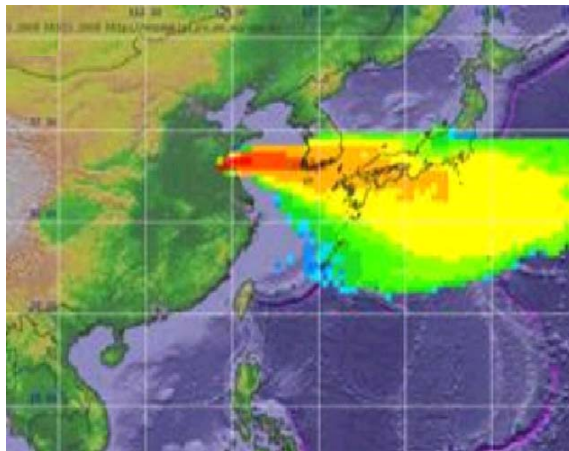




ICRP 간행물 109

# 비상피폭상황에서 사람 방호에 ICRP 권고 적용

**Application of the Commission's Recommendations for the  
Protection of People in Emergency Exposure Situations**



대한방사선방어학회

이 번역본 발간은 교육과학기술부 지원 아래 대한방사선방어학회가 운영하는 2010년도 방사선방호 정책지원 워킹그룹 사업(한국동위원소협회로부터 위탁)의 일환으로 이루어졌습니다.

<표지 그림>

유럽위원회(EC) 산하 Institute for Environment and Sustainability에서 훈련목적으로 오염물의 대기확산을 모사한 그림임.

ICRP Publication 109

# 비상피폭상황에서 사람 방호에 ICRP 권고 적용

**Application of the Commission's Recommendations for the  
Protection of People in Emergency Exposure Situations**

ICRP 승인: 2007년 10월

이 ICRP 간행물의 우리말 번역본은  
ICRP의 허락(2010년 8월)을 받았으며  
ICRP 정신에 따라 무료로 배포합니다.

**국제방사선방호위원회**

## 역자 서문

2007년 ICRP 권고(ICRP 103)는 방호체계를 과거의 행위와 개입으로 대별한 접근을 수정하여 피폭상황 중심으로 변경했다. 즉, 피폭상황을 방호개념이 적용될 수 있는 특성에 따라 계획피폭, 비상피폭, 기존피폭의 셋으로 구분하였다.

계획피폭이란 방사선 피폭을 수반하는 행위를 사전에 계획하여 도입하는 경우로서 그 피폭이 잘 예견되고 따라서 적절한 방호수단을 적용함으로써 피폭을 미리 설정된 개인선량한도 아래로 유지할 수 있는 상황으로 특성화 된다. 즉, 상황을 지배하는 주된 인자가 ‘개인선량 제약’이 된다. 이에 반해 비상피폭상황이란 사고처럼 의도하지 않는 불의의 상황으로서 이를 지배하는 인자가 ‘시간 제약’이다. 시간적 제약 때문에 충분한 방호를 실현할 수 없고 따라서 불가피하게 상당히 높은 개인선량까지 감내하는 상황이다. 기존피폭상황이란 피폭이 만연하여 이를 줄이는데 막대한 비용이 요구되기 때문에 어느 정도 타협이 불가피하여 결국 개인선량 제약을 다소 완화할 수밖에 없는 경우이다. 즉, 상황을 지배하는 인자가 ‘비용 제약’이 된다. 이 보고서는 비상피폭상황에 대한 ICRP 권고를 적용함에 대해 보다 구체적인 지침을 제공하기 위한 것이다.

새로운 방호체계에서 독자를 약간 당혹스럽게 만드는 것 중 하나는 잠재피폭을 보는 시각의 혼란이다. ICRP 103에서는 잠재피폭을 계획피폭상황의 일부인 것처럼 표현하고 있다. 그런데 이 간행물 ICRP 109에서는 원자력사고나 방사능을 악의적으로 사용하는 사태를 비상피폭상황인 것처럼 표현하고 있다. 나아가 비상계획이나 대응태세 유지를 비상피폭상황에서 효과적 대응을 위한 준비로 간주한다. 일반적으로 본격 비상계획이나 그 준비태세 유지는 잠재피폭 위험을 감축하기 위한 것이다. 다시 말해서 이 보고서는 잠재피폭을 비상피폭상황 관점에서 다루고 있다.

혼란의 원인은 ‘잠재피폭potential exposure’이란 어휘적 의미에서 온 것으로 보인다. 방사선방호에서 잠재피폭을 정의하는 이유는 원전 중대사고처럼 발생 가능성은 희박하나 발생한 경우 그 영향이 심대한 사건을 고려하여, 그 발생을 억제하고 만약 발생한 경우 그 피해를 완화하기 위한 수단을 배려하기 위한 것이다. 다시 말하면 잠재피폭은 원자력시설이나 방사선시설의 위험risk을 관리하기 위해 도입한 개념이지 실제 일어나고 있는 피폭상황이 아니다. 잠재피폭에서 고려하는 사건(예: 원전 중대사고)이 발생하면 그때는 실제 상황이 되고 여기에는 비상피폭, 계획피폭, 기존피폭 모두 뿐만 아니라 방호 대상의 범위 밖에 있는 제어 불가능한 피폭도 연관된다. 단적으로 표현하면 잠재피폭은 피폭이 아니라 위험일 뿐이다. 피폭이 아닌 것을 피폭상황에서 다루려 하니 혼선이 발생할 수밖에 없다.

이 보고서에서 자주 사용되는 비상계획, 비상준비(또는 준비태세), 그리고 비상 대응은 당연히 잠재피폭과 연계된다. 즉, 이들은 잠재피폭에서 고려하는 사태가 발생할 경우를 대비하거나 실제로 발생한 때 대응을 위한 전략이고 절차이며 방법이다. 특히 이 보고서가 다루는 비상피폭상황의 지배 인자가 ‘시간 제약’임을 고려하면 이와 같은 계획이나 준비 없이는 효과적으로 대응하기 어렵다. 그러니까 엄격히 구분한다면 비상계획이나 준비태세까지는 잠재피폭 즉, 위험을 관리하기 위한 대책으로 볼 수 있고 실제 사태가 발생한 경우 ‘비상대응’은 피폭상황에 해당하며 대응 초기에는 주로 비상피폭상황이 일차적으로 당면하는 상황일 것이다.

비상대응 과정에서도 어떤 행위가 비상피폭상황인지 다른 피폭상황인지 구분이 애매한 경우가 없지는 않다. 가령 농도가 높은 방사성폐액을 저장한 탱크에 누설이 발생하여 이를 수습하려 할 때 투입되는 종사자의 피폭을 평가하여 투입 시간을 관리하는 등 피폭을 ‘계획’하게 되는 데 이 종사자의 피폭이 계획피폭상황인지 비상피폭상황인지 혼란스러울 수도 있다. 이러한 상황 구분에서 핵심은 개인선량이 ‘계약적’으로 작용하느냐 아니냐이다. 만약 투입하는 종사자 선량을 정상 개인선량계약이나 한도 아래로 유지함에 어려움이 없다면 그 상황은 계획피폭상황이 되어야 한다. 역으로 이러한 제약을 충족할 수 없다면 불가피한 긴급작업 즉, 비상피폭상황으로 간주하고 따라서 개인선량의 관리를 제약치나 한도가 아니라 그보다 높은 ‘참조준위’와 비교하게 된다.

사고 상황이 안정되어 수습국면이 되었을 때도 유사한 문제가 발생할 수 있다. 잔류오염으로 인한 피폭을 계획피폭과 기존피폭 중 어느 것으로 볼 것인지 의문이 제기될 수 있다. 이때에도 요점은 예상되는 피폭이 선량계약(한도) 이하로 관리함에 어려움이 없다면 계획피폭으로 다루는 것이 적절하다. 그러나 해당 지역이나 사람들의 범위가 광범하여 선량한도 이하로 피폭을 관리하기 위해서는 그 비용을 감당하기 어려운 것으로 판단되면 기존피폭상황으로 간주하여 완화된 선량 참조준위를 적용하게 된다.

이렇게 보면 ICRP 103의 새로운 방호체계가 행위와 개입으로 대별하던 과거 방호 접근에 비해 편의성이 분명히 개선되었는지 속단하기는 어려워 보인다. 새로운 체계 적용 경험이 쌓이면 보다 개선된 방안이 도출된다면 그것이 곧 ‘진화’가 될 것이다.

이 번역본의 초고를 마련한 한양대학교 방사선안전연구실 대학원생들의 노고와 번역본의 발간 배포를 승인해준 ICRP에 감사한다.

2011년 2월

역자 이재기(ICRP 위원)

## 서 문

ICRP는 2006년 11월 모로코 라바트에서 열린 회의에서 비상 준비 및 대응의 다양한 상태에서 방사선방호 최적화 원리에 관한 ICRP 새 권고 이행 지침을 개발하기 위해 제4분과위에 보고할 새로운 작업그룹 설립을 승인하였다.

사업계획에 명시된 바와 같이 작업그룹의 목적은 원자력 사고 혹은 방사선 사태의 비상단계에서 시민 방호에 ICRP 권고를 적용하는 보고서를 개발하는 것이었다. 특히 임무는 다음에 대한 지침을 제공하는 것이었다.

- 비상대응의 계획과 이행에서 참조준위 설정
- 참조준위가 대응관리에 활용되는 방법
- 계획단계에서 방호조치 판단에 최적화가 적용되는 방법
- 시간에 따른 방호조치 변동 관리
- 사회회복 단계와 경계면.

이러한 관점에서 권고를 개발하는 작업그룹과 밀접한 협력을 통해 방사선비상이나 원자력 사고 후 사회회복과 경계면에 대해 각별히 유념했다.

이 보고서에는 비상관리에서 최근 발전사항, 전망 및 경험들을 반영했다. 나아가 국제기본안전표준의 개정과 같이 국제기구가 추진하고 있는 노력이나 작업도 고려했다. 작업그룹의 지침은 일반적이며, 특수한 환경을 위해 적용할 수 있는 기본 틀을 제공한다.

작업그룹은 위원회 권고의 상세한 이행이 관련 국가당국의 문제임을 전망한다. 본보고서 지침은 ICRP가 이전에 권고한 참조준위 아래에서 방호최적화 개념에 바탕을 두고 있다.

작업그룹의 구성원은 다음과 같다.

W. Weiss(위원장)	J. Fairobent	M. Morrey
O. Pavlovsky	D. Queniart.	

작업그룹의 객원 위원은 다음과 같다.

E Buglova	T. Lazo	I. Robinson
-----------	---------	-------------

이 보고서가 준비되는 동안 제4분과 위원은 다음과 같다.

A. Sugier(위원장)	P.A. Burns	P. Carboneras Martinez
D. Cool	J.R. Cooper(부위원장)	J.-F. Lecomte (서기)
H. Liu	J. Lochard	G. Massera

A. McGarry

M. Kai

K. Mrabit

M. Savkin (-2008)

K.-L. Sjöblom

A. Simanga Tsela

W. Weiss.

작업그룹은 회의에 시설과 편의를 제공해 준 기관(OECD 원자력국 및 독일 연방 방사선방호국)과 그 직원에 감사하는 바이다.

이 보고서는 2008년 10월 25일 ICRP 부에노스아이레스 회의에서 승인을 받았다.

# 목 차

역자 서문 .....	i
서 문 .....	iii
요 약 .....	vii
제1장 서론 .....	1
제2장 조연의 범위 .....	3
제3장 비상피폭상황에서 방호의 목적 .....	5
제4장 긴급작업자의 방호 .....	9
제5장 비상피폭상황의 해설 .....	11
5.1. 전망선량 .....	12
5.2. 잔여선량 .....	13
5.3. 회피선량 .....	14
제6장 비상피폭상황에 ICRP 방호체계 적용 .....	17
6.1. 정당화 .....	18
6.2. 최적화와 참조준위의 역할 .....	19
제7장 비상피폭상황의 대비 .....	22
7.1. 계획 과정 .....	22
7.2. 방호전략 구성요소 .....	29
제8장 방호전략 이행 .....	38
8.1. 실제상황에 방호전략 조정 .....	38
8.2. 방호수단 종료 .....	41
8.3. 영구 이주 .....	43
제9장 사회복귀 전환 .....	45
부록A. 여러 피폭경로의 전망선량 기여 평가 .....	47
부록B. 선발된 개별 긴급 방호수단의 특징 .....	51
부록C. 방호조치 종결을 위한 구체적 지침 .....	55





# 요 약

## 기본 원리

(a) ICRP의 2007년 권고(ICRP, 2007)는 비상피폭상황에 이를 적용함에 정당화 및 최적화 원리를 다시금 언급했다. 이것은 위해요소를 증가하는 편익을 극대화함으로써 방호수준이 여건에서 최선이어야 함을 의미한다. 최적화 절차의 결과가 심각하게 불평등함을 방지하기 위해 현실적이라면 비상상황으로 개인이 받는 선량이나 위험에 제한을 둬으로써 그 과정을 제약해야 한다.

(b) 참조준위는 그 이상으로 피폭이 발생하도록 허용하는 계획이 부적당하다고 일반적으로 판단되는 잔여선량이나 위험의 수준을 나타낸다. 그러므로 계획된 방호전략은 적어도 참조준위 이하로 피폭을 감축함을 목표로 해야 하지만 최적화가 더 낮은 피폭을 달성할 수 있다. 참조준위 이상이나 이하의 모든 피폭에 대한 방호는 최적화 되어야 한다. 비상피폭상황을 위한 대응계획 개발에 관련해서, 국가당국은 유효선량 20 mSv에서 100 mSv 범위(고려하는 비상피폭상황에 적용성에 따라 급성 또는 연간 선량)에 참조준위를 설정하도록 ICRP는 권고 한다. 전망 피폭이 낮은 상황에 대응을 위해서는 20 mSv보다 낮은 참조준위도 적절할 수 있다. 또한 적절한 참조준위 아래로 모든 선량을 유지하도록 계획함이 가능하지 않은 상황도 있을 수 있는데, 예를 들면 수 분 혹은 수 시간 이내에 극히 높은 급성 선량을 받을 수 있는 악의적 사건이나 확률은 낮지만 영향이 심각한 사고가 이에 해당한다. 이런 상황에 대해 그러한 피폭을 완전히 방지하는 계획은 가능하지 않다. 그러므로 그러한 사태 발생 확률을 줄이고 가능하다면 보건영향을 완화할 수 있는 대응계획을 개발해야 한다고 ICRP는 조언한다.

(c) ICRP는 이제 최적 조치과정을 결정할 때 모든 피폭경로와 모든 해당 방호방안을 동시에 고려함으로써 더욱 완벽한 방호를 제공할 수 있다고 생각한다. 개별 방호조치는 총체적 방호전략 관점에서 자체로 정당화 되어야 하는 한편, 전체 방호전략도 정당화 되어 해로움보다 이로움이 크도록 해야 한다. 이 접근은 상대적으로 운영상 복잡성을 더할 수 있지만, 단일 방호조치보다는 방호전략에 포함된 모든 개별 방호조치의 결합된 효과에 초점을 맞춰 비상피폭상황을 견뎌냄으로써 최적방호를 설계함에 유연성을 상당히 높일 수 있다. 나아가 새 접근법은 개별 방호조치가 서로 어떻게 영향을 미치는지 고려할 수 있는 기틀을 제공하며 또, 가장 큰 전반적 이로움을 달성할 수 있는 조치에 자원배분을 집중할 수 있게 한다. 또한 이후의 대응조치

에서 무엇이 최적방호를 구성하는지 결정할 때 비상사태 동안 개인이 이미 받은 선량도 고려해야 한다는 것도 ICRP가 인지한다.

(d) 계획된 총체적 방호전략을 최적화하기 위해서는 지배적 피폭경로, 선량 성분을 받는 시간척도 그리고 개별 방호방안의 잠재 효과를 확인할 필요가 있다. 주요 피폭경로의 이해는 자원배분 결정으로 이어질 것이다. 자원배분은 예상 편익에 상응해야 하는데 절감선량은 편익의 중요한 성분이다. 피폭하는 시간에 대한 지식은 일단 비상피폭상황이 인지된 때 방호조치 이행을 조직화하는데 가용한 리드타임을 결정할 수 있게 할 것이다. 피폭을 줄이기 위한 긴급조치가 필요한 곳에는 특별법이 대응의 효율적 관리(예: 오염 폐기물 관리)를 용이하게 만들 것이다. 나아가 긴급 방호수단을 이행할 결정의 근거로서 쉽게 식별되는 ‘방아쇠’를 사용하는 것이 중요하다.

(e) 확률론적 보건영향 위험과 개인이 심각한 결정론적 상해로 이어질 수 있는 피폭을 받을 위험 사이에는 질적인 차이가 있음을 ICRP가 인지한다. ICRP가 의미하는 ‘심각한 결정론적 상해’는 그것이 직접 방사선 피폭의 탓이며, 비가역적이고 예를 들면 폐손상이나 조기사망처럼 개인 삶의 질을 심각하게 해치는 상해이다. ICRP는 비상피폭상황에서 심각한 결정론적 상해가 일어나지 않도록 모든 노력을 기울여야 한다고 권고한다. 이는 예상되는 피폭을 이러한 영향의 문턱 아래로 낮추기 위해서 필요하다면 계획단계와 대응에서 상당한 자원을 소비함도 정당화 될 것임을 의미한다. 나아가 신속한 의료개입이 그러한 상해를 피할 수 있는 잠재력을 가진다면, 비상대응계획에 절차와 수단을 포함함으로써 그렇게 높은 피폭을 받은 사람들을 즉각 식별하고 적절히 치료할 수 있게 할 것을 ICRP는 권고한다.

## 비상피폭상황을 위한 준비

(f) 국내외에서 발생하는 원자력사고, 방사성물질 운송사고, 산업 및 의료기관의 선원이 개입된 사고, 방사성물질의 악의적 사용, 그리고 인공위성 추락과 같은 기타 사건 등으로 초래되는 모든 비상피폭상황에 대한 계획을 준비할 것을 ICRP는 권고한다. 계획 내 상세 수준은 처한 위험수준과 비상 환경을 사전에 정할 수 있는 정도에 따르게 된다. 그렇지만 개괄적 일반계획도 여러 기관들을 조직하고, 비상시 소통하며 책임과 의사결정을 안내하는 기틀을 주어야 한다. 더 상세한 계획은 전반적 방호전략의 설명을 포함하고, 즉각 이행이 필요한 대응을 개시할 방아쇠를 두어야 한다. 여러 상황에 적합한 계획의 세세함을 결정하는 것은 해당 국가당국의 몫이다.

(g) 계획의 모든 양상에 대해 관련 이해당사자의 의견을 듣는 것이 중요하는데, 그렇

지 않으면 대응에서 그 이행이 더욱 어려워질 것이다. 가능하다면 전반적 방호전략과 이를 구성하는 개별 방호수단 모두는 잠재적으로 피폭이나 영향을 받는 모든 사람들의 합의를 통해 수행되어야 한다. 이런 참여는 비상계획이 초기단계에서는 가장 큰 위험에 처한 사람들의 방호에 초점을 맞추고 나중에는 ‘정상’ 생활을 재개하는 집단으로 진행에 초점을 맞추도록 도울 것이다.

(h) 비상피폭상황에서 피폭률이 시간과 공간에 따라 변하고 개인이 받는 선량은 선량률 변화와 개인 습성이나 생리학적 특성 차이의 결과로서 달라진다. 이러한 인구 집단은 대표인에 관한 ICRP 조언에서 설명한 대로 대표인으로 특성화 되어야한다. 대표인에 관한 ICRP 조언에 따르면, 선량평가는 대체로 비관적이지 않으면서 위험이 가장 큰 그룹이 피폭할 것으로 보이는 선량을 반영하는 것이 중요하다.

(i) ICRP 참조준위 밴드는 유효선량으로 표현한다. 유효선량은 많은 비상계획에서 참조준위를 표현하는 적합한 양이다. 하지만, 유효선량이 참조준위를 표현하는 적합한 양이 못되는 상황도 있다. 이러한 경우로는 비상형태나 규모가 100 mSv 유효선량을 초과하는 선량을 낼 때(이때는 선형성 가정이 더 이상 유지하지 않음), 대응의 일부가 심각한 결정론적 상해를 입을 위험이 있는 개인에게 초점을 맞출 때, 결과 피폭이 매우 구체적 방호조치가 최적인 단일장기의 피폭에 크게 지배될 때(예: 방사성옥소 방출이 지배적)이다. 이러한 상황에서는 장기선량으로 참조준위를 명시(또는 그 보조를 제공)할 것을 고려하도록 ICRP는 조언한다.

(j) 과거 조언에서 ICRP는 어떤 방호조치를 전반적 대응전략에 포함할 것인지, 한다면 언제 할 것인지 결정을 돕기 위해 회피선량으로 개입준위 사용을 권고했다. 개입준위는 그 이상에서는 어떤 조치가 정당화되고 그 아래서는 조치(예: 방호최적화)가 필요하지 않은 수준으로 이해되고 있음을 강조한다. 이 개념은 더 이상 옳지 않다. 나아가 이제 ICRP는 개별 조치보다는 모든 피폭경로로부터 피폭을 동시에 포함하는 전반적 방호전략 관점에서 방호최적화에 중점을 둘 것을 권고한다. 개별 방호조치 관점에서 방호최적화에 대한 ICRP 63에서 권고된 절감선량 수준도 전반적 대응개발의 입력변수로 여전히 유용할 것이다(ICRP, 2005도 참조).

(k) 비상계획 개발을 위해, 고려하는 상황에 대한 전망선량 평가가 필요하다. 전망선량과 그 시공간 예상 분포 평가의 목적은 세 가지이다. 첫째는 방호조치가 취해지지 않을 경우 일어날 보건영향의 규모를 확인하고(특히 심각한 결정론적 상해 위험이 있는지) 이로부터 어떤 방호전략에 적합하게 할당할 자원의 규모를 결정하는 것이고, 둘째는 여러 가능한 대응단계의 개략적 지리적, 시간적 분포를 확인하는 것,

그리고 셋째는 방호 관점에서 자원을 가장 효율적으로 사용할 곳을 확인하는 것이다. 구체적 대응계획 개발이 적합하다고 판단되면, 심각한 결정론적 상해의 위협에 처하는 사람들을 방호하기 위해 구체적 대책이 필요한지 확인하는 것이 중요하다. 그렇다면 계획의 이 부분에는 우선적으로 집중하여 자원을 할당하고, 따로 정당화하고 최적화해야 한다.

(l) 확률론적 위협을 가져오는 피폭에 대한 방호를 위한 상세계획을 위해서는, 비록 상대적으로 작은 전망선량 성분을 회피할 수 있을지라도 정당화 될 것으로 보이는 모든 방호수단을 확인함으로써 전체적 방호전략 개발을 시작하는 것이 유용하다. 일단 개별적으로 정당화 될 가능성이 있는 모든 방호조치가 확인되면, 개별 방호조치에 대해 전망선량의 상당 부분을 피할 수 있는 잠재력을 검토해야 하며, 다른 방호조치와 결합시행이 정당화를 강화하든 약화하든 그들 조치의 결과와 상호작용 할 수 있는 결과에 대해 검토해야 한다. 이러한 초기 범위 검토로부터 광범한 방호전략 개요를 개발할 수 있다.

(m) 방호전략에 포함될 만한 방호조치가 확인되면, 그 방호전략 이행으로 이를 잔여선량(즉, 다른 대표인에 대한 잔여선량)을 평가하는 것이 필요하다. 첫째 단계는 적절한 참조준위와 비교를 위해 잔여선량을 어렵한다. 잔여선량이 참조준위 아래일 것 같다면, 대응전략의 구체적 최적화가 착수 될 수 있다. 그렇지 않으면 방호조치 혹은 그 이행의 변경을 고려할 필요가 있다. 이러한 잔여선량과 참조준위의 비교 과정을 반복한다.

(n) 방호조치의 몇몇 조합은 대체로 서로 독립적인 것으로 간주 될 수 있는데, 예를 들면 식품유통 제한과 방사선원 주변 집단의 소개이다. 이러한 유형의 방호조치는 독립적으로 용이하게 최적화 할 수 있는데 관련 회피선량이 직접 지침으로 사용될 수 있다.

(o) 방호조치 이행에 필요한 자원이 전반적 방호전략 내에서 상호작용할 수 있는 유일한 인자는 아니다. 다른 인자들로는 개인이나 사회의 와해, 근심과 안심 그리고 간접 경제피해가 포함된다. 계획이 필요한 자원과 선량의 관점뿐만 아니라 이러한 인자 관점에서 최적화됨을 보장하기 위해서는 제안된 전반적 방호전략을 관련 이해 당사자와 함께 검토하는 것이 중요하다. 방호전략에 대한 이런 광범위한 검토는 추가적 수단의 역할을 발견할 수도 있는데, 이는 고립되어서는 최적화(혹은 정당화도) 되지 않을 지도 모른다.

(p) 일단 방호전략이 최적화되면, 초기단계를 위해 비상대응계획의 여러 부분을 시동할 방아쇠들을 개발되어야 한다. 방아쇠는 발전소 상태, 선량률, 풍향과 같이 관찰할 수 있는 환경 또는 직접 측정가능한 양으로 표현하는 것이 좋다. 방아쇠는 선량 고려와 관계될 수 있지만, 그를 위해 계획(혹은 계획내 방호조치 그룹)이 수립된 비상상황 발생의 주요지표와 관계될 가능성이 더 높다. 변화하는 비상상황의 구체적 세부를 고려해야 하기 때문에 계획에서 나중에 수행할 방호조치들을 개시하기 위한 방아쇠를 명시하는 것은 적적하지 않을 것 같다. 그러한 방호수단을 위해서는 대응계획에 필요할 때 ‘실시간’으로 방아쇠를 개발하는 합의된 기틀을 포함하는 것이 도움이 된다. 그러한 기틀의 포함은 실시간 방아쇠가 개발되었을 때 더 널리 수용되게 할 것이다.

## 방호전략 이행

(q) ICRP의 방사선 방호체계 맥락에서, 방사선 비상피폭상황의 영향을 겨는 전망적 계획과 이미 일어났거나 일어나는 과정에 있는 영향을 관리하는 것 사이에는 근본적인 차이 하나가 있다. 계획의 맥락에서, 상한으로 적절한 참조준위를 사용하고 참조준위를 초과하는 개인 잔여선량을 주는 모든 방호 해답은 제외함으로써 최적화가 수행된다. 비상피폭상황의 예기치 못하는 본성과 급속하게 발전하는 경향, 그리고 기상조건, 지리적 위치, 집단의 습관과 같은 비상 상태의 넓은 가변 범위는 최적 방호전략을 개발할 때 사용한 가정과 부합하지 않는 상황을 초래할 수 있고 일부 실제 피폭은 사전에 선택한 참조준위를 초과할 수도 있다. 그래서 이미 일어났거나 일어나고 있는 과정에 있는 비상상태의 영향 관리 맥락에서는, 사전 정의된 참조준위는 최적화된 방호전략 이행 결과를 이에 대비해 판단하거나 또 필요하면 추가적 방호수단의 개발과 이행을 안내하는 하나의 벤치마크로 사용될 수 있다.

(r) 일단 비상피폭상황이 일어나면, 많은 이해당사자들이 방호조치에 관한 논의에 입력을 제공하는 데 높은 관심을 가질 것이다. 비상피폭상황이 긴급 방호수단을 필요로 한다면, 사전에 설정된 방아쇠에 근거하여 이행되는 사전 계획된 방호전략의 ‘반사적’ 적용이 필요할 것인데, 이러한 반사적 적용에는 비상피폭상황을 야기한 선원, 시설 또는 현장에 책임 있는 당사자나 비상대응 당국을 제외한 이해당사자의 참여는 없거나 아주 작을 것이다. 부적절한 이해당사자 참여나 반사적 방호조치의 상세한 효력에 대한 과도한 검토는 이행을 지연시켜 효과도 줄일 것이므로 이는 피해야 한다. 하지만 비상피폭상황 진행에 따라 방호결정을 도출하는 논의에서 이해당사자 참여는 점점 유용하게 될 것이다. 그러므로 비상대응계획의 한 부분은 일단 가장 긴급한 방호조치가 이행된 후 이해관계자 공지 및 참여 절차와 과정의 개발과 이

행이어야 함은 중요하다.

(s) 많은 경우에 비상대응계획은 가능한 상황의 넓은 범위에 대체로 적합할 것이며, 계획된 방호전략이 적시에 이행되면 최적방호를 제공하는 데 근접하되 차이가 있다면 아마도 보수적인 편이 될 것이다. 그러나 계획된 방호전략을 운영상 조정하여 새 방호수단이나 계획의 상당한 변경을 정당화할 필요도 있을 것이다. 비상피폭상황 진행에 따라 그러한 수정을 고려할 필요성은 증가할 것이며, 계획의 변경 규모는 발생한 비상피폭상황의 특성에 따라 다를 것이다.

(t) 만약 적용에서 방호수단이 계획된 잔여선량 목표를 달성하지 못하거나 더 나쁜 계는 계획단계에서 설정한 참조준위를 초과한 피폭을 준다면, 계획과 결과가 왜 그렇게 크게 다른가를 이해하기 위해 상황을 재평가함이 합당하다. 그래서 필요하다면 새로운 방호수단을 선택하고, 정당화하고, 최적화하여 이행하거나 기존 방안을 시간 및 공간에서 확장할 수도 있다.

(u) 비상피폭상황 진행에 따라 정확한 정황 이해가 개선되면 결정은 점차 사전에 계획된 대응, 가정, 모델보다는 실제 상황에 근거하게 될 것이다. 또한 처음 비상계획에 포함된 것보다 더 상세한 향후 방호전략을 계획할 필요성도 증대될 것이다.

(v) 개별 방호수단 종결을 위한 결정에는 비상피폭상황의 여건을 적절하게 반영하는 것이 필요할 것이다. 조기 방호수단 종결을 위해서는 그 지침을 개발하여 비상계획에 포함해야 한다. 후속 방호수단에 대해서는 가능하다면 방호수단 종결 기준에 대해 그 이행에 앞서 관련 이해당사자와 합의해야 한다. 이 경우, 종결 기준은 직접 관측 또는 측정 가능한 양으로 표현하여 기준의 달성을 명백히 입증할 수 있게 하는 것이 가장 좋다. 계획수립이나 비상 사태에서 방호수단 종결 결정은 적절한 참조준위를 충실히 고려해야 한다. 계획 수립에서는 이러한 고려는 방호전략 최적화의 필수 요소이다. 그러나 비상실제상황은 계획에서 겨누었던 상황과 차이가 날 수도 있기 때문에, 참조준위를 벤치마크로 하여 방호조치를 종결하는 것과 관련한 의사를 결정할 때 잔여선량의 의미를 고려하는 것이 중요하다.

## 사회재건으로 전환

(w) ICRP는 비상피폭상황에 이은 장기피폭관리는 기존피폭상황으로 취급해야 한다고 권고한다.<sup>1)</sup> 이는 대응 특성이 초기 대응과 매우 다르게 되기 때문이다. 기존피폭상황의 관리에는 피폭상황이 정상적으로 수용할 수 있다고 보는 상황과 다름을 받

아들이되 여건이나 지속되는 어떤 특별수단 조건에서 피폭이 감내할 수 있고 감내해야 함(즉, 안정이 회복됨)도 인식하는 것이 필요하다.

(x) 비상피폭상황에서 기존피폭상황으로 전환은 전반적 대응에 책임 있는 당국의 결정에 근거할 것이다. 긴급 활동이 취해질 때는 일반적으로 아니겠지만, 이 전환은 비상피폭상황 중 언제든지 일어날 수 있다. 더욱이, 이 전환은 지리적 위치나 시간을 달리하여 일어날 수 있어 일부 지역은 비상피폭상황으로 관리되는 반면 다른 지역은 기존피폭상황으로 관리될 수도 있다. 전환은 다른 당국으로 책임 이관을 요구할 수도 있다. 책임 이관은 조직적이고 충분히 투명한 방법으로 이루어져야 하며 관련된 모든 당사자가 이해해야 한다. 비상피폭상황에서 기존피폭상황으로 전환에 대한 계획은 전체적 비상준비의 일부로서 이루어지고 해당 이해당사자를 고려해야 한다고 ICRP는 권고한다.

(y) 비상피폭상황으로 발생한 기존피폭상황은 과거 백그라운드 수준을 넘는 일종의 잔여 피폭경로나 장기적 오염을 가지며 상황의 사회적, 정치적, 경제적 그리고 환경적 측면이 지속적이며 영향을 받는 집단이나 정부가 새로운 현실로 볼 측면을 가지는 것으로 특성화될 수 있다. 비상피폭상황에서 기존피폭상황으로 전환을 구획할 예정된 지리적 또는 시간적 경계는 없다. 일반적으로 비상피폭상황에 사용되는 참조준위는 이들 피폭수준이 사회적, 정치적 입장에서 일반적으로 안정적이지 않기 때문에 장기적인 벤치마크로 허용되지 않을 것이다. 그래서 정부나 규제당국은 ICRP가 권고한 1~20 mSv 범위의 하단 어떤 점에서 새 참조준위를 확인하고 설정하여야 한다.

(z) 넓은 지역으로 높은 준위의 장수명오염 방출과 관련된 광범위한 비상상황에서 상황에 따르는 새로운 현실의 일부는 일부 구역이 오염이 심해 과거처럼 사회적, 경제적, 정치적 거주로 유지할 수 없게 된 것일 수도 있다. 이러한 지역에 대해 정부는 주민의 거주나 다른 토지이용을 금지할 수도 있다. 이는 오염된 지역으로부터 이주한 주민의 복귀를 허용하지 않을 것이며, 나아가 재정착이나 지역 사용을 허용하지 않음을 의미한다. 분명히 어떤 지역으로부터 영구적(혹은 예상되는 장기적 미래까지)으로 주민을 소개하고 지역 사용을 금하는 결정은 정부에게나 그 주민에게 쉬운 일이 아니다. 그래서 그러한 결정에 이르기 전에 그러한 선택의 사회적, 경제적, 정치적 그리고 방사선학적 측면에 대해 폭넓고 투명한 방식으로 논의할 필요가 있다.

---

1) <역주> 주민에 대해서는 기존피폭상황이겠지만 잔여 업무를 수행하는 종사자에 대해서는 계획 피폭상황이 됨에 주의가 필요하다.





# 제1장 서론

(1) ICRP는 방사선 비상에 대비해 개입을 계획하는 일반원칙(ICRP, 1991, 1993)과 추가 관련지침(ICRP, 2005a, 2005b, 2005c)을 설정한 바 있다. 더욱 최근에 ICRP는 전반적 방호체계에 대해 새로운 권고(ICRP, 2007)를 발간하였다. 2007년 권고는 이전 ICRP 권고의 교체보다는 보충을 의도했다.<sup>2)</sup> 하지만 2007년 권고에 포함된 조언은 비상사태 준비와 대응에 대해 의미를 함축한다. 이 보고서는 새로운 조언의 적용과 이전 조언이 개정된 전반적 방호체계에 어떻게 부합하는지에 대해 논의한다. ICRP 권고가 이전 조언과 동일하거나 다른 국제기구 간행물에서 충분히 논의가 된 부분에 대해서는 적절한 참고문헌만 제시하고 자세한 논의는 하지 않는다. 이 보고서는 환자의 의도하지 않은 피폭<sup>3)</sup>과 관련한 비상상황에 대해서는 다루지 않는데, 이러한 상황에 대해서는 ICRP가 따로 다뤘다(ICRP, 2007b).

## 1.1. 참고문헌

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, 2005a. Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. ICRP Publication 96. Ann. ICRP 35(1).

ICRP, 2005b. Prevention of high-dose-rate brachytherapy accidents. ICRP Publication 97. Ann. ICRP 35(2).

ICRP, 2005c. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources. ICRP Publication 98. Ann.

---

2) <역주> 이 말은 2007년 권고가 1990년 권고를 기본적으로 바꾸는 것이 아니라는 의미이지 1990년 권고가 여전히 유효하다는 의미는 아니다. 새 권고(ICRP 103)는 기본적으로 과거 권고(ICRP 60)를 대체한다.

3) <역주> 환자의 의도하지 않은 피폭은 두 갈래이다. 하나는 빔치료에서 사고나 실수로 인해 환자가 이미 의도하지 않은 피폭을 받은 상황이고 다른 하나는 핵의약품의 오투여로서 사건을 발생했지만 피폭 자체는 종료되지 않아 필요하다면 응급조치를 취할 수도 있는 상황이다. 전자는 이미 피폭이 종료된 상황이므로 방호의 대상에서 벗어났지만 후자는 아직 방호조치의 여지가 있으므로 비상피폭상황에 해당한다.

ICRP 35(3).

ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).

ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37(6).

## 제2장 조언의 범위

(2) 이 조언은 모든 방사선 비상피폭상황의 준비와 대응과 관계된다. ICRP는 비상피폭상황을 ‘계획상황 운영 중 발생 할 수 있거나 악의적인 행위 혹은 예상치 못한 상황으로서 바람직하지 않은 결과를 줄이거나 피하기 위해 긴급한 활동이 필요한 상황’이라고 정의한다. 이 조언의 범위는 비상피폭상황을 위한 준비와 대응이다. 여기에는 정규 고용의 결과로 일상적으로 방사선에 노출되는 여부와 상관없이 완화조치에 직접 관여하는 ‘비상 작업자’라 불리는 사람과 단순히 방호를 필요로 하는 ‘일반인’이라 불리는 사람 등 피폭 위험에 처하는 모든 사람들에 대한 방호가 포함된다.

(3) 상당한 양의 장반감기 방사성핵종 방출을 내포하는 비상피폭상황은 시간이 지나면 기존피폭상황으로 발전할 것이다. 비상피폭상황과 기존피폭상황의 관리는 별개의 특성을 지닌다. 그러므로 이들 상황에 대한 ICRP의 상세한 조언은 두 종류 보충문서(비상피폭상황에 대해서는 이 보고서, 비상피폭상황에 이어지는 기존피폭상황에 대해서는 뒤 따르는 ICRP 간행물<sup>4)</sup>)로 발간된다.

(4) 방사성물질이 존재하는 시설의 다양한 설계특성은 비상사태 발생 가능성과 비상사태가 일어난 경우 선량 크기에 영향을 준다. 수동적, 능동적 안전특성을 포함하는 설계대책은 합리적으로 예측 가능한 모든 사건을 고려하는 사전 안전평가에서 고려되어야 한다. 그러한 평가는 이 보고서의 범위에 있지 않다.

---

4) <역주> ICRP 111, “원자력사고 또는 방사선 비상사태 후 장기 오염구력에 거주하는 사람의 방호에 ICRP 권고의 적용”이란 주제로 2009년 발간되었다.



## 제 3 장

### 비상피폭상황에서 방호의 목적

(5) 비상피폭상황 사태에서 일차적 관심은 방사선량의 감축이나 방지이다. 그러나 잠재적 영향은 방사선 보건영향의 위험보다 범위가 넓다. 1986년 체르노빌 사고에서 보았듯이 사회적, 경제적 피해가 심각하고 장기간까지 지속될 것이다. 그러므로 비상대응의 목표는 이러한 광범한 잠재적 충격을 포괄해야 한다. 여러 국제기구들이 방사선 비상사태에 대한 비상대응의 현실적 목표를 다음과 같이 요약하고 있다.

- 목표1: 상황 관리의 회복.
- 목표2: 현장에서 영향의 완화나 방지.
- 목표3: 종사자 및 일반인에게 결정론적 보건영향 발생을 방지.
- 목표4: 방사선 상해의 응급 및 치료관리 제공.
- 목표5: 집단의 확률론적 보건영향 발생을 가능한 한 감축.
- 목표6: 집단과 개인의 방사선 외적 부정적 영향을 가능한 한 예방.
- 목표7: 환경과 재산을 가능한 한 방호.
- 목표8: 정상적 사회와 경제활동 재개 필요성을 가능한 한 고려.

ICRP는 대체로 이러한 목표에 동의한다. 이 보고서는 ICRP 조언이 이들 목표 달성에 어떻게 기여할 것인지를 설명한다.

(6) ICRP는 확률론적 보건영향의 위험과 심각한 결정론적 상해를 초래할 수 있는 피폭을 받은 개인의 위험 사이에 정성적인 차이가 있음을 인식한다. ICRP가 말하는 '심각한 결정론적 상해'는 방사선피폭에 직접 기인하고 본성적으로 비가역적이며 조기 사망이나 폐질환과 같이 개인 삶의 질을 심각하게 해치는 상해를 의미한다. ICRP는 비상피폭상황에서 심각한 결정론적 상해 발생을 막기 위한 모든 실행 가능한 노력을 해야 하며, 심각한 결정론적 상해 발생에 대한 방호계획은 확률론적 위험에 대비한 방호보다 우선해야 한다고 권고한다.

(7) 체르노빌이나 고이아니아 비상사태, 기타 과거 다년간 비상사태에 대한 대응의 교훈 분석 결과는 비상사태의 성질이나 정도가 달라도 비상대응에 관한 교훈은 매우 유사하다는 결론으로 귀결되었다. 이들 교훈은 다음과 같다.

- 여러 분야에서 비전문가(일반대중)와 의사결정자가 방호조치나 기타 조치를

이행한다.

- 일반인이나 의사결정자는 자신과 사랑하는 사람들이 안전하다는 것을 알기 원한다. 비용편익과 절감선량에만 근거한 이론적 설명은 이러한 염려를 도모하는 데 도움이 못된다.
- 비상사태가 진행되거나 발생한 후에는 소통이 어려워지기 때문에 확립된 방사선방호 원칙과 일치하는 기준을 이때에 수립할 수는 없다.
- 사전에 일반인이나 공무원이 이해할 수 있게 수립된 지침의 부족으로 방사선 외적(예: 경제적, 사회적, 심리학적) 영향이 방사선학적 영향보다 더 증대할 수 있다.

(8) 최적 대응을 위한 결정이 이루어질 수 있는 합의기틀을 준비하는 것이 중요하다. 그러한 합의기틀은 비상피폭상황 발생 후 요구되는 조치 중심이 아닌 전반적 방호전략을 대표해야 한다.<sup>5)</sup>

(9) 많은 유형의 비상피폭상황에 대해, 선량률은 사건 직후에 최대가 되고 시간에 따라 감소할 것이다(혹은 선량률을 에워싼 불확실성 정도는 이와 같은 가정이 방호 목적에서 신중함을 의미할 것이다). 이는 일부 방호조치(예: 옥내대피, 소개)가 효과적이기 위해서는 즉각적으로 취해질 필요가 있음을 의미한다. 그 이행을 위해 실시간으로 상세한 피폭평가를 수행할 시간이 없다. 따라서 그런 조치를 위해서는 사전에 내부적으로 조율된 한 세트의 기준을 정하고 그 기준에 근거하여 비상사태에서 조치를 개시할 적절한 방아쇠(쉽게 측정되는 양이나 관측 가능한 것으로 표현)를 도출하는 것이 필요하다.

(10) 시간 경과로 비상피폭상황이 전개됨에 따라 초기 방호수단을 공간적, 시간적으로 확장하는 것이 신중한 자세일 것이며 제염과 같은 다른 방호수단도 적절하게 될 것이다. 초기 방호수단들이 최고 위험에 처하는 사람들에게 대해 상당한 방호를 제공했을 것이므로 덜 긴급한 방호수단을 이행하는 결정에는 실제 상황을 감안하여 보다 신중히 전반적 방호전략의 최적화를 고려해야 한다. 그러므로 덜 긴급한 방호수단에 대해 사전에 정밀한 이행 기준을 규정하는 것은 적절하지 않을 수도 있다. 비상사태에서 그런 기준에 따라 이행될 방호조치들이 정당화되고 최적화될 절차는 적절하다면 사태가 발생한 때 대중이 쉽게 수용할 수 있도록 사전에 합의를 구해야 한다. 방호수단이나 기타 조치에 대한 과학적 기반 권고는 의사결정자가 이해하고 고

---

5) <역주> 비상사태 발생 후 이해당사자 사이에 합의를 구하기는 쉽지 않다. 역으로 정상 상황에서 최적화를 위해서는 유사한 합의기틀이 필요하기 때문에 비상대응조치에만 초점을 맞춘 합의기틀은 적절하지 않다.

려할 수 있도록 설명을 동반해야 하고, 또한 일반인에게도 이를 설명할 필요가 있다.

(11) ICRP는 이해당사자 참여의 특성이나 범위는 국가에 따라 다를 수 있음을 인정하지만, 이해당사자들과 유대관계가 비상피폭상황에서 방호전략의 정당화 및 최적화의 중요한 요소임을 밝힌다. 이와 관련하여, ICRP가 말하는 이해당사자는 많은 다른 유형의 사람과 조직을 포함하는데, 예를 들면 비상피폭상황에 영향을 받는 대중, 비상대응에 책임 있는 당국, 해당 있다면 비상피폭상황의 원인이 된 활동 혹은 시설의 운영자 및 이를 허가한 규제당국, 비상피폭상황 영향권 내 또는 인근의 지방 공무원, 초동대응자를 포함하는 긴급작업자 등이다. 비상피폭상황의 어떤 특정 측면에 관련된 이해당사자는 고려된 시설이나 상황의 유형, 해당 비상피폭상황의 규모, 그리고 비상피폭상황의 해당 시간 단계에 따라 다를 것이다.





## 제 4 장

### 긴급작업자의 방호

(12) 긴급작업자와 그들의 역할은 사전에 확인되어야 한다. 긴급작업자는 방사선작업자(등록자 및 허가취득자의 피고용인)와 정규 직무피폭을 받지 않는 경찰, 응급구조원, 소방관, 의료인을 포함할 것이다.

(13) 비상계획에서 확인된 모든 작업자는 그 비상임무를 수행하기에 충분한 훈련을 받아야 하여 필요한 이해동의 근거로 충분한 정보를 갖도록 하고, 그래서 그들의 방호에 기여할 수 있게 해야 한다. 또한 이들에게 개인방호장구가 지급되어야 하며 받은 방사선량을 평가할 수 있는 대책이 있어야 한다.

(14) 항상 그런 것은 아니지만 비상사태에 대응하여 비상계획을 이행하는 작업자의 피폭은 일반적으로 의도적이고 관리되는 것으로 볼 수 있으므로 다소의 유연성이 필요하다. 따라서 계획피폭상황에 부합하는 적절한 방사선 방호체계가 적용되어야 한다. 그렇지만 비상사태에서는 위험에 빠진 사람을 돕거나 많은 사람의 피폭을 막기 위한 때처럼 일부 작업자에게 계획피폭상황에서 선량한도보다 높은 피폭을 필요로 하는 긴급 방호조치를 취할 필요도 있을 수 있다. 그런 경우 이해동의를 바탕으로 일반적으로 적용되는 직무 선량한도를 초과하는 선량을 긴급작업자가 받는 것이 용인될 수 있다. 그래도 그런 선량은 최적화되어야 하며, 수행하는 유형의 임무에 적절하도록 사전에 설정된 선량 준위 이하여야 한다. 사전에 설정되는 지침 값은 방사선방호 전문가 조언과 함께 비상계획이 바탕을 두는 평가를 고려해야 한다.

(15) ICRP는 앞서 긴급작업자를 다음의 세 범주로 나누어 관리해야 한다고 조언한 바 있다 (ICRP, 1991).

- 범주 1: 사고 현장에서 긴급 조치에 종사하는 작업자
- 범주 2: 초기 방호조치를 수행하거나 일반인을 방호하는 조치를 취하는 작업자
- 범주 3: 중기 단계에서 복구작업을 수행하는 작업자.

방사선학적 공격에서 대응자 방호에 대한 추가 조언은 ICRP 96(2005)에 주었다.

(16) 범주 1과 범주 3 종사자와 관련한 ICRP 조언은 본질적으로 변하지 않았다. 범주 2의 작업자에 대해서, ICRP는 이제 가능하다면 방호가 계획피폭상황에 대한 은

전한 방호체계와 부합해야 한다고 권고한다. 이는 ICRP 63(1991)의 조언으로부터 약간 변경된 것인데, ICRP 63에서는 피폭이 '정상 조건에서 허용되는' 선량을 초과하지 않도록 피폭을 계획하는 데 초점을 맞췄다. 새 조언은 직무피폭 선량한도와 대등한 선량 참조준위 아래에서 방호의 최적화를 요구하는 것으로 생각할 수 있다. 범주 2의 작업자는 구급차 승무원, 의료인, 소개차량 운전자, 경찰관을 포함할 것으로 예상된다(소방관이나 구조대원도 범주 2에 해당하는 작업을 수행할 수 있겠지만 이들은 범주 1에 해당하는 작업도 수행할 것이다).<sup>6)</sup>

(17) 긴급작업자에 대한 훈련과 정보제공, 그리고 범주 1 종사자에 대해서는 그들이 위험을 자발적으로 택하는 것임을 확인함에 대한 ICRP의 조언은 ICRP 63에 설정된 대로이며 변함이 없다. 나아가 이제 ICRP는 임신을 선언했거나 모유수유 중인 여성은 1 mSv 이상의 선량이나 상당한 오염이 예상되는 비상 역할을 맡지 않아야 한다고 명시적으로 권고한다.

## 4.1. 참고문헌

ICRP, 1991. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency. ICRP Publication 63. Ann ICRP 22(4).

ICRP, 2005. Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. ICRP Publication 96. Ann. ICRP 35(1).

---

6) <역주> 제 15항에 따르면 범주는 종사자의 범주이지 임무의 범주가 아니다. 따라서 일의 범주인 것처럼 표현된 내용을 약간 수정했다.

## 제 5 장

### 비상피폭상황의 해설

(18) ICRP 103은 비상피폭상황을 “계획상황 운영 중 일어나거나 악의적 행위로 또는 기타 예상하지 못한 상황으로부터 발생할 수 있고, 바람직하지 않은 결과를 피하거나 감소시키기 위해 긴급조치가 요구되는 상황이다.”(ICRP 2007, 제176항)라고 정의했다. 비상피폭상황은 변동하는 상황을 ‘정상’ 상황 또는 적어도 안정적이고 용인 가능한 상황으로 돌리려 관리가 필요하다는 것으로 특징 지워진다. 비상피폭상황은 다음 특성 중 하나 이상에 의해 특징 지워진다. 그 특성은 현재 및 미래 피폭의 큰 불확실성, 빠르게 변하는 실제 피폭률, 잠재적으로 매우 높은 피폭(즉, 심각한 결정론적 보건영향을 초래할 가능성), 피폭원이나 방출에 대한 제어 상실이다. 비록 몇몇 유형의 사고에서는 비상피폭상황이 매우 짧을 수도 있지만(며칠 또는 몇 시간), 이들 특성의 하나 또는 모두가 대응을 상당 기간 동안 어떻게 관리할 것인지를 계속 지배할 것이다.

(19) 비상피폭상황은 서로 다른 장소에서 많은 유형의 초기사건에 의해 유발될 수 있다. 예를 들어, 발전소 현장, 방사성물질을 사용하는 의료시설, 천연 방사성물질을 처리하거나 방사능선원을 생산하는 산업현장, 상용이든 군사용이든 방사성물질을 운송하는 과정에서 비상사태가 발생할 수 있다. 방사성물질 사용은 규제되고 그래서 사전에 사태를 이해하고 계획할 수 있기 때문에 이러한 상황에 대해서는 잠재 사고의 구체적 특성에 맞춰 방호전략을 개발할 수 있다. 그런 계획에 요구되는 세부 수준은 해당 당국이 결정할 것이며 가능성이 희박한 사고보다는 가능성이 높은 사고에 대응계획이 더 상세하게 될 것이다.

(20) 공공 구역에 방사성물질 분산처럼 악의적으로 피폭이 발생할 수도 있고 ‘고아 선원’과 규제관리를 벗어난 방사성물질처럼 예기치 않은 지역에서 예고 없이 피폭이 발생할 수도 있다. 이때는 정확한 메카니즘과 피폭 위치를 사전에 알 수 없기 때문에 상세한 방호전략을 계획하는 것이 가능하지 않다. 그러나 이것이 대응계획과 함께 일반 방호전략 준비를 면제하지는 않는데, 이러한 일반 계획이 일어난 실제 상황에 적용할 수 있게 하기 위해서는 유연성을 포함하는 것이 무엇보다 중요하다. 이 보고서에서 전개되는 지침은 이런 유형의 비상사태에 적용할 수 있다. 악의적 사건에 대한 대응계획에 대한 추가 지침은 ICRP 96(2005a)에서 찾을 수 있다.

(21) 비상피폭상황에 대한 계획과 대응을 위해 국가 대응계획은 종종 시간과 관련된 여러 ‘단계’를 사용한다. ICRP는 비상사태의 여러 단계에서 국가마다 다른 접근법이 사용될 수 있음을 인식하며 비상피폭상황에 대해 이 보고서에 제시된 권고는 국가가 채택한 어떤 접근법에도 채택될 수 있을 것으로 생각한다.

(22) 비상계획과 의사결정에서 정당화 및 최적화에 사용하도록 다음과 같은 한 세트의 선량 개념을 정의할 필요가 있다.

- ‘전망선량’: 계획된 방호수단을 취하지 않을 때 받을 것으로 예상되는 선량.
- ‘잔여선량’: 전망선량에서 총 회피선량을 제한 선량<sup>7)</sup> 계획된 방호전략 이행 후 받거나 측정 또는 평가될 것으로 예상되는 선량.
- ‘회피선량’: 계획된 방호조치 이행을 통해 회피가 예상되는 선량. 일반적으로 회피선량은 개별 방호조치 이행으로 인한 효과를 의미하지만, 명시한다면 여러 방호조치 이행으로 회피할 수 있는 선량을 의미할 수도 있다.

비상대응 계획에서 이러한 선량 각각의 역할은 아래에서 논의 한다.

## 5.1. 전망선량

(23) 전망선량은 방호조치가 없을 때 비상피폭상황의 결과로 발생이 예상되는 개인 유효선량(또는 등가선량)이다. 전망선량은 대표인에 대해 계산해야 한다.<sup>8)</sup> 일반적으로 전망선량은 인구집단을 대표하는 것일 것이지만 개인들이 심각한 결정론적 상해의 문턱선량 이상으로 피폭할 위험이 있다면 대표인이 가장 높은 피폭 가능성<sup>9)</sup>이 있는 활동을 하는 것으로 가정 할 수 있다. 전망선량은 비상대응계획에서 다음과 같은 목적을 위해 여러 가지 방법으로 사용될 것이다.

- 적절한 참조준위와 전망선량을 비교하여 요구되는 대응계획의 범위에 대한

7) <역주> 원문에는 잔여선량이 전망선량에서 회피선량을 제한 선량과 같다고 표현했으나 수정했다. ICRP 103에서 개입 개념을 수정하면서 기존피폭상황이나 비상피폭상황에 대해서도 계획피폭상황과 동일한 방호체계를 채택함으로써 최적화가 개별 방호조치의 회피선량을 기준으로 판단되는 것이 아니라 전체적 방호전략(여러 방호조치가 내포될 수 있다.) 이행 후 잔여선량을 기준으로 판단하는 체계로 전환되었다. 즉, 잔여선량은 개별 방호조치에 대해 정의하지 않는다. 이에 반해 아래 ‘회피선량’ 정의는 여전히 개별 방호조치 효과 또는 전체 방호전략의 이행의 효과로 표현된다. 그러므로 전망선량과 잔여선량 관계를 굳이 표현하자면 ‘잔여선량=전망선량-총 회피선량’이 적합하다.

8) <역주> 대상이 일반인일 때는 대표인에 대해 평가한다. 그러나 대상이 긴급작업 종사자일 때는 ‘대표인’ 개념은 해당되지 않으며 긴급작업 종사자 해당 개인이 된다.

9) <역주> 원문은 잠재피폭potential exposure라는 용어를 사용했으나 잠재피폭이란 실제로 일어나는 피폭이 아니라 사고 등으로 인한 리스크 개념을 표현하는 것이므로 적절하지 않아 ‘피폭 가능성’으로 수정했다. 원문을 바르게 표현하자면 ‘exposure potential’이 옳다.

초기 지표를 제공.

- 비상대응계획 과정에서 필요한 방호수단의 유형과 시급성에 대한 정보를 제공하기 위해 지배적 피폭경로 및 선량의 있음직한 시간 변화를 결정.
- 심각한 결정론적 상해의 문턱선량과 비교.

모든 경우, 전망선량 계산에 사용하는 가정은 비교준위<sup>10)</sup>의 기저 가정과 부합해야 하는 점이 중요하다.

## 5.2. 잔여선량

(24) 잔여선량은 최적 방호전략 이행 후 남는 모든 피폭경로로부터의 유효선량<sup>11)</sup>이다. 잔여선량은 방호전략 평가나 선택에서 해당 참조준위와 비교하는 양이다. 이는 비상대응계획 동안 피폭 평가(예: 전망선량과 개별 방호수단이나 그 조합의 이행에 의한 회피선량의 차이로서)하거나, 비상피폭상황이 일어난 후 실제선량을 계산하거나 측정하여 평가 될 수 있다. 잔여선량은 가능한 현실적으로 계산해야 한다.

(25) 비상계획은 특정 개인이 아닌 인구집단의 방호를 위해 개발되기 때문에 계획에서 잔여선량은 '대표인' 세트의 각각에 대한 선량으로 도출된다. 대표인을 정하는 지침은 ICRP 101(2006)에서 제공했다. 원칙적으로 비상사태 동안 피폭할 수 있는 집단을 피폭이나 위협의 관점에서 비교적 동질 그룹으로 나누고 각 그룹에서 대표인을 정해야 한다.

(26) 일단 비상피폭상황이 발생하면, 피폭했거나 피폭할 수 있는 개인들에 대하여 잔여선량을 평가해야 한다. 합리적으로 가능하다면 실제 개인의 피폭 평가에 근거하여 잔여선량을 구해야 한다. 이것이 합리적으로 가능하지 않다면 보다 직접적으로 실제 피폭자 그룹을 특성화하여 대표인 피폭에 대한 계산이 보다 정확해지도록 노력해야 한다. 비상피폭상황이 시간에 따라 진전되면 실제 개인선량 평가를 위해 더 노력해야 한다.

(27) 여건에서 선량이 방사선학적, 사회학적으로 용인할 수 있는지 탐색해야 하므로 개인선량 평가는 비상대응 계획 수립에서 중요하다. 특히, 개인선량 평가는 비상대응계획에 대한 ICRP 접근의 기본이며, 제3장에서 나열한 목표 3, 5, 6, 7, 8의 달성을 지원한다. 잔여선량은 적절한 기간에 대해 계산되어야 한다. 선량을 1년 미만에

10) <역주> 정의되지 않은 '비교준위'라는 용어를 사용하고 있지만 여기서는 '참조준위'로 보아 무방하다.

11) <역주> 필요에 따라서는 등가선량을 적용할 수도 있다.

받을 것 같은 비상피폭상황에서는 계산하여 참조준위와 비교할 잔여선량은 그 비상 피폭상황의 결과로서 받을 총 선량이어야 한다. 선량이 1년 이상의 기간 동안 받을 것으로 보는 사고에서는 계산하여 참조준위와 비교할 잔여선량은 1년 동안 받는 외부선량과 같은 1년 동안 섭취로 받은 예탁유효선량의 합이어야 한다. 피해는 크지만 확률이 낮은 비상사태를 제외하고, 잔여선량이 적절한 참조준위를 초과하는 경우에는 추가적인 방호수단을 계획하여 잔여선량이 참조준위보다 낮게 할 것을 ICRP는 권고한다. 방호수단 이행이 실제 대응동안 고려될 때는 참조준위와 비교를 위해 계산되는 잔여선량은 이미 받은 선량, 방사성핵종 흡입이나 취식을 통한 예탁 유효선량 및 향후 받을 것으로 예상되는 선량을 포함해야 한다(제8장 참조).

(28) 제약된 최적화 과정은 방사선학적, 사회학적으로 용인되는 적절한 참조준위 아래의 잔여선량을 낼 것인데, 이는 선량과 관계된 방사선 보건위험보다 광범위한 쟁점들이 최적화 과정에 개입되기 때문이다. 최적화 과정은 피해지역에서 계속 살고 일하는 사람들, 방문자 그리고 그 지역의 산물을 구매하는 사람들의 인식과 뜻을 고려해야한다. 장기적으로 용인할 수 있는 선량은 실제로 받은 선량의 영향을 받을 것이다. 그런 까닭에 최적 방호전략의 목표가 되어야 하는 선량은 일반적으로 완전한 1년의 잔여선량(이미 받은 선량과 남은 기간 예정 선량의 합)이다. 최적화된 결과는 피해를 입는 사람들을 지원하기 위해 취하는 방사선 외적 다른 수단(예를 들면 보상 대책, 보건감시, 사회기반, 경제적 지원과 같은)의 영향을 받을 수도 있다. 그러므로 방호전략의 계획에서 잠재적으로 영향을 받는 이해당사자들을 관여시키고, 가능한 이들과 함께 잔여선량을 포함한 전반적 결과의 용인할 수 있는 범위를 탐색하는 것이 중요하다. 비상대응계획에서 제약된 최적화 과정은 제7장에서 더 상세히 논의한다.

### 5.3. 회피선량

(29) 회피선량은 적절한 대표인의 선량(일반적으로 유효선량 또는 등가선량으로 표현)으로서 개별 방호수단 또는 이들의 조합의 이행으로 회피할 것으로 예상되는 선량이다. 회피선량은 방호방안의 이행으로 얻는 방사선학적 편익의 한 척도이므로 회피선량 개념은 비상대응계획 최적화의 중요 성분이다.

(30) 전 대응전략은 소개, 우유 제한 등과 같은 개별 방호수단의 한 세트에 구성된다. 많은 방호수단들이 해당된다면 단일 과정으로서 전 방호전략의 최적화는 복잡할 것이다. 비상계획 수립자를 돕기 위해 ICRP는 개별 방호방안에 대한 회피선량의 개입준위 설정에 대한 지침을 발간한 바 있다(ICRP 1991a,b, 2005). 이 간행물들

은 비상대응계획의 개별 방호수단 최적화에 도움을 주기 위한 것이다. 개입준위란 그 이상에서는 어떤 조치가 정당화되고 그 미만에서는 조치가 요구되지 않는 준위로 이해되어 왔음을 강조할 필요가 있다. 이 개념은 더 이상 옳지 않다. 따라서 위에서 말한 개입준위를 ‘방아쇠trigger’로 부르는 것이 마땅한데, 이는 특정 방호수단을 다수 방호수단으로 구성되는 통합방호전략에 포함 여부 관점에서 회피선량으로 그 방호수단의 효력을 표현한다.

## 5.4. 참고문헌

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, 2005. Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. ICRP Publication 96. Ann. ICRP 35(1).

ICRP, 2006. Assessing dose of the representative person for the purpose of radiation protection of the public. ICRP Publication 101. Ann. ICRP 36(2).

ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).





## 제 6 장

# 비상피폭상황에 ICRP 방호체계 적용

(31) ICRP 2007년 권고(ICRP, 2007)는 비상피폭상황에 적용에서 정당화 및 최적화 원칙과 심각한 결정론적 상해에 대한 방호요건을 다시금 말하고 있다.

- 정당화 원칙: 방사선 피폭 상황의 변화를 초래하는 모든 결정은 해로움보다 이로우미 커야 한다. 이는 조치를 취함에 조치가 초래하는 위해를 상쇄하기에 충분한 개인적, 사회적 이익을 달성해야 함을 의미한다.
- 방호최적화 원칙: 피폭발생 가능성, 피폭자 수 및 개인선량의 크기는 경제적, 사회적 인자를 고려해 합리적으로 달성 할 수 있는 한 낮게 유지해야 한다. 이것은 방호수준이 위해를 증가하는 이익의 여분을 극대화함으로써 여건에서 최선이여야 함을 의미한다. 이러한 최적화 절차에서 심각하게 불평등한 결과를 방지하기 위해 특정 선원으로부터 개인의 선량이나 위험에 대한 제한이 있어야 한다. 비상피폭상황 맥락에서 이 제한은 참조준위이다.
- 심각한 결정론적 상해에 대한 방호 요건: 심각한 결정론적 상해의 선량 문턱을 초과할 수 있는 상황은 항상 조치를 요구한다.

(32) 비상피폭상황에서 피폭원은 본질적으로 제어되지 않으며 규모는 넓은 범위에 걸칠 것이다. 그러므로 사전 설정된 선량준위 아래로 피폭을 유지하는 것이 비현실적이거나, 그 유지를 위해서는 비상대응이 해당 위험을 크게 초과하는 자원의 사용을 요구할 수 있다. 그래서 피폭관리는 보다 확고한 선량한도 개념이 아니라 제약된 최적화 개념에 따라야 한다고 ICRP는 권고한다.

(33) 피폭은 비상사태가 인지되기 전부터 발생할 수도 있다(예: 은밀한 악의적 행동이나 고아선원 물질이 상품에 부주의하게 혼입된 경우). 비상상황이 인지된 후에도 피폭을 감축하거나 방지하기 위해 합리적으로 계획할 수 있는 현실적 방호수단이 없을 수도 있다(예: 임계사고에서 근접한 사람들의 초기피폭). 나아가 일부 비상 시나리오의 일어날 가능성이 너무 낮아 방호조치를 상세히 계획하는 데 자원사용이 용인 가능하지 않을 수도 있다. 비상피폭상황에 대한 방호전략 계획에 대한 ICRP 조언은 계획수립이 합리적인 피폭과 방호대응의 측면에만 적용을 도모한다. 비상대응계획을 개발함이 적합한 비상 시나리오를 확인하거나 적합한 참조준위 아래에서 피폭을 최적화하는 방호조치를 계획하는 것이 불합리한 시나리오 측면을 확인할 규

제 기틀을 수립하는 것은 국가 당국의 역할이다. 아래에서 정당화 및 최적화 원칙에 대해 상세히 논의 한다.

## 6.1. 정당화

(34) 방호전략은 가능하면 영향권의 사람들이 피폭할 수 있는 모든 피폭경로를 겨냥 설계된 일련의 구체적 방호수단들로 구성된다. 이 개념은 이전의 ICRP 권고로부터 진전된 것인데, 이전 개념은 개별 방호수단에 대한 개별적이고 독립적인 정당화와 최적화로 충분하다고 보았다. 이제 ICRP는 계획수립에서 취할 조치의 최적 과정을 결정할 때 모든 피폭경로와 모든 해당 방호조치를 동시에 고려함으로써 보다 완전한 방호를 제공할 것으로 생각한다. 더 공고한 말로는 방호수단 적용의 정당화를 판단할 때 방호수단들 한 별의 전체적 ‘편익’과 ‘손해’를 평가해야 함을 의미한다. 하나의 방호전략이 해로움보다 큰 이로움을 가져올 때 그 방호전략의 이행이 정당화될 것이다. 많은 경우, 일련의 정당화된 개별 방호조치의 이로움이나 해로움의 합이 순 이득을 낼 것이다. 그러나 어떤 경우, 특히 대규모 사고와 같은 경우는 개별 방호수단이 순 이득을 내지만 상당한 사회적 교란을 초래하는 여러 방호수단들의 추가는 방호전략의 총합적 이익이 음(-)이 될 수 있다. 따라서 개별 방호조치가 자체로 정당화되어야 하는 한 편, 전 방호전략도 해로움보다 큰 이로움을 이끌어 정당화되어야 한다.

(35) 비상피폭상황 전개에 따라, 여건이 비상계획을 마련하거나 준비할 때 고려한 범위를 넘어서 변화할 수 있다. 그래서 방호전략도 변화해야 한다. 이러한 변화를 고려하여 ‘새로운’ 방호전략도 정당화되어야 한다. ‘실시간’ 정당화에 주어질 상세 수준은 닥친 상황의 긴급성에 따르겠지만, 긴급 방호조치를 제외하고는 제안된 조치에 대해 신중히 정당화하고 나아가 후속 최적화도 수행해야 할 것으로 예상된다. 정당화 재고 필요성은 원본 계획에 필요한 변화의 정도에 근거한 판단적 결정일 것이다.

(36) 정당화 과정에 할당되는 자원은 여러 요인에 따라 달라질 것이다. 가장 중요한 요인 중 둘은 비상피폭상황이 발생한 때 있을 것 같은 보건영향의 본질과 그러한 피폭상황이 발생할 때까지 방호수단 요구를 ‘연기할’ 수 있는 정도(즉, 계획된 대응이 ‘서면’ 계획과 훈련에 크게 의존할 수 있는지 아니면 사전에 예를 들면 경보시스템과 같은 특별한 장비를 구매하고 설치해야 하는지)이다. 또한 방호수단 이행 실현성이 어떤 조치를 방호전략에 포함해야 하는 여부를 결정하게 됨을 ICRP는 인지한다.

## 6.2. 최적화와 참조준위의 역할

(37) 방호전략을 최적화할 때, “여건에서 최선을 다했는지, 선량을 줄이기 위해 합리적인 모든 것을 다했는지”(ICRP 2007, 제217항)하는 질문과 함께 잔여선량을 감축하기 위해 모든 측면과 방호수단을 고려할 필요가 있다. 이 접근은 비상피폭상황에 따른 모든 피폭경로로부터 개인피폭(즉, 잔여선량)이 계획하는 여건이나 방호에 필요하여 할당하는 예상 자원의 맥락에서 용인할 수 있는 것으로 판단될 수 있도록 방호를 최적화하는 노력에 집중한다. 이 새로운 접근은 방호전략에 포함되는 모든 방호수단을 동시에 최적화함을 의미하는데, 필요하다면 이들 방호수단들은 여건을 적절히 겨냥 단계적으로 이행될 수 있다.

(38) 새로운 접근은 운영 복잡성을 상대적으로 증가시키지만 어떤 비상피폭상황을 겨냥 ‘최선’ 방호를 설계하는 데 상당한 유연성을 제공한다. 그 이유는 한편으로 하나의 방호수단이 다른 수단에 미치는 영향을 고려할 수 있게 하고, 다른 한편으로는 개별 방호수단에 동등한 관심을 둘 필요성을 의미하는 것이 아니라 최대 순 이득을 달성할 것으로 예상되는 방호수단으로 자원을 집중하도록 하기 때문이다. 따로 최적화된 모든 개별 방호수단의 이득과 손해의 합은 양(+)이 아닐 수도 있다. 역시 그 이유도 큰 사회적 혼란을 수반하는 여러 개별 방호수단의 영향이 조합되어 전체적으로 사회에 너무 큰 혼란을 가져올 수 있기 때문이다. 최적화된 방호전략은 분리하여 고려하면 최적이지 아닌 방호수단들도 포함 할 수 있다.

(39) ICRP는 대응이 최적화될 뿐만 아니라 개인피폭의 불평등을 방지하기 위해 참조준위 아래에서 제약된 최적화 개념을 도입했다. 참조준위는 그 이상에서는 피폭이 발생하도록 계획하는 것이 일반적으로 용납할 수 없고 그 아래에서는 합리적으로 낮게 하도록 노력하는 선량 준위로 정의된다. 선량 준위는 확인된 집단의 대표인에 대해 평가한 것을 적용한다.

(40) 계획에서는 특정 인구집단에 대해 그리고 전반적 대응에 대해 방호를 최적화하는 것이 필요하다. 이 고려를 그림6.1에 나타내었다. 그림에서 세로선은 계획에서 고려한 모든 인구집단의 대표인에 대한 잔여선량의 분산을 의미하며, 막대는 그러한 잔여선량의 평균을 의미한다. 이 경우 방안 B만 용인 가능하며, 방안 A, C는 참조준위를 초과한 대표인 선량을 낸다.

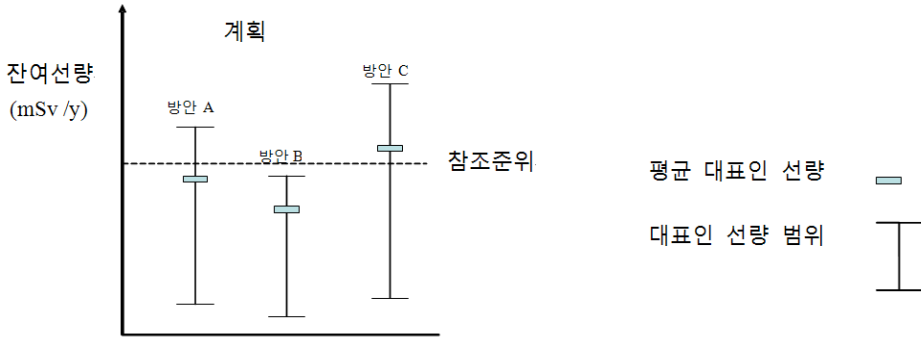


그림 6.1. 여러 인구집단에 대한 방호조치 계획에서 선량 참조준위의 적용: 방안 A와 C는 용인되지 않는다.

(41) 계획에서 전반적 방호전략을 최적화하기 위해서는 지배적 피폭경로, 선량 성분을 받는 시간적도 및 개별 방호수단의 잠재적 효과를 확인하는 것이 필요하다. 지배적 피폭경로에 대한 지식은 고려할 방호수단의 유형과 자원 할당에 대한 결정을 안내할 것이다. 방호수단들에 할당되는 자원은 예상 이득에 상응해야 하는데 이득의 중요 성분은 회피선량이다. 피폭을 받는 시간적도에 대한 지식은 일단 비상피폭상황이 인지된 때 방호방안을 조직하는 데 가용한 선행시간 결정에 정보가 될 것이다. 효과에는 선량 효과뿐만 아니라 광범한 사회 경제적 영향이 포함되기 때문에 개별 방호수단의 효력을 평가하는 것은 복잡하게 할 수 있다.

(42) 계획에서 전반적 전략의 최적화는 이해당사자가 관여하는 반복적 과정인데, 이때 제안된 방호수단들을 개별적으로 최적화하고 그들이 전반적 전략에 기여도를 평가하고 최적화해야 한다. 비상사태의 상세한 상황을 사전에 알 수 없으므로 계획에서 최적화는 견고할 필요가 있다. 비상사태가 인지되었을 때는 적절한 방호전략이 이행되어야 한다. 일단 긴급한 수단들이 이행되고 나면, 반복적 상세 최적화에서는 정확한 상황과 실제 이해당사자를 고려할 수 있다. 따라서 제약된 최적화 과정은 개별 수단과 전반적 전략에 대해서, 그리고 이해당사자 및 시간에 대해서 반복성이 된다. 각 단계에서, 전반적 방호전략으로부터 예상되는 잔여선량은 최적 결과를 보장하도록 적절한 참조준위 뿐만 아니라 이행된 방호전략의 효력을 측정하기 위해 계획된 잔여선량과 비교해야 한다.

(43) 그림 6.2는 일단 비상상황이 발생한 때 참조준위 적용을 설명한다. 비상상황

과 대응이 진전됨에 따라 예상 잔여선량에 대한 정기적 검토 및 이에 따른 대응 재 최적화는 시간 경과에 따라 예상 잔여선량을 점진적으로 낮추게 될 것이다. 예상 잔여선량 검토에서 일부 인구그룹의 선량이 참조준위를 초과함을 보일 수도 있다. 이 경우, 어떤 방호전략의 재최적화는 이들의 선량을 감축할 수 있는지 탐색하기 위해 그 그룹에 초점을 맞추어야 한다. 그러나 충분히 최적화된 대응은 그림 6.2의 두 번째 선이 보이는 것처럼 약간이 참조준위 이상인 선량분포를 낼 것이다.

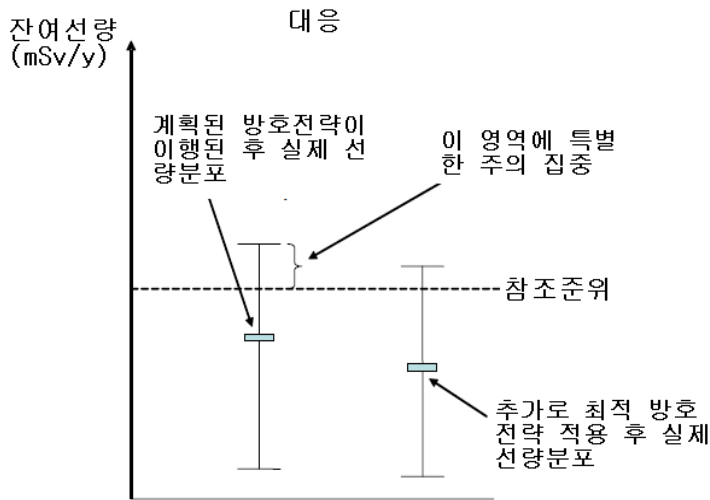


그림 6.2. 계획된 방호전략 이행 후 실제 선량분포(좌)와 최적화 진행에 따른 실제 선량분포(우).

### 6.3. 참고문헌

ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).

# 제 7 장

## 비상피폭상황의 대비

### 7.1. 계획 과정

#### 7.1.1. 대응계획 준비

(44) 비상대응을 계획하는 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 사전 계획 없는 비상대응은 효과적일 수 없다. 비상대응계획 수립에는 대응이 요구되는 비상상황의 다양한 유형들의 범위 확인, 이해당사자 동참, 적절한 개별 방호수단의 선택 및 전반적 방호전략 개발, 기관들의 책임 영역 합의, 기관들의 상호작용 및 소통 방법, 감시에 필요한 장비의 배치, 방호수단 이행 지원, 위험에 처한 사람들과 소통, 그리고 계획의 교육 및 훈련이 관련될 필요가 있다.<sup>12)</sup>

(45) ICRP는 리스크 평가에서 확인된 비상피폭상황 유형에 대해 계획을 준비할 것을 권고한다.<sup>13)</sup> 이러한 유형에는 원자력사고(국내외에서 발생), 운송사고, 산업현장이나 병원에서 선원 관련 사고, 방사성물질의 악의적 사용 등이 포함된다. 계획의 상세 수준은 처한 위협 수준<sup>14)</sup>과 비상 상태가 사전에 결정될 수 있는 정도에 따라 다르다. 그러나 개요 일반계획도 관련 당사자들의 책임, 대응에서 이들은 물론 국제

---

12) <역주> 비상계획emergency plan, 비상대응emergency response, 비상준비emergency preparedness, 비상계획 수립emergency planning를 구분하는 것이 다소 모호하다. 역자의 생각으로는 비상계획 또는 대응계획은 서면 계획 즉, 비상계획서이다. 비상계획 수립은 그러한 계획서를 작성하는 과정이 되겠다. 비상준비는 계획의 집행에 필요한 체계를 갖추고 유지하는 것으로 이해된다. 마지막으로 비상대응은 실제 비상사태가 발생한 때 취하는 모든 조치와 활동이다. 그러나 이와 같은 분별이 언제나 그렇지는 않은 것 같다. 이 항에서도 계획수립이 계획의 교육과 훈련에 관계해야 한다는 표현을 사용하고 있는데 역자 생각은 교육과 훈련은 계획의 일부가 아니라 비상준비의 일부로 보는 것이 적절하다. 개념의 폭이 넓은 용어들을 다루므로 사람마다 견해가 다를 수 있으므로 보다 명확한 공식 정의가 필요한 부분이다.

13) <역주> 이 표현은 오해의 소지가 있다. 리스크 평가는 사전에(예: 설계단계) 이루어지는 것이고 비상피폭상황은 실제로 일어난 사고이다. 따라서 리스크 평가에서 비상피폭상황이 확인된다는 표현은 마차가 말 앞에 선 꼴이다. 아직 일어나지 않은 사태는 잠재피폭일 뿐이다. 실제로 사고가 일어나야 비로소 비상피폭상황이 전개되는 것이다. 즉, 리스크 평가는 잠재피폭을 확인하는 것이지 비상피폭상황을 확인하는 것이 아니다.

14) 평가된 위협수준은 사건의 발생 확률과 발생한 경우 영향 모두를 고려한다.

간 소통과 조율 방법, 그리고 의사결정을 안내할 기틀을 보여야 한다. 세부계획은 확인된 시나리오에 대한 방호전략을 기술해야 하며, 신속한 의사결정을 돕기 위한 방아쇠를 제공해야 한다.

(46) 세부 대응계획은 실시간으로 대응을 개발할 시간이 거의 없고 전반적 상황, 피폭 현황이나 예상 진행의 불확실성이 가장 큰 때인 초기 대응에 가장 비중을 둘 것이다. 그러나 초기단계에 취해진 모든 조치(혹은 무조치)는 후속 단계에서 무엇을 할 수 있는지, 혹은 무엇이 필요한지에 영향을 미칠 것이다. 나아가 비상피폭상황의 후속 특성은 예를 들면 광범한 감시 필요성에 관해 만약 계획에서 대응전략이 이를 적절히 겨누지 않았다면 사태에 효과적으로 대응하는 것이 가능하지 않게 할 수도 있음을 의미한다. 비상피폭상황에 대한 최적 방호전략은 해당 기간 동안 매우 광범한 이슈를 겨냥해야 한다. 이 때문에 비상피폭상황에 대한 ICRP 참조준위는 따로 정하지 않는다면 1년 동안 받거나 예탁된<sup>15)</sup> 잔여선량에 적용된다(제27항). 최대 잔여선량이 참조준위 미만이고 합리적 범위에서 낮도록 겨냥하여 계획된 방호전략을 최적화하는 데는 모든 단계(또는 대형 사건에서는 적어도 초기와 중기 단계까지)에 걸친 대응을 고려할 것을 요구한다. 그러므로 긴급 방호전략은 모든 기간 동안 대응을 겨냥해야 한다. 후속 대응조치에서는 구체적 대응을 계획하기보다 해당 시점에서 실제 상황을 고려하여 구체전략을 개발할 골격과 함께 방호전략 윤곽이 필요할 것이다. 후기를 위한 계획의 형태는 다를 수도 있고 때로는 기존피폭상황에 대한 계획의 일부처럼 수립될 수도 있겠지만, 이 계획수립이 완전한 1년 동안 잔여선량이 참조준위를 초과하지 않을 것이라는 확신을 줄 수 있도록 수행됨은 중요하다.

(47) 비상피폭상황이 발생한 후 시간이 지나고 긴급 조치 요구가 줄어들어 없다면 후속 조치를 계획할 필요가 있을 것이다. 그래서 방호수단을 선정하고 정당화하여 최적화하고, 이행하거나 조정하고 종결하는 데는 해당 경험을 계속 반영할 필요가 있을 것이다. 비상계획 운용자는 적절한 하나의 방호수단 세트를 찾고 적절한 세부 수준까지 그 이행을 계획할 것이다.

## 7.1.2. 심각한 결정론적 상해를 방지하기 위한 방호수단

(48) 비상피폭상황에서 핵심 관심사는 모든 피폭경로로부터 개인의 피폭을 심각한

---

15) <역주> ‘예탁선량’으로 표현하지 않았기 때문에 방사능 섭취 후 내부피폭 선량 적분 기간을 반드시 50년(아동의 경우 70세까지)으로 할 필요는 없어 보이며 따라서 1년 동안 적분함이 가능할 것이다. 특히 비상피폭상황에서 피폭은 섭취 수준이 높기 때문에 관행적 시간적분은 과잉방호를 초래할 수도 있다.



결정론적 보건영향 문턱 아래로 유지하는 것이다(ICRP 1991a,b). 비상 사건에서 몇몇 개인은 선량이 높아 즉각적 의료조치가 없다면 건강에 심각하고 돌이킬 수 없는 상해를 초래할 피폭을 받을 수도 있다. ICRP는 이러한 상해를 개인 건강에 심각하지 않은 영향을 미치거나 회복할 수 있는 결정론적 조직반응과 구별하기 위해 ‘심각한 결정론적 상해’라 부른다. 비상피폭상황에서 심각한 결정론적 상해를 입을 위험이 있는 사람들의 방호를 위해서는 실행 가능한 방호수단은 언제나 계획되어야 한다고 ICRP는 계속 조언한다. 다음 문항들에서 이를 달성하기 위한 기틀에 대한 추가 조언을 제공한다.

(49) 이 기틀 개발에서, ICRP는 비상사태 방호를 계획하는 것과 의도되지 않은 사건(고아선원)이나 악의적 소행에 대한 방호를 계획하는 것 사이에는 정성적인 차이가 있음을 인지한다. 사건이 계획피폭상황을 와해시키면 사고가 된다. 그러므로 사고가 발생한 때 받는 선량을 완화하기 위해 계획된 활동에 추가적인 안전 예방책을 설계하는 것이 가능하다. 악의적 소행일 경우에는 이행될 방호수단을 의도적으로 우회하도록 계획하기 때문에 그러한 예방책 설계가 분명히 가능하지는 않다. ICRP는 사고와 관련된 방호를 위한 기틀은 두 단계로 구성된다고 보는데, 하나는 어떤 사고 이전이고 다른 하나는 사고가 발생한 경우이다. 악의적인 행위에 대한 방호를 위해 권고된 기틀도 특별한 위험이 있는 것으로 판단되는 특정 위치나 활동에 대해 ‘사전’ 단계를 포함할 수 있지만, 일반적으로는 대응 국면에 초점을 맞출 것이다.

(50) ICRP는 설정 비상상황을 검토하여 그것이 심각한 결정론적 상해를 초래할 피폭을 가져올지 여부를 결정해야 한다고 권고한다. 만약 그런 피폭이 가능하다고 생각되면, 비상피폭상황이 발생한 때 피폭을 줄이기 위해 사전에 이행할 수 있는 모든 방호방안을 고려해야 한다. 그런 방안은 특정 여건에 의존할 것이며 다음을 포함할 수 있다.

- 공학기술(예: 추가 차폐, 격납, 여과, 인터록, 경보시스템, 저장 핵분열성물질의 이격)
- 절차(예: 특정 구역 출입자 제한, 개인방호장비 사용 요건)
- 훈련(예: 경보 인지와 대응, 발전소나 장비 운영에 대한 적정 자격과 경험)

ICRP는 특정 논거가 반대로 입증하지 않는다면 모든 방안들이 정당화되었고 따라서 이행되는 것으로 본다. 방안이 정당화되지 않을 것으로 보는 이유들은 다음을 포함한다.

- 부당할 정도로 정상 활동 교란
- 운영에 비합리적 경제부담을 부과
- 방안의 이행이 방안이 방호하도록 설계된 것보다 큰 위험을 도입

- 위험이나 노력이 더 작으면서 같거나 그 이상의 방호를 제공하는 다른 방호방안의 존재.

그러나 가능한 최대 방호가 이루어지도록 모든 방안을 명백하게 고려하는 것이 중요하다.

(51) 다음 단계는 비상피폭상황에서 심각한 결정론적 상해의 위험에 처하는 사람들을 위한 특정 방호를 제공하는 방호전략의 준비이다. 이렇게 높은 위험에 처하는 사람의 방호는 자원과 집중 관점에서 다른 사람들 방호보다 우선해야 한다. 그러므로 전반적 대응의 이 부분은 피폭 위험이 낮은 사람들의 방호와 분리해야 한다. 비상계획에서 위험이 낮은 사람 방호를 위해 개발된 어떤 것이 심각한 결정론적 상해가 일어날 수 있는 피폭을 받을 위험이 있는 사람들의 방호를 저해해서는 안 된다. 심각한 결정론적 상해 위험이 있는 사람들을 위한 대응계획은 피폭을 줄이는 구체적인 수단을 포함할 뿐만 아니라 높은 위험에 처했을 것 같은 사람을 신속하게 확인하기 위한 절차도 포함해야 한다. 그래야 이들에게 상세 평가를 통해 신속한 의료처치를 받을 수 있다. 이것을 달성하는 한 가지 방법은 특히 높은 위험 구역에 있는 사람들을 다른 사람들과 별도로 인원점검하여 이들에게 적절한 우선권을 주어야 한다.

(52) 악의적 소행에 대한 방호를 계획할 때는 사건의 사전 방호 이행은 가능하지 않을 것이다. 하지만 특별한 위험 지역이나 활동에 대해서는 그런 소행으로 초래될 수 있는 피폭을 줄이기 위해 실행 가능한 방안의 이행을 고려해야 한다고 ICRP는 권고한다. 악의적 소행에 대한 대응을 계획할 때는 심각한 결정론적 상해를 초래할 피폭의 잠재성을 신속히 평가할 수 있는 절차를 개발해야 한다. 이런 잠재성이 있다고 판단되면 비상계획은 그런 수준 피폭을 받은 사람들을 식별하는 절차, 피폭 평가 및 적절한 치료 지침, 그러한 사람들이 필요한 시간에 치료를 받을 수 있는 실질적 계획을 제공해야 한다.

### 7.1.3. 이해당사자 동참(포함대상)

(53) 이해당사자 참여의 특질과 정도는 국가마다 다를 수 있음을 알지만, ICRP는 이해당사자 동참이 비상피폭상황에서 방호전략을 정당화하고 최적화하는 데 중요한 요소라고 제안한다.

(54) 계획하는 동안, 실행할 수 있는 범위에서 기타 당국, 대응인력, 주민 등을 포함하는 해당 이해당사자와 계획에 대해 논의하는 것이 요긴하다. 그렇지 않으면 대응

에서 계획을 효과적으로 이행하는 것이 어려울 것이다. 전반적 방호전략과 그 성분인 개별 방호수단은 잠재적으로 피폭하거나 피해를 받을 모든 당사자와 함께 점검하여 비상피폭상황에서 그것이 최적 대응이라고 설득시키는 데 시간과 자원을 소비하지 않도록 해야 한다. 그런 협의는 비상계획이 비상피폭상황 초기에 가장 큰 위험에 처하는 사람들의 방호에만 집중하지 않도록 도울 것이다.

(55) 이해당사자는 비상사태가 발생한 국가의 피해 집단에만 한정되지 않는다. 대규모 비상사태에서는 국제적으로 영향이 미친다. 이런 영향은 오염될 수도 있는 품목의 생산과 거래에 따른 국제 교역 문제, 다른 나라의 방호조치에 대한 이해 필요 및 국경을 사이에 둔 대응의 조화 필요, 피해국가에서 자국민의 안전을 확인하고 국경을 건너오는 자국민을 적절히 다룰 당국의 필요 등으로부터 온다. 특히 비상사태에서 영향 받을 수 있는 국가들의 당국 사이에 효율적 국제소통을 보장하는 것이 국가당국에게 중요하다. 가능한 한 대응을 조율하는 것이 좋다.

(56) 이해당사자 동참의 추가 필요성은 방사성물질을 포함하는 폐기물 문제에 집중된다. 환경의 최소한 오염을 넘는 모든 비상피폭상황에서는 고아아니아(IAEA, 1988)처럼 매우 대량의 오염된 폐기물이 발생할 수 있다. 비상피폭상황 초기에는 사람과 환경에 미치는 영향을 관리할 수 있도록 방사성폐기물의 격납에 중점을 두어야 한다. 장기적으로는 폐기물의 관리와 처분이 사회적, 실제적으로 상당한 문제를 제기할 것이며, 심지어는 법률의 개정을 필요로 할 수도 있다. 농업이 영향을 받게 되면 폐기물이 빠르게 보건위해 문제로 되어 대량이라는 문제가 더욱 복잡해지게 되며 어떤 음식 폐기물(예: 우유)의 발생은 쉽게 마무리 되지 않는다. 비상사태 이전에 지역사회 대표, 생산자 및 규제자의 참여가 해법의 윤곽을 개발하거나 사전 확인으로 법률을 개정할 기회를 제공할 수 있다.

#### **7.1.4. 대표인(방호대상)**

(57) 비상피폭상황 사건에서, 실제 피폭률은 시간과 공간에 따라 다르며, 개인이 받은 선량은 피폭률의 변동이나 개인의 생리학적 특성 및 습성이 다름으로 인해 달라질 것이다. 최적 방호전략이 개발됨을 보장하기 위해서는, 방호조치가 없을 때(전망선량)와 방호전략 이행 후(잔여선량)에 일어날 수 있는 개인의 선량이나 영향의 범위를 고려하는 것이 중요하다.

(58) 이를 달성하기 위해 위치, 특성 및 행동에서 선량과 위험의 온전한 분포를 대

표할 수 있는 상이한 인구그룹의 한 세트를 확인해야 한다고 ICRP는 조언한다. 이 인구그룹은 대표인에 대한 ICRP 조언(ICRP, 2006)에서 설명한 대로 대표인으로 특성화 되어야한다. 피해 지역에 아동이나 기타 민감한 그룹이 있을 것 같을 때는 계획 준비에서 이들 그룹에 대한 방호전략과 영향을 적절한 수준으로 고려해야 할 것으로 본다. 대표인에 대한 ICRP의 조언에 따라, 선량평가에서는 임신 여성이나 아동처럼 위험이 가장 높은 그룹이 받을 수 있는 선량을 반영하는 것이 중요하지만 지나치게 비관적인 평가여서는 안 된다.

### 7.1.5. 참조준위 설정

(59) ICRP는 비상피폭상황에 대한 참조준위를 20~100 mSv(급성이나 연간) 밴드에서 일반적으로 설정해야 한다고 권고했다. 이 밴드는(간행물 103, 241항) 피폭 감축을 위한 조치가 심각한 교란을 동반하는 비정상적이고 극단적인 상황에 적용된다(ICRP, 2007 제241항). 피폭상황의 편익이 비견되게 높을 때 50 mSv 이하의 단발성 피폭에 대한 제약치도 이 범위에서 설정 될 수 있다. 방사선 비상에서 선량 감축을 위해 취하는 조치는 이러한 상황 유형의 대표적 예이다. 선량이 100 mSv 가까이 상승하는 경우에는 거의 모든 경우에 방호수단들이 정당화될 수 있다고 ICRP는 생각한다. 또한 어떤 장기나 조직의 결정론적 영향의 문턱선량을 초과할 수 있는 상황은 항상 조치를 필요로 한다.

(60) 비상피폭상황에 대한 참조준위가 최대 100 mSv까지 값에 설정될 수 있지만(ICRP, 2007, 표5 참조), 상한 가까이 설정되는 것은 피폭 감축을 위해 취하는 조치가 매우 파괴적인 비정상적이고 극단적인 상황일 때만이다. 긴급작업자에 대한 참조준위 설정은 제4장에서 논의한다. 전망피폭이 20 mSv 아래인 사건에 대한 대응에서는 20 mSv 이하의 참조준위가 적절할 것이다.

(61) 참조준위의 선정은 비상피폭상황의 유형과 이에 적용할 방호전략과 맞아야 한다. 예를 들어 방사성물질 대규모 방출에서 방호전략은 과정, 수준, 시간 및 장소를 달리하는 피해 집단의 특정 상황을 겨누는 방호수단의 변화하는 한 세트가 될 것이다. 그러므로 비상대응계획 수립을 요구할 책임이 있는 당국의 역할 일부는 고려하는 비상피폭상황에 가장 적합한 참조준위를 결정하는 일일 것이다. 모든 형태의 비상사태에 단일 참조준위를 설정하거나, 대안으로 각 유형의 비상사태마다 적용할 적절한 참조준위 값을 설정함으로써 이를 달성할 수 있다. 모든 선량을 적절한 참조준위 아래로 유지하도록 계획함이 불가능한 상황도 있을 수 있는데, 예를 들면 분

단위 혹은 시간 단위에 극히 높은 선량을 받게 되는 고평해 비상사태이다. 이러한 사건에 대해서는 그것이 일어날 확률을 줄이기 위한 수단을 취해야 하며, 가능한 곳에 보건영향을 완화하기 위한 대응계획을 수립해야 한다고 ICRP는 조언한다. 비상 계획자는 수립된 참조준위에 부합하는 방호전략을 준비해야 한다.

(62) 방호최적화 평가를 위해 사전에 선정하는 참조준위는 급성 또는 연간 mSv 단위로 표현한다. 최적화 과정에서는 다양한 비상상황에서 개인에게 최적 방호가 가능한지 여부를 고려할 필요도 있을 것이다. 미리 선정한 참조준위와 비교할 잔여선량은 피폭집단에 대해 사고 후 1년간에 대해 평가하거나 추정된 선량이다. 장기간 환경오염을 수반하지 않는 비상피폭상황(예: 핵임계 사고<sup>16)</sup>)에서는 방호전략의 효력을 비교 평가할 사전 선정 참조준위는 피폭이 일어날 수 있는 전 기간 동안 모든 피폭경로로 받은 총 선량이다.

(63) 따라서 선정한 참조준위 유형은 고려하는 비상피폭상황의 유형에 부합하도록 맞춰야 한다. 오염의 핵종 구성뿐만 아니라 환경으로 방출한 연중 시기에 따라 고려한 경로(취식, 흡입, 상공조사cloudshine, 지면조사groundshine)가 전망선량에 기여하는 정도는 큰 차이가 있다. 이런 차이는 참조준위 설정 및 방호전략 개발에 적절한 방식으로 고려되어야 한다. 규제당국과 운영자는 합리적으로 예견할 수 있는 위험을 평가할 것이며, 당국은 해당된다고 보는 다양한 비상 시나리오에 대해 적절한 참조준위를 사전에 설정할 것이다.

(64) ICRP의 참조준위 밴드는 유효선량으로 표현된다. 그러나 유효선량으로 참조준위를 나타내는 것이 적절하지 않은 상황도 있는데 다음을 포함한다. 비상사태의 유형이나 범위가 유효선량 100 mSv를 초과하는 경우(이때는 참조준위를 도출한 가정한 선형성이 더 이상 유지되지 않음), 비상대응의 일부가 심각한 결정론적 상해를 야기하는 위험에 처하는 개인에게 중점을 둔 경우, 매우 특별한 방호수단이 최적인 어떤 단일 장기의 피폭이 결과적 피폭을 지배할 경우(예: 방사성옥소가 지배적인 방출) 등이다.<sup>17)</sup> 이러한 상황에 대해서는 등가선량이나 흡수선량으로 참조준위를 명시(혹은 보조로 제공)할 것을 고려하도록 ICRP는 조언한다.

---

16) <역주> 방사능의 환경오염을 수반하지 않은 사고의 예로 핵임계 사고를 들고 있지만 실제 이 유형 사고에는 어떤 방호조치를 취하기 전에 피폭상황이 거의 종료될 경우가 많을 것이다. 따라서 '비상피폭상황'으로 다룰 대상도 소멸하게 되므로 이 예가 적절한 것으로 보기는 어렵다.

17) <역주> 방사성옥소 방출에 대한 참조준위로는 유효선량보다 옥소에 의한 갑상선 등가선량을 제시하는 것이 보다 직접적이고 실용적이다.

## 7.1.6. 개입준위의 역할

(65) 이전의 조언(ICRP, 1991a,b, 2005)에서 ICRP는 어떤 방호수단을 전반적 대응 전략에 포함할 것인지, 포함한다면 언제일지 결정을 돕기 위해 회피선량의 개입준위 사용을 권고했다. ‘개입’이라는 용어는 행위와 개입을 구분하는 과정기반 접근식 방호체계의 맥락에서 사용되었다. 이 경우, 개입준위 개념은 그 준위 이상에서는 조치를 요구하고 그 아래에서는 조치하지 않는 것으로 이해되었다. 이 개념은 2007년 권고(ICRP, 2007)와 일치하지 않는다. 그래서 ICRP는 ‘개입준위’라는 용어 사용을 피하는 것이 적절하다고 본다. 그러나 방호전략의 최적화 과정의 입력으로서 개별 방호수단의 효력을 나타내는 방아쇠로서는 해당 정략적 값들이 사용될 수 있다(ICRP, 2005).

(66) 방호전략 계획과 이행 맥락에서, 회피선량 수준이 여전히 최적화된 방호전략 내의 개별 방호조치를 평가하는 유용한 도구라고 ICRP는 생각한다. 그러나 실제 비상피폭상황에서 상황에 적합한 변수들이 개별 방호수단의 회피선량 수준과 다를 수 있고, 이러한 준위 수립에 독립적으로 사용된 판단이 충분히 대표적이지 못할 수도 있다. 여러 조치들이 전반적 방호전략에 조합될 때, 개별 수단들이 기여하는 해로움과 이익의 균형은 이들을 분리하여 고려할 때와는 다를 가능성이 크다. 그러므로 개별 방호수단이 언제 계획에 포함되어야 하는지 설명하는 ‘절대적’ 기준으로 ICRP가 이전에 규정한 회피선량 준위를 다루는 것은 적절하지 않다. 특히, 단일 방호수단만으로 잔여선량을 참조준위 이하로 그리고 합리적 최소로 줄이는 것이 어렵게 보이는 상황에서는 그러한 결과를 달성하기 위해 여러 방호수단을 조합하는 것이 필요할 수 있는데, 이 수단들 중 일부는 이전에 정의한 개입준위와 간단한 비교로는 정당화되지 않을 수 있다. 이런 경우, 회피선량 준위는 대안 수단이나 도입 방법이 예상 이득을 증가시키거나 예상 손해를 줄이는지 결정하기 위해 그 수단의 도입을 더 조심스럽게 고려하는 지시자로서 역할을 할 수 있을 것이다. 방아쇠와 특히, 긴급 방호조치 개시에 이를 사용하는 데 대해서는 제7.2.5절에서 추가로 논의한다.

## 7.2. 방호전략 구성요소

(67) 방호전략은 상세 접촉, 관련 여러 기관들의 임무 및 책임, 법률 근거, 필요 장비 및 자원의 양에 관한 정보 등을 포함한 광범한 정보 및 지침을 포함할 것이지만 이 보고서의 범위를 넘어선다. 이러한 실제적이고 기술적인 쟁점에 관한 논의는 다른 기관 간행물에서 찾을 수 있다(NEA 2000, IAEA 2002, 2003). 이 보고서에서

는 ICRP 조언의 적용에 관련한 측면만을 논의한다.

## 7.2.1. 전략과 개별 방호수단

(68) 방사선비상에 적용할 수 있는 여러 방호수단들이 있다. 긴급 방호수단은 그것이 유효하기 위해서는 즉각적으로(통상 몇 시간 이내) 취해져야 하는 수단으로서, 만약 지체되는 경우 효력은 현저하게 감소할 것이다. 핵이나 방사선 비상에서 가장 일반적으로 고려되는 긴급 방호수단은 소개, 개인의 제염, 옥내대피, 호흡기 방호, 옥소 갑상선 차단, 그리고 사람들에게 유의한 피폭을 줄 잠재성이 있는 식품(예: 방목한 동물의 젖, 노지 재배 채소)의 소비제한이다. 장기 방호수단(장기 피폭 방호를 위한 식품제한 포함)은 영구 이주, 농업 방호수단, 그리고 일부 제염 조치와 같은 것을 포함한다. 이전에 ICRP는 이러한 대부분 방호 수단들에 대해 상세한 지침을 발행한 바 있다(ICRP 1993a,b). 이 보고서에서 개별 방호수단에 대한 추가 논의는 ICRP 조언의 새로운 측면에만 한정된다.

(69) 비상피폭상황에서 다른 수단들도 고려될 수 있는데, 여기에는 공공 경보, 정보 제공, 조언이나 기초 상담, 다른 피해국에서 자국민 관리, 포괄적 심리상담, 의료 관리 및 장기 추적이 포함된다. 더 자세한 사항은 부록 B에 제공한다.

## 7.2.2. 시간적 이슈와 지리적 이슈

(70) 잠재피폭의 특성과 방호대응의 요건은 시간 및 공간적으로 변할 것이다. 관리를 쉽게 하기 위해, 방호전략은 위험 구역을 시발 선원으로부터 거리, 인구학적, 경제학적 인자 및 토지사용 인자, 대응 국면(조기, 중기 및 후기) 등 여러 인자에 따라 적절한 세부구역으로 나눌 것이다. 이 접근방식은 각 세부구역에 대한 광범한 이슈를 계획에서 적절히 다룰 수 있게 한다. 그러나 현실에서는 방호수단의 이행을 구획하는 경계는 거의 예리하지 않을 것이다.

(71) 전반적 방호전략을 최적화 할 때 고려할 측면으로 한 시점에서 취한 조치(혹은 무조치)가 후속 방호수요에 주는 영향과, 다른 구역들을 다른 방식으로 동시에 관리할(예: 심하게 오염된 한 구역은 긴급방호조치를 필요로 하는 한편, 훨씬 낮게 오염된 다른 구역은 더 많은 이해당사자가 동참하는 관리를 필요로 한다.)을 잠재적 수요도 있다. 이러한 종류의 쟁점을 아래에서 논의한다.

## (a) 조치가 후속조치에 미치는 영향

(72) 제염, 식품제한 및 기타 방호수단으로 발생한 폐기물(예: 소개지역 내 바깥에 남겨진 가정 쓰레기나 상업 쓰레기) 관리는 대응의 계획이 조치의 광범한 시간적 영향을 고려할 필요성에 대한 예이다. 생우유 소비 방지를 결정하고 이행하는 것은 간단하지만, 그 영향은 방사선 위해와 관계없이도 생물학적 관점에서 안전하게 처리하는 것이 어려운 유기액체폐기물의 양을 급속히 증가시킨다. 최적화된 전반적 대응전략은 적절한 처리 경로와 임시 저장 장소를 확인하고 사전에 합의하는 것을 포함해야 한다.

(73) 방호수단의 종료는 긴급 방호수단과 후속 방호수단의 상호작용이 특히 분명한 또 하나의 영역이다. 모든 긴급 방호수단을 철수하고, 얼마의 시간 후, 제염과 같은 새로운 방호수단을 개시함은 순전히 향후 선량이나 선량률 관점에서는 최적 조치 과정으로 보일 수 있으나, 실제적 또는 '비용' 관점에서는 최적일 아닐 수 있다. 예를 들어, 구역에 사람이 살지 않을 때 더 효율적으로 제염할 수 있기 때문에 제염을 수행하는 동안 소개 연장은 실제로 조합된 방호수단의 금전비용을 크게 증가시키지 않는다.

(74) 따라서 효과적인 비상대응계획은 한 시점에서 취한 방호방안이 후에 가능한 방안 결정에 미치는 영향을 고려해야 한다고 ICRP는 조언한다. 계획된 대응이 이러한 상호작용이 적절히 고려함을 보장하는 한 방법은 비상피폭상황 초기에 이후 무엇이 필요하고 이전 결정이 여기에 어떻게 영향을 미칠지를 고려하는 것이 책임진 팀을 둘 필요성을 확인하는 것일 것이다.

## (b) 대응의 역동성

(75) 미래 피폭의 공간적 변동은 불가피하게 어떤 구역이 다른 구역보다 잠재적으로 높은 피폭을 받게 한다. 환경으로 방사성핵종을 방출하는 경우에, 선원 근처 구역이 먼 구역보다 높은 오염에 처할 가능성이 높다. 특히 다량 방출의 경우, 적절한 확인 감시는 오염이 낮은 구역을 덜 시급한 대응관리 유형으로 옮기되 보다 높은 오염구역은 긴급 대응을 계획한 방호수단 및 관리를 적용받도록 두는 것을 가능하게 할 것이다. 이에 따른 한 결과는 국가의 계획과 전반적 비상대응관리 접근에 따라 다른 당국이 다른 지역 관리를 책임 질 수 있다. 다른 구역들에서 대응을 병행 관리함이 원론적으로 문제는 아니지만, 그런 구역 경계 근처에서 일하고 거주하는 사람



이나 심지어 한 구역에 거주하되 다른 구역에서 일하는 사람들에 대해서는 의사결정 과정에서 특별한 주의와 참여가 필요할 것이다. 따라서 운영상 또는 사회적으로 심각한 문제를 예방하기 위해서는 계획에서 이러한 상황을 예견하는 것이 중요하다.

### 7.2.3. 방호전략 개발

(76) 방호전략을 개발하기 위해서는 고려한 상황에 대한 전망선량을 평가하는 것이 필요하다. 매우 대형 비상 시나리오에서만 1초 미만으로부터 하루나 이틀 동안의 짧은 시간에 100 mSv를 초과하는 전망선량을 받을 수 있다(부록 A 참조). 그러나 첫 해 동안 외부피폭과 함께 섭취로부터 유효선량 100 mSv를 초과하는 전망선량을 주는 가정 비상 시나리오의 범위는 매우 넓다.

(77) 다양한 피폭경로(공중조사, 흡입, 지면조사, 섭취)의 전망선량 상대적 기여의 예를 원자력발전소에서 두 가지 방출 시나리오와 5 가지 방사성핵종( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ )에 대해 그림 7.1에 주었다(자세한 내용은 부록 A 참조).

(78) 대조적으로, 2006년 11월 런던에서 Litvenenko 중독사건<sup>18)</sup>과 관련된 오염 확산은 재부유 입자의 흡입이나 취식을 통해 실제로 급성 알파방출 핵종의 섭취를 일으켰지만 외부피폭이나 음식물 오염 위험은 없었다(손이나 문구 오염으로부터 전파된 2차 오염은 제외).

(79) 전망선량과 그 공간적 시간적 분포 평가의 목적은 세 가지이다: (1) 아무런 방호수단을 취하지 않은 경우 발생할 보건영향의 규모를 확인하여 방호전략에 할당될 적절한 자원의 개략적 범위를 결정한다; (2) 가능할 것으로 보이는 다양한 대응국면의 지리학적, 시간적 분포 개요를 확인한다; (3) 방호 관점에서 자원을 가장 효과적으로 사용한다. 이러한 광범한 경향 확인은 변화하는 대응관리 쟁점 중 겨냥할 것을 밝히고 다양한 방호수단들 중 적합한 것에 대한 초기 지침을 제공하는 데 도움이 된다. 셋째 목적과 관련해서 방호수단이 아니면 전망선량을 지배할 피폭경로로부터 선량을 줄이는 것을 목표로 하는 방호수단이 최대의 선량을 회피할 잠재력을 가지게 될 것이다. 그러므로 그런 방호수단의 상세한 평가에 자원을 배분함은 합당

---

18) <역주> 당시 런던에 체류 중이던 전직 구소련 KGB 요원이었던 Litvenenko가 번사체로 발견되었는데 시신에서 상당량의 Po-210가 발견되어 독살 물의가 있었으나 사망 경위에 대한 정확한 내막은 알려지지 않았다. 이 사건으로 런던의 일부 구역, 그가 탑승했던 항공기 등에 대해 광범한 오염검사가 수행되었다.

하다. 원자로로부터 입자 방사능 방출의 맥락에서 첫해에는 취식 선량이 전망선량을 지배할 것으로 보이므로 결과적으로 먹이사슬의 방호수단이 최대선량을 회피할 잠재력을 가질 것이다.

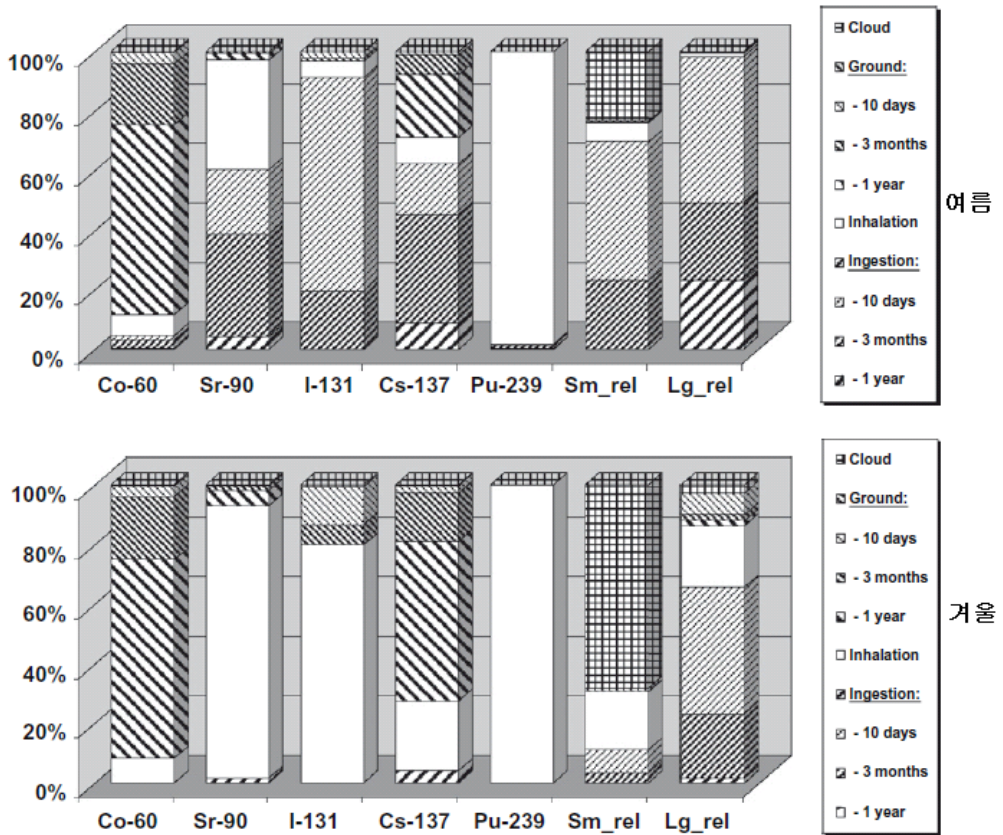


그림 7.1. 여러 피폭경로들의 총 선량 상대적 기여의 예시. Sm\_rel와 Lg\_rel은 각각 소규모 방출과 대규모 방출을 의미한다.

## 7.2.4. 상세 최적화

(80) 개별 방호조치 이행의 시간과 방법, 그리고 전략에 어떻게 결합되는가는 방호 전략이 달성하는 종합적 순이득에 영향을 미칠 것이므로 폭넓은 방호전략을 최적화하는 것이 중요하다. 이러한 맥락에서 개별 방호조치와 그 최적화에 대한 ICRP의 이전 조언도 의미가 있다(ICRP 1991a,b, ICRP 2005).

(81) 방호수단의 전략을 계획함에 제약된 최적화를 적용하는 과정은 개별 방호수단

에 대한 과정과 동일하다. 즉, 상이한 전략들을 적용한 결과로 예상되는 모든 해롭거나 유익한 영향을 평가하여 견주어 최대의 이득을 내며 동시에 참조준위 미만의 잔여선량을 주는 전략을 선정한다. 그러나 이 과정에서 문제는 고려할 수 있는 전략의 조합이 많아 과정이 빠르게 너무 복잡해진다는 것이다. 그러므로 더 실용적인 접근을 채택할 것을 조언할 수 있는데, 여기서는 개별 방호수단을 독립적으로 최적화하고, 이들을 조합으로 적용할 때 생기는 이슈는 아래에서 논의하는 것처럼 찾아내고 조사한다. 개별적으로 최적화된 방호조치로 이루어진 전략은 자체로는 반드시 최적화된 것은 아니며, 반면 최적화된 전략은 독립적으로는 최적일 수 있는 조치를 포함할 수 있다.

(82) 일부 방호수단의 조합은 대체로 서로 독립적으로 생각될 수 있는데, 예를 들어 상업 식품제한과 방사선원에 인접한 주민의 소개가 그러하다. 이러한 방호수단을 이행하는 데 요구되는 자원과 조치는 매우 다르며(소개를 위한 버스나 소개센터, 식품제한의 경우 식품을 폐기하거나 처리하는 시설이나 장비의 감시), 방호수단 이행으로 야기된 영향(회피선량 외)을 다른 인구그룹(소개민, 숙식제공 자원자 그룹, 소개 버스 운전자, 농부, 식품 생산자, 음식제한의 경우 폐기물 처분과 음식물 감시에 책임 있는 기관)이 받는다. 이러한 유형의 방호수단은 쉽게 개별적으로 최적화할 수 있고 해당 회피선량 수준이 직접지침으로 사용될 수 있다.

(83) 다른 조합에서는 방호수단들이 보다 밀접하게 연계되어 있어 하나의 수단을 이행하기 위해 필요한 조치가 다른 수단의 이행과 관련된다. 이 경우에는 방안들의 손해와 이득이 상당한 상호작용을 할 잠재성이 있어서 상세 최적화 과정이 간단하지 않다. 이때는 조치 조합을 통한 이득의 증가와, 위와 마찬가지로 지리학적, 인구학적 구역과 같은 주변 구역의 특성을 반영한 계획을 개발할 필요를 고려하여 회피선량 단일 척도를 보다 유연하게 사용할 필요가 있다.

(84) 방호수단 이행에 필요한 자원이 전반적 방호전략 내에서 상호작용하는 유일한 인자는 아니다. 그러한 다른 인자로는 개인과 사회의 교란, 근심과 안심, 간접적 경제 영향 등이 있다. 계획이 선량과 소요 자원은 물론 이러한 인자들에 대해 최적화됨을 보장하기 위해 모든 잠재적 이해당사자 그룹의 대표자와 함께 제안된 전반적 방호전략을 검토하는 것이 중요하다. 방호전략에 대한 이처럼 광범한 검토는 독립적으로는 최적으로 보이지 않는(심지어는 정당화되지 않는) 조치들의 추가적 역할을 지시할 수 있다. 다르게는, 기타 조치들이 선량과 직접적 자원 수요만을 고려할 때 정당하고 최적으로 보이더라도 최적 방호전략이 이를 수정하거나 생략하도록 지시할 수도 있다.

(85) 대응계획 최적화의 상세 수준은 상황이 요구하는 바와 상응해야 하는데 이는 국가 당국이 결정할 문제이다. 일반적으로, 광범하고 높은 오염을 초래할 잠재성이 있는 사건이나 상대적으로 가능성이 높은 사건은 매우 낮은 확률 사건이나 영향이 제한적인 사건보다 더 상세한 계획을 필요로 한다.

(86) 방호전략의 상세한 최적화 단계에서, 최적화 결과가 참조준위보다 낮도록 보장하기 위해 예상되는 잔여선량을 참조준위와 비교해야 한다. 따라서 계획 개발은 되풀이 과정인데 되풀이 정도는 비상피폭상황의 심각성과 당시 대응의 유연성 제공 필요성에 적합할 것으로 생각되는 최적화의 상세 수준에 따라 달라진다.

## 7.2.5. 방아쇠

(87) 계획 과정에서 일단 반호전략이 최적화 되면, 전략의 각 부분을 개시시키는 방아쇠들을 개발해야 한다. 비상피폭상황 초기에 취하는 대부분 방호수단은 즉각 취해질 필요가 있으므로 의사결정에서 지체는 모두 비생산적 결과를 초래한다. 그러므로 방호전략은 즉각적이고 직접 적절한 방호수단을 개시하기 위해 사용할 수 있는 방아쇠를 포함해야 한다(IAEA 2002). 일단 비상이 발생하면, 의사결정자에게 가용한 정보의 유형은 시간 경과에 따라 변화할 것이다. 예를 들면 발전소 상태 평가와 한정된 선량을 측정으로부터 실질 감시 프로그램에 근거한 광범하고 점차 상세한 정보까지이다.

(88) 방아쇠는 관찰할 수 있는 상태나 직접 측정 가능한 양으로 표현되는데 예를 들면 발전소 상태, 선량률, 풍향과 같은 것이다. 방아쇠는 선량 고려사항과 관련지을 수 있지만, 어떤 필터나 펌프가 고장을 일으켰다는 정보처럼 이를 위해 계획(또는 계획 내 조치의 무리)이 개발된 상황이 발생했음을 지시하는 양이나 성질일 가능성이 더 크다. 유사하게 계획을 개발할 때 고려한 시나리오의 범위를 벗어났음을 알리고 따라서 계획에서 설정한 방호수단보다 증강된 방호수단이 필요할 수도 있다고(특히, 긴급 방호수단이 도입되는 구역이 크게 확장될 필요가 있을 수 있다.) 의사결정자에게 경보하는 방아쇠도 있을 수 있다. 일단 방아쇠가 인식되면 의사결정자는 방호전략의 적합한 부분을 추가 지체나 논의 없이 즉시 이행하는 조언을 할 수 있다.

(89) 방아쇠에 근거한 방호수단 이행의 준수를 널리 보장하기 위해서는, 조치를 이

행하는 사람들 뿐만 아니라 조치의 영향을 받는 사람들 모두의 관점에서 관련 이해 당사자들이 준비단계에서 적합한 방아쇠가 무엇인지를 결정하는 데 참여하는 것이 중요하다. 이것이 달성되지 않으면, 여러 그룹이 이것이 조치의 최적 과정인지 각자 확신하기 위해 추가정보를 요구하는 동안 당일 즉각 조치의 이행은 지연될 것이다.

(90) 일부 비상피폭상황에서는, 계획에서 예견하지 않은 방호수단이 요구되거나 이행된 조치의 방호가 그 상황에서는 충분하지 않음이 명백해질 수 있다. 이런 경우 의사결정자는 방아쇠가 지시하는 모든 긴급조치들을 먼저 이행해야 하지만 그 다음에는 계획된 방아쇠로는 지시되지 않는 추가 조치를 택할 수 있다. 다시 말하면, 방아쇠는 신속한 의사결정이 용이하도록 사용되어야 하지만 비상사태의 정확한 상황에 근거하여 최적화하는 데 필요한 유연성을 방해해서는 안 된다. 이점은 제8장에서 더 논의한다.

(91) 확립된 기준이나 지표는 후속 방호수단 범위를 결정하고 윤곽을 잡는 데 유용할 수 있다. 예를 들어, 환경오염의 방사성핵종 구성을 이해하면 선량률 기준을 임시 이주를 조언할 윤곽을 잡는 데 적용할 수 있다. 비상계획에 방아쇠 자체를 명시하는 것은 적절하지 않으며, '실시간'으로 방아쇠를 개발하는 합의된 기틀을 포함하는 것이 유용하다. 그러한 기틀의 포함은 실시간 방아쇠가 개발되었을 때 더 널리 수용될 수 있다.

### 7.3. 참고문헌

IAEA, 1988. The Radiological Accident in Goiania. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2002. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency IAEA Safety Standards Series No. GS-R-2, Safety Requirements. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2003. Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological

Emergency EPR-Method. International Atomic Energy Agency, Vienna.

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, 2005. Protecting people against radiation exposure in the event of

- a radiological attack. ICRP Publication 96. Ann. ICRP 35(1).
- ICRP, 2006. Assessing dose of the representative person for the purpose of radiation protection of the public. ICRP Publication 101. Ann. ICRP 36(2).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).
- NEA, 2000. Monitoring and Data Management Strategies for Nuclear Emergencies. Nuclear Energy Agency, Paris.

## 제8장 방호전략 이행

(92) ICRP 방사선방호체계의 맥락에서 방사선비상피폭상황 영향을 겨냥 전망적으로 계획하는 것과 이미 발생했거나 발생 과정에 있는 영향의 결과 관리 사이에는 적어도 하나의 근본적 차이가 있다. 계획 맥락에서, 최적화는 상한으로서 적절한 참조준위를 사용하여 개인 잔여선량이 참조준위를 초과하는 방호해법은 제외하는 방법으로 수행된다. 방사선을 피폭하는 모든 사람들에 대한 방호는 최적화되고, 방호전략 적용으로 얻는 잔여피폭은 참조준위 미만이 된다. 본질적으로 예측할 수 없는 비상피폭상황 성질에서 일부 실제 피폭은 사전 선택한 참조준위를 초과할 수 있다. 그래서 이미 발생했거나 발생과정에 있는 비상사태의 영향 관리 맥락에서, 사전에 규정된 참조준위는 계획된 방호전략 이행 결과 판단을 대비하거나, 그리고 필요하다면 추가 방호조치 개발과 이행을 안내할 벤치마크로 사용된다(그림 6.1 참조).

(93) 진행되는 대응의 효력을 검토하거나 방호수단의 이행이나 변화에 대한 의사를 결정할 때는 잔여선량의 모든 구성요소의 합과 참조준위를 비교하는 것이 중요하다. 즉, 실제로 받은 선량과 1년 동안(또는 비상피폭상황과 관련된 시간동안) 받을 것으로 예상되는 선량의 합과 계획단계에서 예상한 선량을 비교한다.

### 8.1. 실제상황에 방호전략 조정

(94) 비상피폭상황이 발생하면 그것은 계획에서 가정한 상황과 일치하지 않을 것이다. 초기 가정으로부터 이탈은 시간에 따라 비상피폭상황이 진전됨에 따라 증가할 것이다. 그러나 대부분 경우 비상대응계획이 가능한 상황의 넓은 범위에 대체로 맞아 계획된 방호전략을 조기에 신속히 이행한다면 최적 방호 제공에 근접할 것이며, 이탈하더라도 아마도 보수적인 쪽일 것이다. 그러나 어떤 새로운 조치나 계획의 중요한 변화를 정당화하도록 운영에서 계획된 방호전략을 조정할 필요가 있을 수 있다. 그러한 수정을 고려할 필요성은 비상피폭상황 경과에 따라 증가할 것이며, 계획 변화의 규모는 발생한 비상피폭상황의 특성(즉, 크고 복잡하거나 작고 간단한)에 의존할 것이다. 하지만 계획된 조치에 작은 변경은 피하는 것이 중요한데, 특히 상황이 진행되고 불확실성이 매우 큰 초기에는 변경이 매우 작은 기대 이익 때문에 혼동

을 초래하기 쉽고 심지어는 실제로 방호를 저해할 수 있기 때문이다.

(95) 일단 비상피폭상황이 발생하면, 많은 이해당사자가 방호수단에 관한 논의에 입력을 제공하는 데 높은 관심을 가질 것이다. 초기에 긴급 방호수단을 요구하는 비상피폭상황이라면, 비상대응당국과 비상피폭상황을 초래한 선원, 선원 또는 현장에 책임 있는 사람 외에는 이해당사자 참여가 매우 적거나 없이 사전 계획된 방호전략의 ‘반사적’ 적용을 필요로 할 것이다. 그러나 비상피폭상황 경과에 따라, 이해당사자가 관심을 높일 것이며 방호 결정을 이끄는 논의에 참여 가능성도 늘어날 것이다. 그래서 비상대응계획의 일부는 이해당사자에게 알리고 개입시키는 과정과 절차를 개발하고 이행하는 것이어야 한다.

(96) 비상피폭상황 경과에 따라, 비상계획자는 특히 넓은 지역이나 지속성 영향을 미치는 비상피폭상황에 대해서는 단계적 방법으로 최적화에 접근하기를 바랄 수 있다. 여기서 주기적인 재평가는 주요 피폭여건 변화에 따라 최적화 과정을 최선으로 지원하기 위해 일반적으로 낮은 쪽으로 참조준위를 변경할 수 있음을 지시할 수 있다.

### 8.1.1. 비상피폭상황 초기의 방호전략 조정

(97) 비상피폭상황 초기는 비상사태 영향을 최선으로 관리하기 위해 사전 계획된 조치를 따르는 것으로 특징지을 수 있다. 방호전략 결정의 초점은 실제상황에 맞게 사전에 만든 계획을 최선으로 맞추는 데 있다.

(98) 초기의 불확실한 비상피폭상황에서 방호전략의 방사선 방호목적은 심각한 결정론적 영향을 방지하고 확률적 영향의 위험을 합리적으로 가능한 낮게 유지하는 것이다. 이를 달성하기 위해서는 피폭에 대한 확고한 지식 없이 매우 신속하게 행동할 필요가 있을 것이다. 그러한 ‘반사적’ 방호수단은 필요에 따라 계획된 절차와 과정을 따르는 계획된 시나리오를 따를 것이다. 계획은 거의 모든 환경에서 가장 긴급한 방호방안의 변경은 요구되지 않게 개발 되어야한다. 그러나 이러한 가장 긴급한 조치 이행 후에는 계획된 대응을 실제 조건 관점에서 재평가하여 조치가 당시 상황에 최적이 되게 하는 것은 필요하다. 계획된 긴급대응의 재평가는 비상피폭상황의 성질과 가능한 영향에 관한 최대한 구체적 정보와 계획수립에서의 가정(예: 극단적인 기상조건, 방출 현장의 예기치 못한 지리학적 위치, 대규모 정치적 또는 스포츠 이벤트와 같은 예기치 못한 상황으로 인한 인구밀도의 일시적 변화 등)으로부터 유



의한 이탈을 수반할 것이다. 일반적으로 계획된 대응에 가하는 모든 수정사항은 시간과 공간에서 방호수단이 유효한 정도까지일 것이다.

## 8.1.2. 비상피폭상황 후기의 방호전략 조정

(99) 비상피폭상황이 진행되고 정확한 상황의 이해가 개선됨에 따라, 결정은 사전 계획된 대응보다는 실제 상황에 더욱 근거를 둘 것이다. 이해가 증진되고 조치 필요성이 덜 시급해짐에 따라 계획에 포함된 것 보다 더 상세한 향후 방호전략을 계획할 필요성이 증가할 것이며, 방호전략의 정당화를 판단하고 그 적용을 최적화할 때 의사결정 과정과 결정 윤곽잡기에 관련 이해당사자를 포함할 필요성도 증가할 것이다. 향후 조치의 계획에서, 사전 설정된 참조준위는 당면 상황을 적절하게 다루는 유용한 도구일 것이다. 최적화 과정의 귀착점은 적어도 부분적으로는 잔여선량으로 표현될 것인데, 이 귀착점에 대해서는 정부(예, 지역, 지방, 국가수준에서, 그리고 관련 부서사이)와 관련 이해당사자(예, 영향 받은 인구 및 상가)가 합의해야 하고, 방호전략의 타당성을 판단할 때 잔여선량을 사전 설정된 참조준위와 비교할 수 있다.

(100) 적용에서 방호방안이 그 계획된 잔여선량 목적을 달성하지 못하거나 계획 단계에서 설정된 참조준위를 초과하는 피폭이 발생하면, 왜 결과가 계획과 그렇게 다른지 이해하기 위해 적시에 상황 재평가가 필요하다. 그런 다음 필요하다면 새 방호방안을 선택하고 정당화하고 최적화하여 적용할 수 있다.

(101) 일단 방호조치 이행이 개시되면, 계획을 개발할 때 예상된 결과에 비해 실제 성과를 재검토하는 것이 중요하다. 방호방안 추가 이행과 비상계획의 후기 국면의 수정 결정에 실제 결과와 경험의 피드백이 사용되어야 한다.

(102) 비상피폭상황이 진행되어 긴급 결정 필요성이 소진됨에 따라, 의사결정 과정은 필연적으로 지침을 주는 식으로부터 영향을 받는 이해당사자들과 적절한 대화 과정 쪽으로 전환되는데, 이로써 최적화된 방호전략이 확인되고 이행될 수 있으며, 경험의 피드백이 그런 방호수단 이행을 개선하는 데 도움이 될 수 있다. 결정 과정에 이해당사자 입력을 적절하게 수용하기 위해서는 구조, 과정 및 절차는 물론 아마도 법제와 규제도 그러한 참여를 조장하도록 적절히 조정되어야 한다.

(103) 일반적으로 이해당사자의 활동적 참여는 의사결정 과정에 관련 현장 지식, 경험 및 가치를 제공할 것이며, 결과물인 상세 방호전략이 더욱 집중되고 이해되며 지

지받게 만들 것이다. 효과적 이해당사자 참여를 위해서는 비상피폭상황을 다루는 국가기관 직원이 기술적 지식을 폭넓은 결정과정 서비스와 연결하는 이해당사자 참여의 사회적, 인간관계 측면에 관해 적절한 훈련을 받아야 할 것이다. 그러나 장기적으로 비상피폭상황이 기존피폭상황으로 전환됨에 따라, 진행 중인 이해당사자 참여는 독립적이고 자립적으로 되어야 한다.

## 8.2. 방호수단 종료

(104) 방호수단 종료를 위한 결정은 다루는 비상피폭상황의 여건을 적절하게 반영할 필요가 있을 것이다. 그런 결정에 이를 때는 많은 측면을 고려해야 한다. 어떤 방호수단 종료는 영향 받는 집단이 받는 선량률에 ‘계단변화’ 증가를 초래할 수 있는데 예를 들면 오염구역 출입제한 종료라 그러하다. 그러나 계획된 방호전략은 방호수단 종료의 잔여선량에 미치는 영향을 고려해야 한다. 일반적으로 계획하는 동안 전반적 전략 최적화와 비상대응 중 방호전략 ‘재최적화’는 방호수단 종료의 잔여선량에 미치는 영향이 결정에 인자로 포함되었을 것을 전제로 한다. 그러므로 일반적으로 방호수단 종료의 결과로서 잔여선량의 큰 변화는 예상되지 않는다. 그러나 계획하지 않은 시점이나 방법으로 방호수단을 종료를 요구하는 예측하지 못한 상황도 있을 수 있다. 이 경우 방호수단 종료에 따르는 피폭이 처음 계획된 것보다 높을 수 있고 심지어 참조준위를 초과할 수도 있다. 전반적 방호전략의 최적화 요구는 여전히 타당하지만, 방호수단 개시 결정과 함께 의사결정자를 위한 초점은 참조준위를 초과하는 선량을 받는 인구집단의 피폭 감축을 위해 실행 가능한 추가 수단을 이행하는 데 두어야 한다. 이러한 점은 그림 8.1에 나타내었다.

(105) 방호수단 종료로 초래되는 잠재적 이득과 손해, 그리고 종료의 방호전략의 전반적 목적에 어떻게 영향을 미칠 것인지를 평가하는 것이 중요하다. 그러한 결정을 하기 전 고려하고 평가할 필요가 있는 이슈의 요약이 부록 C에 있다.

(106) 방호수단 종료에 관한 논의에 가능하다면 이해당사자를 개입시키는 것이 중요하다. 가정에 있는 사람들과 결정을 논의하는 것은 불가능하지 않다면 어려울 것이지만, 대피한 사람들과 소개구역으로 복귀하고 후속단계에서 이행된 방호수단을 종료하는 결정의 논의는 필수적일 것이다.

(107) 물론 이러한 결정에 필요한 정보형태는 상황에 따라 다를 것이다. 그러나 일반적으로 종료의 영향을 판단하기 위해서는 충분한 기술자료를 갖는 것이 중요할

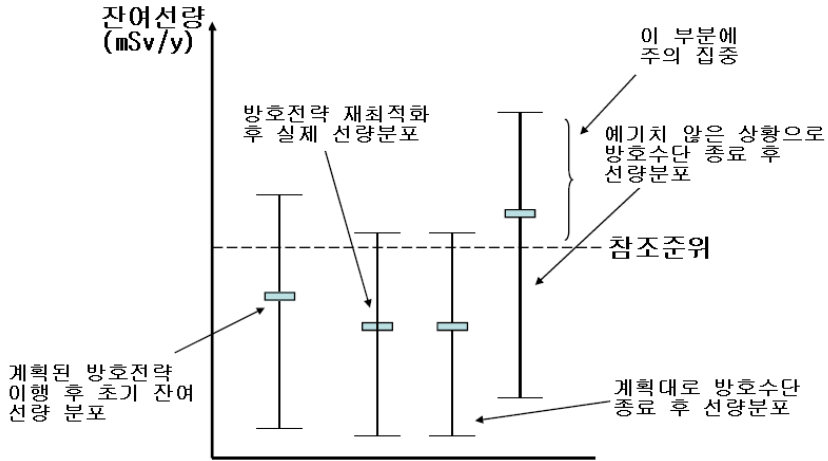


그림 8.1. 계획된 방호전략 적용 및 최적화 후 실제 선량분포(좌측 세 분포) 및 예기치 않은 방호조치 종료 후 선량분포(최우측 분포).

것이다. 예를 들어, 소개된 주민을 그들의 가정과 직장으로 복귀하는 결정 즉, 임시 이주의 종료는 복귀로 발생할 피폭이 적절하게 평가할 수 있을 때만 취할 수 있고, 이를 위해서는 틀림없이 오염 상황에 대한 충분한 이해가 필요할 것이다. 본질적으로 효력이 단기적인 긴급 방호수단에 대해서는 그 종료와 전반적 방호전략 및 최적화 과정에 어떻게 영향을 미칠 것인지를 평가함이 필수적일 것이다.

(108) 후기 방호수단 종료에 관한 결정은 일반적으로 최적 방호수준 달성에 근거할 것이다. 일반적으로 이 결정은 자연히 긴급하지 않으며, 방사선방호 입력과 사회적, 정치적 판단에 근거할 것이다. 이러한 경우 해당 이해당사자의 참여는 요건하며, 참여가 효율적으로 진행될 수 있게 그 과정 및 절차가 확립되어야 한다.

(109) 이해당사자 참여의 중요한 한 측면은 비상피폭상황 후기에 어떤 방호수단의 모든 상세 이행에 합의할 때는 직접 측정 가능한 결과(예: 잔여오염준위, 선량률) 또한 합의해야 한다. 이는 조치가 완료된 때, 조치가 의도한 방호수준을 달성했음을 즉시 증명할 수 있음을 확신하게 할 것이다.

### 8.3. 영구 이주

(110) 넓은 지역에 높은 준위의 장수명 오염 방출을 수반하는 일부 비상피폭상황에 대해서는, 상황에 따르는 새로운 사실은 일부구역이 사회적, 경제적, 정치적으로 예전 같은 생활을 유지할 수 없을 정도로 오염될 수 있다는 것이다. 이러한 구역에서는, 정부가 사람의 거주나 다른 토지이용을 금지할 수 있다. 이는 이러한 지역에서 소개된 주민 누구도 복귀가 허용되지 않으며, 이 구역에 재정착이나 사용이 허용되지 않을 것임을 의미한다.

(111) 어떤 구역에서 영구적으로(또는 예견되는 장기간) 사람들을 빼내고 사용을 금지하는 결정은 정부와 그 국민에게 쉽지 않은 일임은 분명하다. 그래서 결정에 앞서 그러한 선택의 사회적, 경제적, 정치적, 방사선학적 측면을 투명하고 폭넓게 논의하는 것이 필요할 것이다(IAEA 1996, NEA 2006). 비록 현재의 지리학적 또는 행정관할 경계도 사회적 이유로 고려되겠지만, 일반적으로 방사선학적 측면(예: 오염준위, 선량률 등)이 그런 구역 경계를 그리기 위한 기준의 일부로 사용될 것이다.

(112) 영구 이주 구역을 규정하는 결정의 추론은 그 구역 밖에는 사람이 생활하는 것이 허용된다는 것이다. 그러나 장기간 지속되는 오염이 존재하며, 집단의 피폭을 장기간 관리할 필요가 있다. 비상피폭상황에서 ‘기존피폭상황’으로 불리는 것으로 전환은 제9장에서 설명한다.

### 8.4. 참고문헌

IAEA, 1996. One Decade After Chernobyl: Summing up the Consequences of the Accident. IAEA/WHO/ EC International Conference. International Atomic Energy Agency, Vienna.

NEA, 2006. Stakeholders and Radiological Protection: Lessons from Chernobyl 20 Years After, OECD, Paris.



## 제9장 사회복귀 전환

(113) 어떤 시점에서 비상상황은 끝날 것이다. 하지만 원자력 부지에서 방사성물질을 방출하는 주요 사고나 심각한 악의적 오염 사건에서는 일부 상당한 잔여 환경오염이 오랜 기간 남아 집단에 지속적으로 영향을 미친다. ICRP는 비상사태로 야기된 장기 피폭관리는 기존피폭상황으로 다루어져야 한다고 권고했다.<sup>19)</sup>

(114) 비상사태로 야기된 기존피폭상황은 피폭 수준을 평가할 수 있거나 알고 있는 구역에 사람들이 계속 살 필요에 의해 특성화된다. 일반적으로, 그런 상황은 영향을 받는 사람들과 정부가 지속가능하다고 보고 새로운 현실로 인정하는 사회적, 정치적, 경제적 및 환경적 양상을 지니고 있다. 예리한 전환은 없겠지만 비상피폭상황의 초기 및 중기 특성은 차후의 기존피폭상황 특성과는 구별될 것이다. 이런 점을 그림 9.1에 보였다.

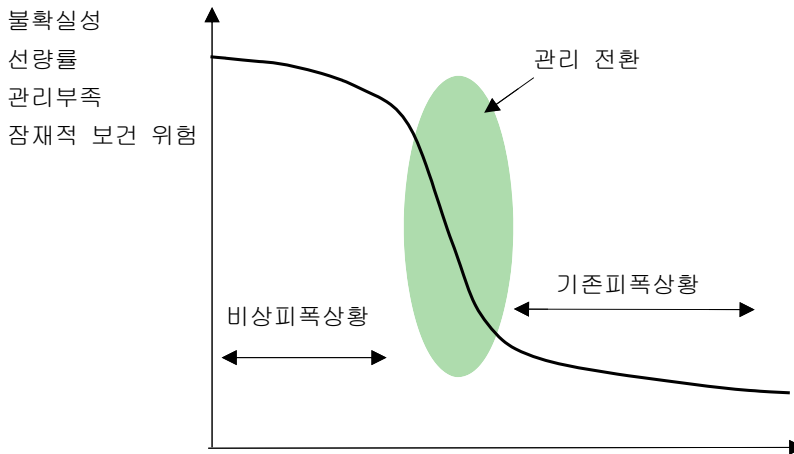


그림 9.1. 시간에 따른 비상피폭상황의 발전 및 기존피폭상황으로 전환.

(115) 비상피폭상황으로부터 기존피폭상황으로 전환은 전반적 대응에 책임 있는 당국의 결정에 근거할 것이다. 서로 다른 지리적 영역은 서로 다른 시점에 이런 전환

19) <역주> 일반인에 대해서는 기존피폭상황에 해당하는 것이 일반적이다. 그러나 종사자에 대해서는 비상피폭상황이 종료되면 계획피폭상황으로 전환된다.

을 할 것이라는 사실이 결정의 고려사항에 포함될 것이다. 전환은 다른 당국으로 책임 이전을 필요로 할 수도 있다. 책임 이전은 충분히 투명하고 조율된 방식으로 수행되어야 하며 모든 당사자들이 이해하고 합의해야 한다. 비상피폭상황을 기존피폭상황으로 전환하는 계획은 전반적 비상준비의 일부로 수행되어야 하고 모든 해당 이해당사자가 이에 참여하기를 ICRP는 권고한다.

(116) 비상피폭상황에서 기존피폭상황으로 전환을 구획하는 사전에 결정된 시간적, 지리적 경계는 없다. 일반적으로 비상피폭상황에서 사용된 참조준위 크기는 그러한 피폭준위가 사회적, 정치적 입장에서 지속가능하지 않기 때문에 장기적 벤치마크로 받아들여지지 않을 것이다. 그래서 정부나 규제당국은 어떤 시점에서 기존피폭상황 관리를 위한 새로운 참조준위를 찾게 되는데, 전형적으로 ICRP가 권고한 연간 1~20 mSv 범위의 하단 근처가 될 것이다.

(117) 오염의 준위가 방호전략 이행으로도 지속가능한 사회적, 경제적, 환경적 여건을 달성할 수 없는 경우, 당국은 일부 피해지역에 사람들의 거주를 허용하지 않음을 선택할 수 있다. 집단의 영구 이주 결정은 그런 어려운 결정의 비중과 비가역성을 충분히 인식한 방사선학적, 사회적, 경제적 고려를 바탕으로 한다.

(118) 비상사태 후속 기존피폭상황의 관리는 일반적으로 비상사태에서 이행된 방호 전략의 진전과 지속에 의존할 것이며, 당국이 수립한 적절한 기반구조의 지원을 받는 개인 또는 자력 방호조치에 의존도가 점차 증가할 것이다. 일반적으로 피폭의 상당한 추가 감축은 신속히 달성되지는 않겠지만, 단계적 최적화는 점차적으로 정상 상황 피폭과 유사한 피폭을 가져올 것이다.

(119) 원자력사고나 방사선비상 이후 오염지역의 장기적 재건 관리를 위한 상세한 지침은 보완적으로 발간예정인 ICRP 간행물에서 논의한다.<sup>20)</sup>

---

20) <역주> 오염지역에 거주하는 사람들을 방호하기 위한 지침으로서 ICRP 111로 발간되었다.

## 부록 A

### 여러 피폭경로의 전망선량 기여 평가

(A1) 우발적 대기방출을 초래하는 방사능선원이나 원자로의 심각한 사고의 경우, 전망선량은 플룸(plume) 확산 동안 단수명 베타/감마 방출체 흡입에 의한 초기의 비교적 높은 선량률의 흡입성분에 의해 특성화될 것이다. 원자로 사고에서는 환경에 침적된 오염으로부터 외부피폭과 곡식이나 우유의 직접 오염에 의한 피폭을 통해 I-131이 피폭을 지배하는 시기가 며칠이나 몇 주 기간 동안 뒤따를 것이다. 보다 장기적으로는 세슘과 루테튬 방사성핵종으로부터 외부피폭이 이들 핵종에 의한 장기적 식품 오염과 함께 지배적으로 될 가능성이 높다. 전체적으로 사고 후 첫째 동안 아무런 방호수단을 취하지 않으면, 전망선량의 가장 큰 성분은 오염된 식품으로부터 받을 것이며 다음으로는 환경오염에 의한 외부 피폭, 그리고 작은 성분은 플룸 확산 동안 또는 재부유 방사성핵종의 흡입이나 플룸으로부터 직접 외부 방사선이 있다.

(A2) 여러 피폭경로의 전망선량 기여 평가는 결정지원 시스템(Ehrhardt 1997, Ehrhardt와 Weiss 2000)의 일부로서 널리 가용한 최신 방사선학적 모델을 사용한 수치계산에 근거할 수 있다. 계산은 많은 입력 변수의 정의를 요구한다. 가장 중요한 것들은 방출특성(총 방사능, 핵종 구성, 방출 높이, 방출 지속시간), 방출 지역특성(도심/전원, 평지/복잡한 지형), 방출 시기(여름/겨울), 기상조건(바람 세기 및 방향, 대기안정도), 방호가 필요한 사람이 있는 지역과 방출지점 사이 거리, 사람의 식품섭취 및 소비율 등 이다.

(A3) ICRP 작업그룹은 새 방호체계 적용을 예시하기 위해 표준화 입력 변수를 사용하여 이런 계산을 다양하게 수행하였다. 일부 주요 방사성핵종의 단위 선원항 뿐만 아니라 일반적으로 원자력발전소 위험도 평가 연구에 사용되는 다중 방사성핵종의 복잡한 선원항을 이 목적으로 사용했다.

(A4) 표A.1과 A.2는 핵종 Co-60, Sr-90, I-131, Cs-137, Pu-239뿐만 아니라 ‘소량방출’(Sm-rel: 핵종 구성은 다음과 같은 노심재고량의 누적 분율로 특성화된다. Kr-Xe: 0.9, I:  $2E-3^{21}$ ), Cs:  $3E-7$ , Te:  $4E-6$ , Sr:  $2E-7$ , Ru:  $6E-10$ , La:  $6E-8$ )

21) <역주>  $2E-3$ 은  $2 \times 10^{-3}$ 을 의미한다.



과 ‘대량방출’(Lg\_rel: 핵종 구성은 다음과 같은 노심재고량의 누적 분율로 특성화된다. Kr-Xe: 1, I<sub>org</sub>: 7E-3, I<sub>2</sub>-Br: 4E-1, Cs-Rb: 2.9E-1, Te-Sb: 1.9E-1, Ba-Sr: 3.2E-2, Ru: 1.7E-2, La: 2.6E-3)의 결과를 나타낸다. 두 표의 결과로부터 고려한 피폭경로(취식, 흡입, 공중조사, 지면조사)의 총 선량에 기여도(이 보고서의 목적에서 정규화[100%]함.)에 큰 차이가 있음은 분명하다. 주요 변수는 방사성핵종, 연중 시기, 방출 후 집적시간이다. 예를 들어, <sup>239</sup>Pu의 경우 흡입이 총 선량(겨울)의 100%를 기여하는데 ‘대량방출’(여름)에서는 단지 1%를 기여한다. 정규화된 연간 선량에 상대적 기여는 시간에 따라 변하는데 <sup>131</sup>I을 예를 들어 방출 후 10일 동안 총 연간 선량의 약 72%를 취식이 기여하며, 3개월 말까지는 추가로 20%를 기여한다. 물론 표A.1이나 A.2에 보인 단위 방출 핵종들의 연간선량 절대치는 현저한 차이가 있다. 이러한 차이는 계획단계에서 방호전략 개발과 참조준위 설정에서 적절한 방식으로 고려되어야 한다.

(A5) 표A.1과 A.2에 보인 결과는 방출원 근처의 조건을 대표한다. 다양한 과정(대기혼합에 의한 희석과 지표침적)의 결과로서 기체상 방출로 인한 선량은 방출지점과 방호수단이 계획된 지역 사이의 거리가 멀어질수록 감소할 것이다. 그러므로 계획에서 이를 고려하는 것이 중요하다. 그림 A.1은 10 km(위)와 100 km(아래) 거리에서 이러한 영향을 예시한다.

## A.1. 참고문헌

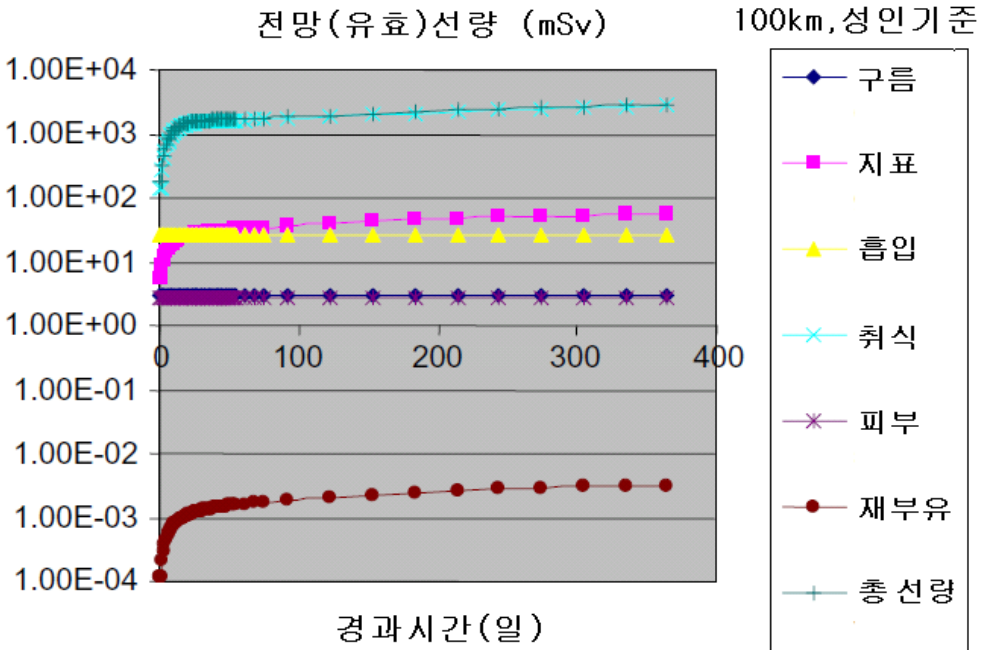
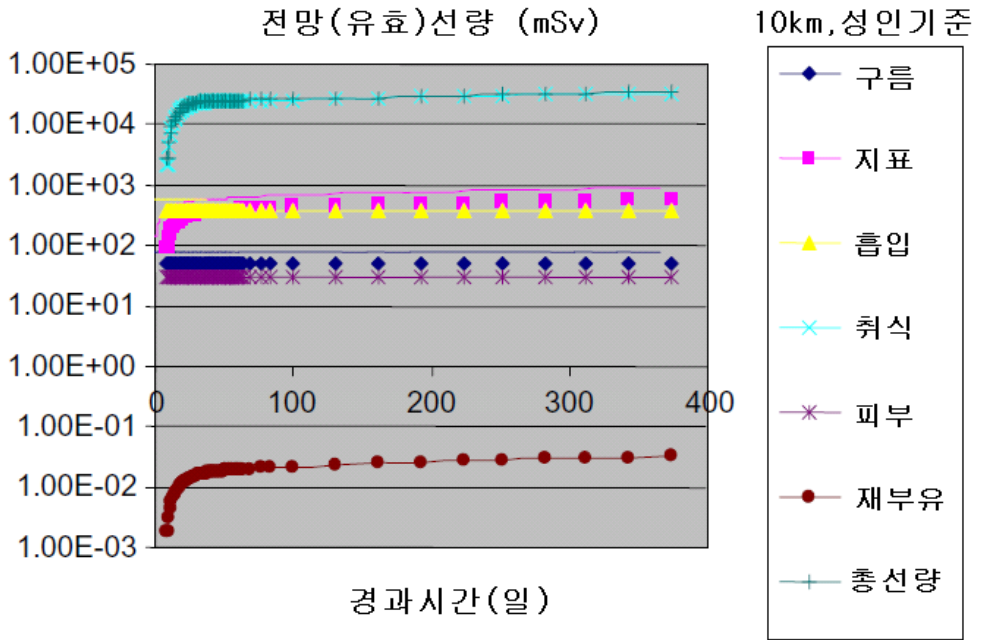
- BMBF, 1990. der Bundesminister für Forschung und Technologie (BMBF): Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Phase B, Verlag TÜV Rheinland 1990, ISBN 3-88585-809-6.
- Ehrhardt, J., 1997. The RODOS system: decision support for off-site emergency management in Europe. Radiat. Prot. Dosim. 731, 35-40.
- Ehrhardt, J., Weiss, A., 2000. RODOS: Decision Support for Off-site Nuclear Emergency Management in Europe, EUR 19144 EN. European Community, Luxembourg.

표A.1. '여름' 특성(7월 1일 방출).

피폭경로	<sup>60</sup> Co	<sup>90</sup> Sr	<sup>131</sup> I	<sup>137</sup> Cs	<sup>239</sup> Pu	소량 방출	대량 방출
섭식							
- 1 년	0.26	4.23	0.00	8.79	0.08	0.00	23.28
- 3 개월	2.81	34.54	19.69	36.54	1.01	22.96	25.93
- 10 일	1.47	21.43	71.55	16.85	0.52	46.58	49.03
흡입	7.12	36.85	5.39	8.95	98.38	6.59	1.05
지표							
- 1 년	63.72	2.14	0.00	21.00	0.00	0.00	0.09
- 3 개월	20.43	0.69	1.10	6.73	0.00	0.08	0.11
- 10 일	3.83	0.13	2.21	1.02	0.00	0.38	0.37
구름	0.37	0.00	0.04	0.11	0.00	23.39	0.14
계	100.	100.	100.	100.	100.	100.	100.

표A.2. '겨울' 특성(11월 1일 방출)

피폭경로	<sup>60</sup> Co	<sup>90</sup> Sr	<sup>131</sup> I	<sup>137</sup> Cs	<sup>239</sup> Pu	소량 방출	대량 방출
취식							
- 1 년	0.02	1.61	0.00	3.95	0.00	0.00	1.48
- 3 개월	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.37	21.78
- 10 일	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.74	42.46
흡입	8.18	91.41	79.82	23.43	100	19.25	20.57
지표							
- 1 년	66.70	5.17	0.01	53.56	0.00	0.00	1.70
- 3 개월	21.35	1.57	6.82	16.27	0.00	0.25	2.06
- 10 일	3.33	0.24	12.77	2.50	0.00	1.11	7.21
구름	0.42	0.00	0.59	0.28	0.00	68.28	2.75
계	100.	100.	100.	100.	100.	100.	100.



그림A.1. 여러 피폭경로로부터 전망선량의 총 선량 기여의 시간변화.

## 부록 B

# 선발된 개별 긴급 방호수단의 특징

### B.1. 옥소 갑상선 차단

(B1) 옥소 갑상선 차단은 방사성옥소를 수반한 사건에서 갑상선이 옥소의 방사성동위원소 섭취를 줄이거나 막기 위해 안정옥소(일반적으로 옥화칼륨<sup>22)</sup>)를 투여하는 것에 근거한다. 안정옥소는 방사성옥소(방사성옥소를 방출하는 원자로 비상사태, 실험실 비상사태, 방사성옥소가 관계된 악의적 사건<sup>23)</sup>)에 대한 갑상선 보호에만 이득이 있다.

(B2) 갑상선 차단은 방사성옥소의 흡입과 취식으로 인한 피폭의 경우에 갑상선 선량을 예방한다. 그러나 직접적으로 방사성옥소 섭취(잠재적으로 오염된 음식물의 섭취 제한)를 막는 다른 수단이 있으므로 갑상선 차단은 흡입으로 야기된 선량의 감축에 주로 사용할 것으로 생각한다. 갑상선 차단은 특히 아동에서 우유와 관련하여 오염되지 않은 음식 공급이 불가능하여 취식된 방사성옥소의 흡취를 줄이기 위해서만 사용해야 한다. 이런 경우에도, 가능한 빨리 오염되지 않은 음식을 공급하도록 노력해야 하기 때문에 옥소 갑상선 차단은 비교적 짧은 기간에만 사용하려는 것이다. 옥소 갑상선 차단은 주로 흡입에 대한 방호수단으로 사용하기 위한 것이므로, 갑상선 질환 위험을 줄이기 위한 단기 수단으로 주로 사용한다.

(B3) 갑상선 방사선량의 최대 감축을 달성하기 위해서는 안정옥소는 방사성옥소 섭취 전에, 또는 섭취 후 가능한 한 빨리 투여해야 한다. 방사성옥소 섭취 6시간 전까지 안정옥소를 경구 투여하면, 제공된 방호는 거의 완벽하다. 만약 방사성옥소 흡입 시기에 안정옥소를 투여한다면, 갑상선 차단 효과는 약 90%이다. 투여가 지연될수록 수단의 효과는 감소하지만 흡입 몇 시간 내 차단을 시행하면 방사성옥소 섭취는

22) <역주> 옥화칼륨(KI) 외에 옥산칼륨(KIO<sub>3</sub>)도 이용된다.

23) <역주> 실험실에서 방사성옥소를 다량으로 다루는 곳은 갑상선암을 치료하는 핵의학과 실험실과 그 핵의약품을 생산하는 원자로시설이다. 그러나 이들 시설에서 사건에 대비해 안정옥소제를 준비하는 경우는 거의 없다. 예상되는 회피선량이 안정옥소제 투여의 부담에 비해 현저하지 않기 때문이다. 주변에서 접하는 방사성옥소는 반감기가 길지 않고 취급량도 악의적 목적으로 사용하기에는 충분하지 않으므로 방사성옥소가 방사능테러에 사용될 가능성은 희박하다.

약 50%로 줄일 수 있다.

## B.2. 옥내대피

(B4) 옥내대피는 건축 구조물을 사용하여 기체상 플룸이나 침적된 물질로부터 피폭을 줄이는 것이다. 단단하게 지어진 건물은 지표에 침전된 방사성물질로부터 방사선을 감쇠할 수 있고 기체상 플룸의 피폭을 줄일 수 있다. 나무나 금속으로 지은 건물은 일반적으로 외부방사선에 대한 차폐물로 사용에 적합하지 않으며, 상당히 기밀할 수 없는 건물은 모든 피폭 방호에서 효과적이지 않다.

(B5) 옥내대피는 2일 이상 권고하지 않는다(IAEA 1994, 1996, 2006). 옥내대피는 이행하기 쉽지만 대부분의 경우 장기간 실행할 수 없다. 나아가 옥내대피는 소개 준비로 사용할 수 있다. 잠재 위험 지역의 사람들에게 소개를 준비하는 동안 ‘옥내로 들어가’ 라디오를 통해 향후 지침을 받도록 지시받을 수 있다. 그러나 매우 심각한 원자로 사고에서 시설 근접한 곳 집안에 옥내 대피하는 것은 결정론적 보건 영향을 막기에 충분하지 않다. 옥내대피는 장기 방호조치가 아니므로 고위험 구역의 사람들을 찾아 소개할 수 있도록 옥내대피가 사용된 모든 곳에 즉시 감시활동을 수행해야 한다.

## B.3. 소개

(B6) 소개는 비상피폭상황에서 단기 방사선 피폭을 줄이거나 피하기 위해 어떤 구역으로부터 사람을 일시적으로 신속하고 빼내는 일이다. 소개가 방사성물질 방출 전에 예방 조치로 취해진다면 방사선피폭을 피하는 데 가장 효과적이다. 일반적으로 소개는 1주보다 긴 기간에 대해 권고하지 않는다(IAEA 1994, 1996, 2006).

## B.4. 개인제염과 의료개입<sup>24)</sup>

(B7) 개인제염은 계획적인 물리적, 화학적 또는 생물학적 과정으로 인체 오염을 완

---

24) <역주> 표제와는 달리 내용에는 방사선 생해에 대한 의료개입을 다루지 않고 있다. 결정론적 상해가 확인되면 그 진료는 ‘방사선 긴급의료’의 범위에 있지만 이 보고서가 주목하는 ‘비상피폭 상황에서 방호’와는 거리가 있다. 이 소절에서 의료개입을 병기한 것은 개인 제염에 관련한 것이다. 즉, 제염에 사용하는 제염제(예: 피부제염에 사용하는 과망간산칼륨, 체내 제염에 사용하는 DTPA 등)는 일종의 약품으로 간주되고 따라서 이를 이용한 신체제염은 의료행위에 가깝다.

전히 또는 부분적으로 제거하는 것이다.

(B8) 오염물의 부주의한 취식이나 피부오염으로부터 외부방사선 피폭을 감축하기 위해 긴급한 개인제염을 조언할 수 있다. 이 수단은 특히 긴급작업자 방호에 유용하다. 소개가 권고된 지역 밖에서는 개인제염이 요구될 것 같지는 않다.

## B.5. 농업 예방조치

(B9) 음식과 관련한 방호수단은 취식으로부터 선량을 방지하거나 줄이는 것으로서, 피해지역에서 재배한 식품의 소비 금지, 예를 들면 우물덜기, 가축 옥내대피나 먹이 덜기와 같은 지역의 물이나 식품 공급원 방호, 지역에서 재배한 음식과 먹이의 장기적 통제와 샘플링을 포함한다. 방사성옥소와 같은 중요한 방사성핵종을 농축할 뿐만 아니라 많은 국가에서 우유는 아동 식사의 중요한 부분이기 때문에 우유통제는 매우 중요하다.

(B10) 해당된다면 비상계획은 식품 소비제한 필요성을 고려해야 한다. 필요할 때는 오염되었을 수 있는 목장에서 방목한 소나 염소의 우유를 마시지 말도록 사람들에게 지침을 주어야 한다. 나아가 방출이 있을 때 노천에 있어서 오염된 야채, 과일 또는 기타 식품도 취식하지 말도록 지시해야 한다. 모은 빗물로부터 직접 온 경우를 제외하면 음용수는 일반적으로 초기단계 대응동안 주요 관심사는 아니다. 그러나 집수구역으로 유입 때문에 오염이 점점 증가한다면, 대응하는 동안 정기적으로 급수계를 감시해야 한다. 일단 식품이나 음용수 제한이 이행되었다면 시료분석으로 음식이나 우유가 설정 준위 이상 오염되지 않음이 결정될 때까지 지속되어야 한다.

## B.6. 참고문헌

IAEA, 1994. Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency. Safety Series No. 109. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 1996. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA, 2006. Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1. International Atomic Energy Agency, Vienna.



## 부록 C

### 방호조치 종결을 위한 구체적 지침

(C1) 비록 일부 방호수단은 장기간 유효할 수도 있지만, 거의 모든 방호수단은 결국 종결이 필요할 것이다. 일부 방호조치, 특히 비상피복상황의 초기단계 동안 이행된 일부 방호수단은 그들의 본성(예: 옥내대피와 안정옥소 사용) 때문에 비교적 단기간(예: 안정옥소로 일회성 갑상선 차단이나 몇 시간에서 며칠까지 이행하는 옥내대피) 이행될 것이다. 예를 들어 식료품 연쇄점에 식품 입하제한과 같은 다른 수단들은 장기간 지속될 수 있다. 그러나 상황의 모든 구체적 여건이 평가되기 전에 방호수단을 성급히 종결 결정함에는 상당한 위험이 따른다. 예를 들어 방호수단을 너무 일찍 종결했을 때 예기치 않게 상황이 악화되면 추가 피폭이 발생할 수 있다. 방호수단 해제 결정을 취하기 전 비상사태의 구체적 상황과 잠재적 향후 피폭을 평가할 필요성은 사전에 해제를 위한 특정 수치지침을 계획하려는 시도가 어려움(또는 때로는 위험함)을 의미한다. 아직 이 주제에 대한 지침은 거의 없는 것으로 안다. 그래서 유럽 위원회는 그러한 결정을 실시간으로 하는 것을 보조하는 기틀을 수립한 바 있다. 이 부록은 유럽위원회 지침을 논의한다. 나아가 유럽의 비상대응 전문가들도 이 주제에 역점을 두고 있다. 그들의 최초 결론에 대한 최근 보고서는 유럽 ‘EURANOS’ 사업의 일부로서 발행되었다(Nisber 등, 2008).

(C2) 의사결정자의 주요 고민은 사람들의 생활에 불필요한 제한을 종결할 필요와 방호수단 종결이 그 사람들을 의도하지 않은 위험에 노출되지 않도록 보장할 필요 사이에 균형을 맞추는 것이다. 이 균형은 인구그룹이 달라지면 다를 수 있으며, 상당한 불확실성이 따를 것이다. 그러므로 인구그룹들을 달리 취급하는 것이 적절할 수 있다. 나아가 결정이 근거할 필요정보가 가용해짐에 따라 방호수단은 시간과 장소를 달리하여 종결될 수 있다.

(C3) 다른 그룹에 대해서는 방호수단을 계속 유지하기를 권고하는 한편에서 일부 그룹에 대해서는 방호수단을 종결하는 것이 적절할 수도 있다. 이런 일은 상세 감시의 불균질성이나 국지 고밀점hotspot 때문에도 필요할 수 있다. 방호수단 해제를 위한 이 접근에 대해 분명한 방사선학적 정당화가 있을 수 있지만, 근심의 증가나 개정된 조연의 오해의 증가 가능성에 대해서도 알고 겨눌 필요가 있다.

(C4) 시간 경과와 대응 축소 가능성 모두로 인해 기존 방호수단을 대안으로 대신할



것인지를 고려하는 것이 의사결정자에게 중요하다. 가장 중요한 예시는 옥내대피이다. 옥내대피는 장기간 유지할 수 없다. 방사선방호 시각에서 건물 밖 방사성핵종의 침투 증가로 시간이 경과하면 옥내대피가 제공하는 방호는 감소할 것이다. 사람들은 음식물, 의료, 운동을 필요로 하고 다른 사람과 접촉도 요구한다. 그러므로 방출 중단 여부와 관계없이 어느 시점에서 옥내대피 중지가 필요할 것이다. 이 시점에서 의사결정자는 옥내대피 권고의 전면 종결할지 아니면 소개와 같은 대안 조언으로 교체할지를 고려해야한다.

(C5) 모든 사고는 어떻게, 언제 방호수단을 철회할지 결정에 영향을 미치는 고유한 특성을 갖지만, 그런 결정을 취하기 전에 평가와 고려를 요구하는 문제에 대한 일반 지침을 제공하는 것은 가능하다. 다음 절들은 초기단계에서 그리고 후속단계에서 이행된 방호수단 종결을 위한 그러한 지침을 제공한다.

## **C.1. 초기단계에서 이행한 방호수단 종결 지침**

(C6) 처음 고려할 만한 핵심 방호수단은 안정옥소 투여, 옥내대피나 소개의 조언, 그리고 측정 프로그램을 통해 식품 방호수단에 상세한 조언에 필요한 정보를 제공할 수 있을 때까지 오염 우려 음식을 피하게 하는 조언이다. 이러한 방호수단 종결에 필요한 고려 인자는 사고 후 초기단계에서 종결하느냐 후속단계에서 종결하느냐에 따라 차이가 있다.

(C7) 방출이 멈출 때까지는 소개나 첫 식품 조언의 종결을 고려할 필요는 없을 것이다. 안정옥소의 경우, 결정할 일은 이 방호수단 종결이 아니라 하루 이상 지속하는 방출 사건에서 두 번째 옥소투여를 조언할 것인지이다. 이 상황에 대해 만약 집단에 두 번째 투여가 요구된다면, 방출이 멈출 때까지 집단을 소개하는 데 모든 노력을 기울이도록 ICRP는 조언한다. 하지만 옥내대피는 다르다. 장기간 동안 옥내대피를 유지하는 것이 가능하지 않거나 집단의 소개해야 한다는 결정 때문에, 단기간 이후에는 옥내대피 종결이 필요할 것이다. 이러한 상황에서는 종결 결정이 피폭과 대중의 불안이나 믿음이 어떻게 영향을 미칠 것인지를 평가하는 것이 특히 중요하다. 그러한 결정은 영향 받는 사람들의 필요성에 대한 이해와 우려에 근거해야 하는데, 이러한 이해는 이상적으로는 사고발생 전에 잠재적 피해집단과 대화를 통해 구해야 한다. 그런 대화는 영향 받는 사람들의 예상을 관리할 수 있게 할 것이며, 그래서 옥내대피에 뒤에 소개가 따를 것으로 예상하게 한다. 대화는 또한 인구그룹별로 얼마나 오랫동안 옥내대피를 유지할 수 있는지, 그리고 비상구호나 가족 재결합 대

책과 같은 구체적 지원수단이 옥내대피 조기 종결의 실질 대안이 되는지에 관해 의사결정에 정보를 제공할 것이다.

(C8) 비상사태가 개선되면 모든 방호수단을 종결하도록 매우 강한 압력이 있을 것이다. 그러나 종결 방안과 그 예상 영향을 충분히 평가하고 조급한 의사결정을 피하는 것이 중요하다. 옥내대피, 소개 및 식품에 대한 조언을 철회하는 결정에는 겨누는 비상상황의 여건을 반영하는 것이 필요하다. 모든 구체적 상황을 평가하기 전에 방호수단 철회의 조속한 결정은 상황이 예상치 않게 악화되면 추가 피폭을 야기할 수 있다. 일반적으로, 초기단계에서 이행한 방호수단은 희망한 효과를 달성했거나 계속 적용이 이로움보다 해로움(예: 장기간 옥내대피는 교란을 키운다)을 더 야기할 때 철회될 것이다. 그러한 결정을 할 때는 상이한 여러 측면을 고려해야 하며, 방호수단 종결에 관한 모든 결정에서처럼 가능하다면 논의에 관련 이해당사자를 참여시키는 것이 중요하다. 옥내대피 중인 사람들과 결정의 상의하는 것은 불가능하거나 어렵겠지만, 소개된 사람을 소개지역으로 복귀하는 결정은 소개된 사람들과 논의하는 것이 요긴할 것이다. 일반인이나 공무원이 이해할 수 있도록 사전 수립된 지침이 없다면 방사선 외적(예: 경제적, 사회적, 심리적) 영향이 방사선학적 영향보다 심각할 수 있다. 표 C.1-C.4에 고려해야 할 주요 쟁점을 요약하였다.

표 C.1. 옥내대피 조언 종결을 위한 점검표

쟁점	의견/고려사항
기간	1일 이상은 현실적이지 않을 것임.
방출상태	방출이 종료되었다는 공식 조언을 받기 전에 부분적 해지(예: 가족의 재결합)나 단계적 소개를 고려할 수 있다.
오염	옥내대피 지역에 대한 상세 감시가 우선할 가능성이 높다. 측정치가 미디어와 일반인이 접근할 수 있도록 ‘발표’되었음을 확인한다.
정보	해당 시간이 짧아 옥내대피 조언의 철회는 이해당사자와 큰 마찰 없이 수행될 것이다.
보건	후속 선량평가나 보건 추적 프로그램을 위해 영향 받은 모든 사람들에게 대한 상세한 정보가 요구된다.
이해당사자	영향 받은 사람들에게 옥내대피 철회를 위한 방호전략 개발에 기여할 기회를 주어야 한다. 복구전략이 필요하다면 이해당사자는 복구전략에 대한 결정에 입력하는 메커니즘을 요구할 것이다.
우선순위	옥내대피 철회 결정은 일반적으로 최우선순위를 받을 것이다.

표 C.2. 소개 조인 종결을 위한 점검표

쟁점	의견/고려사항
기간	장기 소개는 용인 가능한 생활조건 제공이 필요한데 대부분 소개센터는 그런 조건을 제공할 수 없다. 개인 물품을 가져오거나 남은 동물을 돌보도록 감독 아래 소개지역 방문을 도입하면 조기 소개 해제 압박이 줄 것이다.
방출상태	방출이 일어난다면, 분명히 방출이 종료되었다는 공식 성명이 있을 때까지 소개 해지 결정을 늦출 필요는 비상계획이 소개가 며칠에서 몇 주일까지 계속될 것을 가정해야 함을 의미한다.
오염	소개 철회가 예상되는 지역의 감시가 우선해야 한다. 측정결과에 미디어와 일반인 접근할 수 있도록 발표해야 한다.
정보	지역으로 복귀하기 전에 피난민과 대화와 직접적 정보제공에 대한 메커니즘을 수립하는 것이 중요하다.
보건	후속 선량평거나 보건 추적 프로그램을 위해 영향 받은 모든 사람들에게 대한 상세한 정보가 요구된다.
이해당사자	영향 받은 사람들에게 복귀 <sup>25)</sup> 를 위한 방호전략 개발에 기여할 기회를 주어야 한다. 복구전략이 필요하다면 이해당사자는 복구전략에 대한 결정에 입력하는 메커니즘을 요구할 것이다.
우선순위	옥내대피 철회에 비해 낮은 우선순위

주: 소개지역에 감시, 물품회수, 보수활동 수행, 치안 준비를 위해 엄격히 감독을 받는 사람들의 출입을 허용하는 것과 소개된 사람들이 집으로 돌아가도록 조인하는 대책은 구별하는 것이 중요하다. 이 표는 소개를 전면 철회하기 전 고려사항에 대한 점검표를 제공한다.

(C9) 초기단계에서 이행되는 방호수단과 이후단계에서 이행하는 방호수단 사이의 주요 차이점의 하나는 전자는 대개 실제 상황과 영향에 대해 한정된 정보만을 근거로 이행된다는 것이다. 향후 방출이 없을 것으로 판단될 때쯤은 추가 정보가 모일 것이다. 이 정보는 초기대응이 과잉 대응이었음을 보일 수도 있는데 이러한 경우 대응 관리 책임자는 가능하면 빨리 방호수단의 범위와 강도를 낮추고 싶은 강한 동기가 있을 수 있다. 그러나 이러한 상황에서도 이후 나타날 수 있는 예기치 않은 문제의 가능성을 피하기 위해 표C1-C.4 이슈를 살피도록 하는 것이 중요하다.

25) <역주> 원문은 ‘안정옥소 차단’으로 적고 있으나 이는 편집과정의 실수이므로 수정하였다.

표 C.3. 추가로 안정옥소를 투여하지 않기로 결정하기 위한 점검표

쟁점	의견/고려사항
기간	안정옥소 1회 투여는 24시간 동안 방호를 제공할 것이다. 보통 2차 투여보다는 소개가 선호될 것이다. 지속되는 방출 가능성으로 옥내대피자에게 여러 번 투여가 요구될 때는 비상계획은 어떻게 이를 달성할 것인지를 다뤄야 한다.
방출상태	첫 투여 후 24시간 이상 방출이 실제 감지되고 소개도 비현실적인 경우에만 여러 번 투여를 고려해야 한다.
오염	이상적으로는 식품오염으로부터 방호를 위해 안정옥소 예방조치가 사용되어서는 안 된다. 가능하다면 식품통제는 취식에 의한 섭취에 대한 방호를 위해 이행되어야 한다.
정보	안정옥소 예방조치는 옥내대피나 소개와 결합되어야 하며, 정보 대책 필요성은 동일하다.
보건	사고 전후에 태어난 유아의 갑상선은 만약 유아나 어머니가 안정옥소를 복용했다면 개별적으로 측정해야 한다. 후속 보건문제를 대비하여 안정옥소를 투여한 사람들을 상세히 기록해야 한다.
이해당사자	이해당사자는 복구전략에 대한 결정에 입력하는 메커니즘을 요구할 것이다.
우선순위	안정옥소 여러 번 투여는 옥내대피 집단에만 해당되며 통상 최우선 순위일 것이다.

표 C.4. 오염이 우려되는 식품을 피하게 한 처음 조연의 종결을 위한 점검표

쟁점	의견/고려사항
기간	잠재적으로 오염된 식품을 피하는 예방적 수단은 일반적으로 며칠정도 유지될 수 있다. 이후에는 경제적 비용과 일부사람에게는 식이요건이 주요 쟁점이 되기 시작할 것이며, 따라서 예방적 조연은 종결되거나 측정프로그램에 근거하여 법적으로 집행해야 한다.
방출단계	방출이 종료될 때까지 종결을 조연할 수 없다.
오염	식품 조연이 종결될 것으로 예상되는 지역의 감시에 우선해야 한다. 측정결과에 미디어와 일반인 접근할 수 있도록 발표해야 한다.
정보	농부, 국내 식품가공업자, 야생식품 채취자에게 정보 제공을 위한 메커니즘을 수립하는 것이 중요하다.
보건	잔류 오염을 함유한 식품을 먹는 것의 보건위험 정보가 모든 소비자에게 쉽게 가용해야 한다.
이해당사자	이해당사자는 복구전략에 대한 결정에 입력하는 메커니즘을 요구할 것이다.
우선순위	식품통제 해제 결정은 대체식품 공급이 가능한 <sup>26)</sup> 곳에만 높은 우선순위를 줄 수 있다.

26) <역주> 편집실수로 원문은 ‘불가능한’으로 잘못 적고 있다.

## C.2. 후속단계에서 이행된 방호조치 종결에 대한 지침

(C10) 초기단계에 개시되는 방호수단과 비상피폭상황의 후속단계에서 이행되는 방호수단 사이에는 중요한 차이가 하나 있다. 긴급 방호수단의 주요 목표는 상대적으로 높은 단기간 피폭으로부터 사람을 보호하는 것이다. 이러한 수단을 이행하는 결정은 상당한 불확실성 속에서 취해질 가능성이 크다. 그러나 상황이 더 진전됨에 따라 상황이 보다 잘 특성화될 것이므로 실시되는 방호수단은 몇 주 또는 몇 달 동안 계속될 필요가 있을 것이다. 이러한 차이는 후속단계 방호수단에 대해 수단을 개시하기 전에 미리 이들 수단 종결을 위한 기준을 설정하는 것이 가능하고 바람직함을 의미한다. ‘종결’ 기준은 이에 도달했을 때 명백하도록 직접 측정 가능하거나 관측 가능한 양으로 정의되어야 한다. 이 기준은 해당 방호수단 종료의 수용되도록 이해당사자들과 논의하여 합의해야 한다. 재정착<sup>27)</sup>과 같은 일부 수단에 대한 기준은 돌아갈 지역의 잔류 선량률로 나타낼 수 있을 것이며, 제염과 같은 기타 수단에 대해서는 특정 제염기법에 대해 표면에 용인될 잔류오염의 최대준위로 표현될 것이다.

(C11) 후속단계에서 이행되는 방호수단은 초기단계에서 이행하는 수단처럼 긴급을 요구하지는 않는다. 이는 이해당사자에게 실질적 최적의 방법으로 방호수단을 이행하기 위해 영향을 받을 사람들과 대화할 시간 여유가 있음을 의미한다. 모든 개인이 표출한 우선순위를 충족할 수는 없지만 사람들의 생활에 영향을 미치는 결정에 이해당사자 참여 과정은 우려나 불만을 줄이는 데 도움이 되며, 기존피폭상황으로 상황 관리의 효율적 전환에 기여할 수 있다.

## C.3. 참고문헌

Nisbet AF, Rochford H, Cabianca T, A. Oudiz, G. Kirchner, M. Hoffmann, V. Bertsch, M. Merz, B. Carlè, C. Turcanu, A. Sohler, J. Camps, G. Olyslaegers (2008) Generic Guidance for Assisting in the Withdrawal of Emergency Countermeasures in Europe Following a Radiological Incident. EURANOS(CAT1)-TN(08)06. <http://www.euranos.fzk.de/>

---

27) <역주> 원문은 영구이주(permanent relocation)으로 적고 있으나 ‘돌아갈 지역의 잔류 선량률’을 기준으로 한다면 그 수단은 이주가 아니라 재정착(또는 복귀)이 적절하여 수정하였다. 영구이주를 위한 기준이라면 돌아갈 지역이 아니라 소개한 지역의 잔류 선량률이 옳다.