

조사재시험시설의 핫셀 내부 고준위 고체폐기물 반출 및 처리

Carrying Out and Management of High Level Solid Radwaste for Hot Cell in IMEF

주용선, 송웅섭, 김도식, 유병옥, 정양홍, 백승재, 오완호, 이은표, 홍권표
한국원자력연구소

요 약

조사재시험시설(IMEF : Irradiated Materials Examination Facility)은 원자력연구소 부지 내에 위치하고 있는 핫셀 시험시설로써, 하나로 연구용 원자로 및 상용 원자력발전소에서 중성자에 조사한 사용후핵연료 및 구조재료 등의 조사특성에 대한 시험 및 평가를 수행하고 있다. 따라서 핫셀 내부에서 시험을 완료한 고준위 고체폐기물들은 시설의 고유기능을 지속적으로 수행하기 위해서 정기적으로 핫셀 외부로 반출 및 원자력연구소 부지내의 저장시설에 옮겨 처리해야 한다. 시설 준공(1993년 말) 후 현재까지 고준위폐기시설인 모노리스(monolith)로 반출 및 처리한 물량은 50 리터용 폐기물처리용 통(bin)으로 약 30개 이며, 해마다 그 양이 늘어나고 있는 추세이다. 본 논문에서는 조사재시험시설의 핫셀에서 고준위폐기시설인 모노리스(monolith)까지의 일련의 반출 및 처리에 대한 절차 및 작업내용을 간략하게 기술하고자 한다.

Abstract

The IMEF(Irradiated Materials Examination Facility), located in KAERI site, is a hot cell facility to test and evaluate the irradiation defects or embrittlement through post-irradiation examination(PIEs) of irradiated nuclear fuels and structural materials which are come from HANARO research reactor and commercial nuclear power plants. Therefore, to carry out its own function, the high level solid radioactive wastes, produced through PIEs, are periodically carried out and managed from hot cell to monolith. So far, approximately 30 drums which contains 50 liters are transported to monolith, and it is shown that the quantity is slowly increasing. In this paper, the procedures and work contents of the high level solid radwaste carrying out and management for IMEF are described in detail.

1. 서 론

조사재시험시설에서는 중성자에 조사한 사용후핵연료 및 구조재료 등의 조사 결함 및 조사취화(irradiation embrittlement) 정도를 시험 및 평가하기 위해 하나로 연구용 원자로 및 상용 원자력발전소로부터 방사선량율(dose rate)이 매우 높은 시료들을 반입하고 있다.¹⁾ 연구용원자로인 하나로 시설로부터는 연구용원자로 운전용 핵연료다발, 개발용 핵연료다발, 핵연료개발용 무게장캡슐, 구조재료개발용 계장캡슐 및 무게장캡슐 등을 그리고 상용 원자력발전소로부터는 원자로 압력용

기 감시캡슐, 원자로제어봉 가이드 고정용 볼트, 핵연료 상판스프링 고정용 볼트 등을 반입하고 있다.

시설에 반입한 고방사능 원자력재료(핵연료 및 재료)들은 해체 및 절단작업을 거쳐 시험에 필요한 시편들을 제외한 구조물 및 부품 등을 고준위 고체폐기물로 분류하여 내부용적이 약 50 리터인 고체폐기물용 통에 넣어 핫셀 내부에 한시적으로 저장한 후, 이를 절차에 따라 정기적으로 핫셀 외부로 반출하여 고준위폐기시설인 모노리스로 운반 및 처리하고 있다. 이러한 일련의 절차 및 작업들은 조사재시험시설이 고준위폐기물 저장시설이 아닌 핫셀 시험시설일 뿐 아니라 시설의 본래 기능을 100% 활용하기 위함이다.

1994년부터 현재까지 고준위폐기시설인 모노리스(monolith)로 반출 및 처리한 물량은 50 리터용 폐기물처리용 통으로 약 30개 이며, 해마다 그 양이 늘어나고 있는 추세이다.

2. 본 론

가. 고준위 고체폐기물 종류 및 발생량

조사재시험시설로 반입하는 고방사능 원자력재료는 상용 원자력발전소 및 하나로 연구용원자로에서 중성자에 조사한 핵연료 및 재료들이 대부분이며, 이들의 종류는 다음과 같다.

- 하나로 조사 무게장 핵연료 캡슐
- 하나로 운전용 핵연료 다발
- 연구용원자로용 핵연료 개발용 핵연료 다발
- 하나로 조사 계장 및 무게장 재료 캡슐
- 일체형 원자로용 핵연료 다발
- 경수로형 원자로 압력용기 감시캡슐
- 경수로형 원자로 제어봉 가이드 고정용 볼트
- 경수로형 핵연료다발 상판스프링 고정용 볼트

조사 핵연료(상용발전소 및 연구용원자로 운전 핵연료)의 고준위 고체폐기물은 주로 미세/미소 금속조직을 관찰하기 위한 광학 및 전자현미경용 시편을 제작하는 과정에서 발생하는 것들이 대부분이다. 시편의 준비절차는 절단, 연삭, 연마 및 에칭으로 행해지는데, 이중에서도 연삭 및 연마 시 시편의 표면을 닦거나 문지르기를 하는 작업과정에서 제일 많이 발생한다. 또한 하나로 연구용원자로 핵연료를 개발하는 경우에는 핵연료다발의 구조에 따라 조금씩 다르기는 하지만, 18봉 환상형 구조를 선택하는 경우 개발용 연료봉 3개 또는 6개를 제외한 나머지 dummy 연료봉 및 구조물 등은 고준위 고체폐기물이며, 핵연료개발용 캡슐인 경우에는 핵연료를 제외한 모든 구조물들이 이에 속한다. 그리고 연간 발생량은 50 리터용 폐기물처리용 통을 기준으로 약 2개이다.

조사 재료의 고준위 고체폐기물은 비파괴(외관검사 및 제원측정) 및 파괴시험(충격, 인장, 광학 및 전자현미경 미세/미소 금속조직을 관찰)을 마친 시험편 등을 포함한 모든 재료들이다. 경수로형 원자로 압력용기 감시캡슐은 단면이 50 x 75 mm²이고, 길이가 약 1.3 m이며, 외피는 스테인레스강으로 shim(중성자모니터 및 온도모니터), dosimeter(U-238, Np-237), 충격시편, 인장시편, CT 시편 및 spacer 등으로 구성되어 있다. 이 중에서 고준위 고체폐기물로 처리하는 것은 중성자모니터와 온도모니터를 해체한 shim, U-238과 Np-237 파우더캡슐을 해체한 dosimeter, 그리고 spacer 등이다. 하나로 조사 계장 및 무게장 재료 캡슐은 외통, 시편 홀더(specimen holder), 단열재(insulator), 열전대, 히터선 등으로 구성되어 있는데, 이 중 시편홀더에 담겨져 있는 각종 시편들(중성자모니터 포함)을 해체한 후 모든 구성품들은 고준위 고체폐기물로 처리한다. 그리고 연간 발생하는 양은 50 리터용 폐기물처리용 통을 기준으로 약 3개 이다.

나. 고준위 고체폐기물 핫셀 외부 반출 및 처리

핫셀 내부로 반입한 고방사능 원자력재료들은 해당 시험들을 완료한 후 저장용 핫셀인 M4 핫셀로 이송한다. 본 핫셀에서는 이송한 시편 및 고준위 고체폐기물을 재분류하고, 이를 폐기물처리용 통에 담고 체결용 볼트로 뚜껑을 닫은 후 고체폐기물처리용 반출구를 설치한 M3 핫셀로 이송한다. 조사후시설시설(PIEF)에서 고체폐기물운반용 캐스크(이송 장치)를 제염한 후 11톤 트럭을 사용하여 인수해 조사재시험시설의 M3 핫셀 천장에 설치된 어댑터(adapter)에 부착시켜 호이스트를 이용하여 고체폐기물용 통을 인양하여 고체폐기물운반용 캐스크에 넣어 핫셀 밖으로 인출한다. 고준위 고체폐기물을 인출한 후 캐스크의 표면오염도 및 방사선량을 방사선안전관리요원이 측정하고, 그 결과를 『고준위 고체폐기물』양식에 기록한다. 측정을 완료한 캐스크는 11톤 트럭에 실어 방사성폐기물처리시설의 모노리스로 운반한다.

고체폐기물운반용 캐스크 내부에 장착한 고체폐기물처리용 통이 완전하게 저장 구멍(pit)에 안착되었는지 여부를 확인할 수 있는 방법이 없어 처음에는 고체폐기물운반용 캐스크를 크레인으로 들어 올려 바닥을 육안으로 확인하는 방법으로 하였으나, 이는 작업자에게 방사선 피폭이라는 위험성을 지니고 있어 이를 이송장치와 이송장치 어댑터 사이의 틈새에 선량을 측정장치를 접촉시켜 하강할 때의 선량률과 상승할 때의 선량률 차이를 상호 비교하는 방법으로 개선하여 수행하였다. 일련의 작업과정을 그림 1에 나타내었고, 처리에 관련하여 사용한 서류의 목록은 다음과 같다.

- ◆ 방사성폐기물 저장 통보계
- ◆ 방사성폐기물 관리의뢰서
- ◆ 방사성폐기물 기록표(고체폐기물, 종류 : 고준위폐기물)
- ◆ 첨부 : 상세기록(고준위 고체폐기물)
- ◆ 현장검사 일지
- ◆ 방사성물질 (운반·반출) 통보계
- ◆ 방사성물질 운반차량의 방사선량률 및 표면오염도 측정 기록부
- ◆ 표면오염도 기록부

3. 결론 및 건의사항

조사재시험시설의 준공(1993년 말)후부터 현재까지 고준위폐기시설인 모노리스(monolith)로 반출 및 처리한 고준위 고체폐기물 처리에 대한 내용을 정리하면 다음과 같다.

1) 처리물량은 50 리터용 폐기물처리용 통으로 약 30개이며, 해마다 그 양이 늘어나고 있는 추세이다.

2) 조사재시험시설 및 고준위 폐기물 저장소의 처리에 관련한 장비들의 가동조건이 100%이면, 1회의 폐기물 통의 처리에 소요되는 시간은 약 1시간이다.

3) 고준위 폐기물 저장소의 처리 관련 장비들 및 전기장치 등의 적절한 수정조치로 저장 및 처리작업이 개선되어 작업시간이 매우 단축되었을 뿐 아니라 사고 없이 안전하게 수행할 수 있는 절차 및 방법이 구축되었다.

그리고 고준위폐기시설인 모노리스(monolith)에서 작업자들이 조금 더 안전하게 작업하기 위해서는 관련 장비의 개선 및 보완이 시급히 이루어져야 할 것으로 건의한다.

4. 참고 문헌

1. 주용선 외, “연구로용 원자로에서 조사된 캡슐 및 핵연료 다발 해체 장비 기술개발”, KAERI/TR-1078/98(1998).



사진 1. 고체폐기물처리용 캐스크 운반.
(PIEF->IMEF).

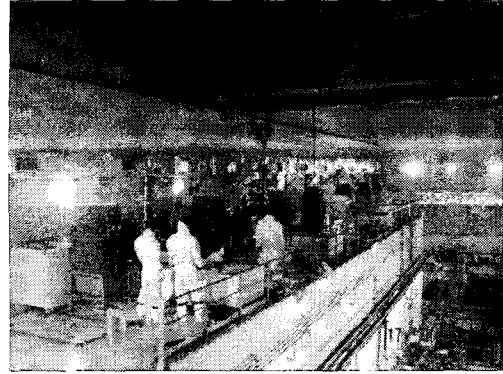


사진 2. 고체폐기물처리용 캐스크 M3
핫셀 지붕의 어댑터에 장착.



사진 3. 고체폐기물처리용 캐스크 운반
(조사재->MONOLITH).



사진 4. MONOLITH pit용 cover 분리.



사진 5. 고체폐기물처리용 캐스크 안착
장치 설치.

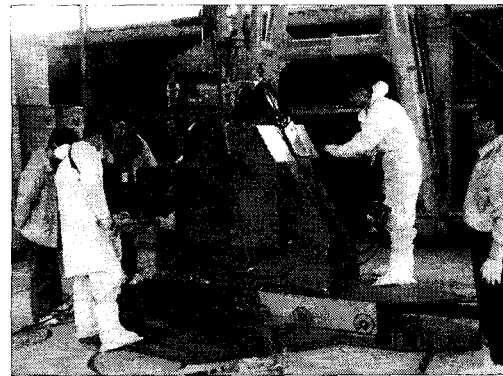


사진 6. 고체폐기물처리용 캐스크 설치
및 방사선량을 측정.

그림 1. 조사시험시설의 고준위 고체폐기물 반출 및 처리과정 사진 모음.