

방사선의 측정법 (Ⅲ)

가톨릭의대
이 광 목

가. 조사선율의 측정

실제로는 $\mu\text{R/h}$, mR/h 등의 단위로 작업장이나 생활환경의 공간조사선량율을 측정하는 경우가 대부분인데 이경우 방사선은 특수조건하가 아니면 X-선· γ -선이라고 생각해도 된다. X-선이나 γ -선의 경우 R값은 조직의 흡수선량 rad값과 같다고 보아도 되므로 R값과 선량당량 rem 값도 같다고 볼수 있다.

이론적으로는 가장 신뢰되는 측정값은 전리상(電離箱)을 이용하는 것인데 전리상은 습기, 먼지 그리고 충격등 주의깊은 취급이 요구되기 때문에 실제로는 편리한 GM검출기가 쓰인다. 그러나 이것은 전리상방식 보다는 감도가 높지만 에너지 특성에 따라 주의가 필요하며 입자의 에너지 분포에서 0.5MeV 이하인 방사선이 많은 경우 보정이 필요하다.

GM 검출기보다 감도가 한자리수 큰 것이 NaI(Tl)를 scintillator로 한 측정기이다. 보기에 는 조사선량율계이지만 본질은 계수율계이다.

이외의 기기라도 측정결과를 R 값으로 환산만 할수 있다면 상황에 따라 사용할 수 있다. 선량의 공간 분포를 파악하고자 할 때는 사진 필름이 편리하다.

나. 연(軟) X-선의 측정

X· γ -선은 입자 에너지가 30keV 이하가 되면 감도가 나빠서 기종에 따라서는 전혀 감지하지

않는다.

요즘 CRT에서 새어 나오는 X-선의 조사 또는 연 X-선의 감시에 비교적 많은 관심을 갖게 되어 저(低)에너지의 X-선측정기가 시판되고 있다. 이 기기를 이용하는데 조사선량측정용은 주로 Be 창을 부착한 전리상이다.

NaI(Tl) scintillation 검출기나 GM 검출기는 입자수를 셈하는 것이다. GM의 경우는 β 선을 측정하는 요령으로 단창(端窓)으로 X선을 입사되게 한다. Gm은 전리매체가 기체이므로 생각보다는 에너지 특성이 양호하다. 따라서 30keV 이하의 mR/h-cpm 환산이 가능하다.

다. 개인피폭의 측정

개인 피폭량의 측정은 종래 필름배지와 포켓선량계가 병용되어 왔다. 필름배지는 장차후 현상과 측정까지의 기간이 2주간 내지 1개월간의 긴기간의 평균피폭량을 측정하는 데에 편리하며 단기간의 피폭량을 알기에는 포켓선량계가 편리하다.

필름배지에 의한 측정은 현상 평가를 표준화하는 것이 필요하므로 전문적인 측정업자와 계약하여 행하는 것이 보통인데, 최근에는 개인의 피폭자료를 computer에 의해 관리하는 방법이 쓰이고 있다. 비교적 저에너지의 X-선용, 고에너지의 γ -선용, 그리고 두영역을 측정할 수 있는 검용이 있는데 현장의 방사선의 특성에 따라 선택하여야 한다. 50%정도의 정도(精度)를 갖

는다. 필름의 감도가 2가지 있는데 잘 선택한다. 장착할 때 남자는 흉부 또는 복부, 여자는 반드시 복부에 부착한다. 납 앞치마를 착용할 경우에는 작업자의 피폭량을 측정하는 것이 목적이므로 앞치마속에 장착한다. 그리고 반드시 대조용으로 장착기간과 같은 기간동안 비 작업역에 보관하였다가 이것을 동시에 현상하여 대조한다.

포켓선량계는 만년필 모양의 전리상을 charger로 하전하고 장착후 방전량을 직접 또는 charger reader로 읽는 법이 있는데 습기 먼지 충격등 때문에 오차가 생길 수 있으므로 2개를 동시에 장착하여 비교 측정한다. 최소 측정치는 1mR이다.

그러나 최근 이 전리상은 열형광선량계(TLD)로 대체되고 있어서 측정이 간편하여졌다. 개인 모니터용으로는 감도가 좋은 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 이나 $\text{Mg}_2\text{SiO}_4(\text{Tb})$ 가 쓰이는데 에너지 특성을 균일화하기위해서 holder 내면에 Sn의 filter가 들어 있다. 이 기기는 0.1-0.1mR 까지의 선량을 측정할 수 있다.

강한 β -선을 취급할 때는 손의 피폭이 클 가능성이 있기 때문에 사진 필름이나 TLD를 장치한 반지를 사용하는 것이 좋다.

방사선물질이 경구, 경기도, 경피등의 경로를 통하여 섭취된 경우 γ -선이면 체내의 분포를 체외에서 측정할 수도 있다. 또 피검자의 혈액이나 뇨, 변등의 시료를 검사하기도 한다.

라. 계수와 계수율

방사선입자를 측정기가 썸한 pulse를 계수(count)라 하고 단위시간의 계수치를 계수율(count rate)이라 한다. 계수율은 방사선장(場)의 강도를 표시하는 한방도임에는 틀림없으나 방사선영향을 생각하는 기초량으로서는 적절하지 않다. 그러나 계수율의 측정이 방사선 측정 기술 중에서 중요한 위치를 차지하는 것은 이것이 에너지스펙트럼의 측정과 방사능측정을 할 때의 기초가 되기 때문이다. 일반적으로 β , e용으로는 GM 검출기, X, γ 선용으로는 scintillation 계수장

치가 쓰인다.

계수율 C는 계수 c를 측정할 때 부속의 timer를 동시에 작동하여 $C=c/t$ (cps)로서 구한다. 측정기의 동작전압은 plateau 특성(인가전압에 대한 계수율 특성)을 조사한 후 plateau(계수율 평탄부)의 중앙보다 약간 전방에 설정한다(그림 1참조). 대개 1,000V 전후이다. GM의 경우 측정에 요구되는 정확도의 정도에 따라 시동전압(측정기가 작동하기 시작하는 전압) 보다 100-150V 높은 점을 잡는다. 너무 높은 전압을 사용하면 기기에 손상을 주게 되므로 1,500V 이상으로 올려서는 안된다.

GM검출기는 너무 강한 선원은 측정되지 않는다(수 10만 cpm 이상). 그러나 scintillation 검출기는 측정이 가능하다.

방사능입자의 계측치는 그 통계적오차에 주의하여야 한다. 공간의 어떤 위치에 방사능입자도달하는 것은 통계적 현상이다. 즉 주기적 현상이 아니라 random 현상이다. 그래서 계수치는 늘 실험오차와 다른 통계오차를 가지며 다음과 같다고 한다.

$$c \pm \sqrt{c} \quad c \pm \sqrt{c/t} \quad (p=0.7)$$

이다. 또 시료를 계측할때 측정기는 반드시 자연계수를 동시에 측정하게 되므로 실제의 계수율은 실험계수율로부터 별도로 측정된 자연계수율을 감해주어야 한다. 이는 계기를 구입하면 제시되는 것이므로 참고하여 주기 바란다.

마. 방사선 입자 에너지의 측정

방사선입자 에너지의 측정을 크게 둘로 나누면 하나는 spectrometer를 사용하여 입자 에너지 spectrum 전체를 관찰하는 것이며 다른 하나는 입자 에너지에 따라 입자의 물질중으로의 투과력이 다른 것을 이용해서 에너지값을 근사적으로 추정하는 방법이다.

spectrometer는 원리적으로 두가지로 나누는데 그 하나는 하전입자용으로 자장을 이용하여 이것을 에너지별로 나누게 된다. 그 원리는 하전입자가 자장에 들어가면 자장에 끌려 방향이 구부러지는데 같은 강도의 자장에서 에너지가 작

은 것일수록 곡률반경이 작은 것을 이용한 것이다. 다른 하나는 파고(波高)분석을 이용한 것이다.

일반으로 beta-spectrometer라고 불리우는 것은 자장을 이용한 것이며, 흔히 쓰여 왔지만 요즘은 파고분석 type의 Ge 반도체를 검출기로 하는 spectrometer가 자주 쓰인다. 그러나 핵물리학적 연구가 아닌 산업보건분야에서는 입자의 투과력의 차를 이용한 에너지 추정방식이 더 편리하다. 투과력을 이용하는 방법에서는 X·γ선용으로 연판이, β·전자선용으로는 알미늄판이 쓰인다.

바. 방사능의 측정

물, 공기, 물체의 표면의 방사능 오염을 측정하기 위해서는 여러가지의 monitor기기가 개발되어 있다. 여기에서는 시료를 채취하여 측정하는 방법에 대해서 설명하겠다. 물의 경우는 물 1 l를 1ml의 질산으로 산성으로 한후 water bath에서 증발 건조시킨다. 공기의 경우는 high volume air sampler 등으로 입자상 부유물질을 여지에 포집하여 시료로 한다. 그러나 기체인 경우는 별도의 방법으로 채기한다. 물질의 표면오염의 경우는 직경 2cm 정도의 여지면으로 100cm²의 피검표면을 잘 문지르고 (동전 같은 것을 여지로 싸서 문지른다.). 이 방법은 loose pollution일 때 사용되며 fixed pollution일 때는 GM survey meter로 직접 측정한다.

이렇게 하여 얻어진 시료를 계수하여 방사능의 값을 구한다. 방사능의 양은 괴변율(壞變率) Bq로 표시하거나 dps 또는 dpm로 표시된다. 즉 방사능 B는 계수율 C와 다음과 같은 관계가 있다.

$$B=C/\eta$$

여기에서 η는 선원(線源)과 probe와의 거리이다.

이와 같이 C를 측정하여 적절한 방법으로 η를 평가하여 B의 절대치를 정하는 측정을 방사능의 절대 측정이라고 한다.

산업보건분야에서 필요한 측정은 주로 절대 측정인데 경우에 따라서는 상대치를 알수만 있으면 된다. 또 방사선택종의 종류가 명백한 경우에는 조사선량을 측정하고 다음의 관계식으로부터 방사능의 계략치를 알수 있다.

$$X=R.B/r^2$$

여기에서 r은 조사선량률 정수이며 방사선택종별로 정하여져 발표되어 있다.

끝으로 부가하고 싶은 말은 전리방사선의 측정은 전문가와 상의하여 측정하는 것을 원칙으로 하며 그러기 위해서는 동위원소와 방사선에 관한 많은 지식이 필요하다. 여기에서는 이에 대한 기초적 설명만을 한것이어서 다른 참고 서적이나 측정기기를 자주 사용하여 봄으로서 숙달되어야 한다.

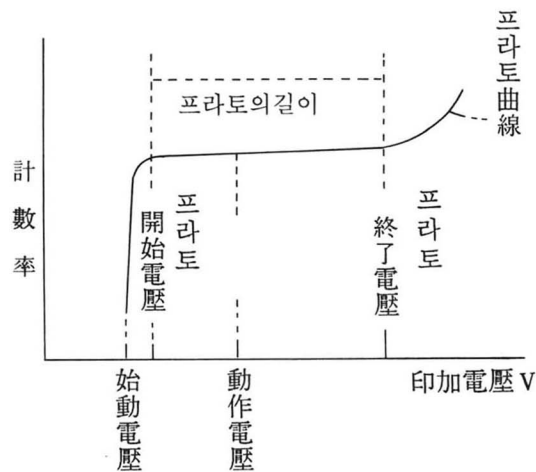


그림 1. GM관의 프라토특성