

<응용기술논문>

DOI <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-C.2015.3.4.273>

ISSN 2288-3991(Online)

[특집섹션: 한국기계연구원 주요사업 창의과제]

기계분야 유망기술 기획에 관한 연구: 한국기계연구원의 사례를 중심으로

이운규* · 곽기호*† · 이상민** · 이정호*** · 박상진****

* 한국기계연구원 경영전략실, ** 환경·에너지기계연구본부, *** 극한기계연구본부, **** 경영기획본부

A Research on Planning of Promising Technologies in Mechanical Engineering: Case of the Korea Institute of Machinery and Materials

Oonkyu Lee*, Kiho Kwak*†, Sang Min Lee**, Jung-ho Lee*** and Sang-Jin Park****

* Dept. of Strategic Management, Korea Institute of Machinery & Materials

** Environmental and Energy Systems Research Division, Korea Institute of Machinery & Materials

*** Extreme Mechanical Engineering Research Division, Korea Institute of Machinery & Materials

**** Management Planning Division

(Received January 27, 2015 ; Revised September 11, 2015 ; Accepted September 11, 2015)

Keywords: Mechanical Engineering(기계공학), Promising Technology(유망기술), Technology Planning(기술 기획), External Environment(외부 환경), Internal Resource And Capability(내부 자원 및 역량)

초록: 본 연구에서는 한국기계연구원에서 수행한 전략스페셜리스트 운영 사례를 중심으로 기계분야 유망기술 기획 연구 방법론 및 유망기술 도출 결과를 제시하였다. 유망기술 도출을 위해 한국기계연구원은 조직 관점에서 연구기획 전담부서 이외에 연구본부 별 1인의 전담 인력을 파견하는 전략스페셜리스트 제도를 신설·운영함으로써 연구원 차원의 지원과 협력 체계를 확립하였다. 방법론 관점에서는 외부 환경 분석과 연구원 내부 역량 분석을 동시에 활용하였으며, 세부 주제 도출을 위해 서지결합분석을 활용하였다. 이를 통해 한국기계연구원은 기계기술 8대 유망 주제와 주제별 세부 테마를 도출하였다. 본 연구 결과는 한국기계연구원의 주요사업 기획에 반영되어 세부 과제 기획의 전략성 강화에 기여하였으며, 향후 기계분야의 유망기술 기획의 우수 사례로서 널리 활용될 것으로 기대된다.

Abstract: In this study, we suggested the methodology and the results of planning of promising technologies in mechanical engineering by focusing on the case of the Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM). For dedicated commitment to planning of promising technologies, KIMM newly introduced task-force called as 'specialist unit'. In addition, KIMM combined the investigation of external environments with the analysis of internal capabilities of KIMM and utilized the bibliographic coupling analysis in the process of the exploring sub themes. Finally, we provided 8 promising fields and their sub themes in the mechanical engineering. Our study contributed to the strategic development of the main research programs of KIMM. Our findings can be also utilized as the best practice of planning of promising technologies in the field of mechanical engineering.

1. 서론

1976년 12월 설립 이후 한국기계연구원(이하 기계(연))은 기계분야의 원천기술개발, 성과확산 및 신뢰성

† Corresponding Author, khkwak@kimm.re.kr

평가 등을 통해 우리나라 및 기계산업계 발전에 기여해왔다. 그 결과 지난 37년(1977~2014)간 기계(연)은 누적 793회의 유상 기술 이전 실적을 달성하였으며, 기술료 1,000억 원(현재가치)을 돌파하는 성과를 거두었다. 이와 같은 기계(연)의 성과에 힘입어 우리나라 기계산업 생산액은 약 285배 성장하였으며, 세계 6위의 기계산업 생산국가로 발돋움하였다.⁽¹⁾

그러나 점차 중국 기계산업의 추격이 가시화되고 있으며, 경제의 저성장 기조가 고착화됨에 따라 기계산업의 새로운 미래성장동력 창출의 필요성이 점차 시급해지고 있다. 동시에 정부출연금의 비중이 지속적으로 확대되고, 출연(연) R&D의 임무 지향성 강화에 대한 대내외 요구와 성과 창출에 따른 기대 또한 커지고 있다.

이에 따라 기계(연)에서는 2013년 연구원 정체성 강화와 주요사업 전략 수립, 미래 유망 분야 발굴을 위한 기계(연) 고유의 유망기술 기획 연구 방법을 정립하고 전략스페셜리스트 제도 운영을 통해 기계기술 8대 유망 주제와 세부 테마를 도출하였다. 특히 전략스페셜리스트 제도는 미래 유망기술 발굴 및 유망기술 기획 연구 방법 구축을 위해 마련한 연구본부 별 전담 인력 파견 제도로서 연구원 차원의 지원과 협력 체계를 확립하는데 매우 중요한 역할을 하였다.

따라서 본 고에서는 기계(연)이 정립, 활용한 유망기술 기획 연구 방법을 소개하고, 이를 통해 도출한 기계기술 8대 유망 분야와 세부 주제를 제시하고자 한다. 본 고의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 기계(연)이 정립한 유망기술 기획 연구 방법에 대해 소개하고 세부 단계별 수행 결과를 상세히 기술하고자 한다. 이어 3장에서는 기계기술 8대 유망 분야와 세부 주제 도출 결과를 설명하며, 마지막 4장에서는 결론 및 향후 활용 방안에 대해 논의하고자 한다.

2. 미래 연구방향 정립 및 유망분야 발굴을 위한 기획 연구 방법

기계(연)이 정립한 유망기술 기획 연구 방법은 크게 (1) 전략스페셜리스트 제도 운영에 기반한 연구원 차원의 지원과 협력 체계를 확립하고, (2) 글로벌 메가트렌드와 국내외 기계분야 R&D 로드맵에 대한 심층 분석을 포함하는 외부환경 분석, 그리고 (3) 연구부서 심층 인터뷰 및 수행 과제 분석에 기반한 내부 역량 분석으로 구성된다(Fig. 1).

2.1 전략스페셜리스트 제도

전략스페셜리스트 제도는 연구원 미래 연구방향 정립 및 기계기술 유망분야 발굴을 위해 마련한 연구본부 별 1인의 전담 인력을 연구기획 전담부서에 파견하는 제도이다. 연구기획 전담 인력이 존재하나 실질적으로 연구개발을 수행하는 연구부서의 의견을 반영하고, 연구원 차원의 지원과 협력 체계를 확립하기 위해 마련한 제도로서 2013년에 처음으로 마련되었다.

이러한 전략스페셜리스트 제도는 과거의 겸임 기반 태스크 포스 운영 형태의 단점을 극복하고, 기존 업무에서 벗어나 유망기술 발굴에 몰입할 수 있는 환경 마련을 위해 실시되었다. 특히 파견 전담 인력에 대해 경영진의 적극적인 의견 수렴과 내부 평가 시의 가산점 부여를 통해 내재적 동기부여와 외재적 동기부여를 강화하였으며, 연구기획 전담 인력의 공동 참여를 통해 유망분야 발굴의 시너지 효과를 창출하고자 하였다.

2.2 내부 역량 분석

연구원 내부 역량 분석을 위해 각 연구본부의 전략스페셜리스트들이 우선적으로 연구본부의 실무 연구진을 대상으로 심층 인터뷰를 수행했다. 심층 인터뷰를 통해 각 연구부서 별 주요 연구 분야 및 세부 참여연구진 구성을 파악하였으며, 과학기술표준분류체계 및 표준산업분류체계(KSIC)에 기반하여 주요 보유기술, 적용 산업 등을 상세히 조사하였다. 이와 함께 최신 기술 동향을 파악하기 위해 각 연구부서에서 주로 활용하거나 참석하는 주요 저널 및 학회 정보 등도 함께 조사하였다. 이와 같은 심층 인터뷰는 연구원이 보유하고 있는 역량 파악 뿐 아니라 보유 역량에 기반한 부서 간 보완 및 융합 연구 가능

성을 탐색하는데 많은 도움이 되었다. 실제로 심층 인터뷰에 기반하여 과학기술표준 중분류 및 소분류 상에서 기계(연)이 역량을 집중하고 있는 기술군을 최근 5년 간 수행 과제 계약고에 기반하여 도출하였다. 그 결과 한국기계연구원은 Fig. 2와 같이 중분류 기준 18개 기술군에 연구 역량을 집중하고 있음을 확인하였다.

2.3 외부 환경 분석

외부 환경 분석은 국내외 중장기 미래예측 조사서 분석을 통한 글로벌 메가 트렌드 분석과 국내외

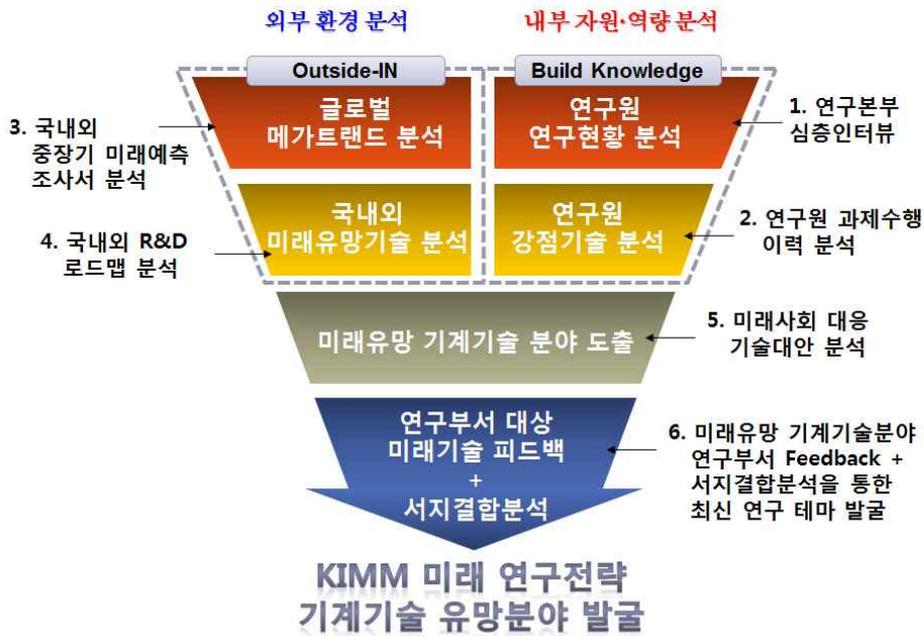


Fig. 1 Methodology for planning of promising technologies: the Korea Institute of Machinery and Materials

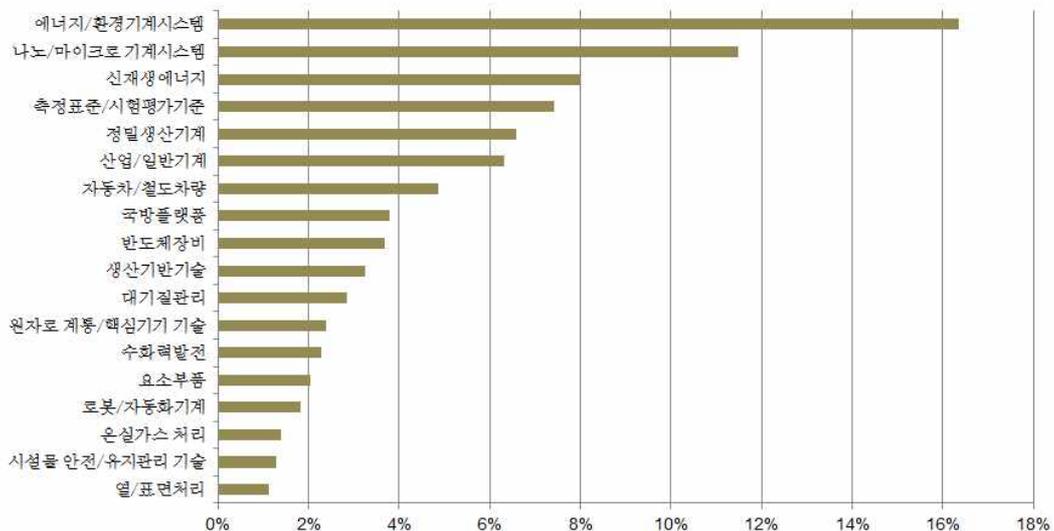


Fig. 2 Main research area of KIMM in accordance with national standard science and technology classification

R&D 로드맵 분석을 통한 국내외 미래유망 기술 분석으로 이루어졌다. 향후 미래 사회의 주요한 기술 수요 및 트렌드 파악을 위해, 과학기술예측조사(국가과학기술위원회),⁽²⁾ 유엔미래보고서(유엔미래포럼),⁽³⁾ 글로벌 트렌드 2025(미국 NIC),⁽⁴⁾ 기계공학의 미래와 비전 2028(ASME)⁽⁵⁾ 등 국내외 중장기 미래보고서와 한국기계연구원⁽⁶⁾이 자체 분석한 기계산업 트렌드에 의거하여 아래 Table 1과 같이 (1) 빅데이터 등 ICT 중심 사회, (2) 에너지·자원의 수요 급증·공급 부족, (3) 지구 온난화, (4) 저소득층·저개발국의 부상, (5) 인구구조의 변화와 여성 역할 강화, (6) 신흥개도국의 등장, (7) 이해관계에 대한 첨예한 대립과 갈등 등 기계산업을 둘러싼 7대 글로벌 메가트렌드를 도출하였다.

글로벌 메가트렌드 분석에 기반하여 기계분야 국내외 미래유망기술 선정 사례 및 기술로드맵을 면밀히 분석하여 향후 중장기적으로 각광받게 될 유망 기술군을 탐색하였다. 이는 앞서 분석한 연구원 보유 역량과 결합하여 미래에 중요하면서 기계(연)이 중요한 역할을 담당할 수 있는 기술군을 발굴하는데 활용되었다. 이러한 작업은 MIT(Emerging Technologies), IBM(Next 5 in 5), Gartner(Top 10 Strategic Technologies), KISTEP(10대 미래유망기술), KISTI(미래유망기술), 다보스포럼(세계 10대 유망기술), KERI

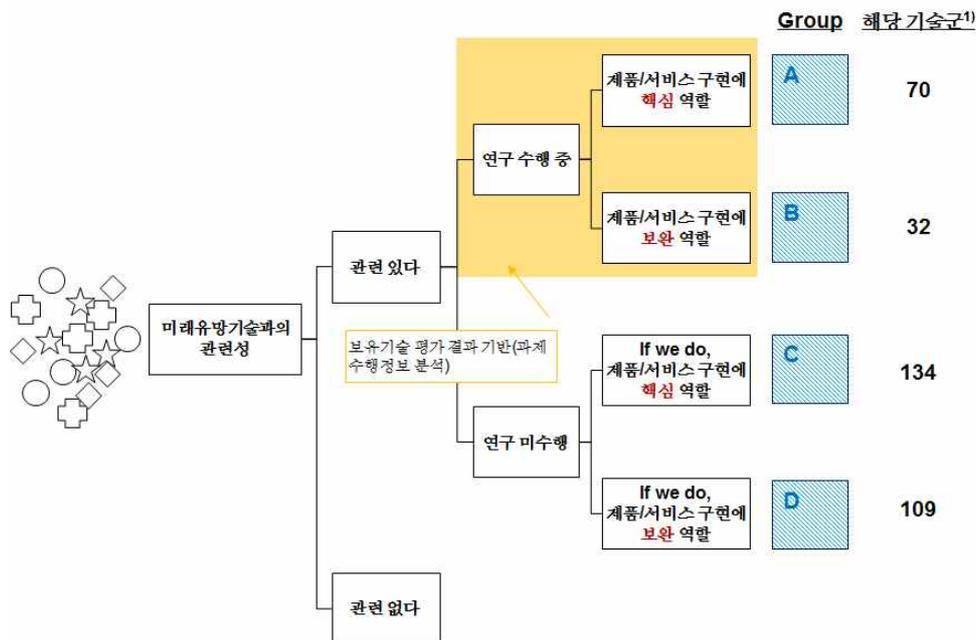
Table 1 7 Global mega-trends for the mechanical engineering

번호	메가 트렌드	세부 트렌드
1	빅 데이터 등 ICT 중심 사회	정보통신기술의 발달(Big Data, Mobile ICT) 핸드폰으로 연결된 세계 제조업의 재조명: 리쇼어링과 서비스화(Big Data)
2	에너지/자원의 수요 급증, 공급부족	에너지·자원 수요의 증가 물·식량·에너지 부족의 심화 대체에너지 개발 신재생에너지 산업 발전 부진과 화석연료 재부상
3	지구 온난화	지구온난화의 심화 및 이상기후현상 증가 기후변화와 환경 지속가능한 개발
4	저소득층/저개발국 부상	신흥국의 심층공략: 新시장 개척, 적정기술개발 양극화 심화 세계화에서 벗어나 다시 지역화로 90%의 사람을 위한 공학
5	여성 역할 강화와 인구구조의 변화	저출산·고령화의 지속 여성의 지위 향상 인구 불균형 고령화와 여성 주도권 시대 여성과 교육의 역할 세계인구구조의 변화 다양성 기반 공학 (여성)
6	신흥개도국의 성장	중국의 경제적 영향력 증대 다극체제로서의 세력 균형 신흥강국 등장 Globalizing Economy 세계 경제질서 변화 국제 질서의 다극화 부상하는 아시아
7	이해관계에 대한 첨예한 대립/갈등	사이버 테러의 증가 민족·종교·국가 간 갈등의 심화 잠재적 갈등요소의 증가 에너지·자원의 무기화

(미래를 바꿀 10대 유망 전기기술) 및 일본 경제산업성(기술전략맵), 국가과학기술위원회(제4회 과학기술 예측조사), 일본 문부과학성(2040년의 과학기술)과 같은 기관에서 주기적으로 발표하는 유망기술 선정 결과에 대한 분석을 통해 이루어졌으며, 그 결과 아래 Fig. 3과 같이 기계(연) 연구 수행 여부(수행 또는 미수행)와 해당 기술의 역할(핵심 또는 보완)에 따라 총 4개의 기계분야 유망기술군과 277개의 세부기술을 탐색하였다. 4개 군 별 유망 기술 군의 대표 사례는 아래 Table 2와 같다.

Table 2 Candidates of promising technologies for KIMM

그룹	기술군명
A	투명 플렉시블 디스플레이
	열손실이 많은 고온(700~800℃) 화학반응을 플라즈마를 이용한 저온(200~300℃) 반응 화학공정으로 대체하여 에너지를 절감하는 공정설비기술
	복잡한 3D형상을 마이크로미터급 형상정밀도로 가공하기 위한 마이크로 로봇 설계 및 제작기술
B	높은 오염물 제거 능력과 투수율을 지닌 생물기능 모방형 분리막 정수필터 제조기술
	3~5종의 암을 동시에 진단하는 멀티 암 자가진단키트
C	다중수원(해수, 지하수, 빗물, 재이용수 등 대체 수자원) 처리를 위한 대규모 플랜트 기술 (10,000m ³ /day)
	가축전염병 여러가지를 동시에 신속하게 진단하는 나노칩 기술
	인간의 한계를 넘는 힘을 발휘하도록 고안되어 사고현장 및 재해현장에서 활용할 수 있는 착용형(wearable) 근력증강 로봇
D	부유식 구조물 기술을 이용해 파력, 풍력, 태양력 등을 동시에 이용한 에너지 자급형 해양 플랜트(island)
	담수화, 물 재이용 플랜트 등의 설계, 시공, 유지관리를 위한 지능형 관리시스템, 가상시뮬레이터 등 스마트 블루플랜트



1) 중복 포함

Fig. 3 Exploration of promising technologies for KIMM based on the global evidence

2.4 중점 투자 분야 선정을 위한 프레임워크 구축

앞서 언급한 내부 역량 분석과 외부 환경 분석을 기반으로 도출한 기계(연) 보유 역량 및 유망 기술군을 활용하여 중점 투자 분야를 선정하기 위한 프레임워크를 Fig. 4와 같이 마련하였다. 프레임워크는 전략스펙셜리스트 및 연구기획 전담부서가 참여한 브레인스토밍을 통해 확보하였으며, 사회적 이슈 대응, 메가 트렌드 부합, 미래 선도형 전략기술 여부와 같은 외부환경 요인과 연구원 강점 기술, 내부 역량 기반 기술 융합, 신규 탐색·외부 융합 연구 여부와 같은 내부역량 요인을 중요 평가 기준으로 포함하고 있다.

3. 기계기술 8대 유망 분야 및 연구 테마 도출

3.1 기계기술 8대 유망 분야(M.E.C.H.)

상기 프레임워크를 활용한 연구진의 브레인스토밍과 연구부서의 피드백을 거쳐 아래와 같이 8대 유망 분야 및 주제(M.E.C.H., Future Elite 8 Tech.)를 도출하였다(Fig. 5). 4대 분야는 제조(Manufacturing), 에너

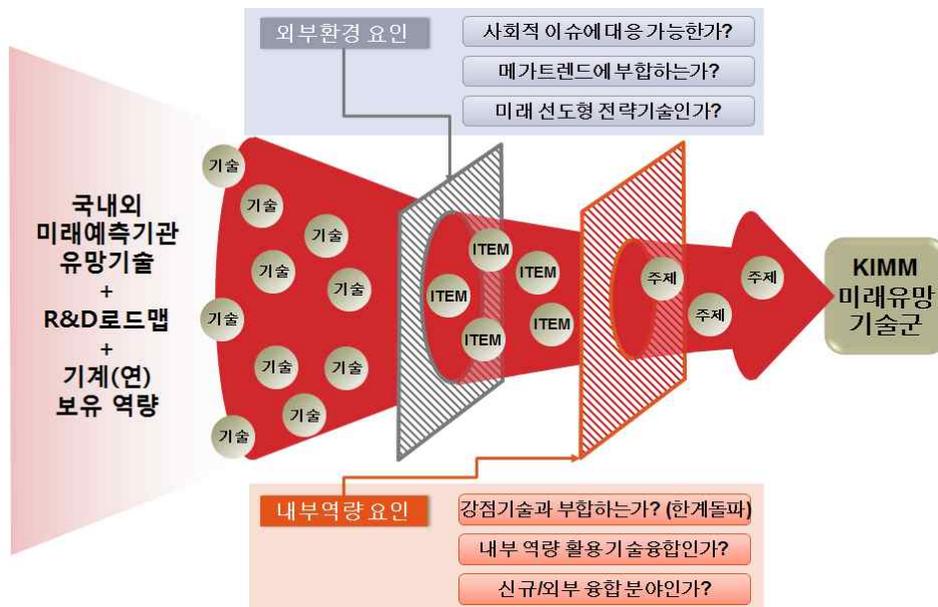


Fig. 4 Evaluation framework for selection of promising technologies for KIMM

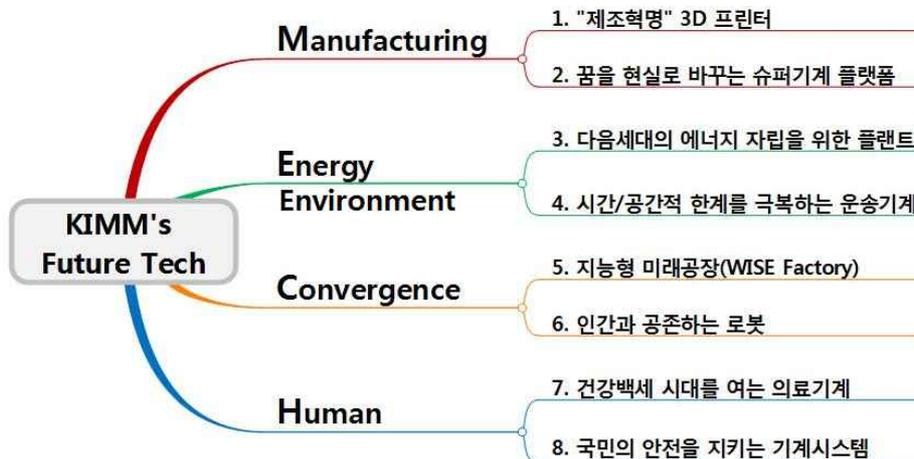


Fig. 5 Future elite 8 promising technology fields of KIMM

지·환경(Energy/Environment), 융합(Convergence), 안전 및 의료(Human)로 구성되며, 각 분야의 머리글자는 기계공학(Mechanical Engineering)을 상징하는 “M.E.C.H”로 이해할 수 있다. 4대 분야에 해당하는 8대 주제는 (1) “제조혁명” 3D 프린팅 기술, (2) 꿈을 현실로 바꾸는 슈퍼기계 플랫폼, (3) 다음세대의 에너지 자립을 위한 플랜트 기술, (4) 시간·공간적 한계를 극복하는 운송기계, (5) 폐기물 최소화·에너지화, 다 품종 소량 생산의 경제성, 작업자 안전 확보 및 에너지 자급자족을 구현하는 지능형 미래공장(WISE Factory), (6) 인간과 공존하는 로봇, (7) 건강 100세 시대를 여는 의료기계, (8) 국민의 안전을 지키는 기계시스템 이며, 세부 내용은 아래 Table 3과 같다. 이후 Table 3에 기반하여 상향식(Bottom-up)으로 연구 부서가 제안하는 유망기술을 발굴하였다.

Table 3 Candidates of 8 promising technology fields for KIMM

4대 분야	8대 주제 구성
Manufacturing	① “제조혁명” 3D 프린터 (3D Printing) - 제조업, 건축디자인, 바이오/의료분야에서 디자인 혁신, 다양성, 원가 절감의 혁명을 달성할 수 있는 입체물 제조 장비 - 금속 재료를 활용하여 μ m급 형상정밀도 구현이 가능한 3D 프린터, 인공장기 제작 가능한 3D 바이오 프린터, 빠른 시제품 제작용 개인 3D 프린터 ② 꿈을 현실로 바꾸는 슈퍼기계 플랫폼 (Super Machinery) - 다양한 스케일의 인공 구조를 개발하여 형상의 제약을 받지 않으면서 기존의 소재로는 할 수 없었던 신기능을 구현하도록 하는 원천기계 기술 - 형상의 자유도에 초점이 맞춰진 유연기계 기술, 다양한 파동에 대한 응답 특성을 제어 하여 신기능을 구현하는 메타기계 기술
Energy · Environment	③ 다음세대의 에너지 자립을 위한 플랜트 (Plant Engineering) - 에너지 효율 극대화를 위한 기계기술 및 새로운 에너지 자원 확보를 위한 기계기술 - 요소기기 고효율화 기술, 해양플랜트, 셰일가스 관련 기술, 수처리, 대기오염방지 기술 ④ 시간/공간적 한계를 극복하는 운송기계 - 초고속 이동으로 글로벌 1일 생활권이 가능하고 육해공, 도로/비도로 멀티모드 이동이 가능하며 장애인, 노령자까지 자유롭게 이동이 가능한 미래 운송기계 - 초저연비 운송기계, 초고속 운송기계, 초소형 운송기계, 멀티모드 운송기계
Convergence	⑤ 인간과 공존하는 로봇 - 생산, 국방/방재 및 의료분야에서 인간의 활동을 도와주기 위해 고안한 미래형 로봇 - 인간협업형 로봇, 인간대체형 로봇, 인간활동보조형 로봇 ⑥ 지능형 미래공장; WISE(Waste-free, Intelligent, Safe, and Energy efficient) Factory - 에너지 절약과 오염물질 저감을 실현하고, ‘유연 생산네트워크, 가상·현실 세계 융합’이 가능한 지능형 미래공장
Human	⑦ 건강백세 시대를 여는 의료기계 - 진단, 치료, 재활의 건강관리 전주기를 지원하는 기계기술 - 체내 부착/삽입형 초소형 진단기계, 레이저/초음파를 이용한 로봇수술기계, 손상된 장기/사지를 대체하는 재활기계 ⑧ 국민의 안전을 지키는 기계시스템 - 산업현장의 안전을 확보하는 기계기술 및 국민의 안전을 위한 국방기술 - 기계시스템 안전/신뢰성, 플랜트(원자력) 안전, 국방 기술 (함정, 무인기 등)

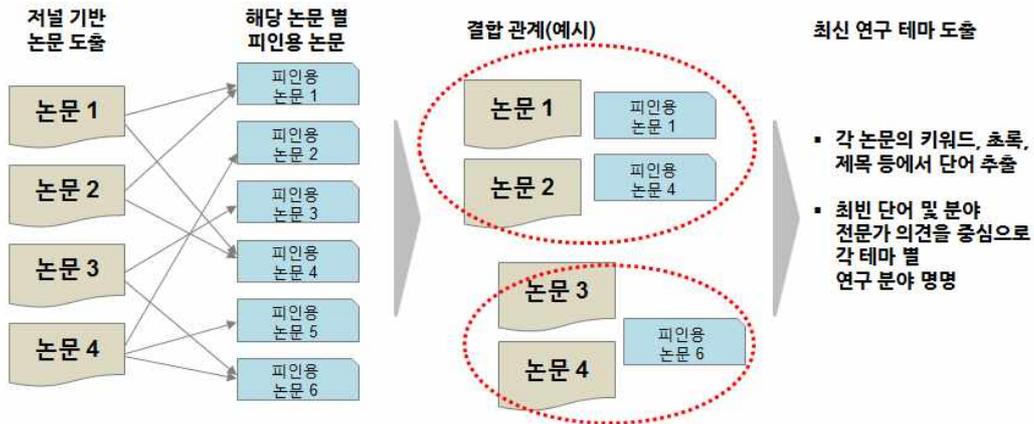


Fig. 6 The concept of bibliographic coupling analysis

3.2 서지결합분석에 기반한 세부 연구 테마 도출

본 절에서는 기계(연)의 기계분야 유망기술 기획 연구 방법의 마지막 단계로 논문 서지결합분석(Bibliographic Coupling Analysis)에 기반한 8대 주제 별 세부 미래 유망 기계기술 테마 도출 결과를 서술하였다. 서지결합분석이란 두 논문이 동일한 논문을 인용하였다면, 두 논문은 연구분야가 유사하다는 가정에 기반하여 최신 연구 테마(주제)를 발굴하는 기법으로 최신 연구동향을 파악하고 동향 변화를 즉각적으로 반영할 수 있다는 장점이 있다(Fig. 6).^(7,8)

여기에서 두 논문의 연구 분야가 유사하다고 판단할 수 있는 근거는 코사인 유사도(Cosine Similarity)와 VOS 군집 알고리즘(Clustering Algorithm)에 기반한다. 코사인 유사도는 두 논문이 인용하고 있는 참고문헌이 얼마나 유사한지를 판단하는 지표로서 [0, 1]의 값을 가지며, 아래와 같이 식 (1)로 계산할 수 있다. 여기서 분자는 두 논문의 참고문헌 중 겹치는 참고문헌의 수이며, 분모의 N1과 N2는 두 논문이 인용한 참고문헌의 개수이다.

$$\frac{\# \text{ of common references}}{\sqrt{N_1 \cdot N_2}} \tag{1}$$

VOS(Visualization of Similarities) 군집 알고리즘은 Waltman et al.(2010)⁽⁹⁾에서 제시한 기법으로 Community Detection Algorithm 방법을 활용하여 논문 간 인용문헌유사성 정도를 판단한다. Waltman et al.(2010)⁽⁹⁾에서는 네트워크 내 노드(Node) 간 관련성(Association)을 고려하고, 관련성이 높을수록 노드 간의 거리를 가깝게 두는 방식으로 노드를 배치함으로써 군집을 이루는 노드들을 기준으로 연구 테마를 발굴하고 있다. 일반적으로 논문으로 구성된 군집의 명명은 전문가의 의견에 기반하여 각 논문의 저자가 지정한 키워드 중 최빈값을 가지는 키워드의 조합을 통해 결정한다. VOS 군집 알고리즘에 기반한 각 노드(논문)의 벡터 위치 $V(x_i, x_j, \dots, x_n)$ 는 아래의 식 (2)로 산출된다.

$$V(x_i, x_j, \dots, x_n) = \sum_{i < j} s_{ij} d_{ij}^2 - \sum_{i < j} d_{ij}$$

$$s_{ij} = \frac{2m \cdot c_{ij}}{c_i \cdot c_j}$$

c_i Node i (논문 i) 가 가진 Link 수
 c_j Node j (논문 j) 가 가진 Link 수
 c_{ij} Node i,j가 가진 Link 수 (Bibliographic Coupling Links)

$$m = \frac{1}{2} \sum_i c_i \quad (2m = \sum_i c_i) \text{ 네트워크 내 존재하는 모든 Node의 Link 수 합} \tag{2}$$

또한 VOS 군집 알고리즘은 개별 군집 뿐 아니라 인용문헌의 유사성에 근거하여 군집 간 네트워크분석도 가능하게 한다. 즉 앞서 언급한 코사인 유사도를 활용하여 서로 다른 군집에 속한 논문들 간의 인용문헌 유사성 값을 군집별로 합해서 이를 군집 간 링크(Edge)의 굵기로 표현한다. 즉 링크의 굵기가 굵을수록 군집 간 인용문헌 유사성이 높음을 의미한다. 이와 같이 VOS 군집 알고리즘을 적용한 논문 군집 도출 사례는 아래 Fig. 7과 같이 도식화하여 나타낼 수 있다. 여기서 각 노드는 논문을 의미한다.

이와 같이 VOS 군집 알고리즘을 활용한 세부 연구 테마 도출을 위해 기계(연)은 8대 주제 별로 중요 학술지를 선정하고, 해당 학술지에서 2007년~2012년 사이 발간된 모든 논문 및 논문 별 참고문헌을 대상으로 서지결합분석을 수행하였다. 그 결과 8대 주제 별 세부 유망 테마 도출을 위해 총 195개 저널이 선정되었으며, 최근 5년 간 게재 논문 수는 494,808편이며, 이들 논문이 참고한 문헌의 수는 4,388,594편으로 확인되었다(Table 4). 또한 8대 주제 별 논문 1편 당 평균 피인용도는 분야별로 비교적 큰 차이를 보였는데, 예를 들어 기계시스템 안전과 같이 역사가 긴 학문 분야의 경우 평균 피인용도가 6.3에 불과하였으나, 최근 부상하고 있는 슈퍼기계 플랫폼(나노), 의료기계 등의 경우 15가 넘는 평균 피인용도를 확인할 수 있다(Table 4).

VOS 군집 알고리즘 적용 결과 8대 주제에서 도출한 연구테마 군집은 모두 117개로 나타났다(Table 3). 4대 분야 별로 연구테마 군집이 비교적 균형적으로 도출된 가운데 플랜트 엔지니어링과 Super Machinery, Safety Eng. 분야가 각각 23개, 21개, 17개로 가장 많으며, 나머지 분야는 10개 내외로 확인되었다(Table 3). 각 연구테마 군집에 대한 이름은 군집을 구성하는 논문들의 최다 빈출 키워드를 대상으로 기계(연) 연구기획 전담부서 및 각 연구본부 별 2인의 전담인력 간의 협의를 거쳐 확정되었다.

Table 4 Descriptive statistics of bibliographic coupling analysis in 8 promising technology fields

No.	Category	# of Journals	# of Papers (A)	# of References ¹⁾	# of Cites in all papers (B)	Cites Per Papers (B/A)	# of Sub-Themes
1	3D Printing	11	22,329	182,759	151,262	6.8	12
2	Super Machinery	29	196,620	1,553,132	3,083,071	15.7	21
3	Plant Engineering	42	89,018	722,484	900,742	10.1	23
4	Transportation	21	46,490	363,647	396,616	8.5	12
5	WISE Factory	12	20,049	223,672	220,875	11.0	10
6	Robotics	12	15,703	169,779	134,415	8.6	10
7	Medical Instruments	35	64,360	834,438	1,041,997	16.2	12
8	Safety Engineering	33	40,239	338,683	254,879	6.3	17
계		195	494,808	4,388,594	6,183,857	12.5	117

1) 중복 제거

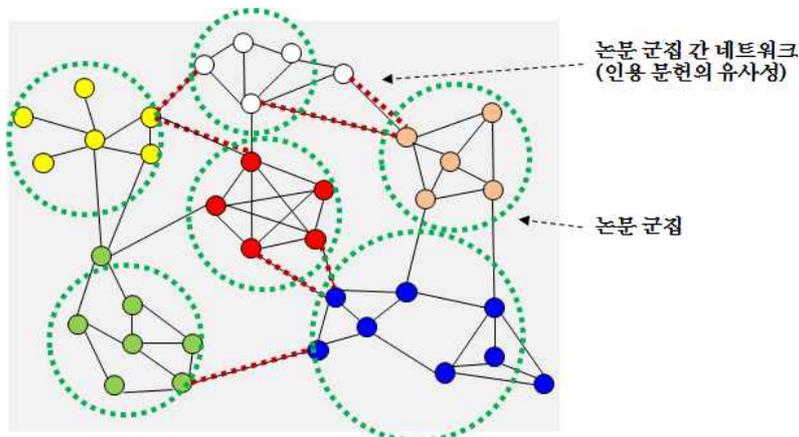


Fig. 7 The concept of VOS(Visualization of Similarities)

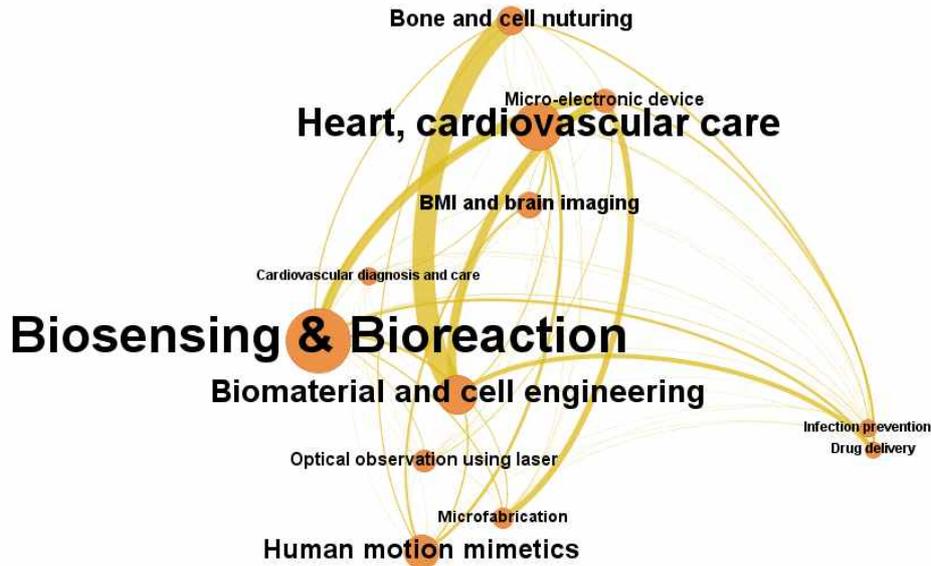


Fig. 8 Sub-themes of medical instruments and their networks

또한 기계(연) 연구팀은 논문 간 코사인 유사도(Cosine Similarity) 값(링크의 굵기)과 각 연구테마 군집을 구성하는 논문 수(노드의 크기) 기반하여 8대 주제 별 세부 연구테마 군집 간 네트워크 맵도 도출하였다. 대표 사례로 의료 기기 분야의 세부 연구테마 군집 이름과 각 군집 간 네트워크 맵은 아래 Fig. 8과 같다. 분석 결과 의료 기기 분야의 경우 바이오 센서 및 관련 기반 기술 분야(Biosensing & Bioreaction)의 연구가 가장 활발한 것으로 나타났으며 심장 및 심혈관 질환 관리(Heart, cardiovascular care)와 인공분헌 유사도가 높은 것으로 확인되었다. 이는 두 분야의 연구 기반이 상당히 유사하며, 동시에 바이오 센서가 심장 질환을 진단하기 위한 수단으로 연구되고 있음을 시사한다. 이 밖에도 의료 기기 분야는 바이오 재료 및 세포 공학(Biomaterial and cell engineering)과 뼈와 세포 성장 기술(Bone and cell nurturing) 분야가 활발히 이루어지고 있는 것으로 나타났으며, 두 분야의 연구 기반 또한 상당히 유사한 것으로 확인되었다. 마지막으로 인간 행위 모사(Human motion mimetics) 분야도 비교적 연구가 활발히 이루어지고 있음을 알 수 있으나, 타 연구테마 군집과의 유사성은 비교적 낮은 것으로 나타났다.

4. 결론 및 향후 활용

상기 서술과 같이 기계(연)은 연구원 정체성 강화와 주요사업 전략 수립, 미래 유망 주제 및 연구 테마 발굴의 일환으로 글로벌 메가 트렌드 분석, 국내외 미래유망 기술 분석의 외부 환경 분석과 연구부서 심층 인터뷰, 수행 과제 분석으로 구성된 내부 역량 분석, 그리고 서지결합분석과 같은 고유의 유망 기술 기획 연구 방법을 정립하였으며, 전략스페셜리스트 제도와 같은 독특한 조직 운영 제도를 도입함으로써 미래 유망 주제 및 연구 테마 발굴 작업에 대한 동기부여 확보와 연구원 차원의 지원과 협력 체계를 확보하였다. 이를 통해 한국기계연구원은 기계기술 8대 유망 주제와 117개의 세부 테마를 도출하고, 세부 테마 간의 유사성과 관련성을 고찰할 수 있었다. 본 연구 결과는 한국기계연구원의 주요사업 기획에 반영되어 세부 과제 기획의 전략성 강화에 기여하였으며, 기관의 연구성과목표 수립에도 반영된 바 있다. 향후 본 유망기술 기획 연구 방법과 도출 결과가 기계분야의 새로운 미래 성장동력을 발굴하는데 중요한 가이드라인으로 활용되기를 기대한다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원 2012~2014년 주요사업 대과제 ‘미래 창의원천 기계 기술 개발’ 과제(세부과제

‘기계산업 성장동력 발굴 및 미래유망기술 기획 연구’ 수행 결과의 일부이다.

참고문헌 (References)

- (1) UNIDO, 2013, “International Yearbook of Industrial Statistics 2013,” UNIDO, Vienna.
- (2) National Science & Technology Commission, 2012, 4th Science & Technology Forecasting Survey, 2012~2035, White, F. M., 1974, Viscous Fluid Flow, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning
- (3) Glenn, J., Gorden, T. and Florescu, E., 2012, 2012 State of the Future, The Millennium Project
- (4) National Intelligence Council, 2008, Global Trends 2025: A Transformed World, US Government Printing Office
- (5) Institute for Alternative Futures, 2008, Future of Mechanical Engineering 2028, ASME
- (6) 한국기계연구원, 2013, “2013년 기계산업이 주목해야 할 6대 트렌드,” 한국기계연구원 기계기술정책 제69호
- (7) 이재윤, 2008, “서지적 저자결합분석 - 연구동향 분석을 위한 새로운 접근 - ,” 정보관리학회지, 제 25권, 제1호, pp. 173~190.
- (8) 박지연, 정동열, 2013, “저자서지결합분석에 의한 문헌정보학의 지적구조 분석에 관한 연구,” 정보관리학회지, 제30권, 제4호, pp. 31~59.
- (9) Waltman, L., van Eck, N.J. and Noyons, E.C.M. (2010), “A Unified Approach To Mapping And Clustering Of Bibliometric Networks,” *Journal of Informetrics*, Vol. 4 No. 4, pp. 629~635.