원자력 QA의 능력수준 평가를 위한 SE-CMM과 KEPIC QAP-1간의 비교

이선기*†
*대우건설, 플랜트사업본부 발전PJ팀

Comparison of SE-CMM and KEPIC QAP-1 for Assessing Capability Level of Nuclear QA

Sun Kee Lee*
*Power Plant PJ Team, Plant Division, Daewoo E&C Co., Ltd

Key Words : Capability Level, SE-CMM, KEPIC QAP-1, Nuclear Project

Abstract

Nuclear project company establishes and maintains its QA system in the conformance with applicable Codes & Standards and contract provisions. Certifying agency(e.g., Korea Electric Association) or project owner appraises the effectiveness of the company QA system by surveying or auditing it. However, although the company fulfills the requirements of this survey/audit, the capability level of its nuclear QA system is not appraised numerically and developed in that KEPIC QAP-1, used by the company as a nuclear QA guidebook, does not describe an approach for managing the capability level of the QA system. This study evaluates the characteristics of QAP-1 from the viewpoint of SE-CMM(Capability Maturity Model for Systems Engineering) in order to suggest a possible solution.

1. 서 론

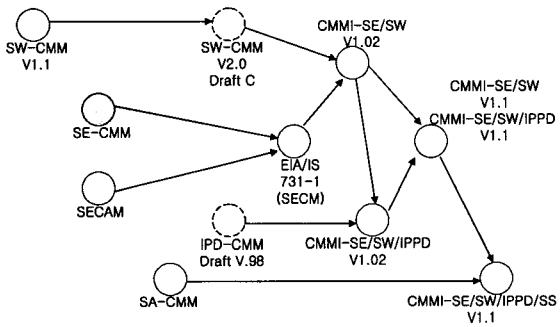
1.1 연구배경 및 목적

프로세스능력 개선을 통한 품질확보를 위해 그림 1에 나타난 것과 같이 각종 능력성숙도 모델(Capability Maturity Model; CMM)이 개발되었다[Curtis et al., 2002]. 이중 SW-CMM은 소프트웨어산업에서 가장 활발히 적용되고 있으나 CMMI(Capability Maturity Model Integration)의 출연으로 소프트웨어산업조직은 CMMI에 따른 능력성숙도 인증취득을 준비할 것으로 예상된다. 최근의 CMMI는 시스템공학, 소프트웨어공학, 통합제품 및 프로세스개발(Integrated Product and Process Development)과 공급자획득과정을 포함한

† 교신저자 penda@dwconst.co.kr

포괄적인 모델로써 시스템공학과 소프트웨어공학을 연결해 주는 역할을 한다. 이런 상황에서 조직은 평가대상에 적합한 CMM을 선정하여 조직의 프로세스 능력을 자체 평가할 수 있기 때문에 CMM의 용도와 적용을 적절히 이해할 필요가 있다.

시스템공학(SE, Systems Engineering)은 군수 및 우주항공 산업에서 제품시스템을 효과적으로 개발하기 위해 주로 적용되어 왔다. 전산소프트웨어의 개발 및 적용은 시스템공학을 이용한 시스템설계에 필요하다. 마찬가지로 시스템공학은 전산소프트웨어를 효과적이고 효율적으로 개발하는데 기여하기 때문에 개발자는 시스템공학프로세스를 이해할 필요가 있다. 시스템공학은 제품시스템 개발에 주로 적용되었으나 기업의 비즈니스 프로세스설계에도 이용할 수 있다. [유일상, 2004] 이와 비슷하게, 시스템공학을 고려한 CMM은 비즈니스 프로세스의 능력수준을 평가하는데 적용될 수 있을 것으로 예상되나 국내실무에서 실제 적용된 사례는 없다.



<그림 1> CMM 발전현황

ISO9001:1994가 ISO9001:2000으로 개정됨에 따라 해당기업들은 ISO9001:2000에 의한 품질보증시스템 인증을 획득해야 하는데 소프트웨어개발업체는 대외신뢰도 개선을 위해 ISO9001과 CMM(SW-CMM, CMMI)을 모두 만족시키는 전략을 수립할 필요가 있다. ISO9001과 SW-CMM간의 비교는 개발업체가 이러한 전략수립을 하는데 도움을 준다.[류진수 외 2인, 2003] 여러종류의 CMM이 개발되었고 그 특징 및 적용대상도 상이하지만 기본적으로 추구하는 방향은 프로세스의 능력수준을 계수화하고 이를 기반으로 능력수준을 개선하는 것이다.

ISO9001:2000은 조직의 프로세스를 강조하기 때문에 ISO9001:2000에 따라 품질경영시스템을 수립한 사업자는 프로세스 중심적으로 업무를 진행하고 있다. 원자력사업자의 경우 품질경영시스템과 원자력품질보증시스템은 상호보완적이지 않고 독립적으로 이행되고 있는데 적용기술기준의 상이함 때문이다. 원자력품질보증시스템이 해당기술기준 및 계약조항에 상충되지 않으면서도 프로세스 중심적이기 위해서는 프로세스의 능력수준을 평가할 수 있고 개선방향을 제공할 수 있는 지침이 필요하다.

ISO9001:2000은 프로세스 지향적이라고는 하나 프로세스의 능력수준을 정량적으로 평가할 수 있는 구조를 갖고 있지 못하다. CMM은 이에 대한 해결안을 제시한다. 즉, CMM은 조직이 프로세스의 능력을 정량적으로 자체평가할 수 있게 한다. 국내의 경우 SW-CMM이 소프트웨어산업에서 적용되고 있는 것과는 대조적으로 건설업과 같은 하드웨어산업에서는 CMM의 개념조차 생소하다.

국내의 경우 SW-CMM의 공통특징개념을 건설업에 적용해 시공업체의 사업관리정보시스템(PMIS)의 능력을 평가하는 연구가 수행되었으나 SW-CMM의 각 프로세스 영역별로 PMIS를 평가하지 않았기 때문에

SW-CMM을 적절히 적용했다고 할 수 없으며 SW-CMM이 소프트웨어산업 중심적이기 때문에 건설업의 특징을 반영하지 못한 한계를 지니고 있다.[박정하, 2002] 그 외에 국내건설업에서 SW-CMM을 포함한 CMM관점에서 프로세스를 평가한 연구는 이루어지지 않았다. 경쟁력있는 기업프로세스를 확보하기 위해 건설업체는 ISO9001:2000을 기반으로 한 품질경영을 시도하고 있지만 최근 소프트웨어산업을 중심으로 그 중요성이 인식되고 있는 CMM의 장점에 관심을 가질 필요가 있다.

일반산업에서 채택하고 있는 ISO 9001:2000은 ISO9001:1994에 비해 프로세스 관리의 중요성을 강조하고 있는 반면 원자력산업에서 품질보증의 표준으로 이용하는 KEPIC QAP-1은 프로세스 관리의 지침을 구체적으로 제시하지 못하고 있다. 이 때문에 원자력사업자는 원자력품질보증시스템을 구축하는데 있어 지속적인 프로세스 개선을 능동적으로 하지 못하고 있다. ISO 9001:2000의 적용을 통한 프로세스의 능동적 개선을 유도할 수 있지만 ISO9001:2000은 구조적으로 프로세스의 능력수준을 정량적으로 제시하지 못하기 때문에 프로세스 능력수준의 정량적 평가를 위해 적절한 CMM을 참조할 필요가 있다.

CMM의 대표적 두 축은 시스템공학과 소프트웨어공학이다. ISO9001이 CMM과 갖는 연관성을 평가하여 상호보완점을 제시하는 연구가 수행된 바 있다. Minnich(1996)은 SE-CMM과 ISO9001:1994의 연관성을 정의함으로써 ISO9001:1994를 만족하는 품질보증시스템의 능력수준을 시스템공학적 관점에서 평가할 수 있게 하였고 류진수 등(2003)은 소프트웨어산업의 품질보증개선을 위해 ISO9001:2000과 SW-CMM의 연관성을 평가하였다.

ISO9001:1994는 ISO9001:2000에 의해 대체되었지만 원자력프로젝트에 초점을 둔 KEPIC QAP-1보다 일반적이고 포괄적인 품질보증구조를 제공하고 QAP-1과 유사점을 갖고 있다.[이원표, 2002] CMM을 QAP-1과 비교평가한 연구는 발견되지 않지만 원자력품질보증시스템이 구조적으로 체계성을 충분히 확보하고 있는지 여부와 그 성숙도를 평가할 필요가 있다. 이를 위해 이 연구는 SE-CMM측면에서 QAP-1요건을 고찰하는 메카니즘을 제안한다.

1.2 연구방법 및 범위

SE-CMM과 QAP-1의 연관성은 아래의 순차적 비교를 통해 유도된다.

1) SE-CMM의 프로세스영역과 ISO9001:1994의 요건을 비교
2) ISO9001:1994와 QAP-1의 요건을 비교
3) QAP-1의 요건과 SE-CMM의 프로세스영역을 비교

SE-CMM과 ISO9001:1994의 비교를 통해 ISO9001이 다루지 않는 프로세스영역과, SE-CMM에서 고려하지 않는 ISO9001의 요건을 식별하고 ISO9001:1994와 QAP-1의 비교로부터 QAP-1에서 설명되지 않는 ISO9001의 요건을 식별한다. 이 비교를 참고로 SE-CMM과 QAP-1의 연관성을 유도하고 이 연관성은 사업자가 SE-CMM관점에서 원자력품질보증시스템의 능력수준을 평가하는데 적용할 수 있다.

국내에서 ISO9001:2000과 SW-CMM을 비교 평가한 연구가 수행되었지만 이는 소프트웨어산업 중심적이기 때문에 원자력산

업의 품질보증시스템 개선을 위한 시사점을 구체적으로 제시하지 못한다. 이에 대한 대안으로 이 연구는 SE-CMM관점에서 QAP-1의 구조적 특성을 평가하여 현재의 원자력품질보증시스템의 한계를 지적하고 이를 극복하기 위한 방안을 제시한다.

2. 원자력품질보증

2.1 일반사항

원자력품질보증은 원자력시설의 구조물, 계통 및 기기가 적용기술기준에 따른 다는 확신을 고객에게 주기 위한 일련의 계획되고 체계적인 모든 활동을 의미하고 안정성 확보, 신뢰성 제고, 경제적 손실 미연방지 및 이용향상을 위해 필요하다. 이러한 필요성에 부응하기 위하여 대한전기협회는 전력산업관련 국내외 기술기준을 참조하여 KEPIC(Korea Electric Power Industry Code; 전력산업기술기준)을 제정하였다. 이 기술기준은 원자력법, 전기사업법, 건축법, 소방법 등 관련법규를 만족시키며 그 구성은 기술적 사항과 제도적 사항으로 구분된다. 기술적 사항은 발전 및 송.변.배전 설비의 재료, 설계, 제작, 시공, 검사, 운전 및 보수와 관련한 것이고 제도적 사항은 전력설비의 안전성 및 신뢰성 확보에 필요한 품질보증 및 공인검사와 관련한 것이다.

국내원자력산업의 경우 고리1,2호기 및 월성1호기 원자력발전소의 건설에 기술도입국(미국, 캐나다)의 기술기준을 적용하였지만 KEPIC 1995년판을 울진5,6호기 원전건설에 부분적으로 적용한 이래 신고리 1,2호기, 신월성 1,2호기 및 신고리 3,4호기 원자력발전소건설에 KEPIC을 전면 적용하기 때문에[조철행, 2003] 국내 원자력사업자에게 KEPIC은 품질확보를 위해 준수해야 할 기술기준이 되었다. 이 기술기준 중 QAP는 표준으로써 계획 일반기준(QAP-1)과 기술기준(QAP-2)으로 구성되며 원자력사업자가 준수해야 할 품질보증구조의 최상위 일반요건을 정의하고 있다.

국내 원자력사업자는 QAP 및 다른 기술기준(예: KEPIC MNA, SNA) 및 계약조항에 따라 품질보증시스템을 수립하는데 인증기관(예: 대한전기협회)이나 발주자의 실사나 감사를 통과해야 그 유효성을 유지하게 된다. 대한전기협회는 이 유효성에 대한 인증을 위해 사업자가 KEPIC을 준수할 수 있는지 품질보증능력을 심사하여 자격을 관리할 목적으로 "원자력품질보증 자격인증제도"를 운영하고 있다.

2004년 9월30일 현재 총 88개의 국내업체들이 원자력기계(MN), 원자력전기(EN) 및 원자력구조(SN)분야에서 KEPIC 인증을 받았는데 이들 중 기계(구조)분야 제조(제작)자는 38.1 %, 전기분야제작자는 33.0 %, 재료업체는 15.5 %, 설치(시공)자는 11.3%, 발전사업자와 설계자는 2.0 %의 비중을 차지하고 있으며[http://www.kepic.or.kr/kor] 그 비중은 점차 확대될 것으로 기대된다.

국내 원자력사업의 경우 한국수력원자력(주)도 KEPIC을 품질보증프로그램을 위한 지침으로 채택하고 있어 점차 KEPIC 적용이 확대되고 있음에도 불구하고 현재의 실사나 감사관행은 품질보증시스템의 능력수준을 차등화하여 평가하지 않기 때문에 사업자는 프로세스 능력수준을 능동적으로 개선하지 않을 수 있다. 그러나 능력수준 개선은 사업자의 경쟁력 제고에 기여할 것이

<표 1> ISO9001과 QAP-1간의 요건 연관성

ISO9001:1994 항	KEPIC QAP-1요건영역*
4.1(경영책임)	조직(1), 품질보증계획(2)
4.2(품질시스템)	품질보증계획(2)
4.3(계약검토)	미언급(N/A)
4.4(설계관리)	설계관리(3), 지시서, 절차서 및 도면(5),
4.5(문서 및 자료관리)	문서관리(6)
4.6(구매)	구매문서관리(4), 구매품목 및 용역의 관리(7), 감사(18)
4.7(고객지급품의 관리)	미언급(N/A)
4.8(제품식별 및 추적성)	품목의 식별 및 관리(8)
4.9(공정관리)	지시서, 절차서 및 도면(5), 공정관리(9)
4.10(검사 및 시험)	구매품목 및 용역의 관리(7), 검사(10), 시험관리(11)
4.11(검사,시험 및 측정장비의 관리)	측정 및 시험장비의 관리(12)
4.12(검사 및 시험상태)	검사, 시험 및 운전상태(14)
4.13(부적합품의 관리)	조직(1),구매품목 및 역무의 관리(7),부적합품목의 관리(15)
4.14(시정조치 및 예방조치)	시정조치(16)
4.15(취급,보관,포장,보존 및 인도)	취급, 저장 및 운송(13)
4.16(품질기록의 관리)	품질보증기록(17)
4.17(내부품질감사)	감사(18)
4.18(훈련)	품질보증계획(2)
4.19(부가서비스)	미언급(N/A)
4.20(통계적 기법)	미언급(N/A)

* ( )는 요건영역구분번호를 나타냄

기 때문에 능력수준 평가를 위한 가능한 방법을 선택할 필요가 있다.

2.2 QAP-1의 구성

원자력품질보증의 일반계획요건을 설명하는 QAP-1은 표 1과 같이 ISO9001:1994와 비교할 수 있는 18개의 요건영역들을 포함하는데 이 영역들은 계획(Plan), 이행(Do), 확인(Check) 및 시정조치(Act)로 구분된다. [이원표, 2002]

1) 계획요건(Plan): 조직, 품질보증계획, 설계관리, 구매문서관리, 도면/절차서/지시서, 문서관리, 품질보증기록
2) 이행요건(Do): 구매품목 및 용역관리, 품목의 식별 및 관리, 계측장비관리, 취급, 저장 및 선적, 검사, 시험 및 운전현황, 공정관리
3) 확인요건(Check): 검사, 시험관리, 감사
4) 시정조치요건(Act): 부적합관리, 시정조치

원자력사업자는 ISO9001에 따른 품질보증시스템과 QAP-1에 따른 원자력품질보증시스템을 이원화하여 관리하고 있는데 그 이유는 표 1의 연관성으로 설명될 수 있다. 표 1의 요건연관성은 이들 표준들 간에 부분적인 관련성을 나타낼 뿐이지 전체의 내용이 같음을 나타내지 않는다. 예를 들어 품질경영(4.1)요건은 부분적으로 QAP-1의 조직과 품질보증계획에서 다루어진다. 이는 조직 및 품질보증계획의 요건만족이 품질경영요건만족을 보장하지 않음을 의미한다. 또한 QAP-1과 ISO9001:1994 상호간에는 관련성이 전혀 없는 요건영역이 존재한다. 즉, QAP-1은 계약검토(4.3), 고객지급품관리(4.7), 부가서비스(4.19) 및 통계적 기법(4.20)을 기술하지 않고 ISO9001은 운전상태(14)를 다루지 않는다.

ISO9001:1994와 마찬가지로 QAP-1은 프로

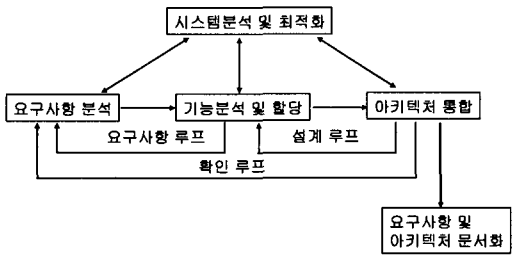
세스관리를 언급하고 있지만 CMM과 달리 프로세스의 능력수준을 척도로 정의하지 않는다. ISO9001이 통계적 기법을 통한 프로세스 능력관리를 언급하고 있지만 품질보증시스템의 능력수준을 전반적으로 평가하고 방향을 제시하는 지침을 제시하지 못한다. 국내 원자력건설업체의 경우 대부분 품질보증시스템의 계획 및 이행단계에서 통계적 기법을 실질적으로 활용하지 못하고 있는데 그 이유가 건설업의 특성에 기인한다고 생각하지만 프로세스 성과에 대한 정량적 관찰 및 통계처리가 없다면 ISO9001이나 CMM관점에서의 프로세스 능력수준향상은 한계에 부닥치게 된다.

3. 시스템공학과 능력성숙도모델

3.1 시스템공학

시스템공학은 시스템공학프로세스를 이용한 여러 학문분야에 걸친 접근으로써 제품 및 프로세스획득을 최적화하는데 이용할 수 있다. 시스템공학프로세스는 시스템공학관리, 요구사항 및 아키텍처 정의, 시스템통합 및 검증이라는 하부프로세스들로 구성되며 이들 간에는 feedback관계가 존재한다[Martin, 1997]. 이중 시스템엔지니어가 가장 적극적으로 관여하는 부분은 그림2와 같은 요구사항 및 아키텍처 정의 하부프로세스이다. 이 하부프로세스는 비즈니스프로세스개발에도 적용할 수 있지만 실질적으로 적용된 사례가 드문데 이는 BPR(Business Process Reengineering)기법이 프로세스계획 및 개선에 적합하고 시스템공학은 제품시스템개발에 효과적이라는 인식 때문이다.

요구사항분석은 시스템요구사항과 그 분해구조를 정의하는 단계이고, 기능분석에서는 요구사항이 명기하는 프로세스 및 시나리오를 정의하며, 아키텍처통합은 시스템구성요소들과 이들 간의 공유영역을 정의한다. 기능분석에서 결정된 기능 또는 프로세스는 해당 구성요소로 할당된다.



<그림 2> 요구사항 및 아키텍처 정의 하부프로세스

3.2 시스템공학능력성숙도모델

시스템공학만을 고려한 능력성숙도모델로 SE-CMM(Capability Maturity Model for Systems Engineering), SECAM(Systems Engineering Capability Assessment Model) 및 SECM(Systems Engineering Capability Model)이 개발되었는데 이 모델들은 표 2와 같이 프로세스영역별로 유사관계를 갖는다. [조창권과 민성기, 2002] 이중 SECAM과 SE-CMM을 통합한 SECM과 ISO9001과의 관계가 평가되지 않은 반면 SE-CMM과 ISO9001:1994간의 비교연구가 이루어졌기 때문에[Minnich, 1996] 객관성확보를 위해 이 연구는 SE-CMM을 QAP-1의 비교대상으로 선택한다.

3.3 SE-CMM

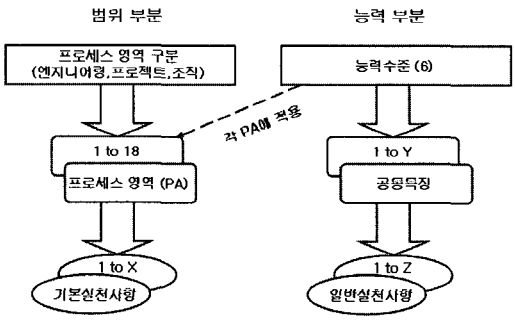
SE-CMM 최신버전 1.1은 1995년 11월에

<표 2> SE 능력성숙도모델간의 프로세스영역 유사관계

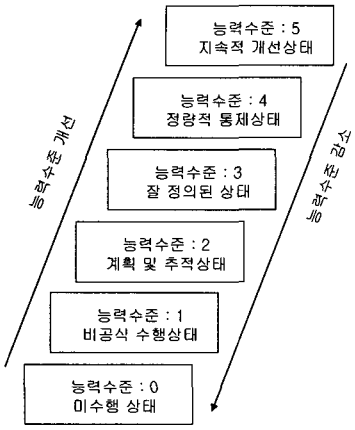
SECM (EIA/IS 731-1)	SE-CMM	SECAM
FA1.1 이해 당사자 및 시스템 요건정의	PA06 고객요구 및 기대이해	KFA3.1 시스템개념 정의
FA1.2 기술적 문제정의	PA02 요구사항 유도 및 할당	KFA3.2 요건 및 기능분석
FA1.3 해결책을 정의	PA03 시스템 아키텍처 발전	KFA3.3 시스템 설계
FA1.4 평가 및 선택	PA01 해결안 분석	KFA3.4 통합 엔지니어링 분석
FA1.5 시스템 통합	PA05 시스템 통합	KFA3.5 시스템 통합
FA1.6 시스템 검증	PA07 시스템 검증 및 확인	KFA3.6 시스템 검증
FA1.7 시스템 확인		KFA3.7 시스템 확인
FA2.1 계획 및 조직	PA12 기술노력 계획	KFA1.1 계획
FA2.2 관찰 및 통제	PA11 기술노력의 관찰 및 통제	KFA1.2 추적 및 감독
FA2.3 분야 통합	PA04 분야 통합	KFA1.4 그룹간 조정
FA2.4 공급자와 협력	PA18 공급자와 협력	KFA1.3 하부계약관리
FA2.5 위험관리	PA10 위험관리	KFA1.7 위험관리
FA2.6 데이터관리	관련 사항 없음	KFA1.8 데이터관리
FA2.7 형상관리	PA09 형상관리	KFA1.5 형상관리
FA2.8 품질보증	PA08 품질보증	KFA1.6 품질관리
FA3.1 SE프로세스 정의 및 개선	PA13 조직SE프로세스 정의	KFA2.1 프로세스관리 및 개선
	PA14 조직SE프로세스 개선	
FA3.2 능력관리	PA17 기량 및 지식의 지속적 제공	KFA2.2 능력개발
FA3.3 기술관리	PA15 제품군발전관리	KFA2.3 기술관리
FA3.4 SE지원환경관리	PA16 SE지원환경관리	KFA2.4 환경 및 도구 지원

발행되었다. SE-CMM은 그림 3와 같이 범위부분과 능력부분의 구조를 갖고 있다. 범위부분에는 표 2와 같이 18개의 프로세스영역들이, 능력부분에는 그림 4와 같이 6단계의 능력수준이 정의된다. 각 프로세스영역에는 다수의 기본실천사항들이 존재한다. 능력수준은 일반실천사항에 의해 특징이 설명된다. 능력수준 0(미수행 상태)에서 프로세스영역의 기본실천사항이 일반적으로 수행되지 못하고 작업산출물은 쉽게 식별되거나 접근될 수 없다. 능력수준 1(비공식수행 상태)에서 프로세스영역의 기본실천사항이 일반적으로 수행되나 기본실천사항의 성과는 엄격하게 계획 및 추적되지 않을 수 있다. 작업산출물은 식별된다. 능력수준 2(계획 및 추적상태)에서 프로세스영역의 기본실천사항들이 계획되고 추적된다. 능력수준 3(잘 정의된 상태)에서 기본실천사항은 잘 정의된 프로세스에 따라 이행된다. 능력수준 4(정량적 통제상태)에서 프로세스의 상세한 성과측정값이 수집되고 분석된다.

능력수준 5(지속적 개선상태)에서 프로세스의 효과 및 효율을 위한 정량적인 성과목표가 수립되고 프로세스가 지속적으로 개선된다.[SEI, 1995]



<그림 3> SE-CMM의 구조



<그림 4> SE-CMM의 능력수준 단계

3.4 SE-CMM과 ISO9001:1994의 관계

ISO9001:2000이 발행되기 전에는 고객이 공급자선정기준의 일부로써 ISO9001:1994를 선택했을 경우 공급자는 ISO9001:1994 인증 획득 및 준수가 수주조건이라고 생각하였다. 반면에 SE-CMM은 표준이 아니기 때문에 공급자선택 기준일 수 없지만 공급자의 시스템공학능력수준을 평가하는데 유익하다.

ISO9001:1994는 문서화된 프로세스에 의한 업무수행을 요구한다. SE-CMM은 이 개념을 능력수준들로 분할한다. 즉, 프로세스수행은 능력수준 1 개념이고 프로세스 문서화는 능력수준 2나 3에서 다루어진다. 게다가 ISO9001요건들은 능력수준 2의 일반 실천사항들로 추적될 수 있기 때문에 ISO9001과 유사관계에 있는 표 3의 각 프로세스영역은 능력수준 2이상이어야 한다.[Minnich, 1996] 표 3의 연관성은 표 1과 마찬가지로 부분적인 유사성을 나타낸다. 예를 들어 ISO9001의 설계관리 요건(4.4항)은 SE-CMM의 여러 프로세스영역에 관련되지만 관련되는 프로세스영역의 목적과 범위를 대변하지 않는다.

ISO9001:1994는 설계, 개발, 생산, 설치 및 부가서비스를 위해 적용되는 품질보증요건을 포함하는 표준이고 SE-CMM은 시스템공학관점에서 이행해야하는 프로세스영역들을 제시하는 모델이기 때문에 이들 간에는 요건 상에 유사하지 않은 부분이 존재한다. 즉, ISO9001은 시스템공학 프로세스 정의(PA13), 시스템공학 프로세스 개선(PA14), 제품군발전관리(PA15) 및 시스템공학 지원환경관리(PA16)를 포함하지 않아 ISO9001에 따른 품질보증체계는 시스템공학관점에서 체계성을 보장하지 못하고 프로세스의 능력수준관리에 취약한 구조를 갖고 있다. 또한 SE-CMM은 ISO9001의 품질방침(4.1.1), 검사, 측정 및 시험장비의 관리(4.11), 취급, 보관, 포장, 보존 및 인도(4.15)와 부가서비스(4.19)를 다루지 않는다.

<표 3> SE-CMM과 ISO9001간의 유사관계

SE-CMM 프로세스영역	ISO9001:1994 항 번호
PA01	4.4
PA02	4.4
PA03	4.4
PA04	4.4
PA05	4.6, 4.10, 4.12, 4.13
PA06	4.3, 4.4
PA07	4.2, 4.4, 4.10, 4.12, 4.13
PA08	4.1, 4.2, 4.9, 4.13, 4.14, 4.16, 4.17, 4.20
PA09	4.4, 4.5, 4.7, 4.8
PA10	4.14, 4.17
PA11	4.9, 4.17
PA12	4.2, 4.4, 4.9, 4.17, 4.20
PA13	미언급(N/A)
PA14	미언급(N/A)
PA15	미언급(N/A)
PA16	미언급(N/A)
PA17	4.18
PA18	4.3, 4.6
미언급(N/A)	4.1.1(품질방침), 4.11, 4.15, 4.19

4. SE-CMM과 QAP-1의 비교

4.1 접근방법

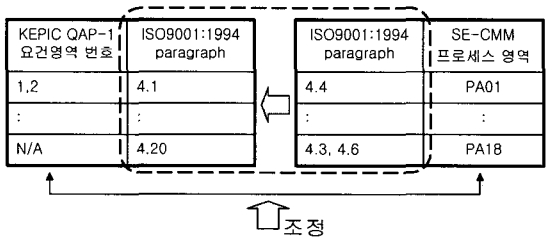
국내에서 ISO9001:2000과 SW-CMM에 대한 비교연구[류진수 외 2인, 2003]는 있었지만 SE-CMM에 대한 비교연구는 시도되지 않았다. 반면에 Minnich(1996)는 ISO9001:1994와 SE-CMM간의 특성비교를 제시한 바 있다.

ISO9001:1994를 매개로 하지 않고 직접 SE-CMM과 QAP-1의 특성을 비교할 수 있지만 비교의 주관성문제를 줄이기 위해 기존의 연구인 ISO9001:1994와 SE-CMM의 요건비교[Minnich, 1996] 및 ISO9001:1994와 QAP-1간의 요건비교[이원표, 2002]를 이용할 필요가 있다.

ISO9001:1994, SE-CMM, QAP-1은 서로 부분적인 유사성을 갖고 있기 때문에 기존 연구의 단순평면적인 연결로부터 나온 평가결과는 참조만 할 뿐 SE-CMM과 QAP-1의 특성을 일일이 재검토하고 이들 간의 상관관계를 확인 및 조정하였다. 이것은 결과적으로 SE-CMM과 QAP-1을 직접비교한 것과 마찬가지이다. 이러한 연관성도출 메카니즘은 그림 5와 같으며 SE-CMM과 QAP-1의 특성을 이해한 실무자가 확인 및 조정을 수행한다.

4.2 유사성 도출

SE-CMM은 115개의 기본실천사항(BP; Base Practice)들을 포함하는데 이중 35개가 QAP-1요건항목과 유사관계를 갖는다. BP들은 프로세스영역별로 구분되기 때문에 프로세스영역과 QAP-1 요건영역과의 유사관계가 표 4와 같이 도출된다. 이 유사성이 갖는 시사점은 세 가지로 설명할 수 있다. 첫째, SE-CMM 관점에서 원자력품질보증시스템의 능력수준을 평가할 수 있는 구조화를 제공하고 둘째, 시스템공학적 관점에서 원자력품질보증시스템이 갖는 취약성의 원인을 구조적으로 식별할 수 있다는 것과 셋째, 원자력품질보증시스템과 해당 비즈니스프로세스 의 능력수준을 개선하기 위한 방향을 제시할 수 있다는 것이다.



<그림 5> SE-CMM과 QAP-1의 비교메카니즘

1) 능력수준평가를 위한 구조화

SE-CMM은 프로세스 또는 시스템의 능력수준을 18개의 프로세스영역들로 분석하여 평가할 수 있는 구조를 제공하기 때문에 QAP-1의 요건항목들과 유사한 프로세스영역들을 식별하여 QAP-1의 구조를 SE-CMM 중심으로 재구성함으로써 QAP-1의 적용을 받는 원자력품질보증시스템의 능력수준을 프로세스영역별로 평가할 수 있다.

이러한 구조화를 가능케 하는 SE-CMM의 기본실천사항과 QAP-1의 요건항간의 특성비교는 다음과 같다. PA01(해결안분석)은 6개의 BP를 설명하는데 3개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP01.01(평가기준수립)은 "설계공정, 지시서, 절차서 및 도면"과, BP01.02(분석접근정의)는 설계공정과, BP01.04(해결안분석)는 설계공정과 유사관계를 갖는다.)

PA02(요구사항 유도 및 할당)은 9개의 BP를 설명하는데 3개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP02.01(상세한 운영개념개발)은 설계공정과, BP02.05(공유영역 요구사항개발)는 설계입력과, BP02.06(요구사항할당)은 설계공정과 유사관계를 갖는다.)

PA03(시스템 아키텍처 발전)은 8개의 BP를 설명하는데 2개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP03.05(아키텍처요구사항할당)는 "설계공정 및 설계확인"과, BP03.07(설계결과 및 근거기록)은 도면과 유사관계를 갖는다.)

PA04(분야통합)는 6개의 BP를 설명하는데 2개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP04.01(필수분야포함)은 조직과, BP04.05(결과전달)는 문서발행과 유사관계를 갖는다.)

PA05(시스템통합)는 8개의 BP를 설명하는데 3개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP05.03(시스템요소 수령검증)은 품목 또는 역무의 합격여부 판정과, BP05.04(시스템요소 정확성 검증)는 "(공정중, 최종, 가동중)검사 및 시험결과"와, BP05.05(시스템요소 공유영역검증)는 "(공정중, 최종, 가동중)검사 및 시험결과"와 유사관계를 갖는다.)

PA06(고객요구 및 기대이해)는 5개의 BP를 설명하는데 QAP-1요건항목에 관계되는 BP는 없다. PA07(시스템검증 및 확인)은 6개의 BP를 설명하는데 2개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP07.02(작업산출물검증정의)는 "검사계획 및 시험요건"과, BP07.05(검증 및 확인의 수행 및 기록)는 "(공정중, 최종, 가동중)검사, 시험결과, 품목 또는 역무의 합격여부판정"과 유사관계를 갖는다.)

PA08(품질보증)은 7개의 BP를 설명하는데 3개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP08.02(작업산출물품질측정)는 "(공정중, 최종, 가동중)검사, 시험요건 및 품목 또는 역무의 합격여부판정"과, BP08.04(품질측정데이터의 분석)는 "시정조치 및 감사수행"과, BP08.06(품질개선활동개시)은 "감사준비 및 감사수행"과 유사관계를 갖는다.)

PA09(형상관리)는 5개의 BP를 설명하는데 2개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP09.02(형상단위식별)는 "설계공정 및 구매문서내용"과, BP09.03(작업산출물의 기준유지)은 "도면 및 구매문서내용"과 유사관계를 갖는다.)

위험관리(PA10)는 6개의 BP를 설명하는데 5개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP10.01(위험관리접근개발)은 감사준비와, BP10.02(위험식별)는 감사수행과, BP10.4(위험평가검토)는 감사결과보고와, BP10.05(위험완화이행)는 감사결과에 대한 회신과, BP10.06(위험완화추적)은 후속조치와 유사관계를 갖는다.)

PA11(노력의 관찰 및 통제)은 6개의 BP를 설명하는데 4개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP11.01(기술노력지시)은 "지시서, 절차서 및 도면, 공정관리, 문서발행"과, BP11.03(기술매개변수추적)은 "(공정중, 최종, 가동중)검사 및 시험결과"와, BP11.04(프로젝트성과검토)는 "부적합품목의 처리, 감사수행 및 감사결과에 대한 회신"과, BP11.06(시정조치선택)은 시정조치와 유사관계를 갖는다.)

PA12(기술노력계획)는 10개의 BP를 설명하는데 3개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP12.01(중요자원식별)은 조직의 책임사항과, BP12.08(기술매개변수수립)은 "지시서, 절차서 및 도면, 설계입력 및 구매

<표 4> SE-CMM과 QAP-1의 유사성

SE-CMM 프로세스영역	KEPIC QAP-1요건영역 구분번호																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PA01			√		√													
PA02			√															
PA03			√		√													
PA04	√					√												
PA05							√			√	√							
PA06																		
PA07							√			√	√							
PA08							√			√	√					√		√
PA09			√	√	√													
PA10																		√
PA11					√	√			√	√	√				√	√		√
PA12	√		√	√	√													
PA13																		
PA14																		
PA15																		
PA16																		
PA17		√																
PA18							√											
미언급												√	√					

문서내용"과, BP12.09(기술관리계획개발)는 "지시서 및 절차서"와 유사관계를 갖는다.)

PA13(조직SE프로세스정의), PA14(조직SE프로세스개선), PA15(제품군발전관리) 및 PA16(SE지원환경관리)은 각각 4개, 4개, 5개 및 7개의 BP를 설명하는데 QAP-1요건항목과 유사점이 있는 BP는 없다.

PA17(기량 및 지식의 지속적 제공)은 8개의 BP를 설명하는데 3개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP17.01(훈련필요식별)은 교육훈련과, BP17.05(직원훈련)는 교육훈련과, BP17.07(훈련기록유지)은 교육훈련기록과 유사관계를 갖는다.)

PA18(공급자와 협력)은 5개의 BP를 설명하는데 3개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다.(즉, BP18.01(시스템구성요소나 역무의 식별)은 구매계획과, BP18.02(유능한 공급자 식별)는 공급자선정과, BP18.05(의사소통유지)는 공급자업무수행평가와 유사관계를 갖는다.)

2) 취약성 원인의 구조적 식별

표4에서 보는 바와 같이 QAP-1은 PA06(고객요구 및 기대이해), PA13(조직SE프로세스정의), PA14(조직SE프로세스개선), PA15(제품군발전관리) 및 PA16(SE지원환경관리)을 위한 요건을 포함하지 않는다. 이 때문에 QAP-1을 따르는 원자력품질보증시스템은 체계성 측면에서 구조적으로 완전하지 못하다. 시스템공학과 SE-CMM이 제품개발프로젝트에 주로 초점을 두었지만 비즈니스프로세스의 개선에도 활용할 수 있다는 전제로 이 연구가 시작되었기 때문에 이 프로세스영역

들의 부재는 품질보증시스템의 능력수준개선에 있어 장애가 된다고 볼 수 있다.

3) 능력수준개선을 위한 방향제시

QAP-1의 요건항들과 유사성을 갖는 각 프로세스영역별로 능력수준을 평가할 수 있는데 QAP-1이 능력수준평가의 척도인 일반실천사항(GP; Generic Practice) 개념을 일부만 포함하고 있어 QAP-1만에 의존한 원자력품질보증시스템은 구조적으로 능력수준 2이상인 프로세스를 보증하지 못한다. 일반실천사항과 QAP-1요건항과의 관계를 살펴보면 다음과 같다.

능력수준2는 12개의 GP 만족을 요구하는데 이중 10개가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다. 즉, GP.2.1.1(자원할당)중 인력할당은 조직의 책임사항과, GP.2.1.2(책임할당)는 조직의 책임사항과, GP.2.1.3(프로세스문서화)은 지시서 및 절차서와, GP.2.1.4(도구제공)는 측정 및 시험장비선정과, GP.2.1.5(훈련보증)는 교육 및 훈련과, GP.2.1.6(프로세스계획)은 지시서 및 절차서와, GP.2.2.1(계획, 표준 및 절차이용)는 지시서 및 절차서와, GP.2.3.1(프로세스준수검증)은 감사와, GP.2.3.2(작업산출물감사)는 검사 및 시험관리와, GP.2.4.2(시정조치취함)는 시정조치와 유사관계를 갖는다. 그러나 GP.2.4.1(측정을 통한 프로세스 성과추적)은 QAP-1요건항목에서 규정하지 않는다. 그래서 QAP-1요건항목은 능력수준 2이상인 프로세스를 보증하지 못한다.

능력수준3은 5개의 GP 만족을 요구하는데 이중 1개(GP.3.2.2)가 QAP-1요건항목과 유사점이 있다. 즉, GP.3.2.2(결함검토이행)는 QAP-1의 "부적합품목처리, 품질위배사항식별 및 감사수행"과 유사성을 갖는다. 그러나 나머지 4개의 일반실천사항들인 GP.3.1.1(프로세스 표준화), GP.3.1.2(표준프로세스의 맞춤), GP.3.2.1(잘 정의된 프로세스 이용) 및 GP.3.2.3(잘 정의된 데이터 이용)이 QAP-1에서 기술되지 않기 때문에 QAP-1은 능력수준 3이상인 프로세스를 보증하지 못한다. 또한, 능력수준4는 3개의 GP 만족을 요구하고 능력수준5는 5개의 GP 만족을 요구하는데 이들이 QAP-1에서 기술되지 않기 때문에 QAP-1은 능력수준 4이상인 프로세스를 보증하지 못한다. 원자력사업자가 이러한 능력수준개선의 한계를 극복하기 위해서는 QAP-1에서 규정하지 못하는 일반실천사항들을 이행하기 위한 계획을 수립하여야 한다.

4.3 능력수준 평가 시나리오

앞서 언급된 QAP-1의 구조적 취약성 때문에 국내 원자력사업자의 품질보증시스템의 능력수준은 SE-CMM관점에서 미수행상태(능력수준 0) 이거나 비공식수행상태(능력수준 1)이다. 표5는 이러한 평가를 가능하게 하는 시나리오들과 실사/감사결과를 제시한다. 여기서의 실사/감사결과는 발주자나 인증기관의 현재 실사/감사관행을 근거로 내린 판단이다. 이러한 관행에서 품질보증시스템의 능력수준은 현상유지만 될 뿐 SE-CMM관점에서 개선되지 못한다.

- 시나리오#1: 원자력품질보증시스템이 모든 BP와 QAP-1의 요건항목을 만족한다. 이 경우 발주자나 인증기관의 실사/감사결과는 합격으로 처리된다. 그러나 발주자나 인증기관은 BP의 이행여부를 실사/감사의 척도로 보지 않는다.
- 시나리오#2: 원자력품질보증시스템이 QAP-1 요건항목 및 QAP-1요건과 유사성을 갖는

<표 5> 국내 원자력품질보증시스템의 능력수준

시나리오	능력수준	QAP-1 요건준수	실사/감사결과	능력수준 개선여부
#1	level 1	준수	합격	미개선
#2	level 1	준수	합격	미개선
#3	level 0	미준수	불합격	미개선
#4	level 0	미준수	불합격	미개선

BP만을 만족하고 나머지 BP는 만족하지 않는다. 나머지 BP는 발주자나 인증기관이 품질보증시스템의 건전성 확인조건으로 제시하지 않기 때문에 이 경우 발주자나 인증기관의 실사/감사결과는 합격으로 처리된다.

▪ 시나리오#3: 원자력품질보증시스템이 QAP-1요건과 유사성이 없는 BP만을 만족하고 QAP-1요건은 만족하지 않는 경우로써 현실적으로 거의 일어날 수 없는 경우이다. 이 경우 발주자나 인증기관의 실사/감사결과는 불합격으로 처리된다.

▪ 시나리오 #4: 원자력품질보증시스템이 모든 BP와 QAP-1의 요건항목을 만족하지 않는다. 이 품질보증시스템에는 체계성이 전혀 없으며 품질보증개념과 체계성을 전혀 모르는 조직이 이런 실수를 할 수 있다. 이 경우 발주자나 인증기관의 실사/감사결과는 불합격으로 처리된다.

국내 원자력사업자들의 품질보증시스템은 대부분 시나리오 2에 해당되는 것으로 판단되는데 그 이유는 원자력사업자들이 능력수준 2이상에 필요한 일반실천사항들을 적절히 품질보증시스템에 반영하지 않기 때문이다. 같은 이유 때문에 국내의 대표적 원자력건설업체인 D사의 경우 실무자가 품질보증시스템의 능력수준이 1에 머물러 있다고 진단한다. 이 진단은 주관적 판단에 따른 것이나 실무자가 자신의 실무경험을 바탕으로 했기 때문에 그 인식에 유의할 필요가 있다.

다른 국내 경쟁사의 경우도 같은 비즈니스상황에 있기 때문에 D사와 같은 능력수준에 머물러 있다고 볼 수 있다. 이에 대해 발주자(예: 한수원)나 인증기관(예: 대한전기협회)은 문제제기를 하지 않는데 해당 지침이나 표준에서 능력수준개념을 반영하고 있지 않기 때문일 것이다. 이러한 관행은 원자력품질보증시스템의 능동적 개선을 이끌지 못한다.

5. 결 론

원자력사업자가 품질보증시스템을 계획하기 위해 최상위 요건문서로 이용하는 KEPIC QAP-1은 시스템공학능력성숙도모델 관점에서 평가할 때 프로세스의 능력수준관리에 적합한 구조를 갖고 있지 못하다. 또한 인증기관(예: 대한전기협회)이나 발주자는 사업자의 품질보증시스템의 유효성을 평가를 하는데 있어 QAP-1, 관련 기술기준 및 계약조항의 준수만을 고려한다. 이런 상황에서 사업자는 원자력품질보증시스템의 능력수준을 능동적으로 개선시키기 보다는 현상수준을 유지하는 경향이 있다. 그러나 사업자가 능력수준을 개선하는 것은 경쟁력 제고를 위해 필요하다는 인식을 갖고 능력수준관리에

필요한 방안을 제시하기 위해 QAP-1을 SE-CMM관점에서 평가하였다. 이러한 시도를 통해 1) KEPIC QAP-1과 SE-CMM의 유사성을 도출하고 2) QAP-1이 고객요구와 기대이해, 시스템공학프로세스 정의 및 개선, 제품군발전관리 및 시스템공학지원환경관리를 다루지 않고 있으며 SE-CMM관점에서 능력수준 2이상인 프로세스를 보증하지 못한다는 평가를 하였다.

사업자의 품질보증시스템에 대한 현재의 실사 및 감사관례는 해당 프로세스나 품질보증시스템의 능력수준을 수치적으로 평가하지 않으며 능력수준개선을 위한 권고를 하고 있지 못하다. 이 때문에 사업자는 능동적으로 품질보증시스템을 개선하지 않을 수 있다.

ISO9001:2000은 CMM관점의 프로세스 능력수준을 다루지 않지만 사업자의 품질보증시스템의 능력수준 개선에 기여할 수 있기 때문에 품질경영을 이행하는 사업자는 이러한 개선을 위한 잠재성을 갖고 있다. 그럼에도 불구하고 사업자가 능력수준을 수치적으로 평가하려면 CMM개념을 이용할 필요가 있다.

참고문헌

[1] 류진수, 김연성, 서우종(2003), "소프트웨어 프로세스 개선을 위한 CMM과 ISO9001간의 비교 연구", 「품질경영학회지」, 31권, 1호, pp.76-89.

[2] 박정하(2002), 「CMM개념을 활용한 건설 PMIS평가모델개발」, 건축공학과 석사논문, 동국대학교.

[3] 유일상(2004). 「개발프로젝트 시스템의 기술관리 설계모델」, 시스템공학과 박사논문, 아주대학교.

[4] 이원표(2002), 「KEPIC 교재(미출판)」, (주)엘리스컨설팅.

[5] 조창권, 민성기(2002), "시스템엔지니어링 적용환경 능력평가모델 개발방안 연구", 「2002 시스템엔지니어링 춘계 심포지엄 논문집」, 한국시스템엔지니어링협회, pp.9-13.

[6] 조철행(2003), "원전 건설 및 운영과 KEPIC의 역할", 「제1회 KEPIC 주간 행사 발표 자료집」, 대한전기협회, pp.66.

[7] Minnich Ilene (1996), "ISO9001 and the SE-CMM", http://www.secat.com/download/locked_pdf/isovsecm_lkd.pdf, SECAT LLC.

[8] Martin, James N.(1997), *Systems Engineering Guidebook*, CRC Press.

[9] Curtis, P., Phillips, D. M., and Weszka, J.(2002), "CMMI^{SM}-The Evolution Continues!", *Journal of Systems Engineering*, Vol.5, No.1, pp.7-18.

[10] SEI(Software Engineering Institute) (1995), *A Systems Engineering Capability Maturity Model Version 1.1*, CMU/SEI-MM-003, Carnegie Mellon University.