# 石油化学産業におけるビジネスモデルの課題

高田　真好

## 1. 石油化学産業とは

石油化学産業は，石油や天然ガスを出発原料としてさまざまな生産工程を経て，合成樹脂，合成繊維原料，合成ゴムなど多種多様な化学製品を製造するビジネスである．石油化学産業に使用する原料は，その国の資源事情などによって異なり，わが国やヨーロッパでは原油を精製して得られるナフサ（粗製ガソリン）を主原料[1]としている．石油化学製品は，日常生活のあらゆる分野に使われ，国民生活の向上に大いに貢献している．なかでも自動車，コンピュータ，電子・電気機器などの高度組立型産業が世界的に高く評価されている背景には，優れた品質と機能をもった石油化学製品が重要な役割を果たしている．わが国の石油化学産業は，基礎素材を提供するビジネスとして重大な使命を担っており，今後とも多様化しつつある社会経済の新しいニーズに対応したより高度な素材を提供すべく，その研究開発にたゆまぬ努力を続けていかなくてはならない．

## 2. 石化製品の連産モデルとビジネス課題

石油化学産業の基礎製品であるエチレン，プロピレン，ブタジエン，ベンゼンなどは，ナフサを熱分解してつくられる．これらはさらにいくつかの工程を経て，日常生活で実際に利用されるさまざまな最終製品に生まれ変わる（図1）．

### 2.1 主原料ナフサ価格の最近の変動と企業業績

日本の石油化学産業が主原料とするナフサの約6割を韓国，クウェート，サウジアラビア等から輸入している．ナフサ価格は，1996年後半から1997年初頭にかけアジアの旺盛な需要を背景に値上がりし，湾岸危機以来6年振りに2万円台を記録した．その後原油価格の下落，ナフサ需要の沈静化に伴い価格も下落傾向を辿った．しかし，1999年4月以降，OPECの原油減産を受け，2000年末の輸入価格は前年の年初価格に比べ2.3倍にも高騰し，OPECは4度も増産に転じた．翌2001年に入ると，世界経済の減速により原油価格は反落し，米国の同時多発テロを契機とした世界経済のさらなる低迷が懸念されるなか，原油・ナフサ価格は年末に向け軟調基調を辿ったが，12月のOPEC等の減産決定に反応し，市況は上昇基調に転じた．その後，内外石油精製会社の需給調整も影響し，2002年4月時点で海外のナフサマーケットは再び2万円台に至っている．

### 2.2 企業業績

石油化学産業の企業業績は，原料価格と市況に左右される．1996年以降低迷を続けていたが，1999年には原料ナフサ価格の値上がり傾向が続いたものの，好調な輸出と内需の回復に支えられ大幅な増益となった．2000年度では，原料ナフサ価格が一段と高騰し，年末には輸出環境も悪化したが，生産が高水準を維持したため，経常利益でほぼ横這いで推移した．しかしながら2001年に入ると，世界経済全体の悪化に伴い，内需，輸出とも低迷したことに加えて，アジア市場の市況が下落したため大幅な減益を余儀なくされている．

### 2.3 業界再編の動き

激変する内外の競争環境に対処し，企業間における各種のアライアンスを含めた業界再編による企業体質強化の動きが急テンポで進んでいる．

石油化学業界は，長らく設備拡大競争による周期的な需給ギャップ拡大に苦しみつつも，安定成長を続ける需要に支えられ，相応の収益を確保してきた．しかしながら，近年の一般消費財需要やIT関連需要における不確実性の増大に伴い，受給サイクルの反転力は弱まり，デフレ基調の景気において，ナフサの価格変動の誘導品・樹脂などへの価格転嫁がままならない状況におかれている．売買スプレッドにおける価格交渉

たかだ　まさよし
三菱化学㈱
〒314-0341 茨城県鹿島郡神栖町東和田17-1

[1] これに対し，アメリカ，カナダ，中東産油国では天然ガスや原油採取時の随伴ガスに含まれているエタンを主原料として使用している．


© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

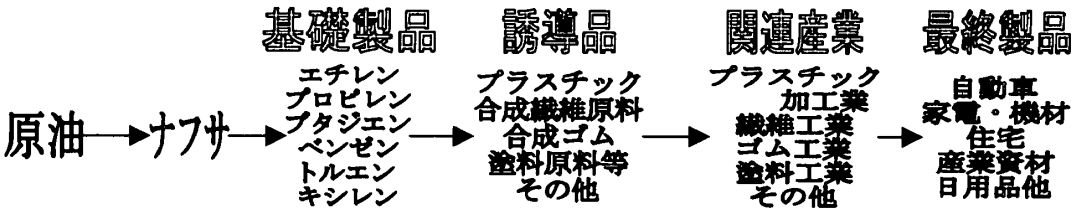


図1　石油化学製品と関連産業

力は弱含みである．その原因の一端は，大衆商品の低価格化にあると思われる．衣料・家電などの消費において低価格指向が支配的となり，各メーカのコスト競争も厳しい環境にさらされていて，原材料の値上げ交渉の現場では逆に値下げ交渉圧力に屈しかねない．業界各社の収益力は低下し，再編やリストラに傾注することで業績維持を図ろうとしている．

一方，アジア域内に目を向けると，石化製品への需要は，ASEANでこそ景気の低迷から大幅に鈍化しているが，主力の中国における需要は内需の拡大を背景に堅調に推移しており，全体でも増勢を維持している．供給面を見ると，昨年以降，中東・シンガポール・台湾などで大型プラントの新設が相次いだ結果，生産能力は需要を上回るピッチで急増している．今後も，国内需要は一段の成長鈍化が見込まれる一方，中国・東南アジアにおける生産能力の増大に伴い，輸出分の生産余力の発生による漸進的な需給ギャップの拡大が予想される．

### 2.4　石油化学業界の課題

ここまで石油化学業界の概要を見てきたが，この業界のビジネス上の課題としては，唯一の原料ナフサからいかに多くの収益を見込めるかという一点に尽きるのである．その解決の方向として，次の3点を考えてみたい．

1) 収益安定化のために，アジア地域における将来を見通した需要動向の把握が，これまで以上に重要となる．
2) 激化するメガコンペティションのために，合併・事業交換・撤退・融合を自在にシミュレーションし，逸失利益を一掃すること．
3) シミュレーションの中から派生するニーズとしてのプロセス革新・新製品開発・生産管理技術・情報化などの技術の高度化．

次節以降でこれらの課題に向けて取り組むべき方向について議論してみたい．

## 3.　石油化学事業モデル概要

既に述べたように，石油化学業界の製品チェーンは，原油・ナフサ等の製品から石化基礎原料（エチレン・プロピレンなど）を経て複数の誘導品・モノマーに変化していき，最終的にはポリマー・樹脂の形態で需要家に供給される．数種類の基礎原料から数千種類のグレードを産出する製品チェーンを構成している．このように川上から川下へ行くにしたがって扇状に製品が枝分かれしていく事業形態が石油化学連産製品事業モデルである．図1において最終製品に位置する自動車・家電などの産業は，材料・部品を集約する方向で製品化する高度加工組立型産業であることは，ビジネスモデルを考える上で大変興味深い．有機・無機といった土壌の違いがあるものの，化学系素材は一連の樹形的製品チェーンによってその製造プロセスを認識することができる．たとえてみれば，盆栽がその枝ぶりや全体のバランスなどによりその価値が評価されるように，石化事業もまた全体バランスや樹脂グレードの付加価値の状態などによって事業価値が評価され得るものではないかと思われる．いわば大樹を育てる事業であり，哲学・理念に基づいた樹形育成方針を打ち出し，その実践の中から次なる形を探さねばならないと思うのである[2]．

特定樹脂分野の付加価値に特化して，優れた事業評価を受ける事業モデルを実践されている会社も存在する．あるいは，幹と土壌の関係を強化して大木化による差別化を図る事業モデルもあり得る．経営的には，製品チェーンの特定製品に特化してビジネスモデルを構築するケース，複数製品に共通する特定工程に特化した生産センターモデルの登場が予想できる[3]．

それでは，それらの事業モデルをどのような観点か

[2] 総合化学会社では，さらに生命科学の領域にもその土壌が存在し，大きな将来性を感じさせている．
[3] 米国のハンツマンやライオンデル，台湾の奇美実業などはカテゴリーキラー（特定製品特化型）もしくはバリューチェーンスライサー（特定工程特化型）と認識できる．


© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

ら評価すればよいのであろうか．ここでは，投資対象としての評価はその分野の専門家に任せることとし，大樹の事業収益モデルの議論を次節以降でしてみたいと思う．大樹を育てる哲学・理念のお話は節7で少し触れることとする．

## 4. リアルオプションの基本構想

節2.4で述べた石油化学業界の課題を解決するために，たとえば次節以下で言及する知識表現を行い，意思決定支援につながるオプション表示を行えるシステムを提案する．図2に石油化学製品の連産事業モデルを示す．この図は，石油化学産業のある製品チェーンをモデル化したものである．原料（input）が複数あり，製品（output）は最終製品 *FP1, FP2, FP3* と中間製品 *IP1, …, IP5* が存在して，中間製品自体も顧客に販売されるようなモデルを想定しなければならない．丸印はタンクのようなバッファを意味する．

### 4.1 プロダクト

ナフサから石化基礎製品および中間誘導品・モノマー，汎用樹脂・各種ポリマーへ至る複雑なプロセスチェーンを表現する．川上は製品数は少ないが，川下（特に樹脂）ではグレードの数が多くなる．代替プロセスなども設定しておき，代替案の検討に利用する．

（Option） 需要とのバランスやマーケティングに関する背景知識などから新規に開発すべき製品Xをシステム的に発見し，開発プロジェクトとして設定する．

### 4.2 製造プロセス

各プラントのプロセスの特徴，製造可能製品と能力および必要なリソースなどを表現する．プロセス間の制約条件を記述する．プロセスの表現には柔軟性を持たせ，必要に応じてドリルダウンして改善すべき箇所が明示できるようにしておく．

（Option） 改善箇所はそのグループ全体への影響度によって，プロジェクトとして優先付けて設定し，必要なリソースを割り当てる．

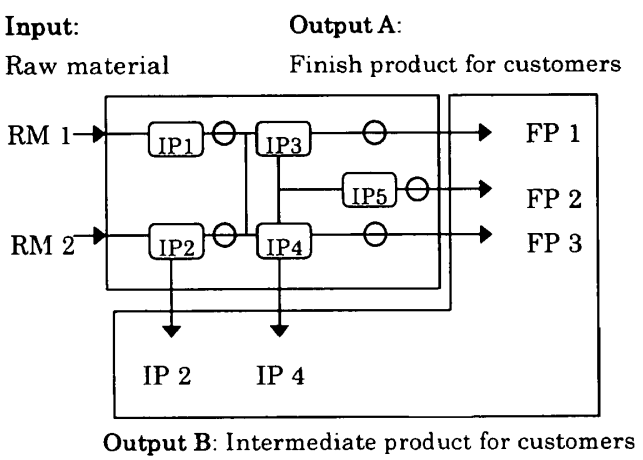


図2 石油化学製品の連産事業モデル

### 4.3 価格と需要

製品価格・需要等については，変数として扱いドメインを与える．石油化学産業全体で考慮することがもっとも都合がよいが，必要に応じて，製品チェーンを切り出して材料費と製品価格を為替変動やナフサの価格変動をベースに振れ幅を任意に設定してシミュレーションをかけられるようにする．

（Option） グループ会社間の取引価格とグループ外の取引の価格設定などに戦略的な関連を持たせる必要がある．また，マーケティングの結果からどのグレードの価格変動がグループ全体にどのように影響するかについての知識を得ることに活用できるようにする．

入力として，原料価格（ナフサなど外部からの購入製品），最終需要家の需要動向（受注量）を確率的に（数値に変動幅とその確率を設定して）与える．

各オプションについては，複数未来（外部環境としての）の状態についてそれぞれ発生させ，常にあるオプションによるグループ経営へのロバストネス分析をレポーティング（またはGUI表現）させる．オプションは，実プロジェクト（製品開発，新規プラントやプロセス合理化，販売拡張，その他のリソース削減・効率化プロジェクト）と連動させることが有用である．これが本しくみをリアルオプションと呼ぶ理由であり，新規のプロジェクト投資判断において，当該事業モデルに基づくリアルオプションの観点からの評価によってその優先順位を決定する点が重要である．

外資参入や国内企業間のM＆Aの検討なども，リアルオプションの範疇として検討する．つまり，外資参入は製品価格および需要の変動要因としての脅威であり，その対策は事業モデルの不確実な未来におけるオプションとして常に検討しておくべき課題である．また，そのような脅威に対応する解決策としてのM＆Aのオプションを事業モデルの中で検討できることが望ましい．

グループ内の市場におけるポジショニングも，事業モデル範囲を石油化学業界へ拡張したモデル（拡張事業モデル）からの試算が可能であろう．拡張事業モデルは，競合する企業グループのモデルをも取り扱うことであり市場モデルともいえる．このなかで，マーケ


© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

ティング戦略を練ることができればグループ戦略の支援ツールとして威力を発揮するであろう．

## 5. 利益算出状況の観測手法について

利益産出状況の観測手法について，議論しておきたい．現状では，時間あたりの利益をベースとした事業評価よりも，単位重量あたりの経理計算結果としての利益が経営判断に使われている．制約条件を考慮する利益産出速度の考え方は経済性工学にその原典を求めることができ，石油化学産業へも適用可能と思われる．ボトルネックは，すべての産業（製品・サービスの提供）において，そのビジネスプロセスのどこかに発生するからである．このボトルネックに対して，ビジネスプロセスのコストを賦課して，制約プロセスの時間あたりの利益を計算することができる．ビジネスプロセスのコストは，より詳細なコスト分析の積み上げにより算出可能である．

### 5.1 ビジネスプロセスの分析

化学産業における製造を含むビジネスプロセスも，他産業と同様にActivityによる分析が可能と考える．たとえば，組立型産業においては，標準作業などの設定が生産計画を立てる上で必須であり，その精度が生産計画の精度に影響を及ぼす．余裕のない標準時間では計画が達成できなかったり，逆に余裕が多すぎれば稼働率が落ちる．作業は製品毎にSOPが存在し，一連のActivityの積み上げにより，その計画に必要な精度での標準作業時間が設定されるようにしなければならない．

この考え方と同様に，プロセス装置産業における巨大な製品チェーンにおけるビジネスプロセスもActivityによる分析と標準化が可能であると思われる．

### 5.2 Activity分析を実現する技術

作業分析手法を参考にするならば，各製品（中間製品含む）毎にプロセスシーケンスを設定する必要がある．これは，装置をそのまま取り込むことも許容し，必要に応じて装置のプロセスをシーケンス表現することを意味する．いったん，ビジネスプロセスをプロセスシーケンスに分解すれば，必要に応じて，すなわち必要とする分析の精度に応じて，当該ビジネスプロセスをActivityの組合せとして構成し直せばよい．必要な精度とは，たとえばSCOR[2]におけるレベル1から3の考え方が参考になる．レベル1では，戦略的・長期におけるグローバルSCMの検討に必要な精度でActivityを構成し，レベル2においては特定の製品チェーンの合理化検討に必要なレベルのActivityを準備すればよい．レベル3においては，実務レベルでの月次計画やスケジューリング・物流などの改善に必要なレベルの詳細さが要求されるであろう．

## 6. 石化製品SCMと石化ビジネスモデル

本節ではサプライチェーンマネジメントの観点から石化ビジネスモデルを検討してみたい．

### 6.1 石化製品のSCMレベル：現状認識

大規模プラントでは，生産管理システムおよび高度制御等のしくみにより，石化基礎原料の製造プロセスと誘導品バランス等の生産最適化・高効率運転を実現している．

誘導品＆モノマー，ポリマーの生産量については，全体収益最適の観点から調整されているわけではなく，各事業部毎に予算を積み上げた結果として決定されている．もし，特定の製品が伸びたとしてもその製品のために全体バランスを変更するような計画調整のための枠組みは今のところ存在しない．いくつもの製品の需要と生産の優先順位を，全体最適の観点から調整する戦略的計画の考え方の枠組みが必要と思われる．残念ながら現状のSCMレベルはその段階にあらず，今後の課題となっている．

SCMレベルを上げるために今後必要となるビジネスモデルは概略次の枠組みであろう．

- 販売価格と仕切価格の戦略的調整
- 複数製品チェーン間の生産量のダイナミックな調整
- 原料（ナフサ）価格と売値の連結モデル
- 川下需要をまとめて掌握して大量プル型生産方式へ

### 6.2 販売価格と仕切価格の戦略的調整

販売価格と仕切価格とは図3におけるIPの外販と次行程での内部消費の関係を意味する．石化基礎製品の価格は為替と原料価格のフォーミュラで概略決定されるが，顧客・販売チャネル毎に異なる価格で取引されている．市場と自社のポジショニングの関連を考慮して，ダイナミックな数式モデルを設定できれば，オ

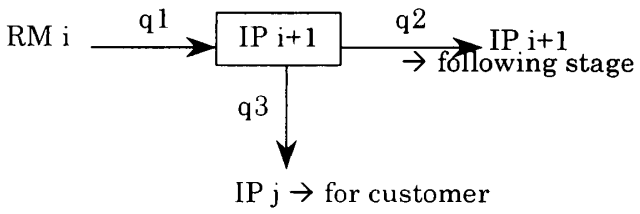


図3 石油化学SCMの基本モデル


© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

プションプライシングの応用問題と捉えられると思われる．川上側で仕切り価格を変更することは川下ビジネスにとって大きな影響を及ぼす．しかし，この変更を常に自社グループが優位な立場になるようにダイナミックに調整できるならば，そのしくみを導入することでSCMのレベルを向上させ得るのではないだろうか．その上で，eビジネス環境におけるマーケットプレイスなどの市場での瞬時的な取引を戦略的に活用する方法を検討してみたい．

(事例1)　内部仕切価格と売値に関する負の事例を挙げる．プロダクトチェーンを区切る事業部aが存在する場合には，その事業部aから次の事業部bへの原料引渡価格と外販価格の設定に現れる問題である．事業部a単体の判断で仕切価格を設定すると，事業部bへの仕切価格よりも外販価格を安くする場合が考えられる．事業部aとしては設備稼働を維持したいための販売活動として安売りで販売量を稼ぐ方針を設定したことになるが，下流の事業に対しては，明らかにビジネス的に負の影響を与えることになる．もし，外販先企業が外販した事業部aの原料を使って事業部bと競合する製品を生産した場合には，コスト競争力の面で事業部bは不利になるだろう．

このようなグループ内における負のシナジーが，ミクロ経済的現象として周辺企業の間で発生していると考えられる．この負の影響を最小化する価格政策が望まれるところである．

(事例2)　協業化とガバナビリティ：下流のグループ企業から見たとき，グループの原料が高いと思われた場合には安い原料を調達する動きにつながる．この場合，当該企業の生き残りを賭けた合従連衡政策が実施され，結果的に他企業の資本参加の形でグループとしての結束が崩れる方向に進む．そのように進んだ段階では，上流原料事業は下流部門がお客様となって，仕切価格を支配する立場を維持することはできない．根本的な事業部戦略の転換が必要となる．つまり，原料部門としての価格競争力の体力勝負となり，場合によっては上流側まで合従連衡政策に巻き込まれていく．

(事例3)　利益算出速度の観点から石油化学連産品のマーケティングを考えると，事例1に反する（負のシナジーを許さざるを得ないような）販売政策が創出される可能性がある．つまり，川上製品で利益算出速度が大きい製品は多少値下をしても外販してスループット（売値－材料費）を稼ぐ方が得策であるといった選択である．

### 6.3　複数製品チェーンのダイナミックな生産調整

石油化学製品は，連産品系列を有しており，装置やプロセスの制約から副製品が派生する．ナフサからはエチレンクラッカープロセスを経ることで，通常エチレン1に対してプロピレン0.6が製造される．この比率の見直しは，装置制約のため簡単ではないが，たとえば某大手化学などは最新設備においてはプロピレン比率を高めて1：0.8とすることを新聞発表している．

このような副製品の存在する連産品系列のしくみを，需要のダイナミクスから出発して，装置やプロセスに対する代替案適用のケーススタディや生産量の調整ケーススタディを行うことで，競争力の向上する方向に変換していかねばならない．

### 6.4　原料（ナフサ）価格と売値の連結モデル

上に述べたダイナミックスを実現すると，原料価格と売値のダイナミックな調整モデルに発展させることが可能になると思われる．このようなしくみができあがったら，もはや事業部といった仕切は不要となるのではないだろうか．生産調整と販売調整および原料調達が理想的な効率を目指してダイナミックに変移する様子をイメージすれば，そこに介在するビジネスプロセスは最小限でよいことが納得できるだろう．

ナフサ調達とエチレンの輸出と為替変動への対応方法のモデル化やエチレン輸出価格と社内チェーンのための仕切価格の合理的な設定方法について，市場の需要予測と連結することが理想である．円安に振れれば，エチレンを輸出して稼ぐ方法を取りやすい．エチレン製造の稼働維持によるメリットは出るが，その分を社内仕切価格の値下げに回して，川下製品の競争力強化を戦略的に議論できるとよいのではないだろうか．どの為替でどの程度のエチレン価格で輸出したとき，同時に社内仕切価格をどの程度まで下げることができるのかについてのダイナミックな数式モデルを設定できないだろうか．

### 6.5　川下需要をまとめて大量プル型生産方式へ

最後に，エチレンセンターの今後のあり方について提言しておきたい．10社程あるエチレンセンターは，これまでに述べたような連結モデルをベースとして，需要のダイナミクスを吸収するように統合していかなければならないと思われる．

ハードディスク業界では過去約10年ほどの間，供給過剰と品薄を繰り返してきたが，業界内で合法的に情報を交換する体制を整えた．これにより，市場全体の出荷/在庫状況を一週間ごとに，ほぼ把握できるよ


© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

うになったという．業界再編の効果も見逃せない．3年前には，市場の75%のシェアを8社で分け合っていた．現在，70%のシェアを3社で占めていて，供給調整能力が向上したといわれている．他業界のビジネスモデルおよび情報技術を参考に，日本の石化業界もビジネスモデルを見直すべきときが来たと考えられる．ハードディスク業界を参考にするならば，3～4のグループで8割のシェアを占めるようなエチレンセンター連合を形成して，各社の川下の需要をまとめて掌握して生産量の調整が可能になることが望ましい．そしてこのエチレンセンター連合間で合法的な需要動向の情報交換が行われていることが望ましい．そのようなモデルとしてたとえば，政府による化学製品の需要動向調査は参考になるが，実ビジネスで活用するためには隔月くらいの情報が必要となるのではないだろうか．このようなしくみを化学産業においてどのように形成するのが良いかについては，今後の課題となるだろう．

## 7. グリーンケミストリーからの発想

最後に，節2.4で述べた課題の中で残された項目として化学プロセスそのものの今後の方向について触れておきたい．化学産業の哲学・理念として相応しい，通称グリーンケミストリーと呼ばれる技術を今後の重要な方向として位置付けておきたい．正しくはGSC: Green Sustainable Chemistryといい，製品設計，原料選択，製造方法，使用方法，リサイクルなど製品の全ライフサイクルを見通した技術革新により，「人と環境の健康・安全」，「省資源・省エネルギー」等を実現すると同時に，経済合理性を満たそうとする化学技術方針である．その狙いは，資源・エネルギーの利用効率を最大化すること，環境に放出する有害物や廃棄物を可及的に少なくすることにあるため，究極の化学的合理化技術の総称ともいえる．この考え方をもって，石油化学産業の大樹育成の哲学・理念として推薦したい．まさしく“Good Chemistry for Tomorrow”を構成する理念と思われる．

### 7.1 原子効率とEファクター

環境問題と経済性の背反性を克服する新しい化学技術体系の確立が待望されるが，原子効率（Atomic Economy）とEファクター（Eco-Factor）などの考え方が重要とされる．米国環境保護局（P. Anastas ほか）によれば，

(1) 廃棄物は「出してからの処理」でなく，出さない．
(2) 原料をなるべく無駄にしない形の合成をする．
(3) 人体と環境に害の少ない反応物・生成物にする．
(4) 機能が同じなら毒性のなるべく小さい物質を作る．
(5) 補助物質はなるべく減らし，無害なものを．
(6) 環境と経費への負担を考え，省エネを心がける．
(7) 原料は枯渇性資源でなく再生可能な資源から得る．
(8) 途中の修飾反応はできるだけ避ける．
(9) できる限り触媒反応を目指す．
(10) 使用後に環境中で分解する製品を目指す．
(11) プロセス計測を導入する．
(12) 化学事故につながりにくい物質を使う．

などの化学反応プロセスに関する指針が出されている．反応設計やプロセスの選択に際して，Atomic Economy や Eco-Factor の考え方を適用すべきである．

原子効率は，「対象とする原子に着目して目的の反応を優先的に行わせ，不要な反応を極力抑えることにより，原子の利用効率を最大にして目的物質に変換させる」ことを目標とする．$\boldsymbol{ABCD}$ をそれぞれ反応物質とするとき，

$$\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B}\rightarrow\boldsymbol{C}+\boldsymbol{D}\ (\text{目的外物質}) \tag{1}$$

の反応プロセスにおいて，離脱物質の存在する縮合反応は効率の低さを表し，$\boldsymbol{D}$ がもし重い塩を精製する場合はさらに悪くなる．この考えにしたがって，既存のプロセスを効率面から順位付ければ，(1)ビニル重合，ナイロン6などの開環重合，(2)ポリエチレンテレフタレート等の縮重合，(3)ホスゲン法ポリカーボネートの重合などが例示できるといわれている[1]．実例として，ナイロンの原料となるカプロラクタムを1t作るのに，通常の合成法では1.6t～4tもの硫安が副生成物としてできてしまう．硫安は肥料になるとはいえ，硫安プラントなどと揶揄されてきた．反応に大量の硫酸が必要なためどうしても硫安ができてしまう．そこで，直接目的物質を作り，投入エネルギーも最小にしようとする研究が行われ実現した[4]．この例により超臨界流体が「第4の反応場」として活用できることが証明され，特定物質を作り出せる触媒の探索が活発となっていることからもグリーンケミストリー指向が裏付けられる．石油化学ビジネスとしても意識変革が迫られている．

ファインケミカルズ製造プロセスでは，反応・中和などで多くの塩が生成されるケースがあり，精製や分離工程での負荷も大きいようである．

Eco-Factor は，製品に対する総廃棄物量で定義さ

[4] 住友化学愛媛工場の実験設備はグリーンケミストリーとして注目される．


© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

れ[5],

$Mp$：化学物質の製造で使用される全物質量

$Ms$：販売された製品の物質量

とするとき，次式で表現される．

$$(Mp-Ms)/Ms \tag{2}$$

Eファクターの大きな製品は，廃棄物や副産物などをより多く発生することを意味する．一般に，付加価値の高い製品のEファクターは大きくなる傾向にある．この理由の一つは，製品価格が高く設定できることから，製品開発の企画段階ではそれほど生産効率を考慮しなくても起業できたことが原因であると考えられる．このことは，経営・マーケティング的に検討すべき多くの示唆を含んでいる．つまり，製品開発時点でより徹底してEファクターの削減をしておくことが原価削減と長期の競争力の源泉になりうるということの示唆である．気相重合法によるポリエチレン製造プロセスはEファクターの面から評価できる製造方法であるといわれている．

製造で使用される全物質量には原料，溶媒，触媒その他が含まれるので，溶媒などを使用しない方がEファクターの値は良い．無溶媒系とすることにより，目的物質の分離・乾燥工程や溶媒の上流精製工程も簡易化されるので，エネルギー的にも有利となる．

## 8. おわりに

ここまでの議論を通じて，石油化学ビジネスモデルの一端を紹介できたと思う．読者諸氏の当該ビジネス領域再考の一助となれば幸である．なお，ここで議論した石化ビジネスモデルは，現実に行われているビジネスとは若干の乖離が認められるかもしれないが，今後の方向を示す試みとしてご理解いただきたい．

### 参考文献

[1] 染宮昭義，「グリーンケミストリーの行動指針」，高分子，No. 51, pp. 15-17, 2002年1月号．

[2] Supply-Chain Council：「Supply-Chain Operations Reference-model SCOR ver. 4.0」, 2001年5月，サプライチェーンカウンシル日本支部．

[5] World Business Council for Sustainable Development


© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．