

Development of Cyber R&D Platform on Total System Performance
Assessment for a Potential HLW Repository ; Application for
Development of Scenario through QA Procedures

고준위 방사성폐기물 처분 종합 성능 평가 (TSPA)를 위한
Cyber R&D Platform 개발 ; 시나리오 도출 과정에서의 품질보증 적용 사례

Eun-JinSeo, Yong-sooHwang, and Chul-HyungKang

Korea Atomic Energy Research Institute, 150 Deok-jin Dong, Yuseong-ku, Daejeon

서은진, 황용수, 강철형

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

ejseo@kaeri.re.kr

Abstract

Transparency on the Total System Performance Assessment (TSPA) is the key issue to enhance the public acceptance for a permanent high level radioactive repository. To approve it, all performances on TSPA through Quality Assurance is necessary. The integrated Cyber R&D Platform is developed by KAERI using the T2R3 principles applicable for five major steps in R&D's. The proposed system is implemented in the web-based system so that all participants in TSPA are able to access the system. It is composed of FEAS (FEp to Assessment through Scenario development) showing systematic approach from the FEPs to Assessment methods flow chart, PAID (Performance Assessment Input Databases) showing PA(Performance Assessment) input data set in web based system and QA system recoding those data. All information is integrated into Cyber R&D Platform so that every data in the system can be checked whenever necessary. For more user-friendly system, system upgrade included input data & documentation package is under development. Throughout the next phase R&D, Cyber R&D Platform will be connected with the assessment tool for TSPA so that it will be expected to search the whole information in one unified system.

Key word : Total System Performance Assessment, Cyber R&D Platform, Quality Assurance, FEAS, PAID

요 약

고준위 방사성폐기물 처분 연구 사업이 법률적인 인허가 뿐만이 아니라 일반 국민의 동의를 얻기 위해서는 처분 사업의 안전성에 대한 신뢰성 획득이 중요하며 이를 위해 투명하게 공개될 수 있는 종합 성능 평가 (TSPA, Total System Performance Assessment)의 수행이 필요하다. 본 연구에서는 처분 성능 평가 투명성 제고와 신뢰성 향상을 위한 방안의 하나로 처분 종합 성능 평가에 대한 품질 보증 원칙을 도입하여 평가 관련 전체 업무에 관한 투명성 증진을 꾀하고자 한다. 특히 인터넷을 기반으로 하는 품질 보증 시스템의 개발을 통해 실험을 통해서 얻어지는 평가 입력 자료들 뿐 아니라 평가 수행을 위한 계획 수립과 결과물, 그리고 결과물에 대한 검토 등에 이

르기까지 안전성 평가 전 과정에서 투명성이 유지된 데이터들이 높은 신뢰성을 가지고 향후에도 활용될 수 있도록 하였다. 본 연구에서 개발한 Cyber R&D Platform은 인터넷을 기반으로 하는 프로그램으로 안전성 평가를 위한 시나리오 개발 관련 데이터인 FEP 목록과 관련 시나리오 정보, 관련 시나리오 도출 과정 및 평가 체계 등을 체계적으로 구축한 FEAS (FEp to Assessment through Scenario development) 프로그램과 안전성 평가에 필요한 입력 데이터들을 분류, 저장해 놓은 PAID (Performance Assessment Input Data) 프로그램, 그리고 이러한 자료들을 입력할 수 있는 품질 보증 시스템으로 구성되어 있으며 이를 통합 운영함으로써 도출된 데이터들의 신뢰성을 높이고자 하였으며 향후 이해 당사자들이 “처분장에서 생태계에 이르는 핵종들의 이동 경로에 대한 시나리오는 어떠한 것이며, 그 평가 결과들과 평가에 이용되는 실제 데이터들은 어떤 것인지”에 대해 쉽게 이해할 수 있고 또 관련 자료들이 어떠한 원칙에 따른 검토를 거쳤는지에 관해서도 확인할 수 있게 할 것이다.

중심단어 : 처분종합성능평가, Cyber R&D Platform, 품질 보증, FEAS, PAID

1. 서론

고준위 방사성 폐기물 처분 종합 성능 평가 (TSPA, Total System Performance Assessment)란 오랜 기간에 걸쳐 반복적인 과정을 통해 향후 건설될 처분 시스템의 안전성을 입증해 나가는 것이다. 처분 종합 성능 평가에는 실제 안전성 평가 업무 뿐만 아니라 평가 수행을 위한 계획 수립과 평가 결과의 문서화 정리 및 결과에 대한 검토 등의 업무가 포함되어 있으며 이 외에도 평가에 필요한 입력 데이터 도출을 위한 계획 수립, 도출된 데이터를 문서화하는 작업과 도출 데이터에 대한 전문가의 검토 작업 등의 다양한 업무들로 구성되어 있다. 이들 업무들이 일관된 원칙 하에서 수행되고 평가 결과물을 포함한 업무 관련 내용들이 잘 기록 보존된다면 향후 처분장 관련 법률적인 인허가를 위해서 뿐만 아니라 지역 주민을 비롯한 일반 국민들의 처분 시스템 안전성에 대한 신뢰성 향상에도 기여할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 처분 성능 평가 신뢰성 향상을 위한 방안의 하나로 처분 종합 성능 평가에 대한 품질 보증 원칙을 도입하여 평가 관련 전체 업무에 관한 투명성 증진을 꾀하고자 하였다. 특히 인터넷을 기반으로 하는 품질 보증 시스템의 개발을 통해 실험을 통해서 얻어지는 평가 입력 자료들 뿐 아니라 평가 수행을 위한 계획 수립과 결과물, 그리고 결과물에 대한 검토 등에 이르기까지 안전성 평가 전 과정에서 투명성이 유지된 데이터들이 높은 신뢰성을 가지고 향후에도 활용될 수 있도록 하였다. 본 연구에서 개발한 웹 기반 Cyber R&D Platform은 현재 안전성 평가를 위한 시나리오 개발 관련 데이터인 FEP 목록과 관련 시나리오 정보, 관련 시나리오 도출 과정 및 평가 체계 등을 체계적으로 구축한 FEAS (FEp to Assessment through Scenario development) 프로그램과 안전성 평가에 필요한 입력 데이터들을 분류, 저장해 놓은 PAID (Performance Assessment Input Data) 프로그램, 그리고 관련 자료를 입력할 수 있는 품질 보증 시스템으로 구성되어 있으며 이들을 통합 운영함으로써 도출된 평가 관련 데이터들의 신뢰성을 높이고자 하였다. 또한 평가 관련 계획에서부터 결과물 검토에 이르는 일련의 작업들이 웹 기반 품질 보증 시스템 내에서 일관된 원칙에 의해 수행되도록 하였다.

현재 사용자들이 이용하기에 좀 더 편리하고 친숙한 종합 시스템 구현을 위해 시스템의 개념적 구성 및 기술적 보완 등을 강화하는 작업이 진행 중이며 향후 연구에서는 Cyber R&D Platform과 평가 software와의 통합 운영으로 웹 기반 시스템에 대한 한 번의 접속만으로 평가 계획, 실제 수행, 관련 결과의 문서화 및 이에 대한 검토가 가능할 수 있도록 할 것이며 모든 기록은 저장 보존됨으로써 처분 연구의 신뢰성 증진에 중요한 역할을 하도록 할 것이다.

2. 품질 보증이란

일반적으로 품질 보증이란 시스템과 그 구성 요소가 지정된 품질 요구를 충족시키고 만족스럽게 임무를 수행할 수 있는 적절한 신뢰성을 제공하는데 필요한 계획된 체계적인 행동이라 정의된다 [1]. 처분 종합 성능 평가에 있어 품질 보증이란 평가 관련 전 과정이 일관된 원칙에 의해 수행되어 public acceptance를 위한 안전성 평가의 투명성 증진에 크게 기여할 수 있는 것이라 생각되며 특히 이해당사자들이 이해하기 쉬운 자료의 제공과 제공된 자료에 대한 품질 보증은 법률적인 인허가 절차뿐만 아니라 이해 당사자들 간의 상호 신뢰성 제고를 위해 매우 중요하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 평가 관련 전 과정이 통합 Cyber R&D Platform 내 품질보증 시스템에 기록될 수 있도록 하여 처분 안전성 평가에 대한 신뢰성을 높이고자 하였다. 적용되는 품질 보증 원칙은 T2R3의 개념을 만족시킬 수 있도록 하였다.

T2R3의 개념은 ISO 9001, ISO 9000-3과 같은 일반적 품질 보증 체계와 1997년 개정된 ANSI (America National Standard Institute)의 NQA 1/2 및 NQA 3과 같이 미국 NRC 10CFR50 부록 B에 규정된 원자력 관련 품질 보증 체계에서 강조된 품질 보증 개념을 정리한 미국 샌디아 국립 연구소의 방사성 폐기물 처분 연구와 관련한 품질 보증에 도입한 개념으로 그 내용은 다음과 같다[1].

- (1) 추적성 (Traceability) : 어떤 결론에 영향을 미친 입력 혹은 데이터의 근원과 합리적인 추론 과정을 이해한다.
- (2) 투명성 (Transparency) : 결과를 도출해 낸 논리, 계산 및 그 외 다른 운용 과정을 추적할 수 있다.
- (3) 평가성 (Reviews) : 주석과 해법을 포함한 문서화된 기술적이고 품질 보증 관련 검토 사항이 잘 수록되어 있다.
- (4) 재현성 (Reproducibility) : 결과를 재생산할 수 있다.
- (5) 회수성 (Retrievability) : 관련문서를 체계적으로 찾거나 복구할 수 있다.

그림 1은 이러한 T2R3의 개념 등이 처분 종합 성능 평가 수행의 다섯 단계인 (1) 기획, (2) 연구 수행, (3) 문서화, (4) 내부 검토, (5) 독자적인 외부 검토 과정에서 어떻게 적용되어야 하는지를 도시하고 있다.

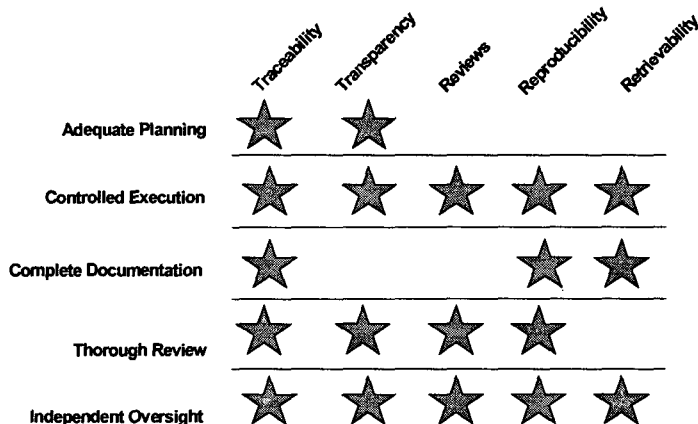


그림 1. T2R3와 처분종합성능평가 수행 단계간의 상호 관계

3. Cyber R&D Platform 개발

본 연구에서는 전술한 바와 같이 고준위 방사성 폐기물 처분 연구에 적합한 품질 보증 원칙을 적용하여 모든 연구 참여자들이 쉽게 이용할 수 있는 웹 기반 품질 보증 시스템을 포함하는 Cyber R&D Platform을 개발하여 일관된 원칙 하에 관련 자료들을 입력하고 검색할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 종합성능평가 관련 품질 보증을 위해 다음과 같은 원칙들을 적용하였다.

- 가. 모든 자료들은 세부 프로젝트를 중심으로 입력한다.
- 나. 사용자는 전체 시스템 관리자, 세부 프로젝트 관리자, 일반 사용자로 구분하며 각 사용자 계층에 따라 프로그램 접근 방법이 달라진다.
- 다. 프로젝트에서 생성된 문서는 모두 기록되며 수정을 필요한 경우에는 기존 생성된 문서를 이용하여 수정할 수 있어야 한다.
- 라. 모든 문서들은 T2R3 원칙하에 단계별 검토 승인 후 해당 검토자의 서명이 있어야 유효하며 최종 승인된 자료들만 품질 보증 시스템에 기록 저장되어 열람할 수 있다.

프로젝트의 생성은 기술적으로 시스템 관리자가 할 수 있으며 해당 프로젝트의 책임자는 프로젝트 참여자들을 선택할 수 있다. 프로젝트 참여자들은 품질 보증 절차에 따라 관련 데이터를 입력, 수정, 검색할 수 있으며 해당 프로젝트의 참여자가 아니라면 관련 데이터들을 입력할 수는 없지만 관련 자료들을 검색, 확인할 수는 있으므로 사용자 누구든 쉽고 편리하게 신뢰성 높은 자료들을 종합성능평가에 활용할 수 있다.

그림 2는 전술한 품질 보증 적용 절차를 도식화하여 나타낸 것이다[2]. 품질 보증 관련 문서 작성, 승인 과정에서 사용자들은 서명이라는 절차를 통해 문서의 작성 확인, 검토 및 승인을 할 수 있는데 프로젝트 참여자들의 서명은 미리 저장되어 간단한 클릭에 의해 문서에 기록되도록 개발되었다.

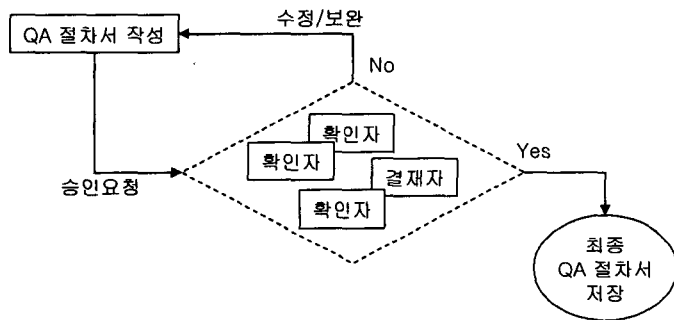


그림 2. 품질 보증 절차서 작성 과정 도식도

4. Cyber R&D Platform에서의 품질보증 적용 사례 : 시나리오 도출 과정 및 평가

FEP으로부터 시나리오까지의 구성 과정 그리고 관련 평가 방법 흐름도를 도출해 내는 것은 매우 복잡한 작업이다. 그러나 안전성 평가에 대한 신뢰성 증진을 위해서는 투명하게 공개될 수 있

는 평가 수행이 필요하다.

Cyber R&D Platform에서 FEP을 비롯한 관련 자료들은 품질 보증 시스템 내에서 품질 보증 절차에 따라 입력되며 이들 데이터들은 FEAS 시스템에 체계적으로 분류 저장되어 사용자가 편리하게 데이터를 검색, 확인할 수 있다.

예를 들면 “초기용기파손 시나리오 평가” 관련 자료들을 품질 보증 시스템을 통해 입력한다면 다음과 같은 단계를 거치게 된다.

- 가. 시스템 관리자가 “초기용기파손 시나리오 평가” 프로젝트를 생성하고 프로젝트 책임자를 선정한다.
- 나. 선정된 프로젝트 책임자는 참여자들을 선정하고 프로젝트 관련 품질 보증 입력 양식들을 선정한다.
- 다. 각 참여자들은 해당 품질 보증 입력 양식에 따라 데이터를 입력하고 정해진 절차에 따른 검토, 승인을 거친 데이터들은 시스템에 최종적으로 기록, 저장된다.

시나리오 평가 관련 입력 자료의 종류는 다음과 같다.

가. FEP : FEP은 물리적 방벽별로 구분되어 있으므로 먼저 해당하는 물리적 방벽 종류를 선택한 다음 평가 시나리오 관련한 FEP의 이름, 그 영향 (Influence) 및 관련 반응 (Process), 관련 규제, 전문가 평가 (우선 순위) 등을 입력한다. 그림 3은 이와 같은 FEP 입력 과정을 상세히 나타낸다.

나. RES : 해당 RES 이름을 입력하고 RES를 구성할 element의 종류와 그 중요도를 선택한다. 그리고 선택한 element와 관련 있는 FEP들도 FEP 목록에서 지정해 준다. 이 때 입력된 FEP 정보는 FEP 목록 내 관련 RES 정보에도 자동 저장되어 FEP 검색시 이를 확인할 수 있다.

그림 4는 RSE의 입력 과정을 나타낸다.

다. 시나리오 : 시나리오는 생성된 RES 정보를 이용하여 도출할 수 있다. 각 RES 구성 element 중 시나리오 도출을 위해 필요한 element만을 순서대로 선별하여 시나리오를 작성한다.

그림 5는 시나리오 입력 과정을 나타낸다.

라. AMF (Assessment Method Flowchart) : AMF는 생성된 RES(시나리오)에 대해 작성할 수 있다. AMF 입력은 RES element별로 개념모델, 평가 tool, 우선 순위, 입력 자료 현황, 향후 계획, 담당자 등의 정보를 입력한다.

마. 평가 결과 자료 : 이용한 평가 tool에 따라 해당 양식을 선택하여 시나리오 평가 결과를 입력한다.

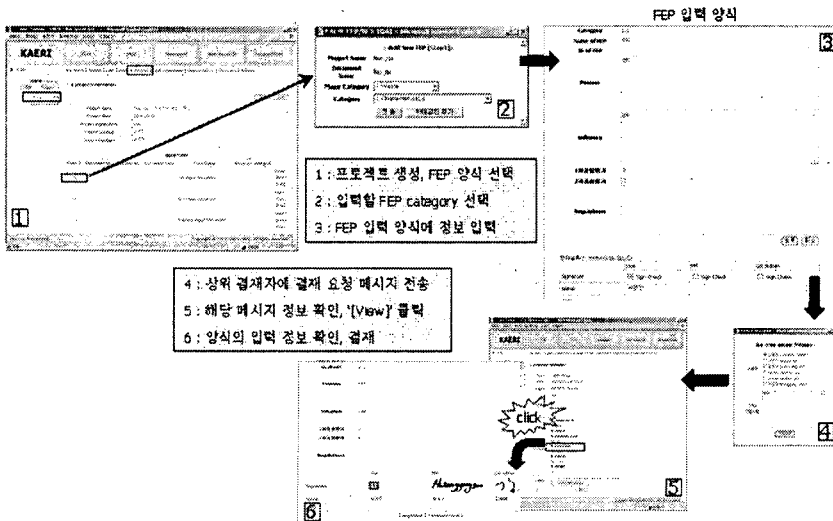


그림 3. 품질 보증 절차를 통한 FEP 데이터 입력

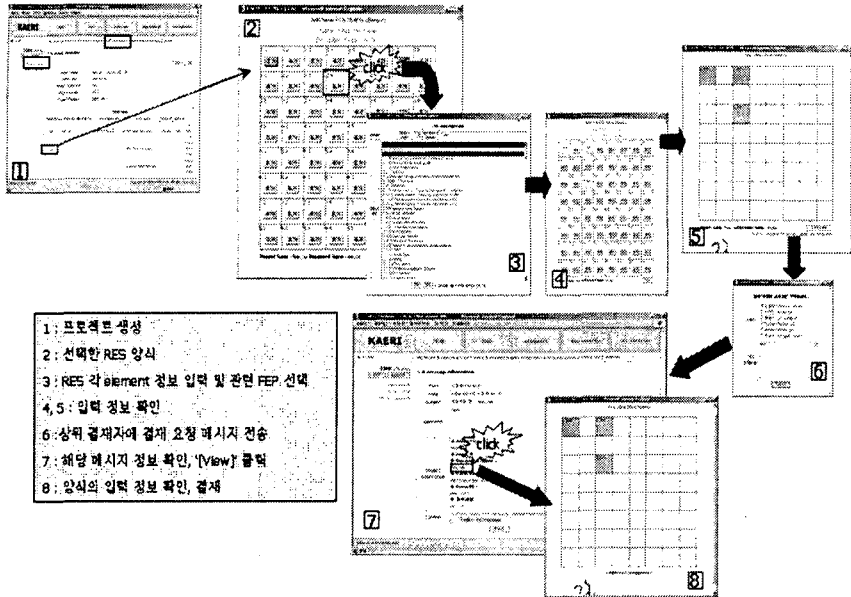


그림 4. 품질 보증 절차를 통한 RES 데이터 입력

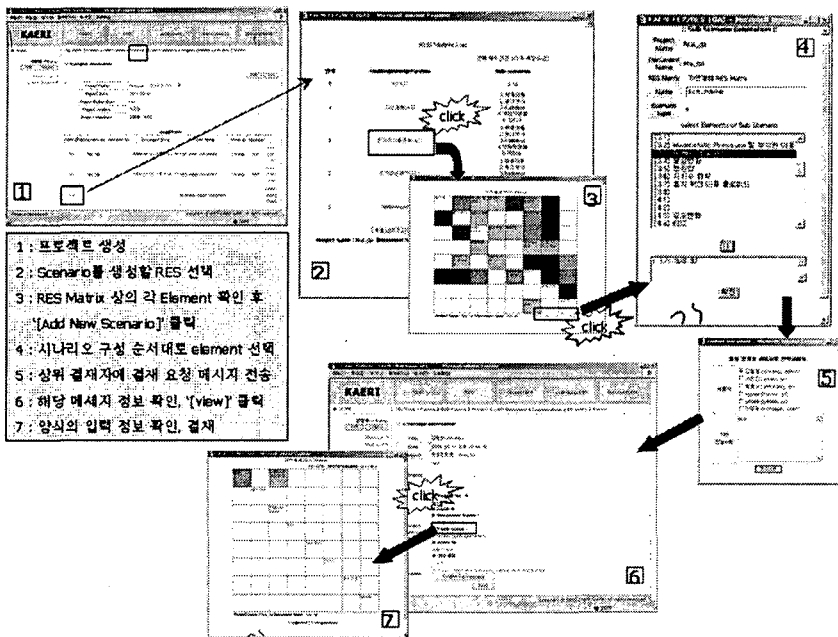


그림 5. 품질 보증 절차를 통한 시나리오 데이터 입력

그림 6,7은 FEAS 시스템에서 품질 보증 절차를 거친 FEP, RES, 시나리오 데이터의 검색 화면을 나타낸다.

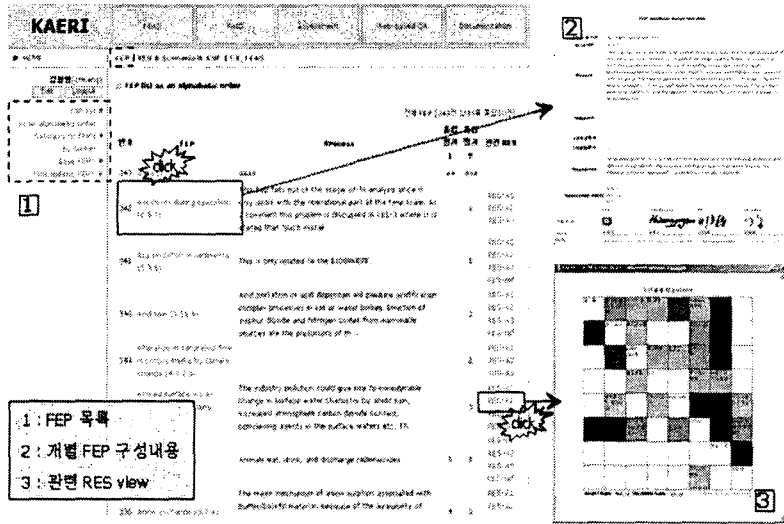


그림 6. FEAS system에서 FEP 정보 검색

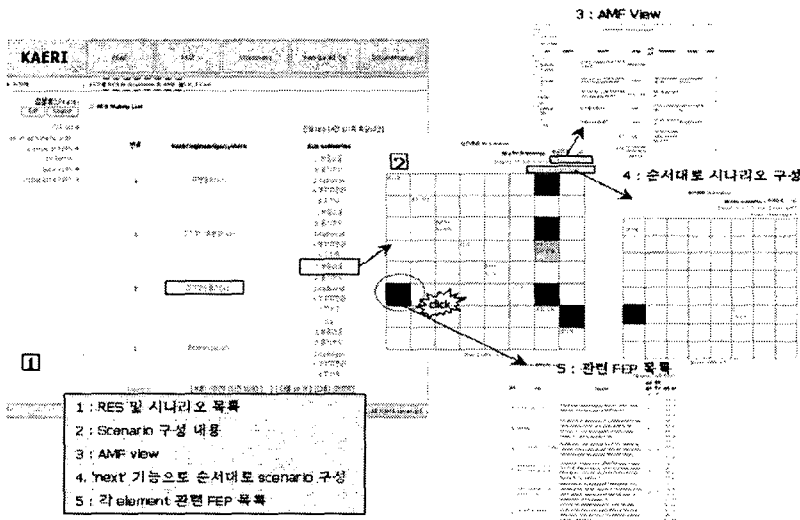


그림 7. FEAS system에서 RES/시나리오 정보 검색

5. 결론 및 향후 계획

처분 종합 성능 평가에 있어서 품질 보증이란 투명성 증진의 한 방안으로 매우 중요한 요소이다. 특히 각 이해당사자들이 이해하기 쉬운 자료의 제공과 제공된 자료에 대한 품질 보증은 법률적인 인허가 절차뿐만 아니라 이해 당사자들 간의 상호 신뢰성 제고를 위해서도 필요하다.

본 연구에서 개발한 웹을 기반으로 하는 Cyber R&D Platform은 평가 관련 FEP/시나리오 관련 데이터베이스인 FEAS와 평가 입력 데이터베이스인 PAID, 그리고 관련 자료를 입력할 수 있는 품질 보증 시스템으로 구성되어 있으며 이들을 통합 운영함으로써 종합 성능 평가에서 실험을 통해서 얻어지는 값들 뿐 아니라 평가 결과물에 이르기까지 전 연구 과정에서 투명성이 유지된 데이터들이 높은 신뢰성을 가지고 향후에도 활용될 수 있도록 하였다.

또한 Cyber R&D Platform에서 입력 저장되는 자료들에 대한 좀 더 높은 신뢰성 증진을 꾀하고 사용자에 보다 편리한 시스템 개발을 위해 아래 내용들을 포함한 다양한 개선 보완 업무가 수행 중에 있다.

가. 안전성 평가 입력 데이터들은 그 종류가 매우 다양하므로 입력 데이터 종류별로 입력 양식 및 검색 양식들을 보완 개선하여 사용자들이 좀 더 쉽게 이용할 수 있게 하고자 한다.

나. 평가 관련 입력 데이터들의 향후 효율적인 이용을 위하여 특정한 목적에 맞는 데이터를 분류하여 기록 저장할 수 있는 문서화 기능의 추가 보완이 진행 중에 있다.

다. FEP/RES/시나리오 도출 과정에서의 데이터 입력과 검색 기능을 사용자 편의와 이해 증진을 보다 높일 수 있는 방향으로 보완, 개선하는 작업이 이루어지고 있다.

이 외에도 품질 보증 적용 과정에서의 수정 사항 등 실제 사용자들의 의견 수렴을 거친 개선 항목들을 선별, 수렴하여 개발 과정에 적극 반영해 나가고 있다.

또한 향후 연구에서는 Cyber R&D Platform과 평가 software와의 통합 운영으로 웹 기반 시스템에 대한 한 번의 접속만으로 평가 계획, 실제 평가 수행, 관련 문서화 및 이에 대한 검토가 가능할 수 있도록 할 것이며 이에 대한 모든 기록은 저장 보존됨으로써 처분 연구의 신뢰성 증진에 중요한 역할을 하도록 할 것이다.

References

1. 황용수 외, "고준위 방사성폐기물 종합 성능 평가를 위한 품질 보증 체계 개발", KAERI/TR-2296/2002, 2002.
2. 강철형 외, "심지층처분시스템 개발", KAERI/RR-2336/2002, 2002.