

第1問 (細胞生物学) 問2 の解説の補足

酸素(O₂)を発生せずにCO₂から炭水化物を生じる光合成細菌の研究から、光合成反応の過程でCO₂が分解されてO₂が生じることはないことがわかった。この発見をきっかけとして、光合成に必要な水素がH₂Oを分解することで供給され、その結果として酸素が発生することが明らかになった。後に、同位体¹⁸Oで標識したCO₂やH₂Oを用いた実験により、光合成で発生するO₂は、H₂Oに由来することが確かめられた。

光合成が逆方向に進行しないのは、大きく二つの理由による。

- 1) 光合成反応を行う場である葉緑体のチラコイド膜では、膜に埋め込まれた電子伝達系において水からNADPまで電子伝達が起こると、これに共役して閉じた膜系であるチラコイド膜の外側から内側に向かって水素イオンが輸送される。これによって形成されたプロトンの濃度勾配を駆動力として、ATPが合成されている。この時、プロトンは膜の内側から外側に輸送される。この反応を触媒するATP合成酵素は、ATPを分解するときには、チラコイド膜の外側から内側に向かってプロトンを輸送することが出来る。ところが、電子伝達系の蛋白質は、プロトンを内側から外側に向かって輸送するのと共役して、NADPHから酸素に電子を受け渡すことができない。すなわち、ATPの分解と共役したNADPHの酸化能力を持っていない。
- 2) また、炭酸同化を行うカルビン回路の酵素が触媒する一連の反応は、総合すると発エルゴン反応であり、外部からエネルギーを供給しない限り、糖を合成する方向に反応が進行する。ヴォート 生化学のTable 24-1 に示されるように、カルビン回路を構成する反応の標準状態でのギブスの自由エネルギーの変化 (ΔG°) をみると いくつかは正の値をしめすものの、反応に関与する化学種の細胞内での実際の濃度を考慮した生理学的な自由エネルギーの変化 (ΔG) はいずれの反応でも負の値をしめす。これはカルビン回路の各反応が自発的にすすむことに対応している。

TABLE 24-1 Standard and Physiological Free Energy Changes for the Reactions of the Calvin Cycle

Step ^a	Enzyme	ΔG° (kJ · mol ⁻¹)	ΔG (kJ · mol ⁻¹)
1	Phosphoribulokinase	-21.8	-15.9
2	Ribulose biphosphate carboxylase	-35.1	-41.0
3 + 4	Phosphoglycerate kinase + glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase	+18.0	-6.7
5	Triose phosphate isomerase	-7.5	-0.8
6	Aldolase	-21.8	-1.7
7	Fructose biphosphatase	-14.2	-27.2
8	Transketolase	+6.3	-3.8
9	Aldolase	-23.4	-0.8
10	Sedoheptulose biphosphatase	-14.2	-29.7
11	Transketolase	+0.4	-5.9
12	Phosphopentose epimerase	+0.8	-0.4
13	Ribose phosphate isomerase	+2.1	-0.4

^aRefer to Fig. 24-31.

Source: Bassham, J.A. and Buchanan, B.B., in Govindjee (Ed.), *Photosynthesis*, Vol. II, p. 155, Academic Press (1982).