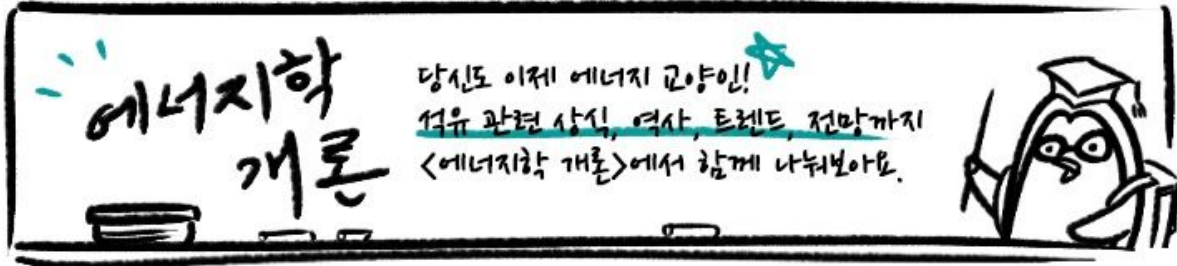


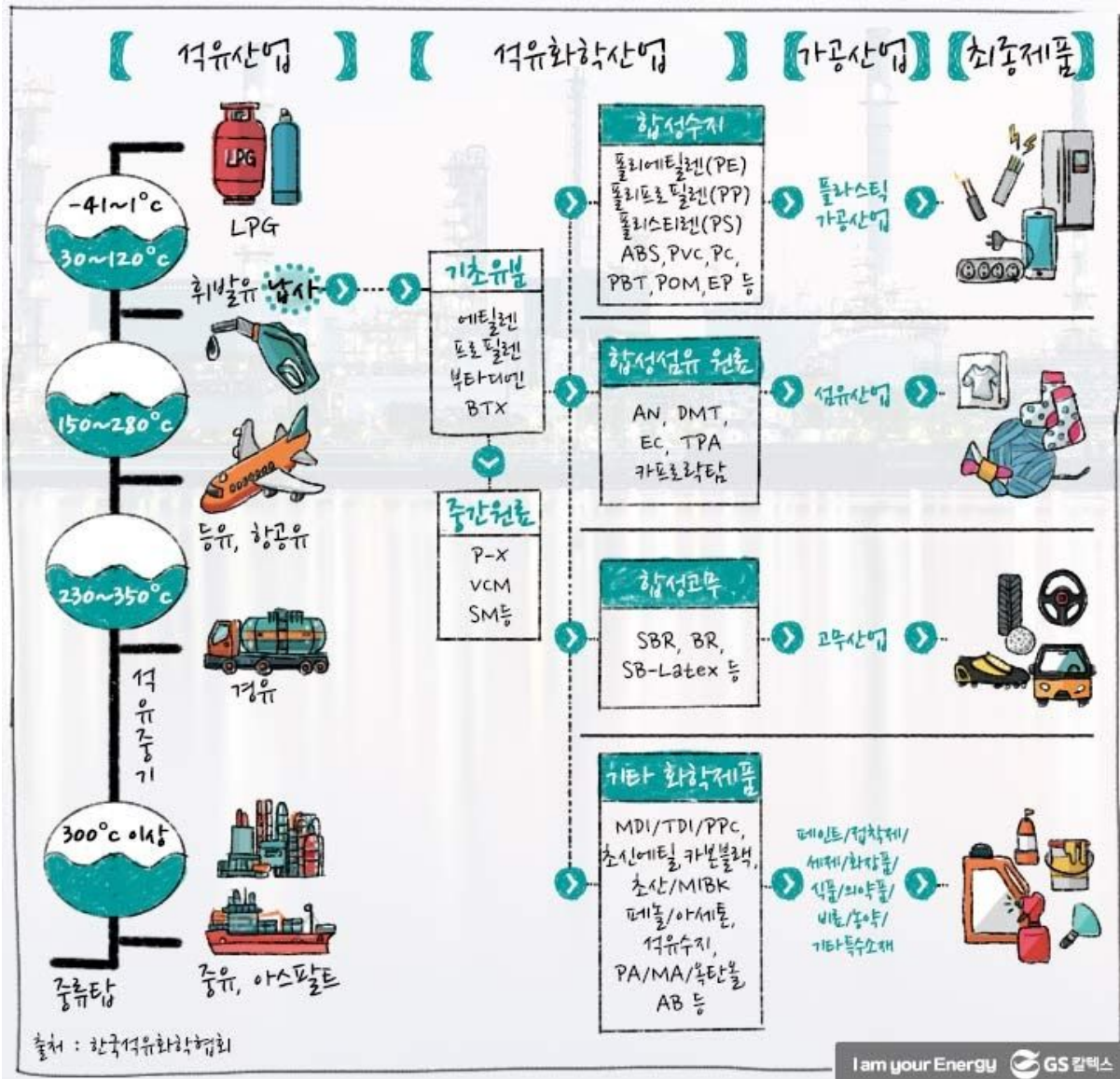
# 석유화학 내 합성수지, 합성 고무와 합성 섬유 산업



[목차]

1. 폴리올레핀
2. PO 종합 공정, 종합 촉매
3. 폴리스티렌 수지
4. PVC 수지
5. 합성섬유
6. 합성고무

플라스틱의 구분으로 열가소성과 열경화성 수지가 있다. 전자는 열을 가해 용융이 일어나고 다시 냉각하면 원래 고체 상태가 되는 종류이고, 후자는 열을 가하면 분자구조의 변화로 다시 원래 상태로 돌아가지 못하는 것이다. 상업적으로 열가소성이 많은 부분을 차지하고 있으며 대표적인 플라스틱으로 PE, PP, PVC, PS, ABS가 있고 이를 5대 범용수지라고 한다. 본 강좌에서 이어지고 있는 석유화학의 가치사슬을 생각해 보면 나프타를 분해하여 얻어진 에틸렌, 프로필렌과 이를 응용하여 만들어지는 파라-자일렌, VCM, SM 제품의 대부분을 이러한 합성수지, 합성섬유, 합성고무의 고분자 물질을 만드는 것이 최종 목적이 된다. 이러한 고분자에는 많은 종류가 존재하나 이 강좌에서는 주요 범용 수지에 대하여 주로 서술한다.



## 합성수지

### 폴리올레핀 - 플라스틱의 대표 선수

2020년 현재 국내에서 HDPE, LLDPE, LDPE, PP를 포함하는 여러 종류의 폴리올레핀이 생산되고 있고 총생산량이 1,160만 톤으로 25년 전 390만 톤 대비하여 2배 이상 증가하였고 세계에서 5위권 이내 생산량을 자랑한다.

폴리올레핀은 석유화학산업의 대표 선수이며 전체 석유화학 생산량의 많은 부분을 차지하고 있다. 우리나라도 십여 개의 업체가 이를 생산하고 있고 세계에서 생산량이 매우 커 국내 수출 산업의 매우 큰 부분을 차지하고 있지만 원료 물질이라 일반인들은 잘 모른다. 나프타 분해를 비롯한 대부분의 석유화학 공정은 단일 제품을 생산하고 있지만, 폴리올레핀을 비롯한 합성수지 등 고분자 물질은 한 공장에서 한 spec 제품만 생산하여 판매되는 것이 아니라 다양한 spec의 제품을 생산하고 있고, 종합 공정과 촉매도 다른 석유화학제품과 매우 차이가 있어 이 분야는 다른 석유화학 대비 매우 특화되어 있다. 공정, 촉매, 제품의 물성이 세 고리가 맞물려 있기 때문에 다른 석유화학 공정이 공정과 촉매의 조합으로 일정한 조건을 유지하며 공정이 운전되는 반면 종합 공정은 다양한 spec의 제품에 따라 여러 가지 공정조건과 촉매를 이용하고 있다. 따라서 세계적인 폴리올레핀 업체와 국내 선도 업체는 각자의 공정, 촉매, 제품설계 기술에 대한 노하우를 가지고 있고 이에 대한 후발 업체의 습득 노력이 계속되고 있다.

HDPE는 국내 6개 업체가 생산하고 있으며 국내에서 270만 톤 이상 생산하고 있으며 중공성형, 사출, 필름 등에 주로 사용되고 있다. LLDPE는 국내에서 6개 업체가 총 187만 톤 정도 생산되고 있으며 포장용 필름 사용이 가장 수요가 많고 그 외에 압출성형 등에 쓰인다. LDPE는 4개 업체가 146만 톤 정도 생산하고 있고 사출성형, 압출성형, 중공성형 등에 사용된다. PP는 국내 9개 업체가 생산하고 있고 총 503만 톤 생산하고 있다. 국내에서는 주로 사출성형에 30% 이상 사용하고 있으며 그 이외에도 압출성형에도 응용되고 있다. PP 제품으로 homo PP, random PP, terpolymer, heterophasic PP copolymer이 있으며 각각 다양한 특성이 있고 응용처가 다르다.

**2020년 국내 PO생산량**

단위 : 천톤/년

PO종류	LDPE	LLDPE	HDPE	PP
생산량 (천톤/년)	146	187	270	503

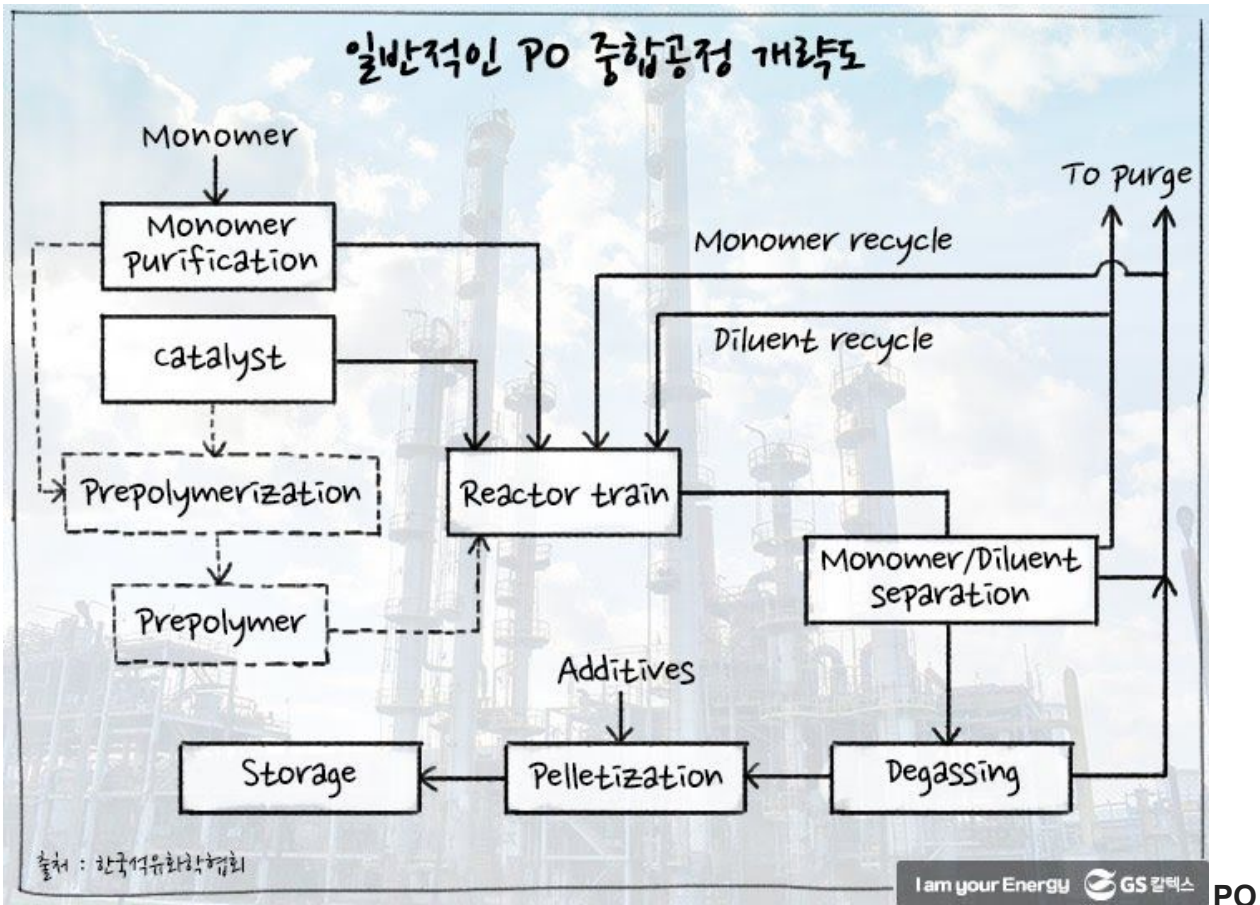
출처 : 한국석유화학협회

I am your Energy GS칼텍스

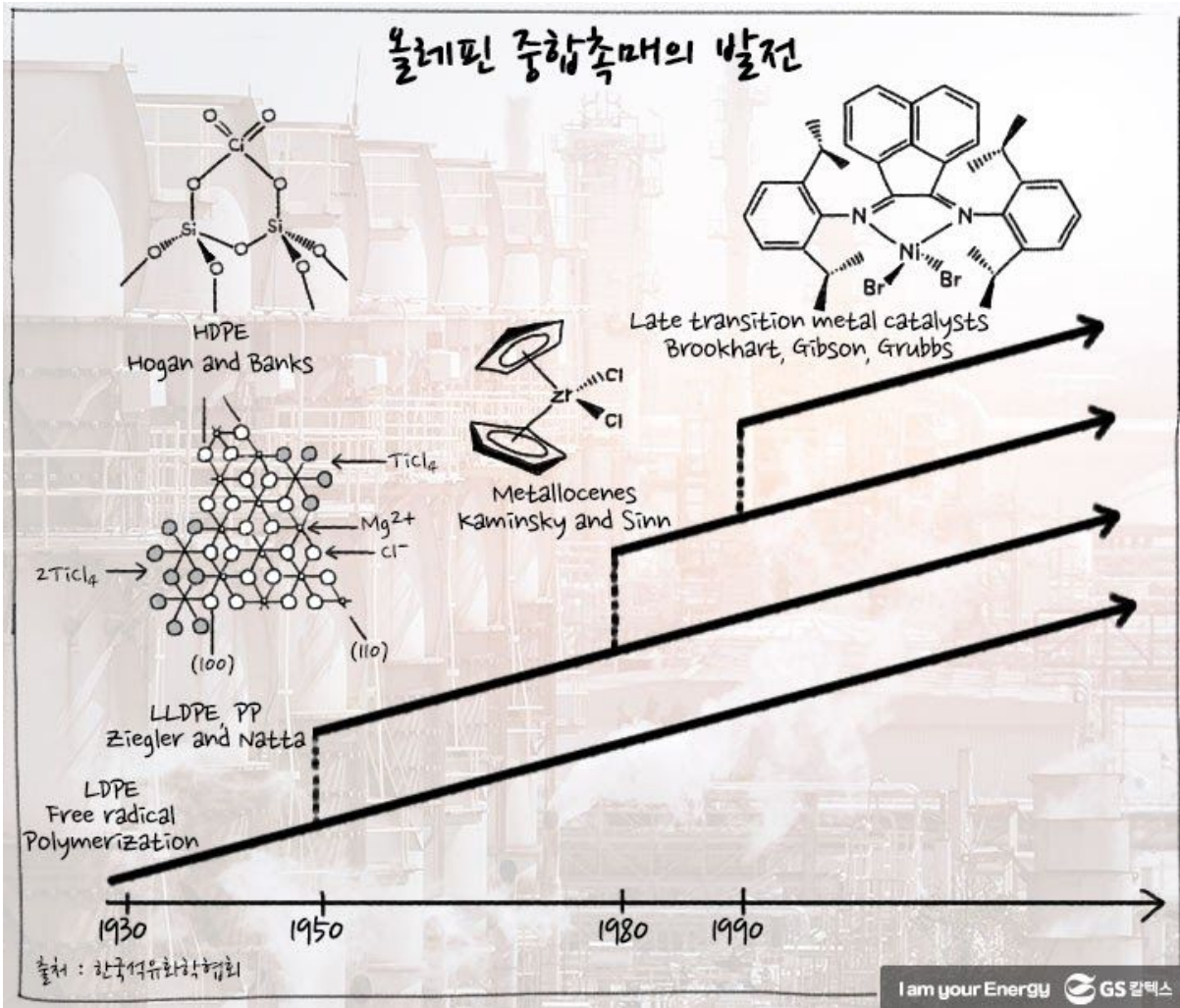
폴리올레핀 종합 촉매와 종합 공정에 대한 다양한 기술이 존재한다. 종합 촉매와 공정기술은 폴리올레핀 기술 발전 초기부터 회사별로 개발되어 특허로 보호되고 라이선싱되었다. 국내

폴리올레핀 생산업체들은 라이선싱을 통한 종합공정과 촉매를 수입하였다. 따라서 PO 제품기술과 공정 운전기술 및 일부 PE 종합촉매기술은 비교적 발전했으나 PP 종합촉매와 공정설계기술은 산업의 역사와 PO 생산량에 비해 크게 발전하지 못했다. 과거에는 공정 라이선싱 업체들이 공정만 라이선싱하는 것이 추세였으나 최근에는 JV를 통한 지분투자와 공동생산에 보다 관심을 가지고 있는 상황이다. 국내에 많은 PO생산업체가 존재하다 보니 해외 라이선싱 업체의 거의 모든 공정이 국내에서 건설, 운전되고 있다.

**PO 종합 공정은 모노머만을 이용하는 벌크 공정, 용매와 모노머를 이용하는 용액 공정이나 슬러리 공정, 모노머를 기상으로 이용하는 기상공정으로 나눌 수 있다.** 반응기 형태에 따라 교반형 탱크 반응기, 루프 반응기, 유동층 반응기 등이 대표적이다. PE 종합 공정은 기상공정이나 슬러리 공정이 주로 사용되고 대표적인 PE 공정은 Unipol, Mitsui, Borstar, Spherilene, Phillips, Dowlex 공정 등이 있다. **PP 공정은 벌크공정과 기상공정이 주요 공정**이며 대표적으로 Spheripol, Unipol PP, Borstar, Hypol II, Novolen, Sumitomo 공정 등이 있다. 80년대 이후 폴리올레핀 종합공정은 반응기가 2개를 연속으로 구성하고 있으며 이는 폴레올레핀의 주요 물성을 분자량분포와 화학조성분포 등으로 조절하기 때문이며 다양한 기술적 노하우가 존재한다. 라이선서와 라이선싱한 업체 모두 이에 대한 이해와 개발에 노력을 경주 중이다. 반응기 2기를 연속으로 연결하는 기술에서 최근에는 3개 이상의 반응기를 연결하여 고분자의 분자구조와 물성을 조절하는 기술도 매우 관심이 높아지고 있고 다양한 공정과 촉매기술의 발전이 지속해서 이루어지고 있다.



중합촉매는 지글러-나타 촉매가 현재도 대부분을 차지하고 있다. 1950년대에 개발되어 70년의 시간 동안 산업적인 중요성으로 인해 활성과 고분자 물성 측면에서 엄청난 발전을 해왔다. 1990년대 이후 메탈로센 촉매가 상업적으로 응용되기 시작하여 PE 분야에서 많이 사용되고 있으나 PP 분야는 아직 생산량이 많지 못하다. 중합 촉매의 성능은 공정의 운전 안정성, 생산성, 제품에 영향을 크게 미치기 때문에 많은 PO 생산업체와 촉매 전문업체에서 고성능 촉매개발을 위해 노력하고 있다. 국내업체들도 90년대 이후 이러한 촉매 중요성으로 독자 촉매 개발을 진행했고 일부 개발 성공으로 자사 촉매를 사용하는 경우도 있다.



## 폴리스티렌 수지

스티렌계 수지는 GPPS, EPS, MIPS, SBA, SAN, ABS 등 스티렌 모노머를 주성분으로 하여 중합된 수지이다. PS 수지는 전기전자제품, 자동차 부품, 건축자재, 포장재 등에 쓰이고 ABS 수지는 전기전자제품, 자동차 부품에 주로 쓰인다. 중합 공정은 벌크 회분식 반응기나 벌크 연속식 반응기가 사용되고 있고 ABS의 경우 유화중합 기술이 활용되고 있다. 스티렌계 수지는 전기전자제품에 주로 사용되고 있기 때문에 난연 특성이 요구되며 이에 대한 연구개발이 많이 진행되고 있다. 공정 측면에서 공정개선 등 생산성 향상이 주요 연구 분야이고 성분비, 그래프팅율, 분자량 조절 등을 통한 제품개선도 중요하다.

## PVC 수지

1966년 한국플라스틱이 첫 생산하여 국내 합성수지의 시작이 된 제품이며 현재 LG화학과 한화케미칼이 생산하고 있다. PVC는 현탁중합이나 유화중합기술로 생산되고 있고 그 주요 응용처는 파이프와 피팅, 캘리더링이다. 가소제의 첨가 여부에 따라 소프트한 제품부터 딱딱한 제품까지 가능하며 가소제의 발암성분으로 이를 대체하는 연구가 연구되어왔다. PVC는 폴리올레핀과 같이 다양한 스펙의 제품을 생산하여 판매하기 때문에 공정개선이 국내 업체의 주요 연구 대상이다.

**2020년 국내 기타 범용고분자 생산량**

단위 : 천톤/년

PO종류	PS	EPS	ABS	PVC	PC
생산량 (천톤/년)	705	525	2,150	1,670	750

출처 : 한국석유화학협회

I am your Energy GS칼텍스

## 합성섬유

합성섬유는 나일론, 폴리에스터, 아크릴의 주요 제품과 폴리우레탄, 폴리올레핀의 기타 섬유로 구분한다. 1960년대 이후 한국의 주요 수출 제품이 섬유이었기에 합성 섬유 산업이 비약적으로 발전했고 폴리에스터가 차지하는 비중이 가장 크다.

나일론은 높은 인장강도와 내마모성, 경량의 장점으로 의류용 이외에도 타이어 코드, 어망, 산업용으로 많이 생산되고 효성을 필두로 코오롱, 고려합섬이 생산하고 있다. 폴리에스터는 탄성, 열적 안정성, 열적 안정성, 섬유 혼용성의 장점으로 섬유물질로 가장 널리 쓰인다. 폴리에스터의 현재 만든 생산되고 있으며 삼양사를 비롯한 많은 업체가 생산하고 있다.

아크릴 섬유는 PAN, 아크릴 섬유, modacrylic 섬유가 있고 국내에서는 아크릴 섬유가 주요 생산 품목이다. 한일합성과 태광산업이 생산하고 있다. 석유화학산업에선 이러한

합성섬유산업의 원료를 생산하여 국내외에 공급하고 있으며 아래 표에 이러한 합섬원료의 생산량을 보여주고 있다.

**2020년 국내 합성섬유원료 생산량**

단위 : 천톤/년

합성섬유 종류	Ethylene glycol	Terephthalic acid	Dimethyl terephthalate	Acrylonitrile	caprolactam
생산량 (천톤/년)	1,665	6,040	160	850	270

출처 : 한국섬유화학협회

I am your Energy GS칼텍스

## 합성고무

SBR, BR의 고무제품을 국내에서 주로 생산하고 있으며 절반은 내수로 사용하고 있고 나머지는 수출하고 있다. 생산 제품으로 SBR, BR이 대부분을 차지하고 있고 NBR, HSR, EPDM이 나머지 부분이다. 합성고무의 주요 응용처는 타이어제조가 가장 부분을 차지하고 있고 자동차 부품, 전선, 벨트, 신발 및 신발부품 등으로 수요가 있다. 현재 국내 고무 산업의 과제는 고부가가치 제품 개발이지만 시장과 수요의 크기로 크게 동력을 받고 있지 못한 상황이다.



### 2019년 국내 합성고무 생산량

단위 : 천톤/년

합성고무 종류	Styrene Butadiene Rubber	Solution SBR	SB- Latex	Butadiene Rubber	Nitrile Butadiene Rubber	NB- Latex	Ethylene Propylene Diene Monomer
생산량 (천톤/년)	416	233	206	618	152	750	351

출처 : 한국석유화학협회

I am your Energy GS칼텍스

## 결론

일반 석유화학제품은 주로 기체나 액체상태의 원료이나 합성수지 등은 고체로서 제품을 소재로 사용하는 물질이기 때문에 석유화학에 종사하는 엔지니어나 연구원도 생소한 부분이다. 그러나 국내 생산량이 세계 5위권으로 매우 크고 이에 따른 경제 효과도 매우 중요한 상황이다. 더욱이 국내 정유업체들이 이 분야에 적극적으로 진입하고 있으며 생산량을 늘리고 있기 때문에 세계 시장에서 경쟁력을 위해 고부가가치 제품의 적극적인 개발과 촉매, 공정 연구가 중요하다. 또한 나프타 기반 고분자생산에서 천연/세일가스, 세일오일, 석탄을 원료로 하여 고분자를 생산하는 기술이 이미 사업화 되었고 오일대비 가격경쟁력이 매우 중요한 상황이 되었다. 국내 PO업체는 대부분 나프타 기반인데 이러한 새로운 원료에 대한 경쟁력을 갖추기 위한 노력이 경주되고 있다.

## 참고문헌

1. 고분자과학과 기술 7권, 530, 국내 고분자 산업의 최근 동향
2. 고분자과학과 기술 17권, 578, 고분자 재료의 산업화 최근 기술 동향
3. 2020 석유화학편람, 한국석유화학협회

## 함께 보면 더 유익한 에너지학개론 관련글

- [\[에너지학개론\] 제 24강. 석유화학이란? 석유화학의 기본물질은? >> 더보기](#)
- 



공주대학교 화학공학부 교수 고영수

본 콘텐츠는 공주대학교 화학공학부 고영수 교수로부터 기고를 받아 재구성한 것입니다. 본 콘텐츠의 IP/콘텐츠 소유권은 GS칼텍스에 있으며 Reproduction을 제한합니다.