粉体の利用価値も高い。中間原料の粉体が均一(粒度、組成)であることは、最終製品において製品の安定を保ち、高い品質の製品を造り、社会ニーズを満足する上で重要である。例えば金属の世界でも材料が均一でなければ金属の特長である粘り強度や加工性を保つことが困難となり、セラミックスにおいては耐熱性、耐薬品性、強度等に大きな影響を与えることになる。

そのために人々はいかに均一な粉体を得るか、様々な物質の粉碎や篩い分けの方法を考案し今日に

表1 様々な産業で使用される粒子の例³⁾

	業 種	関連する原料、製品（中間製品含む）
資源	農 業	種子、飼料、穀物
	鉱 業	粉炭、石炭、石灰石、岩塩、セメント
加工産業	食 品	小麦粉、米粉、化学調味料、粉乳、砂糖、塩
	織 維	染料、顔料
	紙、パルプ	木材チップ、パルプ、のこくず
	ゴム、高分子	高分子ペレット、高分子粉材、顔料
	顔料、充填材	顔料、カーボンブラック、コロイダルシリカ、充填材
	化学工業	農薬、肥料、触媒、化学薬品
	窯 業	粘土、黒鉛、金属酸化物、アルミナ、研削材
	鉄 鋼	粉鉱、粉塵、鉱石ペレット
	非鉄金属	粉塵、焼結粉、金属粉
	集積産業	金属製品機械
電機機器		蛍光材料、タングステン、モリブデン粉、シリカ、アルミナ
電子材料、磁性体		酸化チタン、酸化鉄、チタン酸バリウム、フェライト
医薬品、化粧品		澱粉、乳糖、歯磨き、主薬
雑 貨		高分子ペレット、薬品

至っている。しかし、現代社会においては大量に効率良く、多くの製品を製造する必要があり、ただ均一であるだけの粉体では社会の要求を満たすことができない。そこで次に必要とされる粉体特性として、流動性と微粒化があげられる。技術革新と社会変革、第1巻第1号でも報告した⁴⁾ようにこれらの特性を得るために液体の微粒化と噴霧乾燥法が有効であり、本報ではその最近の利用の動向と未来について報告する。

2. 社会ニーズと粒子径

現代の高度に発展した文明や情報化された社会においては、多機能商品である携帯電話、家電製品等々があふれている。これらの分野では常にサイズ・リダクションが要求される。いかに多くの機能を一つに詰め込み、且つコンパクトにするかが課題となる。それらを底辺で支えているのが粒子である。基材であるセラミックス、化学材料、触媒、電池基材等の様々な物質を粒子にして、混合・分散させ、その機能を引き出している。そして社会のニーズを満足させるために粒子は細くなる。縄文時代から30年ほど前まではミリからマイクロメートルサイズの粒子で十分であった粒子径も今やナノメートルサイズの粒子を扱う社会となった。実に百万分の一ミリの大きさである。

100年以上にわたり噴霧乾燥装置の基本原則である液状原料を微粒化して乾燥することによって球状粒子を製造する手法は変わっていないが、社会のニーズにあわせ様々な改良や新技術が考案され、より効率的且つ、より微粒化ができる噴霧方式の開発が行われてきた。

3. 粉体に必要とされる特性

3.1 流動性

ある一定の形状を持った製品を大量に作るために、原料を一度微粒子状にした後に乾燥し、粉体の状態で型に流し込み圧力を加え成形し焼き固める方法がある。オールドセラミックである西洋皿やタイルなどはこの方法で作られている。現在の電子部品のベースになるセラミックス部品もサブミクロンにまで粉砕した粉体を用いて作られる。

この時、型に粒子が隅々まで流れ込むためには、粉体の流動性が重要な要素となる。また、圧力を加えて成形する際、圧力が伝播し、緻密な成型体を作ることが要求される。そのためには $0.05\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の微粒子を流動性のある粒子($30\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$)とする必要がある。

均一で流動性のよい粉体（粒子の集まり）は、**図1(a)**のように隙間なく粒子が型に流れこんで行くが、**図1(b)**のように形の異なった流動性の悪い粉体

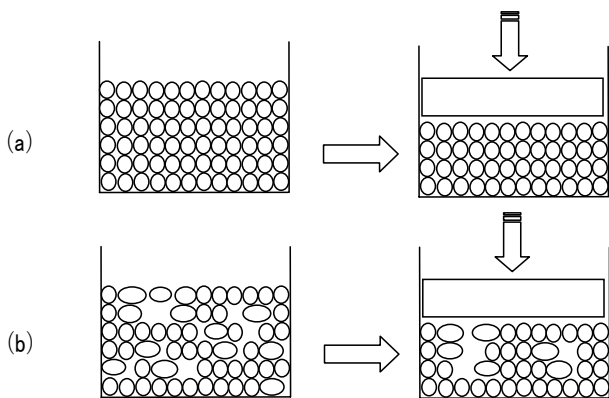


図1 型詰めされた粒子とプレス後の状態の模式図

では、うまく型に流れ込まずに隙間が生じてしまう。後段のプレス工程では不均一な状態となる。形状が丸く流動性の良い粒子は緻密なプレス製品となり、粒子形状が不揃いなものは欠陥製品となる。

3.2 微粒化

流動性は緻密な製品を製造するうえで重要な要素のひとつである。更に緻密な製品を作るためには粒子をより微細化し、充填密度を上げる必要がある。次に挙げる噴霧乾燥法は液体を空気中で微粒化することで個々の粒子は表面張力により微細な球状となり、その形状のまま乾燥することで微細な粒子化ができる。粒子は適度な強さと適切な内部構造（組成）を持っていることが必要となる。また、微細な球状の粒子は表面積が非常に大きくなり、反応性を向上することができる。このように微粒化を行うことで、それまでなかった特性が引き出され高密度、高品質化が可能となる。

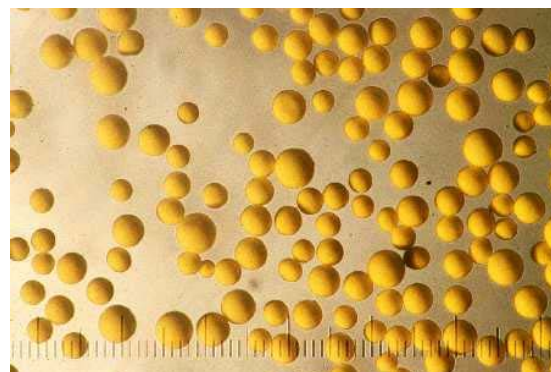
これまでこのような微粒化を行う方法として主に2流体ノズルが使用されてきたが20 μm ~30 μm 程度までしか微粒化することができなかった。現在では、より微細化することを目的としたノズルの開発により10 μm 以下の粒子の製造も可能となっている。

4. 球状粒子とその造粒技術

粒子の形体を持つ原料即ち粉体が、社会ニーズを実現させるためあらゆる産業にかかわっていることは先に述べた。そしてそのなかで粒子にどのような



全体写真



顕微鏡写真

写真3 セラミックスの粒子

特性が必要とされるかも先に述べた。まず、古代から要求されてきた特性は均質性であった。近代に入り大量生産で必要とされるようになると、粉体の取り扱いの簡便性から、流動性の良い粒子が要求された。さらに電子部品に代表されるような緻密な製品を作るため、細かい粒子が要求されてきた。さらには小型、大容量を求める電池用の材料へと粉体の利用範囲は広がってきた。

これらの粒子を製造するために原料の調整が必要となる。調整には様々な原料を一様に混合する必要があり、この一様な混合に、水溶液や懸濁液の状態が有効となる。

水は多くの物質の溶媒となり、また水に細かい固体が分散した懸濁液を形成することができる。水溶液滴や懸濁液滴を空中で分散させると、液体の特性である表面張力により表面積を小さく保とうと球状となる。この液状の球状粒子を空中で乾燥することができれば、均質で流動性の良い粒子の集合体即ち粉体を得ることできる(写真3)⁵⁾。

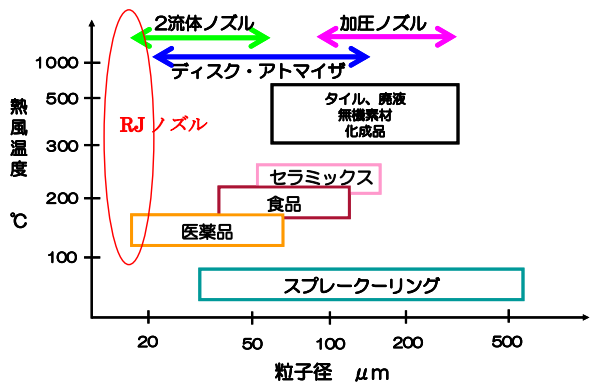


図2 粒子径と製品の関係



写真4 NL-3型 ノズル式小型噴霧乾燥機⁵⁾

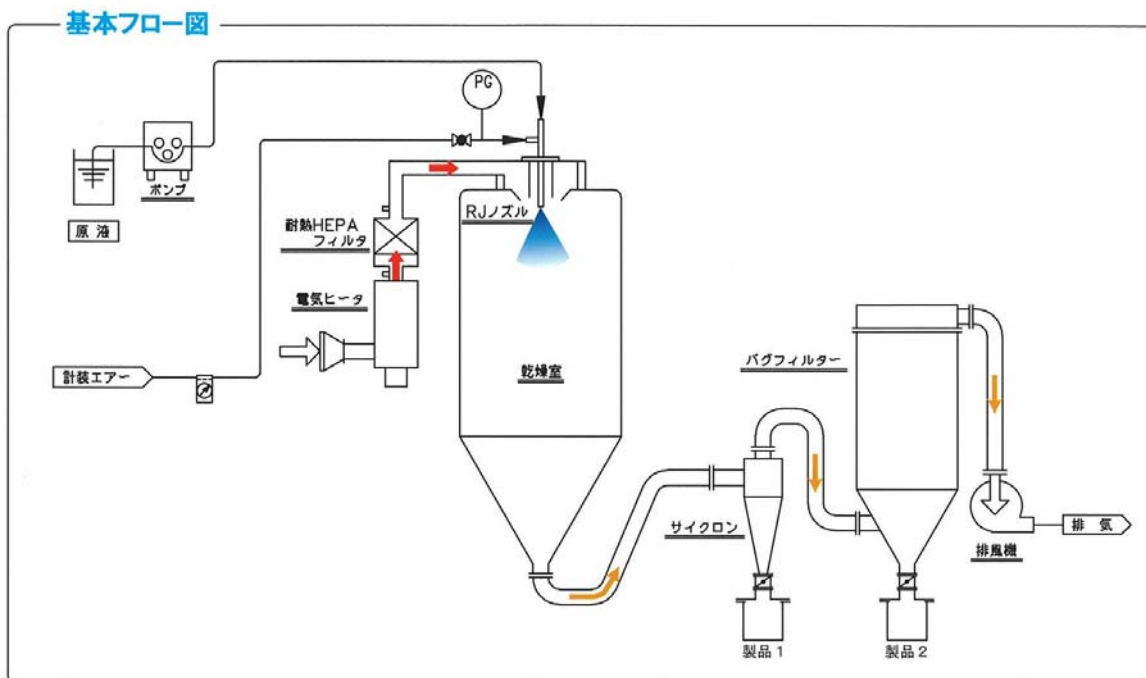


図3 噴霧乾燥装置の概略フロー⁵⁾

この原理を利用して、球状粒子を得る方法を噴霧乾燥法（スプレードライ）という。噴霧乾燥法は約100年前にその原理がまとめられ、当初は主に乳製品の粉体製造技術として利用されてきた。そして均質で流動性の良い粉体の製造法として、様々な産業に広まっていった。

噴霧乾燥法は乾燥媒体となる空気を外気より取り入れ、電気ヒータで加熱し熱風として乾燥室内に吹き込む。この熱風の吹き込まれた乾燥室内に液体原

料を直接噴霧すると液滴は熱風と接触し、瞬時に乾燥して球状の粒子を得ることができる。乾燥した粒子は熱風に同伴されサイクロンやバグフィルタなどで粉体製品として回収される。

微粒化特性に優れたRJノズル（図2）を搭載した噴霧乾燥装置（スプレードライヤ）の概略のフロー（図3⁵⁾）と装置の概観（写真4⁵⁾）を示す。このような装置を使用することで今までにない特性を持った粉体を得ることが可能となる。

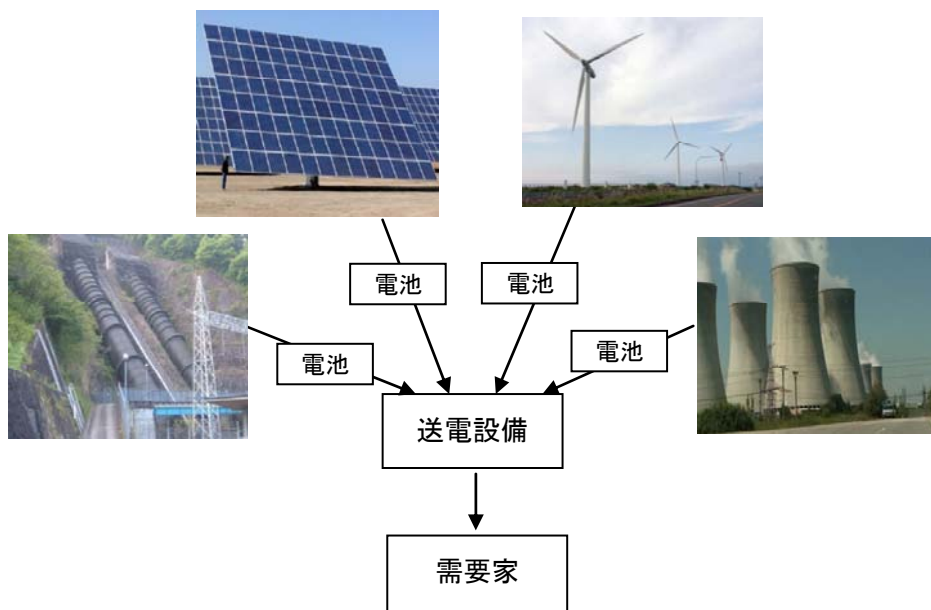


図4 自然エネルギーを利用した電力供給方法⁶⁾

5. スプレードライ技術の未来

現在、セラミクスブームは去ったが、環境問題から発したエネルギー問題が注目を集めている。自然エネルギー(太陽光発電、風力発電)による分散発電(図4⁴⁾)や電気を一時的に蓄え放することでエネルギーの効率化を図る構想が進んでいる。不安定な自然エネルギーで発電した電気または余剰に作られた電気を二次電池に蓄え、必要が生じた時に適切に効率よく供給する必要がある(図4⁴⁾)。それらの充放電の特性に優れた電池材料や電力変換ユニット部品材料の製造法としても粒子づくりの技術(スプレードライ技術)の適用が検討されている。

高効率の二次電池用の材料はナノサイズの粒子に合成され、スプレードライ技術によりその原料液を微粒化し、且つ連続して乾燥することで粉体製品化できる。微細な造粒粒子とすることで表面積が非常に大きくなりバインダーで成形した後も、反応性が良く、充放電特性に優れた電池材料の製造が可能となる。

粒子製造の技術はその時代の社会ニーズにより変化し、多様化してきた。今後も液状物を微粒化し、乾燥し粉体を得るだけでなく、粉体を構成する粒子

製造装置、すなわち造粒装置としてのスプレードライ法がさらに進化し発展していくと考える。

引用文献・資料

- 1) ウィキペディア フリー百科事典
<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%8A%85%E9%90%B8>
- 2) 奈良薬師寺公式サイト www.nara-yakushiji.com
- 3) 神保元二; 「粉体の科学」(BLUE BACKS), p.13, 講談社(1985)
- 4) 小金井稔元; 粉末製品の性状の要求変化に伴う噴霧乾燥技術の発展—液体の微粒化から見た1975年からの20年—, 技術革新と社会変革, 1(1), pp.1-6(2008)
- 5) 大川原化工機株式会社; 会社案内及びカタログ
- 6) 画像出典(左から時計まわりに)
水力発電
http://island.geocities.jp/mayob_e_parade/ep37.html
太陽光発電
<http://www.geocities.jp/muzvit2003/solarpanel.html>
風力発電
http://eco.nikkeibp.co.jp/style/eco/special/071218_tomamae01/index3.html
原子力発電所
<http://www.eu-alps.com/s-site/do-2006/614/614dukovany-nuclear-power.htm>

参考文献

- 1) 大川原正明; 噴霧乾燥と微粒化, 日本エネルギー学会液体微粒化部会(1992)