

## ■「酵素の仕事」シリーズ

### 6) スーパーオキシドディスムターゼ

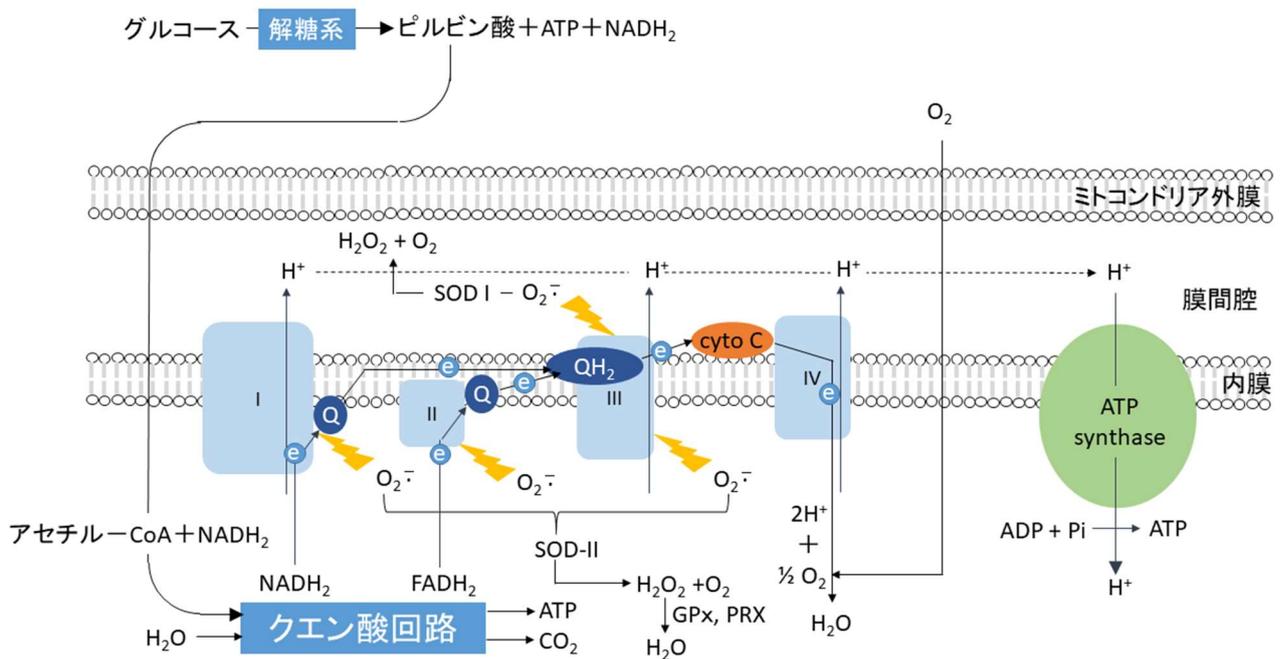
#### はじめに

SOD (Superoxide dismutase: スーパーオキシド不均化酵素—過酸化水素と酸素に不均化する酵素) は、生物が酸素を使ってエネルギーを生み出すために必要な酵素の一つです。必要な酵素といってもエネルギーを生み出すことに直接関与する訳ではありません。生物がエネルギーを作る仕組みを通して SOD の役割をご紹介します。

#### エネルギー生産の仕組み

人間も含め地球上の多くの生物は酸素がないと生存できません。それは、生物が生きていくためのエネルギー生産に必要だからです。真核生物にはミトコンドリアと呼ばれるオルガネラ (細胞小器官) があり、真核生物が生存するために欠かせないエネルギーを生産する場所となっています。ミトコンドリアには外膜と内膜があり、内膜にエネルギーを産生するための仕組みがあります。細胞はグルコースを取り込んで細胞内の解糖系によってピルビン酸に変換します。これは嫌気性の反応で、その際に 2 分子の ATP (アデノシン三リン酸) が作られます。また、呼吸によって取り込まれた酸素と生じたピルビン酸は反応してアセチル-CoA となり、ミトコンドリアのクエン酸回路の流れに入り込んでいきます。その過程でクエン酸やシスアコニット酸、イソクエン酸、 $\alpha$ -ケトグルタル酸、スクシニル-CoA、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸、オキサロ酢酸を経て、再びクエン酸となります。その間に 2 分子の ATP が作られます。このクエン酸回路が回る過程で NADH (ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド/還元型) と FADH (フラビンアデニンジヌクレオチド/還元型) という補酵素が生産されます。これらの補酵素はミトコンドリア内膜上に存在する電子伝達系に電子を渡し、生じたユビキノ (Q) の還元体であるユビキノ

ール (QH<sub>2</sub>)からチトクローム C に電子が流れることでチトクローム C が還元され、それが複合体 IV で酸化されて電子が酸素に渡されることにより、水が生じます。これらの工程により内膜と外膜の間のプロトン濃度が上昇していきます。この膜間腔と内膜側のプロトンの濃度勾配により、プロトンは ATP Synthase (ATP 合成酵素) を通って内膜側に流れ込むことによって 34 分子の ATP が作られます (下図)。



## SOD の役割

この電子伝達系からは、漏れ出した電子によって酸素が一電子還元され、活性酸素種であるスーパーオキシドが発生します。スーパーオキシドは極めて反応性が高く、遺伝子や近くのタンパクを攻撃し損傷を引き起こします。生体のスーパーオキシドの約 90% 程度はミトコンドリアで生じるとされています。それらスーパーオキシドは、スーパーオキシドディスムターゼ (SOD-I、SOD-II) により活性の低い過酸化水素と酸素に分解されることにより、遺伝子やタンパクをスーパーオキシドから守ります。生じた過酸化水素は GPx (グルタチオンペルオキシダーゼ) や PRx (ペルオキシレドキシン) によって水に変換されます。このような仕組みを持つことにより、真核細胞は活性の高い酸素を

利用することができ大量のエネルギーを生産するシステムを確立することができたと言えます。なお、ミトコンドリアは真核細胞に  $\alpha$ -プロテオバクテリアが入り込んで共生関係になって高機能化したものと考えられています。

弊社では SOD 様活性の受託分析を行っています。