

---

# 혁신시스템 국제화 측정을 위한 프레임워크 구축 및 활용: 한국 원자력산업과 우주산업을 중심으로

박시훈\* · 조형례\*\* · 정선양\*\*\*

---

<목 차>

- I. 서론
- II. 이론적 배경
- III. 연구방법
- IV. 사례연구
- V. 결론

**국문초록 :** 본 연구에서 우리는 혁신시스템 국제화의 측정을 위한 프레임워크를 수립하고 한국원자력산업과 우주산업에 적용을 통해서 혁신시스템 국제화와 리더십의 연관관계에 대한 사례연구를 수행하였다. 이 프레임워크를 통해 혁신시스템의 국제화 정도와 기술수준과의 연관관계를 살펴본 결과, 한국 원자력산업은 기술수준의 선도그룹으로서 추격그룹인 우주산업 대비 혁신시스템 국제화의 주요기능에서 국제적 적법성의 생성을 제외하고 높은 수준을 보여주었다. 이를 통해 혁신시스템 국제화의 정도는 리더십과 높은 연관관계를 보임을 확인할 수 있었다. 이처럼 한 국가 내에서 산업간 혁신시스템의 국제화 정도는 차이를 보이며 리더십을 획득하기 위해서는 혁신시스템 국제화의 흐름의 대응이 필요함을 제시하고 이에 대한 정책적인 시사점을 도출하였다.

이 프레임워크의 적용을 통해서 한국 산업의 국제적인 리더십에 대한 사례를 심층 분석

---

\* 건국대학교 기술경영학과 박사과정 / 한국원자력연구원 연구기획팀 선임연구원, (shpark83@kaeri.re.kr)

\*\* 건국대학교 경영학 박사 (cswbest@hanmail.net)

\*\*\* 건국대학교 기술경영학과 교수, 교신저자 (sychung@konkuk.ac.kr)

할 수 있게 하며, 또한 전략적 딜레마에 빠진 산업에서의 기술경영을 위한 시사점들을 제공한다.

주제어 : 혁신시스템, 혁신시스템 국제화, 혁신의 측정, 원자력산업, 우주산업

---

---

# A Framework for Measuring the Internationalization of Innovation Systems: Focusing on the Korean Atomic Energy and Space Sectors

Si-Hun Park · Hyung-Rae Cho · Sunyang Chung

---

---

**Abstract :** In this study, we established a framework for measuring the internationalization of innovation systems. Through this, we try to make a comparative analysis on the atomic energy and space sector in Korea.

According to our analysis, the atomic energy sector has a higher level of internationalization in its innovation system with technological level than the space sector. This study indicates that the internationalization of innovation system is an important factor for catching up a leader.

The framework, which was developed in this study, could be applied to many case studies on an international leadership of innovation system. In addition, it could provide some implications for technology management, especially in the sectors which fell into a strategic dilemma.

Key Words : Innovation system, Internationalization of innovation system,  
Measurement of innovation, Atomic energy sector, Space sector

# I. 서론

## 1. 연구의 배경

한 국가의 경제발전은 혁신시스템과 거버넌스의 질에 크게 연관되어 있는 것으로 알려져 있다(Fagerberg와 Srholec, 2008). 한국은 눈부신 경제발전과 더불어 혁신시스템이 급속히 발전하였고, 특정 기술과 산업에서는 기존의 모방을 통한 혁신을 넘어 글로벌한 혁신역량을 구축함으로써 리더십을 확보하고 있다. 이것은 특정기술과 산업에서는 이미 우수한 혁신역량을 보유하고 있음은 물론 기술혁신을 지원하는 혁신시스템 자체도 글로벌 환경에서 경쟁력을 갖추기 위해 국제화가 일부 진행되었다고 할 수 있을 것이다.

2015년 한국에서 개최된 OECD 세계과학정상회의에서 발표된 ‘대전 선언문’은 개방형 과학지원과 국가 간 협력을 주요 내용으로 한다. 하지만 이런 과학기술 국제화의 흐름과는 별개로 OECD의 과학기술산업 평가서(OECD, 2015)는 한국의 과학기술산업이 세계화의 낮은 연계성으로 인하여 파급효과가 낮아지는 취약점을 안고 있다고 지적하고 있다. 이처럼, 한국은 과학기술산업의 리더십을 확보하기 위해서 국제적으로 높은 연계성을 가져야 한다고 볼 수 있다.

기존 혁신시스템에 대한 분석의 관점은 자국 내 혁신역량과 제도의 효과에 주로 집중함으로써, 국제화 흐름의 대응을 위한 혁신시스템 내의 기능을 명확하게 제시하고 분석하기 어려운 한계점이 있다(Wieczorek 외, 2015). 이 때문에 국가 간 경계를 넘나드는 자국 내 혁신시스템의 기능을 주로 다루는 혁신시스템 국제화 관점의 적용(Carlsson, 2006, Wieczorek 외, 2015)이 필요하다. 하지만 혁신시스템 국제화에 관한 연구는 그 중요성에 비해 국내의 실증연구가 부족한 상황이다. 따라서 혁신시스템 국제화에 대한 실증연구를 수행하기 위한 프레임워크를 구축하는 것은 산업간 혁신시스템 국제화 흐름에 대한 대응의 차이를 분석하고 리더십에 미치는 영향을 살펴보는 데 중요한 역할을 할 것이다.

본 연구에서는 혁신시스템 국제화를 측정하기 위한 프레임워크를 수립하고, 해당 사례로서 한국의 원자력산업과 우주산업을 비교 분석하였다. 두 산업은 정책적으로 거대공공기술로서 같이 논의되지만 각각 리더십 그룹과 추격그룹으로 분류되며, 최근의 수출사례들로 미루어볼 때 혁신시스템 국제화의 정도와 리더십의 연관관계를 살펴보기에 적합하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 선행연구를 토대로 혁신시스템의 국제화에 대한

명확한 이해와 함께 개념적인 범위를 정립하였고, 3장에서 혁신시스템 국제화의 정도를 측정할 수 있는 프레임워크를 도출하였다. 4장에서 한국 원자력산업과 우주산업의 혁신시스템 국제화의 정도를 비교 측정함으로써 리더십과 혁신시스템 국제화의 연관관계와 정책적인 시사점을 살펴보고, 5장에서 결론을 제시하였다.

## Ⅱ. 이론적 배경

### 1. 혁신시스템의 국제화

기존 혁신시스템에 대한 분석의 관점은 자국 내 혁신역량과 제도의 효과에 주로 집중함으로써, 국제화 흐름의 대응을 위한 혁신시스템 내의 기능을 명확하게 제시하고 분석하기 어려운 한계점이 있다(Wieczorek 외, 2015). 이 때문에 국가 간 경계를 넘나드는 자국 내 혁신시스템의 기능을 주로 다루는 혁신시스템 국제화 관점의 적용(Carlsson, 2006, Wieczorek 외, 2015)이 필요하다. 이를 위해서 혁신시스템의 국제화와 연관한 이론적 배경을 살펴보고자 한다.

#### 1.1 혁신시스템 국제화의 정의

국제화는 국가 간 교류의 증대가 발생하는 현상이며, 각 국가는 고유한 기술혁신을 위한 혁신시스템(Pavitt과 Patel, 1999; 정선양, 1999, 2012)이 존재한다. 이를 통해 혁신시스템의 국제화는 각 국의 고유한 혁신시스템의 국가 간 교류를 통한 상호의존성이 증가하는 현상으로 볼 수 있을 것이다. 이와 같은 개념을 구체화하기 위하여 혁신시스템과 국제화에 대한 적절한 정의를 살펴보았다. 먼저 국가혁신시스템은 ‘신기술의 확산과 개발에 기여하는 개별 또는 합동의 차별화된 제도들의 집합’으로서 혁신활동에 영향을 주는 정책들과 정부의 형태를 포함하는 것으로 정의되고 있다(Metcalf, 1997). 그리고 국제화는 ‘국가 간 경계와 하나 이상의 국가가 포함되는 것을 강조하는 국제간 교류의 증대현상’(Hitt 외, 1994; 김호기, 2002)으로 설명되어진다. 이상의 내용을 재정리하면 혁신시스템 국제화는 ‘신기술의 확산과 개발에 기여하는 국가 간 경계를 넘나드는 다양한 차원의 개별 또는 합동의 차별화된 제도들의 집합’으로 정의할 수 있을 것이다. 이것은 국

제화에 대응하는 주요한 혁신활동들은 물론 법, 제도적인 측면 등을 포함한 시스템적인 관점을 지향한다.

## 1.2 혁신시스템 국제화의 발생원인

혁신시스템 국제화의 발생 및 가속화로 인해, 국가 간에 차이는 있지만 국가혁신시스템은 적어도 과거 20년 전보다 덜 ‘국가적’으로 변하고 있으며, 각 국가 간 상호의존성은 증가하고 있다(Carlsson, 2006).

이처럼 혁신시스템 국제화가 발생한 원인은 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째, 글로벌한 규제와 다국적 기구 및 협약의 증가로, 이산화탄소저감, 핵 확산 금지 등 세계의 평화와 안정, 인류의 생존에 대한 위협을 불식시키기 위한 다국적 기구(OECD, NEA, IAEA 등) 또는 국제협약(Kyoto Protocol 등)이 설립 및 추진되어 회원 간의 법과 규제를 만들어 기술혁신환경에 영향을 미치게 된다. 이들 중 기술리더들은 지역 또는 글로벌 네트워크에서의 국제적인 통합을 선도하여 다국적 기술생성을 위한 환경을 추구하기 때문에 이를 통해 추진되는 혁신의 결과물은 국제화되거나, 글로벌화 되고 있다고 볼 수 있다(Cantwell, 1997). 둘째, 기술개발의 글로벌화로서, 기술 생산의 글로벌화가 증가하는 것은 1980년대 이후에 발생하였다(Patel, 1997). 이러한 현상은 혁신주체들이 기술적 문제의 해결에 대한 보다 넓은 시각을 가지게 되면서 혁신 역량을 강화하기 위한 중요한 활동으로 인식함에 따라 발생되었다(Bartholomew, 1997). 셋째, 기술혁신 속도의 가속화로, 1990년대 이후부터 기술의 변화율이 빨라지고 혁신주체들은 보유한 기술기반을 다각화 하는 것에 충분한 시간을 가지는 것이 어려워졌다. 따라서 기술에 대한 다각화와 역량 축적 사이의 상보성이 새롭게 부각되면서 이에 대한 필요에 따라 국제화 현상이 발생하였다(Cantwell과 Piscitello, 2000).

## 1.3 혁신시스템 국제화의 흐름에 대한 대응의 필요성

혁신시스템 국제화는 글로벌한 규제와 다국적 기구 및 협약의 증가, 기술개발의 글로벌화, 기술혁신 속도의 가속화로 인해 발생한다. 이런 혁신시스템 국제화에 대응하는 것은 혁신역량강화에 중요한 의미를 가질 수 있다(Bartholomew, 1997; Cantwell과 Piscitello, 2000; De La Mothe와 Link, 2002; 서상혁과 이선영, 2011; 김영인과 이병민, 2009; 김강희 외, 2012; 김태희, 2012; Wiczorek 외, 2015; 박시훈과 정선양, 2015). 그렇

기에 혁신주체들은 글로벌 환경에서 혁신시스템 간 상호의존성에 대한 새로운 철학을 반영하는 혁신전략들을 구현함으로써 혁신시스템 국제화의 흐름에 정확히 응답하여 지속가능한 혁신을 해야 할 필요가 있다.

## 2. 혁신시스템의 국제화에 대한 주요연구

### 2.1 혁신시스템 국제화 관점의 연구<sup>1)</sup>

혁신시스템 국제화 관점의 연구들은 국제화의 흐름에서 발생하는 혁신활동들을 개별적으로 분석하기보다는 전체 국가나 산업의 시스템 차원의 국가 간 상호의존성과 개방성에 대해 주로 논의하고 있다. 기존의 연구들은 글로벌화로 인하여 국가 간 혁신시스템 개방성의 차이는 존재하지만 혁신시스템에 대한 상호의존성이 발생하고 있으며, 이를 통해 한 국가에서 부족한 자원과 역량을 완전하게 하는 것이 가능하다고 주장한다 (Bartholomew, 1997; Niosi와 Bellon, 1994, 1996; Athreye 외, 2007; Filippetti 외, 2011; Wiczorek 외, 2015). 혁신시스템의 개방성과 상호의존성에 영향을 미치는 요인은 국가 중심의 제도적 요소(Bartholomew, 1997), 국제적 기술연합들의 연구개발(Bartholomew, 1997; Niosi와 Bellon, 1994, 1996; Athreye 외 2007), 국제기술이전(Niosi와 Bellon, 1994, 1996; Athreye 외 2007), 다국적기업과 수출(Niosi와 Bellon, 1994, 1996), 과학기술 인력(Niosi와 Bellon, 1994, 1996; Filippetti 외, 2011), 외국인직접투자(Athreye 외, 2007; Filippetti 외, 2011), 무역의 흐름(Filippetti 외, 2011) 등으로 요약해볼 수 있다.

혁신시스템 국제화에 대한 문헌연구는 경제활동에서 기업차원의 국제화에 대한 연구는 많이 존재하지만 혁신시스템의 국제화는 그 중요성에 비해 실증연구를 포함하여 매우 적은 논의만이 진행되었음을 지적한다. 또한 향후 연구들은 혁신의 창출과 연관된 공급자 측면의 활동 뿐 아니라 사업 형성과 기업가적인 활동도 같이 다루어질 필요가 있음을 논의하였다(Carlsson, 2006).

과학기술혁신의 글로벌화에 관한 정책연구는 과학기술혁신의 글로벌화의 대응을 위해 한국의 국가혁신시스템을 글로벌 개방형으로 전환하고 이를 글로벌혁신프로세스와

---

1) 그 외에 정확히 혁신시스템 국제화 관점과는 부합하지는 않지만 글로벌화에 따른 국가 간 혁신활동의 차이를 분석한 연구는(Archibugi와 Michie, 1997; 윤병운 외, 2005; Strambach, 2010)에 의해 수행되었고, 지식의 흐름(윤병운 외, 2005), 국가기술역량의 국제적인 활용, 경계를 넘나드는 협력과 혁신의 창출(Archibugi와 Michie, 1997), 연구개발, 특히, 수출, 무역흐름(Strambach, 2010)이 연관되어 국가 간 글로벌한 혁신활동의 차이가 발생함을 논의하였다.

연계시키는 정책 방향성 혹은 국가전략의 설정이 필요함이 논의 되고 있다(임덕순 외, 2008).

## 2.2 혁신활동의 국제화 관점의 연구

앞서 다룬 혁신시스템 국제화에 대한 선행연구의 조사결과는 실증연구를 수행하기 위한 충분한 이론적 근거를 제공하지 못하였다. 기존의 혁신시스템에 대한 연구들은 국제화와 연관되어져 많이 다루어지지 않았고, 자국 내 혁신역량과 제도의 효과에 주로 집중한 것으로 보인다(Wieczorek 외, 2015). 뿐만 아니라, 일부 국제화와 연관된 대부분의 연구들은 국제공동연구, 국제기술협력 등 단독의 혁신활동에 한정하여 수행되었기 때문이다(Carlsson, 2006; 임덕순 외, 2008; De Prato와 Nepelski 2012; Wieczorek 외, 2015). 이 때문에, Carlsson(2006)과 임덕순 외(2008)은 혁신시스템 국제화와 연관한 논의의 부족으로 시스템적인 관점을 적용하기에는 제한적이지만 혁신활동의 국제화에 관련된 문헌을 통해 혁신시스템 국제화에 대한 함의를 찾았다. 본 연구에서도 이와 같은 방식으로 혁신활동의 국제화에 대한 문헌들을 선행연구의 범위로 포함하였다.

혁신활동의 국제화는 크게 자국기술의 국제적인 활용, 글로벌 차원의 혁신, 글로벌 기술협력의 세 가지(Archibugi와 Iammarino, 1999) 형태로 구분된다. 먼저, 자국기술의 국제적인 활용은 수출, 특허와 라이선싱, 자국기술의 국외에서의 제품 디자인 및 생산 등과 관련된 활동에 대한 것으로서, 주로 이윤을 탐색하는 기관 또는 개인의 활동들을 다룬다. 관련된 연구로는 글로벌 기술사업화(김장엽 외, 2012), 수출(이재득, 2009), 국제기술이전(Malik, 2013)등의 연구가 있으며, 각 활동별 영향을 미치는 요인에 대한 분석이 수행되었다. 이것은 각각 글로벌 마인드, 맞춤형 지원전략(김장엽 외, 2012), 특허와 기술 혁신활동(이재득, 2009), 언어, 교육시스템, 표준, 문화, 시장(Malik, 2013)이다.

다음으로, 글로벌 차원의 혁신은 주로 자국과 해외에서의 연구개발 활동과 국내외에서의 기술획득 활동 등을 다룬다. 관련된 연구는 해외 직접투자(이공래와 심상완, 2000), 국제협력연구(김영민과 이병민, 2009; Bergek와 Bruzelius, 2010; 서상혁과 이선영, 2011; 김태희 외, 2012; 김강희 외, 2012), 국제적인 협력형 경쟁(Ritala와 Hurmelinna-Laukkanen, 2013)에 대해 수행되었다. 각 활동별로 제시된 주요 결과를 정리하면 아래와 같다. 먼저, 해외 직접투자에 영향을 미치는 요인은 첨단 기술지식을 흡수하고자 하는 공격적인 전략(이공래와 심상완, 2000)이다. 둘째, 국제협력연구에 영향을 미치는 요인은 명확한 협력 목적 및 신뢰에 바탕을 둔 소통, 파트너가 의존 가능한 핵심



역량, 사회문화적 요소(서상혁과 이선영, 2011), 논문(김영민과 이병민, 2009; 김태희 외, 2012), 특허(김영민과 이병민, 2009; Bergek와 Bruzelius, 2010; 김강희 외, 2012), 국내외 학술회의 참가(김태희 외, 2012), 연구인력(김영민과 이병민, 2009; 김태희 외, 2012)이 있다. 다음으로, 국제적 협력형 경쟁은 기술적인 향상과 위험요인의 분담, 기술의 향상, 표준화 기회확보를 위해 수행(Ritala와 Hurmelinna-Laukkanen, 2013) 된다.

마지막으로, 글로벌 기술협력에 관한 연구는 주로 과학기술 협력 프로젝트, 과학지식의 상호교류, 기술정보의 교환을 위한 협정, 글로벌 인력교류 등에 관한 부분을 다룬다. 관련된 연구는 국제과학기술협력(Wagner, 2006; De Prato와 Nepelski, 2012; 이형진과 정선양, 2014)등이 있으며, 활동에 영향을 미치는 요인은 특허(De Prato와 Nepelski, 2012), 글로벌 커뮤니케이션의 정도(Wagner, 2006), 법제도 보완 및 국제협력 전담조직(이형진과 정선양, 2014)이다.

### 2.3. 기존 연구의 한계

혁신시스템 국제화와 연관한 선행연구를 폭넓게 살펴본 결과, 아래와 같은 한계점이 확인되었다. 먼저, 혁신시스템 국제화와 연관된 연구는 글로벌화에 따른 국가 간 혁신시스템의 변화의 현상을 설명할 뿐 구체적인 세부원인을 분석하기 보다는 국가 전체차원의 국제화의 인식과 대응의 필요성에 대한 폭넓은 논의가 되는 경우가 많았다. 반면, 특정 산업 중심의 국가혁신시스템 간 연계정도와 연계효과를 보는 연구도 상호의존성을 통한 혁신활동의 효과성만을 강조함으로써, 이는 혁신시스템 국제화의 시스템적인 관점을 다루기에는 부족한 제한적인 시사점만을 제공하고 있었다. 또한, 혁신시스템의 국제화를 측정할 수 있는 프레임워크의 부재로 인해 국가 내의 산업간 혁신시스템 국제화를 분석하는 등의 실증연구들은 상당히 부족한 편이었다. 더불어 혁신활동의 국제화와 연관된 연구는 혁신의 창출에 대한 국가 간 연구개발 및 협력에 대한 논의가 주를 이뤄 혁신의 활용 및 확산의 부분은 다루어지지 않거나 적게 다루어진 경우가 많았다.

이처럼 국가 차원의 국제화로 인한 현상 제시나 혁신의 창출관점에서 국가 간 상호의존성에 대해서 집중된 기존연구의 한계점을 극복하고자, 본 연구에서는 혁신시스템 관점에서 혁신시스템 내의 국제화와 연관된 중요한 활동들을 균형적으로 다룸과 동시에 특정산업을 대상으로 구체적인 실증연구에 기반이 되는 프레임워크를 구축하고자 하였다. 이를 통해 한 국가의 혁신시스템 내에서 산업 간의 국제화 수준을 비교분석함으로써, 혁신시스템 국제화와 리더십의 연관관계에 대한 의미있는 결과를 제공하고자 한다. 이는

글로벌한 경쟁 환경에서 최근 리더십을 확보하고자 하는 딜레마에 빠진 출연연 등 혁신 주체들의 기술혁신역량 강화를 위한 시사점으로 활용할 수 있을 것이다.

### Ⅲ. 연구방법

#### 1. 분석대상 설정

##### 1.1 연구방법 및 분석대상 설정

본 연구의 목적을 위해서 특정산업을 대상으로 리더십과 혁신시스템의 국제화와의 연관관계를 살펴보고자 한다. 분석대상으로는 한국의 원자력산업과 우주산업을 선택하였다. <표 1>과 같이 원자력산업과 우주산업을 한국과학기술기획평가원의 기술수준평가 결과(KISTEP, 2014)를 볼 때 각각 선도그룹과 추격그룹으로 분류되어 있어, 기술수준이 많은 차이가 났다. 또한, 두 산업은 정부주도하에 추진되는 거대공공기술 분야로서 정책적으로 같이 논의되는 경우가 많았다. 이러한 점은 본 연구의 분석대상이 되기에 적합하다고 사료되며, 비교적 유사한 혁신환경을 지닌 두 산업을 비교해봄으로써, 혁신시스템 국제화의 수준과 리더십 간에 어떤 연관관계가 있는지를 살펴보는 것에 연구의 의의가 있다고 판단된다.

<표 1> 원자력기술과 우주기술의 기술수준 비교

구 분	기술수준 그룹	기술수준(%)	기술격차(년)
원자력기술	선도	82.7	5.3
우주비행체 개발 및 관제운영기술	추격	70.6	9.3
우주발사체 개발기술	추격	65.2	11.0
우주감시 시스템기술	후발	56.4	11.2

주: 2014 KISTEP, 기술수준평가 인용

## 2. 혁신시스템 국제화를 위한 프레임워크 및 측정지표 개발

### 2.1 혁신시스템 국제화의 측정을 위한 기능모델 구축

본 연구에서는 혁신시스템 국제화의 정도를 측정하는 프레임워크의 수립을 위해 기존 혁신시스템의 기능을 측정하는데 널리 활용된 모델을 참고하여 활용하였다. 연구방법은 대부분 수행되던 정성연구(사례분석, 인터뷰) 방식이 아닌 정량연구가 가능하도록 지표를 도출하고 이를 도식화하여 프레임워크를 구축하였다.

먼저 혁신시스템의 기능에 대해서는 많은 논의가 되어 왔다. Johnson(1998)이 혁신시스템 내에서 어떤 일이 일어나는지를 몇 개의 기능으로 인식을 시도한 이래, 이를 토대로 Hekkert 외(2007)는 혁신시스템을 기술변화의 매우 중요한 결정자로서 보고 혁신시스템의 동태성에 대한 함의를 도출하기 위해서 혁신시스템에서 매우 중요한 몇 가지 활동을 인식하여 혁신시스템의 기능을 도출하였다. 이것은 기업가적 활동, 지식의 개발, 네트워크를 통한 지식의 확산, 탐색의 지도, 시장의 형성, 자원의 유동성, 법제도의 형성이라는 7가지 기능이었다. 이런 혁신시스템 기능에 대한 구분을 활용하여 Negro 외(2007)는 독일의 바이오매스 산업의 성공사례에 대해 분석하였고, 이후 Bergek 외(2008)에 의해 정책수립자들을 위한 혁신시스템의 동태성을 분석하는 기능적인 방법으로써 포함되어 혁신시스템과 관련한 실증연구에 사용되었다. 최근의 연구로서 Wieczorek 외(2015)는 해양풍력발전 산업에서 혁신시스템 기능의 성능을 조사함으로써, EU 4개국에 대한 혁신시스템에 대해서 혁신역량에 기반 하는 상호연계성을 분석하였다. 이처럼 Hekkert 외(2007)가 제안한 혁신시스템의 7가지의 기능의 명칭과 세부지표들은 각 연구목적에 맞게 조금씩 변화하여 사용되어왔지만 이 기능모델 자체는 혁신시스템의 주요 활동을 인식하는 것으로 인정되어 많은 실증연구에 사용되었다. 연구방법은 주로 모델구축을 통한 사례분석 및 정성인터뷰 등이 수행되었으며 가장 최근에 수행된 Wieczorek 외(2015)의 연구 역시 해양풍력산업 분야의 이해당사자와 전문가에 의한 인터뷰로써 결과를 도출하였다.

기존 연구방식과 본 연구의 차별점은 혁신시스템 국제화 자체에 연관되는 혁신시스템의 기능에 집중하는 모델을 구축하고, 이를 활용한 정량분석을 시도한 것이라 할 수 있다. 이에 따라 먼저 혁신시스템 국제화의 측정을 위한 기능모델을 구축하였다. 이것은 혁신시스템 국제화에서 발생하는 주요 7개의 기능을 정리한 것으로 기능에 대한 설명과 이를 측정하기 위한 점검사항으로 구성하였다.

<표 2> 혁신시스템 국제화의 측정을 위한 기능모델의 구축

기능	설명	점검사항
국제적 기업가적 활동	신기술과 그 응용에 기반한 국제적인 차원의 활동, 탐색, 활용, 적용은 시장의 동태성에 노출된 후의 신제품, 프로세스 또는 서비스에 대한 학습의 기회를 창출한다.	얼마나 많은 기술적인 향상이 국제적으로 존재하고 기업가적인 실험과 향상에 액터들이 충분히 지속적으로 기여했는가?
국제적 지식개발	국제적인 지식의 창출은 혁신프로세스의 핵심에 해당한다. 과학기반의 연구와 개발뿐만 아니라, 상호교류를 통한 경험에 기반한 지식 개발을 포함하는 다양한 다른 종류의 지식들은 혁신을 위한 인풋으로서 제공되어져 실행 및 사용된다.	충분한 액터가 국제적인 지식개발에 포함되었고 액터들의 요구에 부합하는 충분한 지식이 개발되었는가?
국제적 지식교환	국제적으로 새롭거나 향상되어진 제품, 프로세스 또는 서비스의 개발을 위한 지식의 확산은 매우 중요하다. 성공적인 혁신자들은 다른 것들로부터 생성되어진 아이디어와 지식을 어떻게 상업적으로 활용할지를 아는 기업들이다.	국제적으로 지식이 교환되어질 때, 액터들 간에 충분한 네트워크 연결이 있었는가?
국제적 탐색의 지도	국제적인 탐색의 지도는 기술개발의 특정 방향에 대한 선택과 거부를 위해 필수적인 것이다. 사용자-제작자의 상호작용은 이 단계에서 중요한 피드백 메커니즘을 제공한다.	제도와 액터들이 국제적인 미래 기술개발에 대한 충분한 명확한 방향을 제시하였는가?
국제적 시장형성	국제적으로 혁신은 기본적으로 불확실성으로 표현되고, 이것은 현재 존재하는 시장을 파괴하기도 한다. 현존하는 사용자와 시장들에서 적용되어지는 일반적인 제품과 프로세스들 또는 서비스들에 대한 점진적 혁신이 발생하는 동안 완전히 새로운 혁신들을 위한 시장들이 여전히 생성되어질 필요가 있다는 것이다.	국제시장이 충분히 혁신과 기업가적 활동을 유지할 만한 크기인가?
국제적 자원의 유동성	국제적인 자원의 할당과 이동에 대한 것이며, 이것은 혁신시스템에서 다양한 프로세스에 필수적이다. 우선적으로 그들은 금융자산과 인적자원들을 집결하여 역량을 보호한다.	국제적으로 경쟁력있는 액터들과 교육된 인력이 존재하는가?
국제적 적법성의 생성	새로운 것에 대한 책임을 넘기 위해 요구되는 것으로, 중요하게 간주되지만, 때때로 혁신의 차원에서 방치되는 경우가 있다. 흥미 그룹들의 이익에 대한 충고활동과 로비활동을 통해 생성된 목적의식 있는 적법성의 생성은 변화에 대한 저항에 대응하는데 필수적이다.	액터와 정규, 비정규적인 제도가 국제적인 법적인 부분에 충분히 기여하는가?

## 2.2 혁신시스템 국제화의 측정을 위한 지표 도출

다음으로 혁신시스템 국제화에 대해 앞장에서 정리한 혁신시스템 국제화와 연관한 선행연구 조사결과를 토대로 모델의 각 기능의 개념과 점검사항에 부합하고 데이터의 가용성을 고려한 지표를 <표3>과 같이 제안하였다. 이 지표는 산업 또는 국가별 혁신시스템의 국제화의 정도를 비교하여 살펴보는 데 도움이 된다고 사료되며, 필요시 각 기능에 대한 개념과 점검사항에 맞도록 지표는 선행연구를 통해 검증된 경우 대체되어 사용될 수 있다. 이와 관련하여 해당 모델의 구축과 관련한 선행연구(Hekkert 외, 2007; Bergek 외, 2008)에는 각 기능별로 사용할 수 있는 다양한 지표들을 제안하고 연구목적에 맞게 활용하도록 제안하였다. 이처럼 국제화에 관한 7가지 기능에 부합하는 검증된 지표를 도출함으로써, 정량분석을 수행할 수 있는 근거를 확보하였다. 이는 아래와 같다.

국제적인 기업가적 활동과 관련되는 것은 국제특허(Archibugi와 Michie, 1997; 이공래와 심상완, 2000; 윤병운 외, 2005; Bergek 외, 2008; 이재득, 2009; 김영인과 이병민, 2009; Strambach, 2010; Bergek과 Bruzelius, 2010; 김강희 외, 2012; De Prato와 Nepelski, 2012)이다. 기업가적인 실험 및 향상을 통해 주요국에 출원, 등록된 국제특허는 라이선싱, 기술이전, 기술수출 등 기업가적 활동을 수행할 수 있게 하는 바탕이 된다.

국제적인 지식개발과 관련되는 것은 국제논문(Niosi와 Bellon, 1994, 1996; Archibugi와 Michie, 1997; Athreye 외, 2007; Bergek 외, 2008; 김영인과 이병민, 2009; 김태희, 2012)이다. 논문은 과학기술연구를 통해 생성된 가장 대표적인 지식 성과물이며 그중 국제적으로 출판된 논문은 지식은 과급효과가 크며 인용도도 높다.

국제적 지식교환과 관련되는 것은 국제 프로젝트(Niosi와 Bellon, 1994, 1996; Archibugi와 Michie, 1997; Wagner, 2006; Athreye 외, 2007; Bergek 외, 2008; Strambach, 2010; 서상혁과 이선영, 2011; 김태희, 2012)로서 주로 다국적 연구개발과 기술협력이 해당된다. 프로젝트를 통해 상호간의 지식을 교환, 활용함으로써 지식생산의 복잡화 및 전문화 되는 현상에 효율적인 대응이 가능하며 경쟁력 있는 신기술의 창출이 가능하다. 이것은 국제화 정도를 살펴보는 중요한 활동이며 지표이다.

국제적 탐색의 지도와 관련하는 것은 국제과학기술협정(Niosi와 Bellon, 1994, 1996; Archibugi와 Michie, 1997; Wagner, 2006; Bergek 외, 2008; De Prato와 Nepelski, 2012)이다. 이는 국가차원에서 혁신주체가 미래기술에 대한 교류를 협정국을 대상으로 장려하도록 정함으로써, 혁신주체에게 글로벌 경쟁력이 있는 신기술개발을 위한 충분하고 명확한 방향을 탐색하고 제시하는 기회를 제공한다.

국제적 시장형성과 관련하여 세계 시장의 규모는 해당 산업이 국제적으로 혁신과 기업가적 활동을 유지할만한 크기인지를 보여주며, 자국의 수출규모(이공래와 심상완, 2000; Bergek 외, 2008; 김장엽 외, 2012; Malik, 2013; Ritala와 Hurmelinna-Laukkanen, 2013; 이형진과 정선양, 2014)는 세계시장 규모 중 자국에서 현실적으로 확보 가능한 시장규모와 기회를 보여준다.

국제적 자원의 유동성과 관련하여 연구인력(Niosi와 Bellon, 1994, 1996; Bergek 외, 2008; Filippetti 외, 2011; 김태희, 2012)은 국제화에 대응 가능한 높은 교육수준을 가진과 동시에 논문 및 특허 생산, 프로젝트 수행 등 지식생산 및 확산에 대한 전 방위 활동을 수행한다.

국제적 적법성의 생성과 관련하여 국제 표준화 활동(Bergek 외, 2008; Ritala와 Hurmelinna-Laukkanen, 2013; Malik, 2013; 이형진과 정선양, 2014)은 기술을 수출하거나 국내의 기술혁신활동을 수행함에 있어 각 국의 국가혁신시스템의 법제도적인 영역을 넘어서 국제적으로 활동하기 위해 중요한 요소이다.

<표 3> 혁신시스템의 국제화 기능모델의 측정을 위한 지표 도출

구분	점검사항	지표	관련연구
국제적 기업가 활동	얼마나 많은 기술적인 향상이 국제적으로 존재하고 기업가적인 실험과 향상에 액터들이 충분히 지속적으로 기여했는가?	국제특허	Archibugi와 Michie (1997) 이공래와 심상완 (2000) 윤병운 외 (2005) Bergek 외 (2008) 이재득 (2009) 김영인과 이병민 (2009) Strambach (2010) Bergek과 Bruzelius (2010) 김강희 외 (2012) De Prato와 Nepelski (2012)
국제적 지식개발	충분한 액터가 국제적인 지식개발에 포함되었고 액터들의 요구에 부합하는 충분한 지식이 개발되었는가?	국제논문	Niosi와 Bellon (1994, 1996) Archibugi와 Michie (1997) Athreye 외 (2007) Bergek 외 (2008) 김영인과 이병민 (2009) 김태희 (2012)
국제적 지식교환	국제적으로 지식이 교환 되어질 때, 액터들 간에 충분한 네트워크 연결이 있었는가?	국제 프로젝트	Niosi와 Bellon (1994, 1996) Archibugi와 Michie (1997) Wagner (2006) Athreye 외 (2007) Bergek 외 (2008) Strambach (2010) 서상혁과 이선영 (2011) 김태희 (2012)

국제적 탐색의 지도	제도와 액터들이 국제적인 미래기술 개발에 대한 충분한 명확한 방향을 제시하였는가?	국제 기술협정	Niosi와 Bellon (1994, 1996) Archibugi와 Michie (1997) Wagner (2006) Bergek 외 (2008) De Prato와 Nepelski (2012)
국제적 시장형성	국제시장이 충분히 혁신과 기업가적 활동을 유지할만한 크기인가?	시장규모	이공래와 심상완 (2000) Bergek 외 (2008) 김장엽 외 (2012) Malik (2013) Ritala와 Hurmelinna-Laukkanen (2013) 이형진과 정선양 (2014)
국제적 자원의 유동성	국제적으로 경쟁력있는 액터들과 교육된 인력이 존재하는가?	연구인력	Niosi와 Bellon (1994, 1996) Bergek 외 (2008) Filippetti 외 (2011) 김태희 (2012)
국제적 적법성의 생성	액터와 정규, 비정규적인 제도가 국제적인 법적인 부분에 충분히 기여하는가?	국제 표준화 활동	Bergek 외 (2008) Ritala와 Hurmelinna-Laukkanen (2013) Malik (2013) 이형진과 정선양 (2014)

### 2.3 한국 원자력산업과 우주산업 적용을 위한 지표의 구체화

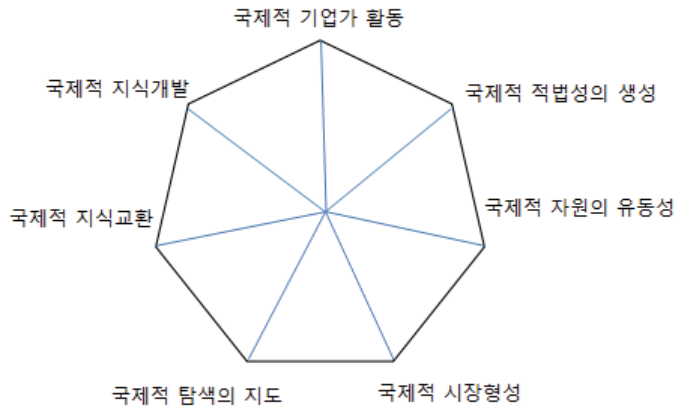
혁신시스템 국제화의 측정을 위해 도출한 지표는 원자력산업과 우주산업에 적용을 위해서 지표의 구체화를 수행하였다. 각 산업전체를 대상으로 공통된 기준을 적용하는 것을 원칙으로 하되 자료의 수집가능성을 고려하여 주식과 같은 세부기준을 적용하였다. 일부 지표에서 두 개 산업 모두에 일관된 기준과 시점을 적용할 수는 없었지만, 해당 산업의 대표 분야를 선택하고 모든 자료는 최소 15년 이상 누적된 데이터와 최신의 자료를 활용함으로써 국제화의 정도를 살펴볼 수 있었다. 국제표준화 비율은 해당 산업의 주요 제품군(원자력 발전소, 항공·우주비행선)에 연관되는 표준화 항목의 국제화 정도를 살펴보았다.

<표 4> 한국 원자력과 우주산업의 혁신시스템 국제화의 측정을 위한 지표의 구체화

구분	지표	지표 구체화
국제적 기업가 활동	국제특허	한국의 산업별 특허 대비 국제특허의 비중 <sup>2)</sup>
국제적 지식개발	국제논문	한국의 산업별 논문 건수 대비 국제논문의 비중 <sup>3)</sup>
국제적 지식교환	국제프로젝트	한국의 산업별 국제 프로젝트로 수행된 건수의 비중 <sup>4)</sup>
국제적 탐색의 지도	국제기술협정	정부에서 추진한 해당 산업의 전체 국가 수 대비 국제협정의 비중 <sup>5)</sup>
국제적 시장형성	시장규모	세계 산업 시장규모 대비 수출액 규모 <sup>6)</sup>
국제적 자원의 유동성	연구인력	세계 주요 연구소 평균인력 대비 연구인력 <sup>7)</sup>
국제적 적법성의 생성	국제 표준화 비율	주요 제품군의 수출을 위한 국내표준 대비 국제표준의 비율 <sup>8)</sup>

## 2.4 혁신시스템 국제화를 위한 프레임워크의 구축

다음 <그림 1>은 도출된 지표를 토대로 혁신시스템 국제화를 측정 가능한 프레임워크로 도식화하였다. 이것은 혁신시스템 국제화에 영향을 미치는 7가지 기능을 표현하는 7각형으로 구성되어 있으며 산업전체의 혁신시스템 기능대비 국제화의 수준만을 측정 가능하도록 구성하였다. 이를 통해 혁신시스템 국제화의 수준에 대한 분석을 이끌어낼 수 있을 것이다. 다음 장에서는 구축된 프레임워크를 활용하여 한국원자력산업과 우주산업의 혁신시스템 국제화의 정도를 측정하고 산업간 비교 결과를 통해 리더십과의 연관 관계를 구체적으로 살펴보고자 한다.



<그림 1> 혁신시스템 국제화의 측정을 위한 프레임워크의 구축

- 2) 원자력산업 : 한국전체 핵공학분야(IPC : G21)로 검색된 상위10개 다 출원인의 특허 중 국제특허(16년 기준)  
우주산업 : 한국전체 특허 중 국제특허 (16년 기준)
- 3) 원자력산업 : 한국전체 논문 중 국제논문(16년 기준)  
우주산업 : 발사체 분야 한국전체 논문 중 국제논문 (1997~2012)
- 4) 원자력산업 : 한국전체 대비 국제프로젝트로 생성된 문헌(16년 기준)  
우주산업 : 발사체 분야 한국전체 대비 국제프로젝트의 수(1997~2012)
- 5) 공통 : 세계 국가 수 대비 산업별 한국정부에서 추진한 국가 간 기술협정의 개수(16년 기준)
- 6) 공통 : 산업별 세계 시장 규모 대비 수출규모(16년 기준)
- 7) 공통 : 세계 주요 연구소의 최상 최하위 인력규모를 제외한 평균 인력과 한국 대표 연구소의 연구인력 규모 (16년 기준)
- 8) 원자력산업 : 원자력 발전소의 표준건설 인허가 및 해외 건설 인증건수(16년 기준)  
우주산업 : 항공우주분야산업표준(KS-W)의 ISO 표준과의 부합여부(11년 기준)



## IV. 사례연구

### 1. 한국 원자력산업과 우주산업의 국제화 정도의 측정

#### 1.1 한국 원자력산업의 혁신시스템 국제화의 측정

한국은 글로벌 5강의 원자력기술 강국으로 최근 UAE, 요르단, 네덜란드, 사우디아라비아 등 상용원자력발전소, 연구용 원자로, 중소형 원자로 등의 경로의존성이 매우 높은 원자력시스템을 수출하는 쾌거를 달성하는 등 글로벌 리더십을 갖추어 가고 있다. 국제화 정도의 측정을 위하여 NDSL(국가과학기술정보센터)과 IAEA가 회원국들에게 제공하는 원자력 분야의 세계적인 DB인 INIS서비스(원자력기술정보서비스)를 활용하고 산업실태조사 및 정책 자료조사를 수행하였다. 프레임워크의 기능별 입력 값은 해당 산업 전체 대비 국제화 지표의 비중을 측정하여 활용하였다.

<표 5> 원자력 분야 혁신시스템 국제화의 기능 모델을 활용하기 위한 데이터 수집

구분	지표	자료수집출처
국제적 기업가 활동	국제특허	NDSL 특허검색서비스 <sup>9)</sup>
국제적 지식개발	국제논문	INIS <sup>10)</sup>
국제적 지식교환	국제프로젝트	INIS <sup>11)</sup>
국제적 탐색의 지도	국제기술협정	정책자료 <sup>12)</sup>
국제적 시장형성	세계 원자력 산업 시장규모 대비 수출액 규모	원자력산업실태조사 및 자료조사 <sup>13)</sup>
국제적 자원의 유동성	세계 주요 연구소 평균인력 대비 연구인력	원자력산업실태조사 및 정책자료 <sup>14)</sup>
국제적 적법성의 생성	발전소 표준,건설 인허가	원자로 수출 및 표준인가 관련 자료 <sup>15)</sup>

9) NDSL 특허검색서비스 : <http://patent.ndsl.kr/index.do>

10) INIS : <http://inis.iaea.org>

11) INIS : <http://inis.iaea.org>

12) 미래창조과학부 [www.msip.go.kr](http://www.msip.go.kr) : '총28개국과 원자력협력협정 체결'

13) 세계시장 규모 : 개도국에 부는 원전바람 <http://www.ekn.kr/news/article.html?no=123904>

수출 : 2013년도 제19회 원자력산업실태조사(2015.4.) [http://www.kaif.or.kr/upload/file/제19회\\_원자력산업실태조사\\_보고서.pdf](http://www.kaif.or.kr/upload/file/제19회_원자력산업실태조사_보고서.pdf)

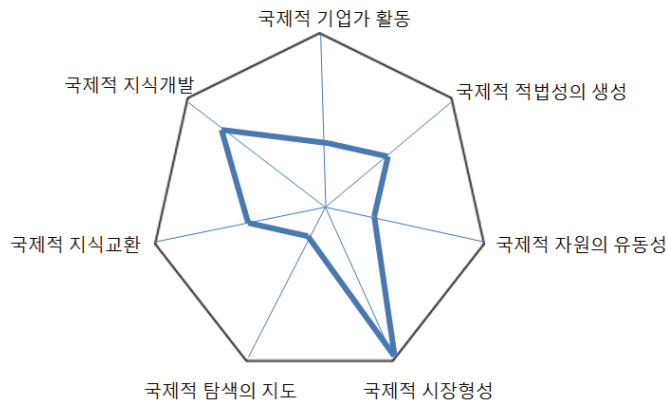
14) 세계주요연구소 : 주요국 원자력 연구개발 기관 현황(2009.12), 원자력연 내부자료 (KAERI/GP-292/2009)

국내 : 2013년도 제19회 원자력산업실태조사(2015.4.), <http://www.kaif.or.kr/upload/file/제19>

이를 통해 한국 원자력산업의 혁신시스템 국제화의 수준을 측정된 결과와 이를 도식화한 것은 아래와 같았으며, 국제적 시장형성의 부분에 대한 비중은 도식화하기에 너무 작아(2%) 우주산업과 비교(0.4%)를 통해 편의상 원자력산업의 비중을 최대값으로 두고 활용하였다.

<표 6> 한국 원자력산업의 혁신시스템 국제화 수준 조사결과

구분	측정방법	전체	혁신시스템 국제화 정도	비중
국제적 기업가 활동	국제특허	2,663	736	28
국제적 지식개발	국제논문	52,121	38,110	73
국제적 지식교환	국제프로젝트	83,046	34,075	41
국제적 탐색의 지도	국제기술협정	224개국	29개국	13
국제적 시장형성	세계 원자력산업 시장규모 대비 수출액규모	118조8,692억원	2조4,531억원	100 (2)
국제적 자원의 유동성	세계 주요 연구소 평균인력 대비 연구인력 <sup>16)</sup>	5,481	1,362	25
국제적 적법성의 생성	발전소 표준,건설인허가	5	2	40



<그림 2> 한국 원자력산업의 혁신시스템 국제화 정도의 측정

회\_원자력산업실태조사\_보고서.pdf

15) 국내 : 원자력안전위원회 안전 (표준설계인허가), [www.nssc.go.kr](http://www.nssc.go.kr)

국외 : 한국의 원전수출 현황과 전망, <http://atomstory.or.kr/p/35161>

16) 연구인력은 원자력발전 상위 10개국의 대표연구소의 최상하위 제외 평균 인력으로 산정 미국 (ANL, INL, ORNL) (15,962), 프랑스 CEA(15,618), 일본 JAEA(3,957), 러시아 RIAR(6,400), 한국 KAERI(1,362), 중국 CIAE(3,100), 캐나다 AECL(4,800), 우크라이나(500), 독일 KIT(7,813), 영국 NNL (800)

## 1.2 한국 우주산업의 혁신시스템 국제화의 측정

같은 방식으로 한국의 우주산업에 프레임워크를 적용하였다. 한국 우주산업은 비교적 기술수준이 낮으며 시장구조가 위성활용서비스에 지나치게 편중되어 있고 우주기기의 제작 분야의 성장이 지체되어 있다고 지적된다. 또한 매출액 규모도 글로벌 우주기업에 비해 영세하여 산업성장의 초기단계로 논의되고 있다(현대경제연구원, 2015). 우주산업에 대한 혁신시스템 국제화정도의 측정을 위하여 우주산업실태조사, 정책자료 조사를 통해 국제화 지표의 비중을 측정하여 입력 값으로 활용하였다. 단 국제논문과 프로젝트 건수에 대해서는 데이터의 가용성으로 인하여 우주산업에서 대표성을 띄는 발사체 분야에 대해 누적된 자료를 활용하였다.

<표 7> 우주 산업 분야 혁신시스템 국제화의 기능 모델을 활용하기 위한 데이터 수집

구분	지표	자료수집출처
국제적 기업가 활동	국제특허	우주산업실태조사 <sup>17)</sup>
국제적 지식개발	국제논문	정책보고서 <sup>18)</sup>
국제적 지식교환	국제프로젝트	정책보고서 <sup>19)</sup>
국제적 탐색의 지도	국제기술협정	정책자료 <sup>20)</sup>
국제적 시장형성	세계 우주산업 시장규모 대비 수출액 규모	우주산업실태조사 <sup>21)</sup>
국제적 자원의 유동성	세계 주요 연구소인력 대비 연구인력	우주산업실태조사 및 자료조사 <sup>22)</sup>
국제적 적법성의 생성	KS-W의 국제표준(ISO) 규격과의 일치여부	정책보고서 <sup>23)</sup>

이를 통해 한국 우주산업의 국제화 수준을 측정한 결과와 이를 도식화한 것은 아래와 같았다. 동일하게 원자력산업과 비교를 위해 국제적 시장형성(수출 부분)은 원자력산업

17) 2015년 우주산업실태조사 보고서 : <http://www.kasp.or.kr/admin/bbs/dwn.php?code=pds&idx=5696&no=1>

18) 강희중 (2012), 『우리나라 우주기술 현황 및 혁신과제』, STEPI Insight 104호.

19) 강희중 (2012), 『우리나라 우주기술 현황 및 혁신과제』, STEPI Insight 104호.

20) 미래창조과학부 [www.msip.go.kr](http://www.msip.go.kr) ‘우주국제협력 현황’

21) 세계시장 규모 : 주요국의 우주산업 경쟁력 현황 <http://news.yeogie.com/entry/129700>

수출 : 2015년 우주산업실태조사 보고서, <http://www.kasp.or.kr/admin/bbs/dwn.php?code=pds&idx=5696&no=1>

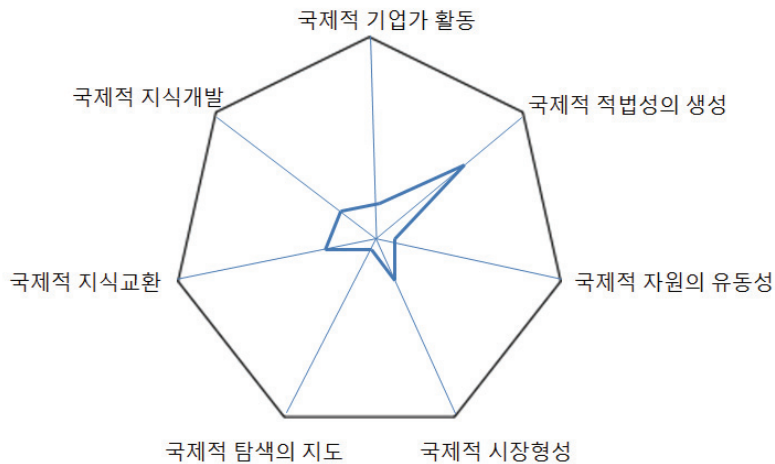
22) 한국 로켓인력, 인도의 4%... 예산은 미 (NASA)의 1%, [http://biz.chosun.com/site/data/html\\_dir/2012/05/28/2012052800098.html](http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2012/05/28/2012052800098.html)

23) 기술표준원 (2011), 『항공우주분야 표준화 구축을 위한 조사연구』, 기술표준원.

의 비중을 최대값으로 놓고 상대비중을 입력값으로 부여하였다.

<표 8> 한국 우주산업의 혁신시스템 국제화 수준 조사결과

구분	측정방법	전체	혁신시스템 국제화 정도	비중
국제적 기업가 활동	국제특허	3,314	315	10
국제적 지식개발	국제논문	583	82	14
국제적 지식교환	국제프로젝트	62	13	20
국제적 탐색의 지도	국제기술협정	224개국	3개국	1
국제적 시장형성	세계 우주산업 시장규모/수출액규모	235조8,016억원	1조1,595억원	20 (0.4)
국제적 자원의 유동성	세계 주요 연구소인력 대비 연구인력 <sup>24)</sup>	8,267	690	8
국제적 적법성의 생성	KS의 국제표준(ISO) 규격과의 일치여부	521	298	56



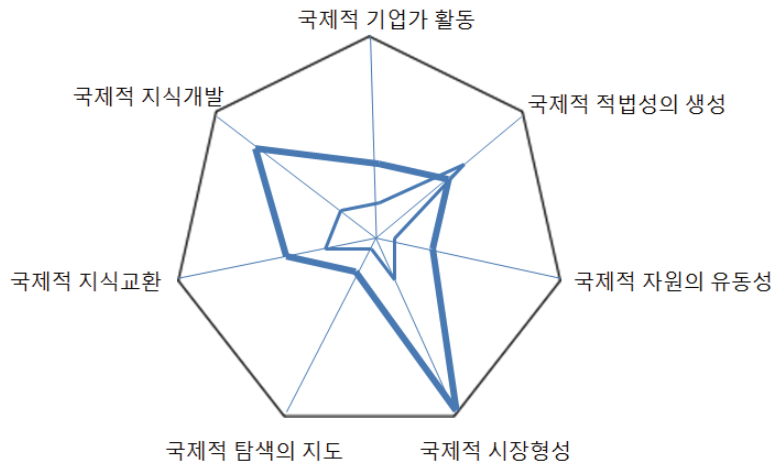
<그림 3> 한국 우주산업의 혁신시스템 국제화 정도의 측정

24) 주요국 대표연구소 연구인력 중 최상하위 제의 평균 비교 미국 NASA (18,699), 일본 JAXA (1,772), 프랑스 CNES (2,400), 독일 DLR (5,700), 중국 CASC (100,000), 인도 ISIRO (16,800), 브라질 INPE (2,500), 북한 (10,000), 한국 항공우주연구원 (690)

## 2. 산업간 비교분석

두 개 산업을 비교한 결과, 산업간 혁신시스템 국제화의 정도는 차이가 있었으며, 특히 기술수준이 선도그룹인 원자력산업의 경우 추격그룹인 우주산업 보다 국제적 기업가 활동, 국제적 지식개발, 국제적 지식교환, 국제적 탐색의 지도, 국제적 시장형성, 국제적 자원의 유동성 부분에서 두 배 이상 높은 결과를 나타냈다. 반면 우주산업의 경우 국제적 적법성의 생성에서 원자력산업 대비 비교적 높은 수준을 보여준 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 우주산업은 국제민간항공기구(ICAO)의 요건에 따라서 항공기 또는 부품 제작에 사용되는 모든 표준품에 안전성과 감항성 확보를 위해 국제적 기준에 부합하는 제품을 제작 사용해야하기 때문인 것으로 보인다(기술표준원, 2011).

결과적으로 산업적인 특성과 환경의 차이를 고려하더라도 한국에서 산업의 리더십과 혁신시스템 국제화의 정도는 높은 수준의 연관성을 보일 수 있음을 두 개 산업의 사례를 통해 확인하였다. 이를 통해 혁신시스템 국제화의 흐름에 대한 대응은 한국이 모방에서 혁신을 넘어 리더십을 확보하기 위한 중요한 요인 중 하나임을 제시하였다.



<그림 4> 한국 원자력산업과 우주산업의 혁신시스템 국제화 정도비교

## 3. 글로벌 리더십 확보를 위한 시사점

기존의 혁신시스템에 관한 연구는 혁신역량을 자국 내 활동과 국제적 활동을 구분하지 않고 설명하고 있어 글로벌 리더십에 대한 원인을 분석하기에 제한적이었다. 본 연구

는 국제화에 집중하는 혁신시스템 내의 기능을 분석하여 한 국가 내에서 산업간 혁신시스템 국제화 정도는 차이가 있었으며, 이는 기술수준(리더십)과도 높은 관련이 있음을 확인하였다.

이처럼 글로벌 리더십의 확보를 위해서 혁신주체들은 내부적인 혁신역량을 강화하는 것은 물론 국제화 흐름의 대응을 통해 혁신역량을 더욱 강화하고 지속가능성과 리더십을 확보하여야 한다. 이것을 위해 정책수립자는 글로벌한 혁신을 위한 혁신시스템 내의 기능들을 구체적으로 정의하고 관리 및 지원해야만 한다. 이는 단순한 국제협력 차원이 아니라 관련한 국제적인 혁신활동을 지원하고 국제기관의 참여를 장려하고 연구인력을 양성하는 등 혁신시스템 국제화와 연관한 모든 기능을 균형있게 다룸을 말한다. 이는 한 국가에서 발생하고 있는 전략적 딜레마를 넘어서는 중요한 요인으로 작용할 것이다.

또한 한국의 원자력과 우주산업의 경우 분석결과 국제적 탐색의 지도와 국제적 시장 형성 부분에서 최선도국을 단기간에는 추월하기 어려운 부분이 존재<sup>25)</sup>함을 확인할 수 있었다. 하지만 정부의 역할이 큰 거대공공기술의 특성으로 인해 국제적 자원의 유동성과 적법성의 생성에 대하여 먼저 정책적인 노력을 집중시킬 경우 이 두 기능은 비교적 단기간에 국제적인 수준을 확보할 수 있을 것이다. 이를 통해 국제적인 기업가 활동과 국제적 지식창출, 국제적인 지식교환 등 연관된 기능은 장기적으로 보다 활성화 될 수 있을 것이다.

## V. 결론

본 논문은 혁신시스템의 국제화와 연관한 선행연구를 토대로, 혁신시스템의 국제화에 대한 명확한 이해와 함께 개념적인 범위를 정립하고, 혁신시스템 국제화의 정도를 측정할 수 있는 모델과 지표를 도출하였다. 이를 통해 한국의 주요 산업별 혁신시스템 국제화의 정도를 비교하여 시사점을 도출하는 것을 가능하게 하는 프레임워크를 구축하고 한국 원자력산업과 우주산업 간 비교를 통하여 혁신시스템 국제화의 정도가 리더십에 미치는 영향에 대해 살펴보았다.

기존 혁신시스템에 대한 분석의 관점은 자국 내 혁신역량과 제도의 효과에 주로 집중

---

25) 국제적 탐색의 지도 : 원자력(13), 우주(1)

국제적 시장의 형성 : 원자력(2), 우주(0.4)

하여 국제화 흐름의 대응을 위한 혁신시스템 내의 기능을 명확하게 제시하고 분석하기 어려운 한계점이 있다. 따라서 본 연구는 국가 간 경계를 넘나드는 자국 내 혁신시스템의 기능을 주로 다루는 혁신시스템 국제화 관점을 적용하여 연관하는 7개의 주요기능과 지표표를 제시하는 프레임워크를 구축하였다.

이 프레임워크를 통해 혁신시스템의 국제화 정도와 기술수준과의 연관관계를 살펴본 결과, 한국 원자력산업은 기술수준의 선도그룹으로서 추격그룹인 우주산업 대비 혁신시스템 국제화의 주요기능에서 국제적 적법성의 생성을 제외하고 높은 국제화의 수준을 보여주었다. 이를 통해 혁신시스템 국제화의 정도는 리더십과 높은 연관관계를 보임을 확인할 수 있었다. 이처럼 한 국가 내에서 산업간 혁신시스템의 국제화 정도는 상대적으로 차이가 나며, 리더십을 획득하기 위해서는 혁신시스템 국제화의 흐름의 대응이 필요함을 제시하였다. 이를 통해 정책수립자는 글로벌한 혁신을 위한 혁신시스템 내의 기능들을 구체적으로 정의하고 관리 및 지원해야만 함을 제안하였다.

단, 가용할 수 있는 데이터의 한계로 인하여 혁신시스템 국제화의 기능 중 일부분에서 해당 산업 전체의 데이터를 반영하지 못한 것은 연구의 한계로 지적된다. 이런 산업전체의 데이터는 개별연구로는 수행되기 힘들기 때문에 해당 산업에서는 혁신시스템과 연관한 정보를 수집하고 이에 대한 체계적인 데이터베이스를 구축하여 제공하는 것이 중요할 것이다. 또한 프레임워크의 추가적인 보완과 제시한 연구질문을 명확히 확인하기 위해서는 더 많은 한국 내 산업의 사례 조사를 통해 일반화를 이루어야 할 것이다.

또한, 본 연구에서 제시한 프레임워크를 통한 혁신시스템 국제화 수준의 정량화로 타국과 타 산업과의 비교연구가 수월해질 수 있다. 하지만 산업별 또는 국가별로 국제화 수준의 차이가 발생한 원인과 현상을 분석하기 위해서는 결국 해당 기술과 산업 또는 국가에 대한 기술혁신환경에 대한 연구가 같이 진행이 되어야 한다. 이때는 기술의 특성에 따른 혁신환경 분석과 더불어 기술외부의 경영환경을 고려해야 할 것이다. 아울러 분석대상 산업 또는 국가를 선택함에 있어서도 기술고유의 속성은 물론 기술개발의 역사, 대상 국가에서의 의미 등 여러 가지 상황을 고려하여 적절한 사례가 선택이 되어야 할 것이다.

이런 프레임워크의 구축을 통해 혁신시스템 국제화에 대한 한국 내 산업간 비교연구 또는 동일 산업 내 타국과의 비교연구로 도출될 시사점은 혁신시스템 국제화 흐름의 대응을 통한 리더십의 창출을 위한 보다 구체적인 제언을 가능하게 할 것이며, 글로벌한 경쟁 환경에서 최근 리더십을 확보하고자 하는 딜레마에 빠진 출연연 등 혁신주체들의 기술혁신역량 강화를 위한 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

### (1) 국내문헌

- 기술표준원 (2011), 『항공우주분야 표준화 구축을 위한 조사연구』, 기술표준원.
- 김강희·채명수·심위·권오진 (2012), “특허정보 분석을 통한 국제공동연구 성과의 품질 평가”, 『기술혁신연구』, 제15권 제3호, pp. 722-743.
- 김영인·이병민 (2009), “과학기술 국제협력 성과제고에 관한 연구”, 『기술혁신학회지』, 제12권 제3호, pp. 545-563.
- 김장엽·최지석·이석준 (2012), “중소기업의 글로벌 기술경영을 위한 요인분석 및 전략연구”, 『기술혁신연구』, 제20권 제1호, pp. 169-198.
- 김태희 (2012), “국가연구개발사업을 통한 국제공동연구 성과 제고 방안에 대한 연구”, 『기술혁신학회지』, 제15권 제2호, pp. 400-420.
- 김호기 (2002), “세계화는 국민국가를 붕괴시킬 것인가”, 『지식의 최전선』, 한길사.
- 박시훈·정선양 (2015), “혁신시스템 국제화의 촉진을 위한 프레임워크 수립연구”, 『한국기술혁신학회 학술대회』, pp. 206-214.
- 서상혁·이선영 (2011), “글로벌 기술협력 성공사례” ETRI와 Microsoft사의 공동연구개발 성공요인 분석”, 『기술혁신학회지』, 제14권 제1호, pp. 1050-1072.
- 윤병운·이욱·박용태 (2005), “특허 인용 자료를 활용한 동북아 국가의 산업간 기술지식 흐름 및 구조 분석: 한국, 일본, 대만을 중심으로”, 『기술혁신연구』, 제13권 제3호, pp. 197-224.
- 이공래·심상완 (2000), “해외 직접투자에 의한 기술혁신능력의 강화: 삼성항공의 카메라사업”, 『기술혁신연구』, 제8권 제2호, pp. 145-170.
- 이재득 (2009), “각국의 기술혁신과 수출 및 경제성장 패널분석”, 『무역학회지』, 제34권 제1호, pp. 243-269.
- 이형진·정선양 (2014), “국제공동기술협력 추진전략에 관한 연구”, 『기술혁신학회지』, 제17권 제3호, pp. 584-603.
- 임덕순·김기국·정선양·이종일 (2008), “과학기술혁신의 글로벌화와 한국의 정책적 대응 방안”, 『한국기술혁신학회 학술대회』, pp. 125-139.
- 정선양 (1999), 『환경정책론』, 박영사.
- 정선양 (2012), 『기술과 경영』, 경문사.
- 한국과학기술기획평가원 (2015), 『2014년 기술수준평가』, 한국과학기술기획평가원.
- 현대경제연구원 (2015), “주요국 우주산업 경쟁력 현황과 시사점”, 현대경제연구원 VIP 리포트, 626호, pp. 15-29.



## (2) 국외문헌

- Archibugi, D. and Michie, J. (1995), "The Globalization of Technology: A New Taxonomy", *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 19, No. 1, pp. 121-140.
- Archibugi, D. and Iammarino, S. (1999), "The Policy Implications of The Globalisation Innovation", *Research Policy*, Vol. 28, pp. 317-336.
- Athreye, S. and Cantwell, J. (2007), "Creating competition? Globalisation and The Emergence of New Technology Producers", *Research Policy*, Vol. 36, pp. 209-226.
- Bartholomew, S. (1997), "National Systems of Biotechnology Innovation: Complex Interdependence in The Global System", *Journal of International Business Studies*, Vol. 2, No. 2, pp. 241-266.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. and Rickne, A. (2008), "Analyzing the Functional Dynamics of Technological Innovation Systems: A Scheme of Analysis", *Research Policy*, Vol. 37, pp. 407-429.
- Bergek, A. and Bruzelius, M. (2010), "Are Patents with Multiple Inventors from Different Countries a Good Indicator of International R&D Collaboration?: The Case of ABB", *Research Policy*, Vol. 39, pp. 1321-1334.
- Cantwell, J. (1997), "The Globalisation of Technology: What Remains of the Product Cycle Model?", In: Archibugi, D. and Michie, J. (Eds.), *Technology Globalisation and Economic Performance*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 215-240.
- Cantwell, J. and Piscitello, L. (2000), "Accumulating Technological Competence: Its Changing Impact on Corporate Diversification and Internationalization", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 9, No. 1, pp. 21-51.
- Carlsson, B. (2006), "Internationalization of Innovation Systems: A Survey of the Literature", *Research Policy*, Vol. 35, pp. 56-67.
- De Prato, G. and Nepelski, D. (2012), "The Global R&D Network. A Network Analysis of International R&D Centres", *Journal of Technology Transfer*, pp. 1-18.
- Fagerberg, J, and Srholec, M. (2008), "National Innovation Systems, Capabilities and Economic Development", *Research Policy*, Vol. 37, pp. 1417-1435.
- Filippetti, A., Frenz, M, and Ietto-Gillies, G. (2011), "Are Innovation and Internationalization Related? An Analysis of European Countries", *Industry and Innovation*, Vol. 18, No. 5, pp. 437-459.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Smits, R. E., and Kuhlmann, S. (2007), "Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analyzing Technological Change", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 74, pp. 413-432.

- Hitt, M. A., Hoskisson, R. E., and Ireland, R. D. (1994), "A Mid-Range Theory of the Interactive Effects of International and Product Diversification on Innovation and Performance", *Journal of Management*, Vol. 20, pp. 297-326.
- Johnson, A. (1998), "Functions in Innovation System Approaches", *Chalmers University of Technology*, Goteborg, Sweden.
- Malerba, F. (2004), "Sectoral System of Innovation: Concept, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe", Cambridge University Press.
- Malik, T. H. (2013), "National Institutional Differences and Cross-border University - Industry Knowledge Transfer", *Research Policy*, Vol. 42, pp. 776-787.
- Metcalfe, S. (1997), "Technology Systems and Technology Policy in An Evolutionary Framework", In: Archibugi, D. and Michie, J. (Eds.), *Technology, Globalisation and Economic Performance*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 268-296.
- Negro, S. O., Hekkert, M. P. and Smits, R. E. (2007), "Explaining the Failure of the Dutch Innovation System for Biomass Digestion-Functional Analysis", *Energy Policy*, Vol. 74, pp. 413-432.
- Niosi, J. and Bellon, B. (1994), "The Global Interdependence of National Innovation Systems- Evidence, Limits, and Implications.", *Technology in Society*, Vol. 16, No. 2, pp. 173-197.
- Niosi, J. and Bellon, B. (1996), "The Globalization of National Innovation Systems", In: De la Mothe, J. and Paquet, G. (Eds.), *Evolutionary Economics and the New International Political Economy (Chapter 6)*, New York: Pinter, pp. 138-159.
- OECD (2015), "OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for Growth and Society."
- Patel, P. (1997), "Localized Production of Technology for Global Markets", In: Archibugi, D. and Michie, J. (Eds.), *Technology Globalisation and Economic Performance*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 198-214.
- Pavitt, K. and Patel, P. (1999), "Global Corporations and National Systems of Innovation: Who Dominates Whom?", In: Archibugi, D., Howells, J. and Michie, J. (Eds.), *Innovation Policy in a Global Economy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 94-119.
- Ritala, P. and Hurmelinna-Laukkanen, P. (2013), "Incremental and Radical Innovation in Coopetition-The Role of Absorptive Capacity and Appropriability", *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 30, No. 1, pp. 154-169.
- Strambach, S. (2010), "Path Dependency and Path Plasticity. The Co-evolution of Institutions and Innovation: The German Customized Business Software Industry", In: Boschma, R. A. and Martin, R. (Eds.), *Handbook of Evolutionary Economic Geography*, Cheltenham:

Edward Elgar, pp. 406-431.

Wagner, C. S. (2006), “International Collaboration in Science and Technology: Promises and Pitfalls”, In: Box, L. and Engelhard, R. (Eds.), *Science and Technology Policy for Development*, London UK: Anthem Press.

Wieczorek, A. J., Hekkert, M. P., Coenen, L. and Harmsen, R. (2015), “Broadening the National Focus in Technological Innovation System Analysis: The Case of Offshore Wind”, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 14, pp. 128-148.

□ 투고일: 2016. 03. 07 / 수정일: 2016. 04. 21 / 게재확정일: 2016. 05. 04