



필리핀에서 수입한 금속 스크랩중의 방사성 선원과 그 회수처리

1. 머리말

1993년에 대만에서 건조물(建造物) 철근 중에 ^{60}Co 가 혼입되어 있다는 보도가 있어서, 일본 국내에서도 같은 문제가 일어나지 않도록 검토 및 대책을 하여왔다. 그 하나로서 철강 메이커 등에서는 방사선 모니터를 설치하여, 들어올 때에 방사선을 검사하는 곳이 증가하였다. 지금까지 모니터가 방사선을 감지한 케이스도 있었지만, 그 태반은 천연 우라늄이나 토륨을 이용한 통칭 라돈은천기라는 종류였다. 그러나 2000년 4월에 和歌山시와 神戸에서 잇달아 방사성 밀봉선원이 금속 스크랩 속에서 발견되었다. 밀봉선원이 스크랩 등의 폐기물에 혼입되어 발견된 건은 일본에서는 첫 번째 케이스였다.

이것들은 제철소에 설치된 방사선 게이트 모니터가 이상한 방사선을 감지하였기 때문에 발견된 건이다. 神戸에서 발견된 건은 의료용이

라 생각되는 ^{226}Ra 의 밀봉소선원(Brachytherapy source) 74MBq(2mCi) 4개이며 소형 RI보관용의 휴대형 납차폐용기에 수납된 상태로 발견되었기 때문에, 현지조사에서 밀봉선원임을 추측할 수 있었다. 이에 대하여, 和歌山の 경우는 필리핀에서 수입된 스크랩이 가득 찬 수송컨테이너에 수납된 그대로의 상태였기 때문에 방사성 물질의 종류, 수량, 형상 등의 측정이 곤란하여 회수작업은 안전을 기하여 대규모로 되었다.

스크랩 속에 혼입된 방사성 물질에 대한 회수작업의 일례로서 和歌山에서의 회수 작업에 대한 개요를 소개한다.

2. 조사 및 준비

2.1 이상의 발견

2000년 4월 27일 오후 三井물산금속원료(주)가 필리핀에서 수입한 스테인레스 스크랩



그림1. 컨테이너

적재의 길이 6m, 폭 2.4m, 높이 2.6m의 컨테이너 (이하 [컨테이너]라 한다. 그림1참조)가 大阪항에 양륙되었다. 다음날 28일에 和歌山 시내에 있는 제철소에 반입 되었을 때 설치되어 있던 방사선 게이트 모니터가 경보를 내었다. 동제철소는 밀봉선원 사용시설이었기 때문에 담당자가 서베이미터 등으로 조사하여 이상을 발견한 후, 곧바로 과학기술청 방사선 안전과에 보고 하였다. 과학기술청에서는 그날로 검사관 1명을 현지에 파견하고 일본아이소툽 협회에서도 직원 1명이 동행하여 조사에 협력하였다. 그날의 조사에서 컨테이너 표면의 최대 방사선량은 선량당량률로 γ 선 $75\mu\text{Sv/h}$, 중성자선 $6\mu\text{Sv/h}$ 이며, 컨테이너 내 γ 선 방출핵종과 중성자를 방출하는 핵종이 혼입되어 있음이 판명되었다.

곧바로 컨테이너를 개봉하여 방사성 물질을 끄집에 내는 작업을 하는데는 정보가 충분치 않아 리스크가 높다고 판단되었다. 그래서 과학기술청의 의뢰로 일본원자력연구소에 의한 더 상세한 현지 조사가 5월 1일과 2일에 수행되었다. 동 연구소에 의한 조사의 주목적은 컨테이너의 어디에 방사성 물질이 있는가에 대한 더욱 정확한 결론과 Ge γ 선스펙트로메트리에 의한 방사성 핵종의 정성·정량이었다.

2.2 대책협의

컨테이너 내의 방사성 물질을 회수하는 작업을 실시하는데는 지역주변의 협력·이해도 필요하고 과학기술청 和歌山현, 和歌山시, 三井물산금속원료(주) 등에 의한 관계자 연락회가 설치되어 대처방안 마련, 승인, 관계기관으로



연락 등을 중심으로 이루어졌다. 그 기본이 되는 구체적인 회수작업의 방침, 계획, 기술적인 검토를 위하여 스테인레스 스크랩 컨테이너 대응 검토회(이하, 검토회)가 동경에서 수회에 걸쳐서 개최되었다. 검토회는 과학기술청의 지도하에 三井물산 금속원료(주)를 비롯하여 실제의 회수작업을 맡은 일본원자력연구소, 포니공업(주), (주)아토크스 및 일본아이소톱협회 등이 참가하였다. 검토회에서 작성하고 관계자 연락회에 의하여 채택된 [작업요령서]를 바탕으로 하여, 회수작업을 실시하였다.

2.3 검토회에서의 검토

주로 전술한 일본원자력연구소에 의한 조사를

기초로 다음의 사항이 확인 또는 추측 되었다.

- 1) γ 선의 방출핵종은 ^{137}Cs 이다.
- 2) 중성자선은 (α, n) 반응에 의한 건이며 표적물질은 Be이다. 이것은 γ 선 스펙트럼에 약간이지만 4.43MeV의 피크가 확인되었기 때문이다. 핵종은 $^{226}\text{Ra}/\text{Be}$ 또는 $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ 로 추측되었지만 γ 선스펙트럼에서는 어느쪽인지는 판단할 수 없었다.
- 3) 방사성물질에 대한 컨테이너내의 위치는 개구문에서 260cm, 바닥면에서 130cm, 측면에서 30~50cm안이라고 추정하였다.
- 4) ^{137}Cs 의 방사능은 차폐효과의 어려움이 곤란하여 300MBq~7GBq로 광범위하게 잡을 수 밖에 없었다. 중성자선에 대해서는 차폐효과를

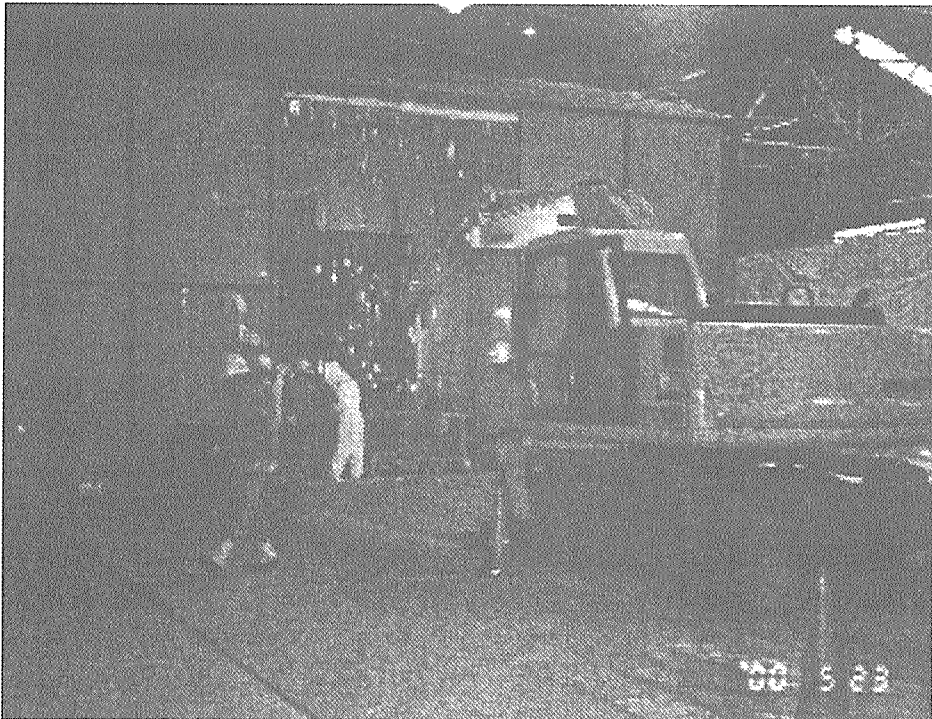


그림2. 작업건물과 굴삭기



무시하여, ^{226}Ra 의 경우는 740MBq정도, ^{241}Am 인 경우는 3.7GBq정도로 추정하였다.

5) 개봉방사성물질 또는 오염물인 가능성은 매우 낮고 핵종 및 방사능의 수량으로 봐서 수분·밀도계장비기기에 사용되는 밀봉선원일 것이라고 추정하였다. 만약 이와 같은 장비기 기용 선원이라면 홀더에 선원이 들어간채의 상태로 있을 가능성도 높다.

회수작업에서는 방사선 방호상은 물론 스크랩에 의한 작업원의 상태를 비롯한 노동재해 등 어떠한 2차재해도 일어나지 않도록 안전제일을 염두에 두고 전술의 확인·추정사항에서 다음과 같은 점에 유의하여 [작업요령서]를 작성하였다.

1) 밀봉선원이지만 밀봉성이 손상되었을 가능성도 무시할 수 없기 때문에 회수작업은 개봉 RI 작업실에 준한 시설에서 할 것 컨테이너 전체를 수납하여 회수작업에 필요한 공간을 가진 크기의 건물(이하, 작업건물)을 가설하고 내부는 비닐시트로 전면 내장한다. 또 내부의 공기는 배기설비에 연결하여 HEPA필터를 통해서 외부로 배기하는 동시에 컨테이너 개봉후의 작업건물 내에서의 작업은 안전이 확인될때까지 활성탄전면 마스크를 착용한다.

2) 작업중에는 작업건물내의 주변의 방사선량률 및 작업건물 내부의 공기중 방사능농도를 정기적으로 측정하여 안전을 확신하면서 수행한다.

3) 컨테이너내의 스테인레스 스크랩의 상태가 불명하여 손작업으로 긁어내는 작업은 매우 위험하다는 판단에서 긁어내는 작업은 주로 굴삭기의 팔에 2개의 포크모양 갈퀴를 장착한것을 사용하여 신중하게 수행한다.(그림2참조)

4) 선원회수후는 곧바로 반출할수 있도록,

사전에 수송체제를 준비한다.

선원의 수량에서 A형 수송물 임을 예측하였지만 선원 또는 홀더의 크기는 알 수가 없어서 실제로는 수송용기를 몇 가지 종류로 준비하지 않으면 안되었다. 또 선원의 밀봉성이 손상되어 있을 경우에 대비하여 기밀성 있는 수송용기를 특별주문 하였다.

5) 컨테이너 개봉 직전에 컨테이너 내부의 공기중 방사능 농도를 측정하여 선원의 기밀성을 확인한다.

3. 회수작업

약 한달동안 관계자에 의한 조사, 계획하여 모든 준비가 끝나고 5월 24일 컨테이너를 개봉기로 하였다. 전날부터 채취한 컨테이너 내부의 공기는 오염되지 않았다는 것을 최종확인하고 스크랩이 단숨에 튀어나오지 않도록 굴삭기의 갈퀴발로 문을 누르면서 8시 45분에 신중하게 컨테이너 개폐록이 벗어졌다. 다행스럽게도 스테인레스 스크랩은 단숨에 무너져 떨어지거나 비산할 것 같은 상황은 아니었다. 거대한 굴삭기의 갈퀴발이 숙련된 조종자에 의하여 조금씩 스크랩을 긁어내었다. 컨테이너측면의 방사선량이 가장 높은 위치에는 방사선량률을 나타내는 모니터를 설치하여, 만약 선원이 이동하면 바로 알 수 있도록 감시하였다.

긁어내기를 시작하여 약 2시간 후 거의 선원 추정위치의 부근까지 도달하였고, 또 컨테이너속으로 사람이 들어가도 스크랩에 의한 부상 등의 위험은 낮다고 판단하여 굴삭기에 의한 작업을 손작업으로 바꿨다. 그 직후 컨테이너측면에 부착한 방사선량률 모니터의 표시치가 급격한 변화(감소)를 나타내었다. 서베이미터



표1. 회수 밀봉선원의 시방

형상, 치수	캡슐재질	방사능			
		¹³⁷ Cs		²⁴¹ Am/Be	
원통형	스테인레스	제조시	실측치	제조시	실측치
9mm∅ × 14.5mm	2중 캡슐	8mCi 296MBq	230MBq	50mCi 1.85GBq	1.8GBq

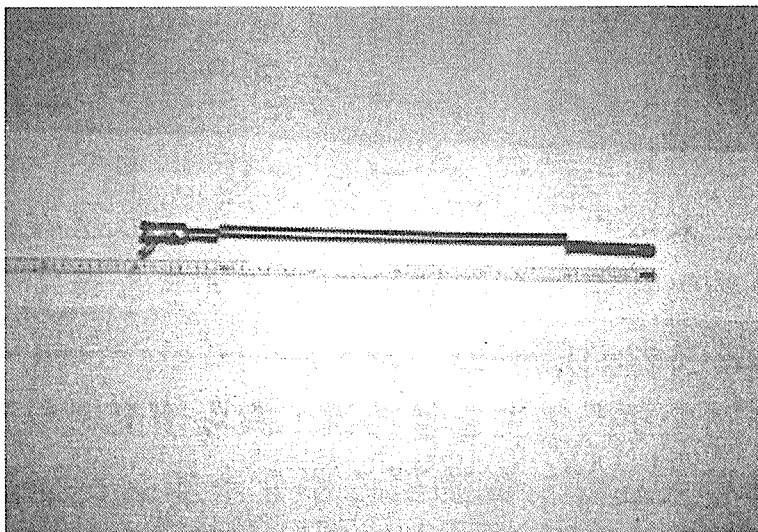


그림3. 절단후의 선원홀더

로 탐색한 결과 거의 예상했던대로의 모양을 한 선원홀더를 발견하고 곧바로 텅을 사용하여 회수하였다. 선원홀더는 직경 15mm, 길이 60cm의 스테인레스 봉으로서 그이상 분해한다는 것은 현재에서는 위험성을 높일 뿐이라고 판단하여 선원홀더체를 그대로 준비한 수동용기에 담았다.

선원홀더의 회수 후 현장에서는 다음과 같은 사항을 확인하였다.

- 1) γ선스펙트럼에 의한 핵종의 확인
- 2) 방사선량률로부터의 방사능 수량 산정
- 3) 선원홀더 표면의 오염검사
- 4) 선원홀더가 있었던 근방의 스테인레스 스크랩에 대한 오염검사

선원홀더를 수송용기에 넣고 작업건물에서 반출한 후 작업건물 내의 주변의 방사선량과 오염검사를 실시하여 모두 이상이 없다는 것을 확인하고 현지의 회수작업을 끝내었다.



4. 선원의 확인

회수한 선원홀더는 아이소톱협회의 시설로 수송한 후 동시설에서 선원을 끄집어 내어 검사하였다.

4.1 선원의 꺼냄

선원홀더는 용접한 한덩어리의 구조로 되어 있었기 때문에 절단해서 선원을 꺼내지 않으면 안되었다. 콜리미터 측정기로 선원홀더내의 선원위치를 정확하게 산출하여 신중하게 절단하였다.(그림3참조) 절단하기 전까지는 γ 선원과 중성자선원의 2개선원이 들어있을 것으로 예측하였지만 실제로는 두선원이 한덩어리로 된 1개의 선원이었다. 이와같은 선원은 일본 국내에서는 판매된 실적이 없다.

4.2 선원의 확인

두꺼운 스테인레스의 홀더에 들어 있었기 때문에 다행스럽게도 선원은 전혀 손상되지 않고 건전하였다. 이런 형태의 선원이 일본에 수입된 일은 없지만 이전에 해외 메이커에서는 이와 같은 선원을 제조한 일이 있었다. 그 선원의 시방과 방사능 수량의 실측치를 표1에

나타낸다.

5. 맺는 말

이번의 스테인레스 스크랩에 혼입한 방사성 물질의 회수작업은 사전의 예측·계획대로 모든것을 진행할 수가 있었고 또 선원의 건전성이 보전되어 있었다는 것은 불행 중 다행한 일이었다. 그렇다 치고라도 일개월 동안 많은 관계자의 노고와 심로는 컸다. 안전제일이라지만 회수작업 당일의 현장작업만으로도 3개기관, 4개사의 협력으로 20여명이 작업을 하였는데 이처럼 대규모의 작업으로 된 주 원인은 콘테이너내에 대량의 스테인레스 스크랩과 함께 있어서 거의 추측에 의존할 수 밖에 없었기 때문이고, 또 수입품이었기 때문에 내부의 정보는 스테인레스가 채워져 있다는 것 뿐이었다. 소위 적을 알지 못하고 싸움에 임하게 되었는데 결론적으로 말하면 필요이상의 태세였지만 안전확보상 만전을 기하지 않을수 없었던 것이다.

이번의 회수 작업은 큰 경험을 얻게 되었다는 것은 확실하지만 앞으로 이와 같은 사고가 일어나지 않기를 바랄뿐이다.

〈일본아이소톱협회〉 **KRIA**