

## 국내 방사선안전관련 사건·사고 발생 현황 및 교훈

### 1 대상

- 원자력안전법 제53조에 따른 방사성동위원소등\*의 생산·판매·사용 또는 이동사용의 허가 또는 신고를 받은 자

\* 방사성동위원소 또는 방사선발생장치

### 2 목적

- 이 안전공지는 최근 국내에서 발생한 2건의 방사선사건의 발생 경위와 원인을 분석하고 그로부터 도출된 교훈을 공유함으로써, 원자력관계사업자의 주의를 환기하고 유사 사건의 재발을 방지하기 위한 목적에서 작성되었습니다.

### 3 주요 내용

#### 1. 신고대상 방사선발생장치 피폭 사건 (2024년 5월)

- A기관은 반도체 웨이퍼에 도포된 화학물질의 두께 측정 용도로 방사선발생장치가 내장된 캐비닛형 방사선기기(신고대상)를 활용하고 있습니다.
- 방사선기기 내부에서 웨이퍼가 장착되어 측정지점으로 이송되는 시료대가 고착되는 문제가 간헐적으로 발생하여, 유지보수를 담당하던 작업자A는 이를 자체적으로 해결하고자 하였지만 해결되지 않아 판매사에 수리를 요청하기로 하였습니다.
- 판매사 방문 전, 작업자A는 작업자B와 함께 기기 내부 점검 및 시료대가 고착된 상태를 촬영하기 위한 작업을 기기 후면에서 수행하였습니다.
- 이때, 해당 기기는 가동 중으로 방사선이 방출 중이었으나 작업자들은 기기 전원을 끄면 기기의 특성상 시료대가 고착된 상태를 촬영할 수 없다고 판단하였습니다.
- 이에, 작업자들은 전원을 끄지 않고 내부를 개방하기로 결정하였으며, 이 과정에서 분리되는 차폐체에 연결된 인터락이 작동하여 전원을 끄지 않더라도 엑스선 방출이 중단될 것으로 예상하였습니다.
- 그러나 작업자들의 예상과 달리 기기 내부를 개방하였음에도 차폐체에 연결된 인터락이 오류로 인해 작동하지 않아 엑스선 외부 방출이 지속되었으며, 이를 작업자들이 인지하지 못해 방사선에 피폭되었습니다.

- 작업자들은 내부 점검 및 촬영 작업을 완료한 뒤, 휴대폰 촬영 결과에 대해 논의하는 과정에서 엑스선이 계속 방출되고 있다는 사실을 기기 전면표시등을 통해 인지하고 방사선기기의 전원을 종료하였습니다.
- 그러나, 방사선 피폭 직후에는 별다른 피폭증상이 없어서 추가적인 조치 없이 기기를 재조립한 뒤에 퇴근하였습니다.
- 다음 날, 작업자A는 손가락이 붓는 느낌(부종)을 느껴 해당 사실을 작업자B에게 공유하고 함께 내부 보고를 수행하였고, 이후에 보건 상 조치 및 규제기관 보고가 진행되었습니다.

※ 보고규정: 원자력이용시설의 사고·고장 발생시 보고·공개 규정 제4조(보고대상 사건) 별표 1.8. ‘관계규정을 초과하는 비정상적인 방사선피폭’

- KINS 현장조사팀은 현장조사를 통해 사건발생 원인, 상세경위 등을 확인하고 사건으로 인한 방사선학적 영향을 평가하였습니다.

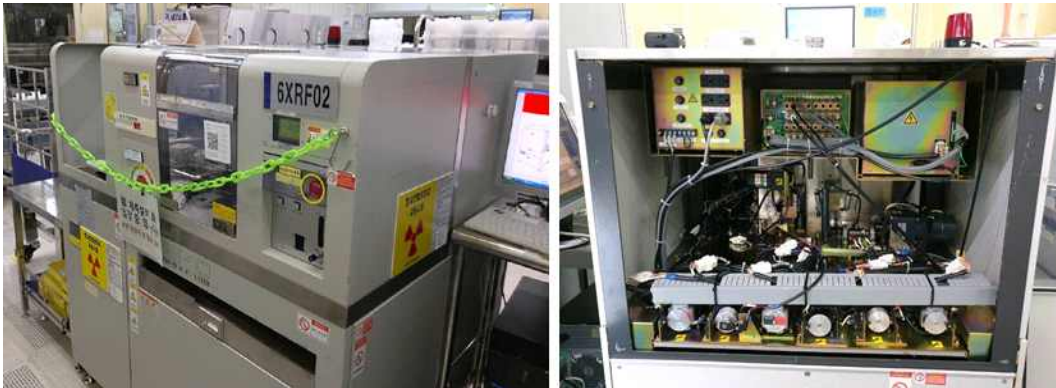
- 신고대상 방사선발생장치 피폭 발생원인

- 인터락 스위치의 접점부 이격 및 배선 오체결로 인한 인터락 미작동
- 경고등 식별상태 미흡 및 미확인
- 엑스선 방출 중단 조치 미흡 및 미확인
- 유지보수 관리 체계, 주의사항 준수 등 신고대상 방사선기기에 대한 방사선 안전관리 체계 미흡
- 장비 노후로 인해 시료대 고착 등의 문제 발생

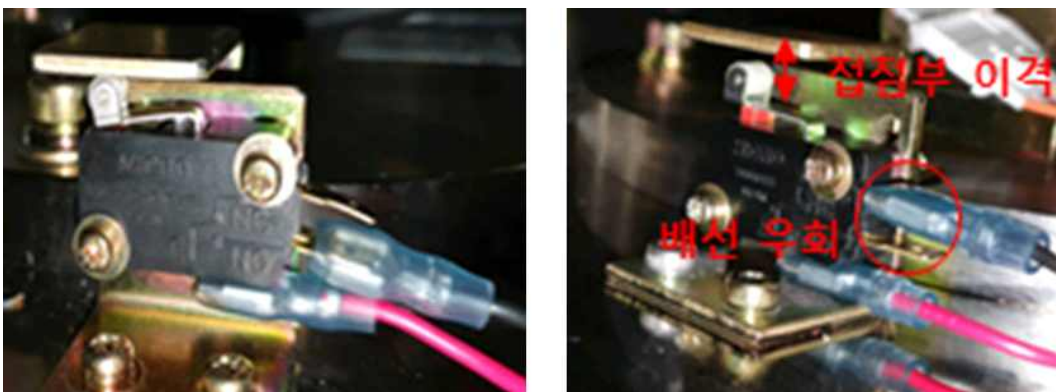
- 방사선학적 영향평가 결과

- 작업자A는 왼손에 열감, 피부 홍조, 부종 등의 증상이 발현되었으며, 오른손에 통증, 피부 발적, 물집 등의 증상이 발현되었음.
- 작업 재연, 재현실험, CCTV 확인 등을 통해 작업자A의 피폭선량은 보수적으로 피부 등가선량 68 ~ 123 Sv (중앙값: 94 Sv), 유효선량 15 mSv로 평가되었음.
- 작업자B는 왼손에 열감, 피부 홍조, 부종 등의 증상이 발현되었으며, 오른손에 흥반, 경미한 부종, 색소 침착 등의 증상이 발현되었음.
- 작업 재연, 재현실험, CCTV 확인 등을 통해 작업자B의 피폭선량은 보수적으로 피부 등가선량 26 ~ 30 Sv (중앙값: 28 Sv), 유효선량 130 mSv로 평가되었음.
- 사고 시, 방사선기기 인근에서 작업하던 주변작업자에 대한 피폭선량은 엑스선 방출 전체 시간(약 14분) 동안에 최대선량을 측정 위치에서 피폭되었다고 보수적으로 가정해도 일반인 연간유효선량한도 미만으로 평가됨.

※ CCTV 분석에서 주변작업자의 실제 체류시간은 최대 1분 23초로 확인됨.



<사건 발생 방사선기기>



<인터락 오류 : 정상기기(좌), 사고발생기기(우)>



<사고발생기기 경광등 : 엑스선 미방출(좌), 엑스선 방출(우)>

## Ⅱ. 허가대상 밀봉 방사성동위원소 파손\* 사건 (2024년 7월)

\* Kr-85(비활성 기체) 선원의 밀봉건전성 훼손으로 인한 방출

- B기관은 방사선/능 측정기 등의 교정을 위한 기준조사 시설을 운영하는 기관으로, 저에너지 베타선 기준조사 연구를 위해 Kr-85( $E_{\max} = 0.687 \text{ MeV}$ )를 사용하였습니다.
- 사건 당일, 베타선 기준조사 작업자는 Sr/Y-90 기준조사를 수행한 후 저에너지 베타선 기준조사 연구를 위해 Kr-85 기준조사를 수행하고자 하였습니다.
- 작업자는 Kr-85 선원을 선원 고정대에 장착하였으나, 선원과 선원 고정부간 단차가 발생하여 이를 보정하고자 버니어캘리퍼스를 이용하여 단차 길이를 측정하려 하였습니다.
- 이 과정에서 버니어캘리퍼스의 끝단(깊이바)이 Kr-85 선원의 박막(윈도우)을 파손하였으나 작업자는 파손 여부를 인지하지 못하였고, 단차 발생 사실만을 기술책임자 및 부서장에게 전달하였습니다.
- 부서장은 단차 발생 여부를 확인하는 과정에서 선원 박막의 이상을 발견하고 선원 파손을 의심하여 방사선안전관리자에게 보고하였습니다.
- 방사선안전관리자는 선원 파손(밀봉건전성 훼손으로 인한 Kr-85 방출)을 확인한 후 공간선량을 및 표면오염도를 측정(결과 : 특이사항 없음)한 뒤에 해당 사건을 규제기관에 보고하였습니다.

※ 보고규정 : 원자력이용시설의 사고·고장 발생시 보고·공개 규정 제4조(보고대상 사건)  
 별표 1.6.가. '배기구 이외의 곳에서 기체 방사성물질이 환경으로 방출'  
 별표 1.6.나. '계획 또는 통제되지 않은 상태에서 방사성물질이 환경으로 방출'

- KINS 현장조사팀은 현장조사를 통해 사건발생 원인, 상세경위 등을 확인하고 사건으로 인한 방사선학적 영향을 평가하였습니다.

- 밀봉선원 Kr-85 파손 발생원인 : 작업자의 선원 취급 미흡

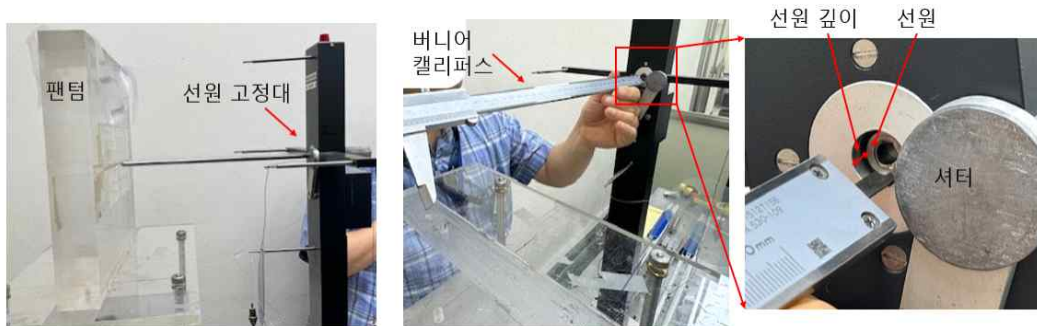
- 해당 작업자는 베타선 기준조사를 전담하였지만 Kr-85 선원을 처음 취급하여 Kr-85 선원 단차\*, 박막의 존재 등 설계 특성을 인지하지 못함.

\* Sr/Y-90과 동일한 홀더이나 선원 자체의 모양이 달라 단차가 발생함.

- 방사선학적 영향평가 결과

- 해당 작업자의 피폭선량을 보수적으로 평가한 결과, 유효선량  $0.183 \text{ mSv}$ 로 방사선작업종사자의 연간 유효선량한도에 비해 미미한 수준으로 평가됨.
- 주변지역에 대한 방사선학적 영향평가 결과, Kr-85의 전량 방출 가정 시, 부지경계인근 공기 중 농도는  $1 \sim 10 \text{ Bq/m}^3$ , 최대 예상 누적선량은 약  $0.1 \text{ nSv}$ 로 평가됨.

- 이는 배기 중 배출관리기준의 1/10,000 ~ 1/100,000 및 일반인 연간유효 선량한도의 1/10,000,000 수준으로, 해당 사건으로 인한 방사선학적 영향은 없을 것으로 판단함.



<파손 경위 재현>



Sr/Y-90 장착시 베타선원 고정대 근접모습    Kr-85 장착시 베타선원 고정대 근접모습

<Kr-85 선원 장착시 단차 발생 모습>

원도우 파손 전

원도우 파손 후



<Kr-85 선원 파손 상태 (좌) 파손 전, (우) 파손 후>

#### 4 교훈 및 조치사항

- 유사 사건의 재발을 방지하기 위해 사건발생 원인으로부터 도출한 교훈 및 조치사항을 아래와 같이 공지하오니, 원자력관계사업자께서는 자체 방사선 안전관리 개선 등에 참고하시기 바랍니다.
- 신고대상 방사선발생장치 피폭 관련
  - 안전설비(인터락, 경고등 등)가 미흡한 경우에 심각한 방사선사고가 발생할 수 있음을 인지하여, 평소에 안전설비를 점검하고 미흡사항을 개선해주시기 바라며, 특히 안전설비가 임의로 변경되지 않도록 방사선작업종사자에게 철저히 교육해주시기 바랍니다.
  - ※ 방사선기기 내 안전설비 이상 발생 시 전문적 수준의 수리·정비는 공급사 (판매허가 및 생산허가)를 통해 수행될 수 있도록 권고함.
  - 또한, 비정상적인 상태의 방사선기기를 정비하는 경우에 반드시 방사선방출을 중단하거나 적절히 차폐된 상황(방사성동위원소)에서 정비할 수 있도록 절차를 마련하고 방사선작업종사자 교육을 수행해주시기 바라며, 필요하다면 피폭 우려가 있는 정비작업은 작업 전에 방사선안전관리자에게 작업 내용이 공유될 수 있도록 조치해주시기 바랍니다.
  - 만약, 선량한도를 초과하는 비정상적인 방사선피폭이 확인되거나 의심되는 경우에는 필요한 안전조치를 수행하고 규제기관으로 보고해 주시기 바랍니다. ('방사선 피폭 사건 발생시 조치 및 보고' 가이드라인(RASIS 공지사항 12075번) 참고)
  - ※ 방사선사고 신고전화(한국원자력안전기술원) : 080-004-4949
- 허가대상 밀봉 방사성동위원소 파손 관련
  - Kr-85(비활성 기체, 베타방출 핵종) 밀봉선원은 설계특성상 얇은 윈도우가 있어 작은 충격에도 밀봉이 파손되어 환경으로 방출될 위험이 존재합니다.
  - 해당 사건은 작업자가 취급하던 선원의 설계 특성을 인지하지 못해 선원의 박막(윈도우)을 파손한 것이 주요한 원인입니다.
  - 평소에 취급하는 선원의 특성을 파악하고 방사선작업종사자들에게 취급 시 주의사항을 교육하여 선원 특성에 따라 다양하게 발생할 수 있는 사고를 예방할 수 있도록 관리해주시기 바랍니다.

작성자: 한국원자력안전기술원 방사선사건평가실

이한진 선임연구원

(☎) 042-603-3134, (✉) hjee@kins.re.kr