

연구로 해체 DB Structure 평가

An Evaluation of Decommissioning DB Structure on the KRR1&2

박희성*, 정관성, 이근우, 박진호

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

해체 현장 자료를 이용한 DB Structure를 시험 평가하기 위해 납핫셀과 콘크리트 핫셀 내 폐기선원 및 조사시편 자료를 검토 분석하였다. DB Structure 시험 평가 대상은 시설정보, 작업정보, 방사선학적 정보와 폐기물 정보를 만족시킬 수 있는 입력자료 내용들이며, 이들 자료들은 해체 정보 조회 및 출력 항목들을 선정하는데 기초 자료로 활용되었다. 연구 결과 최적화된 DB Structure에는 커다란 문제가 없음이 확인되었으나, 현장 데이터는 존재하고 있었으나 사용자 요구사항 단계에서 고려하지 않은 DB Structure의 Entity가 지적되었고, 해체 현장에서의 입력 자료 처리 절차에 문제점이 발견되었다. 이를 해결하기 위해서는 현재 작업자들이 해체 작업 후 손으로 기록하는 방식에서 첨단 IT 기술을 응용한 해체 자료 입력 방식으로 전환이 선행적으로 이루어져야 한다.

Abstract

In order to evaluate decommissioning database structure using a dismantled materials, it has analyzed the materials of Lead hotcell and waste source-term and irradiation specimen in Concrete hotcell. The objects of the evaluation for DB Structure are a contents of input that can be satisfied a various conditions on facility information, work information, radiological information and radioactive waste information. And these materials has been used a basic data to select the contents of search and output for decommissioning information.

The results has concluded that an optimized DB Structure has no problem.

But it was notified that some entity doesn't considered in user requirement step and found that there is a lot of failure on the process of input data. In order to resolve these problems, it must be preceded switch from the way keep recording by hand to develop a system which can be directly managed dismantle materials using advanced technology.

1. 서론

2001년 8월부터 시작된 연구로 해체 데이터베이스 연구 과제는 해체 자료들에 대한 입·출력 및 정보 평가 시스템을 설계한 후 해체 데이터베이스 구조 설계 및 최적화를 수행하였으며, user interface 설계와 동시에 해체 DB Prototype을 구현시켰다[1]. 성공리에 구현된 DB Prototype을 토대로 하여 해체 현장 자료를 이용한 해체 DB Structure 시험 및 평가를 수행하였다. 연구로 2호기 부속시설은 주로 동위원소 생산을 위한 시설로서 2기의 콘크리트 핫셀 룸과 10기의 납 핫셀 룸 그리고 동위원소를 제조하는 133호, 135호 그리고 137호로 분류되고, 나머지 12개 룸은 연구실, Hot Lab, Instrument room, 품질보증실, 칭량실 그리고 준비실로 구성되어있다. 이들 부속시설들 중에서 해체 DB Structure 시험 및 평가에 사용된 해체 데이터는 연구로 해체 주요 정보로 선정된 시설정보, 작업정보, 방사선학적 정보, 폐기물 정보 그리고 저장용기 정보들을 수용할 수 있는 납핫셀(2002년 3월 2일 시작하여 5월 13일에 완료)데이터와 콘크리트 핫셀내 폐기선원과 조사 시편(2002년 3월 13일에 제거를 시작하여 4월 14일에 완료)자료를 활용하였다. 또한 본 논문에서는 이들 자료들을 분석하면서 해체 정보 조회 및 출력에 필요한 항목들을 재평가할 수 있는 기회를 만들었다. 연구 결과 해체 DB Structure에서 데이터들의 중복성과 무결성 등에 대해서는 문제가 없음이 확인되었다. 그러나 현재 해체 활동이 이루어지고 있는 해체 현장에서의 자료 관리 체계로는 신뢰할 수 있는 해체 주요 정보들을 획득할 수 없다는 사실을 발견하였다. 작업자가 해체 활동을 마친 후 일일이 손으로 기록하는 시스템은 작업자의 실수에 의한 여러 가지 오차를 만들 수 있기 때문에 자료의 신뢰성을 떨어트리는 직접적인 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 해체 활동으로부터 생성되는 자료가 발생부터 DB Server의 해당 테이블에 안전하게 적재되어야하는 일관성있는 시스템 개발이 선행되어야 한다.

2. 연구로 해체 자료 검토 및 분석

가. Lead HotCell

1) 시설의 위치 및 특징

납 핫셀 (lead hot cell)은 연구로 2호기 동위원소 생산시설의 RI 제조실 #1 및 #2 (Room No. 133, 135 & 137, Fig.1)에 10개가 설치되어 있다. 각 핫셀의 전체 크기는 900mm × 1,150mm × 2,100mm이고, 2단으로 설치되어 있어 하단에는 폐액을 수집할 수 있는 콘크리트 구조물 (높이 750mm, 두께 250mm)로 되어있고 그 위의 양옆에는 두께 250mm의 콘크리트 구조물 (높이 1,350mm), 전면은 납벽돌(두께 50mm), 그리고 후면에는 차폐문이 설치되어 있다. 납 핫셀 전면 중앙 (높이 1,400mm)에는 납유리(500×500mm²) 1개가 설치되어 있고, 2개의 원격집게(Tongs)가 양손으로 다룰 수 있게 높이 1,000mm 위치에 설치되어 있다. 양 옆 벽면에는 전면으로부터 납 핫셀 내부로 호스 등을 넣을 수 있는 pipe 3개와 물 및 가스관등이 매설되어 있으며 전선 및 전선코드가 설치되어 있다. 한쪽 벽면 상부에는 필터 하우스(100×250mm²)이 설치되어 있어 air filter를 장착하게 되어 있고 배기가스는 핫셀 상부의 배기duct를 통하여 pre-filter 및 HEPA 필터를, 혹은 필요에 따라 charcoal filter를 거쳐 대기로 방출하게 되어 있다. 모든 납 핫셀의 바닥에는 1mm 두께의 스테인레스 스틸 트레이가 설치되어 있고, 전면의 납벽돌 내부는 테이프로 붙인 후 에폭시 페인트로 마감되어 있다. 납 핫셀내의 바닥 배수 및 액체폐기물 수집은 납 핫셀의 하부 콘크리트 구조물 속에 배수라인이 설치되어 있어 수집통에 수집된다.[2]

2) 방사선/능 현황

납 핫셀의 방사선/능 현황을 살펴보면 방사선/능 조사 당시는 단수명 동위원소 생산을 위해 납 핫셀을 사용 중에 있었으므로 높은 방사능 및 오염도를 나타냈었으나, 납 핫셀의 해체 공사시에는 납 핫셀 사용이 중지 된지 오래되어 단수명 핵종 등의 붕괴로 인해 오염도는 현저히 떨어져 자연 방사선/능 수준이다.

3) 데이터 분포 및 현황

2003년 3월 2일부터 2002년 5월 13일 해체가 완료된 납 핫셀은 해체 활동을 통해 다음과 같은 형태의 데이터들로 구성되어 있으며, 이들 자료들은 작업일보와 월간진도보고서에 수록되어있다[3].

o 시설 및 작업(작업자)정보와 방사선학적 정보

- 작업일자, 작업자 인적사항과 투입시간
- 해체 대상물:#6 상단 내외부 동쪽벽, #7 하단부 , #6~#7번 상단부, #8 하단부 ,#7~#8번 상단부, #9 하단부 ,#8~#9번 상단부, 잔여물, 콘크리트 잔여마대
- 핵종분석: 해체 시설 및 대상물 위치, 핵종, 농도, 제염 횟수(표 1)

표 1. 납핫셀 해체 전 핵종분석 결과(예)

	1차	2차	3차
제염 일자	2002. 4. 15	2002. 4. 18	2002. 5. 23
핵종	Co-60, Cs-137	Co-60, Cs-137	Co-60
핵종 농도	0.08	0.03	0.015
제염 시간	1.4	1.4	1.4
투입인원	6	6	6

- 해체 작업 전과 후 오염검사(해체 시설정보와 연계)

marking number, 해체 대상물, 유리성 오염도(알파, 베타), 고착성 오염도, 표면선량률(표 2)

표 2. 납 핫셀 해체 전/후 오염검사 결과(예)

marking no.	item	유리성 오염도(Bq/m2)		고착성 오염도(cpm)	표면선량률 (Usv/hr)	무게(kg)	사진
		알파	베타				
1	목재문짝	0	0	0	0	2.25	
2	목재문짝	0	0	0	0	2.15	
3	목재틀	0	92	0	0	1.2	
4		0	514	0	0		
5	나무조각	0	0	0	0	0.45	
6	콘센트박스	0	0	0	0	7	
7	전기배관	0	0	0	0	7	
8	철재틀	0	0	0	0	17.65	
9	철조각	0	0	0	0	4.75	
10	철재배관	0	0	0	0	1.35	

o 해체 폐기물 현황

- 해체 폐기물 반출 전 오염검사

marking number, 해체 대상물, 유리성 오염도(알파, 베타), 고착성 오염도, 표면선량률

o 해체 폐기물 저장 현황

- 2가지 형태로 저장소에 반입되고 있다.

해체 작업 전 과 후 오염검사를 마친 후 검출치 하한 이하면 임시 야적장으로 반입.

해체 폐기물 반출시 오염검사 후 검출치 하한 이하면 임시 야적장으로 반입.

나. Concrete HotCell내 폐기선원 및 조사시편 제거

1) 시설의 위치 및 특징

연구로2호기 부속시설에는 중형의 콘크리트 핫셀 2기가 설치되어 있으며, 콘크리트 핫셀은 콘크리트 벽면 및 1mm 두께의 스테인레스 스틸 바닥으로 이루어져 있다. 이 핫셀은 연구로2호기 가동 중에 Co-60과 Ir-192 생산에 활용되어 왔으며, 이외에도 연구로에 직접 조사된 각종 금속 시편에 대한 실험에 사용되어 왔다. 폐기선원 제거 작업에 있어서 선원에 대한 정보 부족으로 핫셀 내부의 방사선원 확인을 위해 도입한 감마 카메라를 핫셀 뒷면의 차폐문을 통해 핫셀 내부의 선원 위치와 방사선 세기를 먼저 확인한 후 작업에 임함으로서 작업자의 안전을 향상시켰다.

2) 방사선/능 현황

핫셀 내부의 공간선량률은 1번 핫셀에서는 작업 전에는 최대 68 mR/hr에서 내부의 선원을 모두 제거한 후의 선량률이 최대 0.46 mR/hr으로, 2번 핫셀에서는 작업 전 최대 34 mR/hr에서 작업 후 최대 0.9 mR/hr로 낮아져 내부의 방사성물질들을 모두 제거하였다고 평가할 수 있다.

3) 데이터 분포 및 현황

2002. 3. 13부터 2002년 4. 14 동안 제거된 폐기선원과 조사시편들은 4개의 소형 차폐운반용기에 분산하여 대전 본소의 동위원소 생산시설로 운반하였다. 이 폐기선원들은 본소의 동위원소 생산시설의 대형 핫셀 내부에서 정확한 방사능을 측정된 후 선원에 대한 이력을 만들어 폐기하거나 또는 재 사용하게 된다.

o 시설 및 작업(작업자)정보와 방사선학적 정보

- 해체 대상물: C1 콘크리트 핫셀, C2 콘크리트 핫셀, C1내부벽바닥, C2내부벽바닥
- 작업자 피폭선량: 작업자와 작업 시간에 따른 피폭량(mrem/hr)(표 3)

표 3. 콘크리트 핫셀내 조사시편 제거시 작업자가 받은 피폭선량(mrem/hr)

작업일자	2002. 3. 14	2002. 3. 19	2002. 3. 20	2002. 3. 21	
박춘수	1	2	3	3	
김영진	1	1	3	3	
김동연	2	2			
소요시간	7	4	4	4	
오염검사	이송용기 6개		이송용기 4개		

- 해체 작업 전과 후 오염검사

marking number, 해체 대상물, 유리성 오염도(알파, 베타), 고착성 오염도, 표면선량률(표 4)

표 4. 콘크리트 핫셀내 조사시편 제거시 오염검사 결과(예)

marking no.	item	유리성 오염도(Bq/m ²)		고착성 오염도(cpm)	표면선량률 (Usv/hr)	무게(kg)	사진
		알파	베타				
1	C1	1260	147000	0	0.3	2.25	
2		1360	141000	0	0.8	2.15	
3		5420	538000	0	0.6	1.2	
4		11000	1220000	0	0.5		
5		1180	106000	0	0.5	0.45	
6		498	65300	0	0.5	7	
7		833	75400	0	0.5	7	
8		582	61800	0	0.2	17.65	
9		2140	172000	0	0.5	4.75	
10		1380	109000	0	0.5	1.35	
11		1730	39200	0	0.4		
12		438	30300	0	0.2		
13		470	20300	0	0.2		

3. 결과 및 검토

가. Lead hotcell 및 콘크리트 hotcell내 폐기선원과 조사시편 제거 데이터 분석

Lead hotcell의 경우 오염된 해체 대상물에 대한 핵종분석 데이터가 존재하고 있으나 해체 DB Structure에서는 이에 대한 entity를 고려하지 않았고, 이들 자료들의 폐기물 처리과정에 대한 데이터들이 부재함으로써 해체 DB Structure에서 고려된 Entity들이 의미 없게 되는 결과를 가져왔다. 이러한 결과는 현장과의 업무 협조가 원활히 이루어지지 않았기 때문이며, 현장에서 자료를 전달할 수 있는 창구를 일원화 하거나, 첨단 기기를 이용하여 해체 활동을 하면서 발생하는 자료들을 바로 입력하면 해체 DB Server로 적재시킬 수 있는 새로운 입력정보 시스템을 구축하여 문제를 해결해야 할 것으로 판단된다.

나. 해체 정보 조회 및 출력

해체 현장 자료인 납핫셀과 콘크리트 폐기선원 및 조사시편 제거 데이터를 검토 분석한 후 해체

작업 정보, 방사선학적 정보 그리고 해체 폐기물 정보에 대하여 조회 및 출력 내용들을 정리하였다.

1) 해체작업정보

해체작업 활동에 소요되는 해체 작업내용, 투입되는 인력, 작업자 피폭량 그리고 장비 내역을 조회한다.

- 시설별 해체활동 작업내용은 방사선측정/분석, 작업안전관리, 준비작업, 제염활동, 폐기물관리 등으로 분류하여 조회한다.
- 해체활동 투입 인력은
 - 작업분야별(방사선안전관리, 방사선작업, 전문가, 폐기물관리, 품질관리 분야) 투입 월간/년간/해체대상 별로 조회하며,
 - 직종별(건설기계운전기사, 절단공, 콘크리트공, 조력공, 특별인부, 작업반장, 초/중/고급 기능사, 초/중/고급 기술자, 원자력품질관리사, 초/중/고급 원자력 기술자, 폐기물 관리사) 투입 월간/년간/해체대상 별로 조회하고,
 - 분야별 해체작업 투입 인원수를 조회한다.
- 해체활동 투입 장비 내역은
 - 시설별 장비투입 내용과 연간 장비 투입수 그리고 해체활동에 사용하는 보유 장비를 조회한다.
- 해체작업활동 현장을 보관하기 위한 사진 및 동영상 자료를 조회한다.

2) 방사학적 정보

- 정기적인 방사선/능 검사 결과에 대해서는 월간/주간 표면오염도, 공간방사선량률, 공기오염도, 그리고 방사능농도(평균, 최대치) 등을 조회한다.
- 해체활동의 작업 전/후 오염검사 결과(유리성오염도, 고착성오염도, 표면선량률)를 조회한다.

3) 폐기물 정보

해체 작업에서 발생하는 폐기물을, 최종 반출될 때까지의 과정에 대하여 다음과 같은 항목들에 대하여 조회한다.

- 해체 폐기물 종류 및 구분별 월별/분기별/년간 발생량
- 해체 폐기물 시설별 발생량
- 고체폐기물 처리 현황, 발생 특성 그리고 제염 현황
- 액체폐기물 처리 현황, 발생 특성
- 액체 농축폐기물 현황
- 폐기물 저장 현황
- 반출 폐기물 현황

4. 결론

연구로 2호기의 부속시설들 중 납핫셀과 콘크리트 핫셀내 폐기선원 및 조사시편 제거 활동에서 만들어진 현장 데이터를 이용하여 해체 DB Structure의 성능을 평가하였다. 해체 DB 자료 구조는 데이터의 중복성 및 무결성에 대하여 문제없이 자료들을 관리하고 있었으나, 사용자 요구사항 분석 단계에서 고려하지 않은 Entity와 현장 데이터의 부재 그리고 작업자의 기록 실수로 인한 해체 전 원형 자료들로부터 해체 후 저장고에 이르기까지 일련의 데이터들의 흐름을 추적하는데 어려움이 있었다. 이러한 사실로부터 현재 해체 현장에서 작성되고 있는 작업일보와 월간진도보고서에 기록된 데이터를 가지고는 해체 기획 수립 시 의사결정에 결정적 도움을 줄 수 있는 양질의 해체 정보를 제공할 수 없을 것으로 판단된다. 자료의 입력과정에서 발생하는 여러 실수들을 최소화시키면서 최대의 신뢰성을 확보하기 위해서는 첨단 IT 기술을 이용한 입력 시스템 개발이 선행되어야 한다.

감사

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

1. 박희성 외., "연구로 해체 자료 구조 설계", proceedings of the korea society of information technology applications, May, 2003
2. 박진호 외., "원자력시설 제염 해체 사업", KAERI/RR-2304/2002
3. 두산중공업주식회사, "연구로 1,2호기 제염 해체 인력수급부문 공사: 월간진도보고서", 제 13호 2002. 03