

## 한국 우주개발 혁신체제 하위 구성요소의 특성

김종범<sup>1,†</sup>

<sup>1</sup>한국항공우주연구원

## Characterization of Components of Space Development Innovation System in Korea

Jongbum Kim<sup>1,†</sup>

<sup>1</sup>policy & cooperation division, Korea Aerospace Research Institute

### Abstract

This research intends to make a model of space development in Korea as a sectoral innovation system. The main contents include a character analysis of the elements of three low levels of the space development innovation system, including governance (the main agent and cooperation relationship of which the center is a research institute supported by government), resources (financial resources and human resources), and the diffusion of research results. It is important to grasp the factors that bring about technological innovation of industrial sectors to produce technological innovation policy. Technology innovation policy should thus be formulated for specific, individual sectors, and not all sectors.

### 초 록

본 연구는 산업별 혁신체제의 관점에서, 한국의 우주개발에서의 산업부문 혁신체제 모델을 창출하고자 하는 것이다. 주요 내용은, 우주개발 혁신체제의 3가지 하위 구성요소들을 도출하여, 그것들의 특성을 분석하는 것이다. 3가지 하위 구성요소들이란, 개발 체제(정부출연연구소를 중심으로 한 주체 및 협력관계), 자원(재원 및 인력) 및 연구 성과의 확산을 말한다. 산업부문의 기술혁신을 낳게 한 요인들을 파악하는 것은 기술혁신정책에서 중요하다. 기술혁신정책이 전 산업수준에서가 아니라 좀 더 구체적인 개별 산업차원에서 형성되어야 한다는 것이다.

**Key Words** : Space Development(우주개발), Sectoral Innovation System(산업혁신체제), Satellite(위성), Space Launch Vehicle(우주발사체), Governance(지배구조), Resource(자원), Diffusion(확산), Technology Innovation Policy(기술혁신정책)

## 1. 서 론

혁신(innovation)은 공정혁신뿐만 아니라 제품혁신도 포함한다. 혁신시스템(system of innovation)은 혁신과정의 결정요인이라 할 수 있다. 혁신의 개발, 확산, 이용에 영향을 미치는 모든 중요한 경제적, 사회적, 정

치적, 조직적, 제도적 및 기타요인들을 포함한다. 혁신시스템의 구성(constituents)은 요소(components)와 관계(relations)로 이루어지며 대표적 구성은 조직과 제도이다. 시스템이론에서는 전체를 하나의 시스템으로 보아 그 시스템을 구성하는 구체적인 구성요소를 식별하고, 이들 사이의 체계적인(또는 유기적인) 관계를 규명한다. 조직은 의도적으로 창출되고 따라서 명료한 목적을 지니는 공식적 구조로서 행위자(actor)이다. 제도는 일반적 습관, 규범, 관례, 확립된 관습, 규칙 혹은 법으로서, 개인, 그룹 및 조직을 규제하며 계

임의 규칙이 된다. 혁신시스템은 기능(function)을 가지는데 주요 기능은 혁신의 개발, 확산 및 이용이다.

혁신은 혁신체제의 작동을 통해서 이루어진다. 다시 말하면 혁신체제는 혁신을 창출하는 시스템으로, 종속 변수인 혁신의 방향과 성과에 영향을 미치는 독립변수로서의 역할을 한다. 혁신의 시스템적 특성을 전제로 하고 있는 혁신체제론에서는 혁신은 주로 특정 행위자 단독으로 수행되기보다는 시스템을 구성하는 다른 조직들과의 상호작용을 통해 이루어진다고 파악한다. 혁신주체들의 네트워크(networks of innovator)를 통해 혁신활동이 이루어지는 것이 일반적 현상이라는 관점이다. 혁신체제론은 전체적이고(holistic)하고 학제간 개념을 가지고 있다. 전체적(holistic)의 의미는 혁신의 주요 결정요인으로 여러 요소들을 폭넓게 포함하려는 것을 의미한다.

산업부문(sector)의 기술혁신패턴과 그러한 기술혁신패턴을 낳게 한 요인들을 파악하는 것은 기술혁신전략의 수립과 기술혁신정책 수립에서 필수불가결하다. 산업부문별 기술혁신패턴에 대한 올바른 이해가 있어야만 그 산업부문에 부합되는 적절한 기술전략과 정책적 지원 수단을 개발할 수 있다. 특정산업부문에 효과성을 가진 정책이라도 다른 부문에서는 효과성을 갖기 어려운 경우가 많다. 그 산업의 기술혁신패턴에 부합되지 않는 기술혁신전략이나 정책을 집행할 경우, 예산 낭비를 가져오고 시장을 왜곡할 수 있다. 따라서 기술혁신패턴에 대한 논의가 정책적 차원에서 합의하는 바는 산업특수적 과학기술정책이 수행되어야 한다는 것이다. 기술혁신정책이 전 산업수준에서가 아니라 좀 더 구체적인 산업차원에서 입안되어야 한다는 것이다. 혁신체제론은 국가 경쟁력 제고를 위한 기술혁신정책의 필요성에 의하여 등장하였다[1].

본 연구는 산업별 혁신체제(Sectoral Innovation System)의 관점에서 우선 우주개발 혁신체제의 모델을 창출하였다. 그것을 바탕으로 한국의 우주개발 산업혁신체제의 개발체제(공공연구소를 중심으로 한 주체 및 협력관계), 자원(자원 및 인력의 투입), 연구성과의 확산 등 3가지 요소의 개별적 특성을 분석한다.

## 2. 우주개발 혁신체제 하위 구성요소의 이론적 틀

본 연구의 출발점은 특정 시기에 이루어지는 한국의 우주개발 기술진화의 요인을 찾는 작업으로 이를 설명할 수 있는 개념으로 '산업혁신체제'를 상징한다. 본 연구의 분석틀은 우주개발 산업혁신체제와 그것을 구성하고 있는 하위요소의 특성 규명을 통해 우주개발 기술진화의 요인을 규명하게 된다.

기존의 연구에서의 혁신체제는 혁신체제를 구성하는 조직과 제도가 혁신 과정에 영향을 미치는 제 측면에 대한 사항에 초점이 맞추어져 있었으나[2], 혁신체제 전체를 설명하기 위해서는 혁신이 확산, 활용되는 과정과 관련된 활동 요인도 혁신체제의 요인으로 다루어져야 한다.

### 2.1 개발체제(공공연구소를 중심으로 한 주체 및 협력관계)

우주개발에서도 타산업분야와 마찬가지로 연구개발 주체인 산업계, 학계, 연구계의 다양한 행위자들이 관여한다. 정부 내에서도 다수의 부처가 관련되어 있기 때문에 이들간의 협력이 필수적이며, 조정부처의 조정자로서의 역할이 매우 중요하다. 거버넌스 체계 내에서 조정부처의 역할이 특히 중요한 이유는 우주개발사업의 추진을 위해서는 연구, 개발과 사업을 유기적으로 연결하고 조정할 수 있어야 하기 때문이다. 연구개발 사업의 규모가 크고 복잡하기 때문에 단일 조직이 모든 것을 수행하는 것은 불가능하기 때문에 많은 기관들의 참여와 협조가 필요하며, 이들 간에 적절하게 역할을 분담하고 조정하는 것이 중요하다.

우주개발은 기업이나 대학과 같은 민간부문의 참여도 반드시 필요하지만, 시장을 통한 경쟁보다 국가의 정책적 개입에 의하여 기술개발이 이루어지고 있다. 세계 주요국의 우주개발 과정에서도 국가의 개입이 상당한 영향을 미쳤다.

### 2.2 자원(자원 및 인력)

우주개발 제품은 지상이 아닌 우주에서 사용되기 때문에 조그마한 고장도 수리가 불가능하고, 일단 고장등이 나면 그 원인파악도 어렵다. 그래서 제작과정에서 많은 실험과 시험을 통해 검증을 하기 때문에 많은 비용이 수반된다. 또한, 기능이 한 단계 진화할 때마다 비용이 조금씩 증가하는 것이 아니라 지수적으로 증가

한다. 예를들어, 무인우주선에서 유인우주선으로 바뀔 때 기술의 복잡성과 투자의 규모는 지수적으로 증가한다.

세계 우주분야 선진국들은 국가전략적 차원에서, 실제로 지속적으로 막대한 예산을 투입하고 있다. 우주분야는 항공우주 전공자 이외에 전자, 기계, 소재 등 모든 기술이 복합적으로 필요한 분야이기 때문에 국가의 과학기술 전분야에 대한 인력양성이 골고루 이루어지고 있다. 우주분야에서는 대학에서의 이론교육보다는 실제 연구개발사업 참여를 통한 능력 확충이 중요시된다. 또한, 우주기술은 선진 외국이 이전을 극히 제한하는 분야이기 때문에 자국의 국내 기 확보 기술분야에 대해서는 국내 교육기관에서 인력을 양성하고, 미 확보 기술분야에 대해서는 해외유학 및 선진국 산업체 파견을 통한 기술습득 및 인력양성을 추진하고 있다.

**2.3 연구성과의 확산**

우주기술은 지상에 비해 특수한 우주기기의 사용 환경조건(무중력, 고진공, 고강도 방사선, 높은 온도 차, 경량화, 전력제한, 고신뢰성)을 가지고있으며, 약간의 설계 변경에도 막대한 검사가 필요하다. 일반제품과는 달리 지상에서 실증된 기술이 우주환경에 적용 시 제한이 따를 수 있다. 또한, 고신뢰성 확보를 위해 전수 검사가 요구되고, 특수환경으로 인하여 지상실증이 어려운 점이 있다. 이와같은 우주기술의 고유특성으로 인하여, 개발된 우주기술은 타산업분야에 널리 활용되고 있다. 세계 대부분의 우주개발 전문연구기관들은 지식이전, 공공서비스, 지식확산 등에 노력하고 있다.

**2.4 우주개발 혁신체제 하위 구성요소의 특성에 관한 이론적 틀**

**Table 1** Characterization of Components of Space Development Innovation System

구성 요소	내용	성격 규정
개발 체제	주체(공공연구소를 중심으로 한 산학연관) 및 협력관계	정부주도↔민간주도
자원	재원 및 인력의 투입	소규모↔대규모 점증적↔비점증적
확산	개발기술의 이전·상용화	단절적↔확산적

이상의 논의를 바탕으로 Table 1에서 보듯, 본 연구에서는 한국 우주개발 혁신체제의 개발체제, 자원, 확산이라는 3가지 구성요소 특성에 대한 성격을 규정하였다.

**3. 한국의 우주개발체제(공공연구소를 중심으로 한 주체 및 협력관계)**

**3.1 정부 수행주체**

한국의 정부출연연구기관인 한국항공우주연구원 미국의 항공우주청(NASA: National Aeronautics and Space Administration) 등과 같이 우주개발의 본부 격인 한국 우주개발기구, 즉 Agency에 해당하지는 않는다. 다만, 2005년 12월부터 발효되고 있는 우주개발진흥법에 의해 국가우주위원회가 우주개발에 관한 정책심의 및 업무조정역할을 하고 있다.

다른 선진 우주활동국들의 우주관련 조직체제와 한국의 우주관련 조직체제의 공통점은 많은 기관들이 관련되어 있다는 점이다. 한국은 현재 사실상 활동영역이나 권한이 기관간에 어떻게 배분되어 있는지 명확하지 않다. 우주개발진흥법에서도 단지 제7조(우주개발 전문기관의 지정)에서 “과학기술부장관은 우주개발사업을 체계적·효율적으로 추진하기 위한 전문기관을 지정하여 지원할 수 있다”라고만 규정되어 있다. 미국 항공우주청(NASA: National Aeronautics and Space Administration)은 일원적 체제로, 하나의 우주개발기구가 정책의 심의 및 결정과 우주개발의 연구 및 수행을 모두 담당하는 형태이다. NASA에 모든 역량을 집중시키는 대신에, NASA에 대한 자체적인 철저한 관리 및 평가 시스템을 도입하고 있다. 간과해서는 안 될 사실은, NASA는 이미 대부분의 상업적 우주개발 관련 활동을 민간분야에 이양하였다는 사실과 이미 60여년의 역사를 가지고 NASA가 운영되어져 왔다는 점, 그리고 엄청난 자본과 인력이 투입되고 있다는 사실이다. 일본은 이원적 체제로 우주개발 정책의 심의 및 결정과 우주개발의 연구 및 수행을 분리하여 담당하는 형태이다. 즉, 우주개발전략본부에서는 우주개발의 정책의 심의 및 결정을 담당하고, 이러한 정책을 실제로 연구하고 수행하는 것은 우주항공연구개발기구(JAXA

: Japan Aerospace eXploration Agency)이다.

한국, 일본, 미국 모두 우주개발 계획을 가지고 있지만, 이는 우주개발의 조직적 측면과 연계되어 있다. 어떠한 형태의 우주개발기구를 갖느냐에 따라 변할 수 있기 때문이다. 미국과 같이 일원적 우주개발 체제를 갖고있는 국가들은 당해 우주개발기구인 NASA 등이 직접 기본계획을 작성하면, 대통령이 승인하거나 의회가 비준하는 방식으로 되어 있다.

우주개발은 선진국으로부터의 기술 이전이 어려우며, 국가안보 및 인프라 구축을 위한 전략적 기반기술이다. 또한 미래부, 산업부, 국방부, 해양수산부 등 여러 부처가 관련되는 범부처적 사업인 관계로 이를 체계적으로 추진하기 위한 총괄 추진체계의 구축이 요구되어, 2005년 5월 제정된 우주개발진흥법에서 “국가 우주위원회” 신설이 명시돼 있는 것은 다행이다.

우주개발 활동이 증가하면 할수록 관련 기업, 대학, 연구소, 단체들이 늘어나게 될 것이다. 이러한 모든 기관들의 활동 조정을 유도하는 업무를 국가우주위원회가 담당하여 분산투자 배제 등 효율성을 기해 나가야 할 것이다.

### 3.2 우주산업 산·학·연 실태

우주개발에서도 타산업분야와 마찬가지로 연구개발 주체인 산업계, 학계, 연구계의 다양한 행위자들이 관여한다. 2015년 기준 우주산업에 참여한 연구기관 수는 총 27개 기관으로 전년도 참여 기관 중 6개 기관이 감소되었고, 신규로 2개 기관이 참여하여 전체적으로 4개 기관이 감소된 것으로 조사되었다. 분야별 참여현황을 보면, 과학연구 분야에 참여한 연구기관 수가 14개로 가장 많은 기관이 참여한 것으로 나타났으며, 다음으로 위성활용 서비스 및 장비 10개, 위성체 제작 8개, 우주탐사 7개, 발사체 제작과 지상장비는 각각 5개 순으로 조사되었다.

Table 2에서 보듯, 연구기관 중에서 한국항공우주연구원이 가장 많은 분야에서 활발하게 연구하는 것으로 나타났고, 다음으로 기상청 국가기상위성센터, 한국전자통신연구원 등이 여러 분야에 걸쳐 연구를 진행하는 것으로 조사되었다.

**Table 2** Participating list of research institutes in space development sector(by 2015)[3]

분야		참여 연구기관
위성체 제작 (8개)		국립재난안전연구원, 기상청 국가기상위성센터, 카이스트 인공위성연구원, 한국전자통신연구원, 한국천문연구원, 한국표준과학연구원, 한국항공우주연구원, 한국해양과학기술원
발사체 제작 (5개)		한국과학기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국탄소융합기술원, 한국항공우주연구원, KIMS 재료연구소
지상장비 (5개)	지상국 및 시험시설(4개)	기상청 국가기상위성센터, 한국전자통신연구원, 한국항공우주연구원, 한국해양과학기술원
	발사대 및 시험시설(3개)	국립재난안전연구원, 기상청 국가기상위성센터, 한국항공우주연구원
위성활용 서비스 및 장비 (10개)	원격탐사 (10개)	국립기상과학원, 국립농업과학원, 국립재난안전연구원, 국방기술품질원, 국토연구원, 기상청 국가기상위성센터, 한국전자통신연구원, 한국항공우주연구원, 한국해양과학기술원, 한국환경정책·평가연구원
	위성방송통신(3개)	국립재난안전연구원, 기상청 국가기상위성센터, 한국전자통신연구원
	위성항법 (4개)	국립재난안전연구원, 기상청 국가기상위성센터, 한국전자통신연구원, 한국항공우주연구원
과학연구 (14개)	지구과학 (4개)	국립환경과학원, 카이스트 인공위성연구원, 한국지질자원연구원, 한국환경정책·평가연구원
	우주 및 행성과학 (11개)	국립천문연구원 우주전파센터, 국토지리정보원, 기상청 국가기상위성센터, 한국건설기술연구원, 한국세라믹기술원, 한국식품연구원, 한국원자력연구원, 한국전자통신연구원, 한국지질자원연구원, 한국천문연구원, 한국항공우주연구원
	천문학(1개)	한국천문연구원
우주탐사 (7개)	무인우주탐사 (5개)	한국건설기술연구원, 한국기초과학지원연구원, 한국전자통신연구원, 한국항공우주연구원, KIMS 재료연구소
	유인우주탐사(3개)	한국생명공학연구원, 한국식품연구원, 한국항공우주연구원

\* 중복 기관은 밑줄로 표시  
 \* 미래창조과학부(2015), 『2015년도 우주산업실태조사』, p.58.

### 3.3 우주개발 관련 법률

한국은 2005년 12월 1일부터 발효된 우주개발진흥법에 의하여 우주개발 체제를 규율하고 있다. 일본은 2008년 우주기본법을 제정하여, 우주개발전략본부 등의 설치근거를 두고있고, 그 외에 우주항공연구개발기구법이 중요한 법률이다. 또한, 미국은 국내 우주개발 기구의 설치법을 제정하고, 그 이후에 적절한 경우 필요한 법률을 제정하는 경우이다. 미국은 자국의 우주개발기구인 항공우주청(NASA: National Aeronautics and Space Administration)의 설립을 위한 법률인 국가항공우주법 이외에도 통신, 상업적 발사 그리고 원격탐사에 대한 제정하였다.

## 4. 한국의 우주개발 자원(재원 및 인력)

모든 국가에 있어서 예산 형성은 경제 상황 및 국가 우선순위에 의존한다. 예산 조달 관행 및 예산의 심사는 국가간 우주개발 혁신체제 비교에서 결정적인데, 이러한 요소들이 직접적으로 프로그램 효과성 및 정책 의제 형성에 영향을 미치기 때문이다.

기획이 예산보다 선행해야 하는 것이 원칙이지만 재정적 실현가능성의 검토를 위해서는 예산과 유기적 관계 속에서 거의 동시에 이루어지는 것이 불가피하다. 일반적으로 기획자들은 공익이라는 관점에서 이상적·합리적 접근을 추구하는 성향이 있으며, 예산담당자들은 정치적 고려에 민감하고 현실적·점증적 접근에 의존하는 정도가 높다. 또 기획을 오래 담당하는 사람들은 가치관이나 의식구조가 이상적이고 진취적인 데 반해서 예산담당자들은 실제적이고 통제지향적인 태도가 강하다. 따라서 이러한 상반되는 성향을 조화시킬 수 있는 인사 및 조직면에서도 제도적인 장치가 요청되는 것이다. 우주개발의 기획과 예산을 통합하기 위해서는, 연차계획의 활용이 중요할 듯 보인다. 발전계획은 가능한 한 구체화되어야 하며 현실적 여건에 맞추어 수정 또는 조정되는 것이 바람직하다. 그래야만 재정요소산출로 연결될 수 있으며, 공공부문의 경우는 예산 편성의 기초가 될 수 있기 때문이다. 따라서 현재 수립되어 있는 우주개발중장기기본계획은 연차계획으로 세분화하고 절차나 순기(cycle) 등을 예산과정과 유기적으로 연결시켜 충분히 반영 되도록 해야 할 것이다. 연차계획은 계획기간을 1년으로 하는 구체적인 행동계획으로서 중장기계획을 변화하는 상황과 추진실적에 맞추어 조정함으로써 집행에 탄력성을 부여하고, 달성하려는 연간목표와 구체적 수단을 제시함으로써 중장기계획을 집행하는 도구가 된다. 연차계획과 예산은 상호대체가 가능하며 서로 영향을 주고받는 쌍방과정을 형성한다. 우주개발진흥법 제5조에서는 “과학기술부장관은 .....기본계획에 따라 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 매년 그 시행계획을 세우고 시행하여야 한다”라고 되어있다.

#### 4.1 우주개발 투자

한국의 우주개발의 예산지출이 그 속도가 빨라지고 있으나 주요 우주개발국과 비교시 2014년도 기준으로

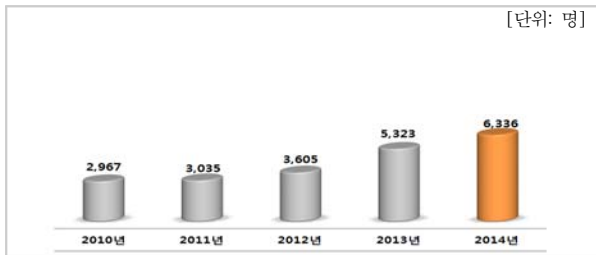
4억6천만 달러 규모에 불과하여 국가적 목표 달성을 위해 우주개발 예산 증액과 정부의 지속적 투자 필요하다. 여전히 미국의 1/76, 일본의 1/6에 불과한 것이다. 정부지출 R&D 예산대비 우주개발예산은 2.87%, GDP 대비 우주개발 총예산은 0.03%에 불과하며[4], 실제로, 우주발사체개발사업, 우주센터건설사업, 다목적실용위성사업, 정지궤도복합위성사업 등의 추진과 더불어, 차세대중형위성사업의 추진 등 사업이 계속 추가되는 추세에 있어 예산의 적극적인 지원이 요구된다.

#### 4.2 우주개발 인력

우주분야의 인력양성은 기존의 양적 개념(Man-Power)에서, 미래시대에 요구되는 인력 자원(Human Resources)의 양성이라는 관점에서 추진되어야 한다. 우주개발은 항공우주 전공자 이외에 전자, 기계, 소재 등 모든 기술이 복합적으로 필요한 분야이기 때문에 국가의 과학기술 전분야에 대한 인력양성이 골고루 이루어져야 한다. 특히, 우주분야에서는 연구개발 사업을 통한 인재의 양성이 요구된다. 국내 대학의 우주관련 학과에서는 이론적 교육에만 치중하여 실제적 기술을 가진 인력양성은 어려우며 이는 실제로 기술 습득을 체험할 수 있는 프로그램의 부재에 기인한다. 국내 우주개발사업을 주도하는 정부출연연구소 등은 대학과의 연계를 강화하여 추진하도록 할 것이다. 실제로 위성, 우주발사체 관련 연구개발을 수행하고 운용할 수 있는 기관을 중심으로 하여 대학 및 연구소의 인력들이 중소형 규모의 프로그램에 참여하여 전문인력으로 양성될 수 있는 여건 마련이 필요하다. 이를 위해서는, 우주개발과 관련한 대형 국책연구개발사업에는 연구기획단계에서부터, 이러한 인력양성을 감안한 계획을 수립토록 하며, 여기에는 확보되어야 할 기술의 내용과 기술 확보 방안, 그리고 동 기술을 습득, 관리할 전담인력에 대한 계획등이 포함되어야 할 것이다. 또한, 우주기술은 선진 외국이 이전을 극히 제한하는 분야이기 때문에 개발사업을 통하여 독자적인 기술확보와 인력양성이 동시에 이루어져야 한다. 우주기술분야의 인력양성을 핵심기술의 확보와 연계하여 추진하여야 하며, 대형 국책연구개발사업에는 연구기획 단계에서부터, 이러한 인력양성을 감안한 계획을 수립

되어야 한다. 국내 기 확보 기술분야에 대해서는 국내 교육기관에서 인력을 양성하도록 하되, 미 확보 기술분야에 대해서는 해외유학 및 선진국 산업체 파견을 통한 기술습득 및 인력양성을 추진하여야 할 것이다. 단 기간의 핵심기술 확보는 국내의 독자적 노력이 아닌 국외 기관과의 협력 방식을 택하는 것이 효율적이다.

Figure 1에서 보듯, 2014년 우주산업에 참여한 기관의 관련 업무 또는 연구에 참여한 인력은 6,336명으로 작년 대비 1,013명(19.0%) 증가한 것으로 조사되었다. 이는 기업과 대학에서 우주 활동에 참여한 기관 수가 증가하였기 때문이다.



**Fig. 1** Yearly state of manpower in space development field[3]

## 5. 한국의 우주개발 연구성과의 확산

한국은 우주산업의 기술과급 확대 노력을 통하여 타 산업에의 활용을 도모하고, 공공연구소가 개발한 기술을 민간 기업으로 이전시키고자 노력하고자 있지만, 한국은 단절적인 형태를 보이고 있다. 이는 한국이 외국의 선진기술을 도입하여 기술혁신을 이룩하는 휴대전화, 반도체, TFT-LCD, 자동차 등 우리나라의 일반적 기술학습 과정에서 나타난 결과라 할 수 있다. 기업이 필요로 하는 기술지식과 출연(연)이나 대학이 공급할 수 있는 지식 간의 부정합(mismatch)이 존재하고, 지식연계 메커니즘이 미약하여 혁신주체들의 각개약진 현상이 나타난 것이다. 이러한 양상은 혁신주체 간의 낮은 인력 이동성과 형식적인 공동연구를 통해 더욱 강화되었다. 대학은 교수들, 정부출연연구기관은 연구원들, 기업은 내부의 인력들을 중심으로 폐쇄적이고 고립된 집단을 형성해왔다. 이로 인해 출연(연)과 대학이 다양한 영역에서 도입·창출한 기술지식을 효과적으로 활용할 수 있는 메커니즘이 부재했다. 혁신체

제에서 ‘협력형(혁신공동체형)’ 모델은 각 혁신들이 기술개발과정에서 축적된 지식을 통합하여 공동체 차원에서 ‘집합적 혁신(collective innovation)’을 추진하는 체제를 갖추는 것을 의미한다. 혁신공동체는 각 참여 조직들이 경쟁과 동시에 협력하면서 혁신을 수행하는 혁신관련 조직들의 집합으로 공통의 지식기반을 형성하여 보유한다. 기술융합을 위해 다양한 요소기술들을 가진 조직들을 조직화하고 통합하여 제품과 서비스를 개발하기 위해서는, 혁신주체들간의 시장을 통한 거래와 계약을 넘어 네트워크 관계 형성이 필요하다. 조직간 네트워크는 시장과 위계의 중간적인 형태를 지닌 조직형태로서 조직들간 암묵적 지식의 공유를 촉진할 수 있다[5].

우주산업의 타 산업에 대한 기술과급효과, 생산유발효과는 우주산업 육성의 중요한 요인 중 하나이다. 일본이나 미국의 사례에서와 같이 외국의 경우, 이러한 기술과급효과가 실증적으로 나타나고 있는 데 반해, 우리나라의 경우 기술과급효과가 매우 미흡한 것으로 나타나고 있다. 그 요인에는 아직까지 국내 우주분야의 기술수준이 선진국 수준에 도달하지 못한 부분도 있으나, 국내 우주산업이 시스템 중심으로만 진행되어 기술 및 생산과급효과가 크게 유발될 수 있는 부품 및 서브시스템 분야의 육성을 소홀히 해 왔기 때문이다. 특히 정부출연연구기관인 한국항공우주연구원의 경우 중소기업에 대한 기술이전이나 타산업체 대한 기술과급 및 확산 노력을 보다 적극적으로 경주해야 할 필요성이 있으며, 이를 위해 일본 및 미국의 경우에서와 같이 별도의 전담 조직을 구성하는 동시에 기술이전 지원 프로그램을 실시할 필요가 있다. 기술과급 및 생산유발효과는 우주산업의 육성 필요성을 뒷받침해줄 중요한 대국민 홍보 수단인 하나가 되어야 한다. 이를 위해서는 앞으로 기술과급에 대한 사례발굴을 지속적으로 실시하는 동시에, 이의 촉진을 위한 적극적 노력이 요구된다.

### 5.1 우주산업의 기술 과급

Table 3에서 보듯, 인공위성 분야에서 한국항공우주산업은 아리랑2호 개발사업을 통해 확보한 위성탑재컴퓨터 개발기술을 항공기산업(탑재 컴퓨터 데이터 처리 기술)에 활용하고 있다. 세트랙아이는 위성본체기술(저

잡음 전력장치 등)을 원자력실용화 사업을 통해 원자력안전분야(환경방사선 감시기)에 활용하고 있다. 코스페이스는 위성통신기술(위성탑재체 M/W 부품설계)을 위성단말분야(Ku-band LNB, BUC 등)에 활용하고 있다.

**Table 3** case of spin-off of space technology in Korea

실시 기업	파급기술명	활용분야	원천기술명	기술 분야	결과 (효과)	관련국 책사업
한국항공우주산업	데이터 처리기술	항공기 개발 (탑재컴퓨터)	위성 탑재컴퓨터 개발 기술	인공 위성	항공기 탑재컴퓨터 개발 국산화	아리랑 2호 (KOMP SAT-2)
두원중공업	극성가변용접장치	내압용기제작	발사체용 내압용기용접	우주발사체	생산비 절감	KSLV-1
두원중공업	SPINNING 기술	유도무기 Raydome 제작	SPINNING 기술	우주발사체	기술개발	KSR-3
세트랙아이	위성본체기술 - 저잡음 전력장치 외	원자력 안전분야		인공 위성	환경방사선감시기	원자력실용화
탑엔지니어링	선박 자동화 기술	조선사업	KSLV-1 발사통제 및 발사관제 기술	우주발사체 (지상시스템)	제품 다양화	우주센터 구축사업
탑엔지니어링	선박 Simulation 기술	조선사업, 해상운송사업	KSLV-1 Simulator 기술	우주발사체	제품 다양화	KSLV-1 개발사업
코스페이스	Ku-band LNB, BUC	위성 DMB, 위성 단말	위성 탑재체를 위한 M/W 부품설계기술	위성통신		
코스페이스	Ka-band Transceiver	위성 단말	위성 탑재체를 위한 M/W 부품설계기술	위성통신		
링스웨이브	유전체 공진기를 이용한 수동소자	통신산업 (통신용 부품)	위성통신을 위한 필터기술	인공 위성	제품 소형화 제품경량화	해당없음
이오시스템	위성탑재용 고해상도카메라 초점보정 광학계 EM 제작기술	광학시험 / 조정	정밀광학계 조정기술	인공 위성	수입장비 대체	

자료 : 한국항공우주연구원 내부자료

발사체 분야에서는, 두원중공업이 KSR-3, KSLV-1 개발사업을 통해 확보한 발사체용 내압용기 용접, Spinning 기술을 내압용기, 유도무기 Raydome 제작에 활용하고 있다. 탑엔지니어링은 KSLV-1 개발사업을 통해 확보한 발사통제 및 발사관제기술,

Simulator 기술을 조선산업(선박 자동화, 선박 Simulator)에 활용하고 있다.

### 5.2 한국항공우주연구원의 산학연 협력을 통한 연구성과 확산

한국의 우주개발 혁신시스템에 있어서 확산의 특징은 우주개발 전문연구기관인 한국항공우주연구원의 지식이전, 공공서비스, 지식확산 등을 중심으로 살펴볼 필요가 있는데, 한국항공우주연구원은 항공우주지식정보시스템에 의하여 생산된 연구성과를 사용자에게 자료특성에 따라 개별검색이 가능토록 Web 기반의 정보화 시스템이 구축되어 있으며, 외부사용자가 관심분야의 키워드 등록에 따라 입수자료를 e-mail로 서비스하는 SDI 시스템 구축 등 사용자 편의성이 제고되었다고 평가되며, 연구성과의 확산 창구로서 중요한 역할을 하고 있다.

2015년 국내 기술이전 계약건수는 27건이고, 기술료 계약도 15억원으로 꾸준한 증가 추세로 기술이전 증대노력을 지속하고 있음에도 불구하고 타기술분야에 비해서 미약한 실정이다. 내부적으로는 다양하고 내실 있는 견학프로그램 운영을 추진하고, 대외적으로는 전국규모의 행사주관, 과학문화 확산을 위한 과학교육 프로그램 및 과학문화 개최에 2015년 기준 102,782명이 참가하였으며, SNS 소통에 2015년 기준 1,264만명이 참가하는 등 청소년 및 일반인 대상의 지식전달 및 확산에 노력하고 있다[6]. 2012년부터 수립된 미래창조과학부 주관 “우주기술 산업화 전략”에 부합하여 우주기술 스피노프 확대 및 벤처창업 활성화를 추진하고 있다[7]. 우주기술 사업화에 관심있는 예비창업자 및 기업을 발굴하고 이들을 적극 지원하고 있다[8].

## 6. 결 론

이상 기술한 바와 같이 한국의 우주개발은, 민간 분야의 비중이 증가하고 있음에도 불구하고, 정부출연연구기관인 한국항공우주연구원중심으로 이루어져 정부주도의 특성을 보여주고 있다.

자원(재원 및 인력) 측면에서, 한국 우주개발의 예산

지출은 최근 그 속도가 빨라지고 있으나, 전년도에 구  
에받는 점증적인 예산 증가 형태를 보여주고 있다.

연구성과의 확산 측면에서, 한국항공우주산업, 쉘트  
랙아이 등 우주기업들은 다목적사업, 소형위성발사체  
사업, 우주센터구축사업 등을 통하여 확보한 기술을  
활용하고 있으나 타분야에의 파급 사례가 미미한 상태  
이다. 한국항공우주연구원은 민간기업에로의 기술이전  
등의 노력을 기울이고 있으나, 국책사업의 실용화, 산  
업화에로의 실적은 미약하다.

본 연구에서는 혁신시스템 내의 주요 요인인 주체의  
행위, 자원 투입, 연구성과의 활용 및 확산 등 “활동”  
측면을 규명하였다. 우주개발 개발체제(공공연구소를  
중심으로 한 주체 및 협력체제)에 있어서 한국은 정부  
출연연구기관인 KARI를 중심으로 한 정부주도의 특성  
을 보여 주었다. 이는 i) 연구개발 집약형 산업, ii)  
투자위험도가 높아 정부개입이 필요한 산업, iii) 전산  
업에 파급되는 공공재적 성격의 기간산업 등의 우주개  
발의 고유 특성에 의한 기인한 것으로 보인다.

한국은 정부의 공공연구소를 통한 우주개발 자원투  
입에 있어서 점증주의 형태를 보여주고 있다. 차년도  
의 예산 규모를 고려할 시, 전년도를 기준으로하여 증  
감한다는 의미이다. 국가의 정치적, 행정적 원리/관행  
은 우주개발 프로그램의 정책의제 형성, 정책결정, 정  
책집행, 정책평가 등 정책과정에 영향을 미치게 된다.

공공연구소의 기업을 통한 우주개발 연구성과의 확  
산(이전 및 상용화)에 있어서 활발한 형태를 보여주고  
있지는 않다. 우주개발 혁신주체들간의 경쟁과 동시에  
협력하면서 혁신을 수행하는 혁신관련 조직들의 집합  
으로 공통의 지식기반을 형성하여 보유하는 ‘혁신공동  
체형’ 모델 구축이 필요하고, 특히 정부출연연구기관인  
한국항공우주연구원의 경우 중소기업에 대한 기술이전  
이나 타산업체 대한 기술파급 및 확산 노력을 경주해  
야 할 필요성이 있다[9].

본 연구의 한계로는 공공연구소를 우주개발 혁신주  
체의 중심에 두어, 혁신체제의 주요주체인 기업을 예  
민하게 포착할 수 있는 틀을 결여하고 있다. 우주개발  
혁신체제의 구조적 특징을 기업의 기술혁신 활동과 혁  
신주체들의 상호작용의 측면에서 살펴본다면, 기업 내  
능력구축 과정(capability building process), 복합제품  
특성의 기술 학습에의 속도·깊이에의 좌우, 수요제약,

정부지원 등의 국가적 환경요인이 주요 연구변수가 될  
수 있을 것이다.

## 후 기

이 논문은 저자의 박사학위 논문 중 일부 내용을 최  
신화(수정/보완)하여 수행된 연구입니다(김종범, 우주개  
발 혁신체제 특성과 영향요인에 관한 국가간 비교연구  
(한국, 일본, 미국을 중심으로), 고려대학교 박사학위 논  
문, 2006. 8).

## References

- [1] Nelson, R. & Rosenberg, N., "Technical Innovation and National Systems", National Innovation Systems A Comparative Analysis, Oxford University Press, 1993.
- [2] C. S. Lim, "Ten-Country Comparative National Systems of Innovation", *Science and Technology Policy* Vol. 15/No. 3, Science Technology Policy Institute, 2005.
- [3] Ministry of Science, ICT and Future Planning, Space Industry Survey in 2015, 2015.
- [4] Ministry of Science, ICT and Future Planning, Plan to implement space development in 2016, 2016.
- [5] W. J. Song, "New Building Strategy of National Innovation System: From Imitation to Creation", *Science and Technology Policy* Vol. 15/No. 3, Science Technology Policy Institute, 2005.
- [6] Korea Aerospace Research Institute, 2015 Performance Report of Korea Aerospace Research Institute, 2016.
- [7] J. B. Kim, Inter-Country Comparison of Space Development Innovation Systems in Korea, Japan, and the USA, Korea University doctoral thesis, 2006. 8.
- [7] I. T. Kim and Y. S. Chun, "A Study on Cases and Policy for the Venture Business Based on Space Technology", *Journal of The Society for Aerospace System Engineering* Vol. 9, No. 2, pp 47-50, June 2015.
- [8] I. T. Kim et al., "A Study on Space-Technology Startup-Business Support Programs: Current Status and Future Direction", *Journal of The Society for*



*Aerospace System Engineering* Vol. 10, No. 3, pp  
32-38, September 2016.

- [9] J. B. Kim, Inter-Country Comparison of Space Development  
Innovation Systems in Korea, Japan, and the USA,  
Korea University doctoral thesis, 2006. 8.