

連載

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に「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、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どもごく一部の条件にすぎない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も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が、実際に過酸素症状といふものもあつて、酸欠とは異なる苦しさを感じま

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、ビニール製のブールを庭に広げようとしました。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、人力ポンプでどんどん空気を入れました。直径三メートルほどのブ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、過呼吸症に陥つてしまつたのです。

「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（O₂）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レが、一七七四年にイギリスの化学者プリーストリード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气体と認識していないなかつた。化学史では酸素の発見者はプリーストリードとされています。

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

酸素のなかの活性酸素というものの

ちなんみに過酸素症であらわれる症状として、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思いがします。

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。

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。

I(IA)		II(IA)		III(IA)		IV(VA)		V(VA)		VI(VA)		VII(VB)		VIII(VB)	
1.008	H	2.012	Li	3.015	Be	4.012	Ca	5.014	Sc	6.015	Cr	7.016	Fe	8.017	Co
9.012	Na	10.013	Mg	11.014	Al	12.015	Si	13.016	P	14.017	S	15.018	Cl	16.019	Br
17.019	K	18.020	Ca	19.021	Sc	20.022	Ti	21.023	Cr	22.024	Mn	23.025	Fe	24.026	Co
25.027	Ca	26.028	Sc	27.029	Ti	28.030	Cr	29.031	Mn	30.032	Fe	31.033	Co	32.034	Br
33.035	Sc	34.036	Ti	35.037	Cr	36.038	Mn	37.039	Fe	38.040	Co	39.041	Br	40.042	Br
41.043	Sc	42.044	Ti	43.045	Cr	44.046	Mn	45.047	Fe	46.048	Co	47.049	Br	48.050	Br
49.051	Sc	50.052	Ti	51.053	Cr	52.054	Mn	53.055	Fe	54.056	Co	55.057	Br	56.058	Br
57.059	Sc	58.060	Ti	59.061	Cr	60.062	Mn	61.063	Fe	62.064	Co	63.065	Br	64.066	Br
65.067	Sc	66.068	Ti	67.069	Cr	68.070	Mn	69.071	Fe	70.072	Co	71.073	Br	72.074	Br
73.075	Sc	74.076	Ti	75.077	Cr	76.078	Mn	77.079	Fe	78.080	Co	79.081	Br	80.082	Br
81.083	Sc	82.084	Ti	83.085	Cr	84.086	Mn	85.087	Fe	86.088	Co	87.089	Br	88.090	Br
89.091	Sc	90.092	Ti	91.093	Cr	92.094	Mn	93.095	Fe	94.096	Co	95.097	Br	96.098	Br
97.099	Sc	98.0100	Ti	99.0101	Cr	100.0102	Mn	101.0103	Fe	102.0104	Co	103.0105	Br	104.0106	Br
105.0107	Sc	106.0108	Ti	107.0109	Cr	108.0110	Mn	109.0111	Fe	110.0112	Co	111.0113	Br	112.0114	Br
113.0115	Sc	114.0116	Ti	115.0117	Cr	116.0118	Mn	117.0119	Fe	118.0120	Co	119.0121	Br	120.0122	Br
121.0123	Sc	122.0124	Ti	123.0125	Cr	124.0126	Mn	125.0127	Fe	126.0128	Co	127.0129	Br	128.0130	Br
129.0131	Sc	130.0132	Ti	131.0133	Cr	132.0134	Mn	133.0135	Fe	134.0136	Co	135.0137	Br	136.0138	Br
137.0139	Sc	138.0140	Ti	139.0141	Cr	140.0142	Mn	141.0143	Fe	142.0144	Co	143.0145	Br	144.0146	Br
145.0147	Sc	146.0148	Ti	147.0149	Cr	148.0150	Mn	149.0151	Fe	150.0152	Co	151.0153	Br	152.0154	Br
153.0155	Sc	154.0156	Ti	155.0157	Cr	156.0158	Mn	157.0159	Fe	158.0160	Co	159.0161	Br	160.0162	Br
161.0163	Sc	162.0164	Ti	163.0165	Cr	164.0166	Mn	165.0167	Fe	166.0168	Co	167.0169	Br	168.0170	Br
169.0171	Sc	170.0172	Ti	171.0173	Cr	172.0174	Mn	173.0175	Fe	174.0176	Co	175.0177	Br	176.0178	Br
177.0179	Sc	178.0180	Ti	179.0181	Cr	180.0182	Mn	181.0183	Fe	182.0184	Co	183.0185	Br	184.0186	Br
185.0187	Sc	186.0188	Ti	187.0189	Cr	188.0190	Mn	189.0191	Fe	190.0192	Co	191.0193	Br	192.0194	Br
193.0195	Sc	194.0196	Ti	195.0197	Cr	196.0198	Mn	197.0199	Fe	198.0200	Co	199.0201	Br	200.0202	Br
201.0203	Sc	202.0204	Ti	203.0205	Cr	204.0206	Mn	205.0207	Fe	206.0208	Co	207.0209	Br	208.0210	Br
209.0211	Sc	210.0212	Ti	211.0213	Cr	212.0214	Mn	213.0215	Fe	214.0216	Co	215.0217	Br	216.0218	Br
217.0219	Sc	218.0220	Ti	219.0221	Cr	220.0222	Mn	221.0223	Fe	222.0224	Co	223.0225	Br	224.0226	Br
225.0227	Sc	226.0228	Ti	227.0229	Cr	228.0230	Mn	229.0231	Fe	230.0232	Co	231.0233	Br	232.0234	Br
233.0235	Sc	234.0236	Ti	235.0237	Cr	236.0238	Mn	237.0239	Fe	238.0240	Co	239.0241	Br	240.0242	Br
241.0243	Sc	242.0244	Ti	243.0245	Cr	244.0246	Mn	245.0247	Fe	246.0248	Co	247.0249	Br	248.0250	Br
249.0251	Sc	250.0252	Ti	251.0253	Cr	252.0254	Mn	253.0255	Fe	254.0256	Co	255.0257	Br	256.0258	Br
257.0259	Sc	258.0260	Ti	259.0261	Cr	260.0262	Mn	261.0263	Fe	262.0264	Co	263.0265	Br	264.0266	Br
265.0267	Sc	266.0268	Ti	267.0269	Cr	268.0270	Mn	269.0271	Fe	270.0272	Co	271.0273	Br	272.0274	Br
273.0275	Sc	274.0276	Ti	275.0277	Cr	276.0278	Mn	277.0279	Fe	278.0280	Co	279.0281	Br	280.0282	Br
281.0283	Sc	282.0284	Ti	283.0285	Cr	284.0286	Mn	285.0287	Fe	286.0288	Co	287.0289	Br	288.0290	Br
289.0291	Sc	290.0292	Ti	291.0293	Cr	292.0294	Mn	293.0295	Fe	294.0296	Co	295.0297	Br	296.0298	Br
297.0299	Sc	298.0300	Ti	299.0301	Cr	300.0302	Mn	301.0303	Fe	302.0304	Co	303.0305	Br	304.0306	Br
305.0307	Sc	306.0308	Ti	307.0309	Cr	308.0310	Mn	309.0311	Fe	310.0312	Co	311.0313	Br	312.0314	Br
313.0315	Sc	314.0316	Ti	315.0317	Cr	316.0318	Mn	317.0319	Fe	318.0320	Co	319.0321	Br	320.0322	Br
321.0323	Sc	322.0324	Ti	323.0325	Cr	324.0326	Mn	325.0327	Fe	326.0328	Co	327.0329	Br	328.0330	Br
329.0331	Sc	330.0332	Ti	331.0333	Cr	332.0334	Mn	333.0335	Fe	334.0336	Co	335.0337	Br	336.0338	Br
337.0339	Sc	338.0340	Ti	339.0341	Cr	340.0342	Mn	341.0343	Fe	342.0344	Co	343.0345	Br	344.0346	Br
345.0347	Sc	346.0348	Ti	347.0349	Cr	348.0350	Mn	349.0351	Fe	350.0352	Co	351.0353	Br	352.0354	Br
353.0355	Sc	354.0356	Ti	355.0357	Cr	356.0358	Mn	357.0359	Fe	358.0360	Co	359.0361	Br	360.0362	Br
361.0363	Sc	362.0364	Ti	363.0365	Cr	364.0366	Mn	365.0367	Fe	366.0368	Co	367.0369	Br	368.0370	Br
369.0371	Sc	370.0372	Ti	371.0373	Cr	372.0374	Mn	373.0375	Fe	374.0376	Co	375.0377	Br	376.0378	Br
377.0379	Sc	378.0380	Ti	379.0381	Cr	380.0382	Mn	381.0383	Fe	382.0384	Co	383.0385	Br	384.0386	Br
385.0387	Sc	386.0388	Ti	387.0389	Cr	388.0390	Mn	389.0391	Fe	390.0392	Co	391.0393	Br	392.0394	Br
393.0395	Sc	394.0396	Ti	395.0397	Cr	396.0398	Mn	397.0399	Fe	398.0400	Co	399.0401	Br	400.0402	Br
401.0403	Sc	402.0404	Ti	403.0405	Cr	404.0406	Mn	405.0407	Fe	406.0408	Co	407.0409	Br	408.0410	Br
409.0411	Sc	410.0412	Ti	411.0413	Cr	412.0414	Mn	413.0415	Fe	414.0416	Co	415.0417	Br	416.0418	Br
417.0419	Sc	418.0420	Ti	419.0421	Cr	420.0422	Mn	421.0423	Fe	422.0424	Co	423.0425	Br	424.0426	Br
425.0427	Sc	426.0428	Ti	427.0429	Cr	428.0430	Mn	429.0431	Fe	430.0432	Co	431.0433	Br	432.0434	Br
433.0435	Sc	434.0436	Ti	435.0437	Cr	436.0438	Mn	437.0439	Fe	438.0440	Co	439.0441	Br	440.0442	Br
441.0443	Sc	442.0444	Ti	443.0445	Cr	444.0446	Mn	445.0447	Fe	446.0448	Co	447.0449	Br	448.0450	Br
449.0451	Sc	450.0452	Ti	451.0453	Cr	452.0454	Mn	453.0455	Fe	454.0456	Co	455.0457	Br	456.0458	Br
457.0459	Sc	458.0460	Ti	459.0461	Cr	460.0462	Mn	461.0463	Fe	462.0464	Co	463.0465	Br	464.0466	Br
465.0467	Sc	466.0468	Ti	467.0469	Cr	468.0470	Mn	469.0471	Fe	470.0472	Co	471.0473	Br	472.0474	Br
473.0475	Sc	474.0476	Ti	475.0477	Cr	476.0478	Mn	477.0479	Fe	478.0480	Co	479.0481	Br	480.0482	Br
481.0483	Sc	482.0484	Ti	483.0485	Cr	484.0486	Mn	485.0487	Fe	486.0488	Co	487.0489	Br	488.0490	Br
489.0491	Sc	490.0492	Ti	491.0493	Cr	492.0494	Mn	493.0495	Fe	494.0496	Co	495.0497	Br	496.0498	Br
497.0499	Sc	498.0500	Ti	499.0501	Cr	500.0502	Mn	501.0503	Fe	502.0504	Co	503.0505	Br	504.0506	Br
505.0507	Sc	506.0508	Ti	507.0509	Cr	508.0510	Mn	509.0511	Fe	510.0512	Co	511.0513	Br	512.0514	Br
513.0515	Sc	514.0516	Ti	515.0517	Cr	516.0518	Mn	517.0519	Fe	518.0520	Co	519.0521	Br	520.0522	Br
521.0523	Sc	522.0524	Ti	523.0525	Cr	524.0526	Mn	525.0527	Fe	526.0528	Co	527.0529	Br	528.0530	Br
529.0531	Sc	530.0532	Ti	531.0533	Cr	532.0534	Mn	533.0535	Fe	534.0536	Co	535.0537	Br	536.0538	Br
537.0539	Sc	538.0540	Ti	539.0541	Cr	540.0542	Mn	541.0543	Fe	542.0544	Co	543.0545	Br	544.0546	Br
545.0547	Sc	546.0548	Ti	547.0549	Cr	548.0550	Mn	549.0551	Fe	550.0552	Co	551.0553	Br	552.0554	Br
553.0555	Sc	554.0556	Ti	555.0557	Cr	556.0558	Mn	557.0559</td							

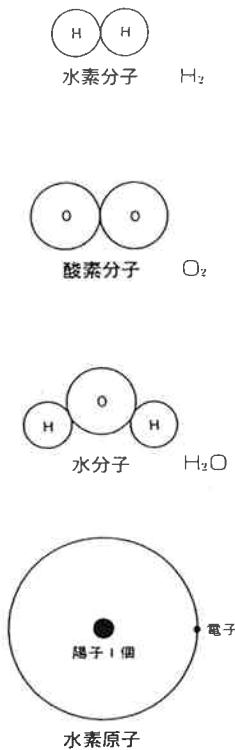


図1 水素原子・水素分子・酸素分子および水分子の電子共有模式図

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つたり、別の元素に変化するのは、電子をお互いにやつたり取つたりすることで成り立つります。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つているのですが、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つているのですが、二個の電

子はバラバラに配置されています。電子は二個対になつている時には安定しているのですが、一個だけ配置されていると他の元素からでも電子を奪いとつてでも安定しようとします。先に挙げた活性酸素群では、多少メカニズムに差はあるとしても不対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対電子がありますが、通常元素は單一原子で存在するのではなく、二個の原子がそろい、O₂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対電子は一個ずつ対となります。そこで、O₂分子としてはバランスを失い、残った不対電子がパートナーを求めます。こうして普通の酸素分子がスーパーオキサイドと呼ばれる力が協力となります。この状況がスーザー・オキサイドと求められる力が協力となります。この状況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、農薬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・オキサイ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

子は原子一つにつき一個ずつ、計二個の不対電子が残り、それぞれが対となる電子を奪おうとします。

この二個の不対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、残った不対電子がパートナーを求める力が協力となります。この状況がスーザー・オキサイドと呼ばれる力が協力となります。この状況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多く(構成物質、農薬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・オキサイ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

されてしまします。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つて行なう、こうした働きに伴つ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

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るがつてしまします。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からにして、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よう。



スーパー・オキサイド (O_2^{\cdot})	$\begin{array}{c} \ddot{\bullet} \\ \\ O \\ \\ \ddot{\bullet} \end{array}$
ヒドロキシルラジカル ($\cdot OH$)	$H:\ddot{\bullet}O\cdot$
過酸化水素 (H_2O_2)	$H:\ddot{\bullet}O\cdot\ddot{\bullet}H$
一重項酸素 (O_2^{\cdot})	$\begin{array}{c} \ddot{\bullet} \\ \\ O \\ \\ \ddot{\bullet} \end{array}$

表2 活性酸素の種類と電子配置

・は電子