



국제방사선보호위원회 간행물 96

방사선학적 공격 사태에서 시민 피폭의 방호

Protecting People against
Radiation Exposure in the Event of
a Radiological Attack



한양대학교
방사선안전신기술연구센터

ICRP Publication 96

방사선학적 공격사태에서 시민 피폭의 방호

Protecting People against Radiation Exposure in
the Event of a Radiological Attack

번역본 발간 ICRP 승인: 2007년 1월

ICRP 간행물의 우리말 번역본은
ICRP의 승인을 받아 발간하고 ICRP
정신에 따라 무료로 배포합니다.

국제방사선방호위원회

역사 서문

전쟁에서 화생방 공격에 대한 방호는 오래 전부터 고려해온 개념이며 여전히 유효하다. 전쟁과 테러는 관점에 따라 개념적으로 구분함에 모호함이 없지는 않으나, 전통적으로 테러의 범주에서는 화생방 공격을 소위 ‘생각할 수 없는 무기(unthinkable weapon)’로 간주해 왔고 따라서 이에 대한 대비도 소극적이었다. 그러나 테러가 점차 극렬해지면서 화생방 무기도 테러에 동원될 수 있다는 분위기로 바뀌었다. 1995년 동경 지하철 사린가스 살포사건이 그 전조였다면, 2001년 9/11 사태에 이은 탄저병원체 공격은 이를 입증한 사건이라 볼 수 있다.

우리 사회는 상대적으로 테러 위험이 낮은 쪽에 속한다. 그러나 21세기가 테러로 점철될 시대라는 예측이 있듯이 점차 그 위험이 증가할 것임은 부인하기 어려우며, 격렬한 테러가 감행된다면 화생방 무기가 사용될 가능성도 동반된다.

화생방 무기의 위력에 대한 일반대중의 인식이 옳든 그르든 지극히 치명적인 것으로 이해하고 있음은 사실이기 때문에, 만약 화생방 공격이 있다면 직접적인 인명 피해뿐만 아니라 그 충격 여파로 심각한 사회적 피해를 초래하기에 충분하다. 이것이 비록 그러한 사태가 발생할 확률이 낮음에도 불구하고 사태에 대한 대비가 어느 정도 필요한 이유가 된다.

화학무기나 생물학무기도 공포를 조장하는 위력에서 뒤지지 않지만, 방사선 무기는 노출 시점에서는 우리의 오감으로 감지되지 않는 특성 때문에 더욱 두려운 존재가 된다. 그렇지만 핵이나 방사선 위험은 일반인에게 다분히 과장되게 인식되는 것 같다. 공포가 클수록 사태가 발생하였을 때 방사선에 의한 직접적 피해보다 혼란과 심리불안으로 인한 간접 피해가 심각하게 증가하므로 사태 대응계획과 준비태세 유지에는 이점이 충분히 고려되어야 한다.

실제 방사선학적 공격사태가 발생할 가능성은 낮고 또 사태의 규모와 유형이 어떤 것일지는 사전에 예상하기조차 어려울 정도로 불확실하다. 나라와 사회마다 배경 또한 다르다. 따라서 상상할 수 있는 모든 시나리오에 적합한 대응전략을 제공하는 것이나 아주 구체적 지침을 제공하는 것은 불가능하다. 그럼에도 각국이 방사선학적 공격사태에 대응할 계획을 수립하고 준비하는 데 도움이 될 포괄적 지침이 필요하다. 국제방사선방호위원회(ICRP)의 이 간행물은

방사선학적 공격 사태의 본질에 대한 이해를 증진하고, 사태의 여파에서 직접적 피해를 수습하고 간접적 피해를 최소화하기 위한 간략한 지침을 제공할 목적으로 마련된 것이다. 스웨덴 정부는 대책 수립에 참고하도록 이 간행물 400부를 구매하여 국내 유관기관에 배포했다고 한다. 이 번역본을 발간하는 이유도 같은 맥락이다. 중요한 것은 이 간행물과 같은 일반 지침을 토대로 우리 실정에 적합한 대응계획과 준비태세를 갖추어 나가는 것이다.

간행물 내용에서 보듯이 고려하는 사태의 스펙트럼에는 흔히 ‘방사능폭탄 dirty bomb’으로 불리는 방사능분산장치 외에 원자력 사고를 유발하기 위한 의도적인 원자력시설 공격, 나아가 소위 ‘조잡핵장치(IND)’라 불리는 소형 원폭 공격까지 포함한다. 그러나 구체적 수단이 무엇이든 결과는 방사선 피폭과 방사능 오염을 다루는 문제로 귀착되므로 주로 방사능분산장치를 중심으로 내용을 전개하고 있다.

2006년 한글날에 북한은 핵실험을 성공적으로 수행했다고 공표했다. 전쟁 상황에서 화생방 공격은 테러와는 차원을 달리하지만 기본적인 대응 원리는 큰 차이가 없다. 1차 실험 성공여부나 2차 실험 수행여부와 관계없이 북한 핵무기는 아직은 잠재적 보유량이나 성능 측면에서 조잡핵장치 수준으로 볼 수 있다. 비록 이 간행물에서 IND 공격에 대한 논의는 충분하지 않지만 그 대응 기본방향은 제시하고 있다. IND 공격에 대한 보다 구체적인 지침과 정보는 미국 국토보안부를 비롯한 여러 자료원을 참조할 수 있을 것이다.

이 번역본의 초안은 한양대학교 대학원 원자력공학과에서 2006년 가을 역자가 강의한 과목 ‘현대보건의물리’ 수강생들의 노력으로 편집되었다. 이 지면을 통해 학생들의 노고에 감사한다. 번역본 배포와 웹 게재에 대해 2007년 1월 22일 ICRP의 승인을 받았으며 PDF파일을 <http://itrs.hanyang.ac.kr>의 자료실/센터간행물 페이지에 게시하였다. 끝으로 내용의 상당 부분을 차지하는 방사선상해자 진료와 관련하여 전공자가 아닌 역자의 번역에 오류가 있을 것으로 예상된다. 잘못을 발견한 독자는 위 홈페이지 “묻고 답하고”란에 올려 전자파일을 수정할 수 있도록 도와주기 바란다.

이 재 기

국제방사선방호위원회 위원

jakilee@hanyang.ac.kr

방사선학적 공격사태에서 시민 피폭의 방호

ICRP 간행물 96

2004년 10월 위원회에 의해 승인됨

요약-이 보고서는 방사선학적 공격 사태에서 시행할 방사선방호 대책에 관한 절실한 전문적 조언 요구에 대한 응답이다. 보고서는 '방사능 분산장치'에 의한 공격 가능성을 위주로 하며, 사태가 발발한 경우 국제방사선방호위원회(ICRP)의 기존 권고를 적용할 수 있음을 재확인한다.

방사선학적 공격 사태에서 예측되는 비상 시나리오의 많은 속성은 이전에 경험해본 방사선사고와 유사할 것이라고 예상되지만, 중요한 차이점 또한 존재할 것이다. 예를 들면, 방사선학적 공격은 방사선이 있을 것으로 예상하지 않은 아마도 도시환경의 공공장소를 목표로 할 것이며, 원자력시설의 방사선 비상에서 통상 가정하는 확산조건을 적용하지 못할 수도 있다.

방사선학적 공격에 대응하는 현장 응급조치 인력과 다른 구조원들은 충분한 훈련이 되어 있어야 하며, 방사선의 종류와 방사능 오염을 파악할 수 있는 장비를 갖춰야 하고 방사선방호에 대한 조언을 구할 전문가도 필요하다. 방사선학적 공격으로 판명될 때까지는 방사선학, 화학, 생물학적 작용제가 포함되어 있다고 보는 것이 신중한 접근일 것이다. 따라서 대응에는 '종합해독' 접근이 필요하다.

공격의 여파에서, 방사선방호의 주요 목표는 방사선 노출에 기인하는 급성 건강 영향(결정적 영향)을 방지하고 암과 몇몇 유전질환과 같은 지발성 영향(확률적 영향) 가능성을 제한하는 것이다. 추가적인 목표로는 잔류 방사능으로 인한 환경오염과 후속되는 일상생활의 혼란을 극소화하는 것이다. 이 보고서는 피폭을 예방하는 조치가 피폭 후 치료를 통한 방사선 방호대책보다 훨씬 더 효과적임을 적시한다.

수습과 피해 복구에 참여하는 대응활동 인력은 직업상 방사선방호에 대한 일반적인 국제표준을 만족해야 하는데, 이러한 표준은 직무상의 선량 제한과 관련된 요건을 포함하는 국제방사선방호위원회(ICRP) 권고에 기초하고 있다. 이와 같은 제한들은 긴급한 구조작업에 참여하는 인지동의자들에게는 완화되어야 하며, 자

원하여 인명구조 참여자에 대해서는 제한이 적용되지 않는다. 그러나 임신 중일 수 있는 여성이나 유아를 양육중인 여성 종사자에 대해서는 특별한 보호대책을 권고한다.

구조단계에서 일반인을 보호하기 위한 긴급대책은 주로 외상자를 돌보고 접근을 통제하는 것이다. 후속조치로는 호흡기 보호, 신체오염 제거, 옥내대피, 옥소에 방치치(방사성 옥소가 관계된 경우), 임시대피 등을 포함한다. 극단적인 경우에는 복구단계에서 사람들의 이주와 재배치가 필요할 수 있다. 이 단계에서는 정화를 포함하여, 방사성폐기물의 관리, 상당한 방사성물질을 함유한 시신의 처리, 잔류방사능 관리 등의 복구활동을 필요로 할 것이다.

일반인 보호와 관련하여 제시된 지침은 방사선방호 사항만 고려하고 있으므로 방사선학적 공격 여파에 대비하기 위한 ‘의사결정 보조수단’으로 보아야 한다. 이는 다른 사회적 관심사들, 과거 교훈의 고려(특히 방사성 오염에서 제기되는 대중의 위험인식에 관한 사항), 그리고 이해 당사자 참여 등을 포함한 최종 ‘의사결정’ 과정에 입력될 것이다.

방사선학적 공격은 물과 식품 그리고 널리 사용되는 다른 소비재의 방사성오염을 유발할 수 있다. 많은 방사성물질이 사용되어 물과 식품 또는 다른 소비재가 높은 수준으로 오염되고 많은 사람에게 심각한 내부피폭을 초래하는 일은 물론 그 가능성이 희박할 것이다. 그렇지만 보고서에는 이와 같은 상황을 대비하여 소비재의 사용 제한을 위한 방사선 기준치를 권고한다.

보고서의 결론은 ICRP가 권고한 통상적 방사선방호 최적화 과정에 따라 방사선학적 공격에 대한 대응을 미리 계획해야 한다는 점과, 최적화된 수단들을 사전에 준비해야 함을 다시 강조한다. 이와 같은 계획들은 당시 여건을 고려하거나 상황에 따라 취해야 할 조치를 요구하기 위해, 필요하면 변경될 수 있는 체계적 접근으로 이끌어야 한다. 많은 잠재적 시나리오들은 즉각적이고 심각한 방사선 상해를 초래하지는 않는다. 그러므로 과잉반응을 방지하기 위하여, 미리 준비하는 대책들은 각종 가능한 시나리오들에 대해 실질적으로 예상되는 위력을 반영해야 한다.

방사선학적 공격사태에서 시민 피폭의 방호

미국 세계무역센터, 스페인과 일본의 지하철, 대사관, 나이트클럽, 그리고 호텔에 대한 테러분자 공격의 결과로 당국들은 기존 철학과 가설들을 재평가해야 함을 갑자기 인지하였다. 이 보고서는 테러 사태에 적용할 수 있도록 기존의 방사선 비상계획 및 방호에 반영할 필요가 있는 변화에 대해 검토한다.

최근의 공격들로부터 얻은 몇 가지 확실하고 특별한 교훈이 있다. 첫째로 테러분자가 여러 사태를 동시에 기도한다는 점이다. 이전에는 대부분의 방사선 비상계획이 하나의 사건만 지향했다. 둘째 인자로 방사선방호에서 새로운 것은 자살 시나리오 개념이다. 셋째 교훈으로는 사태 가능성을 예측함에 있어 기존처럼 여러 구성요소의 실패확률과 같은 전통적 인자에 의존할 수 없다는 것이다. 테러분자는 예측하지 않거나 있을 수 없다고 보는 사건을 의도적으로 선택한다. 넷째 교훈은 한 건의 테러에 복합 위험물질을 포함시킬 수 있음이다. 그러므로 방사선학적 사건 하나만을 위한 계획은 시대착오적 개념이며 당국은 화학적, 생물학적, 방사선학적 해독이 결합된 상황을 식별하고 대응할 수 있어야 한다.

마지막 교훈은 비상계획이 정적이어서는 안 된다는 것이다. 생물학적, 화학적 위협을 무력화하기 위한 검출장비와 비축물자를 준비하는 계획이 수립되면, 테러분자는 간단히 다른 아이디어로 전환 가능하며 따라서 방사선 위협이 점차 증가할 것이라고 예상해야 한다.

보고서의 대부분은 방사능폭탄에 관한 것이지만, 이것은 핵 테러리즘의 여러 형태 가운데 하나일 뿐이다. 우리는 테러 사태가 발생했음을 당연히 알 것으로 기대하지만, 반드시 그렇지는 않다. 테러분자는 분말 형태의 방사성물질을 인구 밀집 지역에 흩어놓고 사람들의 왕래에 의해 확산되고 우연히 발견될 때까지 가만히 기다릴 수도 있다. 다만 이 경우 많은 우려와 경제적 손실을 초래할 것은 확실하지만, 공공보건에 심각한 위협이 되지는 않을 것이다.

이 보고서가 적시하는 요점 중 하나는 피폭을 방지하는 것이 피폭 후 치료보다 훨씬 더 실용적이고 효과적이라는 것이다. 환경으로 많은 양의 방사능이 유출될 경우 옥내대피, 먹이사슬의 통제, 필요하다면 이주를 통해 선량을 1/100까지 줄일 수 있다. 이에 비해, 외부피폭 및 체내 오염에 대한 현재의 의학적 처치는 생존이나

선량 감소에 대략 2~3 배 정도 영향력이 있다. 다만 원자로나 핵무기로부터 방사성옥소가 방출된 경우 옥화칼륨 사용은 예외이다.

여러 나라에서 유용할 것으로 보이는 다양한 약품들을 현재 평가하는 중이며, 그 효험과 합법성, 비용, 비축 필요성 등을 결정하는 단계에 있다. 또한 개개인, 특히 초등 대응자에 대한 신속하고 자동화된 방사선량 평가 필요성이 점차 명확해지고 있다.

또한 방사선에 대한 공포와 결합된 테러리즘의 심각한 심리적 충격에 대해 보고서는 주목한다. 적시에 정확한 정보를 대중에게 제공하는 것이 필수적일 것이다. 방사선사고 경험에서 보았듯이 실질 오염자 수 백 명이 있다면 100,000명 이상의 사람들에게 대해 오염검사를 실행해야 할 것이다. 아마도 현지 자원과 병원으로는 이런 과민 반응자들을 감당할 수는 없을 것이다.

보고서는 위에서 논의된 이슈나 지침, 안내서, 혹은 템플릿에 대한 보다 상세한 검토를 수록하고 있는데 이는 독자들로 하여금 특정 국가나 환경에서 상황을 검토할 수 있게 도울 것이다. 이 보고서는 긴 과정 중에서 첫걸음이다. 독자들은 이 문서가 방사선학적 공격이 있을 때까지 책꽂이에 놓아두면 사태에 접했을 때 모든 답을 제공해 줄 것이라고 생각해서는 안 된다.

Fred A. Mettler, Jr.

목 차

역자 서문	i
요약	iii
객원논설	v
서문	1
요지	3
용어 해설	11
1. 서론	23
1.1. 배경	23
1.2. 보고서의 목표	25
1.3. 예상 독자	27
2. 상황의 특질	29
2.1. 잠재적 시나리오	29
2.2. 특이 사항	31
2.3. 계획	35
2.4. 피폭	38
2.5. 초기 반응	42
2.6. 대응 단계	43
2.7. 연계	44
3. 방사선피폭으로 인한 잠재적 보건영향	47
3.1. 생물학적 보건영향	47
3.2. 심리적 보건 영향	50
4. 대응인력 방호	53
4.1. 직업상피폭 방호 접근	54
4.2. 직업상피폭 방호기술	56
5. 대중 보호	59
5.1. 구조단계(즉각적 조치)	59
5.2. 구조단계(긴급조치)	64

5.3. 수습단계	71
5.4. 복구단계	74
5.5. 일반인 방호를 위한 선량기준의 요약	78
5.6. 소비재 오염관리	80
5.7. 특별한 상황	86
6. 의료 개입	89
6.1. 의학처치의 필수요소	89
6.2. 기타 중요한 의학적 문제	91
7. 의사소통	95
부록A. 잠재 시나리오	97
부록B. 의학적 이슈	103
부록C. 심리적 문제	121
참고문헌	127

서 문

2001년 9월11일 사태 이후에, 방사성물질 악용에 관한 우려가 커지고 있다. 일반인, 매체, 그리고 정치인들은 방사성물질을 내장하는 선원이나 장치의 악용(예를 들면, 방사성물질을 사회에 살포하여 주민의 보건과 복지를 위협하는 것), 핵시설에 대한 사보타주 공격(통제되지 않는 방사성물질 방출을 촉발함이 악의적 목적) 가능성, 핵무기물질의 확산으로 조잡핵장치(IND) 투발 잠재성 등에 대하여 우려하게 되었다. '방사선학적 공격'이라 통칭하는 이들 사태의 가능성에 대한 이와 같은 견해로, 공격 발생을 막기 위한 방사선 및 핵 보안 대책뿐만 아니라 실제로 그러한 사태가 일어난 경우 수행해야 할 방사선방호 대책에 대한 전문 조언이 널리 요구되고 있다. 기존의 방사선 비상대책 계획은 공격의 결과에 대응하기에는 부족할 수 있다고 보는데, 이는 기존대책이 의도적으로 피해와 불안, 그리고 공포를 최대화하기 위해 계획된 악의적 상황이 아니라 일반적으로 예상 가능한 사고 시나리오에 초점을 맞추고 있기 때문이다.

조언의 필요에 따라 국제방사선방호위원회(이하 ICRP로 부름)는 2003년 오스트리아 비엔나 회의에서 방사선학적 공격 여파의 방사선 피폭으로부터 방호에 관한 조언을 제공하는 보고서를 준비할 작업그룹을 설치하였다. 보고서를 준비함에 있어서 작업그룹의 주요 목표는 악의적인 사태에 적용될 수 있는 방사선방호 관련 권고들을 편집하고, 공격에 대해 준비하고 대응함에 필요한 추가적인 수단을 위한 지침을 제공하는 것이었다. 작업그룹은 방사선학적 공격이 가능한 시나리오들의 잠재성 또는 가능성을 고려는 했지만, 그것을 정량적으로 평가하지는 않았다. 방사선학적 공격으로 연계될 보안 허점이 실제로 있을 수 있다고 가정하고, 이를 기초로 하여 대응인력과 일반인의 보건을 어떻게 지킬 것인가를 ICRP 권고에 맞춰 기술하였다.

방사선학적 공격이라는 상황에서 당국이 직면할 어려운 문제들을 풀기 위한 일반 처방전을 제공하는 것은 ICRP의 역할도 아니고 이 보고서의 의도도 아니다. 보고서의 권고는 일반적이므로, 사회적 정치적 상황뿐만 아니라 공격 발생의 시간과 장소, 자원 가용성에 맞게 수정이 필요하다. 보고서는 당국이 공격으로부터 오는 잠재적인 방사선 비상사태를 관리할 책임을 사전에 할당했다고 가정하며, 보고서의 권고들은 다년간 발전된 비상사태 준비와 대응에 대한 기존 개념과 절차를 기반으로 하고 있다. 요구되는 대응의 유형과 규모는 비상 본질과 유형에 따라 달

라지므로 그러한 비상사태에 대비할 모든 우발상황 대책들은 반드시 유연성이 있어야 함을 강조한다.

보고서 준비를 위해, 작업그룹은 2003년 10월 10일부터 3일간 스톡홀름의 스웨덴 방사선방호청에서, 그리고 2004년 4월 20일부터 3일간 비엔나의 국제원자력기구 본부에서 각각 회의를 가졌다. ICRP는 작업그룹 회의를 초청한 두 기관에게 감사의 뜻을 밝힌다.

작업그룹 위원은 다음과 같다.

A.J. Gonzalez (Chairman)	R.H. Clarke	R. Cox
L.-E. Holm	F.A. Mettler, Jr.	C. Streffer

객원위원은 다음과 같다:

C. Conklin	D.A. Cool	M. Crick
J. Wheatley		

2004년 4월 비엔나 회의에서, ICRP는 작업그룹의 초안 보고서를 웹사이트에 올려 의견을 받을 것을 승인하였고, 2004년 5월 17일 웹에 올렸다. 전문 집단으로부터 받은 많은 의견은 초안 보고서의 추가 검토와 수정에 기여했다. ICRP는 초안 검토를 위해 시간과 전문지식을 바치고 의견을 쓴 분들에 대해 매우 감사한다. 2004년 10월 16일 중국 Suzhou 회의에서 ICRP는 수정된 작업그룹 보고서를 ICRP 연보로 출판함을 최종적으로 승인했다.

이 보고서를 준비한 기간의 ICRP 위원은 다음과 같다.

R.H. Clarke (위원장)	R. Alexakhin	J.D. Boice, Jr.
R. Cox	G.J. Dicus	A.J. Gonzalez
L.-E. Holm (부위원장)	F.A. Mettler, Jr.	Z.Q. Pan
R.J. Pentreath	Y. Sasaki	C. Streffer
A. Sugier		

과학서기: J. Valentin

요 지

(a) 이 보고서는 방사선과 방사성물질에 사람들을 악의적으로 노출시키는 방사선학적 공격이 발생한 경우 대처 방법에 대한 전문 조언에 대한 광범한 요구에 부응하기 위한 것이다. 주된 목표는 그러한 사태의 결과로 발생할 방사선피폭에 대해 구조대원과 일반인을 보호하는 권고를 제공하는 것이다. 이 보고서는 그러한 잠재적 상황들에 대해 현행 ICRP 권고의 적용성을 재확인한다. ICRP는 이 보고서에서 제공하는 조언의 기초위에서 국가당국이 방사선학적 공격을 다루는 대책을 발전 시킴을 돕기 위해 관련 정부 간 국제기구들이 지침을 수립할 것으로 기대한다.

(b) 생각할 수 있는 다양한 공격에 대해 보고서의 권고들은 개념적으로 적용 가능하다. 이러한 사태에는 예를 들면 ‘방사능분산장치(RDD)’처럼 악의적 목적을 위한 방사성물질의 악용, 예기치 않은 방사성물질 누출을 초래하도록 하는 원자력시설에 대한 사보타주, 그리고 극단적인 경우로서 ‘조잡핵장치(IND)’ 투발을 포함한다. 원자력 사고를 다룸에 대한 국제적 권고와 조언은 이미 많이 있으며, IND를 구성하는데 필요한 특수핵물질은 획득하기 쉽지 않다고 예상하여, 이 보고서는 RDD와 관련한 방사선학적 공격에 주목한다.

(c) 방사선학적 공격에 대비하고 대응함은 임의의 예견되지 않은 방사선 피폭 상황에 대해 사람들을 보호하는 데 목표를 두어야 한다. 국가당국이 방사선 사고에 대한 비상계획을 가지고 있다면, 이 보고서의 권고는 추가 또는 보충적인 지침을 제공한다. 방사선학적 공격의 결과로서 가능한 비상 시나리오의 여러 측면이 방사선 사고로부터 발생하는 것들과 비슷할지라도, 여러 측면에서 이 두 가지 비상사태가 다름에 주의해야 한다. 방사선학적 공격에서는 아마도 방사선 또는 방사성물질의 존재가 예상되지 않아 방사선방호 수단으로 대응할 준비가 제한적인 도시 환경에 위치한 공공장소가 표적이 될 것임이 하나의 차이점이다. 또한, 원자력시설의 비상계획에서 통상 가정하는 비(非)도심 환경확산 조건은 도시 시나리오에 대해 적용되지 않을 수도 있다. 방사선원과 그 영향의 특성화도 아마 매우 다를 것이다. 나아가 동반될 것으로 보이는 범죄수사와 같이 사건의 악의적 성격과 관련된 특정 사안도 비상계획과 대응에 영향을 미칠 것이다.

(d) 방사선학적 공격 여파에 대해 방사선방호를 계획함은 지역과 국가 수준 모두에서 적절한 프로그램의 수립을 필요로 한다. 이러한 프로그램은 초동대응자나 구조인력이 방사선이나 방사성오염의 존재를 식별함에 충분하도록 훈련되고 적당한 장비를 갖추도록 함이 필요하며, 방사선방호 전문가들이 지역이나 다른 관계 당국에 조언할 수 있어야 한다. 언제라도 비상사태가 정말로 악의적인 공격에 의한 것으로 믿을만한 징후가 있으면, 달리 입증될 때까지는 방사선학적, 화학적, 그리고 생물학적 작용제가 같이 관계된 것으로 가정하는 것이 신중한 접근이다. 그러므로 만약 믿을만한 그런 징후들이 있다면, 대응에 ‘종합해독all-hazard’¹ 접근을 필요로 하는 상황이 되며, 대응은 종합해독 존재를 식별하는 즉각적인 능력과 함께 보편적 주의를 기반으로 해야 한다. 이러한 접근은 생물학적, 화학적, 그리고 방사선학적 위협과 이와 관련한 위험 분야의 전문가들뿐만 아니라 책임 기관들의 강력한 연계와 협력을 필요로 한다.

(e) 방사선학적 공격은 방사성물질의 존재에 의해 특징지어진다. 방사성물질의 양을 표시하는 물리량은 방사능이다.² 그 방사능에 따라, 방사성물질은 일반인과 그들을 돕는 구조대원들 모두에게 피폭을 주는 방사선을 방출한다. 방사선은 인체 외부의 선원으로부터 오거나(외부피폭), 흡입, 취식 또는 피부나 열린 상처부위를 통해 체내로 들어온 방사성물질에서 오는 것(내부피폭)일 수 있다. 피폭으로 인한 잠재적 보건영향은 받은 방사선의 양, 해당 방사선의 종류, 그리고 피폭한 장기에 따라 좌우된다. 방사선 피폭량은 노출된 개인에게 발생한 방사선량³으로 측정된

1 <역주> 'hazard'는 '위험'으로 번역할 수도 있으나 이 보고서에서는 주로 'risk'를 '위험'으로 표현하고 있어 hazard는 해독(害毒)으로 적었다.

2 방사능은 베크렐(Bq)로 부르는 단위(예전에는 '큐리' 단위가 널리 사용되었고 아직도 사용되기도 하지만)로 측정되는 양이다. 1 베크렐은 매우 작은 방사능을 나타낸다(역으로 1 큐리[Ci]는 370억 베크렐과 같아 상당한 양의 방사능을 나타낸다).

3 방사선량은 방사선에 얼마나 노출되었느냐를 나타내는 양이다. 인체 조직을 포함한 임의의 물질이 받은 방사선량은 흡수선량으로 나타내고, 그레이[Gy](과거에는 '라드[rad]'가 사용되었음)로 불리는 단위로 평가된다. 종류가 다른 방사선은 손상을 일으킴에 다른 효과를 가지며, 여러 장기와 조직들은 방사선 피폭에 대해 다른 감수성을 가진다. 따라서 흡수선량은 이러한 차이를 고려하여 가중되어야 한다. 다양한 방사선의 효력과 각 장기와 조직의 방사선 감수성을 고려하여 가중치를 부여한 흡수선량으로부터 얻은 양을 각각 등가선량과 유효선량으로 지칭하며, 모두 시버트[Sv](과거에는 '렘[rem]'이 사용되었음)라는 단위로 측정된다. 조직과 장기선량을 나타내는 데 사용되는 등가선량과 전신의 영향을 평가하는 데 사용하는 유효선량은 정규 방사선방호 목적으로만 사용될 수 있다. 즉, 확률이 낮은 지발성 보건영향만을 유발할 수 있는 상대적으로 낮은 선량을 초래하는 상황에 대해서만 사용하고, 높은 선량을 표현하는 데에는 공식적으로 사용될 수 없다. 이러한 방사선 방호량들은 직접 측정할 수는 없으므로, 사람 또는 주위에서 선량을 평가하는 기기는 종종 방사선 방호량들과 대략적으로 상응하고 공식적으로 규정충족 검증에 사용하도록 정의된 실용량(개인선량당량, 주위선량

다.

(f) 방사선학적 공격과 관련한 대부분의 예상 시나리오에서 피폭한 대다수의 사람에게 초래된 방사선량은 상대적으로 낮을 것이며, 아마도 자연계 도처에 존재하는 배경 방사선의 높은 수준(연간 수십 mSv 이하)보다 낮을 것이다. 그렇지만 낮은 방사선량도 암이나 유전적 해독과 같이 피폭 후 긴 시간 후에 발현할 수 있는 어떤 보건영향(‘확률적 영향’으로 칭함)을 유발할 가능성이 있는 것으로 가정하고 있다. 확률적 영향의 발생 확률이 선량에 비례하여 증가한다고 가정하더라도 그 값은 매우 작으며, 낮은 선량에서는 그러한 영향이 발견될 가능성은 거의 없다. 역으로 사람들(아마도 단지 소수)이 예를 들어 1000 밀리시버트 수준의 높은 방사선량을 피폭할 수 있다. 이러한 선량 수준이라면, 피폭 후 며칠 내에 종종 화상이나 다른 조직반응으로서 임상적으로 현저한 보건영향(‘결정적 영향’으로 칭함)이 거의 분명히 나타난다. 결정적 영향은 조직과 장기의 기능에 영향을 주며 그 심각도는 선량에 따라 증가한다. 심한 경우, 피폭한 개인의 죽음을 초래할 수 있다. RDD에 의한 방사선학적 공격에서는 사건 현장에 가까이 있던 사람들만 결정적 영향을 유발할 수 있는 높은 선량을 받을 수 있으며, 그것도 다량 방사능이 사용되었을 때에만 그러하다. IND 투발 피해자나 일부 조건에서는 원자력시설 사보타주 행위로 인한 방사선학적 영향의 피해자들은 높은 선량을 받을 것으로 보인다. 여러 수준 방사선량의 영향과 발견될 수 있는 영향의 가능성을 표1에 정리하였다.

(g) 방사선학적 공격 여파에서 피폭 경로, 방호조치 그리고 대응단계 사이의 관계는 구체적 상황에 따라 변할 것이다. 피폭 경로는 선원, 선원 조각 또는 손상된 시설에서 나오는 방사선에 의한 직접 피폭, 침적된 오염, 피부나 의복 오염에 의한 외부피폭, 확산된 방사성 연무로부터 외부피폭과 내부피폭, 재부유 먼지 흡입, 부주의로 인한 오염물 취식, 그리고 오염된 식품과 물의 취식을 포함한다. 일반적으로 대응단계는 구조, 수습, 복구로 구분된다. 많은 종류의 방호수단들이 있는데 어떤 것은 특정 단계에서 또 어떤 것은 여러 단계에서 가용하다.

(h) 방호의 목표는 결정적 영향을 방지하고 확률적 영향의 가능성을 제한하는 것

당량)에 대해 교정된다. 편의를 위해, 이 보고서는 오직 등가선량과 유효선량을, 그리고 단위로는 시버트의 분할로서 1/1000 시버트와 같은 밀리시버트(mSv)만 사용한다(1mSv는 100/1000렘 또는 100 밀리렘과 같음).

표1. 방사선으로 유발되는 보건 영향 요약

선량	개인 영향	피폭 집단 영향
약 10 mSv(유효선량) 이하의 매우 낮은 선량	급성영향 없음; 극히 낮은 추가적인 암 위험	큰 피폭 집단에서도 발암 증가 관찰 불가
100 mSv(유효선량)까지의 낮은 선량	급성영향 없음; 1% 이하의 추가적인 후속 암 위험	피폭집단이 크면(약 10만명 이상) 발암증가 관찰 가능
1000 mSv(급성 전신선량)까지의 중간 선량	오심, 구토 가능, 경미한 골수 저하; 약 10%의 후속 추가적 암위험	피폭집단이 수백 명 이상이면, 발암 증가 관찰 가능
1000 mSv(급성 전신 선량) 이상의 높은 선량	확실한 구토, 골수중후군 가능; 의학적 처치 없을 때는 전신선량 약 4000 mSv부터 높은 사망위험. 유의한 추가적 암위험	발암의 관찰 가능한 증가

이다. 목표는 공격으로 인해 발생할 예상치 않은 피폭 상황에 대해 사람을 보호하는 것뿐만 아니라, 환경오염과 사회 붕괴의 견지에서 전반적인 영향을 최소화하고 가능한 한 빨리 일상을 회복하는 것을 포함한다. 대응은 기본적으로 비상 상황 식별과 파악, 부상자에 대한 의료 제공, 추가피폭 방지 노력, 상황 통제력 확보, 방사성물질 확산 방지, 국민에 대해 정확한 정보의 적시 제공, 일상 복귀 실시 등이다. 한편으로는 걱정, 질병에 두려움이나 오해와 같은 심리적 이슈도 주요 관심사가 된다. 초기대응 단계에서 폭발물과 관련하여 흔히 사용되는 격리 거리는 현장 방사선 준위를 관리하는 좋은 기반이 될 것이며, 의료시설에서 전염성 숙주에 대한 전형적 예방조치는 방사능에 오염되었을지 모르는 사람을 다루는 기본으로서 충분하다. 피폭을 회피하는 조치가 피폭이 일어난 후에 적용할 수 있는 의료처치보다 훨씬 더 효과적이다. 피폭후의 치료는 보건영향을 약간(약 2~3배 만큼) 줄이는데 반해, 피폭을 피하기 위한 방호조치 개입은 보건영향을 여러 차수(약 10~1000 배)만큼 줄일 수 있다.

(i) 수습과 복구 작업을 맡는 대응인력에 대해서는 정규 직업상 방사선방호 표준에 따라 방호해야 하며, 국제적으로 인정되는 직업상 선량한도를 초과해서는 안 된다. 이 제한은 상황을 익히 알고 자원에 의해 긴급구조 작전을 수행하는 종사자

에 대해서는 완화할 수 있으며, 다른 사람의 이익이 구조대원 본인의 위험보다 명백히 크다면 인명구조 활동 자원자에 대해서는 적용되지 않는다. 그러나 임신했을 수 있거나 유아를 양육중인 여성 종사자에 대해서는 특별 방호대책이 권고되어 있으므로, 방사선학적 공격 사태에 대한 초기 대응을 둘러싼 불가피한 불확실성을 고려하여 위와 같은 여성 종사자들은 인명구조 행위나 다른 응급조치에 초동대응자로서 선발되어서는 안 된다. 대응인력의 직업상피폭을 제한하기 위한 권고된 선량 지침은 표2와 같다.

표2. 직업상피폭에 대한 지침

비상 활동의 종류		선량 지침
구조 작업*	생명 구조, 심각한 상해의 방지, 또는 최악의 상황으로 확대를 방지하는 조치	원론적으로, 인명구조 활동에 대해서는 선량 한도가 권고되지 않는다. 다만, 구조대원 본인의 위험보다 다른 사람의 이익이 명백히 커야 한다.
	많은 사람들의 높은 선량 또는 상해를 방지하기 위한 즉각적이고 긴급한 기타 조치	선량을 연간 최대한도의 두배 이하로 유지하도록 모든 합리적인 노력들은 해야 한다. (아래 참고)
수습과 복구 조치를 포함한 다른 작업들		<p>다음의 정규 직업상 선량한도를 적용한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5년간 평균하여 연간 20 mSv의 유효선량 한도(5년간 100 mSv의 한도)를 만족하면서 어떤 한해에 한하여 • 유효선량은 50 mSv를 넘지 않아야 하고, • 등가선량은 다음을 넘지 않아야 한다. <ul style="list-style-type: none"> - 눈의 수정체: 150 mSv - 피부: 500 mSv (피부에 가장 높게 조사된 부위 1cm² 당 평균선량) - 손과 발: 500 mSv

* 정규 직업상 피폭한도를 초과하는 선량에 이르는 상황에서는 종사자들은 자원자이어야 하며, 그들이 방사선 위험을 다룸에 있어 인지된 결정을 할 수 있도록 지도해야 한다. 임신했을 수 있거나 수유중인 여성 종사자들을 이러한 작업에 종사시켜서는 안 된다.

(j) 구조단계에서 일반인을 보호하는 즉각적인 대책들은 주로 부상자에 대한 응급, 사건 현장 출입관리, 영향권 사람들에 대한 호흡 방호용구 제공, 그리고 필요하고 실행 가능하다면 방사능 오염의 확산을 최소화하는 것이다. 대략적인 피폭선량과 피해자의 심리학적 상태에 대한 신속한 평가에 따른 분류와 배치의 지원 아래 구

호가 이루어져야 한다. 이 단계에서 후속되는 응급조치에는 개인의 제염, 옥내대피, (방사성옥소가 관련되면) 옥소예방처치 그리고 일시 소개를 포함한다. 극단적인 경우 수습단계에서 확정적 이주나 재배치가 필요할 수 있다. 이러한 각 대책은 어떤 정도든 관련된 손실이 따르는데, 피해 주민의 선량을 표3에 보인 수준으로 절감할 수 있다면 대개 많은 이익을 얻을 것이다.

표3. 대응책 이행에 대한 절감선량 권고치

대응책	절감선량(대응책이 일반적으로 최적화됨)
옥내대피	2일간 약 10 mSv(유효선량)
일시적 소개	1주간 약 50 mSv(유효선량)
갑상선보호제(방사성옥소가 존재할 때)	약 100 mSv(갑상선 등가선량)
이주	약 1000 mSv 또는 첫해에 100 mSv(유효선량)

(k) 수습단계는 복구와 정화, 이러한 작업에서 발생한 방사성폐기물 안전관리, 많은 방사능이 있는 시신 처리, 방사성 잔류물로 인한 장기적 피폭 상황을 다루는 일을 필요로 한다. 후자에 대해 방사선 방호대책 개입을 정당화하는 권고된 일반기준은 표4와 같다.

표4. 장기적 피폭상황에서 대한 권고된 개입의 일반 기준

개입	기준 (기존 연간 유효선량, mSv/y)
거의 항상 정당	100에 근접
아마도 정당	≥ 10
아마도 정당하지 않음	≤ 10

출처 : ICRP(1999, 그림6)

(1) 표3과 표4에서 주어진 정량적 권고들은 직접 측정할 수 없는 등가선량과 유효선량과 같은 양이므로 항상 직접 사용할 수 있는 것은 아니다. 이 값들은 직접 측정가능한 양으로 표현하는 실용 개입준위를 개발하는(계획 단계에서) 근거로 사

용되어야 한다. 권고된 지침은 오직 방사선방호 고려에 기초하므로, 단순히 당국이 방사선학적 공격의 여파를 대비함을 도우려는 의사결정 보조수단으로 보아야 한다. 이 지침은 다른 사회적인 관심사나 과거 다른 사건들로부터 터득한 교훈의 고려, 관심 있는 사람들의 참여를 포함하는 최종적이고 보다 광범한 의사결정 과정의 입력이 될 것으로 예상된다. 기존의 단순화 및 관련된 훈련과 연습이 이행을 향상시킬 것이다. 그러나 실제 사태에 대한 대응에서 비상 관리자는 다른 해독 또는 고유한 상황과 같은 다른 요인들을 작전 결정에 고려할 필요도 있다.

(m) 방사선학적 공격의 잠재적 영향으로 물, 식품, 그리고 기타 소비재와 같은 물품의 방사성 오염도 있다. 그러나 대량으로 생산되거나 분배되는 물품을 높은 수준으로 오염시키기 위해서는 많은 양의 방사성물질이 필요하기 때문에, 이러한 오염이 많은 수의 사람에게 심각한 내부 오염을 일으킬 수준이 되지는 않을 것이다. 소비재의 오염 수준과 이에 따르는 연간 유효선량은 매우 낮더라도, 방사선방호 목적에서 일정 오염 수준 이상에서는 오염의 효율적인 통제가 요구되고 이루어져야 한다. 표5의 수치들은 방사선학적 공격의 경우 그 이상에서는 방사선방호 목적에서 통제가 고려될 수 있는 오염 물품 방사능 농도의 대략적인 수준을 나타낸다. 표5의 수준 이하의 방사능 농도를 갖는 물품들은 이 보고서의 권고 범위에서 배제된다.

표5. 권고하는 배제 준위

핵종	방사능 농도 (Bq/g)
알파 방출 인공핵종	0.01
베타/감마 방출 인공핵종	0.1
연쇄 방사능 머리 준위 ^{238}U , ^{232}Th	1.0

(n) 최근 IAEA 후원 아래 소비재 내 방사성물질의 방사선학적 기준에 대한 정부 간 국제합의가 이루어졌다. 국가 당국들은 방사선학적 공격 이후에 통제 대책을 결정하는데 이러한 기준을 고려하기를 바랄 수 있다.

(o) 방사선학적 공격의 영향에서 방사선방호 개입 대책의 과정은 여건을 고려하고 상황이 허용하는 방호조치를 발동함으로써 대응에 체계적이고 유연한 접근이 되

도록 해야 한다. 권고에는 항상 적용할 수 있는 것, 종종 적용할 수 있는 것, 그리고 가장 심각한 상황에서만 적용할 수 있는 것이 있음을 이해하는 것이 좋다(예를 들어, 많은 잠재적인 시나리오들이 즉각적이고 심각한 방사선 상해를 야기할 수 없음이 분명하므로, 이러한 영향에 대한 권고들은 항상 적용되는 것이 아니다). 과잉 반응을 방지하기 위해, 방사선방호 결정은 방사선학적 공격의 규모를 반영함이 요긴하다.

용어 해설⁴

감시^{monitoring}

방사성물질이나 방사선 피폭의 관리 혹은 평가와 관련된 이유로 선량 혹은 오염을 측정하고 결과를 해석하는 것.

감시구역^{supervised area}

관리구역으로 지정되지는 않아 일반적으로 특정한 방호수단과 안전대책을 요구하지는 않지만 직업상 피폭 조건에 대해 계속 검토하는 구역.

개입^{intervention}

관리되는 행위가 아닌 선원이나 사고의 결과로 통제를 벗어난 선원, 또 이 문서의 맥락에서는 방사선학적 공격에 관련된 선원에 의한 피폭 또는 피폭 가능성을 줄이거나 회피할 의도의 모든 활동.

개입기관^{intervening organisation}

정부에 의해 개입의 어떤 부분을 관리하거나 이행할 책임을 지도록 지정되거나 인정되는 기관.

개입에서 방호 최적화^{optimisation of protection in intervention}

개입의 유형, 규모 및 기간은 선량감축의 순이득 즉, 방사선 위해의 감축 이득에서 개입에 관련된 위해를 뺀 이득을 최대화하도록 최적화 되어야 한다. 이 원리를 개입에서 방호 최적화라 한다.

개입준위^{intervention level}

비상피폭 혹은 만성피폭 상황에서 특정 방호조치 혹은 완화조치가 취해지는 절감 선량 준위.

걱정과 두려움^{anxiety/fear}

이 보고서에서는 방사성물질의 악용으로 야기될 수 있는 공포^{horror}, 불안^{dread},

4 <역주> 참조가 용이하도록 용어를 우리말 순서로 재정리하였다.

놀람fright,alarm, 동요trepidation, 염려apprehension의 개념을 포괄함.

결정적영향deterministic effect

일반적으로 선량의 문턱 수준이 존재하고 그 이상에서는 선량에 비례하여 영향의 심각도가 증가하는 방사선 영향.

결정집단critical group

주어진 방사선원과 피폭경로에 의한 피폭의 관점에서 대체적 균질성을 갖는 일반인 그룹으로, 해당 선원과 피폭경로에 의해 가장 높은 유효선량 또는 등가선량을 받는 개인의 전형이다.

고아선원orphan sources

고아orphan/orphaned 선원이란 용어는 규제관리 하에 있었던 적이 없거나 방치, 분실, 유기, 도난, 또는 정당한 인허가 없이 이전된 방사선원을 설명하기 위해 국제적으로 사용되고 있다.

고용주employer

이 문서의 맥락에서, 고용주는 서로 동의된 관계에 의해 직무에 따라 구조, 수습 및 복구에 참여하는 종사자에 대한 인지된 책임, 약속, 의무를 지는 법인이다. 자가 고용된 사람은 고용주와 종사자 둘 모두로 간주한다.

관리control

ICRP는 방사선원에 대한 관리라는 맥락을 선원에 대해 점검 및 감시하고, 안전과 보안을 검증할 뿐만 아니라 그 결과 필요하다면 시정 또는 이행 조치를 보장하는 의미로 사용한다. 방사선원에 대한 관리는 그 선원이 방사선으로 인한 보건영향을 초래할 잠재성에 상응해야 한다.

대응책counter measure

사고의 영향을 완화시키는 것을 목적으로 하는 활동.

등가선량equivalent dose

등가선량 $H_{T,R}$ 은 다음과 같이 정의된다.

$$H_{T,R} = D_{T,R} w_R$$

여기서 $D_{T,R}$ 은 방사선 종류 R에 의해 조직이 또는 장기 T에 전달된 흡수선량이며, w_R 은 방사선 R에 대한 방사선가중치이다. 서로 다른 방사선가중치를 가진 혼합된 방사선장에서 등가선량은 다음과 같다.

$$H_T = \sum_R D_{T,R} w_R$$

등가선량의 단위는 [J/kg]이며, 시버트sievert(Sv)로 부른다.

방사능activity

주어진 시간, 주어진 에너지 상태에 있는 방사성핵종의 양에 대한 물리량. 방사능 A는 $A = dN/dt$ 로 정의하는데 여기서 dN 은 시간 구간 dt 동안 주어진 에너지상태로부터 자발적 핵변화 수의 기대치이다. 방사능의 단위는 초의 역수 s^{-1} 이며 베크렐(Bq)로 부른다.

방사선/방사능radiation/radioactive

물질이 방사능이 있으면 방사성으로 고려된다. 방사능은 원자가 자발적이고 무작위적으로 붕괴하는 현상으로서 일반적으로 알파, 베타, 감마 혹은 중성자와 같은 방사선 방출을 수반한다. 악의적 사용에 대한 잠재적으로 여지가 있는 선원의 자격에서 방사선과 방사능 용어를 애매하게 사용해왔다. 방사선 피폭의 원천이 반드시 방사성인 것은 아니다. 전형적인 비(非)방사성 방사선원으로 X선장치나 입자가속기와 같은 다양한 전기적 방사선 발생기가 있는데, 작동하는 동안 방사선을 방출하지만 전원 공급이 중단되면 방사선 방출을 멈춘다. 거꾸로 말하면, 방사성 방사선원은 방사성인 물질을 포함하고 있기 때문에 방사선을 방출한다. 방사성 방사선원의 전형적인 예로 ^{60}Co 이나 ^{137}Cs 같은 방사성핵종을 내장한 밀봉캡슐인데 (시간 경과에 따라) 강도는 줄어들지만 방사선 방출을 결코 멈추지 않는다. 방사성 선원 중 충분한 양의 방사성인 물질을 포함하는 것만 악의적 목적에 관계된다(방사선학적공격에 관련된 방사능의 양을 통상 선원량으로 부른다). 요약하면, 방사성 혹은 비방사성의 모든 방사선원은 안전 문제에 관계되지만, 모든 방사선원이 아니라 충분한 양의 방사성인 물질을 포함한 방사선원만 잠재적 테러분자의 공격과 관련하여 보안문제도 고려된다.

방사선량radiation dose

방사선학적 공격의 보건 유의성은 사람의 방사선 피폭 결과, 구체적으로 조사된 개인에게 초래된 방사선량에 의해 결정된다. ICRP는 피폭이란 용어를 넓은 의미로 방사성물질이나 방사선에 노출되는 과정으로 사용하는데, 구체적으로는 방사선량을 방사선 노출로 물질이 받는 에너지량을 표현하는 일반 명칭으로 사용한다(ICRP, 1991a, S4항). 수식어에 따라 선량은 다양한 방사선량계측량을 의미한다.

방사성 반감기radioactive half-life

방사성핵종이 방사성 붕괴 과정에 의해 그 방사능이 절반으로 감소되는 데 걸리는 시간.

방사능분산장치radioactive dispersion devices(RDD)

의료 및 산업분야에서 일반적으로 통상 사용되는 선원과 같은 방사성 선원으로 둘러싼 재래식 폭발물의 투발을 언론에서 '방사능폭탄'으로 일컬어오지만 더 정확히는 RDD라 부를 수 있다. 방사성물질의 환경 분산은 물질이 비산성이거나 비산하게 가공한다면 단순히 선원 용기를 개방하는 것만으로 폭발 없이 달성할 수 있다.

방사성잔류물radioactive residues

ICRP는 과거 행위를 포함한 이전의 운전이나 사고로부터 환경 중에 남아 있는 방사성물질을 의미하기 위해 방사성잔류물이란 용어를 사용한다(ICRP, 1991a, 219항).

방사성폐기물radioactive waste

ICRP는 더 이상 용도가 없어 버려지는 방사성물질을 의미하기 위해 방사성폐기물이란 용어를 사용한다(ICRP, 1997c, 3항).

방사화activation

조사에 의한 방사성핵종의 생성.

방호조치protective action

만성 혹은 비상 피폭상황에서 일반인의 선량을 회피하거나 감축하기 위해 의도된 개입.⁵

보안/안전security vis-a`-vis safety

비록 방사선원의 보안개념이 방사선 안전 기준에서 새로운 것은 아니지만, 잠재적 핵 테러리즘에 대한 국제적 관심에 따라 새로운 국면에 접했다. ‘보안’이라는 용어 사용은 광의의 안전개념과 종종 혼동이 있었다(많은 주요 언어에서, 안전과 보안의 개념이 동일한 단어로 표현된다). ICRP 용어에서 선원의 안전이란 선원으로부터 방사선피폭 결과로 사람들이 방사선 해독을 입을 가능성을 줄임을 목표로 하는 행정, 기술, 경영상 특징의 집체로 표현된다. 이와는 달리, 선원의 보안은 선원에 대한 통제 상실 또는 부적절한 획득의 예방을 보장하여 선원의 불법 소유나 사용을 막는 것을 목표로 하는 특징을 가진다. 선원 보안은 선원안전을 위한 필요조건이지만 충분조건이나 부차적 조건은 아니다.

비상계획emergency plan

비상사태에 대한 대응 작전의 목표, 정책 및 개념, 그리고 조직적, 협력적, 효과적 대응을 위한 체계, 권한 및 책임을 기술한 계획.

사고accident

운전 과오, 기기고장 혹은 기타 실수를 포함하는 의도되지 않은 사건으로서 그 결과 또는 잠재 결과가 방사선방호 관점에서 무시할 수 없는 것.

선량dose

대상에 흡수되거나 대상이 받은 방사선의 크기. 맥락에 따라 흡수선량, 장기선량, 등가선량, 유효선량, 예탁등가선량 혹은 예탁유효선량이 사용된다. 관심 양의 정의가 굳이 필요하지 않을 경우에 수식 용어를 종종 생략한다.

선량한도dose limit

관리되는 행위⁶로부터 받는 개인의 유효선량 및 등가선량 값이 초과하지 않아야

⁵ <역주> 비록 정의는 일반인을 방호하기 위한 개입으로 설명하고 있지만 본문의 내용에서 때로는 종사자의 보호를 위한 조치도 방호조치로 적고 있다.

하는 값.⁷

선원^{source}

ICRP는 방사선 피폭의 원인이 되는 것을 가리켜 선원이란 용어를 사용한다. 선원의 범위는 원자력시설처럼 일반적으로 핵분열생성물과 방사화생성물 재고량을 보유한 방대한 시설로부터 간단한 밀봉된 방사성물질까지 이른다. 선원이란 용어는 더욱 일반적으로 방사선이나 방사성인 물질의 방사성핵종에 노출되는 원인을 지칭하는 것으로 사용되며, 반드시 개개의 물리적 방사선원을 지칭하는 것은 아니다. 예를 들면, 만약 시설로부터 환경으로 방사성인 물질이 방출되면, 시설전체가 하나의 선원으로 간주된다. 또, 방사성인 물질이 환경으로 이미 분산되었다면 사람이 피폭하는 그 일부가 선원으로 고려된다.

선원량; 방사능^{source term: radioactivity}

따로 취급해야 하는 IND를 제외하면, 방사선학적공격의 강도는 사건에 수반된 방사성물질의 양과 방사성핵종 조성으로 결정되는데, 이것을 선원량으로 부른다. 선원량을 정의하는 주된 양은 해당되는 각 방사성핵종마다 사태에 관련된 방사성물질의 방사능⁸(이하 방사능이라 함)이다. 이는 흩어진 물질이 얼마나 많은 방사선을 방출하는가를 나타낸다. 방사능의 단위는 초의 역수이며 베크렐 [Bq]이라 부른다(몇몇 나라에서 방사능의 단위로 라듐 1g에 포함된 방사능으로 정의된 큐리[Ci]를 사용한다). 1 Bq은 극히 작은 방사성인 물질의 양으로 1 Ci의 100억분의 1보다도 작다(1 Ci = 3.7×10^{10} Bq). IND 투발 사태에서는 생성된 방사능에 의한 방사선 방출에 추가하여 폭발하는 짧은 시간에는 상당한 양의 중성자를 동반하게 된다.

섭취^{intake}

흡입, 취식 혹은 피부를 통해 인체 내로 방사성핵종을 들여오는 과정.⁹

6 <역주> 이 간행물을 포함한 ICRP 간행물에서 행위(practice)란 방사선피폭을 증가시키는 모든 활동을 의미한다.

7 <역주> 선량한도는 ICRP가 권고하고 각국의 법규에 반영됨으로써 준수해야 하는 강제규범이다. 즉, 법정 선량한도 초과는 위법이며 상응하는 제재를 받게 된다.

8 ICRP는 방사성인 물질의 주어진 양에서 단위시간 당 발생하는 자발핵변환의 평균 수로 방사능을 정의한다(ICRP, 1991a, 37항).

9 <역주> 영문에서는 섭취한 방사능 양을 intake로 표현할 수도 있으나 우리말로는 '섭취량'을 사용한다.

실용개입준위operational intervention level(OIL)

조치준위나 개입준위에 상응하도록 계산된 준위로서 기기로 측정되거나 실험실 분석에 의해 결정되는 양. OIL은 일반적으로 선량률, 방출된 방사능, 시간적분 공기농도, 지표 또는 표면 농도, 환경이나 식품, 음용수 중 방사성핵종 농도 등으로 표현된다. OIL은 환경측정을 기초로 하여 적절한 방호조치를 결정하기 위해 추가적 평가 없이 직접적이고 즉각적으로 사용되는 조치준위의 한 유형이다.

안전평가safety assessment

수립된 안전 및 방호 대책에 대한 분석과 사건에 관련된 위험 분석을 포함하여, 방사선학적 공격 후 사람의 방사선방호와 관련한 개입의 설계와 운영 특성을 검토하는 것.

연간섭취한도annual limit of intake: ALI

표준인¹⁰이 1년간 흡입, 취식 및 피부를 통하여 방사성핵종을 섭취할 경우 그 결과로 인해 선량한도에 상응하는 예탁선량을 초래하는 섭취량. ALI는 방사능 단위로 나타낸다.(ICRP, 1993b, 1995a,b, 1996 참조).

예측선량projected dose

예측선량은 가능한 방호조치를 고려하지 않았을 때 각 피폭경로에 처한 집단에 대해 평가한 선량이다.

예탁선량committed dose

예탁선량(흡수, 등가, 유효)은 방사성핵종의 체내 섭취에 따른 내부피폭 선량률의 일정기간 시간적분으로 정의되며, 아무런 언급이 없으면 성인의 경우 노출 시점으로부터 50년을 적용한다.

위험risk

실제 혹은 잠재적 피폭과 관련하여 해독, 위태, 유해한¹¹ 결과 또는 상해의 기

10 <역주> 동일한 양의 방사능을 섭취해도 그 사람의 신체적 조건에 따라 실질 피폭선량은 달라지므로 방사선 관리 목적상 평균적인 성인의 체격과 생리, 영양을 고려하여 평가하는데 이 목적으로 설정한 평균인을 표준인reference man이라 부른다.

11 <역주> 원문은 hazard, danger, harmful 등의 용어를 사용하고 있지만 이를 어의적으로 구분하여 우리말로 표현할 방법을 찾지 못했다. 원문도 굳이 각 단어가 서로 다른 의미를 갖는다는 것

회로 표현되는 다속성 양. 위험은 특정 해로운 영향이 나타날 확률과 그런 영향의 특성 및 크기에 관계된다.

유효선량^{effective dose}

유효선량 E는 다음과 같이 각 조직의 등가선량에 해당 조직가중치를 곱한 값들의 합으로 정의된다.

$$E = \sum w_T H_T$$

여기서 H_T 는 조직 T의 등가선량이며, w_T 는 그 조직에 대한 조직가중치이다. 등가선량의 정의로부터 다음과 같이 표현 할 수도 있다.

$$E = \sum w_T \sum w_R D_{T,R}$$

여기서 w_R 은 방사선 R의 방사선가중치이며 $D_{T,R}$ 은 장기 또는 조직 T의 평균흡수선량이다. 유효선량의 단위는 [J/kg]이며, 시버트(sievert(Sv))로 부른다.

일반인(공중의 구성원)^{member of the public}

이 문서의 목적에서 일반적 의미로, 직업상 피폭(예: 구조 활동 종사)의 대상일 때를 제외하고 집단의 어떤 구성원 개인을 말한다. 일반인 피폭에 대한 선량제한 충족을 입증하는 목적으로는 해당 결정집단의 대표개인이 된다.

일반인 피폭^{public exposure}

방사선원으로부터 일반인에게 일어난 피폭으로서 직업상피폭과 의료상피폭 그리고 현지 자연 배경방사선에 의한 피폭은 제외하지만 개입상황(방사성물질 공격의 결과로 인한 상황)이나 허가된 선원과 행위로부터 피폭은 포함한다.

잔여선량^{residual dose}

잔여선량은¹² 각 경로에서 잔존하는 선량(예측선량에서 절감선량을 뺀 나머지)이다. 주로 장기적 피폭상황에 관련되는 장기적 결정을 위해 사태 후 오래 남는 잔여선량에 적합한 양은 연간(유효)선량이다. 연간선량은 기존 연간선량, 즉, 상황이 발생한 곳에서 인간습성에 이미 존재하는 장기적 피폭을 주는 모든

이 아니라 흔히 달리 표현될 수 있는 '위험하다'는 개념을 아우르기 위한 것으로 이해해야 한다. 12 개입이 각개 가치로 판단되지만, 방호조치 수행 후 모든 경로의 총 잔여선량은 심각한 결정적 보건 영향의 가능성 때문에 검토 대상이 되어야 한다.

고질적 선원에 의한 연간선량의 합, 추가 연간선량, 즉, 사태의 결과로 기존 연간선량에 추가되는 연간선량, 절감 연간선량 즉, 방호조치를 취할 경우 기존 연간선량으로부터 제거되는 연간선량으로 제시된다.

장기 피폭상황^{prolonged exposure situations}

악의적인 사건에 따른 방사성 잔류물이 오랜 시간(예: 다년간) 환경에 남아 있어 공격 이전 환경에 존재하던 방사성인 물질에 추가된다. 이러한 방사성 잔류물은 장기피폭상황에 기여한다.

전리방사선^{ionising radiation}

방사선방호 목적에서 생물체 내에서 이온쌍을 생성할 수 있는 방사선.¹³

절감선량^{avertable(or averted) dose¹⁴}

방호활동으로 절감된 선량. 고려되는 각 피폭 경로에 대해 방호조치를 이행함으로써 절감하는 선량은 방호조치가 없을 때 예상 선량과 방호조치가 있을 경우 예상 선량의 차이이다.

정당화^{justification}

방사성물질 공격 여파에서 이슈의 하나는 파괴적 대응책의 도입 또는 지속의 정당화, 달리 말하면 개입의 정당화이다. ICRP는 제안된 개입이 해로움보다 더 큰 이로움을 수반해야 된다고 권고한다. 선량 감축에서 얻는 위해의 감소는 사회적 비용을 포함하여 개입으로 인한 비용과 해로움을 정당화하기에 충분해야 한다.

제염^{decontamination}

물리적 또는 화학적 절차에 의한 오염의 감축 혹은 제거.

13 <역주> 이에 반해 가시광선, 적외선, 자외선, 장파, 단파 등을 ‘비전리방사선’으로 부른다. 이 보고서에서는 그 목적상 방사선이라 함은 모두 전리방사선을 의미한다.

14 선량의 분할은 결정적 영향이 발생할 수 있는 문턱선량에 영향을 주기 때문에 피폭시간은 중요한 고려사항이다. 개입이 충분히 효과적이라면 절감된 선량은 예상된 선량과 수치적으로 동일하지만 개념적으로 다른 양이다(아래 참조). 하지만, 절감된 선량보다는 그 경로에서 예상 선량의 관점에서 개입준위를 표현하는 것이 적당할 수도 있다. 선량을 이미 받았거나 개입 자체가 총 예상선량을 단지 부분적으로 줄일 수도 있기 때문에 개입이 충분히 효과적이지 못할 수도 있다.

조사와 오염 irradiation/contamination

조사(照射)의 개념은 관점을 선원에 두든 사람에게 두든 단순하다. 조사는 선원이 방사선을 방출하거나 인체(사람, 조직, 장기)가 방사선을 받아들이는 활동을 의미한다. 오염의 개념은 더 미묘하여 잘 못 이해하기 쉽다. 오염은 ‘방사성인 물질’¹⁵이 인체를 포함하는 고체, 액체, 기체 물체의 표면 혹은 내부에 의도되지 않거나 바람직하지 않게 존재하는 것 또는 그러한 장소에 존재를 야기하는 과정을 의미하는 것으로 사용된다. 또한 비공식적으로는 양, 즉 표면에(또는 표면의 단위 면적에) 존재하는 방사능으로 사용된다. 오염을 다른 몇몇 언어로 번역할 때 영어에서 의미하지 않는 언외의 뜻을 끌어들이 수 있음에 유의해야 한다. 영어에서 오염은 단지 방사능의 존재만 언급하며 수반된 위험의 크기에 대한 어쩔 지시도 없으나, 다른 언어에서는 항상 그렇지만은 않다. 방사선학적 공격은, 분산되지 않는 선원을 사용한 경우처럼 오염 없이 조사하거나, 사람에게 대해 유의한 피폭 없이 환경을 오염시키거나, 피부 등 신체의 외부를 오염시키거나, 분산된 방사능의 섭취와 같이 체내를 오염시켜 신체 내 여러 부위를 내부로부터 조사할 수 있으며, 이러한 모든 시나리오들이 조합으로 나타날 수도 있다.

조사준위 investigation level

그 이상에서는 조사(調査)가 수행될 준위로서 유효선량, 섭취량, 단위 면적 또는 체적 당 오염 등으로 나타내는 양의 값.

조작핵장치 improvised nuclear device(IND)

불법으로 취득한 핵분열성 물질을 이용하여 만든 투박한 무기로서 핵분열 연쇄반응을 지속할 수 있다. 그러한 장치는 따로 고안된 것일 수도 있고 군용 핵무기에 기반을 둔 것일 수도 있다. 수반해독은 핵연쇄반응이나 연쇄반응 생성물의 붕괴에 의한 결과로 생긴 에너지와 방사선이다.

15 <역주> 영어로 radioactive substance를 ‘방사성인 물질’로 적는다. 비슷한 용어로 ‘방사성물질 (radioactive material)’이 있는데 일반적으로 방사성물질은 법규적 용어로서 방사능 농도와 총량이 규정에서 정하는 기준을 초과하는 것을 의미한다. ‘방사성인 물질’로 표현할 때는 방사성물질뿐만 아니라 그 물질에 함유된 방사성핵종의 농도와 양이 유의한 수준이지만 규제가 개입할 정도가 아닌 것까지 포함하는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 두 용어가 엄격히 구분되어 사용되지는 않고 있음이 사실이며, ‘방사성물질’과 ‘방사성인 물질’을 구분하라는 요구는 어문학적 관점에서 무리할 수도 있다. 영어로 substance와 material을 우리말로 구분해 부를 마땅한 용어가 있다면 좋겠으나 역자는 아직 적절한 용어를 찾지 못했다. 그렇더라도 가령 ‘공기 중 방사성물질의 농도’와 같은 표현은 적절하지 않으므로 ‘공기 중 방사성핵종의 농도’로 적는 것이 좋겠다.

조치준위^{action level}

만성피폭이나 비상피폭 상황에서 그 이상에서는 완화조치나 방호조치가 이행되어야 하는 방사능의 농도 또는 선량률 준위.

종사자^{worker}

전일제, 시간제 또는 임시를 불문하고 고용주를 위해 일하는 사람으로 직업상 방사선방호에 관련된 권리와 의무를 인지하고 있는 사람. 자가 고용된 사람은 고용주와 종사자의 의무 둘 다 가진 것으로 본다. 구조대원은 종사자로 간주된다.

직업상 피폭^{occupational exposure}

직무 수행 과정에서 일어나는 작업자의 모든 피폭(예: 구조자의 피폭).

집단선량^{collective dose}

하나의 선원에 노출된 개인 수와 그들의 평균 방사선선량의 곱으로 정의하며, 집단에 초래된 총 방사선량을 나타낸다. 집단선량의 단위는 맨-시버트 man-sievert[man-Sv]로 표현한다.

특수 핵분열성물질^{special fissionable materials}

특수 핵분열성물질에는 다음이 포함된다: ^{238}Pu 동위원소 농도가 80%를 넘지 않는 플루토늄¹⁶, ^{233}U 그리고 ^{235}U 또는 ^{233}U 를 농축한 우라늄.

피폭^{exposure}

ICRP는 방사선 또는 방사성핵종에 노출되는 과정을 뜻하는 일반적 의미에서 피폭이란 용어를 사용하는데, 피폭의 유의성은 결과인 방사선량에 의해 결정된다(ICRP, 1991a, S4항). 따라서 피폭은 조사되는 행동이나 상태이다. 피폭은 체외의 선원에 의해 조사되는 외부피폭과 체내의 선원에 의해 조사되는 내부피폭이 있다. 피폭은 정규피폭과 잠재피폭, 직업상피폭, 의료상피폭, 일반인 피폭, 방사선학적 공격과 같은 개입상황에서는 비상피폭과 만성피폭으로 분류할 수 있다. 방사선량계측에서는 피폭을 전리방사선에 의해 공기 중에 생성된 전리량을 표현하는 용어

16 <역주> ^{238}Pu 은 플루토늄이지만 쉽게 핵분열을 일으키지 않는 동위원소이다. 따라서 플루토늄 내에 ^{238}Pu 함량이 높으면 핵무기 원료나 핵연료로 사용할 수 없다.

로도 사용한다.¹⁷

피폭경로exposure pathways

방사성물질이 사람을 조사하거나 사람에게 도달할 수 있는 경로.

확률적영향stochastic effects

일반적으로 문턱선량 없이 일어나며 확률이 선량에 비례하고 심각도는 선량과 무관한 방사선 영향. 암이나 유전결함 유발이 그 예이다.

흡수선량absorbed dose

흡수선량은 조직, 장기 혹은 전신의 단위질량 당 방사선으로부터 흡수된 평균 에너지로 정의 된다(ICRP, 1991a, S2항). 단위는 J/kg이며 그 특별 명칭은 그레이gray(Gy)이다(일부 나라에서 사용되는 단위로는 라드rad [100 rad=1 Gy]가 있다).

17 <역주> 영문으로는 동일하게 'exposure'를 사용하고 있으나 우리말로는 이와 같이 선량에 해당하는 경우 exposure를 '조사선량'으로 표현하고 있다. 조사선량의 단위로는 전통적으로 켈트겐(R)을 사용하고 있다.

1. 서론

1.1. 배경

1.1.1. 방사선원의 안전

(1) 오랫동안 ICRP 권고(ICRP, 1959, 1964, 1966, 1977, 1991a)는 합당한 방사선방호를 위한 전제로서 방사선피폭의 원천인 선원에 적절한 보안대책이 있어야 한다고 여겨왔다. 이러한 가정은 일반적으로 BSS(Basic Safety Standards)로 불리고 ICRP 권고를 따르는 “전리 방사선에 대한 방호와 방사선원의 안전을 위한 국제 기본안전표준(IAEA, 1996a)”에도 반영되었으며, 어떤 상황에서도 선원 관리가 해이해서는 안 된다고 규정하고 있다. 선원 보안은 선원 안전을 보장하기 위해 충분하지는 않지만 필요한 조건이다. 선원 보안 없이는 안전하지 못하다: 역으로, 선원 보안이 유지된다고 반드시 안전하지는 않다.

(2) 보안 관리되던 선원도 여러 상황들을 통해 일탈할 수 있는데 실제로도 그러하다. 되돌아보면, 보편적인 경우에 부주의로 선원 관리가 해이하여 미리 악의로 계획되지는 않았지만 결국 선원이 악용되기도 했다. 또 다른 경우, 많은 선원들이 어떠한 관리도 받지 않는 “고아” 상태여서 선원보안이 완전히 상실된 것으로 나타나기도 했다. 상당한 수의 방사선 사고들은 부주의에 따른 선원보안의 훼손 혹은 고아선원을 우연히 발견함으로써 발생했다. 이러한 사고들의 일부에 대해 상세한 원인과 결과가 국제적으로 보고되어 있다.(IAEA, 1988a, 1996b, 1998a,b,c, 2000a,b,c, 2002a,b)

(3) 이러한 부주의한 선원보안 훼손은 만약 방사성물질이 의도적으로 해독을 야기하는 데 사용되었다면 어떤 일이 발생할 수 있었는지 보여준다. 계획된 범죄적 선원보안 훼손 가능성은 결국 방사성물질의 악용으로 이어질 수 있다. 이러한 시나리오 유형에 기초하는 방사선학적 공격의 예는 공공장소에 선원의 방사성 내용물을 계획적으로 살포하는 것이다. 그런 사태는 방사선에 사람을 노출시키고 심각한 환경오염을 유발할 가능성이 있어 특별한 방사선방호 대책을 요구한다. 2001년 9월 11일 사태 이전에 방사선원 보안에 대한 자료가 국제적으로 출간된 바 있다(IAEA, 1998c, 1999a, 2001c). 9/11사태 이후 이 문제,

특히 보안이 취약한 방사선원의 악의적 사용 가능성에 대해 국제적 차원(IAEA, 2003c)뿐만 아니라 여러 국가조직(예를 들어 HPS, 2004; NCRP, 2001)에 의해 다시 주목받았다. 최근 국제적 “방사선원 안전과 보안에 대한 기준(IAEA, 2001b, 2004a)”이 수립되어 ‘위험한’ 선원의 범위를 명백히 규정하였다(IAEA, 2003b). 더욱 최근에는, 이 기준에서 정한 해당 요건을 이행하기 위한 선원의 수출입 지침에 대해 국제합의를 이루었다(IAEA, 2004e). ICRP는 선원이 적절히 보안관리됨을 보장하는 전제로서 기준의 요건에 충실하게 방사선원에 대한 필요한 관리를 강화할 것으로 기대한다.

1.1.2. 방사선 관련 악의

(4) 악의적 사태와 관련해서 방사선이 특별한 관심을 받는 여러 가지 이유들이 있다. 부정적인 면에서, 방사선은 괴기한 오염원으로 인식되는데 과거의 방사선 비상상황 경험은 이러한 인식을 다름에 문제점이 있음을 보였다. 방사선은 보이지 않고 냄새도 없으며 그 영향은 피폭 후 수 시간, 수 일, 수 주 혹은 심지어 수 년 후에 나타날 수 있다는 점에서 일반인들은 일반적으로 지나친 두려움을 가지고 있다. 방사선에 대한 두려움과 그 영향에 대한 오해 때문에, 일반인, 공직자 그리고 다른 분야 전문가들에게 심리적 문제를 촉발하고자 할 때 다른 악의적 사태보다 방사선학적 공격의 가능성이 있다. 수감위험은 악의적 행동에 의해 발생할 수 있는 걱정과 두려움에 주된 기여 인자인데, 이것은 그러한 사태의 보건영향을 관리하는 사람에게 추가적이고 새로운 차원의 도전을 요구한다. 만약 적절하게 훈련되어 있지 않다면 초기 단계에서 상황을 관리하는 사람들도 방사선에 대한 많은 걱정과 두려움을 공유하므로 방사선학적 공격에 대처함에 어려움이 있을 것이다. 더욱이 그들도 이러한 비상사태를 다룬 경험이 아마도 거의 없을 것이다.

(5) 방사선학적 공격으로 발생할 것으로 보이는 상대적으로 낮은 수준의 방사선 피폭이 종종 지대한 해독으로 잘못 인식되고 있어 이것이 걱정과 두려움을 야기하는 주된 요소가 된다. 일반적 인식과는 반대로 방사선은 실제로 약한 발암원이다. 실제로 낮은 피폭 준위에서는 암 발생 위험과 같은 방사선에 기인하는 건강 위험은 역학적 기법에 의해 어떠한 잠재적 영향도 찾아낼 수 없을 정도로 매우 낮다. 그러나 지배적인 과학적 견해는 적어도 방호목적으로는 백그라운드 준위를 넘는다면 낮은 준위에서도 작지만 유해한 영향의 제한된 위험이

방사선 피폭으로 유발될 수 있다고 보므로, 방사선방호 전문가는 합리적인 범위에서 사람들의 부당한 방사선피폭을 억제하기 위해 무엇이든 해야 한다. 불행하게도, 정당한 방사선방호 노력도 대중과 적절한 의사소통이 없다면, 사람들이 방호노력을 자신들이 높은 위험에 처한 증거로 오인하여 걱정과 두려움을 갖게 하는데 기여한다.

(6) 긍정적인 면에서, 몇몇 알파 방출핵종으로 인한 오염을 제외하면 적당한 방사선 측정기를 사용하여 방사성 오염이 있는 지역의 윤곽을 그릴 수 있는데 이점은 생물학적 또는 화학적 공격에 비해 쉽다. 더욱이 방사선은 그 발암 잠재력을 포함하여 독성학과 의학에서 가장 많이 연구된 대상 중 하나이며, 따라서 방사선의 보건영향에 대한 많은 정보를 이용할 수 있다. 이러한 연구 결과로서, 전통적 방사선비상사태에 대한 건실한 기준들이 이미 개발 되어 있고 방사선학적 공격 사태에도 해당되어 적용될 수 있다. 나아가 생물학 또는 화학작용제는 물론 대형 단순 폭발로 인한 조기 사망자의 수에 비하면 일반적으로 방사선학적 공격으로 인한 사망자는 매우 적을 것으로 인정된다.

1.2. 보고서의 목표

(7) 이 보고서의 주된 목표는 방사선학적 공격의 여파에서 사람의 보건을 위한 방사선학적 방호 권고를 제공하기 위한 것이다. 이 권고는 사람들을 방사선에 노출시키거나 환경을 오염시키고, 걱정과 두려움을 불러일으키며 혼란을 초래하는 것을 목표로 하는 방사선학적 공격의 가능한 특정 시나리오에 기반을 둔다. 이 보고서는 공격자가 방사선원을 획득하는 방법에 대해서는 다루지 않는다.

(8) 공격이 방사선학적 우려를 촉발하든 아니든, 이러한 유형의 의도적 또는 비의도적 사태의 여파, 즉 예상치 않은 사람들의 방사선 피폭 잠재성은 사실 비슷한 것으로 ICRP는 본다. 방사선학적 상황을 초래하는 의도는 다를지라도, 결과와 필요한 대응조치는 근본적으로 같다. 그러나 사고로부터 발생한 비상사태와 방사선학적 공격에 관련된 사태 사이에는 차이점도 있는데 이러한 차이점들은 이 보고서에 설명된다. 방사선학적 공격이 발생하면 당국과 방사선방호

전문가들은 예상하지 않았거나 계획한 것이 분명히 아닌 장소에서 방사선이나 방사성물질이 존재하는 상황에 직면할 수 있다. 어떠한 시나리오이든, 최종 목표는 예측 불가능한 피폭상황에 처한 사람들을 보호하고 영향을 최소화하며 조속히 일상을 회복하는 것이다. 이러한 일이 현실화 되면 그 대응은 본질적으로 비상 상황의 인지와 파악, 피해자에 대한 의료 서비스 제공, 추가 피폭을 막기 위한 신속한 노력, 상황 통제력의 확보, 방사성물질의 확산 방지, 일반인에게 정확한 정보의 적시 제공, 그리고 일상으로 회복 절차의 개시가 된다.

(9) 이러한 대응조치의 효율적 발휘를 보장하기 위해서는 역량을 갖춰야 하는데, 관련된 국제적 요건과 지침이 수립되었다(IAEA, 2002c, 2003b). 이러한 역량에는 비상 모든 형태에 일반적인 것(예를 들어 항상 가용한 비상연락망, 지휘통제, 대민 소통대책, 초기 종합해독 평가), 방사선비상에 고유한 것(예를 들어, 방사선학적 평가, 감시, 방호 능력)이 포함된다(IAEA, 1997c, 1999b, 2000d). 이러한 역량은 사태의 시나리오에 따라 효과적으로 대응기능을 수행하도록 체계적이고 융통성 있게 적용되는 것이 필요하다.

(10) 이 보고서의 권고는 방사선학적 공격을 포함하는 특정 시나리오의 여파에서 발생할 수 있는 방사선피폭에 관련된 보건 위험의 과학적 평가에 주로 기반을 두고 있음에 유의해야 한다. 그러나 일부 일반인과 때로는 정치인들도 그러한 상황에 의한 방사선 위험에 대해 관점을 달리할 수 있다. 이 때문에 대응 요구에 대해 이해를 달리할 수도 있고 방호수준을 달리할 수도 있다. 요구되는 방호수준은 다른 피폭상황에 비해 높을 것이다. 예를 들어, 전형적으로 높은 자연방사선 피폭 지역에서 생활하는 것으로 인한 위험은 통상 사회적으로 무시되는 반면, 환경에 남아있는 인위적 방사성잔류물로 인한 피폭은 상대적으로 낮아도 우려를 낳고 때로는 불필요한 방호조치를 촉구한다. 이러한 사회적, 정치적 속성의 현실은 일반적으로 방사선방호와 관계가 없지만, 방사선학적 공격에 따르는 방호수준의 최종결정에 영향을 미칠 것이다.

(11) 따라서 ICRP는 이 보고서가 정책 결정을 위한 자동적 처방이라기보다는 주로 방사선방호의 과학적 고려에 근거를 둔, 의사결정 보조 권고를 제공하는 것으로 보아야 함을 강조한다. 그러므로 이 보고서의 권고는 더 광범한 의사결정 과정에 보충 지침과 입력을 제공하는데, 이 과정에는 기타 사회적 관심사,

존재할지 모를 다른 위험, 과거 다른 사태에서 얻은 교훈의 고려, 그리고 관련된 이해당사자의 참여도 포함된다. 방사선학적 공격에 대한 계획수립 과정은 주어진 여건을 고려하고 상황이 보장하는 방호조치를 이행할 수 있게 대응이 체계적이지만 유연한 접근이 되도록 해야 한다.

1.3. 예상 독자

(12) ICRP는 이 보고서가 책임 당국자, 규제기관, 비상대응 역량이 있는 자문기구, 특히 국지, 지방, 국가 그리고 국제적 수준에서 가능한 방사선학적 공격과 그 여파를 다루는 기관에 도움이 되기를 희망한다. 보고서는 이러한 기관에 대해 사태 대응에서 방호조치를 통한 적절한 개입을 수행할 기본원칙을 제공한다. 조건이 나라마다 다를 수 있기 때문에 이 보고서를 방사선학적 공격 사태에서 방사선방호의 보편적인 문서로 보아서는 안 됨을 ICRP는 강조한다.

(13) 이 보고서에서 논의된 상황의 종류와 관련해 직면하고 있는 문제들 중의 하나는 대체로 과학자, 결정권자, 대중매체, 그리고 일반인들 사이에서 기본적인 문제에 대한 공통적 이해가 부족한 것이라고 ICRP는 인지하고 있다. 불행히도, 2001년 9월 11일 사태 이후로 많은 사람들의 반응은 방사성물질과 관련된 보안 문제를 이해하는데 다소 혼란을 일으키고 있다. 예를 들어, 방사선원과 방사성 선원, 조사와 오염의 기본 개념들이 널리 혼동되고 있고, 선원 안전과 선원 보안도 마찬가지로 혼동된다.

(14) 방사선방호에서 사용되는 개념, 양, 단위 역시 종종 잘못 이해되고 있다. 주로 용어의 애매한 사용으로 생기며 때로는 번역 어려움으로 악화되기도 하는 혼동된 의사소통은 위험에 대한 일반인의 걱정을 증가시키는 데 기여해 왔다. 보안 전문가, 방사선 전문가가 아니지만 비상 상황에서 의사결정 과정에 관계하는 사람들도 이 보고서에 관심이 있을 수 있고, 이 주제에 대한 오해도 있기 때문에, 보고서는 방사선학적 비상사태의 맥락에서 ICRP의 용어와 정책에 대한 독자의 이해를 돕는 정보들을 부록으로 실었다. 용어해설에서도 관련된 보충 정보가 제공된다.

(빈 페이지)

2. 상황의 특징

2.1. 잠재적 시나리오

2.1.1. 위협

(15) 방사선 피폭을 야기하는 악의적 시나리오들은 그 위협으로 특성화된다. 효율적으로 대응하기 위해서는 그러한 사태를 유발하는 위협의 형태를 식별하고 예상하는 것이 필요하다. “핵물질과 핵시설의 물리적방호를 위한 국제 핸드북(IAEA, 2002e)”의 예에서 보듯이 위협을 분류하기 위한 방법론이 국제적으로 개발되어 왔지만, 이 경우는 방사성물질이나 방사선시설보다는 구체적으로 핵물질과 핵시설에 관련된다. 그러나 그 방법론들은 방사선학적 공격에도 일반적으로 적용될 수 있다. 더욱 중요한 점은 선원을 어떻게 획득 했느냐보다는 방사성물질의 형태와 양이 필요한 대응에 더 큰 영향을 미친다는 것이다. 이 문제는 국제요건(IAEA,1997b, IAEA,2002c 및 IAEA,2003b)에 상술된 보다 일반화된 비상계획 범주화 개념에 반영된다.

2.1.2. 촉발인자^{initiator}

(16) 방사선학적 공격은 많은 촉발인자를 가지므로 그러한 모든 가능한 시나리오를 특성화하는 것은 불가능함을 인지해야 한다. 몇 가지 상상할 수 있는 시나리오들을 부록A에 설명했으며 요약하면 다음과 같다.

- 가장 단순한 설정은 예를 들어 방사성물질을 무기로 사용하겠다는 위협으로서 일종의 협박인데, 실제로 방사선학적 영향이 없다는 점에서 다른 잠재 시나리오와 다르다.
- 방사성물질이 실질적 재화가치(판매하여)를 위해서 또는 악의적 공격을 위한 전조로 도난당할 수 있다.
- 방사선학적 공격에서 몇 가지 가상 시나리오는 방사성물질의 은밀한 살포에 근거한다. 이러한 사태가 발생했다는 첫 징후는 방사선병 증상, 화상이나 기타 증후를 보인 사람들이 병원을 찾는 것이 될 것이다. 환경측정을 위해 사용되는 방사선 감시기도 은밀한 방사선학적 공격에 대한 첫 지시자가 될 수 있다.
- 방사선원이 특정 개인이나, 표적그룹, 혹은 무고한 사람들을 고의적이고 악의

적으로 조사하도록 사용될 수 있다.

- 의학이나 산업에서 통상 쓰이는 것과 같은 보통의 방사선원을 비산시키기 위해 재래식 폭약의 폭발은 또 다르게 상상할 수 있는 시나리오이다. 이것은 매체에서 ‘방사능폭탄’으로 부르지만 엄밀하게는 방사능분산장치(RDD)라고 부르는 것이 적절할 것이다. RDD는 도난당한 선원이나 본래 장소에 있는 것으로 만들 수 있다. 만약 방사성물질이 비산성이거나 비산시킬 수 있도록 선원을 가공한다면 폭발 없이 선원 용기를 열기만 하여 환경으로 방사성물질 확산을 달성할 수 있다.
- 식품이나 수도, 기타 특정한 소비재, 특정 부지나 환경을 방사성물질로 오염시키려는 고의적 행동도 있을 수 있다.
- 또 다른 시나리오는 방사성폐기물, 방사화생성물 및 핵분열생성물을 포함한 많은 양의 방사성물질 재고가 있는 원자력시설의 안전관련 시스템에 대한 사보타주이다. ICRP는 운영 중인 원자력시설에 1) 성공적인 방사선학적 공격을 어렵게 만드는 엄격한 보안수단과 2) 이 주제에 관한 기존 권고(ICRP,1993b)에 근거한 방사선 비상대책이 이행되어야 한다고 생각한다.
- 끝으로 극단적이지만 가능한 시나리오는 핵물질, 특히 ^{235}U 와 ^{239}Pu 와 같은 특수 핵분열물질의 과급에 따른 통상 ‘조잡핵장치’(IND)로 알려진 원초적 핵무기를 제조하고 사용하는 것이다.

2.1.3. 공통 특징

(17) 위에서 설명한 것처럼 가능한 시나리오들은 규모나 유래, 가능성에서 매우 다양하지만 궁극적 영향, 다시 말하면 제어하기 어렵고 예상치 않은 공공의 방사선피폭 상황과 환경의 방사성오염 상황이라는 점에서는 대체로 비슷하다. 대응계획 수립의 근거로 하나의 사태만을 적용할 수는 없지만 다음과 같이 많은 공통적 특징이 인지된다.

- 위치가 사전에 알려지지 않기 때문에 계획이 구체적일 수 없다. 게다가 방사선 외에 다른 해독이 존재할 수 있기 때문에 계획은 다른 비상대응계획과 통합되어야 한다. 사태가 발생할 정확한 장소나 실제로 존재하는 해독을 사전에 알 수 없으므로 잠재적 비상사태를 다루는 대응계획은 넓은 응용성을 갖출 필요가 있다.
- 공격 장소 인접 지역의 오염은 출입통제를 요구할 것이므로 대응을 어렵게 만든다.

- 극단 시나리오들을 제외하면 방사선이나 방사성물질은 즉각적 치사를 초래하지는 않을 것이지만 심리적 인식이 심각한 위협의 하나가 될 수 있다. 나아가 가장수명 핵종의 존재는 장기 피폭상황을 만들 것이다.
- 방사선 해독의 조기 탐지와 오염 확산을 제어할 수 있는 신속한 조치가 공격에 대응하는 핵심 분야이다.

2.2. 특이 사항

(18) 방사선사고 경우처럼, 방사선학적 공격으로 인한 방사선 비상은 예기치 못하게 일어난다. 사람의 보호, 지역 정화, 일상 복귀를 위한 대응은 두 상황에서 원칙적으로 동일하다. 그러나 방사선학적 공격의 결과는 관리되는 시설에서의 비상과 비교해서 여러 가지 구체적 특징이 있다.

2.2.1. 위치

(19) 방사선학적 공격으로 인한 비상사태는 방사선 혹은 방사성물질이 예상되지 않고 따라서 방사선방호 수단으로 대응할 준비가 한정된 공공장소에서 주로 일어날 것이다. 반면 그러한 지역은 주로 긴급 서비스가 많고 집중된 도심지역이 될 것이다. 그러나 이러한 지역에 대해서는 원자력시설 비상에 사용되는 확산조건을 적용하기 어려울 것이다. 이러한 관점에서, 계획과 준비태세는 원자력 사고에 대한 방사선학적 시나리오에 대한 것과 다를 것이다

2.2.2. 대중 인식

(20) 비록 방사선 영향이 객관적으로 비슷하더라도 방사선학적 공격에 대한 대중 인식은 방사선 사고에 대한 인식과 다를 것이다. 일반인의 생각은 방사선학적 공격이 더 위험하다고 느끼게 된다. 이로 인해 실질 해독에 대한 정상적 반응을 넘어서 일반인이 크게 놀랄 수 있어, 일반인을 안심시키거나 영향을 효율적으로 관리하는 데 어려움이 증가 될 수 있다. 그러므로 일반인과 대중매체에 명백하고 정확한 정보가 전달되도록 해야 하는데 계획단계부터 이러한 요구를 맞출 방법체계를 유지할 필요가 있다.

2.2.3. 선원항 파악

(21) 방사성물질의 특징을 판정하는 방법에서 전통 방사선비상 대응계획과 RDD나 IND 대응에 필요한 계획 사이에 중요한 차이가 있다. 전자에서는 선원의 종류, 시설물, 물질재고 등과 같은 상황을 사전에 대체로 잘 알고 있기 때문에 사태에 관련된 방사성물질에 대해 합리적 가정이 가능하다. 방사선학적 공격에서는—화학, 생물학적 공격에서는 더욱 그렇지만—비록 믿을 만한 선원항의 범위는 어느 정도 예상된다 하더라도 초기대응 단계에서 선원항을 파악할 수 있는 정보가 거의 없을 것이다. 그러나 선원항 평가는 계획과정의 일부로 수립된 정량적 작전지침을 사용하는 것이나, 특히 관련 방사성핵종을 식별하는 결정적인 것에 비해 대응 관리에서 실질적인 관계는 덜하다. 선원항 평가를 위한 상세정보는 사태가 발생한 약간 후 비상대응을 통해 수행된 환경감시와 시료채집 및 분석의 결과로 알 수 있을 것이다(IAEA 1999b). 측정능력이 향상되면 선원항 크기에 대한 확신도 높아질 것이다. 측정 결과가 집계되면, 역추적을 통해 얼마나 많은 방사성물질이 관련되었는지 평가하여 선원항을 어렵할 수 있다.

2.2.4. 은밀한 상황

(22) 은밀한 방사선 상황일 때 사태는 더욱 어렵게 되는데 방사선 상해자가 발생하거나 누군가가 우연히 방사성물질을 측정할 때까지 방사성물질의 존재가 표면화되지 않는다. 사실의 감지로부터 역으로 물질이 어디에 있었고, 얼마나 많이 있었는지, 누가 관련되었는지 그리고 방호를 위해 어떤 권고를 할 것인지를 결정해야 하는 어려움이 있다. 비상대응 계획자들이 특별히 고민하는 시나리오는 출퇴근시간의 지하철과 같이 혼잡한 공공장소에 은밀히 살포된 화재방 공격이다. 아주 짧은 시간에, 누구도 상황을 인지하기 한참 전에 적은 양의 물질이 대도시 전역에 퍼질 수 있다. 어떤 한 지역의 방사성물질 양이 전혀 보건의 악영향을 초래할 것 같지는 않지만, 범죄수사에서 피해지역의 크기와 피해 정도를 파악하려 할 것이기 때문에 대중의 걱정과 반응강도는 심각할 것이다. 주어진 사태에서 대중반응이 충분히 연구되지는 않았지만, 과거 비상사태에 대한 대중반응의 증거는 대중이 크게 당황하지는 않는 것 같았고, 심각한 공황상태 가능성은 역사적으로 증명되지 않았다.

2.2.5. 일반 정서

(23) 여러 유형의 사태나 사고에 대한 반응에 독특한 특성으로 인지할 수 있는 인간행동의 중요한 측면의 하나는 일반인이 현장으로 들어와 구조 노력에 동참하고 지원하려 한다는 것이다. 처음에는 방사성물질의 실체가 알려지지 않았기 때문에 이로 인해 방사선 측정, 치료 등이 신속히 이뤄져야 할 많은 사람들이 발생할 수 있다. 또, 통제가 적절하지 않았다면 사건 현장에 사람들의 출입으로 오염 확산의 통제와 평가가 어렵게 된다.

2.2.6. 사전 경보

(24) 많은 법집행 기관, 연방기관, 보안인력 그리고 긴급서비스팀은 다양한 형태의 사태를 다루는 정보력과 우발계획을 가지고 있다. 이런 계획은 폭탄위협, 공갈, 항공기 납치와 인질을 포함한 폭넓은 사건들에 도움이 될 것이다. 최근의 악의적 행동에 비추어 이런 계획들을 개선하고 검토해야 할 것이다.

(25) 높은 수준의 위협이 존재할만한 경우, 예를 들면 스포츠 행사와 같은 주요 행사기간이나, 지하철처럼 악의적 행위에 특히 취약한 장소에서의 위협수준은 방사성물질이나 장치의 반입을 색출하기 위한 기기의 설치를 정당화 할 것이다. 그러한 탐색장치의 대규모 배치는 고비용 부담이므로 그 필요성은 위협수준에 명백히 상응해야 한다. 비록 ^{239}Pu 와 같은 알파 방출 선원을 탐지하는 데는 적절하지 않지만, 보다 저렴한 대안은 보안요원들이 방사선 피폭을 알 수 있는 직독식 전자선량계를 패용하는 것이다.

(26) 나아가 위협평가의 교류를 위한 단계적 시스템이 도입되면, 어떤 장소에서 방사선학적 공격의 위협 수준이 높아져 사태에 대응할 때 초동대응자가 추가적인 예방활동을 할 수 있게 된다. 예를 들어 혼한 건물에서 발생한 화재사태가 테러분자 공격에 의해 야기되었다고 의심되면, 소방관들은 방사성물질 도입 여부 파악을 위해 감시측정을 해야 할 것이다. 역으로, 테러분자 공격으로 불 이유가 없다면(예를 들면, 낮게 평가된 위협수준 때문에) 소방관들은 현장에 대해 방사선감시를 통상 하지 않을 것이다. 위협수준 교류시스템은 국가 혹은 지역 수준에서, 또는 잠재적 표적이며 위협수준이 높은 것으로 밝혀진 특정 빌딩이나 구역에 대해 일반화된 코드 시스템을 갖춰야 할 것이다.

2.2.7. 범죄수사

(27) 재래 방사선 사고와 방사선학적 공격 사이에서 또 다른 중요한 차이점은 공격에서는 지역 경찰이 항상 개입하고 증거조사를 위하여 범죄현장으로 선포할 필요가 있다는 점이다. 만약 사태가 고의적 행동에 의한 것으로 확인된다면, 비상대응과 범죄수사 관할은 지방 경찰로부터 지역 및 국가의 법집행관으로 바로 확대할 것이다. 불행히도 범죄수사나 증거보존의 목적은 종종 방사성 방호 입장과 상충한다. 특히, 선원함을 평가하고 방호조치 권고를 도출하는 일에 필요한 바로 그 물질들이 범죄증거로 간주되어 엄격히 통제될 수 있다. 이 가능성은 두 가지 바람직하지 않은 결과로 이어질 수 있다. 첫째는, 의사결정자에게 필요한 정보가 법집행관의 승인을 거쳐 공개되기 때문에, 중요한 방호 조치를 진행시키는 과정이 지연 될 수 있다. 둘째는 법집행관은 증거로 간주되거나 진행 중인 수사를 방해할 우려가 있는 어떠한 정보도 공개하기를 꺼릴 수 있기 때문에 공공보건 정보와 권고의 교류와 상충할 것이다.

(28) 그러므로 사전계획 문제 중 가장 중요한 한 가지는 요긴한 데이터 사용이 효과적으로 이루어질 수 있도록 여러 법집행 또는 수사 그룹이 방사선방호 그룹과 어떻게 협력할 것인가 하는 점이다. 권고를 도출할 수 있도록 평가 그룹도 중요한 정보를 이용할 수 있게 보장하는 것이 요긴하다. 분명히 요긴하다 다른 문제로서 누가 정보 권한을 갖는지, 어떻게 정보가 흐르는지 그리고 어떻게 법집행과 방사선방호를 연계할 것인가 하는 문제가 있다. 여러 나라에서 활용되는 사태지휘계통incident command system(ISC)과 같은 통합비상대응기구(IAEA, 2003b)는 신속한 통합, 협력 그리고 모든 유형의 비상에 대한 대응으로 확대를 용이하게 한다. ISC는 공통의 용어, 모듈 조직, 통합된 통신망, 단일 지휘구조, 압축된 비상계획, 전용 비상설비, 종합적 자원관리를 갖는 것에 바탕을 둔다. 법집행 문제도 그러한 틀 안에 통합될 필요가 있다.

2.2.8. 난제

(29) 방사선학적 공격으로 인한 비상사태는 대응당국의 어려운 결정이 필요한 일련의 독특한 도전—환영받지 못하거나 이목을 끌지 못하는 대안 사이에서 선택하도록 제의받는 것과 같은—을 제기한다. 실현되지 않은 위협은 결코 실현되지 않을 수도 있고 일반인에게는 알려지지 않을 수도 있어 가장 근본적인

딜레마로 몰아넣는다. 한편으로, 당국은 위협에 직면하거나 이를 다룰 때 열심인 것을 보이고 싶겠지만, 반면에 실체가 없는 위협과 싸우는 데 방대한 자원을 확보함에 상당한 어려움을 겪을 것이다.

2.3. 계획

(30) 비상사태 준비 프로그램을 전개하는데 있어, 지역과 국가 수준에서 다음 하부체계 요소들을 고려하도록 국제적으로 요구하고 있다. 이들 요소는 당국, 기관, 협조, 계획과 절차, 행정지원과 시설, 훈련과 연습, 그리고 품질보증이다 (IAEA, 1997b; 2002c, 2003b). 많은 다른 요소들 중에서, 품질보증은 정보를 접수하고 조치하는 상시 가용한 연락망의 지정, ICS와 같은 비상관리 조직, 기술정보 관리대책, 그리고 대중소통 대책을 포함할 것이다. 보다 구체적으로 방사성물질이 관련된 공격에 대한 계획은 다음을 보장하는 것이 필요하다. 초동 대응자는 훈련되고 방사선 존재를 확인할 적당한 기기를 갖도록 한다. 방사선 전문가가 해독 의문에 대해 즉각 대응하여 초동 대응자의 현장 당국 또는 다른 조직을 자문하기 위해 가용해야 한다. 다양한 시나리오에서 방호조치를 취하기 위해 사전에 확고한 작전지침이 수립되어 있어야 한다. 공격이 발생했다는 확실한 지시가 있다면, 달리 증명될 때까지는 공격이 화생방 해독을 포함하는 것으로 보는 것이 신중한 접근이다. 이것은 비상대응에서 존재하는 모든 해독을 식별하는 즉각적 능력을 갖추고 폭넓은 주의를 바탕으로 한 종합해독 접근을 강하게 요구한다. 이러한 접근은 사태의 가능성과 이에 수반될 것으로 보는 ‘방사선 관련’ 격정과 공포에 대한 주관적 평가 필요성을 고려해야 한다.

2.3.1. 종합해독^{all-hazard} 계획

(31) 현행 국제 지침은 종합해독 계획의 필요성을 강조하는데 여기서는 방사선비상계획이 일반 비상사태에 대한 대책과 자원에 잘 통합되어야 한다. 방사선 공격의 특성은 이 종합해독 계획의 개념에 새로운 차원을 추가한다. 어떤 유형의 독물(핵, 화학 또는 생물학) 또는 무기(고전적 또는 핵)가 사용될 지를 미리 판단하는 것은 매우 어렵다. 상황은 다수의 공격과 복합해독 존재 — 예를 들어 화생방이 같이 관련 — 가능성으로 더욱 복잡해진다. 여러 장소에 동시다발적 공격은 국가의 대응 가능성에 추가적인 압박을 줄 것이다. 나아가 방사

선 공격이 자살적 방법일 가능성이 있다는 점도 고려할 특색이다. 그럼에도 불구하고, ICS 모델은 유효한 조직적 대응을 구성하는 데 적용될 수 있다.

2.3.2. 재난 관리

(32) 방사선학적 공격에 의한 비상 대응을 계획하는 것과 일반적으로 예기치 않은 재난을 관리하는 것의 관심사는 유사하다. 재난은 일반적으로 민방위계획에 따라 다루는데 이것이 여러 비상을 다루는 데 유용한 골격을 제공할 수 있다. 그러나 방사선 공격의 여파를 다루는 것은 광범한 상황에서 어디서 일어날지 모르는 무작위한 활동을 계획하는 어려움 때문에 규제받는 시설에서 발생한 사고로 인한 방사선비상과 여러 측면에서 다르기도 하다. 방사선 공격이 일어난 곳의 지방 당국은 방사선 비상사태를 특정하게 다루기 위한 비상대응 계획을 가지고 있지 않을 수도 있고, 그러한 비상사태를 다루는 어떠한 경험도 가지고 있지 않을지도 모른다. 더욱이, 그들은 대응인력과 일반인을 보호하는 데 필요한 방사선 측정 장비나 다른 자원에 즉시 접근이 어려울지도 모른다. 사태를 대비하여 적어도 기본적인 능력을 발전시키는 것이 필요하다.

2.3.3. 의료 준비태세

(33) 방사선학적 공격에 대한 의료 준비는 화학 또는 생물학 물질이 관계된 공격에 대응하는 데 필요한 준비와 많은 점에서 유사하다. 부록B의 첫 절에 방사선학적 공격의 여러 가능한 위협에 대한 의료 비상계획에 관련된 몇몇 논점을 설명한다. ICRP는 방사선학적 공격에 대응하기 위한 준비로 의료인을 돕기 위한 특별 지침을 개발하려고 한다.

(34) 만약 방사선학적 공격을 위협하였다면, 상황은 화학 또는 생물학 공격에 대해 고려하는 예측준비와 다르지 않다. 지방 당국에 의해 만들어진 계획과 대책에 따라 의료기관은 어떤 유형의 위협이 있었다는 통보를 받게 되고, 이에 따라 그러한 사태가 실제로 일어난 경우에 의료기관이 대비토록 할 것이다.

(35) 지역 의료서비스 요원이 방사선 과피폭 환자를 장기간 진료할 수는 없더라도 그러한 환자를 식별할 수 있도록 하는 것이 중요한 개선요구이다. 사람들이 방사선에 과피폭하는 사태의 경우에, 환자들은 현지보다는 지역 전문센터에

서 치료해야 할 것이다. 사실, 화상전문 또는 혈액전문 시설이 있는 센터는 방사선 과피폭 상황을 다룰 준비가 잘 갖추어져 있는 셈이다. 드문 우발사태를 특정하게 다루도록 지역 또는 국가 방사선의료센터를 발전시키기 위해 부족한 자원을 할당하는 것은 정당화되지 않을지도 모른다. 오염의 확산을 줄이기 위한 단순한 주의—무균 작업에 적용되는 주의와 근본적으로 다르지 않음—만 한다면 오염의 해독 때문에 환자치료를 제약하는 것은 필요하지 않다.

(36) 의료계획에 영향을 미칠 한 특징은 잠재적으로 피해자 수를 알 수 없다는 사실이다. 방사선학적 공격은 어디에서 일어날지 모르기 때문에, 계획은 응급의료서비스와 작은 병원을 포함한 병원에 대한 국가 지침의 일부분이어야 할 것이다(IAEA, 2004C). 지침은 전국에 걸쳐서 잠재적 과피폭 또는 오염 피해자의 응급 조치에 필요한 기본적 방법에 관한 사용하기 쉬운 참고 지침을 의료인이 가지도록 확실히 해야 한다.

2.3.4. 심리적 문제

(37) 심리적 충격은 상당한 도전을 제기할 것인데 방사선학적 공격에 대응하는 계획에 이 문제를 고려함이 필요하다. 방사선학적 공격 후 의료인 사무실, 의원 및 병원들은 증상이 있거나 없거나 방사선 피폭과 오염 가능성에 관한 평가, 보호, 지침을 요청하는 사람들이 쇠도할 것이다. 잘 조직되고 효과적인 의료대응은 희망과 신뢰를 심고, 걱정을 줄이고, 기본 사회기능의 연속을 지원할 것이다. 의료인들은 사전에 적절한 훈련을 받아야 하는데 그들도 역시 걱정과 공포에 빠질 수도 있다. 사전 정보의 가용성과 명확한 소통은 방사선학적 공격의 영향을 다루기 위한 성공적인 준비에 기본 요소이다. 사전 계획은 사고 후 수십 년 동안 남을 수도 있는 우려와 외상후 스트레스를 다룰 필요성을 인식해야 한다.

(38) 공동체 전체의 정신건강 요구에 대한 대응은 준비에 많은 난제를 제기한다. 전용 장소, 직원, 연락처 등록, 그리고 격렬한 1차 진료의 추적 노력에 추가하여, 원인불명 증상을 보이는 사람에 대한 개입에는 의학적으로 설명되지 않은 증상에 대한 자가관리 접근법에 관한 소책자, 사실쪽지fact sheet나 문헌도 포함해야 한다. 치료에 대해 느끼는 장벽을 극복하기 위해 원인불명 증상을 가진 사람들을 도울 수 있는 현장 봉사자의 이용은 ‘아무도 신경쓰지 않는다’는

사람들의 생각을 완화하는데 도움을 주고 의사들에게 이 사람들의 요구를 들어야 한다는 압박을 줄이는 길을 제공한다.

2.3.5. 연습

(39) 비상사태 대응 연습으로부터 배우는 중요한 교훈의 하나는 초기 감시와 평가 활동 결과가 크게 다른 점인데 선원항에 대한 상이한 가정 때문이다. 따라서 방사선학적 공격에 대한 연습은 실제 사태에 직면했을 때의 어려움에 대한 참된 이해를 의사결정자에게 주지 못한다. 연습에서는 시나리오가 추정되고 따라서 방사선 평가팀은 실제로 일어날 일들과 거의 무관한 추측 권고를 빠르게 내릴 수 있다. 일어날 듯한 현실은 폭발이 있었고, 방사선 감지기가 경보를 울렸으며, 그리고 바람이 어디서 불고 있다는 정도가 알려진 유일한 정보인데, 정부 공무원과 뉴스 기자들은 사람들이 대피해야 하는지, 얼마나 멀리 대피해야 하는지에 대해 당장 대답을 요구하는 것이다. 사실 초기 정보의 부족은 방호조치를 위해 권고할 수 있는 범위에 중요한 영향력을 미친다. 혼란을 줄이고 확신을 유지하기 위하여, 주요 관측 가능한 변수와 기준에 의해 개시되는 ‘표준’ 대응전략을 수립하고, 정치적 의사결정자를 포함한 사람들을 훈련하고, 계획을 효율적이고 효과적으로 집행하며, 상황에 대해 개선된 평가가 가용하면 상세 전략을 조정하는 것이 적절한 것으로 판단된다. ICRP는 위와 같은 제약에도 불과하고 방사선학적 공격의 그럴듯한 시나리오에 대한 연습은 수행되어야 하고, 정치적 의사결정자가 참가하여야 하며, 상세한 문제까지 적절하게 다루는 것을 확실히 하기 위한 특정 대응기능에 대한 훈련을 수행할 것을 권고한다.

2.4. 피폭

2.4.1. 정량화

(40) 방사선학적 공격은 방사성인 물질의 확산을 낳을 것이다. ‘방사능’은 방사선 방출 현상을 설명하도록 사용된 용어로서 방출원의 방사능 관점에서 정량화된다. 방사능은 ‘베크렐becquerel(Bq)’ 단위[과거에는 큐리curie(Ci) 단위였고 여전히 사용되고 있지만]로 평가되는 양이다. 1 베크렐은 극히 작은 방사능 양을 나타낸다. 역으로, 1 Ci는 많은 방사능 양을 나타낸다($1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$).

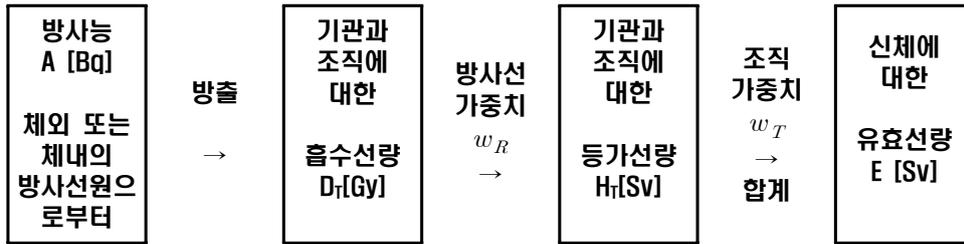
일반인과 그들을 돕는 구조자 모두 방사성인 물질에서 방출되는 방사선에 노출될 수 있다. RDD로부터 방출될 것으로 예상되는 방사선의 유형은 다음을 포함한다. 알파입자는 높은 선에너지전달(linear-energy transfer(LET))¹⁸ 성질이 있으나 조직에서 낮은 투과력을 갖는다. 따라서 알파입자 방출 물질이 체내에 들어갔을 때만 의미가 있다. 베타입자는 상대적으로 얇은 조직(피부와 같은)을 투과할 수 있다. 감마선은 원론적으로 몸 전체를 투과할 수 있다. IND의 경우에, 중성자도 또한 방사선장에 기여할 것이다.

(41) 방사선이 몸 밖에서 오거나(외부피폭) 방사성 물질의 섭취(흡입, 취식, 상처 또는 피부를 통한 침투)에서 오거나(내부피폭), 방사선 피폭량에 따라 다양한 보건영향이 발생할 수 있다. 방사선 노출량은 피폭한 사람이 받는 방사선량으로 측정된다. 해당 양을 ‘흡수선량’으로 부르고 ‘그레이gray(Gy)’라고 부르는 단위로 평가한다.¹⁹ 과거에는 ‘라드rad’라는 단위를 사용하였다. 그런데 방사선이 다르면 손상을 초래하는 효율도 다르다. 게다가 장기와 조직은 방사선 노출에 대해 다른 민감도를 가지고 있다. 따라서 흡수선량은 이 차이점을 고려하여 가중하여야 한다. 각 가중치는 ‘방사선가중치(w_R)’과 ‘조직가중치(w_T)’로 나타내며 그 값들은 ICRP가 권고하였다(ICRP, 1991a). 흡수선량에 종류가 다른 방사선의 효과와 다른 기관과 조직의 방사선 민감도를 가중하여 얻는 양을 각각 ‘등가선량’과 ‘유효선량’으로 부르고 ‘시버트sievert(Sv)’ 단위로 평가한다.²⁰ 과거에는 ‘렘rem’ 단위를 사용하였다. 등가선량은 조직과 장기 선량에 사용되고, 유효선량은 전신에 대한 영향을 평가하기 위해 사용된다. 다음 도식은 해당 양 사이의 관계를 제공한다. 즉, 방사능(A), 조직 흡수선량(D_T), 방사선가중치(w_R)에 의해 가중된 흡수선량 결과인 조직 등가선량(H_T). 최종적으로 등가선량을 조직가중치(w_T)로 가중하고 모든 조직에 대해 합산한 값인 유효선량(E)까지의 관계이다.

18 <역주> 방사선이 물질 내에서 단위거리를 진행하는 동안 전달하는 에너지량을 의미한다. 알파나 중성자 방사선은 LET가 높고, 전자나 감마선, X선을 LET가 낮다.

19 <역주> 흡수선량은 인체뿐만 아니라 기타 모든 물질에 대해서도 정의된다.

20 <역주> 시버트 단위로 나타내는 등가선량이나 유효선량은 인체에 대해서만 정의된다.



(42) 등가선량과 유효선량은 단지 ‘정규’ 방사선방호 목적, 즉 낮은 확률의 지발성 보건영향(확률적 영향)만을 초래하는 상황에만 사용될 수 있음에 유의해야 한다. 공식적으로 등가선량과 유효선량은 심각한 조기 병리학적 영향을 일으키는 높은 선량 방사선 노출을 계량하는데 사용할 수 없다. 나아가 높은 LET를 갖는 방사선(예: 알파 방사선)에서, 생물학적효과비(RBE)²¹는 방사선상해의 종류, 피폭한 기관, 방사선이 조사된 시간에 따라 달라지므로 별도의 고려가 필요하다.

(43) 다른 어려움의 하나는 방사선 측정기는 등가선량과 유효선량과 같은 인체에 대한 방사선량 계측량을 측정할 수 없다는 점이다. 이 선량들은 외부 피폭에 대해 직접 측정할 수 있는 ‘실용량’으로 부르는 양으로부터 평가될 수 있을 뿐이다. 실용량은 국제방사선단위측정위원회(ICRU)에 의해 권고되었다. 이 양들은 준수 확인을 위해 ICRP 간행물 60(ICRP, 1991a, 138항)에 도입되었고 국제 표준에도 채택되었다(IAEA, 1996a). 방사선방호를 목적으로 하는 방사선장 측정에서 특별히 주목하는 3가지 실용량이 있는데 주위선량당량 $H^*(d)$; 방향성선량당량 $H'(d)$; 개인선량당량 $H_p(d)$ 이다.²² 실용량은 한 점에서의 선량당량 개념에 기초하는 양으로서 등가선량 개념을 바탕으로 하지는 않고, 방사선방호 목적으로 측정기기를 교정하는 데 사용된다.²³

21 <역주> 어떤 종류의 방사선이 기준 방사선(주로 X선)과 비교하여 동일한 효과를 일으키는 데 필요한 흡수선량의 비를 의미하는데 RBE가 큰 방사선이 상대적 위해도가 크다.

22 <역주> 처음에는 개인선량당량을 강투과성 방사선에 대한 $H_p(d)$ 와 약투과성 방사선에 대한 $H_s(d)$ 의 둘을 정의하였으나 현재는 $H_p(d)$ 하나로 통합되었다. 따라서 원문에는 이들 4 가지 실용량을 기술하고 있으나 3 가지로 수정하였다.

23 <역주> 예를 들어 종사자가 패용하는 개인선량계는 $H_p(10)$ 과 $H_p(0.07)$ 을 측정하도록 교정되며, 선량률을 측정하는 기기는 주로 $H^*(10)$ 을 지시하도록 교정된다. 유효선량은 측정가능하지 않으므로 개인선량계로 측정된 $H_p(10)$ 으로 유효선량을 대체한다.

(44) 위와 같은 어려움이 있기에, 단순화와 가독성을 위해 이 보고서는 낮고 높은 수준의 방사선 노출을 정량하는 데 등가선량과 유효선량만을 사용할 것이다. 같은 이유에서 이 보고서는 이들 선량의 단위로 시버트의 1/1000인 '밀리시버트(mSv)'(1 mSv=100 mrem 혹은 0.1 rem)'만 사용할 것이다. 이 양의 이해를 돕는다면, 낮은 자연방사선 지역에 1년 동안 주거한 사람이 어쩔 수 없이 자연방사선에 피폭하는 유효선량 수준이 연간 1mSv임에 주목할 수 있다. 자연방사선에 의한 전세계 평균 유효선량은 2.4 mSv/y이고, 높은 자연방사선에서는 전형적으로 대략 10 mSv/y이다. 세계의 몇몇 지역에서는 자연방사선 준위가 100 mSv/y에 이르는 곳도 있다.

2.4.2. 피폭경로

(45) 공격의 특정한 유형과 특성, 관련된 방사성핵종들과 방사성물질의 총량, 그것을 환경에 분산시킨 에너지, 주위 환경의 상태, 그리고 방사성핵종 확산과 이동 메커니즘과 같은 인자에 따라 잠재적인 방사선 노출은 크기에서 상당히 달라질 수 있다. 대부분의 경우에는 고려할 수 있는 제한된 피폭경로가 있을 것이다. 방호조치를 계획할 때, 가능한 피폭경로를 파악하는 것과 그들의 상대적 중요도를 평가하는 것이 요긴하다. 이 측면은 대응계획의 개발, 작전지침, 표준 대응전략, 구체적 방호조치의 이행에 고려할 필요가 있다. 피폭이 일어나는 경로뿐만 아니라 피폭하는 신체의 장기 또는 조직, 그리고 예상되는 피폭선량에 따라 방사선 피폭을 줄이거나 피하기 위해 다양한 방호조치가 이행될 필요가 있을 것이다.

(46) 방사선학적 공격에 직접적으로 관계된 사람들은 피해지역 사람들과 사태에 대응하는 구조요원들을 포함할 것이다. 이 사람들이 방사선에 피폭하는 2가지 주된 메커니즘이 있는데, 신체 밖에 있는 선원(피부에 침착한 방사성물질을 포함하여)으로부터 오는 방사선을 피폭하는 외부피폭과, 흡입, 취식, 피부와 상처를 통한 침투, 방사성이거나 오염을 함유한 파편으로 조직에 침투한 방사성 물질로부터 받는 내부피폭이다. 각 개인의 종합적 위험은 내부피폭과 외부피폭 영향의 합으로 나타난다.

(47) 외부 방사선피폭의 경로는 다음을 포함 한다.

- 시설 또는 방사선원으로부터 직접 오는 방사선.
- 피부와 의복의 오염.
- 대기 중에 확산된 방사성물질의 연무plume.
- 환경, 건물, 수송수단 등의 잔류 오염.
- 오염된 생필품과 기타 소비재.

(48) 내부 방사선피폭의 경로는 다음을 포함 한다.

- 연무 중 방사선 핵종의 흡입.
- 재부유 방사성핵종의 흡입.
- 부주의한 오염물의 직접 취식.
- 오염된 식품과 물의 취식.
- 피부와 상처를 통한 흡수.
- 조직에 박힌 방사성물질 또는 방사성물질에 오염된(‘매운입자hot particle’를 포함) 물체의 파편.

(49) 사고의 최종 영향은 피해 환경의 특성에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 예를 들면, 외부 방사선량은 도시와 시골의 환경, 다양한 표면에 침적된 유형과 양, 그리고 피폭 집단의 생활습관에 따라 외부피폭 선량이 상당히 달라질 수 있다. 환경 조건의 계절적 변화도 방사성핵종의 침적이 발생한 지역의 농축산물 오염 정도에 영향을 미칠 수 있다.

2.5. 초기 반응

(50) 방사선학적 공격에 대한 초기 반응은 초기사건(예를 들면, 폭발이 있던지 또는 심한 경우 IND)에 따라서도 달라질 수 있다. 초기 대응 후속으로 다양하게 변화하는 대응단계와 특정 방호조치와 관련된 다양한 개입(접근 통제, 옥내 대피, 소개, 예방처치제 투여, 사람, 토지 또는 시설물의 제염, 이주, 물, 식품 및 소비재의 통제, 가축과 동물 보호, 폐기물 관리, 출입통제의 조정, 개인 물품, 토지 및 건물의 해지, 일반인의 재진입, 재입주 등)이 따른다. 이 방호조치의 몇몇은 제5장에서 상세하게 다룰 것이다.

2.5.1. 폭발에 대한 반응

(51) 많은 가상 시나리오들은 폭발이라는 초기사건에 따른 것인데, 발생이 명백하기 때문에 사실 더 쉽게 사태에 대응할 수 있다. 많은 나라에서 소방관과 같은 초동대응자들은 방사선 측정기기를 차량에 탑재하고 있다. 이 초동대응자들은 다른 유형의 폭발이나 유해물질이 잠재적으로 연관된 상황에 대응하는 것과 같이 대응할 것이다. 즉, 출입통제 경계선 설정, 인명구조 조치, 그리고 상황 통제 도모 등이다. 대부분의 상황에서, 폭발에 대응하여 일반적으로 소방대가 설정하는 이격거리는 방사성물질이 관련된 상황에서도 충분하다. 방사선 측정 결과가 가용하면, 경계선은 필요에 따라 조정될 수 있다.

2.5.2. IND에 대한 반응

(52) 앞서 설명한 바와 같이, IND는 전용된 특수핵물질에 비롯하며 핵폭발을 발생시키는 무기이다. IND는 설계의 정교화 정도에 따라 폭넓은 핵출력을 가질 수 있다. 매우 단순한 장치는 자체를 와해시켜 임계사고에서처럼 매우 작은 폭발과 출력을 낸다. 만약 설계가 핵폭발력을 증가시키는 것이라면, 출력은 히로시마와 나가사키 원자탄 못지않은 수준으로 증가될 수 있다. 이러한 IND에 의한 핵출력은 극단적 열, 강력한 충격파, 그리고 상당한 거리까지 조기 치명적인 즉발 방사선을 발생시킨다. 만약 핵출력이 이루어지지 않았다면, 결과는 분열성 핵물질이 이용된 RDD를 닮을 것이다.

(53) 출력의 범위가 이렇게 넓고 따라서 사람들에게 잠재적 영향도 그러하므로, ICRP는 IND의 방사선 영향을 구체적으로 다루지는 않는다. 그러나 ICRP가 강조하고 싶은 점은 비록 넓은 지역이 방사성물질 확산 운무(낙진)에 오염될 수 있지만 폭발 효과가 가장 심각한 측면일 것이라는 점이다. 비록 규모가 클지라도 그러한 사태에 대한 방사선학적 대응의 기본 개념은 다른 방사선학적 공격과 다르지 않다. 즉, 통제선 설정, 오염 정도 파악, 사람 다루기, 생존자를 보호하기 위한 조치 등이다.

2.6. 대응 단계

(54) 방사선학적 공격을 포함한 비상사태에 대한 대응은 일반적으로 3가지 확

연한 단계 즉, 구조rescue, 수습recovery, 복구restoration로 이루어진다(일부 비상 계획자들은 이 대응 단계를 설명하기 위해 초기, 중기, 장기라는 용어를 사용한다). 각 단계의 특징은 아래에서 간단히 설명될 것이다. 권고된 방호조치와 지침은 후속 장들에서 다루어질 것이다.

2.6.1. 구조와 초기 조치

(55) 구조단계에서는 사태 직후 여파가 혼란할 것이라고 인식해야 하며 긴급 서비스의 초기 노력은 현장상황을 통제 상태로 가져오는 것에 집중하여야 한다. 그래야 구조 노력이 질서 있게 진행될 수 있을 것이다. 우선하는 조치는 고위험 상황에서 필요할 것으로 보는 구명활동과 부상자들을 피난시키는 일이다. 이 단계에서 선도기관은 다른 비상서비스의 지원을 받는 지역 소방대일 것인데, 그들은 장비를 가장 잘 갖추고 있고 구조 활동 경험도 있다. 그러나 법 집행기관과 같은 다른 기관들도 동참할 것이므로 이들이 관리체계에 통합될 필요가 있다.

2.6.2. 수습

(56) 수습단계에서는 모든 즉각적인 해독이 제거되거나 낮은 위험 수준으로 감소되었음을 보장하고 현장을 안정시키는 쪽으로 이동한다. 이 단계에서, 지역과 국가 공무원이 범죄현장 조사를 시작할 것이고 증거와 수사 목적을 위해 필요할 모든 관련 물건들을 압류할 것이다. 이 단계 동안, 현장의 통제는 수습 요원과 법집행관이 함께 할지도 모른다. 이주와 식품 및 물 통제가 이 단계에서 처음으로 결정될 수 있다.

2.6.3. 복구

(57) 복구단계에서는 현장을 정상상태로 점진적으로 회복하며, 구조 및 수습단계를 관리했던 비상관리체계는 합의한 수준까지 잔여 해독을 제거하는 데 사용될 과정과 복구목표를 결정할 책임이 있는 당국에게 현장 통제를 넘길 것이다.

2.7. 연계

(58) 노출 경로, 방호조치, 그리고 대응단계 사이의 관계는 특정 방사선학적

공격의 고유한 환경에 따라 변화한다. 표2.1에 정량적이기보다는 정성적이지만 대응의 여러 단계에서 예상되는 잠재적 시나리오와 연계를 식별하려 시도했다. 보는 바와 같이, 상이한 단계와 여러 방호조치들 사이에는 겹치는 부분이 있다.

표 2.1 악의적 공격에 따른 비상단계, 피폭경로 및 방호조치

단계	구조	수습	복구
피폭 경로			
선원/파편/시설로부터 직접	☠		
침적된 오염으로부터 외부피폭	☠		
오염된 피부/의복으로부터 외부피폭	☠		
연무(외부/내부)	☠		
재부유 물질의 흡입	☠		
오염물질의 부주의한 취식	☠		
오염된 음식/물의 취식	☠		
조치			
소개	☠		
옥내대피	☠		
일반인 출입 통제	☠		
방호제 투여	☠		
사람 오염제거	☠		
토지 및 시설물 오염제거	☠		
이주	☠		
식품 통제	☠		
물 통제	☠		
가축과 동물 보호	☠		
폐기물 관리	☠		
출입통제의 조정	☠		
개인 재산에 대한 해제	☠		
토지와 건물에 대한 해제	☠		
일반인 재진입	☠		
재입주	☠		

☠는 악의적 공격 시점을 나타냄.

3. 방사선피폭으로 인한 잠재적 보건영향

3.1. 생물학적 보건영향

(59) 방사선 피폭에 따라 발생하는 모든 생물학적 보건영향은 일반적으로 신체 내 조직과 장기의 세포손상에 기인한다. 세포 구성 물질에 대한 다양한 방사선 유발 손상 중에 가장 중요한 것은 유전적으로 세포 기능을 조절하는 DNA에 발생하는 것이다. 방사선 유발 DNA 손상의 대부분은 세포 시스템에 의해 복구된다. 올바르게 복구된 손상은 아무런 영향도 주지 않지만, 손상이 복구되지 않거나 부정확하게 복구되면 세포를 죽이거나 세포의 재생산을 방해하며, 유전적으로 변형(돌연변이)된 세포를 만들기도 한다.

3.1.1. 결정적 영향

(60) 장기와 조직에서 충분한 세포들이 죽거나 심각하게 손상되면, 임상학적으로 관찰 가능한 조직 또는 기관의 손상, 기능의 상실 또는 저하가 나타난다. ICRP는 이런 유형의 영향을 “결정적”이라고 부른다. 결정적 영향은 방사선량이 충분한 수의 세포에 치사나 오작동을 일으키는 준위(문턱선량)보다 높은 개인에게서 조직손상으로 관찰된다. 문턱선량 이상일 때, 조직의 회복 능력 장애를 포함하는 결정적 영향의 심각도는 선량에 비례하여 커진다.

(61) 감마나 베타처럼 LET가 낮은 방사선에 의해 2000~3000 mSv 이하의 급성 등가선량을 피폭할 때 임상적으로 유의한 결정론적 영향을 보이는 조직은 드물다. 수개월 또는 수년간 분산하여 선량을 받을 경우, 연간 등가선량이 500 mSv보다 작으면 대부분의 조직들이 방사선에 심각한 영향을 받지 않는다. 그러나 생식선, 눈의 수정체 및 골수는 방사선에 더 높은 감수성을 보인다. 전신 방사선 피폭에서 임상적 목적에서 고려되는 가장 중요한 조직들은 피부, 골수, 소화관, 림프조직과 폐이다. 다른 조직들은 특정 방사성핵종에 의한 내부오염이 적용되는 상황에서 관련될 수 있다.

(62) 상이한 조직에서 구조와 방사선 민감도 차이는 방사선 영향의 임상적 발증 또는 증후군에 반영된다. 부록B(제6장도 참조) 제2절은 방사선학적 공격에

서 발생할 수 있고 기본적으로 전신노출에 따른 방사선 영향에 대한 즉각적인 의학적 예후와 처치에 관한 정보를 제공한다. 여기에는 급성방사선증후군의 전구증상 단계, 급성 전신피폭의 선량에 따른 급성방사선증후군의 초기 림프구 수의 변화, 급성방사선증후군의 잠복 단계, 전신피폭 후 급성방사선증후군의 심각한 단계의 발견, 급성방사선증후군의 정도에 따른 주요 치료 법, 그리고 선량에 따른 피부 손상의 임상적 증상의 발현 시간 등을 포함하고 있다.

3.1.2. 확률적 영향

(63) 암과 유전질환은 방사선 피폭에서 살아남은 하나의 돌연변이 세포에서 발생한다고 알려져 있다.²⁴ ICRP는 이런 영향을 “확률적 영향”이라 부른다. 방사선 관련 확률적 영향의 초과가 있는지 밝히기 위해서는 일반적으로 대규모의 피폭자와 비피폭자 그룹들에 대한 역학연구가 필요하다. ICRP는 이런 역학연구 결과로부터 방사선에 의한 암의 위험도를 평가하였으나, 방사선 유발 유전적 영향은 낮은 위험도로 인해 역학연구가 직접적인 정보를 제공하지는 못했다. 유전적 영향의 위험에 대한 판단은 동물들, 특히 생쥐를 이용한 실험적 연구에 의존하여 왔다. 방사선방호 목적으로 선량의 증가분은 암 또는 유전적 영향을 일으키는 확률을 증가시킬 것으로 가정한다. 암에 대해서, ICRP는 낮은 선량에서 단위선량 당 명목치사 확률 인자로서 $5 \times 10^{-5}/\text{mSv}$ 를 사용한다. 심각한 유전적 영향에 대해서는, 첫 두 세대동안 명목 확률계수는 피폭 집단에 대한 치명적 암 위험의 약 10%이다(ICRP, 1991a; UNSCEAR, 2001).

3.1.3. 태내피폭 영향

(64) 태내(또는 임신 중)피폭 영향은 배아와 태아에 대한 방사선의 결정적, 확률적 영향을 표현하기 위한 용어이다. 발생학에 관련된 복잡하고 특별한 과정들 때문에 배아와 태아를 각각 분리하여 언급한다. 방사선 피폭의 영향은 피폭이 발생할 때의 발달 단계에 따라 다르다. 방사선에 의한 배아 사멸의 높은 민감성 때문에, 수태 후 첫 2주 이내의 상당한 태내피폭은 배아의 소실의 다른 영향들을 초래하지는 않을 것이다.

24 <역주> 이러한 영향을 일으키는 데 하나의 세포만 관계된다는 의미가 아니라 수많은 돌연변이 세포들 중에서 거의 모두는 제거되거나 무관해지지만 불운하게 하나의 세포가 암세포로 변이하거나 하나의 돌연변이 생식세포가 수태에 성공하여 유전결함으로 이어진다는 의미이다.

(65) 주요 기관형성기(수태 후 약 3~8주) 동안에는 피폭 당시 형성 중인 기관에서 기형이 발생할 수 있다. 이런 영향들은 특성상 약 100 mSv의 문턱선량을 가지는 결정적 영향이다. 전체 임신 기간 동안, 방사선 피폭은 배아/태아에 확률적 영향을 일으킬 수 있으며, 이는 일생동안 암 확률의 증가로 나타날 수 있다. ICRP는 이런 암 유발 위험은 유년기 피폭에 기인한 것과 비슷하다고 가정한다. 다시 말해서 평균적 일반인 피폭에 대한 위험의 수배를 넘지 않는다.

(66) 태내피폭 아동들에게 선량의 증가에 따른 IQ 분포의 하향 이동과 일치하는 지능지수(IQ) 저하가 예상되는데 ICRP는 그 정도가 선량에 비례한다고 본다. 수태 후 8~15주 기간 동안 태아의 방사선량에는 약 0.025 IQ점/mSv의 계수를 적용할 수 있다. 태아가 300 mSv 이상 방사선을 피폭하면 심각한 정신지체가 야기될 수 있다. 수태 후 8~15주 기간에 1 Sv의 선량에 노출된 약 40%의 태아들이 생후 심각한 정신지체를 경험하며, 수태 후 16~25주의 피폭에서는 이런 영향들이 크게 감소할 것이다(ICRP, 2003).

(67) 간행물 82(ICRP, 1999)에서 ICRP는 RDD에 의한 대부분의 방사선학적 공격에서 기대되는 100 mSv보다 상당히 낮은 수준의 연간선량을 받는 장기적 피폭 상황에서의 태내피폭은 특별한 수준의 방호가 필요하지 않다고 언급했다. 그 이유는 (i) 태내피폭에 의해 백혈병을 포함한 유년기 암 증가가 있을 확률이 매우 낮고, (ii) 이 수준의 태아 선량률에서는 기관 기형 또는 신경학적 영향은 기대되지 않기 때문이다.

3.1.4. 임신한 여성 및 아동과 관련된 다른 문제들

(68) 피폭자나 오염된 지역에서 온 사람들에게 대한 낙인을 예상할 수 있다. 이 하 이 보고서에서 다룬 이러한 문제 또는 다른 심리적 문제는 특히 임신한 여성과 아동에게 영향을 미칠 수 있다. 방사선학적 공격에 따른 근심은 임신한 여성들과 유아를 양육하는 여성에게는 증폭될 것이다. 임신한 여성들은 새로 태어나는 아이의 기형 가능성과 걱정으로 중절하려 할지도 모르며, 이에 대한 가정 조언이 필요할 것이다. ICRP는 간행물 84(ICRP, 2000)에서 임신 중 방사선 피폭에 대해 자세히 다룬 바 있다. 100 mSv 이하에서는 중절을 권고하지 않으며, 그 이상일 경우 의사의 조언을 추천한다.

(69) 방사선학적 공격이 있으면 아이의 피폭 여부와 무관하게 아이의 건강에 대한 부모의 걱정은 높을 것으로 보인다. 아동의 고민, 공포, 걱정 에 대한 부모의 보고는 사실 부모의 공포를 반영하는 것이고 이런 부모의 공포가 아동에게 전이되는 것을 보여준다. 부모들의 고민이 심각하기 때문에 아동의 정신건강을 측정하기 위해서는 아동과 청소년들에 대한 직접 평가가 중요하다. 교육 체계에 새로운 학생의 전입학도 문제가 될 수 있다. 교육 체계에 건강교육 연계, 사친 교육 프로그램 그리고 학교 양호 프로그램을 통한 훈련은 사회적 걱정을 완화할 수 있다.

3.1.5. IND에 대한 특별 고려

(70) 보건 영향에 관한 IND 사태에 따른 보건 영향은 몇 가지 중요한 특징이 있다. 극심한 폭풍과 열 영향은 보건 치료 문제를 크게 증폭하고 자원의 효율적 배치를 위한 분류 작업을 필요로 할 것이다. 폭심에 가까운 지역에서는 보건 기반시설 대부분이 상실될 수 있기 때문에 상황이 더욱 악화 될 것이다. 공격에서 생존한 사람들에 대해서는 감마선 및 오염과 더불어 핵분열 중성자의 존재도 고려되어야 한다. 핵분열 중성자의 경우 감마선보다 생물학적 영향이 크다고 오래전부터 알려져 왔다. 간행물 60에서 ICRP는 입사 중성자 에너지에 대해 암 위험에 관한 에너지 중속 가중치를 권고했다(ICRP, 1991a).

3.1.6. 생물학적 보건 영향의 요약

(71) 표3.1은 전신 피폭을 받은 사람에게 예상되는 건강 영향에 대한 간략한 요약표이다. 1000 mSv가 넘는 국부피폭의 건강 영향은 전문가 개입과 함께 개별적 평가가 필요하다.

3.2. 심리적 보건 영향

(72) 모든 테러 공격은 불확실성과 공포를 발생시킨다. 방사선학적 공격에 의한 방사선 피폭 가능성은 육체적인 외상, 강제 소개, 안전에 대한 불확실성, 집, 일터, 친구, 애완동물 잃음, 그리고 다른 요인들에 의한 스트레스를 한층 증가시킨다. 방사선학적 공격에서 고유하게 언급되는 기본적인 질문들은 다음과 같다. 나와 내 가족들은 안전한가, 내가 피폭되었는가, 얼마나 피폭되었는

표3.1. 방사선 유발 보건 영향의 요약

피폭선량	영향	결과
매우 낮은 선량: 유효선량 약 10 mSv 이하	급성영향 없음. 극히 낮은 추가 암위험	대규모 피폭집단에서도 관찰 가능한 암발생 증가 없음.
유효선량 100 mSv까지의 낮은 선량	급성영향 없음. 1% 이하의 후속 암위험 증가	피폭집단이 대규모(10만 명 이상)이면 암발생 증가 관찰 가능
급성 전신선량 1000 mSv까지의 중간 선량	오심, 구토 가능, 경미한 골수 감소. 후속 암 위험 약 10% 증가	피폭집단이 수백명 이상이면 암발생 증가 관찰 가능
급성 전신 선량 1000 mSv 이상의 고선량	확실한 오심, 골수중후군 가능, 의료처치가 없을 경우 급성 전신선량 약 4000 mSv부터 높은 사망 위험. 상당한 추가 암위험	암발생의 관찰 가능한 증가

가, 나는 여전히 오염 상태인가, 이것은 나와, 내 가족에게 얼마나 영향을 미치겠는가, 다음엔 무슨 일이 일어날 것인가 등이다. 낙인현상을 포함하는 급성 또는 만성 심리학적, 행동학적 영향은 방사선과 연관된 생물학적 상해나 질환 못지않게 중요하다. 방사선 피폭과 암 발생 가능성에 대한 공포와 선입관은 수십 년 동안 높게 유지될 수 있다. 이로써 모든 질환을 방사선 피폭 때문인 것으로 오해할 수 있다. 사태 직후는 물론 사태 후 상당기간 동안 일관성 있게 반복하여 명확하고 이해 가능하고 그리고 공감 가능한 소통이 필요하다.

(73) 방사선은 일반인에게는 잘 알지 못하는 무색, 무취의 위협을 준다. 과거의 TMI, 체르노빌, 고이아니아 사고에서 일반인에게 심각한 공포를 초래하였다(IAEA, 1988, 1991a,b,c,d). 사태의 여파에서, 일반인은 외부 피폭/내부오염에 의하여 누가 영향을 받았는지 결정해주는 의료인과 과학자에게 의존할 수밖에 없다. 방사선 피폭 영향은 피폭 후 여러 해 뒤에 나타날 수 있고, 후손에 영향을 미칠 수도 있기 때문에 피폭 받았거나 받았을 것으로 의심하는 사람들은 무력감, 불안, 통제력 상실 등을 경험할 것이다. 심리적 영향을 보이는 사람들은 고민하는 그룹, 명백한 행동 변화를 보이는 그룹, 그리고 정신질환으로 발

전하려는 그룹의 셋으로 분류할 수 있다. 심리적 문제에 대한 추가 정보가 부록C에 제공된다.

3.2.1. 고민

(74) 개인이나 가족의 고민을 완화시키는 데 사용될 수 있는 정보를 제공하거나 자기 보호를 강화하는 것이 중요하다. 악의적 사태와 관련 없이 삶의 부정적 상황을 극복하려고 애쓰는 사람들은 비슷하게 고민하지 않는 사람들에 비해 일반적으로 더 심한 심리적 고민과 정신질환을 가질 수 있다. 방사선 공격 또는 외상 사태 후에 발생하는 의기소침 증상은 정신과 질환이나 상해의 위험을 증가시킨다. 따라서 자가방호 방법에 대한 정보나 적절한 의학적 대책을 제공하는 것이 정신과적 가치는 상당하다.

3.3.2. 방사선으로 인한 암 및 기타 보건영향의 공포

(75) 방사선학적 공격 후, 방사선에 의한 암과 다른 보건영향에 대한 공포와 선입관은 유의한 정신적 영향을 주며 수년간 높게 유지될 수 있다. 솔직하게 대답하고 모르는 것은 모른다고 밝히는 것이 매우 중요하다. 의료인은 방사선의 보건영향 기초를 이해하고 그것을 일반인에게 간명하게 설명할 수 있도록 훈련되어야 한다. 보건영향에 대한 불확실성은 밝혀야 하며, 대중소통에서 불확실성에 대해 축소하지 않아야 한다(제7장 참조). 모든 가능한 정보를 투명하게 전달하는 것이 매우 중요하다. 이런 조치가 질병 원인의 오인을 피하는데 필수적이다.

4. 대응인력 방호

(76) 방사선학적 공격 후 초기 방사선방호 이슈 중 하나는 초동대응자들을 방호하는 것이다. 이들은 경찰, 소방관, 구급대원 그리고 기타 지원 및 개입 서비스 요원들이다. 그들은 실제 존재하는 해독을 알지 못하면서 임무를 수행해야 할 때도 있으며, 화생방 모두가 존재할 수 있다고 가정하여 종합해독 관리 접근을 필요로 할 수도 있다. 결과적으로 사고에 대응하는 초동대응자들과 구조대원에 대한 방사선방호의 기준과 수단을 갖는 것이 필요하다(IAEA, 1997c ; 2002d). 이 권고는 방사선 해독과 방호를 다루지만 초동대응자들에 대한 다른 잠재적 해독에 대해 추가적인 방호 필요성도 인지되어야 한다.

(77) 대부분의 경우 방사선량은 외부피폭, 화재나 폭발의 경우는 오염공기의 흡입, 부주의한 취식에 기인한다. 초동대응자들에 대한 초기 방사선방호는 대부분의 경우 다른 위험물에 의한 비상에 대응할 때 적용되는 기본적 주의를 기울임으로써 모니터링 없이도 달성될 수 있다. 주의사항에는 의심물질에 접근을 제한하고, 근접 체류시간을 줄이고, 부주의한 섭취를 피하며, 호흡기 보호 장비를 사용하고, 연기를 멀리하는 것 등이 포함된다. 만일 방사선 위험이 의심되면 가능하다면 예상 피폭경로와 방호수단을 고려하여 사전 규정된 기준에 근거한 설정준위를 갖는 경보선량계를 지급하도록 해야 한다. 초동대응자들은 잠재적 방사선 비상을 인지하는 방법, 취할 초기 조치, 방사선 평가 지원을 적시에 얻는 방법에 관한 기본지침을 받아야 하며, 기초적인 방사선감시기도 제공받아야 한다.

(78) 전문 비상종사자는 아마도 초동대응자 다음으로 방사선학적 공격 현장에 도착할 것이다. 이들 종사자 중에는 존재하는 방사선 해독을 파악하고 현장 비상대응 요원에게 지침과 조언을 제공할 수 있는 방사선방호 전문가가 포함되어야 한다. 방사선량의 평가와 관리는 더 세분화된 계획에 따름이 보통이다.

(79) 초동대응자와 전문 종사자들은 종사자 분류 기준보다는 상황에 맞춘 직업상피폭 지침을 따라야 한다. 국제 직업상 방사선방호 표준에는 작업자 자체보다 작업 분야를 분류한다.

4.1. 직업상피폭 보호 접근

(80) ICRP는 간행물 60과 65(ICRP, 1991a, 1997a)에 긴급시 직업상피폭에 대한 일반 권고를 제시했다. 사고에 대한 대응인력으로서 사고 후 개입에 관계하는 종사자 보호에 대한 보다 구체적이고 특별한 권고는 간행물 63(ICRP, 1991b)에서 다뤘다. ICRP는 이러한 권고들이 비록 구체적 상황은 다를 수 있어도 방사선학적 공격에 대응하는 종사자에게도 일반적으로 적용 가능할 것으로 믿는다.

(81) 간행물 60(ICRP, 1991a)에서 심지어 아주 심각한 사고에서도 비상팀의 피폭이 운영관리에 의해 제한될 수 있다고 지적하였다. 이때 피폭선량은 정규 상황에서 피폭보다 클 것이므로 이 선량은 정규 선량과는 별도로 취급되어야 하며, 긴급팀의 상당한 피폭을 초래하는 비상은 희소한 경우이기 때문에, 장기적 보호기준을 낮추지 않고 정규 상황에 대한 관리를 다소 완화하는 것이 허락될 수 있다고 ICRP는 권고했다. 이러한 기준은 초동 대응에 대해서만 적용되며, 일단 비상이 통제상태가 된 후의 수습활동은 정규 직업상피폭의 일부로 취급되어야 한다.

(82) 간행물 60(ICRP, 1991a)의 권고에 따라 국제적 직업상방호 요건들이 BSS(IAEA, 1996a)에 수립되었는데, 이 표준은 국제노동기구(ILO)도 공동 후원하고 있다. BSS는 경찰, 소방관, 의료진, 소개차량의 운전자와 승무원을 포함하여 방호조치를 수행하는 종사자를 위한 구체적 요건을 제시한다. 이 지원 인력을 포함하여 방호조치를 수행하는 작업자들을 위한 특별한 요구조건들을 제시하고 있다

(83) 간행물 75(ICRP, 1997a)에서 ICRP는 비록 비상상황 작업조건에 대해 각각 방호수단과 기준을 갖는 3가지 범주를 권고하였지만, 이러한 범주 사이에 분명한 경계를 긋는 것은 어렵다고 주의를 주었다. 방사선학적 공격의 여파에서 예상되는 상황을 고려하여 ICRP는 이제 이러한 경우 작업조건을 2개의 범주만으로 정의하는 것이 더 적당하다고 본다. 두 범주는 (i) 초동 대응자가 수행하는 즉각적이고 시급한 조치와 (ii) 후속 수습이나 복구 종사자가 수행하는

조치이다.

(84) 또한 ICRP는 임신했거나 유아를 키우는 여성 종사자에 대한 특별 방호대책을 권고하였다. 이 권고에 따라 BBS는 임신을 선언한 여성 종사자의 고용주는 배아나 태아가 대체로 일반인에게 적용되는 방호수준을 따름을 보장하도록 직업상피폭의 작업조건을 채택할 것을 요구한다. 이러한 국제적인 요건과 방사선학적 공격 후 초동대응 활동을 수행하는 구조요원의 선량평가에 불가피한 불확실성을 고려하여, 임신했을 가능성이 있거나 유아를 육아 중인 여성 종사자가 구명이나 기타 긴급조치에 종사하도록 허용하는 것은 신중치 않다고 ICRP는 본다.

4.1.1 직업상피폭의 선량 지침

(85) 방사선학적 공격 사태에서 ICRP의 직업상피폭 선량지침은 다음과 같이 요약된다.

- 구조자의 위험보다 다른 사람에 대한 이득이 명백히 크다면 사람의 생명을 구하기 위한 구조작전을 수행하는 초동대응자에 대하여는 원칙적으로 선량 제한이 권고되지 않는다. 심각한 상해 혹은 재앙의 발생 방지를 위한 긴급작전에 대해서는 심각한 결정적 영향을 방지하도록 선량을 1000 mSv 미만으로 유지하거나 기타 결정적 영향을 방지하도록 연간 최대 선량한도의 10배 이하로 유지함으로써 보건상 결정적 영향을 방지하기 위한 모든 노력을 경주해야 한다. 방사선학적 공격 직후 정확한 피폭조건을 결정함에 어려움이 있고 해당 대응자가 방사선학적 공격 대응에 필요한 수준의 훈련과 경험이 없을 수 있기 때문에 후자의 기준은 결정적 영향을 방지함에 오차를 고려한 여유를 두어야 한다.
- 기타 상해나 많은 사람의 과다한 피폭을 방지하기 위한 즉각적이고 시급한 구조활동을 수행하는 초동대응자에 대해서는 선량을 연간 개인 선량한도 2배 이하로 유지하기 위한 가능한 모든 합리적 노력이 이뤄져야 한다.
- 수습작전에 관여하는 종사자가 수행하는 조치에 대해서는 선량 피폭이 정규 직업상피폭의 일부로 취급되고 정규 직업상 선량한도가 적용되어야 한다. 정규 직업상피폭 선량한도는 5년간 평균하여 연간 유효선량 20 mSv(5년간 100 mSv)—추가 요건으로 단일 1년에 유효선량 50 mSv를 넘지 않을 것—와 수정체에 대해 연간 150 mSv, 피부에 대해 500 mSv(피부의 최대 피폭

부위 1 cm²에 대해 평균선량), 손발에 대해 500 mSv이다.

- 초동 대응 방법에 관한 불가피한 불확실성과 임신했거나 유아를 기르는 여성 종사자에게 권고된 특별 방호대책을 고려하여 ICRP는 이러한 상황에 있는 여성 종사자가 방사선학적 공격 현장에서 인명구조 또는 다른 응급활동을 수행하는 초동 대응자로서 고용되어서는 안 된다고 강하게 주장한다.
- 선량이 연간 선량한도를 초과할 수 있는 활동을 수행할 구조자는 자원자이어야 하며 방사선학적 공격 여파를 다루는 데 잘 준비되어 있어야 한다. 즉, 그들은 수반되는 보건위험에 대해 사전에 명확히 그리고 포괄적으로 인지한 상태이어야 하며, 개인 방호용구, 차폐, 옥소예방처치(필요하다면) 등 방호수단의 사용을 포함하여 필요할 수 있는 조치에 대해 최대한 훈련되어야 한다. 그러나 방사선학적 공격의 특성을 구체적으로 예측하는 데에는 큰 불확실성이 따르므로 이것이 쉽지 않음을 ICRP도 인지하고 있다.

(86) 방사선학적 공격에 대응하는 직업상피폭에 대한 선량지침을 표4.1에 요약하였다.

4.2. 직업상피폭 방호기술

4.2.1 현장 방사선피폭 관리

(87) 방사선학적 공격 여파에 직업상피폭 지침의 적용을 관리하는 데는 여러 어려움이 있다. 가상한 시나리오들에서 선량률은 가까운 거리에서도 크게 변화할 수 있고 경험 있는 방사선 전문가가 당장 가용하지 않을 가능성이 크며, 아마도 선량 준위는 사태가 발생한지 상당한 시간까지 불명확할 것이다. 따라서 초동대응자들은 사태 기간 동안 개인별 외부 피폭선량을 평가할 수 있는 수단을 갖출 필요가 있다. 그러므로 초동대응자에게 어떤 설정된 선량률 혹은 누적 선량(위에 언급한 선량기준에서 도출된)에 도달하면 경보를 울리는 경보형 방사선측정기를 제공해야한다. 이러한 기기는 비투과성 방사선 혹은 유해한 수준의 공기 중 방사성물질을 감지하지 못할 수도 있으므로 초동대응자에 대한 훈련에서 이점에 대한 주의를 환기해야 한다.

(88) 그러므로 ICRP는 초동대응자에게 표3.1의 지침준위에 경보를 내도록 설

표 4.1 직업피폭을 위한 가이드라인

비상대응 유형		선량 기준값
구조 활동*	생명구조, 심각한 상해 방지 혹은 재앙 상황으로 발전 방지를 위한 활동	구조자 자신의 위험보다 얻는 이득이 확연히 더 클 경우에 한하여 원칙적으로 선량제한을 권고하지 않는다. 다른 경우는 결정적 보건영향을 방지하기 위한 모든 노력을 경주해야 한다(이는 심각한 결정적 영향을 방지하기 위하여 유효선량을 1000 mSv 이하로 유지해야 하며, 혹은 다른 결정적인 영향을 방지하기 위하여 아래의 최대 연간 선량한도의 10배 이하로 유지하여야 한다).
	기타 많은 사람들에게 대한 상해 혹은 높은 피폭을 방지하기 위한 즉각적이고 긴급한 활동	선량을 연간 최대 선량한도(아래 참조)의 2배 이하로 유지하기 위한 가능한 모든 합리적 노력이 이뤄져야 한다.
수습, 복구와 같은 기타 활동		다음의 정규 직업상 선량한도를 적용함. - 유효선량 한도로서 5년간 평균하여 연간 20 mSv(5년간 100 mSv 한도)을 초과하지 않는 범위에서 연간 유효선량은 50 mSv 이하 - 연간 등가선량 한도로서 다음을 적용함. 수정체: 150 mSv 피부: 500 mSv(최대 피폭부위 1 cm ² 면적의 평균선량) 손발: 500 mSv

* 정규 직업상피폭 선량한도보다 높은 선량을 초래할 수 있는 조건에서는 종사자는 자발적이어야 하며 그들이 인지된 결정을 내릴 수 있도록 방사선 해독에 대한 취급 정보가 제공되어야 한다. 임신 중이거나 유아를 양육하는 여성 종사자의 경우는 이러한 상황의 작업에 참여되어서는 안 된다.

정된 누적형 경보선량계를 제공하도록 권고한다. 예를 들면 구조현장 출입상황을 고려하고, 흡입이나 부주의에 의한 취식으로 인한 해독 가능성을 감안하여 초동대응자의 선량이 100, 500, 1000 mSv 준위에 근접할 때마다 각각 경보를 발하도록 경보준위를 설정한다(IAEA, 1997c; 2000d). 경보선량계 경보준위에 대해서는 대응기간을 통해 계속 검토하여 필요하면 하향 조정해야 한다.

(89) RDD 폭발의 경우 인접지역의 방사선장은 방사능이 높은 파편의 존재로

인해 매우 불균일할 수 있다(결과적으로 방사선 핫스팟hot spots을 초래한다). 야전에서 피폭을 관리하는 사람은 이러한 가능성을 인지해야 하는데 초동대응자의 선량관리에 시간 조절을 사용할 때는 특히 그러하다.

4.2.2 방호복

(90) 상대적으로 비투과성인 베타 방사선의 고준위 피폭으로 인한 화상 잠재성을 줄이고, 방사성물질의 피부를 통한 침투나 부지중에 입과 코를 통한 섭취를 예방하기 위해 피부를 보호해야 한다. 방호복은 종종 화재, 열, 화학성물질처럼 훨씬 직접적인 영향을 주는 해독에 따라 선택될 것이다. 이러한 다른 해독에 대한 방호는 일반적으로 방사성물질로부터도 보호할 것이다. 의료인들의 경우는 일상적인 방벽, 복장 및 장갑으로 오염의 섭취로부터 방호될 것이다. 1회용 의료작업복scrub suits, 폴리에틸렌 또는 다른 소재로 치밀 직조한 전신복, 그리고 가용하면 후드를 착용해야 한다. 환자 취급과정에서 의료진 오염은 큰 우려는 아니지만, 불필요한 오염확산을 막아 제염 수요를 줄이기 위해 보통의 방호복을 사용하는 것이 신중한 접근이다.

4.2.3. 호흡기 방호

(91) 일부 국가에서는 호흡기 방호를 위한 구체적 지침을 가지고 있다 (USACHPPM, 2003). 대부분의 상황에서는 화학 혹은 생물학 작용제로부터 대응인력을 보호하는 데 사용되는 호흡기 방호는 방사선학적 공격에서도 초동대응자를 어느 정도 보호할 것이다. 화학적 혹은 생물학적 오염 존재에 대한 우려는 호흡기 방호 선택에 영향을 줄 것이다. 잘 사용하면 간단한 안면마스크도 입자들의 흡입으로부터 상당히 좋은 방호를 제공할 수 있고, 공기 투과율이 충분하여 힘든 일도 가능하다. 가용하다면 고효율공기필터(HEPA 필터) 마스크는 훨씬 더 좋은 방호를 제공한다. 호흡기 방호를 선택할 때에는 항상 더 높은 해독을 고려해야 한다.

5. 대중 보호

(92) 방사선학적 공격 후 일반인의 보호를 위한 조치는 제2장에서 설명한 사태에 대한 대응단계에 따라 여러 조치로 나뉜다. 이러한 조치들이 즉시 요구되는가, 즉각적 조치 다음으로 시급히 필요한가, 측정이나 선량 평가 결과를 근거로 천천히 필요한 것인가, 혹은 나중의 수습과 복구 과정에 요구되는 것인가에 따라 그룹으로 나뉜다. 개입의 정당화 및 방호조치의 최적화에 관한 ICRP의 기본 원칙들이 개별 기준으로 고려되어야 한다. ICRP는 최적화 원칙의 적용에 관한 권고들(IAEA, 1986; ICRP, 1973, 1983, 1989)을 제공해 왔고 이 주제로 새로운 간행물을 준비 중이다.

5.1. 구조단계(즉각적 조치)

5.1.1. 출입과 오염의 확산 관리

(93) 방사선학적 공격으로 오염된 지역에 대한 출입관리는 사태발생과 함께 자동적으로 시행되고, 피해 인구집단의 대피나 소개를 권고하는 어떠한 결정보다도 선행될 수 있다. 출입관리는 불필요하게 그 지역 안으로 들어가는 사람들의 피폭을 막고, 그 지역 외부로 오염 확대를 예방하는 추가적인 이점이 있으며, 비상 작전과 후속 제염 및 수습 사이의 연계문제를 최소화한다.

(94) 출입관리를 위한 준비는 여러 해독에 대한 기본 격리거리 또는 시설에 대한 방호조치구역(protective action zone(PAZ) 경계에 내곽경계구역(inner-cordoned area (또는 안전구역(safety area) 설정을 포함해야 한다. 외곽경계구역(outer-cordoned area(또는 보안구역(security area)은 보통 내곽경계구역을 에워싸는 방법으로 설정된다. 이로써 방호조치가 필요하거나 해독에 과도하게 노출되는 곳으로 일반인이 경솔하게 들어가는 일을 막고, 도둑에 의한 소개지역 재화의 절취를 방지하며, 비상대응인력이 일반인이나 언론에 방해받지 않고 일할 수 있게 하고, 범죄현장에 대해 증거훼손을 막는 등의 여러 목적을 충족한다. 그러한 준비는 인가된 인원(예를 들어, 준의료 종사자, 방사선평가자 및 범죄수사요원 등)의 경계구역으로 신속한 출입을 보장하는 메커니즘을 포함해야 한다. 내곽경계구역은 사람이나 차량에 대한 오염의 확산을 제한하고, 모니터링,

제염 혹은 수사를 위해 들어가는 요원의 안전을 관리하기 위한 주된 관리경계가 될 것이다. 외곽경계구역은 일반인과 언론이 내곽경계구역에서 취하는 개인 모니터링과 갱의 등 안전 조치들을 방해하지 못하게 한다. 초동대응조치에서는 내곽 및 외곽 경계구역의 기본 크기가 적절할지라도, 실측을 바탕으로 방호조치의 결정과 함께 경계구역의 확대 혹은 축소 여부를 확인해야 한다.

(95) 넓은 지역의 출입관리 어려움은 주로 방호조치의 계속된 이행에 따르는 어려움으로서 사람들이 집으로 돌아가기를 갈망하게 된다. 단지 단기책으로서 출입관리가 요구되겠지만, 장기적인 출입 제한은 그 지역의 사회기반 약화를 포함한 심각한 영향을 야기할 수도 있으므로 이러한 결정은 뒤에서 다루는 이주(移住)의 일부로 고려되어야 한다. 이러한 방호조치를 위한 선량 개입준위를 제공하는 것은 불가능할 지라도, 가능한 범위에서 개입 정당화 및 방호 최적화를 고려한 사전 계획, 실질적인 문제, 이주와 같은 기타 장기적 방호조치 및 제염과 같은 완화대책에 관한 결정이 근거할 운영기준이 필요하다. 사태 인접 지역과 보다 광범한 피해지역에 대한 출입관리는 별도 고려가 필요할 것이다.

(96) 방사능 오염 확대는 방사선학적 공격의 많은 시나리오와 관련된 중요한 이슈이다. 이러한 오염 확대는 소방 활동에 따른 물의 흐름, 잔해 연소에 의한 연기 혹은 통제가 이루어지기 전 사람과 운송수단의 오염지역 통과 등을 통해 발생할 수 있다. 어떤 상황에서는 불을 진화하는 것이 타게 두는 것보다 더 위험할 수도 있다(예를 들어, 휘발유 유조차나 물에 반응하는 화학물질의 화재). 이러한 결정은 어려워서 현장특성 조건들과 잠재적 화재 노출에 관한 주의 깊은 평가를 요구할 것이다. 대체로 정규 소방활동과 위험물 대응 방침이 우선할 것이며 그러한 조치의 결과는 이후 완화될 수 있다.

5.1.2. 외상 상해자에 대한 응급

(97) 방사선 고피폭을 초래하는 악의적 사태에 대한 초동대응은 관계된 사람들의 의료관리를 포함하는데, 예를 들어 개인이 외부선원에 피폭하는가 방사성 물질에 의한 오염되는가 하는 것처럼 발생한 사건의 형태에도 많이 의존한다. 모든 피해자에 대해 방사선 상해를 고려하기 전에 외상부터 안정시켜야 한다. 다음으로 발생한 사건의 특성에 따라 외부 방사선 피폭과 방사성 오염에 대한 평가가 이루어져야 한다. 그러한 평가는 사태의 특성이 두 피폭경로 중 하나를

명백히 배제하는 경우가 아니라면 둘 모두에 대해 이루어져야 한다. 제안된 초기 의료적 고려사항으로서 조기 선별과 안정화, 오염 의복의 즉각 제거, 피부와 상처의 방사선학적 제염, 그리고 병력과 신체검사가 있다.

(98) 방사선학적 공격의 여파에서 의료대응의 핵심 원리는 다음을 포함한다.

- 통상의 외과적 또는 응급의료가 상해가 늦게 발병하는 특성을 갖는 외부 또는 내부 방사선학적 위험에 우선한다.
- 의도치 않은 취식을 예방하고, 피부의 심각한 피폭을 줄이고, 주변으로 방사선핵종의 이차적 확산이나 구조자의 오염, 나아가 피해자와 의료진의 오염을 피하기 위해 외부 오염은 최초단계부터 적절히 다룰 필요가 있다. 외부 오염을 관리하기 위한 시간이나 장비가 없다면, 심각하지 않은 피해자에 대해 가용한 자원을 이용해서 체계적 탈의와 샤워를 실시해야 한다.
- 초동대응자가 적절한 훈련을 받지 못한 경우에는 외부 오염과 방사성인 물질의 섭취를 회피하는 방향으로 현장 조언이 이루어져야 한다.
- 의료 처치에서 방사선방호 측면을 지원하기 위해 최대한 빨리 자격을 갖춘 의료진과 방사선방호 전문가를 위탁병원으로 파견해야 한다. 특히 대규모 사태로 인해 많은 병원이 잠재적 오염상태 혹은 과피폭된 피해자들을 접수하고 있는 경우에 이는 더욱 중요하다.
- 가급적이면 위탁병원은 오염된 피해자 처치훈련을 받아온 직원이 있고, 방사선 비상접수처를 갖출 수 있는 곳이어야 한다.
- 어떤 경우에는 현장 근처에 응급의료 설비를 세우는 것이 나올 수도 있다. 그러나 이는 일반적으로 시간이 소요되고, 응급의료가 필요한 경우 유효한 의료대책으로서 현실적이지 못하다. 대신 환자를 위탁병원으로 이송하기에 앞서 선별과 평가를 위한 장소가 유용할 수 있다.
- 잠재 피폭자가 많은 경우, 필요에 따라 선별을 위한 특별 임시 설비를 운영한다면 사람들에게 어디로 가야할지 알려야 하고, 직원과 물자를 공급해야 한다.
- 모든 방사성폐기물은 초기 단계부터 각각의 단계(사건 현장, 소개, 병원 부서, 집중치료, 방사선학, 외과 등)마다 적절히 다루어져야 한다. 모든 폐기물은 잠재적 증거물로 간주해야 한다. 그러나 폐기물의 보존이 수사에 주는 잠재적 이득보다 더 큰 방사선학적 문제를 초래할 수도 있기 때문에, 폐기물의 증거로서 중요성에 대해 평가해야 한다. 보존을 요하지 않는 물질 내

폐기물은 적절히 처분되어야 한다(폐기물관리에 관한 5.4.2절 참조)

5.1.3. 선별 선량 평가

(99) 다양한 방사선 피폭 준위를 갖는 사람들을 다음과 같은 특징적 그룹으로 신속히 선별하는 것이 중요하다.

- 높은 외부피폭으로 생존하기 어려워 완화요법을 따를 사람.
- 외부피폭으로 급성 방사선증후군을 겪을 것으로 보여 입원이 필요한 사람.
- 수 백 mSv 이상의 선량을 받았지만 특별한 의료가 필요하지 않은 사람.
- 피부 오염이 있는 사람.
- 체내 오염이 있는 사람.
- 높지 않은 선량을 받은 사람.

대부분의 시나리오에서 초래된 선량이 첫 두 준위에 도달하기에 충분하지는 않을 것으로 보이지만 그 가능성을 배제하기 위해서 선별은 여전히 필요할 것이다(Gusev 등, 2000).

(100) 높은 외부피폭에 대한 신속한 방사선학적 선별은 오심이나 구토 및 설사 증세를 관찰함으로써 손쉽게 이루어질 수 있다. 다른 상해와 합병증이나 화학 혹은 생물학 작용제의 유무에 영향을 받겠지만 구토는 가장 유용한 지표가 될 것이다.

- 대략 사고 1시간 이내에 방사선 유발 구토를 하는 피폭자는 집중적이고 지속적인 의료 개입을 필요로 하고, 대개 치명적 결과가 예상된다.
- 구토를 하기까지 대략 1~4 시간이 걸린 피폭자는 입원시켜야 할 것이며, 즉각적인 의학적 평가(특히 연속적인 완전혈구계수complete blood counts)를 지시해야 한다.
- 구토까지 대략 4 시간 이상이 걸린 경우는 다른 상해가 없다면 지연평가(대략 24~72h)를 실시한다. 이 사람들은 1000 mSv까지의 선량을 받았을 수 있고, 어느 정도 최소한의 골수저하와 암 위험 증가가 있을 수 있겠지만 전문적 입원치료를 필요로 하지는 않는다.
- 구토를 일으키지 않은 이들에 대해서는 즉각적이고 긴급한 의료 후속 조치가 필요하지는 않지만, 긴급하지 않은 방식으로 의학적 평가를 지시할 수 있다.

(101) 스트레스 반응이 오심이나 구토를 유발할 수 있음에 주의해야 한다. 그러나 위에 열거된 시간 틀 내에서 이러한 증세를 보인 사람은 후속 의학적 평가에 의해 배제되기 전까지는 피폭된 것으로 간주해야 한다. 후속 며칠간 말초 혈구세포, 특히 임파구 계수 조사는 이러한 결정을 확인시켜줄 수 있다.

5.1.4. 심리학적 선별과 배치

(102) 심리학적 도움 수요는 어려운 문제이다. 이는 외상 사태에 노출된 후 첫 수 시간, 며칠 또는 몇 주 시기에 필요할 것으로 예상되고 또 제공되어야 한다. 심리학적 응급의 가장 중요한 요소는 좋은 진료를 제공하는 것이고, 증상이 지속된다면 재평가를 제안하고, 시간이 지남에 따라 대부분 사람들에게서 나타날 것으로 예상되는 과정에 관해 알려주는 것이다. 선별한 사람들 중 몇몇은 피폭하지 않았을지라도 급성 방사선질환과 유사한 지시나 증세를 나타낼 수 있다. 의학적으로는 설명되지 않는 신체적 증세를 나타내는 사람들을 살피는 의사는 환자가 걱정하는 바를 조심스럽게 평가, 기록하고 후속추적을 배려해야 한다. 이러한 사람들은 낙인찍힌 것처럼 느낄 수 있으므로, 그들의 건강 우려를 진지하게 돌보고 있다고 그들이 납득할 수 있는 방식으로 다뤄야 한다. 다른 한쪽에서는 심각한 피폭을 받지 않았지만 그들의 상태나 장래의 예후에 대해 높은 근심을 표출하는 많은 사람들이 있을 수 있다. 마지막으로 가족 구성원이나 애완동물 등에 대한 우려도 있는데 이것도 다뤄야 할 것이다. 정신과 의사를 포함한 정신건강 전문가들은 초기 조사와 선별을 수행하는 준비된 팀의 일부이어야 한다.

5.1.5. 호흡기 방호

(103) 공기 중 방사성물질의 존재가 의심된다면 사람들에게 집밖으로 나오지 말고 손수건(혹은 기타 촘촘히 짜인 천 소재)으로 코와 입을 가릴 것을 권고해야 한다. 손수건으로 코와 입을 가리는 것은 섭취를 줄이는 데 효과적이다. 옥내대피 후에는 호흡기 방호를 계속할 필요는 없다. 사용한 손수건이나 기타 천들은 당국의 추가 지시가 있을 때까지 일반적인 비닐봉투에 담아두도록 한다. 그런 가리개에 걸러진 방사성 입자들은 방사성 물질의 섭취에 대한 지표가 될 수 있다.

5.2. 구조단계(긴급조치)

5.2.1. 인체 제염

(104) 방사성 물질이 개인의 신체 외부나 내부에 침착될 수 있다. 피부나 상처의 오염이 당사자나 의료진의 생명을 즉각적으로 위협하는 일은 결코 없다. 따라서 통상적 외상 치료가 최우선이다. 제염은 의료적 안정 이후에 이루어져야 한다. 사람들의 대피가 제염을 위한 조치 때문에 지연되어서는 안 된다. 만약 화학 작용제가 존재한다면 현장에서 즉각적으로 사람들을 제염할 필요가 있을 수 있는데 이는 방사성 오염에 대처하는 것보다 우선할 것이다.

(105) 개인 제염조치를 위한 일반 개입준위는 없지만, 상식적으로 사건 발생 후 가장 높게 오염된 지역에 있었던 개인들을 주목하게 된다. 극도로 높은 준위의 피부오염이 발생했다면 의사와 보건물리 감독 하에 특정 제염제를 사용해야 할 수도 있다. 즉각적 가료나 소개가 요구되지 않는 상황이라면, 응급의료요원이 사람들을 사건 현장에서 제염할 기회가 있을 수 있다. 일이 항상 이렇게 되는 것은 아니므로 모든 보건시설에서는 제염절차를 운영계획의 일부로 유지해야 한다.

(106) 대체로 표면 방사성오염은 오염된 의복만 제거해도 크게 감소한다. 대부분의 잔여오염은 노출되었던 피부와 머리카락에 남아있을 것인데 이는 비누, 따뜻한 물 및 수건을 사용하여 효과적으로 제거할 수 있다. 피부를 문지르는 행위는 불필요하게 피부를 손상하여 방사성물질의 흡수를 조장할 수 있으므로 이를 권고하지 않는다. 의복은 세탁이나 폐기에 대한 조언이 내려질 때 검사하도록 비닐봉투에 저장할 수 있다.

(107) 상처 특성은 방사성 물질의 흡수 및 제염에 영향을 미친다. 찰과상은 피부막을 손상시켜 흡수 가능성을 증가시키지만 오염에 쉽게 접근 가능하므로 보통 간단히 제염된다. 열상 역시 오염된 조직을 세척할 수 있고 필요하다면 절제 가능하므로 쉽게 제염된다. 뚫린 상처는 오염부위의 접근이 어렵고, 오염의 정도나 깊이를 가늠하기 곤란하여 제염에 어려움이 있는데 일반적 물쭉시개 water pick가 성공적으로 사용되어 왔다. 상처 오염의 흡수는 오염의 수용성, 산/

알칼리성, 조직의 반응도 및 입자 크기에 영향을 받는다. 예를 들어 오염이 수용성일수록 흡수율도 더 크다.

(108) 예를 들어 RDD 폭발처럼 방사선학적 공격에 폭발물이 사용되었다면, 폭발에 근접한 사람들의 상처에는 방사성 파편이 들어 있을 것이다. 대부분의 경우에는 파편을 제거하는 종래의 의료적 처치로 현안 방사선 상해를 다루기에 충분할 것이다. 파편에 직접 접촉하지 말고(예를 들어 집게forceps를 사용한다) 차폐되거나 이격된 용기에 저장하는 것과 같은 간단한 주의가 효과적인 단기 해결책이 되지만 방사선방호 전문가의 조언을 받아야 한다.

5.2.2. 옥내대피

(109) 사람들이 소개될 것으로 보이는 잠재적 폭발물 폭발지역을 제외하고, 사람들에게 실내에 머무르도록 당국이 권고하는 조치—통상 옥내대피라 부름—는 피폭을 현저히 줄일 것이다. 실질적 감축은 옥내대피 건물의 유형과 구조에 따른다. 예를 들면 지하실이 있는 경우엔 회피선량이 10배 이상으로도 커질 수 있다. 창문이나 문이 닫혀있고 환기계를 멈춘다면 건물 내로 입자의 이동도 최소화될 것이고 방사성핵종 흡입으로 인한 선량 및 피부 오염 역시 감소될 것이다. 방사성 연무가 지나갔음을 확인한 후에 창문을 열고 환기계를 가동하여 건물 내로 들어온 일부 방사성핵종의 농도를 희석시켜 선량을 감소시킬 것을 권고할 수 있다. 그러나 이것이 필터나 환기장치에 존재할 수 있는 물질들을 영향을 받지 않았던 건물 내로 확산시킬 우려도 있다. 차량 이동에 따른 재부유와 같은 복잡한 인자들도 고려해야 한다.

(110) 가용한 건물의 종류와 사건발생 지역과 위치관계에 따라 옥내대피가 사태 초기에 매우 효과적인 조치가 될 수 있다. 이때 대피한 사람들과 빠르고 효과적인 소통수단이 필요하다. 전형적으로는 위기관리를 위해 공공 라디오나 TV방송으로 정보를 제공하는 것에 우선배려가 될 것이다. 사람들이 자신의 집에 있고, 상대적으로 단기간(몇 시간) 동안 권고된다면 옥내대피로 인한 불편은 적다. 중요한 사회적 활동들이 중단되고 경제적 손실이 발생하는 것을 제외한다면, 단기적이고 국지적인 옥내대피를 위한 노력도 크지 않다. 장기적인 대피는 사회적, 경제적 문제들을 야기하고 불안을 증대시킬 수 있다. 또한 가족 구성원들이 서로 다른 위치에 있는데(예를 들어, 집, 직장 및 학교) 옥내대피

가 권고될 때에도 문제가 있다.

(111) 사태로부터 발생한 방사성 연무가 통과한 후 장기적으로도 옥내대피는 지표에 침적된 방사성핵종으로부터의 외부 방사선량을 줄인다. 회피선량은 구조물의 유형에 따라 최소 수배에서 수십 배까지 될 것으로 예상된다. 그러나 비록 필요한 활동을 위해서 옥외에서 소비하는 짧은 시간 동안 매우 높은 피폭을 받지는 않는다는 조언으로 불안을 완화할 수 있을지라도 장기간 옥내대피는 정상적인 삶을 방해하고 고뇌를 불러올 수 있다. 그러한 시간제 대피 전략의 장단점은 사전 계획단계에서 개입준위를 정당화하고 최적화할 때 평가되어야 한다.

(112) 옥내대피 실시를 정당화하고 그 조건을 최적화하기 위한 분석은 개인과 사회에 부과되는 손해(예를 들어 산업, 무역 및 농업상의 손실)와 개입의 시행 책임이 있는 사람들(예를 들어 경찰)이 받게 될 선량에 대해 고려해야 한다. 정당화 및 최적화 분석에서 총 피폭집단에 추가하여 그 집단 내 특정 그룹들을 분리하여 고려하는 것이 적절할 것이다. 합리적으로 잘 정의된 그룹—도시 및 농촌 집단, 임부, 어린 아이, 병약자 및 장애인 그리고 옥외 근로자 등—들은 대피 비용, 회피선량 잠재력 및 기타 인자들에서 상당한 차이가 있을 것이다.

(113) 일반적 근거에서 ICRP는 옥내대피가 적절할 것으로 보이는 시간 동안 50 mSv의 회피 유효선량이 달성 가능하다면 대피는 거의 항상 정당하다고 평가한다(ICRP, 1991b). 구체적인 비상 조건과 집단의 하부그룹을 고려하여 최적화된 준위는 그 1/10까지는 낮아지게 될 것이다. 단기 옥내대피는 리스크가 낮은 대응책이므로 매우 작은 선량을 회피하기 위해서도 시행 가능하다. 옥내대피는 선량 결과와 그에 따르는 조치를 위한 충실한 평가가 이루어지는 동안 피폭을 줄이기도 한다. BSS는 만약 옥내대피가 대략 이틀의 기간에 10 mSv 이상의 선량을 회피할 수 없다면 그 이득이 의심된다고 보고하고 있다. ICRP도 이 값이 방사선학적 공격 사태에서 옥내대피를 계획하는 적절한 수치가 될 것으로 본다.

(114) 주민의 옥내대피 결정이 내려졌을 때 가정으로 복귀할 수 있는 사람들은 외부 오염에 대한 간단한 처방으로써 몸을 씻고 옷을 갈아입도록 조언해야

한다. 의복들은 일반 쓰레기 비닐봉투에 분리해 두었다가 당국에서 지시가 있을 때 보통 방식으로 세탁할 수도 있다. 다만, 교차오염을 피하기 위해 다른 의복들과 분리하여 세탁하기를 권고한다. 이는 손해가 적고 잠재 이득이 예상되기 때문에 권고되는 조치이다.

5.2.3. 소개

(115) 폭발 장치로 공격이 있을 것에 대한 인지나 조기경보가 있다면 방사성 물질 포함여부와 관계없이 그 영향이 우려되는 지역의 소개를 필요로 할 것이다. 아래에서 제공되는 소개에 대한 ICRP 조언은 방사성물질의 확산으로 영향 받기 쉬운 집단의 방사선방호를 목적으로 한다.

(116) 소개는 피해지역 혹은 잠재적 피해지역으로부터 사람들을 긴급히, 일시적으로 피난시키는 것을 의미하는데, 이를 통해 고선량, 고선량률로 인한 심각한 결정적 영향과 높은 확률적 영향의 위험을 막으려 함이다. 소개가 예방조치로 취해진다면 가장 효과적이지만 예방적 피난은 초기 방호조치 중 가장 혼돈스러운 것이다. 사전에 사람들을 소개시키는 결정의 어려움은 방사선학적 공격 후 가용한 제한된 정보에 의존해야 하는 점이다. 사태의 본질, 악화 기회, 받게 될 선량이 소개에 따르는 위험, 불안, 혼란 및 비용을 합리화할 만큼 높은가에 대한 판단을 필요로 한다. 예방적 소개를 실시하기 위한 결정은 당시 조건에서 상황과 가능한 변화를 바탕으로 내려지게 된다.

(117) 영향권에 있는 사람들의 예상선량을 심각한 결정적 영향의 문턱선량 아래로 유지하는(그리고 평균 개인선량을 줄이는) 소개의 효율은 사람들에게 빠르게 공지하고 수송할 수 있는 능력, 소개 시점, 그리고 환경으로 확산되는 방사성물질을 예측할 수 있는 역량에 달려있다. 공격의 초기 여파 속에서 소개하는 동안 받게 될지도 모를 선량도 고려해야 할 필요가 있으며, 이 단계에서 옥내대피가 보다 효율적인가에 대한 고려도 필요하다. 이러한 전략은 사전에 계획하되, 계획과 운영기준으로 구성하며 인력을 훈련하고, 사태가 발생하면 꼭 필요한 경우 전략과 계획을 조정하기 위한 기술적 조망과 함께 시행해야 한다.

(118) 일반적으로는 소개에 따르는 물리적 위험이 낮게 나타났지만 이는 피난

이 고려되는 당시의 상황에 달려있을 것이다. 기후 조건, 시점 및 교통상황이 이 같은 위험에 영향을 미칠 것이다. 상대적으로 위험이 더 큰 환자, 고령자, 어린이 및 임부와 같은 특수그룹에 대한 고려가 필요하다. 당국은 개인 교통수단을 이용하는 자연적 혹은 자발적 소개의 부정적 또는 긍정적 특성에 대해서도 고려해야 한다. 그러한 자발적 소개는 소개에 대한 공식권고가 내려진 상황에서 이루어 질 수도 있지만, 방사선학적 근거에서 그런 권고가 내려지지 않은 경우에도 발생할 수 있다.

(119) 계획 과정의 일부로서 소개에 대한 개입준위를 정당화하고 최적화하는데 있어서 피폭하는 사람들을 전체적으로 고려해야할 뿐만 아니라 비용이나 이득이 다를 것으로 보이는 여러 특수 그룹에 대한 개별적인 고찰도 필요하다. 이러한 그룹은 임부, 아동, 입원환자 혹은 다른 기관 인원들을 포함한다. 예를 들어 폐쇄하는 기간 산업이나 인프라에 종사하는 근로자의 경우처럼 별도의 최적화 고려가 필요할 수도 있다. 다른 정당화나 최적화에 대한 결정에서와 마찬가지로 많은 사회적, 윤리적, 경제적 요인들이 방사선학적 조건과 함께 고려되어야 한다. 각 그룹들이 달리 다루어질 경우에는 사회적, 심리적 비용들도 고려되어야 한다. 예를 들어 사회경제적 고려에는 공동체 형태(전원, 도시, 공업지역), 소개 인구수 및 추정되는 소개기간이 포함될 것이다. 고려할 비용으로는 새로운 지역으로의 수송과 귀환, 임시 거주지에서 추가 주거비용(가옥, 음식, 일반의료, 학교 등), 수입 손실과 불편에 대한 보상 및 남겨진 재산의 감시 비용이 있다.

(120) 일반적 근거에서 개인의 예상 평균 전신선량이 하루 500 mSv를 초과하거나 소개기간 동안 회피하는 평균 개인 유효선량이 500 mSv, 혹은 회피 피부 증가선량이 5000 mSv라면 소개는 거의 항상 정당화된다고 ICRP는 평가한다. 대체로 예상되는 사고 상황에서 소개에 대해 최적화된 회피 유효선량 준위가 1/10까지는 낮아질 것이다. BSS는 소개에 대해서 포괄적으로 최적화된 개입준위는 1주에 회피 가능한 선량 50 mSv 즉, 2주에 약 100 mSv로 결론을 내렸다. ICRP도 이러한 국제적 요건에 동의하며, 또한 방사선학적 공격에서는 500 mSv 피부 증가선량도 사용할 것을 조언한다.

(121) 소개는 단기의 방호조치이며 이를 지속하는 것은 계속되는 위험에 의해

정당화 되어야 한다. 계속적 위험은 방출 선원 제어의 실패, 추가 사고나 방출의 상당한 위험, 혹은 높은 환경 방사선량률의 지속 등일 수 있다. 하지만 수주 이후에는 일시적인 이주로 간주해야 하고 이에 대한 정당화와 최적화가 있어야 한다.

5.2.4. 옥소에방처치²⁵

(122) 방사선학적 공격에 사용될 수 있는 방사성핵종은 많으며 I-131, I-125 및 I-123도 포함된다. 이들 옥소 동위원소들은 반감기가 짧아 악의적 용도로 사용되기는 어려우나 진단과 치료를 위한 핵의약품으로 흔히 사용되는 것들이기 때문에 구하기가 쉽다. 더욱이 방사성옥소는 핵분열생성물의 일종으로서 핵연료의 파손이나 IND 폭발로 방출될 수 있다.

(123) 일반인에 대한 옥화칼륨(KI)²⁶ 투약은 갑상선 방호를 위한 초기의 효과적인 방법으로서 결정적 영향을 막고 모든 연령대 사람들에게 확률적 영향을 줄이기 위해 사용된다. 그러나 갑상선방호제는 주로 아동이나 태아의 방호를 목적으로 한다. 옥화칼륨은 언론에서 자주 인용되는 것처럼 일반적인 방사선 방호약품이 아니라, 방사성옥소의 섭취로부터 갑상선을 보호하는 데만 유용하다는 점이 분명히 알려져야만 한다. 방사선학적 공격과 관련해서 그 공격이 방사성옥소의 방출과 연계된 경우에만 방호조치로서 옥화칼륨의 투약이 효과가 있다. 다른 경우는 원자력시설의 사보타주가 다량의 방사성옥소 누출을 유발할 수 있어, 옥화칼륨 사용이 이에 대한 효과적인 방호대책으로서 정당할 수 있다. 옥화칼륨 투약의 부작용이 작음은 적시할 필요가 있다.

(124) 옥화칼륨은 노출 전이나 노출 직후에 섭취해야 효능이 있다는 제약이 있다. 가용 시간이 짧기 때문에, 특히 많은 사람들이 연관된 경우에 안정 옥소제의 배포는 현실적 문제점을 가질 수 있다. 더욱이 방사선학적 공격이라는 상황에서 옥화칼륨 사용성은 물자조달 관점에서 애로가 있다. 비록 옥화칼륨이 일부 약국에 있기도 하지만, 공격 후 방사성옥소 노출 수 시간 이내에 많은 사람들에게 이를 분배하는 것에 대해 면밀한 계획이 필요하다. 그러므로 당국에

25 <역주> 원문은 옥소에방처치 iodine prophylaxis이지만 흔히 '갑상선방호제 투여'라고 일컫기도 한다.

26 <역주> 갑상선방호를 위한 옥소제제로는 KI 외에 KIO₃도 사용된다.

서는 방사선학적 공격 위협에 처한 대중에게 안정옥소의 가용성을 보장하고 적절한 간격으로 비축량을 교환하는 것을 포함한 가장 유효한 방법에 대해 깊이 고려해야 한다.

(125) 옥화칼륨의 투약은 자립적 방호조치로는 거의 사용되지 않을 것이다. 즉 보통은 옥내대피나 소개와 함께 권고될 것이다. 더욱이 방사성옥소의 흡입이 주된 피폭경로일 경우에 옥화칼륨의 사용이 고려되어야 한다(방사성옥소를 취식하였거나 피부를 통해 흡수했을 경우에도 이의 사용을 보장할 수 있다). 취식경로에 대해서는 오염되지 않은 식품의 공급이 가능하다면 식품의 생산과 소비에 제한을 부과함으로써 선량을 줄이는 것이 더 적절하다.

(126) 갑상선방호제 투여와 연관된 노력들은 정당화와 최적화 분석을 통해 고려되어야 하고, 옥소의 준비 및 배포를 위해 필요한 재원이 포함되어야 한다. 일반적 근거로 약 500 mSv의 평균 개인 갑상선등가선량을 절감할 수 있다면 옥소예방처치는 거의 항상 정당화 될 것으로 평가되어 왔다. 그러나 특정 조건에 대한 고려에서 일반적으로 최적화된 준위는 그 1/10(갑상선에 50 mSv 이상의 등가선량 절감)까지 낮아질 수 있을 것으로 보고 있다.

(127) 마지막으로 ICRP는 위 내용의 범위에서 BSS가 갑상선방호제 투여를 위해 일반적으로 최적화된 개입준위로 갑상선에 대해 회피할 수 있는 예탁 등가선량 100 mSv로 정하고 있음을 알고 있다. ICRP는 이제 옥소예방처치에 대해 일반적으로 최적화된 100 mSv의 현행 개입준위가 핵 사고나 방사선 비상에서 신속한 의사결정 및 효율적 적용을 위한 운영근거를 제공할 것으로 본다. 그러나 방사성옥소에 의한 갑상선 암 유발 위험이 연령에 따라 크게 다르기 때문에, 방사성옥소에 대한 아동이나 태아의 높은 민감도를 고려해서 상당히 낮은 준위의 갑상선 선량에 대해서도 안정옥소 투약이 권고될 수도 있다고 ICRP는 본다.

5.3. 수습단계

5.3.1. 선량 세밀평가

(128) 수습단계에서는 일반인에 대한 더욱 정교한 선량평가가 이루어져야 한다. 이 단계에서 환경 감시의 첫 결과가 가용할 것인데 이는 방출된 선원항에 대한 지표, 나아가 피해지역의 범위에 대한 초기 예측 및 이후 진전에 대한 예상을 제공할 것이다(IAEA, 1999b). 오심이나 홍반과 같은 임상적 증세로부터 매우 대략적 외부 선량 값도 처음으로 평가할 수 있게 될 것이다. 이러한 증세를 보인 사람들은 입원조치 해야 한다. 이러한 선량평가나 예상에 따라 옥내대피한 사람들 중 일부는 이동이 허락될 수도 있고, 혹은 옥내대피한 사람들을 소개할 필요가 있는지 결정을 내릴 수도 있다. 점진적으로는 혈액세포 계수나 생물학적 선량계측(아래 참조)과 같은 더 개선된 생물학적 선량 평가가 수행될 수 있다. 이는 무슨 일이 일어났는지, 무엇이 일어날지 그리고 앞으로 계획되는 조치들은 무엇인지에 대해 사람들에게 알리는 데 있어 중요하다.

5.3.2. 생물검정법

(129) 주요 사태의 수습단계에서는 공중보건 요건에 따라 피폭의 장기적인 의미, 특히 암 위험에 관해서 개별 상담이 필요하다. 개개인이 받은 선량에 대한 평가는 조언을 용이하게 할 것이다. 생물학적 수단으로 선량을 평가하는 3가지 주요한 방법이 있는데, 혈액상의 변화(혈구세포 특히 림프구 계수), 세포유전학적 변화, 전자스핀공명(ESR)으로 방사선에 의해 뼈나 치아에 유도된 화학기단을 측정하는 평가이다. 이러한 방법들은 피폭 후 제한된 기간 동안에만 사용될 수 있음에 주의해야 한다. 특히 그러한 방법의 사용은 그 가용성에 달려있으므로 이를 사용하는 것에 대한 지침을 계획 단계에서 결정할 필요가 있다.

(130) 1000 mSv 이상의 방사선량(전신 혹은 신체의 대부분)을 피폭한 후에는 수일 내에 말초혈액의 림프구가 현저히 감소될 것이다. 이러한 영향의 정도와 시간에 따른 경과를 받은 선량에 의존한다. 높은 전신선량(>3000 mSv) 후에는 과립백혈구와 (나중에) 혈소판 및 적혈구 수 역시 감소할 것이다. 이러한 혈액세포 계수의 변화로부터 대략적 선량평가를 얻을 수 있다.

(131) 보다 낮은 선량범위에서 신체의 대부분 혹은 전신에 대한 보다 정확한 선량평가를 세포유전학적 측정을 통해 얻을 수 있다. 심각한 방사선 피폭 후에는 염색체 이상이 가시적으로 나타나는데 특히 '2동원체 염색체'의 형성은 선량평가에 있어 중요하다. 최근에는 형광동소교잡법 fluorescence in-situ hybridisation (FISH)에 의해 염색체 전좌도 측정되어왔다. 전문 연구실에서는 말초혈액 림프구에서의 염색체 이상 조사로부터 100 mSv 이상의 범위에서 선량평가가 가능하다. 이 기술은 상당한 전문성을 요구하며 일이 많아 결과를 얻어내는데 1주일가량 걸린다. 한 번에 몇 사람분 정도만 분석될 수 있다. 염색체 이상을 측정하는 더 용이한 기술은 림프구 세포 내의 미소핵micronucleus을 측정하는 것인데, 이 방법은 덜 민감하지만 일이 적어 신속하고 보다 많은 사람들에 대한 분석이 가능하다. 이러한 기술들을 습득한 연구실은 세계적으로도 몇 안 되므로 국제협력이 필요하다.

(132) 방사선 피폭에 따라 물질 내에 기단이 형성되는데 이들은 연조직에서는 빠르게 소멸되지만 뼈나 치아 속에서는 오랜 시간동안 남아있게 된다. ESR기법을 사용하면 이러한 기단들을 측정할 수 있고, 수백 mSv 이상의 범위에서 선량평가가 가능하다. 또한 벽돌과 같은 고체 물질 내에서도 이러한 기단을 측정 가능하며 선량평가 연구에 사용된다. 그러나 역시 이러한 능력을 갖춘 전문화된 연구실은 소수일 뿐이다. 즉, 수백 명 이상의 사람들에 대한 선량평가가 필요한 경우에는 세포유전학적법 또는 ESR법은 현실적이지 못하다는 것을 의미한다.

5.3.3. 임시 이주 및 재배치

(133) 이주와 소개의 차이는 주로 이들 조치가 취해지는 시간으로 구분된다. 이주는 영향지역으로부터 사람들을 장기적으로 퇴거시키는 것을 말한다. 이주는 소개의 연장조치로서 이행될 수도 있고, 침적된 방사성물질로부터 선량을 줄이기 위해서, 그리고 수행되어야 할 완화조치들을 용이하게 하기 위해 사태가 발생한 수주 혹은 수개월 후에 도입될 수도 있다. 이주 기간은 영구적일 수도 있고(이럴 경우 통상 재배치resettlement라고 불림), 혹은 보다 제한된 일정기간일 수도 있다(통상 임시이주로 불림). 그 결정은 선량률의 감소(방사성 붕괴, 풍화작용 및 어떤 완화조치에 의한)와 사회적 인자들(예: 피해지역으로 복귀를 위한 준비)에 따른다.

(134) 임시 이주나 재배치에 관련된 위험과 장애는 소개의 그것과는 다르다. 이러한 대책들은 통상 시급하지만, 인구 집단의 이동이 사전에 신중히 계획되고 시행도 주의 깊게 관리되더라도 재정비용이 높을 수 있어 결정은 관련된 사람 수와 피해지역의 생산 손실에 달려있을 것이다. 나아가 혼란과 근심에 따르는 사회비용도 클 것이다. 이주나 재정착이 필요하다고 알리게 되면 사람들은 당연히 우려와 걱정에서 휩싸일 것이다. 당국은 충실히 정보를 전달하고 위험에 대해 설명해서 부당한 지연 없이 소개를 진행시켜야 한다.

(135) 내부 및 외부 모두를 포함하는 평균 개인선량을 줄이는 데 있어서 임시 이주와 재배치의 효과는 시간과 관련해서 환경 측정과 모델링을 근거로 평가되어야 한다. 개입준위를 정당화하고 최적화함에 있어서, 이주시키는 전 주민의 회피선량과 관련 비용의 분포를 고려해야 한다. 이러한 대책의 영향을 평가하는 데는 다양한 비용들을 고려할 필요가 있다. 여기에는 수송비용, 새로운 주택, 학교, 의료 및 일자리를 제공하는데 드는 비용, 추가 식량비용과 소득, 재산, 산업투자, 농경자본 및 소개 자체와 직접 관련된 건강영향과 수반되는 스트레스에 대한 보상이 포함된다.

(136) 재배치는 최종 의사결정에서 고려되어야 하는 다른 사회적 문제들을 야기할 수 있다. 최종 결정에 관련된 다양한 인자들을 체계적이고 합리적 방법으로 다루기 위해서는 여러 의사결정 보조기술들이 사용될 수 있다. 의사결정회의decision conference는 방사선학적 또는 기타 건강문제들과 함께 사회경제적, 정치적 인자들과 관련된 복잡한 문제를 체계적으로 해결하기 위한 좋은 방안을 제시할 것으로 보인다.

(137) 일반적 고찰에서 대략 1000 mSv의 평균 회피 유효선량 준위는 이주에 대해서 거의 항상 정당화된다. 상황에 따라서는 보다 낮은 회피선량 준위에서도 정당화 될 수 있지만 매우 심각한 사태 후에는 이주에 대한 회피선량의 정당화 준위는 이 참고준위보다 더 높을 수도 있다. ICRP 간행물 63(ICRP, 1991b)에서 ICRP는 지속되고 장기적인 피폭에 대해서 침적된 방사능으로부터 선량률이 약 10 mSv/월 수준에서 이주가 최적화 된다고 평가했다.

5.4. 복구단계

5.4.1. 정화

(138) 복구단계는 환경 중 방사선 준위를 용인 가능한 수준으로 줄이기 위한 완화 및 정화 작업이 수행되는 기간이며 운영 중 발생한 방사성폐기물의 관리를 포함하여, 모든 완화작업들이 완료되었을 때 종료된다. 상황에 대한 이해가 높아지고 시간이 있으므로 건설하고 비용효과가 좋은 권고를 제공한다는 면에서 이해당사자가 참여하는 기회가 될 것이다. ICRP가 방호 최적화를 위한 공식적인 기법 사용에 대한 많은 권고(ICRP, 1973, 1983, 1989)를 제공하였지만, 이해당사자 참여는 폭넓은 의사결정을 이끄는 의사결정 보조과정에서 최적화의 실질적 적용을 넓힐 것이다. 일반적으로, 초기단계(또는 구조단계) 결정은 단시간 내 조치할 필요 때문에 다른 이해관계자의 참여가 제한되므로, 선출된 공무원 또는 그 지명자에 의해 직접 이루어질 것이다. 장기적인 결정에는 이해당사자 참여가 이루어져야 하고, 또한 영향, 비용, 대안 등에 관해 의사결정자에게 전문적인 조언을 제공하기 위한 기술 작업그룹을 포함할 수 있다.

(139) 정화에 대한 계획과 논의는 이해당사자, 해당 전문가, 계획, 분석 및 계약 과정과 정화활동의 선택이 가능하도록 공격 후 가능한 한 빨리 시작해야 한다. 당국은 이해당사자를 미리 선발할 수도 있는데 정화 활동의 목표를 논의하고 합의를 도출할 것을 고려해야 한다. 이것이 개입수단을 철회함에 대한 일반 대중의 수용도를 높일 것이다. 이 활동들은 진행되는 수습단계 활동들과 병행해야 하며 이들 활동은 상호 조율되어야 한다. 제염, 기초 인프라 복구, 어느 정도 일상으로 복귀 등 수습단계 지침에 따라 수습단계에서 수행하는 예비 완화조치를 최종 완화결정까지 미뤄서는 안 된다.

(140) 방호 최적화는 현장 수요와 욕구, 보건 위험, 비용, 기술적 가능성 등의 인자들과 균형을 이루는 최종 결과를 달성하기 위해 많은 인자들이 고려되어야 하는 유연한 과정으로서 정화 의사결정에 적용되어야 한다(1997a, IAEA). 이러한 일반 절차는 국내 기술적 전문가들과 이해당사자 대표로부터 입력을 의사결정자에게 제공하며, 또한 공개 의견수렴의 기회를 제공한다. 공격 후 정화 공정의 범위와 복잡성은 그 고유한 요구에 맞춰 조정되어야 한다.

(141) 정화를 위한 최적화 과정의 특징들은 다음과 같다.

- 투명성: 정화기준의 결정 근거는 이해 당사자 대표자에게 따라서 궁극적으로 대중 일반에게 알려져야 한다.
- 포괄성: 이해당사자 대표들이 의사결정 활동에 참여해야 한다.
- 효율성: 기술주제 전문가들이 폐기물 양을 최소화하는 고려를 포함하여 완화방안을 분석하고, 선량과 위험 벤치마크를 고려하고, 사건에 대한 최적의 최종해법을 찾는 데 도움을 주기 위한 다양한 기술을 평가해야 하며, 결과를 입증하기 위해 완화 전, 중, 후에 방사선 감시 프로그램을 디자인해야 한다. 정화 전후의 방사선 감시 준위로 그 효율성을 입증할 수 있다.
- 책임공유: 진척하기 위한 최종 결정은 모든 의사결정자들에 의해 공동으로 이루어 질 것이다.

(142) 신뢰할 수 있고 정확한 정보 보급은 투명성, 포괄성 및 효율성을 확립하는 열쇠이다. 전달자의 신뢰성은 중요한 문제이므로 홍보전문가가 모든 단계에서 참여해야 한다. 홍보전문가의 직무는 복잡한 기술적 자료를 포함해서 공격과 대응 노력에 대한 정보를 모으고, 정리하고, 신속히 파급하는 것이다. 영향 관리를 위한 신뢰성 있고 성공적인 의사소통 프로그램은 일반인의 위험을 줄이는 기본 목표로부터 시작해야 하고, 공격의 피해자들이 그 개요를 이해하고 인지된 결정을 할 수 있도록 해야 한다.

5.4.2. 방사성폐기물 관리

(143) 방사선학적 공격의 결과로 발생하는 방사성폐기물의 관리는 복구활동 계획의 중요한 요소이다. 사태에 관계된 선원에 따라 폐기물의 양, 처분해야 할 총 방사능, 그리고 장수명 알파핵종의 존재를 계량해야 한다. 당국은 방사성폐기물의 처분에 대해 계획을 세워야 할 것이고, 정규 대책이 가능한지 고려해야 할 것이다. 대책은 저장과 처분 준비에서 폐기물의 조화(즉 포장과 안정화)와 기존 처분장이 가용한지를 결정하는 것을 포함한다. 당국이 해야만 할 일 중의 하나는 폐기물을 단순히 정규 폐기물 규정에 따라 처리할 수 있는지, 아니면 전체적인 완화 노력의 최적화에서 양이나 비용 문제 때문에 어떤 특별 규정을 두어야 하는지를 결정하는 것이다. 방사선학적 공격에서 폐기물 양이 보통 기대하는 것보다 훨씬 많아 가용한 정규 수용능력에 심각한 부담이 될 수

도 있다.

(144) ICRP는 ‘고체방사성폐기물 처분을 위한 방사선방호 원칙’(ICRP, 1985), ‘방사성폐기물 처분에 대한 방사선방호 정책’(ICRP, 1997c), 그리고 ‘장수명 고체방사성폐기물 처분에 적용할 방사선방호 권고’(ICRP, 1998)를 발간한 바 있다. 이 권고들은 분명히 다른 목적으로 제공되었지만, 방사선학적 공격으로부터 발생하는 방사성폐기물에도 적용된다. 그러나 대부분의 예상되는 폐기물은 많은 양의 저준위 오염물질일 것이다. IAEA는 이러한 유형의 폐기물 취급의 구체적 요건들을 수립하는 여러 폐기물 안전표준을 발행했다. 또한 많은 국가들이 ‘사용후핵연료 관리 안전 및 방사성폐기물 관리 안전에 관한 공동협약 Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and the Safety of Radioactive Waste Management’을 통한 법적 구속력이 있는 약속을 하고 있음을 ICRP는 알고 있다.

5.4.3. 방사성잔류물

(145) 방사선학적 공격 후에 만약 충분한 제염이 실행할 수 없다면, 장기적 여파로 방사성잔류물에 의한 오래 노출되는 상황이 발생할 수 있다. ICRP 간행물 82(ICRP,1999)는 방사선학적 공격 후 남을 수 있는 것과 같은 장수명 방사성잔류물에 의한 관리 가능한 방사선 피폭에 ICRP의 방사선방호 체계를 적용함에 목표를 두고 있다.

(146) ICRP는 이러한 상황에서 개입을 위한 일반적 참고준위의 사용을 권고하는데 참고준위는 기존 연간선량으로 편리하게 표현된다. 그러나 이 준위들은 매우 조심스럽게 사용되어야 한다. 만일 기존 연간선량의 관리 가능한 몇몇 성분이 분명히 지배적이라면, 일반적 참고준위의 사용이 이 지배적인 성분을 줄이기 위해 취할 방호조치를 막지 말아야 한다. 일반적 참고준위의 사용이 기존 연간선량의 다양한 성분 사이에 방호조치의 교환을 조장해서는 안 된다.

(147) 기존 연간선량이 저준위라고 해서 방호활동이 그 성분 어디에도 적용되지 않아야 한다는 것을 의미하지는 않는다. 역으로, 높은 기존 연간선량이 반드시 개입을 필요로 하지는 않는다. 이러한 조건 아래서 약 10 mSv 이하의 기존 연간선량이 몇몇 상황에 대하여 개입이 정당화 되지 않을 것 같은 일반적

참고준위로 사용될 수 있다. 이 준위 아래에서도 기존 연간선량의 지배적인 성분을 줄이기 위한 방호조치는 여전히 선택할 수 있고 정당할 수도 있다. 이것을 그림 5.1에 나타내었다. 그런 경우, 특정 성분에 고유한 조치준위가 권고된 일반 참고준위의 적절한 분율을 근거로 수립될 수 있다. 기존 연간선량 약 10mSv 이상에서는 개입이 필요할 수 있고 경우별로 정당화되어야 한다.



그림 5.1 장기적 피폭 상황에서 개입 필요성에 대한 설명

(148) 거의 항상 개입이 정당화되는 상황은 상응하는 장기에서 결정적 영향에 대한 연간 (등가)선량 문턱을 초과하거나 현존 연간선량이 100 mSv에 근접하는 경우이다. 상상 가능한 어떠한 상황에서도 방호조치 수립을 정당화하는 일반 참고준위로 사용될 수 있는 이 수치기준은 여기서 제공되는 재정착을 위한 지침과도 상응한다. 실제에서 붕괴와 풍화 때문에 이 현존 연간선량 수준이 1000 mSv를 초과하는 선량을 예탁할 일은 거의 없다.

5.4.4. 방호조치의 중지

(149) 방사선학적 공격의 여파에서 필요로 하는 방호조치는 일반적으로 사람들의 일상생활을 교란하고 제한할 것이다. 궁극적으로 일상으로 돌아오기 위해, 비록 백그라운드 방사선준위가 제거하기 어렵거나 불가능한 잔류오염물 때문에 사태 이전보다 높은 상태라 할지라도, 어떤 단계에서는 방호조치를 중지할 필요가 있을 것이다. 방호조치의 중지를 정당화하기 위한 가장 간단한 근거

는 당국이 개입하도록 한 조치준위 아래로 피폭이 감소되었다는 것을 확인하는 것이다. 만약 그 수준으로 피폭의 감소가 어렵다면, 그 수준 아래서는 개입이 정당화되지 않을 것 같은 기존 연간선량에 대한 일반 참고준위가 개입 증지를 위한 근거를 제공할 것이다.

(150) 실제에서는 피폭한 집단은 방호조치 중단을 받아들여야 하지 않을 것이고 또한 사회적 압력이 개입중단의 이익을 초월하는 일도 있다. 이 경우 의사 결정 과정에 이해당사자 참여가 필수적이 되며 139항에 언급했듯이 정화조치 초기에 그 종결점을 논의하고 합의하는 것이 바람직하다. 개입이 중단된 후 남은 현존 연간선량은 비록 그 선량이 사태 이전 그 지역에서 일반적 선량보다 높을지라도, 방사선 피폭이 수반되는 새로운 행위의 도입에 관한 결정을 포함해서 피해지역에서 일상 조건에 영향을 미쳐서는 안 된다.

5.4.5. 최종 선량평가

(151) 체르노빌과 고이아니아 사고와 같은 방사능오염에 관한 많은 상황에서 입증된 것처럼, 방사선학적 공격의 여파에서 실제로 얼마나 많은 선량을 받았는지, 또는 오염이 계속 남아 있는지를 결정하는 것이 중요한 의제가 될 것이다. 당국은 탐사와 선량평가에 막대한 요구가 있을 것을 예상해야 한다. 여기에는 상당한 피폭을 받지 않은 사람도 자신의 상황에 대한 어떤 확인 또는 증명을 요망할 것이라는 점도 포함된다. 사람들의 위치와 환경 측정 또는 재구성성을 근거로 방대한 선량평가가 수행되어야 한다. 효과적인 선별을 위해 보통 동의된 조치준위와 선량평가에 사용된 방법, 그 결과, 그리고 각 개인에 대한 의미에 대해 효과적인 의사소통을 필요로 할 것이다.

5.5. 일반인 방호를 위한 선량기준의 요약

5.5.1. 일반적 최적 방호준위

(152) 여러 대응책에 대해 일반인 방호가 최적화될 것으로 보는 절감 유효선량 준위 권고치를 표5.1에 보였다.

(153) 방사선학적 공격의 여파에서 만약 방사성 잔류물로 인해 장기적 피폭이

표 5.1. 대응책 시행에 대한 회피선량 권고치

대응책	회피선량 (포괄적으로 최적화된 대응책에 대해)
옥내대피	2일간 ~10 mSv(유효선량)
임시 소개	1주일간 ~50 mSv(유효선량)
옥소예방처치(방사성옥소 존재시)	~100 mSv(갑상선 등가선량)
이주	~1000 mSv 또는 첫째에 ~100 mSv(유효선량)

있다면 정화와 같은 방사선 방호수단에 대해 권고되는 일반 개입기준을 표5.2에 보였다.

표 5.2. 장기 피폭상황에서의 개입에 대한 포괄적 기준 권고안 (출처: ICRP 1999, 그림 6)

개입	기준(기존 연간 유효선량, mSv/y)
거의 항상 개입	~100 mSv 근접
아마 개입 정당	10 mSv 이상
아마 개입 부당	10 mSv 미만

5.5.2. 운영 준위

(154) 그러나 이 표들에서 제공되는 선량 수치 지침은 그 양이 일반적으로 직접 측정할 수 있는 것이 아니기 때문에 직접 적용될 수 없음에 주의해야 한다. 그 지침은 계획 단계에서 개발되고 직접 측정가능한 양으로 표현되는 운영개입 준위operational intervention level(OIL)의 도출을 위한 근거로 사용해야 한다.

(155) OIL은 방사선 비상시 선량률이나 오염준위의 어느 수준에서 방호조치나 다른 대응책을 실시할 것인지를 결정하도록 사전에 개발되어야 한다. OIL의 개발이 필요한 조치는 오염지역 또는 위험한 방사선원에 접근 통제와 격리, 옥내 대피, 소개 및 이주를 포함한다.

5.6. 소비재 오염관리

(156) 공중이 사용하는 물, 식품, 일반 일용품 같은 소비재는 계획적인 행동 또는 다른 유형의 방사선학적 공격에 의한 결과로 방사성오염이 발생할 수 있다. 예를 들어, 확산된 방사성물질의 운무로부터 방사성낙진은 확산 방법(예: RDD 폭발)에 따라 방출지점에서 상당한 거리까지 모든 종류의 소비재를 오염시킬 수 있다. 대량으로 생산, 공급되는 물자에 고준위 오염을 초래하기 위해 필요한 대량 방사성물질을 필요로 하기 때문에 이러한 상황이 많은 사람에게 상당한 체내 오염을 일으킬 가능성은 낮다. 그러나 과거의 경험에서 보면 그런 활동에 의해 형성되는 일반인의 우려는 당국에게 상당한 어려움을 야기할 것이다. 비록 대규모 인원에 대한 내부오염 긴급 감시가 필요할 것 같지는 않지만(그렇다고 가능성이 없는 것은 아님), 그런 행동의 잠재적인 의학적 영향을 신속히 평가하고 잠재적 피해 집단의 두려움을 완화하기 위한 정보를 제공하기 위하여 방사선 전문가와 미디어 전문가와 협조할 필요가 있다(IAEA, 1999b). 또한, 건강위험 평가를 확인하고 대중을 안심시키기 위하여 잠재적 피해 집단의 대표적 표본에 대한 감시계획을 국가차원에서 세우는 것도 필요하다.

5.6.1. 기본 기준

(157) ICRP 간행물 82(ICRP, 1999)는 식품을 포함하는 소비재에 대한 개입 면제준위를 수립할 것을 제안하였다. 그 면제준위를 넘어서는 소비재에 대해서는 개입이 있어야 하고, 그 준위 아래 것들은 면제할 수 있다. 나아가 주로 시장의 세계화 때문에 이 면제준위가 사안별로 임시 결정을 따르는 것보다 국제적으로 표준화될 필요가 있음을 ICRP는 인식한다. 여러 가지 형태의 소비재가 특정 개인에게 동시에 높은 피폭원이 될 것 같지는 않다. 이 가정에 근거하여 ICRP는 어떤 상황에서 피폭의 중요 원인이 되는 건재와 같은 지배적 형태의 소비재로부터 예상되는 최고 개인 연간선량에 대하여 약 1 mSv의 일반 개입면제 준위를 권고한다.

(158) 소비상품의 오염준위와 그로 인한 연간 유효선량 준위가 매우 낮더라도 일정한 방사능 농도 준위 이상에서는 방사선방호 목적으로 오염의 효과적 통제가 필요하고 인정할 수 있다. 표5.3은 방사선학적 공격의 경우에 그 이상에서

는 방사선방호 목적의 관리가 고려될 수 있는 오염된 물질의 방사능 농도에 대한 근사적 준위를 제공한다. 표의 준위 아래의 방사능 농도를 가진 소비상품들은 이 보고서 권고의 범위에서 제외된다.

표5.3 권고된 배제준위

핵 종	방사능 농도(Bq/g)
인공 알파 핵종	0.01
인공 베타-감마 핵종	0.1
^{232}Th , ^{238}U 붕괴연쇄 머리핵종 [†]	1.0

† ^{232}Th 이나 ^{238}U 붕괴연쇄에 대해 이 값이 연쇄 중 영년평형에 있지 않은 임의의 핵종에 대해 적용된다. 공기 중 ^{222}Rn 과 그 자손에 대해서는 모든 상황에서 별개로 다룬다.

5.6.2. 소비재 중 방사성핵종의 방사선학적 기준에 대한 국제합의

(159) 위 내용에 불구하고, ICRP는 상품 중 방사성핵종에 대한 방사선학적 기준에 대한 최근의 정부간 국제합의(IAEA, 2004b; 2004d)를 환영한다. 국가당국은 방사선학적 공격의 결과로 오염될 수 있는 상품에 대한 통제수단을 결정함에 있어 그런 합의를 고려하기를 바랄 것이다.

5.6.3. 대량 물자 중 방사성핵종

(160) 상품 중 방사성핵종에 대한 방사선학적 기준에 대한 최근 국제합의는 대량 물질에서 배제, 면제, 해지에 대한 BSS의 요건을 충족하기 위한 인공 및 천연 방사성핵종의 방사능 농도값을 수립하였다. 그 값을 표5.4에 주었다.

5.6.4. 식품 중 방사성핵종

(161) 체르노빌 사고 후, 식품에 관해서 국제식품규격위원회the Codex Alimentarius Commission(CAC)는 원자력 사고에 따른 식품 중 방사성핵종의 일반 개입면제준위를 채택했다(Codex Alimentarius, 1991). 현행 BSS에도 포함된 이 준위는 최근 CAC의 식품첨가물 및 오염물질 분과위원회Committee on Food Additives and Contaminants(CFAC)에 의해 개정되었다(Codex Alimentarius, 2004). CAC는 재검토를 거쳐 가까운 미래에 이 준위를 공식적으로 채택할 것으로 예상된다. ICRP는 플루토늄(^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu) 및 ^{241}Am 에 대한 개정된 준위가 상대적으로 보수적이라고 생각하지만, CAC에 의해 최종적으로 채택된

표5.4. 대량 물질 중 방사성핵종에 대한 방사선학적 기준

방사성핵종	준위 (Bq/g)
I-129	0.01
Na-22; Sc-46; Mn-54; Co-56; Co-60; Zn-65; Nb-94; Ru-106; Ag-110m; Sb-125; Cs-134; Cs-137; Eu-152; Eu-154; Ta-182; Bi-207; Th-229; U-232; Pu-238; Pu-239; Pu-240; Pu-242; Pu-244; Am-241; Am-242m; Am-243; Cm-245; Cm-246; Cm-247; Cm-248; Cf-249; Cf-251; Es-254	0.1
C-14; Na-24; Cl-36; Sc-48; V-48; Mn-52; Fe-59; Co-57; Co-58; Se-75; Br-82; Sr-85; Sr-90; Zr-95; Nb-95; Tc-96; Tc-99; Ru-103; Ag-105; Cd-109; Sn-113; Sb-124; Te-123m; Te-132; Cs-136; Ba-140; La-140; Ce-139; Eu-155; Tb-160; Hf-181; Os-185; Ir-190; Ir-192; Tl-204; Bi-206; Th-232*, U-233; U-235† U-238‡ Np-237; Pu-236; Cm-243; Cm-244; Cf-248; Cf-250; Cf-252; Cf-254	1
Be-7; F-18; Cl-38; K-40; K-43; Ca-47; Mn-51; Mn-52m; Mn-56; Fe-52; Co-55; Co-62m; Ni-65; Zn-69m; Ga-72; As-74; As-76; Sr-91; Sr-92; Zr-93; Zr-97; Nb-93m; Nb-97; Nb-98; Mo-90; Mo-93; Mo-99; Mo-101; Tc-97; Ru-97; Ru-105; Cd-115; In-111; In-114m; Sn-125; Sb-122; Te-127m; Te-129m; Te-131m; Te-133; Te-133m; Te-134; I-126; I-130; I-131; I-132; I-133; I-134; I-135; Cs-129; Cs-132; Cs-138; Ba-131; Ce-143; Ce-144; Gd-153; W-181; W-187; Pt-191; Au-198; Hg-203; Tl-200; Tl-202; Pb-203; Po-203; Po-205; Po-207; Ra-225; Pa-230; Pa-233; U-230; U-236; Np-240; Pu-241; Cm-242; Es-254m	10
H-3; S-35; K-42; Ca-45; Sc-47; Cr-51; Mn-53; Co-61; Ni-59; Ni-63; Cu-64; Rb-86; Sr-85m; Sr-87m; Y-91; Y-91m; Y-92; Y-93; Tc-97m; Tc-99m; Rh-105; Pd-109; Ag-111; Cd-115m; In-113m; In-115m; Te-129; Te-131; I-123; I-125; Cs-135; Ce-141; Pr-142; Nd-147; Nd-149; Sm-153; Eu-152m; Gd-159; Dy-166; Ho-166; Er-171; Tm-170; Yb-175; Lu-177; Re-188; Os-191; Os-193; Ir-194; Pt-197m; Au-199; Hg-197; Hg-197m; Tl-201; Ra-227; U-231; U-237; U-239; U-240; Np-239; Pu-234; Pu-235; Pu-237; Bk-249; Cf-253; Es-253; Fm-255	100
Si-31; P-32; P-33; Fe-55; Co-60m; Zn-69; As-73; As-77; Sr-89; Y-90; Tc-96m; Pd-103; Te-125m; Te-127; Cs-131; Cs-134m; Pr-143; Pm-147; Pm-149; Sm-151; Dy-165; Er-169; Tm-171; W-185; Re-186; Os-191m; Pt-193m; Pt-197; At-211; Th-226; Pu-243; Am-242; Cf-246	1000
Co-58m; Ge-71; Rh-103m; Fm-254	10,000

* 토륨시리즈는 ^{232}Th 를 머리로 하여 ^{228}Ra , ^{228}Ac , ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po , ^{208}Tl , ^{208}Pb 로 구성됨.

† 악티늄시리즈는 ^{235}U 을 머리로 하여 ^{231}Th , ^{231}Pa , ^{227}Ac , ^{227}Th , ^{223}Fr , ^{223}Ra , ^{219}Rn , ^{215}Po , ^{211}Pb , ^{211}Bi , ^{207}Tl , ^{207}Pb 로 구성됨.

‡ 우라늄시리즈는 ^{238}U 을 머리로 하여 ^{234}Th , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po , ^{206}Pb 로 구성됨.

준위를 방사선학적 공격의 결과로서 오염될 수 있는 식품의 배포를 관리함에 있어 국제적으로, 특히 국제 교역과 관련하여 일관되고 동조된 방식으로 적용하기를 권고한다. CFAC의 개정된 준위를 표5.5에 주었다.

표5.5. 식품 중 방사성핵종에 대한 CODEX 식품첨가물 및 오염물 분과위원회의 개정된 지침 준위

식품 중 방사성핵종	지침 준위 (Bq/kg)
^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am	1
^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{131}I , ^{235}U	100
^{35}S , ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{103}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{192}Ir	1000
$^3\text{H}^*$, ^{14}C , ^{99}Tc	10,000

* 이 값은 가장 보수적인 삼중수소(유기물 결합)에 대한 값을 나타낸다.

5.6.5. 상수 중 방사성핵종

(162) 상수에 관해서는 WHO가 음용수 중 방사성핵종에 대한 구체적 지침준위를 개발했다는 것을 ICRP는 알고 있다. 역시 ICRP는 이 준위의 일부는 보수적이라고 여기는 한편, 그 지침이 방사선학적 공격에 따른 오염된 물의 공급을 관리하는 데 적용되어야 한다고 권고한다. WHO 준위는 표5.6에 보였다.

5.6.6. 피해지역의 통제

(163) 오염된 소비재를 통제하기 위한 수단은 처음에는 오염된 피해지역 내에서 적용될 것이 기대된다. ICRP는 방사선학적 공격과 같은 오염을 일으킨 사태의 영향을 받는 지역에서 생산되거나 유통되는 소비재는 매우 어려운 상황을 제기할 것임을 인식하고 있다. 만약 상응한 방사능 준위가 이웃 지역에서 생산된 것보다 더 높다면, 시장 수용의 문제가 제기될 것이다. 이점은 특히 소비재의 국경 이동이 있다면 더욱 그러할 것이다.

5.6.7. 영향권 외부의 통제

(164) 만약 개입전략이 최적화되었기 때문에 사태의 영향권 안에서의 연간선량이 용인 가능하다면, 영향권 바깥에서의 상황 또한 용인 가능해야 한다. 이

표 5.6. 음용수의 방사성핵종에 대한 지침 준위

방사성 핵종	지침준위 (Bq/L)*	방사성 핵종	지침준위 (Bq/L)*	방사성 핵종	지침준위 (Bq/L)*	방사성 핵종	지침준위 (Bq/L)*
³ H	10,000	⁷³ As	1000	¹⁰⁵ Ag	100	¹³⁴ Cs	10
⁷ Be	10,000	⁷⁴ As	100	¹¹⁰ Ag	100	¹³⁵ Cs	100
¹⁴ C	100	⁷⁶ As	100	¹¹¹ Ag	100	¹³⁶ Cs	100
²² Na	100	⁷⁷ As	1000	¹⁰⁹ Cd	100	¹³⁷ Cs	10
³² P	100	⁷⁵ Se	100	¹¹⁵ Cd	100	¹³¹ Ba	1000
³³ P	1000	⁸² Br	100	^{115m} Cd	100	¹⁴⁰ Ba	100
³⁵ S	100	⁸⁶ Rb	100	¹¹¹ In	1000	¹⁴⁰ La	100
³⁶ Cl	100	⁸⁵ Sr	100	^{114m} In	100	¹³⁹ Ce	1000
⁴⁵ Ca	100	⁸⁹ Sr	100	¹¹³ Sn	100	¹⁴¹ Ce	100
⁴⁷ Ca	100	⁹⁰ Sr	10	¹²⁵ Sn	100	¹⁴³ Ce	100
⁴⁶ Sc	100	⁹⁰ Y	100	¹²⁵ Sb	100	¹⁴⁴ Ce	10
⁴⁷ Sc	100	⁹¹ Y	100	¹²⁴ Sb	100	¹⁴³ Pr	100
⁴⁸ Sc	100	⁹³ Zr	100	¹²⁵ Cb	100	¹⁴⁷ Nd	100
⁴⁸ V	100	⁹⁵ Zr	100	^{123m} Te	100	¹⁴⁷ Pm	1000
⁵¹ Cr	10,000	^{93m} Nb	1000	¹²⁷ Te	1000	¹⁴⁹ Pm	100
⁵² Mn	100	⁹⁴ Nb	100	^{127m} Te	100	¹⁵¹ Sm	1000
⁵³ Mn	10,000	⁹⁵ Nb	100	¹²⁹ Te	1000	¹⁵³ Sm	100
⁵⁴ Mn	100	⁹³ Mo	100	^{129m} Te	100	¹⁵² Eu	100
⁵⁵ Fe	1000	⁹⁹ Mo	100	¹³¹ Te	1000	¹⁵⁴ Eu	100
⁵⁹ Fe	100	⁹⁶ Tc	100	^{131m} Te	100	¹⁵⁵ Eu	1000
⁵⁶ Co	100	⁹⁷ Tc	1000	¹³² Te	100	¹⁵³ Gd	1000
⁵⁷ Co	1000	^{97m} Tc	100	¹²⁵ I	10	¹⁶⁰ Tb	100
⁵⁸ Co	100	⁹⁹ Tc	100	¹²⁶ I	10	¹⁶⁹ Er	1000
⁶⁰ Co	100	⁹⁷ Ru	1000	¹²⁹ I	1000	¹⁷¹ Tm	1000
⁵⁹ Ni	1000	¹⁰³ Ru	100	¹³¹ I	10	¹⁷⁵ Yb	1000
⁶³ Ni	1000	¹⁰⁶ Ru	10	¹²⁹ Cs	1000	¹⁸² Ta	100
⁶⁵ Zn	100	¹⁰⁵ Rh	1000	¹³¹ Cs	1000	¹⁸¹ W	1000
⁷¹ Ge	10,000	¹⁰³ Pd	1000	¹³² Cs	100	¹⁸⁵ W	1000

표5.6.(계속)

방사성 핵종	지침준위 (Bq/L)*	방사성 핵종	지침준위 (Bq/L)*	방사성 핵종	지침준위 (Bq/L)*	방사성 핵종	지침준위 (Bq/L)*
¹⁸⁶ Re	100	²¹⁰ Pb [†]	0.1	²³³ U	1	²⁴² Cm	10
¹⁸⁵ Os	100	²¹⁰ Po [†]	0.1	²³⁴ U [†]	10	²⁴³ Cm	1
¹⁹¹ Os	100	²²³ Ra [†]	1	²³⁵ U [†]	1	²⁴⁴ Cm	1
¹⁹³ Os	100	²²⁴ Ra [†]	1	²³⁶ U [†]	1	²⁴⁵ Cm	1
¹⁹⁰ Ir	100	²²⁵ Ra	1	²³⁷ U	100	²⁴⁶ Cm	1
¹⁹² Ir	100	²²⁶ Ra [†]	1	²³⁸ U ^{†,‡}	10	²⁴⁷ Cm	1
¹⁹¹ Pt	1000	²²⁸ Ra [†]	0.1	²³⁷ Np	1	²⁴⁸ Cm	0.1
^{193m} Pt	1000	²²⁷ Th [†]	10	²³⁹ Np	100	²⁴⁹ Bk	100
¹⁹⁸ Au	100	²²⁸ Th [†]	1	²³⁶ Pu	1	²⁴⁶ Cf	100
¹⁹⁹ Au	1000	²²⁹ Th	0.1	²³⁷ Pu	1000	²⁴⁸ Cf	10
¹⁹⁷ Hg	1000	²³⁰ Th [†]	1	²³⁸ Pu	1	²⁴⁹ Cf	1
²⁰³ Hg	100	²³¹ Th [†]	1000	²³⁹ Pu	1	²⁵⁰ Cf	1
²⁰⁰ Tl	1000	²³² Th [†]	1	²⁴⁰ Pu	1	²⁵¹ Cf	1
²⁰¹ Tl	1000	²³⁴ Th [†]	100	²⁴¹ Pu	10	²⁵² Cf	1
²⁰² Tl	1000	²³⁰ Pa	100	²⁴² Pu	1	²⁵³ Cf	100
²⁰⁴ Tl	100	²³¹ Pa [†]	0.1	²⁴⁴ Pu	1	²⁵⁴ Cf	1
²⁰³ Pb	1000	²³³ Pa	100	²⁴¹ Am	1	²⁵³ Es	10
²⁰⁶ Bi	100	²³⁰ Cu	1	²⁴² Am	1000	²⁵⁴ Es	10
²⁰⁷ Bi	100	²³¹ U	1000	^{242m} Am	1	^{254m} Es	100
²¹⁰ Bi [†]	100	²³² U	1	²⁴³ Am	1		

*지침준위는 로그값의 평균에 따라 반올림했다(만약 계산값이 3×10^n 이하, $3 \times 10^{n-1}$ 이상이면 10^n)

† 천연 방사성핵종

‡ 신장에 대한 화학독성에 근거한 음용수의 우라늄에 대한 임시지침 값은 15 μ g/L이다.

것은 영향권 안에서 생산된 소비재의 사용으로부터 받는 개인의 연간선량은 보통 영향권 안에서 선량보다 높지 않을 것이기 때문이다. 만약 사태의 영향권 지역에서 생산된 소비재에 대한 제한이 해제되지 않았다면, 제한된 소비재의

생산이 재개되어서는 안 된다. 역으로 만약 제한이 해제되었다면 생산이 재개될 수 있다. 만약 생산의 증가가 제안된다면 적절한 정당화의 문제가 될 것이다. 일상으로 돌아가기 위한 결정의 일부로서 제한이 해제된 상황에서는 영향권 안에서 생산의 재개나 잠재적 증가는 그 결정의 일부로 간주되어야 하고 추가 고려를 필요로 하지 않는다.

5.7. 특별한 상황

5.7.1. 매운입자^{hot particle} 상황의 취급

(165) 어떤 시나리오에서 방사성잔류물이 통상 매운입자 형태로 환경 중에 매우 산발적으로 분포하여 확실하지는 않지만 잠재적으로 사람들이 피폭하는 상황을 상정할 수 있다. ICRP는 잠재피폭 상황을 다루기 위한 권고를 발행한 바 있다(IAEA, 1990; ICRP, 1993a, 1997b). 매운입자가 관련된 상황에서 방호는 새로운 문제는 아니다(IAEA, 1998b). 이 상황에 대하여 ICRP는 일반인이 피폭 때문에 치명적 확률적 보건영향을 일으킬 무조건적 확률에 근거한 용인 기준을 발행했는데(ICRP, 1999) 국가나 국제기구에 의해 확립되기를 기대한다. 그러한 확률은 다음과 같은 확률의 결합으로 평가되어야 한다. 즉, 매운입자에 노출될 확률, 그 노출의 결과로 인체로 매운입자가 체내로 인입될 확률, 인입의 결과로 초래되는 평균 등가선량, 그 선량으로부터 치명적 확률적 영향의 발전 확률이다. 이 확률들은 상황과 가능한 선량의 범위에서 통합되어야 한다. 그 기준의 수립에서 매운입자의 인입으로 인해 국부적인 결정적 영향의 가능성도 고려해야 한다. ICRP는 일반인에 대한 선량한도와 대등한 위험은 약 10^{-5} /년임을 밝힌다. 약 10^{-6} /년의 용인기준이 이미 국제적으로 사용되고 있다(IAEA, 1998b).

5.7.2. 오염된 시신의 취급

(166) 방사성물질로 오염된 시신이 있을 수 있는데 적당한 방사선 측정이 그런 상황을 확인되거나 배제할 수 있다. 만약 시신의 오염이 확인되었거나 의심된다면, 시신을 다루는 사람에게는 개인 보호장구를 지급해야 한다. 특히 전염병 가능성이 있다면 일상 훈련된 주의를 한껏 기울여야 한다. 대응인력이나 시신안치소 직원은 문제의 시신에 같이 존재할 수 있는 더 즉각적인 다른 해독에

대해 주의해야 한다. 적절하게 상향 조정된 준위의 방호가 필요에 따라 사용되어야 한다. 대규모 사상자가 발생하는 경우, 정부는 보통 임시 대응계획과 국가 재난의료체계를 발동할 것인데, 여기에는 재난 시신안치소 운영 대응팀 즉, 기초 방사선방호 훈련을 받았고 시신안치소 업무를 지원하는 팀이 포함될 것이다.

검사와 방부처리

(167) 소량의 방사능으로 오염된 시신에 대한 검사는 오염관리와 방호복 이상의 예방조치를 필요로 하지 않는다. 방사능이 높은 시신의 검사는 최소한으로 제한되어야 한다. 만약 검사가 수행되지 않았다면 간단한 주입 방법에 의한 시신의 방부처리는 일반적으로 방부처리자에게 해롭지 않다. 방부처리자는 방호복을 입어야 하고, 방사선 안전요원을 두는 것이 바람직하다.

매장 및 화장

(168) 매장과 화장에 관련된 문제는 인체에 남아있는 방사성물질의 양과 유형에 따라 다르다. 만약 매우 장수명 핵종이 있어 그것이 환경으로 나가 한도를 초과하는 농도를 초래하지 않는다면, 일반적으로 매장은 문제되지 않는다. 화장이 허락될 지는 어떤 형태의 얼마만한 양의 방사성물질이 소각이나 재의 처분에 의해 환경으로 방출될 것인가에 달려있다. 만약 반감기가 짧은 방사성핵종이라면, 화장을 몇 주 연기할 수 있다. 시신의 화장이 용인 가능한 방사능 준위에 관한 여러 국가의 지침이 있다.

(빈 페이지)

6. 의료 개입

6.1. 의학처치의 필수요소

(169) 방사선학적 공격과 관련된 사람들의 의학적 처치에 대한 필수 요소는 다음과 같다.

- 모든 환자는 방사선 상해를 고려하기 전에 외상에 대해 의학적으로 안정시켜야 한다. 그 다음 환자의 외부방사선(체외) 피폭과 방사능 오염(체내)에 대해 평가해야 한다.
- 몸 밖의 선원에 노출된 사람들은 '외부피폭'을 받았다고 한다. 높은 외부피폭은 심각한 조직 손상(예: 방사선화상이나 골수저하)을 일으킬 수 있다. 중성자선에 피폭되지 않는 한 이러한 유형의 외부피폭은 사람이 방사능을 띠게 하지 않는다. 심지어 외부방사선에 치사준위로 피폭한 사람도 의료진에게 위협을 주지 않는다.
- 4시간 이내에 오심, 구토, 설사 및 피부홍반이 있으면 매우 높은(그러나 치료할 수 있는) 외부피폭을 받았을 것이다. 이러한 환자들은 8~24시간 안에 분명한 림프구 감소가 나타날 것이며, 이런 증상의 환자들에 대한 평가는 2, 3일 동안 6~12시간마다 완전한 혈액계수를 수행한다. 관련된 중요 계통은 피부, 소화관 및 골수일 것이다. 치료에는 수액, 항생제, 형성인자 수혈의 지원이 필요하다. 만약 조기 중추신경계 증상이나 설명할 수 없는 저혈압이면 생존 가망이 없다(추가적 세부사항은 부록B 참조)
- 방사성물질(오염)이 피부나 체내에 침착될 수 있다. 표면 방사능 오염의 90% 이상은 보통 옷을 제거함으로써 제거 된다. 피부의 오염은 비누, 따뜻한 물, 목욕수건으로 효과적으로 제거된다. 피부를 문질러서 손상을 입히지 않도록 주의가 필요하다. 일반적으로 초기 제염 노력은 일단 오염 준위가 백그라운드 계수율의 2배까지 감소하거나 반복된 제염 노력이 효과를 보지 못한다면 멈출 수 있다. 이런 조치준위는 계획단계에서 방사선방호 전문가와 상의하여 결정할 필요가 있다. 오염된 옷은 이중으로 봉인된 백이나 용기에 넣고 표지한다. 많은 사람이 씻은 물은 보통 하수 시스템으로 보낼 수 있으나 이는 계획단계에서 고려될 필요가 있다.
- 의료진은 방호복, 장갑, 마스크를 사용하는 표준 예방책을 준수함으로써 방

사성 오염으로부터 스스로를 보호 할 수 있다. 시간, 거리, 차폐의 원리는 외부방사선으로부터 보호하는데 중요하다. 체르노빌 작업자를 치료할 때도 의료진이 받은 선량은 높지 않았다(약 10 mSv).

- 의학적 처치의 관점에서 상처나 화상에 있는 방사성 오염은 마치 단순한 이물질처럼 다뤄져야 한다. 만약 알지 못하는 금속 물체가 있다면 집게와 같은 기구로 다뤄야 하며, 방호되거나 차폐된 위치에 두어야 한다. 그러한 금속 물체는 방사선원에서 나온 파편일 가능성이 있고 그래서 방사선방호 전문가에게 알려 조언을 구해야 한다.
- 다음 사항들도 있을 수 있다.
 - 평가가 필수적인 지속적인 대중의 피폭
 - 초기 옥내대피 제안과 갱의 및 샤워
 - 소개 필요성
 - 방사성옥소가 방출된 때는 KI 투여
- 어떤 유형의 방사선 사건이 일어난 때 많은 사람들이 자신이 피폭되었는지 아니면 오염되었는지를 알고 싶어 할 것이다. 수천 명의 그러한 사람들을 다룰 대책도 필요하다.

(170) ICRP는 이 보고서가 방사선 상해의 치료를 위한 의학적 처치에 대한 권고로 사용되기를 의도하는 것은 아니지만, 방사선학적 공격 후 결정적 영향의 문턱보다 높은 외부방사선에 피폭을 받은 사람들의 잠재적 보건영향을 감소시키기 위해 가용한 많은 치료법들(US DHS, 2003a)이 있음을 인지한다. 앞서 언급했듯이 부록B는 방사선학적 공격에 따라 발생할 수 있는 방사선 영향의 즉각적인 예후와 처치에 관련된 정보를 제공한다. 여기에는 급성방사선증후군의 전구단계, 급성 전신 피폭선량에 따른 급성방사선증후군의 초기 수일 동안 림프구수의 변화, 급성방사선증후군의 잠복단계, 전신피폭에 따른 급성방사선증후군의 긴박한 단계의 발견, 정도에 따른 급성방사선증후군의 주요 치료법, 그리고 피폭선량에 따른 피부손상의 임상징후 시작 시간 등이 포함된다. 치료법의 선택은 피폭의 유형과 심각도에 따라 결정되는데 약간의 간략한 지침도 부록B에 제공된다.

(171) 내부피폭한 사람의 관리에 이용 가능한 치료법들은 부록B의 마지막 절에서 설명한다. 차단제로서 KI를 사용하는 것을 제외하고는 내부피폭에 대한

다른 처치는 섭취량이 높지 않으면 일반인에게 사용을 권고하지 않는다. 일반적으로 섭취량이 연간섭취한도(ALI)보다 작다면 처치는 필요치 않고, 섭취량이 연간섭취한도의 10배 이상이면 처치를 시행한다. 이런 처치들은 이 문제에 경험이 있는 의사의 지시에 따라야 하고 개개인 환자 인자도 고려해야 한다.

(172) 의학적 처치에서 고려할 필요가 있는 다른 중요한 사안을 다음 절에서 요약한다.

6.2. 기타 중요한 의학적 문제

6.2.1. 방사성핵종의 식별

(173) 피폭한 방사선의 종류에 대해 쉽게 이용 가능한 정보가 있다면 치료가 더 효과적일 수 있다. 정보는 기본적인 것—방사선이 알파, 베타, 감마, 중성자, X선 중 어떤 것인가—부터 더욱 복잡한 것일 수 있고 특정 방사성핵종에 관한 것도 포함한다. 300여 방사성핵종까지 식별할 능력이 있는 상용 휴대형 스펙트럼로미터가 가용하다. 만약 병원 응급실의 특별히 훈련된 직원이나 초동대응자에게 이러한 기기가 가용하다면, 피폭자의 치료 효율을 높일 수 있을 뿐 아니라 당국자에게 사태의 본질과 범위에 관련된 신속한 자료를 제공할 수 있을 것이다.

6.2.2. 2차 처치센터²⁷

(174) 방사성물질의 확산을 동반한 사고 경험은 실제로 방사선 상해나 피폭, 오염이 없는 많은 사람들도 걱정하고, 검사를 받기 위해 병원을 찾는다는 것을 보여준다. 수 천 명이 될 수도 있는 이러한 사람들은 아마도 자가용이나 택시를 이용하여 병원에 올 것이며, 심지어 구급차가 급히 치료를 받아야 하는 환자를 이송하기도 전에 그들이 먼저 도착할 수도 있다. 이러한 우려자들을 위해서 병원들은 ‘2차 평가센터’를 설치하고 직원들을 배치할 준비를 해야 한다는 점은 오래전부터 깨닫고 있었다. 2차 평가센터 또는 구역은 최소한 방사선측정기, 환자 인적사항 등록, 정보의 식별, 그리고 대강의 의학적 평가를 수행할 역

27 <역주> 우리 제도의 ‘2차 진료기관’의 의미가 아니라 비상시 정규 수용채널이 아닌 임시의 간이 진료실로 이해하는 것이 적절하다.

량이 필요할 것이다. 이러한 수요는 오랫동안 인지되어 왔음에도 불구하고 대부분의 병원들은 아직 적절한 계획을 수립하고 있지 않다.

6.2.3. 생물학적 방사선량계측

(175) 대응의 아주 초기 단계에, 높은 피폭(1000 mSv 이상)을 받아 의학적 치료가 필요한 사람들의 선정은 앞서 개괄한 바에 따라 이루어져야 한다. 환자의 반응을 기록하고 선량을 평가하는 데 유용한 많은 도구들이 가용하지만, 의료는 평가된 선량이 아니라 실제 환자의 반응에 근거하여 행해져야 한다. 2차적 조치로서 상당한 선량을 받았지만 시급히 또는 이에 준하여 치료할 필요는 없는 사람의 선량을 평가할 필요가 있다. 전통적으로, 이런 평가는 여러 염색체와 미소핵 분석을 통해 이루어졌지만 이 방법들은 시간을 요하고 일이 많다. 더욱이 지난 10여 년 동안 대부분의 경쟁력 있는 실험실들이 사라지고 있다. 그러한 실험실들을 부활시키거나 빠른 자동화 기술이 개발되지 않는다면, 이러한 사람들에게 대한 선량평가는 환경자료로부터 소급적으로 평가해야만 할 것이다(5.3.2절 생물검정 참조).

6.2.4. 숙련된 인력

(176) 응급 준비태세나 대응 기반체계가 발전한 국가에서는, 작거나 중간급의 악의적 방사선 사태는 지방 또는 국가 자원으로 다룰 수 있을 것이다. 반면에 상대적으로 위력이 낮더라도 핵무기가 도시에 사용된다면 국제적인 의료지원까지 필요할 것이다. 1kT 핵무기 폭발은 7000명 이상의 즉각적 사망자와 약 20000명의 집중치료가 필요한 환자를 발생시킬 것으로 평가되고 있다. 지역의 모든 응급의학, 방사선학, 핵의학, 방사선종양학 의사와 의학물리사 및 보건물리학자가 초기부터 연루될 것이다. 소수의 의사만 필요한 전문기술을 가지고 있기 때문에 여타 인력은 사태가 발생한 경우 확인과 동원이 필요할 것이다. 추가적인 인력 자원을 전문 학회를 통하여 확보할 수도 있다. 이런 문제점들을 계획 단계에서 고려할 필요가 있다. 매우 큰 사태는 국제적인 지원을 필요로 하는데 정부가 '원자력사고의 조기통보에 관한 협약'에 따라 IAEA나 WHO를 통하여 요청하면 조치가 이루어질 것이다. 두 기구 모두 과거에 방사선 사고들에 대한 지원을 제공해왔다.

6.2.5 의료진의 훈련

(177) 교육과 훈련은 분명히 필요하다. 불행이도, 의사들은 방사선학적 공격 외에도 많은 영역에서 훈련 요구를 접하고 있다. 의사들이 훈련에 참가하는 정도는 잠재적 공격의 가능성과 규모에 관련된다. 방사선 사고에 특화된 훈련은 아마도 과거의 일이며 지금 필요로 하는 것은 미지의 화생방 오염에 대응할 수 있도록 하는 것이다. 의사들은 대부분의 훈련을 전문학회로부터 받고 있다. 그래서 의사들이 정기 학회에 참석하여 광범위한 교육 패키지의 일부로서 테러분자 공격을 어떻게 다룰 것인가에 관한 훈련을 받도록 해야 할 것이다.

6.2.6. 장기적 추적

(178) 방사선학적 공격은 분명하고 정해진 결말을 가졌지만 의학적인 후속 추적 요구도 있을 것임을 인식해야 한다. 일차적으로 적어도 사람들에게 선량과 그 선량에 관련된 위험이 무엇인지에 관한 정보를 제공하는 일이 있다. 또한 특별한 요구도 있는데, 예를 들어 만약 다량의 방사성옥소가 방출되었고 KI가 즉시 투여되지 않았다면 가능성 있는 갑상선암의 평가를 위해 적어도 향후 10년 동안 유아, 어린이, 청소년을 검사해야할 필요가 있을 것이다. 피폭한 사람의 등록과 의학적 관찰의 필요성이 고려되어야 한다.

(빈 페이지)

7. 의사소통

(179) 믿을 수 있고 정확한 의사소통과 정보 보급은 방사선학적 공격의 여파에서 성공적인 방사선방호 노력에 긴요한 요소이다. 공개되어 있는 이런 목적의 문헌(예: ANS, 2003; US DHS, 2003b; Van Tuyle 등, 2003)에서 많은 권고들이 이용가능하다. 따라서 ICRP는 국가 당국이 의사소통 전략을 수립하는데 있어 이용 가능한 이러한 자료를 참고하기를 권고한다.

(180) 홍보전문가가 개입하여 복잡한 기술적 자료를 포함하여 사고와 대응노력 모두에 관련된 정보를 수집, 처리하여 빠르게 과급하도록 해야 한다. 영향관리를 위한 믿을 만하고 성공적인 소통 프로그램은 위험감소를 위한 접근을 알려 재난 피해자들이 그 내용을 이해하고 인지된 결정을 할 수 있게 하는 기본적인 목표에 입각해야 한다. 이와 같은 프로그램은 적시에 정확하고, 분명하고, 일관된 정보를 불필요한 공포를 조장하는 일 없이 배포해야 한다. 비상 계획자와 대응자는 대중, 매체 및 대응인력에게 필요한 장단기 정보가 무엇인지 인지해야 하고, 그러한 이해를 계획과 조치에 반영해야 한다.

(181) 대응 초기 몇 시간 내지 수일 동안, 정보전달자는 중요한 기술적 정보를 대중에게 알기 쉬운 언어로 신속히 제공해야 하는 어려움을 겪을 것이다. 방사선학적 정보의 발표는 방호조치 지침과 일치해야 한다. 정보의 부족은 두려움과 추측만 가중할 뿐이다. 비록 신속 평가 수준이더라도 방사선량이나 방사성 핵종 오염, 그리고 피해지역에 대한 기본 정보가 제공되어야 한다. 정보의 획득, 포장, 발표 사이의 시간은 극히 중요하다.

(182) 정보담당자는 정보를 제공해야 할지 말아야 할지, 만약 제공한다면 어떻게 제공할지에 관한 지침을 주어야 한다. 한편으로 대중에게 알리는 것은 아마도 위험의 인지와 대처, 악의적 행동을 신고하는 대중 네트워크 형성, 예방 기회 증대, 범인 체포 가능성 증대와 같은 몇 가지 이점을 가질 것이다. 반대로 너무 빠르고 너무 많은 정보는 불필요한 우려를 야기할 가능성이 있다. 정보관리 전략에 있어서 필요성, 제한성, 그리고 상이한 목표청중이 위험을 보는 시각이나 정보를 받아들이는 양상에 영향을 미치는 다른 요소들을 고려하여야 한다.

(183) 따라서 매체와 대중에 대한 홍보계획은 악의의 방사선학적 공격 가능성을 고려해야 한다. 방사선학적 공격에 대한 대응태세는 다른 유형의 공격에 대응하기 위한 기존 대책에 근거하되, 언제 어떻게 그러한 정보를 언론과 대중에게 제공할 것인지에 대해 명확한 지침을 설정할 필요성을 고려해야 한다.

(184) 방사선학적 공격이 있기 전에 매체와 좋은 관계를 수립하는 것이 중요하다. 이러한 관계를 이루기 위해, 사태 발생 시 상호작용을 위한 계획에 매체 종사자를 관련시키는 것이 필요하다. 모의실험과 연습에 정보와 매체 관계자를 참여시키는 것 또한 대응의 자신감을 높이는 데 도움이 된다.

부록A

잠재 시나리오

A.1. 악의적 기도

(A1) 방사성물질이 공갈 목적으로 사용될 수 있는데 협박자가 방사성물질을 사용하겠다고 위협할 수 있다. 그 범인이 공격을 감행할 방사성물질을 갖고 있지 않을 수도 있다. 실현되지 않은 방사선학적 공격은 실제로 방사선학적 충격이 없다는 점에서 다른 잠재 시나리오와 다르다. 그 동기는 경제적 이득, 약탈, 공갈, 신체적 또는 심리적 가해일 수도 있다. 어떠한 위협이 충분히 심각하게 여겨진다면 이러한 상황 자체도 방사선 비상이 될 수 있어, 상황을 식별, 분류, 평가하고 그러한 행동이 발생했을 때 잠재 피해를 예방하거나 최소화하는 대응을 위한 특별한 대책이 필요하다. 만약 그런 의도에 대한 첩보나 정보가 있다면, 책임 당국은 사전 계획된 수단을 시행할 준비를 해야 한다.

A.2. 공표되지 않은 사태

(A2) 어떤 방사선학적 공격에 대한 시나리오는 방사성물질의 은밀한 노출이나 살포를 바탕으로 한다. 그러한 사태가 발발했다는 첫 지표는 방사선병, 방사선 화상 또는 다른 증후로 사람들이 병원을 찾는 일일 것이다. 그러므로 의료계획에는 방사선 피폭 증후에 대해 의사나 의료기관을 위한 정보를 포함시키고, 또 방사선 피폭으로 발생했을 수 있는 상해가 있는 모든 환자를 조기 보고하도록 하는 효과적이고 집중적인 감시 네트워크를 수립하는 것을 포함해야 한다.

A.3. 절도

(A3) 방사성물질은 경제적 이득 목적이나 악의적 방사선학적 공격의 가능한 전조로서 도난당할 수 있다. 어떤 경우든 이러한 행동을 평가하여 그것이 믿을 만한 위협인지를 결정해야 하며, 만약 그렇다면 악의적 공격 이전에 범인의 의

도를 파악하기 위한 대응을 계획하거나 준비태세를 강화해야 한다(IAEA, 2002d). 선원의 해독에 대한 공개발표는 때때로 첩보로부터 도난 선원을 되찾는 결과를 가져오기도 한다. 반면 공개발표는 사람들의 걱정을 낳는 결과를 초래할 수 있으므로 당국은 이를 준비해야 한다. 또한 의견상 합법적인 기업을 설립하여 방사성물질을 취득하고 악의적으로 사용할 수 있음도 명심해야 한다.

A.4. 방사선 노출 장치

(A4) 보안이 허술한 방사선원은 사람들을 피폭시키는 고의적인 범죄에 사용될 수 있다. 이러한 종류의 비상은 특정인, 특정 그룹 또는 불특정 다수에 초점을 맞춘 것일 수 있다. 예를 들어 비밀봉 방사선원을 표적이 되는 사람의 옷 속이나 짐, 집, 작업장, 차량에 놓거나 사람들이 많이 모이는 장소나 대중교통 수단에 몰래 숨기는 등 것이 가능하다. 그러한 악의적 행위의 주된 결과는 방사선 피폭에 의한 사상, 방사성물질이 숨겨진 지역의 방사성 오염, 대중의 공포 유발을 통한 경제, 교통 및 의료 체계의 와해를 포함한다.

A.5. 방사능분산장치

(A5) 의료나 산업분야에서 보편적으로 사용하는 방사성물질을 재래식 폭약으로 써서 터뜨리는 것을 매체에서 ‘방사능폭탄’이라 부르지만 보다 정확한 명칭은 RDD이다. 게다가, 환경으로의 방사성물질 확산은 폭발 없이도 진행될 수 있는데, 방사성물질이 비산성(飛散性)이거나 비산성으로 가공하여 용기를 개봉하는 것만으로 분산이 가능하다.

(A6) RDD 폭발의 주요 해독은 폭발의 직접적인 영향이다. 폭발물로서 RDD의 직접적인 영향은 건물의 붕괴와 사람들의 간헐, 폭발 인접 지역의 화재, 폭발이나 파편에 의한 사상, 그리고 인근의 전력, 가스, 식수, 통신체계의 와해 등이 있다. 방사선학적 영향의 주요 결과는 사태 지역에서 방사성오염의 흡입 또는 부주의에 의한 취식과, 폭발 인접 지역에 잔류하는 선원 파편에 의한 직접 피폭(외부피폭)이다. 실제로 대부분의 방사성물질은 폭발 위치 부근에 존재하므로 폭발 후 남은 선원 또는 선원파편으로부터 직접 피폭이 중요한 피폭경로

이다. 폭발 위치 부근의 바람, 사람, 차량 그리고 여러 물체들이 방사성물질에 의해 오염될 것이지만 오염이 인접지역을 벗어나 확산될 수도 있다. 방사선학적 영향은 관련된 방사성물질의 특성과 양에 따라 크게 달라진다. 일반적인 폭탄 공격에 비교하여 RDD는 비상대응 인력에게 추가적인 해독이 있는데, 만약 이들이 방사선학적 해독을 경고하는 방사선 측정기를 지니지 않는다면 방사성물질에 의해 오염되거나 피폭할 수도 있다.

A.6. 지역특정 방사성오염

(A7) 또 다른 시나리오로 방사성물질로 특정한 지역이나 환경을 오염시키는 고의적인 행동이 있는데, 그 결과는 특정 지역, 설비 또는 사업의 장기 손실, 기간 시설의 와해, 그리고 대중의 불안이나 공포의 확산 등이 있다. 범인은 건물의 철거와 잔해의 제거 없이는 부지를 재사용할 수 없도록 방사성물질을 사용하려 할 것이다. 방사성물질을 공기조화나 환기시설에 주입하거나 누설되는 방사성물질 용기를 실은 차량으로 흘리고 다니거나, 고층빌딩에서 정상적 기류를 이용하여 방사성물질을 대기 중으로 확산시키는 방법 등이 가능하다.

(A8) 브라질 고이아니아 사고(IAEA, 1988)에서 보았듯이 상대적으로 한정적인 양의 방사성물질 분산에서도 한 지역을 상당히 오염시킬 수 있다. 주요 방사선학적 영향으로는 지역에 널리 퍼진 방사성 오염, 특히 만약 상황이 즉시 인지되지 않거나 사람들이 상당한 방사성물질을 섭취한 경우에는 방사선 피폭으로 인한 사상, 그리고 방사성물질로 오염된 사람, 물체 또는 차량이 다른 지역으로 이동함으로써 오염이 널리 확산되는 것 등이다.

A.7. 식품 및 상수의 방사성 오염

(A9) 방사선학적 공격의 또 다른 시나리오로서 식품이나 상수가 방사성물질에 오염되는 것이다. 이는 공격이 섭취 경로에 중점을 둔 것으로서 그 목표는 오염된 식품이나 물을 섭취한 사람들의 방사선 피폭, 대중에 대한 식량 및 식수 공급 중단, 대중의 걱정과 불안 확산 등이다. 방사선학적 영향으로는 정수시설, 수원지, 수압탱크 및 수도계통의 오염과 농축수산물, 농수산물시장, 수퍼마켓

및 가공시설의 오염, 식품과 물 공급 연쇄체계의 손실 또는 와해이다. 방사선이 아닌 화학물질이지만 이러한 시나리오의 한 예는 1982년 의약품 타이레놀 오염으로 시카고 지역에서 7명이 사망한 사건인데, 의도적으로 캡슐에 청산가리를 넣은 경우이다(Wolnik 등, 1984). 충분히 높은 오염을 일으키기 위해서는 매우 많은 양의 방사성 물질이 필요하기 때문에, 섭취 경로에 의한 방사선 피폭의 영향으로 즉각적인 사상자가 발생할 가능성은 극히 희박하며, 설사 발생하더라도 많은 사람이 피해자가 될 것 같지는 않다.

A.8. 원자력시설 공격

(A10) 중요한 시나리오 중의 하나가 핵분열생성물, 방사화생성물, 방사성폐기물을 포함한 대량의 방사성물질을 내장하고 있는 원자력시설의 안전관련 계통에 대한 공격이나 사보타주가 있다. 원자력발전소, 연구용 원자로, 핵연료 재처리공장, 방사성폐기물 관리시설 등 원자력시설에 대한 잘 계획된 공격은 상당한 방사성물질을 환경으로 방출하는 결과를 초래할 수 있다. 또한, 공격이 원자핵반응을 유지하는 시설을 파괴한다면, 통제되지 않은 에너지 방출이 일어나 심한 핵분열생성물 방출을 발생시킬 수도 있다. 그러나 이러한 시설들에는 심각한 사고가 발생하더라도 환경으로 방사능 방출을 억제하기 위한 정교한 안전시스템들이 설치되어 있음을 감안할 수 있다. 특히 원전이나 연구용 원자로 및 다른 상용 핵연료주기시설에는 사고 발생 시 방사성물질의 방출을 예방하는 비상계통 갖추고 있는데, 이것이 원자력시설에 대한 공격에서 방사성 유출물의 방출 잠재성을 크게 줄일 수 있다.

(A11) ICRP는 모든 원자력시설의 운영은 (i) 성공적인 방사선학적 공격을 매우 어렵게 만드는 엄중한 보안수단과 (ii) 이전의 ICRP 임시 권고(ICRP, 1991b)에 근거한 방사선비상대책을 두고 있다고 본다. 이러한 시설에서 방사선비상의 기술적 측면은 기존 비상대응의 일부로서 예상되고 계획된 것과 다르지 않을 것이다.

A.9. 조잡핵장치

(A12) 끝으로, 극단적이지만 가능한 시나리오로 핵분열성 물질, 특히 특수핵물질²⁸(^{235}U 와 ^{239}Pu)의 확산과 그로부터 IND로 알려진 핵무기의 개발, 제작 및 사용이 있다. 비록 IND 출력이 낮더라도, 폭발은 엄청난 결과를 초래할 수 있다. 게다가 그런 사태는 대량의 방사성 핵분열생성물을 환경에 뿌릴 것이다. 출력이 작은 IND는 타지 않은 핵분열성 물질을 더 많이 확산시킬 것이다.

28 '특수핵물질'은 ^{238}Pu 의 농도가 80% 이상인 것을 제외한 플루토늄, ^{233}U , ^{235}U 나 ^{233}U 를 농축한 우라늄을 포함한다.

(빈 페이지)

부록B

의학적 이슈

B.1. 공중보건 및 의료개입 계획

B.1.1 방사선학적 공격 위협

(B1) 방사선학적 공격 위협에 대한 의료대응을 계획하는 것은 화학이나 생물학적 공격과 같은 다른 공격에 대한 것과 차이가 없다. 특히, 방사성핵종에 오염된 사람을 관리하는 표준절차들이 준비되어 있다(NCRP, 1980). 어떤 종류의 위협이 있다면 지방 당국의 대책계획에 따라 의료기관들은 만약 사태가 실제로 발생했을 때를 대비하도록 통지를 받게 될 것이다. 그러한 위협이 실현되지 않는 한 특별한 의료대책은 필요하지 않다.

B.1.2 미공표 사태

(B2) 방사선학적 공격에 대한 몇몇 시나리오는 드러나지 않는 방사선 조사라든가 방사성물질의 살포를 근거로 한다. 그러한 은밀한 방사선학적 공격의 초기 지시자는 방사선병, 방사선화상 또는 기타 증후로 사람들이 병원을 찾는 일이 될 수도 있다. 그러므로 의료계획은 높은 방사선 피폭 증후를 인식하고 적절한 치료가 이루어지도록 방사선 보건영향에 대해 의사나 의료기관에 대해 사전에 정보를 제공하는 것을 포함하고 있어야 한다. 추가적 피폭을 방지하기 위한 일반적 대응이 신속히 개시되도록 효과적인 통보대책을 마련하는 것이 중요하다. 또한 전리방사선 피폭에 의해 발생했을 것으로 볼 수 있는 상해를 입은 환자가 있다면 조기에 보고하는 효과적이고 집중된 감시망을 수립하는 것이 필요할 수도 있다.

B.1.3 방사선 조사

(B3) 의학적 견지에서 가장 어려운 상황은 매우 많은 수의 사람들이 알 수 없는 정도로 전리방사선을 피폭했거나 방사성물질이 대중에게 확산될 가능성이 있다. 만약 방사선에 피폭한 개개인을 알고 그 수가 적다면 방사선 혹은 원자력

비상을 다루기 위한 국가 의료체계 기반으로 충분할 것이다. 그러나 피폭인원이 기존 능력을 초과할 수도 있고 인구의 상당 부분을 검사해야 할 수도 있다. 예를 들어 메스꺼움이나 설사와 같은 증상처럼 높은 방사선 피폭에 따르는 전구증후는 일반적 질환의 증후와 차이가 없다는 사실도 어려움의 일부이다. 낮은 방사선 피폭에서는 어떠한 신체적 증후도 나타나지 않으므로 모든 사람들이 자신들이 피폭된 것으로 믿게 만들 것이다. 그러므로 계획에서는 다음 사항의 필요성을 인식해야 한다. 즉, (i) 과피폭자를 식별하고 치료할 능력이 있는 여러 수준의 국가적 의료기관 네트워크 구축, (ii) 다수의 잠재적 오염자에 대한 오염감시 체계 구축을 위한 방사선 전문가와 공조, (iii) 잠재적 과피폭자를 위한 대량 환자분류 절차, (iv) 잠재적 보건영향에 대한 모든 전문가의 조화된 발언, (v) 의료체계가 적절히 활용되도록 사람들에게 무엇을 해야 하고 어디로 가야할 지를 알리도록 매체조직과 공조, 그리고 (vi) 대중 혼란 방지 필요성이다.

B.1.4. 식품과 상수 오염

(B4) 대량 생산되고 공급되는 물자를 높은 농도로 오염시키는 데는 대규모 방사성물질이 필요하기 때문에 이런 유형의 오염이 많은 사람들에게 심각한 체내 오염을 초래할 것 같지는 않다. 그러나 지난 경험에 의하면(예: 1982년 미국의 강력 타이레놀에 청산가리 오염) 그러한 사태에 의해 유발된 대중의 우려는 당국자에게 심각한 어려움을 제기할 수 있다. 대규모 사람들에 대해 내부오염을 감시할 필요성은 거의 없을 것 같지만(그렇다고 불가능한 것은 아님), 그러한 사태의 의학적 잠재 영향을 신속히 평가하고 잠재적 피해자의 두려움을 완화하기 위해 방사선 전문가 및 매체 전문가와 공조할 필요가 있다. 또한, 보건위험 평가를 확인하고 국민을 안심시키기 위해 잠재적 피해자의 대표적 표본에 대해 감시계획을 개발하는 것도 국가적 차원에서 필요하다.

B.1.5. 방사능분산장치

(B5) 이런 종류의 비상은 어느 곳에서나 일어날 수 있으며, 이러한 특성의 방사선학적 사태를 다룰 수 있는 의료 서비스의 국가 네트워크가 필요하다. 나아가 계획은 비상의 보안적 관점도 고려해야 하므로 보안팀과 긴밀한 공조체제가 필요하다. 그러나 이것은 근본적으로 일반 폭발물이나 화학적 해독—단순 사고

든 범죄이든—이 관련된 사고를 다룸에 필요한 계획 유형과 다를 바가 없다.

B.1.6. 원자력시설 공격

(B6) 원자력시설 비상에 대응계획과 준비태세가 갖추어져 있다면 이 유형의 사태에 대해서는 많은 추가 계획을 필요로 하지는 않는다. 비록 그 이유가 다르다 해도(고의 대 우연한 사고) 의학적 영향은 기존 계획에서 상상하는 것과 거의 같을 것이다.

B.2. 외부 방사선 피폭으로 인한 조기 의학적 예후와 초기 치료에 관한 정보

(B7) 이 절은 방사학적 공격으로부터 발생할 수 있는 외부피폭 영향의 조기 의학적 예후와 치료에 대한 관련 정보를 제시한다. 비록 이런 종류의 정보는 요지 문단e에서 고찰한 바와 같이 흡수선량을 그레이(Gy) 단위로 제시하는 것이 옳지만 아래의 표들에서는 단순화를 위해 전신선량을 mSv로 보이고 있다. 이 단순화는 낮은 LET 방사선인 감마나 베타 방사선의 경우에는 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 IND에서 처럼 높은 LET 외부 방사선 피폭이 연관되면 표의 정보들을 직접 적용하지 못한다. 표B.1은 급성방사성증후군의 전구증상을 보인다. 표B.2는 급성 전신피폭 선량에 따른 급성방사선증후군의 초기 며칠간 림프구 계수의 변화를, 표B.3은 급성방사성증후군의 잠복단계를 보인다. 표B.4는 전신피폭 후 급성방사선증후군의 본증상 단계의 지시를 보여준다. 그리고 표B.5는 급성방사선 증후의 정도에 따른 주요 치료방법을, 표B.6은 피폭 선량에 따른 피부손상 증세의 발현 시기를 보이고 있다(IAEA, 1998d에서 채용).

표B.1. 급성 방사선증후의 전구단계

증상과 의료대응	급성방사선증상 등급과 근사적 전신선량(mSv)				
	경미(1000~2000)	보통(2000~4000)	심각(4000~6000)	극심(6000~8000)	치명적(8000 이상) ^a
구토					
시작	2시간 이후	1~2 시간 후	1시간 이내	30분 이내	10분 이내
비율(%)	10~50	70~90	100	100	100
설사	없음	없음	경미	심함	심함
시작	-	-	3~8 시간	1~3 시간	1시간 이내
비율(%)	-	-	<10	>10	거의 100
투통	경미	약간	보통	심각	심각
시작	-	-	4~24 시간	3~4 시간	1~2 시간
비율(%)	-	-	50	80	80~90
의식	정상	정상	정상	약간 이상	혼수(초/분단위 지속)
시작	-	-	-	-	수십분 이내
비율(%)	-	-	-	-	50 Gy 이상에서는 100
체온	정상	약간 상승	발열	고열	고열
시작	-	1~3 시간	1~2 시간	1시간 이내	1시간 이내
비율(%)	-	10~80	80~100	100	100
의료대응	외래 관찰	일반병원에서 관찰 필요시 전문병원 치료	전문병원 치료	전문병원 치료	완화치료(대증치료만)

a. 적절한 지지요법으로 전신선량 12 Gy 피폭자도 생존할 수 있음.

표B.2. 급성 전신피폭의 선량에 따른 급성방사성증후군(ARS)에서 초기 며칠간 림프구 수 변화

ARS 정도	선량 (mSv)	첫 피폭 6일 후 림프구 계수($10^9/L$)
비임상적 단계	100-1000	1.5-2.5*
경미	1000-2000	0.7-1.5
보통	2000-4000	0.5-0.8
심각	4000-6000	0.3-0.5
매우 심각	6000-8000	0.1-0.3
치명적	>8000	0.0-0.05

* 이 영역의 값도 정상일 수 있으며 반드시 방사선피폭을 의미하는 것은 아님.

표B.3. 급성 방사선증후의 잠복단계

증상과 의료대응	급성방사선증상 등급과 근사적 전신선량(mSv)				
	경미(1000~2000)	보통(2000~4000)	심각(4000~6000)	극심(6000~8000)	치명적(8000 이상)
림프구 3~6일 (G/L) ^a	0.8~1.5	0.5~0.8	0.3~0.5	0.1~0.3	0.0~0.1
과립구(G/L)	>2.0	1.5~2.0	1.0~1.5	<0.5	<0.1
설사	없음	없음	드물게	6~9일 사이 발생	4~5일 사이 발생
표피탈락	없음	약간, 15일 이후	약간 또는 완전, 11~21일	완전, 11일 이전	완전, 10일 이전
잠복기(일)	21~35	18~28	8~18	<7	없음
의료대응	필요에 따라 입원	입원 권고	입원 필요	긴급 입원	대증치료만

a. 10⁹(십억)/L.

표B.4. 전신피폭 후 급성 방사선증후의 본증상 단계의 지시

증상과 의료대응	급성방사선증상 등급과 근사적 전신선량(mSv)				
	경미(1000~2000)	보통(2000~4000)	심각(4000~6000)	극심(6000~8000)	치명적(8000 이상)
증후 시작	>30일 이후	18~28일	8~19일	6~8일	3일 이내
림프구 3~6일 (G/L) ^a	0.8~1.5	0.5~0.8	0.3~0.5	0.1~0.3	0.0~0.1
혈소판(G/L)	60~100 10~25%	30~60 25~40%	25~35 40~80%	15~25 60~80%	<20 80~100% ^b
임상적 발현	피로, 무력감	발열, 감염, 출혈, 무력감, 표피탈락	고열, 감염, 출혈, 표피탈락	고열, 설사, 구토, 혼미, 방향감 상실, 저혈압	고열, 설사, 혼수
치사율(%)	0	0~50	20~70	50~100	100
의료대응	예방치료	14~20일부터 특수 예방치료	7~10일부터 특수 예방치료, 처음부터 격리	처음부터 특수 예방 치료 및 격리	대증치료만

a. 10⁹(십억)/L.

b. 선량이 50 000 mSv 이상인 극심한 경우에는 사망에 앞서 혈구감소증이 나타난다.

표B.5. 급성 방사선증후의 등급별 주요 치료수단^a

증상과 의료대응	급성방사선증상 등급과 근사적 전신선량(mSv)				
	경미(1000~2000)	보통(2000~4000)	심각(4000~6000)	극심(6000~8000)	치명적(8000 이상)
의료 관리 및 치료	최장 1개월간 외래 관찰	입원			
		가능한 조기 격리			
		가능한 조기 G-CSF 또는 GM-CSF(1주일 이내)	IL-3 및 GM-CSF		
		잠복기 말부터 광범위 항생제 필요시 항진균제 및 항바이러스제			
		필요시 혈액성분 수혈: 혈소판, 적혈구			
			첫주부터 비경구적 영양 필요시 대사교정 및 해독		
			2~3주부터 혈장반출법 2주부터 전파된 혈관내 응집 예방치료		
				첫주부터 동종HLA 이계 골수이식 ^b	대증치료만

a. G-CSF: 과립구 군체형성인자(granulocyte stimulating factor), GM-CSF: 과립구-대식세포 군체형성인자(granulocyte macrophage CSF), HLA:인간백혈구항원(human leukocyte antigen) ,IL-3: interleukin.

b. 골수이식에 관한 추가 정보가 B.4절에 주어진다.

표B.6. 피폭 선량에 따른 피부손상 증상의 발증시점

단계/증상	선량범위(mSv)	발증 시점(일)
홍반	3000~10 000	14~21
탈모	3000<	14~18
건성박리	8000~12 000	25~30
습성박리	15 000~20 000	20~28
수포형성	15 000~25 000	15~25
궤양(피부 내)	20 000<	14~21
궤사(깊이 침투)	25 000<	21<

B.3. 체내오염에 대한 치료

(B8) 급성으로 체내에 방사성물질이 침착된 사람들의 처치를 위해 권고된 절차는 선량을 줄여 그 사람들의 건강을 변화시킬 수 있는 장애의 영향 위험을 줄이려는 의도이다. 이러한 목표는 두 가지 일반적인 절차의 사용을 통해 이루어지는데 (i) 흡수와 체내 침착을 감소시키거나 (ii) 흡수된 방사성 핵종의 제거 혹은 배설을 촉진하는 것이다. 두 방법 모두 피폭 후 가능한 빠를수록 더 효과적이다. 그러므로 치료 계획에서 가장 중요한 고려사항은 특정 방사성핵종에 대해 적절한 약품 선택과 노출 후 적시 투여이다. 방사선학적 공격의 경우에는, 사용된 핵종에 따라 주요한 이용 가능한 의료적 절차는 (i) 차단, 희석 및 치환 제제, (ii) 위장에서 흡수 억제, (iii) 이동촉진제(mobilizing agent)를 포함한다. 이러한 절차들에 사용되는 주된 치료제의 목록과 간략한 설명이 아래에 제공된다. KI를 제외한 이들 약품은 개인 환자의 상황에 맞춰 의사의 지시를 따라야 한다.

B.3.1. 차단, 희석 또는 치환 제제

안정옥소

(B9) 차단제는 특정 조직의 생리학 과정을 안정원소로 포화시켜 방사성핵종의 포착을 줄인다. 안정 옥소제의 투여는 흡입하거나 취식한 방사성 옥소 동위원

소의 포착을 방지하거나 줄이는 실질적 수단이다(제5장 일반인 방호에서 설명하였다). 건강한 성인이 방사성옥소를 섭취한 경우, 갑상선 농도는 섭취 후 6시간에 최대 농도의 50%에 이르게 되고 1~2일 사이에 최대농도에 이르게 된다. 따라서 갑상선 방사선량을 최소로 감소시키기 위해서는 안정옥소를 방사성옥소 섭취 이전 또는 이후라면 최대한 빨리 투여해야 한다. 안정옥소 투여가 방사성옥소 섭취 전 6시간까지 이루어지면 약 98%의 방호효과를 내며, 방사성옥소 포착시점에 투여하면 약 90%의 효과를 본다. 섭취로부터 시간이 경과할수록 그 효율이 감소하지만 흡입 후 4~6 시간 이내에 안정옥소를 투여하면 갑상선의 방사성옥소를 약 50%로 줄일 수 있다. 옥소제 1정을 복용하면 약 36시간 동안 유효한 방호를 제공한다. 대부분의 공격에서는 사태를 예상하여 환경이 악의적으로 오염되기 전에 옥소제제를 배포하는 것이 어렵기 때문에 예방처치제 배포 결정과 배포 실시가 실현 가능한 범위에서 신속히 이루어져야 한다. 이러한 임무 충족의 어려움 정도는 처치가 필요한 사람 수와 지리학적 분포와 직결된다. 안정옥소제를 준비할 것인지 준비한다면 어떻게 할 것인지 결정은 비상계획을 수립하는 단계에서 고려되어야 할 일이다. 그렇지만 원자력시설의 사고 경우에 대한 비상계획과는 달리 방사선학적 공격에서 위험에 처하는 집단을 식별한다는 것은 매우 어렵고 불확실하다는 점은 알아야 한다. 공격의 표적이 원자력시설이거나 IND인 경우를 제외하면 이 인자가 악의적 공격 후 대규모 집단에 대해 안정옥소제를 배포하는 시도를 극히 어렵게 만들 것이다. 이 때문에 국가 당국이 소개나 옥내대피와 같은 다른 방호수단을 고려해야 하는 이유가 된다.

(B10) 일반 성인에 대해 권고된 안정옥소 투여량은 100 mg(KI로는 130 mg, KIO₃로는 170 mg에 해당) 1회이다. 임신여성이나 3~12세 아동에 대해서는 투여량을 절반(50 mg)으로 줄이고, 3세 미만 아동에 대해서는 25 mg으로 줄인다. 일상 음식에서 옥소 섭취가 높은 지역 또는 국가에서는 일반인에 대해 100 mg의 안정옥소를 투여함에 따르는 위험은 매우 낮으나, 음식에 분명한 옥소 결핍이 있는 지역에서는 위험이 증가할 수 있다. 부작용 위험은 어린 사람에게서 상대적으로 낮고 나이가 늘수록 다소 높아진다.

(B11) 안정옥소 투여에 대한 개입준위는 제5장에서 논의했다. ICRP는 회피한 갑상선 선량이 500 mSv 이상이면 그 개입은 거의 항상 정당화된다고 말했고,

최적화된 준위는 회피선량이 그 1/10(즉, 50 mSv)까지는 내려갈 수 있다고 천언했다. BSS는 최적화된 개입준위로 등가선량 100 mSv를 권고했지만 두 권고는 대체로 일치하는 것이다. 이 보고서는 100 mSv 준위를 권고된 지침으로 사용한다.

희석 및 치환

(B12) 방사성 원소와 화학적으로 상응하는 안정 원소를 다량 투여하면 동위원소 희석이 이루어진다. 예를 들면 수분을 많이 섭취하면 트리튬 배출이 증가한다. 치환은 희석치치법의 특별한 형태인데 여기서는 원자번호가 다른 비방사성 원소가 포착 조직에서 방사성핵종과 성공적으로 경쟁한다. 치환제의 한 예는 칼슘의 투여로 방사성 스트론튬의 배뇨를 증가시킬 수 있다. 그러나 이러한 치치법이 방사선학적 공격에서 예상되는 방사성핵종의 경우에 크게 유용할 것 같지는 않다.

B.3.2. 소화관 흡수의 억제

감청(紺靑)Prussian blue

(B13) 장세척이나 특정 방사성핵종에 대해 선정된 약물 투여로 소화관 흡수를 줄일 수 있다. 이러한 약물은 방사성핵종과 결합함으로써 소화관에서 흡수를 줄이고 대변으로 배설되도록 만든다. 간단한 예는 위세척인데 특별한 경우로서 경구 섭취한 방사성핵종이 아직 위(胃)에 머무르고 있고 높은 선량을 초래할 것 같은 경우에 유용할 것이다. 통상 감청으로 불리는 ferric ferrocyanide²⁹⁾는 세슘의 제거를 가속하는 효과가 있다. 감청을 경구 투여하면 장내의 세슘과 결합하여 소화관에서 재흡수를 방해함으로써 대변 배설을 증가시킨다. 감청은 본질적으로 소화관에서 흡수되지 않으며 독성도 낮다. 1일 감청 3g인 전통적 투여량은 ¹³⁷Cs의 생물학적 반감기를 2~3배 단축시킬 수 있다. 여러 사람이 치사량 또는 그 가까운 준위의 ¹³⁷Cs을 취식한 브라질 고이아니아 사고(1987)에서 감청이 사용된 바 있다. 통상 이 치치법은 섭취량이 1 ALI보다 낮은 사람에게 권고되지 않으며 10 ALI보다 높은 경우에는 권고된다. 세슘에 의해 오염된 체르노빌 주변 마을 일반 주민에 대해 감청을 사용하지는 않았는데, 이 경우에

29) <역주> $Fe_7(CN)_{18}(H_2O)_x$, $14 \leq x \leq 16$ 으로서 화학명칭으로 iron(III) ferrocyanide, ferric ferrocyanide, iron(III) hexacyanoferrate(II), ferric hexacyanoferrate 등으로 불리며 통상명칭으로도 Prussian blue(PB) 외에 Berlin blue라고도 부른다.

는 그 집단의 생애 선량의 90% 이상이 지표 세슘에 의한 외부선량에 기인하는 것으로 평가되었다. 일반 식품과 음용수 관리가 이루어진 다음에는 체내 오염으로 인한 일반 인구의 생애선량은 전체 선량의 1~2% 수준에 불과하였다. 설령 사고 후 첫 4년 동안 일반인에 대해 감청으로 처치를 하였다하더라도 최종 선량 감축은 1% 이하였을 것이다. 세슘 섭취가 매우 낮은 일반인에 대해 감청을 사용함에 또 다른 문제로서 현재 세계적으로 감청의 공급이 충분하지 않은 점도 있다.

B.3.3. 착화제(chelating agent)

(B14) 유동촉진제는 자연적 대사과정을 증가시켜 결과적으로 신체 조직 내 방사성핵종을 효과적으로 제거하는 화합물이다. 이러한 제제는 노출 후 조기에 투여할 경우 더 효과적이지만 수일 이내에 투여하여 효과를 볼 수 있는 경우도 있다. 착화제는 유동촉진제의 특별한 부류로 간주할 수 있다. 착화(킬레이트화)는 유기물(리간드)이 덜 견고히 결합된 이온을 다른 무기화합물로 변환하여 상대적으로 안정되고 전리되지 않은 고리구조물을 형성하는 과정이다. 이 수용성 화합물은 신장에 의해 쉽게 배출된다. 잘 선정하여 투여한 착화제는 특정 방사성핵종의 배설을 촉진하여 생물체 내 체류시간을 줄인다. 착화제는 세포내로 들어가지 못하므로 그 사용은 노출 직후 방사성핵종 이온이 아직 순환계에 있어 뼈나 간과 같은 표적 장기의 세포내로 들어가기 전에 시작해야 효과가 커진다. DTPA가 가장 보편적인 착화제로서 플루토늄, 아메리슘, 큐륨과 같은 초우라늄 원소 오염을 처리하는 데 효력을 보였다.

Ca-DTPA diethylenetriaminepentaacetic acid

(B15) DTPA 칼슘염(Ca-DTPA)는 가장 많이 사용되는 DTPA이다. Ca-DTPA를 반복해서 투여하면 체내 아연을 고갈시킬 수 있고 정도는 낮지만 망간과 다른 미량원소도 고갈시킬 것이다. Zn-DTPA는 마찬가지로 아연염이다. Ca-DTPA와 Zn-DTPA 처치는 섭취 후 몇 시간 이내에 이루어진다면 질산화물이나 염화물(만약 순수 화학형이라면)과 같은 수용성 플루토늄 염의 처치에 효력을 내어 선량은 80%까지 줄일 수 있다. 그러나 이 처치는 고온산화물과 같은 불용성 화합물 또는 방사성핵종 오염이 다른 입자에 부착된 경우에는 효과적이지 못하다. 용해도가 낮은 플루토늄으로 체내 오염된 사람에 대한 장기적인 처치의 선량감축 효과는 20% 이하이다. 초우라늄 원소의 초기 착화에는

Zn-DTPA보다 Ca-DTPA가 더 효과적으로 생각된다. 따라서 상충이 없다면 다량의 초우라늄 원소 섭취 후 초기 단계에서는 Ca-DTPA를 사용해야 한다. 약 24시간 후에는 Zn-DTPA도 Ca-DTPA만큼 유효하다. 이러한 대등한 효력과 상대적으로 낮은 독성 때문에 장기적 처치에는 Zn-DTPA가 선호된다. Ca-DTPA는 아동, 임신여성, 신증후 또는 골수감소가 있는 환자에게는 부정적이다. 비록 데이터는 아직 충분하지 않지만 임상적으로 요구된다면 아동이나 모든 삼분기의 임신여성에게 대해 Zn-DTPA를 투여할 수 있다. 감청에서와 마찬가지로 DTPA 처치도 낮거나 불분명한 섭취에서 일반인에게 적용을 권장하지 않는다. 통상적으로 섭취가 10 ALI 이상인 경우 권고되며 1 ALI보다 낮은 경우에는 권고되지 않는다. 그 중간에는 연령, 건강, 처치의 기대효과 등에 따라 다른 조치를 취할 수 있는 재량 요소가 있다. 방사선학적 공격과 관련된 대부분의 시나리오에서는 초우라늄 원소는 용해도가 낮을 가능성이 크다. 그리고 현재로서는 강력한 악의적 사태에 대응하기에는 Ca-DTPA나 Zn-DTPA 공급이 세계적으로 부족하다. 나아가 일부 국가에서는 DTPA 사용을 특정 기관 또는 특정 개인에게만 한정하고 그 외에는 제한하고 있다. 또 일부 나라에서는 DTPA 인체사용을 승인하는 절차가 이루어지지 않았다.

중탄산나트륨

(B16) 중탄산나트륨³⁰⁾은 특정 화학형의 천연, 감손 또는 농축 우라늄에 노출된 사람들의 의학적 처치에 유용하다. 중탄산나트륨 처치는 세뇨관 오줌에서 신독성이 낮은 중탄산우라늄 복합체를 형성한다. 이 복합체는 생물매질 내에서 안정적이고 신장에 의해 신속히 제거된다. 흡입한 우라늄의 화학형과 입자크기는 중탄산나트륨 처치의 임상적 효과를 결정하는 중요한 인자이지만 ²³⁵U를 농축하지 않은 경우라면 해독은 방사선학적보다는 화학적인 것이다. 예를 들면 일반적으로 산성인 소변 pH에서 UO_2^{2+} 이온이 신장 세뇨관에 결합되기 때문에 약 4 mg의 우라늄 노출에서 급성 세뇨관 폐사의 신장손상이 발생할 수 있다. 이보다 크게 낮은 우라늄 수준에서 처치는 필요하지 않다.

30) <역주> $NaHCO_3$: '중조'라고도 불리며 종래에 '중탄산소다' 또는 단순히 '소다'라고도 불려 왔다.

B.4. 외부피폭의 치료

(B17) 급성 방사선증후군(ARS)을 보이는 환자의 의료처치는 분류와 필요하다면 즉각적 생명구조 조치로부터 시작한다. 첫날의 전신 과피폭에 대한 치료는 증상에 따르며 피폭의 대략적 크기와 체내 선량분포를 평가하기 위한 시도가 행해져야 한다. 선량 크기와 분포는 예후를 가능하게 하며 따라서 가장 적절한 처치의 특성을 알게 하기 때문이다. 비록 많은 경우 분포가 상당히 비균질적일 수 있지만 선량은 일반 지침을 제공할 것이다. 초기 선량은 여러 방법으로 평가할 수 있는데, 나타난 증상이나 실험실 분석(임파구, 백혈구 및 혈소판 계수) 등이다. 2000~15000 mSv의 전신선량 피폭 후 치사를 초래하는 첫 장기는 골수이다. 따라서 골수 기능의 재건에 모든 노력이 경주되어야 하며 때로는 혈구의 수혈(기본적으로 혈소판과 적혈구)과 같은 적절한 대체도 제공해야 한다.

B.4.1. 감염의 예방과 처치

(B18) 처치의 유형이 무엇이든 피폭자에게 최대 위험은 면역방어의 손실에 따른 일반적 또는 부분적 감염이므로 환자에게 항감염 적극치료가 요구된다. 면역저하 환자에 대한 예방수단은 현재 잘 수립되어 있으며 이러한 환자에게 적용할 수 있다. 치료의 첫 단계는 외인성 감염의 방지이다. 기존의 예방적 수단과 독립적으로 환자의 격리는 필수적이다. 둘째 단계는 모든 환자에게 보통 있는 미생물의 제거이다. 비흡수성 항박테리아제의 경구 투여는 혐기성 박테리아를 억제할 것이다. 예방적 차원에서 항바이러스제 처방도 가능하다. 피부, 구강물, 소변, 그리고 있다면 상처의 일상적 배양은 고열이 발생할 경우 즉각적으로 적절한 항생제 처치를 가능하게 할 것이다.

B.4.2. 체액과 전해질 균형 유지

(B19) 치사 수준의 전신피폭 선량은 심각한 영양실조 증상을 초래할 것이다. 영양 부조화 지시가 나타나기를 기다리지 말고 영양과 칼로리 균형을 유지시켜야 한다. 칼로리 투여는 점진적으로 증가시켜 단백질, 탄수화물, 지방의 균형을 맞추면서 2000과 3000 사이 수준에 도달하도록 해야 한다. 수액보급량은 설사, 구토, 소화관 흡입, 그리고 가능한 배액에 의한 손실에 따른다. 수액보급이 없으면 예를 들어 설사나 심한 구토 후 체액 불균형으로 피폭자의 사망을 초래

할 수 있다.

B.4.3. 골수저하의 구체적 치료

(B20) 선량이 모든 미성숙 세포(줄기세포와 조상세포)를 파괴할 수준으로 높지 않거나 골수의 부분이 방호되어(활동적 골수의 약 10%가 차폐되었다면 대략 반치사선량 LD_{50/60}을 피폭한 사람의 생존이 가능하게 할 것이다) 골수 회복이 예상될 때는 통상의 수혈 정도로 과도적 저하로 인한 심각한 합병증을 피하기에 충분할 것이다. 골수저하가 용인 가능하지 않을 정도의 기간 동안 계속될 것 같거나 자발적으로 회복하기에는 너무 깊으면 골수이식, 사이토카인, 제대혈 이식, 줄기세포 이식 등 다른 방법을 사용해야 한다.

골수이식

(B21) 자발적 회복이 어려울 정도로 선량이 높을 때 우선 골수이식이 논리적 치료로 보일 것이다. 지금까지는 사고 피폭 후 골수이식을 받은 환자의 생존은 5% 미만이다. 골수이식은 선량이 8000 mSv 이상인 경우에 한해 매우 제한된 지시가 된다. 성공이 매우 어렵고 이식편대숙주 질환(GVHD)와 같은 합병증이 불가피한데 이것은 명확한 합병증 관련인자 없이도 높은 사망 위험을 시사한다. 경험에서 볼 때 사고 과피폭에 골수이식은 용도가 거의 없는 것 같다. 그러나 후발 복수 장기 부전과 기타 합병증이 극복된 다음에는 상황이 다를 수 있다.

사이토카인

(B22) 조혈은 성장과 분화에 작용하고, 생물이 자신의 반응을 조정하는 법에 따라 새로운 상황에 적응을 가능하게 하는 인자에 의해 조절된다. 이러한 일부 인자들은 잘 알려져 있고 형성부전 치료에 사용할 충분한 양을 생명기술로 생산할 수 있다. 약간의 줄기세포가 살아있다면 과립구 군체형성인자(G-CSF)와 과립구-대식세포 군체형성인자(GM-CSF)는 조혈기능 회복 속도를 높여 골수이식 필요성을 배제할 수도 있다. 두 인자 모두 지난 수십 년 동안 방사선 사고에 사용된 바 있고 호중구감소의 기간이나 생존 시간에 어느 정도 효과를 보였다. 이들은 또 골수이식과 함께 사용되어 우호적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 또 종종 다른 인자인 인터루킨-3(IL-3)와 결합하여 사용되었는데 IL-3은 림프계에 영향을 미쳐 GM-CSF와 시너지 작용을 한다. 이들 세 인자는

무시할 수 없는 부작용이 있는데 고열, 두통, 통증, 혈소판감소증 등을 포함한다. 골수저하 환자에게 사용된 다른 조혈 형성인자로 에리트로포이에틴 erythropoietin, 혈전형성제 thrombopoietin, IL-6, IL-11, 사이토카인만인 것보다 비(比)활성도가 큰 GM-SCF와 IL-3로 구성된 융합 단백질(PIX-321) 등이 있다. 근래에는 줄기세포와 조상세포가 풍부한 배양한 미성숙 세포의 주입과 사이토카인을 결합하는 방안이 제안된 바 있다. 이 기법은 GVHD의 위험이 낮고 적응이 빠른 이식을 가능하게 할 수도 있다. 그러나 현재로서는 방사선학적 공격 후 충분히 예상되는 다수의 대량 상해에 대응하기에는 이러한 사이토카인의 공급이 부족함을 강조하지 않을 수 없다. 공격으로 인한 방사선 유발 호중구감소증에 이러한 의약품의 사용은 약품의 용도와 사용 off-label에 해당할 수 있다. 이들의 사용은 프로토콜 수립, 기관의 감독, 적절한 감시 및 인지동의 절차 혹은 적절한 예외를 필요로 할 것이다.

제대혈 이식

(B23) 골수이식에서 주요 문제는 종종 적합한 이식조직의 가용성이다. 상황의 상대적 시급성(사고 또는 악의적 공격)은 어떤 예비계획을 불가하게 하며, 적절한 이식조직을 찾는 데 불가피한 시간 지연과 함께 상황을 악화시킬 것이다. 제대 이식조직은 이런 문제를 벗어날 수 있는 기회를 제공한다. 나아가 인간 제대혈은 줄기세포와 조상세포의 살아있는 원천이며 림프구도 역시 거의 미성숙 상태이다. 첫 제대혈이식은 1988년에 이루어졌다. 비동계 인간백혈구항원(HLA) 계통 이식이 수행될 때 이식조직으로부터 GVHD와 같은 반응이 거의 관찰되지 않았다. 이때부터 구체적 제대혈 은행이 발전했는데 이것은 희귀 HLA형에 대해서는 특히 유용하다. 이 유형의 이식조직은 아동을 위해서 보존하고 있지만 이식조직 내의 줄기세포 수는 성인에 대해서도 충분하였다. 고도로 피폭한 성인을 구하기 위해 시도한 제대혈 이식은 1999년 일본 도카이무라 사고 후 처음으로 수행되었다. 피해자의 사망은 이 특별한 치료에 관계된 것은 아니며 복합 내장 합병증과 피부의 광범한 방사선화상 때문이었다. 그의 이식편(염색체 XX)은 환자 자신의 골수(염색체 XY)가 재생되자 배척되었다.

(B24) 나아가 심각한 골수손상이나 부전을 초래하는 방사선 수준은 보통 다른 장기들 특히 폐와 소화관에 생명을 위협하는 부수적 손상을 발생시킨다. 방사선 유발 골수부전이 있는 환자 또는 부상자의 가료는 이러한 다른 상해로 인해

복잡해지고 골수기능을 회복한 환자들이 종종 비조혈 상해에 무너졌다. 지금까지 방사선 상해에 대해 이식이 성공적이었던 경우는 있었다라도 비교적 극히 소수이며, 골수나 제대혈 이식을 받은 치명적 피폭환자들이 향상된 생존을 입증하지 못했다. 이식이 매우 위험도가 큰 절차이므로 이식은 수립되어 있는 이식센터에서 공여 골수 또는 적합 형제자매, 적합 비혈연 공여자 또는 가장 가용한 제대혈에서 얻는 줄기세포를 이용하여 수행되어야 한다.

(B25) 요약하면 방사선 상해에 대한 우발대응에서 골수나 줄기세포 이식의 역할은 현재로서는 제한적이다. 조혈 줄기세포의 복원력, 골수 중 줄기세포의 광역 분포, 잔여 줄기세포가 전 조혈계를 재충전하는 능력, 그리고 사고피폭의 비균질 가능성 때문에 4~8 Gy 선량범위에 있는 많은 환자가 골수이식 없이 조혈기능을 회복할 수도 있다. 페나 다른 장기의 심각한 방사선 상해가 방사선화상이나 외상과 함께 종종 골수 상해 자체보다 더 큰 영향을 미친다. 그러나 신중하게 선정된 손상에 대해서 골수이식이 가용해야만 하며 이식절차가 개선되면 장래의 이용도는 변화가 있을 것이다.

B.4.4. 방사선 방호제

(B26) 방사선 방호제는 군사와 암치료 이용에서 관심대상이 되어 왔다. 상당수의 약품이 시험되었으며 아미포스타인 Amifostine(Ethyol[®])이 유망한 것으로 고려된다. 이들 약품은 피폭에 앞서 섭취해야 한다. 이들은 저혈압, 오심, 구토 등 중요한 부작용이 있는데 이것이 초동대응자가 이를 사용함을 강하게 제한하거나 방해한다. 방사선 방호제가 피폭 후에 투여된 경우 어떤 방호를 제공하는지 임상적 증거가 없기 때문에 방사선학적 공격이 일어난 후에는 이들이 무용하다. 그러나 매우 높은 피폭을 받을 것이 틀림없는 곳에 들어가기 전에 인명구조 요원이 이를 투여 받음으로써 위험을 경감할 수 있는 이론적 가능성은 있다.

(빈 페이지)

부록C

심리적 문제

(C1) 정의에 의하면, 악의적 작위란 일반 대중에게 심각한 심리적 반응을 자아내기 위해 노력하는 것이다. 방사선 방출이 관련되면 고통은 일반적이고 슬픔, 분노, 공포, 불면증과 주의결핍, 불신과 같은 형태로 나타난다. 방사선학적 사태 후 심리적인 고통은 또한 불명확한 신체적호소(somatic complaint(때때로 복합 원인불명신체증후-multiple idiopathic physical symptoms라 불리는 증상)으로 나타난다. 일반 의료기관이 이러한 사람들을 관리해야 한다. 어떤 사람들은 여행을 줄이고 집에 은둔하며 애들을 학교에 보내는 것을 거부하고 약물³¹⁾ 사용이나 남용이 증가하는 행동 변화를 보인다. 다행히도, 거의 대부분 사람들에게서 외상사태 노출과 관련한 고통이나 심리적 또는 행동적 증상들은 시간이 지나면서 소멸될 것이다.

(C2) 그러나 또 다른 사람들은 증상이 지속되어 가정과 직장 생활에 영향을 미치고 정신질환으로 발전하는 경우들도 있다. 급성 스트레스장애와 외상후 스트레스장애(post-traumatic stress disorder(PTSD)는 대부분 사람들이 외상과 관련된 장애로 생각하지만 심각한 우울증, 약물 사용의 증가, 가정불화 및 일반적 불안장애도 보인다.

(C3) 정신질환 병력이 없는 사람들도 악의적 사태 노출 이후 정신질환에 취약함을 기억하는 것이 중요하다. 오클라호마시 폭탄 투발 여파로 PTSD나 우울증을 갖게 된 사람들의 약 40%는 이전에 정신장애를 갖지 않았다. 정신장애로 발전할 높은 위험을 갖는 경우는 (i) 직접 피폭한 사람들(예컨대 폭발 인근에 있는 사람과, 인명구조나 잔해복구 활동에 참여한 사람들), (ii) 사고 이전의 기존 정신질환 때문에 더 취약한 사람들, (iii) 재산손실을 입었거나 사고 이후 그들의 사회적 뒷받침이 와해된 사람들 등이다.

31) <역주> 여기서 약물이란 음주, 흡연, 마약 등 습관성 물질을 지칭한다.

(C4) 악의적 사태 후, 사람들은 정보와 지침을 얻기 위해 의료기관으로 향할 것이다. 예를 들면, 2001년 탄저병 공격 후 미국인의 대표적 표본의 77%가 믿을만한 정보원을 찾을 때 자신의 의사를 신뢰할 것이라고 보고했다. 일반 대중이 악의적 방사선학적 사태에 어떻게 반응하는 지를 결정함에 있어 의료기관은 아마 핵심 역할을 할 것이다. 잘 조직되고, 효과적인 의료 대응은 희망과 자신을 주입시키고 공포와 불안을 감소시키며, 기본적 지역사회 기능을 지원할 것이다.

(C5) 방사선학적 공격 후 심리적이고 행동적인 문제들을 다루는 것은 피해자수의 관점에서 피해 집단의 방사선 피폭영향을 다루는 것보다 어려울 것이다. 우울증, 사별, 가정불화 및 신체화somatization와 같은 증상들이 PTSD보다 훨씬 더 일반적이다. 적어도 단기간은 흡연과 음주의 증가를 예상할 수 있다. 수면장애, 과잉각성, 집중력 저하 그리고 불확실성은 심리적 고통의 또 다른 초기 증상이다. 복수 신체적호소somatic complaint가 있는 사람들은 신체적 질환을 가졌을 수 있고 고통, 우울증 또는 의기소침증세를 보일 수도 있다.

(C6) 지역사회의 정신건강 수요에 대응은 전반적으로 많은 어려움을 제기한다. 사태 직후의 여파에서는 피해 지역사회가 잘 단결하지만, 시간이 지나면서 오염된 지역사회는 고통과 경제적 손실 때문에 분노하고 단결하지 않고, 사기가 저하되며, 사회봉사가 감소된다. 스트레스와 공포 관리 기법과 활동에 관한 지침서를 배부할 수 있도록 준비해야 한다. 공급 식품의 오염은 장기적 교육과 보건 조사를 요구할 것이다. 노인을 위한 공중위생 창구는 그들의 고통이 사회적인 퇴출을 높일지도 모르기 때문에 중요하다. 노인 그룹과 집에서 머무르며 지속적인 치료를 필요로 하는 사람들을 위해 집집마다 연계되는 프로그램이 필요하다. 임상 등록과 적절한 건강조사의 수립은 피해 지역사회에 대해 중요한 심리적 이득일 수 있다. 데이터베이스에 그들의 연락 정보 기록이 있는 사람들은 후속 관리가 있을 것을 더 확실히 느낄 것이다.

(C7) 주거제한구역 밖으로 가족을 이주시키는 것은 복잡하고 가정적 요구와 사회 정의에 각별한 주의를 요구한다. 가족의 이주 선택을 극대화하는 것이 중요하다. 일부(대략 10%)는 어떠한 여건에서도 이주를 원치 않을 것이다. 이주를 권고되지 않은 많은 사람들이 자발적으로 떠나기도 할 것이다. 또 다른 사

람들은 이주를 바라지만 직장 때문에 또는 주택시장의 침체로 집을 팔 수 없기 때문에 이주 할 수 없을 것이다. 이러한 문제와 기타 불평등의 인식은 사회내적 단층선을 압박하고 지역사회를 나눌 분열시킬 도 있다.

C.1. 의료기관과 환자 사이의 의사소통

(C8) 저준위 방사선 피폭의 감지불능은 많은 사람들이 지속적으로 건강을 걱정하게 하거나 원인불명 증상을 멋대로 무고한 피폭[심지어 정상 상황에서 일차 진료자의 1/3이 의학으로 설명하지 못하는 신체적 증상을 보인다(예: 원인 불명 피로와 고통)]에 연계시키게 만들 수 있다. 모든 인구의 90% 이상이 매년 일차 의료기관을 방문하고 있어, 의심되는 방사선 피폭에 따른 정확한 보건 위험 정보를 지역사회에 파급하는 중요한 위치에 일차 진료를 서게 한다.

(C9) 방사선 방출 여파에서 일차 의료기관은 이유에 관계없이 그들의 진료소를 방문하는 모든 사람에 대해 피폭한 정도를 평가하는 노력을 해야 한다. 몇몇 상황에서는 이러한 결정에 생물학적 선량계측을 사용해야 할 것이나, 일반적으로는 당사자가 사태현장에 얼마나 가까웠고 이후 피폭의 핵심 시기 동안의 위치에 근거할 수 있을 것이다. 초기 일차 피폭평가, 증상의 존재 유무, 질환(의료상 및 정신학상)의 존재 유무에 근거하여, 사람들을 치료, 추적, 교육의 범주로 나눌 수 있다. 위험, 증상 및 질환소견에 대해 상담할 수도 있다. PTSD, 우울증이나 불안, 변화된 음주나 흡연 양에 대한 평가는 중요하다.

(C10) 방사선 방출 이후 일차 의료기관이 실제 피폭과는 별도로 피폭관련 질환에 관한 우려의 정도를 주기적으로 평가하는 것이 유용할 것이다. 이 절차는 매 내원 진료 시작 때 ‘오늘 온 것이 테러나 방사선 우려와 관계된 것입니까?’라는 질문으로 진행될 수 있다. 이 질문에 ‘네’ 또는 ‘아마’라고 응답한 사람들이나 피폭관련 질환에 대해 걱정을 표현한 사람들은 추가 일차진료 평가를 받게 하여 그들이 예상하는 본질과 병원 방문 목적을 밝혀나가야 한다. 이러한 예상과 관심은 환자분류와 위험소통 노력의 강도에 대한 지침이 될 수 있다.

(C11) 종종 일차 의료기관은 (i) 피폭한 것 같으나 증상이나 질병이 없고 걱

정하지 않는 사람들이나 (ii) 피폭 유무와 관계없이 크게 우려하고 있지만 증상(징후나 질병)이 없거나 원인불명 증상이 있는 사람들과의 의사소통에서 많은 어려움을 직면할 것이다. 후자 그룹은 종종 복합 원인불명신체증으로 분류된다. 피폭 가능성은 있지만 증상이나 질병이 없고 걱정하지 않는 사람들은 자신의 의료요구를 무시하거나 거부할 것이다. 의학적 요구가 준수급성이라면, 사람들이 적절하게 부상과 피폭의 보살핌을 보장하기 위한 후속추적이 용이하도록 지역 등록에 정보가 수록되어야 한다. 피폭과 무관하게 우려가 크지만 증상이 없는 사람들은 우려를 증폭시킬 것이며 임상학자의 안심설명에 계속 저항할 것이다. 대량 사상자가 발생하는 상황에서는, 이런 사람들이 집중치료 대책을 와해시킬 수 있으므로 이들을 다룰 전담 요원과 구역을 두도록 계획하는 것이 유용할 수도 있다. 추적 접촉과 관리를 제공하기 위한 전담 노력으로 접촉 등록체계를 개발함은 위험이 따르거나 불필요한 검사에 매달리지 않고 동정과 관심을 전하는 한 방법이다. 연구에 따르면 질환이 없음을 보이는 시험은 단지 일시적인 안심만을 제공할 뿐이고, 때때로 병에 대한 우려를 증대시킬 수 있으며, 특히 뒤에 위양성(偽陽性) 결과가 나왔을 때는 더욱 그런 것으로 시사하고 있다. 사람들이 갖는 걱정의 기저에 대한 토론과 자기에게 필요하다고 생각하는 검사가 무엇인지를 알아보는 것이 많은 사람들에게 우려가 무시되어 왔다고 보는 느낌을 방지할 것이다. 시간 조건부 추적(필요에 따라서가 아니라 계획된)이 병 걱정을 감소시키고, 보살핌에 대한 만족을 증가시켜 아마 이후의 소송 분쟁과 우려를 완화할 수 있을 것이다. 증상이 없으면서 우려하는 사람, 피폭과는 관계없이 높은 우려를 나타내지만 설명할 수 없는 증세 혹은 원인불명 증세를 보이는 사람들은 집중치료 실시를 저해할 수 있다. 자신의 근심을 드러내지 않는 사람들과는 달리 이들은 흔히 눈에 띄게 고통을 겪고 그 증상이 잠재적으로는 치명적일 수도 있는 증상(예: 가슴통증이나 발한)처럼 보이기도 하므로 의료진의 관심을 더 구할 것이다.

(C12) 전담 지역에 인력을 배치하고, 접촉 등록체계 및 일차 진료 후속추적 강화 노력에 추가하여 알 수 없는 증상을 우려하는 사람들에 대한 개입에는 의학적으로 원인불명증상의 자기관리에 대한 소책자, 정보지 및 문헌을 포함해야 한다. 시급한 위기에서, 이러한 사람들은 실제로 아픈 사람들을 진료하는 구역과 구분되는 구역에 분류하되, 그 구역을 '걱정꾼'에 대한 '심리치료' 구역이라는 표지를 하거나 또는 그렇게 인식되지 않도록 해야 한다. 이러한 표지나 인

식은 낙인 느낌을 생성시키기 때문이다. 설명할 수 없는 증상을 가진 사람들에게 대해 의사는 증상이 중요하며 신속하고 조심스럽게 적절한 조치를 취할 것이라고 평가를 조기에 그리고 간헐적으로 제공해야 한다.

C.2. 보고회

(C13) 대중과 구조요원의 신체적인 안전과 보안은 최우선이어야 한다. 안전을 확보한 이후 보고회와 다른 개입을 시작할 수 있다. 보고회는 재난 이후에 흔한 조기 개입의 하나로서 참여 구조요원들과 같은 사람들의 소규모 그룹이 한번의 긴 회의를 통해 개인적인 느낌과 경험을 공유하는 것이다. 이 문제의 일부는 계획단계에서 고려되어야 할 것이다.

(빈 페이지)

참고문헌

- ANS, 2003. *Communication about Events involving Radiological Dispersion Devices*. Report to US Department of Homeland Security. American Nuclear Society.
- Codex Alimentarius, 1991. Levels for Radionuclides, vol. 1, Section 6.1. Codex Alimentarius Commission Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization Food Standards Programme World Health Organization, Geneva.
- Codex Alimentarius, 2004. Proposed Draft Revised Guideline Levels for Radionuclides in Foods following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade (CAC/GL 5-1989), including Guideline Levels for Long-term Use. CX/FAC 04/36/35. Committee on Food Additives and Contaminants of the Codex Alimentarius Commission.
- Gusev, I., Guskova, A., Mettler, F., 2000. *Medical management of radiation accidents*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- HPS, 2004. Guidance for protective actions following a radiological terrorist event. Position Statement. Health Physics Society, Mclean, VA22101.
- IAEA, 1986. Optimization of radiation protection. In: *Proceedings of a Symposium*, Vienna, 10-14 March 1986, jointly organised by IAEA and NEA (OECD). International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 1988. *The radiological accident in Goiania*. STI/PUB/815. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 1990. *Extension of the principles of radiation protection to sources of potential exposure*, a safety report. Safety Series 104. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 1991a. The International Chernobyl Project. Technical Report. International Atomic Energy Agency, Vienna. Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub885e_web.pdf (also available in Russian).
- IAEA, 1991b. The International Chernobyl Project. Assessment of radiological consequences and evaluation of protective measures summary brochure. International Atomic Energy Agency, Vienna. Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/PiA32e_web.pdf.
- IAEA, 1991c. The International Chernobyl Project: An Overview. International Atomic Energy Agency, Vienna. Available from:

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub884e_web.pdf (also available in Russian and Spanish).

IAEA, 1991d. The International Chernobyl Project In: Proceedings of an International Conference, Vienna, 21-24 May 1991. International Atomic Energy Agency, Vienna. Available from:

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub894_web.pdf.

IAEA, 1996a. *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*. Safety Standards. Safety Series 115. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1996b. *Lessons Learned from Accidents in Industrial Irradiation Facilities*. STI/PUB/1015. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1997a. Application of Radiation Protection Principles to the Cleanup of Contaminated Areas. TECDOC-987. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1997b. *Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents*. TECDOC-953. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1997c. *Generic Assessment Procedures for Determining Protective Actions during a Reactor Accident*. TECDOC-955. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1988. *The Radiological Accident in Goiania*. STI/PUB/815. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1998a. *The Radiological Accident in Tammiku*. STI/PUB/1053. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1998b. *The Radiological Situation at the Atolls of Mururoa and Fangataufa*. Radiological Assessment. Radiological Assessment Reports Series. Main Report, Summary Report, Technical Report and Proceedings. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1998c. *The Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials*. GC(42)/RES/12. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1998d. *Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries*. Safety Report Series, No. 2. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1999a. International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, Dijon, France, 14-18

September 1998.

- IAEA, 1999b. *Generic Procedures for Monitoring in a Nuclear or Radiological Emergency*. TECDOC-1092. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2000a. *The Radiological Accident in Yanango*. STI/PUB/1101. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2000b. *The Radiological Accident in Lilo*. STI/PUB/1097. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2000c. *The Radiological Accident in Istanbul*. STI/PUB/1102. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2000d. *Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency*. TECDOC-1162. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2001a. *Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment*. Technical Report No. 405. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2001b. *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources*. CODEC//2001. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2001c. International Conference of National Regulatory Authorities with Competence in the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, Buenos Aires, Argentina, 11-15 December 2000. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2002a. *The Radiological Accident in Samut Prakarn*. STI/PUB/1124. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2002b. *The Radiological Accident in Gilan*. STI/PUB/1123. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2002c. *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*. Safety Standards Series No. GS-R-2, jointly sponsored by FAO, IAEA, ALO, OECD/NEA, PAHO, UN-OCHA, and WHO. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2002d. *Response to Events Involving the Inadvertent Movement or Illicit Trafficking of Radioactive Materials*. TECDOC-1313. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2002e. *Handbook on the Physical Protection of Nuclear Materials and Facilities Restricted*. TECDOC-1276. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2003a. *Security of Radioactive Sources*. Proceedings Series.

- STI/PUB/1165. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2003b. *Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency*. EPR–METHOD. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004a. *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources*. CODEOC/2004. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004b. Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear, Radiation and Transport Safety and Waste Management: Radiological Criteria for Radionuclides in Commodities. Document GOV/2004/54–GC(48)/8. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004c. *Generic Procedures for Medical Response during Nuclear and Radiological Emergency*. EPR–MEDICAL 2004. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004d. Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear Radiation and Transport Safety and Waste Management. Resolution of the IAEA General Conference GC(48)/RES/10 under A.4., pt. 23; Radiological Criteria for Radionuclides in Commodities. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004e. Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear Radiation and Transport Safety and Waste Management, Resolution of the IAEA General Conference GC(48)/RES/10, under D., 4., pt. 8.; Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources: Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- ICRP, 1959. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 1. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1964. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 6. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1966. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 9. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1973. *Implications of Commission Recommendations that Doses be Kept as Low as Readily Achievable*. ICRP Publication 22. Pergamon Press, Oxford, UK.
- ICRP, 1977. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 26. Ann. ICRP 1(3).
- ICRP, 1983. *Cost–benefit analysis in the optimization of radiation protection*. ICRP Publication 37. Ann. ICRP 30(2/3).

- ICRP, 1985. *Radiation protection principles for the disposal of solid radioactive waste*. ICRP Publication 46. Ann. ICRP 15(4).
- ICRP, 1989. *Optimization and decision-making in radiological protection*. ICRP Publication 55. Ann. ICRP 20(1).
- ICRP, 1991a. *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21(1-3).
- ICRP, 1991b. *Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency*. ICRP Publication 63, Ann. ICRP 22(4).
- ICRP, 1993a. *Protection from potential exposure: a conceptual framework*. ICRP Publication 64. Ann. ICRP 23(1).
- ICRP, 1993b. *Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides. Part 2*. ICRP Publication 67. Ann. ICRP 23(3/4).
- ICRP, 1995a. *Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides. Part 3*. ICRP Publication 69. Ann. ICRP 25(1).
- ICRP, 1995b. *Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides. Part 4. Inhalation dose coefficients*. ICRP Publication 71. Ann. ICRP 25(3/4).
- ICRP, 1996. *Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides. Part 5. Compilation of ingestion and inhalation dose coefficients*. ICRP Publication 72. Ann. ICRP 26(1).
- ICRP, 1997a. *General principles for the radiation protection of workers*. ICRP Publication 75. Ann. ICRP 27(1).
- ICRP, 1997b. *Protection from potential exposures: application to selected radiation sources*. ICRP Publication 76. Ann. ICRP 27(2).
- ICRP, 1997c. *Radiological protection policy for the disposal of radioactive waste*. ICRP Publication 77. Ann. ICRP 27 (Suppl.).
- ICRP, 1998. *Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste*. ICRP Publication 81, Ann. ICRP 28(4).
- ICRP, 1999. *Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure: the application of the Commission's system of radiological protection to controllable radiation exposure due to natural sources and long-lived radioactive residues*. ICRP Publication 82. Ann. ICRP 29(1/2).
- ICRP, 2003. *Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus)*. ICRP Publication 90. Ann. ICRP 33(1/2).

- Kelly, H., 2002. Testimony of Dr. Henry Kelly, President Federation of American Scientists before the Senate Committee on Foreign Relations, 6 March 2002.
- Lloyd, D., Edwards, A., Moquet, J., Guerrero–Carbajal, C., 2000. The role of cytogenetics in early triage of radiation casualties. *Appl. Radiat. Isotopes* 52, 1107–1112.
- NCRP, 1980. *Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides*. NCRP Publication 65. National Council on Radiation Protection Measurements.
- NCRP, 2001. *Management of Terrorist Events Involving Radioactive Material*. NCRP Publication 138. National Council on Radiation Protection Measurements.
- UNSCEAR, 2001. Hereditary Effects of Radiation (2001 Report to the General Assembly, with Scientific Annex), United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UN, New York, NY.
- US DHS, 2003a. US Department of Homeland Security Report of Subgroup on Medical. US Department of Homeland Security.
- US DHS, 2003b. US Department of Homeland Security Report on the Scientific Basis for Communication about Events Involving Radiological Dispersal Devices. US Department of Homeland Security.
- USACHPPM, 2003. Personal Protective Equipment Guide for Military Medical Treatment Facility Personnel Handling Casualties from Weapons of Mass Destruction and Terrorism Events Technical Guide 275. US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine.
- Van Tuyle, G.J., Strub, T.L., OBrien, H.A., Mason, C.F.V., Gitomer, S.J., 2003. *Reducing RDD Concerns Related to Large Radiological Source Applications*. LA–UR–03–6664. Los Alamos National Laboratory (available at <http://www.lanl.gov/worldview/contacts.shtml>).
- WHO, 2004. *Guidelines for Drinking–water Quality*, third ed (available at the WHO website). World Health Organisation, Geneva.