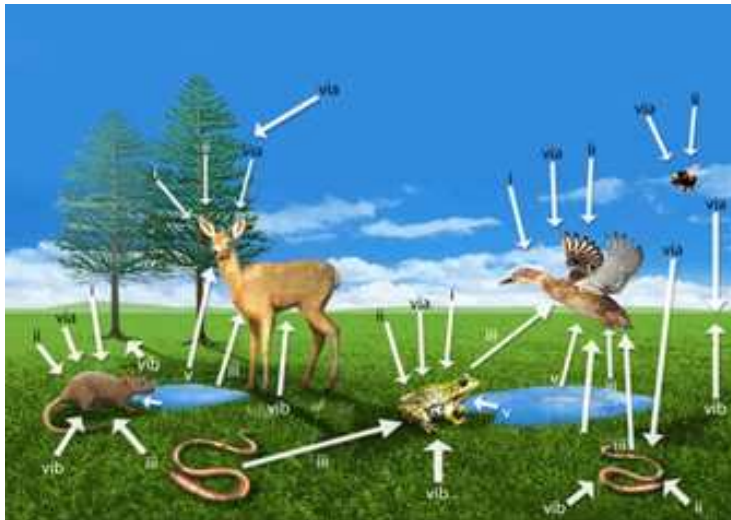




ICRP 간행물 124

상이한 피폭상황에서 환경보호

Protection of the environment under different exposure situations



대한방사선방어학회
방사선안전문화연구소



이 번역본 발간은 원자력안전위원회 원자력안전연구사업(과제번호: 2016년-26호)의 일환으로 이루어졌습니다.

표지 그림: 육상 참조동식물에 대한 선량평가를 위해 피폭경로 모델을 구성하는 개념도(자료: ICRP 108)

ICRP 간행물 124

상이한 피폭상황에서 환경보호

Protection of the environment under different exposure situations

편집장

C.H. CLEMENT

부편집장

M. SASAKI

ICRP를 대신한 저자

R.J. Pentreath, J. Lochard, C-M. Larsson, D.A. Cool,
P. Strand, J. Simmonds, D. Copplestone, D. Oughton, E. Lazo

역주: 이재기

이 ICRP 간행물의 우리말 번역본은 ICRP의
허락(2017년 2월)을 받았으며 ICRP 정신에 따라
무료로 배포합니다.

국제방사선방호위원회

역자 서문

“사람이 방사선 위험으로부터 충분히 보호된다면 사람 아닌 생물종도 충분히 보호될 것이다.”

과거에 환경보호를 보던 명제이다. 방사선생물학적 지식에 따르면 방사선에 대한 저항력은 하급 생물일수록 높으므로 위 명제는 대부분 경우 사실이다. 그러나 환경에 대한 시각과 가치판단이 변하고, 사람 없이 동식물만 피폭하는 상황도 있을 수 있는가 하면 당면한 사람 방호 때문에 환경이 불리한 상황으로 내몰리는 경우도 있을 것이기에 ICRP는 환경보호를 방사선방호체계의 한 축으로 명시적으로 구축했다.

환경보호 개념을 개발하면서 ICRP는 사람 방호에서 구축된 기틀을 평행하게 반영하는 방식을 따랐다. 즉, 선원으로부터 선량을 평가하고, 선량과 영향 사이 상관관계를 맺고, 용인 가능한 영향의 수준을 설정함으로써 방호수준을 결정한다. 나아가 선량계측을 위한 기준인, 일반인을 대표하는 대표인 개념도 ‘참조동식물(RAP)’과 ‘대표생물’ 개념으로 모방한다. 이제 이 간행물은 세 피폭상황에서 환경보호 접근을 논의한다.

동식물 피폭이 사람을 위해 구축했던 피폭상황 체계와 부합하는지 살펴보자.

먼저 계획피폭상황에서 사람 방호와 차이는 ‘계획’의 주체가 다른 점이 있다. 사람은 스스로 방호를 계획하지만 동식물 방호의 주체는 제3자인 사람이다. 사람 방호에서도 일반인피폭의 경우 방호 주체가 제3자이므로 동식물 방호 개념과 상통한다. 즉, 정상운영으로 인해 환경으로 내보내는 방사선이나 방사능을 관리를 계획하고 이행하여 환경을 보호하는 것이다. 그러나 이러한 정상운영 과정에서 환경으로 배출되는 방사능 수준은 사람 방호 목표 때문에 동식물군을 위협할 수준에 이를 가능성은 희박하다. 즉, 환경보호 관점에서 일반적 계획피폭상황이 중요한 의제가 될 기회는 적다.

사람을 위한 방호체계에서도 비슷하지만 비상피폭상황과 관련해서는 개념부터 상당한 혼선이 있다. 현행 권고의 문제는 가령 원전사고로 대량 방사능 방출이 있을 때 주변 환경의 동식물이 피폭하는 것을 비상피폭상황으로 설명한다. 그러나 다시 생각해보면 그런 상황에 놓인 동식물에게 피폭은 이미 진행되고 있는 기존피폭상황에 가깝다. 방호 개념은 기존에 진행되는 피폭을 어떻게 줄일 것인가로 귀착된다. 즉, 과거 개념으로 ‘개입’ 대상이다. 동식물 입장에서 실제 비상피폭상황은 예를 들어 사람사는 마을을 보호하기 위해 고농도 오염수가 흐르는 강의 유로를 바꾼다면 그 변경된 유로의 유역에 서식하는 동식물에게 비상피폭상황이 된다. 후쿠시마에서 높은 방사능을 띤 지하수가 바다로 흘러들어 수산물을 오염시키는 것을 완화하기 위해 차수벽을 설치해 지하수 흐름을 막는다면 그 차수벽 안 지하에 서식하는 생물이 있다면 더 많은 피폭을 받게 될 것이므로

비상피폭상황에 해당하게 될 것이다. 특정 동식물군을 보호하기 위해 다른 동식물군이 비상피폭상황에 놓일 수도 있다. 가치가 큰 식물군(예: 천연기념물 자생지)을 보호하기 위해 사람이 오염수 유로를 바꿀 수도 있기 때문이다. 즉, 동식물의 비상피폭상황은 사람의 행위에 의해 발생한다.

달리 생각하면 이러한 피폭이 사람의 ‘계획’으로 인해 발생하기 때문에 특수한 ‘계획 피폭상황’으로 볼 수 있다. 과거 개념인 ‘계획된 특수피폭’이 더 잘 어울린다. ‘비상피폭 상황’이라는 용어는 ‘비상’이란 수식어 때문에 원전사고와 같은 방사선 비상사태가 발생하면 그로 인한 모든 피폭이 비상피폭상황인 것처럼 오해를 불러온다. 후쿠시마 사고에서도 보았듯이 방사선비상사태가 발생하더라도 실제 비상피폭이 있는가 하면 계획피폭도 있고 기존피폭도 따른다. 실질 비상피폭상황을 특수한 계획피폭으로 재분류한다면 비상피폭상황을 따로 정의할 필요가 없어진다. 즉, 피폭상황이 특수한 계획피폭을 포함하는 계획피폭상황과 아래서 설명하는 기존피폭상황의 양분되어 결국 과거 ‘행위’와 ‘개입’ 체계와 대등한 체계가 된다.

앞서 말했듯이 사고로 심각하게 오염된 지역에 서식하는 동식물이 피폭하는 상황은 실질적 기존피폭상황이다. 환경보호 관점에서 발생 가능성이 높은 상황이다. 후쿠시마 지역의 경우에는 남방부전나비 기형 발견율이 높다는 보고는 있지만 종의 보존이나 서식지 보호와 같은 환경보전 차원에서 볼 때 우려할 수준은 아닌 것으로 보인다. 그러나 방사능 방출량이 훨씬 많았던 체르노빌에서는 전형적이고 우려할 수준의 기존피폭상황이 발생했었다고 평가할 수 있다. 실제로 사고 당시 발전소 인근에서 고폭도 방사능 먼지를 뒤집어쓴 소나무 숲이 상당부분 고사했다. 소련 국기의 상징물인 낫과 망치 모양을 닮아 우리 정이품송처럼 모시던 발전소 옆 소나무도 그때 고사했다. 여기서 보듯이 이러한 기존피폭상황이 발생하더라도 사람 방호가 우선하기 때문에 상당 기간은 환경보호에 주목할 여력을 찾기 어렵다는 것이 현실이다. 후쿠시마 원전사고 이후 6년이 지난 지금 사람 사회재건을 위한 오염제거 작업은 계속되고 있지만 아직 이 간행물에서 논의하는 차원의 환경보호를 위해 어떤 조치가 이루어진다는 보고는 없다.

비록 ICRP가 이 간행물을 포함한 일련의 보고서를 통해 방사선에 대한 환경보호 기틀을 수립했지만 그러한 방호체계가 실제 이행되는 경우를 접할 기회는 크지 않아 보인다. 그렇더라도 방사선방호체계를 환경보호까지 확장한 가치는 분명하다.

2017년 2월

역주자 이 재 기

대한방사선방어학회 부설 방사선안전문화연구소장

ICRP 위원

서문

2010년 중국 Suzhou회의에서 ICRP는 환경보호에 관한 ICRP의 접근에 대해 제4분과위와 제5분과위에 보고할 새로운 작업그룹 구성을 승인했다. 이는 ICRP 103(2007) 권고(ICRP 91(2003)부터 계속해온)에 새로운 환경보호 요건을 도입했지만 ICRP 108(2008)에서 확장된 ICRP 기틀이 어떻게 일관되게 집합적으로 결합되었는지를 명시적으로 내보이도록 요구한 때문이다. 이는 보다 실제적 조언을 기존 규제기틀이나 장치 예상되는 기틀 내에 어떻게 수용할 것인가를 명확히 하기 위해 필수적이었다.

ICRP 91(2003)과 ICRP 108(2008)이 ICRP의 환경목표를 떠받치는 윤리, 가치 및 현 과학기초를 집합적으로 설정했지만, ICRP의 정당화, 최적화 및 한도적용 원칙의 오랜 맥락에서 이러한 새로운 영역이 어떻게 어울릴지를 설명하는 것도 필요했다.

작업그룹 위원은 다음과 같다.

R.J. Pentreath (위원장)	D. Coplestone	P. Strand
J. Lochard (부위원장)	C-M. Larsson	M. Watanabe
D.A. Cool	J. Simmonds	

객원위원은 다음과 같다.

A. Janssens	D. Oughton	G. Pröhl
E. Lazo	I. Outola	

D. Telleria는 참관인으로 초청되었다.

작업그룹은 두 차례 회의를 가졌으며(2010년 6월 12-13일 핀란드 헬싱키의 STUK에서, 2011년 6월 28-29일 프랑스 Fontenay-aux-Roses의 CEPN에서), 주로 교신을 통해 일했다. ICRP의 환경보호에 대한 접근이 사람의 방사선방호와 어떻게 관련되는지, 그리고 정당화, 방호최적화 및 한도적용 원칙이 어떻게 다른 피폭상황에 적용되는지에 대한 설명은 2011년 10월 미국 워싱턴 회의에서 제4.5분과위의 완전한 지지를 받았다.

공개 자문에 이어 소규모 편집그룹이 2013년 1월 23-24 양일간 영국 Chilton에서 만났다.

이 보고서 준비 기간중 제5분과위 위원은 다음과 같다.

R.J. Pentreath(위원장)	D. Coplestone	P. Strand
C-M. Larsson(부위원장)	K.A. Higley	A. Real
F. Brechignac	K. Sakai	A. Ulanovski

같은 기간 제4분과위 위원은 다음과 같다.

J. Lochard (위원장)	J.F. Lecomte	G. Massera
W. Weiss (부위원장)	H. Liu	K. Mrabit
P.A. Burns	S. Liu	S. Shinkarev
D.A. Cool	A. McGarry	J. Simmonds
T. Homma	S.M. Magnusson	A.S. Tsela
M. Kai	P. Carboneras Martínez	W. Zeller

목 차

역자 서문	iii
서문	v
사용 약어	viii
논설	ix
요지	1
요약	3
용어집	7
제1장 서론	11
1.1. 배경	11
1.2. 목표와 범위	12
제2장 환경보호를 위한 ICRP 기틀	15
2.1. 방호 목적	15
2.2. 참조동식물 Reference Animals and Plants	16
2.3. 유도고려참조준위 derived consideration reference level	18
2.4. 피폭경로	18
제3장 적용	21
3.1. 피폭상황 유형	21
3.2. 방호원칙	22
3.3. 유도고려참조준위에 근거한 환경보호 참조값	23
제4장 실행	27
4.1. 서론	27
4.2. 대표생물 선정 및 참조동식물과 관계	28
4.3. 추가 고려사항	31

4.4. 이해당사자 참여	33
제5장 준수	35
제6장 논의 및 결론	37
참고문헌	39
부록	39
A. 선량률과 참조동식물의 영향 표	41
B. 참조동식물의 가정된 기본 개체군 특성	43
C. 환경보호 법령	45

<역주> 사용 약어

DCRL	derived consideration reference level	유도고려참조준위
EC	European Council	유럽위원회
ERICA	Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management	방사능오염 환경위험 평가관리 프로그램(EC fp-6)
FASSET	Framework for Assessment of Environmental Impact	환경영향평가기틀(EC fp-5)
GSR	general safety requirements	IAEA 원자력 일반안전요건
IAEA	International Atomic Energy Agency	국제원자력기구
ICRP	International Commission on Radiological Protection	국제방사선방호위원회
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurement	국제방사선단위측정위원회
IUR	International Union of Radioecology	국제방사능생태학연합
LD	leathal dose	치사선량
LET	linear energy transfer	에너지전달선밀도
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	경제협력개발기구
RAP	reference animal and plant	참조동식물
RBE	relative biological effectiveness	생물학적효과비
SI	Système international d'unités	국제표준단위계
UNSCEAR	UN Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation	유엔방사선영향과학위원회

환경 방사선방호 10년

ICRP의 환경보호에 관한 첫 간행물인 ICRP 91(2003) 발행 10주년에 근접하기 때문에 이 보고서가 출판되어야 할 당위성이 어느 정도 있다. 또한 2003년 스톡홀름에서 전리방사선의 영향으로부터 환경보호에 관한 국제회의가 개최된지도 10년이 된다. 스톡홀름 회의의 주목적은 전리방사선으로 인한 영향으로부터 환경보호에 관한 일관된 국제정책의 개발을 독려하는 것이었다. 지난 10년 동안 우리가 얼마나 멀리 왔는지를 충분히 이해하기 위해 스톡홀름 회의의 결론을 다시 살펴볼 가치가 있다.

회의의 주요 결론은 사람 외 생물종 보호를 명시적으로 고려하며, 환경으로 방사능 방출관리에 대한 현행 접근을 집약하기 위한 여러 국제적 이니셔티브를 시작할 시간이 무르익었다는 것이었다(IAEA 2003). 이를 천명하면서 스톡홀름에 모인 국제 공동체는 ICRP를 포함한 여러 국제기구에 다음과 같은 기대를 내세웠다.

1. 유엔 방사선영향과학위원회(UNSCEAR)는 환경 방사선방호에 대한 미래의 국제적 노력을 위한 권위 있는 과학적 기반으로 사용될 수 있도록 전리방사선 선원과 영향에 관한 연구결과를 계속 제공해야한다.
2. ICRP는 사람 외 생물종 보호를 위한 구체적 권고를 포함하여 방사선방호에 관한 권고를 계속 발행해야한다.
3. 국제원자력기구(IAEA)는 사람뿐만 아니라 사람이 아닌 환경 요소를 적절히 보호하기 위해 환경으로 방사성물질의 장기적 방출을 제한하게 하는 국제표준과 그 세계적인 적용을 위한 메커니즘을 포함한 적절한 국제사업을 수립해야한다. IAEA는 이 주제에 관한 국제회의를 조직함으로써 정보교환을 계속 촉진해야한다.

그동안 UNSCEAR는 사람 외 생물군에 미치는 전리방사선 영향에 관한 부록을 발행했다(United Nations 2008). ICRP는 아래에 자세히 언급될 일련의 보고서를 발행했다. IAEA는 다른 국제기구와 함께 전리방사선의 유해한 영향으로부터 사람과 환경을 보호하는 기본 안전목적을 충족시키기 위한 요건을 규정하는 ‘국제기본안전표준(BSS)’을 개정했다(IAEA 2011).

국가적 또는 국제적 다른 노력들, 특히 국제방사선생태학연합International Union of Radioecology의 연구도 환경보호 체계 개발과정을 조장했다(IUR 2012). 유럽위원회의 솔루션 프로그램인 FASSET(Larsson 2004)와 ERICA(Larsson 2008), 그리고 미국 에너지성의 생물선량평가위원회Biota Dose Assessment Committee(US Department of Energy 2002) 또한 크게 기여했다.

2003년에는, 방사선방호체계가 환경과 관련해서는 당시 적합하다고 생각한 사람의 방호를 위한 환경관리 표준이 다른 종을 위험에 처하지 않도록 보장할 것이라는 믿음에 전적으로 의존했다(ICRP 1991). ICRP 91(2003)에서, ICRP는 이 시스템이 사람의 서식지인 환경에 대한 간접적인 보호를 제공하긴 하지만 전리방사선과 관련된 모든 생명체에 대한 영향을 연구하고 따라서 이를 보호하기 위한 보다 포괄적인 접근이 개발되어야 함을 인정했다. ICRP 91은 환경보호에 관한 원칙을 보다 적시하고, 참조동식물 접근법에 기초하여 사람 외 생물종에 대한 전리방사선 영향을 평가하기 위한 기틀을 제안했다.

2007년 ICRP 권고(ICRP 2007)는 동식물군을 포함한 환경보호 문제를 보다 명시적으로 다루기 위해 방호체계를 실질적으로 확장했다. 이 권고는 환경보호 목표를 탐구하고 제안된 참조동식물(RAP)의 근거를 설명하는데, RAP은 서로 다른 환경(육지, 담수, 해양)에 있는 동식물을 대표하는 가상 실체의 작은 세트로서, 전리방사선 피폭과 영향에 대한 조직화된 접근의 기초를 형성한다는 것이다.

RAP 개념과 그 사용을 ICRP 108(2008)에서 더 자세히 다뤘는데, 여기에는 생물학적 가정, 선량계측 및 이들 실체에 대한 가용한 영향 데이터베이스에 대한 정보를 포함하고 있다. 잠재적 또는 실제 방사선 영향의 수준을 평가하기 위한 수치 지침으로서, 그리고 의사결정에 대한 입력으로서 각 RAP에 대해 유도고려참조(DCRL)의 범위도 제안했다. DCRL 값은 특정 영향이 발견된 선량의 밴드로 정의되었는데, 고려하는 동식물 개체군 구조에 어느 정도 작용할 수 있는 영향에 중점을 두었다. 2009년에는 RAP 세트에 대해 전이변수를 제공하는 ICRP 114(2009)를 발행했다.

ICRP 제4, 5분과위 공동 노력의 결과인 이번 간행물은 환경보호에 관한 ICRP 권고를 집약하고 그 적용에 대한 추가 지침을 제공한다. 이 간행물은 현재의 방사선방호체계 내에서 동식물에 대한 잠재적 영향을 평가한다. 특히 최적화 과정의 일부로서 최선의 관리방안을 식별하는 데 환경 고려사항이 포함되도록 하는 메커니즘을 제공한다. 계획단계에서는 접근법이 실제 환경 고려가 피폭 가능성을 최소화하는 의사결정의 일부가 되게 할 것이다. 정상운영 중에는 이 접근이 일상 감시나 평가 과정의 일부로 동식물군에 대한 방사선방호 수준을 명시적으로 드러낼 수 있게 할 것이다. 이 접근은 과거 행위나 사고의 결과인 기존피폭에 대한 해결책을 모색함에 있어 더 유식한 방식으로 동식물에 대한 영향을 평가하고 관리할 수 있게 할 것이다. 마지막으로, 필요에 따라 심각한 비상상황이 동식물에 미치는 영향의 심각성도 평가할 수 있게 할 것이다. 따라서 이 접근이 모든 피폭상황에서 환경보호를 보다 명백한 방식으로 고려하게 하고, 환경자원의 보다 나은 관리를 위한 객관적 기반을 제공한다.

이 보고서가 환경 방사선방호를 위한 접근의 개발에 중요한 이정표를 제시하지만, 이 발행이 이야기의 끝을 의미하진 않음에 주의할 필요가 있다. ICRP 기틀과 적용은 과학 공동체로부터 후속 입력에 열려있다. 사실, ICRP는 환경보호가 복잡한 문제이며, 그 방호 기틀이 모든 관련 문제를 즉시 해결할 것으로 기대할 수는 없음을 인식한다. 아무

튼, 사람에 대한 방사선방호체계가 현재의 발전 상태에 도달하기까지 거의 40년이 걸렸다. 이 접근은 미래의 과학 활동을 자극하고 우선순위를 결정하는 데 도움을 주는 기전을 제공하는 데 기여할 것으로 기대된다. 이 접근의 강점은 사람 외 생물종에 대한 방사선영향을 평가하고 관리하기 위한 출발점 역할과, 미래에 RAP 개념의 확장이나 대안 필요성을 분석할 견고한 참조로 사용될 수 있다는 것이다.

ICRP는 기틀개발 과정에서 다양한 내외부 기대와 동인 사이 어려운 길을 성공적으로 걸어왔다. 외적 상황은 특히 초기단계에서 방사선방호 공동체 구성원 사이에도 현저히 다른 의견을 조정해야 했다. 많은 사람들은 사람과 환경이 현재의 안전 수준에 의해 이미 적절하게 보호되고 있고 수많은 연구에 의해 기존 가설이 정상피폭의 맥락에서 확인되었다는 점을 감안할 때, 기존 방사선방호체계의 변화가 필요없다고 주장했다. 변화의 주요 동인은 1990년대 이후 경제발전과 환경보호에 대등한 고려 필요성에 대한 사회 인식이 높아진 것이었다. 이는 예를 들어 보전, 지속가능성 그리고 생물다양성과 관련된 공식적인 국제 및 국가 법규 수립에 반영되어 있다. 이에 비춰볼 때 ICRP는 어떤 상황에서 방사능 환경방출의 잠재적 영향을 명백히 평가할 수 있는 방법이 의사결정에 필요한 입력이라는 국제사회의 공감대에 응답한 셈이다.

이 작업을 수행함에 있어 ICRP는 또한 주목할 가치가 있는 많은 내부 조건을 규정했다. ICRP는 동식물에 대한 영향을 평가하는 것을 포함한 환경보호를 위한 기틀의 복잡성은 그 기틀의 적용이 적절한 자원의 최선 사용을 조장하고 불필요한 소모적 노력을 피할 수 있도록 위험수준에 비례해야 한다고 결정했다. ICRP는 또한 이 접근이 기존 방사선방호체계나 현재 다른 환경 스트레스 요인의 영향을 평가하는 방법 모두와 양립할 수 있어야 한다고 명시했다. 마지막으로, ICRP는 향후 새로운 정보가 수집되고 접근법과 합체될 수 있는 여지를 둬고 동시에 현 과학지식 수준의 최선 활용에 기반을 둔 접근법 개발에 착수했다.

다사다난한 10년 끝에 이 보고서 발간으로 국제 및 국가 표준을 추가로 개발할 책임이 있는 기구들이 보다 명시적 방법으로 환경을 고려할 수 있게 하는, 그래서 궁극적으로 방사선방호체계를 강화하는, 실질적인 지침과 표준을 개발할 수 있는 기반을 갖추었다.

전혀 다른 주제이지만, 'ICRP연보 *Annals of the ICRP*' 이번 호는 영국 SAGE사가 발간한 첫 호이다. 1928년부터 1959년까지 ICRP의 전신인 IXRPC 이름으로 발행된 것을 포함한 ICRP 보고서들은 논문형태나 ICRP를 대신한 여러 출판사에 의해 출간되었다. 그 다음 ICRP가 발행한 첫 권을 Pergamon Press가 책 형태로 출판했는데, 이것이 ICRP 1(1959)이다. 1977년에는 마침내 학술지 형식으로 바뀌, ICRP연보 1권 1호인 ICRP 24(1977)를 발행했다. 2004년에 Pergamon Press를 Elsevier가 인수했고 계속해서 Elsevier가 ICRP 123(2013)까지 수년간 ICRP연보를 출판했다.

Elsevier에서 SAGE로 이동은 경쟁절차의 결과였으며, 이동은 양사의 전문성 덕분에

아주 매끄럽게 진행되었다. Elsevier를 떠난 것이라기보다 SAGE로 옮긴 것이라고 할 수 있고, 여전히 우리와 Elsevier는 좋은 관계를 유지하고 있다. 이번 호를 보면, 독자는 우리가 이러한 출판사의 변경에 맞춰 형식을 크게 변경하지는 않았고, 또 그럴 계획도 없음을 알게 될 것이다. 몇 가지 사소한 스타일 변화는 감지할 수도 있지만, 이는 지난 몇 년 동안 발생한 다른 작은 변화와 같은 진화적인 개선일 뿐이다. ICRP는 이번 SAGE와의 새로운 파트너십을 기대하며, 방사선방호에 관심 있는 사람들이 ICRP의 지침과 권고에 쉽게 접근할 수 있는 새롭고 흥미로운 방법을 함께 모색할 것이다.

DIEGO M. TELLERIA
CAROL A. ROBINSON
CHRISTOPHER H. CLEMENT

참고문헌

- US Department of Energy, 2002. A graded approach for evaluating radiation doses to aquatic and terrestrial biota, DOE Standard, DOE-STD-1153-2002, US Department of Energy, Washington DC.
- IAEA, 2003. International Conference on the Protection of the Environment from the Effects of Ionizing Radiation, 6 - 11 October 2003, Presidents's Findings, Available at: <http://www-ns.iaea.org/downloads/rw/meetings/stockholm_conf.pdf> (last accessed 13 November 2013).
- IAEA, 2011, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards Interim Edition, General Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3 (Interim), International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- ICRP, 1959. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Now known as ICRP Publication 1, Pergamon Press, London, UK.
- ICRP, 1977. Radiation protection in uranium and other mines. ICRP Publication 24, Ann. ICRP 1(1).
- ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1-3).
- ICRP, 2003. A framework for assessing the impact of ionising radiation on non-human species. ICRP Publication 91. Ann. ICRP 33(3).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).

- ICRP, 2008. Environmental protection: the concept and use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. Ann ICRP 38(4-6).
- ICRP, 2009. Environmental protection: transfer parameters for Reference Animals and Plants. ICRP Publication 114. Ann ICRP 39(6).
- ICRP, 2013. Assessment of Radiation Exposure of Astronauts in Space. ICRP Publication 123. Ann ICRP 42(4).
- IUR, 2012. Towards an ecosystem approach for protection with emphasis on radiological hazards. IUR Report 7, 2nd Edition, Cadarache, France.
- Larsson, C-M., 2004. The FASSET framework for assessment of environmental impact of ionizing radiation in European ecosystems - an overview. J. Radiol. Prot. 24, A1-A12.
- Larsson, C-M., 2008. An overview of the ERICA integrated approach to the assessment and management of environmental risks from ionizing contaminants. J. Environ. Radioact. 99, 1364-1370.
- United Nations, 2008. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2008 Report, Sources and effects of ionising radiation, Vol II. Annex E. Effects of ionizing radiation on non-human biota. United Nations, New York.

다양한 피폭상황에서 환경보호

ICRP 간행물 124

2013 년 4 월 ICRP 승인

요지— ICRP는 이 보고서에서 환경보호를 위한 기틀과 그것을 ICRP의 방호체계 내에서 어떻게 적용해야 하는지 설명한다. 이 보고서는, ICRP가 자연환경에서 동식물(생물군) 방호와 연관된 정도까지 환경보호 관련 목표를 확장하고, 참조동식물(RAP), 정상적 지역 백그라운드 자연방사선 준위를 넘는 선량과 방사선영향을 연계하는 유도고려참조준위(DCRL), 그리고 여러 잠재적 피폭경로를 사용함으로써 이 목표가 어떻게 충족되는지를 논의한다. 이 보고서는 권고가 적용되는 상이한 종류의 피폭상황, 환경보호와 관련된 핵심 원칙, 그리고 DCRL 사용에 근거한 기준치가 어떻게 각 피폭상황에 관해 적절한 노력 수준을 알리는 데 사용될 수 있는지를 설명한다. 다른 형태의 환경보호 목표를 만족시키기 위해 ICRP 권고를 어떻게 이행할 수 있을지, 그리고 목표가 어떻게 참조값과 비교될 수 있는지에 대한 추가 권고도 이루어지는데, 이는 한 장소에 특화된 대표생물 사용을 요구할 수도 있다. 특히 다른 관계자나 이해당사자 소통과 관련하여 추가 정보도 제공된다. 준수와 관련해 발생할 수 있는 이슈에 대해서도 논의하며, 마지막 장에서는 현재까지 이 분야에서 ICRP의 일이 갖는 전반적 함의에 대해 논의한다. 부록 A와 B는 RAP과 관련된 몇 가지 수치정보를 제공한다. 부록 C는 대규모 산업현장 및 관행과 관련하여 현재 시행되고 있는 다양한 유형의 환경보호 법규, 그리고 그런 장소에서 발생하는 여러 위협으로부터 야생동물을 보호하는 다양한 방법을 고려한다.

중심어: 방사선, 피폭상황, 환경보호, 생물군

ICRP를 대신한 저자

R.J. PENTREATH, J. LOCHARD, C-M. LARSSON, D.A. COOL, P. STRAND,
J. SIMMONDS, D. COPPLESTONE, D. OUGHTON, E. LAZO

요약

(a) ICRP는 전리방사선 방호를 위한 ICRP의 전반적 기틀 내에 환경보호라는 새로운 요건을 도입함으로써 그 범위를 확장했다. 이 보고서는 환경보호를 위한 ICRP 기틀과 이를 ICRP 방호체계에서 어떻게 적용해야 하는지를 설명한다.

(b) 환경보호 측면에서 ICRP 목표는 생물군에 해로운 방사선영향의 빈도를 생물다양성 유지, 종의 보존, 또는 자연 서식지, 공동체 및 생태계의 건강과 상태에 미치는 영향을 무시할 수준으로 예방하거나 줄이는 것이다. 따라서 가장 관련성이 높은 생물학적 귀착점은 개체군 규모나 구조의 변화를 가져올 수 있는 것이다. 생물군의 엄청난 다양성과 방사선에 대한 가정된 반응으로 인해, 신뢰할만한 시스템은 기틀의 기본 요소를 연결시키며 감사 가능한 추적을 제공하는 어떤 핵심 참조점을 가지거나, 적어도 추가 데이터가 나오고 그러한 데이터를 얻을 수 있을 때 그렇게 되어야 한다. 따라서 ICRP는 주요 환경에 전형적인 몇몇 종류 생물체를 위해 12종 참조동식물(RAP) 세트와 관련 데이터베이스를 개발했다. RAP은 분류학적 과(科) 수준으로 묘사했는데, 이는 방사선영향과 관련된 동물이나 식물의 생물학적 특성이 대체로 일정하다고 가정할 수 있는 가장 높은 분류학적 수준이기 때문이다. 그들은 본질적으로 참조모델이다.

(c) 서로 다른 유형의 각 RAP에 구체적인 유도고려참조준위(Derived Consideration Reference Level(DCRL))도 정의하고 있다. DCRL은 그 유형의 각 RAP 개체에서 방사선의 악영향이 일어날 가능성이 있는 한 자릿수에 걸친 선량을 밴드로 생각할 수 있다. 따라서 다른 해당 정보와 함께 고려할 때 DCRL은 전체 관리목표, 피폭상황, 실제 존재하는 동식물군, 피폭하는 개체 수에 따라 환경보호에 투입해야 할 적절한 수준의 노력에 대한 정보에 관한 참조점으로 사용될 수 있다.

(d) 따라서 ICRP는 해당 생물종에 의해 국지적으로 경험된 자연 백그라운드를 넘어 유의한 환경피폭이 있거나 있을 수 있는 모든 상황에서 DCRL을 사용하기를 권고한다. 계획피폭상황에서는 방사선원에 대한 관리를 계획할 때 주어진 지역에서 각 종류 생물군을 보호하기 위한 적절한 참조점으로 해당 DCRL 밴드의 하한선을 사용해야 한다. 동일한 생물군에 영향을 미치는 여러 방사선원 또는 이전 방사선원으로부터 발생하는 잔여피폭 가능성 때문에 가능한 누적 영향도 고려할 필요가 있다.

(e) 기존피폭상황 및 방사선원 통제가 이루어지지 않는 비상피폭상황¹⁾에서 선량률이

해당 DCRL 밴드보다 높다면 해당 동식물에 대한 피폭을 DCRL 밴드 이내 수준으로 감축함을 목표로 하되, 그렇게 할 때 방사선 또는 방사선 외적 영향을 충분히 고려해야 한다고 ICRP는 권고한다. 선량률이 밴드 내에 있다면, 비용과 이득이 어떤 추가 노력을 정당화한다면 피폭 감축을 고려해야 한다고 ICRP는 생각한다. 따라서 기존피폭상황의 경우 DCRL은 환경피폭을 완화하기 위한 기준으로 사용되어야 한다.

(f) RAP은 그 정의가 ‘참조점’이기 때문에 각 상황에 해당하는 대표생물을 식별할 필요가 있을 수도 있다. 대표생물은 RAP과 매우 유사할 수도, 다를 수도 있다. 기존의 다른 법률에 의해 대표생물이 이미 책정되었을 수도 있으므로 어떤 경우에는 선택의 여지가 작을 수도 있다. 그렇지만 이러한 생물군과 RAP의 차이를 기초 생물학, 선량계측 또는 방사선영향과 관련하여 정량화할 수 있어야 하며, 그러한 차이를 유의해 감안해야 한다. 그러한 인자를 적용해야 하는 정도나 그것이 최종결정에 미치는 영향은 환경보호와 관련된 계획과정의 적용과 이해의 속성에 달려있다. 야생동물 관리 당국 같은 다른 규제기관이 참여할 가능성이 있으므로, 방사성물질 배출과 생물학적 영향의 잠재적 위험(RAP 기틀의 출발점이 되어야 하는) 사이에 명확하게 설정된 논리적 연결과, 관련 이해당사자가 의사결정 과정에 참여할 수 있는 명확한 전략을 갖는 것이 필수적이다.

(g) 실제 비상사태 대응이나 방사성핵종의 우발적 환경방출과 관련하여, 사람의 피폭이나 사람의 먹이사슬이 영향을 받는 정도에 따라 환경보호에 대한 고려는 우선이 아닐 수도 있다. 그러나 사람 피폭 우려가 지배적인 경우라 할지라도, 적절한 수준의 사람 보호를 달성하는 데 가용한 방안의 환경영향은 고려되어야 한다.

(h) 사고 발생 후 DCRL 기틀과 동식물이 받는 선량과 대비한 지시적 개체군 영향의 집합은, 특히 그 지역에서 사람이 빠지고 사람 피폭으로 이어지는 먹이사슬이 차단된 환경조건과 관련하여, 그 상황의 의미를 이해당사자에게 알리는 데 유용할 수 있다. 심각영향참조준위(severe-effect reference level) 개념은 화학산업에서 종종 사용된다. ICRP는 이 유형 준위는 대략 DCRL 밴드보다 100배 위의 선량과 대등한 것으로 볼 수 있다고 적시한다. 우발적 방출 직후 시간 경과에 따라, 미리 정해진 참조점에 대비한 환경 상황 평가에 관련한 정보가 일반대중에게 전달될 수 있으며, 따라서 완화조치의 결과 또는

1) <역주> 동식물이 상당한 수준으로 피폭하는 대부분 상황은 기존피폭상황이다. 비상피폭상황의 예는 찾기 쉽지 않은데 예를 들자면 심한 지표오염이 씻겨 흘러들어 사람에게 중요한 수원을 오염시키지 않도록 한 호수로만 오염수를 모우는 조치를 취한 때 호수의 오염이 동식물 입장에서 심각한 수준이라면 그 호수 내나 주변에 사는 동식물이 처한 상황은 비상피폭상황이 된다. 이런 조치에도 불구하고 호수물의 오염이 동식물 입장에서 심각하지 않은 수준이라면 계획피폭상황으로 본다.

단순히 자연현상의 영향을 쉽게 평가할 수 있다.

(i) 가능하다면, 방사선원으로부터 환경보호는 일반인을 보호하기 위한 관리를 보완하되 그 복잡성을 불필요하게 증가시키지 않아야 한다. 따라서 ICRP는 다양한 유형의 생물체(RAP 세트)에 대해, 피폭에서 선량, 선량에서 영향을 연계하는 기틀에 의해 환경보호 관련 결정이 이루어질 수 있는 명확한 근거를 가짐으로써, 정상적인 계획피폭상황의 결과로 사람과 사람 외 생물종의 보호를 내보이는 것이 환경중 방사성 핵종 농도에 대한 추정(설계 단계에서)과 측정(운영 중)에만 근거하여 비교적 단순한 방식으로 통합될 수 있다고 믿는다.

(j) ICRP는 이 권고의 실제 이행을 계속 검토할 것이며, 그 경험에 비추어 향후 개정도 이루어질 것이다.

용어집

저생성 benthic

바다나 호수 밑바닥에 서식하는 동식물군과 관련된.

농도비 concentration ratio

주변 서식지(공기, 퇴적물, 토양 또는 물과 같은 특정 매질로 표현되는)에서 방사능 농도에 대한 어떤 동식물 내 방사능 농도의 비.

유도고려참조준위 driven consideration reference level(DCRL)

해당 유형의 동식물 개체에 전리방사선의 해로운 영향이 발생할 가능성이 있는 선량률의 밴드(그 유형 생물체에 대해 예상되는 생물학적 영향에 대한 지식으로부터 도출됨)로서 다른 관련 정보와 함께 고려할 때 전반적 관리목표 및 해당 피폭상황에 따라 환경보호에 투입할 노력의 수준을 최적화하기 위한 참조점으로 사용될 수 있다.

선량환산인자 dose conversion factor

단순화된 선량계측에서 유기체 내부나 외부에서 방사성핵종의 균일한 분포를 가정할 때 유기체 선량을 계산할 수 있게 하는 값.²⁾ (mGy/일)/(Bq/kg) 단위로 주어진다.

비상피폭상황 emergency exposure situation

계획된 방사선원에 대한 통제를 상실하거나 예기치 못한 상황(예: 악의적인 행위) 때문에 바람직하지 않은 결과를 피하거나 감축하기 위해 긴급조치가 필요한 피폭상황.³⁾

환경피폭 environmental exposure

2) <역주> 환경보호 목적의 선량환산인자는 사람의 경우와는 차이가 있다. 환경보호 목적에서는 정상 상태로 단순화된 조건(즉, 생물체 내외의 방사성핵종 농도가 일정하게 유지됨)에서 단위 방사능 농도 당 예상되는 선량을 환산인자로 사용한다.

3) <역주> 긴급조치가 필요한 피폭상황이 비상피폭상황이 아니라, 필요한 긴급조치를 수행함으로써 발생하는 심각한 피폭상황이 비상피폭상황이다. 주의가 필요한 것은 가령 원전 사고시 주민을 소개하는 등의 긴급조치를 취할 때 주민이 받는 피폭이 비상피폭상황인가 의문이 제기된다. 이 경우 소개라는 긴급조치를 취하지만 그 때문에 주민의 피폭이 발생하는 것이 아니다. 피폭은 이미 진행되거나 임박했기 때문에 피폭상황은 긴급조치 때문에 발생하는 것이 아니다. 이 경우 긴급조치는 기존(또는 임박한) 피폭을 줄이는 입장(즉, 개입)에서 이루어지는 것이다. 이것이 현재 ICRP 방호 체계에서 혼선을 빚고 있다. ICRP 109나 이 간행물에서도 이러한 주민(또는 동식물)의 피폭을 비상피폭상황으로 부적절하게 분류하고 있다.

자연 환경에서 사람의 활동으로 인해 자연적 백그라운드에 추가하여 생물군이 받는 모든 방사선피폭(이 용어는 이전의 ICRP 문서에서 환경 경로를 통한 사람의 피폭을 지칭하는 데도 사용되어왔다).⁴⁾

환경방사선방호environmental radiation protection

동식물(생물군)의 자연환경 설정에서 유해한 방사선영향의 빈도를 생물 다양성 유지, 종의 보전 또는 자연 서식지나 공동체 및 생태계의 건강과 상태에 미치는 영향이 무시할 수준까지 예방하거나 줄이기 위해 취하는 수단.

기존피폭상황existing exposure situation

피폭 관리를 결정할 때 이미 존재하는 선원⁵⁾(자연방사선, 과거 활동 또는 비상사태 후속을 포함)으로 인한 피폭상황.

피폭상황exposure situation

천연 또는 인위적인 방사선원으로부터 다양한 경로를 통한 방사선 전달 및 개체의 피폭을 포함하는 과정이다.⁶⁾

그레이gray(Gy)

흡수선량의 SI 단위에 대한 특별명칭: $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1}$.

반복번식성iteroparous

일생에 한 번 이상 번식하는.

정당화justification

(1) 방사선과 관련된 계획된 활동이 전반적으로 유익한지[즉, 활동을 도입하거나 계속할 때 개인과 사회에 주는 이익이 활동으로 인한 위해(방사선 위해 포함)보다 큰

4) <역주> '환경방사선', '환경방사선 관리'처럼 '환경'이란 말이 주로 사람중심 관점에서 사용되어 왔기에 동식물군이 받는 피폭을 '환경피폭'으로 부르는 것이 어색하다. 보다 명확히 '동식물피폭biota exposure'로 부르는 것이 적절한 것 같다. 다음 항목인 '환경방사선방호'도 마찬가지이다. 이미지 때문에 '환경'이란 어휘가 남용되어 혼란을 자초한다.

5) <역주> 기존피폭상황의 개념을 위해 이미 존재하는 것은 '선원'이 아니라 '피폭상황'이다. 즉, 이미 피폭이 진행되고 있어야 한다(적어도 피폭이 매우 임박하여 이미 존재하는 것과 방사선방호 관점에서 현실적 차이가 없다면 기존피폭으로 간주할 수도 있다). 예를 들어 후쿠시마 원전 인근 지역은 오염으로 그 선원이 이미 존재하고 있지만 제염작업을 위해 그곳에 들어가는 종사자의 피폭은 계획피폭상황이다. 항공기 승무원의 우주방사선 피폭도 같다.

6) <역주> 피폭상황이 '과정'인지 의문이기에 만족스럽지 않은 설명이다. 역자는 피폭상황을 '피폭의 요소인 선원, 피폭경로, 피폭대상이 연계되어 대상이 방사선을 피폭하는 상황'으로 정의하고 싶다.

지]], 또는 (2) 비상피폭상황이나 기존피폭상황에서 제안된 완화전략이 전반적으로 유익할 것인지(즉, 치유전략을 도입하거나 지속하는 것이 개인과 사회에 주는 이익(방사선 위해 감축 포함)이 비용과 그로 인해 야기되는 해로움이나 손해를 능가하는지) 여부를 결정하는 과정.

자연환경natural environment

야생 동물과 식물이 정상적으로 살아가는 모든 물리적, 화학적, 생물학적 조건에 대한 포괄적 용어.

방호(안전)최적화optimisation of protection(and safety)

어떤 수준의 방호 및 안전이 피폭이나 잠재피폭의 확률 및 크기를 경제사회적 인자를 고려하여 합리적으로 달성 가능한 범위에서 낮게 만드는지를 결정하는 과정.

원해성⁷⁾pelagic

바다나 호수 표면 근처에 서식하는 동식물군과 관련된.

계획피폭상황planned exposure situation

의도적으로 도입된 방사선원의 운영으로 인한 피폭상황. 계획피폭상황은 발생할 것으로 예상한 피폭(정상피폭)과 예상되지 않은 피폭 모두를 야기할 수 있다.⁸⁾

방사성물질radioactive material

종종 방사능과 방사능 농도 모두를 고려하여 그 방사능 때문에 규제관리를 받도록 국가의 법률이나 규제기관이 지정한 물질.⁹⁾

참조동식물reference animal and plant(RAP)

특정 유형의 동물이나 식물의 기본 생물학적 특성을 가지며 분류학적 통치에서 과(科) 수준으로 묘사되고, 해당 유형의 생물체에 대해 피폭과 선량, 선량과 영향을 연계할 목적으로 사용할 수 있는 특정 해부학적, 생리학적이고 생명사적 특성을 가지는 가상의¹⁰⁾ 실체.

7) <역주> 이 간행물에서 사용하는 의미와는 어휘적 표현이 사뭇 다르다. ‘저생성’과 대립되는 용어로 보면 적절하다.

8) <역주> 피폭상황과 선원을 혼동한 잘못된 설명이다. 선원은 예상하거나 예상하지 않은 피폭을 초래할 수 있다. 그러나 계획피폭상황인 피폭은 모두 예상한 것이어야 한다.

9) <역주> 달리 말하면, 방사성물질 일반면제기준을 넘는 방사능 농도와 방사능을 가지는 물질을 방사성물질로 보면 된다.

10) <역주> ‘가상의 실체’라는 표현은 어떤 RAP(예: 사슴)이 실제로 존재하지만 RAP이 과family 수준

대표생물representative organism

방사선원에 대한 가정된 위치를 고려한 현장 고유한 평가에서 선정된 특정 종 또는 생물군. 많은 경우 이 목적을 위해 선택된 실제 대표생물은 참조동식물과 동일하거나 매우 유사할 것이지만, 때로는 매우 다를 수도 있다.

단회생식성semelparous

일생에 한 번만 번식하는.

방사선원source

정량화할 수 있는 방사선량(사람이나 생물에¹¹⁾)을 야기할 잠재력이 있는 물리적 실체나 절차.

의 분류이므로 그 아래에도 속, 종으로 나뉘며 같은 종에도 차이는 존재한다. 예를 들어 순록, 노루, 고라니, 사슴상도 모두 사슴과이다. 이들의 크기나 수명, 섭생 등이 세부적으로는 차이가 있으므로 사슴이라는 하나의 RAP의 실체를 말할 수는 없다. 따라서 사슴이라는 RAP의 실체는 대체적이고 지배적인 특성으로 설명된 가상의 것일 수밖에 없다. 사람의 방호체계에서 설정하는 기준인은 사람이라는 종(種)에 대해서만 규정하지만 실체는 다양하므로 평균적 사람(성인 및 미성년 그룹)을 가상으로 설정하여 기준인reference man을 적용하는 것의 연장으로 보면 된다.

11) <역주> 원문은 사람을 중심으로 적고 있으나 이 간행물에서는 사람보다 사람 외 생물종이 주안점이어서 생명체를 추가했다.

제1장 서론

1.1. 배경

(1) 전리방사선에 대한 방호를 위한 ICRP의 모든 권고는 목표, 기본 원칙 및 범위의 기틀에 기초하고 있다. 일반 권고의 최신 개정판(ICRP 2007)에서 ICRP는 ‘환경보호’라는 새로운 요건을 도입하여 권고의 범위를 넓혔다. 이 결정은 사람 외 생물종에 대한 전리방사선 영향을 평가하기 위한 기초, 환경보호에 대한 기본원칙과 일반적 접근법, 그리고 그러한 정보가 환경방사선방호에 구체적으로 어떻게 적용될 수 있는지를 논의했던 이전의 ICRP 문서(ICRP 2003)로부터 논리적으로 계승한 것이었다.

(2) 그러므로 ICRP는 자연 생태계에 있는 동식물을 보호하기 위한 목적을 “생물다양성 유지, 종의 보전, 또는 자연 서식지나 공동체 및 생태계의 건강과 상태에 미치는 영향이 무시될 정도까지 유해한 방사선영향의 빈도를 방지 또는 감축하는 것(ICRP 2007)”으로 설정했다.¹²⁾ 이 목적 달성에서 방사선피폭은 고려해야 할 하나의 인자일 뿐이며, 종종 사소한 인자일 수도 있음을 ICRP는 인식한다. 이것은 사람 방호를 위해 전반적으로 잘 정립된 ICRP의 방사선방호 기틀framework 안에 환경보호가 어떻게 접목될 수 있는가 하는 의문을 제기하기도 했다.

(3) ICRP는 ICRP 103(2007)에서 ICRP 91(2003)에 주어진 조언을 바탕으로 기존 모델과 데이터베이스 세트를 사용하여 사람 방호를 위해 개발된 것과 유사한 과학적이고 개념적인 기틀 내에 환경보호 개념의 근거를 두기로 했다고 말했다. 이 제안된 기틀은 ICRP 108(2008)에서 그 개념은 물론 다양한 유형의 동식물에 대해 피폭과 선량, 선량과 영향을 연계하는 문제를 탐구하기 위한 작은 세트의 참조동식물(RAP)을 사용해

12) <역주> 환경보호는 말 그대로 ‘환경’이라는 큰 틀에서 보는 개념이다. 따라서 어떤 종의 생물군 중에서 특별히 높은 피폭을 받아 악영향이 나타나는 개체까지 보호하려는 것은 아니다. 사람은 다른 이유와 목적으로 생물 개체나 무리의 개체를 를 의도적으로 살상하기도 한다. 달리 말하면 환경보호는 우려할 수준으로 지역 생태계를 교란하지 않음을 겨냥한다고 볼 수 있다. 다른 측면의 환경보호는 사람에게 가치 있는 물질자원(광물, 물, 공기 등)의 오염을 관리하는 일도 포함하지만 이 간행물의 목적은 생태계 보호이므로 그러한 물질자원의 방사능 오염이 생태계에 유의미한 영향을 미치는 수준까지만 포함한다고 볼 수 있다.

설명함으로써 더욱 발전했다. ICRP 108(2008)은 RAP에 대한 생물학적 기술, 해당 방사선영향 자료 및 다양한 방사성핵종에 대한 RAP 고유 선량한산인자 및 보호 수준 최적화를 위한 출발점으로서 유도고려참조준위(derived consideration reference level)와 같은 여러 가지 새로운 용어와 수치도 포함하고 있다. 이러한 RAP에 대한 전반적 데이터 세트는 관련 전이인자(농도비)의 집대성을 통해 최근에 확장되었는데 전이인자 데이터 세트는 많은 방사성핵종에 대해 환경 농도와 동식물 체내의 상응하는 농도 사이 관계를 나타낸다(ICRP 2009).

1.2. 목표와 범위

(4) 이 보고서는 환경보호를 위한 ICRP 기틀과 그것이 ICRP 방사선방호체계 내에서 어떻게 적용되어야 하는지를 설명한다. 이는 사람 외 생물종—이 보고서에서 간단히 ‘생물군biota’으로 지칭하기도 한다—에 대해 어떤 특정 피폭상황에서 모든 피폭원으로부터 방호를 제공함과 관련해 포괄적이고 일관된 결정을 내릴 수 있도록 하기 위한 것이다.

(5) 때때로 ‘환경보호’라는 용어는 사람에게 가치 있는 환경자원을 구성하는 것으로 간주되는 환경매체(토양, 물, 퇴적물, 공기 등)에 대해 미래를 위해 그러한 자연자원을 보호한다는 목적으로 오염을 예방한다는 의미를 갖기도 한다. 전형적 예는 폐기물 처분으로 인해 방사성핵종이 사람에게 유용한 지하수를 오염시킬 위험으로부터 지키는 보호이다. 그러한 경우, 보호 대상(예: 지하수) 자체는 전리방사선에 노출에 손상을 입지 않으므로, 관심은 전적으로 장차 사람이 그 자원을 사용하는 데 있다. 따라서 이것은 사람 보호 기틀의 일부이다. 그러나 같은 방식으로 이 자원은 사람 외 생물군에 대한 피폭 매질 네트워크의 일부를 형성한다. 그래서 그런 자원의 보호는 사람과 생물군 모두에 대한 피폭을 제한하기 위한 메커니즘이다. 따라서 ICRP는 환경매체를 피폭 ‘경로’로 간주하지만, 생물군 보호에 관한 권고는 특정 환경에 사는 생물체에 미치는 영향과 그 감수성에 대한 이해로부터 나온다. 그러므로 자원보호가 간과해서는 안 되는 환경보호의 한 측면(그리고 종종 지속가능한개발 원칙에 따른 법적 요건)이긴 하지만, 이 보고서의 목적은 아니다.

(6) 이 보고서의 구성은 다음과 같다. 환경보호 관련 귀착점에 대한 설명에 이어, ICRP의 RAP 세트 개발을 살피고, DCRL의 목적을 설명한다. RAP이 어떻게 지역의 자연방사선 수준을 넘어 방사선을 피폭할 수 있는지도 살핀다. 이 보고서는 여러 유형 피폭상황에 대해 ICRP 방호기틀이 어떻게 적용될 수 있는지, 그 적용이 어떻게 방호의

기본원칙과 연계되는지, 그리고 DCRL에 근거한 기준값이 상이한 피폭상황에서 적정 수준 노력을 알아내는 데 어떻게 사용될 수 있는지를 설명한다. 다른 형태의 환경보호 목표를 만족시키기 위해 ICRP 권고를 어떻게 이행할 수 있을지에 대한 추가 권고가 이루어지는데, 이는 한 장소에 특화된 대표생물 사용을 요구할 수도 있다. 특히, 다른 관계자나 이해당사자와 소통과 관련하여 추가 정보도 제공된다. 준수와 관련해 발생할 수 있는 이슈에 대해서도 논의하며, 마지막 장에서는 현재까지 이 분야에서 ICRP의 일이 갖는 전반적 함의에 대해 논의한다. 부록 A와 B는 RAP과 관련된 몇 가지 수치정보를 제공한다. 부록 C는 대규모 산업현장 및 관행과 관련하여 현재 시행되고 있는 다양한 유형의 환경보호 법규, 그리고 그런 장소에서 발생하는 여러 위협으로부터 야생동물을 보호하는 다양한 방법을 고려한다.

제2장

환경보호를 위한 ICRP 기틀

2.1. 방호 목적

(7) 환경보호 측면에서 ICRP 목표는 생물체에 유해한 방사선영향의 빈도를 생물다양성 유지, 종의 보전, 또는 자연 서식지나 공동체 및 생태계의 건강과 상태에 미치는 영향을 무시할 수준까지 예방하거나 줄이는 것이다. 따라서 가장 관련성이 높은 생물학적 귀착점은 개체군 크기나 구조에 변화를 가져올 수 있는 것이다. 그렇지만 방사선은 개체에 영향을 미치며, 방사선영향에 관한 대부분 가용한 자료는 개체군보다는 개체와 관련되어 있다.

(8) 개체에서 흥미 있는 생물학적 귀착점(end point)으로 개체군 수준까지 영향을 미칠 수 있는 것은 다음과 같다.

- 조기사망(연령 분포, 사망률 및 개체군 밀도의 변화를 가져옴)
- 일부 형태 이환율(개체의 '적응성'을 감소시켜 자연환경에서 생존을 어렵게 만듦)
- 출산율이나 번식력 감소로 인한 생식력 장애(출생률, 연령분포, 수 및 밀도에 영향을 미침)
- 염색체 손상 유발.

(9) 귀착점 중 일부(예: 사망률, 생식력 감소)는 개체군 증가율이나 구조에 직접 영향을 미칠 수 있으나, 다른 귀착점(예: 이환율, 일부 형태의 염색체 손상)의 개체군 수준에서 영향은 완전히 이해되지 않거나 그냥 모른다. 따라서 확률론적으로 알려진 영향(사람의 방사선방호의 경우와 같은)과 비확률론적으로 알려진 것으로 영향을 그룹화하는 것은 귀착점을 특징짓는 데 거의 가치가 없다.¹³⁾ 특히 개체군 수준에서, 관심의 대상이 되는 것은 보다 광범위한 생물학적 영향이다. 개체군의 일부 구성원에서 감지할 수 있는 영향이 반드시 전체 개체군에 영향을 주는 것은 아니기 때문에, 역이 항상 성립하지는

13) <역주> 확률론적 영향의 특징은 개체로 볼 때는 낮은 확률로 집단에서 무작위로 발생하는 것이다. 따라서 작은 비율의 개체에서 확률론적 영향의 발현이 그 집단의 생존을 위협하는 수준이 되지는 않는다면 환경보호라는 관점에서 볼 때는 중요하지 않다. 사람에서는 한 사람의 고통도 고려해야 하는 것과 차이이다. 그래서 환경보호 맥락에서는 영향이 확률론적이냐 결정론적이냐 이분법으로 접근하는 것은 별 의미가 없다.

않지만, 집단의 어떤 개체에서 영향이 없으면 개체군 수준에서도 영향이 없다.

(10) ICRP 권고를 실제에 적용하고 전반적 목표를 달성하기 위해서는 기틀이 다음 요소를 모두 포함하는 것이 이상적이다.

- 특정 환경 피폭상황과 관련해 명확히 규정된 지역 환경보호 목표
- 환경보호 목표와 관련해 상이한 선량률, 상이한 조직이나 장기, 그리고 생물군의 생애단계¹⁴⁾life stage에서 방사선이 미치는 영향에 대한 지식
- 그러한 환경 피폭상황에서 생물학적 귀착점과 관련하여 가장 위험에 처할 수 있는 조직이나 장기, 생애단계 측면에서 해당 생물군이 받게 될 것으로 보는 선량 추정치
- 그러한 선량률을 받을 가능성이 있는 개체수 또는 해당 개체군의 분율과 그 시기
- 동일한 개체군에 대한 다른 가능한 위험을 염두에 두면서, 방사선피폭과 관련해 해당 생물군의 방호 수준을 최적화하기 위해 취할 수 있는 조치.

(11) 첫째 사항을 제외하고는, 분명히 이것은 총체적으로 어렵고 사실상 불가능할 수도 있는 임무이다. 생물군의 범위는 광대하며, 그 생애주기¹⁵⁾life cycle의 여러 단계에서 미치는 방사선 영향은 알려지지 않았을 뿐만 아니라 알기도 어렵다. 그럼에도 불구하고 ICRP는 체계를 잘 구성하고 사람을 보호하기 위해 개발된 기틀이나 체계와 논리적이고 과학적으로 연결한다면, 환경보호 문제에 대한 기본 지침과 조언을 제공할 수 있는 충분한 정보가 있다고 믿는다.

(12) 생물군의 방대한 다양성과 방사선에 대한 가정된 반응으로 인해, 신뢰할만한 체계는 기틀의 기본요소를 연결시키며 감사 가능한 추적을 제공하는 어떤 핵심 참조점을 가지거나, 적어도 추가 데이터가 나오고 그러한 데이터를 얻을 수 있을 때 그렇게 되어야 한다. 그러한 체계적 접근법의 장점은 시스템의 어떤 성분을 변경할 필요성이 제기된 때(새로운 과학적 데이터 수집, 사회 태도의 변화, 또는 단순히 실제 적용에서 얻은 경험 때문에) 그 변경이 체계 내 어떤 곳 또는 체계 전체에 미칠 영향을 생각할 수 있다는 것이다.

2.2. 참조동식물 Reference Animals and Plants

(13) ICRP는 주요 환경에서 전형적인 몇 유형의 생명체에 대해 작은 세트의 RAP 및

14) <역주> 생애단계: 생명체의 일생에서 특성이 구분되는 단계. 개구리의 경우 개구리알, 올챙이, 개구리(성체)가 각각 한 생애단계가 된다. 연결된 생애단계의 한 바퀴가 생애주기이다.

15) <역주> 생애주기: 생물학에서는 출생부터 다음 세대로 생식 종료까지 순환되는 생애단계 계열. 예를 들어 나비의 생애주기는 알-애벌레-번데기-나비-알과 같다.

관련 데이터베이스를 개발했다. RAP은 분류학적 과(科) 수준으로 묘사했는데, 이는 방사선영향과 관련된 동물이나 식물의 생물학적 특성이 대체로 일정하다고 가정할 수 있는 가장 높은 분류학적 수준이기 때문이다. RAP은 본질적으로 참조 모델이며, 따라서 그들 자체가 방호의 직접대상은 아니다(RAP이 방호대상과 직결될 수는 있음). 그러나 참조점 역할을 통해 어떤 관리 결정을 내릴 수 있는 근거를 제공한다.

(14) 따라서 RAP은 “특정 유형의 동물이나 식물의 기본 생물학적 특성을 가지며 분류학적 통칙에서 과(科) 수준으로 묘사되고, 해당 유형의 생물체에 대해 피폭과 선량, 선량과 영향을 연계할 목적으로 사용할 수 있는 특정 해부학적, 생리학적 그리고 생명사적 특성을 가지는 가상의 실체”로 정의된다.

(15) ICRP 108(2008)에 RAP 세트와 그 선택 기준이 설정되어 있다. 기본적으로 합리적인 양의 방사선생물학적 정보가 이미 이들 생물체에 대해 가용하며, 필요하지만 누락되거나 부정확한 데이터를 얻기 위한 후속 연구가 가능한 대상이라는 사실을 포함한 몇몇 사항들이 고려되었다. 또한 RAP은 주어진 상황에서 생체 축적과 주변 환경의 속성과 함께, 그리고 전반적인 수명, 생애주기 및 일반적 생물학 때문에 일정 방사선영향에 의해 피폭할 것이라는 점도 고려되었다. 추가 고려사항은 그들의 생애주기가 총 선량 또는 선량률을 평가하는 것이나 다양한 유형의 선량-영향 반응을 제공하는 것과 상관될 가능성이 높다는 것과, 개별 생물체 수준에서 방사선피폭과 연계될 수 있는 영향을 식별할 수 있는 합리적인 기회가 있어야 한다는 것이다. 박테리아와 단세포 유기체는 방사선에 대한 높은 저항력 때문에 제외되었다. 의사 결정자와 일반대중 모두가 일반적으로 이들 생물체가 실제로 통상 용어로 무엇인지를 알 수 있도록 그 분류학적 과(科) 명칭이 어떤 형태의 대중적 또는 정치적 공감을 가져야 한다는 점도 고려했다.

(16) 이에 따라 12종으로 된 RAP 세트를 인식했지만 이 세트가 결코 불가침적인 것은 아니다. RAP 모두는 넓은 지리적 분포를 가진 생물체로 여러 환경에서 누구나 그러한 RAP을 찾을 수 있다는 점에서 전형적이라 생각된다. 즉, 땅속의 지렁이, 강어귀의 오리, 연안 해역의 넙치, 게 및 미역, 강과 호수의 송어, 습지대의 개구리, 지구의 온화한 지역 대부분에 걸쳐 서식하는 사슴, 소나무, 잔디 및 꿀벌, 그리고 사실상 어디에나 있는 쥐와 같은 작은 포유류 들이다. 또한, RAP 세트는, 비록 그 상당 수가 여러 나라에서 이래저래 사육되지만, 사육 또는 경작된 것이 아닌 야생 동식물로 한다. 전형적인 가축-주로 본질적으로 사람 환경에서 사는 대형 포유동물-을 대표하는 참조모델 필요성과 관련해서는 사람이라는 동물 자체의 사용이 것처럼 관리된 환경이나 생태학적 환경에 대해 충분할 것으로 생각했다.

(17) ICRP 108(2008)은 RAP 체내 또는 외부의 방사성핵종 농도를 근사적 전신 수준의 선량률로 변환할 수 있는 기준데이터 세트(선량환산인자)도 담고 있으며, ICRP 114(2009)는 평형조건에서 주변 매체의 농도를 해당 RAP의 전신 농도와 연계시킬 수 있는 기준데이터 세트(농도비)를 제공한다.¹⁶⁾

2.3. 유도고려참조준위 derived consideration reference level

(18) RAP의 방사선영향에 관한 모든 알려진 자료에 대해 검토했는데(ICRP 2008), 그 정보는 선량 자릿수 크기에 따라 요약했다(부록 A). 이 집대성 결과를 바탕으로 상이한 피폭상황에서 RAP 보호와 관련해 어떤 조치를 취해야 하는지를 고려하기 위한 출발점을 제공할 목적으로 각 RAP에 대해 한 자릿수에 걸치는 선량률 밴드가 선정되었다. 이 밴드를 부르는 용어가 'DCRL'이다. DCRL은 “해당 유형의 동식물 개체에 전리방사선의 해로운 영향이 발생할 가능성이 있는 선량률의 밴드(그 유형 생물체에 예상되는 생물학적 영향에 대한 지식으로부터 도출됨)로서 다른 관련 정보와 함께 고려할 때 전반적 관리목표 및 해당 피폭상황에 따라 환경보호에 투입할 노력의 수준을 최적화하기 위한 참조점으로 사용될 수 있다”(ICRP 2008). 값 자체는 보다 따로 광범위한 생물군의 방사선 영향 데이터를 검토, 분석하고 여러 방식으로 그룹화해 도출한 값과 매우 유사하다 (Larsson 2012).

2.4. 피폭경로

(19) 대표생물에 대한 선량과 영향을 평가할 때, 관련된 모든 피폭경로를 고려할 필요가 있다.

- 부유 또는 재부유 오염 입자 또는 기체 방사성핵종의 흡입. 이 경로는 육상동물 및 수생 조류, 포유류 및 육식동물과 관련된다. 호흡성 또는 휘발성 방사성핵종 형태는 기체 교환을 통해 식물의 피폭에도 기여할 수 있다.
- 모피, 깃털, 피부 및 작물 표면의 오염. 이는 외부피폭 성분(표피 위나 근처에 있는 방사성핵종은 그 아래 살아 있는 세포를 조사한다.)과 함께 오염 물질이 섭취되어 동식물 몸에 합체되면 내부피폭 성분도 갖게 된다. 사고 상황에서 이 경로는 분명히 육상동물과 상당한 관련을 갖는다.
- 하위영양단계lower-trophic-level 식물이나 동물의 섭취. 이것은 소화관의 직접 피폭과 방사성핵종이 합체되어 동물 체내에 분포하게 되면 내부피폭으로 이어진다.

16) <역주> 이들 기준 데이터 세트는 일부 개정되었으며 ICRP가 2017년에 새로 제공할 예정이다.

- 물기둥(water column)으로부터 직접 흡수. 이 경로는 진정한 수생생물(예: 물고기, 연체동물, 갑각류, 대형조류, 수생식물)에 해당되는데, 예를 들면 아가미나 호흡기처럼 직접 피폭도 있고 방사성핵종이 합체되어 동물의 체내에 분포하면 내부피폭을 초래한다.
- 오염된 물 섭취. 동물의 흡수(마심)에 추가해 식물에서 해당 경로는 뿌리흡수이다.
- 외부피폭. 이 경로는 주로 γ 선 피폭으로 발생하고, 적게는 생물체 둘레에 존재하는 방사성핵종에 기인한 β 선으로도 발생한다. 작은 유기체의 경우, α 입자 피폭도 해당된다. 표적에 대한 방사선원의 배치는 분명히 생물체의 생태적 특성과 서식지에 따라 달라진다. 예를 들어 저서류 성체 물고기는 물기둥과 퇴적물에 침적된 방사성핵종 방사능 모두에 노출되지만, 원양 물고기는 물기둥으로부터만 피폭할 것이다. 물고기 알은 퇴적물 위에 놓이거나 수면 근처에 떠다닐 수 있다.

(20) 어떤 특정 유형의 동식물에 대해 특정 피폭경로의 지배성은 동물의 생물학적 특성과 생명주기 단계뿐만 아니라, 피폭상황 유형에 의해서도 결정될 것이다. 이 문제는 제3장에서 다룬다.

제3장 적용

3.1. 피폭상황 유형¹⁷⁾

(21) 모든 생물군은 천연선원에서 오는 방사선을 피폭하며, 많은 생물체는 인공 방사선원에도 노출되거나, 될 수 있다. 이러한 피폭을 야기하는 과정은 사건과 상황의 네트워크로 생각할 수 있다. 네트워크는 방사선원에서 시작된다. 방사선이나 방사성 핵종은 환경 경로나 다른 경로를 통해 선량으로 표현될 수 있는 생물군의 피폭으로 이어진다. 관련 생물군의 보호는 선원이나 피폭경로의 어떤 지점에서 조치를 통해 이를 수 있으며 때로는 피폭하는 생물군의 위치나 특성을 수정하여 이를 수도 있다. 따라서 조치 포인트 가용성이 방호체계에 큰 영향을 미친다.

(22) ICRP 103(2007)에 명시한 것처럼, ICRP는 다음의 세 유형 피폭상황에서 모든 방사선원에 ICRP 권고를 적용해야 한다고 본다.¹⁸⁾

- 계획피폭상황은 의도적으로 도입한 선원의 운영으로 인한 피폭상황이다. 계획피폭상황은 발생할 것으로 예상한 피폭(정상피폭)과 발생할 것으로 예상되지 않는 피폭을 일으킬 수 있다.
- 비상피폭상황은 계획된 선원에 대한 통제가 상실되거나 기타 예기치 않은 상황(악의적인 사건과 같은)의 결과로서 바라지 않은 피폭을 피하거나 줄이기 위해 긴급조치가 필요한 피폭상황이다.
- 기존피폭상황은 피폭의 관리를 결정할 때 이미 존재하는 피폭상황이다.

(23) 이 보고서의 맥락에서 계획피폭상황은 방사성폐기물의 배출이나 처분, 시설의 퇴역decommissioning, 오염 부지의 최종 정화 및 오염제거 작업 등과 관련된 상황이다. 비상피폭상황은 사고, 악의적 행위 또는 선원통제가 상실된 결과로 일어날 수 있고 원하지 않는 영향을 피하거나 줄이기 위해 긴급조치가 필요한 상황이다. 기존피폭상황은 선원이 이미 존재하고 통제에 대한 결정이 내려져야 하는 상황으로서 비상상태 이후 장기적으로 영향을 미치는 피폭상황을 포함한다.

17) <역주> 피폭상황에 대한 설명은 다소 혼란이 있지만 여기서는 부연 설명을 생략한다. 용어집 절에서 설명한 역주를 참조하기 바란다.

18) <역주> 피폭상황의 설명에는 혼선이 있다. 용어집의 역주를 참조하기 바란다. 여기서는 원문대로 적는다.

3.2. 방호원칙

(24) ICRP는 방사선방호체계의 기초가 되는 기본원칙 셋을 두는데, 정당화, 방호최적화 및 선량한도 적용이다.

(25) 이 중 사람을 보호하기 위한 선량한도 적용 원칙은 환자의 의료피폭 이외의 계획피폭상황에서 직무피폭과 일반인피폭에 대해 적용한다. 비상피폭상황이나 기존피폭상황에서 직무피폭이나 일반인피폭에는 선량한도 사용을 권고하지 않는다. 생물군에 대해서는 일반적 형태의 선량제한은 ICRP가 권고하지 않는다. 사람 피폭에서 평등을 보장하기 위한 선량한도의 필요성이 환경보호에는 분명하게는 존재하지 않기 때문이다. 나아가 환경에서는 방호목적과 피폭상황이 매우 가변적이라는 속성이 과학적으로 방어할 수 있는 한도를 설정하는 것을 어렵게 만든다.

(26) 정당화원칙을 설명하면 이는 (1) 방사선과 관련한 계획된 활동이 전반적으로 유익한지 여부(즉, 활동의 도입 또는 지속을 통해 개인과 사회가 얻는 이익이, 활동으로 인한 방사선피해를 포함하는 해로움보다 더 큰지 여부), (2) 비상피폭상황이나 기존피폭상황에서는 제안된 방호전략이 전반적으로 유익한지 여부(즉, 방사선피해 감축을 포함하여, 방호전략의 도입이나 지속을 통해 개인과 사회가 얻는 이익이 그것이 발생시킬 비용, 해로움 및 손상보다 더 큰지 여부)를 결정하는 과정이다. 방사선원을 직접 통제할 수 있는지 여부에 따라 정당화원칙을 적용하는 데 두 가지 다른 접근이 있다. 첫째는 새로운 활동의 도입에 사용되는데, 여기서는 방사선방호가 미리 계획되고 방사선원에 대한 필요한 방호조치가 취해질 수 있다. 둘째 접근법은 기존피폭상황이나 비상피폭상황에서처럼 피폭 관리가 방사선원에 대한 직접 조치에 의한 것이 아니라, 주로 피폭경로를 변경하는 조치로 이루어질 수 있는 데에 사용된다. 이익은 사람과 사회 전체, 그래서 생물군에도 적용되는 것으로 간주되며, ‘해로움’라는 용어는 방사선피폭으로 인한 모든 위험증가¹⁹⁾를 포괄하므로 사람과 생물군에도 적용된다.

(27) 정당화원칙은 미래의 위해와 이익까지 고려할 필요성을 포함하기 때문에 ICRP는 활동이나 조치가 이로운보다 해로움이 큰 지 여부에 대한 전반적인 평가 안에서 환경에 대한 방사선 피해의 잠재적 위험도 고려해야 한다고 생각한다. 궁극적으로 정부나 규제 기관이 내릴 그러한 평가는 방사선원에 대한 관리가 이루어지는 활동 도입의 모든 영향에 관련된 포괄적이고 총체적인 평가의 일부가 될 가능성이 높다.²⁰⁾

19) <역주> 위험증가라는 표현은 보건학적 위험을 지칭하는 것처럼 보이나 문맥으로 보면 경제적 위험도 포함하는 것으로 보아야 한다.

(28) 비상피폭상황과 및 기존피폭상황의 맥락에서 치유전략과 관련하여, 생물군의 방사선피폭으로 가능한 결과를 고려하여 전반적인 결과가 해로움보다 이로움이 더 크도록 해야 한다. 이러한 결정은 보다 포괄적이고 총체적인 이득과 영향의 맥락에서 이루어져야 하며, ICRP는 방사선피폭이 종종 제안된 조치가 생물군에 주는 지배적 영향이 아닐 수도 있음을 다시 적시한다.

(29) 방호최적화 원칙은 먼저 정당화된 것으로 보는 상황에 적용한다. 이 원칙은 방호체계의 핵심이며 모든 피폭상황에 적용되는데, 모든 피폭을 고려하기 때문에 환경 피폭도 포함된다. 최적화는 지속적이고 반복적인 과정을 통해 여건에서 최선의 방호수준을 달성하기 위한 선원중심 과정이다. ICRP는 상이한 피폭범주 상호 관계를 항상 고려할 필요가 있음에 주의를 요구했다(ICRP 2006). 따라서 예를 들어, 직무피폭에 대해 방호수준을 최적화할 때 일반인피폭(가령 직무피폭을 줄이기 위해 더 많은 방사성물질을 환경으로 방출한 결과)에 대한 잠재적 영향을 고려할 필요가 있다.²¹⁾ 배출 규모가 상당하다면 생물군에 미치는 어떤 영향도 고려할 필요가 있다.

(30) ICRP는 사람 피폭에 대한 최적화 과정을 지원하기 위해, 어떤 방사선원에 대해 계획피폭상황에서 직무피폭이나 일반인피폭의 용인 가능한 결과 범위를 계획과정에서 제한하기 위한 선량제약치를 정의했다. 비상피폭상황이나 기존피폭상황에서 직무피폭과 일반인피폭을 제한하기 위한 방호최적화와 연계해 참조준위를 사용해야 한다고 ICRP는 권고했다. ICRP는 환경을 보호하기 위한 단계가 최적화 개념에 포함되어야 한다고 믿는다.²²⁾

3.3. 유도고려참조준위에 근거한 환경보호 참조값

(31) ICRP는 전반적 관리목표, 피폭상황, 실제 존재하는 동식물군 및 피폭하는 개체 수에 따라 환경보호에 투입할 적정 수준 노력을 알기 위한 참조점으로서 상이한 RAP에

20) <역주> ICRP 103에서 밝히고 있듯이 정당화는 단순한 방사선방호 측면의 판단이 아니라 정치, 경제, 사회적 여건이나 인자까지 포괄하는 총체적 판단이다. 그래서 정당화는 방사선방호 범위 밖까지 연계된 과정으로 볼 수 있다.

21) <역주> 환경보호를 설명하면서 사람 피폭에서 문제로 예를 들고 있어 적절하지 않다. 환경피폭으로 설명하자면 특정 생물군의 기존피폭 감축을 위해 사람이 피폭경로를 변경하면 다른 생물군이 계획피폭이나 비상피폭을 받을 수 있다. 예를 들어 A지역 수계에 있는 천연기념물 식물군을 보호하기 위해 오염수의 유로를 변경하면 새로운 유로 주변의 다른 생물군이 피폭하게 되는데 이때 그 수준이 심각하지 않으면 계획피폭상황이 될 것이고 심각하다면 비상피폭상황이 될 것이다.

22) <역주> 사람을 위한 방호체계에서 선량제약치이든 참조준위든 명칭만 다를 뿐 모두 최적화 절차에 관여하는 한 인자(선량)의 경계조건이다. 환경보호에서는 DCRL이 그 역할을 한다.

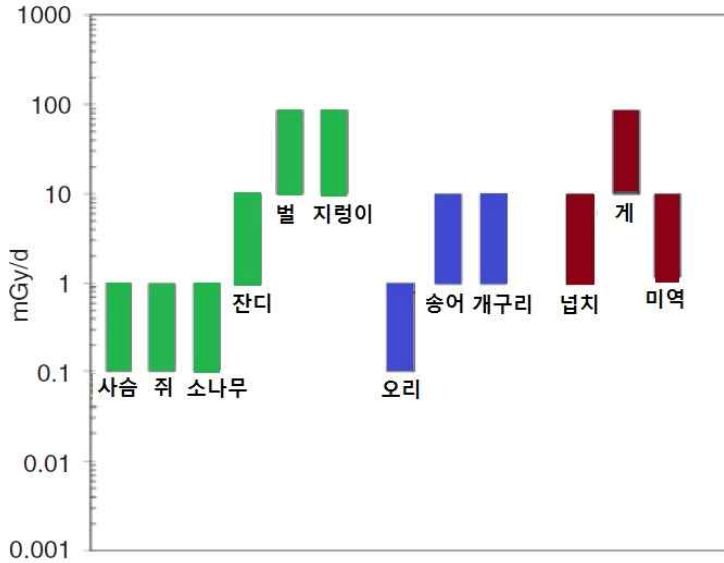


그림3.1. 환경보호를 위한 참조동식물(RAP)별 유도고려참조준위(DCRL). RAP은 서식지에 따라 육지, 담수 및 해수 군으로 나뉘었다.

대한 DCRL을 사용하여 환경보호에도 참조값을 활용할 것을 권고한다. DCRL은 각 RAP에 대해 한 자릿수 범위에 걸친 선량률 밴드로 정의된다(그림3.1 참조).

(32) ICRP는 해당 생물군이 지역에서 경험하는 자연 백그라운드보다 더 높은 환경 피폭이 있거나 있을 수 있는 모든 환경에서 DCRL을 사용하기를 권고한다. 각 피폭 상황에서 DCRL을 사용하는 방법은 다음에 보충해 설명한다.

(33) 계획피폭상황에서는, 선원에 적용할 관리를 계획하는 과정에서 주어진 지역의 여러 종류 생물군(그림3.2 참조)을 보호하기 위한 적절한 참조점으로 관련 DCRL 밴드의 하단 경계를 사용해야 한다. DCRL 밴드는 주어진 지역 내 동식물에 적용되기 때문에 그러한 지역의 범위는 전반적 보존목표와 관련해 미리 결정되어야 한다. 피폭원이 여럿일 때는(예: 과거 방출 또는 복수시설 부지)의 경우 방호방안을 평가할 때 DCRL과 비교에서 이들 다른 선원도 고려해야 한다. 평가된 선량률이 적절한 참조점보다 낮으면, 통제 수준은 가장 합리적인 방호조치를 선택하는 것으로 결정된다.

(34) 최적화원칙에 관해 ICRP 101(2006)에 주어진 일반 지침에 따르면, 여건에서 모든 합리적인 조치를 취했는지를 항상 고려해야 한다. 평가된 값이 참조점보다 높은 경우

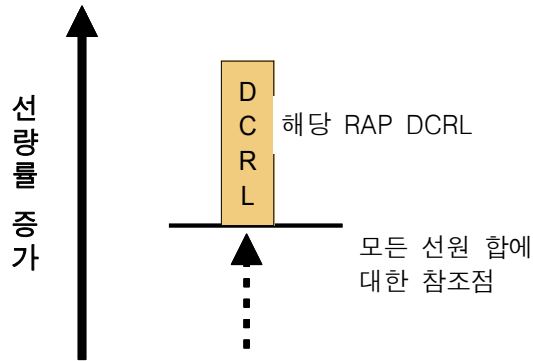


그림3.2. 계획피폭상황에서 유도고려참조준위(DCRL)와 선원 사이 관계. RAP: 참조동식물.

추가조치를 고려해야 한다. 관련 DCRL 밴드의 상한을 초과하는 선량률을 내는 방호 조치는 추가 방호 노력을 고려할 강한 필요성을 시사한다.

(35) 생물권은 변할 수 있고 장수명 폐기물 관리에서 고려되는 긴 시간대에서는 실제로 크게 변할 수 있기 때문에 그러한 폐기물 관리와 관련된 계획피폭상황은 환경보호 관점에서 특히 어렵다. 변화는 자연적인 변동도 있지만 사람의 행동을 통해 강화되거나 교란될 수도 있다. RAP 세트의 구성이 육지, 바다 및 담수의 주요 환경영역에서 전형적 생물 유형으로 간주되기 때문에 그 세트가 의도적으로 선정되었음을 명심하면, 방호나 방호조치의 기본 논거는 RAP 세트여야 한다.

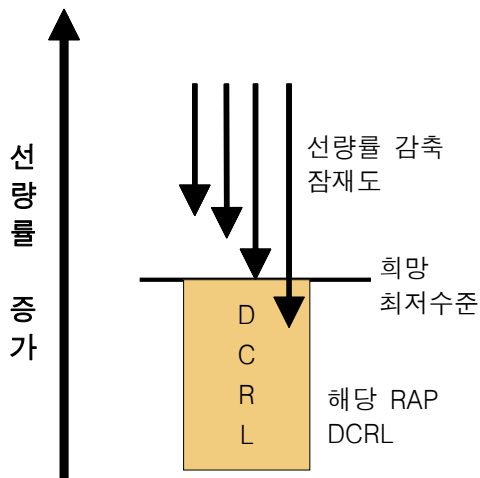


그림3.3. 기존피폭상황에서 피폭감축 희망 수준과 유도고려참조준위 관계. RAP: 참조동식물.

(36) 폐기물 관리에서는 RAP 사용이 사람을 위한 선량/위험 표준의 준수를 입증하는 것과 유사한 도전을 요구하지만, 안전논거를 구축할 때 사람 건강의 보호와는 다르더라도 보완적인 귀착점을 사용하면 RAP 사용이 추가적인 논증과 추론을 제공하기도 한다. 적절한 경우 환경보호에 대한 고려는 위험이해 의사결정의 기반을 넓히고 다양한 이해당사자에게 서로 다른 중요성을 가질 수 있는 문제를 겨누게 된다. 그러나 DCRL은 폐기시설 자체에 적용하기 위한 것은 아니라는 점에 유의해야 한다.

(37) 계획피폭상황은 또한 잠재적인 사건이나 사고(잠재피폭) 영향의 크기와 가능성에 대한 고려를 수반할 수 있다.²³⁾ 따라서 계획단계에서 상이한 매체에 방사성핵종의 우발적 방출의 잠재적 환경영향과 관련하여 특정 선원을 위해 상이한 부지선정 방안을 고려하는 것(예: 하천, 강어귀 또는 바다에 배출구를 배치하는 것과 같은)이 필요할 수 있다. 또한 규정된 선원으로부터 상이한 주변 매체(육지, 담수 또는 해양 환경)로의 사고 방출(사고로 수계나 대기로 방출하는 것처럼)의 잠재적 영향과 가용할 완화조치를 고려해야 할 필요성을 포함할 수 있다. DCRL 밴드는 그러한 평가에서 참조점으로서 역할을 할 수 있으며, 전반적 부지선정 및 비상계획 활동에서 영향을 비교하는 메커니즘으로 사용될 수 있다.

(38) 기존피폭상황과 선원 통제가 아직 이루어지지 않는 비상피폭상황의 경우, 선량률이 해당 DCRL 밴드보다 높으면 관련된 방사선 및 방사선 외적 영향을 충분히 고려하여, 해당 개체군에 대한 DCRL 밴드 수준으로 피폭을 줄이는 것이 목적이 되어야 한다고 ICRP는 권고한다(그림3.3참조).

(39) 그러나 ICRP는 영향을 받는 환경에 존재하는 방사성물질의 농도나 양을 현저히 감축하는 것이 어렵거나 비현실적일 수 있음을 인식한다. 선량률이 밴드 내에 있는 경우, 비용과 이익이 추가 노력을 정당화할 정도라고 본다면, 피폭을 줄일 것을 고려해야 한다고 ICRP는 생각한다. 따라서 기존피폭상황의 경우, 그러한 상황에서 사람 방호를 위해 개인피폭을 완화하는 데 참조준위를 사용하는 것처럼, DCRL은 환경피폭을 완화할 기준으로 사용해야 한다. 실제 비상피폭상황에서 피폭 수준은 DCRL보다 10배 이상 높을 수 있다. 이런 상황의 실질적인 함의는 제4장에서 논의한다.

23) <역주> 반복하는 주의지만 계획피폭상황과 잠재피폭은 다른 문제이다. 잠재피폭은 피폭이 아니라 주어진 선원에 내재하지만 일어나지는 않은 위험잠재도일 뿐이다. 계획피폭상황은 피폭이 계획한 것처럼 일어나는 상황이다.

제4장 실행

4.1. 서론

(40) 상이한 피폭상황에서 사람 피폭과 관련해서는 환경에서 증가한 방사선의 영향을 평가하기 위한 목적은 잘 정립되어 있다. 그러나 생물군에 대한 피폭과 관련해서는, 광범위한 환경관리 요건으로부터 발생하는 이유로 인한 요구가 생길 수 있다. 요건은 매우 일반적일 수도 있고, 어떤 경우에는 특정 유형의 서식지 또는 특정 유형의 동식물군과 관련하여, 구체적 수치를 포함해 국내법이나 국제법적 요건을 충족시키기 위한 것일 수 있다. 그러나 실제 영향은 이 필요성이 다음 목표 중 어떤 것을 포함할 수 있다는 것이다.

- 다국적, 보편적 공해예방 또는 야생생물 보호 의무의 형식이나 정신 준수
- 특정 산업 관행 또는 특정 장소나 지역과 관련된 국가 공해 통제 허가요건 준수
- 국가의 특정 야생동물 및 서식지 보호 법규의 요건 준수
- 어업, 임업, 농업 등과 같은 특정 환경기반 산업의 요건 준수
- 국가 또는 국제 수준에서 실제 또는 제안된 특정 행위의 가능한 환경영향에 대한 대중 또는 그 대표자의 일반적인 안심, 그리고 사고가 발생한 때 그 영향을 다룰 수 있는 능력의 과시.

(41) 자연 환경보호의 최적화원칙을 적용함에 있어서 종합접근이 중요하다. 최적화는 언제나 다음 사항을 포함하는 지속적이고 반복적인 과정을 통해 여건에서 최선의 방호 수준을 달성함을 목표로 하는 절차를 통해 이행된다.

- 피폭상황의 특성
- 대표생물 선정
- 가능한 방호방안의 식별
- 참조점인 DCRL의 안내에 따라 여건에서 최선의 방호방안 선택
- 선정된 방호방안의 이행.²⁴⁾

24) <역주> 선정된 방호방안을 이행하는 것으로 최적화가 종료되는 것은 물론 아니다. 사람 방호체계에서 그러하듯이 이행된 방호체계의 성과에 대한 평가를 거쳐 방호방안의 수정, 추가 또는 감축하고 다시 평가하는 반복되는 절차이다. 시간 경과에 따라 상황이 변할 수도 있으므로 주기적으로 피폭상황의 특성평가부터 다시 검토해야 할 수도 있다.

4.2. 대표생물 선정 및 참조동식물과 관계

4.2.1. 기본 가정

(42) 특정 상황이 확인되었을 때, 대표생물을 식별하는 것이 필요하다. 대표생물이 RAP 중에 있다면, DCRL 데이터는 추가 고려 없이 사용할 수 있다. 다른 여건에서는 대표생물이 어떤 RAP으로도 잘 대표되지 않을 수 있는데, 이때는 그 차이를 평가할 필요가 있다.²⁵⁾

(43) 선택이 어려울 수 있는 한 영역은 자연보호와 관련하여 흔히 그렇듯이 전체 서식지 또는 생태계 전체를 보호하는 것과 관련된 환경보호 기준을 충족해야 할 필요가 관련된 때이다. 같은 어려움이 그러한 서식지를 관리하는 모든 측면에 적용되며, 그림4.1에 도시한 것처럼 문제를 분할하는 것이 일반적이다.

(44) 참조 기준과 비교하기 위해 방사선영향의 수준을 평가하려면, 대표생물의 위치를 고려할 필요가 있으므로 이를 신중하게 정의해야 한다. 환경중 방사성핵종 분포

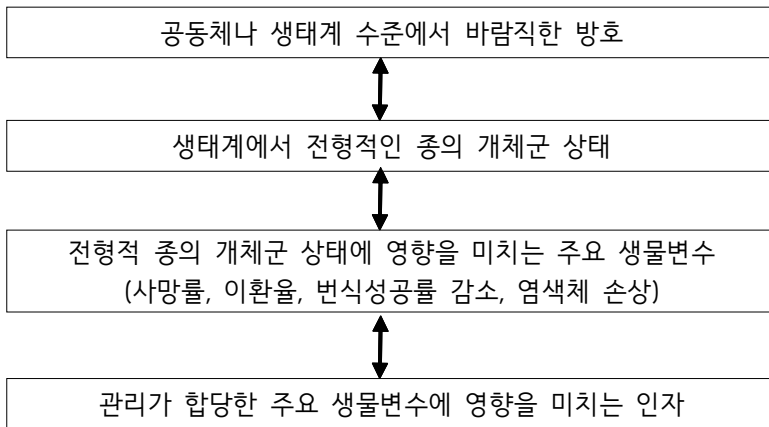


그림4.1. 핵심 종에 초점을 맞춰 공동체나 생태계를 보호하려는 목적과 주요 생물변수에 영향을 미치는 인자 사이의 관계.

25) <역주> 원론으로는 당연하다. 그러나 RAP과 다른 대표생물이 선정되었을 때 가까운 RAP과 차이를 평가하는 것은 쉽지 않다. 예를 들어 원전에서 동해바다로 방사능이 방출된 경우 대표생물이 오징어로 선정되었다면 근사한 RAP은 넙치 뿐인데 넙치와 오징어는 섭생이 상당히 다르다. 넙치는 저서어종인데 비해 오징어는 회유성 어종이므로 같은 농도일 때 선량도 다르고 유의한 방사선 영향이 나타나는 선량수준도 다를 수 있다. 다행히 문헌에서 오징어에 대한 자료를 찾을 수 있다면 노력을 덜겠지만 그렇지 못하다면 복잡한 과정을 거쳐야만 할 것이기 때문이다.

특성으로 인해, 개체나 동종 개체군의 피폭 수준은 위치에 따라 크게 달라질 수 있다. 그러한 평가를 할 때 높게 피폭하는 생물을 대표하는 개체집단 개념을 염두에 두어야 한다.

(45) 실제로 생태계의 모든 수치 성분을 이해하기는 불가능하기 때문에, 전형적 생물의 하위 집합이 전체의 지표로 사용된다. 이러한 상황에서 대표생물과 RAP 세트와 연계를 그림4.2에 보였다. 사실, 자연 보전 요건을 만족시키는 것과 관련하여 많은 대표생물 후보가 확인되었고(Larsson 2004, 2008), 여러 생태 현장과 관련하여 적용된 바 있다(EA 2009).

(46) 그럼에도 불구하고, 대표생물의 엄청난 다양성으로 인해, 선정된 또는 필요한 대표생물과 12종 RAP 세트 사이에는 상당한 차이가 있을 수 있다. 이러한 차이는 네 영역의 하나에 해당된다. RAP 세트가 보호가 필요한 동물이나 식물 종류의 전부 또는 일부를 포함하지 않는다면, 정의에 따라 참조 세트인 RAP과 비교하여 다음 특성에서 참조 세트와 차이가 있을 것이다.

- 수명이나 수명주기와 같은 생물학
- 크기, 모양 또는 위치로 인한 선량계측
- 비슷한 선량률(또는 총 선량)에서 방사선 반응

이러한 차이는 원래 RAP 문서(ICRP 2008)에서 고려되었으며 아래에서 간략하게

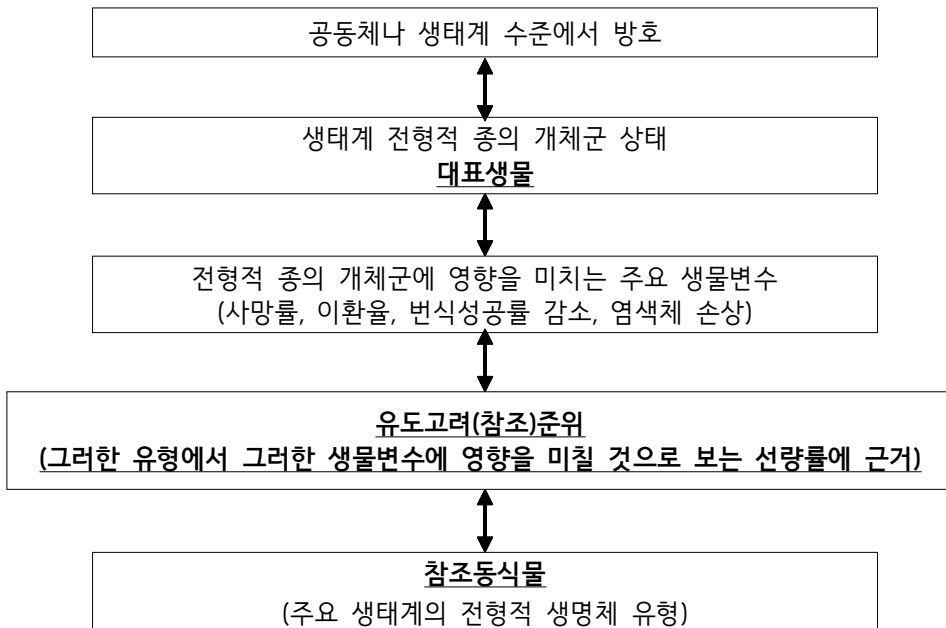


그림4.2. 공동체나 생태계 보호 목적과 대표생물 및 참조동식물 사용 사이의 관계.

논의한다.

4.2.2. 생물학적 차이

(47) RAP은 단지 참조점으로만 간주되어야 한다. 환경보호 이익이 표현될 수 있는 생물 유형을 모두 제공하는 것은 불가능하며, 관심있는 대상 생물이 RAP 대상과 다른 상황이 분명히 있을 것이다. 이러한 차이는 특정 생명주기의 특정 단계에서 또는 전반적 수명에서 시간의 차이처럼 상대적으로 작을 수도 있다. 다른 경우에는, 생물학적 차이는 다른 경로를 통한 특정 방사성핵종에 의한 피폭의 추정치에 큰 차이를 가져올 수도 있다. 따라서 해당 지역의 자연 백그라운드 선량률(알려져 있다면)을 참조하는 것이, 다른 유형 동식물에 단순히 그들의 기초 생물학에서의 차이에 근거하는 접근법의 적용이 얼마나 상당한 차이를 내는지를 고려할 때 어느 정도 가치가 있을 수 있다. 그러나 12 종 RAP 세트로부터 명백하게 차이를 내는 한 가지는 모양과 크기의 차이이며, 따라서 받는 선량 추정치도 차이가 난다.

4.2.3. 방사선량계측 차이

(48) 선량계측 차이와 관련된 문제는 보다 쉽게 다룰 수 있다. 형태, 크기 및 위치를 포함하여 RAP에 사용되는 기본 선량계측 모델을 다른 생물군으로 외삽 또는 보간하는 방법에 대한 몇 가지 측면이 있다. 형태를 본다면, 채워진 구체 및 타원구체를 사용해 물체를 상당히 단순화했지만, 그러한 형태가 일부 다른 형태 생물체에는 쉽게 외삽되지 않을 수도 있다. 그렇지만 상당한 융통성이 있다.

(49) RAP은 광범위한 생태계, 서식지, 질량 및 형태를 대표하며 환경의 방사성핵종에 의해 생물체에 발생하는 광범위한 선량률을 예측할 수 있게 한다. 그러나 자연계의 여러 종류 동물군과 식물군의 다양성은 방대하다.

(50) 외부피폭의 경우, 동물 크기가 커지면 자체차폐 효과가 증가하기 때문에 선량환산 인자가 감소한다. 방사선 에너지가 낮으면 투과력이 약해져 자체차폐 효과로 인한 선량 환산인자 차이는 낮은 에너지 방출체에서 더 두드러진다.

(51) γ 방출체에 의한 내부피폭의 경우, 높은 흡수분율²⁶⁾로 인해 생물체 질량에 비례하

26) <역주> 흡수분율absorbed fraction은 선원에서 방출된 방사선 에너지가 표적체적에 흡수되는 비율로 정의된다. 체적이 작으면 투과력이 강한 감마선의 경우 대부분 체적을 탈출하므로 흡수분율은 줄

여 선량환산인자가 증가하며, 그 의존성은 고에너지 광자 방출체(예: $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$)에서 더 두드러진다. α 및 β 방출체의 경우, 내부피폭 선량환산인자 생물체 내에 고르게 분포한다고 가정하면(그럴 것 같지는 않지만) 어느 정도까지는 크기와 독립적이다. 외부 및 내부 피폭에 대한 RAP 형태의 영향은 상대적으로 작다.

4.2.4. 방사선영향 차이

(52) 선량계측과는 달리, 방사선영향과 관련하여 일반적으로 적용할 수 있는 외삽법에 관한 권고를 제공하는 것은 아직 불가능하므로 각 경우의 진가를 발휘해 신중하게 고려해야 한다. 상대적으로 부족한 정보 때문에 외삽의 주요 논거와 방법론적 개발에 대한 도전에는 다음이 포함된다. LET가 낮은 γ 선이나 X선에 의한 높은 급성 선량이나 선량률로부터 낮은 선량률로 축적된 낮은 선량으로 외삽하는 것에는 명확한 문제가 있다. 방사선생물학 및 방사능생태학 문헌에서, ‘낮은 수준’, ‘만성적’, ‘높은’, ‘급성’ 등과 같은 수식어는 종종 정의없이 사용된다. 며칠 동안 지속되는 방사선피폭은 수명이 짧은 생물체의 경우 ‘만성적’일 수 있지만, 수명이 긴 생물체의 경우 실효적으로 ‘급성’이 될 수 있다. 안타깝게도 야생에서 동식물에 대한 만성, 낮은 수준 조사 조건(즉, 유기체의 수명 동안 0.1~1 mGy/일의 선량률에서의 피폭)과 직접 관련된 데이터는 거의 없으며, 가장 일반적으로 평가되는 급성, 고선량 조사 후 반응 귀착점은 만성, 저선량 상황에는 해당되지 않는다.

(53) 정보가 동일한 깊이로 모든 분류군을 다루지는 못함에도 불구하고, 분류 집단 내에서, 그리고 분류 집단간에 생물체의 방사선감수성에 상당한 차이가 있다는 명백한 증거가 있다. 이 민감도 차이는 주어진 생명체의 다른 단계 생명주기까지 확장된다. 생물체가 더 밀접하게 관련되고 수명 주기의 해당 단계에서 고려되는 영향 귀착점이 더 유사할 때는 외삽이 더 쉬울 것이다. 그러나 국제방사능생태학연합(IUR)의 최근 간행물(IUR 2012)에서 논의된 것처럼 공동체나 생태계 수준에서 상호작용은 특히 복잡할 수 있다. 많은 동식물(RAP와 관련된 것 외)을 위한 데이터 세트가 개발되었으며, 이는 유럽회의의 5차 기틀프로그램(fp-5)의 최종보고서에 요약되어 있다(Larsson 2004).

4.3. 추가 고려사항

(54) 다른 어떤 것보다 접할 가능성이 있는 한 가지 쟁점은 이런저런 이유로 어느

어든다.

정도까지 예방적이어야 하는가 하는 것이다. 그 이유는 아직 많은 유형의 RAP에 대해 낮은 선량률에서의 데이터 부족일 수도 있고, 데이터나 그 도출에서 다른 불확실성 때문일 수도 있다. 현재로서는, DCRL이 생물학적효과비를 반영하지 않는데, 이는 ICRP가 아직 고려중인 주제이다(Higley 등 2012). 마찬가지로 현장이나 서식지의 중요성이나, 존재하거나 존재할 가능성이 있는 실제 종의 중요성 때문에 일정 수준 예방이 필요하다고 간주될 수 있다. 그렇다면 평가의 투명성을 위해 그러한 추가 예방 조치가 별도로 식별되어야 한다.

(55) 소그룹 개체와 반대로 동식물 개체군에 관한 결정을 내릴 때에는 주의를 기울여야 한다. 개체군 모델링 접근법은 개체들과 개체군에서의 방사선영향 사이 연계가 매우 복잡하고, 방사선량이나 선량-반응관계 외 요소에도 의존할 수 있음을 드러낸다. ICRP 108(2008)에서 이 문제를 논의하는데, 부록B에 참조 개체군 규모의 특징을 제공한다.

(56) 실제 비상사태에 대응하거나 방사성핵종이 우발적으로 환경으로 방출되는 것과 관련하여, 사람의 피폭이나 사람의 먹이사슬이 영향을 받을 수 있는 정도에 따라 환경보호에 대한 고려는 우선순위가 되지 않을 수도 있다. 그러나 사람 피폭에 대한 관심이 지배적인 경우에도, 적절한 수준의 사람 방호를 달성하려는 가능한 방안이 환경에 미치는 영향에 대한 고려도 있어야 한다.

(57) 사람 피폭은 최소한이거나 쉽게 통제될 수 있다. 생물체 보호와 관련하여 완화에 사용할 수 있는 방안은 대개 매우 제한적이지만, 물리적 수단으로 오염된 매체를 더 분산시키거나 확산을 제한하는 것(화학물질을 사용해 물기둥에서 방사성핵종을 침전 시키거나 단순히 물리적 장벽을 사용하는 것처럼)이 미치는 상이한 환경 방사선영향을 고려해야 한다.

(58) 사고가 발생한 후, 특히 사람이 그 지역에서 빠지고 사람 피폭으로 이어지는 먹이사슬이 차단된 환경조건과 관련하여, DCRL의 기틀과 생명체가 받는 선량에 대비한 지시적 개체군 영향 세트는 상황이 갖는 함의를 이해당사에게 알리는 데 유용할 수 있다. 화학산업에서는 종종 심각영향참조준위(severe-effect reference levels) 개념이 사용된다. ICRP는 이 준위에서 나타나는 영향의 유형에 비추어, 이러한 유형의 준위가 DCRL 밴드보다 100 배 높은 선량 밴드와 거의 대등할 것으로 볼 수 있다고 적시한다. 그림4.3은 심각영향준위의 잠재적 용도를 보인다. 우발적인 방출 직후 시간 경과에 따라, 대중에게 알리는 정보는 미리 정해진 참조점에 대비한 환경상황 평가 결과일 수 있으며, 따라서 완화조치 결과나 단순히 자연사상의 영향을 쉽게 평가할 수 있다.

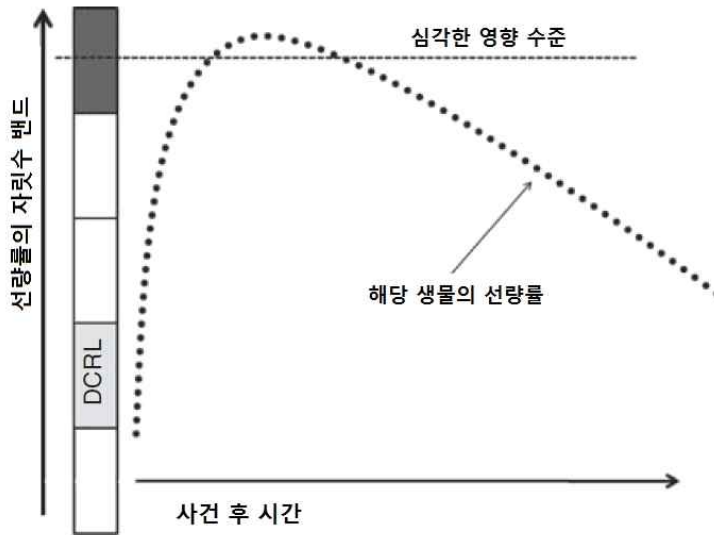


그림4.3. 사고나 비상으로 방사성핵종의 환경방출 후 해당 생물군의 피폭과 연계하기 위해 유도고려참조준위에 대비한 심각영향 밴드의 사용 가능성.

4.4. 이해당사자 참여

(59) 이해당사자 역할은 보다 폭넓은 의사결정 과정에서 항상 존중되어야 한다. 실제로 '사용후핵연료 및 방사성폐기물 관리에 관한 공동협약(Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and Radioactive Waste Management'²⁷⁾에는 시설 부근의 계약 당사자와 협의하고(해당 시설의 영향을 받을 가능성이 있는 한), 요청에 따라 시설과 관련된 일반적인 데이터를 제공하여 관할지역의 안전 영향을 평가할 수 있도록 해야 한다는 요건이 있다(IAEA 1997). 이해당사자는 복지나 환경에 직접 영향을 미치는 정책이나 권고에 대해 인적, 재정적, 법적 또는 정당한 이해관계를 가진 개인이나 그룹을 포함한다. 대부분 경우 이해당사자 역할은 의사결정 과정을 돕거나 정보를 입력하는 것이지만, 이해당사자가 의사를 결정하거나 권고할 권한과 책임을 가지는(국가적으로 선임된 위원회와 같은) 상황도 있을 수 있다. 그러나 일반적으로 정부기관이나 규제당국이 의사 결정권자이며, 이해당사자는 의사결정과 관련된 정보와 지침을 제공함으로써 과정을 지원한다.

27) <역주> IAEA 협약의 하나로 우리나라도 서명국이다.

(60) 이해당사자는 의사결정 과정에서 사용되는 데이터의 합리성, 지속 가능성 및 일관성을 결정하는 데 도움이 될 수 있다. 이해당사자의 협력은 평가의 질, 이해 및 수용 가능성을 크게 향상시킬 수 있으며 과정과 결과에 대한 찬성을 강화할 수 있다. 그러나 이해당사자 참여가 전반적 의사결정 과정의 일부로 사용되는 경우, 그러한 과정이 모든 당사자에게 유효하고 의미 있도록 보장하기 위한 지침을 처음부터 마련해야 한다. 이러한 지침 일부는 적어도 다음을 포함해야 한다.

- 과정 시작부터 이해당사자 역할에 대한 명확한 정의
- 참여 계획에 대한 합의
- 이해당사자 참여를 문서화하고 응답하는 메커니즘 제공
- 이해당사자 참여가 복잡할 수 있으며, 그 실현을 위해 추가 자원이 필요할 수 있음에 대한 운영자와 규제당국의 인식.

(61) ICRP는 이해당사자 참여 개념이 문화적, 사회적 및 정치적 이유로 국가마다 크게 다를 수 있음을 이해한다. 그러므로 이해당사자 참여의 가치와 정도는 각국의 각당국이 생각해야 한다. 그럼에도 불구하고 ICRP는 이해당사자 참여가 ICRP의 환경방호체계의 이행, 이해 및 수용에 중요한 역할을 할 수 있다고 믿는다.

제5장 준수

(62) 환경 피폭과 관련하여, ICRP는 생물군 피폭을 고려할 필요성은 방사성폐기물을 발생하는 활동, 상당한 농도의 방사성핵종 배출, 또는 방사성핵종의 재고가 상당한 현상이 있는 중요한 선원에 주로 적용될 것으로 예상한다. 그러나 적당한 선이 어디에 그려져야 하는가에 대한 정확한 세부 사항은, 특히 방사성물질이 방출되거나 저장되는 지역에 적용되는 일반 환경법규와 관련하여, 국가마다 상당히 다를 것이다. 따라서 ICRP는 언제 그러한 고려가 의사결정 과정의 일부가 되어야 하는지를 해당 국가 당국이 정확히 명시하기를 권고한다.²⁸⁾

(63) ICRP는 이 보고서에 기술된 과정과 절차가 수행된다면 현재 지식을 근거로 전리 방사선에 대한 환경보호와 관련된 다양한 형태의 법규를 준수함을 과시할 수 있을 것으로 생각한다. 이 보고서에서 설명된 결정의 결과는 선원 인가 조건의 명세로 이어질 것이다.²⁹⁾ ICRP는 적당한 지역에 걸쳐 대표생물에 대한 선량을 추정치와 연계할 수 있는 여러 환경매체의 방사성핵종 농도를 참조함으로써 이에 접근할 수 있을 것으로 생각한다. 일단 이러한 조건이 수립되면, 계획피폭상황에서 사람을 보호하는 것과 마찬가지로,

28) <역주> 이 간행물에서 설정한 환경보호 목표를 침해할 수 있는 수준으로 영향을 미치는 사건은 흔하지는 않을 것으로 본다. 종의 보전이나 서식지 보호와 같은 문제가 이슈로 되려면 상당히 넓은 지역이 높은 수준으로 방사능에 오염되어야 한다. 나아가 사람이 없거나 이주한 환경이어야 관심대상이 된다. 사람이 있다면 사람을 위한 보호가 우선할 수 밖에 없다. 이렇게 보면 그러한 상황은 원전사고와 같은 특별한 사건이 발생한 지역이 될 것이다. 의도적인 유일한 예로는 과거 개념처럼 고농도 폐기물을 심해에 투기하는 방식으로 처분하는 것이다. 그 결과는 대류가 거의 없는 심해 환경에 높은 수중(해저도 포함) 방사능 농도가 형성되어 생태계에 변화를 초래할 수 있을 것이다. 그러나 현재는 이러한 해양투기 처분은 금지되었다. 핵투발로 인한 낙진도 의도적인 행위의 결과이지만 이는 군사적 행위이며 그러한 전시상황에서 환경보호를 논의하기는 어렵다. 흔히 우려하는 방사능 테러(방사능폭탄)도 고려할 수 있지만 이러한 악의적 공격을 가정하더라도 그 결과가 환경보호 차원의 문제까지 발전할 것으로 기대되지는 않는다.

29) <역주> 원자력시설 인허가는 항상 '사람과 환경 보호'라는 목표 아래 이루어진다. 다만, 이때 말하는 환경은 적어도 아직은 사람중심 개념의 환경이다. 사고 상황을 설정하더라도 일단은 사람의 피해를 제한하기 위한 대책에 우선 초점을 맞춘다. 그런데 후쿠시마 사고 이후에 국제 원자력계가 채택한 '비엔나 선언'에서 적어도 미래 원전은 사고로 인해 장수명 방사성핵종이 대량으로 방출되어 지역이 장기간 영향을 받지 않도록 한다는 목표를 설정했다. 이 목표는 1차적으로는 사람을 위한 자원으로서 환경을 보호하기 위한 것으로 이해할 수 있지만 이를 달성한다면 자연히 영향권의 동식물을 보호하는 효과도 동반될 것이다.

보편적 차원에서 준수를 내보일 수 있다.

(64) 가능하다면, 선원으로부터 환경보호는 불필요하게 복잡성을 가중시키지 않으면서 사람을 보호하는 관리를 보완해야 한다. 따라서 환경보호와 관련된 결정이-상이한 유형의 생물체(RAP 세트)에 대해 피폭과 선량, 선량과 영향을 관계짓는 기틀에 의해-이루어질 수 있는 근거를 명확히 가짐으로써 정상적 계획피폭상황의 결과로 사람과 기타 생물종 모두의 보호를 내보이는 것이 비교적 간단한 방법으로 잘 통합될 수 있다고 ICRP는 믿는다. 이로써 RAP 개념을 처음 제기하고 계속 발전시킬 때 제시했던 바와 같이 (Pentreath 1999, 2012) 환경에서 방사성핵종 농도에 대한 평가(설계 단계에서)와 측정(운영 중)에만 근거할 수 있다. 계획피폭상황에서는, 일상적 활동의 영향을 평가하기 위해서 환경영향평가를 요구하는데, 여기에는 상이한 규모의 사고로 인한 환경 잠재영향의 가능성과 크기를 평가하는 것이 필요할 것이다.³⁰⁾

(65) 기존피폭상황이나 비상피폭상황은 사안별로 검토할 필요가 있다. 두 경우에서 모두에서 영향관리 대안과 관련한 결정이 유익하도록 DCRL을 도구로 사용할 수 있다. ICRP 권고는 이러한 기존 규제관리 기틀 내에서 기능하도록 되어 있다.

30) <역주> 그러나 전술한 바와 같이 환경보호 이슈는 계획피폭상황과는 거리가 있다고 볼 수 있다. 주로 기존피폭상황의 문제일 것이며 특별한 경우 비상피폭상황 문제가 발생할 수 있다.

제6장 논의 및 결론

(66) ICRP는 정당화, 방호최적화 및 개인선량 제한의 원칙에 근거하여 방사선방호를 위한 포괄적이고 체계적 기틀을 개발했다. 여기에는 방사선이나 방사성물질에 피폭을 선량 즉, 위험과 연계시키는 일련의 모델링 접근도 포함되어 있다. 이러한 기틀을 통한 접근의 장점은 체계의 적응과 진화 필요성이 제기될 때 체계 내 어떤 곳에서, 또는 체계 전반에 걸쳐 그러한 변화의 영향을 고려할 수 있다는 것이다. 자연환경에 대한 방사선영향의 실제 또는 잠재적 결과에 대한 명시적 고려도 바로 그러한 진화의 하나이다. 그러므로 ICRP는 사람의 방사선방호를 위해 개발한 것과 유사한 방식으로, ICRP 91(2003)에서 광범한 사회학적 맥락을, ICRP 108(2008)과 ICRP 114(2009)에서 과학적 기반을 검토했기에, 환경을 위한 방호체계가 다양한 피폭상황에 어떻게 적용될 수 있는지(이 보고서)를 발전시켰다.

(67) 사람 방호를 위한 과학적 기틀 개발의 핵심 단계는 ‘기준인reference man’으로 알려진 모델의 개발이었는데, 그 후속 개발물은 ICRP의 많은 수치 분석과 그 결론을 위한 개념적이고 분석적인 도구로 사용되었다. 사람의 경우 피폭과 위험에 관한 많은 역학정보가 존재하고, 이것이 문턱 없는 선형모델the linear-non-threshold model 및 실험동물 데이터와 함께 일반적으로 합의된 수준의 위험을 선량으로 해석할 수 있게 한다. 또한 방사선가중치와 조직가중치를 사용하여 환경의 방사성핵종 농도를 내부 및 외부 선량률과 연계하는 것이 가능하다. 따라서 기원이나 양에 상관없이, 환경에서 방사성핵종의 주어진 세트에 대해 선량으로 즉, 위험으로 연계할 수 있으며, 이로써 정당화, 최적화 및 제한의 기본원칙에까지 연계할 수 있다.

(68) 다른 생물종의 경우 상황은 다르다. 환경 자체가 많은 국제적, 국가적 법규 요건의 충족을 위해 보호할 정도의 문제를 직접 겨눌 필요가 있다는 사실에도 불구하고, 과학적 지식의 현상태와 이것이 어떻게 환경보호 목적을 위해 실용적이고 간단한 방식으로 해석되고 사용될 수 있는지를 함께 고려해야 한다. 더 많은 과학적 정보의 필요성에도 불구하고 ICRP는 여러 종류 생물체의 제한된 세트(RAP)가 환경보호 기틀의 기초가 될 수 있도록, 일관된 방식으로 기존 데이터를 모으는 것이 합리적이고 시기 적절하다고 믿는다. 이 세트에 대한 방사선영향에 관해 결론지을 수 있는 전부는 그러한 종류 생물

개체에 악영향이 있을 수 있다고 알려졌거나 의심되는 선량률 밴드를 식별할 수 있다는 것이다. 따라서 이러한 밴드 또는 DCRL은 정당화 및 최적화 결정의 맥락에서 이에 도달했거나 예상된다면 일단 서서 추가적으로 취할 최선을 고려해야 할 선량률 밴드로 이해할 수 있다. DCRL 값은 한도가 아니며 그런 방식으로 사용하기 위한 것도 아니다.

(69) 따라서 ICRP는 현재의 지식과 무지의 상태를 감안할 때, 상이한 피폭상황에 대해 이 보고서에 적시한 DCRL을 사용하는 것이 신중하다고 본다. 그렇게 함으로써 ICRP는 전반적인 방사선방호체계를 확장했는데, 사람 방호를 위해 진화하고 이제는 자연 환경으로까지 넓힌 방호의 전체적 기틀과 일관성을 가지며 그에 어울리는 방식으로 확장을 시도한 것이다.

(70) 사람 피폭으로 이어지는 경로가 있는 상황에서는 일반인을 위한 방호최적화 과정은 계획피폭상황에서 방출되는 실제 양을 줄이는 데 큰 영향을 미칠 것이다. 이는 결국 생물군이 받는 선량의 결과적인 감소로 이어질 것이다. 사람 피폭이나 이로 이어지는 경로가 없거나 우려가 낮은 경우에는, 이 보고서에서 개괄한 체계가 특정 피폭상황과 관련하여 환경이 보호될 수 있고 보호될 것임을 내보이게 될 것이다.

(71) 방호최적화의 이행은 계획피폭상황에서는 선원 관리에, 비상피폭상황과 기존피폭상황에서는 피폭경로 관리에 항상 초점을 맞출 것이다. DCRL 밴드의 하단은 계획피폭상황에서 의사결정을 위한 참조점으로 사용될 수 있다. 마찬가지로, DCRL 밴드 자체는 비상피폭 및 기존피폭 상황에서 최적화 의사결정을 유식하게 하는 참조로 사용될 수 있다.

(72) ICRP는 이러한 권고의 실제 이행을 계속 검토할 것이며, 이 경험에 비추어 향후 필요하면 개정할 것이다.

참고문헌

- EA, 2009. Environment Agency, Habitat assessment for radioactive substances. Science Report SC060083/SR1, UK.
- Higley, K.A., Kocher, D.C., Real, A.G., et al., 2012. Relative biological effectiveness and radiation weighting factors in the context of animals and plants. Proceedings of the First ICRP Symposium on the International System of Radiological Protection. Ann. ICRP 41(3-4).
- IAEA, 1997. Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. INFCIRC/546, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- ICRP, 2003. A framework for assessing the impact of ionizing radiation on non-human species. ICRP Publication 91. Ann. ICRP 33(3).
- ICRP, 2006. The optimization of radiological protection: broadening the process. ICRP Publication 101b. Ann. ICRP 36(3).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).
- ICRP, 2008. Environmental protection: the concept and use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. Ann. ICRP 38(4-6).
- ICRP, 2009. Environmental protection: transfer parameters for Reference Animals and Plants. ICRP Publication 114. Ann. ICRP 39(6).
- IUR, 2012. Towards an ecosystem approach for protection with emphasis on radiological hazards. IUR Report 7, 2nd Edition.
- Larsson, C-M., 2004. The FASSET framework for assessment of environmental impact of ionizing radiation in European ecosystems - an overview. J. Radiol. Prot. 24, A1-A12.
- Larsson, C-M., 2008. An overview of the ERICA integrated approach to the assessment and management of environmental risks from ionizing contaminants. J. Environ. Radioact. 99, 1364-1370.
- Larsson, C-M., 2012. Biological basis for protection of the environment. Proceedings of the First ICRP Symposium on the International System of Radiological Protection. Ann. ICRP 41(3-4).
- Pentreath, R.J., 1999. A system for radiological protection of the environment:

some initial thoughts and ideas. *J. Radiol. Prot.* 19, 117-128.

Pentreath, R.J., 2012. Clarifying and simplifying the management of environmental exposures under different exposure situations. Proceedings of the First ICRP Symposium on the International System of Radiological Protection. *Ann. ICRP* 41(3-4).

부록 A

선량률과 참조동식물의 영향 표

표A.1. 선량률과 영향(음영부: 유도고려참조준위): 참조 사슴, 쥐, 오리

선량률 (mGy/일)	참조 사슴	참조 쥐	참조 오리
>1000	조혈증후군으로 사망 (LD _{50/30} : 1-8 Gy)	성체 조혈증후군으로 사망 (LD _{50/30} 6-10 Gy)	성체 사망 (LD _{50/30} 7-11 Gy)
100-1000	다양한 원인으로 수명단축	다양한 원인으로 수명단축	배아 발달에 장기적 영향
10-100	이환율 증가. 수명단축 가능. 번식성공률 감소	이환율 증가. 수명단축 가능. 번식성공률 감소	이환율 증가
1-10	수컷 성체 불임으로 번식 성공률 감소 가능	암수의 생식력 저하로 번식 성공률 감소 가능	부화 가능성 저하로 번식 성공률 감소 가능
0.1-1	영향의 가능성 매우 낮음	영향 가능성 매우 낮음	정보 없음
0.01-0.1	관찰된 영향 없음	관찰된 영향 없음	정보 없음
<0.01	자연 백그라운드	자연 백그라운드	자연 백그라운드

표A.2. 선량률과 영향(음영부: 유도고려참조준위): 참조 개구리, 송어, 넙치

선량률 (mGy/일)	참조 개구리	참조 송어	참조 넙치
>1000	성체 사망 (LD _{50/50} : 19 Gy) 올챙이 사망 (LD _{50/30} : 17 Gy)	배아 단계에 따라 배아 사망(0.3-19 Gy LD ₅₀)	성체 사망(LD _{50/30} 30 Gy) 알 사망(LD ₅₀ 1 Gy)
100-1000	알 사망(LD _{50/40} 0.6 Gy)	이환율 증가 가능	치어와 갯부화 상태에서 일부 사망 가능
10-100	긍정적 영향 정보 없음	어린 물고기에 예상되는 유해 영향(예: 감염 저항 감소). 번식성공률 감소	번식성공률 감소
1-10	영향에 관한 정보 없음	번식성공률 감소 가능	수컷 수정능력 감소로 번식성공률 감소 가능
0.1-1	정보 없음	정보 없음	정보 없음
0.01-0.1	정보 없음	정보 없음	정보 없음
<0.01	자연 백그라운드	자연 백그라운드	자연 백그라운드

LD₅₀은 50% 치사율을 일으키는 선량이다; LD_{50/30}은 30일에 50% 치사율을 일으키는 선량이다.

표A.3. 선량률과 영향(음영부: 유도고려참조준위): 참조 벌, 게, 지렁이

선량률 (mGy/일)	참조 벌	참조 게	참조 지렁이
>1000	성체 사망 (20-3000 Gy LD ₅₀) 애벌레(1-2 Gy LD ₅₀)	성체 사망 (420 Gy LD _{50/40})	성체 사망 (650 Gy LD _{50/30})
100-1000	생식선 영향과 번데기 사 망으로 번식성공률 감소 가능	성장률 영향 가능 번식성공률 감소	일부 이환률 증가 번식성공률 감소
10-100	정보 없음	정보 없음	영향 거의 없음
1-10	정보 없음	정보 없음	정보 없음
0.1-1	정보 없음	정보 없음	정보 없음
0.01-0.1	정보 없음	정보 없음	정보 없음
<0.01	자연 백그라운드	자연 백그라운드	자연 백그라운드

표A.4. 선량률과 영향(음영부: 유도고려참조준위): 소나무, 잔디, 미역

선량률 (mGy/일)	참조 소나무	참조 잔디	참조 미역
>1000	사망(5-16 Gy LD ₅₀)	사망(16-22 Gy LD ₅₀)	매우 높은 선량률에서 유 해 영향 예상 LD ₅₀ 데이터 없음
100-1000	상당기간 피폭 후 일부 나 무 사망		성장률 영향
10-100	매우 장기 피폭 후 일부 번식능력 감소 나무 사망. 성장 결함. 번 식성공률 감소		성장률 및 번식성공률에 잠재적 영향
1-10	해부학적 및 형태학적 손 상을 통해 표현된 이환율. 장기간 피폭되면 번식 성 공이 감소한다.	정보 없음	성장률에 대한 잠재적 영 향
0.1-1	정보 없음	정보 없음	정보없음
0.01-0.1	정보 없음	정보 없음	정보 없음
<0.01	자연 백그라운드	자연 백그라운드	자연 백그라운드

<주의> 참조 미역의 음영 처리된 부분은 ICRP 108(2008)에서 잠정적으로 음영 처리된 부분과 다르다.

부록 B

참조동식물의 가정된 기본 개체군 특성

참조동식물	개체군 특성
사슴(사슴과)	반복번식성, 개별 코호트, 높은 암수 비율, 낮은 생식력, 개체수<500
쥐(쥐과)	반복번식성, 동등 성비, 높은 생식력, 개체수<1000
오리(오리과)	반복번식성, 개별 코호트, 동등 성비, 낮은 생식력, 개체수<500
개구리(개구리과)	반복번식성, 개별 코호트, 동등 성비, 높은 생식력, 개체수<500
송어(연어과)	반복번식성, 개별 코호트, 동등 성비, 높은 생식력, 개체수<500
넙치(넙치과)	반복번식성, 개별 코호트, 동등 성비, 높은 생식력, 개체수>10,000
벌(꿀벌과)	단회번식(수벌 경우), 낮은 암수 비율, 높은 생식력, 개체수<10,000
개(개과)	반복번식성, 개별 코호트, 동등 성비, 높은 생식력, 개체수>500
지렁이(지렁이과)	반복번식성, 자웅동체, 높은 생식력 및 개체수>10,000
소나무(소나무과)	반복번식성, 덩굴 형성, 높은 생식력, 개체군 크기>1000
잔디(벼과)	반복번식성, 높은 생식력, 매년 재성장하는 다년생, 개체군 크기>1000
미역(갈색식물과)	반복번식성, 성체 개체수 보충률 저하, 개체군 크기 >1000

부록 C

환경보호 법령

C.1. 서론

(C1) 환경보호와 관련된 요건은 국제적, 지역적 차원에서 빠르게 발전해 왔으며, 국가의 법률이나 규정에 입력하고 영향을 미치기 위해 권고나 법적 구속력 있는 요건들이 이로부터 나오고 있다. 그러한 요건, 법률 또는 규정은 핵심 목표와 목적에 따라, 그리고 각 경우에 적용 가능한 특정 함의에 따라 방향과 내용을 달리한다.

(C2) ‘사용후핵연료 및 방사성폐기물 관리 안전에 관한 공동협약’(IAEA 1997)은 일반 안전 조항과 관련해, 그리고 사용후핵연료 및 방사성폐기물 관리의 안전성과 관련해 환경을 거론한다. 여기에는 “사용후핵연료 관리의 모든 단계에서 개인, 사회 및 환경이 방사선위험으로부터 적절히 보호되도록 하고” “국제적으로 승인된 기준과 표준을 고려한 국내법의 틀 안에서 규제기관이 승인한 적절한 방호대책을 국가차원에서 적용함으로써 개인, 사회 및 환경에 유효한 방호를 제공해야 한다.”는 일반요건이 있다.

(C3) 사용후핵연료 관리와 관련하여 “개인, 사회 및 환경에 대한 그러한 시설의 안전 영향을 평가해야 한다.”는 요건도 있다. 또, 방사성폐기물 관리 시설의 부지선정과 관련하여 “폐쇄 후 처분시설 부지 조건의 가능한 변화를 고려하여 개인, 사회 및 환경에 대한 그러한 시설의 가능한 안전 영향을 평가해야 한다.”는 요건도 있다. 설계 및 건설과 관련해서는 “배출 또는 통제되지 않은 방출로 인한 영향을 포함하여 개인, 사회 및 환경에 대한 방사선영향을 제한하기 위한 적절한 수단을 제공해야 한다.”는 요건이 있다. 환경평가 필요성에 대해서도 언급한다. 폐기물 관리시설과 관련해서는 “방사성폐기물 관리 시설을 건설하기 전에 운영 수명에 걸쳐 설비가 부과하는 위험에 알맞은 체계적 안전성 평가와 환경평가를 실시하는 것을 보장할 필요성”을 규정한다.

(C4) 요건은 또한 대중과 의사소통을 포함하는 운영 문제도 관련시키는데 “그러한 시설의 안전에 관해 공중 구성원에 알리고” “당사자들이 해당 시설의 영향을 받을 가능성이 있는 한 해당 시설 주변의 당사자들과 협의하고, 요청에 따라 해당 시설과 관련된 일반 데이터를 제공하여 그들이 시설이 관할 지역에 미칠 수 있는 안전 영향을 평가할 수 있게 하라”고 규정한다.

(C5) IAEA의 ‘기본안전원칙(Fundamental safety principles)’(IAEA 2006)은 무엇보다 현재와 미래에 전리방사선의 유해한 영향으로부터 일반인과 환경을 보호하기 위한 원칙을 수립하고 있다. 이 원칙은 전리방사선 피폭 또는 잠재적 피폭과 관련된 모든 상황에 적용된다. IAEA의 ‘기본안전원칙’은 환경보호 목적으로 취하는 조치의 일반적 의도는 어떤 종의 개체군에 악영향을 미칠 수 있는 방사선 피폭으로부터 생태계를 보호하는 것이라고 기술한다.

(C6) 보다 최근 것은 개정된 ‘기본안전표준(Basic Safety Standards)’ 또는 GSR 제3부에 포함되어 있는데, 국가 당국이 필요하다고 인정하면 동식물의 보호를 명시적으로 고려하여, 방사선영향 평가를 위한 환경보호 기준 및 방법론을 고려하라는 것이다(IAEA 2011). 다른 많은 상당한 법률이 있는데, 이들은 Copplestone(2012)이 요약하고 있다. OECD 원자력국(Nuclear Energy Agency)은 관련 법규에 대해 보다 자세히 개괄한다(OECD/NEA 2007).

(C7) 여러 유럽이사회령(European Council Directives)은 상당한 정도로 환경보호와 관련된다. 예로는 ‘특정 프로젝트가 환경에 미치는 영향에 관한 명령’(EC 1985), ‘자연 서식지와 야생동식물 보호에 관한 명령’(EC 1992), ‘종합 오염 예방 및 관리에 관한 명령’(EC 1996), ‘물 기틀 명령’(EC 2000), 그리고 ‘해양전략 명령’(EC 2008) 등이 있다. ‘해양전략 명령’은 유해물질 안에 방사성핵종 도입을 구체적으로 언급한다.

(C8) 몇몇 국가도 분야에서 다양한 법령과 규정을 발전시키고 있다.

(C9) 환경보호에 대한 규제 요건은 종종 ‘환경에 중대한 악영향을 끼치지 않을 것’으로 적거나, 환경 자체나 생물학적 다양성에 즉시 또는 장기적으로 ‘해로운’ 영향을 미칠 수 있는 양, 농도 또는 조건으로 물질이 환경에 유입되어서는 안 된다고 적고 있다. 그러나 환경보호를 거는 다른 방식도 있는데(Pentreath 2003), 이들은 다음 절들에서 살핀다.

C.2. 공해관리

(C10) 공해관리는 일반적으로 특정 오염물 또는 오염물 범주로부터 환경보호를 다룬다. 유럽의 몇몇 사례를 들자면, 요건은 종종 환경공해[즉, 환경의 질에 해로운 것(EC 1996)]를 방지하기 위해 절차나 수단을 취한다는 말로 표현되는데, 또는 보다 명시적으로는 공해를 ‘사람이나 다른 생물체에 해로운 것’, 나아가 해롭다는 것을 ‘생물체의 건강에 해를 끼치거나 그들이 부분을 형성하는 생태계와의 여러 간섭’을 의미한다는 방식으

로 쓰여 있다(UK Parliament 1990). 공해관리는 특정한 관행, 특정한 장소, 또는 오염된 땅과 같은 특정 지역에서 화학물질 원천에 대한 관리를 포함하는 것으로 볼 수 있다. 관리는 일반적으로, 구체적이고 감사 가능한 조치가 수행되도록 요구하는 것과, 배출 및 초과해서는 안 되는 하나 이상의 환경 구성요소와 관련된 수치(환경품질표준 Environmental Quality Standards)를 설정하는 것으로 행사된다.

(C11) 공해관리와 관련한 규정에는 불필요한 폐기물의 발생을 피하고, 그러한 폐기물을 가능한 한 무해하게 만들고, 환경에 폐기물을 처분하거나 방출할 필요를 최소화할 절차의 필요성이 포함될 수 있다. 규정은 환경이 이미 용인 불가하게 오염되어 있고 치유가 필요한 상황과도 관련될 수 있다. 따라서 관리 통제는 배출점이나 오염된 지역을 치유하는 방식과 관련하여 이루어진다

C.3. 특정 환경자원 보전

(C12) 어업, 임업 및 농업과 같은 관행에서 처럼 환경이용은 환경에 영향을 미친다는 사실을 당연한 것으로 간주한다. 그러나 환경보호와 관련성은 대개 관행이 지속가능한 방식으로 수행될 수 있음을 보장하는 것을 목표로 한다. 그리고 관행이 본질적으로 개체군 수준에서 환경영향과 관련 있지만, 그 개체군의 유전적 건전성이나 안정성과도 관계될 수 있다. 그러나 강어귀의 보육 산란장, 조개 서식장과 같은 특정 구역에 피해를 주지 않도록 하는 것처럼 매우 구체적인 요건이 도출될 수도 있다.

C.4. 자연보존

(C13) 반면에 자연보존을 위한 목적은 일반적으로 특정 생물종, 서식지 또는 지역을 일반적 의미에서 위협(오염 포함)으로부터 보호하는 것이며, 따라서 다른 형태의 법률로 짜여진다. '자연보존' 법률은 종종 그렇게 정확하진 않지만, 기본적으로 다음 세 가지 광범한 요건에서 비롯한다.

- 특정 종(둘 이상의 서식지를 가질 수 있는 개체군) 또는 지역의 보존. 여기서 '보존'이라는 용어가 보통 특정 목적을 달성하기 위한 상황의 능동적 관리를 의미하고, 현 상태 *status quo*를 절대적으로 유지할 필요성을 의미하는 '보전'이라는 용어를 포함하며 따라서 일반적으로 환경의 무생물에도 적용된다.
- 일반적으로 종내 생물다양성(즉, 특정 종 내에서 발견되는 형태학적 또는 생리학적 차이), 종간 생물다양성(즉, 종의 수와 다양성), 그리고 서식지 생물다양성(즉, 특정 서식지와 다른 서식지에 서식하는 종의 수와 다양성)을 포함하는 것으로 이해되는

생물학적 다양성(생물다양성) 유지

- 철새와 다른 새들을 위한 준비지대(staging post)로서 강어귀처럼 아마도 어떤 종의 생명사 또는 연주기에서의 계절적 중요성과 관련하여 하나 이상의 동식물군에 특별한 중요성 때문에 습지대, 황야, 늪, 숲 및 연안 지역과 같은 특정 서식지의 보호.

(C14) 생물다양성의 보전과 유지는 환경의 생물학적 성분뿐만 아니라 무생물 성분까지 보호할 필요성에 주목한다. 그러나 서식지 보호 이면의 개념은, 서식지의 동식물 집단이 지속적으로 변할 수 있고 또, 주로 서식지 외부의 사건에 의해 영향을 받을 수 있다는 사실에도 불구하고, 서식지(생물 및 무생물 성분 모두)가 직/간접적 압력으로부터 보호되어야 한다는 사실을 존중한다. 마찬가지로 생물다양성은 정적인 실체는 아니지만, 피할 수 있고 과도한 사람의 간섭 없이 다양성이 발전할 수 있게 하는 것이 목표이다.

(C15) 위의 모든 사항에 대한 예도 몇몇 유럽이사회령에 제공된다. 이 중 둘은 특정 종과 서식지와 관련하여 지정된 지역이 '우호적 보전 상태'로 유지되거나 복원되도록 하는 절차가 취해지도록 포괄적으로 요구한다(EC 1979,1992). 이 상태는 특정 종 수의 변화율, 서로 다른 종간 비율, 종 개체군의 나이 구조 등과 같이 수치 방식으로 각 사이트마다 다르고 명확하게 정의될 수 있다. 유사하게는 세 번째 명령은 수생 생태계의 '양호한 생태적 상태'를 보장하기 위한 조치를 요구한다(EC 2000).

(C16) 보다 최근의 추세는 때때로 환경보호에 '생태계 접근방식(ecosystem approach)'이라고 부르는 것을 적용하는 것이다. 이를 위해서는 환경(또는 환경의 특정되고 식별된 부분)을 전체적으로 살펴보고 악영향을 줄 수 있는 모든 인자(예를 들어, 물질의 추출, 물질의 배출, 동식물에 대한 고의적 또는 우발적 변화, 그리고 이 모든 유형 압력의 집단적 시너지 효과 또는 상반 효과)를 고려해야 한다.

(C17) 그러한 집합적 관리에 대한 책임은 보통 정부부처에 있는데, 해당 부처는 일반적으로 개별 활동(예를 들어, 물 추출 또는 특정 화학물질의 배출 허용)을 관리하기 위해 취해진 개별 단계가 집합적으로 전체 목표를 달성하도록 보장해야 한다. 그러므로 방사성핵종의 맥락에서, 방사능이 충분한 농도로 환경에 존재하는 것은 관리가 필요한 많은 인자(또는 압력)의 하나로 간주될 수 있는데, 이는 그것이 생태계 접근법의 전반적 목표를 좌절시킬 잠재력 때문이다.

(C18) 따라서 환경평가 방법(예를 들어 생태위험 평가)은 모든 해당 산업활동에 대해 제안된 관리에 의해 그러한 환경목표가 충족될 것인지 여부와, 영향이 발생할 것으로 예상될 때의 환경 피해 수준을 설명할 수 있어야 한다.

(C19) 생태계 기능과 상호작용의 본질적 복잡성을 다룰 수 있는 적절한 도구와 평가 방법론의 부족으로 인해, 생태계 접근법에서 목표가 달성됨을 입증하는 것은 분명히 어렵다. 그러한 특성화가 중요하다라는 것을 인정하는 한편, 특정 지역 또는 생태계 유형의 상태 평가를 위해 전형적 구성원으로 간주되는 종의 개체군 구조와 수를 연구하는 것은 생태학적 관리에서 일반적 관행이다(EC 2005). 이들이 예상되는 또는 원하는 범위를 벗어나 변화하는 경우 근본 원인을 조사하기 위한 추가 연구가 수행된다. 이러한 연구는 일반적으로 서식지의 물리적 변화(또는 화학적 변화), 또는 먹이 공급이나 육식동물/먹이 관계의 변화와 같이 개체수에 영향을 줄 수 있는 생물학적 인자의 변화와 연계되는데, 이러한 변화의 영향은 조기사망, 번식성공률 감소 등으로 이어질 수 있다.

C.5. 기존 법률의 다양한 환경보호 요건 요약

(C20) 환경관리에 대한 여러 접근에 대한 이 간략한 요약에서 명확한 그리고 종종 모순되는 측면이 있음이 금방 명백해진다. 그러나 어떤 접근법과 관련된 특정 요건도 상당히 다를 것이라는 점에 유의하는 것도 중요하다. 이 모든 주제 영역은 국제수준에서 계속 발전하고 있다. 따라서 상기 환경관리 요건의 일부 또는 전부에 기인한 이유로부터, 특히 공해관리 및 자연보존과 관련하여, 현재 또는 미래의 환경에 대한 방사선영향을 평가할 필요가 발생할 수 있다.

(C21) 공해관리를 위해, 상기 방호목표는 일반인 방호에 추가로 다음의 하나를 명시적으로 내보일 것을 요구할 수 있다.

- 환경 피해의 일반적인 회피 또는 최소화
- 이미 피해를 입은 환경을 다룰 수 있는 능력.

(C22) 자연보호 목적을 위해, 상기 방호목표는 다음 하나에 대한 평가를 요구할 수 있다.

- 특정 종의 개체에 대한 해를 입힐 가능성
- 개체군 건전성과 생존성 측면에서 하나 이상 종의 개체군에 대한 잠재적 또는 실제 영향(환경적 착취에도 적용됨)
- 특정 서식지나 장소의 주요(또는 지배적) 성분에 대한 잠재적 또는 실제 영향
- 한 지역 내에서, 또는 보다 일반적으로, 그러나 특정 동식물 유형에 대한 특정 참조나 선호 없이, 생태계 수준에서 잠재적 또는 실제 영향.

부록 C에 대한 참고문헌

- Copplestone. D., 2012. Application of radiological protection measures to meet different environmental protection criteria. Proceedings of the First ICRP Symposium on the International System of Radiological Protection. Ann. ICRP 41(3-4).
- EC, 1979. Council Directive 79/409/EEC of 2 April 1979 on the conservation of wild birds. Official Journal L 103, 25/04/1979 P. 0001-0018, Brussels.
- EC, 1985. Council Directive of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment (85/337/EC). Official Journal NO. L 175, 05/07/ 1985, P. 0040-0048, Brussels.
- EC, 1992. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Official Journal L 206, 22/07/1992, P. 0007-0050, Brussels.
- EC, 1996. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. Official Journal L 257, 10/10/1996, P. 0026-0040, Brussels.
- EC, 2000. Directive Establishing a Framework for Community action in the field of Water Policy (2000/60/EC). Official Journal L 327, 22/12/2000, P. 0001-0073, Brussels.
- EC, 2005. Assessment, monitoring and reporting of conservation status - preparing the 2001- 2007 report under Article 17 of the Habitats Directive. EC Dg Env. B2/AR D (2004), Brussels.
- EC, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). OJ L 164, 25.6.2008, p. 19-40, Brussels.
- IAEA, 1997. Joint Convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management. INFCIRC/546, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA, 2006. Fundamental Safety Principles Series No. SF-1. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA, 2011. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Series - Interim Edition General Safety Requirements Part 3. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.

OECD/NEA, 2007. Environmental Radiological Protection in the Law. A Baseline Survey. Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development Report No. 6172. 61pp. ISBN 978-92-64-99000-5, Paris.

Pentreath, R.J., 2003. Evaluating the effects of ionising radiation upon the environment. Proceedings of the Third International Symposium on the Protection of the Environment from Ionising Radiation: The Development and Application of a System of Radiation Protection for the Environment. Darwin, Australia, 22-26 July 2002. 215-223.

UK Parliament, 1990. The Environmental Protection Act, HMSO, London.