Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering
Vol. 33, No. 4, pp.114-121, December 2010.

원자력수소 연구개발과제의 품질보증 적용 사례 연구

이태훈*† · 이기영*

*한국원자력연구원 수소생산원자로 기술개발부

A Case Study on Quality Assurance Application of the Nuclear Hydrogen R&D

Tae-Hoon Lee*† · Ki-Young Lee*

*Nuclear Hydrogen Reactor Technology Development Division, Korea Atomic Energy Research Institute

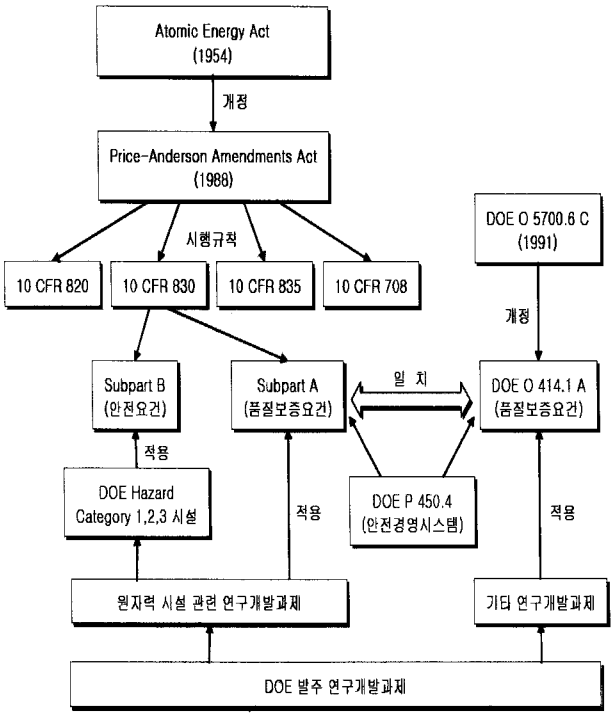
Traditionally Nuclear Research and Development (R&D) result has been big influence on other industries and societies and it requires large scale investments and study period. So it is essential to apply Quality Assurance (QA) for systematic R&D management. This paper investigates QA System for U.S. Nuclear R&D and reviews QA elements. Based on this investigation, we applied QA requirements to Nuclear Hydrogen R&D project, and the scope of application be enlarged as R&D stage in progress. We also present QA system improvement way through consideration for Nuclear Hydrogen Project's QA application. As the need for QA in R&D is expected to increase in the future, it is necessary to prepare guidelines for R&D QA.

Keywords : QA, R&D, Graded Approach

1. 서 론

일반적으로 원자력 연구개발의 성과물은 타 산업 및 사회에 미치는 파급효과가 크고, 참여 연구원 및 대중 안전에 대한 위험도가 높으며, 대규모의 투자비용이 요구되는 특성을 지나고 있다[1, 2, 4]. 이러한 이유로 원자력 산업은 일찍이 품질보증 개념을 도입하여 원자력 시설의 안전한 이용을 도모하여 왔으며 원자력 연구개발 분야에서도 연구개발의 신뢰도 확보 및 연구수행의 안전성을 보장하기 위한 품질 보증 활동의 필요성이 강조되고 있다. 하지만 국내의 품질 보증 활동은 원전 건설 및 운영을 위한 품질 보증 활동에 중심이 되어 이루어지고 있으며 원자력연구개발을 위한 품질 보증 활동은 전무한 실정이다. 이에 본 논문에서는 기존의 국내외의 원자력분야 품질보증 현황을 살펴보고 원자력수소 핵심기술개발 중장기 과제에서 필요한 품질 보증 요건을 도출한 후 품질보증계획서 및 품질보증절차서를 수립하여 실제로 연구개발과제에 적용함으로써 문제점 및 추후 연구개발과제에 품질보증 적용시 개선방향을 도출하였다. 본 논문에서 사용되는 명칭의 정의 및 관계를 살펴보면 품질보증계획서(Quality Assurance Manual, QAM)는 조직의 경영자가 부과된 품질보증 요건을 충분히 만족시키기 위한 방법을 제시한 방침서이다. 이 계획서는 경영층의 방침을 이행하는데 필요한 세부적인 작업지시서가 아니며, 방침 및 방침이행 방법의 개요를 간략히 서술한 서류이다. 품질보증 방침과 이행 방법의 개요가 작성된 후에는 구체적인 이행 방법과 절차를 준비하여야 하는데, 이러한 절차를 기술한 것을 품질보증절차서

논문접수일 : 2010년 09월 28일 논문수정일 : 2010년 12월 07일 게재확정일 : 2010년 12월 13일
† 교신저자 leeth@kaeri.re.kr



<그림 1> DOE의 연구개발품질보증 법령체계

(Quality Assurance Procedure, QAP)라고 한다. 또한 품질보증절차에 따라서 절차를 이행하여 품질보증을 수행할 수 있도록 일련의 요소들을 조합한 것을 품질보증시스템이라고 한다.

미국 등의 선진국에서는 연구개발 품질보증을 적용시 여러 장애요인에도 불구하고, 특히 원자력 및 에너지 관련 연구개발 분야에서 품질보증을 도입하여 성공적으로 활용을 하고 있다. 미국의 경우를 살펴보면, 에너지 관련 연구개발의 대부분을 관리하는 에너지국(Department of Energy, DOE)에서 품질보증 적용에 관한 법령체계[4, 6]를 개발하여 <그림 1>과 같이 모든 연구개발에 적용하고 있다. 그리고 품질보증 시스템을 연구기관의 안전경영시스템 및 관리시스템과 통합시켜 품질보증활동이 연구수행과정에서 자연스럽게 이루어지게 함으로써 연구자들의 연구품질에 대한 인식개선 뿐만 아니라 연구수행의 안전성을 도모하고 있으며, 결국에는 이를 통해 연구개발 결과의 신뢰도 향상에 크게 기여하고 있는 것으로 평가되고 있다.

하지만 국내에서는 원자력 연구개발의 품질보증 적용에 대한 요구가 날로 증가하는 추세임에도 불구하고 연구개발 품질보증은 원전사업 품질보증 분야와는 달리 구체적이며 명시적인 품질보증요건이 없는 실정이다. 또한 에너지국처럼 연구개발 품질보증에 관한 시스템의 운영이나 이의 이행을 촉구하는 훈령, 참고 규격 또는 표준 시방 등이 국내에서는 발간되지 않고 있다. 원자력 사업의 경우 원자력법 및 계약요건에 의해 10 CFR 50 App. B 혹은 ASME NQA-1 등 원자력 발전의 설계, 건설 및 운영에 관한 품질보증 요건이 명시적으로 요구되고 있어서 품질보증계획의 수립과 이행이 의무화되어 있다. 반면에 원자력 연구개발의 경우에는이러한 규격이 없어서 단순히 기존의 규격을 참고로 하여 품질보증 요건을 선택적으로 적용하고 있는 실정이다.

또한 연구기관의 품질보증시스템이 기타 경영관리시스템과 독립적으로 존재하고 있어 품질보증시스템 운영측면에서 기타 관리시스템과 중복되는 구성요소들이 발견되고 있으며, 현재 국내에서 이루어지고 있는 원자력 연구개발에 외국의 품질보증기준을 적용하여 일관성이 결여된 품질보증이 이루어지고 있다.

특히 연구개발과제가 두 개 이상인 경우에 유사한 품질보증시스템을 개별적으로 수립하여 운영하는 등 비효율성을 야기하고 있다. 뿐만 아니라 연구개발의 특성 및 잠재 위험도를 고려한 품질보증요건의 차등적용을 위한 체계적 방법론이 이용되고 있지 못하기 때문에, 불필요한 요건이 과다 적용되거나 반드시 요구되는 적용요건이 배제될 가능성이 상존하고 있다.

2. 품질보증 요건의 적용

2.1 품질보증 요건 구성

연구개발과제에 적용할 품질보증요건은 ASME NQA-1-2000 및 KEPIC QAP-1의 18개 품질보증 기준을 토대로 연구개발 품질보증계획과 품질보증절차가 수립되었다. 품질보증의 18개 요건은 다음과 같은 내용으로 구성된다.

(1) 조직 요건

조직의 체계, 책임과 권한 및 의사전달 체계를 규정한다. 전체조직상에 과제수행조직과 품질보증조직의 역할을 중점적으로 명시하여 품질보증활동을 올바르게 수행할 수 있도록 품질보증 조직의 독립성이 유지되어야 함을 요구한다.

(2) 품질보증 계획 요건

품질보증 계획의 수립, 이행 및 확인과 적용 범위 및 운영에 관한 요건을 명시한다. 품질보증 계획의 타당성과 효율성을 주기적으로 검토하여야 한다.

(3) 설계관리 요건

설계기준이 설계서류에 정확하게 반영되고, 설계 서류의 관리가 적절하게 이행되도록 요구사항을 기술한다.

(4) 구매서류 요건

특정 품목이나 용역의 구매 시에 필요한 적용 설계기준이 구매서류에 반영되도록 요구사항을 기술한다.

(5) 지시서, 절차서 및 도면 요건

품질에 영향을 미치는 업무가 서류화된 지시서, 절차서 또는 도면에 규정되고 이에 따라 적절히 수행되어야 함을 규정한다.

(6) 문서관리 요건

품질에 영향을 미치는 업무는 유효한 서류가 업무에 적용되도록 보장하는 요구사항을 규정한다.

(7) 구매품목 및 용역의 관리 요건

구매되는 품목 및 용역이 해당 구매서류에 명시된 기술요건과 품질보증요건을 만족하도록 관리하기 위한 요구사항을 기술한다.

(8) 품목의 식별 및 관리 요건

과제 수행 시 정확하고 합격된 품목만 사용되거나 설치됨을 보장하기 위한 품목의 식별 및 관리 요건을 기술한다.

(9) 공정관리 요건

품질 영향을 미치는 공정의 적절한 관리 방법을 규정한다.

(10) 검사 요건

품질보증 적용업무가 규정된 요건에 적합하게 수행되는지 확인하는 검사 요건을 기술한다. 검사 계획의 수립, 검사자의 자격관리 사항 및 검사방법에 대하여 기술한다.

(11) 시험관리 요건

품목 또는 프로그램이 규정된 요건에 일치와 가동 중에 만족스러운 성능을 확인하기 위해 수행되는 시험의 관리 요건을 기술한다. 시험 방법과 절차, 시험원의 자격 및 시험기록에 대하여 명시하며, 전산프로그램에 대한 시험 관리 사항을 포함한다.

(12) 측정 및 시험장비의 관리 요건

품질에 영향을 미치는 업무에 사용되는 측정 및 시험

<표 1> 연구개발 단계별 ASME-NQA-1 품질보증 항목 및 원자력수소 과제 적용내용

항목 번호	ASME-NQA-1 요건	단계			적용
		기초 (Basic)	응용 (Applied)	개발 (Develop-ment Work)	원자력수소 (절차서)
1	조직(Organization)	√	√	√	√
2	품질보증계획(Quality Assurance Program)	√	√	√	√
3	설계관리(Design Control)	-	/	√	√
4	구매서류관리(Procurement Document Control)	√	√	√	√
5	지시서, 절차서 및 도면(Instruction, Procedures and Drawings)	/	/	/	
6	문서 관리(Document Control)	√	√	√	√
7	구매 품목 및 용역의 관리(control of purchased Items and Services)	√	√	√	√
8	품목의 식별 및 관리(Identification and Control of Items)	√	√	√	
9	공정관리(Control of Processes)	/	/	√	
10	검사(Inspection)	-	-	√	√
11	시험 관리(Test Control)	-	/	√	√
12	측정 및 시험장비 관리(Control of Measuring and Testing Equipment)	/	/	√	√
13	취급, 저장 및 운송(Handling, Shipping and Storage)	√	√	√	
14	검사, 시험 및 운전상태(Inspection, Tests and Operation Status)	/	/	√	
15	부적합품목의 관리(Control of Nonconforming Items)	-	-	-	√
16	시정조치(Corrective Action)	/	/	√	√
17	품질보증 기록(Quality Assurance Records)	√	√	√	√
18	품질보증 감사(Audits)	/	/	√	√

주) √ : 적용 필요, / : 필요시 단계적 적용, - : 연구개발시 적용 불필요.

장비의 관리요건을 기술한다. 측정 장비의 교정관리, 정밀도 유지를 위한 취급 및 저장방법, 검교정 기록의 식별 등에 대한 사항을 기술한다.

(13) 취급, 저장 및 운송 요건

품목의 지급, 저장 및 운송 과정에서 품목의 손상이나 손실을 방지하고 열화를 최소화시키기 위한 관리 요건을 기술한다.

(14) 검사, 시험 및 운전상태 요건

검사 또는 시험을 필요로 하는 기기가 시험을 거치지 않은 상태로 부적절하게 사용되거나 설치되는 것을 방지하기 위한 식별 관리에 대한 사항을 기술한다. 검사, 시험 및 운전 상태는 품질 현황을 파악할 수 있도록 문서화 되어 추적이 가능하여야 함을 명시한다.

(15) 부적합품목의 관리 요건

품질에 영향을 미치는 계통 또는 기기가 규정된 요건을 만족시키지 못하는 부적합 품목일 경우에 이것의 오용 방지를 위한 관리방안을 규정한다. 부족한 사항은 해당 분야에서 적합한 지식을 소유한 요원에 의해 검토되고 보수, 재작업 등의 판정요건에 대하여 명시한다.

(16) 시정조치 요건

품질의 위해사항을 신속하게 식별하여 그 원인을 규명하고 효과적으로 시정조치하기 위한 요건을 기술한다.

(17) 품질보증기록 요건

연구결과물 들의 품목이나 연구개발 수행활동의 품질에 대한 객관적인 증거를 제공하는 품질보증기록의 생산, 유지, 관리 및 보존에 관한 요건을 기술한다. 품질보증 기록의 종류, 분류, 검색 및 인수 확인절차, 보관 및 보존에 대한 사항을 명기한다.

(18) 품질보증감사 요건

품질보증계획서의 준수여부를 확인하고, 품질 보증계획의 유효성을 평가하기 위한 내, 외부 품질보증감사 업무에 대한 계획의 수립, 이행, 감사자의 자격 및 선정, 품질감사의 보고와 후속조치에 대한 사항을 기술한다.

2.2 원자력 품질보증 요건의 차등 적용

품질보증 요건을 적용하는 방법으로 미국 품질관리학회 (American Society for Quality Control, ASQC)에서는 연구 형태를 소규모 분석연구, 기초연구, 응용연구로 분류하고, 위험정도를 높은 위험, 중간 위험, 낮은 위험으로 구분하여 연구형태 및 위험정도에 따라 미국 품질관리학회의 17개 품질보증 요건을 선별 적용하기 위한 지침[8]을 제시하고 있다. 또한 미국 기계학회 (American Society of Mechanical Engineers)의 ASME-NQA-1 2000에서 품질보증 요건은 총 18개 조항으로 구성되어 있으며 원자력 연구개발의 형태를 기초연구, 응용연구, 개발연구, 연구 지원 업무로 구분하고, 이를 이용하여 품질보증시스템 수립 시에 연구 업무의 특성에 맞게 차등적 접근법(Graded Approach)[7]을 적용할 수 있다. 차등 적용은 분석의 수준, 문서화의 범위, 프로세스 관리의 엄격성 정도에 따라서 이루어지며, 업무의 중요성과 안전성, 제품수명주기 등에 부합되도록 해야 한다. 이에 따라 <표 1>에서는 연구 형태별로 원자력 품질보증 18개 요건 중 적용 가능한 요건들을 제시하고 있다. 차등적용을 통해 요건을 과다 적용함으로서 설비나 업무의 가치가 부가되거나 위험이 감소되지 않는 경우에, 최소치의 요건만을 적용함으로써 경제적인 품질보증시스템을 유지하고자 함이다.

품질 보증요건의 차등적용을 위해 다음과 같은 요인들이 고려되었다

- 안전, 보호, 보안 측면의 상대적 중요도
- 내포된 위험도 및 위험요소
- 설비의 생명주기
- 설비의 이용목적에 대한 영향/결과
- 설비나 업무의 특성
- 품목이나 업무의 원자력 안전관련 등급
- 기존 안전관련 문서의 타당성
- 관련 제품이나 용역의 복잡성
- 관련 부지나 설비에서의 문제 발생 이력

2.3 원자력수소 과제의 품질보증 적용

원자력수소 핵심기술개발 과제는 초고온가스로(Very High Temperature Reactor, VHTR)에서 우라늄을 연소시켜 얻은 950℃ 초고온의 열로 물을 분해해 수소를 대량생산하는 시스템을 개발하는 과제로서 2025년부터 초고온가스로를 이용한 원자력수소생산 상용시스템 완성을 계획하고 있다. 이는 경수로 원전기술로 대표되는 제 3세대 원자력시스템 보다 지속가능성, 안전성, 경제성, 핵비확산성을 높인 시스템으로써 수소 생산 외에도 공정열, 고효율 중소형 전력 생산 시장에도 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

이 과제는 고온가스로 개발과 관련된 3개 세부과제와 SI 공정 개발과 관련된 2개 세부과제, 그리고 각 과제간의 연계를 위한 1개 세부과제로 이루어져 있다. 총 6개

의 세부 과제로 이루어진 시스템형 과제이기 때문에 과제간 연계사항이 다른 단일 과제에 비해서 중요하며, 각 과제간 협력이 필수적이다. 이에 따라 과제가 시작된 2006년도부터 과제간 협력 강화를 위해 품질보증을 적용시키기 위한 항목의 논의가 이루어졌다.

제 2.2절에서 제시한 단계적 품질 보증 적용은 연구개발의 형태를 대략적으로 구분하여 개별적인 연구개발 과제의 특성을 반영하지 못하는 문제점이 있으며, 필요한 항목이 제외되거나 불필요한 항목이 포함될 소지가 있다. 이에 원자력수소 핵심기술개발 과제에서는 품질보증팀의 품질 전문가의 도움으로 기존의 원전 건설 및 운영에 필요한 품질보증계획서와 품질보증절차서를 검토한뒤 과제특성상 원자력수소과제를 기초단계로 간주하여 ASME-NQA-1의 18개 요건에 따른 품질보증 요건 중 필요 요건의 초안을 도출하였다. 이를 대과제 책임자 및 세부과제 책임자의 확인을 거쳐 각 세부 과제의 특성상 필요 유무를 점검하고 <그림 2>과 같은 원자력수소 품질보증플랜을 통하여 적용할 품질보증 요건을 추출한 결과를 적용하여 원자력수소 품질보증계획서 및 품질보증절차서를 수립하였다.

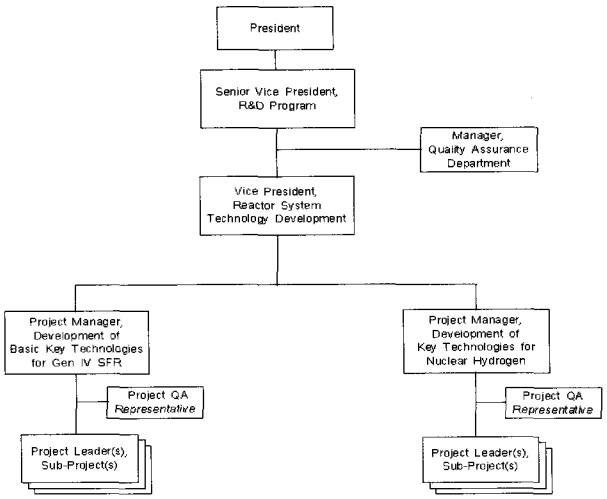
Project Quality Assurance Plan
(과제 품질보증 플랜)

QP No.: PQAP-08-05	Rev. No.: 0	Page: 1 / 2
Project Name: Development of Basic Key Technologies for GEN-IV VHTR		
Customer: Generation IV International Forum (GIF)		
Quality Assurance Program Elements	App.	Remarks (Procedure, Exception, etc.)
1. Organization	☑	
2. Quality Assurance Program		
QA Program Establishment & Implementation	☑	QAP-RD-2.1
- Evaluation of QA Program Adequacy	☑	QAP-RD-2.3
3. Design Control		
- Design Control	☐	
- Design Verification	☐	
- Software Control	☐	
- Drawing Control	☐	
- BPE Control	☐	
4. Control of Purchased Items & Services		
- Control of Purchased Items & Services	☑	QAP-RD-7.1
- Supplier Evaluation and Selection	☐	
5. Identification and Control of Items	☑	QAP-RD-8.1
6. Instructions, Procedures and Training		
- Instructions and Procedures	☑	QAP-RD-5.1
- Training	☑	QAP-RD-2.2
7. Identification and Control of Processes	☐	
8. Experimental Systems	☑	Controlled by each Experimental Plan
9. Data Reduction and Analysis	☑	Controlled by each Experimental Plan
10. Special Processes	☐	
11. Inspection, Test and Operating Status	☐	

Form QAP-RD-2.4-1(0)

<그림 2> 원자력수소 품질보증 플랜

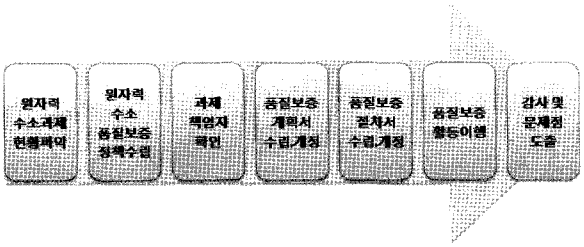
이에 따라 연구개발과제에서 필요한 품질요건을 품질보증계획서에서는 18개 항목, 품질보증절차서에는 <표 1>과 같이 13개 항목에 대하여 반영을 하고 연구개발이 진행되어가는 상황 및 연구개발 단계에 따라 개정을 통해 반영해야할 절차 내용을 조정하도록 하였다. 2007년 연구개발 초기에 자체 수립한 원자력수소 품질보증계획서 및 절차서는 원전운영과 관련된 과제에서 사용하는 품질보증계획서 및 품질보증절차서의 내용을 그대로 적용하는 형태이어서 그 내용이 연구개발과제 진행과 맞지 않거나 과다하게 품질보증 요건들이 적용되는 문제점이 발생하였다. 또한 연구개발을 위한 품질보증 시행을 위한 절차가 미흡하여 과제적용이 어려운 문제점이 있다. 이에 품질보증계획과 절차를 수립하기 위한 과제내의 별도 조직을 명시하여 품질보증팀과의 협력을 통한 품질보증 정책 수립이 용이하도록 하였다. 따라서 <그림 3>과 같은 과제내의 품질보증대표자 조직을 두어 과제내에서 발생하는 품질보증문제를 품질보증팀과 연계하여 해결할 수 있도록 체계화하였다.



<그림 3> 품질보증 대표자가 반영된 조직도 구조

이 대표자를 통하여 과제내의 원자력수소 품질보증 정책, 원자력수소 품질보증계획서, 절차서 수립, 개정 및 이행 점검이 원활히 이루지도록 하였다. 원자력수소 품질보증계획서 및 절차서의 수립 과정은 <그림 4>과 같은 순서로 정리할 수 있으며, 과제 참여원들의 품질보증 활동 수행 중 애로사항 및 정기 감사에서 지적된 사항들은 내용을 보완하며 수정 요청사항들이 다수 발생 시엔 품질보증계획서 및 품질보증절차서에 반영 개정하게 된다.

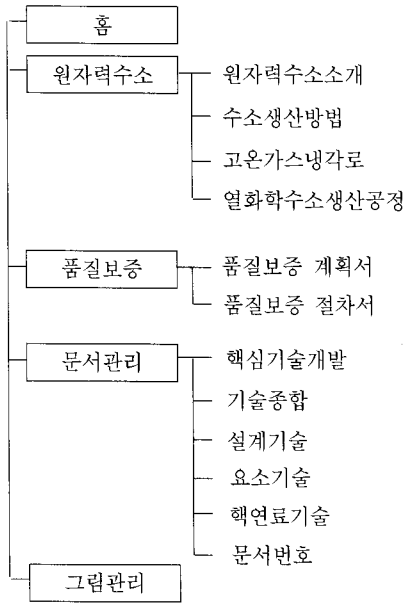
특히 2010년 6월에는 GIF (Generation-Ⅳ International Forum) 국제 협력 지침서[11]에 따라 그 내용을 보완하



<그림 4> 원자력수소 계획서 및 절차서 수립 과정

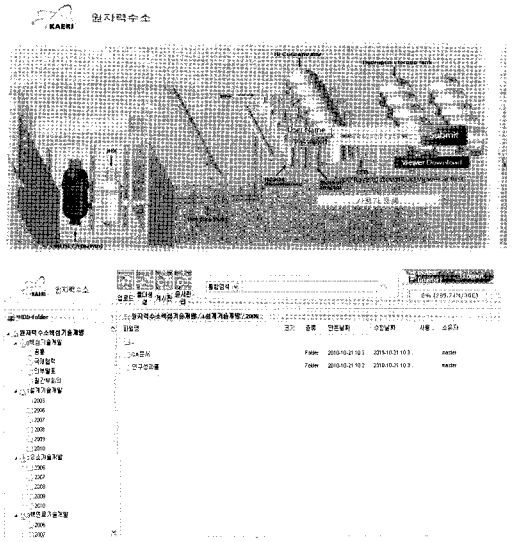
여 전면개정 발간하였다. 이 지침서에 따르면 연구개발 조직이 자체의 품질보증계획을 수립하되 추후 GIF의 검증이 필요하다. 이러한 요건을 적용하여 각종 양식이 과제에 실제적으로 필요한 사항만을 반영하도록 수정하였으며 영문을 병기하여 연구개발 결과를 기술수출하는 경우에 외국 기관의 공급자평가 감사 등에도 용이하도록 절차서의 조직에 원자력수소 핵심기술과제와 함께 미국 NGNP(Next Generation Nuclear Plant)기술 수출 과제 조직이 반영이 되어 기술수출과제에도 원자력수소 품질보증 절차서를 준용이 가능하도록 하였다.

한편 품질보증 절차의 수립과 함께 실질적으로 이루어지는 품질보증 활동이 용이하도록 ASP 웹프로그래밍 언어와 MS Sharepoint를 이용하여 웹에 기반한 원자력수소 품질보증 시스템을 구축하여 활용하였다. 그 구성을 2단계까지 나타내면 <그림 5>와 같으며, <그림 6>과 같이 웹브라우저를 통해 접속한 후 윈도우의 내컴퓨터 기능과 같은 형태로 연구개발 성과 및 품질보증 활동 결과 공유 및 의견교환이 가능하도록 되어있다.



<그림 5> 원자력수소 품질보증시스템 구성

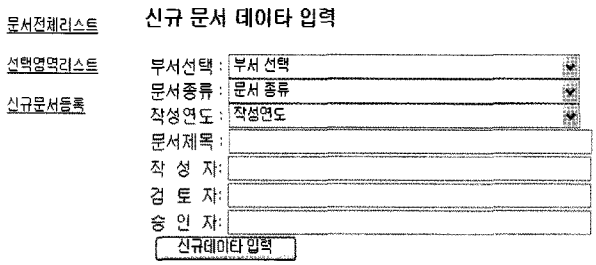
품질보증절차서 상의 주요 적용 내용을 보면 <표 2>와 같이 문서 관리 체계를 수립하여 각 과제원들이 직접 문서의 작성, 업로드 및 자료 검색을 할 수 있도록 하여 문서 관리의 효율성을 높이고 중복문서가 발간되는 사례를 방지하였고, 과제원들간의 문서 공유가 용이하도록 하여 문서 검색에 불필요한 시간낭비를 방지하였다. 또한 품질보증 시스템 상에서 필수 사항을 <그림 7>과 같이 입력하면 필요한 각 세부과제별 문서번호를 자동적으로 발급이 가능하도록 하였다.



<그림 6> 원자력수소 품질보증시스템 접속초기화면 및 인터페이스

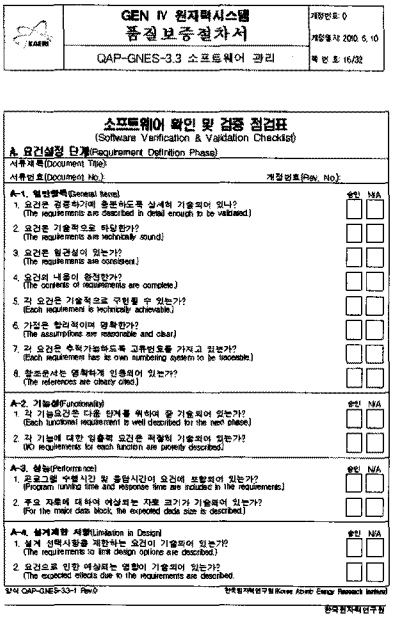
<표 2> 원자력수소 핵심기술개발 문서번호 체계

문서번호	NHDD-○○□□-YY-ZZZ, Rev.#	
NHDD	원자력수소 핵심기술개발 과제 고유명칭 영문 약어	
○○	세부 과제 영문 약어	
	HI	원자력수소생산 연계기술개발과제
	KT	초고온가스로 요소기술개발과제
	RD	초고온가스로 설계기술개발과제
	TF	피복입자핵연료 기술개발과제
	IS	IS 공정기술개발과제
	SD	IS 열화학 황산분해공정 기술개발과제
□□	서류형태	
	CA	설계계산 및 해석 관련 문서 (Calculation and Analysis)
	DD	설계관련 문서(Design Document)
	DW	도면(Drawing)
	TP	시험절차서(Test Procedure)
	TR	시험보고서(Test Report)
	PD	구매문서(Procurement Document)
	IC	연계업무 관련문서 (Interoffice Correspondence)
	TS	기술지원 관련문서(Technical Support)
	OT	기타(Other)
YY	발행 연도의 두 자리수	
ZZ	해당 연도 일련번호(001~999)	
Rev.#	개정번호	



<그림 7> 신규 문서 발급 화면

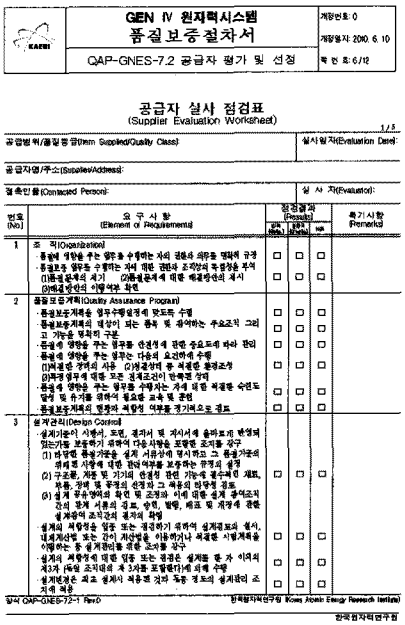
한편 자체개발 컴퓨터 소프트웨어 및 상용 컴퓨터 소프트웨어를 이용한 공학적 해석 도출이 상당부분 이루어지는 과제 특성상 소프트웨어의 요건설정 단계, 설계단계, 구현단계, 통합단계, 확인시험 단계, 설치 및 점검 단계, 소프트웨어 확인 및 검증보고서 작성 단계와 같은 각 단계별로 <그림 8>과 같은 소프트웨어 확인 및 검증 점검표를 작성하고 소프트웨어 오류통지 및 목록을 작성하여 소프트웨어 결과물을 신뢰하고 사용할 수 있는 환경을 구축하게 하였다.



<그림 8> 소프트웨어 확인 및 검증 점검표

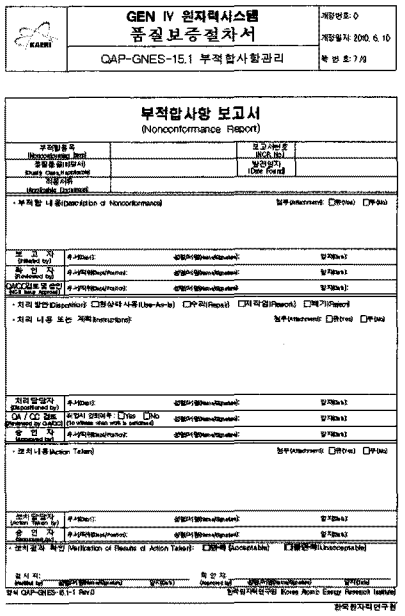
또한 Lab-Scale 규모의 요소실험을 위한 과정에서 하드웨어 구입 및 설치와 필수적인 구매품목 및 용역관리를 위한 절차를 수립하여 <그림 9>과 같은 인수검사 및 공급자 실사 점검 등을 통해 하드웨어 건전성을 확립하고 공급자 승인 목록을 작성하여 추후 하드웨어 구입 편의 도모가 가능하다.

과제 수행중에 시료의 측정 및 시험이 다수 있으므로 품질에 영향을 미치는 업무에 사용되는 측정 및 시



<그림 9> 공급자 실사 점검표

험장비가 관리되도록 절차를 수립하였다. 그 결과 장비 목록, 장비이력 카드 및 장비 부착태그를 적용하였고 <그림 10>와 같은 부적합사항 보고서를 작성하여 오류가 있는 장비를 이용하여 측정 등의 업무가 이루어지지 않도록 미연에 방지하는 효과를 얻을 수 있다.



<그림 10> 부적합사항 보고서

3. 개선방향 도출

최근 국내에서 뿐만 아니라 GIF에서도 국제적으로도

원자력 연구개발에 대한 품질보증 요구가 증가하는 추세이다[5]. 이에 대비하기 위해 기존의 원자력 시설운영을 중심으로한 품질보증시스템에서 연구개발 품질보증까지로 확대 변화가 필요하며 현재 수행중인 과제에 적용을 한 결과 추후 연구개발 품질보증의 방향은 다음과 같이 요약될 수 있으며, 개량적인 방법으로 품질보증시스템을 적용시키는 방법론 개발이 필요하다.

(1) 연구개발 품질보증시스템의 지침 수립

연구개발 품질보증을 위한 품질보증시스템의 구축을 위해선 이를 위한 지침 수립이 필수적이다. 국내에서는 합리적인 연구개발 품질보증의 기준 및 지침이 마련되어 있지 않아 연구 과제별로 유사한 품질보증시스템이 중복 운영되고 있으며 원자력발전소 수준의 과다한 품질보증 요건을 적용하고 있는 실정이다.

따라서 연구개발을 위한 품질보증시스템의 지침을 수립하여 연구개발 상황에 맞추어 품질보증시스템의 구축을 할 수 있는 환경 조성이 필수적이다.

(2) 연구개발 품질보증 적용 확대

현재까지 원자력수소 핵심기술개발 과제의 품질보증 활동은 문서관리부분과 소프트웨어관리 부분에 집중되어 있다. 대부분의 핵심 설계를 중심으로 연구개발이 이루어지고 있기 때문이다.

앞으로 실증 실험이 병행될 것으로 예상됨에 따라 구매관리 부분을 비롯한 시험 관리, 설계 관리 등의 하드웨어적인 관리 부분까지 적용 확대가 필요하다.

(3) 품질보증 중시문화 조성

품질보증이 원자력법 준수를 위한 강제적 방편이 아닌 연구개발의 성과를 높이는 필수적 도구임을 인식하여야 한다. 이를 위해 품질보증시스템을 연구기관의 경영시스템으로 반영하여 연구기관 전반의 업무에 반영될 수 있도록 하는 것이 필요하다. 즉 품질보증이 품질을 위한 별도의 활동이 아니라 연구 업무를 수행하는데 필수적으로 수행하도록 사고의 전환이 필요하다.

4. 결 론

원자력수소 핵심기술개발과제에 품질보증을 적용한 것은 국내에서 품질보증을 원자력연구 개발사업에 적용한 최초의 사례로서 그 의미가 크다. 품질보증 적용을 통하여 연구개발의 신뢰성을 확보하고 연구 성과의 완성도를 높이는데 크게 기여할 것으로 보인다. 이를 위해선 연구개발의 진행 상태에 따라서 적용되는 품질보증 요건을 적절히 반영할 수 있도록 연구원들의 의견을 반영 개정하는 노력이 뒷받침되어야 할 것이다.

한편 국내에서 원자력 시설에 대해서는 품질 보증 적용 기준이 마련되어 있으나 원자력 수소 핵심기술개발 중장기 과제사업의 품질보증은 원자력시설의 운영과는 달리 별도의 적용기준이 마련되지 않아 ASME-NQA-1의 단계적 품질 보증을 준용하여 품질 보증 요건을 적용하였다. 또한 품질 보증 전문가들의 의견을 반영하여 불필요한 요건이 포함되거나 필요한 요건이 배제될 가능성을 최소화하고, 이로 인해 자원낭비가 될 가능성을 줄였다.

추후 원자력 연구개발사업의 다양한 속성들 및 전문가들의 의견을 체계적으로 반영하는 방법론을 제시하여 품질보증요건을 합리적으로 적용하는 지침개발이 요구된다.

참고문헌

[1] 권혁일 외, 4인; "연구개발 품질보증시스템의 적용-미국 및 캐나다를 중심으로", KAERI/AR-387/93, 한국원자력연구원, 1993.

[2] 권혁일 외, 8인; "연구개발 품질보증 시스템 적용방안 수립", KAERI/RR-1585/95, 한국원자력연구원, 1995.

[3] 권혁일, 임남진; "연구개발 품질보증 적용 타당성에 관한 조사 연구", 품질경영학회지, 23(1) : 74-94, 1995.

[4] 박찬국 외, 4인; "BNL의 연구개발 품질보증시스템 운영현황", KAERI/AR-668/2003, 한국원자력연구원, 2003.

[5] 박찬국, 최기련; "퍼지 QFD를 이용한 원자력 품질보증 요건의 중요도 결정", 에너지공학회지, 16(3) : 28-148, 2007.

[6] 하지훈, 이영건, 박찬국; "원자력 연구개발과제 품질보증 수립과 적용사례 연구", 한국산업경영시스템학회 2009년 춘계학술대회 발표논문집, 2009.

[7] ASME; "Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Facilities," ASME-NQA-1 2000, American Society of Mechanical Engineers, 2000.

[8] ASQC; "Quality Assurance Guideline for Research and Development," American Society for Quality Control, 1992.

[9] KAERI; "Quality Assurance Manual for Gen-IV Nuclear Energy System," GNESQAM, 한국원자력연구원, 2010.

[10] KAERI; "Quality Assurance Procedures for Gen-IV Nuclear System," QAP-GNES, 한국원자력연구원, 2010.

[11] GIF, "Quality Mangement System Guideline," Generation IV Inetrnational Forum, 2006.