

폐라듐 선원 고화처리

Conditioning Experience for Spent Radium Sources

강일식, 손종식, 김길정, 민덕기

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

폐라듐 선원의 불안정한 저장 및 자연붕괴로 인한 내부압력증가로 야기될 수 있는 방사선피폭 사고를 사전에 방지하기 위하여 선원을 안전하게 처리할 수 있는 기술개발이 필요하였으며, IAEA에서는 개발도상국에서 보유하고 있는 폐라듐의 안전처리를 위한 협력사업을 지원하기에 이르렀다. 본 논문의 내용은 IAEA가 개발한 Ra-226 선원 처리기술을 적용하여 'Radium Conditioning Service in Myanmar (INT4131-06646C)'라는 IAEA의 협력사업으로 국내 전문가팀이 실제로 현지에서 미얀마가 보유한 선원을 처리한 기술 및 수행 결과이다. 선원 처리작업은 IAEA의 기술자문관과 미얀마 원자력청의 입회하에 IAEA가 규정한 기술 및 절차에 따라 국내 전문가팀이 1,429.5mCi의 폐라듐 선원을 누설없이 완벽하게 처리하였으며 그 결과는 우리팀이 처리기술을 국제적으로 실증 받은 결과이다. 이들 선원은 27개의 소형 캡슐과 3개의 대형 캡슐에 분배하여 밀봉용접하고 3개의 차폐용기에 밀봉하여 3개의 콘크리트 고화드럼에 차폐 저장하였다. 고화드럼별 방사능량은 각각 500mCi, 459.5mCi 및 470mCi이었다.

Abstract

In order to avoid accidents that could be resulted from improper storage of spent radium sources, it is necessary to condition and store them safely. The program for safe conditioning of spent radium sources by IAEA has been established to assist the developing countries. The main object of this paper is to apply the technology that was adapted by IAEA for the conditioning the national inventory of Ra-226 sources in member states, as a part of IAEA's project with the Korean expert team. This paper is the result that the Korean expert team carried out spent radium conditioning, under the project title 'Radium Conditioning in Myanmar(INT4131-06646C)'. The whole inventory of spent radium sources 1,429.5mCi, was safely conditioned by the Korean expert team according to the manual under the supervision of IAEA's technical officer and the control of Myanmar authority on behalf of Myanmar. These sources were encapsuled and welded into 27 small capsules and 3 large capsules, and conditioned in 3 lead shields, producing 3 concrete-shielded drums. The inventories were distributed into 3 shielding devices, holding 500mCi, 459.5mCi, and 470mCi.

1. 서론

라듐 선원은 수많은 국가에서 의료용뿐 만 아니라 다양한 용도로 널리 사용되어 왔다. 그러나 라듐 선원의 바람직하지 못한 특성 때문에, 대부분의 국가에서는 다른 선원으로 대체하고 있으며 사용된 라듐 선원은 폐기되어 임시 저장중에 있다. 이러한 수많은 폐라듐 선원은 출처, 이력 및 특징이 잘 알려져 있지 않은 상태로 부적절하게 저장되어 예기치 않은 피폭 또는 사고를 일으킬 수 있다[1]. 장반감기의 라듐선원은 최종적으로 심지층 저장소에 선원을 처분할 필요가 있으나 이것은 다가올 수십년(예, 40~50년) 이내에는 가능하지 못할 것이다. 이러한 불안정한 저장으로 야기될 수 있는 사고를 사전에 방지하고 처분장이 건설되기 전까지 안전하게 저장하기 위해서는 선원을 수집하여 집중 보관하고 처리할 필요가 있다. 이를 위해 폐라듐 선원을 보관하고 있는 회원국들을 지원할 목적으로 IAEA는 폐기 방사선원 프로그램을 1991년에 착수하여 개발한 폐라듐 선원의 안전보관을 위한 처리기술을 지원하고 있으며[2], IAEA가 인증하는 전문가팀을 구성하여 동남아시아 국가를 대상으로 한국 전문가팀을 파견하여 미얀마에서 보관중인 폐라듐 선원을 처리하였으며 본 논문의 내용은 현지처리에 적용한 기술 및 경험에 관한 것이다.

2. 폐라듐 처리기술 및 품질보증 프로그램

2.1. 처리기술

라듐 선원 처리방법은 IAEA와 오스트리아 Seibersdorf 연구소가 공동으로 개발하였다. 처리 방법은 지층처분이 가능하도록 스텐레스 강 캡슐속에 선원을 넣고 용접한 후 납 차폐용기에 넣어 콘크리트로 차폐한 200L 철제 드럼내에 납용기를 포장하는 방법으로 지층처분이 가능한 형태로 안전하게 처리할 수 있는 표준기술이다[3, 4].

2.2. 품질보증 프로그램

폐라듐 선원의 안전 처리를 위한 기술지침서[5]에서 요구하는 품질 및 신뢰성을 보증하기 위해서는 포괄적인 프로그램이 요구되며, 선원의 처리 및 저장과 관련한 일반적인 지침이 IAEA의 “방사성폐기물 포장에 관한 품질보증”에 서술되어 있다[6]. 여기에는 캡슐 재질 및 캡슐 용접공정과 납차폐용기의 품질, 선원의 운반 및 밀봉과 누설시험, 냉각 및 시멘트 고화처리 절차와 드럼의 품질, 모든 감시기의 검교정 및 측정의 보증, 전문 작업원의 조직 및 자격 요건과 수행업무에 관한 절차 그리고 각 캡슐내 선원의 특성과 방사능 이력, 납차폐용기내 캡슐 위치, 방사선량율등 정보의 문서화 및 검색의 품질 등을 보증하고 있다.

2.3. 전문가팀 구성

전문팀은 라듐 선원 처리와 관련하여 방사성폐기물 관리의 이론적인 지식과 광범위한 경험에 있어 적합한 자격 요건을 갖춘 3명의 전문가로 구성되며, IAEA의 심사과정을 거쳐 선정된다. 총괄책임자는 방사성폐기물 처리 및 관련 연구, 개발 분야에서 다양한 경험이 있어야 하며 선원의 운반, 누설시험의 수행을 감독하고 처분드럼 준비를 지도하는 등의 전체처리 과정을 총괄한다. 방사선방호 전문가는 방사선 분야, 주요한 제염 또는 폐기물 처리와 관련된 업무에 종사한 경험이 있어야 하며 모든 안전관리 및 방사선방호 관련 업무와 선원의 분배, 콘크리트 차폐드럼의 제작과 선원 고화처리 업무를 수행한다. 용접전문가는 TIG 용접과 다른 분야의 용접기술 뿐 만 아니라 방사성물질을 함유한 다양한 재질의 용접 등 광범위한 경험이 있어야 하며 선원 캡슐의 용접, 캡슐 누설시험, 콘크리트 차폐드럼의 제작과 선원 고화처리 업무를 수행한다.

3. 처리장비 및 재료

고선량율의 폐라듐 선원을 안전하고 효율적으로 처리하기 위해서는 표1과 같은 다양한 형태의 장비와 납 차폐체, 방사능 계측기, 개인 방호용품 및 작업에 필요한 소모성 물품들이 필요하다.

3.1. 처리장비

콘크리트 차폐드럼 및 납 차폐체의 하역을 할 수 있는 사용용량이 700kg정도인 하역장비와 비인가자의 작업구역내 출입방지를 위한 이동식 표지물, 접수구역의 선원을 분배 구역까지 운반하기 위한 납 차폐체, 선원 저장소에서 접수구역까지 운반하기 위한 바퀴 달린 손수레와 용접캡슐의 누설을 시험하기 위한 0.25kPa의 진공도를 나타낼 수 있는 진공펌프 및 desiccator, 방사선량을 계측기와 표면오염도 검출기가 필요하다.

3.2. 소모성 물품

라듐 선원을 밀봉하여 용접하는 그림1의 Ø20x110mm 스텐레스강 소형캡슐과 Ø50x130mm 대형캡슐, 그림2의 소형캡슐용 9개 및 중앙의 대형캡슐용 구멍 1개로 배열된 납차폐용기, 그림3의 콘크리트 차폐드럼, 방사선표시가 색인된 구역 경계용 테이프와 방사선 표지물, 작업구역의 오염을 방지하기 위한 플라스틱 비닐과 알미늄 호일, 제염지 및 흡수지, 아세톤과 글리콜이 필요하다.

3.3. 실험실용 장비

공기정화 시스템을 구비한 후드와 불침투성 표면 처리되어 제염이 용이한 실험실 작업대, 모서리용 벽돌을 포함한 차폐용 납 벽돌과 납 유리, 그림4의 소형 및 대형캡슐을 넣어 용접할 수 있는 납 차폐체, TIG 용접기와 자동용접장치, 캡슐 원격조작용 덩과 선원을 집어 이동하는 집게 및 거울, 폐기물 수집통과 포장비닐, 처리된 선원의 정보를 나타낼 수 있는 철재 이력표가 필요하다.

3.4. 개인 방호용품

라돈 및 방사성 먼지용 여과필터가 장착된 가스 안면 마스크, 전자식 개인 선량계 및 흉부용 TLD와 손가락용 TLD, 고무장갑과 1회용 작업복 및 작업화와 실험실용 슬리퍼가 필요하다.

4. 선원의 구조 및 강도

장반감기(1,600yr)의 라듐 선원은 플라티늄, 플라티늄-이리듐 또는 다른 합금으로 피복되어 의료용 및 산업용으로 사용되며, 사용용도에 따라 튜브 및 침상형태로 구분한다. 튜브형태의 선원은 직경 1.65~4.05mm, 길이 7.5~20mm의 구조로 크기는 작지만 방사능량이 1.5~30mCi로 높으며, 침상선원은 직경 1.85~1.95mm, 길이 25~58mm로 가늘고 긴 형태로 방사능량은 1~3mCi로 비교적 강도가 낮다. 본 처리에 사용된 205개의 폐라듐은 미얀마 양곤 병원 등 3개 의료기관에서 주로 부인암의 치료 등에 사용되어 폐기된 후 보관 중이었던 것이다.

5. 처리작업 절차 및 내용

5.1. 처리전 작업

5.1.1. 작업구역 구분

방사선량율이 높은 라듐 선원을 처리하는데 있어 작업자의 피폭과 주변환경오염의 방지를 위해서는 안전하고 신속한 처리를 할 수 있도록 작업장내의 구역을 구분할 필요가 있다. 라듐선원을 취급하는 곳을 작업구역이라 하며 제한구역과 일반구역으로 구분한다. 제한구역은 가능한 한 규

모가 작아야 하고 폴리에틸렌으로 바닥을 덮어야 하며 특히 라듐선원이 들어있는 용기가 놓여져 있는 곳은 특별한 관리가 필요하다. 제한구역은 저장소로부터 차폐체에 들어있는 라듐선원을 접수하는 접수구역과 선원 용기내의 내용물을 캡슐에 분배하기 위한 분배구역, 선원 캡슐을 용접하고 냉각시키기 위한 용접구역과 용접된 캡슐에서의 누설을 시험하는 누설시험구역으로 세분한다.

5.1.2. 공기정화 시스템 및 작업구역 설치

선원분배구역에 공기정화 시스템을 설치하기 위하여 내부 벽면에 후드를 지탱할 수 있는 프레임 설치하고 외부에는 고성능 여과장치를 설치하였으며 또한 플렉시블 호스로 후드와 여과장치를 연결하였다. 작업장 내부의 전체 바닥과 또한 바닥으로부터 약 10cm 높이로 벽면에 방사능 오염을 방지하기 위하여 비닐쉬트로 덮었다. 선원이동구역에는 길이 150cm, 폭 70cm, 높이 90cm의 작업 테이블을 후드 밑 벽면 모서리에 배치하여 비닐쉬트로 전체를 덮은 다음 테이블로 떨어지지 않도록 부착하였다. 또한 선원을 캡슐에 옮겨 담는 과정에서 유실을 방지하기 위하여 테이블과 벽면을 함께 비닐쉬트로 설치하였다. 방사능 차폐를 위해서는 먼저 작업 테이블에 납 벽돌을 올려놓은 다음 방사능 오염을 방지하도록 납 벽돌에 비닐쉬트를 덮었다. 그런 다음 전면부의 중간 지점에 선원의 이동 장면을 쉽게 관찰할 수 있도록 납 유리를 설치하였다. 선원을 집어넣고 용접할 캡슐과 깔대기를 지탱하기 위한 스텐드 그리고 작업장면을 관찰할 수 있는 거울을 작업 테이블의 끝부분에 배치하였다. 용접구역과 누설시험구역은 중간 규모의 작업 테이블 2개를 함께 연결하여 구성하였으며 이곳에는 캡슐을 보관 수 있는 차폐된 공간과 누설시험을 수행할 수 있는 공간이 확보되어 용접후 캡슐의 자연냉각과 누설시험후 캡슐 표면을 닦을 수 있다. 캡슐보관 공간과 누설시험 공간의 끝 부분에는 크고 작은 거울을 각각 비치하여 간접적인 관찰방식으로 캡슐의 용접상태와 캡슐에서의 누설 여부를 확인할 수 있다.

5.1.3. 장비 설치

선원 캡슐당 방사능량을 50mg 정도로 맞추기 위해 캡슐 표면으로부터 1m 떨어진 곳에 선량계를 설치하였으며 그 높이는 캡슐의 밑바닥에 맞도록 조정되었다. 용접자동장치의 회전 테이블 위에 용접 pot를 올려놓았다. 용접사가 방사능 피폭을 방지하고 또한 용접이 원활하게 되도록 회전테이블의 중앙에 pot가 자동으로 중심을 잡도록 유도하는 center pointer를 가공 조립하였다. 용접기는 전원 공급설비에 연결하여 회전속도와 강도를 조절하였다. 누설시험구역에는 진공 펌프와 연결된 desiccator를 설치하였다. Desiccator는 진공 콧, 게이지와 다공판으로 구성되어 있다.

5.1.4. 접수구역 설치

선원 저장소로부터 작업장에 제일 먼저 접하는 곳이 접수구역으로 이곳에서는 선원의 접수 뿐만 아니라 1개의 batch당 약 500mg으로 선원을 분배한다. 접수구역의 바닥은 비닐쉬트로 덮여 있으며 방사능 차폐를 위하여 비닐쉬트로 둘러 쌓인 납 벽돌을 배치하였고 transfer pot, 선원 집게, 거울, 손전등 및 선량계가 비치되어 있다.

5.1.5. 시멘트고화용 드럼 및 작업 소모품 준비

시멘트고화용 드럼과 드럼안에 위치할 PVC 몰드 프레임은 콘크리트 차폐를 위한 시멘트 작업과정에서 표면의 손상을 방지하기 위해 비닐쉬트로 덮어 씌웠다. 작업장내에서는 작업과정에서 필요한 물품을 손쉽게 조달할 수 있도록 제염지, 공구류, 마스크, 장갑등을 비치한 테이블과 작업과정에서 발생하는 방사성 및 비방사성폐기물을 수집할 수 있는 쓰레기통을 각각 비치하였다.

5.2. 처리 작업

5.2.1. 선원 분배 및 이송

폐라듐 선원을 처리하기 전에 분배계획을 수립한다. 가능한 한 캡슐당 비슷한 수준으로 방사능량을 분배하고 접수구역에서는 적당한 양의 선원을 접수함으로써 작업자의 피폭을 최소화할 수 있다. 접수구역에서 분배된 선원은 집계를 사용하여 shielding pot에 담아 이송구역으로 안전하고

신속하게 이송한 후 백그라운드를 측정한다. 유리거울로 간접관찰을 통하여 pot로부터 선원을 한 개씩 캡슐에 집어넣고 캡슐의 뚜껑을 덮은 다음 캡슐의 표면선량율을 측정한다. 이때 캡슐 한 개의 방사능량은 50mg을 넘지 않도록 유의한다. long tong을 사용하여 용접 pot에 캡슐을 집어넣는다. 한편 각각의 캡슐 뚜껑에 전기조각기로 일련번호를 각인하며 표2의 선량기록표에 선원 포장 용기 또는 drawyer에 관한 이력 사항과 캡슐의 표면선량율 및 선원 수량 등에 관해서 기록한다.

5.2.2. 용접

용접은 반드시 자격이 인증된 용접사에 의하여 수행되어야 한다. 용접 토치안의 아르곤 주입량과 용접 전류를 조절한 후 자동용접장치의 회전테이블을 가동하면서 캡슐 뚜껑을 용접한다. 이때 대형 캡슐을 용접할 때에는 120°의 각도로 두 군데를 spot 용접한 다음 등글게 단 한번의 용접으로 380°를 용접한다. 균열과 소성증가를 방지하기 위하여 용접부분은 자연냉각 한다. 유리거울과 손전등으로 용접 상태를 검사하며 용접부분에 이물질이 있을 경우에는 바로 아세톤으로 닦아낸다. 그림5는 캡슐의 용접장면을 보여주고 있다.

5.2.3. 누설시험

누설시험의 절차는 ISO 9978 기준[7]에 의거하여 수행한다. 먼저 desiccator chamber 안에 용접 캡슐을 넣은 다음 캡슐이 최소한 5cm이상 잠길 수 있도록 글리콜을 주입한다. 절대압 0.25기압으로 desiccator를 낮춘 다음 캡슐에서의 버블을 1분 이상 유지하면서 거울로 버블의 발생 여부를 관찰한다. 글리콜 안에 버블이 발견되지 않으면 캡슐은 인증된 것으로 간주한다. 누설시험을 통과하지 못했다면 옆의 차폐된 곳으로 옮겨놓고 나중에 대형 캡슐 안에 재밀봉하고 용접하여 차폐장치의 중앙위치로 이동시킨다. 시험이 완료되면 tong을 사용하여 chamber안에서 캡슐을 꺼내어 흡수지 위에 놓고 굴러 가면서 표면을 깨끗이 닦는다. 흡수지는 방사성폐기물 수집통에 넣는다.

5.2.4. 납 차폐포장

용접 캡슐의 밀봉 차폐용기는 소형 캡슐을 위한 9개의 구멍과 중앙에 대형 캡슐용 구멍 1개로 배열되어 있다. 차폐용기의 구멍에 일련번호를 각인한 후 캡슐이 누설시험을 통과하면 그림6의 차폐용기 안의 한 곳으로 이동시키고 캡슐에 관한 모든 정보와 위치를 양식에 기록한다. 캡슐이 넣어진 구멍은 납 벽돌 등으로 올려놓아 차폐한다. 이와 같은 방법으로 30개의 캡슐을 용접하여 3개의 납차폐용기가 완성되었다. 이때 needle 형태의 선원은 큰 캡슐에 넣어 용접하고 차폐용기의 중앙에 위치한 구멍에 밀봉한다. 용접캡슐을 밀봉한 차폐용기의 본체에 뚜껑을 덮고 나사체결한 후 동일 간격의 네군데에 arc 용접한다. 뚜껑 상부에 name plate를 붙인 후 식별이 가능하도록 차폐용기의 일련번호, 방사능량, 작업일자를 각인한다. 차폐용기의 선량율 및 모든 정보는 양식지에 기록한다. 이때 측정된 표면선량율은 각각 2.28mSv/h, 2.58mSv/h 및 2.35mSv/h이었다.

5.2.5. 고화드럼 제작

1차 모듈드는 드럼 안에 라듐 선원 차폐를 유지하기 위하여 차폐용기를 담기 위한 것으로 둥근 형태 공간의 시멘트벽으로 사용한다. 작업장소를 청결하게 유지한 후 시멘트에 모래와 자갈을 넣고 수작업으로 10분간 섞은 후 물을 첨가하여 10분간 더 섞는다. 이때 혼합재의 시멘트는 90lb, 모래 102lb 그리고 자갈 164lb이었다. 콘크리트를 드럼의 밑바닥으로부터 1/3정도까지 채운 다음 PVC 모듈드를 콘크리트 상부의 중앙에 올려놓는다. PVC 모듈드가 일정한 높이를 유지하도록 드럼과 함께 테이프로 부착한다. 1차 모듈드 구성후 최소한 6시간 이상 콘크리트를 양생한다. 위와 같은 방법으로 벽을 채우기 위한 콘크리트 혼합재를 만든다. 콘크리트를 드럼과 PVC 모듈드 사이에 골고루 넣고 철봉을 사용하여 콘크리트가 단단해지도록 다지면서 PVC 상부까지 붓는다. 콘크리트를 부은 다음 즉시 4개의 앵커를 등간격으로 콘크리트 내에 집어넣어 설치한다. 앵커가 콘크리트 내에서 일정한 위치를 유지하도록 2개의 두꺼운 철판을 십자 형태로 임시 설치한다. 이후 최소한 6시간 콘크리트를 양생한다. 양생이 완료되면 앵커 위의 철판과 비닐슈트를 떼어 낸다.

5.2.6. 차폐용기 처리

드럼 안의 PVC 몰드에 부착된 name plate에 장입하게 될 차폐용기의 방사능량과 작업일자를 조각기로 각인한 후 차폐용기를 드럼 안에 장입한다. 2개의 철판을 십자 형태로 앵커에 설치하고 arc 용접한다. 드럼의 뚜껑을 덮고 밴드로 볼트 체결하여 드럼 일련번호 인식표를 콘크리트 드릴을 사용하여 드럼 표면에 부착한다. 인식표 하단에 다시 한번 드럼 일련번호를 스프레이 페인트로 색인한다. 표면선량율과 1m 떨어진 곳에서의 선량율을 측정하고 드럼 표면의 먼지를 제거한 후 표면오염도를 측정한다. 차폐 완료된 드럼의 수량은 3개이며 처리된 205개 라듐 선원의 전체 방사능량은 1,429.5mg(52.94GBq)이었다. 또한 각각의 드럼에 대한 방사능량은 500mg, 459.5mg과 470mg이었으며 표면선량율은 313 μ Sv/h, 242 μ Sv/h와 328 μ Sv/h이었고 1m 떨어진 곳에서의 선량율은 20.4 μ Sv/h, 25.3 μ Sv/h와 18.2 μ Sv/h이었다.

5.3. 처리후 작업

5.3.1. 차폐드럼 저장

차폐처리된 3개의 드럼은 일반인과 완전히 격리하여 방사능으로부터 피폭이 되지 않도록 안전한 곳에 드럼 인식표가 눈에 쉽게 띄도록 나란히 놓았으며 목재 pallet 위에 올려놓음으로써 통기성을 확보하고 또한 안전한 저장 상태를 유지하도록 보관하였다. 또한 저장시설의 출입문과 측면의 벽에는 방사성물질이 들어있음을 알리는 표지를 부착하였고 출입문에는 시건장치를 하였다.

5.3.2. 제염

처리작업과 관련하여 사용된 장비, 공구류, 작업화, 작업장 및 운반구는 처리작업을 수행하기 전에 오염도를 측정하였으며 선원과 직.간접적으로 접촉된 납 벽돌, 집게 등은 사전에 오염을 방지하도록 얇은 비닐로 덮어 작업이 끝난 후 비닐을 벗겨내고 알코올로 깨끗하게 표면을 제염하여 오염도를 측정하였다. 측정 결과 작업전과 작업후의 오염도는 큰 차이가 없이 백그라운드 값과 비슷하여 작업으로 인한 오염이 발생되지 않았음을 알 수 있었다.

5.3.3. 2차 생성 폐기물 처리

처리작업 과정에서 발생한 2차 폐기물, 즉 작업자의 비닐장갑, 마스크, 누설시험이 완료된 캡슐을 닦아낸 제염지, 바닥 및 작업 테이블에 덮어 있던 비닐, 선원 분배 과정에서 drawyer 또는 포장 용기안에 묻어 있었던 이물질이 포함된 비닐과 집게 등을 씌운 비닐들은 방사성폐기물 수집통의 비닐 포대에 포장하여 선량율을 측정하는 등의 특별 관리를 수행하였다.

6. 방사선 방어

6.1. 물리적 관리

불필요한 작업상 피폭을 피하기 위해서는 기존 원칙이 지켜져야 하고 적절하고 적합한 장소에서 방사선원을 다루어 오염의 확산을 막는다. 방사선방어의 요구를 달성하기 위하여 먼저 작업구역을 구분하고 관리구역 내에서의 행위를 제한하였다. 관리구역에 들어가는 모든 사람은 개인선량계, 방호복, 덧신을 착용해야 하고 접근은 방사선감독자에 의하여 허가를 받아야한다. 관리구역 내에서의 작업동안 작업자가 받은 방사선 피폭선량은 Basic Safety Standards(BBS)와 일치하여야 한다[8]. 작업장내의 기반시설로는 배기 시스템을 갖춘 후드, 주변공기의 필터링 시스템, 세면기와 비인가자의 출입을 막는 물리적인 울타리 설치 및 방사성물질, 구역 표지판을 설치하였다.

6.2. 방사선방어 절차

방사선계측기 및 집게들을 포함하여 오염되기 쉬운 모든 물건은 비닐로 싸고 관리구역은 비닐

쉬트로 덮는다. 또한 후드의 안쪽, 납 블록과 작업테이블의 표면 등 민감한 부분은 비닐로 덮는다. 방사성물질이 취급되는 지역과 오염된 지역은 방사선표지로 표시하여 두고 작업 동안에 발생한 2차 폐기물을 분리한다. 작업의 시작과 끝 및 관리구역을 떠나기 전에 해당구역과 작업자들에 대한 모니터링을 실시하였다.

7. 결과 및 고찰

미얀마의 폐라듐선원 현지처리는 IAEA의 기술자문관과 미얀마 원자력청(DAE)의 입회하에 IAEA가 규정한 기술 및 절차에 따라 국내 전문가팀이 폐라듐 선원을 누설없이 완벽하게 처리함으로써 처리기술을 실증 받은 결과이다. 미얀마가 보유한 205개의 폐라듐 선원은 27개의 소형캡슐과 3개의 대형캡슐로 분배하였으며 3개의 납 차폐용기에 밀봉하여 3개의 콘크리트 고화드럼에 안전하게 포장하였다. 선원 처리후 드럼외부의 표면선량율은 표3과 같이 일반폐기선원 포장물 수준으로 선원이 비교적 균등하게 분배 처리되었음을 보여주고 있다. 이와 같이 우리는 IAEA의 폐라듐 안전보관사업에 따라 폐라듐 처리를 위해 그동안 축적해 온 방사성폐기물의 관리기술과 전문인력을 활용하여 안전하고 효율적인 처리 업무를 성공적으로 수행함으로써 국내에 저장중인 폐라듐 선원을 포함한 폐기선원의 처리 능력을 향상시켰으며 아시아 지역의 원자력 안전에 기여할 수 있다는 자신감을 가지게 되었다.

참고 문헌

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Nature and Magnitude of the Problem of Spent Radiation Sources", IAEA-TECDOC-620, IAEA, Vienna, 1991.
2. Report from Consultants Meetings on "Conditioning of Spent Radium Sources Based on Experiences from the First Conditioning Operation in Uruguay in December 1996", Montevideo, Uruguay, 7-8 April 1997.
3. "Technical Manual for Conditioning of Spent Radium Sources" ; Internal IAEA Working Material, IAEA, Vienna, 1998.
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Handling, Conditioning and Disposal of Spent Sealed Sources", IAEA-TECDOC-548, IAEA, Vienna, 1990.
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Conditioning and Interim Storage of Spent Radium Sources", IAEA-TECDOC-886, IAEA, Vienna, 1996.
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Quality Assurance for Radioactive Waste Package", Technical Reports Series No. 376, IAEA, Vienna, 1995.
7. "Bubble Leak Test", ISO Standard 9978, 1992.
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the safety of Radiation Sources", Safety Standards Series No. 115, IAEA, Vienna, 1996.

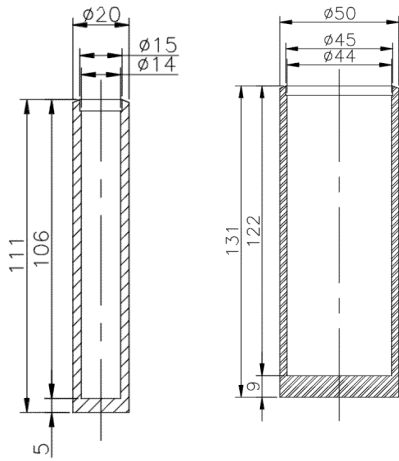


Fig.1. Stainless Steel Capsules

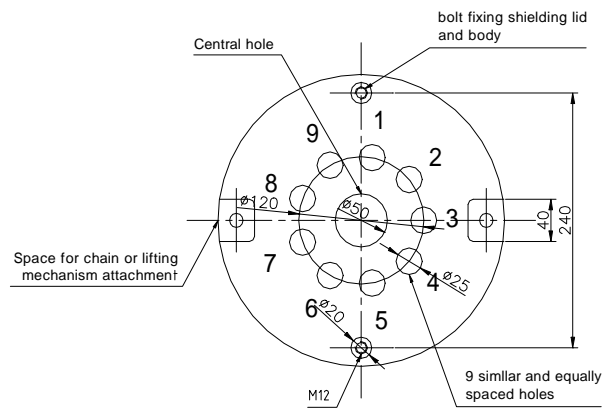


Fig.2. Lead Shield Container

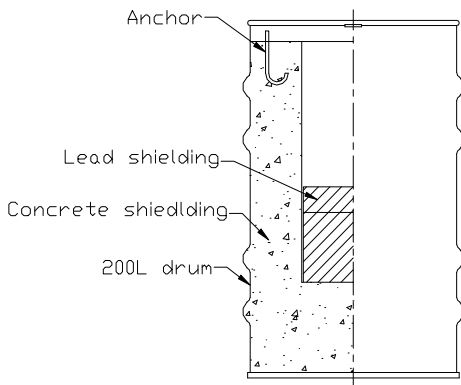


Fig.3. Concrete-Shielded Packaging Drum

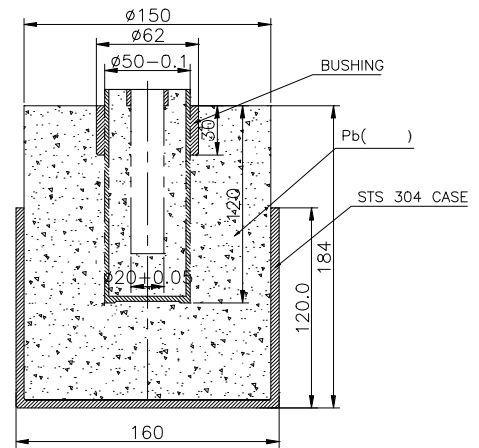


Fig.4. Lead Shield for Welding Capsules



Fig.5. Welding of Source Capsule



Fig.6. Lead Shield Container Placed Capsules

Table 1. Equipment & Consumables for Conditioning of Spent Radium Sources

Section	Item	Specification
Equipment	Air exhausting filtration unit	~1.0x0.7m
	Lead shielding transfer pot	O.D.:Ø100x130mm I.D.:Ø60x100mm
	TIG welding equipment	80~160A, DC
	Automatic welding apparatus	Turn table:Ø25cm
	Compressor(Vacuum pump)	0.4KW, 4P, 60Hz
	Desiccator	Ø20x40cm
	Lead glass	20x30x10cm
	Dose rate monitor	Low range:0.01 μ Sv/h High range:10Sv/h
	Contamination monitor	Range:0~999CPS
Laboratory Consumable	Stainless steel capsules	Large:Ø50x130x1.0mm
		Small:Ø20x110x1.0mm
	Lead shielding container (2mm carbon steel case)	Ø275x250mm L.hole:Ø60x135mmx1EA S.hole:Ø25x120mmx9EA
	200L drum (Concrete lining)	O.D.:Ø590mm, Height:880mm Hole:Ø340xH560mm
	Lead bricks	10x20x5cm
	Lead shield (for welding capsules)	Outer
Inner		O.D.:Ø55x115mm I.D.:Ø22x95mm

Table 2. Source Information Form

Part 1 : Information on Source				
File Identification Number				
Type				
Dimensions, mm				
Activity, mg				
Dose Rate, 1m, μ Sv/h (Background, BG)				
Name and Address of Last Keeper				
Source Integrity				

Part 2 : Encapsulation	
Identification Number of Capsule :	
Total Radium Activity Capsule :	Date :
Number of Source in Capsule :	
Type of Leak Test Applied :	Pass/Fail :
Re-encapsulation required (yes/no) :	New Capsule ID No. :

Part 3 : Lead Shielding	
Position of Capsule in Shielding :	Total Number of Capsules in Shielding :

Part 4 : Storage Drum and Interim Storage	
Identification Number :	Date of Loading :

Table 3. Package Information after Conditioning

Package No.	Number of Sources	Activity (mCi)	Dose rates (mSv/h)	
			Shield	Drum
MM-1	71	500	2.28	0.31
MM-2	87	459.5	2.58	0.24
MM-3	47	470	2.35	0.33