산업용 신소재 적용을 위한 화학제품 개발동향과 전망

목 차

Ⅰ. 화학소재의 중요성
Ⅱ. 주요 신소재의 부상
Ⅲ. 화학소재의 적용 및 개발방향
Ⅳ. 전망 및 시사점

Ⅰ. 화학소재의 중요성

□ 세계시장규모 증가 추세

○ 화학소재는 자동차, 가전, 건설 등 다양한 분야에 적용되고 있으며 제품의 품질, 성능, 가격 등에 결정적 영향을 미치는 핵심요소

- 세계 화학소재산업 시장규모는 '08년 3조437억달러에서 연평균 4.6% 성장하여 '18년 4조8천억달러를 넘어설 전망
  - '08년 기준 시장규모의 크기는 분야별로 정밀화학〉섬유〉고분자 순

세계 화학소재 시장규모 전망

(단위 : 억달러, %)

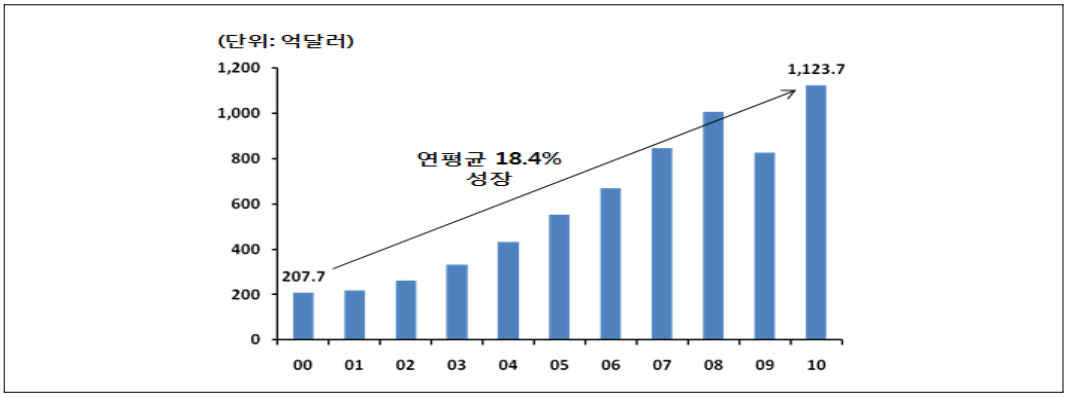
연도	정밀화학	섬유	고분자	합계
2008	13,700	12,587	4,150	30,437
2012(E)	16,900	14,824	5,100	36,824
2018(E)	22,650	19,083	6,400	48,133
성장률	5.2	4.2	4.4	4.6

자료: 업종별 단체 조사결과 (정밀화학진흥협회 등)

○ 한국의 화학소재 수출액도 '00년 207.7억달러에서 '10년 1,123.7억달러로 연평균 18.4% 증가

* 본고는 산은경제연구소 조경진 수석연구원이 집필하였으며, 본고의 내용은 집필자의 견해로 당행의 공식 입장이 아님

한국 화학소재 연도별 수출액 추이



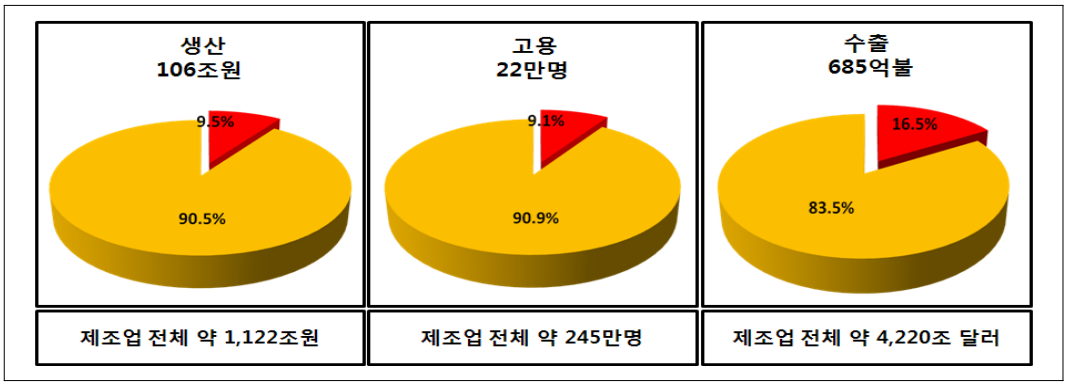
자료: 무역협회

□ 국가제조업 경쟁력의 핵심기반

○ 화학소재산업은 '08년 기준 국내 제조업 생산의 9.5%, 고용의 9.1%, 수출의 16.2%를 담당하는 등 국가경제에서도 중요한 비중을 차지

- 미국, 일본 등에서도 '80~'90년대부터 소재산업의 중요성을 인식하고 육성을 위한 투자를 지속
  - 미국은 '90년대 초부터 국방·항공기술 개발을 위해 신소재 개발을 지원하여 '91년~'96년동안 총 9.5억달러를 투자
  - 일본은 장기불황 중에도 LCD, 반도체 소재의 세계시장을 독과점

국내 화학소재산업의 경제적 위상



자료: 부품소재통계·종합정보망, 무역협회, 2008년 기준

○ 對日 부품소재 무역수지 적자중 화학소재의 비중은 꾸준히 증가하여 '10년 31.6%까지 확대

- 화학소재인 TAC필름, 포트레지스트 등 LCD관련부품은 90% 이상 일본에서 수입중

부품소재 연도별 對日 무역적자 추이

(단위: 억불,%)

년도	03	04	05	06	07	08	09	10
부품소재	△138	△158	△160	△155	△186	△209	△200	△242
화학소재	△31	△38	△41	△44	△52	△52	△60	△76
(비중)	(22.8)	(24.0)	(25.7)	(28.3)	(28.3)	(25.1)	(30.3)	(31.6)

자료: 부품소재통계 · 종합정보망

□ 국내에서도 화학소재 육성의 필요성 절감

○ 정부는 '10년 소재분야의 10대 W.P.M (World Premier Materials) 을 선정하여 금속, 화학, 세라믹, 섬유 등 총 4개부문에 향후 9년간 1조원 재정지원 계획

- 10대과제중 6개소재가 화학과 관련되어 화학소재의 중요성이 부각
  - 다기능성 고분자 멤브레인, 고에너지 이차전지용 전극소재 등
- 2018년 화학소재품목의 세계시장규모는 162.7조원에 이를 전망이며 한국은 15.5%인 25.3조원의 시장점유를 목표

W.P.M 10개 사업 성공에 따른 기대효과 (2018년 예상)

(단위: 억원, 명)

번호	10대 핵심소재명 (사업단 총괄기획)		세계 시장	매출		고용 창출
				국내	해외	
1	친환경 smart표면처리강판	금속	65,835	1,915	319	1,402
2	수송기기용 초경량 Mg 소재	금속	507,892	26,976	15,356	1,543
3	초고순도 Sic 소재	세라믹	37,774	10,160	12,672	4,135
4	LED용 사파이어 단결정 소재	세라믹	79,464	43,245	25,256	3,717

5	에너지 절감/변환용 다기능성 나노복합소재	융합 (금속/화학)	724,834	53,602	58,168	1,770
6	다기능성 고분자 멤브레인 소재	화학	202,026	9,278	47,113	2,100
7	Flexible 디스플레이용 플라스틱 기판 소재	화학	18,700	2,283	3,135	1,784
8	고에너지 이차전지용 전극 소재	화학	105,380	18,666	20,603	10,086
9	바이오 메디컬 소재	융합 (바이오/화학)	221,188	5,633	16,830	3,517
10	탄소저감형 케톤계 프리미엄 섬유	섬유	355,454	4,076	14,212	1,736
화학관련 소재 총합 (5번~10번까지)			1,627,582	93,538	160,061	20,993
합계 (1번~10번까지)			2,318,547	175,834	213,664	31,790

자료: 한국산업기술평가관리원

□ 국내 석유화학기업들의 산업용 신소재사업 진출 확대가 필요

○ 화학소재는 합성을 통한 개발이 가능하여 다양한 용도에 대응하는데 유리

- 독일의 Bayer은 1937년 폴리우레탄 합성에 성공하며 세계적인 화학기업으로 성장발판을 마련
- 미국의 듀폰도 나일론 합성에 성공하며 1940년 새로운 의류소재로 시장을 확대

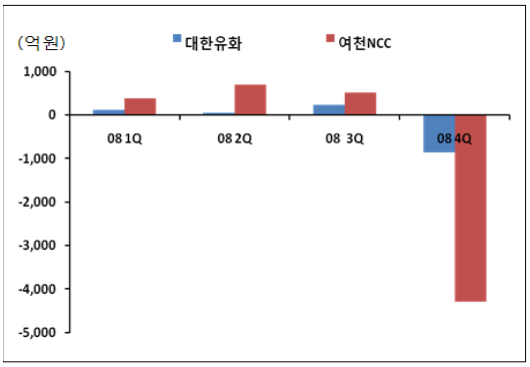
○ 신재생에너지, 차세대 Display 등 규모가 확대되고있는 분야의 신소재 시장을 선점

- 오랜연구기간, 막대한 투자자금 등으로 진입장벽이 높고 특허획득 이후 에는 장기간 높은 마진을 유지할 수 있어 시장선점이 중요
  - 아라미드섬유를 개발한 미국의 듀폰과 LCD 액정원료를 생산하는 독일의 Merck는 세계시장의 50%를 점유하며 높은 마진 유지
- 관련산업이 기본원료를 국내에서 자급함으로써 외생적 조건에 좌우되지 않는 성장체질을 확보하는 바탕

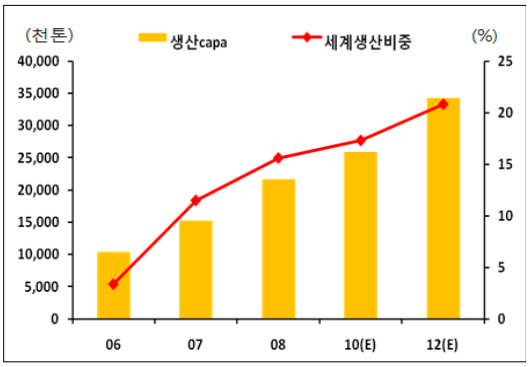
○ 범용석유화학산업의 실적변동에 따른 대비책으로서 신소재개발을 요구

- 범용제품은 수급에 따라 제품별 마진의 변동성이 커 급격한 시황 악화시 기업들의 이익도 큰 폭으로 감소
  - '08년 4분기 금융위기에 따른 제품 가격 급락으로 3분기까지 흑자였던 상당수 국내 석유화학기업들의 영업이익이 4분기에 적자로 전환
- 향후 중동, 중국 등의 신증설로 공급이 늘어날 경우 시황에 따른 실적변동폭이 더 커질 가능성

국내석화기업 분기별 영업이익	중동 에틸렌 증설 및 비중 추이



자료: 각사공시자료



자료: 업계자료

II. 주요 신소재의 부상

□ 온실가스 감축을 위한 자동차 경량화 소재

○ 온실가스 배출억제를 위한 각국의 강화된 연비기준에 따라 자동차의 경량화를 요구

- 미국은 CAFE 제도[1]를 통해 승용차의 연비기준을 '09년 리터당 11.7km에서 '15년 16.6km로 강화
- 국내에서도 '09년 녹색성장위원회에서 발표한 자동차 평균연비 개선 안에 따라 '09년 리터당 14.8km에서 '15년 17.0km이상으로 기준 상향

1) Corporate Average Fuel Economy의 약자로 1975년부터 연방정부에서 제정한 기업평균연비제도이며 미국에서 1만대 이상 판매한 제조사에 적용. 시가지 및 고속도로 인증연비를 평균한 연비값을 사용

각국의 승용차 연비기준 강화 추이

(단위: km/ℓ)

국가	2009년 기준	2015년 기준	증가율
미국	11.7	16.6	41.8
일본	13.6	16.8	23.5
한국	14.8	17.0	14.7

○ 현재의 엔진기술력을 기반으로 연비개선에 대응 할 수 있는 가장 현실적이고 강력한 방안은 차량 경량화

- 연비향상 기여도에서도 경량소재를 사용하는 것이 20%로 높게나타 났으며 중량을 10% 줄이면 연비는 3.2% 향상
- 다른 대안 중 소형화는 차량선호에 대한 소비자의 의식변화가 요구되며 연비효율향상에는 엔진기술의 획기적 진전이 필요
- 환경문제에 대처하는 보다 근본적인 방안으로 전기차를 고려할 수 있으나 아직은 주행거리, 충전시간, 인프라 등의 해결과제 산적

자동차 연비향상 기여도

(단위: %)

유선형 차체	연비효율향상	경량소재	소형화	기타
10	15	20	30	25

자료: 업계자료

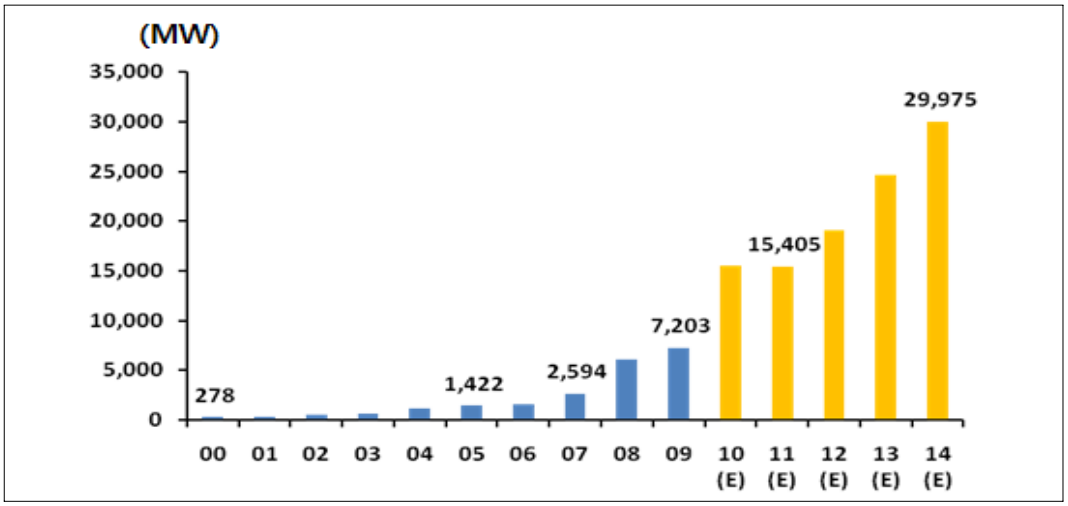
□ 신재생에너지설비의 주력인 태양전지 모듈용 필름

○ 최근 신재생에너지에 대한 수요증가로 태양광 시장이 확대되면서 관련 부품소재 시장에 대한 관심도 높아짐

- 세계 태양광 시장은 '00년 278MW에서 '09년 7,203MW로 연평균 43.5%나 성장
- '08년 금융위기로 스페인 등 유럽지역 시장이 축소되었으나 중국 등 아시아 지역의 성장으로 전체적인 시장은 확대되는 추세

– ’09년 이후에도 연평균 32.9% 성장하여 ’14년에 29,975MW까지 시장이 확대될 전망

2000~2014년 연간 태양광 시장 전망



자료: EPIA (2010)

○ 태양광 시장 성장으로 모듈에 적용되는 EVA sheet와 Backsheet 시장도 확대될 전망

– EVA sheet 시장은 ’09년 7.2천MT 규모에서 2014년 30.0천MT으로 연평균 33.0% 성장할 전망

– Backsheet 시장도 ’09년 500백만달러에서 ’15년 1,123백만달러로 연평균 18.4% 성장할 것으로 예상

□ IT기기활용의 혁신을 선도하는 Flexible Display용 기판소재

○ 정보통신기기의 휴대편의성에 대한 소비자들의 니즈가 증가하면서 Flexible Display가 각광을 받음

– Flexible Display란 기판을 휘거나 구부려서 사용할 수 있는 Display

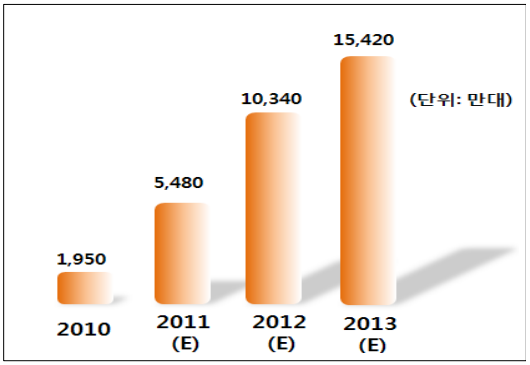
– 스마트폰과 테블릿 PC 등 휴대용기기들의 시장확대 속도가 빨라짐에 따라 업계에서는 더 얇고 가벼운 기기개발에 주력

○ Gartner에서는 2010년 세계 테블릿 PC 시장이 1,950만대 수준에서 2011년 5,480만대로 확대되고 2012년에는 1억대를 돌파할 것으로 전망

- 무겁고 깨지기 쉬운 소재로 만들어진 태블릿 PC의 불편함을 보완하기 위해 휴대가 더욱 편리한 Flexible Display가 이슈화

Flexible Display	Tablet PC 시장 전망

자료: www.e-ink.com



자료: Gartner

○ Flexible Display의 수요는 2015년 약 2억 1천만대, 2020년 약 31억대에 이를 전망

- 2015년 신규시장은 약 1억 2천만대, 기존시장 대체는 약 9천 2백만대로 예상되며 2020년 신규시장은 약 22억대, 대체시장은 9억 6천만대로 확대될 것으로 예상

Ⅲ. 화학소재 적용 및 개발방향

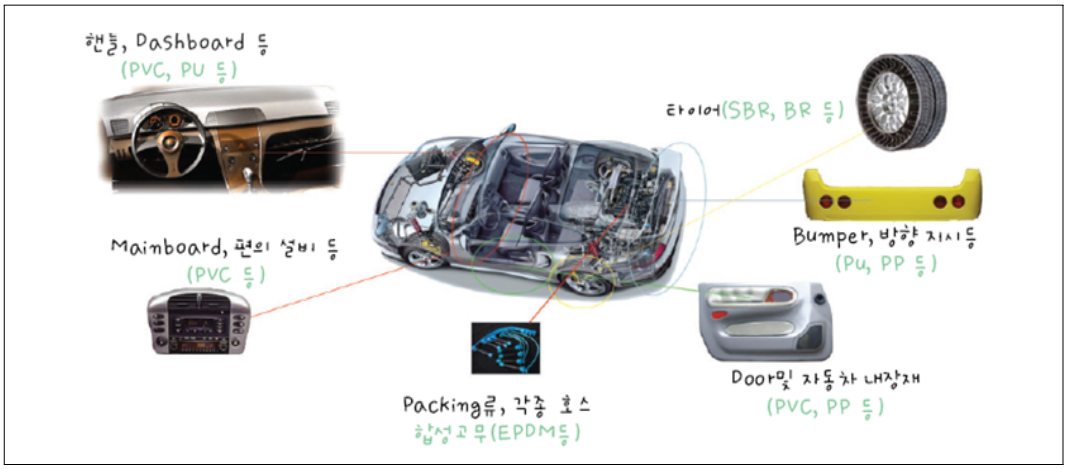
□ 자동차 경량화 소재

○ 석유화학제품은 철, 유리 등과 함께 자동차의 주요소재로 사용중

- 석유화학제품은 내장재인 Dashboard와 Door, 외장재인 Bumper, 타이어 등 다양한 분야에 적용중

• 1970년대 자동차 한 대당 석유화학제품은 평균 45kg 사용되었으나 1990년대 이후 80~100kg까지 증가하였고 철 다음으로 사용량이 않음

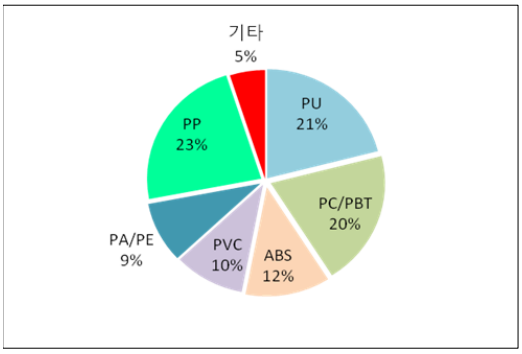
자동차용 석유화학제품 적용현황



자료: '석유화학으로 만드는 세상'. 석유화학공업협회. (2006)

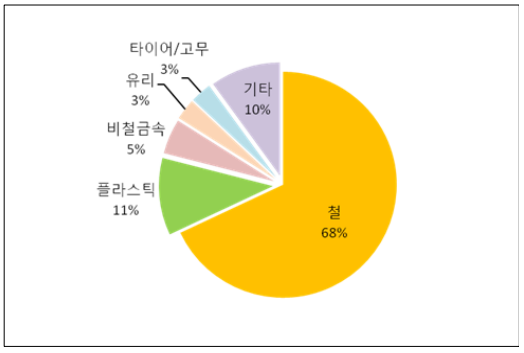
○ 화학소재는 자동차 한 대당 부피비중으로 11%를 차지하며 경제적이면서 가공성과 리싸이클링이 좋은 폴리프로필렌(PP)을 가장 많이 사용

자동차 대당 석유화학제품별 비중



자료: 화학경제연구원(부피기준)

자동차 대당 소재별 비중



자료: 화학경제연구원(부피기준)

○ 금속 및 유리소재의 석유화학제품으로 대체가 진행 중

- 대체소재로는 나일론수지, 폴리카보네이트, 탄소섬유 등이 부각되고 있으며 기능을 강화하기 위하여 기존의 합성수지끼리 혼합하는 방법 등도 개발중

주요 소재별 특징 및 적용분야

제품별	적용분야	관련기업	특징
나일론수지	· 금속소재 대체 · 엔진커버, 냉각계	· 효성 · 코오롱	· 기계적 특성이 좋고 성형가공이 쉬우며 유리섬유와 혼합시 내열성 향상
폴리카보네이트	· 유리소재 대체 · 차창, 선루프	· LG화학	· 제조비용은 높지만 유리보다 중량이 50% 가볍고 성형이 용이하며 강도가 높음
탄소섬유	· 금속소재 대체 · 도어트림	· 한화케미칼 · 호남석유	· 경화속도가 늦지만 철과 동등한 강도를 나타내며 상대적으로 가벼움
복합수지	· 운전석 등 내장재 · 라디에이터 등	· 제일모직 · 삼성토탈	· 기존 PP, ABS 등을 타 수지와 섞어 내열성, 강도 등을 올려서 적용

자료: 업계자료

○ 글로벌 자동차 메이커들도 연비향상을 목적으로 자동차 경량화 연구에 집중하고 있으며 모터쇼에 컨셉트카로 출시

- 2010년 3월 제네바 모터쇼에서 현대차와 GE플라스틱이 선보인 컨셉트카 '카르막(QarmaQ)'은 플라스틱소재 사용량 10% 증가를 통해 강도가 비슷하면서 동일크기의 기존 차량대비 60kg 가볍게 제작
- Toyota도 2007년 제 40회 도쿄 모터쇼에 탄소섬유를 이용한 컨셉트 카 '1/X'를 출시하여 Prius의 중량을 1/3으로 줄이는 프로젝트를 선보임

화학소재를 이용한 차체 경량화 사례

차종	적용부위	경량화 효과
Lincoln MKT	· 루프로 연결된 프런트 윈도우를 폴리카보네이트로 대체	12.5kg 감소
Teijin Pupb	· Upper body를 탄소섬유와 폴리카보네이트로 대체	50.0kg 감소

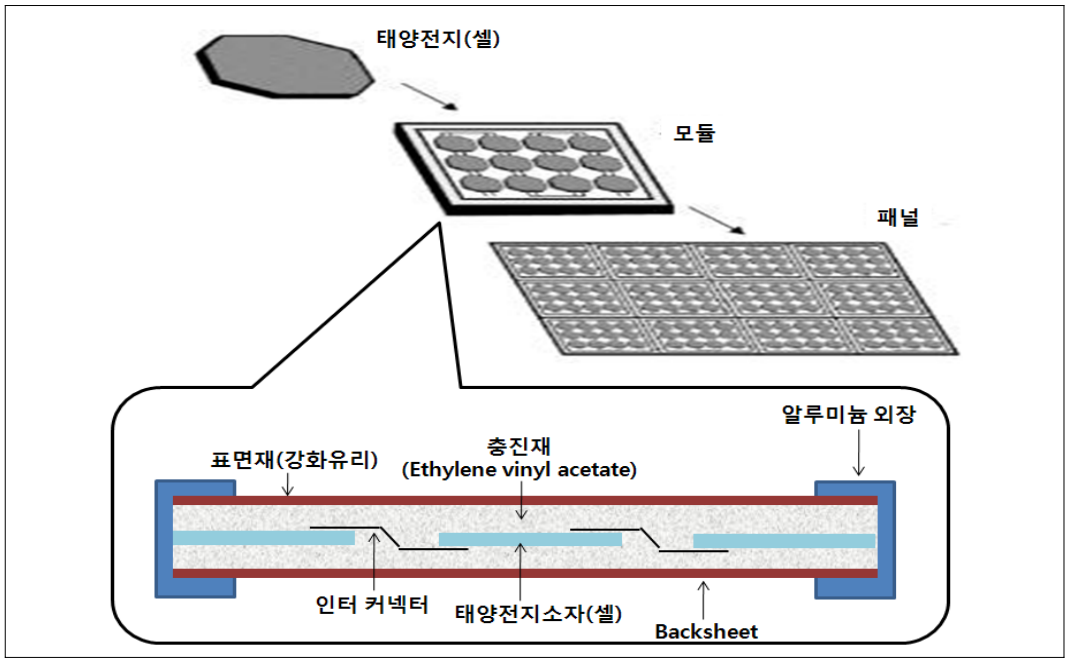
자료: '자동차 경량화 기술', 한국과학기술정보연구원

□ 태양전지 모듈용 필름

○ Backsheet와 충진재에 석유화학제품 사용

- 태양전지 모듈은 태양전지 셀(Cell)을 직 · 병렬로 연결하여 회로를 구성
- 모듈을 필름에 입혀 진공상태에서 열봉합함으로써 외부노출시 장기간 태양전지를 보호하도록 설계
- 태양전지 모듈에 사용되는 석유화학제품은 크게 외부로부터 태양전지를 보호하는 Backsheet와 접착 및 완충기능을 수행하는 충진재로 구분

태양전지 · 모듈 · 패널 관계도 및 모듈 구조도



○ 충진재로 쓰이는 EVA(Ethylene Vinyl Acetate) sheet는 태양전지 소자를 충격으로부터 보호하며 습기, 먼지 등을 차단하는 기능을 수행

- 이와같은 기능 수행에 적합하도록 EVA sheet를 base film으로 하여 가교제, UV안정제, 접착보조제 등을 첨가하여 제조
- 가교도[2], 접착성, 광투과성, 내후성 등의 물성을 요구

○ Backsheet는 EVA/PET/불소수지를 기본으로 3중 적층구조가 일반적

- 충진재인 EVA sheet와 접착성 향상을 위해 최상층부에 비가교형 EVA 재질을 사용하고 열, 수분, 오존 등 내후성에 대한 저항성이 탁월한 불소수지를 주재료로 적용
- 내후성, 난연성, 내습성, 접착성 등의 물성을 요구

Backsheet 구성요소별 내후성 비교

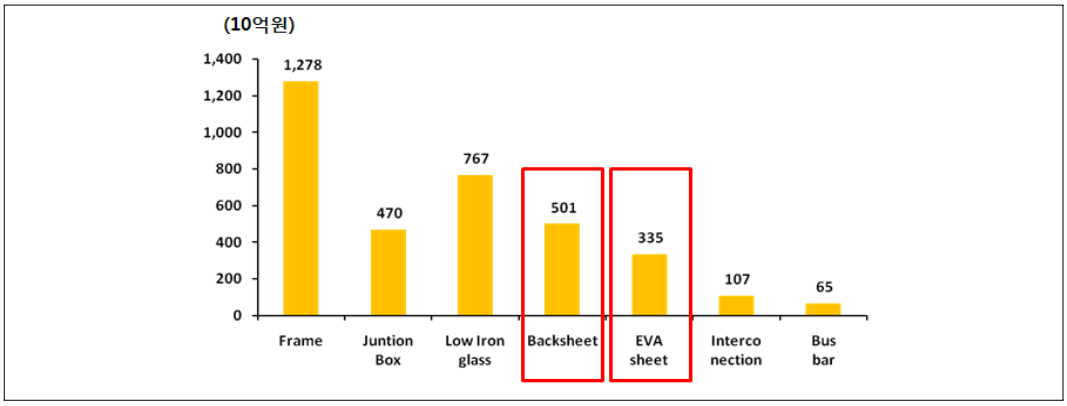
항목	불소수지층	PET 층	EVA 층
UV안정성	매우 안정	불안정	안정화제 필요
내열내습성	매우 우수	불안정	불안정
화학적 안정성	매우 우수	나쁨	분해됨

자료: 업계자료

○ 2010년 기준 세계 태양광 모듈용 EVA와 Backsheet 시장 규모는 각각 3,350억원, 5,010억원이며 국내기업들의 진출이 활발한 편

- EVA sheet는 Mistui, Sanvic 등 일본업체 점유율이 높은 편이며 최근에는 국내기업인 SKC, 한화 L&C, 진흥기업 등도 진입

2010년 세계 태양광 모듈 소재 시장규모 예상



자료: 한국화학경제연구원

2) 架橋度 : 고분자 물질의 결합정도를 표시하는 지표

□ Flexible Display 기판 소재

○ 기판소재로는 화학소재가 우위

- Flexible Display의 기판소재로는 금속, 종이, 유리, 화학, 복합소재 등이 가능하나 떨어뜨려도 깨지지 않고 가벼우며 가공이 쉽고 대량 생산이 용이해야 한다는 점 때문에 화학소재가 유리

Flexible Display 기판 소재별 특징

소재	특징
금속	• 기판에 존재하는 Pin hole, 전기적인 간섭효과 차단, 평탄화 절연막 코팅 필요, 투과성이 없어 적용에 제한적
종이	• 유연성에 장점이 있으나 공극이 크며 투과성이 없다는 단점으로 적용이 제한적
유리	• 공정성(깨어짐)을 개선하기 위한 보호막 등이 필요하고 가격이 비싼 편
화학	• 깨지지 않고 대량생산이 용이하다는 것이 타 소재 대비 우위
복합소재	• 한 가지 소재로 요구물성을 맞추기 어려워 여러소재를 혼합하여 실험을 진행중

○ Flexible Display 기판의 요구특성은 안정성, 광학적 특성, 공정 용이성 및 상업성 등

- Display 생산과정에서 발생되는 열에 대한 내열성, 물리적 변형에 강한 치수안전성, 생산시 사용되는 화학약품에 대한 내화학성 등이 요구

Flexible Display 기판소재 요구물성

특성	요구물성	내용
안정성	내열성, 치수안정성, 내화학성, 습도안정성	• 제조시 고온에서 미세공정이 많아 내열성과 치수안정성 등이 요구됨 • 제조시 화학물질과 접촉이 많아 내화학성이 요구되며 습도에 대한 안정성 확보도 필요
광학성 특징	표면평탄도, 낮은 광학이방성(異方性)	• 성형되는 광학필름의 특성으로서 Display의 광학적 특징을 구현하는데 필요
공정 용이성 및 상업성	기판 이송 용이성, 낮은 가격	• 이송 용이성은 기판자체의 특성이라기 보다는 생산공정의 용이성을 위한 특성 • 상업화를 위해 타 소재대비 경쟁력 있는 가격이 요구됨

○ 적용검토중인 소재로는 PI(폴리아미드), PC(폴리카보네이트) 등

- PI는 내열성은 부합되나 광학적 특성에 단점이 있는 반면 투명성이 좋은 PET, PC 등은 인장강도와 내열성이 취약함
- 기존 화학소재의 물성으로는 기판소재의 요구특성에 부합시키기 어려워 코팅 등 필름가공 기술을 통해 물성을 보완하는 연구도 진행중

기판 소재별 특성 비교

소재	유리전이 온도 (℃)[1]	투과율 (%)[2]	영률 (GPa)[3]	인장강도 (MPa)[4]	특징
PC	155	90	2.1~2.4	52~72	• 우수한 광학적, 기계적 특성 • 내화학성 약하고 저온공정 필요
PES	223	89	2.4~8.6	88~100	• 우수한 내열성, 투명성 확보 • 원료수급이 어렵고 가격이 비쌈
PET	78	89	2.5~3.0	55	• 내화학성 우수하고 가공이 용이 • 내열성 취약, 백탁현상 발생
PEN	121	88	6.1	275	• 가격이 저렴, 열팽창계수 낮음 • 열 안정성 취약
PI	340	30	2.8	221	• 우수한 내화학성, 내열성 확보 • 낮은 투과율 등 광학적 특성 취약

주: 1) 유리전이온도: 고분자재료는 액체에서 고체로 될때, 결정화를 일으키지 않고, 비결정(유리와 같은 상태)과 결정이 혼재되는 온도. 어느점(또는 녹는점)이 아닌 Tg(glass transition temperature, 유리전이온도)로 명칭
2) 투과율: 빛, 음파, 전자파 등 입사량이 투과되는 비율
3) 영률: 물체를 양쪽에서 잡아 늘릴 때, 물체의 늘어나는 정도와 변형되는 정도를 나타 내는 길이 탄성률
4) 인장강도: 인장 하중에 의해서 시료편이 끊어질 때까지의 최대응력
(PC: Polycarbonate, PES: Polyethersulfone, PET: Polyethyleneterephthalate, PEN: Polyethylenenaphthalate, PI: Polyamide)
자료: Displaybank

○ 국내에서는 아이컴포넌트에서 광학용 PES 수지를 기반으로 연구를 진행해왔으며 최근 제일모직, 대림화학 등이 WPM 사업자로 선정

W.P.M Flexible Display 세부 기술 및 선정 업체

기술 분류	선정업체
Plastic 소재 및 필름	제일모직, 삼성전자 종합기술원, 코오롱 인더스트리, 삼성전자, 삼성모바일 디스플레이, 현대자동차, 현대모비스, 대림화학, 폴리사이언텍
Barrier 코팅 및 기능성 코팅 소재	LG화학, LG 디스플레이, 아이컴포넌트
투명전극 소재	잉크테크, 나노신소재, 에폰, 엔엔피

자료: 지식경제부

Ⅳ. 전망 및 시사점

○ 범용제품 공급과잉, 정부의 부품소재산업 육성의지, 자동차 및 전자산업 비교우위 등으로 국내 석유화학기업들에대한 신소재 개발 요구는 증가할 전망

- 최근 국내 석유화학기업에서도 신규사업으로 2차전지 소재, 태양광 소재, 탄소섬유 등에 진출을 발표하는 사례가 증가
- 대기업 계열 화학기업들은 계열사간 Value Chain 형성을 통해 신소재 시장 진출이 상대적으로 용이

○ 시장선점을 위한 국가간 기업간 경쟁이 격화되어 무역분쟁 및 소송도 증가 예상

- 2009년 듀폰은 아라미드 섬유제품인 '케블라(Kevlar)' 섬유와 관련된 기술을 절도한 혐의로 코오롱을 미국 법원에 제소
  - 코오롱도 미국 연방 법원에 듀폰의 시장 조정으로 자사의 미국 영업이 영향을 받았다고 제소
  - 아라미드 섬유는 동일무게에 강철보다 5배 강하여 방탄복 등에 사용되는 특수섬유로 2011년 세계시장규모가 약 11조원에 달하는 신소재

○ 미래형 신성장 산업의 핵심기반으로서 화학소재를 중시할 필요

- 포장재나 장식용의 차원을 넘어 제품의 핵심기능을 구현하는데 화학소재가 사용
  - 자동차 경량화, 모바일 기기의 장시간 사용을 보장하는 2차전지, Display의 색 구현 소자 및 필름 등
- 기초 화학소재의 취약성 해소가 신성장산업 기반 강화의 관건
  - Display기판은 국내기업이 세계시장 선도하고 있으나 Display화면 재질은 아사히(日), 코닝(美) 등이 선도

○ 신소재의 새로운 패러다임 요구는 시장진출의 기회

- LCD가 Flexible Display로 대체되는 과정에서 시장이 형성됨으로써 해외 화학소재기업들과 Zero Base 경쟁이 가능

○ 소재산업 육성을 위한 인프라 구축 및 산학공동연구 주선

- 소재개발에 필요한 원재료 확보, 기술인력 양성, 금융지원 등도 요구됨
  - 2차전지 양극재에 사용되는 비철금속 확보, 관련학과 양성 및 산학협동 연구 지원 및 장기적인 투자에 따른 금융지원도 필요
- 자동차, IT 등 수요산업의 요구사항을 적기에 파악하고 연구를 진행하기 위하여 산학컨소시엄 구성이 필요
  - 수요산업의 품질향상과 화학업계의 제품개발이 상호보완적으로 Win-Win 하도록 유도
  - 학계의 연구결과를 산업화하고 산업계의 니즈가 학계의 연구주제로 환원되는 순환구조를 구축