

2005 국제방사선방호위원회(ICRP) 제네바/베른 회의



이 재 기

한양대학교 원자력시스템공학과 교수
ICRP 본위원회 위원

방사선방호를 위한 새로운 기본권고의 발간을 앞두고 있어, 관심이 높은 2005년 ICRP의 본위원회/분과위원회 연합회의가 2005년 9월 11일부터 15일까지 스위스 제네바 CCV 회의센터에서 열렸으며, 이어서 16일부터 19일까지 본위원회가 베른 알레그로 호텔에서 개최되었다. 이 글은 회의 현장에서 느낀 방사선방호의 동향과 분위기를 정리한 것이다. 많은 논의들이 병렬로 진행되었기에 필자가 그 모두를 따라잡기는 어려웠지만 나름대로 요점으로 생각한 이슈들을 개략적으로 정리한다.

1. 국제방사선방호위원회(ICRP)

ICRP는 1928년 국제방사선의학회(International Congresses of Radiology)의 연계기관으로 설치되었는데 초기의 명칭은 국제X선라듐방호위원회(International X-ray and Radium Protection Committee : IXRPC)로 출발했다. 당시에는 인공 방사성핵종들이 개발되기 이전이어서 주된 방사선원이 X선과 라듐이었기 때문이다. 이 명칭은 일본 히로시마와 나가사키의 대규모 원폭피해 생존

자로부터 방사선의 인체영향에 대한 방대한 정보들이 가용하여 방사선 안전을 새로운 시각에서 바라보게 된 1950년까지 유지되었다.

1950년 체제를 확충하고 현재의 명칭인 ICRP(International Commission on Radiological Protection)로 개칭하였는데 우리말로는 같은 위원회이지만 “committee”와 “commission”은 위상이 다르다. 전자는 통상 자문기구로서 검토나 심의를 수행하지만 후자는 의사결정권이나 시행권을 갖는 기구이다. 다시 말해서 ICRP는 여전히 그 정관을 국제방사선의학회(International Society of Radiology)의 승인을 받고 있지만, 1950년부터는 거의 독립적인 기구로서 방사선 위해와 방호에 대해 검토하고 판단하고 조치를 권고하는 국제기구로서 위상과 권위를 갖게 된 것이다. 1959년 현재 체제의 ICRP 간행물인 ICRP 1을 방사선방호에 관한 기본권고로서 발간한 이래, 2005년말 현재까지 ICRP는 99종의 간행물을 발간하여 원자력이나 방사선 이용이 급속히 확산된 20세기 후반의 방사선방호를 선도하여 왔고 국제적으로 그 권위를 인정받아 왔다.

법률적으로는 ICRP는 비영리 국제민간학

술단체로서 일종의 봉사단체로 영국에 등록되어 있어 세무 등은 영국법률의 적용을 받는다. 본위원회(main Commission; MC) 위원들이 이사직을 겸직하며 투명성을 위해 재원은 기업이 아닌 국제기구나 여러 나라의 정부기관(주로 규제기관)의 후원으로 충당한다.

ICRP MC는 현재 <표 1>에 보인 것과 같이 위원장 1인, 부위원장 1인을 포함하여 13명의 위원과 1인의 총무(scientific secretary)로 구성되어 있다. 2005~2009 임기의 위원장은 스웨덴 방사선방호원(SSI) 원장인 Lars Erik Holm이며 부위원장은 영국 보건국의 Roger Cox이다. 위원의 국가별 구성을 보면 영국이 3인, 미국이 2인이며 스웨덴, 독일, 프랑스, 러시아, 일본, 중국, 한국, 아르헨틴 각1인이다. 총무는 1997년부터 스웨덴 SSI의 Jack Valentin이 맡고 있다.

MC 하부에 5개의 분과위원회(Committee)를 두고 있는데 제1분과(C1)은 방사선영향, 제2분과(C2)는 방사선량, 제3분과(C3)는 의료방사선, 제4분과(C4)는 권고의 적용, 그리고

근년에 설치된 제5분과(C5)는 환경보호에 관한 전문위원회이다. 각 분과위원회는 13~15인(C5의 경우는 현재 8인)의 분과위원과 위원장(MC 위원 중 1인)으로 구성된다.

ICRP MC 및 분과위원회의 많은 일들은 전자메일을 통해 이루어지고 있으며 회의는 업무수요에 따라 가변적이나 대체로 MC는 연 2회, 각 분과위원회는 연 1회 정도 개최된다.

2. ICRP 간행물

1959년 새로운 체계의 ICRP 간행물 1을 발간한 이래 ICRP는 방사선방호에 관한 과학적 기반으로부터 방호의 논리와 체계, 구체적인 방법론에 이르는 다양한 주제의 간행물들을 발간하여 왔으며, 2005년말 현재 간행물 99까지, 그리고 4종의 보조지침을 발간하고 있다. <표 2>에 1990년 기본권고인 ICRP 60 이후에 발간된 간행물의 목록을 보였는데, 하나의 큰 특징은 43종의 간행물 중 의료방사선과 관련된 것이 13종으로서 근래에

<표 1> 2005~2009 ICRP 위원 구성

성명	소속	성명	소속
Lars Erik Holm(Ch)	Sweden, SSI	Abel Gonzalez	ANRA, Argentin
Roger Cox(V Ch)	CRCEH, UK	John Boice Jr	IEI, USA
Julian Preston(C1) ¹⁾	EPA, USA	Jaiki Lee	Hanyang U, Korea
Christian Streffer(C2) ²⁾	Essen U., Germany	ZiQiang Pan	STC, China
Claire Cousins(C3) ³⁾	Addenbrook Hosp. UK	Yasuito Sasaki	NIRS, Japan
Annie Sugier(C4)	IRSN, France	Natliya Shandala	RIB, Russia
Jan Pentreath(C5)	U. Reading, UK		

1) C#는 해당 분과위원장 겸임을 나타냄.

2) 2007. 7. 1부터 Swiss의 Hans Menzel이 후임 예정.

3) 2005. 9 스위스 회의에서 Fred Mettler(U. New Mexico, USA)가 사임함에 따른 후임.

ICRP가 방사선 의료절차를 거치는 환자의 보호에 높은 관심을 가지고 있음을 짐작할 수 있다.

또 주목할 점은 ICRP 66을 통해 호흡기 모델을 개선한 것에 이어 ICRP 98로 소화관 모델의 개선이 이루어지고 있고, ICRP 70과 89에서 선량계측을 위한 인체의 해부학적, 생리학적 참조데이터 체계를 재정비하였으며 ICRP 74에서 외부피폭 선량계수의 개정, ICRP 67, 68, 69, 71, 72 등으로 내부피폭 선량계수 체계를 개편한 것이다. 나아가 ICRP 88과 95에서는 모유 수유를 통한 태아의 방사선 피폭문제를, ICRP 90에서 태아의 방호문제를 각각 다루고 있고, ICRP 79에서는 방사선에 상대적으로 취약한 유전소인 문제를 다루는 등 특별한 그룹의 방호에 관심을 높이고 있다.

방사선 방호는 사회적 환경과도 밀접한 관계가 있게 마련인데 예를 들어 환경보호와 지속가능한 개발이라는 시조에 따라 ICRP 91에서는 인간 이외의 생물종에 대한 방호의 틀을 구축하고자 하였고, ICRP 96에서는 미국 9·11 사태의 영향으로 방사능 테러 문제를 고려하고 있다.

뭐니 해도 근래의 가장 큰 관심사는 ICRP 60의 기본권고를 대신하여 본래 2005년 발간 목표로 추진되었던 ICRP의 새로운 권고의 간행이었는데, 여러 가지 이유로 차질이 발생하여 2007년 발간을 예상하고 있다. 주된 이유는 방사선방호의 개념 틀을 수정하려는 의도에 비하여 준비기간이 촉박하여 다양한 여러 의견을 고려할 시간적 여유가 충분하

지 못했던 것으로 평가된다. 새로운 권고 발간을 위한 후속 사업의 추진에 대해서는 아래에서 다시 논의한다.

3. 2005 스위스 회의의 주요 이슈

분과를 막론하고 가장 주된 이슈는 새로운 기본권고 간행에 앞서 권고를 뒷받침할 기반 문서(foundation document; FD)를 확정하는 것이었는데, 이들 기반문서의 초안은 이미 2005년 초에 의견 수렴을 위해 각각 ICRP 홈페이지¹⁾에 게시된 바 있다. 각 분과위원회에서 논의된 주된 이슈는 다음과 같다.

가. 제1분과 방사선영향

제1분과 방사선영향 분야의 기반문서(FD)는 “방사선 유관 암 위험의 낮은 선량 외삽”과 “전리방사선에 의한 보건영향에 관한 생물학적 역학적 정보”에 관한 두 가지가 있다. 전자는 2005년 8월 전자메일을 통해 MC의 승인을 받아 발간을 위해 출판사에서 편집 중에 있다. 회의에서 집중 논의된 사항은 최근 발간된 미국 과학위원회의 BEIR VII 보고서의 내용과 ICRP FD 초안 내용의 일치성 문제, 남녀 양성 평균 리스크 계수에서 유방 리스크의 정량적 재검토 필요성과 유방 조직 가중치의 상향 조정 필요성, BEIR VII에서 선량-선량률효과인자(DDREF) 값을 1.5로 평가했음에도 불구하고 ICRP 권고 값인 2를 견지하는 문제, 백내장의 문턱선량, 최근 국제암연구협회(IARC)에서 발표한 직업상 피폭집단의 방사선 초과암 평가결과 등이다.

1) <http://www.icrp.org>

〈표 2〉 ICRP 60 이후의 ICRP 간행물

간행물 번호	제 목	발행연도
99	Human Alimentary Tract Model for Radiological Protection	2005 ^{ad}
98	Radiation Safety Aspects of Brachytherapy for Prostrate Cancer Using Permanently Implanted Sources	2005 ^{ad}
97	Prevention of High-dose-rate Brachytherapy Accidents	2005
96	Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack	2005
95	Doses to Infants from Ingestion of Radionuclides in Mothers' Milk	2004
94	Release of Patients after Therapy with Unsealed Radionuclides	2004
93	Managing Patient Dose in Digital Radiography	2004
S4 ^{ad}	Development of the Draft 2005 Recommendations of the ICRP: a Collection of Papers	2004
92	Relative Biological Effectiveness(RBE), Quality Factor(Q), and Radiation Weighting Factor(W_R)	2003
91	A Framework for Assessing the Impact of Ionising Radiation on Non-Human Species	2003
90	Biological Effects after Prenatal Irradiation(Embryo and Fetus)	2003
89	Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values	2002
88	Doses to the Embryo and Fetus from Intakes of Radionuclides by the Mother	2001
S2	Radiation and Your Patient: A Guide for Medical Practitioners	2001
S3	ICRP Supporting Guidance 3: Guide for the Practical Application of the ICRP Human Respiratory Tract Model	2001
87	Managing Patient Dose in Computed Tomography	2001
86	Prevention of Accidents to Patients Undergoing Radiation Therapy	2001
85	Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures	2001
84	Pregnancy and Medical Radiation	2000
83	Risk Estimation for Multifactorial Diseases	2000
82	Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure	2000
81	Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste	2000
80	Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals	1999
79	Genetic Susceptibility to Cancer	1999
78	Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers	1998
77	Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste	1998
76	Protection from Potential Exposures: Application to Selected Radiation Sources	1997
75	General Principles for the Radiation Protection of Workers	1997
74	Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation	1996
73	Radiological Protection and Safety in Medicine	1996
72	Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5. Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients	1996
71	Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients	1996

간행물 번호	제 목	발행연도
70	Basic Anatomical & Physiological Data for use in Radiological Protection: The Skeleton	1995
69	Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3 Ingestion Dose Coefficients	1995
68	Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers	1995
67	Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2 Ingestion Dose Coefficients	1994
66	Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection	1994
65	Protection Against Radon-222 at Home and at Work	1994
64	Protection from Potential Exposure: A Conceptual Framework	1993
63	Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency	1993
62	Radiological Protection in Biomedical Research ^{a)}	1993
61	Recommendations of the ICRP(ALI and DAC for radionuclides) ^{b)}	

a) 실제로는 2006년 초에 배포될 것임.

b) 보조지침(Supporting Guidance).

c) ICRP Publication 53(Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals)에 대한 추록1과 진단방사선에서 환자의 방호에 대한 ICRP의 현재 원칙(Current ICRP principles for protection of the Patient in Diagnostic Radiology) 포함.

d) ICRP 68로 대체됨.

BEIR VII의 리스크 평가결과는 일견 ICRP FD의 결과와 차이가 있어 보이나, BEIR VII이 미국인을 중심으로 평가한 결과임을 고려하면 두 결과가 상응한다는 점을 안내하는 내용의 보완이 필요한 것으로 의견을 모았다. 최근 역학자료에서 유방암이 유의하게 증가하고 있는 현실을 반영할 때 유방의 방사선 리스크계수를 상향 조정할 필요성에 공감하였으며, 그 정량적 평가 절차도 다시 한 번 확인하기로 했다. DDREF 값에 대해서는 BEIR VII의 평가치에도 큰 불확실성이 있고 또, DDREF 값으로 정수를 취한다는 기존의 ICRP 입장을 견지하여 현행과 같이 2를 유지함에 합의했다. IARC 논문에 대해서는 현재로서는 FD에 반영할 내용은 없으며 논문

의 저자들과 협의하거나 그 기반 자료를 검토하는 등 후속 추적이 필요한 것으로 보았다. 중재방사선 종사자나 체르노빌 복구작업 참여 종사자 등에서 수정체 혼탁 내지 백내장을 관찰한 결과를 바탕으로 문턱선량을 기존 평가치 3Gy 수준보다 낮은 1.5Gy 내외로 낮출 필요성도 논의되었다.

향후 제1분과에서 추진할 주요 과제로 단기적으로는 조직반응과 암 외의 질환에 대한 작업그룹(task group; TG)²⁾을 본격 가동하여 만성혈관질환 등 관심의 대상이 되고 있는 영향에 대해 정보를 업데이트하여 ICRP 41을 대체할 보고서를 발간하는 일, 그리고 중기적으로는 방사선 영향에서 줄기세포나 준 줄기세포(stemcell-like)의 역할을 정리하

2) ICRP는 특정 주제를 담당하는 실무그룹으로 작업그룹(task group; TG)과 작업반(working party; WP)을 둔다. TG는 최소한의 비용을 지원받아 과제를 수행하는 반면 WP는 예비적 조사, 분석에 해당하는 일을 하며 비용 지원은 없다.

는 일을 추진하기로 했다.

나. 제2분과 방사선량

제2분과에서 제공하는 FD는 “방사선방호에 사용되는 양의 기반”이다. 이와 관련하여 논의가 많았던 내용은 여성에게서 상대적으로 리스크가 높은 사실을 방호 관계량에 어떻게 반영할 수 있는가하는 점이었는데 결론은 방사선가중치나 조직가중치는 남녀 평균한 하나의 양을 사용하는 것으로 귀착되었다. 성별 차이를 반영한다면 연령별 차이도 인정해야 하는데 그럴 경우 방호의 체계가 다루기 어려울 정도로 복잡해진다는 사실을 감안한 결정이다. 따라서 성별 또는 연령(또는 체격 차이) 등의 차이 요인에 대한 고려는 조직가중치 차원에서 고려하지는 않으며 흡수선량 또는 등가선량을 평가하는 단계에서 고려할 수 있게 된다.

유효선량 e 는 다음과 같이 산출된다.

$$e = w_{breast} h_{breast}^F + 0.5 \sum_T w_T (h_T^F + h_T^M) + w_{rem} h_{rem}$$

여기서 h_T 는 조직 T의 등가선량이고 w_T 는 그 조직의 조직가중치이다. 아래첨자 rem은 기타조직(remainder)을 의미하는데 기타조직의 평균선량 h_{rem} 은 다음과 같이 산출된다.

$$h_{rem} = \frac{0.5}{14} \left[\sum_T^{13rem} (h_T^F + h_T^M) + h_{uterus}^F + h_{prostate}^M \right]$$

다시 말하면 성별이나 연령에 따른 리스크 차이는 조직가중치 w_T 값에 고려하는 것이 아니라 등가선량 h_T 에 고려될 수 있다. 예를 들

면 미성년 그룹의 외부피폭이나 내부피폭 선량평가에서 장기의 위치나 크기 차이로 인한 영향은 성인이 아닌 연령군 모의피폭체를 사용하여 산출함으로써 연령군별로 상이한 h_T 값을 얻어 사용할 수 있다.

유효선량의 개념과 적용에 대해서도 추가 논의가 있었다. 유효선량을 산출함에 사용되는 조직가중치가 평균적인 명목 위험계수를 근거로 배정된 것이며 따라서 방사선을 피폭한 특정 개인의 위험을 직접 대표하지 않으므로 일어난 피폭에 대해 리스크를 평가하는 등 소급적 목적으로 사용함은 적절치 않은 것이 원칙이지만, 현실적으로는 일어난 피폭을 유효선량으로 평가하고 그 값을 선량한도와 비교하는 경우와 같은 소급적 적용도 있으므로 어느 정도 소급적 목적에 적용도 필요하다는 점을 인정했다.

제2분과에는 특별 작업그룹 DOCAL과 INDOS³⁾가 운용되고 있는데 DOCAL은 선량산출 체계를, INDOS는 내부피폭 평가체계를 중점적으로 다룬다.

DOCAL에서 추진하는 일로는 먼저 선량산출을 위한 수학적 “계산모의피폭체(computational phantom)” 체계 구축이 있는데, 이것은 기존의 MIRD형 모의피폭체를 대신하는 미소체적소형(voxel) 모의피폭체로서 건강한 사람의 의료영상을 바탕으로 구성되 체격이나 장기의 규격이 ICRP 89에 제시된 인체의 참조값(reference value)과 일치하도록 인위적으로 수정을 가한 모델이다. 성인 남녀 각각에 대한 이러한 미소체적소모

3) DOSe CALculation과 INternal DOSimetry를 의미한다.

의피폭체가 거의 완성되었으며 국제방사선 단위측정위원회(ICRU)와 협의가 끝나는 대로 발간할 계획이다. 아울러 골수선량의 정교한 평가를 위해 뼈 모델을 개선하는 일도 추진되고 있는데 요점은 골수가 존재하는 트래비큘라나 스폰지 형태의 뼈를 실제와 유사한 기하학적 모형을 채택하는 것이다. 또, 모든 선량 산출의 기반이 되는 방사성 핵종의 붕괴 및 방출 방사선 카탈로그도 일본 연구자들의 결과를 중심으로 채택하여 ICRP 38의 개정판을 곧 출간할 예정이다. 이들 수정된 자료들은 ICRP 92에서 수정된 방사선가중치, 스위스 회의에서 변경된 조직가중치, 새로운 소화관 모델, 새로운 연령군 등과 함께 고려되어 새로운 선량환산계수를 외부피폭과 내부피폭에 대해 모두 다시 산출해야 하는데, 워낙 업무량이 방대하기 때문에 새 데이터는 2008년쯤에야 모두 가용할 것으로 예상하고 있다.

INDOS에서는 절차가 번잡한 내부피폭 선량 평가를 단계별 접근체계(step-by-step 또는 structured approach)를 제공함으로써 편리하게 만든다는 목표 아래 “직업상 섭취보고(occupational intake report; OIR)”와 “지침문서(guidance document; GD)”를 편집하고 있다. 직업상 섭취보고는 ICRP 30 등에 제공된 바 있는 핵종별, 화학적 형태별 생리학적 데이터를 새로운 정보를 반영하여 개정자료집으로 발간하는 것으로서 현재 제1부로 31개 핵종에 대한 자료가 편집되고 있다. 지침문서는 핵종의 물리화학적 형태, 섭취시점 등 구체적 정보의 가용성, 예상되는 선량의 잠정 준위별로 측정결과를 예

탁선량으로 환산하는 흐름도 체계이다. 기존의 접근은 측정결과로부터 섭취량을 결정하고 그 섭취량에 선량환산계수를 적용하여 선량으로 변환하는 방식이었으나, 새로운 체계는 제공된 절차에 따라 측정결과를 직접 선량으로 환산하는 방법을 채택하고 있다. 평가의 복잡성은 연간 예상선량이 추구수준(level of task)으로 불리는 선량준위의 어디에 해당되는가에 따라 달라진다. 추구수준은 연간 0.1, 1, 6mSv를 경계로 하고 있는데 연간 예탁유효선량 0.1mSv는 기존 개념의 스크리닝 준위(screening level)에 해당하며 연간 1mSv는 내부선량 평가가 수행되어야 하는 검증준위(verification level)에, 6mSv는 원인의 추적과 선량평가의 정교화가 필요한 조사준위(investigation level)에 해당하는 것으로 이해할 수 있다. ICRP는 이들 절차가 완성되면 하드카피 간행물과 함께 CDR을 공급할 예정이다. 그 밖에 INDOS에서 진행되고 있는 일은 소화관모델과 호흡기모델의 업데이트인데 소화관모델은 이미 보고서 초안이 완성되고 MC의 승인을 받아 곧 간행될 것이다. 호흡기모델은 ICRP 66 모델에서 비강(ET1)을 두 부분으로 분리하는 것, 허파파리(AI) 인자 값을 수정하는 등 부분적 보완의 필요성이 제기되고 있으나 아직은 검토단계에 있다.

다. 제3분과 의료방사선

최근 ICRP 간행물 중 약 50%가 의료방사선 문제를 다루고 있음을 보면 제3분과가 근래에 가장 활발한 활동을 하고 있다고 말할 수 있다. 이번 스위스 회의에서도 제3분과는

의료방사선 문제에 대한 백서를 제시하고 조치의 필요성을 역설하는 등 적극성을 보였다. 백서에서 제기된 이슈의 한 예는 진단방사선 피폭의 급증 우려인데 근래에 빠르게 확산되고 있는 디지털 X선과 다층검출기 CT가 주된 원인이다. 디지털 X선의 경우에는 과노출이 쉽게 발견되지 않고 역으로 높은 선량에서 영상의 품질이 향상된다는 점에서 불필요한 피폭을 조상할 가능성이 있으며, 암의 조기 진단 욕구와 맞물려 있는 다층검출기 CT는 촬영속도가 혁신적으로 짧아짐에 따라 불필요한 전신 촬영 증가로 환자의 선량을 증가시킬 것으로 예상되고 있기 때문이다. <그림 1>은 미국에서 예상되는 의료상피폭의 확대를 예시한 것으로서 위는 UNSCEAR 2000년 보고서에 제시된 세계 평균 국민의 선량인데 의료상 피폭은 연간 0.4mSv 정도로서 14% 정도를 차지한다. 그러나 선진 의료기 시행되며 특히 전신 CT가 암을 조기 발견할 수 있다는 믿음 아래 어찌 보면 남용되고 있는 미국에서는 중간 그림처럼 의료상 피폭이 현재에도 35% 이상을 차지할 것으로 보이며, 나아가 다층검출기 CT와 디지털 X선이 확대되면 가까운 장래에는 그림처럼 의료상 피폭이 70% 가까이까지 증가할 것이라는 예측이다. 따라서 ICRP가 의료상피폭에 보다 높은 관심을 가져야 한다는 논점이다.

백서가 지적하는 근본적인 문제의 하나는 의료방사선의 경우 새로운 방사선 진료기술이 방사선 안전 측면에서 고려보다는 효율성과 경제성을 근간으로 하는 판단에 의해 도입되기 때문에 의료상피폭의 집단선량을 증가시키거나 안전에 허점이 발생할 수 있다고 보

고 있다.

제3분과에서 진행되고 있는 주요 현안으로는 심혈관조영술에서 방사선방호, 현대 치료방사선과에서의 방호문제가 높은 우선순위에 있다. 심혈관조영술과 같은 중재방사선 분야의 처치가 빠르게 증가하고 있는데 여기서는 환자의 선량뿐만 아니라 의료진의 피폭도 주목해야 할 수준이다. 또, IMRT나 IGRT와 같은 현대의 정교한 치료 방법론이 빔의 조사 방향을 다각도로 운용하기 때문에 의도와는 달리 고선량을 피폭하는 정상조직의 범위가 넓어지는 문제점이 지적되고 있다. 다음으로는 핵의학에서 환자의 피폭과 의료진의 손 피폭, 다층검출기 CT에서 환자선량 관리, 법의학 분야의 피폭, 아동의 진단방사선 피폭, 의료인에 대한 방사선방호 교육훈련 등이 있다. 의료방사선 기술이 따라잡기 쉽지 않은 속도로 발전하고 있는 점도 인력의 교육훈련을 더욱 중시하는 요인 중 하나가 된다. 핵의약품을 다루는 의료진 중에는 손가락에 섬유질화 등 조직반응을 겪는 경우들이 보고되고 있다. 검토가 요망되는 사안으로서 법의학적 문제, 특히 의료목적이 아닌 이유로 사람을 방사선으로 스캔하는 이슈가 제기되었다. 예를 들면 나미비아에서는 다이아몬드 광산에서 인부들의 다이아몬드 밀반출을 방지하기 위해 퇴근 시 X선 스캔을 실시하고 있는 문제가 있다. 또, 빠르게 변모하는 의료기술 현황을 반영하여 ICRP 73의 개정본을 만드는 일도 추진하고 있으며, 상대적으로 리스크가 큰 여성이 의료분야 종사자의 대부분을 차지하는 특성을 방호체계와 어떻게 조화시킬 것인가에 대해서도 생각하고 있다.

라. 제4분과 권고의 적용

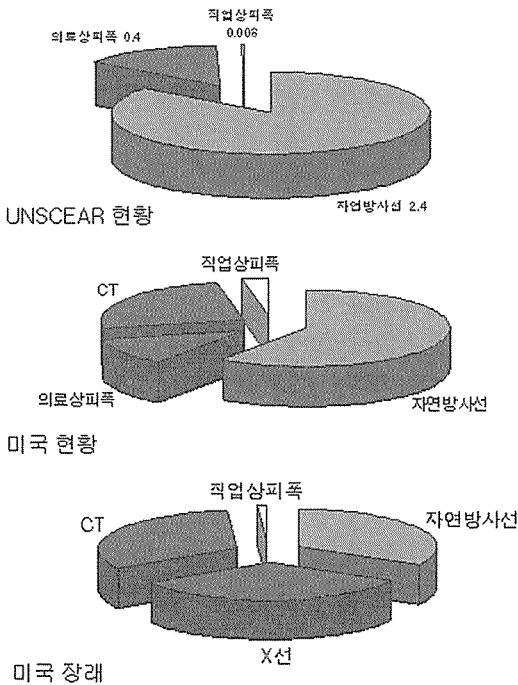
ICRP 권고의 실제 적용문제를 다루는 제4분과는 분과위원 외에 옵저버가 같이 참여한다. 옵저버란 방사선방호와 관련된 다른 국제기구 대표로 참석하는 전문가로서 참여 기구는 예를 들면 ICRU, IRPA, IAEA, OECD/NEA, UNSCEAR, ILO, WHO, EC, ISO 등이다. 이들 옵저버들은 해당 기구의 의견을 입력하고 또 ICRP의 동향을 각 소속 기구에 보고하는 역할을 한다. 이번 스위스 회의에서는 이러한 옵저버 관계를 활성화하고 이슈를 도출하고 공통 이해를 돕기 위해 옵저버 조정그룹(observer coordination

group; OCG)을 새로 운영하기로 하였다.

제4분과의 주요 현안은 “방호의 최적화”와 “선량평가를 위한 참조인 설정” 문제로서 각각에 대한 FD 초안이 역시 웹에 게시된 바 있다. 최적화 분야에서 주로 논의된 사항은 기존의 정량적 최적화 중심체계를 이해당사자(stakeholder) 합의 중심으로 변화시킴에 따르는 기술적인 문제, 가령 이해당사자의 범위와 참여 방법 등이다. 이해당사자는 의사결정 과정의 토론에는 참여하되 최종 의사결정에는 참여하지 않는 방법이 적절한 것으로 의견을 모았다. 정량적 최적화 방법론 역시 중요한 기능이 있다는 것이 스위스 회의에서도 도출된 견해 중 하나이다. 아울러 선량매트릭스 개념을 성공적으로 접목하기 위한 방법론도 더 구체화되어야 하며 집단선량이라는 개념은 여전히 유효하되 집단의 범위 설정에 주의가 필요함을 강조한다.

선량평가 대상인 참조인(representative individual)의 설정과 관련해서는 기존의 결정그룹 개념을 대체하여 개인선량을 확률론적으로 평가 가능하도록 개인의 개념을 설정하고 연령 그룹은 기존의 6개 그룹을 성인, 아동, 유아의 3 그룹으로 단순화함을 재확인하였다. 그러나 높은 선량 피폭이 수반되는 비정상 피폭에서는 연령대별 차이를 감안하기 위해 기존처럼 세분화된 연령군 자료가 여전히 유용함에 주의가 필요하다.

한편 지금까지 ICRP가 권고해 온 여러 수치기준, 특히 제약치에 대해 전반적인 재검토가 있었는데 새로운 방호체계의 수치기준들을 결정함에 이러한 기존 기준들의 백그라운드 및 수치 수준과의 조화를 고려할 필요가



(그림 1) 피폭원별 일반 국민의 방사선 피폭 비율. (위) UNSCEAR 2000보고서의 세계 평균. (중간) 현재 미국의 현황. (아래) 장래의 미국 추세 예.

있다고 결론지었다.

제4분과에서 진행 중인 작업그룹으로는 방사선 비상시 대중의 방호, 사고 지역에 거주에 대한 ICRP 권고의 적용에 관한 그룹이 있다. 비상시 경우 준비와 대응의 개념을 명확히 분리해야 함이 강조되었으며, 지금까지 사용해온 회피선량(averaged dose) 개념 대신 예상선량(projected dose)과 잔여선량(residual dose) 개념의 사용을 고려하고 있다. 나아가 비상시에 적용할 수 있도록 결정적 영향에 대한 제약치를 보완할 필요성도 논의되었다. 사고지역 거주에서는 지역산물의 상품화가 중요 이슈가 되며 제안된 면제기준을 식품에 대해 적용함의 문제점 역시 관심 있게 논의되었다.

마. 제5분과 환경보호

제5분과의 주된 현안은 환경보호를 위한 참

조동식물(reference animals and plants; RAP)과 관련된 사항이었다. 이와 관련한 작업그룹 보고서의 개념과 접근, 잠정적으로 선정된 12종의 RAP(〈표 3〉 참조)가 인간 외의 생물종에 대한 방사선 영향을 평가하기 위한 출발점으로 적절한 것으로 평가했으나 당분간 공식 보고서로 발간하지 않기로 했다. RAP에 대한 유도고려준위(derived consideration level; DCL)를 사용하는 접근 역시 기존의 영향을 표현하는 유용한 수단임을 확인했으며, 참조점(reference point)로 백그라운드 선량률을 이용하는 방안도 동의를 받았다. 선정된 12종의 RAP에 대한 생물학적 설명자료는 2005년말까지 마련될 수 있을 것으로 보았으며 이를 작업그룹 보고서의 부록으로 추가하기로 했다.

RAP에 대한 선량평가는 “단위농도 당 선량인자(dose per unit concentration fac-

〈표 3〉 참조 동식물 선정을 위한 고려 요소 및 평가 결과^{a)}

선정 동식물	야생보호 법규	독성학 분야 사용	인간 자원	방사능 축적 자료	방사선 영향 자료	후속연구 편의성	대중 반응
사슴	+		++	+	+	+	+++
쥐	+	+++		++	+++	+++	+
오리	+++		+	+	+	+++	+++
개구리	++		+	+	+	++	++
잉어	++	+++	+++	+	+++	+++	+++
넙치		+	+++	+++	++	++	+
벌	+	+	++	++	+	+++	++
개		+	+++	+++	+	++	++
지렁이		+++		++	+	+++	++
소나무	+		+++	++	+++	+++	+++
잔디		+	+++	++	+++	+++	++
미역			+	+++	+	++	++

a. 상관성 평가결과 +: 낮음 ++: 보통 +++: 높음.

tor; DPUCF)” 형태의 데이터로 도출하되 이러한 인자의 산출은 적절히 모델링된 모의피폭체와 몬테칼로 계산으로 진행될 수 있을 것으로 평가하였다. 그러나 나무의 경우 모델링이 쉽지 않을 것이라는 문제점이 제기되기도 했고 다른 연구, 예를 들면 유럽연합에서 진행하고 있는 EPIC 프로그램에서 얻은 실측자료들도 참조할 필요성이 제기되었다. 결론적으로 작업그룹은 2006년 5월까지 선량 환산인자를 포함하는 보고서 초안을 마련하기로 했다. 아울러 백그라운드 선량률과 관련해서는 외부피폭과 내부피폭 모두에 대해 2006년 7월까지 초안을 마련할 계획이다.

동식물의 방사선 영향에 대해서는 유럽연합에서 진행하고 있는 ERICA/FASSET⁴⁾ 프로그램에서 얻은 데이터를 검토하고 부족한 것이 무엇인지를 논의하였다. 아직 이 분야는 정보가 충분하지 않으므로 다른 섹터에서 진행되는 일을 주의 깊게 모니터링하고, ICRP는 상호 중복되지 않는 분석을 수행하여 2006년에 위치를 확인하기로 하였다. 이를 위해서 IAEA, UNSCEAR, IUR(International Union of Radioecology), 유럽연합 등 유관기구와 연계를 강화하기로 했다. 이와 병행하여 인간의 방호와 인간 외 생물종 방호의 평행개념에 대해서도 보다 체계화하는 일이 진행될 것이다. 따라서 본래 2005년 발간을 고려하였던 RAP 보고서는 2008년쯤 발간하는 것으로 연기하였다.

바. 본위원회

분과위원회와 연석으로 개최된 제네바 회의에 이어 베른에서 개최된 2005년 2차 본위원회에서 논의되거나 결정된 주요 사안은 다음과 같다.

먼저 스위스 회의에서 발간승인을 계획하였던 기반문서(FD)들에 대해 각 분과의 노력을 치하하였으며 다만, 일부 내용의 보완 필요성이 확인되어 최종 승인은 다소 지연되었다. 제1분과의 보건영향에 관한 FD와 관련하여 의견수렴 과정에서 제기된 불확실성 문제, 낮은 선량에서 영향의 초선형 관계 문제, 수정체 조직반응 문턱선량의 저하문제 등에 대해 필요한 추가 검토를 거쳐 수정을 요청하였다. 이때 참고할 수 있도록 성별 암 발생 데이터를 수록하는 문제를 논의하였으나 원본 데이터가 아직 동료검토가 완료되지 않은 관계로 현재로서는 수록이 어렵다고 보았다. 유효선량 산출을 위한 조직가중치 부여에서 제1분과의 검토 의견을 받아들여 초안의 결합조직, 지질조직 등을 제외하고 가중치 수치값 일부를 조정한 결과는 <표 4>와 같다. 초안에 비해 유방의 가중치가 증가하였고 기타 조직의 가중치가 감소하였다. 제2분과의 선량 FD와 관련해서는 일부 용어를 정비하고 용어해설을 수록을 요청하였다. 초안에서 “방사선가중선량”으로 변경을 도모하였던 등가선량 명칭은 변경 없이 현행을 유지하기로 하였다. 유효선량의 오용에 대해 보다 분명히 적시할 필요성을 제시했다. 제4분과의

4)ERICA – Environmental Risk from Ionizing Contaminants: Assessment and Management로서 2004년 시작된 EU의 제6차 Framework Program의 일환임. FASSET – Framework for assessment of environmental impact 제5차 FP의 일환임(2004년 종료).

선량평가를 위한 개인에 관한 FD는 “대표 (representative)”라는 용어의 적절성을 재 검토하고 기존 차폐의 보강 등 부적절한 비용 발생 우려에 대한 검토를 요청하였다. 최적화 FD에 대해서도 긴요하지 않은 부록의 제외 등 일부 수정 요구가 있었다. 이들 FD는 요청 된 보안을 거쳐 2006년 초에 메일 투표를 통해 본위원회가 발간을 승인할 계획이다.

〈표 4〉 개편된 조직가중치 개편

조 직	w_i	Σw_i
골수, 결장, 폐, 위, 유방(5개 조직)	0.12	0.6
생식선, 기타조직*(2개 조직)	0.08	0.16
방광, 식도, 간, 갑상선(4개 조직)	0.05	0.2
뼈표면, 뇌, 침샘, 피부(4개 조직)	0.01	0.04

*다음의 14개 조직 평균선량에 적용
 부신, 후두, 담낭, 심장벽, 신장, 림프절, 근육, 췌장, 전립선, 소장 벽, 비장, 흉선, 자궁/경부, 직장

제3분과에서 추진하는 ICRP 73의 개정의 필요성을 인정하였으며 2006년 1월까지 개정 초안을 마련하여 분과위원회에서 메일을 통해 검토하고, 2006년 3월 본위원회 회의에 상정하기로 하였다. 면제와 관련된 간행물 역시 식품에서 Codex 값을 추가하는 등 일부 보안을 거쳐 승인하기로 하였다. ICRP 60의 부록C에 상응하는 한도의 근거와 관련한 자료는 초안자인 A. Gonzalez 주도로 작업팀을 구성하여 보완하여 2006년 2월까지 수정본을 제출하고 3월 MC회의에서 승인을 고려할 것이다.

기본권고 개정안에 대한 MC의 입장은 먼저 FD를 완료하고 그 바탕 위에서 보완작업

을 진행하기로 하였다. 보완 작업은 각 분과 위원장 중심으로 해당 색선별로 진행하고 역시 이메일을 통해 상호 의견교류를 추진할 계획이다. 기본권고 개정안과 관련한 중요한 정책변화는 자연방사선 준위를 방호체계의 “근거”로 채택하지 않고 다만 참조로 한다는 것과 개정안에 대해 위원회 내부적으로 만족스러운 결과를 먼저 얻은 다음 의견수렴을 진행하되 서두르지 않는다는 것이다. 따라서 새로운 기본권고는 아마도 2006년 여름 웹 게재를 통해 의견을 다시 수렴하고, 2006년 가을 MC회의에서 승인하여 2007년에 발간 될 수 있을 것으로 예측된다.

베른 MC에서 새로 승인된 작업반과 작업 그룹은 다음과 같다. 제1분과의 조직손상에 대한 작업반의 계획은 일부 보완하여 추진하고 알파입자에 대한 작업그룹을 신규로 발족 하였다. 제2분과의 DOCAL 작업반 의장이었던 K. Eckerman이 사퇴함에 따라 미국 플로리다 대학의 W. Bolch 교수를 선임하였으며, 계산 모의피폭체에 관한 계획을 일부 수정하고 생물학적 선량계측에 관한 작업반을 신규로 발족했다. 제3분과 소관으로는 다층검출기 CT에 관한 작업그룹을 신설하였으며, 제4분과 관련으로는 비상대응 작업그룹과 오염지역 재거주에 대한 작업그룹을 승인 하였다. 제5분과 소관으로는 RAP 선량계측 작업그룹을 출범시켰다.

기타 행정사항으로 전임 위원장인 R. Clarke을 명예위원으로 추대하였고⁵⁾ 차기 회의의 일정을 〈표 5〉와 같이 결정하였다.

5) 현재 명예위원은 B. Lindel(Sweden), H.J. Dunster(UK), C.B. Meinhold(USA), W.K. Sinclair(USA), R. Clarke(UK)의 5인이다.

〈표 5〉 계획된 차기 회의 일정

회 의	시 기	장 소
본위원회	2006.3.22~24	스페인 마드리드
	2006.11.1~3	모로코 라바트(잠정)
제1분과	2006.9	프랑스 파리
제2분과	2006.10.7~	프랑스 파리
제3분과	2006.9.24~28	미국 샌프란시스코
제4분과	2006.9.11~15	스페인 마드리드
제5분과	2006.8.14~18	미국 오레곤
차기 MC/C연석회의	2007.	캐나다(협의 중)

또, 정부기관 기부금에만 의존하는 재원의 한계로 인해 사업 추진이 원활하지 못하여 IAEA나 유럽연합 등이 ICRP보다 앞서 방사선방호 정책방향이나 하부 틀을 조성해 나가는 문제가 있음이 제기되기도 했다. 이 문제는 ICRP의 권위와 신뢰성을 침해받는 것이므로 ICRP의 효율성을 증대하기 위해서 무엇보다도 적정 재원의 확충이 시급하다는 데에 의견을 모았다.

4. 맺음말

방사선방호 분야를 전공한 필자가 ICRP MC 위원으로 봉사할 기회를 얻게 된 것은 큰 기쁨이다. 이러한 기회가 부여된 뒤에는 개인적으로 힘써 준 여러분들이 있기도 했지만 무엇보다 우리나라의 원자력 산업이 세계가 주목할 정도의 위치에 오른 것 즉, 우리나라의 위상이 높아진 덕분으로 생각한다. 분과위원회 참여 경험도 없이 처음 참석한 스위스 회의에서 ICRP의 움직임을 따라잡기에 바빴다. 쉽지 않은 이슈들을 놓고 발제하고 논의

하여 결정해 나가는 분위기가 인상적이었다.

타산지석으로 삼을 것은 아시아에서 ICRP 활동 선발국인 일본과 중국은 MC에 각 1인의 위원이 있는 것은 물론 5개 분과위원회마다 각각 1인씩 분과위원 자리를 확보하고 있는 점이다. 우리도 분과위원회 진출 기회를 잡도록 노력이 필요하다. 주로 각국의 규제기관 종사자로 구성되는 제4분과를 제외한 4개의 분과위원회는 해당 분야에서 지명도가 높은 전문가들로 구성된다. 따라서 우리 방사선방호 전문가들도 국제 방사선방호계에서 관심이 높은 주제의 논문을 발표하는 등 공격적 학술 활동을 펼쳐 동료그룹에서 지명도를 높여 나가야 한다. 이를 위해서는 참신한 연구과제를 지원하는 등 정부의 후원도 절실하다. 아울러 정부기관 기부금만으로 운영되는 ICRP의 열악한 재정을 돕기 위해 우리도 어느 정도의 기부금 재원을 확충할 수 있는 방안을 강구했으면 한다. 중국이 2004년 MC/C 연석회의를 초청한 점을 감안하여 우리도 2007년 이후 적절한 시점에 이를 초청하는 방안도 적극적으로 검토할 필요가 있다. **KRIA**