

탄소소재 융복합기술 종합 발전계획

- 탄소산업 기술개발 로드맵 -

2021. 5. 25.

관계부처 합동

목 차

I. 수립 배경	1
II. 탄소소재 융복합 산업 전망 및 우리의 상황	2
III. 정책 시사점 및 추진방향	7
IV. 비전 및 추진전략	11
V. 핵심 정책과제	12
VI. 추진체계 및 향후일정	29
[붙임] 탄소소재 융복합 핵심기술 선정결과 및 R&D 로드맵	31

I. 수립 배경

수립	정책: 탄소업종 기본계획 「탄소소재 융복합산업 종합 발전전략(2.24)」
근거	법령: 「탄소소재 융복합 기술개발 및 기반조성 지원에 관한 법률」

◇ 대외적 충격에 따른 산업 여건 변화 → 기존 소재의 한계 노출

- 대외적 충격(코로나-19, 미중 무역분쟁 등) 발생 및 장기화에 따라 글로벌 밸류체인을 포함한 산업 패러다임이 급속한 속도로 전환*
* 핵심 소재·부품·장비의 국내 생산기반 확보, 국가별 전략적 업종 육성 추진 등
- 새로운 사회·경제적 명제*에 기존 소재(금속, 플라스틱 등)의 한계 노출
→ 혁신적 해법을 제시할 수 있는 산업 분야로 '탄소 산업' 부상
* 2050 탄소중립, 산업의 경량화·친환경화, 핵심 소재·부품·장비의 자립화 등

◇ 국내 트랙 레코드 부재 → 연대와 협력 통한 성장전략 모색 필요

- 탄소소재 시장은 주요 선진국(美·日·獨)등에 의해 독·과점된 상황
* 최근 중국 또한 정부투자(인조흑연 전극봉 등)를 크게 증가시키며 빠르게 추격 중
- 우리나라의 경우 범용수준의 기술력은 일정부분 확보, 이제는 수요 업종의 용도 확장을 위해 다양한 경제주체의 역량을 결집할 때

◇ 탄소산업 가치사슬 미완성 → 소부장 경쟁력 강화 위한 투자 필요

- '10년부터 탄소분야 민·관 투자를 통해 소부장 측면의 성과* 창출
* 탄소밸리구축사업('11~'16년, 1,579억원)을 통해 T-700급 탄소섬유 국산화 성공(효성)
- 국내 미확보된 탄소소재 분야 핵심 기술력은 지속 확보하면서, 자립화된 요소기술을 시장의 영역으로 실증하기 위한 지원 필요

⇒ 대내·외 산업여건 변화를 기회로 인식 ⇒ 탄소소재 기반 기술 확보로 국내 소부장 산업의 체질강화·업그레이드 추진

II. 탄소소재 융복합 산업의 개념, 동향

1 「탄소소재 융복합 산업」의 개념

◆ 탄소소재의 우수한 물성을 기반으로 전후방 연관 산업·기술과의 융·복합을 통해 시너지를 창출하는 고부가가치 산업

- (탄소소재 융·복합 산업 개념) 탄소소재를 기초로 부품·중간재를 생산하고 수요산업에 적용하여 제품의 성능을 극대화*하는 산업
* (융·복합 소재) 강화재와 기지재를 결합하여 각각의 합보다 강화된 물성을 발현 (1+1=3)
(융·복합 산업) 소재·부품 산업과 수요 산업을 결합하여 제품성능 향상 및 부가가치 창출

< 탄소소재 융·복합 산업의 개념 >				
기술	탄소소재 강화재 (reinforcement)	+	기지재 (matrix)	⇒ 탄소 융·복합 소재 (composite materials)
예시 (CFRP)				
	* 탄소섬유강화플라스틱(carbon fiber reinforced plastic)			
산업	탄소 소재·부품 산업 (materials & parts)	+	응용·수요 산업 (applications)	⇒ 탄소소재 융·복합 산업 (convergence industry)

- (산업적 특징) 탄소소재 융복합 산업은 장치산업이자 고부가가치 산업
 - 초기 개발비용·진입장벽이 높고 양산화 가능성은 상대적으로 낮음
 - 그러나, 양산화 성공 시 가치사슬*을 따라 큰 고부가가치 창출
* (부가가치小) 기초원료 → 중간원료 → 탄소소재 → 중간재·부품 → 제품 (부가가치大)
 - 또한, 他 산업·기술과 융·복합 시 더 큰 부가가치 및 시너지 창출 可

< 항공기 동체용 탄소섬유 복합재 적용 사례 >				
제 품	석유	PAN섬유	탄소섬유	항공기 동체
가 격	970원	2,293원	22,400원	224,000원
부가가치	(-)	(2.4배)	(23.1배)	(230.9배)

< 참고 : 탄소소재의 정의, 유형 및 가치사슬 >

□ **(정의)** 탄소원료(원유, 석탄, 가스 등)로 제조된 소재로서 가볍고, 다양한 결합이 가능한 탄소 특성상, 우수하고 다양한 물성을 보유

⇒ 4차 산업혁명 시대, 기존 소재가 가진 한계를 극복하는 新소재로 각광

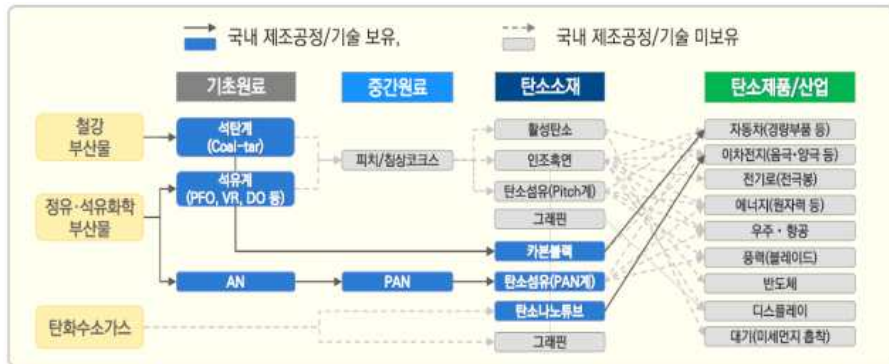
* 철의 1/4 무게, 10배 강도, 1/3 열팽창계수, 구리의 15배 전도도 보유

□ **(유형)** 탄소결합 형태, 소재 특성 등에 따라 ①탄소섬유, ②인조흑연, ③활성탄소, ④카본블랙, ⑤탄소나노튜브, ⑥그래핀의 6가지로 구분

구분	특성	용도
유망소재	탄소섬유 · 섬유형태 탄소소재(고강도, 경량) · 플라스틱과 결합 시 강도, 탄성 증가	· 자동차·항공기 부품 등
	인조흑연 · 코크스를 열처리하여 만든 고순도 흑연 · 높은 열·전기 전도성	· 전극봉, 이차전지 등
전통소재	활성탄소 · 표면기공이 많아 흡착력이 높음	· 공기, 수질 정화 필터 등
	카본블랙 · 미세 탄소 알갱이(그을음) · 고무와 혼합 시 강도 향상	· 타이어, 고무벨트 등
나노탄소	탄소나노튜브 · 나노크기 실린더형태 탄소소재 · 높은 열·전기 전도성	· 이차전지(양극재), 특수도로 등
	그래핀 · 얇은 박판 형태의 탄소소재 · 높은 열·전기 전도성	· Flexible 디스플레이, OLED 등

* 나노탄소는 전 세계적으로 상용화 이전단계

□ **(가치사슬)** 기초원료 → 중간원료 → 탄소소재 → 제품 생산



* (AN) Acrylonitrile, (PFO) Pyrolysis Fuel Oil, (PAN) Polyacrylonitrile

2 탄소소재 융복합 산업 동향 및 전망

◆ **(시장전망)** 탄소시장은 '30년 1,000조원 규모로 성장 전망 (연평균 10%↑)

◆ **(기술수준)** 범용 기술력은 확보, 하이엔드 및 장비 기술력 향상 필요

◇ **글로벌 산업규모 전망** 연평균 11% 성장 전망

○ **친환경(경량소재)·스마트 산업의 성장과 함께 빠르게 성장 전망**

- (탄소소재 시장) ('19년) 52조원 → ('30년) 176조원 (CAGR=11.8%)

- (응용부품 시장) ('19년) 310조원 → ('30년) 1,055조원 (CAGR=10.9%)

< 탄소 융복합 산업 시장규모 현황 및 전망 >

구분	연도	시장규모 및 전망						
소재	2019년	구분	탄소섬유	인조흑연	활성탄소	카본블랙	CNT	그래핀
		전체(조원)	3.39	24.36	4.17	16.15	3.44	0.15
	2030년	구분	탄소섬유	인조흑연	활성탄소	카본블랙	CNT	그래핀
		전체(조원)	15.7	34.45	43.2	29.22	21.9	31.4
부품	2019년	구분	탄소섬유	인조흑연	활성탄소	카본블랙	CNT	그래핀
		전체(조원)	20.34	146.16	25.02	96.9	20.64	0.9
	2030년	구분	탄소섬유	인조흑연	활성탄소	카본블랙	CNT	그래핀
		전체(조원)	94.2	206.7	259.2	175.2	131.4	188.4

◇ **성장 및 제한요인** 신산업 수요 증가 / 非친환경적 제조 공정

○ **전방 新산업의 성장에 따른 수요증가가 기대되나, 높은 소재가격**

(탄소섬유: 25\$/kg)과 非친환경적 제조 공정은 극복해야할 한계

소재	성장요인	제한요인
탄소섬유	· 글로벌 환경규제에 따른 모빌리티 경량화 · 수소자동차의 시장 성장에 따른 수소압력용기 수요 급증	· 고가 소재의 가격 경쟁력 확보 필요
인조흑연	· 친환경 자동차 성장에 따른 리튬 이차전지 시장 수요 확대 · 철강산업의 고순도 전극봉 수요 증가(아시아 국가)	· 차세대 금속 산화물 음극재 개발 (대체재) · 非친환경적인 제조 공정
활성탄소	· Covid-19로 인한 질병관리 대응 · 수처리 및 공기정화 수요 증가	· 원자재 부족으로 인한 가격경쟁력 저하
탄소나노튜브	· 우주항공 부품의 코팅제 및 접착제 첨가제 수요 증가 · 바이오센서, 전기차 배터리 및 부품 수요 증가	· 고가 소재의 가격 경쟁력 확보 필요 · 안전성 미검증
그래핀	· 인쇄전자 분야 유망 소재 · 의료용 센서 및 기기 수요 증가	· 고가 소재의 가격 경쟁력 확보 필요 · 기술표준 및 규정 부재
카본블랙	· 리튬 이차전지 산업의 수요증가	· 非친환경적 제조 공정

◇ 주요국별 탄소 융복합 산업 동향 지배적 위치 점하기 위한 경쟁 심화

- 기술패권 경쟁, 자국산업 중심주의(보호무역주의) 등 탄소소재 융복합 산업의 글로벌 리더십 선점 및 GVC 주도를 위한 경쟁 심화

< 탄소 융복합 산업 선진국별 동향 >

주요국가	탄소 융복합 산업 VC 동향
미국	· 리쇼어링(제조업의 본국 회귀) 전략 · 對중국 의존도 낮추고, 자국과 지역중심의 공급망 재편 추진 중
유럽	· 성형/가공장비의 기술력으로 글로벌 복합재 시장 선도 · 중국 시장 진출을 위한 파트너십 및 J/V 체결
일본	· 소재기술을 기반으로 부품산업 선도 · 자체 VC구축(외국기업 참여 최소화) · 중국시장 진출을 위한 VC 재편
중국	· 가격경쟁력 강화를 위한 VC 수직계열화 · 범용 소재 분야의 빠른 추격(fast follower) 위한 대규모 官주도 투자

◇ 국가별 탄소소재 기술수준 日·美獨이 지배적 강자, 中 또한 빠르게 추격

- (해외) 기술력은 日이 가장 앞서며 美·獨 우수. 최근 중국 또한 대규모 정부 투자로 소재·장비 기술력을 빠르게 확보 중

< 국가별 탄소 소재·장비 기술수준 비교 > ('19년 기준, 최고수준=100)

구분	탄소섬유			인조흑연			활성탄소			카본블랙			CNT			그래핀		
	소재		장비	소재		장비	소재		장비	소재		장비	소재		장비	소재		장비
	범용	고성능		범용	고성능		범용	고성능		범용	고성능		범용	고성능		범용	고성능	
일본	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	80	95	-	-	95
미국	100	90	90	100	100	100	90	90	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-
독일	100	70	100	95	95	95	-	-	70	100	100	95	90	100	100	90	90	95
중국	100	70	85	100	70	85	90	90	90	100	85	85	90	-	90	95	80	90
한국	100	75	70	75	50	50	90	40	40	100	50	55	100	80	90	100	100	100
비고	· 고성능제품 (초고강도, 고탄성) 개발 중			· 생산기업 부재 · 원료: 수입에 의존 · 핵심기술 보유			· 고성능 생산기업 부재 · 원료: 수입에 의존 · 핵심기술 일부 보유			· 고성능 제품 (고전도성) 개발 중			· 범용 MWC 생산 중 · 고성능 SWNT 자가 생산기술 부재			· 고성능: 3-5 layer로 구성 (OD 방식 포함) · 소수기업 범용과 고성능 제품 생산		

- (국내) 범용소재 기술력은 선진국 수준, 프리미엄급 소재·장비는 부족
 - 자립화 노력으로 범용소재(탄소섬유, 카본블랙 등)는 선진 기술력 확보
 - 고성능 소재(인조흑연*, 활성탄소, 카본블랙) 기술은 선진국 대비 50%
 - * 특히 해외의존도가 높아(日에 100% 의존) 수출규제 발생 시 공급 차질 예상
 - 소재기술력과 비례하는 특성 상 장비기술력은 선진국 대비 60% 수준

3 소재·부품·장비 경쟁력 강화 측면의 중요성

- ◆ 대외 의존도가 높은 전략 핵심품목(소재·중간재)의 생산기반 구축
- ◆ 他소재·부품과의 융·복합을 통한 성능 강화 및 新부가가치 창출

◇ 그간의 탄소분야 소부장 정책지원

- 외부적 충격(日 수출규제, 코로나-19 확산 등) 발생에 따라 제조업 핵심 소부장 제품의 국내 생산기반 및 공급망 확보의 중요성 부각
- 탄소산업 또한 당면위기 극복과 미래시장 선점을 위한 요소기술 확보 및 시장창출 정책지원 필요성 증대
 - 그간 수입의존도가 높은 품목* 위주로 R&D, 기반구축 등을 지원했으나, 중장기 관점의 전략적 정책지원은 부족

* 對日 100대 전략품목에 탄소소재 3개 품목(탄소섬유, 인조흑연, 프리프레그) 포함

◇ 소재 산업의 중요성 및 특성

- 소재·부품·장비는 '기술속의 기술'로서 제조업 발전의 필수요소
 - 특히, 소재는 범용성을 바탕으로 회복력 강한(resilient) 산업생태계 조성에 핵심적인 역할을 담당하는 '산업의 허리'에 해당
- 대규모 장치산업에 해당 → 과감한 정부투자과 방향설정 필요

◇ 탄소산업의 잠재력 및 육성 방향

- 탄소소재는 우수한 물성을 바탕으로 범용소재(금속, 플라스틱 등)를 대체·업그레이드*할 수 있는 잠재력을 보유
 - * (사례) 섬유강화플라스틱(CFRP): 플라스틱 기지(matrix)와 탄소섬유 강화재(reinforce)를 결합한 복합소재로 플라스틱의 성형성과 탄소섬유의 높은 강도를 동시에 보유
- 주요국(美·日·獨)이 기술을 선점하고 중국이 빠르게 추격하고 있는 가운데, 면밀한 경쟁력 분석과 시장 예측을 통한 집중육성 추진

III. 정책 시사점 및 추진방향

1 정책 시사점

- ◆ 하이엔드 기술력 확보 및 실증 지원으로 **글로벌 경쟁력 확보**
- ◆ 탄소소재를 **산업의 씨앗(seed)**으로 수요산업과의 **상생·협력** 추진

◇ 탄소소재 융·복합 산업의 자체 경쟁력 강화 지원

- 해외의존도 높은 소재(인조흑연 등)는 **원천기술 확보** 지속 추진
 - * (주)포스코케미칼은 2,000억원 규모의 투자를 통해 인조흑연 자립화 추진 중
- 기술 자립화 완료소재(탄소섬유 등)는 **공정 최적화** 통한 **시장 공략***
 - * (국내) 대기업과 납품계약 체결 확대 → (해외진출) 글로벌 기업과의 전략적 제휴
- 비교우위 부문은 적극적 해외진출, 비교열위 부문은 글로벌 기업 유치 및 수입국 다변화 등으로 **완성형 GVC 구축**

◇ 핵심 수요산업의 전략적 지원 강화

- 산업·기술 간 융·복합으로 **수요산업의 저변 확장** 및 용도 확대
 - 지배적 强者가 없는 상황에서 **퍼스트 무버(first mover)**의 지위 선점
- **트랙레코드 축적**을 통해 탄소소재 융·복합 산업의 진출경로 다변화
 - 성공사례를 지속 창출하여 더 큰 시장과 업종을 공략할 포석 마련
- 핵심 수요산업 육성을 통한 **수요시장 창출** 및 소부장 경쟁력 확보
 - 응용제품에 본격적용을 통해 우리 산업 생태계를 새로운 경제구조·환경질서에 부합하는 체질로 **탈바꿈** 지원

◆ 대외여건 및 현실 기반의 경쟁력 분석 ⇨ 융복합 기술 확보 및 핵심 수요산업 육성을 위한 구체적 실행전략 마련

2 탄소소재 융복합 산업 육성 추진방향

- ◆ 탄소산업과 **융·복합 시너지**가 높은 **핵심 수요산업**과 아이템 도출
- ◆ 산업·분야별 **총력적인 상용화 기술 개발**을 통한 산업 주도

◇ 5대 핵심 수요산업 도출

모빌리티, 에너지·환경, 라이프케어, 방산·우주, 건설

- 미래 이슈 키워드와 관련 산업 및 적용 탄소소재 분석을 통해 미래 국가산업을 주도할 **5대 핵심 수요산업 도출**

< 탄소소재 융·복합 산업의 5대 핵심 수요산업 >



< 참고 : 5대 핵심 수요산업별 시장 전망 >

	핵심 수요산업	시장전망	분석
1	모빌리티		■ 세계시장 규모 '20년 4,326조→'30년 5,881조원(연평균 약 3.1% 성장) 전망 - 전체시장의 90%가 자동차, 항공 분야이며, 향후 신교통수단 분야 확장 예상
2	에너지·환경		■ 세계시장 규모 '20년 317조→'30년 1,537조원(연평균 약 17.1% 성장) 전망 - 친환경·저탄소 정책으로 인해 시장 규모의 급격한 성장 전망 - 수소·전기차 수요 급증, 재생에너지 발전비율 증가 등
3	라이프케어		■ 세계시장 규모 '20년 1,673조→'30년 2,294조원(연평균 약 3.0% 성장) 전망 - 지식·혁신형 다기능 탄소융복합 부품 분야의 개발에 집중 투자 중
4	방산·우주		■ 세계시장 규모 '20년 973조→'30년 1,263조원(연평균 약 2.65% 성장) 전망 ■ 방산·우주산업은 세계 탄소섬유산업 시장의 59% 차지('19년 기준) - 우주항공용 탄소섬유 복합재 시장은 '16~'20년 연평균 9% 고성장
5	건설		■ 세계시장 규모 '20년 18,000조→'30년 39,300조원(연평균 약 8.1% 성장) 전망 ■ 지역별 시장규모는 아시아 48.8%, 유럽 24%, 북미 15.3%, 중동·아프리카 5.9%, 중남미 6% 순

* 출처 : 한국탄소산업진흥원 및 관련 업종 협·단체

◇ 탄소소재 융복합 산업 육성 추진 방향

주력산업 고도화 + 미래 신산업 창출

○ 핵심 수요산업별 특성·발전단계에 따라 투트랙 육성 방향 설정

⇒ ①주력산업 고도화, ②미래 신산업 창출 전략 설정



○ 5대 핵심 수요산업의 18대 중점분야 및 적용 범위를 도출

구분	핵심 수요산업	18대 중점 분야	적용 범위
1	모빌리티	자동차	· 승용차, 상용차, 차량부품 등
2		항공	· 민항기, 군용기, MRO, 부품 등
3		철도차량	· 철도차량, 인프라구조물, 시스템 등
4		선박	· 선박용 부품
5		기타 모빌리티	· UAM, 드론, 하이퍼루프 등
6		수소저장용기	· 수소저장용기 (Type 3, 4)
7	에너지·환경	이차전지	· 음극재, 도전재, 슈퍼커패시터 등
8		연료전지	· GDL, 분리판, 촉매담지체 등
9		신재생에너지	· 풍력블레이드, 태양광 등
10		환경필터	· 에어필터, 정화필터, CDI 등
11	라이프케어	제철/제강	· 전극봉
12		의료기기	· 엑스레이 보장구, 히터, 필터 등
13		디스플레이	· 방열필름, 차폐필름, 코팅제 등
14		전자부품	· 프레임, 발열시트, 인장선 등
15	방산·우주	레이저·스포츠	· 자전거 프레임, 활대, 골프 샤프트 등
16		방위산업	· 동체, 윙, 발사대, 브레이크 디스크 등
17		우주산업	· 발사체, 인공위성 구조물 등
18	건설	건자재	· 파일, 그리드, 리바, 송유관 등

◆ 5대 핵심 수요산업 동향 및 탄소소재 적용현황 분석 등을 통해 18대 중점분야별 맞춤형 정책지원 추진

IV. 비전 및 추진 전략

비전

2030년 「탄소소재 융복합 산업 3대 강국」으로 도약

목표

- ◆ 탄소소재 융복합 시장 확대 및 국내 탄소 전문기업·인력 양성
* (시장규모) 매출 50조원 수출 10조원 (기업체수) 전문기업 1,600개사; (고용인원) 50,000명
- ◆ 소재·부품 10개 자립화 및 글로벌 탄소 클러스터 구축 통한 GVC 주도 기여

추진전략

- ◆ 5대 핵심 수요산업의 연대·협력을 통한 수요시장 창출
- ◆ 글로벌 경쟁력 제고를 통한 생태계조성 및 해외진출 촉진
- ◆ 기업유치 및 글로벌 소싱 다변화를 통한 소부장 경쟁력 강화 지원

정책과제

수요확대 및 신시장 창출 위한 기반 구축	① 「탄소소재 융복합 얼라이언스」 통한 수요확대 및 시장창출 ② 권역별 특화 탄소 클러스터 및 기능별 거점 지원센터 구축 ③ 탄소 소재·부품 전문기업 육성 위한 제도적 기반 마련
탄소소재 융복합 산업 생태계 조성	① 전후방 산업 실증지원 등을 통한 기존 시장 확대 ② 신규시장 진출, 미래시장 창출 위한 기업 육성 및 기술력 확보 ③ 플랫폼 구축 및 전문인력 양성을 통한 산업 기반 조성
탄소소재 융복합 산업 소부장 경쟁력 확보	① 자립화 원료 소재·부품의 가격 경쟁력 확보 및 해외진출 지원 ② 국내 미흡부분 보완으로 완성형 탄소 소부장 GVC 체계 구축 ③ 탄소소재·부품 장비기술력 확보 및 자립화

V. 핵심 정책과제

1 수요확대 및 신시장 창출 위한 기반 구축

- ◆ 수요산업별 협의체 운영을 통한 산업 맞춤형 정책지원 및 수요창출
- ◆ 지역별 특화산업 연계 탄소 클러스터 및 기능별 거점 지원센터 구축
- ◆ 산업육성 위한 제도적 기반(부품기업 사업제편 지원단) 등 마련

1. 「탄소소재 융복합 얼라이언스」 통한 수요확대 및 시장창출

- (개요) 탄소소재 산업 연대·협력 협의체인 「탄소소재 융복합 얼라이언스」 및 워킹그룹 구성을 통한 수요확대와 신시장 창출 지원
 - 탄소소재 융복합 얼라이언스 산하 워킹그룹별 분과 설치를 통해 전후방 연관 산업계 의견 수렴·반영 및 협력모델 발굴
 - 중장기적 연대와 협력 및 공감대 형성을 통해 산업 지원·활성화 정책에 반영될 수 있는 단계적·시의적 추진 계획 수립
- (추진체계) 5대 수요산업¹⁾, 유망품목²⁾, 탄소중립³⁾별 「산업부-진흥원-협·단체」간 긴밀한 협업체계를 통한 시너지 창출

- 1) ① 모빌리티 ② 에너지·환경 ③ 라이프케어 ④ 방산·우주항공 ⑤ 건설
- 2) 수요조사를 통한 유망품목 발굴로 신시장 창출 위한 생태계 조성방안 마련
- 3) 탄소중립 실현을 위한 현황분석 및 실행방안 마련

< 탄소소재 융·복합 얼라이언스 추진 체계 >



□ (지원내용) 연관 산업 프로젝트별* 특성에 맞는 맞춤형 정책지원

- ①수요-소부장 기업 매칭(실증사업), ②기반조성 및 연구개발 지원, ③기 구축 장비·테스트베드 활용, ④시험·인증 표준화 지원, ⑤국제 협력 및 해외수출사업, ⑥글로벌 공급망 통합관리 등
- 얼라이언스 협력모델에 대해 공공연구 인력·기술 지원, 실증 등의 추진을 위한 규제특례 부여 → 기술애로 해결 및 사업화 촉진

* 규제샌드박스, R&D샌드박스, 소부장 협력모델 규제특례 적용 추진

< 탄소소재 융·복합산업 수요창출 및 시장확대 >



2. 권역별 특화 탄소 클러스터 및 기능별 거점 지원센터 구축

□ 산·학·연 협력 클러스터 활성화 및 지역별 특화산업의 탄소 융복합화 육성을 통해 주력산업 구조고도화 및 미래 신시장 창출

- (서남권) 프리미엄 소재·부품·장비 클러스터 구축
 - 탄소 원소재 생산 중심의 산업구조 발달
- (대경·동남권) 수요산업 연계형 융복합 클러스터 구축
 - 탄소섬유 기반 응용부품 산업 발달
- (중부권) 첨단 나노탄소 소재 클러스터 구축
 - 탄소나노소재 기업들의 균형적인 분포

< 권역별 탄소 특화 클러스터 >



□ 소부장 특화단지 지정(21.01)된 지역과 연계하여 GVC 완성도 제고를 통한 탄소소재 융복합 5대 핵심 수요산업의 '세계 공장화' 실현을 적극 지원

- (서남권) : (전북) 탄소소재
- (대경·동남권) : (경남) 정밀기계, (경북) 융복합소재
- (중부권) : (경기) 반도체, (충남) 디스플레이, (충북) 이차전지

< 지역산업 연계 융복합 산업 클러스터(예시) >

구분	서남권	대경·동남권	중부권
방향	탄소소재 융복합 산업 소부장 GVC간 연대·협력을 위한 클러스터	탄소섬유 수요확산을 위한 전방산업과의 연계 클러스터	탄소 융복합제품의 핵심소재 자립화 및 시장선점을 위한 나노 탄소소재 클러스터
산업여건	탄소 원소재 생산 대기업 및 중견기업 집적화로 중간·복합소재 중심의 산업구조 발달, 관련 인프라 구축 중	탄소섬유 기반 응용부품(車부품, 항공·우주, 기계장비 등) 산업 발달, 수요산업의 성장에 따른 유발투자 지속	6대 탄소소재 기업이 균형적으로 분포해 있으며, 이차전지, 디스플레이 등 첨단 응용분야와의 GVC 협력 가능성 높음
연관산업	신재생에너지, 탄소소재 제조·처리 장비 등 분포	자동차·부품, 항공·우주, 조선·해양, 신재생에너지, 탄소소재 제조·처리 장비 등이 고루 분포	나노탄소 소재의 우수한 전기적 특성을 활용하기 위한 수요산업군의 투자 잠재력 높음
기대효과	GVC간 연대와 협력으로 탄소 소부장 산업의 경쟁력 제고 및 비즈니스 모델 발굴을 통한 생태계 활성화	탄소섬유 및 융복합 소재·부품 수요확산을 통한 공급·수요기업의 동반성장 및 일자리 창출	미래유망산업(NT, IT 등)으로 나노탄소 소재 적용 응용분야 발굴 및 확대

□ 탄소소재 융복합 산업 확산을 위해 분야별 거점 지원센터 구축 추진

- 원천소재 개발을 위한 투자*는 일부 진행되었으나, 앵커 ↔ 수요기업이 연계되는 **탄소복합재 응용 실증기반** 부족**

* 1단계(탄소밸리구축사업 18종, 213억원), 2단계(탄소산업클러스터조성사업 4종, 69억원)

** 앵커기업(탄소섬유 생산)→수요기업(탄소섬유 부품(중간재) 제조, 가공/ 활용 제품상용화)

⇒ 신규 수요분야의 제품 상용화 및 응용시장 확대 지원센터 구축 추진

- 제품 개발부터 사업화까지 **전주기적 지원**이 가능한 기반 구축과 투자, 수출 지원 등 사업화 지원 오픈 플랫폼 구축
- 거점센터별 네트워크 구축·운영을 통한 **지원대상 모니터링**으로, 단계별·맞춤형 **효과적인 지원체계** 구축
- **해외 유관기관과 얼라이언스** 구축으로 정보공유 및 협력을 통해 글로벌화 추진

< 기능별 거점지원 센터 구축안(예시) >

구분	센터명	역할
기술지원	Total Engineering Center	소재부터 시제품까지 토탈 엔지니어링 지원 컨설팅 : 전문가 그룹의 지원을 통한 기업 기술사업화 창구 제공 기 구축 인프라 연계 가상현실(Digital Twin) 시뮬레이션 지원 기업지원 및 탄소 산단 활성화를 위한 비즈니스 협력 공간 구축
	전주기적 지원이 가능한 기반 구축과 투자, 수출 지원 등 사업화 지원 오픈 플랫폼 구축	
상용화지원	Manufacturing Incubation Center	개발제품의 공정관리 지원을 통한 효율성 확보 데이터 플랫폼 연동을 통한 공정개선 및 대체공정 개발 실용화 부품개발용 가공 및 성형장비 구축 장비구축을 위한 초기비용을 절감하여 제품의 다양화
	'탄소소재-부품-가공/장비-완제품'간 밸류체인 협력형 상용화 지원	

구분	센터명	역할
실증센터	Mobility Demonstration Center	· 산업·단체표준 인증 획득에 필요한 시험평가 시스템 구축 · 폴스케일 모델 실-검증에 필요한 트랙 구성 * 하이퍼루프, UAM, 드론 등 주행 및 내구성능 · 누적 Track record를 통한 신뢰성 검증
	신뢰성 인증을 위한 실-검증 시설을 갖춘 거점센터	
교육·창업 지원센터	Business Convergence Center	· 수요-공급기업 간 연대와 협력 확대를 위한 기반 구축 · 투자 및 사업화 자금 지원 프로그램 운영을 통한 창업기업 육성 · 탄소소재 융복합 산업 핵심기술 인재 양성을 통한 기술경쟁력 강화 · 구직자 및 재직자 대상 교육을 통한 현장 인력의 양성과 공급 · 단계별, 체계적 창업지원 시스템 운영으로 기업발굴 및 유지
	현장 인력양성과 창업기업 육성을 위한 거점센터	
안전성 시험센터	Hydrogen Pressure Vessel Test Center	· 수요 맞춤형 수소저장용기의 설계부터 시제품 제작 지원 · 제품 시험평가 시스템구축을 통한 신뢰성 평가 · 시험인증 절차개발 및 제안 · 수소저장용기 안전성 실증 플랫폼 구축으로 수소저장용기 생산 거점 완성 · 수소경제 전담기관과 연대협력하여 센터 구축 및 운영
	수소저장용기의 제품개발부터 실증까지 지원하는 거점센터	

3. 탄소 전문기업 육성 위한 제도적 기반 마련

□ (개요) 기존 부품·소재기업들이 탄소 융복합 사업으로 사업영역을 확대·전환할 수 있도록 지원

□ (목표) 탄소 융복합 기업체 수를 '30년까지 2배 이상 확대

○ '20년 5대 핵심 수요산업분야 기업 중 탄소 융복합 기업은 약 1%(770여개)

구분	2020년	2025년	2030년
탄소 융복합 기업 수	778	1,400	1,610

□ (종합지원) 범부처·업계·연구기관 등이 참여하는 「부품기업 사업재편 지원단*」('20~, 산업부)을 통한 관련기업 지원

* 정부, 지자체, 완성차업체, 복합재연구기관, 정책금융기관, 지역대학 등 참여

○ 권역별 지원기관 공모를 통해 컨설팅·기술·자금·인력 등 입체적·맞춤형 지원 강화 (탄소산업진흥원 지원 예산사업 : '22년 1개 → '25년 3개)

○ 사업전환자금 지원요건(매출액 30% 이상 기준) 완화* 및 우선 지원

< 사업재편 지원단 개요 >

컨트롤타워(선정)	사업전환에 필요한 컨설팅·기술·자금 등 종합 지원
kotra	해외수요 발굴 및 해외진출 지원사업 연계 시장개척 지원
기보·신보	기업 상황에 맞는 자금조달 컨설팅 및 정책자금 연계 지원
진흥원·KEIT	R&D 수요 발굴로 정부 R&D 참여 지원
협·단체	수요 발굴 및 탄소부품기업 연계

2 탄소소재 융·복합 산업 생태계 조성

- ◆ 전후방 산업 실증지원 및 상용화 촉진으로 기존시장 확대
- ◆ 창업 촉진, 미래기술 확보 등을 통한 신규·미래 대체시장 창출
- ◆ 플랫폼 구축·고도화, 전문인력 양성 등을 통한 산업기반 조성

< 수요산업별 시장유형 예시 >

	기존시장		신규시장		미래시장
모빌리티	자동차	드론	항공부품	사시	UAM
	항공기	MRO	철도차량	수소차	하이퍼루프
			전기차	수소저장용기	
			선박부품		
에너지·환경	음극재	전극봉	촉매담지체	이차전지	신에너지
	도전재	풍력블레이드	슈퍼커패시터	연료전지	발전용 터빈
	태양광	분리판	고압가스관	조력발전	우주태양광
라이프케어	휠체어	히터	차폐필름	엑스레이 보장구	방열필름
	스포츠/레저		발열시트	고기능 용품	코팅제
방산·우주	동체	윙	인공위성 구조물	발사체	우주태양광
	우주선 브레이크		우주왕복선		
건설	리바	그리드	고압송유관	철도인프라	초고층구조재

< 시장유형별 탄소소재 융복합 산업 발전방향 >

실증 지원	양산 평가	기술분야 발굴	특화 실증사업	유망품목 선정	R&D 투자
기존시장 확대		신규시장 진출		미래시장 선점	
신뢰성 평가	시제품 인증	수요기업 매칭	판로 지원	표준화 개발	실증기반 인증

1. 전후방 산업 실증지원 등을 통한 기존 시장 확대

□ **(개요)** 탄소소재·부품의 5대 핵심 수요산업의 성장 지원을 위해 탄소 융복합 소재의 전후방 사업 분야 실증지원 추진

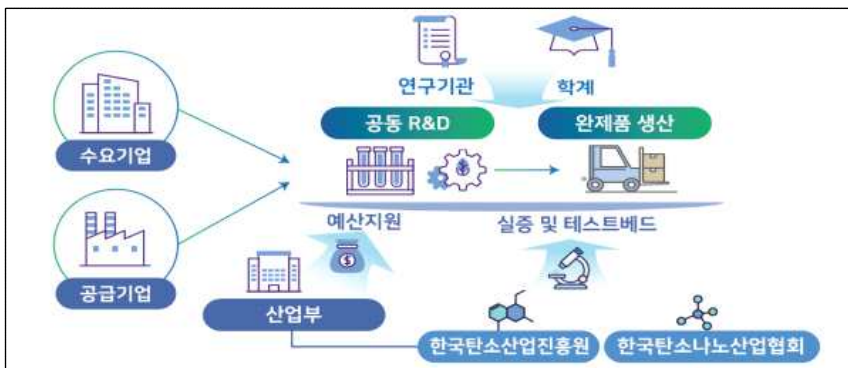
□ **(목표)** '30년까지 수요산업 실증사업 프로젝트 300개(누적) 추진
< 5대 수요산업별 실증 분야(예시) >

순번	구분	실증 분야
1	모빌리티	자동차, 항공기, 철도차량, 선박, 도심모빌리티, 드론, 하이퍼루프 등
2	에너지·환경	이차전지, 연료전지, 공기정화(수질, 환경 등), 풍력, 제철, 제강 등
3	라이프케어	의료기기, 홈리빙, 스포츠 레저, 전자부품, 디스플레이 등
4	방산·우주	방탄복, 전투기 동체, 헬멧 경량 구조 부품, 인공위성, 발사체 등
5	건설	토목, 건축, 저장 및 배관 플랜트 등

□ **(지원사업)** 수요품목에 대한 실증지원, 상용화 기반 마련, 양산평가, 신뢰성평가, 시제품 인증 등 사업화 기반 전주기 기업지원

- **(민간 수요창출)** 민간 수요처에서 제공받길 원하는 수요 품목을 제출하고, 민간 기업이 수요품목을 지정하여 사업 신청
- **(공공 수요창출)** 공공이 수요창출 건인 또는 구심 역할이 가능한 품목에 대해, 민간 기업이 수요품목을 지정하여 사업 신청
- **(아이디어 발굴)** 시장창출 가능성이 높은 제품에 대한 자유공모를 통해 실증지원, 상용화 기반 마련 및 양산 평가 진행

< 수요공급기업 실증 협력 모델 >



2. 신규시장 진출, 미래시장 창출 위한 유망기업 육성 및 기술력 확보

① 유망 기업 창업·스케일업 인프라 구축

□ **(개요)** 탄소소재 융복합 산업 맞춤형 전문기업의 체계적 성장을 지원

□ **(목표)** 탄탄기업*(200개사), C-스타트업(100개사) 육성

* 탄탄한 탄소기업: 탄소 소재·부품 성형·제조 분야 자체 기술력을 확보한 전문기업

□ **(탄탄기업)** 탄소소재 융복합 산업의 소재·부품·장비 자립도를 높이고 미래 신산업 창출에 기여하는 탄탄기업 200개사 육성으로 생태계 조성

- **(대상)** 5대 산업 트렌드 관련 핵심 기술분야 200개 탄탄기업 발굴('20~)

* 가점 부여 및 특화 실증사업 신설('21~)

- 탄탄기업 200개 (모빌리티(50개사), 에너지·환경(60개사), 라이프케어(60개사), 방산·우주·건설(30개사))

- **(지원내용)** R&D, 정책자금, 투자 등을 우선지원하고, 탄탄기업 대상 사업 신설 추진('21~)

- 실증사업 참여 시 전담지원단을 구성을 통한 1:1 맞춤형 지원('21~)

- 중진공 정책자금, 소부장 전용 투자펀드 등을 집중 지원

□ **(C-스타트업)** 탄소소재 융복합 산업 관련 신규 비즈니스 모델 창출에 기여하는 C-스타트업 100개사 육성으로 생태계 조성

- 창업경진대회(Light-up Carbon)를 통한 100개사(~'30년) 발굴 및 탄탄기업으로 육성 지원

- **(대상)** 5대 산업 트렌드 관련 핵심 기술 스타트업 발굴(100개사, '20~)

- **(지원방향)** 수요기업 매칭, 기술·테스트베드·판로 지원 등

* (기획) 특허전략, 시장현황 등 조사·분석·컨설팅 → (개발) 진흥원, 규제자유특구 등 연계 기술개발·실증 지원 → (사업화) 시설투자·제품양산 정책자금, 전용펀드 조성

- 신시장 창출 및 정책 지원*을 통한 공동투자 활성화

* C-스타트업 창업투자펀드 조성('21~)

② 신시장 창출 위한 첨단 기술력 확보

(탄소소재 융복합 R&D 로드맵 별첨)

- **(목표)** 주요 탄소 융복합 유망품목의 고속성형 및 신공정 기술, 에너지 저장 고효율화 기술 확보를 위해 R&D 적극 투자 및 상용화 지원
 - * '30년까지 R&D, 표준화 및 실증사업 300억/년 투자
- **(R&D)** 미래시장 선점을 위해 고위험-고부가가치 분야에 대한 연구자 중심 R&D 적극 지원
 - **(1단계: 산업기술 융합)** 이중기술·사업간 융합기술 개발을 위한 수요발굴 및 기술개발 추진('21~'25)
 - **(2단계: 상용화 및 시장진입)** Track Record 확보를 위해 융합기술을 바탕으로 제품화 개발 및 실증('26~'30)
- **(표준화 경쟁력 제고)** 5대 핵심 수요산업 18대 중점분야의 국가표준, 국제표준 개발 적극 지원
 - **(규제완화)** 신기술의 시장진출 촉진을 위한 규제 개선 추진
 - **(산업·단체표준)** 다부처간 협력 통한 기술·시험평가 기준 개발
 - **(국제협력)** 표준화 국제협력 추진을 통해 국제 표준 리더십 확보
- **(기반구축)** 미래시장 창출 및 선점을 위한 실증기반 인증 플랫폼 구축
 - **(인증지원센터)** 개발된 제품의 상용화에 필요한 인증획득을 지원 하는 탄소소재 융복합·부품 시험인증 지원센터 설립·운영
 - **(실증 인프라)** 다부처(산업부, 국토부, 과기부 등) 협력을 통해 실증에 필요한 실증단지 조성

3. 플랫폼 구축 및 전문인력 양성을 통한 산업기반 조성

① 연구기관 보유기술의 사업화 지원 플랫폼 구축·운영

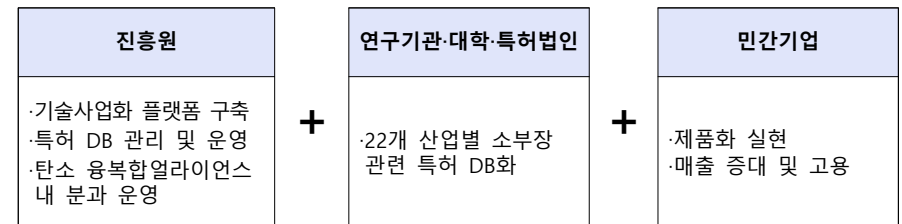
- **(개요)** 연구기관이 보유한 소재-중간재-부품 관련 기술을 활용하여 사업화를 하고자 하는 기업에 턴키로 제공하는 플랫폼 구축
- **(목표)** 연구기관 보유기술 이전을 통한 사업화 100건 달성
- **(세부내용)** 연구기관 보유기술 DB화 및 기술이전으로 사업화 기간 단축
 - * 세부 제품별 소재-중간재 제조기술, 사업화 기술에 대한 DB구축

< 탄소 부품 개발 예시(슈퍼커패시터 제품) >

공정	활성탄 선정	전극제조	셀 조립	전해액 주입	검사 및 분석
핵심기술명	표면처리, 열처리	슬러리 제조, 코팅 방법	수합율 선정	전해액/전해용매별 특성, 첨가제 등	전극 및 전해질 분석
특허조사	기술별 세부내용 정리				
보유기관	한국탄소기술원 등	전기연구원 등		서울대 등	화연 등

- **(실행계획)** 탄소 융복합 얼라이언스 內 '기술사업화 플랫폼 구축' 분과위원회* 운영
 - * 5대 핵심 수요산업별 산학연 전문가, 특허법인 등으로 구성
 - 제조공정별 핵심기술, 요소기술 등 연구기관이 보유한 국내 소부장 특허 DB 구축 및 추후 해외 특허까지 DB 확장
 - 플랫폼 홍보를 통해 사업화 수요기업 발굴 및 실용화 활성화

< 탄소 소재·부품 기술사업화 지원 플랫폼 구축 체계도 >



② 탄소소재 제조·성형 장비의 공통 활용 위한 플랫폼 구축·운영

- 탄소 소재·부품 제조·성형 공통장비 활용 플랫폼을 구축하여 기업 맞춤형 장비 활용 지원 및 빅데이터 연계 공정 최적화 기간 단축
 - **(플랫폼 활용)** 既 구축된 플랫폼을 활용하여 기관 및 산업간 협업 및 해외 플랫폼 간 협력을 장려하여 신규시장 창출 지원
 - * 신규시장 창출을 위한 국내외 구축된 플랫폼 활용 지원사업, 제품에 새로운 사용성 및 활용도를 높이기 위한 이중산업 협력 지원사업 등
 - **(빅데이터)** AI기반 공정솔루션 및 시뮬레이션 플랫폼 제공으로 공정 데이터 활용 장려 및 사업화 기간 대폭 단축('21년 네비게이션형 플랫폼 시범 실시)
 - **(장비활용)** 지역혁신 클러스터 인프라 활용 및 탄소소재 핵심 장비 보유기관 연계 협력으로 장비 활용도 제고 장려('20년~)

< 탄소소재·부품 공통장비 활용플랫폼 구축·운영(안) >



③ 탄소소재 융·복합 산업 전문인력(현장, 연구) 양성

- 탄소소재 융복합 산업 생태계의 지속 가능성 및 경쟁력 제고를 위한 전문인력 양성 시스템 구축
 - **(현장인력)** 교육사업단 구성 및 산·학 연계 프로젝트 설계로 실무 능력을 배양한 '현장문제 해결형 전문인력' 양성
 - **(연구인력)** 다학제 융합교육과정 설계 유도를 통한 연구인력 양성 및 공공 연구기관 전문인력을 탄소소재기업에 파견 시 인건비 지원
 - * 연구자-기업 참여 활성화를 위한 겸직허용, 고과평가 특례 등 제도개선방안 既마련('20.5)
 - **(콘텐츠)** 탄소산업 종사자 또는 탄소산업으로 피벗팅(pivoting)이 필요한 기업종사자용 표준교육 콘텐츠 개발

< 탄소 전문인력 양성 프로그램(안) >



3 탄소소재 융복합 산업 소부장 경쟁력 확보

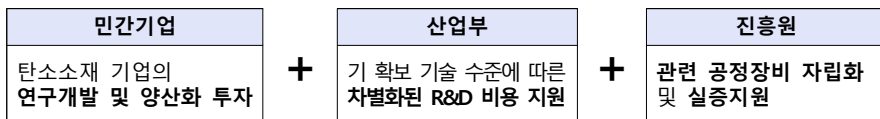
- ◆ 자립화 완료 소재·부품의 글로벌 경쟁 위한 원가절감 등 집중지원
- ◆ 국내 미흡부분 보완으로 완성형 탄소 소부장 GVC 체계 구축
- ◆ 탄소 소재·부품의 장비 기술력 확보를 통한 국내 생산기반 강화

1. 자립화 완료 소재부품의 가격경쟁력 확보 및 해외진출 지원

1 탄소 소재·부품 가격경쟁력 확보

- (개요) 자립화가 완료된 탄소소재(탄소섬유, CNT·그래핀)에 대해 가격 경쟁력(소재 및 양산공정) 확보를 통한 세계시장 대응 및 응용분야 확대
- (목표) '30년까지 탄소소재 글로벌 시장 점유율 15% 달성('19년: 3%)
- (세부내용) 소재별 기술개발 수준 및 실증화, 양산화 정도에 따라 적합한 비용 절감 수단 지원
 - ① (탄소섬유) 프리커서 제조공정 및 열처리(산화/탄화) 공정 개발을 통해 단가 절감 추진(\$22/kg → \$11/kg)
 - 전구체 제조공정 중 고속 방사기술을 활용하여 생산속도 향상
 - 열처리 공정 대체기술(플라즈마, 마이크로웨이브 등) 및 공정 도입을 통해 시간 및 에너지 절감 기술 개발
 - ② (CNT·그래핀) 촉매 제조기술, 부산물 억제 공정개발을 통해 대량생산 공정(CVD)의 효율성 제고 추진
 - 저비용·고품질·고효율 촉매 제조를 위해 전이금속 기반 구조의 촉매 개발
 - 목표 물성 구현 위해 부산물(비결정성 탄소 등) 억제기술 개발
- (실행계획) 탄소소재 민간기업의 투자와 매칭하여 기술수준에 따른 정부사업 지원 및 진흥원 인프라를 활용한 실증지원 강화

< 탄소 소재부품 가격경쟁력 확보 위한 기업 지원계획 >



2 탄소 소재·부품 원천기술 확보

- (개요) 통상 및 산업안보 이슈 발생에 대비하여 국내 생산기술·기반이 부재한 탄소소재*의 원천소재 개발 및 자립화
 - * 인조흑연, 고성능 카본블랙 분야
- (목표) '30년 원천기술 확보 및 생산기술 수준 90% 달성(최고국 100기준)

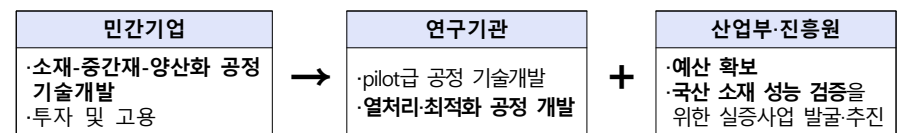
< 품목별 수입의존 및 자립화 추진 현황 >

- (인조흑연) 이차전지 음극재로 사용되며, 전량 일본 및 중국에서 수입
 - 원료 및 중간재 일부는 자립화 완료, 포스코케미칼은 '20.7월 인조흑연 생산 공장 착공(규모 : 16,000톤/년)
- (고성능 카본블랙) 범용 카본블랙은 자립화 완료(OCI), 고성능 카본블랙(이차전지 도전재, 연료전지 등)은 일본 및 미국에서 전량 수입
 - 현재, OCI에서 고성능 카본블랙 국내생산 및 양산을 위한 투자 진행 중

- (실행계획) 소재별 기술개발 단계에 적합한 기술력 확보 지원

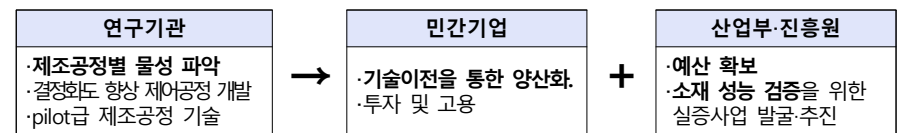
- ① (인조흑연) 원료 및 중간재 확보, 핵심기술 보유 현황 등을 고려한 기업주도형 기술확보 전략추진

< 기업주도형 기술확보 전략 >



- ② (고성능 카본블랙) 기업의 리스크(투자, 고용) 감소, 핵심기술 공백 등을 고려하여 '先원천기술 확보 → 後기술이전'으로 기술확보 추진

< 先원천기술 확보 전략 >



2. 국내에 미흡한 GVC부분을 보완하여 완성형 GVC 구축

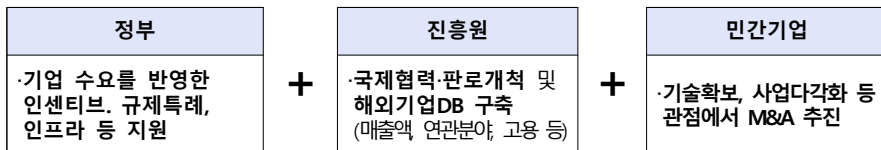
① 해외 수요기업과의 협력강화 지원

- **(판로개척)** 탄소소재 융복합 부품장비산업의 육성과 해외시장 확대 및 선점을 위해 해외 수요기업과의 협력 강화
 - 해외 탄소제품 수요기업 방문 등 시장개척단 활동을 통한 국내 탄소융복합 소재기업의 해외진출 적극 지원
 - * 해외 탄소부품 수요기업, 현지 코디네이터(kotra) 연계 기업 매칭
 - 해외 복합재 전시회 참여 및 개최, 국내 탄소 융복합 기업 매칭 (kotra) 및 해외수요처 제품납품 확대
 - * JEC World(프랑스), Composite Europe(독일) 등

② 공급처 다변화 및 능력기업 유치·M&A 추진

- **(공급처 다변화)** 수출규제 상황 대비 등 싱글소싱 리스크 감소를 위한 수입국 공급처 추진 (* '19년 기준 인조흑연의 對중국 의존도 82%)
 - 대체 수입처 및 대체소재·대체제품 발굴 등 다변화 지원을 위해 대체재 수급 DB구축
- **(해외기업 유치 및 M&A)** 단기간 자립화·국내생산이 어려운 품목에 대해서는 외국 선진기업 적극 유치 및 기업 간 M&A 장려
 - 국내 탄소 관련 GVC 미흡 분야 분석 및 해외기업 DB 구축을 바탕으로 전략적 타깃 기업 선정 및 인센티브를 활용한 선진기업 유치
 - 사업 다각화 목적의 전략적 제휴를 통한 외국기업과의 M&A 장려

< 완성형 GVC 구축 체계도 >



3. 탄소소재·부품 장비기술력 확보 및 자립화

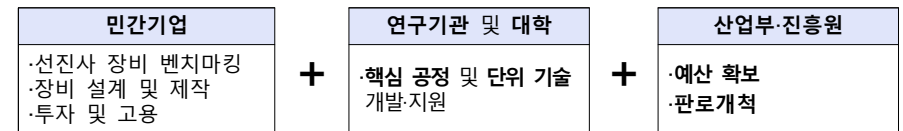
- **(개요)** '20년 장비 기술력은 최고국 대비 50% 수준으로, 중간재·부품의 성형장비 및 열처리 장비 기술력 확보가 시급
- **(목표)** 탄소 소재부품 제조·성형장비 20개 기술력 확보 및 성능 향상

< 품목별 수입의존 및 자립화 추진 현황 >

소재	구분	제조공정 및 자립화율		
탄소섬유	제조공정	중합	방사	소성
	자립화율	100%	90%	30%
인조흑연	제조공정	피치합성	코크스제조	흑연화
	자립화율	15%	50%	0%
활성탄소	제조공정	탄화	활성화	세정/열처리/분쇄
	자립화율	30%	25%	30%
카본블랙	제조공정	원료분사	원료 및 가스이동	이물저감
	자립화율	70%	80%	0%
CNT	제조공정	축매 제조	CNT 합성	CNT정제/ 분산
	자립화율	85%	70%	80%
그래핀	제조공정	산화/정제	박리/농축/분말화	환원/분산/분말화
	자립화율	100%	80%	80%

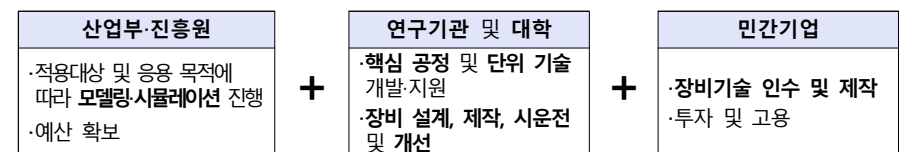
- **(실행계획)** ①성능 향상이 필요한 장비, ②국내 생산이 필수적인 장비로 구분하고 특성을 고려한 맞춤형 지원 프로그램 제공

- ① **(성능향상 필요 장비)** 장비 생산기업 주도로 산학연이 연계하여 글로벌 선진기업 장비 벤치마킹 후, 제작 및 판로 확보



- ② **(자립화 필요 장비)** 디지털 트윈 공법*을 통한 제조공정 변수 최소화

* 설계변경, 환경조건, 사용 시나리오 등 다양한 변수 영향을 시뮬레이션하여 제품 개발



VI. 추진 체계 및 향후 일정

1 추진 체계

- (거버넌스) '탄소소재 융복합 얼라이언스*'를 상설화하여 '정부-진흥원-협회'의 견고한 공조 및 추진체계 구축
 - * (단장) 산업부 실장, (공동단장) 협회장, (부단장) 진흥원장, (분과장) 분과별 대표기업 대표(임원)
- 얼라이언스 산하 **위킹그룹별 분과** 설치를 통해 전후방 연관 산업계의 의견 수렴·반영 및 **협업 강화**
- 중장기적 협력 및 공감대 형성을 통해 **산업 지원·활성화 정책**에 반영될 수 있는 단계적·시의적 추진 계획 수립
- (진흥원) 탄소소재 융복합산업 진흥 전담기관으로서 **발전전략 이행 및 로드맵 보완**, 예산사업 기획·집행, 기술·서비스 실증 등 기능 수행
 - 로드맵 실행계획 수립 및 **이행상황 점검**, 국내외 동향을 감안하여 **로드맵 보완**, 기술·서비스 실증 등 총괄·조정
 - 국내 탄소 관련 **인력, 장비, 인프라** 등의 장기적 육성 및 전략적 배분

< 탄소소재 융복합 산업 발전 거버넌스 체계 >



2 향후 일정

추진 과제	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

① 「탄소소재 융복합 얼라이언스」 통한 수요확대 및 시장창출

탄소소재 융복합 얼라이언스를 통한 신규수요 창출										
권역별 특화 클러스터 및 거점 지원센터 구축										
탄소 전문기업 육성 위한 제도적 기반 마련										

② 탄소소재 융복합 산업 생태계 조성

전후방 산업 실증지원 등을 통한 기존시장 확대										
신규시장 진출, 미래시장 창출 위한 기업육성 및 기술력 확보										
플랫폼 구축 및 전문인력 양성을 통한 산업기반 조성										

③ 탄소소재 융복합 산업 소재·부품·장비 경쟁력 확보

자립화 완료 소재·부품의 가격 경쟁력 확보 및 수출지원										
국내 미흡부분 보완으로 탄소 소부장 GVC 완성										
탄소소재·부품 생산·성형 장비기술력 확보 및 자립화										

- ◆ 탄소소재 융복합 산업 5대 수요산업을 중심으로 기술수요 조사
- ◆ 산·학·연 전문가 의견수렴을 통한 '19대 분야 - 118개 기술' 도출

< 탄소소재 융복합 R&D 19대 분야-118개 기술 도출 결과 >

연번	핵심 수요산업	중점 분야	핵심 기술
1	모빌리티	모빌리티용 소재	탄소섬유 제조용 고속방사기술 등
2		자동차 (PAV 포함)	고속공정용 열가소성 기반 부품제조기술 등
3		항공 (드론 포함)	항공용 CFRP 부품 응용기술 등
4		철도 (하이퍼루프 포함)	축소형 캡슐모델 기반 하이퍼루프 원천기술 등
5		기타 모빌리티	선박용 액화 수소저장기술 등
	5개 분야		25개 기술
6	에너지·환경	에너지·환경용 소재	프리미엄 탄소소재 제조기술 등
7		에너지 저장	나노탄소 적용 구조체 배터리 개발 등
8		전기변환	탄소복합재 적용 대형 풍력 블레이드기술 등
9		미세먼지/수처리	유해가스/폐수 처리 및 절감기술 등
10		극한환경	전극용 인조흑연블록 제조기술 등
	5개 분야		29개 기술
11	라이프케어	의료기기	인체부착형 의료기기 제조기술 등
12		스포츠레저	경량 & 고내구성 바디프레임 제조기술 등
13		디스플레이	터치패널용 대면적 코팅기술 등
14		전자제품	6G 대역 전자파 차폐 소재·부품 제조기술 등
	4개 분야		25개 기술
15	방산·우주	방산·우주용 소재	국방 Carbon bomb용 카본블랙 제조기술 등
16		우주	우주선 내부 공기정화기 제조기술 등
17		방위	군용 스텔스 기능 소재 제조기술 등
	3대 분야		19개 기술
18	건설·SOC	토목	콘크리트-탄소복합재 부착성능 향상기술 등
19		건축	난연/단열/방음 소재 자립화기술 등
	2개 분야		20개 기술
총계		19대 분야	118개 기술

1 모빌리티 분야

① 소재 (구조재 등)

- (필요성) 탄소저감 및 탈내연화 트렌드에 따라 기존 소재(철강, 합금) 보다 가볍고 강한 소재인 탄소섬유 복합소재*의 산업적 수요 증가
 - * 생산성, 원가절감, 재활용 측면에서 탄소섬유에 열가소성 수지를 사용하는 CFRTP(Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic composites)가 주목받고 있음
 - 물성, 경제성 측면에서 기존소재와 경쟁하기 위한 R&D 투자 필요
- (추진방향) 수입 의존도가 높은 탄소섬유, 복합재 및 응용기술 개발 실증을 통한 핵심소재 자립화
 - * 탄소섬유 제조용 고속방사기술 개발 등 7개 핵심 원천기술 개발

<소재 부문 7개 핵심기술 로드맵>



- (기대효과) 차세대 모빌리티 응용을 위한 소재 제조기술 확보로 국내 탄소 융복합 기술력 강화 및 글로벌 시장진출 확대

② 자동차 (PAV 포함)

- (필요성) 제품 프리미엄화에 따른 고성능 배터리 솔루션 및 설계 플랫폼 구축, 고강도 수소용기 대량생산, 재활용 기술 등 확보 필요
- (추진방향) 전기차, 수소차, 자율주행차 등 미래차의 경량, 고강도

내·외장 부품 및 PAV(도심형 수송기기) 등 차세대 모빌리티 개발 추진

* 고속공정용 열가소성 기반 부품제조 기술 등 6개 핵심기술 개발

<자동차 중점 부문 6개 핵심기술 로드맵>



- (기대효과) 탄소 융복합 소재 기반 자동차 응용기술 개발로 국내 미래·자율車 제품의 글로벌 경쟁력 확보

③ 항공 (드론 포함)

- (필요성) 전세계적인 항공기 연비 개선 트렌드 대응과 항공산업의 국제 경쟁력 강화를 목표로 복합재료 연구개발 고도화 추진

- (추진방향) 국산 탄소섬유 기반 항공기 및 드론 소재·부품 응용기술 개발 및 실증지원추진

* CFRP/금속 이종소재 접합기술 등 3개 핵심기술 개발

<항공 중점 부문 3개 핵심기술 로드맵>



- (기대효과) 항공 분야 응용을 위한 탄소 융복합 소재 기술개발 및 국내 항공산업(+드론 산업)의 경쟁력 강화

④ 철도차량 (하이퍼루프 포함)

- (필요성) '고속-고내구성'의 차세대 고속철도 개발을 위한 선진국의 기술개발 본격화에 따라 원천 소재·부품 기술력 확보 시급

* (EU) 신 철도차량 개발을 위한 MAT4RAIL 프로젝트

(일본) 수소연료전지와 축전지를 동력으로 하는 하이브리드 시스템 철도차량 시험

(영국) 하이퍼루프 시제품 개발(6.25초만에 최고 시속 172km 기록)

< 日 연료전지 수소차량 HYBAR(좌), 하이퍼루프 객차 시제품(우) >



출처 : TOYOTA, 버진 하이퍼루프

- (추진방향) 기존 철도차량의 소재 대체 및 차세대 철도·객차(하이퍼루프 등) 생산을 위한 소재·부품 기술력 확보 추진

* 불연 내장소재, 철도차량 경량화, 하이퍼루프 등 4개 핵심기술 개발

- 가격 경제성 확보 위한 탄소섬유 복합재 원가절감 노력 또한 병행

< 철도차량 부문 4개 핵심기술 로드맵 >

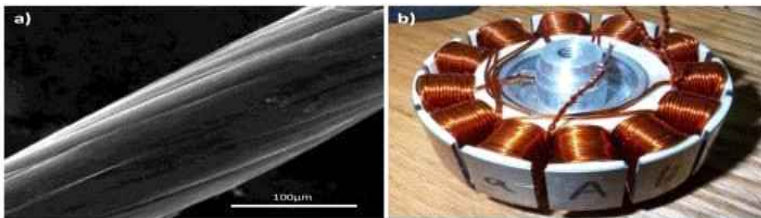


- (기대효과) 철도 분야 탄소 융복합 소재 기술 자립화 및 국내 철도 산업의 패러다임 전환을 위한 원천 기술력 제공

⑤ 기타 모빌리티

- **(필요성)** 탄소소재를 적용한 다양한 소형 모빌리티(전동기 부품, 선박용 연료전지 등) 개발에 대한 산업현장의 수요 증가

<탄소나노튜브 섬유 및 전기모터>



출처 : RICE UNIVERSITY

- **(추진방향)** 다양한 모빌리티 분야의 성능 및 효율 개선을 위한 탄소소재 및 응용부품 제조·성형 기술 개발 추진

* 기능성 내외장 전장부품, 선박용 실린더라이너부품 및 수소저장기술 등 5개 핵심기술 개발

< 기타 모빌리티 부문 5개 핵심기술 로드맵 >



- **(기대효과)** 선박, 전동기 등 다양한 산업용 모빌리티 분야의 글로벌 경쟁력 강화 및 전후방 관련 산업 육성

2 에너지·환경 분야

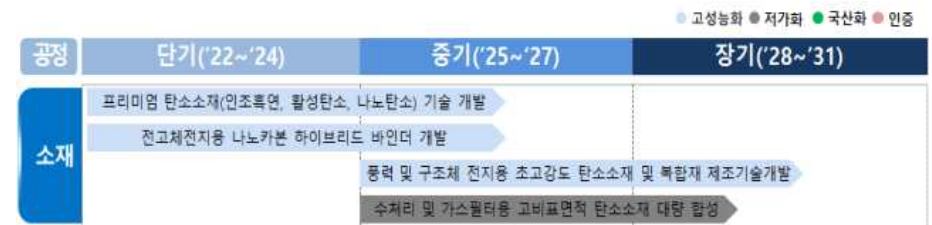
① 소재 (구조재 등)

- **(필요성)** 탄소소재(탄소섬유, 인조흑연, 활성탄소 등)는 풍력 블레이드 등 고성능을 요하는 에너지·환경 분야의 핵심 소재에 해당
 - 동 분야의 소재·부품 시장은 美·日·獨이 80% 이상을 독·과점하여 소재 자립화 기술력 확보가 시급한 분야

- **(추진방향)** 인조흑연, 탄소섬유, 활성탄소 등 소재 기술개발 및 실증사업을 바탕으로 취약한 탄소소재 원천기술 확보를 추진

* 프리미엄급 탄소소재, 전고체 전지용 나노카본 소재 등 4종 기술 개발

< 소재 부문 4개 핵심기술 로드맵 >



- **(기대효과)** 에너지·환경 분야의 프리미엄급 탄소소재 제조·성형 기술 확보로 국내 수요·공급기업의 글로벌 경쟁력 확보

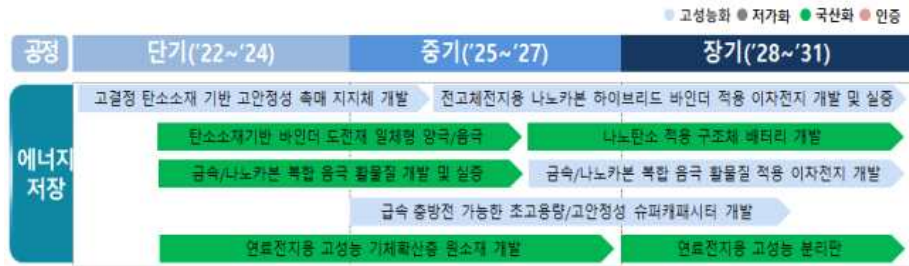
② 에너지 저장 (이차전지/연료전지/슈퍼커패시터)

- **(필요성)** 이차전지, 슈퍼커패시터 등 에너지 저장 장치의 고용량, 고출력밀도, 장수명 등 성능 및 안전성에 대한 요구 증대

- **(추진방향)** 프리미엄급 탄소소재 기반 **고효율, 장수명, 고안전성** 에너지 저장장치 개발 추진

* 이차전지용 인조흑연 음극재 국산화 등 9개 핵심기술 개발

< 에너지저장 부문 9개 핵심기술 로드맵 >

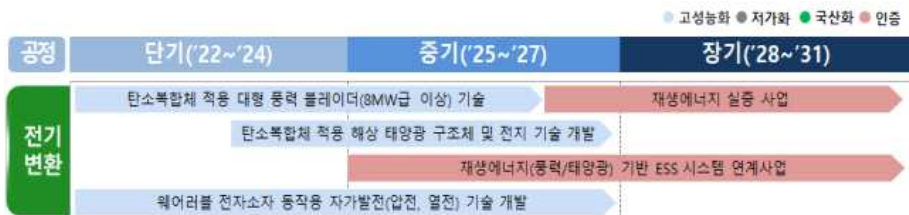


- (기대효과) 탄소소재 적용 에너지분야 응용기술 개발로 이차전지, 수소차 등 국내 주요 수요기업의 글로벌 경쟁력 확보

③ 전기변환 (풍력/광전/압전/열전)

- (필요성) 글로벌 에너지 전환·변환 시장 규모는 '15년 269백만불에서 연 19.6%씩 성장하여 '22년 974백만불 시장 규모로 확대될 전망*
* 북미 지역이 최대 비중 차지, 영국과 독일 시장이 뒤따를 것으로 전망('22년)
- (추진방향) 기존 범용소재 대비 생산성이 높고 손실률이 낮은 탄소소재 기반 차세대 전기 변환장치 기술개발 추진
* 탄소복합체 적용 대형 풍력 블레이드 기술 등 5개 핵심기술 개발

< 전기변환 부문 5개 핵심기술 로드맵 >



- (기대효과) 풍력 블레이드, 해상 태양광 등 신재생에너지 산업의 본격 상용화를 위한 기술 개발로 관련 산업 및 탄소중립에 기여

④ 미세먼지/수처리

- (필요성) 환경·안전에 대한 관심 제고로 고효율 대량 미세먼지 제거, 수처리 등에 대한 요구가 증가하고 있으나 관련기술은 시작 단계
- (추진방향) 미세먼지 흡착기술 및 유해물질(산업용 폐기물, 방사능 핵종 등) 제거용 탄소소재 제조 및 응용기술 개발 추진
* 유해가스/폐수 처리 및 절감기술 등 7개 핵심기술 개발

< 미세먼지/수처리 부문 7개 핵심기술 로드맵 >



- (기대효과) 풍력 블레이드, 해상 태양광 등 신재생 에너지 기술 개발로 관련 산업 및 탄소중립에 기여

⑤ 기타 극한환경

- (필요성) 인조흑연을 이용한 전극용 블록 등 시장의 성장성이 높은 분야이며 국내에서도 (주)포스코케미칼에서 파일럿 실증 진행 중
- (추진방향) 철강산업의 전극용 인조흑연 블록 및 차세대 중성자 감속 소재, 나노다이아몬드 및 인조다이아몬드 핵심기술 자립화 추진
* 전극용 인조흑연 블록 제조기술 등 4개 핵심기술 개발

<기타 극한환경 중점 부문 4개 핵심기술 로드맵>



- (기대효과) 극한환경용 탄소소재 제조기술 개발 및 수요창출에 기여

3 라이프케어 분야

① 의료기기

- (필요성) 탄소소재를 이용하여 인체 삽입용·부착용 의료기기 개발에 대한 수요와 휠체어, X-ray 베드 등 기타 제품에 대한 기술수요도 증가

< 생체 흡수성 탄소소재 기반 엘라스토머에 대한 응용분야 >



출처 : Carbon, Inc.

- (추진방향) 인체 삽입형·인체 부착형 의료기기, 탄소복합재 적용 휠체어 등 다양한 의료기구 개발 및 실증 추진

* 생체 적합성 탄소복합재 제조 등 5개 핵심기술 개발

< 의료기기 중점 부문 5개 핵심기술 로드맵 >



- (기대효과) 생체적합형 경량 삽입형 기계·로봇 등 다양한 의료기기 개발로 삶의 질 향상 및 관련 수요(의료)-공급(기기) 산업 발전에 기여

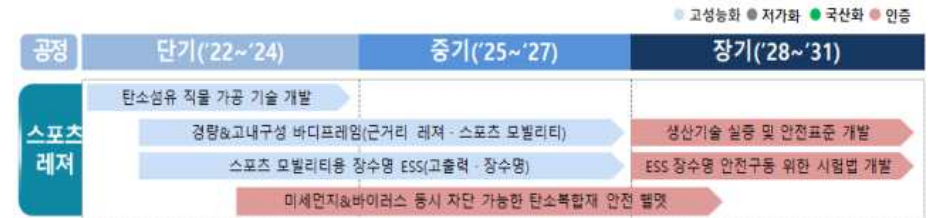
② 스포츠레저

- (필요성) 글로벌 스포츠용품 산업에서 복합재료 사용은 계속 증가하고 있으며, '23년까지 약 5.8억불에 이를 것으로 예상(Lucintel, '20년)

- (추진방향) 탄소섬유 직물 등을 이용한 경량·고내구성을 함유한 다양한 스포츠, 레저 용품 개발 및 실증 추진

* 탄소섬유 직물 가공기술, 경량·고내구성 바디프레임 개발 등 6개 핵심기술 개발

< 스포츠레저 부문 6개 핵심기술 로드맵 >



- (기대효과) 스포츠레저용 탄소소재 제조 및 응용기술 개발, 관련 산업발전 및 복지 향상에 기여

③ 디스플레이

- (필요성) 탄소소재를 적용한 혁신 디스플레이* 개발, 제조공정 자동화 등에 대한 산업현장의 수요 증대

* 고신축·유연 디스플레이, 투명 디스플레이, 마이크로 LED 등

- (추진방향) 탄소소재(그래핀, CNT 등) 적용을 통한 혁신 디스플레이 개발, 제조공정 최적화 등 추진

* 유연·고신축 디스플레이, 탄소 양자점LED, DP 이송용 로봇핸드 등 9개 핵심기술 개발

< 디스플레이 중점 부문 9개 핵심기술 로드맵 >

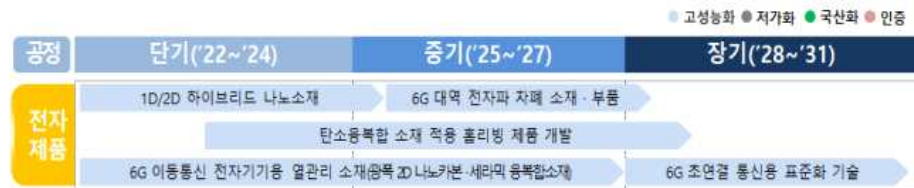


- (기대효과) 혁신 디스플레이 제조기술 개발로 탄소소재 및 관련 수요기업의 경쟁력 향상 및 관련 산업 발전으로 수평 전개 기대

④ 전자제품

- **(필요성)** 차세대 고주파 통신의 전자파 차폐, 다양한 전기·전자 제품의 열 관리 등의 문제를 해결할 혁신소재 수요가 증가하고 있으며, 탄소소재의 고열전도성 특성이 주목
- **(추진방향)** 6G 대역 전자파 차폐소재·부품, 탄소 융복합소재 적용 홈리빙 제품, 모바일기기용 열관리 소재 제조·표준화 기술개발 추진
 - * 1D/2D 하이브리드 나노소재, 전자파 차폐 부품, 고주파 통신용 소재 표준화 기술 등 5개 핵심기술 개발

< 전자제품 중점 부문 5개 핵심기술 로드맵 >



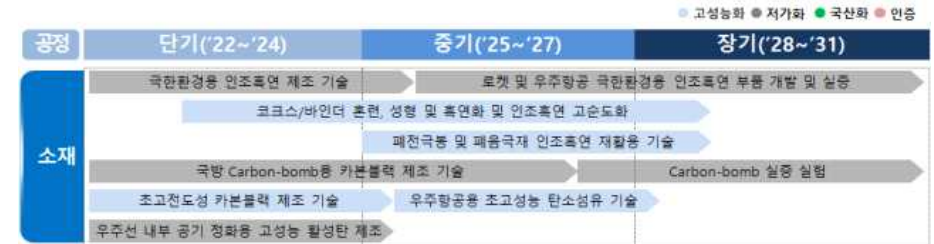
- **(기대효과)** 차세대 초고주파 이동통신(6G), 고성능 전기·전자제품 등 차세대 전자제품 개발에 기여

4 방산·우주·항공 분야

① 소재

- **(필요성)** 미국, 일본 등 탄소 선진국들은 보유하고 있는 원천기술을 바탕으로 방산 및 우주 분야 응용기술을 적극적으로 개발중
- **(추진방향)** 기초·원천기술 확보 후 관련 응용기술 개발 추진
 - * 방산·우주 분야 응용을 위한 프리미엄급 탄소소재 제조기술 등 9개 핵심 기술 개발

< 방산·우주·항공 소재 부문 9개 핵심기술 로드맵 >



- **(기대효과)** 탄소소재 제조기술 고도화 및 수요산업 응용기술 자립화

② 우주

- **(필요성)** 우주 분야 적용을 위한 고품질 탄소소재·부품 수요 증대
- **(추진방향)** 기초 원천기술 확보·실증을 통한 기술·생산기반 확보 후 우주·방산용 탄소복합 기술 확보 추진
 - * 발사체 노즐용 탄소복합 제조 및 실증 기술 등 3개 핵심 기술 개발

< 우주 부문 3개 핵심기술 로드맵 >



- **(기대효과)** 우리나라가 차세대 우주 강국으로 도약하는데 기여

③ 방위

- **(필요성)** 나노탄소 분야 중점투자로 소재기술을 확보 중이며, 부분적으로 우주항공 등급 나노탄소 복합부품 기술 개발 추진 중
- **(추진방향)** 나노탄소를 적용한 차세대 초고성능, 초고강도, 극한환경용 소재·부품 제조기술 개발 추진
 - * 군용 스텔스 기능 나노탄소소재 개발, 나노탄소복합재 방위분야 응용기술 개발 등 7개 핵심 기술 개발

< 방위 부문 7개 핵심기술 로드맵 >

공정	단기('22~'24)	중기('25~'27)	장기('28~'31)
방위	방산/우주·항공기용 복합재 제조 및 인증		
	탄소복합소재 스텔스 전투기 적용	군용 스텔스 기능 소재 개발	
	우주·항공기용 탄소복합 내외장 부품 제조 및 실증		
		탄소복합재 방위분야 응용기술(성화화, 방탄 등) 개발 및 실증	
	극저온용 초연 윤극재/전해질 및 이차전지 제조 기술		방위산업용 이차전지 배터리 적용 기술/실증

- **(기대효과)** 방위산업용 탄소소재 제조기술에 관한 글로벌 선점을 통한 관련 분야 산업 발전 활성화

5 건설 분야

① 토목

- **(필요성)** 토목·일반 산업 분야의 용도 개발에 따른 수요 확대로 탄소섬유의 공급량이 부족
 - 현재 수요량은 크지 않으나, 향후 높은 성장성이 기대되는 수요산업
 - * 세계시장 규모는 '20년 1,800조에서 '30년 39,300조원(연평균 약 8.1%)으로 성장 전망
 - * 지역별로는 아시아 48.8%, 유럽 24%, 북미 15.3%, 중동·아프리카 5.9%, 중남미 6%순

< 낙뢰 화재 및 부식으로 인한 구조물 손상 사례 >



출처 : SBS, 2015.12.04.(좌), BBS news, 2016.06.27.(우)

- **(추진방향)** 고압 송유관, 항만시설, 재해방지 등 우수한 성능의 탄소섬유 복합재료 적용에 대한 R&D와 실증을 통한 고부가 가치화 지원
 - * 토목용 탄소소재 국산화, 원전구조물용 CFRP Rebar 등 10개 핵심 기술 개발

< 토목 부문 10개 핵심기술 로드맵 >

공정	단기('22~'24)	중기('25~'27)	장기('28~'31)
토목	토목용 탄소소재(CF, CB) 국산화	원전 구조물용 CFRP Rebar	
	토목용 지오그리드 제조기술	콘크리트 탄소복합재 부착성능향상기술	초고층빌딩용 고강도 복합재 빔
		내진성능 향상 지반보강용 CFFT 파일 개발 및 적용 실증	
	탄소복합재 CFRP Anchor 개발	CFRP Anchor 활용을 통한 비구조 요소 내진 보강	
		고압 송유관 제조 및 실증	
		하천 및 항만시설 CFRP 적용 기술 개발	

- **(기대효과)** 탄소소재 적용 토목시설 제조 기술 개발로 건설되는 시설의 안전성 증가 및 관련 전후방 산업 육성

② 건축

- **(필요성)** 고기능성 소재인 탄소섬유 복합소재를 응용가능한 건축 분야의 다양한 기술개발 추진 중

* 탄소기반 고기능성 건설재료 기술에 대한 국가별 특허 현황은 한국 117건, 미국 64건, 일본 130건, 중국 277건, 유럽 47건으로 계속해서 증가 추세

- **(추진방향)** 고내구화 탄소융복합소재 적용을 통한 초고층 건축·철도 구조물, 내진보강 기술 확보 및 실증을 통한 생활 안전 향상 도모

* 건축용 탄소소재 국산화, 난연/단열/방음 소재 제조기술 개발 등 10개 핵심 기술 개발

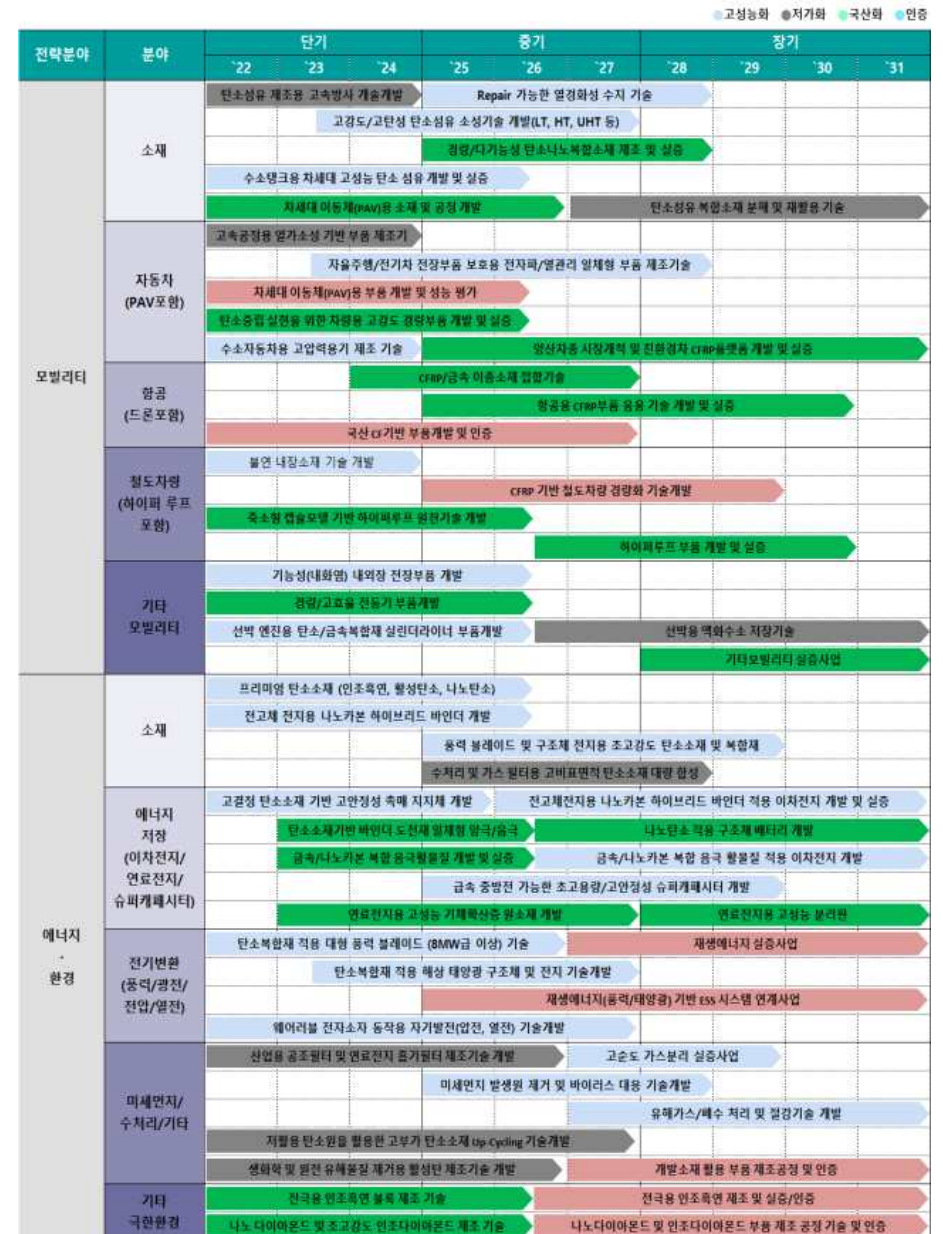
< 건축 부문 10개 핵심기술 로드맵 >

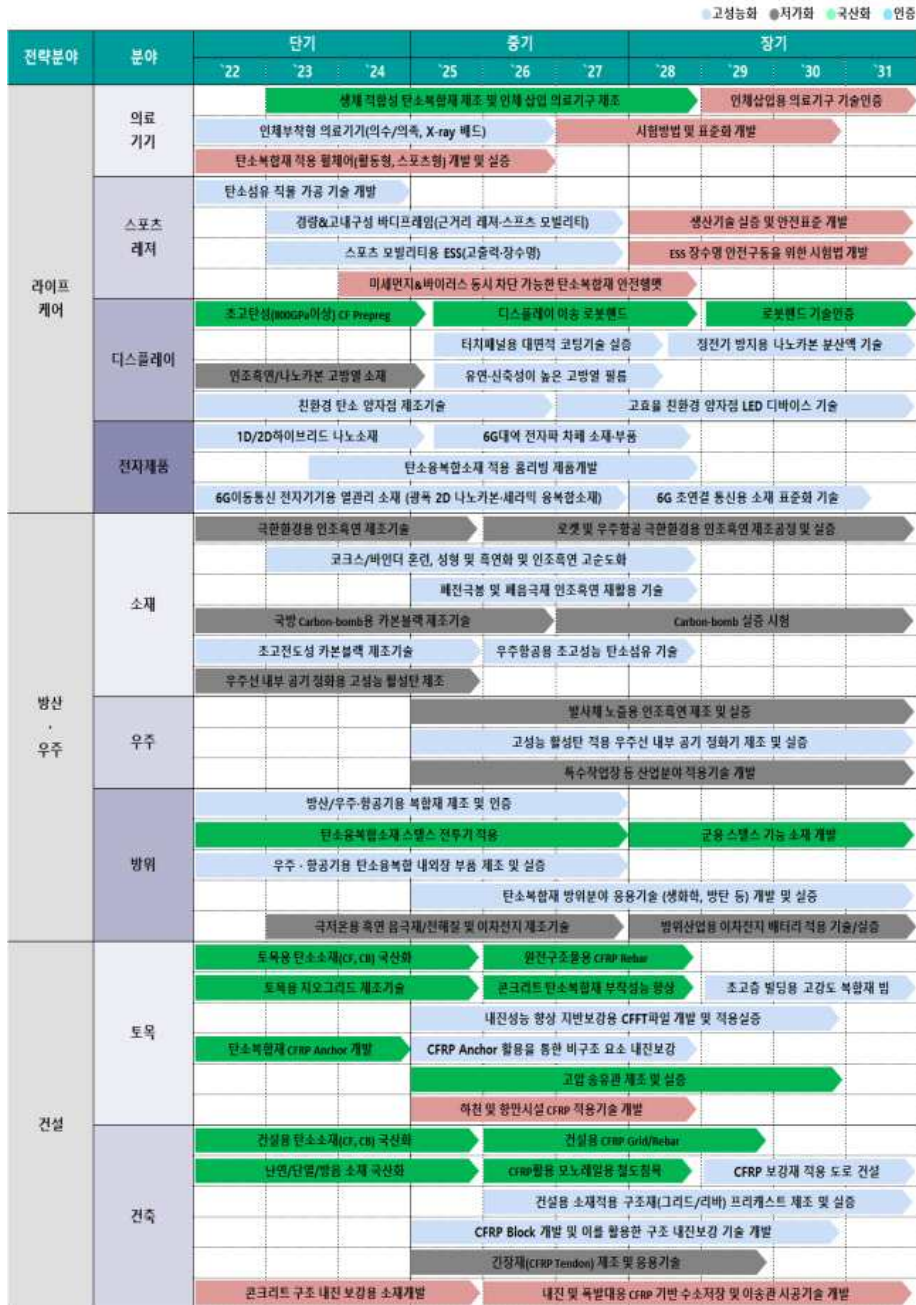


- **(기대효과)** 탄소소재 적용 건축용 탄소 융복합 소재·부품 개발로 건물 안전성 증가 및 국민 안전·복지 향상에 기여

참고1

단계별 탄소소재 융복합 기술 투자계획(안)





참고2

탄소소재 융복합 기술분야 종류별 분포 현황

기술분야	세부분문		핵심기술 건수(건)	
모빌리티	소재	원·중간소재 고부가가치화 기술	7	25
	자동차 (PAV포함)	차세대차체 및 부품	6	
	항공 (드론포함)	소재융복합부품 및 인증	3	
	철도차량 (하이퍼 루프 포함)	경량화 및 하이퍼루프 부품	4	
	기타 모빌리티	융복합 부품 실증	5	
에너지·환경	소재	프리미엄 탄소 및 복합재 제조	4	29
	에너지 저장	이차전지, 연료전지, 슈퍼캐패시터	9	
	전기변화	풍력, 광전, 압전, 열전	5	
	미세먼지/수처리	황사, 산업용가스, 수질 관련 부품 및 기술	7	
	기타 극한환경	극한환경용 탄소융복합부품화 실증	4	
라이프케어	의료기기	의료기구 제조, 인증 및 표준화	5	25
	스포츠레저	생활이동형 제품 및 안전표준	6	
	디스플레이	고방열, 코팅, 로봇	9	
	전자제품	전자파, 열제어 및 표준화	5	
방산·우주	소재	극한환경용 인조흑연	9	19
	우주	우주선체내외장용 부품	3	
	방위	방산/우주용 융복합소재 및 부품화	7	
건설	토목	도로교통, 항만, 송유관 등	10	20
	건축	건설용 융복합 소재 부품 및 실증	10	
계			118	