

# 放射線防禦 實務를 위한 情報媒體로서의 ICRP — 諸刊行物の 概念的인 理解(III)

— 放射線防禦에 사용되는 ICRP 42, ICRP 60 및  
ICRU 39 에서의 量들을 中心으로 —

漢陽大學校 理科學校

李 秀 容\*

(1991년 9월 2일 접수)

## 요 지

금년 봄에 국제방사선 방어위원회(ICRP)의 新勸告인 1990년도 권고(ICRP Publication 60 및 61)가 발간되었다. 이 권고에는 방사선방어에 사용된 양들의 정보상황이 게재되었고 또 이들 정보는 방사선방어를 위한 개념적인 틀로서 구체화 되고 있다.

위원회의 권고의 적용은 개념과 양들에 관한 다양성이 있는 이해를 요구한다. 이들중 다수는 다른 科學分野에도 응용되며, 총괄적인 이용에 나타나는 定義의 精確성은 광범위한 영역에 반영되고 있다.

이런 견지에서 본고에서는 방사선방어에 사용되는 주된 양들을 간단한 용어으로써 설명한다. 또한, ICRU(ICRU, 1980, 1985)의 보고서에서 얻은 기본 방사선단위 및 양들에 관한 정보는 물론 공식적인 정의 및 더 상세한 정보를 ICRP Publication 42와 ICRP Publication 60을 기준으로 하여 기술하였다.

본고는 본 저자의 이전의 논문(I部 및 II部)에 뒤이은 같은 제목의 논의(III部)이다.

\* 漢陽大學校 理科學校 物理學科 教授  
大韓 放射線防禦學會 總務理事  
國際 電氣技術委員會 放射線計測(IEC TC-45) 專門委員  
國際放射線防禦學會(IRPA)會員, 美國 “保健物理學會”會員

# A Brief Conceptive Comprehension of the ICRP—Publications as an Information Media for the Radiological Protection Practice(Part III)

— Based on the Quantities Used in Radiological  
Protection in the ICRP 42, ICRP 60 and ICRU 39 —

Soo Yong Lee\*

Dept. of Physics, College of Science, Hanyang University

(Received : 2 September 1991)

## Abstract

The ICRP's new recommendations(ICRP Publication 60 and 61) were published this spring. The Recommendations represent a comprehensive review of the state of knowledge of the quantities used in radiological protection, and incorporate this knowledge into a conceptual framework for radiological protection.

Application of the Commission's recommendations requires an understanding of a variety of concepts and quantities. Many of these have application in other fields of science and precision in their definition reflects this broad application.

In this viewpoint, the present review explains in simple terms of the principal quantities used in radiological protection. And also, the information on basic radiation units and, quantities[obtained from ICRP Publication 42(1985), ICRP Publication 60, (1991) and the reports of the ICRU(ICRU, 1980, 1985)] as well as the formal definitions and more detail informations are described.

This is a further review(Part III) subsequent to the author's previous studies(Part I and Part II) with the same title.

\* Professor, Dept. of Physics, College of Science, Hanyang University.

General Secretary of the Korean Association for Radiation Protection(KARP),

Expert Advisor in Nuclear Instrumentation of the International Electrotechnical Committee(IEC TC-45),

Member of International Radiological Protection Association(IRPA),  
Health Physics Society(Plenary).

### 1. 머리말

國際放射線防禦委員會(ICRP)는 최근에 그 최신 권고인 ICRP 60(1991)을 출간하였다. 원래 이 위원회의 첫번째 보고서는 ICRP가 현재의 명칭으로 정해지기 훨씬 이전인 1928년에 간행되었으나, 금일까지 간행물중에서 일련번호순으로 열거된 첫 Publication은 Publication 1 (1959)<sup>1)</sup>을 시점으로 하고 있다.

이 보고서에는 1958년 9월에 승인된 권고 사항들이 포함되어있으며, 그 후의 일반적인 여러 권고는 Publication 6(1964),<sup>2)</sup> Publication 9(1966)<sup>3)</sup> 및 Publication 26<sup>4)</sup>(1977) 등으로 수정변경되었다.

그중 ICRP Publication 26(1977)은 더 수정되어 1978년의 성명(聲明)에 의해 확장되었으며 이와 같은 것은 나중의(1980, 1983, 1984, 1985 및 1987)성명들에 의해 더욱 분명해졌고 또 확장되었다.

ICRP 권고는 방사선작업종사자(workers)와 공중(public)이 피폭되는 이온화방사선(ionization radiation)에 피폭되는 것을 제한시킬 목적으로 전세계적으로 널리 활용되어 왔다.

이 1977년도 권고의 보충 聲明은 위원회의 필요에 따라 간행되었으나, 지난 몇년간의 진전은 종합적인 상황을 망라할 수 있는 신 권고의 필요성을 더욱 강력히 요구케 되었다. 1990년 11월에 공식적으로 채택되어 통칭명인 「ICRP Publication 60 (1995)<sup>5)</sup>」로 정식출간되었다.

이 신 권고의 간행은 위원회의 세가지 큰 골격을 알 수 있게 해 준다. 그 첫째는 새로운 생물학적 정보를 명심해야 할 일과, 둘째는 안전기준 설정에 관한 새로운 개념의 도입의 필요성과 권고사항을 발전시켜 주었고 끝으로 이들 권고에서의 안정성 못지않게 새로운 정보와 일치될 수 있는 방사선방어를 유지하는 것등을 들 수 있다.

특히 이 권고에는 새로 변화된 여러 개념이 포함되어 있으므로 정부기관이나 산업체 및

연구기관 등에서의 방사선피폭을 제한하는 실무진은 이것을 우선 이해하고 실무면에서 방사선방어기준설정의 토대로 활용할 수 있어야 할 것이다.

본고에서는 ICRP Publication 42와 ICRP Publication 60 중에서 방사선방어에서 사용되는 기본양들에 관한 것을 중심으로 기술하였다.

### II. ICRP Publication-42<sup>6)</sup>

ICRP에 의해서 사용되는 주요 概念과 量의 解説

[A Compilation of the Major Concepts and Quantities in Use by ICRP :

*Annals of the ICRP*. 14, No. 4(1984)에 발표]

#### (가) 개요

ICRP가 새로운 思考를 발휘하여 ICRP 권고(Publication 26)를 발표(1977)한 이래 활기찬 활동을 계속하여 이 권고에 부가되는 많은 報告書를 간행한바 있음을 상세히 보고한 바 있다.<sup>\*)</sup> [1991년 9월 현재 Publication 61 까지 간행되었다]

이들 중에는 새로운 용어나 양이 定義되어 사용되기도 하고 또 여러 차례(4回) 발표된 성명(聲明)과 관련시켜 읽을 경우 ICRP의 사고방식이나 새로운 양의 의미가 이해되어 활용될 수 있는 것도 많은 반면 다소 난해한 것도 있어 숙독을 요하는 부분도 상당히 많다.

때문에, ICRP의 주위원회에서는 1980년대에 전문위원회 4에 대해 Publication 26 및 그 이후의 간행물에 도입된 개념을 편집(compilation)케하여 해설한 보고서의 작성을 의뢰했다.

작성된 이 보고서의 초안이 주위원회의 1994년 5월 승인을 받아 Publication-42<sup>6)</sup> *Annals of the ICRP* 14, No. 4)로서 간행케 된

주1) ICRP Publication-42가 발간된 1985년까지는 Publication-44까지, 또 報告는 18개가 있었음.

것이다. 때문에 이 보고서의 취급내용들은 반드시 처음 다루는 용어만은 아니며 Publication 26 이후의 간행물들과 성명에서 인용한 것이 많다. ICRP Publication 42는 그 제목에서와 같이 「주요 概念과 量들」에 대해 해설을 결들인 전부 3장 78항목과 문헌 및 색인으로 구성되어 있다.

(나) 내용의 구성

ICRP Publication-42의 상세한 내용은 다음과 같다.  
구성을 갖추기 위하여 내용을 크게 3장으로

로 나눠 첫장에는 이 보고서 작성의 배경과 본문의 구성에 관해 기술(2항목)하였고, 두 번째 장에는 ICRP의 「방사선 계측량」에 관한 것과, 마지막 장에는 ICRP의 선량제한체계<sup>1)</sup>의 적용에 관한 개념과 양들을 취급하였다.

방사선계측량에 관한 것은 다시 구분하여 제1절에는 특정인이든 가정인이든 개인의 방사선피폭을 정량적으로 나타내기 위하여 사용되는 모든 量을, 또 제2절에는 어떤 결정된 피폭원에 유래하는 집단의 방사선피폭을 나타내기 위하여 사용하는 양을 취급하고 있다.

이와같은 것은 이들 양을 「線量制限體系」

표 2-1 개인에 관계된 양(quantities related to individual)

1. 吸收線量(absorbed dose)(3-7)
부여된 비에너지(specific energy(imparted))(4) 조사선량(照射線量; exposure)(5) 공기커마(air kirma)(5) 비(非)확률적 영향(non stochastic effect)(7) 확률적 영향(stochastic effect)(7) 선량-반응관계(dose-effect relationship)(7)
2. 선량당량(dose equivalent)(8-12)
a. 충돌저지능(collision stopping power)(9) b. 상대생물학적 효과(RBE)(9)
3. 유효선량당량(effective dose equivalent)(13-18)
a. 加重因子(weighting factor)(14)
4. 예탁선량당량(committed dose equivalent)(19-20)
5. 예탁유효선량당량(committed effective dose equivalent)(21)
6. 선량당량지수(dose equivalent index)(22-23)
a. 비한정 선량당량지수(unrestricted dose-equivalent index)(22) b. 심부 선량당량지수(deep dose-equivalent index)(23) c. 표층부 선량당량지수(shallow dose-equivalent index)(23) d. 한정 선량당량지수(restricted dose-equivalent index)(23)

① 1~6까지의 것은 소제목이고, a~d는 해당 제목의 관계량이다. 이 관계량의 괄호안의 숫자는 ICRP Publication 42의 내용중의 설명된 항목의 번호이다.  
② 6에서 「미한정(unrestrict)」 또는 「한정(restrict)」이라는 표현은 ICRU에서는 이전부터 사용되었지만 ICRP에서는 이것이 처음이다.

표 2-2 집단에 관계되는 양(quantities related to populations)

1. 집단선량 당량(collective dose equivalent)(25)
부여된 비에너지(specific energy(imparted))(4)
2. 집단유효선량당량(collective effective dose equivalent)(26-29)
a. 집단유효선량당량(피부를 포함)(collective effective dose equivalent (including skin))(27)
3. 일인당 선량당량(per caput dose equivalent)(30-32)
a. 일인당 유효선량당량(per caput effective dose equivalent)(30)
4. 선량당량예탁(dose equivalent committment)(33-35)
동 { a. 잘린선량당량예탁(truncated dose-equivalent committment)(33)
의 { b. 불완전 선량당량예탁(incomplete dose equivalent committment)(33)
어 { c. 유효선량당량예탁(effective dose-equivalent committment)(35)
5. 집단유효선량당량예탁(collective effective dose-equivalent committment)(36-39)
a. 집단유효선량당량율(collective effective dose-equivalent rate)(36)
동 { b. 불완전 집단실효선량당량예탁(incomplete c. e. d. e. c.)(39)
어 { c. 잘린 집단유효선량예탁(truncated c. e. d. e. c.)(39)

1. 1~5까지의 설명은 표2-1의 설명과 같음.

의 일부로서 적용하는데 이것이 가장 좋기 때문이다.(1)

이들은 각각 표 2-1 및 표 2-2로 요약할 수 있다.

제3장은 「선량제한 체계에 관계되는 개념과 양」에 관해 논의되었고, 제3.1절의 「정당화 및 최적화」(19항목) 및 제3.2절의 「선량한도」(19항목)의 두절로 구성되었다.

특히 3.1절은 Publication-37 「방사선방어의 최적화 과정에서의 비용-이익의 원칙」에 의해 이를 수행하는데 관계된 개념과 양에 관한 설명으로서 그 주된 개념들은 정당화(justification), 최적화(optimization), 위해(危害, detriment), 방어의 비용(cost of protection) 및 위해의 비용(cost of detriment) 등이다.[표 2-3]

마지막 3.2절은 선량한도(dose limit)에 관한 항목들로 구성되었는데 표 3-4와 같다. 이것에서 ICRP Publication-26 권고의 주요 부분이며 정의로 널리 알려진 것이 많다.

### III. ICRP Publication 60<sup>5)</sup>

國際放射線防禦委員會의 1990년도 勸告  
[1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection :  
Annals of the ICRP 21, No. 1-3(1991)에 발표]

#### (가) 개요

본고는 저자가 동일 제목으로 설명한 이전의 제1부의 「ICRP의 기본권고를 중심으로」한 부분에서는 ① 머리말, ② ICRP의 기원, ③ 방사선방어에 관련된 다른 국제기구, ④ 방사선방어에 대한 ICRP의 기본권고, ⑤ ICRP 권고 및 보고, ⑥ 신권고초안의 제시 및 맺음말 등으로 논하는 과정에서 표제의 ICRP 60에 대한 기본골격에 관해서 상세히 다룬바 있다.

표 2-3 체적화와 정당화에 관한 개념과 양(concepts and quantities to the optimization justification)

1. 최적화(justification) (41)
2. 정당화(optimization) (42) 동 의 어 { a. 모든 피폭을 합리적으로 달성이 가능한 한 낮게(keeping all exposures as low as reasonably achievable) (42) b. 방어의 최적화(optimization of protection) (42) c. ALARA (42)
3. 위해(危害, detriment) (44-47) a. 리스크(risk) (44) b. 객관적 건강 위해(objective health detriment) (44)
4. 비용-이득분석(cost-benefit analysis) (48-51) a. 미분비용-이득분석(differential cost-benefit analysis) (48) b. 구속함수(속박함수, constraining function) (49) c. 한도방정식(제한식, limit function) (49) d. 상한치(upper bound) (50) e. 선원에 대한 상한치(source upper bound) (50) f. 비용효과분석(cost-effectiveness analysis) (51)
5. 방어의 비용(cost of protection) (52-53) 동 의 어 { a. 현재가치평가법(present worth evaluation) (53) b. 자본화비용견적법(capitalized cost estimates) (53) c. 연부화(年賦化) 비용견적법(annualized cost estimates) (53) d. 할인(discounting) (53)
6. 위해의 비용(cost of detriment) (54)

- 1~6까지의 설명은 표 2-1의 설명과 같음.
- 2(optimization)의 경우 'ALARA'라는 머리글자를 비록 ICRP가 사용하지는 않지만 이들 세 개념(a, b, c)은 ICRP체계중에서는 동일 개념이다.(42)

또한, 같은 제목으로 보고한 제2부의 「醫學에서의 ICRP 活動을 中心으로」<sup>9)</sup>한 부분에서의 ① 머리말, ② 의료면에서의 방사선 방어의 기본체계에 대한 견해, ③ 의료피폭에서의 방어체계(정당화, 최적화 선량한도, 임산부의 의료피폭 및 의료연구에서의 피폭 등을 논의한 바 있다.

또한 방사선의료 활동의 지침으로서의 ④

ICRP-34, X선진단에서의 환자의 방어, ⑤ ICRP-44 방사선치료에서의 환자의 방어, ⑥ ICRP-52 핵의학에서의 환자의 방어 등에서 논의한 여러 상황에서는 방사선방어 체계에서 선량한도(dose limit)에 대해 여러 곳에 언급한 바 있으므로 여기서는 한 예로 권고된 선량한도의 표 3-1로써 그 설명을 대신하였다.

표 2-4 선량한도(dose limits)

1. 선량당량한도(dose equivalent limit) (60-68)
2. 작업자에 관한 연간섭취한도(annual limit of intake for workers, ALI) (63) <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 유도공기중농도(derived air concentration, DAC) (68)</li> <li>b. 표준인(reference man) (68)</li> </ul>
3. 공중(公衆)의 구성원에 관한 연간섭취한도(annual limit on intake for members of the public) (63)
4. 임계그룹(critical group) (71-74) <ul style="list-style-type: none"> <li>b. 임계경로(critical pathway) (72)</li> <li>c. 임계핵종(critical nuclide) (72)</li> </ul>
5. 유도한도(derived limit) (75) <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 유도상한치(derived upper bound) (75)</li> </ul>
6. 인정한도(authorized limit) (78)

(나) 선량한도(dose limits)

표 3-1 권고된 선량한도<sup>1)</sup>  
(recommended dose limits)

적 용	선 량 한 도	
	중 사 자	공 중
유효(실효)선량	5년동안 평균연간 20 mSv <sup>2)</sup>	면에 1 mSv <sup>3)</sup>
연등가선량		
눈의 수정체	150 mSv	15 mSv
피 부 <sup>4)</sup>	500 mSv	50 mSv
손과 발	500 mSv	50 mSv

- 이 선량한도는 특정된 기간동안의 외부피폭으로부터의 선량과 같은 기간중에 섭취한 방사능으로 인한 50년간(어린이는 70년간)의 예탁선량으로 산정한다.
- 유효선량은 임의의 1년간에 50 mSv를 초과하지 않아야함을 천언하고 있다. 추가적인 제한은 임신 중인 여성의 직업상의 피폭에 적용하고 있다. 이 경우 일단 임신중임이 확인 후에는 잔여 임신기간의 하복부 표면 등가선량이 2 mSv를 넘지않도록 하고 내부피폭은 연간섭취한도(ALI)의 1/20을 초과하지 않도록 권고하고 있다.
- 특수한 경우에는, 일반인의 유효선량이 1 mSv를 초과하는 값도 특정한 1년에 허용되나 5년간 평균 1 mSv를 넘지 않아야 한다.

- 유효선량에 관한 제한은 확률적초과에 대처하는 피부에 대해서 충분한 방어를 제공한다. 결정론적 영향을 막기위해 국부피폭에 대해 추가적인 한도가 필요하다.

(다) 리스크평가(risk estimation)

비록 방사선 피폭으로 인한 암이외의 영향이 있을지라도 주안점은 암에 관해 관심을 갖게된다. 1990년도 권고에는 결정론적(이전의 비확률적)효과와 유전적 결함에 관한 현재의 데이터가 검토되었다.

치명적인 암의 리스크평가는 ICRP에 의해서 제의되었는데 ICRP 26에서 채택된 것과 대조시킨 것이 표 3-1이다.

이 데이터는 주로 일본의 히로시마와 나가사키에서의 원폭생존자들로부터 도출한 것이다. 전신조사후의 치명적인 암리스크는 모든 연령층의 인구에 대해 5 %Sv<sup>-1</sup>이다. 노동인구(workforce)의 경우 18세로부터 65세사이의 것으로 하여 4 %Sv<sup>-1</sup>이다.

표 3-1은 피폭후의 치명적인 암리스크 뿐만 아니라 또한 미래세대에게서의 유전적 결함을 나타내며, 또 모든 암에 반드시 치명적인 것만은 아니기 때문에 치사율도 함께 나타낸다.

표 3-1 1990년 및 1977년에 ICRP가 채택한 리스크계수의 비교표  
(risk coefficients adopted by ICRP in 1990 compared with those of 1977)

조직 (tissue)	ICRP 1977	ICRP 1990		
	fatal cancer (%/Sv)	fatal cancer (%/Sv)	lethality (%)	life lost (y)
1. 방광(bladder)		0.30	50	9.8
2. 골수(bone marrow)	0.20	0.50	99	30.9
3. 뼈표면(bone surface)	0.05	0.05	70	15.7
4. 가슴(breast)	0.25	0.20	50	18.2
5. 결장(colon)		0.85	55	12.5
6. 간(liver)		0.15	95	15.7
7. 폐(lung)	0.20	0.85	95	13.2
8. 식도(oesophagus)		0.30	95	11.5
9. 난소(ovary)		0.10	70	16.8
10. 피부(skin)		0.02	0.2	15.7
11. 위(stomach)		1.10	90	12.5
12. 갑상선(thyroid)	0.05	0.08	10	15.7
13. 잔여부분(remainder)	0.30	0.50	71	13.6
14. 소계(sub-total)	1.25	5.0		
유전적결합(hereditary defects)	0.40*	1.0**		20.0
총계 (total)	1.65	7.2 (가중치)		

\* 처음 두세대, \*\* 모든세대

유전적인 결함에 대해서 ICRP는 근로연령에 해당하는 인구는 그 연령분포가 다양하기 때문에 리스크인자가 1 %Sv<sup>-1</sup>로 결론 짓는다. 결정론적 평가를 얻기 위해서 ICRP는 치명적인 암과 유전적인 결함율에 비치명적인 암에 관한 것을 참작한다.

비 치명적인 암은(치사율이 높으면 높을 수록 생존자들에 대한 삶의 질이 더 낮아진다는 이유로 그 암에 대한 치사율에 의해 가중되고, 또 그 결과는 치명계수(fatal coefficient)에 추가된다.

생식선을 포함한 각 장기나 조직에 대한 결과적인 리스크인자는 그런다음 그 조직으로 인한 암의 경우이거나 또는 유전적인 질환으로 인한 생명손실에 관계되는 연수를 가중한다.

그래서 생애중에 갑상선암으로 인한 것보다 백혈병으로 사망하는 율이 배가되기 때문

에 골수암이 갑상선에 대한것보다 두배가 가중된다.

이 결과가 모든 연령층에 대한 인구인 경우 7.2 %Sv<sup>-1</sup>라는 결정론적 리스크로 나타났고 노동인구의 경우는 5.5 %Sv<sup>-1</sup>이다.

이 모든 가중치의 결과는 유효선량(신권고에서의 이 유효선량(effective dose)을 과거의 유효선량당량(effective dose equivalent)을 대신 한다)에서의 조직가중인자(tissue weighting factor)를 도출하는데 사용할 수 있는 총 위해(detriment)에 대한 장기들 간에 기여되는 상대적인 일련의 값들을 제공한다.

리스크평가에서의 수학적인 정밀도라는 인상을 피하기 위해 일련의 순환적인 가중인자표를 작성하여 장기나 조직이 이들 값의 어느하나에 해당되도록 만든것이 표 3-2이다.

표 3-2. 조직가중인자, W<sub>T</sub><sup>\*,\*\*</sup>  
(tissue weighting factors)

	0.01	0.05	0.12	0.20
뼈표면		방광	결장	생식선
피부		가슴	폐	
		간	골수	
		식도	위	
		갑상선		
		나머지 부분**		

주. 이 표는 ICRP Publication 60에서의 2.2.3절의 표 2를 정리한 것이다. \*, \*\*부분의 상세함은 이절의 29항-32항을 참조.

#### IV. 放射線防禦에 사용되는 量 (Quantities Used in Radiological Protection)

ICRP Recommendation 60에서는 방사선방어에 관련된 양들에 관한 정의에서 상당한 변화를 보이고 있는데 여기서는 이들 양을 포함시킨 몇가지에 대해 기본방사선계측량(표 4-1)과 보조적 방사선 계측량(표 4-2) 및 그외의 양(표 4-3)으로 구분하여 제시하였다.



설명된 항목의 앞의 괄호내의 숫자는 원문에서의 항목을 나타낸다.

(가) 기본 방사선계측량

기본 방사선계측량의 열거는 표 4-1과 같다.

표 4-1 기본 방사선계측량  
(basic dosimetric quantities)

1. 흡수선량(absorbed dose) (22) (A3) a. 조직 또는 장기의 평균 흡수선량 (mean absorbed dose in a tissue or organ) (S2)
2. 방사선가중인자(radiation weighting factors) (23) (A9)
3. 등가선량(equivalent dose) (22) a. 방사선가중인자(radiation weighting factor) (22) b. 상대적인 방사선효과(relative biological effectiveness) (25) c. 선형에너지전달(linear energy transfer, LET) (25) (A5)
4. 조직가중인자(tissue weighting factors) (27-32) (A17)
5. 유효선량(effective dose) (27)-(32) (A17)

주) 괄호안의 수는 ICRP Publication 60(1991)중의 해당설명에 있는 항목의 번호이고, 수자앞의 A는 Annex이다.

1. 흡수선량(吸收線量)

방사선방어에 관한 기본 방사선계측량은 흡수선량(absorbed dose, D)이다. 이것은 단위 질량당 흡수된 에너지로서 관계식

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dt}$$

로 표시된다.

여기서  $d\bar{\epsilon}$ 는 최적소에서 물질에 이온화 방사선에 의해서 부여되는 평균에너지이고,  $dm$ 은 이 체적요소에서의 물질의 질량이다. 흡수선량에 대한 SI 단위다.  $J kg^{-1}$ 이며 특별

명칭은 그레이(gray, Gy)이다.

이 흡수선량의 시간변화율은 흡수선량률(absorbed dose rate,  $\dot{D}$ )이다.

$$\dot{D} = dD/dt$$

여기서  $dD$ 는 시간간격  $dt$ 에서의 흡수선량의 증가량이다.(A 2)

ICRP 60에서는 다른 언급이 없는한 조직과 장기의 평균선량(average dose)을 나타내는데 사용된다. 결과적인 가능성을 나타내는 표시로서의 평균선량의 사용은 영향을 유발하는 확률과 선량간의 관계의 선형성에 의존한다.

線量-反應관계(dose-response relationship)-선량의 제한된 범위의 합리적인 근사값이다. 이 선량-반응관계는 결정론적인 효과(deterministic effects)에 대해서는 선형적이므로 평균흡수선량(average absorbed dose)은 선량이 조직이나 장기에 걸쳐서 아주 균일하게 분포되지 않고서는 결정론적 효과에 직접적으로 연관 되지 못한다.(22)

방사선가중인자(放射線加重因子,  $W_R$ )

확률효과(stochastic effects)의 개연성은 흡수선량(D) 뿐만 아니라 선량이 유발하는 방사선의 에너지와 유형에 의존됨이 밝혀졌다. 이것은 방사선의 성질에 관련된 인자에 의한 흡수선량률을 가중하므로써 고려될 수 있다.

과거부터 이 가중인자(weighting factor)로 어떤 점에서의 흡수선량에 적용되어 왔으며 線係數(Q)로 불리어졌다. Q는 단위가 없다.(A7)

加重吸收線量(weighted absorbed dose)는 線量等價(dose equivalent, H)라고 불리어졌다.(23)

3. 등가선량(等價線量)

a. 방사선방어에서, 이것은 조직 또는 장기(어떤 한 점에서 보다는)에 걸쳐서 평균되고 평가방사선 선질에 대한 가중흡수선량이다. 이러한 목적의 가중인자를 새롭게 加重因子

(weighting factor,  $w_R$ )라 부르고, 또 이것은 신체 및 체내에 입사된 방사선 또는 선원의 종류 및 에너지에 대해 선택되거나 또는 체내의 선원인 경우는 선원에 의해서 방출된다.

이 가중흡수선량은 엄밀하게 하나의 선량이며 위원회는 조직이나 장기에서의 이전부터 등가선량(equivalent dose)이라 불려졌던 것을 기호  $H_T$ 를 써서 다시 변경하기로 결정하였다.

또한 이러한 변화는 선질계수에서 방사선 가중인자의 변화를 나타내는 것이기도 하며 조직 T에서의 등가선량은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

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

여기서  $D_{T,R}$ 는 방사선 R로 인한 조직이나 장기 T에 관한 평균된 흡수선량을 말한다. 등가선량의 단위는 특수명칭인 시버트(Sv)로써 표시되는  $J\ kg^{-1}$ 이다. (24) [더 상세하는 25-26항 참조]

b. 특정한 유형과 방사선에너지에 관한 방사선 가중인자의 값은 그 방사선이 저선량에서 통계적 효과를 유발하는 相對的生物學的 效果(relative biological effectiveness, RBE)의 값을 나타내도록 위원회가 채택하였다.

방사선가중인자,  $w_R$ 의 값은 Q-값과 폭넓게 비교될 수 있다.(25)

c. Q는 LET와 관련되었고, 이온화입자의 비적을 따르는 이온화밀도를 측정할 수 있다.

위원회는 모든 에너지의 X선 및  $\gamma$ 선을 포함한 낮은 LET의 모든 방사선에서 RBE의 값을 1로 설정하였다.(25)(A5)

다른 방사선의 선택은 관련된 방사선이 X선이나 감마선이란 상관없이 RBE의 관측치에 의존한다.(25)

방사선량이 서로 다른  $w_R$ 의 값을 갖는 여러 유형과 에너지로 구성되어 있을 경우에는 흡수선량은 여러 구역으로 작게 분할시켜야 한다. 이때 각각은 고유한  $w_R$ 값과 등가선량의 총합을 가지게 될것이다. 교번적으로 이

것은 E와 E+dE 사이의 에너지요소로부터 흡수선량의 각 요소마다의 에너지의 연속분포로 표현되며 또 이것은 표 A-1의 관련된 곳에서  $w_R$ 의 값을 구하거나 또는 부록 A의 A12항에 주어진 연속함수와 그림 A-1의 연속곡선의  $w_R$ 의 근사값으로 설명된다.

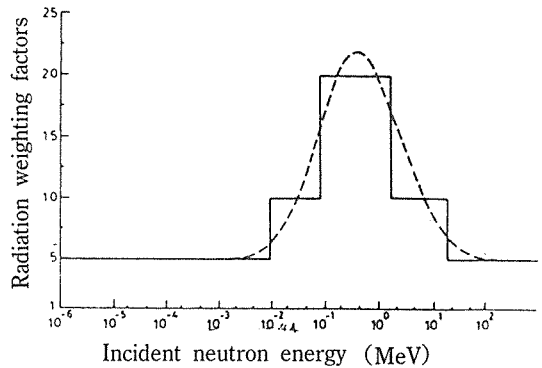


Fig. A-1 Radiation weighting factors for neutrons. The smooth curve is to be treated as an approximation.

표 A-2. 방사선가중인자<sup>1</sup>(radiation weighting factors)

종류 및 에너지 범위 <sup>2</sup>	방사선 가중인자
광자(모든 에너지에 대해서)	1
전자 및 뮤온(muons) 모든 에너지에 대해서 <sup>3</sup>	1
중성자, 에너지 < 10 keV	5
10 keV-100 keV	10
>100 keV-2 MeV	20
>2 MeV-20 MeV	10
>20 MeV	5
(그림 1 참조)	
되튬양성자 이외의 광자, 에너지 >2 MeV	5
알파입자, 핵분열 조각, 중핵자	20

1. 모든 값은 신체상의 방사선입사 또는 내부선원 이거나 선원으로부터 방출되는 값에 관계된다.
2. 기타 방사선에 대한 값들의 선택은 A 14항에 논의되었다.
3. DNA에 결속된 오제전자(Auger electron)는 제외시켰다.(A 13항을 참조)

DNA에 결속된 핵으로부터 방출된 오제電子(Auger electrons)는 특정한 선량당량의 금일의 정의에 의해 요구되는 DNA의 전체적인 질량에 관한 흡수선량의 평균을 구하는 것이 비현실적이므로 특히 문제가 있다.

오제전자 효과는 미시방사선선량계(microdosimetry)의 기술에 의해 평가되어야 한다.(부록 B, B67항 참조) (26)

#### 4. 조직가중인자(組織加重因子)

조직이나 장기 T에서 등가선량이 가중된 데에 따른 인자는 조직가중인자(tissue weighting factor,  $w_T$ )라 불리우는데, 이  $w_T$ 는 전신이 균일된 피폭으로 인한 이들 영향에 기인된 기관이나 조직의 상대적분포와 총체적인 危害(detriment)를 나타낸다(3.5절 참조). 二倍(doubly)加重線量인 가중등가선량(weighted equivalent dose)은 이전에는 유효선량당량(effective dose equivalent)로 불리었으나 이 명칭은 불필요한 번거로움이 있는데, 특히 집합예탁선량당량에서와 같은 복잡한 결합에서는 더욱 그렇다. 때문에 위원회는 보다 더 간편한 명칭인 有效線量(effective dose)를 사용하도록 결정을 하였다. 이 명칭의 도입은 등가선량의 변화와 관계된다. 그러나 조직가중인자의 수와 양의 변화와는 무관하다. 단위는 썬버트(Sv)이고  $J kg^{-1}$ 로 표현되기도 한다.

조직가중인자(tissue weighting factors)의 값의 선택에 관하여는 III의 (다) [원문은 3.5절]절에 논의되었으며 권고된 값들은 표 3-2에 주어져 있다.(27)

#### 5. 유효선량(effective dose)

유효선량은 인체의 모든 조직과 기관에서의 가중등가선량의 합이다. 이것은 다음과 같이 표현된다.

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

여기서  $H_T$ 는 조직이나 장기 T에서의 등가선량이고,  $w_T$ 는 조직 T에 대한 가중인자이다.

한편 유효선량은 인체의 모든 조직과 기관에서의 二倍加重吸收線量(doubly weighted absorbed dose)의 합으로써 표현되기도 한다.(28) (더 상세히는 29-32항을 참조)

등가선량과 유효선량 모두는 일반적인 용어로서 리스크평가를 포함해서 방사선방어를 위해 사용되도록 의도된 양이다.

이들 양은 결정론적 효과가 나타나는 기준치 이하에서 단지 흡수선량의 통계적 효과의 가능성을 평가하는데 그 기초가 된다. 알고 있는 인구의 피폭의 결과와 같은 평가에서는 흡수선량과 관련있는 방사선의 상대적인 생물학적 효과(RBE)와 관계가 있는 특정한 데이터와 피폭인구와 관계가 있는 확률계수(probability coefficient)를 이용하는 것이 좋을 때가 있다.(32)

#### (나) 보조방사선계측량

보조방사선 계측량의 열거는 표 4-2와 같다.

표 4-2 보조방사선계측량  
(subsidiary dosimetric quantities)

- |  |
|--|
| 1. 예탁등가선량(committed equivalent dose) (33)        |
| 2. 예탁유효선량(committed effective dose) (33) (A2)    |
| 3. 집합등가선량(collective equivalent dose) (34) (A44) |
| 4. 집합유효선량(collective effective dose) (34) (A34)  |
| 5. 선량예탁(dose commitment) (36)                    |
| 6. 일인당 선량율(per caput dose rate) (36)             |

주) 괄호안의 수는 ICRP Publication 60(1991)중의 해당설명이 있는 항목의 번호이고, 숫자앞의 A는 Annex이다.

#### 1. 예탁등가선량(預託等價線量)

여러 보조방사선계측량은 유용한 것으로 입증되었다. 인체가 방사성물질을 흡

입한 경우 신체조직내에 여러가지 비율로서 물질이 등가선량을 증가시키는 기간이 있게 된다. 등가선량(equivalent dose rate)의 시간적분은 예탁등가선량 預託等價線量(committed equivalent dose),  $H_r(\tau)$ 으로 불리운다.

여기서,  $\tau$ 는 흡입된 총시간(면)이다.  $\tau$ 가 정해지지 않았다면 적분상한은 성인에 대해서는 섭취시점으로부터 50년, 어린이에 대해서는 섭취시점으로부터 50년, 어린이에 대해서는 그 시점으로부터 70년의 값을 뜻하게 된다.(33)

예탁등가선량은 다음과 같이 정의된다.:

$$\dot{H}_r = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_r(t) dt$$

시간  $t_0$ 에서 방사능의 단일섭취인 경우 여기서  $\dot{H}_r(t)$ 는 시간  $t$ 에서 장기 또는 조직에서의 관련된 등가선량을이고,  $\tau$ 는 적분이 행해지는 기간의 시간주기이다. 특히  $H_r(\tau)$ 에서  $\tau$ 는 年으로 주어진다.(A21)

## 2. 예탁유효선량(預託有效線量), $E(\tau)$

확장해서 預託有效線量(committed effective dose)  $E(\tau)$ 을 유사하게 정의할 수 있다. 위원회가 임의의 주어진 기간내에 축적된 등가선량 또는 유효선량을 채택한다면 같은 기간 동안에 발생한 어떠한 섭취로부터의 어떠한 예탁선량까지도 포함하게 된다.(33)는 것을 의미한다.

섭취량의 결과로 생긴 예탁장기등가선량이나 예탁조직등가선량은 적당한 다중인자  $w_r$ 로 곱한 다음 합한 결과가 예탁유효선량(committed effective dose)에 되는데 식으로는

$$E(\tau) = \sum_r w_r \cdot H_r(\tau)$$

가 된다. 특히  $E(\tau)$ 에서  $\tau$ 는 적분에 실행되는 주어진 연수이다(A22).

## 3. 집합등가선량(集合等價線量)

위원회는 개인들의 무리(a group of individuals) 즉 집단에서의 특정 조직 또는 기관

의 총 방사선 쐬임(radiation exposure)을 나타내는 양을 정의하였다. 조직 T에서의 집합 등가선량(collective equivalent dose)으로써 위원회에 의해서 정해진 양은 다음과 같이 주어진다 :

$$S_T = \int_0^{\infty} H_T \frac{dN}{dH_T} dH_T$$

여기서  $(dN/dH_T)dH_T$ 는  $H_T$  및  $H_T + dH_T$ 사이의 개인들의 수가 받는 등가선량이거나 ; 또는,

$$S_T = \sum_i H_{Ti} \cdot N_i$$

에 의한 것인데, 따라서  $N_i$ 는 평균장기등가선량  $H_{Ti}$ 를 받는 공중의 소그룹(subgroup) i에서의 개인들의 수이다.

집합등가선량을 개인선량이 특정한 범위 이내에 놓이게 되는 개인선량인 경우 여러 부분(compartment)으로 세분시킬 수 있다.(A33) (34)

## 4. 집합유효선량(集合有效線量)

어떤 공중에서(in a population)의 방사선 쐬임(radiation exposure)을 측정하길 바라는 경우는 집합유효선량을 계산할 수 있다. 이 양은 위원회에 의해서 다음과 같이 정의되었다. :

$$S = \int_0^{\infty} E \cdot \frac{dN}{dE} dE \text{ 또는 } \sum_i \bar{E}_i \cdot N_i$$

여기서  $\bar{E}_i$ 는 공중의 소집단(subgroup), i에 대한 평균유효선량이다. (A34) (34) 집합등가선량의 정의로서나 집합유효선량의 정의로서나 어느것으로서도 선량이 전달되는 과정의 시간을 정확하게 한정시키지 못한다. 그러므로 시간주기 및 집합등가선량이 합산되거나 또는 적분(integrated)된 공중(公衆)은 분명해져야 한다(A35) (34)

## 5. 선량예탁(線量預託)

線量預託(dose commitment ( $H_{cr}$  또는  $E_c$ ))은 계산도구로 쓰인다 이것은 임계집단(critical group), 뿐만 아니라 전세계 인구에

대해서도 산정할 수 있다.

이것은 행위의 단위(이를테면 행위의 1년)와 같은 특정한 사상(events, 事象)에 의한 1인당 선량률[per caput dose rate( $H_T$  또는  $E$ )]의 무한 적분시간[無限積分時間]으로써 정의된다.

또는,

$$H_{c,T} = \int_0^{\infty} \dot{H}_T(t) dt$$

$$E_{c,T} = \int_0^{\infty} \dot{E}_T(t) dt$$

이다.(36)

### 6. 일인당 선량률(一人當線量率)

일정률에서의 무한히 행해지는 경우에 특정한 공중에 대한 연간 1인당 선량률[annual per caput dose rate( $H_T$  또는  $E$ )]최대치는 인구수(population size)의 변화에 무관한 행위의 연선량예탁과 같게될 것이다.

만일 행위가 단지 일정시간  $\tau$  만큼만 계속된다면 미래의 연간 1인당선량(future annual per caput dose) 최대치는 잘린 선량예탁(truncated dose commitment)에 대응하여 같게될 것이며 다음과 같이 정의된다.

$$H_{c,T}(\tau) = \int_0^{\infty} \dot{H}_T(t) dt$$

$$E_c(\tau) = \int_0^{\infty} \dot{E}_T(t) dt$$

이다.(36)

#### (다) 그외의 량

그외의 몇가지 양들은 방사선방어에서 특별히 사용되고 있다. 이들 양의 열거는 표 4-3과 같다.

#### 1. 방사능(放射能)

그외의 양이 대표적인 것은 방사선방어에서 특별히 쓰이는 放射線核種의 양인 방사능(activity,  $A$ )이다. 방사능은 단위 시간(dt)당 발생하는 자발핵변환(spontaneous nuclear

transformations)의 평균수( $dN$ )로 표시하면,

$$A = \frac{dN}{dt}$$

가 된다.

방사능의 단위는 이 목적을 위한 특수명칭인 베큐렐(bequerel (Bq))인데 초(秒)의 역수인  $s^{-1}$ 이다.(37) (A23) 표 4-4는 SI 단위와 재래의 방사선 단위와의 관계를 나타낸 비교표이다.

표 4-3 그외의 양들  
(other quantities)

1. 방사능(activity) (37) (A22)
2. a. 주변선량당량(ambient dose equivalent) (38) (A2) b. 방향성선량당량(directional dose equivalent) (38) (A30) c. 개인선량당량-심부(individual dose equivalent-penetrating) (38) d. 개인선량당량-표피부(individual dose equivalent-superficial) (38)
3. 죽음 확률계수(fatality probability coefficient) (39)

주, 괄호안의 수는 ICRP Publication 60(1991)중의 해당설명이 있는 항목의 번호이고, 숫자앞의 A는 Annex이다.

#### 2. ICRU 양(量)

방사선방어의 목적을 위한 放射線場(radiation field)를 측정하는데 특히 중요한 實用的인 량(operational quantity)가 있다. 이들 ICRU양(International Commission on Radiological Units and Measurements Quantities)는 ICRU Report 39(ICRU 1985)에서 주어진 것으로 환경 및 개인모니터링(environmental and individual monitoring) 양으로 구분되는 네종류의 양이다 :

첫째는 환경모니터링을 위한 周邊線量當量( $H^*(d)$ ), 方向性線量當量( $H^1(d)$ ), 이고

둘째는 개인모니터링을 위한 個人線量當量

표 4-4 SI 단위계와 재래의 방사선 단위간의 환산표

(Conversion Between Representative Conventional Radiation Units and the Systeme d'Unites International.

방사능(radioactivity)의 환산	
단위 : 큐리(Ci) → 베큐렐(Bq)	
1 Ci	$= 3.7 \times 10^{10} \text{ dis/s} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
2.7 mCi	$= 100 \text{ MBq}(10^8 \text{ Bq})$
1 mCi	$= 3.7 \times 10^7 \text{ Bq}$
27 nCi	$= 1 \text{ kBq}(10^3 \text{ Bq})$
1 nCi	$= 37 \text{ Bq}$
27 pCi	$= 1 \text{ Bq}(10^0 \text{ Bq})$
흡수선량(absorbed dose)의 환산	
단위 : 라드(rad) → 그레이(Gy)	
1 rad	$= 0.01 \text{ Gy}$
10 rad	$= 0.1 \text{ Gy} = 100 \text{ mGy}$
100 rad	$= 1 \text{ Gy}$
1000 rad	$= 10 \text{ Gy}$
선량당량(dose equivalent)의 환산	
단위 : 렘(rem) → 씨버트(Sv)	
1 rem	$= 0.01 \text{ Sv} = 10 \text{ mSv}$
10 rem	$= 0.1 \text{ Sv} = 100 \text{ mSv}$
100 rem	$= 1 \text{ Sv}$
1000 rem	$= 10 \text{ Sv}$

-深部(penetration) [Hp(d)]와 個人線量當量-表層部(superficial) [H(d)] 등이다.

이들 모든 양은 어떤점에서의 선량당량(dose equivalent)의 개념에 근거한 것이지 등가선량(equivalent dose)의 개념을 토대로 한 것은 아니다.(38)

2-1 : 환경모니터링(environmental monitoring (A14.1))

유효선량에 대한 외부방사선장과 또 피부에서의 등가선량에 대한 것을 연결시키는 두 개념이 환경 및 구역(지역)모니터링의 목적을 위한 것이다. 이들중 첫번째 개념인 주변선량당량, H\*(d)는 투과력이 센 방사선에 대해 적당하며, 또 두번째 개념인 방향성 선량

당량(H'(d)는 투과력이 약한 방사선에 대해 적당하다(suitable) (A27)

주변선량당량, H\*(d)는 한점에서의 방사선장의 깊이가 d인 ICRU구(sphere)의 정렬된場(alined field)의 반대편 반지름에서의 정렬 및 확장된場(alined and expand field)에 의해 생긴 線量當量이다.(A27)

방사선량의 한점에서, 방향성선량당량, H'(d)는 길이가 d인 ICRU구체에서 특정방향인 반지름에서의 확장된(expanded field)에 의해 생긴 선량당량이다.(A29)

2-2 : 개인모니터링(individual monitoring A14. 2)

개인모니터링의 목적을 위해서는 두개념이 소개되었다. 그 첫번째 개념인 개인선량당량-심부(individual dose equivalent-penetrating), Hp(d)를 투과력이 강한 방사선에 의해서 조사되게 될 신체에서의 깊숙히 위치한 기관 및 조직에 대해 적당하며, 또 두번째 개념인, 개인선량당량-표층부(individual dose equivalent, superficial) H(d)는 약한 투과방사선도 센투과방사선도 이들 둘다에 의해서 조사되게 될 표층부(superficial) 기관 및 장기에 대해 적당하다.(A30)

개인선량당량-심부(또는 투과성, penetrating), Hp(d)는 깊이 d에서 신체상의 특정된 점 아래의 ICRU구로써 정의된 軟組織(soft tissue)내의 선량당량인데 투과력이 센 방사선에 대해 적당하다.(A31)

개인선량당량-표층부(superficial) Hs(d)는 길이 d에서 신체상의 특정된 점 아래의 연조직내의 선량당량으로 투과력이 약한 방사선에 의해서 적당하다.(A32)

V. ICRP Publication 61.

國際放射線防禦委員會의 1990년도 勸告 [1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection : *Annals of the ICRP* 21, No.4(1991)에 발표]

## (가) 개요

이 Publication 61(ICRP, 1991)은 위원회 2가 제출하고 1989~93 위원회에 의해서 1990년 11월에 채택된 것이다. 또한 이 권고는 이전의 ICRP 26(1977)에서의 권고를 대신하고 방사선피폭과 관련이 있는 危害(detriment)의 원인에 관련된 생물학적 정보를 평가하는데까지 진전되었다.

권고의 채택은 Publication 30, 1~4부(ICRP, 1979a, 1980, 1981b, 1988)에 있는 위원회의 二次限度(secondary limits)를 포함한 수정을 필요로 하게 되었다. 이러한 신권고의 즉각적인 적용을 위해 Publication 30으로부터 신선량한도, 방사선가중인자, 조직가중인자 및 신진대사와 생체동태학 정보 등이 구체화된 연간섭취한도[Annual limit on intake, ALIs]의 새로운 값이 계산되었다.

외부피폭에 관련된 데이터를 취급한 Publication 51(ICRP 51, 1987)과 내부피폭에 관련된 데이터를 취급한 Publication 30은 각각 ICRP 30은 ICRP 61로 일부 수정이 되었고, 결국은 Publication 30의 완전한 수정은 모두가 호흡기 트랙모형, 표준인 보고서, 및 생체운동학의 새로운 것으로 계산되어 출판될 것이다. (1) ICRP 51(1987)<sup>12</sup>은 현재 수정중에 있으며, 곧 발간될 예정이다.

ICRP 61에 제시된 것들은 Publication 48<sup>12</sup>(ICRP, 1986)에 포함된 정보가 망라된 Publication 30을 마련하는 동안 모은 방사선계측 데이터에 근거한 1990년도 권고에 대한 이차한도이다. Publication 30의 데이터에서 일부의 교정은 작성도표 중에서 주(註)로써 포함시켰다.(2)

## (나) 내용의 구성

ICRP Publication 61 내용의 구성은 다음과 같다.(괄호안의 수는 항목이다) 개요(1-2), 방사선계측데이터(3-7), 이차한도(8-9), 결론(10-11), 참고문헌 및 부록 A: 1990년도 권고에 근거한 이차한도. 표-1. 작업종사자에 대한 연간섭취한도(ALIs) 등이다.

## VI. 맺는말

이상에서 논의된 ICRP 및 ICRU에서의 새로운 양들의 도입은 환경 및 개인선량측정과 평가를 위한 선량계의 재설계를 위한 추가적인 방어비의 문제가 야기될 것이다. 아울러 유효선량의 도입에 따른 문제는 이들 선량계를 부착한 작업종사자의 선형평가의 가산적인 평가를 요구케 될 것이다. 四半世紀 전에 설정된 기본권고(ICRP (1966))를 기준으로 채택된 현행의 국내 원자력법의 재정비가 신속히 이루어져야 할 것이다.

방사선 안전관리전문가들은 이온화방사선 그 자체를 두려워하지 않는다. 그것은 바로 다른 여러 종류의 위험의 상대적인 중요성과 비교된 방사선으로 인한 위험 및 이득의 균형을 유지하기 위한 가치판단을 스스로 할 수 있게 하는 전문화된 훈련과 급속히 변화되는 방사선방어 실무면에서의 각종 정보의 활용을 적시에 적용할 수 있는 과학적 사고(科學的 思考)가 굳게 자리매김을 하고 있기 때문에 가능한 것이다.

이것은 ICRP 권고의 응용과 그 개념과 양들에 대한 다양한 이해를 수반할 때 더욱 굳건해 질 수 있다. 또한, 이들중 다수의 것들은 타과학분야에도 응용되고 있다는 사실이다. 총괄적인 응용에 나타나는 정의의 정확성의 이해는 광범위한 영역에서의 인접학문 분야에서도 반영되고 있으므로 방사선에 관련된 제반분야와 협조가 이루어져 용어의 우리말화 작업도 신속히 전개되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 1) ICRP Publication 1, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection(1959), Superseded by ICRP Publication 26.
- 2) ICRP Publication 6, Recommendations of the ICRP(Revision of ICRP Publication 1) (1964), Superseded by ICRP

- Publication 26.
- 3) ICRP Publication 9, Recommendations of the ICRP(Revision of ICRP Publication 6) (1966), Superseded by ICRP Publication 26.
  - 4) International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Annals of the ICRP, 1, No. 3, Pergamon Press, New York (1977).
  - 5) ICRP Publication 60, 1990 Recommendations' of the ICRP. (1991) : , Annals of the ICRP, 21, No. 1-3.
  - 6) ICRP Publication 42, A Compilation of the Major Concepts and Quantities in Use by ICRP : Annals of the ICRP 14, No. 4 (1984)
  - 7) Lindell, B, Beninson, D. J. and Sowby, F. D., "International Radiation Protection Recommendations : 5 years' Experience of ICRP Publication 26." : in International Conference on Nuclear Power Experience, IAEA, Vienna, September 1982.
  - 8) Soo Yong Lee, "A Brief Conceptive Comprehension of the ICRP Publication as an Information Media for the Radiological Protection Practice Part, 1, Isotope News, Vol. 6, No. 1, 24-36, (1991), Korea Radioisotope Association.
  - 9) Soo Yong Lee, "A Brief Conceptive Comprehension of the ICRP Publication as an Information Media for the Radiological Protection Practice Part, II, Isotope News Vol. 6, No. 2, 46-59, (1991), Korea Radioisotop Association.
  - 10) ICRU(1980), *Radiation Quantines and Units*, ICRU Report 33. International Commission on Radradiation Units and Measurements, Bethesda.
  - 11) ICRU(1985), *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources*. ICRU Report 39. International Commission on Radiation Units and Measurements. Bethesda.
  - 12) ICRP(1988), Data for Use in Protection Against External Radiation, ICRP Publication 51, Annals of the ICRP 17(2/3).
  - 13) ICRP(1986), The Metabolism of Plutonium and Related Elements. ICRP Publication 48, Annals of the ICRP 16 (2/3).