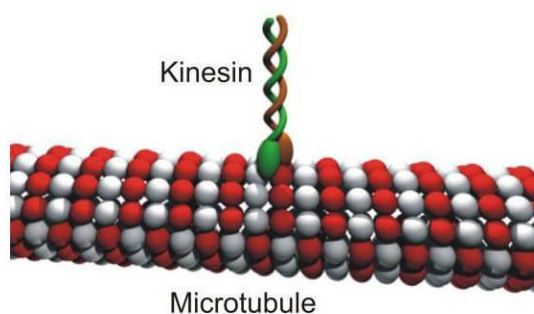


Preparatory Problems IChO 2012

Theoretical Problems

問題17. 分子モーター

分子モーターは、細胞内で様々な物質を輸送する等の目的で普遍的に使われている。キネシンは重要な分子モーター（タンパク質）の1つであり、チューブリン（タンパク質）でできている微小管(下図Microtubule)と呼ばれる繊維状の管の上を移動する。実際キネシン(下図Kinesin)は、ATP加水分解酵素であり、ATP（アデノシン三リン酸）の加水分解を動力にしている。



適当な濃度のキネシンの溶液中に長い微小管を加えたとしよう。この時、微小管に結合しているキネシン (P_{bound})、遊離しているキネシン (P_{free})、および微小管の表面にあるキネシン結合可能部位 ($Site$) について、次のような平衡を仮定する：

$$P_{\text{bound}} \rightleftharpoons P_{\text{free}} + Site$$

キネシン結合部位が微小管にどの程度占められているかは、質量作用の法則により平衡定数 K_d を使って次式のように表される。

$$K_d = \frac{[P_{\text{free}}][Site]}{[P_{\text{bound}}]}$$

ここで、 $[P_{\text{free}}]$ は遊離しているキネシンの濃度、 $[Site]$ は微小管の表面にあるキネシン結合可能部位の濃度、そして $[P_{\text{bound}}]$ は微小管に結合しているキネシンの濃度である。

いま、微小管と結合しているキネシンは、その表面を $v = 640 \text{ nm/s}$ の速さで一定方向に移動している。微小管のある所で管に対して垂直に交わる平面、すなわち横断面を想像しよう。微小管のある横断面に対するキネシンの通過率を、1秒あたりに通過するキネシンの分

子の個数として計算しなさい。(この通過率は、分子モーターが一方向に動く効率を表す。)

計算には以下の情報を使うこと。

- ・微小管には $l = 5 \text{ nm}$ につき $n = 16$ 個のキネシン結合部位がある
 - ・キネシン分子はそれぞれ独立に移動する
 - ・微小管に結合しているキネシンと遊離しているキネシンは、動的平衡状態にあるとする
 - ・平衡定数 $K_d = 0.5 \cdot 10^{-6}$
 - ・ $[P_{\text{bound}}] = 0$ のときの $[P_{\text{free}}]$ と $[Site]$ の値は、それぞれ $[P_{\text{free}}] = 100 \text{ nM}$, $[Site] = 10 \text{ }\mu\text{M}$
- (訳者補足：ただし、 M というのはモル濃度の単位で、 $1 \text{ M} = 1 \text{ mol/L}$ である。平衡定数の式における各濃度は単位 M での値で表す)