

발사체개발의 기술혁신패턴과 전개방향(上)

오재건 / 과학기술정책연구원

1. 서 언

오늘날 우주개발 선진국들은 그 나라의 경제적, 기술적, 군사적 능력을 바탕으로 우주개발계획을 세우고 추진함으로써 과학기술발전의 원동력이 되고 이를 통한 첨단기술산업을 창출함으로써 국제사회에 공헌하고 있다. 이에 따라 세계 각국은 우주개발의 利用意義와 21세기 기술우위를 先占하기 위해서 우주개발에 적극적인 참여를 준비하고 있으며, 마야호로 우주개발은 개발도상국가를 포함하여 지구적 규모로 확대되어가고 있다.

이러한 시점에서 최근 북한이 대포동미사일을 이용한 인공위성을 발사했다고 주장한(1998년 8월) 것을 계기로 당초 2010년에 계획된 저궤도위성발사체개발과 발사목표(100kg급의 과학위성 2호를 지구저궤도에 발사)를 2005년으로 앞당기게 됨으로써 국내관련업체 및 연구기관의 기술확보가 그 어느 때보다 중요하게 제기되고 있다.

우리나라의 로켓관련기술은 '70년대 중반 방위산업측면에서 군사용로켓개발과 함께 출발하였으며, 현시점에서 보면 약 30년 가까운 개발경험

을 갖고있으며, '90년대에 들어서 우리별 1, 2, 3호와 무궁화 1, 2, 3호를 보유하게 되었고, 최근 중형 과학관측로켓의 발사가 성공한 바가 있다. 그러나 로켓관련기술은 주로 시스템 중심의 설계기술위주로 기술이 확보되었고 개발비용이 많이 드는 핵심소재 및 부품은 선진국에서 구입하여 사용하는 형태로 개발이 추진되었기 때문에 국내발사체개발을 위한 핵심기술의 확보가 부족한 실정에 있다.

특히 MTCR(Missile Technology Control Regime : 미사일통제기술)규제에 의거 부품판매 및 관련기술의 기술이전이 사실상 불가능해짐에 따라 발사체기술확보를 위해서는 자력개발전략을 추진하지 않으면 안 되는 입장에 있으며, 더욱이 2005년 3단형 과학관측로켓의 발사목표를 달성하기 위해서는 이에 필요한 요소기술의 확보와 기술혁신체제를 어떻게 확보해 나아가느냐가 중요하게 제기되고 있다.

본 고에서는 이러한 필요성에 입각하여 수행된 “우주산업의 기술혁신체제와 전개방향(발사체산업을 중심으로)”을 요약하여 소개하고 몇 가지 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

II. 국내발사체개발의 기술혁신실태와 당면과제

1. 발사체 개발목표와 추진현황

가. 고성능 과학관측로켓 및 인공위성 발사체 개발목표

고성능 과학관측로켓 및 인공위성 발사체의 개발목표를 보면 2005년 100kg급 소형위성 발사체개발, 2007년 200kg급 위성 발사체 개발, 2010년 500kg~1,000kg급 실용위성 발사체의 개발로 이어져 국내 및 세계 저궤도위성 발사체 시장에 참여할 계획으로 추진하고 있다.

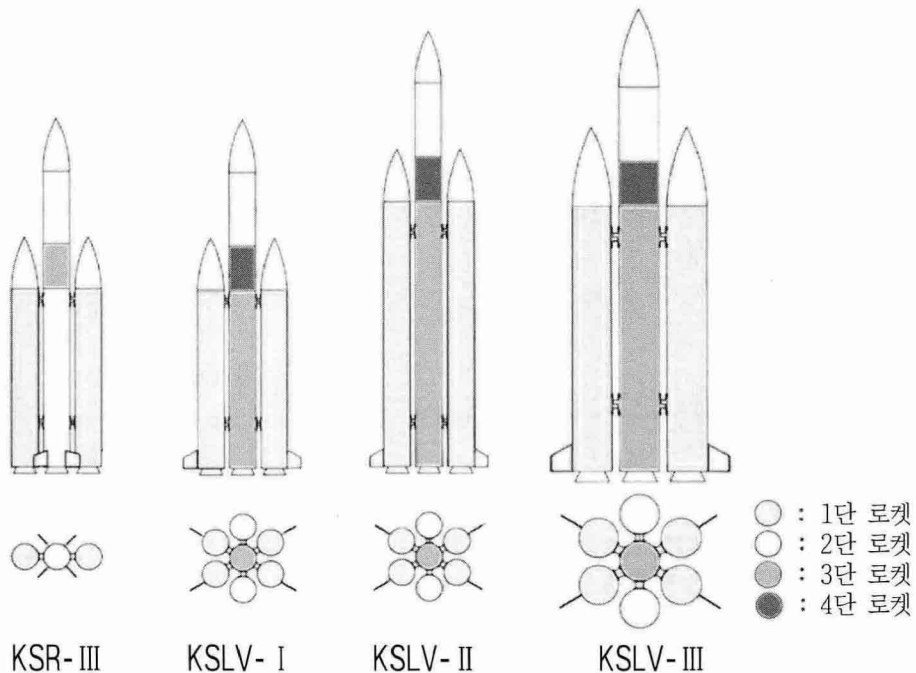
- KSR-III : 2002년까지 150kg급 탑재물을 고도 900km까지 올릴 수 있는 고성능 과학관측로켓
- KSLV-I : 2005년까지 우리별 1호급 인공위성

을 국산로켓으로 첫 발사

- KSLV-II : 2007년까지 탑재물 200kg급 위성 발사체 발사
- KSLV-III : 2010년까지 탑재물 500kg~1,000kg급 실용위성 발사체 개발 및 발사 서비스 시장에 참여

나. 국내 로켓 및 발사체개발 현황

국내발사체 개발현황을 보면 과학관측로켓(KSR-I~1, 2), 2단형 과학관측로켓(KSR-II~1, 2)의 시험발사를 성공적으로 추진하였으며, 현재 3단형 과학관측로켓(KSR-III의 기본형 및 응용형)의 2001년 및 2002년에 각각 시험발사할 계획으로 추진되고 있다. 이미 개발에 성공한 1단 및 2단형 과학관측로켓(KSR-I, II)은 고체로켓기술로 미사일이나 우주발사체의 추력보강로켓으로 많이 사용하고 있는데 시스템설계기술은 국제수준이나 각종 소재는 수입에 의존하고 있으며, 이



[그림 1] 3단형 과학로켓 및 인공위성 발사체

에 참여하고 있는 (주)한화, 삼성항공 등 국내기업체의 제작기술 역시 국제적으로 높은 수준이며, 시험시설이나 인증기술도 거의 갖추고 있는 실정에 있다.

한편 액체 추진제 로켓관련기술은 설계기술은 지난 '90년대 초부터 항공우주연구소가 중심이 되어 확보하고 있으며, 확보한 기술을 이용하여 그 동안 소형로켓엔진을 성공적으로 개발시험과정을 완료하였다. 또한 로켓관련기술은 관련기업에서 일반산업기술 및 고체로켓기술과 중복되어 국내에 상당히 확보된 상태에 있고, 시험시설은 엔진의 성능시험과 기술이 필요한데 추력 1톤급 엔진성능시험시설은 항공우주연구소에서 이미 갖추고 있으며, 15톤급은 2000년까지 확보하기 위해 현재 공사를 진행하고 있다.

KSR-III발사체는 저궤도에 중소형급 위성을 경제적으로 발사할 수 있는 상용 우주발사체의 기본로켓으로 활용될 수 있는 시스템을 갖추고 있는데, 현재 국내 관련 기업체 및 연구소에서 상당부분 제작 및 설계기술을 보유하고 있으며, 신뢰성이 확인된 기술을 최대한 활용하여 개발하고 있다. 2001년까지 개발을 목표로 추진하고 있는 기본형은 발사체 총중량이 4.5톤, 과학탑재물 무게가 250kg으로 지구상공 200km까지 도달하며, 비행중 250초 이상의 무중력 상태를 만들 수 있다. 한편 응용형은 2002년 발사를 목표로 동시에 추진되고 있는데 탑재부 총중량이 400kg으로 지

구상공 700~900km까지 도달하며, 발사체 총중량이 13톤에 달하고 있다.

2. 기술혁신실태와 당면과제

가. 기술혁신실태

KSR-II 및 KSR-III에 참여하고 있는 주요민간기업 7개사를 대상으로 기술혁신 실태에 관하여 설문조사를 실시한 결과를 보면 다음과 같다.

- ① 7개사중 1개사만이 기술도입을 하고 있으며, 나머지 기업은 앞으로도 기술도입을 고려하지 않고 있어 기술도입의 어려움과 자력개발에 의한 기술혁신이 강조되고 있다.
- ② 인력 확보방법은 기존의 군사용로켓 개발인력을 활용하고, 부족한 인력에 대해서는 신규인력을 훈련하여 활용한다.
- ③ 관련정보 수집방법은 기존의 문헌정보나 개발위탁기관으로부터 수집한다.
- ④ 시험시설의 이용은 항공우주연구소, 국방과학연구소, 정부출연연구기관 및 자체시험시설 등 시험이 가능한 곳은 어디라도 이용한다.
- ⑤ 생산시설은 기존의 방위생산시설을 기반으로 연구개발중심형으로 확보되기 때문에 핵심전용시설의 보유는 개별기업별로 생산기반 여건에 따라 유동적이며, 주로 신뢰

<표 1> 과학관측로켓의 성능

발사체명	상승고도	비행거리	발 사 일	비 고
KSR- I ~1	39km	77km	1993. 6. 4	오존층정
KSR- I ~2	50km	101km	1993. 9. 1	오존층정
KSR- II ~1	-	-	1997. 7. 9	발사 28초후 통신두절
KSR- II ~2	138km	127km	1998. 6. 11	성공적인 임무달성
KSR-III(기본형)	200km		2001	총중량 : 4.5톤
KSR-III(응용형)	700~900km		2002	총중량 : 13톤

* 자료 : 국가우주개발중장기계획

- 성시험시설이나 조립시설의 경우가 많다.
- ⑥ 정부정책에 대한 신뢰성에 대해서는 “정부 예산계획 및 집행에 일관성이 없다” “정부의 계획이 자주 변경된다” 등 기업의 시설 투자나 연구개발에 그다지 신뢰를 주지 못하는 입장이다.
 - ⑦ 제품경쟁력에 관한 의견을 보면 핵심참여기업인 기체구조 및 추진기관 제작사의 경우 “경쟁력이 부족하다”고 응답하고 있으며, 부품제작사의 경우 “경쟁력이 있다”고 응답하고 있다. 또한 경쟁력이 부족한 이유를 보면 국내 “안정적인 물량이 없다”고 응답하고 있다.
 - ⑧ 최근 3년간 공정 및 품질개선실적을 보면 7개사 모두 “개선실적이 있다”고 응답하

고 있으며, 특히 품질보증체계는 기존 방산제품의 품질인증체계로부터 기술이전되어 기술분야별 ISO 9001, 9002를 획득하거나 획득을 추진하고 있는 것으로 나타나고 있다.

- ⑨ 참여기업의 핵심기술 개발전략을 보면 KSR-II(고체추진로켓)의 핵심기업인 F사의 경우 <표 2>에서 볼 수 있는 바와 같이 고고도와 관련된 환경시험기술이 부족할 뿐 설계, 제작, 조립기술은 확보된 상태에 있다. 그러나 KSR-III(액체추진로켓)의 핵심기업인 G사의 경우 <표 3>과 같이 설계기술과 발사체 조립기술이 부족한 상태이나 기술이전이 가능한 선진외국으로부터의 기술협력이나 자체기술을 통해서 개발하는 전략을

<표 2> 업체별 핵심기술의 개발전략(추진기관분야 : F사)

구 분		추진제 공정개발	연소관 내열재	연소관 캐스팅	총조립	미확보 또는 개발중인 핵심기술의 개발전략
설계 기술	미확보					○ 각종 환경상태하에서 구조역학 분석, 연소상태분석
	개발중					
	기확보	○	○	○	○	
제작 기술	미확보					
	개발중					
	기확보	○	○	○	○	
조립 기술	미확보					
	개발중					
	기확보	○	○	○	○	
시험 기술	미확보	×	×	×	×	○ 고고도와 관련된 제반 환경시험 및 성능 향상 - 고고도에서의 점화성, 성능 확인, 물성변화 등
	개발중					
	기확보					
품질 인증 기술	미확보					
	개발중					
	기확보	○	○	○	○	

(주) 표시는 기확보 ○, 미확보 ×, 개발중 △

추진하고 있다.

나. 기술혁신의 당면과제

1) MTCR(Missile Technology Control Regime : 미사일통제기술)의 규제 강화

현재 발사체 산업은 방위산업을 토대로 축

적된 기술을 바탕으로 고체추진제를 이용한 1 단형 과학관측로켓(KSR-II)의 개발경험을 갖고 있으며, 또한 2001년을 목표로 액체추진제 로켓시스템인 KSR-III(기본형)을 개발하고 있다.

그러나 개발중인 액체추진로켓의 추력이 13톤 수준으로 이에 관련된 기술은 MTCR의 규제

<표 3> 업체별 핵심기술의 개발진력(액체추진기관 및 발사체조립 분야 : G사)

구 분	분사기	혼합기	터보 펌프	복합제 기술	발사체 조립	미확보 또는 개발중인 핵심기술의 개발 전략
설계 기술	미확보					<ul style="list-style-type: none"> ○추진제 조합별 분사기 및 혼합기개발은 설계/해석 code의 국내학계 및 해외기술 협력을 통해서 개발 ○고압용 펌프 및 고속터빈설계기술은 해외기술 협력을 통해서 개발 ○발사체조립설비설계는 자체기술 및 국내협력업체 활용 개발
	개발중	△	△		△	
	기확보				○	
제작 기술	미확보					<ul style="list-style-type: none"> ○터보펌프 주단조 제작기술은 해외기술협력 및 국내업체 공동개발 ○발사체 조립설비 제작기술은 자체기술 및 국내업체 활용 개발
	개발중			△	△	
	기확보	○	○		○	
조립 기술	미확보					<ul style="list-style-type: none"> ○고속회전체 조립기술은 해외기술협력 및 국내업체 공동개발 ○발사체조립기술은 자체기술 및 Sub-system 제작업체 활용개발
	개발중			△	△	
	기확보	○	○		○	
시험 기술	미확보					<ul style="list-style-type: none"> ○펌프/터빈/조립체 성능시험기술은 해외기술협력 개발 ○발사체 조립후 검사 및 시험기술은 자체기술로 개발
	개발중			△	△	
	기확보	○	○		○	
품질 인증 기술	미확보					<ul style="list-style-type: none"> ○단품 및 조립체 품질인증기술은 해외기술협력 개발 ○발사체 조립 품질인증기술은 기존의 당사 품질인증 시스템중 필요부분 보완/적용
	개발중			△	△	
	기확보	○	○		○	

(주) 표시는 기확보 ○, 미확보 ×, 개발중 △

에 의거 부품판매 및 기술이전이 불가능함으로써 자체개발을 하지 않으면 안 되는 입장에 있다.

항공우주연구소에서 KSR-III 발사체의 소요기술별 기술수준을 선진국과 비교하여 점검한 바에 의하면 <표 5>에서 볼 수 있는 바와 같이 추진기관에서는 액체기관의 연소기, 펌프, 제어장치가 아주 취약하고, 액체추진제, 노즐 및 단열재 등과 관련된 기술수준도 부족한 것으로 나타나고 있다. 유도제어 부분에서는 더욱 취약하여 추적방향제시, 유도기기, 자세제어 기술 등이 부족하며, 시험·조립·검사분야에서는 방사계스페이스챔버 기술 및 관련기술, 대형자기 시험기술, 로켓 조립·검사기술, 추적관제기술 등이 부족한 것으로 파악되었다.

부품 하나 때문에 로켓발사가 실패한 경우가 많으며, 특히 액체추진로켓의 기술개발은 규모가 10톤 이상으로 MTCR에 의해 규제를 받기 때문에 기술이전이 가능한 적은 규모의 것부터 개발하여 점차 추력을 향상시켜야 한다.

현재 항공우주연구소에서 추력 1톤급 추진기관을 시험할 수 있는 시설을 갖추고 있고, G사가 200kg, 700kg 그리고 1톤급 추진기관의 제작경험을 갖고 있으나 그 이상의 제작경험이 없기 때문에 2000년까지 기술이전이 가능한 적정규모까지 추진기관의 제작경험을 통한 기술축적이 급선무라고 하겠다.

2) 기술혁신기반의 취약

지난 1998년에 발사된 KSR-II(2단형) 로켓개발

<표 4> 발사체기술확보의 장·단점 비교

구 분	장 점	단 점
1. 개발경험	· 소형 미사일개발에 따른 기술 축적과 경험축적	· 우주발사체 발사경험 부족
2. 기술수준	· 현재의 발사목표는 선개발국(2, 3그룹)의 개발당시 기술수준보다 향상	· 설계 및 품질인증기술의 저위 · 첨단소재 및 부품의 제작기술 저위
3. 기술이전	· 선개발국으로부터 추력 9.5톤급 이하의 기술이전 가능	· MTCR규제에 의거 선개발국의 개발당시보다 기술이전 곤란
4. 기반시설	· 소형 로켓은 현재의 안흥 비행시험장에서 발사가능	· KSR-III 발사장의 미확보 · 컨트롤센터(TT&C) 미확보 · 조립장 및 시험장 미확보 · 기타 전용제작 및 시험시설
5. 부품개발	· 방위산업체를 이용한 개발용이	· 첨단부품은 수입에 의존 · 소재는 전량 수입의존
6. 인력확보	· 관련기술자의 확보용이	· 절대인력의 부족 -항공우주연구소 : 약 50여명 -기업제작인력 : 약 1,500여명
7. 예산지원		· 절대예산의 부족 -2002년까지 800억원 확보 -발사장, TT&C, 조립장 건설에 최소 2,000억원 이상 소요
8. 추진체계		· 독립된 발사체개발을 위한 추진 체계가 없음

<표 5> KSR-III 소요기술별 기술수준

기술 분야	소 요 기 술	기 술 수 준	
		국 내	선진국
로켓 시스템 설계	1. 로켓시스템 분석 및 종합	2	3
	2. 로켓구조해석 및 설계	3	3
	3. 기체구조재료	2	3
	4. 공력 해석	3	3
	5. 로켓궤도 해석	3	3
	6. 회수, 발사체, 지상장치	2	3
추진기관	1. 추진기관 시스템 해석	2	3
	2. 고체추진제	3	3
	3. 액체추진제	2	3
	4. 노즐 및 단열재	2	3
	5. 액체기관의 연소기, 펌프, 제어장치	1	3
	6. 고체추진기관 점화장치	3	3
유도제어	1. 추력방향제어	1	3
	2. 로켓자세제어 기술	2	3
	3. 로켓유도제어 기술	2	3
	4. 유도기기	1	3
로켓설계 소프트웨어	1. 각종 해석프로그램 개발	2	3
	2. 시스템계획 프로그램 개발	2	3
	3. 시스템평가 프로그램 개발	2	3
탑재기기 및 부품개발	1. 우주환경연구	2	3
	2. 특수 성형공정	2	3
	3. 탑재기기 신뢰성 분석	2	3
	4. 전자부품 고품질화 기술	2	3
	5. 센서기술(광학센서, 라디오, 센서)	2	3
시험·조립·검사	1. 전파시험 기술	3	3
	2. 진동시험 기술	3	3
	3. 충격시험 기술	3	3
	4. 대형질량특성 시험 기술	2	3
	5. 스페이스 챔버 관련 기술	2	3
	6. 방사계 스페이스 챔버 기술	1	3
	7. 대형자기시험기술	1	3
	8. 음향시험 기술	2	3
	9. 구조시험 기술	3	3
	10. 유도제어 시험 기술	2	3
	11. 풍동시험 기술	3	3
	12. 연소시험 기술	3	3
	13. 로켓 조립 검사 기술	2	3
	14. 추적관제 기술	2	3

* 자료 : 한국항공우주연구소

수준은 1957년 일본 동경대에서 개발하여 발사한 K-6(카파형, 2단)수준급이며, 2002년 발사목표로 추진하고 있는 KSR-III(3단형, 고도 900km)은 일본 동경대에서 1964년 발사에 성공한 L-3-1(3단람더형, 고도 1,000km)과 거의 성능면에서 유사한 실정이다. 이에 따라 우리나라의 로켓개발수준은 일본의 1960년대 초반의 기술수준과 유사한 저위한 실정에 있으며, 이러한 기술수준은 우주발사체를 개발하기 위해서 2, 3그룹의 대부분 국가들이 선행적으로 자력개발한 경험을 갖고 있다. 현재 발사체기술개발의 유·불리성을 비교해보면 <표 4>에서 볼 수 있는 바와 같이 개발 경험, 기술수준, 기술이전, 부품개발, 기반시설, 인력확보, 추진체계, 정부지원(예산)측면에서 기술혁신기반이 취약하다.

현재 안흥비행시험장을 이용하여 KSR-II 과학관측로켓을 발사하였지만 이러한 시설은 KSR-III 발사체 시험을 위해서 적합하지 않으며, 더욱이 발사장 부지도 결정되지 않고 있는 입장에 있다. 특히 인력확보와 예산확보는 이 사업을 추진하는데 있어 절대적인 성패의 요소가 되고 있으며, 현재 2002년까지 800억원의 예산이 확보될 예정에 있다. 이러한 예산은 현재 발사장, TT&C 및 조립장 건설에도 최소한 2,000억원이 소요될 것으로 예상되고, 여기에 인력확보, 제작 및 시험시설, 그리고 연구개발비까지 포함하면 턱없이 부족한 실정이라고 하겠다.

2, 3그룹의 선개발국들은 초기 발사체개발에 있어 임무 지향적인 목표 하에 군사기술과 연계해서 추진체계를 구성하였다. 즉 발사체제작 및 발사시험을 위해서 별도의 조직체계(연구소, 발사장 및 제작공장)를 구성하여 추진하였다. 그러나 현재 항공우주연구소의 발사체사업은 항공기사업, 위성체사업을 포함해서 추진하고 있기 때문에 인력의 활용과 예산배분 및 시험시설 활용상에 제약을 받게되는 문제가 제기되고 있다.

3) 중·장기 계획하에 일관성 있는 정책 추진의 결여

발사체산업과 같이 국가적 사업에 대하여는 장기계획을 수립하여 일관성있게 추진하여야만 여기에 참여하는 연구소나 민간기업이 필요한 최소한의 시설투자나 전문인력을 필요한 시기에 맞추어 확보할 수 있는데 그렇지 못한 것이 현실이다.

특히, 지금까지 발사장 후보지가 결정이 안되어 여기에 총조립장건설을 서두르고 있는 기업의 입장으로는 더욱 어려운 입장이 되고 있다.

방위산업 초창기에도 정부는 조기에 방위생산력을 확보하기 위해서 5년 장기물량을 방위산업체에 통보하고 이에 따른 안정적인 방위생산기반을 구축하였다. 그러나 현재 발사체산업에 참여하고 있는 기업은 정부로부터 장기물량에 대한 확신을 갖고 있지 못하고, 특히 시제개발에 참여해도 본 계약 시에는 공개경쟁계약을 실시함으로써 기업의 사기를 저하시키고 있는 것이 현실이다.

4) 부품제작업체의 경영여건 악화

설문조사에서 나타난 바에 의하면 대부분의 발사체산업에 참여하고 있는 기업의 경영실적이 좋지 않으며, 이러한 요인은 IMF에 따른 요인이 가장 크다고 하겠으나, 특히 G사의 경우는 '96년 이후 '99년까지 약 1,000억원의 투자를 하였는데 이 사업에 대한 매출실적이 극히 부진하여 경영기반상에 어려움을 겪고 있다. 또한 그룹내 내부거래 등 지원이 불가능해짐에 따라 그룹차원에서 자금 지원이 곤란해지고 이에 따라 이익창출을 위해서 자구노력을 하지 않으면 안 되는 입장에 있다. 더욱이 이 사업을 위해서 추가적으로 총조립장 및 연소시험장 등을 건설하여야 하는데 추가적으로 약 300억원의 투자가 예상되고 있어 경영기반은 더욱 악화되리라고 예상되고 있다.

- 다음호에 계속 -

참고문헌

1. 미국방성, FAX Report, 1999
2. 조황희 · 오재건, 우주제품개발에서의 기술혁신시스템에 관한 연구, STEPI, 1998
3. 항공우주연구소, 국가우주개발 중장기계획수립을 위한 기획 · 조사연구, 1996
4. 항공우주연구소, 국가우주개발 중장기 발전전략, 1995
5. 항공우주연구소, 한 · 중우주기술 협력방안 수립 및 위성공동개발 연구, 1994
6. NIITP, “Raketno Kosmicheskie Dbigateli i Energeticheskiye Ustanovki”
7. Yu.V. Pavitnichkij, V.A. Mazarchenkov, M.V. Shilenkov and A.B.Gerasimov, Saint Petersburg, “Otechestvenniie Raketii Nositeli”, 1996
8. V. M. Filii, “Puti k Energij”, Izdateljskii Dom, GRAALI g. Pushikino Moskovskoi ovl., 1997
9. A. I. Maksimov, Novocibirsk, “Kosmicheskaya Odissey” NAUKA Sibirskoe Otdelnie, 1991
10. Steven J. Isakowitz, “International Reference Guide to Space Launch System”, second edition, AIAA, 1995
11. 안영수, 우리나라 우주개발의 장기비전과 국가정책 방향, 세종대 부설항공연구소, 1996
12. 한국통신, 무궁화위성백서, 1996
13. (사)일본경제단체연합회, 우주개발 핸드북, 1991
14. 이상희 외, 한국우주산업기술개발을 위한 정책연구, 항공우주정책추진위원회, 1987
15. 나정웅 외, 우리나라 우주과학기술 개발에 관한 기초조사 연구, 과학기술부, 1985
16. www.kari.re.kr(1999) 인터넷 자료
17. www.nasda.go.jp(1999) 인터넷 자료
18. www.fas.org(1999) 인터넷 자료 



오재건

- 과학기술정책연구원 연구위원
- ohckn@stepimail.stepi.re.kr