

---

# 방사선 조사를 이용한 복합소재 제조기술

---

2017년 12월



한국원자력연구원  
Korea Atomic Energy Research Institute

# Contents

요약 .....	1
I. 기술성 분석 .....	2
1. 기술의 개요 및 특징 .....	2
2. 기술적용분야 및 경쟁력 .....	5
3. 기술실시를 위한 기업에서의 구비조건 .....	5
4. 기술실시에 따른 기업에서의 이점 .....	5
II. 시장성 분석 .....	6
1. 시장의 정의 .....	6
2. 시장의 동향 및 규모 .....	6
3. 시장 주요참여자 .....	9
4. 시장 진입가능성 .....	11
III. 종합의견 .....	12
IV. 원자력(연) 보유특허 .....	12

# 요약

기술명 :		방사선 조사를 이용한 복합소재 제조기술								
기술분야 (6T)		산업기술 분류코드								
NT		대분류		중분류		소분류		코드번호		
		NT		나노기반·공정		나노 신기능 분자합성기술		030415		
기술 개 요	기술 요약	본 기술은 방사선 조사를 이용하여 경량 고강도 복합소재 제조 방법 기술임								
	기술의 효과	접착성 및 기계적 강도가 향상된 복합소재 제조가 가능하며, 기존의 제조공법보다 효율성을 향상시켜 생산단가의 감소가 가능함								
	기술의 응용분야	자동차		항공		선박		국방		
		새시, BIW		항공기 부품/프레임		선박 부품/프레임		탱크/전투기 등의 전투장비 부품 및 프레임		
	기술 키워드	방사선, 전자선, 복합소재, 탄소섬유, 에폭시 수지, 아크릴레이트, 탄소나노섬유 radiation, composite material, carbon fiber, epoxy resin, acrylate, fabric								
기술 완성도 (TRL)	기초 연구 단계		실험 단계		시작품 단계		제품화 단계		사업화	
	기본원리 파악	기본개념 정립	기능 및 개념 검증	연구실환경 테스트	유사환경 테스트	파일럿현장 테스트	상용모델 개발	실제 환경 최종테스트	상용운영	
				O						
환경 분 석	시장 동향	시장규모	나노 탄소소재의 2013년 세계시장은 약 8억 7900만 달러, 국내시장은 약 948억 원 규모임							
		성장률(CAGR)	나노 탄소소재의 세계시장 연평균 성장률은 12%, 국내시장은 10%의 성장률을 보임							
		가격민감도	보통							
		제품수명주기	탄소 나노소재는 다양한 산업에서 활용하고 있는 소재로, 제품 수요는 지속적일 것임							
	유통구조	글로벌 기업, 대기업 중심으로 시장이 형성되어 있으며, 중소기업은 기술력 및 공급망 부족으로 인해 나노 탄소소재 기술에서 일부 기술개발에 참여하고 있는 수준임								
업체 동향	CNano Technology, Hyperion Catalysis와 같은 글로벌 기업과, 한화케미칼(주), 롯데케미칼(주), 삼성에스디아이(주) 등의 대기업 및 중소기업이 혼재되어 시장을 형성하고 있음									
사업 화 전 략	기술사업화 방안	종 류		형 태				권 장		
		기술거래		기반기술을 토대로 사업화 가능기업에 기술실시권 부여				★★★★★		
		Joint Venture		연구원과 기업의 공동투자를 통한 시장 개척 진입						
		Venture		연구원 주도의 창업보육 및 기업성장 후 기술이전						
		R&BD		기술이전을 전제로 한 공동 연구개발				★★★		

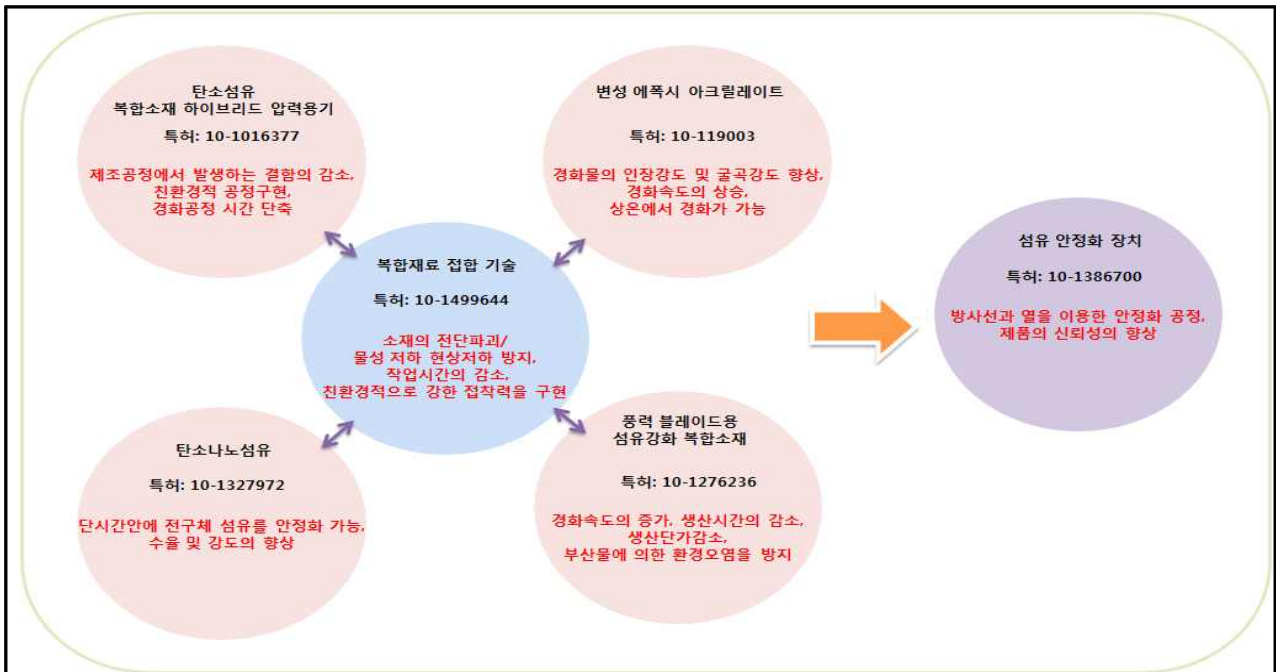
# I 기술성 분석

## 1. 기술의 개요 및 특징

### 1) 기술의 정의

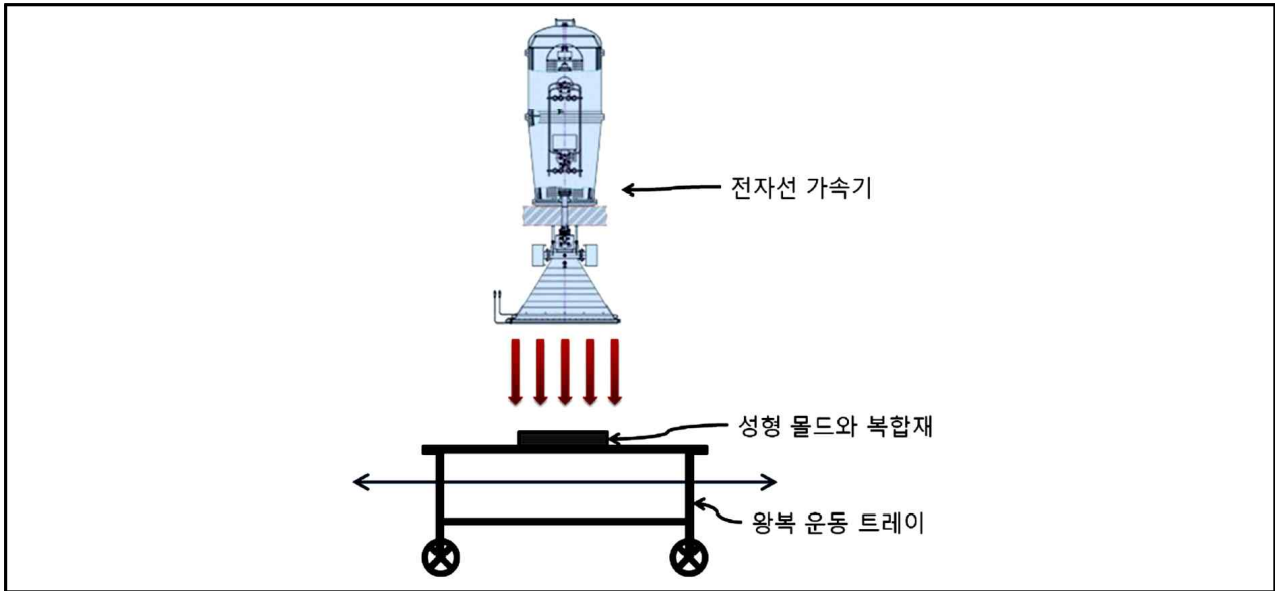
- 본 기술은 방사선을 이용하여 경량 고강도 복합소재를 제조하는 기술임
- 기존에는 복합재의 제조과정 중 경화과정에서 성형된 제품의 소재에 따라 방법을 달리하여 제조되며, 오토크라이브 경화, 진공백 경화 몰드 가압 경화 방법, 경화제나 다량의 촉매를 사용하는 방법 등이 사용되고 있음
- 이러한 기존의 방식은 공정 장비 투자에 고비용 투자가 필요하고, 적용범위가 한정적이며 제품의 결함 발생이 쉽게 발생하고, 환경오염 및 작업자의 안전문제가 발생하고 있음
- 본 기술을 이용하게 되면, 제조과정 중에 발생하는 결함을 예방할 수 있고, 제조공정이 친환경적이며 경화 공정 시간을 감소시킴
- 또한, 상온에서 경화가 가능함에 따라 생산단가를 낮출 수 있는 효과를 가짐

### 2) 기술간의 연관성



- 경량 고강도 복합소재를 제조하는 연계 기술로, 자동차, 항공, 선박, 국방 산업 등의 분야는 물론 다방면의 분야에서 활용이 가능함

### 3) 대표도면



<전자선 가속기를 이용하는 모식도>

### 4) 기술의 특징 및 우수성

등록번호	종래기술의 문제점	해결 방안	발명의 효과	공통점
10-1016377	경화제나 촉매를 다량 사용하거나 저온 경화용 수지를 사용에 따른 환경오염 문제	방사선 개시제가 녹아 있는 에폭시 수지에 탄소섬유를 도입, 성형 이후 방사선 조사를 이용하여 경화시킴	제조 공정에서 발생하는 결합의 감소 및 친환경적인 제조공정 구현, 경화 공정 시간이 단축	경화공정에서 방사선 조사를 이용함
10-1190003	에폭시 수지에 알코올, 이민류의 경화제를 첨가 후 열을 인하여 경화를 진행하였으나 환경오염 문제가 발생함	에폭시 수지에 스타이렌 단량체를 아크릴 모노머로 에폭시 말단 변성 시에 첨가하고, 변성 에폭시 아크릴레이트 경화물을 방사선을 조사하여 경화시켜 제조함	가교도를 향상시켜, 경화물의 인장강도 및 굴곡강도를 향상시킬 수 있으며 기존의 경화 공정 방법보다 경화속도가 빠르고, 상온에서 경화가 가능함	
10-1276236	섬유강화 복합재 제조는 열경화 공정을 이용하며, 이는 상당한 경화시간이 필요로 하고, 공정 시 발생하는 부산물에 의해 환경오염이 발생함	몰드에 섬유를 적층 한 후, 진공 필름을 이용하여 성형체를 밀봉하고, 성형체에 수지를 주입 한 후, 성형체에 방사선을 조사하여 경화시킴	경화속도를 증가시켜 생산시간의 감소에 따른 생산단가를 낮출 수 있으며, 부산물에 의한 환경오염을 방지할 수 있음	

10-1327972	열에 의한 산화 안정화, 방사선 조사를 통한 안정화 방법은 많은 시간과 비용이 발생하며, 적합한 강도의 소재의 제조가 용이하지 않음	전구체 섬유에 방사선을 조사하여 안정화 시킨 후 열처리를 수행함	빠른 시간안에 전구체 섬유를 안정화시킬 수 있으며, 탄소나노섬유의 수율 및 강도를 향상시킬 수 있음
10-1386700	방사선을 이용한 산화 안정화 공정이 별개로 이루어져, 비효율적인 공정 프로세스가 형성되어 있음	섬유에 열을 가하도록 하는 히팅유닛과 개구부를 통하여 노출되는 섬유에 방사선을 조사하는 방사선 조사유닛을 구성함	방사선과 열을 이용한 안정화 공정이 동시에 수행될 수 있으며, 섬유에 일정한 장력과 속도를 주어 공급하므로 신뢰성을 향상시킬 수 있음
10-1499644	복합재료의 접합과정에서 소재의 손상, 분해시 어려움, 주위환경에 영향을 받음	방사선 경화형 수지를 도포한 후 방사선 조사를 통하여 수지를 경화시켜 복합재료를 접합함	소재의 전단파괴, 물성 저하 현상저하를 방지하고, 작업시간의 감소 및 친환경적으로 강한 접착력을 구현할 수 있음

### 5) 기술의 완성도(TRL)

기초 연구 단계		실험 단계		시작품 단계		제품화 단계		사업화
기본원리 파악	기본개념 정립	기능 및 개념 검증	연구실환경 테스트	유사환경 테스트	피일렛현장 테스트	상용모델 개발	실제 환경 최종테스트	상용운영
			●					

### 6) 기술 키워드

한글키워드	방사선, 전자선, 복합소재, 탄소섬유, 에폭시 수지, 아크릴레이트, 탄소나노섬유
영문키워드	radiation, composite material, carbon fiber, epoxy resin, acrylate, fabric

## 2. 기술적용분야 및 경쟁력

### 1) 기술의 적용분야

- 본 기술은 방사선 조사를 이용하여 경량 고강도 복합소재를 제조하는 기술로, 자동차, 항공, 선박, 국방 산업 등 분야에 적용이 가능함

[표] 응용분야

응용분야	내용
자동차	새시, BIW
항공	항공기 부품/프레임
선박	선박 부품/프레임
국방	탱크/전투기 등의 전투장비 부품 및 프레임

### 2) 기술경쟁력

- 복합체 제조에 있어서, 방사선을 이용하여 경화공정을 수행하여 제조하는 기술임
- 본 기술을 활용하면, 제조공정 중에 발생하는 결함을 예방할 수 있고, 복합체의 강도 및 수율을 향상시킬 수 있고, 제조공정에 발생하는 부산물에 의한 환경피해를 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 경화 공정 시간을 감소시킴
- 경화 공정 시간 단축에 따른 생산 단가를 낮출 수 있는 효과를 가짐

### 3. 기술실시를 위한 기업에서의 구비 조건

- 방사선 조사 장치를 구비하거나 활용(장치 임대 사용, 재료/소재 조사 위탁 등)이 가능한 기업
- 복합소재 시장진출에 대한 사업계획이 있고, 제조 공정 설비를 갖추거나 투자를 확대할 계획이 있는 기업

### 4. 기술실시에 따른 기업에서의 이점

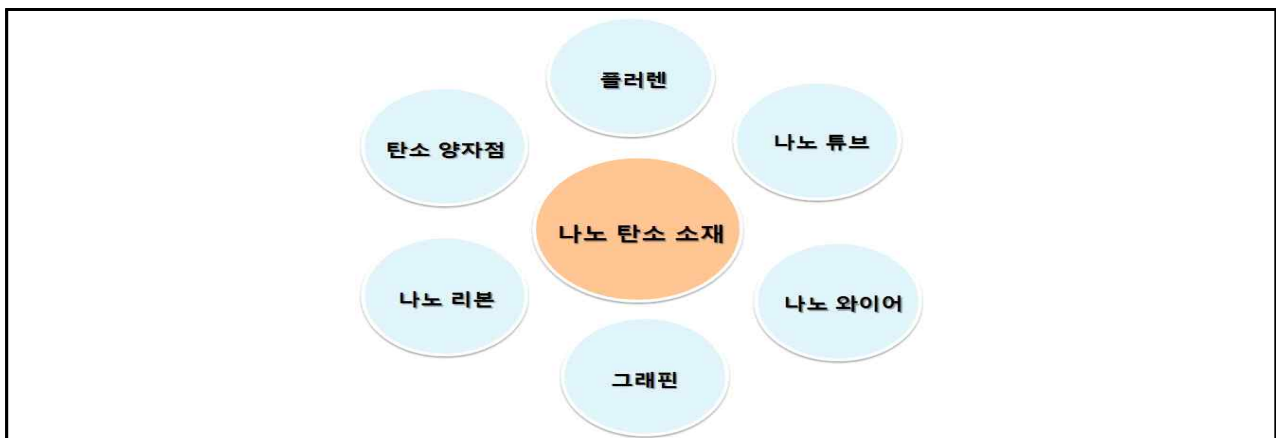
- 본 기술을 통해 경량 고강도 복합소재 기술 및 제품을 확보할 수 있으며, 본 기술을 활용하여 소재 시장뿐만 아니라 주요 산업 분야 진출을 통해 사업영역을 넓힐 수 있음
- 기술의 접목을 통한 장비의 상용화가 가능하므로 기술을 활용한 사업화 시작 기간을 단축할 수 있음

## II 시장성 분석

### 1. 시장의 정의

- 나노 탄소소재는 초경량/고강도 복합소재 분야와 전기적 특성을 활용한 고전도성 복합소재 분야에 활용 될 수 있는 CNT, 그래핀 등을 포함하고 있음
- 탄소 나노소재를 물질의 상태에 따라 분류하면, 탄소 양자점, 풀러렌, 탄소 나노 리본, 탄소 나노 튜브, 그래핀 등으로 나뉠 수 있음
- 탄소 나노 튜브는 각종 전기소자, 센서, 복합재료 등에 응용하기 위하여 연구개발이 이루어져 왔으며, 탄소 섬유는 이미 항공기, 자동차용 경량 복합 소재 등으로 활용되고 있음

[그림] 나노 탄소 소재의 종류



출처: 2014 중소기업로드맵, SYP 특허법률사무소 재분석

### 2. 시장의 동향 및 규모

- 국내외적으로 다양한 산업에서 나노소재를 적용한 제품에 대한 수요가 증가하고 있으며, 미래의 자원과 에너지의 고갈, 기후변화 등에 대응하기 위하여 나노 탄소소재의 수요가 지속적으로 확대될 전망이다
- 나노 탄소소재는 기술 중심인 고부가가치 산업으로 각종 재료 등에 응용되는 소재로서 현재 많은 연구개발이 이루어지고 있어 앞으로의 시장 역시 확대될 전망이다
- 나노 탄소소재의 세계시장 규모는 2013년 약 8억 7900만 달러에서 2017년 약 14억 달러까지 연평균 12%의 지속적인 성장세를 유지할 것으로 예상됨



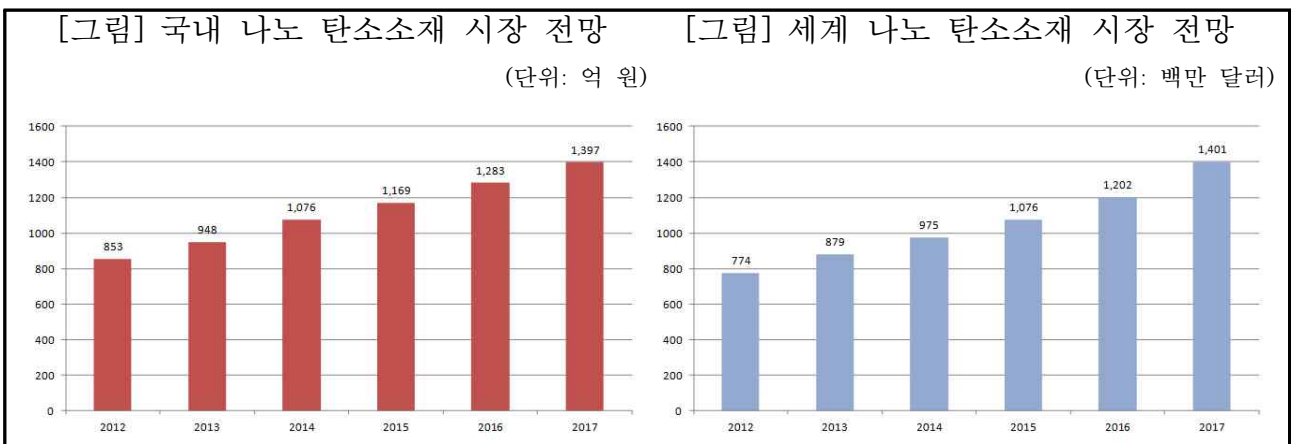
- 국내시장은 2013년 약 948억 원에서 2017년 1,397억 원까지 연평균 10% 상승률로 지속적으로 성장할 것으로 전망됨

[표] 나노 탄소소재 시장 규모 및 전망

(단위 : 백만 달러, 억 원)

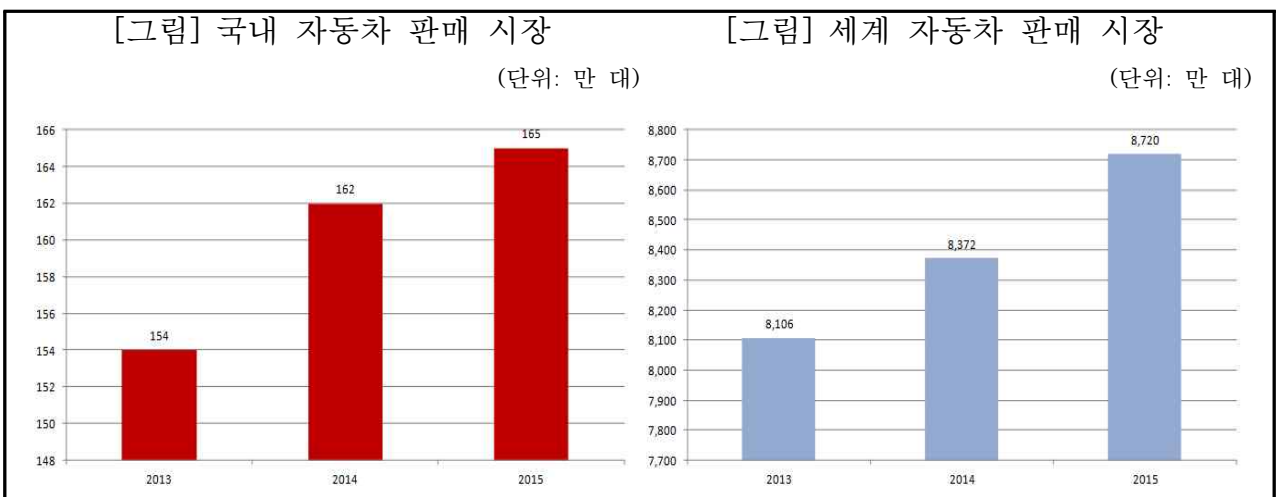
구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017
국내시장	853	948	1,076	1,169	1,283	1,397
세계시장	774	879	975	1,076	1,202	1,401

출처 : 2014 중소기업 로드맵



출처: 2014 중소기업로드맵, SYP특허법률사무소 재구성

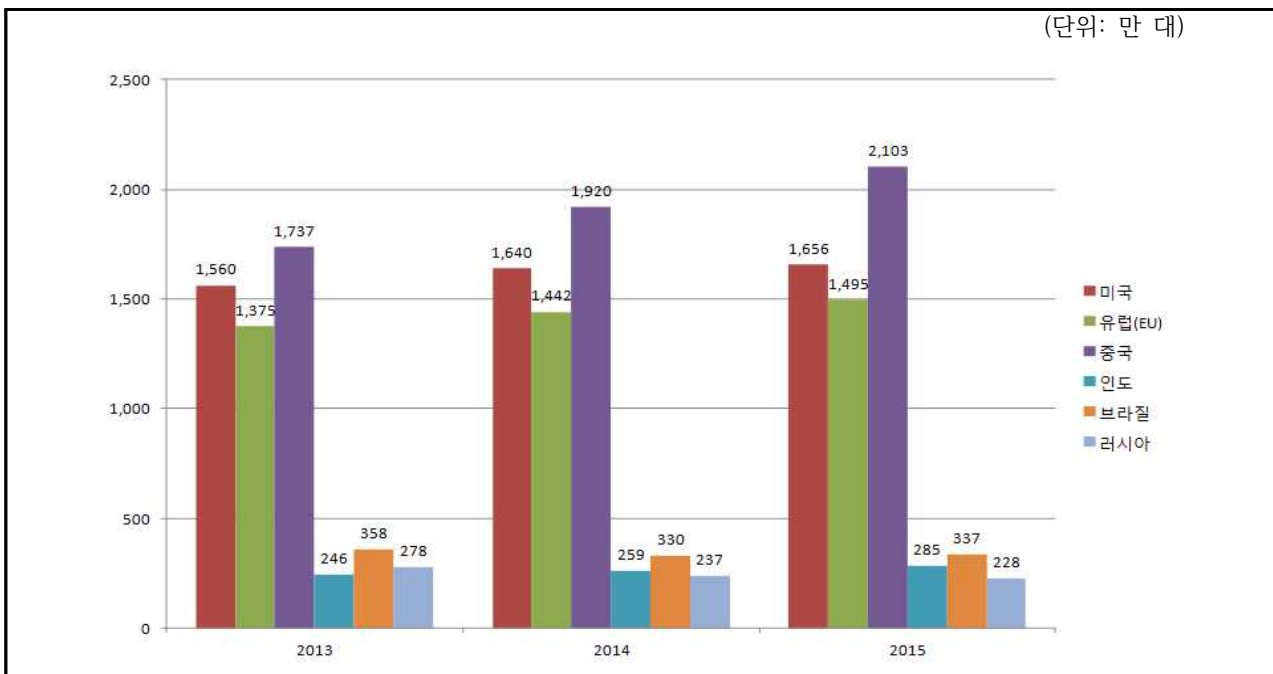
- 본 기술을 활용한 응용시장인 자동차 산업의 시장규모를 살펴보면, 세계 자동차 시장(중대형 상용차 제외)은 2014년에 8,372만대를 판매했으며 2015년에는 8,720만대가 판매될 것으로 예측됨



출처: 한국기업평가, 2015년 산업전망(자동차), SYP특허법률사무소 재구성

- 지역별로 살펴보면 미국의 경우 경기 회복 및 고용시장 안정으로 소비심리가 지속적으로 개선될 것으로 보이며, 2013년 1,560만대에서 2015년 1,656만대 판매를 기록할 것으로 예상됨
- 단일 시장 중 가장 많은 자동차 판매대수를 기록한 중국의 경우, 2013년 1,737만대에서 2015년 2,103만 대를 기록할 것으로 예상됨
- 유럽(EU)은 글로벌 금융위기 이후의 장기적 부진에 따른 기저효과 및 누적된 대기 수요의 영향으로 회복세는 이어질 것으로 보이나, 우크라이나 사태 등 지정학적 위험 증대 등 경기불안요인이 상존해 있어, 2014년 1,442만대에서 2015년 1,495만대로 판매대수의 감소가 이루어질 것으로 예측됨

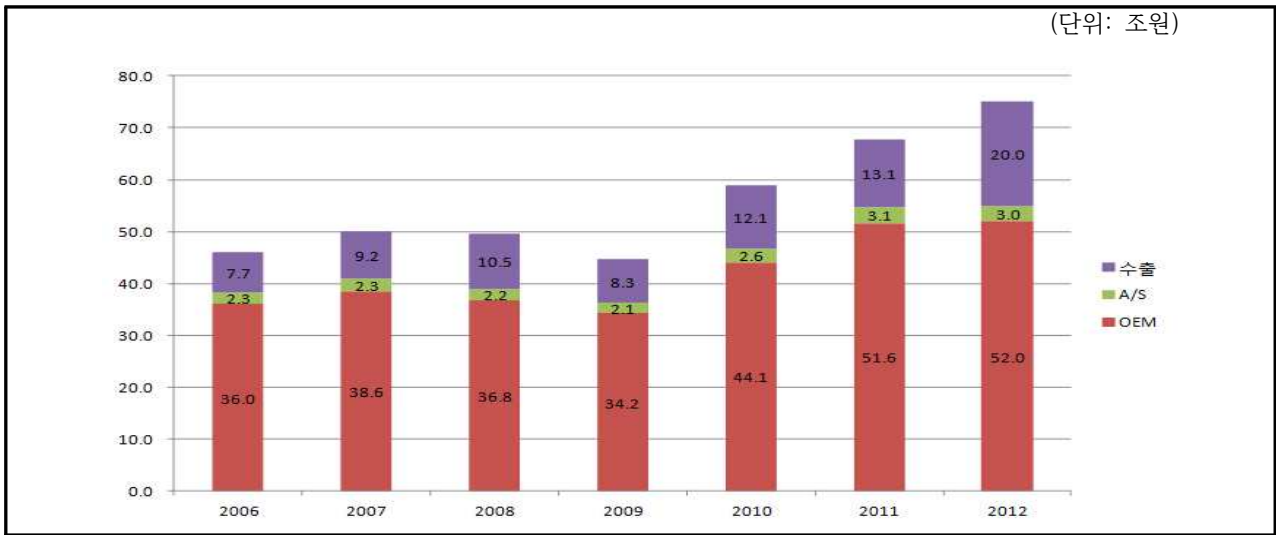
[그림] 주요 지역별 자동차 수요 전망



출처: 한국기업평가, 2015년 산업전망(자동차), SYP특허법률사무소 재구성

- 국내 자동차부품 업계의 매출을 보면 OEM, A/S, 수출의 세부분을 구분될 수 있으며 2006년 46조원 규모에서 2012년 75조원 규모로 성장함
- 자동차 부품의 매출 비중은 2006년 OEM의 비중이 78.2%에서 2012년 69.3%로 감소했으나, 수출의 비중이 2006년 16.7%에서 2012년 26.7%로 증가하였음

[그림] 자동차 부품업계 매출 현황



출처: 한국기업평가, Methodology Report(자동차 부품), SYP특허법률사무소 재구성



### 3. 시장 주요참여자

#### 1) 국내핵심시장

분야	기업명	주요제품	제품특징	제품사진(예)
탄소 나노소재	한화케미칼(주)	태양광, 나노기술, 범용 플라스틱, 바이오의약품 등	열화학기상증착법을 통한 탄소나노튜브 제조	
	롯데케미칼(주)	수지제품, 화성제품, 기초유분제품 등	가공성, 기계적 강도, 열안정성 등이 우수	
	삼성에스디아이(주)	스티렌계 수지, 전자재, 엔지니어링 플라스틱 등	물성 밸런스 및 내화학성이 우수하면 친환경 소재 사용	

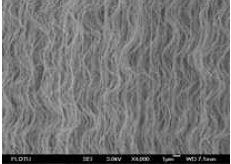
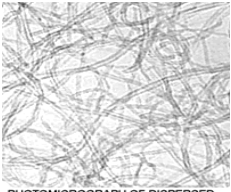
순위	회사명	대표자	종업원 수	최근 매출액 (백만원)	주소	홈페이지	전화번호	E-MAIL	업종
1	한화케미칼(주)	김창범	2,490	3,579,535	서울 중구 장교동 1번지	hcc.hanwha.co.kr	02-729-2700	webhcc@hanwha.co.kr	석유화학계 기초화학물질 제조업
2	(주)카본나노텍	강홍원	5	219	경상북도 포항시 남구 지곡동 601 포항테크노파크 제2벤처동 202호	www.carbonnano.co.kr	054-223-2434	cnt@carbonnano.co.kr	그외 기타 분류안된 비금속 광물제품 제조업
3	도레이첨단소재(주)	이영관	1,200	273,318	경북 구미시 임수동 93-1	www.torayamk.com	054-479-6114	Jinkun10@torayamk.com	플라스틱 필름, 시트 및 판 제조업
4	삼성에스디아이(주)	조남성	11,163	4,720,208	경기 용인시 기흥구 공세동 428-5번지	www.samsungngsdi.co.kr	031-8006-3100	nacap@samsung.co.kr	축전기 제조업
5	롯데케미칼(주)	신동빈	2,717	11,194,207	서울 동작구 신대방동 395-67 롯데관악타워 7-11층	www.lottechem.com	02-829-4114	muze16@lottechem.com	석유화학계 기초화학물질 제조업

## 2) 국내응용시장 및 해외기업

분야	기업명	주요제품	제품특징	제품사진(예)
자동차(완성차/부품)	(주)만도	제동장치, 조향장치, 현가장치	소형화, 경량화	
	삼보모터스(주)	스텝핑, 튜빙	파인 블랭킹 기술을 활용한 매끄러운 전단면, 2차 후 공정 배제함	

순위	회사명	대표자	종업원 수	최근 매출액 (백만원)	주소	홈페이지	전화번호	E-MAIL	업종
1	현대자동차(주)	정몽구	65,673	43,045,875	서울 서초구 양재동 231번지	www.hyundai.com	02-3464-1114	webmaster@hyundai-motor.com	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업
2	기아자동차(주)	이형근	33,900	29,850,115	서울 서초구 양재동 231번지	kia.co.kr	02-3464-1114	kiair@kia.co.kr	승용차 및 기타 여객용 자동차 제조업
3	현대위아(주)	윤준모	3,454	6,816,996	경남 창원시 성산구 가음정동 391-8번지	www.hyundai-wia.com	055-280-9114	kswon@wia.co.kr	그외 기타 자동차 부품 제조업
4	(주)만도	성일모	4,303	1,047,182	경기 평택시 포승읍 만호리 343-1번지	www.mando.com	031-680-6114		그외 기타 자동차 부품 제조업
5	삼보모터스(주)	이재하	439	216,210	대구 달서구 월암동 1080-3번지	www.sambomotors.co.kr	053-582-9230		그외 기타 자동차 부품 제조업

## 3) 해외기업

분야	기업명	주요제품	제품특징	제품사진(예)
탄소 나노소재	CNano Technology	탄소 나노 튜브, 전도성 페이스트	최대 50um의 길이, 순도 93% 이상을 구현하여 제조가 가능함	
	Hyperion Catalysis	탄소 나노 튜브	다층벽 탄소 나노 튜브 제조	

#### 4. 시장 진입가능성

- 정보화 기기분야에서는 빠른 속도와 대용량 등 성능 중심에서 벗어나 인간에게 편리함을 제공할 수 있는 가볍고 휴대가 용이한 유연하고, 신축성이 있으며 접을 수 있는 기능을 탑재한 전자제품이 새로운 트렌드로 자리 잡음
- 탄소소재는 현재 널리 사용되는 금속소재 대비 물리·기계·화학적 성질이 우수하고, 원재료가 풍부하며 광범위한 분야에 응용이 가능해 오래전부터 미래 소재로 주목받아 왔으며, 최근 탄소섬유의 항공기 적용 확대, 탄소 나노 튜브 가격의 현실화, 그래핀 관련 성공적 연구 성과 등이 맞물려 탄소소재는 높은 부가가치 창출이 가능한 미래 소재로 재 부각이 되고 있음
- 본 기술분야는 기술경쟁력과 가격경쟁력을 확보하고 시장에 진입한다면 산업의 급 성장과 미래 산업의 주도적인 위치에서 사업화를 성공할 수 있을 것으로 판단됨

### III 종합의견

- 본 기술은 복합체 제조에 있어서, 방사선을 이용하여 경화공정을 수행하여 제조하는 기술임
- 본 기술의 해당 시장인 나노 탄소소재의 2013년 세계시장 규모는 약 8억 7900만 달러로 2017년 약 14억 달러까지 연평균 12%의 지속적인 성장세를 유지할 것으로 예상됨
- 또한, 국내시장은 2013년 약 948억 원에서 2017년 1,397억 원까지 연평균 10% 상승률로 지속적으로 성장할 것으로 전망됨
- 본 기술을 이용하여, 자동차, 항공, 선박, 국방 산업 등에 적용이 가능하며, 탄소 나노소재는 기술 중심인 고부가가치 산업으로 각종 재료 등에 응용되는 소재로써 현재 많은 연구개발이 이루어지고 있어 앞으로의 시장 역시 확대될 전망이다

### IV 원자력(연) 보유특허

- 보유특허현황

구분	발명의 명칭	출원번호 (출원일)	등록번호 (등록일)	출원 국가
1	방사선 조사로 경화된 탄소섬유, 에폭시 수지 및 방사선 개시제의 복합체를 포함하는 하이브리드 압력용기의 제조방법	10-2008-0111810 (2008.11.11.)	10-1016377 (2011.02.14.)	한국
2	변성 에폭시 아크릴레이트의 제조방법 및 이에 의하여 제조되는 변성 에폭시 아크릴레이트	10-2010-0079350 (2010.08.17.)	10-1190003 (2012.10.05.)	한국
3	방사선 조사를 이용한 풍력 블레이드용 섬유강화 복합소재의 제조방법	10-2011-0015555 (2011.02.22.)	10-1276236 (2013.06.12.)	한국
4	방사선 조사 및 열처리로 안정화된 탄소나노섬유의 제조방법 및 이에 따라 제조된 탄소나노섬유	10-2011-0139284 (2011.12.21.)	10-1327972 (2013.11.05.)	한국
5	연속식 섬유 안정화 장치	10-2012-0115621 (2012.10.17.)	10-1386700 (2014.04.11.)	한국
6	방사선을 이용한 복합재료 접합 방법	10-2012-0156453 (2012.12.28.)	10-1499644 (2015.03.02.)	한국

- 담당자연락처

구분	성명	전화	이메일	비고
기술이전 담당	함형욱	042-868-4538	ham@kaeri.re.kr	
연구자 (주발명자)	강필현	063-570-3061	phkang@kaeri.re.kr	