スチレン系樹脂

斉 藤 良*

Styrenic Resin

Ryo SAITO (Corporate Research & Development Department PS Japan Corporation, 1-3-1 Yakoh, Kawasaki-Ku, Kawasaki-City Kanagawa 210-0863, Japan)

Polystyrene includes GPPS (General purpose polystyrene) and HIPS (High impact polystyrene). The domestic market of polystyrene was about one million ton/year in 1990's, but since 2000, the domestic market has been decreasing due to the decrease of electric appliances application. Many electric appliances manufacturers transferred their factories overseas.

Polystyrene manufacturers were reorganized in decade. Ten polystyrene makers of 1993 were gathered to four companies by 2003.

The price of styrene has been soaring since the second half of 2004. Polystyrene is mature business. For general purposes, the number of grades of polystyrene has been decreasing and will continually decreasing in future.

It is not easy to develop new applications or new grades for polystyrene. But, in recent years, a few of new market or polystyrene grades have been developed in fields of optics, food packaging, flame retardation and other functional fields. PS Japan Corporation has various kinds of functional polystyrene grades; low volatile grade, heat resistant grade, transparent HIPS, and so on.

Recycling of polystyrene and safety of styrene oligomer are important.

Also in the future, it is essential to steadily develop new market and original materials of polystyrene.

Key Words : Polystyrene, GPPS, HIPS, Domestic Market, Functional Grade

1. スチレン系樹脂

スチレン系樹脂と呼ばれる樹脂には、ポリスチレンを始めAS樹脂、ABS樹脂、AES樹脂、AAS樹脂、ACS樹脂、さらにはスチレン系エラストマーであるSBSやSEBS等、多岐にわたる。ポリスチレンにはスチレンのホモポリマーであるGPPSとゴム変性されたHIPSとがある。

本稿ではポリスチレンを中心に、近年の動向と今後の展望について述べる。

2. 市 場 動 向

ポリスチレンの国内需要の推移を図1に示した。国内需要は、1990年代は100万トン前後であったが、2000年以降減少し、2005年は86.5万トンと最低を記録した。2006年の実績は87.6万トンであり、さらに2007年、2008年の予測によれば一応下げ止まりと考えられる。

また、国内需要の推移を見るため、図2に1970年代からの年毎の伸び率を示した。1970年代には石油ショック等の影響により伸び率がマイナスになった年もあるが、総

じて高い伸び率である。続く1980年代は1970年代ほど伸び率は高くないが安定した伸びを示している。ところが、1990年代以降、伸び率はマイナスの年が目立ち、プラスの場合でも低いレベルとなっている。

1990年代から2000年以降への国内需要の落ち込みの原因は「電気・工業用」用途が減少したためである。「電気・工業用」とは家電製品、AV電子機器、記録メディア類、OA機器等である。これら製品が大規模に海外生産移転したために、ポリスチレンの国内需要が減少した。2006年以降は「電気・工業用」用途がやや回復傾向にある。これは、薄型テレビ部材向けに拡大しているためと考えられる。生産台数もさることながら、画面の大型化による1台

*PSジャパン(株)研究開発部課長(〒210-0863 川崎市川崎区夜光1-3-1)。昭和57年、東京大学大学院理学部化学科修士課程卒業。同年、三菱化成工業(株)(現 三菱化学(株))入社。専門は、高分子化学。

図1 ポリスチレン 国内需要(用途別実績推移)^{1, 2)}

図2 ポリスチレン国内需要の伸び率(対前年)

図3 ABS 国内需要³⁾

あたりの部材使用量の拡大も寄与している。

現在、日本のポリスチレンは、ほぼ国内需要型となっており、年間生産量に占める国内需要の割合は約97%に及ぶ。アジア各国の新規プラントの稼働や、国内各社の採算重視の方針により、今後も同傾向が続くものと思われる。また、アジア最大の市場である中国では、2004年、2005年はマイナス成長であり、これ以降も2003年以前のように

な高度成長は期待できない。したがって、従来、中国に輸出していた韓国、台湾等のメーカーが日本への輸出を増加させる可能性があり、国内品はそれら安価な輸入品に対抗しなければならない。

スチレン系樹脂の中でポリスチレンに次いで国内需要の高い樹脂はABS樹脂である。ABS樹脂の国内需要の推移を図3に示した。ABS樹脂もポリスチレンと同様に、

図4 ポリスチレンメーカーの再編と生産能力推移

1990年代以降国内需要が落ち込んでいることがわかる。

3. 業界動向

ポリスチレンに関しては、上記のような需要動向を背景に、ポリスチレンメーカーの再編が活発に行われた。図4にポリスチレンメーカーの再編と生産能力の推移を示した。1990年代前半には10社であったポリスチレンメーカーの再編が活発に行われ、2003年には、日本ポリスチレン(株)(三井化学(株)、住友化学(株))、東洋スチレン(株)(電気化学工業(株)、新日鐵化学(株)、ダイセル化学(株))、PSジャパン(株)(旭化成ケミカルズ(株)、三菱化学(株)、出光興産(株))；以後P社と略す)、大日本インキ化学工業(株)の4社体制となっている。さらに、2004年6月にはPSジャパン(株)と大日本インキ化学工業(株)によるポリスチレン事業の統合が基本合意されたが、公正取引委員会の承認を得られず、2005年4月に基本合意は解消された。今後もさらなる再編・統合の可能性があると考えられる。

これらの事業再編に伴い、1996年に156万トン／年あった設備能力は2004年には102万トン／年まで減少している。それでもなお、需要に対する設備余力が生じており、さらなるスリム化が求められている。

ポリスチレンの原料であるスチレンモノマーは、2004年後半以降、原油高騰に伴い大幅に価格が上昇している。スチレンモノマーの価格上昇により、ポリスチレンとABS樹脂との値差が相対的に小さくなるという現象が生じている。早期の原油価格低下および安定化が望まれる。

4. 技術動向

ポリスチレンは無色透明の汎用ポリスチレン(GPPS)と、その短所を改良した耐衝撃性ポリスチレン(HIPS)とに大別される。GPPSは、ガラスとほぼ同等の可視光線透過率を持つ無色透明樹脂で、強度はあるが耐衝撃性は比較的低く脆い。成形時の熱安定性、流動性に優れ、したがって成形加工が容易で寸法精度も良い。また、耐油性は良くないが、酸、アルカリに安定で、比重も軽く着色性に優れる。

一方、HIPSは、ポリスチレンの海にゴム粒子が分散している構造を持った乳白色不透明の樹脂で、剛性はGPPSに劣るものの耐衝撃性は大幅に改良されている。

ポリスチレン事業は、メーカー再編に伴いグレード統合が進められてきた。一般用途においては、さらなる標準グレード化が進むものと思われる。各社とも、GPPSでは用途に合わせて分子量、すなわち流動性を変えた数多くのグレードがあった。また、HIPSではマトリックスであるポリスチレンの分子量の他に、ゴム種およびゴム量を種々変えることにより多数のグレード構成を作っていた。製造合理化・コストダウンのため、極力、これらのグレード数を減らすことが現在進められている。

一方、前述のように日本国内の既存需要は伸び悩んでおり、大きな需要が見込まれる新たな分野の開拓は簡単ではなく、地道な用途開発、材料開発、品質改良が続けられている。以下に、新規な用途および材料について述べる。

4.1 光学用途

液晶テレビの拡散板においては、従来アクリル樹脂(PMMA)が使用されてきたが、当該樹脂は吸水率が高い

ため、特に大型サイズの機種で板が反るという問題があった。そこで、吸水率がアクリル樹脂より低いスチレン-メタクリル酸メチル共重合体(MS樹脂)が採用された。加えて、最近ではさらに低吸水でコスト有利なポリスチレン(GPPS)に変更されるようになってきている。今後は各種ディスプレイパネルおよび導光板等への展開が期待される。

4.2 食品容器用途

乳等省令規格によれば、ポリスチレンは乳酸菌飲料に直接接することができる数少ない樹脂のひとつである。飲料に直接接することから、ポリスチレン中のスチレンモノマー等の揮発性成分が少ないことが採用の条件とされる。P社は揮発性成分を大幅に削減したインジェクションブローグレードを上市している。

電子レンジで加熱する場合、容器が通常のポリスチレンでは熱による変形が起こる場合が少なくない。これに対して、P社はコポリマー化によってGPPSの耐熱性(ビカット軟化温度)を約20℃向上させた。電子レンジ対応の発泡容器として展開されている。

4.3 難燃グレード

ポリスチレンの難燃グレードは現在でもハロゲン系(ノンデカブロ)が主流となっている。ノンハロゲン系としてはリン酸エステル類を用いた系が開発されているが、コストパフォーマンスがハロゲン系には及ばない。ポリスチレンは比較的燃えやすい樹脂であることもあり、ハロゲン系、リン酸エステル系以外で、難燃性に優れた系はほとんど見出されていないようである。現行難燃剤の配合量を減らすことによるコストダウン、あるいはポリスチレンに適した新規の難燃剤を求めて地道な努力が続けられている。

4.4 透明HIPS

通常のゴム変性ポリスチレン(HIPS)は不透明であるが、コポリマー化によりゴム成分と屈折率を合わせることでより透明化できる。P社では、食品容器、トレー、キャリア

テープ、マガジンレール等の電子包材、低温収縮フィルム、その他意匠性のある射出成形材料等に使用している。

4.5 その他の機能性グレード

上記以外のポリスチレン系の機能性グレードとしては、耐薬品グレード、摺動グレード、持続制電グレード等が挙げられる。

5. 環境対応, 安全性

5.1 リサイクル, 有効利用

容器包装リサイクル法や家電リサイクル法の施行によって、各種製品のリサイクルが行われるようになり、資源の再活性が図られるようになってきた。廃プラスチックの有効利用率は1996年頃から上昇して2005年には62%に達した(表1)。ただし、2005年の有効利用量628万トンの内、再生利用は185万トンにとどまっている(表2)。樹脂別に見ると、2005年のポリスチレン類(AS、ABSを含む)の再生利用率は17.5%であり、ポリエチレンやポリプロピレンの再生利用率よりも高いが塩化ビニル樹脂より低い値となっている(表3)。今後も、廃プラスチックの再生利用を始めとして、更なる有効利用の向上が望まれる。

5.2 使用量低減, 環境維持

加工メーカーでは薄肉化、軽量化により使用量を削減する動きも活発である。このことは、樹脂メーカーにとっては需要量の低下を意味し一見好ましくないように思える。実際、近年は容器の軽量化がPSP(ポリスチレンペーパー)における減少要因となっている。

一方、近年、ポリ乳酸に代表される植物由来樹脂が非常に注目を集めている。石油資源の枯渇、二酸化炭素による地球温暖化が指摘される中で、石油資源を使わない、二酸化炭素を増加させない植物由来樹脂を使いこなすことが精力的に検討されている。ポリスチレンを始め石油由来樹脂にとっては脅威になりつつある。石油樹脂メーカーとして

表1 廃プラスチックの有効利用量と有効利用率の推移

年	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
廃プラ排出量 万t	557	884	909	949	984	976	997	1016	990	1001	1013	1006
有効利用量 万t	144	221	358	399	435	452	494	535	542	575	611	628
有効利用率 %	26	25	39	42	44	46	50	53	55	58	60	62

表2 廃プラスチック処理方法内訳(2005年)

処理方法	再生利用	油化/ガス化/高炉原料化	固形燃料	廃棄物発電	熱利用焼却	単純焼却	埋立	(計)
量/万t(%)	185(18.4)	29 (2.9)	62(6.2)	231(23.0)	121(12.0)	123(12.2)	255(25.3)	(100)
有効利用 計628万t								

表3 樹脂別排出量と再生利用量(2005年)⁴⁾

樹脂別	ポリエチレン	ポリプロピレン	ポリスチレン類	塩化ビニル樹脂	その他	(計)
排出量/万t	335	223	154	102	192	1006
再生利用量/万t	36	28	27	23	71	185
再生利用率/%	10.7	12.6	17.5	22.5	37.0	100

も環境維持に配慮した材料，たとえば薄肉，軽量化に適した材料等の開発が必要であろう。

5.3 安全性

EUのRoHS指令(製品中の有害物質の使用を禁止する指令)が2006年7月に施行された。一時，ハロゲン系難燃剤が全面使用禁止というドラフト案もあったが，最終的にはデカブロ(デカブロモジフェニルエーテル)も含むほとんどのハロゲン系難燃剤が対象から外れ，通常の臭素系難燃剤を使用することは当面問題なくなった。とは言うものの，樹脂メーカーは引き続きコストパフォーマンスの高いノンハロゲン難燃材料の開発に取り組んでいかなければならない。

5.4 スチレンオリゴマーの安全性

ポリカーボネートの原料であるビスフェノールAが内分泌攪乱物質いわゆる環境ホルモンの疑いがあるとして大きな議論になったことは記憶に新しい。ポリスチレン中に含まれるスチレンジイマーおよびスチレントリマーも「内分泌攪乱作用を有すると疑われる化学物質(1997年7月外因性内分泌攪乱化学物質問題に関する研究班中間報告)」としてリストアップされたことがある。しかしながら，その後実験結果等が吟味され，2000年10月には環境庁より追加修正見解が報告され，スチレンジイマー・トリマーは「環境ホルモンの疑いがある物質」のリストから削除されている。

6. 今後の課題，取り組み

ポリスチレンの国内市場は成熟しており，新たな大きな市場を見出すことは簡単ではない。また，ここしばらく続いている石油化学原料の価格高騰も足かせになっている。

ポリスチレンはスケールの大きい連続重合装置にて製造したものをそのまま供給するというのが基本的なスタイルとなっており，加工費を安く抑えることができる反面，多種多様なニーズには対応しがたい面がある。コンパウンド等により，少量多品種に対応することはできるが，コストアップになってしまう。材料開発を行うにあたり，現行製造設備でいかに差別化したグレードを製造できるか，あるいはコンパウンド等によるコストアップに対して，どれだ

けの付加価値のある材料を作り出せるかがポイントとなる。

新規市場の獲得方法のひとつとして上位樹脂からポリスチレンへの切り替えが考えられる。前述したように，液晶テレビ等の拡散板がアクリル樹脂から最終的にGPPSに替わりつつあるのは，ポリスチレンが安価であるのみならず，吸水による反りが少ないためであった。このような，ポリスチレンの特質を生かした用途を見出していくことが重要である。

一方，ポリスチレンの欠点の改良も必要である。GPPSは透明であるので，同じく透明であるアクリル樹脂やポリカーボネートを代替できる可能性があるものの，GPPSは，アクリル樹脂に比べて耐候性や表面硬度に劣り，ポリカーボネートに比べて耐衝撃性や耐熱性に劣っている。これら欠点の全てではなくともある程度克服することができれば，用途によりポリスチレンへの変更は可能となる。たとえば，ポリスチレンがほとんど使用されていない自動車分野への道も開けると思われる。

今後も，ポリスチレンの新規市場の探索および新規材料の開発を地道に行っていくことが不可欠であることは言うまでもない。

References

- 1) Nippon Styrene Kogyokai Ed.: "Polystyrene Seisan Syukka Jisseki", Nippon Styrene Kogyokai, Tokyo (2006)
- 2) Nippon Styrene Kogyokai Ed.: "PS Zyuyou Nippon Asia no Tyuki Tenbou", Nippon Styrene Kogyokai, Tokyo (2006)
- 3) Nippon ABS Zyushi Kogyokai Ed.: "ABS Zyushi Seisan Syukka Jisseki", Nippon ABS Zyushi Kogyokai, Tokyo (2006)
- 4) Plastic Syori Sokushin Kyokai Ed.: "Plastic no Seisanryou to Haisyutsuryou no Suii", Plastic Syori Sokushin Kyokai (2005)

日本語表記参考文献

- 1) 日本スチレン工業会編：ポリスチレン生産出荷実績，日本スチレン工業会，東京(2006)
- 2) 日本スチレン工業会編：PS需要・日本・アジアの中期展望，日本スチレン工業会，東京(2006)
- 3) 日本ABS樹脂工業会編：ABS樹脂生産出荷実績，日本ABS樹脂工業会，東京(2006)
- 4) プラスチック処理促進協会編：プラスチックの生産量と排出量の推移，プラスチック処理促進協会，東京(2005)

*

*

*

*

*