

방사선 방호기기 측정법의 국제규격(Ⅱ)

지난호(Vol. 15, No. 2)에 게재하였던 방사선방호기기 측정법의 국제규격(Ⅰ)의 1. IEC의 방사선검출기 관계규격과 2. IEC의 방사선방호계측 관계 규격에 이어, 이번 호에는 3. ISO의 방사선 방호관계규격의 개요와 4. ISO/TC85/SC2에서 제정한 국제규격에 대하여 설명한다.

3. ISO의 방사선방호 관계 규격의 개요

지난호에서 전술한 ISO/TC85/SC2의 WG4 지금까지 작성한 규격 중에서 우리나라의 방사선 방호에 관계가 깊은 것을 골라서, 그 개요를 소개한다.

3.1 기준중성자선, 중성자선원 및 교정에 관한 것

1) ISO 8529(1989) : Neutron reference radiation for calibrating neutron-measuring devices used for radiation protection purposes and for determining their response as a function of neutron energy

본 규격은, 방사선방호용 중성자측정기의 교정과 에너지 특성을 결정하기 위하여 사용하는 열중성자에서 최대 20MeV의 속중성자에 대하여 규격화하고 있다. 기준 중성자의 플루엔스율의 최대는 $10^5 \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이다. 중성자에너지가 1MeV일 때, 이 플루엔스(율)에서 100mSv/h의 선량률을 교정할 수 있다. 이 규격은 선량당량(률)의 교정뿐만 아니라 조직흡수선량, 조직케르마에 의한 교정에도 적용할 수 있다. 또한, 이하의 중성자선원에서 발생

하는 중성자선을 기준 중성자로 하는 방법에 대하여 규정하고 있다.

① 선원 및 그 선원을 감속체로 감싸므로써 얻어지는 중성자선

② 가속기를 이용한 핵반응으로 발생하는 중성자선

③ 원자로에서 얻어지는 중성자선

상기 ①에서 얻어지는 중성자선은 넓은 중성자 에너지스펙트럼을 가지므로 측정기의 선량당량 교정용 선원으로서 규격화되어 있다. 또 ②의 가속기에서 얻어지는 단일에너지 중성자원($^{45}\text{Sc}(p, n)^{45}\text{Ti}$ 등)이나, ③의 원자로에서 얻어지는 열중성자 및 원자로중성자빔의 필터법으로 얻어지는 중속중성자선이 측정기의 에너지특성을 결정하기 위하여 제시되고 있다. 어느 것이나, 사용의 편의를 고려하여 규격을 만들었기 때문에 참고가 된다.

본 규격에는 ^{252}Cf , ^{252}Cf (30cm 중수구(重水球) 부착), $^{241}\text{Am}(\text{B}(\alpha, n))$, $^{241}\text{Am}(\text{Be}(\alpha, n))$ 의 중성자선에 대한 평균에너지, 선원강도(비중성자방출률, s^{-1} , kg^{-1}), 1m의 지점에 대한 비중성자선량당량률($\text{Sv} \cdot \text{kg}^{-1}$) 등을 표로 나타내고 있다. 또 측정



기의 에너지 특성을 구할 때 필요한 중성자선 발생 방법과 그 에너지가 제시되어 있다. 그 외에, ^{252}Cf , ^{241}Am 선원의 중성자에너지스펙트럼을 그림으로 나타내고 있다.

2) ISO/DIS 8529-1 : Reference neutron radiations-Part1 : Characteristics and methods of production

3) ISO/DIS 8529-2 : Reference neutron radiations-Part2 : Calibration fundamentals related to the basic quantities characterizing the radiation field

4) ISO 8529-3(1998) : Reference neutron radiations-Part3 : Calibration of area and personal dosimeters and determinations of response as a function of energy and angle of incidence

상기의 Part1은 현재도 국제규격안(DIS)의 상태로 있다. Part2, Part3에는 방사선장의 물리량에 관련하는 기본적 사항 및 실용적인 중성자선량당량률계의 교정방법과 교정선원을 중점적으로 규격화하는 것인데, 이들규격은 DIS에서 멈추고, 이하의 ISO 10647에 정리하여 바꾸기로 하였다.

5) ISO 10647(1996) : Procedures for calibrating and determining the response of neutron-measuring devices used for radiation protection purposes

본 규격은 ISO 8529에서 규격화된 기준중성자선을 이용하여 방사선 방호용 중성자측정기의 선량당량(률)교정 및 에너지특성 그리고 방향특성을 구하는 방법에 대하여 ICRU39 및 ICRU43을 채용하여 규격화한 것이다. 중성자선량당량측정기·개인선량계는 ICRU구를 면평행빔으로 조사시킨 주변선량당량 $H^*(10)$ 및 개인선량당량 $H_p(10)$ 에 의한 교정이다.

본 규격에는, 상기 ISO 8526에 나타난 기준중성자선 ①, ②, ③에 관한 tracerbility의 사고방법이 표시되어 있어서 참고로 된다. 이것에 더하여, 이하의 내용이 각 선원에 대하여 제시되어 있다.

(1) 선원을 사용하는 경우

① 선원을 사용하는 교정방법의 기본, 교정실의 성능(조사실, 조사방법, 실내산란, 공기산란, 공기에 의한 감쇠 등), 측정기의 실효중심, 실효교정거리, 개인선량계의 팬텀(Phantom ; 인체모형) 교정방법

② 중성자선원사용시의 산란선에 대한 보정의 반(半)실험식과 그 다항식근사법, 반실험식의 적용한계, 이점, 결점 및 Shadow cone 사용에 의한 직접측정과 적용한계, 이점, 결점

③ 중성자선원에 의한 일상교정, 직선성검사, 방향특성검사, 불확정성의 평가

(2) 가속기를 사용하는 경우

중성자플루언스율, 플루언스모니터, 중성자에너지와 퍼짐, 방출각도와 중성자 스펙트럼, 타깃산란의 보정

(3) 원자로를 사용하는 경우

이상에 더하여, 부록으로 ^{252}Cf 선원의 형상에 의한 중성자방출의 각도분포, 40% 실내산란에 대한 교정실의 모양·크기, ^{252}Cf 중성자선원의 공기에 의한 감쇠와 공기산란보정, Shadow cone의 모양·크기의 규격 등이 기재되어 있다.

3.2 선량계교정 및 에너지특성결정에 관계되는 기준 X· γ 선에 관한 것

1) ISO 4037-1(1996) : X and γ reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy-



Part1 : Radiation characteristics and production methods

이 규격은, $10\mu\text{Gy/h}\sim 10\text{Gy/h}$ 의 공기카마로 선량계·선량률계를 교정하여, 선량계의 에너지특성을 결정하기 위한 기준 X· γ 선의 생성방법과 특성을 규정하는 것이다. 특정한 광자에너지그룹에 대한 기준방사선 생성방법은 각 그룹의 방사선적 특성에 맞추어 네가지로 분류하고, 규격화하고 있다. 기준방사선의 네가지구분은 아래와 같다.

① 에너지범위가 7keV부터 250keV로 여과된 연속 X선과 ^{241}Am 등의 γ 선

② 에너지범위가 8keV부터 100keV의 특성 X선

③ 에너지범위가 600keV부터 1.3MeV로 방사선허중에 의한 γ 선

④ 에너지범위가 4MeV부터 9MeV로 원자로나 가속기에 의하여 발생하는 γ 선

기준방사선의 선택과 분류는 이용자의 편의를 고려하여 네가지로 분류되고 규격화 되어 있다. 이하에 그 분류에 대응하는 스펙트럼 규격 등을 나타낸다.

(1) 저(低)공기카마 스펙트럼분해능은 18%~22%, 균등도는 약 1, 공기카마율은 $3\times 10^{-4}\text{Gy/h}$ 이다.

(2) 여과 X선의 좁은 스펙트럼시리즈 분해능은 27%~37%, 균등도는 약 0.7~1.0이다.

(3) 여과 X선의 넓은 스펙트럼시리즈 분해능은 48%~57%, 균등도는 0.67~0.98이다.

(4) 고(高)공기카마율 스펙트럼분해능은 규정하지 않으며, 균등도는 0.64~0.86, 공기카마율은 $1\times 10^{-2}\text{Gy/h}\sim 0.5\text{Gy/h}$ 이다.

상기와 같이 분류된 X선을 구체적으로 발생시키는 관전압, 평균 X선에너지, 분해능, 부가필터 및 그 재료, 반가층을 규격화하여 표로 나타내고

있다.

형광 X선에 대해서는 기준 K-형광X선의 발생방법을 도시하는 동시에, 형광X선 발생용 라디에이터재료와 목적 이외의 X선을 차단하여 예리한 형광X선(K1)을 얻기 위한 2차 필터재료를 규격화하고 있다.

교정용 선원으로는 ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am 의 에너지, 공기카마율상수, 비방사능과 장려화학형 등의 표시와 함께 조사장치의 콜리메이터재료를 규격화하고 있다. 또 조사실의 산란선선량은 이용선추(鍾) 선량률의 5% 이하로 규제하고 있다.

에너지 범위가 4MeV에서 9MeV의 γ 선에 대하여, 가속기로 발생시키는 방법으로 $^{19}\text{F}(p, \alpha\gamma)^{16}\text{O}$ 반응(양자가속에너지 340.5keV)에서 ^{16}O 의 탈여기과정(de-excitation)으로 방출되는 6.13MeV(97%), 7.117MeV(2.5%)의 γ 선 및 $^{12}\text{C}(P, P'\gamma)^{12}\text{C}$ 반응에서 얻어지는 ^{12}C 의 4.44MeV γ 선을 발생시키는 방법을 나타내고 있다.

원자로에서 발생시키는 방법으로는 Ti, Ni을 열중성자로 조사시켜 6MeV~8.5MeV의 포획 γ 선을 발생시키는 방법 및 경수형원자로의 1차 냉각수가 고속중성자에 의하여 $^{16}\text{O}(n, p)^{16}\text{N}$ 반응으로 얻어지는 ^{16}N 의 6.13MeV(68%), 7.117MeV(5%)의 γ 선을 발생시키는 방법을 나타내고 있다.

그 외에, 이들 방법으로 얻어지는 X· γ 선에 대하여 각각의 에너지 스펙트럼이 도시되어 있어서 참고 된다.

2) ISO 4037-2(1997) : Ditto-Part2 : Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 KeV to 1.3 MeV and 4MeV to 9MeV

본 규격은 전기 ISO 4037-1:(1996)의-Part1 : 방사선의 특성과 발생방법에서 방사선의



선량측정에 관계되는 것이다. 방사선방호선량측정기의 교정을 위하여, 8keV에서 1.3MeV 및 4MeV에서 9MeV까지의 에너지범위에 대한 X·γ선의 기준선량측정방법과 표준화에 관한 규정이 다.

본 규격에서 기준측정조건 측정기 등은 아래와 같다.

- (1) 측정표준환경조건, 환경온도 : 293.15K, 대기압 : 101.3kPa, 상대습도 : 65%
- (2) 시험조건, 환경온도 : 293.15~295.15K, 대기압 : 86~106kPa, 상대습도 : 30~75%
- (3) 기준전리함측정기

기준선량측정에는, 전리함부와 전류측정부가 분리된 전리함측정기를 사용한다. 전리함에는 stem과 코넥터가 붙어 있다. 박창(薄窓)형의 저에너지 X선 측정용 전리함은 전리함을 수직으로 몰당한 것이다. 4MeV에서 9MeV의 고에너지 γ선의 선량측정에는 전리함 외에 TLD선량계, 프리케이션량계도 사용할 수 있다. 이들 기준선량계는 측정하는 방사선에너지, 선량(률)에 대하여 1차 표준기로 교정하지 않으면 안된다. 기준측정기의 에너지 특성은 사용범위(하한 30keV)의 에너지 감응의 최대와 최저의 비로 나타내고 1.1 이하로 한다. 단, 하한의 30keV에서는 1.2로 한다. 전리함의 안정도는 ±2%, 방사선입사각에 의한 오차는 ±2% 이내로 한다. 누설전류는 최고감도 눈금의 최대지시치 전류의 2% 이내로 한다. 전리함과 측정부를 접속시키는 케이블은 마이크로소닉이 발생하지 않도록 한다. 프리앰프를 가진 전리함은 조사에 의한 프리앰프 유도전류를 점검한다. 유도전류가 있는 경우는 프리앰프부를 차폐한다.

(4) 기준전리함 교정조건

기준전리함 전체를 조사시키지 않으면 안된다. 이용선추의 선량을 균일성은 5% 이내로 한다. 조

사장(이용선추)의 선량을 불균일성(beam non uniformity)은 소형검출기 또는 필름으로 조사한다. 산란선 기여는 이용선추의 5% 이내로 한다. 전리함 지지대와 stem으로부터의 산란은 최소가 되도록 설계한다. 이들의 영향은 교정치에 포함된다. 측정하는 방사선에너지에 대응하는 전전평형 두께캡을 전리함에 부가시켜 측정한다.

(5) X선발생장치에 관한 조건은 아래와 같다.

① 관전압의 변동과 리플을 최소로 한다. 선량을 변동을 감시하는 빔모니터를 부가한다. 기기의 배열구성은 X선관과 X선셔터, 부가필터, 빔콜리미터, 빔모니터, 빔콜리미터 순으로 한다.

② 형광X선 발생용 라디에이터 및 2차 필터에는 순도높은 물질을 사용한다. 우라늄의 라디에이터와 토륨 2차필터는 모두 방사성 물질이기 때문에 빔모니터의 지시치 변동에 유의한다.

(6) 4MeV에서 9MeV의 고에너지 γ선의 선량측정에 관한 방법

① 빌드업캡을 전리함에 부가하여 전자평형 두께를 취하고, 복사손실을 보정한 공기카마측정기로 측정한다.

② 광루플루엔스울 스펙트럼에서 계산에 의하여 평가한다.

③ 조직등가선량으로 교정된 조직등가전리함으로 측정한다.

3) ISO 4037-3(1999) : Ditto-Part3 : Calibration of area and personal dosemeters and the measurement of their trsponse as a function of energy and angle of incidence

본 규격은 8keV에서 9MeV의 에너지범위의 기준방사선장에서 선량측정기 및 개인선량계의 교정법을 규정하고 있다. 체간부와 국부개인선량계 및 휴대형과 고정형선량계의 교정 및 에너지특성



그리고 방향특성의 결정도 본 규격에 포함된다. 또 측정기의 형식검사에 관계되는 측정에도 사용된다. 단 고정모니터의 현장교정에는 적용하지 않는다.

본 규격에는 교정기준선량에 공기카마를 사용한다. 교정방법은 ICRU 47을 기반으로 하여, 방사선장의 선량측정의 기본량에 ICRU구의 깊이 10mm 및 0.07mm 선량을, 또 개인선량당량측정의 기본량에는 ICRU 슬랩의 10mm 및 0.07mm 선량을 사용하고 있다. 손가락 및 팔 팬텀의 선량당량환산계수 등이 신규로 추가되어 있다. 교정에 사용하는 방사선의 선질은 다음과 같이 분류하여 이름을 붙이고 규격화하고 있다.

(1) 방사선선질의 명칭(X선관계)

F: 형광X선, L: 저공기카마울, N: 여과X선의 좁은 스펙트럼시리즈, W: 여과X선의 넓은 스펙트럼시리즈 및 H: 고공기카마울로 분류한다. 형광X선의 경우는 F에 라디에이터의 원자기호를 부가하여 F-Mo와 같이 기재한다. 저공기카마울의 경우에는 L에 근방의 평균에너지를 알 수 있도록 L-70과 같이 기재한다. 마찬가지로 좁은 스펙트럼시리즈의 경우에는 N-40, 넓은 스펙트럼시리즈의 경우에는 W-60, 고공기카마울의 경우에는 H-80과 같이 기재한다.

(2) 방사선질의 명칭(선원관계)

RI선원은 S기호를 사용하여 핵종의 원소기호를 붙인 S-Co와 같이 기재한다.

(3) 방사선 선질의 명칭(고에너지 γ 선 관계)

원자로, 가속기를 사용한 핵반응으로 얻어진 고에너지 γ 선은 R의 기호를 사용하여 핵반응원소의 기호를 붙여 R-F와 같이 기재한다.

(4) 선량당량환산계수(작업환경측정기용)

ICRU구의 0.07mm 방향성 선량당량환산계수 $H'(0.07)$, 5KeV~300KeV의 범위에서 0도에

서 180도 및 회전조사에 대하여 표시되어 있다. 다음에 상기 방사선선질의 명칭 F, L, N, W, H의 각 선질에 대하여 5keV~300keV의 범위에서 선량당량환산계수 $h'k(0.07; E, \alpha)$ 를 표시하고 있다.

ICRU구의 10mm 주변 선량당량환산계수 $H^*(10)$ 는, 10keV~10MeV의 범위에 대하여 표시되어 있다. 다음에 방사선선질의 명칭 F, L, N, W, H, S, R의 각 선원의 에너지범위에 대응한 선량당량환산계수를 표시하고 있다.

(5) 선량당량환산계수(개인선량계용)

손가락(rod) 팬텀에 대하여 선량당량환산계수 $H_p(0.07)$ 및 F, L, N, W, H의 각 선질에 대하여 5keV~300keV의 범위에서 선량당량환산계수를 표시하고 있다.

팔(pillar) 팬텀에 대하여 선량당량환산계수 $H_p(0.07)$ 및 F, L, N, W, H의 각 선질에 대하여 5keV~300keV의 범위에서 선량당량환산계수를 표시하고 있다.

체간부 ICRU슬랩팬텀의 10mm 개인선량당량환산계수 $H_p(10)$ 는, 방향성 개인선량당량 $h'k(10; E, \alpha)$ 로서 0도에서 80도까지 10keV~10MeV의 범위에 대하여 표시하고 있다. 다음에 상기와 마찬가지로 방사선선질의 명칭 F, L, N, W, H, S, R의 각 선원의 에너지범위에 대응한 선량당량환산계수를 0도에서 80도의 범위에서 표시하고 있다.

(6) 교정용팬텀

- 손가락팬텀: 19mm ϕ × 300mm 재질 PMMA
- 팔팬텀: 73mm ϕ × 300mm 물팬텀, 재질 PMMA
- 체간부 ICRU 슬랩팬텀: 30cm × 30cm × 15cm 물팬텀, 재질 PMMA

물팬텀을 사용하는 이유는 팬텀후방산란 특성을 ICRU조직 팬텀의 후방산란과 맞추기 위해서



이다.

3.3 선량계교정 및 에너지특성결정에 관계되는 기준 β 선원에 관한 것

1) ISO 6980(1996) : Reference β radiations for calibrating dosimeters and dose-rate meters and for determining their response as a function of β -radiation energy

본 규격은 방사선방호에 사용하는 β 선선량(률)계 및 개인선량계의 선량교정과 에너지특성결정에 사용하는 방사성핵종 기준 β 선을 구하는 요건에 대하여 규정한 것이다. 기준 β 선원으로서 필요한 선원형상 β 선의 최대잔류비정의 측정에서 최대 잔류에너지를 평가하는 방법 및 ICRU구의 7mg/cm² 선량당량에 대하여 규격화하고 있다. 에너지적용 범위는, β 선의 피부의 감수층에 도달하는 66keV에서 3.6MeV이다. 선량교정범위는 10 μ Sv/h에서 10Sv/h이다. 본 규격에서 ISO는 시리즈1, 시리즈2의 두가지 선원규격을 규정하고 있다.

시리즈1은 교정거리가 20~30cm에서 β 선빔 균일화필터를 선원·검출기 사이에 삽입하여 균일한 큰 면적조사장을 만들어, 교정하기 위한 규격이다. 이 규격에서 사용되는 선원(소면적)은 ¹⁴⁷Pm, ²⁰⁴Tl, ⁹⁰Sr+⁹⁰Y로서 최대선량률은 약 5mSv/h이다. 또한 균일화필터를 선원에서 10cm 지점에 삽입하여 15cm 지점에서 측정된 조사장의 균일성은 ⁹⁰Sr+⁹⁰Y선원에서 $\pm 5\%$ 이내, ²⁰⁴Tl 선원에서는 $\pm 10\%$ 이내이다.

시리즈2는 β 선빔균일화필터를 사용하지 않는 면선원에서 검출기를 면선원에 접근시켜서 사용하는 경우의 규격이다. 균일조사장은 면선원 근방의 영역 뿐이며 그 이외에서는 크게 떨어진다. 본

선원은 교정에너지범위와 선량률을 시리즈 1선원보다도 확장할 수 있는 이점이 있다. 시리즈1선원에 ¹⁴C와 ¹⁰⁶Ru+¹⁰⁶Rh 선원이 추가되었다. 본 규격의 선원에서는 ²⁰⁴Tl 선원에서 최대 10Sv/h, ⁹⁰Sr+⁹⁰Y에서 700Sv/h의 선량률 교정을 할 수 있다. 또 최대잔류에너지 결정법의 예로서 Si(Li) 반도체검출기로 측정된 시리즈1, 시리즈2 선원의 β 선 에너지 스펙트럼이 도시되어 있다.

기준 β 선원의 선량률기준은 국가표준기관에서 값을 정하거나 또는 1차, 2차 표준기관에서 표준이행측정기를 사용하여 값을 매긴다. 또한 부록으로서 A 조직등가물질, B 외삽전리함측정기에 의한 조직흡수선량의 측정법, C 입사각 α 의 함수에 대한 흡수선량의 변동, D 장려선원의 특성(선원구조 예를 포함)이 기재되어 있다.

3.4 α · β 선용 오염계 교정용기준선원에 관한 것

1) ISO 8769(1988) : Reference sources for the calibration of surface contamination monitors— β -emitters(max. β energy greater than 0.15 MeV) and α -emitters

본 규격은 표면오염계를 교정하기 위한 대면적 선원(이하, '기준면적선원'이라 한다)에 대하여, 그 표면방출률과 방사능을 국가표준에 결부시키기 위한 tracerbility에 관한 구체적인 방법 및 α 방사체와 최대에너지가 0.15MeV를 초과하는 β 방사체에 관한 기준면적선원의 제작조건 등에 대하여 규정한 것이다. 단, 이 선원을 사용하여 표면오염계를 교정하는 방법에 대하여 규정하는 것은 아니다. 기준면적선원의 표면방출률에 대한 균일성은 선원면에서 10cm² 이하인 소면적의 표면방출률을 대면적 전체에 대하여 구한 평균치와 표준편차(변동계수로 표현)에서 평가한다.



트레이서빌리티체계의 최상위 국가표준기관은 절대측정법으로 결정한 방사능을 사용하여 면선원을 만들고, 표면방출률을 직접 측정한 기준면적선원을 보관한다. 이 기준면적선원으로 교정한 값을 매긴 측정기로 인정교정기관에서는 기준면적선원의 표면방출률 값을 매긴다. 인정교정기관은 이외에 값을 매긴 기준면적선원과 값을 매긴 측정기에 의하여 작업현장에서 사용하는 실용교정선원의 표면방출률의 값을 매긴다.

상기의 개념을 기반으로 하여 본 규격에 대한 기준면적선원은 아래와 같이 클래스1, 클래스2 및 실용교정선원으로 구분한다.

클래스1 선원은 국가표준기관에서 표면방출률의 값이 매겨진 기준면적선원.

클래스2 선원은 인정교정기관에서 클래스1 선원에 의하여 교정된 값을 매긴 측정기에 의하여 표면방출률이 결정된 기준면적선원.

이상에 더하여 현장에서 일상적으로 사용하는 실용교정선원이 규격화되어 있다.

선원면적의 크기는 10^4mm^2 이상에서 $100\text{mm} \times 150\text{mm}$ 의 크기를 장려하고 있다. 기준면적선원에 사용하는 선원은 ^{14}C , ^{147}Pm , ^{204}Tl , ^{36}Cl , $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$, ^{241}Am (α 선원)이다. 이들 기준면적선원제작에 필요한 도전성 패키징재, 포화층두께 등을 성적서에 기재할 것을 요구하고 있다.

2) ISO 8769-2(1996) : Ditto-Part2 : Electrons of energy less than 0.15MeV and photons of energy less than 1.5MeV

본 규격은 궤도전자포획핵종, 핵이성체전이핵종에서 방출되는 1.5MeV 이하의 광자선 및 ^3H 과 0.15MeV 이하의 저에너지 β 선 방출핵종에 의하여, 표면오염계의 측정효율의 교정에 사용하는 대면적선원의 제작요건 등에 대하여 규정하는 것이다. 단 이 선원을 사용하여 표면오염계를 교정하

는 방법에 대하여 규정하는 것은 아니다.

기준면적선원은 상기의 ISO 8769와 마찬가지로, 클래스1, 클래스2 및 실용교정선원으로 구분된다.

기준면적선원은 선원을 도전성패키징재위에 자기흡수를 억제하도록 고정하여 제작한다. 광자방출 기준면적선원은 불필요한 방사선을 흡수시키기 위하여 필터를 면적선원에 부가하여 제작한다. 선원면적의 크기는 10^4mm^2 이상에서 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 의 크기를 장려하고 있다.

저에너지 β 선원으로는 ^3H 및 ^{63}Ni 이 이용된다. 광자방출 기준면적선원의 필터는 선원면적보다 적어도 10mm 크게 제작한다. 필터의 단위면적당의 질량은 규정치의 $\pm 10\%$ 이내로 한다. 또 필터의 단위면적당의 질량오차는 3% 이내로 한다. 권장할 수 있는 패키징재의 두께는 3mm의 Al으로 한다.

광자방출기준면적선원에 사용되는 핵종은 ^{59}Fe (필터없음), ^{238}Pu (32.5mg/cm² Zr), ^{129}I (81mg/cm² Al), ^{241}Am (200mg/cm² 스테인리스강), ^{137}Cs (800mg/cm² 스테인리스강), ^{60}Co (81mg/cm² Al) 등이다. 이들 면적선원의 성적서에는 패키징재, 필터두께, 선원구조, 표면방출률, 선원면적 등을 기재할 것을 요구하고 있다.

3.5 개인선량계 · 국부선량계에 관한 것

1) ISO 1757(1996) : Personal photographic dose-meters

2) ISO 11934(1997) : X and γ radiation—Indirect-or direct-reading capacitor-type pocket dosimeters

본 규격의 X · γ 선의 에너지 범위는 30KeV에서 3MeV이며, 중성자에 대한 감도의 유무도 규격에 들어 있다.



포켓선량계 및 부속엘렉트로미터의 시험방법과 성능이 규정되어 있다. 시험온도 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 습도 $65 \pm 5\%$, 기압 85~105kPa, $0.25 \mu\text{Gy/h}$ 이하의 백그라운드하에서 한다. 시험에는 ISO 4037에 규정된 기준 X- γ 선을 사용한다. 시험선량은 공기카마 또는 조직흡수선량이다. 에너지특성과 방향특성에 대해서는 개인선량당량으로 한다.

시험은 이하의 각 항목에 대하여 시행하며, 그것들에 대한 성능이 규정되어 있다.

① 제로점안정성 : 8시간 동안에 전하누설이 전눈금의 2%를 초과하지 않을 것

② 지시치안정성 : 8시간 동안에 판독값이 전눈금의 2%를 초과하지 않을 것

③ 재현성 : 반복측정치의 변동계수가 2 σ 에서 5% 이내.

④ 정밀도 : 선량계 각 측정치의 변동계수가 2 σ 에서 10% 이내

⑤ 검출한계 : 백그라운드 변동을 초과한 최소의 지시치

⑥ 지시치오차, 직선성 : 오차에 대해서는 전눈금의 50%에서 100%에 대하여 15%이내, 직선성은 판독치의 상대표준편차에서 0.1 이내

⑦ 메모리 효과 : 최대선량조사후 검출한계가 전눈금의 2% 이내

⑧ 에너지 특성 : 팬텀 위에 설치하여, $H_p(10)$ 에 대한 에너지 의존성이 30% 이내, 3MeV에서 10MeV까지 -50%에서 +100%의 범위내

⑨ 방향특성 : 팬텀 위에서 0° 에서 60° 까지의 각도에 대하여 ^{60}Co , ^{137}Cs γ 선, 필터투과 X선 60keV(^{241}Am)로 시험을 한다. 성능표가 게재되어 있다.

⑩ 온도특성 : -10°C 에서 40°C 에 대하여 판독치가 20°C 의 $\pm 20\%$ 이내

⑪ 내충격성 : 1.5m에서 목제판상에 낙하시켜,

전눈금의 10%를 초과하지 않을 것

⑫ 내진동성 : 15분간, 2G, 10Hz~33Hz의 진동후, 전눈금의 $\pm 10\%$ 를 초과하지 않을 것

⑬ 내수성 : 수중 30cm의 깊이에 2시간 담그어, 판독치가 전눈금의 $\pm 10\%$ 를 초과하지 않을 것

⑭ 내염수성 : NaCl을 살포하여 1주간 후의 판독치와 비교한다. 판독치의 뜻있는 변화가 있어서는 안된다.

⑮ 제염성 : 표면이 원활할 것

⑯ β 선의 영향 : β 선에 대한 감응을 확인할 것

⑰ 중성자의 영향 : 중성자에 대한 감응을 확인할 것

이상의 항목에 부가하여 각 시험에 대한 시험방법, 또 제품에 대한 마킹, 표시가 규정되어 있다.

3.6 표면오염평가법에 관한 것

1) ISO 7503-1(1988) : Evaluation of surface contamination— Part1: β -emitters(max. β energy greater than 0.15 MeV) and α -emitters

ISO 7503은 방사능표면오염의 평가방법을 규정한 것이며, 파트1에서 파트3까지의 3부로 구성되어 있다. 파트1에서는 표제와 같이 최대에너지 0.15MeV 이상의 β 선을 방출하는 핵종과 α 선방출핵종을 평가대상으로 하고 있다. 물품, 기구, 시설 및 밀봉선원 등의 표면오염을 단위면적당의 방사능으로 평가하기 위한 수법을 제시한 것이다. 인체피부나 의복의 표면오염은 적용범위 외로 하고 있다.

오염방사능의 산출에는 기기효율 및 선원효율의 개념을 도입하여 각각을 개별적으로 평가한 후 오염방사능을 산출한다. 또 간접측정경우의 스메어재의 재질, 스메어면적, 스메어시의 강도 등에 대



해서도, 정성적인 표현이지만 유의해야 할 점과 권장방법을 명확히 하고 있다. 기기효율과 선원효율을 구별해서 평가하기 위하여, 측정기의 교정에서는 종래의 방사능(Bq)으로 값매김한 선원은 아니고, 표면방출률에 대하여 교정된 기준선원을 사용해야 한다고 하고 있다. 선원효율과 스메어효율에 대해서는 실험적으로 명백한 값을 사용하는 것을 기본으로 하고 있는데, 그것이 곤란한 경우에 사용할 수 있는 충분히 안전측면에서 평가된 값을 권장치로 나타내고 있다.

또, 직접측정과 간접측정의 사용에 대해서는 각각의 장점과 단점이 있으며 어느 한쪽만으로는 충분한 결과를 얻을 수 없다. 가능한한 양쪽을 병용하여 정도 높은 측정을 평가해야 한다고 되어 있다.

2) ISO 7503-2(1988) : Ditto—Part2 : Tritium surface contamination

파트2는 그 대상 핵종을 ^3H 에 한정된 것이다. 대상핵종 이외의 적용범위나 일반적인 측정·평가방법에 대해서는 파트1에 준하고 있다. ^3H 의 β 선 에너지가 매우 낮다는 것, 수소의 동위원소라는 점에서 직접측정과 간접측정의 어느쪽도 단독으로는 총방사능을 구하는 것은 매우 곤란하며, 양쪽을 병용하여 여러 각도에서 추정할 수 밖에 없다고 강조하고 있다. 그 외에 ^3H 의 화학적 또는 물리적 특성에서 오는 ^3H 특유의 유의점으로는 검출기의 오염, 기기효율교정의 빈도, 스메어면적, 스메어재의 습윤제 등을 열거하고 있다. β 선의 에너지 관점에서는 당연하다고 생각되지만, 오염원이나 스메어여과지의 선원효율에 관계되는 구체적인 수치는 제시되어 있지 않다.

3) ISO 7503-3(1996) : Ditto—Part3 : Isomeric transition and electron capture emitters, low energy β -emitters(E β

max<0.15MeV)

적용범위 및 일반적인 평가법은 파트1과 마찬가지로이지만, 파트3에서 대상으로 하는 방사선은 광자(γ 선, X선)와 150keV 이하의 저에너지 β 선이다. 직접측정에 사용되는 휴대형측정기(서베이미터)와 간접측정용의 설치형측정기로 나뉘어서 구체적으로 측정기의 종류를 열거하여, 각각에 대한 성능상의 장점·단점과 함께 대상핵종별의 적성도를 나타내고 있다. 복합핵종에 의한 오염이나 광자와 전자의 양쪽을 방출하는 핵종의 경우, 양쪽에 감도가 있는 것을 사용할 때의 주의점으로서, 흡수판의 사용 등 구체적인 수법이 제시되어 있다. 광자방출핵종의 선원효율에 대해서는, 교정용 선원에 의한 교정치와 실제의 오염원과의 효율차이에 의한 보정에 사용하는 값이 권장치로서 주어지고 있다. 또 측정치에서 방사능오염밀도를 산출하기 위하여 개발된 CHAOSCAL(QUICKBASIC)이라는 평가프로그램이 소개되어 있다.

3.7 밀봉선원에 관한 것

1) ISO 2919(1999) : Radiation protection—Sealed radioactive sources—General requirements and classification

밀봉방사선원에 요구되는 일반적 사항 및 등급에 대하여 규정한 것이다. 사용목적에 따라 분류별로 시험항목 및 시험방법을 규정하고 있다. 등급시험에는 온도, 압력, 충격, 진동 및 puncture 등 종래의 5항목 이외에 막대상의 선원에 대하여 굽힘 시험이 추가되어 있다. 이와 같은 시험을 실제선원, 디미선원 또는 모의선원에 부하한 후, 내용물의 누설유무로 선원의 밀봉성능을 평가하게 되는데, 그 누출시험방법은 ISO 9978에 규정되어 있다.

2) ISO 9978(1992) : Radiation protec-



tion—Sealed radioactive sources—Leakage test methods

ISO 2919에서 규정한 등급시험을 실시한 선원에 대하여 그 누출시험의 방법을 규정한 것이다. 누출시험 방법에는 침지(담금)시험, 자비(끓임)시험, 스매어(smear)시험 등의 방사능에 착안한 것과, He시험, 진공발포시험, 가스발포시험 등의 방사능을 사용하지 않은 시험방법이 있다. 전자의 경우 합격여부의 기준으로 되는 누출방사능은 0.2kBq이지만, 검사시의 측정시스템에는 그 값을 판단할 뿐만 아니라, 검출한계까지 요구되고 있다. 또 선원의 타입별로, 제조시 시험 및 등급시험시에 취급해야 할 종류가 권장되어 있다.

3.8 기타

본 항에서는 방사선측정기 등의 시험사업자를 국제기준에 적합시키기 위하여 심사가이드가 되는 ISO/IEC GUIDE 25를 간단히 소개한다.

1) ISO/IEC GUIDE 25(1990) : General requirements for the competence of calibration and testing laboratories

교정 및 시험을 하는 시험소의 능력에 관한 일반적인 요구사항은 아래와 같은 내용이 규정되어 있다.

(1) 본 규격의 목적 : 교정기관·시험소가 인증기관으로부터 특정분야의 교정·시험을 실시하는 능력을 가진다는 것을 인증받으려는 경우에, 요구되는 일반적 요구사항에 대하여 규정하는데 있다.

(2) 일반요구사항의 개요 :

① 조직과 관리 : 1. 시험의 실시 및 결과의 독립성·신뢰성의 유지, 2. 시험관리체제의 확립, 3. 책임관한관계의 문서화, 4. 기술관리자의 설치

② 품질시스템 : 1. 실시하는 시험에 상응한 품

질시스템의 확립과 문서화, 2. 품질절차서의 작성, 감사 및 심사

③ 직원 : 1. 시험의 실시에 필요한 기술적인 지식, 경험 등을 가진 직원의 확보, 2. 자격, 훈련, 기능 및 경험에 관한 기록의 유지

④ 시설, 설비 등 : 1. 시험의 실시에 필요한 시설·설비의 확보, 2. 시험설비의 교정·트래서빌리티의 확보, 3. 교정법의 문서화

⑤ 시험항목의 취급 : 시험의 대상으로 되는 물건의 수취·보관 등의 관리

⑥ 기록 : 시험실시기록, 설비관리기록 등 모든 기록에 관한 시스템의 확보

⑦ 증명서 및 보고서 : 증명서 및 보고서에 기재하는 내용

⑧ 하청부계약 : 시험을 하청부하는 경우에 필요한 처치

⑨ 고충 : 시험결과에 관한 고충의 대응 처치

4. ISO/TC85/SC2에서 제정한 국제규격

SC2의 WG가 지금까지 제정한 각 규격의 번호, 표제 및 발행년도를 이하에 소개한다. 여기서 DIS가 부가되어 있는 것은 국제규격안이다. 그리고 3장에서 이미 설명한 규격은 제외하였다.

ISO 2889 : 1975 General principles for sampling airborne radioactive materials

ISO/DIS 3999-1 : Radiation protection-Appratus for industrial gamma radiography-Part 1 : Specifications for performance, design and tests

ISO 7205 : 1986 Radionuclide gauges-Gauges designed for permanent installation

ISO 7212 : 1986 Enclosures for protection against ionizing radiation-Lead shielding units for 50mm and 100mm thick walls

ISO 8194 : 1987 Radiation protection-



Clothing for protection against radioactive contamination-Design, selection, testing and use

ISO 8690 : 1988 Decontamination of radioactively contaminated surfaces-Method for testing and assessing the ease of decontamination

ISO 8963 : 1988 Dosimetry of X and gamma reference radiations for radiation protection over the energy range from 8keV to 1.3 MeV

ISO 9271 : 1992 Decontamination of radioactively contaminated surfaces-Testing of decontamination agents for textiles

ISO 9404-1 : 1991 Enclosures for protection against ionizing radiation-Lead shielding units for 150mm, 200mm and 250mm thick walls-Part1 : Chevron units of 150mm and 200mm thickness

ISO 10648-1 : 1997 Containment enclosure-Part1 : Design principles

ISO 10648-2 : 1994 Containment enclosures-Part2 : Classification according to leak tightness and associated checking methods

ISO/DIS 11929-1 : Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements-Part 1 : Fundamentals and application to counting measurements without the influence of sample treatment

ISO/DIS 11929-2 : Determination of the detection limit and decision threshold for

ionizing radiation measurements-Part 2 : Fundamentals and application to counting measurements with the influence of sample treatment

ISO/DIS 11929-3 : Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements-Part 3 : Fundamentals and application to counting measurements by high resolution gamma spectrometry, without the influence of sample treatment

ISO 11933-1 : 1997 Components for containment enclosures-Part 1 : Glove/bag ports, bungs for glove/bag ports, enclosure rings and interchangeable units

ISO 11933-2 : 1997 Components for containment enclosures-Part 2 : Gloves, welded bags, gaiters for remote-handling tongs and for manipulators

ISO 11933-3 : 1998 Components for containment enclosures-Part 3 : Transfer systems such as plain doors, airlock chambers, double door transfer systems, leak tight connections for waste drums

ISO/DIS 11933-4 : Components for containment enclosure-Part 4 : Ventilation and gascleaning systems such as filters, traps, safety and regulation valves, control and protection devices

ISO/DIS 11933-5 : Components for containment enclosures-Part 5 : Penetrations for electrical and fluid circuits

ISO/DIS 12789 Reference neutron radiations-Characteristics and methods of pro-



duction of simulated workplace neutron fields

ISO/DIS 12790-1 Radiation protection-Performance criteria for radiobioassay-Part 1 : General principles

ISO/DIS 12794 Nuclear energy-Radiation protection-Individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes

ISO/DIS 1366 Radiation protection-Passive radon monitoring devices-Methods for classification and evaluation

ISO/DIS 14146 Radiation protection-Criteria and performance limits for periodical testing of external individual dosimetry for X and gamma radiations

ISO/DIS 15080 Nuclear facilities-Ventilation penetrations for shielded enclosures

맺음말

방사선방호기기, 측정법의 국제규격에 대하여 (I)에서는 원자력시설 등에서 사용되고 있는 게이트모니터, 배기모니터, 표면오염계 등의 방사선 방호계측기에 관계되는 기기의 IEC 규격, (II)에서는 개인피폭선량계, 방사선원, 교정용의 기준장, 측정기의 교정방법, 오차의 취급, 용어 등의 ISO 규격에 대하여 설명하였다.

우리나라도 방사선방호에 관련되는 규격이 KS 규격으로 정해져 있지만, KS규격은 국제규격에 비하면 질적으로 양적으로 미약하다. 따라서 앞으로 KS규격은 한층 더 국제규격과의 정합이 필요 불가결하며, 국제규격과 국내규격이 맞도록 제정되어야 한다고 본다.

끝으로, [안전자신은 좋은 규격으로 유지]되는 것이며, [무역하려면, 먼저 표준]이라고 말하고 있는 시대임을 강조하고 싶다. (서두환 역음) 