

거대과학 산업생태계 활성화 전략의 우선순위 결정에 관한 연구: 핵융합과 가속기 장치를 중심으로

A Study of the Determination of the Priority of Strategies for the Activation
of the Business Ecosystem of Big Science: With a Focus
on Nuclear Fusion and Accelerator Devices

최원재(Wonjae Choi)*, 김유빈(Youbean Kim)**,
도현수(Hyunsoo Tho)***, 장한수(Hansoo Chang)****

목 차

I. 서 론

II. 이론적 배경

III. 사례분석

VI. 결 론

국 문 요 약

핵융합가속기와 같은 거대과학은 장기간의 대규모 예산 투자 및 인력, 그리고 관련 첨단기술이 필요하다는 공통점을 가지고 있다. 이처럼 대규모의 예산과 시설을 필요로 하면서 실패 가능성을 안고 있는 거대과학의 특성 상 대부분의 사업이 정부 주도로 이루어지고 있지만, 사실 그 내면을 살펴보면 뛰어난 기술력을 가진 중소기업들과 협력 관계 형성을 통해 사업을 수행하고 있는 경우가 많다. 그러나 기업의 거대과학 산업생태계 진입이 자유롭지 못하고, 또 한 번 거대과학에 진입한 기업도 단일 품목 납품이후 개발된 기술의 판로를 찾지 못해 기술력이 사장되는 경우가 많은 것이 현실이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제의식을 바탕으로 핵융합가속기 산업생태계 활성화를 위한 전략을 제안하고, 어느 정책과제를 우선해서 추진해야 하는지에 대해 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 이용하여 대안을 제시하고자 한다. 실증분석 결과 핵융합가속기 산업생태계 활성화를 위해 도출된 진입(Approach), 유지(Care), 확장(Expansion), 기반(Infra) 등의 네 가지 정책대안에 대한 시급성 및 효과성을 기준으로 우선순위를 분석하였고, Care-Approach-Expansion-Infra 순으로 나타났다. 이러한 연구결과는 향후 정부에서 핵융합가속기 산업생태계 활성화 전략을 추진할 때 한정된 재원을 가지고, 어느 정책과제를 우선해서 추진해야 할지에 대한 정책방향을 제시하는데 그 의의를 둘 수 있다.

핵심어 : 거대과학, 산업생태계, AHP, 핵융합, 가속기

※ 논문접수일: 2013.11.22, 1차수정일: 2013.12.13, 게재확정일: 2013.12.22

* 국가핵융합연구소 선임연구원, cwj147@nfri.re.kr, 042-879-5082

** 국가핵융합연구소 선임연구원, ybkim@nfri.re.kr, 042-879-5085

*** 국가핵융합연구소 선임연구원, ths5001@nfri.re.kr, 042-879-5086

**** 국가핵융합연구소 연구정책팀장, jjang@nfri.re.kr, 042-879-5080, 교신저자

ABSTRACT

Big science such as nuclear fusion accelerators shares the characteristic of requiring long-term and massive budget input, human power, and related state-of-the-art technology. Because big science, by nature, thus requires large-scale budgets and facilities yet harbors the possibility of failure, most projects are led by the government. When the actual circumstances are examined, however, such projects are often implemented through the formation of cooperative relations with small and medium businesses (SMBs) possessing outstanding technological capacity. On the other hand, the reality is that the entry of corporations into the business ecosystem of big science is not easy and that even those that have once entered big science likewise fail to find sales outlets for technology that they have developed following the supply of single items, thus leading their technological capacity to lie idle. Consequently, based on an awareness of the problem, the present study seeks to propose strategies for activating the business ecosystem of nuclear fusion and accelerators and to present alternatives regarding which policy tasks must be pursued first by using the analytic hierarchy process (AHP) technique. The present study derived the four policy alternatives of approach, care, expansion, and infrastructures in accordance with the results of empirical analysis to activate the business ecosystem of nuclear fusion and accelerators and analyzed their priority in terms of urgency and effectiveness, the results of which were, in this order: care-approach-expansion-infrastructures. The significance of such research results lie in presenting the policy direction when the government determines which policy task must be pursued first and implements strategies for the activation of the business ecosystem of nuclear fusion and accelerators with limited financial resources in the future.

Key Words : Big science, Business ecosystem, AHP, Nuclear fusion, Accelerators

I. 서 론

1. 연구배경

우주개발, 가속기, 핵융합과 같이 인류의 발전과 생존을 위해 풀어야 하는 문제를 해결하기 위한 거대과학은 장기간의 대규모 예산 투자 및 인력, 그리고 관련 첨단기술이 필요하다는 공통점을 가지고 있다. 이처럼 대규모의 예산과 시설을 필요로 하면서 실패 가능성을 안고 있는 거대과학의 특성 상 대부분의 사업이 정부 주도로 이루어지고 있지만, 사실 그 내면을 살펴보면 뛰어난 기술력을 가진 중소기업들과 협력 관계 형성을 통해 사업을 수행하고 있는 경우가 많다. 수많은 첨단, 극한 기술의 연구개발이 이루어지는 거대과학 시설 제작과 운영 과정에 중소기업의 활발한 참여가 이루어지며, 첨단 기술력을 중심으로 하는 중소기업 생태계가 만들어 지는 것이다. 그 대표적인 사례를 핵융합과 가속기 연구 분야에서 찾을 수 있다.

이처럼 자연스럽게 형성된 핵융합·가속기 산업생태계는 초전도 자석 및 전원공급 장치 제작 등 주요핵심기술 개발과 관련한 많은 강소형 기업 양성에 기여하였다. 그러나 기업의 거대과학 산업생태계 진입이 자유롭지 못하고, 또 한 번 거대과학에 진입한 기업도 단일 품목 납품이후 개발된 기술의 판로를 찾지 못해 기술력이 사장되는 경우가 많은 것이 현실이다.

선진국에서는 1980-90년대에 건설되었던 거대과학 연구장치 건설에 대한 파급효과 분석에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다(Vuola et al., 2006: 3-12; Autio et al., 2004: 107-126). 특히 건설과정에 참여하였던 산업체와의 파트너십과 기술혁신 등에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 그러나, 국내에서는 아직까지 거대과학 연구시설 장치 건설이 산업체에 미치는 효과에 대해 체계적으로 연구한 논문은 거의 없는 실정이다.

최근 들어, 정부는 국가 R&D 평가체계 개선을 통해 R&D 사업의 종료 후 평가 즉, 과학기술적 파급효과 등의 중요성을 강조하고 있으며, 미국, EU 등에서는 R&D 사업 추적평가가 이미 R&D 평가의 중요요소로 자리 잡고 있다. 또한 핵융합과 가속기관련 거대과학 산업생태계 활성화를 위한 정책연구는 이번이 처음으로 국내 거대과학 연구기관과 관련 산업체, 정부 모두에게 매우 중요한 연구라고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 거대과학 연구소-기업 파트너십 활성화를 위한 전략 수립에 대해 정부에서 어느 정책과제를 우선해서 추진해야 하는지에 대해 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 이용하여 분석하고, 대안을 제시하고자 한다.

2. 연구의 목적 및 내용

본 논문에서는 위에서 언급한 문제의식을 바탕으로 거대과학 산업생태계 활성화 전략 수립 및 실천과제의 우선순위 분석을 위한 방법으로서 사례연구 및 AHP분석을 제안한다. 이를 위해 다음과 같은 문헌분석과 실증분석을 수행한다.

우선, 문헌분석은 거대과학 및 산업생태계, AHP에 관한 기존 문헌을 검토하고 각각의 개념, 특징 및 시사점을 도출한다. 실증분석은 핵융합·가속기 산업생태계에 대한 사례분석을 바탕으로 진행한다. 이를 위하여 먼저, 핵융합·가속기 장치 산업생태계 현황 및 이슈를 분석하고, 핵융합·가속기 장치 산업 활성화 전략을 도출한다. 마지막으로 도출된 전략 및 실천과제의 우선순위 분석을 위해 AHP 분석을 적용하여, 도출된 전략의 유용성을 검증하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 거대과학과 산업생태계

1) 거대과학

(1) 거대과학의 개념

거대과학이라는 용어가 등장한지는 오래되었으나, 거대과학 개념에 대한 정의 또는 특징, 관리 등에 대한 학문적, 정책적 측면에서의 연구활동은 거의 없는 상황이다.

‘빅 사이언스(big science)’라고도 불리는 거대과학은 우주개발이나 가속기, 핵융합 연구와 같이 인류의 발전과 생존을 위해 풀어야 하는 문제를 해결하기 위한 연구 분야로 막대한 자본과 인력 그리고 거대연구 시설물을 필요로 하는 기초과학 연구를 말한다(이민형, 2010: 35-37). 거대과학의 효시는 소위 ‘맨하튼 프로젝트’라고 하는 원자핵폭탄 개발 프로젝트로 알려져 있다. 그러나 최근들어 거대과학 연구는 ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)¹⁾ 프로젝트 등 인류가 당면한 문제를 해결하기 위한 국제협력이 주류를 이루고 있다(Giudice, 2012: 96).

종합하면, 거대과학은 연구성과의 파급효과가 매우 크지만, 대규모 투자가 필요하며, 실패 가능성도 높아 정부 주도의 연구가 필요하며, 또한 국가 간 공동연구가 필요한 분야라고 정의할 수 있다.

1) 국제핵융합실험로(ITER) 개발 사업은 우리나라를 비롯한 미국, EU, 일본 등 7개 국가가 공동으로 개발하는 프로젝트로 건설기간이 2007~2019년까지이며, 총 건설비는 약 11조원이다(국가핵융합연구소, 2010: 1-5).

(2) 거대과학의 특성

거대과학은 대규모 인력과 자본을 집중적으로 투자함으로써 단기간에 다양한 분야의 기초 과학 육성이 가능하고, 다양한 분야의 과학자가 명확한 목표를 갖고 집중적으로 협력연구를 수행함으로써 한 번에 큰 도약이 가능하다. 또한 거대과학 시설의 존재는 우수 과학자의 유치와 국제협력력을 통하여 기초과학의 수준을 향상시키는 선순환 구조를 형성하기 때문에 오늘날 미국, EU, 중국, 일본 등 주요 선진국 들은 거대과학 연구시설 투자에 적극적으로 나서고 있다(이원희, 2009: 1).

(3) 거대과학의 유형화

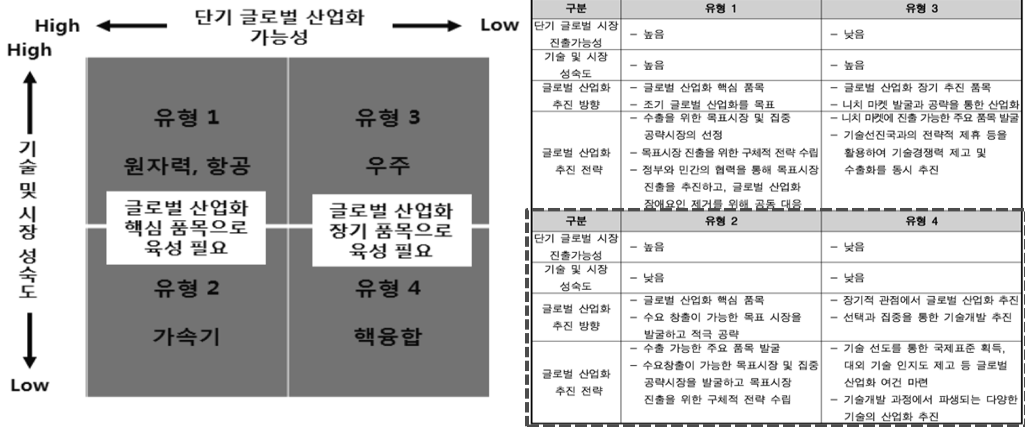
거대과학은 5대 거대과학분야(원자력, 항공, 우주, 가속기, 핵융합)를 그 특성에 따라 3개의 유형으로 분류할 수 있다(이민형, 2010: 6). 즉, 거대시설형 거대과학, 글로벌 네트워크형 거대과학, 혼합형 거대과학 등이다. 본 논문에서 다루고자하는 가속기와 핵융합은 대표적인 거대시설형 거대과학으로 볼 수 있다.

〈표 1〉 거대과학 시설의 유형화

유형		정의	대표 사례	특성/고려점	기대효과
I 거대시설형 거대과학	거대설비형	경성적 설비 및 공간에 의지하는 유형 하드웨어 또는 설비가 거대하고 고가인 유형	대형가속기	• 투자액이 크기 때문에 투자대비 편익의 고려	• 기술개발 및 실용화 기반 제공 • 신산업이나 신비즈니스 모델 창출
	지역 응집·클러스터형	거대 지역/공간(에) 이하의 수 km 공간을 확보해야 가능한 유형	유럽 핵융합	• 지역의 수용성 및 인프라 과학적 클러스터 형성 가능성의 고려	
II 글로벌 네트워크형 거대과학		전지구적 협력이 증시되는 유형	• 전지구관측시스템 • 생물다양성 • 해양과학 • 인간기능 연구	• 국가, 많은 국제기구와 이 해당사자의 참여가 필수적 요소 • 투자규모는 다른 유형보다 상대적으로 적음 • 메타 시스템 연구	• 국제기구의 크고 작은 연구 프로그램과 연결되어 분산형 시너지 효과 • 새로운 지식탐구를 통한 사회경제적, 환경적 문제 해결
III 혼합형 거대과학		거대시설형과 글로벌 네트워크형이 혼합되는 유형	우주 개발	• 거대투자과 시설+다학제 및 다중 주체의 네트워킹 • 국가비전을 포함한 장기적 추진계획 수립 요 • 다양한 수행 주체들을 효과적으로 통합할 리더십과 운영체계 중시	• 국가 위상제고 등 국가적 전략 우위 확보를 추구

출처 : 이민형(2010: 6)

또한 거대과학의 산업화와 관련한 유형 분류를 살펴보면, 기술 및 시장의 성숙도와 단기 글로벌 산업화 가능성에 따라 유형1~4까지의 분류가 가능하고, 가속기와 핵융합은 기술 및 시장성숙도가 낮은 공통점을 가지고 있다.



출처 : 정기철(2010: 3)을 재구성

(그림 1) 거대과학 글로벌 산업화의 유형

2) 산업생태계

(1) 산업생태계의 정의

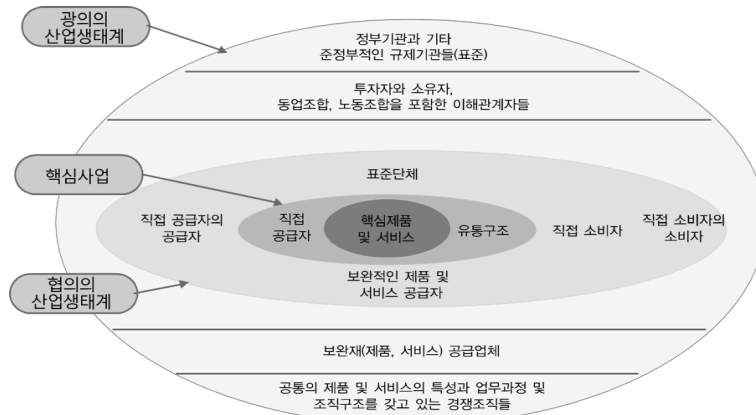
산업생태계(Business ecosystem)의 개념은 1990년대 초 James F. Moore가 Harvard Business Review에 “Predators and Prey: A New Ecology of Competition”라는 글을 발표하면서 처음 기원하였다. Moore(1993: 75)는 산업생태계를 조직과 개인이 상호작용하는 토대에 의해 지지되는 경제적 커뮤니티, 즉 산업세계의 공동체라고 정의하였다. 다시 말해서 산업생태계는 산업 환경 내의 모든 이해관계자들이 생태계의 유기체들처럼 긴밀하게 연결되어 있어 서로 상호작용하는 시스템 또는 경제공동체를 말한다(장석인, 2010: 12 ; 정은미 2011: 14). 종합하면, 산업생태계는 잠재적 사업가능성이 있는 기회환경에서 다양한 영역과 상호작용을 거치며 산업생태계를 형성하고, 생태계에 속한 주체들은 기술혁신을 통해 새로운 제품을 지원하고 고객의 욕구를 만족시키고, 다음단계의 기술혁신을 통합하기 위해 협조적이면서도 경쟁적으로 움직이는 시스템을 말한다.

(2) 산업생태계의 구조

산업생태계는 특정 제품 및 서비스를 생산하는 주요기업들뿐만 아니라 공급자와 수요자, 경쟁자 및 보완재를 생산하는 업체들을 포함하는 확장된 네트워크(Extended network), 이외에 제도기관 및 관련 산업의 기타 모든 이해관계자들을 아우르는 개념으로 아래 (그림 2)와 같이 나타낼 수 있다.

산업생태계는 일반적으로 계층구조를 가지고 있으며, 하위 레벨의 공급자부터 상위레벨의

소비자까지 동반자적 관계 또는 공생관계를 갖는 것이 특징이다. 산업생태계 관점에서 거대과학 R&D를 바라보면 공급자는 거대과학 사업 참여 기업이 될 수 있고, 소비자는 거대과학 장치를 건설하는 연구기관으로 볼 수 있다.



출처 : Moore(1996); Iansiti & Levien(2004); 정은미(2011: 50)에서 재인용

(그림 2) 산업생태계의 구조

(3) 산업생태계의 발전단계

Moore(1993: 77)에 따르면, 모든 산업생태계는 뚜렷한 탄생(birth), 확장(expansion), 성숙 또는 리더십(leadership), 자기재생 또는 쇠퇴단계의 네 가지 단계로 구분하고 있다.

〈표 2〉 산업생태계의 단계별 특성

구분	단계별 특성
출현단계 (Birth)	- 새로운 가치 창출 네트워크의 형성 - 잠재 시장에 서비스할 수 있는 비즈니스 모델 디자인에 주력하는 시기 - 새로운 기회와 통합 패러다임을 축으로 현실적으로 가능한 가치사슬을 설계하고 창조
확장단계 (Expansion)	- 주요 고객, 강력한 공급자, 중요 유통경로 등을 모두 생태계로 편입 ↳ 상호 상승작용 관계 형성 및 규모와 범위 확대
성숙단계/ 리더십 확보 단계 (Leadership)	- 중심 고객 및 공급자들의 투자를 이끌어내는 능력 유지 및 강화필요 - 미래에 대한 강력한 비전 제공 - 내·외부적 경쟁관계 발생 - 생태계 전체의 혁신과 공진화 진작 - 자신의 권위와 생태계 기여를 위한 독창성 유지
자기재생/쇠퇴단계 (Self-Renewal)	- 끊임없는 성과의 개선으로 생태계의 리더로서 입지를 구축한 기업들은 생명연장을 가장 우선시 · 새로운 혁신을 통한 안정성 유지와 변화와의 균형 중요

출처 : Moore(1996: 77)

〈표 2〉의 단계별 특성에 따르면 핵융합과 가속기 장치 산업의 경우 새로운 가치 창출의 네트워크가 형성되었고, 주요 고객(연구기관, 정부)과 강력한 공급자(산업체) 등이 생태계로 편입되고 있으므로, 핵융합과 가속기 장치 산업생태계는 출현단계를 지나 확장단계로 접어들고 있음을 알 수 있다.

3) 거대과학과 산업생태계에 관한 선행연구

그동안 국내에서는 거대과학과 산업생태계에 관한 학술적 연구가 거의 진행되지 않았다. 국내의 대표적인 거대과학관련 연구로는 정기철(2010), 이민형(2010) 등이 국내 거대과학의 글로벌 산업화를 위한 전략 및 거대과학에 대한 종합관리체계 추진전략에 대해 연구한 정도이다. 그러나, 두 연구의 경우 거대과학을 분류하는 기준이 각각 상이하고, 거대과학 전반을 다루다 보니, 핵융합·가속기와 같은 개별 분야의 산업화 전략에 대한 심도있는 연구가 부족하였다. 산업생태계와 관련한 연구로는 장석인(2011) 등이 전기차, 태양광, 차세대 모바일, 바이오 의약품, IPTV 등 5개 신성장동력 산업에 대해 산업생태계 분석을 한 것과, 유길상(2012) 등이 생태계 관점에서 게임콘텐츠 산업구조를 분석 한 것이 대표적이라고 볼 수 있다. 강소기업 육성전략과 관련하여 이영주(2012, 2013a, 2013b)는 글로벌 강소기업의 성공요인 분석 및 육성 정책에 대해 연구하였다. 그러나 이들 연구의 경우, 단순히 IT, 자동차, 게임 등 일반적으로 생태계가 성숙된 산업에 대한 전략들이 대부분으로, 거대과학과 같이 파급성은 크지만 시장이 미성숙한 산업에 대해서는 전략적으로 접근하지 못하였다.

해외에서는 2000년대 접어들어, CERN 등을 중심으로 거대과학과 산업체의 파트너십관련 연구가 진행되어 왔다. 유럽의 대표적 거대과학연구기관인 입자물리연구소(CERN)를 대상으로 거대과학과 산업체와의 파트너십을 통한 기술혁신에 관한 연구(Vuola et al., 2006)와 거대과학에서 공공과 민간, 대학의 파트너십(Public-Private Academic Partnerships; PPAps)에 대한 분석(Anderson et al., 2012), 거대과학 연구기관에서 산업체의 지식 전파의 프레임워크에 대한 연구(Autio et al., 2004) 등이 그것이다.

Vuola(2006: 3-4)에 따르면 과거의 거대과학 장치개발은 산업체의 미참여로 인해 연구소에서 직접 제작(in-house) 형태로 건설되었으며, 복잡성과 규모(Scale)가 커짐에 따라 새로운 산업(industry)이 형성되게 되었다. 그러나 거대과학의 시장이 매우 작고, 기술도 세분화되고, 개발하기 어려울뿐더러 경제성도 떨어지기 때문에 대기업에서는 외면하고, 중소기업은 기술이 없어서 참여를 못하는 상황에 직면하게 되었다고 설명하였다. 이를 해결하기 위해 거대과학과 산업체의 새로운 파트너십 기술혁신 모델을 제시하였고, 사례분석을 통해 10년 동안의 LHC(Large Hadron Collider) 프로젝트를 통해 모델의 증명을 제시하였다. 이러한 문제는 우

리나라의 거대과학 장치 산업생태계 문제와 비슷한 상황이라고 볼 수 있다.

Anderson(2012: 1-22)은 거대과학이 점차 공공, 민간, 대학의 통합에 대한 수요를 증가시키고 있으며, 만약 파트너 간의 역할이 분명하게 정의된다면, PPAPs가 성공할 수 있다고 주장하였다. 한편, Autio(2004: 107-126)는 거대과학 연구기관에서 산업체에 지식이 이전되는 과정을 사회 네트워크, 사회적 자본, 조직학습이론 등을 통해 분석하였다. 이를 통해 실제로 거대과학 연구기관이 산업체에 광범위한 지식이전을 하고 있음을 실증분석을 통해 보여주고 있다.

그러나 이들 해외 연구의 경우, 가속기 제작을 대상으로 한 CERN의 사례연구에 대부분 국한되어 있어, 핵융합과 같은 타 거대과학을 대상으로 한 추가 연구가 필요하다.

2. AHP(Analytical Hierachical Process) 기법

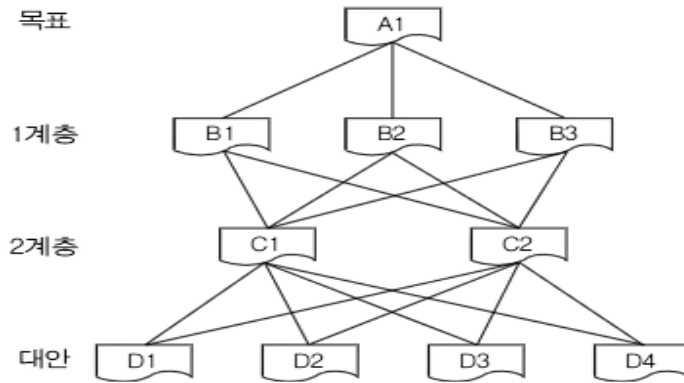
1) 개념 및 특징

AHP 분석은 Saaty(1980)에 의해서 개발된 다기준의사결정 방식으로 계획과 자원배분, 갈등해소, 예측 등의 다양한 연구목적을 위해서 사용되어 왔다. 그리고 그 적용분야도 행정, 경영, 정책, 공학 등 다양한 영역에서 적용되어 왔다(Vaidya & Kumar, 2006: 1-2; Ho 2008: 211-212). Saaty(1990)는 AHP의 세 가지 원리를 제시하고 있는데, 이 세 가지 원리는 계층적 구조설정(hierarchical Structure), 상대적 중요도 설정(Weighting), 논리적 일관성(Consistency)이다(권기현, 2010: 307-310에서 재인용).

AHP 기법은 평가요소간의 가중치를 체계적인 계량적 절차를 통해 결정할 수 있으며, 최적 대안의 선택에 있어서 기존의 효용이론 혹은 통계적 의사결정에 비해서 이해하기 쉽고, 전문가의 주·객관적 정보를 종합적으로 사용할 수 있다. 그리고, 의사결정자들의 일관성을 판단할 수 있는 지표를 제공하며, 분석절차가 합리적 의사결정의 절차와 부합한다는 점이다(고길곤, 2008: 288).

2) AHP 분석과정

AHP를 이용하여 의사결정에 영향을 미치는 여러 속성들 간의 체계적인 가중치 혹은 순위를 부여하기 위해서는 다음과 같은 단계를 거친다. 우선 대상의 목표를 선정하고, 그 목표에 영향을 미치는 관련 속성들을 계층적으로 세분화하여 의사결정구조를 설정한다. 계층구조를 완성하기 위하여 최상위 계층에 목표를 두고 최종적인 목표로 나타내고 다음 계층은 목표를 달성하기 위한 기준으로 표현한다. 그 다음 계층은 앞 계층에 영향을 미치는 부속성을 나타낸다. 이를 도식화 하면 (그림 3)과 같다.



출처 : 이덕주 외(2004: 276)

(그림 3) AHP 의사결정구조

3) AHP 관련 선행연구의 검토

AHP 관련 선행연구를 살펴보면, Vaidya & Kumar(2006: 1-29)는 주요국제학술지를 중심으로 AHP를 적용한 논문을 분석했으며, AHP 기법을 적용한 목적을 보면, 여러 가지 대안들 중에서 선택을 위해서 가장 많이 사용한 것으로 나타났으며, 그 다음이 평가, 의사결정, 우선순위 등으로 사용되었다. 적용분야는 엔지니어링, 인사, 사회문제, 제조업, 정부 문제해결 등으로 많이 사용되고 있었다. 과학기술정책관련 논문에서 AHP를 사용한 사례는 전자정부 구현전략의 우선순위결정(성도경, 2002: 353-372), IT 프로젝트 관리 우선순위 수립(경태원 외, 2007: 157-181), 수출유망 원자력 기술분야 선정(이덕주, 2004: 271-285), 미래유망기술 투자 우선순위 설정(조근태외, 2003: 41-46) 등이 있었다. 최근에는 전략수립을 목적으로 SWOT-AHP 분석을 많이 활용하고 있으며(장한수의 2012: 771-772), 네트워크 프로세스를 기반으로 우선순위를 결정하는 ANP(Analytic Network Process) 분석 등도 많이 활용되고 있다.

AHP 분석의 한계점으로는 설문자료의 입력과 오류, 의사결정의 주관적 판단을 들 수 있다. 후자의 문제를 해결하기 위해 일관성 지수(Consistency Ratio: 이하CR)의 기준을 정하고 있으며, 일반적으로 CR값이 0.1보다 큰 경우에는 일관성이 없다고 보고 있다. 그러나 일관성 비율이 높다고 반드시 개인의 판단이 잘못되었다고 단정할 수 있는 것은 아니며, 특정 평가요소에 대한 선호가 강한 경우에 CR값이 비록 커져도 의사결정자의 선호가 잘 반영되었다고 볼 수 있다.

III. 사례분석

1. 핵융합·가속기 장치 산업생태계 현황 및 이슈 분석

1) 분석 방법

그동안 핵융합·가속기관련 거대과학의 산업생태계가 형성된 과정을 분석하기 위해 핵융합 및 가속기 장치 제작 사업의 참여기업 약 400여개에 대한 현황 데이터를 분석하였다. 또한 주요 공통기술 참여 기업에 대한 S&P Capital IQ를 이용하여 3년 매출 증가율을 동종업계 평균과 비교분석하였다. 그리고, 핵융합 및 가속기 산업생태계 이슈도출을 위해 핵융합·가속기 참여 기업(11개) 및 연구소(국가핵융합연구소 및 4개 가속기연구소), 정부 등을 대상으로 심층 인터뷰를 진행하였다. 또한, 인터뷰를 통해 도출된 이슈를 중심으로 생태계 활성화 전략을 수립하였고, 전략의 우선순위 선정을 위한 AHP 분석을 실시하였다.

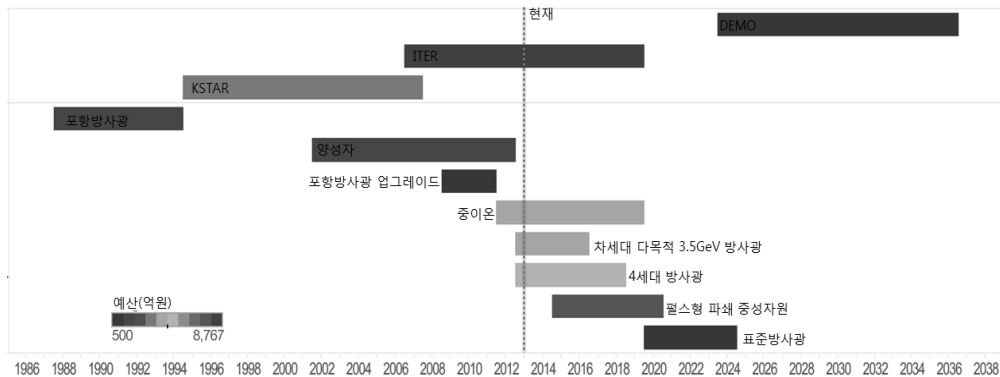


(그림 4) 분석 절차

2) 핵융합·가속기 장치 산업생태계 현황 분석

(1) 핵융합·가속기 장치 산업생태계 형성과정

가속기와 핵융합은 '88년 포항가속기 건설을 시작으로 공통 극한 기술을 상호 공유하며 유



(그림 5) 가속기 및 핵융합 연구시설 제작 현황 및 계획(500억원 이상 시설)

지·발전되는 선순환 체제를 형성하였다. 포항가속기 건설('88~'94)로 시작된 거대과학 산업 태동의 역사는 KSTAR 건설('95~'07)로 연계되어 동 산업 기술력을 유지·발전시키는 계기가 되었다.

당시, 포항방사광가속기 건설에 참여하였던 기업은 130여개였고, KSTAR 건설에 참여했던 기업은 총 69개였으며, 현재는 ITER 건설 및 KSTAR 성능향상('04~현재)을 위해 약 171개 기업이 참여하고 있다. 즉, KSTAR 건설 이후 산업생태계는 양성자 가속기 건설('02~'12)과 ITER 사업('07~'19) 등으로 연계되어 생태계 성장에 기여하고 있다고 볼 수 있다.

〈표 3〉 국내 핵융합 및 가속기 장치 투자 현황

(단위 : 억원)

구분	핵융합			가속기					
	KSTAR		ITER 조달	방사광가속기			양성자 가속기	중이온 가속기	중입자 가속기
	제작	성능향상		3세대		4세대			
			제작	성능향상					
투자 금액	3,090	811	6,112 (12,365)	1,500	1,000	1,700 (4,260)	3,143	854 (4,604)	145 (1,950)
기간	'95~'07	'08~'13	'07~'19	'88~'94	'09~'11	'11~'14	'02~'12	'12~'19	10~'16

한편, 핵융합·가속기 장치 산업의 특성은 국가 주도로 형성된 생태계라는 점을 들 수 있다. 핵융합 가속기는 예산 및 설비시설 요구가 비교적 높은 분야로 정부에 의하여 생태계가 형성



(그림 6) 핵융합·가속기 공통기술 분류

되고 유지되어 온 대표적인 사례이다. 핵융합, 가속기와 관련된 정부 투자는 현재까지 약 3.2조원²⁾으로 생태계 생성 및 확장의 발판은 충분한 것으로 전망되고 있다. 또한 핵융합, 가속기의 공통된 특징으로는 대규모 장치기반 산업적 측면을 들 수 있으며, 정부 R&D 사업을 통해 약 400개 이상의 중소·중견기업이 연관된 생태계를 형성하고 있다.

핵융합과 가속기의 또 다른 특징으로는 극한기술 기반의 고부가가치 장치 산업이라는 점이다. 핵융합과 가속기는 공통적으로 초전도, 초고온, 극저온, 초고진공, 대용량 전력 공급 등의 극한기술을 요구하며 이는 국내외 연관 산업 진출로 연계되어 왔다. 일례로 국가핵융합연구소와 관련 산업체가 '13.6월 현재기준으로 약 1,808억원의 ITER 해외 수주를 달성하였으며, 포항가속기의 경우 3세대 방사광가속기 건설을 계기로 관련 부품의 국산화율을 70%까지 끌어올렸다. 이는 약 7,000억원 이상의 수입 대체 효과 및 국내 우수기업의 해외 가속기 시장 진출의 계기가 되었다.

(2) 핵융합·가속기 분야의 기술적 특성 및 관련 산업계 현황

핵융합·가속기 분야는 앞서 설명하였듯이 초전도, 극저온, 초고온, 고진공 등 첨단기술을

〈표 4〉 핵융합·가속기 공통참여 기업 현황

No	업체명	3세대방사광 가속기 (‘88-’94)	KSTAR (차세대초전도핵 융연구장치) (‘95-’07)	양성자 가속기 (‘02-’12)	ITER (국제핵융합 실험로) (‘07-’19)	중이온 가속기 (‘12-’19)	4세대방사광 가속기 (‘13-’16)
1	다원시스	✓	✓	✓	✓		✓
2	비츠로테크	✓	✓	✓		✓	✓
3	모션하이테크	✓	✓		✓		
4	제너시스	✓	✓				
5	성우인스트루먼츠	✓	✓				
6	HMT		✓	✓	✓		✓
7	VMT		✓	✓	✓		
8	SFA		✓		✓	✓	✓
9	포스큐ICT		✓		✓		✓
10	금강기전		✓				✓
11	한라이비텍		✓				✓
12	씨브이		✓			✓	
13	금강테크	✓			✓		✓
14	동우옵트론	✓			✓		
15	플라스포	✓			✓		
16	알파플러스	✓			✓		

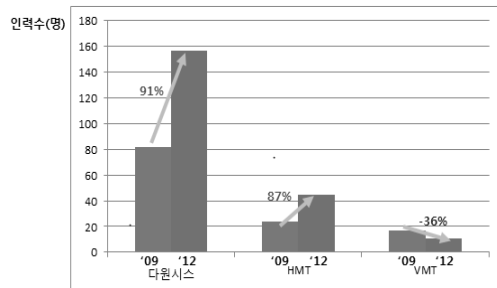
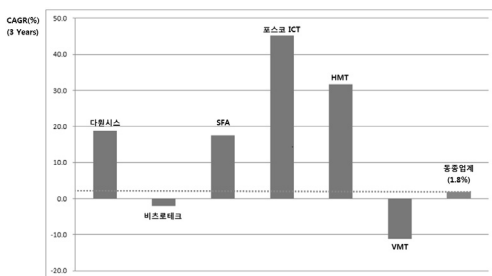
2) '13.6월기준 약 1.8조원 투자, '13~'19까지 1.4조원 투자 예정

요구하는 극한 기술이 집약된 첨단 과학 분야로 고도의 전문 기술이 요구 되며, (그림 6)과 같이 약 10여개 이상의 공통 기술 군을 가지고 있다.

또한, 공통 기술 관련 산업체는 핵융합·가속기 관련 약 4백여 업체 중 16개 업체 규모로 생태계를 형성하고 있었으며, 관련 기술의 출현 시기 부터 상호 영역 간 협력을 통해 사업 성장성도 잘 유지하고 있었다. 또한, 사업 확장 경향을 분석한 결과, <표 4>와 같이 고유 영역에서 축적한 기술을 바탕으로 타 분야 협력(시너지) 단계로 진화하는 경향이 관찰되기도 하였다.

한편, 이들 기업 중 공통 기술을 확보한 기업은 타 분야 동종 업계 대비 재무/인력의 경쟁력 확보에도 성공하였다. 참고로, 사업성장성 확인을 위해 공시 정보 및 전화 인터뷰 등으로 재무/인력 현황 파악이 가능한 기업 6곳을 선정하여 최근 3년간 연평균성장률(CAGR) 및 인력 변동 추이를 조사하였다(그림 7), (그림 8) 참조).

대표 기업의 연평균 성장률을 분석한 결과, 핵융합·가속기관련 공통참여 기업들은 동종 산업 분야의 최근 3년간 연평균성장률(CAGR) 대비 우세한 성장세를 보였다³⁾.



(그림 7) 주요기업의 최근 3년간 GAGR 현황 (그림 8) 주요기업의 최근 3년간 R&D 인력변동 현황

※ 산출근거: (상장) Standard & Poors Capital IQ / (비상장) 전화인터뷰
 동종업계: Standard & Poors 국제 분류표 기준(Electronic Equipment and Instruments)

3) 이슈 및 문제점 도출

11개 참여⁴⁾ 기업과 관련 연구기관⁵⁾의 의견을 종합한 결과 (그림 9)와 같이 크게 세가지 주요 이슈 및 여섯 가지 문제점을 도출하였다. 핵융합·가속기관련 거대과학 산업생태계 관련 주요 이슈 및 문제점으로는 첫째, 핵융합·가속기 산업생태계의 높은 진입 장벽을 들 수 있다.

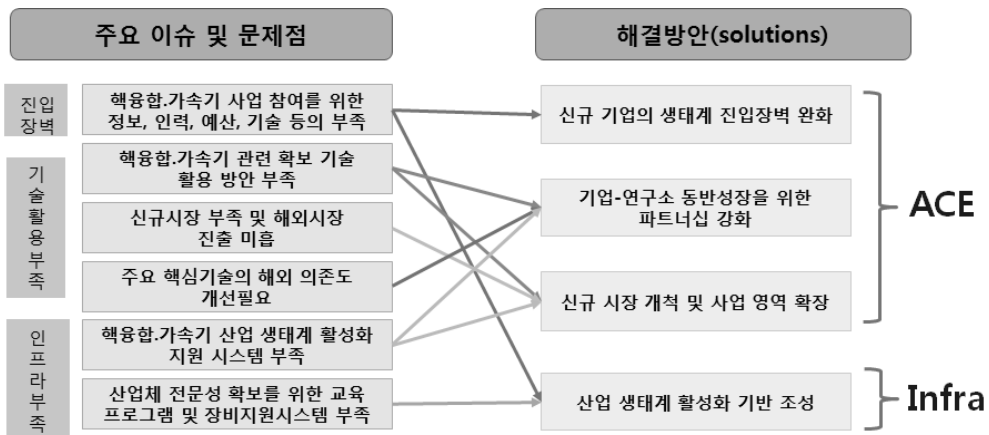
3) 비즈로테크, VMT의 CAGR은 동종 산업 분야 대비 저조하나 각각 평균 매출 900억원, 20억원으로 견고한 실적을 나타냈다.

4) 16개 공통 참여 기업 중 11개 주요 기업을 선정하여 심층인터뷰를 진행하였다.

5) 국가핵융합연구소, 기초과학연구원, 포항가속기연구소, 한국원자력연구원, 한국원자력의학원

즉, 생태계 구성원 간에 로드맵, 정책 등 정보 공유의 부족으로 산업체의 거대과학 진입이 어렵다는 의견이 많았다. 또한 거대과학 분야 이공계 인력풀이 제한적이기 때문에 중소기업의 전문 인력 보유율이 낮다는 의견도 있었다. 무엇보다도 매출 대비 R&D 투자가 저조한 중소기업의 경우 기술 활용의 불확실성이 큰 거대과학의 특성상 신규투자의 부담을 많이 느끼고 있었다. 이는 우주과학 등 거대과학 관련 산업의 공통된 특성으로 볼 수 있다. 마지막으로 거대과학 특성상 고도의 기술력을 요구하는 대형 연구장치의 특성상 기술력 부족 등으로 중소기업의 참여가 어려운 상황이다.

두 번째 이슈로는 핵융합·가속기 R&D사업에 참여하여 확보한 기술의 활용이 부족하다는 점이다. 구체적으로는 핵융합·가속기 사업 참여기업이 관련 기술을 활용하여 타 산업(항공우주, 원자력 등) 및 연관 사업에 진출하기 어렵다는 의견이 많았다. 또한, 거대과학의 특성상 관련 시장이 한정적이고, 차기 사업 참여까지 공백이 많기 때문에 기업의 기술 및 인력 손실에 대한 우려도 높았다. 또한 기업이 해외시장에 진출하고 싶어도, 해외 시장관련 정보, 인력, 마케팅 역량 부족으로 기업의 해외 진출 기회가 제한되고 있었다.⁶⁾ 연구소에서는 주요 핵심 기술에 대한 해외 의존도를 단계적으로 개선하고, 국내 기업을 통한 장치제작의 국산화율 제고가 필요하다는 의견이 있었다.



(그림 9) 핵융합·가속기 장치 산업생태계 주요 이슈 및 해결방안

세 번째 이슈로는 생태계 확장을 위한 관련 인프라가 부족하다는 점이다. 우선, 핵융합·가속기 산업생태계 유지·확장을 위한 지원 시스템이 부족하다는 점을 들 수 있다. 구체적으로는

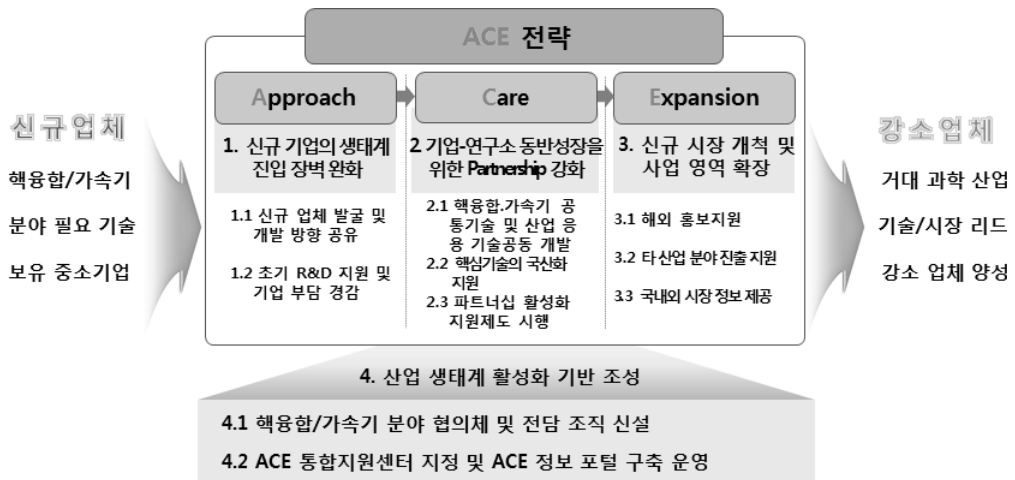
6) 전 세계 가속기 시장 규모는 연 5조원 규모로 추정되나, 국내 업체는 대부분 중소기업으로 해외 시장 진출 경험이 부족한 상황이다(정기철, 2010: 23-34).

핵융합, 가속기를 포괄하는 네트워크 부족으로 거대과학 산업생태계 이슈 발굴 및 대응이 부족한 상황이며, 중소기업 지원을 위한 전담 조직의 부재로 체계적인 모니터링 및 대응도 부족한 상황이다. 또한, 입찰제도, 기술료규정, 지적권 소유제한 등으로 인한 기업 활동 위축도 문제점으로 제기되었다. 이밖에도 산업체의 전문성 확보를 위한 교육프로그램 및 장비 지원시스템 등이 부족하다는 의견도 있었다.

이상의 주요현황 및 이슈분석을 바탕으로 핵융합·가속기 장치 산업생태계의 네 가지 해결방안을 도출하였고, 이러한 해결방안을 바탕으로 구체적인 추진전략 및 실천과제를 도출하였다.

2. 핵융합·가속기 장치 산업생태계 활성화 전략 도출

핵융합·가속기 장치 산업생태계 활성화를 통해 관련 중소기업을 향후 기술/시장을 리드하는 강소 기업으로 양성하기 위해 (그림 10)과 같이 ‘핵융합·가속기 장치 산업생태계 활성화 전략(ACE 전략)’을 도출하였다. ACE 전략의 핵심은 필요 기술을 보유한 신규 업체가 거대과학 산업생태계로 안착(Soft landing)할 수 있도록 3단계로 구분하여 지원하는 방안이다.



(그림 10) 핵융합·가속기 장치 산업생태계 활성화 전략

첫째, 접근(Approach) 전략에서는 ‘신규 기업의 생태계 진입장벽 완화’를 통해 핵융합·가속기 분야 정보 공유 및 초기 R&D 지원을 통한 초기 개발 위험(Risk) 분산을 목표로 하였

다. 이를 위해 세부추진과제로 1.1 신규 업체의 발굴 및 개발 방향 공유, 1.2 초기 R&D 지원 및 기업부담 경감을 제시하였다. 신규 기업 발굴에서는 연구소-중소기업간 기술박람회(Technology Fair)의 개최 정례화를 추진하며, 현재 대전시 및 NFRI 등이 공동 개최하는 '중소기업 상생한마당'을 가속기 분야로 확대할 예정이다. 초기 R&D 지원 및 기업 부담 경감을 위해서는 중소기업청 주관의 구매조건부 신제품 개발 사업을 확대하고, 연구소의 기술 노하우/정보 등을 기업에 적극 제공하도록 할 예정이다.

둘째, 유지(Care) 전략에서는 '기업-연구소 동반성장을 위한 파트너십 강화'를 통해 개발된 기술을 통한 안정적 수익 모델 확보를 지원하여 기술적용 지연에 따른 기술력 손실을 방지하고자 하였다. 이를 위해 세부추진과제로 2.1 핵융합·가속기 공통 기술 및 산업 응용기술 공동 개발, 2.2 핵심기술의 국산화 지원, 2.3 파트너십 활성화 지원제도 시행 등을 제시하였다. 핵융합·가속기 공통기술 개발의 경우 초고진공, 극저온, 초전도자석, 전원장치 등 주요 공통기술에 대한 분석 및 활용방안 마련을 제안하였고, 응용기술 공동개발에서는 개발된 기술의 산업 활용을 연구소와 함께 고민하여 중단기적 수익모델 구축을 통해 지원하도록 제안하였다. 핵심기술의 국산화의 경우, 현재 핵융합·가속기 분야의 국산화가 시급하거나 가능한 기술품목을 선정하여 해당 품목에 대한 기술 개발 시 국내 업체에 시제품 제작 기회를 제공하도록 제안하였다. 또한, 핵융합·가속기(연) 간 정기적인 기술세미나 및 설명회 개최를 통해 기업의 정보제공 및 기술보증기금의 우수기업 투자제도를 적극 활용하여 우수기업의 참여를 독려하는 등의 파트너십 활성화 지원제도 시행도 제안하였다.

셋째, 확장(Expansion) 전략에서는 '신규 시장 개척 및 사업영역 확장'을 통해 기반이 확보된 기업의 해외 시장 진출 외에 타 산업 분야로 연계를 통한 시장 및 기술 리드를 강화하였다. 이를 위한 세부추진과제로 3.1 해외 홍보지원, 3.2 타 산업 분야 진출 지원, 3.3 국내외 시장 정보 제공 등을 제시하였다. 해외 홍보 지원에서는 거대과학 브릿지(Bridge) 사업을 통해 국내 연구기관 또는 연구자와 연계된 해외 연구기관 및 연구자에게 국내 우수기업 소개 및 프로젝트 수주 지원을 추진하고, 해외 학회 부스운동을 통해 대규모 핵융합·가속기 학회 개최 시 국내 중소기업의 해외홍보를 적극 추진하고자 한다. 타 산업 분야 진출 지원에서는 '(가칭)에이스 패밀리(ACE Family) 프로그램 도입'을 통해 참여기업 중 각 연구소의 품질기준을 만족한 기업에 대해 에이스 패밀리(ACE Family) 자격을 부여하여 해외 진출 또는 타 분야 사업 참여를 적극 지원할 예정이다. 또한 정보 포털 및 메일링 서비스를 통해 최신 해외 동향 및 타분야 정보 제공을 강화할 계획이다.

마지막으로 ACE 전략의 원활한 실행을 위해 핵융합·가속기 분야의 활발한 기술 교류 및 인적/물적 자원 공유를 위한 '산업생태계 활성화 기반 조성'이라는 인프라 확대전략을 수립하

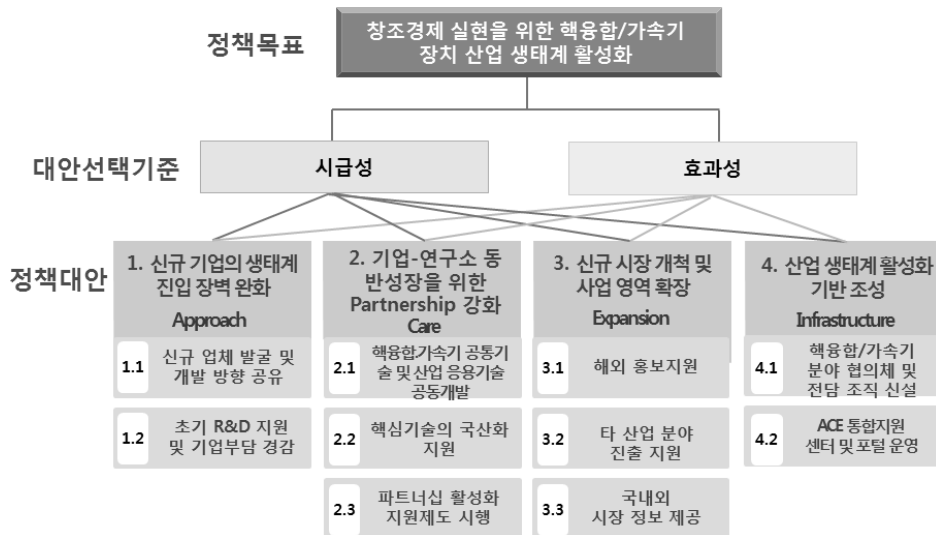
었다. 여기에는 국내 핵융합·가속기 관련 각 연구기관장, 산업체 CEO, 정부 책임자가 참여하는 핵융합·가속기 분야 협의체 구성·운영 및 각 연구소별 중소기업 전담조직 신설을 통한 기업-연구소-정부 소통 강화 등이 있다. 또한 ACE 통합지원센터 및 포털 구축을 통한 온-오프라인 지원 강화 등의 정책도 담겨 있다.

3. AHP를 이용한 전략의 우선순위 도출

1) 분석 방법

앞에서 제시된 전략체계를 바탕으로 AHP를 이용한 우선순위 도출을 위한 체계는 (그림 11)과 같이 나타낼 수 있다. 이는 핵융합·가속기 장치 산업생태계 활성화를 위한 전략 수립을 위한 최상위의 의사결정 요인으로 시급성과 효과성 차원에서 구분하고 각 정책 대안을 평가하는 과정을 보여준다.⁷⁾

설문은 산·연·관 전문가 25인을 대상으로 하였으며, 전체 설문을 취합하기 이전에 각 설문자의 신뢰도를 평가하기 위하여 CR 값을 계산하고 0.1 이하의 값을 나타낸 21인의 유효 설문 에 대해서만 결과를 도출하였다.



(그림 11) 전략 수립 체계에 대한 우선순위 도출(AHP)을 위한 분석틀

7) 일반적으로 정책대안의 의사결정 판단 요인은 소망성(desirable)과 실현가능성(feasibility)을 주로 사용하지만, 본 논문에서는 설문응답자가 주로 산업체 및 연구기관 CEO 이기 때문에 의사결정자의 관심도 및 이해도를 높이기 위해서 소망성 중에서도 효과성(effectiveness) 요인과 정책수립의 시급성을 의사결정 판단기준으로 제시하였다.

2) 우선순위 결과

먼저 의사결정 요소인 시급성과 효과성은 각각 0.37, 0.63의 우선순위를 나타내어 효과성을 더 중요한 의사결정 요소로 판단하는 비율이 높게 나타났다. 각 정책대안을 시급성 측면, 효과성 측면에서 평가하고 대안별 세부 과제 간의 우선순위에 핵융합·가속기 장치 산업생태계 활성화를 위한 전략의 우선순위에 대한 AHP 설문 결과는 <표 5>와 같이 정리하였다.

각 정책대안을 시급성 측면에서 평가한 결과는 인프라(Infra; 산업생태계 활성화 기반조성)가 가장 우선순위가 높은 것으로 나타났다. 반면 효과성 측면에서는 유지(Care; 기업-연구소 동반 성장을 위한 Partnership 강화)가 중요한 것으로 나타나 의사 결정 요소에 따른 중요도의 차이가 확연히 다른 것으로 나타났다. 이는 당장 시급한 것은 인프라 등의 제도 개선이 중요하나, 정책 도구의 효과가 크게 나타나는 부분은 현재 활동하고 있는 기업체에 대한 지원이 더 중요하다고 판단한 것으로 분석할 수 있다.

가중치별 결과를 종합하여 계산된 각 정책대안에 대한 최종 우선순위는 유지(Care)가 가장 중요한 것으로 나타났으며 접근(Approach), 인프라(Infra), 확장(Expansion) 순서로 중요하다고 판단한 것으로 분석되었다. 이는 현재 동 산업생태계에서 활약하고 있는 기업체에 대한 지원이 가장 중요하며, 생태계에 진입하기 쉬운 환경을 조성하는 대안을 그 다음으로 중요시한다고 분석 할 수 있다.

정책대안별 세부 과제에 대한 최종 가중치는 '1.2 초기 R&D 지원 및 기업 부담 경감'이 가장 중요한 것으로 나타났다. 이는 시급성 측면의 우선순위와도 일치하며 효과성 측면에서도 두 번째로 중요한 것으로 평가되었다는 사실에도 부합하는 결과라고 할 수 있다.

최종 우선순위에서 두 번째로 중요한 것으로 나타난 '2.1 핵융합·가속기 공동기술 및 산업 응용 기술 공동개발'은 효과성 측면에서는 가장 높은 우선순위를 보였으나, 시급성 측면에서는 덜 중요한 것으로 평가되었다. 이는 2.1 항목이 연구개발과 관련된 내용이기 때문에 효과는 높으나 단기간에 어떤 결과를 나타낼 수 없다는 점이 반영된 것으로 분석된다.

'2.2 핵심기술의 국산화 지원'은 최종 우선순위에서는 세 번째로 중요한 요인으로 분석되었다. 이는 효과성 측면의 평가와는 일치하였으나, 시급성 측면에서는 중요성이 다소 떨어지는 것으로 평가되었기 때문이다.

'4.1 핵융합·가속기 분야 협의체 및 전담 조직 신설'은 네 번째로 중요한 정책도구로 평가되었으나 의사결정 요인에 따라 상반된 결과를 나타낸다. 즉, 시급성 측면에서는 두 번째로 우선순위가 높은 것으로 평가되었으나, 효과성 측면에서는 중간 순위 정도로만 평가 되었다. 이는 조직 구성 등 출범은 빠르게 실시할 수 있는 정책 도구이나, 실제적 효용은 그 조직을 운영하는 주체의 역량, 의지 등이 중요하게 작용하는 점에 대한 우려가 내포되어 있다고 볼 수 있다.

〈표 5〉 AHP 분석 결과

정책대안	가중치			대안별 과제	가중치	의사결정 요인별 가중치 및 최종 우선순위					
	시급	효과	최종			시급성 측면		효과성 측면		최종 결과	
						가중치	순위	가중치	순위	가중치	순위
Approach	0.26	0.29	0.28	1.1	0.37	0.10	6	0.10	4	0.01	5
				1.2	0.63	0.17	1	0.18	2	0.18	1
Care	0.26	0.44	0.37	2.1	0.43	0.11	4	0.19	1	0.16	2
				2.2	0.41	0.10	5	0.18	3	0.15	3
				2.3	0.16	0.04	10	0.07	6	0.06	7
				(CR=0.003)							
Expansion	0.19	0.13	0.15	3.1	0.36	0.07	7	0.05	8	0.05	8
				3.2	0.27	0.05	9	0.04	10	0.04	10
				3.3	0.36	0.07	8	0.05	9	0.05	9
				(CR=0.015)							
Infra	0.29	0.15	0.20	4.1	0.56	0.16	2	0.08	5	0.11	4
				4.2	0.44	0.13	3	0.07	7	0.09	6
시급성 CR=0.022 효과성 CR=0.011											

VI. 결 론

본 논문은 핵융합, 가속기 등 국내 거대과학 시설 제작과 운영 과정에 중소기업의 활발한 참여가 이루어지며, 첨단 기술력을 중심으로 하는 중소기업 생태계가 만들어졌다는 사실에 주목하였다. 즉, 자연스럽게 형성된 핵융합·가속기 산업생태계를 활성화하기 위한 국가 차원의 전략 수립과 정책과제의 우선순위 분석이 필요하다는 문제의식을 바탕으로 하였다. 이를 위해 핵융합·가속기 장치 산업생태계 현황 및 이슈에 대해 사례분석을 실시하였고, 도출된 전략 및 정책과제에 대해 AHP 기법을 이용하여 우선순위를 결정하였다. 이에 따라 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

접근(Approach), 유지(Care), 확장(Expansion), 인프라(Infra) 등 네 가지 정책대안에 대한 시급성 및 효과성을 기준으로 가중치를 분석한 결과, Care(유지)가 가장 높게 나왔고, 그 다음이 접근(Approach)으로 나타났다. 이는 현재 핵융합·가속기 산업생태계에 참여하고 있는 기업과 연구기관 간의 파트너십을 통한 동반성장이 가장 중요하다는 것을 보여준다.

각 정책대안을 시급성 측면에서 평가한 결과는 인프라(Infra)가 가장 우선순위가 높은 것으로

로 나타났으나, 효과성 측면에서는 유지(Care)가 중요한 것으로 나타나 의사결정 요소에 따른 중요도의 차이가 확연히 다른 것으로 나타났다. 이는 당장 시급한 것은 제도, 인프라 같은 요소이나, 정책 도구의 효과가 크게 나타나는 부분은 현재 활동하고 있는 기업에 대한 지원이 더 중요하다고 판단한 것으로 분석할 수 있다.

세부 정책과제에 대한 우선순위는 '1.2 초기 R&D 지원 및 기업 부담 경감'이 가장 중요한 것으로 나타났다. 이는 시급성 측면의 우선순위와도 일치하며, 효과성 측면에서도 두 번째로 중요한 것으로 평가되었다는 사실에도 부합하는 결과였다. 두 번째로 중요한 것은 '2.1 핵융합·가속기 공통기술 및 산업 응용기술 공동개발'로 효과성 측면에서는 가장 높은 우선순위를 보였으나, 시급성 측면에서는 덜 중요한 것으로 평가되었다. 이는 2.1 항목이 연구개발과 관련된 내용이기 때문에 효과는 높지만, 단기간에 어떤 결과를 낼 수 없다는 점이 반영된 것으로 분석된다. 이러한 연구결과는 향후 정부에서 핵융합·가속기 장치 산업생태계 활성화 전략을 추진할 때 한정된 재원을 가지고, 어느 정책과제를 우선해서 추진해야 할지에 대한 정책방향을 제시하는데 그 의의를 둘 수 있다.

본 논문의 한계로는 충분한 선행연구 검토가 부족하고, AHP 분석에 있어서 정책대안 판단 기준을 제한적으로 효과성과 시급성(시의성)으로만 제시하였다는 점을 들 수 있다. 추후 일반적인 정책대안 판단기준인 소망성, 실현가능성 및 본 논문의 특성에 맞는 판단기준(기술성, 경제성, 공공성 등)을 추가한 우선순위 분석이 필요하겠다. 그럼에도 불구하고, 본 논문은 국내에 거대과학 연구시설 장치 건설이 산업체에 미치는 효과에 대해 연구한 논문들이 없는 상황에서 사례분석을 통해 이를 어느정도 입증하였고, 거대과학 연구소-기업 파트너십 활성화를 위한 정책과제 우선순위를 도출하였다는 점에서 기여하는 바가 크다고 볼 수 있다.

참고문헌

- 경태원 (2007), "AHP 기법을 이용한 IT 프로젝트 관리 우선순위 수립에 대한 연구(A Study on the Establishment of Priority for IT Project Management Using AHP)", 경태원 외 1인 공저, 「Information Systems Review」, 9(3): 157-181.
- 고길곤 (2008), "정책학 연구에서 AHP 분석기법의 적용과 활용", 고길곤 외 1인 공저, 「한국정책학회보」, 17(1): 287-312.
- 구자훈 (2001), "토지이용계획의 용도별 적지분석에 있어서 퍼지이론 및 계층분석과정(AHP)의 활용 : 포항시 첨단연구단지의 사례분석을 중심으로", 구자훈 외 1인 공저, 「한국지리정

- 보학회지], 4(1): 34-46.
- 국가핵융합연구소 (2010), 「국제핵융합실험로(ITER) 건설 국내사업비 증액검토 및 분석」.
- 권기현 (2010), 「정책분석론」, 서울 : 박영사
- 박용성 (2009), 「AHP에 의한 의사결정」, 서울 : 교우사
- 성도경 (2002), “AHP 기법을 이용한 전자정부 구현전략의 우선순위 결정에 관한 연구”, 성도경 외 1인 공저, 「한국행정논집」, 14(2), 353-372.
- 성열용 (2012), “지식재산권 중심의 연구개발전략 도입 방안 : 정부출연연구기관을 중심으로”, 「Issue Paper」 2012-300, (2012.12.), 산업연구원.
- 양기근 (2013), “구제역 재난관리 정책의 우선순위 분석 : AHP 기법을 이용한 우선순위 측정을 중심으로”, 2013 한국정책학회 춘계학술대회.
- 오동윤 (2012), 「중소기업 발전 및 육성전략 수립(The Development and Promotion Strategies for SMEs)」, 오동윤 외 7인 및 한국공공행정학회 공저, 중소기업연구원.
- 유길상 (2012), “생태계 관점에서의 게임콘텐츠 산업구성 및 구조분석”, 유길상 외 4인 공저, 「한국컴퓨터게임학회논문지」, 25(4): 235-244.
- 윤석현 (2011), 「미래인터넷 산업생태계 분석」, 윤석현외 1인 공저, 정보통신정책연구원
- 이곤수 (2010), “사회적 위험과 위기대응적 사회정책의 평가 : AHP를 이용한 상대적 중요도 분석”, 이곤수 외 1인 공저, 「한국사회와 행정연구」, 21(2): 193-214.
- 이덕기 (2003), “AHP를 이용한 에너지시스템 대안 선정 평가”, 이덕기 외 3인 공저, 「자원·환경경제연구」, 12(4): 611-635.
- 이덕주 (2004), “AHP를 이용한 수출유망 원자력 기술 분야 선정”, 이덕주 외 4인 공저, 「기술혁신연구」, 12(1): 271-285.
- 이민형 (2010), 「거대과학 종합관리체계 구축 및 추진 전략」, 이민형 외 6인 공저, 정책연구 2010-11, 과학기술정책연구원.
- 이영주 (2012), 「글로벌 강소기업의 성공요건 및 정책과제」, 이영주 외 3인 공저, 연구보고서 2012-626, 산업연구원.
- 이영주 (2013a), “글로벌 히든 챔피언 육성, 강소기업 성공요인이 체화된 정책 긴급”, 「e-KiET 산업경제정보」, 산업연구원.
- 이영주 (2013b), “중소·중견기업의 글로벌화와 강소기업 육성방안”, 「KIET 산업경제」 특집호, 산업연구원.
- 이원희 (2009), “우리가 주목해야 할 거대과학기술”, 이원희 외 3인 공저, 「CEO Information」 제719호, 삼성경제연구소.

- 장석인 (2010), 「신성장동력 평가 및 발전방향 연구」, 장석인 외 19인 공저, 연구보고서, 산업연구원.
- 장석인 (2011), 「신성장동력 산업생태계 활성화방안 연구」 제1부, 제2부, 장석인 외 10인 공저, 산업연구원.
- 정기철 (2010), 「거대과학 글로벌 산업화 전략」, 정기철 외 7인 공저, 정책연구 2010-27, 과학기술정책연구원.
- 정은미 (2011), 「신성장동력의 산업화 조건과 정책과제」, 정은미 외 4인 공저, 연구보고서 2011-604, 산업연구원.
- 조근태 (2003), “AHP를 이용한 미래유망기술 투자의 우선순위 설정 : 농촌개발 및 자원분야를 중심으로”, 「농촌계획」, 9(3): 41-46.
- 진상기 (2009), “계층분석(AHP)을 활용한 국제정보격차해소정책 네트워크 분석”, 「한국정책학회보」, 18(4): 237-268.
- 장한수 (2010), “PEST-SWOT-AHP 방법론을 적용한 국가 과학기술 전략 수립에 관한 연구: 핵융합 연구개발 사례를 중심으로”, 장한수와 2인 공저, 「기술혁신학회지」, (15)4: 766-782.
- 황인영 (2012), “콘텐츠산업 동반성장 생태계 조성을 위한 정책”, 한국행정학회 춘계학술대회 발표논문집, 1582-1603.
- 황진수 (2010), “계층분석과정(AHP)을 이용한 향토산업 육성사업의 우선순위 분석”, 황진수와 2인 공저, 「산업경제연구」, 23(3): 1557-1569.
- Anderson, T. S., Elizabeth, M., & Peirce, K., Jeffrey. J. (2010), “Innovative Approaches for Managing Public-Private Academic Partnerships in Big Science and Engineering”, *Public Organiz Rev* 12: 1-22.
- Autio, E., Hameri, A. P., & Vuola, O. (2003), “A framework of industrial knowledge spillovers in big-science centers”, *Research Policy*, 33: 107-126.
- Giudice, G. F. (2012), “Big Science and the Large Hadron Collider”, *Phys. Perspect*, 14, 95-112.
- Ho, W. (2008), “Integrated analytic hierarchy process and its applications: A literature review”, *European Journal of Operational Research*, 186(1): 211-228.
- Jacob, M., & Hallonsten, O. (2012), “The persistence of big science and megascience in research and innovation policy”, *Science and Public Policy*, 39: 411-415.
- Mohan, S. R., & Rao, A. R. (2005), “Strategy for technology development in public R&D institutes by partnering with the industry”, *Technovation*, 25: 484-491.

- Moore, J. F. (1993), "Predators and Prey : A New Ecology of Competition," *Harvard Business Review*, May-June.
- Saaty, T. L.(1980), *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York : McGraw-Hill Book Co.
- Vaidya, O. S. & Kumar, S. (2006), "Analytic hierarchy process: An overview of applications", *European Journal of Operational Research*, 169(1): 1-29.
- Vuola, O. & Hameri, A. P. (2006), "Mutually benefiting joint innovation process between industry and big-science", *Technovation*, 26: 3-12.

최원재

중앙대학교에서 행정학 석사학위를 취득하고, 충남대학교에서 행정학 박사과정을 수료하였다. 현재 국가핵융합연구소 연구정책팀에서 선임연구원으로 재직 중이다. 관심분야는 과학기술정책, 정책분석 및 평가, 미래예측 등이다.

김유빈

연세대학교에서 전기전자공학 박사학위를 취득하고, 현재 국가핵융합연구소 연구정책팀에서 선임연구원으로 재직 중이다. 관심분야는 기술기획, R&D 전략 수립, 과학기술정책 등이다.

도현수

한남대학교에서 법학(공법) 석사학위를 취득하였으며, 현재 국가핵융합연구소 연구정책팀에서 선임연구원으로 재직 중이다. 관심분야는 과학기술 정책 및 법규, 지적재산권 보호제도 등이다.

장한수

아주대학교에서 에너지경제학 박사학위를 취득하고, 현재 국가핵융합연구소 연구정책팀장으로 재직 중이다. 관심분야는 과학기술전략 수립, 중장기 에너지기술 전망, 에너지시스템 모델링, Data visualization, 네트워크 분석 등이다.