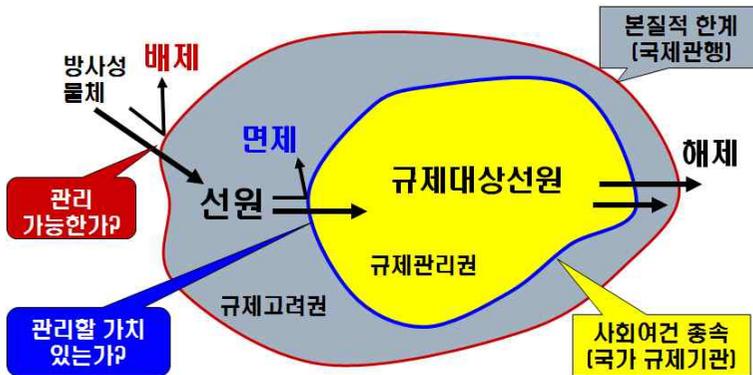


방사선방호 관리수단의 범위

Scope of Radiological Protection Measures



ICRP Publication 104

방사선방호 관리수단의 범위

Scope of Radiological Protection Measures

ICRP 승인: 2007년 9월

이 ICRP 간행물의 우리말 번역본은
ICRP의 허락(2008년 8월)을 받았으며
ICRP 정신에 따라 무료로 배포합니다.

국제방사선방호위원회

역사서문

인공방사선이 사용되기 전에도 인류는 여러 종류의 방사선원으로부터 방사선을 피폭해 왔다. 우라늄이나 토륨처럼 지각에 존재하는 천연 방사성핵종이나 우주의 항성에서 방출되어 지상에 도달하는 우주방사선 즉, 자연방사선에 의한 피폭이 그것이다. 원자력발전소와 같은 인공방사선원에 노출되는 사람은 그 선원 인근에서 작업하는 사람으로서 비교적 소수인 반면 자연방사선에 노출되는 사람은 본질적으로 인류 전체이다. 따라서 총 방사선량의 관점에서 보면 자연방사선 피폭이 인공방사선 피폭보다 훨씬 많다.

그러나 자연방사선 피폭은 우리의 고의적 행위에 의한 것이 아니라 저절로 발생하는 경우가 많다는 점에서, 그래서 종종 그러한 피폭으로부터 방호가 용이하지 않다는 점에서 이 피폭은 방호의 대상에 포함하기 곤란한 점도 있다. 즉, 여러 유형의 방사선피폭 중 어떤 피폭이 방호관리의 대상이 되어야 하고 어떤 피폭은 현실적으로 방호하기 어려워 관리 대상에서 “배제”할 수밖에 없는가를 판단할 필요가 있다.

나아가 원론적으로는 방호가 가능하지만 피폭 수준이 낮고 수반되는 방호비용이 높아 방호관리 노력의 가치에 의문이 제기되는 경우도 있다. 방호관리에 투입되는 투자에 비해 그로부터 얻는 보건학적 이득이 크게 미진하다면 방호관리가 정당화되지 않기 때문이다. 이러한 경우에는 “면제” 개념을 적용한다.

이 보고서는 여러 피폭원 중 어떤 것이 규제관리 대상으로 고려되어야 하고 어떤 것이 배제 또는 면제의 대상으로 고려되어야 할지에 대해 국가의 규제기관이나 방호에 관한 국제표준을 제공하는 국제기구를 돕기 위해 발간되었다. 규제할 것인지에 대한 판단은 국가 규제기관의 고유 권한이므로 이 보고서는 방사선 방호 전문기구로서 ICRP가 제안하는 수준으로 이해할 수 있다. 이런 이유 때문에 이 보고서의 서술은 때에 따라 매우 조심스럽기도 하고 때로는 적잖이 현학적이기도 하다. 또, 현실적인 기준을 정하는 IAEA, WHO 등 정부간기구의 권위를 고려하여 때로는 이들 기구의 기준이 방사선방호의 기본 원칙에 조화되지 않음에도 그 시비를 논의하지 않고 애매한 입장을 취함으로써 독자의 판단을 모호하게 하는 경우도 있다. ICRP가 방호 원칙과 개념에 대해서는 권위 있는 권고를 낼 책임과 권한이 있다고 볼 때 이와 같은 신중함이 옳은가 의문이 제기될 수도 있어 보인다.

이 보고서의 목적에서 그 사용이 특별히 고통스러운 표현은 “방사성물질”이다. 보고서의 많은 곳에서 천연방사성물질(NORM) 또는 방사성물질이라는 용어가 반복되는데 각 용도에서 그것이 진정 “방사성물질”을 의미하지 않는 경우도 많다. 법적으로 방사성물질은 방사능농도와 총 방사능이 일정 기준 이상인 물질에 한 한다. 이 보고서의 지적대로 면제란 사람에게 적용되는 것이지만 관례에

따라 대개 일반 면제기준이 “방사성물질”을 규정하는 경계로 적용된다. 가령 “방사성물질의 관리 배출”이라고 할 때 실제 배출되는 유출물(공기나 물) 중의 방사능농도는 통상 법정 방사성물질 기준에 미치지 않는다. 따라서 방사성물질의 배출이 아니라 “방사능이 있는 물질의 배출”이 합당한 표현일 경우가 많다. “면제되는 방사성물질”이란 표현도 적절하지 않다. 일반 면제되었다면 이미 방사성물질이 아닐 것이기 때문이다. “해제”에서도 유사한 문제가 발생한다. 통상 NORM이라고 말할 때에도 그 방사능농도나 총 방사능이 일반면제 기준을 초과하는지 여부를 고려하지 않고 천연방사성핵종을 상당히 함유한 물질을 포괄적으로 NORM이라 부르는 관행이 있고 이 보고서에서 용례도 이러한 관행을 탈피하지 못한 경우가 있다. 이러한 이유로 이 번역본에서는 원문이 “radioactive material”로 적힌 부분에서도 그것이 정녕 방사성물질을 의미하지 않는다고 보는 부분에 대해서는 “방사성물질”로 직역하지 않고 의도적으로 “방사능 물질” 또는 “방사능이 있는 물질” 등으로 달리 표현하려 노력했다. 그러나 역자의 이러한 노력이 모든 부분에서 성공적으로 적용되었다고 보장할 수는 없음에 독자의 양해를 구할 수 밖에 없다.

비슷한 고통이 “방사성폐기물”이란 용어에도 수반된다. 국내 규정도 그러하지 만 국제기구 문서에서도 방사성폐기물에 수치기준이 적용되지 않은 경우들이 있어 방사능에 오염된 폐기물을 방사성폐기물로 부르는 경향이 있다. 2007년 발간된 IAEA 용어집에는 이 문제가 개선되어 방사능농도와 총 방사능이 “해제준위” 이상인 폐기물로 규정하고 있다. 즉, 해제기준 미만의 방사능 물질은 방사성폐기물이 아니다. 그 수치 기준이 반드시 같지는 않지만 대체로 면제기준과 해제기준이 대등하기 때문에 면제기준 미만의 방사능이 있는 폐기물은 방사성폐기물에서 제외됨이 마땅하다. 요컨대 “방사성물질이 아니면 방사성폐기물도 아니다.”라는 인식이 정착되었으면 한다.

이 보고서의 문장들은 특별히 난해한 표현들이 많다. 따라서 우리말 번역문도 난해한 부분들이 많을 것이다. 일부분에서는 독자의 이해를 돕기 위해 <역주>를 추가했다. 늘 쓰는 말이지만 번역문이 원문보다 더 난해하지 않기를 바란다.

끝으로 이 번역본은 교육과학기술부의 2009년도 방사선기술개발사업의 일환으로 한국동위원소협회가 주관한 “방사선안전관리기반구축” 사업의 일부를 위탁받아 대한방사선방어학회가 수행한 “방사선안전 정책지원 워킹그룹 운영” 사업의 부분 결과물임을 밝히며, 사업 지원에 대해 교육과학기술부와 한국동위원소협회에 감사를 표한다.

2010년 5월

역자 이재기(한양대학교 원자력공학과)

서 문

2005년 3월 파리 회의에서 국제방사선방호위원회(이하 ICRP라 적는다.)는 방사선방호 규정의 범위를 정의하는 데 규제당국을 돕기 위한 권고를 개발할 작업그룹을 설치했다. 이를 위해서는 특히 이미 국제표준에서 수립되어 있는 배제와 면제 개념에 대한 조사가 필요했다. 작업그룹 위원의 최종 구성은 다음과 같다.

A.J. Gonzalez(위원장) R.H. Clarke J. Cooper
G.C. Mason A.D. Wrixon

이 보고서를 준비하는 기간 ICRP 본위원회 위원은 다음과 같다.

L.-E. Holm(위원장) J.-K. Lee Y. Sasaki
J.D. Boice, Jr H. Menzel (2007-) N. Shandala
C. Cousins Z.Q. Pan C. Streffer (-2007)
R. Cox(부위원장) R.J. Pentreath A. Sugier
A.J. González R.J. Preston

과학서기: J. Valentin

이 보고서 초안을 준비하기 위해 작업그룹은 Chilton의 영국 보건방호국(HPA) 연구실에서 회의를 가졌다. ICRP는 작업그룹이 HPA로부터 받은 지원에 대해 감사를 표시한다. 작업그룹은 국제원자력기구(IAEA)가 “전리방사선 방호와 방사선원 안전을 위한 국제안전표준(BSS)” 검토를 위해 국제 정부간기구가 취한 과정의 틀에서 범위에 대한 작업자료를 개발하기 위해 소집된 자문위원들과 추가 토론으로 도움을 받았다. 자문회의는 2006년 1월 30일부터 2월 2일까지 비엔나 IAEA 본부에서 열렸는데 참석자는 세계노동기구(ILO)를 대표한 Georges H. Coppée, John R. Cook(운송문제), Alan Melbourne, Denis Wymer 및 Trevor Boal, Anthony Wrixon을 포함한다. ICRP는 자문위원과 IAEA의 작업그룹 업무에 대한 기여에 감사를 표한다. ICRP는 또한 ICRP 권고의 의미에 대한 NEA 원자력국 전문가그룹의 심층 기여와 유럽연합에 대해서도 크게 감사한다. ICRP는 2005년 9월 스위스 베른 회의에서 보고서 초안을 검토했으며 2006년 3월 의견수렴을 위해 ICRP 웹에 게시했다. 많은 유용한 제안이 웹 자문기간에 접수되었다. 이 보고서의 주관적 특성이 여러 관점에서 다수의 대안이 옹호될 수 있었다. 따라서 보고서가 다분히 추론적인 면이 있으며 받은 많은 의견들이 이유는 있지만 설득력이 있지는 않았다. 이 보고서의 속성 때문에 웹 의견은 그대로 고려되지는 않았지만 여러 의견은 예외적으로 이 보고서에서 인용되고 참조되었

다.

ICRP의 전임 및 현임 위원장인 Roger Clarke와 Lars-Erik Holm 및 작업그룹 위원장으로 구성된 특별그룹에 의한 개정 후 보고서가 우편투표를 통해 작업그룹의 승인을 받았으며 2006년 10월 모로코 라바트 회의에서 본위원회의 검토를 받았다. ICRP가 2007년 3월 에센 회의에서 새로운 권고가 승인된 후 이 보고서를 업데이트하였고 통신투표를 통해 본위원회의 승인을 받았다.

차 례

역자 서문	i
서문	iii
사용 약어	vii
요지	ix
객원 논설	xi
요 약	1
용어집	7
제1장 서론	13
제2장 ICRP 권고와 규제 범위	15
2.1. 문턱 없는 선형모델	16
2.2. 방호의 정당화와 최적화	16
2.3. 배제와 면제	18
2.4. 방사선 피폭상황	22
2.5. 피폭의 분류	25
2.6. 사회성향	26
제3장 방사선 방호관리 규정으로부터 배제	33
제4장 계획피폭상황에서 면제	37
4.1. 면제 원칙	39
4.2. 면제준위	44
4.3. 해제	47
4.4. 해제의 사용과 오용	49
4.5. 핵의학 환자의 퇴원	52
4.6. 오염된 시신의 방출	53
제5장 비상피폭상황	57
제6장 기존피폭상황	61
제7장 특정 피폭상황에 대한 고려	65
7.1. 낮은 에너지, 낮은 강도의 우발적 방사선 피폭	65
7.2. 우주방사선 피폭	67
7.3. 천연방사성물질에 의한 피폭	70

7.4. 주변 라돈 피폭	79
7.5. 방사능이 있는 물질이 들어있는 일용품에 의한 피폭	85
7.6. 저준위 방사성폐기물에 의한 피폭	90
제8장 결론	99
총괄 참고문헌	103
웹사이트를 통한 조언	109
찾아보기	111

〈역주〉 사용 약어

ICRP International Commission on Radiological Protection 국제방사선방호위원회
NORM naturally occurring radioactive material 천연방사성물질
HPA Health Protection Agency 영국 보건방호청
ILO International Labor Organization 국제노동기구
BSS Basic Safety Standards (방사선방호와 선원안전에 관한) 국제안전표준
IAEA International Atomic Energy Agency 국제원자력기구
NEA Nuclear Energy Agency OECD 원자력국
UNESCO UN Educational, Scientific and Cultural Organization
CRPPH Committee on Radiation Protection and Public Health NEA 방사선공공보건
위원회
OECD Organization for Economic Cooperation and Development 경제개발협력기구
EEA European Environmental Agency 유럽환경국
EU European Union 유럽연합
EC European Commission 유럽위원회
LNT linear no-threshold (model) 문턱 없는 선형 (모델)
UNSCEAR UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 유엔방사선
영향과학위원회
STUK Radiation and Nuclear Safety Authority 핀란드 방사선원자력안전규제기관
LET linear energy transfer 에너지전달선밀도
CCTV closed circuit TV 폐쇄회로 TV
EURADOS European Dosimetry Group 유럽선량계측그룹
SPE solar particle event 태양입자사태
ASTM American Society for Testing and Materials 미국재료시험협회
EPA Environmental Protection Agency 미국 환경보호청
WLM working level month 작업준위-월
BEIR (Committee on) Biological Effects of Ionizing Radiations 전리방사선생물영향
(위원회)
ERR excess relative risk 초과상대위험
EOR excess odds ratio 초과기회비
WHO World Health Organization 세계보건기구
FAO Food and Agriculture Organization 세계식량농업기구
CAC Codex Alimentarius Commission 국제식품규격위원회
CCFAC Codex Committee on Food Additives and Contaminants 식품첨가물오염물
위원회

방사선방호 관리수단의 적용범위

ICRP 간행물 104

2007년 9월 ICRP 승인

요지- 이 보고서에서 ICRP는 정당화와 최적화 원칙을 사용하여 규정을 통한 방사선방호 관리수단의 범위를 정의하는 접근을 국가당국에 권고한다. 보고서는 규제관리가 정당화될 수 있어 해당 규정이 관장해야 할 방사선 피폭상황과 역으로 규제관리가 쉽지 않거나 부당한 것으로 보여 배제를 고려할 상황을 결정하는 데 조언을 제공한다. 또한, 규제되는 여건에 기인한 상황에 특정 규제요건의 적용이 부당하여 이를 면제함이 최선 방안이기 때문에 규제자가 그러한 규제요건의 준수로부터 면제를 고려할 수 있는 상황을 결정하는 데도 조언을 제공한다. 그래서 보고서는 방사선방호규정의 범위를 정의하는 배제기준과 계획피폭상황에 대한 면제기준, 그리고 이들 개념을 비상피폭상황과 기존피폭상황에 적용함에 대해 설명한다. 또한 보고서는 낮은 에너지 또는 낮은 강도의 우발적 방사선, 우주방사선, 천연방사성물질, 라돈, 일용품 및 저준위 방사성폐기물에 의한 특정 피폭상황도 다루고 있다. 보고서에 주어진 정량적 기준은 규제범위를 정의하는 데 규제자에 대한 일반 제안으로 의도된 것일 뿐이며, 규제할 수 있거나 규제할 필요가 있는 상황을 설정하기 위한 확정적 경계는 국가의 접근에 따라 다를 수 있음을 ICRP는 이해한다.

중심어: 배제, 면제, 방사선방호, 해제, 규제

규제되어야 할 대상에 한도가 있는가?

이 표제는 현대 기술사회의 어려운 이슈의 하나를 함축한다. 이 원론적 질문에 대한 대답이 명쾌할 것으로 기대할 수는 없고 논란 여지가 있다. 사회가 어떤 노력에 대해서는 왜 관리를 요구하고 다른 노력에 대한 관리는 무시하는가? 방사선방호도 이 딜레마에 면역이 있지는 않다. 상대적으로 높은(그리고 관리 가능한) 피폭이 근본적으로 관리되지 않는데(때로는 피폭의 근원이 “천연”이라는 모호한 근거로) 왜 상대적으로 경미한 다른 방사선피폭은 강력한 관리를 받는가? ICRP 권고가 어떤 추가 방사선피폭(아무리 작아도)이 위험을 추가(작지만)함을 가정하고 있다면, 모든 피폭원(아무리 경미해도)은 관리되고 규제되어야 한다고 볼 수 있다. 그러나 어떤 방사선원은 어디에나 있어 본질적으로 관리 불가하다. 나아가 사소한 피폭을 관리하기 위해 불균형적 사회자원을 소모함은 ICRP의 방사선방호 최적화 기본원칙을 이행하는 최적 방안이 아닐 것이다. 여러 해 동안 방사선방호 실무자와 규제자는 이 딜레마에 직면해 왔지만 확고한 해답은 손에 잡히지 않은 채 남아 있다. 따라서 국가 당국이나 해당 정부간기구가 구체적 방사선방호 관리수단의 범위를 정의하는 것을 돕기 위해 조언을 제공할 목표로 ICRP가 이 보고서를 준비했다. 이 보고서는 ICRP 웹사이트를 통한 공개 검토로 많고 폭넓은 의견을 받았다. 보고서의 본성으로 인해 이 경우에는 접수한 의견을 그대로 고려하지는 않았지만 많은 의견이 이 논설이나 본문 내용에 인용되었다. 전체 인용 의견을 보고서 말미에 열거하였다. 이 보고서는 국가 당국이나 해당 정부간기구가 방사선방호 관리수단의 범위를 정의함에 조언을 제공한다.

이 보고서의 조언은 주로 ICRP의 정당화와 최적화 원칙에 근거한다. 보고서는 공공 위해에 대한 규제관리를 감축하거나 규제 완화를 의도하기 보다는 방사선 피폭상황의 효과적 관리를 제공함을 목표로 한다(Johnsrud, 2006).

관리수단들은 규정을 통해 이행되며 규정은 한정된 범위를 필요로 함에 유의할 필요가 있다. 방사선 방호규정의 범위는 그 안에서 방사선 피폭상황이 규제되어야 하는 경계를 구성한다. 이 범위를 정의하는 것이 예방적 접근을 구체적으로 권고하는(Folkers, 2006) 예방원칙에 반하는 것으로 해석해서는 안 된다(EEA, 2001). ICRP 권고가 유엔 체계 내에서 수립된 예방원칙(UNESCO, 2005)에 상응함을 ICRP는 분명히 밝힌 바 있다(ICRP, 2007, 제36항). ICRP는 예방원칙에 함축되어 있고 복잡, 누적, 잠재적 시너지 효과 또는 간접 효과 등을 내포하는 “깜짝 악영향negative surprise” 개념에 유의하고 있으며 규제자가 방사선 방호규정

의 범위를 정의할 때는 깜짝 악영향 가능성을 인지해야 할 것으로 생각한다(Folkers, 2006).

규제 범위가 정의되어야 하는 이유는 여러 가지가 있다. 사람들이나 기관 또는 사회 전체가 자신에게 부과되는 규정의 정도를 알아야 한다. 이들은 정부가 규제체계를 두는 것을 예상하고는 있지만 규정이 그들의 생활에 불필요하게 개입하거나 합당한 이유 없이 그들의 자유와 권리에 제한을 가하기를 기대하지는 않는다. 따라서 규정은 그것이 정당화되는 환경에 한정되어야 하며 규제요건의 적용은 그러한 요건들이 여건에서 최선(최적) 방호방안으로 고려될 때만 이행되어야 한다.

규제 범위에 관한 일부 정부간 협약이 가용함에도 불구하고 이 문제는 논란이 되어 왔고 국제적 합의는 불투명하다. 국가 및 국제 차원에서 규제체계의 범위를 정의하는 접근은 완전히 일치하지는 않고 있다. 이러한 상황이 이 문제에 대한 국제적 취급에 상당한 모호성을 초래하는데 이러한 점이 이 보고서에 어느 정도 반영되었다(McAulay, 2006). 이 보고서가 그러한 문제에 대한 기존의 애매함을 완전히 제거하지는 못했지만 합리적 유연성을 유지하면서 세계적 합의를 높이는 데 도움이 될 것이다. 이러한 관점에서 보고서는 범위에 대해 국제 정부간기구의 옹호 아래 수립된 광범한 합의지침에 관한 많은 참고문헌을 이용하였다. 그러나 이러한 참조가 이들 기구가 수립한 것을 지지하거나 비판하는 것으로 해석되지 않아야 함은 분명한데, 그러한 판단이 ICRP 권고에 들어올 수는 없기 때문이다. ICRP가 국가 또는 정부간 기구가 동의한, 범위 정의를 위한 수치준위를 추인하거나 불인정하는 것은 적절하지 않을 것이다. 그러한 준위를 수립하는 데는 정치적 판단을 필요로 하는데 이는 ICRP의 역할 밖에 있다. ICRP의 역할은 국가나 국제기구가 범위 준위를 설정하기 위해 일할 수 있는 방사선방호 골격을 제공하는 것이다(Hill, 2006). 따라서 규제해야 할 방사능 농도와 같이 범위에 대한 특정 수치 지침을 ICRP가 강권할 필요는 없다. 이 지침에 대한 세계적 합의는 추구되어야 하지만 그것은 국제 정부간기구의 권한으로 있어야 한다(Janssens, 2006).

따라서 이 보고서는 보통 인식되는 ICRP의 일로 보거나 국가의 주권이나 부동의 규제자 권한에 개입하는 것으로 보아서는 안 된다(Landfermann, 2006). 더욱이 다른 이유도 있지만 여기에는 단순한 규범적 제도뿐만 아니라 규제제도도 있기 때문에(Lumb, 2006), 규제자가 할 일과 하지 않을 일을 명시하는 것에 ICRP가 역량이 있거나 책임이 있음을 의미하는 것도 아니다(Hill, 2006; Stather, 2006). 이 보고서는 배타적 국가 권리나 책임에 속하는 속성을 다름을 엄중히 삼가고 있으며, 따라서 권고를 국가 당국에 대해 규범적이거나 선제적인 것으로 이해하지 말아야 한다(Lazo, 2006). 대신 권고를 규제범위를 정의함에

제안된 일반 개념지표로 보아야 하며, 규제할 피폭상황을 정하는 확정적 경계는 거의 국가의 접근에 따르므로 국가별 차이를 인정하는 관점에서 보아야 한다.

이 보고서가 규제를 통해서만 적용될 - 예를 들면 옥내에서 라돈 피폭을 다루는 것처럼 피폭을 관리하는 다른 수단도 있다(Wymer, 2006) - 권고를 제공하는 것을 넘고는 있지만 제목은 더욱 광의적이어서 독자에게 보고서의 제한된 내용보다 큰 기대를 줄 것으로 보인다. 사실 범위를 정의하는 주목표는 무엇을 다루지 않아야 하는가보다 무엇을 다루어야 하는가를 겨냥한다. 그러나 이 보고서는 기본적으로 무엇이 범위 안에 있어야 하는가보다 무엇이 범위 밖에 있어야 하는가를 다루고 있는데 이는 무엇이 범위 밖에 있어야 하는가를 다루는 것이 더 단순하기 때문이다.

이제 환경보호까지 다루고 있는, 방사선방호에 대한 ICRP의 새롭고 더 포괄적인 접근을 감안할 때, 이 보고서는 사람을 위한 방사선방호 관리수단의 범위에만 관련됨을 명시적으로 강조해야겠다.

폭넓은 독자에게 이해되어야 한다는 의도로 이 보고서는 범위를 결정하는 데 관련된 복잡한 이슈에 대해 상당히 상세한 논의를 포함하고 있다. 범위 관련 이슈들은 복잡하므로 보고서가 이 목적에 충실하려면 상세히 설명할 필요가 있다(Janssens, 2006). 그러나 이러한 접근은 보고서를 부담스럽게 만드는 단점이 있고 견지되어야 할 바람직한 방안에 대해 충분히 단도직입적이지 못할 수도 있다(St Pierre, 2006). 이 보고서에서 전개된 주장의 복잡성, 특히 연대순 전개는 역사적 진화의 죽은 가지에 매달려 있거나 오역도 있을 수 있다고 생각되기 때문에(Janssens, 2006) 독자에게 약간 염려스러울 수도 있다(Coates, 2006; Stather, 2006).

그러나 범위에 대한 현재 접근(사실 많은 규제자가 충분히 분명하다고 생각한다. Laaksonen, 2006)의 발전에서 성공적이지 못한 노력에도 불구하고 ICRP는 이 분야의 지난 발전을 설명하는 것이 필요하다고 생각한다. 과거의 노력은 당시에는 성공적이었고 현재 상태로 발전하는 데 기여했다. 시간 경과에 따라 일어난 일들의 음미는 앞으로 나아갈 방향을 밝혀준다.

또, 이 보고서는 과거에 있어 온 언어학적 문제들도 겨누고 있는데 때때로 소통의 부실로 오해가 발생하기 때문에 이점은 중요하다. 보고서는 규제자가 가능하면 범위의 정의를 단순화하도록 권장한다. 실무자에게 가장 중요한 이슈는 매우 낮은 선량이나 매우 작은 양의 방사능을 함유하는 방사성물질과 관련된 피폭 상황을 관리하는 데는 매우 단순하고 일관되고 쉽게 이해되는 발판이 제공되어야 한다는 것이다(Coates, 2006). 단순성과 명확성은 규정이 이해당사자에게 잘 이해되고 이행됨에 기본이기 때문에, 방사선방호 규정의 맥락에서 단순성과 명확성은 특히 중요함을 인식해야 한다(St Pierre, 2006).

정당화 가능한 규제요건의 결정을 법제자나 규제자의 손에 넘기지 않아야 하며 방사선방호 과학의 권역에 있어야 한다고 느끼는 사람들도 있을 것이다 (Johnsrud, 2006). 그러나 규제범위의 공식 정의는 국가 행정의 최상업무이고 방사선방호 규정의 “안”이나 “밖”이나 사이의 경계에 대한 궁극적 결정은 행정의 책임이다. 국가 당국은 범위를 정의하는 데 대한 적절한 값을 어떻게 도출하는가에 대해 국제적으로 합의된 개념과 원칙을 고려하되 구체적 국가 여건을 반영하게 된다. 그러나 범위의 공식 정의는 침범할 수 없는 법제자의 권한이며, 법제자가 상황의 정성적, 정량적 속성에 따라 특정 피폭상황이 중요한지, 그 상황이 국가 방사선방호 규정에 포함되어야 하는지, 관리가 합당한지 아닌지, 그리고 어떤 조건에서 규제자의 관리로부터 해방될 수 있는지를 결정할 것이다 (Landfermann, 2006). 중요하지 않거나 관리가 부당한 방사선 피폭상황의 공식적이고 정량적으로 정의할 전문성과 책임이 ICRP에 속하지 않음을 분명히 밝혀왔지만 ICRP의 조언은 규제의 일관성 향상과 규제의 강화와 단순화에 기여함으로써 그러한 전문성과 책임이 있는 사람에게 유용할 것이다 (St Pierre, 2006).

요컨대 이 보고서가 방사선방호 규정을 거론하고는 있지만, 이것이 ICRP의 의도가 법제나 규제 사안에 개입하려 한다는 인식으로 연계하지는 않아야 한다 (Wymer, 2006). 권고를 반영하는 가장 좋은 방법을 결정하는 것은 규제자에 달려 있고 (Janssens, 2006) 국제 지침을 고려하여 규제관리의 경계를 정의하는 것도 ICRP가 아니라 규제자에게 달렸다 (Lumb, 2006).

위와 같은 골격 아래서 이 보고서는 국가 규제기관이나 방사선방호 당국에 대해 조언함을 목표로 한다. 이는 국가 이하의 정부나 공동체가 그 시민에게 높은 수준의 방호를 제공할 역량을 선제하는 것으로 해석될 수도 없다 (Johnsrud, 2006). 그 보다는 이 보고서는 지금까지 적절히 해소되지 않았거나 상이한 해석과 혼동의 대상이었던 여러 문제들을 명료하게 함에 일보 전진으로 간주되어야 한다. 그러한 명료화와 역시 중요한 지지 논의는 이미 국제원자력기구(IAEA) 옹호 아래 진행되고 있는 국제 방사선안전표준의 검토에 중요성과 가치를 발휘하고 있는데 여기서 이해(특정 용어의 의미 명료화 포함)와 실용성(예: 요구되는 유연성)을 증진하는 데 일보전진으로 이 보고서가 환영받고 있다 (Wymer, 2006). 정부간 기구 내에서, 그리고 이들 기구와 ICRP 사이에서 범위에 대한 논의는 활발히 계속될 것이다. 이 이슈는 IAEA 표준 개정뿐만 아니라 OECD/NEA(원자력국)-ICRP 합동 이해당사자 대화회의, 그리고 ICRP 권고의 적용에 대한 CRPPH(NEA 방사선방호공공보건위원회)의 전문가그룹에서도 역점을 두어 다루고 있다 (Lazo, 2006). 희망하건대 이 보고서가 이 논설 제목에 대한 합리적인 해답에 기여하기를 기대한다.

ABEL J. GONZÁLEZ

참고문헌

- Coates, R., 2006. British Nuclear Group. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- EEA, 2001. Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–000. European Environment Agency, Office for Official Publications of the European Commission, Luxembourg.
- Folkers, C., 2006. Nuclear Information and Resource Service. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Hill, M., 2006. Independent consultant. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2–4).
- Janssens, A., 2006. European Commission. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the ad-hoc Group of Experts established under Article 31 Euratom Treaty.
- Johnsrud, J.H., 2006. Sierra Club, Radiation Committee. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Laaksonen, J., 2006. Director General of STUK—radiation and Nuclear Safety Authority of Finland. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Landfermann, H.H., 2006. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Germany. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Lazo, T., 2006. OECD Nuclear Energy Agency. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Lumb, J., 2006. UK Health and Safety Executive. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- McAulay, I.R., 2006. Retired. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- Stather, J.W., 2006. UK Health Protection Agency, RP Division.

<http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.

St Pierre, S., 2006. World Nuclear Association. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.

UNESCO, 2005. The Precautionary Principle. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.

Wymer, D.G., 2006. Coordinator of a group of staff members of the International Atomic Energy Agency. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.

요 약

(a) 이 보고서는 방사선피폭의 부정적 영향으로부터 사람을 보호하기 위한 관리수단의 범위를 정의하는 것이 용이하도록 국가 당국이나 해당 정부간기구에 대해 조언을 제공한다. 관리수단은 보통 규정을 통해 이행되므로 보고서는 방사선방호규정의 범위에 대해 간접적으로 조언을 제공한다. 방사선방호에 대한 ICRP 권고가 그 영역에 제한이 있지는 않지만 법률적 또는 현실적 이유로 규정이 미치는 범위에는 제한이 있을 필요가 있다. ICRP 권고가 규정의 제정에 널리 이용되기 때문에 권고가 규정의 범위 정의에 영향을 미친다. 권고의 해당 기본원칙은 관리수단의 정당화와 제약된 개인선량 내에서 최적화이므로 이들 원칙이 이 보고서가 제시하는 조언의 근거를 제공한다. 이 조언이 국가의 법제 주권이나 방사선 방호수단의 범위를 수립하는 국가 규제자의 불가결한 권리에 개입하는 것으로 해석해서는 안 된다.

(b) 방사선방호 규정의 범위와 관련된 주요 개념은 “배제”와 “면제”가 있다. 배제는 피폭상황을 규제요건의 범위로부터 의도적으로 제외하는 것이고, 면제는 규제요건의 적용이 합당하지 않아 규제요건을 포기하는 것이다. 면제의 특별한 경우로서 “해제”라 부르는 것은 그러한 관리가 합당하지 않게 되어 규제관리를 철회하는 것을 말한다.

(c) 여러 피폭상황의 유형에 따라 범위의 정의가 달라질 수 있다. 고려할 해당 상황은 방사선원을 의도적으로 도입하고 운용함에 따르는 상황인 “계획피폭상황”, 계획상황의 운영 중, 악의적 행동, 또는 기타 예상하지 않은 상황으로부터 발생할 수 있는 상황으로서 바람직하지 않은 결과를 피하거나 줄이기 위해 긴급한 조치가 필요한 “비상피폭상황”, 그리고 비상 후 장기간 남을 수 있는 방사성 잔류물로부터 발생하는 장기적 피폭상황을 포함하여 관리를 결정하는 시점에 이미 존재하는 “기존피폭상황”이다. 계획피폭상황은 일반적으로 방사선방호를 위한 규제요건의 범위 내에 있고 따라서 부당하거나 용이하지 않은 관리수단의 적용을 피하여 규제관리를 정당화하고 최적화하기 위해 배제, 면제, 해제 개념이 적용될 수 있다. 역으로 비상피폭상황에서는 배제, 면제 또는 해제 개념이 의미 있는 역할을 하지 못한다. 그러나 비상피폭상황의 여파로 남는 장기 피폭상황은 사실상 기존피폭상황으로 취급될 수 있다. 많은 기존피폭상황은 배제를 위한 기준에 부합하여 규제요건의 범위 밖에 있다. 그러나 규제관리가 합당하고 정당화 된

다면 규제관리가 필요하다.

(d) 피폭상황을 관리하는 사회성향은 다양하며 이분법적일 수도 있다. 보통 사람들은 “천연” 피폭상황을 다루는 것보다 “인공” 피폭상황을 관리하는 데 더 높은 요구를 한다. 천연방사능을 다룰 때는 주어진 상황이 방사선방호 요건의 적용을 받아야하는가 아닌가를 결정하는 것은 매우 복잡하다. 그러나 천연 피폭원도 원칙적으로는 그 원천이나 크기에 관계없이 다른 선원과 일관되고 일치하게 관리되어야 한다. 그렇지만 관리수단의 정당화와 최적화뿐만 아니라 피폭상황의 영향을 받는 사람들의 다양한 기대 또한 고려되어야 한다.

(e) 국가의 해당 법체계에 따라 법제자나 규제자는 규제를 통한 관리가 불가하거나 용이하지 않은 피폭상황을 “배제”하는 개념의 적용을 고려해야 한다. 이러한 피폭상황에는 지표 고도에서 우주방사선이나 인체를 구성하는 방사성 성분으로부터 피폭을 포함하여 자연환경으로부터 발생하는 많은 피폭상황이 포함된다. 또 과거 활동이나 사건으로부터 방사성잔류물과 규제되는 인간활동으로부터 합법적으로 환경으로 방출되었지만 더 이상은 관리가 용이하지 않은 방사능 배출도 이에 포함될 수 있다. 땅에서 채광한 원료물질로서 천연기원 방사성핵종 농도가 특정 값 미만인 것에도 배제 개념의 적용을 고려할 수 있다.

(f) 계획피폭상황에 대한 방사선 방호규정은 특정 규제요건으로부터 “면제” 개념을 적용할 수 있도록 해야 한다. 면제는 특정 요건의 적용이 합당하지 않다고 규제자가 판단하면 그 요건 준수로부터 사람(법인을 포함)을 해방시킬 수 있게 한다. ICRP는 다음 조건이 만족될 때만 면제를 부여하도록 권고한다. 면제로부터 피폭자의 개인 방사선 위험이 용인할 수 있게 낮고, 방호가 최적화된 것으로 간주되며, 이들 조건을 충족하지 못할 사건으로 이어질 비의도적 시나리오의 가능성이 거의 없어야 하며, 면제될 사람도 정당화될 것으로 보는 활동은 수행해야 한다. 규제요건의 적용을 받아야 하는 물질이나 부지가 규제요건이 합당하지 않게 된 경우에는 “해제” 개념을 적용하여 면제할 수 있다. 해제되면 규제관리는 포기된다. 해제기준은 관리 포기가 적어도 면제의 어느 조건을 충족하지 못하는 피폭상황을 초래하지 않음을 보장해야 한다.

(g) 인공 방사선원이 관련된 상황에서는 추가 고려 없이 면제할 용도로 약 10 $\mu\text{Sv}/\text{y}$ 의 개인선량 기준이 널리 사용되어 왔다. 그러나 면제를 부여함에 이 기준만 유일한 것으로 보지는 않아야 한다. 면제 근거로 간주해야 할 것은 개인선량의 사소함이 아니라 최적화 원칙이다. 천연 방사성핵종이 관련된 상황에 대해서

는 면제가 최적 규제방안인 것과 일치하는 수준에 면제 목적을 위한 준위를 국가 당국이 수립할 수도 있다.

(h) 일반목적으로 유도된 면제준위와 해제준위에 대한 합의가 국제 정부간기구의 옹호 아래 이루어지고 있다. 이들은 한 시점에서 한 선원의 방사능, 소량 물질 내 방사능농도, 주어진 상황이나 제한 없는 배출에서 물질 양과 무관한 방사능농도, 운송 중인 물질에 대해서는 양과 관계없이 방사능 또는 방사능농도로 표현된다. ICRP는 이들 준위의 사용을 구체적으로 승인하지도 부인하지도 않지만 이러한 정부간 합의 성격의 일반 지침은 국제 표준화 목적으로 매우 유용하다고 생각한다. 면제준위는 기본적으로 국가 규제자가 결정할 일이지만 자격 있는 국제 정부간기구의 옹호 아래 개발된 이러한 준위의 사용은 권장되어야 한다. 널리 수용되는 것으로 보이는 일반 면제준위는 규제범위 문제에서 일관성과 일치성을 증진하게 된다.

(i) 비상피폭상황에서는 배제와 면제 개념은 의미 있는 역할이 없다. 비상관리 책임이 있는 당국은 그 이하에서는 비상 방호조치가 정당화되거나 합당하지 않은 구체적 여건을 명시할 필요가 있을 수도 있지만 이는 구체적 상황에 따른 방호 전략 최적화에 의존할 것이다. 비상외 장기적 여파에서 남는 방사성잔류물에 의한 장기 피폭상황은 기존피폭상황의 특별한 경우로 다룰 수 있을 것이다.

(j) 기존피폭상황에서 범위의 정의는 일어나고 있는 피폭이 규제 개입이 정당할 정도로 높은지, 그리고 정당화된 관리수단이 합당하고 방호가 이미 최적화 되었는지 여부를 겨룬다. 그래서 규제가 정당인가 혹은 피폭의 예상증가가 규제요건 적용이 합당할 정도로 큰가(계획피폭상황에서 처럼)하는 여부가 이슈는 아니다. 자연방사선이나 천연 방사성물질과 관련한 여러 기존피폭상황은 규제가 정당화 되지 않는 근거로 규제범위에서 배제되거나, 규제요건들이 합당하지 않은 것으로 보아 적용을 면제받는다. 이러한 상황에서는 규정이나 그 적용이 규제 집행과 이행에서 발생할 사회적 노력이나 가능한 위해를 상쇄하기에 충분한 방호개선을 낼 것으로 기대되지 않는다. 그러나 어떤 상황에서는 그 이상에서 어떤 규제요건이 적용될 일종의 무조치 상한을 정의하는 준위를 규정에서 정할 수 있다. 비상 후 장기 여파로 남을 수 있는 기존피폭상황에 대해서는 그 이상에서는 치유에 책임이 있는 사람에게 규제요건들이 적용될 잔류 방사성물질의 최적 방사능 준위를 명시하는 것을 고려할 필요가 있다. 잔여 연간 선량 약 1 mSv 이상에 해당하는 준위에 대해서는 관리수단이 아마도 정당화될 것이지만 특정 여건에서는 더 낮거나 높은 값도 적당할 수 있다.

(k) 낮은 에너지, 낮은 강도의 우발적 외부피폭에 대해서는 일부 선원은 추가 고려 없이 면제 후보로 고려될 수 있다. 규제자가 승인한 형식으로서 방사선을 방출하는 기기나 장치는 (i) 정상 운전조건에서 그 장치나 기기의 접근가능 표면으로부터 0.1 m 거리에서 해당 주위선량당량률 또는 방향성선량당량률이 약 $1 \mu\text{Sv/h}$ 에 상당하는 유효선량률 기준을 넘지 않거나 (ii) 방출 방사선의 최대 에너지가 약 5 keV를 넘지 않으면 면제될 수 있다. 마찬가지로 달리 면제받지 않은 방사성물질을 내장한 장치나 기기로서 국가당국의 승인을 받은 형식으로서 (i) 방사성물질이 누설이나 방사성물질에 직접 접촉을 효과적으로 방지하는 밀봉선원 형태이고 (ii) 정규 사용 조건에서 그 장치나 기기의 접근가능 표면으로부터 0.1 m 거리에서 해당 주위선량당량률 또는 방향성선량당량률이 약 $1 \mu\text{Sv/h}$ 에 상당하는 유효선량률 기준을 넘지 않으면 면제될 수 있다.

(l) 항공여행과 같이 지표 상공에서 우주방사선에 의한 통상적 피폭상황에 대해서는 이미 있는 관리에 추가한 규제관리를 권고할 분명한 이유는 없어 보인다. 국가 당국은 추가 정보가 가용할 때까지 상황을 감시하기만 바랄 것 같다. 우주여행처럼 우주방사선 피폭의 예외적 경우로서 선량이 상당하여 어떤 유형의 관리가 합당한 경우는 이러한 피폭을 줄 수 있는 특별한 유형의 상황을 고려하여 별도로 다루어야 한다.

(m) 천연 기원 방사성핵종을 함유한 가공된 특정 물질이나 부산물이 관련된 피폭상황에 대해서는 이들에 대한 규제가 정당화되지 않고 국가의 법적 조건이 허용한다면 원료물질 경우를 넘어 배제 적용의 확대를 고려할 필요도 있을 것이다. 배제 기전이 적절하지 않은 관할에서는 대등한 목적을 달성하기 위해 이러한 제품에 대해 면제개념을 적용할 수도 있다. 국제 정부간기구들이 그러한 피폭상황에서 배제나 면제를 위한 기준에 대한 지침을 수립한 바 있다.

(n) 건물이나 작업장에서 라돈 피폭상황에 대해서는 방호가 최적화 된 것으로 간주되는 방사능 농도 준위가 명시되어야 한다. 이 준위 위에서는 관리수단이 적용되어야 한다(따라서 그러한 준위는 ICRP가 권고한 참조준위 즉, 그 이상에서는 피폭이 발생하도록 하는 것이 부적절하다고 판단되고 그 아래에서는 방호의 최적화가 이행되어야 하는 준위와는 다른 목적을 갖는다). 작업장의 경우에는 단일 농도 값이 계속 사용될 수 있을 것이다. 직무 방사선방호를 위한 감시요건의 적용이 개시되도록 하는 이 값은 정부간 조화를 통해 수립된 것이다.

(o) 소량의 방사성핵종을 함유한 소비용품에 대해서는 국제 정부간기구가 국제 교역에 적용 가능한 방사선학적 기준을 수립한 바 있다. 이들 기준은 비식용 상품, 식품 및 음용수를 다룬다. 여기서도 이러한 일반 준위는 널리 수용되는 것으로 보이는데, 세계적 일관성과 일치성을 높여가야 하며 국제 교역이 용이하도록 해야 한다.

(p) 상이한 유형의 피폭상황을 겨냥 어떤 규제 메커니즘이 사용되든 이 보고서의 권고는 무엇이 방사선방호를 위한 규제요건의 적용을 받을 수 있고 또 받아야 하는지, 또는 역으로 어떤 것이 적용받지 않아야 하는지를 정의하는 것을 돕고자 하는 것이다. 규제관리의 적용은 방호의 순이득을 달성해야 한다. 아니면 규제관리가 정당화되지 않는다. 마찬가지로 규제요건은 방호를 최적화하는 방식으로 적용되어야 한다. 아니면 그러한 규제요건의 적용은 합당하지 않을 것이다. 해제를 포함하여 배제나 면제 개념의 적용은 각 피폭상황에 대해 정당화되고 최적화된 규제체계로 이끌 수 있다.

용어집

(i) 이 보고서에 사용되는 용어는 ICRP의 2007년 권고(ICRP, 2007)에 수록된 용어와 일반적으로 일관되고 일치한다. 이 보고서에서 특정 의미가 부여된 여러 용어와 개념을 아래에 수록한다.

(ii) 형용사 “우발적adventitious”이 방사선피폭이 방사선을 방출하는 기기나 장치의 사용에서 우연한 방사선피폭을 설명하기 위해 사용된다.

(iii) “관리control”는 방사선 피폭상황을 다루기 위해 규제당국이 부과하는 제한을 의미하도록 특정적으로 사용된다.¹⁾ 영어가 아닌 언어에서는 이 용어가 때때로 인증의 확인, 검증이나 확인의 구체화와 같은 다른 개념을 의미하기도 하지만 이 보고서에서 의도하는 의미는 아니다. 따라서 “관리수단”이란 특정 방사선 피폭상황에 규제제한을 부과할 목적을 달성하기 위한 수단을 의미하도록 사용된다.

(iv) 형용사 “이분법적dichotomous”은 서로 다른 피폭상황에 대해 상이하고 대조적인 사회적 인식과 이에 따른 후속 결과적 관리를 나타내는 데 처음 사용되었다. 이러한 차별은 천연적인 피폭상황과 인공적 피폭상황을 관리하는 데서 특히 현저하다. “이분법적”은 차별을 뒷받침하는 이론적 설명에 대해 부정적 해석을 시사할 수 있어 이분법적 상황에 대해 의사결정 접근을 의미할 때는 “불균일 non-uniform”이란 말을 사용한다(이 용어가 보다 중립적이며 상이한 경우에 대해 결정 근거가 옹당 달라질 것이라는 사실을 더 충실히 반영한다).

(v) ICRP 권고의 용어집(ICRP, 2007)은 선량계측량의 공식 정의들을 수록하고 있다. 이 보고서에는 해당 양으로 “유효선량”을 사용한다. 유효선량은 주어진 시간 동안 유효선량률의 시간적분과 같은 기간 방사성핵종의 모든 섭취로 인한 체내 오염으로부터 예탁유효선량의 합을 의미하는 것으로 한다. 보고서에서 보통 유효선량은 단순히 “선량”으로 부르며 연간 선량이 주로 사용된다. 이 선량의 단위는 시버트(Sv)이지만 보고서에 사용되는 이 선량의 단위는 밀리시버트(mSv) 즉, Sv의 1/1000 또는 마이크로시버트(μ Sv) 즉, Sv의 1/백만이다. 이 보고서는 또한 보고서에서 다루는 상이한 피폭상황에 적절한 여러 가지 선량 관련 용어를 사용하는데 다음과 같다.

1) <역주> 그러나 “관리”와 같은 매우 일반적인 어휘는 의도와 달리 우연히 통상적 의미로 사용됨을 방지하기는 어렵다.

- 계획피폭상황에 대해서는 규제관리로부터 면제 관점에서 “추가선량additional dose”이 적정 개념인데 이는 상황이 도입되면 발생할 선량이다.²⁾ 추가선량은 기존선량에 더해진다.
- 비상피폭상황에 대해서는 “전망선량projected dose”, “회피선량averted dose” 및 “잔여선량residual dose”이 사용된다. 전망선량이란 하나의 특정 대책(즉, 옥내 대피나 소개와 같은 하나의 방호조치)이나 한 세트의 대책을 취하거나 특히 취하지 않은 경우 발생할 것으로 예상되는 선량이다. 회피선량은 대책의 적용으로 방지하거나 피할 수 있는 선량이다. 잔여선량은 모든 방호조치들이 이행된 후 남는 선량이다.
- 기존피폭상황에 대해서는 “기존[또는 현존extant]선량” 즉, 존재하는 선량[또는 발생하고 있는 선량]이 사용되며 보통 연간선량으로 나타난다.³⁾
- 실용량 “주위선량당량”도 특정 장치나 기기의 면제를 정의할 때 사용된다.

(vi) “천연방사성물질(NORM)”이라 함은 천연기원 방사성핵종만을 함유한 물질을 의미한다. “천연기원 방사성핵종”이란 용어는 ^{40}K 와 시원핵종의 붕괴연쇄에 속하는 방사성핵종만을 의미하도록 제한적으로 사용된다.⁴⁾ ^{40}K 은 자연계에 널리 분포하고 있기도 하고 인체의 중요한 성분이기도 하므로 피폭에 일반적 기여자가 된다. 시원핵종 붕괴연쇄로 토륨계열은 가장 많이 존재하는 천연기원 방사성 핵종으로서 ^{232}Th 을 머리로 하여 주로 ^{228}Ra , ^{228}Ac , ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po , ^{208}Tl 및 ^{208}Pb (안정)으로 구성되며, 우라늄계열은 ^{238}U 을 머리로 하여 주로 ^{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 및 ^{206}Pb (안정)으로 구성된다. 이 보고서 목적에서 덜 중요한 악티늄계열은 ^{235}U 를 머리로 하여 주로 ^{231}Th , ^{231}Pa , ^{227}Ac , ^{227}Th , ^{223}Fr , ^{223}Ra , ^{219}Rn , ^{215}Po , ^{211}Pb , ^{211}Bi , ^{207}Tl 및 ^{207}Pb (안정)을 포함한다. 우주선의 작

2) <역주> 원문 표현이 혼란스러워 표현을 단순화했다.

3) <역주> 원문은 기존existing과 현존extant을 동의어처럼 병기하여 사용하고 있는데 이것은 바람직하지 않아 []로 묶었다. 기존피폭은 기왕에 있어 온 피폭이라는 의미로 사용하고 있지만 현존 피폭은 현재 존재하는 피폭이라는 의미로서 예를 들어 계획피폭상황이나 비상피폭상황도 일종의 현존피폭으로 이해함이 적절하다. 따라서 독자는 []내 내용을 무시해도 무방하다.

4) <역주> 우주선 생성핵종인 H-3, Be-7, C-14 등도 천연 방사성핵종임이 분명하다. 그러나 이들 핵종은 분포의 편차가 크지 않으므로 방사선량을 평가할 때 보편적 백그라운드에 의한 피폭을 제외하면 이들 핵종의 기여는 모두 백그라운드로 제외되므로 피폭 관점에서 중요하지 않다. 이에 반해 시원핵종인 K-40이나 우라늄 및 토륨과 그 자손핵종은 지역에 따라 큰 편차가 있으므로 보편적 백그라운드를 제외하더라도 상당한 선량 기여가 남는 경우가 많다. 따라서 방사선피폭 관점에서는 “천연기원 방사성핵종”에서 유의한 핵종은 이들만 해당된다. 그렇더라도 “천연기원 방사성핵종”이 시원핵종만 의미하도록 제한적으로 사용된다는 표현은 과한 것 같다. 천연기원 방사성핵종은 어휘적 의미 그대로 하되 피폭 관점에서 유의한 핵종은 시원핵종뿐이라는 설명이 적절할 것이다.

용으로 생성되는 방사성핵종은 ^3H (트리튬), ^{14}C 및 ^{22}Na 와 같이 인체 내에서 대사역할이 있는 원소의 동위원소와 기타 ^{87}Rb , ^{138}La , ^{147}Sm , ^{176}Lu 와 같은 여러 천연 방사성핵종도 자연계에 널리 분포하고 있지만 준위가 낮아 인류의 피폭에 기여는 무시할 정도이다. 따라서 이 보고서의 목적에서 이들 핵종은 중요성이 사소하다는 단순한 이유로 이들은 이 보고서에서 사용하는 “천연기원 방사성핵종”의 정의에서 고려가 배제된다.⁵⁾

(vii) “행위”와 “개입” 개념은 ICRP가 간행물 60(ICRP, 1991a, 제106항)에서 도입하였고 각각 전반적 방사선피폭을 증가시키는 인간활동과 전반적 피폭을 감축할 수 있는 인간활동으로 정의되었다. ICRP는 이제 방사선피폭이 발생할 수 있는 가능한 상황들을 특성화하는 데 상황기반 접근을 사용하며, “계획피폭상황”이라는 용어가 행위의 의도를, “비상피폭상황”과 “기존피폭상황”이 개입의 의도를 더 잘 특성화하는 것으로 생각한다. 그러나 “행위”라는 용어가 방사선방호에서 계획피폭상황으로 연계될 수 있고 해당 방사선 피폭이나 방사선피폭 위험의 증가를 초래할 수 있는 인간활동이나 업무를 의미하는 것으로 널리 사용되어 왔기 때문에, 이 보고서에서 “행위”라는 용어도 사용된다. 방호를 위해 취한 조치나 과정의 개념을 의미하는 일반적 단어 “개입”이나 그 파생형도 보고서에서 사용되지만 이를 개입에 대한 이전의 공식 정의와 혼동하지는 말아야 한다.

(viii) “(방사선방호) 규정”이란 용어(파생형 “규제”를 포함하여)는 방사선방호 업무와 관련된 명문법과 유권지침을 의미하는 것으로 사용된다. 규정은 방사선방호의 근거를 제공하는 해당 법률이나 그 집합만이 아니라 법률로부터 파생된 해당 규정 자체들도 포괄한다. 파생규정에는 규칙, 지휘원칙, 절차서, 준칙, 표준과 규범, 지침(또는 유권지침, 명령 등), 기타 당국의 유권 결정이나 선언을 포함한다. (지침guideline이나 일반 조언도 때로는 사실상 규정으로 본다.) 따라서 규정이란 용어는 전리방사선 피폭에 대한 방호를 규제하기 위해 국가나 사회가 인정하는 법률과 유권 지침의 체계라는 의미로 보통 사용된다. 그렇지만 이 보고서에서 규제용어를 사용함이 ICRP가 법제나 규제 업무에 개입하는 것으로 인식되지는 않아야 한다. 규정이나 규제라는 용어들은 수단, 관리 또는 관리수단(아래 참조)이라는 보다 넓은 의미로 이해되어야 한다. 이러한 용어들은 보고서 전체에서 사용

5) <역주> 우주선 생성물 핵종 중 H-3나 C-14이 부여하는 선량 자체는 반드시 무시할 수준은 아니라고 본다. 따라서 선량 기여가 사소하기 때문에 천연기원핵종 정의에서 배제한다는 논리는 적절하지 않다. 앞의 역주에서 설명한 바와 같이 보편적 백그라운드는 선량평가에서 제외되므로 이들 핵종이 중요하지 않게 된다. 또, 선량이 사소하여 천연기원 방사성핵종의 정의에서 이들 핵종을 “배제”한다는 표현은 이 보고서의 주요 논리인 “관리가 사실상 불가하여 배제한다”는 개념과 조화되지 않는 문제점도 있다.

되며, 때로는 어떤 것이 규정의 안에 있고 어떤 것이 밖에 있는지를 의미하는 것으로 해석될 수도 있다. 방사선방호를 위한 권고는 폭에 제한이 있지만 규정은 법적 또는 현실적 이유로 그 도달영역에 한계가 필요하다. 따라서 이슈는 무엇이 규정의 “안”과 “밖”에 있느냐가 아니라 무엇이 “관리”되느냐 아니냐 하는 것이다. 법률이나 규정에는 관리되는 것과 아닌 것을 분별함이 필요하다. 이 개념을 적용하기 위해 “방사선방호 관리 규정”에서처럼 여러 위치에 “관리”라는 용어가 이 점을 분명히 강조하는 데 사용되었다.

(ix) 결과적으로 “규제자”라는 용어는 방사선방호규정이라는 수단으로 방사선피폭상황을 관리 또는 감독하도록 법률에 의해 위임을 받은 사람이라는 의미로 사용된다. 규제자가 방사선을 피폭하는 사람들의 이익을 대표하는 정부대리인이라는 의미에서, 로마 민법에서 유래된 법률체계에서 규제자는 “소송대리인 procurator”과 동의어로 사용된다. 반대로 “입법자”는 입법기관의 구성원으로서 규제자에게 위임을 포함하는 법률을 제정한다.

(x) ICRP는 “선원”이라는 용어를 개인이나 그룹에게 계량 가능한 방사선량을 줄 수 있는 물리적 실체나 절차를 지시하도록 사용한다. 선원은 물리적 선원(예: 방사성물질이나 X선장치), 시설(예: 병원이나 원자력발전소) 또는 유사한 특성을 갖는 물리적 선원 그룹의 절차(예: 핵의학 절차, 백그라운드 또는 환경 방사선)일 수도 있다. 만약 방사능이 있는 물질이 환경으로 배출된다면 시설 전체가 하나의 선원으로 간주될 수 있다. 이미 환경에 확산되어버렸다면 사람들이 피폭하는 부분을 하나의 선원으로 간주할 수 있다. 대부분 상황에서는 특정 개인에게 지배적 피폭원이 있을 것인데 이것이 방호조치를 고려할 때 선원들을 개별로 다룰 수 있게 한다. 일반적으로 한 선원의 정의는 적절하다면 방호최적화를 위해 관련 방호전략의 선정과 연계된다. 예를 들면 방호조치 필요성을 회피하기 위해 선원을 의도적으로 분할하거나 조치 필요성을 과장하기 위해 과도하게 뭉치는 것처럼 정책을 왜곡한다면 어려움이 있을 수 있다. 국가 당국과 사용자(정의될 수 있다면) 모두가 ICRP의 광범한 정책 정신을 적용한다면 단일 선원 정의에 대한 실질적 합의가 이루어질 것이다(ICRP, 2007, 제174항 및 제175항).

(xi) 형용사 “곤란한unamenable” 즉, “용이하지 않은”(파생어 곤란 등)은 이 보고서에서 조치가 취해지기 불가함을 의미하는 것으로 사용된다. 그래서 규제자가 방사선 피폭상황에 방사선 방호 제한을 부가하는 것이 합리적 관점에서 불가하다면 그 피폭상황은 관리 곤란하다고 말한다. 정식 영어에서 “unamenable”은 사람들이 그들의 논리나 의지에 영향을 받는 의미와 관련하거나 그들의 법률적

상태나 책임과 관련하여 사용되기도 하지만(Brunner, 2006) 이는 이 보고서에서 의미하려는 것이 아니다.

(xii) 형용사 “부당한unwarrant”는 방사선방호 목적을 위한 규제요건의 적용이 불필요한 것으로 간주됨을 나타내는 데 사용된다.

(xiii) 용어 “(방사성)폐기물”은 더 이상 사용될 것으로 예견되지 않는 기체, 액체 또는 고체 형태의 방사성물질⁶⁾을 의미하는 데 사용된다. “폐기물처분”은 복구할 의사 없이 폐기물을 처분함을 설명하는 데 사용되는 용어인데 폐기물처분은 일반적으로 유출물의 배출과 고체 폐기물의 처분을 포함한다. 폐기물의 발생에서부터 시작하여 처분으로 끝나는 전체 운전절차를 보통 “폐기물 관리”라 부른다. 이 보고서는 일부 법적 문서에서 용어 “해제”를 방사성폐기물을 정의하는 하한에 해당하는 것으로 사용함을 언급한다. 방사능 수준이 해제준위를 넘는 방사성물질이 더 이상 사용되지 않을 것으로 보이면 방사성폐기물로 간주될 것이지만, 방사능 준위가 해제준위 이하이면 이는 규제목적으로는 방사성이 있는 것으로 보지 않을 수도 있다.

용어집 참고문헌

Brunner, H.-H., 2006. Retired. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal comment.

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

ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).

6) <역주> 방사성물질이라는 용어가 종종 혼란스럽게 사용되고 있다. 법적으로 방사성물질은 방사능 농도나 총량이 일정 기준을 넘는 물질인데 이 기준과 방사성폐기물을 정의하는 기준이 반드시 일치하지는 않는다. 가령 방사성핵종에 의해 오염된 공기를 배기하는 것도 일종의 방사성폐기물 처리인데 종종 이러한 공기 중 방사능 농도는 방사성물질을 정의하는 농도보다 낮다. 따라서 이 경우 “방사성핵종에 의해 오염된 공기의 배기”처럼 표현하는 것이 적절하며 이를 “기체 방사성물질의 배기”로 표현하는 것은 적절하지 않다.

제 1 장 서 론

(1) 이 보고서는 방사선피폭으로부터 사람을 보호함을 목적으로 하는 관리수단의 범위⁷⁾를 용이하게 정의할 수 있도록 국가 당국과 관련 정부간기구들에 자문을 제공한다. 관리수단은 통상적으로 규정을 통하여 이행된다. 따라서 이 보고서는 방사선방호 규정의 범위에 대한 자문을 간접적으로 제공한다. ICRP 권고는 적용 범위가 제한되지 않는 반면, 규정에서는 실질적이며 법적인 이유로 미치는 범위가 제한될 필요가 있다. 권고가 규정을 구축하는 데 널리 사용되고 있으므로, 논리적으로 규제 범위에 영향을 준다. 권고의 해당 기본원칙은 개인 선량제약 내에서 관리수단의 정당화와 최적화이며 이것이 이 보고서가 제공하는 자문의 근간이다. 이 보고서를 보편적으로 여기는 ICRP 업무에 대한 확장으로 해석하거나 국가 입법 주권이나 국가 규제기관의 본질적 권한에 대한 간섭으로 해석해서는 안 된다.

(2) 범위 사안에 대한 국제적 합의는 모호하다. 일부 규제 범위의 정의들이 “전리방사선에 대한 방호 및 방사선원 안전에 대한 국제기본안전기준”(BSS)에서 채택되었다(IAEA 1996). 정의들은 유럽연합위원회 규정(EU 1996)에도 나타나는데, 이 규정은 모든 EU 국가들에 대해 법적 구속력이 있으므로 각국 법령에 반영되었다. 유럽원자력공동체(EURATOM) 조약 제31조에 의거 설치된 전문가 그룹은 관련된 지침들을 발표했다(EC 2002). 국가 규정들은 서로 다른 접근을 통해 각자 범위를 정의하였다.

(3) ICRP 조언은 독자적 판단을 기반으로 하고 있지만, 다년간 정부간기구들의 후원 아래 수립된 범위 관련 국제 지침의 발전 또한 고려하고 있다. 이 보고서에서 이들 지침을 참조한 것을 그 지침에 대한 추인이나 불승인으로 해석할 것이 아니라 단지 범위에 대한 국가적, 국제적 합의를 조장하려는 것으로 이해해야 한다.

(4) 이러한 틀을 바탕으로 이 보고서는 첫째로 ICRP 권고가 방사선방호 규정에

7) <역주> 이 보고서에서 단순히 “범위scope”로 표현하고 있지만 범위가 규정의 “적용범위”를 의미하는 것으로 이해하면 무방하다.

서 범위를 정의하는 데 어떻게 사용될 수 있는지에 대해서 검토한다(제2장). 다음으로 범위 개념의 역사적 발전을 검토하고, 다음을 결정하기 위한 보편적, 일반적 기준에 합의하기 위한 자문을 제공한다.

- 역으로 규제로부터 배제를 고려할 방사선 피폭상황을 결정함에 따라 규제가 정당하기 때문에 방사선방호 규정에서 다루어야 할 피폭상황(제3장)
- 역으로 규제자가 특정 규제요건 준수를 면제할 수 있는 상황을 결정함에 따라 온전히 관리해야 할 규제되는 계획피폭상황(제4장), 그리고
- 역으로 관리수단이 정당화되지 않거나 합당하지 않는 것으로 간주되는 조건을 정함으로써 비상피폭상황(제5장)과 기존피폭상황(제6장)에서 고려해야 할 관리수단.

(5) 또한 이 보고서는 저에너지 또는 낮은 강도의 우발방사선, 우주선, 천연방사성물질(NORM), 환경 라돈, 방사능이 있는 물질을 포함하는 일용품, 저준위 방사성폐기물에 의한 피폭과 같은 몇몇 특정 상황에서 적용범위 설정에 대해서 논의한다(제7장).

제1장의 참고문헌

EU, 1996. Directives of the Council of the European Union. 96/29/EURATOM. Official Journal of the European Communities No. L 159. Luxembourg. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629_en.pdf.

EC, 2002. Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption. Part II. Application of the Concepts of Exemption and Clearance to Natural Radiation Sources. Radiation Protection No. 122. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/122_part2_en.pdf.

IAEA, 1996. 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.

제 2 장

ICRP 권고와 규제 범위

(6) 2007년 권고에서 ICRP는 방사선방호체계가 그 크기나 원천에 관계없이 모든 선원으로부터 전리방사선 피폭 모두에 적용된다고 밝혔다. 그러나 권고는 선원이나 개인선량 피폭경로를 합리적 방법으로 제어할 수 있는 상황에만 제대로 적용할 수 있음도 명확히 하고 있다(ICRP 2007, 요약 d항). [형용사 ‘합리적’의 의미가 추상적이므로(Johnsrud 2006), 여기에는 이성적, 논리적, 실제적, 공정한, 현실적, 분별 있는 등의 개념이 대체로 관여되는 것으로 이해되어야 함을 강조하고 있다.] 이러한 이해 아래서, 일부 피폭상황들은 합리적 수단으로 관리할 수 없다는 근거로 방사선방호 관리 법제에서 통상적으로 제외될 수 있다. 다시 말하면, 이 상황들은 규제수단을 이용해 관리하는 것이 불가하거나 곤란하다. 유사하게, 일부 관리 가능한 피폭상황들에 대해서는 그러한 관리가 대체로 부당하기 때문에 방사선방호 규제 요건의 일부 또는 모두를 면제할 수 있다(ICRP 2007, 요약 d항).

(7) ICRP 권고가 모든 수준과 유형의 방사선피폭에 관심을 두지만, 이것이 권고 적용을 위해 법규체계를 수립할 때 모든 피폭, 모든 선원 그리고 모든 인간활동을 동등하게 고려할 수 있다거나 고려할 필요가 있음을 의미하는 것은 아니다. 대신에 특정 선원이나 피폭상황의 규제관리 가능성과 그 피폭/위험 수준에 따라 차등된 책무 부담을 예견해야 한다(ICRP 2007, 제51항).

(8) ICRP 권고와 국가 당국 또는 정부간 합의에 의해 수립된 방사선방호 규정은 구분되는 개념이다. 권고는 방사선 위험 평가를 위한 인식론적 기본 골격과 방사선 피폭으로부터 사람들을 보호하기 위한 모델을 제공한다. 대조적으로, 규정은 방사선 피폭상황들을 관리하기 위한 법률적, 규범적 구조를 제공한다. 권고는 피폭의 양과 출처가 무엇이든 모든 피폭을 다루기 때문에 범위에 제한이 없으며, 피폭원이 천연이나 인공이나, 또는 피폭량이 높은가 낮은가 하는 것보다는 피폭을 주는 상황에 근거를 둔다. 반대로, 규정은 현실적이고 법적인 목적을 위하여 그 범위를 명확히 정하여 한정할 필요가 있다. 이러한 구별에도 불구하고 방사선방호 권고는 규정과 견고한 연계를 가지며, 따라서 규정은 권고의 영향을 받는다.

다. 권고를 규정과 연계하는 몇몇 문제들이 뒤에서 논의된다.

2.1. 문턱 없는 선형모델

(9) ICRP가 권고하는 방사선방호체계는 약 100 mSv 미만 선량에서 어떤 선량 증가가 방사선에 의한 암이나 유전영향 확률을 정비례로 증가시킨다는 가정에 계속 근거한다(ICRP 2007, 제36항). 일반적으로 “문턱 없는 선형 가설(LNT)”로 알려진 이 가정은 LNT 선량-반응 모델의 근거를 형성한다. LNT모델은 낮은 선량, 낮은 선량률에서 방사선방호를 위한 신중한 근거가 된다(ICRP 2005b). 방사선방호를 위한 LNT모델 사용과 한 세포를 지나는 단일 방사선 비적외 손상을 유발하기에 충분하다는 가정은 일부 이해관계자들이 범위를 매우 낮은 선량까지 계속 넓힐 것을 요구하는 것을 부추길 수 있다(Johnsrud 2006). 현대 측정기술이 매우 사소한 방사선 또는 방사능 준위도 검출할 수 있다는 사실이 그러한 인식을 강화시켰다. 이러한 접근은 규제관리가 항상 정당하고 필요한지 여부에 대한 평가에 혼란을 줄 수 있다. 신중한 LNT모델과 매우 낮은 선량까지 측정 능력 발전이 모든 방사선 피폭상황을 공식 방사선방호 규정의 범위에 포함하도록 설득하기에는 충분하지 않다. 규정이 다루어야 하는 상황의 스펙트럼과 범위의 정의는 더 복잡한 일이며, 사회적, 문화적, 정치적, 법률적 문제를 제기한다. ICRP권고가 작음과 무관하게 방사선피폭의 모든 준위를 고려한다는 사실이 모든 방사선 피폭상황이 공식적으로 규제 또는 관리되어야 함을 의미하지는 않는다. 방호 정당화와 최적화 원칙의 토대에는 피폭상황에 대한 관리 가능성과 관리 합당성 여부가 고려되어야 한다.

2.2. 방호의 정당화와 최적화

(10) ICRP 방사선방호체계의 핵심요소는 방호의 정당화와 최적화 원칙이다. ICRP는 이 원칙들은 아래와 같이 정의한다(ICRP 2007, 제203항).

- 정당화: 방사선 피폭상황의 변화를 초래하는 모든 결정은 해로움보다 이로움이 커야 한다.
- 방호최적화: 피폭 발생 가능성, 피폭자 수 및 개인선량 크기는 경제적, 사회적 인자를 고려해 합리적으로 낮게 유지해야 한다.

(11) 방호의 정당화와 최적화 원칙 정의에 깔린 개념의 적용은 규제관리 수단의 윤곽을 잡는데 중요하다. 정당화 적용은 규제관리 수단 도입이 그로 인한 손실을 보상하기에 충분한 개인적 또는 사회적 이익을 달성할 것을 요구한다. 다시 말하면, 정당화는 피폭상황이 규제로서 정당하게 관리될 수 있음을, 또는 반대로 피폭상황이 관리 불가능하거나 규제관리가 곤란하여 관리규제로부터 배제되어야 함을 명확히 할 것을 요구한다.

(12) 마찬가지로, 최적화 적용은 방호수준이 여건에서 최선이어서 손해를 넘는 이익의 여분이 극대화됨을 의미한다(이때 이러한 최적화 절차에서 심히 불공평한 결과를 방지하기 위해 특정 선원으로부터 개인에게 초래되는 선량이나 위험에 대한 제한, 즉 선량/위험 제약치 또는 참조준위가 있어야 한다.) 다시 말하자면, 규제 관리를 포함하는 전체 규제체계를 통해 규제할 필요가 있는 것을 정의하거나, 반대로 피폭 상황에 대해 최적 방호를 확신할 수 없기 때문에 전체적 또는 부분적으로 규제할 필요가 없어 요건의 일부 또는 전체를 면제할 수 있는 것을 정의함으로써 규제노력의 강도를 결정할 필요가 있다. 그러면 방사선 방호관리 요건은 면제되지 않고 포함되는 상황에는 적용되고 다른 상황에는 적용되지 않는다.

(13) 방사선방호 규정의 범위 정의에서 이러한 원칙들을 사용함에는 분명한 원리가 있다.

- 방사선피폭으로 인한 위험은 인간 활동뿐만 아니라 천연피폭원과도 관련 있다.
- 인간 활동이 방사선 피폭으로부터 위험을 수반한다면, 그 활동에 책임 있는 사람이 영향을 받는 사람들의 방사선방호와 활동의 전반적인 안전을 책임져야 한다.
- 현대 사회는 입법자가 무엇을 요구하며 규제자가 그러한 법적 요건을 어떻게 적용하는지를 제시하는 방사선 방호규정을 통해 이러한 책임을 법적으로 표현한다. 그러므로 방호규정은 사회에 대해 방호안전에 책임 있는 사람으로 하여금 그들의 책무를 이행하도록 함을 보장한다.
- 모범 관리 원칙은 방사선 방호규정의 적용이 손해를 피하기 위해 정당화되는 것과 사회자원의 최선사용을 고려할 것을 기대하게 만든다. 실익 없는 법률과 효과 없는 규제관리에 사회자원이 낭비되는 것을 막을 책무와 개인의 자유를 제한하지 않을 책무가 정부에 있다(Phillips, 2006). 활동에 부과되는 규제 요건들의 엄중성은 그 활동으로부터 발생하는 위험의 크기와 상응해야 한다.
- 규제관리 가능성과 관리가능 상황과 관련된 위험의 크기를 고려하지 않고 모

든 인간 행위를 규제하려는 것은 분명히 불균형하고 부당한 사회자원 소비를 요구할 것이다.

- 방사선 방호규정에 의해 부과되는 관리수단을 정당화하고 최적화하는 정책은 규제관리체계가 방사선방호 관점에서 극대의 순이익을 내는 상황에 규제자의 노력을 집중할 수 있게 하여 요구되는 방호수단이 유효한 곳을 향하게 하고, 자원 낭비와 시민 자유에 대한 불필요한 제한을 방지한다.

(14) 관리수단을 정당화하고 최적화하는 개념은 위처럼 매우 간단히 설명될 수 있으나, 방사선 방호규정 적용의 경계를 자세히 정의함에는 국제적 합의가 어려움이 밝혀졌다. 범위의 정의 차이는 세계적으로 규제접근에 일부 모호함과 불일치를 초래했고, 그 결과 방사선 피폭상황의 관리에 매우 필요한 국제적 일치를 방해했다. 관리수단이 세계적으로 일치하지 않고 일관되지 않으면, 비정상성이 발생하여 방사선방호의 효과에 영향을 미치고 국제경제에서 부당한 통상 장벽을 두게 될 것이다. 규정의 범위가 적절히 정의되지 않아, 규제할 수 없거나 규제할 필요가 없는 방사선 피폭상황이 정규 관리를 받으면 상당한 자원이 불필요하게 소모될 것이다. 이런 점에서, 이 보고서의 권고는 방사선 방호규정의 범위를 특성화함에 있어 국제적 조화를 진작하고자 하는 국제 정부간기구들에게 도움이 될 것으로 기대한다.

2.3. 배제와 면제

(15) 방사선 방호규정의 범위와 관련된 주요 개념은 ‘배제exclusion’와 ‘면제exemption’라는 용어이다. 배제는 피폭상황을 규제요건의 범위로부터 의도적으로 제외함을 말하며, 면제는 적용이 합당하지 않을 때 규제요건을 면하는 것을 말한다. 후속 항들에서 이 개념들을 소개하고 제3장과 제4장에서 각각 상세히 논의한다. 면제의 특별한 경우이자 전문 용어로 ‘해제clearance’라 부르는 것은 관리가 합당하지 않게 된 때 규제관리를 포기하는 것을 말한다. ICRP가 구체적으로 사용하지 않았던 이 용어 역시 제4장에서 논의한다.

(16) 2007년 권고(ICRP, 2007, 제52항)에서 ICRP는 배제와 면제의 두 가지 다른 개념이 방사선 방호관리 수단의 범위를 서술한다고 언급하였는데, 이 두 개념은 다음과 같이 분류되고 이해되는 것으로 간주되어 왔다(Hattori, 2006).

- 피폭상황이 규제장치로 관리될 수 없다(관리가 규제될 수 없음)는 통상 근거에서 방사선 방호관리 법률에서 특정 피폭상황을 배제함.

- 종종 관리 노력이 수반 위험에 비해 과도하다는 판단에 근거하여 관리가 합당하지 않은(규제관리 필요가 없음) 상황에 대해 방사선방호 규제요건의 일부 또는 전부를 면제함.
- 이 두 개념은 ICRP 방사선방호체계의 일관된 적용의 본질임에 유의한다. 배제와 면제는 방호체계로부터 이탈이 아니라 ICRP 권고 적용의 자연스런 결과로 간주되어야 한다.

(17) 오래 전부터 배제와 면제 개념이 법적인 맥락에서 사용되어 왔다. 라틴어 법률용어 ‘de minimis non curat lex’⁸⁾로부터 유래된 배제개념은 곧 규제 법령과 그에 따르는 관리를 적용할 것인가 아닌가를 결정한다. ‘de minimis non curat praetor’⁹⁾로부터 유래된 면제개념은 법률로 규정된 규제관리의 일부 또는 전부로부터 선형적으로 자유로운 상황과 자유롭지 못한 상황을 결정한다. ICRP는 방사선방호에서 ‘de minimis(사소한 것)’라는 표현이 바르게 사용되고 있지만은 않다고 밝힌 바 있다. ‘사소선량de minimis dose’이라는 표현은 그 아래에는 위험이 0이 될 수 있는 선량으로 잘못 해석되기도 했다. 이처럼 옳지 못한 해석은 방사선방호에 사용되는 신중한 가정 즉, 위험에 문턱이 없다는 가정과 모순이고 그래서 많은 혼란을 초래하기도 했다(Folkers, 2006). ICRP가 ‘사소선량’ 개념의 사용을 권고한 적은 없다.

(18) 방사선방호를 위한 법제는 법적 관리체계 속에 포함될 것과, 포함되지 않아 규제관리를 규정하는 법규로부터 배제될 것을 먼저 확정해야 한다. 다음으로, 규제관리 조치가 합당하지 않기 때문에 규제관리 요건의 일부 또는 전부로부터 면제하는 것도 법제가 수립해야 한다. 배제는 법령 범위를 정의하는 것과 밀접하지만 배제는 하나의 방법일 뿐이므로 이것만으로 충분하지는 않다. 법령의 범위를 정방향으로 정의할 수 있는데, 예를 들어 어떤 국가 관할권에서는 규제자가 일부 선원에만 관여하기도 하고(예: 원자력부산물은 다루되 X선은 다루지 않음) 해당되는 산업의 특정 유형을 정하기도 한다. 나아가 법제 골격은 당국이 어떤 상황에 대해 신고나 인가와 같은 행정적 요건이나 피폭평가, 검사와 같은 특정 요건으로부터 상황을 면제할 수 있도록 허용해야 한다. 면제란 규제관리의 일부 또는 전부를 적용할 필요가 없는 특정 피폭상황을 결정하는 규제당국의 권한에 관한 것이다.

(19) 법적 구조에서, 배제는 법적 규제장치의 한계를 정하는 것을 말한다. 즉, 장

8) 법은 사소한 것에 개의치 않는다는 의미이다.

9) 관리(官吏)는 사소한 것에 개의치 않는다는 의미이다.

치의 소관 내에 있지 않은 것으로 보는 상황은 배제된다. 관리를 규정하는 장치는 배제된 상황에 대해서는 법적 효력이 없다. 그러나 ICRP 권고의 맥락에서는 배제가 법적 관념보다 약하게 사용되어왔다. 배제 피폭상황은 정당화할 수 있는 관리수단 너머에 있는 상황이다. 그러나 법적 맥락에서 사용된 ‘배제된’이라는 표현의 의미가 유사함은 명백하다. 반면, 면제는 법적으로 본래 적용되어야 할 법적 요건의 유보를 의미한다. 면제가 적용되는 상황이나 사람은 해당 장치의 범위 내에 있지만 일부 요건들이 유보됨을 선언한다. 만약 적용될 모든 요건들이 유보되면 그 상황이나 사람은 면제되었다고 말할 수 있다. ICRP 권고의 맥락에서는, 면제에도 법적 관념이 약하게 사용되어 왔다. 면제 피폭상황이란 방사선 위험이나 위해가 작은 상황처럼 이미 방호가 최적화 된 것으로 보이고, 전체 또는 일부 요건의 적용이 합당하지 않은 상황이다..

(20) 많은 국가 규정 체계들이 그렇듯이, 방사선안전 국제표준도 배제와 면제 개념을 사용한다(IAEA, 1996). 이들 규정체계에서 배제는 범위 전체를 결정함과 관련 있으며, 면제는 특정 규제적 의무 준수를 입증하지 않음과 관련 있다. 예를 들어, 면제 피폭상황은 원칙적으로 관리 요건을 따라야 하지만, 그 준수를 입증할 가치가 없다고 규제자가 보는 것이다. 전형적인 예는 규제자가 일반면제 선원으로 승인한 것인데, 이에 대해서는 건별 준수 입증 필요하지 않다.

(21) 배제와 면제의 구별이 절대적이지는 않다. 각국 규제기관은 특정 선원이나 상황을 배제할 것인지 면제할 것인지에 관해 달리 결정할 수도 있다(ICRP, 2007, 제52항). 어떤 국가 체계에서는, 피폭상황의 구분과 배제 또는 면제되는 상황의 식별이 순전히 방사선방호 고려에서는 필요하지 않고, 따라서 다분히 인위적인 것으로 이해되기도 한다(Poeton, 2006). 모든 피폭상황은 정당화와 최적화 개념의 맥락에서 고려되어야 한다는 ICRP의 보편, 포괄적 방사선방호 접근과 일관되는 이러한 체계에서는, 일부 상황은 그 규제가 사실상 부당한 것으로 간주되어 이들 상황을 배제하기 위한 어떤 공식적 요건도 불필요하다(예를 들어, 낙진은 법령에서 명백히 제외된 적이 없다). 마찬가지로, 예상 피폭이 매우 낮아서 최적 방호가 된 것처럼 나타나고 따라서 추가 관리를 요구하지 않는 상황은 면제선원의 범주를 정하는 대신 건별로 정한다. 이러한 방법으로 전체 피폭상황들과 선원들을 설명함으로써, 일부 피폭상황들이 방사선방호의 고려로부터 배제되거나 면제된다는 오도된 인상을 주지 않고 규제체계가 전체를 포괄하게 한다. 그러므로 이러한 접근에서는 배제하거나 면제할 상황을 정의하는 것이 불필요하게 된다. 필요한 모든 것은 상황의 본질을 기초로 규제가 부당하거나 방호가 사실상 최적화된 상황들을 특성화하는 것이다. 하지만 대부분 규제체계들은 개별적 접근

에 따라 운영되지 않는다. 대다수 국가 또는 국제 규제체계는 ‘성문화’되어 있다. 즉, 범위가 명료하게 정의된 법령들과 규범들을 체계적으로 모아 법제화하고 있다. 이와 같은 성문 체계에서는 배제와 면제 개념이 매우 유용하다.

(22) 따라서 배제와 면제가 규제관리를 적용할 때와 그렇지 않을 때를 정의하는데 사용되더라도, 여러 국가의 법적 체계는 이 개념들을 다른 방법으로 사용할 수도 있다. 많은 국가에서, 배제는 국회제정법과 같은 기본 법률에서 주로 사용되는 반면, 면제는 종종 기본 법률 아래의 시행령 또는 규제기관이 만드는 고시나 결정과 관련된다. 어떤 관할권에서는 이 개념들이 명시적으로 사용되지 않을 수도 있지만 명시적으로 사용되더라도 개념은 필요하다. 모든 곳에 적용되는 공통 모델은 없으므로, ICRP 권고는 주어진 관할권 내에서 적절한 방법이 무엇이든 거기에 적용되도록 의도되었다. 어쨌든, ICRP는 피폭이 본질적으로 관리 불가능하거나 규제가 방사선 방호를 개선하지 않을 것이라는 관점에서 관리가 부당한 피폭에 관해 ‘배제’라는 용어를, 방호가 이미 규제의 틀 안에서 최적화되었기 때문에 규제관리를 적용하지 않는 상태에 대해 ‘면제’라는 용어를 계속해서 사용할 것이다. 다시 말해서 배제는 관리 능력에 관한 것이고, 면제는 관리의 가치에 관한 것이다.

(23) 배제와 면제 개념 사이의 차이를 인식하면서, 현실 목적을 위하고 대중 이해를 공고히 하기 위하여, 어떤 결정이 그러한 상황으로 이끌었든 상관없이, 규제자는 규제관리를 따르지 않는 선원에 적용될 간단한 공통 용어를 설정하기를 바랄 것이다(Coates, 2006). 비록 약간의 방사능을 포함하더라도, 이러한 방사성 물질은 모든 현실 목적에서 제한받지 않을 것임이 분명하다.

(24) 배제 원칙은 광범하고 규제가 부당할 것으로 보는 모든 피폭상황에 적용될 수 있는 반면, 면제 원칙은 방호수단이 사전에 계획되고 관리될 수 있는 피폭상황의 맥락에서 발전되었다는 점 또한 인식해야 한다. 면제는 그러한 상황을 계획했고 규제자가 인가한 사람에 대해 규제자가 특정 요건의 부과를 요구하지 않을 수 있음에 해당한다. 이미 존재하거나 비상사태로 초래된 경우처럼 사실상 피폭에서는 방호 수단으로 개입할 필요가 있는지는 규제기관이나 여타 당국이 결정할 일이다. 규제자가 방호 수단으로 개입하는 자기 권한을 면제하는 것은 정당화되지 않는데, 많은 나라에서 이러한 두 기능을 구분하는 것이 매우 어렵다(Janssens, 2006). 다음 절에서 가능한 피폭상황들이 어떻게 범위의 정의에 영향을 미치는지 검토한다.

2.4. 방사선 피폭상황

(25) 방사선 피폭상황의 다양한 유형들에 따라 범위 정의가 달라질 수 있다. ICRP 권고에는 피폭 가능성의 전 영역을 덮는 다음의 세 가지 피폭상황이 있는데 이들이 이전의 ‘행위’와 ‘개입’을 대체한다(ICRP, 2007, Para. 176).

- 계획피폭상황은 선원을 의도적으로 도입하고 운용하는 것과 관련 있는 상황이다. 계획 피폭상황에서는 발생할 것으로 예상되는 피폭 (정상 피폭)과 발생할 것으로 예상되지 않는 피폭 (잠재피폭, 제6.1.3절 참조)이 모두 일어날 가능성이 있다.
- 비상피폭상황은 계획된 상황이 운영 중이거나 악의적 행위, 기타 예상하지 못한 상황 중에 발생할 수 있는 상황으로, 바람직하지 않은 결과를 피하거나 감소시키기 위한 비상조치가 요구된다.
- 기존피폭상황은 관리 결정이 취해지기 전에 이미 존재하는 피폭상황으로 비상 발생 후 장기적 피폭상황을 포함한다.

(26) 통상적으로, 규제체계는 계획피폭상황을 다루기 위하여 제정되어 왔다. 반면, 비상피폭상황과 기존피폭상황의 규제는 아직까지 다소 불일치하게 적용되고 있다. 계획피폭상황의 여건을 다른 상황과 구분하는 것은 어렵지 않다. 그러므로 그 여건이 규제 범위 아래에 고려되어야 할 사항인지 아닌지를 결정하는 것도 어렵지 않다. 계획피폭상황은 보통 개인 또는 사회적으로 어떤 이익을 얻기 위하여, 결국 예정 선택 사안으로 채택된 행위의 도입으로부터 발생한다. 행위를 채택하고 규제하는 데는 이성적 판단이 있으므로, 계획피폭이 규제 범위의 안에 있어야 할지 바깥에 있어야 할지 결정하는 데도 이성적 판단이 있을 수 있다.

(27) 반대로, 비상피폭상황과 기존피폭상황은 일반적으로 선택사안이 아니라 사실상 이미 현존하는 상황들이다. 그러한 사실상 상황에 의한 현존 피폭을 줄이는데 개입 방호 수단이 적용될 수 있다. 방호수단을 고려할 때 상황이 이미 존재하기 때문에, 그것과 특별하게 관련된 어떠한 특정 사회적 이익과 결부되지 않는다. 많은 경우에 이러한 상황들은 어떤 공식적 국가 규제의 틀(예: 비상피폭상황을 준비태세의 일부로 다루기 위한 법령, 지정기관, 공식준비, 국제회의 등) 안에 있으나 많은 관할권에서 피폭상황들에 관리의 공식 규제체계가 적용되는 것만은 아니다. 기존피폭상황과 비상피폭상황에서 범위의 고려는 다르다. 문제는 상황이 관리의 공식 규제체계 안에 있는지 바깥에 있는지가 아니라, 개입 방호수단을 행할 가치가 있는지 없는지 하는 것이다.

(28) 비상 및 기존 피폭상황은 면제 개념에 적합하지 않다. 방사선 방호규정은 이러한 상황들을 다루기 위한 참조준위를 규정할 수 있다. 관리 가능한 비상 및 기존 피폭상황에서 참조준위는 그 이상에서 피폭이 발생하도록 용인하지 못할 것으로 판단되며 그 아래에서 방호최적화를 수행해야 하는 선량이나 위험 준위를 의미한다고 ICRP가 적시했다. 참조준위로 선택된 값은 고려하는 피폭의 여건에 의존할 것이다. 따라서 ICRP의 방호원칙은 방호조치가 정당화되는지, 그리고 정당하다면 참조준위 및 관련된 모든 속성과 인자들을 고려하여, 최적 개입 절차가 무엇일지에 대해 평가를 요구한다. 이러한 접근을 따를 때, 방호조치는 특정 여건에 대해 가능한 참조준위보다 한참 아래의 잔류선량 값으로 나타날 수 있다(주어진 조건에서 최고로 성취 가능한 결과). 반대로, 실제 비상 또는 기존 피폭 상황은 참조준위보다 높은 실제 피폭을 초래할 수 있는데 여건에 따라 이것이 용인될 수 있다. 이렇게 복잡한 상황을 일반적 또는 범용적 고정 면제준위 값으로 다룰 수는 없다(Landfermann, 2006).

(29) ICRP는 ‘행위’와 ‘개입’의 이전 개념을 규제에 사용할 때 일부 어려움이 발생할 수 있다는 점을 지적하였는데, 피폭상황(계획, 비상, 기존 피폭상황)으로 특성화하는 새 접근에서는 혼란이 계속되지는 않기를 기대하고 있다. ICRP 권고가 계획피폭상황의 개념 정의를 포함하고 있지만, 규제 목적을 위해서는 이러한 개념이 무엇을 의미하는지 설명할 필요가 있다. 계획피폭상황은 상업, 무역, 산업, 기타 생산업체, 국영기업, 심지어 자선단체로부터도 발생한다. 계획피폭상황은 방사선피폭이나 피폭 위험을 증가시킬 것이지만, 또한 사회적 이익도 증가시킨다. 이러한 분석이 ICRP가 계획 피폭상황의 정의로부터 의도한 바를 더 잘 정의하도록 도울 것이며, 규제할 것과 규제하지 말 것의 경계를 명확히 할 것이다. 위에서 설명한 것처럼, 다른 목적 때문에 행위가 이미 법령에 정의되어 있음은 장점이기도 한데, 무엇보다 행위에 책임이 있는 사람이 법적으로 정의되어 누구에게 규정이 적용되는지 명확해지고, 따라서 누가 규제로부터 배제되는지 또는 누가 규제요건으로부터 면제되는지가 명확해진다.

(30) 계획피폭상황과 비상 또는 기존 피폭상황의 가장 분명한 차별은 유익한 행위와 그로 인해 일어나는 피폭을 받아들일지를 사전에 선택할 수 있음이다. 아직 선택 가능하다면, 피폭상황은 계획될 수 있고 따라서 결국 범위로 특성화되는 규정에 의해 관리될 수 있다. 선원이 이미 존재하여 선택의 여지가 없다면, 피폭을 줄이기 위한 활동이 착수될 수도 있고 아닐 수도 있다.

(31) ICRP가 행위와 개입의 개념을 도입한 때, 개인의 피폭 증가를 유발하는 모든 인간활동이 행위, 또 개인의 피폭을 줄이는 모든 인간활동이 개입이라고 시사하고자 하지는 않았었다(ICRP, 1999, 제D25항). 주어진 한 예로 자연방사선 피폭을 증가시키거나 감소시키는 생활습관의 보편적 수정은 ICRP 방사선방호 체계의 적용을 받지 않는다. 명백히, 이러한 상황에 대해 피폭상황이 규제로부터 배제되는 것으로 사실상 간주될 수 있다는 것 외에 범위에 대한 어떠한 논의도 무의미하다.

(32) 그러나 분류하기 쉽지 않고 따라서 규제 여부를 결정하기 어려운 피폭 상태도 존재한다. 한 가지 특정한 경우로서 승인된 방사능 환경 방출로부터 오염된 (방사성)물질의 사용이다. 과거에도 ICRP는 이러한 상황에 대해 언급하였는데 (ICRP, 1999, 제D26항), 사람에게 이르는 환경 경로가 바뀌거나 새로운 피폭군이 발견된 경우가 아니라면 인가된 방출로부터 오는 모든 환경 방사능에는 후속 관리를 적용하지 않아야 한다고 계속 조언한다(Lumb, 2006). 그렇지만 만약 환경 물질의 새로운 사용이 제안된다면 - 예를 들어 이전에는 어떤 폐류의 채취와 소비가 방출의 평가에 고려되지 않았다면 - 새로운 여건을 계획피폭상황에 대한 전형적 규제관리 아래에 포함할 수 있다. 그것이 실현 가능하지 않다면, 범위에 미치는 영향과 함께 환경 축적을 기존피폭상황으로 다루는 것이 필요할 수도 있다. 이러한 맥락에서, 일용품에 방사성핵종 함유는 범주화를 상당히 어렵게 한다 (제7장 참조).

(33) 예를 들어 옛 광산의 미광처럼 처음부터 규제하지 않았던 과거 인간활동의 방사성잔류물로 인한 피폭은 또 다른 어려운 경우가 된다. 그들이 발생시킨 피폭 상황은 계획피폭상황으로 볼 수 없다. 게다가 이러한 사업은 지금까지 유지될 수도 있다. 적용범위의 정의에 관한 또 하나 논쟁거리는 이러한 유형의 상황이 규제대상인지 여부이다(ICRP 1999, 제107항 및 제108항). 일부 이러한 활동은 그 근원이나 운영자가 추적 가능하지 않을 수도 있다. 본래 활동이나 사건의 실행을 결정한 사람들이 사전에 고려하지 않은 수준으로 피폭을 제한하기 위해 오늘날에 와서 방호조치의 노력이나 불이익을 사회에 부과하는 것은 합리적이지도 실현 가능하지 않을 수도 있다. 그러므로 규제당국이 보아 방호조치가 정당화될 수준에 피폭이 미치지 않는다면 당국은 이러한 사례들을 규제체계 범위 밖에 있는 것으로 할 수 있다. 하지만 원칙적으로는 이러한 종류의 상황 중 일부 특정한 경우를 특별 규제수단으로 규제하지 못할 이유는 없다. 사실, 정확히 본래의 활동을 추적할 수 있는 방사성잔류물이나 일어난 지 오래되지 않은 사건도 있다. 나아가 이때에는 상황을 유발시킨 사람에게 필요한 방호조치 책임을 소급할 수 있

는 경우도 많다. 예를 들어 최근 사고로부터 남은 방사성잔류물은 일반적으로 근원 추적이 가능하고, 원인제공자의 책임은 대체로(비록 항상은 아니지만) 직접적이다. 이러한 경우 사전에 선정된 어떤 개인 선량제한을 달성하기 위해서 당국은 상황에 책임 있는 사람에게 규제조치를 부과하는 것이 합리적이고 정당한 수단으로 생각할 수 있다. 이러한 조치들의 범위에는 어떤 제한이 필요하다. 만약 행위가 계속된다면 의당 그 행위는 계획피폭상황으로 다룰 수 있으나, 원래 예견하지 않았던 제한을 부과하는 것이 불가할 수도 있음에 유의해야 한다. 이러한 경우 개별적 고려는 오직 선택사항인 것처럼 보인다.

(34) ICRP는 계획피폭상황을 정규피폭과 잠재피폭이라는 두 가지 넓은 범주로 나누고도 있다. ICRP 표현으로 정규피폭은 일어날 것이 합리적으로 예견되는 피폭이다. 즉, 피폭이 일어날 확률이 1이거나 1에 가깝다. 잠재피폭은 발생 가능성이 있지만 확신은 없는 피폭이다. 잠재피폭은 예견될 수 있고 그 발생 확률도 평가되지만, 잠재피폭을 자세히 예상할 수는 없다. 방사선방호 규정의 범위에서는 잠재피폭은 통상 안전요건으로서 다룬다.

(35) 요약하면, ICRP 방사선방호체계는 위에서 기술된 기본적 피폭상황들(계획, 비상, 기준)을 일관되고 모순 없이 다룰 수 있다. 그러나 정량적 권고는 서로 다를 수 있으며 각 상황의 고유성을 반영할 것이다. 방사선 피폭상황의 이러한 구별성은 논리적으로 범위의 개념과 정의에 영향을 미친다.

2.5. 피폭의 분류

(36) ICRP는 피폭을 세 범주 즉, 직무피폭, 일반인피폭, 환자의 의료피폭으로 구분한다(ICRP, 2007, 제177항). 위안자나 간병인, 그리고 연구 대상 자원자의 피폭은 따로 다루었다(ICRP, 2007, 제350항 이하 참조). ICRP는 직무피폭을 작업자들이 일로 인해 받게 되는 모든 방사선피폭으로 정의했지만 경영진의 책임으로 보는 것이 합리적인 상황의 결과로서 직장에서 받는 피폭으로 그 사용을 한정하고 있다.¹⁰⁾(ICRP, 2007, 제178항). 일반인피폭은 직무피폭과 환자의 의료피폭을 제외한 모든 피폭을 포괄하는데, 이때 배제된 피폭과 면제된 행위나 면제

10) <역주> 가령 산업안전보건법 따라 근로자가 정기 건강검진을 받는 과정에서 받는 진단방사선 피폭은 직무와 관계는 있지만 직무로 인한 피폭으로 보기는 어려우므로 직무피폭이 아니라 의료 피폭으로 보는 것이 합당하다.

선원에 의해 받는 피폭은 일반적으로 일반인피폭 계산에 고려할 필요는 없다(ICRP, 2007, 제180항). 의료피폭은 진단방사선절차, 중재방사선절차 및 치료방사선 절차의 과정에서 발생하는 환자의 방사선피폭이다(ICRP, 2007, 제181항).

(37) 이러한 범주화는 방사선방호 요건의 구축에 큰 영향을 미치지만, 원칙적으로 피폭범주가 규제체계의 범위를 정의하는 데 영향을 주어서는 안 된다. 실상은 범위 정의는 피폭의 구분보다 선행하여 일어나는 것이 보통이다. 이러한 여건에서 선원이 작업자, 환자, 일반인 누구에게 피폭을 주느냐는 그러한 선원이 방사선방호 규정의 적용을 받아야 할 것인가를 결정하는 데는 관계가 없어야 한다. 이것은 노동기준에 관계된 규정에서 중요하다. 그러나 직무, 의료 및 일반인 피폭과 관련하여 가능성, 필요성, 관리의 효과가 피폭 유형에 따라 규제체계의 범위를 서로 다르게 이끌 수 있다고 제기되어 왔다(Lumb, 2006). 이 같은 관점에서, 규제관리 효율성과 책임 할당은 매우 다를 수 있고, 본질적으로 관리가 어려운 피폭의 배제는 사전에 밝혀야 하기 때문에 이 세 종류 피폭에서 별도로 피폭 상황을 배제 또는 면제하는 것이 개념적으로 가능할 것이다(Janessens, 2006).

2.6. 사회성향

(38) ICRP는 방사선방호 결정에서 사회성향이 극히 중요함을 이해한다. 정당화와 최적화 적용은 사회성향과 밀접하게 관계된다(ICRP, 2007, 제206항 이하). 피폭상황을 규제할지 말지, 특정 규제요건을 적용할지 말지의 선택은 관리 용이성, 피폭상황 변경의 정당화, 방호최적화에 대한 사회적 판단을 요구하는데 이 판단은 문화적 이해에 영향을 받을 수 있다. 이러한 판단은 통상 범위에 대한 입법자나 규제자의 의사결정에 반영된다. 예를 들면, NORM 피폭에 대한 규제에서 국가의 성향이 다름을 ICRP는 안다(ICRP, 2007, 제53항)

(39) 이분법적 느낌에 관련되는 피폭상황에 대해서는 다른 사회성향이 있는데 이는 자연히 방사선피폭 관리에 불균일한 접근을 초래한다. 이점은 방사선방호 규정의 공통적인 특징으로 되어 있으며, 자연방사선에 비해 인공방사선에 의한 피폭상황을 다룰 때 현저하다. 이것은 방사선방호가 발전된 과정 즉, 요컨대 ^{226}Ra , X선, 그 다음 원자력과 인공 방사성핵종 부산물, 입자가속기 등으로 인한 직무피폭과 이제 자연방사선피폭의 중요성과 관리가능성에 대한 “깨우침”을 반영한다. 그 접근은 불균일했지만 그 당시에는 그렇게 보이지 않았을 것이다. 원

자력 시대의 출현은 자동적으로 인공핵종에 주목하게 했음은 당연하며 라듐, 우라늄, 토륨과 같은 몇몇 시원 방사성핵종의 추출과 사용처럼 이전에 가끔 규제되던 천연핵종이 관계된 소수 상황에는 관심이 줄어들게 되었다. 게다가 사회적 관점은 관리가 더 힘든 천연 선원으로부터의 피폭 환경보다 쉽게 관리할 수 있는 인공 선원에 대해 위험 기피가 심한 방향으로 발전하는 듯하다. 이 원인은 방사선위험에 대한 대중의 인식변화이기도 하고, 인공선원으로부터 사소한 선량을 관리하는 것은 용이하지만 자연 피폭의 기존상황을 관리에는 감당할 수 없는 비용을 필요함을 알았기 때문이기도 하다.

(40) 이분법 및 불균일을 언급함으로써, ICRP는 부인하기보다 현실적으로 접근하려 한다. 자연선원과 인공선원 사이에 사회성향 차이(뒤에서 더 논의함)는 규제관리의 범위보다 주로 규제관리의 수단들과 관련이 있다(Janssens, 2006). 사실 성향 차이는 가능한 피폭상황 중에서 관리 가능성의 차이로 인한 불가피한 결과로 보이지만, 이것도 상이한 피폭의 환경에서 사회성향과 대중 기대가 다를 수 있음을 반영한다. 관리에 불균일 접근은 분명히 규정의 범위에 영향을 미친다.

(41) 이분화, 차등화, 이에 따른 접근방법과 이유의 다양성은 일관성 있는 규제 제도를 만드는 것이 얼마나 복잡하고 어려운 일인지를 바로 보여준다. 예를 들어, 실용적으로는 이해할 수 있지만 왜 규제관리가 예상되는 방사선방호 정도에 큰 차이를 두는지 설명하기는 어렵다(Holahan, 2006). 이 보고서는 사람들이 천연 방사성물질과 인공 방사능물질을 서로 다르게 보고 있고 따라서 다르게 다루는 것을 사실상 전제로 한다.

(42) 다른 관련된 관심사는 “사소”의 개념인데 이는 범위 문제와 밀접하지만 많은 관련된 사회적 이해당사자들이 인식을 공유하고 있지는 않다. 규제자가 사소하게 보는 것을 일반인은 물론 산업체도 사소하다고 보지 않을 수 있다. 예를 들어 금속 재활용사업자는 소비자가 깨끗한 새금속을 원한다고 이해하기 때문에 양에 상관없이 방사성물질이 소량이라도 함유된 재활용 금속을 공정에 수용하려 하지 않으려 하고 있다(Holahan, 2006).

(43) 물론 사회성향은 다양한 방사선 피폭상황에 따라 달라지며, 이러한 가변성은 규제성향에 영향을 준다. 계획피폭상황에 대해서는 사회는 예상되는 피폭을 제약하기 위해 상당한 자원의 투입을 기대함이 경험으로 알려져 있다. 규제자는 매우 엄격한 규제와 포괄적 범위로서 이러한 사회적 요구에 반응하고 있다. 예를 들어 규제되는 모든 활동으로부터 일반인의 피폭은 매우 낮은 수준으로 제한되

기를 요구하며, 그래서 규제관리가 사소한 선량 수준까지 적용될 것으로 기대한다. 이런 성향은 그러한 규제수단을 위한 사회적 노력이 정당하며 그 상황으로부터 발생하는 사회 이익에 비례한다는 인식을 반영한다.

(44) 반대로 기존피폭상황을 제한하는 데 적용되는 자원의 규모에 대한 사회적 기대는 훨씬 낮음을 경험이 보여주고 있다. 예를 들면, 자연방사선이 관련된 피폭은 수준이 높을 수 있음에도 불구하고 그 피폭상황에 대해서는 보통 규제관리가 적용되지 않는다(제7장 참조).¹¹⁾ 이것은 이러한 피폭여건에 대해서는 현존하는 피폭을 줄이기 위해 규제요건을 준수하는 사회적 노력이 성취하는 이득과 비례성을 상실할 수도 있다는 판단을 반영한다. 논리적으로는, 피폭상황들을 다루기 위한 규정의 범위를 결정할 때 이와 같은 성향에 형평이 고려되어야 한다.

(45) 비상피폭상황에서 경험은 또 다르다. 비상 여파로 생긴 피폭상황은 사실상 기존상황으로 간주될 수 있지만 이런 경우에 대한 사회적 기대는 매우 높으며, 실패가 있었기 때문에 다른 기존피폭상황보다 더 높은 보호를 사람들이 기대하는 것이 사회적 성향으로 보인다.

(46) 규제 접근에서 불균일성에 영향을 주는 것처럼 보이는 이슈는 자연방사선 피폭의 만연성과 그러한 특성이 자연방사선 피폭의 인식에 미치는 영향이다. 방사선피폭은 피할 수 없는 자연적인 현상으로 모든 사람, 모든 생물, 지구상 모든 것이 방사선을 피폭한다. 실제로 세계 모든 물질은 필연적으로 천연 기원 방사성 핵종은 물론 과거의 인간활동으로부터 사람 주거환경에 남아있는 방사성잔류물의 방사성핵종을 함유하고 있기 때문에 어느 정도는 방사능이 있다.

(47) 유엔방사선과학영향위원회(UNSCEAR)는 배경방사선(주로 자연방사선)에 의한 전 세계 인류의 평균 방사선량은 대략 2mSv/y 정도이나 지구상 어떤 지역에 사는 사람들은 약 10 mSv/y의 선량을 경험하고 있고, 소수 사람들은 100 mSv/y 또는 그 이상의 극단적 선량을 받고 있는 것으로 평가한다(UNSCEAR, 2000). 여기에는 라돈피폭이 포함되는데, 라돈은 통상 지배적 기여자이지만 항상 그렇지는 않다. 산업국가에서 의료절차로 받는 선량이 매우 빠른 증가는 이 비교

11) <역주> 이 표현은 논리의 비약이고 적절치 않을 수 있다. 자연방사선이 관련된 모든 피폭에 사회성향이 관대한 것이 아니라 선택적이다. 선택에 중요한 인자는 피폭에 책임이 있는 사람이 있는가, 그 사람이 상당한 역량을 가졌는가 하는 점이다. 천연 방사선원에 의한 피폭이더라도 그 피폭에 책임 있는 주체가 분명할 때는(예: 우라늄 광산) 방호수준 기대에서 인공선원과 차이가 있어 보이지 않는다.

에 포함되지 않았지만, UNSCEAR는 천연기원 방사성핵종에 의한 관리되지 않는 피폭이 지금까지 인류 피폭에 가장 큰 기여자인 것으로 평가해왔다. 반대로 잘 관리되는 계획상황은 대체로 집단 전체의 평균 피폭에는 사소한 비율만 기여한다. 논리적으로는 이러한 사실이 계획상황에서 발생하는 피폭보다 자연적 기존피폭에 대해 더 강한 방사선방호 수단을 촉발했어야 하지만 그 반대로 나타난다. 사실 자연방사선 피폭은 방사선 방호 규제에서 광범하게 다루어 지지 않는다. 그 결과 자연과 인공 피폭상황에 대해 규제의 범위를 정의하는 방법에 불균일 접근이 이루어졌다.

(48) 방사선과 방사능을 “천연”과 “인공”으로 수식하는 것은 개념적으로는 바르지 않다. 아마도 시원적 방사성핵종과 사람이 만든 핵종을 구분하여 다루는 것이 유용할 것으로 보였을 것이다. 그러나 모든 방사성물질은 천연 핵종과 인공 핵종 모두를 포함할 수도 있어 천연 핵종에 의한 피폭과 인공 핵종에 의한 피폭을 구분하는 것은 쉽지 않다. 예를 들면 자연에서 기원하는 몇몇 방사성핵종은 인공적으로도 생산이 가능하다. 반대로 몇몇 방사성핵종은 사람에 의해서 만들어 지고 그래서 인공핵종으로 생각하지만, 자연현상에 의해서 만들어지기도 한다. 게다가 인공적 성분에 대해 방호하는 수단은 천연 성분에 의한 피폭에 영향을 미치고 그 반대도 사실이다. 그래서 방사선방호에서 “자연적”과 “인공적” 형용사를 붙이는 것은 도움이 되지 않는 것 같다. 이러한 수식어가 선원이나 피폭에 적용된다면 더한 논쟁이 있을 수도 있다. 요약하면, 방사선피폭을 인공과 천연으로 구분하는 것은 어색하며, 분명히 정확하지도 건설적이지도 않다.

(49) 위의 논쟁에도 불구하고, 일반인이나 그 대표자들은 자연피폭과 인공피폭의 구분을 유지하려는 것 같다. 그들은 방사선 피폭의 인공적 상황에 비해 자연적 상황을 다루는 방법에 시각차를 갖는 것으로 나타난다. 그들은 순전한 천연 선원으로 인한 방사선위험보다 기술적 선원(인공적)으로 인한 방사선위험에 더 큰 비중을 두려는 것 같다. 그 결과 방호에 대한, 따라서 피폭원이 천연 산물로 간주될 때보다 기술적 산물일 때 규제관리에 대한 사회적 기대가 일반적으로 더 강해졌다. 이로써 피폭의 기원에 따라 그 대응에 달리 인식된 요구로 다시 나타나고, 또 불균일한 방호척도를 초래하곤 했다. 천연 방사선원에 의해 전형적으로 증가된 피폭은 사회적 불안을 만들지 않아왔지만, 사람의 행위로부터 나온 방사성 잔류물에 의한 상대적으로 작은 피폭은 우려의 원인이 되어왔고 가끔 합당하지 않은 방호조치를 촉발해왔다. 하지만 이 현실 결과를 추가적인 방사선 피폭을 정당화하는 데 사용할 수는 없다. 사람들이 어떤 수준의 자연방사선 피폭량을 기꺼이 수용한다 할지라도, 인공 선원으로부터 추가적인 선량을 자동적으로 수용

하러 하지는 않는다. 예를 들면, 어떤 나라의 한 지역에서 다른 지역으로 이사할 때, 또는 휴가를 갈 때, 일반인이 자연 백그라운드 방사선에 의한 피폭의 차이를 고려하지 않는 것이 보통이라고 해서 자연 백그라운드 방사선의 변동에 비해 작은 수준의 선량이 반드시 사소한 것으로 간주되어야 한다고 규제자가 판단해서는 안 된다(Folkers, 2006). 많은 자연적 피폭상황에서는 사람들에게 선택을 맡기는 데 반해, 인간 활동으로부터 피폭은 종종 부과된다고 주장하고 있다. 게다가, 이익과 손해의 분포에 불평등이 있을 수 있다. 자연 방사선의 경우 사람들은 특정 상황에 의해 그들에게 초래되는 해보다 그들의 개인적 이익이 우월하다고 생각할 수도 있다(Laaksonen, 2006).

(50) 천연과 인공에 대한 논쟁을 다룸에 있어, 기술개발의 부산물로 사회가 인식하는 방사선피폭에 대해서는 사회적 희망 수준이 전통적으로 높아 왔음을 ICRP는 인지한다. 반면에 위험과 관계는 피폭의 기원보다는 피폭의 상대적 크기임을 강조하지 않을 수 없다. ICRP는 가능한 한 널리, 그리고 일관되게 그 권고가 적용 가능하도록 만들려 했다. 특히, ICRP 권고는 인공선원과 천연선원 모두를 다루고 있다. ICRP 권고는 피폭선원이나 개인이 받는 선량으로 이어지는 피폭경로가 어떤 합리적 수단에 의해 조절 가능한 상황에만 온전히 적용할 수 있다. 이런 상황에 있는 선원을 ‘관리 가능한 선원controllable source’이라 부른다(ICRP, 1999, 제45항).

(51) 요약하면 계속 유지되는 ICRP 관점은 다음과 같다. 한편으로는 피폭의 원천이나 크기에 관계없이 천연 피폭원도 다른 피폭원과 일관되고 조화롭게 방사선방호에 포함되고 규제되어야 하며, 다른 한편으로는 방사선방호 규정은 서로 다른 피폭상황에 의해 영향을 받는 사람들의 기대와 함께 관리의 합당성 즉, 정당화 가능성을 고려해야만 한다. 하지만 자연 방사선을 다룰 때에는 어떤 상황이 방사선방호 관리요건의 적용을 받아야 할지를 결정할 목적으로 기준을 수립하는 것은 매우 복잡함을 ICRP도 인식한다(Pierre, 2006).¹²⁾ 관리 목적의 하나는 해당된다면 위험이해에 기반을 두면서 보다 간단한 시스템을 향해 더 넓은 수렴을 모색하는 것이다. 대중적 확신과 이해가 클수록 이러한 수렴은 향상될 것이다(Coates, 2006). 위에서 지적했듯이, 범위를 결정함에 있어 천연 방사선과 인공 방사선을 논의하는 것뿐만 아니라 피폭상황의 유형(계획, 비상 및 기존 피폭상

12) ICRP 권고는 모든 경우에 위험이해에 기반을 두고 있고 일부에 대해서는 위험기반을 따르고 있음을 지적할 필요가 있다. 그러나 상황고유 평가를 통해 불균일 적용으로 이어지는 것은 필연적으로 주관적 판단(예: 정당화와 최적화 판단)이다. 예를 들어 교역에서처럼 때때로 방사선방호 목적이 수렴될 필요가 있으나 수렴이 반드시 전반적 목표는 아니다.

황)과 피폭자 개인(직무, 의료 및 일반인)에 따라 사안들이 분류될 것이다. 모든 가능한 피폭상황을 매트릭스처럼 표로 만들 것이 제안되었으며(Oda, 2006), 그러면 규제자의 고려가 단순해질 것이다.

제2장의 참고문헌

- Coates, R., 2006. British Nuclear Group. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Folkers, C., 2006. Nuclear Information and Resource Service. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Hattori, T., 2006. Central Research Institute of Electric Power Industry of Japan. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Holahan, V., 2006. US Nuclear Regulatory Commission. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- IAEA, 1996. 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.
- 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, 2005b. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP publication 99. *Ann. ICRP* 35(4).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2-4).
- Janssens, A., 2006. European Commission. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the ad-hoc Group of Experts established under Article 31 Euratom Treaty.
- Johnsrud, J.H., 2006. Sierra Club, Radiation Committee. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Laaksonen, J., 2006. Director General of STUK—Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland. <http://www.icrp.org/remissvar/>

- listcomments.asp. Communication on behalf of the organisation.
- Landfermann, H.H., 2006. Bundesministerium fuer Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Germany. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Lumb, J., 2006. UK Health and Safety Executive. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Oda, K., 2006. Japan Health Physics Society, Committee of International Issues. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Phillips, M., 2006. UK Ministry of Defence. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Pierre, M., 2006. Private individual. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- Poeton, R. 2006. US Environmental Protection Agency. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- Sharma, D.N., 2006. Bhabha Atomic Research Centre of India. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- UNSCEAR, 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York.

제 3 장

방사선 방호관리 규정으로부터 배제

(52) ICRP 60에서, ICRP는 지상에서의 우주방사선, 체내 ^{40}K 처럼 관리가 본질적으로 불가능한 선원에 대해서는 규제체계의 범위에서 배제시켜 다루는 것이 최선으로 권고했다(ICRP, 1991a, 제291항). 이 조언은 근본적으로 2007년 권고에서도 되풀이된다(ICRP, 2007). 배제 개념은 BSS에도 반영되었는데 BSS 요건을 통해 크기나 가능성을 관리할 수 없는 피폭은 BSS 표준에서 배제되어야 하는 것으로 했다(IAEA, 1996, 1.4항). 이 접근법에 따르면 방호법제에서 배제될 수 있는 피폭은 관리 불가능 피폭과 크기에 관계없이 관리가 본질적으로 곤란한 피폭을 포함한다. 관리 불가능 피폭은 체내에서 항상성 평형을 이루고 있는 ^{40}K 에 의한 피폭처럼 생각할 수 있는 어떤 상태에서도 규제조치로 제한할 수 없는 피폭이다. 관리가 곤란한 피폭은 지상에서의 우주방사선 피폭처럼 관리가 명백히 비실용적인 피폭이다(ICRP, 2007, 제53항).

(53) 어떤 환경에서든, 피폭상황을 규정에 포함하거나 규제로부터 배제하는 일은 규정을 수립하는 편에서 판단을 필요로 하고, 이는 ICRP 정당화 원리의 적용에 사용되는 것과 유사한 분석으로부터 나와야 한다. 피폭상황을 방사선방호 규정에 포함하는 것이 정당하나 아니냐의 판단은 지역 문화, 정치적 조건, 그리고 앞서 논의한 사회성향에 의해서 영향을 받을 것이다. 그러므로 판단은 세계적으로 상당히 다르다. 방사선방호 체계의 법적, 현실적 경계를 의미하는 이러한 결정은 순전히 과학적인 면에만 초점을 맞추어서는 이루어질 수 없다. 오히려, 그들은 국가 환경, 보건정책, 경제상황, 문화, 공공생활과 직업에서 여러 위험들의 인식과 같은 국가의 구체적 인자들을 고려해야만 한다. 이러한 인자들에 대한 결정은 정부와 국회의 책임이며 ICRP는 이러한 의사결정 과정에 어떤 역할도 하지 않는다(Landfermann, 2006). 배제 판단에 문화적 차이가 존재하는 반면에, 국제 조화 관점에서는 이러한 문화적 차이의 극복 또는 회피의 중요성을 강조할 필요도 있다(Wymer, 2006).

(54) 원칙적으로, 낙진피폭처럼 은연중에 배제되는 피폭상황을 제외하고는, 인공 방사선이나 방사성물질이 관련된 계획피폭상황에 배제를 적용하는 경우는 사실상 없는 것으로 보인다. 왜냐하면 이들 상황에 대해서는 어떤 형태의 관리가 항

상 가능하기 때문이다(McAulay, 2006). 이러한 형태의 배제를 위한 수치값을 채택해서는 안 된다고 언급해 왔다(Toyoshima, 2006). 이러한 ‘인공’ 피폭의 일부 관리는 최적이지 아닐 수도 있으나 이 문제는 부당한 규제를 방지하기 위한 면제 개념을 이용해 다룰 수 있다.

(55) 백그라운드 방사선을 관리하는 것은 곤란하다고 세계적으로 인식된다. 백그라운드 방사선은 배출물의 범지구적 순환, 체르노빌이나 핵실험에서 발생한 낙진과 같은 만연한 인공 백그라운드도 사실상 포함한다(Hill, 2006). ICRP 60에서 배제는 오직 관리가 본질적으로 곤란한 피폭에만 해당하며, 따라서 이러한 피폭은 규제의 범위에 들지 않고 총 개인피폭 평가에도 포함되지 않는다(즉, 배제된다)는 점을 밝혔다(Janssens, 2006). ICRP 2007 권고(ICRP, 2007)에서는 관리 가능한 단일 선원에 의한 개인피폭에 대한 선원중심 제약치에 비중을 더 크게 두기 때문에 여전히 백그라운드 피폭을 제하는 것이 필요하다. 이런 의미에서, 기존피폭상황과 백그라운드 피폭상황 사이에 미묘한 차이를 두어야 한다. 기존피폭상황은 규제관리에 편의를 줄 수 있으나(제6장 참조) 오랜 백그라운드 방사선에서와 같은 방법으로 결과적 피폭이 배제될 수 있는 것은 그러한 관리가 결코 합당하지 않을 때뿐이다(Janssens, 2006).

(56) 지표에서 우주방사선 피폭은 이론적으로는 규제를 통해 조절될 수 있지만 방호수단의 비용과 파괴적 영향이 정당화될 수 없다고 보편적으로 판단된다. 높은 고도에도 큰 도시들이 있는데(예를 들면, 볼리비아의 라파즈와 같은 도시는 약 4000m 고도에 있다), 그곳 주민들은 해수면 준위에 사는 사람들보다 상당히 더 많은 우주방사선을 피폭한다. 그러나 주민의 우주방사선의 피폭을 제한하기 위해 공공 당국이 그러한 도시를 낮은 고도로 옮기거나, 높은 고도에 사람들이 사는 것을 금지하는 것은 정당하지도 가능하지도 않다고 생각한다. 그러므로 지표 준위에서의 우주방사선 피폭은 국제적으로 규제관리 대상이 되지 않는다. 지표면 이상의 준위에서 받는 우주방사선 피폭에 대한 국제적인 접근은 약간 애매하다. 가장 전형적 상황은 항공기 탑승에서 승객이나 승무원의 추가 피폭이며 예외적인 상황은 우주 비행을 하는 우주인의 피폭이다. 이러한 상황은 제7.2절에서 상세히 논의한다.

(57) 배제 개념과 관련된 중요하고 논쟁 소지가 있는 한 이슈는 낮은 방사능 농도의 NORM을 규제하는 것이 정당하냐 아니냐는 것이다. NORM을 방사선방호 규정에 포함하느냐와 관련된 국가 성향은 다양하다. 예를 들면, 어떤 나라 사람들은 NORM이 풍부해서 많은 방사선피폭을 초래할 수 있는 모나자이트 모래로

된 해변에서 즐기는데, 이들 나라 법제자는 이러한 형태의 피폭을 규제하는 것이 정당하다고 생각하지 않는다. 이와 반대로 다른 나라에서는 적은 양의 유사한 유형의 모래를 운송하는 것을 엄격한 규제관리 아래 두고 있다. 이것은 규제기관들이 NORM 피폭에 대해 근본적으로 다른 규제접근이나 다른 이해 때문이 아니라 그들이 관리의 합당성을 고려하는 외에 각자의 특성에 따라 피폭상황을 다루려 하는 것이라고 주장할 수 있다. 예를 들면 현장의 모나자이트 모래는 전적으로 천연적이고, 그 모래가 있는 해변에 가느냐 마느냐는 사람들이 자유롭게 선택하는 문제다. 반면, 모나자이트 모래를 채취하고 이용을 위해 다른 곳으로 운송하고 처리하는 것은 인간활동이며 이로써 그 모래에 노출되지 않을 사람에게 선택의 여지없이 위험을 부과한다. 이러한 관점에서 현장 모래는 규제로부터 배제하되, 모래의 채취, 운송, 처리 및 사용은 규제하거나 또는 대안으로 면제할 수 있지만 이들 상황을 배제하지 않는 것이 합리적일 수 있다(Hill, 2006). 여기서 “대안으로”라는 말은 두 번째 방안이 아무것도 없음을 의미하는 것은 아니어서 채취를 방호체계 안에 두되 규제로부터 면제하게 된다. 이것은 채취가 선량에 기여하고 그래서 이 과정이 관리되어야 한다는 사실과 상충될 수도 있다. 추출 과정의 일부분을 규제하는 것과 같은 단계적 접근이 명백히 필요하다. 사실 NORM 피폭의 관리는 대체로 가능하므로 배제의 적용은 정당화되지 않을 것이고 사안별 면제가 더 적절할 것이라는 제안도 있다(Landfermann, 2006). 그러므로 국가 규제기관은 NORM에 대해 배제 메커니즘 사용을 바라지 않을 수 있고, 대신 면제 메커니즘을 적용함으로써 비슷한 결과를 달성할 수 있을 것이다. 그러나 배제 개념이 지표 준위의 우주방사선, 신체의 ^{40}K , 건드리지 않은 땅의 천연물질과 같이 관리가 실질적으로 불가능한 피폭상황에만 사용되어야 한다는 인식을 주고자 하는 것은 ICRP의 뜻이 아니다. 국가 당국과 정부 간 기구들은 방사능 농도를 크게 높이지 않은 광물이 사용되는 공정처럼 관리가 곤란한 상황에 대해서도 보다 넓은 근거에서 배제를 적용하는 것이 바람직함을 알게 될 수도 있다.

(58) ICRP는 NORM과 관련된 피폭상황을 규제하거나 배제하는 국가당국의 권한에 적합한 법적 메커니즘에 대해 조언할 의도가 없다. 그러나 NORM에 관한 국가별 다른 접근이 이러한 부류의 방사성물질을 처리하는 많은 산업의 관리에 부조화를 야기함을 ICRP는 주목하고 있다. 이 문제는 매우 복잡하여 제7.3절에서 자세히 다룰 것이다.

제3장의 참고문헌

Hill, M., 2006. Independent consultant. <http://www.icrp.org/remissvar/>

- listcomments.asp. Personal communication.
- IAEA, 1996. 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.
- ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* 21(1-3).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2-4).
- Janssens, A., 2006. European Commission. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the ad-hoc Group of Experts established under Article 31 Euratom Treaty.
- Landfermann, H.H., 2006. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Germany. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Toyoshima, N., 2006. The Federation of Electric Power Companies of Japan. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Wymer, D.G., 2006. Coordinator of a Group of Staff Members of the International Atomic Energy Agency. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.

제 4 장

계획피폭상황에서 면제

(59) 방사선방호가 이미 최적으로 간주되기 때문에 규제요건의 적용이 부당하다고 볼 때 계획피폭상황의 관리를 위한 규제 도구는 규제요건의 적용을 면제할 수 있어야 한다. 이러한 면제개념은 여러 해 동안 국제적으로 사용되어왔다. ICRP 1990년 권고(ICRP, 1991a)에서 면제개념은 다음과 같이 권고되었다. ‘과잉 규제절차를 피하기 위해서, 대부분 규제체계는 면제하는 조항들을 가지고 있다... ICRP는 피폭원 면제가 규제기능의 중요 성분이라고 믿는다... 피폭원이나 환경 상황을 규제관리로부터 면제하는 데는 두 가지 근거가 있다. 하나는 피폭원이 작은 개인선량과 작은 집단선량의 증가를 야기하는 것이다. 다른 하나는 개인선량이나 집단선량을 상당히 감축할 수 있는 합리적인 관리절차가 없다는 것이다. 사소한 선량에 기초하는 면제근거를 열심히 모색했지만 확립하기 매우 어려웠다. 개인선량이나 집단선량이 규제 목적에서 무시해도 될 만큼 충분히 작은 때를 정하는 어려움 외에도, 피폭원을 정의하는 데도 상당한 어려움이 있다... 근본 문제는 면제는 선원중심 과정이어야 하는 반면, 선량의 사소함은 기본적으로 개인중심이라는 것이다.’ 나아가 ICRP는 다음을 적시하고 있다: ‘면제의 두 번째 근거는 방호최적화에 필요한 연구와 유사한 연구를 요한다. 이러한 연구는 사소한 선량이라는 근거만으로 면제될 수 없지만 합리적 범위의 규제가 전혀 또는 거의 개선할 수 없는 선원을 면제함에 대한 논리적 근거를 제공한다(ICRP, 1991a)’.

(60) 간행물 64에서, ICRP는 면제 기준에 대해 다음과 같이 요약했다. ‘정상피폭에 대해, 대부분 규제 시스템은 행위가 정당하지만 규제 조항들이 불필요함이 분명할 때 규제시스템으로부터 면제하는 조항들을 가진다. 면제 근거는 선원이 작은 개인선량 증가(연간 $10\mu\text{Sv}$ 정도)를 초래하고 방호가 최적화되었다는 것 즉, 규제 조항이 선량 감축을 거의 또는 전혀 개선하지 못한다는 것이다(만약 집단선량이 예를 들어 연간 1man-Sv 정도로 작으면 종종 방호가 최적화되었다고 가정한다.)’ (ICRP, 1993a, 제86항)

(61) 면제 개념은 정부간기구들이 더욱 발전시켰고(IAEA, 1988) BBS(IAEA, 1966)에 포함되었다. 이 개념은 방사선방호 국가위원회-예를 들어 러시아방사선

방호과학위원회(Russian Scientific Commission on Radiological Protection)들이 지지하고 사용해 왔다(Tsyb, 2006). 본래 면제 개념은 주로 인공 방사성핵종과 관련한 계획피폭상황의 맥락에서 그려졌고, 기존피폭상황이나 비상피폭상황에서 사용을 예견하지는 않아 왔다.

(62) BBS는 규제요건의 적용이 합당하지 않은 어떤 활동은 요건으로부터 면제될 수 있는 것으로 했다. BBS는 행위나 행위 내의 선원이 면제원칙에 부합하거나 면제원칙에 근거하여 국가당국이 정한 면제준위(제4.2절 참조)를 충족하면 BSS 요건으로부터 면제될 수 있다고 말한다. 또한 BSS는 면제되지 않으면 정당화되지도 않을 행위가 면제로서 허용되어서는 안 된다고 말한다(IAEA, 1996, 2.17항 및 2.18항).

(63) 어떤 피폭상황이 면제된다는 것은 그 상황이 규제관리 시스템 밖에 있거나 해당 법률에 의거 수립된 규제영역을 벗어나는 것으로 보는 것은 아니다. 오히려 면제는 신고, 등록 또는 인가 요건과 검사나 보고와 같은 후속 준수 수단과 관련된 해당 규정의 어떤 측면에 작용한다. 실로, 면제는 방사선 방호관리 요건 모두를 포기하는 것과 동의어로 사용되어서는 안 되는데 대부분 경우 그러한 포기는 적절하지도 바람직하지도 않기 때문이다. 보다 보편적인 경우는 그것이 최선일 때 부분 면제를 주는 것이다. 예를 들어 방사성이 있는 물질을 내장하는 연감지기의 생산과 공급을 관리하는 것은 중요하지만, 가정에서 그 이용과 처분은 면제하는 것이 현명하다. 마찬가지로 방사성폐기물을 발생하는 많은 작업장에서 피폭은 관리되어야 하지만 발생한 일부 폐기물의 처분은 일부 관리로부터 면제될 수 있다(Hill, 2006).

(64) ICRP는 ‘면제’라는 용어는 엄격히 법률적 맥락에서는 피폭상황이 아니라 자연인이든 법인이든 사람에게만 사용되는 것임을 강조하고 싶다. 즉, 면제되는 것은 사람이든 상황이 아니다. 그러므로 면제의 사용은 면제 없이는 법적 의무로서 어떤 사람에게 적용될 어떤 요건을 국가당국이 포기하는 것과 관련 된다. 그러나 국제적 표준에서는 면제라는 용어가 그 활동에 책임 있는 사람에게 규제요건을 적용하지 않는 활동을 설명하는 데 사용된다. 이것이 용어 ‘면제행위’라는 혼란 용례를 촉발시켰는데 엄밀한 의미의 확장에 해당된다. 또한 ‘면제’라는 어휘는 그렇지 않으면 적용될 요건의 전부가 아닌 일부의 포기에 관하여 사용된다. 그러한 경우는 ‘면제행위’가 아니라 어떤 요건으로부터만 면제될 수 있는 행위일 뿐이어서 어떤 것이 면제되는 지 명시함이 중요하다.

4.1. 면제 원칙

(65) 국제적으로 채택된 면제 원칙은 다음과 같이 요약될 수 있다. 행위가 면제 후보가 될 수 있는지 없는지를 결정하는 두 가지 기본 기준이 있다. 즉, (i) 규제 고려가 합당하지 않을 만큼 기인되는 예상 개인 위험이 충분히 낮아야 하고 (ii) 방사선방호가 규제에 요구되는 노력을 고려하여 최적화 되어야 한다. 따라서 만약 기인 개인 위험이 낮을 것으로 판단되거나, 요건 적용을 통하여 달성할 방호가 수반할 자원 부담과 비교하여 귀결 위험이 당치 않다면 그러한 활동에 책임이 있는 사람은 방사선방호 요건으로부터 면제될 수 있다. 하나 더 추가될 원칙 - 면제를 위한 최우선의 조건이다 -은 행위가 정당화 될 수 있어야 하고 선원이 본질적으로 안전해야 한다는 것이다(IAEA, 1988, 1996)(소절4.1.3 및 소절 4.1.4 참조)

4.1.1. 낮은 개인 위험 원칙

(66) 1988년에 IAEA와 NEA(OECD)가 출판한 ‘방사선원과 행위를 규제관리로부터 면제하는 원칙(Principles for the Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control)’(IAEA, 1988)은 면제 목적에서 낮다고 보는 개인 위험과 해당 개인 선량의 전형적 준위에 대한 지침을 처음으로 제공했다. 여기에는 위험이나 선량 준위가 낮음을 결정할 때 고려할 수 있는 주요 접근법 둘을 제시한다. 첫째는 개개인에 의미가 없는 위험 수준과 이에 해당하는 선량을 선택하는 것이고, 둘째는 적절한 참조로서, 정상적이고 불가피한 범위에서 자연 백그라운드 피폭을 사용하는 것이다. 결론은, 원천이 무엇이든 만약 선량이 연간 수십 μSv 정도라면 개인 방사선량은 사소한 것으로 간주할 수 있다는 것이었다. 이 선량 준위는 ICRP가 권고하는 일반인에 대한 연간 선량한도의 수 퍼센트에 해당되며 규제관리가 적용되는 행위에 대해 관계당국이 설정하는 어떠한 상한선보다 훨씬 작다고 적시했다.

(67) 국제적 원칙은 연간 사망위험 10^{-5} 을 줄이는 데 개인 재원을 부담할 사람은 거의 없으며, 연간 위험 10^{-6} 에서 조치를 취할 사람은 더욱 없다는 불확실하지만 널리 채택된 관점이 있다고 말한다. 사소한 개인 선량 값을 제안하는 대부분 저자들은 우려하지 않는 연간 사망위험 준위로 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 을 설정한다. 성별과 나이에 걸친 대략의 평균치로서 전신피폭에 대한 명목 위험계수 약 $5 \times 10^{-2}/\text{Sv}$ 를 고려하면, 사소한 개인 유효선량은 $10 \sim 100 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 정도의 크기일 것이다. 자연 방사선은 평균적으로 약 $2 \text{ mSv}/\text{y}$ 의 개인선량을 주는 것으로 평가되어 왔다. 이

평균치 뒤에는 지표와 건재 내 방사성물질 농도 차이로 인한 넓은 범위는 물론 고도와 생활 방식으로 인한 차이가 숨어있다. 세계적인 평균으로, 이 선량의 대략 반 정도는 라돈에 의한 피폭인데 이는 관리가 제안된 피폭원이다. 나머지 반은 우주방사선, 지각 감마선, 그리고 체내의 방사성핵종으로부터 오는데 이들에 대한 관리는 비현실적이다. 일반인 개개인은 국가의 한 지역에서 다른 지역으로 이사를 고려할 때나 휴가를 떠날 때 피폭하는 자연방사선 변화를 일반적으로 고려하지 않는다. 그러므로 자연방사선의 변화와 비교해서 작은 선량 준위는 사소하다고 판단할 수 있다. 이러한 근거에서, 약 1 mSv로부터 자연방사선의 수 퍼센트에 해당되는 20~100 μ Sv까지 사이의 연간 유효선량이 제안되었다. 따라서 이 두 개념은 사소한 개인선량의 기준 '연간 수십 마이크로시버트'로 연결된다.

(68) 낮은 개인위험이라는 국제적 원칙은 BSS에도 도입되었는데(IAEA, 1996, 별표 I, I-3항) 다음과 같이 간소화되고 제한된 형식을 취하고 있다.

'만약 면제된 행위나 선원으로 인해 어떤 일반인에게 줄 것으로 예상되는 유효선량이 연간 10 μ Sv 이하라면 그 행위나 행위 내 선원은 추가 고려 없이 면제될 수 있다.'

(69) 낮은 개인위험 원칙에 깔려있는 가정은 개인 선량에는 어떤 분포가 있을 것을 고려했는데 이것은 몇몇 개인은 연간 수십 μ Sv보다 높은 선량을 피폭할 수도 있음을 암시한다(Janssens, 2006). 지난 십여 년간 위험계수의 상향 개정을 고려하더라도, 사소한 선량의 대표로 연간 수십 μ Sv 정도의 전형적 값을 갖는 확률 분포를 기반으로 면제기준을 도출하는 근거는 여전히 건실하다. 면제될 것으로 판단되는 여러 피폭상황으로부터 동시에 선량을 받는 개인에 대한 가정을 상정하더라도 이 기준은 어느 편이나 하면 여전히 보수적인 것으로 간주될 수 있다.

(70) 더 높은 선량을 피폭하는 몇몇 개인도 있지만 선량 분포 내에서 연간 수십 μ Sv라는 원래 기준은 '10 μ Sv/y 기준'으로 알려지고 있는데 본래 공식화한 것로부터 상당한 변화가 있다. 그러나 여러 인자를 고려했을 것으로 보는 광범한 이해당사자로부터 입력을 바탕으로 판단한 것이므로 이러한 고려를 본래 면제 원칙을 이같이 단순화하여 사용함에 대한 비판을 의미하는 것으로 해석되어서는 안 된다(Lumb, 2006).

(71) 진화의 현 단계에서는, 본래 면제원칙과 소위 10 μ Sv/y 기준 사이에 사실상 관계가 있는 것 같고 그래서 그들을 준동의어처럼 만들었다. 자연방사선에 의한

피폭상황에 $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 기준을 적용하는 것이 전혀 어려울 수도 있기 때문에 면제가 그러한 상황에 적용될 때는 이러한 관계가 깨진다. 자연 백그라운드 방사선의 그러한 작은 증가, 실제로 자연 백그라운드 방사선 변화폭보다 1~2 자리 낮은 크기의 증가에 근거해 NORM이 관계된 상황에 관리개념을 이행하는 것은 일반적으로 가능하지 않을 수도 있다. 이러한 상황은 자연 백그라운드 방사선이 거의 0에 가까워 인공 방사성핵종이 전적으로 관련된 상황과는 대조를 이룬다. 따라서 천연 방사성핵종이 관계된 상황에 대해서는 예를 들어 매우 높은 선량을 포함하는 광범한 선량분포가 발생하기 어려운 점을 고려하는 등 보다 폭넓은 고려가 필요함이 분명해진다.

(72) 면제 근거로 고려되어야 하는 것은 개인선량의 사소함에 대한 강조가 아니라 최적화 원칙인데 이점이 늘 면제에 대한 국제 합의에 깔려있는 메시지였다. 면제에 관한 국제 협정에서 이것은 언제나 기본 메시지였다. 이점이 시간이 지남에 따라 잊혀지고, 결국 사소한 개인 선량(연간 수십 μSv)으로 협소해지고, 후에는 불행하게도 $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 기준으로 잘못 풀이되었다. 이 수치가 단순히 면제과정의 거의 자동적일 수 있는 지시라는 개념이 상실되었다(Carboneras, 2006).

(73) 원칙적으로 면제 목적에서 낮은 개인 위험 원칙이 폭넓은 선량 기준과 계속 연계될 수 있다고 ICRP는 생각하지만, 그러면 그 원칙과 $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 라는 단일 값 사이의 역사적이고 권위적인 합의를 상실하게 된다. 또한 면제는 주로 최적 관리 수단의 문제라고 ICRP는 생각하는데 이 개념은 이분법적 사회 성향(Janssens, 2006)과 위에서 언급된 규정의 비균질성을 설명하기에 충분할 것이다. ICRP는 $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 기준이 인공 선원의 면제에 널리 사용되어왔으며 이 목적에서 그 수용성도 인정되고 있음을 안다. 그러나 NORM으로부터 피폭에 대해서는 기준이 다른 바탕에서 수립될 필요가 있다.

(74) 이 단계에서 $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 기준을 포함하는 면제의 정량적 기본 원칙이 계획피폭상황의 맥락에서 개발되었음을 재확인 할 가치가 있다. 또 실제로 이들 원칙은 모두 인공 방사성물질을 중간 정도 양으로 가지는 선원에 한정되었다. 지각으로부터 추출한 천연기원 방사성핵종이 관련된 상황에 대해 이들 원칙을 적용하는 것은 ^{226}Ra 이나 ^{210}Po 처럼 방사능선원으로 사용하거나 또는 우라늄이나 토륨처럼 원소 성질을 이용하는 데로 한정된다.

(75) 그림 4.1은 보통의 계획피폭상황에서 면제 기준이 적용되는 방식을 보여준다. 피폭상황이 계획 중일 때, 상황으로 인한 예상 추가 선량이 해당 여건에서

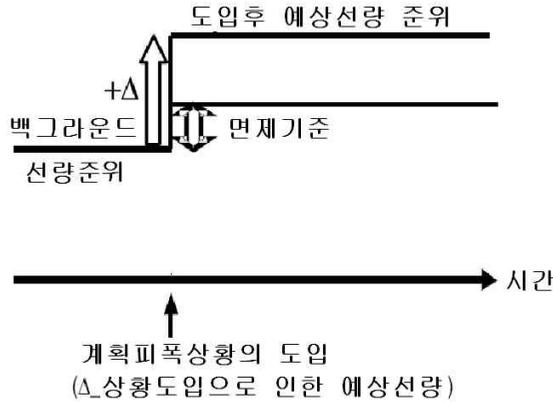


그림4.1. 계획피폭상황에서 개인선량 면제기준의 사용 예시.

어떤 값이든 개인선량 면제기준에 대비해 검토된다. 만약 예상 선량(Δ)가 낮다면 (그리고 다른 두 원칙이 준수된다면), 나타날 피폭 상황은 면제될 수 있다. 그림 4.1의 예에서는 Δ 가 면제기준보다 높고, 따라서 면제는 적절치 않을 것이다.

4.1.2. 최적화와 면제

(76) 면제하는 주요 조건은 면제가 최적의 방사선방호 방안이 되는 것이다. 규제에 요구되는 자원은 평가에서 고려될 인자이다. 비용-편익 근거에서 만약 1년간의 규제되지 않은 행위로 예탁되는 집단선량이 약 1 man-Sv보다 작다면, 다른 방안에 대한 더 상세한 고려 없이 면제를 허용하기에 충분할 정도로 예상 위험이 낮을 것이다(다른 조건들은 준수된다고 가정한다)(IAEA, 1988). 1 man-Sv 기준이 더 큰 집단선량을 초래하는 상황은 면제될 수 없음을 의미하는 것은 아니다. 오히려 그 이하에서는 자세한 고려가 불필요한 스크리닝 준위로 간주되며, 반면에 그 준위를 초과하면 강화된 면제 이유가 필요할 것이다(Lumb, 2006).

(77) 면제 결정에서, 대다수 경우에 개인선량 기준이 집단선량 고려보다 더 제한적인 것으로 나타남에 주목해야 한다. 이것이 실제에서 집단선량 기준을 면제 규정으로 사용하지 않는 이유이지, 구성원 개인선량 모두가 매우 작기 때문은 아니다(Toyoshima, 2006). 그런데 토질 개선제인 석고나 인산비료처럼 일부 NORM이 관련된 상황에 면제를 위한 집단선량 기준은 사용할 명확한 값이 없어 혼란을 부를 수도 있다(Wymer, 2006). 왜냐하면 집단선량이 비료 사용량과 함께 증

가하는데 사회적 이득도 같이 증가하여, 결국 집단선량에 제한을 둬서 비논리적이라고 주장할 수도 있기 때문이다. 그러나 만약 비료 사용이 많아 결과로 큰 집단선량(예: 100 man-Sv)이 발생하면, 이는 농업에서 의사결정에 명확한 값이 있는 여러 접근 방식들(즉, 다른 비료, 다른 기술)의 비교에서 고려할 요소가 될 것이라고 주장할 수도 있다. ICRP는 일반적으로 개인선량이 제한적 인자이며, 대부분 상황에서 면제 목적을 위한 집단선량 사용은 중단될 수 있다고 생각한다.

4.1.3. 면제와 계획피폭상황의 정당화

(78) 규제요건의 면제가 계획피폭상황의 도입에 적용되는 ICRP의 정당화 원칙보다 우위에 설 수는 없다. 즉, 정당화 되지 않을 것 같은 상황을 허용하기 위해 면제해서는 안 된다. 어떤 피폭상황은 추가 분석 없이는 정당하지 않다고 간주되는데 다음과 같은 예이다.

- 방사성물질의 의도적 추가 또는 방사화에 의해 식품, 음료, 화장품, 장난감, 그리고 개인 보석이나 장식품과 같은 제품에 방사능을 증가시키는 것¹³⁾
- 임상지시 없이 고용, 건강보험 또는 법률적 목적을 위해 실시하는 방사선검사 (검사가 피검사자 개인 건강에 유용한 정보를 제공하거나 중요 범죄 수사를 지원할 것으로 예상되지 않는 한)
- 자각증상이 없는 집단에 대한 방사선 피폭이 있는 의료 스크리닝(검사 받는 개인이나 전체 인구에게 예상 이득이 방사선 위험을 포함한 경제, 사회적 비용을 보상하기에 충분하지 않는 한) (ICRP, 2007, 210항).

정당화되지 않는 이 모든 피폭상황은 면제가 합당하지 않으며 온전한 규제 범위에 남는다.

4.1.4. 면제와 방사선안전

(79) ICRP는 계획피폭상황의 설계와 개발에서 정상운전조건 이탈로 인한 잠재피폭을 적절히 고려할 것을 권고했고, 잠재피폭의 평가와 방사선원의 안전 및 보안 관련 문제에 적절히 주의를 기울일 것도 권고했다(ICRP, 2007, 254항). 일어날 것 같지 않지만 심각할 수 있는 이러한 잠재피폭상황은 면제를 고려할 수 없다. 사실, 국제적 면제 원칙에서 사용하는 ‘본질적 안전’이라는 용어는 개인선량 기준을 초과할 수 있는 피폭을 야기할 사고의 가능성이 매우 작음을 의미한다. 발생

13) <역주> 이 예가 구체적으로 주어졌다고 보석 가공에 방사선 사용을 전적으로 금지하는 것이 합당하다고 생각되지는 않는다. 원석에 중성자를 조사함으로써 미량의 방사화 핵종이 생성되더라도 그 준위가 충분히 낮다면 이에 면제를 적용할 수 있어야 한다. 실제로 청색 토파즈의 경우 천연은 거의 없으며 대부분 방사선 가공을 거치고 있음이 현실이다.

빈도에 기초해서 잠재피폭상황을 면제하는 것이 개념적으로 가능할 수 있다는 제안도 있지만(Lumb, 2006) 현재로서는 그것이 ICRP의 입장은 아니다.¹⁴⁾

4.2. 면제준위

(80) 면제 원칙은 정부간기구나 국가 규제기관이 방사성핵종별 국제 ‘면제준위’를 얻는 데 적용되었는데, 이 면제준위가 특정 계획피폭상황의 면제¹⁵⁾여부를 결정하기 위해 일반적으로 그리고 어느 정도 예외 없이 사용되어 왔다. $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 기준이 이러한 면제준위의 개발에 사용되었는데, 합의된 가정들에 근거하여 한 세트의 일반 피폭 시나리오를 구축하여 일반적으로 면제할 수 있는 방사성핵종의 총 방사능과 방사능 농도를 도출하는 데 사용했다. 선량은 분포를 이루기 때문에, 이론적으로 $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 를 초과하는 선량이 발생할 것도 예상할 수 있지만 사고나 오용이 아니라면 일반인 선량한도를 초과하지는 않을 것이다.

(81) 면제준위를 도출하는 원칙과 방법은 유럽위원회(EC, 1993)가 처음으로 발표했고 그 후에 유도 면제준위들이 BSS에서 설립되었다(IAEA, 1996, 별표 I). BSS의 국제 수치는 유럽법령 European Directives에도 채택되었다(EU, 1996). 규정한 시나리오는 소규모의 방사성핵종 사용을 가정했기 때문에 매우 낮은 방사능 농도를 가진 대량 방사성물질이 관련된 상황이 명백히 고려되지 않았다. 후보 상황은 의학 연구처럼 방사성핵종의 소규모 사용이 관련된 상황이었다. 방사성이 아닌 성질을 위해 대량의 방사성 광물이나 물질을 처리하는 산업은 고려되지 않았다. 국제적 면제준위의 도출에서 이러한 초기의 불완전성은 최근에 교정되었는데, 배제, 면제 및 해제 개념의 적용에 관한 국제안전지침(IAEA, 2004b)은 대량 방사성물질의 방사능 농도 면제준위를 제공한다. 방사성물질 운송이라는 특정 경우에서도 비슷한 평가가 이루어져 “방사성물질 안전 운송에 관한 국제 규정(이하 ‘운송규정’이라 한다.)”에 고유한 면제준위가 수립되었다(IAEA, 2004c).

(82) 예를 들어 계획피폭상황을 야기하는 방사성물질을 내장한 장치의 설계에서 선량이 개인선량 기준을 여전히 충족함을 확신할 수 있는 특성을 가진다면 유도 면제준위보다 높은 준위도 면제 대상이 될 수 있음에 주목해야 한다. 이로써 형

14) 확률이 매우 낮은 잠재피폭은 분명히 면제할 수 있는데 그것은 규제기관의 권한이고 책임이다. 따라서 잠재피폭이 면제대상일 수 있다는 데 대해 명백한 반론이 없다면 ICRP가 이를 부정할 근거는 없다.

15) <역주> 원문은 실수로 배제(exclude)를 썼다.

식승인 면제 개념으로 가는 포장도로가 열리는데, 여기에는 어떤 방사능이나 방사능 농도 한도가 없다(제7.1절 참조). 위에서 언급한 정부간 협정에서 규정된 준위는 형식승인된 기기에 내장될 수 있는 것에 대해 제한을 두지 않는다. 실제로 면제준위가 최적화 과정의 하한을 말하는 것으로 생각될 수 있다는 주장도 있지만(St Pierre, 2006) ICRP는 최적화에는 사전 하한이 없다고 권고해 왔다(ICRP, 2006, 제1항). 그러므로 면제가 최적 방호책이라고 판단되는 점에 면제준위를 고정하는 것이 반드시 총괄적 최적화 과정과 연계될 필요는 없다.

(83) 요약하면, 현재 정부간 국제합의를 따르면 면제될 수 있는 계획피폭상황은 다음을 포함한다.

- 임의 시점에 방사능이 BBS에 명시된 값(IAEA, 1996, 별표 I, 표 I-1)을 초과하지 않거나, 양이 1톤 이하일 때는 방사능농도가 BBS에 명시된 값(IAEA, 1996, 별표 I, 표 I-1)을 초과하지 않는 상황¹⁶⁾
- 양에 상관없이 주어진 상황에서나 제한 없는 배출에 대한 방사능농도가 “배출, 면제 및 해제 개념의 적용”에 대한 지침에 명시되고 140국 이상의 IAEA 회원국에 의해 2004년 9월 IAEA 총회에서 채택된 결의안 GC(48)/RES/10에서 수립된 값을 초과하지 않는 상황
- 운송에서는 양에 상관없이 방사능이나 방사능농도가 운송규정(IAEA, 2004c)에서 명시된 수치를 초과하지 않는 상황
- 형식승인된 기기 즉, 방사능이나 방사능농도에 상관없이 면제기준을 충족하여 관계 당국으로부터 승인받은 형식의 기기에 의한 상황(제7.1절 참조).

(84) 면제에 대한 기존 정부간 국제협정은 포괄적이지만 복잡한데 아마도 방사성물질 관리에 대한 전체적으로 일관된 접근보다는 유연성이 필요하다는 국가당국의 바람을 나타내는 것이라는 의견도 있다(Lazo, 2006). 무엇보다 비교적 다량의 방사성물질을 고려하는 맥락에서 도달한 협정은 포괄적 국제 합의이지만 몇몇 중요한 쟁점을 해결하지는 않는다. 예를 들면, 면제준위와 운송준위의 불일치는 규제기관들이 원하는 입장이 아니다(Holahan, 2006). ICRP는 이러한 차이점들이 존재하며, 도달한 합의가 반드시 일관되지 않는음을 인지한다. 일관되고 논리적이며 예측 가능한 규제 체제를 만드는 입장에서, 그러한 불일치는 적절치 않고 해소되어야 한다고 지적되어 왔다.

16) <역주> 새로운 방호체계가 피폭상황 중심으로 변경됨에 따라 면제 대상도 피폭상황으로 표현된다. 과거에 선원 또는 행위 중심으로 면제하던 관행 때문에 다소 어색한 느낌이지만 논리적 결함은 아니다.

(85) ICRP는 위에서 설명한 면제준위의 사용에 대해 특별히 추진하지도 반대하지도 않는다. 그러나 면제를 규정하는 경계에 대한 국제적 합의가 있다면 국제표준화 목적을 위해 일반지침을 제공하는 것이 유용하다고 ICRP는 생각한다. 따라서 면제준위를 설정하는 기준은 기본적으로 국가 규제기관이 정할 것이지만, 해당 정부간 국제기구의 후원 하에 개발되어 공통적으로 채택된 것으로 보이는 일반기준을 규제기관이 고려하기를 ICRP는 권장하고 싶다. 이는 규제 범위의 문제에서 매우 필요한 국제적 일관성을 촉진할 것이다.

(86) 국제 관행은 또한 앞에서 설명한 방사성핵종별 준위로 해결되지 않는 방사성물질에 대해 어떤 형태의 '조건부' 면제를 해 왔다. 그러한 조건부 면제는 연감지기와 같이 소량의 방사능을 내장한 기구와 관련한 계획피폭상황에 적용하려는 것이었다. 이러한 관점에서, 면제를 수립함에 있어서, 국가 규제기관은 계획피폭상황을 면제하기 위한 일반원칙이 준수되도록 방사성물질의 물리, 화학적 형태나, 사용과 폐기에 대해 특정 조건을 설정하기를 희망한다는 점을 이해한다.

(87) 국내와 국제 모두에서 조화될 수 있는 공통적 면제원칙에 기초해서 면제준위를 도출하고자 할 때 직면하는 어려움을 ICRP도 인지하고 있다. 어려움의 일부는 어떤 선원이나 상황이 어떤 요건으로부터 면제되는 것인지에 대한 명료함이 부족한 데서 오는 것도 있다. 다른 문제는 유도 면제준위가 실제로 방호 최적화를 제공하는지 검토 없이 수치 기준(특히 $10\mu\text{Sv}$ 와 1man-Sv 기준)이 거의 기계적으로 면제준위를 도출하는 데 사용되었을 수도 있다는 점이다. 개념적으로, 면제원칙과 유도 면제준위는 상황 특정적이어야 하고 다양한 속성을 가져야 하나 그런 접근은 이 분야에서 매우 강하게 요구되는 국제 표준화를 어렵게 만들 것이다. 이 수수께끼에 대한 한 가지 해결책은 국제 면제준위(예: 세계 방호표준의 일관성 증진과 교역 편의를 위한)와 국가 면제준위(보다 상황 고유적인) 사이에 구별을 두는 것이 될 수 있다(Hill, 2006). 그러나 개별적인 상황에 고려될 관습법 규정 체계를 가진 나라에는 이 접근법이 적절한 반면, 성문 체계를 가진 나라에는 그 적용이 어려울 것이다. 예를 들면, 개발도상국에서는 국제적 조화를 특별히 선호하지만 이들 중 많은 나라들은 규제를 필요로 하는 상황을 적절히 국가 기관에 맡기는 접근법을 환영한다. 이러한 나라들은 왜 세계적으로 공통된 접근이 되도록 국제기구가 어떤 하한과 상한을 권고하고 각국 규제기관이 이를 존중하도록 하지 않는지 질문한다(Sharma, 2006). 정부간 국제기구는 국제 면제기준과 유도 면제준위 개발에 이러한 반응을 고려하고 싶을 것이다.

4.3. 해제

(88) 면제 개념이 특정 피폭상황을 규제할 것인지 사전에 결정하기 위해 널리 사용되는 반면, 해제개념이 후속적으로 사용될 수 있는데 기왕에 규제요건을 따르던 상황에 대해서 계속 규제가 합당하지 않을 때 역시 면제를 고려할 수 있다. “해제”라는 용어는 그러한 후속적 면제 과정을 설명하는 데 국제적으로 사용되어왔다. 따라서 국제표준에서 해제를 ‘국가 당국이 인가된 행위 내의 방사성물질이나 방사성 물체를 더 이상의 관리로부터 제외함’으로 정의했다(IAEA, 1996, 용어집). 해제가 면제의 한 특수 경우이며 전혀 다른 개념이 아니라는 것은 다음 논의에서 분명해진다(Hill, 2006). 즉, 해제는 면제의 부분 범주가 된다(Lazo, 2006).

(89) 그림 4.2는 실제에서 배제, 면제 및 해제의 체계가 작용할 것으로 보는 방식을 간략히 묘사한다.

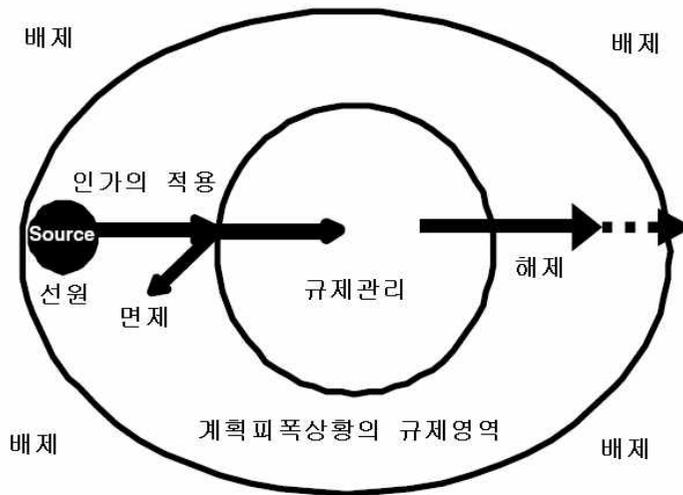


그림 4.6. 피폭상황의 규제. 배제된 피폭의 조건(어떤 피폭이 관리할 수 없는지)을 규정이 정의한다는 관점에서 배제된 피폭이 설정된다. 면제된 피폭은 비록 규제관리 질서의 일부로부터 면제된지라도 이미 규제관리 내에 있다.

(90) 해제라는 용어는 이미 시작된 규제적 의무로부터 행정적 면제를 가리킬 목

적이지만, 이 어휘는 그러한 생각을 전달하는데 적절하지 않다. 'clearance'는 영어에서 면제의 개념과 전혀 관계없는 많은 다른 의미를 가지며, 다른 언어로 직역되지 않는다[예를 들어 불어로는 'libération'(해방), 스페인어로는 'dispensa'로 번역되어 있다.] 당연히 그 개념을 달리 해석하기도 했고, 이로 인해 해제의 적용에서 일부 혼란이 발생했다. 그러나 국제적 개념을 다른 의미들을 가질 수 있는 영어 어휘로 정의하는 것이 비영어권 규제자에게 중요하지는 않음이 알려져 왔다. 오히려 중요한 것은 개념의 핵심이고 그 핵심이 자국어로 번역되고 법률에 도입되어야 한다(Laaksonen, 2006).

(91) 면제와는 대조적으로, 해제는 특별히 방사성물질에 적용하기 위해 정의된다. 해제된 방사성물질은 이전의 모든 유형의 규제관리로부터 해지된다. 더 정확히는 이전에 그 방사성물질에 대한 책임이 있던 사람에게 더 이상 규제관리가 적용되지 않는다. 그러므로 해제는 규제관리를 포기하는 과정으로 볼 수 있다. 전문적 용어로 '해제선원'이라는 용어가 사용되어 왔는데 '해제선원'과 '면제선원' 사이의 관계에 문제가 제기되기도 했다. 이 두 용어는 일부 공통적인 특징을 가지지만 정확히 동의어는 아니기 때문이다. 이 두 용어의 한 가지 차이점은 기본적으로 면제선원은 여전히 규제 체계의 범위 내에 있는 반면, 어떤 선원의 해제된 방사성물질은 보통 모든 가능한 관리 밖에 있다는 점이다. 면제선원에 대해서는 구체적 규제관리 요건이 적용되지 않는 경우에도 그 선원과 선원 사용의 결과에 대해 이론적으로 법적 책임이 있는 사람이 있고, 면제는 오로지 면제기준이 계속 만족될 때만 유효하다. 반면에 해제된 물질에 대해서는 그것이 야기하는 모든 미래 피폭은 사실상 규제의 틀에서 벗어나고 이전에 책임이 있는 사람은 책임을 면한다. 따라서 원칙적으로 면제를 철회함으로써 전에 면제되었던 선원에 책임이 있는 사람에게 규제 요건을 적용할 수 있다(비록 그러한 조치는 법적 도전에 부딪칠 수도 있겠지만). 반면에 해제된 물질은 그것이 규제관리를 필요로 하는 새로운 행위의 일부로 되지 않으면 규제 도구의 범위 밖에 있다. 그러나 규제관행에서는 때때로 면제선원에 잠재적 책임이 있는¹⁷⁾ 사람을 찾기보다 해제된 물질에 책임이 있는 사람을 추적, 확인하는 것이 더 쉬울 것으로 생각된다(Carboneras, 2006).

(92) 해제에 대한 혼란은 용도의 수수께끼를 만들어냈으며, 이는 대등해 보이지만 미묘하게 다르고 때때로 부정확하다. 몇몇 예가 다음 절에 주어진다. 이 맥락

17) <역주> 원문은 '아직도 책임이 있는'으로 표현하고 있으나 면제선원은 현재 면제되어 있으므로 지금 책임이 있는 것은 아니며 만약 면제가 철회될 경우 책임을 지게 될 '잠재적 책임자'에 관한 문제이므로 표현을 수정했다.

에서 광범한 사실상 해제준위가 국제적으로 개발되었고 계속 개발될 것이며, 여러 방사성물질과 다양한 양(즉, 소량, 대량 등)의 물질에 대해 가용하다. 규제될 방사성물질의 면제와 이미 규제되는 방사성물질의 해제 공히 허락하는 데 한 세트의 방사성핵종별 값이 사용되어야 하는지에 대한 일부 토론이 있어 왔다. 그러한 접근은 단순하다는 장점을 가진다. 즉, 한 세트의 수치는 적용하기 쉽고 규제 목적에서 방사성폐기물을 포함하는 방사성물질 정의의 하나로 해석될 수 있다. 그러나 반론도 있다. 규제요건 미부과(면제)에 적용되는 방사능 준위는 규제요건 해제(해제)에 적용되는 것과 다를 수 있다. 다른 이유도 있지만 방사성물질에 (면제하지 않고) 규제요건을 부과하는 것이 그러한 요건으로부터 방사성물질을 해방하는 것(해제)보다 더 많은 규제 자원을 요구할 수 있기 때문이다. 게다가, 해제를 위한 값들은 면제를 위해 유도된 값들과는 다른 가정을 바탕으로, 또 때로는 다른 목적으로 유도되고 있다. 그러므로 한 세트 값을 정하는 결과는 가능한 값들의 최소치를 선정하는 것일 것 같다. 다른 흥미 있는 가능성은 설립된 면제준위의 특정 비율을 일반 해제준위로 사용하는 것이었다. 각개 방사성물질에 고유한 준위들이 과다하면 혼란을 야기할 수 있기 때문에 어떤 경우든 해제준위로 단일 세트 값을 사용하는 것이 편리할 것이다.

(93) ICRP는 권고에서 ‘해제’라는 용어를 사용하지 않고 있다. 이 용어를 더 명확하게 경계지를 수도 있겠지만 일반적으로 잘 수립되어 이해되고 있기 때문에 ICRP도 그 용도에 지지를 표한다(Coates, 2006; St Pierre, 2006). 그래서 더 많은 혼란과 부정확 가능성 때문에, ICRP는 ‘해제’라는 용어 사용의 중지를 제안하지 않는다. 이 권고가 이 용어의 문제를 해결하는데 불충분할 수도 있기 때문이다. 그러나 ICRP는 ‘면제’와 ‘해제’라는 용어의 모호한 사용으로 야기될 규제 문제에 주목하고 규제자가 두 개념의 정의를 분리되고 구별되게 개선하는 것이 필요하다고 생각한다. 규제와 법적 수단에 사용되는 정의는 다듬을 수 있는데 예를 들면, 면제가 규제 관리 범위 내에서 규제요건을 유보하는 것이고, 반면에 해제는 해제되는 방사성물질에 대해 이전에 책임이 있는 사람에게 적용된 모든 요건을 종료하는 관점에서 모든 규제관리를 포기하는 것으로 재확인 할 수 있다. 해제에 대한 기타 수반된 의미는 관리를 포기하는 개념에서 포괄할 수 있다.

4.4. 해제의 사용과 오용

4.4.1. 배출물

(94) ‘해제’라는 용어가 관리 아래 방사성배출물을 환경으로 배출하는 것과 준동

의어처럼 부정확하게 사용되고 있음을 ICRP도 알고 있다. ICRP는 인가된 활동으로부터 배출관리는 환경감시 요건과 같은 부가 조건이 있을 수도 있는 배출승인을 따라야 한다고 권고한 바 있다(ICRP, 1985a). 조건은 그 특정 상황에 해당하며 일반인에게 주는 선량 평가치가 낮을수록 요건은 덜 엄중하게 될 것이다. 이 권고는 해제 개념으로 대체될 수 없다. 그러나 가끔은 규제자는 배출승인 범위의 한 끝에 더 이상 어떠한 요구사항도 없는 어떤 점을 정의하고 싶어 한다. 이 점은 해제개념과 약간 다른 개념을 정의하게 되는데, 그것은 방사능이 충분히 낮아 일반인이 적절히 보호받음을 검증하기 위해 어떠한 형태의 배출 사후관리도 요구되지 않는 방사능 배출이다. 원칙적으로, 해체에 적용된 선량기준이 이 유사개념에도 동등하게 적용될 수 있을 것이다. 그러나 이들 개념의 동등화는 혼란을 야기하므로 권고하지 않는다. 예를 들어 해제 개념이 규제관리를 회피하기 위한 배출물 희석 조장에 오용될 수 있다. 그러나 관리된 배출과 해제 사이에 범주를 달리하는 것은 필요하지도 않고 비현실적이라는 주장도 있다(Caboneras, 2006). NEA의 방사선방호공중보건위원회(CRPPH)는 방사성물질을 규제관리로부터 해방하는 인가의 초점은 최적화에 근거해야 함을 강조하며 위와 같은 구별에 규제 원리는 없다고 했고, 이것이 면제개념과도 완전히 부합할 것으로 본다(Lazo, 2006; NEA, 2006)¹⁸⁾

(95) 해제 개념은 규제관리로부터 저준위 방사성물질의 해방을 가능하게 하고, 방사성폐기물 처리에서 자원의 낭비를 피하기 위한 효과적인 도구가 될 수 있다는 것이다. 이런 이유로, 예를 들어 원자로 부지의 퇴역으로부터 발생하는 것과 같은 대량 물질의 처분과 재활용을 가정한 많은 시나리오가 해제준위를 유도하는 데 사용되어 왔다. 이러한 예로는 ‘원자력시설의 해체에서 나오는 금속의 재활용을 위한 방사선방호기준’(EC 1998), ‘원자력시설 해체에서 나오는 건물과 폐건재의 해제를 위한 방사선방호기준’(EC, 2000b), ‘대량 고체물질의 면제준위’(IAEA, 2004b)와 같은 것이 있다. 그러한 대량 물질이 해제준위에 부합하는지는 입증 필요하다. 혼합핵종인 경우, 일반적으로 쉽게 측정할 수 있는 감마선 방사체를 재는 것이 현실적이다. 다른 알파나 베타 방사체를 평가하기 위해서는, 대부분 해제 신청자는 이미 평가된 핵종 스펙트럼(즉, 핵종벡터)을 적용하여 얻은 방사능 농도를 해제기준으로 나눈 값의 합이 1보다 작게 한다(IAEA, 2004b). ICRP는 물질의 방사성핵종 구성에 불확실성(또는 차이)이 있을 수 있음

18) 면제 또는 해제를 고려할 때도, 인가 방출을 고려할 때처럼 방사성핵종이 환경에 농축되고 지속될 가능성에 주의해야 한다. 예를 들어 ⁸⁵Kr 이나 ¹²⁹I에 대해서는 선량을 근거로 한 면제나 배제 준위를 설정하는 것보다 한 나라의 모든 규제된 행위로부터 일반환경으로 유입되는 총 방사능을 제한하는 것이 더 적절할 것이다.

을 인정한다. 이때는 발생 확률은 아주 작지만, 추가 고려 없이 면제되는 선량 기준(10 $\mu\text{Sv/y}$)을 넘어 일반인이 피폭할 우려가 있다. 그런데 국제적으로 합의된 BSS(IAEA, 1996)의 면제준위 유도과 안전지침들(IAEA, 2004b)의 배제, 면제, 그리고 해제 개념의 적용에서 두 가지 기준, 즉 실제적 시나리오에서 0.01 mSv/y, 가능성이 낮은 시나리오에서 1 mSv/y가 사용되었다. 이것은 국제기구의 후원으로 합의된 면제준위가 작은 확률의 상황에서는 선량이 10 $\mu\text{Sv/y}$ 보다 클 가능성을 용인함을 적시한다. 이런 관점에서 ICRP는 일반적으로 물질의 핵종 구성의 불확실성(또는 차이) 때문에 해제준위를 더 엄격히 할 필요는 없다고 본다. 그러나 만약 핵종 구성의 불확실성이 매우 크거나 감마선 측정을 통해 알파, 베타 방출 핵종의 존재가 적절히 추정되지 않으면, 규제기관은 특별 해제기준을 설정하거나, 감마측정을 대신하거나 이에 추가하여 방사성핵종 분석에 대한 평가를 요구할 수도 있다.

4.4.2. 조건부 해제

(96) ‘조건부 해제’, 다시 말해 어떠한 조건 아래 관리를 해지하는 것도 지금까지 사용해 온 또 다른 개념이다. ICRP가 보건대, 규제자는 본래의 해제나 환경으로 방사성핵종 함유물의 인가된 배출을 선택할 수 있는데, 해제할 때는 관리를 포기하는 기준에 맞고 차후의 제한이 불가하다는 것을 이해해야만 하며, 배출할 때는 배출이 환경에 미치는 영향을 감시하는 것을 포함하여 어떤 규제가 배출 방법에 적용될 수도 있다(앞 절 참조). 해제는 해제된 방사성물질을 규제관리로부터 완전한 해방을 의미할 수 있고 또 그래야만 한다는 지적도 있다(McAuley, 2006).

4.4.3. 방사성폐기물의 법적 정의

(97) ‘해제’는 법률적 글에서는 방사성폐기물 정의를 위한 하한과 대등하게도 사용되어 왔다. 장차 사용되지 않을 것으로 예견되고, 방사능 준위가 해제준위보다 높은 방사성물질은 방사성폐기물로 간주되고, 이에 반해 방사능 준위가 해제준위 이하이면 규제목적에서는 이를 방사성물질로 간주하지 않는다. 다시 말하지만 이는 해제의 의도된 사용이 아니다. 방사성폐기물의 법적 정의는 매우 복잡한 과정으로서 해제의 정의에 사용된 것 외에 다른 고려도 필요하다. 그러나 해제 개념이 이미 방사성폐기물의 정의와 연계하여 사용되어 왔다는 주장도 있다(Carboneras, 2006).

4.5. 핵의학 환자의 퇴원

(98) 방사능이 있는 물질을 후속 관리로부터 해방하는 한 특수상황은 체내에 그러한 물질을 가진 환자의 퇴원이다. 이 상황을 지금까지 논의한 해제 개념과 같은 것으로 해석하지는 말아야 하지만, 일부 유사한 측면도 있다. 방사선치료나 진단방사선을 거치면서 방사능 함유물질을 내장한 핵의학 환자는 병원에서 퇴원하여 일반인 영역으로 들어갈 수 있는데 이는 방사능 함유물질의 관리를 포기하는 의미가 된다. ICRP는 이 상황을 ICRP 94(ICRP, 2004)에서 다뤘다. ICRP 94는 이것이 적절히 규제된 영역이며 환자 퇴원에 따른 일반인이나 간병인 선량평가에 대한 다년간 연구(Bradley, 2006)로부터 배출에 의한 실제 영향이 미미하게 나타난다는 생각을 믿는 쪽이다. 그래서 저류탱크 사용이 항상 불필요함을 시사하는 것으로 ICRP 94를 이해하고 있는 것 같다. ICRP 의도를 이렇게 해석한 결과로 어떤 나라에서는 치료 환자를 매우 단기간만 입원시키거나 입원 없이 퇴원시키는 것 같다.

(99) 퇴원할 수 있는 최대 방사능이 BSS에서 주어졌는데, 밀봉선원이나 비밀봉 방사성핵종으로 치료절차를 거친 환자의 가족 구성원 및 일반인의 피폭을 제한하기 위해, 그런 환자를 체내 방사능이 사전에 설정된 지침준위 이하로 떨어지기 전에는 병원에서 퇴원시켜서는 안 된다. ^{131}I 에 대해 권고된 지침준위는 1100 MBq(IAEA, 1996, 제II.28항)이지만, ‘일부 나라에서는 준위 400 MBq이 모범관행의 예로 사용된다.’라는 각주를 달고 있다(IAEA, 1996, 별표 III, 표 III-VI).

(100) BSS에서 설정된 ^{131}I 면제준위는 1 MBq인데, 이 값을 환자 퇴원에서 사실상 관리를 포기하는 수백 MBq과 비교하는 것은 바람직하지 않다. 환자 내 방사능에 대해 의학적으로 인가된 방출을 다른 인가준위와 비교하는 것은 적절치 않다는 지적이 있다(Holahan, 2006). 잠재적 노출경로와 배출 방사능이 비슷하지 않을 것이고, 환자 퇴원과 관련된 재정적, 감정적 이득도 비례하지도 않을 것이다. 그러나 핵의학 환자 체내의 방사능 방출은 사실상 관리 포기가 면제준위를 넘는 준위에서 일어나는 유일한 상황이다. 이 행위를 전통적 의미에서 일종의 인가방출로 처리하는 것도 부적절할 것이다. 관련 방사능이 너무 크고 퇴원에 적용되는 조건은 경미하기 때문이다.

(101) ICRP는 의료에서 적당한 방사선방호를 위한 많은 상세권고를 발행해왔다. 그럼에도 불구하고, 환자 방출을 통해 상대적으로 큰 양의 몇몇 핵종들을(^{131}I 등) 그냥 포기해왔다는 것은 명백하다. 그러나 환자가 병원에서 퇴원할 때 방사

성물질 관리가 상실되는 것은 아니라고 주장할 수도 있는데, 관리를 환자에게 위임했고 환자들이 그러한 관리를 행할 수 있도록 적당한 정보를 받았는지를 국가 당국이 확인하기 때문이다(Lumb 2006). 예를 들어, BSS는 환자들에게 방사선방호를 위한 주의사항과 다른 사람과 접촉과 관련해 필요한 서면 지침을 제공하도록 특별히 요구한다. 일부 관할권 당국은 의료기관으로부터 환자 퇴원인가를 위한 근거로 가장 가능성이 큰 일반인 선량을 사용하기도 한다.

(102) ICRP는 환자 퇴원과 ‘해제’를 동일시하려는 것이 아님을 강조한다. 큰 차이점은 퇴원 환자는 가족들의 피폭을 최소화하도록 하는 지침과 같은 어떤 방사선방호 요건을 아직 따르며, 물리적 붕괴로 해결되지 않는 방사성핵종의 귀착지가 하수계통임을 안다는 것이다. 해제의 경우, 선원에 대한 그러한 요건이 없으며 선원의 귀착점도 알지 못한다. 이러한 근거에서, 병원을 떠나는 것을 계획피폭상황의 일부로 간주할 수 있고 여기에는 하수계통으로 어떤 인가 방출을 포함한다(Laaksonen, 2006). 핵의학 환자의 퇴원 조건은 더 분석되어야 하지만, ICRP는 이 조건들이 자동적으로 저류탱크 사용 확대나 환자 입원 연장으로 이어져서는 안 된다고 계속 생각한다.

4.6. 오염된 시신의 방출

(103) 오염된 시신의 방출은 방사선방호 관리수단의 범위에 대한 논의에서 또 다른 중요한 이슈이다. 정부간기구는 이 이슈를 국제기준으로 고려하지는 않아왔다. 그러나 방사성물질을 함유한 시신의 안전취급에 대한 몇몇 국가 지침이 있는데(예: NH & MRC, 1987), 특히 이들은 방사능 물질을 사용하는 의학절차를 거친 적이 있는 환자의 시신을 다루는 데 맞추어져 있다. ICRP는 ‘방사능 공격 사태에서 시민 보호’를 위한 권고에서 이 이슈를 다뤘다(ICRP, 2005a, 제 166-168항). 다른 방사선 비상에서와 마찬가지로 그러한 사태에서는 시신이 방사성물질로 오염될 수 있는데, 적절한 방사선 탐측을 통해 시신 오염을 확정하거나 배제할 수 있을 것이다. 원칙적으로, 그러한 시체는 방사선방호 관리로부터 면제되지 않는다. 그러한 시체를 다루는 일에 종사하는 사람은 개인 보호장구를 지급받고 직무 방호규정을 따르는 것으로 보아야 한다. 대규모 사상사건에서는 정부가 보통 특별 대응계획과 국가재난 의료체계를 가동하는데, 여기에는 장의지원이 가능한 재난장의운영팀도 포함될 수 있다. 이러한 재난상황에서는 관리수단으로부터 면제할 논거가 없다. 오염된 시신의 검사와 방부처리도 관리 대상이 되어야 한다. 매장과 화장에 관련된 이슈들은 체내 잔류 방사성물질의 양과 종류에

달려있지만 관리수단으로부터 면제대상이 될 수는 없다. 앞서 적시했듯이 시신의 화장을 용인할 수 있는 방사능 준위에 대해 여러 나라의 지침이 있다.

제4장의 참고문헌

- Bradley, F., 2006. Medical Physics Department, Cork University Hospital. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- Carboneras, P., 2006. ENRESA. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- Coates, R., 2006. British Nuclear Group. Communication on behalf of the organisation.
- EC, 1993. Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (Exemption Values) Below Which Reporting is Not Required in the European Directive. Radiation Protection No. 65, XI-028/93-EN. European Commission, Luxembourg, 1993.
- EU, 1996. Directives of the Council of the European Union. 96/29/EURATOM. Official Journal of the European Communities No. L 159. Luxembourg. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629_en.pdf.
- EC, 1998. Recommended Radiological Protection Criteria for the Recycling of Metals from the Dismantling of Nuclear Installations. Radiation Protection No. 89. European Commission, Luxembourg.
- EC, 2000b. Recommended Radiological Protection Criteria for the Clearance of Buildings and Building Rubble from the Dismantling of Nuclear Installations. Radiation Protection No. 113. European Commission, Luxembourg.
- Hill, M., 2006. Independent consultant. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- Holahan, V., 2006. US Nuclear Regulatory Commission. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- IAEA, 1988. Principles for the Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control. Safety Series 89. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 1996. 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, 2004a. 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 805 A., 4., pt. 23: Radiological Criteria for Radionuclides in Commodities. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004b. Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. IAEA Safety Guide RS-G-1.7. International Atomic Energy Agency, Vienna. <http://www-ns.iaea.org/downloads/drafts/ds161.pdf>.
- IAEA, 2004c. Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1996 ed (Amended 2003), Safety Requirements, Safety Standards Series No. TS-R-1. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- ICRP, 1985a. Principles of monitoring for the radiation protection of the population. ICRP Publication 43. *Ann. ICRP* 15(1).
- ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* 21(1-3).
- ICRP, 1993a. Protection from potential exposure: a conceptual framework. ICRP Publication 64. *Ann. ICRP* 23(1).
- ICRP, 2004. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. ICRP Publication 94. *Ann. ICRP* 34(2).
- ICRP, 2005a. Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. ICRP Publication 96. *Ann. ICRP* 35(1).
- ICRP, 2006. The optimisation of radiological protection: broadening the process. ICRP Publication 101. *Ann. ICRP* 36(2/3).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2-4).
- Janssens, A., 2006. European Commission. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the ad-hoc Group of Experts established under Article 31 Euratom Treaty.
- Laaksonen, J., 2006. Director General of STUK — Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Lazo, T., 2006. OECD Nuclear Energy Agency. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.

- Lumb, J., 2006. UK Health and Safety Executive. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- NEA, 2006. The Process of Regulatory Authorisation: a Report by the CRPPH Expert Group on the Regulatory Application of Authorisation. OECD Nuclear Energy Agency, Paris, France. <http://www.nea.fr/html/rp/reports/2006/nea5372-authorisation.pdf>.
- NH & MRC, 1987. Code of Practice for the Safe Handling of Corpses Containing Radioactive Materials. National Health & Medical Research Council Report of the 101st Session of the NH & MRC (Appendix XXI). Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Sharma, D.N., 2006. Bhabha Atomic Research Centre of India. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- St Pierre, S., 2006. World Nuclear Association. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Toyoshima, N., 2006. The Federation of Electric Power Companies of Japan. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Tsyb, A.F., 2006. Russian Scientific Commission on Radiological Protection. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Wymer, D.G., 2006. Coordinator of a Group of Staff Members of the International Atomic Energy Agency. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.

제 5 장

비상피폭상황

(104) 비상피폭상황은 긴급한 보호조치를 필요로 하거나 때로는 보다 장기적 보호조치를 요구하는 예상하지 않은 상황이다. 이 상황에서는 일반인이나 종사자 피폭은 물론 환경오염 또한 발생 가능하다. 이 피폭상황은 아마도 동시에 작용하는 여러 독립적 경로로부터 올 수 있다는 점에서 복잡할 수 있다. 더욱이 방사성 핵종이 다른 핵종들(화학적, 물리적 핵종 등)을 동반할 수도 있다. 고려하는 설비나 상황의 유형에 따라 정확성은 다소 다르지만 사전에 잠재적 비상피폭상황이 평가될 수 있기 때문에 대응조치가 계획되어야 한다. 그러나 실제로 비상피폭상황은 본질적으로 예측이 어렵기 때문에 필요한 방호수단의 정확한 특성을 사전에 알 수 없어 실제 상황에 맞게 탄력적으로 진화되어야 한다. 이러한 상황의 복잡성과 변이성은 ICRP가 2007년 권고에서 이를 특별히 다루도록 고유한 특성을 제공한다(ICRP, 2007).

(105) 사고나 악의적 사건 후와 같은 비상피폭상황에서 일어나는 여건에서 방호조치를 취할 기준과 관련하여 배제나 면제와 비슷한 개념의 사용이 때때로 논의 되어왔다. 그러나 ICRP는 이 상황에서 고려할 핵심 이슈는 여건에 근거하여 정당화 되고 가장 적합한 결과를 내도록 최적화된 적절한 방호조치를 취하도록 계획하고 준비하는 것이라는 점을 강조한다. 이 과정으로부터 나오는 방호전략은 당면 상황을 가장 잘 겨누도록 설계된 많은 특성들(즉, 정당화된 작위 또는 부작위, 통보, 의사소통 및 홍보, 방호수단 등)을 포함할 필요가 있을 것이다. 이 개념은 배제나 면제보다 정당화와 최적화에 초점을 맞춘다. 실로, 비상상황에서는 이미 면제를 위한 일반조건의 하나- 용인할 수 있는 낮은 위험 기준에 부합 실패로 이끌 수 있는 비의도적 시나리오의 가능성이 거의 없을 것 -가 이미 깨진 것으로 간주될 수 있어 상황이 관리 불가능하지 않다면 자동적으로 규정적용 범위에 있고 규제요건을 따라야 한다. 어떤 규정이 누구에게 적용되는지를 결정하는데는 문제가 발생할 수 있지만 실제로는 명료한 규정이 이 어려움을 해소할 수 있다. 비상을 초래한 책임이 있는 사람이나 기관에게 법적 책무가 있겠지만 필요한 방호조치는 그 사람이나 기관의 능력 밖일 수도 있고 어떤 경우에도 법적 책무는 한참 후까지 결정되지 않을 수도 있다.

(106) ICRP는 비상피폭상황을 다루기 위해 일부 정량적인 권고를 제공하였는데,

비상상황을 위한 계획에서 20~100 mSv 밴드에 있는 잔여선량에 대한 참조준위를 최적화 과정에 적용해야 한다. 종합적 방호전략의 적정성을 평가하기 위해 전략의 전망선량과 잔여선량을 참조준위와 비교한다. 잔여선량을 참조준위 아래로 감축하지 않는 방호전략은 계획단계에서 배척된다(ICRP, 2007). ICRP의 1990년 권고(ICRP, 1991a)에 근거하여 많은 유용한 재료가 개발되어 널리 사용되고 참조되고 있다.¹⁹⁾ ICRP의 2007년 권고는 이전 권고와 그로부터 유도된 접근과 재료가 ICRP가 지금 권고하고 있는 최적방호전략 모색을 돕기 위해 사용될 수 있도록 일관된 골격을 제공한다.

(107) 따라서 비상을 대비한 계획에서, 정당화 및 ICRP가 권고한 참조준위 내에서 최적화 과정과 맞춰 일부 책임당국은 비상을 제어하기 위한 대책들을 들 것으로 예상된다. 특정 방호조치에 대한 이행 여부 결정은 사전에 설정된 참조준위를 이용하게 되며, 비상상황에 적용되는 규제관리의 범위에서 정당하고 최적인 방호조치에 근거하게 된다. 일단 비상이 선포되면 그러한 의사결정은 정의 상 비상 규정의 범위에 속할 것으로 본다.

(108) 따라서 비상에 따르는 조기 및 중기 방호조치 맥락에서는 규제관리로부터 배제 또는 면제를 위한 정량적 준위는 유의한 역할을 하지 못한다는 것이 ICRP의 관점이다. 그러나 책임당국은 예상할 수 있는 여건에서 한 방호조치- 예를 들어 결정론적 영향을 피하기 위한 조치-가 일반적으로 정당화되고 보장될 것인지를 결정하는 어떤 형태의 일반적 범주를 여전히 사용할 수 있다. 이 일반기준 아래에서는 방호조치가 요구되지 않겠지만 이는 특정 상황에 따라 방호최적화에 의존할 것이다. 여기서 다시 강조하지만, 개념은 피폭증가가 규제를 확실히 하도록 큰 지의 문제를 겨누는 것이 아니라, 비상피폭이 방호 조치와 전략을 고려하는 것을 정당화하거나 보장하지 못할 정도로 낮을 것인지 여부이다. 그림5.1은

19) ICRP의 “방사선 비상사태에서 공중 보호를 위한 개입 원칙”(ICRP, 1991b)을 따라 BSS는 어떠한 환경에서도 개입이 이루어질 선량 준위에서 요건(IAEA 1996, 제3절 및 별표 IV)과 비상피폭상황을 위한 개입준위와 조치준위에 대한 지침(IAEA, 1996, 별표 V)을 수립하였다. 또한 BSS는 주로 라돈 관련이지만 만성 피폭상황에서 조치준위를 위한 지침도 설정했다(IAEA, 1996, 별표 VI). 요건은 회피선량으로 표현되는 개입준위와 조치준위 설정을 포함한다(즉, 회피할 수 있는 선량이 해당 개입준위보다 크다면 그 방호조치가 지시된다)(IAEA, 1997, 별표 V, V-1). 개입의 개념과 요건은 IAEA에 의해 더 개발되었다(IAEA, 2004b). 그러나 BSS의(IAEA, 1996) 개입준위는 모든 방호조치를 겨누지는 못한다는 지적도 있다(Wymer, 2006)(예를 들어, 높은 LET 입자를 방출하는 방사성핵종의 흡입을 겨누지는 않고 있다). 최근에는 비상피폭상황에서 개입준위 기틀의 확장 문제가 제기되었는데(IAEA, 2005b), 이것이 현재 준비 중인 “원자력 및 방사선 비상 대응계획에 사용할 기준”에 대한 IAEA 안전지침의 근거를 구성한다.

비상피폭상황을 조기, 중기 및 장기 비상관리의 개념적 특성화를 설명한다.

(109) 즉각적 비상상황과는 대조적으로, 환경으로 방사성물질을 방출하는 사건의 장기적 여파 관리는 다른 취급을 요구한다. ICRP는 비상피폭상황 후 잔류오염 관리는 기존피폭상황으로 취급되어야 하는 것으로 인식해 왔다(ICRP, 2007, 283항). 비상상황과 그 장기적 영향관리의 공통점은 둘 다 사실상 오랜 피폭으로 취급될 수 있는 것이지만 두 상황 사이에는 미묘하지만 의미 있는 차이도 있다. 비상피폭상황에서는 보통 비상 이전 백그라운드 준위가 참조로 사용된다. 둘째 상황에서는 백그라운드 이전 피폭이 없고 기존피폭상황 자체가 백그라운드 피폭이기 때문에 참조가 될 수 없다. 이 차이가 두 상황에서 다른 접근을 하는 기본 원인이다.

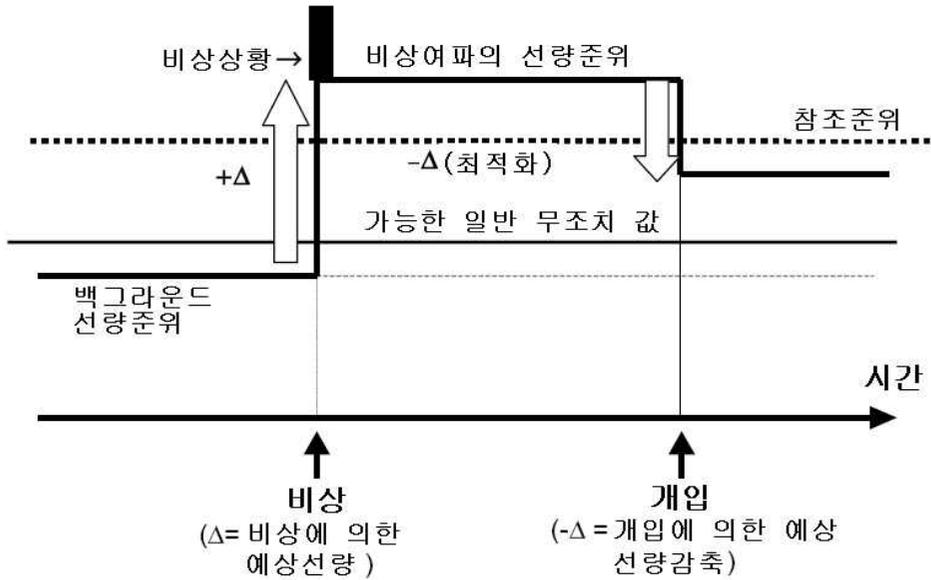


그림 5.1. 비상피폭상황의 개념 특성화: 단기, 중기 및 장기 비상관리.

제5장의 참고문헌

IAEA, 1996. 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, 2004b. Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. IAEA Safety Guide RS-G-1.7. International Atomic Energy Agency, Vienna. <http://www-ns.iaea.org/downloads/drafts/ds161.pdf>.
- IAEA, 2005b. Development of an Extended Framework for Emergency Response Criteria. Interim report for comments, jointly sponsored by IAEA and WHO. IAEA-TECDOC-1432. International Atomic Energy Agency, Vienna. http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1432_web.pdf.
- 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, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2-4).
- Wymer, D.G., 2006. Coordinator of a Group of Staff Members of the International Atomic Energy Agency. Communication on behalf of the organisation.

제 6 장

기존피폭상황

(110) 기존피폭상황은 현존하는 즉, 이미 존재하는 피폭상황으로서 관리 결정을 할 때 오랫동안 존재해온 것이다. 여기에는 비상사태 후 장기간 여파로 발생한 피폭상황도 포함된다. 천연 방사선원이 관련된 것으로 방사선방호 조치가 합당하거나 적어도 조치를 고려할 만큼 높은 피폭을 초래하는 여러 유형의 기존피폭상황이 있다. 가옥 내 라돈은 잘 알려진 예이다. ICRP 방호체계 내에서 이루어지지 않은 운영에서 방출된 방사성 환경 잔류물, 또는 사고나 방사선학적 사태에 기인하는 방사성 잔류물과 같은 인공 기존피폭상황과 관련해서도 방사선방호 결정이 필요할 수 있다.

(111) 기존피폭상황은 복잡하여 통상 매우 낮은 선량으로부터 드물게는 수십 mSv까지 걸치는 넓은 연간 개인선량 분포를 야기하는 다양한 피폭경로가 관계할 수도 있다. 피폭경로의 다양성과 개인행동의 중요성은 관리가 어려운 피폭상황을 초래할 수 있다. 피폭을 줄이기 위한 조치가 정당화되지도 합당하지도 않음이 명백한 기존피폭상황도 있음이 분명한 것 같다. 기존피폭의 어떤 성분이 관리가 합당하지 않은지(따라서 배제될) 결정은 국가 당국의 판단을 필요로 하며 선원이나 피폭의 관리 가능성에 달려있다. 기존피폭의 어떤 성분에 대해 규제가 합당하지 않은지(따라서 면제될) 결정도 해당될 수 있고 역시 국가 당국이 피폭수준과 주어진 경제, 사회 및 문화적 여건에 따라 판단할 필요가 있다(ICRP, 2007, 제284항).

(112) 기존피폭상황은 규제의 범위를 정의하는 데 특별한 도전을 제기한다. 기존 피폭상황은 방사선방호 규정의 공식 체계의 적용을 받을 수도 받지 않을 수도 있는 사실상 상황이다. 이에 대한 방호는 계획피폭상황에서처럼 등록이나 허가를 신청하는 사람에 의해서가 아니라 특별한 조직에 의해 보통 이루어진다. 따라서 이 경우 가능한 면제의 관념은 더 미묘해진다. 즉, 계획피폭상황을 야기하는 행위의 등록이나 허가와 같은 법적 요건으로부터 사람을 면제하는 것이 아니라, 위에서 적시한 것처럼(제24항) 개입조치로부터 당국을 해방함에 규제자의 특이거의 없을 것임에도 불구하고 그러한 특별 조직이 방호수단으로 개입하는 것을 해방할 기준을 제공하는 것이다. 계획피폭상황의 경우, 피폭이 증가할 것이 예상되는데 예상된 증가가 충분히 낮을 때는 그렇게 낮은 선량을 규제하는 것이 합당

하지 않으므로 증가 원인은 규제 요건으로부터 면제될 것으로 보는 것이 비교적 직선적이다. 역으로 사실상 상황에서는 인간 행위에 기인하는 피폭 증가가 없고 반대로 방호조치가 취해지면 피폭의 잠재적 감축이 있다.

(113) 기존피폭상황에서 긴요한 방사선방호 결정은 (i) 선량을 줄이는 방호수단을 도입하고, 유지하며, 제거하는 것이 정당화 될 수 있는가와 (ii) 만약 정당하다면 선량을 얼마나 줄여야 하는가이다. 따라서 여기서 면제의 개념은 피폭증가가 규제를 정당화할 정도로 큰가 아닌가 하는 이슈를 겨냥하는 것이 아니라 기존피폭이 개입을 정당화하지 못하고 방호가 이미 최적인 것으로 볼 정도로 낮은가를 겨냥한다. 그렇다면 계획피폭상황에서는 면제원칙을 10 $\mu\text{Sv}/\text{y}$ 기준처럼 낮은 추가선량과 대등하게 볼 수 있지만 그러한 원칙은 전망적 추가선량의 관리로부터 면제가 아니라 기존 총 피폭에 방호조치를 취하지 않는 것이 이슈인 장기적 비상이나 기존피폭상황에는 적용될 수 없음이 분명해진다.

(114) ICRP 82(ICRP, 1999)에서, ICRP는 장기적 피폭이 관련된 사실상 피폭상황 이슈를 겨누면서 장기간 상황을 다루기 위한 일반 조치준위를 권고했는데, 연간 총 선량 약 10 mSv 미만에서는 개입이 정당화되지 않을 것이라고 밝혔다. 그러나 이 준위 아래에서도 장기 피폭상황으로부터 연간 총 선량의 주요 성분을 감축하기 위한 방호조치가 여전히 고려될 수 있고 정당화될 수는 있다. 총 선량은 전체 현존 선량에 해당하는 것으로 볼 수 있다. ICRP는 이 권고를 조심스럽게 해석해야 하며 이 목적으로 조치준위를 설정하려는 규제기관은 방호조치의 부정적 영향을 방사선방호 개선이라는 이득과 대비하여 신중하게 균형을 맞춰야 한다고 주의를 주었다.

(115) 2007년, ICRP는 개인선량으로 나타낸 참조준위를 기존피폭상황에서 최적화 과정 적용과 연계하여 사용하기를 권고했다. 목표는 참조준위 아래로 개인선량을 낮추는 최적화된 방호전략을 이행하거나 그러한 전략을 단계적으로 이행하는 것이다. 그러나 참조준위 아래 피폭도 무시해서는 안 되며 방호가 최적화되었는지, 추가 방호조치가 필요한지를 확인하기 위해 피폭상황을 평가해야 한다. 최적화 과정의 중점을 사전에 정해서는 안 되며 최적 방호수준은 상황에 따라 달라질 것이다. 주어진 상황을 관리하는 데 사용할 참조준위의 법적 위치를 결정하는 것은 규제기관의 책임이다. 소급적으로는 방호조치가 취해졌을 때에 참조준위가 그 방호조치의 효력을 평가하는 기준점으로 사용될 수도 있다(ICRP, 2007, 제286항). 나아가 ICRP는 기존피폭상황에서 참조준위는 잔여선량²⁰⁾ 1~20mSv 밴드에 설정되어야 한다고 권고했다(ICRP, 2007, 제287항)

(116) 기존피폭 또는 장기간 잔류피폭이 그 아래서는 조치가 합당하지 않다고 명시된 값을 초과하면 치유조치를 통해 방호를 최적화하도록 개입이나 치유 수행기관 또는 책임 당사자에게 위 권고에 근거한 규제요건이 부과된다. 1년에 1mSv 정도의 선량증분이 그러한 ‘무조치’ 값으로 채택될 수 있을 것이나 이보다 높거나 낮은 값도 특정 상황에서는 적절할 수 있다. 연간 1 mSv 이상의 피폭상황에서는 특히 간편한 대안이 가용할 때는 무조치가 정당화될 것 같지 않다는 주장이 있지만(Landfermann, 2006) ICRP는 정당하다면 무조치 값이 연간 10 mSv 수준 정도로 높을 수도 있다고 제안했다(ICRP, 1999). 한편으로는 무조치 값이 기존 방사성핵종과 독립적이라면 문제의 방사성핵종이 천연적인가 인공적인가에 따라 ‘불평등’이 있을 수 있다는 생각도 있다(Carboneras, 2006). 치유를 행할 책임이 있는 당사자에게 규제적 의무를 부과할 목적으로 그러한 규제적 무조치 값을 적용하는 것이 그 값 아래서는 다른 당사자에 의한 치유조치도 합당하지 않음을 의미하는 것은 아니다. 그러나 그러한 조치는 규정에서 오는 법적 요건을 맞추기 위해 수행되는 것이 아니라 관심 당사자의 희망에 따라 규제관리 범위 밖에서 수행되는 것이다.

(117) 기존피폭상황에서 무조치 값이 보통 선량으로 표현되지만 방사능이나 방사능농도로 표현될 수도 있다. 그러나 방사능 또는 방사능농도 값은 방사성핵종이 표면에 존재하는 상황에는 직접 적용되지 않을 것이다. 이는 대량의 방사성 표면오염물이나 심지어 토지에 대해 단위 면적 당 방사능으로 표현한 추가 무조치 값의 필요성을 분명히 한다. 이 영역에서 정부간 국제협약이 요구된다.

(118) 비상피폭상황에 후속되는 장기간 여파와 기존피폭상황의 개념적 특성화와 무조치 값의 사용 가능성을 그림5.1과 그림6.1에 도시했다.

제6장의 참고문헌

Carboneras, P., 2006. ENRESA. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.

ICRP, 1999. Protection of the public in situations of prolonged radiation

20) <역주> 원문은 전망선량으로 표현되어 있으나 ICRP 103의 정의에 따르면 ‘잔여선량’이 적절하여 수정했다.

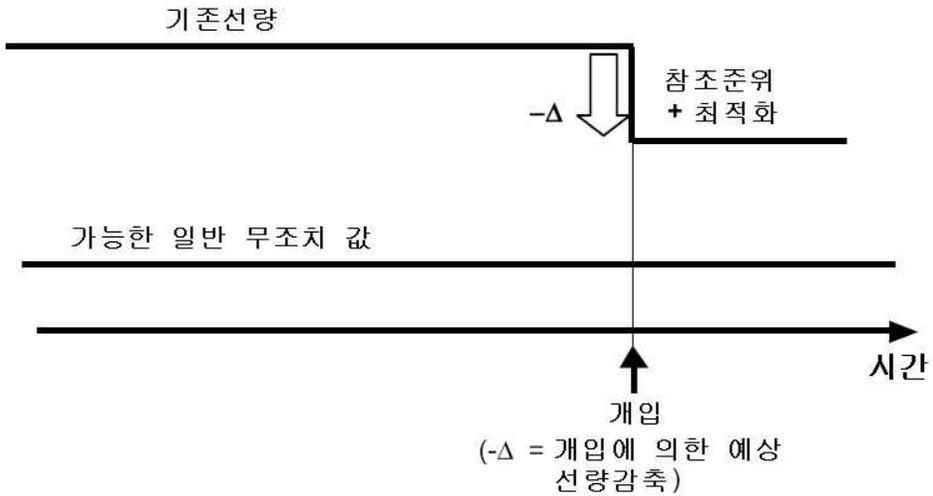


그림 6.1. 기존피폭상황의 개념적 특성화.

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

Landfermann, H.H., 2006. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Germany. [http://www.icrp.org/remissvar/listcomments](http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp).asp. Communication on behalf of the organisation. ICRP Publication 104

제 7 장

특정 피폭상황에 대한 고려

(119) 이 절에서는 방사선방호 관리수단의 범위 규정에 어려움이 있는 많은 여러 특정 피폭상황에 대해서 다루고자 한다. 여기에는 낮은 에너지나 낮은 강도의 우발적 방사선 피폭, 우주방사선 피폭, 방사성 건축 자재를 포함한 NORM에 의한 피폭, 주변 라돈 피폭, 방사성인 물질을 함유한 일용품에 의한 피폭, 그리고 저준위 방사성폐기물에 의한 피폭이 포함된다.

7.1. 낮은 에너지, 낮은 강도의 우발적 방사선 피폭

(120) 많은 종류의 장치와 기구들이 우리가 원하지 않은 우발적 부산물로서 아주 낮은 에너지의 전리방사선(주로 X선)을 발생시킨다. 여기에는 전자현미경, 전자빔 용접기, 음극선관, 고전압 정류기 및 전압 조정기, 진공 스위치, 진공 축전기, 마그네트론, 클라이스트론, 투과표적X선관, 영상관 및 기타 하전입자가 가속되거나 감속되는 전자기기들이 포함된다. 나아가 다양한 소비자용품도 있는데 텔레비전 세트는 강도는 상대적으로 낮지만 에너지는 낮은 전리방사선을 발생시킨다. 여기서 발생하는 방사선은 제동복사선으로서 하전입자가 전기장 또는 자기장을 지나면서 가속, 감속 또는 제동되면서 발생하거나, 주변물질의 원자와 상호작용으로서 발생하는 전자기 방사선이다. 이러한 낮은 에너지 또는 낮은 강도의 우발적 제동복사 방사선에 의한 피폭상황에서, 방사선 방호 요구가 합당한지, 아니면 일부 기준의 적용을 받는 이들 기기나 제품을 방호요건으로부터 면제하는 것이 편리한지 논란이 있을 수 있다.

(121) 거의 40년 전, ICRP 3에서 ICRP는 다음과 같은 권고를 통해 원하지 않은 부산물로 발생하는 낮은 에너지, 낮은 강도의 제동복사선 이슈를 제기했다: '5 keV 에너지를 초과하여 전자가 가속되는 모든 기기들은 잠재적 전리방사선 선원으로 간주해야 한다. 이러한 장비들, 즉 전자현미경, 음극선관, 고전압 정류기, 송신진공관, 텔레비전 영상관 등은 적절한 방호를 제공하도록 제작, 설치, 운용되어야 한다. 가능하다면 그러한 기기들은 사용 장소가 "관리구역" 밖으로 간주될 수 있도록 차폐되고 인터록을 갖춰야 한다. 이러한 기기의 제작, 시험 및 수리하는 과정에서 발생할 수 있는 위험에 각별한 주의가 필요하다. 가정이나 일반인이

가까이 접근할 수 있는 장소에서 사용되는 기기(텔레비전 등)들은 정상적인 동작 상태에서 그 표면으로부터 5 cm 거리 위치에서 선량률이 0.5 mR/h 이하여야 한다. 투사용 TV나 CCTV용과 같은 다른 TV기기는 ICRP 권고에 따라 운용해야 한다'(ICRP, 1960, 제115항 이하 참조).

(122) ICRP 15에서 다음과 같이 권고하면서 다시 이 이슈를 제기했다. '전자가 5 keV를 초과하여 가속되는 모든 기기들은 잠재적인 전리방사선원으로 간주해야 하고, 유사한 기기에 대한 방사선 감시나 경험이 방호수단이 필요하지 않음을 보여주지 않았다면 적절한 방호수단을 강구해야 한다. 전자현미경, 전자빔 용접기, 음극선관, 고전압 정류기 및 전압 조정기, 진공 스위치, 진공 축전기, 마그네트론, 클라이스트론, 송신진공관, 텔레비전 영상관 등과 같은 장비들은 모두 잠재적 X선원이 될 수 있다. 이러한 기기들은 모든 사람들에게 적절한 방호를 제공할 수 있도록 제작, 설치, 운전되어야 한다. 이러한 기기들을 시험, 보수, 사용하는 사람들, 그리고 기기가 접근 가능한 장소에 설치된다면 일반인까지도...주의를 기울여야 한다. 가정용 TV, 영사 목적이나 폐쇄회로 목적의 TV 등은 그 외표면으로부터 5 cm 위치에서 조사선량률이 0.5 mR/h를 초과하지 않아야 한다 (ICRP, 1970, 제288항 이하 참조). 그러므로 당시에 ICRP는 5 keV보다 낮은 에너지의 전리방사선을 방출하는 장비와 표면 근처에서 대략 5 μ Sv/h 이하의 선량률을 내는 TV에 대해서는 방사선 방호관리과 합당하지 않음을 암묵적으로 인정했다.

(123) 보다 가까이는, ICRP 36에서 ICRP는 다음과 같이 자세함을 더해 이전 권고를 재차 확인하였다. 'X선 발생을 목적으로 설계된 장치와 원하지 않은 X선이 발생하는 전자기기를 구분하는 것이 편리하다. 전자는 분석, 방사선 영상, 방사선 조사를 위한 X선 세트를 포함한다. 후자는 가속된 전자가 물질에 충돌하게 되는 여러 저압, 고전압 기구로서 예를 들면, 전자현미경뿐만 아니라 방전관, 음극선관, 마이크로파 오실레이터 및 증폭기 등이 있다. 두 경우에서 모두 외부피폭이 주된 위험이며 차폐되지 않은 경우는 더 심각하다.... 장치의 최대 작동조건에서 외장으로부터 5 cm에서 선량당량률이 5 μ Sv/h를 넘지 않도록 권고한다. ICRP가 따로 권고하는 방법으로 차폐하여 이를 달성할 수 있다....전위차 5 kV 이상으로 전자가 가속되는 장비는 모두 의도하지 않은 X선을 발생하는 선원으로 간주해야 한다. 따라서 그러한 선원들은 신중히 점검되어야 하며, 필요할 경우 X선장치에 대한 (ICRP)권고를 적용해야 한다'(ICRP, 1983, 제61, 62, 67항). 이 권고들은 면제기준으로 국제표준에 채택되었는데²¹⁾ 이 표준은 본질적으로 방사선을 방출

21) BSS는 이 면제 일반기준 아래, 행위 내 다음 선원들은 추가적 고려 없이 고지, 등록, 허가 등의 (BSS)요건으로부터 자동적으로 제외시키기로 하였다: 정상적인 운전 상태에서 접근 가능한

하는 기기나 장치가 접근 가능한 표면으로부터 0.1 m 거리에서 주위선량당량률이나 방향성선량당량률이 약 $1\mu\text{Sv/h}$ 를 초과하지 않는 경우 면제로 한다. 이 기준은 자연스레 방사성물질을 함유한 기기나 장치로까지 확대되었는데 이러한 기기가 국가 당국으로부터 승인받은 형식이고, 방사성물질이 밀봉형이어서 정상 운용조건에서 방사성물질에 접촉하거나 누설을 방지한다면 면제될 수 있다. 이 권고 이행을 위한 정부간기구의 국제적 추가 지침들도 환영받고 있다(Phillips, 2006).

(124) ICRP는 위에서 언급한 조건보다 낮은 선량률로 우연한 제동복사선을 발생시키는 기기나 장치들을 방호 요건으로부터 면제할 수 있음을 계속 재확인한다.

7.2. 우주방사선 피폭

(125) ICRP 60(ICRP, 1991a)에서 지표면에서의 우주방사선은 규제로부터 배제되어야 한다고 권고하였다. 이에 따라 국제표준도 지표면에서의 우주방사선 피폭을 적용배제의 예로 확인했다(IAEA, 1996, 각주 2). 2007년 권고에서, ICRP는 관리하기 어려운 피폭은 지표 수준에서 받는 우주방사선과 같이 관리가 명백히 비현실적인 피폭이라고 했다(ICRP, 2007, 제53항). ICRP는 지표면에서 우주방사선 피폭은 규제 대상에서 배제되어야 한다는 권고를 이 보고서에서 재확인한다.

(126) 지표면 이상에서 우주방사선 피폭상황에 대한 국제적 규제접근은 다양하다. 가장 흔한 상황은 항공 승객이나 승무원이 비행 중에 받게 되는 추가적인 피폭이며, 특별한 경우는 우주비행 중 우주비행사의 피폭이다. 우주에서의 방사선 피폭 수준은 0.5~1 mSv/d로 높고 가변적이다. 보통 항공기에서의 우주방사선 유효선량은 잘 예측할 수 있으며, 고도와 위도(엄밀히 정의하자면 지자기 위도), 그리고 11년의 주기를 갖는 태양활동의 단계에 의존한다. 온대 위도에서 전형적 선량률 값은 단거리 비행의 대표적 고도인 9 km(30,000ft)에서 약 $3\mu\text{Sv/h}$, 장거리 비행의 대표인 12 km(39,000ft)에서 약 $6\mu\text{Sv/h}$ 이다(EURADOS, 2004). 적도 부근 비행에서 값은 약 절반 수준이다. 태양활동주기에 따른 영향은 대략 $\pm 20\%$ 정도이다. 이러한 피폭 수준의 경우, 승무원의 주된 비행이 근거리이나 장

표면으로부터 0.1m 거리의 주위선량당량률 또는 방향성선량당량률이 $1\mu\text{Sv/h}$ 를 초과하지 않거나, 발생하는 방사선의 최대에너지가 5 keV를 넘지 않는 예를 들어 영상전시를 위한 음극선과 같은 모든 진공관(IAEA, 1996, 별표 I, I-4b항).

거리이냐에 따라 연 평균 유효선량이 약 2 mSv 또는 4 mSv 수준으로 된다. 연간 약 200시간 탑승하는 승객의 경우 연간 약 1 mSv의 유효선량을 받으며 자주 장거리를 여행하는 승객이라면 이보다 더 많은 유효선량을 받을 수 있다.

(127) ICRP 60에서(ICRP, 1991a) 우주 비행이나 상용 제트기 운항에서 받는 우주선 피폭은 직무피폭의 일부여야 한다고 권고했다. 이어서 ICRP는 이 권고를 ICRP 75(ICRP, 1997)에서 개정했는데 빈번한 탑승객에 대해서는 관리 목적상 직무피폭으로 다룰 필요는 없으며 따라서 기본적으로 승무원만 고려한다고 했다. 당시, ICRP는 유일한 제어수단은 항로선택과 비행시간 관리임을 적시했다. ICRP는 이러한 관점을 2007년 권고에서도 그대로 유지하였다(ICRP, 2007, 제189항).

(128) 정규 비행고도에서 비정상적으로 높은 우주방사선 준위는 태양입자사태 Solar Particle Events(SPE)로 발생할 수 있다. 이 사태들은 태양 대기에서 산발적이고 급작한 에너지 방출(태양 플레어) 또는 코로나의 질량 분출에 의해 발생한다. SPE의 일부만 정규 비행고도에서 우주방사선장의 강도를 관찰 가능할 정도로 증가시킨다. 가장 큰 이벤트는 태양흑점 수를 통해 측정되는 태양활동 극대기 전 후에 종종 일어난다. 이러한 이벤트와 관련된 선량률 상승은 대개 분 단위에서 빠르게 일어나며 지속 시간은 여러 시간에서 며칠에 이른다. 평균적으로 연 1회 정도 일어나는 이벤트는 총 추가 유효선량이 수십 μSv 이고, 10년에 한번 있는 이벤트의 경우 수백 μSv 정도, 백년에 한 번 정도인 이벤트의 경우 추가되는 총 유효선량은 1 mSv를 넘을 수 있다(EURADOS, 2004). 현재로서는 어떤 이벤트가 비행고도에서 선량 증가에 상당히 기여할 지 예측은 불가능하다. 비행고도에서 선량률을 상당히 증가시키는 흔하지 않은 SPE가 일어났다면, 아음속 항공기에서 선량은 컴퓨터로 소급적으로 계산될 수 있다고 제안되었다. 일반적으로 SPE로부터 받는 선량이 비행 일정이나 비행 계획을 바꾸는 것과 같은 회피조치로 야기될 혼란을 정당화할 수 있을 만큼 충분히 크다고 ICRP는 생각하지 않는다.

(129) 이러한 우주방사선 피폭상황에 대한 규제에는 차이가 있는데 아마도 지침이나 규정의 도입시점 때문인 것 같다. 일부 정부간(특히 유럽연합) 규정 또는 국가 규정은 승무원의 피폭이 1 mSv보다 클 경우 피폭 평가를 요구하고, 높은 피폭(보통 피폭을 6 mSv 미만으로 제한함)을 줄이기 위한 근무 일정 관리, 임신 여승무원의 경우 태어날 아기의 피폭을 1 mSv로 제한, 항공승무원에게 일과 관련된 보건위험의 고지 등을 요구하고 있다. 실제로는 항공승무원에 대한 다른 고

용규제와 관리가 이와 같은 방사선방호 요건을 충족시킬 것이 확실하다. 일반적으로 국제 또는 국가 규정은 빈번한 탑승객에 대해서 언급하지 않고 있다.

(130) 유럽연합에는 항공승무원의 방사선방호체계를 구축하기 위한 목적의 방사선방호법이 있다(Janssens, 2006; Lumb, 2006). 그래서 우주방사선에 의해 항공승무원이 받는 선량이 다년간 규제되어 왔으며, 이로써 피폭했을 수 있는 개인 선량을 제한했고 이 피폭원에 대한 지식과 평가 기술도 발전시켜 왔다. 이 규정은 개인선량의 감시와 분포 평준화를 포함하지만 실제로 집단선량을 줄이지는 못했다(Janssens, 2006).

(131) 항공 여행에서 받는 우주방사선에 대한 완전한 규제는 생활방식에 개입, 항공기 운항 측면에서는 비행시간이나 비행고도의 제한 및 피폭자의 순환근무에 제한과 같은 심각한 간섭을 필요로 할 것이다. 비행고도를 낮춤으로써 승객과 승무원의 우주방사선의 피폭을 줄일 수는 있지만 제트 연료소모를 증가시키는 것으로 알려졌다(Holahan, 2006). 이러한 형태의 개입들은 실행할 수 없는 것으로 간주되고 있다. 다른 이유도 있지만 피로 문제로 항공승무원의 비행시간은 이미 관리 중에 있다. 나아가 방사선 피폭이 아닌 다른 이유로 임진한 여승무원을 비행하지 않아도 되는 직책으로 전환하는 것은 일반 관행인데, 이로써 여승무원의 태아를 충분히 보호할 수 있다. 이러한 관리는 대개 승무원의 방사선방호에 충분하며, 규제요건들도 기존 관리를 계속 적용함으로써 충족될 수 있다.

(132) 그러므로 지표 수준에서 받는 우주방사선 선량은 방사선방호 범위로부터 배제하는 것이 함의로 보이는 반면, 민간항공과 같은 인간활동이 대규모 지구적 노동인구의 선량증가를 초래하는 경우에는 그렇지 못하다. 즉, 민간항공 분야에서 우주방사선으로 인한 선량은 배제할 수는 없을 것이다(McAulay, 2006). 지표보다 위에서 우주방사선에 의한 보편적 피폭상황이 규정에 포함될 수는 있지만 주로 방사선 외적 목적에서 이미 있는 규제관리(예를 들면, 순환근무, 비행시간 제한 등)에 추가 요구를 부과할 분명한 이유는 없어 보인다. 결국 이러한 상황들을 규제 틀에 포함하는 것이 그런 상황들이 반드시 온전한 계획피폭상황이라는 의미로 해석되지는 않아야 한다. 다른 이유도 있지만 선원이 적절히 관리할 수 있는 것이 아니며 항공사에 법적면허를 신청하도록 요구한다는 것도 불합리할 것이기 때문이다. 국가 당국과 정부간기구는 이 예외적 상황을 사실상 기존피폭상황으로 접근하고, 특정 사회적, 정치적 선호도에 따라 추가 정보가 가용할 때까지 상황을 지켜보기만 할 것인지, 피폭 시간을 제한하는 것과 같이 방호조치를 위한 목적으로 참조준위를 설정할 것인지를 결정하고 싶을 수도 있다.²²⁾

(133) 2007년 권고에서, ICRP는 우주여행에서 피폭처럼 선량이 상당히 어떤 유형의 관리가 합당한 특별한 우주방사선 피폭은 이러한 피폭을 야기하는 상황의 특수성을 고려하여 다뤄야 한다고 보았다(ICRP, 2007, 제190항).

7.3. 천연방사성물질에 의한 피폭

(134) 방사선방호 규정은 배타적이 아니라면 주로 인공 방사선원을 이용하는 계획피폭상황에 초점을 맞추고 있다. 특히 면제 개념은 계획피폭상황을 위해 개발되었다. 사실 면제는 규제관리 내에 있는 물질일 때 적절하지 그렇지 않을 때 사용할 개념은 배제일 것이다. NORM을 함유한 대량 제품과 관련된 산업활동은 다양하게 규제되어 왔다. 이러한 산업활동 중, 우라늄과 토륨의 채광과 정련 같은 활동은 인공선원에 적용하는 시스템을 기반으로 규제되었다. 반대로, 다른 산업에서는 많은 나라의 국가 당국이 대체로 NORM 존재를 무시해 왔다. NORM의 존재는 우연으로서, 어떤 물질을 사용하고 있는데 거기에 방사능이 포함되어 있을 뿐이라는 점은 주목해야 한다. 이러한 예로는 광질모래 제품 생산, 인회암으로부터 인산 생산, 몇몇 금속(예: 주석) 생산, 부산물로서 방사성 결석이 발생하는 석유산업, 건축 목적의 사용, 의외로 환경에 유의한 방사성 잔류물을 남길 수 있는 석탄과 같은 연료를 사용하는 비원자력 에너지 생산 등이 있다.

(135) 원칙적으로 NORM 관련 산업활동은 규제 대상이 될 수 있다. 일부 경우에는 이러한 활동에 기인하는 방사선량의 크기가 인공 방사성물질이 관련된 활동의 정상운영에서 발생하는 선량과 대등할 수도 있기 때문이다. 게다가 그러한 활동은 현재 인공 방사성핵종의 해체에 적합한 것으로 보는 준위보다 훨씬 높은 방사능 농도 준위의 방사성핵종을 함유한 방사성 부산물, 폐기물 또는 잔류물을 내기도 한다. 하지만 NORM 산업과 인공 방사성핵종 관련 산업의 차이도 인지해야 한다. NORM 관련 산업이나 공정은 다년간 운영되어 왔고, 적어도 본래부터

22) <역주> 이 항의 설명은 방호체계의 개념적 틀에 혼란을 초래할 우려도 있다. 역자는 비상피폭 상황이 아닌 상황에서 직무피폭은 계획피폭상황으로 간주함이 적절하다고 생각한다. 심지어 비상피폭상황에서도 직무피폭은 계획되고 관리된다. 따라서 항공승무원의 우주선 피폭이나 광부의 라돈피폭을 계획피폭상황으로부터 분리하려는 시도는 합당하지 않다고 생각한다. 특별한 추가 방호대책을 부과할 것이 없거나 항공사업자가 허가를 받도록 하는 것이 적합하지 않다는 것이 승무원 피폭을 계획피폭상황으로부터 분리시켜야 할 이유는 되지 않는다. 방호체계의 개념을 교란하지 않으려면 승무원 피폭을 계획피폭상황에 있는 직무피폭으로 하되 특성상 일반 규제요건(예를 들어 허가 취득, 개인선량 측정 등)이 합당하지 않다고 판단할 경우 이들 규제요건을 면제하는 것이 바른 방법으로 본다.

인공 방사성핵종에 대한 방호를 위해 도입된 방사선방호체계보다 앞섰을 것이다. 피폭의 중대한 변화, 특히 증가 가능성은 여러 인자에 의해 제한된다. 그 인자들로는 공장의 처리량, 원료 물질 방사능 농도의 자연적 상한, 그리고 예를 들어 공기부유진 농도를 관리하는 것과 같은 통상적 직무표준 등이 있다. 한 예로서, 지르콘과 지르코니아는 전형적으로 가스, 먼지, 기타 흡입 독성 노출과 관련한 국제표준의 적용을 받는 작업장에서만 사용되는데, 특히 방사성물질로서가 아닌 해독에 대한 흡입노출과 관련한 이러한 기존 산업위생 관리는 산업광물에 있는 NORM에 의한 방사선피폭의 주요 경로인 흡입선량을 감축하는 부수적인 효과를 수반하게 된다. 그러므로 방사선방호 목적으로 추가적 규제가 합당한가를 결정할 때 방사선 외적 방호목적의 산업위생 관리가 고려될 수 있다(Simmons, 2006).

(136) NORM 피폭에 대한 ICRP 지침은 아직 완전히 개발되지 않았고, 당연히 현재 이 주제에 대한 국가, 국제 표준도 모호한 상태이다. 현행 국제표준은 배제 피폭상황의 예로서 “대부분 원료물질에 있는 방사성핵종의 변경하지 않은 농도”에 의한 피폭을 들고 있다(IAEA, 1996, 각주 2). “변경하지 않은 농도”라는 표현은 낮은 농도로 천연 방사성핵종을 함유하고 있는 몇몇 물질을 처리하는 것이 훨씬 더 높은 준위의 방사성핵종을 가지는 방사성 부산물, 폐기물 또는 잔류물을 만들어낼 수 있기에 규정에 의해 관리되어야 함을 지시하는 것으로 해석될 수 있을 것이다. “대부분 원료물질”이란 표현은 NORM을 사용하는 소수 산업에서 방사능농도가 피폭을 고려하고 관리해야 할 정도로 높은 경우도 분명히 있음을 지시하는 것으로 이해할 수 있다. 극단적일 수 있지만 일반적으로 인정되는 경우는 우라늄이나 토륨 광석의 생산인데 전통적으로 실제로 예외 없이 규정의 범위에 포함되어 왔다. 그러나 다른 방사성 원료물질의 생산에서 받는 피폭 준위도 우라늄, 토륨의 경우와 다소 비슷할 수도 있는데 이런 상황이 왜 규제에 포함되지 않았는지를 생각해볼 필요가 있다.

(137) NORM 피폭이 규정의 범위에 포함되어야 하는지 배제되어야 하는지, 또는 어떤 형태의 규제면제로 다루어야 하는지에 대해 국제적 합의가 현실적으로 필요하다. NORM 산업에 대한 방사선방호 규정을 다룰 때 가능한 접근의 하나는 그 관리가 합당하지 않을 것 같으므로 정당하지 않다는 근거로 어느 정도 준위의 NORM을 배제하는 것이지만, 관리수단 역량의 발전을 고려할 때 이러한 접근은 지속되기 어려울 수도 있다. 다른 접근은 많은 상황에서 방호가 이미 최적화 되었으므로 규제요건의 적용은 합당하지 못함을 고려하는 것이 될 수도 있다. 이 접근을 따르자면 규제요건으로부터 면제에 대한 정량적 규정이 유용할 것이다. 그러한 배제 조건은 추가 개인선량의 사소함이라는 개념보다는 어떠한 관리도

최적 방호대책이 아니라는 근거에서 정의될 필요가 있을 것이다. 여건과 함께 사람들에게 미치는 잠재적 위험을 고려하여 단계적 접근을 사용할 수도 있다. 예를 들면, 방사선준위가 낮고, 피폭원이 본질적으로 안전하다면 운영자나 소유주가 규제자에게 산업운영에 대해 상세히 신고하는 것만으로 충분할 것이다. NORM의 대량 취급에 대한 면제 규정의 결정에서 단계적 접근은 방호자원을 더 필요로 하는 곳에 투입함으로써 노동자 보호와 공중보건을 촉진시킬 것(O'Connor, 2006)으로 본다.

(138) ICRP 60에서 “선원이나 환경 상황을 규제관리로부터 면제하는 근거는 두 가지가 있다. 하나는 선원이 정상 또는 사고 조건 모두에서 작은 집단선량과 개인선량을 야기하는 경우이다. 다른 하나는 개인선량과 집단선량의 상당한 감축을 달성할 합리적인 관리수단이 없을 경우이다.”라고 ICRP는 말했다(ICRP, 1991a, 제287항). 나아가 ICRP는 “방호 최적화에 필요한 것과 비슷한 연구가...사소한 선량이라는 근거로는 면제할 수 없지만 어떠한 합리적 수준의 규제도 거의 성과가 없을 선원의 면제를 위한 논리적 근거를 제공한다.”고 적시했다(ICRP, 1991, 제290항). 이러한 폭넓은 접근은 원래의 국제적 배제원칙과도 합치하며, NORM 관련 상황에도 전면 적용이 가능하다. 유럽위원회도 같은 인식을 하여 “...천연 선원에 대한 (면제) 값의 규정이 사소한 위험 기준에 근거하기는 어렵다. 만약 $10\mu\text{Sv}$ 라는 제한을 두더라도 자연방사선 백그라운드에 실제로 자연적 변동 폭보다도 작은 그러한 증분을 관리한다는 것은 비현실적일 것이다.”라고 인정했다(EC, 2002). NORM에 대해 $10\mu\text{Sv}$ 기준 적용불가의 요점은 이러한 방사성물질로 인한 백그라운드 선량 준위, 더 중요하게는 그 변동폭조차 $10\mu\text{Sv/y}$ 보다 1~2 자리 높다는 사실이다.

(139) 그러므로 NORM 피폭과 관련된 상황의 면제를 위해서는 두 면제근거의 두 번째 경우(ICRP, 1991a, 제285-288항) 즉, “합리적인 수준의 규제가 개인선량과 집단선량의 상당한 감축을 달성할 수 없음”이 더 적합하며, $10\mu\text{Sv}$ 기준과 같은 사소한 선량을 근거로 면제하는 것보다 의미가 있다. 자연 백그라운드로부터 선량의 지역적 변동이 수백 $\mu\text{Sv/y}$ 정도임을 주목해야 하고(Green 등, 1993), 그 아래에서는 규제가 유의한 개선을 가져오지 못하는 수준을 결정할 때 이점을 명심해야 한다. 이것은 실제 ICRP가 직무피폭의 상황을 다룰 때와 같은 접근인데(ICRP, 1997, 제158-161항) 이때 “규제기관이 이러한 방사성물질로부터 피폭을 직무피폭으로 간주할지를 결정하는 어미핵종 방사능 농도를 1~10 Bq/g 범위에서 선택한다.”고 권고했다(즉, 그 물질은 직무피폭 규제관리 대상으로 간주된다.) 실제로 ICRP는 천연 방사성핵종에 의한 피폭에 대해 약간의 지침

을 ICRP 75에 주었다. 환경 중 ^{238}U , ^{232}Th 준위가 일반적으로 40 Bq/kg 수준에 다 변동도 10배 이상임을 주목하면서 ICRP는 이러한 방사성물질들을 규제에서 배제하는 것이 합리적일 것으로 보았다. ICRP는 규제기관이 이러한 방사성물질로부터 피폭에 규제 요건을 적용할지를 결정하는 어미핵종의 방사능 농도를 1000~10 000 Bq/g 범위에서 선택하기를 권고했다.

(140) 이 경우의 접근은 선량이 아니라 NORM의 방사능 농도에 근거하고 있지만 외부피폭과 먼지흡입을 고려하면 “이 정도 방사능농도는 연간 유효선량 약 1~2 mSv(종사자 피폭)를 줄 것”으로 알았다. 게다가, 위와 비슷한 범위의 방사능 농도의 NORM을 다루는 것으로 알려진 “광물 가공 산업의 전형적 설치나 운영”으로부터 천연 방사성핵종 배출로 일반인이 받는 연간 최대 유효선량이 0.1~300 μSv 정도가 될 것이라는 보고도 있었다(UNSCEAR, 2000). 그래서 NORM 산업에서 지금까지 최대 선량을 받은 사람은 일반인이 아니라 종사자일 가능성이 크다. 이것은 그러한 방사능이 선량을 기준으로 면제가 고려된다면, 종사가 받는 선량이 중요하다는 것을 의미한다. 종사자가 받는 선량이 1 mSv/y인 일반인 선량한도를 초과하지 않는다면, 이것은 NORM 피폭 관련 상황에서 적절한 면제기준이 될 수 있을 것이다.

(141) 그러므로 NORM 산업에 대한 면제(또는 경우에 따라 배제)는 약 1mSv/y의 개인선량 기준으로 다룰 수 있다(라돈에 의한 선량은 제외하며 별도로 제7.4절에서 다룸). 특히 간편한 대안이 있는 경우에는 1 mSv/y 이상인 피폭상황을 면제하는 것은 정당화 되지 못할 것 같다고 알려져 왔다. 게다가, 우라늄 광산 운영에 뒤따르는 원자력산업에 사용되는 천연 방사성핵종을 함유한 물질에 관련된 피폭상황은 NORM 산업과 비교했을 때 상대적으로 관리하기 쉬운 편이다. 그러므로 원자력산업에서 천연 방사성핵종에 대한 면제기준은 우라늄 채광활동을 제외하면 NORM 산업에서 면제기준보다 낮은 면제준위를 사용할 수 있을 것이다(Landfermann, 2006).

(142) 이것은 ‘배제, 면제, 해제 개념의 응용’(IAEA, 2004a)에 대한 정부간 협약과 합치하는데, 협약은 ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th 을 머리로 하는 시원적 붕괴연쇄 중의 방사성핵종을 함유한 물질의 경우 약 1000 Bq/kg, ^{40}K 를 함유한 물질의 경우 약 10 000 Bq/kg인 면제준위 미만의 방사능 농도로 인한 개인선량은 라돈 방출로부터 기여를 제외하고는 약 1 mSv/y를 초과할 것 같지 않다고 설명한다(IAEA, 2004b, 제3.3항). 국가 규제기관은 이러한 정부간 협약의 덕을 볼 수도 있다.

(143) 그러나 많은 NORM 피폭상황을 제거할 수 있는 유용한 접근이라고 할지라도, 국제적으로 합의된 수치는 규제관리가 합당하거나 합당치 않은 모든 상황을 식별하기에 충분하지 않은 않다. 심지어는 이 수치를 크게 초과하는 방사능 농도를 갖는 물질과 관련된 어떤 행위에서 최적 규제방안이 일부 규제요건을 적용하지 않는 것일 수 있다. 방사능농도 값이 초과되는 상황에서는 규제자는 규제요건을 자동으로 적용하기 앞서 그 적용이 최적 방호방안인지 사안별로 결정할 필요가 있다.

(144) 1000 Bq/kg이라는 값이 시원적 붕괴연쇄에 관한 계획피폭상황의 면제를 위한 지표로서 충분히 현실적이지만 최적화에 기반으로 라돈에 사용했던 것(제 7.4절 참조)과 비슷한 선량기준을 근거로 더 높은 면제준위를 정의할 수 있다는 제안도 있다. 그러면 특히 발생하는 폐기물을 고려할 때 NORM을 사용하는 산업에서 원치 않는 영향들을 회피할 수 있을 것이다(Carboneras, 2006), 이 관점에 따르면, 면제준위를 결정할 때 농도가 1000 Bq/kg을 넘고 규제하지 않은 NORM 산업과 활동에 널리 사용되는 대량의 시원적 방사성물질이 있음을 고려해야 한다(Carboneras, 2006). 게다가 3000 Bq/kg 수준의 농도를 갖는 지르콘이나 지르코니아와 같은 몇몇 NORM 광물도 그들의 화학적, 물리적 성질과 분진을 관리하는 작업장의 사용 패턴 때문에 1 mSv/y 기준을 만족시킬 것으로 알려져 왔다(Simmons, 2006). 반대로 시원적 붕괴연쇄 핵종의 평균 방사능농도가 200 Bq/kg 정도인 대량 폐기물이나 폐석터미에 대한 평가는 일반인피폭으로 1mSv/y 이상(지하수가 오염됐을 경우에는 5 mSv/y 안팎까지)을 줄 수 있다고 보는 사람들도 있다(Landfermann, 2006). 그래서 이러한 피폭상황은 관리를 필요로 할 정도로 충분히 높다고 볼 것이다. 천연방사성물질로 구성된 폐기물을 배출하는 NORM 산업에 대한 면제 문제는 개인과 국가 차원에서 계속 논쟁거리가 될 것이고, 이러한 이유로 정부간기구를 통한 국제적 조화가 바람직함을 ICRP는 알고 있다.

(145) 방사성핵종 혼합물인 경우, 면제(상황에 따라 배제)의 필요조건은 각 핵종에 대해 방사능이나 방사능농도가 다음으로 구한 값을 초과하지 않아야 한다.

$$X_m = \frac{1}{\sum_i \frac{f(i)}{X(i)}}$$

여기서 f(i)는 혼합물에서 핵종 i의 방사능 비율 또는 방사능농도, X(i)는 핵종 i의 방사능이나 방사능농도 면제 값, X_m은 방사능 또는 방사능농도의 유도된 면제 값이다(X(i)의 단위와 X_m의 단위는 같다.)(Hattori, 2006).

(146) 그러므로 NORM산업에서 상황에 따라 면제와 배제 개념 모두 적용 가능하다는 생각을 ICRP는 유지한다. 최근 광물과 원료를 다루는 작업에 있어 방호 수단 수요를 평가하는 문제에 대한 국제적 발전(IAEA, 2006)뿐만 아니라 NORM에 관한 국제회의(IAEA, 2007)의 새로운 결과도 흥미 있게 주목하고 있다. NORM을 다루는 대부분 사업이 원료물질 뿐만 아니라 공정 전체를 고려하면 사실상 관리가 합당하지 않아 보일 것이 거의 분명하여 배제개념을 묵인하고 있는 것 같다. 나아가 어떤 경우라도 규제관리 대상이 되어야 하는 NORM산업 수는 우라늄 채광과 처리 외에 12개 정도로 제한될 것으로 보인다. 이러한 결과가 옳다고 밝혀지면 NORM 산업 규제는 현저히 좁아질 것이다. 그러면 규제자는 피폭상황별로 규정에 명시적으로 한정된 수의 산업에만 노력을 집중하여, 각 공정을 들여다보고 어떤 공정을 전면 규제하고 어떤 것에 적절히 면제할 것인지를 결정할 수 있을 것이다.

(147) 방사성 건축자재는 NORM에 대한 일반논의의 예외일 수 있는데 특별로 다루거나(제7.3.1절에서 다룸) 방사능 함유 일용품으로 보아 다룰 수도 있다 (Rochedo, 2006; 제7.5절에서 다룸)

7.3.1. 방사성 건축자재

(148) 감마선을 방출하는 천연 방사성핵종이 풍부한 건축자재를 사용하면 그 가옥 거주자에게 상당한 피폭을 초래할 수 있다. 세계 각지에서 방사성 건축자재는 여러 세대에 걸쳐서 사용되어 왔다. 주로 관심 대상인 방사능 함유 물질로는 건축용 석재, 콘크리트, 소석회, 골재로 사용되는 산업 부산물과 잔류물 등이 있다. 암석 중 ^{238}U 이나 ^{232}Th 시원붕괴계열과 ^{40}K 의 백그라운드 준위는 지각에 있는 ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K 의 중간농도 수준으로서 외부입사 감마선에 비슷하게 기여하며, 그 농도는 대략적으로 각각 35, 30, 400 Bq/kg 정도이다. 콘크리트와 같은 다른 방사성 건축자재의 전형적 농도도 지각에 있는 농도와 대체로 비슷하며, 그 값은 ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K 가 각각 대략 40, 30, 400 Bq/kg이다(EC, 1999).

(149) 천연 건축석재는 여러 종류의 방사능 함유 물질로 구성되어 있다. 방사성 핵종 함량은 마그마로부터 생성된 염기성암에서 가장 낮다. 또, 대리석, 석회석 등 다양한 침적암도 적은 양의 천연방사성핵종을 함유하고 있다. 보통 산성 마그마성 암석, 후기 마그마성 화강암 및 몇몇 변성암들에서 높은 농도를 보인다. 이들 방사성 건축자재들은 주로 바닥재로 사용되는데 피폭평가는 방사능 함유 물질이 어떻게 사용되는지를 바탕으로 한다.

(150) 콘크리트는 가장 흔히 사용되는 방사성 건축자재이다. 콘크리트의 천연방사성핵종 농도는 방사성 골재물질과 첨가물에 따라 다르다. 흔히 이용되는 골재 물질은 모래, 자갈, 쇄석, 조약돌인데 이들은 콘크리트의 방사능 성분을 별로 높이지 않는다. 하지만 ^{226}Ra 농도가 높은 경석, ^{40}K 농도가 높은 화강암으로 된 골재들도 사용되고 있는데, 이러한 방사능 골재물질은 콘크리트의 방사능 함량을 증가시킨다. 발포 콘크리트나 경량 콘크리트는 주로 보통콘크리트와 같은 방사능 물질로 이루어지지만 최종물이 셀 구조가 되도록 소량의 알루미늄 분말을 첨가한다. 과거에 보통콘크리트나 발포 콘크리트 골재로 이용되던 물질인 명반혈암 alum-shale은 특히 높은 ^{226}Ra 농도를 갖는다.

(151) 산업 부산물이나 잔류물을 건축자재의 골재로 사용하는 일이 경제적, 환경적인 이유로 증가하고 있다. 가장 흔히 사용되는 방사능 물질은 석탄회(석탄이나 토탄 연소로부터), 용광로 용재, 석고이다. 이러한 방사능 물질은 발생 과정에서 농축되기 때문에 천연방사성핵종의 농도(때로는 잔류 인공 방사성핵종)가 높아졌을 수도 있다. 예를 들면, 석탄발전소의 석탄회(비회와 저회가 섞인 물질)는 석탄에 시원 방사성핵종 존재로 인해 방사능 물질이 되는데 세계적으로 널리 이용되고 있다. 매년 2억8천만 톤 이상의 석탄회가 발생하고 있는데, 이 중 대략 4천만 톤이 벽돌이나 시멘트 생산에 이용되고 많은 양이 바닥재 안정제나 아스팔트 혼합물에 이용된다. 석탄회를 충전재로서 이용하는 몇몇 대규모 사용자는 위 수량에 포함되지 않았다. 예를 들어 1996년 중국에서 원석탄 생산량은 14억 톤이었으며, 3억2천960만 톤의 석탄회가 발생하여, 1억4천백만 톤이 시멘트를 포함한 건축자재 생산에 이용되었다는 보고가 있다(Pan, 1999).

(152) 건축에 천연 방사성핵종을 함유한 물질 사용으로 인한 방사선량은 잘 알려져 있지 않지만 이에 의한 세계평균 피폭은 약 0.4 mSv/y, 전형적 범위는 0.3~0.6 mSv/y로 평가하고 있는데(UNSCEAR, 2000), 거주자가 연간 수 mSv의 선량까지 받을 수 있는 것으로 알려져 있다. 유럽에서는 외벽에 함우라늄 명반혈암과 석탄 용재가 들어간 집에서 연간 선량이 10 mSv에 이르는 것이 보고된 바 있다. 또 아시아 큰 도시 하나 이상에서 온천에서 나온 지하수가 지나는 지역의 퇴적물을 주택 건축에 사용했는데 연간 선량 100 mSv를 훨씬 넘겼다(UNSCEAR, 2000).

(153) 시원 붕괴연쇄는 1000 Bq/kg, ^{40}K 은 10 000 Bq/kg의 값을 방사능 건축자재 면제기준으로 사용하면, 몇몇 피폭 시나리오에 따라 그러한 물질로 지은 건물 거주자는 상대적으로 높은 선량을 받을 것이다. 실제로 전산코드를 이용한 모델

링을 사용하여 그러한 준위의 방사능 물질로 지은 건물 거주자의 연간선량 평가치는 3~5 mSv/y, 때로는 5 mSv/y를 넘을 수도 있다는 보고도 있다(Stern, 2006).

(154) 방사능 건축자재를 규제관리에서 면제하는 이슈에 대해 이 문제와 관계 깊은 많은 나라의 전문가 토의(IAEA, 2005a)가 국제기구 틀 내에서 있어 왔음을 ICRP는 주목한다. 전문가들은 규제기관이 최악 시나리오에서 연간선량이 수 mSv를 넘지 않도록 해야 한다고 결론을 내렸다. ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th 가중 농도의 합이 1 Bq/g보다 낮다면 개인적으로 취한 식용이 아닌 일용품에서 방사성핵종에 대해 국제적으로 합의된 준위는 이 선량기준을 맞출 것으로 보인다. 일부 유럽 국가들은 합산식의 가중에 낮은 값을 사용한다(Carboneras, 2006; Laaksonen, 2006). 즉, 가중합을 근거로 면제하는 것이 적절해 보이긴 하지만, 제안된 계산에서 사용하는 분자가 EC 지침에서 도입한 유사한 식의 분자보다 크다(EC, 1999; Janssens, 2006).²³⁾ 결과는 기본적으로 단일한 주요 방사능 물질(예를 들면, 콘크리트로 만들어진 평평한 블록)이 사용된 경우에는 많이 보수적이 되지만 대부분 방사능 건축물에 대해 적절하다. 한 방식 위주일 때는 선량을 1 mSv 이하로 유지하기 위해 일정 인자(예: 약 3배)로 낮춰야 한다. 여러 방사능 물질이 혼합된(예: 콘크리트 바닥, 벽돌 벽, 나무나 유사한 천장) 모든 다른 실제적 경우, 일부 물질(예: 벽)이 높은 준위이더라도, 전체가 1 mSv를 초과하는 경우는 거의 없을 것이다. 그러므로 IAEA와 EC가 제안한 접근방법이 심각하게 차이를 내지는 않는 것으로 볼 수 있다. 가장 엄격한 시나리오의 선량계산에서 요동은 백그라운드 방사선의 차감과 세 방사성핵종 분율의 재분배와 관련이 있다.

(155) 하나의 실용적 접근 방법은 방사능 건축자재에 의한 피폭상황을 계획피폭 상황이 아닌 기존피폭상황으로 취급하는 것일 수도 있다. 사실, 대부분 건축자재 사용은, 심지어 NORM 잔류물을 이용하는 것까지도(예를 들면, 석탄회) 참조준위를 이용해야 현명하게 다룰 수 있는 사실상 기존피폭상황이다. 새롭게 건축자재로 도입되고 있는 NORM 잔류물의 경우, 이것은 계획된 활동이기 때문에 그 결과는 계획피폭상황의 특징을 가진다고 주장할 수도 있다. 그러나 방사능 건축자재의 사용을 기존과 새것을 구분한다는 것은 매우 비현실적일 수 있다. 그러므로 NORM을 포함하는 건축자재로부터 야기되는 모든 피폭상황을 기존피폭상황으로

23) <역주> EU BSS는 건재 중 NORM을 관리할 목적으로 방사능농도지수 I를 다음과 같이 가중식으로 정의하여 사용한다.

$$I = \frac{C_{Ra226}}{300} + \frac{C_{Th232}}{200} + \frac{C_{K40}}{3000}$$

여기서 C는 각 핵종의 Bq/kg 단위 농도이다.

간주하는 것이 현명한 방법일 수 있다. 대부분 경우, 규제는 건축자재 표준이나 건축기준에서 참조준위 형식을 취할 수 있겠지만 이것은 일반 관리 형식으로서 통상 계획피폭상황에 관련한 규제관리 형식은 아니다. 여기서는 허가를 신청해야 하는 사람이나 면제를 신청해야 하는 사람을 식별하기 어려울 것이다.²⁴⁾ 실제로 이 접근 방법은 천연방사성핵종만 함유하고 있는 모든 비식용 일용품에 대해 일반화될 수 있다. 사실 방사능 건축자재 전체를 국제적 방사선 기준이 이미 있는 ‘일용품’으로 간주할 수 있다고 인식되고 있다(Rochedo, 2006)

(156) ICRP는 방사성 건축자재에 의한 피폭상황을 NORM 상황의 특별한 경우로 다룰 수도 있고, 방사능 건축자재를 일반 일용품으로 간주하여 다룰 수도 있다고 보는데 이때 일용품은 국제 정부간기구의 후원 아래 정해진 일용품의 방사선기준에 대한 협정(IAEA, 2004a, b)에 따르게 된다(제7.5절 참조). 그러나 이들 정부간 협정이 정한 준위 미만 방사능농도를 가진 방사성핵종에 의한 피폭에 대해 규제기관이 어떤 형태 규제관리를 고려할 필요가 있는 상황도 있음을 인정한 것도 ICRP는 알고 있다. 또한 ICRP는 위에서 언급한 공식의 사용이 모든 일용품에 대해 국제적으로 채택된 간단한 방사선 기준에 혼란을 줄 수 있음도 알고 있으며 일용품기준을 따르는 것이 높은 백그라운드 준위를 갖는 나라의 규제기관에 불필요한 과부하를 주지 않을 것이라고 기대하고 있다(Rochedo, 2006). 이 정부간 협약에 잘 지적했듯이, 규제기관들은 그러한 상황들을 조사하고 필요한 조치를 취할 권한을 가져야 한다(IAEA, 2004a).

(157) ICRP는 방사성 건축자재를 규제하는 중요한 이슈에 대한 이러한 모든 진전들을 관심을 가지고 추적하고 있다. ICRP는 방사성 건축자재로 지어진 가옥에서 피폭 준위에 대한 사실적 정보의 수집을 계속 권장한다. 동시에 이러한 방사능 물질의 관리에 특별한 주의와 함께 고려할 것을 강조한다. 그러므로 결정의 방사선학적 의미를 신중히 분석하지 않은 채 NORM을 포함하는 건물 구성성분에 의한 피폭상황을 배제하거나 면제하지 말 것을 ICRP는 권고한다. 또, 라돈 전구물질의 방사능 농도에 대해 특별한 제한을 둘 지를 규제자가 고려해야 한다고 밝힌다. 방사능 건축자재로부터 라돈 방출율은 방사능 물질 자체의 물리적 성질과 그 국가의 건축 관행에 영향을 받을 것이다. 주변 환경 라돈에 의한 피폭에 대한 문제는 제7.4절에서 논의한다.

24) <역주> 건축자재 중의 방사능에 의한 일반인의 피폭은 기준피폭상황이 적합한 개념이다. 그러나 같은 건축자재의 문제이더라도 그것이 직장의 문제이면 계획피폭상황으로 간주하는 것이 개념상 적절하다. 직장에서는 방호책임이 분명한 고용주가 있다.

7.4. 주변 라돈 피폭

7.4.1. 주요 방사선원

(158) 천연적으로 방사성이자 불활성 기체인 라돈은 지각 물질 어디에나 있다. 라돈의 세 방사성 동위원소 ^{222}Rn , ^{220}Rn , ^{219}Rn 은 환경에서 자연적으로 생성된다. ^{219}Rn 은 반감기가 4초이며 ^{235}U 을 머리로 하는 천연방사능 계열에 속한다. 통상 ‘토론’thoron으로 불리는 ^{220}Rn 은 반감기가 55초이며 ^{232}Th 을 머리로 하는 방사능계열에 속한다. 보다 일반적으로 간단히 ‘라돈’이라 불리는 ^{222}Rn 은 3.82일의 반감기를 가지며 ^{238}U 을 머리로 하는 방사능계열에 속한다. 반감기가 짧고 토양 내 ^{235}U 의 농도가 낮기 때문에 ^{219}Rn 에 의한 방사선량은 무시할 수 있고, 따라서 방사선학적 관심사가 아니다. 건물들에 상대적으로 ^{232}Th 의 농도가 높은 물질이 사용된 경우(앞 절 참조)를 제외하고는 같은 논리가 토론에 대해서도 적용된다. 라돈은 환경에 누적될 수 있을 만큼 반감기가 충분히 길고, 선행 핵종인 ^{238}U 의 토양 중 농도가 상대적으로 높을 수 있기 때문에 잠재적으로 유의한 방사선 피폭원이다. 라돈 원자는 천연방사능물질인 고형체가 붕괴할 때 반도에 의해 이탈하여 공기 중으로 스며 나온다. 라돈 원자는 다른 원소의 동위원소로 붕괴하고, 이들이 공기 중에 존재하는 응결핵이나 먼지 입자에 부착된다.

(159) 인간이 거주지로 선택한 제한된 공간, 특히 라돈 방출 방사능 물질로 둘러싸이거나 라돈을 방출하는 지면에 위치한 공간은 공기 중 라돈 농도가 높은 경향이 있다. 원시인이 살던 동굴에서부터 현대인의 석조 또는 벽돌 가옥까지가 그 예이다. 천연가스는 상당한 양의 라돈을 포함할 수 있으므로 취사용 천연가스 사용 또한 주택 내 라돈 노출을 증가시키고 있다. 최근에는 난방효율을 높이기 위한 주택 단열이 문제를 악화시키고 있다. 여러 나라에서 국지적으로 최대치가 $100,000 \text{ Bq/m}^3$ 정도까지 달하는 것처럼 건물에서 극도로 높은 라돈과 자손 농도가 보고되고 있다. 이러한 수준은 수백 mSv까지의 연간 유효선량을 야기하는 전형적으로 높은 노출 지역 수준의 100배 정도까지 노출을 야기할 수 있다. 대부분의 경우 이러한 극단적 라돈 농도는 치유로 감소될 수 있지만, 주거와 작업장에서 라돈 농도가 높을 수 있어 인체 피폭의 중요한 선원이 됨은 자명하다. 실제로, UNSCEAR는 단수명 붕괴산물이 흡입되면 폐 기관지의 다양한 기도벽을 따라 흡착되기 때문에 라돈이 사람의 방사선피폭에 가장 크게 기여하는 것으로 평가하고 있다(UNSCEAR, 2000).

(160) 라돈에 의한 인체 피폭의 중요성 때문에 ICRP는 이 문제에 많은 주의를 기울여 왔고, ICRP 60, 65, 75와 2007년 권고에서 라돈 피폭에 대한 방호를 어

떻게 조절하느냐에 대해 상세한 조언을 제공하였다(ICRP, 1991a, 1993b, 1997, 2007).

7.4.2. 라돈 피폭의 관리가능성

(161) 라돈 피폭상황의 관리는 일반적으로 단순하지만, 실제로는 낮은 라돈 농도와 관련된 상황은 관리가 용이하지 않다. 가정에서 비정상적으로 높은 라돈 준위는 합리적으로 관리 가능하지만 정상 주변 수준의 준위는 수많은 주택이 잠재적으로 관련되어 있고 라돈 준위의 추가 감축에 어려움이 따를 수 있어 관리가 쉽지 않다(Wymer, 2006). 라돈은 자연적으로 주변 공기에서 생겨나나 부적절한 건축기법, 주변의 채광과 정련활동, 심지어 정원의 주기적 갈무리 때문에도 라돈 준위가 현저히 증가할지도 모른다. 라돈 방출원에 관리대책을 적용하는 결정을 한다면 노출을 줄일 수도 있다(Johnsrud, 2006). 새로운 격리 기법은 라돈 관리를 비교적 쉽게 만들었다. 라돈 침투를 줄이기 위해 주택의 바닥 슬라브 아래 불침투성 방벽을 사용해 왔다. 높은 라돈 준위가 발견되면 작동하는 라돈 웅덩이 설치도 실내 라돈농도를 관리하는 또 다른 통상적 기법이다.

(162) 일부 국가에서는 라돈 관리요건을 건축과 건설 표준(예를 들어 ASTM, 2007; EPA, 1994)에 포함해 왔으나, 전통적인 방사선방호 규정에는 라돈에 대한 광범한 접근은 없다. 더욱이 그러한 규정들이 있더라도 그 아래서는 관리가 부당한 어떤 보편적 농도 값을 정할 수 있을지 불확실하다. 주택과 작업장 라돈 농도는 세계적으로 크게 다른데 여러 이유 중에서 지질, 기후, 방사성 건축자재, 기술 그리고 중요하게 국가 관습의 차이가 원인이다. 이러한 상황은 라돈 관리에 대한 조화된 접근을 어렵게 하므로 지역 상황에 크게 의존한다. 그래서 때로는 라돈 관리가 쉽지만 때로는 관리가 현실적으로 실행 불가능하다.

(163) 아마도 이런 모든 이유 때문에, ICRP는 라돈 피폭이 공식적으로 규제되어야 할지에 대한 문제를 거론하지 않았다. 특히, 주어진 라돈 농도를 관리 용이하지 않은 것으로 간주해 방사선방호 규정으로부터 배제되어야 한다고 ICRP가 생각한 적은 없다. 이 정의는 간단하지 않을 것이다. 장기간 평균 전형적 옥외 농도는 $1-100 \text{ Bq/m}^3$ 이라고 보고되었다(UNSCEAR, 1993). 전형적 옥내 농도는 수십 Bq/m^3 이다. 전세계 분포의 산술평균은 옥외에서 10 Bq/m^3 이고 옥내에서는 40 Bq/m^3 이다(UNSCEAR, 2000). 지표면에서의 우주 방사선처럼 정상 주변 수준의 라돈 피폭을 관리하기를 고려하는 것은 비현실적으로 보인다는 주장이 있겠으나 이 접근은 고려하지 않았다.

(164) 비록 국가 당국이 모든 라돈 피폭상황 관리를 공식적 규정에 포함하기로 결정했는지라도, 규제자에게는 여전히 몇몇 규제요건들을 특별한 상황에 적용하는 것이 합당한지를 결정해야 하는 일이 남는다. 이 결정은 적절한 사회적, 경제적 조건을 포함하는 현지 상황과 그러한 상황이 규제 조치의 적용을 받는지 여부에 크게 의존할 것이다. 만약 라돈 상황이 규제되지 않는다면, 면제를 적용할 사람을 확인할 수 없다. 예를 들어 광산 활동처럼 많은 라돈 직무피폭 상황들은 규제를 받으나, 그렇지 않은 상황들도 많다. 예를 들어 가사근로자들은 주택 환경의 라돈이 높더라도 일반적으로 직무 방사선방호 규정의 적용을 받지 않는다. 일반인의 라돈 노출에 대한 규제는 더욱 드물다. 앞서 지적했듯이, 라돈 농도 관리를 겨냥한 여러 건축표준들이 있으나, 여기에는 면제를 적용할 수 있는 등록자나 허가받은 사람이 없기 때문에 본질적으로 방사선방호 규제로 볼 수 없다.

(165) ICRP는 규제자가 아래의 ICRP 권고에 따라 직장과 가정에서 라돈을 관리하는 최적 준위를 선정해야 할 것으로 계속 생각한다. 이 최적 준위 이상에서는 직장과 가옥 내에서 라돈의 치유수단이 일반적으로 합당하다고 볼 것이다.

7.4.3. 라돈 방호에 대한 권고의 발달

(166) ICRP 60에서 ICRP는 ‘기존 가옥에서 치유조치를 요구하거나 권고할 때를 결정함에 도움이 되도록’ 개입을 시작하기 위한 조치준위의 사용을 권고하였다 (ICRP, 1991a, 제216-218항). ICRP 65(ICRP, 1993b)에서 ICRP는 가옥에서 라돈 조치준위의 개념을 더욱 다듬었고, ‘라돈 피폭을 줄이기 위해 개입이 이루어져야 하는 작업장을 정의하는 데 조치준위가 필요한데’ 여기서 그러한 조치준위는 ‘라돈 피폭에 행위에 대한 ICRP의 방호체계가 적용되어야 하는 작업장과 그러한 방호체계를 적용하지 않는 작업장을’ 규정하게 될 것이라고 적시했다. (ICRP, 1993b, Para. 83). ICRP는 가옥에 대해서 $200-600 \text{ Bq/m}^3$, 작업장에 대해서 $500-1500 \text{ Bq/m}^3$ 을 조치준위로 권고하였다. 국제표준도 대체로 ICRP 권고를 따르는데, 가옥에서 $200-600 \text{ Bq/m}^3$, 작업장에 대해 1000 Bq/m^3 값을 수립하였다.

(167) 2007년 권고에서 ICRP는 라돈 피폭에 관한 이전의 구체적 권고(ICRP, 1993b) 이후, 여러 역학연구가 보통 수준 농도에서도 라돈-222 피폭의 위험을 확인했음을 재확인했다. 유럽, 북미, 그리고 중국의 주택에서 사례대조연구들도 폐암 위험과 주택 라돈-222 피폭 사이의 유의한 관계를 입증하였으며, 전반적으로 라돈 방호에 대한 ICRP 권고를 지지했다(ICRP, 2007, 제289항).²⁵⁾ 그러므로 ICRP는 ‘광부에 대한 역학연구와 주택 사례대조연구로부터 개발된 위험 평가치

사이에 뚜렷한 일관성이 있다'고 결론지었다. 광부 연구들은 라돈 피폭에 의한 위험 평가와 선량-반응 관계 수정인자의 영향에 대한 강력한 근거를 제공한 반면, 최근의 주택대상 병합연구는 광부 연구로부터 외삽할 필요 없이 가정에 있는 사람들의 위험을 직접 평가하는 방법을 제공한다(ICRP, 2007, 제290항). ICRP는 다음과 같은 ICRP 견해를 상기시키고자 한다. 즉, '라돈 위험평가에 대한 ICRP 견해는 지금까지는 광부에 대한 역학연구를 반영해야 한다는 것이었다. 이제 가정 라돈피폭 데이터가 풍부하게 확보되어 있으므로, ICRP는 가정 라돈피폭의 위험평가에 주택에 대한 라돈-222 병합 사례대조연구를 포함시킬 것을 권고한다. 그러나 선량반응관계, 흡연 교란효과, 다른 작용제 피폭을 연구하는 데 광부 역학연구는 여전히 상당히 유용하다. 현재까지 밝혀진 역학적 근거에 따르면 라돈-222(붕괴핵종 포함) 피폭에서 폐암 이외 위험은 작은 것으로 보인다'(ICRP, 2007, 제291항).

(168) ICRP 2007년 권고는 다음을 되풀이 하고 있다. '라돈에 관한 ICRP 권고에서 바탕 주제는 피폭의 관리 가능성이다. 피폭을 관리할 수 있는 능력에 따라 지하광산을 포함해 어떤 작업장에서 라돈피폭이 ICRP 방호체계 대상이 되어야 하며, 주택에서 라돈피폭을 제한하기 위한 조치를 고려해야 하는지를 구별하게 된다. 라돈-222를 이렇게 별도 방법으로 취급해야 하는 이유가 몇 가지 있다. 그 피폭경로가 다른 천연 선원 경로와 다르며, 라돈-222 고유의 선량계측과 역학적 현안이 있다. 대부분 사람들에게 라돈-222는 원칙적으로 관리할 수 있는 중요한 피폭원이다. ICRP는 '가정과 직장에서 라돈-222 방호에 관한 권고'를 이미 ICRP 65(ICRP 1993b)에 발표했다. 여기서 제공한 정책이 널리 근거가 되고 있으며 현행 권고에도 대체로 계승되지만, 현행 권고에는 최적화 원칙과 참조준위 사용이 중심 역할을 하는 피폭상황 기반의 새로운 접근법이 채택된다.' (ICRP, 2007, 제292항). 나아가 ICRP는 다음을 되새긴다. 'ICRP 65(ICRP

25) 문헌에는 주택 라돈피폭으로 위험이 있는지 의문에 대해 많은 논란이 있어왔다. 그러나 주택에 대한 사례대조연구 결과의 넓은 범위와 흡연이나 다른 인자들의 중요한 교란효과에도 불구하고 전반적으로 주택라돈에 대한 유럽과 북미 통합 사례대조연구는 폐암 위험과 주택라돈 피폭 사이에 명백한 연계를 보여주고 있다. 통합 주택연구들 사이, 그리고 광부연구로부터 하향 외삽에 근거한 평가치와 상당한 일관성이 있다. 나아가 UNSCEAR가 사용한 역학연구는 WLM 당 ERR (초과상대위험) 평가치 0.0117을 적용한 선형 ERR 모델이 50 WLM 이하 피폭에서 BEIR VI 모델과 좋은 근사를 제공함을 보였다. 점유도, 라돈과 자손핵종의 평형인자, 그리고 광산과 가정의 조건 차이에 대한 표준 가정을 사용하면 가정에서 100 Bq/m^3 의 라돈 농도에 30년간 살면 약 12 WLM의 피폭이 되며 광부 모델에 근거한 100 Bq/m^3 당 ERR은 0.14가 된다. 폐암이 드문 질환이고 대체로 급히 치명적이므로 폐암 사망률에 대한 ERR 평가치는 폐암발생에 대한 EOR (초과기회비)과 대응해지며 그래서 광부에 근거한 평가치 0.14는 주택통합분석으로 얻은 중국의 0.13, 유럽의 0.08, 북미의 0.11과 매우 잘 일치한다.

1993b)에서 정책은 피폭감축을 위한 조치가 거의 확실하게 필요한 준위로 라돈-222로부터 유효선량 연간 10 mSv를 설정하는 것으로부터 출발한다. 규제당국들이 일반적 방호최적화를 적용할 것을 예상하면 조치를 취하는 준위는 보다 낮아서 3~10 mSv 범위에 있게 될 것이다. 이 유효선량을 선량환산합의에 따라 라돈-222 농도 값으로 환산했으며, 그 값은 해당 장소에서 보내는 시간이 다르기 때문에 가정과 직장에서 달라졌다. 주택의 경우 라돈농도 범위는 200-600 Bq m⁻³인 반면, 직장의 농도는 500-1500Bq m⁻³이다. 최적화 결과는 그 수준을 초과하면 선량 감축조치가 필요한 조치준위를 설정하게 된다.’ (ICRP, 2007, 제293항).

(169) 그러므로 ICRP는 ‘이제 ICRP는 라돈피폭 관리를 위해 선원중심 방사선방호 원칙을 적용할 것을 권고한다. 따라서 국가 당국은 방호 최적화를 돕도록 국가 참조준위를 설정해야 한다. Sv 당 명목위험이 약간 변경되었지만 ICRP는 연속성과 실용성을 위해 ICRP 65에 규정한 것과 같이 개인선량 참조준위 상한 값으로 10 mSv, 그리고 이에 해당하는 방사능 농도를 유지한다. 즉, 방사능 농도로 표현되는 참조준위 상한 값은 작업장²⁶⁾에서는 1500 Bq m⁻³로, 가정에서는 600 Bq m⁻³로 유지된다(표7)’.²⁷⁾ (표7.1) (ICRP, 2007, 제294항).

표7.1 라돈-222 참조준위[†]

상황	참조준위 상한 값: 방사능 농도
주택 [‡]	600 Bq m ⁻³
작업장	1500 Bq m ⁻³

[†] 붕괴사슬 머리 또는 초기 방사성핵종의 방사능.

[‡] <역주> 2009년 11월 ICRP Porto 성명에 따라 주택에서 라돈 참조준위 상한 값이 이 표의 값의 절반인 300 Bq/m³로 수정되었음.

26) <역주> 작업장에 대해 참조준위를 제시한 것은 과거 ICRP 64의 내용을 옮겨옴에 따른 잘못이다. ICRP 103 권고의 피폭상황 중심체계 접근에서는 기존피폭상황에 해당하는 직무피폭은 없다. 직무피폭이 없으면 참조준위도 설정할 이유가 없다. 직무피폭에 대해서는 참조준위가 아니라 선량제약치와 선량한도가 관리를 위한 기준이 된다.

27) <역주> 최근 주택에서 라돈 피폭에 대한 역학연구 자료가 갱신됨에 따라 선량환산합의를 수정해야 한다는 이슈도 제기되어 있다. 이미 2009년 11월 ICRP Porto 성명에서 이러한 추세를 반영하여 가정에서 참조준위를 ICRP 103에 권고한 600 Bq/m³로부터 300 Bq/m³로 반감시켰다. 즉, 표7.1의 참조준위 값은 수정되어야 한다. 이제 라돈 피폭의 관리는 과거보다 더 주목할 대상이 되고 있다.

(170) ICRP는 다음과 같은 사항을 고려한다. ‘최적화 과정의 이행은 방사능 농도를 국가 참조준위 미만으로 만들 것이다. 그러면 방사능농도 준위가 낮은 수준으로 유지되는지 가끔 방사능농도를 감시하는 이외의 추가 조치는 일반적으로 필요하지 않을 것이다. 그러나 국가 당국은 라돈피폭에 대한 국가 참조준위 값을 정기적으로 검토해 적절한 수준으로 유지되고 있는지 확인해야 한다’(ICRP, 2007, 제296항). 나아가 ‘가정이나 기타 장소에서 라돈에 대한 조치 책임은 종종 소유자 개인에게 있는데 이 사람들은 상세한 최적화를 수행하지 못할 것으로 보인다. 따라서 규제당국은 참조준위 이외에도 그 아래서는 라돈-222에 대한 방호가 최적화된 것으로 볼 수 있는 준위 즉, 추가 조치가 필요하지 않을 것으로 간주되는 준위를 정할 수 있다’(ICRP, 2007, 제297항).

(171) 요약하자면, 일반인이 관련된 라돈 피폭상황에 관한 국가 당국이 ICRP가 권고한 참조준위 아래에 최적 방사능농도를 설정하고 사실상 하나의 비조치 준위로 운영해야 할 것으로 ICRP는 생각한다. 최적 방안이 아닐 수도 있는 승인 요건을 포함하는 전통적 방사선방호규제 방식으로 하지 않고도, 실내 라돈농도를 낮추는 건축기술의 발전을 장려함으로써 일반인의 라돈피폭을 효과적 방법으로 관리할 수 있다(Laaksonen, 2006). 이러한 관점에서 분명히 몇몇 국가에서는 자국 건축규정에 라돈관리 요건을 포함하고 있지만, 이것이 세계적으로 보편적 관행인지는 의문이다(Wymer, 2006).

(172) 직무 라돈 피폭상황에 대해 ICRP는 다음을 되새긴다. ‘직업안전 표준에 대한 국제적 조화를 위해 단일 조치준위 값 1000Bq m^{-3} 이 BSS에서 수립되었다.²⁸⁾ 마찬가지로 이유로 ICRP는 국제적으로 수립된 이 값을 현재 용어로 참조준위로²⁹⁾ 보고 라돈 피폭상황에 대한 직장 방호요건의 개시점을 정하는 데 세계적으로 사용함이 마땅하다고 생각한다.³⁰⁾ 실제로 이 국제 준위는 매우 필요한 ‘세

28) <역주> 2009년 11월 ICRP Porto 성명은 직무피폭으로 간주할 이 조치준위 값 1000Bq/m^3 에 는 수정을 가하지 않았다. 주택에서 피폭처럼 이 값도 1/2로 낮출 경우 영향을 받을 작업장이 과다할 것이라는 점이 반영된 결과이지만 방호의 균형 관점에서는 문제점으로 지적할 수 있다.

29) <역주> 전술한 바와 같이 기존피폭상황에 대해 직무피폭 참조준위를 권고하는 것은 적절하지 않다. 이 항에서 설명하는 것처럼 특정 준위 이상에서는 직무피폭으로 간주하여 관리하고 그 준 위 이하는 직무피폭으로 간주하지 않는다면 그 준위는 참조준위라기 보다 일종의 ‘면제준위’ 개념이다. 다른 관점에서 제안된 1000Bq/m^3 를 선량으로 환산하면 연간 약 6.7mSv 인데 이보다 낮으면 직무피폭으로 취급하지 않는 것은 다른 피폭원과 비교할 때 형평에 의문이 제기된다. 물론 어디나 상당한 수준으로 존재하는 라돈이라는 특수성이 반영된 것이지만 그렇다면 최적화를 위한 참조준위 문제가 아니라 관리 필요성(또는 합당성) 판단에 따른 면제가 더 적당한 개념이 될 것이다.

계적으로 조화된 감시와 기록유지 시스템' 역할을 수행한다. 이는 언제 직무상 방사선 방호 요건이 적용되는지, 즉 무엇이 규제관리 체계에 실제로 포함되는지를 결정하는 데 적절하다'(ICRP, 2007, 제298항).

7.5. 방사능 물질이 들어있는 일용품에 의한 피폭

(173) 식품과 건축자재와 같이 일반인들이 일반적으로 사용하고 소비하는 물품에 방사능이 있는 물질이 들어있을 수 있다. 이 보고서에서는 이러한 물품들을 '일용품'이라고 일반적으로 부른다. 일용품의 방사선방호 규제는 국제적 난제가 되어왔다. 일반적으로, 천연방사성핵종들이 자연적 과정의 결과로 일용품에 존재하며, 근본적으로 관리가 어려운 피폭을 준다. 그러나 관리 가능한 인간 활동의 직접적 결과로서 천연이거나 인공적 기원의 방사성핵종들이 일용품에 존재할 수도 있다. 이 핵종들은 규제 대상 활동이나 시설 퇴역에서 나온 방사성 잔류물, 또는 방사능이 있으나 해제된 물질이 재활용되어 시장으로 나오므로써 일용품에 함유될 수 있다. 계획피폭상황에 기인하는 일용품 방사성핵종의 준위는 이론적으로 ICRP 방사선방호 원칙을 적용하여 관리 가능하다. 그러나 천연방사성핵종 수준이 높은 기존상황, 또는 과거 활동이나 사건, 나아가 사고로 인한 방사성 잔류물이 있는 환경으로부터 방사성핵종이 일용품에 함유될 수 있다. 이 경우는 방사능이 일용품으로 광범하게 들어오는 과정이고, 따라서 이에 대한 규제는 논쟁의 여지가 있다.

(174) 소량의 방사성핵종이 들어있는 일용품의 거래를 어떻게 규제할 것인가는 간단한 문제가 아니다. 피폭상황은 여건에 따라 계획상황, 긴급상황 또는 기존상황으로 구분 가능하며, 개념적으로는 각 상황에 대한 ICRP 권고에 따라 관리수단이 이행될 수 있다. 그러나 시장의 세계화에 따라, 일용품의 방사성핵종 규제는 건별로 수립하기보다는 표준화를 필요로 한다.

(175) ICRP는 간행물 60에서 다음과 같이 권고하는 것으로서 일용품 규제 문제를 고려한 바 있다. '국제 교역을 불필요하게 제약하지 않기 위해서는 수출입이

30) <역주> 방사선방호를 위한 궁극적 참조가 되는 ICRP 기본권고에서 이러한 표현에 대해서는 역자는 다소 불만이 있다. 비록 BSS가 IAEA, WHO, ILO 등 여러 국제기구가 연합으로 수립한 방호표준이지만 흔히 설명되는 것처럼 BSS는 ICRP 권고를 바탕으로 구축되는 문서이다. 그럼에도 BSS가 규정하고 있고 그것이 국제적으로 합의된 것이니 ICRP도 따라간다는 것은 말과 마차가 바뀐 느낌을 주기 때문이다. ICRP가 정책과 원론을 정리하여 제시하는 것이 바람직하다.

자유롭게 허용되는 것과 특별한 결정을 거쳐야 하는 것을 구획하는 경계선에 해당하는 유도개입준위를 적용하는 것이 필요할 수 있다. 개입준위 또는 이 목적으로는 나은 표현인 개입면제준위 아래에서 일용품에 부가되는 어떠한 제한도 의도적 무역장벽으로 간주되어야 한다. 개입면제준위 이상으로 방사능이 있는 물질의 교역이 자동적으로 금지되어서는 안 되지만 그러한 물질이 일시적으로 제한을 받은 수는 있다. 이러한 방법으로 적용되는 개입면제준위는 반드시 다른 상황에서 조치를 개시하는 데 사용되는 개입준위와 같은 값을 가질 필요는 없다.(ICRP, 1991a)'

(176) 간행물 82(ICRP, 1999)에서 ICRP는 '방사능이 있는 건축자재처럼 개입이 용이한 주된 유형의 일용품으로부터 예상되는 (최대) 개인선량으로서...약 1 mSv 수준의 일반 개입준위'를 권고한 바 있다. 또한 ICRP는 '당해 국가 기구 또는 적합하다면 국제기구에는 각개 일용품에 대해 핵종별로 일반 개입준위를 도출해야 한다'고 언급했다. 그러면서 ICRP는 다음과 같이 주의를 주고 있다. '권고된 일반 면제준위는 조심스럽게 사용되어야 한다. 예를 들어 기초 건축자재나 식품처럼 주어진 상황에서 대체가 불가하거나 정상 생활에 필수적인 일용품도 있다. 다른 일용품들은 여러 소비자 용품처럼 긴요하지 않은 것으로 간주되는 것도 있다. 이처럼 다른 상황에 대해 동일한 기준을 적용하는 것은 적절하지 않다. 나아가 각 일용품의 면제에 대해 이미 존재하는 국가 또는 국제 지침은 통상 연간 선량으로 수십 μSv 로 제시된다(NEA, 1985)'(ICRP, 1999, 제127항).

(177) 나아가 ICRP는 다음과 같이 강조하였다. '개입면제준위는 행위로부터 배출되는 방사성핵종의 방사능에 적용되는 한도를 명시적이거나 묵시적으로 완화하는 데 사용되어서는 안 된다. 특히, 행위의 퇴역에서 나오는 방사성물질의 해제나 재활용에 개입면제준위를 사용해서는 안 된다(이들 상황은 행위의 면제기준으로 더 잘 다룰 수 있다)(ICRP, 1999, z항)'. 또, ICRP는 '(그래서) 일용품 때문이고 개입이 용이한 연간 선량 성분은 (권고된) 준위에 근접하는 것조차 허용하는 것은 논리적이지 않을 것이다. 자연 백그라운드 피폭은 적어도 수 mSv의 연간 선량을 초래하며 인가된 행위로부터 가능한 연간 선량을 고려하면 개입으로부터 면제되는 모든 일용품으로부터는 연간 선량으로 수 mSv 정도가 상한으로 된다. 여러 종류의 일용품이 동시에 특정 개인에게 높은 피폭을 주는 선원이 될 가능성은 낮다(ICRP, 1999, 제125항)'라고 말했다.

(178) ICRP는 2007년 권고를 고려하여 상황을 재평가하여 비록 일용품의 방사능 준위는 관리수단이 합당하지 않을 만큼 낮아야 한다는 견해를 유지하지만 '개

입면제준위'라는 용어를 사용할 필요가 더 이상 없음을 알았다.

(179) 교역은 방사선 피폭과 관련될 수 있고 피폭 증가를 야기할 수 있는 인간 활동이므로 규제되어야 하는 계획피폭상황의 통상 규제 정의에 부합된다. 그러나 관례적으로 방사선방호 관점에서 교역을 계획피폭상황으로 간주하지 않았고, 비상 관점에서 주로 고려해 왔다. 규제자는 교역을 기존상황으로 취급할 수도 있고, 교역을 규제하는 데 어떤 무작위 준위와 함께 참조준위 개념만 사용할 수도 있다. 이 경우, 개입하는 것은 규제기관이며, 개입이 없다면 적용할 규제요건 없이 교역은 계속될 것이다. 명백히, 규제기관이 자신을 개입으로부터 면제할 수는 없다. 그러므로 이전에 제안되었던 '개입면제준위'라는 용어의 사용에는 (이중부정처럼) 개념적 퇴보가 있어 온 것처럼 보인다. 만약 '규제 공간'에 경계가 하나만 존재한다면 - 아래는 무제한, 위는 특정 관리수단 - 이러한 서로 반대방향에서 온 것처럼 보이는 이중목적 분류는 아마도 필요치 않을 것이다. 무작위한 방사선학적 기준만으로 일용품 중 방사능이 그 이상이면 방사선방호 규제가 있게 되는 준위를 정의할 수 있기 때문에 충분할지도 모른다. 즉, 그 기준 이상이면 교역자에게 요건이 부과될 수 있다. 아래에서 보듯이 국제적으로 선호하는 용어는 단순히 '일용품 방사선 표준radiological criteria in commodities'이다.

(180) 일용품에 대한 ICRP 권고에 따라, 정부간기구의 정책수립 기관이 이 문제에 참여하였다. IAEA 총회는 유엔의 해당 기관 및 기타 전문기관과 협력하여 IAEA가 '일용품, 특히 식품과 목재내의 장수명핵종에 대한 방사선 기준'을 개발하도록 결정하였다(IAEA, 2004a). 2004년 9월, ICRP 자문을 포함하여 많은 논의 후, IAEA 정책수립조직(IAEA, 2004a)은 일용품 내의 방사성핵종에 대한 방사선 기준의 최종안을 승인하였다.

(181) 앞에서 말했듯이, 비식용 일용품에 대해 수립된 준위는 “배제, 면제 및 해제 개념의 적용에 대한 국제안전지침International safety Guide on the Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance (IAEA, 2004b)”으로 발간되어 국제교역에 적용할 수 있는, 대량물질 내 방사성핵종(천연, 인공 모두)의 농도 값을 제공한다. 지정된 값을 넘는 경우에는 방호최적화 요건과 합치하는 차등 접근을 적용할 있다(IAEA, 1997, 제2.8항). 국제적으로 합의한 비식용 일용품 중 방사능 농도 값은 인공 방사성핵종에 대해 제한되지 않고 천연 방사성핵종들도 포함함을 알 수 있다. 그 값은 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{232}Th 를 머리로 하는 시원붕괴연쇄에 포함되는 핵종들에 대해서는 1000 Bq/kg, ^{40}K 에 대해서는 10 000 Bq/kg이다.

(182) 위에서 말한 세계 정부간협정의 주제인 비식용 소비자 일용품과 널리 거래되는 비식용 산업 용품을 구분함이 적절한 것으로 알려져 있다. 소비자 일용품은 일반인피폭 잠재성이 크며 사용방식이 제한되지 않는다. 반면, 산업 일용품은 작업장 설치처럼 특정적이고 제한된 목적에 통상 사용된다. 예를 들면, 내화벽돌은 주로 유리 용해 또는 금속주조에 주로 사용되듯이 일반인 피폭 가능성이 매우 제한된 산업용 일용품이다(Simmons, 2006). 그렇지만 도달된 합의는 국제 조화에 중요한 단계이다. 정부간기구들이 비식용 일용품에 대해 이미 도달한 합의를 다듬고 확장하고, 특히 권고한 바 차등규제 접근에 실질적 지침을 개발하도록 독려해야 한다(Simmons, 2006).

(183) 비식용 일용품에 대해 1989년 세계식량농업기구(FAO)와 세계보건기구(WHO) 연합 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius Commission; CAC)³¹⁾는 사고로 인한 오염에 따른 식품 내 방사성핵종(⁹⁰Sr, ¹³¹I, ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs, ²³⁹Pu, ²⁴¹Am) 지침준위를 국제교역에 사용하도록 채택했다(이후 이 준위를 'Codex 준위'라고 한다). Codex준위는 BSS에도 받아들여졌다(IAEA, 1996, 제V-10항). 이 준위는 원래 원자력 사고 또는 방사선 비상 이후 1년간 적용하도록 설계되었다(Wymer, 2006). Codex준위는 방사선 사고의 여파에서 최대로 용인 가능한 농도로서 오직 매우 예외적인 상황에서 제한된 기간만 인내하기 위한 것이었다. Codex준위는 체르노빌 사고 여파에서 나왔고, 일상 상황이나 식품의 일반적인 교역과 소비에 적용하도록 제안되지는 않았으나(Landfermann, 2006) 어떤 원자력 사고 이후 1년 동안 적용할 수 있도록 남아있다. 그 준위들은 대략 1 mSv/y의 선량 준위에 기초하였다. 장기간 피폭은 오염된 식품과 오염되지 않은 것의 혼합으로 후속 년도들에는 더 낮은 연간선량 낼 것으로 보인다. 그래서 Codex 준위보다 낮은 농도의 방사성핵종을 함유하고 있는 식품을 자동적으로 규제하지 않아서는 안 된다고 제안도 있어 왔다(Holahan, 2006). 나아가 식품규격은 계속 개발됨으로써 그 공식적 존재를 과도적으로 만들고 있다(Webbe-Wood, 2006).

(184) Codex준위는 사람이 방사능이 있는 물질을 섭취함에 따르는 방사선량 평가의 발전과 보다 폭넓은 지침에 대한 확인된 요구를 반영하여 근년에 진화하고 있다. 이런 발전 관점에서, CAC는 범위 확장을 고려하였고(CAC, 2002), 사안을 Codex 식품첨가물오염물위원회 Codex Committee on Food Additives and Contaminants

31) CAC는 식품규격 또는 식품기준을 개발하도록 임무를 받은 FAO/WHO 기구로서 소비자, 식품 생산 및 가공자, 국가 식품관리 관청 및 국제 식품교역을 위한 세계 참조점에 준한다. FAO와 WHO는 BSS를 공동 후원한다. 식품규격은 BSS의 근거로 식품에 대한 방사능 일반 조치준위의 근거를 제공한다.

(CCFAC)에 검토를 의뢰하였다(CAC, 2003a). CCFAC는 Codex준위 개정판을 준비하기 위해 정부간기구들과 각국에 협력을 요청하는 데 동의하였고(CAC, 2003b, 제79항 및 84항), CAC는 장기간 사용을 위한 지침준위의 개발을 포함하는 개정을 승인하였다. 이 요청의 대응으로, ICRP 위원장 주도 아래 UNSCEAR, EC 그리고 FAO/IAEA 연합 식품농업원자력기술부 대표를 포함하는 전문가 회의가 열렸다. 회의에서 Codex준위 개정안을 만들어 EC가 따로 제출한 것과 함께 CCFAC 심의에 회부했는데(CAC, 2004a), CCFAC는 제안된 개정 준위가 예비적으로 채택되도록 추진하는 데 동의했다. CAC는 제안된 개정 준위를 채택하였지만 여러 가지를 유보시켰다(CAC, 2004b). 그러므로 CCFAC는 개정된 Codex 준위 초안을 정부간기구와 국가들이 낸 서면조언과 함께 심의하여, 이들 기구나 국가가 참여하는 추가적인 검토가 필요하다고 결정했다(CAC, 2005). CCFAC는 드디어 개정된 “원자력 및 방사선 비상으로부터 오염된 식품의 국제교역을 위한 방사능 지침준위”를 CAC로 보내기로 동의했고, 이것이 29차 CAC 회의에서 최종 Codex 본문으로 채택되었다(CAC, 2006a, 제 63-6항 및 부록 IV 제2편). 개정된 Codex준위는 뒤에 “식품오염물독성물 Codex 일반 표준”the Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Foods의 별표 I-방사성핵종으로 발표되었다(CAC, 2006b, p. 38).

(185) WHO는 음용수내 방사성핵종에 대한 구체적 지침준위를 개발하여 “음용수 품질에 대한 WHO 지침 10”의 제3판³²⁾에 수록했다(WHO, 2004). WHO가 CAC 구성원임에도 불구하고 음용수 권고는 Codex 규격과 달리 1년간 소비한 음용수에 대해 0.1 mSv에 근거한다. 그러나 지침 준위의 일부는 목표 예탁유효선량을 초과할 수도 있다. 또 한편, WHO 지침준위보다 낮은 방사능농도를 가진 음용수를 자동적으로 규제하지 않는 것이 아니라 사안별로 고려해야 하는 것으로 한다(Holahan, 2006).

(186) “배제, 면제 및 해제 개념의 적용에 대한 안전지침”(IAEA, 2004b)을 위한 지침준위 도출에 사용한 기준, CAC가 식품에 대해 규정한 기준, 그리고 WHO가 음용수에 대해 규정한 기준이 모두 다르지만 모든 준위들은 면제준위 유형이다. 이들 세 준위의 최소값을 사실상 해제준위로 채택하지는 말아야 한다.

(187) ICRP는 도달한 합의에 대해 많은 관찰결과들에 유의하면서 위에 기술된

32) WHO는 음용수 품질지침Guidelines for Drinking-water Quality 초판을 1984년과 1985년에 출간하였다. 1993년에는 2판이 출간되었다. 3판은 최근에 승인되었다. (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_9.pdf)

일용품에 대한 국제적 정부간 방사선 기준의 발전을 관심을 가지고 추적하고 있다. 이러한 국제적 정부간 합의들이 일용품 내 방사성핵종들에 대한 일반적이고 단일한 방사선방호 기준에 좋은 기초를 제공한다고 ICRP는 생각한다.

7.5.1. 사고 여파에서 일용품 취급

(188) ICRP 82(ICRP, 1999)의 장기 피폭상황과 ICRP 96(ICRP, 2005a)의 테러 공격의 여파에서 방사선방호 권고에서, ICRP는 방사선 비상 여파에서 오염되어 남은 식품과 물을 포함하여 다량의 방사성물질에 대한 이슈를 겨냥했다. 위에 기술된 일용품의 방사선 기준에 대한 국제적 정부간 합의가 그러한 사태 후 일용품의 교역 규제에 적절한 잠정적 근거를 제공할 것으로 생각하면서 ICRP 82(ICRP, 1999)에서 ICRP는 그러한 비상의 영향지역에서 생산된 일용품을 어떻게 다룰 것인지에 대해 구체적으로 권고하였다. 이런 상황은 특별히 어려운 상황을 제기하는데 가령 해당 방사능 수준이 이웃 지역에서 생산된 것에 비해 높고 국경을 넘는 일용품 이동이 있다면 시장수용 문제가 발생할 수 있다.

(189) ICRP는 방호전략이 최적이기 때문에 사고 영향지역에서 연간 선량이 용인할 수 있다면, 영향지역 밖의 상황도 용인할 수 있을 것이라는 생각을 계속한다. 그 이유는 영향지역에서 생산된 일용품 사용으로 인해 다른 지역에서 개인 연간 선량이 영향지역 내부보다 높지 않을 것이기 때문이다. 그러나 사고의 영향지역에서 일용품 생산은 사건으로부터 몇 년 후에 시작할 수 있는데 이 가능성을 사건 후 적용할 어떤 방호전략에서 고려해야 한다. 만약 비상 영향지역에서 생산되는 일용품의 제한이 해제되지 않는다면, 제한된 일용품의 생산은 재개될 수 없다. 반대로, 제한이 해제된다면, 생산을 재개할 수 있다. 적절한 정당화를 따르면 생산 증가도 제안되어 진행할 수 있다. 정상생활로 복귀하는 결정의 일부로 제한이 해제된 상황에서는, 영향지역에서의 생산 재개나 증가는 그 결정의 일부로 여겨져야 하며 추가 고려는 필요치 않다. 사고의 영향지역과 바깥 지역이 경제적, 사회적 여건이 다를 수 있고, 이로써 합법적으로 다른 결정을 끌어낼 수도 있는데 실제로 그런 일도 있음이 알려져 있다(Carboneras, 2006).

7.6. 저준위 방사성폐기물에 의한 피폭

(190) 방사성물질을 사용하는 모든 유익한 행위는 분명히 방사성폐기물을 발생시킨다. 방사성폐기물 관리는 일반적인 폐기물 관리 맥락 안에 있어야 한다. ICRP는 폐기물 관리에 대한 방사선방호 권고를 제공해 왔고, “사용후핵연료와

방사성폐기물 안전협약”은 방사성폐기물 관리 안전을 위한 국제적 규제기틀을 제공하여 협약 당사자들에 의해 채택되고 있다(IAEA, 2003).

(191) 2007년 권고에서 ICRP는 ‘계획피폭상황을 도입할 때 폐기물 관리를 포함하여 방사선방호와 관련된 모든 측면을 고려해야 한다.’고 적시했다(ICRP, 2007, 제253항). 더욱이 ‘폐기물 처분으로부터 일반인피폭을 관리하기 위해 ICRP는 일반인에 대한 선량제약치로서 연간 0.3 mSv를 넘지 않는 값이 적절할 것이라고 권고해 왔음’을 재확인했으며 ‘이 권고는 장수명 방사성폐기물에 대해서는 ICRP 81에서 상세히 논의한 바 있다(ICRP, 2007, 제260항).’고 상기시켰다. 나아가 ‘ICRP 82에서, ICRP는 장수명 방사성핵종을 환경으로 내보내는 계획배출이 있을 때는 그 평가에서 피폭이 축적될 모든 조합을 고려하여 환경 중 축적이 제약치를 초과하는 결과를 초래할지를 고려해야 한다. 그러한 검증 고려가 가능하지 않거나 너무 불확실할 때는 장수명 인공 방사성핵종으로 인한 장기간 선량성분에는 연간 0.1 mSv 수준의 선량제약치를 적용하는 것이 신중할 것이다. 천연방사성핵종이 관련된 계획피폭상황에서는 이러한 제한은 달성되기 어려울 수 있어 요구되지 않는다(ICRP, 1999). 이 권고는 여전히 유효하다(ICRP, 2007, 제261항)’고 재확인했다. 나아가 ICRP는 예를 들어 고체폐기물을 심지층 처분장에 처분하는 경우처럼 먼 미래에 일어날 수 있고 오랜 시간에 걸쳐 선량이 부여될 수 있는 사건은 잠재피폭으로 간주한다(ICRP, 2007, 제265항).³³⁾

(192) 면제된 폐기물과 잔여물은 규제되는 관리와 처분을 따를 수 없다는 간단한 이유로 인해 저준위 방사성폐기물의 관리와 처분은 방사선방호 규정의 범위 문제와 연결되어 있다. ICRP는 승인된 계획피폭상황에서 방사능 관리배출은 배출승인을 따라야 하고 전반적 방사성폐기물 관리는 특정 ICRP 권고를 따른 특정 규정을 따라야 한다고 계속 권고한다(ICRP, 1985b, 1998, 2007). 그러나 해제조건이 달성되어 관리를 포기할 수 있는 방사능 물질은 방사성폐기물관리를 더 이상 고려하지 않고 일반폐기물처럼 재활용하거나 처리할 수 있다고 ICRP는 생각한다.

33) <역주> 불확실하지만 먼 미래에 일어날 것으로 보이는 낮은 영향 사건을 “잠재피폭”으로 볼 것인가에 대해서는 이견이 있을 수도 있다. 본래 잠재피폭은 확률이 낮아 불확실하지만 일단 발생하면 영향이 큰 사고의 위험을 관리하기 위한 개념으로 도입된 것이다. 즉, 잠재피폭의 관심사는 낮은 확률-높은 영향 사건(low probability-high consequence events)가 된다. 그렇다면 예를 들어 저준위 폐기물 처분장에서 수백년 뒤에 거의 발생할 것으로 보이는 방벽의 기능상실에 의한 낮은 선량을 잠재피폭 범주에 두는 것은 적절하지 않을 수 있다. 이러한 피폭은 그 당시로서는 당연한 현존피폭이 될 것이므로 시차는 크지만 계획피폭상황처럼 다룰 수도 있어 보인다.

(193) 규제기관의 사전승인 없이 관리를 면제받기 위한 목적으로 계획피폭상황과 관련된 방사성물질을 고의적으로 희석함을 금지하는 것은 관행이다. 그러나 그러한 방사성폐기물 관리에 대한 권고된 접근은 처리하고 부피를 줄이고 방사성핵종을 격납하는 것일지라도, 특정 형태의 폐기물인 경우 희석하는 것이 최적 규제방안일 수도 있다. 증가된 NORM 수준을 천연 수준으로 되돌림에는 논거를 세울 수 있고 방사선방호 관점에서 최적일 수 있다. 예를 들면 유의한 방사성 농도를 가지는 유일한 방사성핵종이 K-40 또는 U-238, U-235, Th-232를 머리로 하는 붕괴연쇄의 핵종뿐인 광물처리사업에서 발생한 폐기물의 희석은 그것이 광물의 본래 천연농도를 재현하는 것일 뿐이라는 근거에서 이를 허용할 수도 있다.³⁴⁾ 인공 방사성핵종이 관련된 비슷한 상황에도 유사한 논거를 만들 수도 있으나 이 경우는 폐기물관리에서 수립되어 있는 농축과 저장 개념에 위배되는 것으로 인식되고 있다(Stather, 2006).

제7장의 참고문헌

ASTM, 2007. Standard Practice for Radon Control Options for the Design and Construction of New Low-Rise Residential Buildings. ASTM E1465-07a. ASTM Subcommittee: E06.41. Book of Standards Volume: 04.11. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA. http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/DATABASE.CART/REDLINE_PAGES/E1465.htmlE+mystore.

CAC, 1989. Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade. CAC/GL 5-1989. Codex Alimentarius Commission, 18th Session, 3-12 July, 1989, Geneva. <http://www.criirad.org/actualites/dossiers2005/menacesradioactivesaliments/codexanglais1989.pdf>.

CAC, 1991. Levels for Radionuclides. Vol. 1, Section 6.1. Codex Alimentarius Commission, Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, Geneva.

CAC, 2002. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. CX/EXEC

34) <역주> 이 주장은 사뭇 중요한 의미를 내포한다. 국내에서 공정축매로 사용한 감손우라늄 화합물 잔류물의 처분에 대해 의사결정을 못하고 있는 사례가 있다. 우라늄 화합물은 방사성핵종으로는 우라늄과 그 자손핵종만 포함하고 있으므로 그 화합물을 구성하는 다른 원소의 독성 문제가 없다면 이 주장대로 우라늄 농도가 낮은 토양으로 희석하여 토양 중 우라늄 농도가 천연으로 높은 지역에 처분할 수 있을 것이다. 처분하는 물질 중 우라늄 농도가 주변 토양의 천연 농도보다 낮으므로 처분으로 증가할 피폭은 없음을 주목할 필요가 있다.

- 02/50/7 Annex 1. Executive Committee of the Codex Alimentarius Commission, 50th Session, FAO Headquarters, Rome, 26–28 June 2002. ftp://ftp.fao.org/codex/ccexec50/ex02_07e.pdf.
- CAC, 2003a. Consideration of a Revision or Amendments to the Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade (CAD/GL 5-1989), Including Guideline Levels for Radionuclides for Long-Term Use. ALINORM 03/3A, Para.67 and Appendix III. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 35th Session, Arusha, Tanzania, 17–21 March 2003. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac35/fa03_13e.pdf.
- CAC, 2003b. Report of the 35th Session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants. ALINORM 03/12A. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission, 26th Session, Rome, 30 June – 5 July 2003. www.codexalimentarius.net/ccfac36/fa36_01e.htm.
- CAC, 2004a. 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. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 36th Session, Rotterdam, 22–26 March 2004. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac36/fa36_35e.pdf.
- CAC, 2004b. Proposed Draft Guideline Levels for Radionuclides in Food for Use in International Trade, Para. 71. Codex Alimentarius Commission, 27th Session, Geneva, 28 June–3 July 2004. <http://www.fao.org/docrep/007/y5549e/y5549e07.htm#TopOfPage>.
- CAC, 2005. Draft Revised Guideline Levels for Radionuclides in Foods for Use in International Trade. CX/FAC 05/37/36. Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 37th Session, The Hague, 25–29 April 2005. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac37/fa37_36e.pdf.
- CAC, 2006a. 29th Session of the Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. ALINORM 06/29/41. Geneva, 3–7 July 2006. <http://www-naweb.iaea.org/nafa/fep/meetings/2006-CAC29.pdf>.
- CAC, 2006b. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Foods. CODEX STAN 193-1995, Rev.2-2006. Codex Alimentarius Commission, Geneva, 2006. www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193e.pdf.

- Carboneras, P., 2006. ENRESA. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- EC, 1999. Radiological Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials. RP 112. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- EC, 2002. Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption. Part II. Application of the Concepts of Exemption and Clearance to Natural Radiation Sources. Radiation Protection No. 122. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/122_part2_en.pdf.
- EPA, 1994. Model Standards and Techniques for Control of Radon in New Residential Buildings.(6604-J) EPA 402-R-94-009. US Environmental Protection Agency Air and Radiation, Washington, DC. <http://www.epa.gov/radon/pubs/newconst.html>.
- EURADOS, 2004. Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew: Compilation of Measured and Calculated Data. European Commission Report. Radiation Protection No. 140. Directorate-General for Energy and Transport, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Green, B.M.R., Hughes, J.S., Lomas, P.R., 1993. Radiation Atlas – Natural Sources of Ionizing Radiation in Europe. Final Report by NRPB for the Commission of the European Communities. EUR 14470. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Hattori, T., 2006. Central Research Institute of Electric Power Industry of Japan. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Holahan, V., 2006. US Nuclear Regulatory Commission. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- IAEA, 1996. 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, 2003. The Joint Convention for the Safety of Spent Fuel Management and Radioactive Waste Management. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004a. 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 805 A., 4., pt. 23; Radiological Criteria for Radionuclides in Commodities. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004b. Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. IAEA Safety Guide RS-G-1.7. International Atomic Energy Agency, Vienna. <http://www-ns.iaea.org/downloads/drafts/ds161.pdf>.
- IAEA, 2005a. Draft of an International Safety Guide to Provide Guidance to the Application of the Requirements for Intervention in Certain Specific Situations of Chronic Exposure to Natural Radiation Sources. International Atomic Energy Agency, Vienna (in preparation).
- IAEA, 2006. Assessing the Need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials. Safety Reports Series No. 49, Sti/Pub/1257. International Atomic Energy Agency, Vienna. (http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1257_web.pdf).
- IAEA, 2007. Naturally Occurring Radioactive Material (NORM V), Proceedings of the Fifth International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material, Organised by the University of Seville in Cooperation with the International Atomic Energy Agency, the Spanish Nuclear Safety Council, and the University of Huelva, Seville, 19–22 March 2007. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- ICRP, 1960. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection Report of Committee III on Protection against X-rays up to Energies of 3MeV and Beta- and Gamma-rays from Sealed Sources. ICRP Publication 3. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1970. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: a Report of ICRP Committee 3 on Protection against Ionizing Radiation from External Sources. ICRP Publication 15. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1983. Protection against ionizing radiation in the teaching of science. ICRP Publication 36. *Ann. ICRP* 10(1).
- ICRP, 1985b. Radiation protection principles for the disposal of solid radioactive waste. ICRP Publication 46. *Ann. ICRP* 15(4).
- ICRP, 1991a. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* 21(1–3).
- ICRP, 1993b. Protection against radon-222 at home and at work. ICRP Publication 65. *Ann. ICRP* 23(2).
- ICRP, 1997. General principles for the radiation protection of workers.

- ICRP Publication 75. *Ann. ICRP* 27(1).
- 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, 2005a. Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. ICRP Publication 96. *Ann. ICRP* 35(1).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2-4).
- Janssens, A., 2006. European Commission. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the ad-hoc Group of Experts established under Article 31 Euratom Treaty.
- Johnsrud, J.H., 2006. Sierra Club, Radiation Committee. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Laaksonen, J., 2006. Director General of STUK—Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Landfermann, H.H., 2006. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Germany. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Lumb, J., 2006. UK Health and Safety Executive. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- McAulay, I.R., 2006. Retired. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- NEA, 1985. A Guide for Controlling Consumer Products Containing Radioactive Substances. Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
- O'Connor, B., 2006. Alcoa World Alumina Australia. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Personal communication.
- Pan, Z., 1999. Science and Technology Commission, China National Nuclear Corporation. Personal communication.

- Phillips, M., 2006. UK Ministry of Defence. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Rochedo, E.R.R., 2006. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Brazilian Comissão Nacional de Energia Nuclear. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Simmons, C.T., 2006. Zirconium Environmental Committee. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Stather, J.W., 2006. UK Health Protection Agency, RP Division. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- Stern, E., 2006. Center for Risk Analysis, Gertner Institute of Epidemiology and Health Policy Research, Tel-Aviv University. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- UNSCEAR, 1993. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. UN Publication Sales No. E. 941X 2. United Nations, New York.
- UNSCEAR, 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York.
- Webbe-Wood, D., 2006. Food Standards Agency. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.
- WHO, 2004. Guidelines for Drinking-water Quality, third ed. World Health Organization, Geneva. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_9.pdf.
- Wymer, D.G., 2006. Coordinator of a Group of Staff Members of the International Atomic Energy Agency. <http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>. Communication on behalf of the organisation.

제 8 장 결 론

(194) ICRP는 해제를 포함한 배제와 면제가 방사선방호 관리수단의 범위와 연관되며 따라서 방사선방호 규정의 범위와도 연계됨에 주목한다. ‘배제’란 피폭상황을 규제요건으로부터 의도적으로 생략하는 것을 말한다. ‘면제’는 규제요건들의 적용이 합당하지 않을 때 사전에 그 요건을 포기하는 것을 말한다. 면제의 특별한 경우로서 “해제”는 이미 규제하던 대상에 대해 그 관리가 합당하지 않게 된 때 이를 철회하는 것을 말한다. 계획피폭상황은 방사선방호 규제요건의 범위 내에 있는데, 불가하거나 부당한 규제수단의 적용을 회피함으로써 배제, 면제 및 해제 개념의 적용이 규제관리를 정당화하고 최적화하기 위해 사용된다. 기존피폭상황은 배제기준이 충족되기 때문에 통상 방사선방호를 위한 규제요건의 범위 밖에 떨어진다. 그러나 방사선방호체계에 따름을 보장하기 위해 규제요건이 합당하다고 생각될 때 일부 기존피폭상황에 대해서 규제관리가 적용될 수 있다. 비상 후 남는 장기적 피폭상황이 기존피폭상황의 특별한 경우로 취급되어 규제관리를 필요로 할 경우를 제외하면 비상피폭상황에서는 배제, 면제 및 해제 개념은 의미 있는 역할이 없다.

(195) ICRP는 국가의 규제체계에 따라 입법기관이나 규제기관이 관리가 불가하거나 규제를 통한 관리가 합당하지 않은 피폭상황에 배제개념의 적용을 고려하기를 권고한다. 이러한 상황에는 대부분 자연 환경에 기인하는 피폭 특히, 다음이 포함된다.

- 지표 준위에서 우주선
- 인체를 구성하는 천연 방사능 성분
- 과거 상황이나 사건에 기인하는 방사성물질로서 환경 확산 때문에 규제를 통한 관리가 부당하게 된 것
- 규제되는 인간활동으로부터 합법적 즉, 방사선방호를 위한 규제체계에 합치하는 방법으로 환경으로 배출된 방사성물질
- 땅에서 추출된 원료물질로서 천연기원 방사성핵종을 규정된 값 이하로 함유한 것
- 규제자가 규제요건 적용이 합당하지 않다고 판단한 특정 피폭상황.

이들 권고를 반영하는 것은 배제된 피폭상황에 대해서는 규제요건이 수립되지 않음으로 의미한다.

(196) ICRP는 계획피폭상황에 적용 가능한 방사선방호 규정은 규제요건으로부터 면제를 가능하도록 해야 한다고 권고했다. 규정이 허용한다면 규제자는 그러한 요건의 적용이 합당하지 않다고 판단되면 해당 사람을 특정 규제요건으로부터 면제할 수 있다. 그러한 면제를 위해서는 특별한 규제조건이 만족되어야 한다. ICRP는 다음 조건이 만족될 때만 면제가 발급되어야 한다고 권고한다.

- 피폭하는 사람들에 대한 개인 방사선 위험이 용인할 수 있을 정도로 작다.
- 적어도 규제요건이 적용될 때 달성되는 정도로 해로움으로부터 방호가 보장된다. 즉, 방사선방호가 최적화 된 것으로 간주된다.
- 위 조건들을 충족하지 못하게 될 비의도적 시나리오의 가능성이 충분히 작다.
- 면제는 정당화된 것으로 간주되는 활동을 수행하는 사람에게만 인가된다.

(197) 인공 방사선원이 관련된 계획피폭상황에서는 추가 고려 없이 면제할 목적으로 개인 유효선량 기준으로 약 $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 가 전통적으로(널리) 사용되어 왔다. ICRP는 다른 값을 제안하지 않지만 이 값이 면제를 인가할 유일한 기준이 아님을 밝힌다. 면제 목적으로 낮은 개인 위험 원칙은 $10\mu\text{Sv}/\text{y}$ 라는 단일 값에 내포된 전통적(어떤 면에서는 실용적) 함의를 상실하고 있다. 천연방사성핵종을 함유한 물질에 대해서는 국가 당국은 면제 목적으로 면제가 최적 규제방안임과 일치하는 방사능농도를 설정할 수도 있다.

(198) ICRP는 규제요건을 적용받지만 규제요건이 합당하지 않은 물질이나 부지는 해제개념의 적용으로 면제될 수 있음에 주목한다. 그러한 물질이나 부지에 대한 규제관리는 해제와 함께 포기된다. 해제기준은 해제된 물질이나 부지가 적어도 면제기준을 충족하지 못할 피폭상황을 초래하지 않음을 보장해야 한다.

(199) 비상피폭상황에서는 면제와 해제 개념이 의미 있는 역할을 하지 않는 것으로 ICRP는 생각한다. 그러나 비상관리 책임당국은 비상 방호조치가 합당하지 않은 여건을 명시할 수도 있다. 비상외의 장기 여파에서 남는 중장기 피폭상황은 기존피폭상황으로 취급될 수 있다.

(200) 자연방사선이나 천연방사성물질과 관련된 많은 기존피폭상황은 방사선방호 규정의 범위로부터 배제될 수도 있으며 국가 규제체계에 따라서는 규제요건으로부터 면제될 수도 있다고 ICRP는 생각한다. 이들 피폭원은 기본적으로 규제 관리에 따르기 어렵기 때문인데, 달리 말하면 그러한 규정의 수립이나 규제요건의 적용이 그 이행에 필요한 사회적 노력과 가능한 위험을 보상하기에 충분한 방호증진을 가져올 것 같지 않기 때문이다. 그러나 규정에는 특정 기존피폭상황

에 대해 그 이상에서는 일부 규제요건이 적용될 무조치 상한을 명시할 수도 있는데 이 상한은 어떤 현실적 해당 양으로 나타낼 수 있다.

(201) 비상 후 장기적 여파에서 발생할 수 있는 사실상 기존피폭상황에 대해서는 그 이상에서는 치유책임이 있는 사람에게 규제요건이 적용될 수 있는 잔여 방사성물질의 방사능 또는 다른 적절한 양의 최적 준위를 명시할 것을 고려해야 한다. 1 mSv 단위 정도 또는 더 높은 연간 유효선량에 해당하는 수준에서 관리수단이 정당화 될 것으로 보이지만 특별한 여건에서는 이보다 낮거나 높은 값이 적절할 수도 있다.

(202) ICRP는 범위의 정의가 특별히 어려울 수 있는 여러 특정 상황을 고찰한 결과 다음과 같이 권고한다. 낮은 에너지 또는 낮은 강도로 우발성 외부피폭을 주는 다음 선원은 면제 후보로 간주된다.

- 국가 당국의 승인을 받은 형식이고 다음 기준의 하나를 충족하는 방사선 발생 장치 및 기기
 - 정규 운전조건에서 그 장치나 기기의 접근가능 표면으로부터 0.1 m 거리에서 해당 주위선량당량률 또는 방향성선량당량률이 약 $1\mu\text{Sv/h}$ 에 상당하는 유효선량률 기준을 넘지 않음.
 - 방출 방사선의 최대 에너지가 약 5 keV를 넘지 않음.
- 달리 면제받지 않은 방사성물질을 내장한 장치나 기기로서 국가당국의 승인을 받은 형식이고 다음 기준에 적합한 것.
 - 방사성물질이 누설이나 방사성물질에 직접 접촉을 효과적으로 방지하는 밀봉선원 형태일 것.
 - 정규 사용 조건에서 그 장치나 기기의 접근가능 표면으로부터 0.1 m 거리에서 해당 주위선량당량률 또는 방향성선량당량률이 약 $1\mu\text{Sv/h}$ 에 상당하는 유효선량률 기준을 넘지 않음.

지표 상공에서 우주선에 의한 통상적 피폭상황에 대해서는 이미 있어 온 규제관리(주로 방사선방호 목적이 아닌 것으로 예를 들어 당번 비행시간 한도)에 추가한 규제관리를 요구할 명확한 이유는 없어 보이지만, 국가당국은 추가 정보가 가용할 때까지 상황을 감시하기를 바랄 수도 있다. 선량이 유의할 수준이어서 어떤 식의 관리가 합당한 우주여행에서 피폭과 같은 예외적 우주선 피폭의 경우는 이러한 피폭을 초래하는 특별한 상황을 고려하여 따로 다루어야 한다. 천연기원 방사성핵종을 함유하는 특정 공정물질이나 부산물이 관련된 피폭상황에 대해 규제관리가 어렵다고 판단될 때는 국가 법제조건이 허용한다면 원료물질의 경우를 넘어 확대된 배제 적용을 고려할 수 있다. 배제 기전이 적합하기 않은 관할권에

서는 대등한 목적의 달성을 위해 면제 개념을 적용할 수도 있다. ICRP는 국제 정부간기구가 그러한 피폭상황에서 배제나 면제를 위한 기준에 대한 지침을 개발했음을 알고 있다. 주택이나 직장의 라돈에 대해서 그 이상에서는 피폭상황에 대해 규제요건이 적용되는 방사능 농도의 최적준위가 규정에 명시되어야 한다. 이 준위들은 기존피폭상황 일반에 대해 ICRP가 권고하는 참조준위와 다른 목적을 가짐에 유의할 필요가 있는데, 그 이상에서는 피폭이 발생하도록 계획해서는 안 되며 그 이하에서는 방호최적화가 이행되어야 할 선량 준위를 구획한다. 라돈이 있는 작업장의 경우, 정부간 조화를 통해 직업 방사선방호 감시요건의 적용을 개시하도록 설정한 단일 라돈 농도 값 1000 Bq/m^3 를 사용함에 대해 ICRP는 계속 지지한다. 해당 정부간 협정에 따라 설정된 적용가능한 방사선학적 기준을 충족한다면 소량의 방사성핵종을 함유한 일용품의 국제 교역에는 방사선방호 규정을 적용할 필요가 없다.

(203) 끝으로 ICRP는 법제와 규제에 관할이 다르면 접근도 달라지며, 어떤 나라에서는 위에서 설정된 방식으로 배제개념을 적용하는 것이 어렵거나 불가능할 수도 있음을 알고 있다. 이러한 경우에는 배제 대신에 일반면제를 통해 합당치 않은 규제를 피하는 동일한 목적을 달성할 수 있을 것으로 ICRP는 믿는다. 상이한 피폭상황을 겨누어 어떤 규제기전이 작용하든, 이 보고서의 권고는 어떤 것이 방사선방호를 위한 규제요건의 대상이 되고 역으로 대상이 되지 않는가를 정의하는 데 도움을 주려는 것이다. 근저 원칙은 ICRP 기본권고에 설정된 정당화와 최적화 원칙으로부터 일반화한 것이다. 규제관리의 적용은 방호의 순이익을 달성할 수 있어야 하며 그렇지 않다면 규제관리가 정당화되지 않는다. 마찬가지로 규제요건은 방호를 최적화하는 방향으로 적용되어야 하며 그렇지 않으면 규제요건의 적용은 합당하지 않다. 배제 개념이나 해제를 포함한 면제 개념 적용은 각 피폭상황에 대해 정당화되고 최적화된 규제체계로 이끌 수 있다.

총괄 참고문헌

- ASTM, 2007. Standard Practice for Radon Control Options for the Design and Construction of New Low-Rise Residential Buildings. ASTM E1465-07a. ASTM Subcommittee: E06.41. Book of Standards Volume: 04.11. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA. http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/DATABASE.CART/REDLINE_PAGES/E1465.htmlE+mystore.
- CAC, 1989. Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade. CAC/GL 5-1989. Codex Alimentarius Commission, 18th Session, 3-12 July, 1989, Geneva. <http://www.criirad.org/actualites/dossiers2005/menacesradioactivesaliments/codexanglais1989.pdf>.
- CAC, 1991. Levels for Radionuclides. Vol. 1, Section 6.1. Codex Alimentarius Commission, Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, Geneva.
- CAC, 2002. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. CX/EXEC 02/50/7 Annex 1. Executive Committee of the Codex Alimentarius Commission, 50th Session, FAO Headquarters, Rome, 26-28 June 2002. ftp://ftp.fao.org/codex/ccexec50/ex02_07e.pdf.
- CAC, 2003a. Consideration of a Revision or Amendments to the Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade (CAD/GL 5-1989), Including Guideline Levels for Radionuclides for Long-Term Use. ALINORM 03/3A, Para. 67 and Appendix III. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 35th Session, Arusha, Tanzania, 17-21 March 2003. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac35/fa03_13e.pdf.
- CAC, 2003b. Report of the 35th Session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants. ALINORM 03/12A. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission, 26th Session, Rome, 30 June - July 2003. www.codexalimentarius.net/ccfac36/fa36_01e.htm.
- CAC, 2004a. 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. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Food Additives and Contaminants,

- 36th Session, Rotterdam, 22–26 March 2004. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac36/fa36_35e.pdf.
- CAC, 2004b. Proposed Draft Guideline Levels for Radionuclides in Food for Use in International Trade, Para. 71. Codex Alimentarius Commission, 27th Session, Geneva, 28 June – July 2004. <http://www.fao.org/docrep/007/y5549e/y5549e07.htm#TopOfPage>.
- CAC, 2005. Draft Revised Guideline Levels for Radionuclides in Foods for Use in International Trade. CX/FAC 05/37/36. Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 37th Session, The Hague, 25–29 April 2005. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac37/fa37_36e.pdf.
- CAC, 2006a. 29th Session of the Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. ALINORM 06/29/41. Geneva, 3–7 July 2006. <http://www-naweb.iaea.org/nafa/fep/meetings/2006-CAC29.pdf>.
- CAC, 2006b. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Foods. CODEX STAN 193–1995, Rev.2–2006. Codex Alimentarius Commission, Geneva, 2006. www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193e.pdf.
- EC, 1993. Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (Exemption Values) Below Which Reporting is Not Required in the European Directive. Radiation Protection No. 65, XI-028/93-EN. European Commission, Luxembourg, 1993.
- EC, 1996. Directives of the Council of the European Commission. 96/29/EURATOM. Official Journal of the European Communities No. L 159, Luxembourg. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629_en.pdf.
- EC, 1998. Recommended Radiological Protection Criteria for the Recycling of Metals from the Dismantling of Nuclear Installations. Radiation Protection No. 89. European Commission, Luxembourg.
- EC, 1999. Radiological Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials. RP 112. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- EC, 2000b. Recommended Radiological Protection Criteria for the Clearance of Buildings and Building Rubble from the Dismantling of Nuclear Installations. Radiation Protection No. 113. European Commission, Luxembourg.
- EC, 2002. Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption. Part II. Application of the Concepts of Exemption and Clearance to

- Natural Radiation Sources. Radiation Protection No. 122. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/122_par t2_en.pdf.
- EEC, 2001. Late Lessons from Early Warnings: the Precautionary Principle 1896–000. Environmental Issue Report No. 22. European Environment Agency, Luxembourg. http://reports.eea.europa.eu/environmental_issue_report_2001_22/en/Issue_Report_No_22.pdf.
- EPA, 1994. Model Standards and Techniques for Control of Radon in New Residential Buildings (6604-J) EPA 402-R-94-009. US Environmental Protection Agency Air and Radiation, Washington, DC. <http://www.epa.gov/radon/pubs/newconst.html>.
- EURADOS, 2004. Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew: Compilation of Measured and Calculated Data. European Commission Report. Radiation Protection No. 140. Directorate-General for Energy and Transport, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Green, B.M.R., Hughes, J.S., Lomas, P.R., 1993. Radiation Atlas –Natural Sources of Ionizing Radiation in Europe. Final Report by NRPB for the Commission of the European Communities. EUR 14470. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- IAEA, 1988. Principles for the Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control. Safety Series 89. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 1996. 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, 2003. The Joint Convention for the Safety of Spent Fuel Management and Radioactive Waste Management. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004a. 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 805 A., 4., pt. 23: Radiological Criteria for Radionuclides in Commodities. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2004b. Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. IAEA Safety Guide RS-G-1.7. International Atomic Energy Agency, Vienna. <http://www-ns.iaea.org/downloads/drafts/ds161.pdf>.

- IAEA, 2004c. Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1996 ed (Amended 2003), Safety Requirements, Safety Standards Series No. TS-R-1. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA, 2005a. Draft of an International Safety Guide to Provide Guidance to the Application of the Requirements for Intervention in Certain Specific Situations of Chronic Exposure to Natural Radiation Sources. International Atomic Energy Agency, Vienna (in preparation).
- IAEA, 2005b. Development of an Extended Framework for Emergency Response Criteria. Interim report for comments, jointly sponsored by IAEA and WHO. IAEA-TECDOC-1432. International Atomic Energy Agency, Vienna. http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1432_web.pdf.
- IAEA, 2006. Assessing the Need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials. Safety Reports Series No. 49, Sti/Pub/1257. International Atomic Energy Agency, Vienna. http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1257_web.pdf.
- IAEA, 2007. Naturally Occurring Radioactive Material (NORM V), Proceedings of the Fifth International Symposium on Naturally Occurring Radioactive Material, organised by the University of Seville in Cooperation with the International Atomic Energy Agency, the Spanish Nuclear Safety Council, and the University of Huelva, Seville, 19–22 March 2007. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- ICRP, 1960. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection Report of Committee III on Protection against X-rays up to Energies of 3 MeV and Beta- and Gamma-rays from Sealed Sources. ICRP Publication 3. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1970. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: a Report of ICRP Committee 3 on Protection against Ionizing Radiation from External Sources. ICRP Publication 15. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1983. Protection against ionizing radiation in the teaching of science. ICRP Publication 36. *Ann. ICRP* 10(1).
- ICRP, 1985a. Principles of monitoring for the radiation protection of the population. ICRP Publication 43. *Ann. ICRP* 15(1).
- ICRP, 1985b. 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(1-2).
- 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. Protection against radon-222 at home and at work. ICRP Publication 65. *Ann. ICRP* 23(2).
- ICRP, 1997. General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75. *Ann. ICRP* 27(1).
- 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, 2004. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. ICRP Publication 94. *Ann. ICRP* 34(2).
- ICRP, 2005a. Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. ICRP Publication 96. *Ann. ICRP* 35(1).
- ICRP, 2005b. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP Publication 99. *Ann. ICRP* 35(4).
- ICRP, 2006. The optimisation of radiological protection: broadening the process. ICRP Publication 101. *Ann. ICRP* 36(2/3).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2-4).
- NEA, 1985. A Guide for Controlling Consumer Products Containing Radioactive Substances. Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
- NEA, 2006. The Process of Regulatory Authorisation: a Report by the CRPPH Expert Group on the Regulatory Application of Authorisation. OECD Nuclear Energy Agency. <http://www.nea.fr/html/rp/reports/2006/nea5372-authorisation.pdf>.
- NH & MRC, 1987. Code of Practice for the Safe Handling of Corpses Containing Radioactive Materials. National Health & Medical Research

- Council Report of the 101st Session of the NH & MRC(Appendix XXI). Australian Government Publishing Service, Canberra.
- UNESCO, 2005. The Precautionary Principle. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- UNSCEAR, 1993. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. UN Publication Sales No. E. 941X 2. United Nations, New York.
- UNSCEAR, 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York.
- WHO, 2004. Guidelines for Drinking-water Quality, third ed. World Health Organization, Geneva. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_9.pdf.

웹사이트를 통한 조언

(<http://www.icrp.org/remissvar/listcomments.asp>)

Bradley, F., 2006. Medical Physics Department, Cork University Hospital. Personal communication.

Brunner, H.H., 2006. Former President of Fachverband für Strahlenschutz. Personal communication.

Carboneras, P., 2006. ENRESA. Personal communication.

Coates, R., 2006. British Nuclear Group. Communication on behalf of the organisation.

Folkers, C., 2006. Nuclear Information and Resource Service. Communication on behalf of the organisation.

Hattori, T., 2006. Central Research Institute of Electric Power Industry of Japan. Communication on behalf of the organisation.

Hill, M., 2006. Independent consultant. Personal communication.

Holahan, V., 2006. US Nuclear Regulatory Commission. Communication on behalf of the organisation.

Janssens, A., 2006. European Commission. Communication on behalf of the ad-hoc group of experts established under Article 31 Euratom treaty.

Johnsrud, J.H., 2006. Sierra Club, Radiation Committee. Communication on behalf of the organisation.

Laaksonen, J., 2006. Director General of STUK—Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland. Communication on behalf of the organisation.

Landfermann, H.H., 2006. Bundesministerium fuer Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Germany. Communication on behalf of the organisation.

Lazo, T., 2006. OECD Nuclear Energy Agency. Communication on behalf of the organisation.

Lumb, J., 2006. UK Health and Safety Executive. Communication on behalf of the organisation.

McAulay, I.R., 2006. Retired. Personal communication.

O'Connor, B., 2006. Alcoa World Alumina Australia. Personal communication.

- Oda, K., 2006. Japan Health Physics Society, Committee of International Issues. Communication on behalf of the organisation.
- Pierre, M., 2006. Private individual. Personal communication.
- Phillips, M., 2006. UK Ministry of Defence. Communication on behalf of the organisation.
- Poeton, R., 2006. US Environmental Protection Agency. Personal communication.
- Rochedo, E.R.R., 2006. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Brazilian Comissão Nacional de Energia Nuclear. Communication on behalf of the organisation.
- Sharma, D.N., 2006. Bhabha Atomic Research Centre of India. Personal communication.
- Simmons, C.T., 2006. Zirconium Environmental Committee. Communication on behalf of the organisation.
- Stather, J.W., 2006. UK Health Protection Agency, RP Division. Communication on behalf of the organisation.
- Stern, E., 2006. Center for Risk Analysis, Gertner Institute of Epidemiology and Health Policy Research, Tel-Aviv University. Communication on behalf of the organisation.
- St Pierre, S., 2006. World Nuclear Association. Communication on behalf of the organisation.
- Toyoshima, N., 2006. The Federation of Electric Power Companies of Japan. Communication on behalf of the organisation.
- Tsyb, A.F., 2006. Russian Scientific Commission on Radiological Protection. Communication on behalf of the organisation.
- Webbe-Wood, D., 2006. Food Standards Agency. Communication on behalf of the organisation.
- Wymer, D.G., 2006. Coordinator of a Group of Staff Members of the International Atomic Energy Agency. Communication on behalf of the organisation.

찾아보기

- (B)
BSS 13, 38
- (C)
Codex준위 88
- (D)
de minimis 19
- (L)
LNT 16
- (N)
NORM 8, 70
- (ㄱ)
개입 9
계획피폭상황 1, 22, 37, 100
관리 가능한 선원 30
국제기본안전기준 13
규정 9
규제자 10
기준선량 8
기준피폭상황 1, 22, 61
- (ㄴ)
라돈 79
- (ㄷ)
면제 1, 18, 37
면제준위 3, 44
무조치 값 63
- (ㄹ)
방사성 건축자재 75
방사성 폐기물 11, 51, 90
방향성선량당량 67, 101
방호최적화 16
배제 1, 18, 33
배출물 49
백그라운드 34
비상피폭상황 1, 22, 57, 100
- (ㄺ)
사회성향 26
석탄회 76
- 선량계약치 17
선원 10
시원핵종 8
- (ㅇ)
악티움계열 8
예탁유효선량 7
오염 시신 53
우라늄계열 8
우발적 7, 65
우주방사선 34, 67
원료물질 71
위험계약치 17
유효선량 7, 100
의료피폭 25
이분법적 7
일반인피폭 25
일용품 85
- (ㅈ)
잔여선량 8, 58, 62
전망선량 8, 58
정당화 16
조건부 해제 51
조치준위 81
주위선량당량 8, 67, 101
지르콘 74
직무피폭 25
- (ㅊ)
참조준위 83
천연방사성물질 8, 70
추가선량 8
- (ㅌ)
토륨계열 8
- (ㅍ)
폐기물처분 11
- (ㅎ)
해제 1, 18, 47
해제준위 3, 89
핵의학 환자 52
행위 9
현존선량 8