

Nuclear Safety & Security Information Conference 2018

2018 원자력안전규제 정보회의

방사선 사건사례 고찰 및 피드백

한국원자력안전기술원

방사선비상대책실 최창일

방사선 사고·고장의 조치

방사선 사고·고장 조치 프로세스



■ 사건의 보고

- 구두 보고 : 각 사례별 1시간~8시간 이내 (개정 진행중)
- 초기 서면 보고 : 다음 근무일 이내
- 상세 보고 : 각 사례별 30일~60일 이내

■ 사건 조사

- 담당 부서장의 판단에 따라 조사반 편성 및 현장조사 수행
- 필요 시, 추가조사 수행

■ 사건 공개

- 현재, 방사선안전정보종합시스템(RASIS) 웹 페이지 상 공개
- 사업자가 홈페이지 및 언론을 통해 정보공개

방사선 사고·고장 보고규정

■ 원자력안전법

- 제74조(사고의 조치 등)
 - ① 방사성물질등의 운반 또는 포장 중에 발생할 수 있는 사고에 대비하여 총리령으로 정하는 바에 따라 비상대응계획을 수립·시행
 - ② 방사성물질등의 운반 또는 포장 중 **방사성물질등의 누설·화재와 그 밖의 사고**가 발생한 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 필요한 안전조치를 취하고 **지체없이 이를 위원회에 보고**
- 제92조(장해방어 조치 및 보고)
 - ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하면 안전조치를 취하고 그 사실을 지체없이 위원회에 보고
 1. **지진·화재와 그 밖의 재해에 따라** 원자력이용시설이나 방사성물질 등에 **위험이 발생하거나 발생할 염려가 있을 때**
 2. 원자력이용시설의 고장 등이 발생한 때
 3. **방사선장해가 발생한 때**

방사선 사고·고장 보고규정

■ 원자력안전법

- 제97조(도난등의 신고)
 - 원자력관계사업자는 그가 소지하는 방사선발생장치 또는 방사성물질 등에 관하여 **도난·분실·화재, 그 밖의 사고가 발생한 경우 지체없이** 그 사실을 위원회에 신고

■ 원자력안전위원회 고시

- 2017-10호 “원자력이용시설의 사고·고장 발생시 보고·공개 규정” 제5조(보고)
 - 보고대상이 되는 사건이 발생한 경우, 위원회에 이용 가능한 통신수단을 이용하여 별표에서 규정한 시한 내에 구두로 보고, 다음 근무일 내 이를 별지 제1호서식에 따라 **초기 서면 보고서**를 제출
 - 시설의 안전상태가 제1항에 따라 보고한 때보다 저하될 때에는 **후속보고 제출**
 - 사업자는 별표에서 규정한 시한 내에 별지 제2호서식에 따라 **상세보고서 제출**

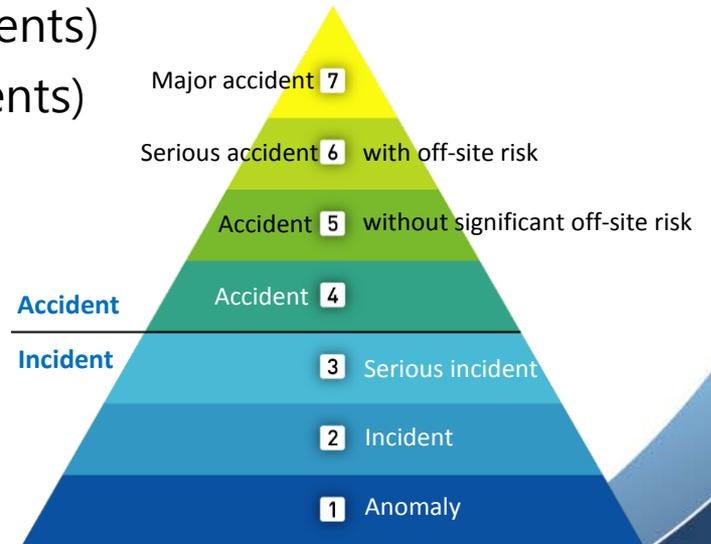
방사선 사고·고장 평가

■ 원안위 고시 제2017-10호

- 제8조(사건의 등급평가) ② 평가위원회는 부록 2의 **사건 등급 평가 지침**과 국제원자력 기구가 정한 **국제원자력사건등급 매뉴얼**에 따라 사건등급을 공정하고 객관적으로 평가

■ 국제 원자력 사고고장 등급(INES) 평가

- **사건의 심각성** 정도에 따라 **1등급** 부터 **7등급** 까지 분류
 - 상위등급(4등급-7등급): 사고 (Accidents)
 - 하위등급(1등급-3등급): 고장 (Incidents)
- **안전에 중요하지 않는 사건은 0등급(경미한 고장)**으로 분류
- 각 회원국은 아래의 사건 발생시 24시간 이내에 IAEA에 보고
 - 2등급이상으로 평가된 사건
 - 국제적 관심 사건



방사선 사고·고장 평가

■ 아래의 세 가지 분류 기준에 따라 평가

- 일반인 및 환경에 대한 영향(People and Environment)
- 방사선방벽 및 관리(Radiological Barriers and Controls at Facilities)
- 심층방어(Defense in Depth) 기능 저하(Degradation)

■ 모든 사건은 각각의 기준에 의해 검토되어야 하며, 최종등급은 이중 최고의 등급으로 결정

- 실제적 영향이 발생한 경우일지라도 심층방어 고려가 더 높은 등급을 줄 수도 있음

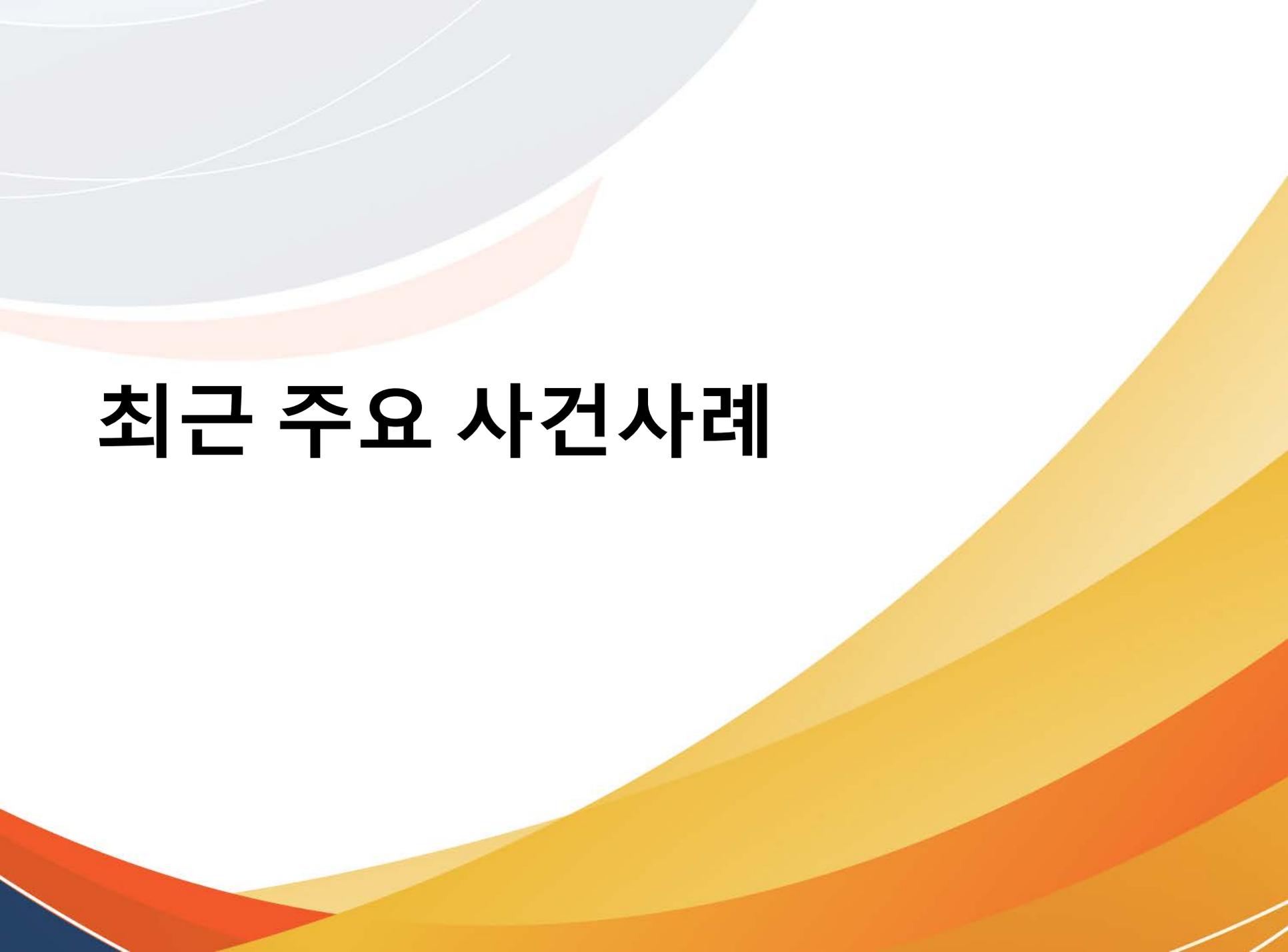
■ INES 매뉴얼(2008)부터 광범위한 방사선 사건을 본격적으로 다루고 있으나, 다음의 사건 등급 평가 제외

- 방사선원 보안 및 악의적 이용과 관련한 사건
- 의료행위 중 환자의 방사선피폭과 관련한 사건

방사선 사고·고장 평가

■ INES 등급평가 주요 사건 사례

분류	등급	기준 1 인간 및 환경	기준 3 심층방어
사고	7 대형사고		
	6 심각한 사고		
	5 광범위 위험사고	Goiania Cs-137 오염사고(1987, 브라질) • 4명 사망 및 수Gy 수준의 방사선피폭 6명	
	4 한정범위 위험사고	Fleurus 피폭사고(2006, 벨기에) • 대단위조사시설에서의 종사자 고선량피폭	
고장	3 심각한 고장	Yanango 비파괴검사 작업자 피폭(1999, 페루) • 비치사 결정적 영향(방사선 화상)의 발현	Ikitelli 선원분실사고(1999, 터키) • 고방사능 Co-60선원 분실사고
	2 고 장	비파괴검사 작업자 피폭(2005, 미국) • 종사자의 연간법적선량한도 초과	가속기 시설 사고(1995, 프랑스) • 가속기 시설 출입통제 실패
	1 단순고장		수분게이지 방사선기기 도난사고



최근 주요 사건사례

방사선투과검사종사자 초과피폭

■ 사건 개요

- 방사선투과검사자가 **고소작업장**에서 불법으로 작업하는 과정에서 다량의 방사선에 반복적으로 피폭되어 결정적 영향 발현
 - 개인선량계(TLD, 포켓도시미터) 미착용
 - 후방 차폐체, 콜리메이터 등 미사용
 - 선원 인출 중 안전거리 미확보
- 조사 과정에서 종사자 3인에게서 **초과피폭 사실 추가 확인**
- 조사 경위
 - 판독업무자의 판독특이자 보고 접수 후 건강검진 실시 요청
 - 건강검진 결과 : 혈액상 급감 변화(백/적혈구, 혈색소 기준치 미만)
 - 추가적인 골수검사 및 염색체 변이 검사 실시

방사선투과검사종사자 초과피폭

■ 방사선 영향

- 피폭방사선량 평가결과 **1,191 mSv**에 피폭된 것으로 확정(제17-2차 피폭방사선량평가위원회)
- 추가로 확인된 3인의 종사자는 **각각 672 mSv, 100 mSv 이상, 100 mSv 이상**에 피폭된 것으로 확정 (제17-3차 피폭방사선량평가위원회)

■ 방사선사건등급평가 결과 : **3등급**

방사선투과검사종사자 초과피폭

■ 사건발생 원인

- 현장 방사선안전관리 미흡
 - 방사선투과검사 종사자의 보조선량계(P/D)를 착용한 결과를 보고하여야 하나, 허위로 보고
 - 방사선안전관리자는 선원 사용내용을 확인하고 사용기록부를 확인해야 하나 이를 미수행
 - 현장 방사선안전관리자는 방사선작업 전에 작업현장 확인 및 작업 방법에 대한 교육을 수행해야 하나 이를 적합하게 수행하지 않았음
- 방사선투과검사종사자 안전수칙 미준수
 - 개인선량계(TLD, 포켓도시미터) 미착용
 - 후방 차폐체, 콜리메이터 등 미사용
 - 선원 인출 중 안전거리 미확보
- 방사선투과검사 작업환경의 열악함
 - 해당 작업장은 고소작업장으로 안전거리 확보 등을 수행하기에 제한사항이 있음

방사선투과검사종사자 초과피폭

■ 작업 환경



미사용 방사성동위원소 보관 중 분실

■ 사건 개요

- 발생기관 : 연구기관
- 분실선원 : Am-241 7.4 GBq (200 mCi)
- 경위 : 허가선원 폐기 준비 중 선원이 분실되었음을 인지
- 원인 및 시점 추정
 - 안전관리자가 용기 표면선량률 측정만으로 상태 확인(육안 확인 미 실시) ← 저장시설 이동시에도 육안 확인 미 실시 ('03, '06)
 - 분기보고('99년 1분기 ~ '16년 2분기)에서는 저장 중으로 보고
 - '02년 사용이력(연구보고서) → '02년도이후에 분실된 것으로 추정



미사용 방사성동위원소 보관 중 분실

■ 사업자 조치 사항

- 기관 내부에 분실 사건을 공지하고 수색을 요청

■ KINS 조치 사항

- 고민감도 NaI(Tl) 감마선 탐색기 사용, 분실 기관 인력 동원 수색 (총 10인)
- 동위원소 저장시설 내 및 건물 외곽, 기관 내 모든 사무실 및 실험실 (8개 건물, 429개실)



미사용 방사성동위원소 보관 중 분실

■ 방사선 영향

- 재활용 고철 유입 및 용융, 토양 매립, 선원 형태 노출 시나리오로 평가한 결과, 방사선작업종사자 및 일반인의 방사선영향은 미미

■ 사건 발생 원인

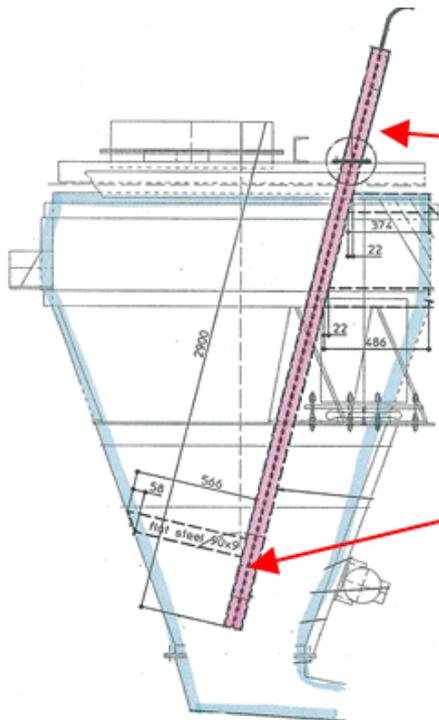
- 미사용 선원이 저장함 내에 보관되어 있다고 인식하여, 장기간 확인(계량관리)하지 않던 중, 선원 폐기 절차 중 분실 사실 확인
- 분기보고 시, 보관 수량에 대한 확인(육안확인 등) 절차 없이 보고하였음

■ 방사선사건등급평가 결과 : 1등급

미사용 방사성동위원소 보관 중 분실

■ 과거 유사 사례 1

- 원료 호퍼에 설치하여 관리 중(장기간 미사용) 이던 Am-Be 중성자 선원이 공장내부 정리작업 중 선원 이동 파이프를 절단하여 공장내에 방치한 사건



명칭 : 가이드 파이프
 재질 : 스텐레스 - 312
 직경 : $\phi 82.55\text{mm}$
 두께 : 4 mm
 길이 : 2900 mm

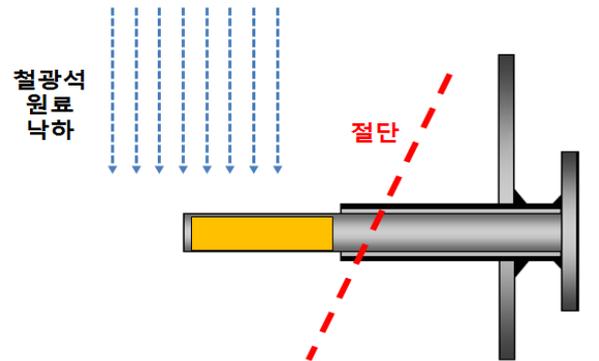
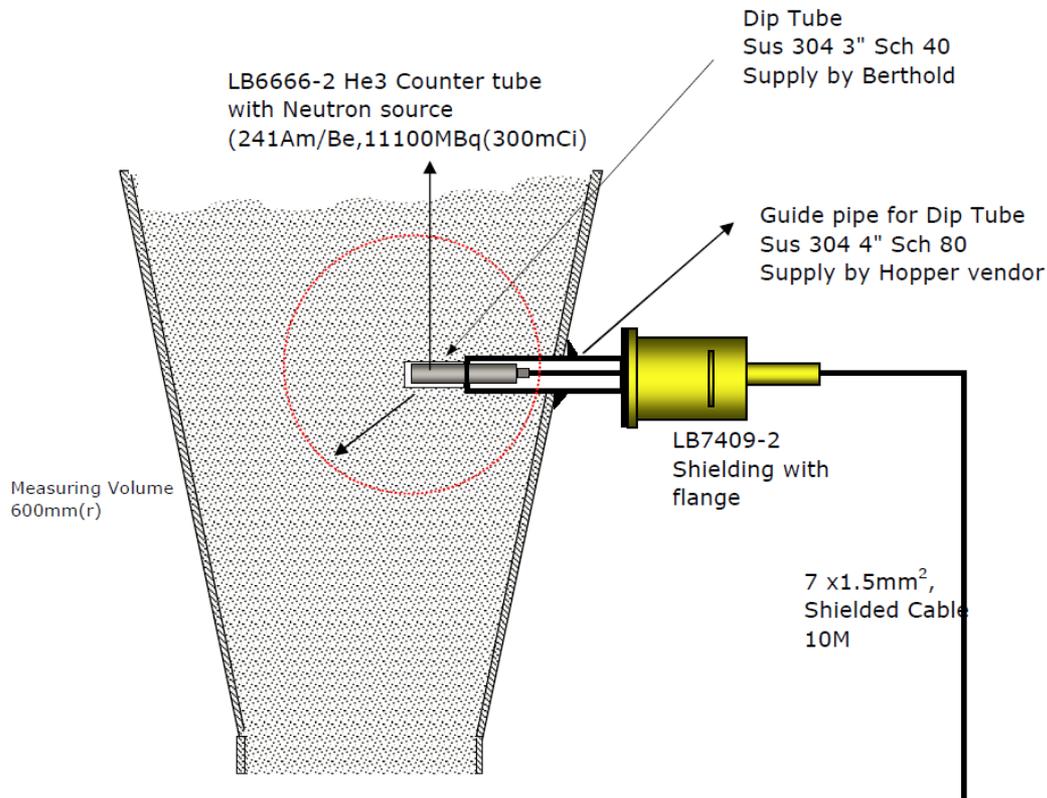
명칭 : 프로브
 재질 : 스텐레스
 직경 : $\phi 70\text{mm}$
 길이 : 300 mm
 제작사 : berthold
 선원방사능 : 100mCi
 선원모델 : LB6669-1
 선원S/N : 1791-7-94
 선원제조일 : 1994.7.20



미사용 방사성동위원소 보관 중 분실

■ 과거 유사 사례 2

- 원료 호퍼에 장입하여 사용 중이던 Am-Be 중성자 선원이 낙하하는 원료에 의한 마모로 유실된 사건



분실선원으로 인한 위험

■ 분실선원 피폭 경로

- 보관 용기가 대부분 무거운 금속(납 또는 철)
 - 고철로 오인되어 수집
 - 재활용고철 취급업체에서 전기로에 용융
 - 방사능에 오염된 상태로 제품 출하 (특히, Co-60)
 - 일반인 피폭 유발

■ 재활용고철 방사선 감시

- 생활주변방사선 안전관리법 시행(2012년~)
 - 재활용고철취급자(전기로 30톤 이상) : 방사선감시기 설치 의무화
 - 공항·항만 감시기 설치/운영 : 재활용고철을 포함한 수입화물의 방사선 감시

운반 중 용기 파손에 의한 오염

■ 사건 개요

- 운반작업자가 병원으로 FDG(F-18, 237 mCi) 운반을 위해, 동위 원소 수령 시 운반용기 본체와 뚜껑의 결합상태를 확인하지 아니하고,
- 운반차량 운전자 뒷좌석 탑승자용 발판에 위치시킨 후 이동, 납 품처(병원)에 도착하여 운반용기 뚜껑의 손잡이를 잡고 운반하는 도중 운반용기 본체가 뚜껑에서 분리되어 지면으로 낙하
- 운반용기 내에 있던 vial이 파손되며 지면 오염



운반 중 용기 파손에 의한 오염

- 방사선 영향 : 연간선량한도 미만
- 방사선사건등급평가 결과 : **1등급**
- 사건 발생 원인
 - 운반작업자의 안전관리 규정 미숙지
 - 운반작업자의 손과 발에 방사성동위원소가 오염되었음에도 불구하고, **충분한 제염조치를 수행치 아니하고 현장을 이탈**함에 따른 운반 차량 및 신체(본인) 오염 확산
 - 포장 및 운반에 관한 기술기준 미준수
 - 차량에 견고하게 묶어두기 곤란한 소형운반물의 운반 중, 운반차량에 고정 운반함을 설치하여야 하나 이를 이행하지 않음
 - 운반용기 기술 기준 미준수 및 교육 훈련 기준 미준수
 - 운반용기는 운반 시 느슨해지거나 풀어지지 않도록 하여 운반하여야 하나 이를 수행하지 않아 뚜껑과 본체가 분리되어 오염 야기
 - 매 분기마다 2시간 이상의 교육을 실시하여야 하나 미이행

방사선 사건사례로부터의 교훈

■ 안전관리 규정의 준수

- 작업 편의, 시간 등의 이유로 안전절차를 무시하는 행위 엄금

■ 적절한 초동대응의 중요성

- 방사선작업종사자의 자체 판단에 따른 복구 지양
- 방사선안전관리자 또는 전문기관이 수립한 계획과 절차에 따른 복구 및 복구작업자의 피폭방사선량 관리

■ 방사선작업종사자 대상 교육 철저

- 방사선 피폭의 위험성에 대한 인식 부족
- 방사선작업종사자의 비상대응절차 숙지 부족

■ 방사성 동위원소의 보안관리

- 장기간 미사용 중인 동위원소의 폐기조치
- 미사용 동위원소에 대한 철저한 계량관리 및 저장상태 점검

감사합니다.