日本の高分子産業の50年

佐伯 康 治

わが国の高分子産業は戦後（第二次世界大戦）、新しい高分子素材を供給する産業として、多くの産業と相互作用を及ぼしあいながら展開し、戦後の日本経済の発展を支えてきた。ここでは 20 世紀後半の 50 年の間に、わが国の高分子産業がどのような道を歩んできたかをたどり、現在に至った状況と今後の方向について検討する。

1. 高分子産業の推移の概要^{1), 2)}

わが国の化学工業の約 65%（出荷額）はその原料を石油化学に依存し、その石油化学の約 85%（出荷額）がプラスチック、合成ゴム、合成繊維、接着材、塗料などの高分子である。したがって高分子産業はわが国化学工業の中軸として位置づけられるものである。

わが国の戦後の高分子産業について、政治や経済などの時代の状況、高分子の需要や市場の状況、それらに対応するための技術的な課題の推移を示したものが図 1 である。

こうした推移を量的に示すものとして、石油化学と高分子産業の状況を表すとみられるエチレンについて、その生産能力と生産量、そして輸出量（エチレン換算量、輸出量は 1990 年以降のみを示す）を月単位で示したのが図 2 である。

生産量と生産能力の比はその時点での稼働率を表す。またそのギャップと時間との関係を面積（網掛けの部分）で示すと、それはその時期の不況の状態を表すことになる。この図からわが国の高分子産業のこの 50 年間の推移を知ることができる。

2. 技術導入と高度成長 (1950～1970)

戦後の復興期においては、国産原料としてのカーバイドアセチレンと食塩電解の塩酸から得られるポリ塩化ビニルが新しいプラスチックとし期待され、1950 年には 21 社が独自技術によって工業生産を始めた。また合成繊維では酢

酸ビニルからのビニロンがわが国独自の技術によって生産され始めた。

1950 年代に入ってからわが国における重要な変化は、エネルギーの石炭から石油への転換である。これは化学工業においては石炭化学から石油化学への大きな転換をもたらした、高分子産業への道を大きく開くことになった。

1955 年「石油化学工業育成政策」が決定され、政府主導によって高分子などの原料の確保とその産業の育成が図られた。それ以降急速に多くの石油化学コンビナートの計画が進行し、それらコンビナートのベースとして、各種の高分子群が組み込まれることになった。

この石油化学計画において、ナフサ分解技術や各種高分子の製造技術、そしてそれらの成形加工技術は、戦後軍需から民需に開放されて急速に進歩を遂げた欧米の技術、とくにアメリカからの技術導入によって計画がなされた。初期の計画では戦前・戦中にすでに確立されていたポリ塩化ビニル、高圧ポリエチレン（低密度）、ポリスチレンなどのプラスチック、乳化重合の SBR, NBR などの合成ゴム、ナイロン、ポリエステルなどの合成繊維であった。

しかし 1955 年の後半になると 1950 年代のはじめに発見・開発されたチーグラ・ナッタ触媒などの新しい有機金属触媒による、低圧ポリエチレン、ポリプロピレン、シス-1,4 のポリブタジエン、ポリイソプレン、エチレン-プロピレンゴムなどが新しく登場し、わが国ではこれらが先に計画された古いタイプの高分子と重なって導入されることになった。とくに後者の高分子群は欧米とほぼ同じ時期に工業化されることになったので、その技術の確立には自力での開発も必要なものがあつた。

こうした高分子群が一挙に国産化されることになった 1950 年後半から 1960 年代の前半にかけては、まさに高分子の「シュトゥルム・ウント・ドランク」（疾風怒涛）の時代であり、当時の若い研究者や技術者は悪戦苦闘の中にも、将来に大きな希望をもった時代であった。

こうした状況のもと 1960 年には「所得倍増計画」（10

SAEKI, Yasuharu

(241-0826 横浜市旭区希望が丘 76-20) 1956 年九州大学大学院応用化学科修士課程修了。同年日本ゼオン入社、新第一塩ビを経て、現在東海学園大学客員教授。専門はポリマー製造プロセス、石油化学工業、廃棄物と環境（趣味）N 響定期会員

50 Years of Polymer Industry in Japan

図1 高分子産業の50年の推移

図2 エチレンの生産能力、生産量、国内需要、輸出の推移

年間で所得を2倍にする)が政府によって実施され、経済の高度成長が促進された。衣料や日用生活品の豊富化、家庭電気製品の普及、自動車のマイカーブームなど、多くの製品の素材としてプラスチックを中心にエチレンの生産量はその能力とともに、図2の1960年から1970年の10年間にみられるように指数間数的に急上昇した。

この間石油化学コンビナートは15のコンビナート(12社の石油化学会社)にまで拡大し、ナフサ熱分解の各成分を原料とする各種の高分子群が生産されるようになり、わが国の巨大な高分子産業を形成することになった。

各企業は生産プラントの増設、新工場の建設などを図ったが、この間の主要な技術課題は、プロセスのスケールアップとコスト競争力のためのプロセスの大型化であった。そうした中で国際的なコスト競争力を狙って、エチレンプラントの30万トン基準などが決められ、各コンビナートは競って大型化へ向かうことになった。

3. 需要の飽和化と石油ショック(1970~1980)

1970年代に入ると、図2に見られるように生産量は頭

打ちとなり、成長は停滞し始め、不況局面に入ることになる。一方、生産能力は30万トン基準によって拡大化されており、生産量とのギャップが大きくなり生じるようになった。

高分子は従来の天然繊維、木材、金属などの材料を代替してきた。たとえば、ビールのコンテナやラジオのハウジングは木材からプラスチックへ、洗面器やバケツは金属からプラスチックに転換した。また掃除機やテレビなどの家庭電製品はそのハウジングのプラスチック化によって大量生産が可能となり、価格の低下をもたらした。普及の原動力となった。

さらに大量生産による安価なプラスチックの出現は、使い捨ての容器や包装を普及させることになり、新しい需要をつくり出し、ワンウェイ文明の幕開けとなった。

しかし1970年代に入ると、これらの代替用途や新用途がほぼ一巡し、需要が飽和化し、成長の停滞をもたらすことになった。テレビ、冷蔵庫、洗濯機などは1970年にはほぼ100%に近い普及率となっている。

ここでさらに需要の停滞に追い打ちをかけたのが、1973年と1979年の2度にわたる石油ショックである。'73年には従来3ドル/バレルであった原油価格が4倍の12ドルまで、'79年にはさらに2倍以上の24~30ドルまでに上昇した。これは原料とエネルギーを石油に依存するようになってしまったわが国にとって大きな打撃であり、一挙に不況に突入することになる。図2から見られるように石油ショック時の仮需以外は、不況を示すギャップの面積は大きくなり、その深刻さを表している。

1970年代に入って直ちに問題になったのは高度経済成長の矛盾として起こった「公害」問題である。水俣病の原因が工場廃水によるものであること、四日市や川崎ぜん息がコンビナートからの排ガスによるものであること、工場地帯や都市の光化学スモッグが工場や自動車の排ガスによることなどが明確になってきた。

また豊かさに伴う急速なゴミ発生量の増加は、都市にお

けるゴミ処理を大きく社会問題化した。とくにゴミ中のプラスチックの急増がゴミ処理を困難にし、廃プラスチックの処理が社会的な問題となり始めた。

工場の排ガス、廃水の規制はしだいに厳しくなり、これに対応して、工場の現場では公害対策が主要な課題となった。これに対しては製造プロセスのクローズドシステム化などの具体的な方策が打ち出され、排ガス、廃水など工場の廃棄物対策は急速に進んだ。また石油ショック以降は、製造プロセスの省資源・省エネルギーが必要となり、これによるプロセスのコストダウンがすべての技術課題に優先する緊急の重要課題となった。

廃プラスチックの処理については、多くのメーカーで各種の技術開発がなされた。しかし産業系についてはいくらかの成果は見られたが、家庭から排出される一般系廃プラスチックのリサイクルについては、それら技術は実用化されず、プラスチックリサイクルの社会的なシステムは、結局 1970~1980 年代には確立されなかった。その原因は基本的にリサイクルは経済性が成り立たないことにあった。

4. 産業の成熟化と業界再編成 (1980~2000)

図 2 に見られるように、エチレンの生産は 1980 年代に入っても停滞状況は続き、生産能力と生産量のギャップは大きいままであった。その中で業界内のシェア競争の激化は、製品価格の低下をもたらし、まさに利益なき高分子産業といわれる状況となった。1980 年代に入ると構造不況業種に指定され、競争を緩和するための共販会社の設立がなされた。ポリオレフィン業界と塩ビ業界は、資本系列などによって、それぞれ業界を 4 グループに分け、共同の販売会社を設立し、過当な競争を避けることを試みた。同時に業界として設備廃棄を行った。図 2 で 1984 年エチレンの生産能力が急激に低下するのはこの廃棄の結果である。

しかしこうした不況の中でも、わが国の巨大化した経済のある程度の成長を支えたのは、自動車や電気・電子製品の輸出の拡大によってである。1970 年代後半から 1980 年代にかけて、自動車は生産台数の半分、電気・電子製品は生産額の半分以上を輸出するまでになった。これは高分子産業においても生産量を維持するための重要な需要源となった。こうした輸出の拡大は、図 2 に示したように 1980 年以降の円高を急速にもたらした。

一方、1985 年からの、株や土地の投機的な値上がり、それに伴う建設ブームなどによる「バブル景気」は、経済を異様なまでに活性化し、わが国は好況にわいた。図 2 に示すように、需要が急速に増加し、せっかく削減した設備能力も、各企業は需要の要求に従って、生産性の向上や増設を競うことによって対応した。この間に共販会社も実質的には意味のないものとなった。

また 1984 年のプラザ合意によって、円高は急速に進

み、100 円/ドルを超すまでになった。こうした円高はわが国の輸出産業に大きな打撃を与える結果となり、自動車の欧米やアジアでの海外生産に拍車をかけ、国内からの輸出を抑制することになった。電気・電子製品はコンピュータに至るまで、設備や賃金の安いアジア諸国に生産を移転するようになり、アジア諸国はわが国の輸出の生産拠点として展開していった。こうした電気、電子製品から始まった生産の移転は、衣料品から自動車などすべての製品に広がった。これはアジア諸国の経済成長の契機となり、ASEAN 諸国や中国における 1990 年代からの急速な経済成長をもたらすことになった。

1990 年代に入りバブル景気が崩壊すると、わが国は莫大な不良債権と財政赤字などによる深刻な「平成不況」に入ることになった。バブル崩壊は図 2 でわかるように国内需用を再び低下させ、生産量は 1980 年代よりはやや高いレベルを維持してはいるが、基本的に構造不況といわれた 1980 年代前半の状態に戻ったことを示している。これは高分子産業がすでに 1980 年代から成熟段階に入っていたことを示すものである。

ただ、幸い 1990 年代からのアジアでの経済発展は、プラスチックなどのアジアとくに中国への輸出が急速に伸び、生産能力と生産量とのギャップを埋める役割を果たした。しかし国際競争の中で輸出価格は安く、円高と重なって企業の採算性を大きく圧迫することになった。

さらにアジア諸国での石油化学化によって、石油コンビナートの建設はしだいに進み、逆に輸入の圧力を受ける可能性が考えられる状況となった。ここに高分子企業の生き残りをかけた合従連衡による業界の再編成が 1990 年代の中頃から急速に進められるようになった。

図 3 は業界の合従連衡が進んだポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレンの 1980 年代から 1990 年代初期の状況から、2000 年代に入って再編成された現在の状況を示したものである。ポリプロピレンは 11 社から 4 社へ、ポリ塩化ビニルは 15 社から 6 社（基本的には 5 社体制）となった。ポリスチレンは 9 社から 4 社となり、さらに新統合会社も計画され 3 社になる可能性が大きい。またポリエチレンについても合併会社などによる再編は行われているが、上記の業界ほどには進んでいない。しかし近い将来にはエチレンセンターの再編とからんで、撤退や合併による大きな再編が行われるとみられている。

汎用プラスチックを中心にして成熟化が認識され始めた 1980 年頃から、新素材としてのエンジニアリングプラスチックや高機能、高性能ポリマーの開発が、各社生き残り戦略として推進されるようになり、ハイテクブームとなった。それらはバブル期の企業の好調に後押しされてバイオケミストリーや生命科学などの分野へまで拡大した。しかしこれらもバブル崩壊後は、戦線整理の方向に収束しつつあるのが現状である。

図3 高分子業界の再編成

また1990年代に入ると、先進国において地球温暖化やオゾン層破壊などの地球規模での環境問題が起こり始めた。わが国ではプラスチックリサイクル問題が再び業界の課題となり、容器包装などのプラスチックのリサイクルなどは法的に実施される段階にまでになった。しかしまだ経済性の問題などは解決されず、高分子リサイクルの社会的システムが構築されるまでには至っていない。

5. 先進国としての今後の役割と方向

わが国の高分子産業はすでにみたように1980年代から基本的に需要は飽和し成熟段階に入っている。しかし、次に示すような展開の方向が考えられる。

第一は、わが国の生活レベルは世界的にみて最富裕国である（住環境などには大いに問題があるとしても）。したがって、従来の素材としての高分子の需要をさらに継続的に拡大することは期待できない。しかし、それらがわが国からまったくなくなるわけではない。コスト競争力と品質を確保すれば、一定の需要は国産素材として必要なものである。今後は国内の安定した素材産業としての位置づけが重要である。

一方、アジアなどの発展途上国は、今から高分子産業を育成していくことが求められている。量的拡大を求める企業はこれら発展途上国との協業によって、海外での高分子産業の育成を戦略とすべきであろう。この場合すでにヨーロッパがEU経済圏を確立したように、一大市場をもつ中国を軸とした「アジア経済圏」という将来の基本構想のもとに、アジアにおける先進国としてのわが国の役割を明確

に認識すべきであろう。

第二は、現在の高分子の技術は、今後展開するであろう高分子科学の世界から見ると、まだ初期の段階に到達しただけである。重合によって立体規則性がかろうじて制御できる程度まできた。したがって高分子の先端技術について、研究開発の推進とそれらの世界中への移転と拡大は、先進国としての役割であろう。量的拡大ではなく付加価値の増大によって生きるのが先進国の課題となる。

第三は、21世紀は「資源と環境」問題が世界の最重点課題となる。現在先進国と言われる物質的に豊かな国の人口は9.6億人である。世界人口60.6億人として16%に過ぎない。あとは発展途上国である。現在急速な経済発展を目指しているアジアの中国13億人とSAEAN諸国5億人の18億人が、現在のわれわれの半分まで物質的に豊かになるだけで、資源は現在のほぼ2倍近くが必要になる。資源の消費に伴って環境負荷が進むことから、地球の環境問題はさらに深刻化することになる。したがって21世紀は現在の大量生産-大量消費の社会システムの延長線上ではやっていけない³⁾。

ここに「持続可能な社会システム」を構築するための新しい経済と技術の確立が必要になる。プラスチックの技術においても現在のワンウェイ製品からリユースされる長寿命製品への転換などが課題となる。第二で指摘した課題ともからんで、資源をもっと大事にするためには、高分子の特徴である耐久性や強度をさらに向上させ、高分子製品を長寿命化することなどが課題となる。これは大量につくって安く売るといった現在の産業構造を大きく転換させるものである。こうした地球規模での要求に対してどのように対応して、変化していくことができるかが21世紀の高分子産業の課題となる。

文 献

- 1) 高分子学会:「日本の高分子科学技術史」(1998)
- 2) 化学経済研究所:「化学工業—戦後半世紀と21世紀の課題」(創立40周年記念特別調査)(1996)
- 3) 佐伯康治:「物質文明を超えて」, コロナ社(2001)