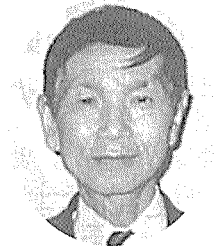


트레이서빌리티와 ICRU의 모니터링 線量(中)



加藤 朗

9. JIS校正法

製品, 방법의 품질보증에 있어 성능, 시험 방법을 표준화하는 것이 효과적이다. X, γ 線用 照射線量 측정기와 1cm 선량당량, 3mm 선량당량, 70 μ m 선량당량 실용측정기의 校正에 대해 신뢰도와 통일성 확보를 위해, JIS Z 4511照射線량 측정기 및 선량당량 측정기의 교정방법(이하 JIS교정법이라 함)이 제정되어 있다. 1cm 선량당량의 경우 작업 환경 모니터링用 측정기는 空間中에서 개인 선량계는 팬텀에 의해 교정된다. 개인선량계의 교정법은 付屬書로써 JIS의 첨부되어 있다. JIS 교정법 구성의 기본은 트레이서빌리티이다. JIS 교정법의 요약을 JIS의 양식에 따라 기술해 본다.

(1) 적용범위

JIS 교정법은 에너지가 10keV에서 3MeV까지의 光子(x, γ 선)의 조사선량 측정기와 선량당량 측정기의 교정에 적용되게 되어 있다.

(2) 용 어

용어는 JIS Z 4001 원자력 용어, JIS Z 8103 계측용어 등 관련 JIS에 의하지만, 여기서는 JIS 교정방법에 필요한 용어가 규정되어 있다. 이를테면 ICRU球, 1cm 선량당량 등이 규정되어 있다.

(3) 교정의 체계

JIS 교정법의 체계가 규정되어 있으며, JIS 교정법의 기본이 되는 부분이다. 이 체계로는 교정의 기준에는 국가표준을 바탕으로, 一次 조사선량 기준, 二次 조사선량 기준, 실용 조사선량 기준이 있으며, 교정은 기준교정과 실용교정으로 되어 있다. 이 一次 조사선량 기준, 二次 조사선량 기준, 실용 조사선량 기준, 또한 기준교정과 실용교정을 基軸으로 하여 기준 측정기, 조사장치, 교정의 精度가 규정되어 있다. 부수적인 사항으로 조사장치와 측정기에 배치, 線質, 校正定數를 구하는 방법 등이 규정되어 있다. Fig. 9-1에 JIS 교정법에 게재되어 있는 교정의 체계를 표시한다.

조사선량의 국가표준에 의해 교정된 기준 측정기는 一次 기준측정기가 되고, 이 一次 기준측정기에 의해 조사선량의 값을 구한 조사장치는 一次 조사선량기준이 된다. 一次 조사선량기준으로 교정된 기준측정기는 二次 기준측정기가 되고, 二次 기준측정기로 조사선량의 값을 구한 조사장치는 二次 조사선량기준이 된다. 一次, 二次 조사선량기준으로 교정된 특정의 실용 측정기는 실용 기준 측정기가 되고, 이 실용기준 측정기로 조사선량의 값이 나온 조사장치는 실용 조사선량기준이 된다.

一次 조사선량기준에는 一次기준 γ 線源, 二次 조사선량기준에는 二次기준 γ 線源이

* Akira Katoh 千代田 保安用品 (주) 계측기술고문

포함되어 있다. 一次 기준 γ 線源은 국가표준으로 γ 線의 조사선량율의 값이 결정된 γ 선원이다. 二次 기준 γ 선원은 一次 조사선량기준으로 조사선량율의 값이 결정된 γ 선원이다.

一次 조사선량기준으로 二次 기준 측정기와 실용기준 측정기의 교정 및 실용 측정기의 교정이 가능하다. 二次 조사선량기준으로 실용기준 측정기와 실용 측정기의 교정이 가능하다. 실용조사선량기준은 一次 내지 二次 조사선량기준으로 교정한 특정의 실용기준

측정기와 같은 型式의 실용 측정기의 교정이 가능하다. 실용 측정기의 교정을 하는데 있어, 一次, 二次 조사선량기준으로 어떤 型式의 실용 측정기이므로도 교정이 가능하나, 실용조사선량기준으로는 특정한 실용 측정기 만으로 교정할 수 있다.

교정의 경우에 있어 1cm 선량당량의 기준은 조사선량에 換算係數를 곱하여 결정한다. 3mm 선량당량, 70 μ 선량당량의 경우에도 마찬가지이다.

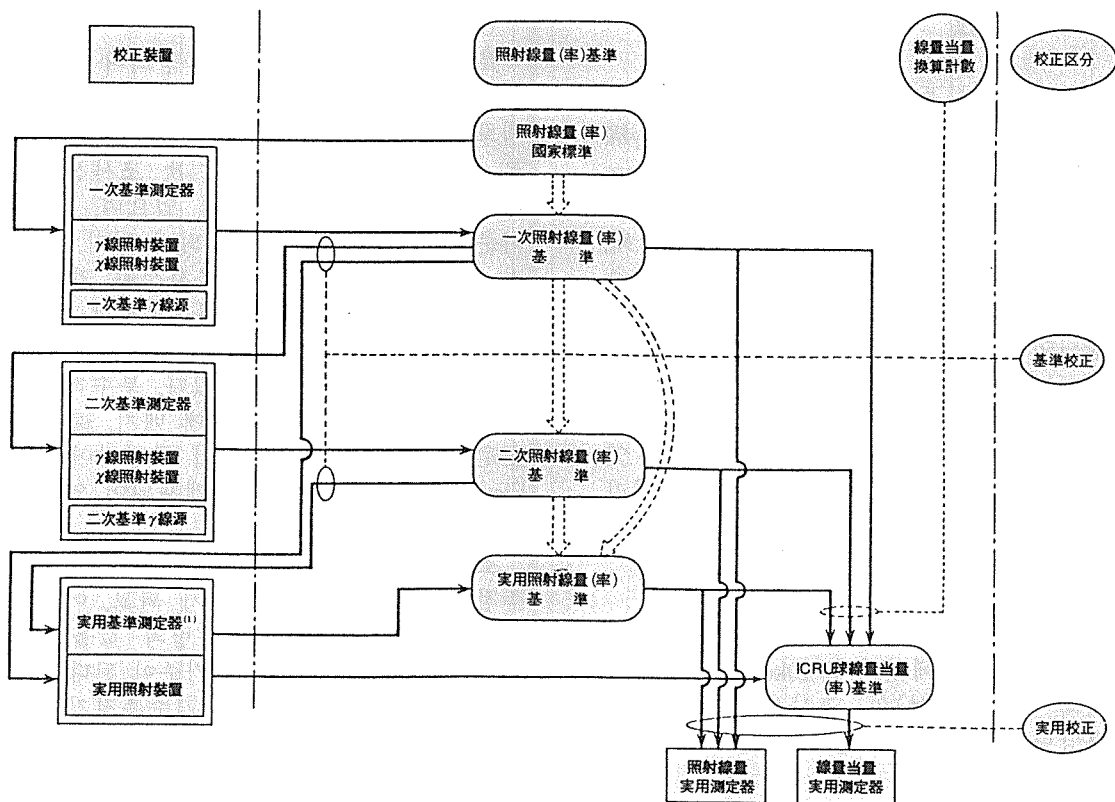


Fig 9-1 JIS 교정법의 교정체계

(4) 교정의 精度

기준 측정기, 실용 측정기의 校正精度는 정해져 있다. 一次 조사선량기준에 의한 二次 기준 측정기의 교정 정도는 $\pm 4\%$ 이다. 一次, 二次 조사선량기준에 의한 실용기준 측정기 교정의 精度는 $\pm 6\%$ 로 되어 있다.

一次, 二次, 실용조사선량기준에 의한 실용 측정기의 校正精度는 $\pm 20\%$ 이다. 1cm 선량당량의 경우에도 마찬가지이다.

(5) 校正精度를 구하는 방법

精度의 내용은 규정되어 있다. 교정의 精

도는 불확실성¹⁾에 의해 표시된다. 불확실성의 신뢰도는 95%이다. 校正의 불확실성은 系統的 불확실성과 통계적 불확실성과의 합계이다. 계통적 불확실성은 산술적인 합계이며, 통계적 불확실성은 개개의 불확실성의 二乗和의 平方根으로서 존재한다.

(6) 기준측정기 및 照射장치

기준측정기와 조사선량장치의 성능은 결정되어 있다. 기준측정기의 성능으로서 각 특성의 許容置가 제시되어 있지만, 에너지 특성에 관해서는 에너지 범위에 대해 다음과 같이 되어 있다.

10keV이상 30keV이상 300keV이상
30keV미만 300keV미만 3000keV미만

$< \pm 6\%$ $< \pm 6\%$ $< \pm 2\%$

照射장치에 관해서는 조사상의 성능인 照射野均一性, 샷터 開閉速度 등의 허용치가 규정되어 있다.

실용기준 측정기와 실용조사장치는 실용기준 측정기와 조사장치를 조합한 再現性만으로 규정되어 있으며, 10회의 조사시험으로 변동계수가 0.05 이내로 되어 있다.

(7) 기준교정

교정의 방법, 교정범위, 환경조건, 조사조건이 규정되어 있다.

기준교정의 방법은 二次 기준측정기와 실용기준 측정기에 대해 정해져 있다. 기준교정은 조사장치에 의한 경우 二次 기준측정기, 실용기준 측정기는 모두 置換法²⁾이다. 기준 γ 線源의 경우는 線源法³⁾이다.

교정의 범위에서 기준교정을 실시하는 경우의 눈금과 에너지點이 정해져 있다. 환경조건에서 교정하는 경우의 온도, 습도, 기압, 백그라운드 線量率이 정해져 있다. 이것들은 다음과 같다.

온도 $20 \pm 5^\circ\text{C}$

습도 $60 \pm 20\%$

기압 $101.3 \pm 2 \text{ kPa}$

백그라운드 線量率 $< 645 \times 10^{-9} \text{ C/kg}$

조사조건으로 거래설정의 精度가 정해져 있다.

(8) 실용교정

一次 조사선량기준, 二次 조사선량기준에 의해 실용측정기를 교정하는 경우, 교정방법은 置換法, 逆二乗推定法⁴⁾이다.

실용조사 선량기준의 경우는 置換法이다. 선량당량 측정기의 경우, 기준의 선량이 1 cm 선량당량이 되는 것을 제외하면 조사장치의 경우와 같다.

기준의 1cm 선량당량의 결정은 기준의 조사선량에 換算係數를 곱하여 결정한다.

실용측정기의 校正點은 다음과 같이 되어 있다.

아날로그式 직선 눈금의 경우, 各測定 레인지의 1/2 이상의 1점. 對數式의 경우 各데 카드마다 2에 가까운 1점.

디지털式 各데카드 중심부근의 1점
積算式 全測定 범위의 1점

환경조건 조사조건은 기준교정의 경우와 같다.

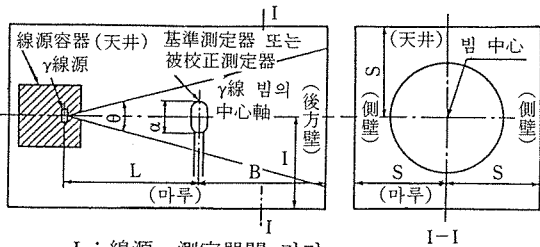
(9) 조사장치와 측정기의 배치

JIS 교정법에는 기준교정에 대한 조사장치와 측정기의 배치가 정해져 있다. 기준교정에 대한 γ 線 조사장치에는 콜리메이트 조사장치와 非콜리메이트(파노라마式) 조사장치가 있다. 기재되어 있는 콜리메이트 조사장치와 非콜리메이트조사장치의 배치도는 Fig 9-2a) 및 2b)와 같다.

(10) X선 조사장치의 경우 X線管에서의 X선은 연속된 에너지 분포를 지니고 있다. X선의 線質은 통상 實効 에너지로 표시된다. X선의 선량당량을 결정하는 경우, 조사선량에 換算係數를 곱하여 결정되지만, 實効

에너지에 대한 換算係數가 얻어진다. 또한 X선의 스펙트럼에는 넓이가 있지만, 이 넓이의 정도를 나타내는 指標로서 均等度, 線質指標가 정해진다.

實効 에너지의 결정법에 기재되어 있다.



- L: 線源·測定器間 거리
- a: 測定器의 檢出部 寸法
- B: 測定器·後方壁間 거리
- H: 빔 中心軸·마루間 거리
- S: 빔 中心軸·側壁間 거리(천정 포함)
- θ : 빔 넓이의 角度

Fig. 9-2 a) JIS校正法の 個人線量計校正의 體系

L(m)	$\frac{a}{L}$	B(m)		H(m)	S(m)	θ (度)
		$L \leq 3$	$3 < L$			
0.5以上	$\frac{1}{5}$ 以下	10以上	$\frac{L}{3}$ 以上	1.2以上	1.5以上	30以下

備考: 빔 넓이의 角度 (θ)는 최대 40도까지로 한다. 이 경우, β 는 $L \leq 3$ 의 경우는 1.5(m) 이상, $L > 3$ 의 경우는 $\frac{1}{2}$ (m)으로 할 것.
(b) 非콜리메이트 γ 線의 경우에는 도표 3과 같이 한다.

$\frac{a}{L}$	L(m)	B(m)	S(m)	F(m)	H(m)
$\frac{1}{5}$ 以下	2以下	2以上	2以上	2以上	1.2以上

備考: 散亂線의 영향을 평가할 수 있는 경우, 線源·前方壁間거리(F)는 1m이하로 한다.

(11) 조사선량 측정기의 校正定數를 구하는 방법

置換法, 線源法, 逆二乘 推定法에 대한 校正定數를 구하는 방법이 기재되어 있지만, 어느 것이나 校正定數는 指示値와 기준의 조사선량과의 比이다.

(12) 선량당량 측정기의 校正定數

조사선량의 경우와 마찬가지로, 置換法, 線源法, 逆二乘 推定法에 대한 校正定數를 구하는 방법이 기재되어 있지만, 어느 校正定數를 막론하고 指示値와 기준의 1cm 선량당량과의 比이다. 다만 JIS 교정법에 의한 1cm 선량당량은 조사선량에 換算係數를 곱한 방식에 의해 얻어짐으로 校正定數는 (4-5)式과 같이 나타난다.

(13) 校正의 기록

교정결과에의 기록내용이 제시되며, 기준 측정기와 실용 측정기로 나누어진다. 내용으로서는 실용 측정기의 경우 교정결과, 피교정 측정기의 명칭, 형식 등, 교정자 성명, 교정번호 등이다.

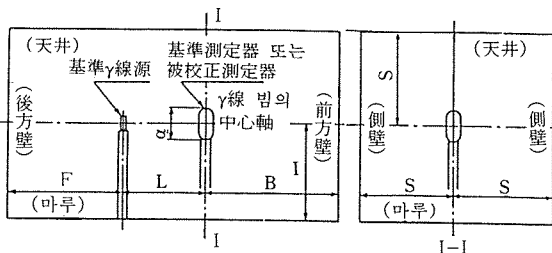
換算係數表

JIS 교정법으로는 조사선량에서 1cm 선량당량, 3mm 선량당량, 70 μ m 선량당량에의 환산계수가 나타나 있다.

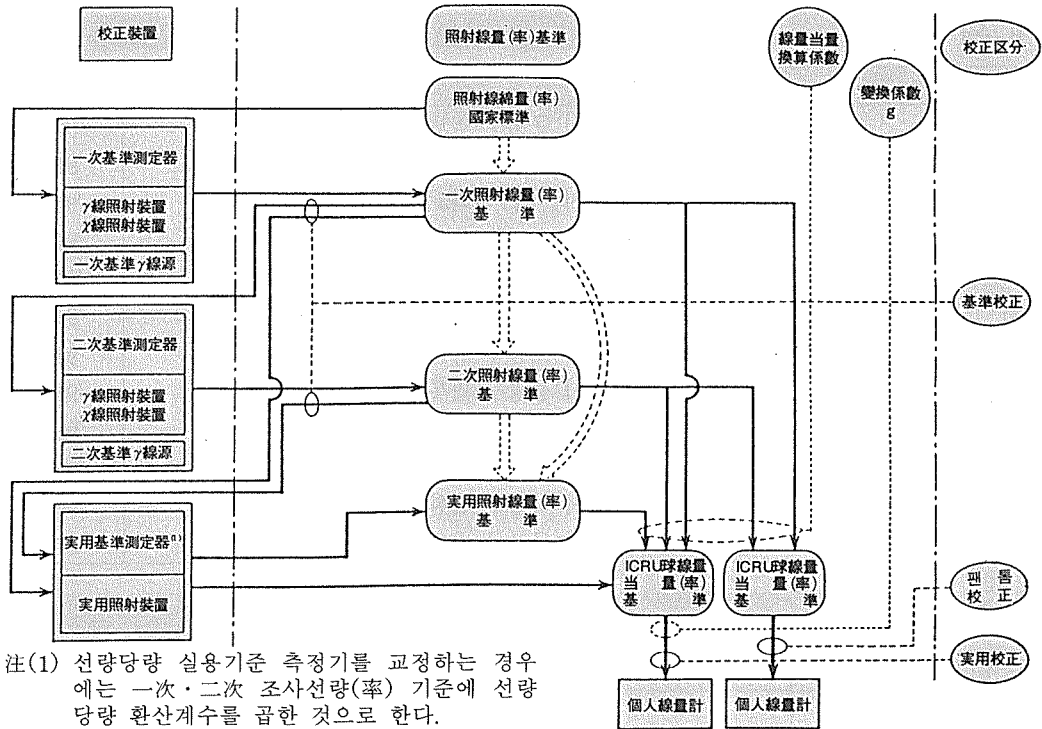
付屬書 개인선량계의 교정방법

개인선량계의 교정체계는 Fig 9-1뿐만 아니라 Fig 9-3과 같이 되어 있다. 도표 안의 ICRU 球線量은, 1cm 선량당량, 3mm 선량당량, 70 μ m 선량당량의 총칭이다. 개인선량계의 교정에는 팬텀에 설치하여 기본적으로 실시하는 팬텀교정과 팬텀을 사용하지

b) JIS 校正法 빔의 個人線量計校正의 體系



- L: 線源·測定器 거리
- a: 測定器의 檢出部 寸法
- B: 測定器·後方壁間 거리
- H: 빔 中心軸·마루間 거리
- S: 빔 中心軸·側壁間 거리(천정 포함)
- F: 線源·前方壁間 거리



注(1) 선량당량 실용기준 측정기를 교정하는 경우에는 一次·二次 조사선량(率) 기준에 선량당량 환산계수를 곱한 것으로 한다.
비고 두터운 선은 실제의 연계를 나타내며, 점선 화살표는 표준, 기준간의 관계를 나타낸다.

Fig. 9-3 JIS 교정법의 개인선량계 교정의 체계

않는 실용교정이 있다.

팬텀교정은 팬텀을 사용하지 않는 방법으로서 작업환경 모니터링용 측정기교정의 경우와 같다.

實用校正은 교정을 팬텀 없이 공간중에서 실시하여 결과를 팬텀으로 환산하는 방법이다. 이것은 조사장치에 의해 선량계를 팬텀과 팬텀 없는 공간 중에서 조사하여 각각의 指示値를 I_{op} , IFA와의 比와 變換係數를 구한다.

$$g = \frac{I_{op}}{IFA} \dots\dots\dots (8-1)$$

동일형식의 개인선량계를 공간 안에서 조사하여, 指示値에 g를 곱하면 팬텀 상에서의 지시가 된다. 이 指示値와 기준의 1cm 선량당량의 比를 얻으면 팬텀 상에서 교정한 경우의 校正定數가 된다.

註

- 1) 不확실성
不확실성이란 JIS Z 8103의 계측용어에 의하면, 계측량의 참다운 값이 존재하는 범위를 나타내는 추정치가 되어 있다. 불확실성에는 계통적 불확실성과 통계적 불확실성이 있다. 계통적 불확실성은 편중이다. 통계적 불확실성은 평균치에서 벗어나 흩어짐에 의해 발생한다.
- 2) 置換法 동일조건인 照射場에서 기준 측정기 및 被校正 측정기를 번갈아 바꿔 놓아 교정을 실시하는 방법.
- 3) 線源法 기준 γ 선원에 의해 比較정 측정기의 교정을 실시하는 방법
- 4) 逆二乘推定法
조사선량기준을 바탕으로 임의의 거리에 있어서의 조사선량을 계산에 의해 구하여, 比較정 측정기의 교정을 실시하는 방법 (계속)