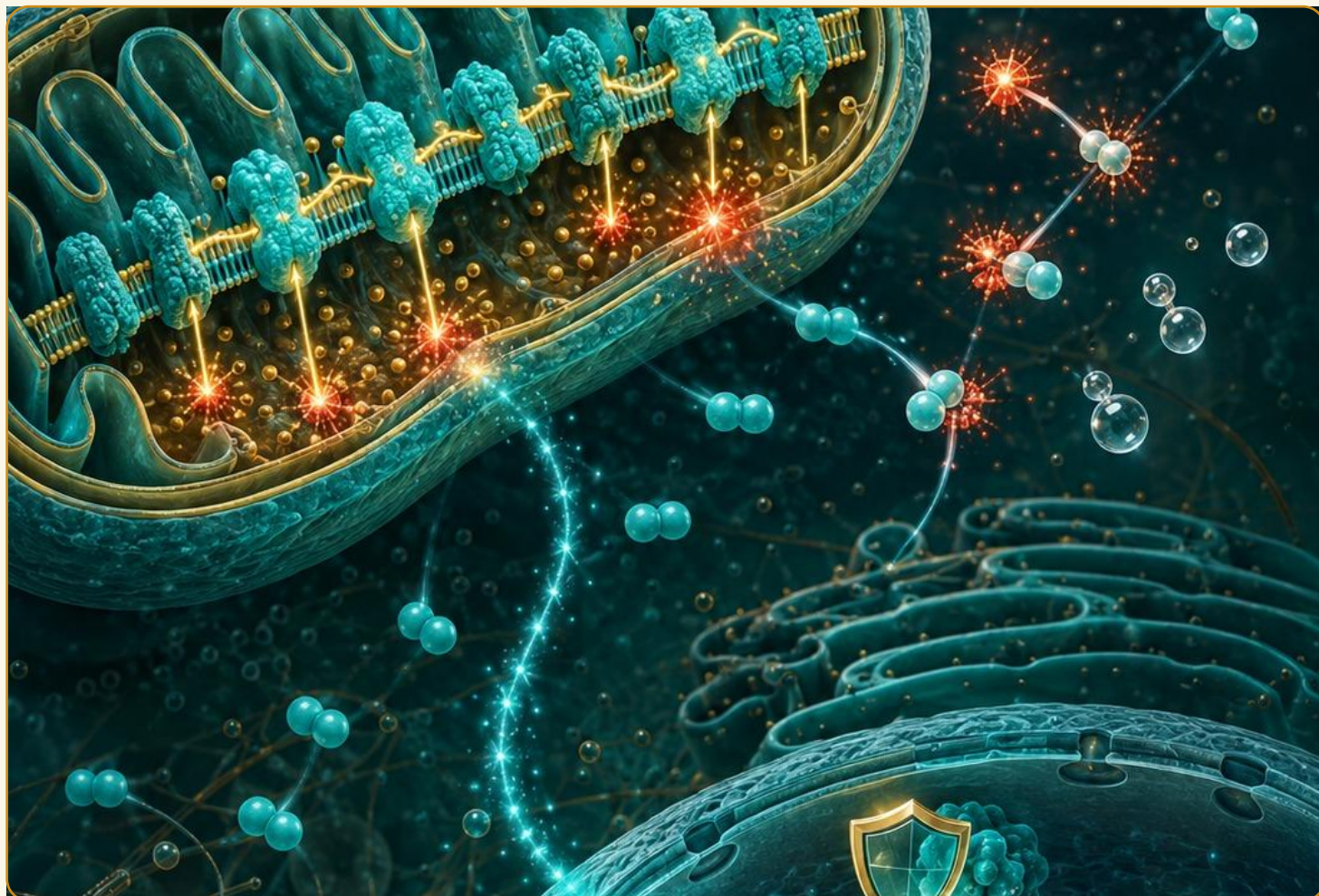


善玉活性酸素と悪玉活性酸素

通称を、生理的ROS「酸化ユーストレス」と過剰ROS「酸化ディストレス」に分けて理解する



善玉活性酸素＝生理的ROS

少量・局所・短時間に発生
免疫細胞が病原体を攻撃
細胞内の情報伝達を担う
運動適応・血管反応・遺伝子発現
H2O2などが濃度管理されて働く

悪玉活性酸素＝過剰ROS

大量・広範囲・長時間に発生
・OH等の高反応性種
脂質・蛋白質・DNAを損傷
慢性炎症とミトコンドリア障害
生成量が抗酸化能力を上回る

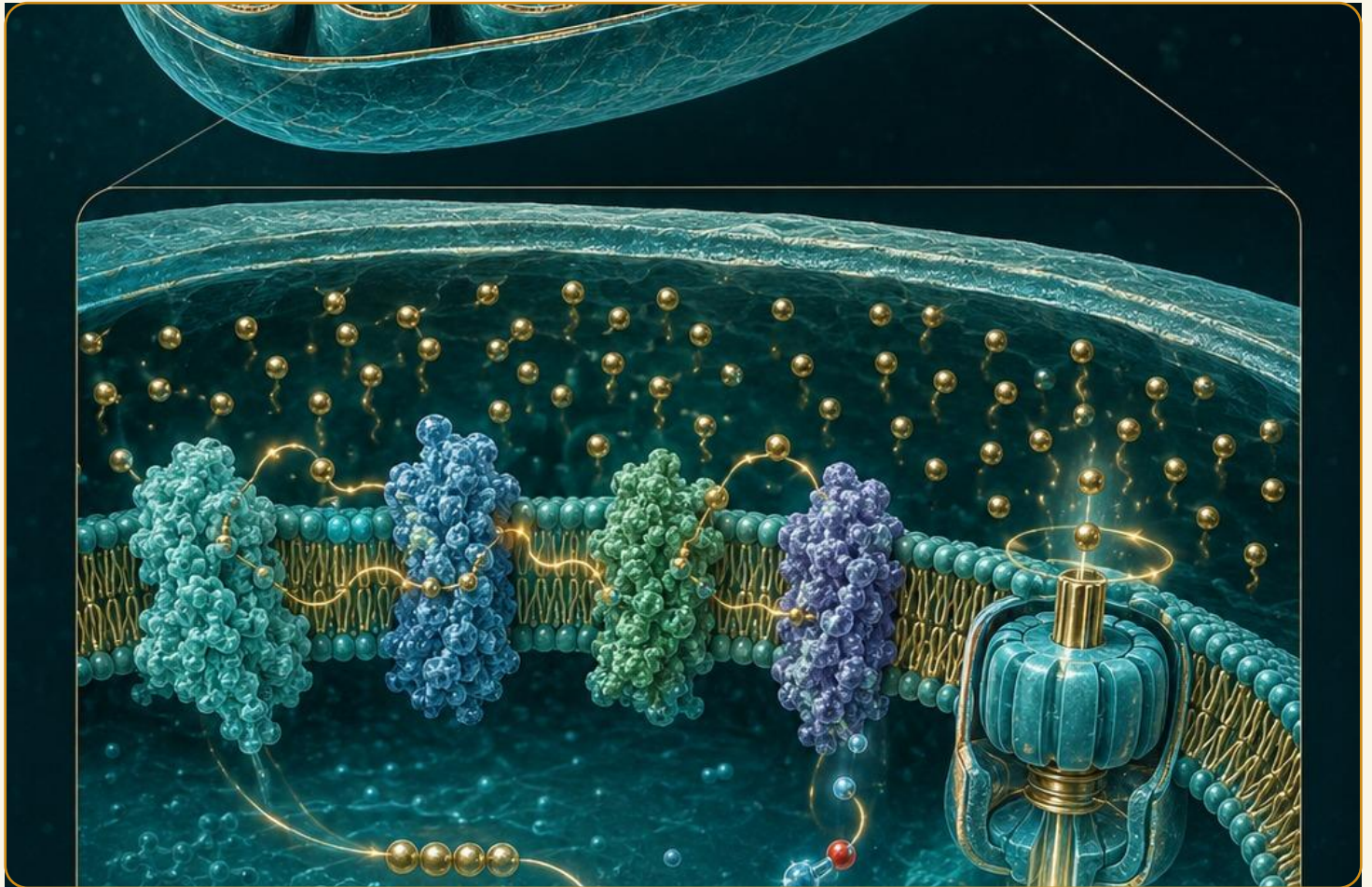
大切なのは「種類」だけでなく、量・場所・時間

同じH2O2でも低濃度では情報伝達、高濃度では障害になり得ます。「善玉」「悪玉」は分子の固定分類ではなく、生理的範囲か、過剰な酸化ストレスかを説明するための研修用表現です。



活性酸素が作られるメカニズム

ミトコンドリア・免疫反応・酵素反応から常時生じ、通常は抗酸化系が処理する



① ミトコンドリア

電子伝達の一部が O_2 へ漏れる
スーパーオキシドが発生
SOD2が H_2O_2 へ変換
過剰時は $\cdot OH$ 等の障害へ

② 免疫・炎症

NADPHオキシダーゼがROS産生
好中球等が病原体を攻撃
慢性炎症では産生が長期化
組織障害が追加ROSを生む

③ その他の発生源

小胞体・ペルオキシソーム
キサンチンオキシダーゼ
鉄・銅によるFenton反応
薬物代謝・虚血再灌流

$O_2 \rightarrow O_2 \cdot^- \rightarrow H_2O_2 \rightarrow H_2O$ (SOD、カタラーゼ、GPxが処理)
鉄イオン等が関与すると $H_2O_2 \rightarrow \cdot OH$ が生じ、近接する脂質・蛋白質・DNAを素早く酸化。
ATP産生そのものを止めるのではなく、生成と除去の釣り合いを保つことが重要です。



思考習慣・生活環境が酸化負荷を高める

単独の原因ではなく、神経・ホルモン・炎症・代謝を通じて複数要因が重なる



思考・心理ストレス

反すう・不安・怒りの持続
交感神経・HPA軸の長期化
コルチゾール反応の乱れ
炎症とミトコンドリアへ影響

生活習慣

睡眠不足・概日リズムの乱れ
喫煙・過量飲酒
過食・高糖質・加工食品偏重
運動不足／極端な過運動

生活環境

紫外線・放射線
大気汚染・微粒子
職業性化学物質
感染・慢性炎症・一部薬剤

心理的ストレスは自律神経、内分泌、免疫、睡眠、行動を介してミトコンドリア機能や酸化ストレス指標に関連します。個人差が大きいため、睡眠・喫煙・食事・運動・疾患も含めて評価します。



活性酸素を過剰にしない方法

身体本来の酵素系を支え、発生源を減らし、回復できる生活リズムを作る



体内の抗酸化酵素

SOD : $O_2 \cdot -$ を H_2O_2 へ
 カタラーゼ : H_2O_2 を 水 + 酸素 へ
 GPx : GSH を使い過酸化物を還元
 グルタチオン系が再生循環

生活で発生源を減らす

禁煙・受動喫煙回避
 紫外線対策・大気汚染回避
 適量運動と十分な回復
 睡眠時間と規則性を確保

材料を食事から

野菜・果物・豆・全粒穀物
 魚・ナッツ・良質な脂質
 ビタミンC/E、カロテノイド等
 単一サプリ大量摂取に偏らない

思考習慣を整える実践

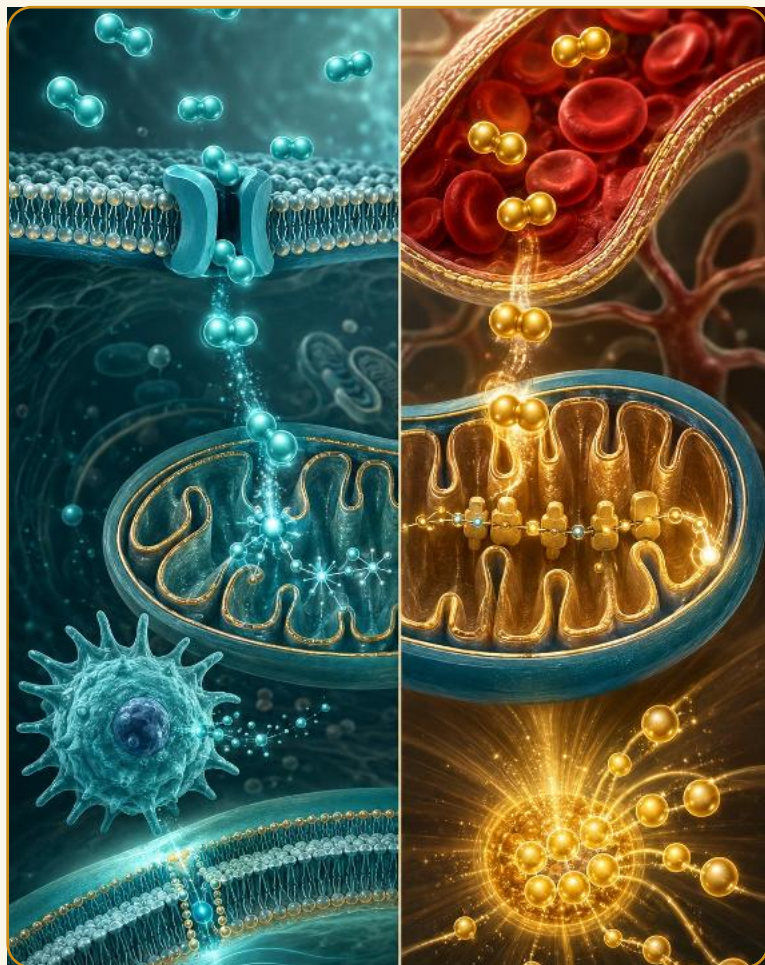
①反すうに気づく ②呼吸をゆっくり整える ③問題と感情を書き分ける ④睡眠前に情報を遮断
 ⑤散歩・自然・対話で回復時間を作る。これらは直接の「活性酸素消去薬」ではなく、
 慢性的なストレス反応と生活行動を整えるための土台です。

発生源を減らす × 防御系を支える × 回復時間を確保



水素吸入による活性酸素最適化メカニズム

H2は善玉ROSを維持しながら、過剰な酸化障害・炎症・細胞応答を調節する



① 高反応性ROSへの選択的作用

・OHや脂質ラジカル連鎖に介入
 簡略式： $H_2 + 2 \cdot OH \rightarrow 2H_2O$
 酸化脂質の生成を抑制
 細胞膜・蛋白質・DNAを保護

② 抗酸化防御を活性化

Keap1-Nrf2系を調節
 抗酸化酵素・GSH系を支える
 NF- κ B等の炎症シグナルを調節
 ミトコンドリア恒常性を維持

③ 善玉ROSを残す選択性

H2は多くの生体分子と反応しにくい
 全ROSを無差別に消去しない
 免疫・情報伝達のROSを維持
 過剰ROS側の酸化負荷を軽減

研修用の説明

「水素は活性酸素を全部消す」のではなく、善玉ROSの働きを保ちながら、悪玉化した過剰ROS、脂質過酸化、炎症・レドックス応答を調節します」と説明します。水素の小さな分子は、細胞膜を通過してミトコンドリア周辺まで拡散し、全身の酸化還元バランスを整えます。

- ・ Sies H. H₂O₂ as a Redox Signaling Molecule. PMID 28110218
- ・ Sies H, et al. ROS as Physiological Signaling Molecules. PMID 32231263
- ・ Ohta S. Molecular Hydrogen and Radical Reactions. PMID 32767925

結論

水素吸入は、善玉ROSを残し、悪玉ROSによる酸化負荷を選択的に最適化する。

