

放射線에 대한 最大許容線量

—問題點과 解説—

林 珞 圭

原子力研究所 保健物理學研究室

(1969. 7. 1 접수)

방사선의 인체에 대한 허용량은 放射線障害防護分野에 종사하고 있는 사람뿐만 아니라 방사선을 사용하고 방사성물질을 취급하는 사람들은 누구나 정확히 이해하여 두어야 할 중요한 문제이다. 그 이유로서는 방사선안전취급에 수반된 방사선 장해분야에서 중요한 기본과제로 되어 있는것이 인체에 대한 방사선의 최대허용선량이기 때문이다. 그러면 먼저 허용선량에 대한 해설에 앞서 이러한 허용선량의 勸告에 대한 변천과정을 살펴보기로 한다. 현재 우리나라에서도 放射線 障害防護令에 規定되어 사용되고 있는 방사선의 허용선량에 대한 국제적 基準値는 1958年 9月 9日에 國際放射線防護委員會(ICRP)에서 채택된 勸告値로 1954年度에 채택된 ICRP의 방사선 허용량의 勸告를 개정하여 만든 新勸告値이다. 이러한 허용량의 基準値는 방사선의 인체에 미치는 영향에 대한 지식이 증가됨에 따라 변천되어왔고 또한 개정될 때 마다 허용량에 대한 권고치도 低減되어 왔다. 이러한 사실로 미루어보아 현재 사용되고 있는 基準値도 어느 시기에 가서는 더 低減될 것으로 예상된다. 第1表는 職業的 被曝에 대한 최대허용선량의 변천과정을 표시한 것으로 개정에 대한 勸告値는 美國의 放射線防護委員會(NCRP; National Committee on Radiation Protection and Measurement)의 제안이

ICRP의 결정에 중요한 영향을 주어진 사실을 알수 있다.

從來許容線量과 改正以後의 許容線量과의 差異點

1) 集團的見地에서 본 허용선량

종래의 허용선량은 개인에 한한 被曝만을 대상으로 한데 비해 현재는 全集團에 대해서 고려되고 있다.

2) 個人被曝에 대한 허용선량의 定義의 개정과 선량의 低減

(a) 종래 사용되어 오던 最大 許容週線量은 0.3 Rem/wk 로 주어졌었는데 현재는 0.1 Rem/wk 로 最大許容週平均線量이 $\frac{1}{3}$ 정도로 줄어든 셈이다. 이 사실은 종래의 허용선량이 신체적 장해를 일으킨다는 뚜렷한 증거가 있어서가 아니라 비록 종래와 같은 低線量의 被曝에 의하여 생기는 생물학적인 장해도 회복이 극히 적을 것이라는 관점을 주었기 때문이다. 또한 종래의 허용선량의 기준이 1개인만이 感知할 수 있는 방사선의 신체적장해를 대상으로 만들어 진데 비해 현재의 허용선량은 大集團에 통계적 방법을 적용해서도 방사선에 의한 영향이 나타나지 않을 것으로 예상되는 선량을 기준으로 하고 있다.

(b) 방사선이 인체에 미치는 작용은 신체적인 영향(Somatic effect)과 유전적인 영향(Genetic effect)으로 대별된다. 방사선직업인의 수가 전체인구에 비해서 무시될만큼 작을 때는 방사선 종사자 1개인의 신체적인 영향만을 생각했으나 오늘날과 같이 방사선 종사인구가 급증되고 일반인도 인공방사선에 의한 被曝의 기회가 많아지게 되면 자연상태에 있어서의 遺傳的平衡이 깨어지고 後世代에 대한 유전적장해가 증가될 위험성을 생각하지 않으면 안된다. 이러한 의미에서 현재의 허용선량은 유전적인 장해에

第1表 職業的被曝에 對한 最大許容量의 變遷

勸告 値	1934年 以後의 變遷 사항
0. 2R/day 또는 1R/wk	ICRP. 1934年의 勸告 1950年頃까지 國際적으로 通用되었다.
0. 1R/day 또는 0. 5R/wk	NCRP. 1934年 3月 17日의 勸告 1949年까지 美國內에서 通用됨
0. 3Rem/wk	NCRP. 1949年 3月 7日의 勸告 ICRP. 1950年 7月의 勸告 1950年까지 使用되었다
5Rem/Year or 0. 1Rem/wk	NCRP. 1957年 1月 8日의 勸告 ICRP. 1958年 9月의 勸告

의한 영향도 고려되고 있다.

3) 管理區域의 구분과 특수 group의 제정

管理區域(Controlled area)이란 말은 개인이 직업적으로 방사선이나 방사성물질 등에 의하여 被曝이 될 때 그것이 방사선 안전관리담당자의 감독하에 행하여질 수 있도록 된 특정구역을 의미한다. 따라서 종래의 권고에 따른다면 이말은 관리구역내에서 직업적으로 방사선의 被曝을 받는 사람과 그 이외의 장소에 있는 사람들로 구분이 되고 後者에 대한 최대허용선량은 前者의 10%에 해당된다고 되어 있다.

이렇게 둘로 나누어 생각하면 간단하지만 오늘날과 같이 대규모의 원자력이용시설이 증가되고 있는 실정으로 보아서는 종래의 권고는 불합리한 점이 있기 때문에 현재의 권고에서는 被曝의 위험성이나 기회의 정도에 따라 직업적 group과 일반집단의 중간에 위치하는 특수 group을 상정하여 이에 대한 허용선량을 정하였다. 특수 group은 다음의 3개의 group을 포함하고 있다.

- (a) 관리구역의 부근에서 일하는 비방사선 종사자
- (b) 업무상 때때로 관리구역에 출입하지만 방사선 종사자가 아닌자
- (c) 관리구역 인근에 거주하는 일반인(소아, 병약자 포함)

인체에 대한 최대 허용선량

1) 최대허용선량의 정의

일반적으로 복잡한 생체를 대상으로 하는 경우에는 여러가지의 개념을 수치를 가지고 대응한다는 것이 곤란하다. 최대 허용선량인 경우도 물론 예외가 될수는 없지만 ICRP는 다음과 같이 최대허용선량을 정의하고 있다. 「장기간에 걸쳐 集積이 되든, 단 1회의 被曝으로 인하든, 현재 인간이 가지고 있는 지식에 비추어 보아 感知할 수 있을 정도의 신체적 또는 유전적 장애를 일으킬 수 있는 확률이 거의 없다고 보는 선량」여기에서 「감지할 수 있을 정도의 신체적 장애」라는 말은 「사람이 불쾌하게 느끼는 신체적장애 또는 의학의 권위자에 의해서 개인의 건강이나 행복에 대해서 유해하다고 보는 신체적장애 또는 영향을 말한다」라고 설명되어 있다.

원래 정성적으로 밖에 정의할 수 없는 개념을 가지고 정량적인 양을 규정한다는 것은 어느정도 불확실성을 피치 못하지만 현실이 최대허용선량을 수치

적으로 규정하고 있기 때문에 방사선방호에 있어 하나의 문제점이라고 볼 수 있다. 방사선이라는 물리적인 개념이 복잡한 인체를 대상으로 被曝이 될 때 그 결과 나타나는 생물학적인 영향은 아직도 수치적으로 파해칠 수 없는 이상 현재의 허용선량의 수치가 안전한 것이냐에 대해서는 누구도 결정적인 해답을 내리지 못한다. 다만 국제적으로 통용되고 있는 이 수치를 우리도 받아들여 적용하고 있다는 것이 현실이다.

2) 직업적 피폭

관리구역에서 종사하는 직업인(Occupational worker)에 대한 최대허용선량은 다음과 같이 주어지고 있다.

(i) 生殖腺, 造血臟器 및 눈의 水晶體에 집적되는 최대허용선량은, 18세 이상의 어느 연령에 있어서도 다음의 관계식에 따라 정해져야 한다.

$$D = (N - 18) \times 5 \dots\dots\dots (1)$$

D는 rem으로 표시된 조직선량, N는 연령

(ii) (1)식이 허용되는 범위내에서 직업적으로 피폭하는 자는 임의의 계속된 13주간에 있어, 3rem을 초과하지 않는 비율로 최대허용선량을 집적해도 좋다.

(iii) 이상의 수치는 인체의부로 부터 피폭되는 선량과 방사성물질이 체내에 흡입되어 받는 체내피폭선량을 포함한다. 단, 의학상의 목적에 의한 피폭과 자연방사선에 의한 피폭은 제외된다.

〔說明〕 (a) 현재의 권고가 종래에 없었던 집적선량(Accumulated dose)이란 개념을 도입시켰고 이에 따라 어느 연령에 있어서의 집적이 허용되는 선량에 대한 최대치가 주어지고 있다. 가령, 18세된 자가 방사선작업에 종사하게 되면 1년간에 최대 5 rem까지는 허용이 되며 연간 5 rem을 넘지 않는 비율로 5년간 피폭이 된다 가정하더라도 집적선량의 합계가 25 rem을 넘지 않게 된다. 다시 말해서 연간 5 rem이라는 기준치가 피폭선량에 대한 하나의 제한이 되고 있는 셈이다. 방사선작업에 종사하는 시간, 1년을 50주(52주중 2주간은 휴가라 보고)라고 볼 때 1주간의 평균선량은 $5000(mrem/yr) \div 50(wk/yr) = 100m rem/wk$ 에 해당되고 이 말은 1주당 평균 100 m rem을 초과하지 않는 범위내에서 1년간 계속 피폭이 된다 하더라도 5 rem이 초과되지 않는다는 뜻이 된다. (ii)에서는 선량과 시간에 관하여 다른 하나의 제한을 두고 있다. 즉 13주간을 채용함으로써 개인에 대한 피폭선량을 시간적, 人數적으로 조절하

고 개인의 방사선작업상의 실정에 비추어 관리와 운용상의 편의를 도모케 하는 데 그 뜻이 있다.

13주간에 3 rem 이란 표현은 부득이한 경우에는 1 회에 3 rem 을 전부 피폭해도 좋다는 의미가 내포되어 있다. 그러나 이러한 일은 일상 또는 일반적 상황하에서는 있어서 안된다고 본다. 그 이유로는 피폭에 따르는 생물학적영향에 관한 과학적인 지식이 충분하지 못하기 때문이다. 고로 가능한 한 시간적으로 균일한 분포를 가진 피폭이 요망된다.

(b) 18세되는 작업종사자가 연간 1 rem 씩 5 년간을 피폭한 경우 집적선량의 합계는 5 rem 이 된다.

(1)식에 주어진 선량에 의하면 20 rem 의 여유가 남게 된다. 이런 경우, 어느 부득이한 사정에 의해서 다음에 오는 1년간에 25 rem (=20 rem+5 rem)까지 피폭이 허용되는가 하는 점이 문제가 된다. 이 문제에 대해서 ICRP 의 권고에는 공식적인 사용에 가 기술되어 있지 않다. 다만 13주간에 3 rem 을 초과하지 말라는 제한(ii)을 지킨다면 1년을 52주 (=13주×4)라하고 최대 12 rem (3 rem×4)까지는 허용이 되어 있는 것으로 인정이 된다. 따라서 25 rem 의 여유가 있다 하더라도 실제 허용이 되는 것은 12 rem 까지라고 해석이 된다. 이것 역시 ICRP 의 권고에는 나타나 있지 않으나 12 rem 이라는 최대치는 과거 및 현재에 있어서의 피폭에 대한 기록이 적절히 되어 있을 경우에는 특별한 경우에 한하여 허용이 될 수 있다고 본다.

3) 放射線에 의한 體外被曝

(i) 체외피폭선량의 기준

인체가 방사선에 의한 피폭을 받는 경우는 신체의 부로부터 照射되는 방사선에 의한 경우와 방사성물질이 신체내부에 흡입되어 신체내에서 조사를 하는 경우로 구분되는데 최대허용량에 대한 기준치는 이상의 두가지 경우에 대하여 동시에 적용된다는 점을 유의해야 한다. 다만 방사성물질이 신체내부에 들어가 체내피폭을 이트키는 경우에는 방사성원소의 종류나 물리, 화학적성질과 체내 각 장기의 생리적기능 등 여러가지 요인에 따라 달라지기 때문에 실제 체내피폭선량을 측정하기란 거의 불가능하다. 그렇기 때문에 주로 우리가 호흡하는 공기중과 섭취하는 음식물(물 등)중에 방사성오염물질이 최대로 허용존재할 수 있는 양을 규정하고 이러한 농도가 함유된 공기를 계속 호흡하거나 음식물을 섭취하더라도 체내의 문제가 되는 각 장기가 최대허용선량 이상의 피폭을 받지 않도록 하는 간접적인 방법을 택하고 있

으며 이러한 방사성물질의 양을 공기 또는 수중에 대한 방사성물질의 최대허용농도라고 부른다. 이에 대한 자세한 해설은 지면 관계상 생략하기로 한다.

신체의부로부터 방사선照射를 받는 경우에는 Film badge 나 Pocket chamber 등에 의하여 피폭량을 측정할 수 있다. 체외로부터의 방사선에 전신이 피폭될 경우 신체 각 부위의 방사선에 대한 感受性이 다르기 때문에 문제가 되는 장기(방사선에 대한 감수성이 큰 장기)로 피부, 조혈장기, 생식선, 눈 등에 대하여 기본적으로 최대허용선량이 주어지고 기타 손, 발, 앞팔, 발목, 등에 대해서 다른 허용치가 주어지고 있다. (그림1 참조)

방사선에 감수성이 큰 신체부위로써 피부인 경우는 보호의 대상이 되는 표피의 基底層을 의미하고 그 유효 깊이는 7mg/cm² 정도다. 이것은 0.05~0.1 mm 의 두께에 해당된다. 신체의 胴體部位에 있는 造血臟器에 대해서는 體表로부터 평균 5cm 정도가 감수성이 가장 크고 생식선중 卵巢는 피부표면으로부터 7cm, 精巢는 최소 1cm, 눈의 수정체에 대해서는 3mm 로 되어 있다.

(ii) 긴급피폭선량

사고에 의한 피폭이나 想定된 긴급시의 피폭에 대해서는 각기 25 rem 과 12.5 rem 이란 값이 채택되고 있다. 이 선량은 일생에 단 1회에 한한다고 되어 있으며 또한 사고에 의해서 25 rem 을 넘지 않는 피폭을 할 경우에는 이에 따른 피폭선량을 사고시까지 집적된 선량에 가산하게 되어 있다.

이때에 만일 합계선량이 (1)식에서 허용된 최대치를 초과할 경우에는 그 과잉량은 급후의 계산에 가할 필요가 없다고 되어 있다. 사고시의 긴급피폭작업은 전술된 바와 같은 조건에 따라서 12.5 rem 을 초과하는 선량을 개인이 받지 않도록 배려해서 계획되어야 하며 생식가능년령인 부인은 이 작업에서 제외하도록 되어 있다.

(iii) 자연방사선량과 의료상의 선량

ICRP 의 권고에는 자연계에서 받는 선량(Natural background)과 의학적 목적에 의한 선량(Medical dose)은 최대허용선량에서 제외된다고 되어 있다. 여기에서 볼 때 전자는 지구상에 생존하는 인간이면 누구나가 불가항력적으로 받는 선량이고 후자는 사용당사자의 개인적 이익을 추구하기 위하여 피폭되는 선량이다.

인체가 자연계방사선에 의하여 불가피하게 피폭되는 방사선량은 사람의 생활조건과 환경에 따라 차이가 많다. 그러나 조사된 바에 의하면 연간 100에서

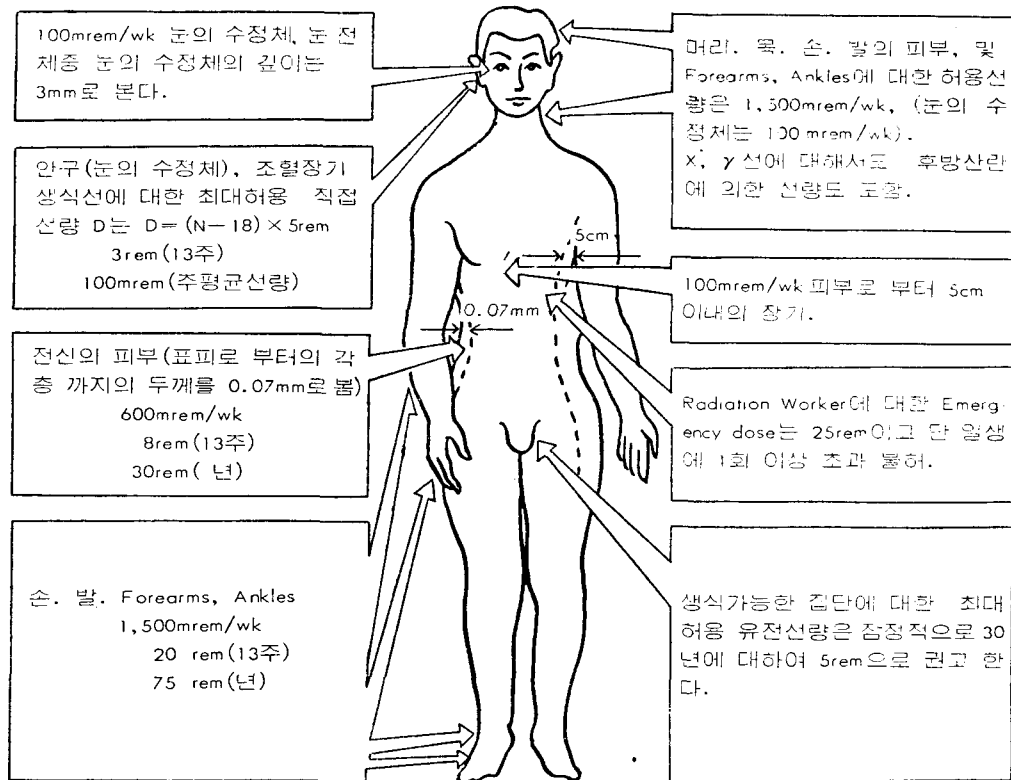


그림 1. 放射線의 人體 各部位에 對한 最大許容線量.

200mrem 정도의 자연방사선에 의한 피폭을 받고 있다고 본다. (第2表 參照)

의료상의 피폭은 방사선에 의한 진단이나 치료의 목적으로 받는 선량을 말하며 주로 X선에 의한 진단과 치료 및 ^{60}Co , ^{137}Cs 선원에 의한 암의 치료와 방사성동위원소를 이용한 진단과 치료 등을 들 수 있다. 그러나 이 문제에 관해서는 방사선만이 치료의 수단이 되고 방사선을 사용함으로써 얻는 이익이

방사선을 피폭받았기 때문에 발생할 수 있는 장애보다도 훨씬 큰 경우에 한하여 신중히 다루어져야 하고, 이용당사자들의 신중한 판단이 필요하며 남용되는 일이 있어서는 안될 줄 안다. 사실 현재 사용되고 있는 X선에 의한 집단진찰(특히 아동들의 치아 검진)은 생식선에 대한 집적선량을 증가시키는 결과로 유전적인 장애에 미치는 영향이 크다고 판단되고 있다.

第2表 自然放射線源으로부터의 被曝線量率

(年間線量)

被曝狀態	線源	生殖腺	造血細胞
體外被曝	宇宙線	50 mrem/yr	50 mrem/yr
	地表로부터의 放射線	50	50
體內被曝	Thorium 및 Uranium系元素	5	5
	potasium(k-40)	20	15
	Carbon-14	1	2
	計	126mrem/yr	122mrem/yr

第3表 各臓器에 對한 被曝許容量

被 曝 部 位	職 業 的 被 曝	特殊group (a) 및 (b)	特殊 group (c)
生 殖 腺 造 血 臓 器 눈 의 水 晶 體	5 rem(年) 3 rem(13週) $D=(N-18) \times 5$	1.5 rem(年)	0.5 rem(年)
皮 膚, 甲 狀 腺	8 rem(13週) 30 rem(年)	3 rem(年)	
手, 足, Forearms Ankles	20 rem(13週) 75 rem(年)		
甲狀腺, 生殖腺 및 造血臓器以外の 單一臓器에 대한 局限被曝	4 rem(13週) 15 rem(年)	$\frac{1}{10}$ MPC	

4) 전집단에 대한 허용선량

생식가능한 집단에 대한 최대허용遺傳線量은 30년 간에 대하여 5 rem 으로 한다고 제안되어 있다.

a) 집단전체로서의 유전적으로 의미가 있는 피폭 선량은 생식년령기간에 있는 사람들의 생식선에 대한 총집적선량에 의하여 정해지는 것으로 각각의 집단중 특정된 group 의 사람들이 받든, 집단전체의 사람들이 평등하게 받든 유전적인 관점에서 볼 때 장래의 영향에 대한 차이는 없다.

역으로 어느 특정된 group 의 사람들만이 피폭의 주대상자라고 생각하여 피폭선량을 한정하지 않아도 좋다는 뜻이 아니다. 따라서 여기에서 말하는 집단에 의한 유전적선량이란 것은 이것을 그 집단의 모든 사람이 생식가능한 기간중(생식가능한 평균년령은 여기에서는 첫受胎로부터 30년이라고 보고 있음)에 받았다고 가정하는 경우에 개개인이 실제 받은 선량에 의해서 생긴 것과 동등한 遺傳的荷重이 전집단에 생기는 것과 같은 선량이 된다는 뜻이다.

b) 원자력이 평화적인 면에서 광범위하게 이용됨으로서 인류에게 획기적인 이익을 주고 있는 사실은 재론할 필요도 없다. 그러나 그 반면 방사선피폭에 따르는 집단전체에 대한 유전적영향도 증가되고 있다는 사실을 무시해서는 안된다. 방사선의 이용도가 확대되면 방사선에 의한 유전적영향은 방사선을 다루는 어느 특정직업인에만 국한되는 것이 아니고 전 집단에 영향을 가져온다는 사실이 중요시되어 있기 때문이다. 특히 인간을 대상으로 얻어진 전집단에 대한 유전적영향의 과학적인 Data 가 없는 현시점에서 전집단에 적용될만한 정확한 허용선량(최대허용 유전선량)을 정할 수가 없다고 되어 있다. 그러나 ICRP 의 권고에서 잠정적으로 정량적인 값을 규정하게 된 것은 다음과 같은 이유가 있기 때문이다. 즉

대규모의 원자력 이용사업에 따르는 적절한 계획을 수립함에 있어 개인에 대한 피폭량이나 피폭이 되는 인원수 등을 각각 한정시킴으로서 전집단에 대한 피폭선량을 제한시키자는데 그 목적이 있다고 본다. 그러나 이러한 제한에 수반되어 필연적으로 일어나는 유해한 영향과 사회적인 이익간의 Balance에 영향을 주는 여러가지 인자는 각 나라에 따라 다를 것이고 또한 그의 최종적인 결정도 각나라에 맡겨져야 될 줄 안다.

References

- (1) Maximum Permissible Body Burdens and Maximum Permissible Concentrations of Radionuclides in Air and in Water for Occupational Exposure, N.B.S. Hand book 69, U.S. Department of Commerce.
- (2) Permissible Dose from External Sources of Ionizing Radiation, N.B.S. Hand book 59, U.S. Department of Commerce.
- (3) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection (Revised December 1, 1954), British Journal of Radiology Supplement, No.6 (1955).
- (4) Report on Amendments during to the Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (I.C.R.P.), British Journal of Radiology, Vol. XXXI No.362, Feb. 1958.
- (5) Report of the International Commission on Radiological Units and Measurements (I.C.R.U.), 1956, N.B.S. Hand book 62, U.S. Department of Commerce.