

제조국가별 국가연구시설장비 구축 현황에 따른 국산연구장비 산업 활성화 정책 제언: 기초·분석과학 분야 중심으로

김창용¹, 정태원², 공재현¹, 서인수³, 박찬수^{1*}

¹한국기초과학지원연구원 국산장비신뢰성평가센터, ²한국기초과학지원연구원 정책전략팀,
³한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터

Policy Suggestions for Korean Research Equipment Industry According to the State of Construction of National Research Facility and Equipment by Country of Manufacture : Focusing on Basic and Analytical Science Field

Chang-Yong Kim¹, Taewon Chung², Jaehyun Kong¹, In-Su Seo³, Chan-Soo Park^{1*}

¹Scientific Instruments Reliability Assessment Center, Korea Basic Science Institute

²Division of Policy, Korea Basic Science Institute

³National Research Facilities & Equipment Center, Korea Basic Science Institute

요약 본 연구의 목적은 과거 14년간 한국 정부가 투자한 연구시설·장비의 구축정보를 기반으로 제조국가별로 기초·분석과학 분야의 연구시설·장비 구축 수와 구축금액 차이를 비교 분석하여 국산연구장비의 시장규모와 시장점유의 수준을 알아보고자 하였다. 2019년 1월 1일을 기준으로 2005년부터 2018년까지 국내에 구축되고, 기초·분석과학 분야에 활용되는 연구시설·장비(구축금액이 3천만원 이상인 주장비 기준) 20,687점의 구성, 장비표준분류, 구축 수, 그리고 구축금액을 제조국가별로 분석하였다. 제조국가별 연구시설·장비 구축 수 차이를 비교 분석하기 위하여 단일표본 카이제곱검정 방법을, 구축금액 차이를 비교 분석하기 위하여 일요인 분산분석 방법과 본페로니 사후검정 분석을 사용하였다. 본 연구 결과, 각 제조국가별로 연구시설·장비 구축 수($p<.001$)와 구축금액($p<.05$)은 통계학적으로 유의하게 차이가 있었으며 특히, 장비표준분류에 따라 국내 기업의 연구시설·장비 점유 규모가 통계학적으로 유의하게 상이하였다($p<.05$). 따라서 기초·분석과학 분야에 대한 연구장비 국산화 정책 지원 시, 장비유형 및 구축금액별로 정부의 차별화된 전략과 함께 상이한 정책연구 기획이 필요할 것으로 사료된다.

Abstract The purpose of the current study was to investigate the level of market size and market share of domestic research equipments for analyzing the difference of the number and amount of construction by the manufacturing countries in the basic and analytical science fields based on the information of the research equipment invested by the Korean government for the past 14 years. As of January 1 2019, from 2005 to 2018, 20,687 research facilities & equipments (main equipment with a construction cost of 30 million won or more) built in the basic and analytical science fields were selected for this study and their components, standard classification, number of construction, and amount of construction by country of manufacture were analyzed. Differences of the number and amount of construction among manufacturing countries were tested using a single sample chi-square test and one-way analysis of variance, followed by Bonferroni's post-hoc test. As a result of this study, the number of construction ($p<.001$) and construction amount ($p<.05$) were statistically different for each manufacturing country. The level of market size and market share was significantly different according to the equipment standard classification ($p<.05$). Therefore, differentiated strategies of the government and policy research projects will be required for each type of equipment and amount in order to support the policy for the localization of research equipment.

Keywords : Basic and Analytical Science, Domestic Research Equipments, Manufacturing Countries, Number and Amount of Construction, Research Facilities & Equipments

본 연구는 국가연구시설장비진흥센터 DB를 활용하였으며 한국기초과학지원연구원 국산장비신뢰성평가센터 운영사업(과제번호:D39141)으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Chan-Soo Park(Korea Basic Science Institute)

Tel: +82-42-865-3450 email: cspark@kbsi.re.kr

Received April 2, 2019

Revised April 24, 2019

Accepted May 3, 2019

Published May 31, 2019

1. 서론

1.1 연구의 이론적 배경

우리나라 정부의 R&D 투자 예산은 '12~'16(5개년)에 매년 지속적으로 증가하여 투자규모 세계 6위, 국내총생산(GDP)대비 세계 1위에 해당된다[1]. 특히, 2015년도에 국내 R&D 투자는 18.9조원에 이르고, 2011년도에서 2015년 사이에 연평균 6.2%성장하였으며[2] 이러한 연구개발에 대한 지속적인 투자로 인해 2015년 우리나라 총 연구개발비는 GDP 대비 4.23%로 4.25%인 이스라엘 다음으로 높다[3]. 정부는 막대한 국가 R&D의 효율적인 추진을 위해 「과학기술기본법」 12조에 국가연구개발사업에 대한 조사분석을 실시할 것으로 적시하여 집행 현황에 대한 체계적인 조사를 통한 다각적인 분석자료 산출을 수행하고 있다[1].

효율적인 연구개발 전략을 수립하기 위한 노력은 정부 R&D예산으로 도입된 국가연구시설장비(이하 연구시설·장비 또는 연구장비) 분야에서도 시행되었다. 2013년도에 미래창조과학부(現 과학기술정보통신부)는 「과학기술기본법」 28조 및 동법 시행령 제42조 제4항에 근거하여 효율적이고 균형있는 R&D사업 추진을 위하여 범부처적 협력에 기반한 연구시설·장비의 전략적 확충, 체계적 운영 및 공동활용을 제고하고자 「국가연구시설·장비의 운영·활용 고도화계획(안)(2013~2017년)」(이하 제1차 고도화계획)[4] 안건을 국가과학기술심의회(現 국가과학기술자문회의) 운영위원회에 상정하였다. 제1차 고도화계획 추진을 통해 연구장비의 효율적 투자 및 관리 체계를 바탕으로 본격적인 연구장비 공동활용 촉진과 장비산업 진흥을 위한 기틀을 마련하였고[5], '13~'17(5개년) 사이 국가연구개발사업 투자액 대비 연구시설·장비 투자비율은 5.2%로 국가R&D 투자액은 매년 증가하는 추세이나 연구시설·장비 구축액은 5% 내외로 국가연구개발사업(국방 R&D 제외) 투자규모 대비 연구시설·장비 투자비율('11년에 7.6% → '16년 5.2%)은 적정 수준으로 규모화 되었음을 볼 수 있다[5,6].

국가연구개발사업 투자액 중 주요 선진국 대비 국내 연구장비 구축의 투자규모는 매년 평균 6.4%정도로 비교적 높은 수준을 기록하고 있다[7,8]. 연구장비는 국가의 과학기술 역량과 연구개발 성과를 단적으로 보여주는 대표적인 지표이자[7] 과학기술 성장의 견인은 물론 산업 경쟁력을 강화시켜 국가 경쟁력을 결정하는 요인 중 하나이다. 뿐만 아니라 새로운 과학기술 역량수준을 높이며

면 기초과학 분야의 새로운 분석기술 및 분석장비 개발이 중요하며, 독자적인 연구데이터를 창출하여 기초과학 및 과학기술의 진보를 빠르게 앞당길 수 있다. 특히, 최근 사회 전반적으로 4차 산업혁명을 맞이하여 빅데이터를 통한 분석 플랫폼이 더욱 필요하면서 재난재해, 질병, 기후변화, 전쟁, 에너지, 미세먼지 및 플라스틱 이슈 등 다양한 국가·사회 문제 해결에 있어서 관련 연구성과와 상용화가 중요해졌다[9]. 해당 분야들의 산업적 발전과 폭넓은 상용화를 위해서는 이를 뒷받침해주는 과학실험장비, 계산환경, 분석과학기기 개발과 함께 이를 공유하기 위한 플랫폼 등이 더욱 필요하다.

그러나 국내 연구계의 지나친 외산 의존 구조로 인해 국가 R&D예산으로 구축된 연구장비의 대부분 외산장비가 차지하고 있어 국산장비의 국내시장 점유 및 신규 진입 모두가 극히 저조한 실정이다[7]. 실제 2015년 12월말 국가과학기술지식정보서비스(National Science & Technology Information Service, 이하 NTIS) 기준으로, 지난 10년 동안 공공시장에 구축된 전체 50,271점 연구장비 중 외산은 67%, 국산은 불과 33%에 해당된다 보고하였다[7]. 특히, 우리나라 분석장비의 무역규모는 지속해서 증가하고 있으나 '크로마토그래프와 전기영동장치', '분광계·분광광도계 및 분광사진기' 분야에서 수입 특화 경향이 심하다[11]. 기초과학 분야 내 실험용 분석장비는 바이오 분야의 기술발전과 성장으로 수요 증가가 예측됨에도 불구하고, 공공시장은 미국, 일본, 독일 소속 기업의 지배구조가 강한 실정이다. 이에 연구장비 국산화에 대한 정책적 필요성이 더욱 커지면서 2015년에 「국가연구시설장비의 투자효율화 및 공동활용 촉진방안(안)」, 2017년에 「연구산업 혁신성장전략(안)」, 그리고 2018년에 「국가연구시설·장비의 운영·활용 고도화계획(안)(2018~2022)」 등 각 안건별 세부추진과제로써 장비개발과 국산장비활용 등에 대한 관련정책 지원 및 시범사업 등이 확대되고 있다.

1.2 연구의 필요성 및 목적

이러한 연구장비 국산화 문제점을 정부 차원에서 정책적으로 해결하기 위해서는 국내 제조사가 생산하는 연구장비에 대한 공공시장의 공급 현황과 국내시장에 유통되는 국산장비의 경제성, 시장성 등을 종합적으로 분석 및 진단하여 정확한 현황 자료를 기초로 국내 연구장비 산업의 발전 전략을 도출하고, 국가 정책적 지원 체계를 마련하는 것이 매우 중요하다. 이에 정석인(2017)[7]의 연

구에 의하면 국가연구시설장비표준분류(이하 표준분류) 체계 상 대분류를 기준으로 '12~'16년간 구축된 연구시설·장비의 제조국가 현황을 년도별로 연구시설·장비 구축 수와 구축 금액 분포결과를 보고하였다. 하지만 단순 기술통계 분석기법 적용으로 인해 제조국가별로 구축된 연구시설·장비 간에 정보의 왜곡이 발생하며 특히, 장비가 지니고 있는 세부 기술 단위의 현황 추정과 함께 종합적인 국내 연구장비 산업의 시장분석 도출을 통한 관련 정책 근거자료로 활용하기에는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해서는 유의수준 개념을 적용한 추정통계 기법을 이용하여 연구시설·장비 제조국가와 표준분류체계를 교차 비교분석해야 하며 표준분류 단계를 대분류에서 최하위계층인 소분류 단위로 세분화하여 분석한다면 정확한 시장구조는 물론 현재 시장에서의 제조사와 제품의 특성도 함께 분석하기 용이해진다.

따라서, 본 연구는 지난 14년간('05~'18) 한국 정부가 투자한 연구장비의 구축정보를 기반으로 과학기술의 근간이 되는 기초·분석과학 분야의 국내 연구장비 산업시장을 연구시설·장비의 구성, 제조국가, 구축 수, 구축금액 등 다양한 측면에서 세분화한 후 제조국가 및 표준분류(소분류 단위)별로 시장규모와 시장점유의 수준을 통계학에 기반하여 교차 분석함으로써 이전 문헌조사 연구와 연계하여 연구장비산업 육성 및 활성화를 위한 R&D정책 수립 시 근거가 되는 기초 현황자료로 활용하고자 한다.

1.3 연구 문제 및 가설

이 연구는 구체적으로 다음의 문제를 통계학적으로 해결하고자 아래의 연구 가설을 설정하였다.

- 연구 가설 1. 제조국가별로 국내에 구축된 기초·분석과학 분야의 연구시설·장비 분포 수가 다를 것이다.
- 연구 가설 2. 제조국가별로 국내에 구축된 기초·분석과학 분야의 연구시설·장비 분포 금액이 다를 것이다.

2. 본론

2.1 연구대상

본 연구의 대상은 장비활용종합포털서비스(Zone for Equipment Utilization Service, 이하 ZEUS)에 등록된 연구시설·장비 데이터를 대상으로 하였다. ZEUS는

「과학기술기본법」 시행령 제42조 제4항 제2호와 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」(대통령령 제23788호)에 따라 연구시설·장비에 대한 정보를 한 곳에서 서비스하기 위해 범부처 연구시설·장비의 총괄전담기관인 국가연구시설장비진흥센터(National Research Facilities & Equipment Center, 이하 NFEC)에서 개발한 세계 최초의 국가연구시설장비 정보 지식 종합포털이다. 또한 국가R&D를 수행하고 있는 17개 부처·청(16개 대표 전문기관)과의 연계를 통해 연구시설·장비, 성과 등의 정보를 데이터베이스화하여 연구자, 정책결정자, 정부 부처 관계자들에게 다양한 서비스를 제공하고 있으며 전국의 장비보유기관들이 공동으로 참여하여 만들어 가는 클라우드 기반의 지능형 장비예약시스템으로 장비 이용에 대한 공개·알선 및 다양하고 유용한 콘텐츠 제공 및 연구장비의 개방과 공유로 장비 이용자의 필요성을 충족시키고 있다.

본 연구에서는 2019년 1월 1일을 기준으로 2005년부터 2018년까지 국내에 구축된 제조국가별 연구시설·장비 운영현황을 살펴보기 위하여 국가R&D사업(보안과제로 분류되어 ZEUS에서 정보를 수집·관리하지 않는 국방R&D사업은 제외)으로 도입한 연구시설·장비 118,496점 중 i) 구축금액이 3천만원 이상이고, ii) 보조장치와 부대시설장비를 제외한 주장비 기준, iii) 표준분류 체계상 소분류를 기준으로 물리·화학적 핵심 원리를 분석·측정·시험평가하거나 기초·분석과학 연구에 활용성이 높은 연구시설·장비 군을 설정하였으며 그 결과 20,687점의 연구시설·장비가 조사 분석 대상으로 선정되었다(Fig. 1). 위의 선정 및 제외 기준을 통해 표준분류체계 상 조사 분석 대상으로 도출된 연구시설·장비 군은 Table 1과 같다.

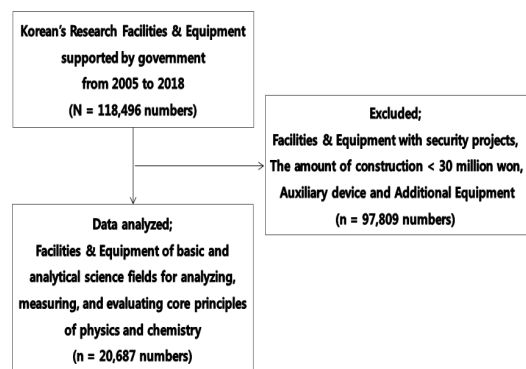


Fig. 1. Selection process of analyzed Korean's Research Facilities & Equipment

Table 1. The analyzed target group* in the national research facility equipment standard classification system

Main	Middle	Small	Naming	Main	Middle	Small	Naming
A.	Optical Electronics / Video Equipment			B.	B5.	B509	Ultraviolet-Visible Spectrophotometer
	A2.	Microscope				B510	Ultraviolet-Visible Near InfraRed Spectrophotometer
		A201	Optical Microscope			B511	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer
		A202	Confocal Microscope			B512	Glow Discharge Optical Emission Spectrometer
		A203	Toolmakers Microscope			B513	Spark/Arc Atomic Emission Spectrometer
		A204	Digital Microscope			B514	Laser Induced Plasma Spectrometer
		A205	Transmission Electron Microscope			B515	Flame Emission Spectrometer
		A206	Scanning Electron Microscope			B516	Atomic Absorption Spectrometer
		A207	Electron Probe Microscope Analyzer			B517	Raman Spectrometer
		A208	Scanning Probe Microscope			B518	Luminescence Spectrometer
		A200	Non-classified			B519	Electron Spin Resonance Spectrometer
	A4.	Optical wave generation / measurement equipment				B520	X-ray Diffractometer
		A401	Goniophotometer			B521	X-ray Photoelectron Spectroscopy
		A402	Spectroradiometer			B522	X-Ray Fluorescence Spectrometer
		A403	Luminance meter /Illuminance meter			B523	TOC Analyser
		A404	Actinometer			B500	Non-classified
		A405	Colorimeter/Turbidity meter	B6.	Mass spectrometry equipment		
		A406	Refractometer			B601	Gas Chromatography-Mass Spectrometer
		A407	Interferometer			B602	Liquid Chromatography-Mass Spectrometer)
		A408	Ellipsometer			B603	Isotope Ratio Mass Spectrometer
		A409	Photoelastic Tester			B604	Secondary Ion Mass Spectrometer
		A410	Laser Generator			B605	Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Mass Spectrometer
		A400	Non-classified			B606	Accelerator Mass Spectrometer
	A5.	Radiation generation / measurement equipment				B607	Trace Gas Mass Spectrometer
		A501	X-ray Generator			B608	Direct Injection High Resolution Mass Spectrometer
		A502	Gamma ray/Beta ray Generator/Irradiator			B609	Thermogravimetric Mass Spectrometer
		A503	Radiation Substance Measuring Equipment			B600	Non-classified
		A504	Liquid Scintillation Counter	B7.	Particle Analysis Equipment		
		A505	Gamma Counter			B701	Zeta Potential Analyzer
		A506	Accelerator			B702	Particle Size Analyzer
		A500	Non-classified			B703	Particle Counter
	A6.	Image analysis equipment				B704	Specific Surface Area Analyzer
		A601	In vivo Chemi Fluorescence Image Documentation System			B705	Dispersion Stability Analyzer
		A602	In vitro Chemi Fluorescence Image Documentation System			B700	Non-classified
		A603	Laser Fluorescence Image	F.	Physical measuring equipment		

Documentation System			
A600	Non-classified	F1.	Temperature / Heat / Humidity / Moisture Measurement Equipment
B.	Compound Pretreatment / Analysis Equipment	F101	Temperature Measurement /Humidity(Moisture) meter
B2.	Biotechnology / Analytical Equipment	F102	Thermal Analysis
B206	Bioprofile Analyzer	F103	Thermal Conductivity Meter/ Thermal constants
B207	Microbial Analyzer	F104	Thermal Desorber
B208	Collection Instrument	F105	Water Vapour Permeability Testing Equipment
B209	Flow Cytometer	F100	Non-classified
B210	DNA/RNA Analyzer	F4.	Mass / weight / volume / density measurement equipment
B212	Microplate Reader	F401	Electronic Balance
B4.	Separation Analysis Equipment	F402	Volume/Density Measuring Equipment
B401	Gas Chromatography	F400	Non-classified
B402	Liquid Chromatography	F5.	Force / torque / pressure / vacuum measurement equipment
B403	Preparative Liquid Chromatography	F501	Dynamometer
B404	Ion Chromatography	F502	Torque Meter
B405	Gel Permeation Chromatography	F503	Load Simulator
B406	Thin Layer Chromatography	F504	Pressure/Vacuum Measuring Equipment
B407	Electrophoresis system	F500	Non-classified
B408	Amino Acid Analyzer	F7.	Fluid Flow Dynamics Measurement Equipment
B409	Elemental Analyzer	F701	Viscometer, Rheometer
B410	Automatic Water Analyzer	F702	Current Meter
B400	Non-classified	F703	Anemometer
B5.	Spectroscopy equipment	F704	Flowmeter
B501	Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer	F700	Non-classified
B502	Fourier-Transform Infrared Spectrometer	F8.	Surface Characterization Equipment
B503	Near-Infrared Spectrometer	F801	Surface Tension/Contact Angle
B504	Grain Analyzer	F802	Specific Surface Area/Porosity
B505	Gas Analyzer	F803	Gas Adsorption/Desorption
B506	Mercury Analyzer	F804	Surface Roughness/Micro Structure Mesduring Equipment
B507	Visible Spectrometer	F800	Non-classified
B508	Fluorescence Spectrophotometer		

*(Selection criteria) i) As of January 1 2019, R&D projects (excluding defense R&D projects) in the ZEUS DB from 2005 to 2018, ii) The amount of construction > 30 million won, iii) Main equipment except auxiliary and additional equipment, iv) Research facilities and equipment for analytical, measurement, and test evaluation that are highly applicable to basic and analytical scientific research fields

2.2 분석항목

분석을 위한 항목은 국가R&D예산(국방R&D사업은 제외)으로 국내에 도입된 연구시설·장비의 구성(주장비·보조장치·부대장비), 제조국가, 구축 수, 구축금액, 그리고 기초·분석과학 연구분야에 활용성이 높은 분석·측정·시험평가용 연구시설·장비 군으로 구성하였다. 이 중 연구시설·장비의 구성, 제조국가, 구축 수, 구축금액은 이미

자료(data) 내에 제시되어있는 색인(index)을 활용하였다.

그러나 연구시설·장비별로 연구 내용과 분야를 파악할 수 있는 정보가 ZEUS 시스템 내에 포함되어 있어야 하지만 대부분 국가연구시설장비표준분류체계 상이나 활용 범위(단독활용·공동활용 등), 활용용도(계측·교육·생산·분석·시험 등)으로만 분류되어 있고 과학기술분류체계내 연구 분야 또는 세부기술이 기재되어 있지 않아 실제 기

초·분석과학 연구분야에 활용성이 높은 연구시설·장비 군인지 알 수 없었다. 따라서 기초·분석과학 연구 분야 내 활용성이 높은 연구시설·장비 유무 여부를 직접 ZEUS DB를 확인하여 연구진이 1차로 국가연구시설장비표준분류체계 내 기초·분석과학 분야에서 활용성이 높은 연구시설·장비 3개 대분류, 14개 중분류, 112개 소분류를 추출하였다.

2.3 분석방법

본 연구에서의 자료 통계처리는 상용 통계프로그램인 윈도우용 PASW ver. 18.0 프로그램을 사용하였다. 측정값은 기술 통계를 이용하여 빈도수와 합계, 그리고 비율로 표시되었다. 본 연구에 수집된 자료들이 Kolmogorov-Smirnov 검정을 이용한 정규성 검정에서 정규 분포 곡선을 띠고 있으므로, 모수 검정법을 사용하였다. 제조국가별로 연구시설·장비 구축 수 차이를 비교하기 위하여 범주형 통계 분석방법인 단일표본 카이제곱검정(single-sample chi-square test)을 사용하였고, 제조국가별 국가연구시설장비 구축금액 차이를 비교하기 위하여 연속형 통계 분석방법인 일요인 분산분석(one-way ANOVA) 방법을 사용하였으며 사후 검정은 본페로니(Bonferroni's correction) 사후 검정 분석을 이용하였다. 가설 수락을 위한 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

3. 결과

3.1 제조국가별 국가연구시설장비 구축 수 차이

위에서 설정된 조사 방법을 토대로 진행한 조사 결과와 그에 따른 자료 분석 결과는 Table 2와 같다. 단일표본 카이제곱검정을 통해 각 제조국가에 따른 국가연구시설장비 구축 수는 기초과학 연구시설·장비 분야 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .001$).

제조국가별 구축 수 합계를 비교한 결과, 국내에서 제조·납품한 연구장비가 미국과 일본보다 통계학적으로 유의하게 낮았으며($p < .05$) 영국보다 유의하게 높았다($p < .05$)(Fig. 2). 특히, 기초과학 연구시설·장비 분야 중 A4(광파발생/측정장비), A5(방사선발생/측정장비), F7(유체유량역학 측정장비)에서 국내에서 제조·납품한 연구장비가 미국 다음으로 구축 수가 통계학적으로 유의하게 높았으며($p < .05$) F4(질량/무게/부피/밀도 측정장비)와

F5(힘/토크/압력/진공 측정장비)에서 미국을 포함한 다른 국가보다 통계학적으로 유의하게 높았다($p < .05$).

3.2 제조국가별 국가연구시설장비 구축금액 차이

위에서 설정된 조사 방법을 토대로 진행한 조사 결과와 그에 따른 자료 분석 결과는 Table 3과 같다. 일요인 분산분석 방법을 통해 각 제조국가에 따른 국가연구시설장비 구축금액은 기초과학 연구시설·장비 분야 중 A5(방사선발생/측정장비, $p > .05$)와 F4(질량/무게/부피/밀도 측정장비, $p > .05$)를 제외한 분야에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

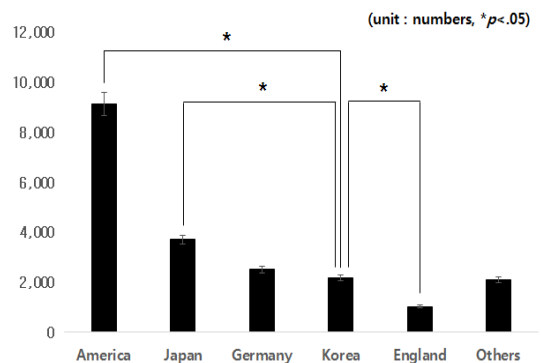


Fig. 2. Comparison of the total number of national research facilities & equipment construction by country of manufacture in Korea

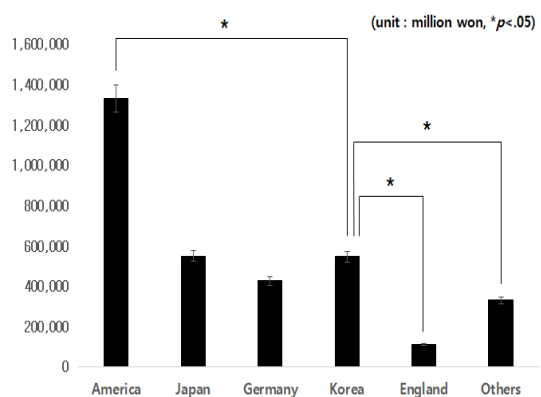


Fig. 3. Comparison of the total amount of construction of national research facility equipment by country of manufacture in Korea

Table 2. Comparison of the number of national research facility equipment by country of manufacture in Korea

(unit : numbers, %)

Classification	Nation						χ^2
	America	Japan	Germany	Korea	England	Others †	
A2	289 (9.87)	1,288 † (43.97)	818 † (27.93)	391 (13.35)	20 † (0.68)	123 † (4.20)	2356.078**
A4	905 † (39.57)	275 (12.02)	247 (10.8)	463 (20.24)	83 † (3.63)	314 (13.73)	1059.339**
A5	501 † (57.92)	34 † (3.93)	46 † (5.32)	183 (21.16)	10 † (1.16)	91 (10.52)	1189.171**
A6	320 † (48.27)	90 † (13.57)	36 (5.43)	47 (7.09)	106 † (15.99)	64 (9.65)	507.471**
B2	965 † (72.45)	35 (2.63)	112 † (8.41)	10 (0.75)	23 (1.73)	187 † (14.04)	3085.081**
B4	2,019 † (60.02)	510 † (15.16)	207 (6.15)	145 (4.31)	234 (6.96)	249 (7.40)	4692.644**
B5	1,332 † (40.12)	867 † (26.11)	438 † (13.19)	159 (4.79)	144 (4.34)	380 (11.45)	1354.046**
B6	1,178 † (76.05)	163 † (10.52)	96 † (6.20)	23 (1.48)	57 (3.68)	32 (2.07)	508.113**
B7	289 † (33.88)	159 † (18.64)	68 (7.97)	30 (3.52)	221 † (25.91)	86 † (10.08)	346.740**
F1	610 † (44.04)	117 (8.45)	245 † (17.69)	163 (11.77)	46 (3.32)	204 (14.73)	850.877**
F4	32 (18.5)	9 † (5.2)	19 (10.98)	36 (20.81)	9 † (5.2)	68 † (39.31)	85.971**
F5	184 † (23.14)	57 † (7.17)	73 † (9.18)	349 (43.9)	37 † (4.65)	95 † (11.95)	522.955**
F7	290 † (38.06)	39 † (5.12)	48 † (6.3)	159 (20.87)	42 † (5.51)	184 (24.15)	409.858**
F8	217 † (52.93)	67 † (16.34)	57 † (13.90)	32 (7.80)	7 † (1.71)	30 (7.32)	421.220**
Total	9,131 † (44.14)	3,710 † (17.93)	2,510 (12.13)	2,190 (10.59)	1,039 † (5.02)	2,107 (10.19)	953.221**

Values are expressed as numbers (ratio).

χ^2 values are derived by a single-sample chi-square test.

A2, Microscope; A4, Optical wave generation / measurement equipment; A5, Radiation generation / measurement equipment; A6, Image analysis equipment; B2, Biotechnology / Analytical Equipment; B4, Separation Analysis Equipment; B5, Spectroscopy equipment; B6, Mass spectrometry equipment; B7, Particle Analysis Equipment; F1, Temperature / Heat / Humidity / Moisture Measurement Equipment; F4, Mass / weight / volume / density measurement equipment; F5, Force / torque / pressure / vacuum measurement equipment; F7, Fluid Flow Dynamics Measurement Equipment; F8, Surface Characterization Equipment.

† Republic of South Africa, Netherlands, Norway, New Zealand, Taiwan, Denmark, Latvia, Russia, Luxembourg, Lithuania, Belgium, Belarus, Bulgaria, Sweden, Switzerland, Spain, Slovenia, Ireland, Estonia, Austria, Czech Republic, Canada, Poland, France, Finland, Hungary, Hong Kong

* $p < .05$, ** $p < .001$.

† Statistically significant difference compared with Republic of Korea ($p < .05$).

Table 3. Comparison of the amount of national research facility equipment by country of manufacture in Korea

(unit : million won, %)

Classification	Nation						F (p-value)
	America	Japan	Germany	Korea	England	Others †	
A2	152,903 † (22.95)	272,912 † (40.97)	162,295 † (24.36)	35,931 (5.39)	4,189 (0.63)	37,931 † (5.69)	28.103 (0.000)**
A4	103,205 † (39.91)	26,474 † (10.24)	23,793 † (9.20)	55,393 (21.42)	5,782 (2.24)	43,946 † (16.99)	2.295 (0.043)*
A5	201,408 (35.54)	5,021 (0.89)	5,353 (0.94)	323,084 (57.01)	1,635 (0.29)	30,236 (5.34)	0.651 (0.661)
A6	43,450 † (59.36)	6,863 † (9.38)	7,372 † (10.07)	3,295 (4.50)	7,695 † (10.51)	4,523 (6.18)	10.881 (0.000)**
B2	119,120 † (81.05)	3,444 (2.34)	7,547 † (5.14)	1,756 (1.2)	2,045 (1.39)	13,054 † (8.88)	10.061 (0.000)**
B4	149,948 † (58.71)	39,053 † (15.29)	18,373 † (7.19)	8,469 (3.32)	21,575 † (8.45)	17,964 † (7.03)	4.671 (0.000)**
B5	151,077 † (31.42)	123,019 † (25.59)	108,102 † (22.48)	12,539 (2.61)	24,719 (5.14)	61,322 † (12.75)	25.092 (0.000)**
B6	255,186 † (72.38)	22,715 † (6.44)	36,906 † (10.47)	1,855 (0.53)	13,237 † (3.75)	22,685 † (6.43)	9.123 (0.000)**
B7	28,257 † (37.95)	12,254 (16.46)	4,598 † (6.18)	9,168 (12.31)	13,108 † (17.61)	7,067 (9.49)	3.106 (0.009)*
F1	45,543 † (36.90)	11,421 † (9.25)	26,457 † (21.44)	19,550 (15.84)	4,369 † (3.54)	16,071 (13.02)	7.582 (0.000)**
F4	5,590 (28.05)	917 (4.60)	2,330 (11.69)	3,531 (17.72)	746 (3.75)	6,814 (34.19)	0.464 (0.803)
F5	34,325 † (20.67)	16,595 † (9.99)	14,154 † (8.52)	48,719 (29.33)	6,366 † (3.83)	45,924 (27.65)	9.916 (0.000)**
F7	23,154 (34.04)	2,437 (3.58)	4,531 † (6.66)	18,901 (27.79)	3,040 † (4.47)	15,957 (23.46)	3.300 (0.006)*
F8	17,967 † (46.10)	5,273 (13.53)	4,228 (10.85)	3,333 (8.55)	1,126 (2.89)	7,044 † (18.07)	4.163 (0.001)*
Total	1,331,139 † (40.44)	548,405 (16.66)	426,047 (12.94)	545,529 (16.57)	109,639 † (3.33)	330,542 † (10.04)	12.143 (0.000)**

Values are expressed as budget (ratio).

F values are derived by one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Bonferroni's post-hoc test.

A2, Microscope; A4, Optical wave generation / measurement equipment; A5, Radiation generation / measurement equipment; A6, Image analysis equipment; B2, Biotechnology / Analytical Equipment; B4, Separation Analysis Equipment; B5, Spectroscopy equipment; B6, Mass spectrometry equipment; B7, Particle Analysis Equipment; F1, Temperature / Heat / Humidity / Moisture Measurement Equipment; F4, Mass / weight / volume / density measurement equipment; F5, Force / torque / pressure / vacuum measurement equipment; F7, Fluid Flow Dynamics Measurement Equipment; F8, Surface Characterization Equipment.

† Republic of South Africa, Netherlands, Norway, New Zealand, Taiwan, Denmark, Latvia, Russia, Luxembourg, Lithuania, Belgium, Belarus, Bulgaria, Sweden, Switzerland, Spain, Slovenia, Ireland, Estonia, Austria, Czech Republic, Canada, Poland, France, Finland, Hungary, Hong Kong

* $p < .05$, ** $p < .001$.

† Statistically significant difference compared with Republic of Korea ($p < .05$).

제조국가별 구축금액 합계를 비교한 사후 검정 결과, 국내에서 제조·납품한 연구장비가 미국보다 통계학적으로 유의하게 낮았으며($p < .05$) 영국과 기타 국가보다 유의하게 높았다($p < .05$)(Figure 3). 특히 기초과학 연구시설·장비 분야 중 A4(광파발생/측정장비)와 F7(유체유량 역학 측정장비)에서 국내에서 제조·납품한 연구장비가 미국 다음으로 구축금액이 통계학적으로 유의하게 높았으며($p < .05$) F5(힘/토크/압력/진공 측정장비)에서 미국을 포함한 다른 국가보다 통계학적으로 유의하게 높았다($p < .05$). 또한 통계학적으로 유의하지는 않지만 A5(방사선발생/측정장비) 분야에서 국내에서 제조·납품한 연구장비가 미국을 포함한 다른 국가보다 가장 높은 구축금액을 나타냈고, F4(질량/무게/부피/밀도 측정장비) 분야에서 미국과 기타 국가 다음으로 구축금액이 높았다.

4. 고찰

본 연구에서는 연구시설·장비 시장현황 정보가 부재한 상황에서 국내에서 제조·납품한 연구장비의 시장규모와 시장점유의 국산화 수준을 통계학적 가설검증을 통한 유의 수준을 추정하기 위해 과거 14년 동안 국가R&D사업으로 도입된 연구시설·장비 중 기초·분석과학 연구분야에서 활용성이 높은 연구장비를 표준분류 체계 상 소분류 기준으로 선별하여 제조국가별로 구축 수와 구축금액의 차이를 비교 분석하였다. 본 연구 결과, 과학기술 경쟁력이 높고 연구장비개발 원천기술을 보유한 미국, 일본, 독일 등 주요 선진국이 국내 기초과학 연구시설·장비 분야의 대부분에서 통계학적으로 유의하게 연구시설·장비를 선점하고 있었다. 또한 제조국가별로 구축 수와 구축금액 합계로 비교하였을 때 국내 기업에서 제작·납품한 연구장비 규모는 장비수 기준 4위, 구축액 기준 3위로 높은 편이나 상대적으로 점유 비율은 10%대로 선진국 대비 저조한 실정이다. 하지만 세부적으로 각 소분류 단위 내 제조국가별 구축 건수와 금액을 사후 검정한 결과, 광파발생/측정장비, 방사선발생/측정장비, 질량/무게/부피/밀도 측정장비, 힘/토크/압력/진공 측정장비, 유체유량 역학 측정장비에서는 타 국가보다 국내 기업에서 제작·납품한 연구장비의 시장 규모나 점유율이 높았다.

연구시설·장비는 과학기술 활동을 지지하는 자원 및 제반 지원체계를 총칭하는 과학기술 하부구조, 즉 과학기술 인프라(infra)의 중요한 구성요소로서 연구기관이나 산업계 등 광범위한 분야에 걸쳐 활용이 되므로 연구시

설·장비의 특성(주장비/보조장비/부대장비), 활용대상 범위(단독활용/공동활용), 구축방법(구매/개발), 활용상태(활용/저활용/유휴/불용), 활용용도(시험/분석/계측/생산/교육), 구축비용(소형/중소형/중형/중대형/대형/초대형) 등 다양한 형태로 분류된다[7,12]. 이에 과기정통부에서 연구시설·장비의 효율적 운영관리체계를 마련하기 위해 국가연구시설장비의 표준분류체계를 2010년 제정, 2015년 개정을 통해 현재 8개 대분류, 54개 중분류, 410개 소분류로 정의하여 사용되고 있으며 ZEUS에 연구시설·장비 구축 후 30일 이내에 의무적으로 구축정보를 등록해야하고, 그 정보는 국가연구시설장비의 표준분류체계에 따라 DB화되어 관리된다. 따라서 본 연구에서 분석항목으로 활용된 국내 구축된 연구시설·장비의 점수는 연구장비 공공시장의 수요를 의미하고, 장비분야(표준분류)별 총 구축금액은 해당 장비의 시장규모로 정의할 수 있다[7].

더불어 과학분야에서 활용되는 장비는 크게 임상용 분석기와 연구용 분석장비로 나눌 수 있고, 연구용 분석장비는 더 하위수준으로 실험용 분석장비, 공정용 분석장비, 의료용 분석장비로 나뉘며 실험용 분석장비 시장이 가장 큰 비중을 차지하고 있다[9,10]. 또한 연구용 분석장비 시장규모는 '12년 39.3억 달러 규모인 약 4.3조 원이며 '16년 약 46.5억 달러 규모로 성장할 것으로 전망될 뿐 아니라 새로운 에너지자원 생산에 대한 수요증가로 인해 원소분석과 분리분석의 수요가 증가할 것으로 예측되며, 개발도상국이 성장을 주도할 것으로 전망된다[10]. 이에 본 연구에서는 기초·분석과학 분야에 활용성이 높은 실험용 연구 분석장비로 국한하여 표준분류체계 상 3개 대분류, 14개 중분류, 112개 소분류 장비 군을 조사·분석하였다.

본 연구에서는 제조국가별로 장비가 지니고 있는 세부 기술 단위의 현황 분석을 실시하였고, 그 결과 연구장비 개발을 위해 요구되는 기술 수준에 따라 국내 기업의 점유 규모가 통계학적으로 유의하게 상이하였다. 즉, 고도의 기술력을 필요로 하는 현미경, 질량분석장비, 분리분석장비 등의 국산화율은 다른 장비 군보다 상대적으로 저조한 반면 유체·유량, 무게·부피를 측정하거나 광파·방사선을 발생 및 측정하는 장비의 경우 기초연구 외에 여러 분야에서 활용되고 있어 국산화율이 높은 것으로 추측되는데 이는 활용용도 및 일반 산업의 수요가 높아 기업은 이미 자체 기술력을 확보한 것으로 사료된다. 또한 대부분 장비 군은 국산장비 구축건수와 구축금액의 각각 비율에서 큰 차이가 없으나 현미경, 방사선장비 등

은 큰 차이가 발생하였다. 현미경의 경우 국내 연구장비 구축건수는 많으나 구축금액이 낮은 이유가 국내 기업은 주로 저가의 현미경을 공급하는 것으로 추측되는 반면, 입자분석장비의 경우 구축금액 비율이 높아 국내 기업은 이미 기술력을 인정받아 고가의 장비를 공급하는 것으로 사료된다. 따라서 본 연구 결과를 통해 장비분야별 외산 대비 국산장비 현황과 활용수요가 많은 20대 핵심연구장비를 비교하여 중점 개발 대상 도출이 가능할 것으로 판단한다. 이는 대부분의 20대 핵심연구장비는 낮은 국산화를 가운데 더 열악한 장비분야에 포함되기 때문이다.

미국, 독일, 일본 등 주요 선진국들은 연구장비의 중요성을 이미 인식하여 지난 2004년부터 상호 경쟁적으로 연구장비의 개발 및 관련 기초·응용 연구에 대해 집중적으로 투자하고, 관련 산업육성을 통해 세계시장을 주도하고 있다[7,8]. 우리나라의 경우 과거 효율적인 연구시설·장비 구축을 위한 관리 중심에서 현재 연구자 중심의 연구 지원형 연구시설·장비 활용이 주요관심이 되었고, 정부에서 이를 촉진하기 위한 노력을 하였다. 그러나 향후에는 연구시설·장비 패러다임이 구축을 통한 활용에서 시대적 흐름에 따라 개발이 주요핵심사항이 될 것으로 예상된다. 즉, 과거의 연구시설·장비의 중복 투자를 방지하고 기존 장비를 다수의 연구자가 많이 활용하여 그 효율성을 높였다면 향후에는 우리 기술로 개발한 장비를 구축하여 구축 비용을 절감함과 동시에 개발 장비를 통해 수익을 창출할 수 있는 구조를 형성해야 할 것이다. 현재 역사적으로 오랜 전통을 보유한 미국, 독일, 일본 등 주요 선진국들의 다국적 기업들은 연구장비 개발 및 상용화 분야에서 이미 전 세계 시장을 지배하는 독과점 시장구조를 형성하고 있다. 이로 인해 국산연구장비가 국내 연구장비산업 시장에 설 자리가 비록 좁고 국내 제조사의 기술력과 자체 개발제품의 미흡, 국내 장비산업의 재무구조 취약, 그리고 고부가 가치 첨단장비의 제조 및 생산 부재 등[7] 국내 연구계의 외산장비 의존에 대한 주요 원인들이 거론되지만 본 연구 결과를 토대로 장비가 활용되는 환경(연구환경, 산업환경)마다 장비유형(표준분류) 및 금액별로 차별화 전략을 채택하여 성공적 융합생태계 운영이 가능하도록 지원되어야 할 것이다.

본 연구는 학문적으로 그리고 정책적으로 연구장비 개발 연구자나 기업 관계자, 그리고 연구장비산업을 육성하고자 하는 정책입안자에게 유의미한 정보를 제공할 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고, 몇 가지 제한점을 지니고 있으므로 이와 관련된 후속 연구에 대한 방향을 제시하고자 한다. 첫째, 비록 ZEUS DB에서 수집·관리되고 있

는 다수의 연구시설·장비가 존재하지만 본 연구에서는 연구진의 정성적인 평가 기준으로 국가과학기술 표준분류체계 상 기초·분석과학 연구분야로 국한하였기 때문에 연구시설·장비 모든 분야에 일반화시키기에는 다소 부족한 점이 있다. 둘째, 본 연구는 후향적(retrospective) 연구로서 이미 발생한 사실 자료를 기초로 가설을 검증하기 위한 추정통계 기법을 사용하였다. 셋째, 단지 제조국가별 구축 건수와 구축금액을 비교하였기 때문에 본 연구만으로는 연구시설·장비 구축 건수와 구축금액 간의 상관관계 및 기술 수준을 명확하게 설명하기 어려운 부분이 있다. 넷째, 국내 연구장비산업의 정확한 시장 실태 파악을 위해 연구장비 정의 및 분류체계가 부재한 상황에서 본 연구에서 활용된 연구시설·장비 정보는 국가 R&D사업을 수행했던 수요 자료로서 실제 국내에서 연구장비를 제조·납품하는 기업 정보를 대상으로 관찰하지 못하였다는 점이다. 따라서 향후 연구에서는 위의 제한점을 보완하여 연구문제를 기획하고 난 후 그 이후에 발생할 수 있는 현상이나 내용 등을 예측하는 전향적(prospective) 연구가 함께 이루어져야 할 것이다.

4. 결론

본 연구는 ZEUS DB를 활용한 제조국가별 기초·분석과학 분야의 국가연구시설장비 구축 현황 관련 추정통계 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제조국가별로 연구시설·장비 구축 수와 구축금액이 상이하므로 연구장비 개발 기술 수준을 가늠할 수 있는 장비유형(표준분류)이나 구축금액별로 정부의 연구장비 국산화 차별화 전략이 필요할 것이다.
2. 기초·분석과학 분야에 있어 광파발생/측정장비, 방사선발생/측정장비, 질량/무게/부피/밀도 측정장비, 힘/토크/압력/진공 측정장비, 유체유량역학 측정장비의 국산 점유율이 높은 수준이므로 기업들의 고도화된 기술력을 바탕으로 상용화연구 단계에서 응용 및 기술개발 등 산업화 단계로의 진입을 적극적으로 유도할 수 있는 연구기획이 필요하다.
3. 기초·분석과학 분야에 있어 대부분의 연구시설·장비는 주요 선진국 대비 국산 점유율이 저조하므로 구축 수와 구축금액이 낮은 장비분야부터 기업들의 투자를 유치할 수 있는 요인을 모색하고 산·학·연 협동으로 기초연구 단계부터 기술력을 확보하

는 별도의 연구기획이 필요하다.

Reference

- [1] Ministry of Science and ICT. "2016 National Research and Development Project Survey and Analysis Report", *Korea Institute of S&T Evaluation and Planning*, Oct 2017.
 - [2] Ministry of Science and ICT. "2015 National Research and Development Project Survey and Analysis Report", *Korea Institute of S&T Evaluation and Planning*, Oct 2016.
 - [3] OECD. "Release of Main Science and Technology Indicators - Latest estimates of R&D investment in OECD and major economies", 2017, Available From: <http://oe.cd/msti>
 - [4] Ministry of Science, ICT and Future Planning. "Plan for the operation and utilization of national research facilities and equipment (plan) (2013 ~ 2017)", April 24 2013.
 - [5] Ministry of Science and ICT and 16 ministries. "Plan for the operation and utilization of national research facilities and equipment (plan) (2018 ~ 2022)", January 19 2018.
 - [6] Ministry of Science and ICT. "National Research Facilities & Equipment Trends 2016", *National Research Facilities & Equipment Center*, December 2017.
 - [7] S. I. Jeong. "Domestic Research Equipment Industry Analysis and Competitive Strategy", *Proceedings of the Korea Technology Innovation Society Conference 2017*, Korea Technology Innovation Society, Jeju, Korea, pp.311-328, Nov 2017.
 - [8] TechNavio. "Global Laboratory Analytical Instruments and Consumables Market 2018-2022", pp.2-131, Feb 2018, Available From: <https://www.technavio.com>
 - [9] H. R. Jo. "Research on Convergence R&D Policy through Network Analysis of Research Equipment", *Proceedings of the Korea Technology Innovation Society Conference 2017*, Korea Technology Innovation Society, Daejeon, Korea, pp.335-356, May 2017.
 - [10] J. H. Lim, J. H. Lee, M. S. Jeong, T. W. Kwon, W. R. Kim. "A Study on Technology Planning Roadmap for Analytical Science", Korea Basic Science Institute, Korea, pp.7-98, December 2015.
 - [11] J. W. Choi, S. B. Kwon, S. M. Park, B. R. Yeon, B. B. Kim. "Research Trends in Domestic and Overseas Research Equipment Industry", Korea Basic Science Institute, Korea, pp.23-102, December 2018.
 - [12] S. S. Seol, I. H. Kim. "Distibution Patterns of Research Equipments in Korea", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.9, No.3, pp.471-495, April 2006.
- UCI: G704-001043.2006.9.3.008

김 창 용(Chang-Yong Kim)

[정회원]



- 2015년 2월 : 고려대학교 일반대학원 보건과학과 재학공학전공(이학박사)
- 2015년 2월 ~ 2017년 1월 : 고려대학교 보건과학연구소 연구교수
- 2017년 2월 ~ 현재 : 한국기초과학지원연구원 국산장비신뢰성평가센터 선임연구원(Post-Doc.)

<관심분야>

과학기술정책, 국가연구시설장비, 성능평가, 보건의료

정 태 원(Taewon Chung)

[정회원]



- 2014년 8월 : 과학기술연합대학원대학교 과학기술정책전공 (과학기술정책 석사)
- 2015년 1월 ~ 현재 : 한국기초과학지원연구원 정책전략팀 기술원

<관심분야>

과학기술정책, 국가연구시설장비 정책

공 재 현(Jaehyun Kong)

[정회원]



- 2009년 8월 : 서울대학교 공과대학원 산업공학과 (공학박사)
- 2012년 1월 ~ 2012년 12월 : 한 국생산기술연구원 정책기획팀장
- 2013년 1월 ~ 2018년 9월 : 경기도경제과학진흥원 과학정책팀장

- 2018년 10월 ~ 현재 : 한국기초과학지원연구원 국산장비신뢰성평가센터 선임기술원

<관심분야>

과학기술정책, 4차산업혁명, 국가연구시설장비

서 인 수(In-Su Seo)

[정회원]



- 2014년 2월 : 충남대학교 임산공학
학과 (임산공학박사)
- 2014년 7월 ~ 현재 : 한국기초과
학지원연구원 국가연구시설장비진
흥센터 선임기술원

<관심분야>

국가연구시설장비 정책, R&D통계, 연구장비 교육

박 찬 수(Chan-Soo Park)

[정회원]



- 1995년 8월 : 고려대학교 일반대
학원 지질학과 (이학박사)
- 1993년 6월 ~ 2018년 6월 : 한국
기초과학지원연구원 책임연구원
- 2018년 8월 ~ 현재 : 한국기초과
학지원연구원 국산장비신뢰성평가
센터 센터장

<관심분야>

연구장비산업 정책, 기술경영