1.02　ベータ線測定法

ベータ線測定法は、一般的に純ベータ核種と呼ばれるガンマ線を放出しないでベータ線だけを放出する核種の測定に用いる。当該方法には、液体シンチレーション計数装置及び電離箱による測定法がある。

液体シンチレーション計数装置による測定は、ベータ線測定法として一般的なものであるが、測定可能な放射能の上限が低いため、試料の希釈及び分取を行う必要がある。これに対し、電離箱による測定法は、高エネルギーベータ線で、かつ、放射能が高い場合に有効であり、一般的に放射性医薬品を測定する場合には希釈は必要ない。

⑴　液体シンチレーション計数装置による測定法

液体シンチレーション計数装置は、液体シンチレータに測定試料を添加し、ベータ線とシンチレータとの相互作用によって生じる光を計測するものである。液体シンチレータは有機溶媒と蛍光体を主成分としたものであるが、本定量法では界面活性剤等を加え、測定試料をシンチレータに均質に分散することができる親水性のシンチレータを用いる。このとき、含水量によって相変化が生じるが、通常は、計数率が高く安定なゾルの状態で測定する。

本測定法は、測定する溶液からの分取により測定試料を調製するため、その分取は正確に行う必要がある。また、測定可能な放射能に上限があるため、分取した溶液は、適切に希釈しなければならない。さらに、液体シンチレーション計数装置のベータ線に対する計数効率は、クエンチングと呼ばれる消光効果に依存するため、その補正が必要である。

本測定法には、液体シンチレーション計数装置の一般的な定量法である外部標準法及び効率トレーサ法がある。

ⅰ　外部標準法

外部標準法は試料に外部から一定のガンマ線を照射して、生じたコンプトン電子スペクトルを測定することにより、クエンチング指標と計数効率の関係を得る測定方法である。

ア　試料調製

クエンチング標準線源

クエンチング校正曲線を作成するためにクエンチングの異なる標準線源を数本調製する。バイアルに親水性のシンチレータの一定量を加えた後、クエンチャ（強制的にクエンチングを起こさせるために添加する物質をいう。）として測定試料と同一の溶媒を、量を変化させて添加し、クエンチング効果の異なる試料を作製する。測定核種と同一核種の標準溶液から一定量正確に分取して、それぞれのバイアルに同一の放射能を滴加する。密栓後、均一に混合し、クエンチング標準線源とする。

測定試料

測定試料は、クエンチングがクエンチング校正曲線の範囲内となるように適量滴加する。また、高計数率によるパイルアップや数え落としがないように、測定試料は適切に希釈したものを用いる。このときの希釈倍率及びバイアルへの滴加液量は正確に測定する。

バックグラウンド試料

バックグラウンド試料は、クエンチング標準線源と同様の手順で、標準溶液の代わりに蒸留水等を用いて試料を作製する。

イ　クエンチング校正曲線の作成

クエンチング標準線源を測定して計数率を求める。このとき、計数領域の上限は無限大、下限は電気ノイズの影響を受けない範囲で低レベルに設定する。また、バックグラウンド試料についても同様に測定し、バックグラウンド計数率を求め、正味計数率を算出する。

また、外部線源照射によるコンプトン電子スペクトルの測定も行い、クエンチング指標Q_sを求める。一般的な液体シンチレーション計数装置は内部に外部線源を装備し、外部標準法モードを選択すれば自動的に照射される機能を持っているため、試料測定と同時にクエンチング指標も得られる。

正味計数率及びクエンチング標準線源の放射能から、計数効率を次の式によって求める。

$$\varepsilon_\beta = \frac{N_n}{A_{st}}$$

ε_β：計数効率

N_n：正味計数率（s^{-1}）

A_{st}：クエンチング標準線源の放射能（Bq）

クエンチング指標Q_{si}に対する計数効率$\varepsilon_{\beta i}$をグラフにプロットし、クエンチング校正曲線を作成する。

ウ　放射能の定量

試料より得られる計数率を求める。このとき計数領域の上限及び下限の設定は、クエンチング校正曲線作成時の測定条件と同一とする。また、バックグラウンド試料についても同様に測定し、正味計数率（N_{ns}）を求める。このとき、外部線源照射によるコンプトン電子スペクトルの測定も行い、試料に対するクエンチング指標Q_{ss}を求める。クエンチング校正曲線から、クエンチング指標Q_{ss}における計数効率を読み取り、次の式により試料中の放射能を求める。

$$A = \frac{N_{ns}}{\varepsilon_{\beta s}}$$

A：試料中の放射能（Bq）

N_{ns}：正味計数率（s^{-1}）

$\varepsilon_{\beta s}$：Q_{ss}における計数効率

一般的な液体シンチレーション計数装置では、クエンチング校正曲線のデータを内蔵メモリに登録することで、一連の解析を自動的に行うことが可能である。しかし、クエンチング校正曲線は機器の安定性に影響されるため、定期的に、あるいは必要に応じて再校正する。

ⅱ　効率トレーサ法

効率トレーサ法は、同一条件の下で標準線源と試料を測定し、標準線源の計数効率が100％となる点へ試料に対する計数効率を補外して測定試料の放射能を求める方法である。効率トレーサ法は、クエンチング効果の影響が小さいことや、測定対象核種と同一核種の標準線源を必要としないこと、即ち長半減期核種の標準線源を用いることができるという利点がある。

ア　試料調製

標準線源

効率トレーサ法に用いる標準線源は、クエンチング効果があまり大きくない条件下で100％に近い計数効率が得られる核種であれば良く、必ずしも測定試料と同一のものである必要はない。ただし、標準線源のベータ線エネルギーは測定試料のベータ線エネルギーより高くないことが望ましい。一般的に多くの核種の測定において、炭素14は半減期も長く有効である。

測定試料

測定試料は、高計数率によるパイルアップや数え落としがないように、適切に希釈したものを用いる。希釈率及び滴加量は正確に測定する。また、当該方法においては必ずしも標準線源と同じシンチレータを用いる必要はない。

バックグラウンド試料

バックグラウンド試料は、測定試料とクエンチング効果を同程度にするため、ほぼ同じ液量の蒸留水又は希塩酸溶液を滴加して作製する。