

# 活性酸素の脅威

ライフアカデミー研究所 寺本 正文

活性酸素という言葉はよく聞きますが、それは一体どういうものか全体を知る機会はなく、何となく体に悪いものという程度におさまっています。それで全貌がわかるようにまとめました。読者の方々の食生活に役に立つことを願っています。

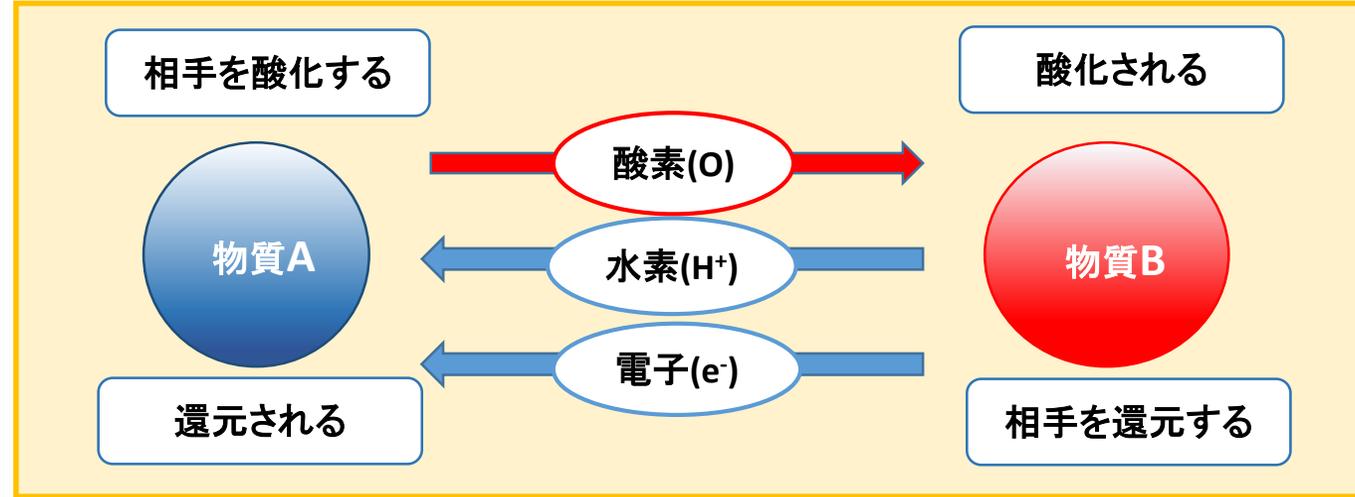
今回は講演会で発表した資料をそのままお送りします。なるべく説明文を書いています。言葉による説明がない分、細かいところでわかりにくい所があるでしょう。さっと全体を眺めるにはいい資料と思います。



# 1. 活性酸素とは？

活性酸素は  
物質A

フリーラジカルは  
活性酸素の一部



還元されると  
錆びがとれる  
新鮮  
若返る

物質A

酸化する	還元する
酸素(O)を与える	酸素(O)を奪う
水素(H <sup>+</sup> )を奪う	水素(H <sup>+</sup> )を与える
電子(e <sup>-</sup> )を奪う	電子(e <sup>-</sup> )を与える
相手を酸化すると、自分は還元される	

酸化されると  
錆びる  
劣化  
老化

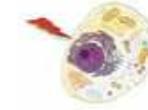
物質B

## 2. 活性酸素の悪い点、良い点

## 「活性酸素はもろ刃の剣」

### 悪い点

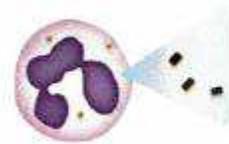
- ① 細胞膜のリン脂質を壊し、細胞の機能をこわす。
- ② 遺伝子に作用し、がんの発生、テロメアの短縮を招く。
- ③ たん白質の機能低下を招く。
- ④ 動脈硬化を進行させる。



病気の90%に、  
活性酸素が  
関わっている。

### 良い点

- ① 白血球は活性酸素を大量に作り、感染症を防ぐ。



好中球は活性酸素を出して細菌を死滅させる



マクロファージは食べた細菌を死滅させる

- ② 細胞間の情報伝達にも使われている。



### 3. 活性酸素の種類

 :フリーラジカル

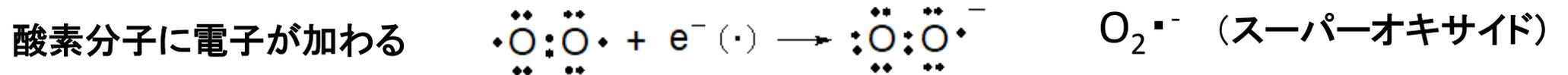
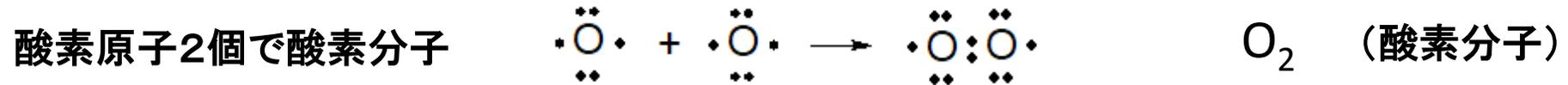
種類	分子記号	特徴
① スーパーオキシド	$O_2^{\cdot -}$	ミトコンドリア内でエネルギーを作るとき、酸素の約2%がこれになる。炎症、虚血でも発生。酸化力は弱い。
② 過酸化水素	$H_2O_2$	スーパーオキシドを消去すると、これに変わる。酸化力は弱い。
③ ヒドロキシラジカル	$HO^{\cdot}$	過酸化水素と鉄が反応してでき、酸化力が非常に強い。構造たん白、機能たん白、脂質、糖質、核酸と反応する。
④ 一重項酸素	$^1O_2$	紫外線が当たる皮膚や眼に発生する。不飽和脂肪酸と反応して、過酸化脂質を作る。
⑤ 過酸化脂質	$L^{\cdot}$	細胞膜の脂肪酸がヒドロキシラジカルや一重項酸素で酸化されるとでき、細胞膜を破壊して、細胞を壊死させる。
⑥ 次亜塩素酸	$ClO^{\cdot -}$	食細胞が殺菌をする。
⑦ 一酸化窒素	$NO^{\cdot}$	血管内皮細胞で作られ、平滑筋弛緩作用や情報伝達物質としての作用を持つ。

危険

## 4. フリーラジカルとは

族 周期	1	2	13	14	15	16	17	18
1	H·							He:
2	Li·	·Be	·B·	·C·	·N·	·O·	·F·	·Ne:
3	Na·	·Mg	·Al·	·Si·	·P·	·S·	·Cl·	·Ar:

酸素は第2周期に電子を6個持つ

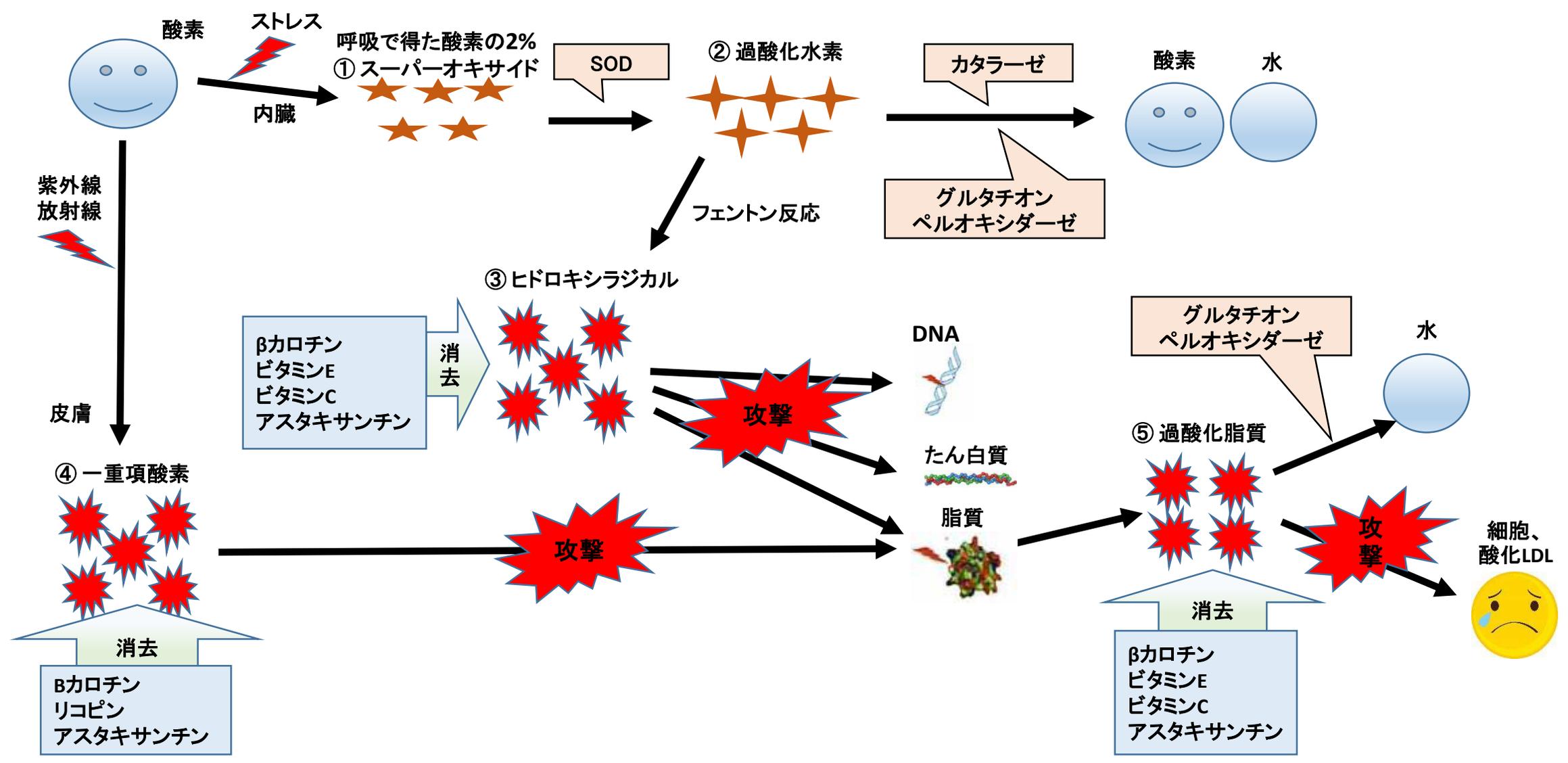


最外殻電子は2個で安定するが、1個しかないと、他の分子から電子を奪おうとする。

これをフリーラジカルと言う。フリーラジカルを表すのに・を使う。

# 5. 活性酸素の発生と影響

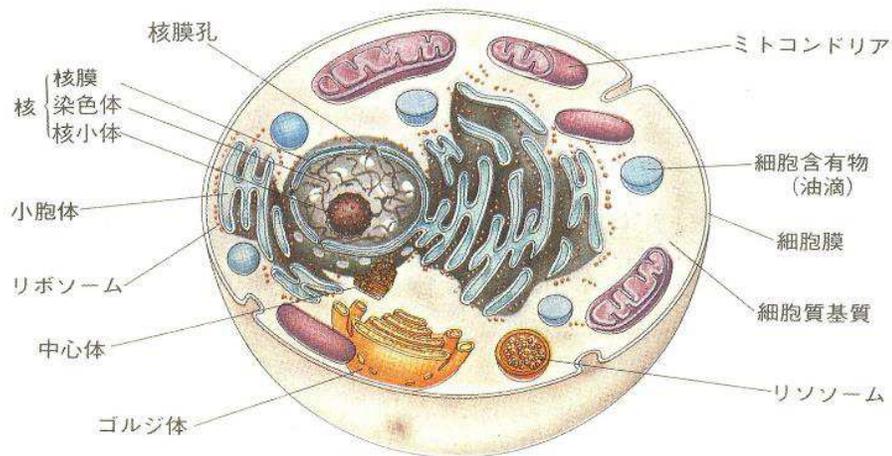
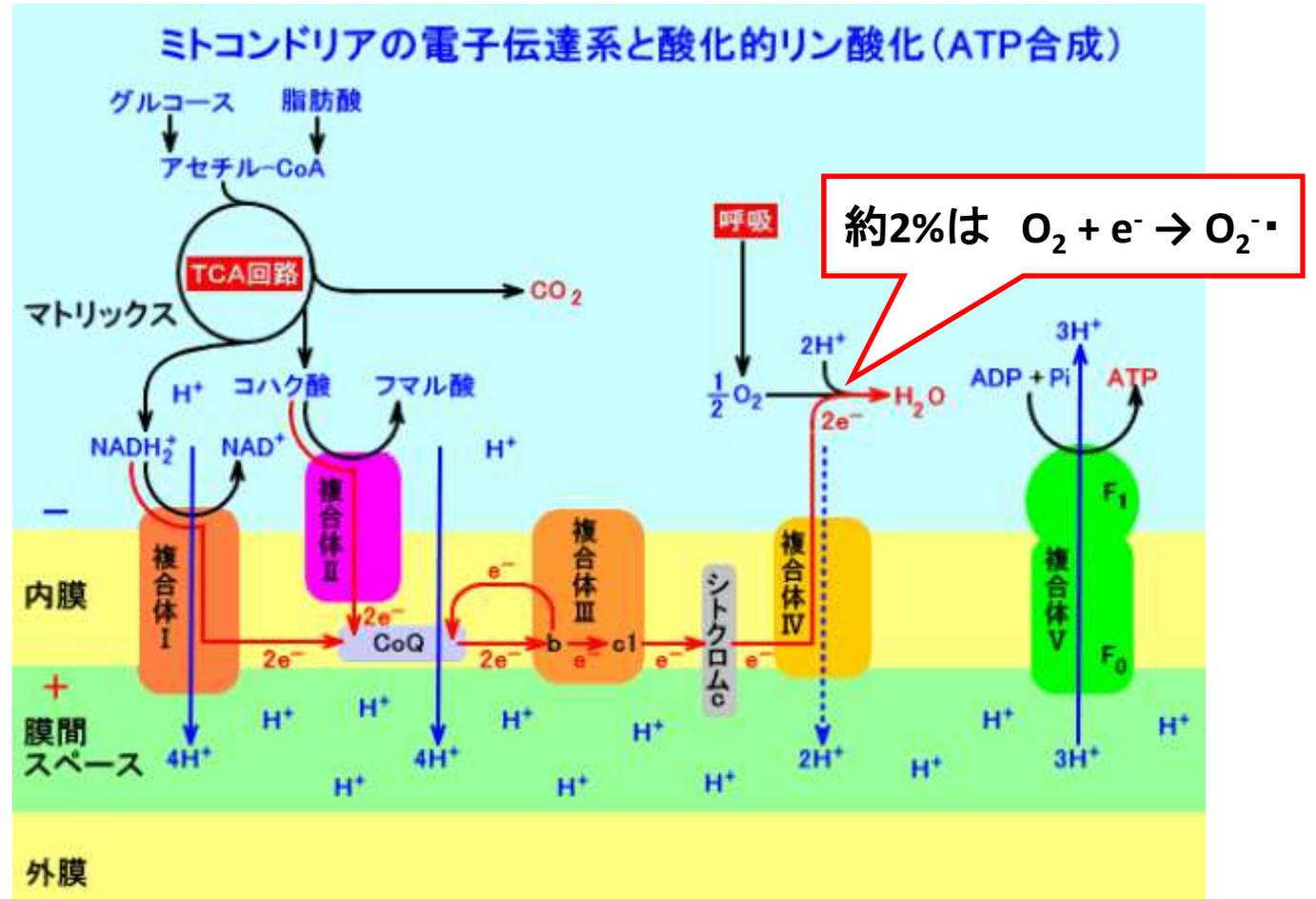
注: 抗酸化酵素 抗酸化物質



## 6. 呼吸で得る酸素からスーパーオキシドができる工程

肺から取り入れられた酸素は、赤血球によって細胞の中のミトコンドリアに運ばれ、電子伝達系という工程で電子や水素イオンと結合して水になる。

この時約2%の酸素がラジカル(スーパーオキシド)になってしまう。

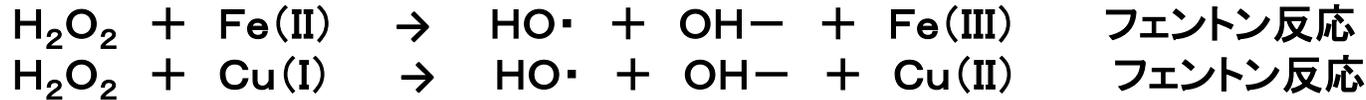


# 7. スーパーオキサイド以外の活性酸素ができる工程

過酸化水素 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)



スーパーラジカル (HO<sup>•</sup>)



一重項酸素 (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>)

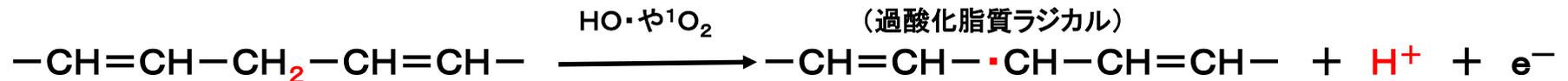
生体内のある分子に波長の短い光が当たると、励起される。その後基底状態に戻るとき、エネルギーが酸素分子の最外殻電子に渡されてできる。



$\pi^* 2p_x \quad \pi^* 2p_y$	$\uparrow \quad \uparrow$	$\uparrow\downarrow \quad -$
$\pi 2p_x \quad \pi 2p_y$ $\sigma 2p_z$	$\uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$
	3重項酸素 基底状態	1重項酸素 励起状態
構造式	<sup>3</sup> O <sub>2</sub>	<sup>1</sup> O <sub>2</sub>

過酸化脂質 (LOOH、LOO<sup>•</sup>、LO<sup>•</sup>、L<sup>•</sup>)

多価不飽和脂肪酸の2つの二重結合にはさまれたメチレンのHは、活性酸素によって引き抜かれやすい。



## 8. 抗酸化酵素

### 1 SOD (スーパーオキシド消去酵素)



酵素産生に必要なもの

亜鉛、銅、マンガン

### 2 カタラーゼ (過酸化水素消去酵素)



ヘム鉄

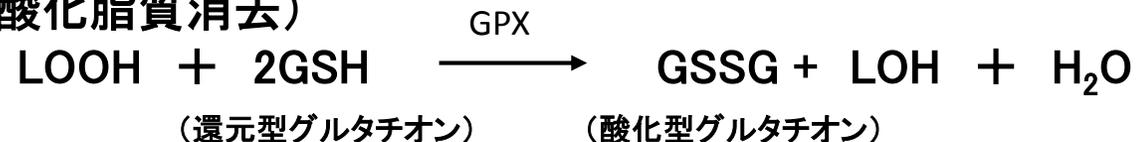
### 3 グルタチオンペルオキシダーゼ (GPX)

(過酸化水素消去)



セレン、ビタミンB2

(過酸化脂質消去)



セレン、ビタミンB2

## 9. 抗酸化物質

	水溶性物質	脂溶性物質
体外からとる	ビタミンC	ビタミンE
	アントシアニン	βカロチン
	カテキン	リコピン
	イソフラボン	アスタキサンチン
体内で合成	グルタチオン	コエンザイムQ10
	尿酸	
	アルブミン	
	ビリルビン	
	グルコース	

働く場所が違う

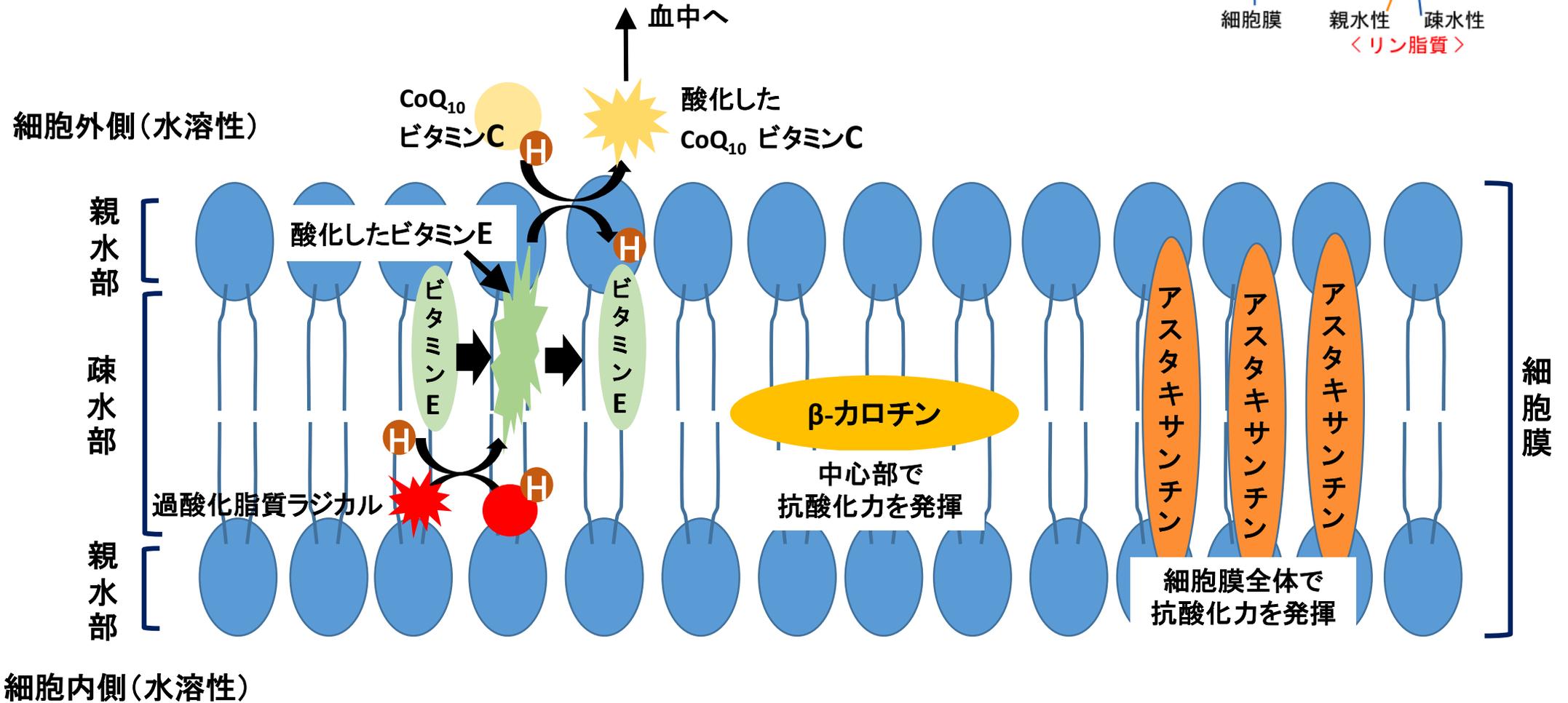
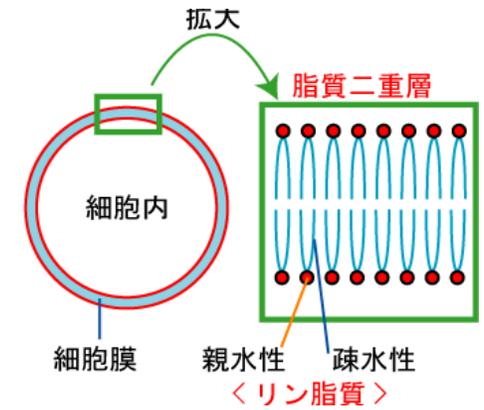
体内で合成する物質の基本材料

グルタチオン、尿酸、アルブミン、ビリルビン、CoQ<sub>10</sub> : たん白質

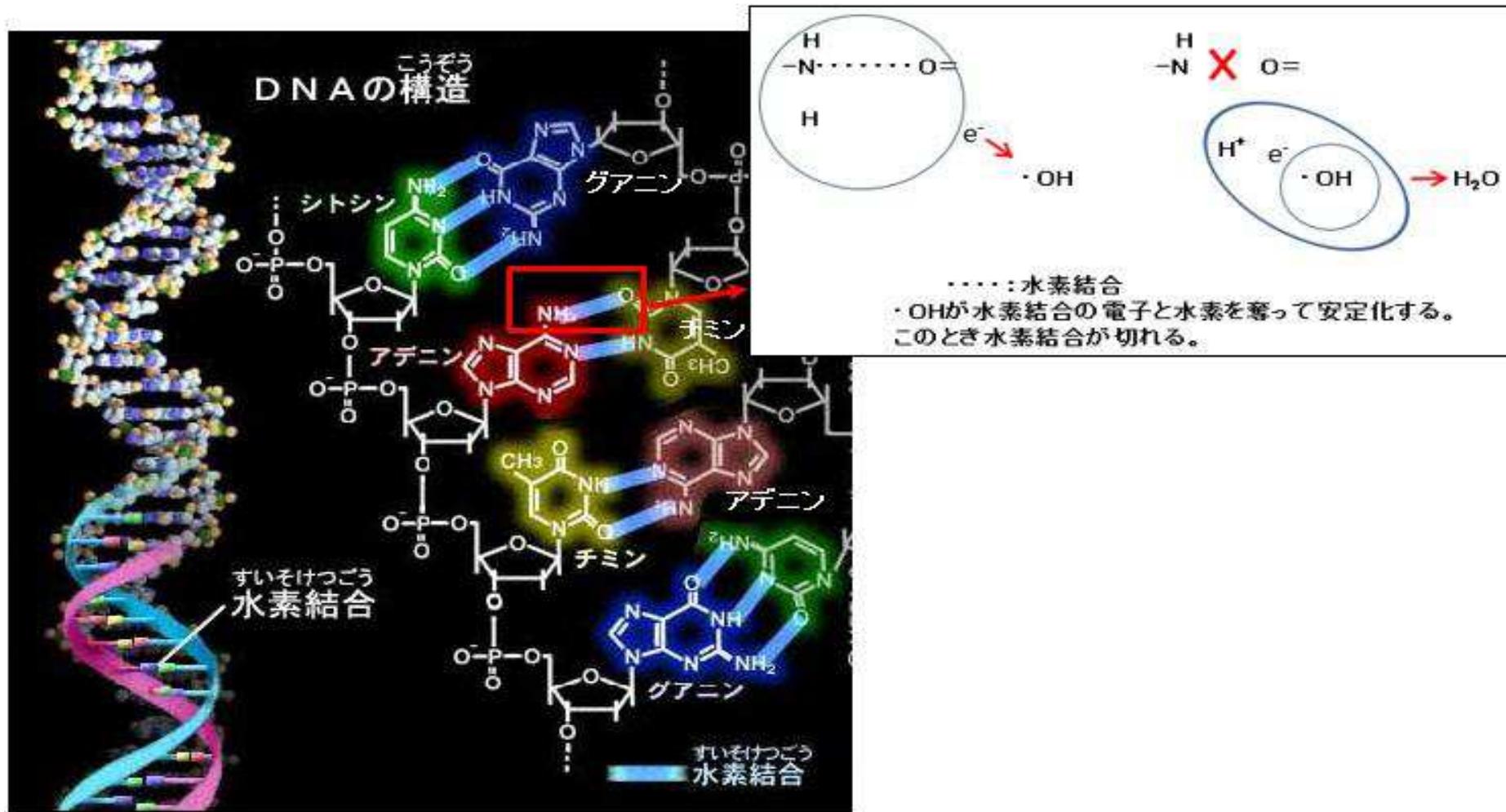
グルコース : 糖

# 10. 抗酸化物質が細胞膜で働く場所

## 脂溶性部分における過酸化脂質の攻撃と抗酸化物質



# 11. ヒドロキシラジカル( $\cdot\text{OH}$ )によるDNAの攻撃 (発がんの基)



## 12. 活性酸素ができる原因

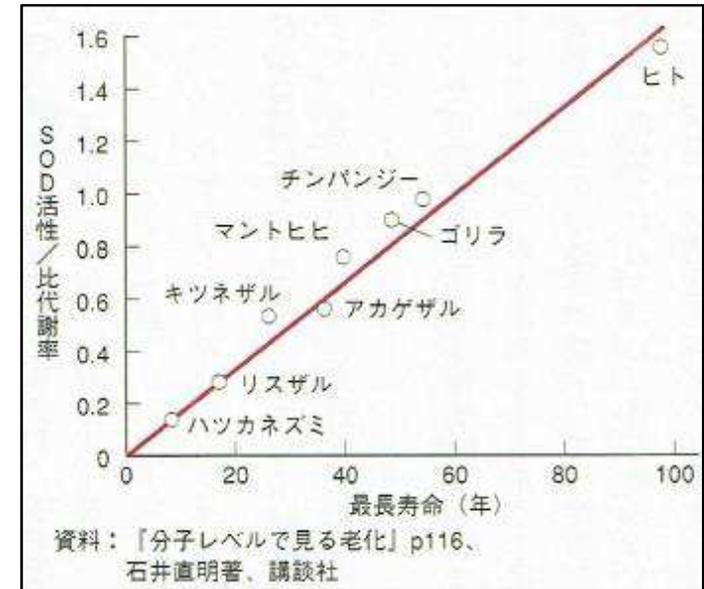
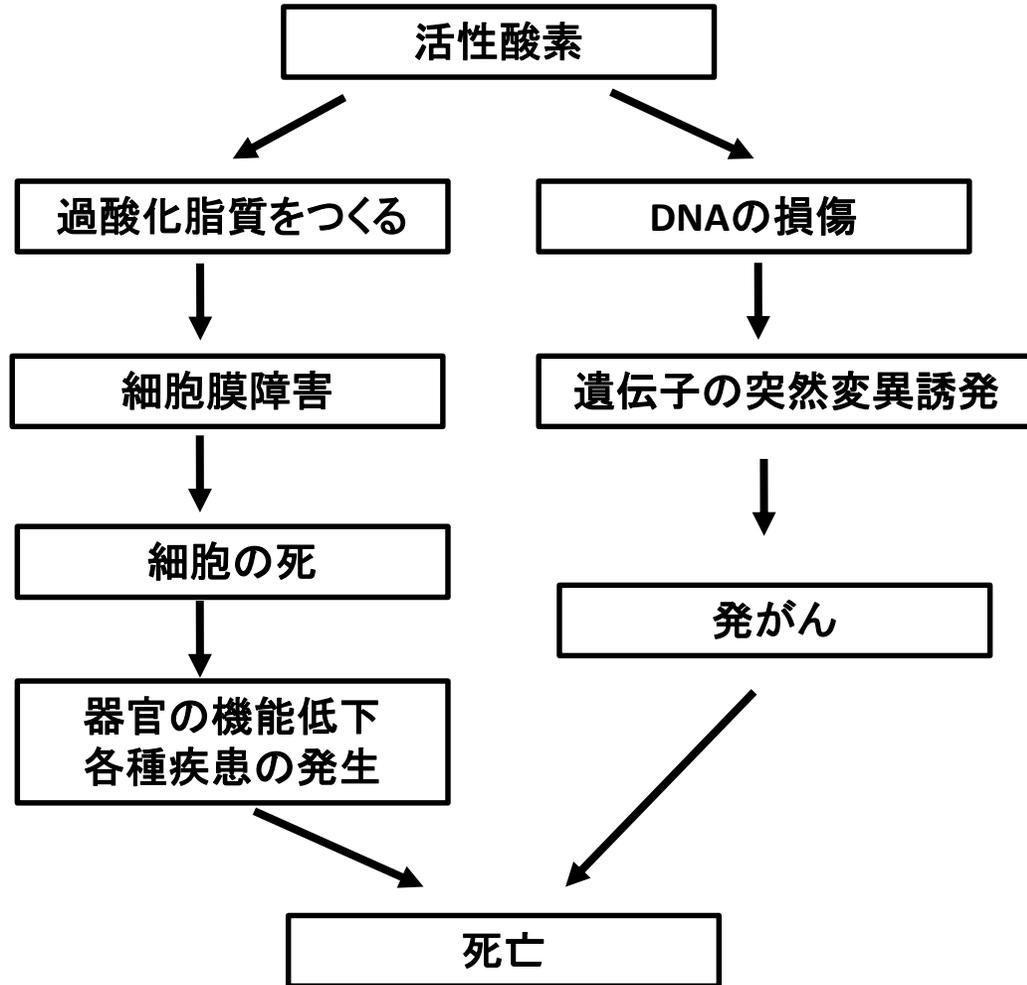
原因	原因
ストレス	過激な運動
炎症や感染	紫外線、放射線、放射線治療
甘いものや高GI食	車や工場の排気ガス
トランス脂肪酸(マーガリン、ショートニング)	残留農薬
酸化した油	電磁波
過食、深酒	薬剤服用
加熱食一辺倒	手術後の再灌流
高脂肪食	発がん物質(アフラトキシン、ベンツピレン他)
タバコ	アクリルアミド(炒めた野菜、ポテトチップ、ビスケット)

注) アフラトキシン: 木の実のカビ      ベンツピレン: おこげ、タバコ

### 13. 活性酸素が関わる代表的な病気 (病気の90%)

障害組織	代表的疾患		
循環器	動脈硬化	心筋梗塞	虚血性循環器障害
呼吸器	肺炎	感染症	喫煙障害
脳神経系	脳梗塞	脳出血	アルツハイマー病
消化器	薬物性肝障害	肝硬変	胃潰瘍
内分泌	糖尿病	副腎代謝障害	ストレス反応
皮膚	アトピー性皮膚炎	炎症	火傷
支持組織系	関節リウマチ	自己免疫疾患	膠原病
眼	黄斑変性症	白内障	未熟児網膜症
全身の部位	がん		

# 14. 活性酸素は寿命を支配している



上図：  
スーパーオキシドを消去するSODと生物の最長寿命は比例している。人の寿命は100歳程度。

**抗酸化力の高い人は長生きする。**

## 15. 活性酸素への対策

1. 原因から遠ざかる ——— 12. の表のものを避ける

2. できた活性酸素をすばやく消去する

① 抗酸化酵素(SOD、カタラーゼ、グルタチオンペルオキシダーゼ)の材料補給

体内で作る酵素	材料
SOD	たん白質、亜鉛、銅、マンガン
カタラーゼ	たん白質、鉄
グルタチオンペルオキシダーゼ	グルタチオン、セレン、ビタミンB2

② 抗酸化物質の取り入れ

物質	物質
ビタミンE	
ビタミンC	
カロチノイド	βカロチン、リコピン、アスタキサンチン
ポリフェノール	アントシアニン、カテキン、イソフラボン

## 16. まとめ (1/2)

促進因子	活性酸素	抗酸化酵素 抗酸化物質	抗酸化物質の材料 (タンパク質以外のもの)
アルコール	① スーパーオキシド ( $O_2\cdot$ )	SOD	亜鉛、銅、マンガン
たばこ		② 過酸化水素 ( $H_2O_2$ )	カタラーゼ
ストレス	グルタチオンペル オキシダーゼ		セレン、ビタミンB2
高脂肪食	③ ヒドロキシラジカル ( $HO\cdot$ )		ビタミンE
服薬		ビタミンC	<=
激しい運動		カロチノイド	$\beta$ カロチン、リコピン、アスタキサンチン
放射線		ポリフェノール	アントシアニン、カテキン、イソフラボン
甘いもの			

## 17. まとめ (2/2)

促進因子	活性酸素	抗酸化酵素 抗酸化物質	抗酸化物質の材料 (タンパク質以外のもの)
紫外線 放射線	④ 一重項酸素 ( $^1\text{O}_2$ )	カロチノイド	$\beta$ カロチン、リコピン、アスタキサンチン
揚げ物食品 不飽和脂肪酸 ヒドロキシラジカル 一重項酸素	⑤ 過酸化脂質ラジカル ( $\text{LOOH}$ 、 $\text{LOO}\cdot$ 、 $\text{LO}\cdot$ 、 $\text{L}\cdot$ )  L: 脂肪酸	グルタチオンペル オキシダーゼ	セレン、ビタミンB2
		ビタミンE	<=
		ビタミンC	<=
		カロチノイド	$\beta$ カロチン、リコピン、アスタキサンチン
		ポリフェノール	アントシアニン、カテキン、イソフラボン

## 18. 活性酸素に立ち向かう食材

抗酸化酵素/物質	栄養素	食材
基本	たん白質	肉、魚、卵、乳製品、大豆製品
SOD	亜鉛	魚介類、肉、チーズ、納豆、卵、海藻
	銅	魚介類、レバー、ナッツ、大豆、ココア
	マンガン	青のり、きくらげ、しょうが、しじみ
カタラーゼ	鉄	レバー、赤身肉、魚、乳製品
グルタチオン ペルオキシダーゼ	セレン	通常の食事ですりている
	ビタミンB2	レバー、牛乳、卵、干しいたけ、緑黄色野菜、納豆
	ビタミンE	落花生、大豆、植物油、マヨネーズ
	ビタミンC	青菜類、いちご、かんきつ類、いも
カロチノイド	βカロチン	緑黄色野菜、マンゴー
	リコピン	トマト、柿、金時人参、スイカ
	アスタキサンチン	甲殻類の殻、サケ、イクラ、鯛
ポリフェノール	アントシアニン	ブドウの皮、ブルーベリー
	カテキン	茶、ワイン、リンゴ、ブルーベリー
	イソフラボン	大豆味噌

## 19. 栄養素を減らさない調理のコツ

### 1 たん白質

たん白質は 60° C以上の高温にさらされると、形が変わるため、消化吸収に時間がかかる。肉料理では、フライパンを加熱してから肉を入れるより、加熱前に入れて弱火で加熱すると、変性が少なくなる。そして余熱も利用すると、肉がやわらかいうちに食べられる。



### 2 水溶性ビタミン

ビタミンB群、ビタミンCは水に溶けやすい。ブロッコリや小松菜などの食材をゆでると、ビタミンが湯に流れてしまう。蒸すか電子レンジでやわらかくする方がいい。

### 3 脂溶性ビタミン

ビタミンA、カロチノイド、ビタミンEは湯には溶けないため、湯がいてもいい。むしろ湯がくと吸収率が上がる。

### 4 アスタキサンチン

甲殻類の殻に含まれているが、身には含まれていない。殻を食べることはないのでアスタキサンチンを得ることはできない。サケの身や鯛の皮なら得られる。