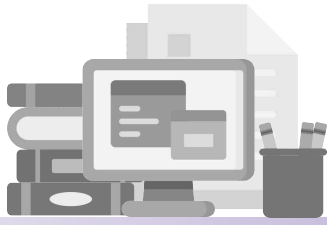


전략품목 환경분석

생체용 바이오 세라믹





CONTENTS

■ 전략품목 환경분석

전략품목 #5 생체용 바이오 세라믹

1. 개요	5
가. 정의 및 필요성	5
나. 범위 및 분류	8
2. 환경 분석	11
가. 시장 현황 및 전망	11
나. 기술개발 동향	15
3. 특허분석	23
가. 특허 동향 분석	23
나. 주요 기술 키워드 분석	27
다. 주요 출원인 분석	32
라. 분석 종합	37
4. 기술개발 로드맵	44
가. 요소기술 도출 및 핵심기술 선정	45
나. 기술 로드맵 구축	52

전략품목 요약자료

전략품목 정의 및 범위

- 생체용 바이오 세라믹이란 인체 내외에 적용되어 단기간 또는 장기간 손상된 인체 조직이나 기관의 기능을 치료, 대치, 회복시키는데 사용되는 바이오 세라믹 소재가 생체조직이나 체액 등과 접촉하였을 때 세포 및 유전독성, 생체조직과의 자극 및 염증 등의 독성이나 거부 반응이 없이 주변 조직과의 재생효율이 좋은 바이오 세라믹 소재를 의미함
- 생체용 바이오 세라믹의 범위는 크게 메디케어 및 뷰티케어 분야에 사용되는 바이오 세라믹 소재 및 제품을 포함하고 있음, 메디케어 분야에서는, 주로 인공관절, 인공 뼈 등과 같은 경 조직 분야에서 골대에 재료 및 수복 재료로 많이 사용되고 있으며 뷰티케어 분야에서는 다양한 색조화장품의 기본 원료로 사용되고 있음

전략품목 관련 동향

○ 시장전망 및 제품 동향

- **(시장전망)** 세계 생체용 바이오 세라믹 시장 규모는 2021년 30억 6,000만 달러에서 2027년 48억 달러로 연평균 7.58% 성장할 것으로 전망
- **(제품동향)** 바이오 세라믹 시장은 소수의 다국적 기업이 지배하는 독과점 구조이지만, 산학연 협력 체계와 임상데이터 관리로 틈새시장 공략 가능한 산업으로, 조직공학(tissue engineering) 및 뷰티케어(색조화장품) 분야와 연계하여 재료 자체의 개발에만 국한되지 않고 인체 내외에서 재료와 생체조직 간의 생체적합성까지 고려한 제품을 공급하는 산업

○ 기술개발 및 플레이어 동향

- **(기술동향)** 기능성 천연물 화장품 원료 증가에 따른 방출제어형 화장품 제형 개발 요구 증대 및 조직공학 지지체용 세라믹스에 대한 요구 증대 골 대체용 세라믹스에 대한 요구 증대
- **(플레이어)** Swatch(스), Kyocera(일), Croda(영), 시지바이오(한), 메디랩(한), 에이온(한), 셀루메드(한), 메타바이오메드(한), 오스코텍(한), 쿠보텍(한), 코웰메디(한), 콜마(한), 씨큐브(한)

○ 핵심기술

- 인체 이식용 세라믹 소재 제조 기술
- 정형외과용 세라믹 소재 제조 기술
- 조직공학용 세라믹 소재 제조 기술
- 치과용 기능성 세라믹 소재 제조 기술
- 기능성 생체용 복합소재 제조 기술

중소기업 기술개발 전략

- 치과, 정형외과 및 성형외과용 경조직 재생 소재 및 색조화장품의 기본 원료로 사용되는 등 산업적 활용 분야가 매우 큼에 따라 약물 및 기능성 원료 등의 복합화를 통한 기능성 제품화 개발로 시장 대응 및 선점 필요
- 바이오 세라믹 소재 관련 원천기술 및 관련 산업은 여타 소재 분야와 마찬가지로 선진국의 기술 및 제품 수입에만 의존하고 있으므로 산 학 연 협동 연구로 기반 기술개발 · ·
- 기업 고유 기술 바탕으로 소재, 소자 및 장치 개발과 판매를 전개하면서 산학연 연계 기술 확보

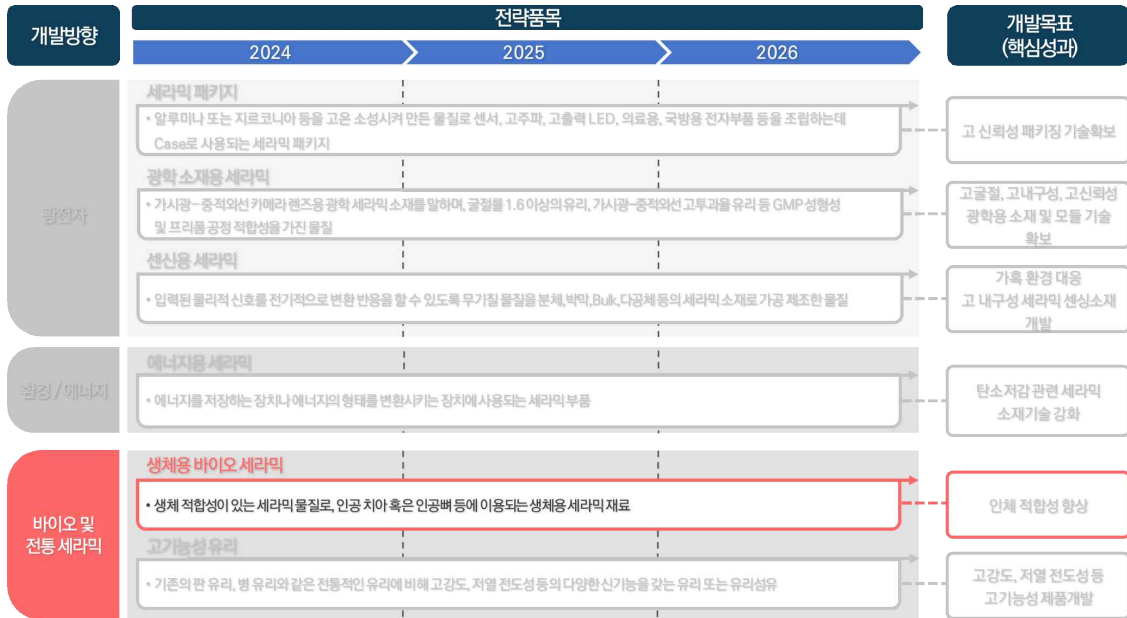
1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

- 생체용 바이오 세라믹이란 인체 내외에 적용되어 단기간 또는 장기간 손상된 인체 조직이나 기관의 기능을 치료, 대치, 회복시키는데 사용되는 바이오 세라믹 소재가 생체조직이나 체액 등과 접촉하였을 때 세포 및 유전독성, 생체조직과의 자극 및 염증 등의 독성이나 거부반응 없이 주변 조직과의 재생효율이 좋은 바이오 세라믹 소재로 정의되며, 생체 적합성, 내식성, 내마모성 및 고담지 기능을 갖고 있어, 고부가가치를 창출할 수 있는 핵심 소재임
- 일반적으로 생물학적 반응 정도에 따라 생체활성(Bioactive), 생체불활성(Bioinert), 생분해성(Biodegradable) 소재로 구분
- 생체활성 바이오 세라믹 소재는 생체 친화성(bio-compatibility)이 높아 신체에 삽입되면 주위 조직과 화학적으로 결합하는 재료를 지칭하며, 인산칼슘계 세라믹이 대표적 소재
- 생체불활성 세라믹은 생체활성 세라믹스와 달리 활성을 띠지 않는 소재로 신체에 삽입되면 염증과 독성은 유발하지 않지만, 생체조직과 직접 결합하지 못하고 주위에 섬유 조직이 생성되면서 결합하는 재료를 지칭하며, 경 조직 재생 분야에서는 알루미늄과 지르코니아 등이 대표적 소재이고 색조화장품 분야에 마이카, 탈크, 세리사이트의 대표적 소재임
- 생분해성 세라믹은 생체 상처 입은 조직을 치환할 뿐만 아니라 손상된 조직을 치료하며, 생체 자기 수복 기능을 돕는 역할과 뼈의 결합, 삽입 시 뼈가 서서히 자라면서 이식재로는 녹아서 없어지게 되고, 결국 신규 뼈로 교체되는 것을 인산칼슘계 세라믹의 용해도 조절을 통해 가능함

- 생체용 바이오 세라믹은 세라믹 분야에서 바이오 및 전 세라믹에 포함되는 전략 품목으로, 인체 적합성 향상을 통해 세라믹 분야에 있어서 중소기업의 기술경쟁력 확보가 가능할 것으로 전망됨



[세라믹 품목 로드맵 내 생체용 바이오 세라믹]

(2) 기술개발 필요성

- 현재 단순히 생체불활성 및 활성과 같은 물성 제어가 아닌 이식될 부위의 원래 골조직 구조와 조성을 그대로 모방하여서 골조직 재생을 유도할 수 있는 소재, 즉 지지체용 다공성 바이오 세라믹 소재 개발 관련 연구 진행
 - 기존 고강도 알루미늄 및 지르코니아에서, 생체 친화성 뛰어난 다공성 아파타이트 및 인산칼슘 기반 골소재로 대체되고 있는 상황
 - 다공성 골소재의 낮은 기계적 물성을 향상시키기 위한 세라믹 고분자 복합소재 연구가 최근 해외에서 활발히 진행 중
- 바이오 세라믹 연구개발의 주요 목적은 생체와 아무런 반응을 하지 않는 것이 생체에 가장 안전한 바이오 소재라 인식하여 이식된 부위에서 어떠한 생물학적 반응도 하지 않는 생체불활성 바이오 세라믹 소재의 수요가 증가

- 전 세계적으로 조직 재생 및 노화 방지 등 국민의 삶이 질 향상 및 건강한 삶 기대에 따라 기능성을 갖는 생체용 바이오 세라믹 소재산업이 유망산업으로 자리매김
- **경조직 재생 분야에서, 생체용 바이오 세라믹 재료는 기존 임플란트 대비 생체친화적이고 조직접합 및 재생 효율이 높아 치료 효율 및 수요가 증가**
 - 전 세계적인 고령 인구 증가로 정형외과 치과용 임플란트 수요가 급증하고 있으나, 국내 원천소재 기술 부재로 Stryker(미) 등으로부터 수입
 - 국내의 기능성 화장품 산업은 미백, 주름, 자외선 차단 제품에 머물고 새로운 기능성 제품의 개발은 미비한 상태
 - 신홍산업에 적용할 수 있는 기능성 화장품들의 새로운 소재들을 개발하고 정치와 경제가 뒷받침되어 연구에 더 집중할 수 있는 환경이 갖춰져 다양한 기능성 화장품 산업 등의 발전이 필요

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- (가치사슬) 인체 내에서 기계적, 화학적, 생물학적 특성과 역할을 향상하기 위해 맞춤형 소재 개발 요구
- (후방산업) 생체용 바이오 세라믹 분말 합성, 입도 제어 및 형상 제어, 진공열처리, 각종 성형 장비, 세라믹 코팅 장비 등을 후방산업으로 함
 - 세라믹 기지 복합소재는 세라믹-세라믹, 세라믹-탄소, 세라믹-금속 복합소재 등 구분되며, 세라믹 소재를 함유하는 고기능성 복합소재가 개발되고 있음
- (전방산업) 의료용 제품 및 색조화장품 등을 전방산업으로 함
 - 유럽 외 북미는 의료 지출이 눈에 띄게 증가하고 인구 사이와 건강에 관한 관심이 높아짐에 따라 바이오 세라믹 시장이 가장 빠르게 성장 중

[생체용 세라믹 가치사슬]

전방산업	생체용 세라믹	후방산업
세라믹 분말 합성, 입도 제어 및 형상 제어, 진공열처리, 각종 성형 장비, 세라믹 코팅 장비, 세라믹산업	생체 적합성 소재 특성 기술 및 제품형상화 기술	의료용 제품 및 색조화장품

* 출처 : 자체 작성

[2] 용도별 분류

- 생체용 바이오 세라믹은 임상 적용 위치와 치료목적에 따라 제품의 제조공정을 달리 할 수 있어 다양한 형상을 제조하여 사용
 - 바이오 세라믹은 형상에 따라 분말제, 섬유재, 코팅제, 벌크재로 구분
 - 분말 제품은 골충진 및 재생, 섬유 제품은 기계적 강도 향상 강화재 사용
 - 코팅용 제품은 임플란트와 생체조직간 결합을 강화하는 데 사용
 - 벌크용 제품은 골조직 대체용으로 사용

[생체용 바이오 세라믹 품목 산업구조]

공정	활용기술
분말 합성 공정	바이오 세라믹을 분말 형태로 합성하는 기술
코팅 관련 공정	바이오 세라믹을 임플란트 표면에 코팅하는 기술
3차원 성형 공정	바이오 세라믹을 3차원 형태의 치밀체 또는 다공체로 제조하는 기술
후처리 관련 공정	생체활성 표면처리 및 소독 기술
나노 복합화 공정	2종 이상의 바이오 세라믹을 나노 수준에서 복합화하는 기술
미세구조 제어 공정	바이오 세라믹을 나노/마이크로/마크로 수준별로 구조제어 하는 기술

* 출처 : 자체 작성

- 뷰티케어 생체 친화성 바이오 세라믹 소재는 탈크, 마이카, 세리사이트, 질화붕소 등과 같은 판상분체와 실리카 등의 세라믹 미립자가 주류를 이루고 있고, 여기에 기능성을 부여하기 위해 레시틴과 같은 지질막을 코팅한 후 비타민류, 식물성 파이트 호르몬, 세라마이드 등 기능성 원료 봉입하여 사용, 금속 입자를 코팅하여 미백 주름 개선 자외선 차단 등 기능별로 제품화하는 방법으로 개발되고 있음
- 대표적인 예로 사용감이 나쁘고 화장품으로서의 다량 사용이 어려운 TiO_2 , SiO_2 또는 ZnO 와 같은 세라믹 무기분체를, 사용감이 좋고 파우더 제품에 다량 사용되고 있는 판상의 무기분체(Talc, Mica, Sericite 등)에 표면코팅을 통해 자외선 차단 효과 미백효과 지분 흡수 및 광안정성과 같은 기능적 특성 발현 및 사용감을 개선한 방법들이 있음

[생체 친화성 바이오 세라믹 소재의 뷰티케어 활용 분야]

분야	소재
미백/주름 개선	기능성 미백/주름 개선 원료를 봉입/방출하는 바이오 세라믹 소재 (실리카, 마이카, 탈크, 세리사이트, 탄산칼슘, 점토 등)
색조	안료 등 (산화철, 알루미늄, 진주, 이중 복합소재)
자외선 차단	자외선 차단 및 흡수 (티타니아, 산화아연)

* 출처 : 자체 작성

① 소재별 분류

□ 생체용 바이오 세라믹 기술은 분말 합성, 성형 공정, 코팅, 열처리, 후처리 등 각종 공정을 통해 생체세라믹 제품 제조하는데 요구되는 모든 기술을 총칭하며, 바이오 세라믹 소재 제조공정 최적화 및 신공정 개발 요구되는 생산 기술과 생체 친화성 기능을 향상하거나 부여하는 기반 기술로 구분

[생체용 바이오 세라믹 품목 산업구조]

소재	사용 범위
알루미나	인공골두, 인공뼈, 안과보철기구, 치과용 임플란트, 상악골재건, 이비인후과용 등
지르코니아	인공골두, 치관코어, 임플란트, 지대주 등
카본	인공심장판막, 인공관절 및 고정장치 등
바이오글라스	코팅제, 치조용선보강, 치주포켓소실용, 상악골재건, 이비인후과용, 경피접촉기구, 척추 대체재료 등
결정화 유리	
수산화아파타이트	골 결합용 코팅 골대체 소재 등
TCP	임시 골충진재, 치주포켓소실용, 조직공학용 지지체 등
CMP	

* 출처 : 자체 작성

2. 환경 분석

가. 시장 현황 및 전망

(1) 개황

① 산업의 특징

- 바이오 세라믹 시장은 소수의 다국적 기업 지배하는 독과점 구조지만, 산학연 협력체계와 임상데이터 관리로 틈새시장 공략이 가능한 산업
- 생체 친화성 바이오 세라믹 산업은 조직공학 및 뷰티케어(색조화장품) 분야와 연계하여 재료 자체의 개발에만 국한되지 않고 인체 내외에서 재료와 생체조직 간의 생체 적합성까지 고려한 제품을 공급하는 산업
- 뷰티케어용 생체 친화성 바이오 세라믹은 피부 적용이 필수라서 다양한 화장품 임상시험 조건 충족 및 기능성 제품화에 주력하는 산업
- 경조직의 재생 시 세라믹 지지체의 역할이 핵심. 재생 대상에 따라 지지체 요구되어 의료 보건 복지 및 후방 지원 분야를 뒷받침하는 산업
- 경조직용 생체 친화성 바이오 세라믹은 대부분 인체 내에서 사용되기 때문에 세포 반응을 통한 in-vitro 시험, 동물 체내에서의 in-VIVO 시험 등을 통해 재료 자체의 특성 향상뿐 아니라 인체 내에서 재료의 세포 조직 적합성에 관한 연구가 필수적이어서 학제 간 연구가 필요한 산업
- 코로나19로 인하여 비대면 교육이 강제되어 디지털 전환이 가속화되고 있지만, 아직까지는 기존의 오프라인 학습과정을 그대로 온라인으로만 옮겨놓은 방식이 대부분
- 비대면 전환된 다수의 교육과정에 기존 수업자료를 활용한 화상 수업 방식이 주를 이룸

□ ICT 기술을 활용한 비대면 교육에서의 고유한 장점을 극대화 할 수 있는 전략을 수립해야하는 단계

- 시공간의 한계를 극복할 수 있는 ICT 기술의 강점을 살려 기존 학교에서는 개설할 수 없었던 독특한 과목들을 개설해 온라인 강의를 진행하거나, 네트워크를 통해 다른 학교 학습자들과의 그룹 활동 진행하는 방식도 실현 가능
- 기존의 거주지 기반의 학교 구성에서 벗어난 형태의 수준별 학교 구성이나 관심 있는 교육과정에 대해서 연령과 상관없이 등록할 수 있는 평생교육 과정과 같은 기초적인 구조의 개편도 가능
- AI, 빅데이터 통한 맞춤형 교육으로 교육 질적 향상. 학생의 성향, 학습 성취도, 개별적 동기 등을 면밀히 분석하고 그에 맞는 학습 솔루션을 제공 가능

② 산업의 구조

- 전방 및 후방산업 파급효과가 큰 수준이며, 국내 바이오 세라믹 소재 기술은 아직 초기 시장 진입 단계로, 일부 중소기업을 중심으로 부품산업 분야에서 점차 상용화 시장이 확대되고 있는 형태이며, 제품개발 후 인허가를 마치는 시간이 길어 시장 진입에 장애
- 높은 기술성을 추구한 제품은 치료 효과가 높을 수 있지만, 예측하기 어려운 부작용 가능성도 수반하므로 인허가에는 불리할 수 있음
- 국산 조직 재생용 치료제가 시장에 진입하고 있으나 수입품의 비중이 높은 편으로 원료 시장도 함께 성장하지 못하고 있음
- 안정성 검증받은 국산 소재 기반 개발된 국산 제품 시장 진입이 절실함

[2] 관련 시장 규모 및 전망

① 세계 시장

□ 세계 생체용 바이오 세라믹 시장 규모는 2021년 30억 6,000만 달러에서 2027년 48억 달러로 연평균 7.58% 성장할 것으로 전망

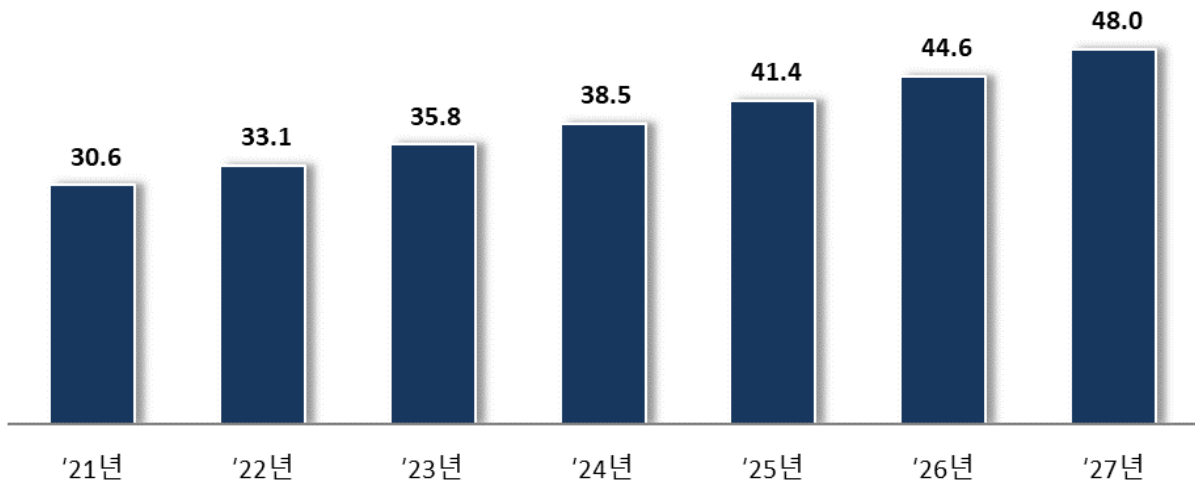
○ 생체적합성 재료에 대한 수요 증가, 고령화 인구 증가로 인한 척추 및 정형 생물학 수술의 증가, 치과 치료에서의 사용량 증가 및 신체의 병든 경조직 대체를 위한 사용량 증가로 성장 주도하고 있지만, 엄격한 임상 및 규제가 바이오 세라믹 시장 성장을 방해하고 있음

[생체형 바이오 세라믹 세계 시장 규모 및 전망]

(단위 : 억 달러, %)

구분	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	CAGR ('21~'27)
세계시장	30.6	33.1	35.8	38.5	41.4	44.6	48.0	7.58

(단위: 억 달러)



* 출처 : Bioceramics Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2023 - 2028) , Mordor Intelligence

② 국내 시장

□ 국내 생체용 바이오 세라믹 시장 규모는 2021년 887억 원에서 2027년 1,415억 원으로 연평균 7.0% 성장할 것으로 전망

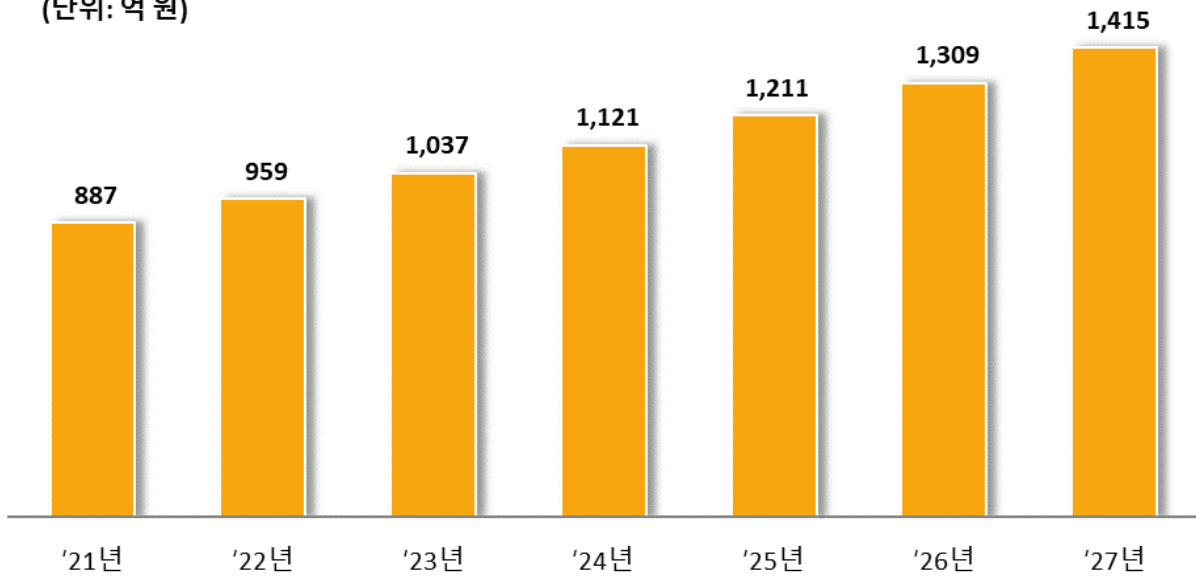
○ 국내 시장은 노인층 인구 증가 및 생체재료 기술 경쟁력 향상에 따라 지속적인 시장 수요 및 확대가 예상됨

[생체용 바이오 세라믹 국내 시장 규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	CAGR ('21~'27)
국내시장	887	959	1,037	1,211	1,211	1,309	1,415	7.0%

(단위: 억 원)



* 출처 : Generative AI_south korea_Statista Market Insights_('23.08)

나. 기술개발 동향

(1) 개황

① 화장품 관련 기술동향

□ 세라믹 소재 기반 자외선 차단 기능성 화장품 개발에 대한 요구 증대

- 이산화티탄(TiO₂) 및 산화아연(ZnO)
- 기존 유기 자외선 차단제의 난용해성, 피부자극성 광분해 등의 단점을 보완하기 위해, 세라믹 소재 기반의 자외선 차단 효율 향상 및 인체 무해한 기능을 갖는 기능성 화장품 개발

□ 기능성 천연물 화장품 원료 증가에 따른 방출제어 화장품 제형 개발에 대한 요구 증대

- 다공성 세라믹 소재 및 담체
- 기능성 천연물 원료의 봉입/방출제어를 통한 효율 증진

□ 기능성 색조화장품 원료 사용 세라믹 소재는 무기판상분체와 탄산칼슘, 일라이트 세라믹 미립자가 주류를 이루고 있으며, 기능성 부여를 위해 레시틴 기반 리포솜 제형에 기능성 원료를 봉입하여 미백, 주름 개선, 자외선 차단 등 기능별 제품화하는 연구 진행 중

□ 화장품은 초기 기초와 색조화장품으로 단순 분류되었고, 최근 기능성이 첨가된 기능성 화장품 개발, 도시형 미세먼지, 유해 인자로부터 피부를 보호할 수 있는 안티폴루션 화장품 개발, 치료 의미가 가미된 개인맞춤 코스메슈티컬 제품 개발로 발전하는 추세

□ 또한, 알루미늄, 아파타이트, 지르코니아 등 경조직용 바이오 세라믹 소재와 색조화장품용 세라믹 소재인 탈크, 마이카, 실리카, 일라이트 등의 바이오 세라믹 소재도 생체 친화성을 갖고 있어, 이를 이용한 기능성 색조화장품 개발도 정부 주도의 정책지원을 받고 있음

② 생체 관련 기술 동향

□ 골 대체용 세라믹스에 대한 요구 증대

- 석고(Calcium Sulfate), 인산칼슘 세라믹스, 지르코니아/알루미나 복합소재 등
- 적합한 골 흡수 속도를 유지하며 골 형성 유도를 위한 골 대체용 세라믹스 수요 증가
- 알루미나보다 높은 기계적 강도와 인성을 지니면서도 우수한 생체적합성을 가지고 있는 지르코니아를 활용하여 임플란트 지지주나 수복물 뿐만 아니라, 임플란트로 활용하고자 하는 시도가 진행

□ 탄성과 인성의 조화를 위한 용·복합화 기술 활발 지지체가 과도하게 높은 탄성을 가져 자연 조직에 가해지는 하중을 차단할 때 발생하는 골 밀도 감소를 예방하며, 세라믹 소재가 가진 취성을 보완하기 위해 천연 및 합성 고분자를 활용한 복합재료 제작 기술이 활발히 진행 중이며, 자연골과 유사한 탄성계수를 갖도록 용·복합화한 소재 제작 개발 중

□ 조직공학 지지체용 세라믹스에 대한 요구 증대

- 인산칼슘계 세라믹스, 생체분해성 유리
- 조직공학기법을 이용하여 골조직을 재생시킬 때, 골세포가 잘 부착하여 증식하고 분열할 수 있는 다공성 담체
- 조직 재생 및 피부 적용 효율 증진을 위한 소재 융복합화가 광범위하게 진행 중임 흡수 속도의 조절을 위해 지지체가 골조직 재생속도와 같은 수준에서 용해되도록 인산칼슘염 중 서로 다른 용해도를 가진 소재를 조합한 융합형 세라믹 소재 개발 중 (ex. Biphasic Calcium Phosphate)
- 조직 재생 다양한 생화학적 반응을 지원하기 위한 약물/기능성 화장품 원료 담지 및 지능형 방출시스템 설계(약물 및 기능성 화장품 원료 담지체를 이용한 서방형 및 속방형 방출시스템 설계)

- 생체모방형 구조 구현을 위한 나노 세라믹 입자 유무기 융복합체 개발
- 프린팅 공정을 통한 세포와 지지체의 융·복합화 기술개발. 3D 프린팅 공정은 대상 환자에 맞춤형으로 외형을 갖춘 지지체를 제작하는 장점이 있음. 3D 공정 세라믹 지지체 제작은 기술적 어려움 (분말 현탁액으로 제작한 성형상태가 건조 및 소결 과정에서 수축하기 때문)

③ 국내 기술 분석

- 국내의 생체 세라믹 소재 관련 연구는 주로 인공 골대체물, 임플란트 코팅제 개발 등 치과 분야에서 연구개발과산업화가 이루어지는 상황
- 국내 연구개발 프로그램도 1980년대 초반에는 아파타이트(HA) 합성 및 코팅에 대한 기초연구를 수행했으나, 1990년대 중반부터는 정부의 의료기기 국산화에 대한 의지가 커지면서 보건복지부 선도기술 개발사업을 통해 임상시험 및 제품화까지 연구하는 시스템을 구축
- 2000년 차세대 신기술 개발사업에서는 관련 업체의 주도적인 참여로 골 대체 소재 및 조직공학용 지지체 등에 대한 제품화 연구개발이 진행 중이며, 교육과학기술부의 프런티어 사업 지방자치단체의 다양한 특화지원사업을 통해 생체 세라믹 소재 관련 산업이 빠르게 발전하는 추세
- 국내 바이오 세라믹 소재를 의학이나 치의학에 적용하는 기술 수준은 선진국과 비교해 약 60%, 정도로 예상하며, 이는 바이오 세라믹 소재의 특성상 임상적으로 실용화되기까지 기술 및 자금투자가 다른 제품에 비해 길어서 지금까지 장기적인 기술개발 투자보다는 선진국의 기술 및 제품 수입을 선호하기 때문임
- 국내 바이오 세라믹 소재 관련 산업을 활성화하고 제품화를 촉진하기 위해서는 대학·연구소·산업계·의학·치의학 분야의 공동 연구시스템이 필수적이며, 연구팀의 연구 활성화를 위해서 분야별로 대표적인 연구팀을 구성할 수 있도록 제도적인 지원이 필요

□ 미래 부품·소재 산업의 트렌드 변화에 대응하고, 소재를 새로운 먹거리 산업으로 발전시키기 위한 소재 중심 미래 비전을 소재·부품 미래 비전 2020 수립

○ 4대 전략 12개 추진 과제를 통한 2020년 소재 부품 글로벌 4대 강국 달성 목표

○ 12개 추진 과제 중 바이오 세라믹과 관련된 소재 개발은 전략적 핵심 소재 개발이 해당

④ 세계 기술 분석

□ 미국 생체용 바이오 세라믹 소재에 대한 연구개발은 유럽이나 일본에 비해 다양하지 않고 임상에 활용도 낮은 편

○ 유럽, 일본에서 임상 사용 후 미국 FDA 승인하는 보수적인 정책 유지. 선도 연구기관은 미국국립보건원(NIH)으로 Freeze casting법으로 이방성 기공 HA 지지체, 생체모방 고기능성 바이오 세라믹, 고인성, 고강도 바이오 세라믹 복합소재, 인공뼈 및 인공고관절 바이오 세라믹 개발에 주력

□ 일본 생체용 바이오 세라믹 소재 연구는 세계 어느 나라보다도 다양

○ 일본 내 많은 대학과 연구소에서 개발된 바이오 세라믹 소재는 바로 산업화 및 임상에 연계되는 우수한 연구체계를 구축하고 특히, 인공골 개발에 관한 연구개발에 대한 지속적 정부의 지원 및 산업체의 참여가 활발. 특히 주요 연구기관은 나고야국립공업연구소(NIRIN), 도쿄대학교, 물질재료연구소(NIMS), 동북대학교, 교토/추부대학교 등임

□ 유럽 연구현황은 인공골두 소재로 알루미늄 세라믹이 1990년대 초부터 유럽을 중심으로 사용

○ 더 높은 강도와 인성을 갖는 지르코니아를 이용해 환자에 따라 골두 크기를 작게 하거나 지지대의 골두 삽입 부분 길이를 조절하는 등 고관절 전치술 보철물 디자인에 융통성을 부여할 수 있는 연구에 집중하고 있으며 영국의 Imperial 대학, Leeds 대학, Birmingham 대학, 스위스의 연방기술연구소 등 바이오 세라믹 소재에 대한 연구개발이 활발

(2) 주요 기술개발 동향

① 해외 기업

□ Swatch(스위스)

- 새로운 바이오 세라믹 출시 스위스 위치메이커는 이 멋진 기술 융합제품으로 혁신의 한계를 계속해서 확장하고 있음

□ Kyocera(일본)

- 자사 고유의 기술을 바탕으로 소재, 소자 및 장치의 개발과 판매를 전개해 왔지만, 시장점유율에서는 기대에 미치지 못함. 따라서, 기술력을 가지고 세계적인 업체들의 분업화 파트너로서 사업에 참여하는 전략이 필요

□ Croda(영국)

- ZnO 등의 무기 자외선 차단성분을 활용한 Solaveil 시리즈 등의 자외선 차단 원료를 개발. 미백, 주름 개선 등 고시 원료보다 과학적인 기술력 바탕으로 Duraquanch등과 같이 장기 피부 보습 증가 등 아이템을 꾸준히 개발 중

[해외의 대표적인 업체별 생산제품]

메디케어분야		뷰티케어분야	
기업명	주요 생산품	기업명	주요 생산품
Zimmer(미국)	인공골, 척추용	Croda	아산화티탄, 산화아연, 탄산칼슘 및 자외선 차단 복합제
Stryker(미국)	고관절 시스템	BASF	
3M ESPE(미국)	지르코니아 블록	Ashland	
Interpore Cross(미국)	아파타이트 골 대체물	Merck	
Himed(미국)	아파타이트	MakerBot(미국)	
CeramTec(독일)	인공관절	Cubify(미국)	
VITA(독일)	지르코니아 블록	Symrise	
Biomatlante(프랑스)	합성골 시멘트	Evonick	
Novel Biocare(스웨덴)	골유착형 임플란트	Materialise(벨기에)	
Straumann(스위스)	임플란트 나노 표면처리	Lonza	
Kyocera(일본)	고관절, 인공치아	Uniproma	

* 출처 : 자체 작성

2 국내 기업

□ 시지바이오

- 대체재료 기술력을 기반으로 성장성과 수익성을 갖춘 글로벌 재생의료 전문 기업 목표로, 줄기세포(Stem Cell), 지지체(Scaffold), 성장인자(Growth Factor) 3요소에 대한 바이오 소재 기술 기반 혁신 의료기기 제품 연구개발 및 생산
- 대표 혁신 제품으로 골형성 촉진 단백질(rhBMP-2)을 골대체용 세라믹에 탑재한 노보시스가 있음

□ 메디팜

- 최초 특허 등록 ‘분리형 Screw Type 압출기’ 적용 바이오 3D프린터 출시
- 기존 바이오플라스틱 활용한 기존 공압 방식이 아닌, 고점도 폴리머 재료를 활용해 인체 삽입형 의료기기를 생산

□ 에이온

- 세계 최초 인공치아 3D프린터 출시, 세라믹 프린팅 소재로 쓰는 3D프린터를 개발한 업체 전 세계에 3곳 중 한 곳
- 기존 캐드캠 장비 절반 가격으로 프린터 구매 가능 생산성도 기존 캐드캠 장비보다 최대 4배



에이온 기업 개요

설립·대표 2016년·유학동

특징

- 세계 최초 3D 프린팅 인공치아 출시
- 3D 프린팅 바이오세라믹 소재 개발
- 산업용 정밀 부품 등으로 사업 확장
- 올 매출 목표 103억원

‘이니2’ 생산 가능 품목

- 치과 치료용 인공치아
- 정형외과용 인공 척추 관절
- 항공우주 분야 터빈용 부품
- 2차전지 세라믹 소재 부품
- 스마트 기기 외형 소재 부품

* 출처 : 세계 최초 인공치아 3D프린터 (매일경제, 2021)

[에이온 기업 개요]

□ 셀루메드

- 인도네시아 식약청(BPOM: Badan Pengawas obat Makanan)으로부터 고정형 무릎 인공관절의 품목허가를 취득
- 고정형 인공관절 제품(L-F knee system)은 기존 인공관절 제품의 원재료인 코발트-크롬(Co-Cr) 대신 티타늄(Ti)을 원재료로 사용한 제품

□ 메타바이오메드

- 치아에 들어가는 치근관 충전재 분야 세계 1위 기업, 세계시장 22% 차지
- 일정 기간이 지나면 인체에 흡수되는 수술용 실인 생분해성 봉합사를 세계 7번째로 개발하여 100여 개국 수출

□ 오스코텍

- 골다공증, 관절염, 치주질환 등 뼈 관련 질병에서 나아가 백혈병, 파킨슨병 등 개발 영역을 넓히며 신약 개발 전문 R&D 기업. 여러 가지 연구 산물과 축적된 지식을 기능성 소재 및 관련 제품, 뼈이식재 등 사업화를 진행하여 기능성 소재 및 관련 제품사업, 치과용 뼈이식재 사업 운영

□ 쿠보텍

- 치과 임플란트 부품/보철재료/구강 케어 제품 제조 등 정형외과용 및 신체 보정용 기기 제조업체
- 타이타늄 소재 제품을 이용한 치과용 임플란트 및 임플란트 설계 및 개발, 차세대 지르코니아 블록, 흡수성 바이오 생체소재와 기타 치과 소재 연구

□ 코웰메디

- 치과용 임플란트 및 골이식재료 제조업체 재조합 단백질 응용제품 생산 및 개발
- rhBMP-2를 이용한 임플란트 표면코팅 기술의 경우 미국 특허 등록을 완료. 생산제품을 30여 개국에 수출 중

□ 콜마

- 나노 세라믹 리포솜 코팅 기술 이용하여 공동 개발한 변색 방지용 아이새도 및 트윈케이크에 관한 연구 성과를 선보임

□ 씨큐브

- 공동개발 중인 도시환경 유해인자(미세먼지, 자동차, 매연 등) 차단 화장품인 안티폴루션 화장품용 복합 기능성 소재를 비롯하여 효성과 C&K 프로팩과 공동개발 중인 슬리밍 효과를 내는 코스메틱 섬유에 관한 연구 성과 발표함

3] 국내 연구개발 기관

- 주요 연구원에서 생체용 바이오 소재, 세라믹 복합소재, 무기 나노소재, 신소재 공정 등의 관련 연구조직을 구성하여 새로운 연구 기술 개발 진행

[국내 바이오 세라믹 주요 연구조직 현황]

분류	상세내용
한국세라믹기술원 융합바이오 세라믹 소재센터	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 조직 재생용 바이오 세라믹 복합소재 ▪ 기능성 색조화장품 및 안티폴루션 화장품용 소재
한국과학기술연구원 생체재료연구단	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무기 나노소재를 활용한 세포 지지체 디자인 연구 ▪ 조직공학 및 줄기세포를 이용한 생체재료 연구
고등기술연구원	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신소재공정센터, 융합소재연구센터에서 세라믹의 다양한 분야를 연구 중

□ 한국세라믹기술원

- 바이오 세라믹 소재 미량성분 분석 방법 확립(CD comments 대응 시험)
- 고순도 알루미나 미량성분 분석 방법 DIS 승인(ISO TC206)
- HA 및 TCP 미량성분 분석 방법 DIS 승인(ISO TC206)
- 약물 방출 거동 제어를 위한 온도민감성 나노스펀지 플랫폼 및 이를 포함하는 약제학적 조성물 연구
 - 친수성 및 소수성 약물의 동시 전달을 위한 온도민감성 나노스펀지 플랫폼 (Thermosponge nanoparticle(TNP) platform) 및 이의 약제학적 용도에 관한 연구

3. 특허 분석

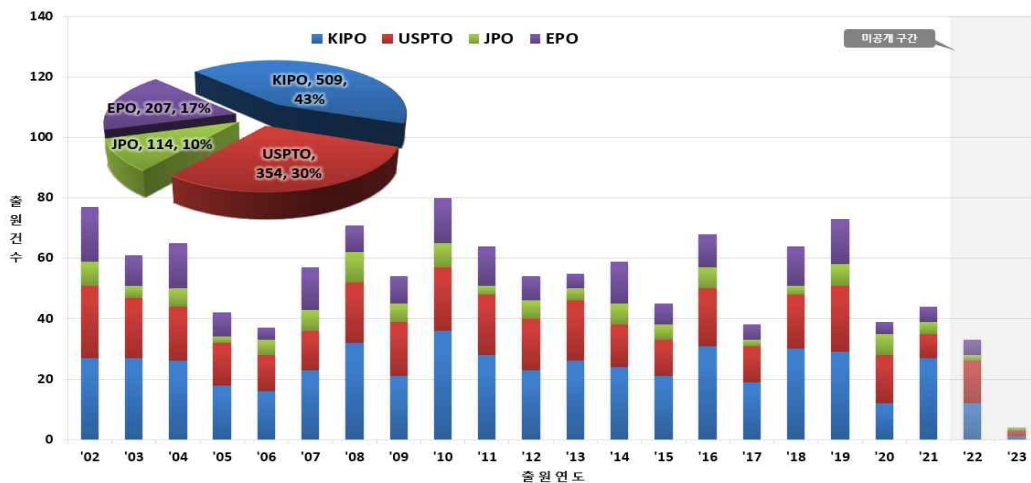
가. 특허동향 분석

(1) 특허증가율 분석

□ 연도별·국가별 출원동향

○ 주요 국가의 해당품목 기술개발 활동현황 분석

- 과거부터 최근까지(20년) 해당품목에 대한 특허기술 출원의 양적 트렌드 분석을 통해 해당품목의 기술개발 동향 파악
- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별, 연도별 특허출원 동향을 통해 해당품목을 선도하는 국가 파악



[연도별·국가별 특허출원동향]

- 생체용 바이오 세라믹 품목은 2002년부터 관련 출원이 증감이 반복되는 양상을 보이거나, 유사한 수준의 출원이 지속적으로 진행되고 있으며, 한국, 미국, 유럽, 일본 순으로 활발한 출원 활동이 진행되고 있음
- 국가별 출원비중을 살펴보면, 한국이 43%의 출원비중을 차지하고 있어 최대 출원국으로 생체용 바이오 세라믹 산업분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 다음으로 미국 30%, 유럽 17%, 일본 10% 순으로 나타남
- 연도별 출원동향을 살펴보면, 유사한 수준의 출원이 꾸준히 진행되는 데, 이는 골 대체용 세라믹스에 대한 요구가 증대되고, 조직공학과 연계한 바이오 인공 장기에 대한 연구 개발, 환자 맞춤형 형상설계 및 성형기술 개발 발전에 기인한 것으로 분석됨

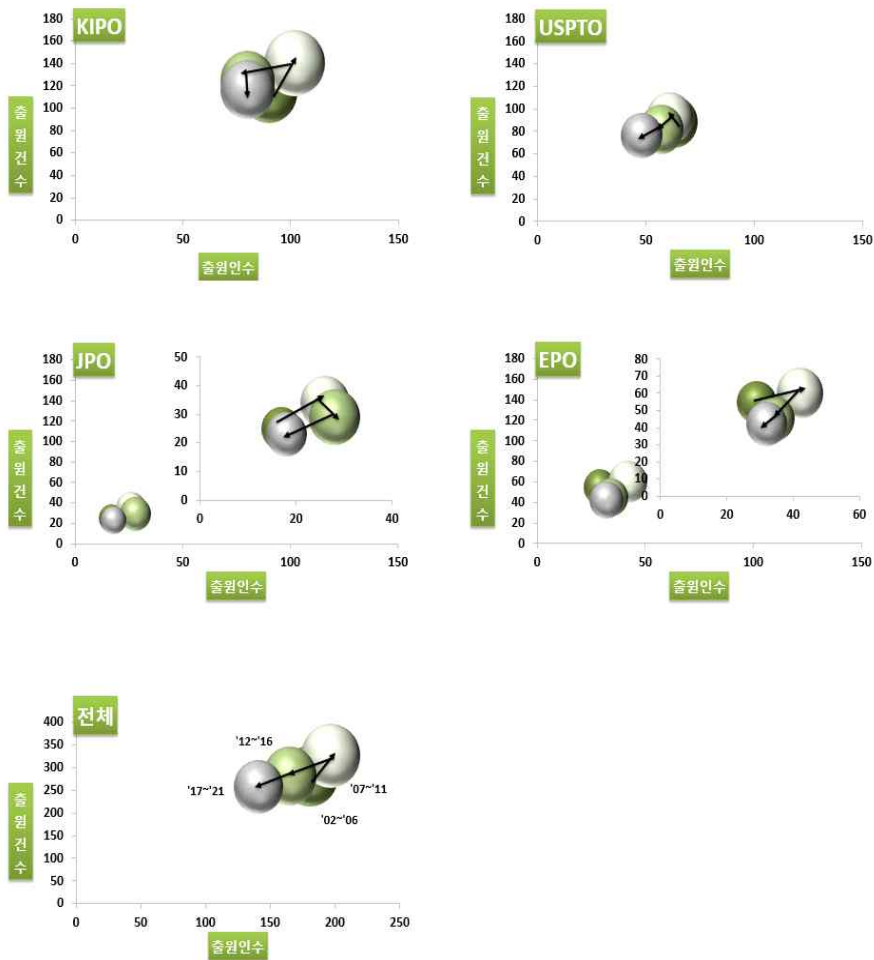
[2] 기술주기 분석

□ 기술수명주기 분석

○ 기술수명주기 분석을 통해 해당품목 기술의 현재 위치를 파악함

- 해당품목의 전체 출원동향을 4구간(각 5년)으로 나누어 각각의 구간별 특허출원인수 및 특허출원건을 그래프로 나타냄으로써 해당기술의 수명주기 파악이 가능함

* 기술수명주기 분석 = 구간에 따른 특허출원건수와 출원인수 변화의 상관관계 분석



[기술수명주기분석]

- 생체용 바이오 세라믹 기술 분야의 기술 위치를 살펴본 결과, 전체적인 동향은 기술혁신의 주체인 특허출원인수와 기술혁신의 결과인 특허출원건수가 유사한 수준의 동향을 보임으로 성숙기 단계로 분석됨
- 한국, 미국, 일본, 유럽 주요국가 모두 특허출원인수와 특허출원건수가 정체 또는 소폭 감소하는 추세이므로 성숙기 단계로 분석됨

□ TCT(기술순환주기) 분석

○ TCT 분석을 통하여 해당품목 기술의 진보속도 및 주요국가의 기술혁신 속도를 파악함

- TCT는 최신 기술을 활용하는 경향을 나타내는 지표로서, 제품의 개발주기와 기술개발활동의 강도와 연관되며, TCT 값이 크면 신기술 개발주기가 길어져서 시장에서 새로운 기술 도입에 긴 시간이 걸리며, TCT 값이 작으면 신기술 개발주기가 짧아져서 해당품목관련 신기술 도입에 오랜 시간이 걸리지 않아서 새로운 기술이 적용된 신제품이 자주 등장한다는 것을 의미함

* TCT(Technology Cycle Time) = 한 특허에서 인용한 과거 특허 문서들과의 시차의 중앙값



[TCT분석]

- 전체 기술순환주기(TCT) 값을 살펴보면, 2002~2021년까지는 평균 TCT 값이 10.2년으로 원천기술을 기반으로 해당품목의 연구개발이 진행되고 있는 것으로 분석됨
- 최근 값을 살펴보면, 한국의 기술순환주기 값이 8.7로 주요국가 중 가장 낮게 나타나며 해당품목의 기술개발활동이 활발하게 진행되는 것으로 분석됨. 일본은 14.0의 기술순환주기 값을 보여 다른 주요국가 대비 상대적으로 기술개발 속도가 낮은 수준으로 나타남

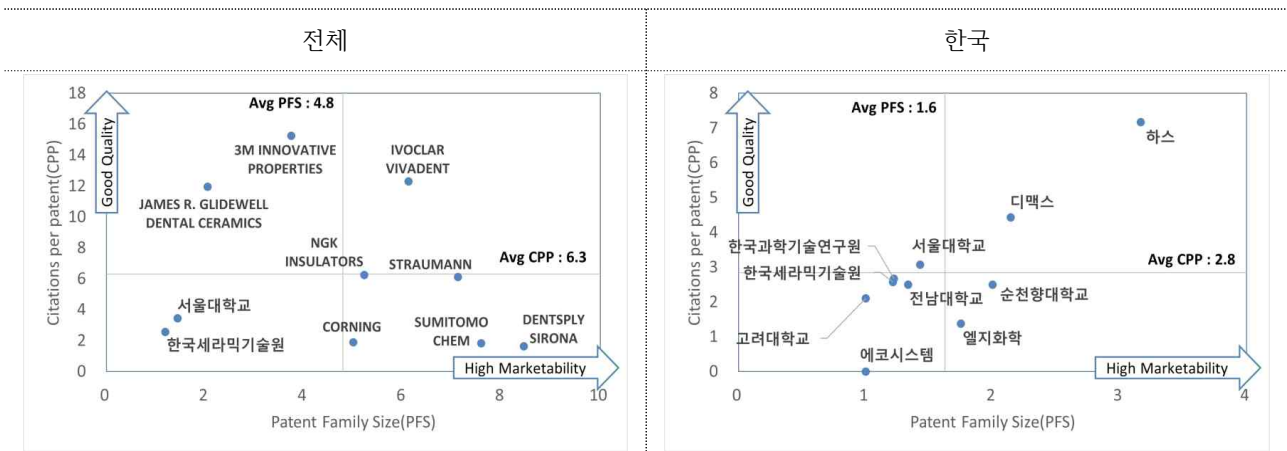
[3] 특허영향력 분석

□ 기술영향력

- 기술영향력 지수(CPP) 분석을 통해 특정 출원인의 기술력을 파악함
 - 기술영향력(CPP) 지수는 특정 등록특허가 다른 특허들에 의해 인용된 횟수를 나타내며, 이 값이 클수록 질적 수준이 높은 특허임

□ 시장지배력

- 시장확보지수(PFS) 분석을 통해 특정 출원인의 시장지배력 정도를 파악함
 - 시장확보지수(PFS)는 출원인 국적별 패밀리국가수를 분석하는 것으로, 해당품목에서 글로벌시장을 타겟팅한 출원인이 누구인지 파악 가능함



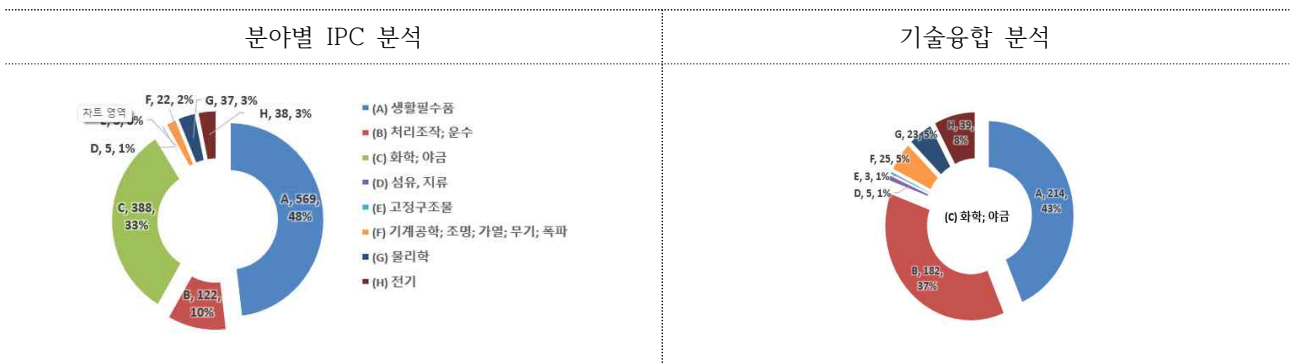
[특허 영향력 분석]

- 생체용 바이오 세라믹 품목에 대한 주요 출원인들의 경쟁력 분석 결과, 전체국가에서는 IVOCLAR VIVADENT, 3M INNOVATIVE PROPERTIES 특허가 상업적 가치가 높은 것으로 평가됨
- 전체국가에서 한국의 기업으로는 서울대학교가 포함되어 있으나 다른 주요 출원인 대비 시장확보력 또는 질적수준이 다소 낮은 것으로 평가됨
- (전체) IVOCLAR VIVADENT : 기술영향력(CPP) 12.3 / 시장확보력(PFS) 6.1
 3M INNOVATIVE PROPERTIES : 기술영향력(CPP) 15.3 / 시장확보력(PFS) 3.7
- 한국에서는 하스와 디맥스의 특허가 질적 수준과 시장확보력이 가장 높은 것으로 분석됨
- (한국) 하스 : 기술영향력(CPP) 7.2 / 시장확보력(PFS) 3.2
 디맥스 : 기술영향력(CPP) 4.4 / 시장확보력(PFS) 2.1

[2] 기술현황 분석

□ IPC(국제특허분류) 분석

- 전 세계적으로 통용되고 있는 IPC를 통해 해당품목의 기술현황 및 집중 기술분야를 확인함
 - 기술·산업 간 융합에 기반한 새로운 시장전개에 대한 이해증진을 위해 IPC를 활용한 기술융합 분석 정보를 제공함



[IPC 분석]

- 생체용 바이오 세라믹 품목은 섹션 A 생활필수품(48%), 섹션 C 화학;야금 기술분야의 비중(33%)이 높은 것으로 나타났으며, 그중에서도 치과;구강 또는 치과 위생용 장치 또는 방법(A61C) 분야에서 집중 연구가 진행되고 있는 것으로 분석됨
- 기술융합에 대한 추이를 살펴보면, (C) 화학;야금에서 (A) 생활필수품과의 기술융합이 활발히 진행되고 있는 것으로 나타남

[IPC Sub Class]

IPC Sub Class	국문타이틀	건수
A61C	치과; 구강 또는 치과 위생용 장치 또는 방법	208
C04B	석화; 마그네시아; 슬래그; 시멘트; 그 조성물	202
A61L	재료 또는 물건을 살균하기 위한 방법 또는 장치 일반	129
A61K	의약품, 치과용 또는 화장용 제제	117
C01B	비금속 원소; 그 화합물	34

(3) 기술집중력 분석

□ CRn 분석

- 주요 출원인에 의한 특허점유율을 분석하여 기술집중력(시장 독과점 수준)을 판단함
 - 특허동향조사에서는 통상 CR4를 사용하며, CRn값이 0에 가까울수록 시장 독과점 수준이 낮은 것을 의미하고, CR4 값이 40에서 60일 경우 시장의 독과점 수준이 높은 것으로 해석됨

[CR4 분석_ 전체기업 집중력]

출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
NGK INSULATORS(JP)	41	3.5%		1
3M INNOVATIVE PROPERTIES(US)	31	2.6%		2
CORNING(US)	28	2.4%		3
JAMES R. GLIDEWELL DENTAL CERAMICS(US)	21	1.8%	10.2%	4
IVOCLAR VIVADENT(LI)	17	1.4%		5
STRAUMANN(CH)	17	1.4%		6
SUMITOMO CHEM(JP)	17	1.4%		7
서울대학교(KR)	16	1.4%		8
한국세라믹기술원(KR)	16	1.4%		9
DENTSPLY SIRONA(US)	11	0.9%		10
기타	969	81.8%		
합계	1,184	100.0%	CR4=10.2%	

[CR4 분석_ 국내시장 연구주체별 집중력]

출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
중소기업(개인)	239	47.0%	47.0%	1
대기업	18	3.5%		2
연구기관/대학	126	24.8%		3
기타(외국인)	126	24.8%		4
합계	509	100.0%		

- 생체용 바이오 세라믹 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn) 분석 결과, 상위 4개 기업의 시장점유율이 10.2%로 독과점 정도가 낮은 수준으로 분석되어 주요 출원인들에 의한 기술 집중화 정도가 낮은 시장으로 판단됨
- 국내시장에서의 중소기업의 점유율 분석 결과, 생체용 바이오 세라믹 품목에서 중소기업의 점유율은 47.0%로 조사되어 국내시장에서 중소기업의 해당시장 진입장벽은 보통 수준인 것으로 분석됨

□ HHI 분석

- 주요 출원인에 의한 특허점유율을 분석하여 기술집중력(시장 독과점 수준)을 판단함
 - 특허데이터를 활용하여 전체 또는 특정 산업부문 내 모든 기업의 특허점유율을 이용해 시장집중도를 분석함
 - HHI값이 높을수록 기술활동의 집중수준이 높고 특정 기업들이 해당 시장을 과점하고 있기 때문에 신규 업체가 해당시장을 진입하기가 쉽지 않은 것으로 해석됨

* HHI(Herfindahl-Hirschman Index) = 시장(산업)내 모든 기업의 각 점유율을 제곱하여 합한 값

[HHI 분석]

공보	KIPO	USPTO	JPO	EPO	전체
HHI	65	167	222	198	59

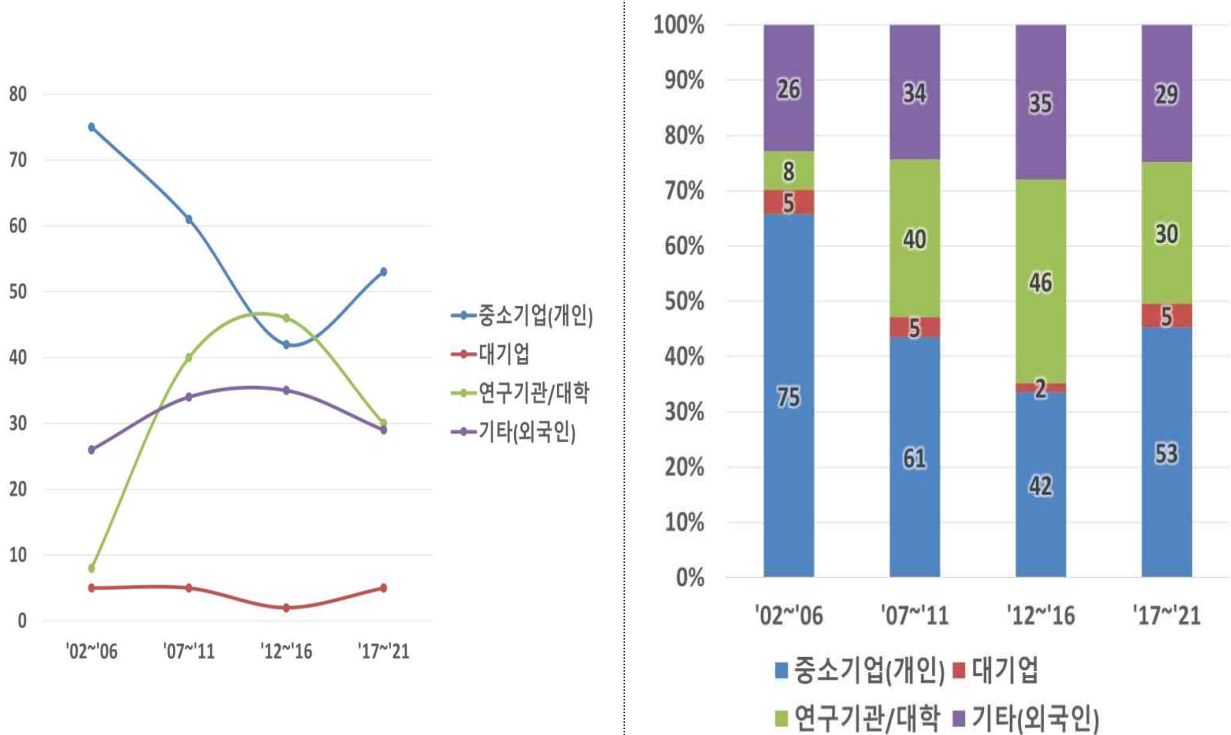
- 생체용 바이오 세라믹 관련 기술에 대한 HHI(허핀달-허쉬만)지수 분석결과, 전체 59로 경쟁적인 시장이 형성되어 있으므로 시장진입이 다소 용이한 것으로 분석됨
- 한국의 경우 HHI 지수가 65로 기술활동의 집중수준이 높지 않은 상태이므로 시장진입이 어렵지 않은 것으로 분석됨

□ 기간별 연구주체 분석

- 국내 연구주체에 따른 기간별 특허동향을 분석하여 해당품목의 기술개발 선도주체를 파악함

* 국내 대기업과 중소기업의 판단기준은 2022년 4월 공정거래위원회의 대기업 집단 지정결과(대기업집단 76개)에 따름

- 기간별 연구주체 분석을 통하여 해당품목의 중소기업 현재 역량을 파악할 수 있으며, 향후 중소기업의 기술개발 및 투자전략 타당성 확보를 위한 가이드라인을 제시함



[기간별 연구주체 동향]

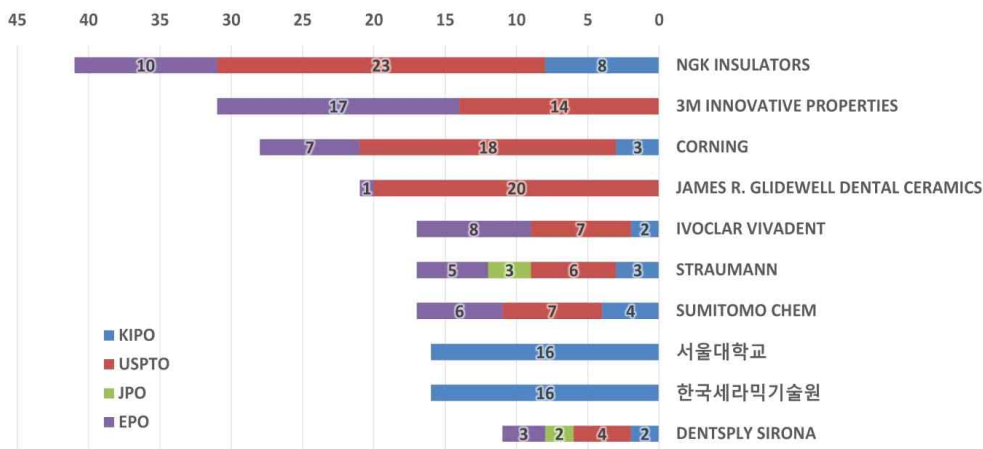
- 기간별 연구주체 분석에 따르면, 최근 생체용 바이오 세라믹 관련 기술은 중소기업(개인)이 주체가 되어 기술개발이 활발히 진행되고 있는 것으로 나타남. 이는 해당품목에 대한 중소기업 중심의 기술개발 및 투자전략이 타당함을 보여줌

다. 주요 출원인 분석

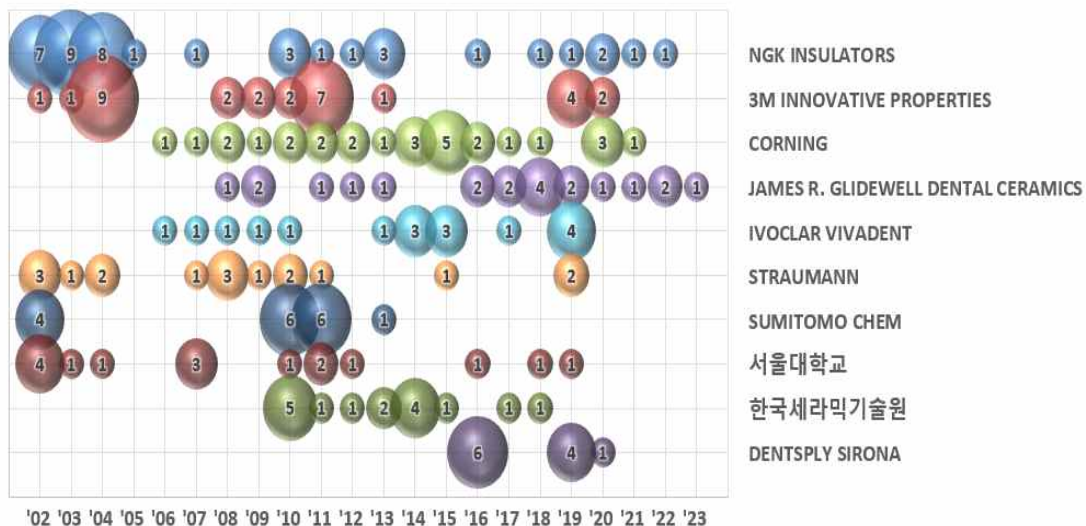
(1) 주요 출원인 동향 분석

□ 주요 출원인 분석

- 해당품목에서 다수의 출원을 보유하고 있는 주요 출원인(Top 10)의 분석을 통해 전략적인 지적재산관리와 기업의 경쟁력을 강화함
- 주요 출원인을 기준으로, 해당품목에 대해 기술개발을 주도하고 있는 기관 및 기업을 파악하고, 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 출원현황 분석을 통해 주요 출원인들이 고려하고 있는 주요 시장이 어디인지 예측하여 거시적 관점의 향후 트렌드를 전망함



[주요 출원인 국가별 출원 건수]



[연도별 출원인 건수]

- 생체용 바이오 세라믹 품목의 주요 출원인을 살펴보면, 미국 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며 제 1출원인은 글로벌 세라믹 기업인 NGK INSULATORS인 것으로 조사됨
- 생체용 바이오 세라믹 품목 관련 해외 주요 출원인으로는 NGK INSULATORS, 3M INNOVATIVE PROPERTIES, CORNING 등이 도출되었으며, 국내 주요 출원인으로는 서울대학교, 한국세라믹기술원, 고려대학교 등이 주요 출원인이 나타남
- 국내 주요 출원인은 기업보다 대학 및 국가연구기관이 출원을 주도하고 있어 대학 및 국가연구기관 등 공공기관 주도의 연구개발이 활발히 진행되고 있는 것으로 분석됨



[국내외 주요 출원인 / 국내 중소기업 주요 출원인]

* 국내 대기업과 중소기업의 판단기준은 2022년 4월 공정거래위원회의 대기업 집단 지정결과(대기업집단 76개)에 따름

- 국내 중소기업 주요 출원인은 디맥스, 하스, 에코시스템 등이 도출되었으나 대기업에 비해 특허수가 상대적으로 낮은 것으로 나타남.

라. 분석 종합

(1) 분석결과 요약

□ 분석 내용 요약

[특허 분석 결과]

구분		분석 내용
특허동향 분석	특허증가율 분석	주요 국가별로 살펴보면 한국이 가장 활발한 출원활동을 보이는 것으로 조사되었으며, 다음으로 미국, 유럽, 일본 순으로 분석됨
	기술주기 분석	생체용 바이오 세라믹 기술 분야의 기술 위치를 살펴본 결과, 전체적인 동향은 기술혁신의 주체인 특허출원인수와 기술혁신의 결과인 특허출원건수가 유사한 수준의 동향을 보임으로 성숙기 단계로 분석됨
	특허영향력 분석	생체용 바이오 세라믹 품목에 대한 주요 출원인들의 경쟁력 분석 결과, 전체국가에서는 IVOCLAR VIVADENT, 3M INNOVATIVE PROPERTIES 특허가 상업적 가치가 높은 것으로 평가됨 한국에서는 하스의 기술영향력 및 시장확보력이 상대적으로 모두 높은 것으로 분석됨
기술동향 분석	기술개발동향 변화분석	생체용 바이오 세라믹 품목에 대한 지난 20년간의 특허 주요 기술 키워드 분석 결과, ‘바이오 세라믹’ 및 ‘Glass Ceramic’ 이 주요 키워드로 도출됨
	기술현황 분석	생체용 바이오 세라믹 품목은 섹션 A 생활필수품(48%), 섹션 C 화학;야금 기술분야의 비중(33%)이 높은 것으로 나타났으며, 그중에서도 치과;구강 또는 치과 위생용 장치 또는 방법(A61C) 분야에서 집중 연구가 진행되고 있는 것으로 분석됨
	기술집중력 분석	생체용 바이오 세라믹 품목은 기술활동의 집중수준이 높지 않은 상태이므로 시장진입이 어렵지 않은 것으로 분석됨
주요 출원인 분석	출원인 동향 분석	생체용 바이오 세라믹 품목의 주요 출원인을 살펴보면 미국 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며 제 1출원인은 글로벌 세라믹 기업인 NGK INSULATORS인 것으로 조사됨
	주요 출원인 기술 키워드 및 주요 특허 분석	NGK INSULATORS는 Ceramic Honeycomb Structure, Ceramic Porous, Porous Partition Wall 등의 키워드가 도출되었으며, 세라믹 구조체 생산 기술력이 높은 것으로 조사됨 3M INNOVATIVE PROPERTIES는 Glass Ceramic, Dental Article, Composite Material 등의 키워드가 도출되었으며, 치과용 세라믹 제조 기술력이 높은 것으로 조사됨 CORNING은 Ceramic Honeycomb, Inorganic Batch Componet, Making Ceramic Body 등의 키워드가 도출되었으며, 세라믹 벌집 재료 제조 기술력이 높은 것으로 조사됨

□ 분석 종합표

[평가지표/ 정량적 분석]

평가지표	한국		미국	유럽	일본
	전체	중소기업			
특허 활동도 ¹⁾	100.0	63.3	63.8	58.1	56.1
특허 부상도 ²⁾	93.2	91.7	81.6	62.1	100.0
특허 시장력 ³⁾	22.0	22.4	68.2	100.0	71.5
특허 영향력 ⁴⁾	26.0	29.5	100.0	47.4	31.2
↓					
상대적 기술경쟁력 ⁵⁾	76.9	66.0	100.0	85.3	82.5

* 각 평가지표 값은 원 계산 값에 상대적 비교의 편의성을 위해 최고점 100점으로 환산한 값이며, 상대적 기술경쟁력은 각 평가지표의 가중치를 1:1로 반영하여 평균값을 도출한 것임

[주요 특허 선별지표]

선별지표	가중치
패밀리 특허 수(A)	2
피인용 횟수(B)	2
발명자 수(C)	2
청구항 수(D)	1.5
등록 여부(E)	1.5
IPC 수(F)	1
↓	
선별지표 최종 계산식 ⁶⁾	$(A+B+C) \times 2 + (D+E) \times 1.5 + (F) \times 1$

- 1) 전체 출원건수 대비 국가별 출원건수 평가
- 2) 각 국가별 전체 출원건수 대비 최근 5년 출원건수 평가
- 3) 국가별 패밀리 국가수(PFS) 평가
- 4) 국가별 피인용도(CPP) 평가
- 5) 상기 4개 평가지표의 합계 최고 국가 대비 상대값
- 6) 전략품목과의 정합성을 높이기 위하여 선별지표 최종 계산식에서 2~3배 후보군을 도출한 다음 명칭, 요약, 청구항을 참조하여 최종 주요 특허를 선별함

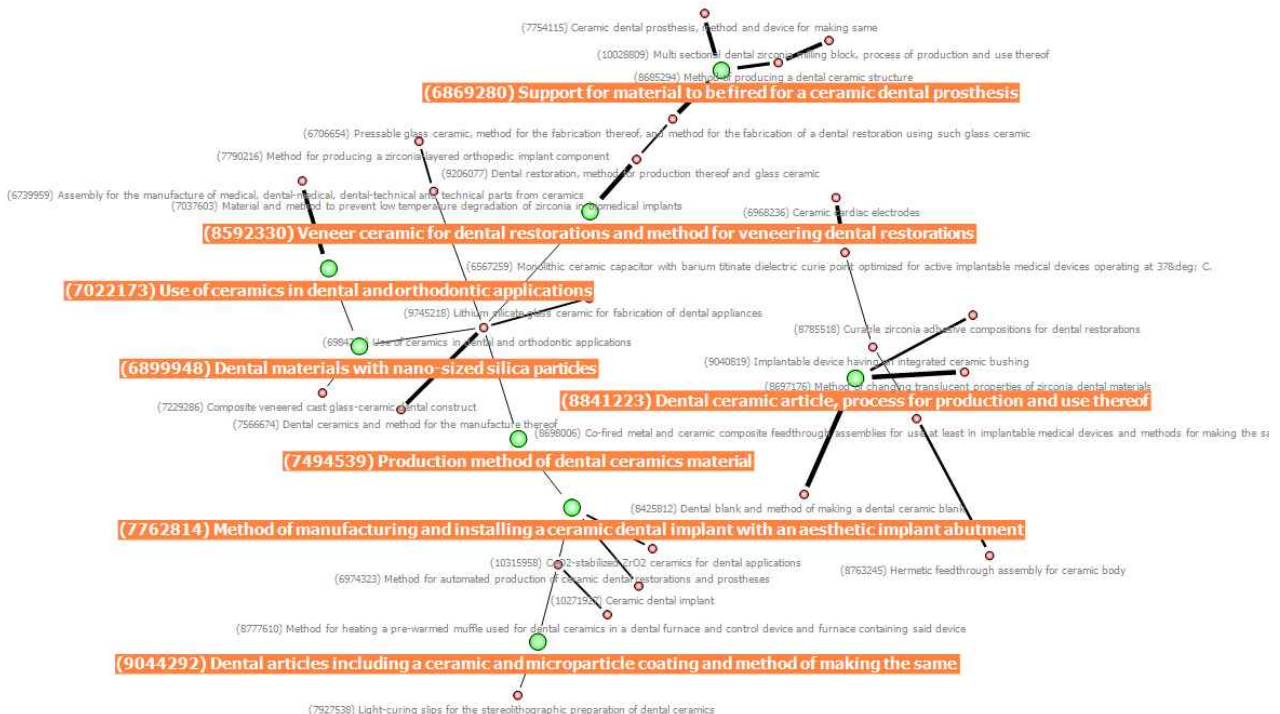
(2) 요소기술 후보군 도출

□ 특허 클러스터링 기반 주요 키워드 및 관련 특허 분석

○ (특허 네트워크 맵) Co-Citation 클러스터링 방법론을 활용한 분석결과 아래와 같이 10개 핵심특허 확인

[최상위 핵심특허]

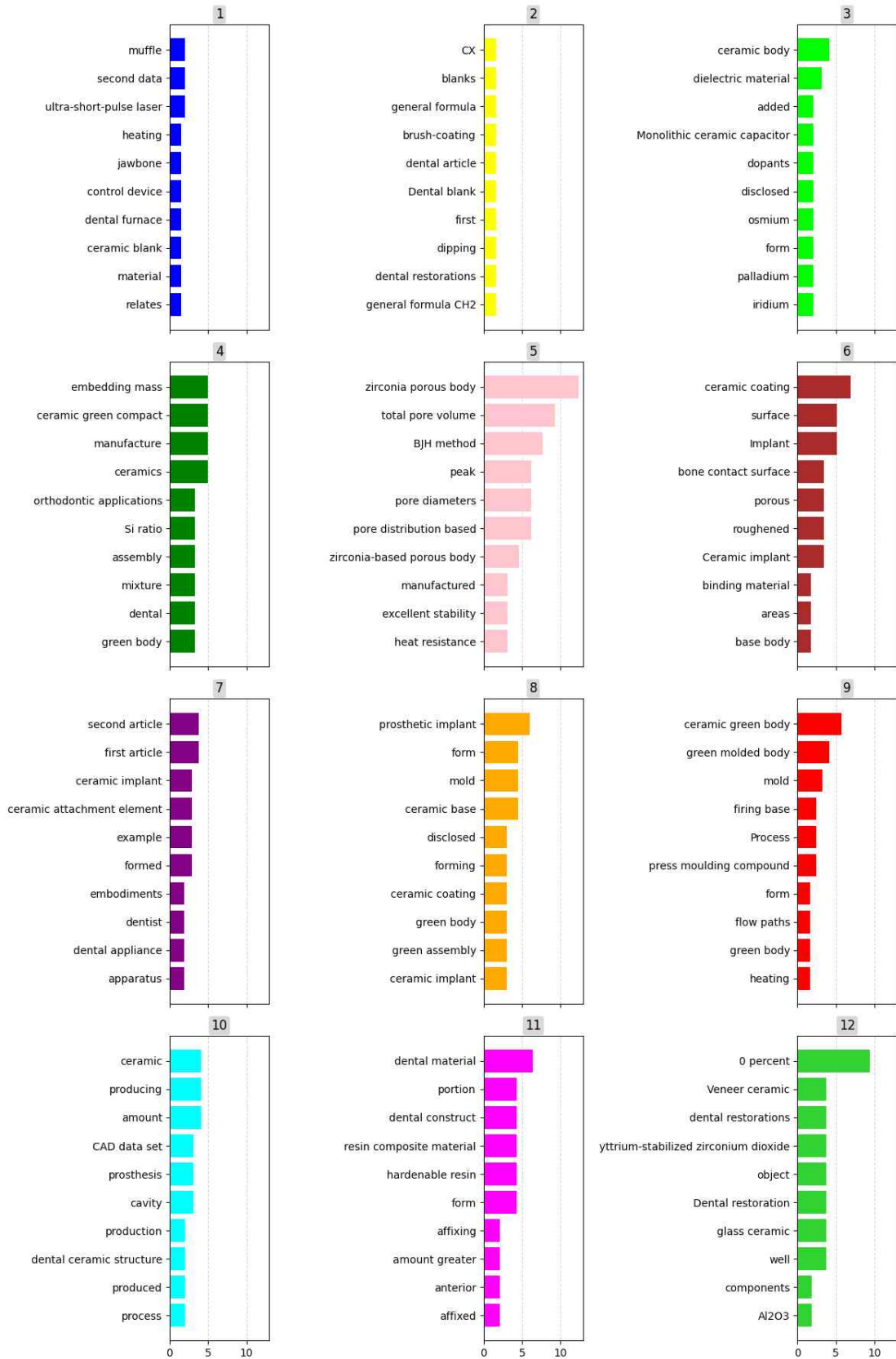
구분	특허명	중요도*
1	• (7762814) Method of manufacturing and installing a ceramic dental implant with an aesthetic implant abutment	12.53
2	• (6899948) Dental materials with nano-sized silica particles	9.4
3	• (8841223) Dental ceramic article, process for production and use thereof	6.27
4	• (7494539) Production method of dental ceramics material	6.27
5	• (7022173) Use of ceramics in dental and orthodontic applications	6.27
6	• (9044292) Dental articles including a ceramic and microparticle coating and method of making the same	3.13
7	• (8698006) Co-fired metal and ceramic composite feedthrough assemblies for use at least in implantable medical devices and methods for making the same	3.13
8	• (8592330) Veneer ceramic for dental restorations and method for veneering dental restorations	3.13
9	• (8241036) Implant with a ceramic coating, and method for ceramic coating of an implant	3.13
10	• (7037603) Material and method to prevent low temperature degradation of zirconia in biomedical implants	3.13



* 중요도 : 특정한 노드가 다른 두 노드 사이의 최단 거리에 얼마나 자주 위치하는가를 의미하는 것이 매개 중심성(betweenness centrality)이며, 매개중심성 값을 활용하여 산출

○ (클러스터링 분석 결과) Co-Citation 클러스터링 방법론을 통해 12개 클러스터별 주요 키워드를 아래와 같이 확인

[KDD/KM 기반 클러스터링 분석 시각화 결과]



○ (핵심키워드 및 관련 특허 분석) 12개 클러스터별 핵심키워드와 관련 특허를 아래와 같이 확인

[생체용 바이오 세라믹 품목 핵심키워드 및 관련 특허]

No	핵심키워드	핵심상*	상관관계 특허	요소기술명
클러스터 01	<ul style="list-style-type: none"> ultra-short-pulse laser second data muffle ceramic blank control device 	2.02 2.02 2.02 1.52 1.52	<ul style="list-style-type: none"> Method of manufacturing and installing a ceramic dental implant with an aesthetic implant abutment Use of ceramics in dental and orthodontic applications Method for automated production of ceramic dental restorations and prostheses 	<ul style="list-style-type: none"> 미적 임플란트 지대가있는 세라믹 치과 임플란트 제조 및 설치 방법 치과 및 치열 교정 응용 분야에서 세라믹 사용 세라믹 치과 복원 및 보철물의 자동 생산 방법
클러스터 02	<ul style="list-style-type: none"> Dental blank dental article brush-coating blanks CX 	1.61 1.61 1.61 1.61 1.61	<ul style="list-style-type: none"> Dental ceramic article, process for production and use thereof Method of changing translucent properties of zirconia dental materials Dental blank and method of making a dental ceramic blank 	<ul style="list-style-type: none"> 치과 세라믹 기사, 생산 및 사용 프로세스 지르코니아 치과 물질의 반투명 특성 변화 방법 치과 공백 및 치과 세라믹 블랭크를 만드는 방법
클러스터 03	<ul style="list-style-type: none"> ceramic body dielectric material disclosed dopants added 	4.17 3.13 2.08 2.08 2.08	<ul style="list-style-type: none"> Monolithic ceramic capacitor with barium titanate dielectric curie point optimized for active implantable medical devices operating at 37$^{\circ}$C. Co-fired metal and ceramic composite feedthrough assemblies for use at least in implantable medical devices and methods for making the same Hermetic feedthrough assembly for ceramic body 	<ul style="list-style-type: none"> 37 & deg에서 작동하는 활성 이식 가능한 의료 기기에 최적화 된 바륨 타이타네이트 유전체 큐리 포인트를 갖는 모 놀리 식 세라믹 커패시터; 씨. 적어도 이식 가능한 의료 기기 및 동일하게 만드는 방법에 사용하기 위한 공동 연료 금속 및 세라믹 복합 피드 스루 어셈블리 세라믹 바디를 위한 밀폐 된 피드 스루 어셈블리

No	핵심키워드	핵심상*	상관관계 특허	요소기술명
클러스터 04	<ul style="list-style-type: none"> ceramics manufacture ceramic green compact embedding mass assembly 	4.92 4.92 4.92 4.92 3.28	<ul style="list-style-type: none"> Use of ceramics in dental and orthodontic applications Assembly for the manufacture of medical, dental-medical, dental-technical and technical parts from ceramics Dental ceramics and method for the manufacture thereof 	<ul style="list-style-type: none"> 치과 및 치열 교정 응용 분야에서 세라믹 사용 도자기의 의료, 치과, 치과 기술 및 기술 부품 제조를 위한 조립 치과 세라믹 및 그 제조 방법
클러스터 05	<ul style="list-style-type: none"> zirconia porous body total pore volume BJH method pore diameters peak 	12.31 9.23 7.69 6.15 6.15	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia porous body and manufacturing method thereof Zirconia porous body and manufacturing method thereof Zirconia-based porous body and method for producing same 	<ul style="list-style-type: none"> 지르코니아 다공성 신체 및 제조 방법 지르코니아 다공성 신체 및 제조 방법 지르코니아 기반 다공성 신체 및 동일한 생산 방법
클러스터 06	<ul style="list-style-type: none"> ceramic coating Implant surface Ceramic implant bone contact surface 	6.90 5.17 5.17 3.45 3.45	<ul style="list-style-type: none"> Implant with a ceramic coating, and method for ceramic coating of an implant Method for making ceramic artificial dental bridges Ceramic implant 	<ul style="list-style-type: none"> 세라믹 코팅으로 임플란트 및 임플란트의 세라믹 코팅 방법 세라믹 인공 치과 교량을 만드는 방법 세라믹 임플란트
클러스터 07	<ul style="list-style-type: none"> first article second article example ceramic attachment element ceramic implant 	3.81 3.81 2.86 2.86 2.86	<ul style="list-style-type: none"> Methods of making multilayer anatomical all-ceramic dental appliances Method and apparatus for preparing a ceramic dental restoration in one appointment Manufacturing an inner structure for a ceramic implant and for a ceramic attachment element 	<ul style="list-style-type: none"> 다층 해부학 적 모든 세라믹 치과 기기를 만드는 방법 한 약속에서 세라믹 치과 복원 준비를 위한 방법 및 장치 세라믹 임플란트 및 세라믹 부착 요소의 내부 구조 제조

No	핵심키워드	핵심성*	상관관계 특허	요소기술명
클러스터 08	<ul style="list-style-type: none"> prosthetic implant ceramic base mold form ceramic coating 	5.97 4.48 4.48 4.48 2.99	<ul style="list-style-type: none"> Methods for making textured ceramic implants Thermally treated ceramic coating for implants Ceramic monoblock implants with osseointegration fixation surfaces 	<ul style="list-style-type: none"> 질감이있는 세라믹 임플란트를 만드는 방법 임플란트를위한 열적으로 처리 된 세라믹 코팅 osseointegration 고정 표면이있는 세라믹 단일 블록 임플란트
클러스터 09	<ul style="list-style-type: none"> ceramic green body green molded body mold press moulding compound firing base 	5.74 4.10 3.28 2.46 2.46	<ul style="list-style-type: none"> Method of manufacturing ceramic green body Process for producing hollow bodies comprising fibre-reinforced ceramic materials Method for manufacturing ceramic honeycomb fired body 	<ul style="list-style-type: none"> 세라믹 녹색 바디 제조 방법 섬유질 강화 세라믹 재료를 포함하는 중공 몸체를 생산하는 과정 세라믹 벌집 발사 몸체 제조 방법
클러스터 10	<ul style="list-style-type: none"> amount producing ceramic cavity CAD data set 	4.04 4.04 4.04 3.03 3.03	<ul style="list-style-type: none"> Multi sectional dental zirconia milling block, process of production and use thereof Method of producing a dental ceramic structure Ceramic dental prosthesis, method and device for making same 	<ul style="list-style-type: none"> 멀티 섹션 치과 지르코니아 밀링 블록, 생산 과정 및 그 사용 치과 세라믹 구조를 생산하는 방법 세라믹 치과 보철, 동일하게 만드는 방법 및 장치
클러스터 11	<ul style="list-style-type: none"> dental material form hardenable resin dental construct portion 	6.38 4.26 4.26 4.26 4.26	<ul style="list-style-type: none"> Dental materials with nano-sized silica particles Composite veneered cast glass-ceramic dental construct 	<ul style="list-style-type: none"> 나노 크기의 실리카 입자가있는 치과 물질 복합 베니어드 캐스트 유리 세라믹 치과 구조
클러스터 12	<ul style="list-style-type: none"> 0 percent glass ceramic Dental restoration object dental restorations 	9.43 3.77 3.77 3.77 3.77	<ul style="list-style-type: none"> Veneer ceramic for dental restorations and method for veneering dental restorations Dental restoration, method for production thereof and glass ceramic 	<ul style="list-style-type: none"> 치과 복원을위한 베니어 세라믹 및 베니어링 치과 복원 방법 치과 복원, 생산 방법 및 유리 세라믹

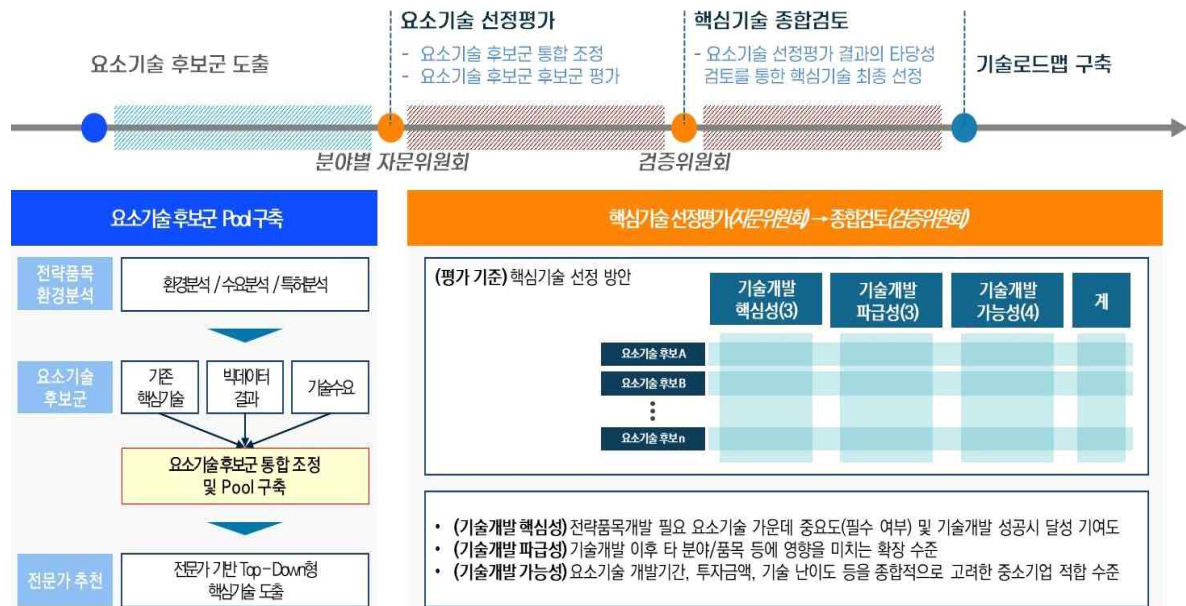
* 핵심성 : 클러스터 내 전체 키워드 빈도수의 합계 대비 개별 키워드의 빈도수 비중을 활용하여 산출

4. 기술개발 로드맵

[기술 로드맵 구축 개요]

□ 구축 절차 및 방법론

- 기추진 로드맵 핵심기술, 빅데이터 분석방법론(KDD/KM)을 활용한 정량분석 결과와 기술수요 니즈, 전문가 참여 등을 기반으로 핵심기술을 선정하고 기술로드맵 기획
- 핵심기술은 기술개발 핵심성, 기술개발 파급성, 기술개발 가능성 등 평가점수 도출 후 전문위 종합 검토를 통해 선정
- 도출된 요소기술을 대상으로 전문위원회를 통해 평가요인별 평가를 실시하고 검증위원회를 통하여 최종 선정



< 기술 로드맵 구축 절차 및 방법론 >

□ 로드맵 수립 시 중점 고려사항

- 대상 전략품목 관련 최종 선정된 핵심기술에 대한 정의서를 작성하고 이에 기반하여 로드맵 수립
- 산업생태계를 고려 중분류 단위까지 세분화하여 상용화를 고려한 개발목표 제시
- 핵심기술의 현 기술수준 및 중소기업 니즈를 고려 중소기업 적합 기술목표 제시
- 기술변화속도를 고려 일률적인 1년 단위 목표제시가 아닌 순환 주기별 로드맵 구조화

가. 요소기술 도출 및 핵심기술 선정

(1) 요소기술 도출

- 기추진 로드맵 핵심기술, 빅데이터 분석방법론(KDD/KM)을 활용한 정량 분석 결과와 기술수요 니즈, 전문가 참여 등을 기반으로 핵심기술 선정을 위한 전략품목 요소기술 5개 선정

[요소기술 후보군 도출]

구분	중분류	요소기술	출처*
1	바이오 및 전통세라믹	• 인체 이식용 세라믹 소재 제조 기술	전문가
2	바이오 및 전통세라믹	• 정형외과용 세라믹 소재 제조 기술	전문가
3	바이오 및 전통세라믹	• 조직공학용 세라믹 소재 제조 기술	전문가
4	바이오 및 전통세라믹	• 치과용 기능성 세라믹 소재 제조 기술	전문가
5	바이오 및 전통세라믹	• 기능성 생체용 복합소재 제조 기술	전문가

* 출처 : 기존 핵심기술, 특허-빅데이터, 중소기업 니즈, 수요처 니즈, 대국민(제빙), 전문가 등

(2) 핵심기술 선정

□ 전략품목 요소기술을 대상으로 전문위원회를 통하여 핵심기술 선정

[「생체용 바이오 세라믹」 핵심기술 선정]

중분류	핵심기술	개요
바이오 및 전통세라믹	인체 이식용 세라믹 소재 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> 생체와 반응하며 소멸되지 않으며 조직공학에 적합한 기계적 물성과 생체활성을 갖는 세라믹소재 적합한 세라믹소재를 이용한 인체 내 이식 기술
바이오 및 전통세라믹	정형외과용 세라믹 소재 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> 생체와 반응하지 않으며, 강도/기공률/생체 안정성/생체활성 등 정형외과 기준에 적합한 세라믹소재 (정형외과용 세라믹 기술) 유망소재 : 지르코니아, 알루미늄 등 세라믹
바이오 및 전통세라믹	조직공학용 세라믹 소재 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> 조직공학에 적합한 기계적 물성과 생체활성을 갖는 세라믹소재
바이오 및 전통세라믹	치과용 기능성 세라믹 소재 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> 생체내구성을 가지며 생분해성/소멸성/치환기능을 발현하는 세라믹 복합소재 치과용 임플란트 등에 적용
바이오 및 전통세라믹	기능성 생체용 복합소재 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> 계층형 다공성 구조설계/기공제어 기술, 생체적합 및 생체이식용 기술

[핵심기술 선정 과정]

□ 요소기술 검토 및 핵심기술 선정

- (요소기술 후보군 구성/선별) 수요조사 및 특허 분석결과에 기반하여 요소기술 후보군 구성 → 전략 품목별 개발 방향에 부합하는 요소기술 선별
- (핵심기술 선정) 선별된 요소기술에 대해 기술개발 핵심성·파급성·가능성을 고려하여 핵심기술 선정

□ 핵심기술 평가

- (평가 방법) 선별된 요소기술 중 평가항목(기술개발 핵심성, 기술개발 파급성, 기술개발 가능성)별 해당하는 평가척도 1개를 선택하여 '○' 표시 기입
 - 기술개발 핵심성 : 전략품목 개발 필요 요소기술 가운데 중요도(필수 여부) 및 기술개발 성공 시 달성 기여도
 - 기술개발 파급성 : 기술개발 이후 타 분야/품목 등에 영향을 미치는 확장 수준
 - 기술개발 가능성 : 요소기술에 대한 개발 기간, 투자금액, 기술 난이도 등을 종합적으로 고려한 중소 기업 적합 수준

기술 유형	<input type="checkbox"/> 광전자 <input type="checkbox"/> 환경/에너지 <input checked="" type="checkbox"/> 바이오 및 전통세라믹	
기술개요	<ul style="list-style-type: none"> 조직공학에 적합한 기계적 물성과 생체활성을 갖는 세라믹소재 	
기술요구사항	<ul style="list-style-type: none"> 신체에 삽입되면 주위 조직과 화학적으로 결합하는 재료로서 인체 독성이 없어야 함 	
기술개발 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> 조직재생 효율이 우수한 경조직 재생 소재 개발 (예, 경피적척추성형술(골시멘트성형술)용 골 시멘트 개발) 	
단계별 목표	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 칼슘인산계 골 시멘트의 실험실 내 배합비 시험 TTCP나 α-TCP 등의 원료와 PHA 등을 혼합 설계 및 기초 실험 Data base화 골시멘트에 대한 약전 플라스틱제 의약품 용기 시험에 준한 유해성 분석
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 칼슘인산계 골 시멘트의 실험실 내 합성 조건 최적화 TTCP나 α-TCP 등의 원료와 PHA 등을 혼합 조합비 최적화 및 반복 재현 시험 퍼티 또는 페이스트 타입 부형재와 골이식재의 비율 최적화 골이식재 개발 소재의 멸균 방법 최적화 in-vitro test
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 최적 조합 골시멘트의 동물유해성 평가 골시멘트의 멸균 벨리데이션 (비임상) 수행 (ISO 11135) 멸균보증수준 10^{-6} 이하, 초기생균수가 1,000 CFU/unit 이하

나. 기술 로드맵 구축

(1) 기술개발 목표

[「생체용 바이오 세라믹」 기술개발 로드맵]

중분류	핵심 기술	기술 요구사항	개발목표			최종 목표
			1차년도	2차년도	3차년도	
바이오 및 전통 세라믹	인체 이식용 세라믹 소재 제조 기술	신체에 삽입되면 주위 조직과 화학적 결합하는 재료로 인체 독성이 없어야 함	치조골 대체 칼슘인산계 골이식재의 실험실 내 합성 기초시험 Ca/P 조합 비 설계 및 기초 실험 Data base	치조골 대체 골이식재의 실험실 내 합성 조건 최적화, Ca/P 조합비 최적화 및 반복 재현 시험 등 in-vitro test	치조골 대체 골이식재의 동물유해성 및 비임상 수행 무균보증수준 10 ⁻⁶ 이하 초기생균수가 1,000 CFU/unit 이하	차과 임플란트 수술에 필요한 치조골 재생을 위해 생체용 바이오 세라믹의 분해 거동 조절이 가능한 합성골 개발
	정형외과용 세라믹 소재 제조 기술	신체에 삽입되면 주위 조직과 화학적 결합하는 재료로 인체 독성이 없어야 함	지르코니아 안정화제 혼합비율 개발 및 열적 변화/결 안정성 확인 소결 밀도 99% 이상 구형 공정 조건 개발	최적 혼합비율 선정 및 반복 재현 시험 수행 소결 밀도 99.5% 이상 구형 공정 조건 개발	면조도 0.01 μ m \pm 50% 진원도 0.1 μ m \pm 50% 응력세기인자(KI) 3MPa \sqrt m/2, 와이블 10이상 피로강도 700 MPa 건조 상태 마멸량 0.007g 율환 상태 마멸량 0.00005 g 이하	피로강도 700MPa 이상이고 고인성(KIc \geq 3 MPa \sqrt m/2) 경조직 대체 소재 개발
	조직 공학용 세라믹 소재 제조 기술	신체에 삽입되면 주위 조직과 화학적 결합하는 재료로 인체 독성이 없어야 함	칼슘인산계 골 시멘트 배합비 시험 및 TTCP나 α -TCP 등 원료 혼합 설계 Data base, 약전 플라스틱제 의약품 용기 시험에 준한 유해성 분석	칼슘인산계 골 시멘트 합성 조건 최적화 및 TTCP나 α -TCP 등 원료 혼합 최적화 시험 (in-vitro test)	최적 골시멘트 동물 유해성 평가 및 비임상 수행 (ISO 11135) 멸균보증수준 10 ⁻⁶ 이하 초기생균수가 1,000 CFU/unit 이하	조직재생 효율이 우수한 경조직 재생 소재 개발
	치과용 기능성 세라믹 소재 제조 기술	기능성 치과재료 세라믹 소재 및 LASER Sacnning 및 3D Printing을 이용한 고객 친화형 형상 구현	치과용 유리 분체 조성 개발 및 경쟁 조건 최적화 3D printing 시스템 개발 3D Printing 성형 안정성 및 형상 제어 기술 개발	치과용 유리 입도에 따른 결정화 메카니즘 확인 및 가공율 제어 기술 개발 세라믹 3D printing 장비 이용 성형 기술 및 다공성 성형물 치밀화 기술 개발	치과용 유리 입도와 소결 공정 최적화 및 3D printing 장비 이용한 성형 조건 최적화, 치과용 크라운 가공성 및 상용성 평가(가공율 0.5%이하, Biaxial 200MPa이상)	자연 차가 기계적 강도 200MPa 이상 고강도(GPa 이상), 가공율(Zero 근접) 수준 특성 개발
	기능성 생체용 복합소재 제조 기술	신체에 삽입되면 주위 조직과 화학적 결합하는 재료로 인체 독성이 없어야 함	생체활성 물질 담지가 좋으며, 우수한 생체 반응 세라믹 또는 생체활성 글라스 소재로 다공성 소재 제조할 기술로 방법을 특정하지 않아 상기의 소재와 접합성이 우수한 골활성 물질 발굴	참자공정을 통한 골활성 물질과 다공성 세라믹 소재간 복합화 공정 기술 개발 세포활성 증식률, ALP활성도, 광물화결정형성, 골형성 기전 PCR, 골기질 단백질 유전자, 전사인자 등 평가	골활성 물질 복합 세라믹 구조체 제조, 다공성 세라믹 양산성 제조 능력 검증	기능성 생체용 복합소재 개발(수준 성능, 품질 등에 관련 정량적 목표 수준과 예상 가능한 유무형 발생 성과 제시)

(2) 로드맵 기획

- (총론) 조골 치료용 세라믹, 크라운 소재 등 기술 이슈에 대응하는 생체용 바이오 세라믹을 위한 중소기업 전략기술로드맵 구축
 - (중소기업 기술개발전략1) 산학연 협력을 통한 기술 개발
 - (중소기업 기술개발전략2) 대학과 연구소의 소재 기초연구나 기업 제품 분석 지원 수행
 - (중소기업 기술개발전략3) 기업의 소재 자체 개발 및 상용화 추진

세라믹 기술 로드맵						
개발 방향	전략 품목	핵심기술	단계별 목표			최종 목표
			1차년도	2차년도	3차년도	
바이오 및 전통세라믹	생체용 바이오 세라믹	인체 이식용 세라믹 소재 제조 기술	치조골 대체 칼슘인산계 골이식재의 실험실 내 합성 기초시험 Ca/P 조합 비 설계 및 기초 실험 Database	치조골 대체 골이식재의 실험실 내 합성 조건 최적화 Ca/P 조합 비 최적화 및 반복 재현 시험 등 in-vitro test	치조골 대체 골이식재의 동물유해성 및 비임상 수행 무균보증수준 10 ⁻⁶ 이하, 초기 생균수가 1,000 CFU/unit 이하	치과 임플란트 수술에 필요한 치주골 재생을 위해 생체용 바이오 세라믹의 분해 거동 조절이 가능한 합성골 개발
		정형외과용 세라믹 소재 제조 기술	지르코니아 안정화제 혼합비율 개발 및 열적 변화/열 안정성 확인 소결 밀도 99% 이상 구현 공정 조건 개발	최적 혼합비율 선정 및 반복 재현 시험 수행 소결 밀도 99.5% 이상 구현 공정 조건 개발	면조도 0.01 μ m \pm 50% 진원도 0.1 μ m \pm 50% 응력세기인자(K _{1c}) 3MPa \sqrt{m} /2와 이블 10이상, 피로강도 700 MPa 건조 상태 마멸량 0.007g, 윤활 상태 마멸량 0.0005 g 이하	피로강도 700MPa 이상이고 고인성(K _{1c} \geq 3 MPa \sqrt{m} /2) 경조직 대체 소재 개발
		조직공학용 세라믹 소재 제조 기술	칼슘인산계 골 시멘트 배합비 시험 및 TTCP나 α -TCP 등 원료 혼합 설계 Database 약전 플라스틱제의 약물 용기 시험에 준한 유해성 분석	칼슘인산계 골 시멘트 합성 조건 최적화 및 TTCP나 α -TCP 등 원료 혼합 최적화 시험 (in-vitro test)	최적 골시멘트 동물 유해성 평가 및 비임상 수행 (ISO11135) 멸균보증수준 10 ⁻⁶ 이하, 초기 생균수가 1,000 CFU/unit 이하	조직재생 효율이 우수한 경조직 재생 소재 개발
		치과용 기능성 세라믹 소재 제조 기술	치과용 유리 분체 조성 개발 및 경쟁 조건 최적화/3D printing 시스템 개발 3D Printing 성형 안정성 및 형상 제어 기술 개발	치과용 유리 인도에 따른 결정화 메커니즘 확인 및 기공을 제어 기술 개발 세라믹 3D printing 장비 이용 성형 기술 및 다공성 성형률 저밀화 기술 개발	치과용 유리 인도와 소결 공정 최적화 및 3D printing 장비 이용한 성형 조건 최적화 치과용 크라운 가공성 및 상용성 평가 (기공률 0.5%이하, Biaxial 200MPa 이상)	자연 치아 기계적 강도 200MPa 이상, 고강도(GPa 이상), 가공율(Zero 근접) 수준 특성 개발
		기능성 생체용 복합소재 제조 기술	생체활성 물질 담지 기술이며, 우수한 생체 반응 세라믹 또는 생체활성 글라스 소재로 다공성 소재 제조 기술로 방법을 특정하지 않아 상기의 소재와 접합성이 우수한 골활성 물질 발굴	집지공정을 통한 골활성 물질과 다공성 세라믹 소재간 복합화 공정 기술 개발 세포활성 증식을 ALP 활성도, 광물화 결정형성, 골형성 기전 PCR, 골기질 단백질 유전자, 전사인자 등 평가	골활성 물질 복합 세라믹 구조체 제조 및 다공성 세라믹 양산성 제조 능력 검증	기능성 생체용 복합소재 개발 (수준-성능-품질 등에 관련 정략적 목표 수준과 예상 가능한 유무형 발생 성과 제시)

[「생체용 바이오 세라믹」 기술개발 로드맵]