

ビタミンC - 多様な働きから所要量まで

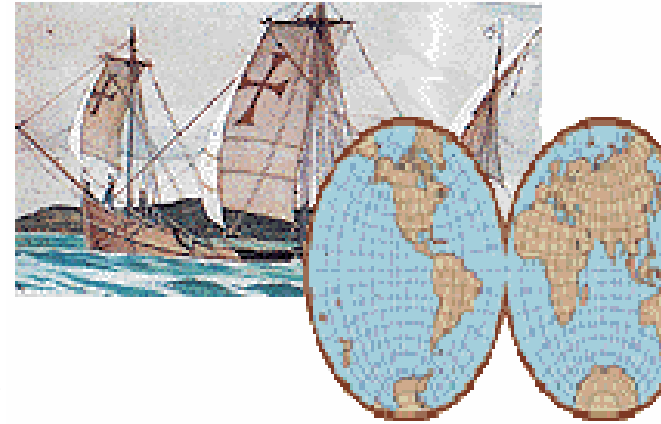
近畿大学 農学部 食品栄養学科

重岡成, 武田徹, 村上恵

ビタミンCの歴史・・・

壊血病

- ・・・粘膜や歯肉から出血する病気
- ・大航海時代には多くの船員が壊血病で死亡。
(バスコ・ダ・ガマのインド航路発見の際には、
160人の乗組員のうち100人が「壊血病」で死亡)
- ・18世紀半ばイギリスの海軍医リンドがオレンジやレモンなどの柑橘類を食べることで壊血病を予防できることを発見。



- ・1928年 セントージェルジ博士がウシ副腎から新しい糖類似物質を結晶状に分離し、ヘキサロン酸と命名した。
- ・ほとんど同じ時期にキング博士らによってレモンから分離され、ビタミンCと確認された。

ビタミンCの名前の由来・・・

▶ **アスコルビン酸** ascorbic acid

a (anti) = 抗、

scorbic (scorbutic) = 壊血病の、

acid = 酸 (因子)

つまり「**壊血病を防ぐ因子**」

ビタミンCは何色・・・？



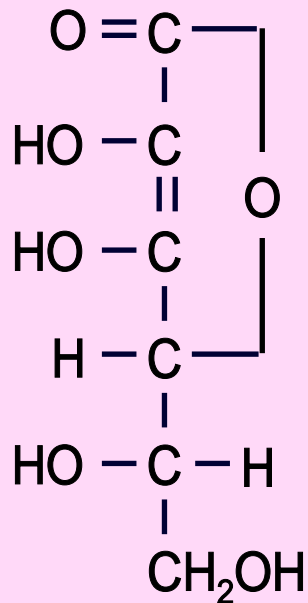
✕ レモン色？



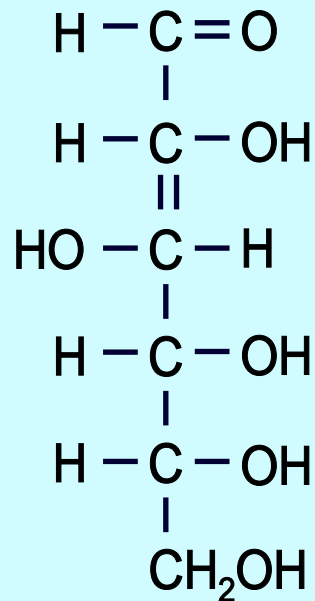
○ 白色粉末



ビタミンCの構造・・・



L-アスコルビン酸
(AsA)



D-グルコース

ビタミンCの異性体・・・

・L(+)-AsA (ビタミンC)

・D(+)-AsA

・L(-)-AsA

・D(-)-AsA (エリソルビン酸)

アスコルビン酸と同程度の抗酸化性を示すが、
生理活性はアスコルビン酸の1/20程度。

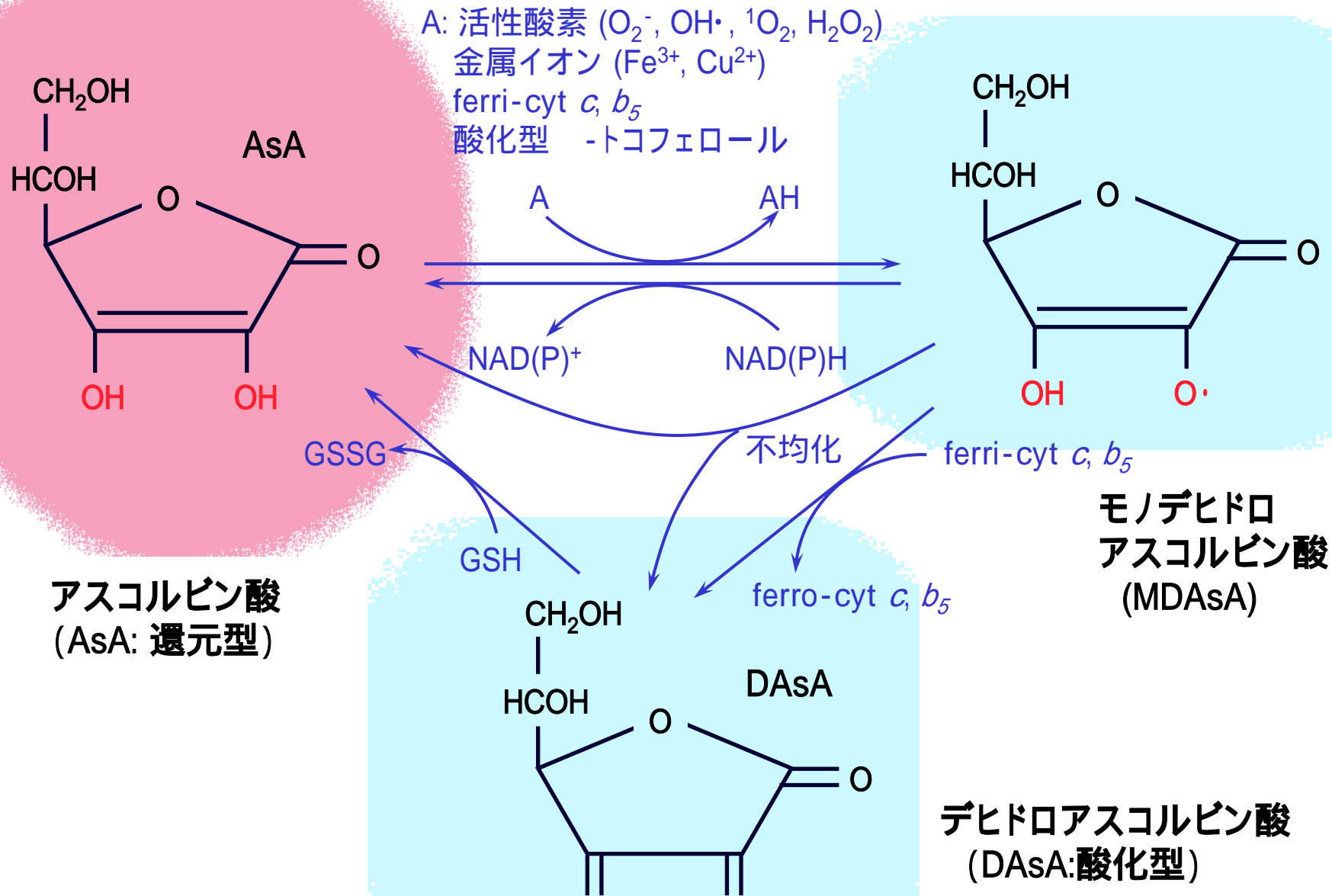
} 自然界には存在しない。



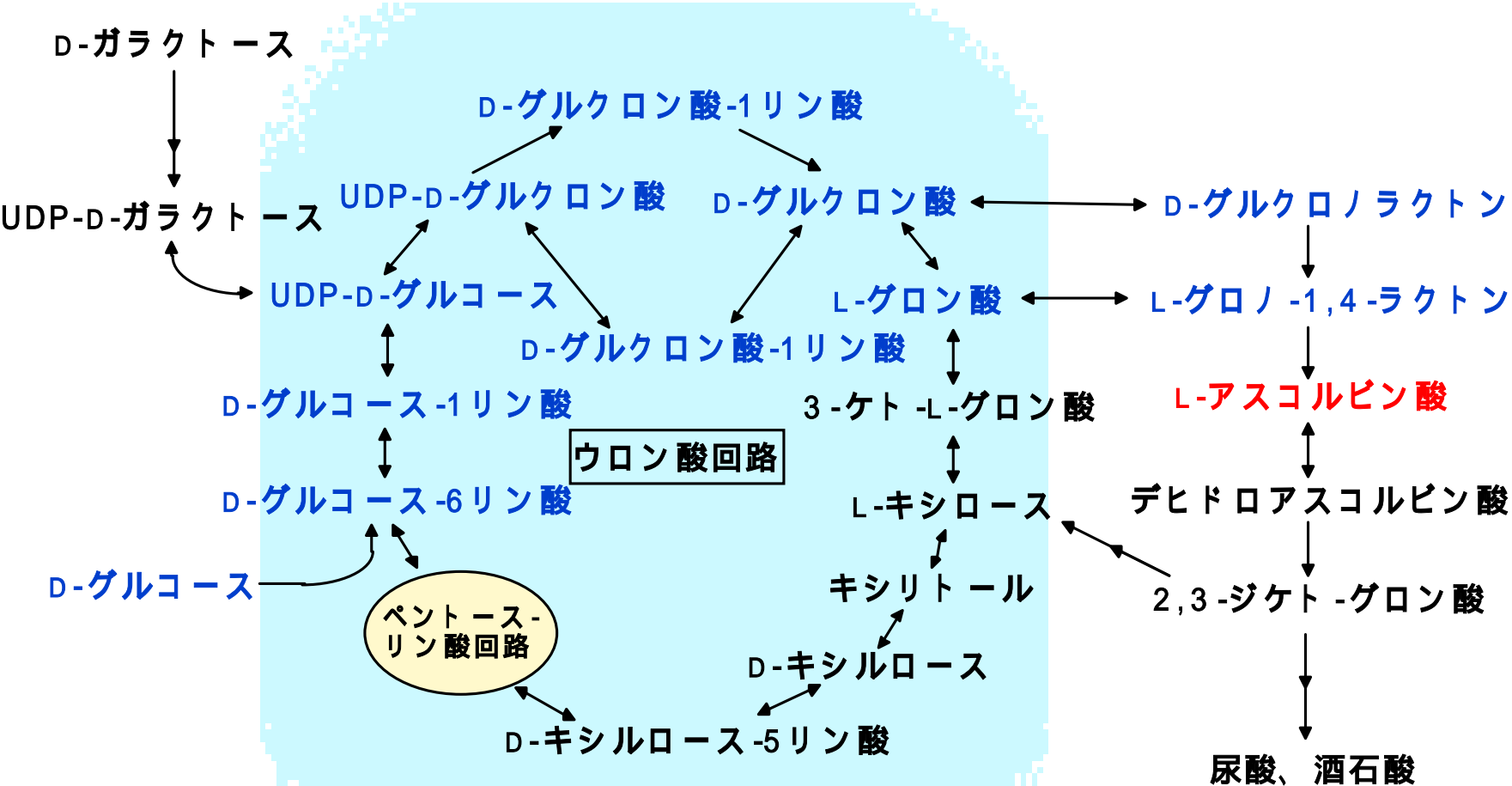
自然界にビタミンCの異性体は存在しない。

天然のビタミンCと合成ビタミンCは構造も機能も
全く同じ!!

ビタミンCの酸化還元サイクル...



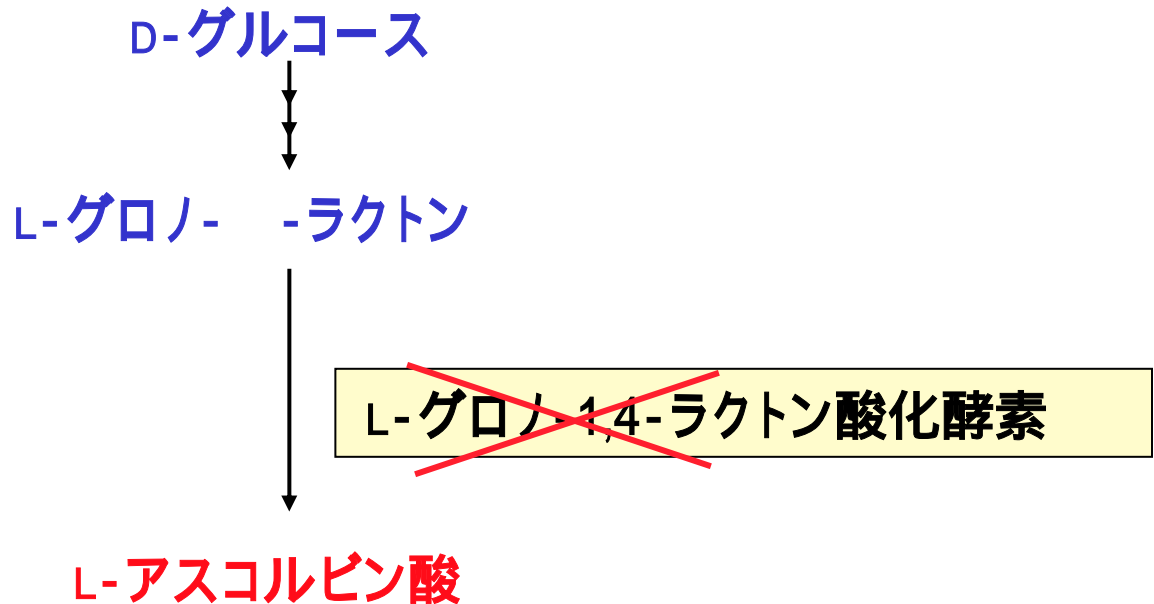
ビタミンCの生合成経路...



霊長類はビタミンCを合成できない……

ヒト、霊長類、モルモット、高等な鳥類などはブドウ糖からビタミンCへの変換過程に関与する酵素を持っていない。

ヒトにはL-グルノ-1,4-ラクトン酸化酵素の遺伝子は存在するが、多くの変異があり、酵素タンパク質を作ることが出来ない。



動物のビタミンCの生合成能力・・・

肝臓における1日当たりの生合成量

ラット 150 mg/kg体重/日

ウサギ } 275 mg/kg体重/日

マウス }



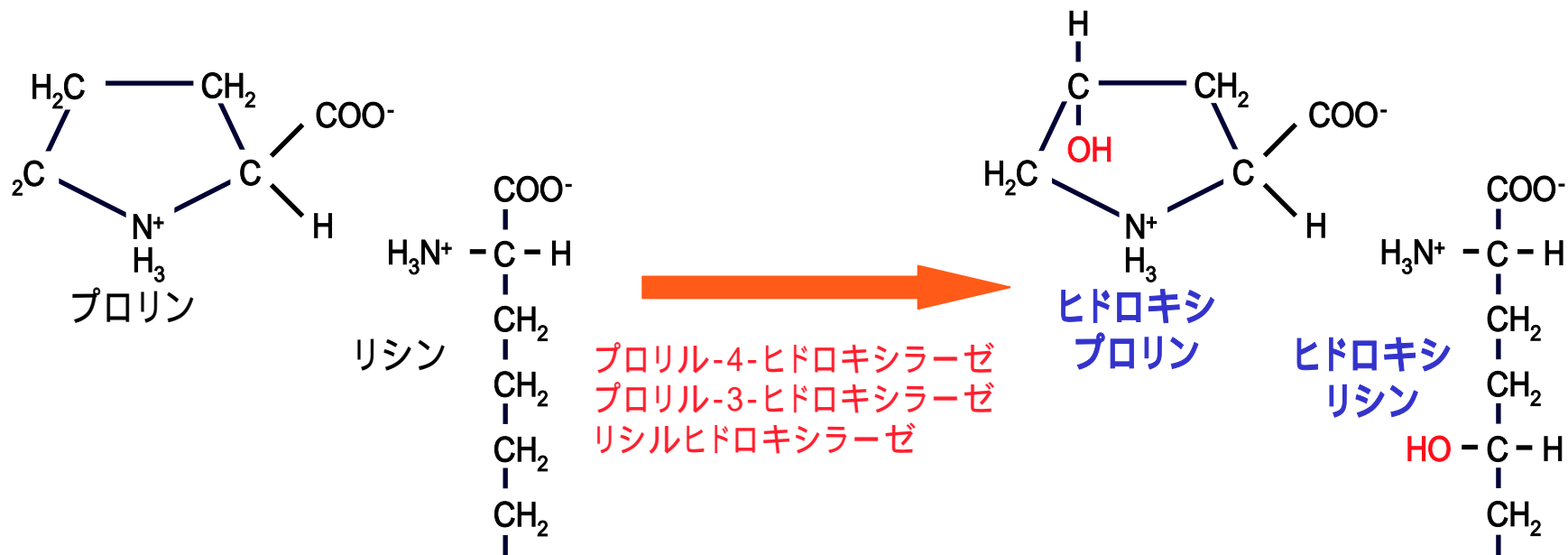
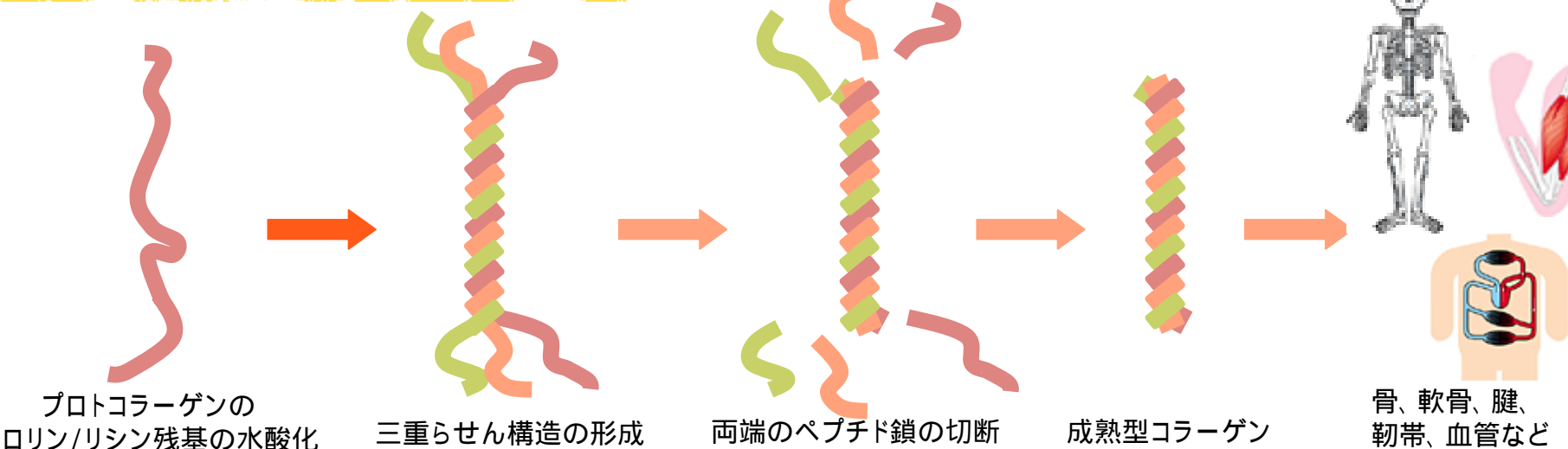
ビタミンCの生理機能・・・

- 抗酸化作用:** O_2^- , $OH\cdot$, H_2O_2 , 1O_2 などの**活性酸素種**の消去剤として機能する。
- コラーゲンの形成:** ヒトの総たんぱく質の約30%を占める**コラーゲン**の合成に関与する。
- 生体異物の代謝:** 体内に進入したさまざまな異物を解毒 / 代謝する**シトクローム P450**の活性化を維持する。
- コレステロール:
/ 脂肪酸の代謝** 脂肪酸の分解に関与する**カルニチン**がリジンから生合成される過程の2つの水酸化酵素のコファクターとなる。
コレステロールから**胆汁酸**が合成される過程に必要である。
- アミノ酸:
ホルモンの代謝** 副腎髄質や神経組織でチロシンから**ノルアドレナリン**が生成される過程に含まれるドーパミンヒドロキシラーゼに必要である。
- その他:** **鉄イオン**を2価に保つことで吸収を促進する。
消化管内での発がん物質の一つである**ニトロソアミン**の生成を抑制する。
ビタミンEラジカルを還元して**ビタミンE**を再生する。

ビタミンCの生理機能・・・

還元作用	コラーゲンの生成と維持	カルニチンの生成に関与	発がん物質ニトロソアミンの生成抑制
抗酸化作用	副腎皮質ホルモンやカテコールアミンの生成と維持	鉄の吸収促進	血液のフィブリン溶解活性を高める
ビタミンEラジカルを還元してビタミンEを再生	インスリン様の血糖降下作用	カルシウムの吸収と代謝に関係	金属キレート作用
プロスタグランジンの生成と調節	アミノ酸の代謝に関与	抗ヒスタミン作用	糖の代謝に関与
環状ヌクレオチドの生成と調節	チロシンからのメラニン生成を抑制	コレステロールの代謝に関与	薬物代謝系に関与
水酸化反応に関与	葉酸代謝に関与	尿酸低下作用	インターフェロンの産生促進

コラーゲンの生合成...



「酸素：それは諸刃の剣」



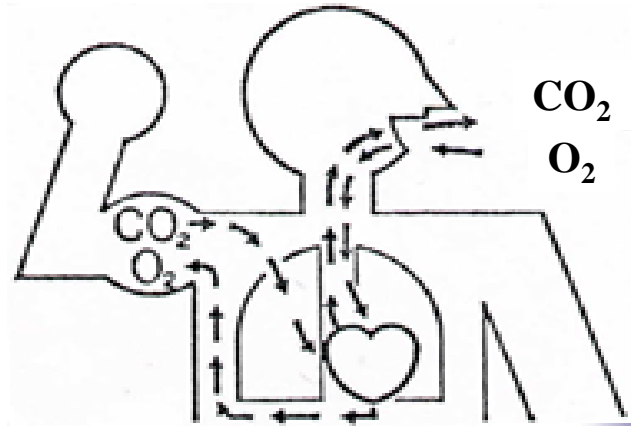
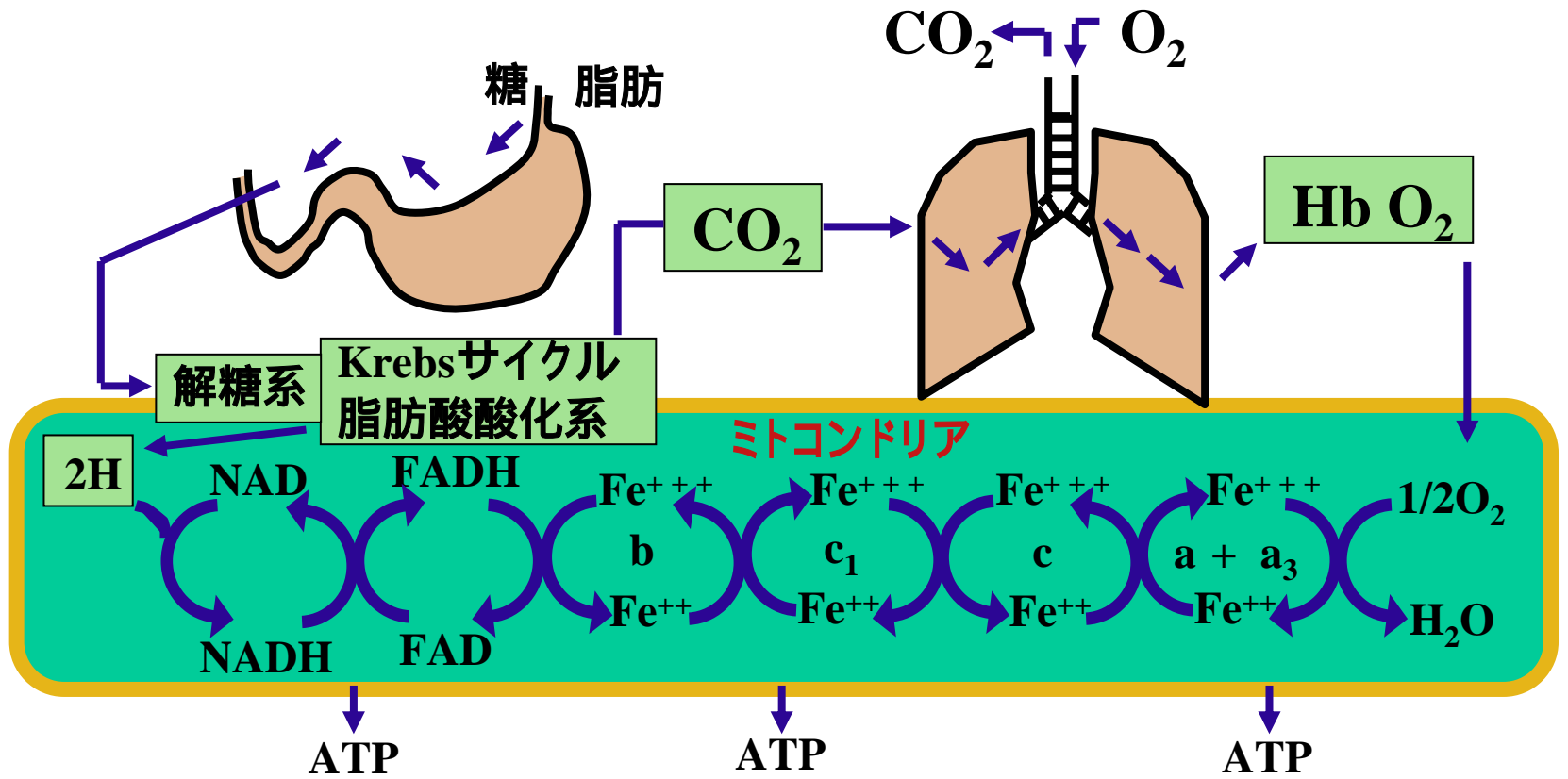


図1.1 外呼吸と内呼吸



活性酸素とは・・・

スーパーオキシドラジカル (O_2^-)

ミトコンドリアが酸素を利用してエネルギーを作るときや、免疫細胞が体内に侵入してきた病原菌を殺すときなどに発生する。

一重項酸素 (1O_2)

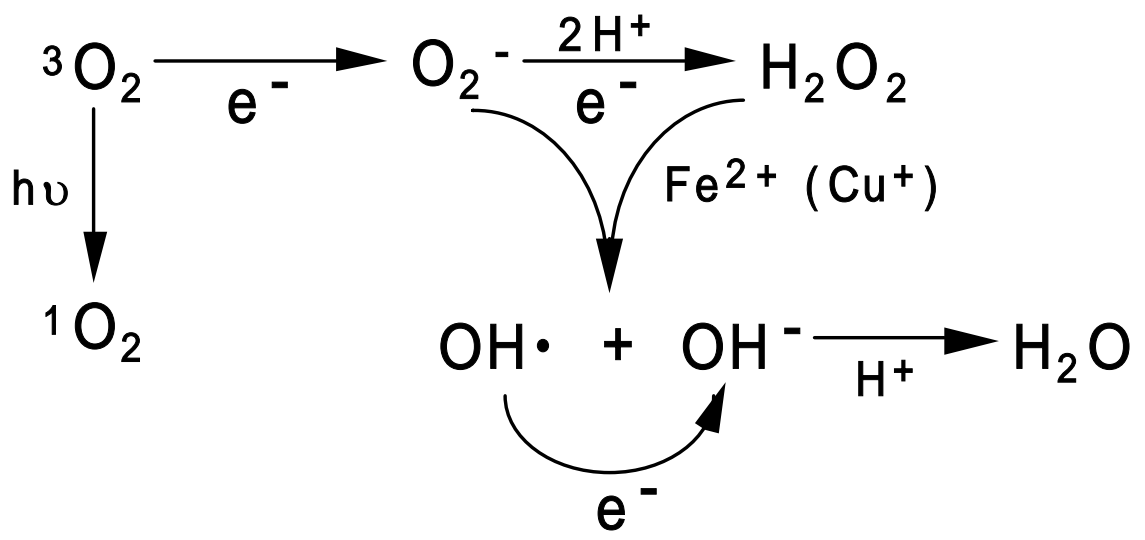
放射線や紫外線に被爆すると大量に発生し、皮膚ガンをはじめとする様々なガンを引き起こす。

過酸化水素 (H_2O_2)

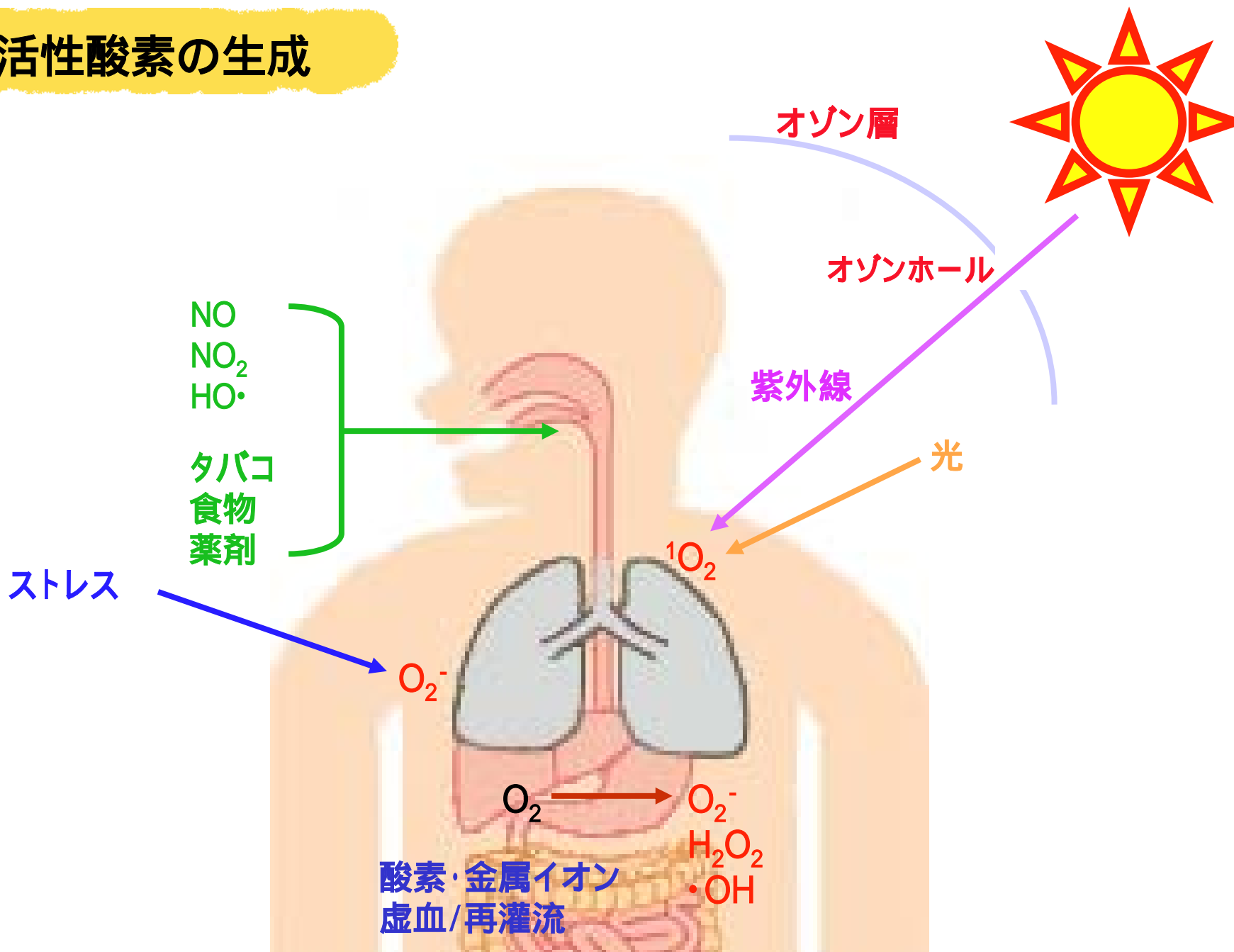
「オキシドール」と呼ばれ、消毒剤として有名。 O_2^- に比べるとその酸化力は比較的弱い。

ヒドロキシルラジカル ($OH\cdot$)

放射線や紫外線を受けたときや、 H_2O_2 が細胞中の金属イオンと反応して生成する。最も酸化力が強い。



活性酸素の生成

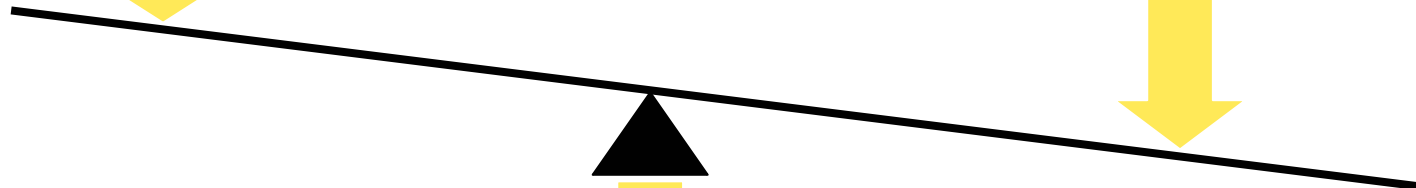


活性酸素消去系

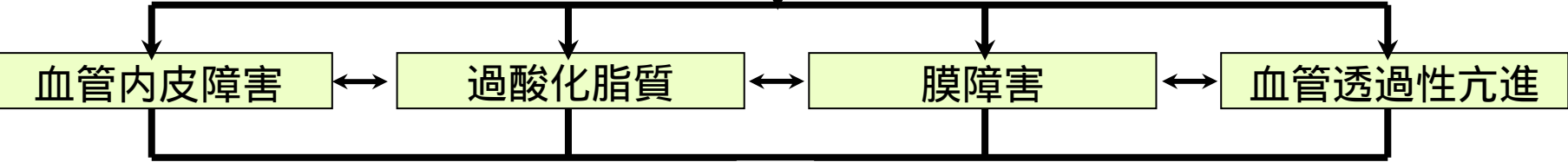
SOD
カタラーゼ
GSHPx
ビタミンC、ビタミンE
グルタチオン ほか

活性酸素産生系

電子伝達系
多形核白血球
酸化酵素(キサンチン 酸化酵素など)
タバコ、薬剤
放射線、紫外線 ほか

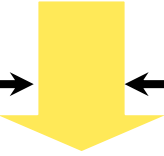


活性酸素・フリーラジカル



防御因子減弱 (weakened defense factors)

攻撃因子 (attack factors)



各種疾患 (various diseases)

活性酸素・フリーラジカルと症候・疾患

活性酸素が原因とされる疾病・病態・・・

アルツハイマー型 痴呆	虚血性心疾患	ショック	凍傷	白内障
ガン	虚血性腸炎	腎炎	糖尿病	浮腫
ガン転移	クローン病	心筋梗塞	動脈硬化	放射線障害
潰瘍性大腸炎	血管透過性 の亢進	ストレス性潰瘍	脳卒中	未熟児網膜症
肩こり	高血圧	成人呼吸窮迫症 候群(ARDS)	パーキンソン病	薬剤性肝障害
肝炎	紫外線障害	DIC(播種性血管 内血液凝固)	肺気腫	リウマチ
急性膵炎	自己免疫疾患	テンカン発作	白血病	老化

過酸化水素、過酸化脂質
金属、タバコなど

予防的抗酸化物

ラジカルの生成を抑制

フリーラジカル

連鎖開始反応を抑制

ラジカル捕捉型抗酸化物

標的分子：脂質、タンパク質、糖、核酸など

連鎖成長反応を抑制

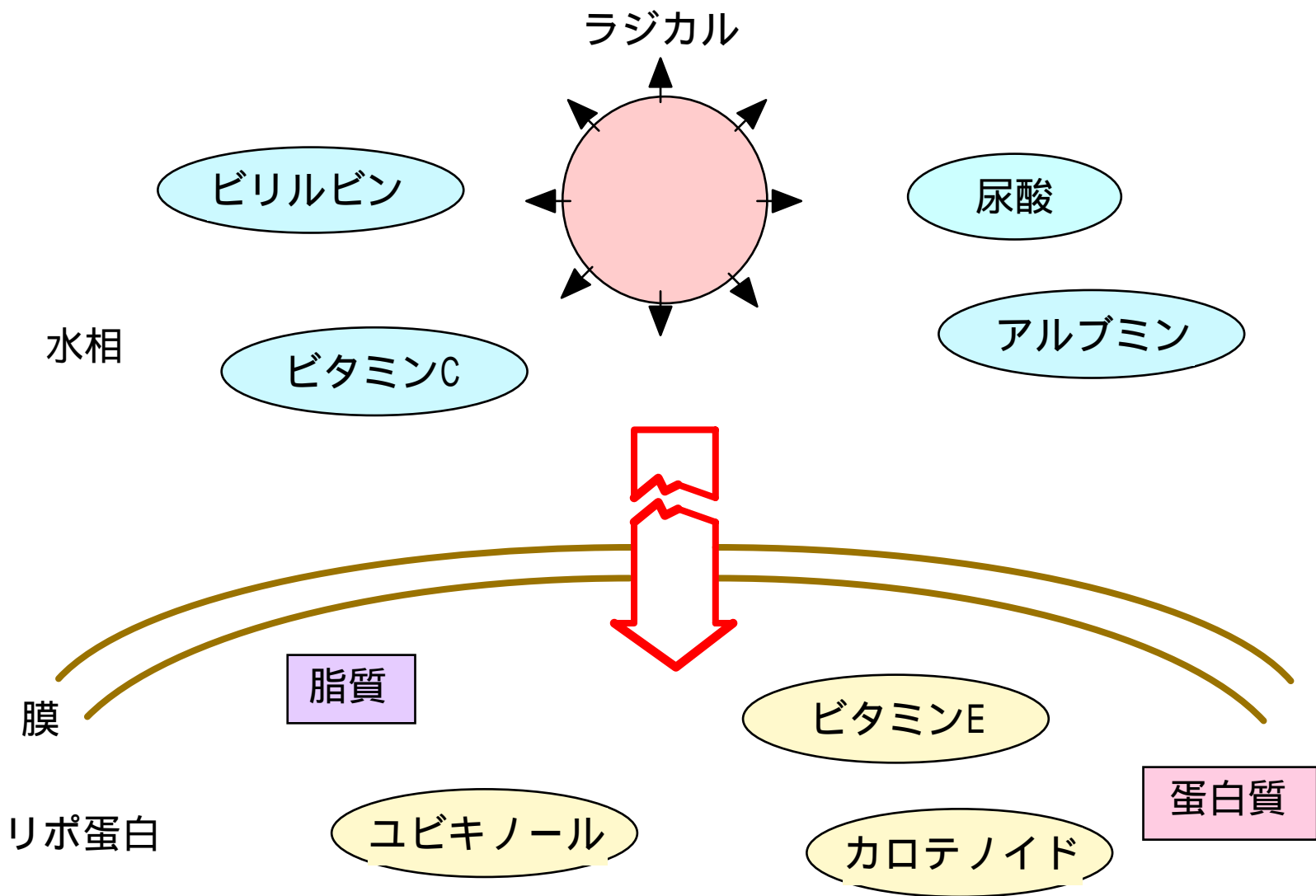
連鎖反応

修復・再生機能

傷害

疾病、発癌、老化

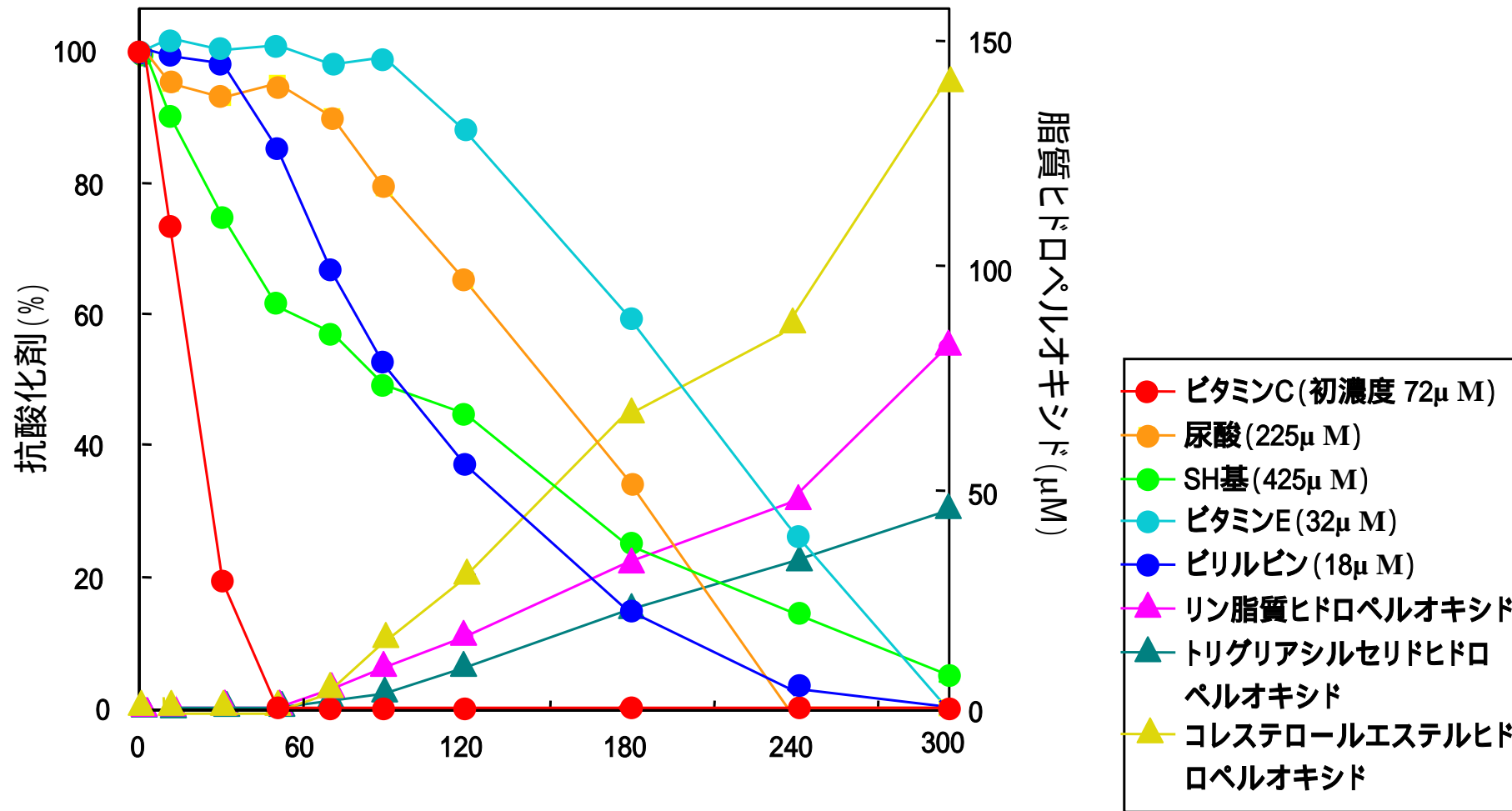
生体の活性酸素・フリーラジカルに対する防御システム



生体内ラジカル捕捉型抗酸化物

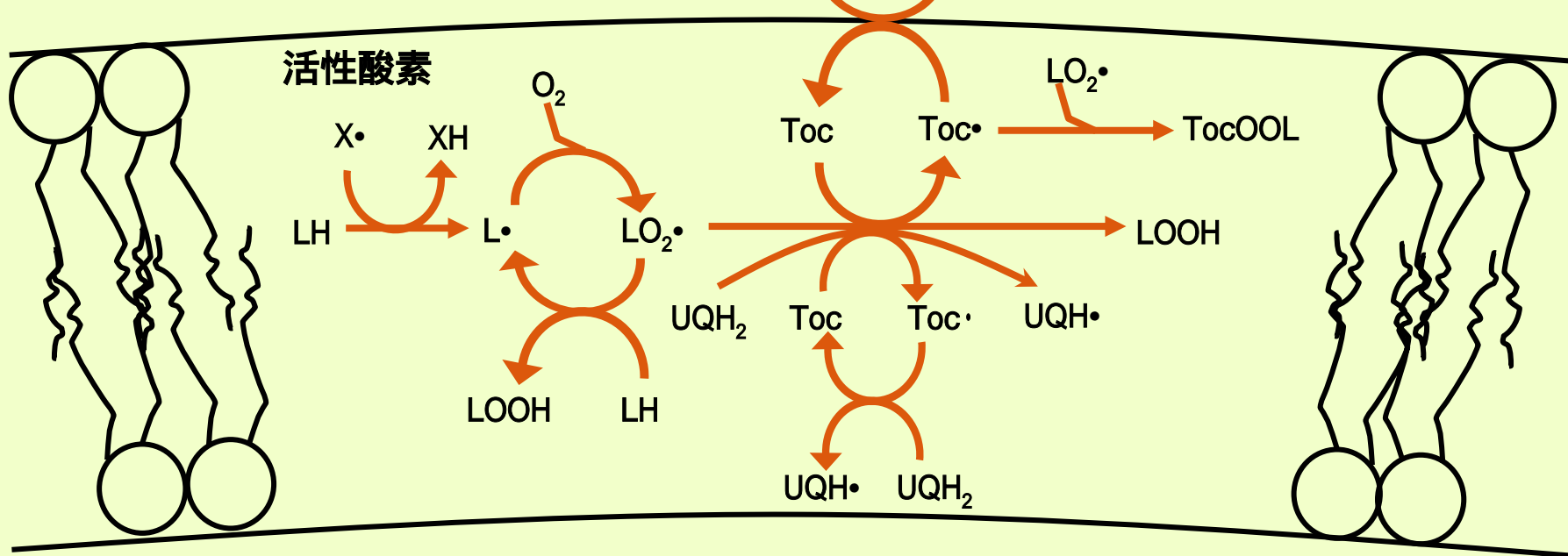
ヒト血漿中の主な抗酸化物質の濃度

抗酸化物質	血漿濃度 (μM)
尿酸	160 ~ 450
ビタミンC	30 ~ 150
ビリルビン	5 ~ 20
ビタミンE	15 ~ 40
ユビキノール	0.4 ~ 1.0
-カロテン	0.3 ~ 0.6



ヒト血漿を水溶性ラジカル発生在に曝露した場合の脂質過酸化と抗酸化剤の減少

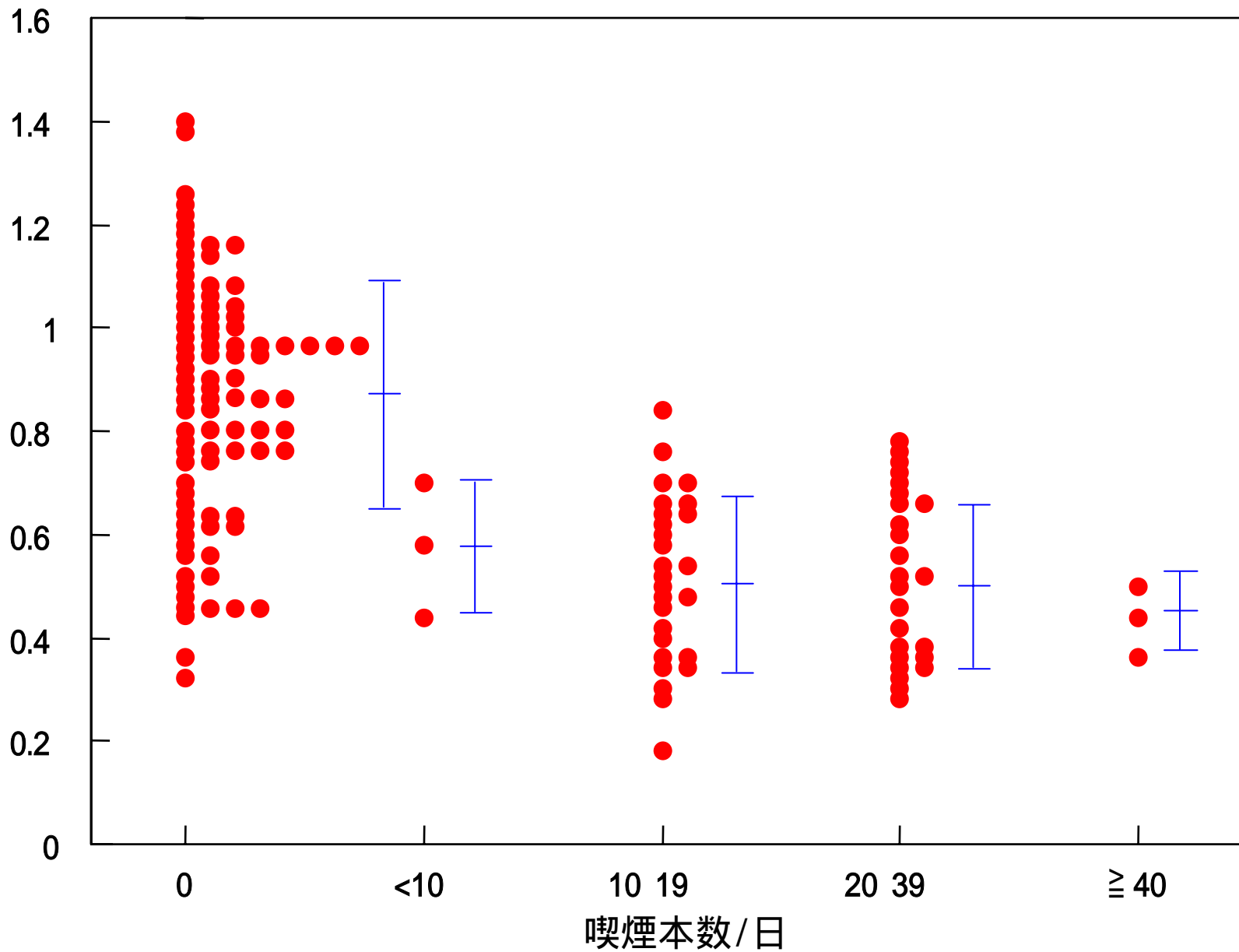
生体膜の脂質二重層



膜の脂質過酸化におけるビタミンC (AsA)、ビタミンE (Toc)、尿酸 (UH₂) およびユビキノール (UQH₂) の相乗的抗酸化作用

(mg/100 ml)

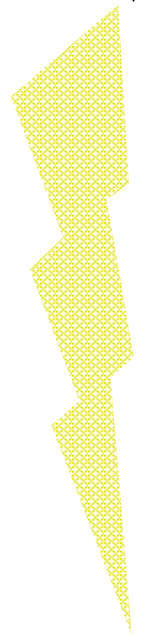
血漿
ビタミンC



喫煙とビタミンC濃度

ビタミンCは、活性酸素種を効果的に消去する！

環境ストレス
タバコ、食物 など



電子



SOD

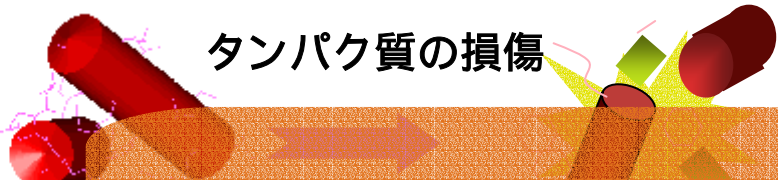


ビタミンC

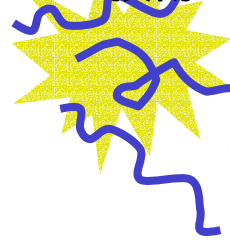
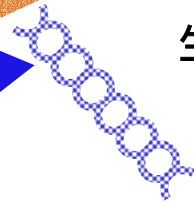


活性酸素種の消去

タンパク質の損傷

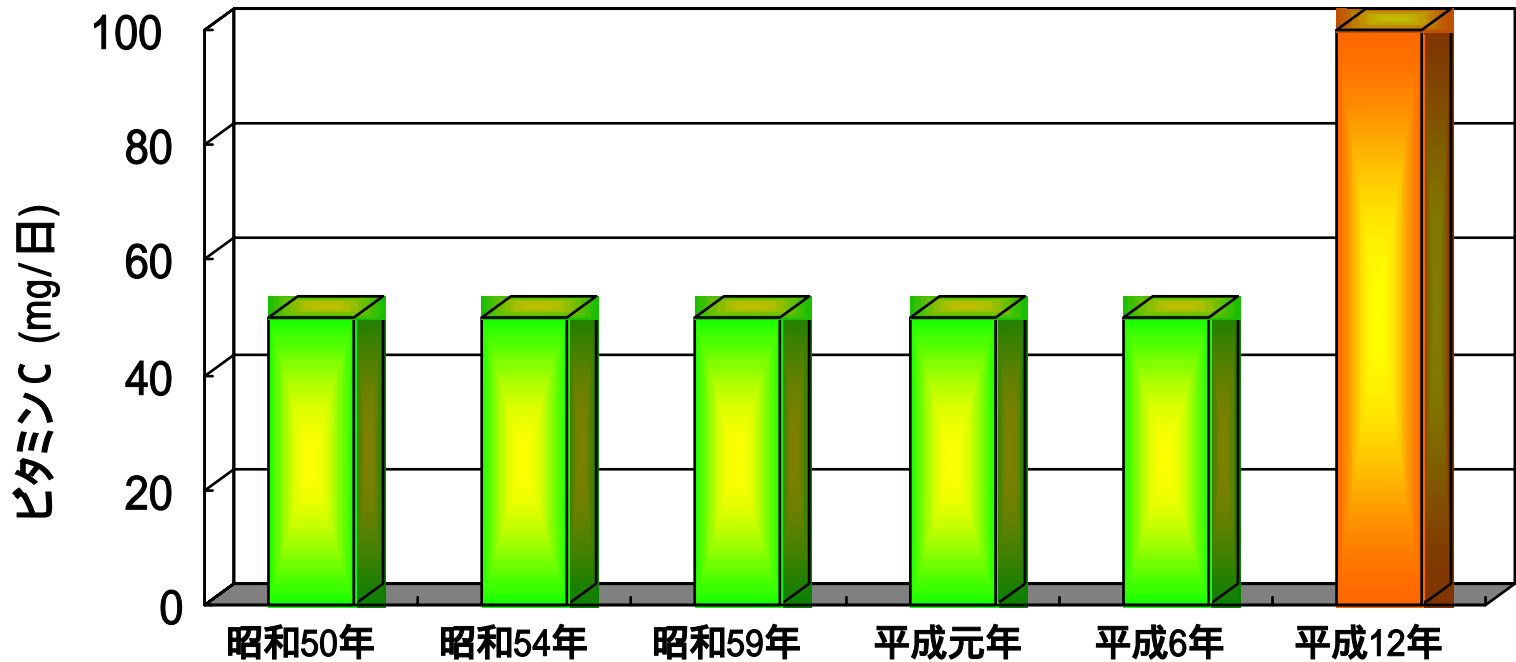


生体膜、DNAの損傷



栄養所要量の変遷

第六次改定でビタミンCの栄養所要量は、
100mg/日（成人）になりました！



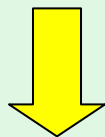
今までのビタミンC所要量 (50mg/日)
の決定基準

ヒトにおけるビタミンCの体内貯蔵量は1.5gであり、代謝回転率は3%である。

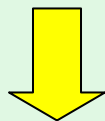
したがって、45mg/日 が代謝されるとして、このプールサイズの減少を補うために、安全率を見込んで 50mg/日 とした。

必要量とは？

食事として食べ物を摂取した場合に、消化されて吸収される栄養素の最小量で、一定の栄養状態を維持するために、必要な量。



すなわち、この量は必ず食物から摂らなければいけない量のこと。



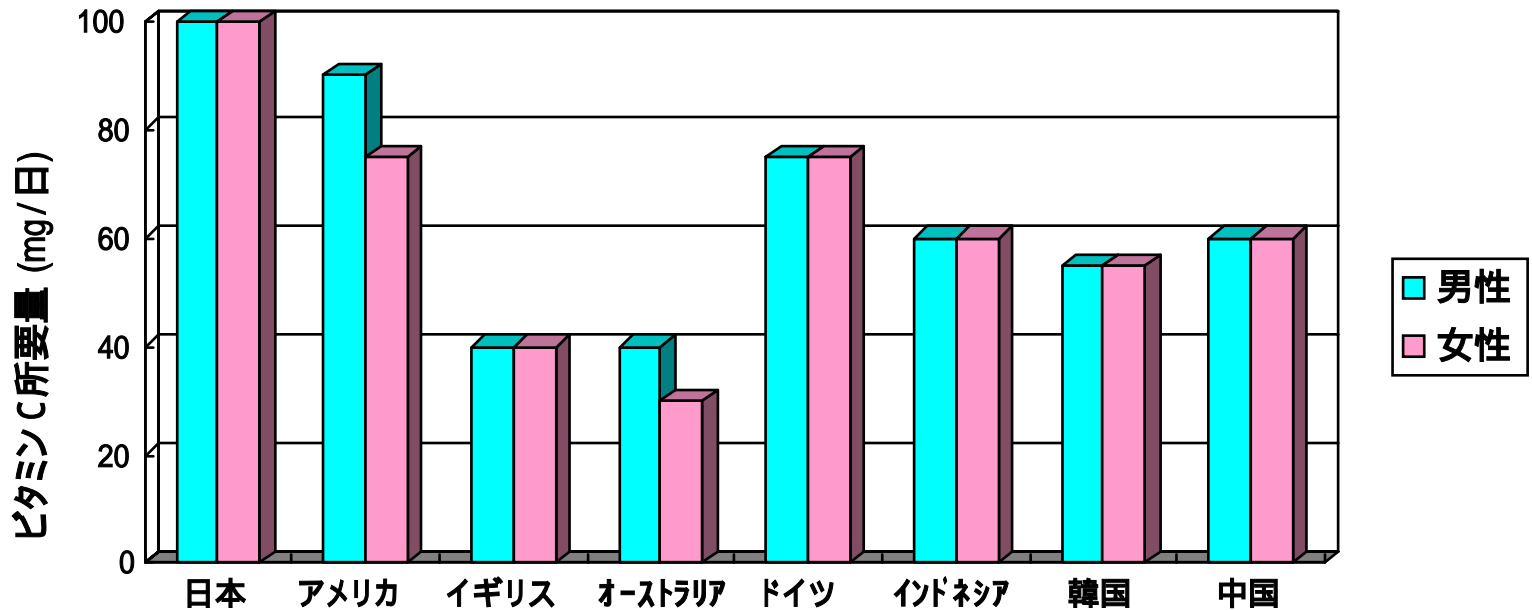
しかし、ビタミンCでは、その必要量がわかっていません。

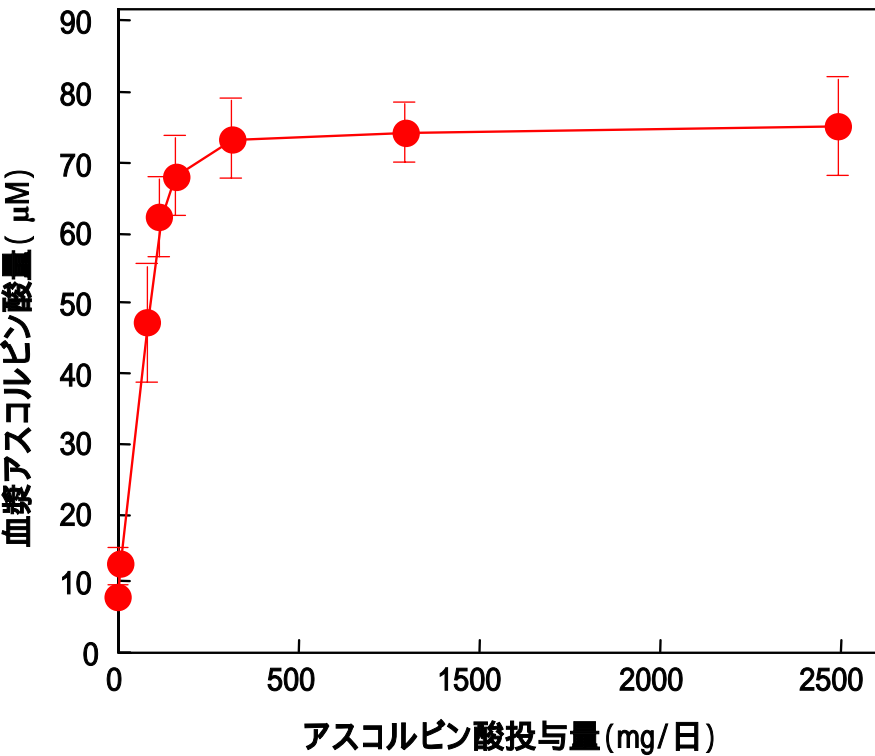
では、ビタミンCの栄養所要量はどのように決められたのでしょうか？

諸外国の栄養所要量は？

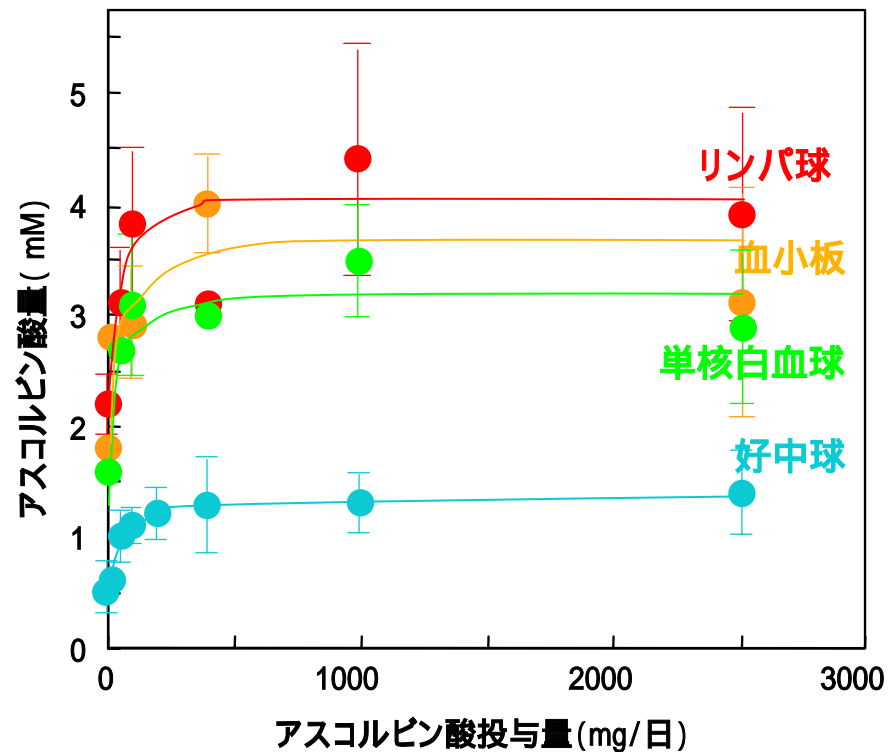
40～100mg/日まで様々。

栄養所要量に対する考え方の違いや食糧の需給量と供給量の違いなどによる。





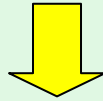
アスコルビン酸投与が血漿中アスコルビン酸量に及ぼす影響



アスコルビン酸投与が血液中細胞内のアスコルビン酸量に及ぼす影響

アメリカのビタミンC栄養所要量(食事摂取基準) の策定方法

推定平均必要量(成人)を男性75mg/日、女性60mg/日とし、栄養所要量はその120%とした。



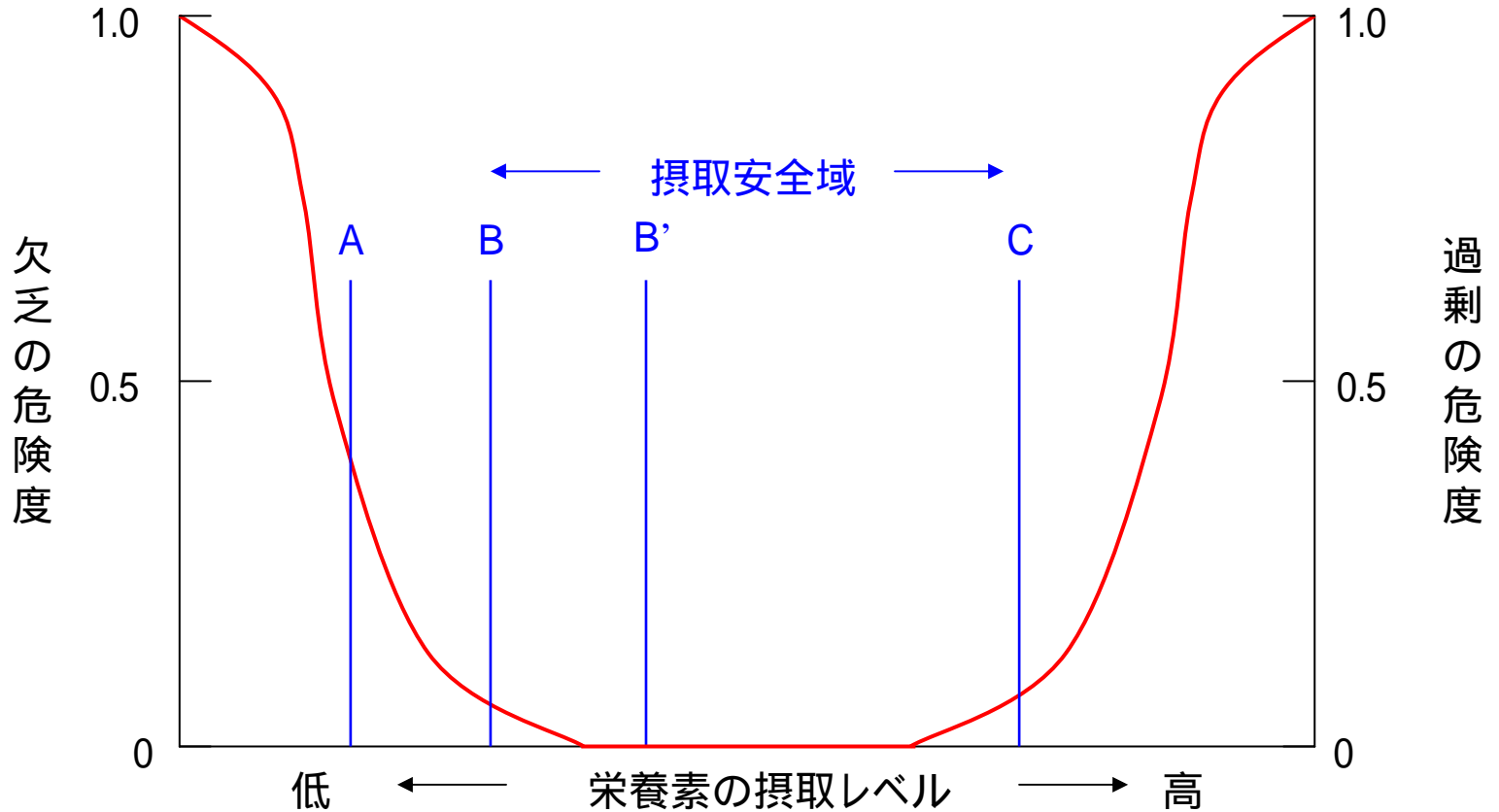
栄養所要量(RDA) = 推定平均必要量(EAR) × 1.2

男性 : $75 \times 1.2 = 90 \text{ mg/日}$

女性 : $60 \times 1.2 = 75 \text{ mg/日}$

許容上限摂取量(UL)が設定されている: 2000 mg/日
(日本では設定なし)

食事摂取基準



A: 平均必要量 (ERA: Estimated Average Requirement 推定平均必要量)

B: 栄養所要量 (平均必要量が算定されている場合)

(RDA: Recommended Dietary Allowance 推奨栄養所要量)

B': 栄養所要量 (平均必要量が算定されていない場合) (AI: Adequate Intake 適性摂取量)

特定の集団においてある一定の栄養状態を維持するのに十分な一日の摂取量

C: 許容上限摂取量 (UL: Tolerable upper Intake Level)

ビタミンCの栄養所要量

所要量 1日 100mg (成人)

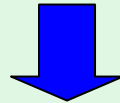
「第六次改定日本人の栄養所要量」より

「食事摂取基準」の概念が導入

栄養所要量 = 「平均必要量(EAR)+標準偏差の2倍(2SD)」

適正摂取量(AI)： 特定の集団においてある一定の栄養状態を維持するのに十分な1日の摂取量

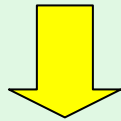
「血漿中のビタミンC濃度の基準値(0.7mg/dL)を維持する程度の摂取量」



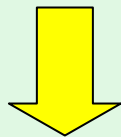
必要量算定の根拠となる科学的知見が不足
海外の文献に依存

ビタミンCの栄養所要量 (食事摂取基準)

これまでの栄養調査の結果を参考
に、血漿ビタミンC濃度を
0.7mg/dL以上維持する摂取量
を所要量とした。



しかし、この栄養調査は
ほとんど海外で行われたもの。



日本人のデータが少ない！

年齢区分	栄養所要量 (mg/日)
0-(月)	40
6-(月)	40
1-2歳	45
3-5歳	50
6-8歳	60
9-11歳	70
12-14歳	80
15-17歳	90
18-29歳	100
30-49歳	100
50-69歳	100
70歳以上	100
妊婦	+10
授乳婦	+40

厚生科学研究費補助金 (21世紀型医療開拓推進研究事業)

研究課題名：日本人の水溶性ビタミン必要量に関する基礎的研究

研究期間：2001～2003年

主任研究者：柴田 克己（滋賀県立大学）

研究目的：

第六次改定日本人の栄養所要量 -食事摂取基準- に示された水溶性ビタミンの食事摂取基準の4つの数値（1. 平均必要量(EAR=estimated average requirement)、2. 所要量(RDA=recommended dietary allowance)、3. 所要量(AI=adequate intake)、4. 許容上限摂取量(UL=tolerable upper limit intake)）の指標として使用された項目の妥当性と指標の数値を設定するために使用された測定方法の精度を高める。

分担研究者：橋詰 直孝（東邦大学）、渡辺 敏明（山形大学）、西牟田 守（国立健康・栄養研究所）
戸谷 誠之（昭和女子大学）

研究協力者：ビタミンB1（木村 美恵子：タケダライフサイエンスリサーチセンター）

ビタミンB2（大石 誠子：応用生化学研究所）

ビタミンB6（柘植 治人：岐阜大学）

ビタミンB12（渡辺 文雄：高知女子大学）

ナイアシン（柴田 克己：滋賀県立大学）

パントテン酸（柴田 克己：滋賀県立大学）

ビオチン（渡辺 敏明：山形大学）

葉酸（渡辺 敏明：山形大学）

ビタミンC（重岡 成：近畿大学）

実験方法

被験者：18～23才 男女 各10名

実施期間：2002年8月26日～9月3日(男子)

2002年2月28日～3月8日(女子)

上記期間中は、合宿を行い、食事を含む生活すべてを同一条件にして行った。

ビタミンC摂取量：100mg/日

試料：血漿、尿(24時間蓄尿)および分割尿

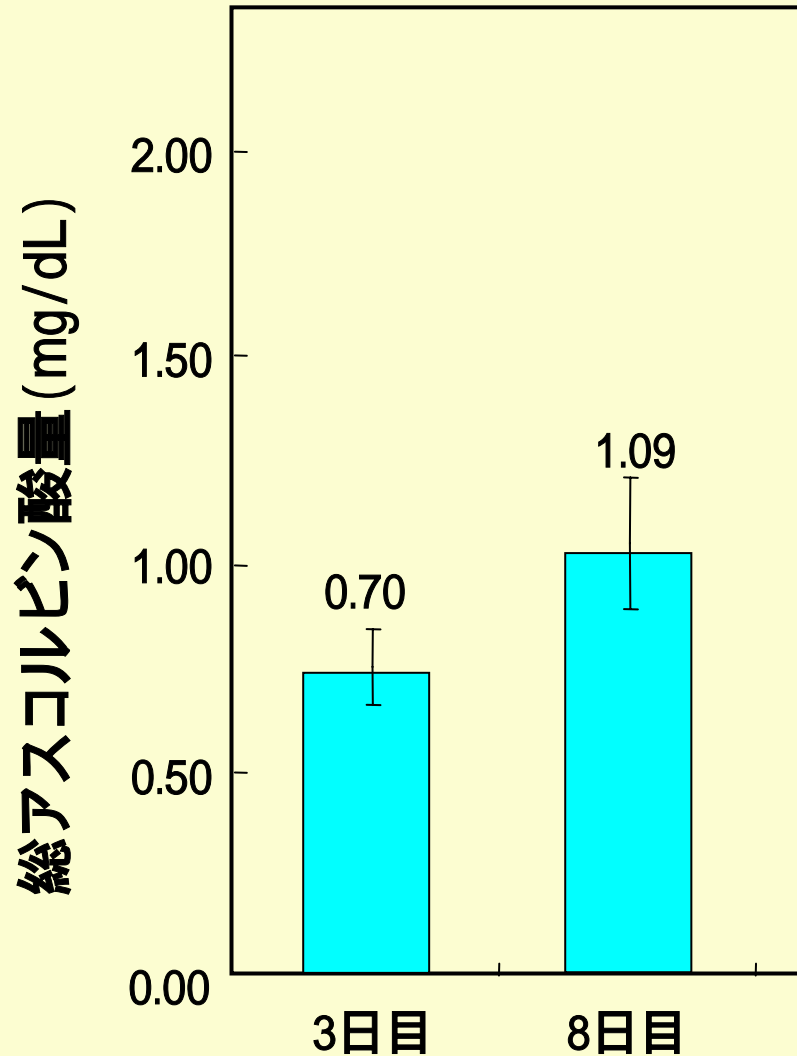
定量法：血漿；HPLC-UV法

尿；HPLC-UV法 および

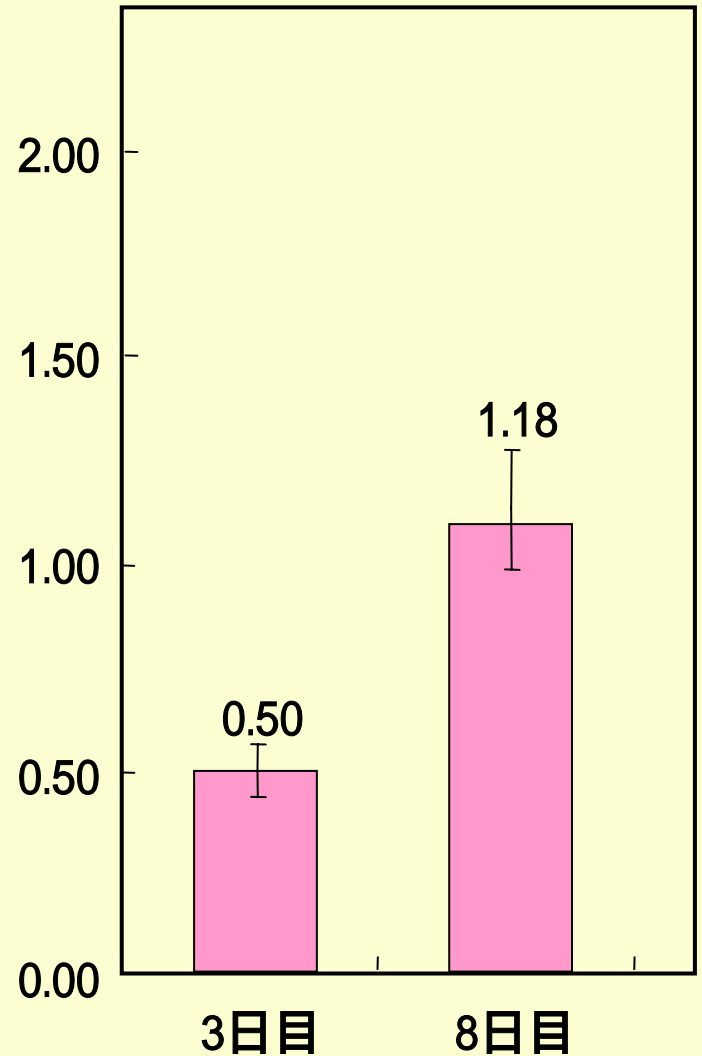
ジニトロフェニルヒドラジン法

結果 (血漿中)

男子



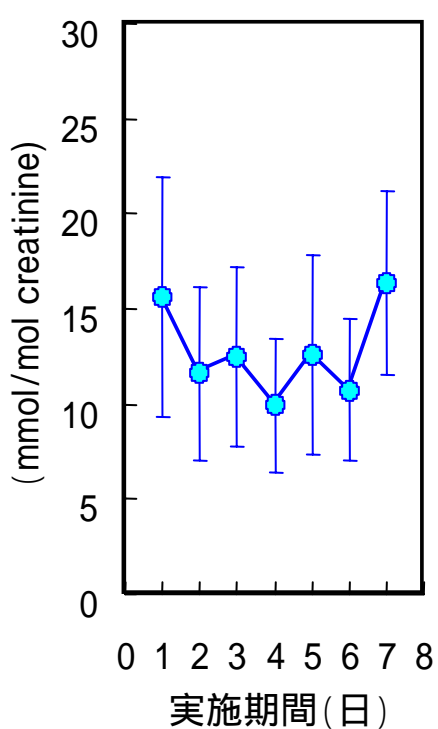
女子



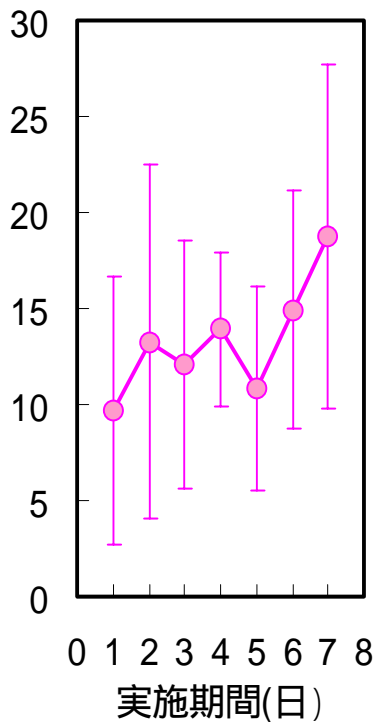
結果 (尿中)

24時間蓄尿

男子

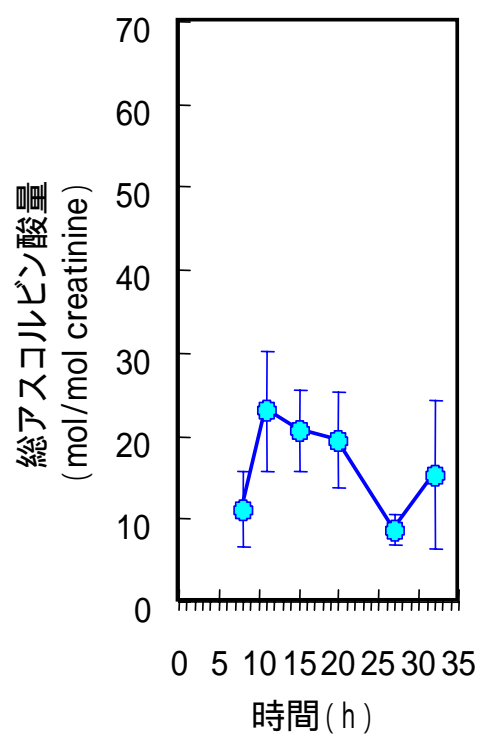


女子

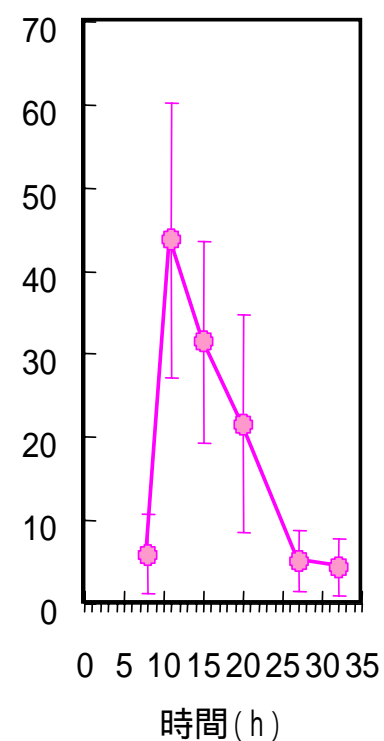


分割尿

男子



女子



実験方法・150mg摂取

被験者：18～22才 女子 10名

実施期間：2003年3月4日～3月11日

上記期間中は、合宿を行い、食事を含む生活すべてを同一条件にして行った。

ビタミンC摂取量：150mg/日

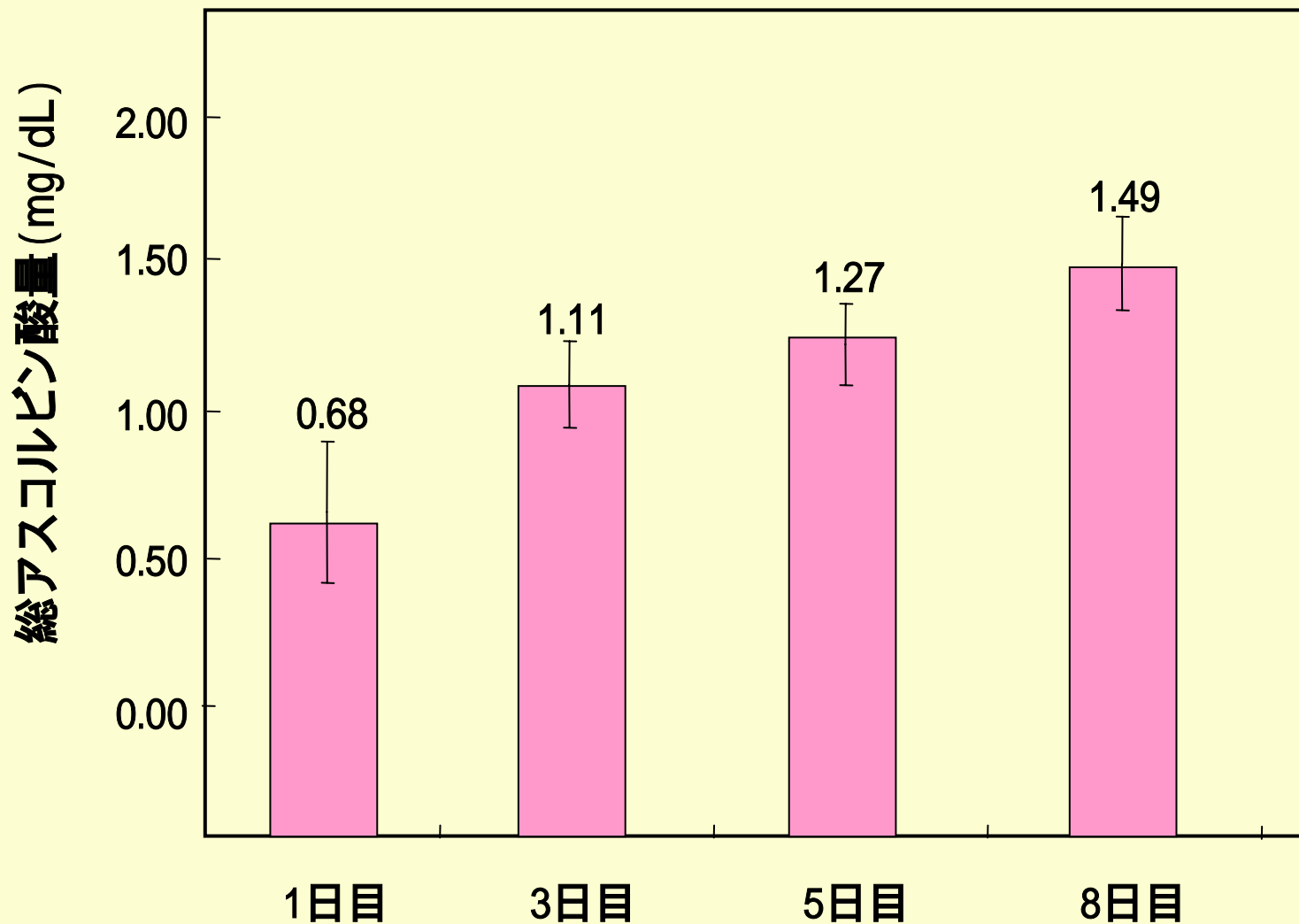
試料：血漿および尿(24時間蓄尿)

定量法：血漿；HPLC-UV法

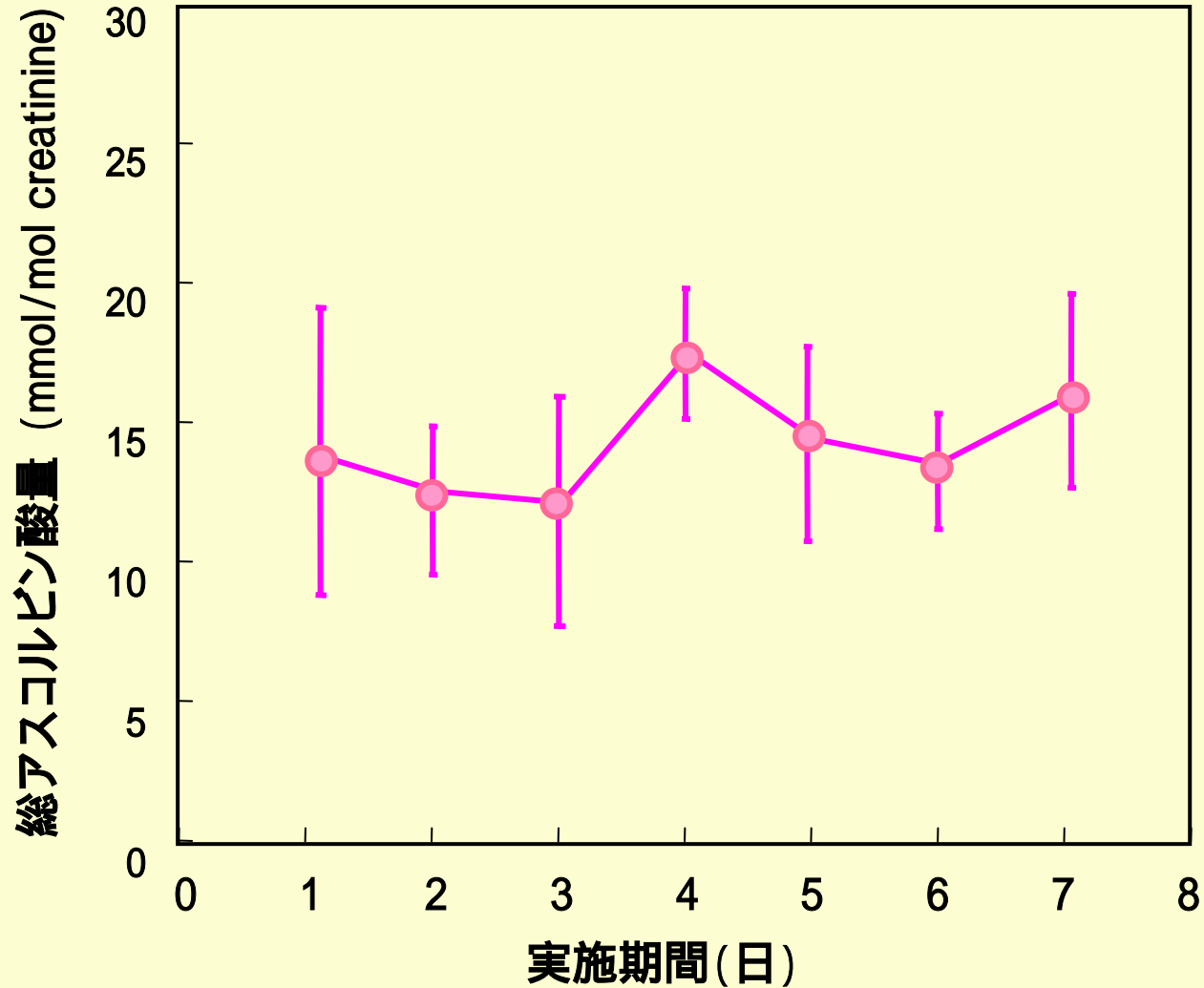
尿；HPLC-UV法 および

ジニトロフェニルヒドラジン法

結果(150mg摂取・血漿)

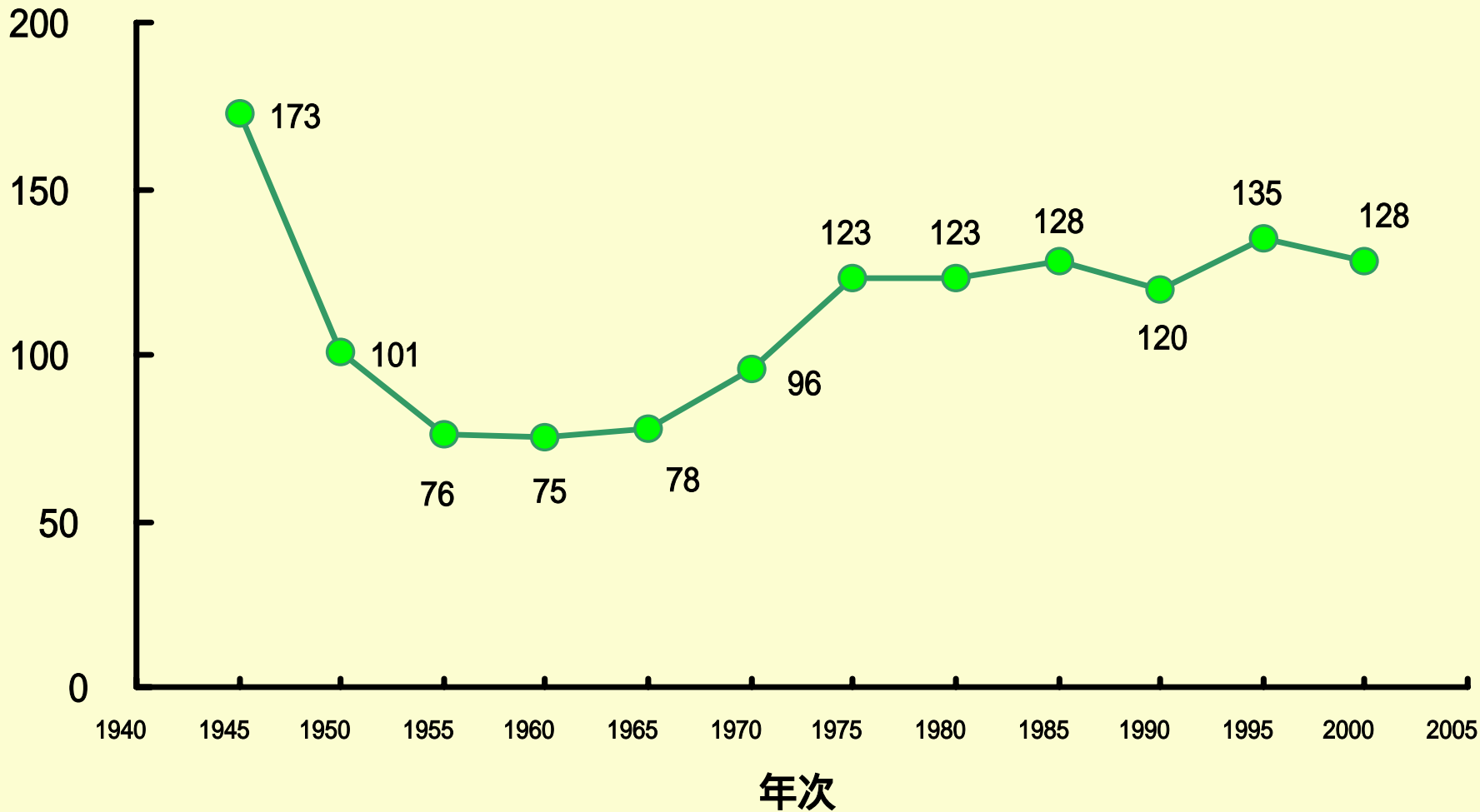


結果 (150mg摂取・尿)



わが国のビタミンC摂取量の年次推移

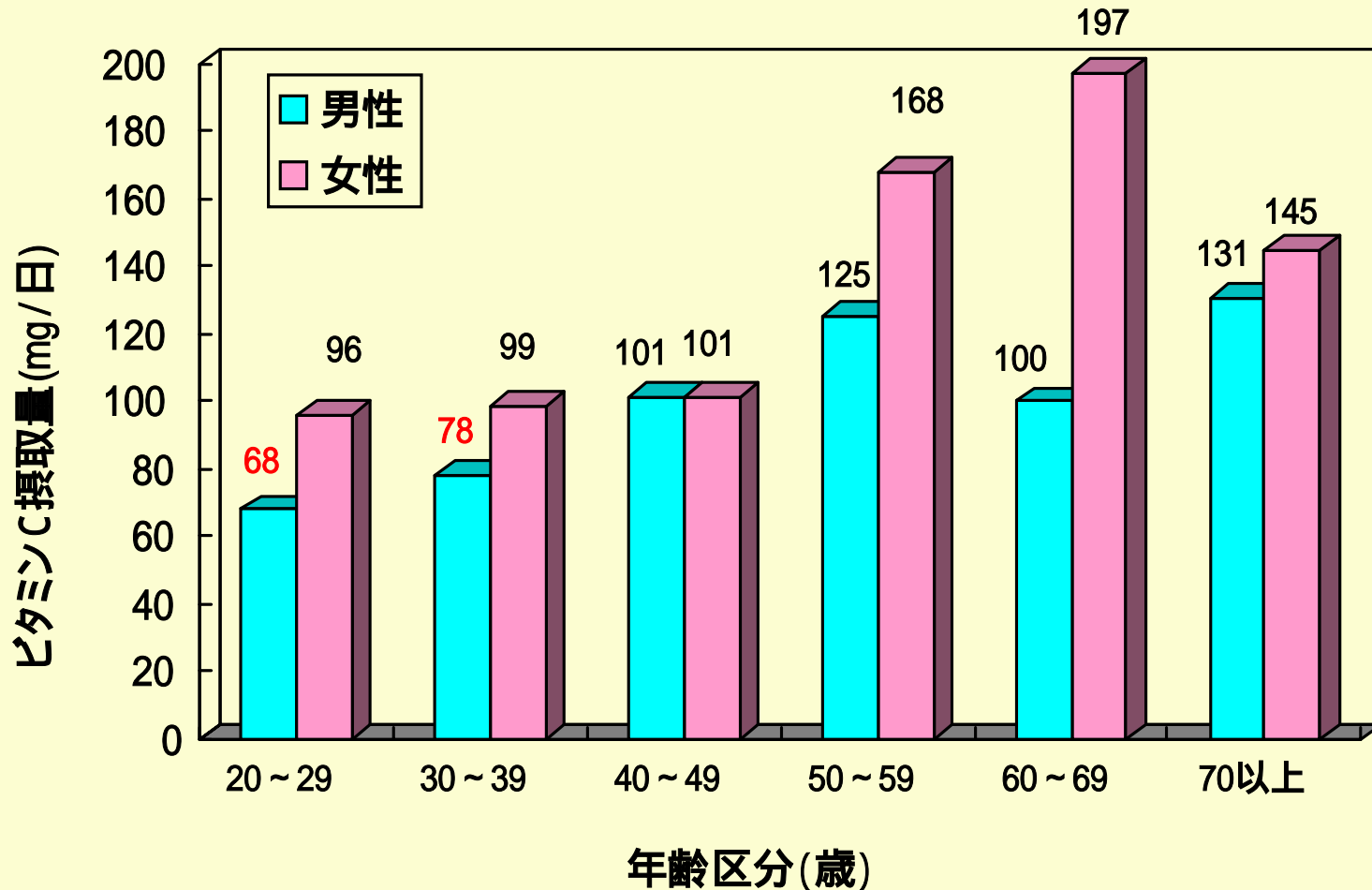
～ 国民栄養調査結果より～



ビタミンC摂取量(1人世帯)

～平成12年度国民栄養調査結果より～

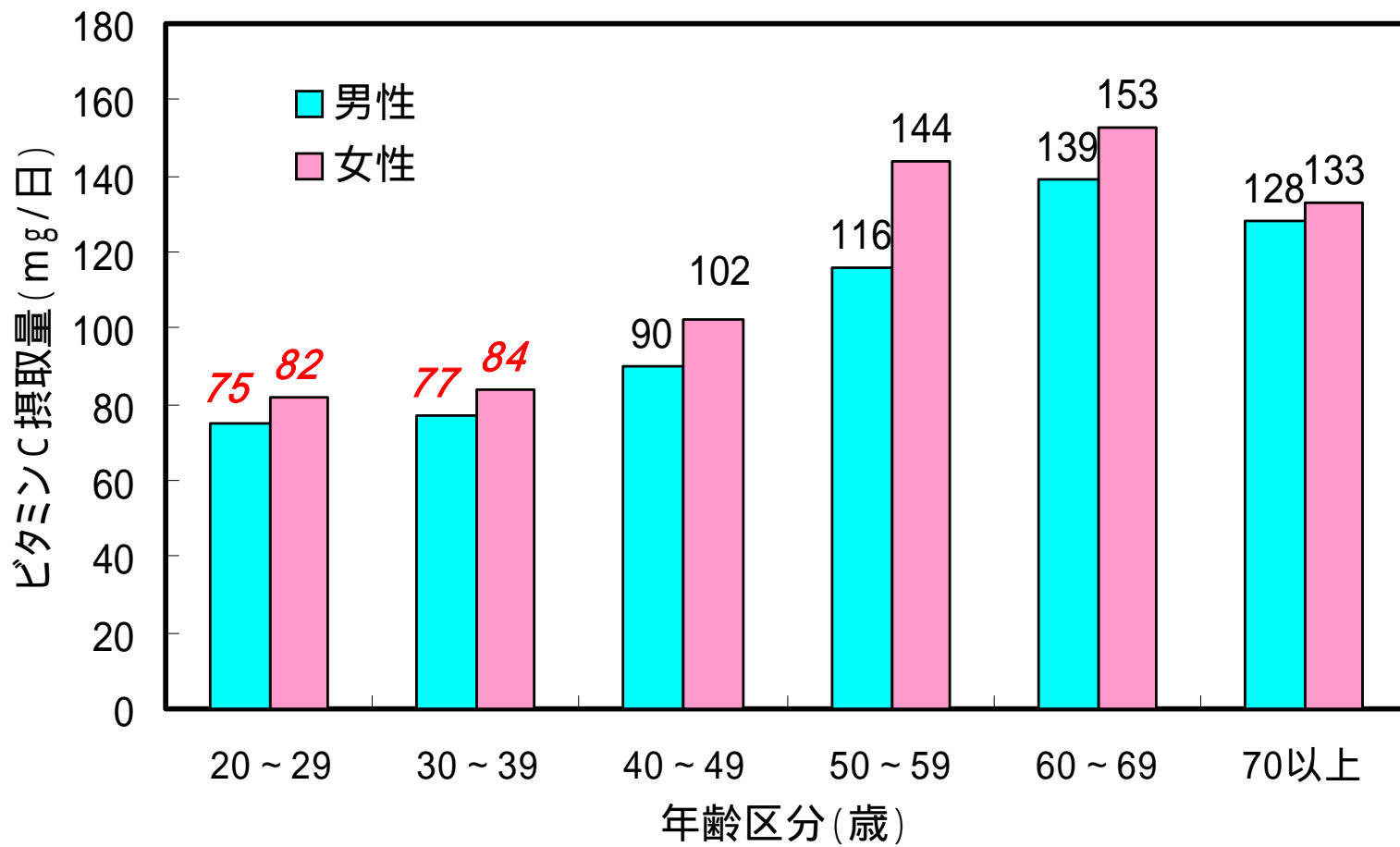
★ 20～30歳台の1人暮らし男性は、所要量(100mg/日)を下回っています！



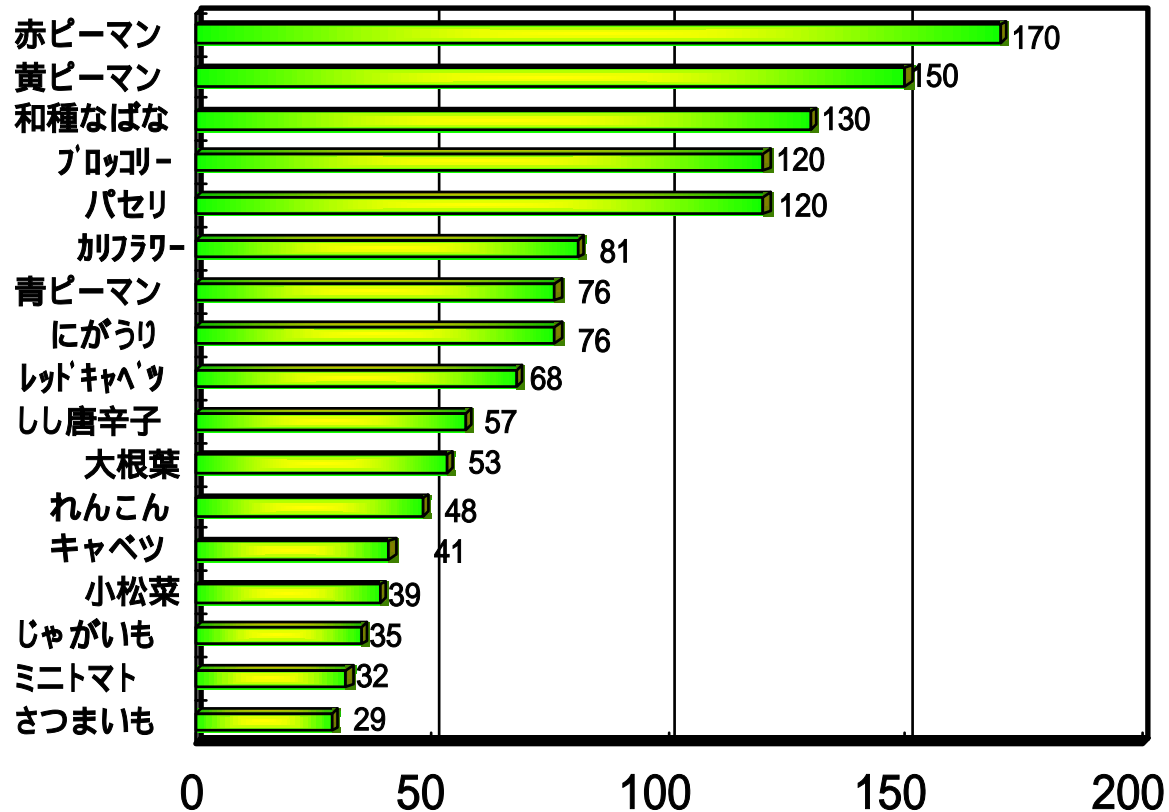
ビタミンC摂取量

～平成13年度国民栄養調査結果より～

20～30歳代は、男女とも所要量(100mg/日)を下回っています！



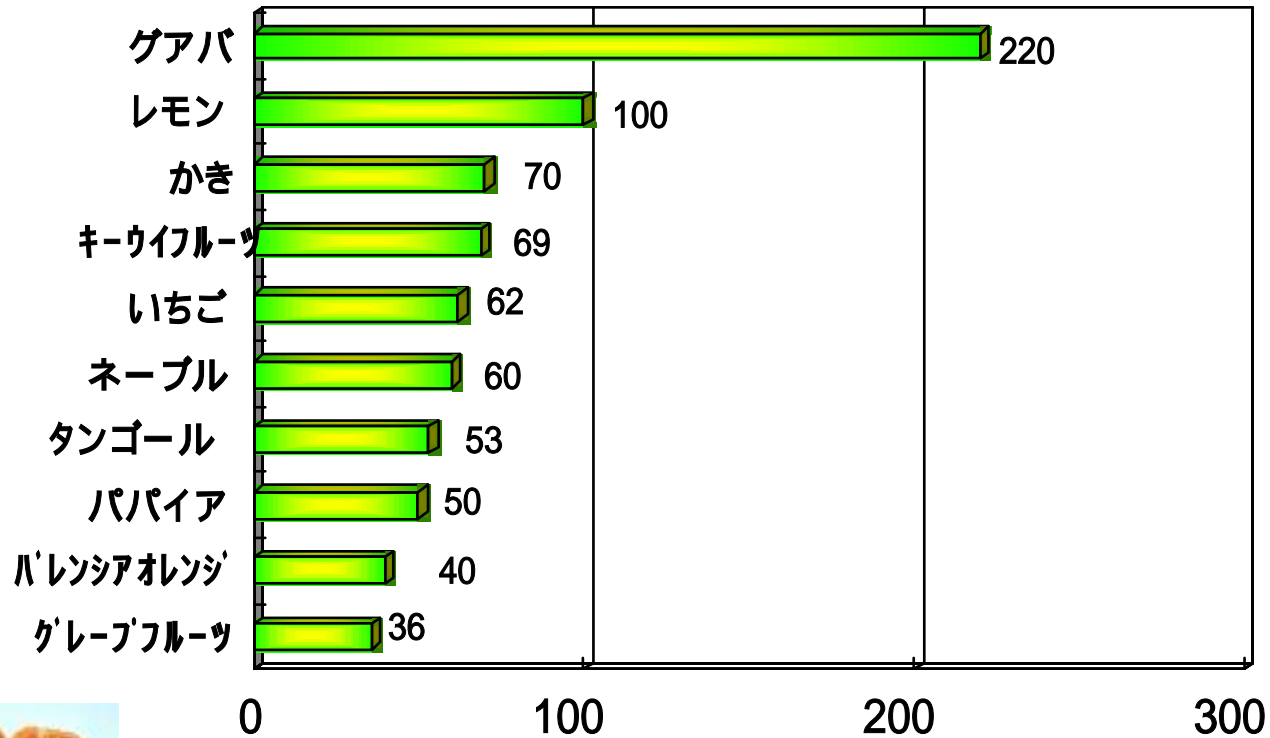
ビタミンCが多く含まれる食品 (いも類・野菜編)



ビタミンC含量(mg/100g可食部)

参考文献: 五訂日本標準食品成分表 科学技術庁資源調査会編 2000

ビタミンCが多く含まれる食品 (果実類編)

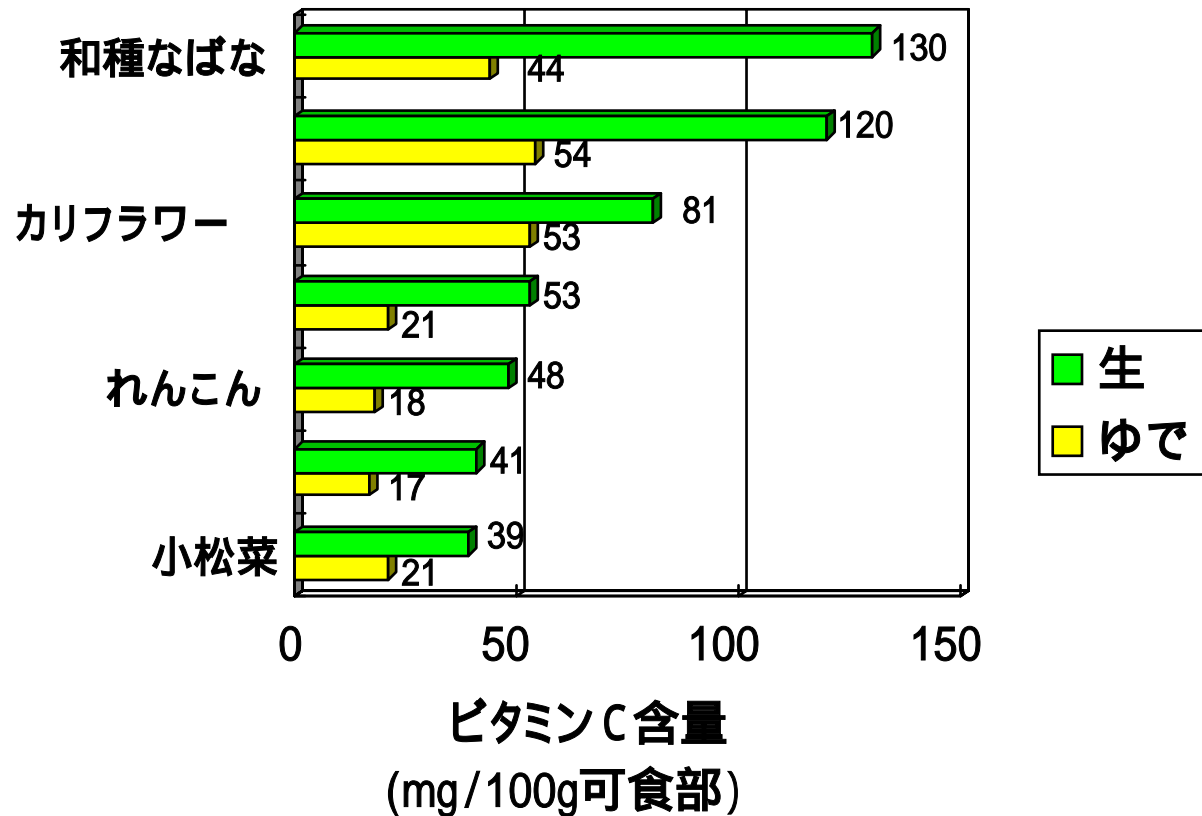


ビタミンC含量(mg/100g可食部)

参考文献: 五訂日本標準食品成分表 科学技術庁資源調査会編 2000

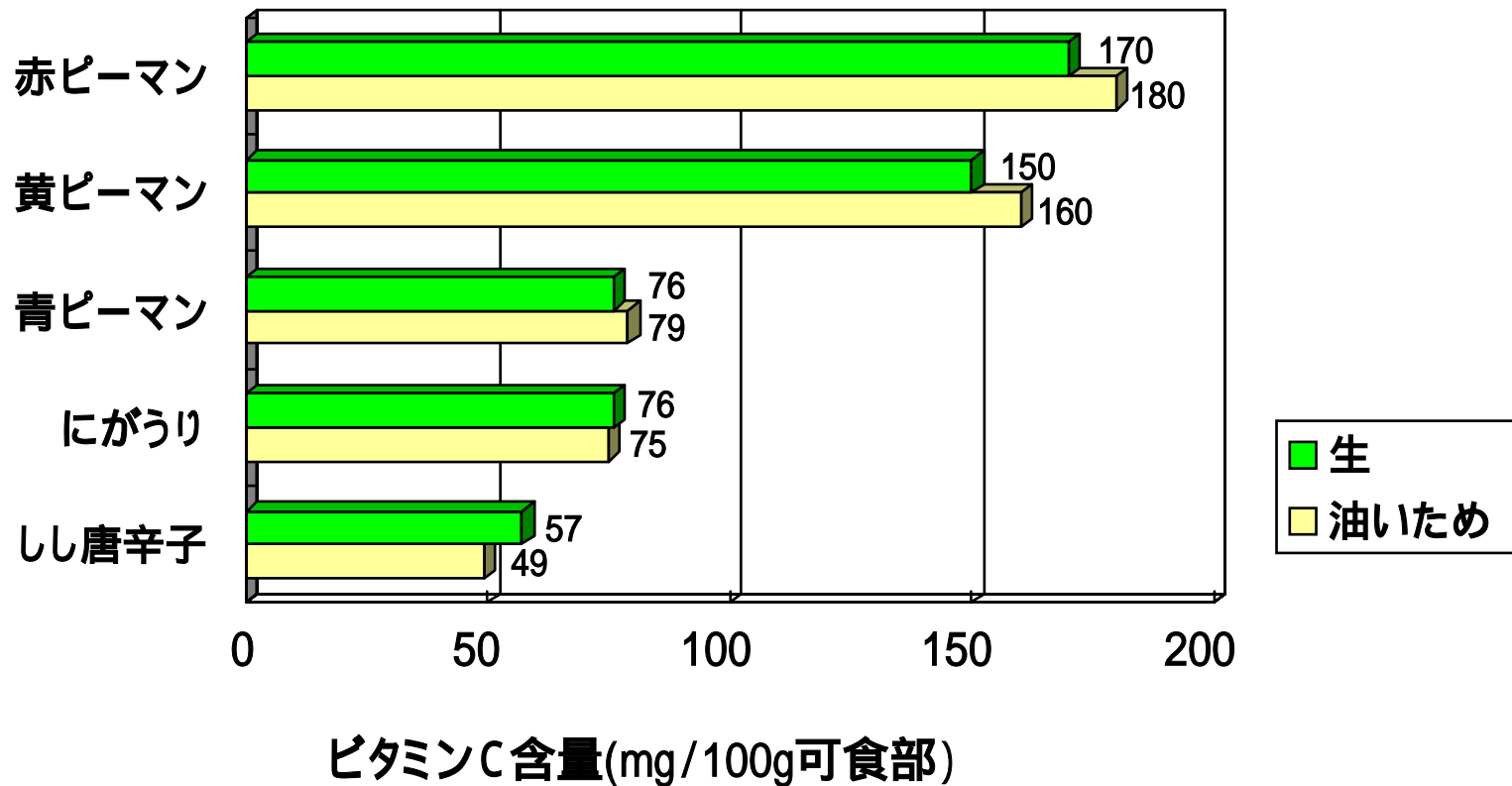
調理によるビタミンCの損失 (ゆでた場合)

ゆでると水溶性のビタミンCは減少します。煮物や蒸し物のように煮汁と一緒に食べる工夫をしましょう。



調理によるビタミンCの損失 (炒めた場合)

油いためでは、ビタミンCはほとんど損失していません。
しかし、油の摂り過ぎには注意して。



いつも食べる量で考えてみましょう。



	1人分(g)	ビタミンC含量(mg)	備考
にがうり(油炒め)	50	38	
ブロッコリー(ゆで)	50	27	付け合せ
青ピーマン(油炒め)	30	24	
和種なばな(ゆで)	50	22	浸し
さつまいも(焼き)	80	18	焼きいも
赤ピーマン(生)	10	17	サラダ
小松菜(ゆで)	60	13	浸し
いちご	80	50	小8粒
柿	70	49	中1/2コ
ネーブル	80	48	小1コ
キーウフルーツ	60	41	中1コ
グレープフルーツ	100	36	中1/2コ
うんしゅうみかん	80	28	中1コ



ビタミンCの薬理機能・・・

骨代謝や骨芽細胞の 分化・増殖に関与	抗動脈硬化作用	鎮痛作用
抗炎症作用に関係	善玉HDLコレステロールを 増加	血圧上昇抑制
ウイルスの不活性化	悪玉LDLコレステロールを 減少	抗ヒスタミン作用
殺菌作用	中性脂肪減少	白内障予防
ガン原性を不活性化	免疫能の増強	慢性疲労症候群の緩和
抗腫瘍作用	利尿作用	脳の機能に関与 (ボケ防止)

薬理効果は 500 ~ 1000mg (最大2000mg まで)

現代人は想像以上にVCを消費している

現代社会がVCを減らすファクターである

ビタミンCをもっと必要とする人？

風邪かな

疲労しやすい

激しい運動・労働をしたとき

ストレスを受けやすい

喫煙

妊娠、授乳期 など

栄養補助食品(サプリメント)について



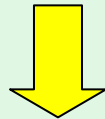
様々な調査より、ビタミンCの利用の多いことが報告されています。



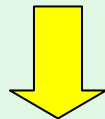
最近、保健機能食品制度の制定によって、栄養機能食品としてスーパーやコンビニで販売され、手軽に購入できるようになりました。



栄養機能食品には1日あたりの摂取目安量に含まれる栄養成分量の上・下限量が設定されています。



ビタミンCでは、上限値 1000mg、
下限値 35mg



『特定機能食品(栄養機能食品)』と表示のあるのものは必ず、上記範囲に入っている。

表示のないものは、いわゆる「健康食品」であり、上・下限値の設定はされていない。

～平成13年度国民栄養調査結果より～

ビタミン・ミネラルから、摂ることを目的とする栄養素

総数

男性

ビタミンB ₁	35.0%
ビタミンB ₂	29.8%
ビタミンC	29.5%

女性

ビタミンC	36.6%
ビタミンE	32.9%
ビタミンB ₁	29.6%

年齢階級別 15～49歳
50歳以上

男女とも **ビタミンC**
男 ビタミンB₁
女 ビタミンE・カルシウム

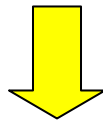
ビタミンC摂取の3ヶ条

- 1) 空腹時(食間)ではなく、食後が望ましい
満腹時の方が、VCは継続して吸収される
- 2) 朝食後はさらによい
尿中VCの排泄量は、午前中が午後に比べて高いという日内変動がある
- 3) 一度に摂取するのではなく、食後毎に摂取がよい
血中のVC濃度が高い水準を維持する

サプリメントは、あくまで栄養摂取が不足気味のときに『補助的』に使うものです。

栄養は食事からを基本にしましょう

ビタミンCの栄養所要は、100mg/日（成人）



健康の維持増進、生活習慣病の予防のための
真の必要量

- ・ 摂取量の違いによる変化
- ・ 年齢の違い
- ・ 性差
- ・ 季節差
- ・ 環境ストレス
- ・ 喫煙
- etc.