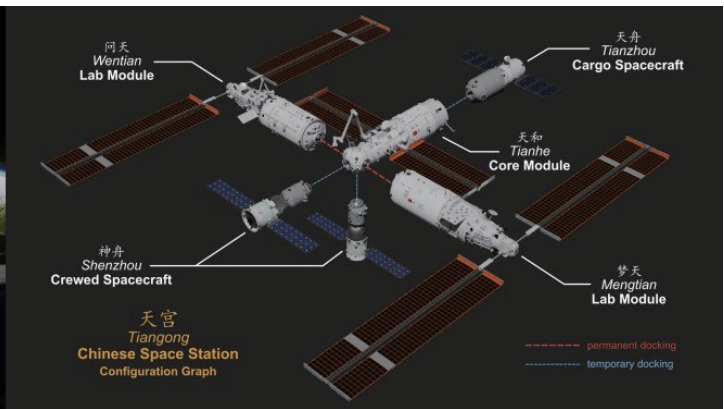


아시아브리프

Current Issues and Policy Implications



〈그림 1〉 대한민국의 425 EO위성과 중국 우주정거장 티안궁



출처: Wikipedia

KASA 출범...아시아의 경쟁적 우주개발에 세계가 놀란다.

Summary Of Article

#김승조 서울대학교

한국항공우주청(KASA)이 2024년 5월 27일 마침내 출범하였다. 우주탐사에 대한 아시아지역 국가들의 관심이 높다. 특히 중국, 인도, 일본의 세 국가는 전 세계적으로 보아도 우주탐사에 앞서가고 있는 열성적인 국가이다. 대한민국도 이들보다는 좀 늦게 시작했지만 최근 들어 인공위성과 발사체 개발에 박차를 가하고 있으며 우주항공청 설립으로 한 단계 더 도약을 꿈꾸고 있다. 이 글에서는 이들 네 국가의 우주기술관련 연구개발 현황을 살펴보고 전 세계적인 관점에서 이들의 경쟁력도 분석해 보고자 한다.

중국의 우주기술 개발과 탐사

중국의 우주개발은 소련, 미국과 마찬가지로 대륙간 탄도 미사일 기술 확보를 위한 노력에서 시작되었다고 볼 수 있다. 미국 칼텍(캘리포니아공과대학교, Caltech)의 JPL(제트추진연구소) 설립자 중 하나인 항공역학자 전학삼(錢學森, Hsue-shen Tsien)교수가 중국으로 귀국하게 되면서 중국의 우주기술 개발이 시작된다. 전교수의 지휘로 1960년 12월에 R-2를 복제한 미사일 발사에 성공하게 된다. 동풍-1(東風-1, DF-1)의 개발 성공에 이어 1966년 10월 동풍-2A를 발사해 공중에서 점화해 원자폭탄을 터트리는 데 성공한다. 1970년 1월에는 2단 동풍-4(DF-4) 미사일의 발사 시험에 성공해 ICBM 기술에 있어 중요한 다단로켓, 비행 중 엔진점화, 자세제어 기술들의 개발에 성공하게 된다.

1970년 4월 동풍-4 미사일의 궤도진입용 고체로켓을 3단을 장착한 창정-1(長征-1, CZ-1) 로켓에 173kg 무게의 Dong Fang Hong(東方紅) 인공위성을 실어 내몽고에 건설된 지우관(Jiuquan, 酒泉) 우주 발사장에서 성공적으로 발사하였다. 이로써 중국은 간발의 차이로 일본에 뒤처진 세계 다섯 번째 우주발사체 보유국이 되었다. 1975년에는 약간 성능을 개선한 창정-2 로켓으로 1.1톤 무게의 창공-1호 위성을 성공적으로 발사하면서 우주 발사국으로 자리를 잡았다. 1982년에는 창정-2를 개선하여 2.5톤을 저궤도에 올릴 수 있는 창정-2C 개발에 성공한다. 그 이후 유인 우주선을 발사할 수 있는 창정-2F를 위시하여, 창정-3에서 창정 12에 이르는 다양한 로켓을 개발하여 사용하고 있거나 현재 개발 중에 있다.

이중 창정-5는 중국의 최고 성능의 대형 발사체로 저궤도에 25톤의 위성을 올릴 수 있고 천이 정지궤도에는 15톤까지도 올릴 수 있다. 발사장을 하이난섬에 새로이 건설하고 창정-5 와 창정-12는 이 새로운 발사장에서 발사하고 있다.

2003년에는 최초의 중국 우주인 양리웨이를 태운 쉐ن조우-5 우주선을 성공적으로 궤도에 올리고 21시간 동안 14회 지구를 돌고 무사히 귀환하면서 소련, 미국에 이어 세계 세 번째 국가로 유인 우주시대를 열었다. 2007년에는 창어 1호를 달 궤도에 올리면서 달 탐사에도 나섰다. 2010년에는 창어-2를 달 궤도로 올렸고 2013년 창어-3(2013) 착륙선을 대형 분화구 지역에 착륙시켰다. 2019년 1월에는 세계 최초로 달 뒷편 폰카르만 분화구에 창어-4를 착륙시켜 전 세계를 놀라게 하기도 했다. 2020년에는 창어-5를 달 앞면 북지역에 착륙시켜 1.7kg 상당의 달 표층 샘플을 지구로 가져오는 데 성공했다. 2024년 올해 5월 8에는 두 번째로 달 뒷면을 탐사할 창어-6을 발사하였고 초대형 분화구에 착륙하여 달 표층 암석을 채집해 오는 데 성공했다.

2007년 독자적인 항법위성 체계인 베이두를 성공적으로 궤도에 올리기 시작해 2012년 말에는 열네 기로 구성된 위성망을 구성해 아시아 태평양지역에서 서비스를 시작하였다. 2020년에는 스물네 기의 중궤도 베이두-3 위성들을 모두 궤도에 안착시켜 글로벌 항법 시스템을 완성하여 미국의 GPS와 글로벌 항법정보서비스의 경쟁에 나섰다.

2012년에는 최초의 우주정거장으로 8톤 무게의 티안궁(天宮)-1호를 궤도에 올리고 연달아 쉐ن조우-8을 발사하여 수동 랑데부에 성공하고 2012년에는 중국 최초 여성 우주인 리우양을 포함한 세 명의 우주인을 태운 쉐ن조우-9호를 도킹시키는 데 성공한다. 2016년에 본격적인 우주정거장 티안궁-2를 궤도에 올리고 두 명의 우주인을 태운 쉐조우-11의 도킹에 성공했다.

중국은 화성탐사에도 나서게 된다. 2020년 7월 23일 티안웬(天問)-1 화성 탐사선을 성공적으로 발사하여 화성 천이궤도로 올렸으며, 6개월여 만인 2021년 2월 10일 화성 궤도에 진입하였고 Zurong 착륙선/로버는 5월 14일 화성 지표면 연착륙에 성공하였다.

일본의 우주개발과 탐사

일본의 로켓 개발은 도쿄대 항공우주학과 이토카와 대학교수가 1954년부터 개인적으로 시도한 펜솔로켓 연구가 시발점이다. 이토가와교수의 소형 고체로켓 연구는 그 후 지속되어 베이비 로켓, 스물

일곱 종류의 카파 로켓 시리즈, 아홉 종류의 람다 로켓 시리즈, 여덟 종류의 뮤 로켓 시리즈로 대형화 해갔다. 1970년 2월에 람다 4S로 처음으로 인공위성을 쏘아 올리게 되면서 일본은 세계 네 번째 우주 발사체 보유국이 되었다.

한편, 액체연료 로켓은 1970년대 엔진 기술을 미국으로부터 라이선스 생산으로 도입하여 사용하게 된다. 이렇게 해서 1975년에 N-1 로켓이 개발되어 성공적으로 발사되었다. 그런데 1980년에 N-1 6호기의 발사가 실패하면서 자체 기술의 H 시리즈 로켓 개발에 박차를 가하기 시작한다. H-1 로켓에도 1단에는 라이선스 받은 엔진을 사용했지만 2단 엔진으로 액체수소 엔진 LE-5와 고체 연료 3단 엔진 UM-129A를 자체 개발하여 사용하기 시작하였다. 그리고 1994년 발사에 성공한 H-II 로켓에서는 1단 엔진 LE-7과 고체로켓 부스터의 개발에도 성공하여 전체 로켓시스템의 완전한 국산화를 달성했다. H-II에서는 당시 세계 최고 기술로 인정받았던 액체수소와 액체산소를 사용하는 LE-7을 개발하면서 기술적인 난도는 매우 높지만 비추력을 최대화할 수 있는 다단계식 연소 사이클을 적용하게 된다.

그러나 H-IIA로켓을 통해 저렴화했음에도, 이 엔진의 제작에는 너무 어려운 기술이 필요했고 제작비도 높았다. 따라서 이 엔진은 세계 상용시장에 제대로 진출하지 못했다. 특히 SpaceX가 팰컨-9 로켓의 재사용을 통해 저렴하게 발사하기 시작하자 일본은 가격경쟁력을 위해 차세대 로켓 H3 개발에 나섰다. 2013년에 시작한 H3는 개발이 늦어지면서 2023년에야 첫 발사에 나섰으나 실패하였고 2024년 발사에서 겨우 성공하였다. 그러나 재사용이라는 요즈음의 중요한 화두가 빠져 있어 가격 경쟁력이 없을 것으로 보인다.

2003년 M-5 로켓으로 하야부사(Hayabusa) 소행성 탐사선을 발사에 성공하였고 2010년 소행성에서 채취한 물질을 싣고 지구로 재진입 귀환에 성공하면서 가져온 물질량은 아주 적었지만 세계적인 관심을 끌었다. 그 이후에 소형화한 엡실론(Epsilon) 고체로켓도 1단 추력이 230톤이었고 정밀 궤도 진입을 위해 옵션으로 4단까지 장착할 수 있었다.

한때 일본의 우주 기술 개발은 세 개의 연구기관이 분산되어 담당하고 있었는데 2003년 하나의 연구기관으로 통합하여 현재의 JAXA가 탄생하여 국가 우주항공 분야 연구개발을 지휘하고 있다.

2021년 기시다 수상은 2020년대 말까지 유인 우주선을 개발해 달에 일본인 우주인을 보내겠다는 의지를 피력했다. 일본은 현재 뉴스

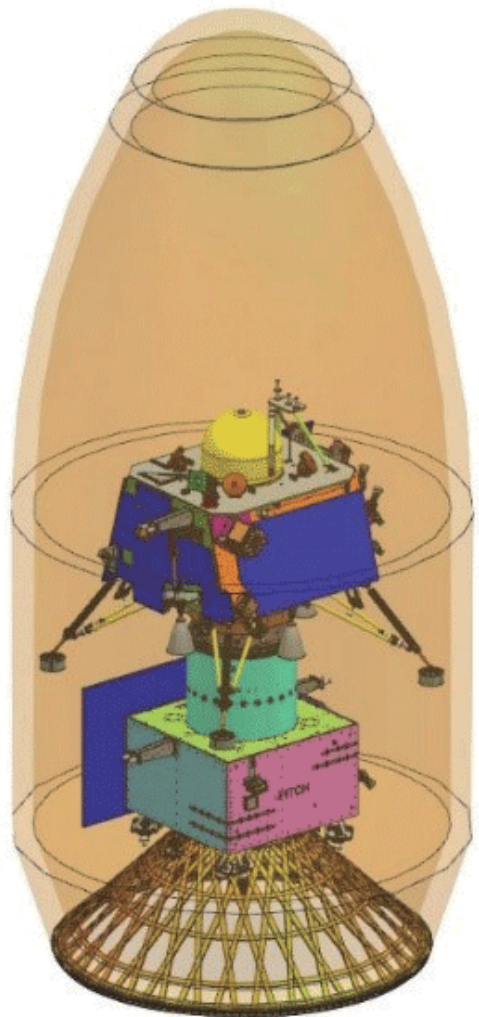


〈그림 2〉 찬드라얀 달 탐사선 발사 장면과 페어링 내부에 앉아 있는 모습

페이스 우주항공 기업들이 많이 설립되어 발사체에서부터 달 착륙선까지 개발하고 있어 미국, 중국에 이어 민간 우주개발이 활발하게 일어나고 있다.

인도의 우주기술개발 및 탐사

인도의 현대적 우주기술 연구개발은 1969년 인도 우주 연구기구인 ISRO(Indian Space Research Organization)가 설립되고 나서부터이다. 1979년 소형로켓 SLV(Space Launch Vehicle)를 개발해 1980년 발사 시 궤도에 올리면서 소련, 미국, 프랑스, 영국, 일본, 중국 다음으로 세계 7번째 우주발사 능력을 보유한 국가가 되었다. 1990년대 들어 좀 더 성능이 좋은 PSLV(Polar Satellite Launch Vehicle)의 개발에 나섰다. 600kg 위성을 550km 태양동기궤도에 올릴 수 있는 로켓이었다. 1차 발사 실패 그리고 2차 발사는 부분 실패하였으나 이들 초기 실패를 거치면서 신뢰성을 확보하여 그 이 후 단 1회의 실패를 제외한 57회의 발사 모두를 성공적으로 수행하면서 상당한 상업 발사 실적을 올리기도 했다. 대형화해가는 정지궤도 위성을 올릴 수 있는 로켓의 필요성을 절감한 ISRO는 더 성능이 높은



출처: ISRO(Indian Space Research Organization)

GSLV(Geosynchronous Satellite Launch Vehicle)의 개발에 나선다. 2001년 4월 1차 발사를 시도하였으나 위성을 정해진 궤도에 올리지 못했다. 2, 3차 발사는 성공적이었지만 GSLV는 현재까지 16회 발사에 10번 성공이라는 최악의 성공률을 가지게 된다.

인도는 2008년 10월 22일 1.38톤 무게의 찬드라얀-1호 달 탐사선을 성공적으로 발사했다. 달의 남극지역에 물이 존재하는지를 알아보기 위해 궤도선에서 떨어뜨릴 충격체도 싣고 갔다. 같은 해 11월 8일 달 궤도에 도달한 후 11월14일 충격체를 남극 부근의 Shackleton 분화구에 떨어뜨려 충격으로 생긴 먼지로부터 물 분자의 존재를 확인하면서 세계적인 뉴스가 되었다. 2019년 7월 12일 LVM3 로켓으로 3.85톤의 달 탐사선 찬드라얀-2호를 성공적으로 발사해 동년 8월20일 달 궤도에 도달했다. 이 탐사선은 궤도선, 착륙선, 로버로 이루어져 있었다. 9월 6일 착륙을 시도했으나 달 표면과 소프트웨어 에러로 추락해 버렸다. 그 후 2023년 7월 14일 3.9톤짜리 찬드라얀-3호를 발사하여 21일 후인 8월5일 달 궤도에 안착했다. 3호는 2.15톤의 대형 추진 모듈과 1.7톤의 착륙 모듈 그리고

26kg의 로버로 이루어져 있었다. 8월 23일 착륙 모듈이 성공적으로 착륙함으로써 인도 국민을 열광하게 하였다. 인도는 2013년 11월5일 화성 탐사를 위해 화성 궤도선을 성공적으로 발사하였다. 일명 망갈리안으로 불리는 1.34톤의 궤도선은 298일 여행 끝에 2014년 9월 화성궤도에 들어갔다. 세계 네 번째로 화성궤도에 올랐고 중국보다 앞선 것이었다. 인도의 달과 화성 탐사선들은 개발비용이 보통국가들의 저궤도 위성보다도 적게 들어 전 세계적으로 저비용 우주탐사기술을 가진 나라로 유명하게 되었다.

대한민국의 우주기술 개발과 탐사

우주 분야기술 개발은 1989년 한국항공우주연구원(KARI)이 설립되면서 우주 개발의 기반이 마련되었다고 볼 수 있다. 1992년 국내 최초로 50kg급 소형 실험 위성인 우리별 1호의 발사에 성공하였고 1999년 한국항공우주연구원(KARI)은 460kg급 전자광학(EO, Electro-Optical) 위성, 아리랑 1호를 성공적으로 궤도에 올려 본격적인 실용급 지구 관측 위성 기술을 축적하기 시작했다. 로켓 분야에서는 1993년 소형 과학 로켓(KSR-I)과 1999년 중형 과학 로켓(KSR-II) 개발에 성공하며, 발사체 고체 로켓 기초기술을 획득했다.

2000년대는 우주 개발의 기초 원천 기반을 강화한 시기로, 2003년 과학기술 위성 1호, 2006년 해상도 1미터의 전자광학 위성인 아리랑 2호를 개발해 위성 기술과 성능을 향상시켰다. 2002년에는 액체 추진 과학 로켓(KSR-III)의 개발로 액체 로켓에 대한 기초기술을 획득했다. 또한 2010년에는 정지궤도 위성 천리안 1호의 발사에 성공하여 통신, 해양, 기상관측에 활용하였다.

2012년 다목적 실용 위성 3호(광학), 2013년 SAR(Synthetic Aperture Radar, 합성개구레이더) 위성인 아리랑 5호, 2015년 적외선(IR, Infra-Red) 위성 아리랑 3A호(적외선)를 성공적으로 개발했다. 이를 통해 위성을 통한 관측영상의 다양화와 다중 위성 운영 경험을 쌓기 시작하였다. 그리고 2018년의 정지궤도 위성 천리안 2A(기상/우주 관측)와 2020년 천리안-2B(해양/환경 관측)가 아리안5 발사체로 성공적으로 궤도에 올랐다.

1998년 북한의 대포동 미사일 발사에 자극받아 본격적인 국가적인 지원을 받판으로 우주발사체 개발이 시작된다. 2000년대 러시아가 정부와 기술협정을 맺고 RD-191 엔진 하나를 부착한 로켓 1단 3기를 구매하는 계약을 맺었다. 2단은 우리가 개발한 고체 로켓을 부착하였고 페어링도 우리가 개발하였다. 나로호(KSLV-I)는 2009년 8월 첫 번 발사에 이어 2010년 6월 2차 발사에 나섰으나 모두 실패하였다.

이후 이런저런 이유로 여러 번의 발사 연기를 거친 끝에 2013년 1월 30일 마침내 발사되어 성공적으로 나로 과학위성을 궤도에 올리게 된다. 이 발사 성공으로 우리나라도 우주 발사국의 대열에 합류하게 되었다.

나로호의 성공적인 발사에 힘입어 누리호로 이름 지어진 KSLV-2의 개발예산 지원이 날개를 달게 되었고 자체 기술로 케로신/액체산소 연료조합의 75톤급 엔진을 성공적으로 개발하게 된다. 누리호는 2022년 6월 22일 성공적으로 발사되면서 로켓 기술 자립화를 이루었고 자체 개발 우주발사체 보유국이 되었다. 누리호는 1.5톤 무게의 위성을 고도 600~800km의 태양동기궤도에 올릴 수 있는 능력을 보유하고 있다. 위성개발도 지속해서 진행되어 SAR 위성인 아리랑 6호의 개발이 끝나 발사 대기 중이며 30cm 해상도의 EO/IR 위성인 아리랑 7호와 7A호를 개발하고 있다.

한편 위성 부품의 국산화율을 높인 차세대 중형위성과 425 사업으로 불리는 SAR 위성 4기와 EO위성 1기로 이루어진 정찰위성 개발사업도 진행 중이다. 달탐사계획도 진행되고 있는데 먼저 달 궤도선인 다누리 우주선은 2022년 8월 5일에 발사되어 12월 28일에 달 궤도로 들어갔다. 현재로는 성능이 향상된 차세대로켓 KSLV-3를 2030년대 초반까지 개발하여 달 착륙선을 실어 무인 착륙하는 계획을 추진하고 있다. 이러한 결과로 인해 한국항공우주청(KASA)이 2024년 5월 27일 출범하였다.

세계 속에서 아시아 우주개발 경쟁과 우리의 각오

이제까지 아시아의 우주개발 경쟁 상황을 살펴보기 위해 중국, 일본, 인도, 한국 4개국의 우주기술 개발 현황과 탐사활동들을 살펴보았다. 중동 아시아까지 포함한다면 이스라엘, 이란, UAE, 그리고 북한이 우주개발 경쟁국에 포함될 수도 있다. 그러나 궁극적으로 우주경쟁에 끼어들려면 상당한 크기의 물체를 지구궤도나 달 화성 등에 올릴 수 있어야 한다고 보는 것이 필자의 생각이다. 북한은 상당한 수준의 탄도탄 기술은 가지고 있어 보이고 이를 통해 위성도 올리려고 시도하고 있지만 지금까지는 ICBM 개발국 정도라고 본다. 이스라엘과 이란이 자그마한 발사체를 가지고 있지만 아직은 의미 있는 우주물체를 올리고 있다고 보지 않는다. UAE는 화성 탐사용 궤도선을 성공적으로 올려 화성 지도를 만드는 등 전 세계를 놀라게 할 정도의 업적을 쌓았지만 미국 대학들의 기술로 이룬 성취이고 우주기술 개발에 대한 의지는 대단하지만 아직은 우주경쟁의 주요 멤버는 아니라고 본다.

일본, 한국, 인도, 사우디, UAE 등은 미국 주도의 달과 화성 탐사를 위한 Artemis 협약에 가입하고 있어 탐사 기술 습득만이 아니라 달 식민지화를 위한 우주인 양성에도 도움을 받을 것으로 기대된다.

그러면 아시아의 4대 우주기술 강국을 약간 더 분석해 보자. 일단 중국은 발사체의 종류, 연간 발사횟수, 인공위성 숫자, GNSS(Global Navigation Satellite System) 망 보유, 우주정거장 건설, 그리고 달 탐사, 화성 탐사능력 등을 감안할 때 아시아에서는 상대자가 없다고 본다. 특히 20년 전만 해도 중국에 앞섰던 일본 우주기술이 새로운 패러다임 적응하지 못하는 정책으로 침체되어 해매고 있고, 인도도 활발하게 우주기술 개발과 탐사를 하고는 있지만 상대적으로 적은 우주예산에다 발사체와 위성들이 낡은 기술에 의존하는 탓으로 신뢰성도 낮아 능력 면에서 중국에 한참 밀린다고 본다.

우주경쟁에서 우주발사 능력이 가장 기본적인 경쟁의 척도라고 볼 때 현재 전 세계가 완전히 미국의 개인기업 SpaceX사에 완전히 압도당하고 있다.

올해의 발사실적을 보면 압권이다. 2024년 5월 15일 현재 SpaceX는 팰컨-9으로 50회의 성공적인 발사를 했지만 미국의 발사체 강자였던 ULA사는 올해 발사 1회와 시험발사 1회로 NASA를 포함한 미국 전체로 보아도 제대로 된 발사는 2회일 뿐이다. 유럽은 로켓이 없어 올해는 한발도 발사를 못 했다. 일본은 지난 2년간 매년 발

사 실패를 겪으면서 죽을 쑤다가 올해는 2회 발사에 성공했다. 러시아는 예전의 명성을 잃어 가는지 아직 6회 발사에 그쳤고 인도는 예년 성적으로 2회의 발사를 했다, 중국정부 우주기관(CASC, China Aerospace Science and technology Corporation)은 올해, SpaceX를 의식했는지, 100회 발사를 공언했지만 아직 17회 발사에 그치고 있다. 중국의 우주발사는 창정2, 3, 4 계열들이 주축이라 우려된 우주물체의 질량으로 보면 팰컨-9에 많이 뒤진다. 2023년 실적을 보면 SpaceX가 올린 우주물체 질량의 1/10 정도를 중국이 올렸고 전 세계를 포함해도 SpaceX 혼자서 거의 80%의 우주물체를 올린 것으로 보인다. 현재 지구궤도에서 운용되는 위성, 약 9,000여기 중 6,000기 정도가 SpaceX사의 위성들이다. 우주발사 능력의 관점에서 볼 때 현재 전 세계에는 백설공주 SpaceX와 나머지는 일곱 난쟁이들이 있다고 해도 과언이 아닌 형국이다. SpaceX의 혁신에 의해 기존 우주기관이나 업체들은 모두 파괴되고 있다는 관점에서 전 세계 기존 우주체계가 지리멸렬 상태인 것이다. 아직 한국은 난쟁이 수준도 안 되지만 SpaceX 빼고는 모두가 다시 시작점에 서 있다고 볼 때 우리에게 기회가 있다고 본다. 우주산업은 인근 기술 분야의 발전 없이는 국제적 경쟁력을 가지기 힘들다. 대한민국은 현재 대부분의 첨단기술 분야에서 세계 정상수준이다. 우주산업이 발전할 좋은 환경에 놓여 있는 것이다. 지금이라도, 새로 신설될 우주청을 중심으로, 관산연학이 도전적인 목표로 연구개발에 매진한다면 우리 대한민국의, 허명만이 아닌, 산업 경쟁력 있는 우주강국으로 성장해 나갈 수 있다고 본다.

Tag: SpaceX, 달탐사, 로켓, 우주탐사, 인공위성

김승조(sjkim@snu.ac.kr)

현) 서울대학교 항공우주공학과 명예교수, 미국항공우주학회(AIAA) Fellow
전) 한국항공우주연구원 원장, 한국항공우주학회 회장

주요 저서: 『파괴적 혁신의 도심항공교통(UAM)』 (공저), (우주항공기술전략연구원, 2022).

『우주기술의 파괴적 혁신, 이젠 5차산업혁명이다』 (텍스트북스, 2023).

* 이 글의 내용은 아시아연구소나 서울대의 견해와 다를 수 있습니다.

발행처: 서울대학교 아시아연구소, HK+메가아시아연구사업단

발행인: 채수홍 편집위원장: 채수홍 편집위원: 이명무, 김윤호, 최용주

객원편집위원: 박정원 편집조교: 박효진, 박하경 디자인: 박종홍

연락처: 02-880-2087, infodeskforbrief@gmail.com

아시아브리프의 목표

- 아시아의 현안 분석과 정책적 함의 제시
- 한국의 아시아 진출 전략 개발
- 메가아시아 건설을 위한 공론장