

원자력발전소 해체절차 요구사항관리 시스템 개념 설계

박희성*, 진형곤, 송찬호, 박승국, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*parkhs@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력 발전소 폐로가 결정되면서 원자력 산업계는 해체 전략부터 부지복원까지 원전 시설 제염/해체 및 해체 정보와 관련하여 많은 관심을 기울이고 있다. 한국원자력연구원의 원전 제염해체 기술개발부에서는 TRIGA 연구로의 해체 설계를 위한 엔지니어링 시스템과 해체 경험을 기반으로 해체 사업 관리의 지속적이고 신뢰성을 보증할 수 있는 해체 사업 정보관리 시스템을 개발하고 있는 중이다. 해체사업 정보관리 체계를 확립하기 위해 해체 사업에 필요한 WBS 항목들이 도출되고 있으며, 시스템 엔지니어링 기술의 한 축을 이루고 있는 해체 요구사항 관리 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 해체 사업관리 시스템에서 시스템 엔지니어링 기술을 이용한 새로운 형태의 해체절차 요구관리 시스템을 소개한다.

2. 본론

2.1 해체 시스템엔지니어링

해체정보 사업관리 시스템을 성공적으로 구축하기 위한 전략으로 시스템 엔지니어링 기술과 해체 사업 관리 기술을 융합하여 시스템을 설계하고 있다. 해체 사업은 비용관리, 일정관리, 폐기물관리, 방사선안전관리, 품질관리, 위험관리 등을 고려하고 있다. 해체 시스템 엔지니어링은 이들 해체 사업 관리들의 요구사항들과 인터페이스를 체계적으로 관리하기 위한 기술로써 “시스템의 성공적인 구현을 위한 학제간 (interdisciplinary)의 접근방법”으로 정의한다. 여기서 학제간(interdisciplinary)이라는 말은 복잡한 시스템의 경우 각 공학 분야 및 비 공학 분야의 전문가와 기능조직들이 통합된 환경에서 시스템의 구조적인 문제점이 가지고 있는 해법을 찾는 것을 말한다. 시스템엔지니어링 기술은 항공우주[1] 및 핵융합발전소[2], 그리고 원자력 건설[3]과 같은 분야에서 널리 사용되고 있다.

시스템엔지니어링은 사용자요구사항을 최하위 단위인 컴포넌트 레벨로 변환시키는 작업을 해야 한

다. 시스템 컴포넌트 모델을 원래의 사용자 요구사항대로 만족시키기 위해서는 요구사항을 분석하여 시스템의 기능이나 성능을 기술하는 동작 시스템 모델로 변환한 후, 이를 시스템의 컴포넌트로 배치시키는 작업이 필요하다. Fig. 1은 해체사업 정보관리 시스템에 적용하게 될 해체 시스템엔지니어링의 절차를 보여주고 있다. 해체 시스템엔지니어링의 설계 프로세스로는 해체 시스템 분석과 최적화를 위한 요구사항 분석, 기능분석, 조합으로 구성된다. 이 단계는 요구 루프, 설계 루프, 그리고 검증 루프를 통해 반복적인 과정을 거치게 된다. 이러한 단계가 해체 시스템엔지니어링의 상위 요구사항으로부터 하부 시스템의 요구사항에 이르기까지 상호 보완적으로 작용하여 해체에 필요한 작업지침서를 최종 산출물로 작성하게 된다(Fig. 2).

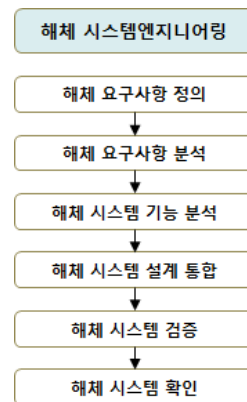


Fig. 1. Procedure of decommissioning system engineering.

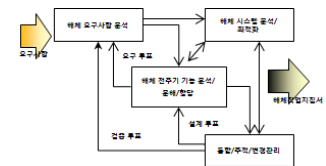


Fig. 2. Design process of decommissioning system engineering.

2.2 해체절차 요구사항 관리

일반적인 사업관리 프로세스에 의하면, 초기 단계에서 이해당사자들의 요구사항을 정의하고 문서를 만든 후 사업관리의 범위와 목표 및 인수 기준들을 정의한 상세한 기술서들을 작성한 후 WBS(Work Breakdown Structure)를 작성하게 된다. 요구사항관리에는 연구로 해체 데이터와 원전 시설 해체비용을 위한 ISDC 데이터 그리고 OECD/NEA 데이터를 사용하였다. 해체절차 요구사항 관

리는 해체전략 및 계획, 시설특성, 제염 및 해체 활동, 방사성폐기물관리, 방사성 방호, 그리고 부지 복원 등과 같은 내용을 포함하고 있다. Fig. 3은 해체절차 요구사항 관리에 필요한 항목들을 보여주고 있다.

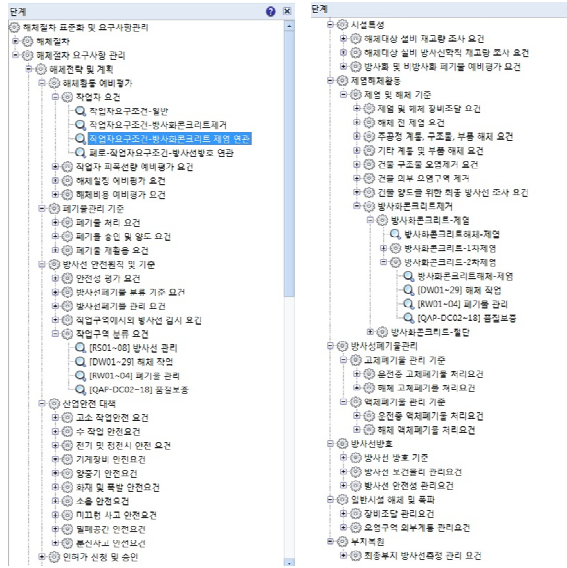


Fig. 3. Items of decommissioning procedure requirements management.

원전시설 해체 시 작업자의 개인피폭선량과 집적선량은 ALARA 개념을 준수하도록 되어있다.

해체 전략 단계에서 작업자의 잠재사고에 대한 검토가 이루어져야 한다. 대표적인 사고 사례는 작업자가 원자로수조 및 저장탱크에 빠지는 사고, 콘크리트 분진 발생으로 인한 피폭 사고를 들 수 있다. 이러한 사고를 방지하기 위해서는 작업자들에 대한 요구조건들이 해체 단계별로 갖추어져야 한다. 해체활동의 예비평가는 해체전략 및 계획 단계에서 수행하게 되어있다. 이 때 필요한 작업자 요건은 “해체공사에 참여하는 작업자는 관리구역 일반작업절차와 비상절차를 준수해야 한다.” 라고 정의하고 있다. 방사선방호 중 방사선 방호 기준은 “ALARA원칙에 따라 작업자 및 주민의 피폭선량을 최소화하고 방사성폐기물량을 최소화 해야 한다” 라고 정의하고 있으며, 방사선 안전성평가 분야의 작업자 피폭선량 요구조건은 “작업자의 연간 피폭 목표치는 15mSv를 넘어서는 안되며, 작업자의 피부, 손, 발의 연간 피폭 목표치는 300mSv를 넘어서는 안된다” 라고 정의하고 있다. Fig. 4는 설계된 스키마에 단계별 작업자 요구조건 자료를 입력한 사례를 보여주고 있다.

Phase	Requirement ID	Requirement Name	Requirement Description	Requirement Status
1	1.1.1	작업자 안전	작업자 안전을 위한 요구사항	완료
1	1.1.2	방사선 방호	방사선 방호를 위한 요구사항	완료
1	1.1.3	환경 보호	환경 보호를 위한 요구사항	완료
1	1.1.4	안전 관리	안전 관리를 위한 요구사항	완료
1	1.1.5	비상 대응	비상 대응을 위한 요구사항	완료
1	1.1.6	교육 훈련	교육 훈련을 위한 요구사항	완료
1	1.1.7	건강 관리	건강 관리를 위한 요구사항	완료
1	1.1.8	소음 진동	소음 진동을 위한 요구사항	완료
1	1.1.9	진동 관리	진동 관리를 위한 요구사항	완료
1	1.1.10	열 관리	열 관리를 위한 요구사항	완료
1	1.1.11	가스 관리	가스 관리를 위한 요구사항	완료
1	1.1.12	화학 물질	화학 물질을 위한 요구사항	완료
1	1.1.13	전기 안전	전기 안전을 위한 요구사항	완료
1	1.1.14	기계 안전	기계 안전을 위한 요구사항	완료
1	1.1.15	화재 안전	화재 안전을 위한 요구사항	완료
1	1.1.16	낙하물 안전	낙하물 안전을 위한 요구사항	완료
1	1.1.17	중량물 안전	중량물 안전을 위한 요구사항	완료
1	1.1.18	제한 구역	제한 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.19	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.20	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.21	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.22	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.23	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.24	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.25	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.26	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.27	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.28	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.29	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.30	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.31	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.32	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.33	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.34	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.35	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.36	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.37	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.38	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.39	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.40	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.41	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.42	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.43	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.44	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.45	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.46	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.47	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.48	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.49	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.50	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.51	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.52	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.53	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.54	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.55	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.56	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.57	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.58	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.59	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.60	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.61	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.62	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.63	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.64	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.65	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.66	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.67	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.68	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.69	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.70	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.71	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.72	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.73	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.74	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.75	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.76	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.77	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.78	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.79	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.80	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.81	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.82	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.83	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.84	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.85	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.86	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.87	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.88	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.89	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.90	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.91	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.92	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.93	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.94	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.95	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.96	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.97	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.98	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.99	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료
1	1.1.100	방사선 구역	방사선 구역을 위한 요구사항	완료

Fig. 4. Input sample of worker requirements each phase.

이상과 같이 해체절차 요구사항 관리를 활용하면 원전 시설 해체 시 해체 전략 및 방법에서 정의된 요구조건들이 단계별로 충족시키고 있는지를 확인함으로써 작업자의 안전뿐 만 아니라 해체 비용평가와 일정 수립에 최적화를 보증할 수 있다.

3. 결론

고도의 안전성과 경제성이 요구되는 원전 해체 사업을 성공적으로 완수하기 위해서는 초기단계부터 체계적인 사업관리가 필요하다. 이를 위하여 시스템엔지니어링 기술의 한 분야인 요구사항 관리 기술을 이용하여 해체절차 요구사항 관리 시스템의 프레임워크를 설계하였다. 이 시스템은 원전시설의 해체 전략부터 부지복원까지 필요한 모든 요구조건들을 관리함으로써 원전 해체 사업에 유용한 도구로 활용이 될 것이다.

4. 참고문헌

- [1] NASA Systems Engineering Handbook, NASA/SP-2007-6105 Rev1.
- [2] S. Chiochio, E. Martin, P. Barabaschi, Hans Werner Bartels, W. Spears, "System engineering and configuration management in ITER," Fusion Engineering and Design 82 (2007) 548-554.
- [3] Edward J. Gorski, Charles V. Park, Finis H. Southworth, "A Systems Engineering Framework for Design, Construction and Operation of the Next Generation Nuclear Plant," INCOSE 2004 - Systems Engineering, Managing Complexity and Change, INEEL/CON-04-01751, June 21-26, 2004.