

一般財団法人 油脂工業会館

第46回表彰

油脂産業優秀論文

優 秀 賞

少子高齢化に貢献する油脂産業

微生物由来 $\omega$ -3脂肪酸産業の構築と認知症予防型社会の実現

花王株式会社

たまたに しんたろう  
玉谷 真太郎

# 目 次

はじめに	1
<b>第1章 日本社会の少子高齢化と認知症介護問題</b>	
1-1 激増する日本の認知症高齢者	1
1-2 莫大な認知症介護の社会的費用と重い介護者の負担	2
1-3 逃げ場のない認知症介護社会の到来	2
<b>第2章 <math>\omega</math>-3 脂肪酸の摂取不足が認知症を増加させている</b>	
2-1 認知症は生活習慣病の一面を持つ	3
2-2 食生活で摂取する油の認知症発症への影響	3
2-3 $\omega$ -3 脂肪酸の認知症予防効果と海馬の 20%を占める脂肪分 DHA	3
2-4 日本人の $\omega$ -3 脂肪酸摂取量の激減と認知症発症リスクの増大	4
<b>第3章 <math>\omega</math>-3 脂肪酸を含有する微生物とその増殖生産システム</b>	
3-1 魚油から微生物への供給源の切り替えが急務	5
3-2 オイル体外分泌型のボトリオコッサス	5
3-3 DHA 高含有、高速増殖のラビリンチュラ/オーランチオキトリウム	5
3-4 EPA を 33%も含有するナンノクロロプシス	6
3-5 微生物由来 $\omega$ -3 脂肪酸製造システムの基本構想	6
3-6 増殖させた微生物からの $\omega$ -3 脂肪酸の精製方法と事業の採算性	6
<b>第4章 微生物由来 <math>\omega</math>-3 脂肪酸産業の構築と市場拡大のための方策</b>	
4-1 $\omega$ -3 脂肪酸製造プラントの建設と雇用の創出	7
4-2 2兆円産業の高齢者向け業務用食品への展開	8
4-3 微生物由来 $\omega$ -3 脂肪酸配合食品の開発	8
4-4 養殖魚及び家畜用 $\omega$ -3 脂肪酸配合飼料の開発	9
4-5 学校給食からの $\omega$ -3 脂肪酸摂取重視が不可欠	9
<b>第5章 微生物由来 <math>\omega</math>-3 脂肪酸産業の構築による少子高齢化社会への貢献</b>	
5-1 認知症予防型社会は DHA 市場を 30 倍にする可能性がある	10
5-2 36万円で認知症が予防できる	11
5-3 認知症予防型社会の実現へ向けて油脂産業界が担うべき役割	11
おわりに	12
参考文献	13

## はじめに

日本は世界のどの国も経験したことのない「超高齢社会」へ向けて突き進んでいる。それに伴い高齢者介護が既に喫緊の社会問題となっている。現在の日本の要介護者のうち、脳卒中の発症者に次いで多いのが認知症高齢者である<sup>1)</sup>。しかし認知症の介護は脳卒中や他の通常の介護よりも遥かに大きな負担と困難を伴う。さらには介護者やその家族の人生を大きく変えてしまうこともある。これが本論文で私が「認知症予防」に着目した理由である。「親にいつまでも長生きして欲しい」と言う人は多い。しかし「認知症の親を 10 年間、在宅介護することになっても親に長生きして欲しいですか?」と問われた場合に「はい」と即答できる人は少ないはずだ。それは自信がないというのが本音であろう。しかし現実には日本社会は認知症の親を 10 年単位で介護することは決して珍しくない「認知症介護社会」に既に突入している。

私はこのような社会、すなわち各世帯が認知症介護に追われて疲労困憊しているような社会に魅力があるとは思わない。しかし現状では認知症介護への国の支援は全く追いついておらず、将来も期待はできない。それでは将来、高齢者が長寿でありながらも、健全で活力のある生活を謳歌し、若者も高齢者を敬い喜んで支えるような社会を実現させることは果たして可能なのか。そのためにはまずは国家をあげて認知症を予防する、あるいは少しでも発症を遅らせる仕組みを考える必要がある。

本論文では $\omega$ -3 脂肪酸、特に DHA の認知症予防効果を考察し、 $\omega$ -3 脂肪酸を従来の魚油からではなく微生物から製造する技術及びプロセスを確立することを提案したい。そして微生物由来の $\omega$ -3 脂肪酸産業を新たに構築し、長寿でありながらも認知症高齢者の少ない「認知症予防型社会」の実現のために油脂産業界がその主導的役割を果たすことを提案したい。

## 第 1 章 日本社会の少子高齢化と認知症介護問題

### 1-1 激増する日本の認知症高齢者

日本の 2012 年の 65 歳以上の高齢者人口の割合は 24.1%に達している。2050 年にはさらに 38.8%まで増加する(図 1)。一方で少子化も進んでおり、2012 年には現役世代 2.6 人で高齢者 1 人を支えている状況だが、2050 年には 1.3 人で高齢者 1 人を支えることになる(図 2)。これは世界のどの国も経験したことのない「超高齢社会」である。

一方で 2010 年に日本の 65 歳以上の高齢者で認知症と診断された人は 440 万人に上る。また認知症予備軍と呼ばれる MCI と診断された人も 380 万人おり、合計すると約 820 万人が認知症を既に発症あるいは発症しつつある状況にある(図 3)。一方で医療技術の貢献もあり、日本

人の平均寿命は 50 年後には男女ともにさらに約 5 歳長くなる(図 4)。そして 15 年後には 85 歳以上高齢者の 40%が認知症である時代が来ることになる<sup>2)</sup>。既に 2010 年時点で各世帯にほぼ 1 人の認知症の親を抱えているが、15 年後には平均すると 1 世帯でほぼ 2 人以上の認知症の親を介護することになる(表 1)。実際に両親が同時期に認知症を発症して子供が 1 人で介護している例は多い。また所謂「老老介護」の場合でも介護する側の配偶者も軽度の認知症であることも珍しくない。

## 1-2 莫大な認知症介護の社会的費用と重い介護者の負担

一方で認知症介護に必要な社会的費用は巨額である。イギリスでの調査報告(図 5)によれば、認知症には他の成人病と比較すると 2 倍以上の費用が掛かると報告されている。それをもとに推測すると、日本での認知症高齢者に必要な社会的費用は 1 人当たり年間 415 万円になり、社会全体に換算すると年間 18.2 兆円に上る(表 2)。

さらに認知症介護は他の病気と比較すると介護者への肉体的、心理的負担が遥かに大きい。認知症の症状が進むにつれて自立した生活が困難になるが、本人には認知症という自覚がないために周囲の人々を巻き込むトラブルが多くなる。また認知症は長い場合には発症期間が 20 年以上に及ぶ。10 年程度の発症期間はごく普通であるが、その間の介護の実態は長期に渡る過酷なものになる。2013 年には介護疲れが原因とされる自殺は 268 件発生している<sup>3)</sup>。それとは別に介護うつによる自殺が約 1000 件あると推測されている<sup>4)</sup>。また自殺以外にも介護うつ病患者約 10 万人、被介護者殺人 50 件等、介護や認知症に関連した様々な問題が報告されている(表 3)。

## 1-3 逃げ場のない認知症介護社会の到来

このように認知症は、介護者への負担が非常に大きいのが故に介護家族が共倒れになることも多い。しかし現在、特養と呼ばれる公的な老人介護施設の数に圧倒的に不足しており、1 つの施設に数百人待ちの状況になっている。しかし今後も施設の供給が追い付く見込みはない。さらに軽度から中度の認知症の場合には本人が頑強に入所に抵抗するケースが多く、介護施設に入れること自体が難しい。その場合は介護者が自宅に同居するか通いながら介護をすることになる。しかし自宅での介護でも認知症が進行すると介護がしきれなくなってくる。

2013 年に発生した徘徊した認知症老人の鉄道事故では老人の遺族が 360 万円の賠償支払いを命じられた<sup>5)</sup>。これは被介護者の監督を怠り社会に損害を与えたという理由によるもので、今後はこのように介護者が加害者として社会的に裁かれる事例が増加すると予測される。これ

は我々が「逃げ場のない認知症介護社会」<sup>6)</sup>に否が応にも直面していくことを意味する。

## 第2章 $\omega$ -3 脂肪酸の摂取不足が認知症を増加させている

### 2-1 認知症は生活習慣病の一面を持つ

認知症には脳血管性認知症やアルツハイマー型認知症などの複数の種類があるが、若年性発症型の認知症を除けば、認知症の発症は遺伝や年齢で決まるというよりも、生活環境、生活習慣、食生活といった後天的な要素により大きく影響される。つまり認知症は生活習慣病の一面を持つ。見方を変えれば、認知症は生活習慣や食生活の改善によって予防することが可能であるともいえる<sup>7)8)</sup>。

### 2-2 食生活で摂取する油の認知症発症への影響

食生活が認知症の発症に大きく影響するという説は数多い(表4)。中でも魚を食べるか否か<sup>9)</sup>、また摂取する油の種類が認知症の発症に影響を与えていることが示唆されている例が非常に多い。つまり魚由来の油とその他の種類の油には認知症発症リスクの面で大きな違いがあることが強く示唆されている。

食用油の主成分である不飽和脂肪酸は末端メチル基から何番目の位置に二重結合があるかで $\omega$ 3、 $\omega$ 6、そして $\omega$ 9に分類できる。この中で $\omega$ 3と $\omega$ 6は体内で合成できないため必須脂肪酸と呼ばれている。

$\omega$ -6脂肪酸は必須脂肪酸でありリノール酸が代表的である。しかし $\omega$ -6脂肪酸を摂りすぎると、アラキドン酸を経てロイコトリエンやプロスタグランジンが過剰に生成される。これらが脳細胞の炎症及び老化を引き起こす原因となる。

$\omega$ -9脂肪酸はオレイン酸が代表的でオリーブ油に多く含有される。人体への悪影響は報告されていない。地中海料理には欠かすことのできない油として使用されており、必須脂肪酸ではないが成人病や心臓病予防に役立つ油として知られている。

尚、不飽和脂肪酸の一種であるトランス脂肪酸は人工的に合成された油であり、大脳組織内の受容体の一部として組み込まれると大脳の正常な認知機能を損なう疑いがある<sup>10) 11)</sup>。

### 2-3 $\omega$ -3 脂肪酸の認知症予防効果と海馬の20%を占める脂肪分 DHA

$\omega$ -3脂肪酸は大脳の主要な脂肪分であるDHAを初めとして我々にとって不可欠な脂肪酸で

ある。ω-6 脂肪酸が細胞膜を固くして炎症を引き起こすのに対してω-3 脂肪酸は細胞膜を柔らかくして炎症を抑制する働きがある。α-リノレン酸(ALA)、エイコサペンタエン酸(EPA)、ドコサヘキサエン酸(DHA)はω-3 脂肪酸に分類され(図6)、DHA は体内で ALA から EPA を経て生成される(図7)。DHA は大脳の中でも記憶や学習能力を司る海馬の重量の 20%を占める非常に重要な脂肪酸である。末期認知症の人の海馬の DHA は正常な人に比べて遥かに少ないことが知られている<sup>12)</sup>。

DHA には抗がん作用、抗炎症作用、抗アレルギー作用、抗動脈硬化作用等、多くの作用があるが<sup>13)</sup>、特にその認知機能改善効果については世界中で多くの研究が行われてきている(表5はその一部)。そしてその有効性については既に十分なエビデンスが蓄積されてきている。したがって子供の頃から十分な量のDHA 摂取を続けていけば認知症の予防は生涯に渡り可能であるだろう。また DHA は人体組織を構成する脂肪酸の一つであるため、新規に開発された医薬と比較すると摂取に伴う人体への安全性の問題はない<sup>14)</sup>。現在の日本での DHA の流通は 600 トンから 1300 トンで、その市場規模は約 200 億円である<sup>15)</sup>。

## 2-4 日本人のω-3 脂肪酸摂取量の激減と認知症発症リスクの増大

認知症予防に大きな効果を持つ DHA と EPA は主に海水魚、特に青魚に脂肪分として豊富に含まれている。しかし日本人の食生活が欧米化し魚食から肉食が中心になったことに伴い、魚からの DHA の摂取量が激減している。さらに追い打ちをかけるように 1990 年以降、イワシを初めとする大衆青魚の資源量が顕著に減少した(図8)。青魚は店頭から姿を消しつつあり、小骨の多い魚を敬遠する傾向も相俟って現代の 20 歳代の若者がイワシを食べる量は 60 歳代の 1/6 にまでに減少した(図9)。

これを脂肪酸の摂取量で置き換えてみると、現代日本の食生活ではω-3 脂肪酸の摂取量が激減する一方で、ω-6 脂肪酸の摂取量が急増している。従来は日本人のω3 : ω6 比率は 1 : 3 程度であったが<sup>16)</sup>、現在では 1 : 10~1 : 50 程度になっている<sup>17)</sup>。1 日に必要な DHA 摂取量<sup>18)</sup> は 1g だが、年齢層が低くなるほど少なくなり、20 歳女性では 0.1g 台の摂取にすぎない(図10)。人間にとって理想的なω3 : ω6 比率は 1 : 1 だが<sup>19)</sup>、少なくとも 1 : 5 以下が望ましい(図11)。しかしそのバランスは既に完全に崩壊しており、将来さらにその差は開いていく。これは認知症の発症リスクという観点からすると非常に深刻な状況である。現在の予測以上の認知症患者の加速度的な増加が発生すると予測され、それを示唆する調査結果も出ている(表6)。

認知症は脳が健康な状態に維持されている期間が人間の生物学的寿命よりも短くなる場合に発症するといえる。しかし現代の日本はさらなる長寿化と伝統的食生活の崩壊に伴うω-3 脂肪酸の圧倒的な摂取不足により、認知症発症の年齢が早まり、結果として認知症期間が著し

く長くなっている社会状況にある(図 12)。したがって将来、人々の認知症を効果的に予防できる「認知症予防型社会」を実現するには、脳の健康寿命を生物学的寿命と同様あるいはそれ以上に延長させることが重要である。そのために本論文では油脂産業界が中心となって $\omega$ -3 脂肪酸の認知症予防効果を最大限に活用していくことを提案する。

### 第3章 $\omega$ -3 脂肪酸を含有する微生物とその増殖生産システム

#### 3-1 魚油から微生物への供給源の切り替えが急務

DHA も EPA も化学合成による量産では採算が取れない<sup>20)</sup>。よってマグロやカツオの眼窩脂肪組織やイワシ油からの抽出による量産化が行われている<sup>21)</sup>。しかし今後は、枯渇しつつある従来の魚資源からの供給が難しくなるため、自然環境中、特に海水中に無尽蔵に存在している微生物からの供給に切り替えることが急務になってくる。その場合には、ボトリオコッサス、ラビリンチュラ、オーラントチオキトリウム、ナンノクロロプシス(図 13)といった微生物が $\omega$ -3 脂肪酸の選択的製造の鍵を握る。

#### 3-2 オイル体外分泌型のボトリオコッサス

ボトリオコッサスは淡水藻類の一種で葉緑体を持ち光合成を行う。生成した油を体内に貯蔵せず体外に分泌するため、油の精製が容易である<sup>22)</sup>。 $\omega$ -3 脂肪酸よりもむしろ炭化水素を蓄えるため、燃料用オイルの製造が期待されているが、 $\omega$ -3 脂肪酸製造のための微生物増殖プラントに組み込むことも可能である。

#### 3-3 DHA 高含有、高速増殖のラビリンチュラ/オーラントチオキトリウム

ラビリンチュラは葉緑体を持たないアメーバ状の生物で沿岸域の海水中に普通に生息している。生息環境中から吸収した栄養分を細胞内に油滴として蓄積し、その油滴には $\omega$ -3 脂肪酸を始めとする高度不飽和脂肪酸が豊富に含まれている<sup>23)</sup>。沖縄で発見されたラビリンチュラ 12B 株の DHA 含有率は全脂質の 50%に及び、クロマグロの約 7 倍の割合になる<sup>24)</sup>。

オーラントチオキトリウムはラビリンチュラ類に分類され、マングローブ林などの汽水域に生息する直径 5~10 $\mu$ ほどの球形の単細胞生物である。筑波大学が発見した種は、増殖速度が極めて速く、2 時間毎に倍増し生産効率はボトリオコッサスの 12 倍に達する<sup>25)</sup>。体内脂質中に $\omega$ -3 脂肪酸を高い割合(30~35%)で含有する種が多い<sup>26) 27)</sup>。

### 3-4 EPAを33%も含有するナンノクロロプシス

ナンノクロロプシスは2~5 $\mu$ の球形の緑色の藻類で光合成を行いながら海を漂う植物性プランクトンの一種である。海水クロレラと呼ばれ、日本では稚魚養殖用の餌として利用されてきた。脂肪酸含有量は30%でそのうちの約1/3がEPAとなる<sup>28)</sup>。

### 3-5 微生物由来 $\omega$ -3脂肪酸製造システムの基本構想

上述した微生物を効果的に組み合わせることで選択的かつ効率的な $\omega$ -3脂肪酸製造システムを作り上げることが可能である。筑波大学の渡邊信教授は燃料オイルの製造プラントの構想としてボトリオコッサスとオーランチオキトリウム<sup>29)</sup>の2つの微生物を組み合わせた生産システムを提案している(図14、図15)。このシステムの利点は、光合成を行わない微生物の閉鎖系培養池での増殖と、その排水を利用した、光合成を行う微生物の開放系培養池での増殖が効率的に組み合わせられていることである。

同じ構想を $\omega$ -3脂肪酸増殖プラントに適用することを私は提案する。具体的には増殖が速いが光合成を行わないラビリンチュラ12B(オーランチオキトリウムも可)を閉鎖培養池で増殖させる。その排水を使用して光合成を行うナンノクロロプシスを開放培養池で増殖させる。ラビリンチュラ12BからはDHAを、ナンノクロロプシスからはEPAを選択的に精製できる(図16)。この2つの種はともに海水で増殖し、排水システムを連続共有することができるため、小規模で効率的なプラント運営が期待できる。

一方で大規模な燃料用オイル製造プラントを建設し、そこに付加価値脂肪酸製造システムとして $\omega$ -3脂肪酸製造プラントを付加させる可能性もある。さらには上述の微生物をプラントの規模、場所、気候、海水か淡水かという要素から様々に組み合わせることでプラント設計をすることができる(図17、図18、図19)。

### 3-6 増殖させた微生物からの $\omega$ -3脂肪酸の精製方法と事業の採算性

増殖させて回収した微生物から $\omega$ -3脂肪酸を抽出する方法として、乾燥させてから微生物の細胞膜を破壊し、有機溶媒で抽出する方法<sup>29)</sup>や超臨界技術で直接抽出する方法<sup>30)</sup>があげられる<sup>30)</sup>。微生物の細胞膜は固く、効率よく粉砕、抽出する方法を確立することが重要であるが、魚油が国際的に入手困難になっている現在<sup>31)</sup>、微生物からより安く $\omega$ -3脂肪酸を製造することは十分に可能である。

例えばオーランチオキトリウム(図20)を4ヘクタールの閉鎖系プラントで培養しDHAを製

造した場合、原料単価を 1.5 万円/kg に設定すれば、年間 21 億円の収入が見込まれ、事業としての採算が合ってくる(図 21、図 22、図 23)。これは魚油由来の DHA(含有率 70%タイプ)の原料単価 3 万円/kg と比べても十分な価格競争力を持つ。但し培養水供給コストを、海水を直接取り込むなどの方法で抑制しないと、収益が悪化する。

## 第 4 章 微生物由来 $\omega$ -3 脂肪酸産業の構築と市場拡大のための方策

### 4-1 $\omega$ -3 脂肪酸製造プラントの建設と雇用の創出

微生物による $\omega$ -3 脂肪酸の製造プラントに関して次の 3 つの視点からの建設を提案する。現在有効利用されていない土地の活用、安全保障上重要な島嶼地域でのプラント建設、そして ODA 形式による東南アジア地域でのプラント建設の 3 つである。

日本には埼玉県とほぼ同じ面積の約 39.6 万ヘクタールの休耕田がある<sup>32)</sup>。そこに法的な規制をクリアした上で $\omega$ -3 脂肪酸微製造プラントを建設する。例えばオーランチオキトリウムによる DHA 生産(連続型)であれば、東京ドーム 1 個分の 4.7 ヘクタールで日本の DHA 需要の約 1.5 年分を 1 年で供給できてしまう(図 20)。まずは小規模でも試験プラントの建設を迅速に行い、実用化への検討を進めるべきである。このプラント建設には油脂産業界も協力できる。また DHA と EPA の製造に特化したラビリンチュラ 12B(DHA)/ナンノクロロプシス(EPA)系のプラントでは海水システムのみでの運用が可能となるため、東日本大震災の津波による合計 2.3 万ヘクタールに及ぶ塩害被害地域の土地の活用が可能である<sup>33)</sup>。

次に日本の島嶼地域に $\omega$ -3 脂肪酸製造プラントを建設する方策を提案する。海水が利用しやすく気候が温暖な南西諸島での微生物増殖が適している。国境付近の島に最新の脂肪酸製造プラントが存在し地域の産業が活性化しているという事実は、国家の領土の安全保障上極めて有効に働く。プラント建設の候補地には十分な面積がありながら、過疎化が進んできている国境の島が向いている。石垣島、与那国島、対馬、佐渡島等が有力な候補である(図 24)。こうした島へのプラント建設を油脂産業界が国と協力体制を構築しながら、積極的に進めていくべきである。

東南アジアは気候が温暖で日射量も多く、光合成を行うボトリオコッサス、ナンノクロロプシスやマングローブで発見されたラビリンチュラ 12B、オーランチオキトリウムの増殖に適している。そこで油脂産業界が主導する形で国を動かし、東南アジアの臨海地域に ODA や二国間援助での「技術協力」という形で微生物の増殖及び脂肪酸製造プラントを建設することを提案する。この場合には相手国にとってより魅力のある燃料オイルの製造を目的とした大規模プラント建設を主体とし、副産物として高付加価値脂肪酸である DHA、EPA を製造する形が良い。

精製されたオイルや $\omega$ -3 脂肪酸は原則としてそのプラントが建設された国に所有権があるが、それらの購入優先権はそのプラントに投資した油脂産業界の企業に所属することになる。

#### 4-2 2兆円産業の高齢者向け業務用食品への展開

高齢者向け業務用食品は年々市場が急速に拡大してきており、2021年には約2兆円の市場に成長するとの予測がある(表7)。こうした食品への $\omega$ -3 脂肪酸、特にDHA、EPAの積極的な配合を推進し、それを明記した上で認知症の予防、改善という形で訴求する。これは油脂産業界が主体となって出来る提案と活動である。1食あたり例えば最低2gの $\omega$ -3 脂肪酸を加えた食品に対しては「認知症予防対応食品」あるいは「シルバー食品」といった認証を与え、さらにこうした食事を提供する介護施設や病院も「認知症予防対応型施設」として自らを差別化できる。

それ以外にも咀嚼力の劣る高齢者向けの食品(ユニバーサルデザインフード、図25)に $\omega$ -3 脂肪酸を加えて認知症予防効果を訴求する方法や、 $\omega$ -3 脂肪酸、特にDHA、EPAを含有する食品の特定保健用食品化を進める方法もある。特保食品には「疫病リスク低減表示」と呼ばれる表示があり(図26)、認定されれば「認知症リスク低減」の表示が可能になる。 $\omega$ -3 脂肪酸は認定されるのに値する十分なデータが存在すると考える。

#### 4-3 微生物由来 $\omega$ -3 脂肪酸配合食品の開発

$\omega$ -3 脂肪酸を含んだ食品に関してはドレッシング、調味料、加工食品等、様々な商品の開発が可能である。これは油脂産業界が微生物由来の $\omega$ -3 脂肪酸を提供し、その活用を食品業界に働きかけることで開発を活発化できる。既に商品化されているものも多いが、さらなる $\omega$ -3 脂肪酸の配合の促進を図り、将来的には $\omega$ -3 脂肪酸が入っていない食品を見つけるのが難しいという状況が望ましい。

また高齢者向けではないが、離乳食、幼児食段階からの $\omega$ -3 脂肪酸の摂取を目的とした食品の開発にも取り組める。すでに粉ミルクではDHAを配合した商品が市場に出ているが、例えば1日1本で1gのDHAが摂取できる健康飲料を開発し、ヤクルトのように国民的なブランドに育成することも極めて有効である。

さらにはDHA、EPA抽出前の微生物そのものを乾燥させて味付けしたような食品の開発も可能である。海苔は緑藻類をシート状に乾燥させて味を付けたものであるが、江戸時代以降、和食に欠かせない食材として既に定着している。国内での海苔の生産金額は1000億円を超えており、ブリに次ぐ位置である<sup>34)</sup>。海苔と同様に、例えば海水クロレラと呼ばれるナンノクロロ

プシスを乾燥させてそのまま食べやすいシート状にして味付けをした食品を開発することを提案する。このような EPA を豊富に含有する食品を子供の頃からおやつ代わりに毎日のように食べるようになれば、日本人の子供が世界から瞠目されるほど知能指数が高かった以前の状況に戻るかもしれない<sup>35)</sup>。

#### 4-4 養殖魚及び家畜用 $\omega$ -3 脂肪酸配合飼料の開発

油脂産業界が水産業や家畜産業と協働して、養殖魚及び家畜用に、 $\omega$ -3 脂肪酸を含有する飼料を開発することを提案する。コストの上昇を抑えるため、 $\omega$ -3 脂肪酸を抽出する前の段階の微生物を捕捉したものを使用し、養殖魚向けと家畜向けにそれぞれの嗜好性を高めた飼料を開発する。その飼料を最大限に活用して、従来の養殖魚や家畜肉とは差別化された、 $\omega$ -3 脂肪酸を高い割合で含有するブランドを開発上市する。それが成功すれば $\omega$ -3 脂肪酸の市場の拡大に繋がり、油脂産業界のメリットにもなる。

養殖魚には同じ種の天然魚と比較すると脂肪中の DHA 及び EPA の含有率が少ない<sup>36) 37)</sup>。しかし飼料に十分な量の $\omega$ -3 脂肪酸が含まれていれば、天然魚と同レベルの $\omega$ -3 脂肪酸を含有した養殖魚を供給することができる。また微生物由来の DHA は水銀やダイオキシンによる汚染がないのでクリーンな養殖魚を消費者に提供できる。さらに DHA、EPA 配合により、現在主に使用されている大豆油を含有する飼料に比べて魚の飼料の嗜好性が上がるため、海洋の汚染も少なくなる<sup>38)</sup>。

家畜肉には DHA は殆ど含有されていないが<sup>39)</sup>、飼料に DHA を配合すると DHA が含有されることが確認されている<sup>40) 41)</sup>。これはアキアミを主食とする海洋哺乳類であるクジラの肉の DHA 含有レベルは魚類と比較しても最高レベルであることから理解できる<sup>42)</sup>。現在の日本では魚離れが加速しており、肉類と魚類の摂取量は 1988 年に既に逆転しているが<sup>43)</sup>、魚を殆ど食べない人でも DHA を肉から摂取できるようになる。

#### 4-5 学校給食からの $\omega$ -3 脂肪酸摂取重視が不可欠

学校給食は小学校という子供の成長期に毎日昼食として提供される。子供の体や脳が日々成長していく時期にあたり、良質の蛋白質や $\omega$ -3 脂肪酸を十分に供給することにより、子供の健やかな成長、特に大脳の健全な成長に貢献できる。また将来の子供の食生活における嗜好にも多大な影響を与える。そこで油脂産業界から国に以下のような提言を行い、微生物由来の DHA サンプルの供与などの協力を行うことを提案したい。

まずは砂糖揚げパン、菓子パン、カレー付け麺といった高カロリー、高トランス脂肪酸、

高 $\omega$ -6脂肪酸の献立から、 $\omega$ -3脂肪酸を多く含む伝統的な和食を中心とした献立に変更する。トランス脂肪酸の摂取減と $\omega$ -3脂肪酸の摂取増の効果により、学習面での効果以外にも、生徒が情緒的に安定し「キレイにくく」なる効果が期待できる。次に数校の実験モデル校で生徒の認知機能、学力、素行調査を追跡調査する。もし $\omega$ -3脂肪酸の摂取増の効果が確認できれば、全国的な実施を目指して油脂産業が文科省とともに国民の理解を得られるように働きかけていく。

具体的には、実験モデル校での生徒の認知機能、学力、素行調査の改善効果をわかりやすく示したパンフレットを作成し、全国の生徒の親に直接配布する。パンフレットには幼少期からの継続的な $\omega$ -3脂肪酸摂取(DHA 1日1g等)の重要性も記述する。さらに油脂産業界が中心となって微生物由来の新しい $\omega$ -3脂肪酸を積極的に給食用に供給することも明記する。このような啓蒙活動を機に全国の学校給食で $\omega$ -3脂肪酸が日常的に使用されるようになれば、その市場の拡大にも大きく貢献できる。

## 第5章 微生物由来 $\omega$ -3脂肪酸産業の構築による少子高齢化社会への貢献

### 5-1 認知症予防型社会は国内DHA市場を30倍にする可能性がある

油脂産業界が旗振り役となり、国民1人がDHAを1日1g摂取することで認知症を予防するという運動を展開することを提案する。具体的には食品業界やサプリメント業界へ微生物由来DHAを積極的に供給しながら商品の共同開発や大体的なキャンペーンを行う運動である。この運動が十分に浸透してくれば、DHAの需要は1年間で約4万3800トンになる。微生物由来のDHAを原料単価1.5万円/kgで供給した場合、国内DHA市場は年間6570億円まで一気に拡大する。これは現在の日本の200億円の市場の30倍以上に達するが、実際にはオーランチオキトリウムを使えば東京ドーム約23個分の108ヘクタール程度でまかなえる(図20の情報をもとに推測)。

海外での需要に目を向けるとさらに大きな可能性がある。現在の世界のDHAの市場は約2000億円<sup>44)</sup>で日本の約10倍であるから、単純に10倍としても6.5兆円以上になるが、これは日本の休耕田の0.27%にすぎない1080ヘクタールの面積で供給することが可能である。この高収益は原料単価が1.5万円/kg程度と高くても十分に採算が取れる付加価値の高いDHAだからこそ可能なことであり、これほどの巨額の産業がこれほどの小さな面積の土地から集約的に生み出される可能性があることは大きな驚きである。まさに国土の狭い日本に最適な高集約型産業といえる。これらの点が単価の安い化石燃料と競合しなくてはならない藻由来の燃料オイル製造との大きな違いであり、微生物由来のDHA製造へのハードルは決して高くない。

また世界の認知症患者は現在 4400 万人以上<sup>45)</sup>といわれており、2050 年には 1 億 3500 万人に達することが予想されている(図 27)。しかし海外では DHA の摂取が認知症予防に効果的であるという認識が広く共有されていない。それだけに DHA の潜在的需要は非常に大きい。現在、世界中で和食が「健康に良い」という理由でブームとなっている。DHA に関してはさらに直截的な「脳に良い」「認知症にならない」といったフレーズを前面に押し出すことが可能になる。それにより和食同様に世界的な DHA ブームを油脂産業界及び日本から世界へ仕掛けていき、微生物由来の高品質の DHA を日本から供給することを提案する。但しこのようなフレーズを謳うのに各国の薬事法等の規制によりデータの提示が要求される場合には、油脂産業界が結束して説得力のあるデータを提示することが重要である。その場合には、数多くの研究データや疫学調査に加えて、4-5 章に述べたような  $\omega$ -3 脂肪酸による生徒の認知機能、学力、素行調査の改善効果も提示できれば、大きな影響力が期待できる。

## 5-2 36 万円で認知症が予防できる

もし日本人が DHA の 1 日 1g の摂取を続けて認知症を予防あるいは発症を遅らせることができればその社会的効果は極めて大きい。例えば、日本の認知症高齢者の発症を平均して 1 年間遅らせることができた場合、年間 18.2 兆円の社会的費用を節減することができる。一方、65 年間毎日 1g の DHA の摂取を続けたとしても合計で 1 人あたり 23.7kg の DHA 摂取量に過ぎない。これは微生物由来の DHA 原料単価を 1.5 万円/kg と見積もっても 65 年間で合計 35.6 万円にしかならない。認知症による社会的費用は 1 人あたり年間約 415 万円であるから、もし 10 年間認知症を患えば合計 4,150 万円に加え介護家族への膨大な負担が予想されるが、これが約 36 万円の費用で抑制できることになる。1 箱 500 円の煙草を毎日 1 箱 45 年吸い続ければ 820 万円の費用になることを考えると、如何に少ない費用で「認知症予防」という、社会的にも家族への負担という面でも非常に意義のある貢献ができるかが理解できる。DHA は認知症予防効果以外にも抗がん作用、抗炎症作用、抗アレルギー作用、抗動脈硬化作用もあるので、成人病予防にも寄与し、逼迫している国の医療費の削減にも大きく貢献する。

## 5-3 認知症予防型社会の実現へ向けて油脂産業界が担うべき役割

以上述べてきた微生物由来の  $\omega$ -3 脂肪酸産業の構築は、油脂産業界にとって、全く新しい一大産業を創出する絶好の機会と捉えるべきである。さらにそれが日本人高齢者の認知症予防にも貢献し、「認知症予防型社会」へ繋がっていくのであれば、油脂産業界の果たす役割は単なる経済活動以上の社会的意義を持つことになる。

4章、5章で提案した油脂産業界が貢献できる役割をまとめると以下の3点がある。まずDHAを日本国民が1日1gのDHAを摂取するという運動の旗振り役を務め、国や国民を啓蒙し先導していくこと、次に油脂産業界で蓄積されてきた製造技術を生かして微生物からの $\omega$ -3脂肪酸製造技術の確立を支援し、プラント製造等にも積極的に投資すること、最後に関連業界をサポートしながら $\omega$ -3脂肪酸を活用した商品の開発及び上市に積極的に寄与していくことである。この3点の活動に呼応して社会全体が動き出せば、油脂産業界自身も相乗的に一気に活性化するであろう。

## おわりに

日本では長寿は目出度いことであるとして、満60歳での還暦を初めとして多くの長寿の祝いがある。今、日本人の平均寿命は男女ともに世界一であり、医療の貢献もありさらに伸長していく。しかし本当に重要なのは、単なる寿命の長さではなく、高いQOLを維持しながら、心身ともに健康で充実した生活を最後まで送れるか否かである。

一度認知症が発症するとその進行を止めることは基本的に不可能である。しかし認知症の予防は $\omega$ -3脂肪酸の摂取に気を配った食生活で可能となりうる。ならば進むべき方向は既に見えている。しかし、日本は「認知症予防型社会」へ向かうどころか逆に未曾有の「超認知症介護社会」に突入しつつある。この社会的危機を乗り切るための選択肢は多くない。その中でも最も有望な微生物由来の $\omega$ -3脂肪酸産業の構築を取り上げた次第である。

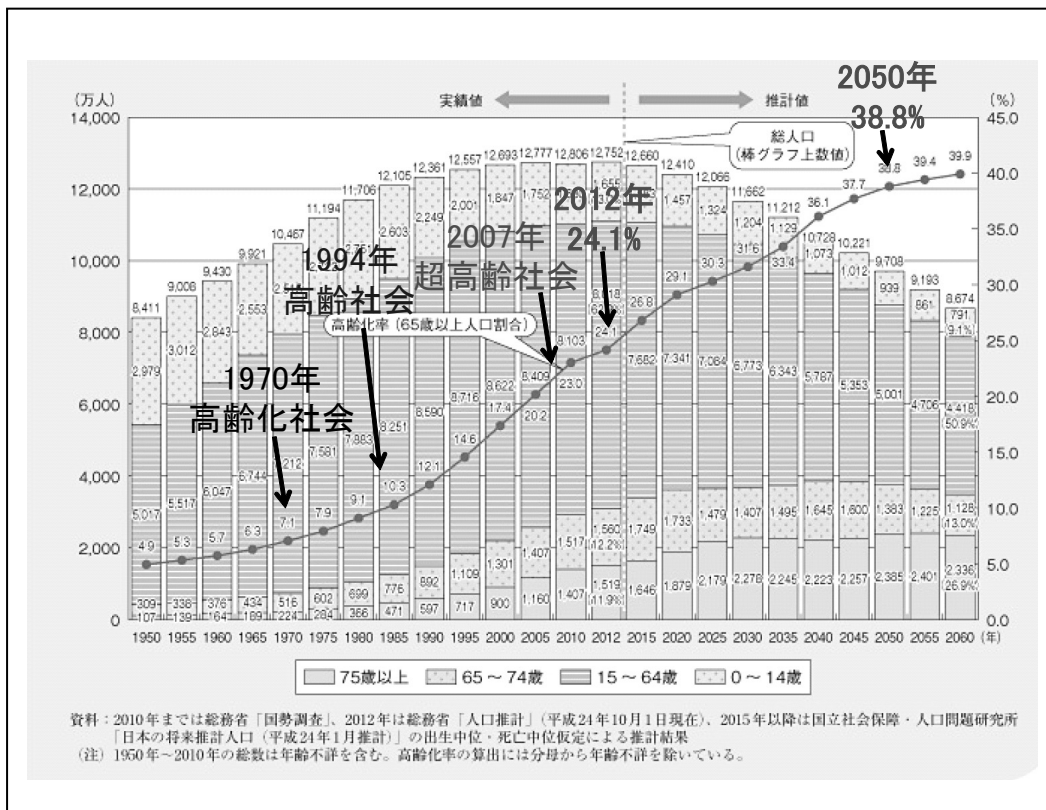
藻類からの燃料オイルの製造を研究している筑波大学の渡邊信教授は「日本を産油国にするには、世界に先んじて日本でこの技術を開発するという強い意識が必要だ」と述べている<sup>46)</sup>。同様に我々が「微生物から $\omega$ -3脂肪酸を作り出す技術を完成させて世界に先んじて日本でその産業を構築してみせる」という強い意志と希望を捨てなければ、将来、必ずや日本は世界から羨まれる長寿社会を実現できると私は確信する。

## 参 考 文 献

- 1) 厚生省 平成 22 年国民生活基礎調査  
要介護別にみた介護を必要となった原因の構成割合,  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html>,  
2014 年 9 月 11 日参照
- 2) 和田秀樹, 『人生を狂わせずに親の「老い」とつき合う』, 講談社, 2012 年
- 3) 警視庁 “警視庁統計”, 平成 25 年中における自殺の状況,  
<https://www.npa.go.jp/toukei/index.htm>, 2014 年 7 月 5 日参照
- 4) 和田秀樹, 『人生を狂わせずに親の「老い」とつき合う』, 講談社, 2012 年
- 5) 文藝春秋 SPECIAL, 『認知症最前線』, 文藝春秋, 2014 年
- 6) 和田秀樹, 『人生を狂わせずに親の「老い」とつき合う』, 講談社, 2012 年
- 7) 白澤卓二, 『食べ物を変えれば認知症は防げる』, 宝島社, 2014 年
- 8) 白澤卓二, 『100 歳までボケない 101 の方法』, 文藝春秋社, 2010 年
- 9) 渡辺登, 『ボケ・認知症を防ぐ脳活特効法 101』, 主婦と生活社, 2013 年
- 10) 山田豊文, 『病気がイヤなら「油」を変えなさい!』, 河出書房新社, 2007 年
- 11) 藤田紘一郎, 『50 歳からは炭水化物をやめなさい』, 大和書房, 2013 年
- 12) 溝口徹, 『脳の栄養不足が老化を早める!』, 青春出版社, 2014 年
- 13) Anthony T. Tu 比嘉辰雄, 『海から生まれた毒と薬』, 丸善出版, 2012 年
- 14) 「健康食品」の素材情報データベース, “DHA”,  
<http://hfnet.nih.go.jp/contents/detail32lite.html>, 2014 年 7 月 6 日参照
- 15) 健康産業新聞 2008 年 5 月 7 日, “DHA・EPA・DPA”,  
<http://www.kkmt.net/index.php/news/85-dha-epa-dpa>, 2014 年 7 月 5 日参照
- 16) 前田隆子、高山美佐子他, 「妊産婦の血清中脂肪酸と母乳中脂肪酸組成に関する研究-とくにエイコサペンタエン酸に関する検討」, 『鳥取大学医療技術短期大学部紀要』25 巻, 1996, pp15-24
- 17) 山田豊文, 『病気がイヤなら「油」を変えなさい!』, 河出書房新社, 2007 年
- 18) 厚生労働省, “脂質”, 日本人の食事摂取基準量,  
<http://www.kkmt.net/index.php/news/85-dha-epa-dpa>, 2014 年 7 月 6 日参照
- 19) 南清貴, 『じつは怖い外食』, ワニブックス, 2014 年
- 20) Anthony T. Tu 比嘉辰雄, 『海から生まれた毒と薬』, 丸善出版, 2012 年
- 21) 秋久俊博他, 『資源天然物化学』, 共立出版, 2002 年
- 22) 渡邊信他, 『藻類バイオマス』, みみずく舎, 2010 年

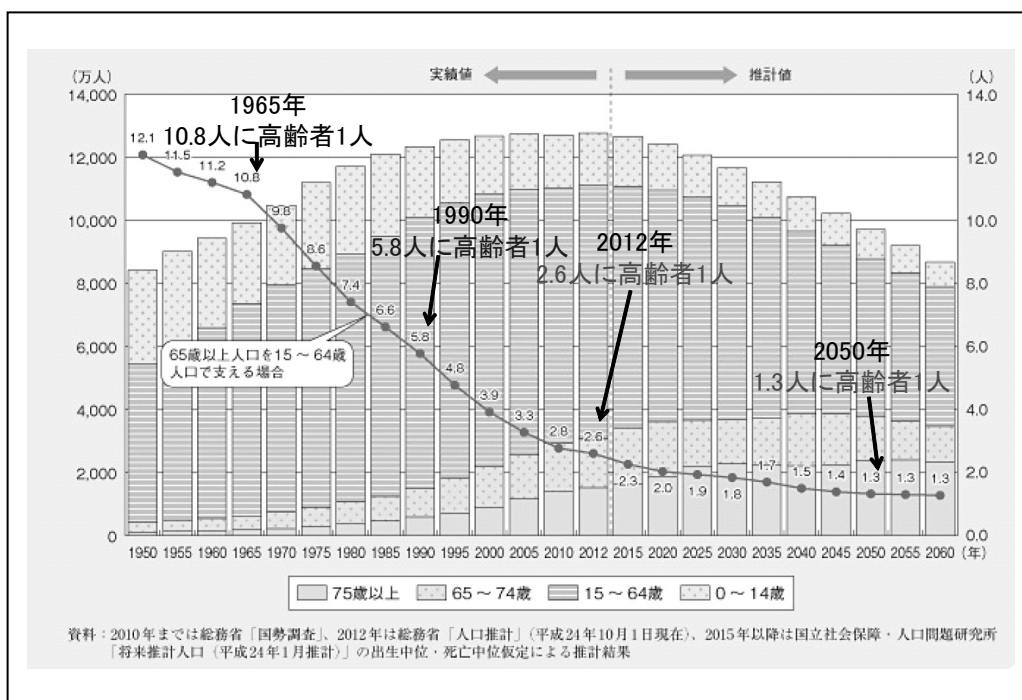
- 23) 北海道大学, 『ドコサヘキサエン酸(DHA)の生産性の高い新規ラビリントラ類微生物およびその利用』, 特願 2006-022187, 2006 年
- 24) 北海道大学 奥山英登志, 『高付加価値を有する DHA 含有リン脂質の製造方法』, JST 新技術説明会 080627, 2008 年
- 25) 日本経済新聞 “効率よく「石油」作る藻、筑波大発見”, 2010 年 7 月 6 日,  
[http://www.nikkei.com/article/DGXDASDG14047\\_U0A211C1CR8000/](http://www.nikkei.com/article/DGXDASDG14047_U0A211C1CR8000/),  
2014 年 7 月 6 日参照
- 26) 広島大学 秋庸裕, 「微生物による機能性脂肪酸生産のための遺伝子利用技術」, 『日本水産学会誌』, 78(5), 1005(2012)
- 27) Choi SA, Jun JY et. " Effects of molten-salt / ionic-liquid mixture on extraction of docosahexaenoic acid (DHA)-rich lipids from *Aurantiochitrium* sp. KRS",  
" Bioprocess and Biosystems Engineering" , May 10, 2014
- 28) 石川憲二, 『ミドリムシ大活躍』, 日刊工業新聞社, 2013 年
- 29) 軽部征夫, 『環境バイオテクノロジー』, 2012年
- 30) 微細藻培養技術事業化可能性調査共同事業体, 『耕作放棄地における微細藻類培養技術の確立と事業化方策の検討に係る事業化可能性調査報告～藻から石油とオメガ3～』, 2011年
- 31) 勝川俊雄, 『漁業という日本の問題』, 2012 年
- 32) 農林水産省, “耕作放棄地の現状について”, 2011 年,  
[http://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/pdf/genjou\\_1103r.pdf](http://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/pdf/genjou_1103r.pdf),  
2014 年 7 月 6 日参照
- 33) 東京農業大学 後藤逸男 稲垣 開生, “東日本大震災による津波災害農地の塩害対策耕作放棄地の現状について”,  
[http://www.academy.nougaku.jp/annual%20report/kaiho16/10\\_rondan.pdf](http://www.academy.nougaku.jp/annual%20report/kaiho16/10_rondan.pdf)
- 34) 倉田亨, 『日本の水産業を考える-復興への道-』, 成山堂書店, 2006 年
- 35) 鈴木平光, 『頭を良くする魚の DHA』, ふるさと文庫, 1992 年
- 36) 山田豊文, 『病気がイヤなら「油」を変えなさい!』, 河出書房新社, 2007 年
- 37) 石川憲二, 『ミドリムシ大活躍』, 日刊工業新聞社, 2013 年
- 38) 微細藻培養技術事業化可能性調査共同事業体, 『耕作放棄地における微細藻類培養技術の確立と事業化方策の検討に係る事業化可能性調査報告～藻から石油とオメガ3～』, 2011年
- 39) 小池里予・小池英, 『ホリスティック健康学・ホリスティック栄養学入門』, ホリスティック健康学・栄養学研究所, 2004 年
- 40) 田辺勉、久保長政他, 「魚油を利用した EPA、DHA 含量の高い豚肉の生産」, 『福井県畜産試験場研究報告第 19 号(2006)』, P17-P20, 2006 年

- 41) 飯田訓之他,「海藻の有効成分は鶏卵に蓄積するか?」, 『北水試だより 77(2009)』, P22-P25, 2009年
- 42) 文部科学省,“脂肪酸成分表編”, 五訂増補日本食品標準成分,  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031801/003/009.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031801/003/009.pdf), 2014年7月8日参照
- 43) Wikipedia, “日本の獣肉食の歴史”, 2014年7月8日参照
- 44) 微細藻培養技術事業化可能性調査共同事業体, 『耕作放棄地における微細藻類培養技術の確立と事業化方策の検討に係る事業化可能性調査報告～藻から石油とオメガ3～』, 2011年
- 45) Alzheimer’s Disease International, 『World Alzheimer Report 2010』, 2010年
- 46) 渡邊信インタビュー, “日本が産油国になる日”,  
<http://www.youtube.com/watch?v=amit7ksynR0>, 2014年7月9日参照



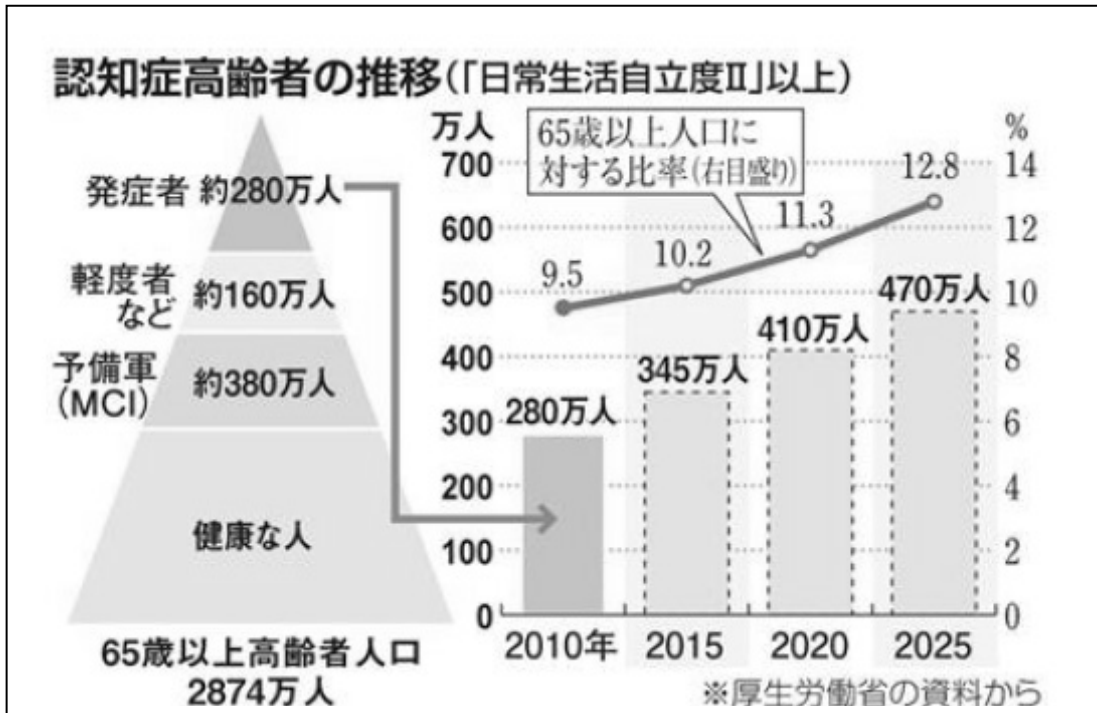
図一 1 日本の65歳以上の高齢者人口の割合の推移

(内閣府HP, 平成25年高齢社会白書(全体版)をもとに作成)



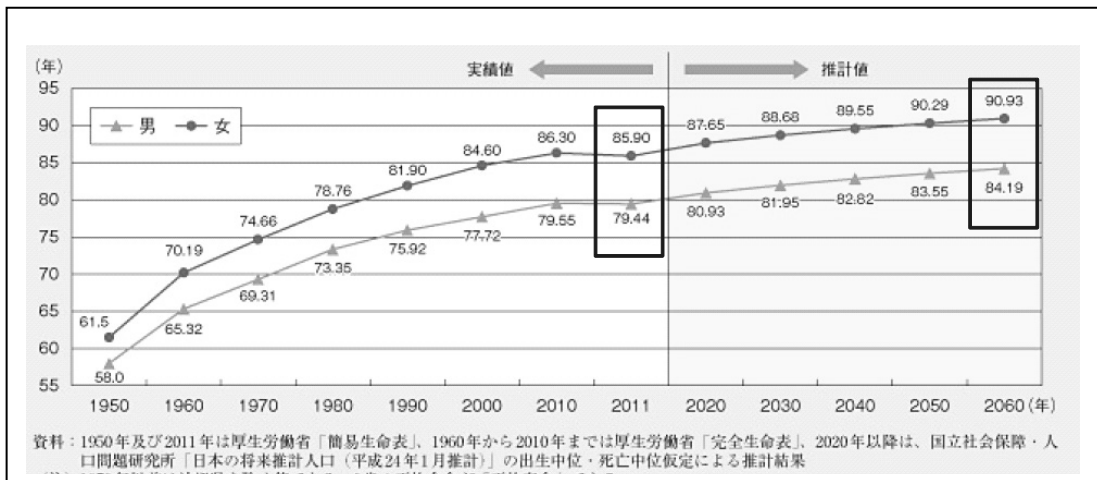
図一 2 日本の高齢者人口(65歳以上)と労働人口(15～64歳)の割合の推移

(内閣府HP, 平成25年高齢社会白書(全体版)をもとに作成)



図一 3 2010 年度認知症高齢者数と将来の推移

(出典：産経新聞HP, 2014 年 1 月 25 日)



図一 4 日本人の将来の平均寿命の予測

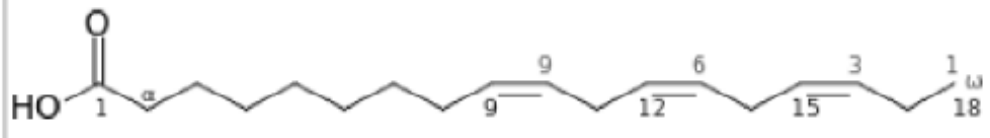
(内閣府HP, 平成 25 年高齢社会白書(全体版)をもとに作成)

■ イギリスにおける認知症のコスト(年間)		
資源	内容	全コスト (1,000ポンド)
<b>医療</b>		
プライマリケア	訪問看護	64,798
	訪問看護手術	1,681
	GP 往診	206,889
	GP 往診手術	41,803
	GP 電話往診	1,847
	計	317,017
緊急救命室	付き添い	26,737
外来	付き添い	55,044
入院	泊まり	462,590
	日帰り	576
薬剤		228,399
プライベートケア	医療支出中のプライベートケア	109,469
医療小計		1,199,832
<b>ソーシャルケア</b>		
長期介護	長期介護施設	9,091,177
ソーシャルケア小計		9,091,177
<b>医療、ソーシャルケア以外</b>		
インフォーマルケア	労働力である介護者による介護	6,671,816
	労働力ではない介護者による介護	5,710,736
死亡関連	労働損失(男性)	22,515
	労働損失(女性)	5,994
罹病関連	就労不能認定期間損失	16,743
	労働損失	4,001
ヘルスケア、ソーシャルケア以外小計		12,431,804
<b>経済損失総計</b>		<b>22,722,813</b>

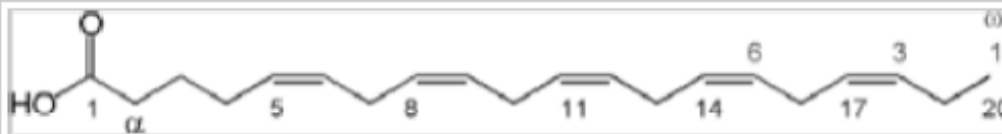
\*約3兆4,000億円(1ポンド150円として)

図-5 イギリスにおける認知症の社会的費用(年間)

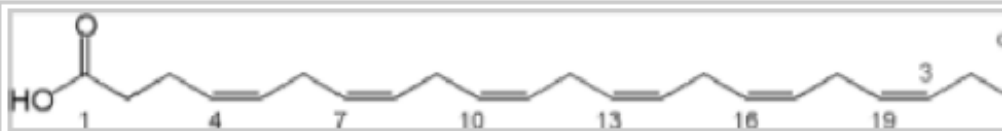
(出典: DEMENTIA 2010 発表資料, アルツハイマー・リサーチ・トラスト, オックスフォード大学)



必須 $\omega$ -3脂肪酸の一つ、 $\alpha$ -リノレン酸(ALA、 $18:3\Delta^9,12,15$ (18炭素鎖の9, 12, 15位の合計3ヶ所に二重結合があるという意味))の化学構造。化学者はカルボニル炭素からカウント(青い番号付け)するが、生理学者は $\omega$ (n)炭素からカウント(赤い番号付け)する。 $\omega$ 末端から、最初の二重結合が3番目の炭素-炭素結合が現れる。そのため、 $\omega$ -3と命名される。



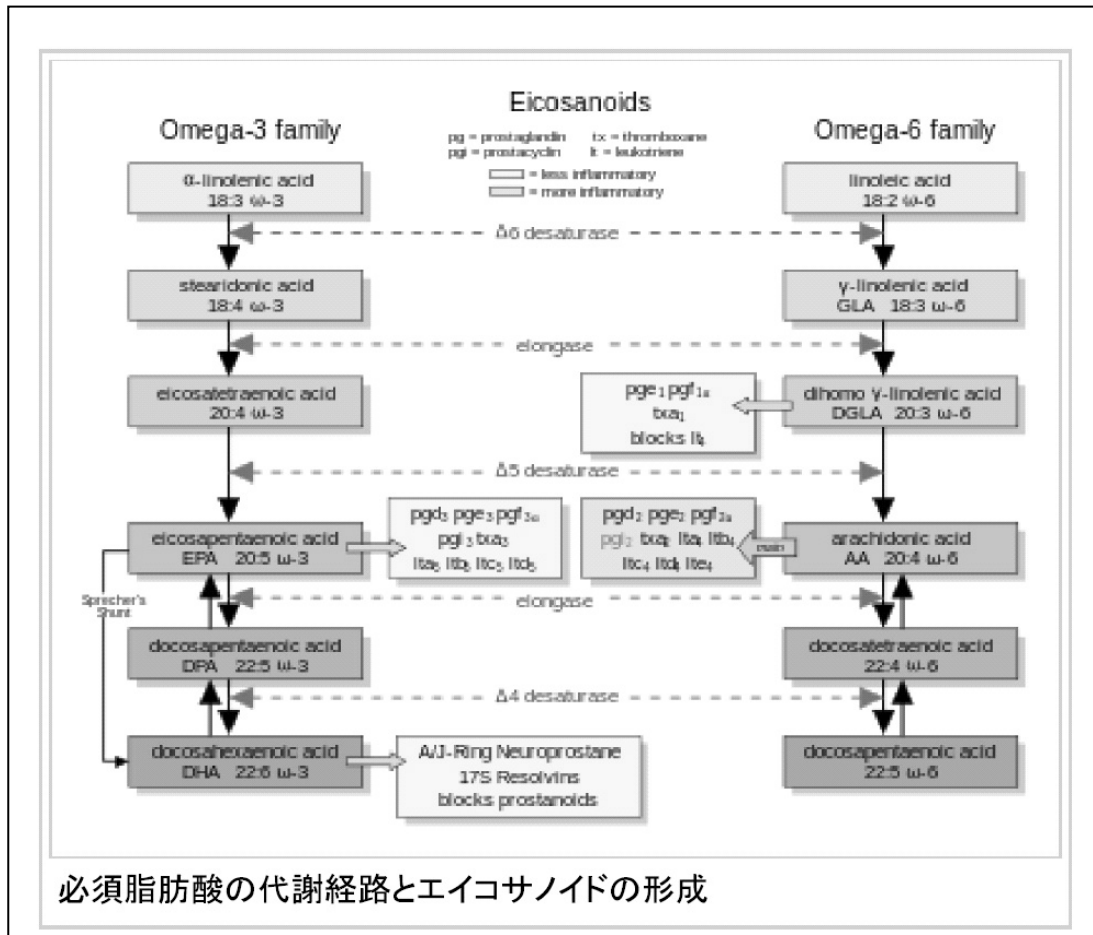
$\alpha$ -リノレン酸から体内で生成されるエイコサペンタエン酸(EPA)の構造



エイコサペンタエン酸(EPA)から体内で生成されるドコサヘキサエン酸(DHA)

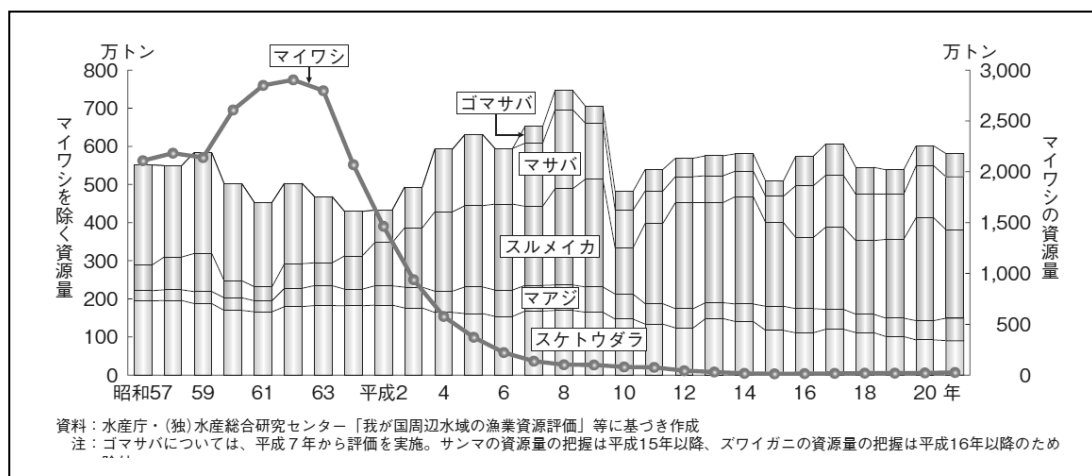
図-6  $\omega$ -3 脂肪酸の分子構造 (ALA、EPA、DHA)

(出典：Wikipedia, 不飽和脂肪酸)



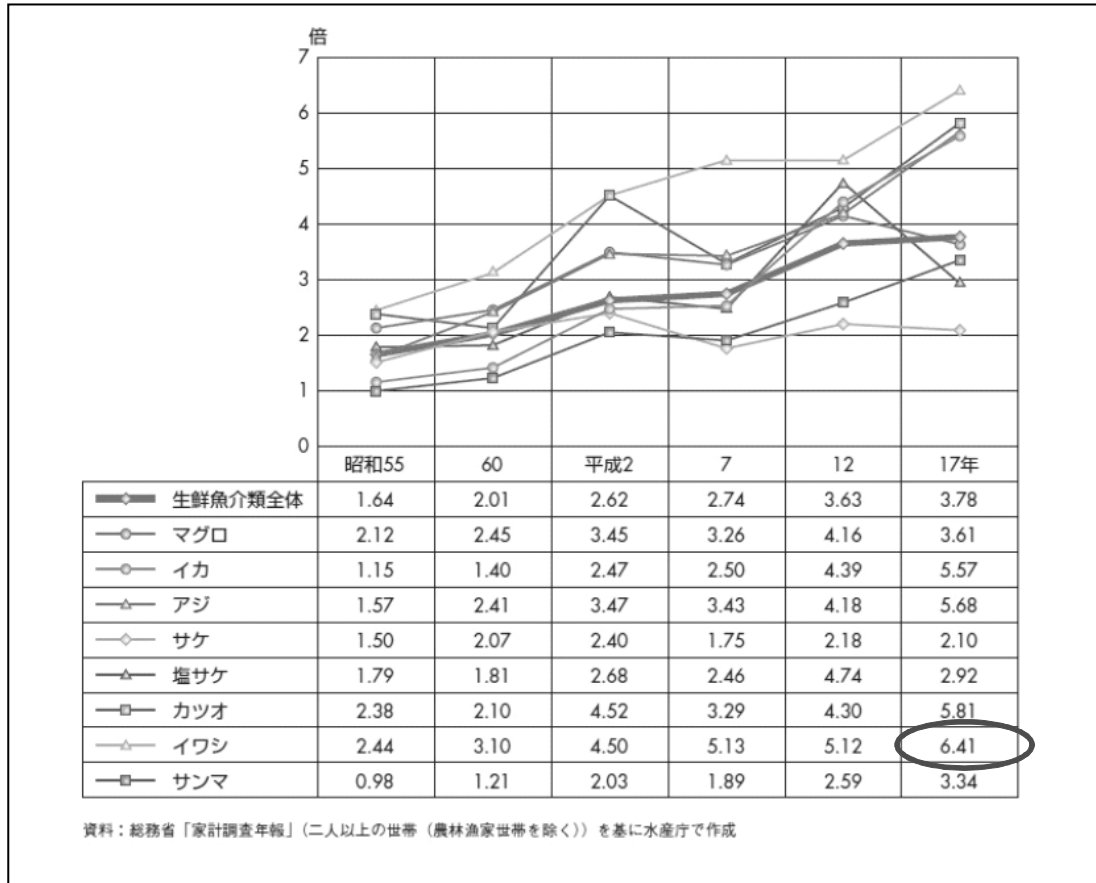
図ー7 必須脂肪酸の代謝経路とエイコサノイドの形成

(出典：Wikipedia, 必須脂肪酸)



図ー8 日本の主要魚種の資源量の推移

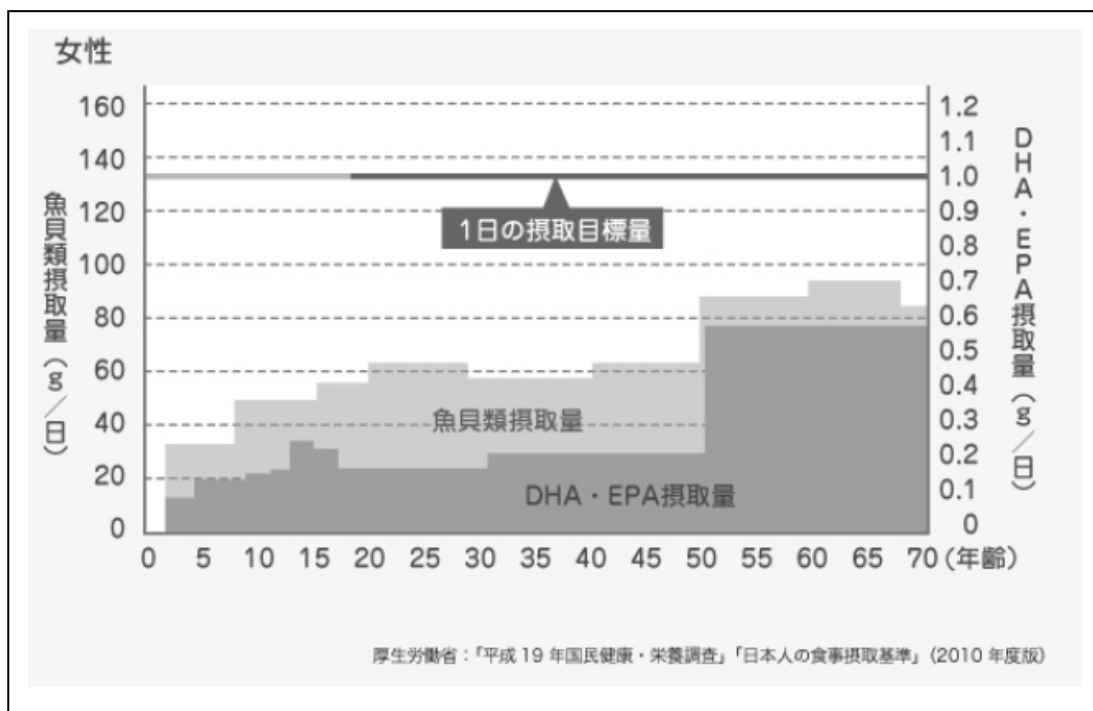
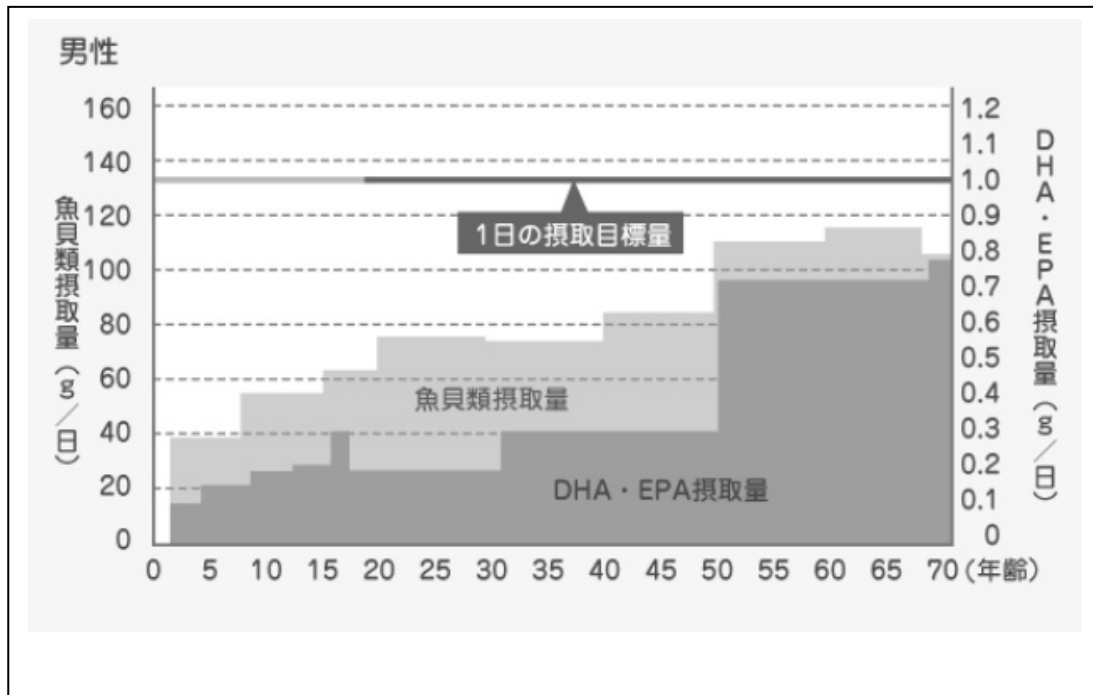
(出典：水産庁「水産資源・海洋環境等をめぐる動き」)



図一 世帯主の年齢による生鮮魚介類購入量の格差

（「60歳以上」の購入量÷「29歳以下」の購入量）

（水産庁「水産資源・海洋環境等をめぐる動き」に基づき作成）



図一 10 年齢による魚貝類摂取量とDHA・EPA摂取量

(出典：味の素HP, いきいき健康研究所)

**WHOによる  
栄養摂取目標の範囲(抄)<sup>[22]</sup>**

食物要素	目標 (総エネルギー%)
総脂肪	15-30%
飽和脂肪酸	10%未満
多価不飽和脂肪酸	6-10%
ω-6脂肪酸 (多価不飽和)	5-8%
ω-3脂肪酸 (多価不飽和)	1-2%
トランス脂肪酸	1%未満
一価不飽和脂肪酸	差分

**ω3 : ω6**

**1 : 4 ~ 1 : 5**

図-1-1 WHOによる脂肪酸摂取目標

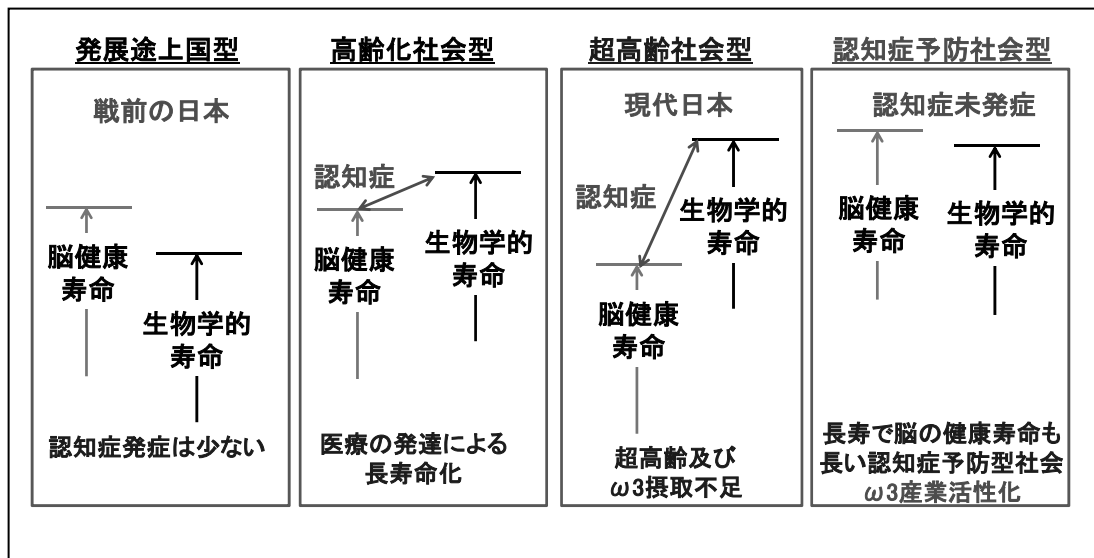


図-1-2 様々な社会環境における脳健康寿命と生物学的寿命の関係

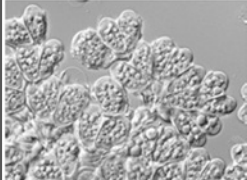
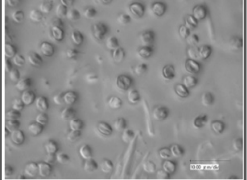

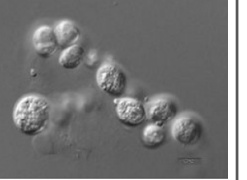
淡水域藻類 (葉緑体有)	海水域藻類 (葉緑体有、鞭毛あり)	海水、汽水域微生物 (鞭毛あり、葉緑体なし)	
<b>ボトリオコッカス</b>	<b>ナンノクロロプシス</b>	<b>ラビリントチュラ類</b>	<b>オーランチオキトリウム</b>
			
光合成を行う オイルを細胞外に排出 炭化水素を主に生成 筑波大学渡邊研究室	光合成を行う 海水クロレラ 脂肪含有30g/100g そのうちEPA含有35% ワムシの餌、養殖飼料	128株のDHA生産性は 非常に高い 脂肪含有42g/100g そのうちDHA含有50% クロマグロの7倍 北海道大学奥山研究室	増殖速度 ボトリオコッカスの36倍 オイル生産量は1/3 生産効率は12倍 DHAも大量に含有 筑波大学渡邊研究室
燃料オイル全般 オイル分泌型	EPA含有種 すでに商業化	高DHA含有種 リン脂質化も研究中	高効率種 燃料オイル/DHA可 オイル内臓型

図-13 ω-3 脂肪酸製造の鍵となる4種類の微生物

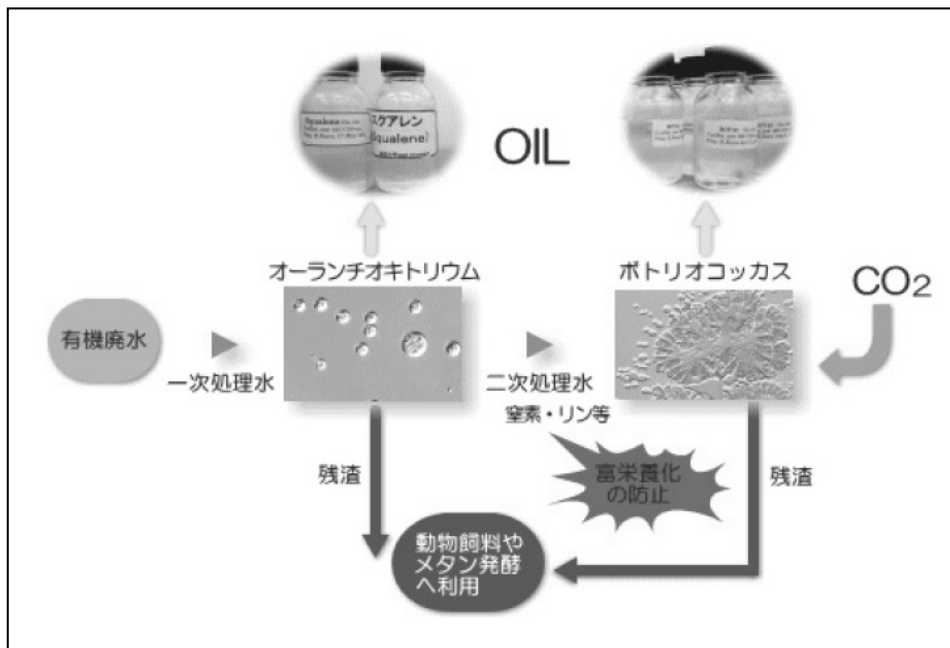


図-14 オーランチオキトリウム / ボトリオコッカス

によるオイル製造プラント構想 (出典: 筑波大学 HP,

渡邊信・彼谷邦光研究室, 藻類バイオマスエネルギーの実用化)

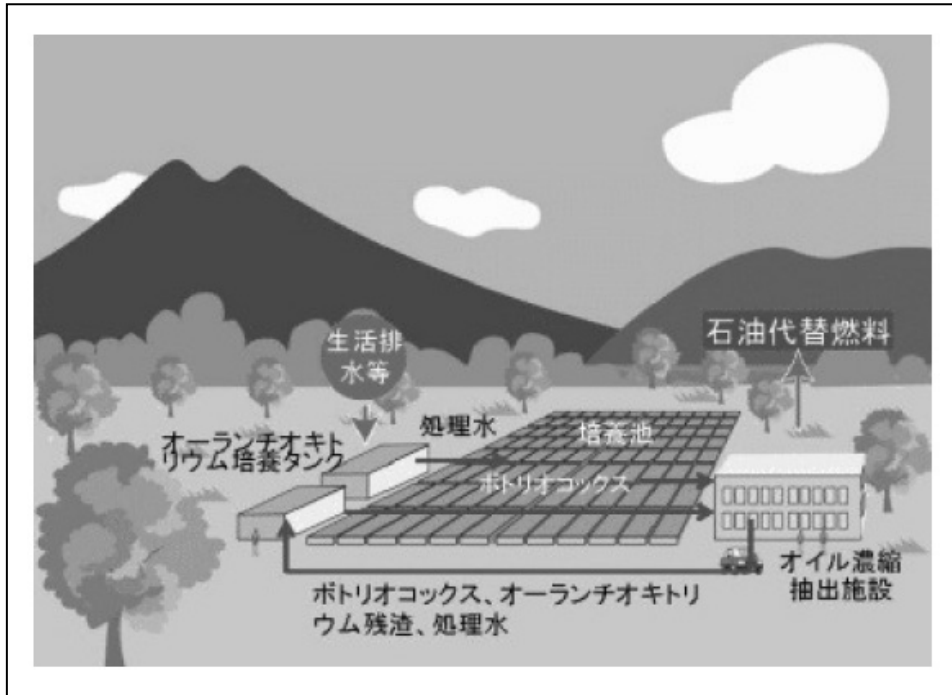


図-15 オーランチオキトリウム / ポトリオコックス

屋外プラントのイメージ (出典: 筑波大学 HP,

渡邊信・彼谷邦光研究室, 藻類バイオマスエネルギーの実用化)

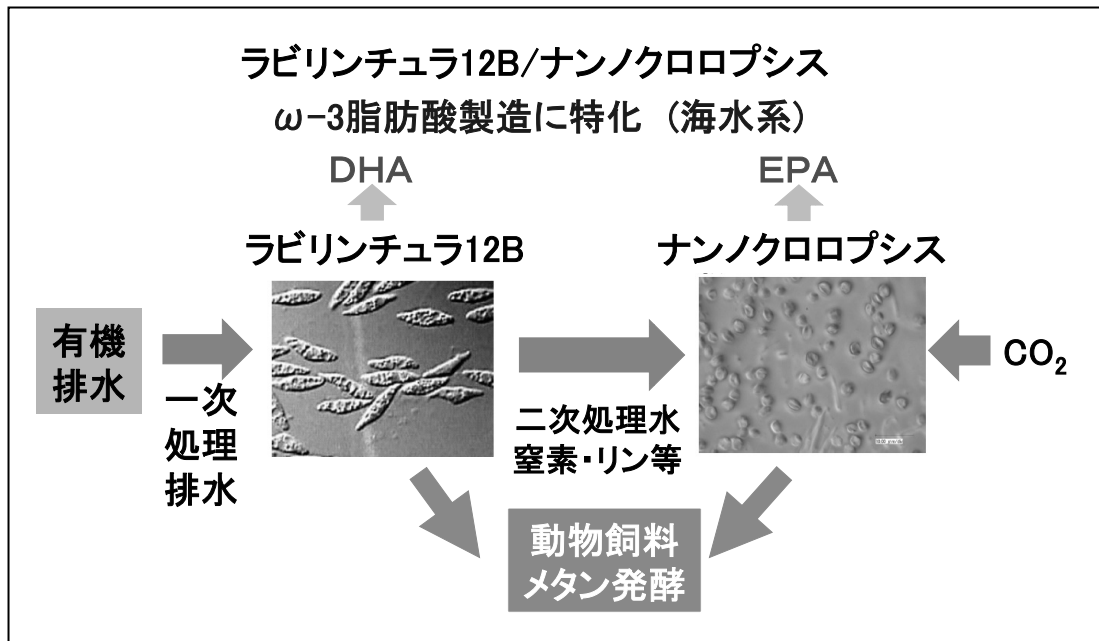


図-16 ラビリンチュラ 12B / ナンノクロロプシスによる $\omega$ -3 脂肪酸専用製造フロー

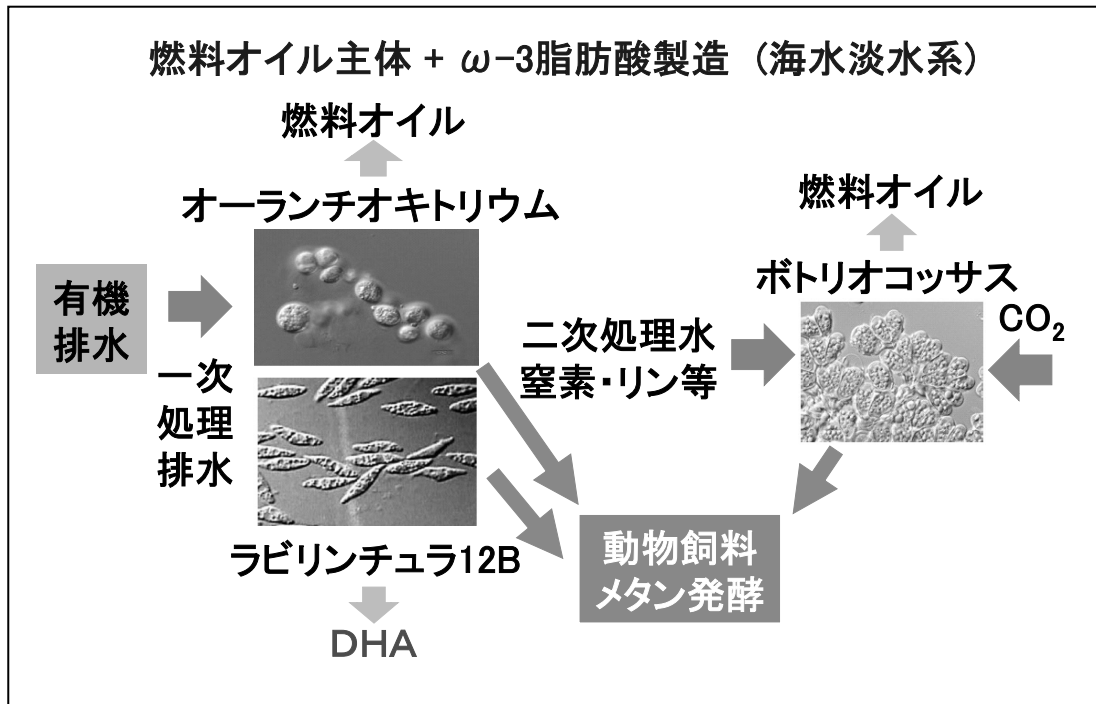


図-17 (オーランチオキトリウム+ラビリンチュラ 12B)/ボトリオコッサスによる燃料オイル及びDHA 製造フロー

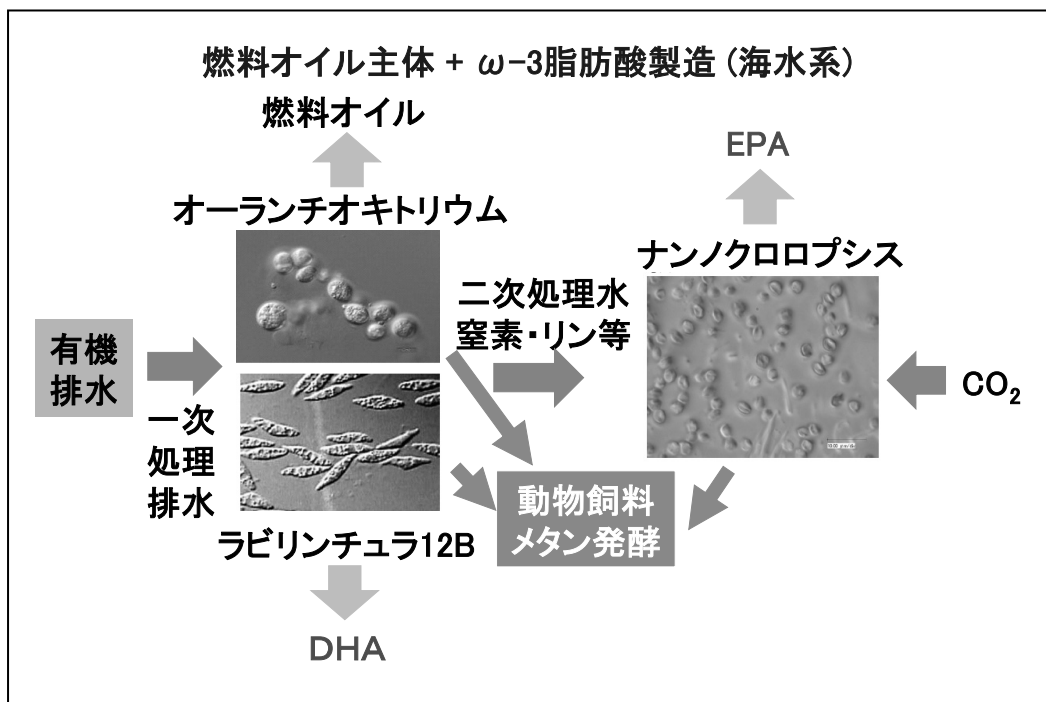


図-18 (オーランチオキトリウム+ラビリンチュラ 12B)/ナンノクロロプシスによる燃料オイル及びEPA+DHA 製造フロー

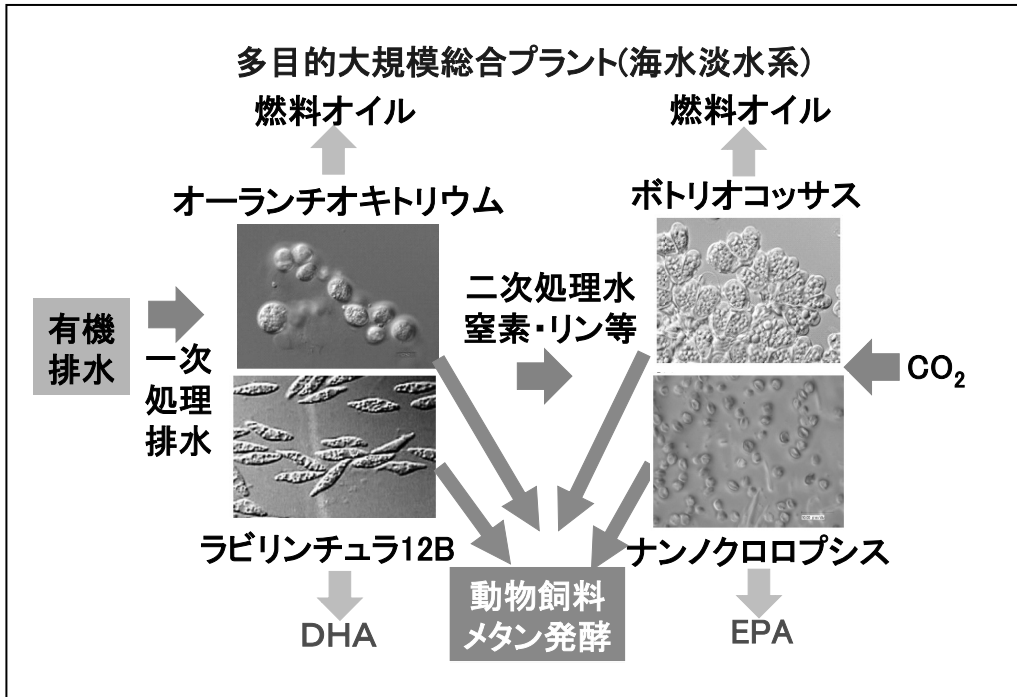


図-19 (オーランチオキトリウム+ラビリンチュラ12B) / (ボトリオコッサス+ナンノクロロプシス) による燃料オイル及び $\omega$ -3 脂肪酸総合 (EPA+DHA) 製造フロー

### オーランチオキトリウム sp.18W-13a 株

- ・1ヘクタールあたり年間約1万トン (連続生産システム) の炭化水素を製造可能 (非連続生産システムでは年間1000トン)
- ・オーランチオキトリウムのDHAの割合は一般に極性脂質中の30%~35%<sup>1) 2)</sup>
- ・sp.18W-13a 株の脂質成分中のDHAは推定5.6% (表1)
- ・DHA抽出収率を50%と仮定すると連続生産システムでは1ヘクタール当たり年間405トン、非連続システムでは年間41トンのDHAを製造可能
- ・DHA1300トンを製造するには3.2ヘクタールの土地で十分
- ・東京ドーム4.7ヘクタールで1.5年分のDHAを製造可能

Aurantiochytium

sp.18W-13a 株 脂質中成分	割合
スクワラン (炭化水素)	69.0%
トリグリセリド	15.1%
<b>極性脂質</b>	<b>15.9%→推定DHA含有率 (×0.35) =5.6%</b>

1) 広島大学 秋庸裕,「微生物による機能性脂肪酸生産のための遺伝子利用技術」,『日本水産学会誌』, 78(5), 1005(2012)

2) Effects of molten-salt /ionic-liquid mixture on extraction of docosahexaenoic acid (DHA)-rich lipids from Aurantiochytium sp. KRS-101

表: 筑波大学渡邊研究室HPより抜粋

(注)オーランチオキトリウムやラビリンチュラにはよりDHA含有率が高い種が存在するが、単位面積当たりの培養可能生産量が明確なものが少ないため、1ヘクタール当たりの生産量が明確なsp.18W-13a株を見積もりに使用した。ただ本来はこの種はDHAよりも炭化水素(スクワラン)を豊富に含有するため、燃料オイル用途が期待されている。但し、本種にもDHAは他のオーランチオキトリウム同様の割合で極性脂質に含まれていると仮定した。

図-20 オーランチオキトリウムによる DHA 製造に必要な土地面積

○ 事業収支の検討

培養事業の事業収支計画を、4,000m<sup>2</sup>と40,000m<sup>2</sup>の2種類の培養槽面積について検討してみると、いずれも事業収支としてプラスになります。また、藻体をワムシ餌料およびサプリメント原料として出荷する場合と、EPA45%を製造する方法のいずれでも事業収支としてプラスとなり、事業性が高いことが伺えます。

培養事業の事業収支結果(必要コスト)

施設規模	培養槽面積	m <sup>2</sup>	4,000	40,000	
	生産性	g/m <sup>2</sup> /day	30	30	イスラエル等の実績より目標数値
	年間稼働日	day	360	360	
	年間生産量	t/年	43.2	432	
	プール水深	m	0.3	0.3	←オランチオキトリウムは水深1m
	養殖プール総容積	m <sup>3</sup>	1,200	12,000	
減価償却費	培養槽建設費	千円	200,000	1,002,374	ライセンス料込 ←水深1mに換算
	償却年数	年	20	20	
	減価償却費	千円/年	10,000	50,119	
ランニングコスト	メンテナンス	千円/年	9,000	45,107	
	総工費に対する割合	%	4.5%	4.5%	
	二酸化炭素	千円/年	6,048	60,480	
	必要CO <sub>2</sub> 量	t/年	86	864	生産量×2倍
	単価	円/kg	70	70	日本ガシスより
	窒素	千円/年	1,872	18,720	
	単位N <sub>2</sub> 必要量	kg/m <sup>3</sup> ・月	1.0	1.0	
	必要N <sub>2</sub> 量	kg/年	14,400	14,400	←オランチオキトリウムは 光合成をしないので不要
	単価	円/kg	130.0	130.0	
	リン	千円/年	864	4,330	
	単位P必要量	kg/m <sup>3</sup> ・月	0.1	0.1	1か月当たり水槽1m <sup>3</sup> に必要なP量
	必要P量	kg/年	10,800	54,128	養殖プール総容積×単位P必要量×12カ月
	単価	円/kg	80.0	80.0	
	電気	千円/年	2,400	24,000	
	単位必要電力量	kWh/m <sup>2</sup> ・月	2.5	2.5	
	必要電力量	kWh/年	120,000.0	1,200,000.0	
	単価	円/kWh	20	20	
水道	千円/年	778	7,776		
単位必要水量	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・日	0.003	0.003		
必要水量	m <sup>3</sup> /年	4,320	43,200		
単価	円/m <sup>3</sup>	180	180		
小計	千円/年	20,962	160,413		
運転人件費	バイオロジスト	千円/年	4,200	4,200	
	単価	千円/月	350	350	
	人数	人	1	1	
	エンジニア	千円/年	3,600	7,200	
	単価	千円/月	300	300	
	人数	人	1	2	
	雑役者	千円/年	9,000	18,000	
	単価	千円/月	250	250	
	人数	人	3	6	
	現場作業員	千円/年	13,200	26,400	
単価	千円/月	220	220		
人数	人	5	10		
小計	千円/年	30,000	55,800		
培養コスト	千円/年	60,962	266,332		
本社費・ロイヤリティ	千円/年	21,600	216,000	500円/製品kg	
藻体1kg当たりの培養コスト	円/kg	1,911	1,117		

図-21 閉鎖系培養システムによるナンノクロロプシスの培養コスト試算とオランチオキトリウム培養との相違点

(出典：微細藻培養技術事業化可能性調査共同事業体、『耕作放棄地における微細藻類培養技術の確立と事業化方策の検討に係る事業化可能性調査報告～藻から石油とオメガ3～』)

施設規模	培養槽面積	m <sup>2</sup>	40,000	4ヘクタールの培養槽を20年間使用する	
	年間稼働日	day	360		
	年間DHA生産量	t/年	164	オーランチオキトリウムSP.18W-13aのDHA生産量41t/1ha・年×4ha	
	培養槽水深	m	1.0	オーランチオキトリウムの培養槽水深1mに設定	
	養槽総容積	m <sup>3</sup>	40,000		
減価償却費	培養槽建設費	千円	3,337,905	33.4億円	
	償却年数	年	20		
	減価償却費	千円/年	166,895		
ランニングコスト	メンテナンス		千円/年	150,106	総工費の4.5%
	電気	単位必要電力量	kWh/m <sup>2</sup> ・月	2.5	
		必要電力量	kWh/年	1,200,000	
		単価	円/kWh	20	
		電力コスト	千円/年	24,000	
	水道	単位必要水量	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・日	0.003	
		必要水量	m <sup>3</sup> /年	43,200	
		単価	円/m <sup>3</sup>	180	
水道コスト		千円/年	7,776		
ランニングコスト小計		千円/年	181,882		
運転人件費	バイオロジスト	単価	千円/月	350	
		人数	人	1	
		年間人件費	千円/年	4,200	
	エンジニア	単価	千円/月	300	
		人数	人	2	
		年間人件費	千円/年	3,600	
	雑役者	単価	千円/月	250	
		人数	人	6	
		年間人件費	千円/年	18,000	
	現場作業員	単価	千円/月	220	
		人数	人	10	
		年間人件費	千円/年	26,400	
運転人件費 小計		千円/年	52,200		
培養コスト合計		千円/年	400,977		
本社費・ロイヤリティー		千円/年	82,000	500円/製品kg→特許所有者へのロイヤリティー支払等	
トータルコスト		千円/年	482,977		
DHA1kgあたりの培養コスト		円/kg	2445.0		
DHA1kgあたりのトータルコスト		円/kg	2945.0		
コスト見積もり条件					
1. オーランチオキトリウムSP.18w-13aのDHA生産量41トン/ha・年(図20、非連続システム)					
2. 培養プラントは海水を直接取水できるように沿岸部に建設し、培養水のコストはなしと仮定					
3. オーランチオキトリウムSP.18w-13aの増殖は4日で最大となるため、4日で培養槽の水を全入れ替え					
5. 培養槽件建設費は閉鎖系ナンノクロロプシス(図21)と同条件で1mの水深に換算					
4. 培養槽償却期間は20年に設定					
5. 藻と異なり光合成をしないため、二酸化炭素、窒素、リンの供給は不要					
6. その他のランニングコスト、運転人件費は閉鎖系ナンノクロロプシス(図21)と同条件で見積もり					

図ー 2 2 オーランチオキトリウム閉鎖系培養システム(非連続)による  
DHA 製造コスト試算 (図 21 のデータをもとに作成)

施設規模	培養槽面積	m <sup>2</sup>	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
	年間稼働日	day	360	360	360	360	360	360
	年間DHA生産量	t/年	175	175	175	175	175	175
	培養槽水深	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
支出	培養槽総容積	m <sup>3</sup>	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
	培養コスト	千円/年	400,977	400,977	400,977.3	400,977.3	400,977.3	400,977.3
	本社費・ロイヤリティ	千円/年	82,000	82,000	82,000	82,000	82,000	82,000
収入	合計	千円/年	482,977	482,977	482,977	482,977	482,977	482,977
	DHA販売単価	円/kg	2,000	4,000	10,000	15,000	30,000	40,000
	DHA販売重量	t/年	175	175	175	175	175	175
収支	合計	千円/年	350,000	700,000	1,750,000	2,625,000	5,250,000	7,000,000
			-132,977	217,023	1,267,023	2,142,023	4,767,023	6,517,023
			1.3億円赤字	2.2億円黒字	13億円黒字	21億円黒字	48億円黒字	65億円黒字
→原料単価1万円以上で事業の採算が取れてくる								

図-2.3 オーランチオキトリウムによるDHA生産の採算性と原料単価(4ヘクタール培養槽、非連続システム)

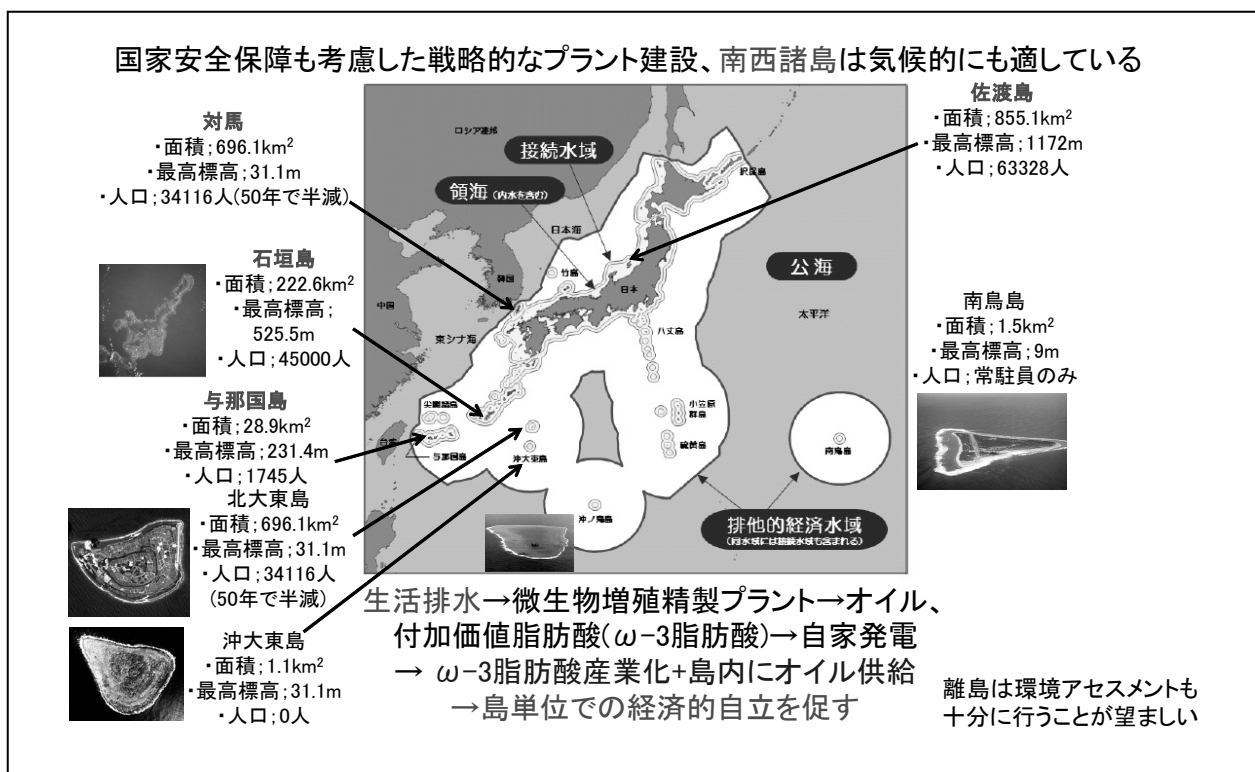


図-2.4  $\omega$ -3 脂肪酸製造プラントに適した日本の島嶼地域(海上保安庁HP, 日本の領海をもとに作成)

■ 図表6 「ユニバーサルデザインフード」の区分表

区分	区分1 容易にかめる	区分2 歯くまでつぶせる	区分3 舌でつぶせる	区分4 かまなくてよい	とろみ調整
かむ力の目安	かたいものや大きいものはやや食べづらい	かたいものや大きいものは食べづらい	細かくまたはやわらかければ食べられる	固形物は小さくても食べづらい	飲み物や食べ物に、とろみをつけて飲み込み易くするための食品です(ゼリー状にできるものもあります)。
飲み込む力の目安	普通に飲み込める	ものによっては飲み込みづらいことがある	水やお茶が飲み込みづらいことがある	水やお茶が飲み込みづらい	また、水などに溶かすと、とろみのついた飲み物や食べ物になるタイプもあります。
食品形態の目安	主食	ごはん～やわらかごはん	やわらかごはん～全がゆ	全がゆ	ペーストがゆ
	主菜	豚の角煮	煮込みハンバーグ	鶏肉のそぼろあん	鶏肉のうらごし
	副菜	焼き魚	煮魚	魚のほくし煮(とろみあんかけ)	白身魚のうらごし
	デザート	厚焼き卵	だし巻き卵	スクランブルエッグ	やわらか茶わん蒸し(貝なし)
	デザート	リンゴのシロップ煮	リンゴのシロップ煮(一口大)	リンゴのシロップ煮(つぶし)	うらごしにんじん
調理例					

日本介護食品協会より

図-25 ユニバーサルデザインフード (出典：日本介護食品協会 HP)

特定保健用食品について

● 条件付き特定保健用食品制度

特定保健用食品のうち、これまでの特定保健用食品として許可をうける際の科学的根拠のレベルには届かないけれども、一定の有効性が確認されている食品の場合、「〇〇を含んでおり、根拠は必ずしも確立されていませんが、△△に適している可能性がある食品です。」のように科学的根拠が限定的であることがわかる表示をすることを条件に許可されています。

条件付き特定保健用食品には、新たに定められた右図の「条件付き特定保健用食品」の許可証票がつけられます。



条件付き特定保健用食品の許可証票

● 特定保健用食品(規格基準型)

特定保健用食品のうち、これまでの許可件数が多く科学的根拠が蓄積したと考えられるものについて、規格基準が定められています。この規格基準を満たしているとして許可されたものを特定保健用食品(規格基準型)といいます。

● 特定保健用食品(疾病リスク低減表示)

特定保健用食品において、「疾病のリスクの低減させるのに役立つ」という表示をすることが認められています。

許可される表示の内容は、関与する成分を摂取することによる疾病のリスクの低減が医学的・栄養学的に認められ確立されているもののみとされています。

図-26 特定保健用食品の疫病リスク低減表示 (出典：厚生労働省 HP)

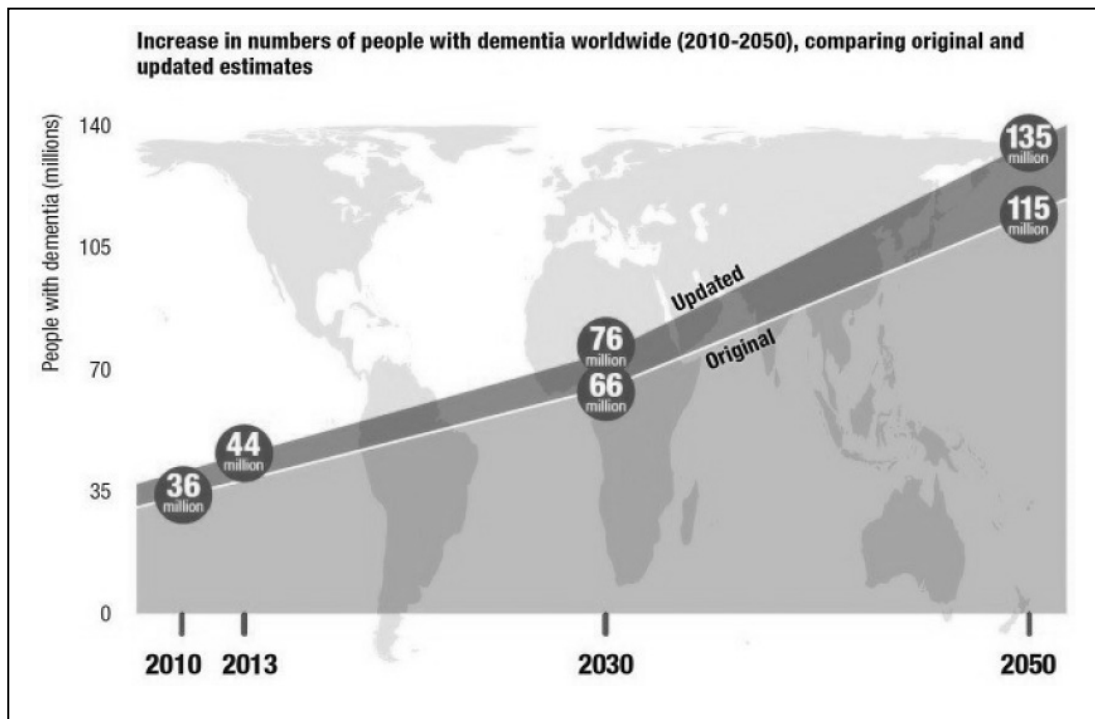


図-27 世界の認知症発症者数の推移予測（出典：Alzheimer's Disease International HP）

表-1 1世帯あたりの認知症高齢者数（図1、図3をもとに予測、作成）

年度	①認知症及び予備軍人口	②15～65歳人口	③介護世代50～60歳推定人口	④介護世代推定世帯数(③÷②)	⑤世帯あたりの認知症高齢者数(①÷④)
2010年	820万人	約8,200万人	約1,640万人	約820万世帯	1.0人
2025年	1,380万人	約7,000万人	約1,400万人	約700万世帯	2.0人

表-2 認知症に掛かる社会的費用（図3、図5をもとに計算）

	イギリス (2008年)	日本 (2010年)
認知症患者数	①82万1,884人	④440万人(図3より)
認知症介護に掛かる社会的費用/年	②22,722,813千ポンド	⑤18.2兆円 (=④×⑥)
認知症患者1人あたりの社会的費用/年	③27,647ポンド (=②÷①)	⑥414.7万円 (=③×150円/ポンド) (注)イギリスと日本はともに先進国であり介護内容及び社会的費用はほぼ同額と仮定した

表－3 介護及び認知症に関連した諸問題

(平成25年度警視庁統計及びその他の資料をもとに作成)

介護疲れによる自殺	268 人
介護うつによる自殺	約 1000 人
介護うつ病患者	約 10 万人
被介護者殺人	約 50 件
被介護者への虐待	約 2 万件
介護離職者	約 15 万人
特別養護老人ホーム待機人数	約 42 万人
認知症ドライバー	約 200 万人
過去 2 年間の高速逆走事故	447 件(7 割が 65 歳以上、 4 割に認知症疑い)
認知症の行方不明者	9607 人

表－4 食生活と認知症発症に関する一般説

説	推定原因
青魚を食べると頭が良くなる	青魚中の脂肪分の効果
地中海料理を食べる人は認知症 になりにくい	オリーブ油の効果
良く噛んで食べる人は認知症 になりにくい	咀嚼による脳への刺激 の必要性
外食、ジャンクフード好きは 認知症になりやすい	化学調味料、食品添加物、 油の摂取の脳への悪影響、 咀嚼回数の影響
油の摂りすぎは認知症に なりやすい	摂取する油の種類、量、 バランスの脳への影響
甘いもの好き、糖尿病患者は 認知症になりやすい	糖尿病による認知機能への 影響
野菜を食べない人は認知症に なりやすい	野菜の抗酸化効果、 咀嚼回数の影響

表－5 DHA の認知機能改善効果に関する研究例

物忘れがひどい55歳以上の健康な成人485人へのDHA投与試験を6か月行った結果、記憶力や学習能力の改善がみられた。50歳以上の人が多い段階からの摂取は認知機能の維持改善に極めて有効と結論：海から生まれた毒と薬
アルツハイマー病患者51名と同年齢の健康な人の食事を比較した場合、患者全員に共通した傾向としてDHAやEPAの摂取割合が低い：自治医科大学大宮医療センター植木彰教授
魚を毎日食べる人と比べて週に1回食べる人はアルツハイマー病のリスクが1.6倍となり、週1回未満の人は2.2倍、魚を殆ど食べない人は5.3倍に達する：ボケ認知症を防ぐ脳活用法
すでに脳血管性の認知症になっている患者14人にDHA入りソーセージを半年間食べてもらい「言語性知能」「動作性知能」を比較すると78%の患者で改善がみられた：島根大学医学部、マルハニチロの研究
アルツハイマー病関連患者4人から作製したiPS細胞(人工多能性幹細胞)を神経細胞に変化させ、βアミロイドが細胞内外に過剰に蓄積した病態を再現し、細胞内にβアミロイドが蓄積した2人の細胞において、低濃度のDHAを投与した場合と投与しなかった場合で、2週間後に死滅した細胞死の割合は15%で、投与しなかった場合は32%だった：京都大学iPS細胞研究所の井上治久准教授の研究
DHA入りカプセルを362人の生徒に4か月摂取させた後、生徒の読解力が向上した。成績の悪い生徒ほど向上率が高かった：オックスフォード大学アメリカ ポールモンゴメリー教授の研究

表－6 久山町における認知症有病率の経年変化 65歳以上

(出典：高齢者における生活習慣病の疫学，～久山町研究から～，

九州大学大学院医学研究院環境医学分野 清原 裕)

	調査年				傾向性p
	1985 (n = 887)	1992 (n = 1,189)	1998 (n = 1,437)	2005 (n = 1,566)	
<b>全認知症</b>					
例数	59	68	102	195	
粗有病率, %	6.7	5.7	7.1	12.5	
性・年齢調整後 有病率, %	6.0	4.4	5.3	8.3	0.002
<b>アルツハイマー病</b>					
例数	12	21	49	96	
粗有病率, %	1.4	1.8	3.4	6.1	
性・年齢調整後 有病率, %	1.1	1.3	2.3	3.8	< 0.001
<b>脳血管性認知症</b>					
例数	21	22	25	51	
粗有病率, %	2.4	1.9	1.7	3.3	
性・年齢調整後 有病率, %	2.3	1.5	1.5	2.5	0.82
<b>その他・病型不明</b>					
例数	26	25	28	48	
粗有病率, %	2.9	2.1	1.9	3.1	
性・年齢調整後 有病率, %	2.6	1.7	1.5	2.0	0.26

**20年間で65歳以上の全認知有病率が約2倍、アルツハイマー病は4倍近く増加→認知症有病率は人口の高齢化を超えて(年齢調整しても)上昇している**

表一 7 高齢者向け業務用食品の市場動向予測

(富士経済レポート「国内の高齢者向け食品市場と介護食品を調査」

をもとに作成、 \*は筆者が他データをもとに予測、単位億円)

高齢者向け食用途	2010年	2011年	2021年	2021/2010比
介護食在宅向け	116	129	206	173.1
介護食施設向け	859	907	1,371	159.6
やわらか食在宅向け	16	20	50	312.1
やわらか食施設向け	72	75	170	236.1
高齢者向け弁当宅配サービス	532	599	1,060	199.2
施設給食病院診療所	5,195	5,210	8,315*	159.6
施設給食高齢者福祉施設	3,886	4,167	6,650*	159.6
有料老人ホーム	1,039	1,193	1,904*	159.6
施設給食サービス高齢者向け施設	52	65	83*	159.6
合計	11,767	12,365	19,809	162.5

平成27年2月20日

〒103-0027 東京都中央区日本橋3-13-11

一般財団法人 **油脂工業会館**

☎東京03(3271)4307 (代表)

<http://www.yushikaikan.or.jp>