

# トリ医者の誤診記録

その20

## もう少し活性酸素のこと

株式会社ピーピーキューシー 加藤 宏光



前回、呼吸には酸素呼吸のほか「硫酸呼吸」や「硝酸呼吸」といった、われわれの有酸素生物からするとんでもない劇物を利用するものがあることを紹介しました。考えてみれば私共が常識と判断している基準は極めて根拠薄弱で、四三億年の地球の歴史とその間にあつた様々な条件を前提とすると、われわれが一般的な生活の条件としているものは自然からすればごく一部の条件にすぎないことを思い知らされます。

前回に続き、酸素に関してもう少し掘り下げて調べてみます。

### ありがたい酸素 怖い酸素

長く水中にもぐった時などに、私共は酸素のありがたさを実感します。重症の患者に対して酸素吸入を行ないますから、酸素はいくらあっても邪魔にならないような錯覚をおこしています。実際には過酸素症状というものもあって、酸欠とは異なった苦しさを感じま

す。私の娘がまだ幼稚園に通い始めたころのことです。ある暑い夏の日に、ビニール製のプールを庭に広げようとした。しばらく使わなかつた専用の空気入れポンプが壊れていましたので、「何のこれしき」とばかり、空気の注入口に口をあて、人力ポンプでどんな空気を入れました。直径三メートルほどのプールはものの二〇分で膨らみましたが、その後なんとも息苦しくなってきました。あまりに急に吹き込んだために、過呼吸症に陥ってしまったのです。

ちなみに過酸素症であられる症状として、咳、胸痛、痙攣、頭痛、運動失調、失禁、健忘などが挙げられます。この時の症状は軽微で、軽度の呼吸困難、胸痛、咳および頭痛にとどまりましたが、過酸素症の怖さを垣間見たと思います。

### 酸素のなかの活性 酸素というもの

表1は中学校で学んだ元素の周

期表です。この八番目のOが酸素です。常識的によく知られているはずの酸素をもう一度おさらいしてみます。

「酸素は水や空気を構成する大変身近な元素である。空気の質量の二三%（体積で二一%）が酸素である。また、地球の四七%が酸素である。太陽系でも水素、ヘリウムに次いで多い元素である。

単体の酸素は二原子分子（ $O_2$ ）の無色、無臭のガスで、燃焼や呼吸に不可欠である。一七七一年にスウェーデンの化学者シュールが、一七七四年にイギリスの化学者プリーストリーが独立に酸素ガスを分離した。残念ながら彼らは、酸素を燃焼を助ける気体と認識していなかつた。化学史では酸素の発見者はプリーストリーとされている。

元素としての酸素を認識し、呼吸と燃焼における役割を解明したのはフランスの化学者ラボアジエである。彼は物質と酸素の化合する現象が燃焼であると提案し、フランス語で「OXYGEN」と命名

表1 元素の周期表

1(IA)	2(IIA)	3(IIIA)	4(IVA)	5(VA)	6(VIA)	7(VIIA)	8(VIII)	9(IX)	10(X)	11(NB)	12(IIIB)	13(IIIB)	14(IVB)	15(VB)	16(VIB)	17(VIIB)	18(0)	
1001 H 水素	2002 He ヘリウム	3003 Li リチウム	4004 Be ベリリウム	5005 B 硼	6006 C 炭素	7007 N 窒素	8008 O 酸素	9009 F フッ素	10010 Ne ネオン	11011 Na ナトリウム	12012 Mg マグネシウム	13013 Al アルミニウム	14014 Si ケイ素	15015 P リン	16016 S 硫黄	17017 Cl 塩素	18018 Ar アルゴン	
19019 K カリウム	20020 Ca カルシウム	21021 Sc スカンジウム	22022 Ti チタン	23023 V バナジウム	24024 Cr クロム	25025 Mn マンガン	26026 Fe 鉄	27027 Co コバルト	28028 Ni ニッケル	29029 Cu 銅	30030 Zn 亜鉛	31031 Ga ガリウム	32032 Ge ゲルマニウム	33033 As ヒ素	34034 Se セレン	35035 Br 臭素	36036 Kr クリプトン	
37037 Rb ルビジウム	38038 Sr ストロンチウム	39039 Y イットリウム	40040 Zr ジルコニウム	41041 Nb タンタル	42042 Mo モリブデン	43043 Tc テクネチウム	44044 Ru ルビジウム	45045 Rh ロジウム	46046 Pd パラジウム	47047 Ag 銀	48048 Cd カドミウム	49049 In インジウム	50050 Sn スズ	51051 Sb ヒ素	52052 Te テルル	53053 I ヨウ素	54054 Xe キセノン	
55055 Cs セシウム	56056 Ba バリウム	57057 La ランタノイド	58058 Ce セリウム	59059 Pr プラセオジム	60060 Nd ネオジム	61061 Pm プロメチウム	62062 Sm セミウム	63063 Eu ユークリウム	64064 Gd ガドリウム	65065 Tb テルビウム	66066 Dy ジスプロシウム	67067 Ho ホウメチウム	68068 Er エルビウム	69069 Tm トリスプロシウム	70070 Yb ytterbium	71071 Lu ルテチウム	72072 Hf ハフニウム	
73073 Ta タンタル	74074 W タングステン	75075 Re レニウム	76076 Os オスマニウム	77077 Ir イリジウム	78078 Pt 白金	79079 Au 金	80080 Hg 水銀	81081 Tl タリウム	82082 Pb 鉛	83083 Bi ヒ素	84084 Po ポロニウム	85085 At アスタチン	86086 Rn ラドン	87087 Fr フランシウム	88088 Ra ラジウム	89089 Ac アクチノイド	90090 Th チロニウム	
91091 Pa プロトアクチン	92092 U ウラン	93093 Np ネプチウム	94094 Pu プルトニウム	95095 Am アメリシウム	96096 Cm カリフォルニウム	97097 Bk バークリウム	98098 Cf カリフォルニウム	99099 Es エンスズウム	1000100 Fm フェルミウム	1010101 Md メンデルレービウム	1020102 No ノボロジウム	1030103 Lr ルテチウム	1040104 Rf ラザフォード	1050105 Db ドブニウム	1060106 Sg シグマ	1070107 Bh ブハヴィウム	1080108 Hs ハッセル	1090109 Mt メンツェン

した。これは OXYS (酸) と GEN (を生じるもの) にちなみ、酸素原子が「酸」の素でありすべし。この「酸」が酸素を含むという誤

解に基づいている。(塩化水素「HCL」には酸素はない。水素イオンこそ「酸」の素である)。現在の大气中の酸素は、植物が二酸化炭素と水から作った光合成の産物であり、約一三億年前の大气にはほとんど酸素がなかった。光合成による植物が供給する酸素は10の11乗に達すると見積もられる。

化学的に酸素ガスは分子内に二個の独立した不対電子を持つラジカルという活性の高い物質で、ハロゲン元素や金、銀、白金以外の金属と直接反応して酸化物をつくる。

酸素の同素体にはオゾン (O<sub>3</sub>) がある。オゾン (沸点マイナス一二°C) は青みを帯びた気体で、液体では深青色に見える。酸素氣流中で静かに放電すると濃度一〇%のオゾンが得られる。オゾンには酸素よりはるかに強い酸化力がある。オゾンには体内に入ると有毒で、

微量でも長時間吸い続けると呼吸器の細胞が冒されて呼吸困難になる。オゾンの強い酸化作用によって細胞膜の脂質が酸化され過酸化脂質になると、細胞膜はポロポロになつて膜としての役割を果たさなくなるからである。

人体の七〇%は水分であり、成人 (七〇kg) の実に四三kgは酸素原子である。生命維持には酸素ガスが必須であり、酸素分子は血液中のヘモグロビンの鉄原子に結合して肺から細胞まで運ばれる。細胞内で酸素はシトクロームオキシダーゼなどの酵素によつて水分子にまで還元される。これを酸素呼吸といい、この過程で高エネルギー物質といわれる ATP (アデノシン三リン酸) が産生され、生体エネルギーとして使われる。

酸素原子は水のほかにタンパク質、核酸、糖、細胞膜などの生体成分として欠かせない。

以上述べた酸素の姿は、私共が小学校から中学校で学んだ理科の中に含まれる酸素の概念で、うまく説明はできないでも、ほとんどの人々はこうした酸素の概念を常識として捉えています。活性酸素という物質は、こうした酸素の概念を越えた領域にあります (一部は前回にもふれましたが……)。先程挙げた表1の原子番号 (水素では1、酸素は8) は、実はその原子がいくつの電子を保有しているか、を表しています。

酸素ファミリにはゆるやかな酸化作用を示す三重項酸素と酸化力の強い一重項酸素があります。このほかにスーパーオキシサイド、過酸化水素、ヒドロキシラジカルといった酸素ファミリも前回紹介しました。こうした酸素ファミリの特性を理解するためには元素における電子のポジションについての知識が要求されます。元

著 講談社発行より引用)

酸素が変化する  
メカニズム

11

11

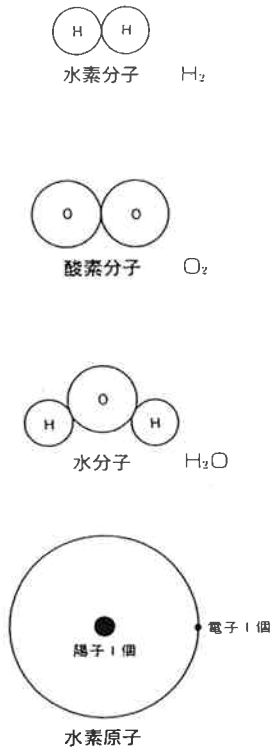


図1 水素原子・水素分子・酸素分子および水分子の電子共有模式図

素の中で最も電子が少ないものが水素で一個の水素元素には一個だけ電子があります(図1)。多種類の元素同士が反応して別の物質をつくったり、別の元素に変化するの、電子をお互いにやったり取ったりすることで成り立っています。酸素にはこの電子が八個あります。そして酸素は多くの元素から電子を盗み取る能力をもっています。この能力こそが活性酸素を悪者に仕立てる元凶といえるでしょう。三重項酸素元素における八個の電子は二個ずつ対になっているのですが、一重項酸素の場合には八個の電子の内六個までは対になっているのですが、二個の電

子はバラバラに配置されています。電子は二個対になっている時には安定しているのですが、一個だけで配置されていると他の元素からでも電子を奪いとってでも安定しようとしみます。先に挙げた活性酸素群では、多少メカニズムに差はあっても不對電子がほかの元素から電子を奪い取る性格が強く、このために活性酸素と呼ばれる性格を有します。

原子の形で二個の不對電子があります。通常元素は単一原子で存在するのではなく、二個の原子がそろい、 $O_2$ という分子の形で存在するのですが、その際それぞれの酸素原子の不對電子は一個ずつ対となります。そこで、 $O_2$ 分子は原子一つにつき一個ずつ、計二個の不對電子が残り、それぞれが対となる電子を奪おうとします。この二個の不對電子のうち一個がパートナー電子を得たときに酸素分子としてはバランスを失い、残った不對電子がパートナーを求め力が協力となります。この状況がスーパーオキシドと呼ばれるものです。こうして普通の酸素分子が活性酸素へ変化します。この変化は生理的に要求される場面も多く(構成物質、農業などが体内へ入ってきた時の解毒の際、ホルモンを合成する時等々)、正常な反応として体でもそれを無毒化するための酵素(SOD)が用意されています。SODはスーパーオキシドを過酸化水素と水分子に変える、という働きをします。過酸化水素はカタラーゼ、グルチオペルオキシダーゼという酵素が作用して、さらに無毒とされるのですが、その途中で鉄イオンや銅のイオンが介在すると、過酸化水素からヒドロキシラジカルが形成

されてしまいます。ヒドロキシラジカルは最も強い酸化力を有しますが、寿命が極めて短い。

表2に活性酸素の種類と電子配置を示しました。

一方、活性酸素にむりやり電子を奪われた周囲の分子は電子が不足の状態となり、不安定となります。こうした状況下で、遺伝子の損傷や老化あるいは炎症などの障害が表れてきます。

### 活性酸素の功罪

これまで述べた活性酸素の特性からは、その罪の部分のみに目がいつていますが、生体の利用するエネルギーの製造においての役割や、免疫上の武器となることやホルモンを作る作業の補助薬物の解毒に関わる働きでは生体にとって有益な存在でもあります。しかし一方では先に述べた電子の奪い取り作用によって行なう、こうした働きに伴って起きる組織へのダメージが先月号に列挙したような生

スーパーオキシド (O <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	$\cdot\ddot{O}:\ddot{O}\cdot$
ヒドロキシルラジカル (·OH)	$H:\ddot{O}\cdot$
過酸化水素 (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	$H:\ddot{O}:\ddot{O}:H$
一重項酸素 (O <sub>2</sub> )	$\cdot\ddot{O}:\ddot{O}\cdot$

·は電子

表2 活性酸素の種類と電子配置

体への各種の害作用を及ぼします。活性酸素によって引き起こされる各種の反応はその功罪を問わず興味深いものですがその詳細を項目別に述べれば一冊の書物ができあがってしまいます。興味の沸く読者は、この本を一読されることをお奨めします。

活性酸素についての勉強はこれくらいにして、次回はEM菌の中でも重要な位置付けをもつ「光合成菌」について話をすすめます。