

**독일의 소재에서 혁신과정을 통해 본
정책적 시사점**

2016. 03.

국가나노기술정책센터

한국과학기술정보연구원

머 리 말

그동안의 제조업은 원가 절감 및 생산성 향상을 통해 성장해 왔으나 이러한 전통적 방법으로는 경쟁력을 지속할 수 없는 시대가 도래함에 따라 주요 선진국들은 신소재 개발 등 첨단기술을 통한 혁신적 제품의 생산을 위해 지속적으로 투자하고 있습니다.

우리나라에서도 최근 정부정책으로 소재·나노분야에서 탄소·나노소재와 티타늄 등의 첨단 소재를 미래 먹거리로 선정하여 중점 투자하겠다고 밝히는 등 각 국에서 나노소재와 관련된 중요성이 높아지고 있습니다.

이러한 가운데 독일의 “소재에서 혁신으로(From material to Innovation)” 보고서는 독일의 소재개발에 대한 의지를 잘 확인할 수 있는 매우 시의적절하고 의미있는 보고서라고 할 수 있습니다.

본 보고서는 독일의 소재에서 혁신으로의 과정을 살펴보고 분석하여 우리나라가 향후 어떠한 방향으로 대책을 수립하여야 하는지에 대한 정책적 시사점을 제시하고자 합니다. 본 보고서가 정부 정책 당국자는 물론 산학연 관계자들이 세계 나노기술 정책 동향을 파악하는데 도움이 되길 바랍니다.

끝으로 본 보고서 집필에 참여한 국가나노기술정책센터 배성훈, 김준현, 강상규 연구원 및 독일 프라운호퍼 연구소의 한태영 연구원의 노고에 감사드립니다.

2016년 03월

국가나노기술정책센터

소장 

요 약

본 보고서는 독일 연방 교육 연구부의 지원 프로그램인 “소재에서 혁신으로 (From material to Innovation)”을 요약한 것으로 독일의 소재의 중요성 및 경제적 측면, 촉매, 바이오, 이동 및 수송 분야 등 다양한 분야에서 개발될 수 있는 소재를 소개하였으며 효과 증대를 위한 연구 협력방안 등을 포괄하고 있다.

신소재는 혁신 제품의 개발에 대해 결정적인 원동력이 되며 오늘날 생산되는 신제품 중 새로운 소재를 기반으로 하는 제품의 비중이 70%나 된다. 2010년 독일에서 사용되는 소재의 가치는 약 1,380억 유로인데 이 중 1,100억 유로 정도의 소재가 수입을 통해 확보되었다. 또한 유럽 위원회의 연구조사 결과 신소재 및 첨단소재의 시장이 2030년 2,300억 유로에 이를 것으로 전망하였으며 특히 에너지 분야에서 급격한 성장을 예상하고 있다.

독일 연방 교육위원회는 “소재에서 혁신으로(From material to Innovation)”라는 프로그램을 통해 소재와 관련된 분야를 지원하고자 한다. “소재에서 혁신으로 (From material to Innovation)”는 ① 원자재 기반 제품혁신 및 공정혁신을 통한 산업경쟁력 증대 ② 원자재 개발에 대한 사회적 수요 고려 ③ 기업의 R&D 증대를 위한 인센티브 조성 ④ 산업 및 연구 분야를 아우르는 소재 및 제조능력 확장 및 후진양성 이라는 목표를 설정하였다.

이러한 목표를 통해 독일 정부의 하이테크 전략에 상응하는 원자재 기술 분야에서 시장 지향 및 사회적 요구의 두 가지 목표를 결합하고 경제 및 과학 간의 견고한 네트워크 형성 및 지속적인 경제 성장을 이루고자 한다.

차 례

제1장 서론	1
제2장 독일의 신소재기술의 개요 및 정책 현황	2
제1절 개요	2
제2절 신소재의 잠재성	4
제3절 정책목표 및 지원계획	11
제4절 원자재 : 현황, 초기상황 및 전망	61
제3장 미래 원자재 개발을 위한 도전과제	52
제1절 원자재 기술	6
제2절 응용분야를 위한 소재 혁신	93
제4장 연구협력 및 이행	35
제1절 효과 증대를 위한 연구 협력	35
제2절 국제적 협력	5
제3절 프로그램 이행	6
제5장 결론 및 시사점	6
참고문헌	6

그림 차례

[그림 1] 새로운 원자재 연구개발을 통한 각 분야 발전	4
[그림 2] 유리섬유 및 탄소섬유로 구성된 메쉬	12
[그림 3] “소재에서 혁신으로” 프로그램의 실질적 지원 계획	13
[그림 4] 유도 용해 용광을 통한 세라믹 유리 방울	15
[그림 5] 2012년 총 가치 비율 중 각 국가의 제조업 부분 인력 비율	17
[그림 6] 2012년 독일 각 분야 근로자와 매출 대비 R&D 지출	18
[그림 7] 1991년과 2009년 독일 제조 비용 구조	19
[그림 8] 2011년 독일 제조업 분야의 에너지 및 재료 대비 총 생산 가치	20
[그림 9] 독일의 소재 과학 및 원자재 기술의 도전과제와 기회 및 도출된 프로그램 목표	24
[그림 10] 사회적, 환경적, 기술적 과제에서 재료과학 및 원자재 기술의 구조적 프레임워크	25
[그림 11] 자성 유체	27
[그림 12] 자동차 산업 경량소재로써의 하이브리드 원자재	28
[그림 13] 화학 산업 분야를 위한 촉매 소재	31
[그림 14] 모터용 고성능 영구자석	32
[그림 15] 노틸러스 셀의 단면	33
[그림 16] 세라믹 캐리어 튜브 리액터	34
[그림 17] 생성 제조기술로 생산된 복잡한 터빈 부품	35
[그림 18] 알루미늄 합금 캐스팅의 비주얼 결합	37
[그림 19] 비파괴 원자재 검사를 위한 서모그래피	38
[그림 20] 고열 스트레스 방지 열 차폐 코팅 내부 냉각 터빈 블레이드	41
[그림 21] 희귀 소재를 함유한 고철 전자기기	43
[그림 22] 왜곤 건설: 높은 재활용율을 보장하는 부품의 재활용 친화적 디자인	43
[그림 23] 배터리 제조: 효율적인 소재사용을 위한 전극 밴드의 종단(longitudinal cuts) ..	47
[그림 24] 자동차 산업을 위한 복잡 알루미늄 캐스팅	48
[그림 25] 실리카 젤 섬유-폴리스 기반의 생체 흡수 상처 드레싱 소재	49
[그림 26] 첨단 소재 1회용 수술용 집게	50
[그림 27] 외벽 변형 소재를 사용한 에너지 자급자족 건축물	51
[그림 28] 프로젝트로 가는 길(프로젝트 선정 과정)	57

제1장

서론

독일은 일찍부터 나노기술을 미래 산업을 이끌어갈 핵심 기술로 인식한 이래, 그에 대한 연구개발 정책 및 지원정책을 수립하고 관련 법규를 제정하는 등 나노기술을 통하여 경쟁력을 강화시키기 위해 다각도로 전략을 수립하여 진행하고 있다.

특히 부족한 재원으로 수출 지향적인 독일은 미래시장과 밀접한 경쟁력을 갖고 있는 나라이기 때문에 독일연방정부의 혁신정책을 위해서는 나노기술과 같은 분야가 필수이다. 나노기술을 통하여 신소재 개발 및 기존 소재에 대한 혁신을 국가 정책적으로 장려하고 있다.

‘신소재’란 금속·무기·유기 등의 원료를 조합하여 새로운 기술로 제조하여 종래에는 없던 성능 및 용도를 가지게 된 소재를 의미한다. 신소재의 개발은 국가경쟁력을 좌우할 만큼의 영향력이 있기 때문에 많은 국가들에서는 국가 정책을 통해 신소재 개발에 박차를 가하고 있다.

독일의 신소재는 기계공학, 전자공학, 광학, 자동차 제조, 화학, 제약분야에서 세계적 경쟁력을 유지할 수 있는 기반이 되고, 독일 경제를 발전시켜나갈 수 있는 혁신 수단으로 평가받는다. 따라서 독일 경제의 미래는 신소재 및 기존 소재의 혁신을 통한 수출 원동력 및 생산성 향상에 대한 문제해결의 핵심기술(key technology)을 얼마나 잘 활용하는가에 달려있다.

이에 독일 연방 교육 연구부의 지원 프로그램인 “소재에서 혁신으로(From material to innovation)”을 통해 독일의 소재분야의 지원목적, 현황, 경제적 의미 등을 살펴봄으로써 어떠한 과정을 통해 독일에서 신소재 개발이 이루어지는지를 확인할 수 있다.

제2장

독일의 신소재기술 정책 현황

제1절 개요

재료과학 및 원자재 기술 분야는 예전이나 지금이나 거의 대부분의 기술 분야에서 핵심적인 혁신동인의 역할을 수행하여 왔다. 최신 원자재의 사용은 태양전지 및 발전소의 효율성을 증대시키고 운송 수단에 필요한 연료 사용 감소에 기여하며 전기 자동차 개발 및 이를 통한 배기가스 배출 감소와 같은 결과를 이끌어낸다. 이를 통해 기후 변화를 저지하고 산업 및 사회 전반에서 생산 자원의 효율을 증가시킬 수 있다. 또한 새로운 원자재는 예를 들어 의료 공학 분야에서 수명이 길고 생체 적합한 임플란트의 사용을 통해 인류의 삶의 질을 현저하게 높이는데 기여한다. 새로운 기능을 찾고 성능을 증대시키는 소재 연구의 결과는 경제 발전의 오랜 지속성과 삶의 질 증대 및 우리 사회의 번영에 근본적으로 기여한다.

활용 가능성이 높은 소재를 실제 응용 가운데 혁신으로 이끌어내기 위해 재료 과학 및 원자재 기술 분야의 밀접한 학제적 협력, 경제와 과학 간 밀접한 네트워킹 및 협력, 공공 기관을 통한 장기간의 지원 등이 요구된다. 독일 연방 교육 연구부의 지원 프로그램 “소재에서 혁신으로(From material to innovation)”은 이전 단계에서 성공적인 결과를 이뤄내었던 “산업, 사회를 위한 원자재 혁신(WING)” 프로그램을 이어 장기적으로 다음과 같은 목표를 설정하였다.

- 원자재 기반 제품혁신 및 공정혁신을 통한 산업 경쟁력 증대
- 원자재 개발에 대한 사회적 수요 고려
- 기업의 R & D 증대를 위한 인센티브 조성
- 산업 및 연구 분야를 아우르는 **소재** 및 제조 능력 확장; 후진 양성

이와 같은 목표 설정을 통해 독일 연방 교육 연구부의 지원 프로그램 “소재에서 혁신으로”는 다양한 제품군을 위한 신소재 연구개발을 지원하고 애플리케이션을 위한 원자재 기술에 대한 특별한 수요를 지원한다. 소재에서 제품으로 이어지는 생산과정에서 일반적으로 공정 기술 및 생산 기술이 원자재 특성 및 최종 제품 생산비용에 결정적인 영향을 미치기 때문에 지원되는 프로젝트들은 원료의 생산부터 원자재 가공을 거쳐 컴포

넛트 및 시스템 응용을 아우르는 부가가치생산 네트워크 전반을 포괄한다.

기업 및 연구기관 간의 협력 프로젝트들이 지원 대상이 되며 특히 혁신 프로세스에 연관된 중소기업 지원 및 후진 양성 등이 이에 포함된다. 지원을 받게 되는 프로젝트들은 지속 가능성의 측면이 고려되어야 하며 신제품 및 공정을 위한 연구개발 결과의 명확한 활용 전략을 제시해야 한다.

원자재 분야의 특수한 복잡성 및 학제적 특수성을 고려하여 위의 언급된 목표들에 도달하기 위해 다음과 같은 지원 가이드라인이 제시된다.

- 광범위한 산업 주변 환경에서 제품 혁신 및 공적 혁신을 이끌어내기 위한 통합 생산 기술이 포함된 원자재 플랫폼
- 에너지, 교통 및 의학, 건축 그리고 기계, 설비공학과 같은 주요 응용 분야의 원자재 혁신
- 원료, 소재 및 에너지와 같은 자원의 지속적이고 효율적인 취급
- 부가가치 네트워크의 시작을 위한 산업과 과학 간의 광범위한 협력

지원 계획은 테마에 상응하는 구체적인 수준의 프로젝트에서 지원 가이드라인의 공고를 통해 실현된다. “소재에서 혁신으로” 지원 프로그램을 통해 다양한 분야의 변화하는 도전과제들에 대응하고 소재 연구 분야에 대한 독일 정부의 장기적이고 유연한 지원 정책을 위한 틀이 형성된다.

지원 프로그램 “소재에서 혁신으로”를 통해 독일 정부의 하이테크 전략에 상응하는 원자재 기술 분야에서 시장 지향 및 사회적 요구의 두 가지 목표에 결합하고, 경제 및 과학 간의 견고한 네트워크를 형성하며 및 지속적인 경제 성장을 이루고자 한다.

제2절 신소재의 잠재성

에너지 전환, 자원 부족, 도시화 및 인구 변화는 독일의 정치, 사회 그리고 산업 분야에 새로운 도전 과제들을 제시한다. 나아가 새로운 국제적 부가가치 네트워크 형성에 따른 연구 및 생산현장의 세계화 추세가 나타나고 있다. 다양한 사회적, 기술적, 산업적 과제들을 해결해나가기 위해 국민의 안녕과 건강을 보호하는 기술, 물질 및 에너지 자원 효율성을 증대시키는 기술, 산업의 경쟁력을 높이는 기술 그리고 독일 산업 사회의 지속적인 영향력을 보장하는 기술 등에 대한 연구개발이 요구된다.

거의 모든 다른 과학기술 분야와는 대조적으로 재료 과학과 원자재 기술은 여러 가지 전문 영역에 걸쳐있는 특성을 지닌다. 화학, 물리, 생물학 및 공학 분야의 연구 결과들은 원자재 개발에 있어 항상 새로운 혁신을 위한 자극이 되어주며 이는 다시금 다양한 애플리케이션 분야에 개발 추진력을 점화시킨다.

다음 페이지에서 소개되는 예시들은 모든 영역을 포괄하고 있지는 않지만, 사용자에게 쉽게 인식되지 않는 소재 및 원자재가 제품의 핵심 기능을 담당하고 있을 뿐 아니라 기술적, 생태학적, 사회적 문제들에 대한 구체적인 해답을 제시하고 있다는 것을 보여준다. 원자재 개발은 국민의 복지, 삶의 질 그리고 국가적 경쟁력의 기반이 되는 미래과제이다.



[그림 1] 새로운 원자재 연구개발을 통한 각 분야 발전

출처 : 소개에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

첨단 소재를 통한 깨끗한 수자원

산업 및 사회에서 발생한 수자원 속 유해물질

인간, 자연, 경제에 있어 수자원은 매우 중요한 자원이며 지속적으로 새롭게 얻을 수 있는 장점이 있으나 그 양이 제한적인 것 또한 사실이다. 앞으로 기후 변화, 인구 증가, 에너지 생산 및 산업 활동과 농업을 통해 물의 사용이 늘어나며 그에 따른 수자원 오염이 발생할 가능성이 높다.



생활 수단이 되는 수자원에 미치는 영향

약물 잔여 물질, 농약, 염분 및 금속과 같은 다양한 오염 물질을 통한 수자원 오염 및 수자원의 과도한 사용과 극단적인 기후 변화로 인한 수자원 획득의 어려움이 예상되며 이를 통해 수자원의 생태학적, 화학적 균형이 위협 받을 것으로 보인다. 결과적으로 동물의 호르몬 불균형, 중 멸종, 질병과 같은 문제점들이 발생될 가능성이 있다.

오염 물질의 잔류물 제거를 위한 소재

수자원의 생산부터 분배 및 처리, 정화 및 정수까지 모든 과정에서 재료 특정적 접근이 매우 중요하다. 오염 물질의 제거와 주요물질의 변환을 위해 기능이 향상된 필터 원자재, 고성능 흡착 물질 및 효율적인 촉매가 요구된다.



환경, 산업, 사회를 위한 깨끗한 수자원

물은 첫 번째로 중요한 생필품이다. 수자원이 없이는 농업도, 산업도, 생명도 없다. 신소재를 사용한 혁신 기술만이 현재 존재하는 수자원의 지속적이고 안전한 사용을 보장하며 이와 동시에 인간의 건강과 환경을 보호할 수 있다.

효율적인 에너지 저장을 위한 소재

전기 자동차: 안정성 및 이동성 확보

전기 자동차 이동 범위의 확대와 더불어 배터리의 안전성 및 긴 수명 보장은 전기화학 및 전지구조의 소재기술을 지속적으로 연구개발하며 배터리시스템의 디자인 개발 및 전기 충전소의 인프라 확대를 통해 가능하다. 성능이 향상된 배터리는 전기 자동차의 핵심 컴포넌트 역할을 수행한다.

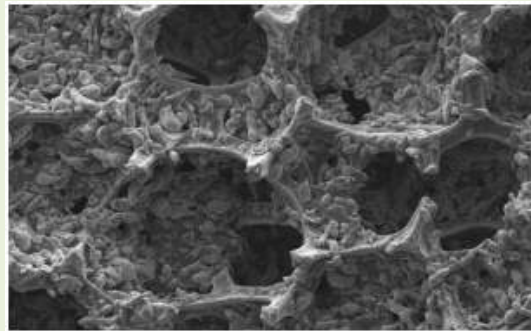


전기 공급

화석 연료에서 생산된 전기는 제한적이며 신재생 에너지를 통해 생산된 전기는 일반적으로 공급량이 충분하지 못하다. 풍력 에너지 및 태양열 에너지를 수요가 있는 현장에서 직접적으로 공급하기 위해 가능한 많은 에너지 양이 저장되고 신속한 제공이 가능한 안전한 네트워크 저장장치를 개발하는 것이 중요하다.

전기 에너지 저장을 위한 소재

고효율 배터리를 생산하고 장시간 안전하게 사용하기 위해 배터리에서 음극, 양극, 전해질, 분리기 및 집전장치 간의 완벽한 조정이 요구된다. 전기화학 에너지 저장을 위한 최적화 소재를 통해 수요 기반의 지능형 전기 저장 시스템 생산이 가능하다.



전기의 지능적 사용

전기는 편안한 삶의 기초가 된다. 재생 에너지 생산, 저장 및 소비의 지능적 연계를 통해 전기 자동차의 이동 범위가 확대되고 생활에 충분한 전기 공급이 가능하다. 이러한 지능적 사용은 추가적으로 전기 네트워크 안정화에 기여한다.

소재 혁신을 통한 위생

위생: 21세기에도 여전히 도전과제

세계화와 더불어 이동의 증가는 새로운 병원균의 보급을 가속화 시킨다. 또한 병원에서 다내성 박테리아를 통한 감염의 사례도 점차적으로 증가하고 있다. 이로 인해 위생 향상을 위한 혁신적인 소재개발이 요구된다.



전반적인 삶의 영역에서의 위생

독일의 높은 위생 기준에도 불구하고 슈퍼마켓, 공공 교통수단, 기차역, 공항과 같은 일상의 다양한 환경에서 병원균 또는 알레르기 유발 항원이 존재한다. 또한 재화의 공동 사용은 병원균 전파에 기여한다.

산업 시설 중단 위험성을 지닌 박테리아 및 조류

산업 장비는 미생물 또는 조류의 발생으로 인해 손상 될 수 있으며 이를 예방하기 위한 **정제** 또는 수리작업에는 많은 비용이 발생한다. 생필품 산업과 같은 특정 분야에서는 높은 수준의 위생이 요구된다.



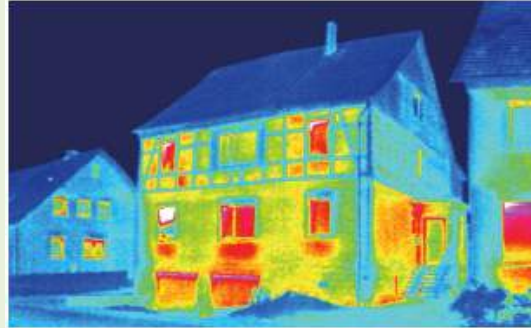
혁신 소재를 통한 예방

소재 연구는 위생 분야에 있어 혁신적인 해결책을 제시한다. 예를 들어 새로운 종류의 필터소재 및 안티박테리아 효과를 지닌 표면 등은 인간과 환경을 오염으로부터 보호해 줄 수 있다. 새로운 원자재는 삶의 질을 향상 시키고 건강상의 위험을 예방하는데 크게 기여할 수 있다.

지능적이고 높은 편의성을 제공하며 저렴한 미래 건축

단열은 탄소 중립 도시의 필수 요소

새로운 원자재와 소재를 사용한 효율적인 단열을 통해 방대한 에너지 절약이 가능하다. 특히 독일의 1차 방열 조례 이전에 건축된 건물 또는 현존하는 건축 자재로 대부분 지어진 건물들에 단열 기술 도입을 통한 에너지 절약 증대가 매우 중요하다.



건축물에 사용될 수 있는 소재개발

건축 소재는 다양한 환경에 맞추치기 때문에 다기능적이어야 하며 이에 스위칭 가능한 단열 원자재, 그레이징, 흡음 표면과 같은 기능이 요구된다. 초고강도 시멘트, 새로운 결합제, 재활용이 가능한 기능이 현저하게 향상된 접착제 및 밀폐제 등이 이와 관련된다.

다양한 환경에 적합한 건축물

미래에는 기능적이고 에너지 효율적인 건축물이 사회 인프라 구조의 한 부분으로 역할을 담당하게 되며 이를 통해 지속적인 기후 보호가 가능하다. 이 중심에는 기후 변화 대응에 적합한 새로운 건축 소재가 있다. 이 신소재는 건축물의 단열부터 공기 질 향상 및 신재생 에너지 분야에 이르기 까지 다양하게 사용된다.



지능적 유지 관리를 위한 건축 소재

새로운 건축 소재는 자원 효율적이어야 하고 지능적 유지 관리에 적합해야 한다. 건축 소재의 재활용 및 재사용이 또한 매우 중요하며 삶의 편의를 종합적으로 향상시켜야 한다.

3D 프린팅을 위한 소재

제조 공정에서 발생하는 높은 자원 수요

선삭 가공 및 밀링과 같은 재료가 제거되는 생산 공정에서 값비싼 원자재의 최대 90%가 생산 폐기물로써 버려진다. 윤활유가 사용된 폐기물의 경우 재활용하기가 매우 어려우며 매우 큰 비용을 발생시킨다.

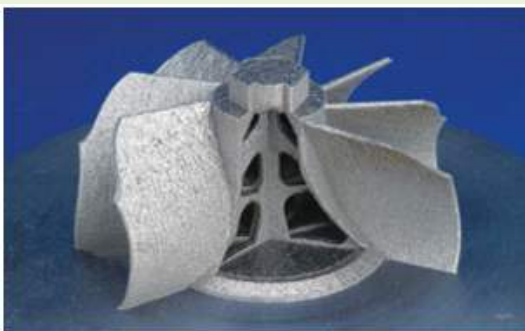


현재 생산 공정의 제약 조건

최신 생산 공정에서는 복잡한 구조 또는 제품에 사용되는 간단한 부품만이 상대적으로 저렴하게 생산된다. 이는 많은 양의 수익성 높은 제품의 조립에만 사용되게 되며 이로 인해 부품들이 다양한 장소에서 생산되고 부분적으로는 오랜 수송 과정을 거치게 된다.

생산 기술 향상을 통한 자원 절약

3D 프린팅, 레이저 소결법과 같은 제조 공정에서는 부품생산을 위해 분말을 사용한다. 이 방법을 통해 소재효율성이 증대되고 폐기물 발생이 억제된다. 또한 이러한 생산 방법은 다양한 특징을 지닌 부품 생산을 가능하게 하거나 완전히 새로운 조합을 통한 생산을 가능하게 한다.



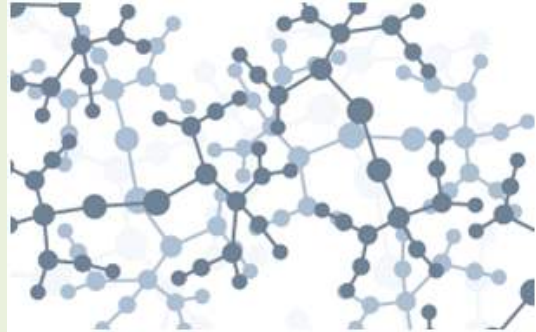
개별적인 제품에 사용되는 복잡한 부품

새로운 생산 방식은 다양한 기능이 통합된 복잡한 생산을 소량으로 저렴하게 생산할 수 있게 한다. 디지털 생산을 위한 인터페이스는 제품의 커스터마이징 및 현지 생산을 가능하게 한다. 경량 구조 또는 의료 제품에서 이러한 원자재의 잠재성이 효율적으로 사용될 수 있다.

가상현실을 통한 새로운 원자재

원자구조에서 새로운 원자재까지

현대 컴퓨터 시뮬레이션 기술을 통해 원자 및 분자 구조를 기반으로 새로운 원자재를 디자인하고 테스트할 수 있다. 복잡한 수학 방정식, 원자 결합의 정확한 이해, 적합한 원자재 모델은 여러 전문 영역에 걸쳐 일하는 시뮬레이션 전문가에게 틀을 제공한다.



뛰어난 특성을 지닌 새로운 원자재

원자재 개발자들은 예를 들어 고강도의 부식 저항성이 높고 온도 저항력이 뛰어난 새로운 조합에 큰 관심을 갖고 있다. 이를 통해 에너지 기술을 위한 슈퍼합금 생산, 고관절 보철물의 지속성 연장, 경량 구조를 위한 하이브리드 소재 발견이 이루어진다.

컴퓨터를 통한 부품의 개발 및 테스트

원자 구조에서 거시적 부품까지 아우르는 멀티 스케일 시뮬레이션을 통해 컴퓨터로 다양한 컴포넌트를 개발하고 제조 과정에서 상호작용을 통해 특정 속성을 최적화하며 가상으로 테스트하는 것이 가능하다. 원자재의 불량 메커니즘에 대한 완벽한 이해를 돕고 부품의 안전성 증대가 이루어질 수 있다.



목표까지 빠르고 저렴하게

실험실에서 오랜 기간 소모가 많은 개발 대신 컴퓨터를 통한 소재 특성 시뮬레이션이 가능하다. 이를 통해 원자재의 각각의 생산 공정에서 중요한 결정이 가능하고 개발 시간을 단축하며 비용을 절감할 수 있다.

제3절 정책목표 및 지원계획

소재와 원자재는 그 자체의 영향력(특성) 만으로도 많은 영역에서 혁신동인의 역할을 하기 때문에 제품에서 핵심 기능을 수행하지만 그간 독일에서는 그 의미가 과소평가되어 왔다. 재료과학 및 원자재 기술의 높은 경쟁력은 독일 산업 혁신에 기반이 되며 거의 모든 기술 및 생활영역의 발전을 위한 결정적인 역할을 수행한다.

1. 새로운 원자재의 경제적 의미

원자재 혁신은 산업 제품 개발을 이끄는 원동력이며 국제 경쟁 속에서 독일 기업의 기술적 우위를 선점하게 하는 지렛대와 같은 역할을 한다. 원자재 혁신을 통해 최신 원자재는 그 생산기술과 함께 독일의 전체 생산 산업에서 핵심 역할을 수행한다. 독일 전체 경제에서 최첨단 기술이 차지하는 부분은 국가 총 부가가치 생산의 8.1%이며 이는 다른 국가들과 비교하여 상당히 높은 수준을 나타내고 있으며 이는 기술 강국으로써의 독일을 증명한다. 2012년 통계에 따르면 첨단 기술 분야의 전체 매출은 약 1조 5천억 유로에 이르며 약 600만 명이 이 분야에서 활동하고 있고 같은 해 제조 산업 분야의 연구 개발 지출은 약 445억 유로이다. 조사된 대부분의 산업에서 최신 원자재가 생산, 가공 또는 사용되고 있다. 전체 기술 혁신의 대부분의 영역에서 새롭고 기능이 향상된 원자재가 직접, 간접적인 원인을 미치며 이는 경제 중심지로서의 독일에서 큰 의미를 지닌다.

2. 원자재의 사회적, 생태학적 의미

새로운 원자재의 경제학적 의미와 더불어 원자재 개발은 사회적, 생태학적 문제를 해결하는데 중요한 역할을 수행한다. 예를 들어 발전소 또는 태양전지의 효율을 증대시키고 비행기 또는 자동차의 연료 소비를 감소시키며 이는 자연스럽게 배기가스 방출 감소로 이어진다. 이를 통해 기후 변화에 대처하며 에너지 전환을 함께 형성해 가고 산업과 사회 전반의 자원 효율성이 증대된다. 또한 새로운 원자재는 의료공학 분야에서 생체 적합 임플란트 개발을 가능하게 하고 재생 치료를 통해 인간의 삶을 더욱 풍요롭게 한다. 원자재 혁신은 건축기술 분야에서도 고효율 단열 또는 공기 정화와 같은 기술에 기여한다.

책임감 있는 산업사회를 통해 지속적으로 자원 및 에너지 효율성의 현저한 향상이 기대된다. 이를 위해 특히 원자재 기술 및 공정 기술 분야 전반에 걸쳐 연구 개발이 결정적인 기여를 한다. 새로운 기술의 개발은 생산 양식, 소비, 라이프 스타일 또는 인프라 구조와 같은 사회적 요인들

을 통해 강하게 영향을 받는다. 기술의 경제적 측면 외에도 생태학적 관심사와 사회적 인식 그리고 혁신 평가 등이 점차적으로 고려되어야 한다. 경제 및 사회의 전환과 삶의 방식과 제품 생산 방식의 지속성을 위해 기술 혁신뿐 아니라 사회 전반적 인식 공유가 요구된다.

기술개발에 있어 국제적인 제약 조건과 도전 과제들은 바뀌어 왔다. 기후 변화, 자원 부족, 에너지 전환, 도시화, 인구 변화와 같은 요소들은 독일 정치, 사회 그리고 산업 분야에 새로운 해결책을 요구한다. 독일 경제는 원자재(특히 철강) 수입에 결정적인 영향을 받고 있다. 다양한 문제들의 해결을 위해 재료 및 에너지 자원의 활용도를 높일 수 있는, 예를 들어 지역 자원 또는 재생 가능한 자원으로 대체할 수 있는 기술들이 요구되고 있으며 이를 통해 독일 산업의 경쟁력 및 국민 복지를 강화하고 안정화시키고자 한다.



[그림 2] 유리섬유 및 탄소섬유로 구성된 메쉬

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

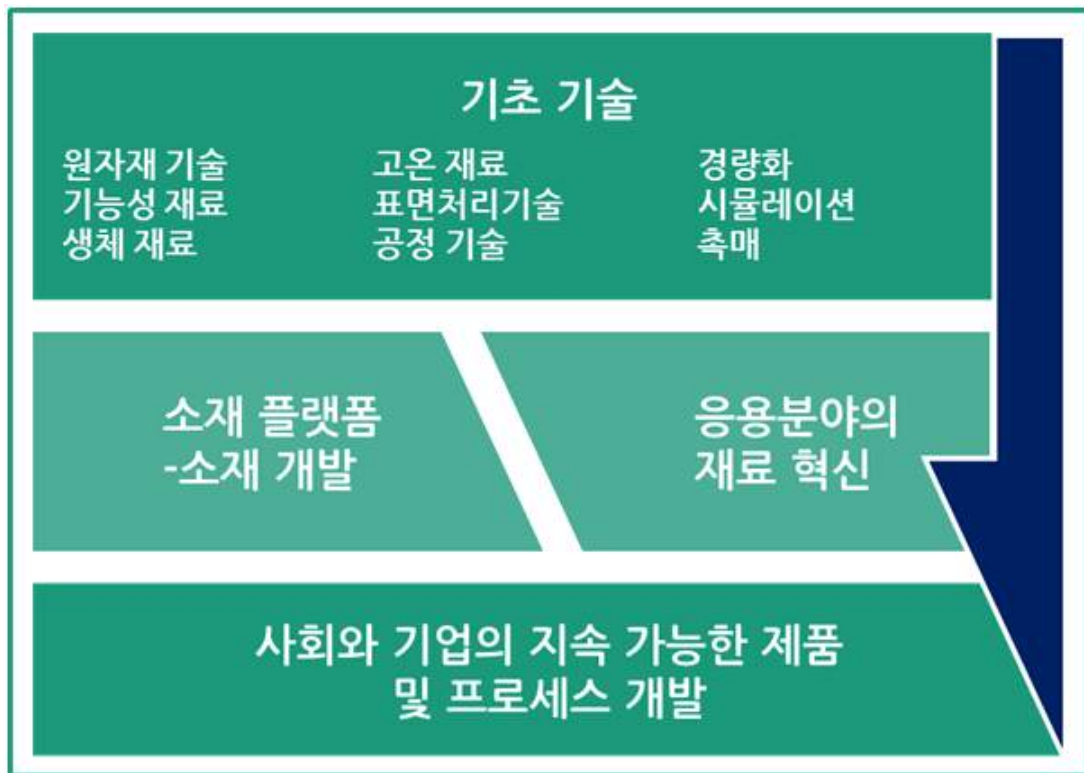
3. 전환속의 연구와 혁신

오늘날 원자재 기반의 제품 혁신은 더 이상 작은 연구실이 아닌 다양한 분야의 협력을 통해서 발생한다. 과학과 경제 분야의 화학자, 물리학자, 원자재 연구원 및 생산 엔지니어들은 신소재의 개발부터 애플리케이션까지 공동으로 참여한다. 기존의 신소재 발견 이후 이를 테스트하고 평가 하며 경우에 따라 허가하는 것까지 많은 소비가 발생하고 프로토타입에서 실제 제품생산까지 수많은 난관을 거치는 동안 많게는 10년 이상의 시간이 걸렸던 것에 비해 오늘날의 혁신은 학제 간 지식 공유를 의미하여 생산, 가공, 애플리케이션의 부가가치 네트워크 내에서 개발 과정 초기

부터 참여하게 되는 과정을 통해 이루어진다.

소재 개발의 또 다른 추세는 창생적 생산 방식, 복합 재료 제조 방식, 다중 재료 시스템과 같은 새로운 생산 기술을 통해 제품의 차별화 및 다양화가 증대되고 있는 것이다. 이러한 프로세스는 매우 복잡한 구조의 제품을 직접적으로 생산하는 것을 가능하게 하며 비용이 많이 소비되는 중간 단계 없이 각각의 사용에 적합한 맞춤형 생산을 가능하게 한다. 이 과정에서 원자재 개발의 프레임워크 내에서 생산 기술의 역할이 점차적으로 증대된다. 합성 및 생산방식 간의 상호작용은 향후 전체 원자재 잠재성을 향상시키는데 기여할 것이다.

오늘날 혁신은 세계화 및 범세계적 지식 교류를 통해 이루어진다. 전략적인 협력을 통한 국제 네트워크는 기술 개발에 속도를 가할 것이고 새로운 시장을 창출할 것이다. 부가가치네트워크는 생산 공정의 디지털화를 통해 더욱 글로벌화 될 것이다. 또한 원자재 개발은 고도로 자동화되며 디지털화된 생산 방식의 과제를 해결하고 세계화 트렌드에 발맞춰 나아가며 연구 중심지로서의 독일의 세계화 기회를 제공할 것이다.



[그림 3] “소재에서 혁신으로” 프로그램의 실질적 지원 계획

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

4. 지원 정책 목표

“독일 정부의 포괄적이고 범분야적인 혁신 전략을 위한 첨단 기술 육성”이라는 상위 목표에서 파생된 효율적인 기술 이전을 위한 구체적인 프로그램은 연구 결과의 빠른 구현을 가능하게 한다. 또한 원자재 개발 지원은 장기간 생태학적, 경제적 영향을 미칠 수 있는 지속적인 연구개발에 맞추어져 있다. 예를 들어 여기에는 인간과 환경을 위험 물질로부터 보호하기 위한 자원 소비 감소 및 새로운 원자재 개발 사용이 포함된다. 필수적인 프로그램의 목표로서 지속성 외에도 원자재 기술의 경제적이고 사회적이며 생태학적인 의미로부터 지원 정책 목표가 수립된다.

지원 프로그램은 부가가치 사슬 및 네트워크의 다양한 단계를 원자재의 사용까지 포괄하기 위해 그리고 연구 및 개발 파트너의 특정 역량을 상호 간 연결시키기 위해 재정적, 창조적 지원을 제공한다. 지원정책 활성화를 통해 기업의 광범위한 소재 연구가 진행되며 집중적인 기술 이전이 수반되는 범학제적, 범산업적 네트워크를 통해 부가가치가 창출된다.

인간과 환경의 안전에 대한 사회적 요구가 증가된 것을 통해 장기적인 부품의 신뢰성 및 생산, 처리, 애플리케이션, 재활용에서 소재의 발생 가능한 위험성에 대한 문제 해결을 위한 원자재 개발이 예전에 비해 더욱 탄력 받게 되었다. 새로운 원자재의 안전한 사용 및 높은 품질 기준은 경제적 성공 및 신기술에 대한 사회적 관념을 새롭게 하는 조건이 된다. 이러한 이유로 특수 소재 개발과 이에 상응하는 위험성 연구를 연계시킨 연구 개발에 지원이 예정되어 있다.

■ 지원 정책 목표

- 원자재 기반의 제품, 공정혁신을 통한 산업 경쟁력 강화
- 원자재 개발에 있어 사회적 요구사항 고려
- 기업의 연구개발 집중 증대를 위한 혜택 제공
- 산업 전반적, 연구소적 소재기술과 공정 기술의 확대; 주니어 리서치 그룹 성장 지원



[그림 4] 유도 용해 용광을 통한 세라믹 유리 방울

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

5. 지원 계획

“소재에서 혁신으로” 지원 프로그램은 산업 중심지로서 독일에서 큰 의미를 가질 뿐 아니라 기술적, 생태학적, 사회적인 문제들에 대한 구체적인 해답을 제시해 줄 수 있는, 경제와 과학 간의 협력 프로젝트에서 지속성의 원칙에 따라 테마 별로 초점이 맞추어진 원자재 연구를 지원한다. 협력 프로젝트들은 소재 생산부터 가공 및 생산 그리고 프로토타입 부품에서의 애플리케이션까지 부가가치 생산 네트워크를 전반적으로 포괄해야 한다. 이 과정에서 생산기술 분야의 연구개발이 포함된 전반적인 연구 접근방식이 수행된다. 원자재 특성과 생산 기술 간의 상호작용은 일반적으로 원자재 품질 향상 및 효율적인 프로세스를 이끌어내고 경우에 따라 생산비용을 감축시킬 수 있는 혁신을 위한 원동력이 된다. 소재 개발 과정 초반부터 재활용 가능성 및 재료의 라이프 사이클이 고려될 것이다.

2014년의 사회적, 생태학적 과제 및 원자재 관련 학문 특유의 복잡성과 학제 간 특수성을 고려하여 특수 지원 가이드 라인이 프로그램의 전략적 프로파일로써 결정되었다. 이 프로그램은 한편으로는 시장 경향에 발맞추기 위해 다른 한편으로는 신개발을 위한 여유 공간을 조성하기 위해 “market pull(애플리케이션 분야의 관점에서의 원자재 개발 요구)”와 “technology push(원자재 플랫폼의 지속적인 개발)”을 병행하게 혁신 메커니즘으로 사용한다. 새로운 하이테크 전략의 지속적인 발전이 이루어지며 원자재기술 분야에서 시장 지향과 사회적 요구의 두 가지 목표

가 고려될 것이다.

협력 프로젝트의 지원을 통해 지식 이전 및 기술 이전이 이루어지고 애플리케이션 분야의 시스템 수준이 상승되며 혁신 프로세스에 중소기업의 참여가 강화될 뿐 아니라 신제품 및 새로운 공정에서 연구개발의 실제 구현에 대한 분명한 목표 설정이 가능할 것이다. 이 뿐만 아니라 이번 프로그램은 특별히 유망하고 기초 연구 지향적인 “씨앗 프로젝트” 및 우수한 주니어 리서치 그룹을 지원한다.

재료 연구의 크로스 커팅(모든 분야와 영역에서 공통적으로 고려하는 것을 의미) 특성으로 인해 이 프로그램은 독일 연방 교육 연구부의 지원 프로그램들과 밀접하게 연결되어 있다. 프로그램을 통해 소재연구의 혁신이 발생하는 모든 영역에 대한 지원이 예정되어 있다. 이외에도 소재 연관 분야를 지원하는 독일 연방 교육 연구부의 지원 프로그램이 있다. 이 지원 프로그램에는 “에너지 연구 프로그램”, “지속적인 개발을 위한 연구(FONA)” 및 “원료기술과 자원효율성” 그리고 “보건 연구 프로그램” 등이 포함되어 있다. 또한 “생산, 서비스, 노동 혁신” 또는 “독일 광학 연구”와 같은 연구 분야들에 포커스가 맞춰진다.

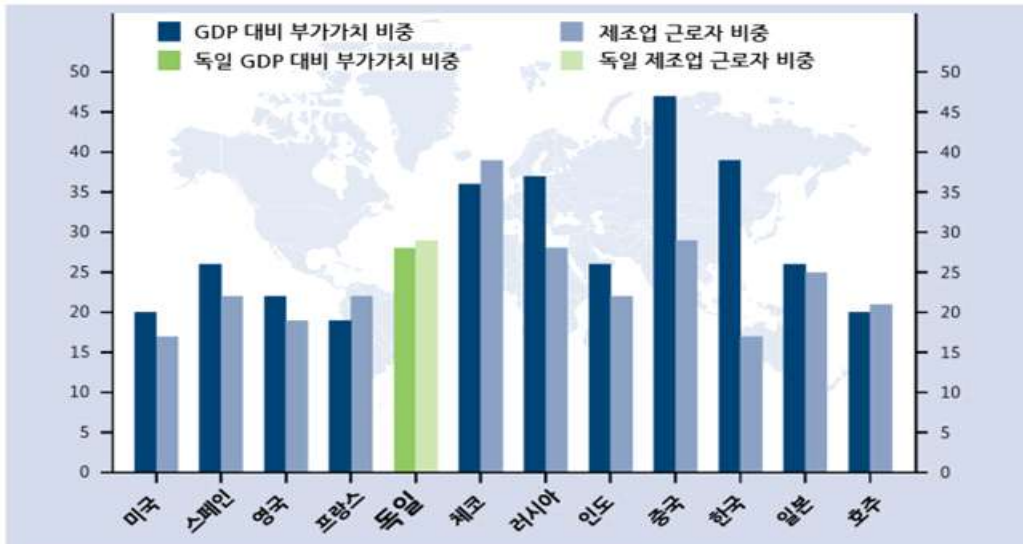
제4절 원자재 : 현황, 초기 상황 및 전망

1. 혁신소재의 경제적 의미

소재 및 원자재의 경제적 의미는 세라믹 생산, 플라스틱 가공, 화학 및 금속 생산과 같은 소재 생산을 다루는 분야의 개별경제 지표를 통해 추론될 수 없다. 크로스-커팅 기술로서 혁신 소재는 자동차 산업, 항공 산업, 기계 공학과 같은 애플리케이션 지향 산업뿐 아니라 전기 및 광학 제품의 생산 및 제조 분야에서 핵심 역할을 수행한다. 나아가 에너지 및 수자원 공급과 건축 산업 분야에서 새로운 원자재는 본질적으로 중요하다. 이 모든 산업 분야들은 제조 산업 분야와 연관된다.

2012년 독일 국내 총생산에서 생산 산업 분야는 약 28%를 차지하고 있으며 전체 고용의 약 29%를 책임지고 있다.¹⁾ 이 분야에서 독일은 서방 산업 국가(미국: 국내 총생산의 20%, 전체 고용의 17%)들과 비교하여 가장 앞서 있으며 이는 금융위기의 상대적으로 가벼운 경미한 영향을 받은 결과에 기인하는 것으로 간주된다. 최근 수년간 서방 산업 국가의 국내 제조 산업 분야 점유율은 후퇴하고 있는 반면 동유럽 및 아시아의 국가들에서는 상승하고 있다.

1) Destatis 통계 연보 2013 (Destatis Statistisches Jahrbuch 2013, <https://www.destatis.de/DE/Startseite.html>)



[그림 5] 2012년 총 가치 비율 중 각 국가의 제조업 부분 인력 비율 (Destatis 통계연보 2013)

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

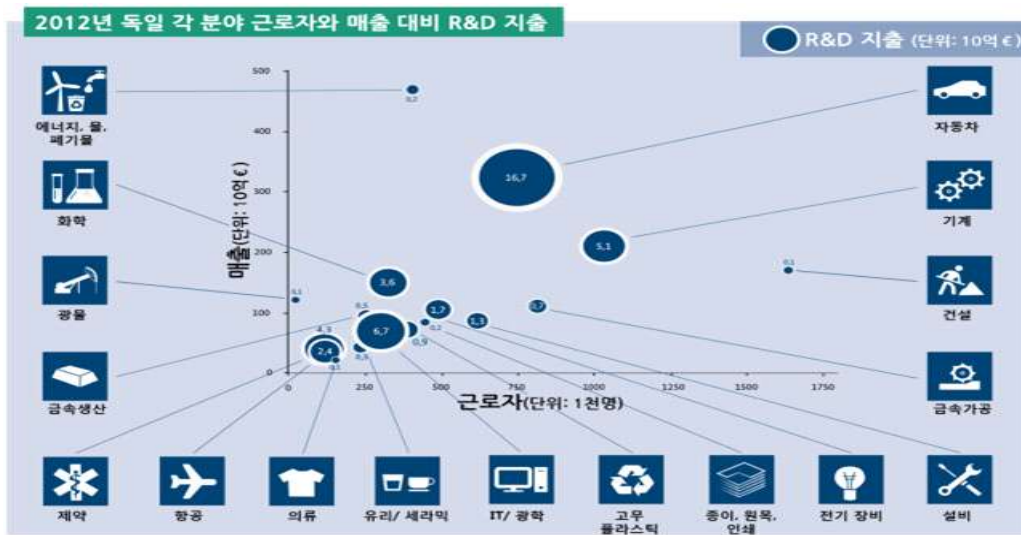
독일은 2012년 약 1조 1천억 유로 상당의 재화를 수출하였으며 이 중 특히 제조업 부문이 45%의 수출 비중으로 국제 경쟁에 노출되어 있다.²⁾ 자동차 산업과 기계 공학 및 화학 산업과 같은 매출이 높은 분야는 다 합하여 7800억 유로의 매출을 나타내며 특히 수출 비중이 60~67%에 이른다. 독일은 고임금 기업들의 소재지로 혁신적인 제품에 크게 의존하고 있다. 독일은 독일 경제 연구소³⁾를 통해 진행된 제조업 분야 국가 간 인건비 비교에서 일곱 번째 위치에 자리잡고 있다. R&D 활동에 대한 높은 수요는 기업의 R&D 지출에 직접적으로 반영된다. 수출 중심 분야 기업의 2012년 내부 R&D 지출⁴⁾은 자동차 산업 전체 매출의 5%, 기타 운송 수단 산업 전체 매출의 7.5%, 제약 산업 및 광학, 전자 제품 생산 산업 전체 매출의 10%를 차지하고 있다. 이와 상응하게 독일 산업에서 새로 도입된 제품 또는 신개발 제품의 매출 점유율이 높게 나타난다. 2010년 자동차 산업 분야의 전체 매출 중 13%가 신제품 매출에서, 38.7%가 이미테이션 매출에서 나타난다. 이 분야의 전체 기업 중 36%가 신제품을 발표하였다.⁵⁾

2) Statistisches Jahrbuch 2013

3) 2012년 3분기 IW- 동향분석- 분기별 경제 보고서, 독일 경제 연구소 (IW-Trends - Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung, Institut der deutschen Wirtschaft 3/2012)

4) 2013년도 R&D 데이터 분석 및 비교 보고서, Wissenschaftsstatistik GmbH (FuE-Datenreport 2013 Analysen und Vergleiche, Wissenschaftsstatistik GmbH im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft)

5) 2013년도 자동차 및 자동차 부품 제조 산업보고서, Statista GmbH & Handelsblatt GmbH (Branchenreport 2013, Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen, Statista GmbH & Handelsblatt GmbH)



[그림 6] 2012년 독일 각 분야 근로자와 매출 대비 R&D 지출

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

- 2013년 독일 제조업 분야 총 매출: 1조 5000억 유로 이상, 약 600만 이하의 노동인구
- 수출 재화의 가치(2012년): 1조 1000억 유로
- 제조업 분야의 수출 비중(2012년): 총 매출의 45%
- 제조업 분야에서 원자재는 핵심 역할을 수행

2. 핵심 경쟁 요인인 혁신 원자재

새로운 원자재는 혁신 제품의 개발에 있어 결정적인 원동력이 된다. 오늘날 생산되는 신제품 중 새로운 원자재를 기반으로 하는 제품이 70%⁶⁾⁷⁾ 정도 차지하는 것으로 평가된다. 또한 독일에서 소재는 꾸준히 증가하는 비용요소로서 그 중요성이 부각되고 있다. 자동화 생산의 발전에 따라 제조 부문의 인건비는 지속적으로 낮아지고 있으며(1999년 23.4% → 2009년 20.5%)⁸⁾ 2009년 제조 산업 분야의 총 생산 가치 중 원료비가 차지하는 비중은 평균 42.9%이다.⁹⁾ 이와 비교하여 1991년에 총 생산 가치 대비 원료비가 차지하는 비율은 37%이었다.¹⁰⁾ 2010년 독일에서 사용되는 원자재의 가치는 총 약 1380억 유로이며 이 중 약 1100억 유로 가치의 원자재가 수입되

6) 지속적인 운송과 에너지 공급을 위한 재료 혁신, 독일 엔지니어 협회, 2014 (Studie „Werkstoffinnovationen für nachhaltige Mobilität und Energieversorgung“, Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2014)

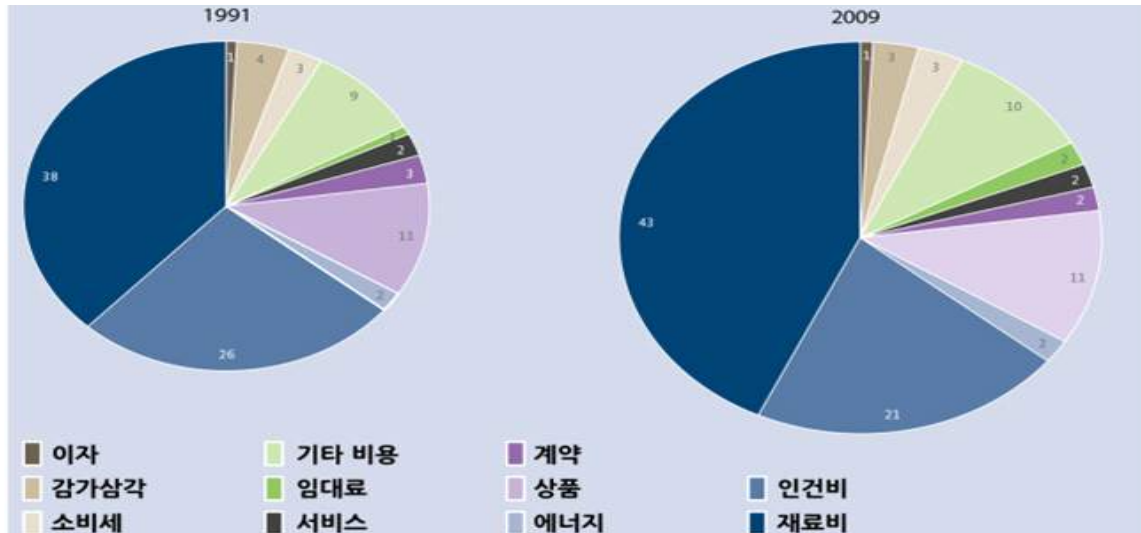
7) 혁신을 위한 엔진과 재료, Hartwig Höcker, acatech workshop, 베를린, 2007 (acatech diskutiert, Werkstoffe als Motor für Innovationen, Hartwig Höcker (Hrsg.), acatech workshop, Berlin, 17. Oktober 2007)

8) 경쟁 우위의 자원 효율, VDI 자원 효율 센터 (Wettbewerbsvorteil Ressourceneffizienz, VDI Zentrum Ressourceneffizienz)

9) 2011년 통계 연보(Statistisches Jahrbuch 2011)

10) 1993년 통계 연보(Statistisches Jahrbuch 1993)

었다.¹¹⁾ 글로벌 경쟁의 관점에서, 특히 원료 공급과 관련하여 재료비용이 차지하는 높은 비율과 그 중 대부분이 수입되는 현실은 제조 산업 분야의 큰 취약점이다. 특히 독일 미래연구, 기술평가 연구소¹²⁾의 발표에 따르면 전기 자동차, 에너지 공급, 통신 분야와 같은 미래 기술에서 사용되는 특정 원자재 공급이 매우 비판적인 수준으로 평가되고 있어 신소재의 효율적 사용에 대한 중요성이 점차 부각되고 있다.

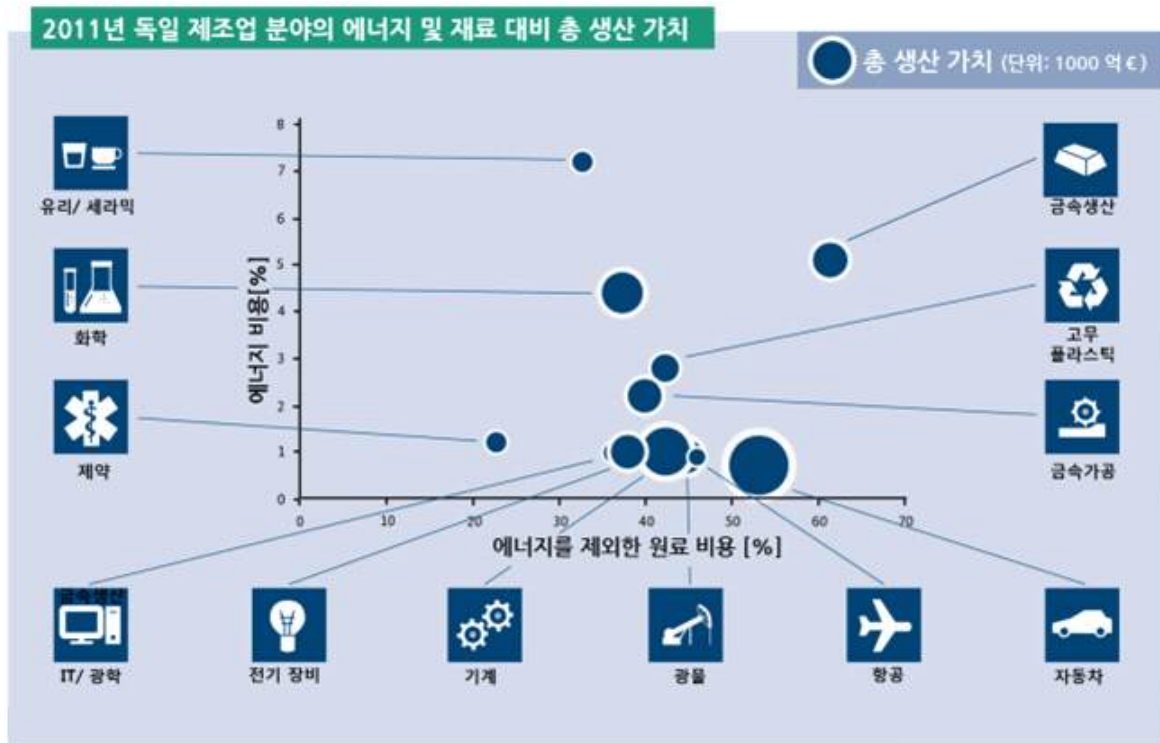


[그림 7] 1991년과 2009년 독일 제조 비용 구조

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

11) IHK 연간테마 : 내일을 위한 에너지 및 천연 자원, 독일 상공회의소, 2011 (Faktenpapier nicht-energetische Rohstoffe, Hintergrundinformationen zum IHK-Jahresthema 2012 „Energie und Rohstoffe für morgen“, Deutscher Industrie- und Handelskammertag 2011)

12) 독일을 위한 중요한 원료, 미래 연구 및 기술 평가 연구소, 2011 (Kritische Rohstoffe für Deutschland, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT im Auftrag der KfW Bankengruppe, adelphi, Berlin, 2011)



[그림 8] 2011년 독일 제조업 분야의 에너지 및 재료 대비 총 생산 가치¹³⁾

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

교차 산업(cross industry)에서 혁신 소재의 중요성은 특허 신청 수를 통해 살펴 볼 수 있다. 2012년 독일의 화학기술의 제조 산업의 총 매출이 독일 전체 총 매출의 10% 미만임에도 불구하고 전체 유럽 특허¹⁴⁾에서 화학기술 분야가 차지하는 비중은 25%에 이르렀다. 이 중 자동차, 기계공학, 항공 산업과 같은 혁신 산업분야 애플리케이션에 있어 직접적인 연관이 있는 고분자 화학, 원료화학, 금속, 소재 분야의 출원이 9%를 차지한다.

- 신제품의 70% 이상이 새로운 원자재를 기반으로 함
- 2009년 제조 산업에서 소재비용이 차지하는 비중은 43%이며 꾸준히 상승 중
- 2010년 독일 원료 수입 현황은 1100억 유로

13) Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.3., Produzierendes Gewerbe, 2011

14) Technologiefeldzuordnung nach IPC-Technologie Concordance Table

3. 신소재 및 새로운 원자재의 경제적 중요성 예측

혁신 소재 및 원자재의 중요성을 고려하여 볼 때 관련 시장의 괄목할 만한 성장이 예상된다. 이것은 신제품 개발, 원료 공급, 제조 산업의 원가 인자(cost factor)와 같은 다양한 측면을 반영한다. 2008년 신소재 및 첨단 소재의 총 매출이 750억 유로였던 것에 근거하여 유럽 위원회(European Commission)¹⁵⁾는 연구조사를 통해 동 분야의 지속적인 발전을 예상하였으며 이를 통해 2030년 총 매출이 2300억 유로에 이를 것으로 전망하였다. 특히 다양한 애플리케이션이 가능한 신소재 분야 및 환경, 에너지 분야에서 급격한 성장이 있을 것으로 기대된다.

다음 세 원자재 그룹에서 본보기로서 살펴 볼 수 있듯이 개별 소재 클래스에 대한 예측이 매우 다르다. 탄소 섬유 강화 플라스틱(Carbon Fiber Reinforced Plastics)의 경우 매년 17%의 성장을 기록하여 글로벌 시장 총액이 2020년까지 200억 유로에 도달할 전망이다.¹⁶⁾ 고성능 세라믹(High Performance Ceramics)의 경우 2012년 460억 유로의 총 매출에 근거하여 매년 6.2% 성장을 통해 2018년 680억 유로에 다다를 것으로 예상된다.¹⁷⁾ 세라믹 복합 재료(Ceramic Matrix Composites) 경우 전 세계 2010년 6400억 유로의 총 매출에서 2015년까지 매년 8.3%의 성장이 예측된다. 장기적으로 에너지, 열 기술, 항공/우주산업, 자동차 산업, 안전 산업 분야에서 세라믹 복합 재료는 추가적으로 10억 유로 상당의 시장이 개척될 것으로 전망된다.¹⁸⁾ 지속적으로 성장하는 혁신 원자재의 경제적 중요성은 모든 예측에서 동시에 살펴볼 수 있다.

- 다양한 제품의 가치 창출 잠재력을 지닌 신소재 및 첨단소재의 2030년 시장 예측: 2300억 유로
- 세라믹 복합 재료: 총 매출 전 세계 6400억 유로, 2015년까지 매년 8% 성장 예상

15) 미래의 부가가치 물질에 대한 기술 및 시장 전망, European Commission, 2012 (Technology and market perspective for future Value Added Materials, European Commission, 2012)

16) 2013 복합 재료 시장 보고서, E. Witten, B. Jahn, 2014 (E. Witten, B. Jahn; Composites-Marktbericht 2013: Marktentwicklungen, Trends, Ausblicke und Herausforderungen, Carbon Composites e. V., Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V.; 2014)

17) 고성능 세라믹의 미래 가능성, 독일 세라믹 협회, 2014 (Zukunftspotenziale von Hochleistungskeramiken, Deutsche Keramische Gesellschaft, Verband der Keramischen Industrie, Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. 2014)

18) 세라믹 복합 재료 2050, 탄소 복합 재료 협회, 2012 (Ceramic Composites 2050, Carbon Composites e.V., 2012)

4. 재료 과학 및 원자재기술의 도전

“소재에서 혁신으로” 지원 프로그램은 새로운 경향이나 테마들에 대한 학습 프로그램의 특성을 띄고 있어 최신 연구개발에 대응할 수 있다. 재료 과학 및 원자재 기술의 현재 상황에 근거하여 오늘날 이미 경제, 사회 분야에서 예측되는 개발들을 그리고 이를 위해 원자재 분야에서 발생하는 도전 과제 및 기회들을 프로그램 목표에 반영할 수 있다.

5. 경제

독일의 부가 가치생산에서 제조 산업이 차지하는 부분은 국가 전체 번영의 보장을 위한 핵심 기반이 된다. 특히 연구 집약적, 개발 집약적 제품의 생산 분야에서 독일 산업은 전 세계를 주도하고 있다. 이러한 상황에서 국제적으로 잘 알려져 있는 독일 대기업 외에도 “히든 챔피언”이라고 불리는 고도의 기술과 네트워크를 지니고 매출과 고용 점유율이 높은 중소기업들도 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 또한 전 세계적으로 제조 산업의 중요성에 대한 인식이 재차 강조 되고 있다. 부가가치 생산 네트워크는 점차적으로 세계화되고 있으며 이는 생산기지 및 자원에 대한 경쟁을 동반한다. 외국으로 생산기지가 이동하는 것은 개발 부서들의 이동으로 인한 독일 R&D 잠재력의 손실과 직접적으로 연관이 된다. 제품의 혁신 주기가 점차 짧아지고 환경 보호에 대한 요구가 증가하면서 R&D에 대한 지출이 점차 늘어나는 추세이다. 뿐만 아니라 새롭게 떠오르는 기술 또는 와해성 기술(업계를 완전히 재편성하고 시장을 대부분 점유하게 될 신제품 또는 서비스, disruptive technologies)은 산업 전체 구조를 급격하게 변화시키고 있다.

세계화 추세에서 대기업들은 그들의 해외 지사를 국제적인 부가가치 네트워크를 고려하여 위치시켜야만 한다. 전기 자동차 분야와 같은, 새롭게 떠오르는 기술 분야에서 선택된 부가가치 사슬의 선택적이고 지속적인 개발은 새로운 기회를 창출시킨다. 재료 연구에 있어 독일의 우수한 역량은 기업들이 새로운 원자재를 개발하고 첨단 소재를 통해 새로운 시장을 개척하는데 기여한다. 세계 시장에 대한 준비는 표준화 및 규격화를 준비하는 위원회에 초기 참여를 통해 가능할 것으로 보이며 재료비 절감 또는 개발 시간 단축을 통해 절약 효과를 사용할 수 있을 것이다. 특히 디지털 생산 기술 도입 및 이와 연관된 제조방법, 제조공정 및 물류에 있어 신소재에 대한 수요 생성을 통해 다양한 가능성이 열리게 될 것이다.

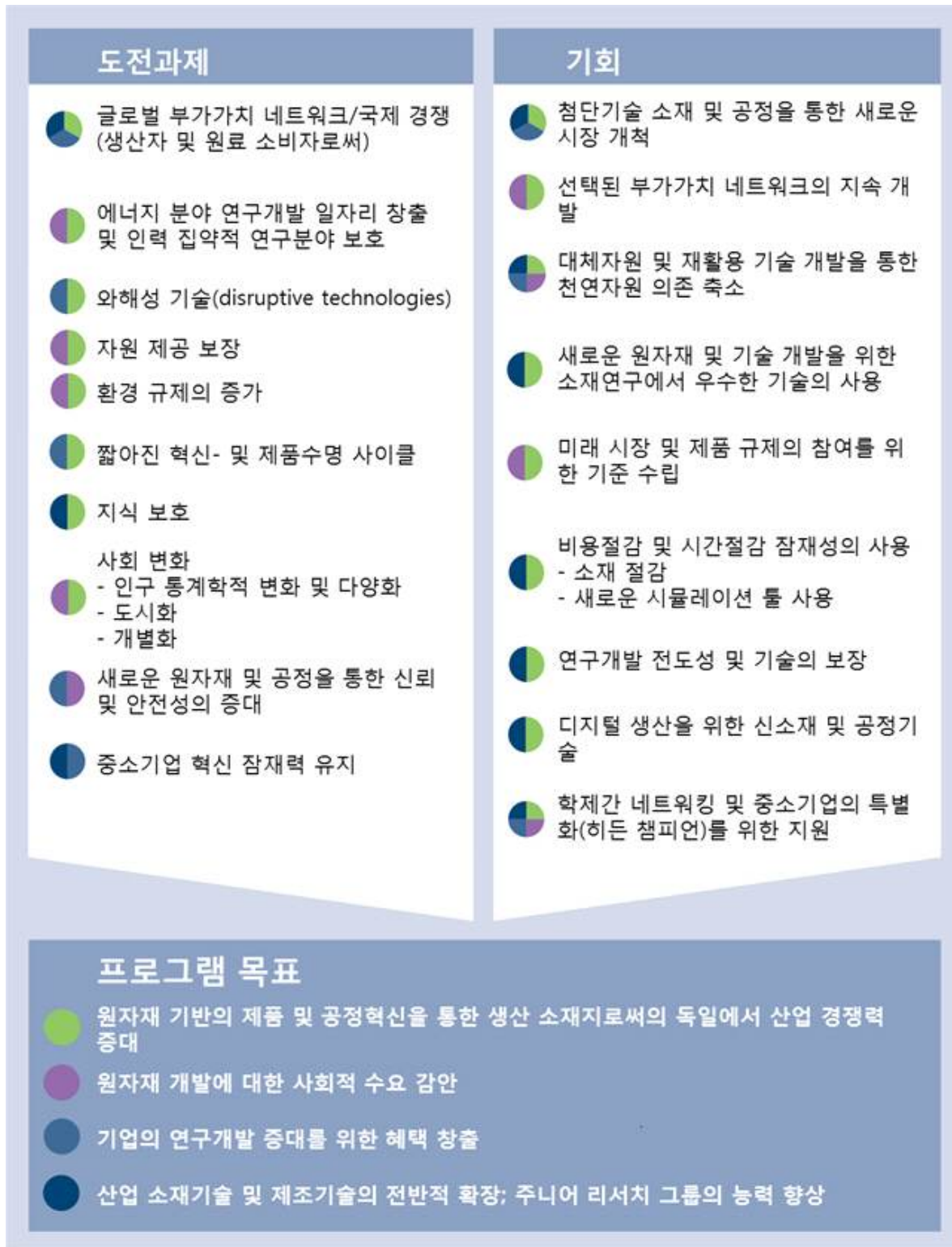
독일 경제 경쟁력을 유지하기 위해 무엇보다도 원자재 공급이 보장되어야 한다. 고성능의 대체 원자재의 개발과 재활용 방법의 연구를 통해 원자재에 대한 의존성이 감소될 것이다.

기회 창출에 있어 현재의 지식을 보호하고 확대하는 것이 매우 중요하게 될 것이다. R&D 일 자리 확장을 통해 노동 집약적인 연구 산업 분야에서 경쟁력 및 전문가 교육이 보장될 것이다. 특히 점차적으로 복잡해지는 환경에서 혁신 잠재력을 유지하는 것의 중요성이 더욱 증대될 것이다.

6. 사회

사회는 모든 삶의 영역과 경제 영역에서 지속적으로 그리고 스스로 발전하는 변화의 과정에 놓여 있다. 전 세계적으로 도시 인구가 늘어나고 있으며 인구가 증가하는 과정 가운데 고령화가 진행되고 있고 원자재는 점차 줄어들고 기후는 계속해서 변화하고 있다. 디지털 기술은 우리의 삶의 영역과 노동 영역을 지속적으로 현저하게 변화시킬 것이다. 이러한 환경에서 발생하는 다양한 사회적 도전 과제들을 해결하기 위해 즉, 지속 가능한 이동수단, 에너지 공급, 충분한 영양 공급 또는 저렴하고 좋은 의료 서비스 제공을 위해 혁신 소재는 핵심적인 역할을 담당할 것이다.

또한 이러한 사회적 변화는 독일 재료과학의 수준 및 원자재 기술에 영향을 미칠 것이다. 고령화 사회로의 변화로 인해 최고의 전문가 및 연구자에 대한 경쟁이 더욱 강화될 것이고 평생 교육 실현을 위해 그에 적합한 교육 프로그램 및 자격 취득 프로그램이 요구될 것이다.



[그림 9] 독일의 소재 과학 및 원자재 기술의 도전과제와 기회 및 도출된 프로그램 목표

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

제3장

미래 원자재 개발을 위한 도전과제

혁신소재의 경제적 중요성

“재료과학”과 “원자재 기술”은 핵심 기술을 대표하는 분야로써 자연과학, 물리, 화학, 생물학 및 엔지니어링 분야의 지식을 필요로 하며 사회적, 경제적, 생태학적 과제 해결에 결정적인 기여를 한다. 혁신을 위한 출발점은 애플리케이션이 자유로운 소재의 개발과 원자재에 대한 각각의 적용 분야의 과제해결에 있다. 이로 인해 일반적으로 기술과 수요가 동시에 원자재 개발을 유발한다. 이 프레임워크 프로그램에서는 기술과 수요 이 두 분야를 살펴보게 될 것이다.

또한 지난 수년간 한편으로는 연구개발에 중대한 기여를 하고 다른 한편으로는 평가에 대한 중요한 역할을 하는 시뮬레이션, 모델링과 같은 주요 분야와 고부하를 받는 원자재의 안전성과 신뢰성에 대한 의문이 생겨났다.



[그림 10] 사회적, 환경적, 기술적 과제에서 재료과학 및 원자재 기술의 구조적 프레임워크

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

독일 정부의 하이테크 전략에 따라 산업의 혁신 동력이 확대 되어야 하며 이를 통해 경쟁력이 강화되어야 한다. “소재에서 혁신으로” 지원 프로그램은 기술 이전의 향상과 부가가치 창출 및

일자리 창출 증대 및 삶의 질 증대, 지능형 이동수단 개발, 에너지 효율 증대와 같은 사회적 과제들에 대해 포커스를 맞추고 있다.

제1절 원자재 기술

원자재 기술 분야에서 새로운 기술의 연구개발 사이클은 10~15년으로 나타난다. 특히 제조업 분야의 혁신을 보장하기 위해서는 현대 사회의 과제 해결에만 포커스를 맞춘 원자재 개발은 충분하지 못하다. 상대적으로 긴 혁신 사이클로 인하여 혁신 원자재 기술의 기술 중심적 개발은 가능한 애플리케이션의 초기 단계에서 시작되어야 한다.

많은 경우 특정 원자재 그룹이나 소재 그룹은 광범위한 애플리케이션의 특징을 지닌다. 이로 인해 지원 프로그램의 핵심은 원자재 플랫폼의 개발, 즉 다양한 애플리케이션 가능성을 지닌 소재 그룹의 개발에 있다.

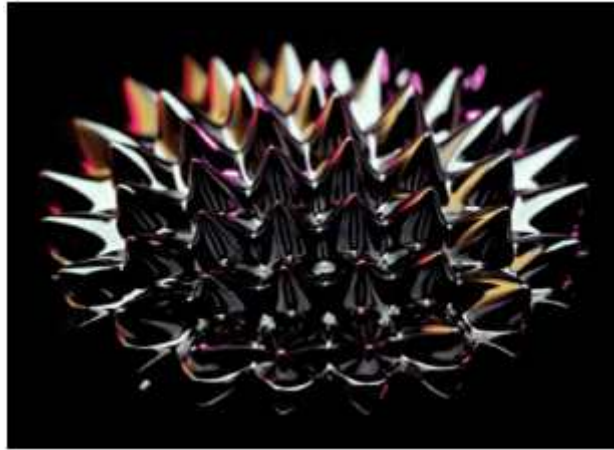
일반적으로 성공적인 소재 개발을 위해서는 각각의 공정 및 제조 기술과 시뮬레이션 및 모델링과 같은 지원 도구가 요구되며 이를 통해 원자재의 형태 및 구조를 최적화할 수 있다. 또한 원자재 개발에 있어 태스크 또는 요구되는 프로파일에 따라 개인 맞춤형 소재 디자인을 가능하게 하는 표면 기술 및 다양한 보조제, 첨가제는 매우 중요하다. 또한 소재 개발의 측면에서 제조 공정에서 발생하는 관련 물질 또는 혼합 물질의 환경 평가가 진행되어야 한다.

1. 원자재 플랫폼

원자재 플랫폼은 재료 기술 또는 소재 그룹을 위한 다양한 프로젝트의 클러스터이다. 성공적인 원자재 플랫폼은 다양한 애플리케이션 중심의 개발을 가능하게 하는 기술적 성숙 단계에 다른 원자재를 개발한다. 다음은 가능한 원자재 플랫폼을 위한 몇몇 소재를 소개한다.

■ 적응 및 지능형 소재

적응 및 지능형 소재는 새로운 환경조건(온도, 압력, 전기장 및 자기장)에서 스스로 메커니즘 또는 전기적 특성을 변화시켜 반응할 수 있다. 또한 상변화 소재(Phase-change materials)는 적응형 소재에 포함되는데 이 소재는 상변화에서 소재의 특성이 변화하는 특성을 지녀 열에너지 또는 데이터를 저장하거나 온도 변화 등을 나타낼 수 있다.



[그림 11] 자성 유체

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

적응형 소재는 소형 액츄에이터, 모터 또는 센서의 구성 요소로써 압전 소자 (piezoelectric elements), 전기 및 자기 유변 유체(electro- or magnetorheological fluids) 그리고 형상기억 합금 등이 그리퍼(gripper), 진동 댐퍼(vibration dampers) 또는 밸브 등에 사용되며 최신 메카트로닉스 시스템의 핵심 구성 요소이다. “산업 4.0”이란 모토 아래 제품생산의 디지털화 및 네트워킹의 증대를 위하여 적응형, 지능형 소재는 매우 중요하고 이를 통해 콤팩트하고 저렴하며 에너지 효율적인 센서 또는 액츄에이터가 제조 공정의 정밀한 제어를 가능하게 한다.

소재연구에 있어 향후 도전 과제는 환경 및 자연 친화적 소재의 확대 사용에 있다. 여기에는 무연 압전 원자재의 개발, 인공 근육을 위한 고분자 및 고분자 복합재료로 구성된 유기, 하이브리드 시스템을 예로 들 수 있다. 측정 및 작동 기능이 결합된 지능형 원자재는 소비적인 전자 제어 장치 사용을 줄이며 능동 진동 댐퍼 등에 사용될 수 있고 소형화 센서나 액츄에이터로서 햅틱 피드백 기능의 유연한 제어를 가능하게 한다. 이런 방식으로 터치 패드의 기능 향상 또는 수술 시 사용되는 내시경의 촉각 기능 강화가 이루어질 수 있다.

■ 하이브리드 원자재

하이브리드 원자재는 다양한 원자재 그룹의 소재들을 하나의 새로운 원자재 시스템으로 결합시켜 모든 구성요소의 장점을 보완하고 새로운 특성을 지닌다. 이러한 시스템은 기존의 원자재의 특성을 넘어서 새로운 종류의 애플리케이션을 가능하게 한다. 예를 들어 알루미늄 합금 또는 강철의 장점과 플라스틱 및 금속의 장점을 결합시킬 수 있다. 하이브리드 원자재는 매우 얇은 두께에도 높은 강성(stiffness)의 특징을 나타낸다.

기술 원자재에 대한 요구가 증가됨에 따라 다양한 특성의 조합을 통한 최적의 결과를 이끌어낸다. 그렇기 때문에 하이브리드 원자재는 차량 및 항공기뿐 아니라 기계공학 및 설비공학 분야 그리고 에너지 저장 분야에서 점차적으로 그 사용이 증가한다. 항공기 또는 자동차에서의 사용을 통해 중량의 감소 및 새로운 제작 공법의 사용을 가능하게 한다. 하나의 부품에 여러 기능을 통합시킬 수 있는 것이 하이브리드 소재의 장점이다.

맞춤형 복합 원자재의 개발을 위해 조성, 구조, 합성, 계산 모델에 대한 기초 지식뿐 아니라 제조기술 및 가공기술에 대한 지식이 요구된다. 하이브리드 원자재는 해당 속성의 다양함을 충분히 활용하기 위해 정밀하고 소재의 특성을 고려한 새로운 구성 및 제조방법을 요구한다. 또한 다양한 원자재 조합을 가능한 한 원래의 소재로 분리시킬 수 있는 최적의 재활용 기술 연구와 같은 추가적인 과제들이 있다.



[그림 12] 자동차 산업 경량소재로서의 하이브리드 원자재

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

■ 탄소 원자재

“탄소 원자재” 개념에는 기술- 및 제품개발에 획기적인 잠재력을 지닌 광범위한 탄소 소재가 요약되어 있다. 여기에는 이미 시장에서 많은 매출을 올리고 있는 탄소 섬유 강화 플라스틱의 기반이 되는 탄소 섬유부터 다이아몬드, 흑연, 나노 스케일 탄소-나노 튜브, 그래핀 및 풀러렌이 포함된다. 2010년 노벨 물리학상이 그래핀을 발견한 가임 교수와 노보셀로프 교수에게 수여된 것은 이러한 원자재를 지속적으로 연구 개발하는데 추진력이 되었다. 탄소 원자재의 급속한 발전의 동기는 그 뛰어난 특성에 있는데 얇은 두께에 높은 기계적 강도를 지녀 경량 공법 애플리케이션이 가능하고 열팽창이 낮으며 전기 전도도가 높은 것이 그 특징이다. 나노스케일 탄소 원자재는 기존의 소재와 비교하여 전기 및 열 특성이 매우 뛰어나다. 그래핀은 또한 투명 전극 레이어로 인듐 기반의 터치스크린 레이어로 대체될 수 있다.

탄소 원자재의 사용은 에너지 및 자원 효율성을 현저하게 향상시킨다. 그래서 독일 자동차 산업에서는 탄소 섬유 강화 플라스틱의 사용을 통해 경량화 및 강화를 진행하고 있다.

다양한 탄소 소재가 사용되는 여러 개발 단계로 인해 이에 상응하는 특별한 도전과제들이 나타난다. 한편으로는 재현성 있는 제품 생산과 비용 측면에서 효율적인 제품 생산을 위한 안정적인 공정 기술의 개발이 요구되며 다른 한편으로는 이방성 특성(anisotropic properties)의 고려 또는 복합 원자재의 생산 시에 직능화를 통해 정확하게 정의된 특정 재료를 설계하는 것이다.

탄소섬유 강화 플라스틱의 예로 살펴본 원자재 플랫폼의 경제적 의미

혁신적이고 연구 중심적인 원자재 플랫폼이 전체 산업 분야의 발전을 이끌어가는 것을 살펴볼 수 있는 한 예로 탄소섬유 강화 플라스틱을 들 수 있다. 매우 낮은 밀도와 그로 인하여 적은 무게가 나가지만 매우 높은 강도를 지닌 이 소재는 동일한 강도에서 알루미늄보다 30%나 더 가벼운 장점을 지니고 있지만 많은 소비를 요하는 생산으로 인해 틈새 애플리케이션(niche application)에 사용되어 왔다. <탄소섬유의 코팅>



2000년 이후 연간 17%의 폭발적인 시장 성장이 지속 되었으며 2012년 탄소 섬유 의 글로벌 수요가 4만 3500톤에 이른 것이 2020년에는 13만 톤까지 증대 될 것으로 예측된다. 탄소섬유의 전세계 생산 능력이 2013년 11만 1500톤까지 증가 하였으며 이 중 서유럽이 전체 생산의 24%를 차지하고 있다.

탄소섬유 강화 플라스틱 컴포넌트의 생산 및 사용을 위해 화학산업, 섬유산업, 기계산업, 설비산업 및 다양한 애플리케이션 분야로 구성된 네트워크가 생성 되었으며 이 부가가치는 순수 섬유 생산을 이미 훨씬 넘어 섰다.

전 세계적으로 생산되는 탄소 섬유의 23%가 현재 풍력에너지 분야에 사용되고 있다. 최신 풍력 발전기 설비에서는 점차적으로 대형 로터 블레이드가 탄소섬유 강화 플라스틱으로 생산되는 추세이다. 독일에서는 2012년 약 100유로 가치의 풍력 발전기 설비가 생산 되었으며 27억 유로 가치의 설비가 설치 되었다. 독일은 전체 전기 소비의 8.9%를 풍력 발전 설비를 통해 제공하고 있다. 전 세계에서 생산되는 탄소섬유의 18%는 항공산업 및 우주항공산업 분야에 사용되며 이 분야는 2012년 독일에서 280억 유로의 매출을 기록하였다. 여기에서도 탄소섬유 강화 플라스틱이 차지하는 비율이 꾸준한 증가세를 보이고 있다. 에어버스 A380 기종이 전체 부품에 25%를 탄소섬유 강화 플라스틱에 사용하는 반면 최근 기종인 A350 XWB 또는 787 Dreamliner 에서는 이 비율이 50% 를 상회한다. 현재 자동차 산업에서는 탄소섬유 강화 플라스틱 부품이 경주용 자동차에만 사용되어 왔기 때문에 전체 생산된 탄소섬유 강화 플라스틱의 5%만이 이 분야에 사용 되었다. 2013년 이후 독일에서 최초로 탄소섬유 강화 플라스틱을 사용한 차체가 생산되었으며 이 분야는 현재 연간 매출액이 약 3250억 유로로 탄소섬유 강화 플라스틱의 사용은 향후 결정적인 경쟁 요소로 평가 될 것이다.

■ 촉매 소재

촉매는 화학 반응에 영향을 미치는 소재이며 활성화 에너지를 감소시킨다. 이는 이 소재가 다양한 반응을 촉진시키거나 이러한 반응을 가능하게 한다는 것을 의미한다. 이 소재는 반응에서 소모되지 않고 이상적인 경우에 반복적으로 사용될 수 있다. 촉매가 반응 혼합물에 용해되어 있는 균일 촉매(homogeneous catalysis)와 촉매가 대부분 고체로 존재하는 불균일 촉매(heterogeneous catalysis)로 구분된다.

이러한 화학적 특성으로 인해 촉매는 막대한 경제적 의미를 지니며 전체 화학 생산에 85%를 차지하고 있다. 애플리케이션 범위는 촉매 없이 불가능한 반응에서 시작하여 방대한 양의 에너지를 절약할 수 있는 촉매의 사용을 거쳐 폐수 및 배기가스 정화에 이르기까지 다양하다. 대표적인 예로 현대 농업 혁명에 기여한 암모니아 합성을 가능하게 한 하버-보쉬-촉매 및 독성 배기가스를 무해하게 만드는 차량 촉매가 있다. 오늘날 촉매는 화학 기술의 중요한 일부를 차지하고 있다.

새로운 촉매의 개발은 한편으로는, 자원 보호 및 반응의 균형을 지속적으로 향상시키기 위해 높은 전환율과 빠른 반응 속도를 목표로 한다. 하지만 또 다른 한편으로는 특정 화학 반응을 가능하게 하는 새로운 촉매 물질을 지속적으로 찾고 있다. 또한 복잡하고 새로운 촉매 소재는 맞춤형 고분자 원자재와 기능성 물질을 생산하거나 대체 자원 및 에너지를 사용할 수 있게 하는데 기여해야 한다. 최근 연구는 촉매 활성 표면의 최대화를 위한 나노구조 소재의 사용 및 소재의 안정성 및 지속성 증대를 목적으로 이루어지고 있다.



[그림 13] 화학 산업 분야를 위한 촉매 소재

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

■ 자기 소재

전기 자동차의 기초가 되는 전기 모터뿐 아니라 재생 에너지용 발전기에서 자석의 역할은 매우 중요하며 이는 정보 통신 분야에서도 동일하게 적용되는데 하드디스크와 같은 저장 매체 및 판독 헤드에 사용되는 자기 효과 등을 그 예로 들 수 있다. 또한 미래 정보 통신 기술의 패러다임 변화를 위해, 예를 들어 스핀트로닉(전하가 아닌 스핀이 정보를 송신) 또는 새로운 종류의 메모리 디바이스(전하가 아닌 메모리셀 소재의 자기 분극이 정보를 저장), 자기소재가 광범위하게 사용된다. 기존에는 철, 니켈 및 코발트를 자기와 연결한 반면 오늘날의 자기소재는 매우 복잡하게 구성되어 있는데 자기력을 현저하게 증가시키는 희토류 원소를 포함하고 있기도 하다.

영구 자석 분야에서는 현재 높은 에너지 밀도와 내열성을 유지하면서 고가의 희토류 사용을 줄이는 연구가 진행되고 있다. 네오디뮴 대체와 특히 디스프로슘을 세륨으로 대체하는 것이 연구되고 있으나 아직 열 안정성이 매우 낮은 상황이다. 이러한 복잡한 문제에 가장 유망한 해결책은 복합 소재를 사용하는 것으로 보인다. 쉽게 극성을 띄는 연자성 입자를 자기적으로 안정한(경자성) 매트릭스에 내장하는 방법이 있다.



[그림 14] 모터용 고성능 영구자석

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

■ 바이오 소재

바이오소재는 현대 생명 공학의 초석이다. 지난 수년간 혁신 바이오소재를 제외하고 인간의 삶의 질과 건강에 기여한 기술은 거의 없다. 바이오소재는 약물로 치료되지 않는 질병을 치료하고 사용이 제한적인 신체 기능을 다시 복원하며 신체의 자가 치유 프로세스를 자극하여 인간으로 하여금 활동적인 삶을 영위할 수 있게 한다.

바이오 소재의 기능과 복잡성이 최근 수년간 크게 증가하였다. 1세대 바이오소재가 여전히 임플란트, 인공 관절과 같은 순수 기계적 보조 장치의 역할을 하는 반면 현재 바이오소재는 목적에 따라 주변 환경과 상호작용을 일으키는 수준까지 발전하였으며 이는 활성 성분 코팅, 구조화 또는 바이오 기반 소재를 통해 가능하게 되었다. 이러한 “생물화(Biologisation)” 트렌드는 향후 수년간 더욱 증가하여 바이오 소재가 재생의학 외 다른 분야에서도 새로운 잠재력을 발현할 것이다. 바이오 생산을 통해 연골 또는 혈관 이식과 같은 신체에 적합한 조직의 생산이 증가하며 개별 맞춤형 치료가 가속화될 것이다.

바이오 영감 소재 또는 생체 모방 소재가 구조와 기능에 있어 점차적으로 자연 모델을 닮아가게 될 것이다. 예를 들어 인간의 머리카락보다 10배 얇고 인장 강도가 강철에 5배에 달하는 거미 실크가 여기에 속한다. 바이오 소재의 특성은 미래 대체 소재로써 생필품 포장 소재 또는 친환경 일회용 제품과 같은 분야에 사용될 수 있다.

바이오소재 연구에 있어 주요 해결 과제는 새로운 고분자, 세라믹 또는 금속 합금, 금속합금의 구조 제어, 표면 처리, 기능화 및 생체 활성 분야뿐 아니라 증가하는 세포 배양과 바이오 생산 기술 및 바이오소재 및 합성소재 결합 등에 있다.



[그림 15] 노틸러스 쉘의 단면

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

2. 공정기술 및 제조기술

소재 혁신은 성능을 증대시키고 새로운 기능을 창조하며 제품의 신뢰성 및 내구성을 향상시키는데 기여할 수 있다. 관련 공정기술 및 제조기술 없이 오늘날 소재 품질 및 제품의 다양성은 기대할 수 없다. 특히 자동차 산업과 같은 수많은 부품으로 구성된 복잡한 최종 제품들이 여기에 해당한다. 이 분야의 중요한 기술적 도전과제는 경제적인 생산 및 가공이 주로 공정기술 및 제조기술에 기반한 것에 있다. 여기에는 에너지효율, 비용 효율 및 소재 사용과 소재 강도 등이 전반적으로 관찰된다. 또한 규제적 측면 뿐 아니라 생산된 제품의 재활용 가능성 또한 매우 큰 역할을 한다. 앞으로 테스트 및 자가수리 메커니즘을 통한 완전히 새로운 지능형 솔루션이 제공 될 것이다.

원료 및 원자의 생산 및 가공을 위한 모든 프로세스가 고려되어야 한다. 더 나아가 반제품(semi-finished product)과 워크피스(제조 공정에 있는 제품 또는 소재)의 연속 생산 및 부품과 제품의 생산이 중요하다. 여기에는 물리적, 화학적, 생물학적 공정 및 이에 필요한 장치, 시스템 및 장비 등이 고려될 것이다.



[그림 16] 세라믹 캐리어 튜브 리액터

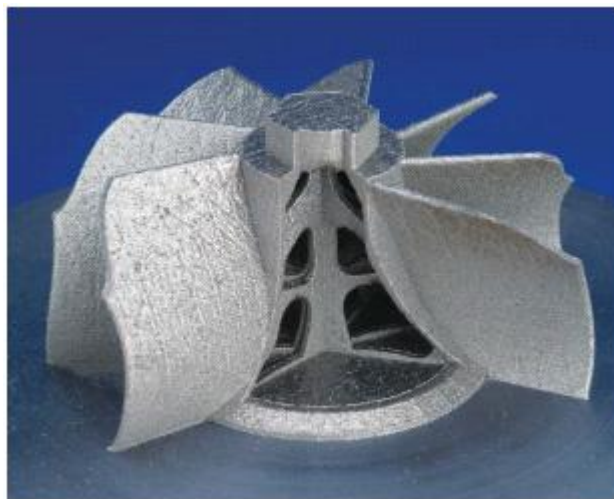
출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

■ 유연한 생산을 통한 제품 품질 향상

공정기술은 원자재의 품질과 비용을 결정한다. 혁신 제조 기술을 통한 생산 비용의 절감은 최종적으로 경쟁에서 입지 우위를 가져 온다. 기존의 솔루션에 비교하여 상당한 추가 비용은 시장 진출에 큰 장애 요인이 된다. 또한 고강도 섬유복합 원자재와 같은 재활용 가능성이 낮은 소재는 시장 성장을 방해하기도 한다. 새로운 소재 또는 복합 소재를 통해서 산업용 컴포넌트를 생산하는 것은 종종 완전히 새로운 생산 공정을 요구한다.

비용 절감 외에도 새로운 공정 기술은 공정진행의 유연성으로 인해 제품의 개별화 및 소량 생산을 가능하게 한다. 또한 새로운 소재의 풀린 관리를 위한 새로운 측정 공정 및 테스트 공정은 매우 중요하다. 정밀한 공정 제어는 제품 안전과 장기적 안정성 확보를 위한 필수 조건이 된다. 기존의 공정 체인에 새로운 공정을 연결하는 것은 공정 기술의 중요한 부분 중 하나이다. 이를 통해 배치 공정(batch process)과 같은 불연속 공정이 연속 공정으로 이전될 수 있다. 이를 통해 경제성이 증가할 뿐 아니라 특히 보건 분야의 제품들에서 요구되는 제품 품질의 재현성이 증가하게 될 것이다.

새로운 공정 단계는 하이브리드 공정 사슬 즉, 공정의 결합을 위해 필수적이며 소재 효율성을 증대시킨다. 여기에서 예를 들어 다양한 조건 하에서 진행되고 연결되는 공정 단계와 이러한 방식으로 기압조건 또는 진공 조건, 다양한 온도 범위, 원 위치 처리(in situ treatment), 현장 밖 처리(ex situ treatment) 등의 공정 단계가 통합될 수 있다. 코팅 공정에서 촉매 및 바이오 공정 기술의 결합을 그 예로 들 수 있다.



[그림 17] 생성 제조기술로 생산된 복잡한 터빈 부품

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

실형상 제조 기술은(near-net shape manufacturing technology) 소재 사용을 현저하게 줄일 것이며 이를 통해 생산 폐기물 발생이 감소할 것이다. 이는 기존에 요구 되었던 생산 공정을 줄이고 경제성을 높이는데 기여할 것이다. 제품별 디자인을 위한 통합 시뮬레이션 툴이 공정 기술에 추가될 것이며 소재 선택을 통한 소재 및 공정 개발에 혁명을 가져올 것이다. 공정 효율 증대를 통해 소재 연구가 “산업 4.0”에서 발생하는 도전 과제 해결을 위한 중요한 기반을 형성할 것이며 이는 자동화율, 수량 및 전체 수익률에 영향을 미칠 것이다. 이 모든 것은 공정 단계별 정확한 제어를 통해 가능할 것이다.

■ 효율적인 공정을 통한 지능형 제품

모든 소재의 포괄적인 영향과 그 특성은 전체 원자재 기술에 영향을 미친다. 이는 코팅 및 첨가, 소재 특성의 목표 설정부터 분리 및 변형에까지 해당된다. 향후 수년간 자기 조직(self-organization)과 같은 마이크로구조화, 나노구조화 기술의 중요성이 점차적으로 증대될 것이며 다기능 표면 및 원자 두께의 레이어와 같은 새로운 기능이 연구개발될 것이다. 기존에 광학 분야에서만 특수하게 사용 되었던 초정밀 공정 기술 및 가공 기술이 광범위하게 적용될 것이다. 마찰보호, 마모보호, 부식 보호를 위한 코팅 원자재가 사용되는 다양한 분리 공정(separation process)에 대한 지속적인 연구개발이 진행될 것이다. 또한 손상 표면의 자가 치유 및 통합 센서의 구현과 같은 코팅 특성에 대한 새로운 접근이 있을 것이다. 3D 프린팅과 같은 새로운 생성(generative) 또는 적층 제조공정(additive manufacturing process)은 새로운 원자재 시스템을 요구할 것이다. 또한 컴퓨터로 생성된 데이터 모델에 기반한 복잡한 미완성 제작품(workpiece) 또는 프로토타입의 경우 이러한 새로운 제조 공정을 통해 생성될 수 있다.

전반적으로 살펴보았을 때 각각의 공정기술 및 제조기술은 소재 연구에 있어 필수적인 구성요소이며 부가가치 사슬을 따라 모든 단계에서 즉, 제품의 생산 및 처리부터 재활용까지 매우 중요한 역할을 한다.

3. 범분야 이슈(Cross-cutting issues)

■ 멀티스케일 접근법(multiscale approach) 을 통한 시뮬레이션 및 모델링

새로운 원자재의 개발과 최적화는 일반적으로 시간과 비용에 많은 소비를 요구한다. 소재 개발에 있어 소재 구성 또는 소재 구조의 작은 변화는 일반적으로 원자재 특성에 큰 변화를 가져온다. 목적에 따른 새로운 애플리케이션을 위한 이상적인 원자재를 찾기 위해서 다양한 소재의

생산과 테스트를 위한 광범위하고 비싼 공정이 항상 요구된다. 새로운 멀티스케일 시뮬레이션 방법은 희망하는 소재의 화학적 조성에 근거하고 공정조건 및 생산 조건을 고려하여 소재의 특성뿐 아니라 심지어는 이 소재를 통해 생산된 부품의 동작까지 예측할 수 있게 한다. 새로운 소재를 개발하기 위한 비용과 생산 기술의 최적화는 현저하게 감소된다. 사용된 모델과 방법의 확대를 통해 시뮬레이션 기술은 소재 연구에 지속적으로 사용될 수 있으며 예측의 정확도 또한 높일 수 있다. 3D 프린팅과 같은 새롭고 혁신적인 생산 기술의 조합은 시뮬레이션 기술을 통해 새로운 제품의 개발과 새롭고 통합적인 방법을 제시할 것이다.



[그림 18] 알루미늄 합금 캐스팅의 비주얼 결합

출처 : simulierte Temperaturverteilung während der Erstarrung; Rechts: montagefertiger Zustand; die Temperaturverteilung gibt wesentliche Hinweise auf die späteren Eigenschaften und die Werkstoffstruktur des Bauteils

■ 원자재 신뢰성, 규정 및 표준화

새로운 원자재와 기술에 대한 안전한 취급은 특성에 대한 전반적인 평가와 테스트를 전제로 한다. 높은 품질 기준은 제품의 경제적 성공과 기술 개방성에 기준이 된다. 그렇기 때문에 기술 개발 및 원자재 개발은 안전 평가와 병행된다. 이를 위해 소재의 상태를 예측하기 위한 혁신적인 테스트 방법의 개발과 장기 안전성 (long-term safety) 및 장기적 행동(long-term behaviour) 평가를 위한 시뮬레이션 모델이 필요하다. 소재통합 부품 모니터링 및 실패, 손상 허용 지수 검사를 통해 원자재의 신뢰성이 높아질 수 있다.

연구 결과의 구현을 위해 일반적으로 표준화가 필요하다. 표준화는 점차적으로 연구 및 혁신 과정의 중요한 부분으로 자리잡고 있다. 표준화는 연구 결과물이 시장 진출 제품 및 서비스로 변경되는 과정을 지원하며 혁신기술의 빠른 시장 진입을 돕는다. 혁신 기술 및 연구 결과물의 구현 사용 확대를 위해 표준화 활동이 지원될 것이다. 여기에서 획득된 결과는 국내에서뿐 아니라 유럽 및 전 세계에서 표준화를 위한 기반이 될 것이다.



[그림 19] 비파괴 원자재 검사를 위한 서모그래피

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

제2절 응용분야를 위한 소재 혁신

원자재는 종종 사회적 질문의 대답에 있어 중요한 역할을 한다. 이 과정에서 다양한 학제적 접근이 요구되며 새로운 종류의 원자재가 상호 결합되고 많은 솔루션 접근이 고려되어야 한다. 발전은 원자재 기반의 애플리케이션 분야 및 소재그룹 전반의 개발에 집중함으로써 도달할 수 있다.

이번 파트에서는 애플리케이션 중심의 소재 개발을 위한 프로그램의 실질적인 계획이 에너지 기술 분야, 자원 절약, 자동차, 보건 및 삶의 질 그리고 건축 분야에서 소개되며 이 분야들은 독일 정부의 하이테크 전략에 핵심을 차지하고 있다.

1. 에너지 기술을 위한 원자재

에너지 혁명에 있어 독일 정부가 추구하는 에너지 연구 정책은 신재생 에너지, 에너지 효율, 전기 네트워크 및 에너지 저장장치에 포커스를 맞추고 있다. 독일 연방 교육 연구부의 연구 지원의 기준은 독일 정부의 에너지 연구 프로그램을 따른다. 독일 정부의 에너지 연구 프로그램은 에너지 관련 연구 분야의 효과적인 네트워킹을 계획하고 있다. 무엇보다 여기에는 소재 연구가 포함되며 소재 연구로부터의 혁신을 위해 애플리케이션에 개방적과 각 애플리케이션 분야의 원자재 특성의 필요로부터 생성된다. 두 경우 모두 이번 소재 연구 프로그램을 통해 지원되며 핵심은 무엇보다 소재이다.

환경 친화적이고 신뢰할 만하며 저렴한 에너지 제공을 보장하기 위해서 신소재 개발은 필수적이다. 새로운 원자재의 도움을 통해 에너지 효율의 증대가 이루어지며 전기 전송률이 높아지며 에너지 저장장치가 최적화될 수 있다. 이를 위해 특정 목표 분야에서 산업 협력 프로젝트를 통해 혁신을 이끌어 낼 수 있는 독일 연방 교육 연구부의 소재 연구 프로그램은 매우 중요한 기여를 할 것이다.

에너지 공급, 에너지 수송 및 에너지 저장 분야에서 원자재 관련 도전 과제는 매우 다양하고 복잡하다. 각각의 에너지 형태가 생산, 운송 및 저장에 있어 기술적인 특별함을 요구하기 때문에 이들 간의 네트워크는 원자재 사용에 크게 의존될 것이다.

■ 에너지 : 효율적인 생산

석탄 및 가스와 같은 화석 연료는 현재 독일의 전력 생산의 약 60%를 차지하고 있으며 짧은 시일 내에 다른 에너지원으로 완전히 대체될 수도 없다. 현재 재생 에너지와 화석 에너지를

통한 에너지 공급에 있어 고성능, 고효율의 화력발전소의 운영은 매우 중요하다. 높은 열효율과 발전소의 로드 유연성에 대한 필요성은 전체 시스템의 최대 작업 온도의 증대, 가벼운 구조, 컴포넌트의 높은 내식성 및 고성능 원자재의 사용을 필요로 한다.

특히 신재생 에너지 시대의 도입에 있어 가스 및 증기 발전의 결합은 중간 다리 역할을 할 수 있다. 가스 및 증기 발전의 결합은 매우 유연하게 사용될 수 있고 짧은 시간 안에 정지 상태에서 최대 출력 상태까지 변화할 수 있으며 이를 통해 태양열 및 풍력 발전을 통한 전기 공급에서 발생하는 에너지 공급 변동을 예방할 수 있다. 효율 증대의 주된 목적 외에도 높은 재활용률 및 새로운 부하 환경에서 부식에 대항하는 저항성과 같은 추가적인 개발 목표들이 존재한다.

신재생 에너지의 사용에 있어 원자재에 대한 스트레스가 증가되어 새로운 결합 메커니즘이 나타나기도 한다. 예를 들어 풍력 발전기의 경우 타워 높이가 최대 200미터, 풍력 발전기로부터 블레이드 지름이 최대 150미터에 도달했으며 해상 풍력 발전기의 경우 최대 300미터 높이에 280미터 지름을 현실적인 수치로 보고 있다. 이에 새로운 경량 로터 블레이드와 부식 방지 기어 및 발전기를 위한 원자재가 필요하다. 해안 풍력 발전기의 경제성은 유지 보수비용에 크게 좌우되며 이는 새로운 원자재를 통해 해결이 가능할 것으로 보인다.

원자재 측면에서 태양 전지의 지속적인 연구개발은 여전히 새로운 반도체 시스템을 통한 효율성 증대에 초점을 맞추고 있다. 이와 동시에 실리콘 레이어 및 플라스틱 기반의 유기 태양 전지를 이용한 경제적인 태양 전지가 개발되며 기계적 유연성을 통한 건축 분야와의 통합은 이 기술의 장점을 보여준다. 웨이퍼 두께의 추가 감소 및 공급이 어렵거나 독성을 지닌 요소의 대체는 태양광 발전기의 중장기적 개발 목표이다. 모바일식 또는 고정식 전기 공급을 위한 연료 전지에 사용될 수 있는 수소 획득에 있어 광촉매 물 분해를 통해 태양 빛의 사용을 위한 연구개발이 이루어질 것이다.



[그림 20] 고열 스트레스 방지 열 차폐 코팅 내부 냉각 터빈 블레이드

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

소재 개발을 위한 도전 과제

- 고온가스 환경 및 발전소 주변 영역을 위한 내구성, 내식성, 내열성 소재
- 1100°C 이상의 고온 환경을 위한 원자재(섬유 보강재, 산화물 세라믹스, 고온 금속), 순환성 안정성(cycling stability)을 지닌 소재, 고온 환경에서 사용을 위한 원자재 기반 연결 기술, 하이브리드 컨셉
- 풍력 발전기 부식 방지 기어 원자재, 발전기 원자재 및 경량 소재
- 고효율 및 경제성을 지닌 태양광 모듈 원자재 개발

■ 에너지 : 수송 및 저장

에너지를 필요한 곳에 이동시키기 위해 손실이 적고 안정적인 에너지 수송 네트워크가 필요하다. 광역 네트워크는 고효율 전기 고속도로(electricity highways)로 구성되어야 한다. 기존의 AC 라인은 고전압 직류 전송 기술과 비교하여 손실률이 두 배에서 세 배에 이른다.

재생 에너지 전력 생산의 잠재력을 최대한 사용하기 위해 효율적인 저장 시스템과의 결합은 필수적이다. 전력 저장은 에너지 생산 및 수요의 시간적 분리(temporal separation)를 보상하여 주며 전력 네트워크를 안정화시킨다. 오늘날 다양한 저장 기술은 이론적으로는 가능하나 낮은 경제성과 미비한 통합 가능성, 부족한 시장 능력(market maturity)으로 아직까지 사용되지 못하고 있다. 고정 전력 저장, 소재 저장, 열 저장과 같은 새로운 저장 기술의 개발은 무엇보다 새로운 소재의 개발과 연계되어 있다.

소재 개발을 위한 도전과제

- 높은 전류 운반 능력을 지닌 손실률이 낮은 에너지 네트워크를 위한 소재 개발
- 금속-공기, 리튬-황, 상 변화 재료에 기반한 새로운 배터리 시스템
- 열화학적 잠열 저장장치, 수소 저장을 위한 나노 스케일 카본 원자재
- 다양한 소재 연료에 적합한 원자재, 가스 혼합물 및 가스 분리를 위한 원자재 개발

2. 원료 및 소재의 지속 가능한 이용

독일은 광물 자원이 제한적이어서 원료 및 원자재의 수입 및 지속적이며 효율적인 사용은 독일 경제에 있어 매우 중요한 역할을 한다. 여기에 환경 및 기후 보호 또한 필수적으로 요구된다. 전 세계적으로 매년 자원 소모를 감소시키는 것과 자원을 지속적으로 사용할 수 있는 방법을 찾는 것은 매우 중요하다. 나아가 에너지 및 원료 시장에서 전략적인 독립을 위한 예방이 요구된다.

자원의 지속 가능한 이용을 위한 독일 연방 교육 연구부의 연구 지원은 또 다른 프로그램인 “지속 가능한 개발을 위한 연구” 프로그램을 통해 이루어진다. 최상위 목표는 경제 전략적 원료를 영리하고 효율적으로 사용하는 것과 이를 통해 독일의 지속적이고 안전한 원료 공급에 기여하는 것이다.

이러한 목표를 달성하기 위해 새로운, 기능이 향상된 소재는 필수적이다. 부족하고 비싼 원자재가 다른 것으로 대체 될 수 있을까? 동일한 특성을 지닌 대체 소재가 존재할까? 소재 및 제품이 에너지 효율적으로 생산될 수 있을까? 어떻게 소재의 수명이 연장될 수 있을까? 이러한 질문

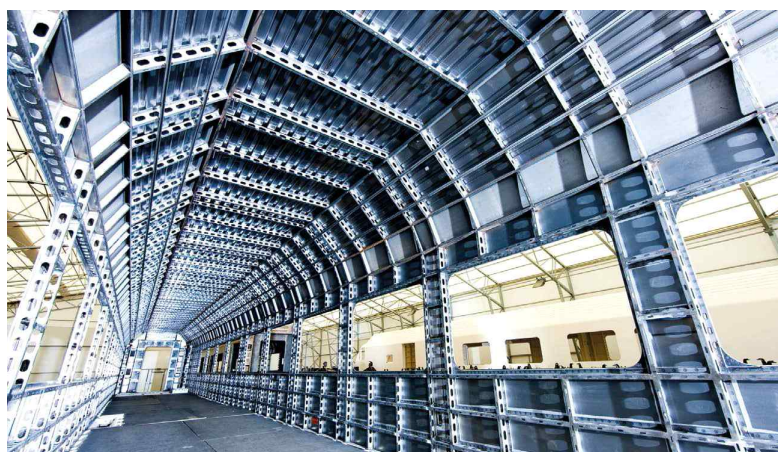
외에도 추가적인 문제들에 대한 해답은 미래 사회의 핵심 역량이 될 것이다.



[그림 21] 희귀 소재를 함유한 고철 전자기기

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

자원 및 보조 소재의 지속 가능한 이용을 위해, 대체 자원을 사용하기 위해, 사용 수명 및 제품 수명을 연장하기 위해, 소재 사용을 감소시키기 위해 재활용 및 대체 가능성 그리고 소재 효율증대를 위한 연구 개발이 진행되어야 한다. 충분한 자원 가용성은 특히 에너지 기술, 전기 및 드라이브 기술, 정보 통신 기술, 화학 산업, 의료 공학 및 기계 공학 분야에 매우 중요한 의미를 지닌다. “자원 활용 경제와 환경에 대한 부하 감소” 목표를 통해 다양한 분야가 연구되고 소재를 통한 솔루션이 제공될 수 있다.



[그림 22] 왜곤 건설: 높은 재활용율을 보장하는 부품의 재활용 친화적 디자인

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

■ 자원 효율성 증대

효율적인 자원의 사용은 같은 제품과 생산 결과를 위해 더 낮은 자원의 소모를 이루고자 노력에 기반한다. 이러한 목표를 달성하기 위한 전략적인 방법에는 소재 효율의 증대, 부족한 비재생 자원의 대체, 재순환 관리, 폐기물의 활용, 보조 원료의 사용, 제품 수명 및 사용 수명 연장, 경량 재료의 사용 및 폐기물이 적게 나오는 자원 절약적 생산 등이 있다. 새로운 소재를 통한 접근 방법으로는 비싸고 독성이 있는 요소에 대한 의존성을 줄이고, 시스템의 안정성과 수명을 증가시키며 효율 증대를 통한 산업에서 소재비용의 비중을 줄이는 방법이 있다. 대체 소재, 소재 효율, 재활용과 같은 주제는 독일 경제를 위해 매우 중요하지만 아직 충분히 해결되지 못한 테마로 이를 통해 실질적인 향후 연구 목표가 도출되어야 한다.

소재 개발을 위한 도전 과제

- 소재 효율 증대
- 자성 원자재 또는 비 귀금속 촉매와 같은 대체 물질 개발
- 보조 원료 또는 공정 폐기물의 사용, 3D 프린팅 생산을 통한 폐기물 발생 감소
- 제품의 재활용 친화적 디자인, 예를 들어 사용 후 간단히 분리가 가능한 연결 기술
- 업그레이드 및 하이브리드 원자재 시스템 개발: 저렴한 기초 소재와 높은 가치의 기능성 소재의 결합, 컴포넌트 절약을 위한 기능 통합의 강화
- 시뮬레이션 툴, 예를 들어 금속 함량 감소를 위한 적합한 촉매 구조 계산
- 셀프 수리 또는 셀프 세척 원자재 개발
- 새로운 원자재를 통한 마모와 마찰의 감소
- 표면 보호 및 소재 품질 증대
- 경량 소재의 개발 및 최적화

■ 천연 자원 보존과 지능적 사용

천연 자원(공기, 물 토양)을 사용하는 것과 원료를 이용하여 제품을 생산하는 것은 기초적인 행동이다. 이러한 자원을 지속적으로 책임을 가지고 사용하기 위해 소재 개발을 중심으로 한 새로운 해결책이 제시되어야 한다. 전 세계적으로 오염, 과도한 소모, 수준 낮은 관리로 인해 사용할 수 있는 물이 점차 부족해지고 있다. 수자원 획득에서부터, 운송, 분배 및 처리, 정수에 이르기 까지 전가 부가가치 사슬을 따라 소재를 통한 기술적 해결은 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들어 물 정수, 폐수 관리, 지하수 개선을 위해 다양한 사용 가능성이 존재한다.

화학 산업의 자원 기반을 보장할 뿐만 아니라 지속적인 에너지 획득을 보장하기 위해서는 새로운 촉매가 공정기술에 사용되어야 한다. 촉매는 화학적 반응을 제어하는 것을 통해 자원 절약과 수율 증대, 부산물 감소 및 에너지 사용의 감소를 이끌어낸다. 또한 촉매 애플리케이션을 위한 새로운 물질 그룹을 개발하고 촉매의 작용을 위한 새로운 방법을 제공하며 촉매 개발의 효율을 현저하게 향상시키고 새로운 종류의 원자료를 사용하는데 유효하다.

소재 개발을 위한 도전 과제

- 공기 및 수자원 정화를 위한 필터 및 멤브레인 소재 개발
- 토양 및 지하수 정화를 위한 촉매 및 흡착제
- 새로운 원료원 및 원자재원 개척을 위한 촉매, 생체 탄소원의 사용
- 에너지 저장을 위한 소재(수소 또는 메탄의 형태로)
- 공정 통합 및 소형화
- 화학 에너지를 빛 에너지로 변환하기 위한 촉매, 수소의 이산화탄소 중립적 생산을 위한 촉매

3. 이동(mobility) 및 수송 분야를 위한 원자재

이동은 우리의 삶에 밀접하게 연관되어 있어 국민 경제뿐만 아니라 개인의 필요를 위해 높은 우선순위에 놓여 있다. 경제 성장과 개별화의 두 가지 요인으로 인해 전 세계 교통량은 매우 증가하고 있다. 유연하고 신뢰할 만하며 자원을 절약하는 이동의 실현은 필요에 기반한 에너지 공급 외에도 현대 사회의 핵심적인 수요 분야에 속하며 경제적, 환경적, 사회적으로 형성되어야 한다.

이로 인해 예를 들어 재생 에너지원에서 획득된 전기 또는 수소를 사용하는 전기 모터와 같은 새로운 저공해 모터 기술이 성장해야 한다. 그러나 이러한 기술의 개발 및 재생 시스템으로의 전환은 많은 시간을 필요로 한다. 그렇기 때문에 단기적, 중기적으로 현존하는 기술에서 에너지의 사용을 최적화하고 효율성 증대를 위한 가능성들을 적용하는 것이 필요하다. 교통 공학은 독일에 경제에서 큰 의미를 지니고 있을 뿐 아니라 다양한 필요한 원자재 개발을 위한 영구적인 도전과제들을 갖고 있다.

■ 미래 이동(mobility)을 위한 새로운 원자재 컨셉

이동 분야에서 이산화탄소 배출 감소는 기술개발의 주요 목적 중 하나이다. 이는 도로 교통에서부터 항공 교통까지 모든 교통 형태에 적용된다. 새로운 원자재 개발은 현대적인 에너지를 사용하는 새로운 모바일 컨셉의 안전하고 유연한 사용 및 개발의 기본 조건이 된다. 이에 대한 가장 확실한 예는 전기 자동차를 위한 연구개발을 들 수 있다.

전기 자동차는 재생 에너지를 연료로 사용할 수 있을 경우 기후 친화적인 주행이 가능하다. 태양 또는 풍력 에너지가 예를 들어 수소의 형태로 저장되거나 연료 전지에서 구동 전력으로 전환되거나 또는 직접적으로 자동차 배터리에 저장될 수 있다. 무엇보다도 장거리 이동을 가능할 수 있도록 에너지원이 안전하고 많이 자동차에 저장되어야 한다. 이를 위해 배터리 기술 분야의 새로운 원자재와 새로운 배터리 시스템은 개발이 필요하며 이를 통해 성능 향상이 기대된다. 여기에서 중요한 것은 원자재를 유리시키는 것뿐만 아니라 원자재 가공 공정을 최적화하는 것이다. 또한 이에 적합한 충전, 저장 시스템 개발 및 새로운 인프라 구조의 확보가 요구된다. 전기 모터, 연소 엔진, 하이브리드 시스템 등 각각의 구동 컨셉에 상관없이 에너지 소비를 감소시키고 기후 및 자원 절약을 위해 차량의 무게를 감소시키는 것 또한 중요하다. 왜냐하면 더 높은 질량의 이동은 더 많은 에너지 소비로 나타나기 때문이다. 중량 감소를 위해서는 특별한 연구가 요구된다.

차량 및 항공기의 경량 제조를 위해 복합 소재(Multi-material)은 중요한 역할을 한다. 복합 소재 시스템은 예를 들어 알루미늄 합금 또는 복합 재료로 구성될 수 있다. 이러한 조합은 견고하고 가볍지만 외부적으로 부식에 강한 부품 생산을 가능하게 한다.



[그림 23] 배터리 제조: 효율적인 소재사용을 위한 전극 밴드의 종단(longitudinal cuts)

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

복합 소재 시스템 및 하이브리드 구조의 중요성이 증대 되어감에 따라 새로운 결합 기술 (joining technology)이 요구됨과 동시에 원료의 재활용 및 재획득의 관점에서 분해(해체) 능력 (dismantling capacity) 또한 고려되어야만 한다. 경량 제조의 목표를 도달하기 위해 기능 통합 원자재 혁신이 매우 중요한 역할을 한다.

차량 중량 감소를 위한 또 다른 가능성은 구조 부품용 탄소 섬유 강화 플라스틱에 있다. 여기에서는 짧은 생산 주기의 저렴한 생산을 위한 자동화 제조 기술 개발이 상업화를 위한 전제가 된다. 차량 제조에 탄소 섬유 강화 플라스틱 기술을 사용하는 것은 자동차 산업의 전체 부가가치 네트워크에서 해당된다.

모든 종류의 경량 소재 개발에는, 소재 특성을 더욱 향상시키고 다양한 애플리케이션에 사용 가능하도록 소비가 큰 R&D가 요구된다. 섬유 복합 원자재의 높은 혁신 잠재력에도 불구하고 미래 자동차 산업에서 고강도 철강, 알루미늄, 마그네슘과 같은 금속 경량 원자재 또한 중요한 역할을 할 것이다.

또한 모터 기술에서 부하 프로파일의 증가는 새로운 종류의 복합 원자재로만 해결될 수 있는 새로운 원자재 조합을 요구할 것이다. 이러한 원자재 조합을 통해 (예를 들어 부식과 마모로부터 보호를 위한 기능성 코팅) 제품의 수명 및 효율성이 증대될 것이다.



[그림 24] 자동차 산업을 위한 복잡 알루미늄 캐스팅

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

항공기 가스 터빈의 효율을 높이기 위해 새로운 고온 원자재(high-temperature materials)의 개발과 가용성 확보가 필요하다. 또한 고강도 열형성 금속 부품(high-strength, hot-formed metal components)을 부식으로부터 보호하기 위해 열형성에서 발생하는 높은 온도에서 견딜 수 있기 위해 보호 레이어가 필요하다. 이미 소량만 요구되는 응용 분야에서는 생식 제조 공정이 사용되고 있다. 이러한 공정이 자동차 산업의 대규모 생산에서의 사용 가능 여부가 입증되어야 한다.

소재 개발을 위한 도전 과제

- 효율적인 구동(모터) 기술을 위한 신소재
- 하이브리드 원자재 및 섬유 복합 원자재의 개발 및 재활용
- 복합 소재 시스템(Multi-material system)을 위한 결합 기술(joining technology)
- 촉매, 입자 필터, 고성능 레이어, 마찰 효율 레이어를 통한 온실 가스 감축
- 상태 모니터링 및 에너지 절약을 위한 민감성 전자 원자재
- 에너지 재획득을 위한 원자재
- 전기 화학적 수소 저장장치와 같은 새로운 재생 에너지원 저장장치
- 자기 치유 원자재 및 구조
- 교통 인프라 구조 소재의 기능 통합(예, 조명 시스템, 교통 제어 시스템, 로봇)
- 적합한 절연 소재 및 접촉 표면을 통한 노이즈 감소

4. 보건, 삶의 질 증대를 위한 소재

독일 정부의 보건 분야 연구를 위한 지원 프로그램을 통해 독일 연방 교육 연구부는 개인별 맞춤 의학 및 예방을 통해 환자에게 제공하는 의료서비스를 개선하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 혁신적인 소재 연구를 통해 솔루션을 제공하고 고성능, 고품질의 저렴한 보건 시스템을 안정적으로 확보하고자 한다. 지난 수십 년간 위생 개선, 새로운 이미징 기술 및 약물을 통해 예방, 진단 및 치료에서 상당한 진보가 있었으며 이는 국민의 기대 수명 증대와 삶의 질 확보에 현저하게 기여하였다.



[그림 25] 실리카 젤 섬유-플리스 기반의 생체 흡수 상처 드레싱 소재

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

세계화는 한편으로는 모든 물품 및 제품이 언제 어디서든 확보될 수 있는 장점이 있으나 다른 한편으로는 독일에서 이전에 발견되지 못한 새로운 병원균의 발생을 증가시킨다. 이러한 상황은 사람들이 도시에 몰려드는 현상을 따라 세균과 병원균의 증가를 동반하여 더욱 악화된다.

이에 사람, 환경, 제품을 오염으로부터 보호하고 예방할 수 있는 소재 솔루션이 필요하다. 예를 들어 새로운 종류의 자동 세척, 항균 소재 시스템은 문고리나 키보드를 병원균 또는 세균으로부터 보호할 수 있다. 병원체로부터 보호를 위한 세척 및 케어 제품이 없는 일상생활은 더 이상 상상할 수가 없다. 에어컨 및 환기 시스템과 같은 새로운 종류의 필터 시스템은 알레르기 유발 물질의 인체 노출을 감소시키고 환경오염을 억제한다. 센서 시스템은 생산 공정 및 제품의 모든 과정의 효과적인 제어를 보장하며 이를 통해 제품의 안전성이 증가한다.

예방 분야의 성장에도 불구하고 질병의 진단 및 치료 분야 또한 지속적인 발전이 요구된다. 기대 수명의 지속적인 증가로 인해 암 또는 신경 퇴행성 질환과 같은 연령에 관련된 질병 발생이 늘어난다. 이러한 질병과 싸우기 위해 질병 타입에 따른 전형적인 물질의 작은 흔적, 항체 및

유전적 구성 요소까지 검증할 수 있는 혁신적인 소재 기반의 진단 기법의 중요성이 증대된다. 체내(in-vivo), 체외(in-vitro) 진단의 발전을 통해 질병을 초기에 감지하며 후속 치료의 효율성이 크게 증가한다.



[그림 26] 첨단 소재 1회용 수술용 집게

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

보철 및 임플란트와 같은 의료 제품들은 구조화(structuring), 코팅 및 기능화를 통해 생체 적 합성이 증대될 것이다. 이는 의료 제품의 수명을 증가시키고 임플란트의 마모성 때문에 15~20년 마다 요구되는 수술 후의 치료(postoperative treatment)를 감소시킬 것이다. 또한 개인 맞춤형 기술을 통해 부작용의 위험도 감소할 것이다.

소재 혁신은 현대 약물 연구에 새로운 접근법을 제시한다. 새로운 약물 캡슐화 기술과 혁신적인 보조제를 사용한 제제 기술은 활성 성분의 용해도를 증가시키고 이를 통해 생물학적 이용 가능성(bioavailability)을 높이는 효과를 가져 올 것이다. 나아가 나노, 마이크로 스케일 기능성 운송 시스템을 통해 활성 성분이 생물학적 장벽을 넘어서 목적에 맞게 효율적으로 전달될 것이다. 단일 클론 항체 또는 캐리어 물질의 추가 기능화와 같은 활성 물질과 캐리어 물질의 조합은 질병 치료의 효율성을 증대시킬 것이다. 약물을 필요한 위치에 도달시키는 기술 외에도 원하는 장소에서 활성 성분의 방출 제어가 가능할 것이다. 이러한 방법으로 암, 천식, 중추 신경계 질병 등의 치료를 위해 약물이 관련 부작용의 감소와 함께 환자들을 위해 사용될 것이다.

소재 개발을 위한 도전 과제

- 임플란트 표면의 구조화, 코팅 및 기능화를 통한 생체 친화적 의료기기 개발 및 부작용, 면

역 반을 감소 및 제거를 위한 변경 기술개발

- 맞춤형 임플란트를 위한 환자 세포에 적합한 3차원 스캐폴딩 구조(scaffolding structure)와 같은 재생 의학을 위한 구조 소재 및 기능 소재 개발
- 진단 및 치료 효율의 향상을 위한 새로운 제제 및 제형(formulation and dosage forms)
- 제약 보조재(auxiliary materials)
- 자가 세척 및 자가 치유가 가능한 소재 시스템 및 위생 향상을 위한 흡착, 흡수 물질
- 거미 실크, 그래핀, 나노 셀룰로오스, 나노 복합 소재와 같은 생체 모방 소재
- 센서 소재로써 진단 개선을 위한 나노 와이어, 나노, 마이크로스케일 입자, 분자 프로브

5. 미래 건축 시스템을 위한 원자재

통합 기후 정책과 지속 가능한 기후 보호를 위해 에너지 효율이 높은 건물 및 고성능 교통수단 - 최종적으로는 전체 인프라에 대한 - 은 큰 의미를 갖는다. 이러한 측면에서 건물, 교통 시설의 보존, 개조 및 신축을 위한 혁신적인 기술과 소재가 필요하다. 혁신 소재를 통해 이루어 낼 수 있는 건물의 다양한 사용 가능성과 그 각각에 대한 내구성은 저렴한 주거공간에서 높은 삶의 질을 갖기 위해 필수적으로 요구되는 사항이다. 여기에는 개별 주거 공간뿐만 아니라 도시의 전체 지역이 포함된다. 건물 자체뿐만 아니라 전체 인프라 구조(공급, 교통, 정보)를 위해 새로운 소재 연구가 요구된다. 이산화탄소 중립적이고 에너지 효율적이며 기후에 적합한 도시 개발을 위해 기능성 건축물 및 교통 인프라는 필수적이다.



[그림 27] 외벽 변형 소재를 사용한 에너지 자급자족 건축물

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

현재 건축물의 에너지 소비는 전에 에너지 소비에 40%에 해당하며 이로 인해 건축 자재 및 건축물의 에너지 효율을 정확히 검사하고 새로운 소재를 통해 개선시키는 필요성이 대두된다.

또한 건물의 단열 기술 및 분산 에너지 공급(decentralised energy supply)에 대한 연구개발이 요구된다. 그러나 에너지 효율과 지속 가능성 사이에는 분리가 없어야 한다. 건축 산업 및 주택 산업의 측면에서 신건축을 위한 솔루션 및 유지, 보수 및 수리에 대한 스마트한 접근이 필요하며 자원 효율성이 고려되어야 한다.

기후 및 소음 제어, 공기의 질, 오염물질 감소, 건축 자재의 자가 세척 기능, 분산 에너지 공급은 삶의 질과 직접적으로 연계되어 있다. 건축 소재의 수명 증대를 위해 재활용 가능성이 증가되어야 한다. 이는 소재 선택 계획에서부터 시작하여 건축 및 재활용에 이르기까지 고려되어야 한다. 재활용을 생각한 건축, 건축 소재 주기 및 모니터링 및 수명 사이클 분석과 같은 사항들이 향후 수년 안에 최적화된 건축 자재 사용 및 목적에 맞는 특성을 지닌 건축 자재들을 결정할 것이다. 장기간의 모니터링을 통해서 새로운 건축 자재가 환경 또는 사회에 미치는 영향이 평가될 수 있다.

소재 개발을 위한 도전 과제

- 다공성 하이드로젤 건축자재, 나노 스케일 기능성 필러, 센서 소재 및 흡음 기능을 지닌 건축자재, 오염 방출 감소 표면과 같은 절연 및 전환 유리, 열저장 장치를 위한 원자재
- 섬유 콘크리트, 멤브레인, 샌드위치-복합소재를 통한 다기능 건물 외벽
- 초고강도 콘크리트, 바인더, 접착 물질
- 완전한 재활용이 가능한 건축, 절연 물질
- 미래 트래픽 로드 에 대한 혁신 소재
- 정보 네트워킹 및 재생 에너지 연결을 위한 새로운 원자재

제4장

연구협력 및 이행

제1절 효과 증대를 위한 연구 협력

원자재 기술과 나노기술은 핵심 기술로써 글로벌 도전과제들의 해결에 기여한다. 원자재 기술과 나노기술은 넓은 범위를 아우르는 혁신 이니셔티브로 독일 경쟁력의 지속적인 안정화를 위해 매우 중요한 기반이 된다. 특히 개발을 위한 연구에 있어 자연과학 및 엔지니어링 과학 분야의 학제적 협력이 요구된다. 원자재 기술 및 나노기술의 혁신을 이루어내기 위해 학문, 경제, 정치 분야의 관련 종사자들 간의 포괄적인 네트워크 형성이 매우 중요한 성공 요인이 된다. 독일 연방 교육 연구부는 이러한 긴밀한 네트워킹 형성을 지원한다.

성공적인 혁신 정책을 위해 기술 분야별 네트워크 구축, 재정적 지원 및 전체 부가가치 사슬에 대한 통찰력이 매우 중요하다. 적합한 소재 및 구조의 가용성과 제조 및 분석에 필요한 방법에 기반하여 소비자의 요구사항에 맞게 개발된 중간체 제품(intermediate products)이 다양한 애플리케이션을 위해 생산될 수 있다. 부가가치를 중심으로 한 이러한 혁신 과정은 많은 경우에 대학 및 연구기관의 기초 연구를 통한 재료 과학적 발견에서 시작한다.

독일 연방 교육 연구부는 제도적 지원과 함께 애플리케이션 잠재력을 지닌 연구 주제들에 집중하며 기초 연구에서 성공적인 애플리케이션 중심의 연구 및 개발을 이끌어내기 위한 지원을 진행한다. 이를 위해 독일 연방 교육 연구부는 다수의 비 대학 연구기관과의 활발한 교류를 진행하고 있다.

또한 원자재 연구가 광범위한 분야를 다루는 만큼 지원이 독일 연방 교육 연구부의 다양한 프로그램과 연계될 뿐만 아니라 다른 지원 기관의 프로그램과도 연계되는 특성을 지닌다. 기초 연구의 애플리케이션 중심 R&D로의 전환은 그 분야의 사전 프로젝트 진행을 통해 이루어지며 이 사전 프로젝트는 산업 협력 프로젝트 및 전략적 제휴의 주제별 지원으로 연결되고 독일의 경쟁력 증대를 위한 중요한 혁신 프로젝트와 연결된다. 이를 위해 전체 네트워크에 구성에 필요한 관련자들이 우선 선별되어 초기 R&D 활동에 연계되고 향후 시장 기회 창출을 위한 준비가 진행되며 교육 및 트레이닝, 홍보 및 국민과의 대화와 같은 조치들이 이루어진다. 독일 연방 교육 연구부는 하이테크 전략적 측면에서 분야별 부가가치 네트워크를 완전히 커버하는데 기여할 수 있는 연방 부처 및 독일 연방 교육 연구부의 지원 범위 주요 분야 간 지속적인 교류를 진행하고 있다. 예를 들어 여기에는 재료 및 생산 연구 간의 조율이 해당하는데 이는 현대의 제품 생산

공정이 그에 적합한 소재 시스템을 전제로 하기 때문이다. 또한 에너지 연구에서도 적합한 소재 및 원자재가 없는 새로운 형태의 에너지 생산, 저장, 변화는 상상될 수 없다. 예를 들어 전기 자동차, 자원 효율적인 생산 기술 구현, 예방을 위한 의료 기술 및 개인별 맞춤 의학 제공을 위해 소재 연구는 핵심 역할을 수행하며 독일 연방 교육 연구부는 프로그램 전반에 대한 조율의 역할을 맡는다. 이와 더불어 독일 연방 교육 연구부는 국가 및 국제기구에서 규범과 기준을 세우는데 일조한다.

원자재 연구 개발은 또한 유럽 연합의 연구 및 혁신을 위한 지원프로그램 “호라이즌 2020”의 핵심 주제이기도 하다. 이를 위해 유럽 연합 내 다른 국가 및 유럽 위원회와 공동으로 지원 정책 프로그램이 계획된다. 여기에서 독일 연방 교육 연구부는 원자재 분야를 담당하고 있는 “나노기술, 첨단소재, 생명 공학 및 첨단 제조, NMBP”위원회를 연구 정책적으로 대표한다. 목표는, 선택된 국가적 지원 분야를 유럽 연합의 지원 대책을 통해 보충하는 것이다. 나노안전성 연구 또는 주요 원료의 대체와 같은 분야는 독일 국내뿐만 아니라 유럽 연합 내에서 매우 높은 우선순위이기 때문에 특별 관심을 얻는다.

제2절 국제적 협력

소재 연구 지원에 있어 유럽 및 국제적 협력은 독일 정부의 정책적 전략적 목표 설정에 따라 구성된다. 경제의 세계화와 과학의 지속적인 국제화는 재료 과학 및 원자재 기술에 핵심 동인이다. 따라서 소재 연구 지원 정책의 목표는 범국가적 협력의 틀 안에서 지식에 대한 글로벌한 접근을 여는 것, 국제 협력 확대를 통한 독일 기업의 경쟁력을 강화하는 것, 원자재의 유독성 및 안전성과 같은 분야에 대한 규격화 및 표준화를 진행하는 것이다. 서로 다른 정치적 법률적 프레임워크 때문에 근본적으로 국제적 계획과 유럽의 계획은 차이를 보인다.

독일은 유럽의 연구 활동에 있어 매우 중요한 원동력이다. 독일 연방 교육 연구부는 지원 정책 계획을 통해 유럽 연구 활동에 적극적으로 참여한다. 추가적으로 독일 연방 교육 연구부는 원자재 연구에 있어 다양한 다국적 지원 정책에 참여한다. 지원 정책에 관심이 있는 독일 연구 기관은 NKS 원자재, NKS 나노기술과 같은 국립 기관은 통해 유럽 연합의 지원 정책에 대한 정보를 얻을 수 있으며 신청 과정에서 다양한 지원을 받을 수 있다. 이러한 방식을 통해 독일의 연구 기관은 유럽 위원회의 연구와 혁신을 위한 지원 프로그램 “호라이즌 2020”으로부터 최상의 지원을 받을 수 있는 환경이 제공된다.

“호라이즌 2020” 지원 프로그램 외에도 원자재 연구 분야를 위한 유럽의 컨소시엄은 다양한 지원 획득의 기회가 있다. “ERA-NET”, “Coordination & Support Actions”와 같은 유럽 위원회를 통해 지원을 받는 유럽 내 협력 연구를 위한 네트워킹 활동이 있으며 이 지원 프로그램에는 국제 협력 파트너의 참여가 가능하다. “EUREKA”, “COST”, “WTZ(과학 기술 협력)”를 통한 직접적인 지원은 유럽 및 국제 협력에 초점을 맞추고 있으며 특히 유럽식 관점의 솔루션이 필요한 연구 테마들이 여기에 해당한다.

유럽 지역 밖에서는 WTZ 협정에 따른 양자 간 프로젝트를 통해 연구, 혁신 및 교육 분야의 국제 교류와 연구 파트너 간의 협력 관계의 수립 및 확대가 진행된다. 국제 협력은 선택된 소재 연구분야에 우수한 능력을 지닌 파트너와 진행되며 과학 지식의 상호 교환에 기여하며 기술 이전을 가속화하는데 노력한다. 또한 협력은 상호 보완적인 기술 또는 자원을 통해 이루어질 수 있으며 이를 통해 공동 글로벌 부가가치 네트워크를 커버할 수 있다.

제3절 프로그램 이행

“소재에서 혁신으로” 지원 프로그램은 전신 지원 프로그램인 “산업 및 사회를 위한 원자재 혁신-WING”과 연계 되어 진행되며 학습 프로그램으로써 독일 정부의 장기적으로 유연한 지원 정책의 프레임워크를 형성하여 여러 분야의 변화하는 도전 과제들에 전문적으로 다양한 지원 도구를 통해 대응할 수 있게 한다.

1. 지원 기준 및 프로세스

“소재에서 혁신으로” 또는 “도전에서 해결까지” 전략적 프로그램 프로파일의 구현 및 주제 선정은 독일 연방 관보의 지원 가이드라인 공고를 통해 이루어진다. 또한 예외적인 경우에 지원 가이드라인 범위에 포함되지 않는 프로젝트 아이디어들이 추가적으로 지원받을 수 있다.

프로젝트 가이드라인에서는 각각의 연구 영역이 명확하게 제시되며 자격 조건 및 지원 범위가 명시된다. 일반적으로 2단계로 구성된 지원 절차에서 신청자는 우선 프로젝트 아이디어를 프로젝트 관리가 위임된 기관에 제출할 수 있다. 이 프로젝트 신청 지원서는 신청된 다른 프로젝트들과 동일 선상에서 평가를 받게 된다. 독일 연방 교육 연구부는 기밀 유지 내에서 지원 받게 되는 프로젝트 아이디어 선정에 있어 주제별 전문가적 조언을 제공한다.

지원 가이드라인을 벗어나는 규정을 제외하고 일반적으로 프로젝트 아이디어의 평가는 다음과 같은 기준을 통해 이루어진다.

- 지원 공고에 대한 관련성과 프로젝트의 과학-기술적 우수성
- 기업의 혁신 역량 및 경쟁력 강화에 기여
- 사회적 요구에 대한 고려 및 지속성
- 산업 애플리케이션을 위한 모든 소재 연구개발의 지렛대 효과
- 과학-기술적 계획과 활용 계획의 혁신수준, 리스크, 응용 범위
- 협력 파트너의 역량 및 적합한 프로젝트 구조

선정 절차의 두 번째 단계에서는 선정된 컨소시엄의 지원 신청을 위한 공식 신청서 제출이 요구된다. 프로젝트 지원 기간은 일반적으로 3년이다. 이런 단계적 선정 방식은 관리적 소모를 줄이며 결정 과정을 시간적으로 단축시키는 장점을 지닌다.



[그림 28] 프로젝트로 가는 길(프로젝트 선정 과정)

출처 : 소재에서 혁신으로, 독일 연방 교육연구부 (BMBF), 2015 (Vom Material zur Innovation Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung, Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF)ReferatNeueWerkstoffe,Nanotechnologie2015)

2. 지원 수단 및 지원 금액

직접적인 프로젝트 지원이 시장 진출이 가능하고 프로젝트의 성공적인 이행을 위한 모든 필수적인 노하우를 포함하고 있는 부가가치 네트워크에 따른 산업 기관과 연구 기관 간의 공동 프로젝트에 이루어진다. 이러한 프로젝트 내에서 산업 파트너의 역할은 경쟁 전 단계에 할당될 필요가 있으며 기업의 경제적 이익을 넘어서야 한다. 모든 지원 정책의 목표 설정에 따라 개별 프로젝트나 연구가 지원될 수 있다. 협력 프로젝트는 리스크가 크지만 애플리케이션 중심의 프로젝트 목표를 미래 시장 경제에서의 구현에 대한 전망과 함께 지속성의 측면을 고려하여 수행하여야 한다. 지원된 프로젝트의 이행은 독일 내에서만 가능하다.

협력 프로젝트에서 각 각의 협력 파트너의 지원 금액의 범위는 다음에 나오는 연구개발 범주에 따라 결정된다.

- “기초 연구”를 위한 연구개발 범주는 최대 100% 까지
- “산업 연구”를 위한 연구개발 범주는 최대 50% 까지
- “실험 개발”을 위한 연구개발 범주는 최대 25% 까지
- “타당성 연구”를 위해 최대 50% 까지

지원 수준을 결정하는 것과 자격 기준을 평가하기 위한 기초는 국가 규정 및 유럽 연합의 지원 규정을 따른다. 연구 프로젝트의 계획이 다양한 연구개발 범주 중 하나에 속하게 되면 개별 연구개발 범주의 지원 수준에 따라 상응하게 지원 비율이 결정된다.

대학 기관, 연구 기관 및 이와 유사한 기관에 대한 지원 평가 기준은 지원 가능한 프로젝트 관련 지출에 근거하며 이는 공동 연구에서 개별적으로 최대 100%까지 지원될 수 있다. 기업의 경우 지원 가능한 비용의 최소 50%를 스스로 부담하여야 한다. 또한 기업은 협동 프로젝트에서

대학기관 또는 연구기관의 수준에 상응하게 이 기관들의 지출을 현금 지원을 통해 보조해야 한다. 중소기업(유럽 위원회의 최근 기준에 따른)은 특별 배당금이 보장된다.

산업 협력 프로젝트 외에 애플리케이션 잠재력이 높은 기초 연구를 위한 연구기관의 예비 프로젝트에 대한 지원이 있으며 이 기초 연구는 향후 산업 애플리케이션에 있어 큰 잠재성을 지니고 있어야 한다. 이러한 과학적 예비 연구 프로젝트는 연구소 협회를 통해 최대 100%까지 지원될 수 있다.

또한 원자재 연구개발을 진행하는 청년 과학자(young scientists)지원 및 중소기업 지원이 제공된다. 기존의 “WING” 프로그램에서 진행된 중소기업 지원 정책이 이번 “소재에서 혁신으로” 프로젝트에서 연계된다.

프로젝트의 목표 설정에 상응한 적정한 지원 구조를 수립하기 위해 지원 정책에서 다양한 방법들이 연구된다. 이러한 방법을 통해 특정 주제 및 대상 그룹에 대해 그리고 기술의 확산에 따른 직접 지원에 대해 추가적인 지원 대책이 이행된다. 여기에는 신청 및 프로젝트 이행 그리고 향후 자금 처리까지 매우 간편한 간접적인 지원 대책이 포함된다.

3. 표준화 및 국제 협력을 통한 기회

신소재 표준 및 이에 대한 규정에 대한 초기 대응과 관련 관계자의 참여 및 표준화 과정에 대한 참여는 목표에 따른 혁신소재의 연구개발과 기술 그리고 이에 기반한 제품의 국제 시장 진입에 기여한다. 유럽 또는 전 세계에서 통합된 표준 및 규정의 도입은 비용 절감 효과뿐 아니라 부품 및 시스템의 호환성 및 상호 운용성(interoperability)을 보장하게 될 것이다.

독일 연방 교육 연구부는 혁신 및 연구결과의 구현 및 확대를 강화하기 위해 독일 정부의 표준화 정책을 따라 표준화 및 규정 활동을 지원할 것이다.

국제 협력은 독일에 공동 협력 구성 및 지식 획득을 위한 수많은 기회를 제공할 것이다. 이러한 국제 협력은 독일 산업에 새로운 시장을 개척하고 기술 표준화를 위해 필수적으로 요구된다. 마찬가지로 프로젝트에서 부가가치 사슬 개척을 위해 유럽 파트너의 참여가 요구된다. 유럽 연합은 연구개발을 위한 “호라이즌 2020” 프레임워크 프로그램을 통해 소재 연구를 위한 지원을 제공할 것이다.

4. 학습 프로그램, 기술 이전 및 평가

연구개발의 다이내믹한 발전과 환경적, 사회적 기본 조건의 변화에 따라 지속적인 모니터링뿐 아니라 지원 프로그램의 지속적인 변화가 필요하다. 지원의 실질적인 구성과 관련 인력 간의 네

트위크 형성 및 품질 보장과 성공적인 평가를 위해 프로젝트 및 프로그램 전반에 대한 다양한 대책이 계획된다.

지원 가이드라인의 실질적 구성을 위해 독일 연방 교육 연구부는 규칙적으로 국내, 국외 전문가들과 함께 관련 세미나를 개최하며 이를 기반으로 지원 영역을 확대시킬 것이다.

독일 연방 교육 연구부는 또한 프로젝트 간, 관련 인력 간 기술이전 및 커뮤니케이션을 강화하기 위해 소재연구 관련 세미나 및 컨퍼런스를 정기적으로 실시하고자 한다. 이를 통해 지원 프로젝트의 최신 연구 결과를 소개하고 미래 도전과제 해결을 위한 정치, 과학, 경제 및 사회 간 지속적인 교류를 지원한다.

“소재에서 혁신으로”프로그램은 기존의 “산업, 사회를 위한 원자재 혁신, WING” 프로그램의 평가 결과를 반영하여 새로운 기술 개발을 시행하며 학습 프로그램으로써 변화하는 사회적, 경제적 기본 조건에 대응한다. 지원 프로그램 중간 중간 프로젝트에 대한 전략적인 외부 감사가 진행되며 이 과정에서 지원 정책적 프로그램의 목표와 지원의 효과 그리고 관계 인력의 프로젝트 참여가 평가된다. 평가 결과는 지원 프로그램의 지속적인 변화를 이끌어낼 것이다.

제5장

결론 및 시사점

전 세계적으로 제조업의 중요성이 다시 부각되면서 이 분야에서 국제적 경쟁력 확보가 각 국가의 미래 경쟁력을 결정하는 현재 상황에서, 제품의 품질 증대에 기여하고 제품에 차별성을 부여하는 새로운 소재는 그 중요성이 다시 한 번 강조될 수 있다.

이에 독일 정부 및 정부 산하 기관은 독일의 경제적, 환경적 상황을 올바르게 인식하고 빠른 사회 변혁에 발맞춘 기술 개발 계획을 시행하여 왔다. 그 중 독일의 나노기술은 이제 나노기술의 기초 연구 및 기술, 안정성 검증을 넘어 사회 발전을 통해 이미 나타났고 또 향후 나타나게 될 문제들을 올바르게 인식하여 그 분야에 맞게 응용, 적용하는 수준으로 나아가고 있다. 이를 위해 독일 하이테크 기술 전략, 나노 액션 플랜 등을 통하여 장기적이지만 통일성 있는 계획들이 추진되어 왔으며 이 과정을 통해 제4차 산업 혁명 등 미래 사회를 대비하기 위한 기술의 실제적인 개발에 포커스를 맞추고 있다. 세계 시장의 흐름에 따라가기보다는 사회 발전 및 안정화를 위해 독자적으로 분석, 예측, 계획, 시행, 적용하는 능력은 독일의 광범위한 기술 경쟁력이 뒷받침되어 있기 때문에 가능한 모습이다. 이번 보고서를 통해 다시 한 번 확인할 수 있겠지만 독일의 나노기술은 광범위한 사회 분야에서 필요한 곳에 적절하게 사용되며 독일은 산업에서의 시장 진입 및 사업 진행이 유리하도록 여러 가지 인프라를 구축하고, 산업의 숙련된 인력을 양성하여 나노 기술에 대한 국가 경쟁력의 초석을 준비하였다. 또한 나노기술 상용화를 촉진하기 위하여 안전 및 인식 개선에도 각별한 신경을 쓰고 있음을 확인할 수 있다. 독일과 환경적 상황적으로 다른 위치에 있는 한국에 맞는 계획 수립 및 이행이 요구된다.

또한 독일은 ‘하이테크2020전략’, ‘나노기술 시행계획 2015’ 등 나노기술과 관련된 정책을 오래 전부터 통일성을 가지고 계획을 수립, 진행하여 왔고 이미 몇몇 분야에서는 가시적인 열매들을 확인하고 있는 상황이다. 유럽 연합과의 협력을 통한 기술 연구개발은 독일의 나노기술 경쟁력을 상승시키는 효과를 가져 왔는데 한국 역시 주변 국가(중국, 일본, 대만 등)들과의 협력을 통해 빠르게 변화하는 세계 시장에 발 빠르게 대처해야 할 것이다.

참고문헌

국가나노기술정책센터, “2015년 독일의 나노기술 정책동향” Nanotechnology Policy Report, 2015-09, (2015. 03).

국가나노기술정책센터, “제 4차 산업화 프로세스(Industry 4.0) 독일 제4차 산업혁명을 위한 연구 개발 및 지원정책” Nanotechnology Policy Report, 2015-09, (2015. 03).

소재에서 혁신으로

인 쇄 2016년 11월

발 행 2016년 11월

발 행 인 한 선 화

발 행 처  한국과학기술정보연구원
www.kisti.re.kr Korea Institute of Science and Technology Information

주 소 서울시 동대문구 회기로 66

전 화 (02)3299-6114

I S B N ?

인 쇄 처 승림디앤씨 (02)2271-2581

[비매품]