

우주발사체 개발사업의 위험관리 프로세스

조동현* 유일상

한국항공우주연구원

A Process of the Risk Management for a Space Launch Vehicle R&D Project

Dong Hyun Cho*, Il Sang Yoo

Korea Aerospace Research Institute

Abstract : Many countries concentrated on the space developments to enhance the national security and the people's quality of life. A space launch vehicle for accessing the space is a typical large complex system that is composed of the high-technology like high-performance, high-reliability, superhigh-pressure, etc. The project developing large complex system like space launcher is mostly conducted in the uncertain environment. To achieve a goal of the project, its success probability should be enhanced consistently by reducing its uncertainty during the life cycle: it's possible to reduce the project's uncertainty by performing the risk management (RM) that is a method for identifying and tracing potential risk factors in order to eliminate the risks of the project. In this paper, we introduce the risk management (RM) process applied for a Space Launch Vehicle R&D Project.

Key Words : Risk Management (RM), Project Management, Technical Management, Systems Engineering, Space Launch Vehicle (SLV)

Received: July 10, 2016 / **Revised:** July 12, 2016 / **Accepted:** December 2, 2016

* 교신저자 : Dong Hyun Cho, dhcho84@kari.re.kr

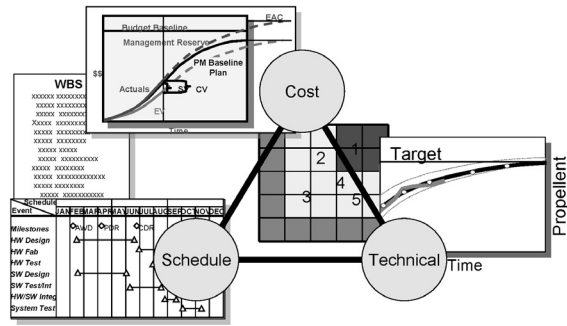
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 세계 각국의 정부는 국가의 미래 성장동력으로서 우주활동에 대한 지속적인 투자를 이어가고 있으며, 또한 많은 민간 산업체 역시 유용한 우주 제품과 서비스 분야에 대한 상업적인 활동을 늘려나가고 있다. 한편, 이러한 우주로의 접근을 위한 유일한 매개체인 우주발사체는 우주활동을 위하여 반드시 필요한 요소이며, 주요 우주선진국은 자국의 새로운 성장 모멘텀을 확보하기 위해서 기 개발한 우주발사체 기술을 기반으로 새로운 우주개발 경쟁 시대에 앞 다투어 뛰어 들고 있다(Yoo et al., 2013).

우주활동을 위한 필수적인 요소인 우주발사체는 고성능, 고신뢰성, 극저온·초고온, 초고압, 고충정 등의 극한의 기술들로 구성되는 대표적인 대형복합시스템이다. 우주발사체와 같은 대형복합시스템을 개발하는 프로젝트는 대부분의 경우 불확실한 환경에서 수행되고 있으며, 때문에 성공 확률을 높이기 위해서는 Figure 1에서 유추할 수 있는 바와 같이 다른 일반적인 프로젝트와 대비하여 보다 더 오랜 시간과 보다 더 많은 시도가 필요하다.

이러한 상황에서 프로젝트의 목표를 성공적으로 달성하기 위해서는 프로젝트 수행 전 주기 동안에 지속적으로 불확실성을 줄이고 성공 확률을 높여 나가는 노력을 기울여야 할 것이다. 프로젝트의 불확실성을 줄이기 위해서는 Figure 2에서와 같이 비용, 일정, 기술을 체계적으로 관리하고, 이로부터 목표



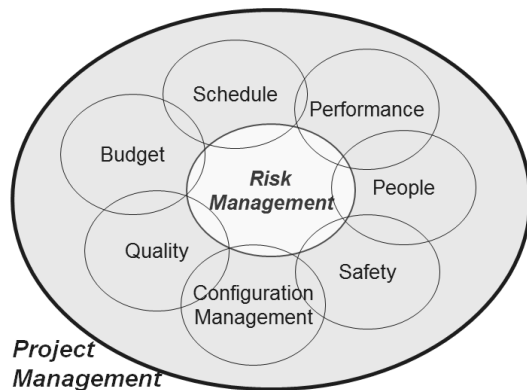
[Figure 2] Triple Constraints Management (Armstrong, 2008)

를 달성하는데 장애가 될 수 있는 잠재적 위험 요소들을 식별하고 추적하여 제거하는 일련의 위험관리 활동 수행이 필요하다. 위험관리 활동은 개발 과정에서 발생할 수 있는 잠재적 위험에 대해 추적 및 관리할 수 있는 기법을 적용하여 위험을 다루는 행위 또는 실행을 지칭하며, 위험관리 계획 수립, 위험요소 식별, 위험분석, 위험대응 계획 수립 및 이행, 위험 추적 및 통제 활동을 포함한다.

본 논문에서는 우주발사체 개발사업에 적용하기 위해 프로젝트의 전 주기 동안에 성능, 비용, 일정 등에 부정적인 영향을 줄 것으로 예상되는 상황과 환경을 식별 및 분석하여, 대응계획을 수립하고, 추적 및 통제하는 위험관리 프로세스를 소개한다.

Decade	Launch	Failure	Success Rate
1950s	48	27	0.44
1960s	990	167	0.83
1970s	1231	84	0.93
1980s	1192	54	0.95
1990s	892	64	0.93
2000s	662	39	0.94
2010s	317	19	0.94
TOTAL	5332	454	0.91

[Figure 1] Chronological Space Launch Success Rates: Orbital Space Launches Only, 1957–2013 (Cho et al., 2014)



[Figure 3] Risk Management & Project Management Relationship

2. 위험관리 현황 분석

2.1 위험관리 개요

위험관리 활동이란 연구개발 사업을 수행하는 전체 주기 동안에 발생할 수 있는 위험요소를 식별하고 이를 분석하여, 이로 인한 위험의 영향성을 완화시키기 위한 위험 완화 계획을 수립한 후, 이를 기반으로 위험을 추적 및 통제하는 활동을 지속적으로 반복 수행하여 위험을 체계적으로 관리하는 위험 대응 프로세스이다.

아래의 Figure 4는 NASA Risk Management Handbook(NASA, 2011)에서 제시하고 있는 위험관리 프로세스이다. NASA Risk Management Handbook (NASA, 2011)에서는 프로젝트를 수행하는 전체의 기간 동안에 위험관리 일련의 활동을 공식적인 문서에 기반하여 계속해서 반복적으로 수행하도록 제시하고 있다.

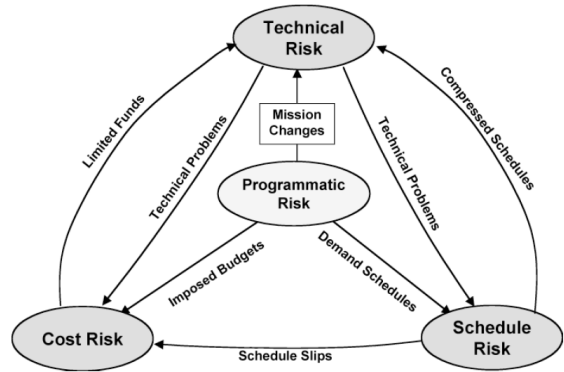


[Figure 4] Continuous Risk Management(CRM) Process (NASA Risk Management Handbook, 2011)

- 위험 식별(Identify)
- 위험 분석(Analyze)
- 위험 완화 계획 수립(Plan)
- 위험 추적(Track)
- 위험 통제(Control)

2.2 위험의 분류

Figure 5는 INCOSE Systems Engineering Handbook(INCOSE, 2011)에서 제시하고 있는 위험 간 상관관계를 나타내고 있다. 위험은 비용 위험(Cost Risk), 일정 위험(Schedule Risk), 기술적 위험(Technical Risk)으로 분류할 수 있다.



[Figure 5] Typical Relationship among the Risk Categories (INCOSE Systems Engineering Handbook, 2010)

비용 위험(Cost Risk)이란 할당된 예산 범위를 초과할 가능성이 있는 위험을 의미한다. 이는 일정 위험 또는 기술적 위험과 연관될 수 있다. 가령 지연된 일정을 회복하기 위해 자원의 추가 투입이 필요한 상황은 일정 위험과 연관이 있는 경우이며, 예상보다 기술 수준이 낮아 자원의 추가 투입이 필요한 상황은 기술적 위험과 연관 있는 경우이다.

일정 위험(Schedule Risk)이란 계획된 일정을 만족시키지 못할 가능성이 있는 위험을 의미한다. 이 또한 비용 위험 또는 기술적 위험과 연관될 수 있다. 가령 자원 확보에 문제가 있어 일정이 추가로 필요한 상황은 비용 위험과 연관이 있는 경우이며, 예상보다 기술 개발이 늦어져 추가 일정이 필요한 상황은 기술적 위험과 연관이 있는 경우이다.

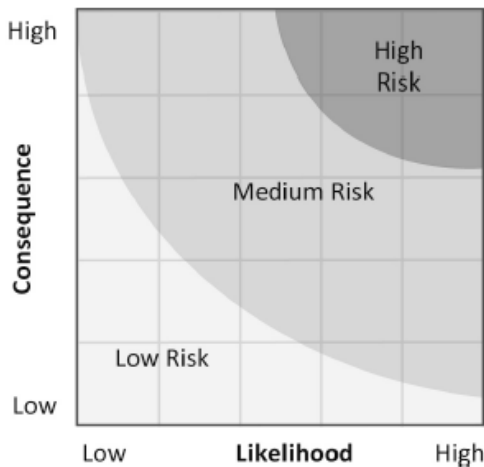
기술적 위험(Technical Risk)이란 계획된 기술 요구사항을 프로젝트 수행 주기 내에 만족시키지 못할 가능성이 있는 위험을 뜻한다. 이 역시 위의 두 위험에서 언급한 바와 유사하게 비용 위험 또는

일정 위험과 연관될 수 있다.

2.3 위험 수준의 결정

Figure 6은 INCOSE Systems Engineering Handbook(INCOSE, 2011)에서 설명하고 있는 위험의 수준을 결정하는 2가지 요소를 나타내고 있다. 위험의 수준을 결정하게 되는 척도로 위험의 심각도와 위험의 발생확률이 있으며, 이러한 2가지 요소의 조합을 통하여 구성되는 위험 매트릭스를 활용하여 위험의 수준을 결정하게 된다.

위험의 심각도는 해당 위험이 프로젝트에 미치는 치명적인 정도를 나타내는 척도이며, 위험의 발생 확률은 프로젝트에서 해당 위험이 발생할 가능성을 나타내는 척도이다.



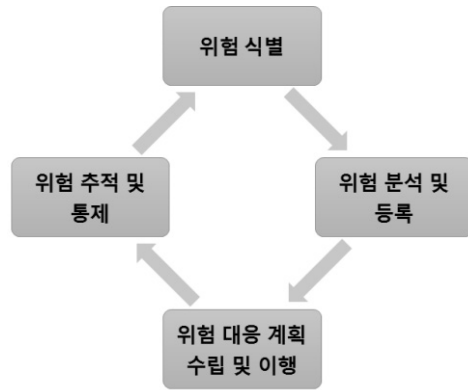
[Figure 6] Level of Risk depends upon both Likelihood and Consequences (INCOSE Systems Engineering Handbook, 2010)

낮은 심각도와 낮은 발생확률의 조합을 갖는 위험은 낮은 수준의 위험으로 분류되며, 반대로 높은 심각도와 높은 발생확률의 조합을 갖는 위험은 높은 수준의 위험으로 분류된다. 따라서 관리할 위험에 대하여 위험 완화 계획을 수립함에 있어서 위험의 수준을 낮추기 위해서는 위험의 심각도를 줄이거나, 위험의 발생 확률을 줄이기 위한(또는 2가지 모두 줄이는) 위험 완화 계획을 수립하는 전략이 필요하다.

3. 우주발사체 개발사업의 위험관리 프로세스

3.1 위험관리 프로세스

본 연구는 우주발사체 개발사업의 체계적이고 효율적인 위험관리 수행을 위한 프로세스를 제안 한다. 위험관리는 일반적으로 개발사업의 수명주기 동안 성능, 비용 및 일정에 부정적인 영향을 줄 것으로 예상되는 위험을 식별, 분석, 대응계획 수립·이행, 추적 및 의사소통하는 모든 활동을 포함하며, 본 연구에서 제안하는 위험관리 프로세스는 아래 Figure 7 과 같이 4단계로 구성된다.



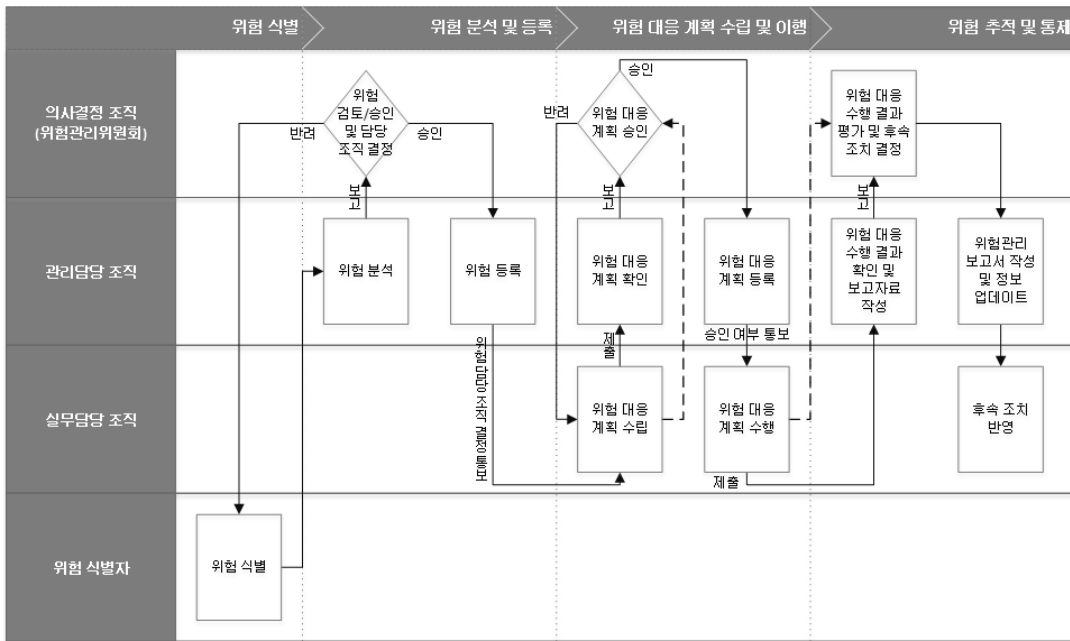
[Figure 7] A Risk Management Process for a Space Launch Vehicle R&D Project

【단계 1】 위험 식별 : 개발 과정에서 발생할 수 있는 가능한 위험을 파악

【단계 2】 위험 분석 및 등록 : 위험관리 방침에 따라 식별 위험을 검토해 발생 확률, 심각도 및 위험 수준을 결정하고 등록

【단계 3】 위험 대응 계획 수립 및 이행 : 등록된 위험의 수준에 따라 대응 계획을 수립하여, 대응 조치를 수행

【단계 4】 위험 추적 및 통제 : 등록된 위험의 현 상태를 주기적으로 추적하여 확인하고 적절한 조치를 결정, 위험과 관련한 모든 정보를 관리



[Figure 8] A Risk Management Procedure for a Space Launch Vehicle R&D Project

각 단계별 세부 내용은 Figure 8을 참조한다.

이와 함께 위험관리 활동 수행 조직으로 위험과 관련한 제반 업무 수행 및 의사결정 등을 수행하는 위험관리위원회(Risk Management Board, RMB), 위험관리위원회의 원활한 위험관리 활동을 위하여 위험관리 업무에 대한 사업 내 실무 창구 및 지원 등을 수행하는 관리담당 조직, 등록된 위험을 완화 또는 대처하기 위한 대응계획 수립/이행의 책임을 맡은 실무담당 조직을 제안한다.

3.1.1 위험 식별

위험 식별은 전체 사업 수명주기에 대하여 사업 성공에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있는 발생 가능한 위험 요소를 지속적으로 식별하고, 위험 등록부를 생성하는 활동이다. 사업에 참여하는 모든 참여자나 내·외부 이해 관계자는 사업에 잠재된 위험을 식별할 수 있다. 위험은 개발 활동을 수행하는 과정에서 식별할 수 있고, 또한 다양한 기법 및 과거의 전문적인 경험을 통해서 식별될 수 있다. 위험 식별자는 Figure 9와 같은 위험등록부 양식에 위험 내역 및 식별자의 관점에서 예상되는 위험의 크기

KSLV-II Risk Register			
As of YYMMDD			
(1) ID	(위험 번호)	(2) Originator	(조직코드명 / 식별자명)
(3) Item Name	(일상용목적)	(4) WBS No.	
(5) Classification	1. <input type="checkbox"/> Technical Risk 2. <input type="checkbox"/> Programmatic Risk		
(6) Risk	(6)-1 Title		
	(6)-2 Descriptions		
(7) Initial Risk Magnitude	(7)-1 Severity	1. <input type="checkbox"/> Low 2. <input type="checkbox"/> Medium 3. <input type="checkbox"/> High	
	(7)-2 Likelihood	1. <input type="checkbox"/> Low 2. <input type="checkbox"/> Medium 3. <input type="checkbox"/> High	
	(7)-3 Risk Index (R=S*L)		(7)-4 Risk Level
(8) Responsibility	(실무담당 조직코드명 / 책임자명)	(9) Confirmation	(관리담당 조직코드명 / 담당자명)
(10) Risk Mitigation Plan & Action	(10)-1 Risk Mitigation Plan (위험 완화 계획 수립)		
	(10)-2 Expected Risk Mitigation Magnitude		
	(10)-2.1 Severity	1. <input type="checkbox"/> Low 2. <input type="checkbox"/> Medium 3. <input type="checkbox"/> High	
	(10)-2.2 Likelihood	1. <input type="checkbox"/> Low 2. <input type="checkbox"/> Medium 3. <input type="checkbox"/> High	
	(10)-2.3 Risk Index (R=S*L)		(10)-2.4 Risk Level
(10)-3 Action for Mitigation	(위험 완화 활동 이력)		
(11) Contingency Plan			
(12) Results of Risk Mitigation	(12)-1 Severity	1. <input type="checkbox"/> Low 2. <input type="checkbox"/> Medium 3. <input type="checkbox"/> High	
	(12)-2 Likelihood	1. <input type="checkbox"/> Low 2. <input type="checkbox"/> Medium 3. <input type="checkbox"/> High	
	(12)-3 Risk Index (R=S*L)		(12)-4 Risk Level
(13) Remarks			
(14) Registered Date	(YYMM.DD)	(15) Closed Date	(YYMM.DD)

[Figure 9] Sample of a Risk Register

를 작성하여 관리담당 조직에 제안한다.

위험은 기술적 위험과 사업적 위험으로 구분한다. 기술적 위험은 체계 공학, 하드웨어/소프트웨어 공학,

중합 및 시험 등의 기술 분야와 관련 있으며, 세부적으로는 아래 요인에 의해 발생될 수 있다.

- 모순되거나 불완전한 요구사항
- 설계 오류 또는 검증되지 않은 기술
- 인터페이스 또는 체계 종합 어려움
- 예측하지 못한 결합 감지 또는 품질/안전 이슈
- 자원 부족(중량, 파워, 전송률 등)

사업적 위험은 일정, 비용, 자원 등의 요인과 관련이 있으며, 사업적 판단에 의해 영향을 받는다.

3.1.2 위험 분석 및 등록

위험 분석 및 등록은 위험이 식별된 후, 위험의 발생 가능 정도와 위험이 발생할 경우 미치는 영향의 크기를 분석하여 위험의 수준을 결정하고 위험 관리 대상으로 등록하는 활동이다. 관리담당 조직은 위험관리위원회가 신규 식별된 위험에 대해 적정성 검토 및 의사결정을 할 수 있도록 위험 내역 검토, 위험 수준 예비 평가 등 위험 분석을 수행하여 위험관리위원회에 보고한다. 필요 시, 위험 식별자와 협의하여 위험을 구체화할 수 있다.

위험관리위원회는 관리담당 조직이 보고한 식별 위험의 내역과 위험 분석 결과를 검토하여 사업의 위험관리 대상으로 등록 여부를 승인하고, 승인된 위험에 대한 완화 또는 대처 계획 수립 및 대응 활동을 수행할 실무담당 조직을 결정한다. 위험관리위원회는 필요시 위험 식별자 등으로부터 위험에 대한 구체적인 사항을 보고받을 수 있다. 관리담당 조직은 승인된 위험을 위험등록부로 관리한다.

3.1.3 위험 대응계획 수립 및 이행

위험 대응계획 수립 및 이행은 사업 목표에 대한 위험을 경감하고 기회를 키우기 위해, 위험을 완화 또는 대처하기 위한 대응방안을 수립하고 이행하는 활동이다. 위험 대응계획은 위험 수준, 효과성, 시기 적절성 등을 고려하여 현실적으로 이행 가능하게 한다. 관리담당 조직은 위험관리위원회 결정사항을 바탕으로 실무담당 조직에게 위험 대응계획 작성을 요청한다. 실무담당 조직은 위험 완화계획 및 위험

완화 조치 후 예상 위험 크기, 위험 발생 시 대처계획 등을 포함하는 위험에 대한 대응계획을 수립한다. 관리담당 조직은 실무담당 조직으로부터 받은 위험 대응계획을 확인하고, 위험관리위원회에 보고하여 승인 절차를 거친 후 관리한다. 위험관리위원회는 필요 시 실무담당 조직으로부터 위험 대응계획에 대한 구체적인 사항을 보고받을 수 있다. 실무담당 조직은 승인된 위험 대응계획에 따라 위험 완화 또는 대처 활동을 수행하고, 주기적으로 위험의 상태와 대응 조치 결과를 관리담당 조직에 제출한다.

3.1.4 위험 추적 및 통제

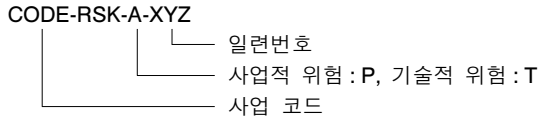
위험 추적 및 통제는 위험관리 프로세스 하에서 위험이 정상적으로 관리되고 있는지 확인하기 위해 위험에 대한 추적, 통제, 의사소통을 하는 활동이다. 관리담당 조직은 등록된 위험의 상태 및 대응 조치 결과, 신규 위험 식별 등의 정보를 확인해 위험관리위원회에 주기적으로 보고한다. 관리담당 조직은 필요 시 실무담당 조직에 위험 대응 조치 결과를 요청할 수 있다. 위험관리위원회는 주기적으로 보고 받은 위험 정보에 근거하여 시기적절하고 효과적인 의사결정을 한다. 위험관리위원회는 위험의 상태와 위험 대응 조치 결과를 검토하여 후속 조치를 결정하고, 특히 각 위험의 수준이 적절한지 검토한다. 위험관리위원회는 필요 시 위험 책임자로부터 위험 대응 조치 결과 등에 대한 구체적 사항을 보고받을 수 있다. 관리담당 조직은 위험관리와 관련된 정보들에 대해 수집·확인 및 유지관리 등을 수행한다.

3.2 위험관리 적용 방침

3.2.1 위험 영역

계약, 예산, 관리, 조직, 기술, 인터페이스, 개발, 일정, AIT(Assembly, Integration, Test), 발사운영 등과 같은 사업의 모든 활동은 위험 분석의 대상이 된다. 위험의 식별과 추적을 용이하게 하기 위해 위험은 사업적 위험 및 기술적 위험으로 분류하여 관리한다. 사업 기간 동안에 필요 시 추가 영역을 생성할 수 있으며, 2가지 분류 기준에 따라 위험의 번호

체계는 다음과 같이 정의한다.



3.2.2 위험 발생확률(Likelihood) 수준

본 연구에서 제시하고 있는 위험관리 프로세스에 적용되는 예상치 못한 위험의 발생 가능성이 발생 확률은 다음과 같은 3가지 수준을 고려해 결정한다. 최종적인 위험 발생의 확률 수준은 위험관리위원회에서 종합적 판단에 따라서 결정한다.

<Table 1> Classification of Risk Likelihood

수준	기준의 정의
높음 (H)	해당 요소의 수명주기 상 발생 가능성이 매우 높음 사업 수행 중 위험을 완화하거나 대처할 관리 수단이 비효과적인 경우
보통 (M)	해당 요소의 수명주기 상 발생 가능성이 있음 사업 수행 중 위험을 완화하거나 대처할 관리 수단은 적절하지만 취약성에 대한 성공적인 대처가 어려울 수도 있는 경우
낮음 (L)	해당 요소의 수명주기 상 발생 가능성이 매우 낮음 사업 수행 중 위험을 효과적으로 완화/대처할 관리 수단이 적절한 경우

3.2.3 위험 영향의 심각도(Severity)

본 연구에서 제시하고 있는 위험관리 프로세스에 적용되는 비용, 일정, 성능에 미치는 영향의 크기인 위험 영향의 심각도는 다음과 같은 3가지 수준을 고려하여 결정한다. 하나의 위험은 동시에 기술 및

<Table 2> Classification of Risk Severity

기준	영향성의 정의
높음 (H)	(1) 발사 실패 또는 임무 실패 (2) 상당한 사업적 비용 및 일정 증가
보통 (M)	(1) 요구조건(기술/사업) 달성 불가, 상당한 노력으로 임무 회복 가능 (2) 약간의 사업적 비용 및 일정 증가
낮음 (L)	(1) 요구조건(기술/사업) 달성 불가, 임무에 미치는 영향 없음 (2) 사업적 비용/일정 영향 미미

일정, 비용에 영향을 줄 수 있으며, 위험 영향의 심각도는 가장 높은 영향으로 결정한다. 최종적인 위험 영향의 심각도는 위험관리위원회에서 종합적 판단에 따라서 결정한다.

3.2.4 위험 수준 및 조치

각 위험의 발생확률과 심각도의 수준에 따라서 다음과 같은 사업의 위험 수준 매트릭스에 의해 3가지 위험 수준 중 하나로 결정한다. 식별된 위험의 발생 가능성 또는 영향을 완화하기 위한 사업적 조치는 결정된 위험 수준을 토대로 수립한다.

<Table 3> Risk Matrix

		영향성		
		낮음 (L)	보통 (M)	높음 (H)
발생 가능성	낮음 (L)	낮음 (3등급)	낮음 (3등급)	보통 (2등급)
	보통 (M)	낮음 (3등급)	보통 (2등급)	높음 (1등급)
	높음 (H)	보통 (2등급)	높음 (1등급)	높음 (1등급)

- 1등급 위험(높음) : 발생 시 사업 목표 달성에 지대한 영향을 초래할 수 있는 중차대한 위험으로, 사업 책임자를 포함한 위험관리위원회의 깊은 주의를 요구됨. 위험 완화계획과 위험 발생 시의 대처계획을 수립하여 위험관리위원회가 승인함.
- 2등급 위험(보통) : 발생 시 사업 목표 달성에 약간의 혼란이 발생하게 되는 위험으로, 사업 책임자를 포함한 위험관리위원회의 주의를 요구됨. 위험 완화계획을 수립하여 위험관리위원회가 승인함. 위험관리위원회가 필요하다고 판단할 경우, 대처계획 수립을 요구할 수 있음.
- 3등급 위험(낮음) : 발생하더라도 사업 목표 달성에 혼란이 거의 없는 위험으로, 해당 관련 조직이나 IPT/WG 차원에서 주의를 요구됨. 위험관리위원회에서 위험으로 관리하지 않음.

Risk Register				Risk Register				
As of 2000.08.31				As of 2000.10.30				
(1) ID	L2-RSK-T-000		(2) Originator	홍길동/RET		홍길동/RET		
(3) Item Name	엔진시스템		(4) WBS No.	294520		294520		
(5) Classification	1 <input type="checkbox"/> Technical Risk 2 <input type="checkbox"/> Programmatic Risk							
(6) Risk	(6-1) Title	엔진시스템 연소불안정		엔진시스템 연소불안정		엔진시스템 연소불안정		
	(6-2) Descriptions	연진시, 선회과, 일명기 의도적 생략		연진시, 선회과, 일명기 의도적 생략		연진시, 선회과, 일명기 의도적 생략		
(7) Initial Risk Magnitude	(7-1) Severity	1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		
	(7-2) Likelihood	1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		
	(7-3) Risk Index (R=5 ^L)	9		(7-4) Risk Level	1		1	
(8) Responsibility	(8) Confirmation		조용필/AMT		(8) Confirmation		조용필/AMT	
	(10)-1 Risk Mitigation Plan		의도적 생략		(10)-1 Risk Mitigation Plan		의도적 생략	
(10) Risk Mitigation Plan & Action	(10)-2 Expected Risk Mitigation Magnitude				(10)-2 Expected Risk Mitigation Magnitude			
	(10)-2-1 Severity	1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		
	(10)-2-2 Likelihood	1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		
	(10)-2-3 Risk Index (R=5 ^L)	2		(10)-2-4 Risk Level	3		3	
	(10)-3 Action for Mitigation		[2000.01 - 00] - (Risk Index - 8, Risk Level - 1)		(10)-3 Action for Mitigation		[2000.01 - 00] - (Risk Index - 8, Risk Level - 1)	
(11) Contingency Plan		<input type="checkbox"/> 공통 시퀀스 변경 <input type="checkbox"/> 연소기 설계 변경(연소기, 분사기 등)		(11) Contingency Plan		<input type="checkbox"/> 공통 시퀀스 변경 <input type="checkbox"/> 연소기 설계 변경(연소기, 분사기 등)		
(12) Results of Risk Mitigation	(12)-1 Severity	1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		(12)-1 Severity		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		
	(12)-2 Likelihood	1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		(12)-2 Likelihood		1 <input type="checkbox"/> Low 2 <input type="checkbox"/> Medium 3 <input type="checkbox"/> High		
(12)-3 Risk Index (R=5 ^L)	9		(12)-4 Risk Level	1		1		
(13) Remarks	[2000.06.10] 위험등급차 변경(RET/홍길동 -> RET/김철수 사용 : 업무 담당자 변경)				(13) Remarks		[2000.06.10] 위험등급차 변경(RET/홍길동 -> RET/김철수 사용 : 업무 담당자 변경)	
(14) Registered Date	2000.01.01		(15) Closed Date	YYYY.MM.DD		(14) Registered Date		
	2000.01.01		(15) Closed Date	YYYY.MM.DD				

[Figure 10] Risk Register in a virtual space launch vehicle R&D project

위험 완화계획 및 대처계획은 조치 내용, 담당자, 목표 위험 수준, 완료 예정 일자 등을 포함하여 위험등록부에 기술하고, 이행 결과는 위험 추적 및 통제 활동에 활용한다.

3.3 위험관리 적용 예

본 연구에서 제안한 위험관리 프로세스를 가상의 우주발사체 개발 사업에 적용하여 확인하였으며, 그 결과를 Figure 10에 나타내었다. 가상의 우주발사체 개발 중 엔진시스템의 연소불안정 문제가 발생할 가능성을 인지하고 대처한 상황을 가정하였는데, 엔진시스템은 시동 중에 정격 연소압에 도달하지 못한 상태에서 터보펌프의 주기적인 섭동 또는 외부 교란이 나타날 경우 연소불안정 문제가 발생할 가능성이 있으며, 이는 연소기의 연소불안정 발생 여부

로 확인 가능하다. Figure 10은 가상의 우주발사체 개발 사업에서 식별된 엔진시스템의 연소불안정 발생 위험에 대한 위험등록부로 위험을 심의/등록하고, 위험 대응 계획을 수립 후 이에 맞추어 위험 대응 조치를 적절히 이행한 결과가 작성되어 있다.

4. 결론

체계 개발 사업의 성공 가능성을 높이기 위해서는 사업의 위험 발생 가능성을 낮추고, 만약 발생하더라도 사업에 미치는 영향성을 최소화 할 수 있도록 관리하여야 한다. 특히, 우주발사체와 같은 대형 복합시스템을 개발하는 사업은 개발 기간이 길고 난이도 역시 높은 사업으로 다른 일반적인 사업과 대비하여서 개발의 불확실성이 매우 높다. 때문에 사업

에서 발생할 수 있는 일정, 비용, 기술에 대한 위험을 체계적으로 관리하여 발생 가능성을 낮추고, 발생 시 사업에 미치는 영향성을 최소화하기 위한 효과적이고 효율적인 위험관리 프로세스를 사업 전 주기 동안에 적용하여 관리하여야 한다.

본 연구에서는 NASA 및 INCOSE 등에서 제시하는 위험관리 적용 현황에 대한 조사 및 분석을 수행하였고, 이를 바탕으로 우주발사체 개발사업에 적용하기 위한 체계적인 위험관리 프로세스를 제안하였다.

참고로 본 논문의 3.2.2절 및 3.2.3절에서 위험 발생확률 및 심각도의 결정 기준을 정량적 기준이 아닌 정성적 기준으로 제시하였다. 이같이 정성적 기준을 제시한 이유는 우주발사체 개발사업의 위험관리 수행 경험을 통해 정량적으로 정확한 위험의 발생확률과 심각도를 추정하기 위하여 노력을 기울이기 보다는 실제로 위험을 관리하는 활동에 노력을 더 집중하는 것이 사업의 위험을 낮추는 데 보다 더 효율적임을 경험하였기 때문이다. 실제로 NASA 등 다른 우주개발 기관에서도 이와 유사한 방향으로 위험관리를 적용하고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 위험의 발생확률 및 심각도를 정성적인 기준으로 적용하되, 현실적으로 가장 명확히 판단할 수 있는 3단계 수준으로 구분한 정성적인 기준을 제시하였다.

본 연구에서 제안한 위험관리 활동을 향후 여러 연구개발 분야, 특히 대형복합시스템의 개발 사업에 적용하게 된다면 사업의 성공 가능성을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

References

1. Armstrong, J., "Technical Performance Measures : Connecting Technical and Management Progress", James R Armstrong Consulting Services. Sep. 2008.
2. Cho, D. H., Yoo, I. S., Kim, K. T., "Trends and Analysis of Space Launch Failures", Bulletin of the Korean Space Science Society, Vol. 23, No. 1, pp. 65, April, 2014.
3. INCOSE, Systems Engineering Handbook, v.3.2.1, 2011.
4. NASA, Risk Management Handbook, v.1.0, 2011.
5. NASA Marshall Space Flight Center, Constellation Systems Launch Vehicle (CSLV) Systems Engineering Management Plan(SEMP) v1.0, May 2006.
6. NASA Marshall Space Flight Center, Project Management and Systems Engineering Handbook, Rev. B.
7. U.S. Air Force, Space & Missile Systems Center, Systems Engineering Primer & Handbook, 3rd Edition, 256-258, April 2005.
8. Yoo, I. S., Cho, D. H., Hong, I. H., "Global Trends of Space Launch Vehicle Technology", Bulletin of the Korean Space Science Society, Vol. 22, No. 1, pp. 62, April, 2013.