

가상 합정획득사업의 Systems Engineering 적용 (INCOSE SE Handbook ver. 3.1 중심으로)

이수억^{1)*}, 신승천¹⁾, 최낙준¹⁾
방위사업청¹⁾

Systems Engineering Application of Imaginary WIG(Wing-In-Ground Effect) Ship Acquisition Project

Su Oek Lee^{1)*}, Seung Chun Shin¹⁾ and Nag Jun Choi¹⁾

1)Defense Acquisition Program Administration, 2-15, Yongsan-dong 2-ga, Yongsan-gu, Seoul, Korea 140-833

Abstract : The purpose of Defense Acquisition Project is that the superior weapons validated needs and performance are supplied to military user with limited financial resources and time. The Warship Acquisition Project is not only like this, But also has special characteristics of long project period and first-constructed ship's operation employment. So, The Warship Acquisition Project need systematic and efficient procedure & management. And this paper researches System engineering application of imaginary WIG(Wing-In-Ground Effect) ship acquisition project based Systems Engineering Handbook ver.3.1 published by INCOSE, the lead of field. The Imaginary WIG(Wing-In-Ground Effect) ship acquisition project applied the four processes(technical, project, Enterprise & Agreement, Enabling Systems), the basis of INCOSE Engineering Handbook ver.3.1, and the each process output compared with DAPA(Defense Acquisition Program Administration)'s warship acquisition procedure.

Key Words : SYSTEMS ENGINEERING, TECHNICAL PROCESS, PROJECT PROCESS, ENTERPRISE & AGREEMENT PROCESS, ENABLING SYSTEMS ENGINEERING PROCESS

1. 서론

국방획득사업이 지향하는 목표는 운용자(수요군)이 원하는 우수한 무기체계를 경제적으로 적기에 획득하는 것으로서, 합정획득사업의 경우도 마찬가지일 뿐만 아니라, 시제함이 전력화 되는 것과 개발기간이 길다는 특수성을 가지고 있어, 보다 체계적이고 효율적인 절차가 요구된다.

이에 본 논문에서는 시스템엔지니어링의 선두

자인 국제시스템엔지니어링 협회에서 발간한 SE HANDBOOK VER 3.1에 가상의 합정획득사업인 WIG 선 연구개발사업을 적용해 보았다. SE Handbook Ver.3.1의 근간을 이루는 4가지 프로세스를 적용해 보면서 결과물(Output)을 도출하였고, 각 프로세스를 방위사업청의 합정획득절차와 비교해 보았다.

*교신저자 : leesuoek@yahoo.co.kr

2. 가상의 WIG선 획득사업의 Systems Engineering 적용

2.1 개념 및 운용요구조건

2.1.1 사업 개념

가상의 개념은 2013년 까지 약 1,000억원을 투입하여 경인운하(경인아라뱃길)를 통해 인원 및 물자를 고속 이송 가능한 300톤급 고속 수송함을 확보하는 것이다.



Fig. 1 Imaginary operation concept scenario of WIG ship

2.1.2 운용요구조건

가상의 운용요구조건은 첫째, 전시 긴급 작전수행을 위해 주요 지휘관 및 물자를 목적지인 인천 앞바다(평택, 송도, 연평도 등) 까지 이송 가능한 이송수단을 제공하는 것이고, 둘째, 인원 100명 이상과 50톤 물자 또는 100톤 이상 물자를 탑재하고 50KTS 이상 속도로 이동 가능한 수단 제공하는 것이며, 셋째, 해상상태 4 이상에서 운항 가능 하도록 내항성 및 안전성 확보하는 것이다

2.2 Context Diagram of System

모든 시스템엔지니어링 기법적용을 하면 Fig. 2와 같은 CONTEXT DIAGRAM의 형태를 가지는데, 반드시 INPUT이 있으면 사업관리자, 개발자 등의 스테이크홀더들의 ACTIVITY를 거쳐 OUTPUT이 존재하며, 주변 환경조건, 법규 등의 CONTROL과 조력자 역할의

ENABLER가 존재하게 된다.

본 CONTEXT DIAGRAM에서는 INPUT으로는 군 운용요구조건이 되며, ACTIVITIES에서는 이러한 요구사항을 이루기 위한 일련의 설계, 건조, VERIFICATION, VALIDATION 활동 등을 하게되며, OUTPUT은 운용요구조건을 만족하는 WIG선과 설계결과물이 된다. CONTROL은 함정설계/건조규격 MIL-SPEC등 지침과 경인운하 운행 조건등이며, ENABLER는 군함설계 전문인력 등의 의견(조언)과 모형시험 등을 위한 수조 및 장비 등이 된다.

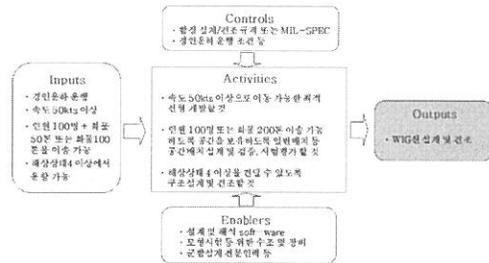


Fig. 2 Context Diagram of WIG Ship acquisition project from Systems Engineering's view point

2.3 System of Systems

WIG선을 SYSTEM으로 볼 경우, 추진체계, 운항체계 등이 요소의 역할을 하며, 이러한 요소가 모여 WIG선 시스템을 형성한다.

WIG선 이송 시스템을 시스템의 주체로 볼 경우 WIG선은 요소가 되며, 연료공급체계와 해상교통통제 시스템이 모여 WIG선 운송 시스템을 형성한다.

또한, 이송시스템을 시스템의 주체로 볼 경우 WIG선 이송시스템은 요소가 되고, WIG선은 하부시스템이 되며, 항공이송 시스템, 해상이송시스템, 육상이송시스템은 서로 유기적인 관계를 가지게 된다.

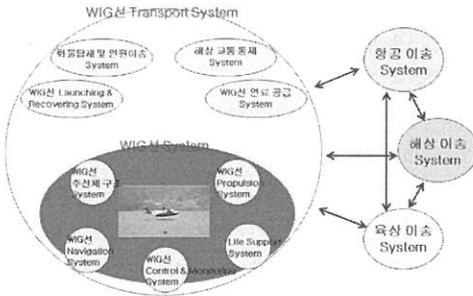


Fig. 3 Systems of Systems for WIG Ship

2.4 Lift Cycle Stage

시스템엔지니어링의 ISO 15288의 LIFE CYCLE과 방위사업청의 함정획득절차와 비교해 보면, 함정획득절차의 가능성 검토와 개념설계 단계는 ISO 15288의 CONCEPT STAGE에 해당하며, 이 단계에서 WIG선 개념연구 가능성 검토와 작정운용능성이 확정된다.

기본설계 단계는 DEVELOPMENT STAGE 초중반부에 해당되며, 이 단계에서 WIG선 기본설계와 자료에 의한 시험평가가 이루어져 전투운용 가적합/부적합 판단을 하게 된다.

상세설계 및 건조 단계는 DEVELOPMENT STAGE의 후반부와 PRODUCTION STAGE에 해당되며, WIG선 상세설계 및 함건조 실시 후 시운전 및 운용시험평가를 거쳐 전투운용 전투운용 적합/부적합 판단을 하게 되어 적합시 인도가 이루어지게 된다.

운용/유지/퇴역 단계는 UTILIZATION STAGE, SUPPORT STAGE, RETIREMENT STAGE에 해당되며, 1년간의 전력화 기간을 거쳐 종합군수지원계획에 의거 군수지원을 유지하다가 수명주기 도래후 퇴역하게 된다.



Fig. 4 Life Cycle Stage of WIG Ship (SE vs Warship acquisition procedures)

3. Processes in Systems Engineering

Fig. 5에서 보는 바와 같이 국제시스템엔지니어링 협회에서 발간한 SE HANDBOOK VER 3.1의 주요 근간을 이루는 4가지 프로세스 (TECHNICAL PROCESS, PROJECT PROCESS, ENABLING SYSTEMS ENGINEERING PROCESS) 가 있으며, 효과적이고 성공적인 LIFE CYCLE 동안의 획득 및 유지를 위해 오른쪽은 관리적 (MANAGEMENT)/기술적 기반의 PRODUCT 기반 프로세스이고, 왼쪽은 이러한 PRODUCT를 지원하는 ENABLING 기반 프로세스로 구성된다.

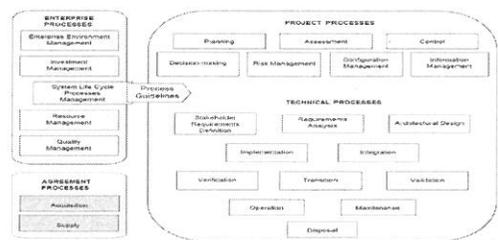


Fig. 5 4 PROCESSES IN SYSTEMS ENGINEERING

3.1 Technical Process

이 프로세스의 특징으로는

- System을 획득에서부터 폐기까지 전과정을 기술적인 관점에서 수행하는 PRODUCT 기

- 반 SE 기법이고,
- 이러한 기술적 프로세스(Technical processes) 없이는 프로젝트 실패의 위험은 매우 높으며,
 - 함정(WIG선) 획득절차와 같이 시간의 순차적인 흐름에 의해 PROCESS가 진행되고, 각 단계에서 Decision Gate를 거치며,
 - 전 단계(process)의 output은 다음 단계(process)의 input 요소로 작용한다.

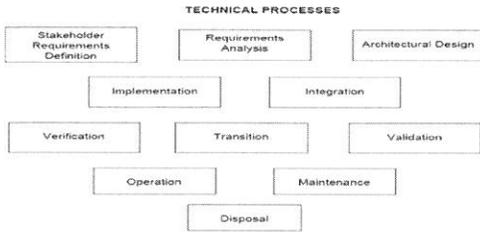


Fig. 6 TECHNICAL PROCESS

3.2 Project Process

- 이 프로세스의 특징으로는
- 수명주기 동안 대상 시스템의 사업적인 MANAGEMENT 관점에서 촛점이 맞추어져 수행되어지는 프로세스이며, 이 중
 - 시간의 순차적인 흐름과 관련된 Process는 Planning, Assessment, Control process이고,
 - 전 수명주기동안 필요시 마다 수행되는 Process는 Decision-making, Risk management, Configuration management, Information management process이다.
- 이중, 시간의 순차적인 흐름과 관련된 프로세스(Planning, Assessment, Control process)와 전 수명주기동안 필요시마다 수행되는 PROCESS 중 Configuration management를 좀 더 구체적으로 확인해 보겠다.



Fig. 7 PROJECT PROCESS

3.2.1 Project Planning Process

3.2.1.1 목적

프로젝트 프로세스 중 사업초기에 이루어지는 PROJECT PLANNING PROCESS의 목적과 WIG 획득사업의 적용은 다음과 같다. 이 프로세스의 목적은 프로젝트의 진행을 분석 평가하고, 조종통제하기 위해 필요한 토대와 방향을 설정하기 위함이며, 이에 대한 WIG선 획득사업 적용시 목적은 운용요구조건이 되겠다.

3.2.1.2 Context Diagram

INPUT은 운용요구조건과 사업추진시 예상되는 항만시설 등 요구자원이다. 이에 대해 ACTIVITY로 세부 업무를 할당하는 SWBS와 사업 전반에 대한 스캐줄을 작성하고, 중기계획에 예산을 반영하게 되며, ROC를 만족하는 세부 REQUIREMENT를 작성하게 된다. 이러한 행위를 거쳐 OUTPUT으로 WIG선 사업계획서와 사업 임무성능 기준서가 나오게 된다. CONTROL과 ENABLER은 함정설계/건조 규격과 설계 및 해석 SOFTWARE 등이다.

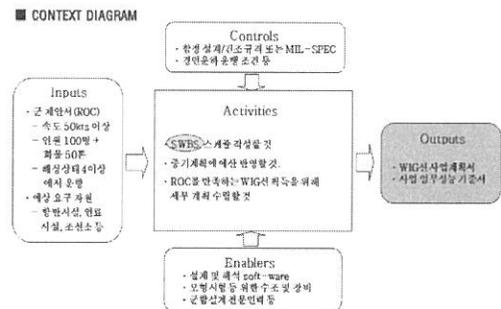


Fig. 8 CONTEXT DIAGRAM OF PROJECT PLANNING PROCESS

3.2.1.3 SWBS

MIL-STD-881을 근간으로 하였고, 총 9개의 GROUP으로 나누어지며, 이 중 GROUP 100 ~700까지는 PRODUCT를 기반으로 한 것이고, GROUP800~900은 이러한 WIG선

SYSTEM을 지원하는 ENABLING PRODUCT PART가 된다.

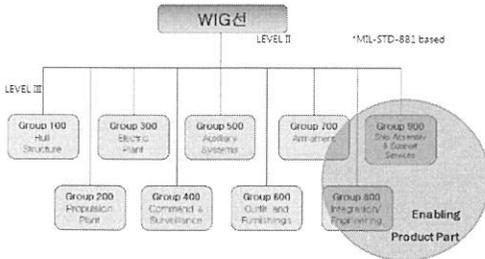


Fig. 9 SWBS OF WIG SHIP

3.2.2 Project Assessment Process

3.2.2.1 목적

이 프로세스의 목적은 프로젝트의 성취나 완수를 평가하기 위해 계획 대비 실제 얻은 결과를 비교하여 프로젝트의 상황을 파악하기 위함이며, 모든 MILE-STONE과 DICISION GATE에서 주기적으로 계획되고, 특히 진행상 차이가 발생할 때 프로젝트팀과 스테이크홀더간의 좋은 대화관계를 유지하기 위함이다.

이에 대한 WIG선 획득사업의 적용 목적은

- 프로젝트 진행상황이 ROC 대비 계산된 요구구성능 값이 적절한가를 분석하고, 프로젝트 진행과 완수가 가능한지를 각 단계의 MILESTONE과 DICISION GATE에서 평가하기 위함이며,
- 아울러, 프로젝트 진행팀이 공정관리, 사업관리, 예산 등 관련 적절한 수행이 가능한지를 평가하기 위함이다.
- 이 프로세스에서는 개념설계 종료시점, 기본설계 D/R, 종료시점 등에 PROJECT ASSESSMENT PROCESS를 실시토록 계획하고, 평가를 실시한다.

3.2.2.2 Context Diagram

INPUT은 PROJECT PLANNING PROCESS의 OUT인 WIG선 사업계획서와 사업 임무성

능 기준서, 그리고 예산 등이 포함된다. 이에 대해 ACTIVITY로 운용요구조건을 다시 세부적으로 분할한 REQUIREMENT와 예산의 적절성에 대하여 평가하게 된다. 이러한 행위를 거쳐 OUTPUT으로 성능측정평가서, 요구사항 변경 등이 나오게 된다. CONTROL과 ENABLER은 Fig. 10에서 보는 바와 같이 PROJECT PLANNING PROCESS와 같다.

CONTEXT DIAGRAM

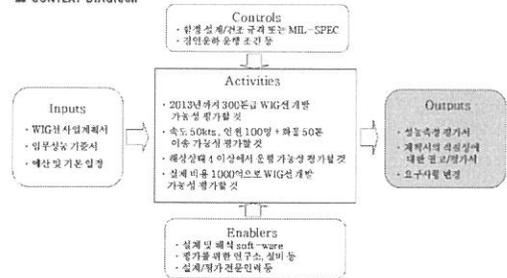


Fig. 10 CONTEXT DIAGRAM OF PROJECT ASSESSMENT PROCESS

3.2.3 Project Control Process

3.2.3.1 목적

이 프로세스의 목적은 PROJECT ASSESSMENT PROCESS 등에서 계획단계와 비교한 차이 (deviation)를 발견하였거나, 기대되는 성과가 나타나지 않을 때 프로젝트를 재조정하고 지시하기 위함이다. 가상의 WIG선 획득사업 적용시 탑재능력 평가결과 100명의 인원과 50톤의 화물 탑재에서 100명의 인원과 20톤의 화물탑재로 운용요구조건 변경과 200억원의 추가비용이 필요할시 이 프로세스를 거쳐 운용요구조건 변경 및 추가예산 확보후 사업을 재추진하게 된다.

3.2.3.2 Context Diagram

INPUT은 PROJECT ASSESSMENT PROCESS의 OUT인 요구사항 변경 및 예산 추가필요 등이 포함된다. 이에 대해

ACTIVITY로 이러한 요구사항 변경과 예산 증액을 위한 세부적 활동이 포함된다. 이러한 행위를 거쳐 OUTPUT으로 ROC 변경을 위한 합동참모회의와 다음 단계 진행여부 결정 결과서이다. CONTROL과 ENABLER은 Fig. 11에서 보는 바와 같이 PROJECT PLANNING, ASSESSMENT PROCESS와 동일하다.

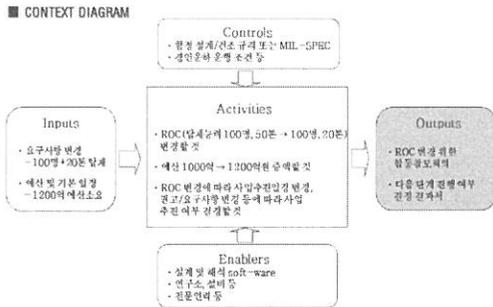


Fig. 11 CONTEXT DIAGRAM OF PROJECT CONTROL PROCESS

3.2.4 Configuration Management

3.2.4.1 목적

전 수명주기 동안 필요시 마다 수행되는 CONFIGURATION MANAGEMENT의 목적은 시스템 수명주기 동안 발생되고 만들어진 요구조건, 서류, 결과물 등에 대한 통제를 유지하고 설립하기 위함이다. Fig. 12에서 보는 바와 같이 최초의 요구조건은 사업이 진행되는 동안 변경, 삭제, 새로 생겨나는 과정을 거치게 된다. 시스템 엔지니어는 수명주기 동안 여러가지 요인에 의해 요구조건 변경의 필요성이 인식된다면, 이를 확인하고, 비용 대 효과적인 측면에서 가장 최적의 제안을 해야한다. 만약, 변경의 필요성을 인식했음에도 불구하고, 그 단계에서 변경하지 않는다면, 후에 발생할 비용, 스케줄, 기술적 성능 측면에서의 위험요소를 증가시키게 된다.

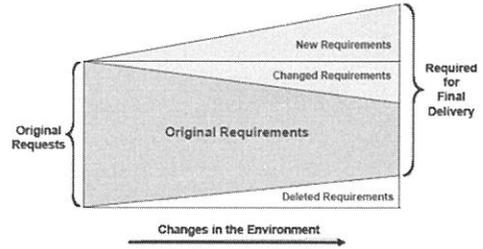


Fig. 12 INEVITABLE REQUIREMENTS CHANGES

3.2.4.2 형상관리의 합성건조사업 적용(예)

예를들어, 조선소에서 소음수준을 줄이기 위해 탄성마운트 추가설치에 대한 기술변경제안(TCP : Technical Change Proposal)을 통합사업관리팀에 제출하면 다음과 같은 절차에 의거 형상관리가 이루어진다.

- 통합사업관리팀에서 형상통제의 종류(기술 변경/규격완화/면제)를 검토후 필요시 국과연 등에 기술검토 의뢰
- 기술변경의 경우, 통합사업관리팀 주관으로 형상통제위원회 개최하고, 규격완화/면제의 경우, 국방품질관리소 주관으로 형상통제위원회 개최
- 형상통제위원회에서 기술변경제안에 대한 가.부 결정
- 기술변경 결정시 추가소요 예산 발생할 경우 조선소의 귀책사유로 인한 기술변경제안이 아니라고 판명될 때에는 추가예산 반영 조치(기획예산처 협조)
- 변경된 형상식별서(도면, 사양서) 관리/유지 및 후속함 건조시 반영

3.3 Enterprise & Agreement Process

이 프로세스는 대상시스템의 수명주기 전 단계에 걸쳐 계속적으로 지원되는 프로세스로서 Fig.13에서 보는 바와 같이 People이 한정된 Resources을 가지고 정해진 운용환경(Market)에서 사용할 수 있는 시스템을 전략적(Stratgy)으로 개발, 생산, 유지, 폐기하

기 위해 지원되는 프로세스를 의미한다.



Fig. 13 KEY SUCCESS FACTORS FOR ENTERPRISE PROCESS

그 중 AGREEMENT PROCESS인 ACQUISITION 과 SUPPLY PROCESS는 ENTERPRISE들이 제품 혹은 서비스를 사고 파는 비즈니스를 행함에 있어, 수명주기 전단계 동안(포괄적 개념) 획득자와 공급자의 관점에서 바라본 지원 프로세스이다.

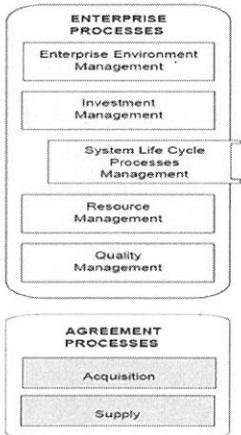


Fig. 14 ENTERPRISE & AGREEMENT PROCESS

3.3.1 Acquisition Process

3.3.1.1 목적

이 프로세스의 목적은 한 기관(사람)이 다른 기관(사람)으로 부터 제품이나 서비스를 획득하기 위한 상황 하에서 두 기관(ENTERPRISE)간의 Agreement를 확립하기 위함이며,

획득자(acquirer)의 needs를 만족 시킬 수 있는 공급자(supplier)를 찾아 제품이나 서비스를 최종적으로 받기 위함이다. 전적으로 획득자(acquirer) ENTERPRISE의 관점에서 쓰여진 특징이 있다.

이를 WIG 선 사업에 적용할 경우 목적은 운전자(획득자)인 해군이 원하는 WIG선의 needs를 만족시킬 수 있는 조선소를 찾아 모든 요구성능을 만족하는 WIG선을 인도받는 것이다.

3.3.1.2 Context Diagram

Fig.15에서 보는 바와 같이 전적으로 획득자 관점의 Process임을 확인할 수 있다.

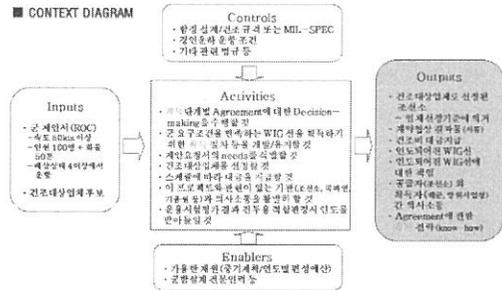


Fig. 15 CONTEXT DIAGRAM OF ACQUISITION PROCESS

3.3.2 Supply Process

3.3.2.1 목적

ACQUISITION PROCESS와 정 반대로 공급자인 조선소의 관점에서 진행되는 프로세스이다.

3.3.2.2 Context Diagram

Fig. 16에서 보는 바와 같이 공급자인 조선소의 입장에서 진행되는 프로세스임을 확인할 수 있다.

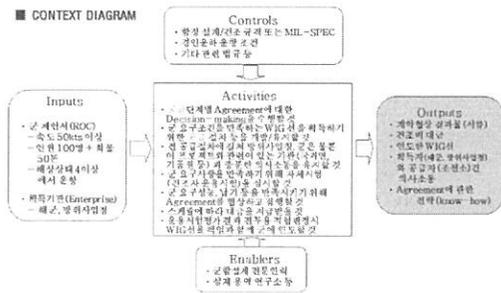


Fig. 16 CONTEXT DIAGRAM OF SUPPLY PROCESS

3.4 Enabling Systems Engineering Process

4가지 프로세스 중 마지막 프로세스인 ENABLING SYSTEMS ENGINEERING PROCESS는 지원 프로세스로서 여러가지가 해당되지만, 그 중 본 논문에서는 TPM(Technical Performance Measure)에 대해 서만 다루어 보았다.

우선 TPM(Technical Performance Measure)이란, 목표 기술요구성능의 수준을 측정하는 방법으로서 Decision Gate reviews에서 프로젝트의 현 위험 수준을 평가하기 위한 수단이다. 프로젝트의 주요 파라미터로 기술성능의 가시화된 수준을 제공하고, 특히, 한계값 (tolerance)을 제공하여 기준을 설정한다. 이러한 주기적인 TPM(Technical Performance Measure) 측정을 통해 사업관리자는 현재의 기술성능과 향후의 성능요구조건 만족여부를 지속적으로 검증할 수 있게 된다.

3.4.1 TPM(Technical Performance Measure) 적용

가상의 WIG선 획득사업에 TPM(Technical Performance Measure)을 적용해 보면, 주요하게 다음 3가지의 운용요구조건(중량, 기본성능, 속도)이 대상으로 선정되며, 본 논문에서는 속도에 대해서만 좀 더 세부적으로 살펴 보았다.

속력에 관한 TPM(Technical Performance Measure)은 각 단계별로 추진체계 최소마력

기준치에 한계값을 가지며, 사업이 후반으로 진행될수록 그 한계값의 폭은 점점 작아져, 구체화 된다. 기준치 한계값 미달시에는, 수정작업 등을 통해 사업관리 재수행이 이루어지며, 이러한 TPM(Technical Performance Measure) 관리를 통해 기술적인 RISK를 최소화하여 비용과 일정 측면에서 효율적인 사업관리 수행할 수 있게 된다.

구분	TPM(속력)			
	기본성계(초기)	기본성계(계약)	상세성계(초기)	상세성계(종료)
한계값 (최대마력)	20,000HP+ 15% 이상	20,000HP+ 10% 이상	20,000HP+ 5% 이상	20,000HP+ 5% 이상
기타	최대마력은 WIG선 운용기간이 경과한 수목엔진 노후화 등의 여유를 고려하여 20,000HP(50kts) 이상으로 설정됨			

- ▲ 주요 설계단계(4회)에서 최대속력에 대한 TPM 평가
- ▲ 최대마력은 5% ~ 15% 이상이 되도록 한계값 설정

Fig. 17 가상의 WIG선 TPM 선정 사례

4. ISO/IEC 15288 & 함정획득절차 & SE PROCESS 비교

본 장에서는 앞에서 설명한 SE 프로세스 4가지와 방위사업청의 획득절차, 그리고 ISO15288을 시간의 순차적인 흐름에 따라 상호 비교해 보았다.

우선 TECHNICAL PROCESS는 ISO 15288, 청의 함정획득절차와 같이 전 수명주기동안 시간의 순차적인 흐름에 의해 진행되며 총 11개의 STAGE를 거치는 과정에서 이전과정의 생략 혹은 불만족시 다음 단계로 진행이 불가하게 된다.

다음, 프로젝트 프로세스에서는 PROJECT PLANNING PROCESS, PROJECT ASSEMENT PROCESS, PROJECT CONTROL PROCESS가 시간의 순차적인 흐름에 따라 Milestone 및 Decision gate 단계 시 마다 실행되며, CONFIGURATION MANAGEMENT PROCESS등은 필요시 마다 실행되게 된다. 마지막으로 ENTERPRISE & AGREEMENT는 ENABLING 관점에서 전 수명주기동안 계속적

으로 실행되게 된다.

- ISO/IEC 15288



- 함정획득절차(WIG선 연구개발절차)



- Technical Process



- Project Process



- Enterprise & Agreement Process

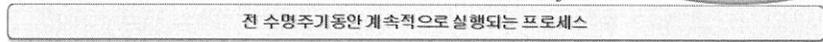


Fig. 18 ISO/IEC 15288 & 함정 획득절차 & SE PROCESS 비교

5. 결론

SE Handbook Ver.3.1의 4가지 프로세스 (Project Process, Technical Process, Enterprise Process, Agreement Process)에 가상의 해군함정사업(WIG선 사업)을 적용하여 결과물(Output) 도출 및 각 프로세스를 정의 함정획득절차와 비교하면서 시스템 엔지니어링 적용의 중요성에 대하여 재 인식하였고, 향후 보다 세부적인 연구를 통하여 실정에 맞는 함정획득절차 기준 설정 노력 필요할 것으로 판단된다.

또한, 소요군 만족도 향상 및 효율적/효과적인 무기체계 획득을 위해 해군사업 뿐만 아니라 모든 연구개발사업에 시스템엔지니어링 절차를 사업초기부터 의무화하기 위한 자체 표준 설정 및 세부절차 규정 반영이 반드시 필

요할 것으로 보인다.

마지막으로, 이러한 시스템엔지니어링 의무적 적용을 위한 저변확대를 위해 청 내,외 교육을 통한 시스템엔지니어들의 육성 및 업체 홍보가 반드시 필요하다.

참고문헌

1. INCOSE, "Systems Engineering Handbook Ver 3.1", August 2007
2. M. Elizabeth C. Hull, Ken Jackson and A. Jeremy J. Dick, "Requirements Engineering", 2002
3. 민성기, 권용수, 시스템엔지니어링 실무, 시스템체계공학원, 2003
4. 민성기, 권용수, 시스템엔지니어링 원론(1), 시스템체계공학원, 2004
5. 방위사업청, "방위사업관리규정", 2009
6. MIL-STD-881, "WORK BREAKDOWN STRUCTURE"