

해체부지의 잔류방사능 조사 절차 수립에 관한 연구

Study on the Establishment of Residual Radioactivity Investigation
Procedure in Decommissioning Site

Hak-Soo Kim, Yong-Kyu Lim, Jung-Kwon Son, Kyoung-Rock Park, Ki-Doo Kang,
Kyoung-Doek Kim, Chan-Woo Jeong*

Nuclear Environment Technology Institute, P.O. Box 149, Yuseong, Daejeon

*Korea Institute of Nuclear Safety, P.O. Box 114, Yuseong, Daejeon

김학수, 임용규, 박경록, 손중권, 강기두, 김경덕, 정찬우*

원자력환경기술원, 대전광역시 유성우체국 사서함 149

*한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성우체국 사서함 114

Abstract

In order to decommission safely nuclear power plant, it is necessary for the procedure of residual radioactivity investigation in site to provide detailed guidance for planning, implementing, and evaluating environmental and facility radiological surveys conducted to demonstrate compliance with a dose or risk-based regulation. This study presents the procedure of residual radioactivity investigation in decommissioning site - Historical Site Assessment, Scoping Survey, characterization Survey, Remedial Action Support Survey, Final Status Survey - on the basis of MARSSIM(Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual) and investigation cases of decommissioned or decommissioning nuclear power plant.

Key Words : MARSSIM, Decommissioning, Final Status Survey

요약

원자력발전소를 안전하게 해체하기 위해서는, 해체부지 개방기준의 준수여부를 확인하기 위해 수행되는 환경이나 설비의 방사선학적 조사의 계획, 실시 그리고 평가에 대한 상세 지침을 제공하는 절차가 필요하다. 본 연구에서는 해외 원전 해체 사례와 MARSSIM을 근간으로 부지운영이력 평가, 오염범위조사, 오염현황 상세조사, 제염복구 지원조사, 최종부지조사의 순으로 해체 부지내 잔류방사능을 조사하는 절차를 제시하였다.

중심단어 : MARSSIM, 해체, 최종부지조사

1. 서 론

원자력 발전소의 해체는 운전 수명이 종료된 원자력설비를 안전하게 처리, 처분하는 마지막 과정으로 이미 원자력 선진 외국에서는 오래전부터 국가적 차원으로 해체 관련 기술 개발에 상당한 진전을 이룬바 있다. 우리나라는 1978년 고리1호기의 운전을 필두로 현재 18기가 운전 중에 있으며 그중 고리1호기의 경우 수명 연장 여부에 따라 달라지긴 하겠지만 2008년이 되면 고리1호기 설계수명이 종료되므로 본 시설을 어떻게 안전하게 해체할 것인지가 매우 중요한 시점이 되었다. 이에 따라 원자력발전소를 해체할 때 해체관련 안전성 확보를 위한 요소기술들 가운데 부지 잔류 방사능을 확인할 수 있는 방사선/능 조사체계와 해체관련 표준안전성 평가 기술 등의 개발이 시급한 실정이다. 설계 수명이 종료된 원자력시설 및 부지는 제한적으로 사용하거나 일반인이 자유롭게 사용하기 위해 제염 및 해체가 필요하다. 이러한 제염 및 해체시에 부지내 방사선 측정 및 부지 특성조사 방안을 수립하기 위하여 미국에서는 기존의 여러 방사선 측정 및 부지내 선량조사 기준을 통합하여 MARSSIM이라는 표준절차서를 개발하여 활용하고 있다. 본 연구에서는 MARSSIM 발표 이전의 NUREG/CR-5849에 따라 해체 작업을 수행한 Fort St. Vrain 원자력발전소의 해체후 부지 잔류방사능 측정 사례와 MARSSIM(NUREG-1575)을 근간으로 한 Maine Yankee 원전의 해체후 부지의 잔류방사능 측정사례를 검토하여 국내 원전 해체시 해체 부지내 잔류방사능을 조사하기 위한 절차를 수립하고자 하였다.

2. 해체후 부지 잔류 방사능 측정 사례

2.1 Fort St. Vrain 원자력발전소

미국의 해체 원전중 하나인 Fort st. Vrain(FSV) 원전은 상업용 고온 가스 냉각형 원자로 (HTGR)이며, Public Service Company of Colorado(PSCo)사 소유의 330 MWe 발전소로 1968년에 건축 공사를 시작하여, 1973년도에 연료가 장전되고 1976년에 처음으로 전기를 생산하였으나 수많은 작업상의 문제점과 규제지연 때문에 운전비용과 연료비용을 조달하는데 어려움이 있어 1989년 8월에 원자력발전소를 영구히 정지시켰으며 원전이 영구히 정지된 후 설비 및 부지를 즉시 해체(DECON)하는 것으로 결정하였다. FSV 원전의 잔류 방사능 측정 절차는 그림 1과 같다.

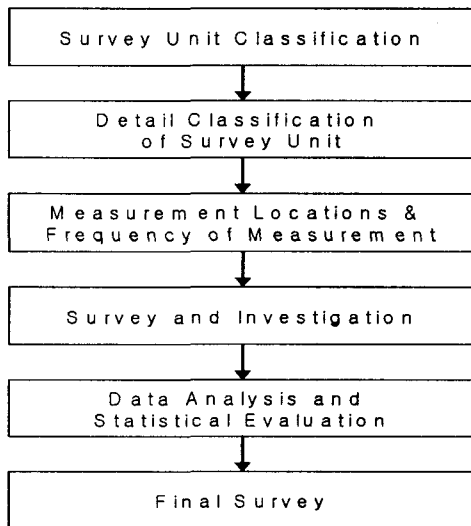


그림 1. FSV 해체부지 잔류방사 측정절차

FSV 원전은 해체 부지의 무제한적 개방을 위해 부지내 잠재적 오염도, 요구되는 측정 및 시료채취 위치의 선정, 상세조사요건 및 적용 가능한 규제 값과 측정결과와의 비교 등을 고려하여 해당 부지를 Unaffected survey unit, Non-suspect affected unit 및 Suspect affected survey unit로 오염지역을 분류하였다. 각각의 조사 단위에 대한 분류는 FSV 초기 방사선 부지특성 보고서, 방사성물질 관련 이력 또는 잠재적 오염도, 해체를 수행하기 위해 실시된 조사자료, 정기 점검, 사고 보고서 및 특성조사 등과 같은 자료를 기초로 하여 구분하였다.

이러한 오염지역의 분류 기준을 가지고 FSV는 최종부지 조사를 위해 총 10개의 그룹으로 오염지역을 상세 분류하였다.

FSV원전은 부지내 잠재적 오염도에 따라 분류된 Unaffected survey unit(A), Non-suspect affected survey unit(B) 및 Suspect affected survey unit(C) 지역에 대하여 크게 건물 바닥 및 벽

면, Plant System 및 부지로 구분하여 각 오염지역별 조사 대상에 따라 측정 방법을 수립하였으며 그 내용은 표 1과 같다. 또한 FSV 원전에서는 해체부지의 개방기준으로 Regulatory Guide 1.86 과 Draft NUREG/CR-5849에 의거하여 계산된 SGLV(Site-Specific Guideline Values)을 적용하였다.

표 1. FSV 원전의 오염지역 분류에 따른 측정 범위 및 측정 방법

| 지역 | 건물 바닥 및 벽면 | Plant System | Open Land |
|----|--|--|--|
| A | <ul style="list-style-type: none"> ○ Survey units $\leq 1500\text{m}^2$: 최소 30개 지점 ○ Survey units $> 1500\text{m}^2$: 50m^2 당 1개 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 각 Survey 단위별 - 최소 30개 지점 측정 ○ Scan Survey 실시 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 각 Survey 단위별 - 최소 30개 지점 측정 |
| B | <ul style="list-style-type: none"> ○ Survey units $\leq 600\text{m}^2$: 최소 30개 지점 ○ Survey units $> 600\text{m}^2$: 20m^2 당 1개 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 각 Survey 단위별 - 최소 30개 지점 측정 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Survey units $\leq 750\text{m}^2$ - 최소 30개 지점 |
| C | <ul style="list-style-type: none"> ○ Survey units $\leq 20\text{m}^2$: 최소 30개 지점 ○ Survey units $> 20\text{m}^2$: $1\text{m} \times 1\text{m}$ | <ul style="list-style-type: none"> ○ Scan Survey 실시 - 계통 표면의 25% | <ul style="list-style-type: none"> ○ Survey units $> 750\text{m}^2$ - 100m^2 당 4개 지점 |

2.2 Maine Yankee 원자력발전소

Maine Yankee 원전은 열출력 $2,700\text{MW}_{\text{th}}$, 3 루프 가압경수로 원자력발전소로서 1972년 10월에 처음 운전이 시작되어 25년간 운전 후, 1997년 8월에 운전을 종료하였다. 본 원전은 부지의 무제한적 개방을 위해 MARSSIM에서 제시한 부지 잔류 방사능 조사 방법을 적용한 원전으로서 현재 원자력발전소 해체가 진행 중에 있다. Maine Yankee는 방사선학적 사고 이력, 운전이력, 액체 폐기물 오염이력, 근로자 설문조사 및 연간 방사선학적 환경보고서를 포함한 운영이력정보를 토대로 Historical Site Assessment(HSA)를 수행하였으며, 또한 방사성물질의 위치 및 방사능준위와 위해성 물질의 형태 및 위치를 결정하기 위해 Scoping Survey를 수행하였다. Maine Yankee 원전은 해당 부지의 무제한적 개방을 위해 잠재적 오염도에 따라 해체 부지를 Non-impacted area와 Impacted area로 구분하였으며 특히, 오염지역의 경우는 오염 정도에 따라 Class 1, 2, 3로 분류하였다. 또한 오염지역의 측정 범위를 조사 대상에 따라 크게 구조물과 바닥 그리고 토양으로 구분하여 오염지역별 측정 범위를 선정하였다 (표 2). Maine Yankee 원전은 25 mrem의 NRC 연간 선량 제한치와 ALARA에 따라 잔류방사능을 감소시키기 위해 remedial action support survey를 해체과정 전반에 걸쳐 수행하고 있다. 또한 Final status survey를 수행하기 위한 방법으로 일반적으로 Draft Reg Guide-4006 지침 또는 Standard Review Plan(SRP : NUREG-1727)을 따르고 있다. Final status survey는 부지를 조사단위, 조사지역의 분류 및 95% 신뢰도를 갖는 DCGL과 부합하는 모든 조사단위 요건으로 구분하기 위한 방법론으로 Maine Yankee 원전에서 적용된 시료측정 수 및 위치 결정은 MARSSIM에서 제시한 방법을 적용하여 수행하고 있다. Maine Yankee 원전에 적용된 기술기준은 10 CFR 20.1402와 DCGL(Derived Concentration Guideline Level)을 적용하였다.

표 2. Maine Yankee 원전의 오염지역 분류에 따른 측정 범위 및 측정 방법

| Class | 측정 범위(m^2) | | | 측정 방법 |
|-------|-----------------------|--------------------|----------------|---|
| | Standing Structure | Basement Structure | Land | |
| 1 | 180 | 2,000 | 2,000 | <ul style="list-style-type: none"> • 100% : 전지역의 hot spot 유무 확인 • Systematic |
| 2 | 180 ~ 1,000 | 2,000 | 2,000 ~ 10,000 | <ul style="list-style-type: none"> • 10~100% : 오염가능성이 높은 지역을 중심으로 실시 • Systematic |
| 3 | No Limit | No Limit | No Limit | <ul style="list-style-type: none"> • 10% : 전문가의 판단에 의해 오염가능성이 높은 지역만 실시 • Random |

3. 부지 잔류방사능 조사절차 수립

본 연구에서는 MARSSIM과 상기 해체 사례 등을 토대로 부지 잔류방사능 조사 절차는 그림 2과 같이 제시하였으며, 오염지역의 분류에 대한 Flow-chart는 그림 3과 같이 수립하여, 각 조사단계별로 계획, 실시 및 결과 평가로 나누어 수행하는 방안을 고려하였다.

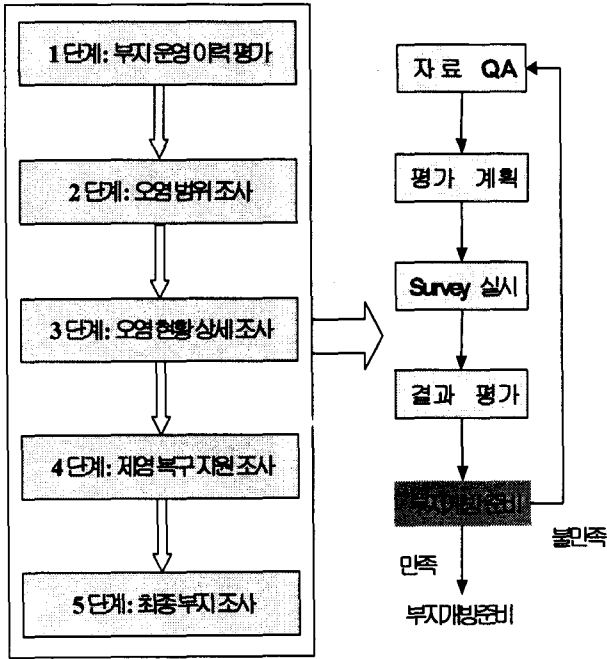


그림 2. 해체부지의 잔류방사능 조사 절차

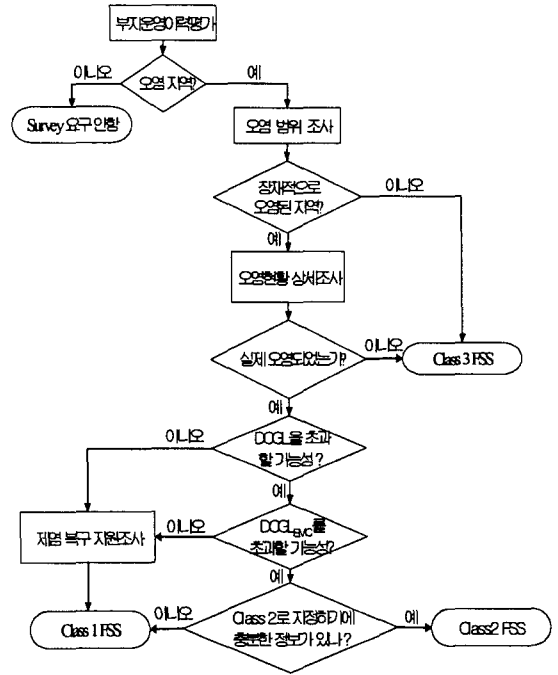


그림 3. 오염지역 분류 흐름도

3.1 부지운영이력 평가

해체부지에 대한 잔류방사능 평가시 가장 먼저 수행해야 하는 단계로서 이 단계는 부지의 운영이력에 대한 자료를 조사, 수집하고 정리하는 단계이다. 부지 운영이력 평가는 해체된 원자력시설 및 부지의 현재 상태를 결정하고 초기분류에 대한 정보를 제공하는 것을 목적으로 하며 그 밖에 시설 및 부지 오염의 잠재적 선원에 대한 정보, 오염범위조사와 오염현황 상세조사를 위한 유용한 정보 및 오염 물질의 이동 가능성에 대한 평가를 제공하고 오염 가능성에 따라 오염지역과 비오염지역으로 분류함을 목적으로 한다. 오염 가능성에 따라 지역을 분류하기 위해 사전에 확보하여야 할 자료로서는 사용된 방사성물질의 양/화학적, 물리적 형태와 방사성물질이 사용된 장소 및 사용 기록, 사용된 총량에 대한 정보를 포함한 방사성물질 사용허가서와 폐기물 처리, 방사성물질의 저장, 수송에 대한 기록과 유출물 및 운영중 survey, spill, pipe와 tank의 누설기록을 포함한 부지운영기록 그리고 방사성폐기물 취급에 관한 정보 수집을 위해 현재 또는 이전에 근무했던 작업자와의 설문조사 등이 있다. 본 연구에서는 이러한 부지운영이력 평가 조사시 고려사항을 제시하여, 부지가 각 항목에 해당될 시에는 오염의 가능성이 있음을 판단할 수 있도록 하였다 (표 3).

부지운영이력 평가시 부지의 위치, 위도/경도, 소유자 및 운영자 정보, 운전 및 부지현황, 부지의 크기 등을 포함한 일반적인 부지에 대한 정보와 방사성물질의 형태, 크기 및 위치, 폐기물의 형태 및 양, 위험물질의 존재 여부 등을 포함한 방사성물질 및 폐기물 특성과 부지의 일반적인 지질 형태, 카르스트 지형의 존재 여부, 대수층의 깊이, 부지내 우물의 존재 여부 등을 포함한 부지내 지하수 특성과 지표수의 형태, 지표수까지의 거리, 음용수 섭취량, 지표수의 유동특성 등을 포함한

표 3. 부지운영이력평가시 부지 오염여부를 판단하기 위한 고려사항

| 오염여부 판단을 위한 점검사항 | |
|------------------|---|
| - | 규제기 관으로부터 방사성 물질의 제조, 사용, 또는 분배를 위해 허가된 이력 여부 |
| - | 이전에 처분 또는 소각, 방사성 물질 부지로 허가된 이력 여부 |
| - | 부지에 방사성 물질이 유입될 수 있는 우물의 존재 여부 |
| - | 부지가 의학적, 또는 치과용 엑스선 기계를 제외한 방사선 발생장치 또는 방사성 물질을 사용 하여 연구를 수행하기 위해 허가된 이력 여부 |
| - | 방사화 방사성 물질을 생산하기 위해 사용된 이력 여부 |
| - | 방사성 선원들이 부지내에 저장되어 있는지의 여부 |
| - | 부지 내에 방사성 의약품을 제조, 저장, 수송 또는 처분한 적이 있는지의 여부 |
| - | 부지가 방사성 물질로 오염되었으리라 예상되는 다른 이유가 있는지의 여부 |

지표수 사용 특성 및 토양 피폭 특성과 공기 피폭경로에 대한 자료를 확보하여 부지의 현재 상태를 정확히 판단해야 한다. 부지운영이력평가에서 앞에서 언급한 부지내 오염원을 선정하는 것은 매우 중요하다. 이는 오염 선원이 해체 부지를 오염지역과 비오염지역으로 구분하는 중요한 자료가 되기 때문이다. 오염원으로 구분할 수 있는 것은 크게 토양, 지하수 및 건물로 한정할 수 있으며, 토양의 경우에는 표층 토양과 심층 토양으로 다시 구분한다. 오염 여부를 판단하기 위한 정보로서는 방사성물질이 사용된 위치, 방사성물질 저장지역, 소내 방사성폐기물 매립지역, 지하 아스팔트 주차지역, 지하 저장수 탱크, 방사성물질의 처리 및 저장과 건물, 배수 및 환기 시설, 지하 바닥 덮개, 지붕 환기 배출 지점 등이 있다.

3.2 오염범위조사

오염범위조사는 부지운영이력 평가에서 수집된 부지 이력을 보완하는 절차로서 이력 자료의 보완, 오염장소의 확인, 누락 여부를 점검하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 잔류오염의 가능성이 있는 부지에 대하여 부지운영이력평가를 확대하고 부지운영이력평가에 따른 부지 오염 여부를 확인, 오염현황 상세조사 계획 수립을 위한 입력 자료를 생산, 자연방사능 준위 지역을 설정하고 최종부지 조사계획을 위하여 오염지역을 Class 1, 2, 3 로 분류하게 된다. 조사계획 단계에서는 부지 운영이력평가에서 검토한 내용을 포함하여 액체폐기물의 오염과 방사성물질의 방출지점에 관한 유용한 정보를 고려하여 잔류방사능이 존재할 가능성이 있는 지역과 오염범위조사가 수행될 지역을 결정하는데 도움을 준다. 또한, 이 정보는 관련 방사성핵종이 자연방사능 준위내에 존재할 때 잠재적 참조지역으로 하나 이상의 비오염지역을 선정할 수 있도록 한다. 부지운영이력평가를 통해 구분된 오염지역을 오염범위조사 단계에서 오염정도에 따라 Class 1, 2, 3로 분류하며 표 4는 부지운영이력에 근거한 오염도와 이전의 방사선조사에 근거한 오염지역 분류기준을 제시하였다.

표 4. 오염지역의 분류 기준

| 오염지역 분류 | 분류 기준 |
|---------|---|
| Class 1 | 운전이력에 따른 잠재적인 방사능 오염도나 이전의 방사선 측정에 근거하여 DCGL 이상의 오염도를 가지고 있는 지역으로서 이 지역은 방사능 누출이 예상되고, 폐기물을 매립하였거나 처분하였던, 그리고 처분중인 부지 또는 폐기물 저장 창고 등으로 사용된 지역 등을 포함 |
| Class 2 | 운전이력에 따른 잠재적인 방사능 오염도나 이전의 방사선 측정에 근거한 오염이 있지만 오염도가 DCGL을 초과하지 않는 지역으로서 이 지역에는 방사성 물질이 개봉되지 않은 형태로 있거나 저농도의 방사성 물질을 다루는 지역 등이 포함됨 |
| Class 3 | 어떠한 잔류 방사능도 존재하지 않거나 잔류 방사능의 양이 DCGL보다 훨씬 낮은 지역으로서 Class 1, 2 지역 주위의 완충지역 |

오염범위조사의 실시 단계에서는 잔류오염이 예상되는 지역을 조사하기 위해 스캐닝, 직접 측정 및 시료채취측정의 방법으로 부지운영이력평가자료, 사전 조사 및 전문가의 판단을 근거로 하여 수행한다. 해당 지역에 대한 자연방사능과 방사선준위는 건물표면에서의 직접 방사선준위와 매질 내 방사성핵종 농도를 포함하여 결정하여야 한다. 평가결과 단계에서 계측결과를 DCGLs와 비교하며 관심핵종을 확인하고 부지운영이력에 근거한 오염가능성이 있는 지역에 대하여 계산된 DCGLs 값이 부지개방유도농도기준을 초과하면 그 지역을 Class 1로, 초과하지 않으면 Class 2로 그리고 오염이 없는 지역은 Class 3으로 상세 분류한다. 부지의 잔류방사능 준위내 변동을 평가하다 보면 초기에 선정된 DCGLs 값이 적합하지 않을 수 있기 때문에 오염범위조사의 결과를 근거로 재조정하여야 한다. 또한 오염의 정도에 따라 추가적인 조치(제염활동)의 필요 여부를 결정한다.

3.3 오염현황 상세조사

방사선학적 오염핵종과 오염범위를 결정하고 그에 따라 최종부지조사 계획을 위한 정보를 제공한다. 또한 제염여부 결정과 부지특성을 고려한 DCGLs를 결정하기 위한 피폭경로, 선량 및 위해도 평가 모델에 대한 입력 자료를 생산한다. 오염현황 상세조사의 계획 단계에서는 부지 방사능에 의해 영향을 받았거나 잠재적으로 오염된 부지의 존재 여부를 명확히 확인하여야 하며 방사능에 의해 영향을 받지 않은 부지에 대하여도 확인하여야 한다. 부지운영이력평가와 오염범위조사에서 선정된 오염지역(Class 1, 2)을 중심으로 실시하여 조사단위 재분류에 대한 정당성을 제공할 수 있다. 상세조사 실시 단계에서는 오염이 확인된 Class 1, 2 지역(건물 및 토양)을 대상으로 예상되는 오염원과 양에 대한 검출용량과 DCGLs에 근거한 계측기를 선정하고 모든 잠재적인 오염지역에 대한 철저한 표면 스캔을 실시하며 국부적으로 높은 방사능을 나타내는 지역(Hot spot)에 대해서는 직접측정 및 시료채취 측정을 실시한다. 건물 조사의 경우, 직접 조사, 스캐닝 조사 및 샘플 측정등의 방식을 이용하여 실시하고 검출기 검출 한계는 DCGLs를 근거로 결정한다. 건물내에 좌표를 설정하여 좌표상으로 관리하고 자연방사능 준위는 부지운영이력평가 또는 오염범위조사에 의해 확인된 비오염지역을 측정하여 최종부지조사시에 활용한다. 토양 조사의 경우, 토양의 평면, 깊이 방향에 대한 오염정도와 핵종을 판단하는 것이 주 목적으로서 직접측정과 샘플 측정을병행 실시한다. 토양 시료 채취점은 부지운영이력평가에서 분류된 표면오염이 있는 지역 또는 표층에 오염 가능성이 있는 지역에서 실시하고 자연방사능 준위는 건물 조사와 같이 이전 조사 결과에 따라 결정된 지역에서 측정하여 최종부지조사 평가에 사용한다. 오염현황 상세조사 평가결과 단계에서는 DCGLs를 초과하는 지역, 초과하지 않는 지역 혹은 오염이 없는 지역으로 구분한다. 또한 일부 지역의 오염도가 상승하였다면 그 지역에 대한 직접측정과 부가적인 측정 및 시료채취의 필요성을 결정하여야 한다. 아울러 오염현황 상세조사 평가결과는 각 지역의 오염핵종과 양, Hot spot의 존재 유무 및 제염 필요성을 판단할 수 있어야 한다.

3.4 제염복구 지원조사

지역이 DCGLs 이상으로 오염된 경우 제염복구 지원조사는 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 잔류방사능을 감소시키기 위한 제염활동의 효율성을 지원하기 위해 수행한다. 제염활동은 조사단위 내 오염분포에 대한 변화를 초래할 수 있으므로 제염에 따른 재확립이 필요할 것이다. 계획 단계에서는 제염비용과 용이성을 고려하여 제염 방법 및 기술 등을 검토한다. 또한, 실시 단계에서 예상되는 오염과 오염의 양에 대한 검출능력을 근거로 계측기와 절차를 선정하여야 하며 잔류방사능 확인을 위해 직접측정과 표면 스캔 방법을 사용한다. 평가 결과에서는 측정된 방사능 준위를 DCGLs와 비교하여 제염이 더 필요한지를 결정한다. 제염복구 지원조사 결과 DCGLs를 만족하면 제염활동을 중지하고 최종부지조사를 착수할 수 있으나, 조사결과가 DCGLs를 초과한다면 추가 제염을 실시해야 한다.

3.5 최종부지조사

원자력시설의 운영 종료 후 해체하고자 하는 원자력시설의 방사선학적 오염현황이 피폭경로 모델링에 근거하여 수립된 DCGLs 이하임을 증명하는 것이 최종부지조사의 목적이다. 본 단계에서는 원자력시설 및 부지의 잔류방사성 물질 농도가 정해진 부지개방기준 이하임을 증명함으로써 개방여부를 결정한다. 또한 이 단계에서는 Class 별로 분류한 조사지역의 분류가 적절한지를 평가하게 된다. 최종부지조사 계획에서는 시료채취 및 분석절차를 제시하고 오염 가능성에 따른 지역 분류와 통계적 방법에 의한 측정지점 수, 국부적으로 높은 방사능 지역(hot spot)에 대한 측정지점의 수와 측정 위치를 결정하는 방법들이 기술되어야 한다. 본 연구에서는 오염지역의 측정지점 수 평가 방법으로서 MARSSIM에서 권고하고 있는 측정지점 수 계산 방법인 WRS(Wilcoxon Rank Sum) 와 Sign Test 방법을 적용하였으며, 또한 측정 위치 결정 방법도 MARSSIM에서 권고하고 있는 삼각형 및 사각형 격자 모델을 적용하였다. 측정지점의 수의 증가는 불필요한 노력과 비용의 증가를 초래하게 되고 감소는 해체 기준에 부합함을 보일 수 없기 때문에 적절한 측정지점의 수를 결정하는 것이 매우 중요하다. 실시 단계에서는 참고지역에 대한 측정과 시료채취를 실시, 오염도에 따라 조사단위를 재분류, 측정 및 시료위치를 기록하고 측정결과와 이상 여부 및 편차의 기록 등이 포함된다. 평가결과 단계에서는 앞에서 언급한 측정방법과 계산과정을 수행하여 그 결과를 가지고 부지개방기준을 판단하며, 부지개방기준의 평가방식은 크게 자연방사능준위 내에 오염이 존재할 경우와 존재하지 않을 경우로 구분하여 평가한다. 아직 국내에는 해체부지에 대한 부지개방기준이 없는 관계로 어느 기준값에 의한 결정보다는 그 기준을 만족시킬 수 있는 부지개방유도농도기준(DCGL)을 적용하여 평가하는 방법을 표 5와 같이 제시하였다.

표 5. 부지개방유도농도기준을 활용한 부지 개방 평가 방법

| 오염물이 자연방사능준위에 존재할 경우 | |
|---|-----------------------------------|
| 조사 결과 | 결론 |
| 가장 큰 조사단위 측정과 가장 작은 참고지역 측정 사이의 차가 DCGLw 보다 적다 | 조사단위는 해체기준 만족 |
| 조사단위 평균과 참고지역 평균의 차가 DCGLw보다 크다 | 조사단위는 해체기준 불만족 |
| 어떠한 조사단위 측정과 어떠한 참고지역 측정 사이의 차가 DCGLw보다 크고 조사단위 평균과 참고지역 평균 사이의 차가 DCGLw보다 적다 | WRS test와 DCGL _{EMC} 수행 |
| 오염물이 자연방사능준위에 존재하지 않을 경우 | |
| 조사 결과 | 결론 |
| 모든 측정들이 DCGLw보다 적다 | 조사단위는 해체기준 만족 |
| 평균이 DCGLw보다 더 크다 | 조사단위는 해체기준 불만족 |
| 어떤 측정은 DCGLw보다 크고 평균은 DCGLw보다 적다. | Sign test와 DCGL _{EMC} 수행 |

4. 결 론

본 연구에서는 해체 부지내 잔류방사능 조사 절차를 원활하게 수행하기 위해 각 단계별로 계획, 실시 및 결과 평가로 나누어 수행하는 방안을 제시하였다. 계획단계에서는 부지운영이력평가 동안 확보한 자료를 근거로 조사단위를 분류하고 측정방법, 측정개수, 측정지점을 결정하기 위한 조사 계획을 수립하고, 실시단계에서는 Hot spot 지역 확인을 위한 스캔 측정 및 오염의 평균준위를 결정하기 위한 방법 등에 대한 절차를 제시하였고 결과평가단계에서는 부지개방기준에 부합하는지

를 결정하기 위해 통계적 방법을 이용하여 평가를 수행하는 일련의 절차를 따르게 된다. 국내의 경우 아직 원자력시설 및 부지의 해체와 관련된 법규 및 규제지침이 미비한 상태이고, 오염지역을 분류하고 부지개방 여부를 평가하는데 적용되는 부지개방유도농도기준(DCGL) 역시 법적 제한치가 마련되어있지 않은 실정이므로 국내 실정에 적합한 부지개방유도농도기준을 설정하기 위해서는 해체 부지의 선량평가 시나리오의 선정과 해체 부지에서 개인이 받는 유효선량을 평가하기 위한 Tool을 개발하는 것이 시급할 것으로 사료된다. 본 연구에서 제시된 해체 부지내 잔류방사능 조사 절차는 향후 국내원전을 해체할 경우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부에서 주관하는 원자력중장기 개발사업의 일환으로 수행되고 있습니다.

5. 참고문헌

- [1] USNRC, NUREG-1575, Rev. 1, "Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual(MARSSIM)", 2000.
- [2] EPRI TR-107979, "Fort St. Vrain Decommissioning : Final Site Radiation Survey", 1998.
- [3] MYAPC, "License Termination Plan, Rev.1", 2001
- [4] USNRC, NUREG-1727, "NMSS Decommissioning Standard Review Plan", 2000.
- [5] USNRC, NUREG-1505, Rev. 1, "A Nonparametric Statistical Methodology for the Design and Analysis of Final Status decommissioning Surveys", 1998.
- [6] USNRC, NUREG-1549(Draft), "Decision Methods for Dose Assessment to comply with Radiological Criteria for License Termination", 1998.
- [7] USNRC, 10CFR20, Subpart E "Radiological Criteria for License Termination"
- [8] 김경덕, 김학수 외, "원자력발전소 제염·해체 안전성 평가 방법 개발(4차년도)", 원자력환경기술원, TM00NC02.C2004.1, 2004