

비파괴검사 방사선 안전 세미나

NDT 선원 보안 및 피폭 저감화 대책

2003. 3. 14.

한국비파괴검사진흥협회

주 광 태

NDT선원 보안의 필요성

- ▶ 무적 선원(Orphan source)
 - 무어가 선원의 소유 및 사고
 - 9.11테러 전부터 국제보건물리학회와 주요한 의제
- ▶ Dirty Bomb
 - 재래식 무기를 이용한 방사성물질 확산으로 주요 지역 오염 무기화
- ▶ 방사능 테러
 - 악의적 목적으로 국민이나 환경 오염, 사보타지, 테러라함
- ▶ 단순한 분실 · 도난
 - 국민의 불안 요인, 방사선 이용의 신뢰성 실추

피폭 저감화의 필요성

- ▶ ICRP60 권고안
- ▶ 2003년부터 국내 원자력법 적용
 - 연간 50mSv → 연간 50mSv, 5년간 100mSv
- ▶ NDT분야가 타 분야보다 피폭선량 높음
- ▶ NDT분야의 피폭선량 분석 평가 및 저감화 대책 마련

국내 NDT선원의 특성

- 고방사능의 많은 감마선원 구입 사용
- 전국 각지에 주야로 잦은 이동 사용
- RT는 고도의 전문지식과 경험이 요구되는 기술
- 경영환경과 작업 환경이 열악
- 각종 제도와 방사선안전 규제의 유지 관리 필요
- 효율적이 방사선종사자 관리 요구
- 철저한 방사선안전관리 실행

Ir-192 연간 구입 현황(2002)

| 구분 | 2001년도 사용량 | 국내 원자로 생산량 | 수입량 |
|--------|---------------|---------------|---------------|
| RT용 | 64,310,390mCi | 27,685,000mCi | 36,725,390mCi |
| Ir-192 | 100% | 42.9% | 57.1% |

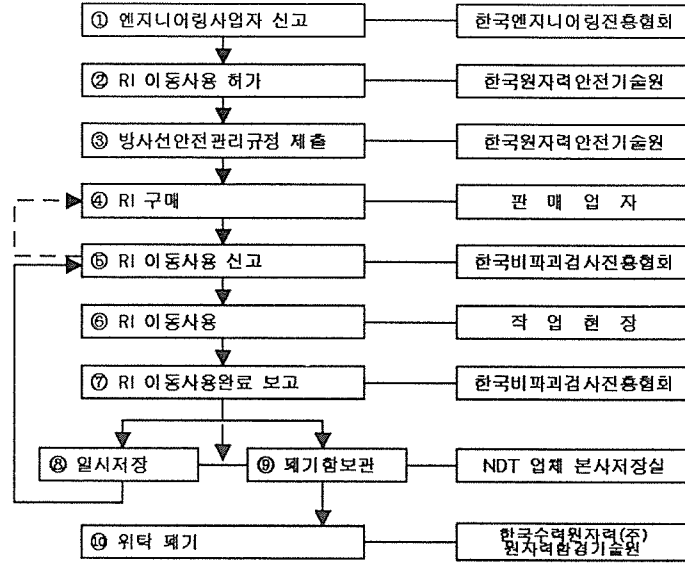
RT용 선원 사용 현황

| 방사선원 | 구입량 | 사용량 | 사용 조사기 | 저장실 | 이동사용 장소 | 종사자 | 면허자 |
|------------|-------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| Ir-192 | 50Ci 년 1,200여개 | 10~ 50Ci 평균 25Ci | 800 ~ 900 대 | 200 ~ 250 개소 | 350 ~ 420 개소 | 2,000 ~ 2,500 명 | 300 ~ 400 명 |
| Co-60 | 100Ci | | 25~ 30대 | | | | |
| X선 발생장치 | 60~ 420 kvp | | 300 여대 | | | | |

일시적 사용장소 변경신고 접수 현황(2002년도 1년간)

| 구 분 | 신고접수 | 완료보고 | 변경의변경 | 진행중인 작업 | 비 고 (2001년4분기전황) |
|-----------------|-------|------|-------|---------|---------------------|
| 6월 이상 | 93 | 86 | 324 | 375 | 388 |
| 3월 이상 | 27 | 26 | 8 | 17 | 16 |
| 1월 이상 | 15 | 20 | - | 2 | 7 |
| 1월 미만 (SPOT) | (496) | 496 | - | - | - |
| 합 계 | 135 | 628 | 332 | 394 | 391 |

RI등 이동사용 절차



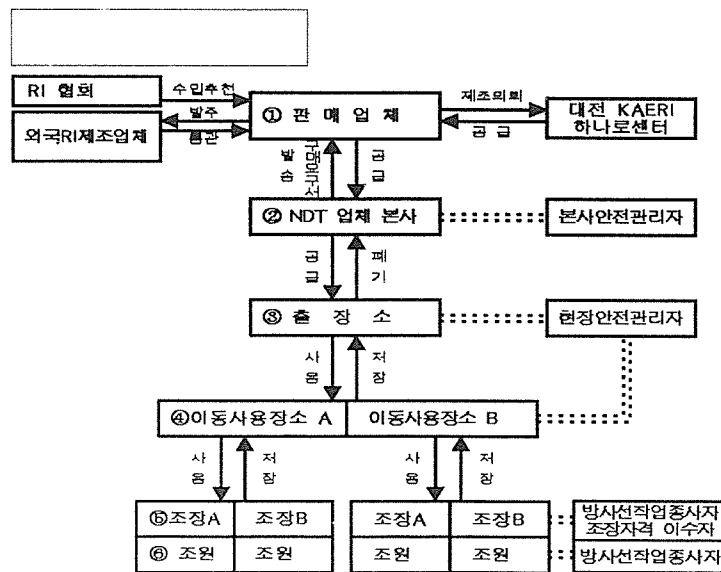
이동사용 현황 비교

| 구분 | 연도 | 본사 | 서울 경기 | 대전 충청 | 영남 | 호남 | 강원 기타 | 총계 | 비고 |
|-----------------|-----------|-----|-------|-------|-----|----|-------|-----|--------|
| 이동사용 신고양소 수 | 1999년 2월 | | 96 | 46 | 181 | 41 | 2 | 344 | |
| | 2002년 10월 | | 113 | 61 | 167 | 44 | 7 | 402 | 17%증가 |
| 저장시설개소 | 1999년 2월 | 33 | 67 | 34 | 104 | 23 | 2 | 263 | |
| | 2002년 10월 | 37 | 67 | 33 | 109 | 27 | 6 | 278 | 9.9%증가 |
| 조사기 대수 (사용선원수) | 1999년 2월 | | 273 | 76 | 278 | 66 | 4 | 696 | |
| | 2002년 10월 | | 281 | 76 | 385 | 66 | 6 | 816 | 17%증가 |
| RI면허자수 (일반, 감축) | 1999년 2월 | 88 | 74 | 33 | 116 | 32 | 4 | 347 | |
| | 2002년 10월 | 206 | 76 | 42 | 116 | 24 | 2 | 465 | 34%증가 |

저장시설 기준 (1998. 2)

| <저장시설 기준> 모든 장치를 위한 아래 표 사항은 최소한의 저장시설 기준으로 저장시설 무취 환경 여건에 따라서는 더욱 강화하여야 하며, 그 사항은 아래 기준 이상으로 모든 관리선 조사기회 저장시설을 보강하여야 함. | |
|---|--|
| 구분 | 저장 시설 기준 |
| 초반 접 | - 구조 및 재료 : 2mm두께 이상의 철판으로 이송부품 용접한 측면제강. - 초반접은 자방에 견고히 고정 - 락킹 장치 : → 락킹이나 락킹 공구로 파손되기 어려운 구조로 할 것. → 락킹핀과 고리는 용접하고, 락킹고리와 자물쇠고리 직경은 3mm이상일 것. |
| 저장 접 | - 재료 : 철판이나 콘크리트 또는 벽돌 같은 견고한 불연성 재료 - 저장접 두께 : 3mm두께 이상의 철판 - 락킹 장치 : → 락킹핀과 락킹고리는 용접하고, 고리 직경은 5mm이상일 것. → 자물쇠의 고리 직경은 5mm이상일 것. → 잠긴 상태에서는 가능한 락킹이 용이하지 않은 구조로 되어야함. |
| 저장 실 | - 저장실 벽(바닥, 천장 포함)과 출입문은 내화재료로 견고할 것 - 출입문 입구에는 원자력법에 의한 저장실 표시와 "본 시설은 파손가능하는 원자력법에 따라 저방출실"이라는 경고문 부착 - 출입문에는 자동 경보장치(경보음과 경광등 작동)를 설치 - 장문은 폐쇄되거나 방범장 설치 |
| 폐쇄 관리 | - 보관자 : 안전관리책임자나 출장소장(또는 현장책임자)책임 하에 보관 - 보관 장소 : 안전한 밀폐 장소 - 폐쇄시 : 자물쇠 교체 사용 |

NDT선원 운송 경로



Ir-192 분실 도난 사고 현황

| 도난분실 년월일 | 분실/ 도난 시간 | Ir-192 수량 | 조사기 분실?도난 내용 | 피수여부 |
|-------------|---------------|------------------------|-------------------------------|------------|
| 82. 12. 10 | 06:00 ~ 06:30 | 13Ci×1개 | 사무실 앞에 둔 조사기 분실(서울) | 미피수 |
| 85. 01. 30 | 19:00 ~ 19:30 | 10.9Ci×1개 | 작업장 경문 앞에 둔 조사기 분실(부산) | 미피수 |
| 85. 11. 29 | 20:00 경 | 7.8Ci×1개 | 오로바이로 운반중 분실(인천) | 미피수 |
| 87. 09. 26 | 05:00 ~ 05:30 | 6.2Ci×1개 | 현장 사무실에 둔 조사기 분실(서울) | 피수(10.23) |
| 90. 11. 12 | 23:00 ~ 24:00 | 9.2Ci×1개 | 오로바이로 운반중 분실(인천) | 피수(11.19) |
| 92. 06. 14 | 03:30 ~ 09:00 | 37.1Ci×1개 36.7Ci×1개 | 야간 주차 중인 차량의 운반함 내 조사기 도난(울산) | 피수(6.16) |
| 95. 07. 27 | 23:48경 | 47.0Ci×1개 | 조사기 탑재한 차량을 도난(부산) | 피수(7.28) |
| 97. 10. 03 | 20:30 ~ 02:00 | 41.5Ci×1개 | 장시간 주차한 차량 내 조사기 도난(경기 부천) | 피수(10.9.) |
| 98. 09. 29 | 13:00 ~ 13:30 | 50Ci×1개 | 차량 운반중 조사기 이탈로 분실(경남 김해) | 피수(9.29.) |
| 98. 11. 13 | 04:00 ~ 06:00 | 20Ci×1개 | 조사기를 차량에 실지 않고 방치하여 분실(부산) | 피수(11.13.) |
| 00. 02. 24 | 18:20경 | 34Ci×1개 | 차량 운반중 문이 열리어 조사기 분실(울산) | 피수(2.26) |
| 11건 | | 12개 | | |

이용기관별 종사자 평균방사선 피폭량 (단위 mSv)

| 구분 기관 | 1996 | | 1997 | | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | |
|------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | 인원 | 피폭량 | 인원 | 피폭량 | 인원 | 피폭량 | 인원 | 피폭량 | 인원 | 피폭량 | 인원 | 피폭량 |
| 산업 | 5,295 | 0.63 | 5,466 | 0.78 | 4,53 | 0.82 | 4,900 | 0.87 | 4,775 | 0.84 | 4,783 | 0.93 |
| 의료 | 1,870 | 1.38 | 1,882 | 1.014 | 1,986 | 1.04 | 2,133 | 1.02 | 2,273 | 0.95 | 2,439 | 0.94 |
| 연구 | 2,083 | 0.36 | 2,107 | 0.34 | 1,938 | 0.34 | 1,907 | 0.35 | 2,154 | 0.29 | 2,047 | 0.35 |
| 교육 | 1,295 | 0.52 | 1,605 | 0.52 | 1,940 | 0.60 | 2,350 | 0.58 | 2,946 | 0.52 | 3,612 | 0.50 |
| 공공 | 679 | 0.58 | 790 | 0.55 | 700 | 0.79 | 160 | 0.75 | 202 | 0.74 | 211 | 0.80 |
| 판매 | 140 | 0.79 | 158 | 0.92 | 164 | 0.89 | 249 | 0.88 | 350 | 0.93 | 547 | 0.88 |
| (원자력) | | (1.84) | | (1.23) | (9,498) | (1.44) | (8,396) | (1.51) | (8,048) | (1.42) | (8,331) | (1.23) |
| 라디오 그래피 | 3,573 | 4.72 | 3,610 | 4.26 | 2,966 | 3.36 | 2,930 | 3.58 | 3225 | 3.53 | 3,218 | 3.22 |
| 계 | 14,883 | 1.28 | 15,617 | 1.19 | 14,231 | 1.35 | 14,629 | 1.15 | 15,925 | 1.27 | 16,857 | 1.20 |

연도별 RT중사자 평균 피폭선량 추이

| 연도 구분 | 93년 | 94년 | 95년 | 96년 | 97년 | 98년 | 99년 | 00년 | 01년 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 인원 (명) | 1,995 | 2,092 | 2,966 | 3,573 | 3,610 | 2,967 | 2,930 | 3,225 | 3,218 |
| 평균 선량 (mSv) | 3.72 | 4.35 | 4.65 | 4.72 | 4.26 | 3.36 | 3.58 | 3.53 | 3.22 |
| 집단 선량 (Sv) | 7.4 | 9.1 | 13.8 | 16.9 | 15.4 | 10.0 | 10.5 | 11.4 | 10.4 |

연도별 RT중사자 피폭선량 분포 추이

| 구분 (mSv) | 0.1~ 0.25 | 0.25~1 | 1~5 | 5~10 | 10~20 | 20~50 | >50 | 중사자 수(명) | 평균 선량 (mSv) |
|-------------|--------------|--------|-------|------|-------|-------|-----|-------------|-------------------|
| 97년 | 221 | 470 | 1,989 | 517 | 317 | 95 | 1 | 3,610 | 4.26 |
| 98년 | 847 | 1,728 | 360 | 195 | 37 | 37 | 0 | 2,967 | 3.36 |
| 99년 | 573 | | 1,743 | 415 | 192 | 55 | 0 | 2,930 | 3.58 |
| 00년 | 769 | | 1,794 | 415 | 192 | 55 | 0 | 3,225 | 3.53 |
| 01년 | 783 | | 1,849 | 366 | 175 | 43 | 2 | 3,218 | 3.22 |

Average Annual Exposure Data of Industrial RT(USA)

| Program code | 92년 | 93년 | 94년 | 95년 | 96년 | 97년 | 98년 | 99년 | 00년 | 01년 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| #of Licences Reporting | 246 | 176 | 139 | 149 | 148 | 148 | 142 | 132 | 129 | 123 |
| # of Monitored Individuals | 6,703 | 4,721 | 2,886 | 3,761 | 3,766 | 3,570 | 4,962 | 3,837 | 3,368 | 3,778 |
| # of workers with Measurable TEDE | 4,286 | 3,007 | 2,007 | 2,661 | 2,639 | 2,674 | 3,446 | 2,827 | 2,542 | 3,161 |
| Collective TEDE(person~Sv) | 18.64 | 15.96 | 14.16 | 14.43 | 14.49 | 13.66 | 18.63 | 15.61 | 15.28 | 21.11 |
| Average TEDE(mSv) | 2.8 | 3.4 | 4.9 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.6 | 4.0 | 4.5 | 5.6 |
| Average Measurable TEDE per Worker(mSv) | 4.4 | 5.3 | 7.1 | 6.4 | 5.5 | 5.3 | 6.4 | 5.6 | 6.0 | 5.7 |

Distribution of Annual Collective TEDE of Radiography (USA, 2001)

| | # of Individuals with TEDE in the ranges(mSv) | | | | | | | | | Total number monitored | # with Meas. Dose | Total collective Dose (TEDE) (persons-Sv) |
|-------------------------|---|----------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|------------------------|-------------------|---|
| | No Meas | Meas< 10 | 10~ 25 | 25~ 50 | 75~ 100 | 100~2 00 | 200~3 00 | 300~4 00 | 400~5 00 | | | |
| Single Location(19) | 177 | 68 | 2 | 6 | 1 | 1 | | | | 266 | 79 | 69.13 |
| Multiple location (104) | 440 | 858 | 606 | 450 | 238 | 472 | 148 | 71 | 40 | 3,622 | 3,082 | 21,050.33 |
| Total (123) | 617 | 926 | 608 | 456 | 239 | 473 | 148 | 71 | 40 | 3,778 | 3,161 | 21,109.46 |

각국의 공업용 방사선투과 작업자의 피폭선량 I(1997,JSNDI)

| 국가 기간 | 모니터링피 폭선량 (전당) (mSv) | 피폭선량평가기 농지수 (전당) (mSv) | 집단선량 (man Sv) | 평균선량 | | 분포비 | |
|--|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | | | 모니터링 작업자 수당 (mSv) | 피폭선량평가기 농지 (mSv) | NR | SR |
| 아르헨티나 1985-1989 | 0.046 | 0.01 | 0.027 | 0.59 | 2.7 | 0 | 0 |
| 오스트레일리아 1985-1989 | 0.40 | 0.26 | 0.40 | 1.01 | 1.52 | 0.007 | 0.11 |
| 브라질 1985-1989 | | | | 3.3 | 14.5 | | |
| 캐나다 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 1.07 1.46 1.43 | 0.71 0.76 0.84 | 4.33 4.88 6.47 | 4.06 3.36 4.61 | 6.08 6.41 7.76 | 0.077 0.056 0.093 | 0.61 0.50 0.67 |
| 대만 1985-1989 | 1.01 | | 1.53 | 1.52 | | | |
| 체코슬로바키아 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 0.54 1.03 1.32 | | 1.24 2.19 2.16 | 2.31 2.12 | | 0.027 0.016 0.011 | 0.31 0.16 0.14 |
| 덴마크 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 0.24 0.33 0.41 | | 0.23 0.43 0.48 | 0.98 1.33 1.09 | | 0.003 0.009 0.004 | 0.080 0.12 0.076 |
| 핀란드 1980-1984 1985-1989 | | 0.03 0.06 | 0.06 0.11 | | 1.16 1.65 | | 0 0 |

각국의 공업용 방사선투과 작업자의 피폭선량 II (1997,JSNDI)

| 국가 기간 | 모니터링피 폭선량 (전당) (mSv) | 피폭선량평가기 농지수 (전당) (mSv) | 집단선량 (man Sv) | 평균선량 | | 분포비 | |
|--|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| | | | | 모니터링 작업자 수당 (mSv) | 피폭선량평가기 농지 (mSv) | NR | BR |
| 프랑스 1975-1979 1985-1989 | 1.28 1.6 | 0.09 | 1.47 0.28 | 1.16 0.18 | 3.11 | 0.002 | 0.027 |
| 중국 1980-1984 1985-1989 | 2.09 2.16 | 0.43 0.32 | 0.83 0.39 | 0.40 0.18 | 1.95 1.23 | 0.002 0.002 | 0.17 0.22 |
| 서독 1985-1989 | 4.67 | 1.61 | 7.10 | 1.62 | 4.41 | 0.023 | 0.33 |
| 헝가리 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 1.13 1.24 1.16 | 0.41 0.39 0.37 | 2.54 1.47 1.15 | 2.25 1.19 0.99 | 6.13 3.79 3.14 | 0.029 0.012 0.005 | 0.40 0.22 0.13 |
| 인도 1982-1984 1985-1989 | 2.93 4.23 | 1.39 2.16 | 9.0 13.2 | 3.07 3.12 | 10.8 14.9 | 0.033 0.069 | 0.66 0.64 |
| 인도네시아 1980-1984 1985-1989 | 0.14 0.43 | 0.02 0.03 | 0.22 0.40 | 1.53 0.95 | 10.8 14.9 | 0.033 0.069 | 0.46 0.10 |
| 아일랜드 1980-1984 1985-1989 | 0.07 0.05 | 0.04 0.03 | 0.05 0.06 | 0.75 1.41 | 1.39 2.67 | 0 0.010 | 0 0.16 |

각국의 공업용 방사선투과 작업자의 피폭선량 III (1997, JSNDI)

| 국가 기간 | 모니터링피폭 선량 (전량) | 피폭선량평가기 농지수 (전량) | 집단실효선량 (man Sv) | 평균실효선량 | | 분포비 | |
|--|----------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------|
| | | | | 모니터링 작업자 수량 (mSv) | 피폭선량평가기 농지 (mSv) | NR | SR |
| 일본 1980-1984 1985-1989 | 3.31 | 1.58 | 5.67 | 5.67 | 3.59 | 0.015 | |
| | 2.83 | 1.08 | 3.35 | 1.19 | 3.09 | 0.006 | |
| 멕시코 1985-1989 | 0.82 | 0.49 | 6.10 | 6.23 | 10.5 | 0.102 | 0.67 |
| 폴란드 1980-1984 1985-1989 | 0.97 | | 0.34 | 0.35 | | 0.002 | 0.13 |
| | 1.02 | | 0.48 | 0.47 | | 0.004 | 0.20 |
| 뉴질랜드 1980-1984 | 0.16 | | 0.35 | 2.33 | | | |
| 노르웨이 1980-1984 1985-1989 | 0.80 | 0.44 | 0.79 | 0.99 | 1.81 | 0.001 | 0.038 |
| | 0.82 | 0.40 | 0.62 | 0.76 | 1.66 | 0.003 | 0.10 |
| 남아프리카 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 0.57 | 0.31 | 0.11 | 0.19 | 0.35 | 0 | 0 |
| | 0.75 | 0.45 | 2.38 | 3.18 | 5.30 | 0.062 | 0.64 |
| | 0.72 | 0.32 | 0.28 | 2.33 | 5.29 | 0.033 | 0.35 |
| 스페인 1985-1989 | 0.82 | 0.66 | 1.28 | 1.50 | 1.87 | 0.018 | 0.32 |

각국의 공업용 방사선투과 작업자의 피폭선량 IV (1997, JSNDI)

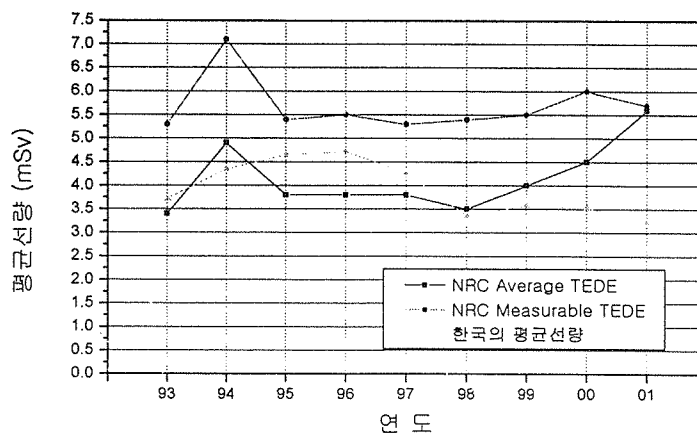
| 국가 기간 | 모니터링피폭 선량 (전량) | 피폭선량평가기 농지수 (전량) | 집단실효선량 (man Sv) | 평균실효선량 | | 분포비 | |
|--|----------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------|
| | | | | 모니터링 작업자 수량 (mSv) | 피폭선량평가기 농지 (mSv) | NR | SR |
| 스웨덴 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 0.77 | 0.19 | 0.49 | 0.83 | 2.56 | 0.005 | 0.16 |
| | 0.66 | 0.17 | 0.36 | 0.67 | 2.27 | 0.002 | 0.069 |
| | 0.64 | 0.25 | 0.28 | 0.49 | 1.12 | 0.002 | 0.15 |
| 소련 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 2.27 | | 99.0 | 19.20 | | | |
| | 2.53 | | 20.2 | 7.98 | | | |
| | 2.63 | | 17.2 | 6.65 | | | |
| 영국 1980-1984 1985-1989 | 1.82 | 4.08 | 3.80 | 1.98 | 1.39 | 0.023 | 0.43 |
| | 4.82 | | 6.67 | 1.18 | | 0.009 | |
| 미국 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 17 | 12 | 50 | 2.94 | 3.25 | | |
| | 27 | | 80 | 2.96 | | | |
| | 23 | | 39 | 1.70 | | | |
| 합 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 24.0 | | 89.5 | 3.74 | | 0.037 | 0.39 |
| | 42.1 | | 12.5 | 2.98 | | 0.028 | 0.42 |
| | 49.9 | | 98.7 | 1.98 | | 0.026 | 0.44 |
| 世界中 1975-1979 1980-1984 1985-1989 | 72 | | 190 | 2.61 | | | |
| | 116 | | 230 | 1.98 | | | |
| | 108 | | 160 | 1.44 | | | |

Industrial RT Exposure in Excess of Regulatory Limits (1994~2001, USA)

| Type & year | Sum of Doses(Sv) (# of persons) | | | | | | | Total |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|------|----------------------|---------------|--------------|------------------------|
| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 2000 | 2001 | |
| TEDE (5~25Sv) | 0.122 (2) | 0.051 (1) | 0.083 (1) | | 0.348 (4) | 113.73 (2) | 56.06 (1) | 170.4 (11) |
| Skin/ Exremity (50 ~ 250Sv) | | | | | 0.5 ~ 2 (1) | | 0.8 (1) | 1.3 ~ 2.8 (2) |

NRC와의 평균선량비교

NRC Average TEDE / NRC avg. Measurable TEDE



NDT피폭선량 평가의 문제점

- 피폭선량의 통계 처리
 - 0.1 mSv이하의 선량 분석
 - 작업량과 작업특성에 따른 평가
 - NRC기준에 부합시키어 선진국과 비교
 - 판독 특이자의 상세 분석 및 추정선량 평가 (판독업체)
- 선량계의 올바른 작용
 - 0.1 mSv 이하의 선량자에 대한 작업 파악 및 작업 분배
 - 선량한도 우려로 필름배지의 상시 작용의 현실성
 - 보조 선량계의 작용
 - 선량계의 보관 관리

방사선피폭 요인

- 수동으로 원격 조작
- 차폐설비 없는 작업 현장
- 피할 수 없는 작업 공간
- 미 숙련된 종사자
- 종사자의 기술 즉각 미흡
- 작업자의 피로감
- 야간 및 휴일 작업
- 선원 이탈사고

수동으로 원격 조작

- 감마선원 노출 회수 시 피폭 수반
 - 1회 촬영 시 조작 시간 : 6초
 - Source guide tube : 2, 3, 4, 6m
 - Remote controller : 7.6m
 - 선원 조작기 사이 거리 : 9.6-13.6m
 - 작업 여건 : 5-13m
- 자동원격 조작기의 사용 대치
 - 리모콘에 의한 자동원격조작기의 사용
 - 자동 경보 및 측정장치

차폐설비 및 작업공간 미흡

- 건설 프랜트 작업 현장 대부분 차폐설비 없음
 - 중공업, 제조업체 등의 검사체 운반 할 수 있는 것은 차폐 설비 설치된 장소에서 검사
- 작업공간 협소로 피할 수 없음
 - 발전소, 프랜트 설비
 - 폴리미터의 사용 및 개인용 차폐설비 고안

중사자의 기술 축적 미흡

- 작업환경과 저우 미흡으로 이직률 높음
 - 00년 1066명 조사 결과
 - 3개월미만 13.3% 1년미만 32% 2년미만 44%
 - 자격자가 많고 학력이 높은 편임 : 전문대 이상 50%
 - 투과사진의 실패(Error)과 규격 이하의 상질
- 고도의 전문기술이 필요
 - 방사선이론, 기기, 촬영기술, 안전관리, 사진학, 용접, 금속재료, 판독
 - 전문교육기관 없음
 - 많은 자격과 면허 필요

중사자 저우와 근로환경 열악

- 야간과 휴일 근무가 많음
 - 작업공정과 차폐설비가 없음
 - 방사선의 위해성으로 일반인 없을때 작업
- 중사자 저우 열악
 - 경영이 열악하여 급료와 복지조건 열악
 - 중사자의 직업 긍지심 미흡
 - 피로감과 작업의 신속성 요구로 안전에 소홀

선원 이탈 사고

- 사용전 장비 점검 미흡으로 선원 이탈
 - 연결부 No-GO Gage 체크
 - 선원안내튜브, 조작기, 조사기 점검
- 피폭사고의 대부분은 선원 이탈
 - 수습절차와 제도적 대책 마련
 - 현장 중심의 교육 훈련 시스템 구축 및 실행

사고 수습 체계

| 단계 및 책임 | 조치항목 및 절차 | 비 고 |
|------------------------------|--|--|
| I. 작업투사자 (작업조장 포함) | ① 상황평가 (작업조장) ② 사고보고 → 중앙소장 (안전관리자 포함) ③ 지시에 따라 긴급조치 및 대응조치 | - 확산방지를 위한 긴급조치 및 대응 - 교투 및 접근통제(필요시) |
| II. 지방중앙소장 (안전관리자 포함) | ① 조치사항 확인 및 추가조치(보고 접수후) ② 현장 출동, 분사보고 및 필요조치(KINS 포함) ③ 현장 도라, 현장수습책임자 역할수행 | - 사고보고서 - 관계기관과의 연락망 유지 - 조치 및 보고 병행 |
| III. 비상대책반 (대표, 안전관리자) | ① 현장피견과 동시에 KINS에 보고 및 필요요청 ② NDT결과와 연계, 지역대응반 협조 요청 ③ 경찰(교통, 파출소) 및 지자체(방사무소) 협조 ④ KINS 기무대책반 도착전 현장책임자 역할 | - 투입차와 및 조치사항 확인 - 관?민 협조 (법위) - KINS 도착후 투입 보고 및 추가조치 |
| IV. 방사선기무대책반 (KINS, MOST) | ① 현장확인 및 안전조치 확인, 조정 ② 조치사항 확인 및 추가조치 (필요) ③ 사고수습 및 관계기관과 협조 및 대응 ④ 과기부와 연계한 투입 처리 및 통제 | KINS 협조에 따라 필요 조치 강구 (연관 등 전국의 후보) |

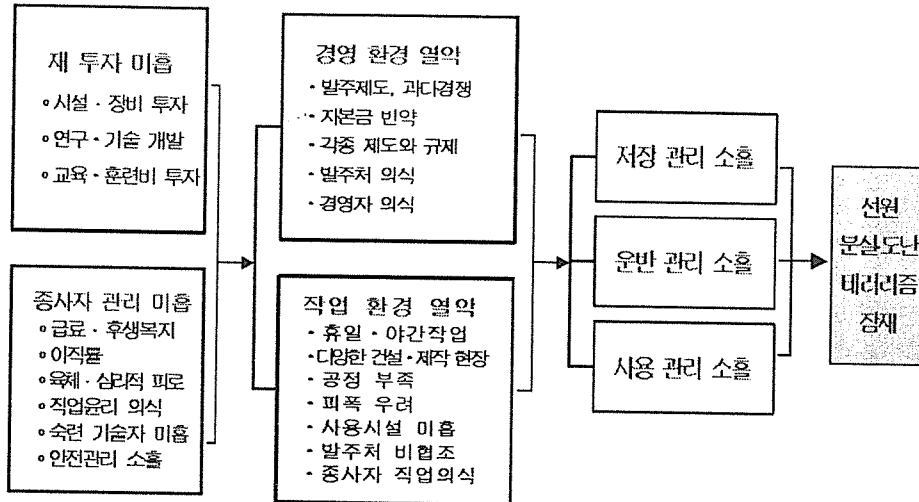
사고 유형별 점검 조치 사항

| 사고 유형 | 점검 및 조치 | 비고 |
|---|---|--|
| I. 운반 중 사고 ○ 전복 ○ 충돌 ○ 추돌 기타 | ① 운반함 및 운반용기의 상태와 선방출 확인(속안 및 서베이어타로 이용) ② 운반함 및 운반용기 파손시 - 남반 자력조지주 방사선구역 설정 - 직립자의 유효선량한도500mSv ③ 조사기의 파손유무 확인: 파손시:자력주 다른 조사기에 이동 | 필요시:고체 자력고체 방사선구역 KINS확인(필요 시) |
| II. 조사기의 도난 분실 ○ 저장시설 ○ 운반 중 ○ 작업 중 | ① 주변확인 및 수색, 주변주민에 통보 및 피수노역 - 분사 지시에 따라 인명피해 및 중보매체 활용: 위험성 경고, 신고요청등) - 지역반장의 협조를 받아 활동 및 수색(가동안국) ② 도난 / 분실 조사기의 피수주 조치 - 속안 및 서베이어타로 조사기 상태 확인(조사기 및 선선번호 등 확인) - 운반함에 담이 "운반금지서" 에 따라 이동 ③ 선선이 내장된 조사기 파손시(선방출 측정 결과) - 자력조지주 방사선관리구역 설정 - 다른 빈 조사기에 선선 교체 장입 | 사고보고 통보보고 (공공 안전 등) 안전관리자 |
| III. 운반용기의 도난 분실 | ① ② 위치 동일 : 운반용기 상태, 일련번호 및 pig-tail번호 확인 | 주민통보용 메시지 |
| IV. 운반자방의 도난 분실 ○ 운반용기:조사기 | ① 주변확인 및 수색, 주민에 통보(경찰 / 지자체) * 위치 조사기, 운반용기 등 조치와 같음 ② 조사기확인, 운반용기 확인, 자력확인 등 피수주 조치 : 위치 같은 조치 | 자력도난 신고 취급통 적재 등 주민통보 메시지 |
| V. 과 피터 분해 오염 | 관련장비 등에 대한 조치 및 필요요청(I ~ IV참조) 분사자 등 인원의 장애편이 : 제4장 참조 | 안전관리자 |

NDT선원 도난 테러리즘 구분과 대책

| 구분 | 집재력 도난/테러리즘 장소 및 내용 | 대 령 |
|-----|--|--|
| 운 반 | • 인연중앙 대면아니로 → (반미업체) NDT업체 분사 : 운반자방?운반함?운반용기?조사기 | • 자방의 상시 감시 및 고대 휴식 • 운반금지서 준수(검교, 교육, 운반함, 시연장지,구비 서류 및 장비) |
| | • NDT분사 → 집장소 ↔ 이류사용 장소 : 운반자방 운반함 조사기 | • 상 투 |
| | • 집장소(이류사용 장소) → NDT분사 : 선선 폐기위한 운반자방 운반함 조사기 | • 상 투 |
| 저 장 | • 분사 집장소 사용장소의 저장실(함) : 조사기 선선 pigtail | • 이류 출입문, 저장실 저장함 시연장지 감파, 유?무인 경비 시스템 구축, |
| | • 분사 저장실내 폐기함 : 폐기선선 pigtail | • 상 투 |
| 사 용 | • 현장내 작업 중 : 손으로 이류 중 일시 휴식 등 : 조사기 | • 조사기 상시 감시 및 고대 휴식 • 일련번호 출입관리 철저 • 일시 정지시 저장함에 보관 |

NDT선원 분실 도난 테러리즘 잠재성 요인



NDT선원 분실 · 도난 · 테러리즘 대책

- 선원의 분실 도난 테러리즘 리스크 잠재 요인 억제 및 제거
- 정부자원의 NDT선원 도난 테러리즘 대책 시스템 구축
- 중사자는 선원으로부터 이탈하지 말 것
- 각종 절차서 준수의 생활화

피폭 저감화 대책

- 경영 환경 개선
 - 경영합리화, 재무구조, 수주제도, 전략적 제휴
- 작업 환경 개선
 - 발주처 의식, 작업공정, 자폐설비, 야간작업 사양
- 안전 교육 및 종사자 관리 강화
 - 현장중심의 교육 훈련, 저우개선, 효율적인 인력관리
- 감마선조사장비 및 측정기기 개선
 - 자동화, 측정기, 피폭선량 분석 평가 대책, 연구개발

결 론

- NDT선원 분실 도난 테러리즘 대책 시스템 구축
- 피폭선량의 상세한 분석 평가 및 대책 강구
- 경영환경과 작업 환경 개선
- 장비 개선과 연구 개발
- 교육 훈련의 강화
- 종사자 관리