

방사선위협에 따른 비상대응 고도화 전략

Strategy for enhancing emergency response in relation to radiological threat

Hongsuk KIM



한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

위협 범주

구분	D-value	사용후 핵연료	원자로 열출력	잠재 책임계 사고	외부 공간방사선량률
I 소외 심각한 결정적영향 우려 시설	$> 10,000 \times D_2$ * 분산성 방사 성물질 10% 대 기방출	수개월 전에 인 출된 $0.1 \times 10^{18} \text{Bq}$ ^{137}Cs 함유 저 장조 (열출력 3000 MW 원자 로심 재고 상당) * Zircaloy 화재 ($\text{Zr} + \text{H}_2\text{O}$ 발열 반응)	$> 100 \text{ MW}$ (발전용, 연구용 및 핵동력선박) * 노심용융과 격납용기 조기 파손 → 12시간 피폭 2 Gy @풍 하 250m, 평균 기상조건		
II 소외 긴급방호 조치 필요 시설	$> 100 \times D_2$ * US NRC 10CFR30.72 EPR 요구 핵종 (수량)의 일부 (Kr-85 등)	능동형 냉각 설 비가 요구되는 사용후핵연료 저장조 * 1000°C 초과 → 핵연료 피복 재 손상	$< 100 \text{ MW}$ $> 2 \text{ MW}$	비제어된 책임 계 사고 위험 지점에서부터 시설 부지 경계 까지의 거리가 0.5 km 이내	

❖ D-value

$A(\text{방사능})/D_1(\text{비분산성 물질의 외부피폭에 의한 } 1\text{Gy 이상의 심각한 결정적 영향 발현 수량}) > 1$

$A(\text{방사능})/D_2(\text{분산성 물질의 내부피폭에 의한 } 1\text{Gy 이상의 심각한 결정적 영향 발현 수량}) >$

위협 범주

구분	D-value	사용후 핵연료	원자로 열출력	잠재 핵임계 사고	외부 공간방사선량률
III 소내 긴급방호 조치 필요 시설	$> 0.01 \times D_2$ * US NRC 10CFR30.72 EPR 요구 핵종 (수량)의 대부분		< 2 MW	비제어된 핵임계 사고 위험 지점에서부터 시설 부지 경계 까지의 거리가 0.5 km 이상 * 소외에서 긴급방호조치가 요구되는 선량 (10 mSv)을 초과하는 선량 [§] 미초래	차폐되지 않은 1m 거리에서 100 mGy/hr * 국내 : 밀봉선원 등급 1, 2, 3 일부 •Food irradiator •Blood/tissue irradiator •Gamma knife •Teletherapy

§ 1×10^{18} 핵분열의 핵임계가 차폐가 없는 0.3 km에서 1 mSv/hr의 shine 선량(중성자+감마)

- ✓ 임계사고 핵분열율(NUREG/CR-6410) :
- ✓ 380L 미만 용액 : 3×10^{18} , 380L 초과 용액 : 3×10^{19} , 고체 금속 : 1×10^{18} , 분말 : 1×10^{17}

위협 범주

구분	D-value	사용후 핵연료	원자로 열출력	잠재 핵임계 사고	외부 공간방사선량률
IV 긴급방호조치 필요 임의 장소 (고철대량취급 소, 공항만)	<p>위험 방사선원 (원자로나 사용 후 핵연료 제외) 운송 또는 이동 사용</p> <p>* 운송 또는 이 동사용에 사용 되는 선원은 밀 봉선원(비분산 성)에 해당되므 로 D₁이 결정적 인자</p>				<p>차폐되지 않은 1m 거리에서 10 mGy/hr -국내 : 밀봉선원 등급 3의 대부분</p>
V 식품제한계획 거리 내 농장 및 식품 생산자 [§]					

§ 방사능과 무관하지만 다른 원자력시설 사고로 통제관리가 필요한 활동 : 농수산업, 일용품 제조업

비상 구역

구분	PAZ	UPZ	식품제한 계획구역	안전 및 통제 구역
<p>I 소외 심각한 결정적영향 우려 시설</p> <p>열출력 1000 MW 이상 원자로 열출력 100~1000 MW 원자로 A/D₂≥10⁵인 방사성물질 사용시설 A/D₂≥10⁴~10⁵인 방사성물질 사용시설</p>	<p>3~5km 0.5~3km 3~5km 0.5~3km</p>	<p>30km 5~30km 30km 5~30km</p>	<p>300km 50~300 km 300 km 50~300 km</p>	-
<p>II 소외 긴급방호조치 필요 시설</p> <p>열출력 10~100 MW 원자로 열출력 2~10 MW 원자로 A/D₂≥10³~10⁴인 방사성물질 사용시설 A/D₂≥10²~10³인 방사성물질 사용시설 시설 부지 경계 0.5 km 內 책임계</p>		<p>0.5~5km 0.5 km 0.5~5km 0.5 km 0.5~1km</p>	<p>5~50km 2~5 km 5~50km 2~5 km -</p>	-

비상 구역

구분	PAZ	UPZ	식품제한 계획구역	안전 및 통제 구역
<p>III 소내 긴급방호 조치 필요 시설</p> <p>IV 긴급방호조치 필요 임의 장소</p> <p>미차폐 또는 손상 우려 위험선원 대규모 오염 우려 위험선원 화재, 폭발 오염 우려 위험선원 의심되는 방사능오염 폭탄</p>				<p>100 $\mu\text{Sv/hr}$ β, γ : 1,000 Bq/cm^2 α : 100 Bq/cm^2</p> <p>오염지역+30m 오염지역+100m 300m 반경 400m 이상 반경</p>

대응 현황

예방

- 위험 I, II 지자체 원전 사고 주민보호조치
- 위험 III 방사성물질 안전 및 보안 관리 강화
 - 탐지, 지연, 대응, 보안관리
- 공항·항만 수입화물 방사선감시
- 전국 환경 방사선·능 감시

초동대응

인명구조
현장 통제 및 구역 관리
오염 확산 방지

후속대응

폐기물 안전조치
오염지역 복구
주민보호조치(식품 등)

- 모의 훈련 실시
- 경찰·소방 초동대응 교관 양성
- ABC WG, 화생방 대응 기술지원
- U-REST(전국 민간 전문가) 네트워크 운영

- 군 합동 훈련
- 교육 및 기술지원

고도화 방안



- 위험 I, II 원전 지자체 주민보호조치 실질적 역량 강화

- 위험 III 실질적 대응 주관부처(경찰)의 역할 강화
- 사업자 실질적 비상대응 역량 강화

- 기관 업무별 비상대응 장비의 특성화
- 지속 가능한 화생방 통합 대응 체계 강화
- 식품 기준의 합리적 및 탄력적 적용

- 협업 기반의 워킹그룹 활성화
예) 사후선량평가(KREDOS)
- Nuclear Forensics
- Risk Communicator
- 국제협력을 통한 국내기준의 객관화



비상피폭 기술기준의 합리화

- 탄력적 의사결정에 부합되는 식품 기준 마련 필요(대한방사선방어연구학회 참조)
 - 일본 식품 통제 기준의 혼선 사례
 - Cs-137 500 Bq/kg (2011.3) → Cs-137 100 Bq/kg (2012.4)
 - 회피 가능한 계획피폭상황
 - 실패한 CODEX (Cs-137 1,000 Bq/kg: 1 mSv, 10%오염) 기준
 - 선량제약치 : 0.1 mSv, 오염 분율 결정
 - 회피 어려운 기존피폭상황
 - 선량제약치 상향 불가피
 - 대체 식량 가용성 등 다차원적 고려 필요
 - 용인할 수 없는 수준의 식품 방사능 상한선 아래에서 상황의 특성(오염 범위 나 수준 등)을 고려하여 최선의 값을 OIL로 채택
 - 장반감기 핵종(Cs-137 등) : 4 mSv/첫 해
 - 단반감기 핵종(I-131) : 20 mSv/첫 해
- 비상시 참조 준위
 - Residual dose received/committed over 1 year unless otherwise specified (ICRP 109)

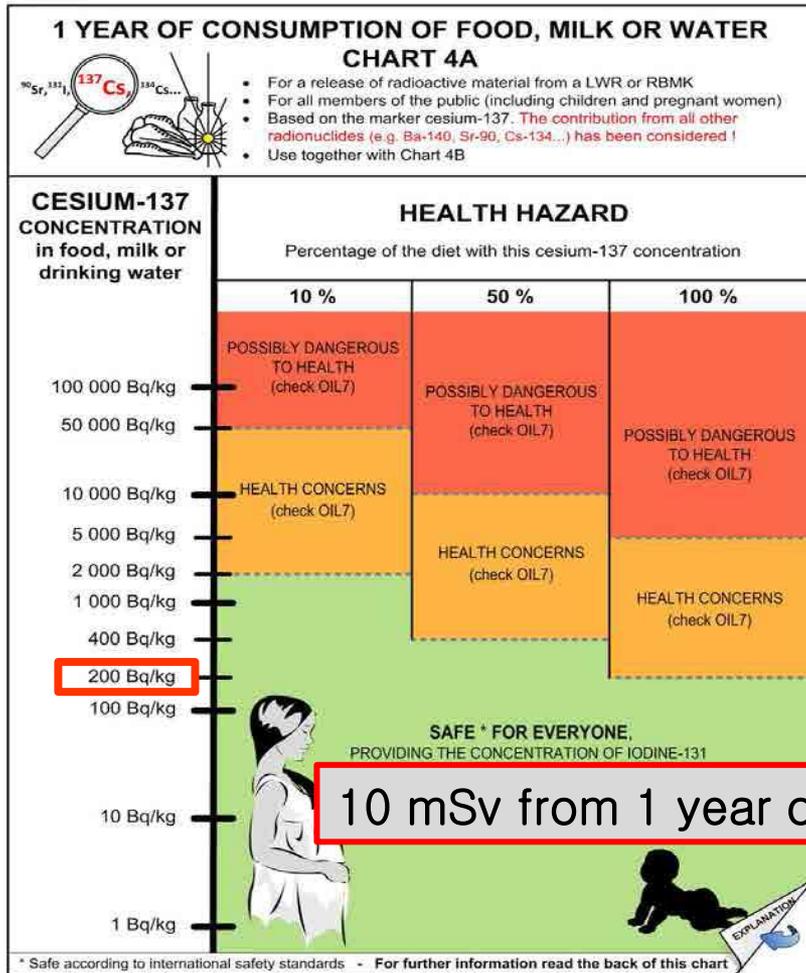
비상피폭 기술기준의 합리화

- 탄력적 의사결정에 부합되는 식품 기준 마련 필요
 - 과도한 식품방사능 감시를 방지하기 합리적인 스크리닝 절차 필요
 - 분석 시간의 합리적인 표준화
 - 감시 목표에 부합되는 합리적인 MDA 설정
- 평시 다양한 채널을 통한 홍보 프로그램 개발 필요

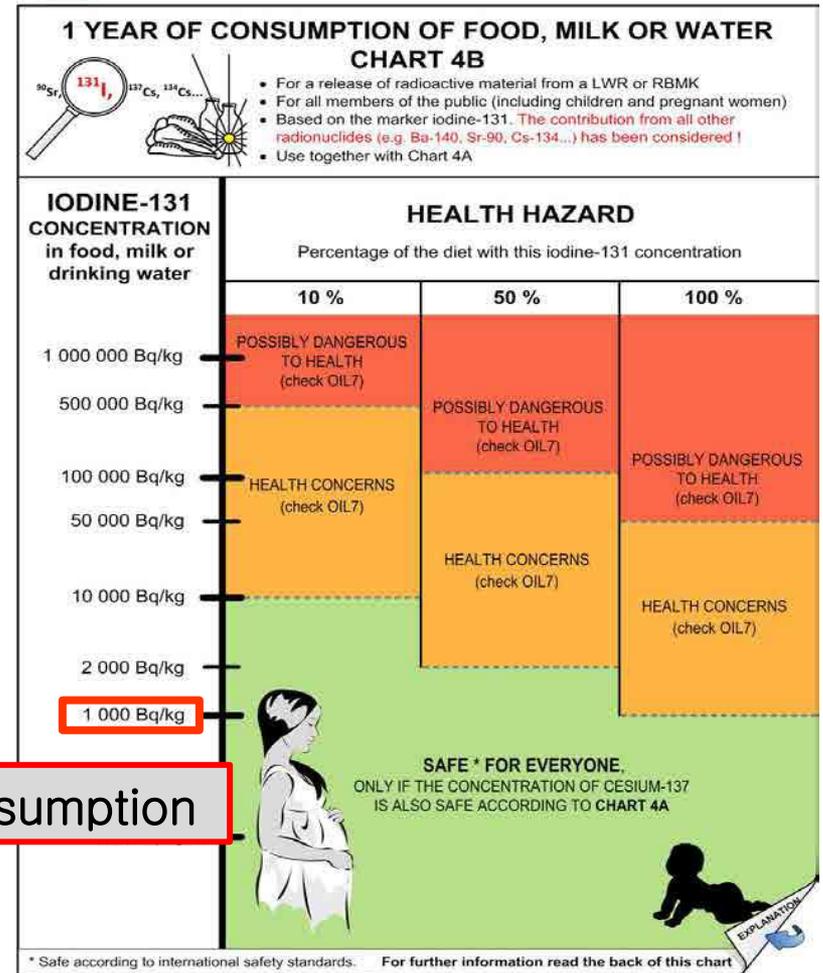


비상피폭 기술기준의 실용화

STOP ONLY USE AFTER COMPLETING THE CHECKLIST ON THE BACK.



STOP ONLY USE AFTER COMPLETING THE CHECKLIST ON THE BACK.



☞ 국내 실정에 부합되는 “방사능오염 식품 통제” 기준 채택 필요

IN A PERFECT WORLD...



www.danheathvalis.com

KINS



Thank you very much