

問題 26 : ヘモグロビンの質量分析

26-1 仮に 19 世紀に生きているとした場合、ヘモグロビンの分子量を決定するためにどのような方法を用いるか？説明せよ。

タンパク質のような生体高分子の分子量決定における大きな進歩が、2002年のノーベル化学賞によって広く認知された。2002年ノーベル化学賞は、Fennのエレクトロスプレー・イオン化質量分析 (ESI MS) の開発、および田中耕一のマトリクス支援レーザー脱離イオン化-飛行時間質量分析 (MALDI-TOF MS) につながる先駆的な研究に対して贈られた。MALDI-TOF MSでは、タンパク質は紫外線を吸収するマトリクス分子の結晶中に埋め込まれた後、紫外光レーザーパルス照射により脱離イオン化する。質量 M のタンパク質からは、電荷 1 のプロトン付加タンパク質イオン $[M+H]^+$ が主イオン種として生成する。

26-2 分子量が $67,434 \text{ Da}$ (注: ドルトン。生化学分野などで分子や会合体の大きさを表す相対的質量の単位として用いられる。単位ドルトンは酸素原子の質量の $1/16$ と定義されるが、近似的には原子質量単位 AMU と同じように用いることが出来る。) のヘモグロビンを考える。脱離イオン化の後、 $[M+H]^+$ イオンを 20.000 kV で加速した。タンパク質イオンのエネルギーをジュール単位で計算せよ。(単位: クーロン \times ボルト = ジュール) (電気素量: $e = 1.60218 \times 10^{-19}$ クーロン)

26-3 加速されたタンパク質イオンは、真空にした飛行管を検出器まで 1.0000 m 飛行する。電気エネルギーはすべて運動エネルギー ($mv^2/2$) に変換された。タンパク質イオンの飛行時間が $1.3219 \times 10^{-4} \text{ s}$ と決められたとき、この飛行時間計測から求められるヘモグロビンの分子量を計算せよ。また、質量の正確さを ppm 単位で求めよ。

26-4 飛行管は 25°C にて高真空に調整されている。空気を構成する分子の平均自由行程が飛行管の長さと同じになる時の飛行管中の残留圧力を求めよ。平均自由行程の定義は問題 2 を参照せよ。空気を構成する分子はすべて球形で直径 2 \AA とする。