

A Study on Nuclear Legacy Site Management according to International Management Guidance

Sunyoung Chang*

Korea Institute of Nuclear Nonproliferation and Control

Received: April 06, 2022. Revised: April 25, 2022. Accepted: April 30, 2022.

ABSTRACT

The decommission of nuclear legacy sites, which have been contaminated by previous activities such as uranium mining & milling as well as nuclear tests, has started to gain global attention. Within the Korean peninsula, Republic of Korea(ROK)has had experience in dismantling research reactors. For the Democratic People’s Republic of Korea(DPRK), the possibility of nuclear activities being implemented and operations records being managed without consideration of the latest nuclear safety regulations are high. Hence, the chances of DPRK's sites remaining as nuclear legacy is also high. This study investigates approaches and considerations that needs to be taken in account in the event of a nuclear legacy site occurrence, reviewing its international cases for the solution of the legacy sites. The regulation, process of optimization, and stakeholder engagement for a nuclear legacy site should be considered in such an event. Developing legacy site response plans can be used to prevent future legacy site occurrences.

Keywords: Nuclear legacy, Radiological contamination, Nuclear safety regulation

I. INTRODUCTION

원자력 및 관련 작업이 수행된 부지에서는 필연적으로 인공 또는 천연방사성물질을 다루게 되고 이로 인해 부지의 오염이 발생된다. 1951년 미국 아이다호주에서 실험용 원자로가 가동된 이후 전 세계적으로 많은 국가에서 원자력 및 관련 활동을 수행하였고 이로 인해 많은 레거시 부지(legacy site)가 존재하며 이는 전 세계적으로 문제가 되고 있다^[1]. 여기서 레거시 부지는 해당 지역과 건물을 모두 포함하며 따라서 레거시 부지는 토지, 물, 건물, 구조물(지상, 지하) 및 재사용될 수 있는 해체 물질들이 모두 포함된다.

20세기 이후 원자력 에너지 사용과 관련된 시설들의 운영 결과로 인류는 방사성 잔류물의 처리를 포함하여 환경을 복원해야하는 문제에 직면하고 있다. 특히 초창기에 행해진 활동들은 기술이 발달

하지 못했고 방사선 위험이 명확하지 않았기에 일부는 우발적으로, 또 일부는 고의적으로 핵분열생성물 및 천연방사성물질의 상당한 방출이 발생하여 생산 현장과 해당 지역을 오염시켰다. 또한 50년대와 60년대에 수행된 핵무기 실험과 1986년 체르노빌 발전소 사고는 태평양 바다와 유럽의 광범위한 지역에 방사능 오염을 야기하였다^[2].

이에 IAEA에서는 오염된 지역의 복원에 관한 많은 논의를 수행하였다. 특히 2000년 10월 러시아 모스크바에서 “20세기 방사선 유산: 환경 복원 (Radiation Legacy of the 20th Century: Environmental Restoration (RADLEG-2000))”에 관한 국제 컨퍼런스가 개최되었고 구소련과 동유럽의 사례들이 보고되었다^[2]. 또한 경제협력개발기구(OECD; Organization for Economic Cooperation and Development) 산하 원자력기구(NEA; Nuclear Energy Association, 이하 OECD/NEA)에서는 원자력 및 관련 프로그램이 없

* Corresponding Author: Sunyoung Chang E-mail: sychang@kinac.re.kr Address: 1418, Yuseong-daero, Daejeon, Republic of Korea 34141

는 국가에서도 인공 또는 자연 발생 방사성 물질로 인한 레거시 부지 관련 문제가 발생할 수 있음을 논의하였으며 지속 가능한 해결책과 그에 대한 신뢰를 구축하기 위해서는 이러한 부지들이 개방적이고 투명하며 일관된 방식으로 관리되어야 한다고 기술하였다³⁾.

그러나 현재 국내에서는 레거시 부지의 관리를 위한 전반적인 규제 체계가 설정되지 않았다. 우리나라에서는 원자력 관련 시설로 1958년 ‘트리마크-2(TRIGA Mark-II)’ 연구로 2호기가 노원구 공릉동에 최초로 도입되어 1962년 가동을 시작한 이후 1995년 가동이 정지될 때까지 33년간 원자력 특성 연구에 활용되었다. 1997년 제염(오염 제거) 및 해체 작업에 착수해 2007년 부속시설 및 주변 시설 해체가 수행되었다⁴⁾. 해체 과정 중에서 납, 구리, 철제 등의 원자로 해체폐기물이 일부 도난·소실된 것으로 드러나 논란을 빚은 바 있지만⁵⁾ 현재는 원자로 주변 콘크리트만 남겨둔 채 시설이 해체되었으며, 대부분의 원자력 관련 시설은 엄격한 현재의 관리 기준 하에 운영되고 있다.

이러한 사례에서 볼 수 있듯이 대형 원자력발전소가 아니더라도 기존 레거시 부지와 관련한 규제 체계 등에 대한 고려가 필요하다⁶⁾. 우리나라에서 운영 중인 대부분의 원자력 및 방사선 관련 시설은 현재 규제 체계에 따라 운영 중이며 해체 시 규제 기준에 따라 관리되므로 문제가 발생하지 않을 수 있다. 그러나 과거에 운영되다가 현재 운영되고 있지 않은 시설이나 천연방사성물질을 다루는 사업소의 레거시 부지 관리 및 규제 기준에 대한 고려가 필요하다. 북한 비핵화와 관련하여, 북한의 핵시설을 폐기하고 이와 관련된 방사성폐기물을 관리하는 것은 핵심 이슈 중 하나이므로, 북한의 우라늄 광산 및 정련 시설 등과 관련된 레거시 부지에 대해서도 추가로 고려할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 원자력 레거시 부지에 대한 국제 연구 동향을 파악하고 관련한 규제 고려사항을 도출하고자 하였다. 국내 시설로는 TRIGA Mark-II, 북한의 평산 및 박천을 중심으로 한 우라늄 광산과 정련시설들을 대상으로 분석하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 레거시 부지에 대한 정의

레거시 부지는 국내에서 정확한 용어로 번역하기 어려우며 OECD/NEA에서도 원자력 또는 방사선 레거시 부지에 대해서 국제적으로 또는 국가적 수준에서 일관된 단일 정의를 사용하는 것은 레거시 부지를 관리하는 데 있어 적절하지 않다고 기술한 바 있다³⁾. OECD/NEA에서는 레거시 부지가 이미 여러 국가에서 매우 다양한 법적 및 일반적인 의미로 사용되고 있고 단일 정의로 사용할 경우 영어 이외의 언어로 번역된 후 다양한 문화적 의미를 내포할 수 있기 때문에 이를 권장하지 않고 있다⁷⁾.

그러나 레거시 부지의 관리 및 규정에 관한 실용적인 개발을 위해 다음과 같은 공통 특성을 사용할 것을 권고하였다⁸⁾.

- 1) 규제기관이 우려하는 방사능이 존재하는 부지
- 2) 복원이 완료되지 않은 부지

위의 의미에서 레거시 부지는 처음에 계획하지 않았거나 본질적인 특성에 의해 예측되지 않은 상황을 가진 부지를 뜻하며 다음과 같은 부지들이 포함된다.

- 1) 인식되지 않은(unrecognised); 오래된 그리고 수십 년간 사용되지 않은 우라늄 채광/정련 시설
- 2) 폐기된(abandoned); 오래동안 라듐을 사용하여 시계 도료 및 도구를 제작한 건물
- 3) 장기 미사용 또는 중복된(long-term unused or redundant); 수십 년간 사용되지 않은 핫셀 등

이러한 부지들은 다음과 같은 특징들을 가지게 된다.

- 일반적으로 시설의 운영상의 문제와 함께 방사선적, 화학적 및 물리적 위험의 복잡한 조합으로 구성됨
- 방사선적 및 기타 위험 특성은 현재 알려져 있지 않은 상황으로 예로, 적절한 기록이 존재하지 않거나 분실되었거나 보관하지 않았을 수 있으며 종종 사이트를 운영한 사람에 대한 정

보가 없거나 소유권이 여러 번 변경되어 책임이 불분명함

- 원자력 및 방사선 부지 관리에 관한 최신 기준, 권장 사항 및 지침에 따라 운영되지 않았고 현재 규제 체계가 이러한 상황을 다루도록 설계되지 않았기 때문에 규제 상황이 복잡함

2. 국외의 레거시 부지 사례

OECD/NEA에서는 전문가 그룹을 통해 11가지 레거시 부지 사례에 대한 연구를 수행하였다^[8]. 11가지 부지 사례에 대해서 부지에 대한 설명, 적용되는 규제 체계, 부지 상황 특성, 사회적 및 장기적 측면에서의 최종 상태에 대하여 조사를 수행하고 이로부터 레거시 부지 문제를 해결하기 위한 국제 지침을 개발하고자 하였다.

2.1 장기 미사용 방사성 폐기물 처분 시설

- 사례 1: 호주의 Little Forest 레거시 부지
(1960~68년 시드니 남부에 위치한 연구 시설에서 저준위 고체 및 액체 폐기물이 관행적으로 참호(trench)에 처분됨)
- 사례 2: 영국 저준위 방사성폐기물 저장시설
(2차 세계대전 중 Royal Ordnance Factory에서 운영한 군수공장에서 1959년 저준위 방사성 폐기물의 처분이 시작되었고 참호(trench)의 침출수는 바다로 방류됨)

2.2 인식되지 않은 시설

- 사례 3: 스웨덴 Ranstad 우라늄 채광 공장
(1960년 국영회사인 AB Atomeenergi의 시범 공장(pilot plant)로 설립되었으나 수십 년 동안 소유권이 여러 번 바뀌었으며 65년부터 69년까지 약 200톤가량의 우라늄이 채광됨)
- 사례 4: 노르웨이 Søve 니오븀 광산
(국영회사인 NorskBergverk가 1953년부터 65년까지 Sovite로부터 니오븀을 채광하였으며 이 광물에는 Th-232와 우라늄이 존재하였음. 쇄석 슬래그 가공 공장이 남아 있으며 현장에서 작업자는 보호되었지만 폐기물 및 방사성물질 배출 등은 관리되지 않고 부지를

모래로 덮는 형태로 해체가 진행됨)

- 사례 5: 체코 Straz Pod Ralskem, Rozna 레거시 부지
(체코는 1890년대 Jachymov 광산은 대규모 우라늄 광산의 발산지(birthplace) 마리 퀴리는 여기서 생산된 우라늄으로부터 라듐을 발견함. 1947년 이후 구소련용 우라늄 생산으로 64개의 광산에서 110,000톤의 우라늄이 생산되고 700 헥타르 이상의 지역에서 15,562톤의 우라늄이 추출되었음)
- 사례 6: 미국 New Mexico Shiprock 처분 시설
(Shiprock 처분장은 이전의 우라늄 및 바나듐 광석 처리 시설로 1954년에 건설되었고 소유주가 몇 번 변경되었으며 현장에서 공정 관련 폐기물과 방사성광미가 생성되었음. 1986년까지 광미 및 폐기물을 폐기셀에 캡슐화하였으나 정련으로 오염된 지하수 정화 작업이 진행중임)

2.3 폐기된 시설

- 사례 7: 스위스 라듐 Action Plan(2015-2019)
(2014년 6월 고속도로 건설 현장인 과거 Bienne의 처분 시설에서 라듐 오염 폐기물이 발견되어 분석이 수행되었음. 분석 결과 거주하는 사람에게는 건강상 위험이 없으나 건설 현장의 근로자들에 대한 보호 조치가 취해짐. 이 라듐은 1920년에서 1960년 사이 시계 제조 산업에서 발광 도료를 생산하는데 사용되었으며 작업장과 아파트 등의 표면 오염이 발생하였고 라듐 잔류물이 생활 쓰레기로 일반 매립지로 보내졌음)

2.4 계획되지 않은 방사성 폐기물이 존재하는 것으로 발견된 시설

- 사례 8: 이탈리아 Capriano Del Colle 특수 폐기물 처분장
(이탈리아 Lombardy주 Brescia 지방에 위치한 Capriano Del Colle 특수 폐기물 처분장은 금속정련 과정에서 나오는 주조소(foundry) 폐기물을 처리하는 데 사용되었음. 1990년

하반기에 Cs-137의 방사성 오염이 확인되었으며 이는 동유럽에서 들여오는 알루미늄 고철이 용융되면서 발생한 것으로 추측됨. 평가 후 폐기물 처리장이 폐쇄됨)

2.5 인식되지 않은 원자력 기술 시설

• 사례 9: 미국 Hanford 플루토늄 생산 등의 시설

(미국 워싱턴주의 Hanford는 2차 세계대전부터 냉전시대까지 플루토늄 생산지로 알려졌으며 1989년 이후로 플루토늄 생산으로 인한 오염 정화 작업이 시행되어 왔음. Hanford는 콜럼비아강으로부터 냉각수 취득, 수력발전소와의 접근성, 대도시와의 격리 정도로 인해 선정되어 운영되었으며 1943년에서 45년까지는 종사자가 5 만명에 달했음. 플루토늄 공장의 완전한 철거, 매립 폐기물에 대한 정화 작업 연구, 고방사성슬러지의 이동, 폐기물 전처리 시스템의 적용, 폐기물의 회수와 콜럼비아강의 보호 작업 등의 계획에 따라 작업이 수행되고 있음)

• 사례 10: 미국 Western New York Nuclear Service Center와 West Valley 해체 프로젝트

(Buffalo 남부 뉴욕주 서부에 위치하고 있는 WYNSC는 복합 해체 부지로 상업용 사용후 핵연료 처리 공장이 1966년부터 1975년까지 운영되었음. 1976년 운영이 중단 되었을 때 부지에는 750개의 사용후핵연료 집합체가 처리되지 않은 상태로 있었으며 230 만 리터의 고준위액체폐기물이 존재하였고, 공장은 오염되었으며 거의 8만5천 제곱미터에 해당하는 부지에서 폐기물이 매립되었음. 뉴욕주는 이러한 시설과 폐기물을 인수하는 것을 거부했고 관련 Wet Valley 해체 프로젝트법이 통과되어 미국 에너지부(DOE)가 고준위폐기물 고형화와 해체 작업을 완료할 수 있도록 WYNSC의 광범위한 소유를 허가하였음)

2.6 향후 레거시 부지 예상 지역

일반적인 레거시 부지의 개념과는 다르지만 향후 레거시 부지가 되지 않도록 하기 위한 후쿠시마

원전의 사례도 분석되었다.

• 사례 11: 일본 후쿠시마

(레거시 부지가 되지 않도록 하기 과제)

(이 사례는 후쿠시마 제1원전에서 발생한 원자력 사고의 영향을 받은 외부지역에 대한 초기 대응, 특히 폐기물 관리에 대해 조사함. 여기서는 주방사성 핵종인 방사성 세슘에 의한 오염에 집중되었음. 후쿠시마 제1원전은 2011년 3월 대지진과 쓰나미로 인해 사고가 발생되었으며, 다양한 비상 절차가 착수되고 수행되었으나 수소 폭발을 막지 못했으며 주변 토지는 방사성세슘에 의해 광범위하게 오염되었음. 지진과 쓰나미로 인한 해체 관련 폐기물과 혼합되었고 2011년 4월 하수슬러지, 벧짚, 소각재 등에서 환경과 물의 순환으로 인한 세슘의 오염이 확인되었음)

3. 국내에서의 레거시 부지

3.1 국내의 레거시 부지: TRIGA MARK-II

Fig. 1의 TRIGA Mark-II^[10]는 우리나라가 원자력 연구개발에 착수하기 위해 미국 General Atomic(제너럴 아토믹)사로부터 도입한 열출력 100 kW(250 kW로 출력 증강)의 소형 연구로로서 1959년 7월 서울 공릉동(현 한국전력 중앙연수원 부지)에서 착공돼 1962년 3월 첫 임계에 도달했다. 1995년 1월 가동이 정지될 때까지 33년 동안 원자로 계통 설비 및 시스템 연구 등과 같은 원자력 특성 연구에 활용되었으며, 하나로(HANARO) 원자력 설계 및 건조(1995년), 요르단 연구로(JRTR) 건설 사업 수주(2009년) 등 우리나라가 연구로 기술 강국으로 발돋움하는 데 기여한바 있다^[9].

3.2 북한의 레거시 부지

1992년 5월에 북한이 전면안전조치협정에 따라 IAEA에 최초 신고하여 공식적으로 확인된 우리나라 광산으로는 Fig. 2와 같이 황해북도 평산의 광산과 평안남도 순천 월비산 광산이 있으며, 우리나라 정련 시설에는 박천과 평산이 있다^[11].



Fig. 1. TRIGA Mark-II decommissioning site.

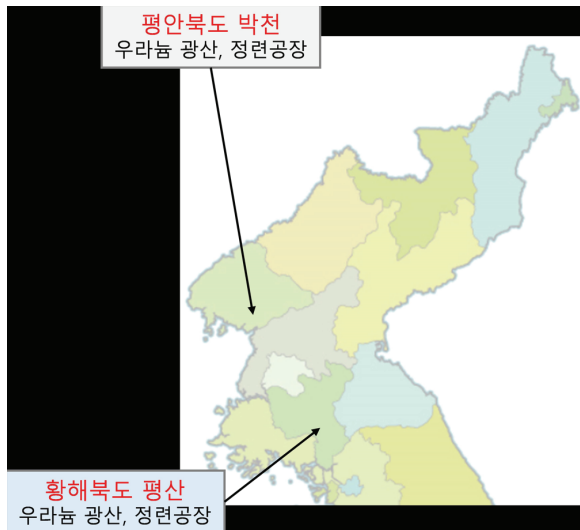


Fig. 2. Mining and refining facilities in Bakcheon and Pyongsan in North Korea.

영변의 핵연료 가공공장에 정광을 공급하기 위해 박천의 우라늄 정련시설을 1982년도부터 운영하기 시작하여 1999년에 운영을 중단하고 현재 방치되고 있다. 총 매장량은 원광 기준 150 만톤이며, 연간 1 만톤을 생산한 적이 있는 것으로 추정하고 있다^[11].

그리고 1990년부터 가동하기 시작한 북한 최대 평산의 광산과 우라늄 정련시설은 현재까지도 영변 핵연료가공시설에 정광을 공급하고 있다^[11]. 북한의 주요 핵시설중 하나로 2019년 8월에 본 우라늄 정련시설에서 하천으로 배출되어 나온 방사성 폐기물이 주변뿐만 아니라 서해로 유입되어 오염이 될 수 있다는 의혹이 제기된 바 있다^[12].

이러한 우라늄 광산과 정련 시설 외에도 북한은 영변을 중심으로 흑연로, 실험용 경수로, 핵연료 재처리시설 등을 운영하고 있으며 이로부터 발생하는 운영 폐기물 및 해체 폐기물이 상당량 발생할 것으로 예상되고 있다^[13].

III. RESULT

1. 과거 사례로부터의 교훈

운영 중이거나 관리된 후 해체가 진행 중인 원자력 및 방사선 관련 현장 및 시설에 대한 규제 체계는 최신권고, 표준 및 지침에 따라 개별적이지만 일반적으로 알려진 상황을 다루게 된다. 이러한 상황은 공통점을 가지고 있어 효과적인 규제체계 적용이 가능하며 관리가 가능하다. 그러나 레거시 부지에 적용되어야 하는 규제 체계는 불확실하거나 현재 표준에 따르지 않는 상황을 해결해야 한다. 레거시 부지 문제를 해결하는 과정에서 발생되었던 주요 문제들은 다음과 같다.

- 레거시 부지는 대체적으로 초기 단계에서 방사선적 기록이 유실되고, 현장에 대해 알고 있는 이전 현장 운영자의 협조를 기대할 수 없거나 소유권이 여러 번 바뀌어 시설의 특성이 잘 알려지지 않음
- 기타 운영상의 문제와 같이 특성이 제대로 파악되지 않은 화학적 및 물리적 위험이 존재할 수 있음
- 관련 규제의 개선 및 변경 등으로 인해 특정 부지가 레거시 부지로 간주될 수 있음
- 특정 레거시 부지의 상황은 예측하기 어렵기 때문에 미래의 레거시 부지에도 효과적으로 적용이 가능한 규정을 만드는 것을 불가능함
- 레거시 부지가 인식되거나 발생하였을 때에는 이를 해결하기 위해 규제기관 뿐만 아니라 이해관계자들의 참여와 역할이 최종 해결을 위해 필수적임
- 레거시 부지의 해결은 한 번의 과정으로 끝나기 어려우며 부지에 관한 책임을 운영자에서 규제 기관으로 이전하는 과정 속에서 단계적이

고 반복적인 프로세스로 진행되어야 하며 이해 관계자와 운영자와의 긴밀한 협조를 통해 해결 될 수 있음

- 책임의 배분은 핵심 요소이지만 이에 해당하는 적절한 자원의 배분 없이는 책임도 효과적으로 배분될 수 없으며 정부는 정책을 지원할 수 있는 일관된 규제 체계 맥락에서 자원의 배분과 함께 책임을 할당해야 함
- 특정 영향을 최소화하는 것은 조사과정에서 필요할 수 있지만 이와 관련하여 최적화를 고려해야 함. 예를 들어 특정 영향을 최소화했을 때 다른 영향을 증가 시킬 수 있음
- 레거시 상황을 다루는 모든 활동에서 의사소통은 매우 중요하며 많은 문제에 대해 공통의 이해에 도달하려면 이해 관계자의 지식과 이해에 맞게 조정된 복잡하고 긴 토론이 필요함
- 이해를 필요로 하는 주요 문제들은 다음과 같은 사항이 포함됨
 - 방사능과 방사선량의 차이
 - 오염과 검출 가능한 방사능의 존재 간의 차이
 - 방사선량과 건강 위험 사이의 연관성
 - 해(hazard)와 위험(risk)의 차이
 - 방사선방호체계 문제(방호 기준의 근거)
 - 선량한도 및 선량제한치, 참조준위 적용
 - 방사선 방호의 이행
 - 위험과 자원의 균형

2. 레거시 부지에 대한 대응 단계 수립

레거시 부지에 대한 대응은 한 번의 과정으로 종료되지 않는다. 문제에 대한 인식과 해결을 위한 반복적인 과정을 통해 최종 해결 상태에 도달할 수 있다. 현재의 북한 시설 또는 미래의 국내 원자력 및 방사선 관련 레거시 부지에 대해 국내에서도 관련 대응 단계를 도출할 필요가 있다. OECD/NEA에서 제안하고 있는 방식을 근거로 각 단계를 도출하였다¹¹⁾.

- 1) 레거시 부지에 대한 인식: 알려지지 않았던 부지의 발견 및 오염 상황이 알려지며 대중 및 이해당사자들에게 관심과 염려의 대상이 된다.
- 2) 관련된 주무 기관 및 부처의 설정: 레거시 부지의 해결에 관한 관련 부처 및 기관이 정해지고 업무에 대한 협조 및 대응 체계를 구축한다.
- 3) 초기 부지 조사 시행: 부지에 대한 초기 조사가 시행되고 이해당사자들의 참여가 시작된다.
- 4) 상황의 제어를 포함하여 초기 조치의 필요성 판단: 때로는 긴급한 조치가 필요할 수 있으며 참조 준위 등의 설정에 따라 초기 조치를 결정해야 한다.
- 5) 부지 특성화 및 위해 확인: 부지에 대한 방사선적, 화학적, 물리적 위험을 확인하고 여러 상황 조건들을 확인한다.
- 6) 제염 후 상황 및 부지사용 계획 수립: 최종 상태로서의 참조 준위와 제약치가 설정되고 그에 따른 제염 방안 등에 대한 검토를 수행한다.
- 7) 환경 영향 및 위험도 평가: 주변 환경 및 제염 후 사용 계획 등을 고려하여 환경 영향 및 위험도 평가를 수행한다.
- 8) 제염 방안 평가: 폐기물 처분 전략 등을 고려하여 제염 방안에 대한 평가를 수행한다.
- 9) 최적화 및 제염 전략의 이행: 종사자 및 일반인 피폭에 대한 통제와 비상 대비 및 대응 등을 포함하여 제염을 수행한다.
- 10) 제염 후 감시하여 최종적으로 해결한다.

IV. DISCUSSION

레거시 부지의 처리와 해결에 관한 국제적인 경험에 의하면 레거시 부지에는 기존 규제 및 관리 조치로는 쉽게 대응할 수 없는 방사선 피폭 측면뿐 아니라 기타 비방사선 관련 위험이 혼합적으로 존재한다. 따라서 레거시 부지에 대해서는 효과적이고 효율적인 규제 프레임워크의 개발이 필요하다. 이러한 프레임워크의 개발 과정에서 고려해야 할 사항을 본 연구에서는 아래와 같이 도출하였다.

1. 현재 관련 법규: 개정 제언

국내에서는 원자력안전법에 따라 ① 발전용원자로 및 관계시설, ② 연구용원자로 또는 교육용원자로 및 관계시설, ③ 핵연료주기시설, ④ 방사성폐기물의 저장·처리 시설 및 그 부속시설에 대해서 허가 승인을 위해 해체계획서를 제출해야 하고 해체 후에는 원자력안전위원회 고시 “원자력이용시설 해체완료 후 부지 및 잔존건물의 재이용을 위한 기준”에 따라 부지 해체가 결정된다. 부지 재이용에 관한 조건으로 다음이 적용된다¹⁴⁾.

- 1) 무제한적 재이용: 예상가능한 모든 피폭경로를 고려한 결정 집단의 개인에 대한 피폭선량은 유효선량을 기준으로 연간 0.1 mSv를 초과하지 아니하여야 한다.
- 2) 제한적 재이용: 해체후부지등의 잔류방사능에 의한 방사선피폭이 가능한 한 합리적으로 낮게 유지되도록 제한조건 등이 적용되어 결정 집단의 개인에 대한 피폭선량이 연간 0.1 mSv를 초과하지 않을 경우 제한적으로 재이용 할 수 있다.
- 3) 제한 조건 등이 실패하는 경우: 사업자는 결정 집단의 개인에 대한 피폭선량이 유효선량을 기준으로 연간 1 mSv를 초과하지 아니함을 입증하여야 한다.

부지 재활용 기준 만족 여부의 평가방법 중 현재 까지 가장 잘 알려진 방법으로는 MARSSIM 절차서(Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual)가 있다¹⁵⁾. MARSSIM은 오염된 토양과 건물에 대하여 방사선 측정 과정과 부지의 재활용 기준을 결정하는 종합적인 지침서로 국내에서도 많이 활용되고 있다. 레거시 부지가 인식 또는 확인되면 기본적으로는 현재 적용되고 있는 기준을 바탕으로 부지 해체가 수행되어야 한다. 그러나 현재의 기준은 사업자가 입증해야 하기 때문에 사업자가 불투명한 경우 기존 조건의 적용이 용이하지 않을 수 있으며 관련하여 주무 부처와 관계 기관 등에서 해체에 관한 권한과 책임 및 자원을 분배하여야 한다. 또한 현재의 기준을 준수함을 입증하는 기관가 그 기준을 충족했음을 심사하는 기

관과의 독립성도 보장이 되어야 한다.

2. 최적화의 과정: 환경의 영향, 폐기물 처분

레거시 부지에는 방사선적 위험 외에도 다양한 물리적, 화학적 위험이 존재한다. 또한 제염 방법 및 향후 부지사용 계획에 따른 경제성도 고려되어야 하며 폐기물 관리 계획도 고려되어야 한다.

방사선학적 위험의 감소와 같이 특정 영향을 최소화하는 것을 규제 목표로 설정하면 다른 위험을 최소화하지 못할 수도 있다. 방사선학적 위험과 다른 위험과의 대응 척도가 정해지지 않았기 때문에 총체적인 최적화의 관점에서 대응전략이 수립되어야 한다. 특히 레거시 부지의 상황은 예측하기 어렵기 때문에 레거시 부지의 해결 과정에서 모든 상황에 유효한 규정을 만드는 것은 불가능하다. 따라서 규제의 융통성과 엄격한 안전 기준 사이에 적절한 해결책을 고려해야 한다. 특히 오염부지로서 계획피폭상황과 기존피폭상황¹⁶⁾이 혼재된 상황에 대처하는 방법을 규제 당국이 결정해야 하며 이때에는 방사선학적 위험성과 대응되는 다른 물리적 화학적 위험도 고려되어야 한다.

많은 레거시 부지들은 제염 후 환경 영향에 대한 평가와 폐기물의 처분 과정에서 많은 혼란이 있었으며 현재로도 최종 상태에 이르지 못하고 지속적이고 반복적인 평가와 감시 과정에 있다. 현실적인 시간 척도에서 우선순위에 따라 단계별 접근 일정을 수립하는 것도 고려해야 한다. 레거시 부지의 인식과 더불어 주변부지, 하천 및 시설을 포함한 방사선학적 환경조사는 장기적인 계획의 시작에 있어 중요하다. 특히 폐기물 관리 및 처분 계획, 제염 후 환경에 대한 평가 등은 부지 해체 이후에도 지속적으로 관리되어야 한다.

3. 투명성과 이해당사자의 참여

레거시 부지의 최종 상태에 대한 결정은 투명한 조사 과정과 이해당사자의 참여를 보장하여야 한다. 이해당사자들은 부지에 대한 가치 평가를 포함하여 방사선적 및 기타 위험을 다르게 인식할 수 있으며 부지 재사용이나 부지의 위험성 평가 방법, 위험에 대한 수용 여부 등에서 의견이 다를 가능성

이 크다. 부지 해제의 과정은 주변국을 포함하여 정부기관, 시설 운영자 또는 소유자, 규제기관, 및 그 외 이해당사자들에게 투명하게 공개되고 참여가 보장되고 협의에 근거하여야 한다.

레거시 부지는 여러 복잡한 상황에 놓여 있고 레거시 부지에 대한 평가는 불확실성을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해서는 운영자와 규제기관 및 그 외 이해당사자간의 긴밀한 협조에 근거하여 불확실성을 최소화하는 것이 필요하다.

V. CONCLUSION

전 세계적으로 부지의 방사선학적인 환경이 처음에 계획하지 않았거나 본질적인 특성에 의해 예측되지 않은 상황이 된 레거시 부지들이 국제적으로 현안으로 나타나고 있다. 국내에서는 다른 나라와 달리 원자력을 초창기부터 운영하면서 군사적 목적으로 사용하였거나 우라늄 광산 및 정련 시설 등을 운영한 이력이 없기 때문에 레거시 부지에 대한 관심이 높지 않았다. 하지만 연구로 해체 사례나 천연방사성물질을 대량으로 취급함으로써 인해 방사선적 문제가 발생된 사례 등을 고려할 때 국내에서도 레거시 부지에 대한 대응 방안을 개발할 필요성이 있다.

특히 북한은 우라늄 광산 및 정련, 농축 시설과 흑연로와 연구로 등을 운영하고 있으나 관련 기록 등이 유지되고 있을 가능성이 희박하다. 향후 북한의 관련 부지가 해제될 때 우리나라의 역할이 필요할 것으로 판단된다. 또한 레거시 부지에 대한 대응 절차의 개발은 역설적으로 레거시 부지가 발생하는 것을 막는 가장 효율적인 방법이다.

본 연구에서는 레거시 부지를 분류하고, 국제사례를 조사하여 이에 대한 특징과 문제점을 분석하였다. 그리고 국제 관리 기준에 따른 레거시 부지 대응 절차와 규제 체계를 분석하고 규제 체계 개발 시 고려되어야 할 사항을 도출하고자 하였다. 이러한 레거시 부지 대응 체계 개발은 향후 레거시 부지의 발생을 예방하고 레거시 부지 발생 시 적극적으로 대처할 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Reference

- [1] OECD-NEA, "Challenges in Nuclear and Radiological Legacy Site Management: Towards a Common Regulatory Framework", OECD Publishing, Paris, 2019.
- [2] Russia (Federation), Ministerstvo po atomnoi energii. Radiation Legacy of the 20th Century: Proceedings of an International Conference (RADLEG 2000) Held in Moscow, Russian Federation, 30 October-2 November 2000 and Organized by the Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy in Co-operation with the International Atomic Energy Agency, the European Commission and the Russian Academy of Sciences, Vol. 1280. International Atomic Energy Agency, 2002.
- [3] OECD-NEA, "Radiation Protection in Today's World: Towards Sustainability", OECD Publishing, Paris, 2007.
- [4] <https://news.naver.com/main/read.naver?mode=LSD&mid=sec&sid1=001&oid=008&aid=0003174441>
- [5] https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR_BBS_CON/BoardView.do?pageNo=1&pagePerCnt=15&MENU_ID=190&CONTENTS_NO=&SITE_NO=2&BOARD_SEQ=5&BBS_SEQ=44846&USER_NAME=&TEL_NO=&WRITER_IDI=&csrf=&SEARCH_FLD=SUBJECT&SEARCH=%25EC%259B%2590%25EC%259E%2590%25EB%25A0%25A5%25EC%2597%25B0%25EA%25B5%25AC%25EC%259B%2590
- [6] Y. J. Bae, Y. M. Kim, S. Y. Ahn, C. M. Kim, "An Integrative Review on Domestic Site Release Criteria of Nuclear Power Plant based on the Analysis of Foreign Site Release Criteria", Vol. 9, No. 5, Journal of the Korean Society of Radiology, pp. 268-277, 2015.
<http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2015.9.5.269>
- [7] OECD-NEA, Management of Uncertainty in Safety Cases and the Role of Risk: Workshop Proceedings, Stockholm, Sweden, 2-4 February 2004, OECD Publishing, Paris, 2005.
- [8] OECD-NEA, Strategic Considerations for the Sustainable Remediation of Nuclear Installations, OECD Publishing, Paris, 2016.

- [9] <https://www.kaeri.re.kr/rcuse/board/view?pageNum=64&rowCnt=10&menuId=MENU00326&schType=0&schYear=&schText=&categoryId=&continent=&country=&boardStyle=Text&linkId=5934>
- [10] https://atomic.snu.ac.kr/index.php/1._%EC%9B%90%EC%9E%90%EB%A0%A5_%EC%84%B1%EA%B3%B5%EC%82%AC%EB%A1%80_-_%EC%A3%BC%EC%9A%94_%EC%9D%B4%EB%B2%A4%ED%8A%B8
- [11] Y. M. Choi, et al., "A Study on the Status of Nuclear Development and Utilization in North Korea", Korea Atomic Energy Research Institute, 1993.
- [12] <https://www.newdaily.co.kr/site/data/html/2019/08/16/2019081600095.html>
- [13] J. H. Sohn, "Study of management alternatives for decommissioning waste of the north Korean nuclear facilities", Master's thesis Kyung Hee University, pp. 49-63, 2016.
- [14] <https://www.law.go.kr/%ED%96%89%EC%A0%95%EA%B7%9C%EC%B9%99/%EC%9B%90%EC%9E%90%EB%A0%A5%EC%9D%B4%EC%9A%A9%EC%8B%9C%EC%84%A4%ED%95%B4%EC%B2%B4%EC%99%84%EB%A3%8C%ED%9B%84%EB%B6%80%EC%A7%80%EB%B0%8F%EC%9E%94%EC%A1%B4%EA%B1%B4%EB%AC%BC%EC%9D%98%EC%9E%AC%EC%9D%B4%EC%9A%A9%EC%9D%84%EC%9C%84%ED%95%9C%EA%B8%B0%EC%A4%80/>
- [15] NUREG-1575, Rev1. EPA 402-R-97-106, Rev1. DOE/EH-0624, Rev1. "Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual (MARSSIM), August 2000.
- [16] ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4), 2007.

국제 관리 지침에 따른 레거시 부지 관리에 대한 연구

장선영

한국원자력통제기술원

요 약

국제적으로 과거 원자력 및 방사선 관련 활동으로 인해 부지 및 토양 등이 오염된 레거시 부지에 대한 해결과 관리가 관심의 대상이 되고 있다. 국내에서도 연구로 해체 등의 사례가 있었으며 북한은 최신화된 안전규제가 적용되고 있지 않을 가능성이 있으며 관련하여 운영 기록 등의 관리되지 않고 있을 가능성이 있어 레거시 부지가 될 가능성이 크다. 따라서 본 연구에서는 레거시 부지의 해결에 대한 국제 사례를 검토하고 이로부터 레거시 부지의 특성과 문제점을 파악하였다. 이에 국제 관리 기준에 따른 레거시 부지 대응 절차와 규제 체계를 분석하고 규제 체계 개발 시 고려되어야 할 사항을 도출 하였다. 레거시 부지 대응 방안의 개발은 향후 레거시 부지 발생시 대응과 레거시 부지의 발생을 예방하는데 사용될 수 있다.

중심단어: 레거시 부지, 부지 해제, 북한 원자력 시설, 방사선학적 오염

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	장선영	한국원자력통제기술원, 대외협력팀	연구원(팀장)