

전리방사선의 측정법 (II)

가톨릭의과대학
이 광 목

지난 호에서 전리방사선의 측정에 앞서 전리방사선에 관한 설명을 하였다. 이번호에서는 전리방사선측정기에 관한 설명을 하고자 한다. 방사선을 검출하려면 방사선이 물질에 입사되어 일으키는 효과를 포착하여야 한다. 따라서 방사선입자의 물질에 대한 작용을 포착하여야 한다. 전리방사선의 검출에 이용되는 작용은 전리작용 외에 전리 또는 여기(勵起)의 결과에 연유하는 여러가지 영향이 있다. 다음은 이 검출원리에 의하여 분류된 각 측정기 중 현재 널리 쓰이는 것에 대하여 설명하고자 한다.

가) 전리상(電離箱, ion chamber)

기체중의 전리를 측정하는 것이며 콘덴서형 전리상(콘덴서의 전위의 저하를 측정하는 것)으로서 포켓드선량계를 흔히 볼 수 있으며 또다른 형으로는 연속적으로 전류를 측정하는 전류계측형 전리상이 있다.

나) GM(Geiger-Mueller)검출기

기체중의 전리를 검출한다는 뜻에서는 전리상과 같다. 이 검출기는 비전리(比電離)가 적은 전자(β 선)나 광자(X선, γ 선)도 측정할 수 있으며 측정치는 선량이 아니며 방사선입자의 수이다.

현재 흔히 시판되는 봉지형(封止型)의 GM관(전리 가스『알곤가스』에 연속방전을 방지하기 위한 소지(消止)가스 『알콜 또는 할로겐가스』를 혼합하여 관속에 봉입한 것)은 관의 원주(圓柱)

의 한 끝이 얇은 운모의 창으로 되어 있고(단창형 GM관) 이 창으로 전자를 입사하도록 되어 있다.

GM관은 X-선, γ -선과 같은 광자에 대해서는 감도가 나쁘다. 통과하여 버리는 수가 있기 때문이다. 단창에 금속제의 cap을 씌워 측정하기도 하지만 1-2% 정도만이 계수될 뿐이다.

방사선을 취급하는 실험실에서 보통 사용되는 거치형의 GM계수장치는 주로 β -선을 계측하는 것이다. 얻어지는 단위는 단위시간당계수치(cps, cpm)이다.

재래형의 GM survey meter는 계수율에 비례하는 전압을 측정하여 계수하는 기계이다. 측정 결과는 반듯이 교정하여 준다. 최근에는 직경이 큰 GM관이 시판되고 있는데 공간 선량율의 측정이 가능하다.

다) 비례검출기

GM 검출기의 출력 Pulse는 방사선에 의한 초기전리의 크기에 관계없이 거의 일정한 균일한 크기의 pulse이다. 따라서 pulse의 수를 셈하는데에는 좋다. 그러나 초기전류의 크기를 분석하여 방사선입자의 spectrum을 추정하는 목적에는 맞지 않는다. 그런데 pulse전리상의 전압영역과 GM검출기의 전압영역사이에는 비례계수영역이라 부르는 전압영역이 있어서 여기에서 검출기를 작동하면 가스증폭현상으로 비(比)전리가 작은 방사선도 감지하게 되며 pulse는 초기전리

(방사선입자의 에너지)의 크기에 비례한다. 이러한 검출기를 비례검출기라 한다. 또 이것은 pulse를 해석하여 방사선입자의 에너지 spectrum을 측정할 수 있다.

봄베에 넣어진 전리가스를 검출기에 흐르게 하면서 측정하는 경우가 많다(gasflow 측정기). 봉지형의 기기도 있는데 대표적으로 BF_3 가스를 전리가스로 한 중성자용 비례계수관이 있다.

라) 반도체검출기

반도체검출기는 방사선에 의한 고체(반도체) 중에 생기는 전리를 측정한다. 기체의 경우는 전하의 운반체가 ion(對)인데에 반하여 이 경우는 전자-정공대(正孔對, 정공이란 positive hole의 번역어로서 절연체나 반도체 에너지대(帶)와 관련이 있는 것으로 전자에 의하여 점유되지 않고 있는 부분을 일종의 입자로 보고 전하 e를 띄고 있는 전자라 생각한다)이다. 후자는 전자보다 매체중에서의 이동속도가 빠르며 또 1개의 charge carrier를 생성하는데에 필요한 에너지가 극히 적다. 즉 같은 에너지 소비로서 10배 가까운 charge carrier를 생성한다. 그래서 반도체를 검출기로 하여 pulse계측형의 측정기(spectrometer)를 만들면 반응이 빠르고 에너지 분해능이 좋은 것이 된다는 뜻이 된다.

비전리가 큰 입자의 측정에는 Si를, X-선과 γ -선용은 원자번호가 큰 Ge이 쓰인다.

마) Scintillation 검출기

고체중에서 전리에 뒤따라 일어나는 발광현상을 잡는 것이다. 개개의 입자의 발광을 차례차례로 광전자증배관에 의해서 pulse 전류로 바꾸어 전압 pulse로서 수를 셈한다. 광전자증배관의 광전면에 첨부되는 scintillator의 종류에 의하여 각종의 방사능에 대응하게 된다.

가장 흔히 쓰이는 것으로서 Tl을 가한 NaI의 단일 결정을 알미늄계의 원통에 봉입하고 원통의 밑바닥에 유리를 끼워 이것을 광전자증배관의 광전면에 그리스로 붙인 것을 들 수 있으며 X, γ -선용으로 쓰인다. 입자 에너지가 크지 않

은 한 GM 검출기보다 감도가 좋다. 광자 에너지가 20 keV 이하인 X, γ -선에 대해서는 scintillator의 두께를 얇게 하거나 Be제의 창을 달도록 한다. 이 기기는 가격이나 취급상 용이한 점 때문에 현재 반도체검출기보다 흔히 쓰이나 에너지의 분해능이나 성능은 좋지 않다.

β -선, 전자선을 측정하기 위한 scintillator로서는 naphthalene, anthracene과 같은 결정이 쓰였다. 현재는 plastic scintillator가 쓰이고 있는데 이것은 그 크기나 형상을 자유롭게 바꿀 수가 있다. 그러나 계수를 위해서는 GM 측정기가 간편하며 spectrum 측정을 위해서는 분해능이 좋지 않기 때문에 잘 보급되지 않고 있다.

3H 나 ^{14}C 와 같이 에너지가 적은 β -선을 측정하기 위해서는 시료를 용액으로 하고 여기에 scintillator를 용매에 녹여 사용하는 소위 액체 scintillation counter가 유효하다.

α -선의 검출은 ZnS를 scintillator로 사용하며 중성자는 LiI가 사용된다.

바) 열형광선량계(thermo luminescence dosimeter)

절연결정체에 방사선이 조사되면 유리된 전자가 많은 적든 결정격자결함에 잡혀 원상으로 돌아가지 않기 때문에 이때에 방사선입자의 에너지가 결정에 비축된다. 이 결정을 가열하면 이 에너지가 형광의 형태로 방출되어 나온다. 이것을 측정하는 것이다.

여기에 사용되는 결정은 LiF, BeO, $CaSO_4$, Tm, MgB_4O_7 , Tb, Mg_2SiO_4 , Tb 등이다. 시판되고 있는 장치는 조사선량(mR)으로 되어 있다. 따라서 실효원자번호가 공기와 비슷한 LiF, BeO는 에너지 특성에 대해서는 양호하나 감도는 실효원자번호가 큰 $CaSO_4$ 에 비하여 낮다.

사) 사진유제(寫眞乳劑)

전리방사선의 사진작용은 극히 일반적으로 알려져 있다. 실제의 측정방법으로는 ① 흑화도를 측정하여 선량과 관련짓는 법 ② 현미경으로 비적(飛蹟)을 관찰하여 입자 에너지를 구하는 방

법으로 크게 나눈다.

사진유체는 Ag, Br과 같은 원자번호가 큰 물질을 포함하기 때문에 조사선량측정용 (film badge)으로서의 에너지 특성은 특히 100keV 이하의 저에너지의 광자에 대해서는 나쁘며 또 그

정상면에서는 방향의존성이 크다.

film badge는 중성자의 측정에도 쓰인다. 열중성자의 경우 Cd와 Sn filter의 두가지를 사용하며 고속 중성자는 양자의 비적을 현미경으로 관측한다.

표1. 선종별 대표적 검출기

선 종	검 출 기	비 고
α	① ZnS scintillation 검출기 ② pulse 전리상-비례 검출기 ③ Si 반도체 검출기	투과력이 적기 때문에 벽을 통과하지 않으면 측정할 수 없다. 그래서 유감부분을 노출되게 하든가 ① ③, 시료를 측정기내부에 넣는 형태로 한다②.
β	① 비례검출기-GM검출기 ② 액체 scintillation 검출기 ③ Si 반도체검출기 ④ plastic scintillation 검출기 ⑤ 사진 film	투과력이 중정도이므로 입자가 유감부분에 들어갈 수 있도록 조심한다. 상호작용을 하는 물질이 기체인 경우라도 ①, 유감(有感)부분에 들어갈 수만 있다면 검출효율은 좋다. 에너지가 적은 β -선에는 시료와 scintillator를 용액상으로 혼합하면 효과가 크다②.
X.r	① NaI(Tl)scintillation ② Ge 반도체검출기 ③ GM 검출기 ④ 전리상 검출기 ⑤ TLD ⑥ 사진 film	투과력이 일반적으로 크기 때문에 벽문제는 적으나 에너지가 50 keV 정도 이하에서는 중요한 인자가 된다.
n	① B(n, α), Li(n, α), ^3He 반응을 이용한 검출기, BF ₃ counter, B를 lining한 counter나 전리상 검출기, B를 도포한 Si 반도체 검출기, Li을 중간에 끼운 Si 반도체검출기, LiI scintillation 검출기, ^3He 계수관 ② 反跳陽子를 잡는 검출기(속중성자용) ③ 핵분열반응을 이용하는 검출기 ④ 방사화 되어 생긴 방사능을 측정하는 방법	① 핵반응단면적(핵반응이 일어날 확률)이 크고 무거운 하전입자를 방출하는 반응을 사용. 발생된 하전입자를 α -선을 측정하는 요령으로 잡는다. ② 핵분열을 사용하는 것은 고에너지를 가진 분열편(片)의 전리능력을 사용 ③ 중성자 fluence를 ϕ , 단면적 σ , target원자핵 수 N일때 생성되는 방사능 β 는 $\beta = \sigma \cdot N \cdot \phi \cdot S$ 여기에 $S = 1 - \exp(-0.693 t/T)$ 단, t는 조사시간 또는 충격시간 T는 생성핵종의 반감기 σ , N, S를 미리 알고 B를 측정하면 ϕ 를 구할 수 있다.

이상 방사선의 종류별 대표적인 측정기를 제시하였다. 실제의 측정법에 대해서는 다음 호로

미룬다.