



抗酸化物質は体によいのか

メタデータ	言語: jpn 出版者: SAMA企画 公開日: 2016-04-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 安居, 光國 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008634



抗酸化物質は体によいのか



安居 光國
YASUI Mitsukuni



はじめに

抗酸化という言葉はテレビの健康特集で聞く機会が多くなり、「体が鉄のように錆びるとよくないのでそれを防ぎましょう」と例えられていることが多いようです。そのため食品やサプリメントで抗酸化物質を摂ることを推奨しているようですが、多くの人にとって効果が期待できないばかりか、量が過ぎると副作用に悩まされることとなります。なぜなら体の中には本来の抗酸化システムがあり、外部からの手出しが悪い結果を生むからです。ところで、人間をはじめ多くの生き物は空気中の酸素を吸って生きているので酸素はとても大事だと思っていますが、酸素は呼吸だけに使われていません。それでは、酸素について生命の歴史から紐解いていきましょう。



地球の歴史と酸素

はるか 46 億年前、地球が誕生したときの大気には酸素はごく微量（現在の 1 万分の 1）しかありませんでした。その後 40 億年前に生物が現れましたが、それらは酸素を必要としない微生物でした。まもなく、らん藻が現れ光合成を開始し、太陽の光を使って水を分解して酸素を作り出しました。このころの大気中の酸素濃度は 0.02 %、二酸化炭素濃度は 10 気圧ほどもあり、二酸化炭素ばかりと言えるほどでした。つまり、そのころの生物にとっては、光合成で生まれた酸素は反応性が高すぎるために猛毒であり、すぐに排出していたのでしょう。こうした先カンブリア期に、らん藻が繁茂し地球上の酸素濃度を 0.2 % まで引き上げました。そして毒物であり捨てられていた酸素に太陽からの強烈

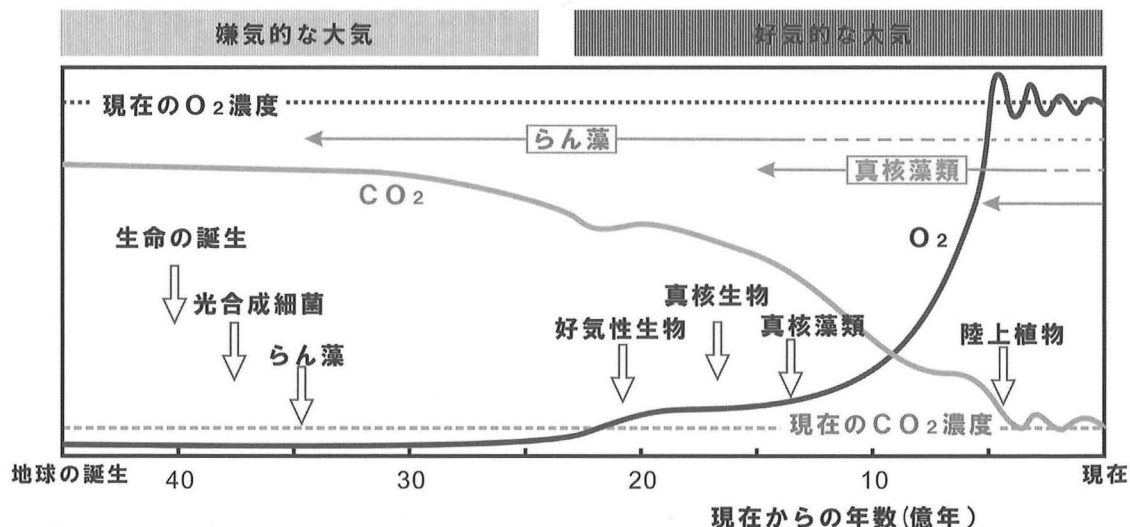


図1 酸素濃度曲線

<http://www.research.kobe-u.ac.jp/rcis-kurcis/KURCIS/kawai-home/seaweed-kobe/04-11/p06.html>



な紫外線が反応し、オゾンを作り出しました。このオゾン層によって紫外線が弱まり生物へのダメージが減少し、光合成がより活発になり、急激に酸素濃度が上昇しました。ほぼ現在のオゾン濃度になったのは5億年前で、陸上に生物が上がり、酸素を利用できる生物が出現しました(図1)。酸素濃度も、このころには現在と変わらない20%にもなりました。常圧、室温では蒸留水・海水1リットルに約10mg弱の酸素が溶け込んでおり、空気の数十分の1ですが、水生生物も酸素を利用できます。私たちは、体の細胞にあるミトコンドリアが酸素を利用して、エネルギーを獲得するシステムを持っています。

酸素も毒になる

酸素は私たち人間にとって生命の維持に欠かせないものです。もっとも消費するのは脳で取り込まれる酸素の1/4も消費します。そのため、1分間血

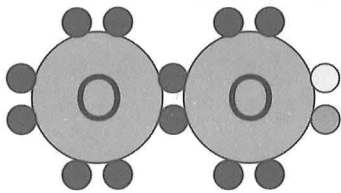
流が遮断されると神経細胞が死滅し始め、数分で脳細胞がもとに戻らないと言われています。しかし、酸素が過剰でも障害がおこります。

19世紀のフランスの科学者、ポールバールがイヌによる実験を繰り返し、酸素を体内に過剰に吸い込むと、強直性のけいれん発作を引き起こす病態を報告しています。これをポールバール効果といいます。いわゆる「急性酸素中毒」と呼ばれるものです。また、マウスを50%もの高濃度の酸素で飼育すると、寿命が1/3に縮まります。人間も100%酸素のもとで過ごすと、皮膚や肺に障害を受け、胸痛、咳、肺水腫、充血などが起こります。

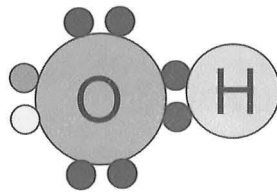
酸素は活性酸素になる

酸素分子が不安定で、より反応性の高い状態になったものが活性酸素です。化学的に正確に説明すると難しくなるので、おおまかにお話をします。酸素の原子番号は8ですから陽子を8個もって

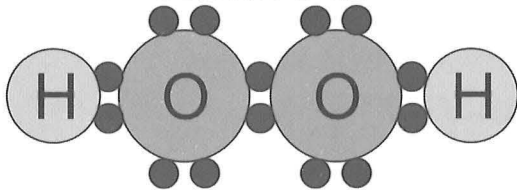
スーパーオキシド



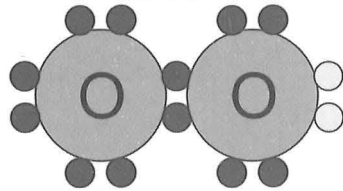
ヒドロキシルラジカル



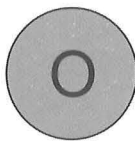
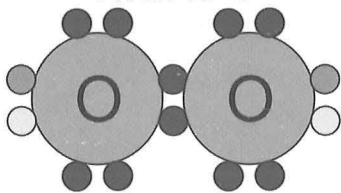
過酸化水素



一重項酸素



酸素分子



酸素原子核

● 電子



水素原子核

● 不対電子

○ 空の軌道

図2 酸素分子と活性酸素種
<http://hobab.fc2web.com/sub2-dennsihaichi.htm>

り、電子も8個持っています。その8個の電子のうち6個は2個ずつがペアをつくって仲良しなのですが、あと2個がペアを作らずに独立しています(不対電子)。そして、この2個の電子がいつも相手を探しています。そして、残された電子が1つだけになったときは、さらに反応性が高くなりフリーラジカルと呼ばれます。

次に、酸素原子が2つ結合した酸素分子は反応性が少し低いのですが、酸素分子が不対電子を捕獲することによってスーパーオキシド、ヒドロキシルラジカル、過酸化水素、という順に活性酸素(種)が生成します。ところで、一般に活性酸素とフリーラジカルは混同されることが多いですが、活性酸素にはフリーラジカルとそうでないものがあります。スーパーオキシドアニオンラジカルやヒドロキシルラジカルはフリーラジカルですが、過酸化水素や一重項酸素(励起状態の酸素分子)はフリーラジカルではありません。また、広義の活性酸素には一酸化窒素、二酸化窒素、オゾン、過酸化脂質などを含みます。



活性酸素は両刃の剣

酸素と結合することを酸化と呼びますが、ときには燃焼と表現するように制御が難しいものです。そのため、酸素呼吸をすると活性酸素も少し作られてしまいます。

活性酸素は副産物として「作られた」ものと、積

極的に「作る」ものがあります。「作られた」活性酸素は、タンパク質、脂質、DNAを酸化し、機能を失わせてしまいます(図3)。1つ1つの分子のことですから小さなことですが、これが炎症、がん化、細胞死を引き起こし、体は少しずつボディーブローを受け老化します。そのため、3大死因のガン、心臓病、脳卒中のほか、糖尿病、白内障、老人性痴呆症、肝炎、痛風、肺炎腫などほとんどの病気に活性酸素が関係していると言われています。さらに、身の回りの公害ガス、農薬、放射線、アルコール、タバコそしてストレスまでもが、活性酸素を作り出す要因だとされています。そのため我々は、活性酸素によって病気になり、老化し、死ぬといっても過言ではありません。

一方、「作る」活性酸素もあります。生体物質にダメージを与える活性酸素は、自分に降りかかると恐ろしいですが、敵に向ければ武器になります。細胞にとっての敵とは、体に侵入してきたカビ、微生物、ウイルスなどの病原菌や有害物質です。これに対して私たちは免疫機能を持っているのですが、そのうちナチュラルキラー細胞(NK細胞)というリンパ球は、活性酸素を積極的に作り武器として利用しています。がん治療にも活性酸素を利用しています。また、古いタンパク質を壊すときにも使われます。このように、活性酸素は多いと迷惑ですが、なくても困るものです。そのため場所と時を考えて、生物は活性酸素の量をコントロールしています。

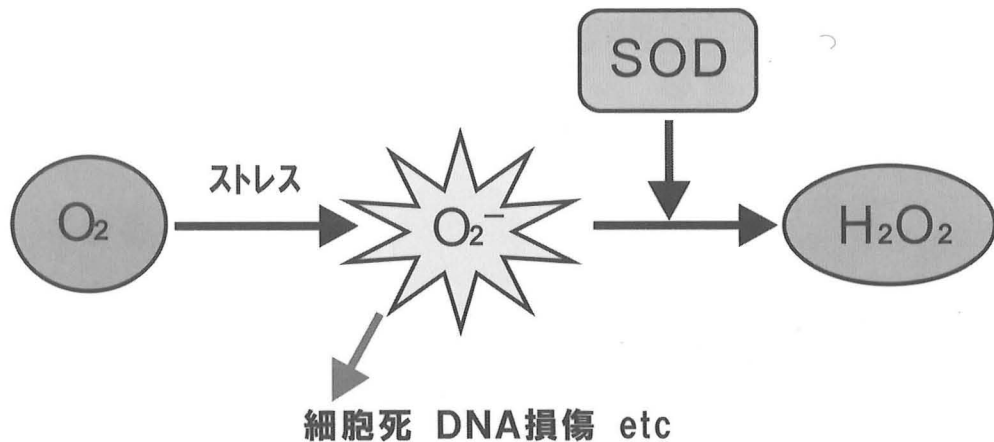


図3 SODの反応



活性酸素除去システム

細胞内で次から次に作られる活性酸素は毒性が高いので、これを細胞たちは速やかに消去する必要があります。そのシステムが消去活性で、スーパーオキシドディスムターゼ、カタラーゼ、グルタチオンペルオキシダーゼなどの酵素やビタミンC、ビタミンE、カロテノイド、ユビキノンの抗酸化物質が働いています。

スーパーオキシドディスムターゼ(SOD)は1969年にマッコードとフリードヴィッチによって発見された酵素です。SODは、細胞質内はもちろん、呼吸の場であるミトコンドリアにもあり、発生する過剰な活性酸素を即座に消去しています。また、さまざまなストレスや有害物質によってSODが誘導され、酵素量が増加します。つまり、体は必要な消去活性をSOD量でコントロールし、活性酸素のレベルをいつも低く保っています。一方、老化とともにSODの活性が下がっていくため、細胞のさまざまな機能がダメージを受けていきます。また、SODの活性が高いだけが良いことではない例がダウン症です。患者はSODの活性が普通より5割も高く、活性酸素(スーパーオキシド)を過酸化水素にしますが、それを無害な水にするカタラーゼが追いつかないのです。そのため、余剰の過酸化水素が神経に障害を与えられているとされています。

ところで、SODは医療分野では心臓や血管の障害の予防や治療で期待されていますが、SODは酵素すなわちタンパク質ですのでサプリメントにはなりません。医薬品としてSODを利用する場合は、注射するほか、SODを多く作る飲み薬が開発されています。



抗酸化物質

13種類のビタミンのうち、抗酸化ビタミンとして代表的なものに、ビタミンE、Cがあります。またプロビタミンAのカロテン、中でもニンジンに含まれるβ-カロテンやトマトのリコペンも抗酸化物質と

して注目されています(表)。

ビタミンCはコラーゲンの合成に不可欠なもので、ホルモンの合成にも必要です。水溶性のために素早く活性酸素と反応し、抗酸化能力を発揮します。これに対し、ビタミンEとAは脂溶性のため脂質の酸化やタンパク質の変性を防いでくれます。また、酵素と異なりビタミンは一度働くと機能を失いますが、酸化したビタミンEをビタミンCが再生するなど、共同的に働くことも知られています。さらに、ビタミンEを投与すると動脈硬化の予防やアルツハイマー病の進行を抑制することが分かりました。カロテノイドは細胞膜付近の酸化を防ぎ、日焼けの障害や紫外線による皮膚ガンの抑制が認められ、免疫増強効果が注目されています。このように抗酸化物質が注目されると、これらを含む食品にも自ずと注目が注がれました。

ところが、注意しなければならないことがあります。ある食品が抗酸化物質を持っていることから、その食品が必須であるとするのは間違いです。現在の地球上の生物は、自ら作り出す活性酸素を速やかに取り除かなければなりません。その先遣隊

表 食品に含まれる抗酸化物質

食品	抗酸化物質
カボチャ、ニンジン	β-カロテン
ゴマ	セサミン
トウモロコシ、ホウレンソウ	ルテイン
ワカメ、ヒジキ	フコキサン
トウガラシ	カプサイシン
ナス	ナスニン
ハーブ	ルテオリン
ダイズ	ルチン、ダイゼイン
ターメリック、ショウガ	クルクミン
茶類	カテキン類
ココア	エピカテキン
ワイン	アントシアニン
トマト	リコペン

は抗酸化物質で、本隊がSODですので、いずれの生物も抗酸化活性をもっていて当たり前です。また、食品成分を次々調べて、ある食品の持つ成分の抗酸化活性が他より高いとその事実を報告しているだけのものが多いのです。



サプリメント

さて、これまでの話を聞くと抗酸化物質を食べなくなった方も多いと思いますが、もしばらくお付き合いください。食品にはさまざまな栄養素が含まれており、バランスのよい食生活が推奨されているのは、私たちがビタミンなどの栄養素を体内で作れないのが原因です。そして、バランスのよい食事を取ることは手間がかかるため、サプリメントに頼られる方も多いようです。そう、サプリメント＝補給にすぎないのです。

アスリートは積極的にサプリメントをとります。これは、代謝が大変激しいために食事だけではビタミンや微量栄養素が不足しがちや、とくに強化したいからです。そして、アスリートは運動量が多いため、酸素摂取量が多く活性酸素が多くなりがちで、これによる障害を防ぐためにビタミンE、Cをサプリメントでとる傾向があります。しかし、必要なビタミンはアスリートの通常の食事内で十分に供給されており、アスリートでさえ抗酸化物質であるビタミンの補給は不要です。

また、サプリメントは医薬品ではありませんので、病気が治ることは期待できません。サプリメントの効能を研究成果から強調している例がありますが、多くは異常をきたしたネズミに対する投与実験が多いのです。



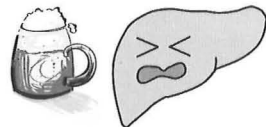
過剰摂取

ビタミンなどのサプリメントの説明では、過剰摂取をしても必要量以外は尿として排泄されるので、副作用はないと言われてきました。しかし、水溶性のビタミンCでさえ下痢を起こします。また、同じ量でも野菜に比べてサプリメントで摂取したものは

早く排出されてしまいます。一方、ビタミンE、Kなどの脂溶性ビタミンは脂肪組織に蓄積されやすいため、過剰症が多く報告されています。ビタミンEは長寿ビタミンとして言われてもいますが、過剰摂取で、骨粗しょう症、短命につながる報告があります。これは、経口摂取された過剰なサプリメントは全身に働き、「作る」活性酸素までも消去してしまい、危害を加えるもの、不要なものを取り除けなくなってしまうからです。さらに、長期的なサプリメントの摂取により、抗酸化の主体であるSODの必要性がないと細胞が判断し、白血球減少などにつながることもあります。また、イソフラボンポリフェノールの一種で、女性ホルモンと似た働きがあります。そのため、女性とくに妊婦が多量にポリフェノールをとると危険です。そして、ポリフェノールをとるためにチョコレートを食べ過ぎて高コレステロール血症に、ワインを飲みすぎて肝臓病になるのは本末転倒ですね。

参考図書

1. 永田親義「活性酸素の話」講談社ブルーバックス
2. 日本化学会「活性酸素」丸善
3. 吉川敏一ほか「活性酸素・フリーラジカルのすべて」丸善
4. 大柳善彦「活性酸素と病気」化学同人
5. 谷口直之、淀井淳司「酸化ストレス・レソックスの生化学」共立出版
6. 毛老省三、真嶋哲朗「フリーラジカル」米田出版
7. 石沢信人ほか「ワインと各種飲料の抗酸化能」新潟県立看護短期大学紀要、第3巻 p3-8(1997)
8. Numsen et al., Cancer chemoprevention: A radical perspective, Free radical biology & medicine, 45, p97-110,2008
9. Wein et al., Do athletes need antioxidants?, NSCA's performance training journal, 14, p58-59,2007



プロフィール

やすい みつくに
室蘭工業大学工学研究科くらし環境系領域・准教授
微生物由来の酵素の役割を研究しています。