탄소소재
표준화 5개년 전략

KATS 국가기술표준원

NSC 국가표준코디네이터
차 세 대 소 재 분 야

목 차

요약보고서

Ⅰ. 개요

1. 배경 ····· 1
2. 연구의 필요성 ····· 3
3. 연구 목적 및 기대효과 ····· 4
4. 연구 절차 및 추진체계 ····· 6

Ⅱ. 탄소소재 산업 환경 분석

1. 탄소소재 산업의 국내외 기술수준 분석 ····· 8
2. 국내외 탄소소재 제품 시장 현황 및 전망 ····· 15
3. 국제기구의 표준화 동향(진행 현황) ····· 17
4. 국내 정책 및 제도 현황 ····· 45
5. 국내외 기술 개발 현황 ····· 51

Ⅲ. 탄소소재 산업 표준화 대상 도출 및 로드맵

1. 핵심 기술 도출 ····· 60
2. 표준화 로드맵 ····· 105

Ⅳ. 부 록

1. 탄소소재 국내 기업현황 ····· 151
2. 탄소소재분야의 표준 제정 현황 ····· 153
3. 6대 탄소 소재 분야별 주요 목표(출처 : C 산업의 현황 및 육성 방안 연구) ····· 227

○ **탄소섬유, 나노탄소 및 복합재료 표준화의 필요성**

탄소를 기반으로 하는 소재 중 산업적 가치, 향후 5년 내 성장 가능성 및 기술경쟁력의 기여 등을 고려하여 각 분야별 표준화 중점 대상을 도출하고 표준화를 통하여 탄소분야 기술선진국 조기 진입과 창조적 표준을 통한 글로벌 시장 선도

○ **내　　용**

국내 탄소산업의 국제 경쟁력 확보를 위한 신규제품, 시험방법 그리고 인력 양성을 위주로 표준기반 조성 확보

○ **전　　략**

기술표준 중심의 종합적 R&D 사업 연계

○ **업 무 단 계** (2015-2020)

1 단계 : 표준연구개발

2 단계 : 국제·국내 표준 진행

3 단계 : 국제·국내 표준 확보 및 기술 DB구축
　　홍보 및 기업표준 전문가 기반 구축

요약 보고서

목표	탄소 기반 소재 분야에서 표준화 대상을 도출하고 표준화 전략을 수립하여 탄소소재 관련 분야에서의 신제품 개발 및 글로벌 시장선점을 위한 기술 개발 및 표준화 방향을 유도하기 위해 작성
표준화 중점 대상 도출 및 전략 수립	탄소를 기반으로 하는 소재 중 산업적 가치, 향후 5년 내 성장 가능성, 기술경쟁력에의 기여 등을 기준으로 각 분야별 표준화 중점 대상을 도출 - 전략성과 시장성을 고려한 중점 표준화 대상 도출 ＊ **나노탄소소재분야** 1) 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 용어 및 분류명 표준화 2) 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 성능평가 및 측정방법 표준화 3) 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 환경, 보건, 안전 관련 표준화 4) 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 제품개발 및 생산 공정을 위한 물질 표준화 등으로 분류하여 표준화 항목 도출(**24개 표준화 항목**) ＊ **탄소섬유 및 복합 소재 분야** 1) 탄소섬유 2) 복합소재 3) 건축토목 4) 전자 등 소재 응용의 관점에서 분류하여 국내외 기술 비교를 통해 저가, 내염화, 저온탄화 등 전략적 선택을 통한 틈새시장 개발이 가능한 영역을 고려하여 표준화 항목 도출(**43개 표준화 항목**) - 중점 표준화 항목의 세부 표준화 전략 수립 전문가들이 국제 표준화 추진 전략 (선도, 경쟁/협력 등)을 검토하여 이를 위한 IPR 확보 방안, 국제 표준화 방안 등을 도출하고 세부 표준화 전략 수립
기대 성과	- 탄소소재 산업 분야에 대한 표준화 전략 수립을 통해 중·장기적인 표준화 방향 제시 - 탄소소재 관련 기술 및 산업의 미래 세계시장에서 경쟁력 확보 ＊ 국외 표준화 선점을 통한 탄소소재 관련 기술 및 산업기술의 기득권 확보 ＊ 탄소소재 관련 기술 및 제품의 상업화를 위한 기준 제시를 위한 기반 확립

○ **표준화 대상 목록(2015-2020)**

분야	세부분야	No.	표준화 항목	국제표준화전략
나노탄소소재	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 용어 및 분류명	1	탄소소재 기본용어 및 분류체계	국제표준 수용/적용
		2	탄소나노소재 용어 및 분류체계	국제표준 수용/적용
		3	Graphene/2D 물질용어	국제표준 수용/적용
	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 성능평가 및 측정방법	4	국제 표준활동 전문가 양성 및 국내 전문가 그룹 네트워 활성화를 통한 지속적인 지원체계 마련	국제표준 선도
		5	SWCNT에 관한 TEM, SEM, EDXA 측정표준	국제표준 선도
		6	SWCNT에 관한 광분석 측정표준(NIR PL, UV-VIS-NIR 광흡수 측정)	국제표준 선도
		7	국내산업기반 CNT관련 측정 평가방법 표준화	국제표준 선도
		8	TGA를 이용한 SWCNT 순도 측정	국제표준 선도
		9	Graphene과 CNT의 전기적 특성 분석	국제표준 선도
		10	Graphene 특성 분석방법 메트릭스 개발	국제표준 선도
		11	Graphene과 CNT의 층수 측정 방법 표준화	국제표준 선도
		12	Graphene과 CNT의 결함 평가 방법 표준화	국제표준 선도
		13	Graphene의 기타 특성 평가 방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 환경, 보건, 안전 관련 표준	14	CNT와 CNF의 차별성 검증	국제표준 협력/경쟁
		15	국내생산 CNT와 발암물질로 지정된 CNT와의 차별성 검증	국제표준 선도
		16	CNT 흡입독성 시험방법 개발	국제표준 선도
		17	CNT 노출 평가 방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		18	CNT 독성 평가 방법 표준화	국제표준 선도
		19	Graphene 독성 평가 방법 표준화	국제표준 선도
	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 제품개발 및 생산공정을 위한 물질 표준	20	복합소재 내의 CNT 함량 평가 기술 개발 및 ISO, IEC 표준화 추진	국제표준 협력/경쟁
		21	탄소소재의 열적 특성 측정 평가 기술 개발 및 IEC 표준화 추진	국제표준 협력/경쟁
		22	CNT/Graphene 복합소재 생산 공정 및 소자 개발 관련 국내기술 표준화 추진	국제표준 협력/경쟁
		23	산업계 표준 전문위원 양성 및 기존 전문위원 네트워 구축	국제표준 선도
		24	CNT/Graphene 기반 클러스터 크기 특성 측정방법 표준화	국제표준 협력/경쟁

분야	세부분야	No.	표준화 항목	국제표준화전략
탄소섬유 및 복합소재	탄소섬유 기반 프리폼의 필수 품질 및 신뢰성 평가방법	1	3D textile 표준화 시편 제작 기술	국제표준 협력/경쟁
		2	3D textile 복합재료 표준화 시험방법	국제표준 협력/경쟁
	탄소섬유 표면 및 계면의 필수 품질 및 신뢰성 평가방법	3	탄소섬유 표면특성 평가방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		4	탄소섬유/고분자 계면특성 평가방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		5	장기 신뢰성 평가방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소섬유 표면개질을 통한 다공성 특징을 갖는 탄소섬유의 성능 평가 시험방법	6	탄소섬유 표면개질 전략화 기술	국제표준 협력/경쟁
		7	다공성 탄소섬유 일반적 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		8	사용 목적에 따른 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	저온탄화 탄소섬유 및 그를 사용한 복합소재 및 부품의 성능평가 방법	9	저온탄화 탄소섬유 제조 기술 및 평가방법 표준화	국제표준 선도
		10	저온탄소섬유 보강 기능성 복합재료 제조 기술 및 평가방법 표준화	국제표준 선도
	다공성 탄소섬유 sheet를 이용한 휘발성 유기화합물의 흡착 및 탈착 성능 시험 평가 방법	11	시편제조방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		12	휘발성 유기화합물의 분석방법 표준화	국제표준 선도
		13	휘발성 유기화합물의 구별	국제표준 협력/경쟁
		14	흡탈착 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		15	다공성 탄소섬유 VOC 흡탈착 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소섬유 복합체의 동적 기계적 특성 시험방법	16	초고속충돌환경 성능평가 시험방법 표준화	국제표준 선도
		17	가혹환경 성능평가 시험방법 표준화	국제표준 선도
		18	측정 평가 시간단축 기술 개발	국제표준 선도

분야	세부분야	No.	표준화 항목	국제표준화 전략
탄소섬유 및 복합소재	원통구조 충격흡수 탄소섬유 보강 튜브 복합재료 성능 평가 방법	19	튜브형태 복합체 제조기술 및 성능평가 표준화	국제표준 선도
		20	튜브형태 복합체 내충격 흡수 및 방탄특성 성능평가 표준화	국제표준 선도
	탄소복합재 코일스프링 성능 평가 방법	21	복합재 코일스프링 제작 공정 개발	국제표준 선도
		22	복합재 코일스프링 시험 개발	국제표준 선도
	건축 보강용 피치계 탄소섬유 성능평가 방법	23	건축물 보강용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		24	교량 보강용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		25	섬유 방사용 피치 중간원료 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		26	메조페이스 함량에 따른 피치계 탄소섬유 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		27	탄소섬유 직경에 따른 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		28	탄소섬유 표면처리에 따른 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		29	탄소섬유 직조에 따른 보강 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소복합소재 및 건설용 소재/부품 성능평가 방법	30	건설용 보수보강 기술 표준화	국제표준 협력/경쟁
		31	고인성/고내구 토목 기술 표준화	국제표준 선도
		32	방폭 성능 평가 기술 표준화	국제표준 협력/경쟁
		33	내진성능 평가 기술 표준화	국제표준 협력/경쟁
		34	패시브하우스 평가 기술 표준화	국제표준 협력/경쟁
	발열체용 피치계 탄소섬유 성능평가 방법	35	히터 발열체용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		36	난방시설 공사용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		37	탄소섬유 직경에 따른 발열 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		38	탄소섬유 표면처리에 따른 발열 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		39	탄소섬유 직조에 따른 발열 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소섬유 기반 LED용 고성능 방열 부품의 시편 제조 방법 및 시험방법	40	탄소섬유로 된 방열부품 개발	국제표준 협력/경쟁
		41	시편 제조방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		42	LED 제품 방열시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		43	기타 방열제품 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁

Ⅰ. 개요

1. 배경

○ 탄소소재기술은 전기・전자・바이오 등과 같은 다양한 산업에 적용되면서 미래 첨단 기술의 핵심으로 등장하였고, 세계 시장규모는 2010년에 2조 8천억 달러에 달했으며, 2030년엔 17조 달러 규모로 향후 800% 정도 성장할 것으로 예상된다. 이러한 탄소소재 산업의 개발 및 상용화 촉진을 위해 국제표준화기구(ISO)는 탄소소재 기술 분야의 표준 제정을 꾀하고 있다.

○ 기존의 산업들이 많은 에너지원들과 귀금속들을 소모하는 것에 비해, 탄소산업은 석유정제의 부산물인 콜타르 피치와 같은 산업 부산물을 부가가치가 큰 원료로 변환하는 것을 포함하여 지구 온난화와 대기 오염의 주범이 되고 있는 메탄, 일산화탄소, 이산화탄소 등을 이용하여 다양한 응용분야에 맞는 탄소소재를 생산한다는 점에서 환경 및 에너지 문제 해결의 핵심소재이자 산업으로 평가되고 있다.

○ 국제표준은 자유주의 무역 확산과 WTO/TBT 협정에 따라 국가 간에서 실질적인 기술규제로 전략적으로 활용되어지고 있으며, 이에 따라 세계 각국의 국제표준 선점을 위한 경쟁이 점차 심화되고 있다.

○ 미국, 유럽, 일본 등 선진국은 핵심 분야에서 시장을 선점하기 위해 산업체 중심의 포럼, 컨소시엄 형태로 표준화를 주도하고 있으며, 자국이 보유하고 있는 원천기술을 국제표준에 반영을 추진 중이다.

○ 최근 개발되고 있는 탄소소재 기술은 융합기술로서 생물, 화학, 물리, 소재, 공학, 의료, 생명공학 등 다학제 간 참여가 요구됨에 따라 각각의 분야에서 실험결과를 비교하기 위해 용어 표준화, 특성평가 방법 표준화 등이 필요한 상황이다.

○ 최근 탄소기반 나노물질이 인체와 환경에 미치는 안전성에 대한 논란이 이슈로 부각됨에 따라 탄소기반 나노물질 및 제품의 안전성 평가 방법의 표준화가 중요 이슈가 되고 있으며 안전성 평가 방법의 표준화 미흡으로 인해 수출 규제를 당하는 사례가 나타나고 있다.

○ 우리나라의 탄소기반 나노 기술의 경우 연구개발 성과 및 특허 출원은 이미 세계 선두권에 진입하였으나 제품화 및 상업화는 미흡한 상황으로 이는 기술개발과 연계한 표준화 개발이 미흡한 것도 한 원인으로 지적되고 있다.

○ 최근 10년간의 전 세계적인 경제공동체 흐름을 보면 기술의 표준화를 통해 제품화를 앞당기고, 제품화 방향도 결정되는 것을 알 수 있다. 따라서 국가 R&D – 특허 – 표준화 연계 전략 마련 및 실행을 통하여 연구개발 투자 효율성을 극대화 하고 개발 기술의 활용 및 제품화를 촉진시키는 '선순환 구조' 형성을 위한 전략 수립이 필요하다.

○ 우리나라는 핵심 기술 분야에 있어서 국제표준의 수용자에서 제안자로 도약하고 있는 상황으로 국제표준의 진정한 주역이 되기 위해서는 우리나라가 보유한 핵심기술 분야에 대한 표준화의 전략적 추진이 요구되고 있다.

2. 연구의 필요성

○ 탄소는 그 자체로 전통적인 금속, 세라믹, 고분자의 특성을 아우르면서도 독특한 고유성질을 발현하는 특징을 지닌, 소재산업의 근간이 되는 소재로서 신기술 융합이 소재산업 발전의 핵심이므로 기술 개발과 함께 개발된 기술의 국제 표준화를 통한 경쟁력 확보 및 지적재산권 확보가 매우 중요한 상황이다.

○ 나노시대의 전개를 가능케 했던 탄소나노튜브나 그래핀을 비롯한 탄소 기반 나노소재는 기존의 실리콘 기반 반도체 산업의 패러다임을 혁신할 미래소재로 큰 기대를 모으고 있다. 우리나라 탄소기반 나노 기술 수준은 세계 상위권으로 평가되고 있으나 나노기술을 통한 신산업 또는 세계적 톱 브랜드 창출에는 도달하지 못하고 있다.

○ 선진국의 탄소소재 및 탄소기반 나노 기술의 국제 표준 선점은 국내 제품의 수출에 기술적 규제로 작용할 가능성이 매우 크며, 우리나라 제품의 세계 경쟁력 약화를 유발할 수 있다.

○ 우리나라는 탄소산업에 대한 기반이 매우 취약한 실정임. 원료 생산기반 및 원천기술 연구 활동이 미미하고, carbon product 대부분을 수입에 의존하고 있다. 대신 프리프레그 및 복합재료 가공기술에 상대적 강점을 가지고 있으며, 탄소나노튜브 및 그래핀을 이용한 응용연구에서 두각을 나타내고 있다. 취약점을 보완하고 강점을 극대화시키는 방향의 계속적인 투자·연구와 함께 개발된 기술의 국제 표준화를 통한 경쟁력 확보 및 지적재산권 확보가 매우 중요한 상황이다.

○ 기술표준이 선진국에 의해 선점되었을 때는 개발된 기술 데이터를 선진국에 의뢰할 수밖에 없는 상황이 도래하여 막대한 비용을 지불해야 할 것이다.

○ 표준화는 기술의 제품화 방향 설정 및 제품화를 촉진시키는 역할이 가능하므로, 탄소소재 기술에 대한 연구결과를 상용화하고 제품 개발을 촉진하기 위한 표준화 전략이 필요한 상황이다.

○ 탄소기반 나노 제품의 위해성 논란 및 표준화 미흡으로 인해 나노제품에 대한 신뢰성이 문제가 대두되고 있어, 탄소기반 나노산업의 표준화 및 이를 통한 인증체계 마련 등을 통해 나노제품에 대한 신뢰성을 향상시키고 이를 통한 시장 확대가 필요하다.

○ 상업화 초기 단계인 세계 탄소기반 나노 시장 선점을 위해서는 해당제품의 위해성 논란을 해소할 수 있는 안전성평가 기술의 확보 및 표준화가 반드시 필요하다.

3. 연구목적 및 기대효과

3.1. 연구 목적

○ 본 연구는 탄소소재와 탄소복합소재 분야의 신제품 개발 및 세계 시장 선점을 위한 기술 개발 촉진, 관련분야의 환경 및 표준화 동향 분석을 통한 표준화 중점 대상 도출, 국제 표준화 선점을 위한 전략 수립 등을 목적으로 한다.

- 탄소소재 산업(인조흑연, 탄소섬유, 카본블랙, 탄소나노튜브, 활성탄소, 그래핀)의 거시 환경 분석, 산업 환경 분석, 표준화 환경 분석 등을 통하여 각 분야별 표준화 중점 대상 도출
- 각 분야별 기술 분석, 시장분석, 전문가 자문 등을 통하여 표준화 항목을 도출하고, 전략성과 시장성을 고려하여 중점 표준화 항목 도출
- 중점 표준화 항목 관련 탄소소재 기술 개발 및 제품화에 실질적이고 효율적인 도움을 줄 수 있는 세부 표준화 전략을 수립

○ 응용, 상용화가 용이하고 표준 제정이 시급한 분야를 최우선으로 겨냥하여 아래와 같은 순서에 입각한 표준화 로드맵 도출하였다.

- 원소재 → 가공 → 부품 → 완제품 완성을 위한 표준화기술 확보

○ 본 연구를 통해 수립된 표준화 전략을 중·장기적인 탄소소재 산업 기술 표준화 방향으로 제시하고 탄소소재 산업의 기술 개발 및 제품화 촉진에 기여하는 것을 목적으로 한다.

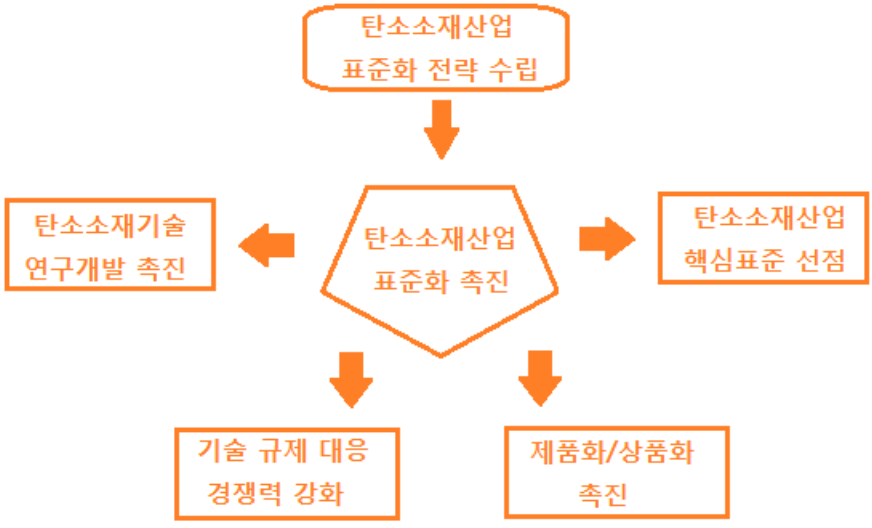
3.2. 기대 효과

○ 탄소소재 산업의 표준화 방향 제시
  – 탄소소재 기술과 연계한 표준화 촉진을 통한 선순환 구조 형성

○ 국내 탄소소재 기술 개발 촉진
  – 표준 활용을 통한 다학제간 효율적 연구 및 연구개발 촉진

○ 국내 탄소소재 산업의 원료 생산기반 및 원천기술 연구 활동 촉진 및 국제경쟁력 확보
  – 원료 생산기반 확립 및 제품화 촉진
  – 표준화를 통한 탄소소재 제품의 신뢰성 향상 및 시장성 향상

○ 탄소소재 기술 및 관련 산업의 미래 시장에서의 경쟁력 확보
  – 국제 표준화 선점을 통한 탄소소재 기술 및 관련 산업기술의 기득권 확보
  – 선진국 기술 규제 대응 및 이를 통한 경쟁력 강화
  – 세계 탄소소재 산업 핵심 표준 선점을 통한 경쟁력 강화



[그림 I -1] 탄소소재 산업 표준화 전략 수립의 기대효과

4. 연구 절차 및 추진 체계

4.1. 연구 절차

○ 표준화 전략은 다음과 같이 3 단계에 걸쳐 수립하였다.

- 1 단계는 표준화 대상을 도출하는 단계로서 현재의 탄소소재 기술과 미래의 탄소소재 기술을 검토하여 핵심 기술을 도출하고 이와 관련된 제품 및 시장을 예측하여 표준화 필요 여부를 검토
- 2 단계는 표준화 대상 항목에 대하여 트렌드 부합성, 표준화 당위성 등을 검토하여 중점 표준화 항목을 선정
- 3단계는 중점 표준화 항목들에 대하여 세부 표준화 추진 전략을 수립하고 이를 토대로 표준화 로드맵을 수립

4.2. 추진 체계

○ 본 연구는 산·학·연 전문가 그룹을 중심으로 탄소소재 산업에 대한 주요 동향 조사 및 표준화 조사를 담당하였으며, 지식경제부와 한국화학연구원이 2012년 발간한 '탄소소재 산업의 현황 및 육성 방안 연구' 및 이를 기반으로 하여 실시되고 있는 산업통상자원부의 '탄소밸리구축사업' 의 과제 및 연구 내용을 참고하였다.

○ 인조흑연, 탄소섬유, 카본블랙, 탄소나노튜브, 활성탄소, 그래핀 등 각 분야의 전문가 그룹이 탄소소재 제품의 표준화 전략에 대한 연구를 수행하였다.

Ⅱ. 탄소소재 산업 환경 분석

1. 탄소소재 산업의 국내외 기술수준 분석

○ 탄소소재 산업은 다양한 원료로부터 제조된 탄소소재들을 이용하여 석탄, 석유화학, 농·임업, 철강, 비철금속, 세라믹, 자동차, 우주항공, 건축토목, 전기·전자, 지속가능에너지, 환경 산업 등에 사용되는 중요 소재들을 제공하는 기반산업이다. 또한 이는 원료, 중간재, 최종제품, 복합제품 등에 이르기까지의 원천·기반기술, 공정·생산기술, 제품화기술, 용도맞춤 응용기술 등을 포괄한다.

○ 탄소소재는 고강도 고전기 및 열 전도성 등 우수한 특성을 갖고 있어 기존 소재의 기술적 한계를 뛰어넘는 신소재로 또 다시 부상하고 있다.

○ 최근의 산업 및 기술에 대한 인식 방법의 체계 및 시스템의 변화와 산업체의 수요 증대에 대응하는 탄소소재 대량 생산체계 구축이 시급하다.

○ 국내의 경우 기초 원료로부터 중간원료 제조기술이 취약하고 복합재 부품의 성형 및 가공 지원인프라가 미약하여 글로벌 수준의 기술/가격 경쟁력 확보가 곤란하다.

○ 국내 탄소소재 기술은 그래핀이외의 다른 소재기술은 미국, 일본, 독일 등 선진국 수준보다 크게 뒤처져 있는 상황이다.

<표 Ⅱ-1> 국가별 탄소소재 기술 수준 비교(최고기술수준을 100으로 가정)

국가	카본블랙	활성탄소	탄소섬유	인조흑연	탄소나노튜브	그래핀
일본	100	90	100	100	100	50
미국	100	100	95	45	100	100
독일	90	90	90	50	50	14
한국	65	60	70	18	70	98
중국	60	50	80	56	40	60

* 탄소소재 산업 국가경쟁력 순위('11년) : (1위) 일본, (2위) 미국, (3위) 독일, (8위) 한국, (10위) 중국

참고 자료 : 탄소소재 산업의 현황 및 육성 방안 연구(지식경제부, 한국화학연구원, 2012)

1.1. 카본블랙 산업

○ 범용카본블랙은 각국에서 모두 생산이 가능하며, 카본블랙은 그 제법에 따라 컨택트블랙(contact black), 퍼니스 블랙(furnace black), 써말블랙(thermal black), 램프블랙(lamp black) 등이 있다.

○ 특수카본블랙은 미국(Cabot), 일본(미쓰비시화학-Ketjen black, Denka그룹-Denka black), 독일(Degussa), 한국(OCI-CCC인수), 중국(Cabot중국공장) 등에서 주로 생산된다.

○ 국내에서는 플라스틱, 잉크 용도의 저부가가치 특수카본블랙은 일부 생산되고 있으나 도전재 등의 고부가가치 특수카본블랙의 생산이 전무하여 수입에 의존하고 있다.

1.2. 활성탄소 산업

○ 미국, 일본, 독일 등과 같은 선진국에서는 휘발성 유기화합물 제거에 다양한 처리공정들이 개발되어 있다.

- 미국의 UOP사 등을 비롯하여 일본의 Toray사, 프랑스의 IFP사 등에서 활성탄소 흡착제를 이용한 흡착공정이 개발되어 있음

○ 휘발성 유기 화합물 분리, 회수용 분리막 시스템 공정은 미국의 MTR사, 캐나다의 PetroSep사 및 호주의 Masstech사 등에서 고분자 분리막을 이용한 시스템이 생산, 공급 중에 있으며 탄소 분리막에 대한 기술은 아직 연구개발 단계이다.

1.3. 탄소섬유 산업

○ 최대 항공기 제조사인 미국의 Boeing사와 유럽의 Airbus사가 탄소섬유(CF) 복합재료의 사용을 대폭 확대하고 있다.

- Boeing사의 경우도 최신기종으로 갈수록(B767, B777) CF 복합재료의 사용량이 비약적으로 높아졌으며 초대형 여객기인 B787 기종에서는 더욱 두드러질 전망임

○ 항공기 브레이크 디스크에 사용하는 탄소섬유는 미사일기술통제 체제(MTCR: Missile Technology Control Regime)협약에 의하여 수출입이 통제되는 탄소섬유이다.

○ 근래에는 강화 탄소섬유에 SiC 세라믹 매트릭스로 된 우수한 성질을 갖는 브레이크 디스크를 개발하여 마찰용 브레이크 패드에도 적용하고 있다.

○ 항공기 외에 우주용으로도 탄소섬유는 고압에 견디어야 하며 무게는 가벼워야 하는 발사체로켓에 탄소섬유는 이상적인 재료로 인하여 금속재료에서 탄소섬유 복합재료로 바뀌는 추세이다.

○ 선진국 중심으로 자동차 경량화를 통한 연비 개선을 위해 CF 복합 재료를 적용시키기 위한 R&D 및 상용화 테스트가 진행 중이다.

○ 토목/건축 분야에서 내진도와 내하중을 높이기 위해 교량의 교각과 상판, 건축물의 슬라브와 보 등에 탄소섬유 시트와 탄소섬유 strip을 시공하여 콘크리트 구조물을 보강하고 있다.

1.4. 인조흑연 산업

○ 이차전지용 음극재 국내 개발현황은 다른 소재 (양극재, 전해질, 분리막 등)에 비해 양산화된 제품의 국산화율이 거의 전무이며 이에 대한 기술개발이 매우 시급한 실정이다.

○ SDI 및 LGC 등의 한국 음극재 업체의 경우 주로 일본 음극재 회사에서 재료를 공급받으며 향후 저가의 중국 음극재 회사의 공급비중이 높아질 것으로 예상된다.

○ 일본의 음극재 회사는 천연흑연을 제외한 인조흑연용 고품질 피치의 안정적 공급이 가능하고 이를 이용한 전지 음극재 제조기술의 연계가 확립되어 있다.

1.5. 탄소나노튜브 산업

○ 미국이나 일본은 탄소나노튜브의 대량합성기술을 확보하였다.

○ 탄소나노튜브의 국내 산업은 응용분야에서는 크게 뒤지지 않는 것으로 추정되고 있다.

○ 국외 업체의 경우 미국을 중심으로 활발한 탄소나노튜브의 응용이 탐색되고 있음. 대부분의 응용분야는 복합재를 중심으로 개발되고 있다.

○ 현 시판 중인 부품은 자동차용 펜더와 정밀 플라스틱 부품, o-ring 등이다.

1.6. 그래핀 산업

○ 국외의 그래핀 산업은 현재 기초 물성 연구 수준에서 응용 연구와 더불어 사업화에 대한 논의가 이루어지고 있는 시점이다.

○ 그래핀의 산업화는 미국에서 XG Science 등의 몇 개의 벤처회사가 주도하고 있으나, 아직 대량 양산 체제를 갖추지는 못하고 있다.

○ 일부 반도체 관련 기업에서 CVD 그래핀을 적용한 반도체 소자 응용 관련 연구가 진행 중이며, RF소자의 경우 미국의 IBM이 선도하고 있다.

○ 현재 국내 그래핀 연구는 기초 연구 위주의 소재합성 및 응용기술 개발로 진행되었다. 양산과 사업화를 목표로 하는 대규모 투자는 이루어지지 않고 있지만 기초 연구 뿐 만 아니라 상용화를 목표로 다양한 응용연구가 활발히 진행 중이다.

2. 국내외 탄소소재 제품 시장 현황 및 전망

○ 세계 탄소소재 원료시장은 현재 카본블랙 및 흑연 시장이 전체 시장의 70%를 점유하고 있으나 탄소섬유 및 탄소나노튜브 등 높은 성장률을 보이는 소재들이 미래 시장을 주도할 것으로 전망이다.

○ 세계 탄소소재 원료시장은 2008년 기준 약 185억 달러에서 2015년 약 280억 달러, 2025년에는 618억 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다.

○ 탄소섬유 세계시장 규모는 소비량 기준으로 2012년 45,010톤에서 2015년 69,660톤에 이를 것으로 추정되며 2020년에는 141,260톤으로 빠르게 확대될 전망이다. 이는 2012년 20억3천만 달러, 2020년 49억8천만 달러에 해당하는 금액으로 연평균성장률 11.8% 수준의 증가세가 지속될 것으로 전망하고 있다(참고자료 : Industry Experts 2013).

○ 탄소 섬유 강화 플라스틱의 세계 시장규모는 2012년에 146억 달러에 달했고 2020년에는 360억 달러 규모로 성장할 것으로 예측하였다. 또한 그래핀의 세계 시장 규모는 2012년 9백만 달러로부터 2020년 1억2천6백만 달러에 달할 것으로 예측된다(참고자료 : Lux Research report 2012).

○ 세계 탄소섬유 생산능력은 2012년 92,610톤으로 추정되며 2015년 121,990톤으로 증가할 것이 예상됨. 2020년에는 197,060톤에 달해 2012년부터 2020년 까지 연평균성장률 9.9%에 달할 것으로 예상된다(참고자료 : Lux Research report 2012).

○ 탄소소재 산업의 국내 시장 규모는 2010년 126억 달러로 추정되며 2020년 436억 달러로 증가할 것으로 전망된다.

- 탄소소재 수입은 2010년 7억3천만 달러로 규모는 크지 않으나 수입 의존도가 국내 시장 대비 57.7% 로 해외 의존성이 큰 편임

○ 국내 탄소소재 기술은 일부 탄소소재(카본블랙, 탄소섬유)를 제외하고, 중간원료·탄소소재·탄소제품에 대한 개발·생산 능력 미흡하다.

- 중간원료인 피치/침상코크스 개발을 시도한 바 있으나 기술력의 한계로 인한 실패와 대규모 설비 투자 부담으로 상용화 지연. 탄소 소재 자립생산의 걸림돌로 작용
- 탄소소재를 대부분 미국・일본・독일 등 해외에 의존함으로써 탄소소재 고도화와 산소소재 제품 활용도가 미진하여 수요시장 창출에 어려움을 겪음

○ 세계 시장은 자동차의 탄소소재 수요가 제일 큰 반면, 국내 시장은 IT산업의 발달로 휴대폰・디스플레이・이차전지 증가세가 큰 특징이다.

○ 탄소소재 산업은 2020년까지는 휴대폰・디스플레이・이차전지(음극재) 등 IT 수요가 급증하고, 그 이후는 저가의 대량생산체제 확산에 따라 증가세 둔화 전망이다.

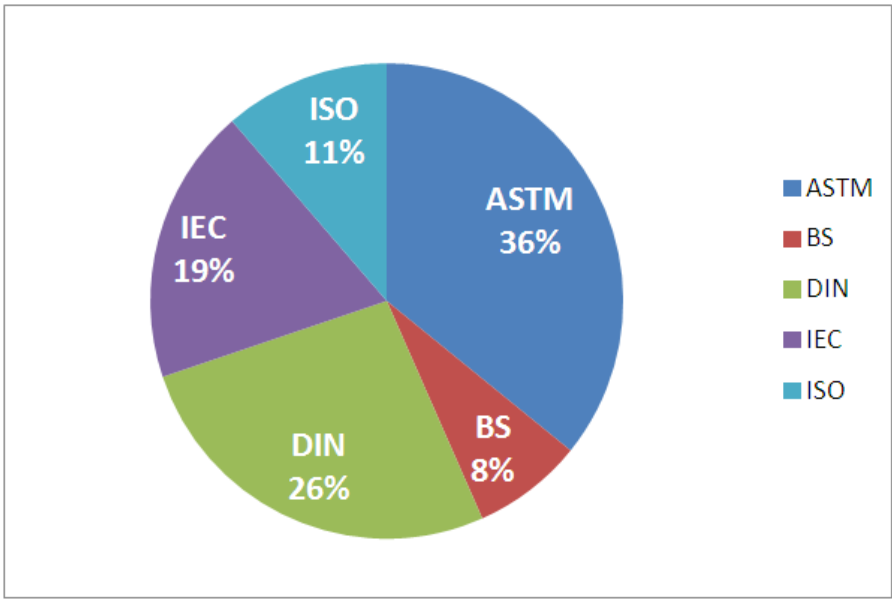
3. 국제기구의 표준화 동향(진행 현황)

3.1. 탄소소재의 분야별 표준 진행현황

2014년 11월 현재, 탄소소재 분야의 신규표준 추진현황을 표준화 기구별로 살펴보면, 미국재료시험협회(ASTM)이 19건, 뒤를 이어 독일공업규격위원회(DIN)가 14건, 국제전기기술위원회(IEC)가 10건, 국제표준화기구(ISO)가 6건, 영국규격협회(BSI)에서 4건이 진행되고 있는 것으로 조사되었다.

<표Ⅱ-2> 표준화 기구별 탄소소재 분야 신규표준 진행 현황

순위	표준기구	약어	신규표준 진행건수
1	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	19
2	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	14
3	국제전기기술위원회 International Electro-technical Commission	IEC	10
4	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	6
5	영국규격협회 British Standards Institution	BS	4
총합계			53



[그림Ⅱ-1] 표준화 기구별 탄소소재 분야 신규표준 진행현황

탄소소재 분야인 (1) 카본블랙, (2) 활성탄소, (3) 탄소섬유, (4) 인조흑연, (5) 탄소나노튜브, (6) 그래핀의 신규표준 추진현황은 분야별로 다음과 같다.

3.1.1. 카본블랙 분야 표준 진행현황

카본블랙 관련하여 가장 활발하게 활동하고 있는 표준화 기술위원회는 미국재료시험협회(ASTM) 산하 카본블랙 기술위원회 D24 이다.. 이 기술위원회는 1956년에 처음 구성되었으며 매년 6월과 12월에 정례회의를 개최한다. 약 30명의 회원들이 3일 동안 개최되는 표준화 기술위원회에 참여하고 있으며 현재 약 60명의 회원들이 코우크스, 석탄, 차콜, 흑연, 흑연 제품들과 관련하여 제정된 34개 이상의 표준을 관할하고 있다. 이 표준들은 매년 발행되는 ASTM의 표준연감에 수록되어 있다.

<표Ⅱ-3> ASTM D24 기술위원회

D24	Carbon Black
분과위원회 (Subcommittees)	
D24.11	Carbon Black Structure
D24.21	Carbon Black Surface Area and Related Properties
D24.31	Non-Carbon Black Components of Carbon Black
D24.41	Carbon Black Nomenclature and Terminology
D24.45	US TAG to ISO/TC45 on Rubber
D24.51	Carbon Black Pellet Properties
D24.61	Carbon Black Sampling and Statistical Analysis
D24.66	Environment, Health, and Safety
D24.67	Sustainability
D24.71	Carbon Black Testing in Rubber
D24.81	Carbon Black Microscopy and Morphology
D24.81.01	D3849 Test Method Improvements
D24.90	Executive
D24.92	Awards
D24.94	Long Range Planning

국제표준의 주도적인 개발주체로서 ASTM은 CEN이나 ISO와 같은 타 지역 또는 국제적 표준화기구와 협력을 위한 노력을 하고 있으며 이의 일환으로 고무 기술위원회 D11과 카본블랙 기술위원회 D24는 ISO의 기술위원회 TC 45에 미국기술자문그룹 (US Technical Advisory Group; TAG)을 운영한다. 고무와 카본블랙에 종사하는 기업들은 국제적인 영업활동을 위해 다수의 표준화기구들에서 제정된 일련의 표준에 의존하기 때문에 ASTM은 US TAG를 지원하고 있다. 이와 같은 노력으로 ASTM은 ISO에서 강력한 영향력을 행사할 수 있으며 국제적으로 중복된 표준이 제정되는 것을 예방하고 있다.

<표Ⅱ-4> 표준화 기구별 카본블랙 분야 표준 진행현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준진행 건수	점유율 [%]
1	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	3	50.0
2	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	2	33.3
3	영국규격협회 British Standards Institution	BS	1	16.7
계			6	100.0

미국재료시험협회(ASTM) 이외에도 고무와 관련하여 ISO의 TC 45/SC 3과 TC 135/SC 5에서도 현재 각각 1건씩의 표준이 제정되고 있으며 영국규격협회에서도 기술위원회 PRI/50에서도 1건의 표준에 대한 작업이 진행되고 있다.

<표Ⅱ-5> ASTM 진행표준 요약-1

번호	WK38157	작업반	D24.41	발의일자	2012.07.02	연관성[1]	◑
제목	New Classification for Standard Identification Protocol for D24 Reference Materials						
개요	This standard identification protocol covers instructions for naming the reference materials used by D24.						
의견	이 표준식별프로토콜(standard identification protocol)은 D24 기술위원회에서 사용하는 참조 물질들의 명칭을 정하기 위한 방법에 대한 설명을 포함하는 것으로 카본블랙 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-6> ASTM 진행표준 요약-2

번호	WK38171	작업반	D24.41	발의일자	2012.07.03	연관성	◑
제목	New Classification for Standard Identification Protocol for D24 Reference Materials						
개요	This standard identification protocol covers instructions for naming the reference materials used by D24.						
의견	이 표준식별프로토콜(standard identification protocol)은 D24 기술위원회에서 사용하는 참조 물질들의 명칭을 정하기 위한 방법에 대한 설명을 포함하는 것으로 카본블랙 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

1) 범례) ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 보통, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅱ-7> ASTM 진행표준 요약-3

번호	WK46844	작업반	D24.81	발의일자	2012.07.25	연관성[2]	●
제목	New Guide for Preparing Thin Films for Use in Testing of Absorption Coefficient of Ethylene Polymer Material Pigmented with Carbon Black						
개요	This guide outlines the method for preparing thin ethylene films from masterbatch compounds pigmented with carbon black. These films are intended for use with D3349-12 Standard Test Method for Absorption Coefficient of Ethylene Polymer Material Pigmented with Carbon Black.						
의견	이 지침서(guide)는 카본블랙으로 착색된 마스터배치 복합체로부터 얇은 에틸렌 필름을 만드는 방법에 관한 것으로 이 필름들은 카본블랙으로 착색된 에틸렌 폴리머 소재의 흡수율을 측정하기 위한 표준시험방법 D3349-12와 같이 사용하기 위한 것으로 카본블랙 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-8> ISO 진행표준 요약-1

번호	DIS 15825	작업반	TC 45/SC 3	발의일자	N/A	연관성	●
제목	Rubber compounding ingredients – Carbon black – Determination of aggregate size distribution by disc centrifuge photosedimentometry						
개요	This standard provides a method for determining of aggregate size distribution by disc centrifuge photosedimentometry.						
의견	이 규격은 2014-07-12 작성된 규격안에 대한 투표가 완료된 상태이다. 이 규격은 디스크 원심분리 광침전계를 사용한 카본블랙 응집 크기 분포를 측정하기 위한 방법에 대하여 규정하는 것으로 원심계에서 카본블랙의 유체 거동(hydrodynamic behaviour)을 기초로 한다. 응집 크기 분포의 측정은 고무 산업에서 사용되는 카본블랙 평가에 중요하므로 카본블랙 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-9> ISO 진행표준 요약-2

번호	NP 6964	작업반	TC138/SC 5	발의일자	N/A	연관성	◑
제목	Polyolefin pipes and fittings – Determination of carbon black content by calcination and pyrolysis – Test method and basic specification						
개요	This standard provides a method for determining of carbon black content by calcination and pyrolysis.						
의견	2014-01-31 제안서가 승인되어 진행 중에 있는 이 규격은 하소(calcination) 및 열분해(pyrolysis) 방법으로 폴리올레핀 배관의 카본블랙 함량을 측정하기 위한 방법에 관한 것으로 카본블랙 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

2) 범례) ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 보통, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅱ-10> BS 진행표준 요약-1

번호	14/30206260 DC	작업반	PRI/50	발의일자	2014.02.06	연관성	●
제목	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of aggregate size distribution by disc centrifuge photosedimentometry						
개요	This standard provides a method for determining of aggregate size distribution by disc centrifuge photosedimentometry.						
의견	디스크 원심분리 광침전계를 사용한 카본블랙 응집 크기 분포를 측정하기 위한 방법에 대하여 규정하는 것으로 원심계에서 카본블랙의 유체 거동(hydrodynamic behaviour)을 기초로 한다. 응집 크기 분포의 측정은 고무 산업에서 사용되는 카본블랙 평가에 중요하므로 카본블랙 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

범례) ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 보통, ◔: 연관성 낮음

3.1.2. 활성탄소 분야 표준 진행현황

활성탄소의 표준화는 1994년을 기점으로 미국재료시험협회(ASTM)의 주도하에 제정되어 왔으며 1994년부터 2005년까지 활성탄소와 관련된 대부분의 표준들이 제정되었다. 그 이후에는 다소 소강상태를 보이다가 최근에는 초기에 제정된 표준들의 개정이 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

현재 미국재료시험협회(ASTM)에서 4건, 독일공업규격위원회(DIN)에서 3건, 영국규격협회(BSI)에서 1건의 활성탄소와 관련된 표준이 제정 중에 있다.

<표Ⅱ-11> 표준화 기구별 활성탄소 분야 표준 진행현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준진행 건수	점유율 [%]
1	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	4	50.0
2	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	3	37.5
3	영국규격협회 British Standards Institution	BS	1	12.5
계			8	100.0

<표Ⅱ-12> ASTM 진행표준 요약-1

번호	WK24211	작업반	D28.04	발의일자	2009.05.14	연관성[3]	●
제목	New Guide for Determination of Hg Adsorption Capacity of Powdered Activated Carbons Used for Removal of Hg from Flue Gas						
개요	Mercury emissions from coal-fired power plants are the largest source of atmospheric Hg in the US. During combustion, mercury in the coal is volatilized and converted to elemental mercury vapor at about 1 ppbv. As the flue gas cools, other Hg species are formed. Injection of powdered activated carbon into the flue gas is one approach for controlling Hg emissions. The performance of an activated carbon for Hg removal is related to its chemical and physical characteristics. This guide is intended to evaluate the performance of an activated carbon for removal of elemental Hg in a simulated flue gas. The capacity value determined in this guide can be used in selection of an appropriate activated carbon for Hg removal from flue gas						
의견	연도가스(flue gas)에서 수은을 제거하기 위하여 사용된 분말형 활성탄소의 수은 흡수율을 측정하기 위한 새로운 지침서로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-13> ASTM 진행표준 요약-2

번호	WK41716	작업반	D28.02	발의일자	2013.04.15	연관성	●
제목	New Test Method for Mechanically Tapped Density of Activated Carbon						
개요	This test method covers the determination of the mechanically tapped density of powdered and fine mesh activated carbon. For the purpose of this test method, powdered carbon is defined as having a mean particle diameter less than 45 m and fine mesh is defined as having a particle size predominately between 80 mesh and 325 mesh.						
의견	분말 및 미세 메시 활성탄소의 기계적 압축밀도(mechanically tapped density)를 측정하기 위한 새로운 시험방법에 관한 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

3) 범례) ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 보통, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅱ-14> ASTM 진행표준 요약-3

번호	WK47421	작업반	D28.02	발의일자	2014.10.05	연관성	●
제목	New Test Method for Particle Size Distribution of Fine Mesh Activated Carbon Material by Laser Light Scattering						
개요	This test method covers the determination of the particle size distribution of fine mesh activated carbon with average particle sizes ranging from 1 to 300 m equivalent spherical diameter. The technique is capable of measuring particles above and below this range. The angle and intensity of laser light scattered by the particles are selectively measured to permit calculation of a volume distribution using light-scattering techniques.						
의견	레이저 광의 산란에 의해 미세 메시 활성탄소 재료의 입자크기분포를 측정하기 위한 새로운 시험방법에 관한 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 매우 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-15> ASTM 진행표준 요약-4

번호	WK47401	작업반	D28.02	발의일자	2014.10.02	연관성	●
제목	New Test Method for Xylenol Orange Dye Test Method						
개요	This test method covers the determination of the relative adsorption rate (i.e. mass transfer rate) of unused or reactivated carbons by adsorption of xylenol orange from aqueous solution. The rate of xylenol orange adsorption (in milligrams per gram per hour) by 0.05 g of carbon using test conditions listed herein is called the xylenol orange number.						
의견	사용되지 않은 또는 재-활성화된 탄소의 상대적 흡수율을 측정하기 위한 새로운 자이레놀 오렌지 염료 시험방법에 관한 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-16> DIN 진행표준 요약-1

번호	WI 164584	작업반	NA 119-07-04-01 UA	발의일자	2014.06.23	연관성	●
제목	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Powdered activated carbon						
개요	This European Standard is applicable to powdered activated carbon used for treatment of water intended for human consumption. It describes the characteristics of powdered activated carbon and specifies the requirements and the corresponding test methods for powdered activated carbon. It gives information on its use in water treatment.						
의견	인체에 복용하기 위한 정수처리 목적으로 사용되는 활성탄소 입자에 관한 것으로 활성탄소 입자의 특성을 설명하고 활성탄소 입자에 상응하는 시험방법에 대한 요구조건을 설정하는 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-17> DIN 진행표준 요약-2

번호	WI 164586	작업반	NA 119-07-04 -01 UA	발의일자	2014.06.23	연관성	●
제목	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Part 1: Virgin granular activated carbon						
개요	This part of EN 12915 is applicable to virgin granular activated carbon used for treatment of water intended for human consumption. It describes the characteristics of virgin granular activated carbon and specifies the requirements and the corresponding test methods for virgin granular activated carbon. It gives information on its use in water treatment.						
의견	인체에 복용하기 위한 정수처리 목적으로 사용되는 순수 입상활성탄(granular activated carbon)에 관한 것으로 입상활성탄의 특성을 설명하고 입상활성탄에 상응하는 시험방법에 대한 요구조건을 설정하는 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-18> DIN 진행표준 요약-3

번호	WI 164586	작업반	NA 119-07-04 -01 UA	발의일자	2014.06.23	연관성	●
제목	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Part 2: Reactivated granular activated carbon						
개요	This part of EN 12915 is applicable to reactivated granular activated carbon used for treatment of water intended for human consumption. It describes the characteristics of reactivated granular activated carbon and specifies the requirements and the corresponding test methods for reactivated granular activated carbon. It gives information on its use in water treatment.						
의견	인체에 복용하기 위한 정수처리 목적으로 사용되는 재활성화된 입상활성탄(granular activated carbon)에 관한 것으로 재활성화된 입상활성탄의 특성을 설명하고 재활성화된 입상활성탄에 상응하는 시험방법에 대한 요구조건을 설정하는 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-19> BS 진행표준 요약-1

번호	11/30243100 DC	작업반	EH/2/1	발의일자	N/A	연관성	◔
제목	Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Active carbon and solvent desorption method						
개요	This standard provides a method for determining the mass concentration of individual gaseous organic compounds in a stationary source emissions using an active carbon and solvent desorption method.						
의견	활성탄소와 용매 흡수법을 사용하여 고정 배출원에 있는 각 기체상태의 유기화합물의 농도를 측정하기 위한 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 낮은 것으로 판단됨						

3.1.3. 탄소섬유 분야 표준 진행현황

탄소섬유 분야의 표준화 활동은 현재 6개 탄소분야 중에서 상대적으로 표준화 활동이 활발한 분야로 조사되었다. 미국재료시험협회(ASTM)에서 11건의 표준 제정이 진행되고 있으며 독일공업규격협회(DIN)에서 6건의 표준 제정이 진행되고 있고 영국규격협회(BSI) 및 국제표준화기구(ISO)에서 각각 2건과 1건의 표준화가 진행되고 있다.

<표Ⅱ-20> 표준화 기구별 탄소섬유 분야 표준 진행현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준진행 건수	점유율 [%]
1	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	7	46.7
2	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	5	33.3
3	영국규격협회 British Standards Institution	BS	2	13.3
4	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	1	6.7
계			15	100.0

<표Ⅱ-21> ASTM 진행표준 요약-1

번호	WK37485	작업반	D30.03	발의일자	2012-05-03	연관성	◔
제목	Revision of D3532 - 99(2009) Standard Test Method for Gel Time of Carbon Fiber-Epoxy Prepreg						
개요	The accuracy of the hotplate stated in section 4.2 is unreasonable due to known instrument error. The procedure described in section 8.6 to determine gel time is unclear, and the stringing phenomenon does not occur in all prepreg systems.						
의견	투표과정에서 철회된 것으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 낮은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-22> ASTM 진행표준 요약-2

번호	WK37653	작업반	C28.07	발의일자	2012-05-15	연관성	◑
제목	New Guide for The Development of Specifications for Fiber Reinforced Carbon-Carbon Composites for Nuclear Applications						
개요	This document is a guide to preparing material specifications for fiber reinforced carbon-carbon (C-C) composite structures (flat plates, rectangular bars, round rods, and tubes) manufactured specifically for structural components in nuclear reactor core applications. The carbon-carbon composites consist of carbon/graphite fibers (from PAN, pitch, or rayon precursors) in a carbon/graphite matrix produced by liquid infiltration/pyrolysis and/or by chemical vapor infiltration.						
의견	원자력 분야에 사용하기 위한 섬유가 강화된 탄소-탄소 복합체에 대한 규격의 개발을 위한 새로운 지침에 관한 것으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통인 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-23> ASTM 진행표준 요약-3

번호	WK33828	작업반	B01.07	발의일자	2012-06-23	연관성	●
제목	New Specification for Carbon Fiber Composite (CFCC) Core for Aluminum Conductors, Carbon Fiber Composite Supported (ACCFCS)						
개요	This specification covers carbon fiber reinforced polymer matrix composite (core) strength members for use in reinforcing or supporting overhead electrical conductors. 1.2 This specification covers core diameters from 0.180 to 0.500 in. or 4.57 to 12.7 mm, inclusive. 1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard. 1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.						
의견	고가전도체(overhead electrical conductors)를 강화하거나 지지하기 위해 사용되는 탄소섬유로 강화된 폴리머 매트릭스 복합체(코어) 강화부품에 관한 새로운 규격으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-24> ASTM 진행표준 요약-4

번호	자45794	작업반	C28.07	발의일자	2014.04.23	연관성	◑
제목	New Test Method for Hoop Tensile Strength of Continuous Fiber-Reinforced Advanced Ceramic Composite Tubular Test Specimens at Ambient Temperature Using Elastomeric Inserts						
개요	This test method covers the determination of the hoop tensile strength including stress-strain response of continuous fiber-reinforced advanced ceramic tubes subjected to an internal pressure produced by the expansion of an elastomeric insert undergoing monotonic uniaxial loading at ambient temperature. This test method applies primarily to advanced ceramic matrix composite tubes with continuous fiber reinforcement: uni-directional (1-D, filament wound and tape lay-up), bidirectional (2-D, fabric/tape lay-up and weave), and tridirectional (3-D, braid and weave). These types of ceramic matrix composites can be composed of a wide range of ceramic fibers (oxide, graphite, carbide, nitride, and other compositions) in a wide range of crystalline and amorphous ceramic matrix compositions (oxide, carbide, nitride, carbon, graphite, and other compositions). This test method does not directly address discontinuous fiber-reinforced, whisker-reinforced or particulate-reinforced ceramics, although the test methods detailed here may be equally applicable to these composites. The test method is applicable to a range of test specimen tube geometries based on a non dimensional parameter that includes composite material property and tube radius.						
의견	탄성중합체를 사용하여 상온에서 연속적인 섬유강화 첨단 세라믹 복합체(탄소섬유를 포함) 관(tubular)형태의 시료의 후프 인장강도를 측정하는 새로운 방법으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-25> ASTM 진행표준 요약-5

번호	WK22949	작업반	D30.06	발의일자	2009.02.10	연관성	◑
제목	New Test Method for Determination of the Mode II Interlaminar Fracture Toughness of Unidirectional Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composites Using the End-Notched Flexure (ENF) Test						
개요	This test method describes the determination of the Mode II interlaminar fracture toughness, GIIc, of unidirectional fiber-reinforced polymer laminates under Mode II shear loading using the end-notched flexure (ENF) test. 1.2 This test method is applicable to unidirectional carbon-fiber and glass-fiber-reinforced laminates. The scope is not necessarily limited to these fibers and lay-ups, but recommendations for other types of fibers or lay-ups are not presented, meaning that testing has only been performed on these laminates and lay-ups. This test method may prove useful for laminates with other types of fibers and lay-ups. 1.3 The values given in SI units are to be regarded as the standard. Those units in parentheses are for reference only. 1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.						
의견	층간파괴인성(ENF) 시험을 사용하여 일방향 섬유강화 폴리머 매트릭스 복합체의 모드 II 층간 파괴강도의 측정을 위한 새로운 시험방법으로 일방향 탄소섬유 라미네이트에도 적용이 가능한 방법으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-26> ASTM 진행표준 요약-6

번호	WK45455	작업반	D30.04	발의일자	2014.03.19	연관성	◔
제목	Revision of D3171 - 11 Standard Test Methods for Constituent Content of Composite Materials						
개요	Proposing a new procedure complementing existing carbon fiber content measurement procedures (Procedures A-G) specified in ASTM D 3171 - Standard Test Methods for Constituent Content of Composite Materials						
의견	투표과정에서 철회된 것으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 낮은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-27> ASTM 진행표준 요약-7

번호	WK47682	작업반	D30.09	발의일자	2014.11.02	연관성	●
제목	New Test Method for Peel-Dominated Interfacial Fracture Toughness of Sandwich Constructions						
개요	This test method describes the determination of the peel-dominated interfacial fracture toughness, Gc, associated with the facesheet-to-core interface of an assembled sandwich panel using the single cantilever beam (SCB) specimen. This test method is limited to use with sandwich composites consisting of facesheets with unidirectional and/or fabric carbon fiber and glass fiber laminates with brittle and tough single-phase polymer matrices. Permissible core material forms include those with continuous bonding surfaces, such as balsa wood and foams, as well as those with discontinuous bonding surfaces, such as honeycomb. This test method may prove useful for other types and classes of sandwich constructions; however, certain interferences have been noted. The measured interfacial fracture toughness is a structural property that is a function of the test coupon dimensions and constituent materials of the sandwich construction.						
의견	샌드위치 구조에 있어서 주로 박리(peel)에 의한 계면 파괴강도에 대한 새로운 시험방법으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-28> DIN 진행표준 요약-1

번호	WI 4001779	작업반	NA 131-02-01 AA	발의일자	1992.10.01	연관성	◑
제목	Aerospace series; sampling plan for acceptance testing of aramid, carbon fibre and textile glass filament yarns						
개요	The document specifies the sampling plan for acceptance testing of aramid, carbon fibre and textile glass filament yarns in terms of sample size and rejection criteria. The document serves as a basis for the corresponding technical specification. It covers the inspection by attributes. The inspection by measurements (variables) will be added in a subsequent edition. It is also planned to extend its scope of application to reinforcing woven fabrics.						
의견	항공우주 응용을 위한 이 표준은, 표본의 크기 및 불합격 범주에 측면에서 아라미드, 탄소섬유 및 섬유 유리 필라멘트 실(yarn)의 합격판정시험을 위한 샘플링 방안에 대한 것으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-29> DIN 진행표준 요약-2

번호	WI 4003650	작업반	NA 131-02-01 AA	발의일자	2013.04.08	연관성	◑
제목	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Test method - Determination of interlaminar fracture toughness energy - Mode I G[IC]; German and English version FprEN 6033:2013						
개요	This standard specifies the procedure to determine the mode I interlaminar fracture toughness energy GIC of carbon fibre composites manufactured from unidirectional tape or woven fabric. This standard does not give any directions necessary to meet health and safety requirements. It is the responsibility of the user of this standard to consult and establish appropriate health and safety precautions.						
의견	항공우주 응용을 위한 목적으로, 일방향 테입이나 직조된 섬유로 제조된 탄소섬유 복합체에 있어서 모드 I 층간 파괴 강도 에너지 GIC를 측정하기 위한 시험방법에 관한 것으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-30> DIN 진행표준 요약-3

번호	WI 4003651	작업반	NA 131-02-01 AA	발의일자	2013.04.08	연관성	◑
제목	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Test method - Determination of interlaminar fracture toughness energy - Mode II - G[IIC]; German and English version FprEN 6034:2013						
개요	This standard specifies the procedure to determine the mode II interlaminar fracture toughness energy GIIC of carbon fibre composites manufactured from unidirectional tape or woven fabric. This standard does not give any directions necessary to meet health and safety requirements. It is the responsibility of the user of this standard to consult and establish appropriate health and safety precautions.						
의견	항공우주 응용을 위한 목적으로, 일방향 테입이나 직조된 섬유로 제조된 탄소섬유 복합체에 있어서 모드 II 층간 파괴 강도 에너지 GIIC를 측정하기 위한 시험방법에 관한 것으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-31> DIN 진행표준 요약-4

번호	WI 4003650	작업반	NA 131-02-01 AA	발의일자	2013.04.08	연관성	◑
제목	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Test method - Determination of interlaminar fracture toughness energy - Mode I G[IC]; German and English version FprEN 6033:2013						
개요	This standard specifies the procedure to determine the mode I interlaminar fracture toughness energy GIC of carbon fibre composites manufactured from unidirectional tape or woven fabric. This standard does not give any directions necessary to meet health and safety requirements. It is the responsibility of the user of this standard to consult and establish appropriate health and safety precautions.						
의견	항공우주 응용을 위한 목적으로, 일방향 테입이나 직조된 섬유로 제조된 탄소섬유 복합체에 있어서 모드 I 층간 파괴 강도 에너지를 측정하기 위한 시험방법에 관한 것으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-32> DIN 진행표준 요약-5

번호	WI 4003651	작업반	NA 131-02-01 AA	발의일자	2013.04.08	연관성	◑
제목	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Test method - Determination of interlaminar fracture toughness energy - Mode II - G[IIC]; German and English version FprEN 6034:2013						
개요	This standard specifies the procedure to determine the mode II interlaminar fracture toughness energy GIIC of carbon fibre composites manufactured from unidirectional tape or woven fabric. This standard does not give any directions necessary to meet health and safety requirements. It is the responsibility of the user of this standard to consult and establish appropriate health and safety precautions.						
의견	항공우주 응용을 위한 목적으로, 일방향 테입이나 직조된 섬유로 제조된 탄소섬유 복합체에 있어서 모드 II 층간 파괴 강도 에너지를 측정하기 위한 시험방법에 관한 것으로 탄소섬유 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-33> BS 진행표준 요약-1

번호	11/30260913DC	작업반	ACE/65	발의일자	N/A	연관성	◑
제목	BS EN 4717. Aerospace series - Polyetherketone with 55 % continuous carbon fibre by volume (PEEK-CF55)						
개요	This standard is for Polyetherketone with 55 % continuous carbon fibre by volume (PEEK-CF55).						
의견	부피로 55%의 연속적인 탄소섬유를 가진 폴리에터케톤(polyetherketone)에 관한 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-34> BS 진행표준 요약-2

번호	11/30211328DC	작업반	PRI/42	발의일자	N/A	연관성	◑
제목	BS ISO 30012. Carbon-fibre-reinforced plastics - Determination of the size and aspect ratio of crushed objects						
개요	This standard provides a method for determining the size and aspect ratio of crushed objects in carbon-fibre-reinforced plastics.						
의견	탄소섬유 강화 플라스틱에 있어서 분쇄된 물체의 크기와 종횡비를 측정하기 위한 방법에 관한 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

<표Ⅱ-35> ISO 진행표준 요약-1

번호	DIS 30012	작업반	TC 61/SC 13	발의일자	N/A	연관성	◑
제목	Carbon-fibre-reinforced plastics -- Determination of the size and aspect ratio of crushed objects						
개요	This standard provides a method for determining the size and aspect ratio of crushed objects in carbon-fibre-reinforced plastics.						
의견	탄소섬유 강화 플라스틱에 있어서 분쇄된 물체의 크기와 종횡비를 측정하기 위한 방법에 관한 것으로 활성탄소 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

3.1.4. 인조흑연 분야 표준 진행현황

인조흑연 분야의 표준화 활동은 미국재료시험협회(ASTM)에서 4건의 표준화가 진행되고 있다.

<표Ⅱ-36> 표준화 기구별 인조흑연 분야 표준 진행현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준진행 건수	점유율 [%]
1	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	4	100.0
계			4	100.0

<표Ⅱ-37> ASTM 진행표준 요약-1

번호	WK46393	작업반	D02.F0	발의일자	2014.06.11	연관성	◑
제목	Revision of C709 - 09 Standard Terminology Relating to Manufactured Carbon and Graphite						
개요	This standard provides standard terminology relating to manufactured carbon and graphite. Outdated definitions are to be clarified and/or included in applicable standards and D7475.						
의견	인조탄소와 인조흑연과 관련하여 기존 표준 C709-09의 개정에 관한 것으로 관련 표준들에 적용이 가능하며 인조흑연 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통인 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-38> ASTM 진행표준 요약-2

번호	WK25494	작업반	D02.F0	발의일자	2009.08.18	연관성	◑
제목	Revision of C709 - 06 Standard Terminology Relating to Manufactured Carbon and Graphite						
개요	This standard provides standard terminology relating to manufactured carbon and graphite. New terms are included in the existing standard.						
의견	인조탄소와 인조흑연과 관련하여 기존 표준 C709-06의 개정에 관한 것으로 새로운 용어들이 추가되었으며 인조흑연 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통인 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-39> ASTM 진행표준 요약-3

번호	WK24730	작업반	D02.F0	발의일자	2009.06.24	연관성	●
제목	Revision of C769 - 98(2005) Standard Test Method for Sonic Velocity in Manufactured Carbon and Graphite Materials for Use in Obtaining an Approximate Young's Modulus						
개요	This standard reports a method for the determination of Elastic Modulus from the sonic velocity of a longitudonal wave. We wish to add the measuremnet of the shear wave velocity such that both the shear modulus and Poissons ratio can be determined. A round robin will be initiated for the propsed shear velocity method.						
의견	인조탄소와 인조흑연과 관련하여 기존 표준 C709-98(2005)의 개정에 관한 것으로 개략적인 세로탄성계수(Young's modulus)를 얻기 위하여 인조탄소 및 인조흑연의 음파속도를 측정하기 위한 표준 시험방법을 제공하기 위한 것으로 인조흑연 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-40> ASTM 진행표준 요약-4

번호	WK22144	작업반	D02.F0	발의일자	2008.12.10	연관성	●
제목	New Test Method for Total Fluorine, Chlorine and Sulfur in Graphite and Carbon by Oxidative Pyrohydrolytic Combustion followed by Ion Chromatography Detection (Combustion Ion Chromatography-CIC)						
개요	This method covers the determination of total fluorine, chlorine and sulfur in graphite and carbon. For impurity analysis of manufactured graphites and carbon products. The title and scope are in draft form and are under development within this ASTM Committee.						
의견	인조탄소와 인조흑연과 관련하여 시료를 고온의 가수상태에서 산소와 함께 연소시킨 후에 이온 크로마토그래피 검출에 의해 흑연과 탄소에 포함된 불소, 염소 및 황의 총량을 측정하기 위한 불순물 분석방법으로서 인조흑연 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

3.1.5. 탄소나노튜브 분야 표준 진행현황

탄소나노튜브 분야의 표준화 활동은 국제표준화기구(ISO)에서 2건, 국제전기기술위원회(IEC)에서 2건, 미국재료시험협회(ASTM)에서 1건의 표준화가 진행되고 있다.

<표Ⅱ-41> 표준화 기구별 탄소나노튜브 분야 표준 진행현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준진행 건수	점유율 [%]
1	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	2	40.0
2	국제전기기술위원회 International Electro-technical Commission	IEC	2	40.0
3	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	1	20.0
계			5	100.0

<표Ⅱ-42> ISO 진행표준 요약-1

번호	ISO/TR 10929:2012	작업반	TC 229	발의일자	N/A	연관성	●
제목	Nanotechnologies – Characterization of multiwall carbon nanotube (MWCNT) samples						
개요	ISO/TR 10929:2012 identifies the basic properties of multiwall carbon nanotubes (MWCNTs) and the content of impurities, which characterize bulk samples of MWCNTs, and highlights the major measurement methods available to industry for the determination of these parameters. ISO/TR 10929:2012 provides a sound basis for the research, development and commercialization of these materials.						
의견	나노전자 기술 분야에 있어서 다층벽 카본나노튜브의 특성을 측정하는 방법을 제공하는 것으로 카본나노튜브 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-43> ISO 진행표준 요약-2

번호	ISO/TS 11251:2010	작업반	TC 229	발의일자	N/A	연관성	●
제목	Nanotechnologies - Characterization of volatile components in single-wall carbon nanotube samples using evolved gas analysis/gas chromatograph-mass spectrometry						
개요	ISO/TS 11251:2010 specifies a method for the characterization of volatile components in single-wall carbon nanotubes (SWCNTs) samples using evolved gas analysis/gas chromatograph mass spectrometry (EGA/GCMS).						
의견	나노전자 기술분야에 있어서 단일벽 카본나노튜브의 시료 중 휘발성 성분에 대한 특성을 측정하는 방법을 제공하는 것으로 카본나노튜브 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-44> IEC 진행표준 요약-1

번호	PWI 113-81 Ed. 1.0	작업반	TC 113/WG 3	발의일자	N/A	연관성	●
제목	IEC TS 62607-2-4: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 2-4: Carbon nanotube materials - Accuracy and repeatability of test methods for determination of resistance of carbon nanotubes						
개요	This standard will provide key control characteristics regarding accuracy and repeatability of test methods for determination of resistance of carbon nanotubes.						
의견	카본나노튜브 소재의 저항을 측정하기 위한 시험방법들의 정확성과 재현성과 관련된 핵심 제어특성을 제공하는 것으로 카본나노튜브 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-45> IEC 진행표준 요약-2

번호	PWI 62607-2-2 Ed. 1.0	작업반	TC 113/PT 62607-2-2	발의일자	N/A	연관성	●
제목	PWI on IEC/TS 62607-2-2: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 2-2: Carbon nanotube materials - Electro-magnetic compatibility						
개요	This standard will provide key control characteristics regarding electro-magnetic compatibility of carbon nanotube materials.						
의견	카본나노튜브 소재의 전자기적 적합성에 관련된 것으로 카본나노튜브 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-46> ASTM 진행표준 요약-1

번호	WK28561	작업반	D22.07	발의일자	2010.04.21	연관성	●
제목	New Test Method for Airborne Carbon Nanotube Concentration in Ambient and Indoor Atmospheres as Determined by Transmission Electron Microscopy Direct Transfer (TEM)						
개요	This test method is an analytical procedure using transmission electron microscopy (TEM) for the determination of the concentration of carbon nanotube structures in ambient atmospheres. This test method is suitable for determination of nanotubes in both ambient (outdoor) and building atmospheres.						
의견	주사 투과전자현미경(TEM)의 다이렉트 트랜스퍼(Direct Transfer)에 의해 측정된 주변 및 실내 대기 중의 카본나노튜브의 공기 중 농도를 측정하기 위한 새로운 시험방법으로 카본나노튜브 분야의 표준화에 있어서 연관성이 높은 것으로 판단됨						

3.1.6. 그래핀 분야 표준 진행현황

그래핀 분야의 표준화 활동은 탄소소재분야 중에서 현재 진행 중인 표준화 활동 건수가 가장 많은 분야로 조사되었다. 국제전기기술위원회(IEC)에서 8건, 독일공업규격협회(DIN)에서 6건의 표준 제정이 진행되고 있고 국제표준화기구(ISO)에서 1건의 표준화가 진행되고 있다.

<표Ⅱ-47> 표준화 기구별 그래핀 분야 표준 진행현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준진행 건수	점유율 [%]
1	국제전기기술위원회 International Electro-technical Commission	IEC	8	53.3
2	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	6	40.0
3	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	1	6.7
계			15	100.0

<표Ⅱ-48> IEC 진행표준 요약-1

번호	IEC 62565-3-1 Ed. 1.0	작업반	TC 113/PT 62565-3-1	발의일자	2013.05	연관성	●
제목	Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-1: Graphene - Blank detail specification						
개요	This standard will provide a blank detail specification for Graphene material for use in nanomanufacturing.						
의견	나노제작에 있어서 그래핀 소재의 개별규격지침을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-49> IEC 진행표준 요약-2

번호	ISO/TR 19733 Ed. 1.0	작업반	TC 113/JWG 2	발의일자	N/A	연관성	●
제목	Matrix of characterization and measurement methods for Graphene						
개요	This standard will provide a matrix of characterization and measurement methods for Graphene.						
의견	나노제작에 있어서 그래핀 소재의 개별규격지침을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-50> IEC 진행표준 요약-3

번호	PNW/TS 113-218 Ed. 1.0	작업반	TC 113/JWG 1	발의일자	N/A	연관성	◑
제목	ISO/IEC TS 80004-13: Nanotechnologies - Vocabulary - Part 13: Graphene and other two dimensional materials						
개요	This standard will provide a vocabulary of Graphene and other two dimensional materials.						
의견	나노기술에 있어서 그래핀 소재 및 기타 이차원 구조를 가진 2D 소재의 용어를 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통인 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-51> IEC 진행표준 요약-4

번호	PWI 113-75 Ed. 1.0	작업반	TC 113/TBD	발의일자	N/A	연관성	●
제목	IEC 62607-6-1: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-1: Graphene - Electrical characterization						
개요	This standard will provide a method for electrical characterization of Graphene for nanomanufacturing.						
의견	나노제작에 있어서 그래핀 소재의 전기적인 특성에 관한 방법을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-52> IEC 진행표준 요약-5

번호	PWI 113-76 Ed. 1.0	작업반	TC 113/TBD	발의일자	N/A	연관성	●
제목	IEC 62607-6-2: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-2: Graphene - Evaluation of the number of layers of graphene						
개요	This standard will provide a method for evaluation of the number of layers of graphene for nanomanufacturing.						
의견	나노제작에 있어서 그래핀 소재의 층수를 측정하기 위한 방법을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-53> IEC 진행표준 요약-6

번호	PWI 113-77 Ed. 1.0	작업반	TC 113/TBD	발의일자	N/A	연관성	●
제목	IEC 62607-6-3: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-3: Graphene - Evaluation of the defect level in the graphene layer						
개요	This standard will provide a method for evaluation of the defect level in the graphene layer for nanomanufacturing.						
의견	나노제작에 있어서 그래핀 층의 결함 수준을 측정하기 위한 방법을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-54> IEC 진행표준 요약-7

번호	PWI 113-82 Ed. 1.0	작업반	TC 113/TBD	발의일자	N/A	연관성	●
제목	IEC TS 62607-6-4: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-4: Graphene - Non-contact conductance measurement using resonant cavity						
개요	This standard will provide a method for non-contact conductance measurement using resonant cavity for nanomanufacturing.						
의견	나노제작에 있어서 그래핀의 컨덕턴스를 공진캐비티를 이용하여 비접촉으로 측정하는 방법을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-55> IEC 진행표준 요약-8

번호	PWI/TS 113-72 Ed. 1.0	작업반	TC 113/TBD	발의일자	N/A	연관성	◔
제목	IIEC/TS 62565-3-2: Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-2: Graphene - Detail specification for nano-ink						
개요	This standard will provide a detail specification for nano-ink for nanomanufacturing.						
의견	나노제작에 있어서 나노잉크의 세부규격을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 낮은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-56> DIN 진행표준 요약-1

번호	DIN IEC 62659	작업반	DKE/K 141	발의일자	2012.10.18	연관성	◔
제목	Nanomanufacturing - Large scale manufacturing for nanoelectronics (IEC 113/171/CD:2012)						
개요	This standard provides a framework for introducing nanoelectronics into large scale, high volume production in semiconductor manufacturing facilities through the incorporation of nanomaterials (e.g. CNT, graphene, quantum dots, etc.) (fabs). Since semiconductor fabs must incorporate practices that maintain high yields, there are very strict requirements for how manufacturing is performed. Nanomaterials represent a potential contaminant in semiconductor fabs, and must be introduced in a structured and methodical way. This standard suggests generic steps that might be employed to facilitate the introduction of nanomaterials into the fabs. This sequence is described below under the areas of Raw Materials Acquisition, Materials Processing, Design, IC Fabrication, Testing, and End-Use. These activities represent the major stages of the supply chain in a fab.						
의견	그래핀과 같은 나노물질을 이용하여 반도체 양산시설에 수율을 저하시키는 오염의 원인이 될 수 있는 나노물질을 안전하게 도입하기 위한 프레임워크를 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 낮은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-57> DIN 진행표준 요약-2

번호	DIN EN 62565-3-1	작업반	DKE/K 141	발의일자	2014.04.23	연관성	●
제목	Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-1: Graphene - Blank detail specification for electrotechnical applications (IEC 113/217/CD:2014)						
개요	This Standard establishes a blank detail specification for essential electrical and certain other characteristics including optical, dimensional, and mechanical properties of graphene relevant for the functionality, durability and reliability of the final nano-enabled product(s).						
의견	최종 나노제품의 기능성, 내구성 및 신뢰성을 위하여 광학적 구조적 및 기계적 물성들을 포함하는 핵심 전자특성에 대한 개별규격지침을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-58> DIN 진행표준 요약-3

번호	ISO/NP TR 19733	작업반	NA 062-08-17-02 UA	발의일자	2014.05.08	연관성	●
제목	Matrix of characterization and measurement methods for graphene						
개요	This standard will provide matrix of characterization and measurement methods for graphene.						
의견	그래핀의 특성 매트릭스와 측정방법을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-59> DIN 진행표준 요약-4

번호	ISO/NP 80004-13	작업반	NA 062-08-17-01 UA	발의일자	2013.11.08	연관성	◑
제목	Nanotechnologies - Vocabulary - Part 13: Graphene and other two dimensional materials						
개요	This standard will provide vocabulary of Graphene and other two dimensional materials.						
의견	나노기술에 있어서 그래핀 소재 및 기타 이차원 구조를 가진 2D 소재의 용어를 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통인 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-60> DIN 진행표준 요약-5

번호	DIN EN 62565-3-1	작업반	DKE/K 141	발의일자	2014.12.17	연관성	●
제목	Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-1: Graphene - Blank detail specification for electrotechnical applications (IEC 113/217/CD:2014)						
개요	This standard will provide Graphene - Blank detail specification for electrotechnical applications for nanomanufacturing.						
의견	나노기술에 있어서 그래핀 소재의 전기기술 분야의 세부규격지침을 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 높은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-61> DIN 진행표준 요약-6

번호	DIN IEC 62659	작업반	DKE/K 141	발의일자	2013.08.30	연관성	◔
제목	Nanomanufacturing - Large scale manufacturing for nanoelectronics (IEC 113/171/CD:2012)						
개요	This standard is provided for large scale manufacturing for nanoelectronics.						
의견	나노전자 기술분야에 있어서 나노전자제품의 대량생산과 관련된 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 낮은 것으로 판단됨						

<표Ⅱ-62> ISO 진행표준 요약-1

번호	ISO/NP 80004-13	작업반	TC 229	발의일자	N/A	연관성	◑
제목	Nanotechnologies - Vocabulary - Part 13: Graphene and other two dimensional materials						
개요	This standard will provide vocabulary of Graphene and other two dimensional materials.						
의견	나노전자 기술 분야에 있어서 그래핀 소재 및 기타 이차원 구조를 가진 2D 소재의 용어를 제공하는 것으로 그래핀 분야의 표준화에 있어서 연관성은 보통으로 판단됨						

4. 국내 정책 및 제도 현황

○ 소재산업 육성 정책

- 2001년 '부품・소재전문기업 등의 육성에 관한 특별조치법'을 제정하고 이를 근거로 기술개발, 글로벌 시장 진출, 신뢰성 인프라 확충 등 다각적인 지원정책 추진
- 2000년대 초반에는 단기성과 창출이 용이한 부품 분야 기술개발 및 신뢰성, 정보체계 확충 등 인프라 구축에 주력하였으며, 2000년대 중후반부터 소재산업 육성에 특화된 정책을 추진함

○ 산업통상자원부는 미래 핵심소재인 탄소소재의 자체 개발능력과 이를 활용한 수요산업의 기술경쟁력 확보를 위하여 "C-산업 발전전략"을 수립하고 C-산업을 체계적으로 육성해 나가고 있다.

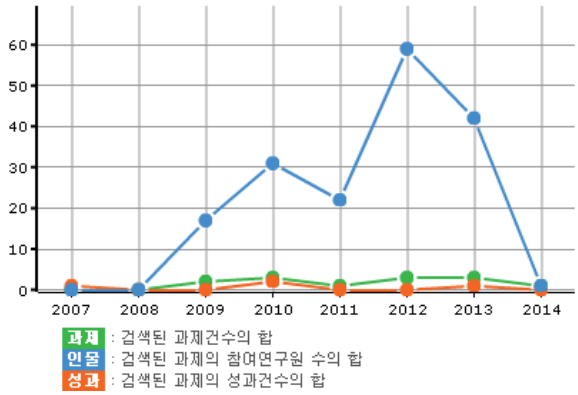
- 소재별 맞춤형 지원 제공: 국내 기술수준, 산업 성숙도 등을 고려하여 소재별로 차별화된 지원 제공
  - ▪ Fast-Follower 전략(인조흑연, 탄소섬유): 양산체제 구축, 해외 메이저기업과의 합작투자 등
  - ▪ First-Mover 전략(그래핀, 탄소나노튜브): R&D 집중 지원 등
  - ▪ Niche Market 전략(카본블랙, 활성탄소): 고부가가치 제품군 발굴, 해외 선진 소재업체 M&A 등

○ 국내의 탄소소재 산업 정책은 고도의 기술접근이 필요한 분야는 장기적으로 접근하되 자동차, 신재생에너지 등 국가적 주력 및 신성장산업 분야의 제품 상용화 개발 우선 추진하는 방향으로 진행되고 있다.

○ 탄소밸리구축사업 등을 통해 응용, 상용화가 용이하고 시급한 분야를 최우선으로 겨냥하여 부가가치를 창출하고 탄소소재와 부품 분야의 전략적 병행 육성하고 있다.

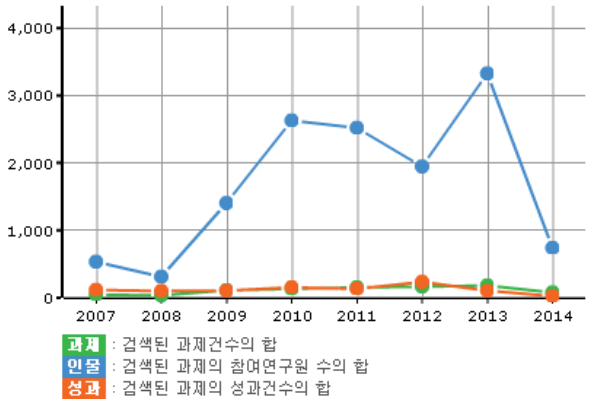
○ 효성과 전라북도는 '탄소 클러스터'를 조성, 효성은 '탄소 클러스터' 활성화를 위해 2020년까지 1조2000억 원을 투자해 탄소섬유 공장 증설에 사용할 예정이며, 이에 따라 효성은 전주 탄소섬유 공장에 연간 고성능 탄소섬유 약 1만4000톤의 생산능력을 확보할 계획이다.

○ 최근 국내 탄소 소재 R&D 연구동향 (자료: 국가과학기술지식정보서비스)
탄소소재의 국가 지원 연구 과제는 2011년을 기점으로 증가하고 있다.



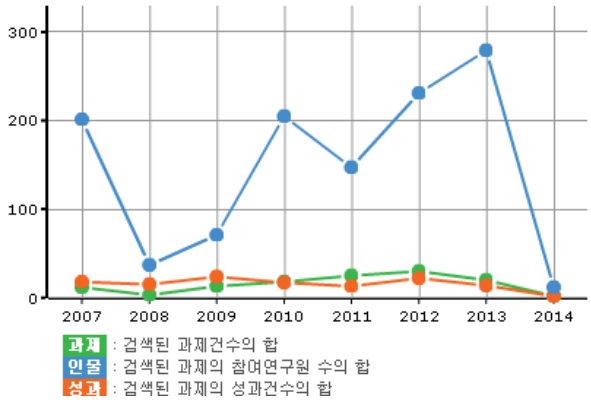
[그림Ⅱ-2] 인조흑연 관련 R&D 연구동향(총 과제 12건, 성과 3건 : 2007-2013년)

연 도	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
과제 수	0	0	2	3	1	3	1
성과건수	1	0	0	2	0	0	0



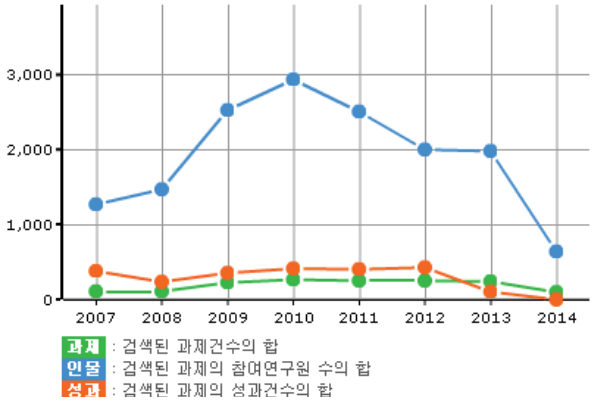
[그림Ⅱ-3] 탄소섬유 관련 R&D 연구동향(총 과제 463건, 성과 645건)

연 도	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
과제 수	33	24	67	64	84	85	106
성과건수	87	64	64	103	81	155	91



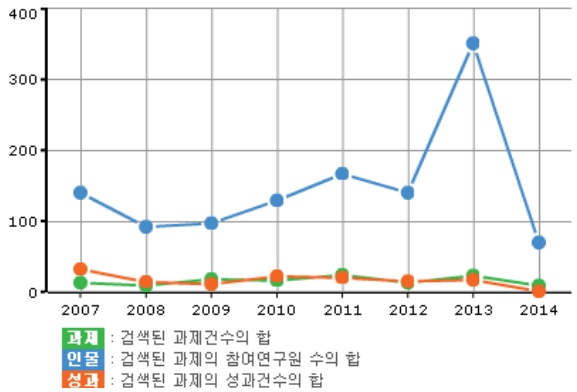
[그림Ⅱ-4] 카본블랙 관련 R&D 연구동향(총 과제 121건, 성과 122건)

연 도	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
과제 수	12	3	13	18	25	30	20
성과건수	18	15	24	17	13	21	14



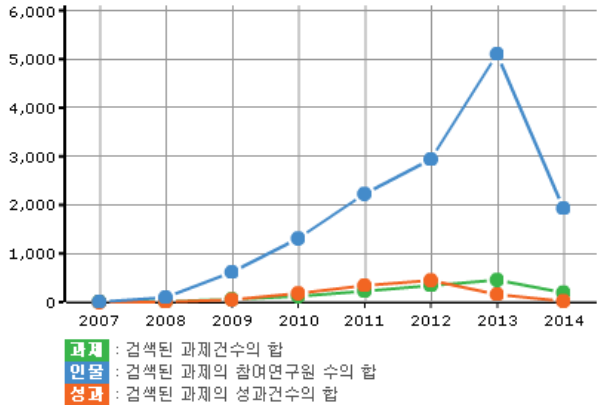
[그림Ⅱ-5] 탄소나노튜브 관련 R&D 연구동향(총 과제 1,444건, 성과 2,310건)

연 도	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
과제 수	106	108	224	266	250	251	239
성과건수	379	233	354	411	402	427	104



[그림Ⅱ-6] 활성탄소 관련 R&D 연구동향(총 과제 116건, 성과 131건)

연 도	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
과제 수	13	9	18	16	24	13	23
성과건수	32	14	11	22	20	15	17



[그림Ⅱ-7] 그래핀 관련 R&D 연구동향(총 과제 1,221건, 성과 1,190건)

연 도	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
과제 수	0	15	61	120	228	342	455
성과건수	0	3	53	184	343	451	156

○ 탄소소재 육성 관련 산업통상자원부 및 중소기업청 사업은 다음과 같다.

<표Ⅱ-63> 탄소소재 육성 관련 산업통상자원부 및 중소기업청 사업

부처명	사업명
산업통상자원부	산업소재핵심기술개발
	소재부품기술개발
	제조기반산업핵심기술개발
	글로벌전문기술개발
	산업기술국제협력
	산업소재원천기술개발
	나노융합2020
	에너지국제공동연구
	탄소밸리구축
	지역특화산업육성
	에너지자원융합원천기술개발
	신재생에너지융합원천기술개발
	광역경제권선도산업육성
중소기업청	기술혁신개발
	산학연협력기술개발
	제품공정개선기술개발
	중소기업융복합기술개발
	연구장비공동활용지원
	창업성장기술개발
	중소기업R&D기획역량혁신
	제조현장녹색화기술개발

○ 현재 진행 중인 산업통상자원부의 탄소밸리구축사업(2011년~2016년)의 개요는 다음과 같다.

<표Ⅱ-64>탄소밸리구축사업 (2011년~2016년 산업통상자원부)

연도	부처	과제수
2013	산업통상자원부	19
2012	산업통상자원부(지식경제부)	9
2011	지식경제부	8
사업목적		
- 탄소소재관련 원천기술 및 응용기술 개발을 통한 핵심소재 국산화 및 기술경쟁력 확보 등으로 탄소소재 신산업화 추진 * 탄소소재 : 탄소섬유, 핏치계 탄소섬유, 인조흑연 및 이를 이용한 부품소재 - 탄소소재의 조기국산화를 통한 자동차/기계 부품 분야의 응용기술 개발 및 사업화, 파급효과 극대화 유도.		
사업추진 법적근거		
- 산업기술혁신촉진법 제 11조 1항, 4항		
사업내용		
- 2대 분야 연구개발분야, 기반구축분야 - 7개 사업 라지토우 탄소섬유, 저에너지 비용 공정설비, 탄소섬유 기반 차체부품, 석탄계 핏치 탄소섬유, 석유잔사물 활용 탄소섬유, 탄소복합부품 성형기반, 탄소소재 일류화 기반		

5. 국내외 기술 개발 현황

5.1. 카본블랙 산업

○ 대부분의 업체가 퍼니스 블랙(furnace black)을 생산. Denka 등의 업체에서는 아세틸렌 공법으로 고순도의 특수블랙을 생산하고 있다.

○ 범용카본블랙은 각국에서 모두 생산이 가능한 기지의 기술(성숙단계기술)이다.

○ 스페셜티 카본블랙은 플라스틱, 잉크 등에 사용되는 저부가가치용도와 도전제, 페인트, 잉크 등에 사용되는 고부가가치로 분류할 수 있다.

○ 국내에서는 저부가가치 스페셜티 카본블랙은 일부 생산되고 있으나 고부가가치 스페셜티 카본블랙의 생산이 전무하여 수입에 의존하고 있는 실정이다.

○ 범용수지 및 Enpla 등에 소요되는 high color black은 이미 선진업체들은 생산판매 체제가 확립되어 있어 국내에는 low color black 수준의 제품을 local marketing으로 생산판매하고 있다.

○ 타이어 전도성 저하로 고전도성 카본블랙 개발이 요구되며, 카본블랙의 입경 감소시켜 고내마모 타이어 연구가 요구된다. High conductive 카본블랙으로는 acetylene black, super-P (흑연화 CB) 등이 있으며, 콜로이달 제어를 통한 일부 제품이 판매되고 있다.

○ 자동차용 도료 혹은 일반 페인트용 카본블랙은 특수한 종류만 사용되고 있으며 이미 기술이 확립되어 있는 상태이다.

○ 특수 종류는 원료나 반응로가 특수한 것이지만 일반 반응로에서 제조한 카본블랙으로 대체하고자 하는 연구동향이 있다.

○ 유성잉크의 경우 파우더제품만이 가능하지만 공정문제와 원가절감을 위해서 일반 고무용 카본블랙으로 전환하려는 경향이 있으며, 수성잉크의 경우 자가분산형 카본블랙을 개발하고 있다.

○ 카본블랙은 양극/음극의 도전재로 사용되고 있으며 성능과 가격경쟁력을 갖기 위해 일반 반응로에서 제조된 카본블랙으로의 대체연구가 진행되고 있다.

5.2. 활성탄소 산업

○ 활성탄소의 재료에 대한 기술과 활성탄소의 효율을 높이거나 특정물질의 흡착을 위한 기술은 이미 확보되어 있다.

○ 활성탄소의 용도를 확대하기 위한 성형기술 개발이 요구되고 있다.

○ 고기능성 활성탄소는 미국이나 일본과 같은 선진국에서 주로 생산되고 있으며 저급의 활성탄소를 대만 등에서 생산하고 있다.

○ 활성탄소를 의약품의 캡슐화 재료로 이용하는 기술이나 섬유상 활성탄소에 대한 기술, 활성탄소에 생물분해능을 접목시키는 신기술에 초점을 맞추는 기술개발이 시도되고 있다.

○ 일본 Toyobo사에서 레이온계 탄소섬유를 출발물질로 하여 K-휠터라는 상품명의 활성탄소를 상품화하였고 동방베스론에서는 polyacrylonitrile (PAN)계 탄소섬유로부터 활성탄소를 상품화하여 동방베스론란 상품명으로 생산하고 있다. Kuraray Chemcials에서는 페놀수지계 탄소섬유로부터 Kuractive라는 상품명의 활성탄소를, Kureha와 Osaka gas는 핏치계 탄소섬유를 출발물질로 하는 Kureha ACF 및 AD′All이라는 상품명의 활성탄소를 생산하고 있다. 미국에서는 Ashland Co.만이 핏치계 탄소섬유를 출발물질로 사용하여 활성탄소를 생산하고 있으며 주로 활성탄소를 이용한 완제품만이 판매되고 있다.

○ 활성탄소막에 대한 상업적 개발은 Air Product and Chemical 사에서 튜브형태의 지지막을 사용한 탄소막, 이스라엘의 Carbon Membranes사에 개발한 자체지지막 형태의 중공사 탄소막, 독일의 Blue Membranes사에서 개발한 하니콤 형태의 탄소막 정도로 극히 미미한 실정이다. 국내 업체들의 개발실적은 전무한 상태로 고분자 분리막의 성능을 능가하는 동시에 기계적 강도를 고려한 탄소막의 개발이 성공한다면 국내 분리막 시장뿐만 아니라 충분히 국제 경쟁력을 가질 것으로 판단된다.

5.3. 탄소섬유 산업

○ 일본의 도레이사는 1960년대부터 PAN계 탄소섬유의 상용화를 시도하였으며, 이로부터 탄소섬유 산업의 표준화를 이룩하였음. 표준화된 제품 기술력과 영업력을 바탕으로 전 세계 시장을 장악하고 있으며, 보잉사와의 합작을 통하여 T800 탄소섬유를 독점적으로 공급하고 있다. 한국에 자회사인 도레이첨단소재를 구미에 설립하여 2013년도부터 중저급 탄소섬유를 대량으로 생산할 예정이다.

○ 일본의 미츠비시레이온사는 PAN계 탄소섬유에 있어서 도레이사에 필적하는 수준의 기술을 보유하였으나 상용화 측면에서 시장 점유율이 극대화되지 못함. 피치계 탄소섬유 등에서는 독보적인 상용화 기술을 가지고 있다.

○ 한국의 태광산업은 1992년에 T300, T400 급 PAN계 탄소섬유 제조에 성공하여 7년간 매년 72톤 규모의 생산량을 유지하였으나 도레이사 등의 저가 공세에 밀려 1차 공장을 폐쇄하였다. 2010년에 들어서 새롭게 생산 기술을 정비하고 신규 시설을 도입하여 2012년에 연산 1500톤 규모의 공장을 완공하였다.

○ 한국의 효성은 T700급의 탄소섬유 제조 기술을 확보하였다. 연간 수천톤 규모의 양산화 생산 공정을 전주 지역에 설치하여 운영하고 있다.

5.4. 인조흑연 산업

5.4.1. 리튬이차전지 음극 분야

○ 이차전지 음극재로 카본류가 99% 이상 사용되고 있으며, 이 중 천연흑연의 경우 고결정성 구조의 등방성 판상형 구조가 대부분이므로 초기 방전 용량은 우수하나, 천연흑연의 에지(edge)부분이 많이 노출되어 전해질 분해 반응에 쉽게 노출되어 사이클 특성의 저하 및 수명 특성의 저하 등의 문제점이 나타나게 된다.

○ 일본을 중심으로 천연흑연에 피치를 피복하여 에지부분의 노출을 줄임으로서 초기효율 개선 및 사이클 특성 개선 등을 꾀하는 기술이 개발되었으며 현재 중국 등에서도 개발 중이다.

○ Mitsubishi Petrochemical에서는 코팅재로 액상탄소화를 사용하는 방법을 사용하였으나, 경제적인 관점에서는 유리하지만 액상의 유기화합물 및 흑연 입자를 단순히 혼합, 소성 시 입자의 융합 및 응집이 발생되는 문제가 우려되며, 입자의 재분해 등의 부가공정이 요구되고 있다. Hitachi Chemical, Showa Denko 등의 회사에서는 PFO 등에서 제조되는 pitch 계열의 물질을 기존의 흑연 재료의 표면 개질 등의 공정에 사용하고 이를 통해 중대형 전지용 탄소재료 개발을 수행하고 있다.

○ 국내 리튬전지 연구의 경우 음극재 및 코팅 소재의 제조보다 리튬전지 성능 연구에 치중되어 있으며 근래에 와서 포스코, GS-caltex 등에서 활발한 기술개발이 이루어졌다.

○ 음극재는 초기에 일본 업체인 MCMB 등의 인조흑연에 전적으로 의존하였으나, 최근에는 가격이 저렴한 천연흑연계 소재의 적용이 확대되면서 중국산 흑연 사용량이 늘어나고 있는 추세이다.

○ 전기차용으로 적용하기 위해 사용되고 있는 소재는 SC 및 HC 등의 저온소성탄계와 흑연계 소재의 복합체이며 HEV등의 펄스 사이클을 주로 활용하는 전지의 경우는 표면 처리된 천연흑연계 NG-core 가 사용되고 있다.

○ EV, 전력저장용 전지의 경우는 수명 및 안정성이 우수한 인조흑연계 재료가 주로 적용될 예정이다.

○ 음극 소재 산업은 리튬이차전지의 4대 핵심소재인 양극, 음극, 전해질, 분리막

중에서 국산화율이 1~2%에 미치지 못할 정도로 국내 생산이 이루어지지 않고 있는 상황이다. 리튬이차전지용 음극소재개발에 대한 국내 연구동향은 연구소나 연구실 수준에서 주로 고용량화를 위한 리튬금속화합물 개발 및 고안정성 확보를 위한 리튬금속산화물 개발에 대한 연구에 치중하고 있다.

○ 국내 기업에서는 소형 리튬이차전지용 음극소재로 천연흑연을 일부 연구 개발하여 사업화에 성공하였으나, 중국 업체와의 경쟁에서 가격적인 열세로 인해 사업을 중단한 상태이며, 최근 고용량 소프트카본 소재과 표변 개질을 통한 용량과 수명 특성이 향상된 천연흑연의 제품화를 위한 연구개발이 포스코 및 GS caltex를 중심으로 진행 중이다.

○ 국내 기업 중 음극소재 사업화를 목표로 연구 개발 중인 업체는 포스코켐텍과 GS칼텍스가 대표적이며 포스코켐텍은 2010년 9월 LS엠트론(구,카보닉스) 으로부터 리튬이차전지용 음극재 사업부분을 양수하여 기존 LS엠트론이 보유중이였던 인조흑연과 천연흑연 개질 기술을 바탕으로 흑연계 음극소재 사업화에 주력하고 있다.

○ GS-caltex는 코크스를 1,000℃ 정도에서 탄화한 소프트카본의 사업화에 주력하고 있으며, 2012년 사업화를 목표로 연구 개발을 진행 중이다.

○ 애경유화는 2006년부터 비결정질 탄소를 원료로 한 하드카본의 사업화를 위해 연구 개발 중이며 2012년 시장 진입을 목표로 하고 있다.

○ 일본업체는 음극재 시장의 65%정도를 점유하고 있으며, Hitachi Chemical과 Nippon Carbon이 대표적인 기업이다.

○ Hitachi Chemical은 MAG계열의 인조흑연을 주력 제품으로 생산하고 있으며 연간 7,100톤을 생산하고 있다.

○ 천연흑연계는 연간 1,200톤 정도를 생산하여 34%의 세계시장을 점유하고 있으며, 인조흑연의 고용량화와 고출력화,고 밀도 음극극판용 소재 개발에 집중하고 있다.

○ NipponCarbon은 천연흑연을 주력제품으로 연간 4,700톤 정도 생산하고 있어 20%의 세계시장을 점유하고 있으며, 천연흑연의 장수명화 제품 개발에 집중하고 있다.

○ 비정질 저온소성 탄소인 소프트 카본과 하드 카본은 각각 일본 업체인 히타치화성과 쿠레하가 전 세계 시장을 독점하고 있으며, 고용량화 및 저가격화를 목표로 연구개발 중이다.

○ 현재 일본 산업계에서는 탄소계 음극소재에 대하여 입자 표면의 미세구조 및 화학적 특성에 따라 유기 전해액과의 반응성이 달라지고 이로 인해 비가역용량, 수명, 출력 등의 전기화학 성능이 달라지기 때문에 소재의 계면 안정성을 확보할 수 있는 연구를 활발히 진행하고 있다.

5.4.2. 흑연 전극봉 제조 분야

○ UHP급 흑연전극의 경우 수퍼 프리미엄급 니들 코크스와 binder pitch를 혼합하여 압출성형한 후, 약 900C 분위기에서 일차소성 후, impregnation pitch를 함침한 후, 이차소성하고, 불활성 분위기의 약 3000 도 분위기에서 흑연화하고, 표면가공하는 순서로 생산한다.

○ 미국, 일본, 독일 등 선진국 업체들은 최고 품질의 UHP급 흑연전극의 생산기술을 보유하고 있으며, 중국, 인도 등 후발국 업체에서는 RP 및 HP급을 저가에 생산하거나 품질이 다소 낮은 UHP급을 출시하고 있다.

○ 니들 코크스 제조 기술의 핵심은 CTE를 최대한 낮추는 것과 함께 흑연화 도중 황 및 질소성분이 빠지면서 공극이 발생하는 puffing 현상을 막기 위해 S 및 N 함량을 낮추는 것이다.

○ 수퍼 프리미엄급 니들 코크스는 미국, 일본 등 선진국 업체만이 제조 기술을 보유하고 있으며, 중국, 인도등 후발국 업체는 선진국으로부터 수입하는 실정이다.

5.4.3. 등방성 흑연 제조 분야

○ 세계 등방성 흑연 생산능력은 반도체, 태양광 산업 및 기능성 세라믹 재료 제조장비 부품용 수요증가로 인하여 지속적으로 성장하고 있으며, 일본이 세계 공급량의 60% 이상을 점유하고 있다.

○ 일본의 Toyo Tanso는 1974년에 세계 최초로 등방성 흑연개발에 성공한 이후로 지금까지 관련 분야 선두를 지켜오고 있으며, 다결정 실리콘형 태양전지 제조용 CZ(인상법)로와 다결정 실리콘형 태양전지 제조용 캐스팅 로에 필요한 고순도 등방성 흑연(그라파이트) 제품을 생산하고 있다.

○ 카본 브러쉬와 가열용 흑연제품은 1970년대 후반부터 (주)가람 및 (주)카본로렌 코리아에서 생산 시작하였고, 흑연블록은 모두 일본으로부터 수입하고 있다.

○ 1990년대 초반 POSCO 및 제철화학에서 해외기술을 도입하여 사업화하는 방안을 검토하였으나, 기술을 보유한 선진업체들이 기술이전을 하지 않아 성공하지 못하였다.

○ 석유계 코크스는 대산소재 현대정유에서 해외기술을 도입하여 지연코킹 공장을 보유하고 있으나, 높은 수준의 생산기술이 필요 없는 코크스의 생산등급 중 연료용으로 사용되는 저급 코크스만을 생산하고 있는 실정이다.

5.5. 탄소나노튜브 산업

○ 탄소나노튜브의 대량생산 기술 개발이 활발히 이루어져 생산단가가 지속적으로 낮아지고 있는 추세이다. 따라서 보다 저가의 수급이 용이한 원료를 사용한 생산 기술 개발이 주요 관심사이다.

○ 최근 탄소나노튜브 및 나노 첨가제를 고강성 소재 제조에 적용하기 위한 연구와 함께 이의 응용분야를 찾기 위한 광범위한 연구가 미국, 일본, 유럽의 선진국에서 진행되고 있는데, 그 중 범용성과 성형성이 뛰어난 고분자 수지에 탄소나노튜브를 보강재로 사용한 경량/고강도/고탄성 구조용 소재 개발이 활발히 이루어지고 있다.

○ 국내의 탄소나노튜브의 생산 기술은 선진국에 비해 출발이 늦었지만 응용분야에서는 크게 뒤지지 않는 것으로 추정되고 있다.

○ 상용화되었거나 상용화 예정인 국내외 업체들의 탄소나노튜브관련 생산 품목은 탄소나노튜브 발열체(엑사이앤씨), 탄소나노튜브 방열체(대진기업), 탄소나노튜브 복합소재(Hyperion Catalyst), 탄소나노튜브 전도성 투명필름(Eikos), 탄소나노튜브 전극(Nanotero), 탄소나노튜브 센서(Nanomix) 등이 있다.

5.6. 그래핀 산업

○ 흑연박리법을 이용한 그래핀 제조법이 널리 이용되어왔으나 상업적 이용을 위해서는 값싸게 대량으로 생산할 수 있는 경제적인 제조법이 개발이 필수적이다.

○ 국내 그래핀 관련 기술은 CVD 방식을 기반으로 하는 그래핀 합성 및 양산 공정기술 개발과 이를 활용한 투명전극 응용 분야에서 세계적인 수준을 가지고 있으며, 빠른 상용화를 목표로 대학과 기업의 협력체제를 중심으로 관련 연구 및 기술개발이 진행 중이다.

○ 대량 생산이 비교적 쉬우며 다양한 기능성 복합재료로의 응용이 기대되는 저온 화학적 박리에 의한 그래핀 합성기술이 국내 대학에서 최근 개발되었다.

○ 대학을 중심으로 반도체 소자 분야에의 적용을 위한 기초 특성 연구가 일부 진행 중이며, 최근 상용화가 가능한, CVD와 흑연의 화학적 박리 방식에 의한 소재합성 기술과 이를 응용한 투명전극 및 다기능성 복합재료 등의 부품 및 소재 분야에 연구가 집중되고 있다(삼성종합기술원, 성균관대, KAIST, 포항공대, ETRI, 삼성테크윈, 전자부품연구원, SK에너지, 엔바로텍, 울산과기대 등).

Ⅲ. 탄소소재 산업 표준화 대상 도출 및 로드맵

1. 핵심기술 도출

탄소를 기반으로 하는 소재 중 산업적 가치가 충분하고 향후 10년 내 성장 가능성이 크며, 수요산업의 기술경쟁력에의 기여 등을 기준으로 하여 거시 환경 분석, 산업 환경 분석, 표준화 환경 분석 등을 통하여 각 분야별 표준화 중점 대상을 도출하였다.

○ 연구 및 개발의 단계 구분

향후 탄소산업 활성화를 위해 2012년 9월에 작성된 “C-산업의 현황 및 육성 방안 연구” (지식경제부, 화학연구원), 탄소밸리구축사업(산업자원부)의 과제를 참조하여 6대 탄소소재 분야별 제조 및 응용 기술 관련 핵심 중간 원료, 응용소재 및 제품 개발까지 연구 분야를 도출하였다.

○ “C-산업의 현황 및 육성 방안 연구”에서 C-산업 발전을 구체화하기 위한 사업의 일환인 C-Star 프로젝트

C-Star 프로젝트 단계 구분 및 연구기간
초기단계 : 기초기술 개발 - 수입된 소재를 사용하여 부품 제조 및 특성 파악
중기단계 : 시제품 개발 - 개발된 소재를 사용하여 부품 제조
최종단계 : 상용화 기술 개발- 개발된 소재 및 부품의 생산 기술 개발

구분	초기	중기	최종	비고
소재	기초 기술 개발	시제품 개발	생산 기술 개발	제품 개선
		↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓
부품	수입 소재 사용	개발 소재 사용	응용제품 상용화	차이점 분석

○ “ C-산업의 현황 및 육성 방안 연구”에서 C-산업 발전을 구체화하기 위한 사업의 일환인 C-Infra 프로젝트

지역별 R&D 및 Infra 거점 구축

구분	거점별 특징
중부권	그래핀, CNT 소재 특화 거점
서남권	탄소섬유, 인조흑연, 활성탄소 소재 특화 거점
동남권	인조흑연, 카본블랙, 탄소섬유 소재 특화 거점

1.1. C-Star 프로젝트

1.1.1. 부산물을 활용한 고기능 탄소계 분리소재 제조기술 개발

최종목표

- 석유계/석탄계 부산물 활용 고기능 탄소계 분리소재 제조공정 기술개발
- 석유계/석탄계 부산물 분리/정제 및 개질 기술개발
- 형상 및 나노기공 제어 고기능 탄소계 분리소재 제조 기술개발
- 복합기능 및 극 초정정용 케미칼 필터 적용기술 개발
  - 형상 : 구형(球型), hollow fiber 형
  - 비표면적 : 1,500 ㎡/g 이상(구형)
  - VOCs 선택도 : 30 이상(hollow fiber 형)
  - 강도 : 내마모도 99 이상(구형), 굽힘강도 500 Mpa 이상(hollow fiber 형)

구분	초기 단계	중기 단계	최종단계
연구 목표	피치 분리/정제, 개질 기술 확보 형상 및 기공 제어 기술 확보	고기능 탄소계 분리소재 scale-up 제조기술 확보 개발소재 적용 부품화 기술확보	고기능 탄소계 분리소재 양산화 기술 확보 개발소재 적용 완제품 기술 확보
연구 내용	- 피치 전구체의 분리/정제 및 개질 기술 확보 - Lab scale 피치 제조 기술 확립 - 구형, hollow fiber형 형상 제어 기술 확립 - 나노기공 제어기술 확립	- Pilot scale 피치 제조 기술 개발 - 제조 피치 적용 pilot scale 형상 및 나노 기공 제어기술 확립 - 복합기능 부여 기술 확립 - 필터 메디아, 분리막 모듈화 기술 확립	- 개발소재 상용화 공장 기본 설계 자료 확보 - 케미칼 필터 적용 기술 확립 - Field test 및 보완 - 기술이전
주요 결과	- 피치제조 전구체 분리 및 개질기술	- Scale-up 제조 장치 - 고기능 탄소계	- 상용화 공장 기본설계 package
대형 장비	- 실시간 극미량(ppb, ppt 수준) 분석/평가 시스템	- 고온 개질반응 장치 - 형상 제어 장치 - 나노기공 제어 장치 - 필터 메디아 및 분리막 모듈 제조 장치	- 케미칼 필터 제조장치 - 고유량/차압 연속 평가 시스템

1.1.2. 저온탄화 고강도 탄소복합섬유 제조 기술 개발

최종목표

▪ T800 급의 탄소섬유를 1200도 이하의 열처리 조건 하에서의 제조 기술 개발
▪ Combinatorial chemistry에 의한 저가 최적 탄화 프리커서 탐색 및 최적 탄화 기술 개발
▪ 레이저 탄화에 의한 고효율 신형 탄화 및 흑연화 기술 개발
  - 인장강도 : 6 GPa 이상
  - Modulus : 294 GPa 이상
  - Carbon content : 30% 이상

구분	1단계	2단계	3단계
연구 목표	저온 탄화용 최적 프리커서 조성 확보	저온탄화공정 기술 확보	고속가열 및 제품 양산화 기술 확보
연구 내용	- Combinatorial chemistry에 의한 최적 조성 예측 - 고속합성기술을 이용한 프리커서 물질 합성 및 개질 - 나노구조 제어에 의한 내부 및 표면 구조 특성 제어 기술 개발 - 저가고강도용 탄소섬유 프리커서 조성 확보	- 저온탄화용 프리커서 최적탄화 기술 개발 - pilot scale의 신규 탄화 장치 제조 기술 개발 - 강도 및 파단연신율 증진을 위한 구조제어 기술 개발 - 경제성이 확보된 고강도 탄소섬유 제조기술 확보	- 레이저를 활용한 표면 및 내부 급속가열기술 개발 - 흑연로를 탈피한 고성능 저가 신규 탄화 및 흑연화 장치 개발 - 표면처리 및 표면기능화 기술 개발 - 다양한 물질의 표면코팅 기술 개발
주요 결과	- PAN복합체 및 아크릴산 출발 프리커서 - Lab scale 합성 및방사 장치	- 기능성 열가소성/열경화성 복합 수지 출발 프리커서 - pilot scale의 신규 탄화 장치	- 세계 최초 레이저 활용 신규 탄화 및 흑연화 장치 - 1200도 이하 탄화 초고강도 탄소복합섬유
대형 장비	- 고온 용융 방사장치	- 신규 탄화 장치	- 레이저 탄화 장치

1.1.3. 특수용도 카본블랙 제조기술

최종목표

▪ 신규 카본블랙 중간원료 제조기술 개발
  - 기초원료: 콜타르, 석유계잔사유, 아세틸렌, 천연가스, 바이오메스 등
▪ 전도성 특수카본블랙 제조기술 개발
  - 표면개질, 결정화도, 기공도 및 열분해공정 제어
  - 정량적 목표 : 전기전도도 0.2 S/cm 이상(30%콤파운딩시)
▪ 칼라용 특수카본블랙 제조기술 개발
  - 나노분산, 배합 및 열분해공정 제어
  - 정량적 목표 : 입자경<15nm, DBP흡유량<50cc/CB-100g, pH< 3.0
▪ 특수카본블랙 응용기술 개발
  - 고전도성 전극개발 (이차전지, 슈퍼캐퍼시터,연료전지)
  - 카본블랙/금속나노입자 복합체 개발 (black conductor)
  - 카본블랙/폴리머 융합소재 개발 (엔지니어링 플라스틱)
  - 카본블랙잉크/페이스트 개발 (프린터토너 및 청정전자소재
▪ 부산물 재활용기술 개발
  - 수소 등 유가자원 분리 및 회수
  - 열에너지 재활용 및 회수

구분	1단계	2단계	3단계
연구 목표	특수카본블랙제조 기초기술 개발	특수카본블랙 성능개선 및 응용기술 개발	특수카본블랙 양산기술 실증화
연구 내용	- 중간원료 합성 - 표면물성 개질 - 기공도 및 결정화도 제어 - 열분해반응 제어	- 자가분산 기술 - 콤파운딩 기술 - 활성불질 도핑기술 - 카본/금속나노복합화기술 - 부산물 재활용기술	- pilot plant 설치 및 가동 - 공정 최적화 - 양산공절 설계 - 특수카본블랙 성능평가 (field test)
주요 결과	- Lab scale 특수카본블랙 제조공정 - 전도성 카본블랙 시제품 - 칼라용 카본블랙 시제품	- bench scale 특수 카본 블랙 제조공정 - 전도성 카본블랙: 전기전도도 0.2 S/cm < - 칼라용 카본블랙: 입자경 : 15nm<, DBP흡유량: 50cc/CB-100g<, pH 3.0< - 응용 시제품	- pilot plant scale 특수 카본 블랙 제조 공정 - 양산공정 basic design package - field test 시제품
대형 장비	- 카본블랙 morphology 분석장비	- 카본블랙 열분해 공정	- 카본블랙 열분해 공정

1.1.4. 인조흑연 중간원료 제조 및 흑연화기술 개발

최종목표

- 석유계 코크스, 피치 점결재 및 함침재 개발
  - 석유잔사유 정제기술
  - 석유잔사유 지연코킹 기술
  - 유황함량 0.5% 이하의 고순도 석유계 코크스, 피치 점결재 및 함침재 제조기술
- 석탄계 코크스, 피치 점결재 및 함침재 개발
  - 콜타르피치 증류잔사유 지연코킹 가술
  - 유황함량 0.5% 이하의 고순도 석탄계 코크스, 피치 점결재 및 함침재 제조기술
- 코크스 흑연화기술 개발
  - 20-200℃ 열팽창 계수 4×10-7m/K.m 이하의 이방성 흑연화기술
  - 등방비율 1.15 이하의 등방성 흑연화기술
- 길이방향 흑연화로 개발
  - 최대온도 3200℃

구분	1단계	2단계	3단계
연구 목표	- 석유 잔사유 정제기술개발. 황 0.5% 이하. 수소 0.05% 이하 - 콜타르피치 잔사유 정제기술 개발. 황 0.5% 이하 - 석유 코크스 제조기술개발 - 석탄계 코크스 제조기술개발 - 실험실 규모급 길이방향 흑연화로 개발	- 석유계 피치 점결재 및 함침재 개발 - 석탄계 피치 점결재 및 함침재 개발 - 코크스/피치점결재의 이방성 흑연화기술개발. 열팽창 계수 4×10-7m/K.m - 코크스/피치점결재의 등방성 흑연화기술 개발. 등방비율 : 1.15 이하 - 파일럿 규모의 길이 방향 흑연화로 개발	- 직경 27인치 대구경 이방성 흑연봉 개발 - 등방성 흑연블럭 양산 기술 개발 - 석유계 코크스, 피치 점결재 및 함침재 제조 파일럿 건설 /운전 - 석탄계 코크스, 피치 점결재 및 함침재 제조 파일럿 건설 /운전 - 플랜트 규모 길이방향 흑연화로 개발
연구 내용	- 석유잔사유 탈황, 탈금속 및 탈질 - 콜타르 중류유 탈황 및탈금속 - 석유잔사유 지연화코킹 - 콜타르피치 증류잔사유 지연코킹 - 코크스 결정구조 및morphology 제어 - 길이방향 흑연화로설계, 제작	- 석탄계 코크스 정제 - 석유계 피치 점결재 및 함침재 제조 - 석탄계 피치 점결재 및 함침재 제조 - 등방성 및 이방성 코크스 흑연화 - 코크스 입자 크기분포 최적화 - 파일럿 규모 길이방향 흑연화로 제작 및 운전	- 27인치 이방성 흑연봉 제조 - 등방성 흑연블럭 양산 - 석유계 코크스, 피치 점결재 및 함침재 제조 파일럿 설계 및 운전 - 석탄계 코크스, 피치 점결재 및 함침재 제조 파일럿 설계 및 운전 - 인조흑연 중간원료의 상업화 엔지니어링 - 플랜트 규모 길이방향 흑연화로 제작 및 상업응용
주요 결과	- 고순도 석유계/석탄계코크스 - 실험실 규모 길이방향흑연화로	- 석유계/석탄계 피치 점결재 및 함침재 - 이방성 및 등방성 인조흑연 - 파일럿규모 길이방향 흑연화로	- 직경 27인치 이방성 흑연봉 - 고순도 등방흑연 블럭 - 플랜트 규모 길이방향 흑연화로
대형 장비	- 조분쇄기, 미분쇄기,분급기, 반죽기, 압출기, 고온 흑연화로, 지연코킹장비	- 냉간등방가압장치, 길이방향 흑연화로	- 파일럿 규모 지연코킹 장비 및 길이방향 흑연화로

1.1.5. 친환경/고부가가치 탄소나노튜브 합성기술 개발

최종목표

- 폐산물 (석유계 부산물, 기타 폐산물)을 활용한 친환경 탄소나노튜브 대량합성 기술개발
- 탄소나노튜브의 제어 합성 기술 개발
  - 다층 및 단층 탄소나노튜브의 선택적 합성
  - 불순물 함유량 : 5% 이하
  - 탄소나노튜브 생산량: ~kg/day
- 현재 탄소 나노튜브의 생산원료는 고품질의 탄화수소가스로, 기타 콜타르 등 폐산물을 원료로 사용하는 기타 탄소 재료에 비해 단가 형성이 높을 수밖에 없는 원인을 제공하고 있음. 본 과제에서는 탄소 나노튜브 합성의 중간원료를 저가 폐산물로 대치함으로서 친환경 합성법을 확립하는 한편, 시장경쟁력을 크게 향상시키고자 함.

구분	1단계	2단계	3단계
연구 목표	폐산물을 이용한 탄소나노튜브 합성 기술개발	탄소나노튜브의 제어 합성 기술 개발	고품질 탄소나노튜브의 양산기술 개발
연구 내용	- 탄소나노튜브 합성을 위한 석유계 부산물(피치, 아스팔트) 처리기술 확립 - 적절한 합성 시스템의 설계 및 구축 - 최적의 촉매 및 희석 가스 설계 - 탄소나노튜브의 합성	- 다층 탄소나노튜브의합성 - 단층 탄소나노튜브의합성 - 탄소나노튜브의 직경 제어 기술 확립 - 탄소나노튜브의 합성방향 제어 기술 확립	- 연속공정화, 병렬식 처리, 합성장치의 개량 등을 통한 탄소나노튜브의 양산기술 도출 - 양산된 탄소나노튜브 내 불순물 최소화 - 양산된 탄소나노튜브의 응용분야 모색 및 적용 (이차전지 등)
주요 결과	피치 및 아스팔트를 활용하여 합성한 탄소나노튜브	공정변수 제어를 통한 원하는 구조의 탄소나노튜브 합성	탄소나노튜브 양산기술 개발
대형 장비	- 대형 (6인치 이상) 하이브리드(압력,플라즈마, 온도제어)CVD 장비 구축	- 나노촉매 합성장치	- 탄소나노튜브 양산용 초대형/연속형 합성 시스템 구축

1.1.6. 탄소 나노튜브 기반 고부가가치 전극재료 개발

최종목표

▪ 벌크재질 탄소대비 뛰어난 성능을 보유하면서 경제성을 갖는 고부가가치 탄소 전극재료 개발
▪ 다기능 나노탄소 전극 설계
▪ 유연기판/유기재료 재질 적용 가능한 나노전극 제작 공정 개발
  - 탄소 나노튜브 (CNT)의 저온합성 기술 (단일겹 및 다중겹) 확립
  - 대면적 전극 설계 및 제작기술 확립
  - 나노전극 면적 > 1 m^2

구분	1단계	2단계	3단계
연구 목표	CNT 저온합성 기술 확립	벌크 탄소 재질/기타 탄소 재질과 융합한 고성능 탄소전극 제작	대면적 나노전극 제작기술 확립
연구 내용	- 저온합성을 위한 최적 탄소원의 선택 - 적절한 합성 시스템의 설계 및 구축 - 신개념 저온 합성법 확립 - 전도성 소재에 CNT 성장 기술 확립	- 그래핀, 열화탄소, 카본블랙 등 기타 탄소재료와 CNT를 결합한 고성능 탄소 전극 제작	- 저가공정을 이용한 대면적 나노전극 제작 기술 개발 - 응용분야별 맞춤형 나노전극 설계 및 제작 (예 에너지 전극, 바이오전극 등)
주요 결과	- 저온 CNT 합성 기술 확립 (<250 ℃)	- 고성능 나노탄소 전극	- 대면적 고성능 나노전극
대형 장비	- 저온합성을 위한 저압 대형 (6인치) 하이브리드 퍼니스		- 연속/자동 전극 합성을 위한 시스템 구축

1.1.7. 초장 탄소나노튜브 및 파이버소재 대량생산 공정/장비 개발

최종목표

- 초장 탄소나노튜브 합성의 핵심 기술 및 파이버 제조와 대량생산에 필요로 하는 핵심기술과 공정 등을 개발하여 탄소나노튜브섬유 및 탄소나노튜브 전력용전선의 기반소재 생산 기술 확보
- 탄소 나노튜브가 이미 시장에서 생산/판매되고 있음에도 불구하고 생산되는 탄소나노튜브의 길이가 짧아 (최대 수 mm) 응용범위가 제한적인 문제가 있음. 본 과제를 통해 초장 탄소 나노튜브의 합성기술과 양산장비를 개발하여 탄소 나노튜브 케이블 기반소재 기술을 확보하고자 함

구분	1단계	2단계	3단계
연구 목표	lab scale 기술개발	pilot scale 기술 개발	Field test 및 prototype 기술 개발
연구 내용	- 초장 탄소 나노튜브 합성 핵심 요소기술 확보 - 양산 장비 디자인 및요소 기술 확보	- 초장 탄소 나노튜브 합성 핵심 요소기술 확보 - 초장 탄소 나노튜브 합성 대량생산 기술 확보	- 탄소 나노튜브 파이버생산 - 탄소 나노튜브 실 및 케이블 제조기술 확보 - 시작품 신뢰성 평가 및 국제표준화 - 탄소 나노튜브 전력선생산
주요 결과	초장 탄소 나노튜브 (~cm 수준)	pilot scale 의 초장 탄소 나노튜브	탄소나노튜브 케이블
대형 장비	초장 탄소 나노튜브 합성을 위한 대형 (6인치 이상) 하이브리드 퍼니스	- 양산용 대형 장비 및 자동화 장비	- 신뢰성 평가 장비 - 목적 지향적 특수장비

1.1.8. 고용량/장수명 이차전지 음극재용 중간원료 (피치, 고급 코크스 분말) 및 인조흑연 제조 기술

최종목표

- 고용량, 장수명 음극재 중간 원료인 피치, 고급 코크스 분말 제조 원천 기술 개발
- 석유/석탄계 저가 유분에서 고성능 인조흑연 음극재용 피치 및 코크스 제조 기술 개발
- 제조된 피치/코크스의 입자 형상 및 결정 구조/배향 제어 기술 개발
- 제조된 피치/코크스의 흑연화를 통한 고성능 인조흑연 기술 개발
- 천연흑연의 고도 정제 기술 개발 및 피치 복합체 처리기술 개발
  - 초기효율 : 95% 이상
  - 가역용량 : 370 mAh/g 이상
  - 사이클 특성 : 90% 이상 @ 2000사이클

구분	1단계	2단계	3단계
연구 목표	고성능 인조흑연용 중간체 피치/코크스 기술 확보	피치/코크스로부터 음극재용 인조흑연 제조 기술 개발	고성능 인조흑연 음극재 양산 기술 확보
연구 내용	- 인조흑연용 최적 피치 원료 확보 - 인조흑연용 피치의 기본 특성 분석 기술 확보 - 고수율/고순도 피치 제조 Pilot 기술 확보 - 피치 수율 > 40%, 연화점 > 150도 - 인조 흑연용 고급 코크스 분말 제조 기술확보 - 천연흑연 정제 기술 개발	- 피치 반응 기술 제어를 통한 용량 증대 기술 개발 - 피치/코크스 제조 양산 기술 개발 - 피치 형상제어 및 열처리 및 흑연화 기술 개발 - 고급 코크스 분말의 흑연화 기술 개발 - 피치/코크스의 결정구조/배향 조절 기술 개발 - 천연흑연과 피치 복합체 기술 개발	- 피치와 코크스로부터인조흑연 제조 양산 기술 개발 - 음극 용량 성능 증대를 위한 피치 개선 기술 개발 - 음극재료 성능 평가 (실제 전지 셀 적용 평가)
주요 결과	- 인조흑연용 피치 및 고급 코크스 분말 원료 - Pilot scale 제조된 피치	- 고성능 인조흑연용 피치 및 코크스 - Lab scale 인조흑연 - 천연흑연/피치 복합체	- 피치 및 코크스 제조 양산 system - 고성능 음극재료를 활용한 이차전지
대형 장비	- 피치 분석 장치 - 소형 흑연화로 (2500도 이상) - 피치 제조 Pilot 설계 및 장비 (반응기, 형상제어기, 분쇄/분급기) - 고급 코크스 제조 Pilot 설계 및 장비(코크스화 반응기,분쇄/분급기	- Pitch 제조 양산 장비 - 코크스 제조 양산 장비 - 피치/코크스에서 인조흑연 제조를 위한 Pilot 설계 및 장비 - 중형 흑연화로	- 인조 흑연 제조 양산 장비 - 대형 흑연화로 - 이차전지 음극재 코팅 pilot 설비

1.1.9. 고품질 그래핀 및 복합소재 대량합성과 기능화 기술개발

최종목표

▪ 고품질 박리 그래핀 및 대면적 그래핀의 대량합성 공정/장비를 개발하고, 정보전자, 에너지 및 복합재료 분야에 적합한 다양한 그래핀 기능화 기술을 개발함. 또한, 그래핀 합성 및 평가 기술을 산업적으로 표준화하여 그래핀 소재 응용 부품소재 산업에 적용함

- 고품질 박리 그래핀 소재 대량 합성 및 합성/평가 표준화 기술 개발
  ·고품질 박리 그래핀 대량 합성: 층 수 < 5 layer, 합성 > 1 ton/annum, 불순물 < 1%, 특성 재현성 확보
- 그래핀 소재 화학적 기능화 기술 개발
  ·그래핀 기능화 : 분산성 > 6 month (at 5 ℃), 농도 > 10 wt%, 입도 균일화 (10%)
- 고품질 대면적 그래핀 대량 연속 성장 및 합성/평가 표준화 기술 개발
  ·그래핀 면저항 < 50 Ω/□, 특성 균일도 (10%)
- 그래핀 기반 복합소재 합성 기술 개발
  ·그래핀 기반 복합소재 : 고분자 및 금속, 산화물 충진제와의 혼합성 확보, 코팅 공정 개발 (박막 균일도: 5%, 표면거칠기(< 100 nm), 점도: 1 - 500,000 cps)
  ·그래핀 기반 복합소재의 전기적 특성 제어 (p-, n-형, 일함수, 전도도 등)
- 박리 및 대면적 그래핀의 고해상도 패터닝 연속공정 개발
  ·선폭 < 1 ㎛ (10%), 박막 균일도 < 5%
- 개발 소재를 이용한 그래핀 기반 응용 부품 적용 핵심 공정기술 개발

구분	1단계	2단계	3단계
연구 목표	- 고품질 박리 그래핀 합성 및 대면적 그래핀 성장 기술 및 장비개발 - 그래핀 복합소재화 기반기술 개발 - 그래핀 패터닝 기반기술 개발	- 고품질 박리 그래핀 대량 합성 및 대면적 그래핀 연속 성장 기술개발 - 그래핀 기능화 및 소재 복합화 기술 개발 - 박리 및 대면적 그래핀의 고해상도 패터닝 연속공정 개발	- 고품질 기능화 박리 그래핀, 대면적 그래핀 및 복합소재 대량 제조 표준화 기술개발 - 그래핀 기반 소재 고해상도 패터닝 연속공정 표준화 기술개발 - 그래핀 기반 응용 부품 적용 핵심 공정기술 개발
연구 내용	- 고품질 박리 그래핀 대량 합성/장비 기술 개발 - 그래핀 소재 화학적 기능화 기술 개발 - 고전도도, 대면적 그래핀 연속 대량 성장 및 안정적 전사/장비기술 개발 - 그래핀 기반 복합소재 합성 기술 개발 - 그래핀 패터닝 기반기술 개발	- 그래핀 소재합성/평가/장비 기술 표준화 - 그래핀 분산 안정성, 고농도화, 입도균일화 등 - 금속, 산화물, 고분자 등 타 나노 및 벌크소재와의 복합화 - 그래핀 박막 대면적 특성 균일화/안정화 기술 및 패터닝 공정기술 개발 - 그래핀 기반 복합소재 공정/평가 기술표준화 - 개발 소재를 이용한 그래핀 기반 응용 부품 적용 기반기술 개발	- 고품질 박리 그래핀 대량 합성 및 대면적 그래핀 연속 성장 표준화 기술 개발 - 그래핀 기능화 및 복합소재 표준화 기술 개발 - 박리 및 대면적 그래핀의 고해상도 패터닝 연속공정 표준화 기술개발 - 개발 소재를 이용한 그래핀 기반 응용 부품 적용 핵심 공정기술 개발 - 그래핀 기반 복합 소재 코팅 및 접착 기술 개발
주요 결과	- 고품질 그래핀 대량합성 및 대면적 그래핀 성장 기술 확보 - 그래핀 기능화 및 복합소재 기반 기술 확보	- 고품질 기능화 그래핀 기반 복합 잉크 소재 - 응용 공정 맞춤형 고품질 대면적 그래핀 소재 - 고해상도 그래핀 패터닝 기술	- 그래핀 생산/장비 산업 표준화 기술 확보 - 응용 분야 (전자, 에너지, 자동차 등) 적용가능 맞춤형 그래핀 및 복합소재 - 그래핀 응용 부품 핵심 적용 기술
대형 장비	- 박리 그래핀 대량 합성 장비 - 대면적 그래핀 연속 합성 및 전사 장비	- 대면적 그래핀 연속 패턴 공정 장비 - 박리 그래핀 대면적 인쇄 공정 장비	

1.2. 탄소밸리 구축사업

<표Ⅲ-1> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-1

<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="5">고성능 인조흑연제조 및 응용기술개발</td></tr>
<tr><td>연구목표</td><td colspan="5">단기적으로는 고성능 등방성 인조흑연 블록 제조기술 개발 전개를 통해 국내 정유산업 및 반도체와 이차전지 산업 간의 통합 시너지, 산업 경쟁력 창출 및 인조흑연계 탄소제품인 흑연계 Li 배터리용 음극재, 실리콘 정제용 등방흑연 블록, 알루미늄 제련용 탄소 전극, 자동차 및 모터 브러쉬 등 후방 완제품 산업을 전개하는데 있다.</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td colspan="5">1. 고성능 등방성 인조흑연 블록 제조기술
- 지연화 핏치 코킹공정 및 소성공정 실증화 기술
- 고순도 등방성 흑연 성형 기술
- 실리콘 잉곳 제조용 흑연제조 기술
- 반도체 제조용 흑연 제조 기술
- 고품위 흑연 성형체 파일롯 기술(등방흑연 10×10×10 inch3)
- 핏치 QI : 0.2, 핏치 수율 : 95%, 밀도 : 1.9 , 저항 : 15μΩ・m, 열전도 : 80W/cm K
2. 이차전지 음극재 코팅용 피치 제조 기술 개발
- 석유계 부산물 분리 및 탈황 기술
- 실험실 규모의 음극재 코팅용 피치제조기술
- 파일롯 규모 음극재 코팅용 피치 시제품 제조
- 연화점 : 200℃이상, TI : 60%이하 , QI : 10% 이하, Ash : 0.15% 이하</td></tr>
<tr><td>과제수행기관</td><td colspan="5">GS 칼텍스</td></tr>
<tr><td>연구관리기관</td><td colspan="2">한국산업기술평가관리원</td><td>과제관리기관</td><td colspan="2">한국산업기술진흥원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="2">2012-07-01~2016-06-30</td><td>실용화대상여부</td><td colspan="2">실용화대상</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td>응용연구</td><td colspan="2">연구수행주체</td><td colspan="2">대기업(GS 칼텍스)</td></tr>
<tr><td>기술수명주기</td><td>성장기(2012-2013)</td><td colspan="2">6T관련기술</td><td colspan="2">나노화학공정기술</td></tr>
</table>

<표Ⅲ-2> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-2

과제명	석탄계 등방성 탄소섬유소재 및 단열재 응용기술개발			
연구목표	목표 : 고연화점 피치 제조, 탄소섬유 제조, 고온 단열재 제조 콜타르를 원료로 이용하여 탄소섬유의 원료인 고연화점 등방성 피치의 개발과 이를 이용한 석탄계 Curled 탄소섬유 제조 기술 개발 및 탄소섬유를 이용한 고온 단열재 제조기술을 개발하는 것과 함께 파일럿 규모로 생산하는 기술을 확보하고 시제품을 생산			
연구내용	1. 콜타르를 원료로 하여 탄소섬유를 생산하는데 적합한 등방성 고연화점 피치를 제조하는 기술 개발을 위해서 콜타르를 증류하여 저비점 성분이 제거된 soft 피치를 제조하고 실험실에서 확립도니 제조기술로 연산 150톤 규모의 고연화점 등방성 피치 제조 설비를 구축하여 탄소섬유 제조에 사용할 예정이다. 2. 탄소섬유의 제조기술 개발을 위하여 연산 100톤 규모의 준 상업화 설비를 설치하여 운전하므로 써 고수율의 생산기술을 확보하는 것을 목표로 하고 있다. 최적 탄화공정 조건 확립 및 펠트(Felt) 가공 기술을 개발하여 C/C composite 의 원료로 사용할 계획이다. 3. 태양전지 원료인 결정성 실리콘 잉곳 성장로용 고온단열재를 개발할 계획이다. 제조된 등방성 탄소섬유 및 펠트에 대하여 페놀수지의 함침/경화조건, 적층방법, 고순도화 및 내구성 향상을 위한 표면처리 방법 등에 대한 연구를 진행하고 연산 50톤의 파일럿 규모의 고온 단열재 제조기술을 확립할 예정이다.			
과제수행기관	OCI			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원	
연구기간	2011-09-01~2016-08-31	실용화대상여부	실용화대상	
연구개발단계	응용연구	연구수행주체	대기업(OCI)	
기술수명주기	도입기(2011-2012) 성장기(2013-2014)	6T관련기술	기타에너지기술	

<표Ⅲ-3> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-3

과제명	Carbon Fiber Block(CFB)를 이용한 선박 해수 펌프용 CFRP 임펠러 개발			
연구목표	Carbon Fiber Block(CFB)를 이용한 선박 해수 펌프용 고기능성, 경량화 CFRP 임펠러 복합재 기술 개발, CFRP 임펠러 제작을 위한 Carbon Fiber Block 제작 공법 개발, 선박용 해상 펌프용 CFRP 임펠러 설계, 제작 기술 개발			
연구내용	1. Carbon Fiber Block 섬유 제직 및 코팅기술 개발 2. Carbon Fiber Block 적층 형성 및 제작 기법 연구 3. Carbon Fiber Block 시제품 제작 및 검증 3. Carbon Fiber Block 의 5축 가공기를 이용한 CFRP 임펠러 제작 4. CFRP 임펠러 표면 처리 기술 개발, CED를 이용한 점성 유동 해석을 통한 CFRP 임펠러 유체역학적 성능 평가 5. CFRP 임펠러 FEM 구조해석 및 구조 강도 평가, 해수 특성을 고려한 염수 분무 실험 수행			
과제수행기관	㈜제이엠시			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원		과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2013-09-01~2015-08-31		실용화대상여부	실용화대상
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업(제이엠시)	
기술수명주기	도입기(2013-2014)	6T관련기술	기타	

<표Ⅲ-4> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-4

<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="5">Pb 대체를 위한 탄소복합재 전자파차폐 경량화 샌드위치 판넬제작기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구목표</td><td colspan="5">전자파 차폐용 탄소섬유 Roll coil 강화 플라스틱 개발, 전자파 차폐용 CNT 합성 및 분산과 중합을 통한 멀티기능 수지 개발, 탄소 복합재를 이용한 전자파 차폐 경량화 샌드위치 판넬의 기계적/전기적 신뢰성 확보, 탄소 복합재를 이용한 전자파 차폐 경량화 샌드위치 판넬 구조물의 비파괴 평가기법 개발</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td colspan="5">1. 전자파 차폐용 탄소섬유 Roll coil 복합재 개발
- 탄소섬유 Roll coil 강화 플라스틱의 열가소성/경화성 수지개발
- 1.5m폭 탄소섬유 Roll coil복합재 제조를 위한 공정자동화시스템개발
2. 전자파 차폐용 CNT 합성 및 분산과 중합을 통한 멀티기능수지개발
- 전자파 차폐용 CNT 선정
- CNT를 합성한 복합 수지 개발
3. 탄소 복합재를 이용한 전자파 차폐 경량화 샌드위치 판넬의 기계적/전기적 신뢰성 확보
- 탄소 복합재를 이용한 전자파 차폐 경량화 샌드위치 판넬의 기계적 물성시험(인장시험, 굽힘시험, 충격시험) 및 1톤 탑차 기준의 구조 해석
- 탄소 복합재를 이용한 전자파 차폐 경량화 샌드위치 판넬의 전자파 차폐시험
- Thermal Vision 기법을 이용한 비파괴 평가
탄소 복합재를 이용한 전자파 차폐 경량화 샌드위치 판넬을 이용한 탑차 제작 및 실차 테스트
- 탄소 복합재를 이용한 전자파 차폐 경량화 샌드위치 판넬 제작
- 1톤 전자파 차폐 탑차 구조 설계
- 1톤 전자파 차폐 탑차 제작 및 실차 테스트</td></tr>
<tr><td>과제수행기관</td><td colspan="5">한국에이씨엠</td></tr>
<tr><td>연구관리기관</td><td colspan="2">한국산업기술평가관리원</td><td>과제관리기관</td><td colspan="2">한국산업기술진흥원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td colspan="2">2013-09-01~2015-08-31</td><td>실용화대상여부</td><td colspan="2">실용화대상</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td>응용연구</td><td colspan="2">연구수행주체</td><td colspan="2">중소기업(에이씨엠)</td></tr>
<tr><td>기술수명주기</td><td>도입기(2013-2014)</td><td colspan="2">6T관련기술</td><td colspan="2">기타 에너지 기술</td></tr>
</table>

<표Ⅲ-5> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-5

과제명	Resin Film 진공성형 공법 및 구조보강재 일체화 성형기술을 적용한 13인승 제트보트 개발			
연구목표	탄소섬유강화 복합재료가 적용된 고성능 레저용 13인승 제트보트 개발			
연구내용	-CFRP 소재를 적용한 드라이프레그 선체 성형기술 개발, 선체 및 데크 제작을 위한 몰드 제작을 통한 13인승 제트보트 시제선 제작 - 선급 기준에 따른 제트보트의 3D 모델 - 270도 회전이 가능한 제트보트 선형개발, 구조설계, 성능 검토 - 최종경사시험 - CE 인증 - 드라이프레그의 수지필름용 수지제조기술개발 - 수지필름 제조장비 설계 및 제작, 제조공정 확립 - 수지필름 제조 안정화, 양산화 기술개발 - 수지필름 인퓨전 제조 공정 연구 - 수지필름에 의한 복합재 부품 성능 평가 - 선체의 내구성 향상을 위한 고성능 탄소섬유 프리폼 설계/ 제트보트의 선체 및 부품 적용 평가 - 고품질/ 고효율 Resin Film Infusion을 위한 3D 프리폼 함침 기술개발 - Resin Film Infusion을 이용한 선체 일체성형 기술 개발 - 저온경화형(80~100℃ 경화)수지 조성물 Formulation 개발 - 저온경화형 수지 배합 조건 개발 - 경화속도에 따른 첨가제 함량 최적화			
과제수행기관	㈜우남마린			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원	
연구기간	2013-09-01~2015-08-31	실용화대상여부	실용화대상	
연구개발단계	응용연구	연구수행주체	중소기업(우남마린)	
기술수명주기	성장기(2013-2014)	6T관련기술	기타	

<표Ⅲ-6> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-6

과제명	경량화 및 내구수명 향상을 위한 탄소섬유 재질의 로봇용 트랜스퍼 모듈 개발			
연구목표	탄소섬유를 이용한 로봇 트랜스퍼 개발			
연구내용	1. Press Robot 사용되는 Tool을 탄소섬유를 이용 개발 2. 상기 Tool에 적합한 탄소섬유 적층, 성형기술 개발			
과제수행기관	㈜씨티엠			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원	
연구기간	2013-09-01~2015-08-31	실용화대상여부	실용화대상	
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업(씨티엠)	
기술수명주기	도입기(2013-2014)	6T관련기술	기타	

<표Ⅲ-7> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-7

과제명	고성능 탄소섬유 열가소성 복합재료 기반 고효율 맞춤형 프리폼 및 이를 활용한 자동차 구조부품의 고생산성 하이브리드 성형기술 개발			
연구목표	고성능 탄소섬유 열가소성 복합재료 기반 고효율 맞춤형 프리폼 및 이를 활용한 자동차 구조부품의 고생산성 하이브리드 성형기술 개발			
연구내용	열가소성 복합재료 공정 개발 및 다른 형태의 소재 결합을 위한 설계			
과제수행기관	㈜라지			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원	
연구기간	2013-09-01~2015-08-31	실용화대상여부	실용화대상	
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업(라지)	
기술수명주기	도입기(2013-2014)	6T관련기술	기타	

<표Ⅲ-8> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-8

과제명	고인성 Low Limb Brace 모듈 개발을 위한 국산 탄소섬유 복합소재 기술 개발			
연구목표	CFRP를 이용한 십자인대 보조기 생산			
연구내용	1. 고인성 AFO용 국산 탄소섬유 복합소재 기술 개발 2. 고인성 무릎보조용 국산 탄소섬유 복합소재 기술 개발 3. Low Limb Brace 모듈 최종 제품 개발			
과제수행기관	㈜대산플랜트			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원	
연구기간	2013-08-01~2015-07-31	실용화대상여부	실용화대상	
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업(대산플랜트)	
기술수명주기	성장기(2013-2014)	6T관련기술	기타	

<표Ⅲ-9> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-9

과제명	라지토우 탄소섬유 생산기술 및 중간재 개발		
연구목표	국산 라지토우프리커서/탄소섬유생산기술 및 물성최적화기술개발, 복합재료 제조용 중간재 개발, 상업화 설계		
연구내용	1. 프리커서/탄소섬유/중간재 시제품 생산 2. 최적 안정화/탄화공정 조건 확립과 분석 3. 공정-구조-물성 상관관계 규명, 수지접착특성향상기술 확보 4. 탄소섬유 표면 표준화 분석 매뉴얼 개발		
과제수행기관	효성		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2011-09-01~2016-08-31	실용화대상여부	실용화대상
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대기업(효성안양공장)
기술수명주기	성장기(2011-2014)	6T관련기술	기타

<표Ⅲ-10> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-10

<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="4">석유잔사물을 활용한 탄소섬유 및 자동차부품 응용기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구목표</td><td colspan="4">석유잔사물을 활용한 탄소섬유 및 응용 제품 개발을 위한 프리커서 및 섬유 재조, 응용제품 기반 기술개발</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td colspan="4">-정유 및 석유화학 공정 잔사유 분석
- 잔사유 전처리 및 최적화
- 탄소섬유의 물성향상을 위한 핏치의 구조 제어
- 연화점에 따른 핏치 물성 최적화 연구
- 신규 반응 활성제/개시제 활용 등방성 핏치 제조 연구
- catalyst-free 중합기술 연구
- Lab 규모 배치식 석유계 등방성 핏치 단섬유 안정화 기술 개발
- 안정화된 핏치 단섬유의 Lab 규모 배치식 탄화공정 기술 개발
- 기존 핏치계 탄소섬유의 복합소재 기본 물성 확보
- 저열팽창 내충격용 고성능 열가소성 수지 종류에 따른 기본 DB 확보
- 복합소재 중간재 제조를 위한 열경화성 수지 및 경화제 종류에 따른 기본 DB 확보
- 탄소/탄소 복합재료용 기지 재료 선정
- 기존 등방성 단섬유의 기계적, 열적 특성 자료 수집
- 보강재 및 수지의 특성 분석
- 보강재와 수지간 결합력 증대를 위해 다양한 고분자를 이용한 사이징 기법 연구 및 최적함량 결정
- 상용 탄소섬유계의 선행 조사
- 상용 탄소섬유를 사용한 음극의 슬러리 조성 개발
- 등방성 핏치계 탄소섬유의 고내열성 소재 조성을 위한 원료 수배 및 합성
- 등방성 핏치계 탄소섬유의 고충저늘 위한 가공 기술
- 고열방열 등방성 핏치계 탄소섬유 조성물 개발
- 기존 제품 및 선진기술 분석
- 등방성 핏치계 탄소섬유와 상용성이 우수한 합성수지 개발
- 고연성 고분자 소재 개발</td></tr>
<tr><td>과제수행기관</td><td colspan="4">GS 칼텍스</td></tr>
<tr><td>연구관리기관</td><td>한국산업기술평가관리원</td><td>과제관리기관</td><td colspan="2">한국산업기술진흥원</td></tr>
<tr><td>연구기간</td><td>2011-09-01~2016-08-31</td><td>실용화대상여부</td><td colspan="2">실용화대상</td></tr>
<tr><td>연구개발단계</td><td>개발연구</td><td>연구수행주체</td><td colspan="2">대기업(GS 칼텍스)</td></tr>
<tr><td>기술수명주기</td><td>도입기(2011-2012)
성장기(2013-2014)</td><td>6T관련기술</td><td colspan="2">환경친화형소재개발기술</td></tr>
</table>

<표Ⅲ-11> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-11

과제명	석유잔사유를 이용한 음극재 코팅용 핏치 및 응용기술개발			
연구목표	석유잔사유를 이용하여 핏치제조기술 및 공정을 개발한다. 음극재 코팅용 핏치 제조기술을 개발하여 리튬이온전지 소재 응용기술과 동시에 바인더 핏치 제조기술을 개발하여 탄소복합재 응용기술을 확보함			
연구내용	1. 이차전지 음극재 코팅용 핏치 제조기술 개발 - 석유계 부산물 불순물 제어 기술 - 파일롯 규모 코팅용 핏치 시제품 제조 기술 2. 석유계 바인더 핏치 제조기술 개발 3. 석유계 바인더 핏치를 이용한 탄소복합재 제조기술 개발 - 탄소섬유/바인더 핏치 탄소성형체 제조기술 개발			
과제수행기관	GS 칼텍스			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원		과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2012-07-01~2016-06-30		실용화대상여부	실용화대상
연구개발단계	응용연구	연구수행주체		대기업(GS 칼텍스)
기술수명주기	성장기(2012-2013)	6T관련기술		나노화학공정기술

<표Ⅲ-12> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-12

과제명	수직 인발 공정 이용과 나노 카본이 함유된 탄소기반 compound 화살 개발			
연구목표	탄소섬유를 활용하여 고부가가치를 실현시킬수 있는 제품군으로 스포츠분야 궁도의 화살에 탄소섬유와 나노카본을 접목한 차별화된 성형공법(수직인발, Sheet Rolling)을 적용하여 기존 제품 성능을 높이고, 스포츠분야의 브랜드 가치를 한단계 높일 수 있는 컴파운드 화살을 개발하고자 함(물성 20~30% 향상)			
연구내용	1. 양궁화살(선수용) CNT적용 물성 비교: 양궁화살(선수용), 사냥용화살(일반용) - 20% 이상 충격강도 향상 - 30% 이상 벤딩강도 향상 - 20% 이상 압축강도 향상 2. CNT 크기에 대한 물성 연구 - 4~5 nm, 10~15nm 적용하여 CNT 크기에 대한 물성 거동 연구 3. CNT 함량 증가에 대한 물성 연구 - 1~5 % CNT 함량에 대한 물성 거동 연구 4. 수직인발기계설비 시험 제작 - UP 수지내 CNT 첨가 인발 화살 제작 및 물성 비교 평가 - Epoxy 수지내 CNT 첨가 인발 화살 제작 및 물성 비교 평가			
과제수행기관	윈엔윈			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원	
연구기간	2013-09-01~2015-08-31	실용화대상여부	실용화대상	
연구개발단계	기초연구	연구수행주체	중소기업(윈엔윈)	
기술수명주기	성장기(2013-)	6T관련기술	기타 나노소재기술	

<표Ⅲ-13> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-13

과제명	열경화성 수지기반 탄소섬유 복합재 및 스크랩 재활용을 통한 저비용 에너지저장 전극소재 및 필터 소재 개발			
연구목표	스크랩 및 폐기물 탄소섬유 강화 복합재료의 친환경 소재 전환 기술 개발 [활성탄] - 비표면적 1,700m2/g , 기공부피 0.6cc/g , 중기공도 40%이상, 입도 20㎛ 이하 - 재활용 다공성 탄소를 이용한 에너지 저장 소자 제조 : 18F/cc 이상, 전극밀도 0.67 이상 [활성탄소섬유] - 충진밀도 12kg/m3 이상 (CF web) - 비표면적 2,000m2/g , 기공부피 1.0cc/g , 중기공도 80%이상 [CF분말] - 재활용 탄소섬유를 이용한 short fiber 제조 : 밀도 1.5~1.8, 길이 100㎛ 이하			
연구내용	1. 폐 CFRP 재활용 기술개발 범위 및 내용 - 폐 CFRP 품질 screening →분쇄→탄소화→활성화→미분쇄화 공정을 연구 개발하여 폐CFRP를 효과적인 탄소 원료로 활용하여, 폐CFRP를 고순도 활성탄소로 형태를 변화시켜 수퍼캐패시터 등의 전극용 활성탄소로 개발하는 것이 목표임. 애경유화에서는 전극용 탄소로 사용가능한 CFRP를 사전에 screening하여 분쇄 및 탄소화 처리하고, 2종의 탄소복합체로 구성된 만큼 활성화 메커니즘을 금오공대에서 분석하며, 탄소융합기술원에서 활성화 공정을 설계 및 최종 전극평가를 하는 역할로 구성됨 2. CF scrap 재활용 기술 개발 범위 및 내용 - CF 제조공정에서 필수적으로 발생하는 CF scrap을 원료로 하여 분쇄→(Wet laid)→활성화 공정을 연구 개발하여 CF scrap을 고흡착능 활성탄소 및 활성탄소 부직포로 개발하여 흡착용 피 ㅣㄹ터 소재에 응용하고자 함. 애경유화에서는 CF scrap을 엄선하여 부직포 성형이 가능한 사이즈로 분쇄 가공하고, 이를 전북대학교에서 wet laid방법을 이용하여 부직포 형태로 제조함. 이엔캠에서는 활성화 공정 노하우를 바탕으로 활성화하여 활성탄 부직포를 개발함			
과제수행기관	애경유화			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원		과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2013-09-01~2015-08-31		실용화대상여부	실용화대상
연구개발단계	개발연구	연구수행주체		중견기업(애경유화)
기술수명주기	성장기(2013-)	6T관련기술		폐기물처리 및 활용기술

<표Ⅲ-14> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-14

과제명	열경화성 탄소섬유 복합재를 이용한 50% 이상 경량화 모노타입 판스프링 개발			
연구목표	기존의 금속대비 경량화율 60% 이상을 목표로 하여 속경화형 열경화성 프리프레그 중간재를 적용하여 부품 성형 사이클 타임을 단축시켜 양산성을 확보할 수 있는 탄소섬유를 이용한 상용차량 요구 성능을 만족 시킬 수 있는 복합재 판스프링 개발			
연구내용	1. 탄소섬유 복합재 판스프링용 속경화형 열경화성 수지 및 강화재 개발 2. 차량용 복합재 판스프링의 적층판 구조 설계 개발 및 FEM 시뮬레이션 평가 3. 속경화형 탄소섬유 중간재 적용을 위한 복합재 판스프링 성형공정 연구 4. 3.5톤 또는 대형 상용차량용 모노타입 횡치형 판스프링 시제품 개발 5. 신뢰성 평가 및 차량 탑재 환경 내구성능 시험 평가 방법 개발			
과제수행기관	현대성우오토모티브			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원		과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2013-09-01~2015-08-31		실용화대상여부	실용화대상
연구개발단계	개발연구	연구수행주체		중견기업(성우오토모티브)
기술수명주기	성장기(2013-)	6T관련기술		폐기물처리 및 활용기술

<표Ⅲ-15> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-15

과제명	저에너지비용 탄소섬유 공정설비기술 개발			
연구목표	1. 열풍 + 라디칼 인가방식의 산화공정기술에 의한 공정시간 50분 이하로 단축 2. 전기저항 유도가열방식을 적용하여 재래식 대비 에너지비용 1/2 절감하는 고온탄화 공정기술개발 3. 탄소섬유 양산을 위한 품질 균일성 확보 요소기술개발 4. 탄성률 200GPa, 강도 2.7GPa , 신장률 1.0% 탄소섬유 물성 확보			
연구내용	1. 산화/탄화 신공정 기술개발 2. 대면적 라디칼 소스 개발 3. 대면적 고주파 저항가열기술 개발 4. 탄소섬유 양산화 기술 개발 5. 내염화 촉진 공중합체 특성연구 6. 산화안정화 공정 기술 및 제어인자에 관한 연구 7. PAN 프리커서의 산화 안정화 공정 최적화 연구 8. 산화/탄화 공정 후 섬유 물성 평가 및 최적화 9. 탄소섬유와 수지간 계면특성분석 10. 탄소섬유/고분자 복합재료 특성 평가			
과제수행기관	뉴파워프라즈마			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원	
연구기간	2013-09-01~2016-08-31	실용화대상여부	실용화대상	
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업(뉴파워프라즈마)	
기술수명주기	도입기(2011-2013)	6T관련기술	기타	

<표Ⅲ-16> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-16

과제명	전자기기용 토우 프리프레그형 800W/mK 급 방열 흑연 테이프 개발		
연구목표	탄소섬유를 이용한 토우 프리프레그형 테이프 제조와 이를 안정화(또는 열분해), 탄화, 흑연화하는 흑연 테이프 제조 공정 시스템 개발		
연구내용	탄소섬유 스프레딩 공정 기술 확립, 탄소섬유 테이프 수지함침 공정 및 장치 기술 개발, 탄소섬유 테이프 연속식 열처리 공정 기술 확립, 두께 70㎛ 이하의 500W/mK 급 연속식 흑연 테이프 개발, 셀룰로오스 프리커서 테이프 안정화, 셀룰로오스 프리커서 스프레딩/수지 함침 공정기술 개발, 셀룰로오스 프리커서 테이프 안정화, 1차 탄화공정기술 및 장치 개발, 셀룰로오스 프리커서 테이프 2차 탄화 시스템 개발, 두께 45㎛ 이하의 800W/mK 급 연속식 흑연 테이프 개발, 연속식 셀룰로오스계 흑연 테이프 제조 시스템 구축 및 공정 확립		
과제수행기관	뉴파워프라즈마		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2013-08-01~2015-07-31	실용화대상여부	실용화대상
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업(뉴파워프라즈마)
기술수명주기	성장기(2013-)	6T관련기술	기타 정보기술

<표Ⅲ-17> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-17

과제명	탄소복합부품 성형기술 지원 기반조성		
연구목표	탄소복합부품 성형기술 지원 및 일류화 기반조성		
연구내용	탄소밸리구축사업 지원시스템 구축 전처리, 중간재, 프리폼 장비 구축		
과제수행기관	한국탄소융합기술원		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2011-09-01~2016-08-31	실용화대상여부	실용화대상
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	기타(한국탄소융합기술원)
기술수명주기	성장기(2011-2013)	6T관련기술	기타

<표Ⅲ-18> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-18

과제명	탄소섬유기반 고성능 중간재 및 복합재 자체부품개발			
연구목표	- Pilot형 중간재 제조 시스템 개발 - 일축배향 중간재 굴곡탄성율 100GPa 이상, 굴곡강도 1.2GPa 이상 - LFT(Long Fiber Thermoplastic) 굴곡탄성율 30GPa 이상, 굴곡강도 0.45GPa 이상 - 열경화성 수지 점도 600 cps - 이종 재료 접합 기술 개발			
연구내용	1) 열가소성 수지 기반 - 열가소성 CFRP용 기초소재 연구 및 pilot 공정 개발 - 열가소성 수지 목표 : FM:20GPa, CF함침율 : 30% - 탄소섬유 표면 자유에너지 : 35mJ/m2 2) 열경화성 수지 기반 - 속경화 특성 열경화성 소재 기초 연구 - 열경화성수지 목표 : 점도 : 800cps - 고속 RTM 유동 해석 기법 개발 및 섬유 성형 물성 분석			
과제수행기관	현대자동차			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술진흥원	
연구기간	2011-09-01~2016-08-31	실용화대상여부	실용화대상	
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대기업(현대자동차)	
기술수명주기	도입기(2011-2013)	6T관련기술	기타	

<표Ⅲ-19> 탄소밸리 구축 사업 과제 요약-19

과제명	탄소소재 일류화 지원 기반조성			
연구목표	탄소밸리 R&D 지원을 위한 인프라 구축 사업 탄소소재 및 관련 부품 기술 수준을 선진국 수준으로 조기 진입시키기 위한 초일류 분석 장비 및 test bed 구축			
연구내용				
과제수행기관	한국과학기술연구원			
연구관리기관	한국산업기술평가관리원		과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2011-09-01~2016-08-31		실용화대상여부	실용화대상
연구개발단계	개발연구	연구수행주체		출연연구소(한국과학기술연구원)
기술수명주기	성장기(2011-2013)	6T관련기술		기타

1.3. 기타 과제

사업명	기술혁신개발사업(중소기업기술혁신개발)		
과제명	단일벽탄소나노튜브를 사용한 미세패턴 및 박막코팅용 수(水)성기반의 전도성 잉크 개발		
과제수행기관	㈜다산		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산업기술평가관리원
연구기간	2013-06-20~2015-06-19		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	제품공정개선기술개발사업		
과제명	윈드서핑 마스트 탄소섬유 국산화 제품공정 개선		
과제수행기관	㈜마린스포츠		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	중소기업정보진흥원
연구기간	2014-08-22~2015-05-21		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	6T에 속하지 않는 기타연구

사업명	도약기술개발사업(산학연협력기술개발)		
과제명	축전식 탈염용 친환경 고효율 탄소전극 제조 기술 개발		
과제수행기관	공주대학교산학협력단		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2014-06-01~2015-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	수질오염처리 및 재이용기술

사업명	환경융합 신기술 개발사업		
과제명	축전식 탈염기술을 위한 맞춤형 탄소 전극 개발		
과제수행기관	서울대학교 산학협력단		
연구관리기관	한국환경산업기술원	과제관리기관	한국환경산업기술원
연구기간	2014-04-01~2015-03-31		
연구개발단계	기초연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	중소기업융복합기술개발사업		
과제명	열가소성 수지/탄소섬유 복합체를 이용한 모바일 기기 케이스 개발		
과제수행기관	㈜유성텔레콤		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2013-06-01~2015-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 정보통신 부품기술

사업명	도약기술개발사업(산학연협력기술개발)		
과제명	미연소탄소 고함량의 플라이애쉬를 이용한 친환경 지오폴리머 제품 개발		
과제수행기관	고려대학교산학협력단		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2014-08-01~2015-07-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	폐기물처리 및 활용기술

사업명	기술혁신개발사업(중소기업기술혁신개발)		
과제명	차세대 필터용 저에너지 활성탄소섬유 제조 공정 및 적용 제품 개발		
과제수행기관	이든텍(주)		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산업기술평가관리원
연구기간	2014-07-01~2015-06-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	대기오염물질저감 및 제어기술

사업명	중견연구자지원		
과제명	탄소나노튜브를 활용한 기능성, 초고강도경량 콘크리트 개발		
과제수행기관	한국과학기술원		
연구관리기관	한국연구재단	과제관리기관	한국연구재단
연구기간	2013-05-01~2014-04-30		
연구개발단계	기초연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성숙기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	해외우수기관유치		
과제명	탄소기반 나노구조의 기초물성 및 응용성 연구		
과제수행기관	서울대학교		
연구관리기관	한국연구재단	과제관리기관	한국연구재단
연구기간	2012-07-01~2014-06-30		
연구개발단계	기초연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성숙기	6T관련기술	나노전자 소자기술

사업명	산업기술국제협력		
과제명	전자 및 에너지 소자 응용을 위한 탄소나노구조 기반 전도성 필름 기술 개발		
과제수행기관	㈜탑나노시스		
연구관리기관	한국산업기술진흥원	과제관리기관	
연구기간	2012-07-01~2014-06-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성숙기	6T관련기술	기타나노소자 및 시스템기술

사업명	제품공정개선기술개발사업		
과제명	폐 활성탄소를 이용한 활성탄소 생산 및 안정화 공정개선기술개발		
과제수행기관	(주)백석화학		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2014-05-22~2015-02-16		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	수질오염처리 및 재이용기술

사업명	중소기업융복합기술개발사업		
과제명	탄소섬유 Flat yarn 제직 기술 및 경량 프리프레그 개발		
과제수행기관	(주)케이지에프		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2014-06-17~2015-06-16		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 청정생산기술

사업명	중소기업융복합기술개발사업		
과제명	탄소나노 코팅 현무암 면상발열체를 적용한 스마트 발열 구명복 개발		
과제수행기관	(주)대산플랜트		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2014-06-17~2015-06-16		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타연구

사업명	미래해양산업기술개발		
과제명	탄소소재 나노복합기술을 적용한 초경량 내부식성 방열구조 LED 투광등 개발		
과제수행기관	(주)블루싸이언스		
연구관리기관	한국해양과학기술진흥원	과제관리기관	한국해양과학기술진흥원
연구기간	2014-08-01~2015-07-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	도약기술개발사업		
과제명	탄소나노복합소재를 이용한 마이크로 전극 패턴기술개발		
과제수행기관	동의대학교산학협력단		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2014-08-01~2015-07-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	기술혁신개발사업		
과제명	그래핀(탄소나노소재)을 이용한 통신용 케이블 노이즈 저감 기술개발		
과제수행기관	하이케이텔레콤		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산업평가관리원
연구기간	2013-06-20~2015-06-19		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 정보기술

사업명	기술혁신개발사업		
과제명	345 kv급 고장력/저이도/저손실 AI피폭탄소섬유심 AI송전선의 상용화 기술개발		
과제수행기관	(주)대한엠앤씨		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산업평가관리원
연구기간	2014-07-01~2015-06-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	에너지 소재기술

사업명	첫걸음기술개발사업		
과제명	비접촉 물성검사 및 신뢰성 평가를 통한 탄소세라믹 브레이크 개발		
과제수행기관	전북대학교산학협력단		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2014-06-01~2015-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타연구

사업명	첫걸음기술개발사업		
과제명	에폭시-탄성체-탄소입자-흑연화 섬유 복합재료를 이용한 연료전지용 분리판 개발		
과제수행기관	우석대학교산학협력단		
연구관리기관	중소기업청	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2013-10-01~2014-09-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	연료전지기술

사업명	산학연 공동기술개발 전국사업		
과제명	나노금속-탄소 복합체를 이용한 전자파 차폐용 고분자 복합소재개발		
과제수행기관	신라대학교산학협력단		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2013-06-01~2014-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	산학융합 연구마을 지원사업		
과제명	탄소나노재료 센서플랫폼을 이용한 고감도 바이오칩 개발		
과제수행기관	주식회사 보현에프에이		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2013-07-01~2014-06-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	바이오신약 개발기술

사업명	일반연구자지원		
과제명	직접 성장 방법을 이용한 고성능 탄소나노튜브 투명전극 개발		
과제수행기관	중원대학교		
연구관리기관	한국연구재단	과제관리기관	한국연구재단
연구기간	2013-05-01~2014-04-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	산업기술국제협력		
과제명	고속 브레이딩 기술을 활용한 초경량, 고강도 실린더형 탄소복합부품개발		
과제수행기관	(재)전주기계탄소기술원		
연구관리기관	산업통상자원부	과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2013-11-01~2014-10-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	기타
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	지역특성화산업육성		
과제명	나노탄소 소재기반의 탄소-고분자 전도성 paste를 이용하여 승온 속도 및 발열효율이 향상된 차량용 발열시트 패드 개발		
과제수행기관	대유신소재		
연구관리기관	산업통상자원부	과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2013-06-01~2014-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중견기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타

사업명	창업성장 - 기술개발사업		
과제명	탄소섬유 고분자 복합재 기반 플레서블 면상발열체 개발		
과제수행기관	(주)경보포리머		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	중소기업정보진흥원
연구기간	2013-03-01~2014-02-28		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 나노소재기술

사업명	지역특성화산업육성		
과제명	탄소나노 복합재료를 이용한 고강성 경량화 선루프프레임 개발		
과제수행기관	(주)안풍산업		
연구관리기관	산업통상자원부	과제관리기관	한국산업기술진흥원
연구기간	2013-09-01~2014-08-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	기술혁신개발사업		
과제명	탄소나노튜브 기반 고전도성 유연 투명전극 및 미세패턴 형성 기술개발		
과제수행기관	(주)엑사이엔씨		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술평가관리원
연구기간	2013-06-01~2014-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중견기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	센터연계형기술개발사업		
과제명	LIN 통신 융합기반의 탄소섬유 시트히터 및 제어시스템 개발		
과제수행기관	(주)광진윈텍		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2013-12-01~2014-11-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 정보기술

사업명	에너지자원융합원천기술개발		
과제명	고출력/고신뢰성 탄소소재 및 전극개발		
과제수행기관	한국제이씨씨(주)		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국에너지기술평가원
연구기간	2013-06-01~2014-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	에너지저장 이용기술

사업명	제품공정개선기술개발사업		
과제명	층간 결속력 강화를 통한 내열 마찰재용 탄소 프리폼 제품 성능개선		
과제수행기관	씨앤에프		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2013-06-01~2014-02-28		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	기술혁신개발사업		
과제명	High Power LED용 탄소나노소재 기반의 열분산체 일체형 PCB 개발		
과제수행기관	티티엠주식회사		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술평가관리원
연구기간	2012-09-01~2014-08-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	산업직접경쟁력강화사업		
과제명	차세대 커패시터 전극용 고용량(20F/CC) 탄소소재		
과제수행기관	(주)대주전자재료		
연구관리기관	산업통상자원부	과제관리기관	한국산업단지공단
연구기간	2013-09-01~2014-08-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	에너지저장 이용기술

사업명	중소기업 R&D 기획지원 사업		
과제명	바이오 전자파스(피부 부착형 탄소섬유 원적외선 온열 미세전류 자극)		
과제수행기관	이상기술		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2013-06-01~2013-10-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기능성 바이오소재 기반기술

사업명	창업성장-1인창조		
과제명	탄소나노튜브 기반의 음극을 적용한 정전기 제거용 X-선 이온발생기 개발		
과제수행기관	엔엔테크		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2013-10-01~2014-09-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	도약기술개발사업		
과제명	방열 시트용 탄소 소재의 개발		
과제수행기관	한국기술교육대학교 산학협력단		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연합회
연구기간	2013-12-01~2014-11-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	도약기술개발사업		
과제명	고탄성 탄소 나노/마이크로 코일소재 기반 고내열 플러깅 헤드 엘리먼트 개발		
과제수행기관	신라대학교 산학협력단		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연합회
연구기간	2013-12-01~2014-11-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 나노소재기술

사업명	도약기술개발사업		
과제명	탄소섬유 프리프레그용 에폭시 수지 개발 및 수지 공급 시스템 개발		
과제수행기관	(재)한국탄소융합기술원		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연합회
연구기간	2013-10-01~2014-09-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	기타
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 청정생산기술

사업명	기술혁신개발사업		
과제명	IDC용 탄소인벤토리 기술개발		
과제수행기관	하이버스(주)		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술평가관리원
연구기간	2012-12-01~2013-11-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	환경관리/정보 및 시스템기술

사업명	공정혁신지원사업		
과제명	탄소섬유 복합재료를 이용한 안경테 생산기술개발		
과제수행기관	대구보건대학산학협력단		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2012-10-01~2013-03-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 보건의료 관련 응용기술

사업명	산학연협력기술개발		
과제명	티타늄 탄소나노튜브 복합소재 코팅을 이용한 항부식성 고효율 판형열교환기 개발		
과제수행기관	삼일산업		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2012-06-01~2013-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	에너지소재 기술

사업명	산학연 공동기술개발 전국사업		
과제명	나노금속-탄소 복합체를 이용한 전자파 차폐용 고분자 복합소재개발		
과제수행기관	신라대학교 산학렵력단		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2012-06-01~2013-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재 기술

사업명	기술혁신개발사업		
과제명	탄소나노튜브 분산강화 Fe합금 제품 개발		
과제수행기관	(주)어플라이드카본나노		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산업기술평가관리원
연구기간	2012-06-01~2013-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	나노소재 기술

사업명	산학연 공동기술개발 지역사업		
과제명	에폭시.탄소섬유.카본블랙을 이용한 연료전지용 바이폴라 플레이트 개발		
과제수행기관	우석대학교 산학협력단		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	한국산학연협회
연구기간	2012-06-01~2013-05-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성장기	6T관련기술	연료전지기술

사업명	방사선융합기술개발		
과제명	방사선 융합기술 이용 탄소섬유 제조기술 개발		
과제수행기관	한국원자력연구원		
연구관리기관	한국연구재단	과제관리기관	한국연구재단
연구기간	2012-07-01~2013-06-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	출연연구소
기술수명주기	성장기	6T관련기술	환경친화형소재

사업명	제조현장녹색화기술개발사업		
과제명	고성능 고순도 활성탄소 제조용 다단로 개발		
과제수행기관	(주)이앤켐솔루션		
연구관리기관	한국산업기술평가관리원	과제관리기관	중소기업기술정보진흥원
연구기간	2012-11-01~2013-10-31		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	기타 청정생산기술

사업명	차세대 에코이노베이션 사업		
과제명	생물성연소에서 배출되는 미세탄소입자 유해물질 동시처리기술 개발		
과제수행기관	(주)케이에프 이앤이		
연구관리기관	한국환경산업기술원	과제관리기관	한국환경산업기술원
연구기간	2012-10-01~2013-09-30		
연구개발단계	개발연구	연구수행주체	중소기업
기술수명주기	성장기	6T관련기술	대기오염물질 저감 및 제거기술

사업명	도약연구지원사업(중견연구자지원)		
과제명	탄소 나노 자석 제어 기술		
과제수행기관	고려대학교		
연구관리기관	한국연구재단	과제관리기관	한국연구재단
연구기간	2013-06-01~2014-05-31		
연구개발단계	기초연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성숙기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	일반연구자지원		
과제명	탄소저감형 보수모르타르용 상온경화 알카리활성알루미노규산염 무기결합재 개발		
과제수행기관	우석대학교		
연구관리기관	한국연구재단	과제관리기관	한국연구재단
연구기간	2013-05-01~2014-04-30		
연구개발단계	기초연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성숙기	6T관련기술	6T에 속하지 않는 기타연구

사업명	중견연구자지원		
과제명	탄소나노튜브를 활용한 기능성, 초고강도경량 콘크리트 개발		
과제수행기관	한국과학기술원		
연구관리기관	한국연구재단	과제관리기관	한국연구재단
연구기간	2013-05-01~2014-04-30		
연구개발단계	기초연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성숙기	6T관련기술	나노소재기술

사업명	일반연구자지원		
과제명	메조다공성 TiO2 전구체로부터 탄소-열 환원에 의한 TiC 및 TiN 합성		
과제수행기관	강릉원주대학교		
연구관리기관	한국연구재단	과제관리기관	한국연구재단
연구기간	2013-07-01~2014-05-31		
연구개발단계	기초연구	연구수행주체	대학
기술수명주기	성숙기	6T관련기술	나노소재기술

2. 표준화 로드맵

탄소산업 발전을 구체화하기 위한 사업의 일환으로 실시하고 있는 C-Star 프로젝트 탄소밸리 구축사업의 과제, 기타 범부처의 탄소 관련 연구 과제 등을 참조하여 산업적 가치가 충분하고 향후 10년 내 성장 가능성, 수요산업의 기술경쟁력 기여 등을 고려하여 산학연 표준 전문가 그룹이 나노탄소 소재와 탄소섬유 및 복합소재 분야의 표준화 중점 대상을 도출하였다.

이는 탄소산업에 있어서 국내 기술 수준이 일본, 미국, 유럽 등 기술선진국의 기술 수준과 대등한 분야, 국내 탄소산업의 기술 수준에 비해 기술선진국의 기술 수준이 압도적인 우위를 나타내고 있는 분야 등 각 분야의 상황을 고려하여 현실적으로 표준 제정까지 도달할 수 있다고 사료되는 항목을 부각시킨 결과이다.

나노탄소소재분야는 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 용어 및 분류명 표준화, 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 성능평가 및 측정방법 표준화, 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 환경, 보건, 안전 관련 표준화, 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 제품 개발 및 생산 공정을 위한 물질 표준화 등으로 분류하여 표준화 항목을 도출하였다.

탄소섬유 및 복합 소재 분야는 탄소섬유, 복합소재, 건축토목, 전자 등 소재 응용의 관점에서 분류하여 국내외 기술 비교를 통해 저가, 내염화, 저온탄화 등 전략적 선택을 통한 틈새시장 개발이 가능한 영역을 고려하여 표준화 항목을 도출하였다.

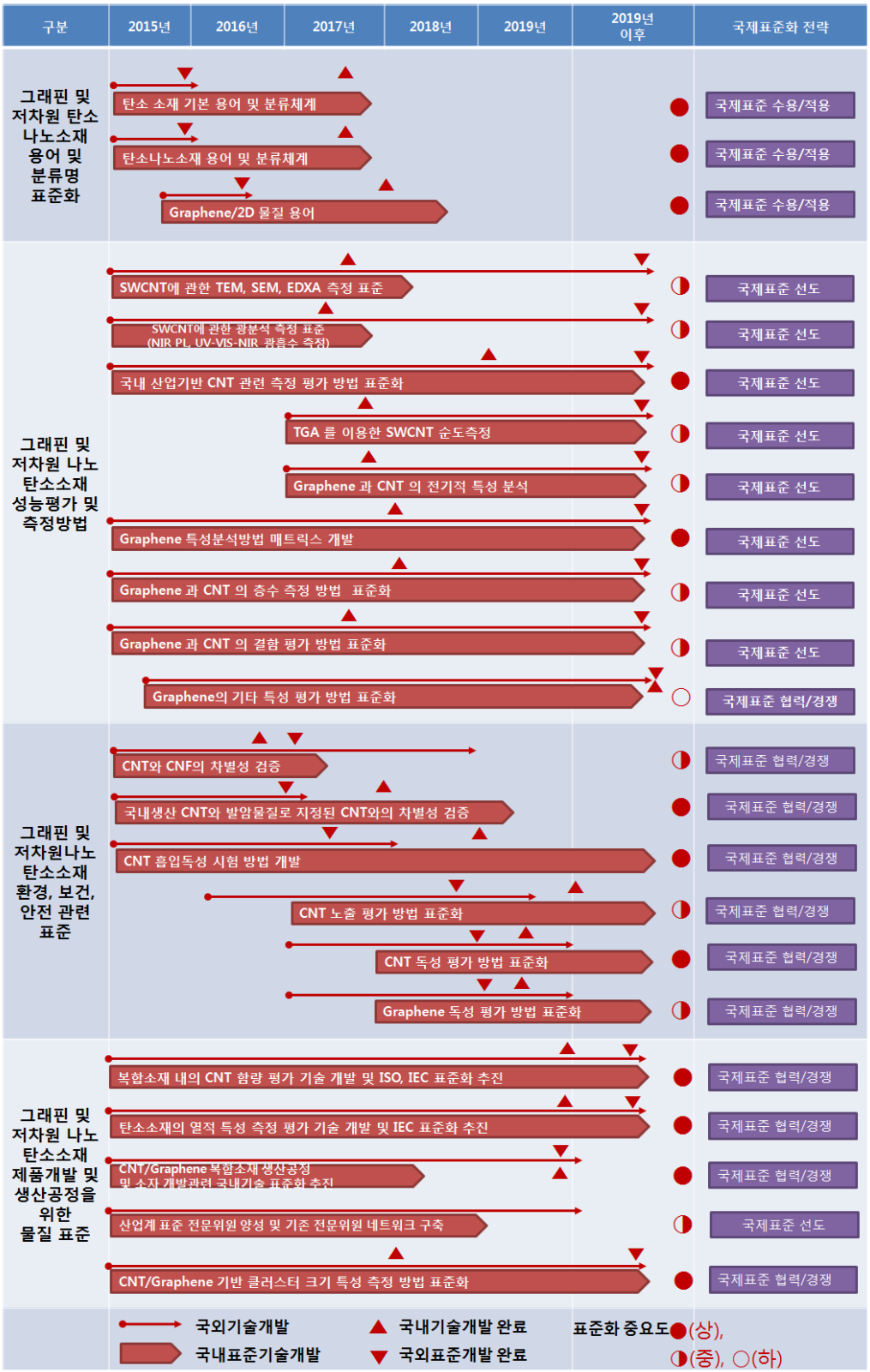
○ 분야별 표준화 대상 목록

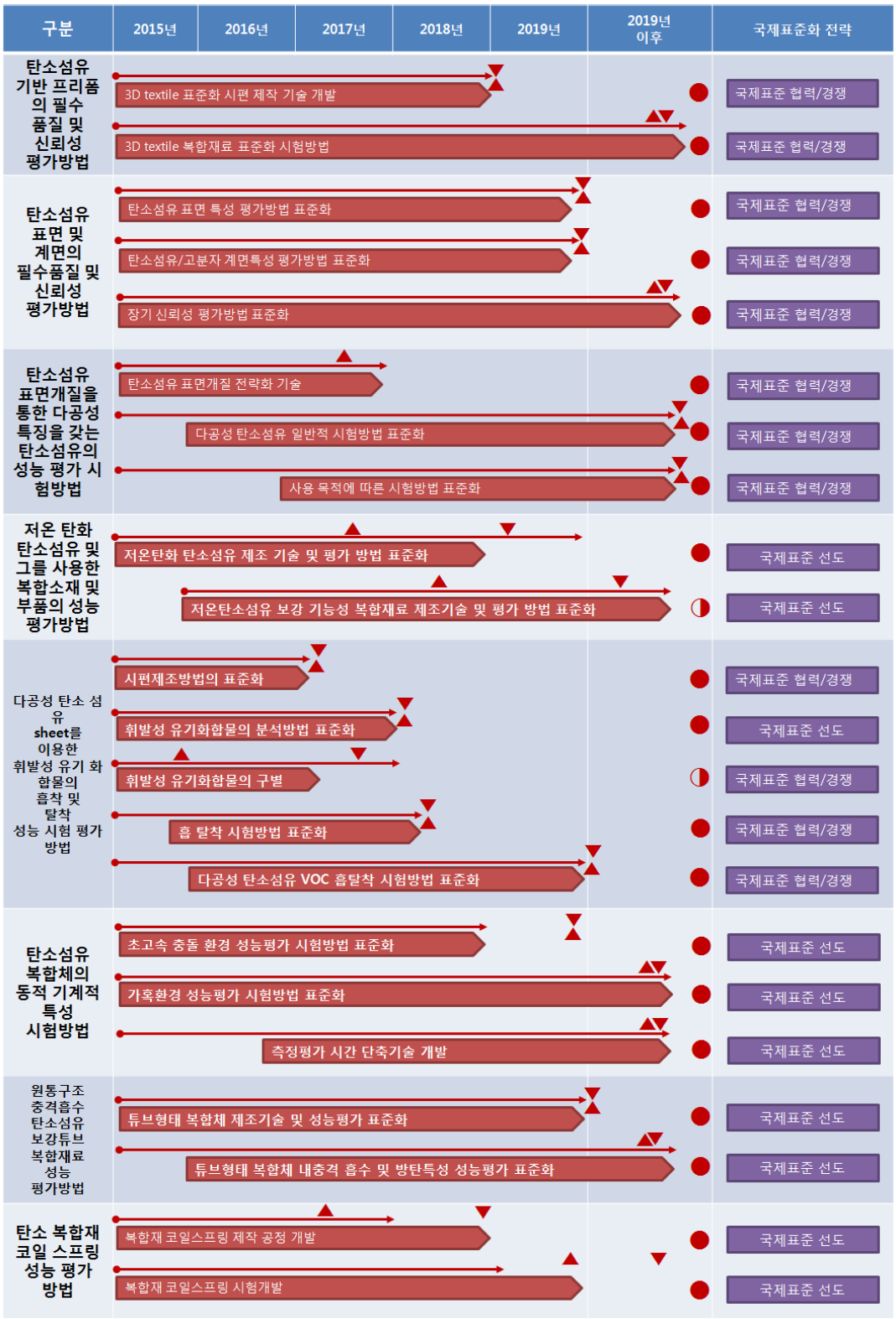
분야	세부분야	No.	표준화 항목	국제표준화전략
나노탄소소재	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 용어 및 분류명	1	탄소소재 기본용어 및 분류체계	국제표준 수용/적용
		2	탄소나노소재 용어 및 분류체계	국제표준 수용/적용
		3	Graphene/2D 물질용어	국제표준 수용/적용
	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 성능평가 및 측정방법	4	국제 표준활동 전문가 양성 및 국내 전문가 그룹 네트웍 활성화를 통한 지속적인 지원체계 마련	국제표준 선도
		5	SWCNT에 관한 TEM, SEM, EDXA 측정표준	국제표준 선도
		6	SWCNT에 관한 광분석 측정표준(NIR PL, UV-VIS-NIR 광흡수 측정)	국제표준 선도
		7	국내산업기반 CNT관련 측정 평가방법 표준화	국제표준 선도
		8	TGA를 이용한 SWCNT 순도 측정	국제표준 선도
		9	Graphene과 CNT의 전기적 특성 분석	국제표준 선도
		10	Graphene 특성 분석방법 메트릭스 개발	국제표준 선도
		11	Graphene과 CNT의 층수 측정 방법 표준화	국제표준 선도
		12	Graphene과 CNT의 결함 평가 방법 표준화	국제표준 선도
		13	Graphene의 기타 특성 평가 방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 환경, 보건, 안전 관련 표준	14	CNT와 CNF의 차별성 검증	국제표준 협력/경쟁
		15	국내생산 CNT와 발암물질로 지정된 CNT와의 차별성 검증	국제표준 선도
		16	CNT 흡입독성 시험방법 개발	국제표준 선도
		17	CNT 노출 평가 방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		18	CNT 독성 평가 방법 표준화	국제표준 선도
		19	Graphene 독성 평가 방법 표준화	국제표준 선도
	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 제품개발 및 생산공정을 위한 물질 표준	20	복합소재 내의 CNT 함량 평가 기술 개발 및 ISO, IEC 표준화 추진	국제표준 협력/경쟁
		21	탄소소재의 열적 특성 측정 평가 기술 개발 및 IEC 표준화 추진	국제표준 협력/경쟁
		22	CNT/Graphene 복합소재 생산 공정 및 소자 개발 관련 국내기술 표준화 추진	국제표준 협력/경쟁
		23	산업계 표준 전문위원 양성 및 기존 전문위원 네트웍 구축	국제표준 선도
		24	CNT/Graphene 기반 클러스터 크기 특성 측정방법 표준화	국제표준 협력/경쟁

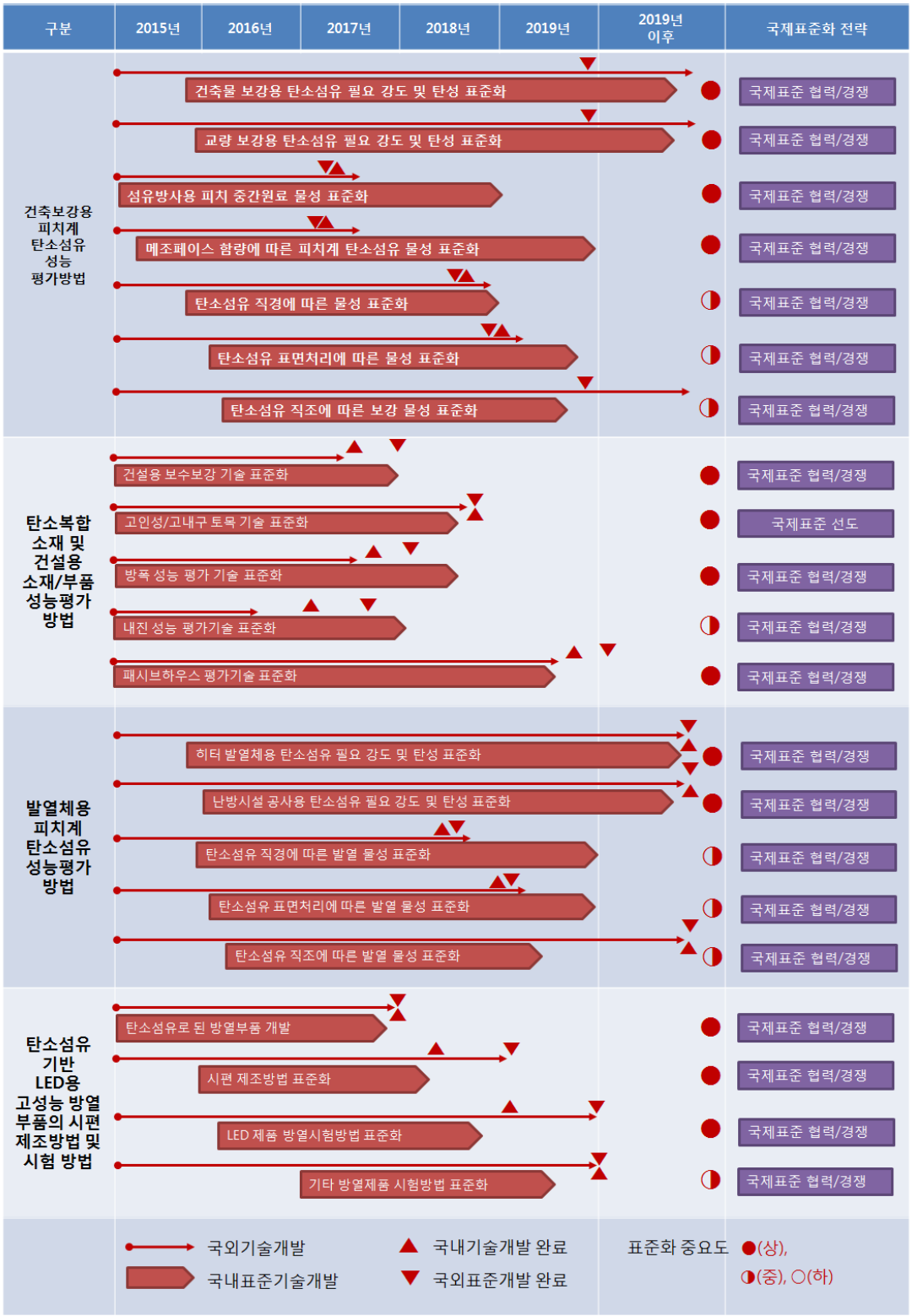
분야	세부분야	No.	표준화 항목	국제표준화전략
탄소섬유 및 복합소재	탄소섬유 기반 프리폼의 필수 품질 및 신뢰성 평가방법	1	중간재(프리프레그, 프리폼) 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		2	중간재(프리프레그, 프리폼) 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소섬유 표면 및 계면의 필수 품질 및 신뢰성 평가방법	3	탄소섬유 표면특성 평가방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		4	탄소섬유/고분자 계면특성 평가방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		5	장기 신뢰성 평가방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소섬유 표면개질을 통한 다공성 특징을 갖는 탄소섬유의 성능 평가 시험방법	6	탄소섬유 표면개질 전략화 기술	국제표준 협력/경쟁
		7	다공성 탄소섬유 일반적 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		8	사용 목적에 따른 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	저온탄화 탄소섬유 및 그를 사용한 복합소재 및 부품의 성능평가 방법	9	저온탄화 탄소섬유 제조 기술 및 평가방법 표준화	국제표준 선도
		10	저온탄소섬유 보강 기능성 복합재료 제조 기술 및 평가방법 표준화	국제표준 선도
	다공성 탄소섬유 sheet를 이용한 휘발성 유기화합물의 흡착 및 탈착 성능 시험 평가 방법	11	시편제조방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		12	휘발성 유기화합물의 분석방법 표준화	국제표준 선도
		13	휘발성 유기화합물의 구별	국제표준 협력/경쟁
		14	흡탈착 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		15	다공성 탄소섬유 VOC 흡탈착 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소섬유 복합체의 동적 기계적 특성 시험방법	16	초고속충돌환경 성능평가 시험방법 표준화	국제표준 선도
		17	가혹환경 성능평가 시험방법 표준화	국제표준 선도
		18	측정 평가 시간단축 기술 개발	국제표준 선도

분야	세부분야	No.	표준화 항목	국제표준화 전략
탄소섬유 및 복합소재	원통구조 충격흡수 탄소섬유 보강 튜브 복합재료 성능 평가 방법	19	튜브형태 복합체 제조기술 및 성능평가 표준화	국제표준 선도
		20	튜브형태 복합체 내충격 흡수 및 방탄특성 성능평가 표준화	국제표준 선도
	탄소복합재 코일스프링 성능 평가 방법	21	복합재 코일스프링 제작 공정 개발	국제표준 선도
		22	복합재 코일스프링 시험 개발	국제표준 선도
	건축 보강용 피치계 탄소섬유 성능평가 방법	23	건축물 보강용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		24	교량 보강용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		25	섬유 방사용 피치 중간원료 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		26	메조페이스 함량에 따른 피치계 탄소섬유 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		27	탄소섬유 직경에 따른 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		28	탄소섬유 표면처리에 따른 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		29	탄소섬유 직조에 따른 보강 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소복합소재 및 건설용 소재/부품 성능평가 방법	30	건설용 보수보강 기술 표준화	국제표준 협력/경쟁
		31	고인성/고내구 토목 기술 표준화	국제표준 선도
		32	방폭 성능 평가 기술 표준화	국제표준 협력/경쟁
		33	내진성능 평가 기술 표준화	국제표준 협력/경쟁
		34	패시브하우스 평가 기술 표준화	국제표준 협력/경쟁
	발열체용 피치계 탄소섬유 성능평가 방법	35	히터 발열체용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		36	난방시설 공사용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		37	탄소섬유 직경에 따른 발열 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		38	탄소섬유 표면처리에 따른 발열 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
		39	탄소섬유 직조에 따른 발열 물성 표준화	국제표준 협력/경쟁
	탄소섬유 기반 LED용 고성능 방열 부품의 시편 제조 방법 및 시험방법	40	탄소섬유로 된 방열부품 개발	국제표준 협력/경쟁
		41	시편 제조방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		42	LED 제품 방열시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁
		43	기타 방열제품 시험방법 표준화	국제표준 협력/경쟁

○ 로드맵


구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
그래핀 및 저차원 탄소나노소재 용어 및 분류명 표준화
탄소 소재 기본 용어 및 분류체계
탄소나노소재 용어 및 분류체계
Graphene/2D 물질 용어
국제표준 수용/적용
그래핀 및 저차원 나노탄소소재 성능평가 및 측정방법
SWCNT에 관한 TEM, SEM, EDXA 측정 표준
SWCNT에 관한 광분석 측정 표준 (NIR PL, UV-VIS-NIR 광흡수 측정)
국내 산업기반 CNT 관련 측정 평가 방법 표준화
TGA 를 이용한 SWCNT 순도측정
Graphene 과 CNT 의 전기적 특성 분석
Graphene 특성분석방법 매트릭스 개발
Graphene 과 CNT 의 층수 측정 방법 표준화
Graphene 과 CNT 의 결함 평가 방법 표준화
Graphene의 기타 특성 평가 방법 표준화
국제표준 선도
국제표준 협력/경쟁
그래핀 및 저차원나노탄소소재 환경, 보건, 안전 관련 표준
CNT와 CNF의 차별성 검증
국내생산 CNT와 발암물질로 지정된 CNT와의 차별성 검증
CNT 흡입독성 시험 방법 개발
CNT 노출 평가 방법 표준화
CNT 독성 평가 방법 표준화
Graphene 독성 평가 방법 표준화
그래핀 및 저차원 나노탄소소재 제품개발 및 생산공정을 위한 물질 표준
복합소재 내의 CNT 함량 평가 기술 개발 및 ISO, IEC 표준화 추진
탄소소재의 열적 특성 측정 평가 기술 개발 및 IEC 표준화 추진
CNT/Graphene 복합소재 생산공정 및 소자 개발관련 국내기술 표준화 추진
산업계 표준 전문위원 양성 및 기존 전문위원 네트워크 구축
CNT/Graphene 기반 클러스터 크기 특성 측정 방법 표준화
국제표준 선도
국제표준 협력/경쟁
국외기술개발
국내표준기술개발
국내기술개발 완료
국외표준개발 완료
표준화 중요도 ●(상), ◑(중), ○(하)


구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
탄소섬유 기반 프리폼의 필수 품질 및 신뢰성 평가방법
3D textile 표준화 시편 제작 기술 개발
3D textile 복합재료 표준화 시험방법
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
탄소섬유 표면 및 계면의 필수품질 및 신뢰성 평가방법
탄소섬유 표면 특성 평가방법 표준화
탄소섬유/고분자 계면특성 평가방법 표준화
장기 신뢰성 평가방법 표준화
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
탄소섬유 표면개질을 통한 다공성 특징을 갖는 탄소섬유의 성능 평가 시험방법
탄소섬유 표면개질 전략화 기술
다공성 탄소섬유 일반적 시험방법 표준화
사용 목적에 따른 시험방법 표준화
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
저온 탄화 탄소섬유 및 그를 사용한 복합소재 및 부품의 성능 평가방법
저온탄화 탄소섬유 제조 기술 및 평가 방법 표준화
저온탄소섬유 보강 기능성 복합재료 제조기술 및 평가 방법 표준화
국제표준 선도
국제표준 선도
다공성 탄소 섬유 sheet를 이용한 휘발성 유기 화합물의 흡착 및 탈착 성능 시험 평가 방법
시편제조방법의 표준화
휘발성 유기화합물의 분석방법 표준화
휘발성 유기화합물의 구별
흡 탈착 시험방법 표준화
다공성 탄소섬유 VOC 흡탈착 시험방법 표준화
국제표준 협력/경쟁
국제표준 선도
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
탄소섬유 복합체의 동적 기계적 특성 시험방법
초고속 충돌 환경 성능평가 시험방법 표준화
가혹환경 성능평가 시험방법 표준화
측정평가 시간 단축기술 개발
국제표준 선도
국제표준 선도
국제표준 선도
원통구조 충격흡수 탄소섬유 보강튜브 복합재료 성능 평가방법
튜브형태 복합체 제조기술 및 성능평가 표준화
튜브형태 복합체 내충격 흡수 및 방탄특성 성능평가 표준화
국제표준 선도
국제표준 선도
탄소 복합재 코일 스프링 성능 평가 방법
복합재 코일스프링 제작 공정 개발
복합재 코일스프링 시험개발
국제표준 선도
국제표준 선도


구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
건축보강용 피치계 탄소섬유 성능 평가방법
건축물 보강용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화
교량 보강용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화
섬유방사용 피치 중간원료 물성 표준화
메조페이스 함량에 따른 피치계 탄소섬유 물성 표준화
탄소섬유 직경에 따른 물성 표준화
탄소섬유 표면처리에 따른 물성 표준화
탄소섬유 직조에 따른 보강 물성 표준화
국제표준 협력/경쟁
탄소복합 소재 및 건설용 소재/부품 성능평가 방법
건설용 보수보강 기술 표준화
고인성/고내구 토목 기술 표준화
방폭 성능 평가 기술 표준화
내진 성능 평가기술 표준화
패시브하우스 평가기술 표준화
국제표준 협력/경쟁
국제표준 선도
발열체용 피치계 탄소섬유 성능평가 방법
히터 발열체용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화
난방시설 공사용 탄소섬유 필요 강도 및 탄성 표준화
탄소섬유 직경에 따른 발열 물성 표준화
탄소섬유 표면처리에 따른 발열 물성 표준화
탄소섬유 직조에 따른 발열 물성 표준화
탄소섬유 기반 LED용 고성능 방열 부품의 시편 제조방법 및 시험 방법
탄소섬유로 된 방열부품 개발
시편 제조방법 표준화
LED 제품 방열시험방법 표준화
기타 방열제품 시험방법 표준화
국외기술개발
국내표준기술개발
국내기술개발 완료
국외표준개발 완료
표준화 중요도
●(상),
◑(중), ○(하)

2.1. 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 용어 및 분류명 표준화

1) 분석

표준화 항목	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 용어 및 분류명 표준
연관기술	CNT, Graphene, 탄소관련 2D materials
표준화 배경	저차원 나노 탄소소재 기반의 산업적 소재 및 응용 소자 개발
표준화 이슈	저차원 나노 탄소소재 관련 용어 및 분류체계 미비
표준화 필요성	탄소나노튜브, 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재는 새로운 산업 물질로서 국제적으로 공인된 용어와 분류체계가 갖추어지지 않은 상태임. 그러나, 현재 ISO TC229 와 IEC TC113의 JWG1에서 작업 중이며 기본적인 용어와 분류체계가 국제표준으로 제정 중이므로, 일부 기본적인 국제표준은 이미 초안이 제정되었고, 전반적인 국제표준이 곧 수립될 예정이므로 국내에서도 용어 및 분류명 국제표준에 부합하는 국내표준 제정이 다른 기술적인 표준들에 비해 우선적으로 시급함
예상 파급 효과	표준화된 용어 및 분류체계를 통한 관련 산업 확대

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략

- 용어와 분류체계에 관한 표준은 국제 표준에 부합하는 국가 표준 마련을 다른 표준개발보다도 우선적으로 진행하여야 향후 관련 표준들이 일관성을 갖출 수 있음

○ 동향

- 현재 ISO TC229 (나노기술)과 IEC TC113 (전기전자제품의 나노기술)의 공동 작업반인 JWG1(Terminology and Nomenclature)에서 기본용어표준(TS80004-1)을 기본으로 13개의 용어와 분류체계에 관한 표준들이 작성되고 있다. 이중에 탄소소재와 직접적인 관련이 있는 표준은 TS80004-3 (탄소나노물체)과 현재 새로운 프로젝트로 진행 중인 DTS80004-13 (graphene and other 2D materials)임
- ISO TC229 JWG1에서는 나노기술에 관한 산업적인 수요가 늘어나는 분야에 관해 지속적인 용어와 분류체계 표준화 작업이 진행 중에 있으며, CNT와 그래핀 등은 탄소소재 중 나노기술이 적용되는 대표적인 예임

○ 세부전략(안)

- 용어와 분류체계 표준은 국제적인 표준 등이 진행되고 있으므로, 이에 맞추어 국가표준을 조속히 마련해야 함
- 현재 ISO JWG1에서 진행 중인 표준 중 TS80004-1(기본용어), TS8000-3 (탄

소나노물체), DTS80004-13(그래핀과 그 외 2D 물질)등 탄소소재와 관련있는 PG에 참여하여 국제표준의 진행상황을 모니터링 할 수 있도록 용어 및 분류체계에 관한 국내전문가를 시급히 선정하여 국제표준화회의에서 활동하게 하여야 함

- ISO의 용어 및 분류체계를 참고하여 용어 및 분류체계에 관한 국가표준화 작업을 시작하여야 함
- 향후 ISO의 TS들이 IS로 체택되는 시점에 국가표준들이 바로 수립될 수 있도록 준비가 필요함

3) 표준화 로드맵

2.2. 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 성능평가 및 측정방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 성능평가 및 측정방법 표준
연관기술	CNT, Grapphene
표준화 배경	저차원 나노 탄소소재 기반의 산업적 소재 및 응용 소자 개발
표준화 이슈	CNT, Graphene관련 물리적, 기계적, 전기적, 화학적, 열역학적, 광학적 특성평가 및 분석 방법 표준 미비
표준화 필요성	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재는 새로운 산업 물질로서 ISO TC229 JWG2에서 탄소나노튜브를 시작으로 특성분석 방법에 관한 다수의 표준이 제정되고 있고, 최근 그래핀에 관한 산업적 수요와 필요성이 높아감으로써 그래핀에 관한 특성분석 방법 국제표준이 진행중임. 또한 IEC TC113에서도 그래핀 관련 국제표준에 관한 시급성이 대두되어 다수의 국제표준안이 진행 중임. ISO TC229과 IEC TC113에서는 그래핀 관련분야에서의 한국의 연구능력과 산업적인 파급효과를 인정하여 한국의 적극적인 참여를 요청하고 있으며, 다수의 국내전문위원들이 현재 국제표준활동을 수행하고 있음. 이에따라, 국내의 그래핀 관련 표준도 국제표준활동과 맞추어 진행하는 것이 시급함
예상 파급 효과	특성평가 및 분석방법 표준을 통한 응용 소재 및 소자 개발 증진

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략

- CNT와 그래핀분야에서의 측정과 특성분석 표준은 현재 ISO TC229과 IEC TC113에서 국내 나노기술전문위원들이 활발한 활동 중이며 국제 표준을 선도할 만한 역량을 갖기 위해 지속적인 지원이 필요함
- 측정과 특성분석 표준은 관련 소재특성에 관한 인증이 필요한 산업에 즉시 영향을 줄 수 있으므로, 국내 산업수요를 파악하여 국제 표준에 부합하는 국내 표준을 시급히 마련하여야 함

○ 동향

- ISO TC229 WG2 (측정 및 특성분석)에서는 지난 몇 년 동안 CNT에 관한 여러 가지 측정 표준들이 작성 되었는데, TS10797 (SWCNT에 관한 TEM 측정), TS10798 (SWCNT에 관한 SEM, EDXA 측정), TS 10867 (SWCNT에 관한 NIR PL 측정), TS10868 (SWCNT에 관한 UV-VIS-NIR 광흡수 측정), TS10929 (MWCNT의 특성분석방법), TS11251 (SWCNT 기상 질량분석), TS11308 (TGA를 이용한 SWCNT의 순도 측정), TS11888 (MWCNT의 shape factor 분석), ISO/IEC TS62607-2-1 (4-probe를 이용한 CNT의 전기적 특성분

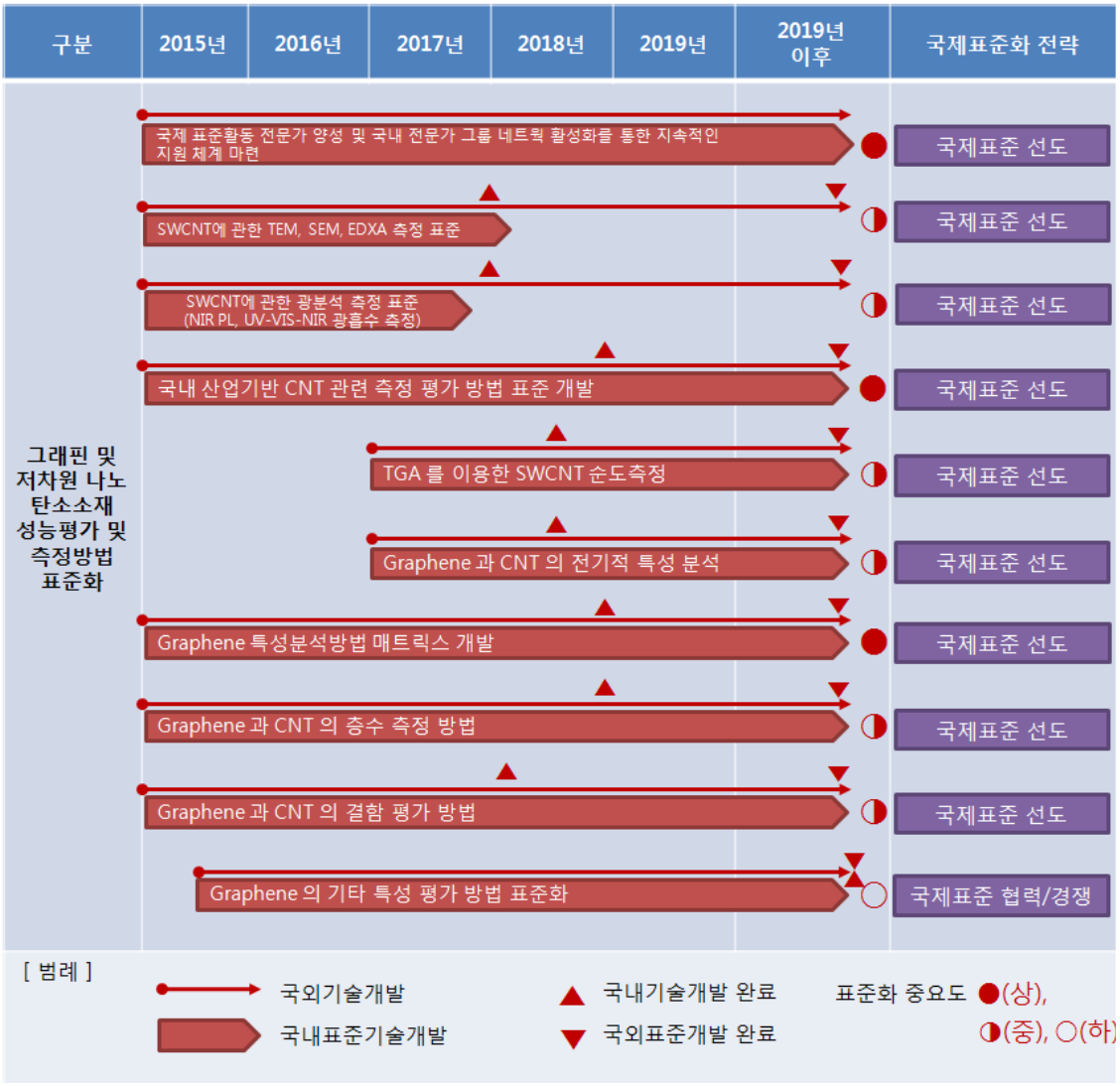
석), ISO/IEC TS13278 (ICPMS를 이용한 CNT의 금속함량 분석) 등이 발간되었고, WD TR19733 (그래핀 특성분석방법 매트릭스)이 현재 작업 중임. 이중 TS11308은 세종대 이내성박사, TS11888은 동아대 이헌상교수, TS62607-2-1은 KBSI 이하진박사가 프로젝트 리더로 활동 하였고, TR19733은 경북대 변지수교수가 현재 활동 중이며, 다른 프로젝트들도 국내 전문위원들이 다수 전문위원 활동을 하고 있음

- ISO TC229 WG2는 CNT와 나노입자에서 최근 그래핀으로 관심분야를 넓혀가고 있으며, TR19733을 시작으로 한국이 그래핀분야의 국제표준에 주도적인 역할을 할 기반을 만들어 가고 있음
- 그래핀의 산업화가 기술적으로 가까워 옴에 따라 IEC TC113에서도 이 분야의 관심이 높아가고 있고, 한국이 주도적인 역할을 해주기를 요청해왔음. 현재 ISO와의 공조에 관한 부분이 협의 중에 있으며, 한국의 역할이 점차 중요해져 가고 있음
- IEC TC113에도 IEC PWI62607-6-1 (그래핀의 전기적 특성평가방법, 이하진박사), PWI62607-6-2 (그래핀 층수 측정방법, 성균관대 정문석교수), PWI62607-3 (그래핀 결함 평가방법, 성균관대 유지범교수) 등 3건의 신규 프로젝트가 제안되어 ISO와의 공조를 통해 국제표준화 작업을 해 나갈 예정임
- ISO와 IEC간의 그래핀 관련 국제표준화에 관해 상호 공조 내지는 독일을 리더로 하는 유럽권과, 영국과 미국을 주축으로 하는 영미권 간의 주도권에 관한 견제가 이루어지고 있는 시점이며, 기본적이며 다양한 특성분석의 국제표준을 주도하는 ISO보다 제품의 개발과 생산에 관한 표준에 초점이 맞추어져 있는 IEC가 보다 발 빠르고 적극적으로 이 분야의 국제표준을 추진하고 있음. 이에 따라 IEC TC113는 최근 새로운 WG (WG8 Graphene and CNT related Materials)을 구성하여 한국의 유지범교수를 Convenor 로 선임하여 한국의 역할을 요구하고 있으며, 동시에 보다 엄격한 표준화 작업을 진행하는 ISO TC229 WG2를 견제하고 있는 상태임

○ 세부전략(안)

- 표준활동 전문가 양성 및 국내전문가 그룹 네트워크 활성화
- 국제표준화 활동을 위한 지속적인 지원 체계 마련
- 현재 서로 견제 상태인 ISO와 IEC 활동을 위한 국제표준 전략 수립
- CNT 관련 국내 산업에서 요구되는 측정방법의 표준 개발
- 그래핀 관련 국내 산업에서 요구되는 측정방법의 표준 개발

3) 표준화 로드맵


구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
그래핀 및 저차원 나노탄소소재 성능평가 및 측정방법 표준화
국제 표준활동 전문가 양성 및 국내 전문가 그룹 네트워 활성화를 통한 지속적인 지원 체계 마련
국제표준 선도
SWCNT에 관한 TEM, SEM, EDXA 측정 표준
국제표준 선도
SWCNT에 관한 광분석 측정 표준 (NIR PL, UV-VIS-NIR 광흡수 측정)
국제표준 선도
국내 산업기반 CNT 관련 측정 평가 방법 표준 개발
국제표준 선도
TGA 를 이용한 SWCNT 순도측정
국제표준 선도
Graphene 과 CNT 의 전기적 특성 분석
국제표준 선도
Graphene 특성분석방법 매트릭스 개발
국제표준 선도
Graphene 과 CNT 의 층수 측정 방법
국제표준 선도
Graphene 과 CNT 의 결함 평가 방법
국제표준 선도
Graphene 의 기타 특성 평가 방법 표준화
국제표준 협력/경쟁
[범례]
국외기술개발
국내표준기술개발
국내기술개발 완료
국외표준개발 완료
표준화 중요도 ●(상), ◑(중), ○(하)

2.3. 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 환경, 보건, 안전 관련 표준화

1) 분석

표준화 항목	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 환경, 보건, 안전 관련 표준
연관기술	CNT
표준화 배경	산업작업환경에서의 나노탄소소재에 관한 규제 및 안정성 확보
표준화 이슈	나노탄소소재에 관한 작업장에서의 안정성 확보 미비
표준화 필요성	ISO TC229 WG3에서 탄소나노튜브의 안전성에 대한 표준은 개발되고 있지 않지만, 작업장 나노물질 안전보건 지침 (ISO TR 12885)이 개정되고 있으며, 여러 가지 안전보건 관련 표준에서 CNT의 안전관리가 언급되고 있음. 특히 ISO TR 19601에서는 흡입독성시험을 위한 CNT의 에어로졸 발생기가 중요한 분야을 차지하고 있음. 최근에 IARC (국제암연구소)에서 CNT의 발암성이 검토되었으며 일부 CNT는 발암물질로 지정되어 CNT의 독성에 관심이 고조되고 있으며, CNT를 노출을 측정하는 기술과 독성을 평가하는 기술의 표준화가 시급할 실정임
예상 파급 효과	생산현장에서의 안정성 확립를 통한 새로운 소재 및 제품의 시장성 확보 및 국제규제 대응

2) 표준화 세부 전략

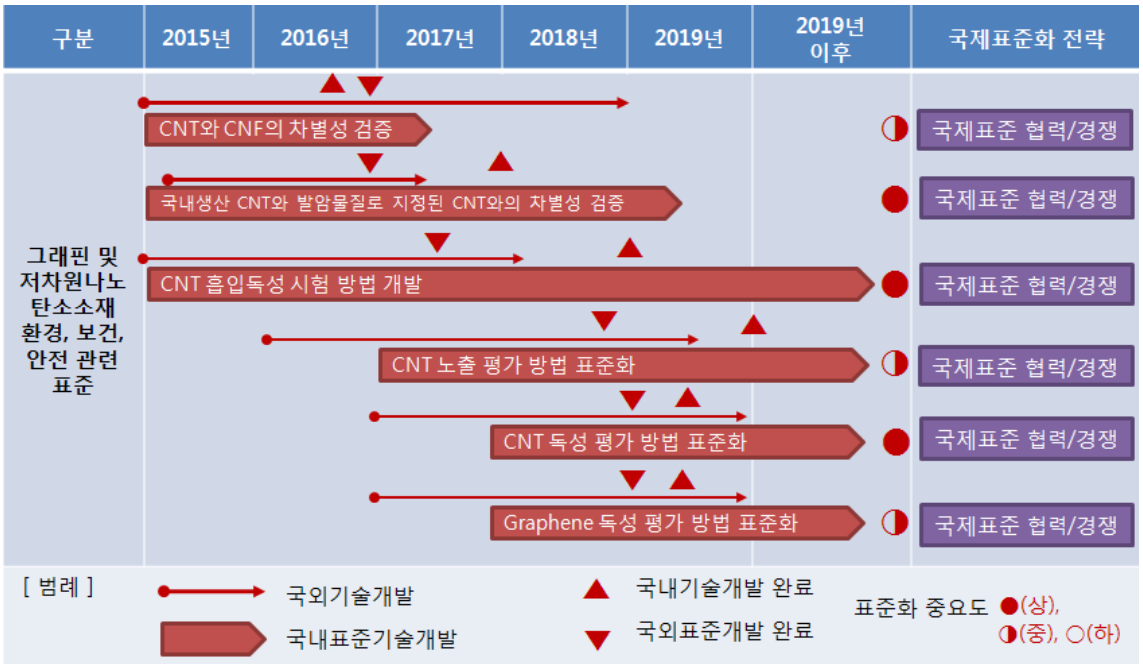
○ 국제표준화전략
- 국제적 규제 대응
- CNT 및 탄소 나노물질에 대한 노출평가 방법 표준화
- CNT 흡입독성시험을 위한 CNT 발생기술 표준화
- CNT 및 탄소나노물질의 독성평가방법 표준화

○ 동향
- CNT 미국 수출시 환경청의 독성물질관리법 (TSCA)에 의한 PMN (premanufacture notice) 자료로 CNT 흡입독성 자료 제출 필요
- 국제암연구소 (IARC)에서 CNT의 발암성평가 (2014.10) 후 일부 CNT 발암의심물질 지정
- 미국 , EU, 일본 국책연구소에서 CNT 발암성연구 중
- 최근 독일의 Fraunhoffer연구소에서 MWCNT의 발암성 논문 발표
- 5년내 IARC CNT 발암성 재검토
- 향후 5년 내 CNT 국제규제 임박
- OECD WPMN에서의 나노물질 (CNT 포함) 흡입독성 시험법 개정 착수

○ 세부전략(안)

- CNT의 노출평가 방법의 표준화
- CNT와 CNF (carbon nanofiber)의 유사성 및 이질성 검증
- graphene등의 탄소나노물질 노출평가 방법 표준화
- CNT의 흡입독성시험 표준화 및 OECD WPMN의 흡입독성시험법 개정 대응
- 우리나라 CNT와 발암물질로 지정된 CNT와의 차별성 검증 방법 표준화
- CNT 및 탄소나노물질의 독성시험 방법 표준화

3) 표준화 로드맵



2.4. 그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 제품개발 및 생산 공정을 위한 물질 표준화

1)분석

표준화 항목	그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 제품개발 및 생산공정을 위한 물질 표준
연관기술	CNT, Graphene
표준화 배경	저차원 나노탄소소재 관련 제품개발 및 생산공정기술 확대
표준화 이슈	기본물질 이상의 제품개발 단계에서의 개별적인 물질 표준
표준화 필요성	현재 ISO TC229 WG4에서 전반적인 나노관련 제품의 개발 및 생산 공정에 필요한 물질 표준을 제정하고 있으며, 저차원 탄소소재도 포함되어있음. 또한, IEC TC113에서는 그래핀의 산업 응용과 관련한 물질표준을 추진하고 있음. 탄소나노튜브, 그래핀 및 저차원 나노탄소소재를 응용한 산업이 아직은 태동기이므로 아직까지는 다양한 물질 표준이 제정되고 있지 않은 상태임. 그러므로, 산업적 응용이 비교적 활발히 연구되고 있는 한국에서 제품과 생산에 관계된 물질표준 국제 표준을 선도할 수 있는 기회임
예상 파급 효과	저차원 나노탄소소재 관련 제품 개발 및 생산 공정에서의 중간 물질에 관한 국제표준 선도

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략
- 복합소재 내의 CNT 함량 평가 기술을 개발한 후 ISO 및 IEC에서 국제 표준화 추진
- 탄소소재의 열적 특성 측정 표준, 열전소자의 측정표준, IEC PWI62607-2-2 (CNT - Electro-magnetic compatibility, ETRI 여순일박사) CNT 열전소자 측정표준이 IEC TC113에서 진행 중
- 이 외에 CNT나 그래핀기반의 복합소재나 소자 개발 및 생산 공정에 관련된 국내 산업계의 수요를 고려하여 관련 표준 개발
- 표준화 활동에 산업계의 표준전문위원 양성 및 기존의 전문위원들과의 네트워크 활성화

○ 동향
- CNT 잉크, 페이스트, 컴파운드 등의 복합소재의 응용분야 및 시장이 확대되고 있으나, 복합소재 내의 CNT 평가법이 표준화 되어 있지 않아서, 동일한 표시 함량에도 불구하고 제조업체에 따라서 함량이 일정하지 않음
- 국내 및 해외의 다수의 연구그룹들이 우수한 특성을 가지는 CNT 복합소재의 개발을 진행 중이나, 평가법에 관한 표준화 추진 실적은 미미한 상태임
- CNT 기반 전기 소재의 열적 특성은 오래전부터 문제가 되어온 분야이나 이렇

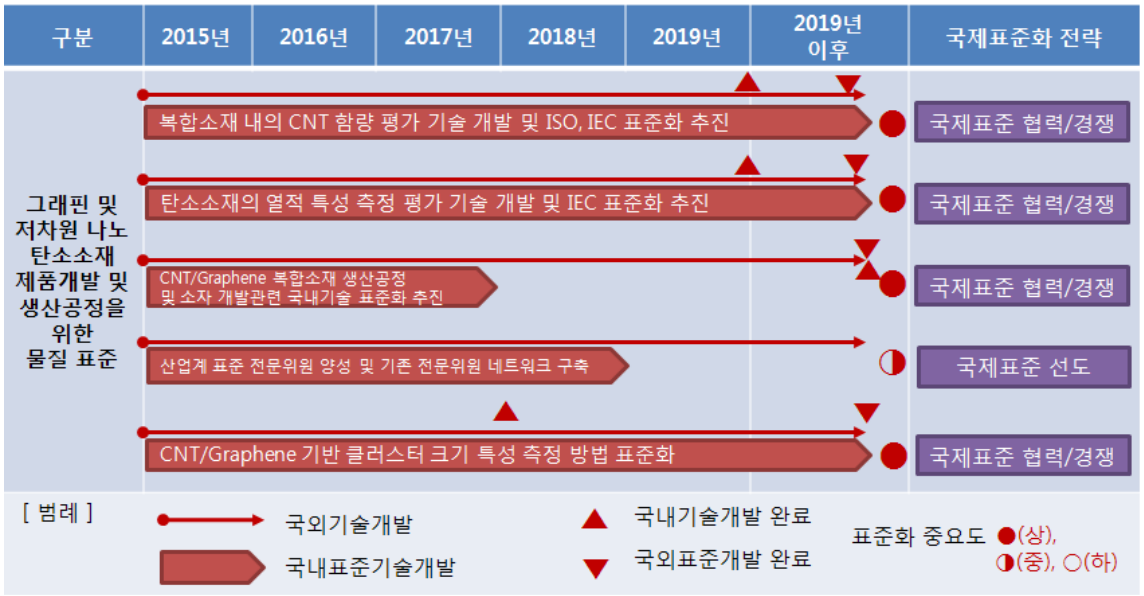
다 할 열적 특성 표준이 전무하다시피 한 상태임

- IEC TC113에서 새로이 WG8 (Graphene and CNT related Materials)가 구성되어 성균관대 유지범교수가 Convenor로 선임되었음

○ 세부전략(안)

- 국내 CNT 관련 우수 연구그룹에서 CNT 기반 복합소재 내의 CNT 함량 평가법 개발 (기간: 1년)
- CNT 기반 복합소재는 기본적인 물성분석 표준 보다는 제품개발이나 생산 공정에 연관성이 높으므로, 기존의 ISO TC229 WG2에서 진행되어온 나노소재 특성평가 표준화 활동과는 별개로 WG4에서 CNT 기반 복합소재 내의 CNT 함량 평가법의 기준을 제시하여 각국의 동의를 얻어서 표준화를 추진함
- CNT 기반의 열전소자 분야도 산업체의 수요가 높은 분야로 국내연구기관과 협력하여 표준안을 개발함
- 국외대비 국내기술개발수준 분석에 따른 전략 : 국내 CNT 관련 업체와 연구기관에서 다양한 응용 제품에 활용하기 위한 복합소재 제조 관련 기술개발이 진행되고 있으므로 이에 대응하는 표준 개발이 병행해야 함
- IPR확보가능성 분석에 따른 전략 : 우리나라는 CNT 및 복합소재 연구 및 응용 제품 개발에 강점을 가지고 있으므로 원천기술 확보와 동시에 응용 제품 지적재산권도 확보 가능
- 국내표준화 인프라 수준 분석에 따른 전략 : 현재 이 분야 전문가들과 기초과학지원연구원등 표준 활동이 개인 연구자 및 연구기관에서 활발하므로 계속 활성화 유도. 국내 산업계의 표준활동 전문위원을 양성하고 기존의 전문가들과 네트웍을 활성화. 산업계의 참여를 위해서는 표준의 필요성 교육과 표준활동 지원에 관한 정책 수립
- 국제표준화 기여도 분석에 따른 전략 : 현재 IEC TC113 및 ISO TC229 에서 적극 활동하고 있으며 향후 우리나라의 역할을 확대

3) 표준화 로드맵


구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
그래핀 및 저차원 나노 탄소소재 제품개발 및 생산공정을 위한 물질 표준
복합소재 내의 CNT 함량 평가 기술 개발 및 ISO, IEC 표준화 추진
국제표준 협력/경쟁
탄소소재의 열적 특성 측정 평가 기술 개발 및 IEC 표준화 추진
국제표준 협력/경쟁
CNT/Graphene 복합소재 생산공정 및 소자 개발관련 국내기술 표준화 추진
국제표준 협력/경쟁
산업계 표준 전문위원 양성 및 기존 전문위원 네트워크 구축
국제표준 선도
CNT/Graphene 기반 클러스터 크기 특성 측정 방법 표준화
국제표준 협력/경쟁
[범례]
국외기술개발
국내표준기술개발
국내기술개발 완료
국외표준개발 완료
표준화 중요도 ●(상), ◑(중), ○(하)

2.5. 탄소섬유기반 중간재 (프리프레그, 프리폼)의 성능 및 신뢰성 평가방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	탄소섬유기반 중간재(프리프레그, 프리폼)의 필수 품질 및 신뢰성 평가방법
연관기술	- 탄소섬유
표준화 배경	- 탄소섬유 기반 중간재 제조 소재 간 융합특성 평가를 통한 복합재의 불량 억제 및 제품 내구 수명평가 기반 마련
표준화 이슈	- 고신뢰성 요구 분야 적용을 위한 프리폼 상태에서의 품질 평가, 복합재로서의 수명 예측을 위한 신뢰성평가 방법 부재
표준화 필요성	- 탄소섬유 소재 및 컴포지트 상태에서의 품질평가법등은 개발되어 있으나, 중간재(프리프레그, 프리폼) 단계에서 탄소섬유와 수지간의 상호 접착성, 상용성에 대한 평가를 통한 복합재 완성상태에 대한 품질 불량 최소화를 위한 품질 평가법 개발 필요 - 탄소섬유와 수지간의 이종 소재 간 계면의 상호 특성에 대한 신뢰성평가법을 개발하고, 고장 시점의 예측으로 제품의 service life-time 예측 가능
예상 파급 효과	- 탄소섬유의 표면특성 개선을 통한 국내 생산 제품의 차별화 - 해외 시장 선도 기업과의 차별화된 품질 제시 가능 - 완제품에 대한 'service life-time prediction' 데이터 제시를 통한 탄소섬유 복합재 응용 산업(항공기, 자동차, 선박 등)에 신규 진입 가능

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화 현황

- ISO/TC 61/SC 13 Composites and reinforcement fibres 를 중심으로 fibre reinforced plastic composites 에 대한 국제 표준 개발되고 있음
- 유리 섬유 및 탄소 섬유를 적용한 reinforced plastic composites 에 대한 표준 개발이 진행됨에 따라, 일본의 탄소섬유 제조사를 중심으로 기본적인 탄소섬유의 품질 평가 방법을 표준화하였음
- 탄소섬유에 대한 기본 물성 평가 표준 5종 및 복합재에 대한 3종의 국제표준 발행됨
- 중간재(프리프레그, 프리폼)에 대한 표준은 ISO 15040:1999 Composites -- Prepregs -- Determination of gel time 이 유일함

구분	ISO 표준
탄소 섬유	ISO 10548:2002 Carbon fibre -- Determination of size content ISO 10618:2004 Carbon fibre -- Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn ISO 11566:1996 Carbon fibre -- Determination of the tensile properties of single-filament specimens ISO 11567:1995 Carbon fibre -- Determination of filament diameter and cross-sectional area ISO 13931:2013 Carbon fibre -- Determination of volume resistivity
탄소 섬유 복합재	ISO 14127:2008 Carbon-fibre-reinforced composites -- Determination of the resin, fibre and void contents ISO 18352:2009 Carbon-fibre-reinforced plastics -- Determination of compression-after-impact properties at a specified impact-energy level ISO/DIS 30012 Carbon-fibre-reinforced plastics -- Determination of the size and aspect ratio of crushed objects

○ 국제표준화 현황 분석

- ISO/TC 61/SC 13에서 탄소섬유 표준화를 주도한 일본의 산업계의 의도에 따라 복합재와 관련된 제한된 범위 내에서 국제표준화를 추진함
- 탄소섬유 복합재에 대한 수지 함량, void 측정, compression 특성 평가와 같이 제한된 내용을 국제표준화함
- 중간재(프리프레그, 프리폼)에 해당하는 표준은 ISO 15040:1999 Composites -- Prepregs -- Determination of gel time 으로서 1999년에 제정된 이후 추가 개발되지 않음
- 미국, 중국, 유럽 및 한국의 관련 기업의 참여가 확대되지 않아, 상당 기간 일본에 의해 국제표준 개발 범위가 제한된 것으로 판단됨
- 향후 중국, 한국 등의 후발기업들에 대한 견제를 위해 일본 산업계의 축적된 표준화 이슈가 제안될 가능성이 큼. 선제적으로 관련 국제 표준을 제안, 개발하여 일본 기업과의 경쟁을 유리하게 전개하도록 함

○ 세부전략(안)

- 국외대비 국내표준화수준 분석에 따른 전략 : 탄소 섬유에 대한 기본적인 국내 기업의 차별화 전략에 따라 선도 그룹인 일본, 중국과의 품질 특성 차별화 요소에 대한 국제표준화를 추진하며, 중간재(프리프레그, 프리폼)에 대한 집중적인 국제표준화 추진을 통해, 국내 관련 기업들의 공정 기술요소가 반영될 수 있는 중간재(프리프레그, 프리폼)의 품질 평가법을 개발함. 동시에 신뢰성평가법 개발을 통한 탄소섬유-수지간의 상용성, durability, 'service life-time prediction'시험법을 국제표준화 하여, 탄소 섬유 복합재 산업에 대한 고신뢰성 제품을 공급 가능하도록 함

– 국외대비 국내기술개발수준 분석에 따른 전략 : 우리나라의 섬유 분야 전문가 그룹은 ISO/TC 38 Textiles 분야에서 활발한 표준화 활동을 전개하고 있으며, 섬유 소재에 대한 신뢰성기반 구축 사업을 통해 산업용 섬유 소재의 사용 수명 예측 기법 개발을 통해 토목용, 건축용, 자동차용, 도로교통용 소재 등에 대한 축적된 신뢰성평가 역량을 확보하고 있음. 이를 활용하여 일본, 미국, 중국 등의 선발 기업들과의 품질 차별화, 고신뢰성 확보를 위한 국제표준화를 추진하도록 함. ISO/TC 61/ SC 13를 통한 중간재(프리프레그, 프리폼)의 국제표준화 추진과 동시에 ISO/TC 38 Textile 분야에 대한 병행 국제표준화를 추진하도록 함

– IPR확보가능성 분석에 따른 전략 : 탄소섬유와 수지에 대한 상용성을 평가하는 표준을 개발함으로써, 탄소 섬유의 표면 개질, 수지의 탄소 섬유 표면 상용성 개선과 같은 소재 개발을 촉진할 수 있을 것으로 예상됨

– 국내표준화 인프라 수준 분석에 따른 전략 : ISO/TC 61 플라스틱 부문에 대한 국내전문가 그룹 (KIST, 한남대 등) 과 ISO/TC 38 섬유 부문에 대한 국제표준화 경험 및 활동이 매우 활발함. 향후 국내 플라스틱과 섬유 부문의 전문가간 연계를 통한 국제표준화 협력 추진이 필요

○ IPR확보전략

– 중간재(프리프레그, 프리폼) 평가 표준을 개발함으로써, 탄소 섬유의 표면 개질, 수지의 탄소 섬유 표면 상용성 개선과 같은 소재 개발을 위한 품질 평가법이 확보되어, 이를 통한 국제표준 적합 소재의 병행 개발이 가능함

3) 표준화 로드맵

2.6. 탄소섬유(carbon fibers) 표면 및 계면특성 평가방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	탄소섬유(carbon fibers) 표면 및 계면의 필수 품질 및 신뢰성 평가방법
연관기술	- 탄소섬유
표준화 배경	- 탄소섬유의 표면 및 수지와의 계면특성 평가를 통한 복합재의 불량 억제 및 제품 내구 수명평가 기반 마련
표준화 이슈	- 고신뢰성 요구 분야 적용을 위한 탄소섬유 원사 상태에서의 표면 및 계면 품질 평가를 통해 복합재로서의 수명 예측을 위한 신뢰성 평가 방법 부재
표준화 필요성	- 탄소섬유 원사 상태에서의 기계적 물성 평가법은 개발되어 있으나 표면 및 계면 품질 평가법 등은 아직 개발되어 있지 않아 원사 단계에서 탄소섬유의 표면 특성과 수지간의 상호 접착성, 상용성에 대한 평가를 통한 복합재 완성상태에 대한 품질 불량 최소화를 위한 품질 평가법 개발 필요 - 탄소섬유 표면과 계면간의 상호 특성에 대한 신뢰성 평가법을 개발하고, 고장 시점의 예측으로 제품의 service life-time 예측 가능
예상 파급 효과	- 탄소섬유의 표면특성 개선을 통한 국내 생산 제품의 차별화 - 해외 시장 선도 기업과의 차별화된 품질 제시 가능 - 완제품에 대한 'service life-time prediction' 데이터 제시를 통한 탄소섬유 복합재 응용 산업(항공기, 자동차, 선박 등)에 신규 진입 가능

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화 현황

- ISO/TC 61/SC 13 Composites and reinforcement fiber를 중심으로 fiber reinforced plastic composites 에 대한 국제 표준 개발되고 있음
- 유리섬유 및 탄소섬유를 적용한 reinforced plastic composites에 대한 표준 개발이 진행됨에 따라, 일본의 탄소섬유 제조사를 중심으로 기본적인 탄소섬유의 품질 평가 방법을 표준화하였음
- 탄소섬유 표면 및 계면 분석 결과로 최종 복합재의 물성은 신뢰성 높게 예측 가능하나 이에 대한 구체적 분석 방법은 각 생산자마다 외부에 공개하지 않음
- 탄소섬유에 대한 표준은 ISO 15040:1999 Composites -- Prepregs -- Determination of gel time 이 유일함

○ 국제표준화 현황 분석

- ISO/TC 61/SC 13에서 탄소섬유 표준화를 주도한 일본의 산업계의 의도에 따라 복합재와 관련된 제한된 범위 내에서 국제표준화를 추진함

- 탄소섬유 복합재에 대한 수지 함량, void 측정, compression 특성 평가와 같이 제한된 내용을 국제표준화 함
- 프리폼에 해당하는 표준은 ISO 15040:1999 Composites -- Prepregs -- Determination of gel time 으로서 1999년에 제정된 이후 추가 개발되지 않음
- 미국, 중국, 유럽 및 한국의 관련 기업의 참여가 확대되지 않아, 상당 기간 일본에 의해 국제표준 개발 범위가 제한된 것으로 판단됨
- 향후 중국, 한국 등의 후발기업들에 대한 견제를 위해 일본 산업계의 축적된 표준화 이슈가 제안될 가능성이 큼. 선제적으로 관련 국제 표준을 제안, 개발하여 일본 기업과의 경쟁을 유리하게 전개하도록 함

○ 세부전략(안)

- 국외대비 국내표준화수준 분석에 따른 전략 : 탄소 섬유에 대한 기본적인 국내 기업의 차별화 전략에 따라 선도 그룹인 일본, 중국과의 품질 특성 차별화 요소에 대한 국제표준화를 추진하며, 프리폼에 대한 집중적인 국제표준화 추진을 통해, 국내 관련 기업들의 공정 기술요소가 반영될 수 있는 프리폼의 품질 평가법을 개발함. 동시에 신뢰성평가법 개발을 통한 탄소섬유-수지간의 상용성, durability, 'service life-time prediction'시험법을 국제표준화 하여, 탄소 섬유 복합재 산업에 대한 고신뢰성 제품을 공급 가능하도록 함
- 국외대비 국내기술개발수준 분석에 따른 전략 : 우리나라의 섬유 분야 전문가 그룹은 ISO/TC 38 Textiles 분야에서 활발한 표준화 활동을 전개하고 있으며, 섬유 소재에 대한 신뢰성기반 구축 사업을 통해 산업용 섬유 소재의 사용 수명 예측 기법 개발을 통해 토목용, 건축용, 자동차용, 도로교통용 소재 등에 대한 축적된 신뢰성평가 역량을 확보하고 있음. 이를 활용하여 일본, 미국, 중국 등의 선발 기업들과의 품질 차별화, 고신뢰성 확보를 위한 국제표준화를 추진하도록 함. ISO/TC 61/ SC 13을 통한 프리폼의 국제표준화 추진과 동시에 ISO/TC 38 Textile 분야에 대한 병행 국제표준화를 추진하도록 함
- IPR 확보가능성 분석에 따른 전략 : 탄소섬유와 수지에 대한 상용성을 평가하는 표준을 개발함으로써, 탄소 섬유의 표면 개질, 수지의 탄소 섬유 표면 상용성 개선과 같은 소재 개발을 촉진할 수 있을 것으로 예상됨
- 국내표준화인프라수준 분석에 따른 전략 : ISO/TC 61 플라스틱 부문에 대한 국내전문가 그룹 (KIST, 한남대 등) 과 ISO/TC 38 섬유 부문에 대한 국제표준화 경험 및 활동이 매우 활발함. 향후 국내 플라스틱과 섬유 부문의 전문가 간 연계를 통한 국제표준화 협력 추진이 필요

○ IPR확보전략

- 프리프레그 평가 표준을 개발함으로써, 탄소섬유의 표면 개질, 수지와 탄소섬유 표면 상용성 개선과 같은 소재 개발을 위한 품질 평가법이 확보되어, 이를 통한 국제표준 적합 소재의 병행 개발이 가능함

3) 표준화 로드맵

구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
탄소섬유 표면 및 계면의 필수품질 및 신뢰성 평가방법
탄소섬유 표면 특성 평가방법 표준화
탄소섬유/고분자 계면특성 평가방법 표준화
장기 신뢰성 평가방법 표준화
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
[범례]
국외기술개발
국내표준기술개발
국내기술개발 완료
국외표준개발 완료
표준화 중요도 ●(상), ◑(중), ○(하)

2.7. 탄소섬유 표면개질을 통한 다공성 탄소섬유의 성능 평가 시험방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	탄소섬유 표면개질을 통한 다공성 특징을 갖는 탄소섬유의 성능 평가 시험방법
연관기술	탄소섬유, 표면개질, 다공성
표준화 배경	나노 탄소소재 기반 산업 소재 및 응용 제품 개발
표준화 이슈	다공성 특징을 갖는 탄소섬유 제조기술 및 다기능 탄소섬유 제조 기술의 다양성 확보 및 이에 대응하는 성능평가 시험법 기준
표준화 필요성	- 탄소섬유는 CFRP용으로 응용 개발된 제품이 많으나 다공성의 탄소섬유는 아직 개발 중이거나 상업화 예가 적은 상태임. - 활성탄소의 기능과 동시에 강도를 부여하여 부피를 최소화하고 흡착과 탈착성능이 우수한 다공성 탄소섬유를 개발하여 응용제품으로의 개발 - CFRP는 현재 많은 표준이 진행되고 있으나 다공성 탄소섬유는 아직 미비한 상태
예상 파급 효과	다공성 탄소섬유의 제조기술의 확산 및 응용제품 개발

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략
- 탄소섬유 분야는 일본계 제조사들이 많은 부분을 차지하고 있음
- 탄소섬유 제조과정에서 표면개질을 통한 특수 목적의 다공성 탄소섬유 분야는 아직 미 개척분야
- 탄소섬유 표면개질 개발에 초점을 맞추어 국내의 표면개질 기술을 향상시켜 우리 기술이 우위를 갖는 기술 분야 내용에 맞추어 표준 개발을 진행
- 다공성 탄소섬유의 제조기술의 확산 및 응용제품 개발

○ 동향
- 탄소섬유 관련 원자재는 대부분이 수입에 의존하고 있음
- 탄소섬유제조 과정에서 표면개질 기술을 적용하여 다공성 탄소섬유(activated carbon fiber : ACF) 제조기술은 탄소섬유의 활용성을 증가시킴
- 전기, 전자, 환경 그리고 에너지 등에 활용성이 매우 높음
- 국내의 탄소섬유 표면개질 기술 수준이 낮음
- 다공성 탄소섬유의 기준 및 성능평가시험방법에 대한 표준화작업이 미비한 상태임

○ 세부전략(안)
- 국제 표준화수준 분석에 따른 전략 : 국제 동향 파악 및 국제 공조가능성 모색 신규 워킹 그룹 결성을 위한 기반 조성

- 전략과제로 수립하여 국내의 탄소연구를 통한 탄소섬유 표면개질 기술을 육성함
- 표면개질 통한 다공성 부여기술의 확립과 이에 대한 일반적인 성능평가 방법 규격안 제시
- 다공성 탄소섬유 사용목적에 따라 여러 분야의 국제표준 위원회에 참여(ISO/TC 38 : Textiles, ISO/TC 61 : Plastics, ISO/TC 142 : cleaning equipment for air and other gases, ISO/TC 146 : air quality, ISO/TC 147 : water quality, ISO/TC 201 : surface chemical analysis)
- 우선 국내 표준을 정하고 국제표준을 발전시킴

○ IPR확보전략
- 탄소섬유 제조과정에서 표면개질(표면 제어) 기술에 대한 다양한 지적 재산권 확보가 예상됨
- 탄소섬유분야 전문가들과 기초과학지원연구원등 표준 활동 개인 연구자 및 연구기관에서 활성화 유도
- 다공성 탄소섬유 사용목적에 따른 여러 산업분야로의 응용제품 개발 확산

3) 표준화 로드맵

2.8. 저온탄화 탄소섬유 및 저온탄화탄소섬유 복합재료의 성능평가 방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	저온탄화 탄소섬유 및 그를 사용한 복합소재 및 부품의 성능평가 방법
연관기술	탄소섬유, 복합소재, 부품소재 성능평가 및 제품 설계
표준화 배경	신규시장 확보, 내구성 및 설계 기법 확보
표준화 이슈	새로운 저온탄화섬유 복합재료의 제조기술 확대 및 국제표준 개정을 통한 선점적 시장 확보 국내 탄소섬유 복합재료 산업의 성장 촉진
표준화 필요성	- 국내 자동차, 선박, 스포츠 등 다양한 산업 분야의 지속적 성장 및 세계 시장 진출 촉진에 필수적인 국제 표준 개발을 통해 관련 산업의 활성화 - 신규 제조 기술 및 다양한 신제품의 개발, 제조, 판매 촉진
예상 파급 효과	국내 산업의 신속한 성장 및 해외 틈새시장 개척

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략
- 탄소섬유는 일본계회사들이 전 세계 시장 대부분을 장악하고 입김이 매우 강함.
- 그들이 강조하지 않는 분야의 시장창출 및 이에 대한 표준화 제시를 통한 국제적 입지 확보
- 관련 신제품 개발 및 출시를 통한 국제 표준선도

○ 동향
- 탄소섬유는 내염화, 탄화 및 흑연화 과정을 거쳐서야 최종 제품이 되는 것으로 인식되고 이에 따른 고정관념화가 매우 강함
- 하지만 내염화만 거친 섬유도 충분히 내열복합재료 시장에 적용이 가능하나 이에 대한 시장에는 관심이 매우 적음. 여기에 그래핀이나 다른 나노재료를 첨가하면 새로운 기능성 소재 개발이 가능하나 현재 관심을 끌지 못하고 있음
- 최근 신기술의 개발로 나노직경 탄소섬유의 제조가 가능해졌고 이 경우 기존 탄소섬유 보다 훨씬 낮은 탄화온도에서도 필요한 물성 발현이 가능함. 이에 맞는 새로운 표준화는 아직 제기된 바가 없으므로 이 분야에 대한 선점이 가능함

○ 세부전략(안)

- 탄소섬유 및 그를 활용한 복합재료에 대해서는 ISO TC61 WG 13에서 논의가 되고 있으나 아직 활성화가 크게 되어 있지 않음. 따라서 세부 워킹그룹들이 새로 만들어 질 수 있음
- 동 분야에 대한 이슈들이 아직 고정화되기 전이므로 새로운 이슈를 제기하여 새로운 워킹그룹의 제창과 이에 대한 주도권을 확보할 수 있음.
- 국내 산업체들과의 연계를 통한 국내시장 확대와 산업발전 도모에 필요한 표준화안을 제시함

○ IPR확보전략

- 저온 탄화 탄소섬유 분야는 아직 미개척 분야이므로 여기에서 다수의 특허확보가 가능함
- 저온 탄화 탄소섬유 보강 다양한 기능성 부여 복합재료 분야는 전혀 미개척 분야이므로 여기에서 다수의 특허확보가 가능함

3) 표준화 로드맵

2.9. 다공성 탄소섬유 sheet를 이용한 휘발성 유기화합물의 흡착 및 탈착 성능 시험 평가방법 표준화

1)분석

표준화 항목	다공성 탄소섬유 sheet를 이용한 휘발성 유기화합물의 흡착 및 탈착 성능 시험 평가방법
연관기술	탄소섬유, 다공성, 흡착 탈착,
표준화 배경	탄소섬유 기반 산업 소재 및 응용 제품 개발
표준화 이슈	다공성 특징을 갖는 탄소섬유 sheet를 제조하고 이에 대한 휘발성유기화합물에 대한 흡착과 탈착성능 시험법 기준
표준화 필요성	- 다공성 탄소섬유의 응용제품 개발 - 다공성 탄소섬유 sheet의 휘발성 유기화합물에 대한 흡착과 탈착 기능성 제품의 성능 평가 신규 제정 - 여러 산업분야에서 발생하는 휘발성유기화합물에 대한 처리 기술과 장치 필요 - 극한 환경에서도 사용가능한 다공성 탄소섬유 sheet 제품의 특성 평가 - 활성탄소는 표준화가 진행되고 있으나 다공성 탄소섬유 sheet는 미비한 상태.
예상 파급 효과	다공성 탄소섬유의 제조기술의 확산 및 응용제품 개발

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략

- 다공성 탄소섬유로 된 sheet 제품의 환경 분야로의 적용하여 휘발성 유기화합물에 대한 흡착과 탈착 성능 시험 방법의 표준화를 진행함
- FTA 국제간 협약으로 인한 기업의 제품 생산 제품의 ISO인증 시스템 중 ISO 9000(quality management), ISO 14000(environmental management)의 국제 규제에 대한 대응 전략으로 발전시킴
- 아직 국제적으로 표준화가 미비한 분야에 대한 선도적 역할로 진행

○ 동향

- 다공성 탄소섬유(activated carbon fiber : ACF)를 이용한 제품 개발이 이슈가 되고 있음
- 환경 분야에 있어 산업현장에서 발생하는 각종 휘발성 유기화합물에 대한 처리가 사회적 문제점으로 부각됨
- 활성탄소가 갖는 특징과 탄소섬유가 갖는 특성이 복합된 신규제품의 개발과 적용 분야 연구가 활발함
- 다공성 탄소섬유로 제조된sheet의 성능평가에 대한 새로운 규격안이 요구됨

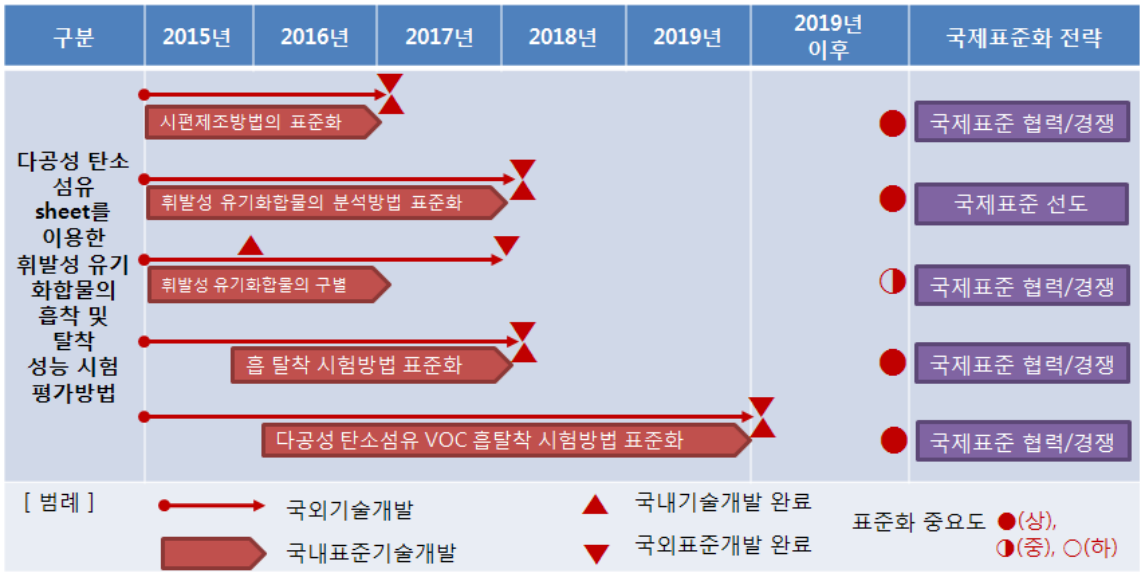
○ 세부전략(안)

- 표준화 따른 전략 : 국내 및 국제 환경 규제 동향 파악. 기존 활성탄소의 워킹 그룹에서 다공성 활성탄소 sheet 제품에 대한 내용을 포함하여 논의
- 여러 산업 분야에서 휘발성 유기화합물의 발생종류, 발생량, 위해성, 그리고 회수 필요성 등을 구분
- 여러 분야의 국제표준 위원회에 참여(ISO/TC 38 : Textiles, ISO/TC 142 : cleaning equipment for air and other gases, ISO/TC 146 : air quality, ISO/TC 158 : analysis of gases, ISO/TC 201 : surface chemical analysis)
- 활성탄소 국내 표준을 바탕으로 추가 내용이나 별도의 국내표준을 정하고 국제표준으로 발전시킴

○ IPR확보전략

- 다공성 탄소섬유기반 sheet에 대한 제품은 개발 중인 상태로 제품의 응용성에 국한하여 시험방법을 제정함
- 국내는 다공성탄소섬유 sheet 제품이 초기 개발단계로 과제를 통한 제품개발과 성능시험 평가방법을 추진함
- 국내의 시험기관 연구원, 대학 그리고 산업체 연구자들로 구성된 조직을 구성.
- 다양한 시험법을 개발하여 국제 규격안으로 제안

3) 표준화 로드맵



2.10. 탄소섬유 복합체의 초고속 기계적 특성 시험방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	탄소섬유 복합체의 동적 기계적 특성 시험방법
연관기술	하이브리드 탄소 섬유 복합재료, 방탄, 항공기, 자동차, 경량화
표준화 배경	경량화, 내충격/방탄기능 등 하이브리드 탄소소재 응용분야확대
표준화 이슈	하이브리드 탄소 복합체의 동적 기계적 특성 측정에 대한 국제표준 부재
표준화 필요성	탄소섬유를 포함한 하이브리드 탄소섬유 복합체는 우수한 강도, 탄성율 그리고 가벼운 소재 특성으로 각광을 받으면서 항공기, 자동차, 헬멧, 등 경량화와 그리고 내 충격 특성이 요구되는 분야에서 다양한 제품에 응용되고 있음. 제품의 최적설계를 위해 정확한 동적 기계적 특성의 측정이 요구 되고 있지만 이들 특성에 대한 표준 시험 방법이 부재가 최적설계의 걸림돌로 작용하고 있음. 따라서 관련 국제표준 개발이 시급히 요구 되고 있음.
예상 파급 효과	동적 기계적 특성 평가 표준 개발을 통한 탄소소재 복합체의 안전성 확보 및 관련 제품 개발 활성화

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략

- 고분자 복합소재를 기반으로 하는 TC61/SC13 국제표준 분과위원회를 대상으로 현재 부재중인 동적 기계적 특성 표준의 필요성에 대한 인식을 공유 하였으며 하이브리드 및 탄소섬유 복합체 포함하는 시험방법의 개발에 대한 회의 및 발표를 차기회의에서 적극적으로 진행하기로 하였음
- 이를 통해 우리 기술이 선점하는 분야의 내용에 맞추어 표준 개발을 진행하므로서 동적 기계적 특성 시험분야 국제표준을 선도 하고 이에 따른 제품 표준 또한 개발 하여 국내 고분자 탄소섬유 복합체 산업의 활성화 및 고부가가치화에 기여

○ 동향

- 섬유강화 고분자 복합소재 대한 국제표준은 ISO/TC61/SC13에서 다루어지고 있지만 일본의 주도적인 영향력으로 표준 제 개정이 좌우 되고 있음. 또한 탄소섬유 복합소재의 표준 수는 극히 제한적으로 일본이 탄소섬유 시장을 제어하는 수단으로 표준을 이용하고 있음. 따라서 새로운 표준의 이슈로 떠오르고 있는 고분자 강화 섬유 복합체의 자동차, 철도 및 각종 특수 기계부품, 로봇부품, 전자부품 등의 광범위한 활용을 위해서는 각종 하중조건하에서의 특성평가 조건들이 충족되어야 함. 현실적으로는 주로 정지하중이나 저속하중조건하에서의 기계적물성에 의한 설계치를 사용하고 있음. 따라서 실제적인 충돌상황이나 기타 가혹환경 하에서의 상황을 반영하지 못하고 있음

○ 세부전략(안)

- 초고속충돌 시 발생할 수 있는 하중-변형곡선을 실시간으로 표시할 수 있는 새로운 시편규격의 제정, 실험장비의 개조 및 최적화, 종합적인 분석평가기법을 개발하여야 함
- 섬유강화복합재료에 있어서 초고속충돌 및 각종 가혹환경조건하에서의 매트릭스 수지, 계면의 특성, 섬유보강재의 직조형태, 환경인자 등을 사용연한에 따라 순차적으로 장기간에 걸쳐 신뢰성을 확보할 수 있는 새로운 전주기 수명에 따른 평가표준화 기법을 개발하여야 함

○ IPR확보전략

- 기존의 평가방법은 매우 장시간에 걸쳐 평가를 진행함. 이를 단시간에 진행하여 더욱 정교한 결과치를 얻는 새로운 평가방법을 개발한다면 수많은 신규 지적재산권을 확보할 수 있음

3) 표준화 로드맵

2.11. 원통구조 충격흡수 탄소섬유 보강 튜브 복합재료 성능평가 방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	원통구조 충격흡수 탄소섬유 보강 튜브 복합재료 성능 평가 방법
연관기술	- 탄소섬유, 초고속 충격흡수 재료, 자동차 차체, 인발성형, 재활용
표준화 배경	- 전기자동차 등의 보급에 따른 초경량 및 충돌 시 안전보장 필요성 대두
표준화 이슈	- 신규 내충격 특성 재활용 구조체의 특성 평가 체계 부족
표준화 필요성	- 전 세계 자동차 시장의 재편을 위한 중요한 이슈인 재활용 및 충돌 시 안전성 보장 등에 대한 특성 평가 기준이 정립되지 못하여 제품 개발 및 적용이 적극적으로 되고 있지 않음.
예상 파급 효과	- 우리나라가 자동차 산업의 비약적 발전 및 세계시장 확보가능

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략

– 신규 국제 표준 제안을 통한 선점

○ 동향

– 탄소섬유를 자동차 차체에 적용하는 것은 무게감량을 위해 매우 바람직하나 가격이 너무 고가여서 20회 이상 재활용해야 하는 문제가 있음. 하지만 이에 대한 뚜렷한 대안이 없음. 한데 탄소섬유 보강 원통형 복합체를 발처럼 사용하여 구조 체를 만들면 이러한 문제를 쉽게 해결할 수 있음. 그리고 이는 현재의 각종 국내기술을 제대로 융합적용하면 충분히 해결이 가능함. 국외에서는 아직 이러한 제안은 된 바가 없음

- 탄소섬유/열경화성 수지 복합재료를 차체에 적용했을 때 가장 문제가 되는 것이 충돌 시 내충격 흡수량이 너무 적고, 깨진 단면이 너무 날카로워서 인명에 치명적 손실을 초래 항ㄹ 수 있는 점이다. 상기한 원통형 구조체 내부에 최근 개발된 고속 충격흡수 방탄용 액상재료를 채운다면 이러한 문제점을 단번에 해소 할 수 있다. 하지만 이에 대한 논의가 아직까지는 국외에서도 활성화 된 바가 없음

○ 세부전략(안)

– 국제 표준화수준 분석에 따른 전략 : 신규 분야에 대한 국제 동향 파악 및 국제 공조가능성 모색. 신규 워킹 그룹 결성을 위한 기반 조성

– 국외대비 국내기술개발수준 분석에 따른 전략 : 국내 자동차 및 의료기기 관련 업체와 연구기관에서 다양한 응용 제품에 활용하기 위한 기술개발이 되고

있으므로 이에 대응하는 표준 개발도 장기간에 거쳐 응용 분야별로 다수 산출

- IPR확보가능성 분석에 따른 전략 : 우리나라는 새로운 나노 기술 및 신속한 신규제품 개발이 가능한 강점을 가지므로 원천기술 확보와 동시에 응용 제품 지적재산권도 확보 가능
- 국내표준화 인프라 수준 분석에 따른 전략 : 현재 이 분야 전문가들과 기초과학지원연구원등 표준 활동이 개인 연구자 및 연구기관에서 활발하므로 계속 활성화 유도
- 국제표준화 기여도 분석에 따른 전략 : 현재 IEC TC113에서 적극 활동하고 있으며 향후 우리나라의 역할을 확대

○ IPR확보전략

- 재활용을 염두에 둔 신규 원통형 탄소섬유 보강 복합재료 제조기술, 내충격 방탄 특성 향상에 중점을 둔 복합체 제조기술 및 이의 신규 평가기술은 나름대로 중요한 국제적인 특허 등의 지적재산권 확보 요소가 됨 이에 대한 산학연의 시스템적 연구개발과 표준 개발이 절실히 요구됨

3) 표준화 로드맵

2.12. 탄소복합재 코일스프링 성능 평가 방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	탄소복합재 코일스프링 성능 평가 방법
연관기술	- 자동차 서스펜션 시스템, 코일스프링
표준화 배경	- 자동차 부품 중 서스펜션 시스템의 코일 스프링을 기존에 무거운 강을 복합재료로 대체하는 자동차 경량화 기술 개발에 전 세계적으로 많은 노력 중이나 - 복합재료 코일스프링 시험 방법 및 평가 기준이 미 확립 되어 있어 기술 개발에 에로사항이 있음
표준화 이슈(쟁점)	- 성능 평가 방법(시험 절차-형상, 온도, 시험 속도 등), 성능 결정 방법 및 성능 구분 표준화
표준화 필요성	- 관련 기술 보유 기관의 기술과 기술을 필요로 하는 기관의 합리적인 기술 목표 및 평가의 기준이 절대적 필요 - 고객의 기술 노하우 등 기밀 특성상 제품 성능 시험방법 및 기준 자료가 미공개 사항이므로 연구 및 기술 개발 기관의 개발 참여 기회가 제한적임 - 제품 성능 시험방법 및 성능 평가 기준이 표준화되면 관련 기술을 보유한 업체 혹은 연구기관의 자발적인 개발 참여를 유도할 수 있으며, 이때 고객과의 커뮤니케이션을 통해 제품 성능 결정 및 조율하여 기술개발이 원활히 이루어 질 수 있음
예상 파급 효과	- 표준화된 성능을 토대로 고객-개발자의 커뮤니케이션이 원활하고 신속하게 이루어질 수 있어 기술 및 제품 개발의 불필요한 시간을 줄일 수 있음 - 기술의 성능 목표가 결정되면 연구 및 기술 개발 기관의 적극적인 대응이 가능해짐

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략

- 신규 국제 표준 제안을 통한 선점
- 정부차원에서 국내 자동차 업체의 협조를 요청하여, 기존 자동차 라인업별 사양 및 부품 규격·기준을 제공하여 부품의 표준화 사업이 원활히 진행될 수 있도록 지원

○ 동향

- ISO SC 227의 Springs 표준화를 보면 Steel에 국한되어 있으며, 복합재료 코일스프링은 표준화 작업이 되어 있지 않다. 현재 복합재료 코일스프링의 적용성이 확실시 되어 자동차 기업은 복합재료 코일스프링 개발에 많은 시간과 노력을 하고 있음

- 복합재 코일스프링 개발은 현재 자동차 경량화를 위한 최신 기술이며, 국제적으로도 상용차에 적용한 사례는 없다(2015년 출시 예정, 아우디, Compositesworld, 2014.07.08.). 이에 관련 기술을 개발하기 위하여 전 세계적으로 자동차 기업 및 관련 기관이 활발히 연구 진행 중이며, 국내에서도 검토 및 일부 개발 진행 중인 것으로 알려져 있다. 따라서 각 기업이 필요로 하는 규격 및 기준을 확립하여 국제 표준화를 수립한다면 국제적인 경쟁력을 갖출 것으로 판단됨

○ 세부전략(안)

- 제작공정 개발 : 헬리칼 형태의 코일 스프링의 제작 방법은 여러 문헌을 통하여 기본적인 공정(금형, 성형방법)은 오픈되어 있다. 그러나 일반적인 복합재료 코일 스프링의 제작 방법은 현재 복합재료가 당면하고 있는 문제점을 해결하기에는 역부족임. 복합재료는 기존 Steel과는 다르게 구조적 방향성을 가지고 있다. 이를 테면 헬리칼 주축 방향으로만 보강재(Fiber)가 투입 될 경우 오히려 기존 코일스프링보다 더 낮은 구조적 성능을 가질 수 있음. 이를 해결하기 위해 전 세계적으로 연구기관 혹은 기업에서 보안사항으로 제작 공정 개발이 한창임. 따라서 복합재료 코일스프링의 복합재료 구조 설계를 통하여 최적 보강재 패턴을 개발하여야 하며, 이를 적용하기 위한 복합재료 코일스프링 제작 공정 개발이 필요함
- 시험절차 개발 : 기존 Steel로 제작된 스프링의 성능시험은 스프링 상수, 피로시험, 장기하중 Creep 시험, 온도 환경 등이 고려됨. 그러나 상기 사항들은 Steel에 국한된 시험들이며, 복합재료가 사용되었을 때의 환경은 다를 수 있으며, 또한 실 차량에 적용 시 예상치 못한 문제점이 발생할 수 있음. 따라서 기존 재료와의 다른 환경에서의 성능을 예측하고 여러 시험 절차를 통하여 복합재료 코일스프링의 성능시험 방법을 개발해야 함
- ISO TC227에 스프링 기술위원이 있으나, Steel에 국한 되어 있으므로 추가적인 작업그룹 혹은 Plastic 기술위원회와의 연계 작업으로 새로운 항목 추가가 필요함

○ IPR확보전략

- 복합재료 코일스프링 분야는 전 세계적으로 개발단계이므로, 제작공정 및 장비 등 특허 확보가 용이함
- 현재까지 ISO 항목에 등재되어 있지 않으므로 신속한 부품 개발을 통하여 새로운 항목으로 개척 가능함

3) 표준화 로드맵

구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
탄소 복합재 코일 스프링 성능 평가 방법
복합재 코일스프링 제작 공정 개발
복합재 코일스프링 시험개발
국제표준 선도
국제표준 선도
[범례]
국외기술개발
국내표준기술개발
국내기술개발 완료
국외표준개발 완료
표준화 중요도 ●(상), ◑(중), ○(하)

2.13. 건축 보강용 피치계 탄소섬유 성능평가 시험방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	건축 보강용 피치계 탄소섬유 성능평가 방법
연관기술	- 탄소섬유 복합재
표준화 배경	- 탄소섬유 건축 보강용 공법 적용 증대
표준화 이슈	- 건축 보강용 탄소섬유 성능 평가 체계 부족
표준화 필요성	- 최근 노후 건물 및 교량으로 인한 안전사고가 급증하면서, 이에 따른 탄소섬유 활용 보강공사가 급증하고 있음 - 건축 보강용 탄소섬유에 대한 기준이 모호하고, 일부 기준의 경우 수십 년 전 일부 선진국에서 특별한 기준 없이 받아들여 이에 대한 수정 및 검토가 필요함 - 특히, 피치계 탄소섬유의 경우 해당 기준이 PAN계 탄소섬유에 비해 부족함
예상 파급 효과	- 국내의 우수한 건축기술과 더불어 보강공법을 활용한 국·내외 사업 수주 증대

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략
- 국제 표준 협력과 경쟁

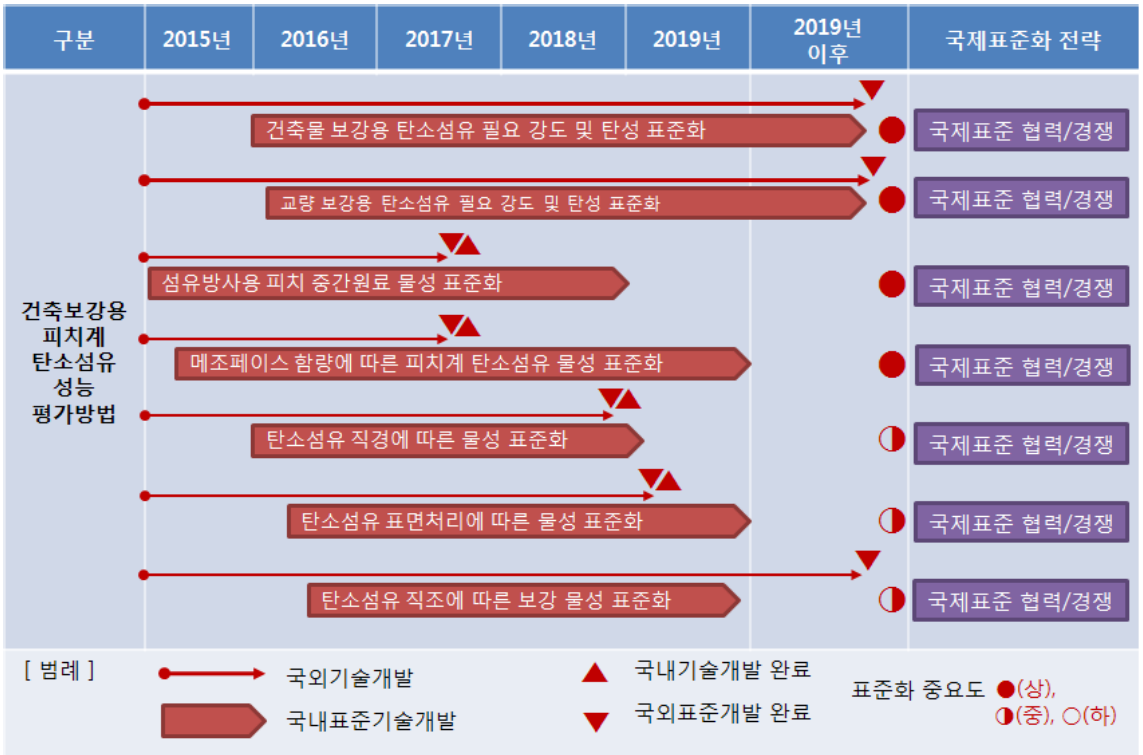
○ 동향
- 국내업체의 탄소섬유를 활용한 건축물 보강법 공사가 증대하고 있음
- 하지만, 탄소섬유에 대한 기준이 모호하여 안전사고를 유발할 수 있는 요인임
- 특히, 과거 급경제성장 시절에 건설된 노후 건물 및 교량 등에 의한 대형 안전사고가 급증하면서, 기준 및 표준화가 완성된 통합관리 시스템이 필요함
- 효성, 태광 등 국내 대기업에서 생산 중인 PAN계와 달리, 피치계 탄소섬유의 경우 국내 상용화가 이루어지지 않았음
- 이에, 일부 수입된 피치계 탄소섬유가 건축물 보강재료로 사용되고 있으나, 이에 대한 기준 및 표준화 작업이 미비한 상황임

○ 세부전략(안)
- 국외대비 국내표준화 수준 분석에 따른 전략 : ASTM D3039 (Tensile Testing Carbon Fiber Laminates in an Environmental Chamber), ASTM D256 (Izod Impact on Carbon/PPS Composites made from recycled carbon fiber) 등 선진국 탄소섬유 및 복합재 물성 ASTM 규정 대비 국내표준화 분석
- 탄소섬유 보강 특성에 기초하여, 섬유방사용 피치의 방사성 및 메조페이스 함

량 등 원료물질에 대한 표준화
- 탄소섬유 직경, 표면처리 및 직조형태에 따른 보강특성 표준화
- 국내표준화인프라 수준 분석에 따른 전략 : 현재 이 분야 전문가들과 기초과학지원연구원등 표준 활동이 개인 연구자 및 연구기관에서 활발하므로 계속 활성화 유도
- 국제표준화 기여도 분석에 따른 전략 : 탄소섬유 복합재의 표준화를 위한 미국/일본 ASTM D30 Meeting등 다양한 국제회의 참석을 통해 국제표준화 기여 및 기술 파악

○ IPR확보전략
- 석유계 잔사유를 활용한 피치계 탄소섬유에 대한 생산 기술 및 그레이드 분류는 미국·일본 등 선진국을 중심으로 연구되었지만, 건축물 및 교량 보강법에 적합한 탄소섬유의 물성에 대한 표준화는 미비하여 이에 대한 구체적인 체계화를 구축하여 국내에서 개발된 표준화를 보급할 필요가 있음

3) 표준화 로드맵



2.14. 탄소복합소재 활용한 건설소재・부품 성능평가 방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	탄소복합소재 및 건설용 소재・부품 성능평가 방법
연관기술	탄소복합소재, 건설소재・부품 성능평가
표준화 배경	- 건설소재・부품의 고안전성 및 내구성 확보
표준화 이슈	- 건설소재・부품의 안전성 확보 및 응용기술 확대 필요 - 방폭, 화재, 구조 성능 등 실대형 안전성 확보 검증 표준 기술 부족
표준화 필요성	- 건설용 소재의 경우 탄소복합재료 소재 적용 기술이 아직 초보 단계이나, 최근 구조적 성능, 화재 등 건설안전성능에 대한 문제가 지속적으로 노출되고 있는 상황 - 실대형 부재에 대한 고내구력, 화재 등 안전성능 확보 표준기술이 적극 도입되어 관련 건설 산업의 고 안전성과 신뢰성 확보 등이 필요
예상 파급 효과	- 건설 소재・부품의 안전성 확보에 의한 인명 피해 감소의 직간접 효과 - 탄소복합재의 활용 가능성 및 사용량에 대한 폭발적 증가 예상

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략
- 탄소복합재료를 활용한 기술의 경우 기존 건물에 대한 안전성능 확보를 위한 보강용으로 현재 활용되고 있으나, 아직 관련 표준 등이 미흡한 실정
- 건설소재・재료로 안전성능과 고내구성 확보를 위한 실대형 평가방법 표준화가 필요한 상황
- 관련 기술에 대한 융복합 기술에 대한 국제 표준화에 아직 태동기임

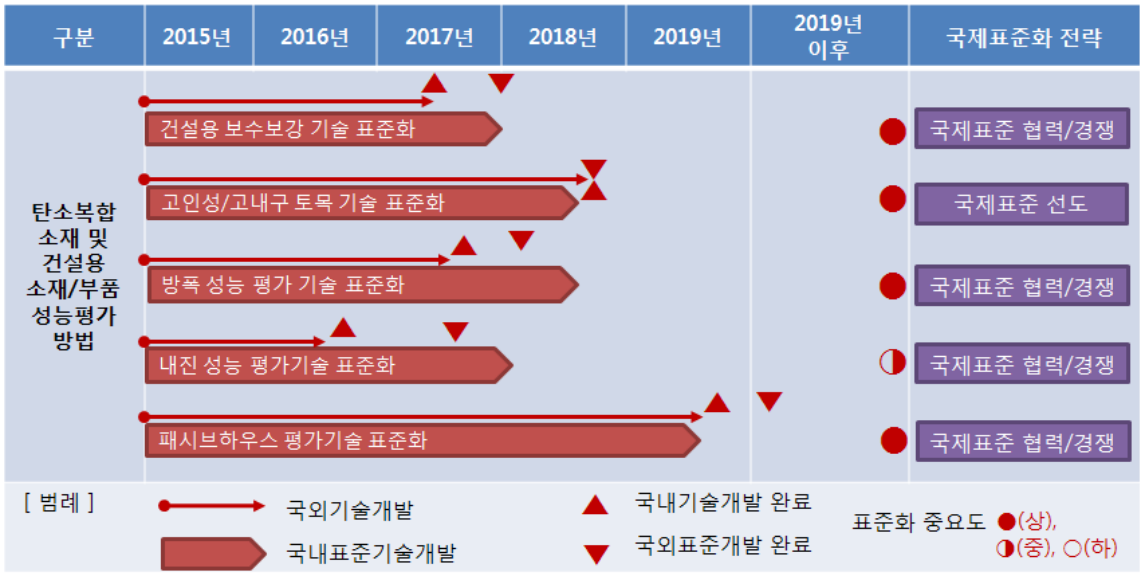
○ 동향
- 실대형 성능평가 표준에 대한 부분은 안전성 확보 측면에서 인정되고 있으나, 아직 탄소복합재료를 활용하여 건설재료로 활용하고 있는 사례는 아직 초보적인 단계
- 탄소복합재료와 건설소재・부품을 융합한 원천 기술 및 평가기술 개발을 위해 국내외 전문가의 상호협력 필요

○ 세부전략(안)
- 탄소복합재료에 대한 국제표준기술은 ISO TC 61 WG 13에서 논의되고 있으나 아직 관련기술 수준이 타 소재와는 달리 적극적으로 논의되고 있지 않은 상황. 또한 TC 61의 경우 플라스틱 분과로 복합 소재에 대한 성능평가 방법을 적극적으로 확보하는데 다소 어려움이 있음

- 국내의 경우 최근 관련 표준 개발을 위한 WG을 조직 활동하려는 움직임이 있으나, 탄소복합재료와 기존의 건설소재부품과의 융합 기술은 더욱 더 논의가 필요한 상황임
- 건설 소재 부품은 ISO TC 71, 74, 77, 92, 185 등에서 일본, 독일 등을 위주로 콘크리트, 시멘트 섬유보강재, 화재안전성능, 그리고 방폭 성능 등을 규정하고 있지만, 탄소복합재료와 융합한 성능 기준과 실대형 MOCK UP 위주의 안전성능 평가 기술 부족
- IPR 확보가능성 분석에 따른 전략 : 국내는 탄소복합재료 관련 연구와 수송기기 등으로 활용 등 응용기술에 대한 강점이 있기 때문에 향후 사용량이 폭발적으로 증가할 수 있는 건설 소재·부품에 대한 응용 기술 확보와 동시에 응용 제품 지적재산권를 통해 국제 표준 기술 개발에서도 중요한 위치 선점이 가능
- 국내표준화 인프라수준 분석에 따른 전략 : 현재는 전문가들 간 융합기술이 절대 부족한 상황으로 탄소복합재료를 기초로 건설소재·부품 개발 전문가들과의 협력이 필요하며 이를 기초로 관련 산업을 확대시킬 수 있는 국가 및 국제 표준에 대한 필요성이 증대될 수 있을 것으로 예상
- 국제표준화 기여도 분석에 따른 전략 : 현재 ISO TC 61, 71, 74, 77, 92, 185 등 각 분야에서 적극 활동하고 있고 향후 각 분야 전문가들의 융합을 위한 로드맵 구축이 절실한 상황

○ IPR확보전략
- 탄소복합재료 및 건설 소재는 화학공학, 재료공학, 건축공학, 토목공학으로부터 연구가 진행되었고 탄소복합소재를 활용한 건설 재료의 고안전성과 고 내구성 확보는 아직 태동기로 이후 상호 협력을 통해 기술적 발전과 산업적 니즈를 증폭시킬 수 있는 관련 표준 기술 개발이 절실히 요구됨

3) 표준화 로드맵


구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
탄소복합 소재 및 건설용 소재/부품 성능평가 방법
건설용 보수보강 기술 표준화
고인성/고내구 토목 기술 표준화
방폭 성능 평가 기술 표준화
내진 성능 평가기술 표준화
패시브하우스 평가기술 표준화
국제표준 협력/경쟁
국제표준 선도
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
[범례]
국외기술개발
국내표준기술개발
국내기술개발 완료
국외표준개발 완료
표준화 중요도 ●(상), ◑(중), ○(하)

2.15. 발열체용 피치계 탄소섬유 성능평가 시험방법 표준화

1) 분석

표준화 항목	발열체용 피치계 탄소섬유 성능평가 방법
연관기술	- 탄소섬유 복합재
표준화 배경	- 발열 탄소섬유 응용제품 증가
표준화 이슈	- 발열 탄소섬유 성능 평가 체계 부족
표준화 필요성	- 최근 전기장판 및 히터에서 메탈 발열체의 부식 등으로 인한 화재 사고가 급증하고 있음 - 탄소섬유의 경우 내화학성이 뛰어나 산 혹은 염기에 안정하여, 최근 탄소섬유를 활용한 발열체 제품이 증가하고 있음 - 특히, 피치계 탄소섬유의 경우 해당 기준이 PAN계 탄소섬유에 비해 부족함
예상 파급 효과	- 히터용 전기제품 및 건축 난방 산업의 탄소섬유 응용산업의 성장과 국내 표준화기술의 보급

2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략
- 국제 표준 협력과 경쟁

○ 동향
- 국내업체의 탄소섬유를 활용한 히터 제작 및 난방공사가 증대하고 있음
- 하지만, 탄소섬유에 대한 발열성능 및 사용시간 등 기준이 모호하여 안전사고를 유발할 수 있는 요인임
- 특히, 최근 겨울철 메탈 발열체가 적용된 가정용 히터 및 전기방판의 화재 안전사고가 급증하면서, 내산화성이 뛰어난 탄소섬유 발열체의 사용이 증가하고 있어 사용기준 및 표준화가 완성된 통합관리 시스템이 필요함
- 효성, 태광 등 국내 대기업에서 생산 중인 PAN계와 달리, 피치계 탄소섬유의 경우 국내 상용화가 이루어지지 않았음
- 이에, 일부 수입된 피치계 탄소섬유가 히터 및 난방용 발열체로 사용되고 있으나, 이에 대한 기준 및 표준화 작업이 미비한 상황임

○ 세부전략(안)
- 국외대비 국내표준화 수준 분석에 따른 전략 : ASTM D3039 (Tensile Testing Carbon Fiber Laminates in an Environmental Chamber), ASTM D256 (Izod Impact on Carbon/PPS Composites made from recycled carbon fiber) 등 선진국 탄소섬유 및 복합재 물성 ASTM 규정 대비 국내표준화 분석

- 탄소섬유 발열 특성에 기초하여, 섬유방사용 피치의 방사성 및 메조페이스 함량 등 원료물질에 대한 표준화
- 탄소섬유 직경, 표면처리 및 직조형태에 따른 발열특성 표준화
- 국내표준화인프라 수준 분석에 따른 전략 : 현재 이 분야 전문가들과 기초과학지원연구원등 표준 활동이 개인 연구자 및 연구기관에서 활발하므로 계속 활성화 유도
- 국제표준화 기여도 분석에 따른 전략 : 탄소섬유 복합재의 표준화를 위한 미국/일본 ASTM D30 Meeting등 다양한 국제회의 참석을 통해 국제표준화 기여 및 기술 파악

○ IPR확보전략
- 석유계 잔사유를 활용한 피치계 탄소섬유에 대한 생산 기술 및 그레이드 분류는 미국·일본 등 선진국을 중심으로 연구되었지만, 히터 및 난방공사에 적합한 탄소섬유의 물성에 대한 표준화는 미비하여 이에 대한 구체적인 체계화를 구축하여 국내에서 개발된 표준화를 보급할 필요가 있음

3) 표준화 로드맵

2.16. 탄소섬유를 이용한 LED용 고성능 방열 시편 제조방법 및 시험방법 표준화

1)분석

표준화 항목	탄소섬유기반 LED용 고성능 방열 부품의 시편 제조방법 및 시험방법
연관기술	탄소섬유, 방열,
표준화 배경	탄소섬유 기반 산업 소재 및 응용 제품 개발
표준화 이슈	전기전자 부품의 방열 제품 기능의 표준화
표준화 필요성	- 탄소섬유의 우수한 열전달특성을 이용한 제품의 개발 - LED 제품의 대중화 - 차세대 전지 전자 부품으로 제품의 규격화가 요구됨. - 미국의 천연 탄소제품의 대응 제품으로 개발 시급 - 방열 특성의 시험규격이 필요함
예상 파급 효과	탄소섬유의 제조기술의 확산 및 응용제품 개발

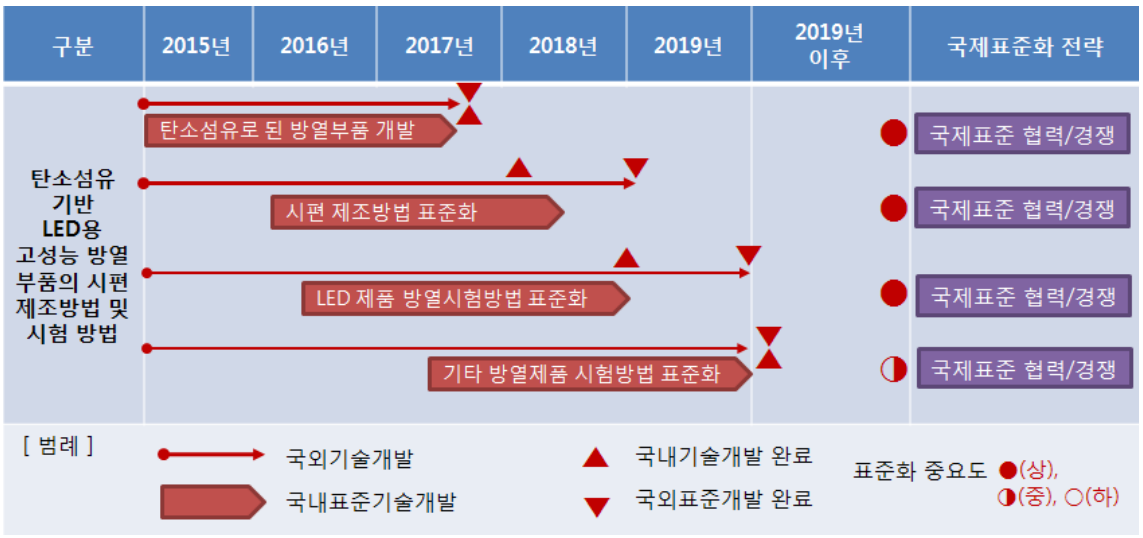
2) 표준화 세부 전략

○ 국제표준화전략
- 탄소섬유 기반 sheet 제품의 방열 부품으로 제조된 제품의 성능시험 방법에 대한 규격 요구가 향후 예상됨
- 고분자 복합소재를 기반으로 하는 ISO TC 61/SC13, TC 61/SC5 국제표준 분과위원회를 대상으로 탄소섬유 기반 방열 제품의 시험방법을 제시함
- 이를 통해 우리 기술이 선점하는 분야의 내용에 맞추어 표준 개발을 진행하여 국내 탄소섬유기반 복합체 산업의 활성화 및 고부가가치화에 기여

○ 동향
- LED제품의 고열의 방열기술에 대한 개발이 활발히 진행됨.
- 조명과 디스플레이 제품들의 경량화 및 슬림화에 관점과 고열 방열에 대한 문제점 대두
- 다양한 모양과 재료들의 개발 진행 중
- 국내 LED 산업의 경쟁력 향상을 위한 각종 소재 개발

○ IPR확보전략
- 탄소섬유로 된 방열소재 부품개발로 다양한 지적재산권의 기대됨
- 국내의 전지 전자 부품의 지속적인 경쟁력 확보
- 시험방법의 표준화를 통한 관련제품의 개발의 확대

3) 표준화 로드맵


구분
2015년
2016년
2017년
2018년
2019년
2019년 이후
국제표준화 전략
탄소섬유 기반 LED용 고성능 방열 부품의 시편 제조방법 및 시험 방법
탄소섬유로 된 방열부품 개발
시편 제조방법 표준화
LED 제품 방열시험방법 표준화
기타 방열제품 시험방법 표준화
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
국제표준 협력/경쟁
[범례]
국외기술개발
국내표준기술개발
국내기술개발 완료
국외표준개발 완료
표준화 중요도 ●(상), ◑(중), ○(하)

Ⅳ. 결론 및 제언

1) 탄소소재 표준화 5개년 전략을 수립하였다.
응용, 상용화가 용이하고 표준 제정이 시급한 분야를 최우선으로 겨냥하여 표준화 로드맵을 도출하였음

2) 표준화 활동은 다음과 같은 분야별 전략이 요구된다.

(1) 나노탄소소재 분야
- 동북아표준협력포럼을 통한 한중일 삼국의 협력이 가능하다고 사료됨
  * 동북아표준협력포럼에서 사전 협의 후 ISO 참여 및 표준 제정 추진
  * 동북아표준협력포럼에 분과 설치, 국가기술표준원에 국내 그룹을 형성하여 전문가 그룹 양성이 필요

(2) 탄소섬유 및 복합소재 분야
- 동북아표준포럼에서 한중일 삼국의 협력은 어려울 것으로 사료됨
  * 탄소섬유분야는 일본 도레이가 석권, 중국은 후발주자로 영역확대 중, 한국은 15여 년 간 공백 상태라고 해도 과언이 아님
  * 탄소섬유 분야의 발전 전략으로는 저가, 내염화, 저온탄화, 저온탄화 탄소섬유를 사용한 복합소재 등의 틈새시장을 공략하는 것도 한 가지 방법임
  * 표준화 활동에서는 시험평가 방법의 차별화, TC61의 유리섬유 부분을 탄소섬유로 대체 등과 같은 방법을 통하여 많은 표준 제정이 가능하다고 사료됨
    단, 왜 아직까지 이와 같은 표준을 제정하지 않았는가에 대한 의문이 있음
    이와 관련된 표준기반 조성 사업 등을 통해 분석이 절실히 요구됨

3) 국내 전문가 확보 및 전문가의 원활한 활동을 보장하기 위한 제도적인 배려가 요구된다.
  * 대학 평가에 표준화 활동도 평가 대상이 되도록 국가기술표준원이 각 대학에 요청하는 것이 요망됨(중앙일보 등 일간지 대학평가 담당자를 설득하는 것도 방법이 될 수 있음)
  * 대다수 연구소의 경우 표준화 활동이 고과에 반영되지만 활동에 따른 단기성과를 요구하므로 표준화 과정에 대한 이해를 시키는 범부처 차원의 노력이 요구됨
  * 대다수 기업의 경우 표준화 활동의 필요성을 전혀 못 느끼고 있음
    임직원의 원활한 표준화 활동을 위해서는 대표나 소유주에 대해 표준의 필요성을 이해시키는 범부처 차원의 노력이 요구됨

Ⅴ. 부록

1. 국내 탄소소재 기업

탄소소재	기업	주요제품	용도
탄소섬유	효성	탄소섬유	
	코오롱인더스트리	탄소섬유	
	GS Caltex	탄소섬유	
	OCI	탄소섬유	
	도레이첨단소재	탄소섬유	보잉747동체
	태광	탄소섬유	
카본나노튜브	엘지화학	전도성컴파운드	대전방지
	효성	전도성컴파운드	대전방지
	제이오	탄소나노튜브	복합재
	나노미래	전도성컴파운드	복합재
	나노솔루션	탄소나노튜브	투명전극
	월드튜브	전도성코팅액	전도성필름
	엑사이엔씨	코팅액	발열 복합재
	엘지이노텍	LED BLU	방열복합시트
	MK전자	면광원	조명
	유원컴텍	전도성컴파운드	대전방지
	신일화학	전도성컴파운드	대전방지/구조재
	한화케미칼	ESD 복합재	전기전자
	한화나노텍	SWNT/MWNT	전기전자
	금호석유화학	CNT	대전방지 복합재
카본블랙	OCI	카본블랙(범용98%,특수용2%)	타이어,안료
	OEC	카본블랙(범용73%,특수용27%)	타이어, 안료
	CCK	카본블랙(범용83%,특수용17%)	타이어, 안료
활성탄소	신기화학공업(주)	액상 및 기상용 활성탄	유해물질 흡착용
	㈜한일그린텍	활성탄, 성형목탄	정수처리용
	삼천리활성탄소㈜	활성탄	기상용, 액상용
	㈜동양탄소	활성탄	악취제거, 유기용매 회수
	㈜유니온카본	활성탄	유해물질 처리용
	㈜한독카본	활성탄	공조장치, 공기정화
	㈜한남	활성탄	정수처리용
	㈜백석화학	활성탄, 안트라사이트	폐수처리, 악취제거
	자연과학산업㈜	활성탄	정수필터, 유해가스제거
	㈜보림산업	대나무활성탄	정수필터, 담배필터
	제일탄소공업㈜	활성탄	기상용, 액상용

탄소소재	기업	주요제품	용도
인조흑연	(주)권풍	흑연분말	
	(주)그래핀코리아	흑연채석	
	(주)동방카본	흑연제품, 카본제품	
	(주)모간	카본, 카본브러쉬	자동차
	(주)베스트카본	카본브러쉬 홀더	
	(주)티씨케이	고순도흑연	
	가람산전	카본, 카본브러시	모터
	가미소재(주)	카본블랙 마스터배치	
	극동씰테크(주)	카본제품	자동차
	닛시유경(주)	카본면상발열체	히터
	다음카본	카본파이프	발열체
	대웅카본	카본봉, 가우징카본	
	동양탄소(주)	흑연전극	
	리치카본써비스	카본브러쉬	
	마이크로파우더(주)	흑연	
	메르센코리아(주)	카본브러쉬, 특수카본	
	모간전장	카본브러쉬	
	모던카본	그라파이트	기계부품
	무한컴퍼지트	카본재성형물	
	반석카본	카본,그라파이트	
	성진기업(주)	흑연,판수지	
	세영정공	흑연재료링	
	승림카본금속(주)	카본브러쉬	모터
	애경유화	소프트카본	
	에이브이오카본코리아(주)	카본브러시	
	에이치씨티앤피(주)	카본, 카본튜브	
	원광산업	카본브러쉬	
	유진엔지니어링	카본파이프	
	일도에프엔씨(주)	연료전지용 카본분리판	
	일신카본(주)	카본브러쉬	
	제이씨텍(주)	카본레인지, 카본히터	
	코데카	카본,흑연히터	
	엔이케이(주)	메카니컬씰, 소성카본	
	태성카본제조소	카본열교환기	
	포스코켐텍	인조흑연블럭	
	한강카본	카본지그, 카본플레이트	
	한국종합상사	흑연도가니	
	한일카본공업	카본브러쉬	모터
	현대카본	카본브러쉬	모터
	현대오일뱅크	석유코크스	인조흑연 원료
	현대제철	콜타르	인조흑연 원료
	OCI	인조흑연	
	PCT	소프트카본	음극재

2. 탄소소재분야의 표준 제정 현황

2.1. 카본블랙 분야

2.1.1. 개요 및 조사범위

카본블랙(Carbon Black)과 관련하여 발행된 국제표준은 검색은 키워드 “carbon" 과 ”black"을 사용하여 국가기술표준원 통합검색사이트 http://search.ats.go.kr/search_norm.asp 를 활용함과 병행하여 ASTM, DIN, BS, CENELEC, 등의 홈페이지와 JIS 표준검색은 http://www.webstore.jsa.or.jp/webstore/JIS/FlowControl.jsp/를 이용하였다. 본 조사에는 카본블랙 자체의 특성측정과 관련된 표준과, 카본블랙의 응용에 관한 표준과, 특정용도로 사용되는 카본블랙과 관련하여 제정이 완료된 표준을 모두 포함하였다.

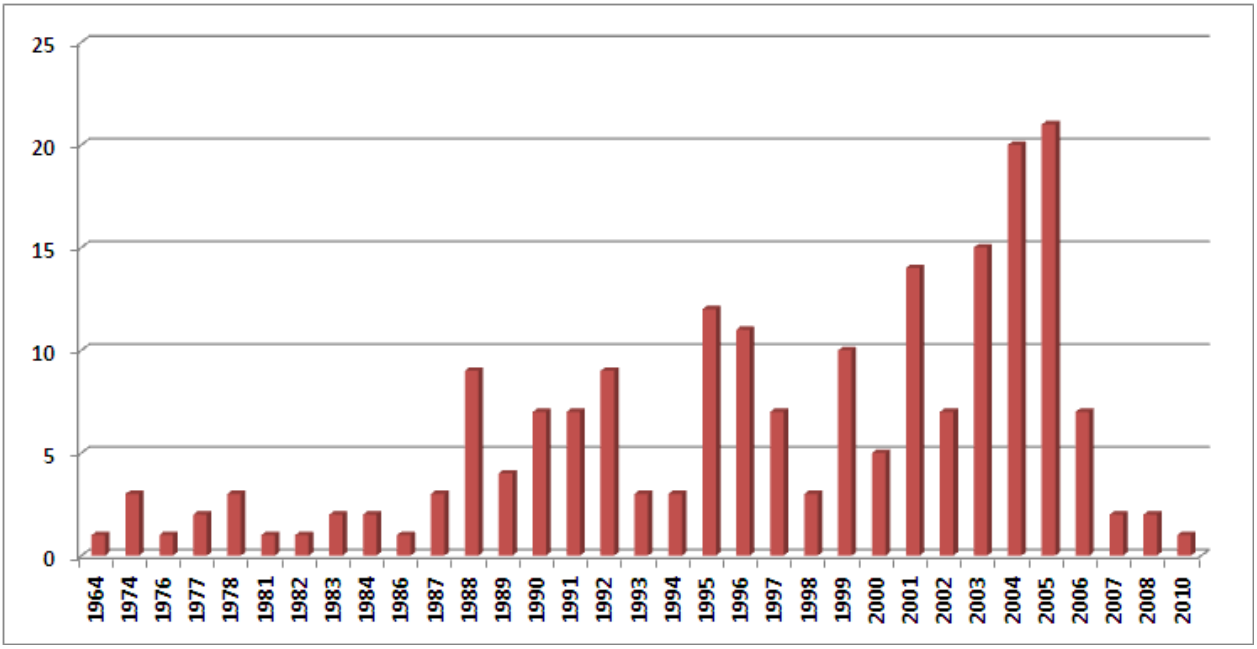
2.1.2. 연도별 표준제정 동향

카본블랙 관련하여 가장 활발하게 활동하고 있는 표준화 기술위원회로는 미국재료시험협회(ASTM) 산하 카본블랙 기술위원회 D24가 있다. 이 기술위원회는 1956년에 처음 구성되었으며 매년 6월과 12월에 정례회의를 개최한다. 약 30명의 회원들이 3일 동안 개최되는 표준화 기술위원회에 참여하고 있으며 현재 약 60명의 회원들이 코우크스, 석탄, 차콜, 흑연, 흑연 제품들과 관련하여 제정된 34개 이상의 표준을 관할하고 있다. 이 표준들은 매년 발행되는 ASTM의 표준연감에 수록되어 있다.

카본블랙의 표준화는 1964년에 영국규격협회 (British Standards Institution; BSI)에서 “Methods of testing vulcanized rubber. Determination of carbon black” 에 대한 표준을 제정한 이후 상당 기간 동안 활동이 없다가 1974년에 프랑스국가규격협회 (NF)에서 저밀도 폴리에틸렌계 플라스틱에 포함된 카본블랙의 성분을 알아내기 위한 측정방법에 대한 2건의 표준을 제정함으로서 카본블랙에 관한 표준들이 제정되기 시작하였다. 1987년을 기점으로 BSI, ASTM, ISO와 같은 표준화 기구의 주도하에 본격적이며 지속적으로 카본블랙과 관련된 표준들이 제정되기 시작하였다.

1987년을 기점으로 증가하던 표준 제정 건수는 2005년에 정점을 찍을 때까지 지속적으로 증가하였다. 그 기간 동안 대부분의 카본블랙과 관련된 표준의 표준들이 제정된 것으로 추정되며 2006년 이후에는 소강상태를 보이는 것으로 나타났다.

특이한 점은 영국규격협회(BSI), 프랑스국가규격협회(NF)와 독일공업규격위원회(DIN)에서는 국제표준화기구(ISO)에서 제정한 카본블랙관련 표준들을 부합화 과정을 통해 자국의 국가표준으로 제정 활용하고 있는 점이며, 이를 통하여 표준의 중복제정을 방지하면서 예산과 표준제정에 소요되는 기간도 대폭 절감하는 효과를 거둘 수 있다는 것이다.



[그림 Ⅳ-1] 카본블랙 분야 연도별 표준제정 현황

<표 Ⅳ-1> 연도별 카본블랙 관련 표준 제정 건수

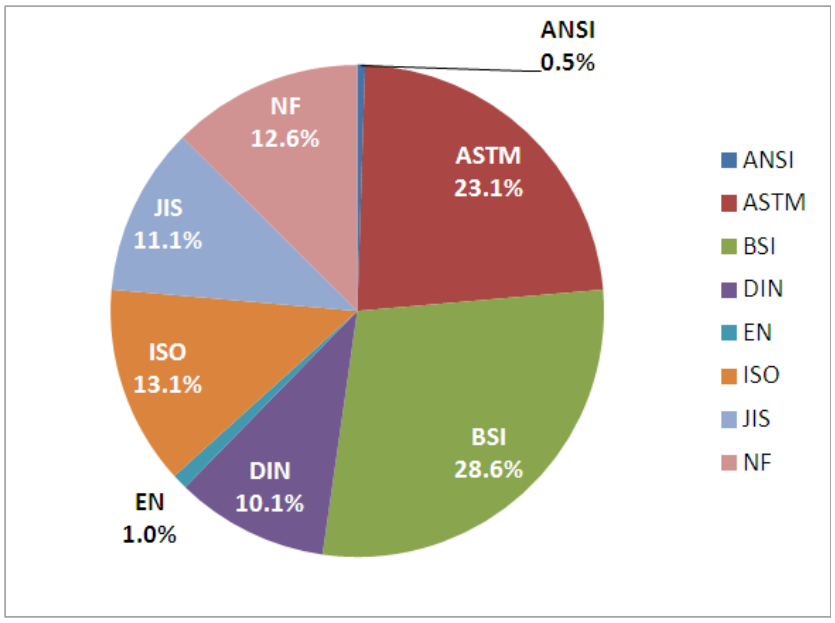
연 도	표준제정 건수	연 도	표준제정 건수
1964	1	1994	3
1974	3	1995	12
1976	1	1996	11
1977	2	1997	7
1978	3	1998	3
1981	1	1999	10
1982	1	2000	5
1983	2	2001	14
1984	2	2002	7
1986	1	2003	15
1987	3	2004	20
1988	9	2005	18
1989	4	2006	7
1990	7	2007	2
1991	7	2008	2
1992	9	2010	1
1993	3	합계	199

2.1.3. 표준화 기구별 표준제정 동향

국제표준화 기구별로 카본블랙 분야의 표준제정 현황을 살펴보면 영국규격협회(BSI)와 미국재료시험협회(ASTM)가 57건, 46건의 카본블랙의 표준을 각각 제정하여 카본블랙 전체 표준제정 건수의 28.6% 및 23.1%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 뒤를 이어 국제표준화기구(ISO), 프랑스국가규격협회(NF), 일본공업규격위원회(JIS), 독일공업규격위원회(DIN)가 10건 이상의 카본블랙 관련 표준을 제정한 것으로 나타났다.

<표Ⅳ-2> 표준화 기구별 카본블랙 관련 표준 제정현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준제정 건수	점유율 [%]
1	영국규격협회 British Standards Institution	BS	57	28.6
2	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	46	23.1
3	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	26	13.1
4	프랑스국가규격협회 Association Francaise de Normalisation	NF	25	12.6
5	일본공업규격위원회 Japanese Industrial Standards Committee	JIS	22	11.1
6	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	20	10.1
7	유럽전기기술표준화위원회 European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)	EN	2	1.0
8	미국표준협회 American National Standards Institute	ANSI	1	0.5
계			199	100.0



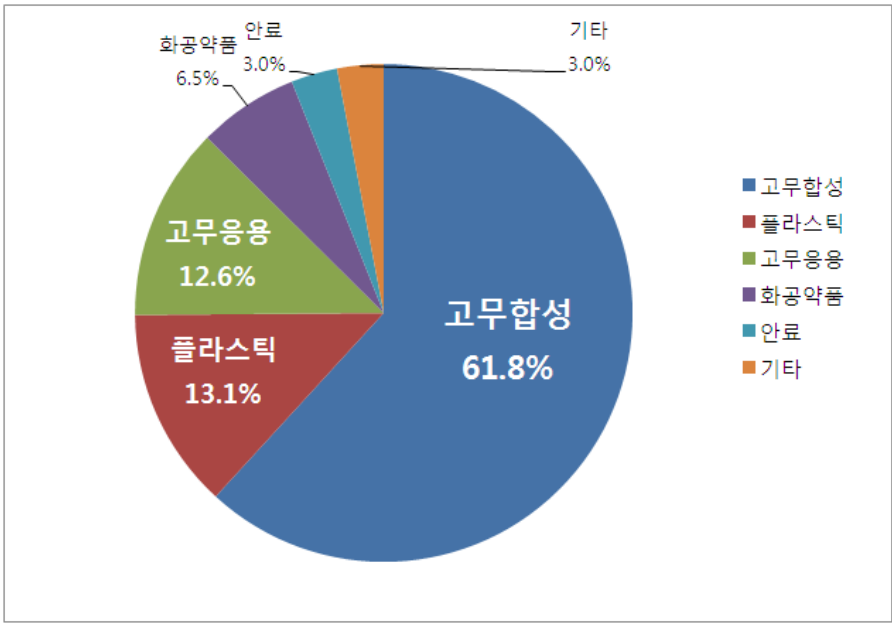
[그림 Ⅳ-2] 카본블랙 분야 표준화 기구별 표준제정 현황

2.1.4. 표준화 용도별 표준제정 동향

지금까지 파악된 카본블랙의 표준을 그 용도별로 살펴보면 고무합성에 활용되는 카본블랙에 대한 표준이 123건 제정되어 지금까지 제정된 전체 표준의 61.8%를 차지하고 있으며 플라스틱과 관련된 카본블랙에 대한 표준이 26건 제정되어 13.1%를 차지하고 있다. 고무제품과 관련된 표준도 25건 제정되어 12.6%를 점유하면서 그 뒤를 잇고 있다.

<표 Ⅳ-3> 용도별 카본블랙 관련 표준 제정현황

No.	용 도	건수	비율 [%]
1	고무합성	123	61.8
2	플라스틱	26	13.1
3	고무응용	25	12.6
4	화공약품	13	6.5
5	안료	6	3.0
6	기타	6	3.0
계		199	100.0



[그림 Ⅳ-3] 카본블랙 분야 용도별 표준제정 현황

카본블랙의 용도 측면에서 표준화 기구별로 제정된 표준 현황을 살펴보면 고무합성과 관련된 카본블랙의 시험방법에 관한 표준은 영국규격협회(BSI)에서 37건 제정하여 가장 많았으며 그 뒤를 이어 미국재료시험협회(ASTM)에서 총 29건의 표준을 제정하였고 국제표준화기구(ISO), 프랑스국가규격협회(NF), 일본공업규격위원회(JIS), 독일공업규격위원회(DIN)가 각각 17건, 16건, 13건 및 6건을 제정한 것으로 조사되었다.

<표 Ⅳ-4> 용도별 기구별 카본블랙 관련 표준 제정현황

구분	고무합성	플라스틱	고무응용	화공약품	안료	기타	계
BSI	37	8	9	1		2	57
ASTM	29	3	5	4	3	2	46
ISO	17	3	6				26
NF	16	5	2	1		1	25
JIS	18	3	1				22
DIN	6	2	2	6	3	1	20
EN		1		1			2
ANSI		1					1
계	123	26	25	13	6	6	199

2.1.5. 카본블랙 분야 세부 표준목록

카본블랙과 관련하여 1964년 이후 지금까지 제정이 완료된 표준은 총 199건으로 조사되었다. 그러나 표준과 카본블랙과의 연관성을 어디까지 고려할 것인가에 대한 기준은 주관적인 판단에 의해 크게 영향을 받을 수 있음을 감안해야 한다. 본 조사는 검색사이트와 각 표준화 기구의 홈페이지를 통하여 키워드 방식으로 이루어졌으며 일부 누락된 부분이 있을 수 있다.

연관성에 대한 부분은 카본블랙 자체에 대한 시험방법인 경우에는 연관성이 높은 것으로 판단하였고 카본블랙을 타 소재나 분야에 응용하기 위하여 시험방법인 경우에는 제한적인 연관성을 가지는 것으로 판단하였고 '카본블랙'이라는 키워드가 제목에 표시되지 않고 내용에 언급되는 정도인 경우에는 연관성이 낮은 것으로 판단하였다.

<표Ⅳ-5> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
1	ANSI/ASTM D 3349	Carbon Black Pigmented Ethylene Plastic Film, Test Method for Absorption Coefficient of (08.03)	1999	ANSI	◑
2	ASTM D 6602b	Standard Practice for Sampling and Testing of Possible Carbon Black Fugitive Emissions or Other Environmental Particulate, or Both	2003	ASTM	◔
3	ASTM D 5596	Standard Test Method for Microscopic Evaluation of the Dispersion of Carbon Black in Polyolefin Geosynthetics	2003	ASTM	◔
4	ASTM D 5817a	Standard Practice for Carbon Black, Pelleted - Reduction, Blending, and Drying of Gross Samples for Testing	2003	ASTM	◑
5	ASTM D 6556	Standard Test Method for Carbon Black-Total and External Surface Area by Nitrogen Adsorption	2004	ASTM	◑
6	ASTM D 2414	Standard Test Method for Carbon Black - Oil Absorption Number (OAN)	2005	ASTM	◑
8	ASTM D 6086	Standard Test Methods for Carbon Black--Compressed Volume Index	2005	ASTM	◑
9	ASTM D 1900	Standard Practice for Carbon Black - Sampling Bulk Shipments	1994	ASTM	●
10	ASTM D 1509	Standard Test Methods for Carbon Black-Heating Loss	1995	ASTM	●
11	ASTM D 1512	Standard Test Methods for Carbon Black-pH Value	1995	ASTM	●
12	ASTM D 2663a	Standard Test Methods for Carbon Black-Dispersion in Rubber	1995	ASTM	●
13	ASTM D 4583	Standard Practice for Carbon Black - Calculation of Process Indexes From an Analysis of Process Control Data	1995	ASTM	●
14	ASTM D 1506	Standard Test Methods for Carbon Black-Ash Content	1999	ASTM	●
15	ASTM D 1618	Standard Test Method for Carbon Black Extractables - Transmittance of Toluene Extract	1999	ASTM	●
16	ASTM D 4527	Standard Test Methods for Carbon Black - Solvent Extractables	1999	ASTM	●
17	ASTM D 1511	Standard Test Method for Carbon Black-Pellet Size Distribution	2000	ASTM	●
18	ASTM D 1508	Standard Test Method for Carbon Black, Pelleted Fines and Attrition	2002	ASTM	●
19	ASTM D 3191	Standard Test Methods for Carbon Black in SBR (Styrene-Butadiene-Rubber)-Recipe and Evaluation Procedures	2002	ASTM	●
20	ASTM D 3192	Standard Test Methods for Carbon Black Evaluation in NR (Natural Rubber)	2002	ASTM	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-6> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
21	ASTM D 1619	Standard Test Methods for Carbon Black - Sulfur Content	2003	ASTM	●
22	ASTM D 1799a	Standard Practice for Carbon Black - Sampling Packaged Shipments	2003	ASTM	●
23	ASTM D 3265	Standard Test Method for Carbon Black - Tint Strength	2003	ASTM	●
24	ASTM D 1514	Standard Test Method for Carbon Black - Sieve Residue	2004	ASTM	●
25	ASTM D 3053b	Standard Terminology Relating to Carbon Black	2004	ASTM	●
26	ASTM D 3313	Standard Test Method for Carbon Black-Individual Pellet Hardness	2004	ASTM	●
27	ASTM D 3493a	Standard Test Method for Carbon Black - Oil Absorption Number of Compressed Sample (COAN)	2004	ASTM	●
28	ASTM D 3765	Standard Test Method for Carbon Black - CTAB (Cetyltrimethylammonium Bromide) Surface Area	2004	ASTM	●
29	ASTM D 3849	Standard Test Method for Carbon Black-Morphological Characterization of Carbon Black Using Electron Microscopy	2004	ASTM	●
30	ASTM D 4821	Standard Guide for Carbon Black - Validation of Test Method Precision and Bias	2004	ASTM	●
31	ASTM D 5230	Standard Test Method for Carbon Black - Automated Individual Pellet Hardness	2004	ASTM	●
32	ASTM D 1513	Standard Test Method for Carbon Black, Pelleted - Pour Density	2005	ASTM	●
33	ASTM D 1765	Standard Classification System for Carbon Blacks Used in Rubber Products	2005	ASTM	●
34	ASTM D 1937	Standard Test Method for Carbon Black, Pelleted - Mass Strength	2005	ASTM	●
35	ASTM D 4122a	Standard Practice for Carbon Black - Evaluation of an Industry Reference Black	2005	ASTM	●
36	ASTM D 6915a	Standard Practice for Carbon Black - Evaluation of Standard Reference Blacks	2005	ASTM	●
37	ASTM D 3186	Standard Test Methods for Rubber-Evaluation of SBR (Styrene-Butadiene Rubber) Mixed With Carbon Black or Carbon Black and Oil	1997	ASTM	◑
38	ASTM D 5805	Standard Test Method for Rubber from Synthetic Sources--Carbon Black in Masterbatches	2000	ASTM	◑
39	ASTM D 6741	Standard Test Methods for Silanes Used in Rubber Formulations (bis-(triethoxysilylpropyl)sulfanes): Sulfur Content	2001	ASTM	◑
40	ASTM D 3848	Standard Test Methods for Rubber - Evaluation of NBR (Acrylonitrile-Butadiene Copolymers) Mixed With Carbon Black	2003	ASTM	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-7> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
41	ASTM D 4483	Standard Practice for Evaluating Precision for Test Method Standards in the Rubber and Carbon Black Manufacturing Industries	2005	ASTM	◑
42	ASTM D 1603	Standard Test Method for Carbon Black In Olefin Plastics	2001	ASTM	◑
43	ASTM D 4218	Standard Test Method for Determination of Carbon Black Content in Polyethylene Compounds By the Muffle-Furnace Technique	1996	ASTM	◑
44	ASTM D 3349	Standard Test Method for Absorption Coefficient of Ethylene Polymer Material Pigmented with Carbon Black	1999	ASTM	◑
45	ASTM D 561	Standard Specification for Carbon Black Pigment for Paint	1982	ASTM	◔
46	ASTM D 305	Standard Test Method for Solvent-Extractable Material in Black Pigments	1984	ASTM	◔
47	ASTM D 3724	Standard Specification for Synthetic Brown Iron Oxide Pigment	2001	ASTM	◔
48	BS 6437:1984	Specification for polyethylene pipes (type 50) in metric diameters for general purposes	1984	BSI	◑
49	BS ISO 18553:2002	Method for the assessment of the degree of pigment or carbon black dispersion in polyolefin pipes, fittings and compounds	2002	BSI	◑
50	BS EN 60811-4-1: 1995	Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds. Resistance to environmental stress cracking. Wrapping test after thermal ageing in air. Measurement of the flow index. Carbon black and/or mineral content measurement in PE	1995	BSI	◑
51	BS 7655-10.1: 1996	Specification for insulating and sheathing materials for cables. Polyethylene sheathing compounds. Thermoplastic medium density polyethylene (MDPE) sheathing compound	1997	BSI	◑
52	BS 7655-10.1: 2000	Specification for insulating and sheathing materials for cables. Polyethylene sheathing compounds. Thermoplastic medium density polyethylene (MDPE) sheathing compound	2000	BSI	◑
53	BS EN 60811-4-1:2 004	Insulating and sheathing materials of electric and optical cables. Common test methods. Methods specific to polypropylene and polypropylene compounds. Resistance to environmental stress cracking. Measurement of the melt flow index. Carbon black and/or mineral filter content measurement in PE by direct combustion. Measurement of carbon black content by TGA. Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope	2004	BSI	◑
54	BS 6469:Part 4:Section 4.1:1992	Insulating and sheathing materials of electric cables. Methods of test specific to polyethylene and polypropylene compounds. Resistance to environmental stress cracking. Wrapping test after thermal ageing in air. Measurement of the melt flow index. Carbon black and/or mineral content measurement in PE	1992	BSI	◔
55	BS 7870-5:1999	LV and MV polymeric insulated cables for use by distribution and generation utilities. Polymeric insulated aerial bundled conductors (ABC) of rated voltage 0.6/1 kV for overhead distribution	1999	BSI	◔

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-8> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
56	BS EN 14155:2003	Derivatives from coal pyrolysis. Carbon black feedstock. Specifications and test methods	2003	BSI	◑
57	BS 2782:Part 4:Method 452B:1978	Methods of testing plastics. Chemical properties. Determination of carbon black content of polyolefin compound	1978	BSI	●
58	BS 5293:Part 12:1988	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Methods for determination of surface area by surfactant adsorption	1988	BSI	●
59	BS 5293:Part 13:1992	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of tinting strength	1992	BSI	●
60	BS 5293:Part 17:1988	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of dibutylphthalate absorption number using an absorptometer	1988	BSI	●
61	BS 5293:Part 2:1990	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of pour density	1990	BSI	●
62	BS 5293:Part 3:1990	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of fines content	1990	BSI	●
63	BS 5293:Part 4:1990	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of pellet size distribution	1990	BSI	●
64	BS 5293:Part 5:1988	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of loss of mass on heating	1988	BSI	●
65	BS 5293:Part 6:1988	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of sieve residue	1988	BSI	●
66	BS 5293-1:1990	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Methods of sampling	1990	BSI	●
67	BS 5293-10: 1988	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of iodine adsorption number	1988	BSI	●
68	BS 5293-12: 1996	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Methods for determination of surface area by surfactant adsorption	1996	BSI	●
69	BS 5293-13: 1995	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of tinting strength	1995	BSI	●
70	BS 5293-14: 1991	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of light transmittance of toluene extract (rapid method)	1991	BSI	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-9> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
71	BS 5293-15:1991	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of light transmittance of toluene extract for product evaluation	1991	BSI	●
72	BS 5293-16:1990	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of solvent extractable material	1990	BSI	●
73	BS 5293-17:1993	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of dibutyl phthalate absorption number using an absorptometer	1993	BSI	●
74	BS 5293-18:1992	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of dibutyl phthalate absorption number using plastograph or plasticorder	1992	BSI	●
75	BS 5293-19:1991	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Preparation of samples for determination of dibutyl phthalate absorption number (compressed sample)	1991	BSI	●
76	BS 5293-2:1996	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of pour density	1996	BSI	●
77	BS 5293-20:1992	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for evaluation in styrene-butadiene rubbers	1992	BSI	●
78	BS 5293-21:1995	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Classification system for carbon blacks used in rubber products	1995	BSI	●
79	BS 5293-3:1996	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of fines content	1996	BSI	●
80	BS 5293-4:1996	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of pellet size distribution	1996	BSI	●
81	BS 5293-5:1992	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of loss of mass on heating	1992	BSI	●
82	BS 5293-6:1992	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of sieve residue	1992	BSI	●
83	BS 5293-7:1991	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of ash content	1991	BSI	●
84	BS 5293-8:1996	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of dust content	1996	BSI	●
85	BS ISO 18852:2005	Rubber compounding ingredients. Determination of multipoint nitrogen surface area (NSA) and statistical thickness surface area (STSA)	2005	BSI	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-10> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
86	BS ISO 21870:2005	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of high-temperature loss on heating by thermogravimetry	2005	BSI	●
87	BS 5293:1976	Methods for sampling and testing carbon black for use in the rubber industry	1976	BSI	●
88	BS 5293-11: 1995	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of specific surface area by nitrogen adsorption methods using single-point procedures	1995	BSI	●
89	BS ISO TR 6809:1996	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Standard reference blacks	1997	BSI	●
90	BS 5293-10: 2001	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of iodine absorption number	2001	BSI	●
91	BS 5293-7:2001	Sampling and testing carbon black for use in the rubber industry. Method for determination of ash content	2001	BSI	●
92	BS ISO 3858:2004	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of light transmittance of toluene extract	2004	BSI	●
93	BS ISO 15825:2004	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of aggregate size distribution by disc centrifuge photosedimentory	2004	BSI	●
94	BS 5563:1983	Method for evaluation of vulcanization characteristics for raw styrene-butadiene rubber (SBR) masterbatches with carbon black or carbon black and oil (including test recipe)	1983	BSI	◑
95	BS 5563:1990	Method for evaluation of styrene-butadiene rubber (SBR) masterbatches with carbon black or carbon black and oil	1990	BSI	◑
96	BS 7164-15.1: 1994	Chemical tests for raw and vulcanized rubber. Method for thermogravimetric determination of the composition of vulcanizates and uncured compounds. Butadiene, ethylene-propylene copolymer and terpolymer, isobutene-isoprene, isoprene and styrene-butadiene rubbers	1994	BSI	◑
97	BS ISO 11345:1997	Rubber. Assessment of carbon black dispersion. Rapid comparative methods	1997	BSI	◑
98	BS 903:Part B14:1964	Methods of testing vulcanized rubber. Determination of carbon black	1964	BSI	◑
99	BS ISO 4659:1997	Rubber, styrene-butadiene (carbon or carbon black and oil masterbatches). Evaluation procedure	1998	BSI	◑
100	BS ISO 9924-2:2000	Rubber and rubber products. Determination of the composition of vulcanizates and uncured compounds by thermogravimetry. Acrylonitrile-butadiene and halobutyl rubbers	2000	BSI	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-11> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
101	BS ISO 9924-1:2000	Rubber and rubber products. Determination of the composition of vulcanizates and uncured compounds by thermogravimetry. Butadiene, ethylene-propylene copolymer and terpolymer, isobutene-isoprene, isoprene and styrene-butadiene rubbers	2001	BSI	◑
102	BS ISO 4659:2003	Styrene-butadiene rubber (carbon black or carbon black and oil masterbatches). Evaluation procedure	2003	BSI	◑
103	BS 2782-4:Method 452B:1993	Methods of testing plastics. Chemical properties. Determination of carbon black content of polyolefin compound	1993	BSI	◑
104	BS 2782-8:Methods 823A and 823B:1978	Methods of testing plastics. Other properties. Methods for the assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope	1978	BSI	◑
105	DIN EN 60811-4-1; VDE 0473-811-4-1	Insulating and sheathing materials of electric and optical cables - Common test methods - Part 4-1: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds - Resistance to environmental stress cracking - Measurement of the melt flow index - Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene by direct combustion - Measurement of carbon black content by thermogravimetric analysis (TGA) - Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope (IEC 60811-4-1:2004); German version EN 60811-4-1:2004	2005	DIN	◑
106	DIN VDE 0472-705; VDE 0472-705	Testing of cables, wires and flexible cords; indirect carbon black determination for PVC-sheaths	1987	DIN	◔
107	DIN 53552	Testing of Carbon Black; Determination of the Amount of Components of Carbon Black that are Volatile on Heating	1977	DIN	◑
108	DIN 53584	Testing of Carbon Black; Determination of the Sulphur Content	1977	DIN	◑
109	DIN 53601	Testing of Carbon Blacks; Determination of the Dibutylphthalate Absorption of Carbon Blacks	1978	DIN	◑
110	DIN 53582	Testing of carbon black; determination of iodine adsorption number	1983	DIN	◑
111	DIN 53586	Testing of carbon black; determination of residue on ignition of carbon black	1988	DIN	◑
112	DIN EN 14155	Derivatives from coal pyrolysis - Carbon black feedstock - Specifications and test methods; German version EN 14155:2003	2003	DIN	◑
113	DIN 78081-1	Raw materials for use in the rubber industry; carbon black; typical characteristics	1991	DIN	●
114	DIN 78081-2	Raw materials for use in the rubber industry; carbon black; requirements	1991	DIN	●
115	DIN ISO 1124	Rubber compounding ingredients - Carbon black shipment sampling procedures; identical with ISO 1124:1988	1996	DIN	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-12> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
116	DIN ISO 1306	Rubber compounding ingredients – Carbon black (pelletized) – Determination of pour density (ISO 1306:1995)	2004	DIN	●
117	DIN ISO 1435	Rubber compounding ingredients – Carbon black (pelletized) – Determination of fines content (ISO 1435:1996)	2004	DIN	●
118	DIN ISO 11234	Rubber compounding ingredients – Carbon black (pelletized) – Determination of dust content (ISO 11234:1995)	2004	DIN	●
119	DIN 53583	Testing of rubber; determination of fines content and of loss in mass by abrasion of pelletized carbon black	1988	DIN	◑
120	DIN ISO 2878	Rubber, vulcanized – Antistatic and conductive products – Determination of electrical resistance (ISO 2878:1987)	1997	DIN	◑
121	DIN EN ISO 3915	Plastics – Measurement of resistivity of conductive plastics (ISO 3915:1981); German version EN ISO 3915:1999	1999	DIN	◑
122	DIN 55678-3	Paints, varnishes and similar coating materials; determination of pigment content; filtration method	1988	DIN	◔
123	DIN 55979	Testing of pigments; determination of the black value of carbon black pigments	1989	DIN	◔
124	DIN 55968	Pigments – Industrial carbon blacks (lamp black, furnace black, gas black) – Requirements and methods of test	1999	DIN	◔
125	EN 60811-4-1	nsulating and sheathing materials of electric and optical cables – Common test methods – Part 4-1: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds – Resistance to environmental stress cracking – Measurement of the melt flow index – Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene by direct combustion – Measurement of carbon black content by thermogravimetric analysis (TGA) – Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope (IEC 60811-4-1:2004)	2004	EN	◑
126	EN 14155	Derivates from coal pyrolysis – Carbon black feedstocks – Specifications and test methods	2003	EN	◑
127	ISO 6964:1986	Polyolefin pipes and fittings -- Determination of carbon black content by calcination and pyrolysis -- Test method and basic specification	1986	ISO	◑
128	ISO 18553:2002	Method for the assessment of the degree of pigment or carbon black dispersion in polyolefin pipes, fittings and compounds	2002	ISO	◑
129	ISO 18852:2005	Rubber compounding ingredients. Determination of multipoint nitrogen surface area (NSA) and statistical thickness surface area (STSA)	2005	ISO	●
130	ISO 1124:1988	Rubber compounding ingredients -- Carbon black shipment sampling procedures	1988	ISO	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-13> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
131	ISO 11234:1995	Rubber compounding ingredients -- Carbon black (pelletized) -- Determination of dust content	1995	ISO	●
132	ISO 1306:1995	Rubber compounding ingredients -- Carbon black (pelletized) -- Determination of pour density	1995	ISO	●
133	ISO 8511:1995	Rubber compounding ingredients - Carbon black - Determination of pellet size distribution.	1995	ISO	●
134	ISO 1435:1996	Rubber compounding ingredients -- Carbon black (pelletized) -- Determination of fines content	1996	ISO	●
135	ISO TR 6809:1996	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Standard reference blacks	1997	ISO	●
136	ISO 1125:1999	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of ash	1999	ISO	●
137	ISO 15825:2004	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of aggregate size distribution by disc centrifuge photosedimentometry	2004	ISO	●
138	ISO 3858:2004	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of light transmittance of toluene extract	2004	ISO	●
139	ISO 21870:2005	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of high-temperature loss on heating by thermogravimetry	2005	ISO	●
140	ISO 1126:2006	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of loss on heating	2006	ISO	●
141	ISO 1304:2006	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of iodine adsorption number	2006	ISO	●
142	ISO 1138:2007	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of sulfur content	2007	ISO	●
143	ISO 1437:2007	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of sieve residue	2007	ISO	●
144	ISO 5435:2008	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of tinting strength	2008	ISO	●
145	ISO 8942:2010	Rubber compounding ingredients -- Carbon black -- Determination of individual pellet crushing strength	2010	ISO	●
146	ISO 11345:1997	Rubber. Assessment of carbon black dispersion. Rapid comparative methods	1997	ISO	◑
147	ISO 2878:1987	Rubber, vulcanized - Antistatic and conductive products - Determination of electrical resistance (ISO 2878:1987)	1987	ISO	◑
148	ISO 1408:1995	Rubber -- Determination of carbon black content -- Pyrolytic and chemical degradation methods	1995	ISO	◑
149	ISO 9924-2:2000	Rubber and rubber products. Determination of the composition of vulcanizates and uncured compounds by thermogravimetry. Acrylonitrile-butadiene and halobutyl rubbers	2000	ISO	◑
150	ISO 4659:2003	Styrene-butadiene rubber (carbon black or carbon black and oil masterbatches) -- Evaluation procedure	2003	ISO	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-14> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
151	ISO 11345:2006	Rubber -- Assessment of carbon black and carbon black/silica dispersion -- Rapid comparative methods	2006	ISO	◑
152	ISO 3915:1999	Plastics - Measurement of resistivity of conductive plastics (ISO 3915:1981); German version EN ISO 3915:1999	1999	ISO	◑
153	JIS K 6813:2002	Polyolefin pipes and fittings -- Determination of carbon black content by calcination and pyrolysis -- Test method and basic specification	2002	JIS	◑
154	JIS K 6812:2003	Method for the assessment of the degree of pigment or carbon black dispersion in polyolefin pipes, fittings and compounds	2003	JIS	◑
155	JIS C 3660-4-1: 2011	Insulating and sheathing materials of electric and optical cables -- Common test methods -- Part 4-1: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds -- Resistance to environmental stress cracking -- Measurement of the melt flow index -- Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene by direct combustion -- Measurement of carbon black content by thermogravimetric analysis (TGA) -- Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope	1998	JIS	◑
156	JIS K 6216-2:2001	Carbon black for rubber industry -- General matters -- Part 2: Standard reference blacks	2001	JIS	●
157	JIS K 6217-1:2008	Carbon black for rubber industry -- Fundamental characteristics -- Part 1: Determination of iodine adsorption number (Titrimetric method)	2001	JIS	●
158	JIS K 6217-2:2001	Carbon black for rubber industry -- Fundamental characteristics -- Part 2: Determination of specific surface area -- Nitrogen adsorption methods -- Single-point procedures	2001	JIS	●
159	JIS K 6217-3:2001	Carbon black for rubber industry -- Fundamental characteristics -- Part 3: Determination of specific surface area -- CTAB adsorption methods	2001	JIS	●
160	JIS K 6217-4:2008	Carbon black for rubber industry -- Fundamental characteristics -- Part 4: Determination of oil absorption number (OAN) and oil absorption number of compressed sample (COAN)	2001	JIS	●
161	JIS K 6217-5:2010	Carbon black for rubber industry -- Fundamental characteristics -- Part 5 : Determination of tinting strength	2001	JIS	●
162	JIS K 6217-6:2008	Carbon black for rubber industry -- Fundamental characteristics -- Part 6: Determination of aggregate size distribution by disc centrifuge photosedimentometry	2001	JIS	●
163	JIS K 6216-1:2001	Carbon black for rubber industry -- General matters -- Part 1: Carbon black shipment sampling procedures	2001	JIS	●
164	JIS K 6218-1:2005	Carbon black for rubber industry -- Secondary characteristics -- Part 1: Determination of loss on heating	2005	JIS	●
165	JIS K 6218-2:2005	Carbon black for rubber industry -- Secondary characteristics -- Part 2: Determination of ash	2005	JIS	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-15> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
166	JIS K 6218-3:2005	Carbon black for rubber industry -- Secondary characteristics -- Part 3: Determination of sieve residue	2005	JIS	●
167	JIS K 6218-4:2011	Carbon black for rubber industry -- Secondary characteristics -- Part 4: Determination of light transmittance of toluene extract	2005	JIS	●
168	JIS K 6218-5:2011	Carbon black for rubber industry -- Secondary characteristics -- Part 5: Determination of solvent extractable material	2005	JIS	●
169	JIS K 6219-1:2006	Carbon black for rubber industry -- Characteristics of pelletized carbon black -- Part 1: Determination of fines content	2006	JIS	●
170	JIS K 6219-2:2006	Carbon black for rubber industry -- Characteristics of pelletized carbon black -- Part 2: Determination of pour density	2006	JIS	●
171	JIS K 6219-3:2006	Carbon black for rubber industry -- Characteristics of pelletized carbon black -- Part 3: Determination of individual pellet crushing strength	2006	JIS	●
172	JIS K 6219-4:2006	Carbon black for rubber industry -- Characteristics of pelletized carbon black -- Part 4: Determination of pellet size distribution	2006	JIS	●
173	JIS K 6217-7:2013	Carbon black for rubber industry -- Fundamental characteristics -- Part 7: Rubber compounding ingredients -- Determination of multipoint nitrogen surface area (NSA) and statistical thickness surface area (STSA)	2008	JIS	●
174	JIS K 6227:1998	Rubber -- Determination of carbon black content -- Pyrolytic and chemical degradation methods	1998	JIS	◑
175	NF C32-031; NF EN 60811-4-1	Insulating and sheathing materials of electric and optical cables - Common test methods - Part 4-1 : methods specific to polyethylene and polypropylene compounds - Resistance to environmental stress cracking - Measurement of the melt flow index - Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene by direct combustion - Measurement of carbon black content by termogravimetric analysis (TGA) - Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope.	2004	NF	◑
176	NF T65-155; NF EN 14155	Derivatives from coal pyrolysis - Coal tar based oils : Carbon black feedstock - Specifications and test methods.	2003	NF	◑
177	NF T70-355	Energetic materials for defense. Physico-chemical analysis and properties. Graphite, carbon black, tin oxide of single and double base properlants.	1996	NF	◔
178	NF T45-111; NF ISO 1304	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of iodine adsorption number. Titrimetric method.	1987	NF	●
179	NF T45-114	Raw materials for the rubber industry. Determination of the rubber bound with carbon black.	1989	NF	●
180	NF T45-135	Raw materials for the rubber industry. Determination of the loss on heating of carbon black between 105 degrees C (or 125 degrees C) and 950 degrees C.	1989	NF	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-16> 카본블랙 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
181	NF T45-154	Raw materials for the rubber industry. Determination of the gross cohesion index for pelletized carbon black.	1989	NF	●
182	NF T45-137	Raw materials for the rubber industry. Determination of the pH of carbon black.	1990	NF	●
183	NF T45-103	Raw materials for the rubber industry. Carbon blacks. Classification system.	1992	NF	●
184	NF T45-136	Raw material for the rubber industry. Carbon black. Determination of solvent extractable material.	1992	NF	●
185	NF T45-155	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of individual pellet crushing strength.	1993	NF	●
186	NF T45-172	Raw materials for the rubber industry. Carbon black. Evaluation of the quality of the carbon black in a styrene-butadiene based mixture.	1994	NF	●
187	NF T45-112; NF ISO 5435	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of tinting strength.	1996	NF	●
188	NF T45-131; NF ISO 1126	Rubber compounding ingredients. Carbon black. Determination of loss on heating.	1996	NF	●
189	NF T45-101	Raw materials for elastomer industry - Carbon black vocabulary.	2002	NF	●
190	NF T45-153; NF ISO 8511	Rubber compounding ingredients - Carbon black - Determination of pellet size distribution.	2004	NF	●
191	NF T45-141; NF ISO 6894	Rubber compounding ingredients - Carbon black - Preparation of samples for determination of dibutylphthalate absorption number (compressed sample).	2005	NF	●
192	NF T45-151; NF ISO 1306	Rubber compounding ingredients - Carbon black (pelletized) - Determination of apparent density	2005	NF	●
193	NF T45-152; NF ISO 1435	Rubber compounding ingredients - Carbon black (pelletized) - Determination of fines content.	2005	NF	●
194	NF T46-108	Determination of the degree of carbon black dispersion in vulcanized and unvulcanized rubber.	1981	NF	◑
195	NF T45-102; NF ISO 1124	Rubber compounding ingredients. Carbon black shipment sampling procedures.	1991	NF	◑
196	NF T51-140	Low density polythene based plastics. Determination of the content of carbon black by pyrolisis.	1974	NF	◑
197	NF T51-141	Low density polyethylene based plastics. Determination of the content of carbon black. Rapid method.	1974	NF	◑
198	NF T51-143	Plastics. Filled polyamides. Determination of percentages of graphite or carbon black and fiber glass	1974	NF	◑
199	NF T51-142	Plastics. Polyethylene and polyethylene co-polymer compounds. Evaluation of the degree of dispersion of carbon black. Test method.	1992	NF	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

2.1.6. 결론 및 시사점

카본블랙의 표준화는 1987년을 기점으로 증가하던 표준 제정 건수는 2005년에 정점을 찍을 때까지 지속적으로 증가하였다. 그 기간 동안 대부분의 카본블랙과 관련된 표준의 표준들이 제정된 것으로 추정되며 2006년 이후에는 소강상태를 보이는 것으로 나타났다. 최근에는 초기에 제정된 표준들의 개정과 측정 및 분석방법의 발달로 새로운 측정방법에 관한 표준들이 제정되고 있는 것으로 조사되었다.

용도별로는 고무합성과 관련한 카본블랙의 물성시험방법에 대한 표준이 123건으로 가장 많았으며 플라스틱이나 고무 분야에 활용을 위한 카본블랙에 관한 표준도 51건 제정되었으며 화공약품과 관련된 표준도 13건이 제정되었다.

표준의 중복제정을 방지하면서 예산과 표준제정에 소요되는 기간도 대폭 절감하기 위해 영국규격협회(BSI), 프랑스국가규격협회 (NF)와 독일공업규격위원회(DIN)에서는 국제표준화기구(ISO)에서 제정한 카본블랙관련 표준들을 부합화 과정을 통해 자국의 국가표준으로 제정 활용하고 있다.

카본블랙 자체의 물성시험에 대한 표준은 대부분 제정된 상황으로 앞으로는 개정에 대한 수요 이외에는 많지 않을 것으로 예상되므로 최근 **새로운 제품의 출현에 따른 카본블랙의 응용과 관련된 표준**에 대한 수요가 증가할 것으로 전망되고 있다.

향후 첨단 기술과 관련된 표준화 대상으로는 고분산성 타이어와 같은 자동차 분야에 응용하기 위한 카본블랙의 물성 측정방법이나 신뢰성 측정방법, 또는 EMI 차폐용 전도성 카본블랙에 관한 기술, 및 고성능 배터리용 카본블랙 기술과 연관된 표준화 등이 예상되고 있다.

2.2. 활성탄소 분야

2.2.1. 개요 및 조사범위

활성탄소는 목재, 갈탄, 무연탄, 및 야자껍질 등을 원료로 제조되는 미세세공(small, low-volume pores)이 잘 발달된 무정형 탄소의 집합체로서, 활성화 과정에서 분자크기 정도의 미세세공이 잘 형성되어 큰 내부표면적을 갖는 흡착제이다. 활성탄소는 통상 단위 g당 500㎡~1,500㎡ 이상의 표면적을 가지며 주위의 분자를 흡착하는 성질이 매우 강하여 매연가스 정화, 정수처리 등의 환경산업분야에서 널리 활용되고 있다. 또한 단위면적당 넓은 표면적을 가진 특성을 이용하여 고용량 슈퍼커패시터용 금속산화물이나 EDLC(Electrical Double Layer Capacitor)의 전극재료 제조과정에도 활용되고 있다.

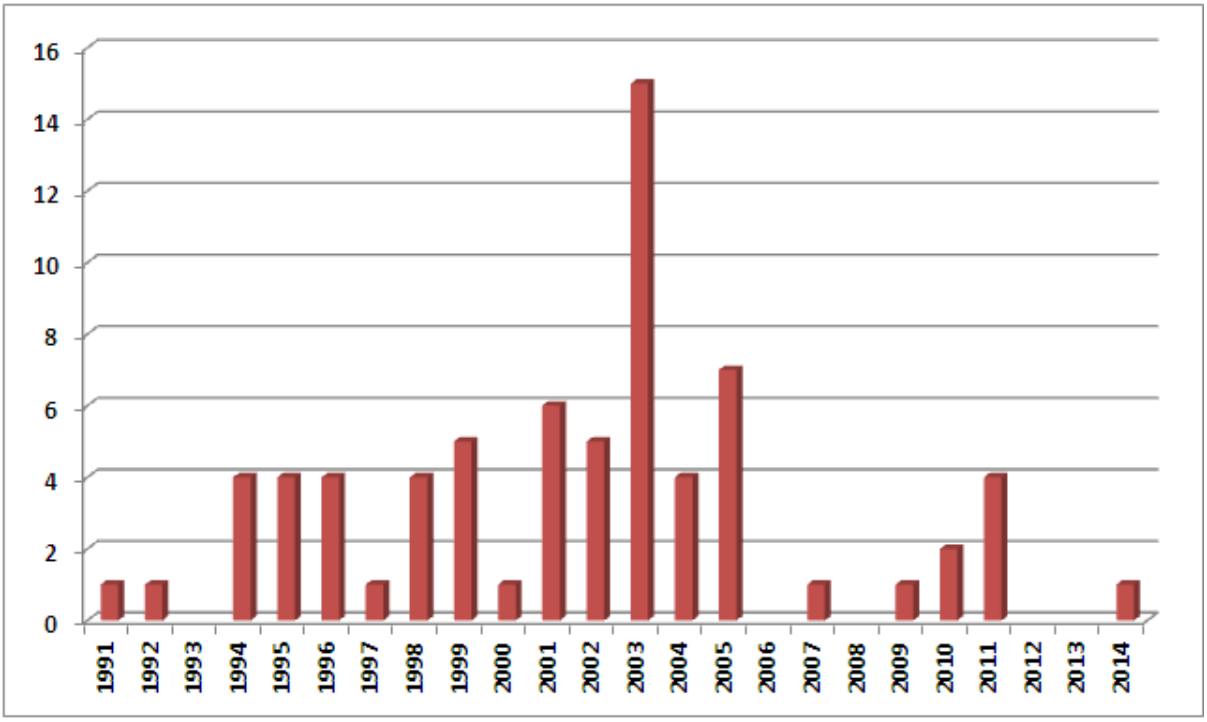
활성탄소(Activated Carbon)과 관련하여 발행된 국제표준은 검색은 키워드 "activated"와 "carbon"을 사용하여 국가기술표준원 통합검색사이트를 활용함과 병행하여 ASTM, DIN, BS, CENELEC, 등의 홈페이지와 JIS 표준검색을 이용하였다. 본 조사에는 활성탄소 자체의 특성측정과 관련된 표준과, 활성탄소의 응용에 관한 표준과, 특정용도로 사용되는 활성탄소에 대한 표준을 모두 포함하였다.

2.2.2. 연도별 표준제정 동향

활성탄소의 표준화는 1918년에 영국규격협회 BSI (British Standards Institution)에서 활성탄소를 이용한 플라스틱 등 활성탄소의 응용과 관련된 표준을 제정한 이후 1976년에 GAC의 발화온도를 측정하는 방법에 대한 표준을 제정함으로써 활성탄소와 관련된 표준들이 제정되기 시작하였다. 1994년을 기점으로 ASTM의 주도하에 본격적으로 활성탄소와 관련된 표준들이 제정되기 시작하였다고 볼 수 있다.

특이한 것은 2003년도에 제정건수가 가장 많은 15건으로 나타났는데 이는 인체와 관련이 있거나 직접 복용을 목적으로 하는 활성탄소와 관련하여 유럽전기기술표준화위원회 CENELEC에서 제정된 3건의 표준을 영국, 독일, 프랑스 등에서 동시에 자국의 표준으로 제정하였으며 (총 12건) 같은 해에 ASTM에서도 활성탄소와 관련된 표준을 3건 제정한 것이 반영되었기 때문이다.

1994년부터 2005년까지 활성탄소와 관련된 대부분의 표준들이 제정되었으며 그 이후에는 다소 소강상태를 보이는 것으로 나타났다. 2009년 이후에는 2000년대 초반에 제정된 표준들의 개정이 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.



[그림Ⅳ-4] 활성탄소 분야 연도별 표준제정 현황

<표Ⅳ-17> 연도별 활성탄소 관련 표준 제정 건수

연 도	표준제정 건수	연 도	표준제정 건수
1919	3	2000	1
1976	1	2001	6
1979	1	2002	5
1982	1	2003	15
1991	1	2004	4
1992	1	2005	7
1994	4	2007	1
1995	4	2009	1
1996	4	2010	2
1997	1	2011	4
1998	4	2014	1
1999	5	계	77

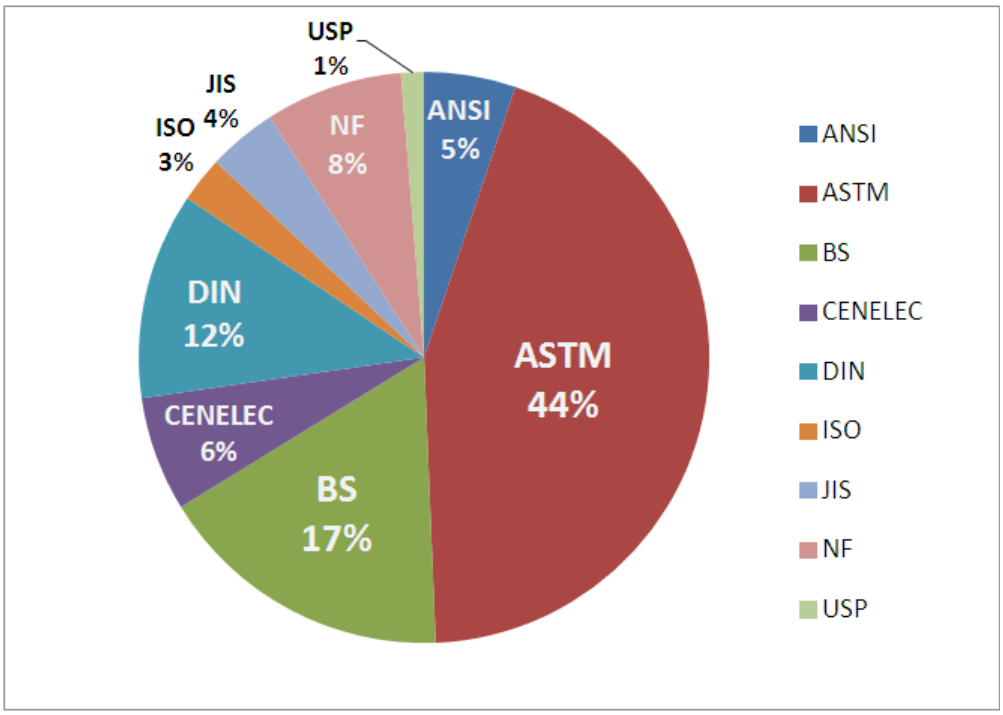
2.2.3. 표준화 기구별 표준제정 동향

국제표준화 기구별로 활성탄소 분야의 표준제정 현황을 살펴보면 미국재료시험협회 (ASTM)가 활성탄소의 표준화를 주도하고 있는 것으로 나타났다. 1919년 이래 최근까지 제정된 총 77건의 표준 중에서 34건의 표준을 제정하여 44%의 점유율을 보이고 있다.

ASTM은 재료분야에 있어서 세계적으로 가장 권위 있는 표준화 기구라는 명성에 걸맞게 활성탄소의 표준화에 있어서 선도적인 역할을 수행해 오고 있다. 그 뒤를 이어 영국규격협회 (BSI)에서 13건의 활성탄소 관련 규격을 제정하여 16.9%의 점유율을 보이고 있다.

<표 Ⅳ-18> 표준화 기구별 활성탄소 관련 표준 제정현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준제정 건수	점유율 [%]
1	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	34	44.2
2	영국규격협회 British Standards Institution	BS	13	16.9
3	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	9	11.7
4	프랑스국가규격협회 Association Francaise de Normalisation	NF	6	7.8
5	유럽전기기술표준화위원회 European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)	EN	5	6.5
6	미국표준협회 American National Standards Institute	ANSI	4	5.2
7	일본공업규격위원회 Japanese Industrial Standards Committee	JIS	3	3.9
8	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	2	2.6
9	미국약전 U.S. Pharmacopeial Convention	USP	1	1.3
계			77	100.0



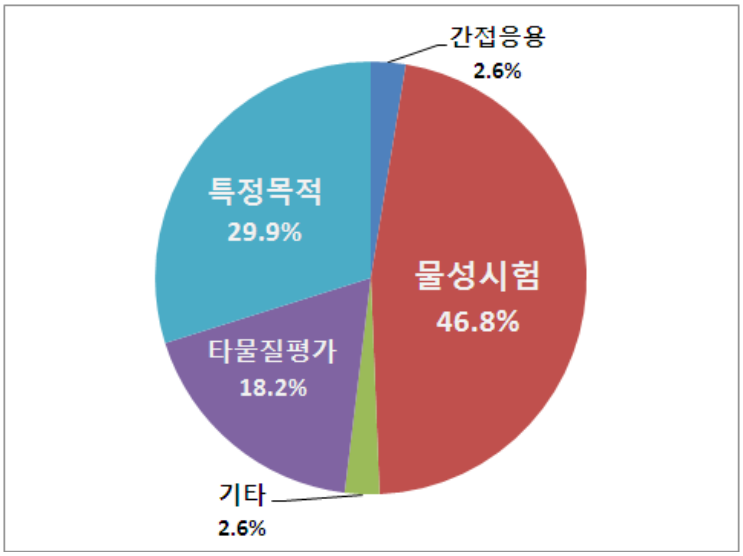
[그림 Ⅳ-5] 활성탄소 분야 표준화 기구별 표준제정 현황

2.2.4. 표준화 용도별 표준제정 동향

지금까지 파악된 활성탄소의 표준을 그 용도별로 살펴보면 활성탄소 자체의 물성 시험방법과 관련된 표준이 36건 제정되어 지금까지 제정된 전체 표준의 46.9%를 차지하고 있으며 정수와 같은 특정목적으로 사용하는 활성탄소에 대한 표준이 23건 제정되어 29.9%를 차지하고 있다. 타 물질을 평가하기 위한 표준도 14건 제정되어 18.2%를 점유하면서 그 뒤를 잇고 있다.

<표Ⅳ-19> 용도별 활성탄소 관련 표준 제정현황

No.	용 도	건수	비율 [%]
1	물성시험방법	36	46.8
2	특정목적(정수)	23	29.9
3	타물질평가	14	18.2
4	간접응용	2	2.6
5	기타 (용어 및 정의 등)	2	2.6
계		77	100.0



[그림Ⅳ-6] 활성탄소 분야 용도별 표준제정 현황

활성탄소의 용도 측면에서 표준화 기구별로 제정된 표준 현황을 살펴보면 활성탄소 자체의 물성시험방법에 관한 표준은 미국재료시험협회(ASTM)에서 총 32건의 표준을 제정하였으며 정수 등 특정목적이나 타 물질 특성평가에 활성탄소를 사용하는 표준은 유럽전기기술표준화위원회가 주도하여 제정하고 영국규격협회, 프랑스국가규격협회, 독일공업규격위원회 등에서 유럽전기기술표준화위원회의 표준을 부합화를 통하여 자국의 국가표준으로 채택하고 있다.

<표Ⅳ-20> 용도별 기구별 활성탄소 관련 표준 제정현황

용 도	ANSI	ASTM	BS	EN	DIN	ISO	JIS	NF	USP	계
물성시험방법		32			1		3			36
정수를 위한 요구조건	4		9	3	4			3		23
타 물질 특성평가 활용		1	4	2	2	2		3		14
간접적인 응용목적					2					2
용어 및 정의		1								1
기 타									1	1
계	4	34	13	5	9	2	3	6	1	77

2.2.5. 활성탄소 분야 세부 표준목록

<표Ⅳ-21> 활성탄소 관련 표준 목록 (1)

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
1	JIS K 1474:2014	Test methods for activated carbon	2014	JIS	●
2	USP F100294	Activated Carbon	2011	USP	●
3	ASTM D 3838-05(2011)	Standard Test Method for Determination of Contact pH with Activated Carbon	2011	ASTM	●
4	ASTM D 6851-02(2011)	Standard Test Method for Determination of Contact pH with Activated Carbon	2011	ASTM	●
5	ASTM D 3466-06(2011)	Standard Test Method for Ignition Temperature of Granular Activated Carbon	2011	ASTM	●
6	BS EN 15799:2010	Products used for treatment of swimming pool water - Powdered activated carbon	2010	BS	◑
8	ASTM D 5742-95(2010)	Standard Test Method for Determination of Butane Activity of Activated Carbon	2010	ASTM	●
9	BS EN 12903:2009	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Powdered activated carbon	2009	BS	◑
10	JIS K 1477:2007	Test methods for fibrous activated carbon	2007	JIS	●
11	DIN EN ISO 176	Plastics - Determination of loss of plasticizers - Activated carbon method (ISO 176:2005); German version EN ISO 176:2005	2005	DIN	◔
12	DIN EN ISO 9562	Water quality - Determination of adsorbable organically bound halogens (AOX) (ISO 9562:2004); German version EN ISO 9562:2004	2005	DIN	◔
13	EN ISO 176	Plastics - Determination of loss of plasticizers - Activated carbon method (ISO 176:2005)	2005	CENELEC	◔
14	ASTM D 3838	Standard Test Method for pH of Activated Carbon	2005	ASTM	●
15	ISO 176:2005	Plastics - Determination of loss of plasticizers - Activated carbon method	2005	ISO	◔
16	ISO 176:2005	Plastics - Determination of loss of plasticizers - Activated carbon method	2005	ISO	◔
17	ASTM D 2867	Standard Test Methods for Moisture in Activated Carbon	2004	ASTM	●
18	ASTM D 5159	Standard Guide for Dusting Attrition of Granular Activated Carbon	2004	ASTM	●
19	ASTM D 3467	Standard Test Method for Carbon Tetrachloride Activity of Activated Carbon	2004	ASTM	●
20	BS EN ISO 9562:2004	Water quality - Determination of adsorbable organically bound halogens (AOX)	2004	BS	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-22> 활성탄소 관련 표준 목록 (2)

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
21	DIN EN 12915-2	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Part 2: Reactivated granular activated carbon; German version EN 12915-2:2003	2003	DIN	◑
22	DIN EN 12915-1	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Part 1: Virgin granular activated carbon; German Version EN 12915-1:2003	2003	DIN	◑
23	DIN EN 12903	Products used for treatment of water intended for human consumption - Powdered activated carbon; German version EN 12903:2003	2003	DIN	◑
24	EN 12915-2	Products used for treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Part 2: Reactivated granular activated carbon	2003	CENELEC	◑
25	EN 12915-1	Products used for treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Part 1: Virgin granular activated carbon	2003	CENELEC	◑
26	EN 12903	Products used for treatment of water intended for human consumption - Powdered activated carbon	2003	CENELEC	◑
27	ASTM D 6646	Standard Test Method for Determination of the Accelerated Hydrogen Sulfide Breakthrough Capacity of Granular and Pelletized Activated Carbon	2003	ASTM	●
28	ASTM E 1568	Standard Test Method for the Determination of Gold in Activated Carbon by Fire Assay Gravimetry	2003	ASTM	●
29	ASTM D 6586	Standard Practice for the Prediction of Contaminant Adsorption On GAC In Aqueous Systems Using Rapid Small-Scale Column Tests	2003	ASTM	●
30	NF T94-419-2; NF EN 12915-2	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Part 2 : reactivated granular activated carbon	2003	NF	◑
31	NF T94-419-1; NF EN 12915-1	Products for the treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Part 1 : virgin granular activated carbon	2003	NF	◑
32	NF T94-408; NF EN 12903	Products used for treatment of water intended for human consumption - Powdered activated carbon	2003	NF	◑
33	BS EN 12915-2:2003	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Reactivated granular activated carbon	2003	BS	◑
34	BS EN 12915-1:2003	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon - Virgin granular activated carbon	2003	BS	◑
35	BS EN 12903:2003	Products used for the treatment of water intended for human consumption - Powdered activated carbon	2003	BS	◑
36	DIN EN 13649	Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Activated carbon and solvent desorption method; German version EN 13649:2001	2002	DIN	◔
37	ASTM D 6781	Standard Guide for Carbon Reactivation	2002	ASTM	●
38	ASTM D 6851	Standard Test Method for Determination of Contact pH with Activated Carbon	2002	ASTM	●
39	NF X43-341; NF EN 13649	Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Activated carbon and solvent desorption method	2002	NF	◔
40	BS EN 13649:2002	Stationary source emissions. Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds. Activated carbon and solvent desorption method	2002	BS	◔

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-23> 활성탄소 관련 표준 목록 (3)

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
41	EN 13649	Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Activated carbon and solvent desorption method	2001	CENELEC	◔
42	DIN 66135-3	Particle characterization - Micropore analysis by gas adsorption - Part 3: Determination of the micropore volume according to Dubini and Radushkevich	2001	DIN	◑
43	DIN 38409-22	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - General measures of effects and substances (group H) - Part 22: Determination of dissolved adsorbable and organically bound halogens in salt loaded water (SPE-AOX) (H 22)	2001	DIN	◔
44	ASTM D 6683	Standard Test Method for Measuring Bulk Density Values of Powders and Other Bulk Solids	2001	ASTM	◑
45	ASTM D 6647	Standard Test Method for Determination of Acid Soluble Iron Via Atomic Absorption	2001	ASTM	●
46	ANSI/AWWA B 100	Filtering Material	2001	ANSI	◑
47	DIN 19643-5	Treatment of water of swimming pools and baths - Part 5: Combination of process: Flocculation, filtration, adsorption at granular activated carbon; chlorination	2000	DIN	◑
48	ASTM D 6385	Standard Test Method for Determining Acid Extractable Content in Activated Carbon by Ashing	1999	ASTM	●
49	ANSI/AWWA B 605	Reactivation of Granular Activated Carbon	1999	ANSI	◑
50	BS EN 12903:1999	Products used for treatment of water intended for human consumption - Powdered activated carbon	1999	BS	◑
51	BS EN 12915:1999	Products used for treatment of water intended for human consumption - Granular activated carbon	1999	BS	◑
52	NF T51-167; NF EN ISO 176	Plastics - Determination of loss of plasticizers - Activated carbon method	1999	NF	◔
53	ASTM D 5158	Standard Test Method for Determination of the Particle Size of Powdered Activated Carbon by Air Jet Sieving	1998	ASTM	●
54	ASTM D 3860	Standard Practice for Determination of Adsorptive Capacity of Activated Carbon by Aqueous Phase Isotherm Technique	1998	ASTM	●
55	ASTM D 5832	Standard Test Method for Volatile Matter Content of Activated Carbon Samples	1998	ASTM	●
56	ASTM D 5029	Standard Test Method for Water Solubles in Activated Carbon	1998	ASTM	●
57	ASTM D 2862	Standard Test Method for Particle Size Distribution of Granular Activated Carbon	1997	ASTM	●
58	ANSI/AWWA B 604	Granular Activated Carbon	1996	ANSI	◑
59	ASTM D 2854	Standard Test Method for Apparent Density of Activated Carbon	1996	ASTM	●
60	ASTM D 5919	Standard Practice for Determination of Adsorptive Capacity of Activated Carbon by a Micro-Isotherm Technique for Adsorbates at ppb Concentrations	1996	ASTM	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-24> 활성탄소 관련 표준 목록 (4)

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
61	ANSI/AWWA B 600	Powdered Activated Carbon	1996	ANSI	◑
62	ASTM D 5742	Standard Test Method for Determination of the Butane Activity of Activated Carbon	1995	ASTM	●
63	ASTM D 5160	Standard Guide for Gas-Phase Adsorption Testing of Activated Carbon	1995	ASTM	●
64	ASTM D 4069	Standard Specification for Impregnated Activated Carbon Used to Remove Gaseous Radio-Iodines from Gas Streams	1995	ASTM	●
65	JIS K 1477:2007	Test methods for fibrous activated carbon	1995	JIS	●
66	ASTM D 1203	Standard Test Methods for Volatile Loss From Plastics Using Activated Carbon Methods	1994	ASTM	◔
67	ASTM D 2866	Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon	1994	ASTM	●
68	ASTM D 2652	Standard Terminology Relating to Activated Carbon	1994	ASTM	●
69	ASTM D 4607	Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon	1994	ASTM	●
70	ASTM D 5228	Standard Test Method for Determination of the Butane Working Capacity of Activated Carbon	1992	ASTM	●
71	ASTM D 3803	Standard Test Method for Nuclear-Grade Activated Carbon	1991	ASTM	●
72	NF T54-126	Plastic sheets - Determination of volatile material losses by activated carbon method applied to one surface	1982	NF	◔
73	ASTM D 3802	Standard Test Method for Ball-Pan Hardness of Activated Carbon	1979	ASTM	●
74	ASTM D 3466	Standard Test Method for Ignition Temperature of Granular Activated Carbon	1976	ASTM	●
75	BS EN ISO 176:2000	Plastics. Determination of loss of plasticizers - Activated carbon method	1919	BS	◔
76	BS EN 1485:1997	Water quality - Determination of adsorbable organically bound halogen (AOX)	1919	BS	◑
77	BS EN 12280-1:1998	Rubber- or plastics-coated fabrics - Accelerated ageing tests. Heat ageing	1919	BS	◔

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

2.2.6. 결론 및 시사점

활성탄소의 표준화는 1994년을 기점으로 미국재료시험협회(ASTM)의 주도하에 제정되어 왔으며 1994년부터 2005년까지 활성탄소와 관련된 대부분의 표준들이 제정되었다. 그 이후에는 다소 소강상태를 보이다가 최근에는 초기에 제정된 표준들의 개정이 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.

용도별로는 활성탄소 자체의 물성시험방법과 관련된 표준이 36건으로 가장 많았으며 정수와 같은 특정목적으로 사용하는 활성탄소에 대한 표준도 23건 제정되었고 타 물질을 평가하기 위한 표준도 14건 제정되었다.

활성탄소 자체의 물성시험에 대한 표준은 대부분 제정된 상황으로 앞으로는 개정에 대한 수요 이외에는 많지 않을 것으로 예상되므로 최근 **새로운 제품의 출현에 따른 활성탄소의 응용과 관련된 표준**에 대한 수요가 증가할 것으로 예상된다.

향후 첨단 기술과 관련된 표준화 대상으로는 활성탄소를 이용한 EDLC용 전극재료(수용성 및 비수용성)의 표준화, 유해물 제거용 활성탄소계 흡착제 제조기술 표준화, 슈퍼커패시터용 활성탄소 금속산화물 복합재료 제조기술 표준화, 식수용 유해물질 흡착용 활성탄소 재료 제조 기술의 표준화, 식수용 유해물질 흡착용 활성탄소를 이용한 플랜트 기술의 표준화, 가정용 정수기용 흡착용 활성탄소 기술의 표준화 등이 있다.

2.3. 탄소섬유 분야

2.3.1. 개요 및 조사범위

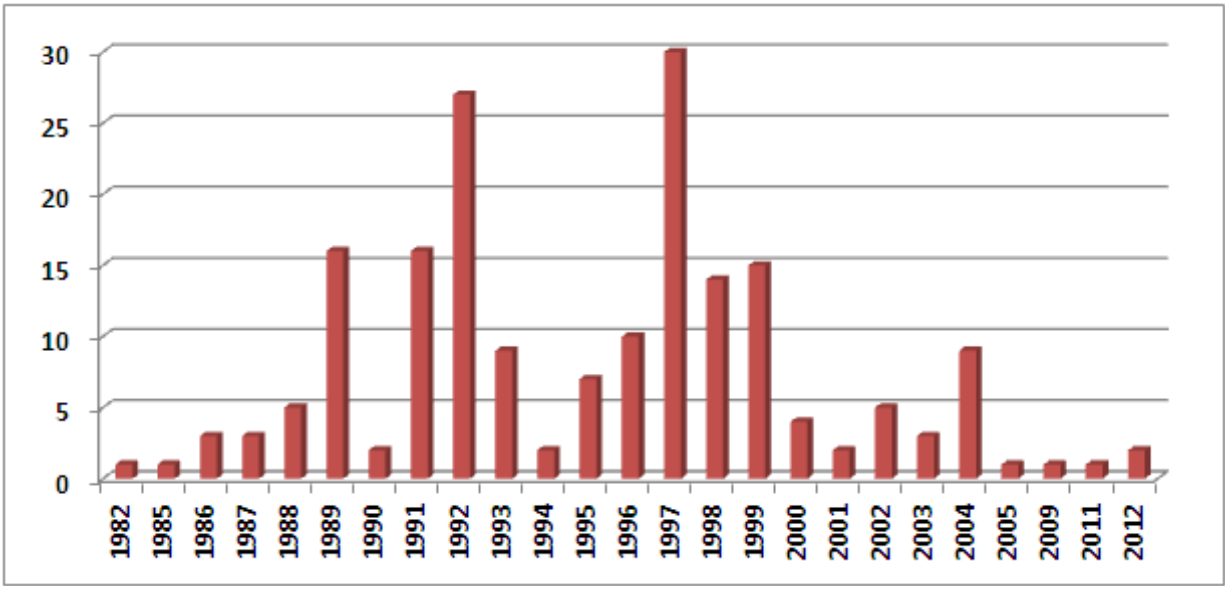
탄소섬유는 만드는 방법에 따라 여러 종류로 나누어지며 가장 많이 쓰이는 탄소섬유는 석유화학제품인 프로필렌에서 추출한 '아크릴로니트릴'을 1000도 이상의 고온처리를 하여 '탄화' 시킨 후 중간 소재인 '프리프레그'를 만들고 이를 틀에 넣어 압력과 열을 가함으로써 탄소섬유 원사나 탄소섬유 구조물을 만듦. 탄소섬유를 만드는 데 필요한 기술 중 하나가 아크릴 섬유 생산 기술이며 우리나라 섬유업체들이 원료부터 중간재, 최종 원사에 이르는 일괄 공정체계를 갖추고 있다.

탄소섬유(Carbon Fiber)와 관련하여 발행된 국제표준은 검색은 키워드 "carbon," "graphite," "fiber," "filament'를 사용하여 국가기술표준원 표준 통합검색사이트를 주로 활용하였으며 추가적으로 SAE International, ISO, ASTM, DIN, BS, CENELEC, NF, JIS 등의 홈페이지를 조사하였다. 본 조사에는 탄소섬유 자체의 특성측정과 관련된 표준과, 탄소섬유의 응용에 관한 표준과, 특정용도로 사용되는 탄소섬유와 관련하여 제정이 완료된 표준을 모두 포함하였다.

2.3.2. 연도별 표준제정 동향

탄소섬유 관련하여 가장 활발하게 활동하고 있는 표준화 기술위원회로는 1905년 자동차엔지니어협회(Society for Automobile Engineers)로 출범한 SAE International이 있다. SAE International은 항공우주 표준의 선도적인 제공업체로 2만2천 개가 넘는 AS(항공우주 표준)와 AMS(항공우주 재료 규격)가 포함된 SAE 표준을 제정하고 필요로 하는 업체에 제공하고 있다.

1988년을 기점으로 증가하기 시작한 탄소섬유 관련 표준 제정활동은 1997년에 정점을 찍은 후에도 1999년까지 활발하게 진행되었다. 그 기간 동안 대부분의 탄소섬유와 관련된 표준의 표준들이 제정된 것으로 추정되며 2000년 이후에는 다소 소강상태를 보이는 것으로 나타났다.



[그림Ⅳ-7] 탄소섬유 분야 연도별 표준제정 현황

<표Ⅳ-25> 연도별 탄소섬유 관련 표준 제정 건수

연 도	표준제정 건수	연 도	표준제정 건수
1982	1	1996	10
1985	1	1997	30
1986	3	1998	14
1987	3	1999	15
1988	5	2000	4
1989	16	2001	2
1990	2	2002	5
1991	16	2003	3
1992	27	2004	9
1993	9	2005	1
1994	2	2009	1
1995	7	2011	1

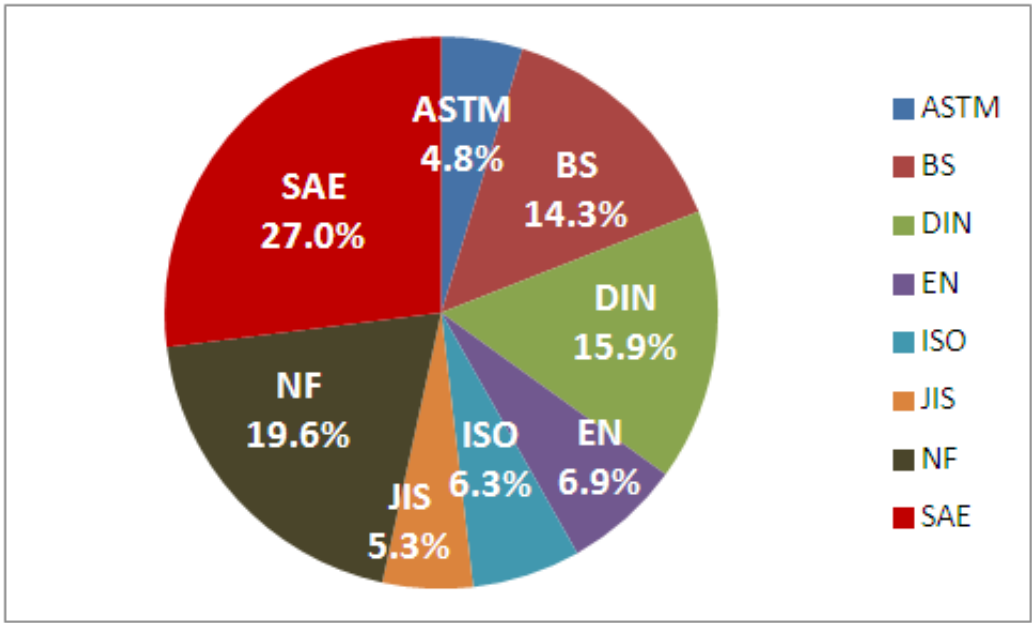
2.3.3. 표준화 기구별 표준제정 동향

국제표준화 기구별로 탄소섬유 분야의 표준제정 현황을 살펴보면 SAE International과 프랑스국가규격협회(NF)가 51건, 37건의 탄소섬유 관련 표준을 각각 제정하여 탄소섬유 전체 표준제정 건수의 27.0% 및 19.6%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 독일공업규격위원회(DIN), 영국규격협회(DIN)가 30건, 27건의 표준을 각각 제정하여 전체 표준제정 건수의 15.9% 및 14.3%를 점유하고 있으며

뒤를 이어 유럽전기기술표준화위원회(CENELEC), 국제표준화기구(ISO), 일본공업규격위원회(JIS), 미국재료시험협회(ASTM)의 순으로 탄소섬유 관련 표준을 제정한 것으로 나타났다.

<표 Ⅳ-26> 표준화 기구별 탄소섬유 관련 표준 제정현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준제정 건수	점유율 [%]
1	SAE International Society for Automobile Engineers	SAE	51	27.0
2	프랑스국가규격협회 Association Francaise de Normalisation	NF	37	19.6
3	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	30	15.9
4	영국규격협회 British Standards Institution	BS	27	14.3
5	유럽전기기술표준화위원회 European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)	EN	13	6.9
6	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	12	6.3
7	일본공업규격위원회 Japanese Industrial Standards Committee	JIS	10	5.3
8	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	9	4.8
계			189	100.0



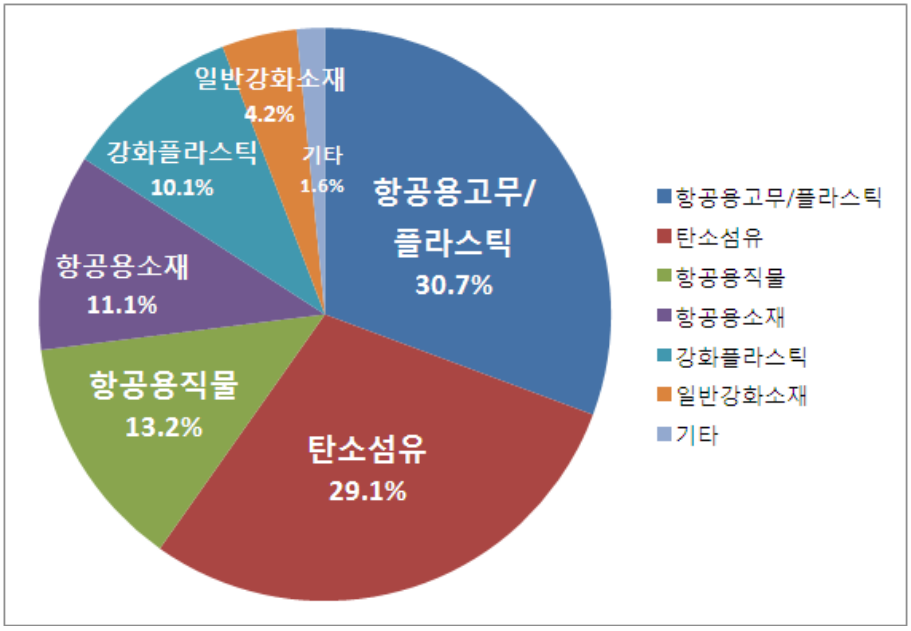
[그림 Ⅳ-8] 탄소섬유 분야 표준화 기구별 표준제정 현황

2.3.4. 표준화 용도별 표준제정 동향

지금까지 파악된 탄소섬유의 표준을 그 용도별로 살펴보면 항공용 플라스틱 및 고무에 활용되는 탄소섬유에 대한 표준이 58건 제정되어 지금까지 제정된 전체 표준의 30.7%를 차지하고 있으며 탄소섬유 자체와 관련된 표준이 55건 제정되어 29.1%를 차지하고 있다. 항공용 직물(textiles)과 관련된 표준도 25건 제정되어 13.2%를 점유하면서 그 뒤를 잇고 있다. 특별히 항공분야에 응용과 관련된 탄소섬유 표준이 전체의 55.0%를 차지하고 있어 탄소섬유의 항공 산업 분야에 대한 기여도가 매우 높은 것을 알 수 있다.

<표 Ⅳ-27> 용도별 탄소섬유 관련 표준 제정현황

No.	용 도	건수	비율 [%]
1	항공용 고무/플라스틱	58	30.7
2	탄소섬유(자체)	55	29.1
3	항공용 직물	25	13.2
4	항공용 소재	21	11.1
5	강화 플라스틱	19	10.1
6	일반 강화소재	8	4.2
7	기타	3	1.6
계		189	100.0

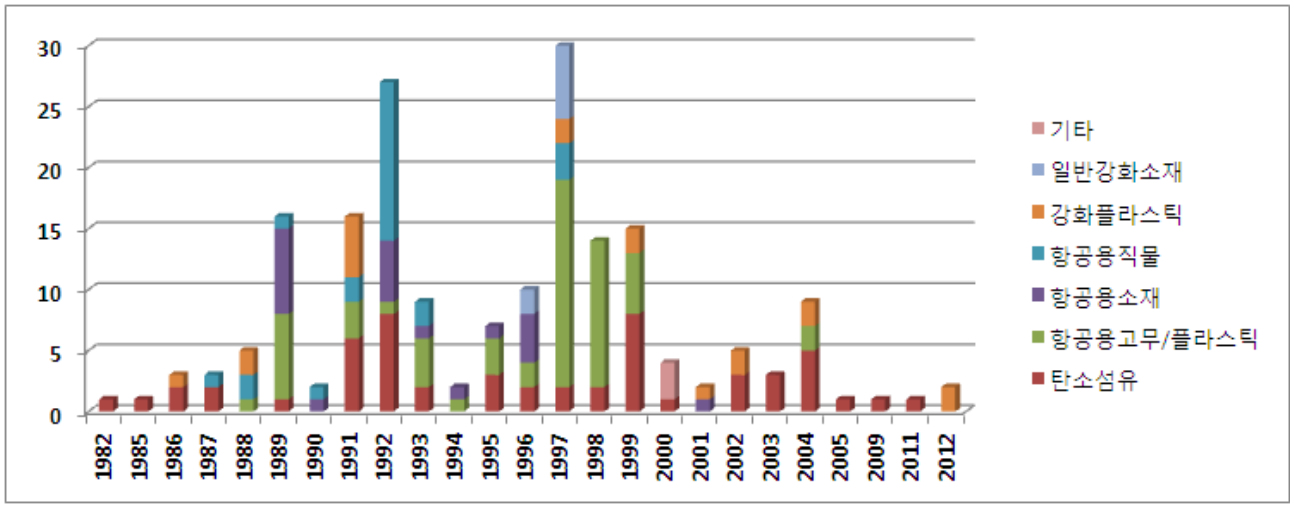


[그림 Ⅳ-9] 탄소섬유 분야 용도별 표준제정 현황

<표 Ⅳ-28> 용도별 기구별 탄소섬유 관련 표준 제정현황

구분	항공용 고무/ 플라스틱	탄소섬유	항공용 직물	항공용 소재	강화 플라스틱	일반 강화소재	기타	계
SAE	19		11	21				51
NF	8	27	1		1			37
DIN	14	4	12					30
BS	9	11			2	4	1	27
EN	8	4	1					13
ISO		6			1	4	1	12
JIS		1			9			10
ASTM		2			6		1	9
총계	**58**	**55**	**25**	**21**	**19**	**8**	**3**	**189**

1991년부터 1997년에 이르는 기간 동안 항공 산업에 탄소섬유가 본격적으로 사용되면서 항공용 탄소섬유 소재 및 탄소강화 플라스틱 관련 표준의 제정이 매우 활발하게 이루어진 것으로 나타났다. 특히 1992년에는 항공용 탄소섬유 직물(textiles)에 대한 표준이 집중적으로 제정되었다.



[그림 Ⅳ-10] 용도별 연도별 탄소섬유 관련 표준 제정현황

2.3.5. 탄소섬유 분야 세부 표준목록

탄소섬유와 관련하여 1982년 이후 지금까지 제정이 완료된 표준은 총 189건으로 조사되었다. 그러나 표준과 탄소섬유와의 연관성을 어디까지 고려할 것인가에 대한 기준은 주관적인 판단에 의해 크게 영향을 받을 수 있음을 감안해야 한다. 본 조사는 검색사이트와 각 표준화 기구의 홈페이지를 통하여 키워드 방식으로 이루어졌다.

연관성에 대한 부분은 탄소섬유 자체에 대한 시험방법인 경우에는 연관성이 높은 것으로 판단하였고 탄소섬유를 타 소재나 분야에 응용하기 위한 표준인 경우에는 제한적인 연관성을 가지는 것으로 판단하였고 '탄소섬유'이라는 키워드가 제목에 표시되지 않고 내용에 언급되는 정도인 경우에는 연관성이 낮은 것으로 판단하였다.

<표Ⅳ-29> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
1	ASTM D 6115	Standard Test Method for Mode I Fatigue Delamination Growth Onset of Unidirectional Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composites	1997	ASTM	◔
2	ASTM D 3531	Standard Test Method for Resin Flow of Carbon Fiber-Epoxy Prepreg	1999	ASTM	◔
3	ASTM D 3532	Standard Test Method for Gel Time of Carbon Fiber-Epoxy Prepreg	1999	ASTM	◔
4	ASTM D 5528	Standard Test Method for Mode I Interlaminar Fracture Toughness of Unidirectional Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composites	2001	ASTM	◔
5	ASTM D 6671/D 6671M	Standard Test Method for Mixed Mode I-Mode II Interlaminar Fracture Toughness of Unidirectional Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites	2004	ASTM	◔
6	ASTM E 1922	Standard Test Method for Translaminar Fracture Toughness of Laminated and Pultruded Polymer Matrix Composite Materials	2004	ASTM	◔
7	ASTM D4018 - 11	Standard Test Methods for Properties of Continuous Filament Carbon and Graphite Fiber Tows	2011	ASTM	●
8	ASTM D 4102	Standard Test Method for Thermal Oxidative Resistance of Carbon Fibers	1982	ASTM	●
9	ASTM E 1118	Standard Practice for Acoustic Emission Examination of Reinforced Thermosetting Resin Pipe (RTRP)	2000	ASTM	◔
10	BS EN ISO 527-4:1997	Plastics - Determination of tensile properties - Test conditions for isotropic and orthotropic fibre-reinforced plastic composites	1997	BS	◔
11	BS ISO 1268-6:2002	Fibre-reinforced plastics - Methods of producing test plates - Pultrusion moulding	2002	BS	◔
12	BS EN ISO 1889:1997	Reinforcement yarns - Determination of linear density	1997	BS	◔
13	BS EN ISO 1890:1997	Reinforcement yarns - Determination of twist	1997	BS	◔
14	BS EN ISO 3344:1997	Reinforcement products - Determination of moisture content	1997	BS	◔
15	BS ISO 2113:1996	Reinforcement fibres - Woven fabrics - Basis for a specification	1996	BS	◔

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-30> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
16	BS ISO 3374:2000	Reinforcement products - Mats and fabrics - Determination of mass per unit area	2000	BS	◔
17	BS 7658-1:1993	Carbon fibre - Method for determination of density	1993	BS	●
18	BS 7658-2:1993	Carbon fibre - Method for determination of linear density	1993	BS	●
19	BS EN ISO 10548:1996	Carbon fibre - Determination of size content	1995	BS	●
20	BS EN ISO 13002:1999	Carbon fibre - Designation system for filament yarns	1999	BS	●
21	BS EN ISO 10618:2000	Carbon fibre - Determination of tensile properties of resin-impregnated yarns	2000	BS	●
22	BS EN ISO 10618:2004	Carbon fibre - Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn	2004	BS	●
23	BS EN ISO 10548:2003	Carbon fibre - Determination of size content	2009	BS	●
24	BS EN 13002-2:1999	Carbon fibre yarns - Test methods and general specifications	1999	BS	●
25	BS ISO 10119:2002	Carbon fibre - Determination of density	2002	BS	●
26	BS ISO 11567:1995	Carbon fibre - Determination of filament diameter and cross-sectional area	1995	BS	●
27	BS ISO 11566:1996	Carbon fibre - Determination of the tensile properties of single-filament specimens	1996	BS	●
28	BS EN 2564:1998	Carbon fibre laminates - Determination of the fibre, resin and void contents	1998	BS	◑
29	BS EN 2597:1998	Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Tensile test perpendicular to the fibre direction	1998	BS	◑
30	BS EN 2560:1998	Carbon fibre preimpregnates - Determination of the resin flow	1998	BS	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-31> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
31	BS EN 2561:1995	Carbon fibre reinforced plastics - Undirectional laminates - Tensile test parallel to the fibre direction	1995	BS	◑
32	BS EN 2557:1997	Carbon fibre preimpregnates - Determination of mass per unit area	1997	BS	◑
33	BS EN 2558:1997	Carbon fibre preimpregnates - Determination of the volatile content	1997	BS	◑
34	BS EN 2559:1997	Carbon fibre preimpregnates - Determination of the resin and fibre content and the mass of fibre per unit area	1997	BS	◑
35	BS EN 2562:1997	Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Flexural test parallel to the fibre direction	1997	BS	◑
36	BS EN 2563:1997	Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Determination of the apparent interlaminar shear strength	1997	BS	◑
37	DIN EN ISO 13002	Carbon fibre - Designation system for filament yarns (ISO 13002:1998); German version EN ISO 13002:1998	1999	DIN	●
38	DIN EN 13002-2	Carbon fibre yarns - Part 2: Test methods and general specifications; German version EN 13002-2:1999	1999	DIN	●
39	DIN EN ISO 10548	Carbon fibre - Determination of size content (ISO 10548:2002); German version EN ISO 10548:2003	2003	DIN	●
40	DIN EN ISO 10618	Carbon fibre - Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn (ISO 10618:2004); German version EN ISO 10618:2004	2004	DIN	●
41	DIN 65559	Aerospace; fibre reinforced plastics; testing of multidirectional laminates; determination of open-hole tensile strength	1991	DIN	◑
42	DIN 65560	Aerospace; fibre reinforced plastics; testing of multidirectional laminates; determination of filled-hole compressive strength	1991	DIN	◑
43	DIN 65562	Aerospace; fibre reinforced plastics; testing of multidirectional laminates; determination of bearing strength	1991	DIN	◑
44	DIN 65469	Aerospace; fibre-reinforced plastics; tensile test of monolayer flat tension specimens	1992	DIN	◑
45	DIN 65598	Aerospace; fibre reinforced plastics; determination of cracking frequency on laminates	1993	DIN	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-32> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
46	DIN 65629	Aerospace; fabric sheet and tape prepreg from carbon fibres and non-reactive thermoplastics; technical specification	1993	DIN	◑
47	DIN EN 2561	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Tensile test parallel to the fibre direction; German version EN 2561:1995	1995	DIN	◑
48	DIN EN 2563	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates; determination of apparent interlaminar shear strength; German version EN 2563:1997	1997	DIN	◑
49	DIN EN 2557	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of mass per unit area; German version EN 2557:1997	1997	DIN	◑
50	DIN EN 2559	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of the resin and fibre content and the mass of fibre per unit area; German version EN 2559:1997	1997	DIN	◑
51	DIN EN 2562	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates; flexural test parallel to the fibre direction; German version EN 2562:1997	1997	DIN	◑
52	DIN EN 2560	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determmination of the resin flow; German version EN 2560:1998	1998	DIN	◑
53	DIN EN 2564	Aerospace series - Carbon fibre laminates - Determination of the fibre-, resin- and void contents; German version EN 2564:1998	1998	DIN	◑
54	DIN EN 2597	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics; unidirectional laminates - Tensile test perpendicular to the fibre direction; German version EN 2597:1998	1998	DIN	◑
55	DIN 65147-1	Aerospace; carbon fibres; fabric of carbon fibre filament yarn; dimensions, masses	1987	DIN	◑
56	DIN 65142	Aerospace; preimpregnated fibre sheet and tape (prepreg); determination of bond strength	1989	DIN	◑
57	DIN 29971	Aerospace; unidirectional carbon fibre-epoxy sheet and tape prepreg; technical specification	1991	DIN	◑
58	DIN V 65579	Aerospace; carbon fibres; chemical analysis; determination of the metalloid elements	1991	DIN	◑
59	DIN 65566	Aerospace; reinforcement fibres; determination of size content of carbon filament yarns, woven fabrics and chopped strands	1992	DIN	◑
60	DIN 65569-1	Aerospace; reinforcement fibres; determination of density of filament yarns; sink-float method	1992	DIN	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-33> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
61	DIN 65569-2	Aerospace; reinforcement fibres; determination of density of filament yarns; hydrostatic weighing method	1992	DIN	◑
62	DIN 29965	Aerospace; carbon fibres; carbon fibre filament yarns; technical specification	1992	DIN	◑
63	DIN 65572	Aerospace; unidirectional sheet and tape prepreg from carbon fibres and non-reactive thermoplastics; technical specification	1992	DIN	◑
64	DIN 65453	Aerospace; preimpregnated unidirectional sheet of carbon fibres and bismaleinimide- or polyimide resin; technical specification	1993	DIN	◑
65	DIN 65184	Aerospace; carbon fibres; high performance carbon fibre filament yarns; dimensions, masses	1993	DIN	◑
66	DIN EN 2558	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of the volatile content; German version EN 2558:1997	1997	DIN	◑
67	EN 13002-2	Carbon fibre yarns - Part 2: Test methods and general specifications	1999	EN	●
68	EN ISO 13002	Carbon fibre - Designation system for filament yarns (ISO 13002:1998)	1998	EN	●
69	EN ISO 10548	Carbon fibre - Determination of size content (ISO 10548:2002)	2003	EN	●
70	EN ISO 10618	Carbon fibre - Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn (ISO 10618:2004)	2004	EN	●
71	EN 2561	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Tensile test parallel to the fibre direction	1995	EN	◑
72	EN 2563	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Determination of the apparent interlaminar shear strength	1997	EN	◑
73	EN 2557	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of mass per unit area	1997	EN	◑
74	EN 2559	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of the resin and fibre content and the mass of fibre per unit area	1997	EN	◑
75	EN 2562	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Flexural test parallel to the fibre direction	1997	EN	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-34> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
76	EN 2560	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of the resin flow	1998	EN	◑
77	EN 2564	Aerospace series - Carbon fibre laminates - Determination of the fibre, resin and void contents	1998	EN	◑
78	EN 2597	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Tensile test perpendicular to the fibre direction	1998	EN	◑
79	EN 2558	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of the volatile content	1997	EN	◑
80	ISO 1268-6:2002	Fibre-reinforced plastics - Methods of producing test plates - Pultrusion moulding	2002	ISO	◔
81	ISO 2113:1996	Reinforcement fibres - Woven fabrics - Basis for a specification	1996	ISO	◔
82	ISO 1889:1997	Reinforcement yarns - Determination of linear density	1997	ISO	◔
83	ISO 1890:1997	Reinforcement yarns - Determination of twist	1997	ISO	◔
84	ISO 3344:1997	Reinforcement products - Determination of moisture content	1997	ISO	◔
85	ISO 3374:2000	Reinforcement products - Mats and fabrics - Determination of mass per unit area	2000	ISO	◔
86	ISO 11567:1995	Carbon fibre -- Determination of filament diameter and cross-sectional area	1995	ISO	●
87	ISO 11566:1996	Carbon fibre -- Determination of the tensile properties of single-filament specimens	1996	ISO	●
88	ISO 13002:1998	Carbon fibre -- Designation system for filament yarns	1998	ISO	●
89	ISO 10119:2002	Carbon fibre -- Determination of density	2002	ISO	●
90	ISO 10548:2002	Carbon fibre -- Determination of size content	2002	ISO	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-35> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
91	ISO 10618:2004	Carbon fibre -- Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn	2004	ISO	●
92	JIS K 7071:1988	Testing methods for prepreg, carbon fiber and epoxy resins	1988	JIS	◔
93	JIS K 7074:1988	Testing methods for flexural properties of carbon fiber reinforced plastics	1988	JIS	◔
94	JIS K 7075:1991	Testing methods for carbon fiber content and void content of carbon fiber reinforced plastics	1991	JIS	◔
95	JIS K 7077:1991	Testing method for charpy impact strength of carbon fiber reinforced plastics	1991	JIS	◔
96	JIS K 7078:1991	Testing method for apparent interlaminar shear strength of carbon fiber reinforced plastics by three point loading method	1991	JIS	◔
97	JIS K 7079:1991	Testing methods for in-plane shear properties of carbon fiber reinforced plastics by plus and minus 45 degrees tension method and two pairs of rails method	1991	JIS	◔
98	JIS K 7080:1991	Testing methods for bearing strength of carbon fiber reinforced plastics	1991	JIS	◔
99	JIS K 7079-2:2012	Carbon fiber reinforced plastics -- Testing methods for in-plane shear properties -- Part 2: Double V-notch shear method	2012	JIS	◔
100	JIS K 7080-2:2012	Carbon fiber reinforced plastics -- Testing methods for bearing strength -- Part 2: Orthotropic and Quasi-isotropic long fiber laminates	2012	JIS	◔
101	JIS R 7603:1999	Carbon fiber -- Determination of density	1999	JIS	●
102	NF T57-700	Carbon fibers - Thermoset resin preimpregnated woven fabrics and tapes of carbon - Guide of the drafting of specifications.	1986	NF	◔
103	NF T25-108	Carbon fibres - Guide to the working out of specifications.	1985	NF	●
104	NF T25-109	Carbon fibers - Technical specifications.	1986	NF	●
105	NF T25-200	Carbon fibers - Woven fabrics and tapes - Guide for the drafting of specifications.	1986	NF	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-36> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
106	NF T25-103	Carbon fibers - Determination of linear density.	1987	NF	●
107	NF T25-107	Carbon fibers - Chemical analysis - Determination of metal impurities.	1987	NF	●
108	NF T25-112	Carbon fibers - Chemical analysis - Determination of the metalloid elements.	1989	NF	●
109	NF T25-111-1	Carbon fibres - Texture and structure - Part 1 : general.	1991	NF	●
110	NF T25-111-2	Carbon fibres - Texture and structure - Part 2 : analysis by diffraction of X rays.	1991	NF	●
111	NF T25-111-3	Carbon fibres - Texture and structure - Part 3 : azimutal analysis of the diffraction of the X-rays.	1991	NF	●
112	NF T25-111-4	Carbon fibres - Texture and structure - Part 4 : fractography by scanning electron microscope.	1991	NF	●
113	NF T25-111-5	Carbon fibres - Texture and structure - Part 5 : microscopic examination under polarized light.	1991	NF	●
114	NF T25-111-6	Carbon fibres - Texture and structure - Part 6 :analysis of the selected area diffraction.	1991	NF	●
115	NF T25-201	Carbon fibres - Woven fabrics of yarns - General and synoptical table.	1992	NF	●
116	NF T25-205	Carbon fibres - Wowen fabrics - Cloth of weight category 93 G/M2 - Specification.	1992	NF	●
117	NF T25-210	Carbon fibres - Wowen fabrics - Cloth of weight category 160 G/M2 - Specification.	1992	NF	●
118	NF T25-216	Carbon fibres - Wowen fabrics - Cloth of weight category 193 G/M2 - Specification.	1992	NF	●
119	NF T25-220	Carbon fibres - Wowen fabrics - Sateen 4 of weight category 220 G/M2 - Specification.	1992	NF	●
120	NF T25-225	Carbon fibres - Wowen fabrics - Sateen 5 of weight category 285 G/M2 - Specification.	1992	NF	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-37> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
121	NF T25-230	Carbon fibres - Woven fabrics - Sateen 8 of weight category 370 G/M2 - Specification.	1992	NF	●
122	NF T25-240	Carbon fibres - Wowen fabrics - Sateen 8 of weight category 375 G/M2 - Specification.	1992	NF	●
123	NF T25-102; NF ISO 11566	Carbon fibre - Determination of the tensile properties of single-filament specimens.	1997	NF	●
124	NF T25-106; NF ISO 11567	Carbon fibre - Determination of filament diameter and cross-sectional area.	1997	NF	●
125	NF T25-110; NF EN ISO 13002	Carbon fibre - Designation system for filament yarns.	1999	NF	●
126	NF T25-110-2; NF EN 13002-2	Carbon fibre yarns - Part 2 : test methods and general specifications.	1999	NF	●
127	NF T25-100; NF ISO 10119	Carbon fibre - Determination of density.	2003	NF	●
128	NF T25-104; NF EN ISO 10548	Carbon fibre - Determination of size content.	2004	NF	●
129	NF T25-101; NF EN ISO 10618	Carbon fibre - Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn.	2005	NF	●
130	NF L17-410; NF EN 2561	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectioneal laminates - Tensile test parallel to the fibre direction.	1996	NF	◑
131	NF L17-411; NF EN 2562	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Flexural test parallel to the fibre direction.	1997	NF	◑
132	NF L17-412; NF EN 2563	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Determination of the apparent interlaminar shear strength.	1997	NF	◑
133	NF L17-420; NF EN 2557	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of mass per unit area.	1997	NF	◑
134	NF L17-422; NF EN 2559	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of the resin and fibre content and the mass of fibre per unit area.	1997	NF	◑
135	NF L17-409; NF EN 2597	Aerospace series - Carbon fibre reinforced plastics - Unidirectional laminates - Tensile test perpendicular to the fibre direction.	1998	NF	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-38> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
136	NF L17-413; NF EN 2564	Aerospace series - Carbon fibre laminates - Determination of the fibre, resin and void contents.	1998	NF	◑
137	NF L17-454; NF EN 2560	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of the resin flow.	1998	NF	◑
138	NF L17-421; NF EN 2558	Aerospace series - Carbon fibre preimpregnates - Determination of the volatile content.	1997	NF	◑
139	SAE ARP 1674A	Automated Manufacture of Continuous Multi-Ply Graphite Fiber/Epoxy Resin Impregnated Broadgoods	1988	SAE	◑
140	SAE AMS 3894/16A	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 200,000 (1379) Tensile, 21,000,000 (145) Modulus, 175 (347)	1989	SAE	◑
141	SAE AMS 3894/1B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 110,000 (758) Tensile, 27,000,000 (186) Modulus, 175 (347)	1989	SAE	◑
142	SAE AMS 3894/2B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 150,000 (1034) Tensile, 20,000,000 (138) Modulus, 175 (347)	1989	SAE	◑
143	SAE AMS 3894/3B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 150,000 (1034) Tensile, 19,000,000 (131) Modulus, 80 (176)	1989	SAE	◑
144	SAE AMS 3894/5B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 110,000 (758) Tensile, 27,000,000 (186) Modulus, 80 (176)	1989	SAE	◑
145	SAE AMS 3894/7B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 90,000 (621) Tensile, 40,000,000 (276) Modulus, 80 (176)	1989	SAE	◑
146	SAE AMS 3894/8B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 70,000 (483) Tensile, 36,000,000 (248) Modulus, 80 (176)	1989	SAE	◑
147	SAE AMS 3899/1B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Polysulfone Resin Impregnated, C PS 172 (1170) Tensile, 16 (110) Modulus, 120 (248)	1993	SAE	◑
148	SAE AMS 3899/2B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Polysulfone Resin Impregnated, C PS 140 (956) Tensile, 27 (186) Modulus, 120 (248)	1993	SAE	◑
149	SAE AMS 3894/17A	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 200 (1379) Tensile, 18.0 (124) Modulus, 120 (248)	1994	SAE	◑
150	SAE AMS 2980/2	Technical Specification: Carbon Fiber Fabric and Epoxy Resin Wet Lay-Up Repair Material Part 2 - Qualification Program	1996	SAE	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-39> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
151	SAE AMS 3970	Carbon Fiber Fabric Repair Prepreg, 125°C (250°F) Vacuum Curing Part 0 - Introduction	1999	SAE	◑
152	SAE AMS 3970/1	Carbon Fiber Fabric Repair Prepreg, 125°C (250°F) Vacuum Curing Part 1 - General Requirements	1999	SAE	◑
153	SAE AMS 3970/2	Carbon Fiber Fabric Repair Prepreg, 125°C (250°F) Vacuum Curing Part 2 - Qualification Program for Fiber, Fabric, Resin and Film Adhesive	1999	SAE	◑
154	SAE AMS 3970/3	Carbon Fiber Fabric Repair Prepreg, 125°C (250°F) Vacuum Curing Part 3 - Purchasing Specification for Epoxy Prepreg	1999	SAE	◑
155	SAE AMS 3970/4	Carbon Fiber Fabric Repair Prepreg, 125°C (250°F) Vacuum Curing Part 4 - Purchasing Specification for Film Adhesive	1999	SAE	◑
156	SAE AMS 3678/10	Type 10, Virgin Polytetrafluoroethylene (PTFE) Moldings or Extrusions with 15% Carbon Fiber	2004	SAE	◑
157	SAE AMS 3678/8	Type 8, Virgin Polytetrafluoroethylene (PTFE) Moldings or Extrusions with 10% Carbon Fiber	2004	SAE	◑
158	SAE AMS 3894/10A	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 210,000 (1448) Tensile, 20,000,000 (138) Modulus, 175 (347)	1989	SAE	◑
159	SAE AMS 3894/11A	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 200,000 (1379) Tensile, 18,000,000 (124) Modulus, 80 (176)	1989	SAE	◑
160	SAE AMS 3894/12A	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 200,000 (1379) Tensile, 18,000,000 (124) Modulus, 120 (248)	1989	SAE	◑
161	SAE AMS 3894/13A	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 131,000 (903) Tensile, 25,000,000 (172) Modulus, 175 (347)	1989	SAE	◑
162	SAE AMS 3894/14A	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 90,000 (621) Tensile, 40,000,000 (276) Modulus, 175 (347)	1989	SAE	◑
163	SAE AMS 3894/15A	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 200,000 (1379) Tensile, 21,000,000 (145) Modulus, 175 (347)	1989	SAE	◑
164	SAE AMS 3894/9B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 70,000 (483) Tensile, 36,000,000 (248) Modulus, 175 (347)	1989	SAE	◑
165	SAE AMS 3894/18	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated, G 355,000 (2448) Tensile, 22,000,000 (152) Modulus, 130 (266)	1990	SAE	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-40> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
166	SAE AMS 3892/10A	Tow, Carbon Fiber For Structural Composites 550 (3792) Tensile Strength, 38 (262) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
167	SAE AMS 3892/11A	Tow, Carbon Fiber, For Structural Composites, 450 (3103) Tensile Strength, 32 (221) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
168	SAE AMS 3892/12	Tow, Carbon Fiber for Structural Composites 730 (5033) Tensile Strength, 41 (283) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
169	SAE AMS 3892/8A	Tow or Yarn, Carbon Fibers, For Structural Composites, GF (OX) 400 (2758) Tensile Strength, 40 (276) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
170	SAE AMS 3892/9B	Tow, Carbon Fiber, For Structural Composites, 500 (3447) Tensile Strength, 32 (221) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
171	SAE AMS 3899B	Carbon Fiber Tape and Sheet, Polysulfone Resin Impregnated	1993	SAE	◑
172	SAE AMS 3895B	Broadgoods and Tape, Carbon Fiber-Epoxy Resin Impregnated, Multi-Ply, Uniform Fiber	1994	SAE	◑
173	SAE AMS 3670/5C	Polyamide-Imide Bar, Rod, and Shapes, 30% Carbon Fiber	1995	SAE	◑
174	SAE ARP 5605	Solid Composite Laminate NDI Reference Standards	2001	SAE	◑
175	SAE AMS 2980	Technical Specification: Carbon Fiber Fabric and Epoxy Resin Wet Lay-Up Repair Material Part 0 - Introduction	1996	SAE	◑
176	SAE AMS 2980/1	Technical Specification: Carbon Fiber Fabric and Epoxy Resin Wet Lay-Up Repair Material Part 1 - General Requirements	1996	SAE	◑
177	SAE AMS 2980/3	Technical Specification: Carbon Fiber Fabric and Epoxy Resin Wet Lay-Up Repair Material Purchasing Specification - Fabric	1996	SAE	◑
178	SAE AMS 2980/4	Technical Specification: Carbon Fiber Fabric and Epoxy Resin Wet Lay-Up Repair Material Purchasing Specification - Resin	1996	SAE	◑
179	SAE AMS 3897	Cloth, Carbon Fiber, Resin Impregnated	1988	SAE	◑
180	SAE AMS 3897/1	Carbon Fiber Cloth, 8HS Style Fabric, Epoxy Resin Impregnated	1988	SAE	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-41> 탄소섬유 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	년도	표준기구	연관성
181	SAE AMS 3894E	Carbon Fiber Tape and Sheet, Epoxy Resin Impregnated	1990	SAE	◑
182	SAE AMS 3892/1B	Tow or Yarn, Carbon Fibers For Structural Composites, GF 400 (2758) Tensile Strength, 33 (228) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
183	SAE AMS 3892/2B	Tow or Yarn, Carbon Fibers For Structural Composites, GF 300 (2068) Tensile Strength, 50 (345) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
184	SAE AMS 3892/3B	Tow or Yarn, Carbon (Graphite) Fibers - For Structural Composites, GF 400 (2760) Tensile Strength, 40 (275) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
185	SAE AMS 3892/4B	Tow or Yarn, Carbon Fibers For Structural Composites, GF 300 (2068) Tensile Strength, 75 (517) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
186	SAE AMS 3892/5B	Tow or Yarn, Carbon Fibers For Structural Composites, GF 220 (1517) Tensile Strength, 75 (517) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
187	SAE AMS 3892/6A	Tow or Yarn, Carbon Fibers, For Structural Composites, GF 325 (2241) Tensile Strength, 57 (393) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
188	SAE AMS 3892/7A	Tow or Yarn, Carbon Fibers, For Structural Composites, GF (OX) 400 (2758) Tensile Strength, 33 (228) Tensile Modulus	1992	SAE	◑
189	SAE AMS 3892B	Fibers, Carbon Tow and Yarn, For Structural Composites	1992	SAE	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

2.3.6. 결론 및 시사점

1988년을 기점으로 증가하기 시작한 탄소섬유 관련 표준 제정활동은 1997년에 정점을 찍은 후에도 1999년까지 활발하게 진행되었으며 이 기간 동안 대부분의 탄소섬유와 관련된 표준의 표준들이 제정되었기 때문에 2000년 이후에는 다소 소강상태를 보이는 것으로 나타났다.

표준화 기구별로는 SAE International과 프랑스국가규격협회(NF)를 선두로 하여 독일공업규격위원회(DIN), 영국규격협회(DIN), 유럽전기기술표준화위원회(CENELEC), 국제표준화기구(ISO), 일본공업규격위원회(JIS), 미국재료시험협회(ASTM) 등에서 탄소섬유 관련 표준을 제정해 왔다.

용도별로 살펴보면 항공용 플라스틱 및 고무에 활용되는 탄소섬유에 대한 표준이 58건 제정되어 지금까지 제정된 전체 표준의 30.7%를 차지하고 있으며 탄소섬유 자체와 관련된 표준이 55건 제정되어 29.1%를 차지하고 있으며 특별히 항공분야에 응용과 관련된 탄소섬유 표준이 전체의 55.0%를 차지하고 있어 탄소섬유의 항공 산업 분야에 대한 기여도가 매우 높은 것을 알 수 있다.

표준의 중복제정을 방지하면서 예산과 표준제정에 소요되는 기간절감 등을 위해 영국규격협회(BSI), 프랑스국가규격협회 (NF)와 독일공업규격위원회(DIN)에서는 국제표준화기구(ISO)에서 제정한 탄소섬유 관련 표준들을 부합화 과정을 통해 자국의 국가표준으로 제정 활용하고 있다.

탄소섬유 자체의 물성시험에 관한 표준이나 탄소섬유 강화 플라스틱 및 고무와 관련된 표준들은 대부분 제정된 상황으로 앞으로는 개정에 대한 수요 이외에는 많지 않을 것으로 보이나 항공분야를 포함한 방위산업 분야 및 원자력, 선박, 자동차, 스마트폰 등의 분야에서 환경개선을 위한 **부품의 경박단소 추세에 따른 탄소섬유 관련 표준**의 수요가 예상된다.

2.4. 인조흑연 분야

2.4.1. 개요 및 조사범위

인조흑연은 미국의 에드워드 굿리치 애치슨에 의해서 처음으로 합성되었다. 그는 실리콘 카바이드(SiC)로 실험을 하다가 4,150°C에서 탄화규소의 실리카(SiO_2)성분이 증발해 버리고 남은 탄소가 흑연의 형태로 남아 있는 것을 발견하였다. 1896년 애치슨은 흑연 생산에 대한 특허를 받았으며 상업적인 인조흑연 생산은 1897년부터 이루어졌다.

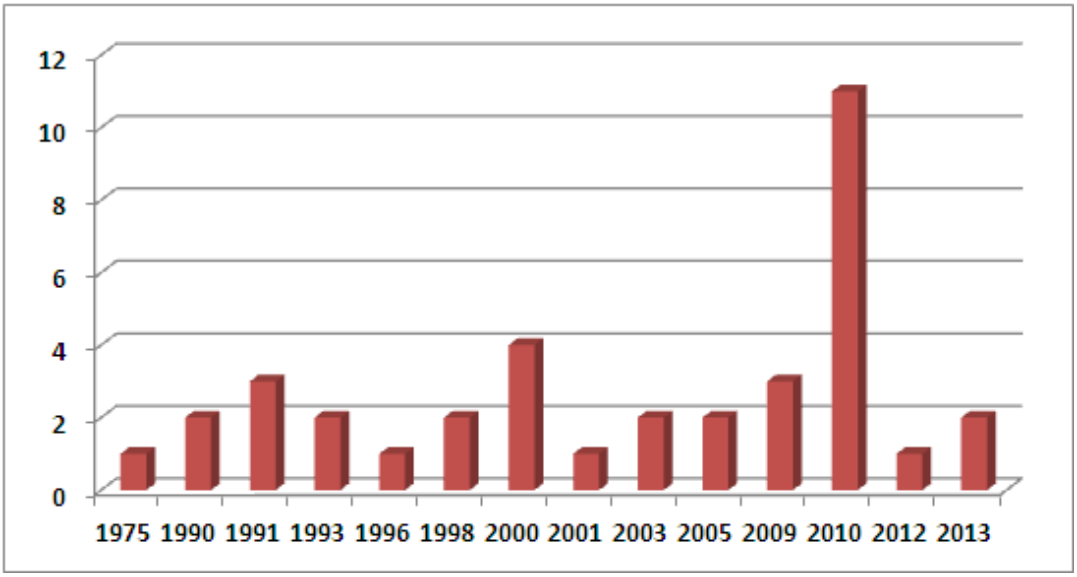
인조흑연은 무정형 탄소를 고온으로 가열하여 결정구조를 갖는 형태의 흑연으로 만드는데, 통상적으로 2,500~3,000°C로 가열하지만 천연 흑연의 구조와 가깝게 만들기 위해서는 더 높은 온도가 필요하다. 인조흑연은 경량성, 내열성, 전기 및 열전도성, 화학적 안정성, 고강도 등이 매우 우수해 철강분야의 전극봉, 휴대전화의 음극재, 반도체 및 태양전지용 핵심소재, 원자력의 감속재 등에 요긴하게 사용되고 있다.

인조흑연(Manufactured Carbon)과 관련하여 발행된 국제표준은 검색은 키워드 ″manufactured,″ ″synthetic,″ “carbon,″ 및 “graphite”를 사용하여 국가기술표준원 통합검색사이트를 활용함과 병행하여 ASTM, ANSI, DIN, JIS 등의 홈페이지에서 제공하는 표준문서 검색 기능을 이용하였다. 본 조사에는 원소로서의 인조흑연 자체의 특성측정과 관련된 표준과, 인조흑연의 응용제품에 관한 표준과, 특정용도로 사용되는 인조흑연에 대한 표준을 모두 포함하였다.

2.4.2. 연도별 표준제정 동향

인조흑연과 관련하여 가장 활발하게 활동하고 있는 표준화 기구로는 미국재료시험협회 (ASTM)가 있다. 1975년 ASTM에서 처음으로 인조흑연과 관련하여 “Standard Guideline for Reporting Friction and Wear Test Results of Manufactured Carbon and Graphite Bearing and Seal Materials”라는 표준을 제정한 이래 인조흑연 관련 표준이 본격적으로 시작된 것은 1990년부터라고 할 수 있다.

인조흑연 관련 표준 제정활동은 1990년 이후부터 건수는 많지 않지만 최근까지 꾸준하게 지속되고 있다. 2010년에 가장 많은 11건의 표준이 제정되었는데 이는 오래전에 제정된 표준들의 개정작업이 겹친 것으로 파악되었다.



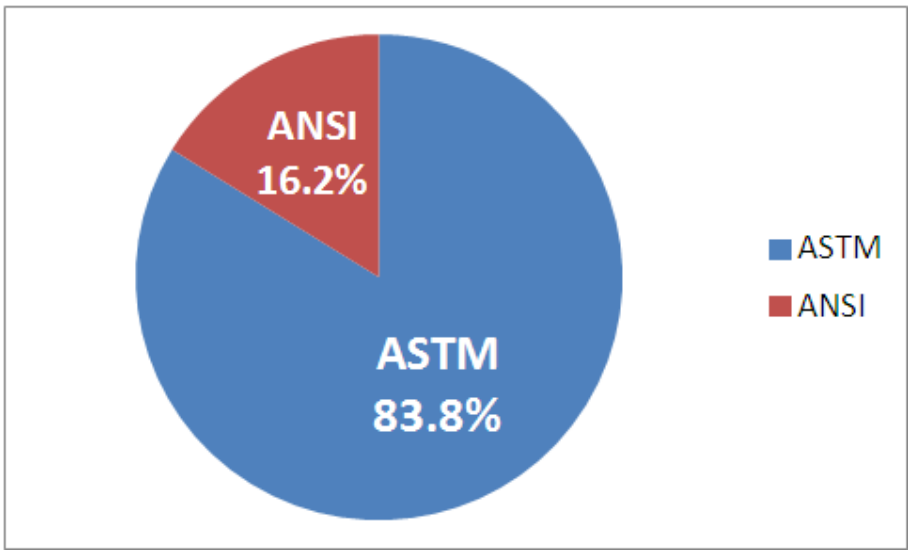
[그림Ⅳ-11] 인조흑연 분야 연도별 표준제정 현황

<표Ⅳ-42> 연도별 인조흑연 관련 표준 제정 건수

연 도	표준제정 건수	연 도	표준제정 건수
1975	1	2001	1
1990	2	2003	2
1991	3	2005	2
1993	2	2009	3
1996	1	2010	11
1998	2	2012	1
2000	4	2013	2
총합계 33			

2.4.3. 표준화 기구별 표준제정 동향

국제표준화 기구별로 인조흑연 분야의 표준제정 현황을 살펴보면 미국재료시험협회 (ASTM)가 31건의 인조흑연 관련 표준을 제정하여 인조흑연 전체 표준제정 건수의 83.8%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 미국표준협회(ANSI)에서 6건의 인조흑연 관련 표준을 제정하여 전체의 16.2%를 점유한 것으로 나타났는데 이는 모두 ASTM의 표준을 부합화를 통하여 ANSI의 표준으로 제정한 것으로 실질적으로는 ASTM에서 모든 표준을 주도적으로 제정한 것으로 볼 수 있다.



[그림 Ⅳ-12] 인조흑연 분야 표준화 기구별 표준제정 현황

<표 Ⅳ-43> 표준화 기구별 인조흑연 관련 표준 제정현황

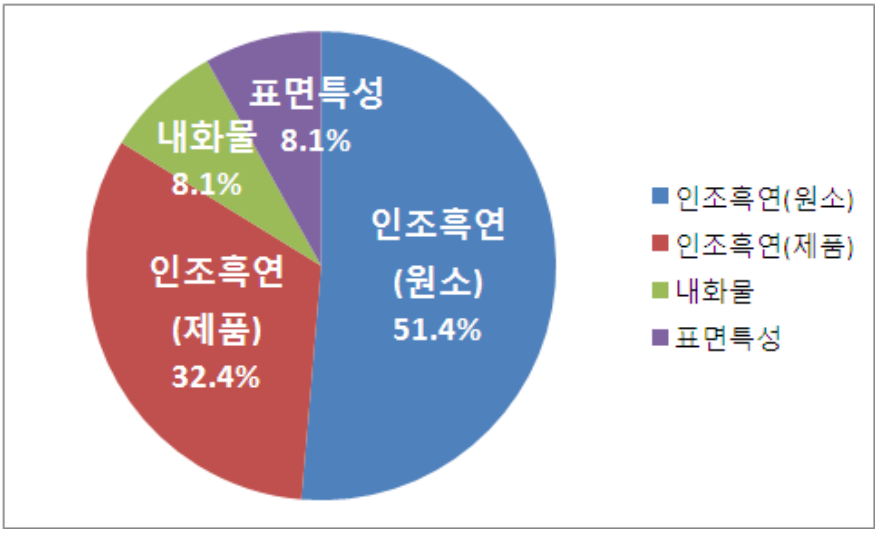
No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준제정 건수	점유율 [%]
1	미국재료시험협회 American Society for Testing and Materials	ASTM	31	83.8
2	미국표준협회 American National Standards Institute	ANSI	6	16.2
계			37	100.0

2.4.4. 표준화 용도별 표준제정 동향

지금까지 파악된 인조흑연의 표준을 그 용도별로 살펴보면 원소로서 인조흑연 자체의 특성측정 등에 대한 표준이 19건 제정되어 지금까지 제정된 전체 표준의 45.5%를 차지하고 있으며 인조흑연의 제품과 관련된 표준이 12건 제정되어 36.4%를 차지하고 있다. 내화물과 표면특성과 관련된 표준이 각각 3건씩 모두 6건이 제정되어 전체 표준의 18.2%를 점유하고 있다.

<표 IV-44> 용도별 인조흑연 관련 표준 제정현황

No.	용 도	건수	비율 [%]
1	인조흑연 (원소)	19	45.5
2	인조흑연 (제품)	12	36.4
3	내화물	3	9.1
4	표면특성	3	9.1
계		37	100.0

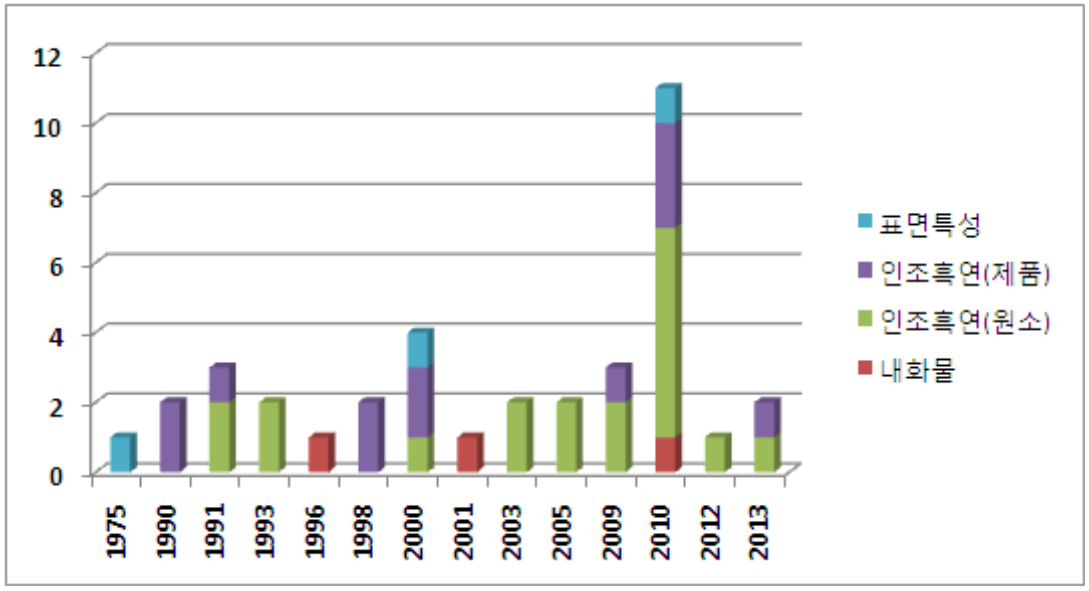


[그림 IV-13] 인조흑연 분야 용도별 표준제정 현황

<표 IV-45> 용도별 기구별 인조흑연 관련 표준 제정현황

구분	인조흑연 (원소)	인조흑연 (제품)	내화물	표면특성	계
ASTM	17	10	2	2	31
ANSI	2	2	1	1	6
총계	19	12	3	3	37

1896년 애치슨이 흑연 생산에 대한 특허를 받고 1897년부터 상업적인 인조흑연이 생산되기 시작하면서 1974년에 첫 표준이 제정된 이래 인조흑연과 관련된 표준의 제정은 인조흑연 자체와 제품과 관련된 표준을 중심으로 지금까지 꾸준히 이루어지고 있는 것으로 조사되었다. 2010년에 가장 많은 11건의 표준이 제정되었는데 이는 오래전에 제정된 표준들의 개정작업이 겹친 것으로 파악되었다.



[그림Ⅳ-14] 용도별 연도별 인조흑연 관련 표준 제정현황

2.4.5. 인조흑연 분야 세부 표준목록

인조흑연과 관련하여 1982년 이후 지금까지 제정이 완료된 표준은 총 37건으로 조사되었다. 그러나 표준과 인조흑연과의 연관성을 어디까지 고려할 것인가에 대한 기준은 주관적인 판단에 의해 크게 영향을 받을 수 있음을 감안해야 할 것이다. 본 조사는 검색사이트와 각 표준화 기구의 홈페이지를 통하여 키워드 방식으로 이루어졌다.

연관성에 대한 부분은 인조흑연 자체에 대한 시험방법인 경우에는 연관성이 높은 것으로 판단하였고 인조흑연을 제품에 응용하기 위한 표준이나 천연 흑연에 관한 표준으로 인조흑연에 적용할 수 있는 표준인 경우에는 제한적인 연관성을 가지는 것으로 판단하였다. '인조흑연'이라는 키워드가 제목에 표시되지 않고 내용에 언급되는 정도인 경우에는 연관성이 낮은 것으로 판단하였다.

<표Ⅳ-46> 인조흑연 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	연도	표준기구	연관성
1	ANSI/ASTM C 808	Guideline for Reporting Friction and Wear Test Results of Manufactured Carbon and Graphite Bearing and Seal Materials	2000	ANSI	◔
2	ANSI/ASTM C 1179	Test Method for Oxidation Mass Loss of Manufactured Carbon and Graphite Materials in Air	2000	ANSI	●
3	ANSI/ASTM C 709	Terminology Relating to Manufactured Carbon and Graphite	2003	ANSI	●
4	ANSI/ASTM C 651	Test Method for Flexural Strength of Manufactured Carbon and Graphite Articles Using Four-Point Loading at Room Temperature	2000	ANSI	●
5	ANSI/ASTM C 559	Test Method for Bulk Density by Physical Measurements of Manufactured Carbon and Graphite Articles	2000	ANSI	●
6	ANSI/ASTM C 838	Test Method for Bulk Density of As-Manufactured Carbon and Graphite Shapes	2001	ANSI	●
7	ASTM C 808	Standard Guideline for Reporting Friction and Wear Test Results of Manufactured Carbon and Graphite Bearing and Seal Materials	1975	ASTM	◔
8	ASTM C808:75(2010)e1	Standard Guideline for Reporting Friction and Wear Test Results of Manufactured Carbon and Graphite Bearing and Seal Materials	2010	ASTM	◔
9	ASTM C 1179	Standard Test Method for Oxidation Mass Loss of Manufactured Carbon and Graphite Materials in Air	1991	ASTM	●
10	ASTM C 709a	Standard Terminology Relating to Manufactured Carbon and Graphite	2003	ASTM	●
11	ASTM C709:09	Standard Terminology Relating to Manufactured Carbon and Graphite	2009	ASTM	●
12	ASTM D 7542	Standard Test Method for Air Oxidation of Carbon and Graphite in the Kinetic Regime	2009	ASTM	◑
13	ASTM C1179:91(2010)e1	Standard Test Method for Oxidation Mass Loss of Manufactured Carbon and Graphite Materials in Air	2010	ASTM	●
14	ASTM C695:91(2010)	Standard Test Method for Compressive Strength of Carbon and Graphite	2010	ASTM	◑
15	ASTM C565:93(2010)e1	Standard Test Methods for Tension Testing of Carbon and Graphite Mechanical Materials	2010	ASTM	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-47> 인조흑연 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	연도	표준기구	연관성
16	ASTM C747:93(2010)e1	Standard Test Method for Moduli of Elasticity and Fundamental Frequencies of Carbon and Graphite Materials by Sonic Resonance	2010	ASTM	◑
17	ASTM C714:05(2010)	Standard Test Method for Thermal Diffusivity of Carbon and Graphite by Thermal Pulse Method	2010	ASTM	◑
18	ASTM D6120:97(2012)	Standard Test Method for Electrical Resistivity of Anode and Cathode Carbon Material at Room Temperature	2012	ASTM	◑
19	ASTM C749:13	Standard Test Method for Tensile Stress-Strain of Carbon and Graphite	2013	ASTM	◑
20	ASTM D5502-00	Standard Test Method for Apparent Density by Physical Measurements of Manufactured Anode and Cathode Carbon Used by the Aluminum Industry	2005	ASTM	●
21	ASTM D5502:00(2010)	Standard Test Method for Apparent Density by Physical Measurements of Manufactured Anode and Cathode Carbon Used by the Aluminum Industry	2010	ASTM	●
22	ASTM C 559	Standard Test Method for Bulk Density by Physical Measurements of Manufactured Carbon and Graphite Articles	1990	ASTM	●
23	ASTM C 559	Standard Test Method for Bulk Density by Physical Measurements of Manufactured Carbon and Graphite Articles	1990	ASTM	●
24	ASTM C 651; ANSI C 651	Standard Test Method for Flexural Strength of Manufactured Carbon and Graphite Articles Using Four-Point Loading at Room Temperature	1991	ASTM	●
25	ASTM C 769	Standard Test Method for Sonic Velocity in Manufactured Carbon and Graphite Materials for Use in Obtaining an Approximate Young's Modulus	1998	ASTM	●
26	ASTM C 611	Standard Test Method for Electrical Resistivity of Manufactured Carbon and Graphite Articles at Room Temperature	1998	ASTM	●
27	ASTM C769:09	Standard Test Method for Sonic Velocity in Manufactured Carbon and Graphite Materials for Use in Obtaining Young's Modulus	2009	ASTM	◑
28	ASTM C611:98(2010)e1	Standard Test Method for Electrical Resistivity of Manufactured Carbon and Graphite Articles at Room Temperature	2010	ASTM	●
29	ASTM C559:90(2010)	Standard Test Method for Bulk Density by Physical Measurements of Manufactured Carbon and Graphite Articles	2010	ASTM	●
30	ASTM C886:98(2010)e1	Standard Test Method for Scleroscope Hardness Testing of Carbon and Graphite Materials	2010	ASTM	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-48> 인조흑연 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	연도	표준기구	연관성
31	ASTM C695:91	Standard Test Method for Compressive Strength of Carbon and Graphite	1991	ASTM	◑
32	ASTM C565:93	Standard Test Methods for Tension Testing of Carbon and Graphite Mechanical Materials	1993	ASTM	◑
33	ASTM C747:93	Standard Test Method for Moduli of Elasticity and Fundamental Frequencies of Carbon and Graphite Materials by Sonic Resonance	1993	ASTM	◑
34	ASTM C714:05	Standard Test Method for Thermal Diffusivity of Carbon and Graphite by Thermal Pulse Method	2005	ASTM	◑
35	ASTM C651:13	Standard Test Method for Flexural Strength of Manufactured Carbon and Graphite Articles Using Four-Point Loading at Room Temperature	2013	ASTM	●
36	ASTM C 838	Standard Test Method for Bulk Density of As-Manufactured Carbon and Graphite Shapes	1996	ASTM	●
37	ASTM C838:96 (2010)e 1	Standard Test Method for Bulk Density of As-Manufactured Carbon and Graphite Shapes	2010	ASTM	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

2.4.6. 결론 및 시사점

인조흑연 관련 표준 제정활동은 1990년 이후부터 건수는 많지 않지만 최근까지 꾸준하게 지속되고 있다.

인조흑연 분야의 표준은 미국재료시험협회 (ASTM)가 주도적으로 제정하고 있으며 ANSI 등의 타 표준화 기구들도 ASTM 표준을 부합화를 통하여 자국의 표준으로 사용하고 있다.

인조흑연과 관련된 표준은 인조흑연 자체의 측정에 관한 표준이 가장 많고 다음 인조흑연을 기반으로 한 제품과 관련된 표준이 주를 이루고 있다.

인조흑연 자체의 물성시험에 관한 표준이나 인조흑연을 기반으로 하는 제품과 관련된 표준들의 상당부분이 이미 제정된 상황으로 앞으로는 개정에 대한 수요가 예상되고 있다.

한편 철강분야의 전극봉, 휴대전화의 음극재, 반도체 및 태양전지용 핵심소재, 원자력의 감속재 등의 분야와 흑연층간화합물을 이용한 리튬이온 2차 전지, 전기제강용 흑연전극, 알루미늄 전해제강용 전극, 흑연 전해판, 흑연 열교환기 등에 대한 표준화 수요도 예상되고 있다.

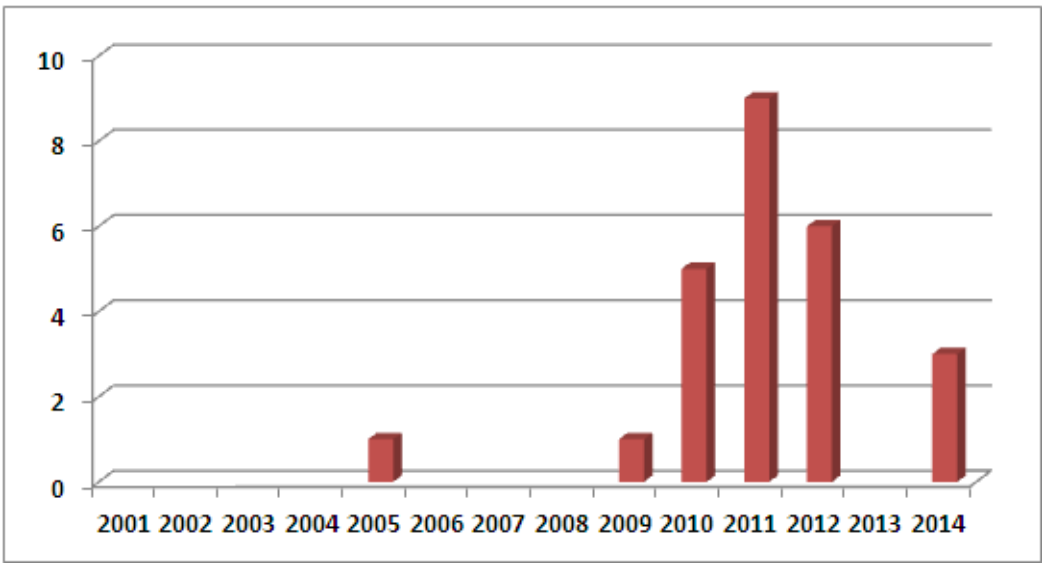
2.5. 탄소나노튜브 분야

2.5.1. 개요 및 조사범위

탄소나노튜브(Carbon Nanotube)와 관련하여 발행된 국제표준 검색은 키워드 “carbon,” “nanotube,” 및 "CNT"를 사용하여 국가기술표준원 통합검색사이트를 활용함과 병행하여 ISO, IEC, DIN, JIS 등의 홈페이지에서 제공하는 표준문서 검색 기능을 이용하였다. 본 조사에는 원소로서의 탄소나노튜브 자체의 특성측정과 관련된 표준과 탄소나노튜브의 응용제품에 관한 표준, 특정용도로 사용되는 탄소나노튜브에 대한 표준을 모두 포함하였다.

2.5.2. 연도별 표준제정 동향

탄소나노튜브와 관련하여 가장 활발하게 활동하고 있는 표준화 기구로는 국제표준화기구 (International Organization for Standardization: ISO) TC 229 나노기술 표준화 위원회와 국제전기기술위원회(International Electro-technical Commission: IEC) TC 113 나노기술 표준화위원회가 있다. 국제전기기술위원회(IEC)의 TC 113 산하에 있는 프로젝트팀 PT 62607-2-2와 PT 62607-2-4에서 탄소나노튜브의 표준화를 전문적으로 다루고 있고 국제표준화기구(ISO) 산하의 TC 229에는 나노기술 및 지속성을 담당하는 기술그룹 TG 3가 있다.



[그림Ⅳ-15] 탄소나노튜브 분야 연도별 표준제정 현황

탄소나노튜브 분야의 표준화는 2005년 전기전자기술자협회(Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE)에서 처음으로 탄소나노튜브와 관련하여 “Test methods for measurement of electrical properties of carbon nanotubes”라는 표준을 제정하였고, 탄소나노튜브 관련 표준이 본격적으로 시작된 것은 2009년부터라고 할 수 있다.

탄소나노튜브 관련 표준 제정활동은 2009년을 기점으로 급격히 증가하기 시작하였으며 2014년 현재까지 전반적으로 증가추세가 지속되고 있다. 또한 새로운 표준에 대한 수요로 인하여 ISO, IEC 등 국제표준화 기구에서 신규 표준의 제정활동이 현재 매우 활발하게 진행되고 있는 것으로 조사되었다.

<표Ⅳ-49> 연도별 탄소나노튜브 관련 표준 제정 건수

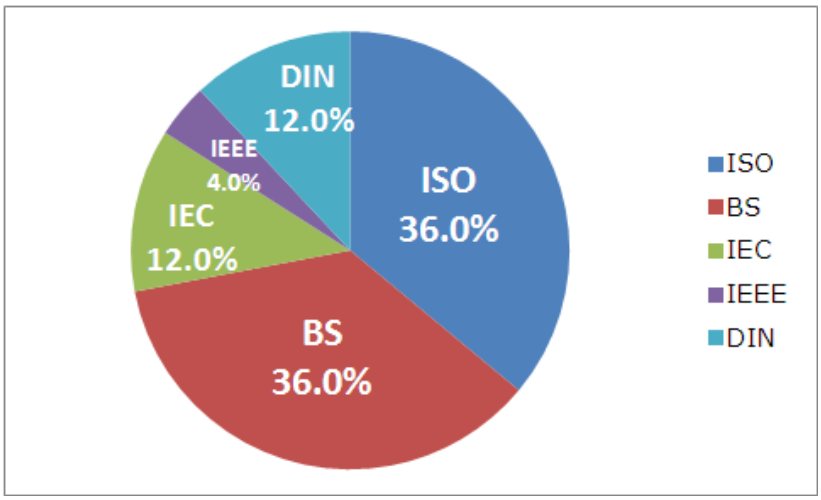
연 도	표준제정 건수	연 도	표준제정 건수
2001	-	2008	-
2002	-	2009	1
2003	-	2010	5
2004	-	2011	9
2005	1	2012	6
2006	-	2013	-
2007	-	2014	3
총합계 25			

2.5.3. 표준화 기구별 표준제정 동향

국제표준화 기구별로 탄소나노튜브 분야의 표준제정 현황을 살펴보면 2005년에 처음으로 전기전자기술자협회(IEEE)가 1건의 탄소나노튜브 관련 표준을 제정한 이후 3년간 제정활동은 없었으며 국제표준화기구(ISO)에서 총 9건의 표준을 제정하였고, 영국규격협회(BSI)에서 총 9건의 탄소나노튜브 관련 표준을 제정하여 전체 표준제정 건수의 72.0%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 국제전기기술위원회(IEC)와 독일공업규격위원회(DIN)에서 각각 3건의 표준을 제정하여 전체의 24.0%를 점유하는 것으로 나타났다.

그러나 영국규격협회(BSI)에서 제정한 표준은 국제표준화기구(ISO)에서 제정된 표준을 부합화를 통하여 자국의 표준으로 제정한 것이며 독일공업규격위원회(DIN)에서 제정한 3건은 국제전기기술위원회(IEC)에서 제정한 표준을 그대로 자국의 표준으로

제정한 것으로 결국 탄소나노튜브의 실질적인 표준화는 국제표준화기구(ISO)와 국제전기기술위원회(IEC)에서 주도적으로 제정한 것으로 볼 수 있다.



[그림Ⅳ-16 탄소나노튜브 분야 표준화 기구별 표준제정 현황

<표Ⅳ-50> 표준화 기구별 탄소나노튜브 관련 표준 제정현황

No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준제정 건수	점유율 [%]
1	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	9	36.0
2	영국규격협회 British Standards Institution	BS	9	36.0
3	국제전기기술위원회 International Electro-technical Commission	IEC	3	12.0
4	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	3	12.0
5	IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers	IEEE	1	4.0
계			25	100.0

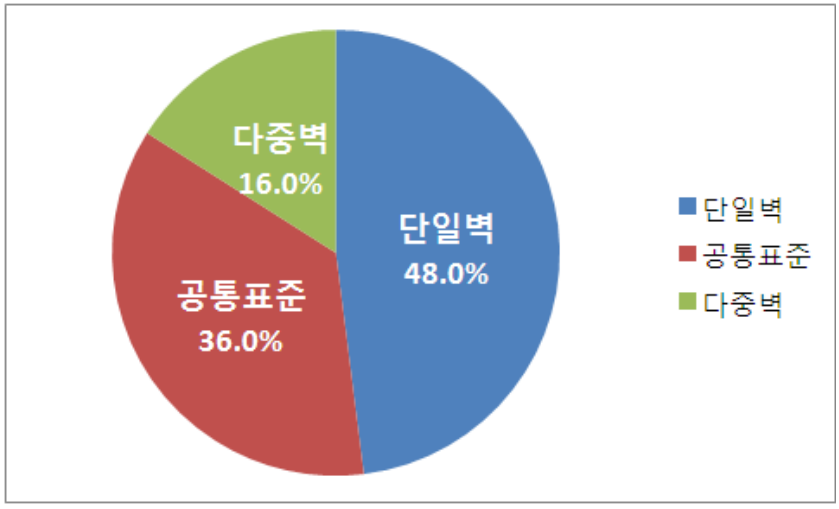
2.5.4. 표준화 용도별 표준제정 동향

지금까지 파악된 탄소나노튜브의 표준은 단일벽 탄소나노튜브와 다중벽 탄소나노튜브에 대한 표준과 공통표준으로 구분할 수 있으며 2010년부터 2014년까지 12

건의 단일벽 탄소나노튜브에 대한 표준이 제정되었고 동일 기간 동안에 4건의 다중벽 탄소나노튜브에 대한 표준이 제정되었다. 단일벽 탄소나노튜브에 대한 표준은 제정된 전체 표준의 48.0%를 차지하고 있으며 다중벽 탄소나노튜브에 대한 표준은 4건 제정되어 16.0%를 차지하고 있다. 단일벽과 다중벽의 구분이 없는 공통표준은 현재까지 총 9건 제정되어 전체의 36.0%를 점유하고 있다.

<표 Ⅳ-51> 용도별 탄소나노튜브 관련 표준 제정현황

No.	용 도	건수	비율 [%]
1	단 일 벽	12	48.0
2	공 통 표 준	9	36.0
3	다 중 벽	4	16.0
계		25	100.0

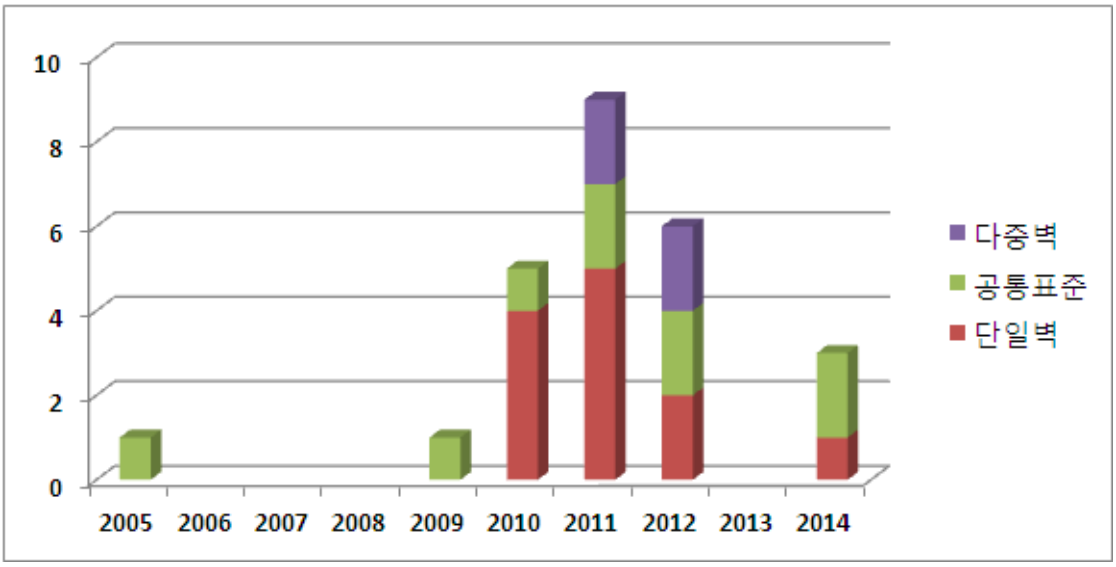


[그림 Ⅳ-17] 탄소나노튜브 분야 용도별 표준제정 현황

<표 Ⅳ-52> 용도별 기구별 탄소나노튜브 관련 표준 제정현황

구분	단일벽	공통표준	다중벽	계
BS	5	2	2	9
DIN	1	2	-	3
IEC	1	3	-	4
ISO	5	2	2	9
총계	**12**	**9**	**4**	**25**

탄소나노튜브의 용도별 연도별 표준제정 현황을 살펴보면 공통표준의 제정과 병행하여 단일벽 탄소나노튜브에 대한 표준의 제정이 주로 이루어져 왔으나 2011년부터 다중벽 탄소나노튜브에 대한 표준도 제정되기 시작하였다. 향후에는 관련 기술의 발전에 따른 새로운 용도에 필요한 표준들에 대한 수요가 발생될 것으로 예상되고 있다.



[그림Ⅳ-18] 용도별 연도별 탄소나노튜브 관련 표준 제정현황

2.5.5. 탄소나노튜브 분야 세부 표준목록

탄소나노튜브와 관련하여 2005년 이후 지금까지 제정이 완료된 표준은 총 25건으로 조사되었다. 그러나 표준과 탄소나노튜브와의 연관성을 어디까지 고려할 것인가에 대한 기준은 주관적인 판단에 의해 크게 영향을 받을 수 있음을 감안해야 한다. 본 조사는 검색사이트와 각 표준화 기구의 홈페이지를 통하여 키워드 방식으로 이루어졌다.

지금까지 제정된 25건의 탄소나노튜브 관련 표준들은 모두 본 조사의 목적과 연관성이 높은 것으로 나타났다.

<표Ⅳ-53> 탄소나노튜브 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	연도	표준기구	연관성
1	BS DD ISO/TS 10867	Nanotechnologies. Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy	2010	BS	●
2	BS DD ISO/TS 10868	Nanotechnologies. Characterization of single-wall carbon nanotubes using ultraviolet-visible-near infrared (UV-Vis-NIR) absorption spectroscopy	2010	BS	●
3	BS DD ISO/TS 11251	Nanotechnologies. Characterization of volatile components in single-wall carbon nanotube samples using evolved gas analysis/gas chromatograph-mass spectrometry	2010	BS	●
4	BS DD ISO/TS 10798	Nanotechnologies. Characterization of single-wall carbon nanotubes using scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectrometry analysis	2011	BS	●
5	BS DD ISO/TS 11308	Nanotechnologies. Characterization of single-wall carbon nanotubes using thermogravimetric analysis	2011	BS	●
6	BS DD ISO/TS 11888	Nanotechnologies. Characterization of multiwall carbon nanotubes. Mesoscopic shape factors	2011	BS	●
7	BS DD ISO/TS 13278	Nanotechnologies. Determination of elemental impurities in samples of carbon nanotubes using inductively coupled plasma mass spectrometry	2011	BS	●
8	BS PD ISO/TR 10929:2012	Nanotechnologies. Characterization of multiwall carbon nanotube (MWCNT) samples	2012	BS	●
9	BS PD IEC/TS 62607-2-1:2012	Nanomanufacturing. Key control characteristics. Carbon nanotube materials. Film resistance	2012	BS	●
10	DIN IEC 62624	Test methods for measurement of electrical properties of carbon nanotubes (IEC 62624:2009)	2010	DIN	●
11	DIN IEC/PAS 62565-2-1; DIN SPEC 40565-2-1:2012-05	Nanomanufacturing - Material specifications - Part 2-1: Single-wall carbon nanotubes - Blank detail specification (IEC/PAS 62565-2-1:2011)	2012	DIN	●
12	DIN IEC/TS 62607-2-1; DIN SPEC 42607-2-1:2014-05	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 2-1: Carbon nanotube materials - Film resistance (IEC/TS 62607-2-1:2012)	2014	DIN	●
13	IEC 62624 ed1.0	Test methods for measurement of electrical properties of carbon nanotubes	2009	IEC	●
14	IEC/PAS 62565-2-1 ed1.0	Nanomanufacturing - Material specifications - Part 2-1: Single-wall carbon nanotubes - Blank detail specification	2011	IEC	●
15	IEC/TS 62607-2-1 ed1.0	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 2-1: Carbon nanotube materials - Film resistance	2012	IEC	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

<표Ⅳ-54> 탄소나노튜브 관련 표준 목록

No.	표준번호	표준명	연도	표준기구	연관성
16	IEEE 1650	Test methods for measurement of electrical properties of carbon nanotubes	2005	IEEE	●
17	ISO/TS 10867:2010	Nanotechnologies -- Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy	2010	ISO	●
18	ISO/TS 10868:2011	Nanotechnologies -- Characterization of single-wall carbon nanotubes using ultraviolet-visible-near infrared (UV-Vis-NIR) absorption spectroscopy	2011	ISO	●
19	ISO/TS 13278:2011	Nanotechnologies -- Determination of elemental impurities in samples of carbon nanotubes using inductively coupled plasma mass spectrometry	2011	ISO	●
20	ISO/TS 11308:2011	Nanotechnologies -- Characterization of single-wall carbon nanotubes using thermogravimetric analysis	2011	ISO	●
21	ISO/TS 11888:2011	Nanotechnologies -- Characterization of multiwall carbon nanotubes -- Mesoscopic shape factors	2011	ISO	●
22	ISO/TR 10929:2012	Nanotechnologies -- Characterization of multiwall carbon nanotube (MWCNT) samples	2012	ISO	●
23	ISO/TS 10797:2012	Nanotechnologies -- Characterization of single-wall carbon nanotubes using transmission electron microscopy	2012	ISO	●
24	ISO/TS 11251:2010	Nanotechnologies -- Characterization of volatile components in single-wall carbon nanotube samples using evolved gas analysis/gas chromatograph-mass spectrometry	2014	ISO	●
25	ISO/TS 10798:2011	Nanotechnologies -- Charaterization of single-wall carbon nanotubes using scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectrometry analysis	2014	ISO	●

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

2.5.6. 결론 및 시사점

탄소나노튜브 관련 표준 제정활동은 2009년을 기점으로 급격히 증가하기 시작하였으며 2014년 현재까지 전반적으로 증가추세가 지속되고 있다. 새로운 표준에 대한 수요로 인하여 ISO, IEC 등 국제표준화 기구에서 신규 표준의 제정활동이 현재 매우 활발하게 진행되고 있는 것으로 조사되었다.

탄소나노튜브의 실질적인 표준화는 국제표준화기구(ISO)와 국제전기기술위원회(IEC)에서 주도적으로 제정한 것으로 조사되었으며 영국규격협회(BSI)나 독일공업규격위원회(DIN) 등의 타 표준화 기구들도 ISO 및 IEC 표준을 부합화를 통하여 자국의 표준으로 사용하고 있다.

탄소나노튜브와 관련된 표준은 단일벽 탄소나노튜브에 관한 표준이 다중벽 탄소나노튜브에 관한 표준에 비해 상대적으로 많이 제정된 것으로 나타났으며 구조와 관계없이 적용할 수 있는 공통표준도 다수 제정되어 왔다.

지금까지는 단일벽 탄소나노튜브에 대한 표준의 제정이 많았으나 2011년부터 다중벽 탄소나노튜브에 대한 표준도 제정되기 시작하였으며 향후에는 관련기술의 발전에 따른 표준의 수요가 다양한 분야에서 발생될 것으로 전망된다.

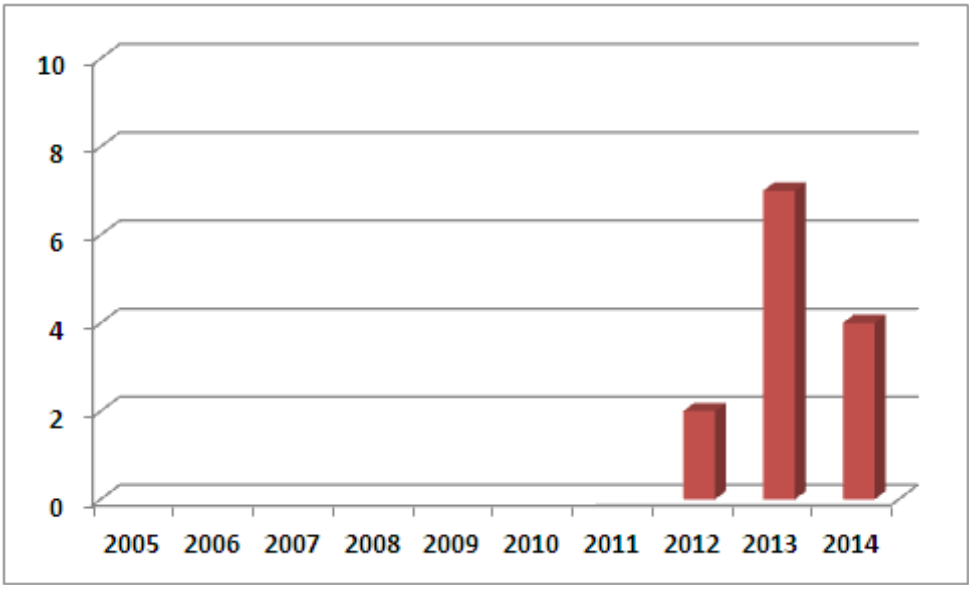
2.6. 그래핀 분야

2.6.1. 개요 및 조사범위

그래핀(Graphene)과 관련하여 발행된 국제표준은 검색은 키워드 “graphene”을 사용하여 국가기술표준원 통합검색사이트를 활용하였고, 이와 병행하여 ISO, IEC, DIN, JIS 등의 홈페이지에서 제공하는 표준문서 검색 기능을 이용하였다. 본 조사에는 그래핀 자체의 특성측정과 관련된 표준과, 그래핀의 응용제품에 관한 표준과, 특정용도로 사용되는 그래핀에 대한 표준을 모두 포함하였다.

2.6.2. 연도별 표준제정 동향

그래핀과 관련하여 가장 활발하게 활동하고 있는 표준화 기구로는 국제표준화기구 (International Organization for Standardization: ISO) TC 229 나노기술 표준화 위원회와 국제전기기술위원회(International Electro-technical Commission: IEC) TC 113 나노기술 표준화위원회가 있다. 국제전기기술위원회(IEC)의 TC 113 산하에 있는 프로젝트팀 PT 62565-3-1과 JWG 1, JWG 2에서 그래핀의 표준화를 전문적으로 다루고 있고 국제표준화기구(ISO) 산하의 TC 229의 나노기술 표준화 위원회에서도 그래핀의 표준화를 다루고 있다.



[그림 Ⅳ-19] 그래핀 분야 연도별 신규표준 추진현황

그래핀과 관련된 표준 제정활동은 2012년을 기점으로 급격히 증가하기 시작하였으며 2014년 현재까지 증가추세가 지속되고 있다. 새로운 표준에 대한 수요로 인하여 IEC, ISO, DIN 등 국제표준화 기구에서 신규 표준의 제정활동이 현재 매우 활발하게 진행되고 있는 것으로 조사되었다.

그래핀에 대한 표준은 아직 제정된 건은 확인되지 않고 있으나 2012년도에 발의된 표준안은 거의 마무리 단계에 있으며 조만간에 국제표준으로 제정되어 공표될 예정이다.

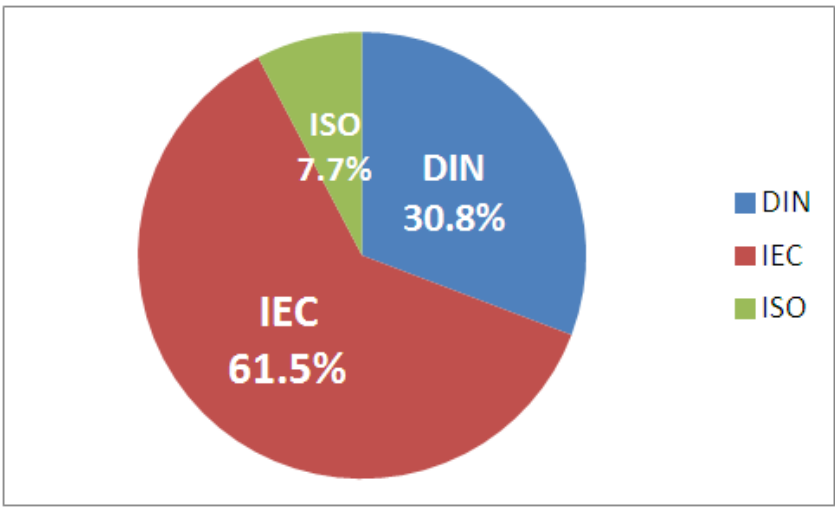
<표Ⅳ-55> 연도별 그래핀 관련 신규표준 추진건수

연 도	표준추진 건수	연 도	표준추진 건수
2005	-	2010	-
2006	-	2011	-
2007	-	2012	2
2008	-	2013	7
2009	-	2014	4
총합계 13			

2.6.3. 표준화 기구별 표준제정 동향

국제표준화 기구별로 그래핀 분야의 표준제정 현황을 살펴보면 2012년부터 표준에 대한 수요에 따라 신규표준안이 제안 추진되고 있으며 2012년 국제전기기술위원회(IEC)의 TC 113에서 “Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-2: Graphene - Detail specification for nano-ink”라는 표준을 제안하여 추진한 이래 지금까지 8건의 신규표준의 제정을 추진하고 있어 진행 중인 신규표준안의 61.5%를 차지하고 있으며, 국제표준화기구(ISO) TC 229에서도 "Nanotechnologies - Vocabulary - Part 13: Graphene and other two dimensional materials"라는 표준안을 신규로 추진 중에 있다.

독일공업규격위원회(DIN)에서 4건의 표준을 제정하여 전체의 30.80%를 점유하는 것으로 나타났으나 이는 국제전기기술위원회(IEC)와 국제표준화기구(ISO)에서 제정중인 표준안을 자국의 표준으로 제정하기 위한 것으로 결국 그래핀의 실질적인 표준화는 국제표준화기구(ISO)와 국제전기기술위원회(IEC)에서 주도적으로 제정하고 있는 것으로 볼 수 있다.



[그림Ⅳ-20] 그래핀 분야 표준화 기구별 신규표준 추진현황

<표Ⅳ-56> 표준화 기구별 그래핀 관련 신규표준 추진현황

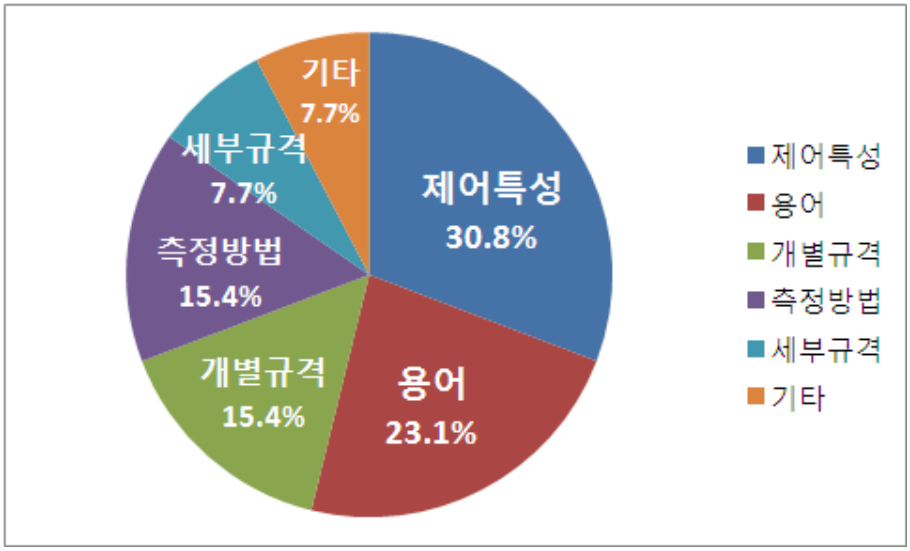
No.	표준화 기구 명칭	표준약어	표준추진 건수	점유율 [%]
1	국제전기기술위원회 International Electro-technical Commission	IEC	8	61.5
2	독일공업규격위원회 Deutsches Institut für Normung	DIN	4	30.8
3	국제표준화기구 International Organization for Standardization	ISO	1	7.7
계			13	100.0

2.6.4. 표준화 용도별 표준제정 동향

현재 추진 중인 그래핀의 신규표준은 용어, 개별규격, 세부규격, 제어특성, 측정방법 등의 용도로 구분되고 있다. 2012년부터 2014년 현재 제어특성에 관한 신규표준안이 4건, 용어에 대한 신규표준안이 3건, 개별규격에 대한 표준안이 2건, 측정방법에 대한 표준안이 2건, 그리고 세부규격에 대한 표준안이 1건 진행 중에 있다.

<표 Ⅳ-57> 용도별 그래핀 관련 신규표준 추진현황

No.	용 도	건수	비율 [%]
1	제어특성	4	30.8
2	용어	3	23.1
3	개별규격	2	15.4
4	측정방법	2	15.4
5	세부규격	1	7.7
6	기타	1	7.7
계		13	100.0

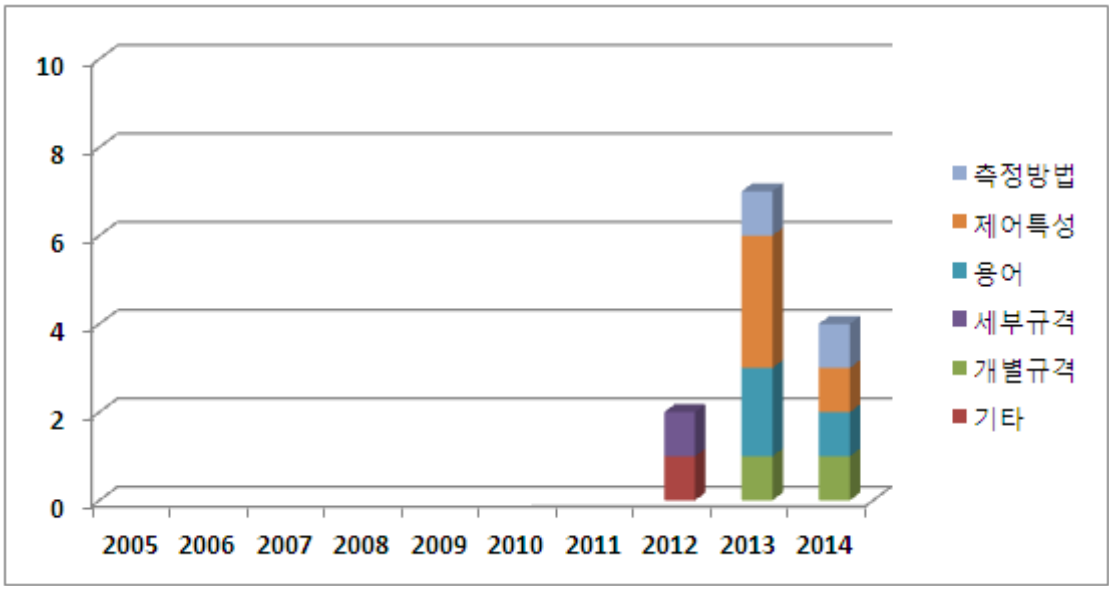


[그림 Ⅳ-21] 그래핀 분야 용도별 신규표준 추진현황

<표 Ⅳ-58> 용도별 기구별 그래핀 관련 신규표준 추진현황

구분	제어특성	용어	개별규격	측정방법	세부규격	기타	계
DIN		1	1	1		1	4
IEC	4	1	1	1	1		8
ISO		1					1
계	4	3	2	2	1	1	13

그래핀의 용도별 신규표준 추진현황을 보면 특정 용도별 세부규격은 현재 1건 추진되고 있으나 향후 그래핀의 적용분야가 확대되면서 특정 용도별 세부규격에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되고 있다.



[그림Ⅳ-22] 용도별 연도별 그래핀 관련 신규표준 추진현황

2.6.5. 그래핀 분야 세부 표준목록

그래핀과 관련하여 2012년 이후 지금까지 신규표준으로 추진 중인 표준은 총 13건으로 조사되었다. 그러나 표준과 그래핀과의 연관성을 어디까지 고려할 것인가에 대한 기준은 주관적인 판단에 의해 크게 영향을 받을 수 있다. 본 조사는 검색사이트와 각 표준화 기구의 홈페이지를 통하여 키워드 방식으로 이루어졌다.

<표Ⅳ-59> 그래핀 관련 추진 중인 신규표준 목록

No.	표준번호	표준명	연도	표준기구	연관성
1	IEC 62565-3-1 Ed. 1.0	Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-1: Graphene - Blank detail specification	2013	IEC	●
2	ISO/TR 19733 Ed. 1.0	Matrix of characterization and measurement methods for Graphene	2013	IEC	●
3	PNW/TS 113-218 Ed. 1.0	ISO/IEC TS 80004-13: Nanotechnologies - Vocabulary - Part 13: Graphene and other two dimensional materials	2014	IEC	◑
4	PWI 113-75 Ed. 1.0	IEC 62607-6-1: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-1: Graphene - Electrical characterization	2013	IEC	●
5	PWI 113-76 Ed. 1.0	IEC 62607-6-2: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-2: Graphene - Evaluation of the number of layers of graphene	2013	IEC	●
6	PWI 113-77 Ed. 1.0	IEC 62607-6-3: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-3: Graphene - Evaluation of the defect level in the graphene layer	2013	IEC	●
7	PWI 113-82 Ed. 1.0	IEC TS 62607-6-4: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-4: Graphene - Non-contact conductance measurement using resonant cavity	2014	IEC	●
8	PWI/TS 113-72 Ed. 1.0	IEC/TS 62565-3-2: Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-2: Graphene - Detail specification for nano-ink	2012	IEC	◔
9	DIN IEC 62659	Nanomanufacturing - Large scale manufacturing for nanoelectronics (IEC 113/171/CD:2012)	2012	DIN	◔
10	DIN EN 62565-3-1	Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-1: Graphene - Blank detail specification for electrotechnical applications (IEC 113/217/CD:2014)	2014	DIN	●
11	DIN ISO/NP TR 19733	Matrix of characterization and measurement methods for graphene	2014	DIN	●
12	DIN ISO/NP 80004-13	Nanotechnologies - Vocabulary - Part 13: Graphene and other two dimensional materials	2013	DIN	◑
13	ISO/NP 80004-13	Nanotechnologies - Vocabulary - Part 13: Graphene and other two dimensional materials	2013	ISO	◑

범례: ●: 연관성 높음, ◑: 연관성 제한적, ◔: 연관성 낮음

3.6.6. 결론 및 시사점

그래핀과 관련된 표준 제정활동은 2012년을 기점으로 급격히 증가하기 시작하였으며 2014년 현재까지 증가추세가 지속되고 있다. 새로운 표준에 대한 수요로 인하여 IEC, ISO, DIN 등 국제표준화 기구에서 신규 표준의 제정활동이 현재 매우 활발하게 진행되고 있다.

그래핀의 실질적인 표준화는 국제전기기술위원회(IEC)와 국제표준화기구(ISO)에서 주도적으로 추진한 것으로 조사되었으며 독일공업규격위원회(DIN)도 IEC 및 ISO 표준을 부합화를 통하여 자국의 표준으로 사용할 것으로 예상되고 있다.

현재 추진 중인 그래핀의 신규표준은 용어, 개별규격, 세부규격, 제어특성, 측정방법 등의 용도로 구분되고 있으며 향후 그래핀의 적용분야가 확대되면서 특정 용도별 세부규격에 대한 수요가 증가할 것으로 전망되고 있다.

향후 OLED용 고투명 그래핀 투명전극필름, OLED용 그래핀 방지막, 전기자동차와 에너지 저장시스템용 그래핀 적용 2차전지, 그래핀 슈퍼커패시터, 자동차 주요부품의 하우징 등과 관련된 분야에서 표준화 수요가 발생될 것으로 예상된다.

3. 6대 탄소 소재 분야별 주요 목표

(자료 : C-산업 현황 및 육성 방안 연구, 산업통산자원부, 화학연구원, 2012)

3.1. 카본블랙

단계	목표
초기	Nano Chemical Master Batch를 통한 고분산성 타이어 원료개발
중기	전도성 카본블랙 개발 전선피복용/ EMI 차폐용 (EMI 차폐율 : 80 dB이상, @ 100 MHz)
	고급 칼라용 카본블랙 개발 (HCF) 자가분산형/자동차도료용
최종	배터리용 카본블랙개발(아세틸 렌블랙, Super-P 대체) (원가절감효과 (4천톤/y))
	금속나노입자와 카본블랙간의 복합체 및 처리공정 개발

3.2. 활성탄소

단계	목표
초기	EDLC용 전극재료 개발 1) 수용성 전해질 - 작동전압: 1 V 이상 - 비에너지 : 3 Wh/kg 이상 - 비출력 : 5 이상 - 비표면적 : 3000 F/g이상 - 비정전용량 200 m2/kg 이상 2) 비수용성 전해질 - 작동전압: 3 V 이상 - 비에너지 : 10 Wh/kg이상 - 비출력 : 3 이상 - 비표면적 : 3000 F/g이상 - 비정전용량 80 m2/kg 이상
중기	유해물 제거용 탄소계 흡착제 개발 - 비표면적: 3000 m2/g 이상 - 기공직경: 0.8 nm 이하 - Hg: 99% 이상 - NH3: 3 ppm 이하 - NOx: 50 ppm 이하 - SOx: 20 ppm 이하 - Cr3+: 99% 이상 - HCl: 2 ppm 이하
최종	슈퍼커패시터용 활성탄소 금속산화물 개발 1) 수용성 전해질 - 작동전압: 2 V 이상 - 비에너지 : 7 Wh/kg 이상 - 비출력 : 5 이상 - 비정전용량 200 m2/kg 이상 2) 비수용성 전해질 - 작동전압: 4 V 이상 - 비에너지 : 15 Wh/kg 이상 - 비출력 : 5 이상 - 비표면적 : 3000 F/g이상 - 비정전용량 80 m2/kg 이상

3.3. 탄소섬유

단계	목표
초기	초고강도 탄소섬유제조(T-1000급) - 인장강도: 6.37 GPa 이상 - 탄성률: 294 GPa 이상 - 밀도: 1.8 g/cm3 이상
중기	고탄성률 탄소섬유제조 (M-60J급) - 인장강도: 3 GPa 이상 - 탄성률: 700 GPa 이상
최종	항공부품소재 국산화 및 양산화 - 전투기(사단급, 군단급) - 고도무인기 - 미사일

3.4. 인조흑연

단계	목표
초기	콜타르제조 - Ash 함량 0.5% 이하 - sulfur 함량 1500ppm 이하
	이차전지 음극재용피치제조 - 용량: 365 mA/g 이상 - 용량밀도: 553 mAh/cc 이상 - 에너지밀도: 2.02 Wh/cc 이상 - 연화점: 200℃ 이상 - Toluene Insoluble(TI): 50% 이하 - Quinoline Insoluble(QI): 15% 이하 - Ash 함량: 0.15 %이하
중기	등방성 인조흑연제조 - 핏치QI 0.2, 핏치수율 95%, 흑연밀도 1.9, 전기저항 15 μΩ m, 열전도 80W/cmK
	이방성 인조흑연제조 - 탈황율 : 50% 이상 - 수소 소모량 : Feed의 2 wt.% 미만 - 촉매 수명 : 2년 이상 (6개월 이상 연속 운전 자료 확보)
최종	인조흑연제조 공정개발 1) 분리공정 개발 - 금속 성분 제거율 : 90% 이상 - 고분자량 탄화수소 불순물 제거율 : 90% 이상 2) 반응공정 개발 - 니들 코크스 열팽창 계수 : 0.4 * 10-6 이하 - 니들 코크스 황 함량 : 0.5 wt.% 이하 - 니들 코크스 질소 함량 : 0.5 wt.% 이하
	원자로급 흑연제조

3.5. 탄소나노튜브

단계	목표
초기	에너지 흡수용 나노복합소재 개발 - 전자파 차폐율 : 80 dB 이상 (@ 100 MHz) - 면저항: 6 ohm/sq. 이하 - 충격강도: 20 kgfcm/cm 이상 - 굴곡탄성률: 50 GPa 이상
중기	고방열 나노복합소재 개발 1) 절연형 - 열전도도: 30 W/mK 이상 - 열팽창계수: 15 ppm/℃ 이하 - 인장탄성률: 20 GPa 이상 - 굴곡탄성률: 15 GPa 이상 - 표면저항: 1011 이상 2) 비절연형 - 열전도도: 75 W/mK 이상 - 열팽창계수: 15 ppm/℃ 이하 - 인장탄성률: 25 GPa 이상 - 굴곡탄성률: 20 GPa 이상 - 표면저항: 10Ω 이하
최종	초경량 고강도 나노복합소재 - 항복강도 260 MPa 이상 - 인장탄성률 : 15 GPa 이상 - 신율 : 4.0 % 이상 - 열변형온도 : 230℃ 이상 - 경량화율 : 50 % 이상(Al 대비)

3.6. 그래핀

단계	목표
초기	고투명 그래핀 투명전극필름 개발 - 면저항: 100 Ω/□ - 투명도: 95 % - 균일도: 10 %
	OLED용 그래핀 투명전극개발 - 면저항 15 Ω/□ - 투과도: 90 %
	OLED용 그래핀 방지막개발 - 내투습성 10^{-6} g/m^2 (day)
중기	전기차/에너지 저장시스템용 그래핀 이차전지 - 그래핀 두께, 비표면적, 결함 제어를 통한 전극소재개발(그래핀층 수 5층 이하)
	이차전지용 그래핀 양극 복합활물질 개발 - 95%@5C/1C, 95%@40회 - 그래핀 복합활물질 적용 리튬 이차전지 개발
	고전압 고출력용 그래핀 슈퍼커패시터용 GIC/RGO 소재 개발 (생산량 10톤/월, 비표면적 1500 m^2/g)
	자가지지 그래핀 복합전극소재 개발 : 전극용량 25 F/cc
	그래핀 적용 고전압 고출력 슈퍼커패시터 개발 : 전압 3.0 V
최종	자동차 ECU 커버 개발 - 충격강도 15 kgfcm/cm - 경량화 10%이상
	자동차 내장기기 커버 개발 - 열전도도 15 W/mK - 경량화 15%이상
	전기자동차 배터리용 하우징 개발 - 충격강도 75 kgfcm/cm - 경량화 20%이상