

한국형발사체개발사업 시스템엔지니어링 프로세스

박창수* 김근택
한국항공우주연구원

Systems Engineering Processes for KSLV-II Program

Chang-Su Park, Keun-Taek Kim
Korea Aerospace Research Institute

Abstract : The Korea space launch vehicle-II (KSLV-II) program aims at developing a national launch vehicle system capable of launching 1.5 ton satellite into a sunsynchronous orbit. It is the succeeding program to the Naro launch vehicle program. The KSLV-II is a large-scale complex system which requires a systematic approach to all parts of the program. The KSLV-II program is currently developing a tailored systems engineering process for its need. It references practices and lessons learned from developing Naro launch vehicle. Standardized NASA processes and INCOSE processes were also referenced and compared during development of the process framework. This paper introduces the systems engineering processes developed for the KSLV-II program.

Key Words : systems engineering, standards, SEMP, KSLV-II program, large-scale complex program

* 교신저자 : cspark@kari.re.kr

* This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

한국형발사체개발사업은 나로호 후속 사업으로 1.5톤급 위성을 태양동기궤도에 올릴 수 있는 발사체 개발을 목적으로 하는 대형복합시스템 개발 사업이다. 대형복합시스템을 성공적으로 개발하기 위하여 모든 부문에 있어서 체계적인 접근이 요구되며 사업단에 맞는 시스템엔지니어링 프로세스를 적용하는 것이 매우 중요하다. 한국형발사체개발사업단에서는 나로호 개발 당시 적용된 시스템엔지니어링 프로세스1-4 및 NASA5, INCOSE Handbook6-7등을 참고하여 사업단에 적합한 프로세스를 수립 중에 있다. 나로호 개발에서는 여러 가지 사업관리 및 시스템 엔지니어링 프로세스(SEMP, WBS, 형상관리, 기술 프로그램 관리, 위험관리, 품질관리) 계획1이 수립되어 적용되었으며 신규 발사체 개발 사업에 시스템 엔지니어링에 대한 저변을 높이는데 많은 역할을 하였다.

이 논문에서는 한국형발사체개발사업의 시스템

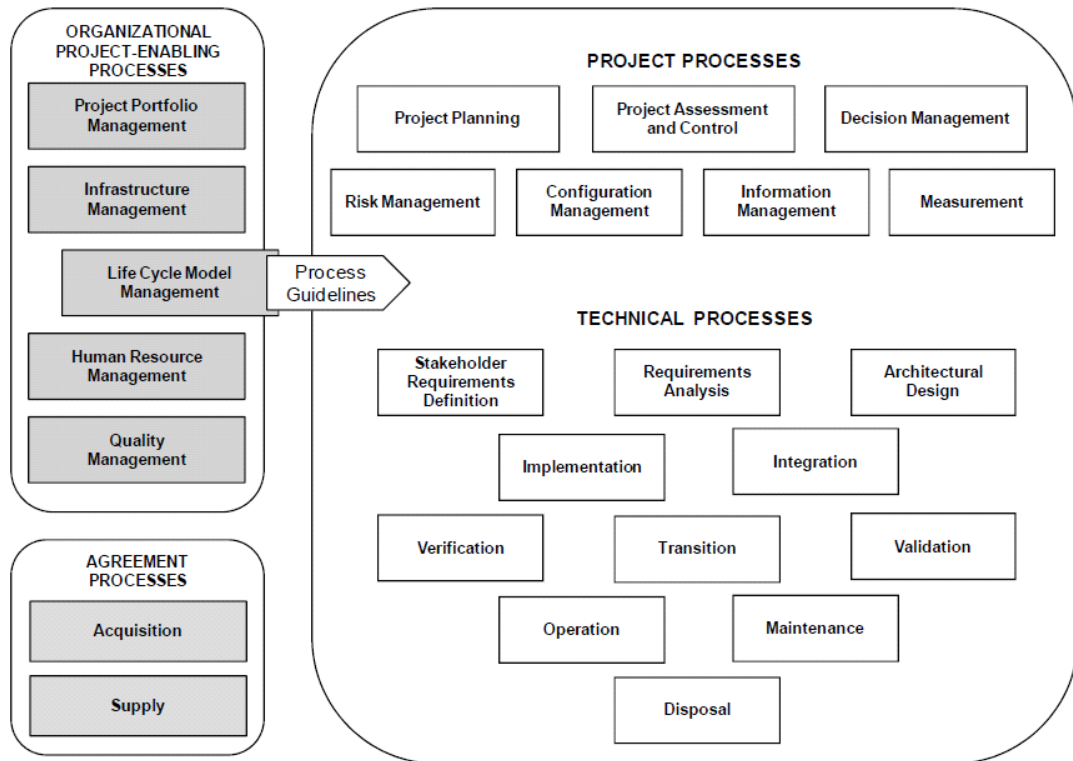
엔지니어링 프로세스 구축 시 참고한 기준들과 수립된 프로세스 체계를 소개한다.

2. 시스템엔지니어링 기준

시스템엔지니어링을 적용함에 있어서 다양한 기준들이 있으며 한국형발사체개발사업의 프로세스 준비 시 참고한 INCOSE, NASA, 방위사업청의 기준들을 소개하고 비교한다.

2.1 INCOSE Systems Engineering Handbook

INCOSE는 국제 시스템엔지니어링 협회로 시스템엔지니어링의 표준화 및 프로세스 개선에 노력하고 있으며 제시된 방법이 ISO/IEC 15288:2008 표준으로 정리되었다⁶. INCOSE에서는 Systems Engineering Handbook을 발간하여 보다 상세한 적용 방법 등을 제시한다⁷. INCOSE에서 제시하는 시스템 수명주기 프로세스는 Figure 1과 같다. INCOSE는 전체 프로세스를 기술 프로세스



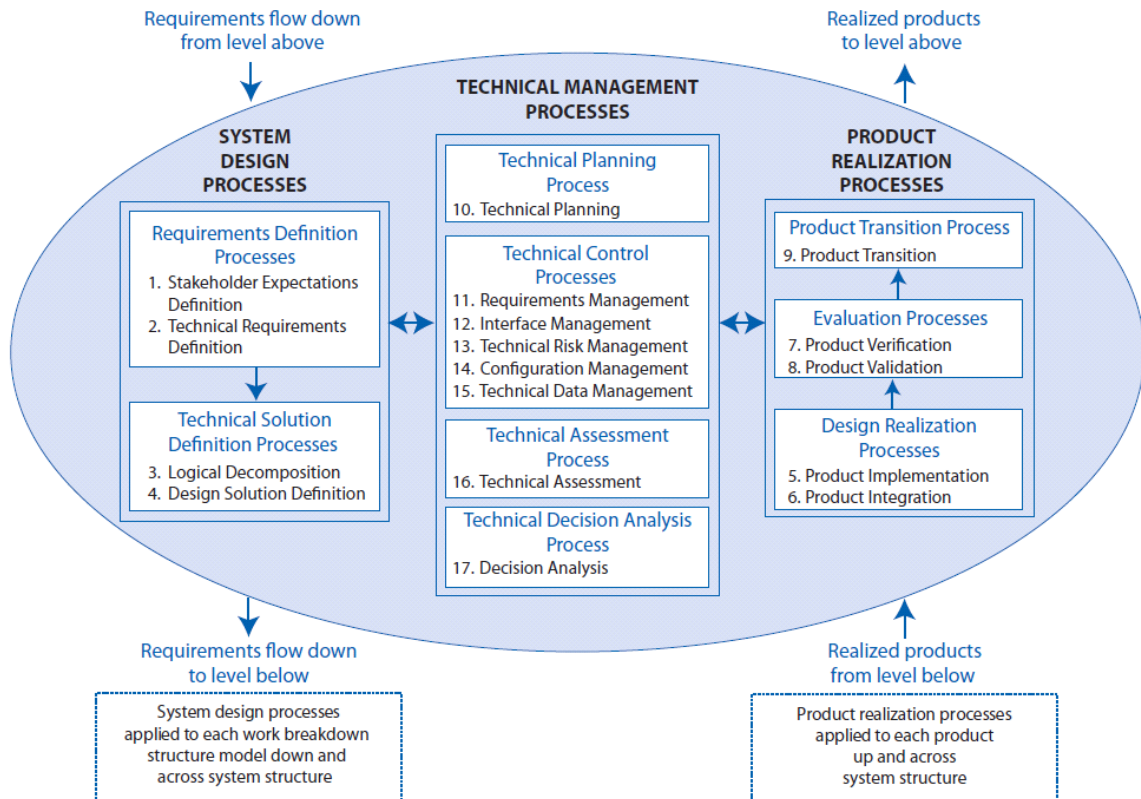
[Figure 1] System Life-cycle Process per ISO/IEC 15288:2008 ^{6,7)}

(technical process), 사업 프로세스 (project process), 계약 프로세스 (agreement process), 조직 프로세스 (organizational project enabling process) 4가지로 대분류 한다. 이외에 시스템엔지니어링을 지원하는 특수 공학 (specialty activities) 활동이 있다. 일부 사항은 PMI사의 PMBOK (program management book of knowledge)에 주어진 프로젝트 관리 프로세스와 중첩되는 부분이 있다. INCOSE의 SE Handbook은 일반적으로 모든 분야를 고려한 프로세스로서 한국형발사체 개발에서 범용 프로세스를 바로 적용하기에는 어려움이 있다. 그러나 SE분야의 표준 프로세스로서 많은 조직에서 참고하고 있는 기준이므로 제시된 시스템 수명주기 개념의 프로세스는 발사체 개발 사업에도 적용할 수 있을 것으로 본다.

2.2 NASA Systems Engineering Handbook

한국형발사체개발사업의 성격은 미국항공우주국 (NASA)에서 수행되는 많은 프로젝트들과 유사하다. NASA는 1960년대 아폴로 계획부터 우주왕복선, 국제우주정거장 등에 이르는 다양한 프로젝트를 수행하였고 다수의 NASA 센터들이 공동으로 참여하여 개발을 함에 따라 표준 프로세스에 대한 요구가 있었다. NASA는 2007년에 Systems Engineering Handbook을 발간하여 NASA의 표준들과 함께 프로젝트 수행 시 기본으로 사용하고 있다⁵⁾. NASA는 Figure 2와 같이 총 17가지 프로세스로 전체 시스템엔지니어링 프로세스를 제시하고 있다.

전체 프로세스는 시스템 설계 프로세스 (system design process), 제품 실현 프로세스 (product realization process), 기술 관리 프로세스 (technical management process) 3가지 프로세스로 분류한다.



[Figure 2] NASA Systems Engineering Engine⁵⁾

2.3 국내 시스템엔지니어링 가이드북

국내 시스템엔지니어링의 경우 항공우주 분야와 가장 유사한 국방 분야의 사례를 참고하여 방위사업청 (DAPA)에서 수행하는 시스템 엔지니어링 방안에 대해 검토하였다. 방위사업청 내에서 국방 획득체계를 발전시키기 위하여 국내 현황에 맞는 시스템엔지니어링 절차를 2007년부터 지침서 형태로 정리하였다⁸⁾. 지침서에는 사업별, 단계별 시스템엔지니어링 프로세스를 상세히 제시하고 있으며 연구개발 사업에서는 기술 프로세스와 기술관리 프로세스 2가지로 크게 분류하여 제시한다.

2.4 시스템엔지니어링 기준 비교

앞에서 제시한 시스템엔지니어링 프로세스들을 Table 1과 2에 기술 프로세스와 관리 프로세스로 모아서 비교하였다.

INCOSE의 시스템 수명주기 프로세스와 NASA의 시스템엔지니어링 프로세스는 일부 항목을 제외하고 유사하다. INCOSE의 경우 요구조건 관리와

인터페이스 관리는 별도 프로세스로 언급하지는 않으며 NASA는 운용, 유지보수, 폐기 등의 프로세스는 프로젝트 단계에 따른 절차로 간단히 언급하고 있다. 방사청의 기술 프로세스 및 기술관리 프로세스는 NASA의 프로세스와 유사하며 INCOSE와 비교할 때 요구조건 관리와 인터페이스 관리를 중요한 프로세스로 설정하고 있다.

한국형발사체개발사업의 경우 NASA와 같은 개발 및 운용 개념이 많이 사용되어 시스템 엔지니어링 프로세스 개발 시 NASA의 프로세스를 가장 많이 참고하였고 국내 현실의 적용 가능성을 보기 위하여 방위사업청이 제시한 기준도 참고하였다. 방위사업청의 기준은 국방 분야에 특화되어 명확한 요구조건과 운용개념이 정해져 있고 개발 (development)과 운용(operation)이 뚜렷이 구분되나 발사체개발사업의 경우 개발과 운용 개념이 섞여 있어서 일부만 참고할 수 있었다.

<Table 1> INCOSE, NASA, DAPA SE Technical Process

| INCOSE 기술 프로세스 | NASA 시스템 설계 및 제품실현 프로세스 | 방사청(DAPA) SE 가이드북 기술 프로세스 |
|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Stakeholder Requirement Definition | Stakeholder Expectation Definition | 요구사항 개발 |
| Requirement Analysis | Technical Requirements Definition | |
| Architectural Design | Logical Decomposition | 기능분석 및 할당 |
| | Design Solution Definition | 기술적 솔루션 (해결방안) 수립 |
| Implementation | Product Implementation | 구현 |
| Integration | Product Integration | 시스템 통합 및 시험평가 (구성품 시험, 개발시험/운용시험) |
| Verification | Product Verification | |
| Validation | Product Validation | |
| Transition | Product Transition | 단계 전환 |
| Operation | x | x |
| Maintenance | x | x |
| Disposal | x | x |

<Table 2> INCOSE, NASA, DAPA Management Process

| INCOSE 프로젝트 프로세스 | NASA 기술관리 프로세스 | 방사청(DAPA) SE 가이드북 기술 관리 프로세스 |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Project Planning | Technical Planning | 기술검토 계획 및 평가 |
| Project Assessment and Control | x | |
| Measurement | Technical Assessment | 의사결정 분석 |
| Decision Management | Decision Analysis | |
| Risk Management | Technical Risk Management | 위험 관리 |
| Configuration Management | Configuration Management | 형상 관리 |
| Information Management | Technical Data Management | 데이터 관리 |
| x | Requirement Management | 요구사항 관리 |
| x | Interface Management | 인터페이스 관리 |

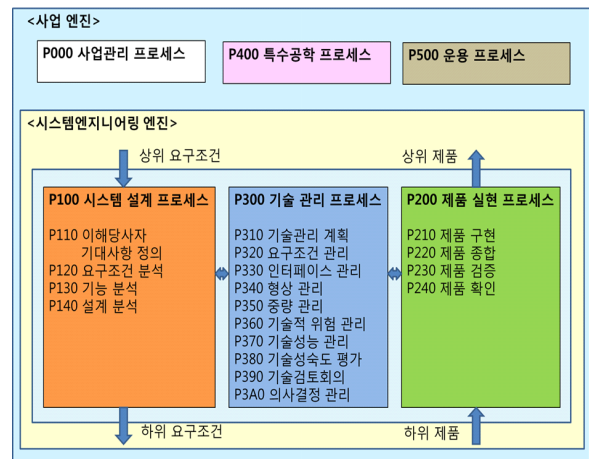
3. 한국형발사체개발사업 시스템엔지니어링 프로세스

한국형발사체개발사업에서는 수행되는 모든 업무를 프로세스화하여 사업 참여자들이 표준화된 프로세스를 기반으로 업무를 수행할 수 있도록 각종 계획과 절차를 수립 하였다⁹. 본 논문에서 소개하는 사업 프로세스와 시스템엔지니어링 프로세스는 정의된 대로 현재 적용 중이나 이 중 시스템 설계와 제품 실현 세부 프로세스는 실제 업무 프로세스와 연동이 될 수 있도록 적용방안을 연구 중 이다.

3.1 사업 프로세스

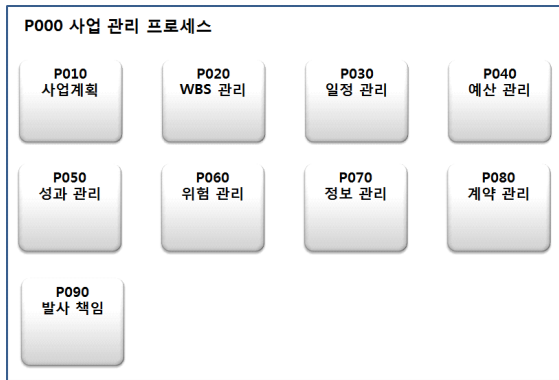
한국형발사체개발사업을 실행하는데 필요한 프로세스들을 크게 6가지 영역으로 구분하였다. 사업관리, 시스템 설계, 제품 구현, 기술 관리, 특수공학, 운용 프로세스군이며 각 프로세스군을 P000, P100,..., P500으로 번호군을 부여하였다. 전체 영역을 사업 엔진으로 표현하며 이 중 P100, P200, P300을 시스템엔지니어링 엔진으로 정의하였다. 각 프로세스 앞에는 PXXX 단위로 번호를 부여하여

프로세스의 구분과 인식을 용이하게 한다. Figure 3은 각 프로세스간의 상관관계를 보여준다.

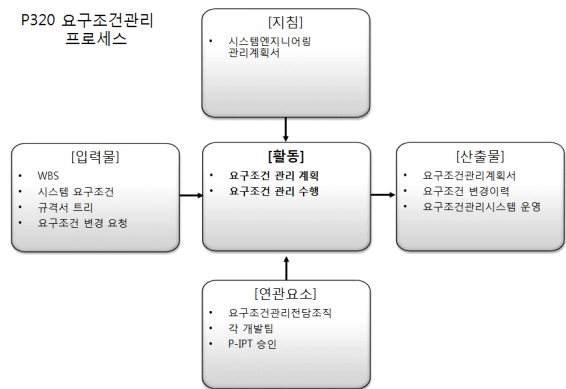


[Figure 3] KSLV-II Program Processes⁹

사업관리 관련 프로세스는 P000으로 분류하여 Figure 4와 같이 WBS, 일정, 비용, 성과, 위험, 정보, 계약관리 등의 프로세스가 있으며, 발사체개발사업의 특성상 있는 발사 인허가, 우주물체 등록, 보험 등을 포함하는 발사 책임 프로세스가 추가로 있다.



[Figure 4] Program Management Processes⁹



[Figure 5] P320 Requirement Management Processes⁹

3.2 시스템엔지니어링 프로세스

시스템엔지니어링 절차와 관련하여 NASA의 시스템엔지니어링 엔진 (Figure 1)을 기본으로 활용하여 구성하였다. 한국형발사체 시스템 엔지니어링 프로세스는 3가지 프로세스군으로 분류하며 총 18개의 프로세스로 구성된다. 요구조건부터 시스템을 구성하는 프로세스를 P100 단위의 시스템 설계 프로세스로 정의하고 설계로부터 제품을 구성하는 프로세스를 P200 단위의 제품 구현 프로세스로 정의하였다. 그리고 두 개의 프로세스(P100, P200)를 이어주는 것을 P300 기술관리 프로세스로 정의한다. 각각의 프로세스는 WBS의 각 단계별로 적용이 되는 것으로 상위 시스템이 하위 시스템에게는 이해당사자 역할을 하며 요구조건에 따라 하위에서 제작, 검증된 제품이 상위 제품으로 종합되며 이해당사자의 요구를 충족하게 된다.

기존 개발에서는 설계 분석 프로세스 위주로 사업이 많이 진행되었으며 한국형발사체 개발사업에서는 설계 이전에 있는 요구조건 분석 및 기능 분석 프로세스 등을 보다 강화하여 진행할 계획이다. 전체 사업을 이어주는 기술관리 프로세스의 핵심적인 내용으로는 요구조건, 인터페이스, 형상, 중량, 기술 성능 관리 등이 있으며 각각의 프로세스는 Figure 5와 같이 IDEF 형식으로 정리하여 입력물, 산출물, 활동, 연관요소, 지침 등으로 필요 요소들을 구분하였다.

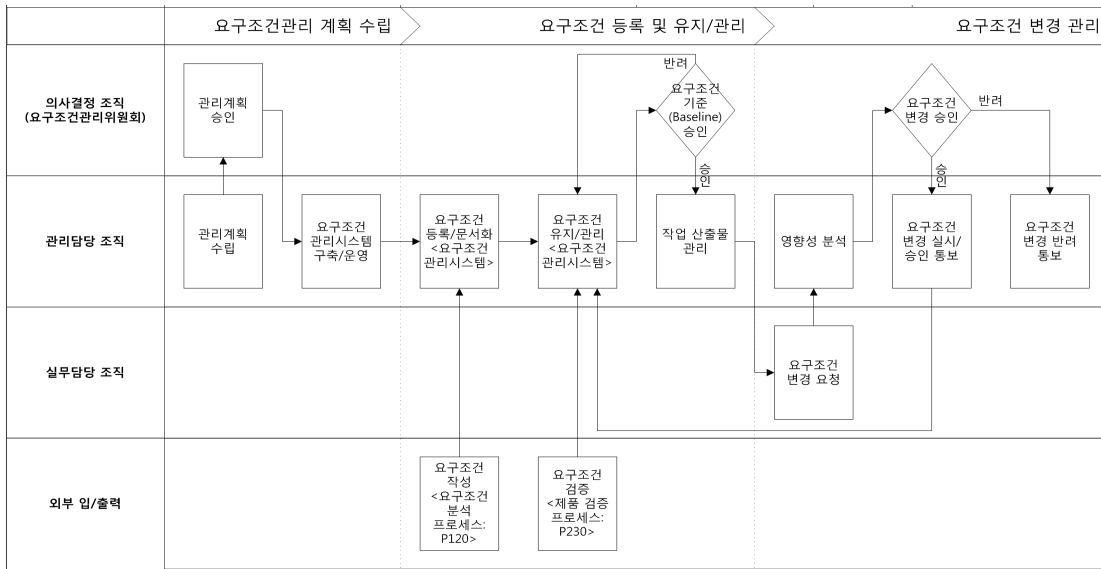
각 프로세스에서 식별된 산출물들은 모두 사업 필수 문서 후보로 오르며 사업의 모든 프로세스들을 정리하면 사업단에서 관리할 필수 문서 목록을 얻게 된다. 필수 문서 목록은 작성 담당자가 지정되며 주요 시점별로 개정된다.

이와 같이 정리된 각 개별 프로세스들은 별도의 계획서에서 보다 구체화된다. 요구조건 관리의 경우 Figure 6과 같이 실무담당, 관리담당, 의사결정의 3가지 조직과 프로세스의 입/출력을 나누어 기술하였으며 전체적인 프로세스 흐름을 볼 수 있도록 흐름도와 수영장 라인(swim lane) 형식으로 작성되었다. 기본적으로는 관리담당 조직이 계획 수립 및 실제 프로세스 운영을 담당하게 되고 실무담당 조직과 의사결정 조직은 기본 업무만 수행한다. 요구조건관리 프로세스는 계획 수립, 요구조건 등록 및 유지 관리, 변경 관리의 절차를 따르며 요구조건 분석 프로세스(P120) 및 제품 검증 프로세스(P230) 등과 서로 인터페이스하게 된다.

특수공학 프로세스와 운용 프로세스도 별도로 분류하여 동일한 프로세스 분류체계를 사용할 수 있도록 하였다. 현재 설정된 프로세스들은 주요 시점별로 프로세스 점검을 통하여 개정해 나갈 예정이다.

4. 결론

대형 복합 시스템인 한국형발사체개발사업은 성공적인 사업 수행을 위하여 시스템엔지니어링을 적



[Figure 6] P320 Requirement Management Detailed Process

용하고 있다. 본 논문에서는 INCOSE, NASA, 국내 시스템엔지니어링 기준들을 검토하였으며 NASA 기준을 기초로 수립한 한국형발사체 개발사업 시스템엔지니어링 프로세스와 이에 대한 상세화 과정을 소개하였다. 시스템엔지니어링 프로세스가 원활히 적용되기 위해서는 사업에 맞도록 맞춤(tailoring)의 과정이 필수적이며 지속적으로 프로세스를 개선하려는 노력이 필요하다.

References

1. Miok Joh, Kyoum-Su Seo, Myoung Ho Shin, Soondo Hong, Young-In Choi, Hyeon Cheol Gong, Bum Seok Oh, Analysis of Systems Engineering Management Techniques for Launch Vehicle Development, 4th Space Launch Vehicle Technology Symposium, 2003.
2. Miok Joh, Byoung-Kyu Cho, Bum Seok Oh, Eui Seung Chung, Application of System Engineering Management Techniques for KSLV-I Development, 5th Space Launch Vehicle Technology Symposium, 2004.
3. Miok Joh, Byoung-Kyu Cho, Bum Seok Oh, Jeong-Joo Park, Gwang-Rae Cho, Application of

- SE Management Techniques for Space Launch System Development, System Engineering Journal, Vol 1. No.1, 53-60, 2005.
4. Miok Joh, Myoung Ho Shin, Introduction of Program Life-Cycle Management System for Space Launch System Development, System Engineering Journal, Vol 2. No.1, 48-53, 2006.
5. NASA Systems Engineering Handbook, NASA/SP-2007-6105 Rev.1, 2007
6. ISO/IEC 15288, Systems and software engineering — System life cycle processes, 2nd Edition, Feb. 2008
7. INCOSE Systems Engineering Handbook, v.3.2, 2010.
8. DAPA Systems Engineering Club, Systems Engineering Guidebook, Ver. 2, 2010.
9. KSLV-II Program Office, KSLV-II Systems Engineering Management Plan, 2014.