



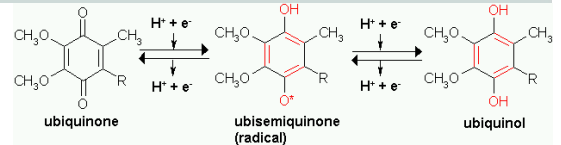
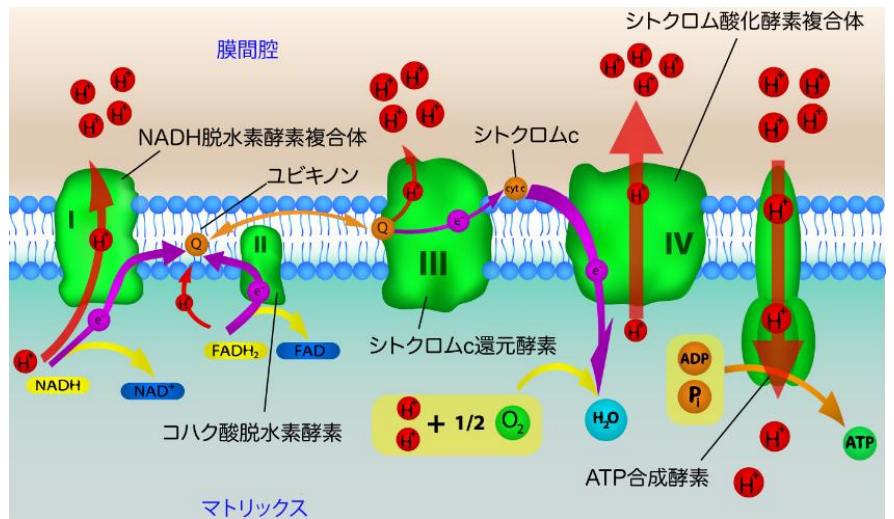
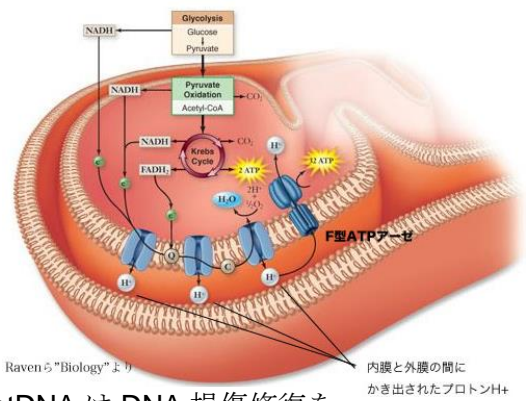
# 電子伝達鎖と ATP 合成酵素

複合体 I ~ IV、ユビキノ、チトクローム C

<https://l-hospitalier.github.io> 2020.4

【mtDNA】27 億年前、シアノバクテリアが出現、10 億年間大量の酸素を大気中に放出した。これによりミトコンドリアを使う効率の良い好気性代謝が可能となりカンブリア爆発と呼ばれる生命体の革命がおきた（「#215 バージェス動物群」参照）。ミトコンドリアはリケッチアに似た細菌の**内部共生者** (endosymbiont) で独自の環状 16kB (塩基) の **mtDNA**<sup>\*1</sup> を持ち、哺乳類では母の卵細胞からのみ細胞質遺伝 (cytoplasmic inheritance) で遺伝形質を受け継ぐ。mtDNA は DNA 損傷修復を受けないため変異が年齢とともに蓄積され、老化の重要な原因と目されている。電子伝達系で重要なのは【電子伝達鎖(呼吸<sup>\*2</sup>鎖)】と ATP 合成酵素。電子伝達鎖は右図のように**複合体 I** (NADH-CoQ レダクターゼ)・**複合体 III** (シトクロム c レダクターゼ)・**複合体 IV** (シトクロム c オキシダーゼ) と **複合体 II** (コハク酸-CoQ レダクターゼ) からなる。初めに**複合体 I** が NADH から電子を受け取って(ユビ)キノ (= CoQ、コエンザイム Q) に渡す。還元型をユビキノールと呼ぶ。

ミトコンドリア内膜に埋め込まれた電子伝達系

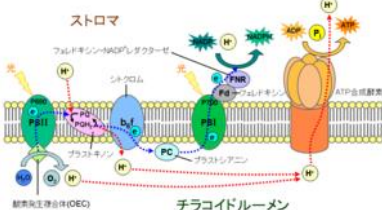
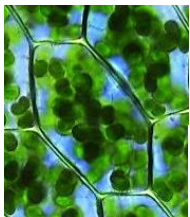


感染対策の基礎知識

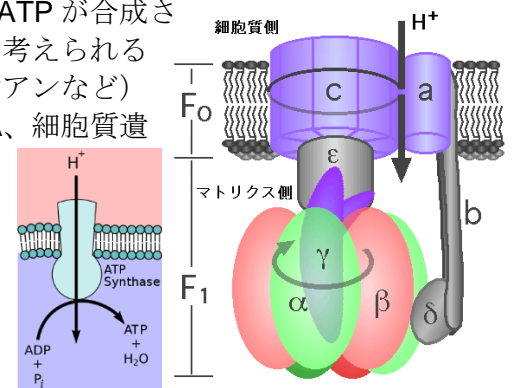
#236

これはさらに電子を**複合体 III**に渡し、次いで電子をシトクロム c に渡す。最後にシトクロム c から**複合体 IV**に電子が渡され、酸素と反応して水が生成、電子伝達が終了。この間、電子の通過で**複合体 I, III, IV**は  $H^+$  を膜間腔へ汲み出す。**複合体 II** (コハク酸脱酸素素) はコハク酸を酸化してフマル酸とし FAD を介してキノに電子を渡す**複合体 I** の並列経路【ATP 合成酵素】電子伝達鎖が作った  $H^+$  濃度勾配の解消は ATP 合成と共役している。濃度勾配を解消しようと、 $H^+$  は ATP 合成酵素 (F1F0-ATPase、右下図) の分子内を通してマトリックスに流入。逆にこの酵素は ATP を加水分解することで  $H^+$  勾配も作れる。酵素は回転子と、固定子に分かれ、 $H^+$  はまず膜間腔側から ATP 合成酵素の a サブユニット内に入って c サブユニットに結合し、最終的に a サブユニットからマトリックス流入。 $H^+$  が c サブユニットに結合すると c・ε・γ サブユニットが回転。γ サブユニットが回転すると αββ3 サブユニットの立体構造が変化し、それに伴って ADP から ATP が合成される。

【葉緑体 Chloroplast】はミトコンドリアの相同と考えられる半自律性細胞器器官。色素体 (プラスチド、白、紅色、シアンなど) の一種。クロロフィル (葉緑体、左図) を持ち独自 DNA、細胞質遺伝などミトコンドリアと相同。カルビン<sup>\*3</sup>・ベンソン回路で色素体が吸収した光エネルギーで  $CO_2$  を固定して酸素を放出、NADH や ATP 合成の起点となる。



カルビン・ベンソン回路で色素体が吸収した光エネルギーで  $CO_2$  を固定して酸素を放出、NADH や ATP 合成の起点となる。



<sup>\*1</sup> 原因は不明だが mtDNA の暗号は全ての原核生物と真核生物で用いられている標準的なものとは異なる。<sup>\*2</sup>「呼吸」は生物学では息を吸ったり吐いたりではなく「基質を代謝してエネルギーを得ること」。<sup>\*3</sup>カルビンは 1961 年ノーベル賞