

酸化による老化



老化と「酸化」には深い関係があるといわれている。ここからは、酸化について詳しくみていきましょう。

(1) 「酸化」ってなに？

酸化とは、一体どんな現象を指すものなのでしょうか。例えば、りんごの褐変（りんごを切って空気に触れさせると切り口が茶色に変わる）や金属のサビなどが日常生活でよく見られる酸化反応だ。

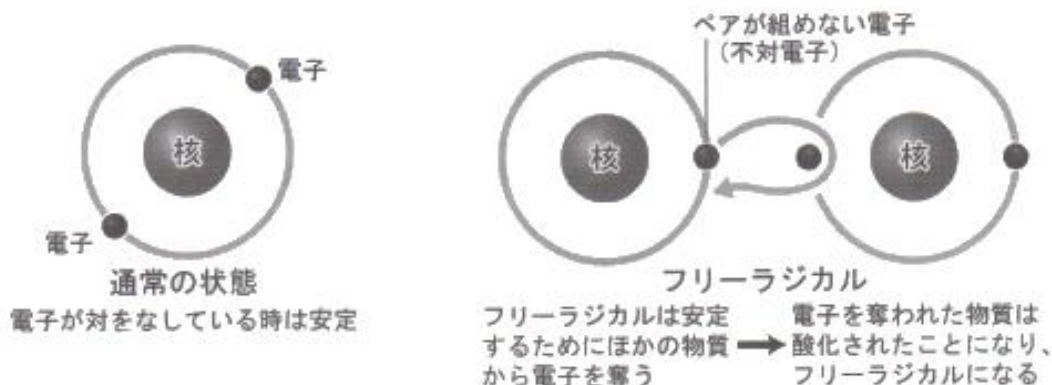
このように酸化反応と聞くと、酸素による化学反応のことが最も身近だが、それだけではない。実は、「原子」や「分子（原子の結合体）」がもつ「電子」が奪われる化学反応もすべて酸化反応と呼ばれる。

私たちの体や身の回りにあるあらゆる物質を構成する最小単位は、原子だ。原子は原子核を中心に、その周りを電子が回っている構造をしている。通常、電子は1つの軌道に2個ずつ対になっている時に安定している。しかし、何らかの要因で電子が1個奪われると、その物質は酸化されたことになる。

このように電子が1個しかなく、ペアを組めない電子（不対電子）を持つ原子や分子を、科学用語で「フリーラジカル」という。フリーラジカルは、電子を奪われて（酸化）生成されることもあれば、電子を受け取って生成されることもある。

フリーラジカルは不安定で反応性が高いので、ほかの原子や分子とすぐに反応して、電子を奪って安定しようとする。電子を奪われ酸化された原子や分子は、自分もフリーラジカルになり、ほかの分子を酸化させようとすることがある。こうした酸化反応は、ときに次々に連鎖して起こる。この酸化作用がフリーラジカルの大きな特徴だ。

—図3 フリーラジカルとは—



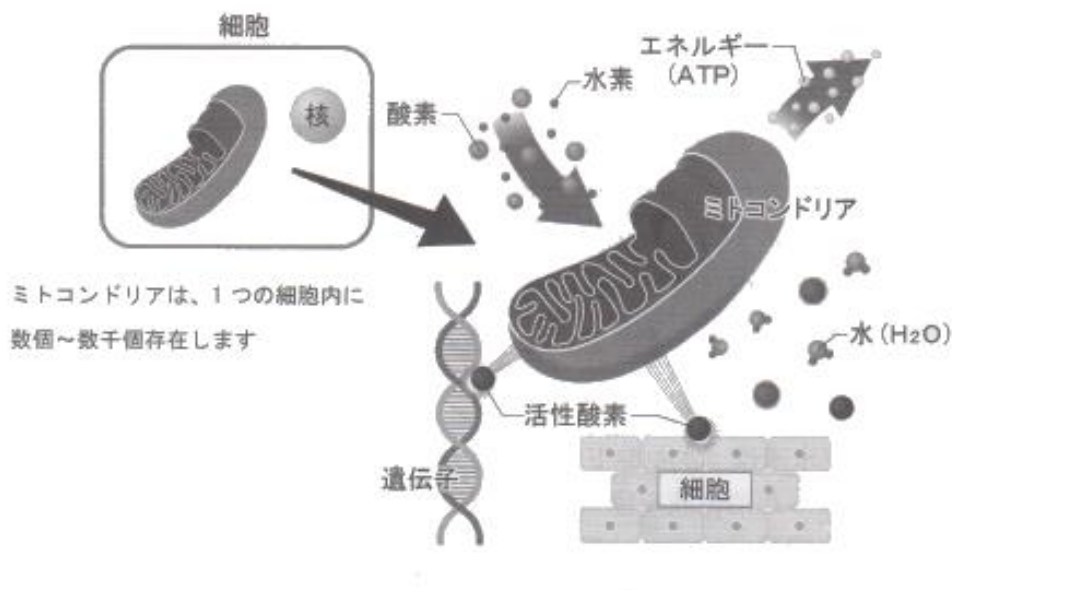
②ミトコンドリアから老化する！？

私たちの体の中でも、フリーラジカルは生み出されている。その代表格が「活性酸素」だ。活性酸素は、紫外線などの光によって発生するものや呼吸によって消費する酸素から生まれるものがあるが、ここでは、呼吸によって生まれる活性酸素について見ていく。

呼吸による活性酸素の発生源は、細胞内のエネルギー（ATP）産生工場「ミトコンドリア」だ。体内に取り込まれた酸素は、全身の細胞へと運ばれ、エネルギー代謝を行うための材料として使われる。しかし、その中の約2%がエネルギー代謝の過程で異質な酸素に変わってしまう。この酸素は電子の数が1つ半端で不安定な状態なので、電子の状態を安定させようと、正常な細胞から電子を奪おうとする。このように活性が高い酸素を活性酸素という。活性酸素から電子を奪われた細胞は正常な活動ができなくなり、やがて死滅する。これが老化の原因になる。

このように、活性酸素はミトコンドリアから発生し、徐々にパワーを強化しながら、細胞や血管、遺伝子に攻撃をしていく。

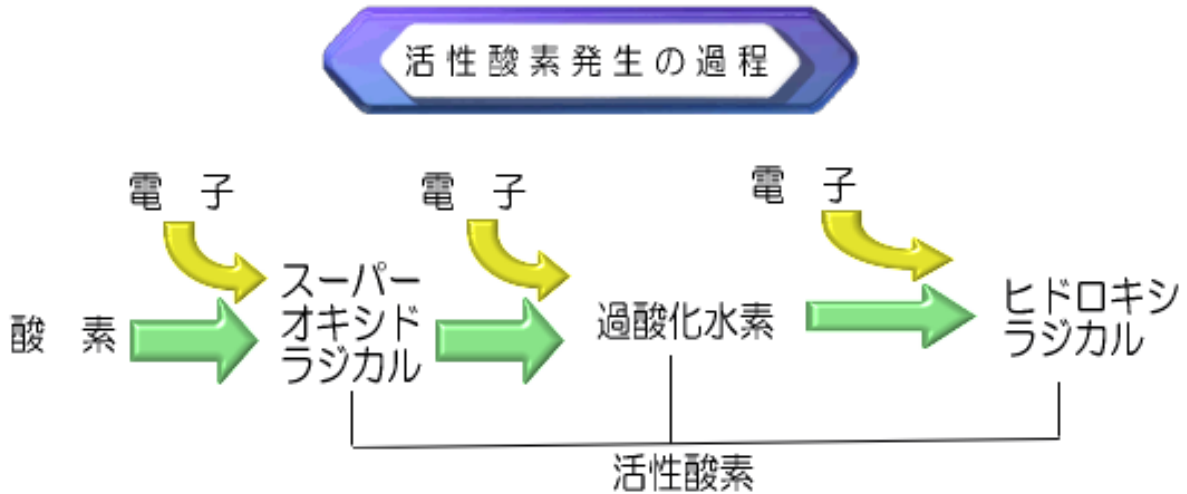
—図4 活性酸素の発生と動き—



ミトコンドリアでのエネルギー産生の過程で生じた活性酸素は、細胞や血管、遺伝子に攻撃をしていく

(3) 3つの活性酸素

代表的な活性酸素には「スーパーオキシドラジカル」「過酸化水素」「ヒドロキシラジカル」がある。これらの活性酸素は、いわばエネルギー代謝の副産物として発生する。



〈第1の活性酸素：スーパーオキシドラジカル〉

酸素が1つ電子を受け取り不安定な状態を「スーパーオキシドラジカル」という。体内では最初に生成される活性酸素だ。不対電子を持つフリーラジカルだが、反応性は比較的低いため、直接の傷害因子にはなりにくいといわれている。ただし、次に述べる過酸化水素という強力な活性酸素の生成源につながるのが特徴だ。

〈第2の活性酸素：過酸化水素〉

細胞内で発生したスーパーオキシドラジカルが電子を1つ受け取ると「過酸化水素」へ変身する。これが第2の活性酸素だ。不対電子を持たないのでフリーラジカルではない。しかし、過酸化水素は反応性の高い活性酸素である上、細胞膜を通過できるので、発生場所から離れた部位に達し、さまざまな物質に対して強力な酸化反応（例えば、りんごの褐色反応のような反応）を起こしうる性質がある。

また、過酸化水素は「オキシドール」とも呼ばれ、消毒液に使われている。過酸化水素が入った消毒液を傷口にかけると白い泡ができるが、これは過酸化水素が傷口の細菌を酸化し、殺菌している表れだ。活性酸素は悪いイメージもあるが、このように活性酸素の酸化力を利用したものもある。

〈第3の活性酸素：ヒドロキシラジカル〉

過酸化水素がさらに電子を1つ受け取ると、「ヒドロキシラジカル」という酸化力が最も高い活性酸素

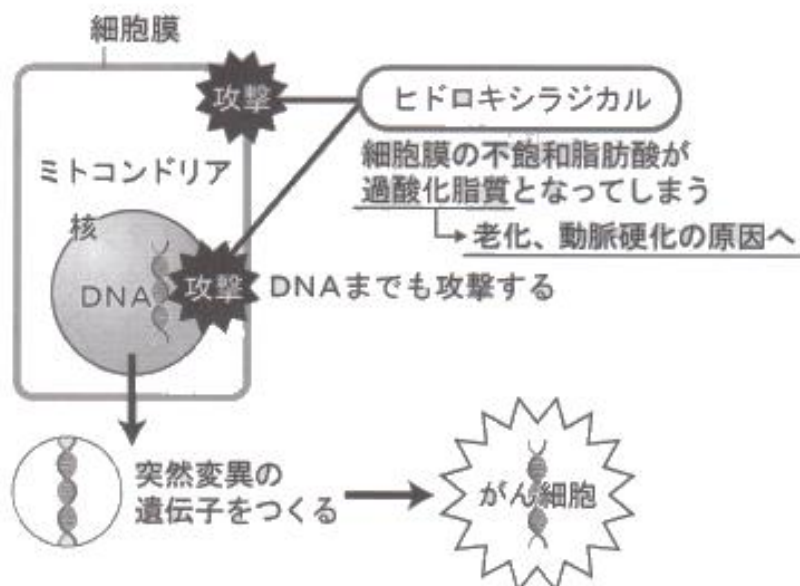
になる。ヒドロキシラジカルは人体にとって最も有害なフリーラジカルといわれ、その高い反応性から、生体内で発生すると脂質やタンパク質、DNA などさまざまな生体成分を攻撃し、やがて脳や臓器など全身の機能を低下させていく。

〈ヒドロキシラジカルによる細胞への攻撃〉

細胞膜は、不飽和脂肪酸という脂質が含まれていて、ヒドロキシラジカルなどによって酸化されると、「過酸化脂質」と呼ばれる、生体にとって極めて有害な物質になってしまう。細胞膜は、細胞や小器官を仕切る壁としてのみならず、生理活性物質として膜表面の受容体となっている。したがって、この細胞膜が過酸化脂質になると、膜構造の破壊だけでなく、そこで働く受容体などの機能もダメージを受けることになり、あらゆる細胞の老化につながっていく。

さらに、ヒドロキシラジカルは細胞核の中にある DNA を攻撃していく。DNA は、遺伝情報を持つ遺伝子の元になるものなので、ヒドロキシラジカルによって攻撃を受けると突然変異の遺伝子を作り出してしまふ。この変異した細胞の一種が、がん細胞だ。ヒドロキシラジカルは、がん発生原因の1つとして考えられている。

—図6 ヒドロキシラジカルによる細胞への攻撃—



(4) 活性酸素は、何が原因で増えるの？

活性酸素は、紫外線やたばこ、ストレス、激しい運動、食品添加物、大気汚染など、さまざまな要因が引き金になって発生する。



〈激しい運動で活性酸素が増えるってほんと！？〉

健康管理において多くのプラス要素をもたらす運動だが、実は有酸素運動と無酸素運動のどちらも多くのエネルギーが必要なため、活性酸素を発生させてしまう。特に、激しい無酸素運動は、発生量を増やすと考えられている。

しかし、運動をある期間継続することによって、体は抗酸化酸素を多く作るようになり、活性酸素除去能力が高まる。また、日ごろから運動不足だと、細胞内で活性酸素が発生しても抗酸化酸素が素早く対処しにくくなるため、運動習慣によって抗酸化酸素をつくる細胞を適度に鍛える必要がある。

〈ストレスから体を守る免疫反応が活性酸素をつくる！？〉

私たちの体には、細菌やウイルスなどの外的やさまざまなストレスに対して体を守るための免疫機能が備わっている。免疫をつかさどる細胞は、血液中に存在する白血球だ。白血球のうち、好血球やマクロファージと呼ばれる細胞が働く際、細菌やウイルスなどを攻撃するための武器として活性酸素をつくる。この働きは、免疫機能を維持するために自然に起こる現象だ。

しかし、免疫細胞が生み出す活性酸素は、周囲に飛び散るため、外敵のみならず、正常な細胞まで酸化させてしまう。また、免疫が過剰に反応し、活性酸素が大量に発生されると、自己免疫疾患をはじめとする炎症反応が起きてしまう。

(5) 活性酸素と戦うしくみがある！？

人間の体は、活性酸素を処理する機構を備えている。その1つが、抗酸化酵素だ。これが多い程、老化が抑えられる。

全身の細胞に配備されている抗酸化酵素の中で、第一線で働くのは「スーパーオキシドジスムターゼ」という酵素だ。通称「SOD」と呼ばれている。

SODは、スーパーオキシドラジカルを過酸化水素に変換する。過酸化水素も活性酸素だが、細胞には過酸化水素に働きかける「カタラーゼ」と「グルタチオンペルオキシターゼ」という酵素が備えられているため、活性酸素が細胞内で発生したとしても、その影響を最低限に抑えることができる。

ただし、活性酸素が作られるスピードは消去するスピードより速いため、どうしても活性酸素は体内に残るといわれている。そのため、こうして体内に残った活性酸素が老化やさまざまな病気に関連しているのではないかと考えられている。

また、第1の酵素であるSODの働きは、年齢と共に衰えていき、一般的に40代を過ぎるあたりから一気に低下していく。そのため、加齢に伴い、細胞内に発生した活性酸素を素早く処理できずに、活性酸素が増えやすくなっていく。

