

## KSLV-I 사업을 위한 위험관리 프로세스 개발

유일상\* · 조광래\*

\*한국항공우주연구원 우주발사체사업단

### Development of Risk Management Process for KSLV-I Program

Il-Sang Yoo\* · Kwang-Rae Cho\*

\*KSLV Program Office, Korea Aerospace Research Institute

The risk management is an organized method for identifying and measuring risk and for selecting, developing, and implementing options for the handling of risk. The risk management covers all programmatic and technical factors which affect the system development performance, cost, and schedule. While technical issues are primary concern for systems engineering, the three elements(performance, cost, and schedule) must be balanced for a successful risk management process.

This paper proposes the risk management process for the KSLV-I(Korea Space Launch Vehicle-I) program using computer-aided systems engineering tool, Cradle. The risk management process of KSLV-I program is similar to the general risk management process, but it has its own specific features to manage large-scale complex characteristics of KSLV-I program.

**Keywords :** Risk Management, Systems Engineering, Space Launch Vehicle

#### 1. 서론

1760년의 산업혁명 이후 기하급수적인 기술 발전으로 인해 최근에 와서는 기술적으로 복잡하고 부가가치 높은 시스템이 사회적으로 강하게 요구되고 있다. 개발 조직은 개발하려는 시스템의 기술적 복잡성과 더불어 다양한 고객의 요구, 시스템 수명 단축 등의 시스템 개발 환경에 의해 사업 성공에 대한 많은 위험에 처해있다.

시스템 개발사업은 정해진 예산과 기간 내에 고객의 요건을 충족하는 시스템을 개발하고 인도하는 것이다. 따라서 개발사업의 성공은 비용, 일정, 품질이 모두가 기대를 만족하거나 그 이상이 되어야 한다. 과거 많은 시스템 개발사업이 수행되었으나 성공한 사례보다 실패한 경우가 더욱 많다. 국제시스템공학회(INCOSE; International Council of Systems Engineering)의 보고서와 미국 에너지부(DOE; Department of Energy)의 보고서에 의하면 미국에서 수행된 전체 개발사업의 16%만이 성공하였고 31%가 부분 성공하였으며 나머지 사업은 실패하였다

고 보고하였다. 또한 일반적으로 산업계에서 수행하는 제품 개발사업의 성공률은 50% 미만이다. 국내에서 수행된 많은 개발사업의 경우도 미국의 경우와 크게 다르지 않다. 경부고속전철개발사업의 경우 1998년 12월에 착수되어 11년 지연되어 2010년 완공예정이며 예산은 애초 5조 8천억원보다 3배 초과되었고 인천신공항개발사업의 경우도 1997년 개항 예정이었으나 4년이 지연된 2001년에 완공되었으며 예산도 애초 3조 4천억의 2배가 투입되었다[1].

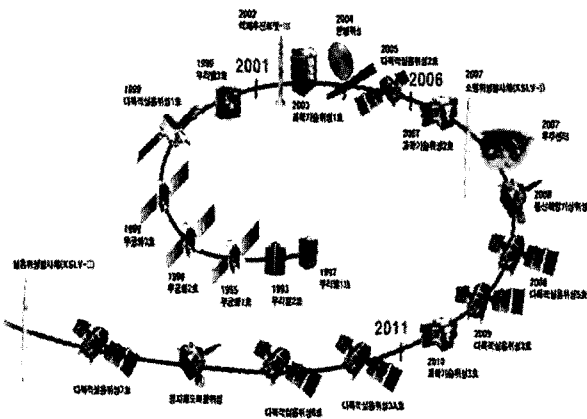
특히 대형 복합 시스템 개발사업은 사업 성공에 대한 불확실성이 매우 높다. 이러한 불확실한 시스템 개발사업에 영향을 줄 수 있는 모든 잠재적 위험을 사전 식별하고 식별된 위험에 대한 처리 계획을 수립 및 실행하여 사업 전반에 대한 위험수준을 최소화함으로써 개발사업의 성공 가능성을 높여야 한다. 이러한 활동을 위험관리라고 한다. 따라서 위험관리는 대형 복합 시스템 개발사업의 성공적 추진에 필수적이라 할 수 있다. 위험관리 활동은 개발사업 수행 초기부터 추진함으로써 그 효

과를 극대화 할 수 있으므로 반드시 개발사업 초기부터 적용해야 한다.

본 연구는 전형적인 대형 복합 시스템 개발사업으로서 한국항공우주연구원에서 수행하고 있는 한국형 소형 위성 발사체(KSLV-I; Korea Space Launch Vehicle-I) 개발 사업에 적합한 위험관리 프로세스를 제안하였다. 또한 본 연구는 KSLV-I 개발사업에서 기수행중인 시스템공학에 제안된 위험관리 프로세스를 통합 적용하기 위한 방안을 제시하고 이를 모델기반 시스템공학(Model based Systems Engineering) 소프트웨어인 Structured Software Systems사의 Cradle V5.2를 사용하여 구현하였다[2].

## 2. KSLV-I 개발사업에의 위험관리 도입 필요성

한국형 소형위성 발사체 개발사업은 <그림 1>에서 제시된 국가우주개발 중장기 계획의 일환으로 과학기술부의 지원 하에 한국항공우주연구원이 개발을 담당하고 있다. KSLV-I 사업을 통해 2007년 100kg급 과학위성을 지구저궤도에 투입시킬 수 있는 발사체 기술을 확보하고, KSLV-II 사업을 통해 1.5톤급 지구저궤도 소형 실용 위성용 발사체 기술을 개발하여, 해외 위성발사 서비스 시장에 참여하는 것을 목표로 하고 있다[3].

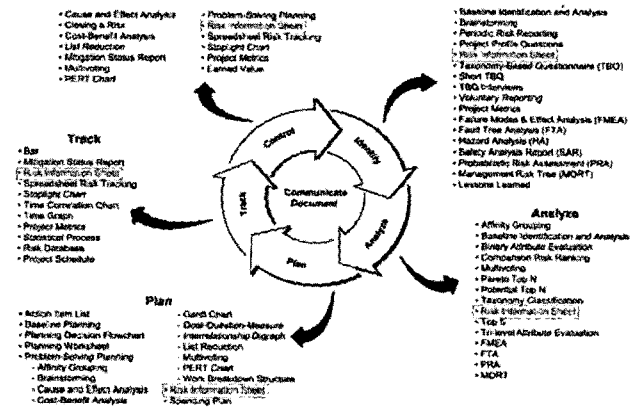


<그림 1> 국가우주개발 중장기 기본계획

현재 수행하고 있는 KSLV-I 개발사업에는 우주발사체 개발에 대한 경험 부족, 해외 선진기술 이전의 제약 존재, 국내에서 입증되지 않은 첨단 기술의 적용, 여러 형태의 다양한 기술적 인터페이스 내재 등으로 인해 많은 위험이 잠재되어 있다. 따라서 위험관리는 KSLV-I 개발사업의 성공적인 추진을 위해 필수적으로 수행되어야 한다.

## 3. KSLV-I 개발사업의 위험관리 프로세스

위험관리는 일반적으로 개발사업의 수명주기 동안 성능, 비용, 일정에 악영향을 줄 것으로 예상되는 위험을 식별, 분석, 계획, 감시 및 의사소통하는 모든 활동을 포함한다[4]. 그림 2는 일반적인 위험관리 프로세스를 보여 준다[5].



<그림 2> 위험관리 프로세스

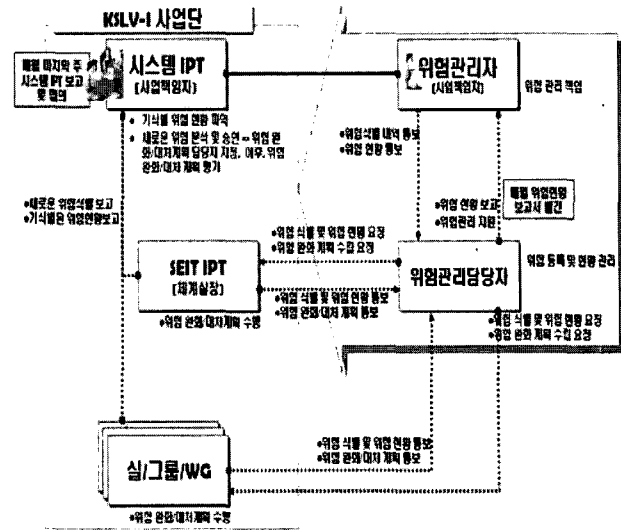
본 연구는 <그림 2>에서 제시된 일반적인 위험관리 프로세스를 KSLV-I 개발사업에 적용 조정하였고 <표 1>은 본 연구가 제안한 위험관리 프로세스의 활동, 업무, 수행 주체 및 산출물을 보여준다. KSLV-I 위험관리 프로세스는 <그림 2>의 일반적인 위험관리 프로세스에서 제시된 위험의 식별, 분석, 계획수립, 추적, 관리, 의사소통 및 문서화의 활동을 포함하고 있으며 이러한 모든 활동을 지원하기 위한 위험관리 수행 도구로써 공통적으로 나타나는 위험관리내역서(Risk Information Sheet)를 도입하였다. 특히, 위험 분석은 위험을 식별한 연구원의 관점에서 분석하여 제안하고 그리고 최종적으로 사업단 관점에서 분석(Normalization)하는 이중의 과정을 거치게 했고 이를 위해 KSLV-I 개발 사업의 현실에 맞게 위험의 심각도, 발생확률 및 등급을 평가하는 평가표를 수립 하였다.

위험관리 프로세스를 개발사업 조직에 적용하기 위해서는 적절한 위험관리 조직의 구성과 책임과 권한의 부여가 필요하다. 현재 KSLV-I 개발사업단은 개별 기술개발그룹/실, Working Group, SEIT(Systems Engineering, Integration and Test) IPT(Integrated Product Team)와 시스템 IPT로 구성되어 있다. 본 연구는 이러한 조직 구조를 고려하여 본 연구가 제안한 프로세스가 수행될 수 있도록 그림3과 같이 제안하였다. 먼저 개발그룹/실, Working Group과 SEIT IPT는 매일 새로운 위험을 식별하고 이에

<표 1> KSLV-I 위험관리 프로세스

활동	업무	수행주체	산출물
위험 식별	• KSLV-I 개발 과정에서 발생이 예상되는 위험을 식별하여 위험 내역을 작성한다.	• 모든 연구원	위험관리내역서
위험 분석	• 식별된 위험 내역을 분석하여 위험의 타당성을 결정한 후 위험의 심각도와 발생확률을 결정한다.	• 해당 연구원 • 위험관리팀	위험관리내역서
위험 등급화	• 각 위험의 심각도와 발생확률을 곱해 위험지수를 구하고 위험 등급을 결정한다.	• 위험관리팀	위험 목록
위험완화계획 수립	• 식별된 위험을 제거하거나 경감할 수 있는 위험완화계획을 수립한다.	• 해당 연구원	위험관리내역서
위험대처계획 수립	• 1등급의 위험에 대해서는 위험대처계획을 수립하고 계획된 위험대처계획의 실행조건을 식별한다.	• 해당 연구원	위험관리내역서
위험완화계획 수행	• 위험완화계획을 실행한다.	• 해당 연구원	위험관리내역서
위험 감시	• 주기적 또는 어떤 사건이 발생하였을 때마다 식별된 위험의 현황을 수집, 분석하여, 보고한다.	• 위험관리팀	위험 목록
위험대처계획 수행	• 1등급 위험 발생시 위험대처계획 실행조건을 만족하면 위험대처계획을 실행한다.	• 해당 연구원	위험관리내역서
위험관리 종결	• 식별된 위험에 대하여 위험완화활동을 수행하여 나온 결과를 분석하여 최종적으로 종결한다.	• 위험관리팀	위험관리보고서

대한 위험 완화 및 대처 계획을 수립한다. 또한 기식별된 위험의 완화 및 대처 계획의 수행 현황을 작성한다. 이에 대한 모든 사항을 위험관리담당자에게 사전 통보하고 시스템 IPT에서 정식 보고한다. 시스템 IPT는 새로운 위험을 사업단 차원에서 분석 및 승인하고, 위험 완화 및 대처계획의 담당자 지정하고 이후 작성된 위험 완화 및 대처 계획 평가 및 승인한다. 또한 기식별 위험의 현황을 파악한다. 즉 시스템 IPT가 위험관리팀의 역할을 수행한다. 이는 제안된 위험관리 프로세스를 전담하여 수행하는 별도의 조직이 필요하지만 별도의 위험관리팀의 구성으로 초래되는 조직상의 혼돈을 막고 시스템 IPT의 의장인 사업책임자가 위험관리 책임자를 겸하게 함으로써 위험관리 수행의 효율성을 높이기 위함이다. 다만 위험관리담당자를 지정하여 사업책임자가 위험관리를 통하여 의사결정 활동을 수행하는 것을 지원하도록 한다. 위험관리담당자는 매월말 개발그룹/실, Working Group과 SEIT IPT로부터 위험에 관한 모든 사항을 취합하여 사업단 위험관리 보고서를 작성하여 위험관리자인 사업책임자에게 보고하고 시스템 IPT에서 최종 승인 후 사업단에 배포한다.



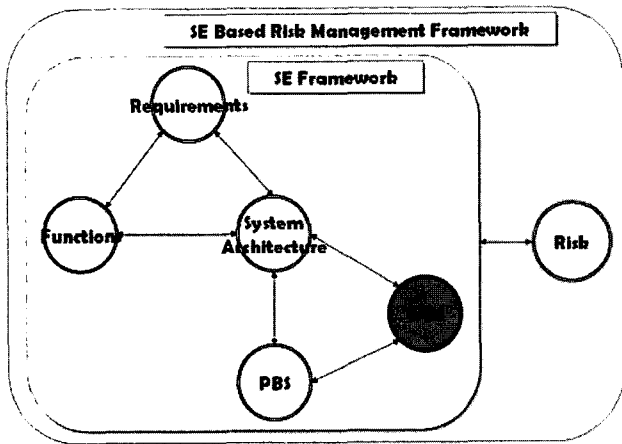
<그림 3> 위험관리 수행조직과 역할

위험관리 프로세스를 개발사업 조직에 적용하기 위해서는 적절한 위험관리 조직의 구성과 책임과 권한의 부여가 필요하다. 현재 KSLV-I 개발사업단은 개별 기술개발그룹/실, Working Group, SEIT(Systems Engineering, Integration and Test) IPT(Integrated Product Team)와 시스템 IPT로 구성되어 있다. 본 연구는 이러한 조직 구조를 고려하여 본 연구가 제안한 프로세스가 수행될 수 있도록 <그림 3>과 같이 제안하였다. 먼저 개발그룹/실, Working Group과 SEIT IPT는 매월 새로운 위험을 식별하고 이에 대한 위험 완화 및 대처 계획을 수립한다. 또한 기식별된 위험의 완화 및 대처 계획의 수행 현황을 작성한다. 이에 대한 모든 사항을 위험관리담당자에게 사전 통보하고 시스템 IPT에서 정식 보고한다. 시스템 IPT는 새로운 위험을 사업단 차원에서 분석 및 승인하고, 위험 완화 및 대처계획의 담당자 지정하고 이후 작성된 위험 완화 및 대처 계획 평가 및 승인한다. 또한 기식별 위험의 현황을 파악한다. 즉 시스템 IPT가 위험관리팀의 역할을 수행한다. 이는 제안된 위험관리 프로세스를 전담하여 수행하는 별도의 조직이 필요하지만 별도의 위험관리팀의 구성으로 초래되는 조직상의 혼돈을 막고 시스템 IPT의 의장인 사업책임자가 위험관리 책임자를 겸하게 함으로써 위험관리 수행의 효율성을 높이기 위함이다. 다만 위험관리담당자를 지정하여 사업책임자가 위험관리를 통하여 의사결정 활동을 수행하는 것을 지원하도록 한다. 위험관리담당자는 매월말 개발그룹/실, Working Group과 SEIT IPT로부터 위험에 관한 모든 사항을 취합하여 사업단 위험관리 보고서를 작성하여 위험관리자인 사업책임자에게 보고하고 시스템 IPT에서 최종 승인 후 사업단에 배포한다.



### 4.2 시스템공학 기반 위험관리 통합 정보모델 설계 및 구현

본 연구는 상용 모델기반 시스템공학(MBSE; Model Based Systems Engineering) 소프트웨어의 틀 (Framework) 을 확장하여 위험을 식별하고 관리할 수 있는 시스템공학 기반 위험관리 틀을 제안하고자 한다. 본 연구는 <그림 6>과 같은 시스템공학과 위험관리를 통합할 수 있는 정보모델을 설계하였다. 현재 상용화된 모델기반 시스템공학 소프트웨어에서는 WBS와 위험을 모두 표현할 수 있는 개체형태가 없기 때문에 본 연구는 위험과 WBS에 대한 개체형태를 생성하고 다른 개체형태와의 관계를 설정했다. 이로 인해 일반적으로 프로젝트 관리에서의 위험관리는 WBS 상의 업무를 중심으로 하지만 시스템공학과 통합됨으로써 WBS로부터의 위험뿐만 아니라 개발 초기 요건분석, 기능분석, 합성 등의 활동에서부터 위험을 구체적으로 도출하고 관리할 수 있는 토대를 구현할 수 있다.



<그림 6> 통합 정보모델

본 연구는 제시한 통합 정보모델을 구현하기 위해 국제시스템공학회에서 제시한 모델기반 시스템공학 소프트웨어간의 비교 분석 결과, 상대적으로 가장 우수한 Cradle v 5.2를 선정하였다[8]. 통합 정보모델을 모델기반 시스템공학 소프트웨어인 Cradle에 구현하기 위해 이 소프트웨어가 제공하는 기존 데이터 스키마에 KSLV-I 개발 사업에 필요한 데이터를 표현하도록 확장하였다. 본 연구에서는 WBS 개체형태를 새로 추가하였고 기존 Risk 개체형태의 속성을 추가하였으며 이들 개체형태와 기존 개체형태간의 관계를 재설정하였다. <표 2>는 Risk 개체형태와 WBS 개체형태의 추가 속성을 표현한다.

<표 2> Risk와 WBS 개체형태의 속성

개체형태	속 성	설 명
Risk	Originator	식별자
	Date Identified	식별일자
	WBS/CI	출처
	Risk Type	위험구분
	Item Status	위험 승인
	Impact	심각도 (위험관리 방침에 의해)
	Probability	발생확률 (위험관리 방침에 의해)
	Risk Index	위험지수(심각도 X 발생확률)
	Risk Level	위험등급(1등급, 2등급, 3등급)
WBS	WBS Purpose	목적
	WBS_Related WBS	관련 WBS 항목
	WBS_Deliverables	산출물
	WBS_ID	영문 ID
	Duration	기간
	Start Date	시작일자
	End Date	완료일자
	Responsible Team	담당부서

### 4.3 적용 결과

본 연구는 제안한 위험관리 프로세스를 KSLV-I 개발 사업에 적용하기 위한 예비검토 단계를 수행하였다. 현재 KSLV-I 개발사업은 개발 초기 단계이다. 사업 초기 모든 잠재 위험을 식별하기 위해 SEIT(Systems Engineering, Integration and Test) IPT로부터 40여개의 위험을 식별하였고 위험관리팀에서 각 위험들을 분석하고 등급화 하였다. 식별된 위험들을 개발사업 기간 동안 지속적으로 관리할 수 있도록 DB화 하였다. <그림 7>은 식별된 위험이 입력된 예이고 <그림 8>은 KSLV-I 개발을 위한 WBS가 입력된 예이다.

### 4.4 평 가

본 연구는 모델기반 시스템공학 소프트웨어를 사용하여 제안한 위험관리 프로세스를 구현할 경우의 효과성 여부를 평가하기 위해 시스템공학능력모델(SECM; Systems Engineering Capability Model)을 사용하였다. 시스템공학 능력모델은 시스템공학 수행 능력을 개발, 개선, 평가하는 데 목적이 있으며 국제 시스템공학 표준서인 EIA

위험번호	Name	Severity	Draft	Owner	범주	위험내용	중점	위험구분	심각지	식별일시	식별인사	식별일시	식별인사	식별일시	식별인사	식별일시	식별인사	식별일시	식별인사
RSK1	RSK1	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK2	RSK2	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK3	RSK3	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK4	RSK4	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK5	RSK5	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK6	RSK6	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK7	RSK7	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK8	RSK8	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK9	RSK9	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험
RSK10	RSK10	A	MANAGER	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험	위험

<그림 7> KSLV-I 개발사업에서 식별된 위험 목록의 입력 예

WBS ID	Name	Parent ID	WBS Type	WBS Level	WBS Start	WBS End	WBS Duration	WBS Description	WBS Status	WBS Annotations
1	1		Task	1	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
2	2	1	Task	2	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
3	3	2	Task	3	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
4	4	3	Task	4	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
5	5	4	Task	5	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
6	6	5	Task	6	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
7	7	6	Task	7	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
8	8	7	Task	8	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
9	9	8	Task	9	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations
10	10	9	Task	10	2002-11-11	2002-11-11	17:00	17:00	0	Annotations

<그림 8> KSLV-I 개발사업 WBS의 입력 예

632와 IEEE 1220를 완전히 반영하고 있다[9]. Halligan은 시스템공학능력모델이 가장 좋은 시스템공학 능력성숙도모델(CMM; Capability Maturity Model)이라고 주장하였다[10]. 시스템공학능력모델을 평가지침으로 활용하기 위해서는 먼저 본 연구가 제안한 프로세스에 해당되는 평가영역으로써 초점영역(FA; Focus Area)을 선정해야 한다. 본 연구는 시스템공학능력모델의 초점영역 “2.5 Manage Risk”를 평가영역으로 선정하여 제안한 위험관리 프로세스를 평가하였다. 성숙도를 측정하기 위해서는 해당 초점영역의 특정 실무활동(SP; Specific Practices)뿐만 아니라 일반 실무활동(GP; Generic Practices)과 일반

속성(GA; Generic Attribute)에 대해서도 평가가 이루어져야 한다. 하지만, 본 연구의 경우 실제 프로젝트 조직을 상대로 능력성숙도를 측정하는 것이 아니므로 일반 특성에 대한 성숙도의 측정은 불가능하다. 따라서 특정 실무활동의 평가 결과만을 가지고 본 연구가 제안한 프로세스의 성숙도 수준을 판단하였다. 평가 결과, 1수준, 2수준과 4수준에 해당되는 모든 특정 실무활동을 100% 만족하고 3수준에서 92%의 달성률을 보여준다. 일반적으로 수준별로 10개 이상의 평가항목에서 80% 이상의 달성률을 가질 경우 그 수준의 성숙도가 인정되므로 5수준을 제외한 모든 수준에서 80%이상의 달성률을 가지

나 평가항목이 10개 미만이므로 이 수준을 달성 기준으로 사용할 수 없다[11]. 하지만 본 연구는 위험관리에 해당되는 초점영역만의 평가를 목적으로 하므로 본 연구가 제안한 KSLV-I 위험관리 프로세스는 4수준이 달성 가능하다고 판단할 수 있다. 시스템공학능력모델은 최저 0수준에서 최고 5수준으로 6단계의 성숙도 수준으로 구성된다. 본 연구에서 얻어진 4수준은 정의된 프로세스가 정량적으로 이해되고 통제가 가능한 수준이다. 이 수준에서 성능의 상세한 척도가 수집되고 분석되며 이로써 프로세스 능력의 정량적 이해와 향상된 성능 예측 능력을 가능하게 한다. 성능은 이제 객관적으로 관리되고 업무 산출물의 품질은 정량적으로 알려지게 된다[12].

<표 3> SECM FA 2.4 위험관리 평가 결과

성숙도 수준	SP 수	실행가능 SP수	%
1	3	3	100%
2	7	7	100%
3	13	12	92%
4	2	2	100%
5	N/A	N/A	N/A
합계	25	24	96%

### 5. 결 론

위험관리는 대형 복합 시스템 개발사업에 필수적인 기술관리 활동이다. 하지만 효과적인 위험관리는 수행하기 매우 어려운 기술관리 활동이다. 본 연구는 첫째, KSLV-I 개발 환경에 적합한 위험관리 프로세스를 제안하였다. 둘째, 본 연구는 위험관리 프로세스를 시스템공학 프로세스와 통합하여 모델기반 시스템공학 소프트웨어에 구현함으로써 위험관리를 쉽게 수행할 수 있는 방안을 제시하였다. 또한 이를 통해 일반적인 프로젝트 관리에서의 위험관리는 WBS상의 업무에 대한 위험만을 관리하지만 시스템공학과 통합함으로써 WBS로부터의 위험뿐만 아니라 개발 초기 요건분석, 기능분석, 합성 등의 시스템공학 핵심 활동으로 파악되는 위험을 전산 지원 소프트웨어 상에서 쉽게 관리할 수 있는 토대를 제공하였다. 마지막으로 본 연구가 제안한 위험관리 프로세스를 시스템공학능력모델로 평가하여 4수준까지 달성할 수 있도록 하였다.

### 후 기

본 연구는 과학기술부가 지원하는 “소형위성 발사체 (KSLV-I) 개발사업”의 일환으로 수행된 연구결과의 일부이다.

### 참고문헌

- [1] 유일상, “개발 프로젝트 시스템의 기술관리 설계 모델”, 박사학위논문, 아주대학교, 2003.
- [2] Structured Software Systems Limited, Cradle V5.2 Toolset User Guide, 2005.
- [3] 진영두, 정의승, 박정주, 조광래, “우주발사체 시스템의 검증관리”, 제5회 우주발사체기술 심포지엄, 한국과학기술원, 대전, pp. 413- 417, 2004.
- [4] DAU, “Systems Engineering Fundamentals”, 2001.
- [5] NASA John F. Kennedy Space Center, “Expendable Launch Vehicle (ELV) Launch Services Project Risk Management Plan K-ELV-12.2 Basic”, 11 September 2000.
- [6] Helm, J., “Teaching Continuous Risk Management Using A Requirement Management Tools”, 14th Annual INCOSE Symposium, 2004.
- [7] U.S. Air Force Space & Missile Systems Center, “SMC Systems Engineering Primer & Handbook”, pp.93-97, 29 April 2005.
- [8] <http://www.paper-review.com/tools/sas/read.php>
- [9] EIA/IS 731, “Systems Engineering Capability Model”, 1996.
- [10] Halligan, R., “Systems Engineering”, Seminar/Workshop Material, April, 2002.
- [11] 박종선, “시스템공학 전산지원소프트웨어를 이용한 시스템 설계 및 관리 데이터의 통합 정보화”, 석사학위 논문, 아주대학교, pp. 97-109, 2000.
- [12] Kim, Young Joon, “Framework for Systems Integration Complexity Measures: Achieving Better Architectures of Large scale and Very Complex Systems”, pp. 20-26, Ph.D Thesis, George Washington University, 1999.