

고분자 재료의 산업화 최근 기술 동향

우상선

1. 서론

동식물을 포함한 모든 생명체가 고분자로부터 만들어지고 또 고분자를 사용해서 그 생명을 유지하고 있다. 예컨대, 동식물의 유전자인 DNA, 생명활동의 에너지원인 단백질 및 탄수화물 역시 모두 고분자이다. 그렇지만, 인류가 고분자를 제대로 이해하고 본격적인 학문적 연구와 산업화를 이룬 것은 모두 20세기 이후의 최근에 이루어졌다. 1839년 최초로 가황고무가 발명되었고 1888년 공기 자전거 타이어가 발명되었다. 1909년에 최초의 열경화성 수지인 Phenol-formaldehyde가 제조되었으며 1922년에서야 비로소 H. Staudinger가 고분자의 사슬구조 개념을 제창하면서 학문으로서의 기틀을 세우기 시작하였다. 이후 1920~1940년대에 주요한 대부분의 합성수지 제조기술 발명과 상업적 생산이 시작되었다(1927년 SBR(Buna S), 1928년 PMMA, 1930년 PS, 1931년 Neoprene 고무, 1935년 PA66, 1936년 PANN, SAN 및 PVAc, 1937년 PE, 1938년 Nylon 6, Epoxy, LDPE, 1941년 PET, 1948년 ABS등)

한편 우리나라의 고분자 산업의 역사는 1943년 국제고무 ‘말표’ 고무신 생산이 가장 오래된 기록으로 남아 있으며 1946년 낙희화학에서 PVC 사출, 1947년 한국나일론에서 PA66의 방적이 이루어짐으로써 수입원료의 단순가공에 의한 생필품 생산으로부터 시작되었다. 이후 한국전쟁 및 1960년대 준비기를 거치고 1972년 울산 석유화학단지가 완공되면서 PS가 최초로 벌크중합 양산되기 시작하였으며, 이후 고분자 산업은 눈부신 발전과 도약을 거듭하여 2004년 생산량 기준 약 1,700 만톤의 규모를 자랑하기에 이르렀다.

이처럼 국내 고분자 과학은 이제 고분자 합성, 고분자 물성, 고분자 가공 등을 포함하는 새로운 하나의 종합과학으로 성장하였고 고분자 산업은 화학공업 중 가장 큰 분야로서 플라스틱, 합성섬유, 합성고무 등을 소재로 한 수많은 생활 필수품을 생산해 내고 있으며 최근에는 전자 및 정보재료, 광학재료, 의료품 등에 이용되는 첨단 신소재를 개발하거나 생산하기에 이르렀다. 그러나 우리 고분자 산업은 이러한 외형적 성장에도 불구하고 최근 많은 어려움에 처해 있다. 이에 국내 고분자 산업의 여건, 업계동향에 대해 알아보고 지속성장을 위해 필요한 기술적 과제에 대해 간략하게 짚어보고자 한다.

고분자 산업을 원료기준에 따라 구분하면 크게 합성수지 합성성

유 및 합성고무로 나눌수 있고 표 1에서 보는 바와 같이 1990년이후 생산량은 약 3.7배, 수출 물량은 12배 이상 급격한 성장을 보이며 1990년~2003년까지 년평균 10.5%의 큰 성장률을 나타내고 있다

2. 합성 수지

합성수지는 크게 열가소성 수지와 열경화성 수지로 대별할 수 있으며 열가소성 수지의 경우 범용수지와 engineering plastics으로 구분할 수 있다. 표 2에서 볼수 있는 바와 같이 범용수지가 전체 합성수지 생산량의 95% 이상을 차지하는 것으로 나타났으며 상대적으로 engineering plastics과 열경화성 수지의 경우는 다른 지역과 비교할 때 그 비중이 매우 낮은 편이다. 이러한 현상의 원인은 우리나라 산업의 수요 구조가 아직 범용 제품에 치중해 있다는 것과 상대적으로 연구개발이 많이 진행되지 않았다는 측면으로 해석이 가능하다.

2.1 올레핀 수지

PE, PP, PVC, PS로 대표되는 범용 수지는 국내 전체 열가소성 플라스틱 생산량의 95%를 육박하는 규모로 시장이 비약적으로 확대되어 있다. 특히 PE, PP등의 폴리올레핀은 가격 대비 우수한

우상선



- 1985 동양나일론 선임연구원(現 효성)
- 1991 3M Research Center 수석연구원(미국)
- 1991~1997 제일모직 화성연구소 연구소장 (Styrenic부문)
- 1997~1999 삼성종합화학/제일모직 종합연구소 연구소장
- 2001 삼성종합화학 연구소 연구소장
- 2003 삼성종합화학 공장장
- 2005 한국섬유공학회 부회장
- 2004 한국유변학회 부회장
- 2001 SPE Korea 회장
- 2001 한국고분자학회 부회장
- 2003~현재 제일모직(주) 케미칼부사장
- 2006~현재 한국유변학회 회장

The Recent Trends in Polymer Industry & Technology

제일모직(주) 케미칼 부문(Sang Sun Woo, Executive Vice President Chemicals Business Unit, Samsung Cheil Industries Inc. 7th Fl., Samsung Cheil Bldg., 702-2, Yeoksam-Dong, Gangnam-Gu, Seoul 135-751, Korea) e-mail: ss.woo@samsung.com

표 1. 국내 주요 석유화학 제품의 수입 추이 (단위 : 천톤, %)

품목	구분	1990	1995	2002	2003	2004	성장률 90~3(%)
합성 수지	생산	2,689	6,155	9,552	9,865	9,993	10.5
	수입	276	142	189	135	96	-5.0
	수출	446	2,670	4,860	5,327	5,458	21.1
	국내수요	2,519	3,627	4,861	4,673	4,630	4.9
	수출비중	17%	43%	51%	54%	55%	
합성 원료	생산	1,102	2,761	6,124	6,423	6,845	14.6
	수입	999	1,086	1,145	1,009	875	0.1
	수출	47	328	2,014	2,118	2,614	34.0
	국내수요	2,054	3,519	5,256	5,314	5,107	7.6
	수출비중	4%	12%	33%	33%	38%	
합성 고무	생산	176	272	415	449	448	7.5
	수입	44	26	37	35	31	-1.7
	수출	47	91	243	268	262	15.0
	국내수요	173	208	209	217	218	0.9
3대 부문 합계	생산	3,967	9,189	16,092	16,737	17,286	11.7
	수입	1,319	1,254	1,371	1,179	1,002	-0.8
	수출	540	3,089	7,117	7,712	8,334	22.8
	국내수요	4,746	7,354	10,346	10,204	9,955	6.0
	수출비중	14%	34%	44%	46%	48%	

<출처> KPIA.

표 2. 세계 합성 수지 생산량(2004년) (단위 : 천톤)

구분		세계	미국	일본	유럽	한국
범용 수지	LDPE	34,582	9,411	1,847	8,029	1,680
	HDPE	26,553	7,967	1,172	5,181	1,927
	PP	40,266	9,300	2,908	11,036	2,821
	PVC	31,315	7,230	2,153	6,562	1,254
	PS	12,447	3,065	1,151	2,454	803
	ABS	5,356	619	540	754	1,194
	소 계	150,519	37,592	9,771	34,016	9,679
Engineering Plastics	PA	1,820	680	251	728	110
	PC	3,013	831	411	929	155
	M-PPO	398	134	46	96	7
	PBT/PET	7,568	3,751	864	1,595	128
	POM	823	148	154	237	96
	소 계	13,62	5,544	1,726	3,585	496
열경화성 수지	Phenol	7,775	2,103	287	2,391	110
	Urea	2,214	1,465	115	600	34
	UPE	1,572	847	187	410	128
	Epoxy	737	293	215	79	150
	PU	251	2,673	251	1,230	163
	소 계	12,549	7,381	1,055	4,710	585
합계	176,690	50,517	12,552	42,311	10,760	

<출처> 시스캠, 미쯔이화학, KPIA, Plastic Age.

물성을 유지하고 지속적으로 발전되어 그 용도가 다양한 방향으로 확대되고 있다. 또한 중국을 중심으로 한 신흥시장이 계속 커지고 있고, 인디아, 동유럽/러시아, 남미 등의 잠재 시장도 상당한 수준에 이르고 있어 향후 수요전망도 상당히 밝다. 표 3에 HDPE와 PP 세계 수요 전망을 나타내었다.¹ 전망에 따르면 세계 수요가 HDPE의 경우 2005년에 2,800만톤, 2010년에는 3,500만톤을 상회할 것

표 3. HDPE/PP 세계 수요 전망 (단위 : 천톤)

구분	2000년	2005년	2010년
HDPE	22,764	28,430	35,703
PP	30,665	42,600	55,700

<출처> TECNON.

표 4. 중동의 HDPE 생산 비중 (단위 : %)

	2000년	2005년	2010년
생산비중	4.5	10.9	15.9

<출처> TECNON.

으로, PP의 경우 2005년에 4,200만톤, 2010년에는 5,500만톤을 상회할 것으로 보인다.

국내의 경우 1980년대 후반부터 진행된 경쟁적인 사업 참여와 신증설로 인해 공급 초과가 지속되고 있다. 향후 수요는 꾸준히 증가하고 추가 신증설은 거의 없을 것으로 보여 공급 과잉률은 다소나마 감소할 전망이다. 생산량의 절반 수준을 수출해야 하는 부담은 계속 유지될 것으로 보인다. 세계 석유화학산업 경기는 최근의 중동 사태 악화로 인한 세계적인 설비투자 둔화와 중국 등 신흥시장의 급격한 확대로 수요가 생산능력보다 빠르게 증가하는 초과 수요 현상이 2006년도까지는 지속되리라는 전망이 나오고 있다. 최근 들어 유가의 고공 비행이 지속되고 있지만 미국 등 세계 경기 회복, 중국의 수요 증가 등으로 아직까지는 유가상승에 따른 원가 상승 부담의 제품가격 전가 가능 등 주변 여건이 비교적 양호한 편이라 당분간은 석유화학 경기가 호황을 누릴 것으로 전망된다.

그러나 단기적으로 석유화학 경기가 회복세를 보이고 있지만 중장기적으로 석유화학 제품, 특히 범용제품의 사업 전망이 낙관적이지 못하다는 인식을 가진 선진 화학기업들은 분사 등의 사업재편 노력을 지속하고 있다. 이러한 배경에는 석유화학 산업에서 중동이 차지하는 비중이 점점 확대되는 것과 맞물려 있다. 석유화학 전문 조사기관들의 전망을 보면 2005년부터 2008년까지 이란과 사우디를 중심으로 약 1,200만톤의 에틸렌 설비가 신규 가동될 예정이며, 이는 같은 시기 세계 에틸렌 신증설 물량의 56%에 해당하는 엄청난 규모이다. 표 4에는 중동 지역의 HDPE 생산 비중에 대한 전망을 요약한 것으로, 매년 큰 폭의 신장률을 기록하며 2010년에는 전 세계 HDPE 생산량의 15%를 초과할 것으로 보인다.

중동 지역의 여러가지 불안 요인들로 인해 계획이 다소 지연될 가능성이 있지만 타지역 설비 대비 월등한 원가 경쟁력으로 인해 시간 문제일 뿐 대세가 바뀌지는 않을 듯한 전망이다. 수출에 주력할 수 밖에 없는 중동지역 제품은 에틸렌 및 관련 유도품을 중심으로 세계 석유화학시장에 큰 변화를 초래하게 될 것으로 보이는데, 일차적으로 지리적으로 인접한 유럽시장에 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상되지만 장기적으로는 중국시장, 더 나아가 한국, 일본의 석유화학 시장에도 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이러한 원동력은 전세계 어느 곳이든 운송비 플러스 부분을 능가하는 원가 경쟁력이라 할 수 있으며, 중동지역의 제반여건, 예를 들어 정치적 안정이나 원활한 자본과 원료수급만 뒷받침 된다면 석유화학 산업은 급속도로 확대될 수 있을 것이다.

또 하나 고려해야 될 부분은 선진 화학기업들이 중동지역에 대한 투자에 참여하고 있다는 점이며, 이를 통해 중동지역을 생산 거점

화로 활용할 수 있다는 것이다. 이 경우 선진 기업들의 우수한 기술이 자연스럽게 중동지역으로 흘러 들어갈 수 있고, 반대로 국내 등지로의 기술이전을 기피할 수 있는 원인이 될 수도 있을 것이다. 중동지역의 위협요인에 대한 국내 석유화학 기업들의 여건은 그다지 좋지 못한 실정이다. 먼저 경영환경 측면에서 중국시장이 인접해 있다는 것 외에는 특별히 내세울 것이 없기 때문이다. 내수시장이 생산능력에 비해 턱없이 작고, 다운스트림 등의 연관 산업의 경쟁력도 크지 못하다. 기술적인 측면에서도, 공장 운전 기술 수준은 높은 것으로 평가 받고 있으나 생산 유연성이 부족하고, 단기 대응 연구 위주로 촉매, 공정 등의 선도적인 기초 기술력은 절대적인 약세에 있다. 따라서 국내 석유화학 산업의 경쟁력 유지 및 강화를 위한 제품 차별화 및 확대 방안은 촉매, 공정, 제품 및 시장구조라는 몇 가지 키워드로 요약할 수 있겠다.

2.1.1 촉매 및 공정

폴리올레핀은 사용하는 촉매와 공정에 따라서 그 특성이 매우 크게 변한다. 따라서 제품 차별화의 기본적인 베이스는 촉매 기술과 공정 기술의 확보에 있다고 할 수 있다. 특히 촉매 기술은 폴리올레핀의 역사가 촉매 발전의 역사와 같다고 할 정도로 매우 중요하다. 일반적으로 신촉매 개발의 목적은 새로운 특성을 갖는 신규 제품의 개발과 물성개선을 통한 제품 원도우를 확대하는데 있다. 국내에서의 폴리올레핀 중합촉매 개발은 1980년대부터 규모는 작지만 꾸준히 진행되어 왔는데, LG 화학이 메탈로센 촉매로 이용해 Slurry 프로세스를 상업화 했다고 발표한 바 있으며, 적용된 기술은 기존 공정에 촉매만을 바꾸어 적용하는 소위 drop-in 촉매기술로서 공정의 특성에 따라 촉매 구조와 형태가 적절히 조절되어야 하는 기술이다. 이후 각종 담체, 담지방법, 중합특성에 관한 연구가 진행되었고 최근에는 담지 촉매를 적용한 slurry-loop 반응기에서의 mHDPE 및 mMDPE의 개발도 낙관적으로 평가된다.² 현재 HDPE 분야의 경우 호남석유화학, 대한유화, SK, 삼성토탈에서 자체 개발된 촉매를 사용하고 있다. PP 분야에서는 아직까지 뚜렷한 실적이 나타나고 있지 않지만 HDPE 촉매를 보유한 기업들은 어느 정도의 촉매 제조 노하우를 보유한 것으로 보인다. 그러나 기업들이 PP 촉매 상업화에 다소 소극적인 이유는 각 기업들의 생산능력이 크지 않아 경제성이 떨어진다는 점과, 신규의 촉매 공급자 수가 증가함에 따라 기존 촉매 메이커들의 고자세가 꺾이면서 원하는 촉매를 보다 값싸게 확보할 수 있기 때문으로 볼 수 있다.

선진 기업을 중심으로 진행되어 온 메탈로센 촉매 분야는 본격적인 시장 확대가 되고 있지 않지만 향후 점점 시장 점유율이 증대될 것으로 보이는데, PP보다는 PE, 특히 LLDPE 분야와 초저밀도 PE 분야에서 확대될 전망이다. 국내 기업들의 메탈로센 기술은 선진국 대비 상당한 열세에 있는데, LG화학에서만 자체적으로 개발한 메탈로센 촉매를 플랜트에서 몇 차례 시생산한 경험을 갖고 있다. 메탈로센 촉매 자체 기술 뿐 아니라 촉매의 공정 적용 기술 또한 거의 없어 향후 시장 변화를 대비한 노력이 필요한 부분으로 보인다.

공정 기술도 촉매 기술과 마찬가지로 선진국 대비 상당한 열세에 있다. 현재의 국내 기업들의 기술력으로는 당장 폴리올레핀 제조용 신규 공정을 개발한다는 것은 매우 어려워 보이며, 현실적인 측면에서 품질 bottleneck 해소를 위한 부분적인 공정 개발 또는 개선이 적극적으로 고려해야 될 부분으로 판단된다. 공정 개발 또는 개선 기술과 더불어 공정 제어 기술도 매우 중요한 부분이다. 특히 시물

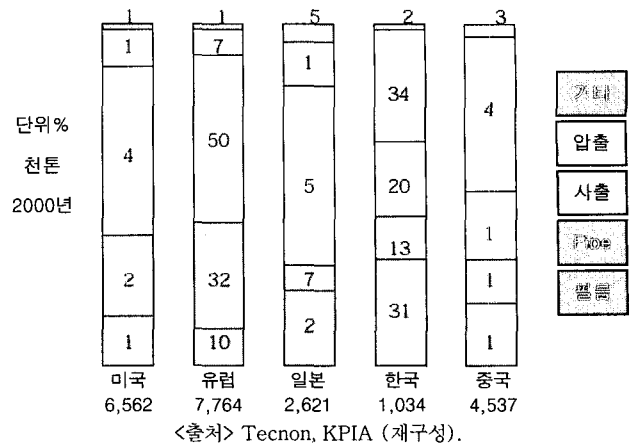


그림 1. 지역별 PP 용도별 시장 현황.

레이션을 통해서 신제품을 개발하거나 격외품의 발생량을 감소시키는 기술은 이미 적용되고 있다. 더 나아가 공정 시뮬레이션과 물성 시뮬레이션을 복합화한 기술도 시도될 것으로 보이는데, 이를 통해 보다 빨리 원하는 신제품을 생산할 수 있을 것으로 전망된다.

결론적으로 기술력이 취약한 신공정 기술 또는 단일 활성점 촉매 기술에 대한 추이는 지속적으로 관찰하면서, 시장성이 우수하다고 판단될 경우 적극적인 기술도입 또는 공동개발을 추진해야 할 것이다. 또한 신촉매 개발 또는 부분적인 공정개선 기술 등은 집중적인 투자를 통해 기반기술 확보에 힘써야 할 것이며, 이는 향후 선진 기업으로의 도약에 버팀목이 될 것이다.¹

2.1.2 제품 및 시장구조

국내 폴리올레핀 시장구조는 선진 시장으로 구별할 수 있는 구미 시장과 비교해 볼 때 다소 차이가 난다. 그림 1에 PP의 지역별 시장구조를 나타내었다. 미국과 유럽은 사출 제품의 비중이 절반 수준으로 매우 높고, 섬유 시장도 상당히 큰 것을 알 수 있다. 일본 시장은 역시 사출 부분의 비중이 매우 높고, 포장문화의 발달로 필름 시장이 매우 크다. 반면 국내시장은 사출 비중이 낮고 반면 필름과 압출비중이 높은 것을 알 수 있다. 압출제품은 대부분 범용인 Yarn 제품이 차지하는데, 이는 중국시장과 비교해 볼 때 유사한 패턴이며, 전체적으로 후진 시장구조를 가지고 있다고 해석될 수 있다. 이러한 시장의 후진성은 첫째 중국의 영향으로 국내 다운스트림의 약화를 초래할 수 있고, 둘째 중동 등으로부터 범용 제품의 유입을 통한 석유화학기업의 충격 등을 초래할 수 있다.

이런 측면에서 제품 차별화는 국내 석유화학 기업의 생존과 직결된 문제로도 생각할 수 있다. 현재까지 국내 기업들의 연구 개발 결과 세계적으로 우수한 제품들이 다수 개발되어 있다. 예를 들면, HDPE 분야에서는 호남석유화학의 염소화 PE용 제품, 자동차 플라스틱 연료탱크용 제품, 난방용 PE-Xa Pipe용 제품, SK의 난방용 비가교 Pipe용 PE 제품 등을 들 수 있다. PP 분야에서는 호남석유화학의 압출 라미네이션용 제품, 삼성토탈의 HIPP, 대한유화 및 효성의 PP-R Pipe 제품 등을 예로 들 수 있다. 앞으로도 각 기업들은 고부가가치의 신제품을 적극적으로 개발하고 확대하여 결과적으로 범용 제품의 생산 비중을 최대한 축소해야 할 것이다. 아래에는 PE/PP 분야에서 관심이 증대되고 있는 신제품군의 예를 보였다.

<PE>

Metallocene PE, 초저밀도 폴리에틸렌, 난방용 비가교 Pipe용 PE(PE-RT), High Class Pipe용 HDPE(PE-125)
<PP>

Soft Thermoplastic Polyolefin, High Crystallinity PP, Reactor-made Thermoplastic Polyolefin(RTPO), Low Seal Initiation Temp PP, Super Strength PP, High Speed BOPP, Nano 기술을 응용한 High Barrier PP

PE 분야에서는 범용 제품인 필름이나 필라멘트 등의 제품에서 특수 파이프 또는 메탈로센 촉매를 이용한 고품질, 고강도 제품, 엘라스토머 등의 제품이 앞으로 각광을 받을 것으로 예상된다. PP 분야에서는 PVC, ABS 등의 타수지를 대체할 수 있는 신개념의 제품군이 등장할 것으로 보이고, 또한 용도별로 최적화된 제품들이 계속해서 시장에 출시될 것으로 예상되므로 이 분야에 대한 연구개발이 집중되어야 할 것이다.

2.2 PVC 수지

국내에서 1966년 11월에 대한프라스틱(현재는 한화중합화학 부강공장)에서 처음으로 PVC 수지의 생산을 시작하였고, 1972년말 PVC 5개사 통합으로 탄생한 한국프라스틱공업이 1988년 5월에는 VCM 제조 회사이며 같은 그룹(현재의 한화그룹) 계열사인 한양화학에 합병되었으며, 한양화학은 한화중합화학에 이어 한화석유화학으로 회사명을 변경하였다. 1998년에 PVC 사업에 참여하여 한화

석유화학, LG화학과 함께 3사 생산 체제를 유지하던 현대석유화학의 PVC/VCM 사업을 LG화학이 2000년에 인수함에 따라 현재는 다시 한화석유화학과 LG화학의 양사 생산 체제를 유지하고 있으며, 양사의 국내 PVC 생산 능력은 총 126만톤 정도이다.³

PVC 수지는 용융점 이하의 온도인 100 °C부터 분해되기 시작하고, 빛에 의해서도 분해되며, 유연온도(softening point)가 비교적 낮은 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 단점에도 범용 플라스틱으로 많이 사용되고 있는 이유는 PVC 수지가 지닌 내화학적, 난연성, 여러 첨가제들과의 상용성 등의 특성에 의하여 부드러운 감촉의 연질 제품에서 딱딱한 경질 제품까지 다양한 제품을 만들 수 있기 때문이다. PVC 수지는 범용 PVC Resin과 특수 제품인 paste resin 및 copolymer로 구분된다. 흔히 PVC Resin으로 불리는 S-PVC, M-PVC 제품은 종합 물성 밸런스가 좋고, 가격 대비 성능이 우수하여 파이프, 창호, 전선 피복, 각종 경질 및 연질 필름, 레자(leather), 타포린, 자동차용품, 전기전자 부품 등 광범위한 용도에 사용된다. Paste Resin(E-PVC)은 가소제와 혼합하여 Paste상으로 만든 후 주로 Coating 방법을 이용하여 가공되는 수지로, 상재(비닐 장판), 벽지, 레자, 장갑 제조 등의 용도에 사용된다. 주로 VCM과 VAM(vinyl acetate monomer)을 원료로 제조되는 copolymer는 Tile, 연필심, 접착제, 도료 제조 등의 용도에 사용된다.

PVC 산업의 최근 주요 이슈는 지속적인 PVC 수요의 감소이다. 이는 전반적인 국내 경기의 저성장에 기인하며, 주용도인 건축사업의 성장둔화로 PVC의 수요가 크게 감소하고 있으며, 웰빙 문화 변화로 인한 나무, 석재 등의 자연소재로의 대체도 국내 PVC 수요 감소를 촉진시키고 나타내고 있다. 이에 국내 PVC산업의 발전을 위하여 새로운 용도의 PVC 상품이 개발되어야 할 뿐만 아니라 가공산업도 향후 중국에 추월 당할 가능성이 높으므로 이에 대비하여 국내의 높은 인건비등 제조 경쟁력을 확보해야 하고 새로운 용도의 신규 상품개발을 통해 고부가 가치 제품을 확보하는 것 만이 PVC 가공업계의 생존방안이 될 것이다. 향후의 기술 개발 방향도 현재와 마찬가지로 범용 제품의 경우는 생산성 향상을 위한 중합반응기의 대형화, specialty 제품의 경우는 VOC 발생을 최소화 기술 개발이 될 것으로 예상된다.⁴

즉, 범용 제품인 PVC Resin 관련 기술 개발은 생산성을 높이고, 제조원가를 낮추기 위한 대형 중합 반응기의 개발과 제조공정에서 발생하는 VOC(volatile organic content)를 줄이기 위한 stripping 설비의 개량 등이 이루어지고 있다. 일반적으로 대형반응기를 채용하는데 가장 큰 걸림돌은 반응기를 크게 함에 따라 냉각될 수 있는 자켓의 면적이 같이 늘어나지 않는다는데 있다. 이러한 문제점을 해결하는 방안으로 우수한 중합 스케일 방지제와 중합 스케일의 생성을 최소화시킬 수 있는 중합 처방 기술을 보유하여야 한다. Paste resin의 경우는 건강에 관한 관심이 높아짐에 따라 건축 내장재로 사용되는 상재와 벽지 등에서 발생하는 VOC를 감소시키기 위하여 가소제와 같은 용제의 사용량을 줄일 수 있는 제품 및 배합 개발이 활발히 이루어지고 있다. 서유럽의 경우는 2~20 phr 정도를 PVC resin에 혼합 사용하여 PVC resin의 가공조제 역할을 할 수 있는 다양한 specialty E-PVC 제품이 개발 되어 사용되고 있다.

PVC 산업의 향후 개발 과제는 폐기물의 재활용과 관련된 사용 규제에 대응하여 PVC 수지를 선별하고 재활용하는 recycle 기술 개발이다. 다이옥신과 관련된 문제는 공기 중에 함유되어 있는 미량의

표 5. 국내 PVC 생산기업 현황 (단위 : 천톤/년)

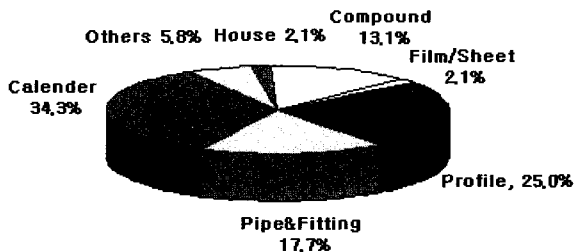
회사명	공장위치	가동년도	생산능력	비중	기술선
LG 화학			760	60%	
	여천	1976	560		日Zeon/佛Atochem
	대산(현대)	1998	200		美 Geon
한화석유화학	울산, 여수	1966, 1990	500	40%	
계			1,260		

(주) 1. 2000년 11월 LG화학이 현대석유화학 PVC 사업인수
2. 2003년 12월말 기준

표 6. 국내 PVC 수급 동향 (단위 : 천톤)

연도	생산능력	생산량
2000	1,240	1,187
2001	1,250	1,241
2002	1,260	1,257
2003	1,260	1,261

<출처> 시스템



<출처> 시스템.

그림 2. PVC 용도별 수요현황(2003).

염소(Cl₂) 가스가 성능이 가장 좋은 소각로에서 발생하는 다이옥신의 배출 기준인 0.1ng-TEQ/Nm³의 생성에 필요한 염소(Cl₂)량의 1,000배 정도나 과량이라는 것이 밝혀진 이후에는 단순히 PVC가 다이옥신의 발생원이라는 주장보다 다이옥신의 발생을 최소화시키고 소각조건을 준수할 수 있는 소각로의 설치 및 운전이 초점이 맞추어지고 있다.³ 또한 프탈레이트계 가소제가 환경호르몬 작용을 하는지에 관한 정확한 연구와 인체에 유해하지 않은 무독가소제의 개발도 진행되어야 할 것이다.

2.3 Styrene계 수지

세계 스티렌계 제품 시장은 원료가격 상승에 따른 원가부담 심화와 가장 큰 시장인 PS의 수요정체로 부진을 나타내고 있다. 그럼에도 불구하고 생산능력은 꾸준히 증가하여 가동률이 가파르게 떨어지고 있다. 물론 시장의 성장 동력이 될 제품의 개발과 설비합리화 등에 따른 수급여건 개선이 일차적인 해결안이라고 할 수 있겠다. PS와는 달리 EPS와 ABS는 비교적 양호한 수요성장을 보이고 있으며, 앞으로도 중국을 중심으로 한 견조한 시장 성장 예상에 따라 상대적으로 낙관적인 전망이 우세한 편이다. 스티렌계 제품은 크게 PS, EPS, ABS로 구성된다. 이들은 모두 스티렌을 공통된 원료로 사용하고 있어 'Styrenic Family'라 불리우는데, 전체 styrene 총 수요의 약 75% 정도가 이들 제품이 점유한다. 그러나 제품별로 개발 년도가 다른 관계로 라이프 사이클에 있어서는 서로 다른 양상을 보이고 있다. 2005년 세계 스티렌계 수지의 총수요는 약 2,100만톤(PS:1,100만톤, ABS:600만톤, EPS:400만톤)인 것으로 추정되어 전년수준 유지에 그치는 것으로 파악된다. 최근 스티렌계 수지 시장의 가장 큰 특징 중 하나는 수년째 PS의 정체국면이 지속되어 부진한 성장을 나타낸다는 것이다.⁵

2.3.1 PS

특히 스티렌 계열중에서도 PS는 개발년도가 가장 빠른 제품으로 이미 성숙기에 접어들었다. 고유가 및 수요산업의 생산패턴 변화에 따라 수요성장이 매우 둔화된 상태다. 이에 반해 EPS나 ABS의 경우는 상대적으로 견조한 성장을 나타내고 있다. 국내 PS 시장은 생산능력이 수요의 3배가 넘는 공급과잉 상황이라서 수출 의존도가 높지만 중국의 PS 자급률 상승과 타이완, 인디아 등의 부상으로 수출에 어려움이 큰 상태다. 여기에 다른 합성수지와 치열한 대체경쟁과 styrene monomer(SM) 가격이 턱밑까지 치고 올라와 수익성 개선 여부도 불투명해지고 있다. PS를 수출하는 것보다 SM 자체를 수출하는 것이 더 선호되고 있을 정도이다. 이에 따라 국내기업들은 내수시장에 충실하고, 고부가가치의 특화제품으로 수익성을 개선하려는 움직임을 보이고 있다.

아시아 PS 시장은 연평균 약 4% 성장할 것으로 전망된다. 중국 수요가 확대되는 반면 한국, 타이완, 일본의 극동아시아 시장은 침

체양상으로 치닫고 있다. 또 PS 신증설의 대부분이 중국을 겨냥한 아시아에 집중되고 있기 때문에 국내기업들의 가동률 하락이 불가피해지고 있다. 국내 PS 메이커들은 인건비, 원료 수급 등 여러 가지 면에서 중국, 인디아와의 가격경쟁력을 비판하고 있다. 또한 생산 제품이 저급 그레이드에 치중해 있고, 고급 그레이드 시장은 이미 글로벌기업들이 선점하고 있는 상황이라서 앞으로 수출시장 입지가 더 좁아질 것으로 예상된다. 특히, PS의 수익성은 1990년대 중반부터 지속적으로 악화돼 SM과의 수직계열화를 이루지 못한 메이커의 수익성은 심각한 정도에 이르고 있다. 이에 따라 국내기업들은 내수를 중심으로 컴파운딩을 통한 특화제품으로 수요창출을 모색하고 있다. 가장 무게를 두고 있는 목표는 ABS를 대체하기 위한 것으로 기계적 물성이 우수한 고급 그레이드 개발에 초점을 맞추고 있다. 이밖에도 나노기술과의 접목 등 R&D에 투자를 집중하고 있다. 그러나 중국과의 기술 격차는 점차 줄어들고 있는 실정이고, 중국기업들도 난연 PS 등 특화제품이 이미 상용화하는 단계에 있는 것으로 알려져 있다. 결국 일본 및 글로벌기업들의 기술력을 상회하는 단계에 도달하지 않는 이상 PS의 경쟁력 제고는 요원한 것으로 판단된다.

PS의 특화제품 신수요 창출은 바람직한 전략임에 분명하나 생산능력이 국내수요의 2배를 넘어선 상황에서 생산량을 어느 정도 흡수할 수 있을지 의문스러운 상태이다. 난연 PS 등을 비롯한 다른 고급 그레이드 제품 역시 글로벌기업들이 선점한 상황이고, 국내의 기술이 다른 후발 경쟁국에 대해 크게 우위에 있는 것도 아니며, 첨단 기술의 재료로 PS보다 물성이 우수한 다른 소재가 선호되고 있는 추세여서 특화제품으로의 신수요 창출 역시 치열한 국제경쟁 속에서 이루어질 수밖에 없기 때문에 이에, 상응하는 경쟁력을 갖추어야 할 것으로 지적되고 있다. 특히, 플랜트 통폐합 등 구조조정을 통한 경쟁력 제고와 능동적인 수출 다변화를 통한 공격적인 수출전략을 취하는 것이 최선이나, 국내기업의 전통적인 구조조정에 대한 반감과 국내 PS 시장의 성격이 SM의 자가소비처나 시세차이에 따른 손해의 완충적인 성격으로 인식되고 있어 실현가능성이 희박하게 나타나고 있다. 국내기업들은 내수에 중점을 두고 특화제품, 첨단제품을 통해 활로를 모색하려 하나 130만톤이나 되는 생산능력을 수용하기 위해 50여만톤이 채 안되는 협소한 국내시장만으로 목표를 형성하기에 무리수가 따를 것이 확실시되고 있다.

EPS는 PS에 발포제로서 이를 태면 propane, butane, pentane 등을 배합한 것으로 bead상의 성형재료로 생산되고 있다. 이 EPS는 그대로 또는 예비 발포한 것을 적당한 금형에 넣어 가열하는 것만으로 20~90배로 팽창하여 가볍고 견고한 발포체 성형품이 얻어진다. 또한 압출기에 걸어서 sheet 상으로 성형한 것은 styrene paper라고도 불리우고 아름다운 진주광택을 가지고 있다. 상기 방법 이외에 PS와 발포체를 직접 압출기 중에서 혼련 용융하여 한번에 판상 또는 관상의 발포체를 만들 수 있다. 이 방법으로 만들어진 판상 발포체 중에는 난연처리를 한 grade도 생산되고 있고 건재로서 상용되고 있다.

이들 PS 발포체는 독립기포에서부터 만들어지고 위해 열, 음향에 대한 차단 작용이 대단히 우수하여 우수한 단열재 또는 흡음재로 냉동공업 또는 건축재료에 넓게 이용되고 있다. 그 외에 포장재, 부양재 등 그 용도는 다방면에 이르고 있다. 이상의 고배율 발포체외에도 저배율도 있으며 소량의 발포체를 첨가한 것을 충

표 7. 국내 PS 수급현황(GPPS/HIPS/EPS) (단위 : M/T, %)

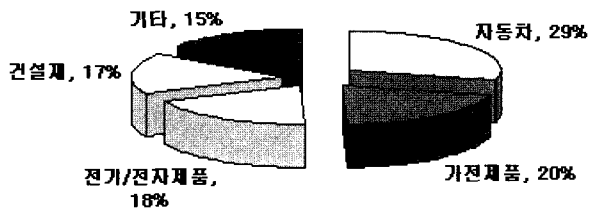
구분	2002	2003	2004
생산능력	1,237,000	1,303,000	1,303,000
생산	1,130,047	1,164,043	1,172,900
판매	1,129,745	1,174,362	1,156,419
국내수요	46,840	513,727	483,286
가동률	91.4	89.3	90

<출처> 시스템

진량 부족의 조건에서 사출성형 하면 성형품 표면에 相模樣(상모양)이 나타나고 그 질감, 중량감, 강도가 목재와 대단히 유사한 성형품을 얻을 수 있다. 또한 EPS의 압출성형 또는 GPPS의 압출성형시에 발포체를 압입하는 등의 수단에 의해 표면은 물론 내부까지 柁目模樣(정목모양)의 저발포 압출 성형품을 만드는 특수 기술도 개발되고 있다. 이들의 저 발포체는 그 相模樣(상모양)의 장식효과를 일으켜 조명기구의 틀, 룸 콜러, TV, stereo 등의 가전 관계의 housing류, 접시 등의 식기류, 그 밖의 가구, 건재 등의 분야에 수요가 있으며 목재 분야를 겨냥하는 유력한 재료이다.

2.3.2 ABS

ABS수지는 Acrylonitrile (AN), Butadiene (BD), Styrene (SM)의 세가지 성분으로 되어 있는 일종의 내충격 열가소성 수지의 총칭으로 일반적으로 3성분의 조성비는 BD가 5~30%, AN은 15~30%, SM은 45~70% 정도이며, 이 수지를 구성하는 3성분의 특성 즉, SM이 갖는 광택과 성형성, AN이 갖는 강성, 내약품성 및 뛰어난 기계적 성질, BD가 갖는 내충격성 등의 장점을 부여시켜 만든 플라스틱이다. 그러나 여기에서 주목해야 할 것은 ABS 수지는 이들 3성분의 단순한 공중합체가 아니라 glass상 polymer인 AS 수지의 연속상에 BR, SBR, NBR 등의 고무상 polymer가 미세 분산된 二相 불균일계의 구조를 갖는 polymer blend 라는 점이다. 성분 구성비를 적절히 조절하거나 분자량 조절 및 첨가제의 변경 등으로 요구 특성을 충족시키는 제품생산이 기술적으로 가능하기 때문에 회사에 따라 제조 공법의 차이가 있지만 대부분의 ABS 생산업체에서는 용도에 따라 다수의 grade를 생산해 내고 있다. 특히, 내충격성, 기계적 성질, 내약품성, 가공성, 착색성이 우수하여 모니터, 냉장고, 세탁기, 청소기와 같은 각종 가전제품과 radiator grill, instrument panel, door panel과 같은 자동차 내·외장부품, DVDs, CDs, 전기키넥터, 라디오 등과 같은 전기/전자제품, 건설재, 완구류, 파이프 등 그 용도가 광범위한 플라스틱으



<출처> KPIA.

그림 3. ABS 수지의 용도 구성(2005년).

표 8. ABS 수급현황 (단위 : 1,000 M/T, %)

구분	2003	2004		2005	
		수량	증감률	수량	증감률
생산	1,138	1,194	4.9	1,192	▽0.2
수입	5	5	0.0	5	0.0
공급계	1,143	1,199	4.9	1,197	▽0.2
국내판매	241	232	▽3.7	212	▽8.6
수출	905	966	6.7	975	0.9
판매계	1,146	1,196	4.3	1,187	▽0.9
국내수요	246	237	▽3.7	217	▽8.4

<출처> KPIA.

표 9. 세계 ABS 주요 공급업체 생산능력 추이 및 전망 (단위 : 천톤)

생산업체	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CHI MEI	1,125	1,125	1,175	1,250	1,250	1,250	1,250
LG 화학	480	540	800	870	1,000	1,000	1,000
GE 플라스틱	679	679	679	679	679	679	679
BASF	420	450	450	550	650	650	650
Lanxess	406	500	610	610	610	610	610
FORMOSA	240	280	360	510	510	510	510
제일모직	190	330	365	400	400	400	400
DOW 케미컬	313	313	378	383	383	383	383
THECNO POLYMER	290	290	290	290	290	290	290
Toray	170	170	210	230	230	230	230
기타	1,779	1,787	1,934	2,080	2,194	2,194	2,230
계	6,092	6,464	7,251	7,852	8,196	8,196	8,282

<출처> 시스템.

로 세계에서 가장 많이 사용되고 있는 재료 중 하나이다.

ABS 수지의 상업적 생산의 효시는 1946년 U. S. Rubber Company(현재의 Uniroyal)사의 Naugatuck Division이 SAN과 NBR을 단순 melt blending하여 “Kralastic®”이라는 상품명으로 출시한 것이다. 그 뒤 1950년대 초반 U. S. Rubber, Borg Warner 및 Union Carbide 등에서 유화 그래프트 중합기술이 개발되었고 1954년 Borg Warner사의 Marbon Division에서 polybutadiene latex (PBL)에 AN과 SM을 유화 그래프트시켜 제조한 ABS 수지 “Cyclocac®”을 출시하였으며 현재까지도 이 방법이 ABS 수지 제조기술의 근간을 이루고 있다.⁶ 이후 1960년대 기술적 진보 및 규모 확대에 힘입어 주원료의 공급 및 가격이 안정화되면서 수요가 급격히 증가하였고 이에 따라 Monsanto, B.F. Goodrich 및 Dow 등의 회사들과 일본/유럽의 많은 회사가 후발업체로 ABS 수지제조에 참가하였고 이중 일부 회사에서 1960년대 초반 유화 그래프트 중합과는 다른 과상현탁중합 기술을 개발하였고 뒤이어 PS제조 기술과 유사한 연속과상중합기술이 1970년대 초반 개발되어 운용 중에 있다. 이 연속 과상중합법은 고충격 grade 등 특수용도 ABS를 제조하기에는 부족하나 광택조질 기술이 확립되어 상전환시 고무입자 크기 조절을 통해 무광택 grade를 제조하는데 유리하다고 판단되며 process가 비교적 간단하여 범용 제품을 대량생산함으로써 원가경쟁력을 높이고 유화 그래프트 중합시 문제되는 폐수 발생을 감소시킬 수 있어 환경적으로 유리한 기술이다. 국내에서는 1970년대 초반 럭키 및 한남화학(현 금호)이 각각 JSR 및 Sumitomo로부터 유화 그래프트 중합기술을 도입하여 1976년 양산제품이 출고된 이래 가장 큰 성장을 이룬 합성수지 제품 중 하나이다.

ABS 수지는 그 제법, 사용하는 수지의 조성분과 분자량, 고무의 종류, 조성, 입자경, 가교도, 그래프트율, 수지와 고무와의 비율 등의 변화를 통해 또는 제4의 새로운 성분분 가하는 것에 의해 그 성질을 크게 변화시킬 수 있다. 바꿔서 말하면 ABS수지는 용도에 따라 그것에 적합한 특성을 갖는 재료를 광범위하게 자유롭게 만들 수 있으며 PVC, polycarbonate, polyurethane, nylon, polyester등과의 blend도 행해지고 있다.

또한 ABS 수지는 SAN 수지의 연속상에 고무의 미립자가 분산된 二相 불균일계의 구조를 갖고 또한 그 구성 성분인 수지와 고무의 굴절율이 다르므로 이 계면에는 빛의 굴절, 산란이 일어나 그 결

과 본질적으로 불투명하게 된다는 것이 가장 큰 단점이라 할수 있는데 이같은 불투명 blend polymer를 투명화 하기 위해서 수지나 고무 입자의 크기를 어느 범위로 가깝게 하든지 또는 고무입자의 크기를 가시광선의 산란이 일어나지 않는 정도로 작게 하는 노력들이 진행되고 있다. 즉, ABS 수지에서는 이룰때면 SBR을 고무 성분으로 하여 이것에 그래프트와 수지성분으로 styrene, methyl-methacrylate을 조합시킴에 의해 양자의 굴절율을 어느 정도까지 일치 시킬 수 있고 수지를 투명화 시킬 수 있는 것이다. 이와 같은 방법으로거의 polycarbonate와 같은 정도의 투명성을 갖는 ABS 수지가 시판되고 있고 ABS 수지의 불투명이라는 결점도 극복되었다.

ABS 수지의 제2의 큰 단점은 내후성이 떨어진다는 것이다. 따라서 종래는 이 결점을 극복하기 위해 특정안료, 자외선 흡수제 첨가 또는 도장, 금속 도금 등 각종 개선책이 취해져 왔는데 어느 것도 본질적인 해결책은 아니었다. ABS 수지에 우수한 내충격성을 부여하는 것은 말할 것도 없이 butadiene 성분으로 ABS 수지의 우수한 도금성능의 원인으로 여겨지고 있는데 반면, 이 butadiene 고무중의 잔존 이중결합이 ABS 수지 내후열화의 원인으로 생각되어진다. 여기서 그 butadiene 고무에 이중결합을 함유하지 않은 고무, 이룰때면 acryl계 합성고무(ASA 수지), 염소화 polystyrene(ACS 수지) 또는 ethylene 초산 vinyl 공중합체 등으로 바꾸면 ABS 수지의 내후성을 개선한 내후, 내충격성 수지가 최근 차차로 개발되어 옥외용 내충격성 재료로서 주목되고 있다.

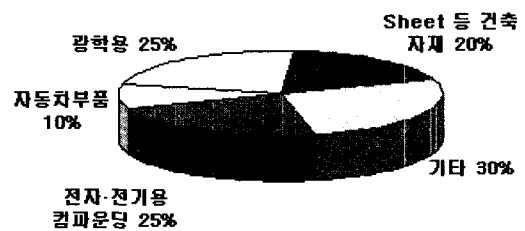
ABS 수지의 주성분이 styrene이기 때문에 성형가공성이 매우 우수하고 그 외에 내충격성, 강성, 내열성, 표면광택, 도금 특성등 우수한 성질을 가지고 있지만 성형조건이 부적합하면 그 본래의 성질을 충분히 발휘할 수 없게 되어 불량률의 원인이 되기 쉽다. 즉 성형 기술을 얼마만큼 잘 발휘하느냐 하는 것이 ABS 수지 제품의 성질에 큰 영향을 끼치게 된다. 일반적으로 사출성형이 보편적인 성형방법이지만 그 밖에 압출성형, 진공성형, 흡입성형, 발포성형, cold foaming, 회전성형, 인몰드 성형등의 기술 등도 개발/적용되고 있다. 최근 국내 업체들의 ABS 수지 재료분야의 연구개발 동향은 난연화, 고내열화, 고강성화, 나노화, 내스크래치 특성, 선풍창계수, 고내후화, 다른 EP(예 : polycarbonate, nylon 등)와 alloy화, 표면 고풍택화, 저취화 부분에서 괄목할 만한 성능향상을 이루었거나 활발한 연구개발을 진행중이며 특화제품군으로 투명 ABS 제조기술 및 제조 단가절감을 위한 연속공정 연구 등도 수행되고 있다.

2.4 Engineering Plastics

국내 화학 산업은 1970년대 이후 경제 발전에 있어서 중요한 시장동력으로서 역할을 담당해왔다. 하지만 제품구조면에서 범용제품 중심으로 성장해옴에 따라 국내화학기업의 수익성의 변동이 크고, 불확실성 역시 증가하는 특징이 있었다. 특히 1990년대 들어서 중국의 등장으로 범용제품의 수익성 저하가 심각해졌고 따라서 화학 산업은 기존 성장 중심에서 수익성 중심으로 패러다임의 전환이 불가피해졌다. 이에 국내 석유화학 기업들은 화학 분야에서 응용될 수 있는 전지, 디스플레이 소재 및 고기능성 폴리머 등 전자소재라는 새로운 분야로 역량을 집중하고 있다. 그 대표적인 소재가 엔지니어링 플라스틱이라고 볼 수 있다. 엔지니어링 플라스틱의 사용량은 최근 들어 비약적으로 증가했지만 2005년 현재 5대 범용 엔

지니어링 플라스틱의 국내 생산량은 2004년 기준 약 40만톤 정도로 추정되어 전체 합성수지 사용량의 약 4.6% 수준이어서 향후 발전 가능성이 클 뿐만 아니라 연구개발에 집중할 필요성이 점차 크게 대두되고 있다.

최근 사용량이나 신증설 등이 가장 활발한 엔지니어링 플라스틱은 단연 폴리카보네이트(PC : polycarbonate) 부분이며 90년대 이후 OA, 자동차 분야의 수요 증가에 힘입어 비약적인 발전을 해왔다. 삼양사 및 LG-Dow 등에서 양산을 본격화한 이래 최근 제일모직 및 호남석유 등에서도 양산을 발표한 바 있다. 국내 PC의 수요는 전기/전자 및 OA용이 25%, 광학용이 25%, 건축용이 10% 자동차부품용이 10% 정도를 구성하고 있다. 특히 전기/전자용은 휴대폰이 본격적으로 도입되기 시작한 2000년 이후 휴대폰 하우징 용 수요로 급격하게 증가하여 2005년까지는 연평균 20~30%의 고성장을 이어왔지만 최근 들어 휴대폰 기능과 디자인의 다양화 추



<출처> KPIA.

그림 4. 국내 PC 수요비중.

표 10. 국내 PC 수급현황

(단위 : M/T)

구분	2004	2005	증감률
생산	151,800	176,307	16.1
수입	90,093	86,796	▽3.6
국내수요	114,726	122,850	7.1
수출	127,167	137,610	8.2

<출처> 시스켈.

표 11. 국내 PC 생산능력(2008년)

(단위 : M/T)

구분	생산능력	비고
삼양화학	100,000	
LG-DOW	170,600	2007년 2호라인 8만 5000톤 추가
호남석유화학	65,000	2008년 6만 5000톤 신설
제일모직	65,000	2008년 6만 5000톤 신설
합계	400,000	

<출처> 시스켈.

표 12. 세계 PC 생산능력 전망

(단위 : 1000M/T)

회사명	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
GEP	834	899	964	964	964	964	964
Bayer	788	788	788	863	888	888	988
Dow	316	316	316	346	316	316	316
Teijin	325	330	360	385	435	435	435
MEP	320	360	360	360	360	360	360
기타	202	261	287	337	387	452	452
합계	2,785	2,954	3,075	3,225	3,350	3,415	3,515

<출처> 시스켈.

세에 따라 PC 수지에 대한 기능 다양화, 고기능화의 요구가 꾸준히 증가하고 있어서 지속적인 성능개선 연구개발이 필요한 부분이다.

현재까지는 세계 PC 생산능력이 수요를 초과하고 있으나 2007년 또는 2008년 이후에는 수요가 생산능력을 초과할 것으로 예상된다. 이에 따라 신규 증설이 활발하게 이루어지면서 신규의 중합 프로세스가 소개되고 있다. 예를 들면 Mitsubishi Chemical의 경우 DPC (diphenyl carbonate) 모노머 제조기술을 기초로 용매를 전혀 사용하지 않아도 되는 zero emission 용융프로세스를 확립하였고 또한 Asahi Kasei는 phosgen 대신 CO₂를 사용하는 친환경 프로세스를 개발하여 호남석유, 제일모직 등이 이를 채택함에 따라 이 분야에 대한 연구개발이 예상된다.⁷

또한 제조공정이 간략하면서도 수명이 긴 고효율 촉매개발에 대한 연구는 원가경쟁력 측면에서 반드시 극복해야 할 이 분야의 과제이다. 그리고 PETG(glycol modified polyethyleneterephthalate) 등의 다른 합성수지의 성능 개선으로 시장 잠식을 시도하고 있어 성능 업그레이드가 요구되고 있다. 특히 PETG는 PC에 근접한 물성을 가지고 있으면서 내방사선성, 내화학성 등 여러 가지 장점을 보유하고 있는 반면 세계적으로는 PETG의 시장 성장률이 둔화되고 있어 PC와의 alloy화를 통한 PC 자체 시장 공략이 모색되고 있다. 한편 자동차 유리 대체를 위한 내스크래치성의 강화, 내후성, 대전 복사에너지 투과 및 열적충 개선을 위한 코팅분야의 연구도 활발하여 상업화에 근접한 것으로 알려져 있다.⁸

POM(polyoxymethylene)은 강도, 내피로성 및 내약품성이 뛰어나기 때문에 전기/전자부품에서는 컴퓨터 프린터, 팩스/복사기의 기어제품, 자동차 분야에서는 연료펌프 모듈, 핸들 모듈부품 제조에 많이 사용되어 지고 있다. 또한 의류제품의 fastener, 버클의 주요 소재로 중요성을 더해가고 있다. 1990년대~2001년 사이 국내 POM 시장은 전기/전자, 자동차 시장의 성장과 더불어 연평균 7.1%의 꾸준한 성장을 해왔고 이후 IT분야의 호황에 힘입어 15% 이상 성장하였고 이러한 수요에 힘입어 생산설비 역시 꾸준히 늘어나 KEP 65,000톤, 코오롱 25,000톤, LG화학 13,000톤 등 10만톤 이상의 설비를 보유하게 되었다. 그러나 지속적으로 에너지 가격 및 원부재료 가격상승 압박으로 중합/합성 과정중의 에너지 절감을 위한 연구개발이 가장 절실하다고 할 수 있다.^{9,10}

PA 시장은 다른 엔지니어링 플라스틱과 마찬가지로 Du Pont, Rhodia 등 다국적 기업과 코오롱, LG등의 국내 기업들로 크게 양분되어 있다. PA6만 국내에서 원료가 생산되고 PA66 등과 같은 고부가 제품은 생산되지 않고 모두 수입에 의존하는 실정이라서 해외 업체들과 기술격차가 존재하고 있다. 최근 Rhodia에서 PA66 합성설비를 내년까지 48,000톤 규모로 온산에 건설예정이어서 공급 부족을 다소 해소할 것으로 예상된다. 한편 2003년 컴파운드 기준 국내 나일론 제품의 생산량은 약 54,000톤으로 추정되며 대부분의 제품은 높은 내열성, 강성이 요구되는 엔진커버, 팬, 히터, 실린더 헤드커버 등의 자동차 underhood 부품용에는 PA66이 사용되며 air-intake manifold에는 표면 평윤성 등의 문제로 PA6이 채택되기도 한다. 연구개발은 대부분 컴파운드형 제품 개발에 집중되고 있으며 최근 ABS 등과의 alloy화 제품 개발 연구도 소개되고 있다. 한편 PPO(polyphenyleneoxide)는 1965년 GE Plastics이 Noryl이라는 상품명으로 개발된 이후 1980년 Asahi Chemical Xyron, 1983년 MEP Iupiac, 1985년 BASF Luranyl이 개발되

어 세계적으로 40만 톤 이상 생산되고 있으나 원료(2,6-xyleneol)의 제약으로 인하여 GEP가 실질적으로 시장을 지배하고 있는 실정이다. 주된 용도는 OA 및 자동차 분야이며 대부분의 연구개발은 다른 수지와 alloy화 및 컴파운드 제품 개발에 집중되고 있다. 최근에는 PP와 PVC 시장 대체를 목적으로 PP와의 alloy화 연구가 두드러지고 있다. 국내의 경우 GEP가 독점적인 상황이며 약 15,000~16,000톤 정도의 수요를 가지는 것으로 추정된다. 향후 난연규격 강화시 비할로젠계 난연재료로서의 특성으로 인하여 PC/ABS 및 난연 ABS 등과 함께 OA, 디스플레이 및 정보기기 하우징용 재료로서 입지가 새롭게 강화될 가능성이 크다.

PBT(polybutyleneterephthalate)는 1971년 Celanese가 PET의 성형성을 개선하여 상업화한 후 자동차를 비롯하여 전기/전자제품과 산업용 기기부품에 다양하게 사용되고 있으며 유리강화 섬유나 무기충진제를 첨가한 컴파운드형 제품이 주종을 이룬다. 국내 생산능력은 LG화학 8,000톤, 삼양사 6,000톤 및 코오롱 6,000톤으로 약 20,000톤 수준이며 수요에 비하여 약 15,000톤 정도 부족한 상황이나 원료가격 상승으로 인한 수익성 악화로 신규 증설 계획은 없는 상태이다. 결정성 폴리머로서 유동성이 높고 결정화 시간이 빨라서 성형사이클 타임이 짧고 전기적/기계적 물성이 우수하지만 광케이블용 수요가 감소하고 자동차용으로 사용하던 alloy 제품이 복합 PP로 대체되면서 고원가 및 수요감소라는 두가지 어려움에 직면해 있다.

2.5 열경화성 수지

열경화성 수지(thermosetting resin)는 가열하면 경화되고 일단 경화되면 아무리 가열해도 연화되거나 용매에 녹지 않는 합성 수지의 하나로 열가소성 수지와 대비된다. 즉, 열경화성 수지는 축합형-망상구조로 이루어져 있는데 원료 결합시 물, 염산, 알코올 등을 부생하면서 축합반응을 통해 고분자화하고 고분자물질이 상호 결합과 축합을 반복해서 고분자화한 화합물이다. 열경화성 수지 시장은 전방산업의 침체, 환경코스트 부담가중, 원료가격 상승에 따른 마진압박, 시장포화로 인한 경쟁심화, 다른 수지로의 대체 등으로 수요정체를 벗어나지 못했다. 다만, 페놀수지 및 에폭시수지를 비롯한 몇몇 열경화성 수지는 최근 자동차용과 전기전자용 수요를 중심으로 신장세를 나타냈다. 열경화성 수지는 최근 재활용 기술 개발이 부각되고 있고, 또 고기능성 열경화성 수지 나노복합재의 연구개발에 많은 투자가 이루어지고 있어 환경규제를 타개하고 고부가가치로 승부한다면 수요침체 위기를 극복할 수 있을 것으로 전망된다.

페놀수지는 2003년을 기점으로 자동차부품 분야에서의 수요증가로 생산 및 수요가 증가하다가 반도체 관련분야에서는 사용량이 정제되고 자동차용 수요는 관련기업들이 중국으로 진출하면서 내수시장이 축소됨에 따라 2004년 이후 감소하는 추세다. 페놀수지는 VOCs 성분 저감에 관한 규정 강화와 함께 최근 이슈로 떠오르고 있는 새집증후군으로 인해 환경코스트가 증가하는 부담감과 리스크를 안고 있었으나, VOCs 기준이 초기보다 완화됐고 건축물 내부를 중심으로 요소수지, 멜라민수지가 페놀수지로 전환되는 비중이 높아져 그나마 다행으로 여겨지고 있다.¹¹ 국내 페놀수지 시장은 이미 공급과잉 상태이기 때문에 내수시장보다는 수출로, 범용보다는 특수 그레이드로 무게중심이 급속히 이동되고 있다. 2004년 에폭시수지 국내수요는 약 110,000톤으로 추정된다. 국내 에폭

시수지 시장을 주도하고 있는 국도화학은 1972년 에폭시 기본형 수지를 생산하기 시작해 10년 이상 독점해왔으나 1980년대 중반을 지나면서 금호 P&B 화학 등 몇몇 기업이 생산에 참여하면서 국내 생산 능력은 210,000톤 이상으로 늘어났고 그에 따라서 기술 경쟁이 치열해졌다. 한편 최근 건축경기 침체와 FRP 생산기업들의 경영악화로 UPR(unsaturated polyester resin) 수요가 감소하고 있는 가운데 페인트 생산기업마저 매출확보를 위해 불포화 폴리 에스테르수지를 적극 생산하면서 UPR 시장 역시 공급과잉이 지속되면서 경쟁이 심화되고 있다.

우레탄 수지의 경우 합성수지에서 차지하는 비중은 5% 내외에 불과하지만 개발도상국들에서 값싼 플라스틱 제품을 비싼 우레탄 내구재가 빠르게 대체하고 있어 그 성장속도는 보다 빠르게 진행될 것으로 보여진다. 우레탄 제품의 향후 개발전망을 살펴보면 연결품의 경우 탄력성과 내열성을 높이고 밀도를 낮추어 편안함을 느끼게 하는 고탄력 제품의 수요가 증가할 것으로 전망되며 항공기, 승용차, 가구 생산에 사용하는 방화용 특수 연결품 제품의 개발에 초점이 맞추어 질 것으로 예상되어진다. 우레탄 고무의 경우 특수 cast molded 고무, PU covering 원료, 방수원료, patching 밀폐 봉합제, pouring 밀폐 봉합제 등의 연구 및 생산설비 확충이 전망된다. 우레탄 접착제의 경우 환경보호와 안전, 보건 요구에 부응하기 위해 압축 bonding, 구조적 bonding, 기능적 bonding 능력을 향상시킨 새로운 sealing agents를 개발하는 방향으로 발전이 이루어 질 것으로 전망된다.¹²

2.6 기타

2.6.1 PMMA

PMMA (poly methyl methacrylate)는 MMA (methyl methacrylate) Monomer를 주원료로 하는 아크릴 수지로 MMA와 MA 또는 MMA와 EA로 공중합하여 생산한다. PMMA는 수지 중 가장 뛰어난 투과성(93%)과 함께 내후성이 우수하여 뛰어난 착색성 및 아름다운 외관으로 사용되어지고 있다. LCD 이전의 PMMA를 이끌어 왔던 성장축은 자동차와 sheet 분야였다. 하지만 2000년을 기점으로 사용 비중이 자동차와 sheet에서 LCD 도광판으로 옮겨갔고 매년 고성장을 거듭한 LCD가 2010년에는 국내 전체 PMMA 수요의 69%를 차지할 정도로 산업군별 급속한 구조 변화를 하고 있다(그림 5).

자동차 시장은 1980~1990년대 급격한 신장을 통해 국내 경제에 큰 기여를 했고 마찬가지로 PMMA의 절대적인 수요처로서 비중있는 역할을 담당해 왔다. IMF를 지나 2000년도에 접어들면서 국내에는 더 이상 대규모 설비투자가 없었고 global market 진입을 위해 국내 자동차 maker는 해외에 집중적인 투자를 하여 해외 생산 비중이 커지고 있다. 따라서 국내 자동차 시장은 매년 성장률이 한자리로 고정되어 자동차용 PMMA 사용량도 일정한 수준으로 유지되고 있다. 향후 국내 자동차 시장의 PMMA 적용 분야는 rear combination lamp lens와 instrument gauge panel과 같은 일부 부품에만 적용되고 자동차 생산공장에 대한 추가적인 투자 발표가 없어 2000년을 기점으로 년 3~4% 성장을 예상하고 있다. Rear lamp에 고기능성을 갖춘 초내열 및 내화학성 PMMA 수요가 있지만 극히 일부에만 적용되고 있어 신제품을 통한 수요 창출에도 한계가 있다.

아크릴 sheet는 MMA monomer를 가지고 생산하는 casting

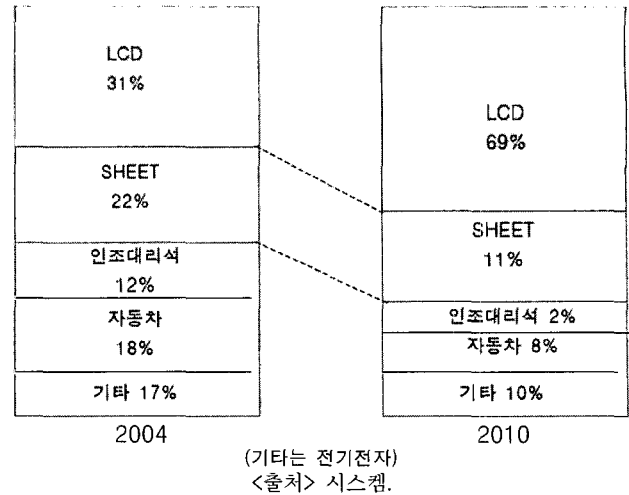


그림 5. 국내 산업별 PMMA 수요변화.

표 13. 국내 PMMA LCD 부문 수요전망 (단위 : MT)

구분	2000년	2005년	2010년
수요	1,000	60,000	111,000

<출처> 시스켈.

표 14. 세계 주요 특수EP의 사용량 (단위 : MT/월)

구분	세계	일본	한국
PPS	4,000	1,700	160
LCP	2,000	820	85
PEI	1,400	500	65
SPS	900	417	10
PAR	500	200	10
PES	290	150	15
PEEK	130	14	2

<출처> 시스켈.

sheet와 PMMA로 가공하는 압출 sheet로 나눌 수 있다. 주로 전자는 광고판, 간판, 수족관, 진열대 등 주로 잡화시장에 집중되고 후자는 방음벽, 온실용 채광판, 옥외등 커버, 전기전자에 분야에 사용되어져 왔다. IMF 시기에 국내 건축 및 잡화 시장의 침체로 사용량이 급속히 줄어 들었으나 현재는 PC 방음벽을 대체하는 PMMA sheet 방음벽과 고기능성 박막 sheet 시장 성장을 견인하고 있다. 향후 sheet 분야는 고기능성 박막 sheet와 전기전자(projection TV등) 시장을 토대로 하고 있지만 큰 수요의 변화는 없을 것으로 예상된다. 전통적인 PMMA 수요처인 자동차와 sheet 산업은 성장 둔화가 진행되고 있는 가운데 artificial marble(인조대리석)이 PMMA 성장을 잠시 주도했다. 그러나 이 분야의 leading company인 LG화학이 2005년 미국공장 가동으로 국내 수요는 정체되었고 또한 건설경기 침체로 가동율이 감소하고 있다. 그리고 더 이상의 국내 설비 증설이 이루어지지 않고 있다.

2000년 이후 디지털 시대로 접어들면서 가장 급속히 발전하는 분야 중 하나가 LCD 산업이다. LCD의 핵심부품인 BLU(back light unit)는 PMMA로 만들어진 도광판을 장착해야만 기능을 발휘할 수 있다. 우리가 흔히 display 화면치수를 12", 18", 21" 등으로 분리하는데 이것을 PMMA 도광판 한장의 크기로 보면 된다. 따라서

하나의 LCD에는 반드시 한장의 도광판이 장착되므로 PMMA 사용량은 display 화면치수가 커질수록 급격히 증가한다. LCD의 급속한 신장은 아시아 지역의 MMA 및 PMMA의 공급부족 사태를 유발시켰다. 향후 2010년까지 LCD의 성장세가 완화되고 있지만 기본적인 시장 capacity가 거대하여 꾸준히 증가를 할 것이다. 지금까지 LCD 시장의 수요증가에 맞추어 국내 MMA 및 PMMA 메이커의 증설이 잇따랐지만 수요를 따라 잡을 수 없고 monomer인 MMA 재고 balance는 부족하여 2007년까지도 계속 해외에서 수입을 해야 할 상황이 전개되고 있다.¹³

2.6.2 특수 Engineering Plastics

한편 최근에는 고기능성이 요구되는 IT, 디스플레이 분야의 수요 증가로 범용 엔지니어링 플라스틱 뿐만 아니라 특수 엔지니어링 플라스틱 및 기능성 수지의 개발 및 생산이 활성화 되는 추세이다. 특수 엔지니어링 플라스틱은 일반적으로 인장강도 500 kgf/cm² 이상, 굴곡탄성률 20,000 kgf/cm² 이상 그리고 장기사용온도 150 ℃ 이상을 가진 것을 말하는데 이에 해당하는 수지는 polyimide, poly-sulfone, polyphenylsulfide, polyethersulfone, polyetheretherketone, polyetherimide 및 액정 polymer 등이 있다. 이들은 강성, 탄성 이외에도 내충격성, 내마모성, 내한성, 내약품성, 전기절연특성이 뛰어나서 기존 범용 엔지니어링 플라스틱이 사용되는 용도 이외에 카메라, 시계부품, 항공기 구조재 및 정밀 전기전자부품 등에 다양하게 사용될 수 있다.

「다만 이들 수지는 국내 생산이 전무한 상황이라 전량 수입에 의존해야 하지만 산업의 고도화에 따라 필수적인 재료로서 특히 PPS는 컴퓨터, 휴대폰 커넥터 및 광 pick-up 등에 활발히 사용되면서 국내 수요가 2,000톤 이상으로 성장하였고 중합제품 생산이 검토되고 있으나 인장, 윌드강도 등 성형조건이 까다롭고 선풍창 계수 역시 까다롭게 조절해야하는 단점을 가지고 있다.」 또한 열경화성으로 사용되기는 하지만 polyimide는 필름용도를 중심으로 활발하게 적용되고 있으며 flexible 프린트 기판, 다층 프린트 기판 및 TAB tape 용도등에 수요가 증가하고 있어 이들 수지에 대해서는 전량 수입에 의존해야 하는 상황을 타개하기 위한 생산설비 투자검토 및 합성에 관한 본격적인 연구개발이 필요한 시점이다.

3. 합성섬유

국내 화섬원료 생산기업들은 생산능력 신증설을 추진하는 반면 원사와 섬유 생산기업들은 국내 사업장을 폐쇄하는 등 원료기업과 수요기업의 양극화가 심화되고 있다. 국내 화섬산업은 가격경쟁력 약화와 고정비용 상승으로 벼랑 끝에 몰린 형국이다. 국내 화학섬유 생산능력은 2000년 일일 8,349톤에 달했으나 2004년에는 일일 6,441톤으로 감소해 1990년대 중반 수준으로 떨어졌다. 화학섬유 생산의 80% 이상을 차지하는 폴리에스터 섬유는 국내 공장의 가동중단으로 2004년 생산능력이 13.2% 감소했으며 2005년에도 10.6% 줄었다. 폴리에스터섬유 보다 경쟁력이 낮은 것으로 평가되는 나일론(Nylon) 생산능력은 2004년 8.6% 감소한데 이어 2005년 1.4% 줄었으며, 아크릴섬유(acrylic fiber) 생산능력은 48.0% 감소했다. 국내에서는 범용제품 부분의 경쟁력 약화를 신소재 생산과 노후설비 폐쇄 등을 통해 완화해야 한다는 주장이 있으나 화학

표 15. 국내 화섬 품목별 생산능력, 생산량, 수출동향 (단위:천톤)

		2004	2005*
폴리에스터	생산능력	1,946	1,740
	생산량	1,630	1,400
	수출량	965	690
나일론 F	생산능력	222	219
	생산량	205	175
	수출량	61	51
아크릴 SF	생산능력	150	78
	생산량	143	95
	수출량	113	79
합계	생산능력	2,310	2,037
	생산량	1,978	1,670
	수출량	1,139	820

*1~10월 기준.

<출처> KCFA.

섬유 생산기업들은 자금 여력이 없어 연구개발 투자능력이 없는 상황이다.¹⁴

국내 화섬원료 생산기업들은 국내시장 위축에도 불구하고 중국과 동남아의 수요 증가에 기대를 걸고 있어 롯데 대산유화가 2008년 6월 가동을 목표로 MEG 40만 톤 증설을 시작하는 등 투자에 적극적인 자세를 보이고 있다. 중국의 화섬원료 수입이 2004년 26.4% 증가한 989만 3,000톤에 달하는 등 투자릿수의 고속 신장을 거듭하고 있기 때문이다. 한국의 화섬원료 수출도 매년 두 자리수의 신장을 거듭했으며 2004년에는 TPA(terephthalic acid) 수출이 70.6%, MEG는 31.2%, AN(acrylonitrile)은 91.3% 급증했다. 중국의 폴리에스터 섬유 수출은 2005년 하반기에 부진했으나 중장기적으로 미국지역 수출이 꾸준히 증가할 것으로 예상되고 있다. 또한 중국의 TPA와 MEG의 생산이 폴리에스터 생산 증가를 따라가지 못해 원료 자급률이 낮다는 점도 국내 화섬원료 생산기업들의 수출전망을 밝게 하는 요인으로 작용하고 있다.

정부는 국내 1995년 이후 섬유수출 신장세가 갈수록 둔화되고 있고, 산업용 섬유 등 고부가가치제품의 비중이 낮으며, 핵심기술 및 패션 디자인 개발력이 취약하고, 인건비 상승과 인력부족이 악재로 작용하고 있는 것으로 파악하고 있다. 정부는 활기를 잃어가는 섬유산업에 대한 해법을 산업용 섬유 시장개척 및 창출을 위한 신섬유 소재 개발과 상용화에서 찾고 있다. 산업자원부는 현 상황을 타개하기 위해 2010년까지 세계 수준의 신섬유 제품을 갖추어 산업용 섬유 시장이라는 블루오션(Blue Ocean)으로 뛰어들 계획을 추진하고 있다.¹⁵ 산자부는 산업용 섬유의 세계수요를 2000년 1,674만 4,000톤, 2005년 1,968만 2,000톤, 2010년 2,377만 4,000톤으로 전망하고 있다. 범용섬유는 경쟁이 치열한 레드오션(Red Ocean)이지만 산업용 섬유는 그렇지 않다는 것이 정부의 판단이다. 산업용 섬유의 연구개발에 있어 공통되는 키워드는 바로 나노섬유이다. 즉, 정부는 나노섬유를 차세대 산업용 섬유의 주력으로 삼고 있다. 나노섬유는 1 μm 이하의 직경을 갖는 섬유로 중량 대비 강도가 높고, 조직이 치밀하며, 비표면적이 큰 특징을 지니고 있다. 일반섬유의 굵기는 1 데니어(denier) 보다 큰데, 나노섬유는 0.01 데니어 보다 가늘며, 초극세섬유 보다도 3배 가는 것으로 알려져 있다. 사람 머리카락의 1/1000~1/2000 굵기 수준이다. 나노섬유 개발 사업은 나노기술을 응용한 유·무기 신섬유 개발, 항

공·의료·공업용 소재의 나노 응용기술 개발에 중점을 두고 있다. 나노섬유의 응용분야는 크게 필터, 와이퍼, 극한 방호, 의료용, 일상 생활소재로 구분된다

대표적인 산업용 섬유 수출제품은 타이어코드이나 완제품보다는 범용원료 수출이 주종을 이루고 있다. 세계 PET 타이어코드 생산량은 2000년 기준 29만 톤으로 효성이 68,000톤을 생산해 세계 시장점유율 23.4%를 기록했다. 원료 생산이 불가능한 케블라, 노멕스, 유리섬유, 탄소섬유, 테프론, PBO 등의 특수섬유는 수입에 의존하고 있으나 수요는 점차 늘어나는 추세이다. 국내 산업용 섬유의 기술수준은 선진국에 비해 60% 수준에 불과하고, 특히 특수섬유 생산기술 및 후가공 기술이 취약한 것으로 지적되고 있다. 세계 섬유산업은 1990년을 기준으로 의류용은 후발 개발도상국, 산업용은 선진국 중심으로 재편되고 있으며, 산업용 섬유의 세계 수요는 향후 급속히 성장할 전망이다. 세계 산업용 섬유 생산기술은 기존 섬유를 고기능화 시키는 제 3세대 초기능 섬유를 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 인공지능섬유 등 미래섬유에 대한 연구가 추진되고 있다. 섬유 굵기가 0.0001d인 초극세섬유 개발, PBO 및 탄소섬유 등의 초고강력 섬유 개발, 전기방사(electro-spinning)에 의한 나노단위 ($0.1 \times 10^{-8}d$)의 초극세사 미래섬유 연구 등이 진행 중이다. 또 세계 산업용 섬유 관련기업들은 용도 다변화 및 고부가가치 창출을 위한 기술 확립 등에 주력하고 있고, 사회적·산업적인 구조변화의 영향으로 환경, 생활, 건강, 에너지 등 응용분야의 기술개발에 중점을 두고 있다.

합성섬유의 연구개발 범위는 크게 환경, 건강, 생활, 산업 부문으로 구분된다. 환경 부문은 악취나 균을 제거하는 고성능 공조필터, 산업용 소각로나 먼지집적 등에 이용되는 고온필터, 생화학처리를 통한 수질정화필터, 펠트 블로우 공법에 의한 다층 액체필터 등과 관련되는 기술 및 제품 개발을 포함한다. 건강 부문은 고성능 흡수, 탈취, 살균 병원용품이나 보육용 편의용품 등을 포함하고 생활 부문에는 흡수성과 먼지제거 기능이 좋은 패적성 제품이나 후가공에 의한 항균 제품 등이 포함된다. 산업 부문은 두께가 균일한 고성능 전기용품이나 고기능성 포장재, 재활용 및 생분해 제품의 개발에 주력하고 있다.

연구개발을 집중해야 할 분야는 초극세사 섬유, 고정정 환경개선용

표 16. 세계 화학섬유원료 생산동향 (단위 : 1,000M/T, %)

구분	1985	1990	1995	2000	2005
의류용	9,358	10,134	11,494	15,107	16,760
산업용	6,062	7,518	9,321	11,340	13,690
합계	15,420	17,652	20,815	26,393	30,448
비중	29.3	42.6	44.8	42.8	45.0

<출처> KPAI.

표 17. 산업용 섬유 기술 수준 비교(2000년) (단위 : %)

구분	미국	EU	독일	일본	한국	타이완
원료생산	100	80	80	75	50	40
섬유화기술	95	90	90	100	70	70
집합화기술	90	90	100	98	75	70
후가공	85	90	85	100	45	40
평균	92.5	87.5	88.8	93.3	60.0	55.0

<출처> 한국생산기술연구원.

복합섬유, 고정정 복합섬유 분야라고 판단된다. 국내 산업용 섬유 기술수준은 선진국의 60%에 불과하나 지속적인 투자와 기술개발이 이루어진다면 산업용 섬유 대체가 활발히 진행될 것으로 예상된다. 그러나 국내 섬유산업은 1990년 이후 산업용 섬유의 중요성은 인정하면서도 지금까지 대량생산에 따른 범용섬유 생산에 역점을 두어 한계가 드러나고 있다. 「다만, 폴리에스터 섬유가 세계적인 공급 과잉과 원료가격 상승으로 화학섬유기업의 경영난 악화를 초래함으로써 산업용 섬유로의 용도전환과 패션제품 개발에 의한 화학섬유산업 구조조정의 필요성이 대두돼 발전 가능성은 엿보이고 있다.」

4. 합성고무

1839년 가황기술이 개발된 이후 일상생활에 중요한 소재로 활용되기 시작되었고 20세기 들어 공기를 채운 타이어의 발명, 가황 촉진제, 카본블랙, 노화방지제의 개발로 고무의 대량수요가 형성되었다. 합성고무는 1,2차 세계대전 중 천연고무 공급의 지역적 편중문제에 대처하기 위해 천연고무 비생산국들의 노력에 의해 개발되어, 2차대전 후에는 품질개선과 코스트절하, 특수규격 개발 등으로 현재는 천연고무보다 많은 수요를 가지고 있다. 현재 가장 경제적이고 사용범위가 넓은 합성고무는 유화중합 SBR로 1928년경 생산방법이 완성되고, 2차 세계대전 중 품질향상, 대량생산 체계가 확립되었다. 유화중합 SBR이 개발되던 시기에 내유성이 뛰어난 NBR이 개발되어 비슷한 생산 공정으로 발전되었으며, 이후 내약품성, 내유성이 뛰어난 CR이 개발되었다. 1940년대에는 내마모성과 내유성이 좋은 우레탄계 고무와 내노화성, 내열성이 좋은 실리콘 고무가 발명되었으며, BR은 1950년대 중반 새로운 촉매의 발견과 더불어 1960년대 대량생산 체계가 가능해졌으며, 천연고무와 유사한 화학구조인 IR과 내후성, 내열성이 뛰어난 EPDM의 생산이 가능해졌다.

2002년 기준 세계 합성고무 생산능력은 범용규격인 SBR이 422만톤, BR이 307만톤, 특수규격인 기타고무가 421만톤등 총 1,100만톤에 이르며, 이중 한국은 약 52만톤의 생산능력(전세계 생산능력의 4.6%)을 보유하여 세계 6위의 합성고무 생산능력을 보유하고 있다. 국내 합성고무 생산량은 52만 5천톤으로 추정되며, 이중 22만7천톤은 국내에 판매하고, 나머지 29만 7천톤은 해외에 판매되는 것으로 추정된다. 생산품목은 범용규격인 SBR, BR 제품이 전체 생산량의 80%, 특수규격인 NBR, HSR, EPDM 등이 20%를 차지하고 있다. 국내에서 생산되지 않는 특수규격 고무로는 IIR(부틸고무), CR(불소고무), IR(이소프렌고무) 등이 있으며, 전량 수입에 의존하고 있다. 전량 수입에 의존하는 특수고무의 2003년 수요는 연간 6만 5천톤 정도이며, 가격도 범용규격의 2~3배 수준이다.

2002년 기준 국내 총고무 수요는 65만 4천톤으로 2000년 68만 3천톤보다 2만9천톤 감소되었다. 이는 9·11 테러이후 국내 고무관련 산업의 수출부진에 따른 수요감소와, 2002년 발생한 한국타이어 금산공장 화재이후 고무수요 감소로 분석되어진다. 천연고무 사용비율은 2000년 48.9%에서 2001년 48%로 감소되었으나(천연고무 가격 약세 영향), 특수규격 합성고무의 사용량이 증가되어 합성고무 사용비율은 49.4% 정도로 추정된다. 2002년 국내 고무수요 65만 4천톤을 용도별로 살펴보면, 타이어 제조에 63%(41

표 18. 세계 합성고무 생산능력

(단위 : 1,000 M/T)

구분	SBR	BR	IR	EPDM	IIR	NBR	CR	합계
미국	597	902	90	508	253	50	100	2,500
유럽	1,471	837	618	380	364	178	110	3,958
일본	670	298	73	255	115	86		1,545
한국	277	163		40		36		516
중국	345	390		20	30	30		815
세계	4,226	3,069	781	1,198	852	483	308	10,917

<출처> IISRP.

표 19. 국내 총고무 수요현황

(단위 : MT, %)

구분	2000년	2001년	2002년	2003년
SBR	129,800	125,300	119,900	126,200
BR	80,600	81,700	81,400	83,700
기타	123,200	114,500	122,000	126,800
합성고무	333,600	321,500	323,300	336,700
천연고무	349,300	348,100	331,000	345,000
총고무	682,900	669,600	654,300	681,700
% SR	48.9%	48%	49.4%	49.4%

<출처> KPIA.

만든), 자동차 부품제조에 15%, 전선/벨트 등 기타 산업용고무제품에 12%, 신발 및 신발부품에 5%, 기타제품에 5% 사용되고 있다.

합성고무 산업에 있어서 과제가 있다면 다음의 몇 가지로 요약할 수 있다. 즉 수익성 개선, 특수규격의 개발 또는 기술도입 및 천연고무 대체제품 개발 등이다. 우선 수익성 개선을 위해서는 제품 구조조정을 통한 고부가가치 제품으로 전환을 추진할 시점이며, 또 고무산업이 저성장, 저수익 구조로 전환됨에 따라 고부가가치 제품의 개발과 판매가 매우 중요한 이슈가 되고 있으나 현재 국내 합성고무 제조업체가 가지고 있는 기술력만으로는 고부가가치 제품 개발에는 많은 시간과 노력을 투자해야 하지만 수요가 작기 때문에 상업화 가능성은 매우 낮은 것이 현실이다. 그러나 최근 들어 타이어 산업이 고부가가치 제품 생산을 위해 특수규격 제품에 대한 개발 요구가 증가하고 있고, 제품 구조조정을 위해서도 특수규격 개발이 필요한 시점이므로 연구개발의 강화, End-User와의 공동개발 진행, 선진업체 기술도입 또는 전략적 제휴 등을 추진해야 할 것이다. 마지막으로 합성고무는 천연고무를 대체하기 위해 개발이 시작되었으나, 아직 천연고무를 완전히 대체하는 기술은 개발되지 않고 있다. 천연고무는 노동집약적이며, 생산지역이 아시아 지역에 편중되어 있고, 농작물이라 작황에 따라 가격 변동요인이 크고, 생산성 증가가 낮아 수요증가에 대처하는데 한계가 있으므로 고무산업 입장에서는 위협요인으로 작용하고 있다. 따라서 합성고무산업은 장기적인 관점에서 대체제품 개발에 역량을 집중할 필요가 있다.

5. 결론

이상에서 살펴본 바와 같이 고분자 산업은 전 부문에 걸쳐 새로운 발전과 도전에 직면해 있으며 특히 합성섬유 이외의 합성수지 및 합성고무 분야는 기술적으로 해결해야 할 이슈들이 많이 있다. 크게 보면 대부분의 제품들이 내수대비 생산능력이 훨씬 초과 되어 있어 대부분의 물량을 수출에 의존해야만 수익성을 확보할 수 있기

때문에 신제품 개발, 품질 향상 및 가격 경쟁력 확보를 통한 전반적인 경쟁력 향상이 요구된다. 고분자 관련 산업이 향후 지속적인 성장 발전을 위해서는 어떤 문제들에 직면할 것인지, 그리고 그런 문제들을 극복하기 위해서는 어떤 조치와 노력이 필요할 것인지에 대해 부족하나마 필자의 의견을 피력하자면 다음과 같다.

우선 최근 급변하는 기업환경에 적극적으로 준비하고 대비해야 한다는 것이다. 즉, 유해환경물질 및 온실가스 배출량에 대한 국제사회의 규제, 고유가/고환율의 고착화, 세계 화학 산업의 구도를 재편하는 동시에 막대한 시장을 무기로 하는 중국과의 기술격차 감소, 날로 두터워지는 유럽연합의 눈에 보이지 않는 시장/기술 장벽, 자원 고갈로 인한 원부재료 가격폭등 및 자원 무기화, 한미 FTA 체결, 고급두뇌의 이공계 지원회피 현상 등 실로 심각한 문제들이 산적해 있는 냉엄한 현실을 직시해야 한다는 것이다. 이들 문제는 단기간 내에 해결하기는 어렵지만 올바르게 대처하기 위해서는 업계의 혁신 의지와 아울러 관련 학계의 학문적 지원, 그리고 고분자 산업 및 석유화학 산업이 국가 경제에서 차지하는 비중을 새롭게 인식하고 체계적이고 지속적인 정책적·제도적·인적 뒷받침이라는 삼위일체를 이끌어 내어야 한다는 것이다.

두 번째 역점을 두어야 할 분야는 IT 분야에 필요한 고분자 소재 개발에 집중해야 한다는 점이다. 최근 10여년 내 우리나라 산업 구조 변화상의 중요한 변화 중 한 가지는 IT 기술/산업의 중요성이 급속히 증가한 것과 그에 따른 국가 경제 전체에서 차지하는 비중이 다른 산업군을 능가하는 수준이 되었고 향후 IT 분야의 시장이 지속적으로 확대될 전망이다. 그러나 반도체, 휴대폰 및 디스플레이 등의 주요 IT 제품 경쟁력은 세계 최고 수준임은 자타가 인정하게 되었지만 부품소재 및 공정기술면에서는 아직도 대외 의존도가 매우 높은 형편이다. 특히 부품소재 측면에서는 집약화·모듈화 경향이 갈수록 강해지면서 그에 따른 고분자 소재의 중요성이 더욱 중요해지는데 반해 거의 대부분의 중요 고분자 소재는 수입에 의존해야 하는 형편이어서 IT 산업이 한 차원 더 높이 도약하는데 있어서 발목을 잡는 요인 중 하나임은 모두가 인정해야 할 것이다. IT 분야에서 요구되는 다양한 수요에 부응하기 위해서는 전략적 연구개발이 필요하고 그를 통해 소재에서 출발하여 부품 및 최종제품에 이르는 수직 계열화를 이룰 때 IT 강국의 위상에 어울리는 고분자 소재의 강국이 될 수 있으므로 고분자 관련 학계 및 산업계에 종사하는 사람들은 사명감을 가져야 할 것이다.

세 번째로 서구 선진 국가 및 메이저 화학 회사들이 집중하고 있는 여러 분야 중 특히 산업용바이오 기술로 대변되는 바이오 기술에 집중해야 한다는 것이다. 산업용 바이오 기술은 화학물질이나 에너지 등의 상업 대량생산에 미생물이나 효소 등을 사용해서 청정공정과 폐기물 감축 및 에너지 사용량을 줄이는 바이오기술 중의 중요 응용분야이다. 실제 적용 예로 열과 압력, 촉매 등으로 반응을 일으키는 다단계 공정을 효모나 미생물을 이용하여 단순공정으로 개량하는 것과, 폐기물 문제를 해결할 수 있는 바이오 베이스의 신제품개발, 그리고 바이오 mass나 농작물을 기초 원료로 하는 석유화학제품 또는 에너지를 생산하는 기술 등이 있다. 이를 통해 국내 석유화학 기업의 사업구조와 연계성을 가지면서 경제적 가치창출과 환경문제 개선이라는 두 마리 토끼를 잡을 수 있으며, 중장기적으로는 고유가 시대에 적응하고 환경 친화적인 사업을 통한 기업 이미지 개선에 중요한 해법이 될 수 있기 때문이다. 이를 위해서는 정부 차

원의 기술개발과 관련 사업을 장려할 수 있는 정책적 뒷받침이 우선 되어야 할 것이다.

네 번째 집중해야 할 분야는 첨단산업 중에서도 가장 많은 집중을 받는 나노기술에 대한 투자와 관심을 기울여야 한다는 것이다. 나노기술은 인류의 미래 기술혁신을 위한 가장 유망한 기초기술이며 특정 산업군을 형성하기 보다는 기존 주요 산업들과 융화, 적용되어 해당 산업의 기초소재와 공정을 한 단계 업그레이드 시키는 seed technology 이기 때문이다. 구분 기준에 따라 다소 차이는 있으나 나노기술을 통해 성공을 거둘 수 있는 유망한 분야는 나노소재 분야, 나노소자분야, 나노바이오 및 나노기반공정 분야로 나눌 수 있다. 나노 소재는 화학 산업에 전적으로 기반을 두고, 나노소자는 화학과 전자산업, 나노바이오는 화학과 생명과학, 나노기반공정은 화학과 기계/컴퓨터 산업의 융합으로 추진되고 있다. 한국의 나노기술 수준은 2004년 현재 세계 10위권 수준이나 세계 1위와의 격차가 매우 크므로 적극적인 관심과 투자가 필요하다. 최근까지 국내 주요 기업들의 R&D 전략을 보면, 첨단 산업 중 전자재료나 바이오등을 전략연구개발 부문으로 설정하고 관심을 기울여 온 반면, 나노기술에 대해서는 아직 상업화와는 거리가 있는 기초기술로, 그 추세만 관망하는 자세를 유지해 온 것으로 평가된다. 그러나 아직 상업화가 본격화되기 이전인 현 시점에서 나노기술에 대해서 선진국에서 진행되는 기술발전의 주요 맥락을 이해하고 그 물결에 올라타기 위한 적극적인 노력이 필요하다. 이러한 노력은 한국의 고분자 산업이 여타 사양산업이나 굴뚝산업과는 차별화되는 고부가가치 산업으로, 발전하는 동시에 장기적인 성장을 꾀할 수 있는 중요한 기회를 포착하는 길이라 생각된다.

마지막으로 이공계 고급 두뇌를 고분자 산업으로 적극 유치하기 위한 산학연의 유기적인 협력 시스템을 강화해야 할 것이다. 이를 위해 산업계가 적극 참여하는 산업기술세미나, 산학강좌 등의 프로그램을 활성화하고 학계/연구소의 신기술을 산업체에 효율적으로 연계시키는 협력체계를 보다 강화하고 시스템화를 서둘러야 할 필요가 있다.

참고문헌

1. 이규일, *석유화학*, 12월호 (2004).
2. 도상록, *석유화학*, 2월호 (2004).
3. 최경재, *석유화학*, 2월호 (2004).
4. 오승민, *석유화학*, 3월호 (2005).
5. 이정순, *석유화학*, 7월호 (2006).
6. 구정기, *고분자과학과 기술*, **3**, 369 (1992).
7. *화학저널*, 2월호, (2006).
8. *화학저널*, 9월호 (2005).
9. *화학저널*, 10월호 (2004).
10. 김상록, *석유화학*, 6월호 (2002).
11. *화학저널*, 3월호 (2005).
12. 이재철, *석유화학*, 7월호 (2004).
13. 이충선, *석유화학*, 7월호 (2005).
14. *화학저널*, 3월호 (2006).
15. *화학저널*, 8월호 (2005).