

필름뱃지에 의한 개인被曝線量計側에 관한 회고(4)

山下久雄*

하마시다히사오 재단법인성인병연구소소장

일본保安用品협회(재단법인)는 광산, 공장 그 밖의 사업소 및 公共의 보안을 위해 保安用品의 개선향상을 도모하고, 산업의 발전에 이바지하기 위해 설립되었다. 이 협회는 通産省의 공업기술원, 勞働省, 厚生省 등과 관계를 유지하고, 모든 산업의 사업소에 있는 관계자가 임원이 되어 있을 뿐만 아니라, 학식경험자도 관여하여, JIS나 ISO 등의 原案作成 등의 의뢰도 받고, 필요한 강습회 등도 개최하고 있다.

방사선 장해방지법이 제정되어 필름뱃지에 의한 피폭선량계측이 필요하게 되었을 때, 千代田保品 주식회사(사장 小野鎮馬)의 적극적인 호의로 그 회사안에 그 작업소가 설치되어, 日本保安用品협회의 명칭으로 '56년 4월에 필름뱃지 서비스사업이 시작된 것은 앞에도 기술한 바 있지만, 여러 후보자들 중에 荒川昌이 기술부장으로 취임하게 되었다. 사업이 급속도로 확장이 되어, 독립의 건물에서 뱃지서비스를 하게 되어, 독립의 건물에서 뱃지서비스를 하게 되어, '58년 6월에 千代田保安用品(株)의 명칭으로 서비스 사업을 실시하게 되었다.

日本保安用品협회는 通産産業省 및 勞働省의 공동관리에 있는 사단법인으로 인가가 되었기 때문에, 필름뱃지의 필요성과 PR을 포함하여 방사선장해방지를 위한 교육·연락 등의 역할을 충실히 수행하기 위해, 월간지를 발행하고, 위원회 등을 조직하여 그 발전에 이바지했다.

千代田保安用品(株)의 필름뱃지 서비스부는 개시후 만10주년의 기념사업으로 본부와는 별도로 中央區 江戸橋에 독립된 필름뱃지 서비스센터를 개소하고, 그밖에 大阪('59년), 名古屋('61년), 福岡('61년)에 지소를

개설하여 필름뱃지 수송의 편리를 도모하여 서비스의 신속화에 이바지하다가 마침내 仙台('68년), 敦賀('69년), 福島('80년), 新潟('80년)에도 지소가 개설되었다.

국가표준과 트레이사빌리티(traceability)의 필요성에서 건설을 추진시켜 왔던 基準照射가 가능한 大洗연구소가 '72년 6월에 준공되었다. '77년 11월에는 文京區 湯島の 넓은 새 건물에 본부가 이전하여, 거기에 획기적인 필름뱃지 자동처리장치(FAS)를 설치함으로써 그것이 운전되기 시작한 것은 앞서도 언급한 바 있다.

필름뱃지 서비스사업은 비교적 순조롭게 진행되어 '67년도에는 32,000명, '82년도에는 156,000명으로 비약적인 증가가 있었다. 그리고 측정센터는 '88년 4월 本郷 柏屋빌딩으로 이전하여 FAS도 새롭게 컴퓨터화한 최신식장치로 대체되었으며, 大洗연구소도 '85년 5월 새로 마련한 건물로 이전하여, 장치도 거의 전부가 경신되고 ²⁴¹Am-Be 中性子照射裝置와 에칭장치 등도 설비되었다.

'80년 9월에 伊藤岳郎 위원장의 서거를 계기로 하여 감찰위원회를 日本保安用品협회안에 두어 그 原案을 작성한 일은 앞서도 언급했지만, JIS에 제정되지 아니한 線質評價의 문제가 제기되어 종래의 감찰제도를 개선하여 실용적이 되도록 관계관청, 관련업계, 학식경험자와 협의를 거듭한 다음, 아래와 같이 개정되었다.

(1) 필름뱃지 서비스사업의 계약은 서비스사업 실시자와 필요사업소와의 직접계약으로 하며, 그 서비스사업 전반을 서비스업 실시자가 직접 수행한다.

(2) (社)日本保安用品協會는 본협회회원인 서비스사업 실시자가 행하는 필름뱃지

*Hisao Yamashita 재단법인 성인병 연구소 소장(전 재단법인 慶應암센터 소장)

서비스사업에 대해 기술적 감찰만을 실시한다.

이 방침에 따라 필름벤티 기술감찰 규정 및 필름벤티 기술위원회 규정이 제정되었다. 본규정은 千代田保安用品(株)만을 대상으로 삼은 것은 아니다.

이 새 위원회는 '85년 4월에 발족하여 6년이 경과되었다. 당초에는 千代田保安用品(株)의 서비스센터에도 다소의 문제가 있었지만, 감찰의 결과를 존중하여 솔선적으로 개선되었을 뿐만 아니라, 차츰 새로운 방식으로 경신되었기 때문에, 최근에는 거의 문제될만한 것은 전혀 볼 수가 없고, 다행하게도 피폭선량평가를 인정하지 않게 하는 것은 말할 것도 없이, 精度를 뒤흔들만한 사고는 전혀 없었다.

본부 및 大洗연구소의 새로운 시설은 前号에서 供覽한 바 있고, 지소 안은 어느 정도 폐쇄통합되어 감소되었지만, 각영업소마다 확충되어 충실을 기하여 세계적으로 보아도 훌륭한 것으로 평가될 것이다.

감찰에는 정기감찰과 임시감찰이 있어, 정기감찰로는 각사업소에 대한 현지감찰 및 블라인드 테스트를 주로 하는 精度감찰이 실시되고 있다. 현지감찰은 수명의 위원에 의해 실시되고, 감찰항목은 前号에서 밝힌 바 있다.

暗室의 안전등, 표준온도계, 표준黑化度階段 등 모든 면에 걸쳐 그 규격, 精度, 校正년월일을 상세하게 조사함과 동시에, 線量校正曲線의 기초데이터에 대해서는 특히 조사검토했다. 이와 같은 감찰의 결과는 양호한 성적을 올리고 있다.

임시감찰은 사고같은 경우가 발생할 때 실시하는 것으로, 지금까지 그 필요성이 있는 경우가 없었다.

이상 서술한 사항은 감찰을 엄정하게 실시해 온 총합적인 성과라 할 수 있다. 千代田保安用品(株)의 필름벤티 서비스센터는 본부, 연구소 및 각영업소 어느 곳에서도 만전의 설비를 보유하여, 우수한 기술자를 배치함으로써 양호한 감찰성적을 거두어온 것은 껍이나 기쁜 일이다.

개인선량 측정기관 협의회가 '84년에 결정되어, 상호 긴밀한 연락을 취하여 법령개정에 순응한 올바른 개인피폭선량의 측정이 실시되도록 노력하고 있는 상황은 前号에서 밝힌 바 있다. 협의회에서는 자주 회합을 가져, 강연회나 연구회(Table 1, 2 참조)를 개최하여, 특히 법령개정에 따른 대책에 만전을 기하는 회의를 개최하고 있는 것으로 사료된다.

Table 1. 개인선량 측정기관 협의회에서 실시된 연구회

- * 개인선량當量評價의 동향에 관하여 濱田 達三(RI협회 상무이사) '85년 11월
- * UN과학위원회에 있어서 직업피폭의 대처 방안
丸山隆司(放医研 실장) '86년 8월
- * 방사선 심의회에 있어서의 의견具申에 관하여 大山柳太郎(과학기술청 과장) '86년 11월 福澤義行(과학기술청 계장)
- * (財)방사선 계측협회에 있어서의 표준 照射에 관하여
伊藤直次(放計協 전무이사) '86년 11월
- * 법령개정에 대한 노동성의 대응에 관하여 福島靖正(노동성 노동위생과 계장) '89년 2월
- * 의료 ICRP 권고연구 전문위원회 검토의 책자에 관하여 菊池 透(自治 의과대학) '89년 2월
- * ICRP 신권고의 소개
吉田芳和(방사선 계측협회 전무이사) '90년 7월
- * 방사선방호를 위한 선량측정의 사고방식 南 賢太郎(방사선계측협회 참사) '91년 1월

Table 2. 개인선량 측정기관 협의회에서 실시한 주요한 검토사항

1. 個線協定期 체크방식 검토(업계내 신뢰성 확보를 위한 품질확인)
2. 수요자에 대한 계몽사항의 검토
3. X선 및 γ 선용 광범위 필름벤티케이스(JIS

르면 나오지 않기 때문에 종사자가 어떤 방사선에 피폭되었는가를 알아둘 필요가 있다. 현재 사용하고 있는 필름뱃지로는 방사선의 종류와 에너지를 판정할 수 있지만, 그렇게 많은 경우에는 어떤 방사선에 피폭되었는가를 밝혀야만 한다. 이를테면 외부피폭의 경우에는 1cm 선량당량 환산계수는 70KeV, X선으로는 15.4mSv/R 또는 59.6Sv/(C·kg⁻¹), Cs¹³⁷γ선으로는 10.3mSv/R 또는 40.0Sv/R 또는 38.4 Sv/(C·kg⁻¹)이다.

필름뱃지를 인체에 장치할 경우, 인체를 부위에 따라 頭頸부, 흉부·上腕부, 복부·大腿부, 수족으로 나누어, 가장 많이 피폭되는 부위가 흉부·上腕부(여성의 경우 복부·大腿부)일 경우에는 흉부(여성은 복부, 이하 같음)에 부착한다. 그밖의 부위가 많은 방사선을 입었을 경우에는 그 부위와 흉부에 필름뱃지를 부착한다. 각부위에 개인 모니터를 부착한 경우, 頭頸부에서는 눈의 선량당량으로 3mm선량당량, 몸통에는 1cm 선량당량, 수족은 피부 선량당량을 고려하여 70μm선량당량을, 각각 계측하도록 되어 있다. 방호복을 착용할 시에는 방호복의 안쪽 흉부(여성은 복부)에 필름뱃지를 부착하고, 방호복에서 노출되는 목부위에 또 하나의 개인 모니터를 부착할 필요가 있다.

3. 선량당량 한도

전신피폭의 年限度는 5rem/年이던 것이 명칭이 실효선량당량이 되고, 단위도 변경되어 50mSv/年으로 되었다. 이 밖에 눈의 수정체에 150mSv/年, 눈의 수정체 이외의 조직에 대해 500mSv/年이 있다. 이것들은 매년 4월 1일로부터 1년간이다. 임신가능한 여인의 복부에 대해서는 3개월간에 13mSv(임신평명에서 출산까지 10mSv라는 제한이 있지만, 그것은 태아에 대한 배려이다.)라는 한도가 있다.

긴급작업시의 한도는 실효선량당량이 100 mSv가 되었다.

4. 선량당량의 측정의 측정 및 산출방법

선량당량의 측정 및 산출방법은 법령으로 정해지고 또한 새로운 JIS도 제정되었다. 그 후 JIS 4323광범위용 필름뱃지('91년 11월 개정), JIS Z 4511 조사선량 측정기 및 선량당량 측정기의 교정방법('91년 3월 개정) 등이 나왔으므로 그것에 따라 시행하는 것이 요망된다. 이런 경우 인체의 장기조직에의 영향을 고려하여 산출해야 하기 때문에, 새 JIS의 산출법을 참조하여 계산할 필요가 있어 매우 복잡하게 되어 있다. 다만 그것은 광범위한 방사선에 대해, 그리고 중성자선에 대해서도 적용하게 되었다.

부인의 경우 난소의 피폭에 대해서도 고려하고, 임신가능한 사람에게는 태아의 피폭도 고려해야만 한다. 전신피폭에 대해서는 골수선량도 고려할 필요가 있다. 또한 국부적으로 대량피폭의 위험이 있으면, 피부, 안구 등의 피폭을 특별히 계측할 필요가 있다. 이런 사항을 고려하여 계측하고, 거기에 적합한 개인 모니터를 선택해야 한다.

5. 방사선 작업종사자에 대한 개인선량의 산출방법

필름뱃지 등에 의한 개인선량당량 계측을 위탁하고 있는 경우, 측정서비스회사에서 법령에 준한 계산방법으로 선량당량을 산출하여 보고됨으로서, 이것을 받은 방사선 취급 사무소에서는 작업조건 등을 감안하여 각 개인의 선량당량을 평가하여, 개인의 선량당량으로 인정하지 않으면 안된다. 따라서 방사선 작업장소의 상태에 따른 장소의 선량율(area의 피폭조건)을 알아 거기에 따른 계산을 하지 않으면 안된다.

개인에게 필름뱃지를 부착시키는 부위도 성별이나 개인의 상태에 따라 선정하지 않으면 안되며, 계산방법도 달라진다.

6. 체내피폭에 대한 선량당량계산

이것은 필름뱃지로서는 측정되지 않지만 선량계산에 포함시켜야 하는 것으로, ICRP 권고 Pub. 26(1977) 및 ICRP 권고 Pub. 30

Z 4323) 개정안 검토

4. X선·γ선 및 열중성자용 광범위 필름뱃지에 의한 선량當量 산정방법(JIS원안) 개정안 검토
5. ICRP 26 도입에 따른 법령개정 대응검토(정보수집, 내용검토 및 대응의 대책)
6. 의료영역에 있어서 방사선관리 메뉴얼이 관련된 부분에 대한 검토
7. 실효선량당량·조직선량당량의 산정방법의 통일화 등에 관한 검토
8. 구체적 운용레벨로서의 통일
9. 기술·설명용어의 공통화에 관한 검토
10. 의료방사선방호연락 협의회에 관한 사항
11. 품질양호를 나타내기 위한 기술지침 검토

Table 3. 국제단위(SI단위)와 구 단위

방사선의 종류와 성질	기호	기본단위와 그 組立
放射能(radioactivity)	Bq	1Bq=1dps
每묘의 核 變數	Ci	1Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
照射線量(exposure)	C·kg ⁻¹	1C·kg ⁻¹ =3.876×10 ⁸ R
空氣의 線量	R	1R=0.258mC·kg ⁻¹
吸收線量(absorbed dose)	Gy	1Gy=1·J·kg ⁻¹ =100rad
吸收된 線量	rad	1rad=10 ⁻² Gy=10mGy
線量當量(dose equivalent)	Sv	1Sv=1·J·kg ⁻¹ =100rem
人體의 作用에 의한 線量	rem	1rem=10 ⁻² Sv=10mSv

ICRP의 1977년 권고를 받아 일본의 방사선 장해방지에 관한 규칙이 개정되어, 의료법 시행규칙도 '89년 4월부터 시행되었다. 새 피폭선량은 계산으로도 가능하기 때문에 '89년도부터 별 문제없이 시행하고 있지만, 實測은 매우 어려워 측정방법에도 여러 문제점이 있어 실제로 원활하게 시행되고 있는가를 잘 검토할 필요가 있다. 내 나름대로 새 법을 해설하여 문제점을 규명해 보고자 한다.

1. 방사선의 단위에 관하여

새 법에서는 새로운 SI단위를 사용하게 되었지만, 종래의 단위와 대비하면 Table 3과 같다. 새 단위로 간단히 바꿀 수 있는 것

과 매우 복잡하여 쉽게 바꿀 수 없는 것이 있다. 1rad=10⁻²Gy=1cGy, 1ram=10⁻²Sv=1cSv는 간단히 바꿀 수 있지만, 1R=0.258mCkg⁻¹, 1Ckg⁻¹=3.876kR 및 1Ci=3.7×10¹⁰Bg=37GBg, 1Bq=27.03pCi는 간단하지 않다. 당분간은 並記해도 괜찮은 것으로 되어 있기 때문에 혼란은 없는 모양이지만, 방사성 아이소토프의 양은 Ci단위로 실시하고 있었던 것을 Bq단위로 우수리가 나오지 않게 되면, 線源 전체를 바꾸어야 할 뿐만 아니라 容器나 장치의 적정수납량에도 영향이 있는 것으로 생각된다. 이번 Sv단위는 종래의 rem단위와 마찬가지로 방사선방호를 위한 단위이다. 더욱 새로 全身에 대한 작용을 고려하여 실효선량당량이 도입되었기 때문에, 단지 피폭선량에 사용될 뿐만 아니라 진료상의 적정선량에도 고려되어야 할 필요가 생겼다.

2. 선량당량

生體가 照射되었을 경우에는 방사선의 종류나 에너지에 의해 전리밀도가 달라 생물학적 효과비(R.B.E)에도 영향을 주기 때문에, 그것이 線質係數가 되어 선량당량 산출의 계산에 도입될 필요가 있다.

ICRP 1990년 권고에 따르면, 선질계수는 방사선 荷重係數로 변경되어 數値도 어느정도 달라졌다.

이번 개정에서는 인체를 직경 30cm의 球體로 模擬하여, 그 표면으로부터 깊이 1cm의 위치에서의 선량당량(1cm선량당량과 그 밖에 깊이를 달리하여 3mm선량당량, 내지 70μm선량당량이 있음.)을 측정하는 것이 된다. JIS의 X선, γ선 및 열중성자용 광범위 필름뱃지에 의한 선량당량 산출방법(JIS Z 4509-1989)이나 照射線량 측정기 및 선량당량 측정기의 교정방법(JIS Z 4511-1991)에는 선량당량 환산계수(Sv/Ckg⁻¹)가 기재되어 있기 때문에 목적하는 위치에서의 조사선량을 측정하여 선량당량 환산계수를 곱함으로써 1cm 선량당량을 구할 수가 있다.

환산계수는 방사선의 종류와 에너지를 모

(1978~1982 Part 1~3)에 의해 상세히 표시되어 1990년 권고 Pub. 60(1990)에 의해 다시 변경되었다. 그 주요한 점을 들면 다음과 같다.

체내피폭에 있어서도 체외피폭과 마찬가지로 중성자선이나 α선은 X선이나 γ선 등에 비해 적은 흡수선량으로 같은 생물학적 영향을 주기 때문에, 선질계수(Quality Factor, Q)가 도입되었지만, 그것이 앞에 말한 바와 같이 1990년 권고로 개정되었다.(Table 4).

Table 4. 放射線荷重係數*(1977年勸告에 是 線質係數)

1990年勸告		1977年勸告	
放射線의 種類와 에너지	放射線 荷重 係數 ^{Wr}	放射線의 種類와 에너지	線質 係數Q
光子, 電에너지	1	X線, γ線	1
電子 및 중간자 전에너지	1	電子	1
中性子		中性子	
<10keV	5	熱中性子	2.3**)
10keV~100keV	10	에너지不明	10**)
<100keV~2MeV	20		
<2MeV~20MeV	10		
<20MeV	5		
反跳陽子 이외의 陽子>2MeV	5	陽子 에너지 不明	10
α粒子, 核分裂片, 重粒子	20	α粒子 및 重電 荷의 粒子	20

*) 모든 값은 신체에 入射되는 방사선, 또는 체내의 線源에 대해서는 線源에서 방출되는 방사선에 관한 것이다.

***) 1985년의 파리 성명으로 중성자에 대해서는 2배의 값이 권고되었다.

ICRP 권고(Pub. 26)에서 조직 荷重係數(Tissue Weighting Factor, W_T)가 제안되었지만, 1990년 권고로 개정되어 Table 5와 같이 되었다.

조직하중계수 w_T 는 체외피폭, 체내피폭을 불문하고 실효선량당량($H_E = \sum W_T \cdot H_T$)에

사용되어, 내부피폭 선량당량과 관계가 깊은 年攝取한도 ALI의 산출에도 사용된다. 즉 실효선량당량이 문제가 되는 경우의 ALI_S [Bq]는 1Bq섭취한 후의 50년간에 조직이 입은 총선량당량을 $H_{50,T}$ [Sv/Bq]이라 하면 다음 식에 의해 얻어진다.

$$ALI_S \times \sum_T W_T \cdot H_{50,T} = 0.05$$

또한 沃素와 같은 어느 단일조직(육소의 경우는 甲状腺)이 문제가 될 경우의 ALI_{NS} [Bq]는 다음 식에 의해 얻어진다.

$$ALI_{NS} \times H_{50,T} = 0.5$$

이와같이 하여 얻어진 ALI를 이용하여 체내피폭의 선량당량을 산출한다. 즉 어느 상황에서 섭취량을 1 [Bq]로 하면,

$$\text{실효선량당량} = 50 \times (I/ALI_S) \text{ [mSv]}$$

$$\text{조직선량당량} = 500 \times (I/ALI_{NS}) \text{ [mSv]}$$

가 된다.

Table 5. 組織荷重係數

組 織	1990年勸告*	1977年勸告
生殖腺	0.20	0.25
骨髓(赤色)	0.12	0.12
結腸	0.12	—
肺	0.12	0.12
胃	0.12	—
膀胱	0.05	—
乳房	0.05	0.15
肝	0.05	—
食道	0.05	—
申狀전	0.05	0.03
皮膚	0.01	—
骨表面	0.01	0.03
기타 組織	0.05	0.30

*) 각 조직의 손해 전체에 대한 寄與을 종합적으로 판단하여 결정되었다.

주) 1990년의 값은 남녀동수의 폭넓은 연령층으로 이루어진 기준의 인구에 대해 구해진 값이다. 실효선량의 定義속에 사용된 조직하중계수로서, 이러한 값은 작업자, 전인구 또는 남녀 兩性에 사용된다.