

スピルリナのデトックス作用

-腸内浄化、薬剤副作用と放射線障害の軽減 etc-

第21回 E&Cオンライン研修会
令和4（2022）年6月20日（月）

東洋酵素化学株式会社／女子栄養大学 林 修

スピルリナの特徴と健康機能

1. たんぱく質含量が高い(60-70%、アミノ酸価 86)
2. 食物繊維を約9% 含有(水溶性食物繊維40%以上)
3. 消化吸収率が高い
4. 抗酸化・抗炎症作用
5. 免疫賦活作用
6. 腫瘍増殖抑制・転移阻害作用
7. 抗ウイルス作用

機能性食品～ニュートラシューティカル としてのスピルリナ その機能性成分

成分	はたらき
フィコシアニン	抗酸化作用、抗炎症・COX-2阻害作用、抗ウィルス作用、抗腫瘍作用、免疫賦活作用、抗アレルギー作用、造血作用
β-カロテン	ビタミンA前駆体、抗腫瘍作用、抗酸化・ラジカル除去作用
γ-リノレン酸	プロスタグランジン前駆体、血栓防止、アトピー性皮膚炎・関節リウマチ症状の軽減
硫酸化脂質	抗ウィルス作用
硫酸化多糖体 カルシウムスピラン Immulina(リポタンパク質)	免疫賦活作用、抗ウィルス作用、抗腫瘍・転移阻害作用、造血作用
水溶性食物繊維	腸内細菌の改善、血糖値・コレステロール値の改善

スピルリナの生活習慣病予防へのはたらき

対象疾患	研究・結果 概要	文献
肥満改善	<i>S. maxima</i> 抽出物投与が高脂肪食肥満ラットの体重を改善AMPキナーゼおよび sirtuin 1を誘導	Heo et al.: <i>Food Funct</i> 9 , 4906 (2018) Korea
	<i>Spirulina</i> の体重および腹囲改善効果に関する報告のシステマティックレビュー、メタ解析	Zarezadeh et al.: <i>Phytother Res Sep</i> 23 (2020) Iran
体重および血清脂質改善	<i>Spirulina</i> の体重および血清脂質 改善効果－総説	DiNicolantonio et al.: <i>Open Heart</i> 7 (2020) Kansas, USA
	<i>Spirulina</i> による血清脂質改善効果に関する報告のシステマティックレビュー、メタ解析	Serban et al.: <i>Clin Nutr</i> 35 , 842 (2016) Romania
2型糖尿病	患者25名 スピルリナ2g/day, 2ヶ月間、空腹時・食後血糖値およびHbA1c、血清脂質レベルも改善	Parikh P et al.: <i>J Med Food</i> 4 , 193 (2001) India
抗炎症作用による腸管透過性の改善	<i>Spirulina platensis</i> の抗炎症作用による高脂肪食ラットの腸管透過性の改善	Yu et al.: <i>J Cell Mol Med</i> 24 , 8603 (2020) China
腸内フローラ改善	<i>Spirulina maxima</i> -由来ペクチンによるマウス腸内フローラ改善	Chandrarathna et al.: <i>Mar Drugs</i> 18 , 175 (2020) Korea

スピルリナ 多彩なはたらき

1. デトックスと腸のはたらき

- ▶ 腸内フローラ、食物繊維、ダイオキシン糞中排出

2. 薬剤肝毒性および腎毒性に対する軽減作用

- ▶ 制がん剤あるいは四塩化炭素肝毒性に対する臨床例ならびに動物実験
- ▶ 無機水銀およびシスプラチン腎毒性に対する軽減作用
- ▶ 慢性ヒ素中毒症におけるヒ素尿中排泄効果
- ▶ その他重金属毒性に対する効果

3. 放射線保護作用

- ▶ チェルノブイリでの放射線障害
- ▶ 放射線保護作用の機序～動物実験等

4. その他

- ▶ ストレス、アンチエイジング、美肌への効果
- ▶ 持続可能な地球環境における利用

デトックスと腸のはたらき ～スピリナ、食物繊維

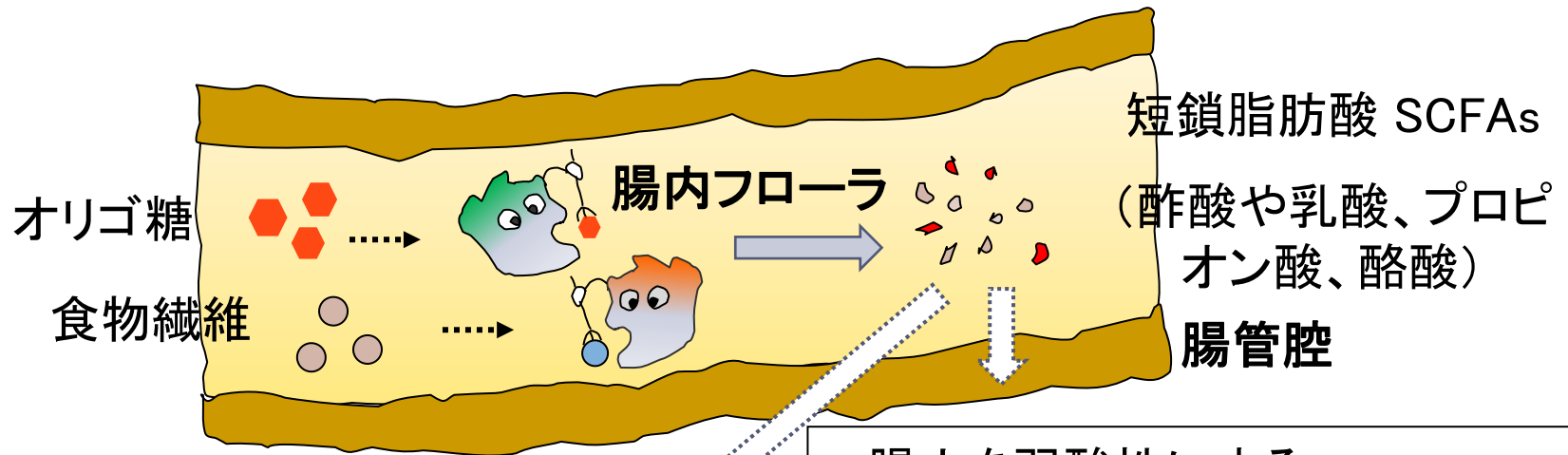
▶ 水溶性食物繊維

- ▶ ペクチン・アガロース・マンナン・アルギン酸ナトリウム
- ▶ 吸収を緩慢にして血糖値・コレステロール値を下げる
- ▶ 腸内細菌バランスを改善
- ▶ 腸内細菌によって発酵され大腸上皮細胞のエネルギー源となる

□ 不溶性食物繊維

- セルロース、リグニン、キチンなど
- 糞便形成、便秘解消、
- ダイオキシンなど有害物質の排出

腸内フローラが食物繊維やオリゴ糖を分解して短鎖脂肪酸をつくる



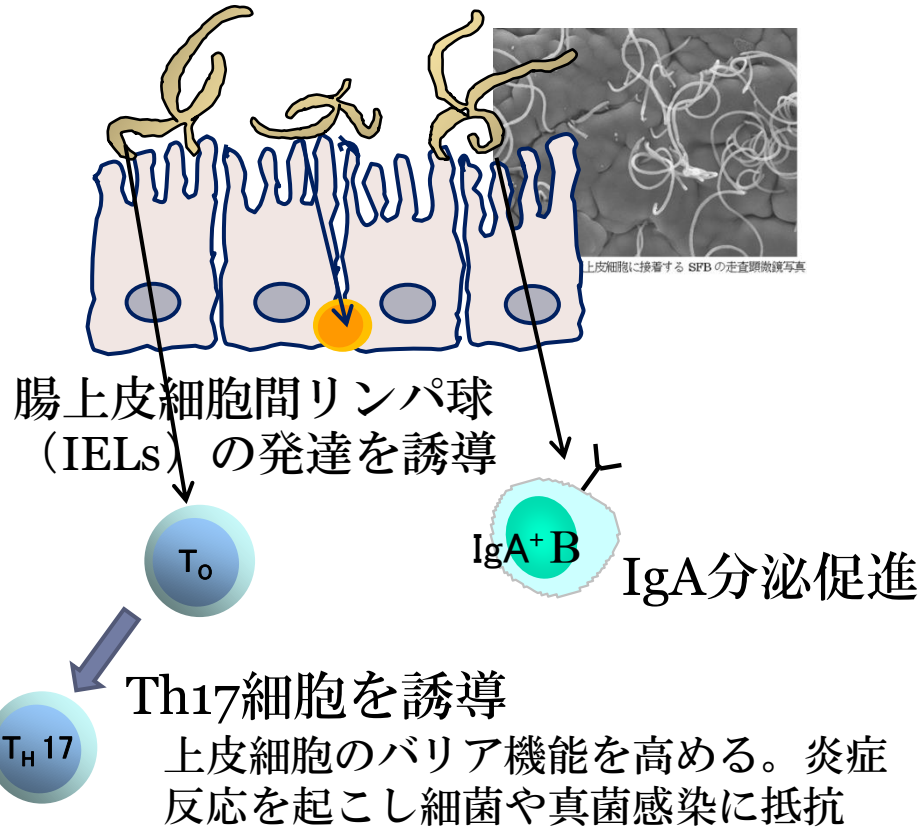
短鎖脂肪酸

- ・ 肥満の予防・・・脂肪細胞での脂肪蓄積制御、交感神経系の活性化
- ・ 糖尿病予防・・・GLP-1 分泌促進
- ・ Treg 細胞の誘導

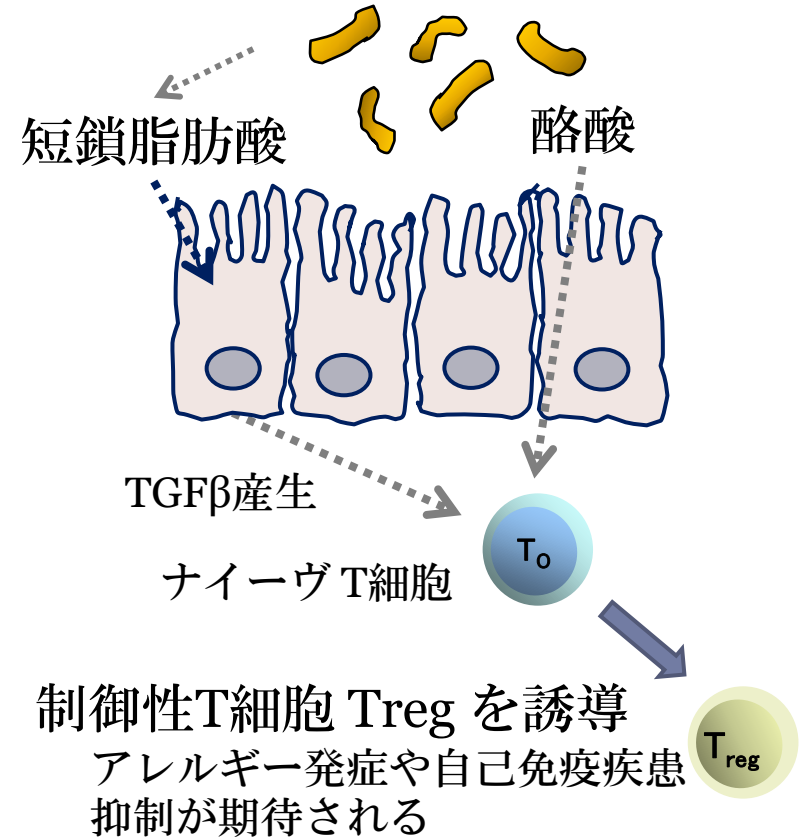
- ・ 腸内を弱酸性にする
悪玉菌抑制・・・有害物質削減
- ・ バリア機能の亢進・・・ムチン産生
- ・ ぜん動促進・・・排便を促進して有害物質の排泄を促進

腸内フローラは免疫系を成熟させる

セグメント細菌 SFB



クロストリジウム細菌群



Atarashi K et al.: *Nature* **500**, 232 (2013)

Furusawa Y et al.: *Nature* **504**, 446 (2013)

Ivanov II et al.: *Cell* **139**, 485 (2009)

腸内フローラ～もう一つの臓器

わたしたちは微生物と共に進化した

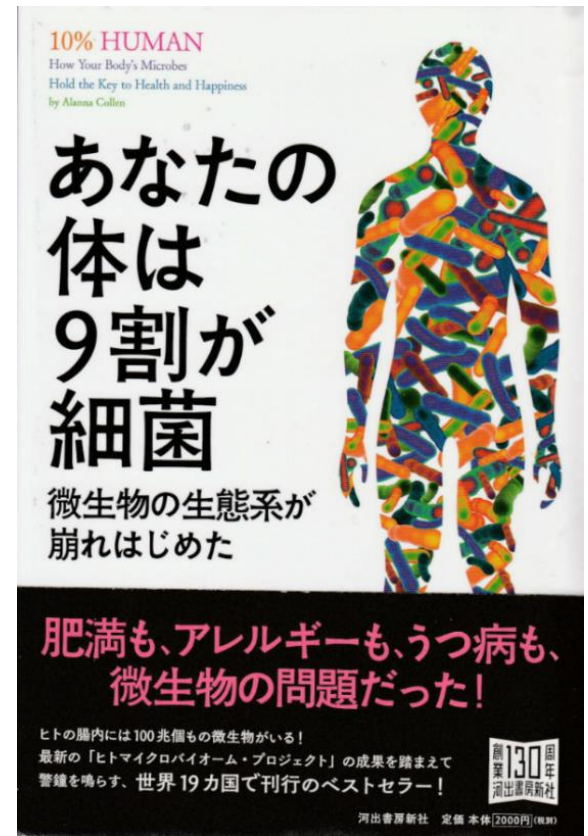
- ・腸内に共生する細菌：
約100菌種、40兆個ほど

腸に棲む微生物に依存して生命活動を営んでいる

ビタミン合成、短鎖脂肪酸産生、免疫、外来病原菌の排除、腸内悪玉菌の抑制

10% HUMAN
アランナ・コリン

河出書房新社 2016年8月



腸内フローラ

数100菌種、約40兆個、1~1.5 kg

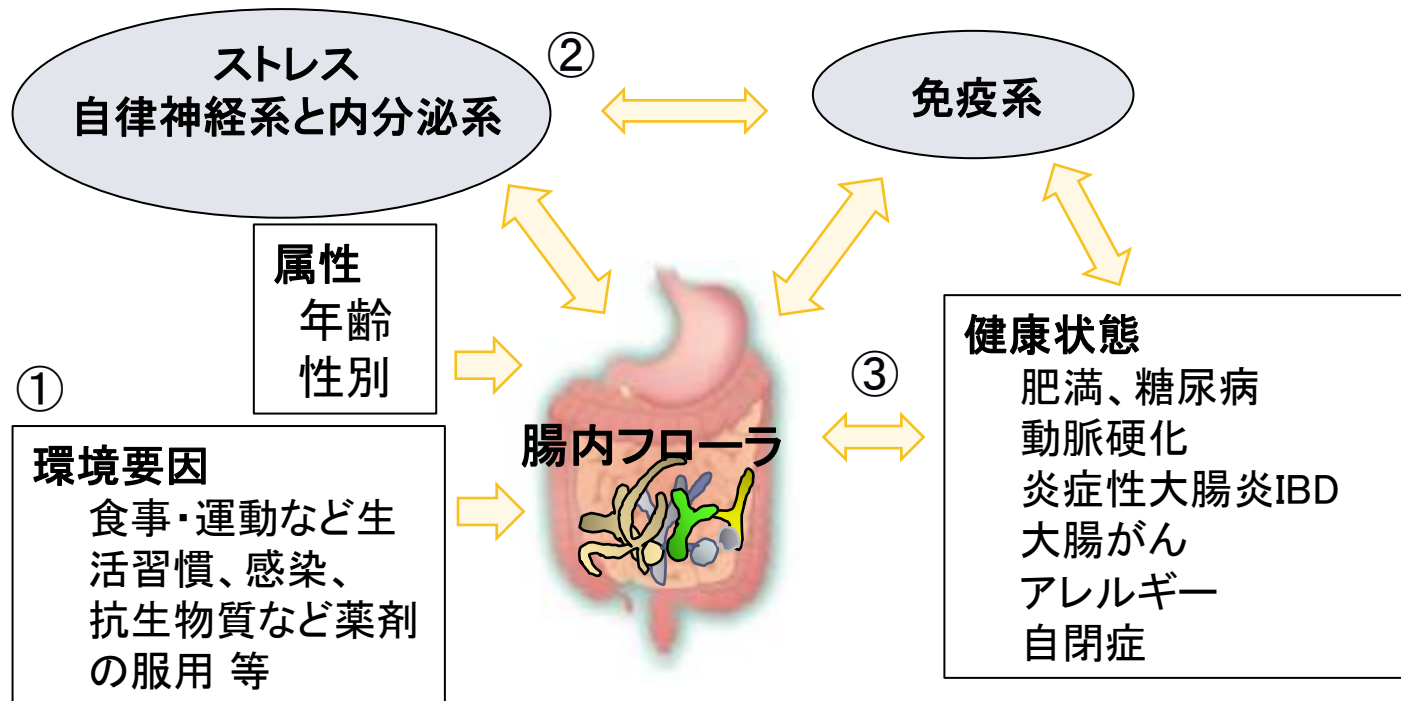
消化管部位	腸内容物 1g中	酸素要求性	菌種
小腸上部	約 10^4	好気性菌 通性嫌気性菌	ラクトバシルス属 ストレプトコッカス属 ベイヨネラ属など
小腸下部	10^5 - 10^7	好気性菌 通性嫌気性菌 偏性嫌気性菌	上・下部細菌混在
大腸	10^{10} - 10^{11}	偏性嫌気性菌	バクテロイデス属 ユウバクテリウム属 ビフィドバクテリウム属 クロストリジウム属など

善玉菌、悪玉菌、日和見菌

種類	割合	代表的な細菌	はたらき
善玉菌	20	ビフィドバクテリウム属 (ビフィズス菌) ラクトバシラス属 (乳酸桿菌)	乳酸や酪酸、プロピオン酸などの短鎖脂肪酸をつくる。ビタミンB群やビタミンKの生成
悪玉菌	10	大腸菌 クロストリジウム属 (ウェルシュ菌)	アンモニアや硫化水素、インドール、アミン、二次胆汁酸などの腐敗物質や発がん物質をつくる
日和見菌	70	バクテロイデス属 ユウバクテリウム属 嫌気性連鎖球菌	平素無害だが、腸内フローラのバランスが崩れると活発になり悪玉菌のようにはたらく

腸内フローラの破綻（dysbiosis）と疾患

次世代シーケンサーによる網羅的遺伝子解析（メタゲノミクス）
疾患に特徴的な細菌種や腸内フローラの異常がみられる



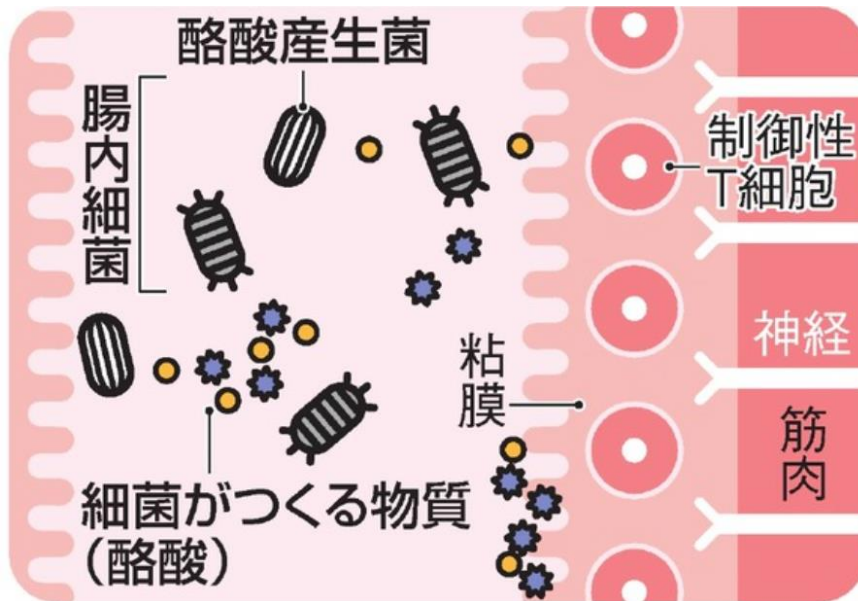
炎症と免疫 **21**, 472 (2013); *Stress & Health Care* **208**, 1 (2013)

卵アレルギーは腸内細菌の乱れが原因？ マイクロフローラ仮説

1～8歳の子どもを対象に、卵アレルギーのある子とない子の便中腸内フローラを遺伝子解析

- ・アレルギー児での「酪酸産生菌」の割合が健常児の3分の1
- ・制御性T細胞Tregの割合も有意に低値

関西医科大学 赤川翔平



酪酸は制御性T細胞Tregを増やすはたらきがある

マイクロフローラ仮説

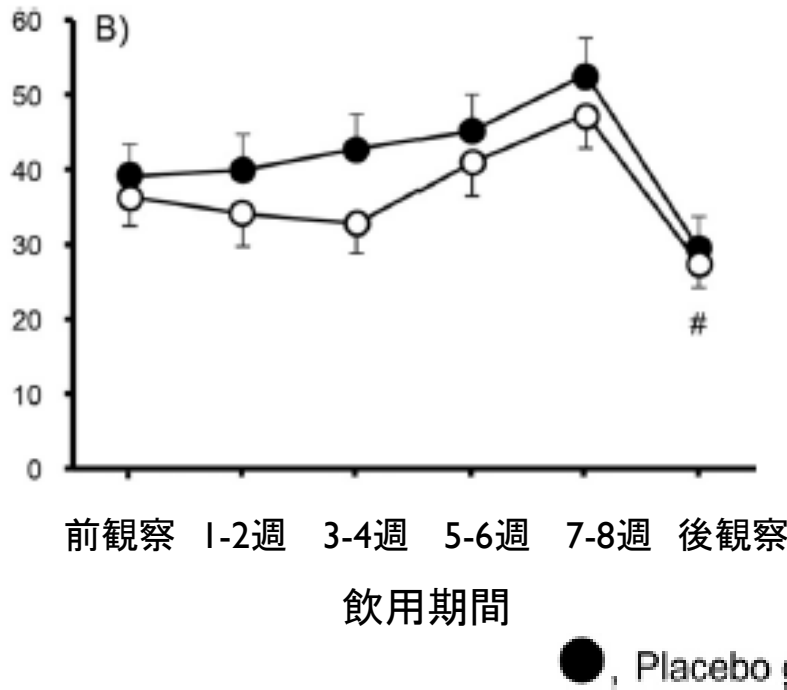
近年の食物繊維の摂取不足が、制御性T細胞Tregを減少させ、アレルギー発症が多くなった

朝日新聞 2021年4月28日

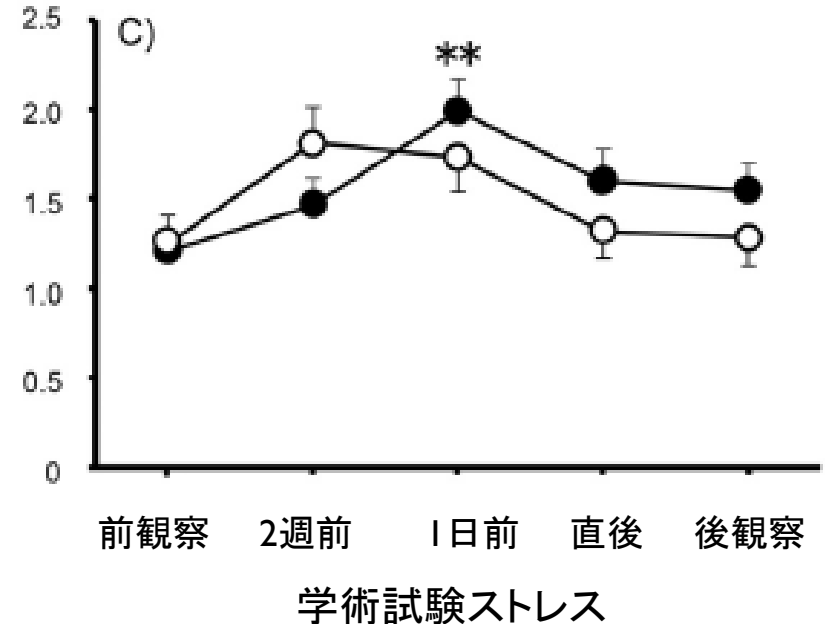
脳-腸-腸内細菌相関

- ▶ 高菌数の *Lactobacillus casei* Shirota (LcS) 発酵乳は、ストレス体感を軽減し唾液コルチゾール濃度上昇を有意に抑制

視覚的アナログ尺度 (VAS) による
ストレス値 (mm)



唾液中コルチゾール (ng/mL)



河合光久: 日栄食学会誌 74(2), 75 (2021)

認知症、腸内環境と関連

腸内フローラの3割以上をやせ型菌バクテロイデスが占める人は、その他の菌が多い人に比べ 認知症の傾向が10分の1

佐治直樹 : *Scientific Reports* 9,1008 (2019)

2019年2月8日 朝日新聞

腸内細菌の構成割合と認知症発症の因果関係はわからないが、腸内細菌の作る物質が脳の炎症を引き起こす可能性が考えられるという。佐治副センター長は「今後、対象となった患者の追跡調査を進めて因果関係を調べる。食習慣との関連も解明して食事などを通じた予防法の開発にもつなげていきたい」と話す。
(水戸部六美)

長寿医療研究センター

腸内細菌と認知症に強い関係があることが、国立長寿医療研究センターもの忘れセンターの佐治直樹副センター長らの研究でわかった。食事や生活習慣との関連を調べることで、認知症のリスクを減らす糸口が見つかる可能性があるという。英科学誌サイエンティフィック・リポーツに論文を発表した。

特定の常在菌が多い人

傾向ある割合10分の1

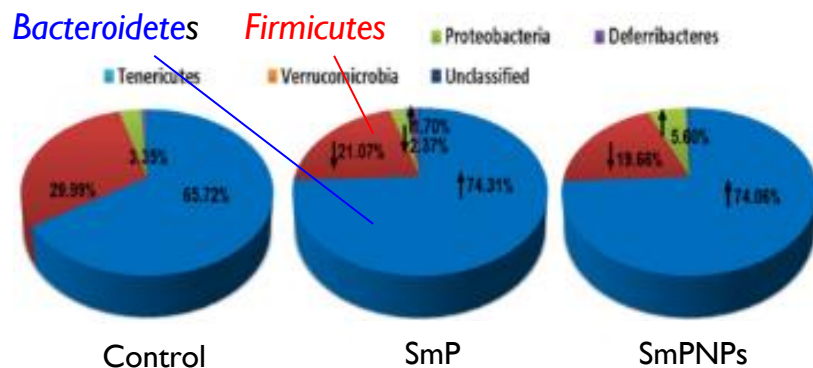
人の腸には1千種類以上、約1+ログラムの細菌がいて、年齢で構成割合が変わる。研究チームは2016年3月から1年間に、もの忘れセンターを受診した人の便、磁気共鳴断層撮影(MRI)、心理検査などから腸内の細菌の構成割合や認知症の有無を調べた。

有効なデータが得られた60〜80代128人分を解析したところ、やせ形の人に多いとされる

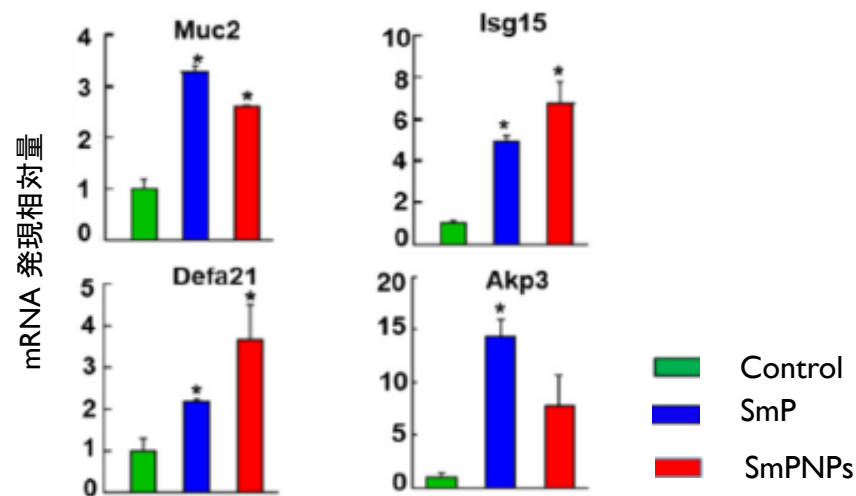
常在菌「バクテロイデス」が3割以上を占めた人たちは、そのほかの細菌が多い人たちに比べて、認知症の傾向が10分の1と低かった。

Spirulina maxima 由来ペクチン様多糖によるマウス腸内フローラおよび免疫初期応答へのはたらき

C57BL/6 mice (♂), *S. maxima* 由来ペクチン様多糖4週間自由摂取 (SmP, SmPNPs 群)



Bacteroidetes 門(やせ型菌)の菌数が増加する一方、*Firmicutes* 門(肥満菌)の菌数は減少



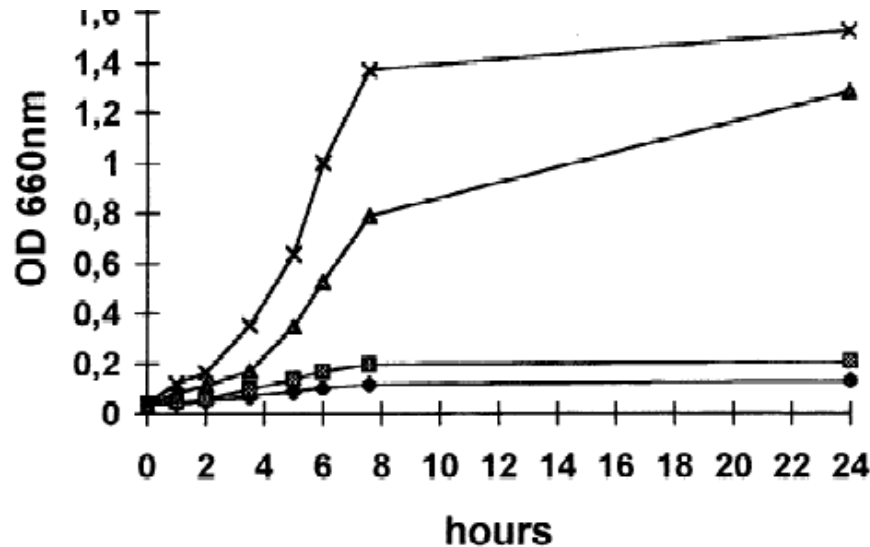
ムチン、抗菌ペプチドローディフェンシン、抗ウイルス、腸管上皮など免疫能維持に係わるmRNA発現を高めた

Chandrarathna H et al.: *Marine drugs* **18**, 175 (2020)

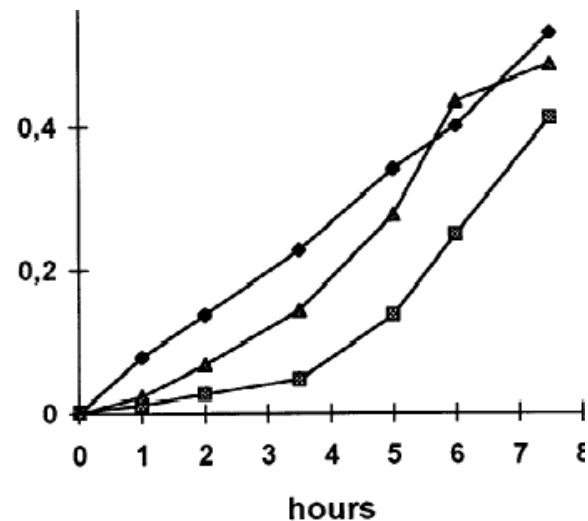
スピルリナ産生物が乳酸菌増殖を促進

- ▶ 乳酸菌 *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus* の増殖を促進

Lactobacillus delbrueckii subsp. *Bulgaricus* YLI
pH: 5.3; 37°C



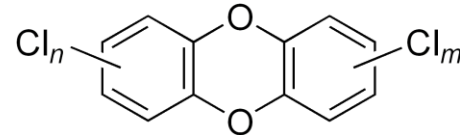
Lactococcus lactis subsp. *lactis* C2



International Journal of Food Microbiology 45, 225 (1998)

ダイオキシン糞中排泄に対するスピルリナの効果

各試験食にて5日間飼育後PCDD経口投与、さらに5日間飼育



ポリ塩化ジベンゾ-*p*-ジオキシンPCDDの一般構造 (n, m : 各0~4、 $n+m$: 2~8)

PCDDラット糞中排泄への米ぬか、クロロフィリン、スピルリナの効果

試験食群	排泄量(投与量%)			
	1,2,3,7,8-P ₅ CDD	1,2,3,6,7,8-H ₆ CDD	1,2,3,7,8,9-H ₆ CDD	1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDD
対照 基本食	4.5 ± 1.1	15.0 ± 5.2	19.8 ± 5.3	31.6 ± 5.4
10% 米ぬか	19.1 ± 3.4 ^a	46.6 ± 0.8 ^a	57.5 ± 4.6 ^a	74.4 ± 10.2 ^a
0.2% クロロフィリン	14.9 ± 3.0 ^a	38.3 ± 3.8 ^a	53.9 ± 2.5 ^a	69.3 ± 5.1 ^a
0.2% クロロフィリン +10% 米ぬか	23.4 ± 2.2 ^a	49.8 ± 2.6 ^a	60.5 ± 6.0 ^a	74.0 ± 4.2 ^a
20% スピルリナ	31.9 ± 4.1 ^{a,b}	65.5 ± 4.3 ^{a,b}	72.6 ± 6.1 ^{a,b}	87.6 ± 2.5 ^a

Avg ± SD (n=4), a: 基本食群との比較で有意(p<0.01), b: 10% 米ぬか群との比較で有意(p<0.01)

スピルリナ摂取により、米ぬか繊維に比較して有意なPCDD糞便中排泄促進(吸収抑制効果)がみられた
森田ら: 衛生化学 43, 42-47 (1997)

スピルリナ 多彩なはたらき

1. デトックスと腸のはたらき
 - ▶ 腸内フローラ、食物繊維、ダイオキシン糞中排出
2. 薬剤肝毒性および腎毒性に対する軽減作用
 - ▶ 制がん剤あるいは四塩化炭素肝毒性に対する臨床例ならびに動物実験
 - ▶ 無機水銀およびシスプラチン腎毒性に対する軽減作用
 - ▶ 慢性ヒ素中毒症におけるヒ素尿中排泄効果
 - ▶ その他重金属毒性に対する効果
3. 放射線保護作用
 - ▶ チェルノブイリでの放射線障害
 - ▶ 放射線保護作用の機序～動物実験等
4. その他
 - ▶ ストレス、アンチエイジング、美肌への効果
 - ▶ 持続可能な地球環境における利用

化学療法剤とフィコシアニンの併用効果

薬剤と濃度	動物／細胞株	作用	文献
Piroxicam (4 mg/kg) + C-PC (200 mg/kg)	1, 2-dimethylhydrazine DMH 誘導性ラット大腸がん	腫瘍サイズの減少 COX-2, PGE-2 の有意な減少 Piroxicam の副作用(消化性潰瘍)軽減	Saini MK et al. 2012, 2014
All-trans-retinoic acid (ATRA) 0.079 mM + C-PC (96 µg/L)	ヒト子宮頸癌由来 HeLa 細胞	細胞周期G0/G1停止誘導 細胞増殖抑制促進 アポトーシスの誘導 ATRA 使用量の減少、副作用(全身性出血傾向、汎血球減少)軽減	Li B et al. 2016, 2015
Betaine (4%) + C-PC (20 µg/L)	ヒト肺胞基底上皮腺癌由来A549細胞	Betaine の抗腫瘍作用促進 細胞生存率の有意な減少	Bingula R and Dupis C 2016

Jiang L et al.: *Journal of Cancer* 8, 3416 (2017)

制がん剤副作用に対するスピルリナの効果 ～一内科医の経験

「溺れる者は藁をも掴む」宮入文悦(宮入内科診療所)

日本医事新報 no. 3599, 68-69 (1993) より

- ・1989年12月 友人A(64歳)、背部激痛. 2回目受診時、胸部X線検査で胸水の貯留、入院
- ・骨髄穿刺にて白血球細胞、急性骨髄性白血病と診断
- ・12月27日から制がん剤使用による寛解導入療法開始
さらに地固め療法(3月上旬の5日間)を実施して2月中旬から回復の兆し、4月下旬退院
- ・その間、制がん剤による副作用、翌年1月7日頃には幻覚、幻視、出血性素因、強い黄疸も出現、死線をさまめた
白血球細胞の脳内転移と制がん剤による肝細胞の壊死、肝障害も懸念された
- ・数年前に糖尿病改善を期待して患者10数例にスピルリナを2～3年使用し、肝機能、脂質代謝が改善した経験をもとに、主治医から服用許可をもらい、食欲が少し出てきた3月中旬に毎日21粒(4.2 g)の服用を開始
- ・約1カ月後退院時での肝機能は殆ど正常. 強い黄疸を伴う急性肝炎や肝硬変が疑われたとは思えない程に改善
- ・退院後、定期的に通院、経口制がん剤とスピルリナの服用を継続. その間 肝機能は殆んど正常値を維持

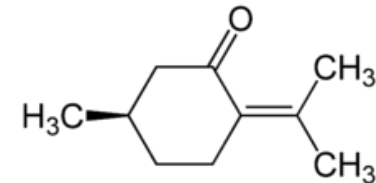
CCl₄、R-(+)-Pulegone 肝毒性 に対するフィコシアニンの保護作用

雄性アルビノラット 2-3ヶ月齢、1群6匹

CCl₄ 0.6 mL/kg あるいは R-(+)-Pulegone 250 mg/kg

腹腔投与(1回)1時間 あるいは 3時間前に

C-PC (Cyanotec Bio-products (p) Ltd. India) 200 mg/kg 1回腹腔投与



酵素	対照群	C-PC群	CCl ₄ 群	C-PC + CCl ₄ 群	Pulegone群	C-PC + Pulegone 群
Cytochrome P450 (nmol/mg)	0.78 ± 0.01	0.72 ± 0.03	0.34 ± 0.05	0.52 ± 0.02	0.38 ± 0.01	0.63 ± 0.04
変化率 %	—	-7.7	-55.8	-33.0	-50.3	-18.7
ALT (units/mL)	32.2 ± 3.6	32.2 ± 3.1	469.0 ± 21	34.6 ± 1.4	490.0 ± 39.2	36.2 ± 3
変化倍数	—	0.0	+14.5	+0.07	+15.2	+0.12
Glucose-6-phosphatase (nmol/min/mg)	191.5 ± 4	180.0 ± 2	97.5 ± 3.7	142.5 ± 7.5	131.2 ± 2.3	172.5 ± 3.75
変化率 %	—	-6.0	-49.0	-25.5	-31.5	-10.0

Vadiraja BB et al.: *Biochemi Biophysil Res Comm* 249, 428 (1998)

無機水銀およびシスプラチン誘導性腎障害 に対するスピルリナ摂取の効果

- ▶ Fukino H, Takagi Y, and Yamane Y: Effects of *Spirulina* (*S. platensis*) on the Renal Toxicity Induced by Inorganic Mercury and Cisplatin. *Eisei Kagaku* **36**, 5 (1990)
 - ・無機水銀 HgCl_2 単独投与群では、4日目ですべてのラットが死亡したのに対して、スピルリナ30%添加飼料摂取群では、3日目すべてが生存し、そのうち2匹はさらに10日目まで生存

HgCl_2 およびCysplatin は急性腎障害を誘導する

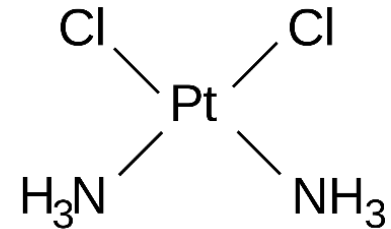
- ・血中尿素窒素BUNおよびクレアチニン値は HgCl_2 あるいはCysplatin投与群で高値を示すのに対して、スピルリナ同時摂取群では有意に低値を示した
- ・同様に、尿中ALP(アルカリフォスファターゼ)およびGOT(グルタミン-オキザロ酢酸トランスアミナーゼ)高値に対して、スピルリナ摂取群では有意に低値を示した
- ・腎障害低減作用を示すスピルリナ水溶性高分子量(100,000以上)画分として、フィコシアニンがはたらく

シスプラチンCisplatin

- ▶ 白金錯体抗腫瘍剤
- ▶ 卵巣がん、子宮頸がん、精巣がん治療
- ▶ 尿路上皮癌に対するM-VAC療法

M-VAC療法: メトレキサート及びビンブラスチン、ドキソルビシン (アドリアマイシン)、シスプラチンとの併用療法

- ▶ 副作用
 - ▶ 腎毒性: 近位尿細管細胞を傷害する急性腎障害
 - ▶ 悪心・嘔吐: 嘔吐中枢刺激
 - ▶ 溶血性貧血
 - ▶ 神経毒性

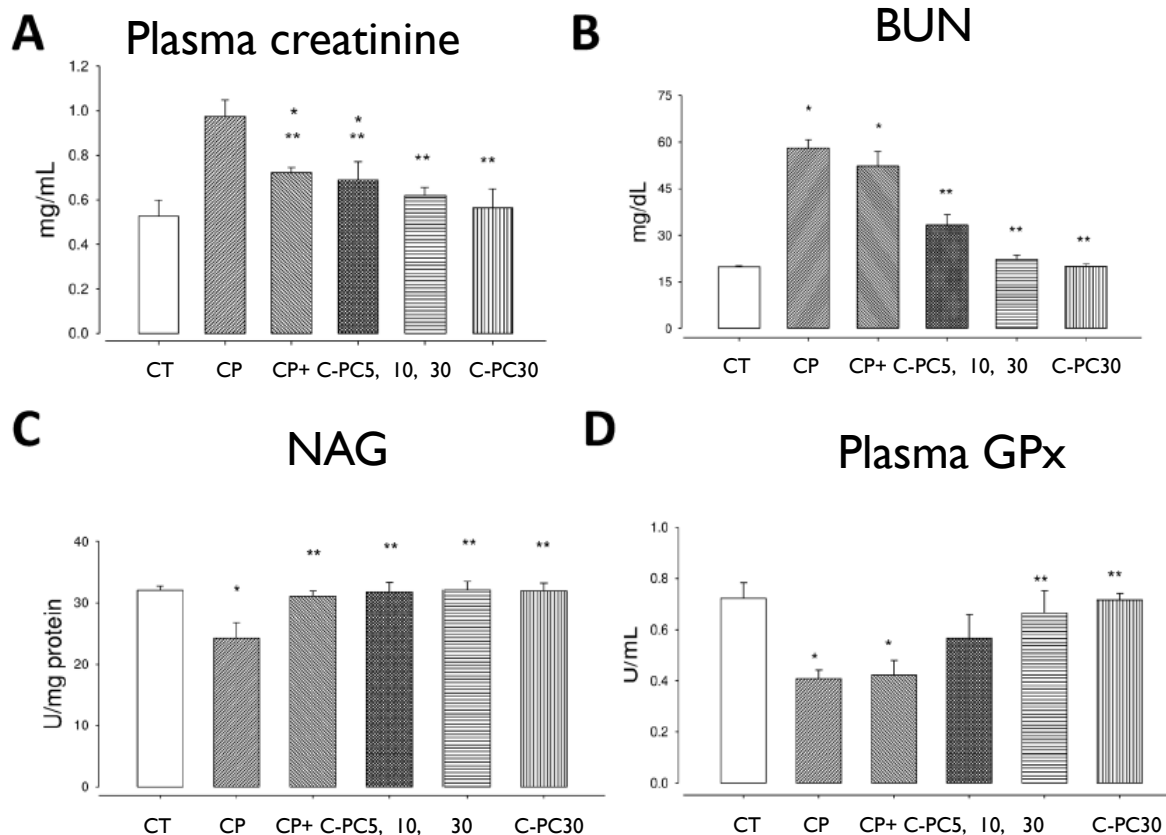


Cisplatin腎障害に対するC-PCによる軽減作用

1. 腎機能マーカー

CD-1マウス

Cisplatin (CP, 18 mg/kg *ip*) 投与 1時間前にフィコシアニン(C-PC, 5–30 mg/kg *ip*) 投与
CP 投与72 時間後に試料採取 CT: 無処置対照群



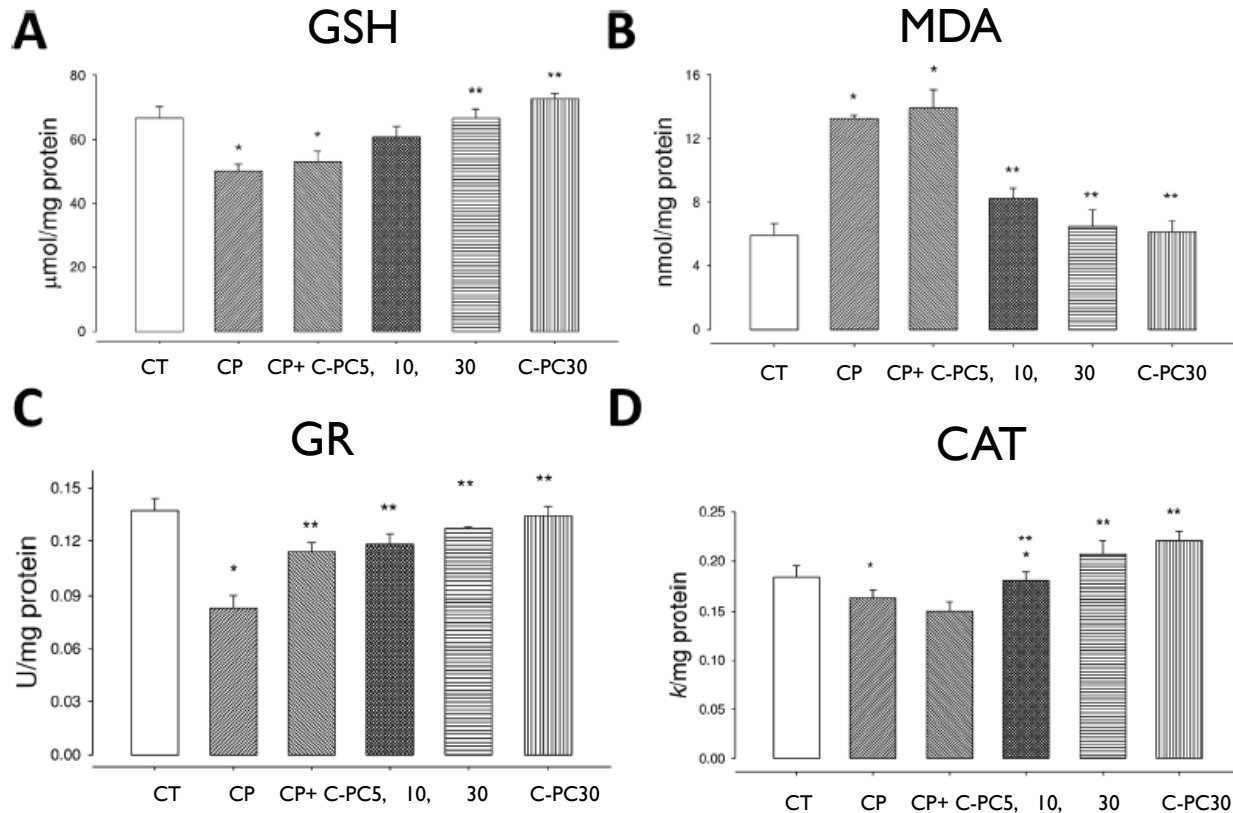
BUN: blood urea nitrogen, NAG: Nacetyl-b-D-glucosaminidase, GPx: glutathione peroxidase
n = 5~6. *: P < 0.05 vs. CT, **: P < 0.05 vs. CP.

Cisplatin腎障害に対するC-PCによる軽減作用

2. 酸化ストレスマーカーA, B、抗酸化酵素C, D

CD-1マウス

Cisplatin (CP, 18 mg/kg *ip*) 投与 1時間前にフィコシアニン(C-PC, 5–30 mg/kg *ip*) 投与
CP 投与72時間後に試料採取 CT: 無処置対照群

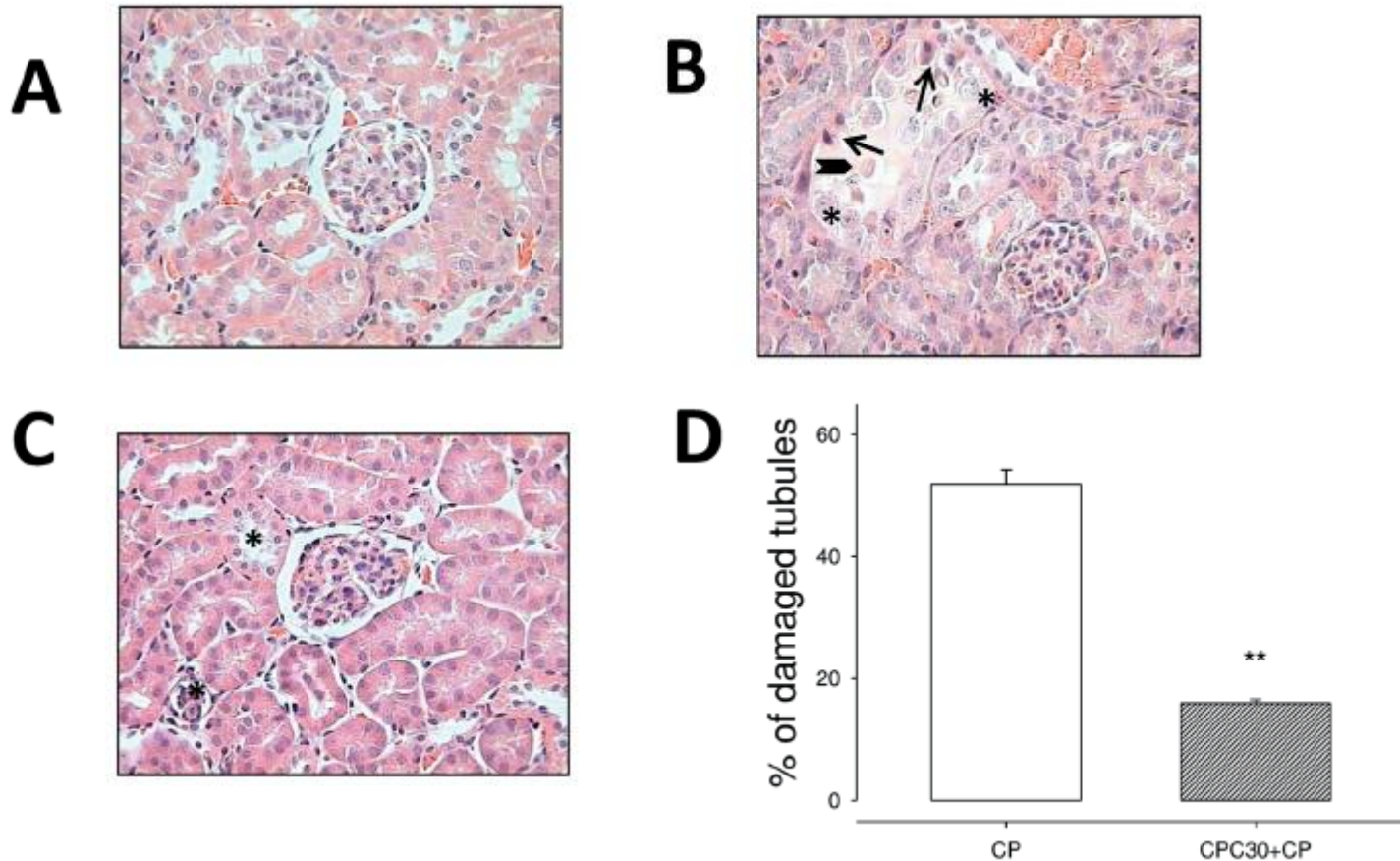


A. GSHグルタチオン, B. MDAマロンジアルデヒド, C. GRグルタチオン還元酵素, D. CATカタラーゼ
n = 5~6. *: P < 0.05 vs. CT, **: P < 0.05 vs. CP.

Cisplatin腎障害に対するC-PCによる軽減作用

3. マウス腎近位尿細管上皮

A. 対照、B. Cisplatin (CP)群 (*: 細胞性浮腫、→: 死細胞)、
C. C-PC + CP 群、D. HE染色像C.の数値化グラフ

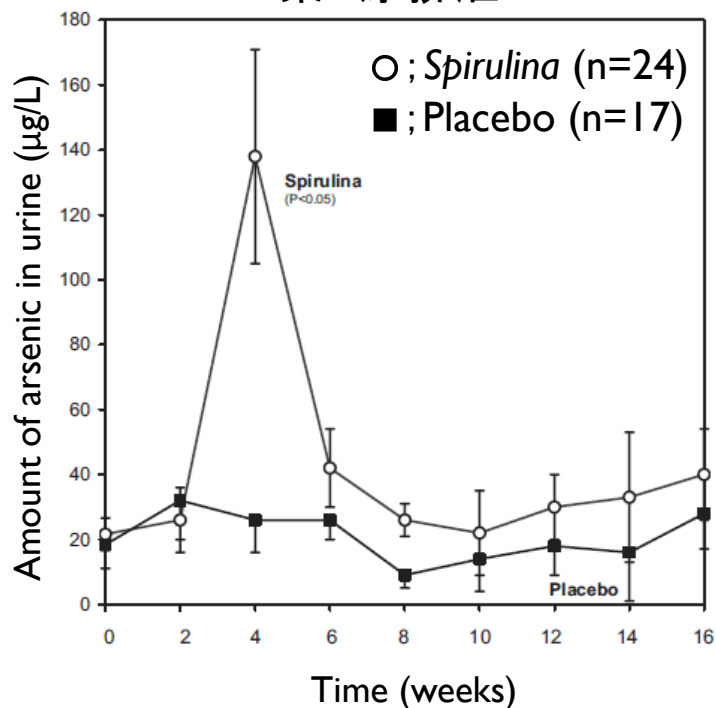


Fernandez-Rojas B *et al.*: *Food & Function* **5** (3), 480 (2014)

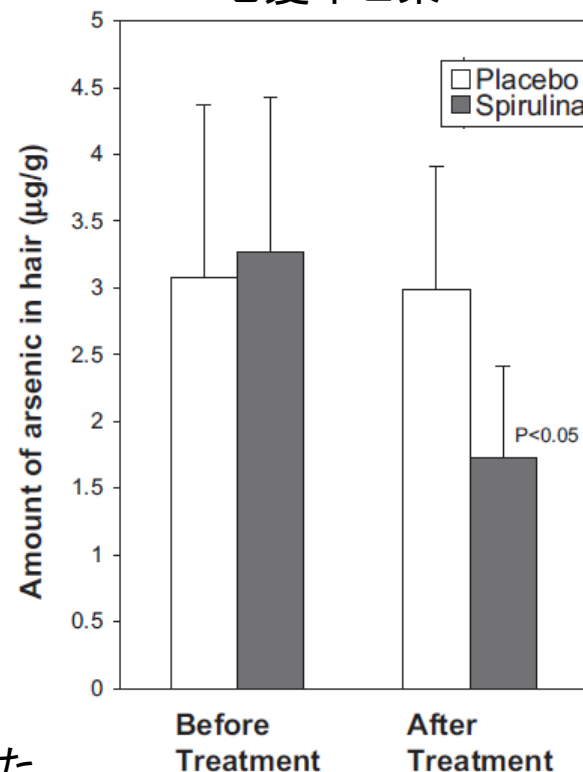
慢性ヒ素中毒症状に対する スピルリナと亜鉛摂取による解毒効果

対象： 皮膚症状のある慢性ヒ素中毒患者41名（18-54歳、男性14、女性27）
スピルリナの80%エタノール抽出物 250mg + Zn 2mg/錠、1日2回 16週間

ヒ素 尿排泄



毛髪中ヒ素



黒皮症および皮膚角化症スコアも有意に改善された

Misbahuddin M et al.: *Clin Toxicol* 44, 135-141 (2006)

他の重金属毒性に対する効果

Hoseini S M et al.: *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* **13**, 1231-1237 (2013)

1. カドミウム毒性: 抗酸化酵素活性阻害、活性酸素種ROS生成

スピルリナは、カドミウムによる酸化ストレスを間接的あるいは直接的に作用

- ▶ 間接的: グルタチオンパーオキシダーゼGPxおよびスーパーオキシドジスムターゼSOD活性の亢進
- ▶ 直接的: 脂質過酸化抑制、フリーラジカル消去作用

Simsek N et al.: *J Hazard Mater* **164**, 1304 (2009)

2. 鉛毒性: 骨髄造血系傷害、近位尿細管壊死、精子形成低下、ヘモグロビン合成阻害

- ・スピルリナは、Pb, Cd, Zn, Hg 毒性によるラットヘモグロビンおよび鉄代謝を改善
- ・赤血球・白血球・Tリンパ球生成不全に効果がみられた

Bermejo-Bescós P et al.: *Toxicol In Vitro* **22**, 1495 (2008)

Sharma MK et al.: *Food Chem Toxicol* **45**, 2412 (2007)

スピルリナへの重金属 吸着作用が寄与している

スピルリナ 多彩なはたらき

1. デトックスと腸のはたらき
 - ▶ 腸内フローラ、食物繊維、ダイオキシン糞中排出
2. 薬剤肝毒性および腎毒性に対する軽減作用
 - ▶ 制がん剤あるいは四塩化炭素肝毒性に対する臨床例ならびに動物実験
 - ▶ 無機水銀およびシスプラチン腎毒性に対する軽減作用
 - ▶ 慢性ヒ素中毒症におけるヒ素尿中排泄効果
 - ▶ その他重金属毒性に対する効果
3. 放射線保護作用
 - ▶ チェルノブイリでの放射線障害
 - ▶ 放射線保護作用の機序～動物実験等
4. その他
 - ▶ ストレス、アンチエイジング、美肌への効果
 - ▶ 持続可能な地球環境における利用

腰に固定でき超便利! 新型スッキリ腰枕付録つき

わかさ

2011年7月 特別定価 630円



放射線保護作用

わかさ 2011.7

第二は「スピルリナ」事故でも活用された藻
「スピルリナ」で、放射性物質の
排出を早め白血球も増やした

抗酸化作用が強力と
注目されるスピルリナ

放射線障害の防御食の第三として、スピルリナを紹介します。

スピルリナとは、熱帯地方の塩の湖に生息している藍藻（主に青緑色をした藻で、藍色細菌に属す）です。食用としての利用は古く、アステカ文明にさかのぼる記録がある、といえます。

スピルリナには、多くの栄養成分が含まれていることがわかっています。

具体的にいうと、たんぱく質が多く、ビタミンならAやE、B群、ミネラル（無機栄養素）ならカルシウム・鉄・カリウム・マグネシウムがたっぷり含まれています。また、クロロフィルやゼアキサンチン、フィコシアニンといった植物色素も豊富に含まれています。

スピルリナは、こうした栄養の塊であることから、一九六〇

年以降、欧米で研究が進み、特に抗酸化作用（攻撃力の強い活性酸素を打ち消す働き）が強いことも注目を集めました。

たんぱく質が放射性物質を吸着する

このスピルリナが、放射線障害の防御に一定の効果を示すことは、いくつもの実験で報告されています。それらを紹介しましょう。

まずは、ベラルーシ共和国（旧ソ連）のミンスクという都市にある放射線医学研究所による一九九〇～一九九一年にかけての研究報告です。

ベラルーシ共和国でも被害が甚大だったチェルノブイリ原発事故災害（一九八六年）では、一説によると一六万人もの子供たちが出生異常や白血病、がん、甲状腺障害、貧血、視覚障害、食欲不振、免疫低下といった放射線障害の犠牲になったと

されています。

そうした中、ベラルーシの放射線医学研究所では、一〇〇人の子供たちにスピルリナ一日五gを二〇日間飲んでもらう試験をしたところ、尿中の放射性エネルギー（度合い）が五〇%低下したと報告されました。

この試験結果について、同放射線医学研究所は、「スピルリナの使用は、セシウム137やストロンチウム90などの放射性物質で汚染された食物からの放射線負荷を減少させる」と報告しています。

ところで、内部被曝した放射性物質は、主に尿から排出されます。そのことを踏まえると、尿中の放射エネルギーが低下するというと、逆に放射性物質が排出されなくなってしまう人がいるかもしれません。この部分はハッキリしていませんが、試験ではスピルリナが放射性物質を吸着することによって、その排

1986年4月

- ・チェルノブイリ原発事故
- ・ベラルーシからスピルリナ送付要請

2011年3月

東日本大震災
 福島第一原発事故

緊急特集

放射能

◆こまめなふき掃除、一日一杯のみそ汁など簡単な自衛策を公開!
 身を守る! 健康被害の疑問Q&Aと11カ条
 書を抑える11カ条

放射性物質、放射線、放射能

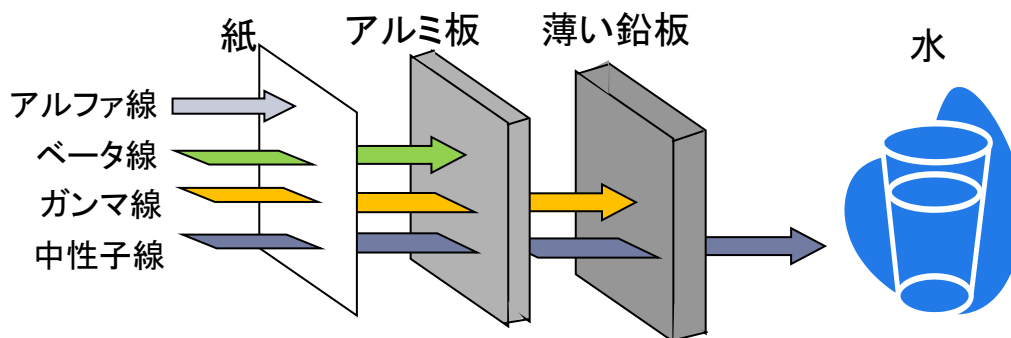
放射性物質： 放射線を発する物質（ライターそのもの）

放射線： 放射性物質から出されるエネルギー（炎）

放射能： 放射性物質が放射線を放つ強さ（炎の強さ）

▶ 放射線の種類

- ▶ α （アルファ）線： ヒト皮膚は透過しない
- ▶ β （ベータ）線
- ▶ γ （ガンマ）線
- ▶ 中性子線： 透過力（エネルギー）は最も高い。水分中の水素原子で遮断される



代表的な放射性物質と特徴

- ▶ キセノン133 (^{133}Xe 希ガス類) ~ガンマ線
 - ▶ 揮発性が高く、原発事故で真っ先に飛散するが、体内に入っても呼吸とともに排出される。半減期5日
- ▶ ヨウ素131 (^{131}I ハロゲン類) ~ベータ線とガンマ線
 - ▶ 甲状腺に取り込まれ、甲状腺がんの原因になる。子どもには要注意。半減期8日
- ▶ セシウム137 (^{137}Cs アルカリ金属類) ~ベータ線とガンマ線
 - ▶ 筋肉や様々な臓器に入りがんを起こす。白血球減少や染色体異常を引き起こす。飛散量も多い。半減期30年
- ▶ スロンチウム90 (^{90}Sr アルカリ土類金属類) ~ベータ線
 - ▶ 骨に沈着しやすく、骨がんや白血病の原因になる。半減期28.8年

放射線量などの単位

- ▶ グレイ(Gy) : 物質が受けた放射線量
ジュール／キログラム (J/kg)とも表され、1 Gy は物質1kgあたりに1ジュールのエネルギーを放射線から受けたことを意味する
- ▶ シーベルト(Sv) : 生体が受けた放射線の影響(線量当量)
人体に与える影響の程度を示す場合、Svが使われる ～**体の温まり具合**
- ▶ ベクレル(Bq) : 放射能の量(強さ)を表す単位 ～**炎の強さ**
1 Bq: 1秒間に1つの原子核が崩壊して放射線を放つ放射能の量
飲用水や食品などに放射性物質が含まれる場合、Bqで表される

放射線による健康被害

- ▶ 日常生活で受ける自然放射線の量は1年間で1～2 mSv
- ▶ **急性障害**：大量の放射線を浴びることで起こる
 - ▶ 100 mSv以上の被爆で、健康被害が出やすくなる
 - ▶ 500 mSv以上：白血球減少
 - ▶ 1,000 mSv以上：吐き気、体のだるさ、下痢、血便
 - ▶ 2 Svの被爆では5%の人が死亡、4 Svで50%、7 Svで99%の人が死亡するといわれている。
- ▶ **晩発性障害**：数ヶ月～数十年後に発症
 - ▶ 白血病や白内障・遺伝障害など
- ▶ **外部被爆**：体の外側から放射線を浴びる
- ▶ **内部被爆**：汚染された飲食物の摂取や呼吸によって体内に入った放射性物質から放射線を浴びる

チェルノブイリ児童の放射線障害軽減効果

Reduces effects of radiation for the Children of Chernobyl

“Earth Food *Spirulina*” by Robert Henrikson, Ronore Enterprises Inc.,
Hawaii pp 87- (2009)

1. ベラルーシ放射線医学研究所 1990-91年研究報告

- ▶ チェルノブイリ原発事故(1986年)で16万人もの子供たちに出生異常や白血病、がん、甲状腺障害、貧血、視覚障害、食欲不振、免疫低下などの放射線障害が出現
- ▶ この原発事故災害の子ども100人において、スピルリナ1日5g, 20日間の摂取で、尿中放射能レベルが半減～排泄が促進された。セシウム137やストロンチウム90などの放射性物質で汚染された食物による放射線負荷を減少させた

Loseva, LP: *6th Intl Cong of Appl Algal*, Czech Republic (1993)

2. ベラルーシ保健省からの報告 1991年

- ▶ ポーランド国境に近いグロドノ市近郊の3～7歳児童49人に45日間スピルリナを摂ってもらい、その結果、83%の児童で尿中放射能レベルの減少が認められた

Belookaya T: Correspondence from the Chairman of Byelorussian Committee "Children of Chernobyl" May 31, 1991

スピルリナの放射線保護作用 機序 1

▶ 体外排出促進

1. チェルノブイリ事故原発解体作業者のうち循環不全性脳疾患162名に対して、セレブロリジン(急性虚血性脳卒中治療薬)やスピルリナが合併症予防・作業能率を高めた Zozulia IS & Iurchenko AV: *Lik Sprava* 3-4, 18 (2000)

2. スピルリナが放射性物質との非吸収性複合体を形成して体外排出を促す Loseva, LP: *8th Intl Cong of Appl Algol*, Italy (1999)

スピルリナのメタロチオネイン様タンパク質が関与～HgやCdなどの重金属と結合して、尿や便・汗・呼吸から排出するはたらき(^{137}Cs , ^{90}Sr の排出)

▶ DNA傷害修復

1. スピルリナ熱水抽出物(1-5 mg/g マウス体重)摂取は、細胞DNAの放射線傷害に対して修復能を助ける Qishen P et al.: *Toxicol Letters* 48, 165 (1989)

スピルリナの放射線保護作用 機序 2

▶ 抗酸化力

1. 5GyのX線照射によるラット脱水素酵素活性や抗酸化力の低下に対するスピルリナ抽出物摂取の修復効果 Karpov et al.: *Radiate Biol Radioecol* 40, 310 (2000)
2. ^{60}Co ガンマ線8Gy照射したマウスに、スピルリナ8mg/10g体重 7日間連続投与することで活性酸素種による細胞傷害を抑止、また赤血球・白血球数、ヘモグロビン量が増加した Verma S et al.: *Asian J Exp Sci* 20, 121 (2006)

▶ 造血系細胞 生成促進

1. ^{60}Co ガンマ線100Gy/minによる造血障害を誘発した犬: 体重1kg当り12mgのスピルリナ投与により赤血球・白血球数、ヘモグロビン量、骨髓中有核細胞が有意に増加 Zhang Hong-Quin et al.: *Acta Pharmacol Sin* 22, 1121 (2001)
2. スピルリナ フィコシアニンや多糖体を与えたマウスでは、末梢血球数および骨髓造血系が促進された Hayashi O et al.: *J Appl Phycol* 18, 47 (2006)

放射線肺障害RILIに対するフィコシアニンの効果

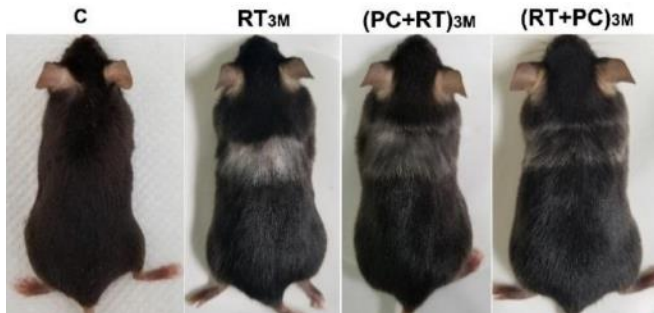
RILI (Radiation-induced lung injury): 40Gy以上の放射線量局所被曝によって起きる肺炎症状. 肺線維症に進展

C57BL/6 マウス(4-6 週齢♂)
胸部X線照射(2Gy/min、計20Gy)RTの前あるいは後に
PC50 mg/kg/日投与 30日 (PC+RT 群、RT+PC 群)

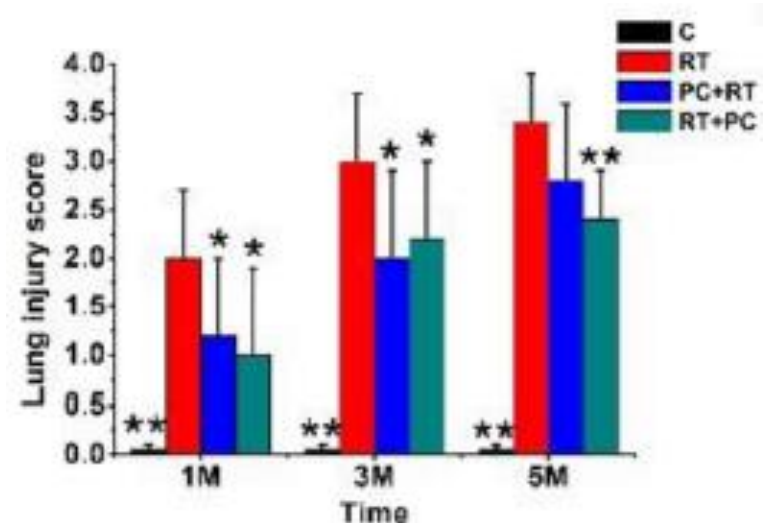
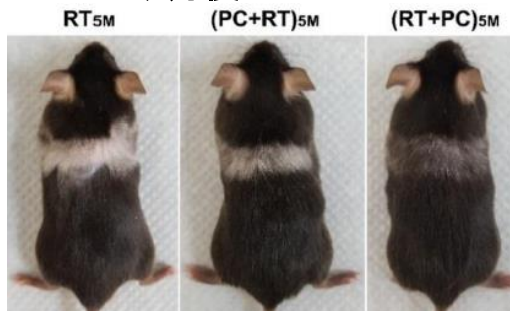
胸部X線照射



3ヶ月後



5ヶ月後



PCは X線照射による肺障害～線維化、炎症を軽減した

放射線障害とスピルリナ

放射線

- ▶ 分子の化学結合を切断して、ラジカルや活性酸素種を発生させる
 - ▶ 細胞構成分子破壊、DNA損傷 → 細胞傷害、染色体異常など
 - ▶ 骨髄細胞(赤血球・白血球)数の減少、ヘモグロビン量の減少、神経細胞傷害

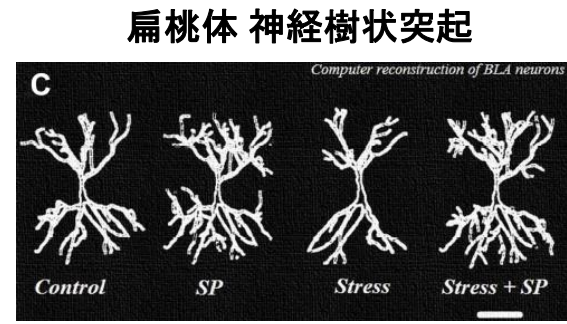
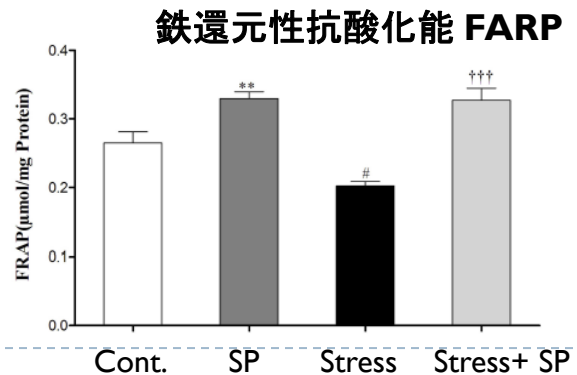
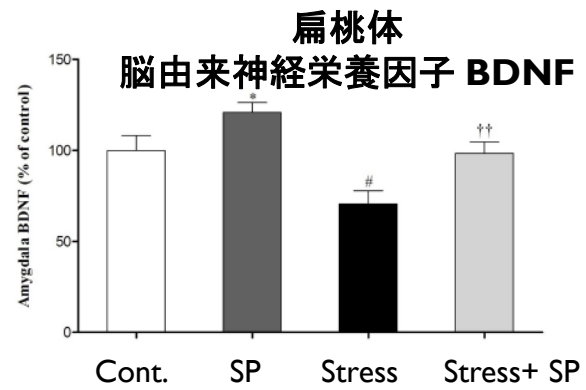
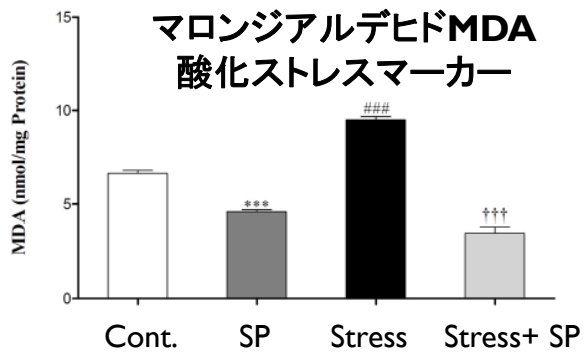
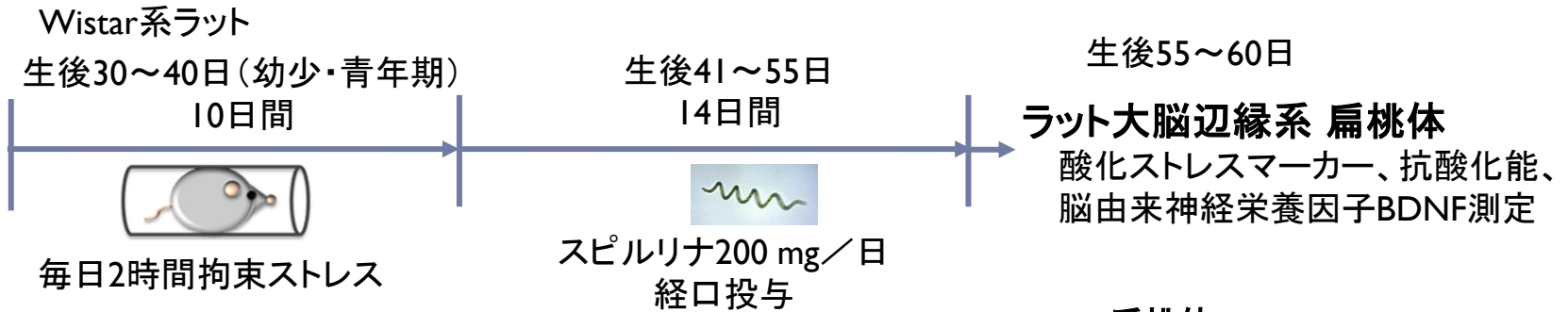
スピルリナ

- ▶ 抗酸化・抗炎症作用
 - ▶ ラジカルや活性酸素種のはたらきを抑える
- ▶ 造血系骨髄細胞分化・増殖促進、神経幹細胞増殖促進

スピルリナ 多彩なはたらき

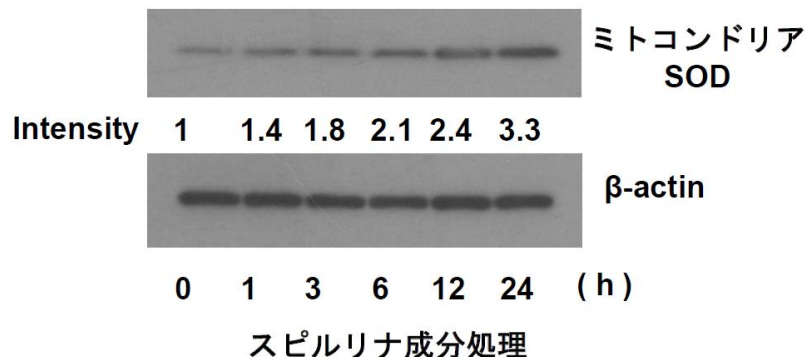
1. デトックスと腸のはたらき
 - ▶ 腸内フローラ、食物繊維、ダイオキシン糞中排出
2. 薬剤肝毒性および腎毒性に対する軽減作用
 - ▶ 制がん剤あるいは四塩化炭素肝毒性に対する臨床例ならびに動物実験
 - ▶ 無機水銀およびシスプラチン腎毒性に対する軽減作用
 - ▶ 慢性ヒ素中毒症におけるヒ素尿中排泄効果
 - ▶ その他重金属毒性に対する効果
3. 放射線保護作用
 - ▶ チェルノブイリでの放射線障害
 - ▶ 放射線保護作用の機序～動物実験等
4. その他
 - ▶ ストレス、アンチエイジング、美肌への効果
 - ▶ 持続可能な地球環境における利用

拘束ストレスによる酸化障害に対するスピルリナの改善効果

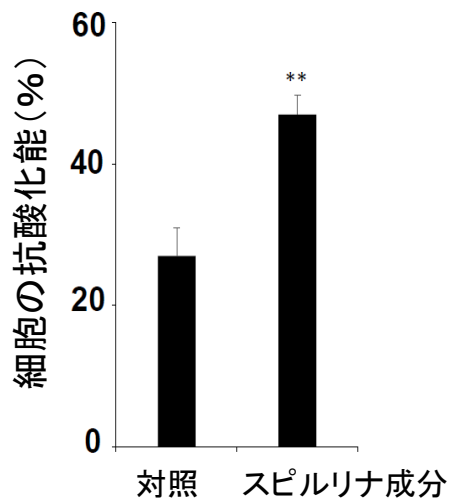


スピルリナ成分のアンチエイジング作用 ヒト老化線維芽細胞ミトコンドリア機能の回復

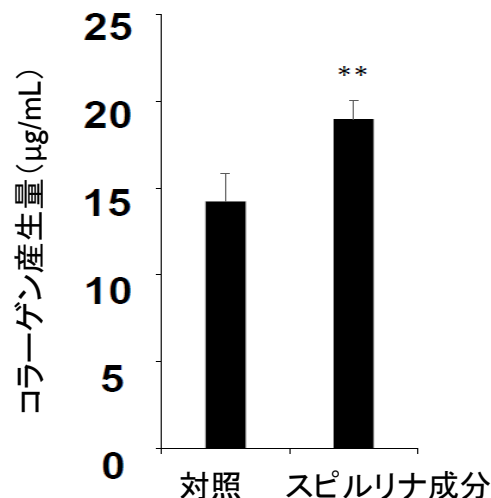
1. ミトコンドリア／スーパーオキシド・ジスムターゼSODの増加



2. 細胞抗酸化能の増加



3. コラーゲン産生量の増加



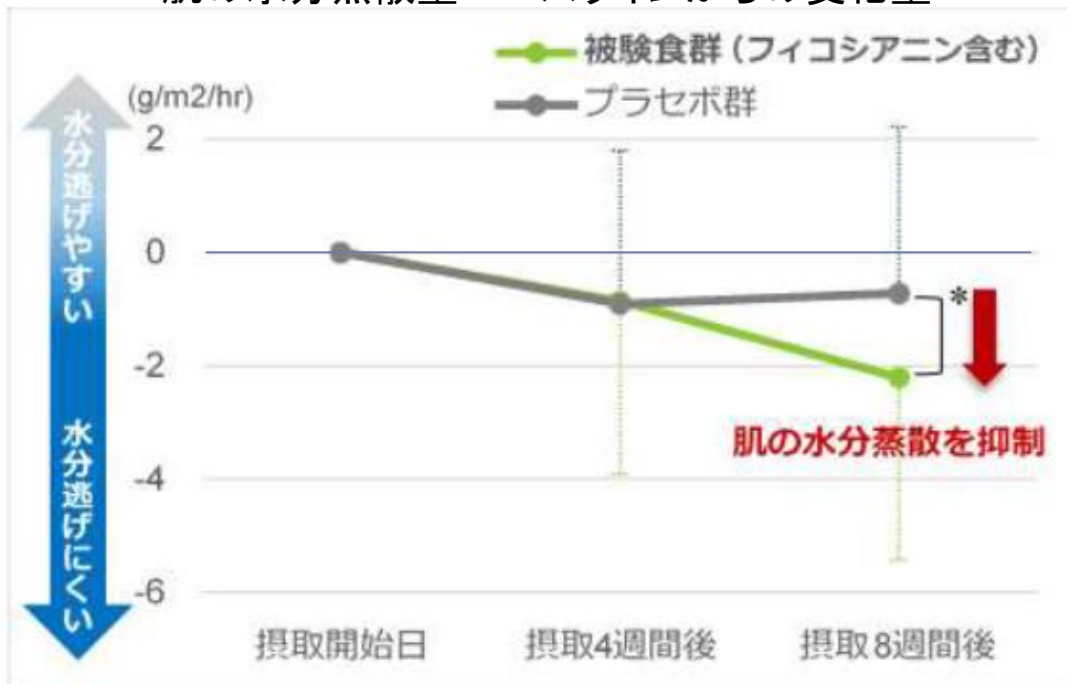
特願 2021-092585: 発明の名称: アンチエイジング剤およびその製造方法 (2021.8.17)

国立大学法人高知大学 難波卓司、町原加代

水分蒸散抑制による皮膚バリアー効果

20-65歳健常女性 (C-PC被験食群40名と、プラセボ群38名)
(c-phycoerythrin 300 mg + allophycoerythrin 110 mg) / 日 (毎朝食時) × 8週間

肌の水分蒸散量ベースラインからの変化量



被験食群40名
プラセボ群38名
*: $p < 0.05$ (群間比較 対応のない t 検定)

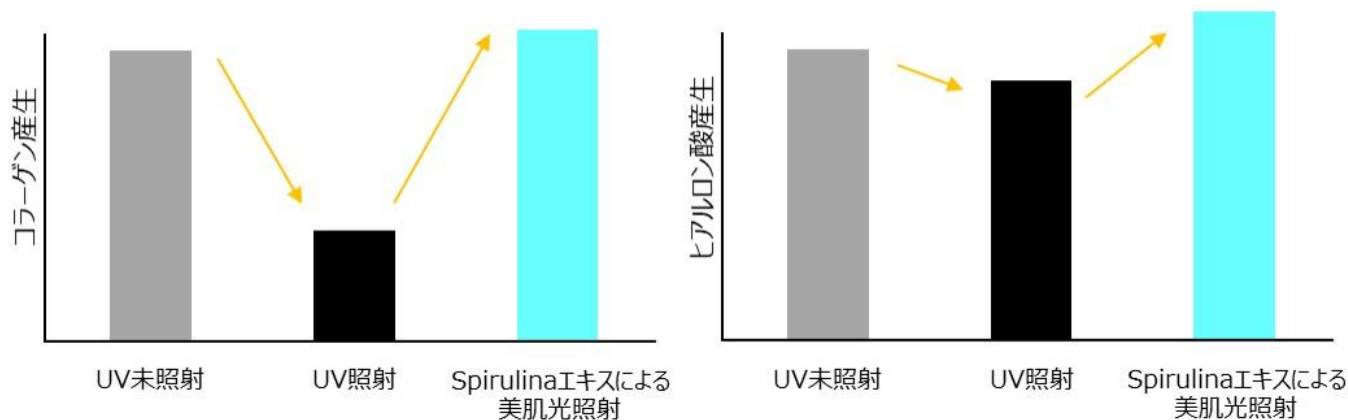
肌水分蒸散量が有意に減少
皮膚光沢が有意に増加

摂取開始時の水分蒸散量が $10 \text{ g/m}^2/\text{hr}$ 以上 $20 \text{ g/m}^2/\text{hr}$ 未満の被験者についてサブグループ解析

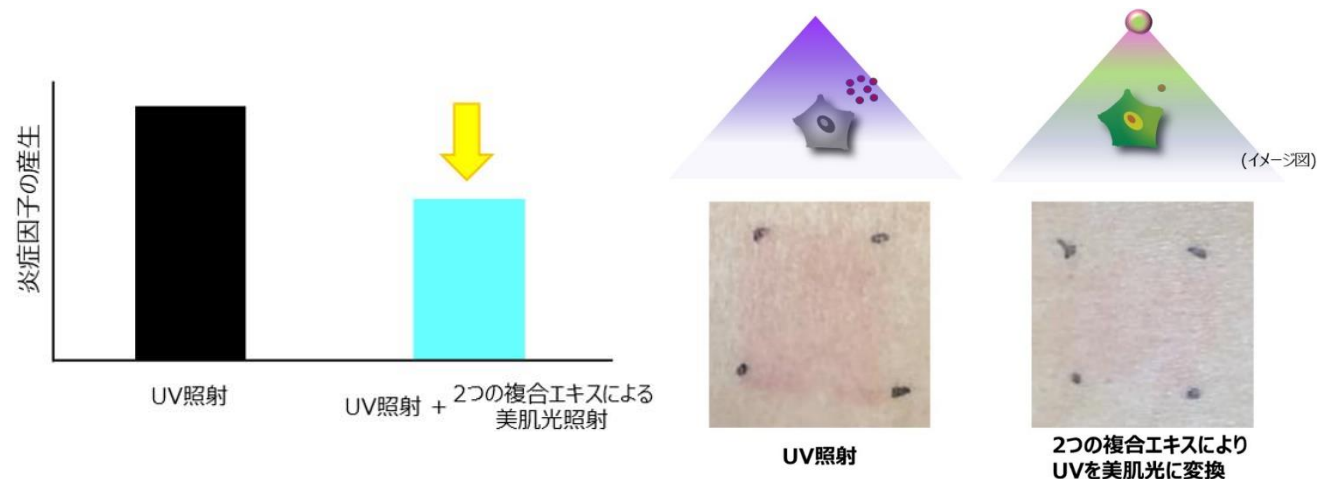
Imai Y et al.: *Jpn Pharmacol Ther* **47**, 1833 (2019)

スピルリナ 紫外線を美肌可視光線に変換

健康産業流通新聞 2021年12月9日



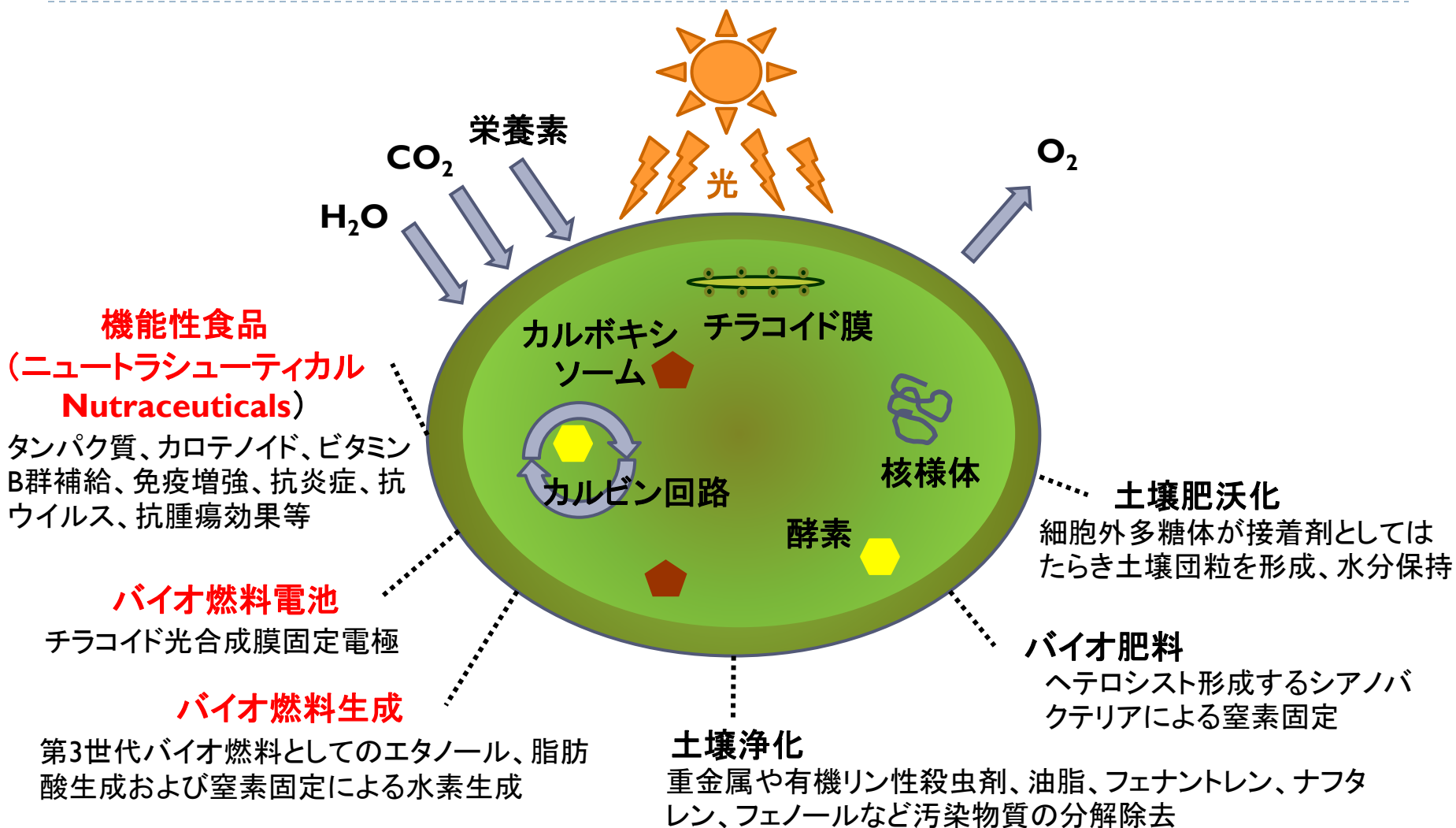
スピルリナエキスと蛍光酸化亜鉛は、紫外線を可視光(美肌光)に変換することで、紫外線による肌ダメージを抑えてコラーゲンやヒアルロン酸の産生を高める



ふたつの組み合わせは、炎症を抑えて肌の赤みを抑制

第31回国際化粧品技術者会連盟IFSCC横浜大会2020

持続可能な地球環境における CO₂高吸収微細藻類～シアノバクテリアの利用



日原由香子ら: 化学と生物 55, 88 (2017)

Pathak J et al.: *Frontiers in Environmental Science* 6, 1 (2018)

スピルリナによる温室効果ガス削減

CO₂ 1,300トン



生産

スピルリナ 800トン

+

O₂ 970トン

【スピルリナの光合成により発生する酸素量】

スピルリナ年間生産量：800トン

- ▶ 光合成によって消費される炭酸ガスCO₂量：1,300トン
- ▶ 発生する酸素O₂量：970トン

スピルリナの高いタンパク質生産効率

スピルリナの単位面積あたりタンパク質生産量は一般食用作物に比較して高い

作物／藻類	総生産量 (トン/ha/年)	タンパク質含量 (%)	タンパク質生産量 (トン/ha/年)
小麦	6.7	9.5	0.64
トウモロコシ	14.0	7.4	1.04
大豆	4.0	35.0	1.4
スピルリナ	65	65.0	42

タンパク質1kg産生に要する土地面積および水量は少ない

タンパク源	面積(m ²)	水量(gal)
トウモロコシ	22	3,280
大豆	16	2,340
穀類飼料牛肉	193	27,500
スピルリナ	0.75	660

Kay RA: Crit Rev Food Sci Nutr 30, 555 (1991)

多彩なスピルリナのはたらき
地球にやさしい食糧資源

ご清聴ありがとうございました