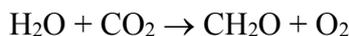


問題 2 光合成の効率

光合成は、光エネルギーを効率よく変換することができると思われている。いろいろな視点からこの事実について考察しよう。緑色植物の光合成の正味の化学反応式は以下のように表される。



ここで、 CH_2O は生成した炭水化物のことである。光合成の主な有機生成物はグルコースではないが、 CH_2O を 1/6 グルコースと考えることは一般的である。この問題の最後にあるデータを用いて、以下の間に答えなさい。

- 298 K における光合成の化学反応式(上式) の標準エンタルピーと標準ギブスエネルギーを計算しなさい。反応は光エネルギーによってのみ進行するものと仮定し、1 分子の酸素を生成するのに最低限必要な光子の数を計算しなさい。
- 標準ギブスエネルギーは、すべての気体の分圧が標準状態の圧力すなわち 1 bar であるときの値である。我々が住む大気中では、酸素の平均分圧は 0.21 bar で、二酸化炭素の平均分圧は 3×10^{-4} bar である。298 K の時、この条件下での上記の反応のギブスエネルギーを計算しなさい。
- 実際は、光合成によって酸素 1 分子を生成するのに、光子が少なくとも 10 個必要である。吸収された太陽光エネルギーがギブスエネルギーとして蓄えられる割合を計算しなさい。この値が光合成による太陽光エネルギーの変換効率と言える。
- 以下のそれぞれの場所 a), b) での、緑色植物に吸収される光子の数と、生成する植物の質量および酸素の体積を計算しなさい。植物の質量は kg 単位で、酸素の体積は 25°C 1 atm における値を m^3 単位で答えること。
 - 国際化学オリンピック (IChO) が開催される 10 日間のモスクワ
 - 5 時間の理論問題が行われるモスクワ大学 (MSU) のキャンパス
- 小問 4 のそれぞれの場所 a), b) において、地区全体に吸収された太陽光エネルギーが化学エネルギーに変換された割合を計算しなさい。この値は別の観点から考察した光合成の効率と言える。

データ：

24 時間平均の夏季のモスクワで吸収される太陽光エネルギー： $150 \text{ W} \times \text{m}^{-2}$

モスクワの面積： 1070 km^2 緑色植物が占める割合：18%

モスクワ大学のキャンパスの面積： 1.7 km^2 緑色植物が占める割合：54%

緑色植物は利用可能な太陽光エネルギーの約 10%を使用する。

太陽光の平均波長： 680 nm

物質	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$
Standard enthalpy of combustion, 標準燃焼エンタルピー $\Delta_c H^\circ_{298}, \text{kJ} \times \text{mol}^{-1}$	—	—	—	−2805
Standard entropy, 標準エントロピー $S^\circ_{298}, \text{J} \times \text{K}^{-1} \times \text{mol}^{-1}$	70.0	213.8	205.2	209.2