

- 半減期 -

방사성핵종의 성질중에서 첫째로 중요한 양은 반감기일 것이다. 반감기는 매우 짧은 것 부터 긴것 까지 넓은 범위에 이르고 있다. 물질의 성질에서 넓은 범위에 미치고 있는 것으로는 전기저항이 있는데, 절연이 좋은 것은 $10^{16}\Omega\text{m}$, 금속에는 $10^{-8}\Omega\text{m}$ 라는 작은 값을 타내는 것도 있어서 그 범위는 24자리수에 이른다. 그러나 반감기는 원자핵의 여기상태를 포함시키면, 더욱더 짧은 것은 10^{-20} 초, 현재 측정된 가장 긴 반감기는 10^{21} 년으로서, 실로 48자리수의 차가 있다. β 붕괴를 보더라도 현재 측정된 가장 짧은 것은 ^{13}O 의 8.9mS (8.9×10^{-3} 초), 가장 긴것은 ^{113}Cd 의 $(9.3 \pm 1.9) \times 10^{15}$ 년으로서, 그 차는 24자리수이다.

^{48}Ca 은 10^{18} 년 이상, ^{50}V 은 4×10^{16} 년 이상이라고 보고 있으니, 그 값이 결정되면, 그 차는 30자리수로 될 것이다.

핵종의 기저상태에서 반감기가 제일 짧은 것은 ^{25}Fr 의 90ns (9×10^{-8} 초) 또는 ^{218}Th 의 100ns (1×10^{-7} 초)이며, 이들은 α 붕괴한다. 제일 긴것은 2중 β 붕괴하는 ^{130}Te 의 $(2.51 \pm 0.27) \times 10^{21}$ 년이다. 2중 β 붕괴라는 것은 전자를 2개 동시에 방출하여 원자번호가 둘 변하는 붕괴이다. ^{130}Te 은 2중 β 붕괴하여 ^{130}Xe 으로 된다.

반감기의 측정방법은, 반감기는 매우 넓은 범위를 갖고 있기 때문에, 그 수명에 따라 측정방법이 달라진다. 가장 많이 이용되는 방법은 반감기가 수초에서 10년 정도의 것을 방사선측정기로 감쇠를 측정한다. 반감기가 수년 이내의 것은 이것이 가장 확실한 방법이다.

반감기가 수초이하 ns (10^{-9} 초) 정도의 범위에 있는 것은 동시계수법이 사용된다. 가속기로부터의 선속 또는 원자로로부터의 중성자속을 펄스시켜, 이 펄스를 지연동시계수법으로 측정한다. 원리적으로는 감쇠측정법과 같다. 반감기 더 짧은 것은 핵반응에 의한 반도(recoil)를 이용하여 반감기를 측정한다. 이것은 원자핵의 여기상태의 반감기를 측정하는 방법이다. 핵종의 기조상태의 반감기는, 현재 측정된 것은 10^{-8} 초 이상으로서 동시계수법으로 측정가능한 영역이다.

반감기가 아주 길게 10년 이상으로 되면 감쇠를 기다리는데 매우 긴 시간이 필요하며, 1000년 이상으로 되면 감쇠를 기다린다는 것은 불가능하다. 이와 같은 경우에는 붕괴법칙으로 되돌아가서 $dN/dt = -\lambda N$ 식에 따라 원자수 N 라 붕괴율 dN/dt 에서 붕괴상수 λ 를 구한다. 예를 들면, 반감기 1600년의 ^{226}Ra 1mg은 1mCi이며, 4.5×10^{10} 년의 ^{238}U 1g은 0.3

μCi 이다. 다같이 질량측정과 붕괴율측정이 가능한 영역이다. 질량은 반드시 천평칭으로 측정할 필요는 없다. 질량분석기로 상대측정할 때도 있다. 이 방법의 한계는 짧은 쪽이 10년, 긴 쪽이 10^{16} 년 정도이다.

반감기가 10^{15} 년 이상인 것은 방사선측정도 별로 기대할 수 없으므로, 다음과 같은 방법으로 측정하고 있다. 암석이 생성된 후 1000만년 또는 1억년 지난 것중에서 붕괴한 핵종은, 암석속에 들어있다. 이 얼마 안되는 생성핵종을 검출할 수 있으면, 암석의 연대로부터 반감기를 결정할 수 있다. 감도가 매우 높은 질량분석기를 사용하여 ^{130}Te 의 2중 β 붕괴로 생성된 ^{130}Xe 이 측정되었다. ^{130}Te 의 반감기는 2.51×10^{21} 년이다.

반감기가 매우 긴 경우, 생성핵종량이 적을 경우, 동시에 다른 방사성핵종이 많이 만들어지는 경우 등을 제외하면, 핵종의 기저상태의 반감기를 1~3%의 정밀도를 측정하는 것은 그다지 어려운 일은 아니다. 그러나 1% 이상으로 정밀도를 올리려면, 다음과 같은 문제가 생긴다. 시료중에 들어있는 방사성불순물, 방사선측정기의 불감시간 보정, 방사선측정기의 감도 또는 펄스의 파고가 계수율과 함께 변하는 현상 등이다. 이들은 때로는 예상이상으로 오차의 원인이 된다. 특히 반감기가 1부 이하일 때와 수년 이상일 때는 주의해야 한다. ^{106}Ag , ^{154}Eu , ^{207}Bi 등 반감기가 10년에서 수100년인 것은 측정치에 큰 요동이 있는 것이 있다.

최근에, 핵연료의 비파괴검사나 연소율에서 고정도의 반감기 평가치가 요구되고 있다. 정밀과학의 발전에 따라 정도가 높은 반감기의 요구가 고조되고 있다. 이용도가 높은 핵종에 대한 반감기의 정밀측정이 필요함은 물론이고, 그 평가치를 구하는 것도 앞으로 남겨진 과제일 것이다. 참고로 표에 대표적인 반감기의 평가치를 게재한다.

핵종	반감기
^{22}Na	2.602 ± 0.02 년
^{46}Sc	83.82 ± 0.03 일
^{54}Mn	312.38 ± 0.18 일
^{60}Co	5.2721 ± 0.0024 년
^{85}Sr	64.93 ± 0.15 일
^{88}Y	106.61 ± 0.02 일
^{137}Cs	2.062 ± 0.005 년
^{203}Hg	46.68 ± 0.11 일