

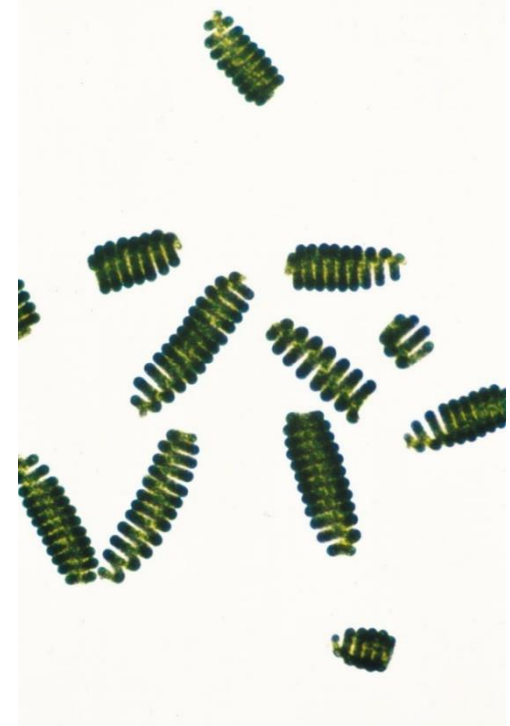
スピルリナ 食用の歴史とHawaiian Spirulina®の特長

第40回 E&Cオンライン研修会
令和6（2024）年4月22日（月）

東洋酵素化学株式会社／女子栄養大学 林 修

Spirulina/Arthrospira platensis

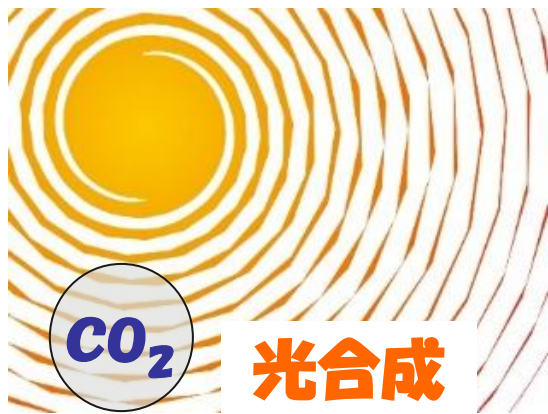
- ▶ 熱帯・亜熱帯地域
強アルカリ塩湖 (pH 10~10.5) に棲息
- ▶ 0.3 ~ 0.5mm、巾6 ~ 12 μ m
浮遊性単細胞微細藻類
- ▶ 1925年 ドイツ藻類学者Geitler によって
藍藻綱 *Cyanophyceae*
ユレモ目 *Oscillatoriales* として紹介された



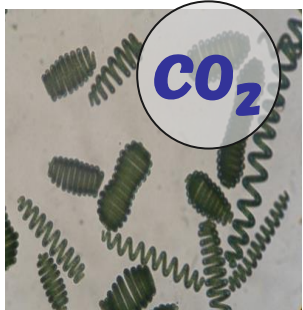
原核生物

シアノバクテリア (藍色細菌)
青色光合成色素フィコシアニン

27億年前に出現 シアノバクテリアの光合成能によって 生命進化の舞台がつくられた



光合成



スピルリナ

酸素発生型光合成

酸素を発生・蓄積



オゾン層の形成



地上に届く紫外線量の減少
⇒陸上生物の誕生（4億年前）



Wikipedia より

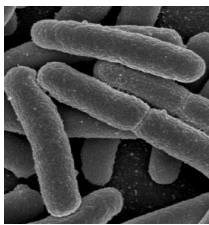
人新世Anthropocene: 人類による地球環境の激変に基づく新たな地質時代

新生代	318 万年前	アウストラロピテクス・アファレンシス(アファール猿人)
	650 万年前	霊長類出現
中生代	白亜紀	6500 万年前 恐竜絶滅
	ジュラ紀	1.5 億年前 恐竜隆盛
	三疊紀	2 億年前 鳥類
古生代	2.5 億年前	爬虫類
	~	両生類
	~	魚類
	5 億年前	三葉虫など
原生代	先カンブリア紀	6 億年前 生物進化大爆発
		10 億年前 オゾン層形成
		20 億年前 真核細胞
		25 億年前 多細胞生物
		27 億年前 シアノバクテリア
太古代	38 億年前	原核生物 (真正細菌)
	40 億年前	原始生命
冥王代	46 億年前	地球誕生

地球の生命進化
シアノバクテリアは誕生以来27億年生息している



シアノバクテリア



スピルリナの発見

- ▶ 1827年ドイツ植物学者ピエール=ジャン=フランソワ・テュルパン (Pierre Jean François Turpin) が、南米アルゼンチンラ・プラタ河流域にて発見
- ▶ 1925年ドイツ藻類学者Geitler によって初めて紹介された
その後、アフリカ各地のアルカリ塩湖で発見された
ケニア～エレメンティタ湖 (pH 9.4) やナクル湖 (pH 10.5)、ボゴリア湖 (pH 9.8-10.3)
エチオピア～アラングアディ湖 (pH 10.3)、キロテス湖 (pH 9.6) など

食用としてのスピルリナ

- ▶ 1940年 フランス 藻類学者 Dangeard, P

アフリカ中央部(当時フランス領)チャド湖に近い村の市場でクッキー状の *Dihé* (*dié*) という名前で売られていた

キビを食すためのソース *biri* を作るのに利用されていた

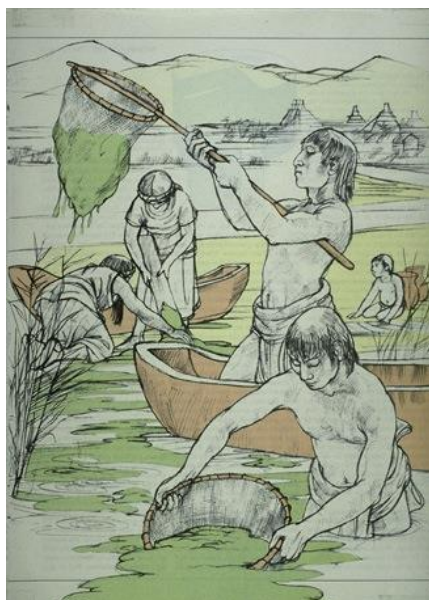


Cifferi O: *Microbiol. Rev.* **47**, 551 (1983)

食用としての歴史は古い

メキシコ・アステカ文明(14~16世紀)においても食用されていた(Cifferi, 1983)

“*Tecuitlatl* (stone excrement)” , *dihé*



Drawing in *Human Nature*,
1978 by Peter T. Furst



スピルリナ *dihé* を砂地に広げて吸水・乾燥させる(Kanembou 族)
FAO Report *The Future is an Ancient Lake*, 2004 (Photo: Marzio Marzot)

スピルリナの食用工業生産

- ▶ 1962年 クレマンClement, G(フランス国立石油研究所IFP)
メキシコ テスココ湖に近接するソーサ・テスココ社のソーダ製造
の水をためるカタツムリ状の池caracol にスピルリナが自生してい
ることを発見

- ・スピルリナ人工培養技術の開発
- ・1967年11月、1972年開催の国際応用微生物会議などで「スピルリナはタンパク質が豊富、将来の食糧源」として世界の注目を集めることとなった
- ・開放流路方式培養(河口 1974; 中村 1978)



中村浩:スピルリナ—新しい食糧 医歯薬出版, 東京(1963年)

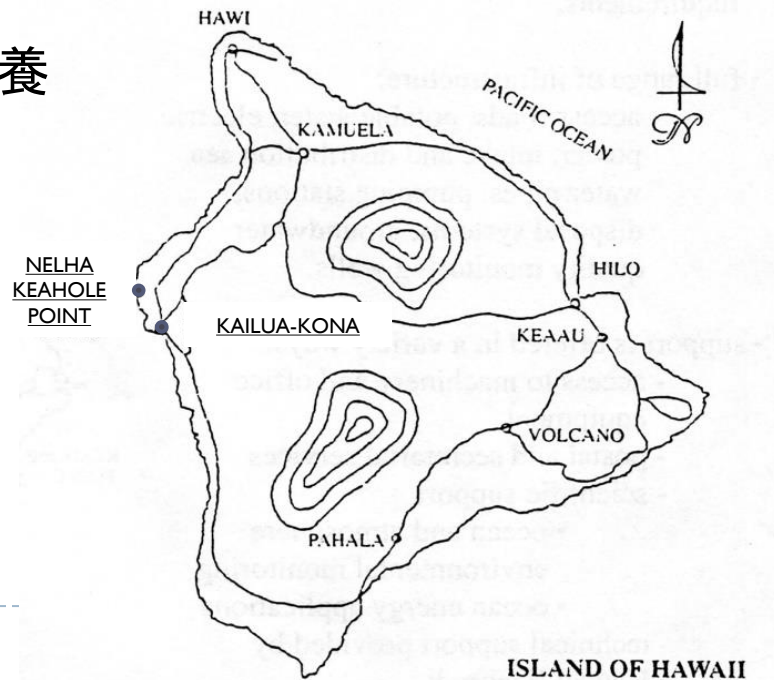
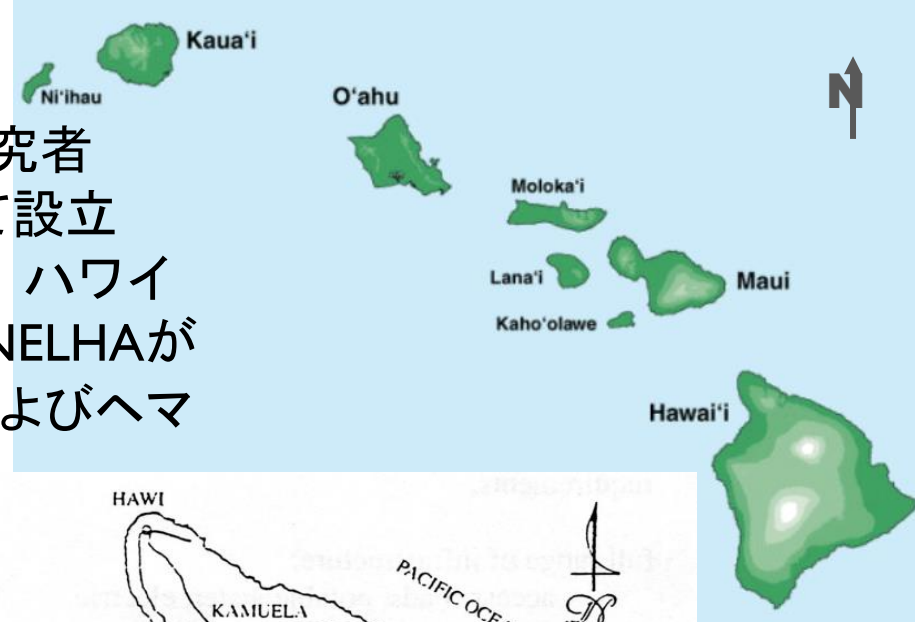
1983年 アメリカ 微細藻類の世界的研究者
Jerald R Cysewski, Ph D によって設立

1987年 ハワイ島 KEAHOLE POINT に ハワイ
州立自然エネルギー研究機構NELHAが
管理する施設内にスピルリナおよびヘマ
トコッカス藻の培養開始

海洋深層水 利用の培地による培養

Hawaiian Spirulina®

BioAstin® Hawaiian Astaxanthin



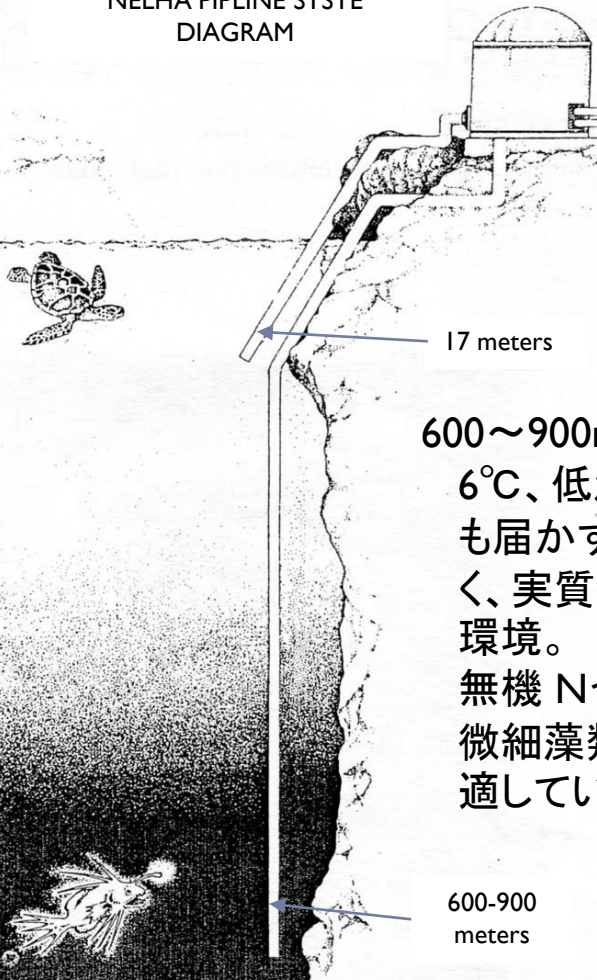


NATURAL ENERGY LABORATORY OF HAWAII AUTHORITY (NELHA)

ハワイ州立自然エネルギー研究機構

1974年設立 世界で初めて海洋深層水を産業に活用
海洋深層水を利用した温度差発電、魚介養殖工場・企業誘致

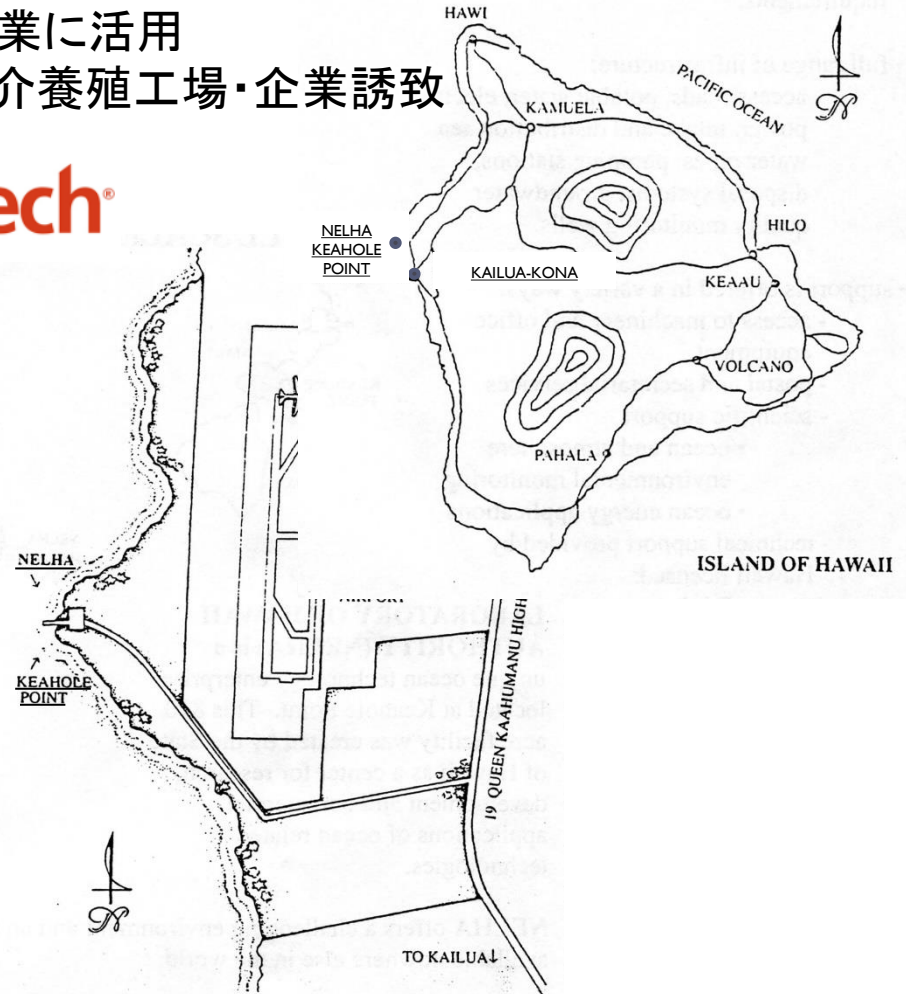
NELHA PIPELINE SYSTEM
DIAGRAM



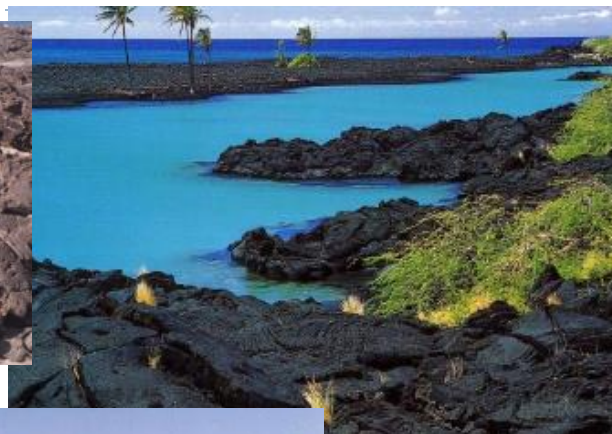
600~900m 海洋深層水
6°C、低温と同時に太陽光も届かず生物が極めて少なく、実質的に病原体のない環境。
無機 Nや P, Si が高濃度で、微細藻類など培養、養殖に適している

600-900 meters

Cyanotech®



ハワイ島 コナ地区 培養に適した地形的好条件



清浄な空気

火山岩層に濾過された清浄な湧き水

最適な気温条件

年間300日以上が晴天

1年を通し継続して培養が可能



開放流路方式培養

年間700トン以上の生産量



スピリリナ培養池 開放流路方式

Raceway open pond: shallow culture pond, gentle stirring by paddle wheels

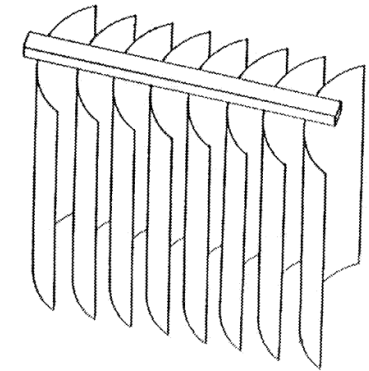
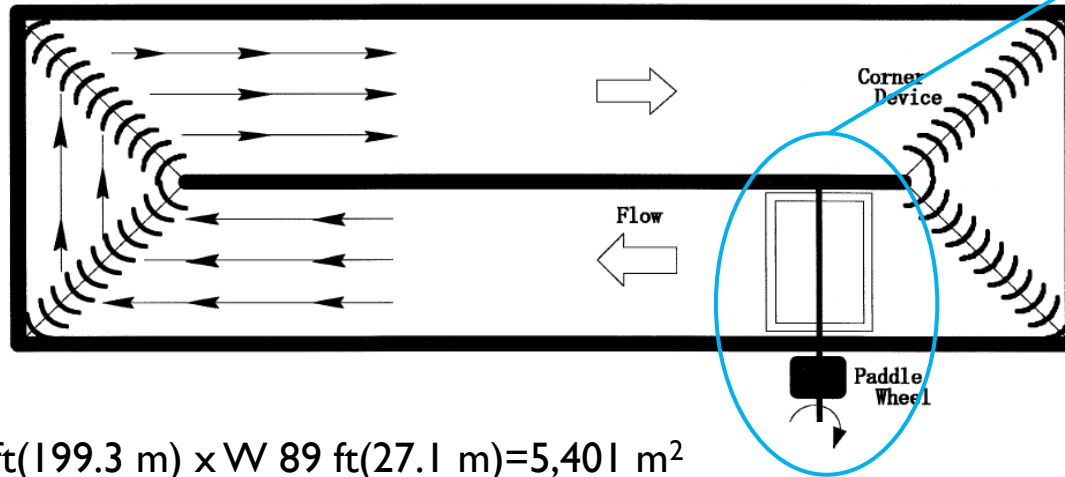


Figure 3. Corner device of the pond (shown in Fig. 2).

L 654 ft(199.3 m) x W 89 ft(27.1 m)=5,401 m²

L 489 ft(149 m) x W 117 ft(35.7 m)=5,319 m²

1985: 10 ponds

2019: 38 ponds 年間 500 トン以上の生産量

Earthrise Nutritionals, LLC (California, U.S.)

Hidenori Shimamatsu: Mass production of *Spirulina*, an edible microalga. *Hydrobiologia* **512**: 39 (2004).



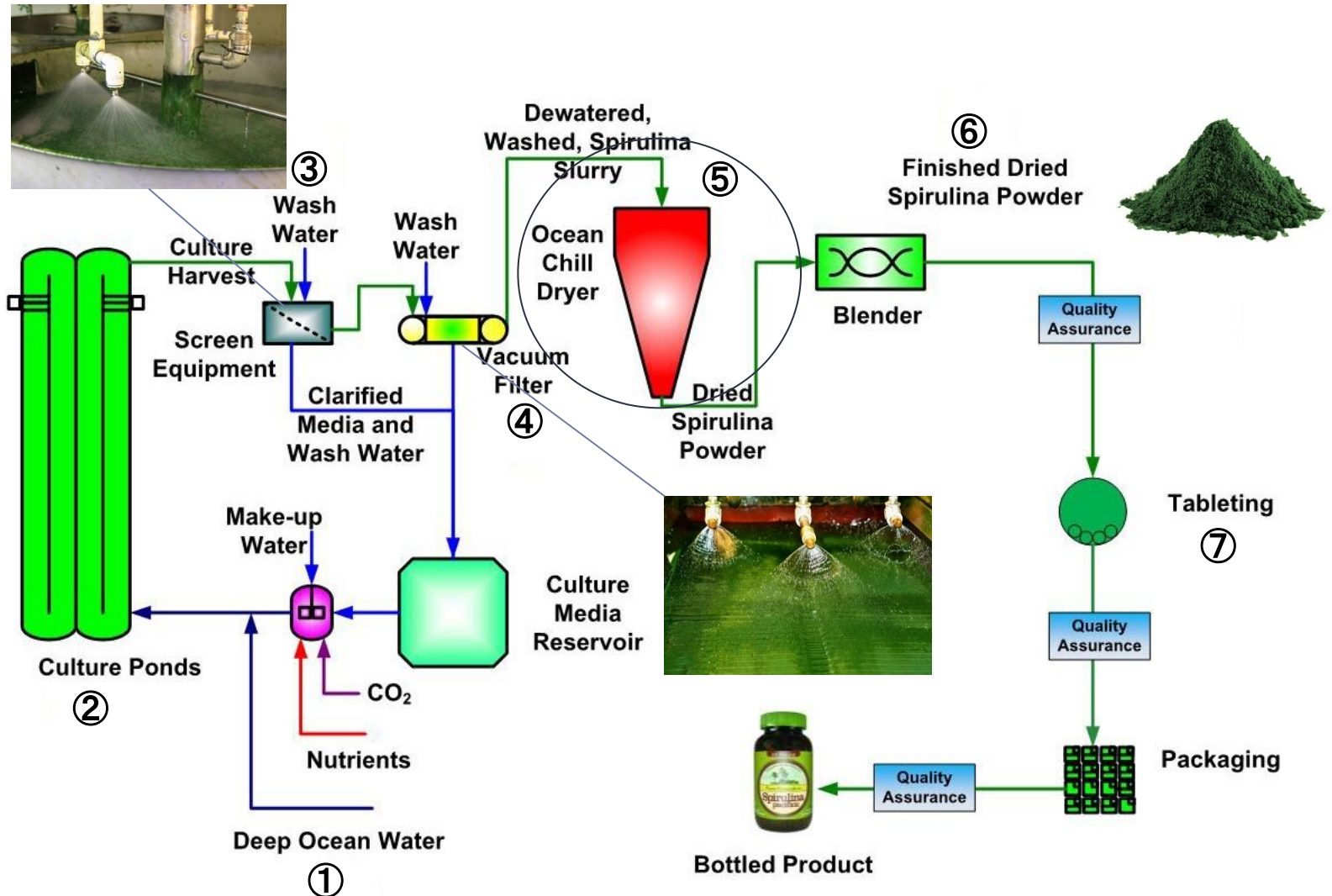
Hawaiian Spirulina®

(スピルリナパシフィカ)

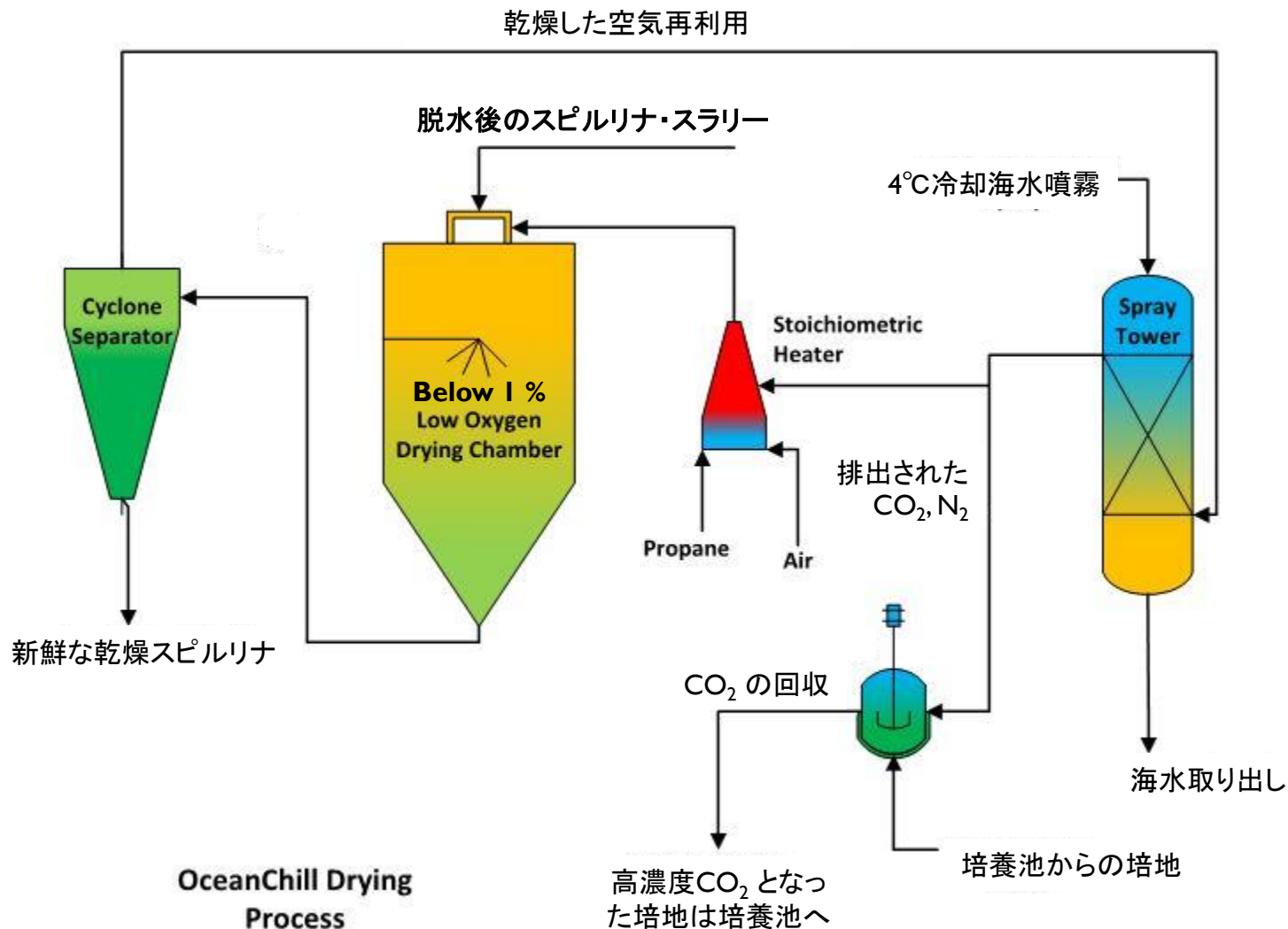
製造工程概略

製造フロー	製造条件 (管理基準)
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">予備培養</div>	資材・包材受け入れ管理 種母管理
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">培養</div>	ポンド培養 培養液管理
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">収穫</div>	
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">洗浄</div>	
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">乾燥</div>	Ocean Chill Drying System (低酸素Spray Dry法)
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">異物検査</div>	篩過(80メッシュ)
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">規格検査</div>	異物検査(金属検知機条件: Fe0.6 φ mm SUS1.2 φ mm)
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">小分け包装</div>	規格項目分析
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">出荷</div>	

Hawaiian Spirulina[®] 製造工程



⑤ Ocean Chill Dryer (低酸素冷却 Spray Dry 法) 天然成分の分解を防ぐ非破壊乾燥法 (US Patent 5276977)



ハワイアンスピルリナ原末規格

外観性状

緑色ないし暗緑色を呈し、異味異臭がないこと

成分規格

水分	7 % 以下
タンパク質	53 % 以上
総カロテノイド	350 mg/100 g 以上
β-カロテン	180 mg/100 g 以上
クロロフィルa	750 mg/100 g 以上
フィコシアニン	3,000 mg/100 g 以上

安全性規格

総フェオホルバイド	100 mg/100 g 以下
既存フェオホルバイド	50 mg/100 g 以下
ヒ素	As として2 ppm 以下
重金属(Pb, Cd, Hg)	2 ppm 以下
一般生菌数	10,000 cfu/g 以下
大腸菌群	陰性

ハワイアンスピルリナ成分表

ビタミン: 13 成分、ミネラル: 18 成分、色素類: 5 成分、脂肪酸: 7 成分、
アミノ酸: 18 成分、多糖体
合計62 成分 (日本食品分析センター)

スピルリナの品質・安全性等の公的認定証取得

ISO 9001.2000(品質マネジメントシステム規格)

GMP(適正製造規範) 認証 NPA(米国自然製品協会)



GRAS(Generally Recognized as Safe) 認証 Cyanotech 社、
Earthrise 社共同申請 FDA(米国食品医薬品局) 2003年



スピルリナ(*S. platensis* と *S. maxima*) が、Class A safety として米国薬局方 USP
国民医薬品集 栄養サプリメント各条に収載 2011年

Marles RJ et al.: *Crit Rev Food Sci Nutr* 51(7), 593 (2011)

規格基準型 JHFA 品質規格合格品 認定

(公益財団法人 日本健康・栄養食品協会)



他に

HALAL認定: イスラムの律法に準じた食べ物

KOSHER認定: ユダヤの慣例法規集

Vegan認証: 国際完全菜食主義者規格



主な安全性試験

試験	結果	試験機関
急性毒性試験	1回強制投与→LD50>13,800 mg/kg	(社)日本科学飼料協会
慢性毒性試験	11.5%, 23.0% 添加飼料12、16ヶ月間投与 →毒性なし	埼玉医科大学
生殖に及ぼす影響	5.0 - 23.0% 添加飼料F0、F1に投与→毒性なし	動物繁殖研究所
光過敏症試験	10.0% 添加飼料10日間投与(2万 lux 照射)→毒性なし	郡山女子大学
変異原性試験	突然変異誘起性 →陰性	日本食品分析センター
脳神経障害性アミノ酸 BMAA	陰性	三井化学分析センター
ミクロシスチン	陰性	(独)国立環境研究所

BMAA; beta-N-methylamino-L-alanine

大日本インキ化学工業KK 社内資料1991

Global Spirulina Market

▶ Cyanotech Corporation (U.S.)



▶ Earthrise Nutritionals, LLC (U.S.)



▶ DIC Corporation (Japan)



▶ Hainan-DIC Microalgae Co.Ltd. (China)

▶ Yunnan Green A Bio-engineering Co., Ltd (China)



▶ Algene Biotech (India)

▶ Tianjin Norland Biotech Co. Ltd. (China)



▶ E.I.D. Parry (I) Ltd. (India)



▶ Far East Bio-Tec Co. Ltd.(China)



▶ Fuqing King Dnarmsa Spirulina Co. Ltd. (China)

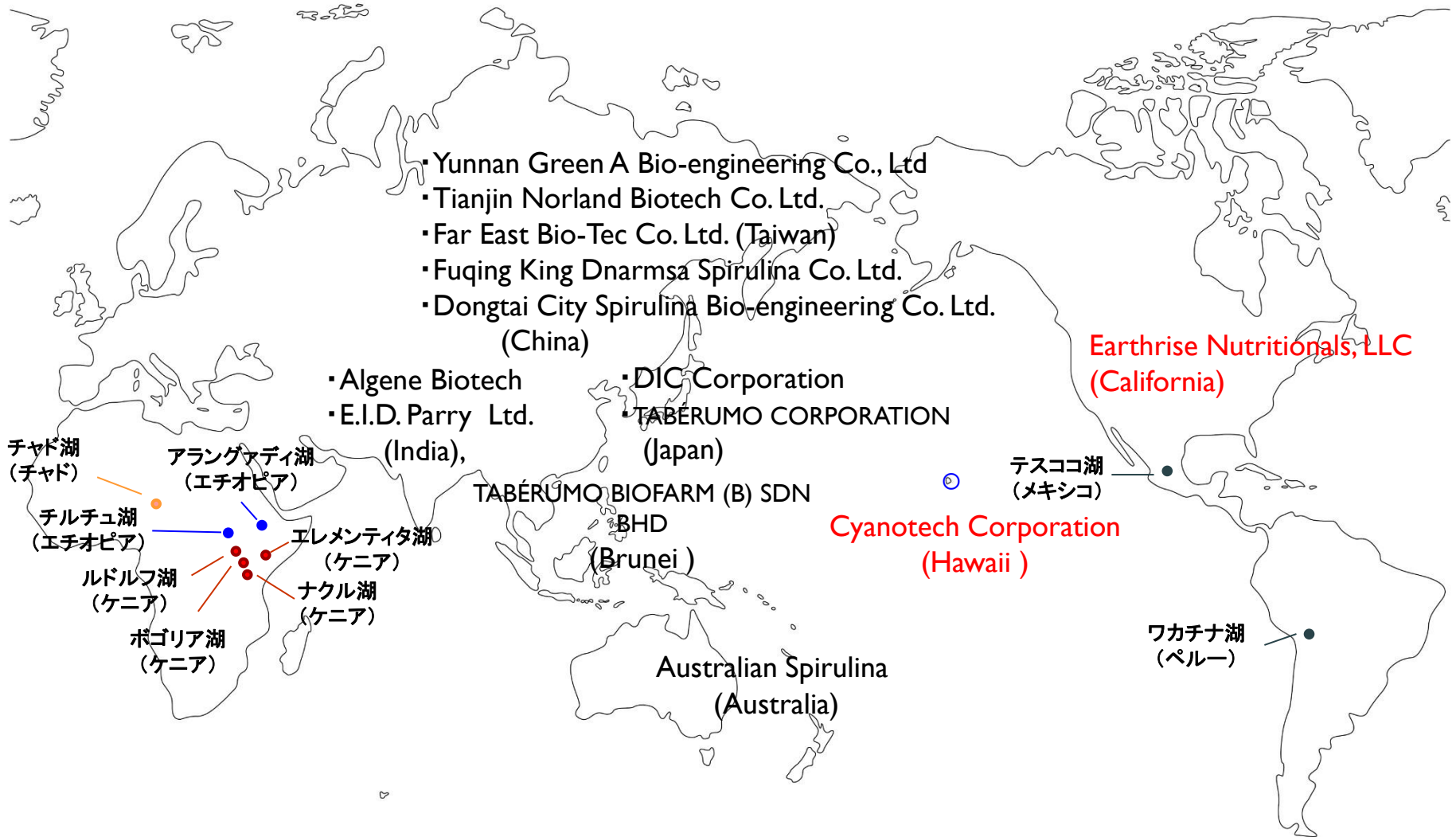


▶ Dongtai City Spirulina Bio-engineering Co. Ltd. (China)

▶ Australian Spirulina (Australia)



スピルリナプラント分布／自生エリア



中国のスピルリナプラント

中国全土60か所以上、年間生産量 9,600 t

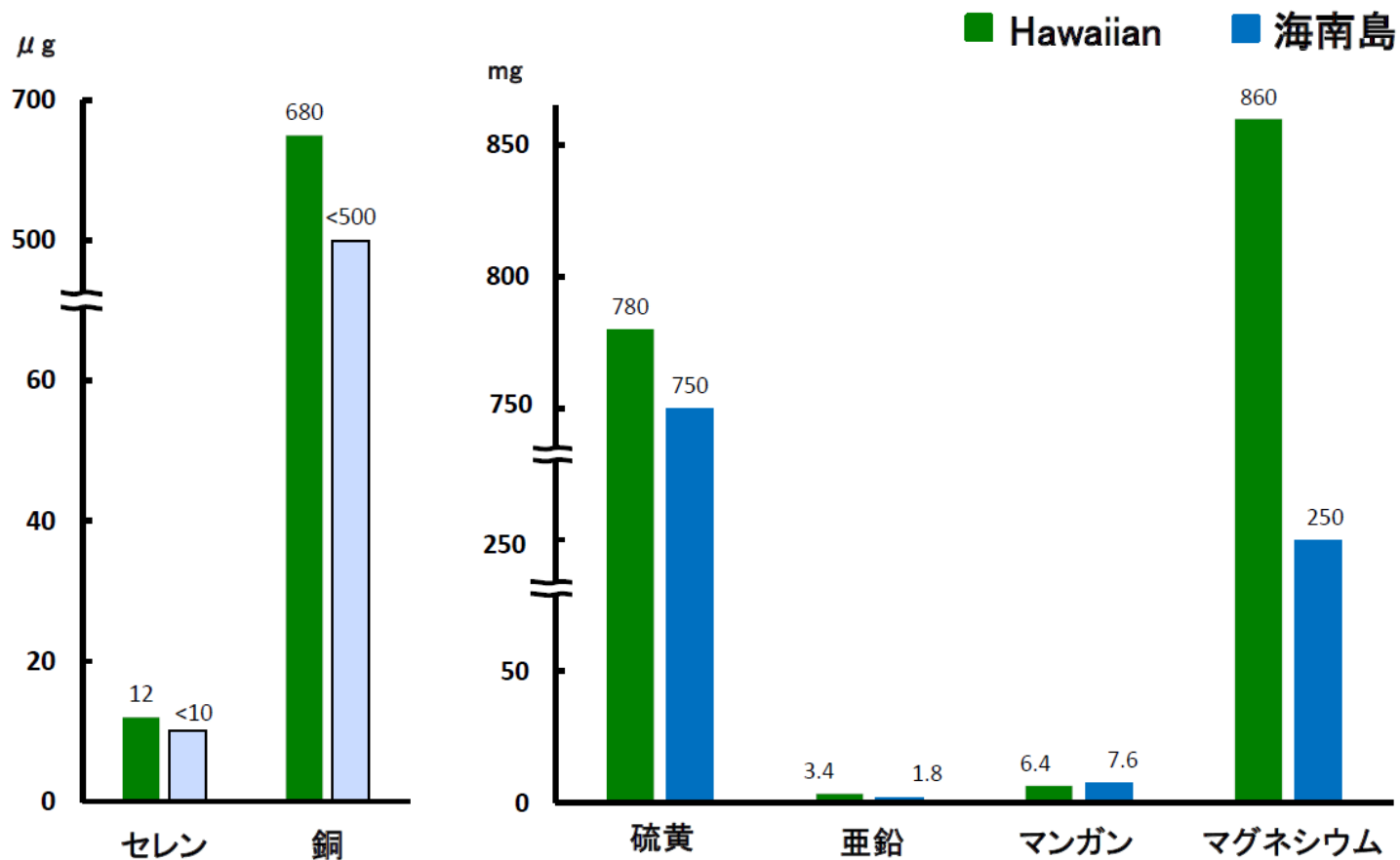


他社スピルリナ原末との比較 (乾燥重量100 g 中)

	Hawaiian Spirulina®	中国海南島産	台湾産
鉄 Fe	304 mg	96.5 mg	71.3 mg
マグネシウム Mg	453 mg	254 mg	376 mg
セレン Se	86 µg	9 µg	8 µg
亜鉛 Zn	2.60 mg	1.38 mg	1.97 mg
バナジウム V	300 µg	検出せず	検出せず
ビオチン B7	32.4 µg	29.3 µg	32.2 µg
ビタミンB12	0.26 mg	0.24 mg	0.11 mg
葉酸 B9	0.14 mg	0.15 mg	0.14 mg
ビタミンK1	1.71 mg	1.08 mg	0.90 mg
ビタミンK2	30 µg	80 µg	不明
総カロテノイド	394 mg	404 mg	194 mg
ゼアキサンチン	91.3 mg	91.8 mg	41.8 mg
ルテイン	39.7 mg	検出せず	検出せず

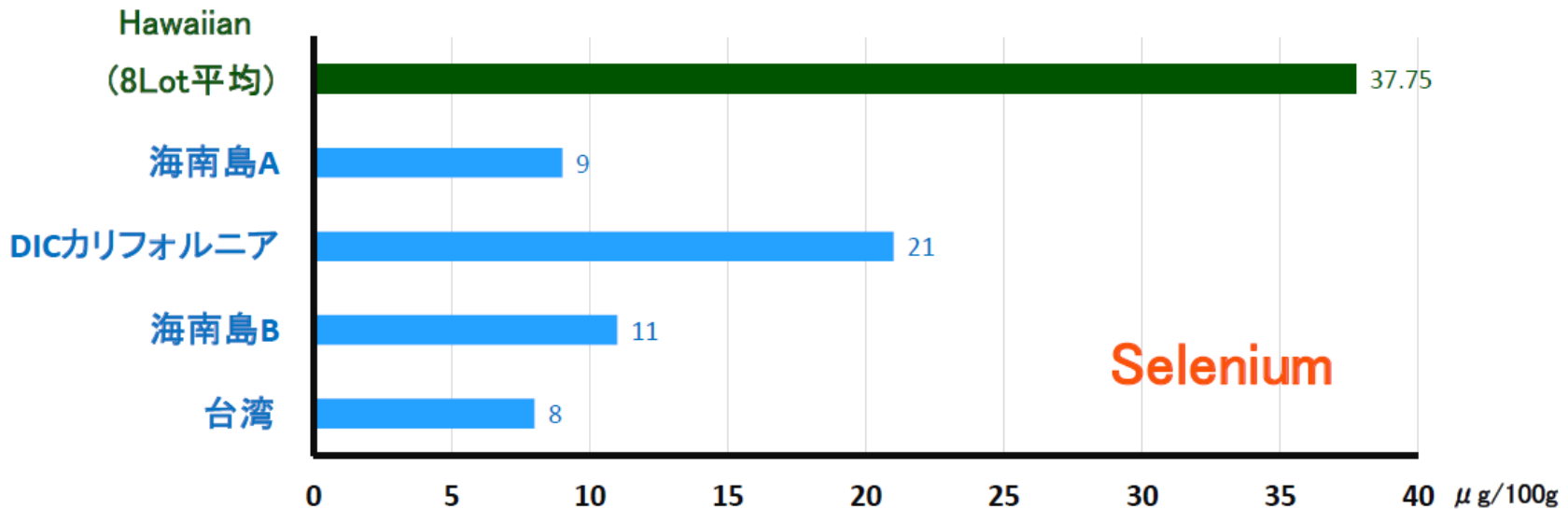
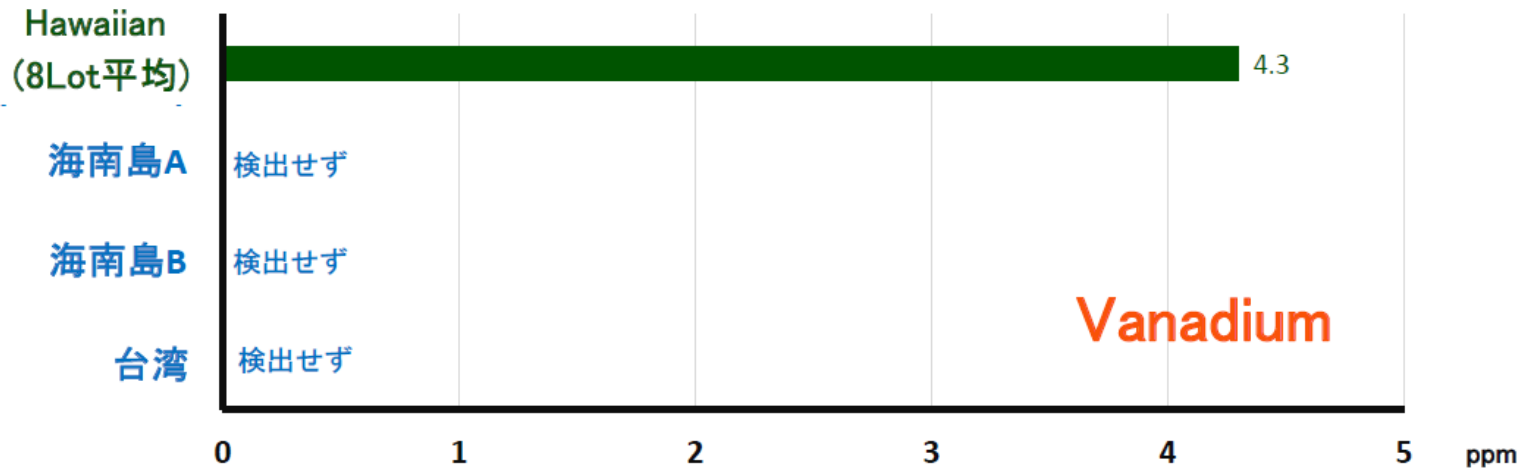
‘09.4.27到着Hawaiian Lot 2938 を、他社 2製品は’09.4.27に入手した試料を日本食品分析センターで分析

ミネラル含有量 他社との比較



平成12(2000)年8月29日Woodson-Tenent Laboratories,Inc./USA

Vanadium, Selenium 含有量比較



バナジウム Vanadium

窒素固定細菌、マッシュルーム、藻類、ホヤ、エビ・カニなどにみられる
ハワイアンスピルリナ100g中に300 μg 以上含有

- ▶ I 型および II 型糖尿病治療の可能性(インスリン受容体やGlut-4糖輸送系の活性改善)

渋市ら: *Biomed Res Trace Elements* **17**, 11 (2006)

片岡ら: *Trace Nutrients Res* **22**, 19 (2005)

- ▶ II 型糖尿病患者における脂質酸化低減、血清脂質低下

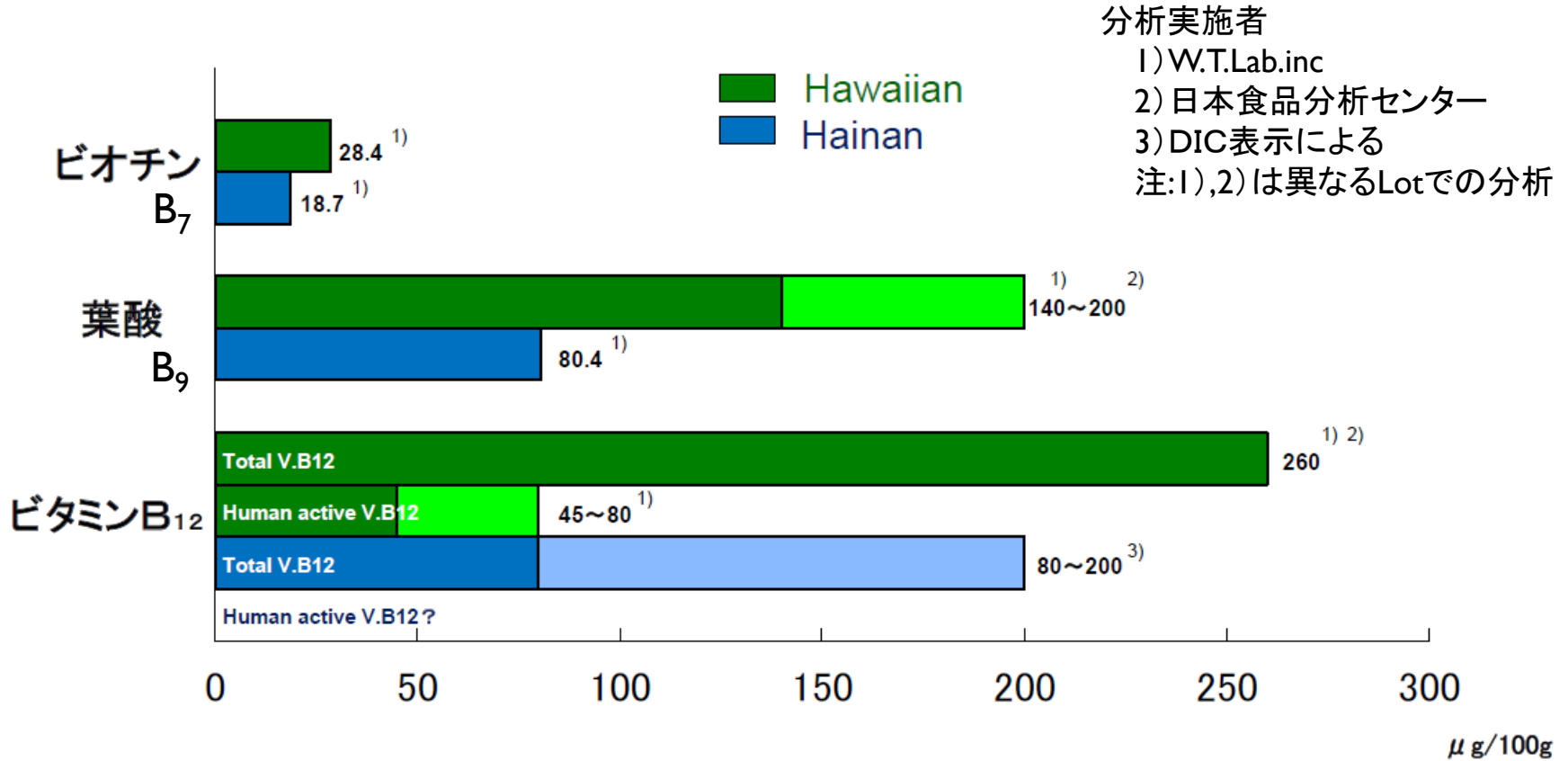
Halberstam M et al.: *Diabetes* **45**, 659 (1996)

- ▶ 強心作用、糖尿病による心臓機能低下に対する効果

Carmignani M et al.: *Biol Trace Elem Res* **51**, 1 (1996)

Heyliger CE et al.: *Science* **227**, 1474 (1985)

ビタミン含有量比較



クロレラ、ユーグレナとの栄養成分比較

(乾燥重量10 g 中)

	スピルリナ ¹⁾	クロレラ ¹⁾	ユーグレナ ²⁾
タンパク質	65 %	58 %	36 %
脂肪	5 %	9 %	5.6 %
糖質	18 %	23 %	n/a
繊維	9.5 %	n/a	n/a
フィコシアニン	641 mg	—	—
クロロフィルa	14 mg	220 mg	—
β-カロテン	19 mg	1.7 mg	17 mg
γ-リノレン酸	137 mg	—	—
ビタミンB12	26 μg	n/a	—
カリウム K	120 mg	90 mg	44 mg
鉄 Fe	15 mg	13 mg	4.3 mg
マグネシウム Mg	40 mg	32 mg	33 mg
セレン Se	8.6 μg	—	—
亜鉛 Zn	0.3 mg	7 mg	7.5 mg
バナジウム V	34 μg	ND	ND

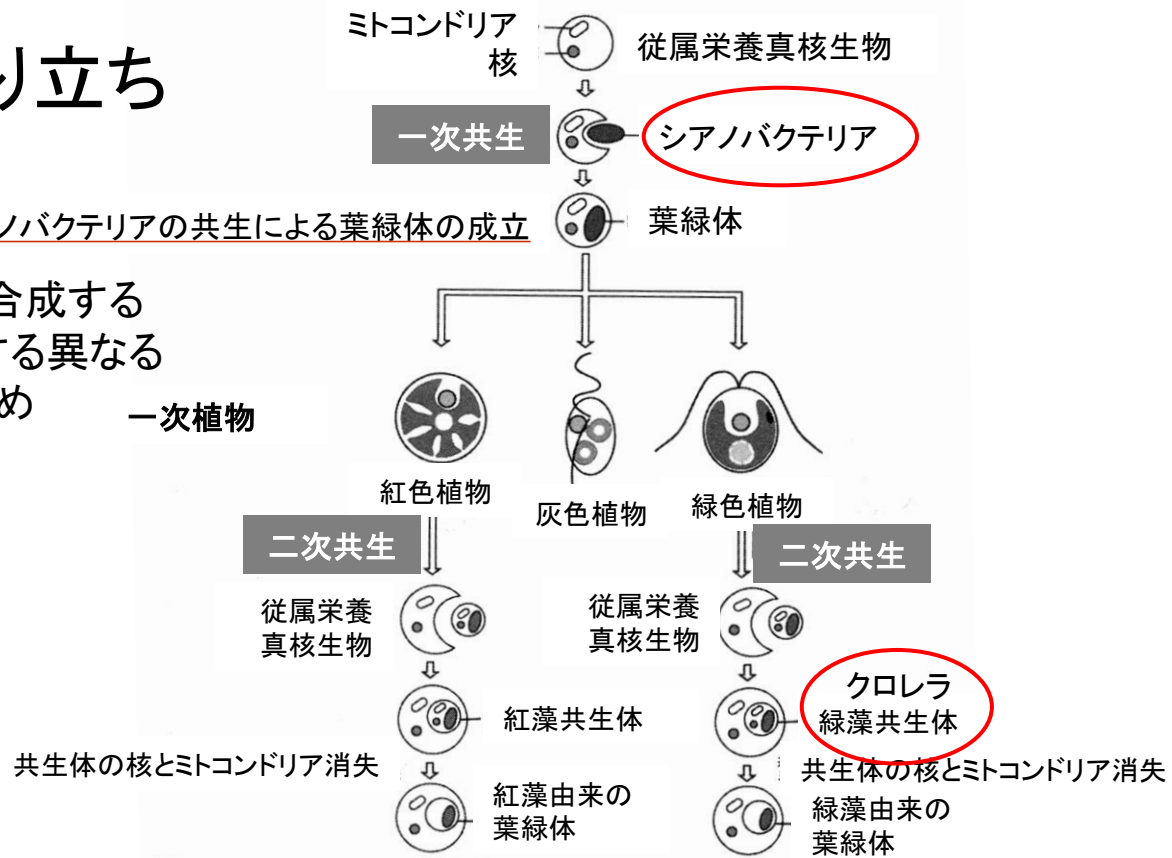
1) ハワイアンスピルリナ成分表、*Crit Rev Food Sci Nutr* **30**, 555-573 (1991)

2) 日本栄養・食糧学会誌 **48**, 399-405 (1995), <http://www.eu-glena.net/eiyoubu/>

藻類の成り立ち

藻類: 酸素発生型光合成することのみを共有する異なる生物群の寄せ集め

一次植物




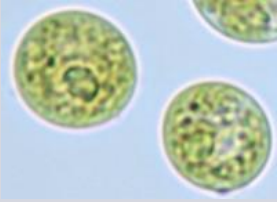

二次植物(葉緑体は紅藻起源)の一部 二次植物(葉緑体は緑藻起源)



陸上の植物は、緑色の藻類から進化した

「藻類—生命進化と地球環境を支えてきた奇妙な生き物」
 ルース・カッシング著, 井上勲訳, 築地書館(2020)

スピルリナとクロレラ、ユーグレナ藻

	スピルリナ	クロレラ	ユーグレナ (ミドリムシ)
誕生	27億年前	20～12億年前	5億年前
分類	原核生物 藍藻類(藍色細菌)	真核生物 緑藻類	真核生物 ユーグレナ藻類
顕微鏡写真			
大きさ・色	0.3～0.5mm・藍緑色	0.002～0.01mm・緑色	0.03～0.05mm・黄緑／細胞中にパラミロン
成育環境	熱帯のアルカリ性塩湖	淡水	淡水(海水)
光合成能	有・グリコーゲンを作る	有・デンプンを作る	有・デンプンを作りパラミロン粒にする

スピルリナ・ユーグレナ・クロレラ それぞれの特徴

<https://store.shopping.yahoo.co.jp/sp100/euglena-hikaku.html>

ユーグレナまとめサイト <https://www.euglena-special.net/>

スピルリナとクロレラ、ユーグレナ藻

	スピルリナ	クロレラ	ユーグレナ (ミドリムシ)
大量培養完成	1975年	1951年	2005年
風味	海苔風味	抹茶風味	やや苦み
消化吸収	2時間で95 %	2時間で65 %	93.1 %
乳酸菌活性化	あり	不明	あり
栄養の特徴	良質なタンパク質が多く、ビタミン・ミネラルのバランスが良い。フィコシアニン、βカロテンも多い。ハワイアンスピルリナのみバナジウムを含む	栄養バランスがよい	栄養バランスがよい。パラミロン、DHA、EPAを含む
便の色	緑便になりにくい	緑便になりやすい	緑便になりにくい

スピルリナ・ユーグレナ・クロレラ それぞれの特徴

<https://store.shopping.yahoo.co.jp/sp100/euglena-hikaku.html>

ユーグレナまとめサイト <https://www.euglena-special.net/>

消化吸収率

スピルリナ



細胞膜
細胞膜のみなので
消化しやすい

細胞膜は水溶性食物繊維のペクチンが多いので消化が良い
2時間で95 %の消化率

クロレラ



細胞膜
細胞壁
細胞壁があるので
消化しづらい

細胞膜の外側には細胞壁があり、消化し難いセルロースが主体。商品は細胞壁破碎加工している。
2時間で65 %の消化率

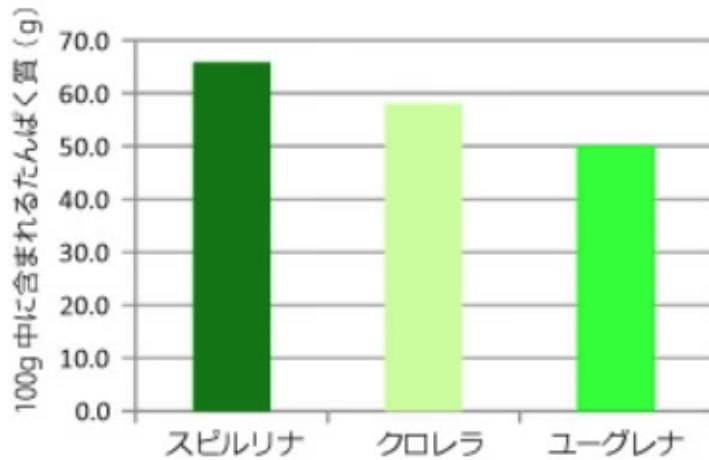
ユーグレナ



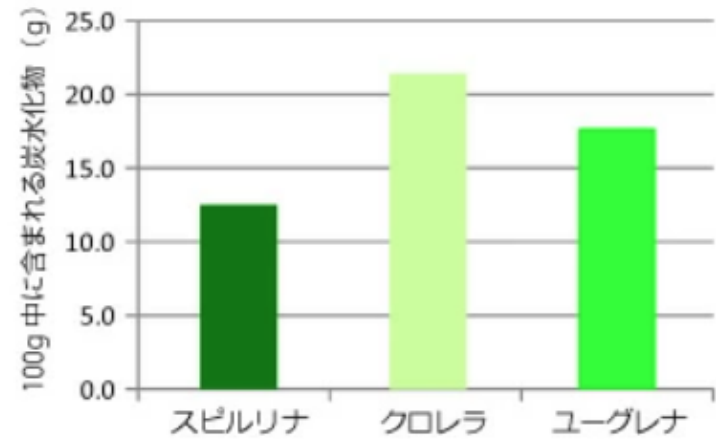
細胞膜
細胞膜のみなので
消化しやすい

やはり細胞膜のみであるため、消化しやすい。
時間は不明だが、93.1 %の消化率とされている

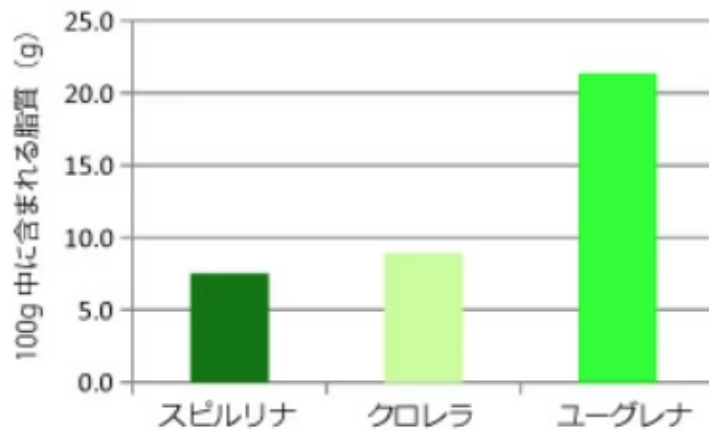
たんぱく質



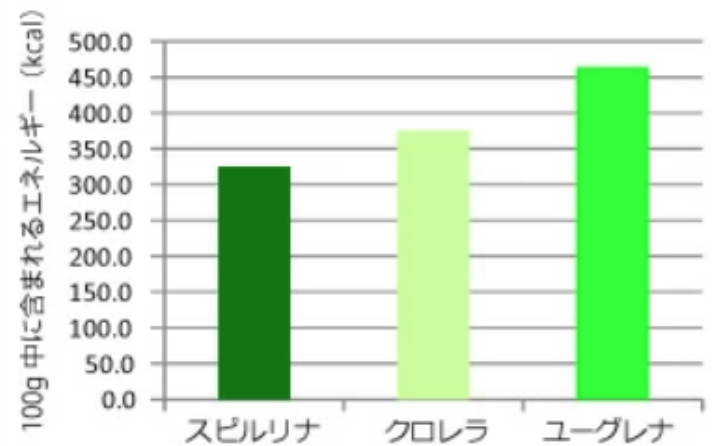
炭水化物



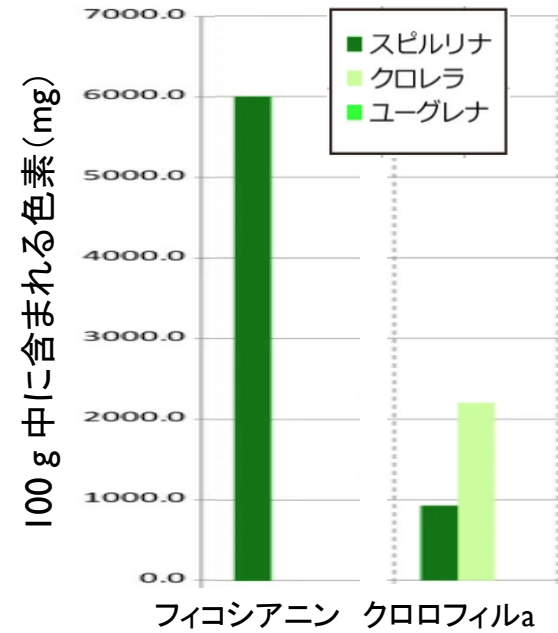
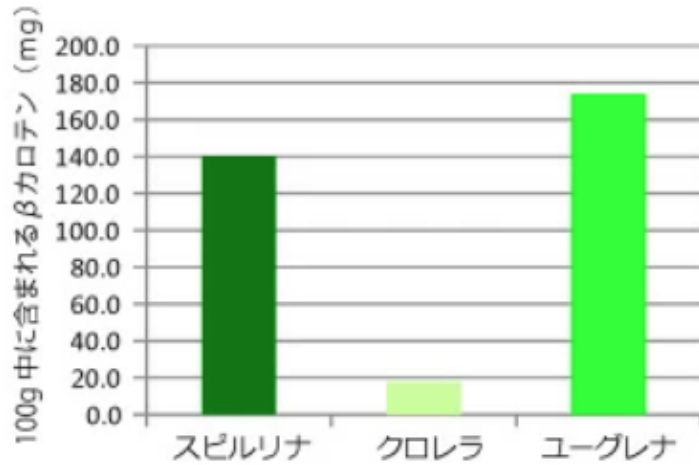
脂質



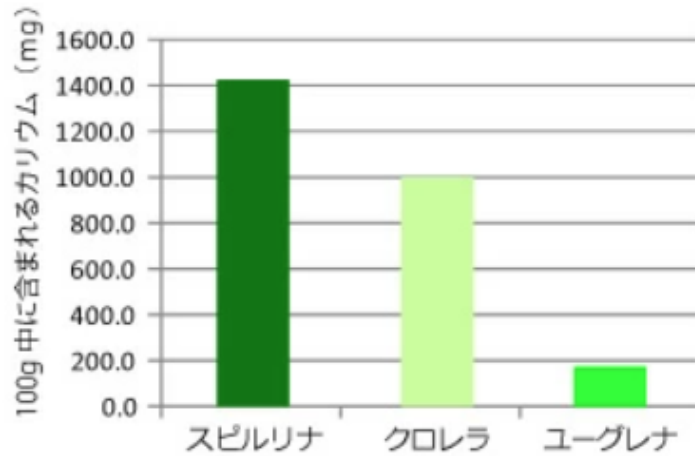
エネルギー



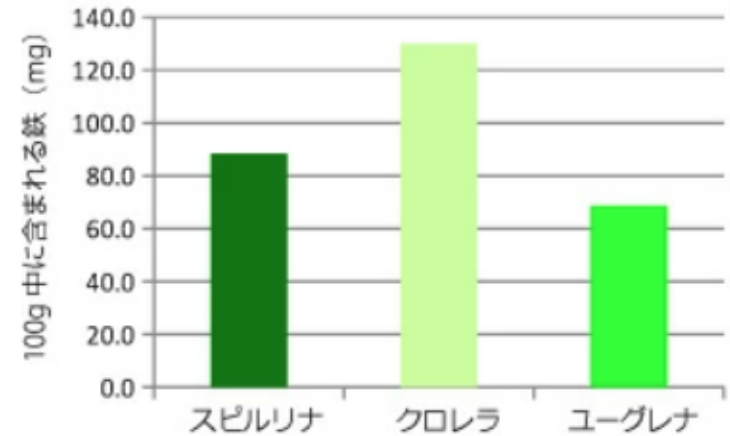
βカロテン



カリウム



鉄



年間生産量

スピルリナ:

食品として流通しているスピルリナ生産は、サイアノテックコーポレーション(アメリカ/ハワイ)とアースライズ・ニュートリショナルズ(アメリカ/カリフォルニア)の2社が多くを占めている

年間生産量:サイアノテックコーポレーション 約700トン以上

アースライズ・ニュートリショナルズ 約500トン以上

サイアノテックコーポレーションにおけるマーケットシェアは、約30~35%

2015年現在、中国国内全体における年間生産量は9,600トンほど

クロレラ: スピルリナのほぼ4分の1(250トンほど)。国内市場においての年間輸入量は、2004年現在1,300トンほど

ユーグレナ: 2017年現在の年間生産量は、160トンほど

<https://modia.chitose-bio.com/articles/8/>

Journal of Applied Phycology **28** (2), 715–25 (2016)

http://www.japan-seaweed-association.com/latestinfobox/shokuhinnkennkou_20041229.htm

スピルリナ

世界で最も多く生産されている藻類

各機関がスピルリナを推薦・認定

- ▶ 『未来の最も理想的な食糧資源』
(FAO国連食糧農業機関)
- ▶ 『21世紀で最も優秀なタンパク質資源の一つ』
(WHO世界保健機関)

スピルリナと一般食用作物 タンパク質生産量単位面積あたりの比較

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の比較

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

スピリナの利用

- ▶ 健康食品、食品用着色料
 - ▶ 水産養殖用の色揚げ材、家畜飼料
 - ▶ 宇宙食としての研究
-
- ・「いわゆる健康食品」として一般食品に分類
（公財）日本健康・栄養食品協会JHFA～栄養補助食品
 - ・「特定保健用食品（トクホ）」や「栄養機能食品」「機能性表示食品」などと区別される

完全食ともいえる栄養スペクトラム

1. **タンパク質含量が高い(60-70%)**
アミノ酸バランスの優れたタンパク質
2. **ビタミン、ミネラルの供給源**
ビタミンB群
カリウム、鉄、マグネシウム、バナジウム
3. **有用な色素類**
青色光合成色素フィコシアニン
 β -カロテン、ゼアキサンチン、ルテイン
4. **水溶性食物繊維(ペクチン)を含有**
消化吸収率が高い
5. **多価不飽和脂肪酸**
 γ -リノレン酸(1.25g/100g)、EPA(0.13g/100g)

スピルリナ[®]の健康機能成分

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、抗ウイルス作用、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、血糖値低下、アトピー性皮膚炎・関節リウマチ症状の軽減
硫酸化脂質	抗ウイルス作用
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、抗ウイルス作用、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

スピルリナの幅広いはたらき

1. 免疫賦活・抗ウイルス作用、抗アレルギー作用
感染抵抗、免疫老化 immunosenescence 防止、免疫機能維持、
粘膜局所免疫(分泌IgA抗体)促進、
2. 抗腫瘍作用
増殖抑制、転移抑制、自然免疫(NK細胞活性)増強
3. 抗炎症・抗酸化作用
抗肥満、抗糖尿病、抗高血圧症、血清脂質低下～生活習慣病改善
慢性腎障害、脂肪肝炎改善
4. 中枢神経保護作用
神経変性疾患(アルツハイマー病、パーキンソン病)、脳梗塞・脳脊髄
炎予防改善、軽度認知障害MCIに対する改善効果
5. 腸内フローラ調整～dysbiosis、leaky gut 改善、デトックス効果
6. 放射線保護作用～チェルノブイリでの放射線障害改善
7. ストレス緩和、アンチエイジング作用、オートファジー活性化その他

生活習慣病予防の報告 1

対象疾患	研究・結果 概要	文献
体重肥満改善	S. maxima 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.: Food Funct 9 , 4906 (2018) Korea
	Spirulina 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.: Phytother Res Sep 23 (2020) Iran
	40名高血圧症患者 無作為化二重盲検プラセボ試験、SP 2 g/日 3ヶ月間、収縮期血圧、BMI 改善	Miczke et al.: Eur Rev Med Pharm Sci 20 , 150 (2016)
	二重盲検プラセボ試験 スピルリナ2.8g x 3回/day, 4週間、肥満体重を有意に低下	Becker et al.: Nutr Rep Internal (USA) 33 , 4 (1987)
血清脂質改善	Spirulina の体重および血清脂質 改善効果—総説	DiNicolantonio et al.: Open Heart 7 , e001003 (2020) USA
	Spirulina 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.: Clin Nutr 35 , 842 (2016) Romania
	ヒト: 血清TC 低下、HDL-Ch 増加	Nakaya et al.: Nutr Rep Int 37 , 1329 (1988)
	37-61歳 52 名(男32、女20) SP 1 g/日 3ヶ月間、総コレステロール値など血清脂質量低減改善	Mazokopakis et al.: J Sci Food Agric 94 , 432 (2014)

C-フィコシアニンによるコレステロール低下作用

Wistar系ラット♂：高コレステロール飼料にて5日間飼育後
caseinタンパク質(C:対照群)、*S. platensis* (SPC)、Phycocyanin (PHY)、PHY抽出残渣(PHYR)～
それぞれcaseinに3%タンパク質に換算した量を添加した飼料にて さらに5日間飼育 1群6匹

	C 群	SPC 群	PHY 群	PHYR 群
体重増加 (g/5 d)	4.0±0.8	5.9±0.8	4.4±0.5	5.6±0.8
血清中 (mmol/L)				
T-C	2.78±0.16 ^b	2.40±0.15 ^{ab}	1.98±0.14 ^a	2.42±0.15 ^{ab}
HDL-C	0.56±0.01 ^a	0.60±0.02 ^{ab}	0.60±0.03 ^{ab}	0.65±0.03 ^b
LDL+VLDL-C	2.22±0.16 ^b	1.80±0.15 ^a	1.38±0.11 ^a	1.77±0.13 ^a
T-C/HDL-C比	4.94±0.27 ^c	3.98±0.27 ^b	3.29±0.10 ^a	3.75±0.13 ^b
糞便中 (μmol/3 d)				
酸性ステロイド	84.5±3.7 ^a	94.8±5.3 ^a	116.8±4.3 ^b	90.4±5.4 ^a
総ステロイド	302.0±11.6 ^a	351.8±25.0 ^{ab}	381.5±16.7 ^b	344.6±17.3 ^{ab}

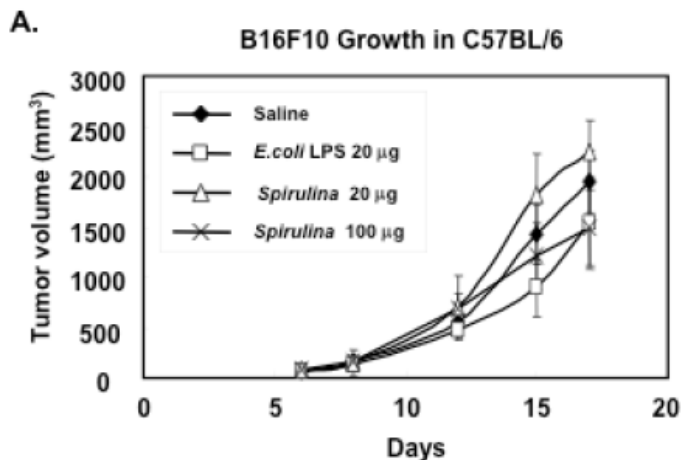
Duncanの多重範囲検定：同じ行の 共通する上付きアルファベットでない平均値とは、有意に(p<0.05)異なる
PHY群の血清中T-C、LDL-C、T-C/HDL-C比は、casein群に比較して有意に低下、HDL-Cは増加、また糞便中酸性・総ステロイドは有意に上昇した。

⇒ 空腸でのコレステロール吸収抑制による

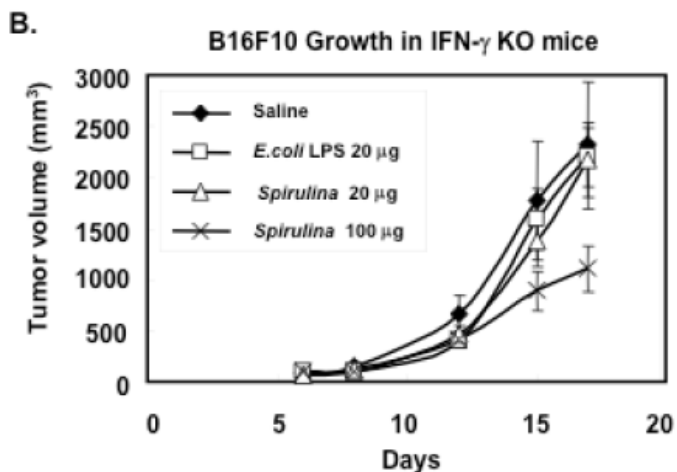
生活習慣病予防の報告 2

対象疾患	研究・結果 概要	文献
糖尿病改善等	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
	25-60歳糖尿病患者50名(男女各25)二重盲検プラセボ試験 通常食+SP 2 g/日 3ヶ月間、キレート作用による過剰鉄排出	Suliburska et al.: <i>Biol Trace Elem Res</i> : online 16 Jan (2016)
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
酸化ストレス低減	酸化ストレスおよび炎症物質低減効果～メタ解析	Mohiti S et al.: <i>Cli Exp Pharmacol Physiol</i> 48 , 1059 (2021) Iran

Spirulina pacifica 複合多糖体によるIL-17サイトカイン 産生減少を介する腫瘍増殖抑制作用およびIgE産生



IL-17: 血管形成を誘導して腫瘍増殖を促す。
S. pacifica 複合多糖体は、IFN- γ 欠損 (IFN- γ KO) C57BL/6
 マウスにおいてsaline 群に比較して黒色腫細胞B16F10増
 殖を抑制、さらにIL-17産生も有意に減少 (左図)



BALB/cマウスにおけるIgE 産生は、*S. pacifica* 複合多
 糖体100 μ g/mouse 週1回×4週間の腹腔投与で減少
 (下表)

群	IgE産生	即時型過敏症反応
非処置	ND	ND
OVA抗原刺激+追加免疫	++++++	++++
+アルギン酸	+++	+++++
+Patalomnia (ハバノリ)	++	+++
+ <i>S. pacifica</i> 複合多糖	+	++++

Tominaga A et al.: *Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry* **9**, 238-250 (2010)

ご清聴ありがとうございました