

放射線と活性酸素

今回の大震災に関わり、原子力発電所の崩壊から、放射線被曝による被害の拡大が問題になっています。

放射線被曝による被害として、ガンや白血病の発症リスクの上昇や、遺伝子異常の危険が問題視されています。人、動物を含めて、最も確実にガンを発生させるのが放射線である事は、はっきりしています。

では、何故、放射線を被曝すると、ガンや白血病、遺伝子異常のリスクが高まるのでしょうか。

実は、放射線が私たちの体内水分を分離して、破壊してしまうからなんです！！

1895年にレントゲンがX線を発見した数年後には、X線がヒトにガンを作ることがわかっていました。

そして、発ガンの主役として活性酸素が登場したのは、実はこの放射線ガンで、放射線による発ガンの主役は活性酸素なんです。

ご存知のように、私たちの体の60～70%は水分です。

この世界で、水分子ほど結合の強いものはありません。水はどんなに熱くしても水蒸気ですし、絶対零度迄冷やしても氷です。つまり、どんなに過酷な条件でも、水分子が破壊されることはありません。

ところが、その強固なH-O-Hの結合をあっさりと分離してしまうのが、電磁波と放射線なんです(図-1)。

では、分離された水は何になるのでしょうか？

実は、水素分子と活性酸素なんです。

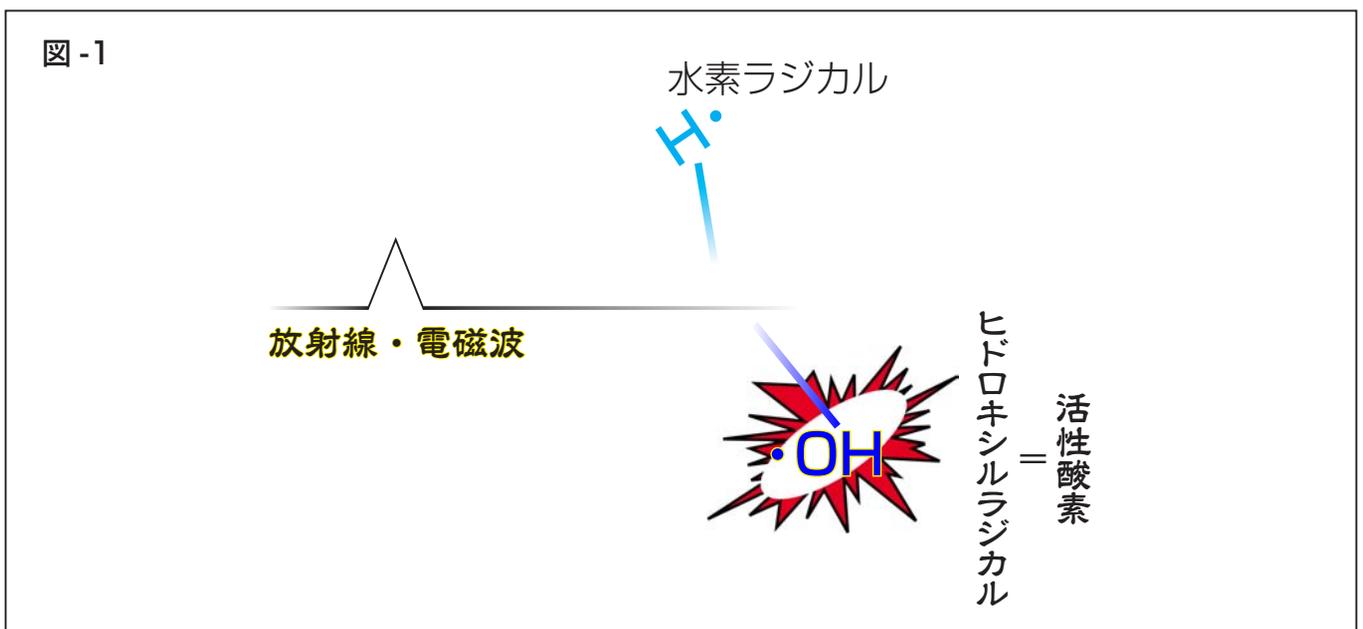
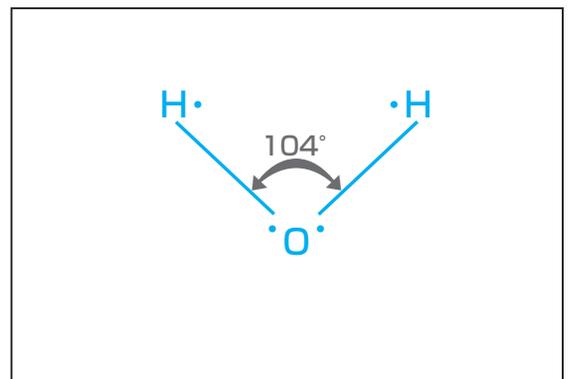
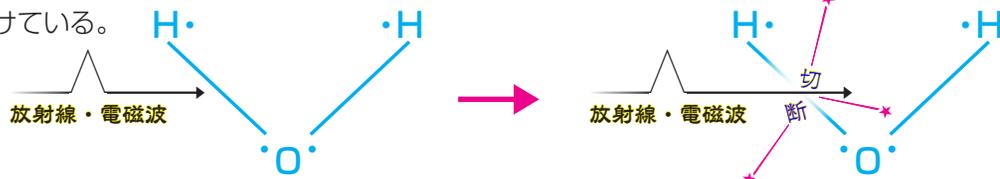


図-2 放射線の作用／ヒドロキシルラジカル

2 個の電子が互いに結合の手を差しのべて、がっちり握手し O と H を結びつけている。



ヒトの体の 70% 近くは水だから、当然その中のいくつかの水分子は、放射線のエネルギーを吸収して O-H 結合が切断される。

・H は、水素原子そのもの

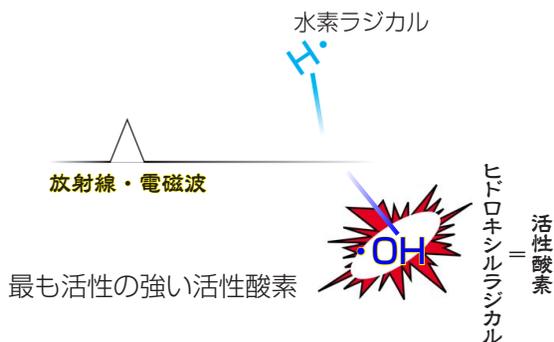


図-3 放射線の作用／スーパーオキシドアニオンラジカル



放射線がぶつかる事で電子が叩き出され、この叩き出された電子を近くにある酸素分子が受け容れて、スーパーオキシドアニオンラジカルになる。

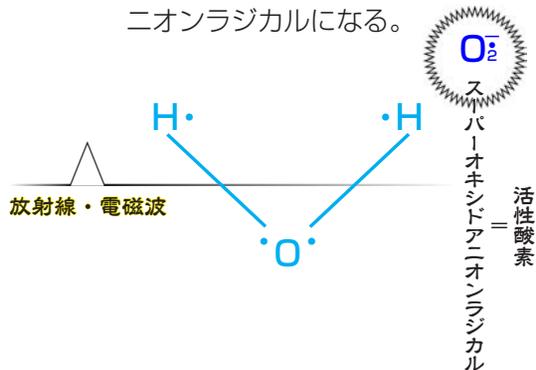
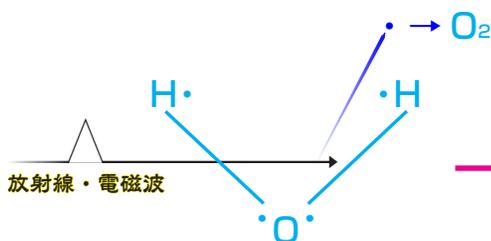
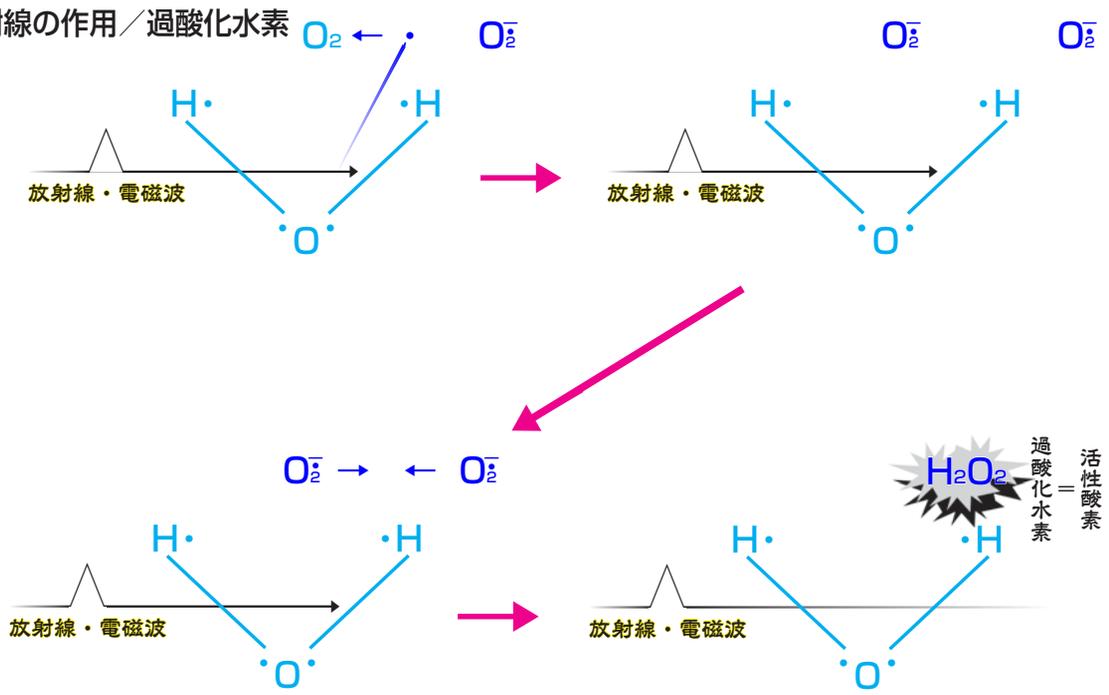
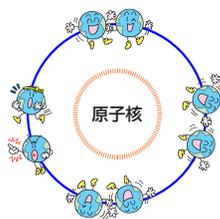


図-4 放射線の作用／過酸化水素



生物に対して放射線は、直接作用と間接作用の二つの作用で働く。

図-5 放射線の作用／直接作用と間接作用

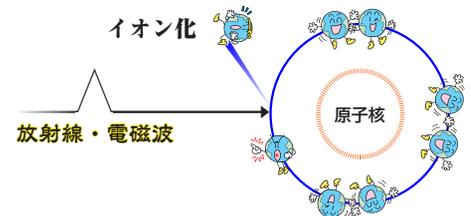
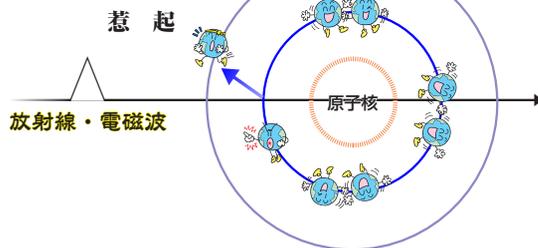


直接作用

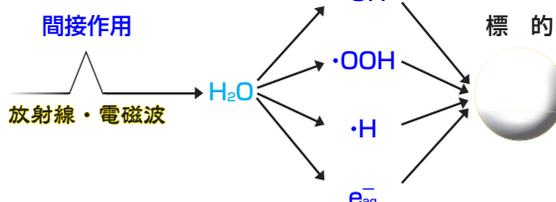
放射線・電磁波



直接作用では、放射線のもっているエネルギーが直接 DNA、蛋白質、細胞膜などの標的に吸収され、その結果、標的がイオンされたり、より高いエネルギー状態にされる。



放射線の多くはプラスまたはマイナスの電荷を持っているので、物質にあたると原子や分子を電離（イオン化）する。電磁波（X線、γ線など）は電荷を持っていないが、物質にあたると電子をはじき出して電離させ、さらに、この電子が引き続いて電離作用を起こす。



間接作用では、放射線がまず生体中の水に作用して、これを分解することによって生じる $\cdot\text{OH}$ （ヒドロキシラジカル）、 $\cdot\text{OOH}$ （スーパーオキシドアニオンラジカル）、 $\cdot\text{H}$ （水素ラジカル）、 e_{aq}^- （水と電子）が作られて、その後、標的に作用する。特に $\cdot\text{OH}$ が発ガンの主役として DNA の鎖切断、塩基との結合体生成、細胞膜への作用による脂質過酸化反応などをつうじて、細胞をガン化させる。

人体はある程度までの放射線量には耐えられます。およそ 200 ~ 250mSv までとするのが定説。

このレベルをホルミシス効果と云って、放射線で体内に微量ながら通常よりは多い程度の活性酸素を発生させて、体がその活性酸素を除去する為に代謝が高まるので健康維持に効果があるとされています。所謂、健康ランド等に良くあるラドン温泉です。鳥取県の三朝温泉や兵庫県の有馬温泉、秋田県の玉川温泉などが有名です。

問題になるのは、そうしたレベルを超えた放射線の被曝です。

繰り返しますが、放射線に被曝する事で体内の水分子が切断されて、多量の活性酸素が発生します。そしてその過剰に発生した活性酸素が、生体に非常なストレスを浴びせます。

それだけでなく、「過剰な活性酸素が、病気の 90% の原因である」とも言われています。

その活性酸素でも、特に毒性の強いフリーラジカル系を大量に、しかも一気に発生させるのが、電磁波と放射線なんです。

赤血球が参加して、その膜内外の電位差が低化し、連鎖状（所謂ドロドロ状態）になります。血液循環が悪化します。栄養素や酸素が不足するだけでなく、低体温症になります。免疫力が低下します。

交感神経が刺激されます。自律神経系のバランスが崩れて、これまた免疫力が低下します。生体のリズムを維持できません。ホルモンバランスも崩れます。

さらに、図 -5 に示すように、遺伝子が分断されて正常な細胞や組織の生成や細胞分裂が不可能になります。

傷付いた細胞、組織の修復ができなくなれば、ガンです。

放射線がヒトや動物に対して、最も確実にガンを作るほど強い発ガン物質である理由は、生成する活性酸素の量が多いからですし、生成する量が多い上に、DNA のすぐ近くでできることが放射線が非常に強い発ガン物質である理由です。

細胞分裂に影響すれば、発育不全、水頭症、奇形…。

扨て、こうして放射線を浴びる事で体中に活性酸素が発生します。これは現状からして、ある意味仕方の無いことだとして、問題は、この活性酸素にどうやって対抗するかです。

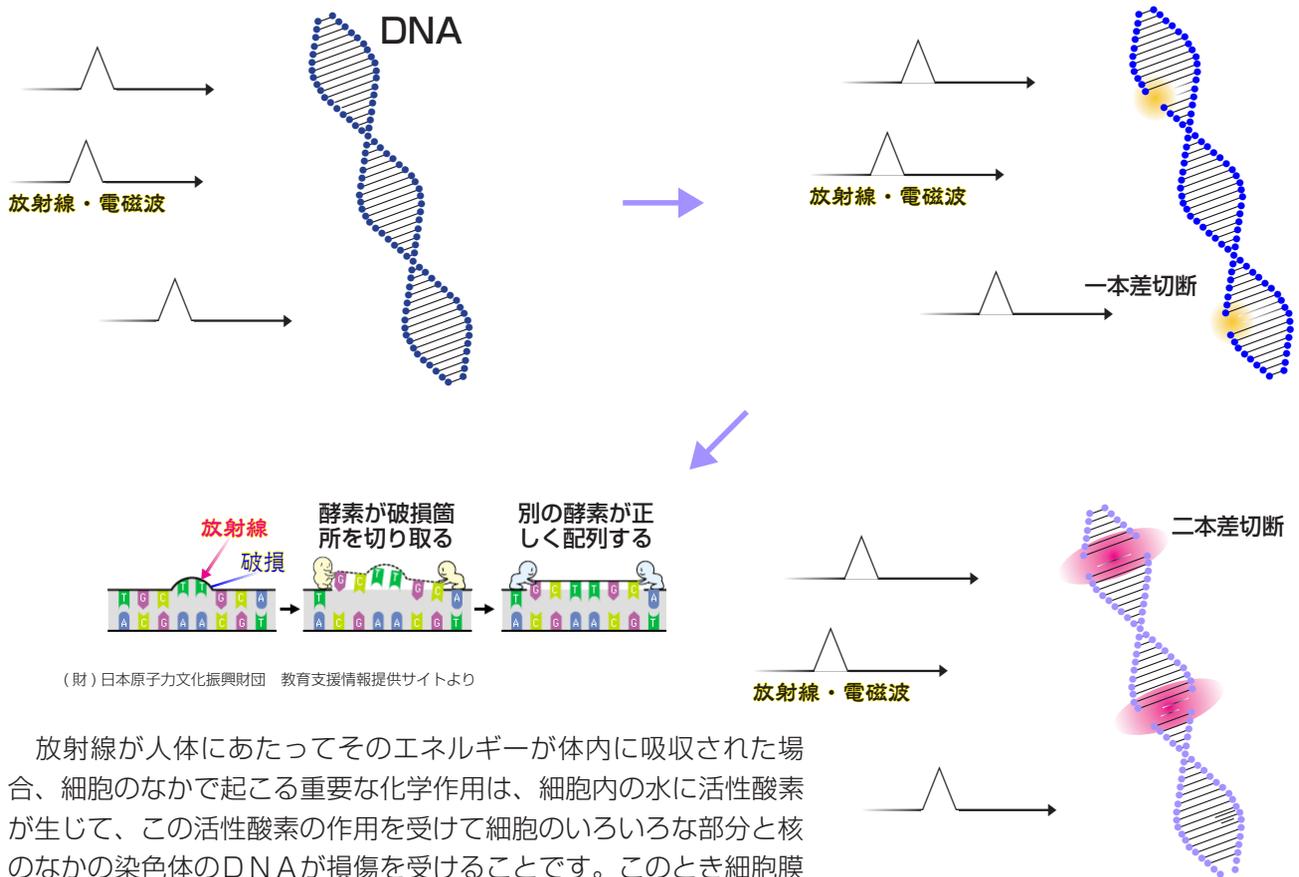
一般的に白血球等が、体内に侵入したウイルス等を攻撃して我々を守る武器も活性酸素です。ですから、活性酸素も過剰に発生する時に、問題が大きくなる訳です。

過剰な活性酸素を除去する為には、抗酸化物質を摂取する事がまず第一に大切な方法になります。ただ、これは一般的な生活の範疇で過剰に発生するレベルの活性酸素に対して有効であって、放射線被曝に対抗しうるかとなると、「摂らないよりは摂った方が良い」範囲なのです。

これは健康食品でも同じです。

SOD 様健康食品というものがあります。SOD は体内に存在する抗酸化酵素の事。そしてそれは

図-5



(財)日本原子力文化振興財団 教育支援情報提供サイトより

放射線が人体にあたってそのエネルギーが体内に吸収された場合、細胞のなかで起こる重要な化学作用は、細胞内の水に活性酸素が生じて、この活性酸素の作用を受けて細胞のいろいろな部分と核のなかの染色体のDNAが損傷を受けることです。このとき細胞膜などが重大な損傷を受ければ、ただちに細胞は死にます。DNAが損傷を受けると、細胞は死なないうちでも細胞分裂をする能力を失う場合もあります。時にはここから異常な細胞分裂が起って、ガンや白血病を誘発させることもあります。生殖細胞への放射線効果では遺伝的影響が現れる可能性もあります。

化学発ガンやタバコ発ガンの場合は一本差切断が多いのですが、放射線の場合は活性酸素の生成量が多いので二本鎖切断が多くなります。

酸素代謝で生じる活性酸素によるDNA損傷はきわめて多く、1つの細胞で毎日100万個のDNA損傷が生じています。鎖を2本とも切断することはめったにないのですが、それでも10個の細胞に1つの割合で起こっています。人体全体では毎日およそ10兆個もの二本鎖切断の数になっています。

また、一本鎖切断は、二本鎖のうち的一方がつながっているため修復酵素ですぐ修復できるのですが、二本鎖切断はなかなか修復できないのです。

多量に発生した活性酸素で起こるとされる主な病気

- 脳神経／パーキンソン病、アルツハイマー病、筋萎縮性側索硬化症、てんかん…
- 眼／糖尿病性網膜症、白内障、緑内障…
- 呼吸器／気管支ぜんそく、気道障害、肺炎…
- 消化器／急性胃粘膜障害、胃潰瘍、胃炎、大腸炎、膵炎…
- 腎臓／腎不全、尿毒症…
- 糖尿病 ■アレルギー症、リウマチ疾患、膠原病 ■免疫不全 ■AIDS ■老化
- 動脈硬化 ■皮膚変性、しみ、しわ ■ガン ………

表-1 / PROUSION のフリーラジカル除去効果

研究従事者名：¹PAN Jia-Hu, ²橋本政和, ¹Jin Jian, ¹CHANG Jian-Jie, ¹NIE Jin, ³CHEN Shi-Ming, ³YAN Xiao-Min
 研究者所属機関：¹復旦大学医学院 中華薬物研究室 ²NPO 法人 日本健康事業促進協会 ³復旦大学テストセンター

表1 デイオキシリボースでの分析評価による生体外に於けるP-A、B、Cのヒドロキシラジカル除去効果 (x ± s, n=3)

濃度	A-化学反応抑制%	B-化学反応抑制%	C-化学反応抑制%
0	0	0	0
0.05469g/L	20.24	16.04	22.47
0.10938 g/L	27.55	18.72	27.44
0.21875 g/L	44.64	27.54	42.54
0.4375 g/L	56.19	43.98	58.01
Y = a + b x	Y = 18.1 + 92.9X	Y = 6.51 + 89.9X	Y = 106 + 119.0X
R	0.9653	0.9635	0.9426
IC50	0.2209 g/L	0.2962 g/L	0.2183 g/L
95% 信頼限界	0.0909 ~ 0.5367 g/L	0.1302 ~ 0.6741 g/L	0.0895 ~ 0.5322 g/L

プロウシオンのヒドロキシラジカルに対する作用は、試薬に含有させた結果であり、作用の順番はC < A < Bであった。このデイオキシリボースの分析評価によるプロウシオンの作用結果は、ESR測定によっても確認、実証された。

表2 キサンチン酸化酵素での分析評価による生体外に於けるP-A、B、Cのスーパーオキサイドアニオンラジカル除去効果 (x ± s, n=3)

濃度	A-化学反応抑制%	B-化学反応抑制%	C-化学反応抑制%
0	0	0	0
0.05645 g/L	0	3.2	1.85
0.1129 g/L	8.2	5.33	9.26
0.2258 g/L	23.68	12.27	20.14
0.4516 g/L	34.74	52.27	50.69
Y = a + b x	Y = 0.8645 + 83.78X	Y = -5.03 + 116X	Y = 3.16 + 115X
R	0.9719	0.9618	0.9932
IC50	0.4025 g/L	0.3854 g/L	0.3626 g/L
95% 信頼限界	0.2065 ~ 0.7847 g/L	1.2048 ~ 0.7276 g/L	0.1823 ~ 0.7213 g/L

スーパーオキサイドアニオンラジカルの抑制についても、試薬に含有させた結果であり、作用の順番はC < B < Aであった。ESRの測定による結果においては、キサンチン酸化酵素での分析評価とほぼ同様の結果が得られた。

【結論】プロウシオンはヒドロキシラジカル及びスーパーオキサイドアニオンラジカルの除去特性を持つ。

体外からは摂取できない物質です。ですから、SOD 様健康食品とは、「SOD の様な働きをする健康食品」と云う意味で、これまた一般的な生活の範疇で過剰に発生するレベルの活性酸素に対して有効とされます。

表-1 には、PROUSION のフリーラジカル除去効果を示しました。これは、フリーラジカルに対する直接的な効果です (2001 年 / 中日薬理学会)。

表-2 は、PROUSION の体内 SOD 活性効果。PROUSION は、生体内の SOD を活性化させます。その結果、間接的にフリーラジカルを除去します。

資料-1 と資料-2 は、PROUSION が遺伝子に作用して、SOD や筋衛星細胞を活性化している状態を示しました (2008 年 / 日本スポーツ科学学会大会)。

写真は、実祭に体内 (筋肉) に活性酸素を発生させたマウスでの実験です。見事に過剰に発生した活性酸素が分解されています。

つまり、自画自賛かも知れませんが、今求められているのは、間違いなく PROUSION です !!

表 -2 / PROUSION の SOD に対する効果

PROUSION に関する共同研究経過報告書 —PROUSION の SOD に対する効果—

復旦大学医学院 中華薬物研究室

実験・監修 / 中華薬物研究室主任 教授 潘 家 祐
コーディネーター / 中華薬物研究室橋本実験室 橋 本 政 和

高脂質血漿状態にしたウサギを、生体内に於けるブラウシオンの効果を実験するために使用した。

- 1) ニューゼaland種 (2.5 ± 0.2Kg, ♂) のウサギをランダムに6つのグループに分割。コントロールのみ正常な食物を与え、残りのグループに高脂質食物 (Suzhou Double-Lions Animal Food 社製造の0.5%のコレステロールと5%豚油を、Soochow 大学放射線技術研究所にてガンマ線殺菌) を与えた。
- 2) ウサギに高脂質食品を食べさせるとともに、ブラウシオンのサンプルを0.1g/kg、0.2g/kg、0.4g/kgの3種類と、照査標準を明確にする為ニコチン酸ビタミンの胃腸内投与を6週間継続。血液サンプルは、血液脂質レベルをチェックするために2週毎に採取。
- 3) 6週間の投与後に、全てのウサギから血液サンプルを採取。これらは、Rihui 病院検査部および当大学研究所に於いて検査された。

高脂質血漿ウサギに於ける SOD と GSH-Px および MDA の活性レベルに対する効果 (X ± S, n=6)

グループ	SOD (U/ml)	GSH-Px (μmol.L ⁻¹ .min ⁻¹)	MDA (μmol/L)
コントロール	4,574.50 ± 881.90	35.55 ± 5.00	6.36 ± 0.61
モデル	4,855.50 ± 2,880.59	45.56 ± 10.76	5.73 ± 0.31
Vpp	6,661.50 ± 2,105.06	24.52 ± 0.8374	5.38 ± 0.05
P (0.1g/Kg)	2,809.67 ± 932.42	37.10 ± 8.25	5.13 ± 0.50
P (0.2g/Kg)	7,842.50 ± 217.08	41.66 ± 4.52	5.31 ± 0.93
P (0.4g/Kg)	6,340.75 ± 2,088.17	47.94 ± 5.82	5.07 ± 0.61

Vpp : ニコチン酸ビタミンを使用したグループ

SOD : スーパーオキシドディスムターゼ

GSH-Px : グルタチオン還元酵素

MDA : マロンダイアルドハイド=脂質過酸化反応物質

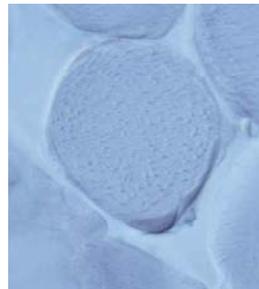
上記の結果では、ブラウシオンの投与によって、ウサギの**血液中の SOD が活性化**する傾向が示され、SOD 活性を増幅させる傾向を顕している。これはブラウシオンが、**生体内においてある一定レベルの抗酸化機能を持つ**ことを意味している。

但し、ウサギの GSH-Px および MDA の活性レベルには、明確な違いは認められていない。

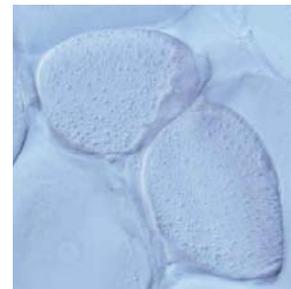
資料 -1 / ジャンプトレーニング後の MyoD mRNA 発現に対する PROUSION の影響



ジャンプ+ブラウシオン



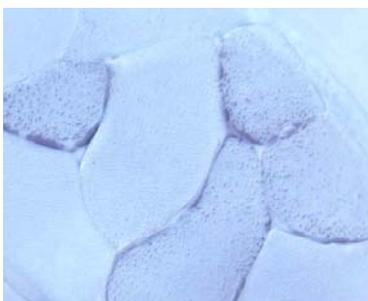
ジャンプのみ



ジャンプ無し+ブラウシオン

PROUSION の影響環境下では、多くの筋衛星細胞で MyoD mRNA の発現が認められた。

資料 -2 / ジャンプトレーニング及び安静時において PROUSION が筋衛星細胞の SOD mRNA 発現に与える影響



ジャンプ+ブラウシオン



ジャンプのみ



ジャンプ無し+ブラウシオン

PROUSION は筋衛星細胞の活性化及び抗酸化作用に影響を与える。

写真 / PROUSION の活性酸素除去効果

