

# PEST-SWOT-AHP 방법론을 적용한 국가 과학기술 전략 수립에 관한 연구: 핵융합 연구개발 사례를 중심으로<sup>†</sup>

A Study on Establishment of National Science and Technology Strategy Applying PEST-SWOT-AHP : A Case Study of Fusion R&D

장한수(Hansoo CHANG)\*, 최원재(Wonjae CHOI)\*\*, 도현수(Hyunsoo THO)\*\*\*

## 목 차

- |            |           |
|------------|-----------|
| I. 서 론     | III. 사례연구 |
| II. 이론적 배경 | IV. 결 론   |

## 국 문 요 약

과학기술이 갈수록 고도화되고 이해관계자가 증가하면서 특정 과학기술 분야에 대한 국가 전략의 수요는 증가하고 있다. 특히 한국은 이러한 경향이 높아 100여개 이상의 과학기술 관련 국가계획이 수립되어 실행 중이다. 그러나 이와 관련된 과학적인 방법론을 정립하기 위한 학술적 시도는 드물다. 본 논문에서는 이러한 문제의식을 바탕으로 특정 분야의 과학기술 전략 수립을 위한 방법론을 제시하고 사례연구를 통하여 그 유용성을 확인하고자 한다. 먼저 문헌분석을 통하여 국가 과학기술전략 수립에 관한 선행 사례와 국가 과학기술전략의 개념에 대하여 알아본다. 또한 대표적 과학기술 관련 법령과 그에 따른 기본계획을 검토하여 위에서 제기된 문제의 현황을 살펴본다. 한편, 틀로써 PEST, SWOT-AHP 방법론을 제안하고 방법론의 특징과 적용 분야 등을 확인한다. 사례연구는 핵융합 연구개발 사업의 전략 수립에 대하여 진행한다. 이를 위하여 핵융합 연구개발 로드맵을 근거로 한 환경 분석 내용에 대하여 PEST, SWOT-AHP를 적용하고 핵융합 연구개발에 관한 국가 과학기술 전략을 도출하여 제안된 틀의 유용성을 검증한다. 실증분석 결과, 향후 핵융합 연구개발을 위해서는 기술개발 선도, 기초연구 및 인력양성 강화, 기술사업화 및 사회적 수용성 제고, 국제협력 연구 강화 등 4개의 전략을 도출하고 그 우선순위를 파악함으로써 제시된 틀의 유용성을 확인할 수 있었다.

핵심어 : 과학기술전략, PEST, SWOT, AHP, 핵융합

※ 논문접수일: 2012.7.9, 1차수정일: 2012.11.12, 게재확정일: 2012.11.15

\* 장한수, 국가핵융합연구소 jjang@nfri.kr, 042-879-6110, 교신저자

\*\* 최원재, 국가핵융합연구소, cwj147@nfri.kr, 042-879-5082

\*\*\* 도현수, 국가핵융합연구소, ths5001@nfri.kr, 042-879-5086

## ABSTRACT

---

Science and technology(S&T) are not only advancing, but also the number of stakeholders in those fields are increasing, and so the demands of S&T strategy for a particular field are increasing. In Korea, especially, this tendency is remarkable, and is evidenced by the fact that more than one hundred of S&T strategies have been established and implemented. However, academic attempts to clarify scientific methodologies for establishing S&T strategy have so far been rare. In this paper, a methodology to establish S&T strategies in a particular field is proposed and examined through a case study to determine its usefulness. First, through an analysis of the literature, previous studies on the establishment of a national S&T strategy and its related concepts are reviewed. Also, a representative framework plans, in accordance with relevant legislation and regulations, are reviewed. Meanwhile, the methodology, PEST-SWOT-AHP, is proposed and the features and applications are identified. For the case study, the strategy establishment of a fusion research and development program is performed. In order to apply the PEST-SWOT-AHP tool, an environmental analysis based on the fusion R&D roadmap is conducted. To examine the usefulness of the proposed framework, a national fusion R&D strategy applying PEST-SWOT-AHP is derived. As a result of the case study, four strategies were derived. Those are be the first mover, promotion of basic research and cultivation of manpower, boost commercialization and public acceptance and reinforcing international cooperation,

Key Words : Science and Technology Strategy, PEST, SWOT, AHP, Fusion

---

## I. 서 론

### 1. 문제제기

한국에는 과학기술기본법에 따른 과학기술기본계획을 비롯하여 2010년 기준 100여개 이상의 과학기술 관련 기본계획이 수립되어 있다(국가과학기술위원회, 2010). 이는 과학기술이 갈수록 고도화되고 사회와 상호작용이 복잡해짐에 따라 수반되는 필연적인 과정이라고 볼 수 있다. 또한, 기본계획의 주체들이 다양함에 따라 수립된 기본계획의 도출과정도 서로 다르게 전개되었다. 문제는 이러한 기본계획의 도출과정에 관한 과학적인 방법론을 제시하는 연구가 드물다 보니 최종 전략 수립까지 각각 다양한 방법론을 적용하였거나 또는 그렇지 않은 각각의 경우대로 논리의 전개가 이루어지고 있다.

특정 분야의 기본계획을 각 과학기술 분야의 최상위 계획으로 간주한다면 각 분야의 국가 과학기술 전략 수립을 보다 과학적으로 진행하여야 할 필요가 있다. 즉, 이러한 기본계획의 도출과정이 이론적 근거를 두고 있는 방법론으로 정리되어 분야별로 일관되게 적용할 수 있다면 보다 과학적인 과학기술 전략이 될 것이다. 이에 따라 본 논문에서는 과학기술 전략 또는 계획의 과학적 수립 방법론을 제안하고자 한다.

### 2. 연구 목적 및 내용

본 논문은 위에서 언급한 문제 의식을 바탕으로 국가과학기술 전략 수립의 틀로써 PEST-SWOT-AHP로 연계되는 분석과정을 제안하고 핵융합 연구개발에 대한 사례를 적용하여 그 유용성을 검증하고자 한다. 이를 위하여 다음과 같이 문헌분석과 실증분석을 수행한다.

먼저 문헌분석은 국가 과학기술전략에 관한 기존 문헌을 검토하고 국가 과학기술전략의 개념에 대하여 알아본다. 또한 현재 과학기술 관련 법령과 그에 따른 기본계획은 어떠한 것들이 있는지 대표적인 사례를 검토하여 위에서 제기된 문제의 현황을 살펴본다. 한편, 틀로써 제안된 PEST, SWOT-AHP 방법론을 적용한 선행 논문을 검토하여 방법론의 특징과 적용 분야 등을 확인하고 본 논문에서 적용하기 위한 내용을 구체화한다.

제안된 틀을 검증하기 위한 실증분석은 핵융합 연구개발에 대한 사례를 바탕으로 진행한다. 이를 위하여 먼저 핵융합에너지에 대한 원리를 살펴보고 그 동안의 핵융합에너지 개발을 위한 전략 관련 문헌과 제2차 핵융합에너지개발진흥기본계획에 명시된 핵융합 연구개발 로드맵을 검토하여 해당 분야의 전반적인 상황을 확인한다. 마지막으로 확인된 내용을 바탕으로 PEST,

SWOT-AHP를 적용하고 국가 과학기술 전략으로써 핵융합 연구개발 계획을 도출하여 제안된 틀의 유용성을 검증한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 국가 과학기술 전략과 과학기술 관련 기본계획

#### 1) 국가 과학기술 전략

국가 과학기술 전략이라는 개념을 규정하기에 앞서 국가 과학기술 정책이 무엇인지를 밝힐 필요가 있다. Chang(2002)은 국가 과학기술 정책의 개념을 사회에 유용한 과학기술 지식의 생성, 획득, 적용, 확산, 이용에 영향을 미치는 일련의 정부 활동으로 정의하였다. Ghazinoory et al.(2009)에서 과학기술 정책에 대한 개념을 명확히 해야 하는 이유로 과학기술 전략이라는 개념이 널리 활용되고 있기는 하나 실제로는 과학기술 정책과 혼용되기 때문이라고 밝히고 있다. 이에 따라 Ghazinoory가 정의하는 국가 과학기술 전략의 개념은 정부의 지원을 받는 기술 분야에서 특정 목적 달성을 위하여 과업과 책임을 규정하고 이에 대한 우선순위를 정하는 것이라고 보았다. 본 논문은 이러한 개념의 바탕에서 전략 수립에 관한 방법론을 다루고자 한다.

#### 2) 과학기술 관련 기본계획

주요 과학기술 관련법과 그에 따른 기본계획을 정리하면 <표 1>과 같다. <표 1>에 정리된 기본계획 외에도 기본계획의 하위 계획으로 수립되거나 모법이 없음에도 필요에 의하여 수립

<표 1> 과학기술 관련 법령 및 기본계획

법령	기본계획	법조항	수립주기
과학기술기본법	과학기술기본계획	7조	5년
핵융합에너지개발진흥법	핵융합에너지개발진흥기본계획	4조	5년
생명공학육성법	생명공학육성기본계획	4조	5년
우주개발진흥법	우주개발진흥기본계획	5조	5년
저탄소 녹색성장 기본법	에너지기본계획	41조	5년
원자력진흥법	원자력진흥종합계획	9조	5년
원자력안전법	원자력안전종합계획	3조	5년

되는 경우도 있다(국가과학기술위원회, 2010). 또한 각 법령에서는 기본계획에서 다루어야 할 내용이나 수립주기를 규정하고 있다.

이처럼 다양한 기본계획은 2010년 기준 100개 이상 수립되어(국가과학기술위원회, 2010) 있는 것으로 파악 됨에도 기본계획의 논리 전개는 대부분 ‘성과분석 - 국내 동향 - 전략방향 - 세부전략 및 하위 실행 계획’의 순서로 이루어지고 있다. 이러한 기본계획의 흐름은 관련 연구자 또는 정책결정자의 경험에 의하여 정립된 것으로 볼 수도 있으나 과학기술 정책 또는 전략 수립의 과학화 차원에서 사회과학 분야의 방법론에 이론적 근거를 둔 기법으로 정립되어 범용적인 틀을 마련할 필요가 있다.

한편 과학기술 분야의 기본계획은 앞에서 살펴본 국가 과학기술 전략의 개념에서 규정된 행위들로 이루어져 있다. 즉, 특정 기술 분야를 진흥시키기 위한 전략 방향과 그에 필요한 활동과 자원을 정하는 일련의 활동을 기술한 내용인 것이다. 따라서 과학기술 분야의 기본계획은 국가 과학기술 전략의 일환이라고 간주할 수 있다.

## 2. PEST-SWOT-AHP 방법론

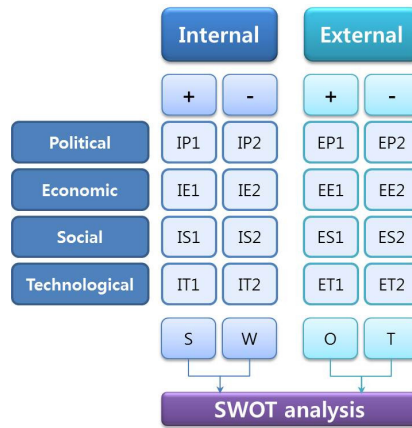
### 1) PEST-SWOT 방법론

PEST는 거시 환경분석에서 주로 사용되는 방법론으로 관심의 대상이 되는 분야의 주요 요인을 정치/정책적(Political), 경제적(Economic), 사회적(Social), 기술적(Technological) 사안으로 분류하여 상황을 객관화 하는 방법론이다(Lao and Jiang, 2009). 한편, SWOT은 국가 에너지 정책이나 특정 과학기술분야의 전략 수립에 범용적으로 적용되어온 전략 수립 틀이다(Markovska et al., 2009; Karakosta et al., 2010; Terrados et al., 2009).

PEST를 SWOT과 직접적으로 연계하여 SWOT 도출에 활용한 선행연구는 확인할 수 없었다. 그러나 Ghazinoory et al.(2009), Kaivo-Oja(2010)는 PEST와 유사하게 거시 환경분석에 활용되는 STEEP 분석을 통하여 SWOT을 도출한 바 있다.

STEPP은 거시 환경분석을 위하여 주요 사안을 사회적(Social), 기술적(Technical), 경제적(Economic), 생태적(Ecological), 정치/정책적(Political) 요인으로 분류하는 방법론으로 내용적으로는 PEST와 크게 다르지 않다고 볼 수 있다. 또한 STEEP 방법론은 분류할 요인이 다소 많으면서도 구분하기 모호한 단점을 내포하고 있다. 이러한 점을 보완하고자 STEEP에서 SWOT을 도출한 선행연구를 참조하여 STEEP보다 명확하면서 단순한 PEST를 적용한 PEST-SWOT을 적용하고자 한다.

〈그림 1〉은 본 논문에 적용된 PEST-SWOT의 연계를 보여준다. PEST 요인을 분류함에 있



〈그림 1〉 PEST-SWOT의 연계

어서 내부, 외부로 나누고 이를 다시 긍정적(+) 요인과 부정적 요인(-)으로 구분하여 SWOT과 연계하도록 도출 과정을 설정하였다. Ghazinoory와 Kaivo-Oja는 단순히 STEEP 요인만을 분석하고 이를 SWOT으로 정리하였다. 그러나 본 논문은 내외부, +/- 요인을 조합하여 내부이며 +는 기회(Opportunity), 내부이며 -는 위협(Threat), 외부이며 +는 강점(Strength), 외부이며 -는 약점(Weakness) 요인으로 분류하여 SWOT으로 연계되는 논리적 정합성을 강화하기 위한 시도를 하였다.

## 2) SWOT-AHP 방법론

SWOT 방법론이 전략 수립 단계에서 내외부 환경 분석에 따른 논리적인 전략 대안 도출에 유용한 것은 분명하다. 그러나 SWOT 분석이 환경분석에 대한 목록 정리 수준의 제시나 정성적 분석에 그치기 때문에 도출된 SWOT 요인에 대한 가치판단 등에는 적절하지 못하다는 비판적 시각(Kajanus et al., 2004)이 존재하였다. 이러한 점을 극복하기 위하여 Kurttila et al.(2000), Kangas et al.(2001)이 SWOT-AHP를 본격적으로 도입하면서 다양한 분야에 적용되었다. 즉 도출된 SWOT 요인에 대하여 AHP 방법론으로 정량적 우선순위를 평가함으로써 앞서 언급된 SWOT의 단점을 보완하면서 AHP<sup>1)</sup>의 특징적인 정량성을 강화한 것이다.

SWOT-AHP와 관련하여 해외에서는 해양 정책(Arslan and Turan, 2009), 관광경영(Kajanus et al., 2004), 산림학(Kurttila et al., 2000), 지리학(Taleai et al., 2009) 등 다양한 방면에 적용되어 왔다. 또한 국내에서도 경영학(고현우, 2009; 송만석, 2007; 송만석 외, 2010;

1) AHP(Analytic Hierarchy Process)는 국내외에서 경영, 사회과학, 과학기술 정책 수립 등 다양한 분야에 대한 연구가 진행된 바 있는 대안 선택에 대한 범용적인 방법론이므로 세부적인 적용 과정에 대한 언급은 생략한다.

손일문, 2012)이나 해양 정책(백인흠, 2009; 손용정, 2011)으로 분류할 수 있는 분야에서 연구가 진행되었다. SWOT 요인에 대한 AHP 적용의 실제 사례는 실증분석과정에서 함께 언급하도록 한다.

### III. 사례 연구

#### 1. 핵융합에너지의 원리 및 기술개발 전략 수립관련 문헌

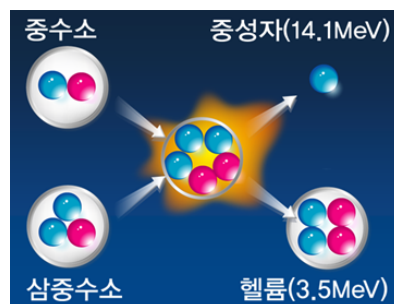
##### 1) 핵융합에너지의 원리

핵융합에너지는 플라즈마 상태에서 일어나는 중수소와 삼중수소 간의 핵융합 반응을 활용하여 생산된다. 즉, 중수소와 삼중수소가 플라즈마 상태에서 핵융합반응을 일으키게 되면 헬륨이 생성되면서 질량 보존의 법칙에 의하여 하나의 중성자가 남게 되고 이 중성자에 의하여 에너지를 지속적으로 생산할 수 있다는 과학적 원리를 이용한 것이다(그림 2).

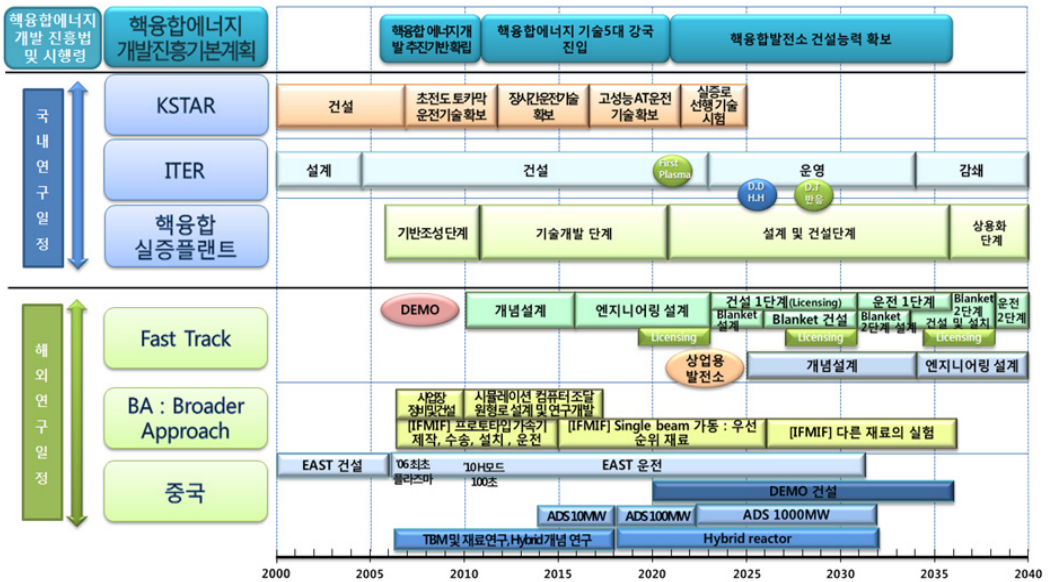
##### 2) 핵융합에너지 기술개발 전략 수립 역사

1995년 KSTAR 사업을 시작으로 핵융합에너지 개발을 본격적으로 시작한(과학기술처, 1995) 한국은 2000년대에 들어서면서 KSTAR의 기술력을 인정받아 2004년 ITER 사업에 착수하여 핵융합 선진국에 다가갈 수 있는 기반을 확보하게 된다(국가핵융합위원회, 2007). 또한, 최종 상용 운전의 전단계로 실증을 위한 연구를 위한 초기 연구가 진행 중이다(국가핵융합위원회, 2011).

한편 EU, 일본 등 핵융합 선진국은 이미 연구 장치를 갖추고 70년대부터 연구를 시작하였으



〈그림 2〉 핵융합의 원리



〈그림 3〉 핵융합에너지 연구개발 로드맵(교육과학기술부, 2012)

며 EU는 “Fast track”을 도입하여 핵융합 연구의 단계를 줄여서 2030년대 후반 상용화 바로 직전 단계의 핵융합로인 DEMO 연구를 대부분 완료한다는 목표 아래 연구개발을 추진 중이다. 또한 일본은 EU와 DEMO를 위한 연구인 “Broader approach”라는 국제협력 연구개발 프로그램을 기획하고, 재료, 국제협력, 시뮬레이션 등의 연구를 추진 중이다(국가핵융합위원회, 2011).

특히 중국은 한국과 같은 후발주자이나 2011년 향후 10년간 핵융합 관련 인력을 2,000명 배출하겠다는 “자성구성 핵융합연구 인재양성 작업의 촉진에 대한 지도의견”을 발표하는 등 국가의 전폭적 지원 하에 공격적인 투자를 진행하고 있다. 중국정부가 이러한 결정을 내리게 된 배경에는 폭발적 증가가 예상되는 중국의 전력 수요에 대비하여 원전을 대거 건설하기로 결정 하였으나, 최근의 녹색에너지 수요와 더불어 원자력 안전에 대한 우려가 증가하면서 대안으로 핵융합에 대한 투자도 동시에 추진하는 전략을 채택한 것으로 판단된다(국가핵융합위원회, 2011). 이러한 상황을 종합하여 정리하면 〈그림 3〉과 같이 나타낼 수 있다.

## 2. 핵융합에너지 연구개발을 위한 PEST-SWOT 도출

이상에서 언급한 핵융합과 관련된 사안을 PEST 요인으로 정리하되, 내외부, +/-로 구분하여 정리하면 〈표 2〉와 같다. 〈표 2〉의 내용은 핵융합과 관련된 사안을 확인하고 핵융합 분야의 산학연 전문가 40여명에게 자문 및 검토를 받아 도출하였다.



먼저 내부 요인을 살펴보면 정책적으로는 한국이 1995년부터 현재까지 핵융합 관련 계획이나 법령을 제정하여 지원 의지의 높고 낮음과 무관하게 정책적으로 일관되게 지원하여 왔다고 볼 수 있다. 그러나 이제 미래를 위한 연구인 DEMO에 대한 의사결정을 두고 아직 명확한 정책이 수립되었다고 보기에는 한계가 있다.

경제적 요인에서 살펴보았을 때, 핵융합이 상용화되어 전력을 공급할 수 있다면 온실가스 감축뿐만 아니라 에너지 안보 강화 등의 측면에서 그 잠재력을 높이 평가할 수 있다. 반면 연구를 수행하기 위한 인적, 물적 자원이 이제까지 핵융합연구를 진행하여 온 선진 국가나 맹추격 중인 중국에 비하여 매우 부족하다는 단점이 있다.

사회적 요인은 최근의 원전에 대한 여러 가지 부정적인 사건이 발생하면서 안전한 에너지에 대한 요구가 점차 증가하고 있어 핵융합이 그동안 강조해 왔던 장점은 우수한 점으로 부각될 수 있을 것으로 예측된다. 그러나 원자력에 대한 부정적 시각이 확대되는 것은 다른 한편으로는 핵융합과 원자력의 차별성을 크게 인식하지 못하는 대중에게 동일한 잣대에서 평가될 수 있다는 위험을 안고 있다고도 볼 수 있다.

기술적 요인은 KSTAR 건설을 성공적으로 이루어내고 그러한 기술력을 바탕으로 ITER 사업에 참여함으로써 건설 측면의 우수성을 입증하였다고 볼 수 있다. 그러나 DEMO 개발을 위한 선진국간의 합종연횡 움직임이 점차 가시화되는 상황에서 다소 정체되어 있다고 평가할 수 있는 한국의 상황은 불리한 요소로 작용할 수 있다.

외부요인을 검토하면 다음과 같다. 우선 정책적 요인은 세계적으로 저탄소 및 친환경 에너지에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 특히, 편리한 에너지가 각광받으면서 전력에 대한 수요 증가는 더욱 커질 것이다. 그러나 핵융합의 지속적 투자 요구에 대한 핵융합 외부, 나아가 과학기술계 외부의 시선이 곱지만은 않은 것이 사실이다.

경제적 요인은 핵융합 연구가 중장기적 성격을 띠다 보니, 납세자에 대한 책무성(Accountability)의 일환으로 중단기 성과에 대한 요구가 높아지는 상황은 갈수록 심화될 것으로 전망된다.

사회적 요인은 외부적으로 안전한 에너지에 대한 수요가 증가한다는 점이 긍정적으로 볼 수 있다. 그러나 핵융합에 대한 사회적 수용성 측면에서 부정적 이미지의 생성보다는 인식 수준의 차원에서 여전히 부족하다고 볼 수 있다.

기술적 요인은 ITER가 완공되기 이전까지 ITER와 동일한 사양의 초전도 장치는 KSTAR가 유일하기 때문에 그 기간 동안의 기술적 우위를 충분히 활용하여야 할 것이다. 그러나 중국의 공격적인 투자와 EU의 흔들림 없는 DEMO 개발 의지는 외부적으로 볼 때 부정적 상황으로 판단된다.

### 3. SWOT-AHP 분석을 통한 핵융합에너지 연구개발 전략

#### 1) SWOT-AHP 분석 구조

〈표 2〉에서 정리된 PEST-SWOT의 연계를 바탕으로 중복되는 점을 재검토하여 SWOT-AHP 분석을 위한 의사결정 구조로 정리하면 〈그림 4〉와 같이 나타낼 수 있다. 〈그림 4〉의 내용은 앞서 PEST-SWOT와 동일하게 산학연 관련 전문가에게 검토 및 자문을 통하여 정리하였다.

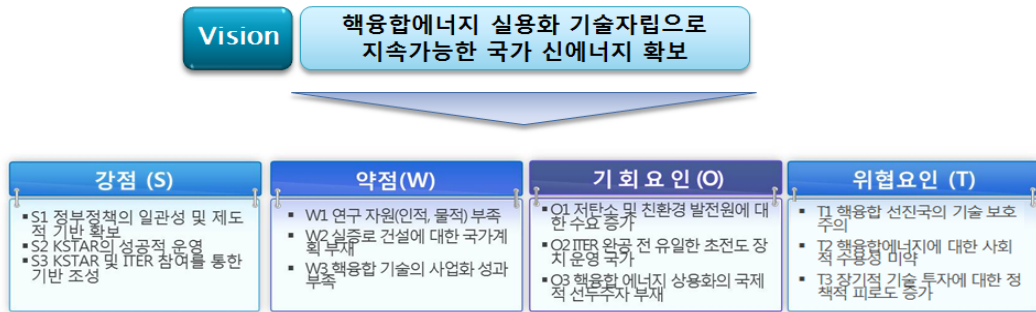
의사결정구조의 최상단에는 교육과학기술부(2012)에서 제시한 내용을 바탕으로 핵융합 분야의 “Vision”을 배치하고 이를 달성하기 위하여 강점(S), 약점(W), 기회(O), 위협(T) 요인을 상호 비교하여 우선순위를 도출한다. 또한 SWOT 각각의 세부 내용간의 상호 비교를 통하여 우선순위를 도출하고 이를 토대로 전체 우선 순위를 계산하였다.

설문 대상은 산학연 전문가 26인<sup>2)</sup>으로 하였다. 전체 설문을 취합하기 이전에 각 설문자의 신

〈표 2〉 PEST 요인 도출 및 SWOT 연계

내부	긍정적 요인 (+)	부정적 요인 (-)
정책적 요인 (Political)	정부정책의 일관성 및 제도적 기반 확보	DEMO 건설에 대한 정책의지 미비
경제적 요인 (Economic)	핵융합 에너지의 장기 잠재력	연구 자원(인적, 물적) 부족
사회적 요인 (Social)	-	핵관련 기술에 대한 수용성 악화
기술적 요인 (Technological)	KSTAR 건설 및 ITER 기술력 확보	DEMO 개발에 대한 가속화 부족
	강점 (Strength)	약점 (Weakness)
외부	긍정적 요인 (+)	부정적 요인 (-)
정책적 요인 (Political)	저탄소 및 친환경 발전원에 대한 수요 증가	장기적 투자에 대한 정책적 피로도 증가
경제적 요인 (Economic)	-	핵융합 연구의 중단기 성과에 대한 수요 증가
사회적 요인 (Social)	안전한 에너지에 대한 수요 증가	핵융합에너지에 대한 사회적 수용성 부족
기술적 요인 (Technological)	ITER 건설 전 국제적 장치 공백 존재	일본, EU, 중국의 핵융합에너지 개발 가속화
	기회 (Opportunity)	위협 (Threat)

2) 26인의 피설문자는 학계 전문가 11인, 연구계 전문가 10인, 산업계 전문가 5인으로 구성하였다. 핵융합 분야는 타 분야에 비해 산업분야로 발전이 초기 상태인 관계로 산업계 전문가 확보에 어려움이 있었다.



〈그림 4〉 SWOT-AHP에 의한 의사결정 구조

되도를 평가하기 위하여 CR<sup>3)</sup>을 계산하였으며 이중 CR 값이 0.2 이하로 나타난 24인의 유효 설문을 대상으로 분석<sup>4)</sup>하였다.

## 2) SWOT-AHP 결과

핵융합 연구개발 분야 전략 도출을 위한 SWOT-AHP 설문결과는 〈표 3〉과 정리하였다.

SWOT 요인 중 가장 높은 가중치를 두는 요인은 강점인 것으로 나타났고 기회, 약점, 위협 순으로 의사결정에 반영해야 하는 것으로 평가되었다.

한편, 강점 요인 내에서 S1(정부정책의 일관성 및 제도적 기반확보)이 가장 중요한 요인으로 평가되었다. 핵융합 관련 이해 당사자들 대부분은 그동안 부침이 있었다고 해도 민간부문에서 쉽게 시도할 수 없는 핵융합과 같은 분야는 국가적 지원의지가 가장 중요하다는 점을 재차 확인할 수 있었다.

기회 요인 내에서는 O1(저탄소 및 친환경 발전원에 대한 수요 증가)이 가장 가중치를 높게 두고 활용해야 할 요인으로 평가되었다. 에너지 안보나 기후변화 문제에 대한 관심 증가가 최근의 주요한 사회적 의제라는 점을 감안한다면 타당하다고 볼 수 있다.

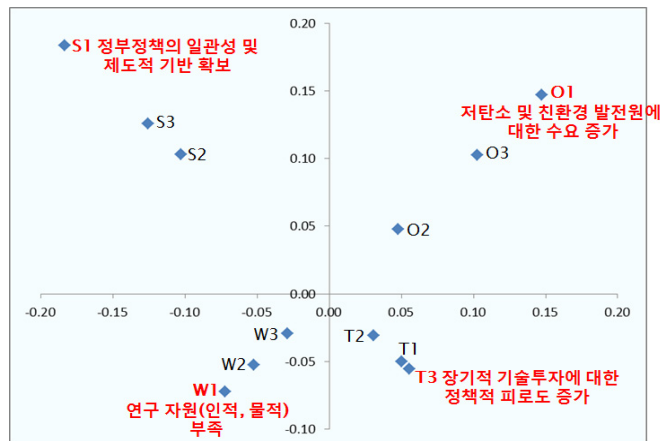
약점 요인 내에서는 W1(연구 자원 부족)이 가장 시급하게 보완되어야 할 요인으로 평가되었다. 그동안 국가적 지원 의지가 지속되기는 하였으나 거대과학으로 분류되는 핵융합의 특성상, 가용한 수준의 자원을 넘어서면 한정된 자원 제약으로 다른 이해관계자에게 어쩔 수 없는 부정적 영향을 끼친다는 점을 감안한 결과로 볼 수 있다.

3) CR(Consistency Ratio; 일관성 비율): AHP 분석 시 응답자가 일관성을 갖고 설문에 응했는지 확인하기 위한 값으로 0.2 이하이면 수용가능한(acceptable) 것으로 평가하나, 경우에 따라 엄격한 CR 기준을 적용하기도 한다. 본 논문에서는 0.2 이하면 일관된 것으로 평가하기로 한다.

4) 이러한 과정을 통하여 AHP 설문에서 누락이 발생하여 총 설문 대상자와 유효 설문의 숫자가 달라질 수 있는 오류를 최소화하기 위한 시도를 하였다.

〈표 3〉 SWOT-AHP 결과

그룹	가중치	그룹순위	요인	내부 가중치	최종 가중치	전체순위
S	0.412	1	S1	0.445	0.183	1
			S2	0.250	0.103	4
			S3	0.305	0.126	3
			(CR=0.0004)			
W	0.154	3	W1	0.470	0.072	6
			W2	0.340	0.052	8
			W3	0.189	0.029	12
			(CR=0.032)			
O	0.298	2	O1	0.495	0.147	2
			O2	0.160	0.048	10
			O3	0.345	0.103	5
			(CR=0.038)			
T	0.136	4	T1	0.368	0.050	9
			T2	0.224	0.031	11
			T3	0.408	0.056	7
			(CR=0.0028)			
(CR=0.0073)						



〈그림 5〉 SWOT-AHP 시각도

위협 요인 내에서는 T3(장기적 기술 투자에 대한 정책적 피로도 증가) 극복이 제일 중요한 것으로 평가되었다. 1995년부터 현재까지 단일한 연구대상에 지속적으로 자원이 투입된 사업은 핵융합 외에 다른 사례를 찾기 어려울 정도이다. 따라서, 납세자와 의사결정자의 장기 투자

에 대한 피로도를 고려하여야 한다는 과학기술 관련 종사자의 의견이 반영된 결과로 볼 수 있다.

이상의 결과를 SWOT-AHP 지각도를 이용하여 나타내면 <그림 5>와 같다. SWOT 각 요인 내에서 S1, O1, W1, T3를 우선 고려하여 전략을 수립해야 한다는 점을 알 수 있다.

### 3) SWOT-AHP에 의한 전략 수립

<그림 5>의 지각도를 바탕으로 SWOT를 상호 대응하여 전략을 수립한 내용이 <그림 6>이다.

강점 요인을 이용하고 기회요인을 활용할 방안(SO)은 기술개발 선도로 도출되었다. 즉, 일관된 정부정책과 확보된 기반을 바탕으로 저탄소 발전원에 대한 수요가 높은 현재의 상황을 적극 활용하여, 기술개발 선도자로서 한국이 세계 핵융합계에 자리매김하자는 공격적인 전략을 제안 할 수 있다.

약점요인을 보완하고 기회요인을 활용(WO)하기 위해서는 기초연구를 강화하고 그에 따르는 인력을 확보하여야 한다는 전략을 도출하였다. 즉, 부족한 연구자원 중 인적자원이 가장 시급하다는 판단에 따라 연구인력을 확충하여 기회요인을 적극 활용하면서 현재의 국면을 전환하기 위한 전략이다.

강점요인을 이용하고 위협요인을 극복(ST)하기 위해서는 일관된 정부정책을 적극 활용한다. 동시에, 장기적 투자에 대한 피로도를 완화하기 위해서 기술사업화를 강화하여 중단기적 성과를 지속적으로 내놓고 그에 따라 사회적 수용성을 확보하기 위하여 수립된 전략으로써 핵융합 에너지 이외의 다양한 연구개발 결과를 양산하기 위한 전략이다.

내부환경 외부환경	<b>강점 (S)</b> S1 정부정책의 일관성 및 제도적 기반 확보 S2 KSTAR의 성공적 운영 S3 KSTAR 및 ITER 참여를 통한 기반 조성	<b>약점 (W)</b> W1 연구자원(인적, 물질) 부족 W2 실증로 건설에 대한 국가계획 부재 W3 핵융합 기술의 사업화 성과 부족
	<b>SO</b> 기술개발 선도 (S1-O1)	<b>WO</b> 기초연구 및 인력양성 강화 (W1-O1)
	<b>위협요인 (T)</b> T1 핵융합 선진국의 기술 보호주의 T2 핵융합에너지에 대한 사회적 수용성 미약 T3 장기적 기술 투자에 대한 정책적 피로도 증가	<b>WT</b> 국제협력 연구 강화 (W1-T3)
	<b>ST</b> 기술사업화 및 사회적 수용성 제고 (S1-T3)	

<그림 6> SWOT-AHP 결과에 따른 전략 도출

약점을 보완하고 위협을 극복(WT)하기 위해서는 부족한 연구자원을 국제적으로 확보함으로써 자원 부족의 문제를 해결함과 동시에 국제적으로 주요한 연구주체로 위상을 강화하기 위한 전략으로 핵융합연구개발의 리스크를 분산하여 추진하기 위한 전략이다.

#### IV. 결 론

본 논문은 과학기술 관련 각종 기본계획이 2010년 기준 100여개 이상 수립되었음에도 수립 과정은 경험에 의한 방법론이 우세하다는 사실에 주목하였다. 즉, 국가 과학기술 전략 수립과정에 보다 과학적인 방법론을 적용하여 도출할 필요가 있다는 문제의식을 바탕으로 하였다. 이를 위하여 국가과학기술 전략 수립의 틀로써 PEST-SWOT-AHP로 연계되는 분석과정을 제안하고 핵융합 연구개발에 대한 사례를 적용하여 그 유용성을 검증하였다.

제안된 PEST-SWOT-AHP 연계 분석틀은 PEST 기법을 활용하여 SWOT 요인 도출에 보다 논리적이고 요인간 정합성을 유지할 수 있도록 하였다. 또한 SWOT 요인에 대한 AHP 분석을 통하여 도출된 각 요인에 대한 상대적 중요도 평가 결과에 따라 핵심적인 요인에 집중하여 전략을 수립할 수 있는 틀이 될 수 있다는 것을 확인하였다.

핵융합 연구개발에 대한 PEST-SWOT-AHP 를 적용한 실증 분석의 결과 핵융합 분야에서는 강점, 기회, 약점, 위협 요인의 순으로 상대적 중요도가 높다고 평가하였다. 또한 SWOT 요인 중 특히 중요하다고 평가되는 요인에 의하여 도출된 핵융합분야 과학기술 전략은 기술개발 선도, 기초연구 및 인력양성 강화, 기술사업화 및 사회적 수용성 제고, 국제협력 연구 강화 등이다.

한편, 본 논문에서 제안한 방법론의 한계이자 향후 보완할 점은 PEST-SWOT 도출 과정에서 여전히 정성적인 요소가 대부분이기 때문에 제한적이라도 정량적인 요소를 포함하기 위한 시도가 필요하다는 점이다.

또한 제안된 방법론을 적용한 다양한 실증분석을 통하여 본 방법론의 유용성을 검증함과 동시에 그 과정에서 발견되는 오류를 극복하기 위한 방법론적 보완이 이루어진다면 과학적인 과학기술 정책 입안에 기여할 수 있으리라 판단된다. 다만, 제안된 방법론의 유용성을 객관적으로 판단하기 위해서는 동일한 과학기술전략을 대상으로 일반적인 방법론과 제안된 방법론을 각각 적용한 후 결과를 비교하는 것이 가장 합리적이다. 그러나 그러한 과정을 실험적으로 수행하기에는 주관적인 요소가 개입될 소지가 클 뿐만 아니라 실제 적용이 용이하지 않기 때문에 비교 연구는 논외로 하고자 한다.

## 참고문헌

- 고현우, 2009. "SWOT/AHP 분석을 이용한 민간인증제도 활성화 전략", 산업경영시스템학회지, Vol. 32, No. 2, pp. 104-111.
- 교육과학기술부(2012) "제2차 핵융합에너지개발진흥기본계획(안)", 국가핵융합위원회 안전 국가과학기술위원회, 2010. "2010년도 과학기술분야 중장기계획 조사·분석 결과(안)", 제 50 회 국가과학기술위원회 운영위원회 보고안건 제9호.
- 국가핵융합위원회, 2011. "제2차 핵융합에너지개발 진흥기본계획".
- 국가핵융합위원회, 2007. "제1차 핵융합에너지개발 진흥기본계획".
- 과학기술처, 1995. "국가 핵융합 연구개발 기본계획".
- 백인흠, 2009. "SWOT/AHP를 이용한 울산항의 전략적 발전방향에 관한 연구", 수산해양교육 연구, 제21권, 제2호, pp. 325-334.
- 손용정, 2011. "SWOT/AHP 분석을 이용한 광양항의 발전 전략에 관한 연구", 한국항만경제학회지, Vol.27, No.1, pp. 247-262.
- 손일문, 2012. "SWOT/AHP 분석기법을 이용한 안전보건 경영시스템의 활성화 전략에 관한 연구", 한국산학기술학회논문지, Vol. 13, No.7, pp. 2895-2902.
- 송만석, 2007. "프로야구 경기 직접관람 동기요인에 따른 지역연고 구단의 SWOT-AHP 평가", 한국스포츠산업경영학회지, 제12권, 제4호, pp. 161-177.
- 송만석, 설상철, 박종환, 2010. "SWOT-AHP기법을 활용한 다국적 제약기업과 국내 제약기업의 경쟁력 평가", 경영경제연구, Vol.32, No.2, pp. 103-125.
- Arslan, O. and Turan, O., 2009. "Analytical investigation of marine casualties at the Strait of Istanbul with SWOT-AHP method", Maritime Policy & Management, Vol. 36, Iss. 2, pp. 131-145.
- Ghazinoory, S. et al., 2009. "A new definition and framework for the development of a national technology strategy: The case of nanotechnology for Iran", Technological Forecasting & Social Change, Vol. 76, pp. 835-848.
- Grisham, L. R., 2008. "Chapter 17 Nuclear Fusion", in Letcher, T. M., Future Energy, Elsevier, 1st ed., Oxford.
- Chang, H-J, 2002. "Who needs technology policy?", African Technology Policy Studies Network.
- Kaivo-Oja, J, 2010. "Chapter 12 Systemic Aspects of Security Technology in Hospitals:

- Combining STEEPV-SWOT Methodologies in Risk Analysis of Hospitals”, In: Richman et al.(ed.), *Medical Response to Terror Threats*, IOS Press.
- Kajanus, M., Kangas, J., and Kurttila, M., 2004. “The use of value focused thinking and the A’WOT hybrid method in tourism management”, *Tourism Management*, Vol. 25, Iss. 4, pp. 499-506.
- Kangas, J., Pesonen, M., Kurttila, M., and Kajanus, M., 2001. “A’WOT: Integrating the AHP with SWOT analysis”. In: Dellman, K. (ed.). *Proceedings of the Sixth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process ISAHF 2001*, August 2-4, Kuraal Bern, Berne-Switzerland. Bern. p. 189-199.
- Karakosta, C. et al., 2010. “EU-MENA energy technology transfer under the CDM: Israel as a frontrunner?”, *Energy Policy*, Vol. 38, Iss. 5, pp. 2455-2462.
- Kong, H., Xue, X. Z. and Zhang, X. Y., 2012. “Applying SWOT-AHP Analysis in Sustainable Marine Development Plan: Case Study in Shantou Municipality”, *Advanced materials research*, Vol. 524/527, No. 4, pp. 3741-3745.
- Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., and Kajanus, M., 2000. “Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis — a hybrid method and its application to a forest-certification case”, *Forest Policy and Economics*, Vol. 1, Iss. 1, pp. 41-52.
- Lao, G. and Jiang, S., 2009. “Risk Analysis of Third-Party Online Payment Based on PEST Model”, *Management and Service Science 2009 International Conference*, pp. 1-5.
- Markovska, N. et al., 2009. “SWOT analyses of the national energy sector for sustainable energy development”, *Energy*, Vol. 34, pp. 752-756.
- Margles, S. W., Masozera, M., and Rugyerinyange, L., 2012. “Participatory Planning: Using SWOT-AHP Analysis in Buffer Zone Management Planning”, *Conservation and the agricultural frontier :ntegrating forests and agriculture in the tropic*, pp. 613-637.
- Taleai, M., Mansourian A. and Sharifi, A., 2009. “Surveying general prospects and challenges of GIS implementation in developing countries: a SWOT-AHP approach”, *Journal of Geographical Systems*, Vol. 11, No. 3, pp. 291-310.
- Terrados, J. et al., 2009. “Proposal for a combined methodology for renewable energy planning. Application to a Spanish region”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, Iss. 8, pp. 2022-2030.



Zavadskas, E. K., Turskis, Z., and Tamosaitiene, J., 2011. "Selection of construction enterprises management strategy based on the SWOT and multi-criteria analysis", Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. 11, No. 4, pp. 1063-1082.

#### 장한수

---

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

#### 최원재

---

중앙대에서 행정학 석사학위를 취득하고, 현재 충남대 행정학과 박사과정에 재학 중이다. 또한 국가핵융합연구소 정책팀에서 선임연구원으로 재직 중에 있으며, 관심분야는 과학기술정책, 정책분석 및 평가, 미래예측 등이다.

#### 도현수

---

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